

S.S. N. 9 "VIA EMILIA"
VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE
PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4683 W)	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Fabrizio Bajetti (I.T. S.r.l.)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	 Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gabriele Incechhi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
			COMPUTI Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)	CANTIERISTICA Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Giocchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
			AMBIENTE Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	SICUREZZA Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI
---	---	--	---	---

HD01

H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI
VI03 - VIADOTTO SU ROTATORIA SVINCOLO DI RACCORDO S.S. 9
 RELAZIONE TECNICA DELL'OPERA

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. COMI E 1701		NOME FILE HD01-P00VI03STRRE01_B.dwg		REVISIONE B	SCALA: -----
CODICE ELAB. P00VI03STRRE01					
D					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ING. NICOLA LIGAS	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. NICOLA LIGAS	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

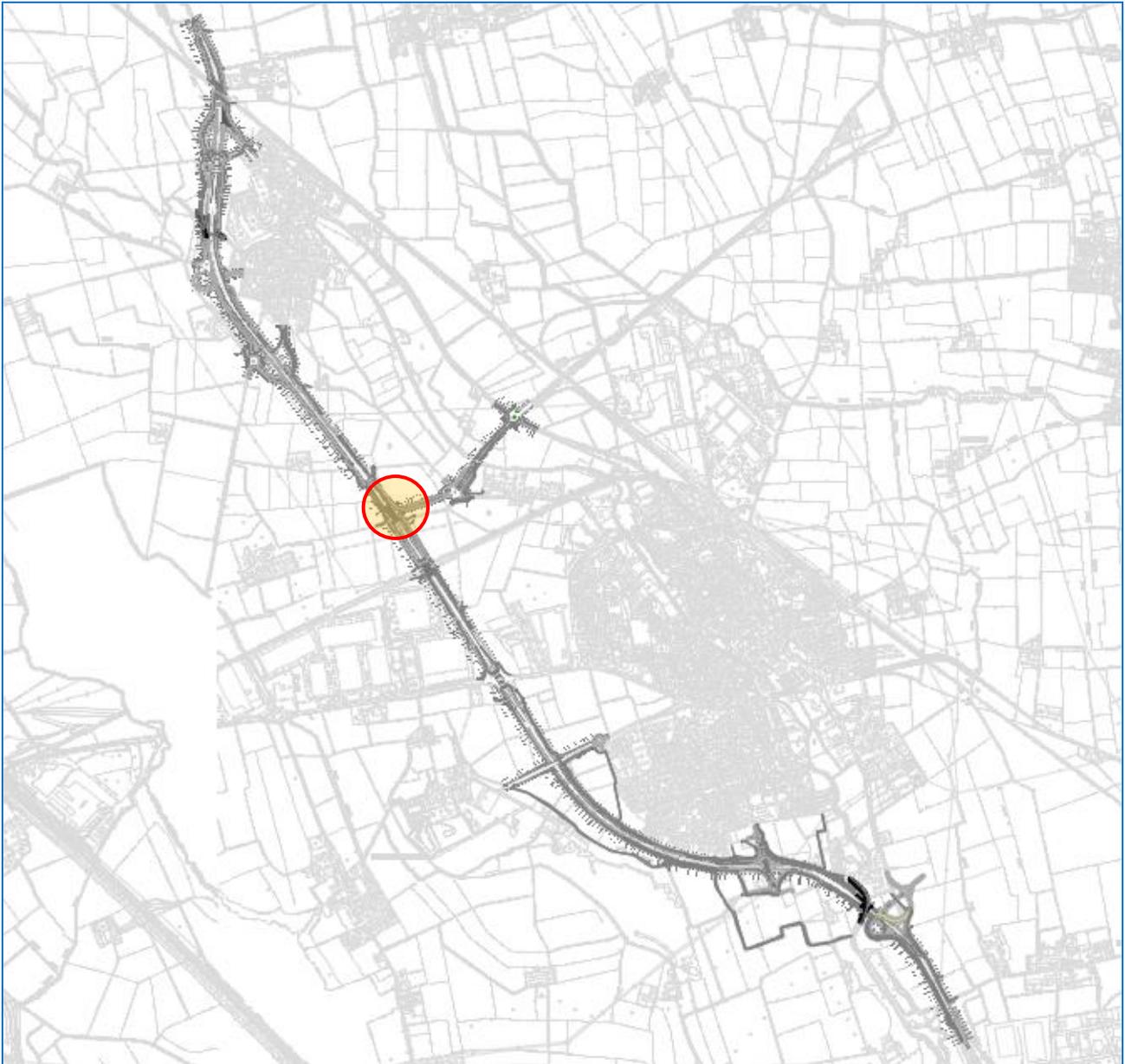
SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	UNITA' DI MISURA	3
4	MATERIALI	4
4.1	Calcestruzzo	4
4.1.1	Calcestruzzo per opere di sottofondazione	4
4.1.2	Calcestruzzo per pali di fondazione	4
4.1.3	Calcestruzzo per opere di fondazione	5
4.1.4	Calcestruzzo per opere in elevazione	5
4.2	Acciaio	6
4.2.1	Acciaio per armatura lenta	6
4.2.2	Acciaio per carpenteria metallica	6
5	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA	7
6	Le caratteristiche dell'opera	10
6.1	Il viadotto	10
6.2	Le spalle	12
6.3	Le pile	13
6.4	Dispositivi di appoggio e isolamento	14
7	SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.	15

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le caratteristiche tecniche e strutturali dell'opera VI03 Viadotto di attraversamento della rotatoria dello svincolo di raccordo alla S.S. 9 nell'ambito del progetto esecutivo "S.S. n.9 Emilia – Variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla S.P. ex S.S. N.234".

L'opera è ubicata poco prima di metà lotto come meglio chiarito nella figura sottostante tra le Pk. 3+259.611 e Pk. 3+359.611 dell'asse principale.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative Tecniche:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 14/01/2008** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Circolare 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP.** → Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2015** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Linee guida sul calcestruzzo strutturale**

3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: $\text{kN/m}^2, \text{kN/m}, \text{kN}$
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm^2
- per le accelerazioni: m/sec^2

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

4.1.2 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C25/30** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C25/30
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*R _{ck}]	11.2.10.1	f _{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[f _{ck} +8]	11.2.10.1	f _{cm}	32,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*f _{ck} /γ _c]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	14,11	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*f _{ck} ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	2,56	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*f _{ctm}]	11.2.10.2	f _{ctk}	1,79	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[f _{ctk} /1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,19	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	14,94	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	11,21	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[E _c =E _{cm}]	C4.1.2.2.5	E _c	31 447,16	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(f _{cm} /10) ^{0,3}]	11.2.10.3	E _{cm}	31 447,16	[N/mm ²]

4.1.3 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

Per le opere di fondazione (zattera) è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C28/35** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C28/35
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	35,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*Rck]	11.2.10.1	f _{ck}	29,05	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[fck+8]	11.2.10.1	f _{cm}	37,05	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*fck/γc]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	16,46	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*fck ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	2,83	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*fctm]	11.2.10.2	f _{ctk}	1,98	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[fctk/1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,32	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	17,43	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	13,07	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[Ec=Ecm]	C4.1.2.2.5	E _c	32 588,11	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(fcm/10) ^{0.3}]	11.2.10.3	E _{cm}	32 588,11	[N/mm ²]

4.1.4 CALCESTRUZZO PER OPERE IN ELEVAZIONE

Per le opere in elevazione (fusti pile, paraghiaia soletta del viadotto e baggioli di appoggio) è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C32/40** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C32/40
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	40,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*Rck]	11.2.10.1	f _{ck}	33,20	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[fck+8]	11.2.10.1	f _{cm}	41,20	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*fck/γc]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	18,81	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*fck ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	3,10	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*fctm]	11.2.10.2	f _{ctk}	2,17	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[fctk/1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,45	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	19,92	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	14,94	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[Ec=Ecm]	C4.1.2.2.5	E _c	33.642,78	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(fcm/10) ^{0.3}]	11.2.10.3	E _{cm}	33.642,78	[N/mm ²]

4.2 ACCIAIO

4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)

4.2.2 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Per la carpenteria metallica è stato previsto l'impiego di acciaio strutturale carpenteria metallica tipo S355W:

- $t \leq 40$ mm: tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k} \geq 355$ N/mm²
- 40 mm $< t \leq 80$ mm: tensione caract. di snervamento. $f_{y,k} \geq 335$ N/mm²

Per i connettori trave/soletta tipo "Nelson" è stato previsto il ricorso all'acciaio tipo S235J2+C450

- tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k} \geq 350$ N/mm²
- tensione caratteristica di rottura: $f_u \geq 450$ N/mm²

5 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica è stata effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1 – Allegato B – D.M. 14 gennaio 2008).



Considerando l'ubicazione del sito in oggetto (**Lat: 45.184986; Long: 9.625128**) ed ipotizzando una costruzione caratterizzata da:

- una vita nominale di 50 anni, ricadente in classe d'uso pari a IV (ponti di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione...);
- una categoria topografica T1;
- una categoria C per il sottosuolo;

Si hanno i seguenti valori dei **parametri spettrali**:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.0369	2.573	0.223
SLD	101	0.0449	2.541	0.256
SLV	949	0.0974	2.555	0.297
SLC	1950	0.1230	2.545	0.305

Le espressioni dello spettro elastico S_e di risposta secondo le NTC-08 sono le seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Trattandosi di struttura sismicamente isolata si assume:

- coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale: $\xi = 5 \%$

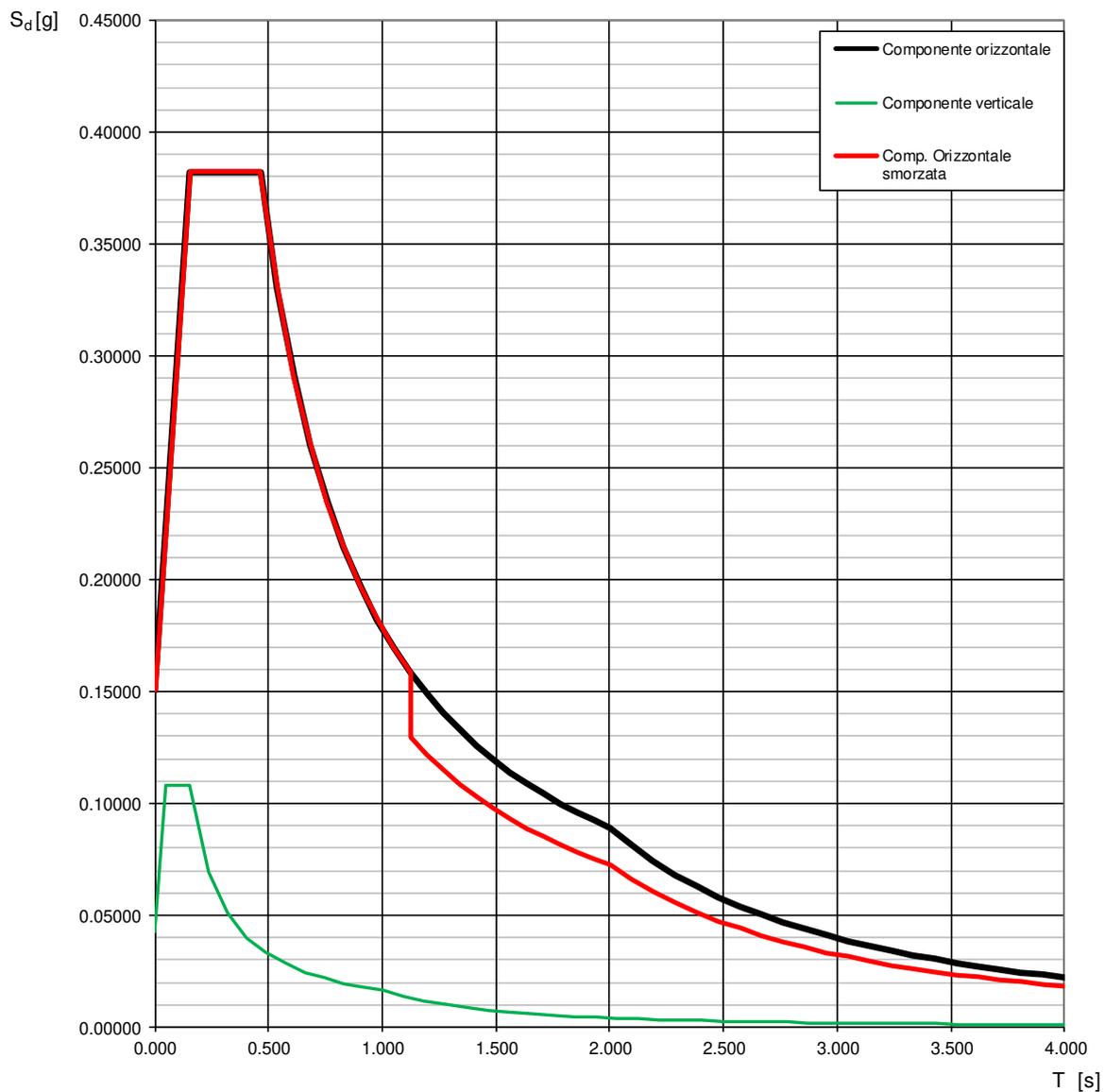
- fattore di smorzamento viscoso: $\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1$
- fattore di struttura: $q = 1$

Lo spettro elastico definito viene ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8T_{is}$, assumendo:

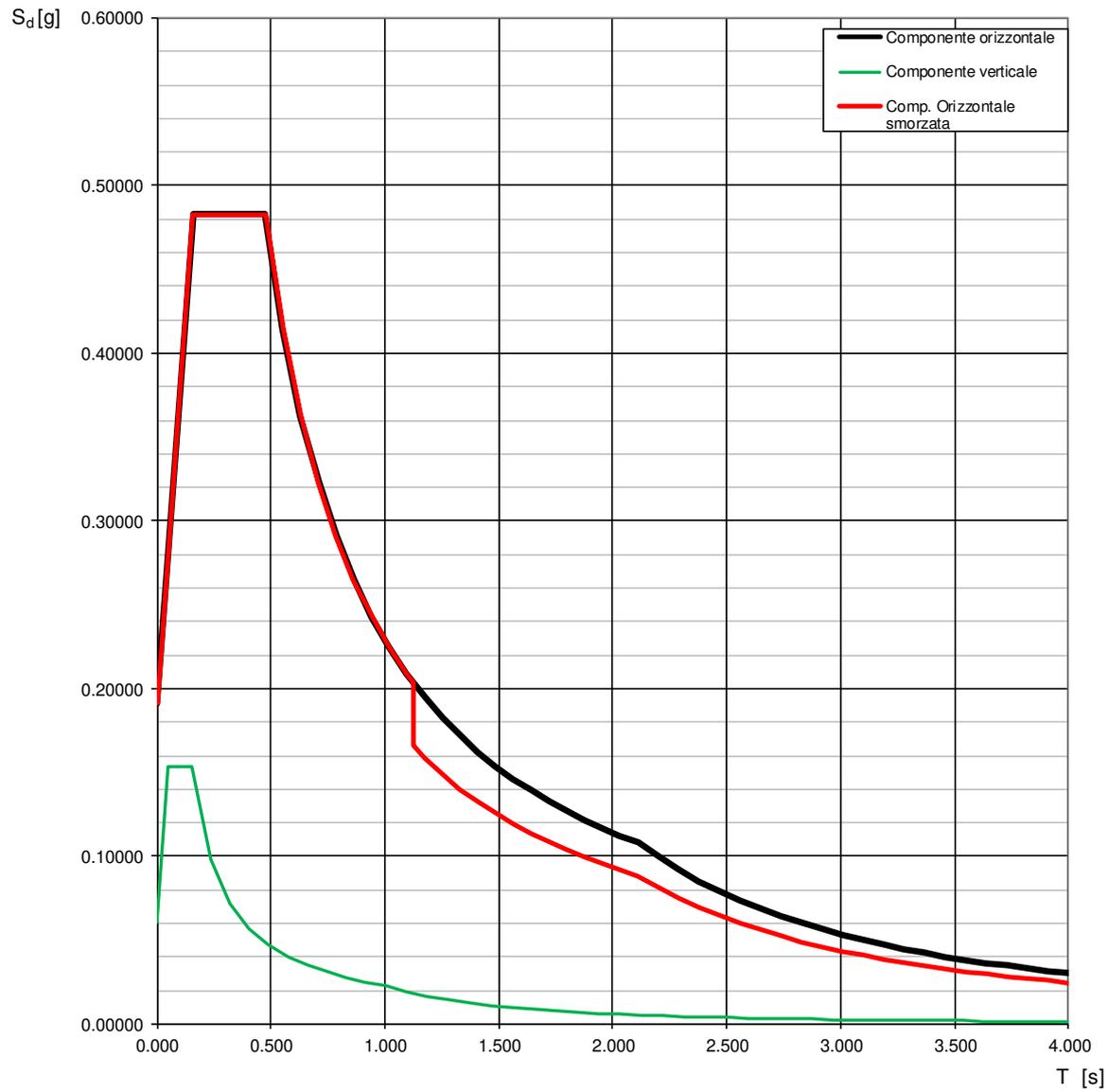
- periodo di vibrazione struttura isolata: $T_{is} = 1.404$ s
- coefficiente di smorzamento viscoso isolatori: $\xi = 10\%$
- coefficiente riduttivo $\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 10}} = 0.816$ (≥ 0.55).

Si ottengono i seguenti andamenti degli spettri. Noto il periodo (ascissa) si ricava il relativo coefficiente sismico (ordinata).

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



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



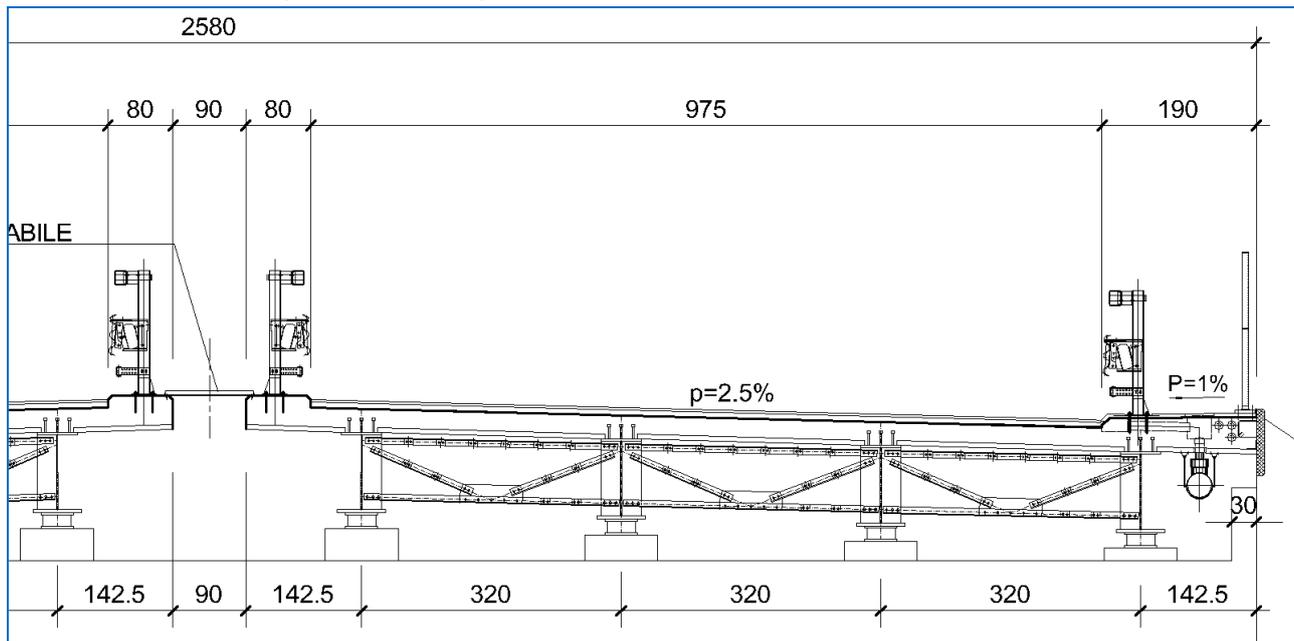
6 LE CARATTERISTICHE DELL'OPERA

6.1 IL VIADOTTO

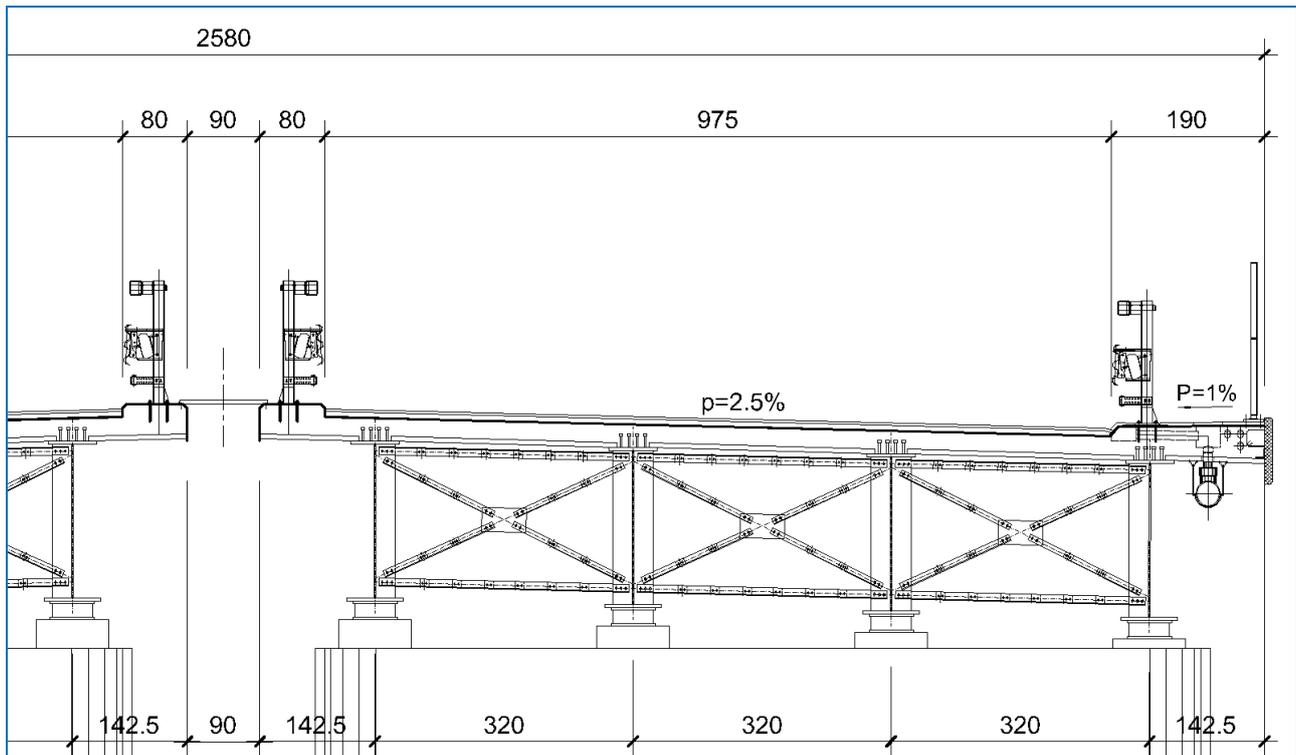
Il viadotto è stato progettato con un impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo a carreggiate separate ciascuna delle quali sorretta da n.4 travi a doppio "T" ad altezza variabile collegate fra loro da trasversi di tipo torsio-rigidi.

L'opera a tre campate è progettata con schema di trave continua e presenta luci di calcolo misurate in asse appoggio pari a 31m+38m+31m oltre i retrotravi di 80cm.

In particolare l'impalcato presenta altezze di 100cm oltre soletta alle estremità e in campata così anche da consentire agevoli passaggi sulle viabilità sottostanti con franchi sempre abbondantemente superiori ai 5,0m prescritti dalla norma.



Sulle pile dove è massimo il momento negativo e le piattabande inferiori, non vincolate, lavorano in compressione



Sul lato interno l'impalcato prevede dei cordoli da 80cm sul quale è alloggiata la barriera bordo ponte. Sul lato esterno il cordolo è invece più ampio e di larghezza pari a 190cm il quale ospita sia la barriera bordo ponte tipo H3BP ANAS che una rete anti-proiezione nonché un camminamento per gli addetti alla manutenzione. Tali cordoli proseguono sulle spalle.

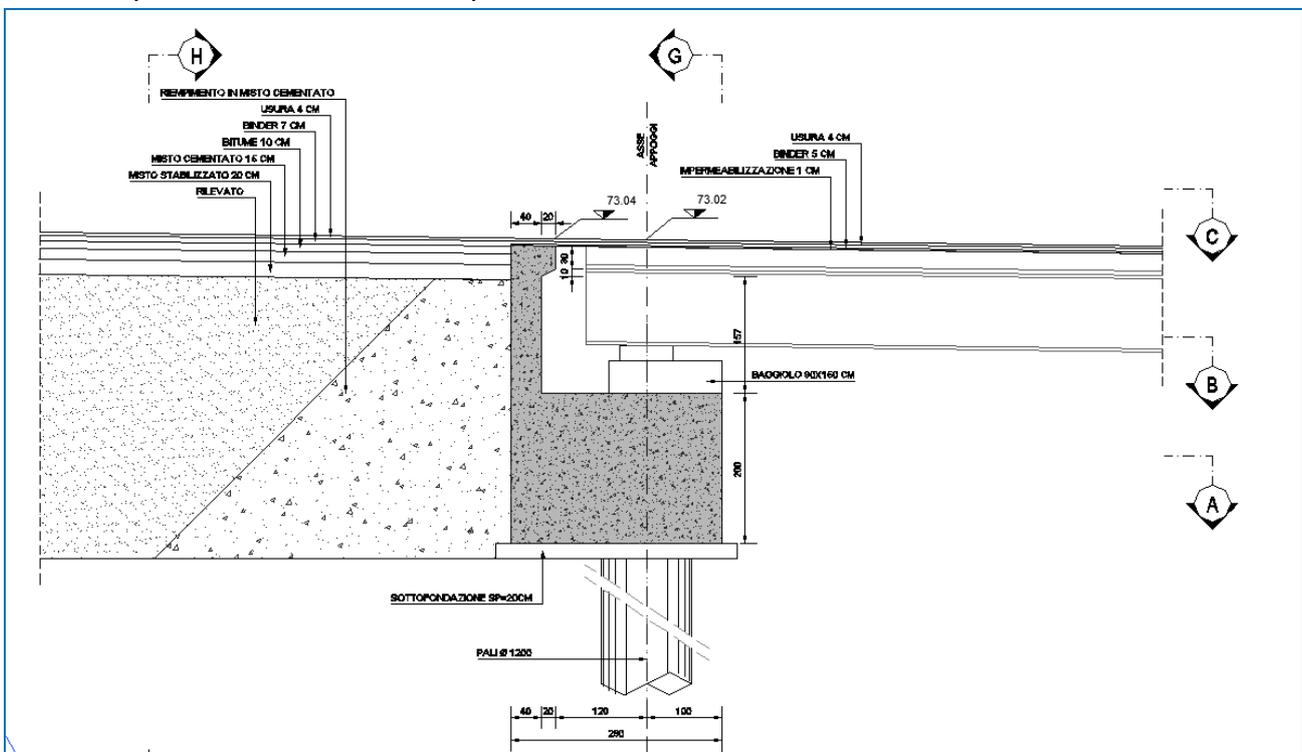
6.2 LE SPALLE

Le spalle sono state progettate come spalle a "cuscino", fondate su di un'unica fila di pali di grande diametro Ø1200. I piani di imposta delle pile sono previsti in sommità al rilevato stradale così da minimizzare le azioni di spinta e le azioni sismiche su queste strutture nonché al fine di contenere i costi dell'opera.

Per la realizzazione dei pali è stato previsto il ricorso ad apposita tecnologia. In particolare si prevede di realizzare pali con morsa con pareti degli scavi sostenuti da apposito tubo-forma.

Da quota intradosso spalle su rilevato a quota -2,0m circa dal piano campagna è stata prevista inoltre l'infissione di un apposito lamierino volto a eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio) e soprattutto ad eliminare azioni sui pali legate al cedimento dei rilevati (attrito negativo).

I baggioli sono stati progettati di dimensioni più elevate rispetto allo stretto necessario e sono stati prolungati sino al paramento esterno del cordolo per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

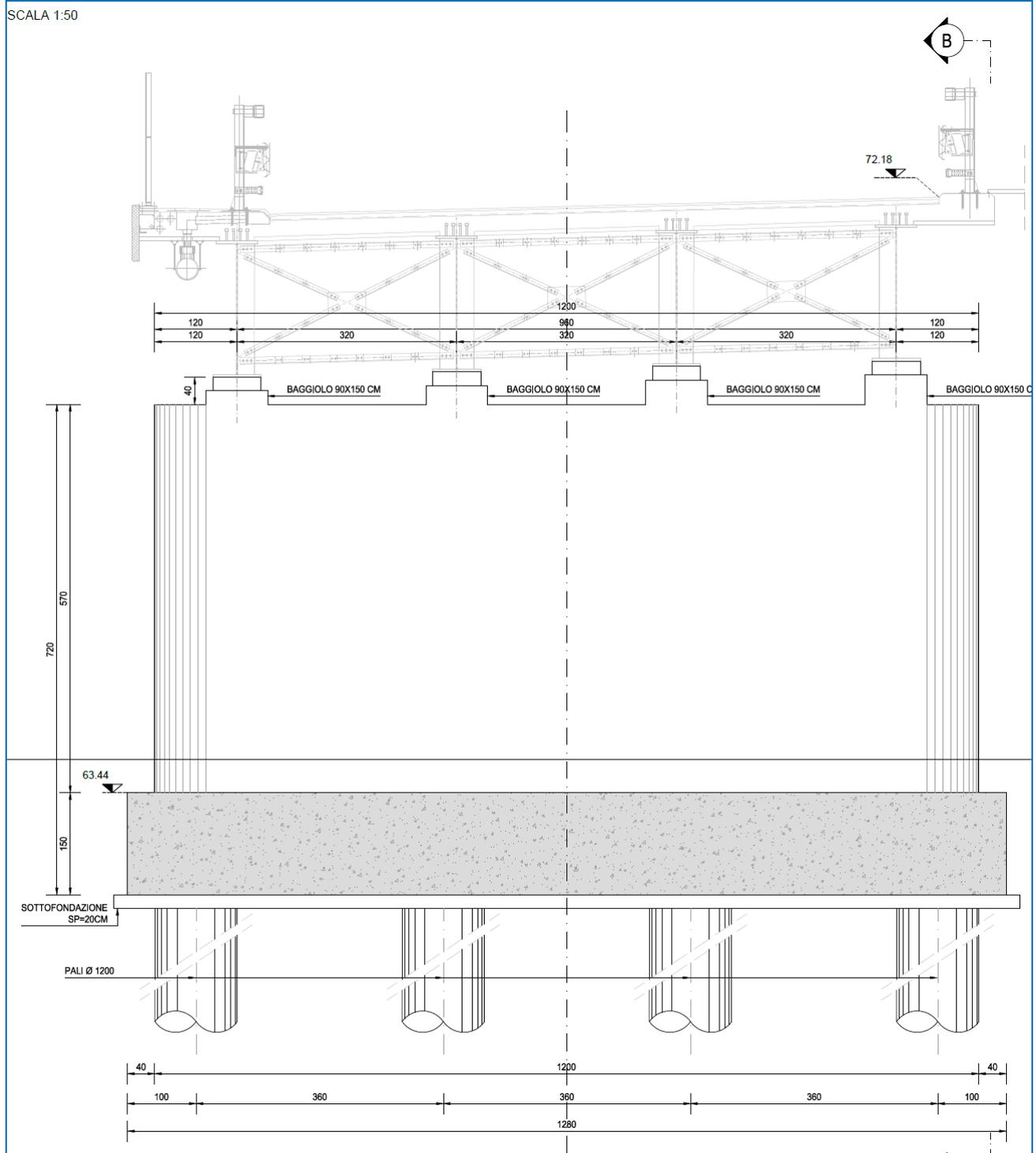


Un apposito cuneo in misto cementato a tergo della spalla assicura l'assorbimento dei cedimenti differenziali tra l'opera flessibile in terra e quella rigida fondata su pali profondi.

6.3 LE PILE

Le pile, ubicate nell'anello centrale della rotatoria di progetto, sono state progettate come veri e propri setti di spessore pari a 150cm fondate su apposita zattera di fondazione. Lateralmente è previsto un raccordo semi-circolare.

L'opera è fondata profondamente su pali del Ø1200 (8 per sottostruttura) realizzati con tubo-forma.



I baggioli sono stati progettati a tutta larghezza (150cm) per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

Tra quota estradosso pila e quota intradosso travi è comunque stato fissato uno spazio minimo (baggiolo + apparecchio di isolamento) pari a 40cm.

6.4 DISPOSITIVI DI APPOGGIO E ISOLAMENTO

Alla sommità delle pile e spalle sono disposti apparecchi di appoggio antisismici costituiti da isolatori elastomerici armati, costituiti da strati alternati di lamiere di acciaio ed elastomero, collegati mediante vulcanizzazione.

Gli isolatori sono caratterizzati da una elevata rigidità verticale, una ridotta rigidità orizzontale e una modesta capacità dissipativa; queste caratteristiche consentono, rispettivamente, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, di contenere gli spostamenti sismici orizzontali dell'impalcato e aumentare i periodi di vibrazione dell'impalcato in modo da limitare le forze dinamiche orizzontali trasmesse dall'impalcato alle pile/spalle.

Le caratteristiche di progetto degli isolatori sono riportate nella seguente tabella

Caratteristiche di progetto isolatore		SPALLE	PILE	
Diametro elastomero	$\varnothing g =$	300	450	mm
Spessore totale elastomero	$te =$	76	78	mm
Altezza totale escluse piastre di ancoraggio	$h =$	152	154	mm
Altezza totale comprese piastre di ancoraggio	$H =$	202	204	mm
Lato piastre di ancoraggio	$Z =$	350	500	mm
Modulo di elasticità tang. dinamico elastomero ($\gamma = d/te = 1$)	$G(din) =$	1.4	1.4	N/mm ²
Deformazione massima statica di progetto SLU/SLD ($d/te \leq 1$)	$du =$	76	78	mm
Deformazione massima sismica di progetto SLC ($d/te \leq 2$)	$dc =$	152	156	mm
Rigidità orizzontale equivalente ($\gamma = d/te = 1$)	$Ke =$	1.30	2.85	kN/mm
Rigidità verticale	$Kv =$	768	1794	kN/mm

7 SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.

STUDIO CORONA S.r.l.

ECOPLAN S.r.l.

I.T. S.r.l.

E&G S.r.l.

CONSORZIO UNING

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

SETAC S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE

DOTT. DANILO GALLO

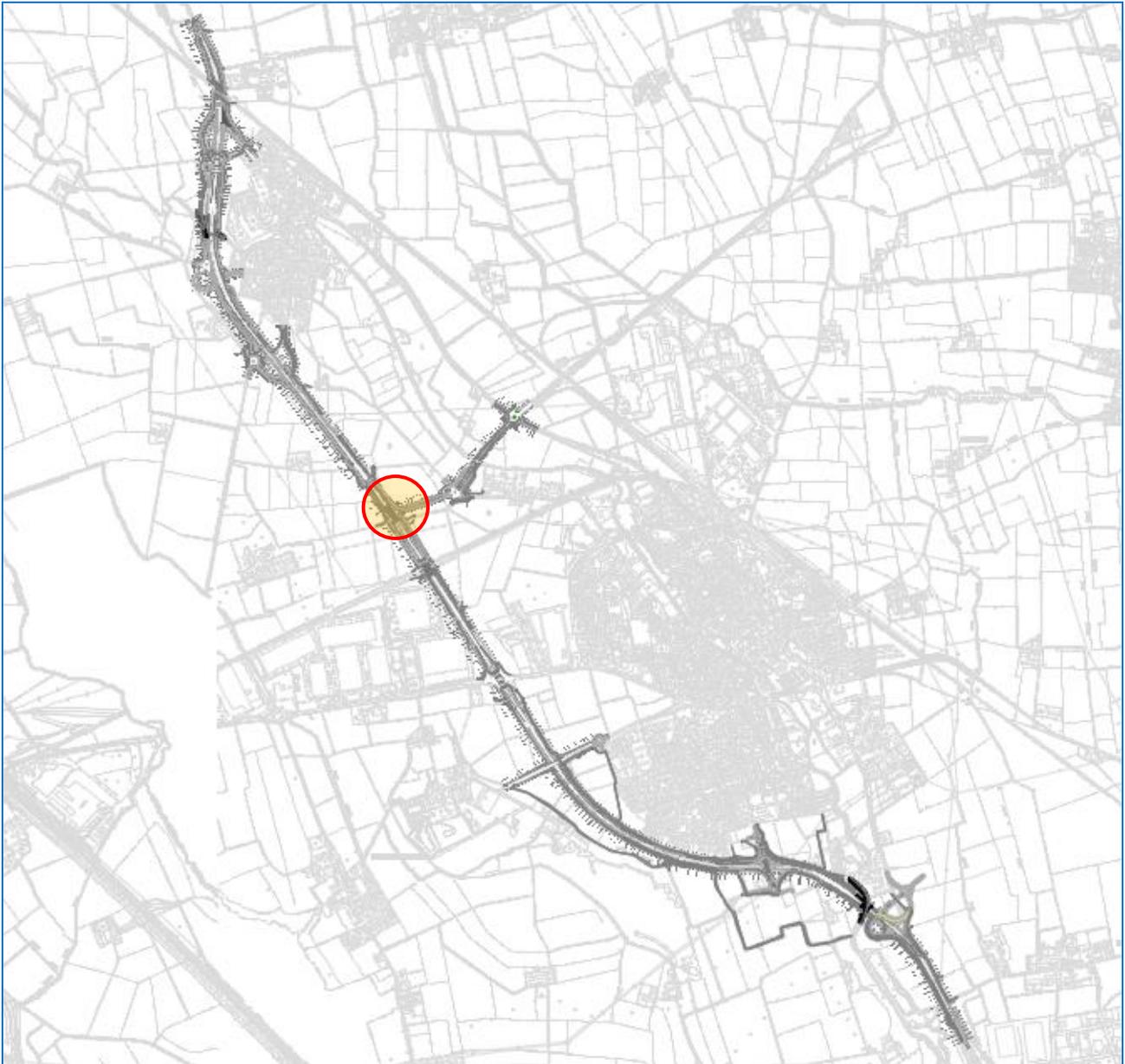
SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	UNITA' DI MISURA	3
4	MATERIALI	4
4.1	Calcestruzzo	4
4.1.1	Calcestruzzo per opere di sottofondazione	4
4.1.2	Calcestruzzo per pali di fondazione	4
4.1.3	Calcestruzzo per opere di fondazione	5
4.1.4	Calcestruzzo per opere in elevazione	5
4.2	Acciaio	6
4.2.1	Acciaio per armatura lenta	6
4.2.2	Acciaio per carpenteria metallica	6
5	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA	7
6	Le caratteristiche dell'opera	10
6.1	Il viadotto	10
6.2	Le spalle	12
6.3	Le pile	13
6.4	Dispositivi di appoggio e isolamento	14
7	SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.	15

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le caratteristiche tecniche e strutturali dell'opera VI03 Viadotto di attraversamento della rotatoria dello svincolo di raccordo alla S.S. 9 nell'ambito del progetto esecutivo "S.S. n.9 Emilia – Variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla S.P. ex S.S. N.234".

L'opera è ubicata poco prima di metà lotto come meglio chiarito nella figura sottostante tra le Pk. 3+259.611 e Pk. 3+359.611 dell'asse principale.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative Tecniche:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 14/01/2008** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Circolare 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP.** → Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2015** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Linee guida sul calcestruzzo strutturale**

3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: $\text{kN/m}^2, \text{kN/m}, \text{kN}$
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm^2
- per le accelerazioni: m/sec^2

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

4.1.2 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C25/30** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C25/30
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*R _{ck}]	11.2.10.1	f _{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[f _{ck} +8]	11.2.10.1	f _{cm}	32,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*f _{ck} /γ _c]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	14,11	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*f _{ck} ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	2,56	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*f _{ctm}]	11.2.10.2	f _{ctk}	1,79	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[f _{ctk} /1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,19	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	14,94	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	11,21	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[E _c =E _{cm}]	C4.1.2.2.5	E _c	31 447,16	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(f _{cm} /10) ^{0,3}]	11.2.10.3	E _{cm}	31 447,16	[N/mm ²]

4.1.3 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

Per le opere di fondazione (zattera) è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C28/35** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C28/35
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	35,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*Rck]	11.2.10.1	f _{ck}	29,05	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[fck+8]	11.2.10.1	f _{cm}	37,05	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*fck/Yc]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	16,46	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*fck ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	2,83	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*fctm]	11.2.10.2	f _{ctk}	1,98	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[fctk/1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,32	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	17,43	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	13,07	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[Ec=Ecm]	C4.1.2.2.5	E _c	32 588,11	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(fcm/10) ^{0.3}]	11.2.10.3	E _{cm}	32 588,11	[N/mm ²]

4.1.4 CALCESTRUZZO PER OPERE IN ELEVAZIONE

Per le opere in elevazione (fusti pile, paraghiaia soletta del viadotto e baggioli di appoggio) è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C32/40** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	FOGLIO DI CALCOLO NUMERO:	CA-07 --> REV 02			
	TITOLO:	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO			
	VERSIONE:	REVISIONE N.02 DEL 06/10/2017			
	REALIZZATO DA:	ING. NICOLA LIGAS			
	VERIFICATO DA:	ING. VALERIO BAJETTI			
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008					
CLASSE DI RESISTENZA					C32/40
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	40,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*Rck]	11.2.10.1	f _{ck}	33,20	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[fck+8]	11.2.10.1	f _{cm}	41,20	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*fck/Yc]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	18,81	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*fck ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	3,10	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*fctm]	11.2.10.2	f _{ctk}	2,17	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[fctk/1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,45	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	19,92	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*fck]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	14,94	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[Ec=Ecm]	C4.1.2.2.5	E _c	33.642,78	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(fcm/10) ^{0.3}]	11.2.10.3	E _{cm}	33.642,78	[N/mm ²]

4.2 ACCIAIO

4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)

4.2.2 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Per la carpenteria metallica è stato previsto l'impiego di acciaio strutturale carpenteria metallica tipo S355W:

- $t \leq 40$ mm: tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k} \geq 355$ N/mm²
- 40 mm $< t \leq 80$ mm: tensione caract. di snervamento. $f_{y,k} \geq 335$ N/mm²

Per i connettori trave/soletta tipo "Nelson" è stato previsto il ricorso all'acciaio tipo S235J2+C450

- tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k} \geq 350$ N/mm²
- tensione caratteristica di rottura: $f_u \geq 450$ N/mm²

5 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica è stata effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1 – Allegato B – D.M. 14 gennaio 2008).



Considerando l'ubicazione del sito in oggetto (**Lat: 45.184986; Long: 9.625128**) ed ipotizzando una costruzione caratterizzata da:

- una vita nominale di 50 anni, ricadente in classe d'uso pari a IV (ponti di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione...);
- una categoria topografica T1;
- una categoria C per il sottosuolo;

Si hanno i seguenti valori dei **parametri spettrali**:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.0369	2.573	0.223
SLD	101	0.0449	2.541	0.256
SLV	949	0.0974	2.555	0.297
SLC	1950	0.1230	2.545	0.305

Le espressioni dello spettro elastico S_e di risposta secondo le NTC-08 sono le seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Trattandosi di struttura sismicamente isolata si assume:

- coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale: $\xi = 5 \%$

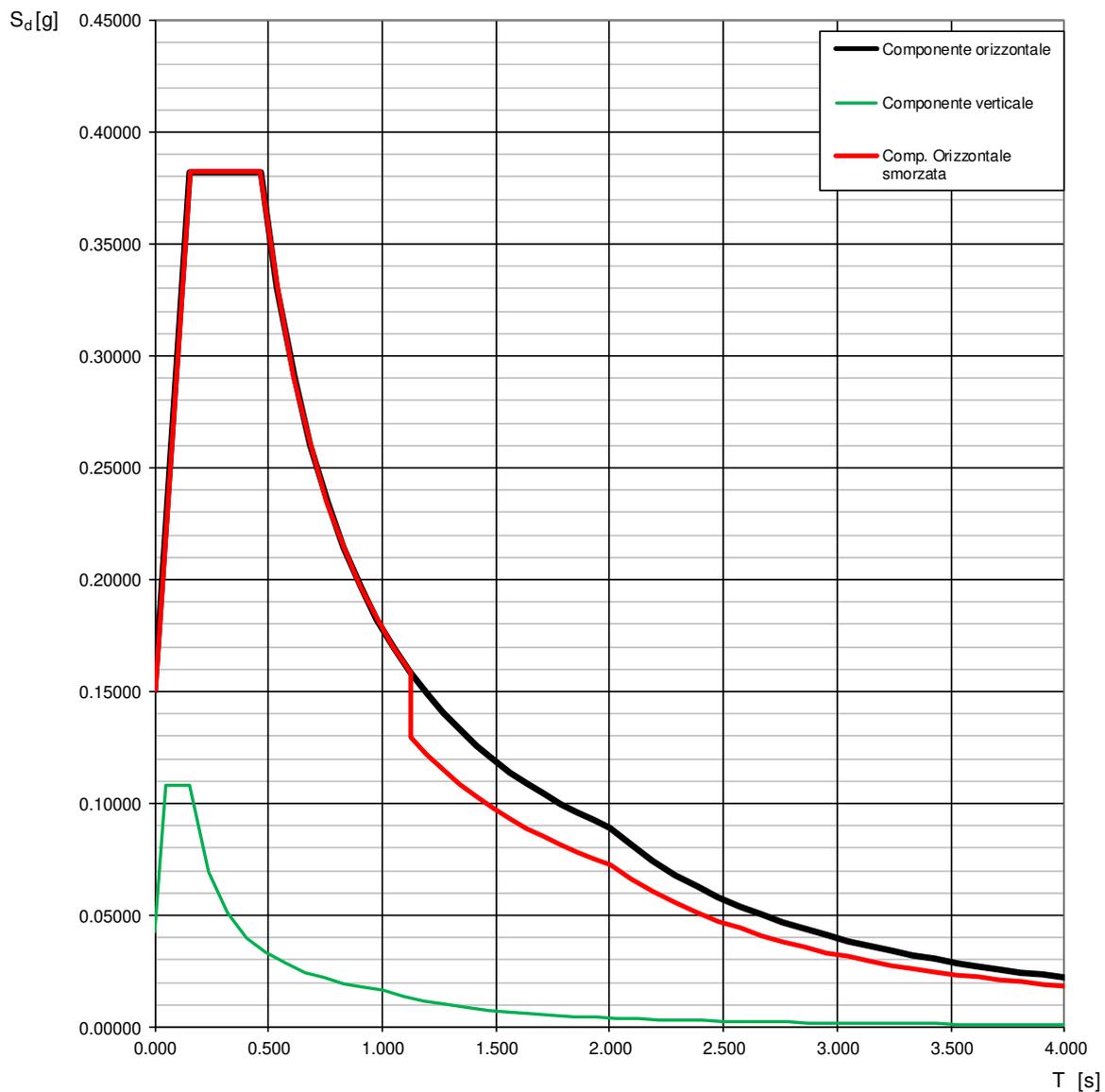
- fattore di smorzamento viscoso: $\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1$
- fattore di struttura: $q = 1$

Lo spettro elastico definito viene ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8T_{is}$, assumendo:

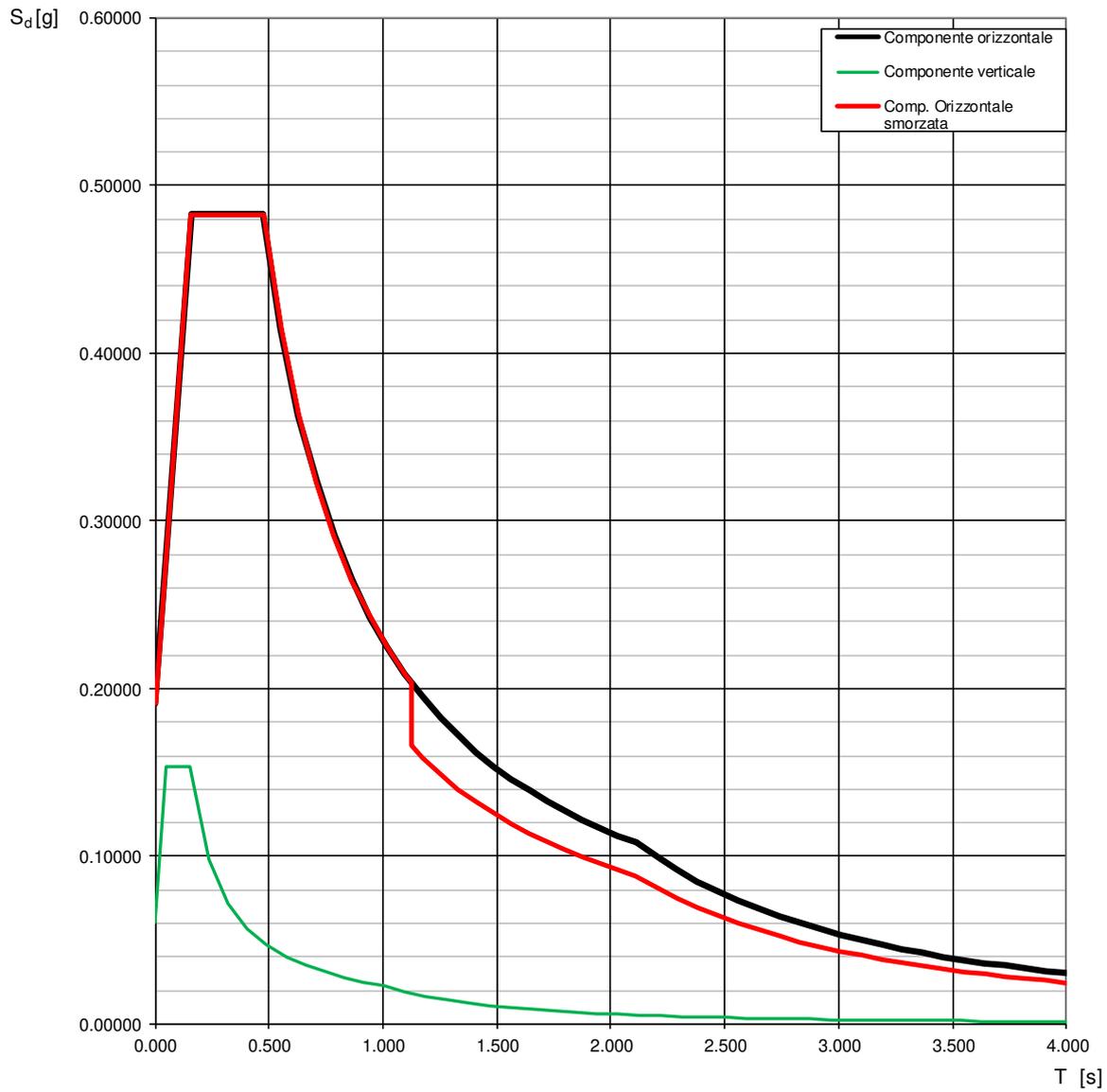
- periodo di vibrazione struttura isolata: $T_{is} = 1.404$ s
- coefficiente di smorzamento viscoso isolatori: $\xi = 10\%$
- coefficiente riduttivo $\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 10}} = 0.816$ (≥ 0.55).

Si ottengono i seguenti andamenti degli spettri. Noto il periodo (ascissa) si ricava il relativo coefficiente sismico (ordinata).

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



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



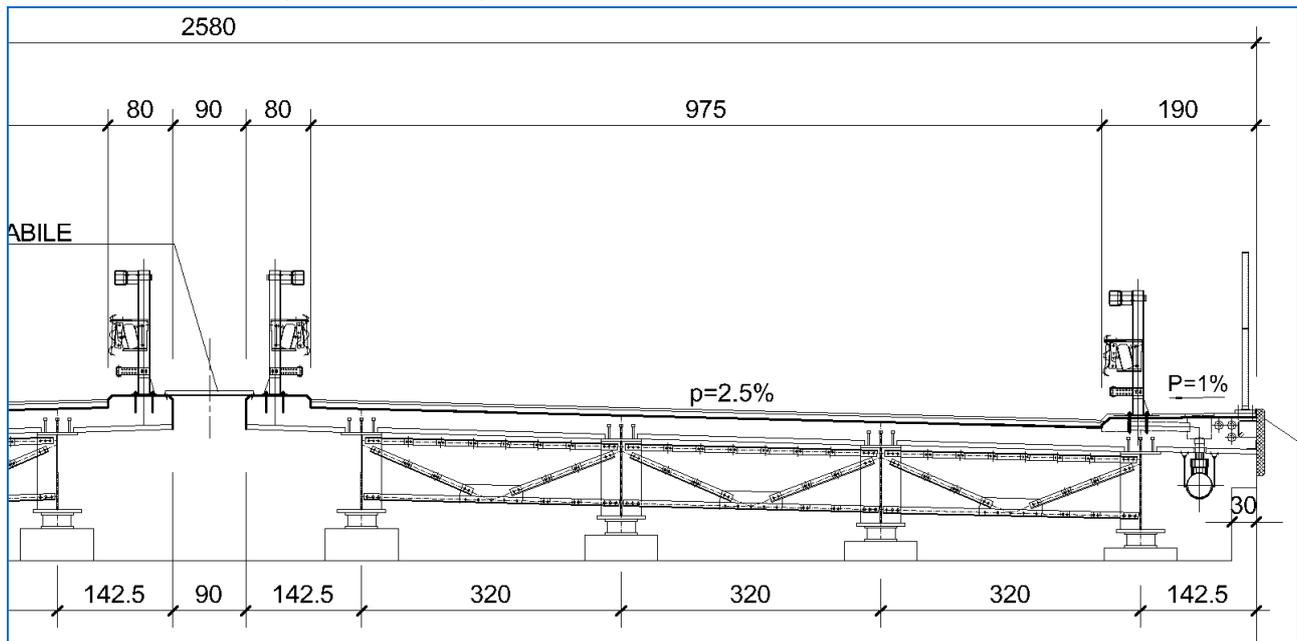
6 LE CARATTERISTICHE DELL'OPERA

6.1 IL VIADOTTO

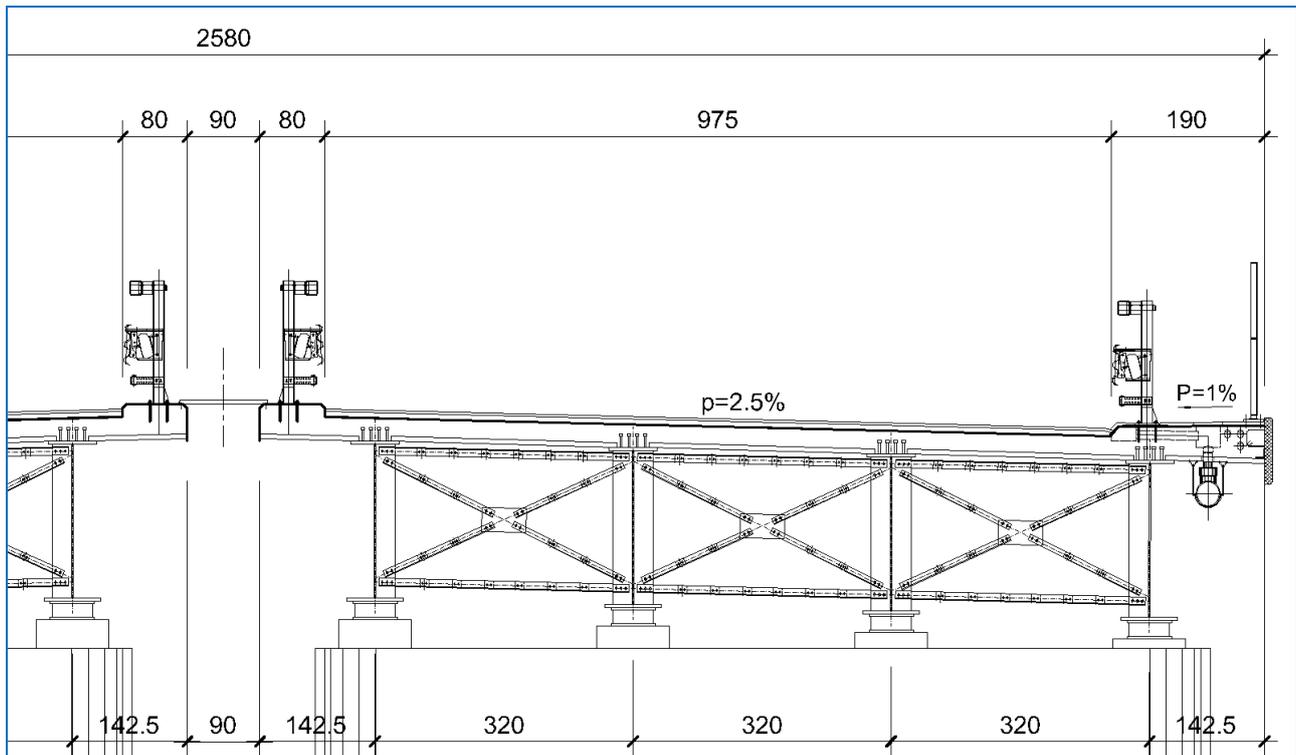
Il viadotto è stato progettato con un impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo a carreggiate separate ciascuna delle quali sorretta da n.4 travi a doppio "T" ad altezza variabile collegate fra loro da trasversi di tipo torsio-rigidi.

L'opera a tre campate è progettata con schema di trave continua e presenta luci di calcolo misurate in asse appoggio pari a 31m+38m+31m oltre i retrotravi di 80cm.

In particolare l'impalcato presenta altezze di 100cm oltre soletta alle estremità e in campata così anche da consentire agevoli passaggi sulle viabilità sottostanti con franchi sempre abbondantemente superiori ai 5,0m prescritti dalla norma.



Sulle pile dove è massimo il momento negativo e le piattabande inferiori, non vincolate, lavorano in compressione



Sul lato interno l'impalcato prevede dei cordoli da 80cm sul quale è alloggiata la barriera bordo ponte. Sul lato esterno il cordolo è invece più ampio e di larghezza pari a 190cm il quale ospita sia la barriera bordo ponte tipo H3BP ANAS che una rete anti-proiezione nonché un camminamento per gli addetti alla manutenzione. Tali cordoli proseguono sulle spalle.

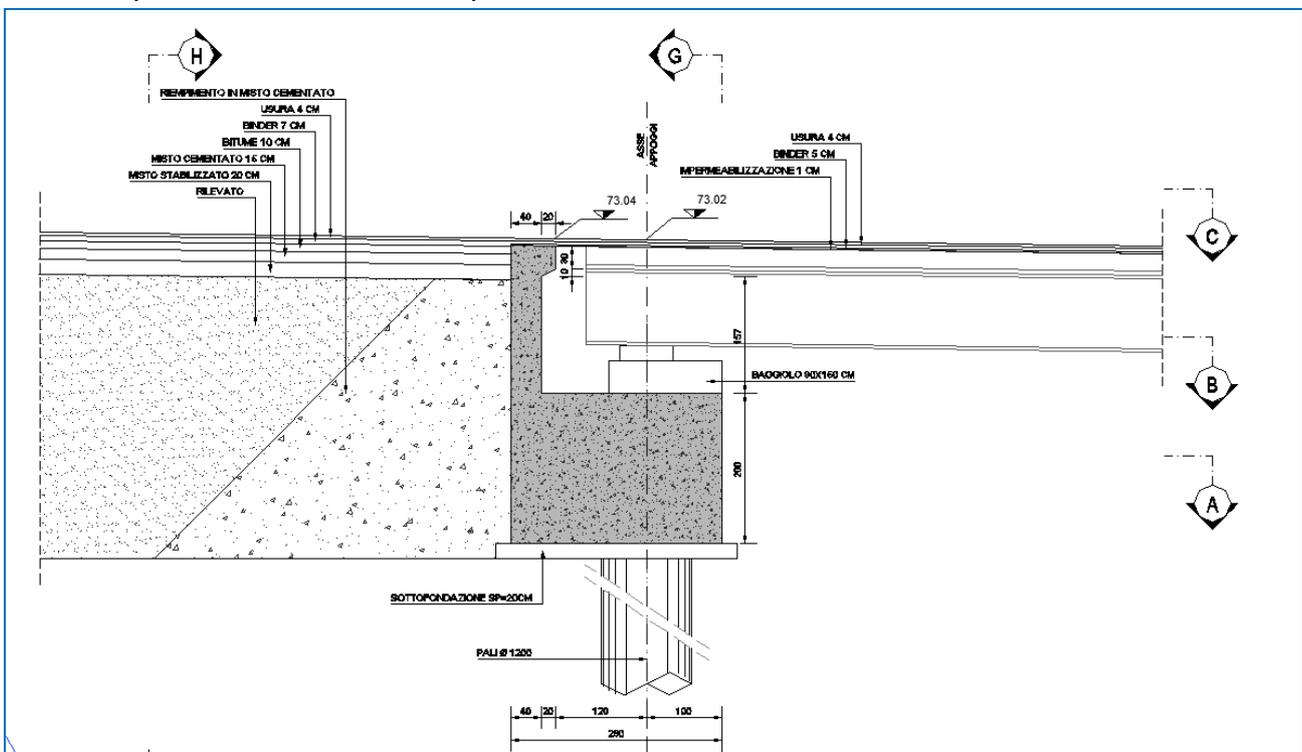
6.2 LE SPALLE

Le spalle sono state progettate come spalle a "cuscino", fondate su di un'unica fila di pali di grande diametro Ø1200. I piani di imposta delle pile sono previsti in sommità al rilevato stradale così da minimizzare le azioni di spinta e le azioni sismiche su queste strutture nonché al fine di contenere i costi dell'opera.

Per la realizzazione dei pali è stato previsto il ricorso ad apposita tecnologia. In particolare si prevede di realizzare pali con morsa con pareti degli scavi sostenuti da apposito tubo-forma.

Da quota intradosso spalle su rilevato a quota -2,0m circa dal piano campagna è stata prevista inoltre l'infissione di un apposito lamierino volto a eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio) e soprattutto ad eliminare azioni sui pali legate al cedimento dei rilevati (attrito negativo).

I baggioli sono stati progettati di dimensioni più elevate rispetto allo stretto necessario e sono stati prolungati sino al paramento esterno del cordolo per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

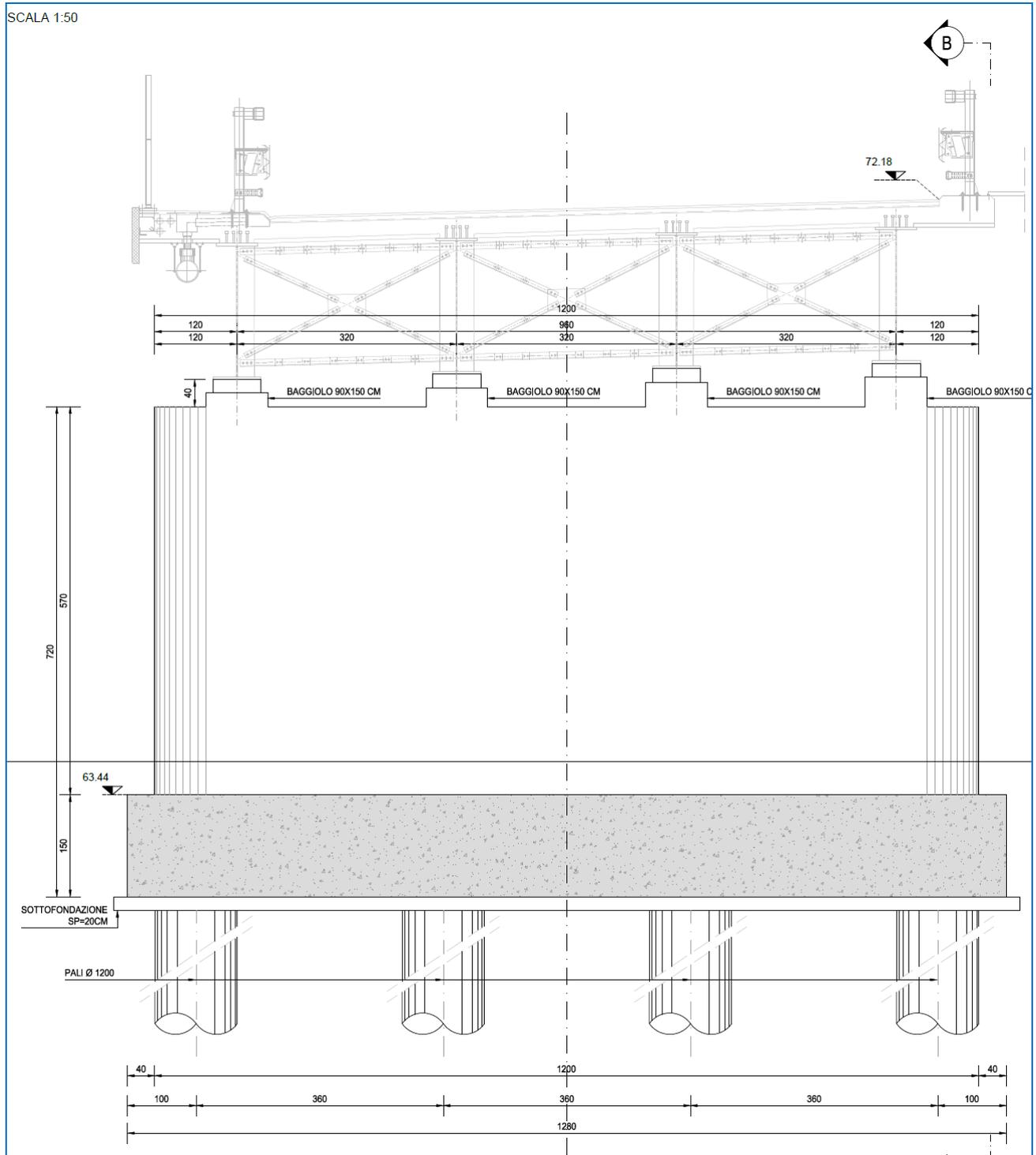


Un apposito cuneo in misto cementato a tergo della spalla assicura l'assorbimento dei cedimenti differenziali tra l'opera flessibile in terra e quella rigida fondata su pali profondi.

6.3 LE PILE

Le pile, ubicate nell'anello centrale della rotatoria di progetto, sono state progettate come veri e propri setti di spessore pari a 150cm fondate su apposita zattera di fondazione. Lateralmente è previsto un raccordo semi-circolare.

L'opera è fondata profondamente su pali del Ø1200 (8 per sottostruttura) realizzati con tubo-forma.



I baggioli sono stati progettati a tutta larghezza (150cm) per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

Tra quota estradosso pila e quota intradosso travi è comunque stato fissato uno spazio minimo (baggio + apparecchio di isolamento) pari a 40cm.

6.4 DISPOSITIVI DI APPOGGIO E ISOLAMENTO

Alla sommità delle pile e spalle sono disposti apparecchi di appoggio antisismici costituiti da isolatori elastomerici armati, costituiti da strati alternati di lamiere di acciaio ed elastomero, collegati mediante vulcanizzazione.

Gli isolatori sono caratterizzati da una elevata rigidità verticale, una ridotta rigidità orizzontale e una modesta capacità dissipativa; queste caratteristiche consentono, rispettivamente, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, di contenere gli spostamenti sismici orizzontali dell'impalcato e aumentare i periodi di vibrazione dell'impalcato in modo da limitare le forze dinamiche orizzontali trasmesse dall'impalcato alle pile/spalle.

Le caratteristiche di progetto degli isolatori sono riportate nella seguente tabella

Caratteristiche di progetto isolatore		SPALLE	PILE	
Diametro elastomero	$\varnothing g =$	300	450	mm
Spessore totale elastomero	$te =$	76	78	mm
Altezza totale escluse piastre di ancoraggio	$h =$	152	154	mm
Altezza totale comprese piastre di ancoraggio	$H =$	202	204	mm
Lato piastre di ancoraggio	$Z =$	350	500	mm
Modulo di elasticità tang. dinamico elastomero ($\gamma = d/te = 1$)	$G(din) =$	1.4	1.4	N/mm ²
Deformazione massima statica di progetto SLU/SLD ($d/te \leq 1$)	$du =$	76	78	mm
Deformazione massima sismica di progetto SLC ($d/te \leq 2$)	$dc =$	152	156	mm
Rigidità orizzontale equivalente ($\gamma = d/te = 1$)	$Ke =$	1.30	2.85	kN/mm
Rigidità verticale	$Kv =$	768	1794	kN/mm

7 SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.

STUDIO CORONA S.r.l.

ECOPLAN S.r.l.

I.T. S.r.l.

E&G S.r.l.

CONSORZIO UNING

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

SETAC S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE

DOTT. DANILO GALLO
