

allegato n.

11.2.3

titolo abbreviato:

SP EX SS N 415 - LOTTO 3



PROVINCIA DI CREMONA
SETTORE INFRASTRUTTURE STRADALI

S.P. ex S.S. n. 415 "PAULLESE"
AMMODERNAMENTO TRATTO "CREMA-SPINO D'ADDA"

LOTTO N. 3 - "NUOVO PONTE SUL FIUME ADDA"
LAVORI DI RADDOPPIO DEL PONTE SUL FIUME ADDA
E DEI RELATIVI RACCORDI IN PROVINCIA DI CREMONA E LODI

1	revisione a seguito verifica UTP		FEBBRAIO 2016
0	prima emissione		DICEMBRE 2015
emissione	descrizione	disegnato	data emissione
livello:		codice CUP:	
PROGETTO DEFINITIVO		G41B03000270002	
elaborato:		codice:	
O.A. N.1 - PONTE SUL FIUME ADDA RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE, PILE E MURI D'ALA		15E10-RC02	
		allegato n.:	scala:
		11.2.3	
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL PROGETTISTA GENERALE	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	data
(Ing. Virginio Broccoli)	(Ing. Davide Pisana)	(Ing. Roberto Vanzini)	27 MAG. 2016
Percorso file: U:\Lavori\09\Projects\SS415\PONTE SPINO\Definitivo_CR\00_COPERTINE.dwg			

S.P. CR ex S.S. 415"PAULLESE" : Ammodernamento tratto Crema - Spino d'Adda
LOTTO 3

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE, PILE E MURI D'ALA DEL NUOVO PONTE SUL
FIUME ADDA

1.	Introduzione	4
1.1	Generalità	4
1.2	Modelli di calcolo	8
2.	Normativa di riferimento	8
2.1	Normativa emessa dallo stato italiano	8
2.2	Normativa europea recepita dallo stato italiano	9
3.	Convenzioni generali	9
4.	Caratteristiche geometriche	9
5.	Caratteristiche dei materiali	9
5.1	Magrone	9
5.2	Calcestruzzo strutturale	9
5.3	Acciaio per cemento armato	10
6.	Durabilità della struttura	11
6.1	Copriferro minimo e copriferro nominale	11
6.2	Durabilità e prescrizioni sui materiali	11
7.	Analisi dei carichi	13
7.1	Carichi provenienti da scarichi agli appoggi e dei pesi della struttura	13
7.1.1	SPALLA MAGGIORMENTE SOLLECITATA	13
7.1.2	PILE	15
7.2	Spinta delle terre	16
7.2.1	Coefficiente di spinta in condizioni statiche	16
7.2.2	Modulo della spinta in condizioni sismiche	24
7.2.3	Punto di applicazione della forza	24
7.3	Spinte idrauliche	25
8.	Combinazione dei carichi	29
8.1	Stati Limite Ultimi	29
8.1.1	Stato limite di equilibrio (EQU)	29
8.1.2	Stato limite di collasso (STR)	29
8.2	Stato limite di resistenza del terreno (GEO)	30
8.3	Combinazione sismica	30
8.4	Stati limite di esercizio – verifiche tensionali	32
9.	Analisi delle sollecitazioni	33
9.1	Descrizione dei risultati	33
9.1.1	Spalle	33
9.1.2	Pile	35
10.	Calcoli strutturali	39

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

10.1	Spalla	39
10.1.1	Calcolo mensola di monte e di valle spalle fissa e mobile	39
10.1.2	Paramento verticale spalla fissa	41
10.1.3	Paramento verticale spalla mobile	49
10.1.4	Paraghiaia	55
10.1.5	Baggioli spalle	58
10.1.6	Muri d'ala	59
10.1.7	Ritegni sismici a collasso	61
10.1.7.1	Verifica ritegni trasversali	61
10.1.7.2	Verifica ritegni longitudinali	61
10.2	Pile	63
10.2.1	Fondazione pile	63
10.2.2	Elevazione pile	65
10.2.3	Baggioli pile	69
10.2.4	Ritegni sismici a collasso pile	71
10.2.4.1	Verifica ritegni trasversali	71
11.	DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (punto 10)	72

1. Introduzione

Oggetto del presente elaborato sono i calcoli relativi alle Spalle, pile ed ai Muri d'ala del Ponte sul fiume Adda a sezione composta acciaio - calcestruzzo da realizzarsi nell'ambito dei lavori ammodernamento della S.P. CR ex S.S. n. 415 "Paulese" - Ammodernamento tratto "Crema-Spino d'Adda" - Lotto n. 3 "Nuovo ponte sul fiume Adda"

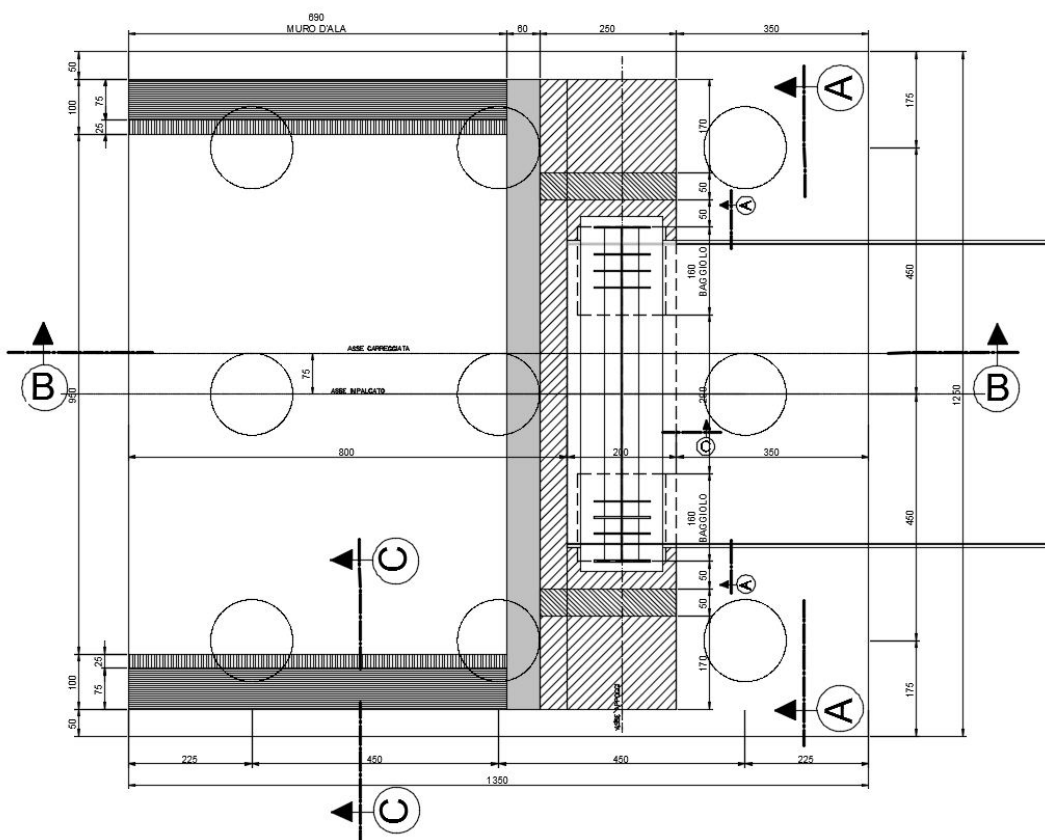
1.1 Generalità

Le spalle sono previste a parete piena in calcestruzzo impostate su una fondazione costituita da una zattera in c.a. di elevata rigidità a sua volta fondata su n° 9 pali trivellati in c.a. del diametro pari a 1500 mentre per le pile i pali saranno 8 del diametro pari a 1500 mm

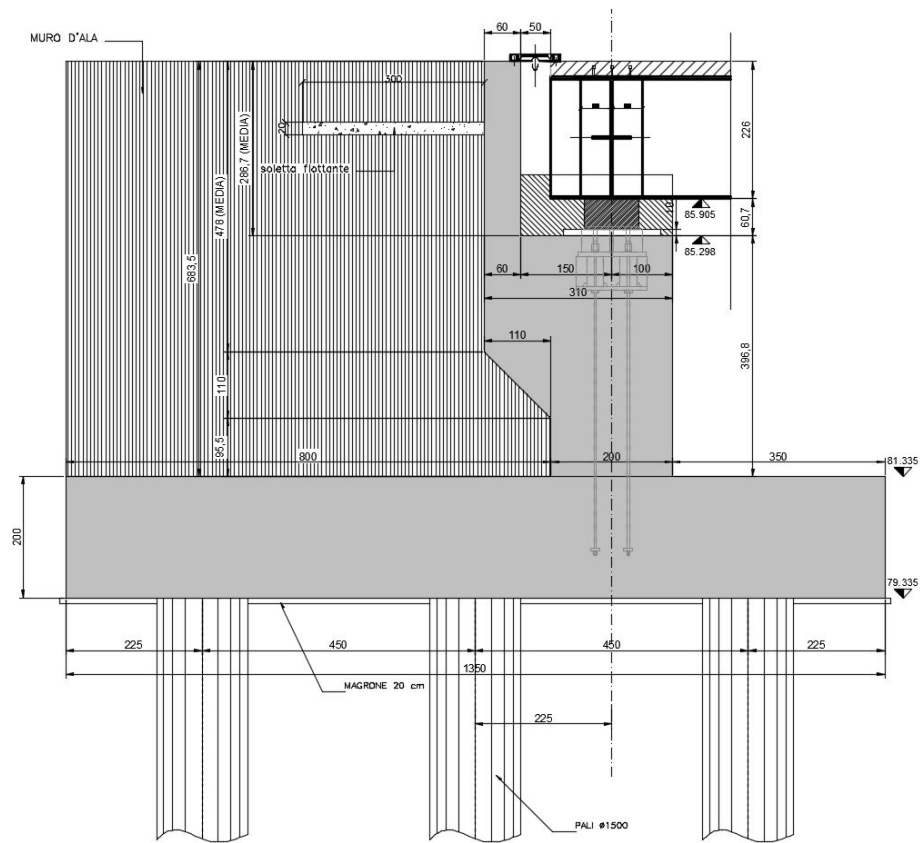
Entrambe le spalle sono dotate di una zattera a forma di parallelepipedo regolare così come le pile.

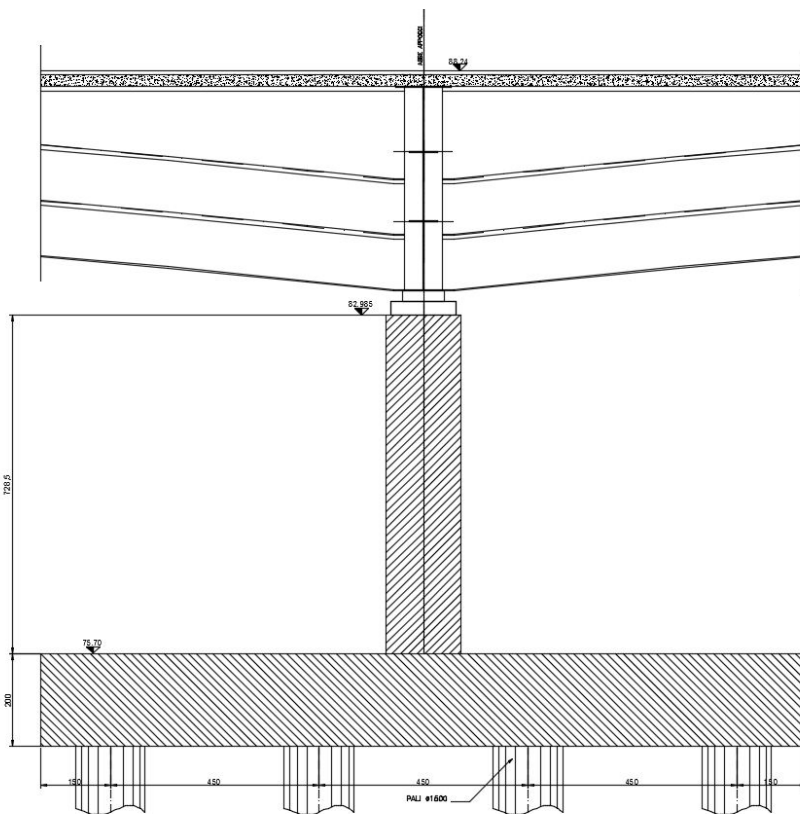
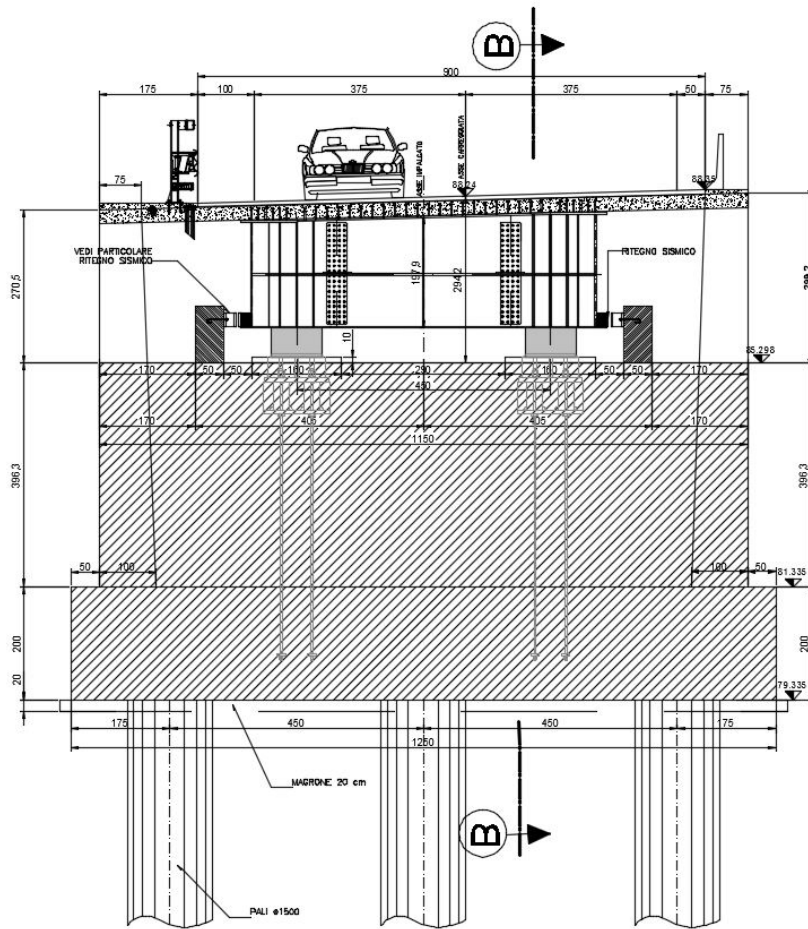
Le geometrie della struttura sono dettagliate negli appositi elaborati grafici. Qui di seguito, nelle illustrazioni via via riportate, si riportano le informazioni salienti.

L'intera struttura è posta su appoggi a cerniera sferica e vincoli sismici a collasso rappresentati da muretti in c.a. sagomati solidali alle spalle ed alle pile.

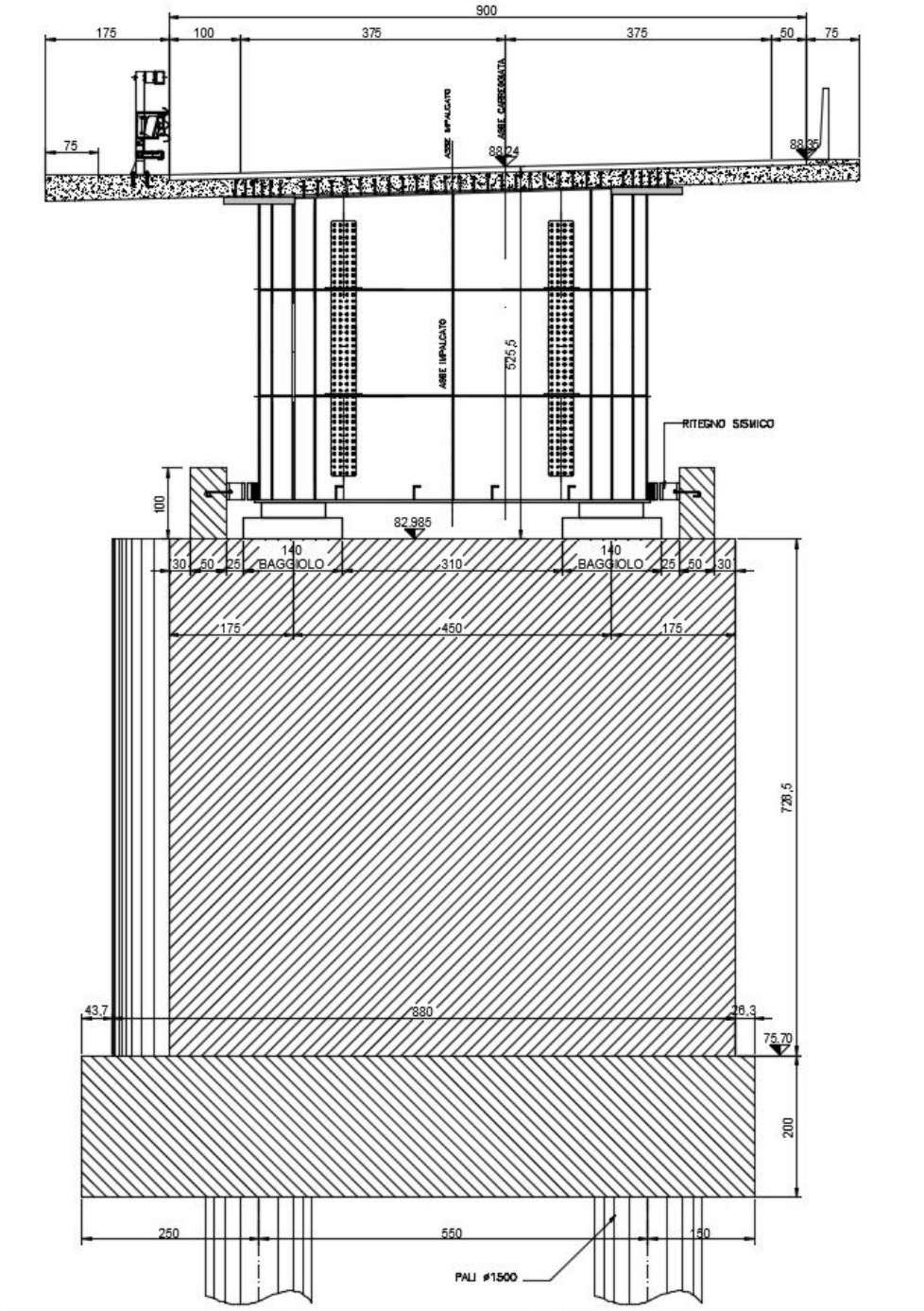


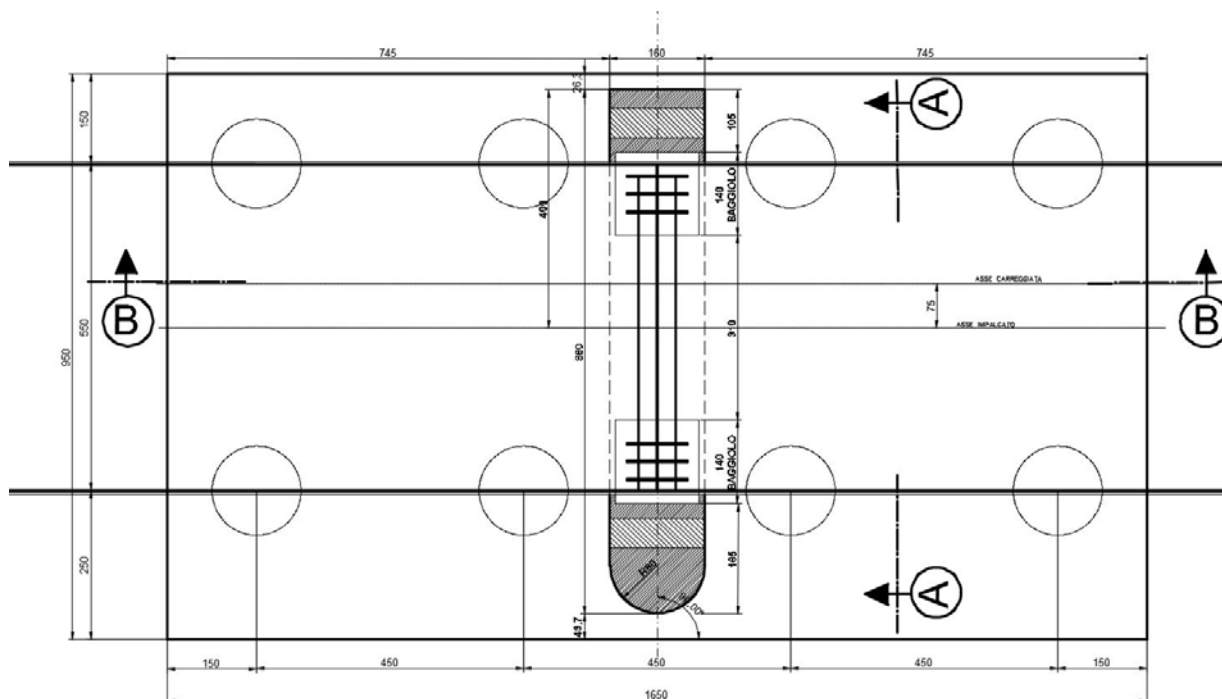
Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA





Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA





1.2 Modelli di calcolo

Per i modelli di calcolo delle spalle e delle pile si farà riferimento a quello di mensola semplicemente incastrata al piede; per il calcolo della fondazione si farà riferimento sempre ad un modello bidimensionale a mensola; per il calcolo della distribuzione del carico nei pali si assimila la fondazione ad un corpo rigido.

I pali verranno verificati soggetti sia a forze verticali che a forze orizzontali mediante un modello alla Winkler, il calcolo sia geotecnico che strutturale dei pali di fondazione è riportato su separata relazione di calcolo.

2. Normativa di riferimento

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo "agli Stati Limite" e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

2.1 Normativa emessa dallo stato italiano

Legge 05.11.1971 n. 1086 : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti – D.M. 14/01/2008 : " Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"

Circolare 617 del 02/02/2009: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

2.2 Normativa europea recepita dallo stato italiano

EC2

EC3

EC4-2

3. Convenzioni generali

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze: m

forze - coppie: kN - KNm

tensioni: MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le compressioni.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

Si farà riferimento, salvo se indicato diversamente, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale in cui, in generale, si ha piano x-y-z, con x posto parallelo all'asse del ponte ed asse y verticale e z ortogonale.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

V azione assiale

L azione tagliante agente longitudinalmente all'asse del ponte

T azione tagliante agente trasversalmente all'asse del ponte

Mf momento flettente agente nel piano orizzontale

Mzz momento flettente ortogonale a Mf

4. Caratteristiche geometriche

Si rimanda agli elaborati grafici facenti parte integrante del presente progetto.

5. Caratteristiche dei materiali

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

5.1 Magrone

Per il magrone di soффondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C12/15.

5.2 Calcestruzzo strutturale

1) Per la realizzazione delle **fondazioni**, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C28/35 che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cubica) $\rightarrow R_{ck} = 35 \text{ MPa}$

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Resistenza a compressione (cilindrica)	→	f_{ck}	= 28 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	15.9 MPa
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	= 2.77 MPa
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$	= 1.94 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.29 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck}$	= 16.80 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi perm. – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.4 * f_{ck}$	= 11.2 MPa

- 2) Per la realizzazione delle **elevazioni, del paraghiaia dei baggioli e dei muretti antisismici**, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cubica)	→	R_{ck}	= 40 MPa
Resistenza a compressione (cilindrica)	→	f_{ck}	= 32 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	18.1 MPa
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	= 3.02 MPa
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$	= 2.12 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.41 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck}$	= 19.2 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 14.4 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 14.4 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi perm. – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.4 * f_{ck}$	= 12.8 MPa

5.3 Acciaio per cemento armato

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

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥450 MPa
Limite di rottura f_t	≥540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	≥7.5%

Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→	$f_{yk} \geq$	450	MPa
Tensione caratteristica a rottura	→	$f_{tk} \geq$	540	MPa
Fattore di sicurezza acciaio	→	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	= 391.30	MPa
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)→		$\sigma_c =$	0.80* f_{yk} =360	MPa
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara – Ferrovie)→		$\sigma_c =$	0.65* f_{yk} =292.5	MPa

6. Durabilità della struttura

6.1 Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 5 mm. Considerata la Classe di esposizione ambientale dell'opera, si adotta un copriferro minimo pari a:

50 mm per tutte le altre parti costituenti la struttura.

6.2 Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione CLASSE DI ESPOSIZIONE XF4

Elevazione

CLASSE DI ESPOSIZIONE XF4

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III: Descrizione delle condizioni ambientali

Le fondazioni dei muri si trovano in condizioni ambientali *Ordinarie*, le elevazioni in condizioni *Aggressive*.

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

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

Tabella 4.1.IV: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

7. Analisi dei carichi

I carichi sono di 3 tipologie:

- scarichi agli appoggi (da relazione di calcolo impalcato a cui si rimanda) + pesi propri spalla e terreno su platea
- spinte delle terre.
- spinte idrauliche

7.1 Carichi provenienti da scarichi agli appoggi e dei pesi della struttura

7.1.1 SPALLA MAGGIORMENTE SOLLECITATA

		PESO ACCIAIO+SOLETTA	PERMANENTI PORTATI	CEDIMENTI	Delta T +5°	FRENATA	VENTO SCARICO	VENTO CARICO
APPOGGIO								
UT	V (KN)	382	183	23	40	13	1520	1597
	T (KN)	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0
	L (KN)	0,00	0,00	0	0	(+) 444	0	0
FISSO	V (KN)	382	183	23	40	13	-1080	-1159
	T (KN)	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1226	1231
	L (KN)	0,00	0,00	0	0	(+) 444	0	0

		Q Mob. Max carico appoggi	Urto max Appoggio
APPOGGIO			
UT	V (KN)	5993	54
	T (KN)	0,00	0
	L (KN)	0,00	0
FISSO	V (KN)	-4145	-70
	T (KN)	0,00	66
	L (KN)	0,00	0

(a favore di sicurezza si utilizzano gli stessi carichi per entrambe le spalle)

Resistenze parassite dei vincoli - A7

La forza dovuta all'attrito degli appoggi agisce orizzontalmente con un'intensità proporzionale alla reazione verticale degli appoggi mobili. Le azioni parassite sono pari a:

- 6% dei carichi verticali: per le combinazioni di carico senza carichi variabili da traffico;
 $L = 0.06 \cdot 1616 = 97 \text{ KN}$ (distribuito su 2 appoggi)
- 3% dei carichi verticali: per le combinazioni di carico con carichi variabili da traffico;
 $L = 0.03 \cdot 3368 = 107 \text{ KN}$ (distribuito su 2 appoggi)
- 0% dei carichi verticali: per le combinazioni sismiche.

l'altezza di applicazione è pari a quella del paramento della spalla dallo spiccato fino all'estradosso dell'appoggio

carichi sismici

SISMA ORIZZONTALE DIREZIONE X (LONGITUDINALE IMPALCATO) COMBO SSRS

appoggio	L	V	T
	KN	KN	KN
UT	11203	17	0
FISSO	11203	-34	181

SISMA ORIZZONTALE DIREZIONE Z (ORTOGONALE IMPALCATO) COMBO SSRS

appoggio	L	V	T
	KN	KN	KN
UT	3361	79	0
FISSO	3361	-96	594

SISMA VERTICALE COMBO SSRS

appoggio	L	V	T
	KN	KN	KN
UT	11205	(+/-)296	0
FISSO	11205	(+/-)296	190

a tali valori si aggiungono il peso proprio della spalla (calcolato con $\gamma_{cls}=25 \text{ KN/mc}$) ed il peso del terreno sulla zattera di fondazione (calcolato con $\gamma_{terra}=20 \text{ KN/mc}$)

7.1.2 PILE

		PESO ACCIAIO+SOLETTA	PERMANENTI PORTATI	CEDIMENTI	Delta T +5°	FRENATA	VENTO SCARICO	VENTO CARICO
APPOGGIO								
UL	V (KN)	5001	1545	+42	27	2	1303	1368
	T (KN)	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1393	1629
	L (KN)	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00
MULTI	V (KN)	5001	1545	+42	27	2	1464	1764
	T (KN)	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	L (KN)	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00

		Q Mob. Max carico appoggi	Urto max Appoggio
APPOGGIO			
UL	V (KN)	2668	22
	T (KN)	0,00	12
	L (KN)	0,00	0
MULTI	V (KN)	3436	2
	T (KN)	0,00	0
	L (KN)	0,00	0

Resistenze parassite dei vincoli - A7

La forza dovuta all'attrito degli appoggi agisce orizzontalmente con un'intensità proporzionale alla reazione verticale degli appoggi mobili. Le azioni parassite sono pari a:

- 6% dei carichi verticali: per le combinazioni di carico senza carichi variabili da traffico;
 $L = 0.06 * 15955 = 960 \text{ KN}$ (distribuito su 2 appoggi)
- 3% dei carichi verticali: per le combinazioni di carico con carichi variabili da traffico;
 $L = 0.03 * 22428 = 673 \text{ KN}$ (distribuito su 2 appoggi)
- 0% dei carichi verticali: per le combinazioni sismiche.

l'altezza di applicazione è pari a quella del paramento della spalla dallo spiccato fino all'estradosso dell'appoggio

carichi sismici

SISMA ORIZZONTALE DIREZIONE X (LONGITUDINALE IMPALCATO) COMBO SSRS

appoggio		L	V	T
		KN	KN	KN
UL		0	125	524
MULTI		0	-125	0

SISMA ORIZZONTALE DIREZIONE Z (ORTOGONALE IMPALCATO) COMBO SSRS

appoggio		L	V	T
		KN	KN	KN
UL		0	289	1680
MULTI		0	-289	0

SISMA VERTICALE COMBO SSRS

appoggio		L	V	T
		KN	KN	KN
UL		0	281	588
MULTI		0	-281	0

7.2 Spinta delle terre

Metodi di Calcolo della spinta della terra

Spinta su opere non libere di ruotare (condizioni di spinta "a riposo")

7.2.1 Coefficiente di spinta in condizioni statiche

Nell'ipotesi di muro rigido, con spostamento in testa impedito, la spinta a monte è calcolata in condizioni di riposo ovvero adottando il coefficiente di spinta a riposo proposto da Jaky (1944) e semplificata come segue:

$$K_0 \cong (1 - \sin \phi) \cdot OCR^\alpha$$

in cui:

OCR è il grado di sovraconsolidazione

$$\alpha = 0.46 \pm 0.06$$

Il terreno si assume costituito da ghiaia con grado di addensamento medio-alto ed abbia le seguenti caratteristiche geotecniche

Strato di ricoprimento e di rinfiacco

Carratterizzazione materiali da rilevato/reinterri																
Parametri in condizioni drenate					Spinta a riposo			Spinta attiva			Spinta Passiva			Peso di volume		Permeabilità
ϕ'_k	ϕ'_{dM1}	ϕ'_{dM2}	E'_{25}	E_{UR}	K_{Dk}	K_{DM1}	K_{DM2}	K_{Ak}	K_{AM1}	K_{AM2}	K_{Pk}	K_{PM1}	K_{PM2}	naturale γ_n	sommerso γ'	k
(°)	(°)	(°)	(Mpa)	(Mpa)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(m/s)
38	38	32	40	120	0.380	0.380	0.470	0.238	0.238	0.307	4.200	4.200	3.250	20	11	$1 \times E^{-3} + E^{-6}$

I coefficienti di spinta sono calcolati secondo la teoria di Caquot - Kerisel ipotizzando angolo d'attrito tra terreno e struttura di sostegno $\delta = 0$ ed ipotizzando che il terreno a monte/valle del sostegno (rispettivamente per il calcolo di K_A e K_P) sia orizzontale ($\beta = 0^\circ$). Nel caso in cui tali ipotesi iniziali non siano rappresentative del problema in oggetto, i valori delle spinte dovranno essere calcolati nuovamente utilizzando la stessa teoria.

LEGENDA PARAMETRI	
ϕ'_k	Angolo di resistenza al taglio caratteristico;
ϕ'_{dM1}	Angolo di resistenza al taglio di progetto secondo coefficienti parziali M1 come da NTC2008;
ϕ'_{dM2}	Angolo di resistenza al taglio di progetto secondo coefficienti parziali M2 come da NTC2008;
E'_{25}	Modulo elastico secante corrispondente alla mobilitazione del 25% della resistenza del terreno;
E_{UR}	Modulo elastico secante in ricarico;
K_{Dk}	Valore caratteristico del coefficiente di spinta a riposo;
K_{DM1}	Valore di progetto del coefficiente di spinta a riposo secondo coefficienti parziali M1 come da NTC2008;
K_{DM2}	Valore di progetto del coefficiente di spinta a riposo secondo coefficienti parziali M2 come da NTC2008;
K_{Ak}	Valore caratteristico del coefficiente di spinta attiva;
K_{AM1}	Valore di progetto del coefficiente di spinta attiva secondo coefficienti parziali M1 come da NTC2008;
K_{AM2}	Valore di progetto del coefficiente di spinta attiva secondo coefficienti parziali M2 come da NTC2008;
K_{Pk}	Valore caratteristico del coefficiente di spinta passiva;
K_{PM1}	Valore di progetto del coefficiente di spinta passiva secondo coefficienti parziali M1 come da NTC2008;
K_{PM2}	Valore di progetto del coefficiente di spinta passiva secondo coefficienti parziali M2 come da NTC2008;
γ_n	Peso di volume naturale;
γ'	Peso di volume sommerso;
k	Permeabilità;

L'entità della spinta della terra dovuta al peso proprio del rilevato ed al sovraccarico stradale viene calcolata come di seguito riportato (in valore assoluto):

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot K_0 \cdot H^2 + q_0 \cdot H \cdot K_0$$

dove:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in rilevato a tergo delle spalle (20 KN/mc)

K_0 = coefficiente di spinta a riposo statiche

H = altezza del rilevato (da spiccato fondazioni a quota piano carrabile)

q_0 = sovraccarico stradale accidentale (3 ton/mq)

Coefficiente di spinta in condizioni sismiche

Il calcolo della spinta viene svolto in accordo a quanto contenuto nel D.M.14/01/2008 ovvero sulla base dei seguenti coefficienti sismici:

- *Categoria di suolo*

Secondo quanto riportato al punto 3.2.2 delle NTC, si distinguono le seguenti categorie di suolo:

Categoria A : *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B : *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria C : *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria D : *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria E : *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

- **Categoria topografica**

Al punto 3.2.2 delle NTC, si distinguono le seguenti condizioni topografiche:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

- **Classe d'uso**

Al punto 2.4.2 delle NTC è riportato quanto segue :

"In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

Classe II: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Classe III: *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Classe IV: *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica."*

- **Vita nominale e Periodo di riferimento**

Con vita nominale di un'opera strutturale V_N (punto 2.4.1 delle NTC) si intende il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è

destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è precisata nella Tab. 2.4.I delle NTC che viene riportata di seguito :

Tipo di costruzione	Vita nominale V_N (anni)
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per le azioni sismiche è necessario valutare un periodo di riferimento V_R (punto 2.4.3 delle NTC) che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II. delle NTC, che viene riportata di seguito:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

- *Parametri sismici caratterizzanti il sito*

All' allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, riguardante la pericolosità sismica, si riporta quanto segue:

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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

T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri dipendono dal periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, dato dall'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

In questa si lega il periodo di ritorno al periodo di riferimento V_R e alla grandezza P_{VR} , che rappresenta la probabilità di superamento nella vita di riferimento in relazione allo stato limite considerato.

Relativamente agli stati limite si devono considerare i seguenti.

stati limite ultimi:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

La tabella 3.2.I delle NTC riporta i valori di P_{VR} in funzione degli stati limite.

Stato limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
SLO	81%
SLD	63%
SLV	10%
SLC	5%

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico.

L'analisi pseudostatica si effettua mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo comprende l'opera di sostegno, il cuneo di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo (se la struttura può spostarsi), e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono definiti al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC come segue:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \qquad k_v = \pm 0,5k_h$$

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al paragrafo 3.2.3.2 delle NTC:

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*C)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*C)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*C)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*C)^{-0,40}$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella seguente tabella:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Per spalle che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Effetti inerziali

La presenza di un evento sismico incide anche sui carichi esterni e sui pesi della spalla e del terreno gravante sulla fondazione. In tal caso le forze di inerzia saranno dirette verso valle e pari al peso moltiplicato il coefficiente sismico orizzontale. I pesi saranno invece aumentati o diminuiti per effetto della componente verticale del sisma:

$$W_{sism} = W \cdot (1 \pm k_v) \quad F_i = W \cdot k_h$$

Analogamente le spinte dovute ai sovraccarichi saranno incrementate del coefficiente sismico orizzontale k_h .

COEFFICIENTI SISMICI

Sito : Ponte Spino d'Adda

Lat : 45.4134

Lon : 9.4337

Cat. suolo : Cat_D

Cat. topog.: T1

Classe : Classe4

Vita nominale : 100

Vita di rifer.: 100

Coeff. sismici :

SLV

kh = 0.0535

kv = 0.02675

7.2.2 Modulo della spinta in condizioni sismiche

L'entità della spinta della terra dovuta al peso proprio del rilevato ed al contributo dell'azione sismica viene calcolata come di seguito riportato (in valore assoluto):

$$S_E = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot (1+k_v) K_{a-e} \cdot H^2$$

dove:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in rilevato a tergo delle spalle (20 KN/mc)

K_{a-e} = coefficiente di spinta in condizioni sismiche

H = altezza del rilevato (da spiccato fondazioni a quota piano carrabile)

7.2.3 Punto di applicazione della forza

Si assume quanto segue:

Spinta statica dovuta al peso del rilevato

Distribuzione triangolare con punto di applicazione a 1/3 dell'altezza H del rilevato

Spinta statica dovuta al sovraccarico stradale

Distribuzione uniforme con punto di applicazione a 1/2 dell'altezza H del rilevato

Spinta sismica (terra + sisma)

Distribuzione uniforme con punto di applicazione a 1/2 dell'altezza H del rilevato

7.3 Spinte idrauliche

Dalla relazione idraulica predisposta dalla provincia di Milano e nelle disponibilità della Provincia di Cremona si hanno i seguenti dati:

Geometria della sezione

PONTE SP CR EX SS415			
$Q = 1150m^3 / s$		$Q = 1526m^3 / s$	
$A(m^2) =$	564,08	$A(m^2) =$	670,23
$y_{pl}(m) =$	78,50	$y_{pl}(m) =$	79,22
$y(m) =$	6,6	$y(m) =$	7,32
$b'(m) =$	85,46	$b'(m) =$	91,56
$F =$	0,34	$F =$	0,35

Geometria delle sezioni immediatamente a monte del ponte anas esistente

Calcolo del sovrizzo Δy

Il valore limite di r in corrispondenza del quale si ha passaggio in condizioni critiche attraverso il fiume è funzione del numero di Froude della sezione immediatamente a valle del ponte, ed è dato dalla relazione:

$$r^2 = 27 \times \frac{F_v^2}{(2 + F_v^2)^3}$$

Il calcolo del sovrizzo a monte del restringimento va effettuato, nell'ambito della costruzione del profilo idraulico, attraverso l'impiego delle usuali formulazioni della letteratura scientifica, in funzione della classe di moto presente:

- Classe A: il moto è lento e rimane lento nel restringimento;
- Classe B: il moto avviene con transizione, da lento a veloce o viceversa;
- Classe C: il moto è veloce e rimane veloce.

In funzione del numero di Froude e del coefficiente di contrazione si può dunque classificare il moto di deflusso:

PONTE SP CR EX SS415			
$Q = 1150m^3 / s$		$Q = 1526m^3 / s$	
$F =$	0,34	$F =$	0,35
$r =$	0,574	$r =$	0,588

Valore di froude e del rapporto di restringimento relativo ad ogni sezione

Se si riporta su grafico il punto con coordinate (F; r) per ogni ponte, si osserva che in tutti i casi considerati si cade nella regione che identifica il deflusso di classe A ovvero moto subcritico.

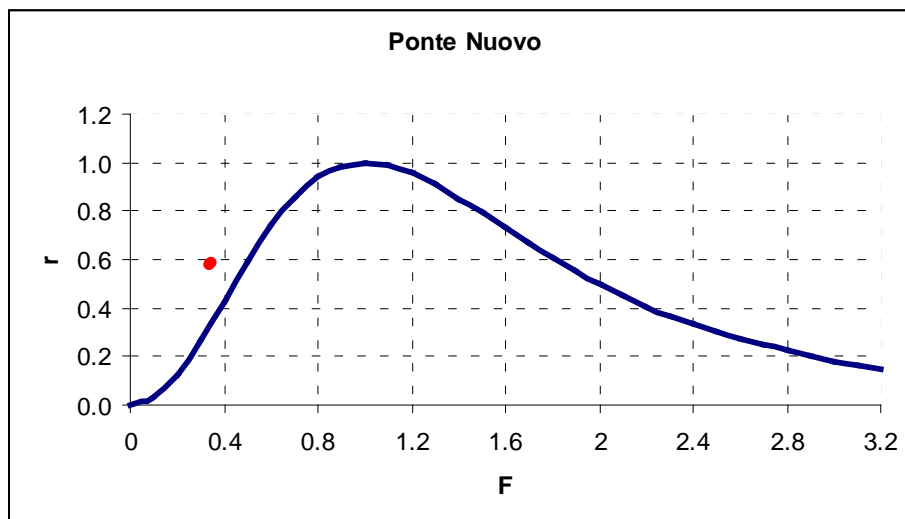


Grafico per la classificazione dei modi di deflusso

Numerose formule di origine sperimentale sono state proposte per determinare il sovralzo Δy rispetto all'altezza propria del moto indisturbato. Fra queste:

- *Formula di Yarnell*

$$\frac{\Delta y}{y} = K_Y (K_Y - 0,6 + 5 Fr^2) (1 - r + 15 (1 - r)^4) Fr^2$$

con $K_Y = 0,90$, coefficiente di forma.

- *Formula di Rehbock*

$$\Delta y = K_R (1 - r) \frac{v^2}{2g}$$

con K_R coefficiente di forma pari a 1,00 per pile arrotondate.

- *Formula di Nagler*

$$Q = K_N b_1 \sqrt{2g} (y - \theta \frac{v^2}{2g}) \sqrt{\left(\Delta y + C_R \frac{v_0^2}{2g} \right)}$$

dove:

K_N = coefficiente di forma della pila, funzione di r e dell'angolo formato con la corrente;

$\theta = 0,3$ coefficiente legato alla turbolenza;

C_R = coefficiente funzione di r .

$$v_0 = \frac{Q}{[b'(y + \Delta y)]}$$

l'equazione va risolta per tentativi.

- *Formula di Aubuisson*

$$Q = K_A b_1 y \sqrt{(2g \Delta y + v_0^2)}$$

dove:

K_A = coefficiente di forma della pila, funzione di r e dell'angolo formato con la corrente;

$$v_0 = \frac{Q}{[b'(y + \Delta y)]}$$

l'equazione va risolta per tentativi. Si riportano di seguito i risultati più gravosi:

PONTE SP CR EX SS415			
$Q = 1150m^3 / s$		$Q = 1526m^3 / s$	
$\Delta_y (m) =$	0,554	$\Delta_y (m) =$	0,621

Calcolo del sovrizzo in corrispondenza delle pile dei ponti per i due diversi valori di portata

Il sovrizzo maggiore si ha in corrispondenza del ponte storico, dove raggiunge un valore di circa $\Delta_y = 0,77$ m. Tale soluzione risulta accettabile in quanto il moto non è rigurgitato da valle.

Spinta esercitata dalla corrente sulla pila

Per calcolare la spinta esercitata sulle pile dalla corrente è necessario applicare l'equazione globale di equilibrio dinamico al volume di controllo compreso tra la sezione di monte, la sezione di valle, l'alveo ed il pelo libero e proiettarla nella direzione del moto.

Si ottiene:

$$S_m = \gamma_b A_m + \gamma \frac{Q^2}{(gA_m)}, \quad S_v = \gamma_b A_v + \gamma \frac{Q^2}{(gA_v)}$$

e si ottiene:

$$R = S_m - S_v$$

PONTE SP CR EX SS415			
$Q = 1150m^3 / s$		$Q = 1526m^3 / s$	
$R(kN) =$	1968,35	$R(kN) =$	2535,29

Sul nuovo ponte in allargamento pur avendo sezione di pila inferiore all'esistente, si assumono a favore della sicurezza le sollecitazioni di cui sopra maggiorate di circa il 60%, pertanto sulle pile del costruendo nuovo ponte si hanno:

NUOVO PONTE			
$Q = 1150m^3 / s$		$Q = 1526m^3 / s$	
$R(kN) =$	3150 KN	$R(kN) =$	4060 KN

La spinta totale viene scomposta in 2 direzioni essendo la corrente inclinata di 23° rispetto all'asse del ponte
Longitudinalmente all'asse del ponte si ha:

$$F(KN) \quad 4060 \cdot \cos 23^\circ = 3737 \text{ KN}$$

Le spinte dinamiche in direzione ortogonale al ponte agenti da monte verso valle sono trascurabili lungo il senso della corrente in quanto la totalità viene assorbita dalla pila del ponte esistente che di fatto "nasconde" la pila del costruendo ponte anche in ragione della presenza del carter metallico che le cinge entrambe. Le spinte sulla pila del nuovo ponte sono pertanto pari a quelle in regime idrostatico agenti da valle verso monte e valgono:

$$T(KN) = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 7.8^2 \cdot 1.6 = 490 \text{ KN applicata ad } 1/3 \text{ dell'altezza della pila}$$

A tali sollecitazioni agenti longitudinalmente ed ortogonalmente all'asse del ponte si uniscono le spinte verticali in fondazione dovute al fiume in piena (considerato fino all'intradosso della sezione metallica)

Tale forza verticale è pari a:

$$V(KN) = [(16.5 \cdot 9.5) - 13.8] \cdot 7.8 \cdot 10 = 11150.1 \text{ KN}$$

Dove 16.5*9.8 rappresenta l'area totale in mq della fondazione

13.8 rappresenta l'area in mq della sezione del paramento della pila

7.8 rappresenta l'altezza max in mt della corrente (assunta a favore di sicurezza pari alla distanza tra estradosso fondazione e intradosso sezione metallica in corrispondenza della pila anche se il tirante idraulico è inferiore in quanto vincolato dalla sezione del ponte storico)

10 rappresenta in KN/mc il peso specifico dell'acqua

8. Combinazione dei carichi

8.1 Stati Limite Ultimi

8.1.1 Stato limite di equilibrio (EQU)

Non dimensionante nel caso in questione

8.1.2 Stato limite di collasso (STR)

Le combinazioni sono sviluppate come previsto dal punto 2.5.3 e dal punto 5.1.3.12 del DM14/01/2008. Dai carichi caratteristici riassunti al precedente punto 6 si considerano per chiarezza espositiva solamente le seguenti combinazioni dimensionanti

spalle

Combo	P.p. spalla	Sovrac c. q	Spinte terreno	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
COMB 1	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,35	0,72	0,72	0,72	1,20
COMB2	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	1,20	0,72	0,72	1,20
COMB3	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	1,20	0,72	1,20
COMB4	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	0,72	1,20	1,20
COMB 5	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	0,72	0,72	1,20

pile

Combo	P.p. pila	Sovrac c. q	Carico e Spinte idraulic he	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

COMB 1	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,35	0,72	0,72	0,72	1,20
COMB2	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	1,20	0,72	0,72	1,20
COMB3	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	1,20	0,72	1,20
COMB4	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	0,72	1,20	1,20
COMB 5	1,35	1,35	1,35	0,00	1,35	1,50	1,01	0,72	0,72	0,72	1,20

8.2 Stato limite di resistenza del terreno (GEO)

spalle

Combo	P.p. spalla	Sovrac c. q	Spinte terreno	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
GEO 1	1	1	1.3	0,00	1	1.3	1.15	1.15	1.15	1.15	1

pile

Combo	P.p. pila	Sovrac c. q	Carico e Spinte idraulic he	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
GEO 1	1	1	1.3	0,00	1	1.3	1.15	1.15	1.15	1.15	1

8.3 Combinazione sismica

La combinazione sismica è la seguente:

$$g1+g2+E+0.2*q1-2$$

con E = eccitazione sismica pari a:

spalle

Combo	P.p. spalla	Sovrac c. q	Spinte terreno	Sisma long	Sisma trasv	Sisma vert	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
SISM1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
SISM2	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

SISM3	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	1,00	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

pile

Combo	P.p. pila	Sovrac c. q	Carico e Spinte idraulic he	Sisma long	Sisma trasv	Sisma vert	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
SISM1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
SISM2	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
SISM3	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	1,00	1,00	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00

8.4 Stati limite di esercizio – verifiche tensionali

Dai carichi caratteristici riassunti al precedente punto 6 si considerano per chiarezza espositiva solamente le seguenti combinazioni notevoli

spalla

Combo	P.p. spalla	Sovrac c. q	Spinte terreno	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
SLE 1	1	1	1	0,00	1	1	1	1	0.6	0	1
SLE2	1	1	1	0,00	1	1	0.75	1	0.2	0	1
SLE3	1	1	1	0,00	1	1	0	1	0	0	1

pile

Combo	P.p. spalla	Sovrac c. q	Carico e Spinte idraulic he	Sisma	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
SLE 1	1	1	1	0,00	1	1	1	1	0.6	0	1
SLE2	1	1	1	0,00	1	1	0.75	1	0.2	0	1
SLE3	1	1	1	0,00	1	1	0	1	0	0	1

9. Analisi delle sollecitazioni

9.1 Descrizione dei risultati

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi della struttura per le combinazioni di carico di volta in volta più significative tra quelle esposte al precedente punto.

9.1.1 Spalle

AZIONI COMBinate ZONA INCASTRO PARAMENTO CON FONDAZIONE (valori relativi ad assi locali elevazioni x',y')

combo	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
STR COMBO 1	1.103,40	3.521,00	5.863,91	-9.882,91	-796,23
STR COMBO2	1.839,00	3.521,00	6.089,51	-9.995,71	-1.327,05
STR COMBO 3	1.935,60	4.719,80	8.054,81	-15.833,50	-31.418,14
STR COMBO 4	1.197,00	4.719,80	7.830,41	-15.721,30	-30.688,88
STR COMBO 5	1.913,32	4.420,10	7.562,73	-14.373,68	-24.019,40
GEO	1.676,20	3.869,19	6.310,40	-13.261,47	-26.790,61
SISMA 1	2.146,25	35.904,19	4.253,80	-140.593,49	2.250,78
SISMA 2	2.435,35	24.925,39	4.333,80	-96.169,35	3.226,33
SISMA 3	2.152,55	35.906,99	4.345,70	-140.650,78	1.424,22
SLE 1	1.231,00	2.612,07	5.524,30	-7.926,89	-17.648,32
SLE 2	2.030,60	2.612,07	6.135,10	-8.232,29	-23.536,17
SLE 3	2.030,60	3.500,07	6.225,10	-11.873,69	-23.536,17

GEOMETRIA PALIFICATA

Palo N°	x(m)	y(m)	diametro(m)
1	0,00	0,00	1,50
2	-4,50	0,00	1,50
3	4,50	0,00	1,50
4	0,00	4,50	1,50

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

5	-4,50	4,50	1,50
6	4,50	4,50	1,50
7	0,00	-4,50	1,50
8	-4,50	-4,50	1,50
9	4,50	-4,50	1,50

AZIONI VERTICALI (in kN) SUI SINGOLI PALI NELLE DIVERSE COMBINAZIONI

Palo N°	STR	STR	STR	STR	STR	GEO	SISMA	SISMA	SISMA	SLE 1	SLE 2	SLE 3
	COMBO 1	COMBO 2	COMBO 3	COMBO 4	COMBO 5		1	2	3			
1	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
2	4091	4013	7519	7576	6656	6022	2793	2631	2893	4947	5486	5496
3	4402	4530	1461	1353	2215	867	3477	3657	3398	1607	1203	1213
4	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
5	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
6	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
7	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
8	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354
9	4246	4271	4490	4465	4435	3445	3135	3144	3146	3277	3344	3354

SOLLECITAZIONI MENSOLA DI VALLE

Combo	Mx(kNm)	Vz(kN)	mx(kNm/ml)	vz(kN/ml)
STR COMBO 1	8.690,72	8.606,32	695,26	688,51
STR COMBO2	8.784,72	8.681,52	702,78	694,52
STR COMBO 3	9.603,59	9.336,62	768,29	746,93
STR COMBO 4	9.510,09	9.261,82	760,81	740,95
STR COMBO 5	9.398,56	9.172,60	751,88	733,81
GEO	7.560,05	7.273,04	604,80	581,84
SISMA 1	6.400,14	6.345,11	512,01	507,61
SISMA 2	6.433,47	6.371,78	514,68	509,74
SISMA 3	6.438,43	6.375,74	515,07	510,06
SLE 1	6.929,51	6.768,61	554,36	541,49

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

SLE 2	7.184,01	6.972,21	574,72	557,78
SLE 3	7.221,51	7.002,21	577,72	560,18

SOLLECITAZIONI MENSOLA DI MONTE

Combo	Mx(kNm)	Vz(kN)	mx(kNm/ml)	vz(kN/ml)
STR COMBO 1	-14.539,99	-1.054,92	-1.163,20	-84,39
STR COMBO2	-14.013,59	-904,52	-1.121,09	-72,36
STR COMBO 3	-9.427,89	405,68	-754,23	32,45
STR COMBO 4	-9.951,49	256,08	-796,12	20,49
STR COMBO 5	-10.576,07	77,63	-846,09	6,21
GEO	-7.393,24	1.014,56	-591,46	81,16
SISMA 1	-10.979,97	-841,31	-878,40	-67,30
SISMA 2	-10.793,31	-787,98	-863,46	-63,04
SISMA 3	-10.765,54	-780,04	-861,24	-62,40
SLE 1	-8.015,47	5,69	-641,24	0,46
SLE 2	-6.590,28	412,89	-527,22	33,03
SLE 3	-6.380,28	472,89	-510,42	37,83

9.1.2 Pile

AZIONI COMBinate ZONA INCASTRO ELEVAZIONE PILA CON FONDAZIONE (valori relativi ad assi locali elevazioni x',y')

combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
STR COMBO 1	1.253,70	6.707,27	23.661,00	-14.745,65	10.104,88
STR COMBO2	2.089,50	6.707,27	25.295,28	-14.745,65	16.841,48
STR COMBO 3	2.459,70	6.707,27	33.580,98	-14.745,65	24.009,21
STR COMBO 4	1.482,30	6.707,27	31.727,70	-14.745,65	15.850,89
STR COMBO 5	2.455,65	6.707,27	31.646,43	-14.745,65	23.105,86
GEO	2.131,50	6.082,54	26.351,40	-11.264,29	20.754,45
SISMA 1	1.206,80	5.012,14	16.780,40	-11.264,29	8.597,64
SISMA 2	2.016,00	5.012,14	16.834,40	-11.264,29	14.392,80

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

SISMA 3	1.251,60	5.012,14	16.834,40	-11.264,29	8.455,68
SLE 1	928,60	5.012,14	17.526,67	-11.264,29	7.484,80
SLE 2	1.547,69	5.012,14	18.737,24	-11.264,29	12.784,81
SLE 3	1822,04	5.012,14	24.784,80	-11.264,29	17.784,44

GEOMETRIA PALIFICATA

Palo N°	x(m)	y(m)	diametro(m)
1	-3,25	2,25	1,50
2	-3,25	6,75	1,50
3	-3,25	-2,25	1,50
4	-3,25	-6,75	1,50
5	2,75	2,25	1,50
6	2,75	6,75	1,50
7	2,75	-2,25	1,50
8	2,75	-6,75	1,50

AZIONI VERTICALI (in kN) SUI SINGOLI PALI NELLE DIVERSE COMBINAZIONI

Palo N°	STR	STR	STR	STR	STR	GEO	SISMA	SISMA	SISMA	SLE 1	SLE 2	SLE 3
	COMBO	COMBO	COMBO	COMBO	COMBO		1	2	3			
	1	2	3	4	5							
1	4688	4497	4953	5193	4808	3666	3338	3039	3346	3609	3560	3564
2	5097	4906	5363	5603	5218	3978	3651	3352	3658	3922	3873	3877
3	4278	4087	4544	4784	4399	3353	3026	2726	3033	3296	3247	3252
4	3869	3678	4134	4375	3989	3040	2713	2414	2720	2983	2934	2939
5	8007	8607	10222	9518	9883	7954	5888	6201	5894	7186	7976	7983
6	8417	9016	10631	9928	10293	8266	6201	6513	6207	7499	8289	8296
7	7598	8197	9812	9109	9474	7641	5575	5888	5582	6873	7663	7671
8	7188	7788	9403	8699	9064	7328	5263	5575	5269	6561	7351	7358

SOLLECITAZIONI MENSOLA DI VALLE

Combo	Mx(kNm)	Vz(kN)	mx(kNm/ml)	vz(kN/ml)
STR COMBO 1	53.267,15	13.981,21	5.607,07	1.471,71
STR COMBO2	56.290,57	14.798,35	5.925,32	1.557,72
STR COMBO 3	71.619,11	18.941,20	7.538,85	1.993,81
STR COMBO 4	68.190,54	18.014,56	7.177,95	1.896,27
STR COMBO 5	68.040,19	17.973,92	7.162,13	1.891,99
GEO	55.965,96	14.806,76	5.891,15	1.558,61
SISMA 1	38.259,61	10.021,26	4.027,33	1.054,87
SISMA 2	38.359,51	10.048,26	4.037,84	1.057,71
SISMA 3	38.359,51	10.048,26	4.037,84	1.057,71
SLE 1	49.867,25	13.158,46	5.249,18	1.385,10
SLE 2	55.351,02	14.640,56	5.826,42	1.541,11
SLE 3	55.438,34	14.664,16	5.835,61	1.543,60

SOLLECITAZIONI MENSOLA DI MONTE

Combo	Mx(kNm)	Vz(kN)	mx(kNm/ml)	vz(kN/ml)
STR COMBO 1	37.463,25	10.705,79	3.943,50	1.126,93
STR COMBO2	40.486,67	11.522,93	4.261,76	1.212,94
STR COMBO 3	55.815,22	15.665,78	5.875,29	1.649,03
STR COMBO 4	52.386,65	14.739,14	5.514,38	1.551,49
STR COMBO 5	52.236,30	14.698,51	5.498,56	1.547,21
GEO	43.893,26	12.304,64	4.620,34	1.295,23
SISMA 1	26.186,91	7.519,14	2.756,52	791,49
SISMA 2	26.286,81	7.546,14	2.767,03	794,33
SISMA 3	26.286,81	7.546,14	2.767,03	794,33
SLE 1	37.794,55	10.656,34	3.978,37	1.121,72
SLE 2	43.278,32	12.138,44	4.555,61	1.277,73
SLE 3	43.365,64	12.162,04	4.564,80	1.280,22

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Considerato lo schema di vincolo i momenti nella direzione longitudinale (M_x) del ponte sono dovuti esclusivamente alle spinte idrauliche che sono sempre state considerate (sia in fase sismica che SLU che SLE) sempre docute a quelle del fiume in piena a notevole favore di sicurezza.

10. Calcoli strutturali

10.1 Spalla

10.1.1 Calcolo mensola di monte e di valle spalle fissa e mobile

Si considera una striscia unitaria armata mediante $1\Phi 26/20''$ sia inferiori che superiori e ripartizioni $1\Phi 20/20''$ sia inferiori che superiori.

Di seguito si riportano le verifiche

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
ELEMENTO COSTR.: ZATTERA FONDAZIONE SPALLA; POSIZ. SEZIONE: in zona critica;
CARICO CONC.: si.
ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: NO; CONSIDERA SOLO STAFFE: SI;
COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:
Conglomerato cementizio: Rck=35.00;
GammaC: 1.50
Acciaio barre: B450C
GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
Base: B = 100.00 cm; Altezza: H = 200.00 cm
Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
Area totale acciaio: Af = 53.09 cmq
Copriferro: c = 5.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
Area: Acls = 20000.00 cmq; Baricentro: XgCls = -0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 66666666.67 cm⁴; Jy = 16666666.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 66666666.67 cm⁴; Jeta = 16666666.67 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	0.00	760810.00	0.00	0.00	740950.00	0.00
2	0.00	-1163200.00	0.00	0.00	-84390.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	577720.00	0.00
2	0.00	-641240.00	0.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	574720.00	0.00
2	0.00	-641240.00	0.00

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	554360.00	0.00
2	0.00	-510420.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-184853.530454$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=-180.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 2.7465 / 1000$
Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -67.5000 / 1000$
Deformazione minima acciaio: $\epsilon_f' = 0.4617 / 1000$

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:
 NS=0.00; MxiS=-1163200.00; MyiS=0.00; TxiS=0.00; TyiS=-84390.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:
 NR= 1.58 N; MxiR=-2239840.65 N*m; MyiR= 0.00 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 1.9256 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.039)
 Delta = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.489

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AfTot=53.09 cmq; AreaCls=20000.00 cmq)
 Armatura tesa (comb. 1): Aft=26.55 cmq > 0.26*fctm*bt*d/fyk=31.07 cmq
 Aft=26.55 cmq > 0.0013*bt*d=25.18 cmq
 con: bt=100.00 cm; d=193.70 cm
 Aftesa max (comb. 1)=26.55 cmq e Afcompr max (comb. 1)=26.55 cmq < 0.04*AreaCls=800.00 cmq
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE
 Comb. N.: 1; Taglio=740950.00 N; TauMaxTr=Taglio/Af=139.557 < fyd=391.300 MPa
 VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; (fcd=16.460, fctd=1.320, fck=29.050 in MPa)
 VEd=740950.00 N; d=193.70 cm; bw=100.00 cm, alfa_c=1.0000, cot(theta)=2.5000,
 Asw/s progettata=4.55 cmq/m
 VRcd= 0.9*bw*d*alfa_c*fcd*0.5*(cot(90)+cot(theta)/(1+ cot(theta)^2)) = 4947365.17 N
 VRsd= 0.9*d*(Asw/s)*fyd_st*(cot(90) + cot(theta))*sin(90) = 740950.00 N
 VEd < min(VRsd, VRcd) -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 29.050 MPa)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 0.887 < 0.600*fck = 17.430 MPa
 Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= -12.236 > -0.800*fyk = -360.000 MPa
 Comb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 0.767 < 0.450*fck = 13.072 MPa
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.887 MPa; fc=fcfm=-3.400 MPa, fcfk=-2.380 MPa
 wk=1.7*srm*esm=0.0000 mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA
 Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.767 MPa; fc=fcfm=-3.400 MPa, fcfk=-2.380 MPa
 wk=1.7*srm*esm=0.0000 mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-50.00	-100.00	2.75
2	-50.00	100.00	-69.78
3	50.00	100.00	-69.78
4	50.00	-100.00	2.75

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	43.70	-93.70	26.00	0.46
2	21.85	-93.70	26.00	0.46
3	0.00	-93.70	26.00	0.46
4	-21.85	-93.70	26.00	0.46
5	-43.70	-93.70	26.00	0.46
6	-43.70	93.70	26.00	-67.50
7	-21.85	93.70	26.00	-67.50
8	-0.00	93.70	26.00	-67.50
9	21.85	93.70	26.00	-67.50
10	43.70	93.70	26.00	-67.50

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	-92.43
2	50.00	-92.43

10.1.2 Paramento verticale spalla fissa

Si considera l'intera spalla "

Di seguito si riportano le verifiche e le posizioni delle barre di armatura

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
ELEMENTO COSTR.: SPALLA PARAMENTO VERTICALE; POSIZ. SEZIONE: fuori dalla zona critica;
CARICO CONC.: no.
ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: no; CONSIDERA SOLO STAFFE: si;
COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:
Conglomerato cementizio: Rck=40.00;
GammaC: 1.50
Acciaio barre: B450C
GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
Base: B = 1150.00 cm; Altezza: H = 200.00 cm
Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
Area totale acciaio: Af = 2867.71 cmq
Copriferro: c = 5.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
Area: Acls = 230000.00 cmq; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 766666666.67 cm⁴; Jy = 25347916666.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 25347916666.67 cm⁴; Jeta = 766666666.67 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	7830410.00	15721300.00	4719800.00	30668880.00	1197000.00	0.00
2	4345700.00	140650780.00	35906990.00	1424220.00	2152550.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	6225100.00	11873690.00	23536170.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	6135100.00	8232290.00	23536170.00

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	5524300.00	7926890.00	17648320.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):

Equaz. asse neutro ax+by+c=0 : a=1.533981; b=1999.999412; c=-132168.591551
Angolo asse neutro-asse x : alfa= -0.04395 gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: epsilon c = 3.5000 / 1000
Deformazione massima acciaio: epsilon f = -16.3017 / 1000
Deformazione minima acciaio: epsilon f' = 2.8577 / 1000

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

NS=4345700.00; MxiS=1424220.00; MyiS=-140650780.00; TxiS=-2152550.00; TyiS=35906990.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:

NR=4455489.46 N; MxiR= 2265717.14 N*m; MyiR= -144196108.18 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 1.0253 > 1
VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.177)

Delta = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.661

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 1; NS=7830410.00 < Nrd=451741461.75 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AftTot=2867.71 cmq; AreaCls=230000.00 cmq)

Armatura tesa (comb. 1): Aft=2039.46 cmq > $0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 391.74$ cmqAft=2039.46 cmq > $0.0013 \cdot b_t \cdot d = 289.84$ cmqcon: $b_t = 1147.01$ cm; $d = 194.38$ cmAftesa max (comb. 2)=2092.55 cmq e Afcompr max (comb. 1)=828.25 cmq < $0.04 \cdot Area_{Cls} = 9200.00$ cmq

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONG. NEI BORDI SUPERIORE ED INFERIORE

(Rho comp=0.003370 (comb. 2) Acls=230000.00 cmq, $f_{yk} = 450.00$ MPa)

Bordo sup.: Af=753.92 cmq; Rho=0.003278

Bordo inf.: Af=1000.22 cmq; Rho=0.004349

Verifiche positive: $1.4 / f_{yk} < Rho < Rho_{comp} + 3.5 / f_{yk}$ Sono presenti almeno due barre $\emptyset \geq 14$ mm nei bordi superiore ed inferiore.

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE

Comb. N.: 2; Taglio=35971452.60 N; TauMaxTr=Taglio/Af=125.436 < $f_{yd} = 391.300$ MPa

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; (fcd=18.810, fctd=1.450, fck=33.200 in MPa)

Ved=1681927.08 N; $d = 311.51$ cm; $b_w = 69.26$ cm, $\alpha_c = 1.0185$, $\cot(\theta) = 2.5000$,

Asw/s progettata=13.33 cmq/m

VRcd= $0.9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot 0.5 \cdot (\cot(90) + \cot(\theta)) / (1 + \cot(\theta)^2) = 6413143.07$ NVRsd= $0.9 \cdot d \cdot (Asw/s) \cdot f_{yd_st} \cdot (\cot(90) + \cot(\theta)) \cdot \sin(90) = 3493842.66$ N

VED < min(VRsd, VRcd) -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 33.200 MPa)

Comb. rara n.ro 1: Tens. cls= 1.901 < $0.600 \cdot f_{ck} = 19.920$ MPaComb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -18.244 > $-0.800 \cdot f_{yk} = -360.000$ MPaComb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 1.364 < $0.450 \cdot f_{ck} = 14.940$ MPa

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.994 MPa; $f_c = f_{cfm} = -3.720$ MPa, $f_{cfk} = -2.604$ MPa $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot e_{sm} = 0.0000$ mm < $w_3 = 0.4$ mm

VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.874 MPa; $f_c = f_{cfm} = -3.720$ MPa, $f_{cfk} = -2.604$ MPa $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot e_{sm} = 0.0000$ mm < $w_2 = 0.3$ mm

VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-575.00	-100.00	-16.96
2	-575.00	100.00	3.41
3	575.00	100.00	3.50
4	575.00	-100.00	-16.87

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	-568.70	93.70	26.00	2.77
2	568.70	83.29	26.00	1.80
3	568.70	72.88	26.00	0.74
4	568.70	62.47	26.00	-0.32
5	568.70	52.06	26.00	-1.38
6	568.70	41.64	26.00	-2.45
7	568.70	31.23	26.00	-3.51
8	568.70	20.82	26.00	-4.57
9	568.70	10.41	26.00	-5.63
10	568.70	0.00	26.00	-6.69
11	568.70	-10.41	26.00	-7.75
12	568.70	-20.82	26.00	-8.81
13	568.70	-31.23	26.00	-9.87
14	568.70	-41.64	26.00	-10.93
15	568.70	-52.06	26.00	-11.99
16	568.70	-62.47	26.00	-13.05
17	568.70	-72.88	26.00	-14.11
18	568.70	-83.29	26.00	-15.17
19	568.50	-93.50	30.00	-16.21
20	560.43	-93.50	30.00	-16.21
21	-568.70	-83.29	26.00	-15.26
22	-568.70	-72.88	26.00	-14.20
23	-568.70	-62.47	26.00	-13.14
24	-568.70	-52.06	26.00	-12.08

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

25	-568.70	-41.64	26.00	-11.02
26	-568.70	-31.23	26.00	-9.96
27	-568.70	-20.82	26.00	-8.90
28	-568.70	-10.41	26.00	-7.84
29	-568.70	-0.00	26.00	-6.78
30	-568.70	10.41	26.00	-5.72
31	-568.70	20.82	26.00	-4.66
32	-568.70	31.23	26.00	-3.59
33	-568.70	41.64	26.00	-2.53
34	-568.70	52.06	26.00	-1.47
35	-568.70	62.47	26.00	-0.41
36	-568.70	72.88	26.00	0.65
37	-568.70	83.29	26.00	1.71
38	-560.63	93.70	26.00	2.77
39	552.36	-93.50	30.00	-16.21
40	544.28	-93.50	30.00	-16.21
41	536.21	-93.50	30.00	-16.22
42	528.14	-93.50	30.00	-16.22
43	520.07	-93.50	30.00	-16.22
44	511.99	-93.50	30.00	-16.22
45	503.92	-93.50	30.00	-16.22
46	495.85	-93.50	30.00	-16.22
47	487.78	-93.50	30.00	-16.22
48	479.70	-93.50	30.00	-16.22
49	471.63	-93.50	30.00	-16.22
50	463.56	-93.50	30.00	-16.22
51	455.49	-93.50	30.00	-16.22
52	447.41	-93.50	30.00	-16.22
53	439.34	-93.50	30.00	-16.22
54	431.27	-93.50	30.00	-16.22
55	423.20	-93.50	30.00	-16.22
56	415.13	-93.50	30.00	-16.22
57	407.05	-93.50	30.00	-16.23
58	398.98	-93.50	30.00	-16.23
59	390.91	-93.50	30.00	-16.23
60	382.84	-93.50	30.00	-16.23
61	374.76	-93.50	30.00	-16.23
62	366.69	-93.50	30.00	-16.23
63	358.62	-93.50	30.00	-16.23
64	350.55	-93.50	30.00	-16.23
65	342.47	-93.50	30.00	-16.23
66	334.40	-93.50	30.00	-16.23
67	326.33	-93.50	30.00	-16.23
68	318.26	-93.50	30.00	-16.23
69	310.19	-93.50	30.00	-16.23
70	302.11	-93.50	30.00	-16.23
71	294.04	-93.50	30.00	-16.23
72	285.97	-93.50	30.00	-16.23
73	277.90	-93.50	30.00	-16.24
74	269.82	-93.50	30.00	-16.24
75	261.75	-93.50	30.00	-16.24
76	253.68	-93.50	30.00	-16.24
77	245.61	-93.50	30.00	-16.24
78	237.53	-93.50	30.00	-16.24
79	229.46	-93.50	30.00	-16.24
80	221.39	-93.50	30.00	-16.24
81	213.32	-93.50	30.00	-16.24
82	205.24	-93.50	30.00	-16.24
83	197.17	-93.50	30.00	-16.24
84	189.10	-93.50	30.00	-16.24
85	181.03	-93.50	30.00	-16.24
86	172.96	-93.50	30.00	-16.24
87	164.88	-93.50	30.00	-16.24
88	156.81	-93.50	30.00	-16.24
89	148.74	-93.50	30.00	-16.25
90	140.67	-93.50	30.00	-16.25
91	132.59	-93.50	30.00	-16.25
92	124.52	-93.50	30.00	-16.25
93	116.45	-93.50	30.00	-16.25
94	108.38	-93.50	30.00	-16.25
95	100.30	-93.50	30.00	-16.25
96	92.23	-93.50	30.00	-16.25
97	84.16	-93.50	30.00	-16.25
98	76.09	-93.50	30.00	-16.25
99	68.01	-93.50	30.00	-16.25
100	59.94	-93.50	30.00	-16.25
101	51.87	-93.50	30.00	-16.25

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

102	43.80	-93.50	30.00	-16.25
103	35.73	-93.50	30.00	-16.25
104	27.65	-93.50	30.00	-16.26
105	19.58	-93.50	30.00	-16.26
106	11.51	-93.50	30.00	-16.26
107	3.64	-93.70	26.00	-16.28
108	-3.64	-93.70	26.00	-16.28
109	-11.51	-93.50	30.00	-16.26
110	-19.58	-93.50	30.00	-16.26
111	-27.65	-93.50	30.00	-16.26
112	-35.73	-93.50	30.00	-16.26
113	-43.80	-93.50	30.00	-16.26
114	-51.87	-93.50	30.00	-16.26
115	-59.94	-93.50	30.00	-16.26
116	-68.01	-93.50	30.00	-16.26
117	-76.09	-93.50	30.00	-16.26
118	-84.16	-93.50	30.00	-16.26
119	-92.23	-93.50	30.00	-16.26
120	-100.30	-93.50	30.00	-16.27
121	-108.38	-93.50	30.00	-16.27
122	-116.45	-93.50	30.00	-16.27
123	-124.52	-93.50	30.00	-16.27
124	-132.59	-93.50	30.00	-16.27
125	-140.67	-93.50	30.00	-16.27
126	-148.74	-93.50	30.00	-16.27
127	-156.81	-93.50	30.00	-16.27
128	-164.88	-93.50	30.00	-16.27
129	-172.96	-93.50	30.00	-16.27
130	-181.03	-93.50	30.00	-16.27
131	-189.10	-93.50	30.00	-16.27
132	-197.17	-93.50	30.00	-16.27
133	-205.24	-93.50	30.00	-16.27
134	-213.32	-93.50	30.00	-16.27
135	-221.39	-93.50	30.00	-16.27
136	-229.46	-93.50	30.00	-16.28
137	-237.53	-93.50	30.00	-16.28
138	-245.61	-93.50	30.00	-16.28
139	-253.68	-93.50	30.00	-16.28
140	-261.75	-93.50	30.00	-16.28
141	-269.82	-93.50	30.00	-16.28
142	-277.90	-93.50	30.00	-16.28
143	-285.97	-93.50	30.00	-16.28
144	-294.04	-93.50	30.00	-16.28
145	-302.11	-93.50	30.00	-16.28
146	-310.19	-93.50	30.00	-16.28
147	-318.26	-93.50	30.00	-16.28
148	-326.33	-93.50	30.00	-16.28
149	-334.40	-93.50	30.00	-16.28
150	-342.47	-93.50	30.00	-16.28
151	-350.55	-93.50	30.00	-16.28
152	-358.62	-93.50	30.00	-16.29
153	-366.69	-93.50	30.00	-16.29
154	-374.76	-93.50	30.00	-16.29
155	-382.84	-93.50	30.00	-16.29
156	-390.91	-93.50	30.00	-16.29
157	-398.98	-93.50	30.00	-16.29
158	-407.05	-93.50	30.00	-16.29
159	-415.13	-93.50	30.00	-16.29
160	-423.20	-93.50	30.00	-16.29
161	-431.27	-93.50	30.00	-16.29
162	-439.34	-93.50	30.00	-16.29
163	-447.41	-93.50	30.00	-16.29
164	-455.49	-93.50	30.00	-16.29
165	-463.56	-93.50	30.00	-16.29
166	-471.63	-93.50	30.00	-16.29
167	-479.70	-93.50	30.00	-16.29
168	-487.78	-93.50	30.00	-16.30
169	-495.85	-93.50	30.00	-16.30
170	-503.92	-93.50	30.00	-16.30
171	-511.99	-93.50	30.00	-16.30
172	-520.07	-93.50	30.00	-16.30
173	-528.14	-93.50	30.00	-16.30
174	-536.21	-93.50	30.00	-16.30
175	-544.28	-93.50	30.00	-16.30
176	-552.36	-93.50	30.00	-16.30
177	-560.43	-93.50	30.00	-16.30
178	-568.50	-93.50	30.00	-16.30

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

179	-552.57	93.70	26.00	2.77
180	-544.50	93.70	26.00	2.77
181	-536.43	93.70	26.00	2.77
182	-528.37	93.70	26.00	2.77
183	-520.30	93.70	26.00	2.77
184	-512.23	93.70	26.00	2.77
185	-504.17	93.70	26.00	2.77
186	-496.10	93.70	26.00	2.77
187	-488.03	93.70	26.00	2.78
188	-479.97	93.70	26.00	2.78
189	-471.90	93.70	26.00	2.78
190	-463.83	93.70	26.00	2.78
191	-455.77	93.70	26.00	2.78
192	-447.70	93.70	26.00	2.78
193	-439.63	93.70	26.00	2.78
194	-431.57	93.70	26.00	2.78
195	-423.50	93.70	26.00	2.78
196	-415.43	93.70	26.00	2.78
197	-407.37	93.70	26.00	2.78
198	-399.30	93.70	26.00	2.78
199	-391.23	93.70	26.00	2.78
200	-383.17	93.70	26.00	2.78
201	-375.10	93.70	26.00	2.78
202	-367.03	93.70	26.00	2.78
203	-358.97	93.70	26.00	2.79
204	-350.90	93.70	26.00	2.79
205	-342.83	93.70	26.00	2.79
206	-334.77	93.70	26.00	2.79
207	-326.70	93.70	26.00	2.79
208	-318.63	93.70	26.00	2.79
209	-310.57	93.70	26.00	2.79
210	-302.50	93.70	26.00	2.79
211	-294.43	93.70	26.00	2.79
212	-286.37	93.70	26.00	2.79
213	-278.30	93.70	26.00	2.79
214	-270.23	93.70	26.00	2.79
215	-262.17	93.70	26.00	2.79
216	-254.10	93.70	26.00	2.79
217	-246.03	93.70	26.00	2.79
218	-237.97	93.70	26.00	2.79
219	-229.90	93.70	26.00	2.80
220	-221.83	93.70	26.00	2.80
221	-213.77	93.70	26.00	2.80
222	-205.70	93.70	26.00	2.80
223	-197.63	93.70	26.00	2.80
224	-189.57	93.70	26.00	2.80
225	-181.50	93.70	26.00	2.80
226	-173.43	93.70	26.00	2.80
227	-165.37	93.70	26.00	2.80
228	-157.30	93.70	26.00	2.80
229	-149.23	93.70	26.00	2.80
230	-141.17	93.70	26.00	2.80
231	-133.10	93.70	26.00	2.80
232	-125.03	93.70	26.00	2.80
233	-116.97	93.70	26.00	2.80
234	-108.90	93.70	26.00	2.80
235	-100.83	93.70	26.00	2.81
236	-92.77	93.70	26.00	2.81
237	-84.70	93.70	26.00	2.81
238	-76.63	93.70	26.00	2.81
239	-68.57	93.70	26.00	2.81
240	-60.50	93.70	26.00	2.81
241	-52.43	93.70	26.00	2.81
242	-44.37	93.70	26.00	2.81
243	-36.30	93.70	26.00	2.81
244	-28.23	93.70	26.00	2.81
245	-20.17	93.70	26.00	2.81
246	-12.10	93.70	26.00	2.81
247	-4.03	93.70	26.00	2.81
248	4.03	93.70	26.00	2.81
249	12.10	93.70	26.00	2.81
250	20.17	93.70	26.00	2.81
251	28.23	93.70	26.00	2.82
252	36.30	93.70	26.00	2.82
253	44.37	93.70	26.00	2.82
254	52.43	93.70	26.00	2.82
255	60.50	93.70	26.00	2.82

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

256	68.57	93.70	26.00	2.82
257	76.63	93.70	26.00	2.82
258	84.70	93.70	26.00	2.82
259	92.77	93.70	26.00	2.82
260	100.83	93.70	26.00	2.82
261	108.90	93.70	26.00	2.82
262	116.97	93.70	26.00	2.82
263	125.03	93.70	26.00	2.82
264	133.10	93.70	26.00	2.82
265	141.17	93.70	26.00	2.82
266	149.23	93.70	26.00	2.82
267	157.30	93.70	26.00	2.83
268	165.37	93.70	26.00	2.83
269	173.43	93.70	26.00	2.83
270	181.50	93.70	26.00	2.83
271	189.57	93.70	26.00	2.83
272	197.63	93.70	26.00	2.83
273	205.70	93.70	26.00	2.83
274	213.77	93.70	26.00	2.83
275	221.83	93.70	26.00	2.83
276	229.90	93.70	26.00	2.83
277	237.97	93.70	26.00	2.83
278	246.03	93.70	26.00	2.83
279	254.10	93.70	26.00	2.83
280	262.17	93.70	26.00	2.83
281	270.23	93.70	26.00	2.83
282	278.30	93.70	26.00	2.84
283	286.37	93.70	26.00	2.84
284	294.43	93.70	26.00	2.84
285	302.50	93.70	26.00	2.84
286	310.57	93.70	26.00	2.84
287	318.63	93.70	26.00	2.84
288	326.70	93.70	26.00	2.84
289	334.77	93.70	26.00	2.84
290	342.83	93.70	26.00	2.84
291	350.90	93.70	26.00	2.84
292	358.97	93.70	26.00	2.84
293	367.03	93.70	26.00	2.84
294	375.10	93.70	26.00	2.84
295	383.17	93.70	26.00	2.84
296	391.23	93.70	26.00	2.84
297	399.30	93.70	26.00	2.84
298	407.37	93.70	26.00	2.85
299	415.43	93.70	26.00	2.85
300	423.50	93.70	26.00	2.85
301	431.57	93.70	26.00	2.85
302	439.63	93.70	26.00	2.85
303	447.70	93.70	26.00	2.85
304	455.77	93.70	26.00	2.85
305	463.83	93.70	26.00	2.85
306	471.90	93.70	26.00	2.85
307	479.97	93.70	26.00	2.85
308	488.03	93.70	26.00	2.85
309	496.10	93.70	26.00	2.85
310	504.17	93.70	26.00	2.85
311	512.23	93.70	26.00	2.85
312	520.30	93.70	26.00	2.85
313	528.37	93.70	26.00	2.85
314	536.43	93.70	26.00	2.86
315	544.50	93.70	26.00	2.86
316	552.57	93.70	26.00	2.86
317	560.63	93.70	26.00	2.86
318	568.70	93.70	26.00	2.86
319	-548.50	-73.50	30.00	-14.26
320	548.50	-72.00	30.00	-14.02
321	-540.13	-73.49	30.00	-14.26
322	-531.75	-73.48	30.00	-14.26
323	-523.38	-73.47	30.00	-14.26
324	-515.00	-73.45	30.00	-14.26
325	-506.63	-73.44	30.00	-14.25
326	-498.26	-73.43	30.00	-14.25
327	-489.88	-73.42	30.00	-14.25
328	-481.51	-73.41	30.00	-14.25
329	-473.13	-73.40	30.00	-14.25
330	-464.76	-73.39	30.00	-14.24
331	-456.39	-73.37	30.00	-14.24
332	-448.01	-73.36	30.00	-14.24

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

333	-439.64	-73.35	30.00	-14.24
334	-431.26	-73.34	30.00	-14.24
335	-422.89	-73.33	30.00	-14.24
336	-414.52	-73.32	30.00	-14.23
337	-406.14	-73.31	30.00	-14.23
338	-397.77	-73.29	30.00	-14.23
339	-389.39	-73.28	30.00	-14.23
340	-381.02	-73.27	30.00	-14.23
341	-372.65	-73.26	30.00	-14.22
342	-364.27	-73.25	30.00	-14.22
343	-355.90	-73.24	30.00	-14.22
344	-347.52	-73.23	30.00	-14.22
345	-339.15	-73.21	30.00	-14.22
346	-330.77	-73.20	30.00	-14.22
347	-322.40	-73.19	30.00	-14.21
348	-314.03	-73.18	30.00	-14.21
349	-305.65	-73.17	30.00	-14.21
350	-297.28	-73.16	30.00	-14.21
351	-288.90	-73.15	30.00	-14.21
352	-280.53	-73.13	30.00	-14.20
353	-272.16	-73.12	30.00	-14.20
354	-263.78	-73.11	30.00	-14.20
355	-255.41	-73.10	30.00	-14.20
356	-247.03	-73.09	30.00	-14.20
357	-238.66	-73.08	30.00	-14.20
358	-230.29	-73.06	30.00	-14.19
359	-221.91	-73.05	30.00	-14.19
360	-213.54	-73.04	30.00	-14.19
361	-205.16	-73.03	30.00	-14.19
362	-196.79	-73.02	30.00	-14.19
363	-188.42	-73.01	30.00	-14.18
364	-180.04	-73.00	30.00	-14.18
365	-171.67	-72.98	30.00	-14.18
366	-163.29	-72.97	30.00	-14.18
367	-154.92	-72.96	30.00	-14.18
368	-146.55	-72.95	30.00	-14.18
369	-138.17	-72.94	30.00	-14.17
370	-129.80	-72.93	30.00	-14.17
371	-121.42	-72.92	30.00	-14.17
372	-113.05	-72.90	30.00	-14.17
373	-104.68	-72.89	30.00	-14.17
374	-96.30	-72.88	30.00	-14.16
375	-87.93	-72.87	30.00	-14.16
376	-79.55	-72.86	30.00	-14.16
377	-71.18	-72.85	30.00	-14.16
378	-62.81	-72.84	30.00	-14.16
379	-54.43	-72.82	30.00	-14.16
380	-46.06	-72.81	30.00	-14.15
381	-37.68	-72.80	30.00	-14.15
382	-29.31	-72.79	30.00	-14.15
383	-20.94	-72.78	30.00	-14.15
384	-12.56	-72.77	30.00	-14.15
385	-4.19	-72.76	30.00	-14.14
386	4.19	-72.74	30.00	-14.14
387	12.56	-72.73	30.00	-14.14
388	20.94	-72.72	30.00	-14.14
389	29.31	-72.71	30.00	-14.14
390	37.68	-72.70	30.00	-14.14
391	46.06	-72.69	30.00	-14.13
392	54.43	-72.68	30.00	-14.13
393	62.81	-72.66	30.00	-14.13
394	71.18	-72.65	30.00	-14.13
395	79.55	-72.64	30.00	-14.13
396	87.93	-72.63	30.00	-14.12
397	96.30	-72.62	30.00	-14.12
398	104.68	-72.61	30.00	-14.12
399	113.05	-72.60	30.00	-14.12
400	121.42	-72.58	30.00	-14.12
401	129.80	-72.57	30.00	-14.12
402	138.17	-72.56	30.00	-14.11
403	146.55	-72.55	30.00	-14.11
404	154.92	-72.54	30.00	-14.11
405	163.29	-72.53	30.00	-14.11
406	171.67	-72.52	30.00	-14.11
407	180.04	-72.50	30.00	-14.10
408	188.42	-72.49	30.00	-14.10
409	196.79	-72.48	30.00	-14.10

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

410	205.16	-72.47	30.00	-14.10
411	213.54	-72.46	30.00	-14.10
412	221.91	-72.45	30.00	-14.10
413	230.29	-72.44	30.00	-14.09
414	238.66	-72.42	30.00	-14.09
415	247.03	-72.41	30.00	-14.09
416	255.41	-72.40	30.00	-14.09
417	263.78	-72.39	30.00	-14.09
418	272.16	-72.38	30.00	-14.08
419	280.53	-72.37	30.00	-14.08
420	288.90	-72.35	30.00	-14.08
421	297.28	-72.34	30.00	-14.08
422	305.65	-72.33	30.00	-14.08
423	314.03	-72.32	30.00	-14.08
424	322.40	-72.31	30.00	-14.07
425	330.77	-72.30	30.00	-14.07
426	339.15	-72.29	30.00	-14.07
427	347.52	-72.27	30.00	-14.07
428	355.90	-72.26	30.00	-14.07
429	364.27	-72.25	30.00	-14.06
430	372.65	-72.24	30.00	-14.06
431	381.02	-72.23	30.00	-14.06
432	389.39	-72.22	30.00	-14.06
433	397.77	-72.21	30.00	-14.06
434	406.14	-72.19	30.00	-14.06
435	414.52	-72.18	30.00	-14.05
436	422.89	-72.17	30.00	-14.05
437	431.26	-72.16	30.00	-14.05
438	439.64	-72.15	30.00	-14.05
439	448.01	-72.14	30.00	-14.05
440	456.39	-72.13	30.00	-14.04
441	464.76	-72.11	30.00	-14.04
442	473.13	-72.10	30.00	-14.04
443	481.51	-72.09	30.00	-14.04
444	489.88	-72.08	30.00	-14.04
445	498.26	-72.07	30.00	-14.04
446	506.63	-72.06	30.00	-14.03
447	515.00	-72.05	30.00	-14.03
448	523.38	-72.03	30.00	-14.03
449	531.75	-72.02	30.00	-14.03
450	540.13	-72.01	30.00	-14.03

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-575.00	66.53
2	575.00	65.64

10.1.3 Paramento verticale spalla mobile

Si considera l'intera spalla "

Di seguito si riportano le verifiche e le posizioni delle barre di armatura

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
 ELEMENTO COSTR.: SPALLA PARAMENTO VERTICALE; POSIZ. SEZIONE: fuori dalla zona critica;
 CARICO CONC.: no.
 ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
 TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: no; CONSIDERA SOLO STAFFE: si;
 COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:
 Conglomerato cementizio: Rck=40.00;
 GammaC: 1.50
 Acciaio barre: B450C
 GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
 Base: B = 1150.00 cm; Altezza: H = 200.00 cm
 Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
 Area totale acciaio: Af = 1327.86 cmq
 Copriferro: c = 5.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
 Area: Acls = 230000.00 cmq; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm
 Momenti d'inerzia: Jx = 766666666.67 cm⁴; Jy = 25347916666.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
 Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 25347916666.67 cm⁴; Jeta = 766666666.67 cm⁴;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
 Azione normale (positiva se di compressione).
 Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	7830410.00	15721300.00	4719800.00	30668880.00	1197000.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	6225100.00	11873690.00	23536170.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	6135100.00	8232290.00	23536170.00

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	5524300.00	7926890.00	17648320.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 1):
 Equaz. asse neutro ax+by+c=0 : a=134.887839; b=1995.446133; c=-110174.220219
 Angolo asse neutro-asse x : alfa= -3.86719 gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)
 Sezione parzializzata
 Deformazione massima cls: epsilon c = 3.5000 / 1000
 Deformazione massima acciaio: epsilon f = -7.8386 / 1000
 Deformazione minima acciaio: epsilon f' = 3.2186 / 1000

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:
 NS=7830410.00; MxiS=30668880.00; MyiS=-15721300.00; TxiS=-1197000.00; TyiS=4719800.00
 Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:
 NR=44288222.05 N; MxiR= 172894007.63 N*m; MyiR= -90024516.33 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 5.6560 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.309)
 Delta = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.826

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 1; NS=7830410.00 < Nrd=391487067.11 N VERIFICA POSITIVA

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AfTot=1327.86 cmq; AreaCls=230000.00 cmq)
 Armatura tesa (comb. 1): Aft=851.31 cmq > $0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 437.95$ cmq
 Aft=851.31 cmq > $0.0013 \cdot b_t \cdot d = 324.02$ cmq
 con: $b_t = 921.79$ cm; $d = 270.39$ cm
 Aftesa max (comb. 1)=851.31 cmq e Afcompr max (comb. 1)=476.55 cmq < $0.04 \cdot AreaCls = 9200.00$ cmq
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE

Comb. N.: 1; Taglio=4869221.81 N; TauMaxTr=Taglio/Af=36.670 < $f_{yd} = 391.300$ MPa
 VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; ($f_{cd} = 18.810$, $f_{ctd} = 1.450$, $f_{ck} = 33.200$ in MPa)
 $V_{Ed} = 1512596.32$ N; $d = 270.39$ cm; $b_w = 103.44$ cm, $\alpha_c = 1.0185$, $\cot(\theta) = 2.5000$,
 Asw/s progettata=6.65 cmq/m
 $VR_{cd} = 0.9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot 0.5 \cdot (\cot(90) + \cot(\theta) / (1 + \cot(\theta)^2)) = 8314627.45$ N
 $VR_{sd} = 0.9 \cdot d \cdot (Asw/s) \cdot f_{yd_st} \cdot (\cot(90) + \cot(\theta)) \cdot \sin(90) = 1512596.32$ N
 $V_{Ed} < \min(VR_{sd}, VR_{cd})$ -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 33.200$ MPa)

Comb. rara n.ro 1: Tens. cls= 2.083 < $0.600 \cdot f_{ck} = 19.920$ MPa
 Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -21.215 > $-0.800 \cdot f_{yk} = -360.000$ MPa
 Comb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 1.489 < $0.450 \cdot f_{ck} = 14.940$ MPa
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -1.141 MPa; $f_c = f_{cfm} = -3.720$ MPa, $f_{cfk} = -2.604$ MPa
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot e_{sm} = 0.0000$ mm < $w_3 = 0.4$ mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -1.009 MPa; $f_c = f_{cfm} = -3.720$ MPa, $f_{cfk} = -2.604$ MPa
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot e_{sm} = 0.0000$ mm < $w_2 = 0.3$ mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-575.00	-100.00	-8.12
2	-575.00	100.00	0.25
3	575.00	100.00	3.50
4	575.00	-100.00	-4.87

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	568.70	93.70	26.00	3.22
2	560.69	-93.70	26.00	-4.64
3	552.68	-93.70	26.00	-4.67
4	544.67	-93.70	26.00	-4.69
5	536.66	-93.70	26.00	-4.71
6	528.65	-93.70	26.00	-4.74
7	520.64	-93.70	26.00	-4.76
8	512.63	-93.70	26.00	-4.78
9	504.62	-93.70	26.00	-4.80
10	496.61	-93.70	26.00	-4.83
11	488.60	-93.70	26.00	-4.85
12	480.59	-93.70	26.00	-4.87
13	472.58	-93.70	26.00	-4.89
14	464.57	-93.70	26.00	-4.92
15	456.56	-93.70	26.00	-4.94
16	448.55	-93.70	26.00	-4.96
17	440.54	-93.70	26.00	-4.98
18	432.53	-93.70	26.00	-5.01
19	424.52	-93.70	26.00	-5.03
20	416.51	-93.70	26.00	-5.05
21	408.50	-93.70	26.00	-5.07
22	400.49	-93.70	26.00	-5.10
23	392.48	-93.70	26.00	-5.12
24	384.47	-93.70	26.00	-5.14
25	376.46	-93.70	26.00	-5.17
26	368.45	-93.70	26.00	-5.19
27	360.44	-93.70	26.00	-5.21
28	352.43	-93.70	26.00	-5.23
29	344.42	-93.70	26.00	-5.26
30	336.41	-93.70	26.00	-5.28
31	328.40	-93.70	26.00	-5.30
32	320.39	-93.70	26.00	-5.32
33	312.38	-93.70	26.00	-5.35
34	304.37	-93.70	26.00	-5.37
35	296.36	-93.70	26.00	-5.39

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

36	288.35	-93.70	26.00	-5.41
37	280.35	-93.70	26.00	-5.44
38	272.34	-93.70	26.00	-5.46
39	264.33	-93.70	26.00	-5.48
40	256.32	-93.70	26.00	-5.51
41	248.31	-93.70	26.00	-5.53
42	240.30	-93.70	26.00	-5.55
43	232.29	-93.70	26.00	-5.57
44	224.28	-93.70	26.00	-5.60
45	216.27	-93.70	26.00	-5.62
46	208.26	-93.70	26.00	-5.64
47	200.25	-93.70	26.00	-5.66
48	192.24	-93.70	26.00	-5.69
49	184.23	-93.70	26.00	-5.71
50	176.22	-93.70	26.00	-5.73
51	168.21	-93.70	26.00	-5.75
52	160.20	-93.70	26.00	-5.78
53	152.19	-93.70	26.00	-5.80
54	144.18	-93.70	26.00	-5.82
55	136.17	-93.70	26.00	-5.85
56	128.16	-93.70	26.00	-5.87
57	120.15	-93.70	26.00	-5.89
58	112.14	-93.70	26.00	-5.91
59	104.13	-93.70	26.00	-5.94
60	96.12	-93.70	26.00	-5.96
61	88.11	-93.70	26.00	-5.98
62	80.10	-93.70	26.00	-6.00
63	72.09	-93.70	26.00	-6.03
64	64.08	-93.70	26.00	-6.05
65	56.07	-93.70	26.00	-6.07
66	48.06	-93.70	26.00	-6.09
67	40.05	-93.70	26.00	-6.12
68	32.04	-93.70	26.00	-6.14
69	24.03	-93.70	26.00	-6.16
70	16.02	-93.70	26.00	-6.18
71	8.01	-93.70	26.00	-6.21
72	0.00	-93.70	26.00	-6.23
73	-8.01	-93.70	26.00	-6.25
74	-16.02	-93.70	26.00	-6.28
75	-24.03	-93.70	26.00	-6.30
76	-32.04	-93.70	26.00	-6.32
77	-40.05	-93.70	26.00	-6.34
78	-48.06	-93.70	26.00	-6.37
79	-56.07	-93.70	26.00	-6.39
80	-64.08	-93.70	26.00	-6.41
81	-72.09	-93.70	26.00	-6.43
82	-80.10	-93.70	26.00	-6.46
83	-88.11	-93.70	26.00	-6.48
84	-96.12	-93.70	26.00	-6.50
85	-104.13	-93.70	26.00	-6.52
86	-112.14	-93.70	26.00	-6.55
87	-120.15	-93.70	26.00	-6.57
88	-128.16	-93.70	26.00	-6.59
89	-136.17	-93.70	26.00	-6.62
90	-144.18	-93.70	26.00	-6.64
91	-152.19	-93.70	26.00	-6.66
92	-160.20	-93.70	26.00	-6.68
93	-168.21	-93.70	26.00	-6.71
94	-176.22	-93.70	26.00	-6.73
95	-184.23	-93.70	26.00	-6.75
96	-192.24	-93.70	26.00	-6.77
97	-200.25	-93.70	26.00	-6.80
98	-208.26	-93.70	26.00	-6.82
99	-216.27	-93.70	26.00	-6.84
100	-224.28	-93.70	26.00	-6.86
101	-232.29	-93.70	26.00	-6.89
102	-240.30	-93.70	26.00	-6.91
103	-248.31	-93.70	26.00	-6.93
104	-256.32	-93.70	26.00	-6.96
105	-264.33	-93.70	26.00	-6.98
106	-272.34	-93.70	26.00	-7.00
107	-280.35	-93.70	26.00	-7.02
108	-288.35	-93.70	26.00	-7.05
109	-296.36	-93.70	26.00	-7.07
110	-304.37	-93.70	26.00	-7.09
111	-312.38	-93.70	26.00	-7.11
112	-320.39	-93.70	26.00	-7.14

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

113	-328.40	-93.70	26.00	-7.16
114	-336.41	-93.70	26.00	-7.18
115	-344.42	-93.70	26.00	-7.20
116	-352.43	-93.70	26.00	-7.23
117	-360.44	-93.70	26.00	-7.25
118	-368.45	-93.70	26.00	-7.27
119	-376.46	-93.70	26.00	-7.29
120	-384.47	-93.70	26.00	-7.32
121	-392.48	-93.70	26.00	-7.34
122	-400.49	-93.70	26.00	-7.36
123	-408.50	-93.70	26.00	-7.39
124	-416.51	-93.70	26.00	-7.41
125	-424.52	-93.70	26.00	-7.43
126	-432.53	-93.70	26.00	-7.45
127	-440.54	-93.70	26.00	-7.48
128	-448.55	-93.70	26.00	-7.50
129	-456.56	-93.70	26.00	-7.52
130	-464.57	-93.70	26.00	-7.54
131	-472.58	-93.70	26.00	-7.57
132	-480.59	-93.70	26.00	-7.59
133	-488.60	-93.70	26.00	-7.61
134	-496.61	-93.70	26.00	-7.63
135	-504.62	-93.70	26.00	-7.66
136	-512.63	-93.70	26.00	-7.68
137	-520.64	-93.70	26.00	-7.70
138	-528.65	-93.70	26.00	-7.73
139	-536.66	-93.70	26.00	-7.75
140	-544.67	-93.70	26.00	-7.77
141	-552.68	-93.70	26.00	-7.79
142	-560.69	-93.70	26.00	-7.82
143	-568.70	-93.70	26.00	-7.84
144	-569.00	-83.46	20.00	-7.41
145	-560.99	94.00	20.00	0.04
146	-552.97	94.00	20.00	0.06
147	-544.96	94.00	20.00	0.08
148	-536.94	94.00	20.00	0.10
149	-528.93	94.00	20.00	0.13
150	-520.92	94.00	20.00	0.15
151	-512.90	94.00	20.00	0.17
152	-504.89	94.00	20.00	0.19
153	-496.87	94.00	20.00	0.22
154	-488.86	94.00	20.00	0.24
155	-480.85	94.00	20.00	0.26
156	-472.83	94.00	20.00	0.29
157	-464.82	94.00	20.00	0.31
158	-456.80	94.00	20.00	0.33
159	-448.79	94.00	20.00	0.35
160	-440.77	94.00	20.00	0.38
161	-432.76	94.00	20.00	0.40
162	-424.75	94.00	20.00	0.42
163	-416.73	94.00	20.00	0.44
164	-408.72	94.00	20.00	0.47
165	-400.70	94.00	20.00	0.49
166	-392.69	94.00	20.00	0.51
167	-384.68	94.00	20.00	0.53
168	-376.66	94.00	20.00	0.56
169	-368.65	94.00	20.00	0.58
170	-360.63	94.00	20.00	0.60
171	-352.62	94.00	20.00	0.63
172	-344.61	94.00	20.00	0.65
173	-336.59	94.00	20.00	0.67
174	-328.58	94.00	20.00	0.69
175	-320.56	94.00	20.00	0.72
176	-312.55	94.00	20.00	0.74
177	-304.54	94.00	20.00	0.76
178	-296.52	94.00	20.00	0.78
179	-288.51	94.00	20.00	0.81
180	-280.49	94.00	20.00	0.83
181	-272.48	94.00	20.00	0.85
182	-264.46	94.00	20.00	0.87
183	-256.45	94.00	20.00	0.90
184	-248.44	94.00	20.00	0.92
185	-240.42	94.00	20.00	0.94
186	-232.41	94.00	20.00	0.97
187	-224.39	94.00	20.00	0.99
188	-216.38	94.00	20.00	1.01
189	-208.37	94.00	20.00	1.03

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

190	-200.35	94.00	20.00	1.06
191	-192.34	94.00	20.00	1.08
192	-184.32	94.00	20.00	1.10
193	-176.31	94.00	20.00	1.12
194	-168.30	94.00	20.00	1.15
195	-160.28	94.00	20.00	1.17
196	-152.27	94.00	20.00	1.19
197	-144.25	94.00	20.00	1.21
198	-136.24	94.00	20.00	1.24
199	-128.23	94.00	20.00	1.26
200	-120.21	94.00	20.00	1.28
201	-112.20	94.00	20.00	1.31
202	-104.18	94.00	20.00	1.33
203	-96.17	94.00	20.00	1.35
204	-88.15	94.00	20.00	1.37
205	-80.14	94.00	20.00	1.40
206	-72.13	94.00	20.00	1.42
207	-64.11	94.00	20.00	1.44
208	-56.10	94.00	20.00	1.46
209	-48.08	94.00	20.00	1.49
210	-40.07	94.00	20.00	1.51
211	-32.06	94.00	20.00	1.53
212	-24.04	94.00	20.00	1.55
213	-16.03	94.00	20.00	1.58
214	-8.01	94.00	20.00	1.60
215	0.00	94.00	20.00	1.62
216	8.01	94.00	20.00	1.65
217	16.03	94.00	20.00	1.67
218	24.04	94.00	20.00	1.69
219	32.06	94.00	20.00	1.71
220	40.07	94.00	20.00	1.74
221	48.08	94.00	20.00	1.76
222	56.10	94.00	20.00	1.78
223	64.11	94.00	20.00	1.80
224	72.13	94.00	20.00	1.83
225	80.14	94.00	20.00	1.85
226	88.15	94.00	20.00	1.87
227	96.17	94.00	20.00	1.89
228	104.18	94.00	20.00	1.92
229	112.20	94.00	20.00	1.94
230	120.21	94.00	20.00	1.96
231	128.23	94.00	20.00	1.99
232	136.24	94.00	20.00	2.01
233	144.25	94.00	20.00	2.03
234	152.27	94.00	20.00	2.05
235	160.28	94.00	20.00	2.08
236	168.30	94.00	20.00	2.10
237	176.31	94.00	20.00	2.12
238	184.32	94.00	20.00	2.14
239	192.34	94.00	20.00	2.17
240	200.35	94.00	20.00	2.19
241	208.37	94.00	20.00	2.21
242	216.38	94.00	20.00	2.23
243	224.39	94.00	20.00	2.26
244	232.41	94.00	20.00	2.28
245	240.42	94.00	20.00	2.30
246	248.44	94.00	20.00	2.33
247	256.45	94.00	20.00	2.35
248	264.46	94.00	20.00	2.37
249	272.48	94.00	20.00	2.39
250	280.49	94.00	20.00	2.42
251	288.51	94.00	20.00	2.44
252	296.52	94.00	20.00	2.46
253	304.54	94.00	20.00	2.48
254	312.55	94.00	20.00	2.51
255	320.56	94.00	20.00	2.53
256	328.58	94.00	20.00	2.55
257	336.59	94.00	20.00	2.57
258	344.61	94.00	20.00	2.60
259	352.62	94.00	20.00	2.62
260	360.63	94.00	20.00	2.64
261	368.65	94.00	20.00	2.67
262	376.66	94.00	20.00	2.69
263	384.68	94.00	20.00	2.71
264	392.69	94.00	20.00	2.73
265	400.70	94.00	20.00	2.76
266	408.72	94.00	20.00	2.78

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

267	416.73	94.00	20.00	2.80
268	424.75	94.00	20.00	2.82
269	432.76	94.00	20.00	2.85
270	440.77	94.00	20.00	2.87
271	448.79	94.00	20.00	2.89
272	456.80	94.00	20.00	2.91
273	464.82	94.00	20.00	2.94
274	472.83	94.00	20.00	2.96
275	480.85	94.00	20.00	2.98
276	488.86	94.00	20.00	3.01
277	496.87	94.00	20.00	3.03
278	504.89	94.00	20.00	3.05
279	512.90	94.00	20.00	3.07
280	520.92	94.00	20.00	3.10
281	528.93	94.00	20.00	3.12
282	536.94	94.00	20.00	3.14
283	544.96	94.00	20.00	3.16
284	552.97	94.00	20.00	3.19
285	560.99	94.00	20.00	3.21
286	569.00	83.46	20.00	2.79
287	-569.00	-74.12	20.00	-7.02
288	-569.00	-64.78	20.00	-6.63
289	-569.00	-55.44	20.00	-6.24
290	-569.00	-46.10	20.00	-5.85
291	-569.00	-36.76	20.00	-5.46
292	-569.00	-27.42	20.00	-5.07
293	-569.00	-18.08	20.00	-4.68
294	-569.00	-8.74	20.00	-4.28
295	-569.00	0.60	20.00	-3.89
296	-569.00	9.94	20.00	-3.50
297	-569.00	19.28	20.00	-3.11
298	-569.00	28.62	20.00	-2.72
299	-569.00	37.96	20.00	-2.33
300	-569.00	47.30	20.00	-1.94
301	-569.00	56.64	20.00	-1.55
302	-569.00	65.98	20.00	-1.16
303	-569.00	75.32	20.00	-0.77
304	-569.00	84.66	20.00	-0.38
305	-569.00	94.00	20.00	0.01
306	569.00	74.12	20.00	2.40
307	569.00	64.78	20.00	2.01
308	569.00	55.44	20.00	1.62
309	569.00	46.10	20.00	1.23
310	569.00	36.76	20.00	0.84
311	569.00	27.42	20.00	0.45
312	569.00	18.08	20.00	0.06
313	569.00	8.74	20.00	-0.34
314	569.00	-0.60	20.00	-0.73
315	569.00	-9.94	20.00	-1.12
316	569.00	-19.28	20.00	-1.51
317	569.00	-28.62	20.00	-1.90
318	569.00	-37.96	20.00	-2.29
319	569.00	-47.30	20.00	-2.68
320	569.00	-56.64	20.00	-3.07
321	569.00	-65.98	20.00	-3.46
322	569.00	-75.32	20.00	-3.85
323	569.00	-84.66	20.00	-4.24
324	569.00	-94.00	20.00	-4.63

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-575.00	94.08
2	575.00	16.34

10.1.4 Paraghiaia

Per il calcolo dei muri paraghiaia si deve, invece, considerare un'azione orizzontale longitudinale di frenamento, applicata alla testa del muro paraghiaia (vedi Figura C5.1.1), di valore caratteristico pari al 60% del carico asse Q_{1k} . Pertanto, in ponti di 1^a categoria si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, mentre in ponti di 2^a categoria si considererà un carico orizzontale di 144 kN, concomitante con un carico verticale di 240 kN.

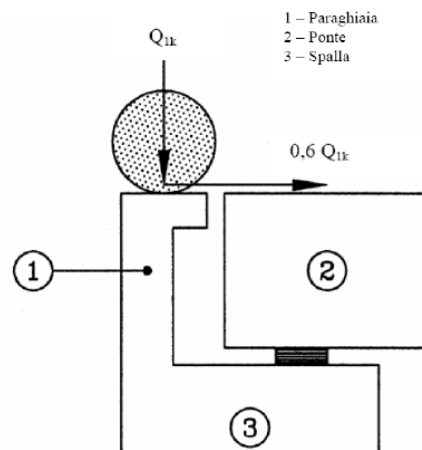


Figura C5.1.1 Carichi da traffico su muri paraghiaia

Si considera l'azione di frenamento diffusa a 45° solo sull'altezza del paraghiaia, essendo quest'ultimo alto 2.78 mt (medio), si considera diffusa l'azione su di una porzione pari a : $2.78+2.78 = 5.56$ mt

Pertanto il carico al metro lineare sarà:

$$N = 300/5.56 = 54 \text{ KN/ml}$$

$$T = 180/5.56 = 33 \text{ KN/ml}$$

$$M = 33 \cdot 2.78 = 92 \text{ KNm/ml}$$

A questi valori si aggiungono quelli dovuti alla spinta del terreno che comportano:

$$T = 0.5 \cdot 20 \cdot 2.78^2 \cdot 0.301 = 23.26 \text{ KN/ml}$$

(avendo considerato un K_a di un terreno con $\Phi=30^\circ$ a fav. sic)

$$M = 23.26 \cdot 2.78/3 = 21.55 \text{ KNm}$$

Combinando allo SLU le azioni (coeff 1.35) si ha complessivamente

$$N = 73 \text{ KN/ml}$$

$$T = 76 \text{ KN/ml}$$

$$M = 154 \text{ KNm/ml}$$

(a fav sic non si considera il peso del paraghiaia)

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Di seguito vengono riportate le verifiche di una sezione unitaria avente sezione pari a 40 cm (ovvero una sezione pari a 2/3 della sezione reale del paraghiaia per conservare sufficiente rigidità in fase sismica) armata mediante 1Φ26/25" (4/mt) al positivo e 1Φ20/25" (4/mt) al negativo e ripartizioni 1+1Φ12/20" (nella realtà il paraghiaia è armato con 8+8 Φ26/mt le presenti verifiche considerano un armatura ed una sezione di verifica molto inferiore alla reale per tenere in debita considerazione il martellamento sismico riportato nei paragrafi seguenti a cui si rimanda)

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
ELEMENTO COSTR.: PARAGHIAIA; POSIZ. SEZIONE: fuori dalla zona critica; CARICO CONC.: si.
ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: si; CONSIDERA SOLO STAFFE: no;
COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:
Conglomerato cementizio: Rck=40.00;
GammaC: 1.50
Acciaio barre: B450C
GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
Base: B = 100.00 cm; Altezza: H = 40.00 cm
Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
Area totale acciaio: Af = 33.80 cmq
Copriferro: c = 4.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
Area: Acls = 4000.00 cmq; Baricentro: XgCls = -0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 533333.33 cm⁴; Jy = 333333.33 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 333333.33 cm⁴; Jeta = 533333.33 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:
comb. N Mx Tx My Ty Mt
1 73000.00 154000.00 0.00 0.00 76000.00 0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 1):
Equaz. asse neutro ax+by+c=0 : a=0.000000; b=2000.000000; c=-28159.351961
Angolo asse neutro-asse x : alfa= 0.00000 gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)
Sezione parzializzata
Deformazione massima cls: epsilon c = 3.5000 / 1000
Deformazione massima acciaio: epsilon f = -17.0141 / 1000
Deformazione minima acciaio: epsilon f' = 0.5441 / 1000

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:
NS=73000.00; MxiS=0.00; MyiS=-154000.00; TxiS=-76000.00; TyiS=0.00
Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:
NR=166750.73 N; MxiR= 0.00 N*m; MyiR= -302632.56 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 1.965 > 1
VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.171)
Delta = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.653

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
Comb. n.ro: 1; NS=73000.00 < Nrd=7227567.60 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AfTot=33.80 cmq; AreaCls=4000.00 cmq)
Armatura tesa (comb. 1): Aft=21.24 cmq > 0.26*fctm*bt*d/fyk=6.10 cmq
Aft=21.24 cmq > 0.0013*bt*d=4.51 cmq
con: bt=100.00 cm; d=34.70 cm
Aftesa max (comb. 1)=21.24 cmq e Afcompr max (comb. 1)=12.57 cmq < 0.04*AreaCls=160.00 cmq
VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRINCIAMENTO BARRE
Comb. N.: 1; Taglio=76000.00 N; TauMaxTr=Taglio/Af=22.483 < fyd=391.300 MPa
VERIFICA POSITIVA

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; (fcd=18.810, fctd=1.450, fck=33.200 in MPa)
 Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.
 $V_{Ed}=76000.00$ N; $d=34.70$ cm; $b_w=100.00$ cm; $R_oL=0.00612$; $k=1.7592$,
 $VRd1=(0.18*k*(100*R_oL*fck)^{(1/3)}/\Gamma_{MC} + 0.15*\sigma_{CP})* b_w *d = 242356$ N
 $VRd2=(V_{min} + 0.15*\sigma_{CP})* b_w *d = 174025.22$ N
 $V_{Ed} < \max(VRd1, VRd2)$ -> VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-50.00	-20.00	-20.15
2	-50.00	20.00	3.50
3	50.00	20.00	3.50
4	50.00	-20.00	-20.15

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	44.70	-14.70	26.00	-17.01
2	14.90	-14.70	26.00	-17.01
3	-14.90	-14.70	26.00	-17.01
4	-44.70	-14.70	26.00	-17.01
5	-45.00	15.00	20.00	0.54
6	-15.00	15.00	20.00	0.54
7	15.00	15.00	20.00	0.54
8	45.00	15.00	20.00	0.54

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	14.08
2	50.00	14.08

10.1.5 Baggioli spalle

I baggioli presentano dimensioni planimetriche pari a 1.60x1.60 mt per un'altezza di calcolo pari a 10.0 cm. Si considera, in particolare, la resistenza nei confronti delle **azioni orizzontali**, valutata con riferimento alle formule relative alle mensole "molto tozze", con meccanismo resistente tipo "shear friction".

Le verifiche a favore di sicurezza sono eseguite considerando il cls con classe di resistenza di calcolo pari a C28/35 pur essendo nella realtà C32/40 si ha (solo i dimensionanti):

APPOGGIO	F long(kN)	F trasv(kN)	F verticale (kN)
UT_A	599,4	0	11418,30
FISSO_B	599,4	1935,60	-6586,95 (trazione)

L'armatura passante per la sezione di attacco sul testa pila è composta da 7x2+7x2 ϕ 26 (al netto delle zanche d'ancoraggio del ritegno, non considerate), per un totale di:

$$A_s = 28 \times 531 = 14868 \text{ mm}^2$$

Ipotizzando il getto in due fasi del fusto pila e del baggiolo ($\mu = 1$), la sicurezza ultima dell'organo di collegamento risulta dal minore dei valori scaturiti dalle espressioni:

$$V_{rds} = 0.85 \times \mu \times f_{sd} \times A_s = 0.85 \times 1 \times 430.0 / 1.15 \times 14868 = 4725,44 \text{ kN}$$

$$V_{rds} = 0.85 \times 4200.0 \times A_s = 0.85 \times 4200.0 \times 14868 = 5307,88 \text{ kN}$$

Per la crisi lato calcestruzzo:

$$V_{rdc} = 0.17 \times f_{cd} \times A_c = 0.17 \times 18.16 \times 1600^2 = 7903 \text{ kN} \quad (f_{cd} = 0.83 \times 35.0 / 1.6 = 18.16 \text{ MPa})$$

$$V_{rdc} = 36.0 \times A_c = 36.0 \times 1600^2 = 9216 \text{ kN}$$

come si nota, in ambedue i casi risulta $V_{sd} < V_{rd}$

10.1.6 Muri d'ala

I muri d'ala hanno un' altezza dallo spiccato della fondazione pari a circa 6.90 mt e presentano uno spessore pari a 1.00 mt allo spiccato e pari a 0.75 mt in sommità. Ai sensi del D.M. 14/01/2008 si ha:

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

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

La condizione dimensionante è pertanto data dalla spinta del terreno in condizioni sismiche. Le combinazioni di carico sono quelle riportate per la spalla fissa con i termini non contemplati nelle verifiche posti pari a 0

La sezione di spiccato ancorata alla zattera di fondazione della spalla e sollecitata nel seguente modo (h calcolo 7.00 mt):

combo SISMICA (SLU)

$$N = (1 + 0.75) / 2 * 7 * 25 = 153.13 \text{ KN/ml}$$

$$T = 0.5 * 20 * (7)^2 * 0.4335 (K_{a,e}) + N * 1.5 * 0.124 = 241 \text{ KN/ml}$$

$$M = 241 * (7) / 2 = 844 \text{ KNm/ml}$$

combo SLE

$$N_{sle} = 153.13 * 1.00 = 153.13 \text{ KN/ml}$$

$$T_{sle} = 0.5 * 20 * (7)^2 * 0.38 * 1.00 = 186 \text{ KN/ml}$$

$$M_{sle} = 186 * 7 / 3 * 1.00 = 434 \text{ KNm/ml}$$

Si considera una striscia unitaria armata mediante 1Φ26/12.5" (8/mt) al positivo e 1Φ20/20" (5/mt) al negativo e ripartizioni 1+1Φ12/20"

Di seguito si riportano le verifiche

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE

Base: B = 100.00 cm; Altezza: H = 100.00 cm

Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.

Area totale acciaio: Af = 58.18 cmq

Copriferro: c = 5.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 10000.01 cmq; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm

Momenti d'inerzia: Jx = 8333358.33 cm⁴; Jy = 8333341.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;

Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 8333358.33 cm⁴; Jeta = 8333341.67 cm⁴;

Angolo tra l' asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	153130.00	844000.00	0.00	0.00	241000.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	153130.00	434000.00	0.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	153130.00	434000.00	0.00

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	153130.00	434000.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 1):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-78927.145209$ Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=0.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.5000 / 1000$ Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -27.6252 / 1000$ Deformazione minima acciaio: $\epsilon_f' = 1.5069 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

NS=153130.00; MxiS=844000.00; MyiS=-0.00; TxiS=0.00; TyiS=241000.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:

NR=308284.89 N; MxiR= 1699179.45 N*m; MyiR= 0.00 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante :

Resistenza/Sicurezza = 2.0132 > 1 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) ($x/d=0.112$)Delta = $0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.581$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 1; NS=153130.00 < Nrd=17038776.00 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AftTot=58.18 cmq; AreaCls=10000.01 cmq)

Armatura tesa (comb. 1): Aft=42.47 cmq > $0.26*fctm*bt*d/fyk=16.46$ cmqAft=42.47 cmq > $0.0013*bt*d=12.18$ cmq

con: bt=100.00 cm; d=93.70 cm

Aftesa max (comb. 1)=42.47 cmq e Afcompr max (comb. 1)=15.71 cmq < $0.04*AreaCls=400.00$ cmq

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE

Comb. N.: 1; Taglio=241000.00 N; TauMaxTr=Taglio/Af=41.422 < $fyd=391.300$ MPa

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; (fcd=18.810, fctd=1.450, fck=33.200 in MPa)

Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.

Ved=241000.00 N; d=93.70 cm; bw=100.00 cm; RoL=0.006209; k=1.4620, $\sigma_{CP}=0.1634$, $V_{min}=0.3499$ $VRd1=(0.18*k*(100*RoL*fck)^{(1/3)}/\Gamma_{MC} + 0.15*\sigma_{CP}) * bw * d = 468213$ N $VRd2=(V_{min} + 0.15*\sigma_{CP}) * bw * d = 350918$ N

VED < max(VRd1, VRd2) -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 33.200 MPa)

Comb. rara n.ro 1: Tens. cls= 2.445 < $0.600*fck = 19.920$ MPaComb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -25.506 > $-0.800*fyk = -360.000$ MPaComb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 2.445 < $0.450*fck = 14.940$ MPa

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -2.014 MPa; $fc=f_{cm}=-3.720$ MPa, $f_{ck}=-2.604$ MPaTens. min. cls > $f_{ctk}=2.13$ VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-50.00	-50.00	-29.72
2	-50.00	50.00	3.50
3	50.00	50.00	3.50
4	50.00	-50.00	-29.72

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	43.70	-43.70	26.00	-27.63
2	31.21	-43.70	26.00	-27.63
3	18.73	-43.70	26.00	-27.63
4	6.24	-43.70	26.00	-27.63
5	-6.24	-43.70	26.00	-27.63
6	-18.73	-43.70	26.00	-27.63
7	-31.21	-43.70	26.00	-27.63
8	-43.70	-43.70	26.00	-27.63
9	-44.00	44.00	20.00	1.51
10	-22.00	44.00	20.00	1.51

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

11	-0.00	44.00	20.00	1.51
12	22.00	44.00	20.00	1.51
13	44.00	44.00	20.00	1.51

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	39.46
2	50.00	39.46

10.1.7 Ritegni sismici a collasso

Lo schema di vincolo prevede l'impalcato poggiate su apparecchi d'appoggio tradizionali a calotta sferica.

Al fine di non sovradimensionare gli appoggi sotto carichi orizzontali si prevede che questi ultimi vadano a collasso in caso di sisma e gli spostamenti siano impediti attraverso ritegni sismici orizzontali costituiti da muretti in cls armato che sporgono dal paramento superiore della spalla/pila.

Si prevede di utilizzare una coppia di ritegni sismici trasversali su ogni spalla e su ogni pila, mentre il paraghiaia viene verificato affinché sia in grado di resistere al martellamento in fase sismica.

Le forze sismiche massime per cui sono dimensionati i ritegni sulle spalle sono

T sisma trasv= 594 KN (vedi relazione calcolo impalcato)

T sisma long = 22410 KN (vedi relazione calcolo impalcato)

I muretti antisismici in c.a. dovranno essere dimensionati per resistere a tali forzanti ad una quota di progetto pari a 0.60 mt dall'estradosso della spalla

La verifica viene effettuata considerando un meccanismo resistente a taglio diretto, secondo i criteri suggeriti dalla ACI.

I ritegni sismici trasversali hanno dimensioni 0.50x1.00 mt e sono armati mediante 4x2+4x2 barre $\Phi 24$

Il valore del coefficiente d'attrito fra due superfici in calcestruzzo viene assunto quello relativo a "getto su superfici non preparate" pari a $\mu = 0,6$

10.1.7.1 Verifica ritegni trasversali

Per la crisi lato acciaio si ha:

$$V_{rd}^s = (8+8) \cdot 452 \cdot 391 \cdot 0,6 = 1696 \text{ kN} > V_{sd} (594 \text{ KN})$$

Per la verifica lato calcestruzzo,

$$V_{rd}^c = .2 \cdot 35 / 1.5 \cdot (500 \times 1000) = 2333 \text{ kN} > V_{sd} (594 \text{ KN})$$

10.1.7.2 Verifica ritegni longitudinali

la sezione minima impiegabile del paraghiaia è assunta pari a 0.60x1.00 mt e con uno sviluppo pari a 11.50 mt e sono armati mediante 8 +8 $\Phi 26$ /mt

Per la crisi lato acciaio si ha:

$$V_{rd}^S = (8+8) \cdot 531 \cdot 391 \cdot 0,6 = 1993 \text{ kN} > V_{sd} (22410/11,5=1949 \text{ KN})$$

Per la verifica lato calcestruzzo,

$$V_{rd}^c = .2 \cdot 35 / 1,5 \cdot (600 \times 1000) = 2800 \text{ kN} > V_{sd} (22410/11,5=1949 \text{ KN})$$

Essendo le azioni soccecitanti in fase sismica non dimensionanti rispetto alla condizione statica SLU, il paraghiaia è ampiamente in grado di resistere al martellamento del sisma (che avviene nel verso opposto alla spinta del terreno quindi le sollecitazioni non si sommano ma si sottraggono ad ulteriore favore di sic.)

10.2 Pile

10.2.1 Fondazione pile

Si considera una striscia unitaria armata mediante 1Φ26/10" sia inferiori che superiori con copriferro pari a 5 cm ed un ulteriore strato costituito da 1Φ26/10" sia inferiori che superiori con copriferro pari a 20 cm e ripartizioni 1Φ20/20" sia inferiori che superiori. Le ripartizioni verranno collegate da uncini Φ20 in modo tale da formare una staffatura diffusa sulla fondazione

Di seguito si riportano le verifiche

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
ELEMENTO COSTR.: FONDAZIONE PILA; POSIZ. SEZIONE: fuori dalla zona critica; CARICO CONC.: SI.
ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: no; CONSIDERA SOLO STAFFE: no;
COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:
Conglomerato cementizio: Rck=35.00;
GammaC: 1.50
Acciaio barre: B450C
GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
Base: B = 100.00 cm; Altezza: H = 200.00 cm
Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
Area totale acciaio: Af = 212.37 cmq
Copriferro primo strato.....: c = 5.00 cm
Copriferro secondo strato.....: c = 20.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
Area: Acls = 20000.00 cmq; Baricentro: XgCls = -0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 66666666.67 cm⁴; Jy = 16666666.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 66666666.67 cm⁴; Jeta = 16666666.67 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	0.00	7538850.00	0.00	0.00	1993810.00	0.00
2	0.00	5875290.00	0.00	0.00	1649030.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	5835610.00	0.00
2	0.00	4564800.00	0.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	5826420.00	0.00
2	0.00	4555610.00	0.00

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	0.00	5249180.00	0.00
2	0.00	3978370.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 1):
Equaz. asse neutro ax+by+c=0 : a=0.000000; b=2000.000000; c=-161761.603594
Angolo asse neutro-asse x : alfa= 0.00000 gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)
Sezione parzializzata
Deformazione massima cls: epsilon c = 3.5000 / 1000
Deformazione massima acciaio: epsilon f = -31.9591 / 1000
Deformazione minima acciaio: epsilon f' = 2.3467 / 1000

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

NS=0.00; MxiS=7538850.00; MyiS=0.00; TxiS=0.00; TyiS=1993810.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:

NR= -9.06 N; MxiR= 7946169.29 N*m; MyiR= -0.00 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 1.0540 > 1
VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.099)

Delta = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/epsCu)*x/d = 0.563

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AftTot=212.37 cmq; AreaCls=20000.00 cmq)

Armatura tesa (comb. 1): Aft=159.28 cmq > 0.26*fctm*bt*d/fyk=31.07 cmq

Aft=159.28 cmq > 0.0013*bt*d=25.18 cmq

con: bt=100.00 cm; d=193.70 cm

Aftesa max (comb. 1)=159.28 cmq e Afcompr max (comb. 1)=53.09 cmq < 0.04*AreaCls=800.00 cmq

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE

Comb. N.: 1; Taglio=1993810.00 N; TauMaxTr=Taglio/Af=93.883 < fyd=391.300 MPa

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 1; (fcd=16.460, fctd=1.320, fck=29.050 in MPa)

VEd=1993810.00 N; d=193.70 cm; bw=100.00 cm, alfa_c=1.0000, cot(theta)=2.5000,

Asw/s progettata=12.24 cmq/m

VRcd = 0.9*bw*d*alfa_c*fcd*0.5*(cot(90)+cot(theta)/(1+ cot(theta)^2)) = 4947365.17 N

VRsd = 0.9*d*(Asw/s)*fyd_st*(cot(90) + cot(theta))*sin(90) = 1993810.00 N

VED < min(VRsd, VRcd) -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 29.050 MPa)

Comb. rara n.ro 1: Tens. cls= 8.896 < 0.600*fck = 17.430 MPa

Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -337.901 > -0.800*fyk = -360.000 MPa

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 8.002 < 0.450*fck = 13.072 MPa

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -6.538 MPa; fc=fcfm=-3.400 MPa, fcfk=-2.380 MPa

c=5.00 cm; Aceff=3800.58 cmq; As=106.19 cmq; ro=As/Aceff=0.027939; s=9.71 cm

fi=2.60 cm; k2=0.4000; k3=0.1250; srm=16.5952 cm; zeta=0.86477

sigmat=-6.538 MPa; sigma_s=-337.369 MPa; beta1=1.00; beta2=0.50; esm=0.001416

wk=1.7*srm*esm=0.3995 mm < w3=0.4 mm

VERIFICA POSITIVA

posto (per gli altri simboli vedere la normativa):

zeta = 1-beta1*beta2*(fc/sigmat)^2

sigmat: tensione max di trazione nel conglomerato con sezione

interamente reagente e resistente a trazione

c: valore del copriferro inserito dall'utente

PROGETTO PASSO STAFFE. (N.ro bracci: Nb=2, Area singola staffa: Als=0.5027 cmq)

N.B. I bracci considerati sono quelli delle staffe dell'anima aventi l'angolo, con l'asse ort. all'asse neutro, inferiore a 45 gradi

Area staffe per il taglio (Comb. n.ro 1) (fydSt=373.910 MPa)

VEd=1993810.00 N; d=193.70 cm; bw=100.00 cm, cot(theta)=2.5000

da VEd=0.9*d*(Asw/s)*fydSt*cot(theta) si ottiene: Asw/s=12.24 cmq/m

s = 100*Nb*Als/Asw = 8.22 cm

Per le travi: Ast=0.15*bw = 15.00 cmq/m

s <= Nb*Als/Ast = 6.70 cm

s <= 0.8*h utile = 0.8* 193.70 = 154.96 cm

s <= 33 cm

Armatura staffe adottata: As=15.71 cmq/m -> 1 Ø 20 a 2 bracci ogni 40 cm

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-50.00	-100.00	-33.11
2	-50.00	100.00	3.50
3	50.00	100.00	3.50
4	50.00	-100.00	-33.11

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	43.70	-93.70	26.00	-31.96
2	33.99	-93.70	26.00	-31.96
3	24.28	-93.70	26.00	-31.96
4	14.57	-93.70	26.00	-31.96

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

5	4.86	-93.70	26.00	-31.96
6	-4.86	-93.70	26.00	-31.96
7	-14.57	-93.70	26.00	-31.96
8	-24.28	-93.70	26.00	-31.96
9	-33.99	-93.70	26.00	-31.96
10	-43.70	-93.70	26.00	-31.96
11	-43.70	93.70	26.00	2.35
12	-33.99	93.70	26.00	2.35
13	-24.28	93.70	26.00	2.35
14	-14.57	93.70	26.00	2.35
15	-4.86	93.70	26.00	2.35
16	4.86	93.70	26.00	2.35
17	14.57	93.70	26.00	2.35
18	24.28	93.70	26.00	2.35
19	33.99	93.70	26.00	2.35
20	43.70	93.70	26.00	2.35
21	-43.70	-80.00	26.00	-29.45
22	43.70	-80.00	26.00	-29.45
23	-33.99	-80.00	26.00	-29.45
24	-24.28	-80.00	26.00	-29.45
25	-14.57	-80.00	26.00	-29.45
26	-4.86	-80.00	26.00	-29.45
27	4.86	-80.00	26.00	-29.45
28	14.57	-80.00	26.00	-29.45
29	24.28	-80.00	26.00	-29.45
30	33.99	-80.00	26.00	-29.45
31	-43.70	80.00	26.00	-0.16
32	43.70	80.00	26.00	-0.16
33	-33.99	80.00	26.00	-0.16
34	-24.28	80.00	26.00	-0.16
35	-14.57	80.00	26.00	-0.16
36	-4.86	80.00	26.00	-0.16
37	4.86	80.00	26.00	-0.16
38	14.57	80.00	26.00	-0.16
39	24.28	80.00	26.00	-0.16
40	33.99	80.00	26.00	-0.16

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	80.88
2	50.00	80.88

10.2.2 Elevazione pile

La pila viene armata in modo diffuso mediante $1\Phi 30/10''$ sia inferiori che superiori con copriferro pari a 5 cm. Le staffe vengono previste del diametro pari a 20 mm. Di seguito si riportano le verifiche

METODO DI CALCOLO: Stati limite; NORMATIVA: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;
ELEMENTO COSTR.: FUSTO PILA; POSIZ. SEZIONE: fuori dalla zona critica; CARICO CONC.: SI.
ARMATURA INFERIORE A TAGLIO: no; ECCENTRICITA' AGGIUNTIVA: no;
TRASL. MOMENTO FLETT.: no; SENZA STAFFE: no; CONSIDERA SOLO STAFFE: no;
COND. AMBIENTALI: ordinarie; SENSIBILITA' ARMATURE: poco sensibili.

MATERIALI:

Conglomerato cementizio: Rck=40.00;
GammaC: 1.50
Acciaio barre: B450C
GammaS: 1.15

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE

Base: B = 800.00 cm; Altezza: H = 160.00 cm
Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
Area totale acciaio: Af = 1074.42 cmq
Copriferro: c = 5.00 cm
Diametro staffe: ds = 20.00 mm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 128000.00 cmq; Baricentro: XgCls = -0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 273066666.67 cm⁴; Jy = 682666666.67 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 682666666.67 cm⁴; Jeta = 273066666.67 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' N, N*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	23661000.00	-14745650.00	1253700.00	10104880.00	6707270.00	0.00
2	25295000.00	-14745650.00	2089500.00	16841480.00	6707270.00	0.00
3	33580980.00	-14745650.00	2459700.00	24009210.00	6707270.00	0.00
4	31727700.00	-14745650.00	1482300.00	15850890.00	6707270.00	0.00
5	31646430.00	-14745650.00	2445650.00	23105860.00	6707270.00	0.00

Combinazioni rare:

comb.	N	Mx	My
1	24784800.00	-11264290.00	17784440.00

Combinazioni frequenti:

comb.	N	Mx	My
1	18737240.00	-11264290.00	12784810.00

Combinazioni quasi permanenti:

comb.	N	Mx	My
1	17526670.00	-11264290.00	7484800.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 3):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=189.926991$; $b=-1990.961511$; $c=67028.920115$ Angolo asse neutro-asse x : $\alpha = -174.55078$ gradi sessadec. in senso antiorario

(Deformazioni a rottura, valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.5000 / 1000$ Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -1.7836 / 1000$ Deformazione minima acciaio: $\epsilon'_f = 3.3359 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

NS=33580980.00; MxiS=24009210.00; MyiS=14745650.00; TxiS=-6707270.00; TyiS=2459700.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:

NR=136321863.83 N; MxiR= 97024326.40 N*m; MyiR= 60577907.96 N*m

Fattore di sicurezza SLU ad eccentricita' M/N costante : Resistenza/Sicurezza = 4.0596 > 1

VERIFICA POSITIVA

VALORI DI DELTA (p 4.1.1.1 NTC2008) ($x/d = 0.662$)Delta = $0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{Cu}) \cdot x/d = 1.268$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 3; NS=33580980.00 < Nrd=230996964.42 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA QUANTITA' ARMATURA LONGITUDINALE (AfTot=1074.42 cmq; AreaCls=128000.00 cmq)

Armatura tesa (comb. 3): Aft=494.80 cmq > $0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot t \cdot d / f_{yk} = 176.67$ cmqAft=494.80 cmq > $0.0013 \cdot b \cdot t \cdot d = 130.71$ cmq

con: bt=440.70 cm; d=228.16 cm

Aftesa max (comb. 1)=516.01 cmq e Afcompr max (comb. 3)=579.62 cmq < $0.04 \cdot AreaCls = 5120.00$ cmq

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICA TRANCIAMENTO BARRE

Comb. N.: 3; Taglio=7144060.12 N; TauMaxTr=Taglio/Af=66.492 < $f_{yd} = 391.300$ MPa

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 5; (fcd=18.810, fctd=1.450, fck=33.200 in MPa)

VEd=6444710.73 N; d=228.16 cm; bw=77.62 cm, $\alpha_c = 1.1340$, $\cot(\theta) = 2.1147$,

Asw/s progettata=41.59 cmq/m

VRcd= $0.9 \cdot b \cdot w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot 0.5 \cdot (\cot(90) + \cot(\theta) / (1 + \cot(\theta)^2)) = 6569531.84$ NVRsd= $0.9 \cdot d \cdot (Asw/s) \cdot f_{yd_st} \cdot (\cot(90) + \cot(\theta)) \cdot \sin(90) = 6753027.08$ N

VED < min(VRsd, VRcd) -> VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 33.200 MPa)

Comb. rara n.ro 1: Tens. cls= 5.289 < $0.600 \cdot f_{ck} = 19.920$ MPaComb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -22.874 > $-0.800 \cdot f_{yk} = -360.000$ MPaComb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 4.247 < $0.450 \cdot f_{ck} = 14.940$ MPa

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -1.954 MPa; fc=fcm=-3.720 MPa, fcfk=-2.604 MPa

wk=1.7*srm*esm=0.0000 mm < w3=0.4 mm

VERIFICA POSITIVA

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -1.767 MPa; fc=fcfm=-3.720 MPa, fcfk=-2.604 MPa
 $wk=1.7*srm*esm=0.0000$ mm < $w2=0.3$ mm VERIFICA POSITIVA

PROGETTO PASSO STAFFE. (N.ro bracci: Nb=2, Area singola staffa: Als=2.0106 cmq)
 N.B. I bracci considerati sono quelli delle staffe dell'anima aventi l'angolo,
 con l'asse ort. all'asse neutro, inferiore a 45 gradi

Area staffe per il taglio (Comb. n.ro 1) (fydSt=373.910 MPa)
 $VED=6642494.78$ N; $d=189.84$ cm; $bw=153.24$ cm, $cot(theta)=2.1147$
 da $VED=0.9*d*(Asw/s)*fydSt*cot(theta)$ si ottiene: $Asw/s=49.17$ cmq/m
 $s=100*Nb*Als/Asw=8.18$ cm
 Per le travi: $Ast=0.15*bw=22.99$ cmq/m
 $s<=Nb*Als/Ast=17.49$ cm
 $s<=0.8*h\ utile=0.8*189.84=151.87$ cm
 $s<=33$ cm

Armatura staffe adottata: $As=188.5$ cmq/m -> 1 Ø 20 a 6 bracci ogni 20 cm

VERTICI SEZIONE:

Nv	X (cm)	Y (cm)	epsilon c x 1000
1	-400.00	-80.00	1.74
2	-400.00	80.00	-1.95
3	400.00	80.00	-0.19
4	400.00	-80.00	3.50

ARMATURA SEZIONE:

Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	epsilon f x 1000
1	393.50	73.50	30.00	-0.05
2	381.01	-73.50	30.00	3.31
3	368.52	-73.50	30.00	3.28
4	356.02	-73.50	30.00	3.25
5	343.53	-73.50	30.00	3.23
6	331.04	-73.50	30.00	3.20
7	318.55	-73.50	30.00	3.17
8	306.06	-73.50	30.00	3.14
9	293.56	-73.50	30.00	3.12
10	281.07	-73.50	30.00	3.09
11	268.58	-73.50	30.00	3.06
12	256.09	-73.50	30.00	3.03
13	243.60	-73.50	30.00	3.01
14	231.10	-73.50	30.00	2.98
15	218.61	-73.50	30.00	2.95
16	206.12	-73.50	30.00	2.92
17	193.63	-73.50	30.00	2.90
18	181.13	-73.50	30.00	2.87
19	168.64	-73.50	30.00	2.84
20	156.15	-73.50	30.00	2.81
21	143.66	-73.50	30.00	2.79
22	131.17	-73.50	30.00	2.76
23	118.67	-73.50	30.00	2.73
24	106.18	-73.50	30.00	2.70
25	93.69	-73.50	30.00	2.68
26	81.20	-73.50	30.00	2.65
27	68.71	-73.50	30.00	2.62
28	56.21	-73.50	30.00	2.59
29	43.72	-73.50	30.00	2.57
30	31.23	-73.50	30.00	2.54
31	18.74	-73.50	30.00	2.51
32	6.25	-73.50	30.00	2.48
33	-6.25	-73.50	30.00	2.46
34	-18.74	-73.50	30.00	2.43
35	-31.23	-73.50	30.00	2.40
36	-43.72	-73.50	30.00	2.37
37	-56.21	-73.50	30.00	2.35
38	-68.71	-73.50	30.00	2.32
39	-81.20	-73.50	30.00	2.29
40	-93.69	-73.50	30.00	2.26
41	-106.18	-73.50	30.00	2.24
42	-118.67	-73.50	30.00	2.21
43	-131.17	-73.50	30.00	2.18
44	-143.66	-73.50	30.00	2.15
45	-156.15	-73.50	30.00	2.13
46	-168.64	-73.50	30.00	2.10
47	-181.13	-73.50	30.00	2.07
48	-193.63	-73.50	30.00	2.04
49	-206.12	-73.50	30.00	2.02
50	-218.61	-73.50	30.00	1.99

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

51	-231.10	-73.50	30.00	1.96
52	-243.60	-73.50	30.00	1.93
53	-256.09	-73.50	30.00	1.91
54	-268.58	-73.50	30.00	1.88
55	-281.07	-73.50	30.00	1.85
56	-293.56	-73.50	30.00	1.82
57	-306.06	-73.50	30.00	1.80
58	-318.55	-73.50	30.00	1.77
59	-331.04	-73.50	30.00	1.74
60	-343.53	-73.50	30.00	1.72
61	-356.02	-73.50	30.00	1.69
62	-368.52	-73.50	30.00	1.66
63	-381.01	-73.50	30.00	1.63
64	-393.50	-73.50	30.00	1.61
65	-393.50	-62.19	30.00	1.34
66	-381.01	73.50	30.00	-1.76
67	-368.52	73.50	30.00	-1.73
68	-356.02	73.50	30.00	-1.70
69	-343.53	73.50	30.00	-1.67
70	-331.04	73.50	30.00	-1.65
71	-318.55	73.50	30.00	-1.62
72	-306.06	73.50	30.00	-1.59
73	-293.56	73.50	30.00	-1.56
74	-281.07	73.50	30.00	-1.54
75	-268.58	73.50	30.00	-1.51
76	-256.09	73.50	30.00	-1.48
77	-243.60	73.50	30.00	-1.45
78	-231.10	73.50	30.00	-1.43
79	-218.61	73.50	30.00	-1.40
80	-206.12	73.50	30.00	-1.37
81	-193.63	73.50	30.00	-1.34
82	-181.13	73.50	30.00	-1.32
83	-168.64	73.50	30.00	-1.29
84	-156.15	73.50	30.00	-1.26
85	-143.66	73.50	30.00	-1.23
86	-131.17	73.50	30.00	-1.21
87	-118.67	73.50	30.00	-1.18
88	-106.18	73.50	30.00	-1.15
89	-93.69	73.50	30.00	-1.12
90	-81.20	73.50	30.00	-1.10
91	-68.71	73.50	30.00	-1.07
92	-56.21	73.50	30.00	-1.04
93	-43.72	73.50	30.00	-1.01
94	-31.23	73.50	30.00	-0.99
95	-18.74	73.50	30.00	-0.96
96	-6.25	73.50	30.00	-0.93
97	6.25	73.50	30.00	-0.90
98	18.74	73.50	30.00	-0.88
99	31.23	73.50	30.00	-0.85
100	43.72	73.50	30.00	-0.82
101	56.21	73.50	30.00	-0.79
102	68.71	73.50	30.00	-0.77
103	81.20	73.50	30.00	-0.74
104	93.69	73.50	30.00	-0.71
105	106.18	73.50	30.00	-0.68
106	118.67	73.50	30.00	-0.66
107	131.17	73.50	30.00	-0.63
108	143.66	73.50	30.00	-0.60
109	156.15	73.50	30.00	-0.57
110	168.64	73.50	30.00	-0.55
111	181.13	73.50	30.00	-0.52
112	193.63	73.50	30.00	-0.49
113	206.12	73.50	30.00	-0.46
114	218.61	73.50	30.00	-0.44
115	231.10	73.50	30.00	-0.41
116	243.60	73.50	30.00	-0.38
117	256.09	73.50	30.00	-0.36
118	268.58	73.50	30.00	-0.33
119	281.07	73.50	30.00	-0.30
120	293.56	73.50	30.00	-0.27
121	306.06	73.50	30.00	-0.25
122	318.55	73.50	30.00	-0.22
123	331.04	73.50	30.00	-0.19
124	343.53	73.50	30.00	-0.16
125	356.02	73.50	30.00	-0.14
126	368.52	73.50	30.00	-0.11
127	381.01	73.50	30.00	-0.08

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

128	393.50	62.19	30.00	0.21
129	-393.50	-50.88	30.00	1.08
130	-393.50	-39.58	30.00	0.82
131	-393.50	-28.27	30.00	0.56
132	-393.50	-16.96	30.00	0.30
133	-393.50	-5.65	30.00	0.04
134	-393.50	5.65	30.00	-0.22
135	-393.50	16.96	30.00	-0.48
136	-393.50	28.27	30.00	-0.74
137	-393.50	39.58	30.00	-1.00
138	-393.50	50.88	30.00	-1.26
139	-393.50	62.19	30.00	-1.52
140	-393.50	73.50	30.00	-1.78
141	393.50	50.88	30.00	0.47
142	393.50	39.58	30.00	0.73
143	393.50	28.27	30.00	0.99
144	393.50	16.96	30.00	1.25
145	393.50	5.65	30.00	1.51
146	393.50	-5.65	30.00	1.77
147	393.50	-16.96	30.00	2.03
148	393.50	-28.27	30.00	2.29
149	393.50	-39.58	30.00	2.55
150	393.50	-50.88	30.00	2.81
151	393.50	-62.19	30.00	3.08
152	393.50	-73.50	30.00	3.34

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE :

Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-400.00	-4.49
2	400.00	71.82

10.2.3 Baggioli pile

I baggioli presentano dimensioni planimetriche pari a 1.40x1.40mt per un'altezza di calcolo pari a 30.0 cm. Si considera, in particolare, la resistenza nei confronti delle azioni orizzontali, valutata con riferimento alle formule relative alle mensole "molto tozze", con meccanismo resistente tipo "shear friction".

Le verifiche a favore di sicurezza sono eseguite considerando il cls con classe di resistenza di calcolo pari a C28/35 pur essendo nella realtà C32/40

si ha (solo i dimensionanti):

APPOGGIO	F long(kN)	F trasv(kN)	F verticale (kN)
UL_A	0	2460	14612
MULTI_B	0	0	16214

L'armatura passante per la sezione di attacco sul testa pila è composta da 7x2+7x2 ϕ 26 (al netto delle zanche d'ancoraggio del ritegno, non considerate), per un totale di:

$$A_s = 28 \times 531 = 14868 \text{ mm}^2$$

Ipotizzando il getto in due fasi del fusto pila e del baggiolo ($\mu = 1$), la sicurezza ultima dell'organo di collegamento risulta dal minore dei valori scaturiti dalle espressioni:

$$V_{rds} = 0.85 \times \mu \times f_{sd} \times A_s = 0.85 \times 1 \times 430.0 / 1.15 \times 14868 = 4725,44 \text{ kN}$$

$$V_{rds} = 0.85 \times 4200.0 \times A_s = 0.85 \times 4200.0 \times 14868 = 5307,88 \text{ kN}$$

Per la crisi lato calcestruzzo:

$$V_{rdc} = 0.17 \times f_{cd} \times A_c = 0.17 \times 18.16 \times 1400^2 = 6050.91 \text{ kN} \quad (f_{cd} = 0.83 \times 35.0 / 1.6 = 18.16 \text{ MPa})$$

$$V_{rdc} = 36.0 \times A_c = 36.0 \times 1400^2 = 7056 \text{ kN}$$

come si nota, in ambedue i casi risulta $V_{sd} < V_{rd}$

S.P. CR ex S.S. n. 415 "Paullese" - Ammodernamento tratto "Crema-Spino d'Adda" - Lotto n. 3 "Nuovo ponte sul fiume Adda"

C.U.P. G41B03000270002.

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

10.2.4 Ritegni sismici a collasso pile

Lo schema di vincolo prevede l'impalcato poggiante su apparecchi d'appoggio tradizionali a calotta sferica.

Al fine di non sovradimensionare gli appoggi sotto carichi orizzontali si prevede che questi ultimi vadano a collasso in caso di sisma e gli spostamenti siano impediti attraverso ritegni sismici orizzontali costituiti da muretti in cls armato che sporgono dal paramento superiore della pila.

Si prevede di utilizzare una coppia di ritegni sismici trasversali su ogni pila.

Le forze sismiche massime per cui sono dimensionati i ritegni sono

T sisma trasv= 1680 KN (vedi relazione di calcolo impalcato)

I muretti antisismici in c.a. dovranno essere dimensionati per resistere a tali forzanti ad una quota di progetto pari a 0.60 mt dall'estradosso della spalla

La verifica viene effettuata considerando un meccanismo resistente a taglio diretto, secondo i criteri suggeriti dalla ACI.

I ritegni sismici trasversali hanno dimensioni 0.50x1.00 mt e sono armati mediante 4x2+4x2 barre $\Phi 24$.

Il valore del coefficiente d'attrito fra due superfici in calcestruzzo viene assunto quello relativo a "getto su superfici non preparate" pari a $\mu = 0,6$

10.2.4.1 Verifica ritegni trasversali

Per la crisi lato acciaio si ha:

$$V_{rd}^s = (8+8) \cdot 452 \cdot 391 \cdot 0,6 = 1696 \text{ kN} > V_{sd} (1680 \text{ KN})$$

Per la verifica lato calcestruzzo,

$$V_{rd}^c = .2 \cdot 35 / 1.5 \cdot (500 \times 1000) = 2333 \text{ kN} > V_{sd} (1680 \text{ KN})$$

11. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (punto 10)**DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE IMPIEGATI**

Per la realizzazione delle **fondazioni**, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C28/35 che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cubica)	→	R_{ck}	= 35 MPa
Resistenza a compressione (cilindrica)	→	f_{ck}	= 28 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	15.9 MPa
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	= 2.77 MPa
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$	= 1.94 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.29 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck}$	= 16.80 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)		$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi perm. – Ferrovie)		$\sigma_c = 0.4 * f_{ck}$	= 11.2 MPa

Per la realizzazione delle **elevazioni, del paraghiaia dei baggioli e dei muretti antisismici**, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cubica)	→	R_{ck}	= 40 MPa
Resistenza a compressione (cilindrica)	→	f_{ck}	= 32 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	18.1 MPa
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	= 3.02 MPa
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$	= 2.12 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.41 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck}$	= 19.2 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)		$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 14.4 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara – Ferrovie)	→	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck}$	= 14.4 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi perm. – Ferrovie)		$\sigma_c = 0.4 * f_{ck}$	= 12.8 MPa

Calcestruzzo a prestazione garantita secondo UNI EN 206-1

- Cemento conforme alla norma EN 197-1
- Diametro massimo barre di armatura, $\Phi_{max} = 26$ mm
- Aggregati normali conformi alla norma UNI EN 12620, $D_{max} = 20$ mm
- Interferro minimo $d_{bars} = 26$ mm
- Acqua di impasto conforme alla norma EN 1008
- Additivi conformi alla norma EN 934-2

CALCESTRUZZO FONDAZIONI

Classe esposizione	Rapporto (A/C) _{max}	Slum p	Quantità minima cemento [kg/m ³]	Contenuto minimo aria	Altro
XF3	0.50	S4	340	-	Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo

CALCESTRUZZO ELEVAZIONI, BAGGIOLI, RITEGNI E MURI D'ALA

Classe esposizione	Rapporto (A/C) _{max}	Slum p	Quantità minima cemento [kg/m ³]	Contenuto minimo aria	Altro
XF3	0.45	S4	360	3.0%	Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→	$f_{yk} \geq$	450	MPa
Tensione caratteristica a rottura	→	$f_{tk} \geq$	540	MPa
Fattore di sicurezza acciaio	→	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	= 391.30	MPa

Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara) → $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara – Ferrovie) → $\sigma_c = 0.65 * f_{yk} = 292.5 \text{ MPa}$

PRESTAZIONI ATTESE – CLASSE DELLA COSTRUZIONE - VITA ESERCIZIO - MODELLI DI CALCOLO
– TOLLERANZE – DURABILITA' - PROCEDURE QUALITA' E MANUTENZIONE

Le prestazioni della struttura e la vita utile sono state definite in accordo a quanto previsto nel progetto definitivo in funzione della destinazione d'uso individuando la classe della struttura che risulta

TIPO DI COSTRUZIONE	VITA UTILE
3	100 anni

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando opportuni stati limite definiti in accordo con il progetto definitivo approvato dal committente e posto a base di gara in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita utile e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

In particolare si è verificata :

la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale e le azioni. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni.

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie le strutture non risultano cimentate in maniera più gravosa della fase finale a patto che vengano messe in opera le fasi di realizzazione come riportate sulle relazioni di calcolo e sulle tavole di cantierizzazione. Spetta alla Direzione dei Lavori in fase esecutiva far realizzare le opere secondo gli step assunti a base di calcolo pena il non rispetto delle ipotesi a base di calcolo e quindi della rispondenza delle strutture ai minime legislativi.

AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

In accordo con quanto previsto nel progetto definitivo si è assunto che le prestazioni attese in caso di azione sismica siano verificate per due eventi sismici aventi probabilità di superamento in 50 anni rispettivamente pari :

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

CLASSE	SLV
IV	10%

utilizzando come domanda sismica gli spettri elastici di cui al DM14/01/2008 con i seguenti parametri :

Tipo costruzione (Art. 2.4.1)

Tipo 1 (Vn <=10 anni)
 Tipo 2 (Vn >=50 anni)
 Tipo 3 (Vn >=100 anni)

Vita Nominale Vn (anni):

Classe d'uso (Art. 2.4.2)

Classe I
 Classe II
 Classe III
 Classe IV

Periodo di riferimento per l'azione sismica (>=35 anni): VR= Vn*Cu= 100.00*2.00= 200.00 anni

SLO	81.00
SLD	63.00
SLV	10.00
SLC	5.00

SLO	120.43
SLD	201.16
SLV	1898.24
SLC	2475.00

Posizione del sito

Comune:

Longitudine
 Latitudine

Isola:

Nodi intorno al sito

ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)
12486	9.4340	45.4170	0.4014
12485	9.3630	45.4140	5.5242
12707	9.3664	45.3640	7.6094
12708	9.4374	45.3670	5.1724

Parametri di pericolosità sismica

	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.4182	2.5652	0.2409
SLD	0.5049	2.5790	0.2611
SLV	1.0196	2.6452	0.3068
SLC	1.1056	2.6539	0.3100

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec², moltiplicarlo per 0.9806

Relazione di calcolo SPALLE E PILE NUOVO PONTE SULL'ADDA

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2)

Categoria A
 Categoria B
 Categoria C
 Categoria D
 Categoria E

Categoria topografica (Art. 3.2.2)

Categoria T1
 Categoria T2
 Categoria T3
 Categoria T4

Rapporto h/H altezza pendio: 1.00
 Coeff. amplif. topografica St: 1.00

Coeff. smorzamento (%) ξ : 5.00 => $\eta = 1.000$

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.800	0.205	0.614	1.767	0.708	2.547	1.800
SLD	1.800	0.213	0.639	1.802	0.782	2.446	1.800
SLV	1.800	0.231	0.692	2.008	1.140	2.257	1.800
SLC	1.800	0.232	0.696	2.042	1.191	2.245	1.800

Ricalcola =>

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Fattore di struttura spettro orizz. direz X1 q_{X1} : 1
 Fattore di struttura spettro orizz. direz Y1 q_{Y1} : 1
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1

Classe di duttilità

Alta (CD'A') Bassa (CD'B')

DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTO ALLE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi si farà riferimento a quanto previsto nel cap. 5 del D.M. 14/01/2008.

MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 14.01.2008 ed in particolare:

ANALISI ELASTICA LINEARE PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DERIVANTI DA CARICHI STATICI

ANALISI DINAMICA PSEUDOSTATICA PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO DOVUTE ALL'AZIONE SISMICA

ANALISI DEGLI EFFETTI DEL 2° ORDINE QUANDO SIGNIFICATIVI

VERIFICHE SEZIONALI AGLI S.L.U. PER LE SEZIONI IN C.A. UTILIZZANDO IL LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO ED IL LEGAME ELASTOPLASTICO INCRUDENTE A DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nei precedenti paragrafi

TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:

Copriferro -5 mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni ≤ 150 mm ± 5 mm

Per dimensioni =400 mm ± 15 mm

Per dimensioni ≥ 2500 mm ± 30 mm

Per i valori intermedi si ritiene valida l'interpolazione lineare.

DURABILITA'

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni , la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione, il Direttore dei Lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" DM 14.01.2008".

SOFTWARE UTILIZZATI –TIPO DI ELABORATORE

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata una analisi pseudostatica

SOFTWARE UTILIZZATO :

Software di calcolo sezioni:

SEZIONE C.A. versione 5.8.0 con licenza chiave n° 396 prodotto dalla :

Ingegneria Soft srl

Software di calcolo spalle e pile:

Spalle con licenza chiave n° 379240 prodotto dalla:

Flaccovio srl

Fogli di calcolo

Implementati mediante Microsoft Excel - algoritmi nativi dello studio

Microsoft Office XP con licenza n°QCQ3J-XX89Q-83M36-TDKKB-7M7DB prodotto dalla:

Microsoft Corporation

ELABORATORE UTILIZZATO :

MARCA	B@B PC
MODELLO	ASSEMBLATO
PROCESSORE	INTEL i7 4.99Ghz
RAM	16 GB
S.O.	WINDOWS
VERSIONE	8.1
CHIAVE REGISTRAZIONE	FV7JN-8YKYP-RFXQH-D3TW4- F6XGD02594084968369 X1904615

CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI

Come previsto dal D.M. 14.01.2008 l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

Il software è dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato

Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati. In particolare, per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al D.M. 14.01.2008.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.