



Comune di Crevalcore



Comune di San Giovanni in Persiceto



Comune di Casalecchio di Reno



Comune di Bologna



Comune di Sasso Marconi



Comune di Marzabotto

Ciclovia del Sole: tratto 3 attraversamento dei centri abitati di Crevalcore, San Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese -  
tratto 4: Casalecchio - Marzabotto

CUP n° C61B21013060002

**PROGETTO DEFINITIVO**



**Coordinamento e integrazione delle prestazioni specialistiche:**

arch. Enrico Guaitoli Panini

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**

ing. Maurizio Martelli

**Progettazione ciclabile e paesaggistica:**

arch. Irene Esposito, paes. Giulia Mazzali, arch. Eleonora Vaccari,  
arch. Michela Gessani, dott. paes. Sara Martignoni, arch. Alberto Coppi

**Progettazione delle strutture:**

prof. ing. Massimo Majowiecki, ing. Giovanni Berti,  
ing. Monica Mingozzi, ing. Elisa Sammarco, ing. Mario Chinni

**Geologia, Ambiente, Idraulica:**

geol. Pierluigi Dallari, geol. Arianna Casarini, geol. Lisa Gasparini,  
geol. Emiliano Quadernari, ing. Yos Zorzi

**Coordinamento della sicurezza:**

ing. Fausto Gallarello, ing. Roberto Perlangeli

**Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative  
fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso  
Marconi/Marzabotto**

SCALA --	FORMATO A4
CODICE REL_5_4	DATA 30/11/2023

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	30/11/2023		M.C.	M.C.	M.M

## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	2
2	NORME DI RIFERIMENTO .....	4
3	MATERIALI .....	5
3.1	Calcestruzzo .....	5
3.2	Acciaio per armature lente .....	6
4	ANALISI E COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	7
4.1	Peso proprio degli elementi strutturali ( $G_1$ ).....	7
4.2	Spinta delle terre ( $G_3$ ).....	7
4.3	Azioni variabili ( $Q_k$ ).....	7
4.4	Azioni sismiche (EQK).....	7
4.5	Combinazioni di carico .....	9
5	VERIFICHE STRUTTURALI .....	10
5.1	Verifica della spalla .....	11
5.1.1	Verifica del fusto .....	11
5.1.2	Verifica del paraghiaia e delle ali .....	14
5.2	Verifica della pila centrale.....	15
5.3	Verifica della pila di estremità .....	18
5.4	Verifica della piastra di fondazione.....	22
5.5	Verifica dei pali di fondazione.....	23
5.5.1	Azioni sui pali .....	25
5.5.2	Verifica strutturale .....	29
5.5.3	Verifica geotecnica.....	32
5.6	Verifica della fondazione dei portali .....	32
	APPENDICE A – VERIFICHE DELLE SEZIONI IN CLS ARMATO.....	35

## 1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto tratta gli aspetti strutturali relativi le opere di fondazione a sostegno della ciclovía da realizzarsi nell'ambito dell'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) della "Ciclovía del Sole" (percorso Verona-Firenze) e in particolare dei seguenti tratti:

- Tratto 3: attraversamento dei centri abitati di Crevalcore, San Giovanni in Persiceto e Sala Bolognese;
- Tratto 4: Casalecchio – Marzabotto.

In particolare i calcoli contenuti all'interno della relazioni sono riferiti alla passerella sul fiume Reno nel Comune di Sasso Marconi, che collega la sponda sinistra in Comune di Sasso Marconi, alla sponda destra in Comune di Marzabotto.

In Figura 1-1 si riporta l'ubicazione dell'area d'intervento.



Figura 1-1 – Inquadramento dell'area d'intervento

La passerella sul fiume Reno è costituita da un impalcato a struttura mista in acciaio-clt della tipologia strallata.

Le sottostrutture sono costituite da una spalla e due pile in alveo poste a distanza di 40.0 m, la pila di estremità si raccorda alla pista ciclopedonale mediante una rampa di avvicinamento fondata su una piastra di fondazione. In particolare:

Spalla: presenta dimensioni in pianta 4.3 m x 1.3 m e altezza circa 2.4 m, con un paraghiaia di altezza circa 2.2 m e spessore 0.3 m a contenimento de terreno a tergo. La piastra di fondazione in c.a. ha dimensioni 4.3 m x 4.3 m x 1.4 m è fondata su 4 pali di diametro  $\varnothing 800$  mm e lunghezza 15 m e interdistanza minima pari a 2.4 m;

Pila centrale: presenta dimensioni massime in pianta 8.5 m x 2.0 m e altezza circa 10.8 m, la geometria idraulicamente compatibile con le due estremità a formare un triangolo isoscele. La piastra di fondazione in c.a. ha dimensioni 9.2 m x 9.2 m x 1.5 m è fondata su 16 pali di diametro Ø800 mm e lunghezza 15 m e interdistanza minima pari a 2.4 m;

Pila di esterna: presenta dimensioni massime in pianta 6 m x 1.35 m e altezza circa 6.6 m, la geometria idraulicamente compatibile con le due estremità a formare un triangolo isoscele. La piastra di fondazione in c.a. ha dimensioni 9.2 m x 4.4 m x 1.5 m è fondata su 8 pali di diametro Ø800 mm e lunghezza 15 m e interdistanza minima pari a 2.4 m;

Fondazione rampa: è costituita da una lastra in c.a. di spessore 0.5 m, che ripercorre la geometria della rampa e presenta due salti di quota per compensare le differenti altezze dei pilastri a sostegno della rampa.

## 2 NORME DI RIFERIMENTO

I calcoli contenuti nella relazione vengono eseguiti in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle norme di seguito elencate ed ai richiami normativi in queste contenute:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 17 gennaio 2018. - Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 42 del 20/01/2018 SO);
- C.S.LL.PP. Circolare n°7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018 (GU n. 35 del 11/02/2019 SO);
- UNI EN 1997-1 – Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole Generali”
- UNI EN 1998-5 – Eurocodice 8 “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;

## 3 MATERIALI

### 3.1 Calcestruzzo

In Tabella 3-1 sono riportati i valori di resistenza caratteristici e di deformabilità del cls:

CLS [ EN 206-1, UNI 11104, EN 1992-1-1, NTC18]		SPALLA / PILE	PALI	FONDAZIONE RAMPA
Classe di resistenza		C32/40	C30/37	C32/40
Classe di esposizione		XC2	XC2	XC2
Classe di lavorabilità		S4	S5	S4
Dimensione massima degli inerti		32 mm	22 mm	32 mm
Copriferro		50 mm	60 mm	50 mm
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck}$	32	30	32
Resistenza caratteristica a compressione cubica	$f_{ck,cub}$	40	37	40
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm}$	40	38	40
Resistenza a trazione media	$f_{ctm}$	3.02	2.90	3.02
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{ctk}$	2.12	2.03	2.12
Resistenza a trazione caratteristica per flessione	$f_{cfk}$	2.54	2.43	2.54
Modulo elastico	$E_{cm}$	33.35	32.84	33.35
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0.20	0.20	0.20

Tabella 3-1 – Prestazioni del cls

Il coefficiente di sicurezza per le verifiche di resistenze SLU risulta:  $\gamma_{cls} = 1.5$ . La resistenza di progetto SLU risulta quindi data dall'espressione:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_{cls}$

dove  $\alpha_{cc}$  è un coefficiente che assume il valore 0.85 per azioni di lunga durata e 1.00 per azioni di breve durata.

In ambienti non aggressivi (classe di esposizione XC2) l'apertura delle fessure nel calcestruzzo allo SLE deve risultare:

Per combinazione di carico (SLE FREQ):  $w_{max} \leq 0.4 \text{ mm}$

Per combinazione di carico (SLE QP):  $w_{max} \leq 0.3 \text{ mm}$

Per combinazioni di carico SLE RARE e SLE QP esistono le seguenti limitazioni sui valori tensionali del cls:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  (SLE RARE)

$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$  (SLE QP)

### 3.2 Acciaio per armature lente

In Tabella 3-2 sono riportati i valori di resistenza caratteristica e la deformabilità dell'acciaio per armatura:

BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA [ EN 10080 ]			
Grado	B450C		
Parametri di resistenza e deformabilità			
Resistenza caratteristica allo snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	450
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk}$	[MPa]	540
Rapporto rottura/snervamento	k	[-]	1.2
Allungamento a rottura	$(A_g)_t$	[%]	7.5
Modulo elastico	$E_s$	[GPa]	210.00
Coefficiente di Poisson	$\nu$	[-]	0.33

*Tabella 3-2 – Prestazioni dell'acciaio in barre*

Il coefficiente di sicurezza per le verifiche di resistenza SLU risulta:  $\gamma_s = 1.15$ . La resistenza di progetto SLU risulta quindi data dall'espressione:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ .

Per le sollecitazioni di esercizio in combinazione caratteristica (SLE RARA) deve risultare:

$$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$$

## 4 ANALISI E COMBINAZIONE DEI CARICHI

I carichi sono determinati dalle reazioni vincolari agli appoggi del modello di calcolo dell’impalcato, invertite di segno. A tali azioni, per le combinazioni di carico allo stato limite ultimo (strutturale e sismico) e allo stato limite di esercizio, si considerano contestualmente i carichi dovuti al peso proprio delle sottostrutture e le azioni orizzontali conseguenti la spinta delle terre, sia in condizioni statiche sia sismiche.

### 4.1 Peso proprio degli elementi strutturali ( $G_1$ )

Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal codice di calcolo utilizzando quale peso di volume  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 4.2 Spinta delle terre ( $G_3$ )

La spinta delle terre è determinata a partire dal peso specifico del terreno ( $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ), considerando per la spinta orizzontale il coefficiente di spinta attiva  $k_a$ , considerando l’angolo d’attrito del terreno  $\varphi = 30^\circ$ .

Il coefficiente di spinta attiva risulta  $k_a = 0.333$ .

### 4.3 Azioni variabili ( $Q_k$ )

Le azioni variabili risultano quale sovraccarico spinta orizzontale del terreno per effetto della presenza del carico accidentale costituito dalla folla compatta agente sul piano viabile con intensità, in valore caratteristico, pari a 5 kPa.

I valori di carico assegnati sono di seguito riportati e risultano:

$$q_k = k_a * 5 \text{ kPa} = 1.66 \text{ kPa}$$

### 4.4 Azioni sismiche (EQK)

Le azioni sismiche sono definite, in accordo alle NTC2018, per costruzioni con livelli di prestazioni ordinari e classe d’uso di tipo II, con periodo di riferimento per l’azione sismica pari a  $V_R = 50$  anni.

Nei prospetti seguenti sono riportati, i dati per la definizione dell’azione sismica per le strutture, in Tabella 4-1, e i parametri sismici principali per la categoria di sottosuolo B e categoria topografica T2, in Tabella 4-2.

Latitudine	44.427581
Longitudine	11.229710
Tipo di costruzione ( $V_N$ )	2 (50 anni)
Classe d’uso ( $C_U$ )	II ( $C_U = 1.0$ )
Categoria Stratigrafica	B
Categoria Topografica	T2

Tabella 4-1 – Parametri di riferimento per la determinazione dell’azione sismica

SL	V <sub>R</sub>	P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub> *	F <sub>v</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	C <sub>c</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>D</sub>	d <sub>g</sub>	v <sub>g</sub>	a <sub>max</sub>
	[anni]	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[mm]	[m/s]	[g]
SLO	50	81	31	0.550	2.490	0.257	2.493	1.000	1.200	1.443	0.371	0.124	3.800	228.09	0.384	0.660
SLD	50	63	51	0.068	2.487	0.270	0.876	1.332	1.200	1.429	0.386	0.129	1.872	19.25	0.066	0.109
SLV	50	10	475	0.163	2.431	0.297	1.325	1.241	1.200	1.402	0.416	0.139	2.252	55.84	0.159	0.243
SLC	50	5	975	0.205	2.440	0.310	1.491	1.200	1.200	1.390	0.431	0.144	2.420	75.48	0.200	0.295

Tabella 4-2 – Parametri sismici di riferimento per la categoria di sottosuolo B

In Figura 4-1 vengono riportati gli spettri di risposta elastica in accelerazione orizzontale e verticale.

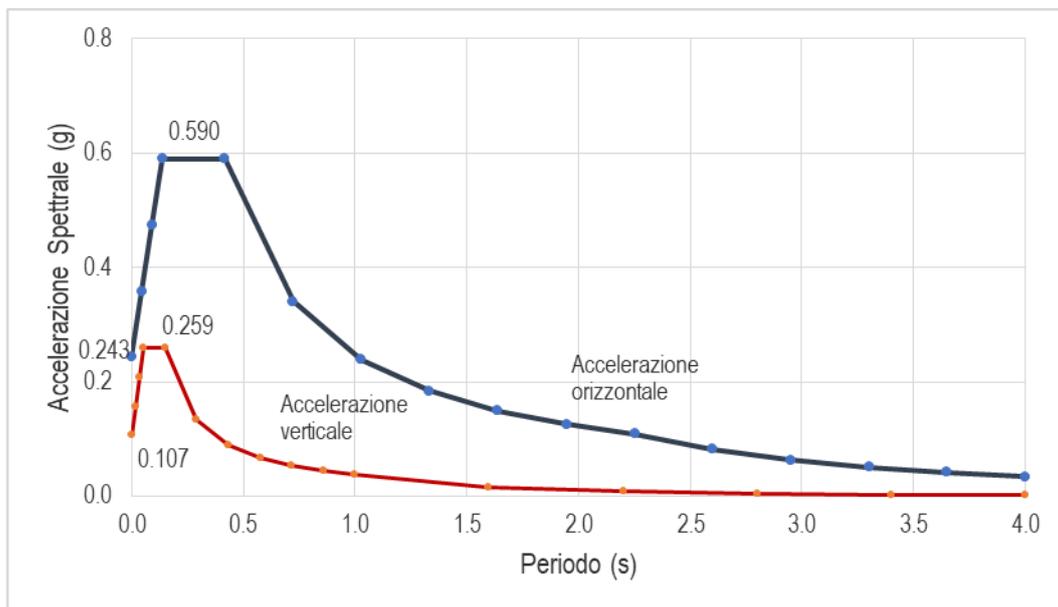


Figura 4-1 – Spettri in accelerazione orizzontale e verticale

Si considerano inoltre i coefficienti sismici per azioni orizzontali e verticali relativamente ad opere di contenimento, legati alla massima accelerazione attesa al suolo (definita dall’espressione  $a_{max} = S_T S_s a_g$ ) dalle relazioni:

$$k_h = \beta_m a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5k_h$$

dove  $\beta_m$  è un fattore di riduzione che assume i seguenti valori (cfr §7.11.6 – opere di contenimento – NTC18):

$$\beta_m = 0.38 \text{ (verifiche allo SLV)}$$

$$\beta_m = 0.47 \text{ (verifiche allo SLD)}$$

In caso di opere di contenimento impedito allo spostamento  $\beta_m = 1.00$ .

L'incremento di pressione esercitata dal terreno in condizioni sismiche è definito dalla relazione,

$$\Delta E_{T,h} = k_h * \gamma * H \quad \text{per sisma in direzione orizzontale}$$

$$\Delta E_{T,v} = k_v * \gamma * H \quad \text{per sisma in direzione verticale}$$

essendo H l'altezza totale del volume di terreno potenzialmente instabile.

Le combinazioni sismiche risultano quindi da un'analisi statica equivalente di tipo lineare applicando alle azioni relative ai singoli carichi elementari i rispettivi coefficienti sismici.

#### 4.5 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico adottate sono le seguenti:

Combinazione SLU/STR  $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G3} * G_3 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} * \Psi_{0i} * Q_{ki}$

Combinazione SLU/EQK  $E + G_1 + G_3 + G_2 + \Psi_{21} * Q_{k1} + \sum_i \Psi_{2i} * Q_{ki}$

Combinazione SLE RARA  $G_1 + G_3 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \Psi_{0i} * Q_{ki}$

Combinazione SLE FREQ  $G_1 + G_3 + G_2 + \Psi_{11} * Q_{k1} + \sum_i \Psi_{2i} * Q_{ki}$

Combinazione SLE QP  $G_1 + G_3 + G_2 + \Psi_{21} * Q_{k1} + \sum_i \Psi_{2i} * Q_{ki}$

I coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni SLU risultano in Tabella 4-3 (Tab. 5.1.V NTC 2018), mentre in Tabella 4-4 sono riportati i coefficienti di combinazione per le azioni variabili agenti (Tab. 5.1.VI NTC 2018):

Azioni		Coefficiente	EQU	STR (A1)	GEO (A2)
Permanenti (G <sub>1</sub> e G <sub>3</sub> )	Favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0.90	1.00	1.00
	Sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
Permanenti non strutturali (G <sub>2</sub> )	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Carichi variabili (Q)	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli		1.50	0.00	1.30

Tabella 4-3 Coefficienti parziali

Azioni	Gruppo di azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Folla (schema 5)	SLU/SLE	0.4	0.4	0.0

Tabella 4-4 Coefficienti di combinazione

## 5 VERIFICHE STRUTTURALI

Nei paragrafi seguenti si riportano le verifiche delle sottostrutture.

Le azioni dimensionanti ai fini delle verifiche, risultano dalle reazioni vincolari del modello di calcolo, invertite di segno, applicate in corrispondenza dell'appoggio, assimilando l'elemento strutturale ad una mensola incastrata alla base con un carico concentrato all'estremità libera, applicando in sommità dell'elemento la somma dei contributi delle azioni su ciascun nodo di carico.

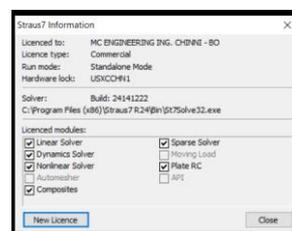
Le azioni alla base della pila sono incrementate per la presenza del peso proprio strutturale, nelle combinazioni sismiche inoltre si considera l'azione inerziale applicando al peso della pila l'accelerazione sismica di plateau dello spettro di risposta elastico, concentrando l'azione a metà altezza della pila.

Le ciabatte di fondazione sono verificate mediante calcolazioni manuali col metodo tirante-puntone.

Le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato soggette ad azioni di presso-tensoflessione (pali, pile e spalle) sono eseguite mediante il codice di calcolo RC-SEC della Geostru ([www.geostru.com](http://www.geostru.com)) al sito della quale si rimanda per gli elementi di validazione del codice, differenziando la resistenza della sezione per azioni statiche e sismiche. In particolare:

- Per la combinazione allo SLU si adottano modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, considerando la deformazione ultima del calcestruzzo pari allo 0.35%. La capacità della membratura risulta pari al momento resistente ultimo, calcolato adottando i coefficienti di sicurezza per i materiali previsti da normativa ( $\gamma_c = 1.5$  e  $\gamma_s = 1.15$ ).
- La combinazione sismica EQK prevede, assumendo un comportamento strutturale non dissipativo, che la sezione si mantenga in campo elastico, o sostanzialmente elastico, calcolando la capacità della membratura al raggiungimento della curvatura di prima plasticizzazione. Il momento resistente massimo della sezione risulta quindi il minimo tra i valori di momento corrispondenti alla deformazione al limite elastico dell'acciaio e alla massima deformazione del calcestruzzo, assunta in questo caso pari a  $\epsilon_{c2} = 0.2\%$ , calcolato adottando i coefficienti di sicurezza per i materiali previsti da normativa ( $\gamma_c = 1.5$  e  $\gamma_s = 1.15$ ).

Le analisi delle sollecitazioni sui pali di fondazione sono eseguite con il codice ad elementi finiti Strand7, commercializzato in Italia da HSH Srl (PD) con il nome di Straus7, che permette di eseguire analisi statica e dinamica in regime di non linearità dei materiali e geometrica, al sito della quale si rimanda per gli elementi di validazione del codice ([www.hsh.com](http://www.hsh.com), [www.strand7.com](http://www.strand7.com)).



## 5.1 Verifica della spalla

La spalla ha dimensioni 4.30 m x 1.30 m ed un'altezza del fusto di 2.40 m. A tergo è presente il paraghiaia di spessore 0.3 m per un'altezza di 2.20 m. Lateralmente sono posizionate le due ali esterne che presentano una geometria trapezoidale con dimensione maggiore, in sommità al paraghiaia di 3.80 m e dimensione minore sulla piastra di fondazione pari a 1.60 m.

Il basamento della spalla è costituito da una piastra in calcestruzzo armato di dimensioni 4.30 m x 4.430 m e spessore 1.40 m.

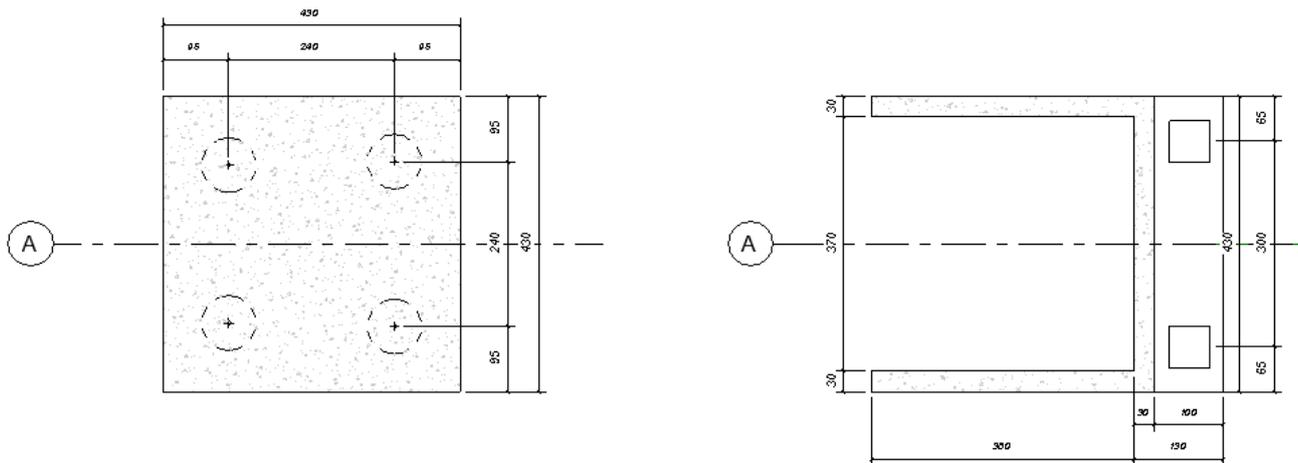


Figura 5-1 – Pianta della spalla e della fondazione

Le verifiche sono condotte assumendo i carichi agenti derivanti dalla spinta delle terre, adottando un peso di volume del terreno pari a 20 kN/m<sup>3</sup>, e il sovraccarico dovuto alla folla compatta pari a 5 kPa. Per la combinazione sismica si considera inoltre l'azione inerziale dovuta al peso proprio dell'elemento e l'incremento di spinta del terreno dovuto al sisma.

### 5.1.1 Verifica del fusto

L'armatura della spalla è costituita da barre in numero di 22+22Ø20 e staffe 2 bracci in numero di 2Ø16/40cm.

Si riportano in Tabella 5-1 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo strutturale alla base della spalla.

SLU	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	364.83	0.00	-1587.15	0.00	734.81
Folla totale	360.83	1.00	-1799.15	-3.00	722.81
Folla X-	449.83	1.00	-1904.15	-4.50	989.81
Folla X+	274.83	1.00	-1482.15	-4.50	464.81
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	362.83	-3.00	-1693.15	-186.00	728.81
Folla Y+	362.83	12.00	-1693.15	-156.00	728.81
Folla Y-	362.83	-11.00	-1693.15	153.00	728.81

Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	357.83	5.00	-1687.15	183.00	713.81
Azione long. 10% folla X+ + Folla	560.83	1.00	-1783.15	-3.00	1322.81
Azione long. 10% folla X- + Folla	161.83	1.00	-1816.15	-4.50	125.81
Folla con spinte parapetto	360.83	1.00	-1800.15	-4.50	722.81
Vento Y+ + Folla	361.83	33.00	-1738.15	-157.50	725.81
Vento Y- + Folla	361.83	-31.00	-1738.15	151.50	725.81
Folla + Vento Y+	360.83	20.00	-1813.15	-96.00	722.81
Folla + Vento Y-	360.83	-18.00	-1814.15	88.50	722.81
Vento Y+	364.83	32.00	-1554.15	-154.50	734.81
Vento Y-	364.83	-31.00	-1554.15	151.50	734.81
Vento X+ + Folla	418.83	1.00	-1519.15	-3.00	896.81
Vento X- + Folla	306.83	1.00	-1830.15	-4.50	560.81
Folla + Vento X+	339.83	1.00	-1479.15	-3.00	659.81
Folla + Vento X-	384.83	1.00	-1936.15	-4.50	794.81
Vento X+	472.83	0.00	-1525.15	0.00	1058.81
Vento X-	255.83	0.00	-1583.15	0.00	407.81
DT+ + Folla	345.83	2.00	-1674.15	-4.50	677.81
DT- + Folla	352.83	1.00	-1693.15	-3.00	698.81

Tabella 5-1 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/STR)

Le combinazioni più gravose risultano dalla spinta delle terre, nella direzione longitudinale, con coefficiente di sicurezza minimo pari ad 3.82.

Si riportano in Tabella 5-2 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo SLV in condizioni sismiche alla base della spalla.

SLV	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
SLV	232.76	0.00	-500.95	0.00	331.77
SLV Earthq.+X+Y+Z	1084.17	100.38	-351.62	-230.08	2360.69
SLV Earthq.+X+Y-Z	1104.17	100.38	-278.47	-230.08	2419.12
SLV Earthq.+X-Y+Z	1083.17	-103.38	-351.62	242.08	2357.69
SLV Earthq.+X-Y-Z	1103.17	-103.38	-278.47	242.08	2416.12
SLV Earthq.-X+Y+Z	-492.30	104.38	-476.62	-243.58	-1426.48
SLV Earthq.-X+Y-Z	-473.30	103.38	-403.47	-240.58	-1371.05
SLV Earthq.-X-Y+Z	-493.30	-99.38	-477.62	227.08	-1429.48
SLV Earthq.-X-Y-Z	-474.30	-100.38	-404.47	230.08	-1374.05
SLV Earthq.+Y+X+Z	482.88	339.94	-393.62	-785.92	921.98
SLV Earthq.+Y+X-Z	502.88	338.94	-320.47	-782.92	980.41
SLV Earthq.+Y-X+Z	9.94	340.94	-431.62	-788.92	-214.17
SLV Earthq.+Y-X-Z	28.94	339.94	-358.47	-785.92	-158.74
SLV Earthq.-Y+X+Z	479.88	-339.94	-395.62	785.92	912.98
SLV Earthq.-Y+X-Z	499.88	-339.94	-322.47	785.92	971.41

SLV Earthq.-Y-X+Z	6.94	-338.94	-433.62	782.92	-223.17
SLV Earthq.-Y-X-Z	25.94	-338.94	-360.47	782.92	-167.74
SLV Earthq.+Z+X+Y	458.88	102.38	-490.95	-236.08	853.64
SLV Earthq.+Z+X-Y	457.88	-101.38	-491.95	234.58	850.64
SLV Earthq.+Z-X+Y	-14.06	103.38	-527.95	-240.58	-282.51
SLV Earthq.+Z-X-Y	-15.06	-100.38	-528.95	230.08	-285.51
SLV Earthq.-Z+X+Y	524.88	101.38	-247.11	-233.08	1046.41
SLV Earthq.-Z+X-Y	522.88	-102.38	-248.11	237.58	1040.41
SLV Earthq.-Z-X+Y	51.94	102.38	-285.11	-236.08	-89.74
SLV Earthq.-Z-X-Y	49.94	-101.38	-286.11	234.58	-95.74

Tabella 5-2 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/SLV)

Le combinazioni più gravose risultano essere per il sisma principale in direzione longitudinale con coefficiente di sicurezza minimo pari ad 1.58.

Si riportano in Tabella 5-3 Tabella 5-8 le azioni sollecitanti allo stato limite di esercizio alla base della pila.

SLE	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	266.49	0.00	-1162.70	0.00	535.69
Folla totale	264.49	1.00	-1319.70	-4.50	529.69
Folla X-	297.49	1.00	-1358.70	-3.00	628.69
Folla X+	231.49	1.00	-1201.70	-4.50	430.69
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	264.49	-2.00	-1240.70	-138.00	529.69
Folla Y+	265.49	5.00	-1280.70	-60.00	532.69
Folla Y-	265.49	-4.00	-1279.70	55.50	532.69
Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	266.49	3.00	-1240.70	135.00	535.69
Azione long. 10% folla X+ + Folla	412.49	1.00	-1306.70	-3.00	973.69
Azione long. 10% folla X- + Folla	116.49	1.00	-1331.70	-4.50	85.69
Folla con spinte parapetto	264.49	1.00	-1319.70	-4.50	529.69
Vento Y+ + Folla	264.49	22.00	-1287.70	-106.50	529.69
Vento Y- + Folla	265.49	-20.00	-1256.70	99.00	532.69
Folla + Vento Y+	264.49	13.00	-1328.70	-63.00	529.69
Folla + Vento Y-	264.49	-10.00	-1328.70	54.00	529.69
Vento Y+	266.49	21.00	-1177.70	-103.50	535.69
Vento Y-	266.49	21.00	-1177.70	-103.50	535.69
Vento X+ + Folla	254.49	1.00	-1244.70	-3.00	499.69
Vento X- + Folla	259.49	1.00	-1258.70	-3.00	514.69
Folla + Vento X+	315.49	1.00	-1186.70	-3.00	682.69
Folla + Vento X-	215.49	1.00	-1334.70	-3.00	382.69
Vento X+	275.49	1.00	-1199.70	-4.50	562.69

Vento X+	253.49	1.00	-1378.70	-3.00	496.69
DT+ + Folla	338.49	0.00	-1158.70	0.00	751.69
DT- + Folla	194.49	0.00	-1196.70	0.00	319.69

Tabella 5-3 – Azioni di progetto (Combinazione SLE)

L’apertura delle fessure nella spalla in condizioni di esercizio si mantengono contenute, valori inferiori a 0.1 mm, e i valori dello stato tensionale nell’armatura tesa e nel calcestruzzo compresso risultano modesti.

Le verifiche della sezione della spalla risultano pertanto integralmente soddisfatte per tutte le combinazioni analizzate, in condizioni sia statiche sia sismiche, e si rimanda all’Appendice A per i calcoli di dettaglio.

### 5.1.2 Verifica del paraghiaia e delle ali

In Tabella 5-4 sono riportati i carichi e le azioni di momento flettente e taglio massime, per metro di sviluppo, sul paraghiaia per le combinazioni statiche e sismiche, mentre in Tabella 5-5 le azioni massime sul muro d’ala considerando una lunghezza media della mensola pari a 3.0 m.

Tipologia di carico		Carico		H (m)	m (kNm/m)	v (kN/m)
Spinta terreno	(G <sub>1</sub> )	20.00	kN/m <sup>3</sup>	2.20	11.83	16.13
Pacchetto stradale	(G <sub>2</sub> )	1.15	kPa	2.20	0.93	0.84
Carichi mobili	(q <sub>k5</sub> )	5.00	kPa	2.20	4.03	3.67
Incremento spinta terreno EQK	(E)	4.55	kPa	2.20	24.21	22.01
Azioni inerziali	(E)	0.78	kPa	2.20	1.88	1.71
<b>Comb. SLU/SLV</b>					<b>38.85</b>	<b>40.69</b>
<b>Comb. SLU/STR</b>					<b>22.81</b>	<b>28.00</b>
<b>Comb. SLE R</b>					<b>16.79</b>	-
<b>Comb. SLE F</b>					<b>15.78</b>	-
<b>Comb. SLE QP</b>					<b>12.76</b>	-

Tabella 5-4 – Sollecitazioni massime sul paraghiaia

Tipologia di carico		Carico		H (m)	m (kNm/m)	v (kN/m)
Spinta terreno	(G <sub>1</sub> )	20.00	kN/m <sup>3</sup>	3.00	66.00	22.00
Pacchetto stradale	(G <sub>2</sub> )	1.15	kPa	3.00	1.73	2.53
Carichi mobili	(q <sub>k5</sub> )	5.00	kPa	3.00	7.50	11.00
Incremento spinta terreno EQK	(E)	4.55	kPa	3.00	15.01	13.64
Azioni inerziali	(E)	0.78	kPa	3.00	3.49	2.33
<b>Comb. SLU/SLV</b>					<b>86.22</b>	<b>40.50</b>
<b>Comb. SLU/STR</b>					<b>101.81</b>	<b>30.53</b>
<b>Comb. SLE R</b>					<b>75.23</b>	-
<b>Comb. SLE F</b>					<b>73.35</b>	-
<b>Comb. SLE QP</b>					<b>67.73</b>	-

Tabella 5-5 – Sollecitazioni massime sul muro d’ala

La sezione è armata con 1+1Ø16/20 cm ( $A_s = 1005.31 \text{ mm}^2/\text{m}$ ) e staffe in numero di 9Ø12mq ( $A_w = 339.29 \text{ mm}^2/\text{m}$ ), essendo l’altezza utile della sezione  $d = 292 \text{ mm}$ , il momento e il taglio resistente della sezione risultano dalle relazioni:

$$M_{Rd} = 0.9d \cdot A_s \cdot f_{yd} = 103.38 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = 0.9d \cdot \frac{A_w}{s} \cdot f_{yd} = 87.23 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta.

In condizioni di esercizio, i valori di tensione rientrano nelle indicazioni delle tabelle C4.1.II e C4.1.III delle Istruzioni alle NTC 2018 per apertura delle fessure  $w_2 = 0.3 \text{ mm}$  (per  $\sigma_s = 160 \text{ MPa}$ , diametro massimo 32 mm, spaziatura massima 300 mm), e apertura delle fessure  $w_3 = 0.4 \text{ mm}$  (per  $\sigma_s = 160 \text{ MPa}$ , diametro massimo 40 mm, spaziatura massima 300 mm).

Si omettono ulteriori verifiche di esercizio.

## 5.2 Verifica della pila centrale

La pila ha un ingombro massimo di 8.50 m x 2.00 m, essendo in alveo presenta una geometria idraulicamente compatibile con le due estremità a formare un triangolo isoscele. Il basamento della pila è costituito da una piastra in calcestruzzo armato di forma quadrata di lato 9.2 m e spessore 1.5 m.

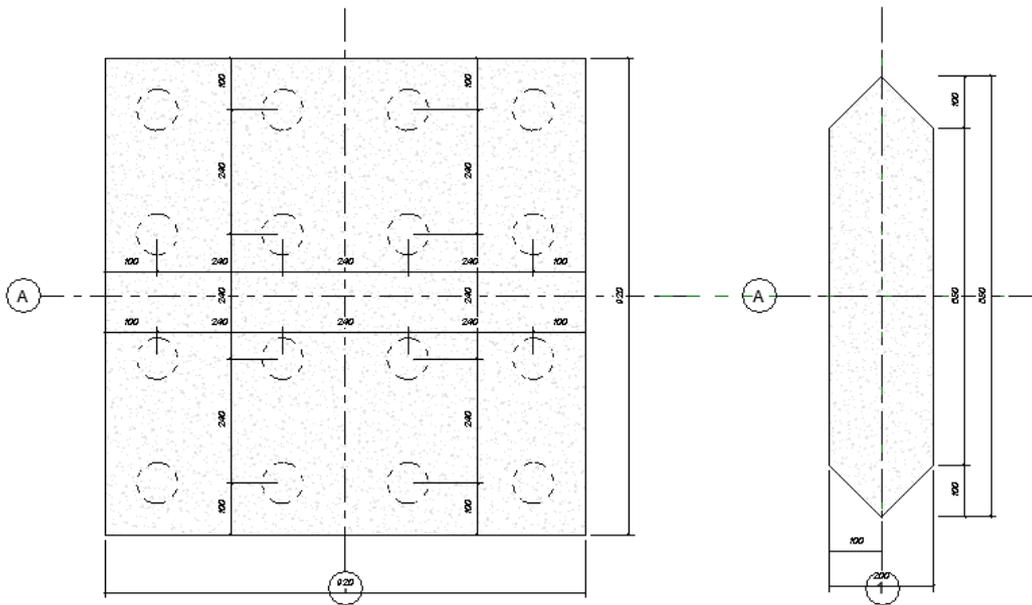


Figura 5-2 – Pianta della pila centrale e della fondazione

Cautelativamente, ai fini delle verifiche si considera una pila di sezione rettangolare, escludendo le due estremità, di dimensioni 6.50 m x 2.00 m. La sezione presenta 2 ordini di armatura sui lati maggiori costituiti da 32+32Ø26 e staffe 2 bracci in numero di 3Ø16/40cm.

Si riportano in Tabella 5-6 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo strutturale alla base della pila.

SLU	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	0.00	-1.00	-7261.75	10.35	10.00
Folla totale	4.00	-2.00	-8817.75	23.35	108.00
Folla X-	-86.00	-2.00	-8048.75	19.70	-2251.00
Folla X+	90.00	-2.00	-8030.75	20.70	2369.00
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	3.00	5.00	-8039.75	-55.05	73.00
Folla Y+	2.00	-26.00	-8039.75	-1176.95	59.00
Folla Y-	2.00	22.00	-8039.75	1217.35	58.00
Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	7.00	-11.00	-8082.75	35.00	186.00
Azione long. 10% folla X+ + Folla	2.00	-2.00	-8838.75	20.70	66.00
Azione long. 10% folla X- + Folla	6.00	-2.00	-8796.75	21.70	150.00
Folla con spinte parapetto	4.00	-2.00	-8816.75	21.70	108.00
Vento Y+ + Folla	2.00	301.00	-8368.75	-6104.10	70.00
Vento Y- + Folla	2.00	-305.00	-8368.75	6144.50	70.00
Folla + Vento Y+	4.00	179.00	-8921.75	-3644.05	111.00
Folla + Vento Y-	4.00	-185.00	-8921.75	3709.45	111.00
Vento Y+	0.00	302.00	-6985.75	-6113.45	2.00
Vento Y-	0.00	-303.00	-6985.75	6123.15	2.00
Vento X+ + Folla	168.00	-2.00	-7906.75	20.70	3193.00
Vento X- + Folla	-164.00	-1.00	-7895.75	11.35	-3085.00
Folla + Vento X+	158.00	-2.00	-8140.75	20.70	3425.00
Folla + Vento X-	-154.00	-2.00	-8145.75	22.35	-3301.00
Vento X+	114.00	-1.00	-6997.75	10.35	1764.00
Vento X-	-112.00	0.00	-6974.75	-3.30	-1738.00
DT+ + Folla	20.00	-4.00	-8282.75	32.80	551.00
DT- + Folla	12.00	-3.00	-8241.75	26.75	326.00

Tabella 5-6 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/STR)

Le combinazioni più gravose risultano essere per il sisma principale in direzione longitudinale con coefficiente di sicurezza pari ad 8.18.

Si riportano in Tabella 5-7 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo SLV in condizioni sismiche alla base della pila.

SLV	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
SLV	0.00	-1.00	-6261.00	9.35	-4.00

SLV Earthq.+X+Y+Z	2431.38	789.51	-5794.30	-5377.72	13682.06
SLV Earthq.+X+Y-Z	2429.38	790.51	-5215.70	-5387.72	13654.06
SLV Earthq.+X-Y+Z	2431.38	-790.51	-5796.30	4994.82	13681.06
SLV Earthq.+X-Y-Z	2429.38	-791.51	-5217.70	5005.82	13655.06
SLV Earthq.-X+Y+Z	-2431.38	789.51	-5521.30	-4988.77	-13685.06
SLV Earthq.-X+Y-Z	-2433.38	789.51	-4942.70	-4987.77	-13711.06
SLV Earthq.-X-Y+Z	-2431.38	-791.51	-5522.30	5397.42	-13685.06
SLV Earthq.-X-Y-Z	-2433.38	-791.51	-4944.70	5395.77	-13712.06
SLV Earthq.+Y+X+Z	730.51	2635.38	-5695.30	-17372.51	4115.82
SLV Earthq.+Y+X-Z	728.51	2634.38	-5117.70	-17358.86	4087.82
SLV Earthq.+Y-X+Z	-728.51	2634.38	-5614.30	-17244.86	-4096.82
SLV Earthq.+Y-X-Z	-730.51	2634.38	-5035.70	-17244.86	-4123.82
SLV Earthq.-Y+X+Z	730.51	-2635.38	-5703.30	17249.91	4114.82
SLV Earthq.-Y+X-Z	728.51	-2636.38	-5124.70	17262.91	4087.82
SLV Earthq.-Y-X+Z	-728.51	-2635.38	-5620.30	17367.56	-4097.82
SLV Earthq.-Y-X-Z	-730.51	-2636.38	-5042.70	17382.21	-4123.82
SLV Earthq.+Z+X+Y	733.51	790.51	-6373.00	-5253.07	4153.82
SLV Earthq.+Z+X-Y	733.51	-790.51	-6375.00	5129.47	4153.82
SLV Earthq.+Z-X+Y	-725.51	790.51	-6291.00	-5139.07	-4057.82
SLV Earthq.+Z-X-Y	-725.51	-790.51	-6292.00	5247.12	-4057.82
SLV Earthq.-Z+X+Y	725.51	789.51	-4446.00	-5238.42	4049.82
SLV Earthq.-Z+X-Y	725.51	-792.51	-4448.00	5157.12	4049.82
SLV Earthq.-Z-X+Y	-733.51	789.51	-4364.00	-5123.42	-4161.82
SLV Earthq.-Z-X-Y	-733.51	-791.51	-4367.00	5262.77	-4162.82

Tabella 5-7 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/SLV)

Le combinazioni più gravose risultano essere per il sisma principale in direzione longitudinale con coefficiente di sicurezza pari ad 1.87.

Si riportano in Tabella 5-8 le azioni sollecitanti allo stato limite di esercizio alla base della pila.

SLE	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	0.00	-1.00	-5370.00	9.35	-4.00
Folla totale	2.00	-2.00	-6522.00	23.35	58.00
Folla X-	-32.00	-1.00	-6237.00	8.70	-823.00
Folla X+	34.00	-1.00	-6231.00	8.70	897.00
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	1.00	4.00	-5946.00	-42.05	29.00
Folla Y+	2.00	-11.00	-6234.00	-422.05	48.00
Folla Y-	2.00	8.00	-6234.00	449.45	48.00
Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	1.00	-6.00	-5946.00	63.75	25.00
Azione long. 10% folla X+ + Folla	2.00	-2.00	-6537.00	20.70	42.00

Azione long. 10% folla X- + Folla	4.00	-1.00	-6507.00	9.70	96.00
Folla con spinte parapetto	2.00	-2.00	-6522.00	23.35	58.00
Vento Y+ + Folla	2.00	200.00	-6292.00	-4061.95	50.00
Vento Y- + Folla	2.00	-204.00	-6061.00	4104.00	41.00
Folla + Vento Y+	2.00	120.00	-6591.00	-2436.70	61.00
Folla + Vento Y-	2.00	51.00	-6592.00	-1324.95	60.00
Vento Y+	0.00	201.00	-5484.00	-4074.95	0.00
Vento Y-	0.00	201.00	-5484.00	-4074.95	0.00
Vento X+ + Folla	12.00	-2.00	-6235.00	13.10	348.00
Vento X- + Folla	8.00	-2.00	-6207.00	16.40	214.00
Folla + Vento X+	100.00	-1.00	-6095.00	8.70	1808.00
Folla + Vento X-	-96.00	-1.00	-6085.00	8.70	-1722.00
Vento X+	80.00	-2.00	-6305.00	20.70	1609.00
Vento X-	-76.00	-1.00	-6302.00	11.35	-1508.00
DT+ + Folla	76.00	0.00	-5492.00	-0.65	1174.00
DT- + Folla	-76.00	-1.00	-5477.00	7.70	-1174.00

Tabella 5-8 – Azioni di progetto (Combinazione SLE)

La pila in fase di esercizio presenta uno stato tensionale di compressione in tutte le combinazioni analizzate, la sezione si presenta quindi non fessurata.

Le verifiche della sezione della pila risultano pertanto integralmente soddisfatte per tutte le combinazioni analizzate, in condizioni sia statiche sia sismiche, e si rimanda all'Appendice A per i calcoli di dettaglio.

### 5.3 Verifica della pila di estremità

La pila ha un ingombro massimo di 6.0 m x 1.35 m, essendo in alveo presenta una geometria idraulicamente compatibile con le due estremità a formare un triangolo isoscele. Il basamento della pila è costituito da una piastra in calcestruzzo armato di dimensioni 9.2 m x 4.4 m e spessore 1.5 m.

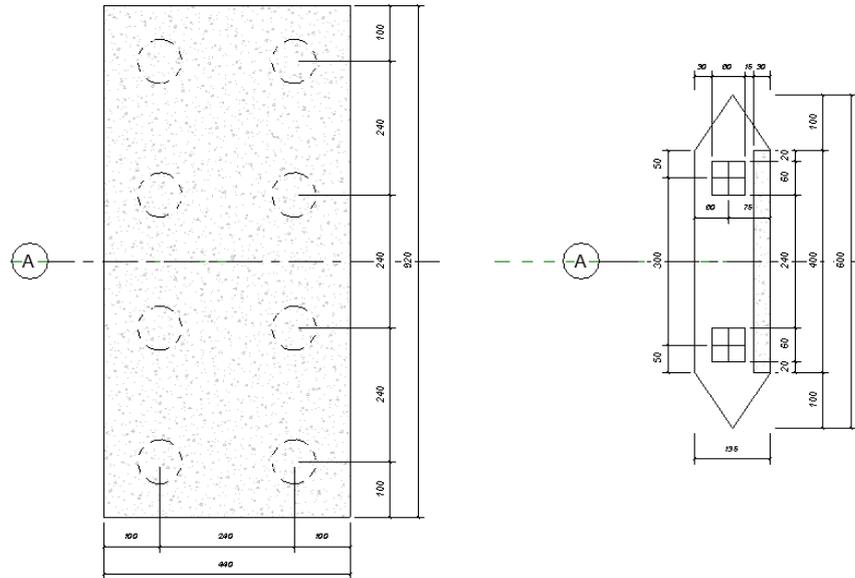


Figura 5-3 – Pianta della pila DX e della fondazione

Cautelativamente, ai fini delle verifiche si considera una pila di sezione rettangolare, escludendo le due estremità circolari, di dimensioni 4.00 m x 1.35 m. La sezione presenta un’armatura sui lati maggiori costituita da 22+22 $\varnothing$ 24 e staffe 2 bracci in numero di 2 $\varnothing$ 16/40cm.

Si riportano in Tabella 5-9 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo strutturale alla base della pila.

SLU	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	0.00	0.00	-1760.69	0.00	0.00
Folla totale	0.00	1.00	-1971.69	-8.50	0.00
Folla X-	0.00	1.00	-1645.69	-8.50	0.00
Folla X+	0.00	1.00	-2085.69	-8.50	0.00
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	0.00	-3.00	-1865.69	220.50	0.00
Folla Y+	0.00	14.00	-1865.69	-222.50	0.00
Folla Y-	0.00	-12.00	-1865.69	205.50	0.00
Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	0.00	5.00	-1883.69	-252.50	0.00
Azione long. 10% folla X+ + Folla	0.00	1.00	-1967.69	-8.50	0.00
Azione long. 10% folla X- + Folla	0.00	1.00	-1975.69	-8.50	0.00
Folla con spinte parapetto	0.00	1.00	-1971.69	-8.50	0.00
Vento Y+ + Folla	0.00	32.00	-1910.69	-284.00	0.00
Vento Y- + Folla	0.00	-30.00	-1910.69	267.00	0.00
Folla + Vento Y+	0.00	20.00	-1984.69	-176.00	0.00
Folla + Vento Y-	0.00	-17.00	-1985.69	153.50	0.00
Vento Y+	0.00	31.00	-1727.69	-275.50	0.00

Vento Y+	0.00	-31.00	-1727.69	275.50	0.00
Vento X+ + Folla	0.00	1.00	-1996.69	-7.00	0.00
Vento X- + Folla	0.00	1.00	-1697.69	-8.50	0.00
Folla + Vento X+	0.00	1.00	-2110.69	-7.00	0.00
Folla + Vento X-	0.00	1.00	-1648.69	-7.00	0.00
Vento X+	0.00	0.00	-1744.69	0.00	0.00
Vento X-	0.00	0.00	-1710.69	0.00	0.00
DT+ + Folla	0.00	2.00	-1838.69	-14.00	0.00
DT- + Folla	0.00	2.00	-1862.69	-14.00	0.00

Tabella 5-9 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/STR)

Le combinazioni più gravose risultano essere per il sisma principale in direzione longitudinale con coefficiente di sicurezza pari ad 52.91.

Si riportano in Tabella 5-10 le azioni sollecitanti allo stato limite ultimo SLV in condizioni sismiche alla base della pila.

SLV	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
SLV	0.00	0.00	-1546.40	0.00	0.00
SLV Earthq.+X+Y+Z	683.94	228.18	-1371.80	-879.14	2393.80
SLV Earthq.+X+Y-Z	683.94	228.18	-1211.71	-877.64	2393.80
SLV Earthq.+X-Y+Z	683.94	-230.18	-1370.80	978.64	2393.80
SLV Earthq.+X-Y-Z	683.94	-230.18	-1211.71	978.64	2393.80
SLV Earthq.-X+Y+Z	-683.94	231.18	-1368.80	-985.64	-2393.80
SLV Earthq.-X+Y-Z	-683.94	231.18	-1209.71	-985.64	-2393.80
SLV Earthq.-X-Y+Z	-683.94	-227.18	-1369.80	872.14	-2393.80
SLV Earthq.-X-Y-Z	-683.94	-227.18	-1209.71	870.64	-2393.80
SLV Earthq.+Y+X+Z	205.18	763.94	-1369.80	-3082.80	718.14
SLV Earthq.+Y+X-Z	205.18	763.94	-1210.71	-3082.80	718.14
SLV Earthq.+Y-X+Z	-205.18	764.94	-1369.80	-3116.80	-718.14
SLV Earthq.+Y-X-Z	-205.18	764.94	-1209.71	-3115.30	-718.14
SLV Earthq.-Y+X+Z	205.18	-763.94	-1370.80	3108.30	718.14
SLV Earthq.-Y+X-Z	205.18	-763.94	-1211.71	3108.30	718.14
SLV Earthq.-Y-X+Z	-205.18	-762.94	-1370.80	3074.30	-718.14
SLV Earthq.-Y-X-Z	-205.18	-763.94	-1210.71	3082.80	-718.14
SLV Earthq.+Z+X+Y	205.18	229.18	-1556.40	-916.14	718.14
SLV Earthq.+Z+X-Y	205.18	-229.18	-1557.40	941.64	718.14
SLV Earthq.+Z-X+Y	-205.18	230.18	-1556.40	-950.14	-718.14
SLV Earthq.+Z-X-Y	-205.18	-228.18	-1556.40	909.14	-718.14
SLV Earthq.-Z+X+Y	205.18	228.18	-1025.10	-907.64	718.14
SLV Earthq.-Z+X-Y	205.18	-230.18	-1025.10	948.64	718.14
SLV Earthq.-Z-X+Y	-205.18	229.18	-1024.10	-940.14	-718.14
SLV Earthq.-Z-X-Y	-205.18	-229.18	-1024.10	916.14	-718.14

Tabella 5-10 – Azioni di progetto e resistenze della sezione (Combinazione SLU/SLV)

Le combinazioni più gravose risultano essere per il sisma principale in direzione longitudinale con coefficiente di sicurezza pari ad 2.29.

Si riportano in Tabella 5-11 le azioni sollecitanti allo stato limite di esercizio alla base della pila.

SLE	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
Permanenti	0.00	0.00	-1291.25	0.00	0.00
Folla totale	0.00	1.00	-1447.25	-7.00	0.00
Folla X-	0.00	1.00	-1326.25	-8.50	0.00
Folla X+	0.00	1.00	-1489.25	-7.00	0.00
Folla scacchiere X-Y+ e X+Y-	0.00	-2.00	-1369.25	161.00	0.00
Folla Y+	0.00	5.00	-1408.25	-81.50	0.00
Folla Y-	0.00	-4.00	-1407.25	73.00	0.00
Folla scacchiere X+Y- e X-Y+	0.00	3.00	-1369.25	-168.00	0.00
Azione long. 10% folla X+ + Folla	0.00	1.00	-1444.25	-8.50	0.00
Azione long. 10% folla X- + Folla	0.00	1.00	-1450.25	-8.50	0.00
Folla con spinte parapetto	0.00	1.00	-1447.25	-7.00	0.00
Vento Y+ + Folla	0.00	21.00	-1415.25	-186.00	0.00
Vento Y- + Folla	0.00	-20.00	-1384.25	177.50	0.00
Folla + Vento Y+	0.00	13.00	-1457.25	-115.00	0.00
Folla + Vento Y-	0.00	-10.00	-1456.25	95.50	0.00
Vento Y+	0.00	21.00	-1307.25	-186.00	0.00
Vento Y-	0.00	-21.00	-1307.25	186.00	0.00
Vento X+ + Folla	0.00	1.00	-1369.25	-7.00	0.00
Vento X- + Folla	0.00	1.00	-1383.25	-7.00	0.00
Folla + Vento X+	0.00	1.00	-1457.25	-7.00	0.00
Folla + Vento X-	0.00	1.00	-1319.25	-7.00	0.00
Vento X+	0.00	1.00	-1506.25	-8.50	0.00
Vento X-	0.00	1.00	-1329.25	-7.00	0.00
DT+ + Folla	0.00	0.00	-1317.25	0.00	0.00
DT- + Folla	0.00	0.00	-1295.25	0.00	0.00

Tabella 5-11 – Azioni di progetto (Combinazione SLE)

La pila in fase di esercizio presenta uno stato tensionale di compressione in tutte le combinazioni analizzate, la sezione si presenta quindi non fessurata.

Le verifiche della sezione della pila risultano pertanto integralmente soddisfatte per tutte le combinazioni analizzate, in condizioni sia statiche sia sismiche, e si rimanda all'Appendice A per i calcoli di dettaglio.

## 5.4 Verifica della piastra di fondazione

La verifica della piastra di fondazione è eseguita col metodo tirante-puntone, considerando che l'azione di compressione si diffonda dalla pila fino alla testa del palo.

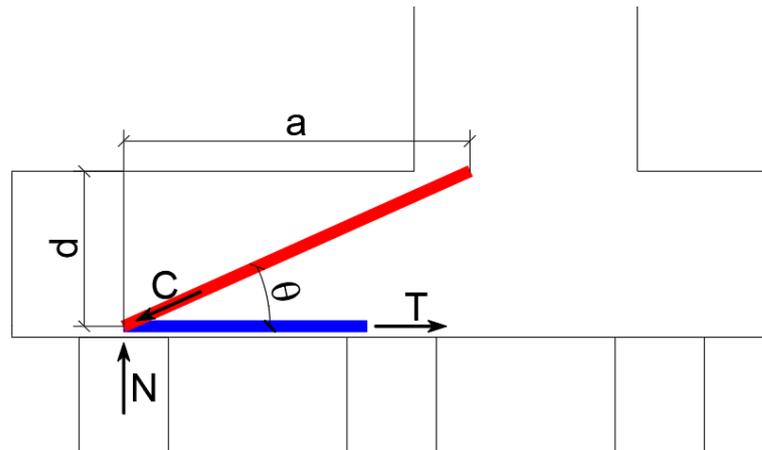


Figura 5-4 – Schema tirante-puntone sulla piastra di fondazione

Il carico massimo agente sul palo risulta dalla combinazione allo stato limite ultimo (N). Le azioni di trazione nel tirante e compressione nel puntone, considerando l'inclinazione della biella compressa rispetto all'orizzontale  $\theta$ , è data dalle relazioni:

$$T = N / \tan\theta \quad (\text{Tirante})$$

$$C = N / \sin\theta \quad (\text{Puntone})$$

L'armatura presente sulla piastra di fondazione è costituita da 2 ordini di barre con passo 20 cm in entrambe le direzioni. Il tirante in corrispondenza del palo, considerando un interasse tra i pali di 2.40 m, è costituito quindi da un'armatura di 12+12 $\varnothing$ 26 (Spalla e pila centrale) e 12+12 $\varnothing$ 24 (Pila DX) in grado di garantire un'azione di trazione riportata in Tabella 5-12.

Posizione	n	$\varnothing$ (mm)	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$P_{Rs}$ (kN)	N (kN)	T (kN)
Spalla SX	24	26	12742.30	4986.06	1900.00	4530.77
Pila centrale	24	26	12742.30	4986.06	2000.00	4428.57
Pila DX	24	24	12742.30	4248.48	1700.00	3764.29

Tabella 5-12 – Resistenza del tirante

La resistenza di progetto del puntone compresso è valutata in accordo all'Eurocodice 2 al §6.5, considerando una resistenza a compressione del calcestruzzo ridotta nel caso tensioni trasversali di trazione, mediante la relazione:

$$\sigma_{Rd} = 0.6 v' f_{cd} \quad \text{con } v' = 1 - f_{ck} / 250$$

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

In Tabella 5-13 è riportato il calcolo della resistenza del puntone per un calcestruzzo di classe C32/40 ( $f_{ck} = 32$  MPa,  $f_{cd} = 18.13$  MPa,):

Posizione	b (mm)	d (mm)	a (mm)	$\theta$	$v'$	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	$P_{Rc}$ (kN)	N (kN)	C (kN)
Spalla SX	800	1300	3100	22.75	0.872	9.49	6584.20	1447.00	3741.66
Pila centrale	800	1400	3100	24.30	0.872	9.49	6662.39	1974.00	4796.07
Pila DX	800	1400	3100	24.30	0.872	9.49	6662.39	1937.00	4706.18

Tabella 5-13 – Resistenza del puntone

Essendo le resistenze superiori alle rispettive azioni di progetto, la verifica risulta soddisfatta.

## 5.5 Verifica dei pali di fondazione

Il calcolo delle sollecitazioni è svolto mediante implementazione di un modello ad elementi finiti, costituito da elementi beam a simulare i pali ed elementi plate a simulare la piastra di fondazione.

La piastra di fondazione è modellata al solo scopo di ripartire i carichi sui pali tenendo in conto anche eventuali azioni di tipo torsionale agenti sulla pila.

L'interazione del palo con il terreno è considerata assegnando ai pali un modulo di reazione pari a 50000 kN/m<sup>3</sup>, modellato mediante l'utilizzo di elementi di tipo non lineare (cut-off bar) che consentono l'attivazione della rigidità contestualmente alle sole azioni di compressione. Gli elementi cut-off bar hanno uno spessore pari al diametro del palo, larghezza pari all'interasse tra i nodi del palo e lunghezza unitaria. Per tenere conto dell'effetto di gruppo dei pali si assegna un coefficiente di ripartizione pari ad 1 per i pali anteriori e pari a 0.6 per i pali posteriori (si assegna pertanto un modulo elastico pari a 50000 kPa sui pali anteriori ed un modulo elastico pari a 30000 kPa sui pali posteriori).

Il vincolo verticale alla base di ciascun palo è modellato mediante molle elastiche.

In Figura 5-5, Figura 5-6 e Figura 5-7 sono riportate le immagini dei modelli ad elementi finiti della piastra di fondazione su pali, per le differenti sottostrutture, evidenziando in rosso i moduli di reazione relativi ai pali anteriori e in verde i moduli di reazione relativi ai pali posteriori.

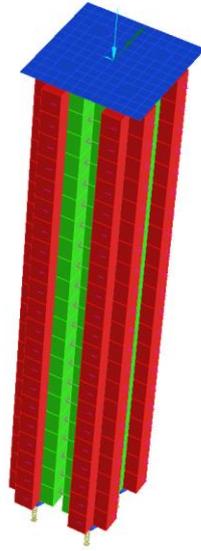


Figura 5-5 – Modello di calcolo agli elementi finiti (Spalla SX)

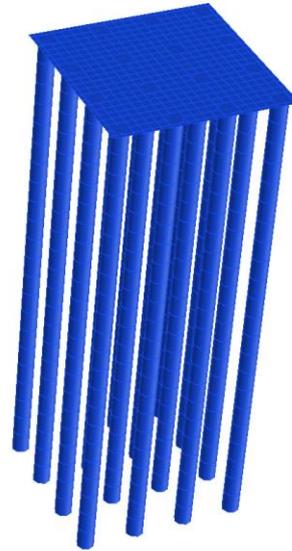
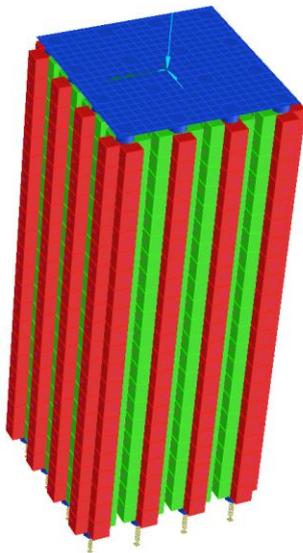


Figura 5-6 – Modello di calcolo agli elementi finiti (Pila centrale)

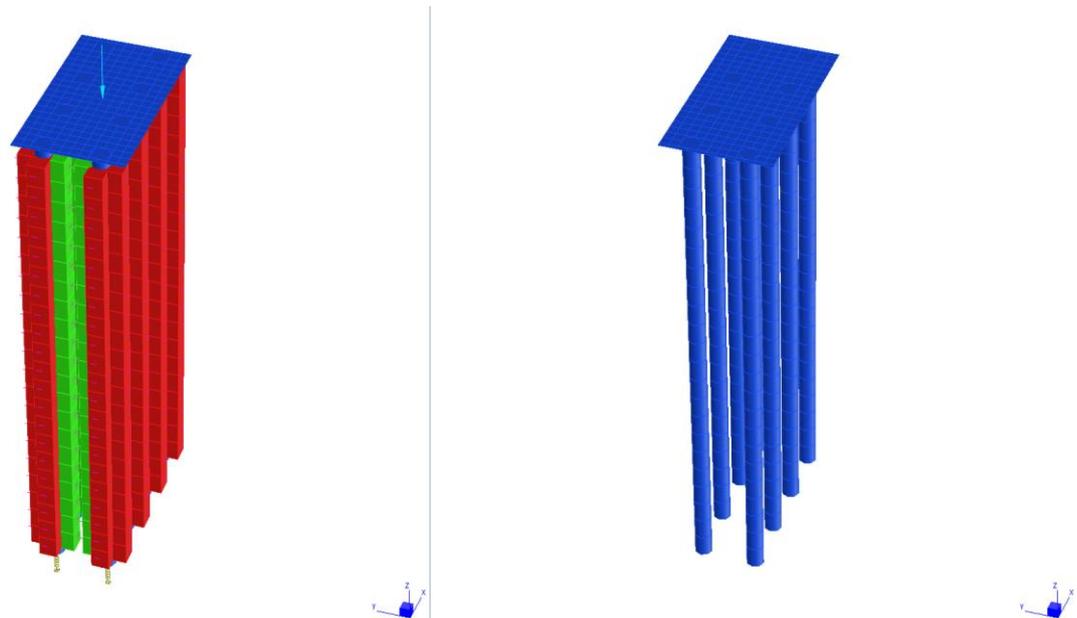


Figura 5-7 – Modello di calcolo agli elementi finiti (Pila DX)

### 5.5.1 Azioni sui pali

Nelle immagini seguenti si riportano i diagrammi di sollecitazione dello sforzo normale, momento flettente e taglio in entrambe le direzioni, relativi alla spalla e le due pile, nelle combinazioni allo stato limite ultimo e stato limite di esercizio.

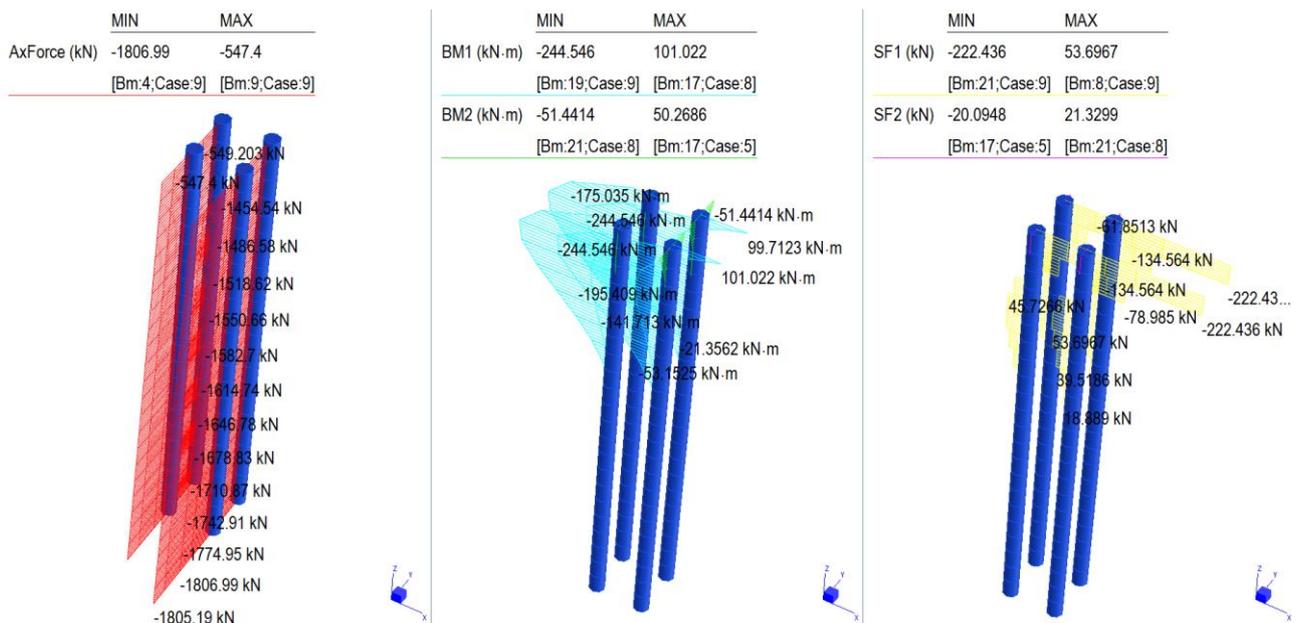


Figura 5-8 - Involuppo Comb. SLU/STR (Spalla SX)

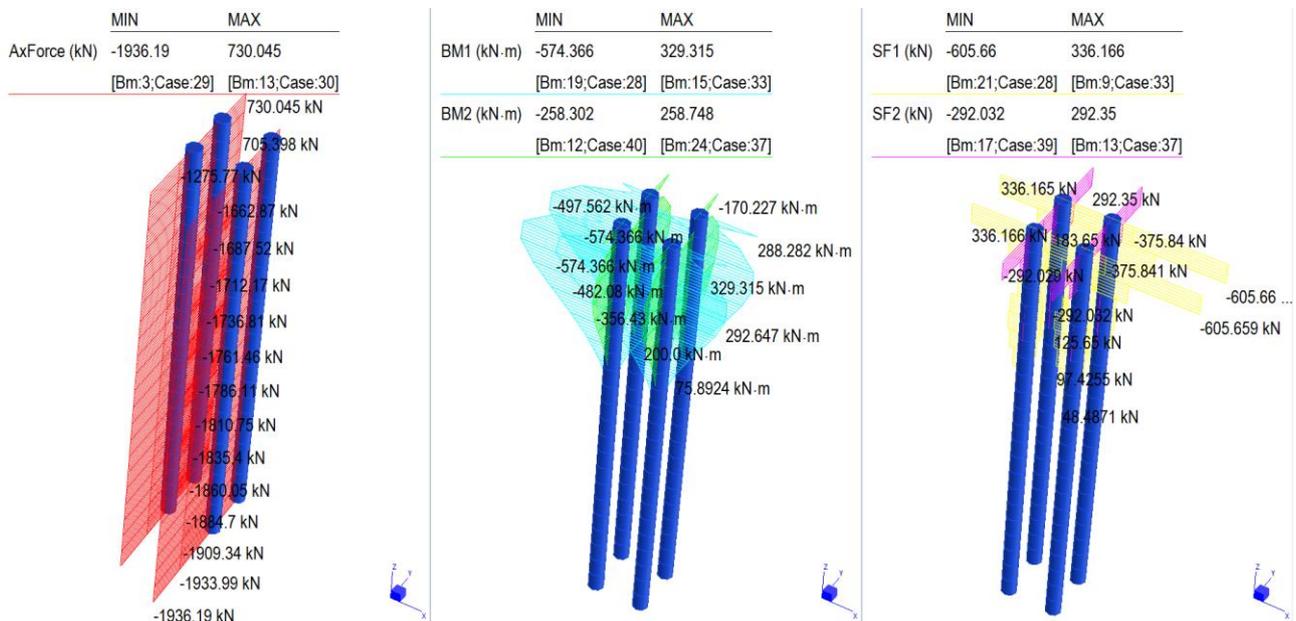


Figura 5-9 - Involuppo Comb. SLU/SLV (Spalla SX)

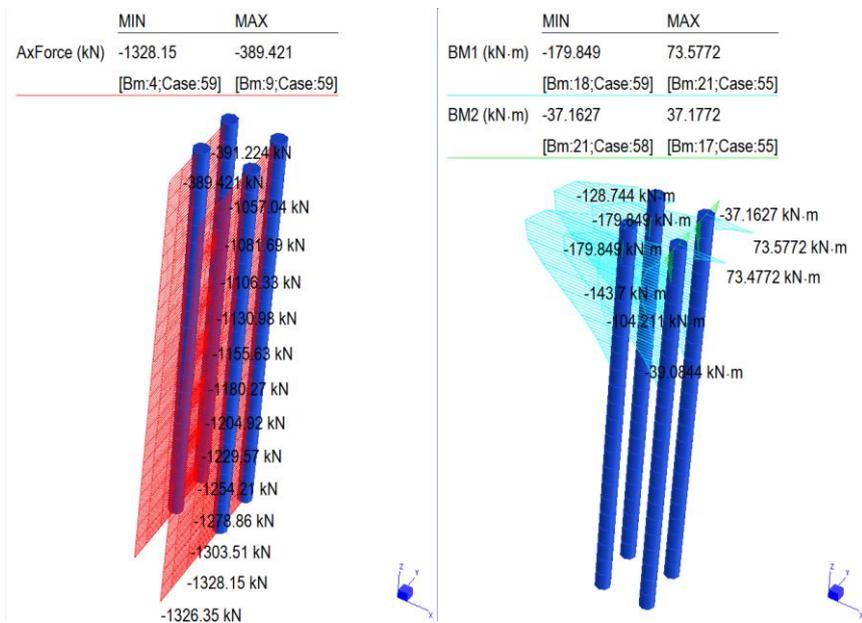


Figura 5-10 - Involuppo Comb. SLE (Spalla SX)

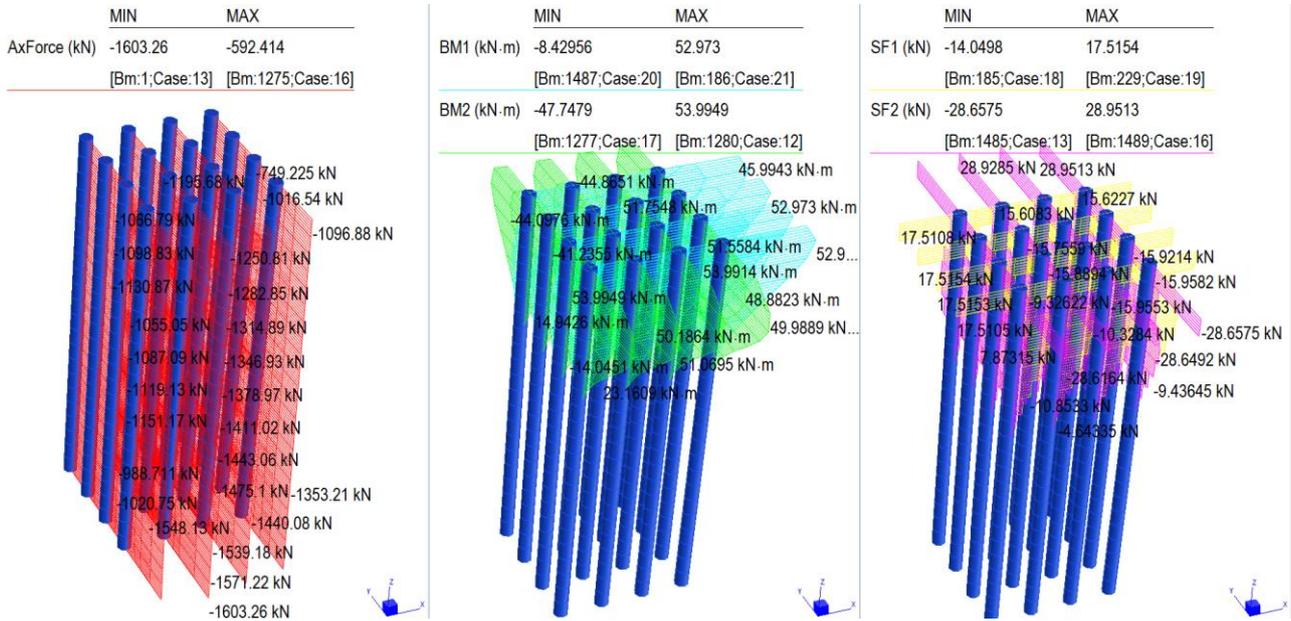


Figura 5-11 - Inviluppo Comb. SLU/STR (Pila centrale)

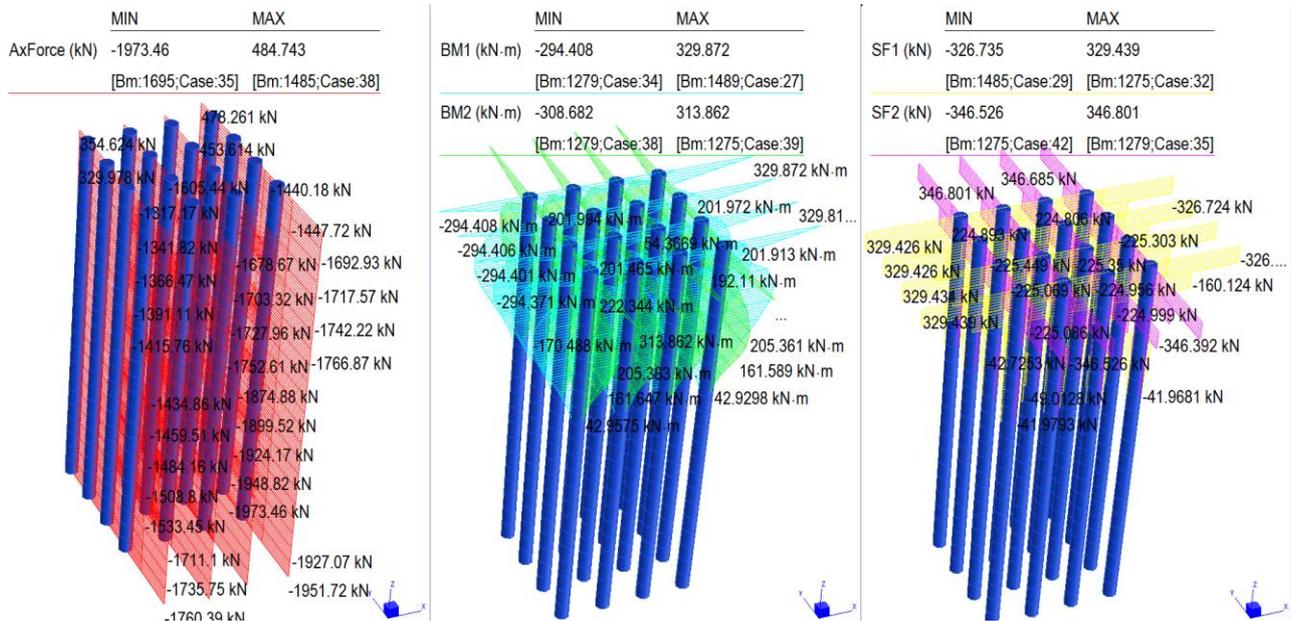


Figura 5-12 - Inviluppo Comb. SLU/SLV (Pila centrale)

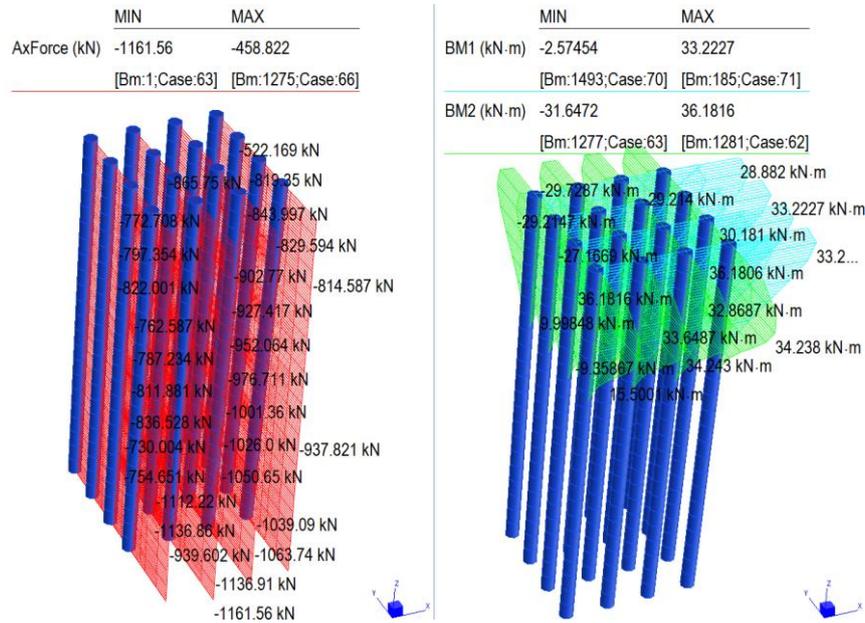


Figura 5-13 - Involupto Comb. SLE (Pila centrale)

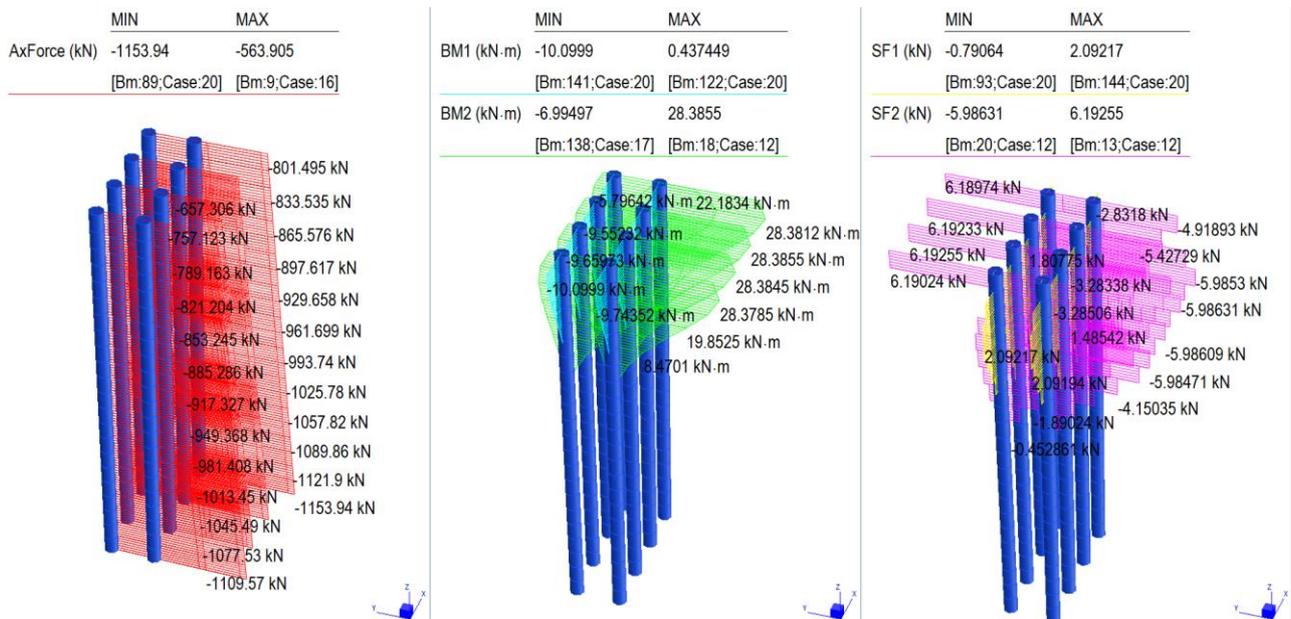


Figura 5-14 - Involupto Comb. SLU/STR (Pila DX)

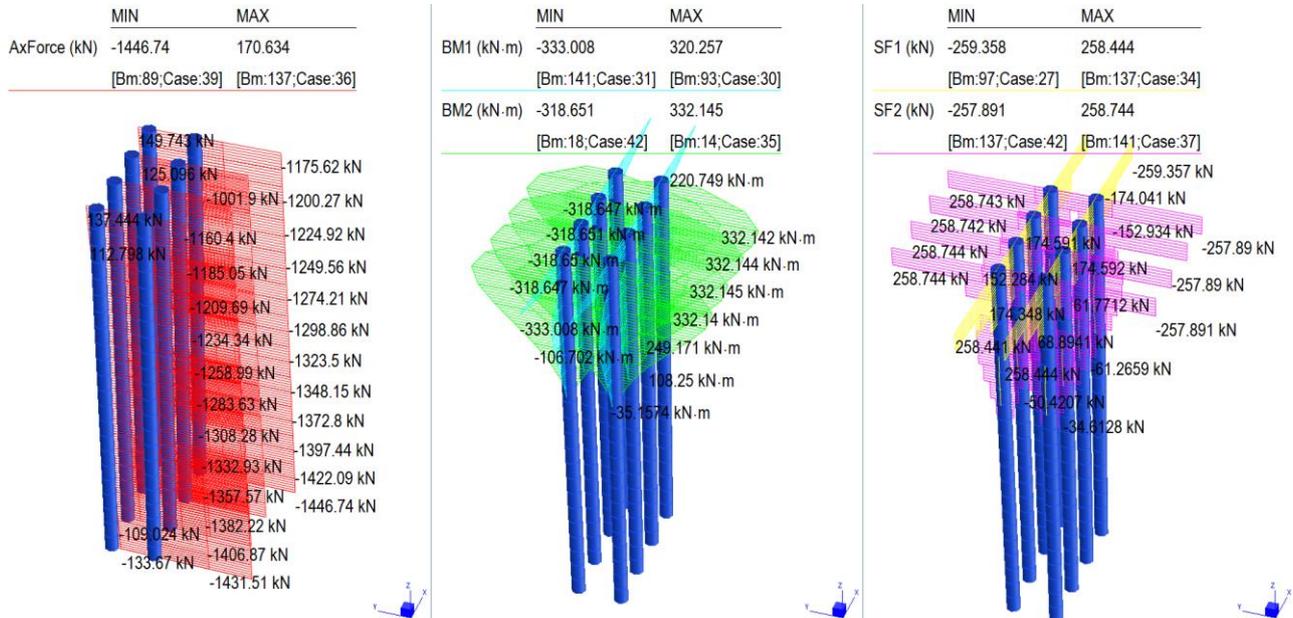


Figura 5-15 - Involuppo Comb. SLU/SLV (Pila DX)

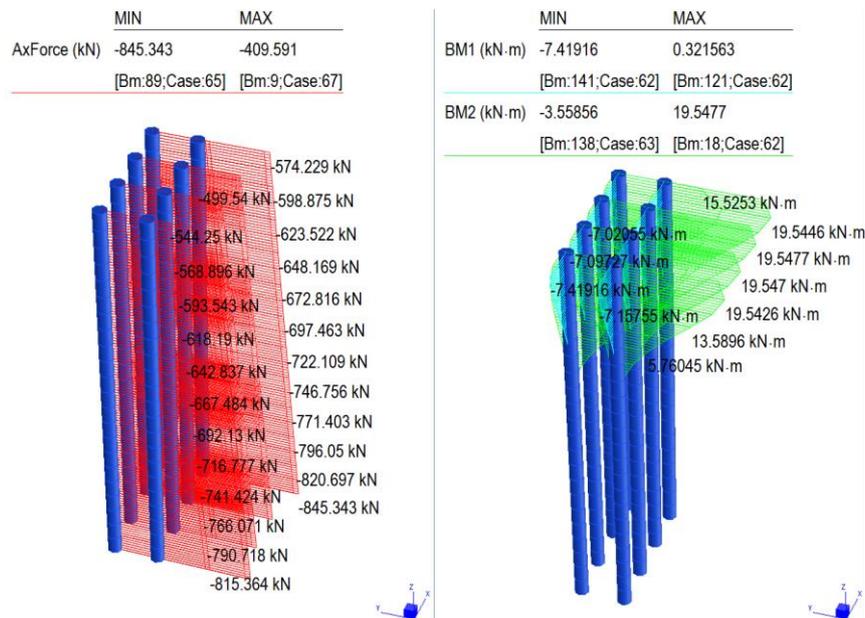


Figura 5-16 - Involuppo Comb. SLE (Pila DX)

### 5.5.2 Verifica strutturale

Le fondazioni profonde sono eseguite mediante pali avente diametro del perforo  $\varnothing 800$  mm, l'armatura è costituita da

- Pali Spalla SX: 16 $\varnothing 26$  barre longitudinali, e una staffatura elicoidale costituita da  $\varnothing 14/10$  cm per i primi 4 m e  $\varnothing 12/20$  cm oltre i 4 m, dove l'effetto dell'azione del taglio è attenuata;

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

- Pali Pila centrale: 12Ø26 barre longitudinali, e una staffatura elicoidale costituita da Ø12/10 cm per i primi 4 m e Ø12/20 cm oltre i 4 m, dove l'effetto dell'azione del taglio è attenuata;
- Pali Pila DX: 12Ø26 barre longitudinali, e una staffatura elicoidale costituita da Ø12/10 cm per i primi 4 m e Ø12/20 cm oltre i 4 m, dove l'effetto dell'azione del taglio è attenuata.

In Figura 5-17, Figura 5-18 e Figura 5-19 vengono eseguite graficamente le verifiche a presso-tenso flessione dei pali di fondazione, riportando i domini di resistenza allo stato limite ultimo per le azioni statiche e sostanzialmente elastico per le azioni sismiche, e le rispettive coppie M-N per tutte le combinazioni di carico per ciascun palo, mediante associazione cromatica tra la coppia di azioni e il rispettivo dominio di resistenza del palo.

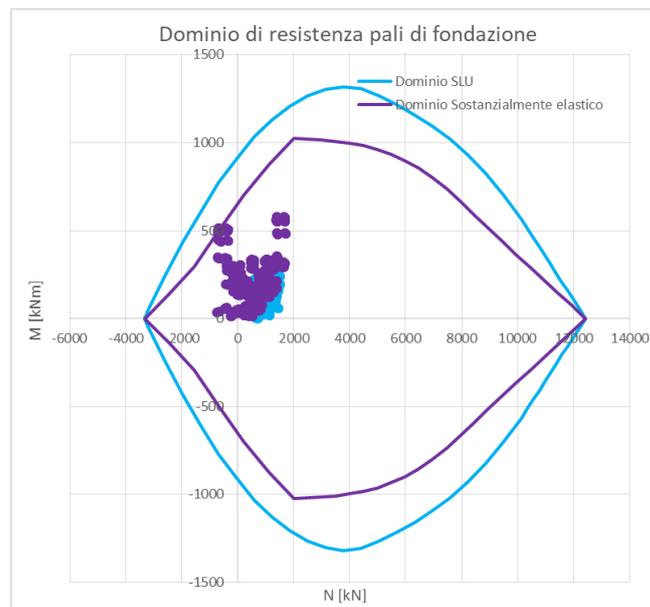


Figura 5-17 – Verifica a presso-tenso flessione dei pali (Spalla SX)

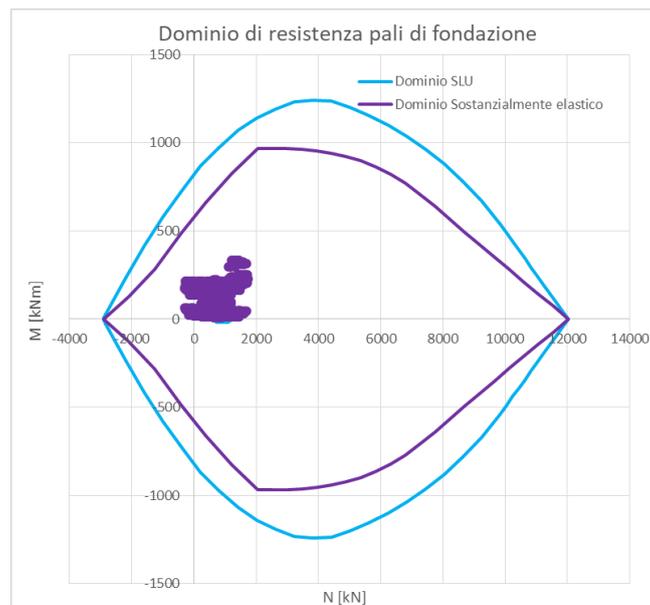


Figura 5-18 – Verifica a presso-tenso flessione dei pali (Pila centrale)

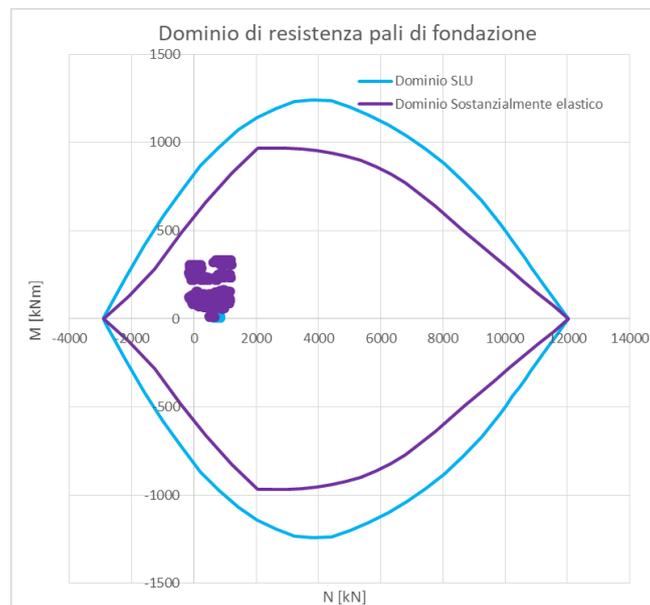


Figura 5-19 – Verifica a presso-tenso flessione dei pali (Pila DX)

Tutte le coppie di azioni M-N risultano interne al dominio di resistenza, la verifica è pertanto soddisfatta.

Le verifiche sulle sezioni dei pali risultano pertanto integralmente soddisfatte per tutte le combinazioni analizzate, in condizioni sia statiche sia sismiche, e si rimanda all’Appendice A per i calcoli di dettaglio, dove sono riportate le combinazioni dimensionanti più gravose.

La resistenza al taglio del palo con sezione circolare, di diametro D, e armatura elicoidale formata da staffe avente passo s, è valutata mediante l’espressione (Norma ACI318M-08):

$$V_{Rd} = 0.8D f_{yd} A_{sw}/s$$

Riportando in Tabella 5-14 la resistenza al taglio della sezione

Elemento	Posizione	D (mm)	Ø (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)
Spalla SX	Testa palo	800	14	307.88	100	771.02	611.90
	In profondità	800	12	226.19	200	283.23	-
Pila centrale	Testa palo	800	12	226.19	100	566.46	360.71
Pila DX	In profondità	800	12	226.19	200	283.23	-

Tabella 5-14 – Resistenza a taglio della sezione

Le verifiche a taglio dei pali risultano soddisfatte, essendo la resistenza superiore alla rispettiva azione.

### 5.5.3 Verifica geotecnica

L'azione assiale massima agente sui pali risulta pari a  $N = 1974$  kN in compressione ed  $N = 485$  kN in trazione (cfr. Figura 5-12). Rimandando al §5.1.2 della relazione geotecnica per i calcoli di dettaglio, si riporta il valore di resistenza a compressione e trazione dei pali da confrontare con rispettive azioni assiali in combinazione SLU/SLV che risulta essere la più gravosa. La resistenza di progetto risulta:

$$Q_{cd} = 391.61 \text{ kN} \quad (\text{cfr. Tabella 5-3, REL-4-4})$$

$$Q_{td} = 260.32 \text{ kN} \quad (\text{cfr. Tabella 5-3, REL-4-4})$$

La verifica è quindi soddisfatta essendo le resistenze maggiori alle rispettive azioni.

Essendo inoltre il carico assiale pari a  $N_{SLE} = 1162$  kN (cfr. Figura 5-13), si indica quale carico di collaudo il valore pari a  $1.5 \times N_{SLE}$

$$Q_{coll} = 1743 \text{ kN}$$

### 5.6 Verifica della fondazione dei portali

La lastra di fondazione presenta uno spessore di 0.7 m nel primo tratto in curva, dove l'altezza dei piedritti che sostengono la rampa di avvicinamento è maggiore, e spessore 0.5 m nei due tratti rettilinei successivi.

In Tabella 5-15 si riportano le azioni globali sul baricentro della fondazione, mentre in Tabella 5-16 la verifica geotecnica della fondazione superficiale, considerando cautelativamente la fondazione come isolata di larghezza pari all'interasse tra i piedritti (dimensione di verifica 4.0 m x 5.0 m x 0.7 m).

Comb.	$F_x$ [kN]	$F_y$ [kN]	$F_z$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	P [kN]	$M_{xP,EQK}$ [kNm]	$M_{yP,EQK}$ [kNm]	$M_{x,EQK}$ [kNm]	$M_{y,EQK}$ [kNm]
SLU Perm	0	0	-282	0	0	0	-350	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU Perm + Folla	0	0	-383	0	0	0	-350	0.00	0.00	0.00	0.00
SLV pesi sismici	0	0	-209	0	0	0	-350	0.00	0.00	0.00	0.00
SLV Earthq.+X+Y	80	20	-209	-140	559	0	-350	-8.93	29.77	-4.20	56.00
SLV Earthq.+X-Y	80	-20	-209	140	559	0	-350	8.93	29.77	4.20	56.00
SLV Earthq.-X+Y	-80	20	-209	-140	-559	0	-350	-8.93	-29.77	-4.20	-56.00
SLV Earthq.-X-Y	-80	-20	-209	140	-559	0	-350	8.93	-29.77	4.20	-56.00
SLV Earthq.+Y+X	24	67	-209	-467	168	0	-350	-29.77	8.93	-46.90	5.04
SLV Earthq.+Y-X	-24	67	-209	-467	-168	0	-350	-29.77	-8.93	-46.90	-5.04
SLV Earthq.-Y+X	24	-67	-209	467	168	0	-350	29.77	8.93	46.90	5.04
SLV Earthq.-Y-X	-24	-67	-209	467	-168	0	-350	29.77	-8.93	46.90	-5.04
SLE Perm	0	0	-209	0	0	0	-350	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE Perm + Folla	0	0	-284	0	0	0	-350	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 5-15 – Carichi in fondazione

La resistenza verticale del terreno viene determinata in termini di tensioni totali ed è finalizzata alla verifica di resistenza delle azioni trasmesse da fondazioni dirette. Per i carichi verticali si considera l'espressione (Brinch Hansen, 1970)<sup>1</sup>:

$$r_d = (N_c c_u s_c i_c d_c + q) / \gamma_R$$

dove:

$N_c = 2 + \pi$  e  $N_q = 1$  sono i coefficienti di capacità portante,

$s_c = 1 + 0.2(B/L)$  è un coefficiente di forma ( $B < L$ ),

$i_c = 1 - m H / (c_u B L N_c)$  è un coefficiente che tiene conto della presenza del carico orizzontale con il coefficiente  $m = (2+B/L)/(1+B/L)$ :

$d_c = 1 + 0.4 D/B$  se  $D \leq B$  oppure  $1 + 0.4 \tan^{-1}(D/B)$  se  $D > B$  con  $D$  approfondimento della fondazione.

$q$  è il sovraccarico latitante l'impronta di fondazione

In presenza di carichi eccentrici i valori dell'impronta della fondazione vanno ridotti tenendo conto dell'eccentricità:

$$B^* = B - 2 e_B \quad e_B < 0.5 B$$

$$L^* = L - 2 e_L \quad e_L < 0.5 L$$

Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_R$  fa riferimento ai valori riportati nella tabella 6.4.I delle NTC18 (R3:  $\gamma_R = 2.3$ ). Il valore del sovraccarico risulta quello di uno scavo di 1.3 m per l'inserimento della fondazione,  $q \approx 23.4$  kPa.

Comb.	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	$B^*_y$ [m]	$L^*_x$ [m]	$\sigma_t$ [kPa]	$N_c$ (-)	$c_u$ (kPa)	$s_c$ (-)	$m$ (-)	$H$ (kN)	$i_c$ (-)	$d_c$ (-)	$q$ (kPa)	$r_d$ (kPa)	C.S.
SLU Perm	0.00	0.00	5.00	4.00	<b>31.60</b>	5.14	150.00	1.16	1.56	0.00	1.00	1.13	23.40	<b>449.71</b>	14.23
SLU Perm + Folla	0.00	0.00	5.00	4.00	<b>36.65</b>	5.14	150.00	1.16	1.56	0.00	1.00	1.13	23.40	<b>449.71</b>	12.27
SLV pesi sismici	0.00	0.00	5.00	4.00	<b>27.95</b>	5.14	150.00	1.16	1.56	0.00	1.00	1.13	23.40	<b>449.71</b>	16.09
SLV Earthq.+X+Y	1.15	0.27	4.45	1.69	<b>74.16</b>	5.14	150.00	1.08	1.72	82.46	0.98	1.31	23.40	<b>470.28</b>	6.34
SLV Earthq.+X-Y	1.15	0.27	4.45	1.69	<b>74.16</b>	5.14	150.00	1.08	1.72	82.46	0.98	1.31	23.40	<b>470.28</b>	6.34
SLV Earthq.-X+Y	1.15	0.27	4.45	1.69	<b>74.16</b>	5.14	150.00	1.08	1.72	82.46	0.98	1.31	23.40	<b>470.28</b>	6.34
SLV Earthq.-X-Y	1.15	0.27	4.45	1.69	<b>74.16</b>	5.14	150.00	1.08	1.72	82.46	0.98	1.31	23.40	<b>470.28</b>	6.34
SLV Earthq.+Y+X	0.33	0.97	3.05	3.35	<b>54.64</b>	5.14	150.00	1.18	1.52	71.17	0.99	1.17	23.40	<b>467.79</b>	8.56
SLV Earthq.+Y-X	0.33	0.97	3.05	3.35	<b>54.64</b>	5.14	150.00	1.18	1.52	71.17	0.99	1.17	23.40	<b>467.79</b>	8.56
SLV Earthq.-Y+X	0.33	0.97	3.05	3.35	<b>54.64</b>	5.14	150.00	1.18	1.52	71.17	0.99	1.17	23.40	<b>467.79</b>	8.56
SLV Earthq.-Y-X	0.33	0.97	3.05	3.35	<b>54.64</b>	5.14	150.00	1.18	1.52	71.17	0.99	1.17	23.40	<b>467.79</b>	8.56
SLE Perm	0.00	0.00	5.00	4.00	<b>27.95</b>	5.14	150.00	1.16	1.56	0.00	1.00	1.13	23.40	<b>449.71</b>	16.09
SLE Perm + Folla	0.00	0.00	5.00	4.00	<b>31.70</b>	5.14	150.00	1.16	1.56	0.00	1.00	1.13	23.40	<b>449.71</b>	14.19

Tabella 5-16 – Verifica geotecnica della fondazione

<sup>1</sup> Brinch Hansen, J (1970) “A revised and extended Formula for Bearing Capacity”. Bull. 28, Danish Geotech Inst, Copenhagen.

Lo stato di sollecitazione sulla lastra è valutato cautelativamente a partire dalle pressioni sul terreno ( $\sigma_t$ ), mediante le relazioni seguenti:

Direzione trasversale

$$M_{Ed} = \sigma_t \cdot L^2 / 10 = 74.16 \text{ kPa} \cdot 2.5^2 / 10 = 33.58 \text{ kNm/m}$$

Direzione longitudinale

$$M_{Ed} = \sigma_t \cdot L^2 / 10 = 74.16 \text{ kPa} \cdot 4.5^2 / 10 = 109.67 \text{ kNm/m}$$

La sezione è armata con 1+1 $\emptyset$ 16/20 cm ( $A_s = 1005.31 \text{ mm}^2/\text{m}$ ) in direzione longitudinale e 1+1 $\emptyset$ 12/20 cm ( $A_s = 565.49 \text{ mm}^2/\text{m}$ ) in direzione trasversale, e staffe in numero di 2 $\emptyset$ 12/20 cm ( $A_w = 226.20 \text{ mm}^2$ ), essendo l'altezza utile della sezione  $d = 650 \text{ mm}$ , il momento e il taglio resistente della sezione risultano dalle relazioni:

$$M_{Rd} = 0.9d \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

Direzione trasversale

$$M_{Rd} = 129.45 \text{ kNm/m}$$

Direzione longitudinale

$$M_{Rd} = 223.05 \text{ kNm/m}$$

La verifica risulta soddisfatta.

## APPENDICE A – VERIFICHE DELLE SEZIONI IN CLS ARMATO

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Spalla SX Comb. Sismiche**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 18.0 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-65.0	0.0
2	-65.0	430.0
3	65.0	430.0
4	65.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-57.1	7.9	20
2	-57.1	422.1	20
3	57.1	422.1	20
4	57.1	7.9	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	20	20

2	3	4	20	20
3	2	3	5	20
4	1	4	5	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 16 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1290.31	0.00	463.33	0.00	232.76
2	1140.98	-230.08	2492.25	100.38	1084.17
3	1067.83	-230.08	2550.68	100.38	1104.17
4	1140.98	242.08	2489.25	-103.38	1083.17
5	1067.83	242.08	2547.68	-103.38	1103.17
6	1265.98	-243.58	-1294.92	104.38	-492.30
7	1192.83	-240.58	-1239.49	103.38	-473.30
8	1266.98	227.08	-1297.92	-99.38	-493.30
9	1193.83	230.08	-1242.49	-100.38	-474.30
10	1182.98	-785.92	1053.54	339.94	482.88
11	1109.83	-782.92	1111.97	338.94	502.88
12	1220.98	-788.92	-82.61	340.94	9.94
13	1147.83	-785.92	-27.18	339.94	28.94
14	1184.98	785.92	1044.54	-339.94	479.88
15	1111.83	785.92	1102.97	-339.94	499.88
16	1222.98	782.92	-91.61	-338.94	6.94
17	1149.83	782.92	-36.18	-338.94	25.94
18	1280.31	-236.08	985.20	102.38	458.88
19	1281.31	234.58	982.20	-101.38	457.88
20	1317.31	-240.58	-150.95	103.38	-14.06
21	1318.31	230.08	-153.95	-100.38	-15.06
22	1036.47	-233.08	1177.97	101.38	524.88
23	1037.47	237.58	1171.97	-102.38	522.88
24	1074.47	-236.08	41.82	102.38	51.94
25	1075.47	234.58	35.82	-101.38	49.94

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	1162.70	0.00 (0.00)	535.69 (7824.63)
2	1319.70	-4.50 (-77.04)	529.69 (9068.04)
3	1358.70	-3.00 (-37.08)	628.69 (7769.96)
4	1201.70	-4.50 (-111.74)	430.69 (10694.58)
5	1240.70	-138.00 (-1883.01)	529.69 (7227.61)
6	1280.70	-60.00 (-913.27)	532.69 (8108.21)
7	1279.70	55.50 (848.57)	532.69 (8144.63)
8	1240.70	135.00 (1810.67)	535.69 (7184.88)

9	1306.70	-3.00	(-17.61)	973.69	(5714.97)
10	1331.70	-4.50	(0.00)	85.69	(0.00)
11	1319.70	-4.50	(-77.04)	529.69	(9068.04)
12	1287.70-106.50		(-1562.26)	529.69	(7770.06)
13	1256.70	99.00	(1412.37)	532.69	(7599.53)
14	1328.70	-63.00	(-1008.65)	529.69	(8480.54)
15	1328.70	54.00	(874.37)	529.69	(8576.80)
16	1177.70-103.50		(-1367.71)	535.69	(7078.94)
17	1177.70-103.50		(-1367.71)	535.69	(7078.94)
18	1244.70	-3.00	(-54.52)	499.69	(9081.63)
19	1258.70	-3.00	(-51.73)	514.69	(8875.43)
20	1186.70	-3.00	(-28.79)	682.69	(6551.76)
21	1334.70	-3.00	(-145.75)	382.69	(18592.88)
22	1199.70	-4.50	(-61.24)	562.69	(7656.99)
23	1378.70	-3.00	(-64.27)	496.69	(10640.82)
24	1158.70	0.00	(0.00)	751.69	(6118.49)
25	1196.70	0.00	(0.00)	319.69	(25846.38)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:6.9 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:17.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.3 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1290.31	0.00	463.33	1290.18	0.00	4200.60	9.07169.6	(167.7)
2	S	1140.98	-230.08	2492.25	1141.11	-388.56	4077.17	1.64169.6	(167.7)
3	S	1067.83	-230.08	2550.68	1067.62	-372.70	4040.19	1.58169.6	(167.7)
4	S	1140.98	242.08	2489.25	1141.07	387.59	4077.29	1.64169.6	(167.7)
5	S	1067.83	242.08	2547.68	1067.90	395.31	4037.21	1.59169.6	(167.7)
6	S	1265.98	-243.58	-1294.92	1265.82	-770.30	-4097.67	3.16169.6	(167.7)
7	S	1192.83	-240.58	-1239.49	1192.60	-782.87	-4057.34	3.27169.6	(167.7)
8	S	1266.98	227.08	-1297.92	1266.91	705.77	-4106.06	3.16169.6	(167.7)
9	S	1193.83	230.08	-1242.49	1193.71	744.50	-4062.53	3.27169.6	(167.7)
10	S	1182.98	-785.92	1053.54	1183.28	-2831.08	3786.47	3.60169.6	(167.7)
11	S	1109.83	-782.92	1111.97	1109.56	-2663.23	3769.15	3.39169.6	(167.7)
12	S	1220.98	-788.92	-82.61	1220.86	-10260.29	-1073.66	13.01169.6	(167.7)
13	S	1147.83	-785.92	-27.18	1147.85	-10839.35	-348.52	13.79169.6	(167.7)
14	S	1184.98	785.92	1044.54	1184.81	2853.65	3784.15	3.63169.6	(167.7)
15	S	1111.83	785.92	1102.97	1111.96	2700.20	3765.28	3.42169.6	(167.7)
16	S	1222.98	782.92	-91.61	1222.95	10149.25	-1177.95	12.96169.6	(167.7)
17	S	1149.83	782.92	-36.18	1150.07	10696.15	-511.71	13.66169.6	(167.7)
18	S	1280.31	-236.08	985.20	1280.02	-970.10	4081.24	4.14169.6	(167.7)
19	S	1281.31	234.58	982.20	1281.61	962.60	4083.04	4.15169.6	(167.7)
20	S	1317.31	-240.58	-150.95	1317.29	-5455.86	-3414.42	22.66169.6	(167.7)
21	S	1318.31	230.08	-153.95	1318.20	5198.16	-3471.20	22.58169.6	(167.7)
22	S	1036.47	-233.08	1177.97	1036.24	-767.53	3975.62	3.37169.6	(167.7)
23	S	1037.47	237.58	1171.97	1037.47	824.82	3969.16	3.39169.6	(167.7)
24	S	1074.47	-236.08	41.82	1074.18	-9235.07	1682.38	39.15169.6	(167.7)
25	S	1075.47	234.58	35.82	1075.21	9530.08	1472.74	40.64169.6	(167.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO**

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

**LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00048	65.0	430.0	0.00032	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
2	0.00049	65.0	0.0	0.00033	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
3	0.00048	65.0	0.0	0.00033	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
4	0.00049	65.0	430.0	0.00033	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
5	0.00048	65.0	430.0	0.00033	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
6	0.00051	-65.0	0.0	0.00036	-57.1	7.9	-0.00196	57.1	422.1
7	0.00051	-65.0	0.0	0.00035	-57.1	7.9	-0.00196	57.1	422.1
8	0.00051	-65.0	430.0	0.00035	-57.1	422.1	-0.00196	57.1	7.9
9	0.00051	-65.0	430.0	0.00035	-57.1	422.1	-0.00196	57.1	7.9
10	0.00061	65.0	0.0	0.00046	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
11	0.00060	65.0	0.0	0.00045	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
12	0.00061	-65.0	0.0	0.00054	-57.1	7.9	-0.00196	57.1	422.1
13	0.00050	-65.0	0.0	0.00045	-57.1	7.9	-0.00196	57.1	422.1
14	0.00061	65.0	430.0	0.00046	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
15	0.00060	65.0	430.0	0.00045	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
16	0.00062	-65.0	430.0	0.00055	-57.1	422.1	-0.00196	57.1	7.9
17	0.00053	-65.0	430.0	0.00047	-57.1	422.1	-0.00196	57.1	7.9
18	0.00052	65.0	0.0	0.00037	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
19	0.00052	65.0	430.0	0.00037	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
20	0.00072	-65.0	0.0	0.00059	-57.1	7.9	-0.00196	57.1	422.1
21	0.00071	-65.0	430.0	0.00057	-57.1	422.1	-0.00196	57.1	7.9
22	0.00050	65.0	0.0	0.00035	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
23	0.00050	65.0	430.0	0.00035	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9
24	0.00068	65.0	0.0	0.00060	57.1	7.9	-0.00196	-57.1	422.1
25	0.00066	65.0	430.0	0.00058	57.1	422.1	-0.00196	-57.1	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000019916	0.000000000	-0.000819303	----	----
2	0.000019590	-0.000000121	-0.000787002	----	----
3	0.000019564	-0.000000115	-0.000790679	----	----
4	0.000019591	0.000000120	-0.000838792	----	----
5	0.000019544	0.000000125	-0.000841548	----	----
6	-0.000019405	-0.000000238	-0.000747818	----	----
7	-0.000019360	-0.000000243	-0.000748542	----	----
8	-0.000019449	0.000000218	-0.000847682	----	----
9	-0.000019386	0.000000231	-0.000851403	----	----
10	0.000017934	-0.000000887	-0.000558088	----	----
11	0.000018008	-0.000000838	-0.000574484	----	----
12	-0.000003321	-0.000005118	0.000393540	----	----
13	-0.000001069	-0.000005511	0.000430544	----	----
14	0.000017918	0.000000894	-0.000940441	----	----
15	0.000017982	0.000000850	-0.000936423	----	----
16	-0.000003661	0.000005054	-0.001787359	----	----
17	-0.000001570	0.000005425	-0.001909681	----	----
18	0.000019284	-0.000000299	-0.000729027	----	----
19	0.000019290	0.000000297	-0.000857388	----	----
20	-0.000015609	-0.000001835	-0.000290494	----	----

21	-0.000015936	0.000001717	-0.001060127	----	----
22	0.000019285	-0.000000241	-0.000753663	----	----
23	0.000019246	0.000000259	-0.000859620	----	----
24	0.000005620	-0.000004625	0.000316733	----	----
25	0.000004758	0.000004811	-0.001722810	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 16 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]

La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).

bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione

Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm<sup>2</sup>/m]

A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm<sup>2</sup>/m]

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.

L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	232.76	15321.402213.84122.1	112.6430.02.500	1.013	2.120.1(0.0)				
2	S	1083.53	15296.162215.44122.0	112.6429.62.500	1.011	9.820.1(0.0)				
3	S	1103.56	15295.292216.93122.0	112.7429.62.500	1.011	10.020.1(0.0)				
4	S	1082.52	15296.132215.44122.0	112.6429.62.500	1.011	9.820.1(0.0)				
5	S	1102.49	15295.832216.94122.0	112.7429.62.500	1.011	10.020.1(0.0)				
6	S	490.98	15309.012212.92122.0	112.5429.92.500	1.012	4.520.1(0.0)				
7	S	471.97	15307.752214.23122.0	112.6429.92.500	1.012	4.320.1(0.0)				
8	S	492.15	15309.162213.31122.0	112.5429.92.500	1.013	4.520.1(0.0)				
9	S	473.07	15308.692214.55122.0	112.6429.92.500	1.012	4.320.1(0.0)				
10	S	465.50	15257.942216.36121.9	112.7428.22.500	1.012	4.220.1(0.0)				
11	S	486.58	15250.432217.62121.9	112.7428.02.500	1.011	4.420.1(0.0)				
12	S	291.42	7327.633486.24195.0	177.2130.72.500	1.012	1.720.1(0.0)				
13	S	339.23	12459.956717.36365.1	341.5115.42.500	1.011	1.020.1(0.0)				
14	S	462.34	15259.252216.39121.9	112.7428.22.500	1.012	4.220.1(0.0)				
15	S	483.27	15252.202217.64121.9	112.7428.12.500	1.011	4.420.1(0.0)				
16	S	278.54	7072.223249.21183.0	165.2135.32.500	1.012	1.720.1(0.0)				
17	S	332.78	10972.896033.45326.8	306.8113.22.500	1.011	1.120.1(0.0)				
18	S	457.24	15279.792212.51122.0	112.5429.12.500	1.013	4.220.1(0.0)				
19	S	456.27	15279.392212.47122.0	112.5429.12.500	1.013	4.120.1(0.0)				
20	S	1.89	14274.652238.37122.8	113.8396.12.500	1.013	0.020.1(0.0)				
21	S	4.22	15061.432241.55122.6	114.0417.42.500	1.013	0.020.1(0.0)				
22	S	523.57	15306.542217.44122.0	112.7429.92.500	1.010	4.720.1(0.0)				
23	S	521.45	15305.932217.06122.0	112.7430.02.500	1.010	4.720.1(0.0)				
24	S	24.95	6653.082529.87145.8	128.6163.72.500	1.011	0.220.1(0.0)				
25	S	36.97	6632.502745.05157.1	139.6150.42.500	1.011	0.320.1(0.0)				

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.73	65.0	430.0	-7.4	-57.1	47.3	8140	69.1
2	S	0.70	65.0	0.0	-4.7	-57.1	422.1	6450	69.1
3	S	0.86	65.0	0.0	-8.8	-57.1	422.1	8140	69.1
4	S	0.57	65.0	0.0	-2.5	-57.1	422.1	5034	69.1
5	S	0.76	65.0	0.0	-6.5	-57.1	422.1	5547	66.0
6	S	0.73	65.0	0.0	-5.6	-57.1	422.1	6244	69.1
7	S	0.73	65.0	430.0	-5.6	-57.1	7.9	6308	69.1
8	S	0.77	65.0	430.0	-6.8	-57.1	7.9	5850	69.1
9	S	1.52	65.0	0.0	-38.6	-57.1	422.1	8888	69.1
10	S	0.29	65.0	0.0	2.5	-57.1	422.1	----	----
11	S	0.70	65.0	0.0	-4.7	-57.1	422.1	6450	69.1
12	S	0.74	65.0	0.0	-5.7	-57.1	422.1	5554	69.1
13	S	0.75	65.0	430.0	-6.2	-57.1	7.9	6025	69.1
14	S	0.72	65.0	0.0	-4.9	-57.1	422.1	5672	69.1
15	S	0.72	65.0	430.0	-4.9	-57.1	7.9	5779	69.1
16	S	0.77	65.0	0.0	-7.7	-57.1	422.1	6839	69.1
17	S	0.77	65.0	0.0	-7.7	-57.1	422.1	6839	69.1
18	S	0.66	65.0	0.0	-4.4	-57.1	422.1	6450	69.1
19	S	0.69	65.0	0.0	-4.9	-57.1	422.1	6665	69.1
20	S	0.99	65.0	0.0	-16.8	-57.1	422.1	8484	69.1
21	S	0.53	65.0	0.0	-0.7	-57.1	422.1	3742	69.1
22	S	0.77	65.0	0.0	-8.2	-57.1	422.1	8295	69.1
23	S	0.66	65.0	0.0	-3.0	-57.1	422.1	5160	69.1
24	S	1.13	65.0	430.0	-23.6	-57.1	7.9	8484	69.1
25	S	0.45	65.0	430.0	-0.2	-57.1	7.9	3655	69.1

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [S 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c$  eff

[eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC].

Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	6350.014	(0.30)	0.00	7824.63	
2	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001 (0.00001)	5520.008	(0.30)	-77.04	9068.04	
3	S	-0.00005	0.00000	0.500	20.0	69	0.00003 (0.00003)	6350.017	(0.30)	-37.08	7769.96	
4	S	-0.00002	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001 (0.00001)	4820.004	(0.30)	-111.74	10694.58	
5	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5200.010	(0.30)	-1883.01	7227.61	
6	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5420.009	(0.30)	-913.27	8108.21	
7	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5450.009	(0.30)	848.57	8144.63	
8	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5220.011	(0.30)	1810.67	7184.88	
9	S	-0.00021	0.00000	0.500	20.0	69	0.00012 (0.00012)	6720.078	(0.30)	-17.61	5714.97	
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000	(0.30)	0.00	0.00
11	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001 (0.00001)	5520.008	(0.30)	-77.04	9068.04	
12	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5080.009	(0.30)	-1562.26	7770.06	
13	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002 (0.00002)	5310.010	(0.30)	1412.37	7599.53	

14	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001	(0.00001)	5140.008	(0.30)	-1008.658480.54
15	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001	(0.00001)	5190.008	(0.30)	874.37 8576.80
16	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002	(0.00002)	5710.013	(0.30)	-1367.717078.94
17	S	-0.00004	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002	(0.00002)	5710.013	(0.30)	-1367.717078.94
18	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001	(0.00001)	5520.007	(0.30)	-54.52 9081.63
19	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001	(0.00001)	5620.008	(0.30)	-51.73 8875.43
20	S	-0.00009	0.00000	0.500	20.0	69	0.00005	(0.00005)	6520.033	(0.30)	-28.79 6551.76
21	S	-0.00001	0.00000	0.500	20.0	69	0.00000	(0.00000)	4190.001	(0.30)	-145.7518592.88
22	S	-0.00005	0.00000	0.500	20.0	69	0.00002	(0.00002)	6430.016	(0.30)	-61.24 7656.99
23	S	-0.00002	0.00000	0.500	20.0	69	0.00001	(0.00001)	4880.004	(0.30)	-64.27 10640.82
24	S	-0.00013	0.00000	0.500	20.0	69	0.00007	(0.00007)	6520.046	(0.30)	0.00 6118.49
25	S	0.00000	0.00000	0.500	20.0	69	0.00000	(0.00000)	4140.000	(0.30)	0.00 25846.38

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Spalla SX Comb. Statiche**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertia

Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-65.0	0.0
2	-65.0	430.0
3	65.0	430.0
4	65.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-57.2	7.8	20
2	-57.2	422.2	20
3	57.2	422.2	20
4	57.2	7.8	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	20	20
2	3	4	20	20
3	2	3	5	20
4	1	4	5	20

**ARMATURE A TAGLIO**

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

Diametro staffe: 16 mm

Passo staffe: 20.0 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

N°StaffaBarraBarraBarraBarra Barra

1 1 2 3 4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1587.15	0.00	734.81	0.00	364.83
2	1799.15	-3.00	722.81	1.00	360.83
3	1904.15	-4.50	989.81	1.00	449.83
4	1482.15	-4.50	464.81	1.00	274.83
5	1693.15	-186.00	728.81	-3.00	362.83
6	1693.15	-156.00	728.81	12.00	362.83
7	1693.15	153.00	728.81	-11.00	362.83
8	1687.15	183.00	713.81	5.00	357.83
9	1783.15	-3.00	1322.81	1.00	560.83
10	1816.15	-4.50	125.81	1.00	161.83
11	1800.15	-4.50	722.81	1.00	360.83
12	1738.15	-157.50	725.81	33.00	361.83
13	1738.15	151.50	725.81	-31.00	361.83
14	1813.15	-96.00	722.81	20.00	360.83
15	1814.15	88.50	722.81	-18.00	360.83
16	1554.15	-154.50	734.81	32.00	364.83
17	1554.15	151.50	734.81	-31.00	364.83
18	1519.15	-3.00	896.81	1.00	418.83
19	1830.15	-4.50	560.81	1.00	306.83
20	1479.15	-3.00	659.81	1.00	339.83
21	1936.15	-4.50	794.81	1.00	384.83
22	1525.15	0.00	1058.81	0.00	472.83
23	1583.15	0.00	407.81	0.00	255.83
24	1674.15	-4.50	677.81	2.00	345.83
25	1693.15	-3.00	698.81	1.00	352.83

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:6.8 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali:17.1 cm

Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	-----------

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

1	S	1587.15	0.00	734.81	1587.16	0.00	4932.57	6.71169.6 (167.7)
2	S	1799.15	-3.00	722.81	1799.39	-41.73	5060.50	7.00169.6 (167.7)
3	S	1904.15	-4.50	989.81	1904.35	-22.17	5118.35	5.17169.6 (167.7)
4	S	1482.15	-4.50	464.81	1482.40	-43.80	4877.80	10.49169.6 (167.7)
5	S	1693.15	-186.00	728.81	1693.23	-1292.96	4988.66	6.85169.6 (167.7)
6	S	1693.15	-156.00	728.81	1693.14	-1050.69	4990.46	6.84169.6 (167.7)
7	S	1693.15	153.00	728.81	1693.31	1063.14	4990.40	6.85169.6 (167.7)
8	S	1687.15	183.00	713.81	1687.32	1260.68	4985.67	6.98169.6 (167.7)
9	S	1783.15	-3.00	1322.81	1783.31	-10.77	5047.03	3.82169.6 (167.7)
10	S	1816.15	-4.50	125.81	1816.23	-179.86	5068.16	40.28169.6 (167.7)
11	S	1800.15	-4.50	722.81	1800.19	-8.02	5056.38	7.00169.6 (167.7)
12	S	1738.15	-157.50	725.81	1738.17	-1063.78	5016.29	6.90169.6 (167.7)
13	S	1738.15	151.50	725.81	1738.11	1042.13	5016.53	6.91169.6 (167.7)
14	S	1813.15	-96.00	722.81	1813.35	-659.66	5061.56	7.00169.6 (167.7)
15	S	1814.15	88.50	722.81	1814.36	636.53	5062.47	7.01169.6 (167.7)
16	S	1554.15	-154.50	734.81	1554.34	-1014.94	4910.32	6.68169.6 (167.7)
17	S	1554.15	151.50	734.81	1554.36	1024.79	4910.40	6.69169.6 (167.7)
18	S	1519.15	-3.00	896.81	1519.24	-25.42	4896.69	5.46169.6 (167.7)
19	S	1830.15	-4.50	560.81	1830.06	-31.45	5076.79	9.05169.6 (167.7)
20	S	1479.15	-3.00	659.81	1479.08	-23.17	4873.19	7.39169.6 (167.7)
21	S	1936.15	-4.50	794.81	1936.35	-12.28	5135.42	6.46169.6 (167.7)
22	S	1525.15	0.00	1058.81	1524.98	0.00	4896.73	4.62169.6 (167.7)
23	S	1583.15	0.00	407.81	1583.42	0.01	4930.41	12.09169.6 (167.7)
24	S	1674.15	-4.50	677.81	1674.14	-45.31	4988.69	7.36169.6 (167.7)
25	S	1693.15	-3.00	698.81	1692.92	0.20	4993.53	7.15169.6 (167.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	65.0	430.0	0.00021	57.2	422.2	-0.04806	-57.2	7.8
2	0.00350	65.0	0.0	0.00029	57.2	7.8	-0.04677	-57.2	422.2
3	0.00350	65.0	0.0	0.00032	57.2	7.8	-0.04633	-57.2	422.2
4	0.00350	65.0	0.0	0.00019	57.2	7.8	-0.04836	-57.2	422.2
5	0.00350	65.0	0.0	0.00076	57.2	7.8	-0.04011	-57.2	422.2
6	0.00350	65.0	0.0	0.00067	57.2	7.8	-0.04135	-57.2	422.2
7	0.00350	65.0	430.0	0.00068	57.2	422.2	-0.04129	-57.2	7.8
8	0.00350	65.0	430.0	0.00075	57.2	422.2	-0.04028	-57.2	7.8
9	0.00350	65.0	0.0	0.00028	57.2	7.8	-0.04701	-57.2	422.2
10	0.00350	65.0	0.0	0.00033	57.2	7.8	-0.04624	-57.2	422.2
11	0.00350	65.0	0.0	0.00028	57.2	7.8	-0.04694	-57.2	422.2
12	0.00350	65.0	0.0	0.00069	57.2	7.8	-0.04108	-57.2	422.2
13	0.00350	65.0	430.0	0.00068	57.2	422.2	-0.04118	-57.2	7.8
14	0.00350	65.0	0.0	0.00055	57.2	7.8	-0.04305	-57.2	422.2
15	0.00350	65.0	430.0	0.00054	57.2	422.2	-0.04315	-57.2	7.8
16	0.00350	65.0	0.0	0.00062	57.2	7.8	-0.04222	-57.2	422.2
17	0.00350	65.0	430.0	0.00062	57.2	422.2	-0.04215	-57.2	7.8
18	0.00350	65.0	0.0	0.00020	57.2	7.8	-0.04827	-57.2	422.2
19	0.00350	65.0	0.0	0.00030	57.2	7.8	-0.04667	-57.2	422.2
20	0.00350	65.0	0.0	0.00018	57.2	7.8	-0.04850	-57.2	422.2
21	0.00350	65.0	0.0	0.00033	57.2	7.8	-0.04622	-57.2	422.2
22	0.00350	65.0	430.0	0.00019	57.2	422.2	-0.04837	-57.2	7.8
23	0.00350	65.0	430.0	0.00021	57.2	422.2	-0.04808	-57.2	7.8
24	0.00350	65.0	0.0	0.00026	57.2	7.8	-0.04739	-57.2	422.2
25	0.00350	65.0	430.0	0.00024	57.2	422.2	-0.04753	-57.2	7.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000421913	0.000000000	-0.023924344	----	----
2	0.000410747	-0.000000193	-0.023198571	----	----
3	0.000407440	-0.000000102	-0.022983614	----	----
4	0.000423701	-0.000000202	-0.024040539	----	----
5	0.000348898	-0.000002298	-0.019178353	----	----
6	0.000360434	-0.000001915	-0.019928219	----	----
7	0.000359893	0.000001930	-0.020722716	----	----
8	0.000350417	0.000002260	-0.020248850	----	----
9	0.000413202	-0.000000050	-0.023358128	----	----
10	0.000406083	-0.000000285	-0.022895393	----	----
11	0.000412654	-0.000000037	-0.023322509	----	----
12	0.000358171	-0.000001924	-0.019781085	----	----
13	0.000359104	0.000001898	-0.020658069	----	----
14	0.000376762	-0.000001201	-0.020989542	----	----
15	0.000377709	0.000001172	-0.021554927	----	----
16	0.000367688	-0.000001861	-0.020399697	----	----
17	0.000367029	0.000001885	-0.021167514	----	----
18	0.000423233	-0.000000117	-0.024010121	----	----
19	0.000410049	-0.000000145	-0.023153157	----	----
20	0.000425145	-0.000000107	-0.024134449	----	----
21	0.000406651	-0.000000057	-0.022932310	----	----
22	0.000424466	0.000000000	-0.024090310	----	----
23	0.000422065	0.000000000	-0.023934240	----	----
24	0.000415763	-0.000000209	-0.023524595	----	----
25	0.000417564	0.000000001	-0.023642051	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 16 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e  $D_{med}$ .  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz. del taglio.

N° Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	364.83	16229.392338	27126.7	118.9430	02.500	1.016	3.120	1(0.0)	
2	S	360.83	16258.302337	29126.6	118.8430	12.500	1.018	3.120	1(0.0)	
3	S	449.83	16267.422336	38126.6	118.8430	02.500	1.019	3.920	1(0.0)	
4	S	274.83	16222.682339	35126.7	118.9430	12.500	1.015	2.420	1(0.0)	
5	S	362.84	16206.092334	46126.5	118.7429	62.500	1.017	3.120	1(0.0)	
6	S	362.76	16208.192335	02126.5	118.7429	62.500	1.017	3.120	1(0.0)	
7	S	362.77	16207.942334	97126.5	118.7429	62.500	1.017	3.120	1(0.0)	
8	S	357.85	16205.742334	58126.5	118.7429	62.500	1.017	3.120	1(0.0)	
9	S	560.83	16252.732337	10126.6	118.8430	02.500	1.018	4.820	1(0.0)	
10	S	161.83	16259.502336	91126.6	118.8430	12.500	1.018	1.420	1(0.0)	

11	S	360.83	16254.282336.96126.6	118.8430.02.500	1.018	3.120.1(0.0)
12	S	361.65	16212.572334.62126.5	118.7429.62.500	1.017	3.120.1(0.0)
13	S	361.66	16213.022334.70126.5	118.7429.62.500	1.017	3.120.1(0.0)
14	S	360.76	16263.762335.86126.6	118.8430.42.500	1.018	3.120.1(0.0)
15	S	360.77	16263.772335.89126.6	118.8430.42.500	1.018	3.120.1(0.0)
16	S	364.66	16194.082336.19126.6	118.8429.62.500	1.015	3.120.1(0.0)
17	S	364.67	16193.942336.16126.6	118.8429.62.500	1.015	3.120.1(0.0)
18	S	418.83	16224.692338.94126.7	118.9430.02.500	1.015	3.620.1(0.0)
19	S	306.83	16260.472336.98126.6	118.8430.02.500	1.018	2.620.1(0.0)
20	S	339.83	16219.992339.19126.7	118.9430.02.500	1.015	2.920.1(0.0)
21	S	384.83	16269.682336.06126.6	118.8430.02.500	1.019	3.320.1(0.0)
22	S	472.83	16222.342338.66126.7	118.9430.02.500	1.015	4.120.1(0.0)
23	S	255.83	16228.922338.30126.7	118.9430.02.500	1.016	2.220.1(0.0)
24	S	345.83	16244.782338.16126.7	118.9430.12.500	1.017	3.020.1(0.0)
25	S	352.83	16241.422337.60126.6	118.8430.02.500	1.017	3.020.1(0.0)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** Passerella Reno - Pila centrale Comb. Sismiche

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 18.0 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-100.0	0.0
2	-100.0	650.0
3	100.0	650.0
4	100.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-92.1	7.9	26
2	-92.1	642.1	26
3	92.1	642.1	26
4	92.1	7.9	26
5	-82.2	7.8	26
6	-82.2	642.2	26
7	82.2	7.8	26
8	82.2	642.2	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	30	26
2	3	4	30	26
3	2	3	6	26
4	1	4	6	26
5	5	6	30	26
6	7	8	30	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 16 mm

Passo staffe: 20.0 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	6261.00	9.35	-4.00	-1.00	0.00
2	5794.30	-5377.72	13682.06	789.51	2431.38
3	5215.70	-5387.72	13654.06	790.51	2429.38
4	5796.30	4994.82	13681.06	-790.51	2431.38
5	5217.70	5005.82	13655.06	-791.51	2429.38
6	5521.30	-4988.77	-13685.06	789.51	-2431.38
7	4942.70	-4987.77	-13711.06	789.51	-2433.38
8	5522.30	5397.42	-13685.06	-791.51	-2431.38
9	4944.70	5395.77	-13712.06	-791.51	-2433.38
10	5695.30	-17372.51	4115.82	2635.38	730.51
11	5117.70	-17358.86	4087.82	2634.38	728.51
12	5614.30	-17244.86	-4096.82	2634.38	-728.51
13	5035.70	-17244.86	-4123.82	2634.38	-730.51
14	5703.30	17249.91	4114.82	-2635.38	730.51
15	5124.70	17262.91	4087.82	-2636.38	728.51
16	5620.30	17367.56	-4097.82	-2635.38	-728.51
17	5042.70	17382.21	-4123.82	-2636.38	-730.51
18	6373.00	-5253.07	4153.82	790.51	733.51
19	6375.00	5129.47	4153.82	-790.51	733.51
20	6291.00	-5139.07	-4057.82	790.51	-725.51
21	6292.00	5247.12	-4057.82	-790.51	-725.51
22	4446.00	-5238.42	4049.82	789.51	725.51
23	4448.00	5157.12	4049.82	-792.51	725.51
24	4364.00	-5123.42	-4161.82	789.51	-733.51
25	4367.00	5262.77	-4162.82	-791.51	-733.51

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione)
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione)

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

1	5370.00	9.35	(0.00)	-4.00	(0.00)
2	6522.00	23.35	(0.00)	58.00	(0.00)
3	6237.00	8.70	(0.00)	-823.00	(0.00)
4	6231.00	8.70	(0.00)	897.00	(0.00)
5	5946.00	-42.05	(0.00)	29.00	(0.00)
6	6234.00	-422.05	(0.00)	48.00	(0.00)
7	6234.00	449.45	(0.00)	48.00	(0.00)
8	5946.00	63.75	(0.00)	25.00	(0.00)
9	6537.00	20.70	(0.00)	42.00	(0.00)
10	6507.00	9.70	(0.00)	96.00	(0.00)
11	6522.00	23.35	(0.00)	58.00	(0.00)
12	6292.00	-4061.95	(0.00)	50.00	(0.00)
13	6061.00	4104.00	(0.00)	41.00	(0.00)
14	6591.00	-2436.70	(0.00)	61.00	(0.00)
15	6592.00	-1324.95	(0.00)	60.00	(0.00)
16	5484.00	-4074.95	(0.00)	0.00	(0.00)
17	5484.00	-4074.95	(0.00)	0.00	(0.00)
18	6235.00	13.10	(0.00)	348.00	(0.00)
19	6207.00	16.40	(0.00)	214.00	(0.00)
20	6095.00	8.70	(0.00)	1808.00	(0.00)
21	6085.00	8.70	(0.00)	-1722.00	(0.00)
22	6305.00	20.70	(0.00)	1609.00	(0.00)
23	6302.00	11.35	(0.00)	-1508.00	(0.00)
24	5492.00	-0.65	(0.00)	1174.00	(0.00)
25	5477.00	7.70	(0.00)	-1174.00	(0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.9 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6261.00	9.35	-4.00	6261.14	42890.34	-18257.22	999.00743.3	(390.0)
2	S	5794.30	-5377.72	13682.06	5794.57	-10350.67	26237.67	1.92743.3	(390.0)
3	S	5215.70	-5387.72	13654.06	5215.84	-10244.41	25802.00	1.89743.3	(390.0)
4	S	5796.30	4994.82	13681.06	5796.31	9714.50	26353.58	1.93743.3	(390.0)
5	S	5217.70	5005.82	13655.06	5217.52	9614.10	25917.43	1.90743.3	(390.0)
6	S	5521.30	-4988.77	-13685.06	5521.53	-9525.37	-26172.40	1.91743.3	(390.0)
7	S	4942.70	-4987.77	-13711.06	4942.53	-9383.39	-25742.78	1.88743.3	(390.0)
8	S	5522.30	5397.42	-13685.06	5522.28	10273.14	-26037.94	1.90743.3	(390.0)
9	S	4944.70	5395.77	-13712.06	4944.42	10096.18	-25614.89	1.87743.3	(390.0)
10	S	5695.30	-17372.51	4115.82	5695.37	-52834.61	12407.39	3.04743.3	(390.0)
11	S	5117.70	-17358.86	4087.82	5117.61	-51718.51	12184.65	2.98743.3	(390.0)
12	S	5614.30	-17244.86	-4096.82	5614.60	-52657.94	-12389.27	3.05743.3	(390.0)
13	S	5035.70	-17244.86	-4123.82	5035.82	-51467.68	-12209.86	2.98743.3	(390.0)
14	S	5703.30	17249.91	4114.82	5703.29	52810.22	12434.91	3.06743.3	(390.0)
15	S	5124.70	17262.91	4087.82	5124.55	51700.86	12206.53	2.99743.3	(390.0)
16	S	5620.30	17367.56	-4097.82	5620.32	52709.15	-12366.65	3.03743.3	(390.0)
17	S	5042.70	17382.21	-4123.82	5042.64	51526.73	-12184.30	2.96743.3	(390.0)
18	S	6373.00	-5253.07	4153.82	6372.87	-28911.24	22922.28	5.51743.3	(390.0)

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

19	S	6375.00	5129.47	4153.82	6375.17	28608.04	22997.23	5.56743.3 (390.0)
20	S	6291.00	-5139.07	-4057.82	6290.78	-28963.69	-22837.75	5.63743.3 (390.0)
21	S	6292.00	5247.12	-4057.82	6292.00	29414.50	-22728.27	5.60743.3 (390.0)
22	S	4446.00	-5238.42	4049.82	4446.17	-27882.72	21459.30	5.31743.3 (390.0)
23	S	4448.00	5157.12	4049.82	4447.76	27482.58	21563.73	5.33743.3 (390.0)
24	S	4364.00	-5123.42	-4161.82	4364.14	-26759.24	-21671.11	5.22743.3 (390.0)
25	S	4367.00	5262.77	-4162.82	4367.09	27252.02	-21549.42	5.18743.3 (390.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00097	-100.0	650.0	0.00089	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
2	0.00075	100.0	0.0	0.00065	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
3	0.00074	100.0	0.0	0.00063	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
4	0.00074	100.0	650.0	0.00064	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
5	0.00073	100.0	650.0	0.00063	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
6	0.00074	-100.0	0.0	0.00063	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
7	0.00072	-100.0	0.0	0.00062	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
8	0.00074	-100.0	650.0	0.00064	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
9	0.00073	-100.0	650.0	0.00063	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
10	0.00091	100.0	0.0	0.00085	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
11	0.00090	100.0	0.0	0.00084	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
12	0.00091	-100.0	0.0	0.00085	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
13	0.00090	-100.0	0.0	0.00084	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
14	0.00091	100.0	650.0	0.00085	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
15	0.00090	100.0	650.0	0.00084	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
16	0.00091	-100.0	650.0	0.00085	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
17	0.00090	-100.0	650.0	0.00084	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
18	0.00091	100.0	0.0	0.00082	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
19	0.00091	100.0	650.0	0.00081	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
20	0.00091	-100.0	0.0	0.00081	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
21	0.00091	-100.0	650.0	0.00082	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9
22	0.00087	100.0	0.0	0.00078	92.1	7.9	-0.00196	-92.1	642.1
23	0.00087	100.0	650.0	0.00077	92.1	642.1	-0.00196	-92.1	7.9
24	0.00086	-100.0	0.0	0.00077	-92.1	7.9	-0.00196	92.1	642.1
25	0.00086	-100.0	650.0	0.00077	-92.1	642.1	-0.00196	92.1	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000008027	0.000002164	-0.001234343	----	----
2	0.000012578	-0.000000450	-0.000508841	----	----
3	0.000012518	-0.000000450	-0.000514951	----	----
4	0.000012640	0.000000423	-0.000795695	----	----
5	0.000012579	0.000000422	-0.000801271	----	----
6	-0.000012625	-0.000000416	-0.000526448	----	----
7	-0.000012568	-0.000000414	-0.000533373	----	----
8	-0.000012552	0.000000449	-0.000803978	----	----
9	-0.000012499	0.000000445	-0.000808880	----	----
10	0.000004880	-0.000003010	0.000425954	----	----
11	0.000004845	-0.000002998	0.000414953	----	----

12	-0.000004881	-0.000003007	0.000424009	----	----
13	-0.000004869	-0.000002990	0.000411513	----	----
14	0.000004892	0.000003008	-0.001529693	----	----
15	0.000004855	0.000002996	-0.001532998	----	----
16	-0.000004870	0.000003010	-0.001531796	----	----
17	-0.000004855	0.000002993	-0.001532988	----	----
18	0.000010667	-0.000001273	-0.000156626	----	----
19	0.000010706	0.000001258	-0.000980417	----	----
20	-0.000010645	-0.000001278	-0.000155490	----	----
21	-0.000010587	0.000001300	-0.000991739	----	----
22	0.000010423	-0.000001282	-0.000173514	----	----
23	0.000010480	0.000001260	-0.001001286	----	----
24	-0.000010562	-0.000001225	-0.000197095	----	----
25	-0.000010495	0.000001251	-0.000999782	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 16 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.26	25673.743424	79196.6	174.1459	52.500	1.027	0.020	1(0.0)	
2	S	2401.57	35885.093397	33191.8	172.7648	72.500	1.025	14.220	1(0.0)	
3	S	2399.44	35859.063402	94191.8	173.0648	72.500	1.022	14.220	1(0.0)	
4	S	2403.59	35877.663397	69191.8	172.7648	52.500	1.025	14.220	1(0.0)	
5	S	2401.47	35851.303403	27191.8	173.0648	52.500	1.022	14.220	1(0.0)	
6	S	2404.05	35863.713400	45191.8	172.9648	42.500	1.023	14.220	1(0.0)	
7	S	2406.10	35837.263406	11191.8	173.2648	42.500	1.021	14.220	1(0.0)	
8	S	2401.54	35872.403399	97191.8	172.9648	72.500	1.023	14.220	1(0.0)	
9	S	2403.69	35845.753405	63191.8	173.1648	72.500	1.021	14.220	1(0.0)	
10	S	761.98	18809.073626	97214.0	184.4318	62.500	1.024	4.220	1(0.0)	
11	S	766.71	18619.553632	31214.1	184.7315	72.500	1.022	4.220	1(0.0)	
12	S	761.54	18813.513627	28213.9	184.4318	82.500	1.024	4.220	1(0.0)	
13	S	755.95	18657.683628	18213.7	184.5316	82.500	1.021	4.220	1(0.0)	
14	S	757.94	18881.663626	77213.9	184.4319	82.500	1.024	4.220	1(0.0)	
15	S	764.50	18692.003632	80214.0	184.7316	92.500	1.022	4.220	1(0.0)	
16	S	766.09	18812.943630	44214.1	184.6318	52.500	1.024	4.220	1(0.0)	
17	S	761.69	18624.083630	34213.9	184.6316	02.500	1.021	4.220	1(0.0)	
18	S	634.66	35924.173412	94191.8	173.5644	92.500	1.027	3.720	1(0.0)	
19	S	636.23	35948.723410	91191.8	173.4645	72.500	1.027	3.820	1(0.0)	
20	S	626.11	35926.023414	16191.8	173.6644	92.500	1.027	3.720	1(0.0)	
21	S	623.73	35943.033415	40191.8	173.6645	02.500	1.027	3.720	1(0.0)	
22	S	623.72	35905.683437	40191.8	174.8645	12.500	1.019	3.620	1(0.0)	
23	S	625.69	35887.253436	00191.8	174.7645	02.500	1.019	3.720	1(0.0)	
24	S	637.67	35858.323434	94191.8	174.6644	92.500	1.019	3.720	1(0.0)	
25	S	634.68	35879.003436	47191.8	174.7645	02.500	1.019	3.720	1(0.0)	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Documento: Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

Codice: REL-5-4

Data: Novembre 2023

(NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.38	-100.0	650.0	5.7	92.1	7.9	----	----
2	S	0.47	100.0	650.0	6.8	-92.1	7.9	----	----
3	S	0.60	-100.0	650.0	4.4	92.1	7.9	----	----
4	S	0.62	100.0	650.0	4.2	-92.1	7.9	----	----
5	S	0.43	100.0	0.0	6.2	-92.1	642.1	----	----
6	S	0.48	100.0	0.0	6.1	-92.1	642.1	----	----
7	S	0.48	100.0	650.0	6.1	-92.1	7.9	----	----
8	S	0.43	100.0	650.0	6.2	-92.1	7.9	----	----
9	S	0.47	100.0	650.0	6.8	-92.1	7.9	----	----
10	S	0.48	100.0	650.0	6.6	-92.1	7.9	----	----
11	S	0.47	100.0	650.0	6.8	-92.1	7.9	----	----
12	S	0.72	100.0	0.0	2.7	-92.1	642.1	----	----
13	S	0.70	100.0	650.0	2.5	-92.1	7.9	----	----
14	S	0.64	100.0	0.0	4.5	-92.1	642.1	----	----
15	S	0.56	100.0	0.0	5.6	-92.1	642.1	----	----
16	S	0.65	-100.0	0.0	2.0	82.2	642.2	----	----
17	S	0.65	-100.0	0.0	2.0	82.2	642.2	----	----
18	S	0.51	100.0	650.0	5.7	-92.1	7.9	----	----
19	S	0.48	100.0	650.0	6.0	-92.1	7.9	----	----
20	S	0.78	100.0	650.0	1.6	-92.1	7.9	----	----
21	S	0.77	-100.0	650.0	1.8	92.1	7.9	----	----
22	S	0.76	100.0	650.0	2.3	-92.1	7.9	----	----
23	S	0.74	-100.0	650.0	2.6	92.1	7.9	----	----
24	S	0.62	100.0	0.0	2.7	-92.1	642.1	----	----
25	S	0.62	-100.0	650.0	2.7	92.1	7.9	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; = (e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 0.000 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.000 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
∅	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC].
Valore limite	tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

Documento: Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

Codice: REL-5-4

Data: Novembre 2023

5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
13	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
14	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
15	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
16	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
19	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
20	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
21	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
22	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
23	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
24	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
25	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Pila centrale Comb. Statiche**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertia

Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-100.0	0.0
2	-100.0	630.0
3	100.0	630.0
4	100.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-92.2	7.8	26
2	-92.2	622.2	26
3	92.2	622.2	26
4	92.2	7.8	26
5	-82.2	7.8	26
6	-82.2	622.2	26
7	82.2	7.8	26
8	82.2	622.2	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	28	26
2	3	4	28	26
3	2	3	4	26

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

4	1	4	4	26
5	5	6	28	26
6	7	8	28	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm

Passo staffe: 24.9 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	7261.75	10.35	10.00	-1.00	0.00
2	8817.75	23.35	108.00	-2.00	4.00
3	8048.75	19.70	-2251.00	-2.00	-86.00
4	8030.75	20.70	2369.00	-2.00	90.00
5	8039.75	-55.05	73.00	5.00	3.00
6	8039.75	-1176.95	59.00	-26.00	2.00
7	8039.75	1217.35	58.00	22.00	2.00
8	8082.75	35.00	186.00	-11.00	7.00
9	8838.75	20.70	66.00	-2.00	2.00
10	8796.75	21.70	150.00	-2.00	6.00
11	8816.75	21.70	108.00	-2.00	4.00
12	8368.75	-6104.10	70.00	301.00	2.00
13	8368.75	6144.50	70.00	-305.00	2.00
14	8921.75	-3644.05	111.00	179.00	4.00
15	8921.75	3709.45	111.00	-185.00	4.00
16	6985.75	-6113.45	2.00	302.00	0.00
17	6985.75	6123.15	2.00	-303.00	0.00
18	7906.75	20.70	3193.00	-2.00	168.00
19	7895.75	11.35	-3085.00	-1.00	-164.00
20	8140.75	20.70	3425.00	-2.00	158.00
21	8145.75	22.35	-3301.00	-2.00	-154.00
22	6997.75	10.35	1764.00	-1.00	114.00
23	6974.75	-3.30	-1738.00	0.00	-112.00
24	8282.75	32.80	551.00	-4.00	20.00
25	8241.75	26.75	326.00	-3.00	12.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	7261.75	10.35	10.00	7261.76	23760.21	22930.78	999.00	679.6 (378.0)
2	S	8817.75	23.35	108.00	8817.88	6015.36	27555.54	255.25	679.6 (378.0)
3	S	8048.75	19.70	-2251.00	8048.81	310.50	-27942.14	12.41	679.6 (378.0)
4	S	8030.75	20.70	2369.00	8030.78	309.04	27929.29	11.79	679.6 (378.0)
5	S	8039.75	-55.05	73.00	8039.65	-18554.00	24660.22	337.53	679.6 (378.0)
6	S	8039.75	-1176.95	59.00	8039.89	-63070.48	3049.54	53.58	679.6 (378.0)
7	S	8039.75	1217.35	58.00	8039.64	63094.96	3022.97	51.83	679.6 (378.0)
8	S	8082.75	35.00	186.00	8082.59	5122.84	27148.69	145.97	679.6 (378.0)
9	S	8838.75	20.70	66.00	8838.80	8508.29	27142.64	411.23	679.6 (378.0)
10	S	8796.75	21.70	150.00	8796.60	4024.42	27875.41	185.83	679.6 (378.0)
11	S	8816.75	21.70	108.00	8816.71	5539.77	27635.32	255.86	679.6 (378.0)
12	S	8368.75	-6104.10	70.00	8368.54	-65684.61	974.61	10.76	679.6 (378.0)
13	S	8368.75	6144.50	70.00	8368.90	65686.12	973.80	10.69	679.6 (378.0)
14	S	8921.75	-3644.05	111.00	8921.70	-65948.05	2037.12	18.10	679.6 (378.0)
15	S	8921.75	3709.45	111.00	8921.52	65952.84	2031.39	17.78	679.6 (378.0)
16	S	6985.75	-6113.45	2.00	6985.67	-63501.59	1.35	10.39	679.6 (378.0)
17	S	6985.75	6123.15	2.00	6985.67	63501.58	1.35	10.37	679.6 (378.0)
18	S	7906.75	20.70	3193.00	7906.75	314.65	27828.19	8.72	679.6 (378.0)
19	S	7895.75	11.35	-3085.00	7895.69	-0.17	-27863.20	9.03	679.6 (378.0)
20	S	8140.75	20.70	3425.00	8140.81	222.36	28030.38	8.18	679.6 (378.0)
21	S	8145.75	22.35	-3301.00	8145.78	284.81	-28023.58	8.49	679.6 (378.0)
22	S	6997.75	10.35	1764.00	6997.97	23.91	27187.04	15.41	679.6 (378.0)
23	S	6974.75	-3.30	-1738.00	6974.76	-4.02	-27168.83	15.63	679.6 (378.0)
24	S	8282.75	32.80	551.00	8282.84	1563.15	27898.81	50.62	679.6 (378.0)
25	S	8241.75	26.75	326.00	8241.72	2330.39	27739.42	85.10	679.6 (378.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00090	100.0	630.0	0.00080	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
2	0.00077	100.0	630.0	0.00066	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
3	0.00069	-100.0	630.0	0.00058	-92.2	622.2	-0.00196	92.2	7.8
4	0.00069	100.0	630.0	0.00058	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
5	0.00087	100.0	0.0	0.00077	92.2	7.8	-0.00196	-92.2	622.2
6	0.00075	100.0	0.0	0.00071	92.2	7.8	-0.00196	-92.2	622.2
7	0.00075	100.0	630.0	0.00071	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
8	0.00074	100.0	630.0	0.00064	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
9	0.00079	100.0	630.0	0.00069	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
10	0.00075	100.0	630.0	0.00064	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
11	0.00076	100.0	630.0	0.00066	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
12	0.00070	100.0	0.0	0.00067	92.2	7.8	-0.00196	-92.2	622.2
13	0.00070	100.0	630.0	0.00067	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
14	0.00074	100.0	0.0	0.00070	92.2	7.8	-0.00196	-92.2	622.2
15	0.00074	100.0	630.0	0.00070	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
16	0.00065	100.0	0.0	0.00061	92.2	7.8	-0.00196	-92.2	622.2
17	0.00065	100.0	630.0	0.00061	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
18	0.00069	100.0	630.0	0.00058	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
19	0.00068	-100.0	0.0	0.00058	-92.2	7.8	-0.00196	92.2	622.2
20	0.00069	100.0	630.0	0.00058	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
21	0.00069	-100.0	630.0	0.00058	-92.2	622.2	-0.00196	92.2	7.8

22	0.00067	100.0	630.0	0.00056	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
23	0.00067	-100.0	0.0	0.00056	-92.2	7.8	-0.00196	92.2	622.2
24	0.00071	100.0	630.0	0.00060	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8
25	0.00072	100.0	630.0	0.00061	92.2	622.2	-0.00196	-92.2	7.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000011130	0.000001152	-0.000939257	----	----
2	0.000013248	0.000000285	-0.000737213	----	----
3	-0.000013738	0.000000011	-0.000689971	----	----
4	0.000013736	0.000000010	-0.000690119	----	----
5	0.000011851	-0.000000882	-0.000315279	----	----
6	0.000001172	-0.000003991	0.000634554	----	----
7	0.000001162	0.000003993	-0.001880500	----	----
8	0.000013252	0.000000245	-0.000736544	----	----
9	0.000013001	0.000000401	-0.000760913	----	----
10	0.000013444	0.000000191	-0.000718448	----	----
11	0.000013296	0.000000262	-0.000732690	----	----
12	0.000000375	-0.000004157	0.000664395	----	----
13	0.000000375	0.000004157	-0.001954363	----	----
14	0.000000777	-0.000004097	0.000664451	----	----
15	0.000000775	0.000004098	-0.001916980	----	----
16	0.000000001	-0.000004181	0.000645250	----	----
17	0.000000001	0.000004181	-0.001988988	----	----
18	0.000013716	0.000000013	-0.000691974	----	----
19	-0.000013743	0.000000000	-0.000689408	----	----
20	0.000013752	0.000000007	-0.000688647	----	----
21	-0.000013751	0.000000009	-0.000688690	----	----
22	0.000013626	0.000000005	-0.000700228	----	----
23	-0.000013638	-0.000000001	-0.000698608	----	----
24	0.000013631	0.000000074	-0.000700276	----	----
25	0.000013549	0.000000112	-0.000708131	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 24.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezi. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e  $D_{med}$ .  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.10	34896.53	682.30191.8	172.8626.32.500	1.032	0.04.0(0.0)			
2	S	3.96	35057.61	677.72192.0	171.6629.32.500	1.039	0.04.0(0.0)			
3	S	86.00	35113.12	680.09192.2	172.2630.22.500	1.035	0.54.0(0.0)			

4	S	90.00	35112.01	680.12192.2	172.2630.22.500	1.035	0.54.0(0.0)
5	S	2.62	34921.06	679.08191.7	171.9627.72.500	1.035	0.04.0(0.0)
6	S	25.51	26741.991766.53489.7	447.3184.82.500	1.035	0.14.0(0.0)	
7	S	21.68	26837.431771.89491.2	448.6184.92.500	1.035	0.04.0(0.0)	
8	S	6.80	35011.55	679.24192.0	172.0629.02.500	1.035	0.04.0(0.0)
9	S	1.94	35035.85	677.35191.9	171.5629.22.500	1.039	0.04.0(0.0)
10	S	5.97	35083.65	678.02192.0	171.7629.62.500	1.039	0.04.0(0.0)
11	S	3.96	35052.56	677.80192.0	171.6629.12.500	1.039	0.04.0(0.0)
12	S	299.60	33070.822091.85586.4	529.6192.72.500	1.037	0.64.0(0.0)	
13	S	303.59	33069.502091.99586.4	529.7192.72.500	1.037	0.64.0(0.0)	
14	S	175.12	29813.161946.07543.3	492.7186.32.500	1.039	0.44.0(0.0)	
15	S	181.03	29808.901947.05543.6	493.0186.22.500	1.039	0.44.0(0.0)	
16	S	302.00	36147.972213.63622.2	560.5200.22.500	1.031	0.64.0(0.0)	
17	S	303.00	36147.912213.63622.2	560.5200.22.500	1.031	0.64.0(0.0)	
18	S	168.00	35107.65	680.35192.2	172.3630.22.500	1.035	1.04.0(0.0)
19	S	164.00	35096.93	680.38192.2	172.3630.02.500	1.035	1.04.0(0.0)
20	S	158.00	35118.41	679.98192.2	172.2630.12.500	1.036	0.94.0(0.0)
21	S	154.00	35117.86	679.93192.2	172.2630.12.500	1.036	0.94.0(0.0)
22	S	114.00	35057.85	682.14192.2	172.7630.12.500	1.031	0.74.0(0.0)
23	S	112.00	35048.28	682.08192.2	172.7630.02.500	1.031	0.74.0(0.0)
24	S	19.98	35082.53	679.33192.1	172.0629.72.500	1.036	0.14.0(0.0)
25	S	11.97	35089.37	679.28192.1	172.0630.02.500	1.036	0.14.0(0.0)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** Passerella Reno - Pila DX Comb. Sismiche

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 18.0 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-67.5	0.0
2	-67.5	400.0
3	67.5	400.0
4	67.5	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-59.6	7.9	24
2	-59.6	392.1	24
3	59.6	392.1	24
4	59.6	7.9	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	20	24

2	3	4	20	24
3	2	3	5	24
4	1	4	5	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 16 mm

Passo staffe: 20.0 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

 N°StaffaBarraBarraBarra Barra  
 1 1 2 3 4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1546.40	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1371.80	-879.14	2393.80	228.18	683.94
3	1211.71	-877.64	2393.80	228.18	683.94
4	1370.80	978.64	2393.80	-230.18	683.94
5	1211.71	978.64	2393.80	-230.18	683.94
6	1368.80	-985.64	-2393.80	231.18	-683.94
7	1209.71	-985.64	-2393.80	231.18	-683.94
8	1369.80	872.14	-2393.80	-227.18	-683.94
9	1209.71	870.64	-2393.80	-227.18	-683.94
10	1369.80	-3082.80	718.14	763.94	205.18
11	1210.71	-3082.80	718.14	763.94	205.18
12	1369.80	-3116.80	-718.14	764.94	-205.18
13	1209.71	-3115.30	-718.14	764.94	-205.18
14	1370.80	3108.30	718.14	-763.94	205.18
15	1211.71	3108.30	718.14	-763.94	205.18
16	1370.80	3074.30	-718.14	-762.94	-205.18
17	1210.71	3082.80	-718.14	-763.94	-205.18
18	1556.40	-916.14	718.14	229.18	205.18
19	1557.40	941.64	718.14	-229.18	205.18
20	1556.40	-950.14	-718.14	230.18	-205.18
21	1556.40	909.14	-718.14	-228.18	-205.18
22	1025.10	-907.64	718.14	228.18	205.18
23	1025.10	948.64	718.14	-230.18	205.18
24	1024.10	-940.14	-718.14	229.18	-205.18
25	1024.10	916.14	-718.14	-229.18	-205.18

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1291.25	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	1447.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
3	1326.25	-8.50 (0.00)	0.00 (0.00)
4	1489.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
5	1369.25	161.00 (0.00)	0.00 (0.00)

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

6	1408.25	-81.50 (0.00)	0.00 (0.00)
7	1407.25	73.00 (0.00)	0.00 (0.00)
8	1369.25	-168.00 (0.00)	0.00 (0.00)
9	1444.25	-8.50 (0.00)	0.00 (0.00)
10	1450.25	-8.50 (0.00)	0.00 (0.00)
11	1447.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
12	1415.25	-186.00 (0.00)	0.00 (0.00)
13	1384.25	177.50 (0.00)	0.00 (0.00)
14	1457.25	-115.00 (0.00)	0.00 (0.00)
15	1456.25	95.50 (0.00)	0.00 (0.00)
16	1307.25	-186.00 (0.00)	0.00 (0.00)
17	1307.25	-186.00 (0.00)	0.00 (0.00)
18	1369.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
19	1383.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
20	1457.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
21	1319.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
22	1506.25	-8.50 (0.00)	0.00 (0.00)
23	1329.25	-7.00 (0.00)	0.00 (0.00)
24	1317.25	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
25	1295.25	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.9 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.1 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1546.40	0.00	0.00	1546.52	14307.52	0.00	999.00244.3 (162.0)	
2	S	1371.80	-879.14	2393.80	1371.98	-2046.31	5595.17	2.34244.3 (162.0)	
3	S	1211.71	-877.64	2393.80	1211.74	-1992.27	5516.90	2.30244.3 (162.0)	
4	S	1370.80	978.64	2393.80	1370.77	2280.26	5554.12	2.32244.3 (162.0)	
5	S	1211.71	978.64	2393.80	1211.80	2253.93	5471.43	2.29244.3 (162.0)	
6	S	1368.80	-985.64	-2393.80	1368.80	-2282.72	-5552.63	2.32244.3 (162.0)	
7	S	1209.71	-985.64	-2393.80	1209.86	-2256.35	-5469.95	2.29244.3 (162.0)	
8	S	1369.80	872.14	-2393.80	1369.65	2039.20	-5595.14	2.34244.3 (162.0)	
9	S	1209.71	870.64	-2393.80	1209.67	1984.75	-5517.05	2.30244.3 (162.0)	
10	S	1369.80	-3082.80	718.14	1369.88	-11204.03	2589.55	3.63244.3 (162.0)	
11	S	1210.71	-3082.80	718.14	1210.64	-10993.78	2549.90	3.57244.3 (162.0)	
12	S	1369.80	-3116.80	-718.14	1369.91	-11215.32	-2582.22	3.60244.3 (162.0)	
13	S	1209.71	-3115.30	-718.14	1209.67	-11003.07	-2542.82	3.53244.3 (162.0)	
14	S	1370.80	3108.30	718.14	1370.80	11213.71	2584.27	3.61244.3 (162.0)	
15	S	1211.71	3108.30	718.14	1211.89	11003.74	2544.83	3.54244.3 (162.0)	
16	S	1370.80	3074.30	-718.14	1370.75	11202.33	-2591.62	3.64244.3 (162.0)	
17	S	1210.71	3082.80	-718.14	1210.64	10993.78	-2549.90	3.57244.3 (162.0)	
18	S	1556.40	-916.14	718.14	1556.67	-6180.04	4875.67	6.76244.3 (162.0)	
19	S	1557.40	941.64	718.14	1557.33	6362.72	4829.68	6.75244.3 (162.0)	
20	S	1556.40	-950.14	-718.14	1556.59	-6417.38	-4814.89	6.74244.3 (162.0)	
21	S	1556.40	909.14	-718.14	1556.49	6217.02	-4866.24	6.81244.3 (162.0)	
22	S	1025.10	-907.64	718.14	1024.86	-5881.15	4616.54	6.46244.3 (162.0)	
23	S	1025.10	948.64	718.14	1025.16	6065.48	4566.99	6.38244.3 (162.0)	
24	S	1024.10	-940.14	-718.14	1024.22	-6014.08	-4580.43	6.39244.3 (162.0)	

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

25 S 1024.10 916.14 -718.14 1023.96 5869.78 -4618.97 6.42244.3(162.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00054	-67.5	400.0	0.00049	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
2	0.00065	67.5	0.0	0.00050	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
3	0.00064	67.5	0.0	0.00049	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
4	0.00066	67.5	400.0	0.00051	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
5	0.00065	67.5	400.0	0.00050	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
6	0.00066	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
7	0.00065	-67.5	0.0	0.00050	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
8	0.00065	-67.5	400.0	0.00050	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
9	0.00064	-67.5	400.0	0.00049	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
10	0.00081	67.5	0.0	0.00072	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
11	0.00080	67.5	0.0	0.00071	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
12	0.00081	-67.5	0.0	0.00072	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
13	0.00080	-67.5	0.0	0.00071	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
14	0.00081	67.5	400.0	0.00072	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
15	0.00080	67.5	400.0	0.00071	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
16	0.00081	-67.5	400.0	0.00072	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
17	0.00080	-67.5	400.0	0.00071	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
18	0.00081	67.5	0.0	0.00067	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
19	0.00082	67.5	400.0	0.00068	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
20	0.00082	-67.5	0.0	0.00068	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
21	0.00081	-67.5	400.0	0.00067	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
22	0.00078	67.5	0.0	0.00064	59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
23	0.00078	67.5	400.0	0.00065	59.6	392.1	-0.00196	-59.6	7.9
24	0.00078	-67.5	0.0	0.00065	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
25	0.00078	-67.5	400.0	0.00064	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000006371	-0.002006832	----	----
2	0.000018542	-0.000000633	-0.000603239	----	----
3	0.000018495	-0.000000621	-0.000610670	----	----
4	0.000018394	0.000000706	-0.000865782	----	----
5	0.000018329	0.000000703	-0.000869648	----	----
6	-0.000018392	-0.000000706	-0.000583375	----	----
7	-0.000018327	-0.000000704	-0.000588242	----	----
8	-0.000018545	0.000000631	-0.000856201	----	----
9	-0.000018498	0.000000619	-0.000858899	----	----
10	0.000006644	-0.000004896	0.000359147	----	----
11	0.000006618	-0.000004877	0.000350144	----	----
12	-0.000006619	-0.000004902	0.000360211	----	----
13	-0.000006594	-0.000004883	0.000351108	----	----
14	0.000006625	0.000004901	-0.001600344	----	----
15	0.000006600	0.000004882	-0.001601725	----	----
16	-0.000006650	0.000004894	-0.001598811	----	----
17	-0.000006618	0.000004877	-0.001600595	----	----

18	0.000015683	-0.000001978	-0.000246154	----	----
19	0.000015509	0.000002050	-0.001048359	----	----
20	-0.000015454	-0.000002072	-0.000223092	----	----
21	-0.000015648	0.000001993	-0.001039635	----	----
22	0.000015475	-0.000001958	-0.000266520	----	----
23	0.000015280	0.000002037	-0.001061900	----	----
24	-0.000015334	-0.000002015	-0.000252647	----	----
25	-0.000015485	0.000001953	-0.001048995	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 16 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	22257.542817.34392.1	358.1135.01.000	1.016	0.020.1(0.0)				
2	S	675.76	14643.282275.33126.9	115.7399.42.500	1.014	6.020.1(0.0)				
3	S	675.90	14638.462278.44126.9	115.8399.32.500	1.012	6.020.1(0.0)				
4	S	674.61	14620.992275.82126.9	115.7398.72.500	1.014	6.020.1(0.0)				
5	S	674.61	14616.692278.78126.9	115.9398.72.500	1.012	6.020.1(0.0)				
6	S	674.56	14621.032275.85126.9	115.7398.72.500	1.014	6.020.1(0.0)				
7	S	674.56	14616.732278.82126.9	115.9398.72.500	1.012	6.020.1(0.0)				
8	S	675.82	14643.172275.40126.9	115.7399.32.500	1.014	6.020.1(0.0)				
9	S	675.96	14638.362278.51126.9	115.8399.32.500	1.012	6.020.1(0.0)				
10	S	288.02	7390.112538.97147.2	129.1180.62.500	1.014	2.320.1(0.0)				
11	S	288.02	7348.452542.12147.2	129.2179.72.500	1.012	2.320.1(0.0)				
12	S	290.39	7390.092543.05147.4	129.3180.32.500	1.014	2.320.1(0.0)				
13	S	290.31	7300.982540.85147.2	129.2178.62.500	1.012	2.320.1(0.0)				
14	S	289.35	7390.032542.00147.3	129.2180.42.500	1.014	2.320.1(0.0)				
15	S	289.35	7348.322545.11147.4	129.4179.52.500	1.012	2.320.1(0.0)				
16	S	286.98	7390.062537.91147.1	129.0180.72.500	1.014	2.320.1(0.0)				
17	S	288.02	7348.452542.12147.2	129.2179.72.500	1.012	2.320.1(0.0)				
18	S	174.89	14658.552289.29126.9	116.4396.62.500	1.016	1.520.1(0.0)				
19	S	173.38	14650.812292.83127.0	116.6395.82.500	1.016	1.520.1(0.0)				
20	S	172.78	14646.692294.80127.1	116.7395.32.500	1.016	1.520.1(0.0)				
21	S	174.71	14661.902289.68126.9	116.4396.62.500	1.016	1.520.1(0.0)				
22	S	174.92	14632.072303.67127.0	117.1395.52.500	1.010	1.520.1(0.0)				
23	S	172.97	14421.352320.44127.9	118.0387.02.500	1.010	1.520.1(0.0)				
24	S	173.58	14504.322317.03127.7	117.8389.82.500	1.010	1.520.1(0.0)				
25	S	174.89	14634.722303.01127.0	117.1395.72.500	1.010	1.520.1(0.0)				

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]

Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.22	-67.5	400.0	3.4	39.7	7.9	----	----
2	S	0.25	-67.5	0.0	3.7	39.7	392.1	----	----
3	S	0.23	-67.5	0.0	3.4	39.7	392.1	----	----
4	S	0.26	-67.5	0.0	3.8	39.7	392.1	----	----
5	S	0.28	-67.5	400.0	3.0	39.7	7.9	----	----
6	S	0.26	-67.5	0.0	3.4	39.7	392.1	----	----
7	S	0.26	-67.5	400.0	3.4	39.7	7.9	----	----
8	S	0.28	-67.5	0.0	2.9	39.7	392.1	----	----
9	S	0.25	-67.5	0.0	3.7	39.7	392.1	----	----
10	S	0.25	-67.5	0.0	3.7	39.7	392.1	----	----
11	S	0.25	-67.5	0.0	3.7	39.7	392.1	----	----
12	S	0.29	-67.5	0.0	3.0	39.7	392.1	----	----
13	S	0.29	-67.5	400.0	2.9	39.7	7.9	----	----
14	S	0.28	-67.5	0.0	3.4	39.7	392.1	----	----
15	S	0.28	-67.5	400.0	3.4	39.7	7.9	----	----
16	S	0.27	-67.5	0.0	2.7	39.7	392.1	----	----
17	S	0.27	-67.5	0.0	2.7	39.7	392.1	----	----
18	S	0.24	-67.5	0.0	3.5	39.7	392.1	----	----
19	S	0.24	-67.5	0.0	3.6	39.7	392.1	----	----
20	S	0.25	-67.5	0.0	3.8	39.7	392.1	----	----
21	S	0.23	-67.5	0.0	3.4	39.7	392.1	----	----
22	S	0.26	-67.5	0.0	3.9	39.7	392.1	----	----
23	S	0.23	-67.5	0.0	3.4	39.7	392.1	----	----
24	S	0.23	-67.5	400.0	3.4	39.7	7.9	----	----
25	S	0.22	-67.5	400.0	3.4	39.7	7.9	----	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 0.000 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.000 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max \* (e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC].  
Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

11	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
13	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
14	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
15	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
16	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
19	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
20	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
21	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
22	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
23	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
24	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00
25	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	----	-0.000	(0.30)	0.00	0.00

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** Passerella Reno - Pila DX Comb. Statiche

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertzia

Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 9.1 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-67.5	0.0
2	-67.5	400.0
3	67.5	400.0
4	67.5	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-59.6	7.9	24
2	-59.6	392.1	24
3	59.6	392.1	24
4	59.6	7.9	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	20	24
2	3	4	20	24
3	2	3	5	24
4	1	4	5	24

**ARMATURE A TAGLIO**

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

Diametro staffe: 8 mm

Passo staffe: 24.9 cm

**Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:**

N°StaffaBarraBarraBarraBarra Barra

1 1 2 3 4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1760.69	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1971.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
3	1645.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
4	2085.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
5	1865.69	220.50	0.00	-3.00	0.00
6	1865.69	-222.50	0.00	14.00	0.00
7	1865.69	205.50	0.00	-12.00	0.00
8	1883.69	-252.50	0.00	5.00	0.00
9	1967.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
10	1975.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
11	1971.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
12	1910.69	-284.00	0.00	32.00	0.00
13	1910.69	267.00	0.00	-30.00	0.00
14	1984.69	-176.00	0.00	20.00	0.00
15	1985.69	153.50	0.00	-17.00	0.00
16	1727.69	-275.50	0.00	31.00	0.00
17	1727.69	275.50	0.00	-31.00	0.00
18	1996.69	-7.00	0.00	1.00	0.00
19	1697.69	-8.50	0.00	1.00	0.00
20	2110.69	-7.00	0.00	1.00	0.00
21	1648.69	-7.00	0.00	1.00	0.00
22	1744.69	0.00	0.00	0.00	0.00
23	1710.69	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1838.69	-14.00	0.00	2.00	0.00
25	1862.69	-14.00	0.00	2.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:6.7 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali:15.9 cm

Copriferro netto minimo staffe: 5.9 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	-----------

**Documento:** Relazione di calcolo delle opere in cemento armato e relative fondazioni - Passerella ciclopedonale Fiume Reno - Sasso Marconi/Marzabotto

**Codice:** REL-5-4

**Data:** Novembre 2023

1	S	1760.69	0.00	0.00	1760.57	14625.00	0.00	999.00244.3 (162.0)
2	S	1971.69	-8.50	0.00	1971.53	-14936.72	0.00	999.00244.3 (162.0)
3	S	1645.69	-8.50	0.00	1645.76	-14454.88	0.00	999.00244.3 (162.0)
4	S	2085.69	-8.50	0.00	2085.67	-15104.88	0.00	999.00244.3 (162.0)
5	S	1865.69	220.50	0.00	1865.82	14780.66	0.00	67.03244.3 (162.0)
6	S	1865.69	-222.50	0.00	1865.82	-14780.66	0.00	66.43244.3 (162.0)
7	S	1865.69	205.50	0.00	1865.82	14780.66	0.00	71.93244.3 (162.0)
8	S	1883.69	-252.50	0.00	1883.75	-14807.16	0.00	58.64244.3 (162.0)
9	S	1967.69	-8.50	0.00	1967.57	-14930.89	0.00	999.00244.3 (162.0)
10	S	1975.69	-8.50	0.00	1975.48	-14942.54	0.00	999.00244.3 (162.0)
11	S	1971.69	-8.50	0.00	1971.53	-14936.72	0.00	999.00244.3 (162.0)
12	S	1910.69	-284.00	0.00	1910.76	-14847.04	0.00	52.28244.3 (162.0)
13	S	1910.69	267.00	0.00	1910.76	14847.04	0.00	55.61244.3 (162.0)
14	S	1984.69	-176.00	0.00	1984.51	-14955.86	0.00	84.98244.3 (162.0)
15	S	1985.69	153.50	0.00	1985.64	14957.53	0.00	97.44244.3 (162.0)
16	S	1727.69	-275.50	0.00	1727.60	-14576.20	0.00	52.91244.3 (162.0)
17	S	1727.69	275.50	0.00	1727.60	14576.20	0.00	52.91244.3 (162.0)
18	S	1996.69	-7.00	0.00	1996.93	-14974.17	0.00	999.00244.3 (162.0)
19	S	1697.69	-8.50	0.00	1697.53	-14531.64	0.00	999.00244.3 (162.0)
20	S	2110.69	-7.00	0.00	2110.57	-15141.52	0.00	999.00244.3 (162.0)
21	S	1648.69	-7.00	0.00	1648.54	-14459.00	0.00	999.00244.3 (162.0)
22	S	1744.69	0.00	0.00	1744.91	14601.83	0.00	999.00244.3 (162.0)
23	S	1710.69	0.00	0.00	1710.90	14551.45	0.00	999.00244.3 (162.0)
24	S	1838.69	-14.00	0.00	1838.91	-14740.89	0.00	999.00244.3 (162.0)
25	S	1862.69	-14.00	0.00	1862.45	-14775.69	0.00	999.00244.3 (162.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIAMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00055	-67.5	400.0	0.00050	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
2	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
3	0.00055	-67.5	0.0	0.00050	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
4	0.00057	-67.5	0.0	0.00052	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
5	0.00056	-67.5	400.0	0.00051	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
6	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
7	0.00056	-67.5	400.0	0.00051	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
8	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
9	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
10	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
11	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
12	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
13	0.00056	-67.5	400.0	0.00051	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
14	0.00057	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
15	0.00057	-67.5	400.0	0.00051	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
16	0.00055	-67.5	0.0	0.00050	-59.6	7.9	-0.00196	-59.6	392.1
17	0.00055	-67.5	400.0	0.00050	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
18	0.00057	-67.5	0.0	0.00052	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
19	0.00055	-67.5	0.0	0.00050	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
20	0.00057	-67.5	0.0	0.00052	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
21	0.00055	-67.5	0.0	0.00050	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
22	0.00055	-67.5	400.0	0.00050	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
23	0.00055	-67.5	400.0	0.00050	-59.6	392.1	-0.00196	59.6	7.9
24	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1
25	0.00056	-67.5	0.0	0.00051	-59.6	7.9	-0.00196	59.6	392.1

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [S 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000006401	-0.002007066	----	----
2	0.000000000	-0.000006430	0.000564579	----	----
3	0.000000000	-0.000006385	0.000547011	----	----
4	0.000000000	-0.000006445	0.000570677	----	----
5	0.000000000	0.000006415	-0.002007180	----	----
6	0.000000000	-0.000006415	0.000558905	----	----
7	0.000000000	0.000006415	-0.002007180	----	----
8	0.000000000	-0.000006418	0.000559870	----	----
9	0.000000000	-0.000006429	0.000564368	----	----
10	0.000000000	-0.000006430	0.000564791	----	----
11	0.000000000	-0.000006430	0.000564579	----	----
12	0.000000000	-0.000006421	0.000561319	----	----
13	0.000000000	0.000006421	-0.002007229	----	----
14	0.000000000	-0.000006431	0.000565274	----	----
15	0.000000000	0.000006432	-0.002007310	----	----
16	0.000000000	-0.000006396	0.000551449	----	----
17	0.000000000	0.000006396	-0.002007030	----	----
18	0.000000000	-0.000006433	0.000565938	----	----
19	0.000000000	-0.000006392	0.000549819	----	----
20	0.000000000	-0.000006449	0.000572005	----	----
21	0.000000000	-0.000006385	0.000547162	----	----
22	0.000000000	0.000006399	-0.002007049	----	----
23	0.000000000	0.000006394	-0.002007012	----	----
24	0.000000000	-0.000006412	0.000557456	----	----
25	0.000000000	-0.000006415	0.000558723	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 24.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]

La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).

bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e  $d_{med}$ .  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	22270.07	564.83392.1	357.5135.01.000	1.018	0.04.0(0.0)			
2	S	1.00	15367.491409.91392.1	357.0135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)				
3	S	1.00	15353.981413.28392.1	357.8135.02.500	1.017	0.04.0(0.0)				
4	S	1.00	15372.381408.75392.1	356.7135.02.500	1.021	0.04.0(0.0)				
5	S	3.00	15362.991410.99392.1	357.3135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)				
6	S	14.00	15362.991410.99392.1	357.3135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)				
7	S	12.00	15362.991410.99392.1	357.3135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)				
8	S	5.00	15363.751410.81392.1	357.2135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)				
9	S	1.00	15367.321409.95392.1	357.0135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)				

10	S	1.00	15367.671409.87392.1	357.0135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)
11	S	1.00	15367.491409.91392.1	357.0135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)
12	S	32.00	15364.891410.53392.1	357.1135.02.500	1.020	0.14.0(0.0)
13	S	30.00	15364.891410.53392.1	357.1135.02.500	1.020	0.14.0(0.0)
14	S	20.00	15368.051409.77392.1	356.9135.02.500	1.020	0.14.0(0.0)
15	S	17.00	15368.081409.76392.1	356.9135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)
16	S	31.00	15357.311412.42392.1	357.6135.02.500	1.018	0.14.0(0.0)
17	S	31.00	15357.311412.42392.1	357.6135.02.500	1.018	0.14.0(0.0)
18	S	1.00	15368.521409.65392.1	356.9135.02.500	1.020	0.04.0(0.0)
19	S	1.00	15356.111412.74392.1	357.7135.02.500	1.017	0.04.0(0.0)
20	S	1.00	15373.471408.49392.1	356.6135.02.500	1.022	0.04.0(0.0)
21	S	1.00	15354.131413.25392.1	357.8135.02.500	1.017	0.04.0(0.0)
22	S	0.00	22269.06 564.90392.1	357.6135.01.000	1.018	0.04.0(0.0)
23	S	0.00	22267.06 565.04392.1	357.7135.01.000	1.017	0.04.0(0.0)
24	S	2.00	15361.851411.27392.1	357.3135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)
25	S	2.00	15362.911411.03392.1	357.3135.02.500	1.019	0.04.0(0.0)

**DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Palo Comb. Sismiche\_Spalla SX**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di Palo  
 Forma della sezione: Circolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resistenza compress. di progetto fcd:18.13 MPa  
 Resistenza compress. ridotta fcd': 9.07 MPa  
 Deform. unitaria max resistenza ec2:0.0020  
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 14.4 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. a rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istant.  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Diametro sezione: 80.0 cm  
 Barre circonferenza: 16Ø26 (84.9 cm<sup>2</sup>)  
 Coprif.(dal baric. barre): 8.7 cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
 MT Momento torcente [kN m]

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1714.37	479.91	91.14	0.00
2	-730.05	33.83	379.72	0.00
3	1662.91	579.48	17.94	0.00
4	416.84	13.43	64.29	0.00
5	1625.93	291.92	611.90	0.00
6	-703.33	481.77	11.04	0.00

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx
----------	---	----

1	1106.33143.70	(1019.39)
2	389.42	29.80 (0.00)
3	1081.69179.85	(535.84)
4	505.20	0.08 (0.00)
5	1057.04	41.78 (0.00)
6	968.85135.52	(787.40)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	9.6	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.6	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata							
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)							
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico							
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)							
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico							
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$							
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,0 sez.							
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm <sup>2</sup> ]. (tra parentesi l'area minima di normativa)							

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	1714.37	479.91	1714.17	978.61	2.039	5.1	---	---	84.9 (15.1)
2	S	-730.05	33.83	-730.33	489.16	14.460	19.4	---	---	84.9 (15.1)
3	S	1662.91	579.48	1662.80	969.97	1.674	5.3	---	---	84.9 (15.1)
4	S	416.84	13.43	416.84	738.41	55.001	11.3	---	---	84.9 (15.1)
5	S	1625.93	291.92	1625.86	963.69	3.301	5.5	---	---	84.9 (15.1)
6	S	-703.33	481.77	-703.35	495.41	1.028	19.1	---	---	84.9 (15.1)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione					
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)					
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)					
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)					

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00187	40.0	0.00141	31.3	-0.00196	-31.3
2	0.00080	40.0	0.00046	31.3	-0.00196	-31.3
3	0.00185	40.0	0.00139	31.3	-0.00196	-31.3
4	0.00132	40.0	0.00092	31.3	-0.00196	-31.3
5	0.00184	40.0	0.00137	31.3	-0.00196	-31.3
6	0.00081	40.0	0.00047	31.3	-0.00196	-31.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata	
Sc max	Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])	
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)	
Sc min	Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])	
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,0)	
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio ([MPa])	
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,0)	
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre	
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)	

As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.96	-40.0	0.00	40.0	0.3	31.3	0.0	0	0.0	----
2	S	1.07	-40.0	0.17	40.0	4.0	31.3	0.0	0	0.0	----
3	S	4.59	-40.0	0.00	40.0	-9.9	31.3	21.8	797	15.9	----
4	S	0.80	-40.0	0.80	40.0	12.0	31.3	0.0	0	0.0	----
5	S	2.31	-40.0	1.04	40.0	17.7	31.3	0.0	0	0.0	----
6	S	3.63	-40.0	0.00	40.0	-2.0	31.3	0.0	0	0.0	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver Esito verifica  
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
srm Distanza massima in mm tra le fessure  
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000		----	----	----	----	----	1019.39
2	S	0.00001	0.00008		----	----	----	----	----	0.00
3	S	-0.00010	0.00034		0.50	0.40	0.000030 (0.000030)	4730.014	(0.30)	535.84
4	S	0.00006	0.00006		----	----	----	----	----	0.00
5	S	0.00008	0.00017		----	----	----	----	----	0.00
6	S	0.00008	0.00017		----	----	----	----	----	787.40

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Palo Comb. Sismiche\_Pila centrale**

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di Palo  
 Forma della sezione: Circolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resistenza compress. di progetto fcd:18.13 MPa  
 Resistenza compress. ridotta fcd': 9.07 MPa  
 Deform. unitaria max resistenza ec2:0.0020  
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 14.4 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. a rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istant.  $\beta_1\beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1\beta_2$ : 0.50

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Diametro sezione: 80.0 cm  
 Barre circonferenza: 14Ø26 (74.3 cm<sup>2</sup>)  
 Coprif.(dal baric. barre): 8.7 cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
 MT Momento torcente [kN m]

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1751.64	228.49	22.35	0.00
2	-484.74	173.38	234.01	0.00
3	1594.50	343.76	342.79	0.00
4	1549.61	6.90	342.73	0.00
5	1458.11	317.90	360.71	0.00
6	616.85	20.93	0.46	0.00

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx
----------	---	----

1	939.74	23.19	(0.00)
2	458.82	28.95	(0.00)
3	772.71	39.84	(0.00)
4	775.68	1.05	(0.00)
5	700.24	21.71	(0.00)
6	597.59	18.23	(0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	11.3	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.6	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm <sup>2</sup> ]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	1751.64	228.49	1751.80	919.24	4.023	5.2	---	---	74.3 (15.1)
2	S	-484.74	173.38	-484.78	469.33	2.707	18.6	---	---	74.3 (15.1)
3	S	1594.50	343.76	1594.57	892.31	2.596	5.9	---	---	74.3 (15.1)
4	S	1549.61	6.90	1549.67	884.49	128.234	6.1	---	---	74.3 (15.1)
5	S	1458.11	317.90	1458.01	868.33	2.731	6.5	---	---	74.3 (15.1)
6	S	616.85	20.93	616.73	708.82	33.873	10.8	---	---	74.3 (15.1)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00187	40.0	0.00140	31.3	-0.00196	-31.3
2	0.00084	40.0	0.00050	31.3	-0.00196	-31.3
3	0.00179	40.0	0.00134	31.3	-0.00196	-31.3
4	0.00177	40.0	0.00132	31.3	-0.00196	-31.3
5	0.00173	40.0	0.00128	31.3	-0.00196	-31.3
6	0.00136	40.0	0.00095	31.3	-0.00196	-31.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sc min	Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,0)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,0)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre

Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.89	-40.0	1.17	40.0	18.7	31.3	0.0	0	0.0	----
2	S	1.20	-40.0	0.29	40.0	5.9	31.3	0.0	0	0.0	----
3	S	1.88	-40.0	0.63	40.0	11.6	31.3	0.0	797	0.0	----
4	S	1.28	-40.0	1.25	40.0	18.8	31.3	0.0	0	0.0	----
5	S	1.48	-40.0	0.80	40.0	13.1	31.3	0.0	0	0.0	----
6	S	1.26	-40.0	0.69	40.0	11.2	31.3	0.0	0	0.0	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver Esito verifica  
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
srm Distanza massima in mm tra le fessure  
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00009	0.00014		----	----	----	----	----	0.00
2	S	0.00002	0.00009		----	----	----	----	----	0.00
3	S	0.00005	0.00014		----	----	----	----	----	0.00
4	S	0.00009	0.00010		----	----	----	----	----	0.00
5	S	0.00006	0.00011		----	----	----	----	----	0.00
6	S	0.00005	0.00009		----	----	----	----	----	0.00

**DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Passerella Reno - Palo Comb. Sismiche\_Pila DX**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di Palo  
 Forma della sezione: Circolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Comb. sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resistenza compress. di progetto fcd:18.13 MPa  
 Resistenza compress. ridotta fcd': 9.07 MPa  
 Deform. unitaria max resistenza ec2:0.0020  
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 14.4 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. a rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa  
 Diagramma tensioni-deformaz.:Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istant.  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Diametro sezione: 80.0 cm  
 Barre circonferenza: 14Ø26 (74.3 cm<sup>2</sup>)  
 Coprif.(dal baric. barre): 8.7 cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
 MT Momento torcente [kN m]

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1212.59	304.59	22.03	0.00
2	-170.63	122.72	160.82	0.00
3	748.73	335.11	262.24	0.00
4	545.20	7.13	2.43	0.00
5	936.80	317.42	270.77	0.00
6	508.23	11.93	0.49	0.00

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx
----------	---	----

1	871.94	8.38	(0.00)
2	409.59	19.54	(0.00)
3	681.4673.76	(5027.73)	
4	669.52	1.54	(0.00)
5	776.49	33.35	(0.00)
6	446.69	14.75	(0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	11.3	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.6	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm <sup>2</sup> ]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/dC.Rid.	As Tot.
1	S	1212.59	304.59	1212.35	823.85	2.705	7.7	---	---74.3 (15.1)
2	S	-170.63	122.72	-170.81	541.17	4.410	15.9	---	---74.3 (15.1)
3	S	748.73	335.11	748.95	735.22	2.194	10.1	---	---74.3 (15.1)
4	S	545.20	7.13	544.92	694.27	97.365	11.2	---	---74.3 (15.1)
5	S	936.80	317.42	936.78	771.87	2.432	9.1	---	---74.3 (15.1)
6	S	508.23	11.93	508.42	686.81	57.573	11.4	---	---74.3 (15.1)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00162	40.0	0.00119	31.3	-0.00196	-31.3
2	0.00100	40.0	0.00064	31.3	-0.00196	-31.3
3	0.00142	40.0	0.00100	31.3	-0.00196	-31.3
4	0.00132	40.0	0.00092	31.3	-0.00196	-31.3
5	0.00150	40.0	0.00108	31.3	-0.00196	-31.3
6	0.00131	40.0	0.00091	31.3	-0.00196	-31.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sc min	Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,0)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,0)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)

As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.55	-40.0	1.29	40.0	19.8	31.3	0.0	0	0.0	----
2	S	0.97	-40.0	0.36	40.0	6.4	31.3	0.0	0	0.0	----
3	S	2.26	-40.0	0.00	40.0	3.1	31.3	0.0	797	0.0	----
4	S	1.11	-40.0	1.07	40.0	16.1	31.3	0.0	0	0.0	----
5	S	1.79	-40.0	0.74	40.0	12.8	31.3	0.0	0	0.0	----
6	S	0.96	-40.0	0.50	40.0	8.2	31.3	0.0	0	0.0	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver Esito verifica  
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
srm Distanza massima in mm tra le fessure  
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00010	0.00012		----	----	----	----	----	0.00
2	S	0.00003	0.00007		----	----	----	----	----	0.00
3	S	0.00003	0.00007		----	----	----	----	----	5027.73
4	S	0.00008	0.00008		----	----	----	----	----	0.00
5	S	0.00006	0.00013		----	----	----	----	----	0.00
6	S	0.00004	0.00007		----	----	----	----	----	0.00