

**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 <small>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)</small>	<b>ING. RENATO DEL PRETE</b>  Ing. Renato Del Prete <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</small>	<b>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</b>  Dott. Geol. Danilo Gallo <small>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</small>	<b>INTEGRAZIONE PRESTAZIONI</b>	<b>PROGETTISTA</b>
			Ing. Renato Del Prete	Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
			<b>PROGETTAZIONE STRADALE</b>	<b>PROGETTAZIONE IDRAULICA</b>
 Ing. Valerio Bajetti <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</small>	<b>SETAC Srl</b> Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni  Prof. Ing. Luigi Monterisi <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</small>	 E&G Engineering & Graphics S.r.l.  Ing. Gabriele Incecchi <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</small>	<b>PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI</b>	<b>PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI</b>
			Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
			<b>COMPUTI</b>	<b>CANTIERISTICA</b>
 Prof. Ing. Matteo Ranieri <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</small>	<b>ECOPLAN</b> <small>Società di Ingegneria e Architettura</small>  Arch. Nicoletta Frattini <small>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</small>	<b>ARKE'</b> INGEGNERIA s.r.l. <small>Via Impugnazione Proponenza 4 - 70126 Bari</small>  Ing. Gioacchino Angarano <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</small>	<b>GEOLOGIA</b>	<b>GEOTECNICA</b>
			Dott. Danilo Gallo	Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
			<b>AMBIENTE</b>	<b>SICUREZZA</b>
Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)			

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

**HH01**

**H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI**

**PO04 - PONTE SUL BREMBIOLO - ASSE 43**

**RELAZIONE TECNICA DELL'OPERA**

<b>CODICE PROGETTO</b> PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG. <b>COMI</b> <b>E</b> <b>1701</b>			<b>NOME FILE</b> HH01-S43PO04STRRE01_B.dwg		<b>REVISIONE</b> <b>B</b>	<b>SCALA:</b> -----
<b>CODICE ELAB.</b>			<b>S 4 3 P O 0 4 S T R R E 0 1</b>		<b>B</b>	-----

<b>D</b>					
<b>C</b>					
<b>B</b>	REVISIONE PER ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ING. NICOLA LIGAS	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
<b>A</b>	EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. NICOLA LIGAS	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
<b>REV.</b>	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

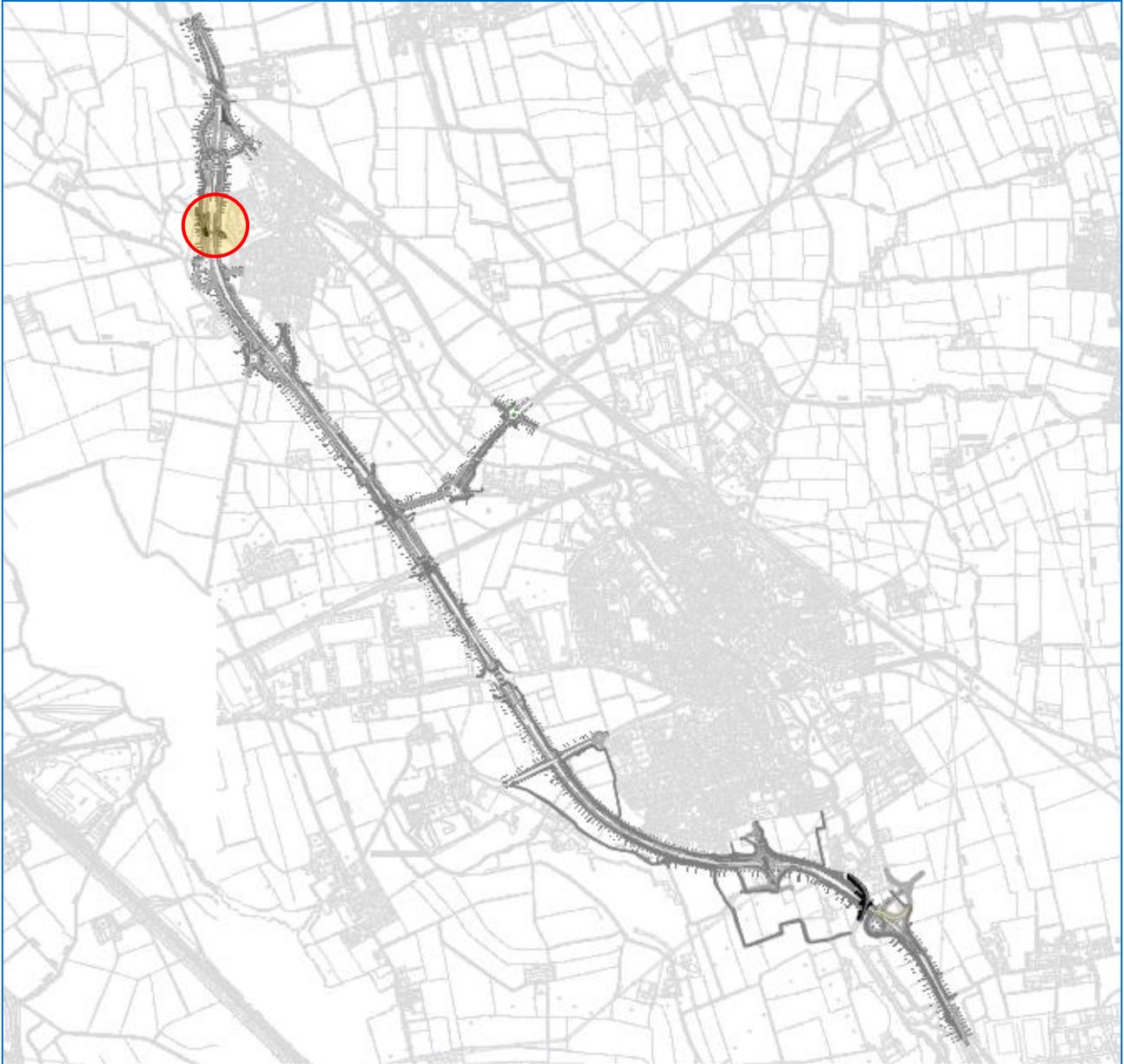
## SOMMARIO

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 .....	11
6.1	Il viadotto .....	11
6.2	Le spalle .....	12
6.3	Dispositivi di appoggio e isolamento .....	13
7	LA PROTEZIONE DELL'ALVEO E DELLE SPALLE .....	14
8	LA SEQUENZA OPERATIVA .....	15
9	SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P. ....	16

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta le caratteristiche tecniche e strutturali dell'opera PO04 Ponte di attraversamento del Brembiolo lungo l'asse 43 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 lato fine intervento (lato sud).



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

## 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			
<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008</b>					
<b>CLASSE DI RESISTENZA</b>					C25/30
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R <sub>ck</sub>	<b>30,00</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*R <sub>ck</sub> ]	11.2.10.1	f <sub>ck</sub>	<b>24,90</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[f <sub>ck</sub> +8]	11.2.10.1	f <sub>cm</sub>	<b>32,90</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione	[acc*f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> ]	4.1.2.1.1.1	f <sub>cd</sub>	<b>14,11</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione	[0,30*f <sub>ck</sub> <sup>2/3</sup> ]	11.2.10.2	f <sub>ctm</sub>	<b>2,56</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*f <sub>ctm</sub> ]	11.2.10.2	f <sub>ctk</sub>	<b>1,79</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione	[f <sub>ctk</sub> /1,5]	4.1.2.1.1.2	f <sub>ctd</sub>	<b>1,19</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>14,94</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>11,21</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	[E <sub>c</sub> =E <sub>cm</sub> ]	C4.1.2.2.5	E <sub>c</sub>	<b>31 447,16</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	[22.000*(f <sub>cm</sub> /10) <sup>0,3</sup> ]	11.2.10.3	E <sub>cm</sub>	<b>31 447,16</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]

#### 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			
<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008</b>					
<b>CLASSE DI RESISTENZA</b>					C28/35
<b>DESCRIZIONE CARATTERISTICA</b>		<b>FORMULA DI CALCOLO</b>	<b>RIF. CAP. NORMA</b>	<b>VALORE DI APPLICAZIONE</b>	
Resistenza caratteristica cubica a compressione				R <sub>ck</sub>	<b>35,00</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione		[0,83*R <sub>ck</sub> ]	11.2.10.1	f <sub>ck</sub>	<b>29,05</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg		[f <sub>ck</sub> +8]	11.2.10.1	f <sub>cm</sub>	<b>37,05</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione		[acc*f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> ]	4.1.2.1.1.1	f <sub>cd</sub>	<b>16,46</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione		[0,30*f <sub>ck</sub> <sup>2/3</sup> ]	11.2.10.2	f <sub>ctm</sub>	<b>2,83</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione		[0,70*f <sub>ctm</sub> ]	11.2.10.2	f <sub>ctk</sub>	<b>1,98</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione		[f <sub>ctk</sub> /1,5]	4.1.2.1.1.2	f <sub>ctd</sub>	<b>1,32</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)		[0,60*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>17,43</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)		[0,45*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>13,07</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo		[E <sub>c</sub> =E <sub>cm</sub> ]	C4.1.2.2.5	E <sub>c</sub>	<b>32 588,11</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio		[22.000*(f <sub>cm</sub> /10) <sup>0,3</sup> ]	11.2.10.3	E <sub>cm</sub>	<b>32 588,11</b> [N/mm <sup>2</sup> ]

#### 4.1.4 CALCESTRUZZO PER OPERE IN ELEVAZIONE

Per le opere in elevazione (paraghaia, 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			
<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008</b>					
<b>CLASSE DI RESISTENZA</b>					C32/40
<b>DESCRIZIONE CARATTERISTICA</b>		<b>FORMULA DI CALCOLO</b>	<b>RIF. CAP. NORMA</b>	<b>VALORE DI APPLICAZIONE</b>	
Resistenza caratteristica cubica a compressione				R <sub>ck</sub>	<b>40,00</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione		[0,83*R <sub>ck</sub> ]	11.2.10.1	f <sub>ck</sub>	<b>33,20</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg		[f <sub>ck</sub> +8]	11.2.10.1	f <sub>cm</sub>	<b>41,20</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione		[acc*f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> ]	4.1.2.1.1.1	f <sub>cd</sub>	<b>18,81</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione		[0,30*f <sub>ck</sub> <sup>2/3</sup> ]	11.2.10.2	f <sub>ctm</sub>	<b>3,10</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione		[0,70*f <sub>ctm</sub> ]	11.2.10.2	f <sub>ctk</sub>	<b>2,17</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione		[f <sub>ctk</sub> /1,5]	4.1.2.1.1.2	f <sub>ctd</sub>	<b>1,45</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)		[0,60*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>19,92</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)		[0,45*f <sub>ck</sub> ]	4.1.2.2.5.1	σ <sub>c max</sub>	<b>14,94</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo		[E <sub>c</sub> =E <sub>cm</sub> ]	C4.1.2.2.5	E <sub>c</sub>	<b>33.642,78</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio		[22.000*(f <sub>cm</sub> /10) <sup>0,3</sup> ]	11.2.10.3	E <sub>cm</sub>	<b>33.642,78</b> [N/mm <sup>2</sup> ]

## 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/mm<sup>2</sup> (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$  = 450,00 N/mm<sup>2</sup> (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$  = 391,30 N/mm<sup>2</sup> (tensione di snervamento di calcolo -  $\gamma_c=1,15$ )
- $E_s$  = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup> (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/mm<sup>2</sup>
- $40$  mm  $< t \leq 80$  mm: tensione caratt. di snervamento.  $f_{y,k} \geq 335$  N/mm<sup>2</sup>

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/mm<sup>2</sup>
- tensione caratteristica di rottura:  $f_u \geq 450$  N/mm<sup>2</sup>

## 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: 45.200616; Long: 9.609790**) ed ipotizzando una costruzione caratterizzata da:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

- 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;

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

-----□----- Strategia per costruzioni ordinarie

.....□..... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### SPETTRO DI PROGETTO ELASTICO ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLC info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C info

Categoria topografica T1 info

$S_B = 1,500$   $C_C = 1,553$  info

$h/H = 0,000$   $S_T = 1,000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)  $\xi = 5\%$   $\eta = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)  $q_e = 1$   $\eta = 1,000$  info

Compon. verticale

Spettro di progetto  $q_v = 1$   $\eta = 1,000$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

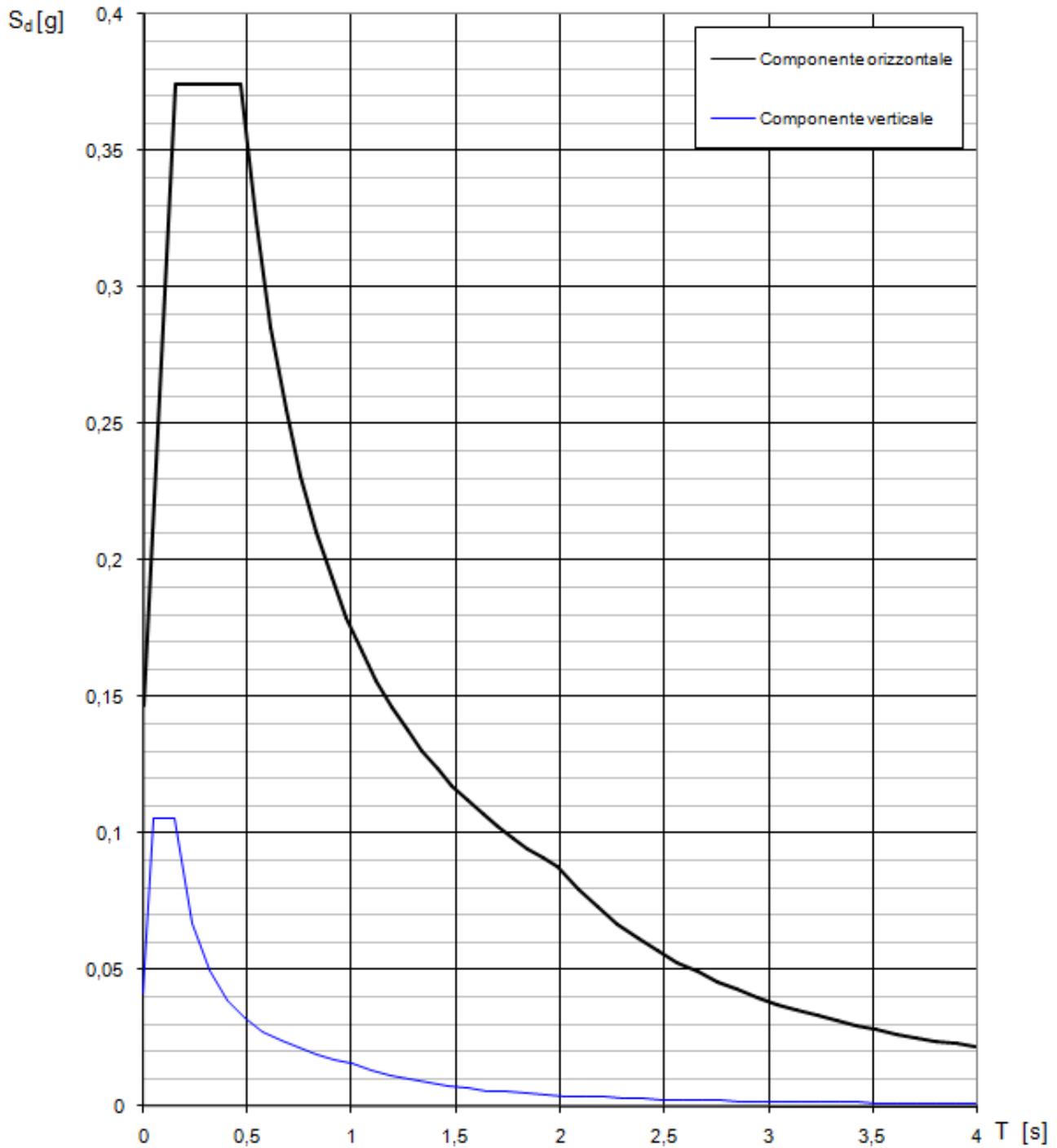
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:

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



Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.038 g
$F_0$	2.552
$T_C$	0.297 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.567
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.155 s
$T_C$	0.466 s
$T_D$	1.991 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.147
$T_B \leftarrow$	0.155	0.374
$T_C \leftarrow$	0.466	0.374
	0.538	0.324
	0.611	0.285
	0.684	0.255
	0.756	0.231
	0.829	0.210
	0.902	0.193
	0.974	0.179
	1.047	0.167
	1.120	0.156
	1.192	0.146
	1.265	0.138
	1.337	0.130
	1.410	0.124
	1.483	0.118
	1.555	0.112
	1.628	0.107
	1.701	0.103
	1.773	0.098
	1.846	0.094
	1.919	0.091
$T_D \leftarrow$	1.991	0.088
	2.087	0.080
	2.183	0.073
	2.278	0.067
	2.374	0.062
	2.470	0.057
	2.565	0.053
	2.661	0.049
	2.756	0.046
	2.852	0.043
	2.948	0.040
	3.043	0.037
	3.139	0.035
	3.235	0.033
	3.330	0.031
	3.426	0.030
	3.522	0.028
	3.617	0.027
	3.713	0.025
	3.809	0.024
	3.904	0.023
	4.000	0.022

## 6 LE CARATTERISTICHE DELL'OPERA

### 6.1 IL VIADOTTO

La struttura oggetto della presente relazione è un ponte stradale a struttura mista acciaio-calcestruzzo di lunghezza complessiva pari a 42 m. L'impalcato si sviluppa su un'unica campata e su n°2 spalle.

La sezione trasversale è caratterizzata da una piattaforma in c.a. avente larghezza pari a 13.30 m e spessore di 30 cm (tale spessore comprende 6 cm di lastra predalle più 24 cm di getto di calcestruzzo) sostenuta da n°3 profili metallici a doppio T saldati.

Le travi principali, di cui sopra, sono suddivise in direzione longitudinale in n°5 conci di tre tipologie differenti di sezione. Lo schema di suddivisione è il seguente:

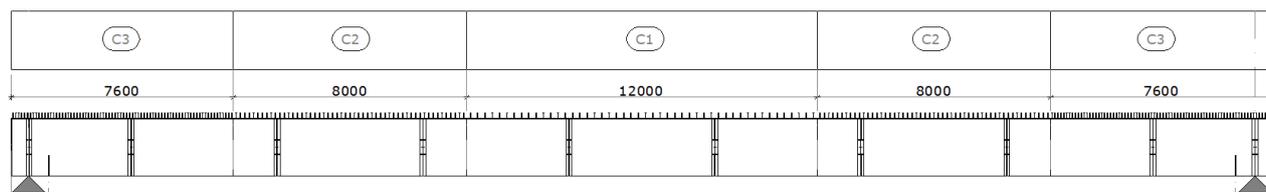


FIGURA 1: SUDDIVISIONE DELLE TRAVI PRINCIPALI IN CONCI

In direzione trasversale sono inoltre presenti n°10 profilati metallici a doppio T, aventi sezione IPE 500, i quali hanno funzione di traversi di collegamento tra le travi principali. Ciascun traverso risulta pertanto suddiviso in due parti distinte, le quali saranno bullonate in opera alle travi principali.

La struttura in carpenteria metallica è collegata alla soletta in c.a. mediante pioli NELSON Ø19, opportunamente dimensionati per i carichi previsti.

La sezione risulta così condivisa:

- Carreggiata di larghezza 7 m (2 corsie da 3.50 m)
- N°2 banchine laterali di larghezza 1.25 m
- N°2 marciapiedi laterali di larghezza 1.90 m

Per il calcolo strutturale sono stati considerati come carichi agenti sulla struttura, oltre al peso proprio degli elementi strutturali, il peso della pavimentazione stradale, l'azione del vento, i carichi dovuti alle variazioni termiche ed al ritiro del cls ed i carichi variabili da traffico.

Il ponte progettato si inserisce all'interno della **Categoria 1**.

Le analisi svolte sono state effettuate agli stati limite, ultimo e di esercizio, in riferimento alle più recenti normative in vigore. Di seguito si riporta la sezione tipo della struttura in esame.

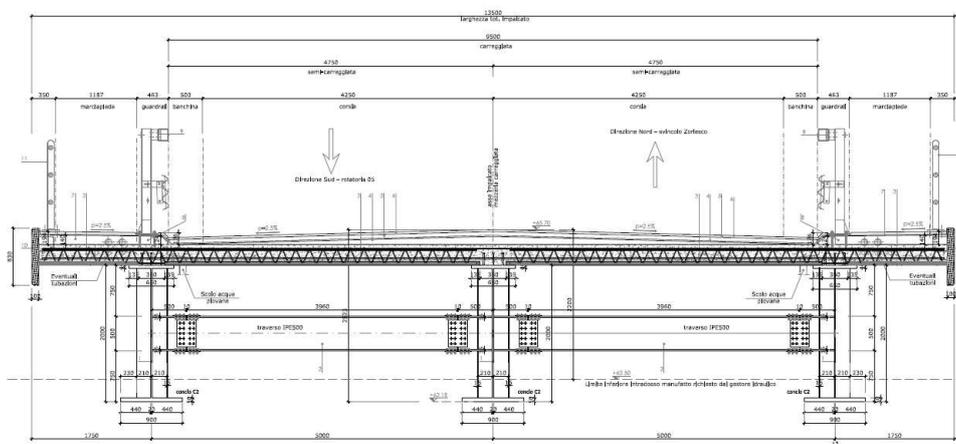


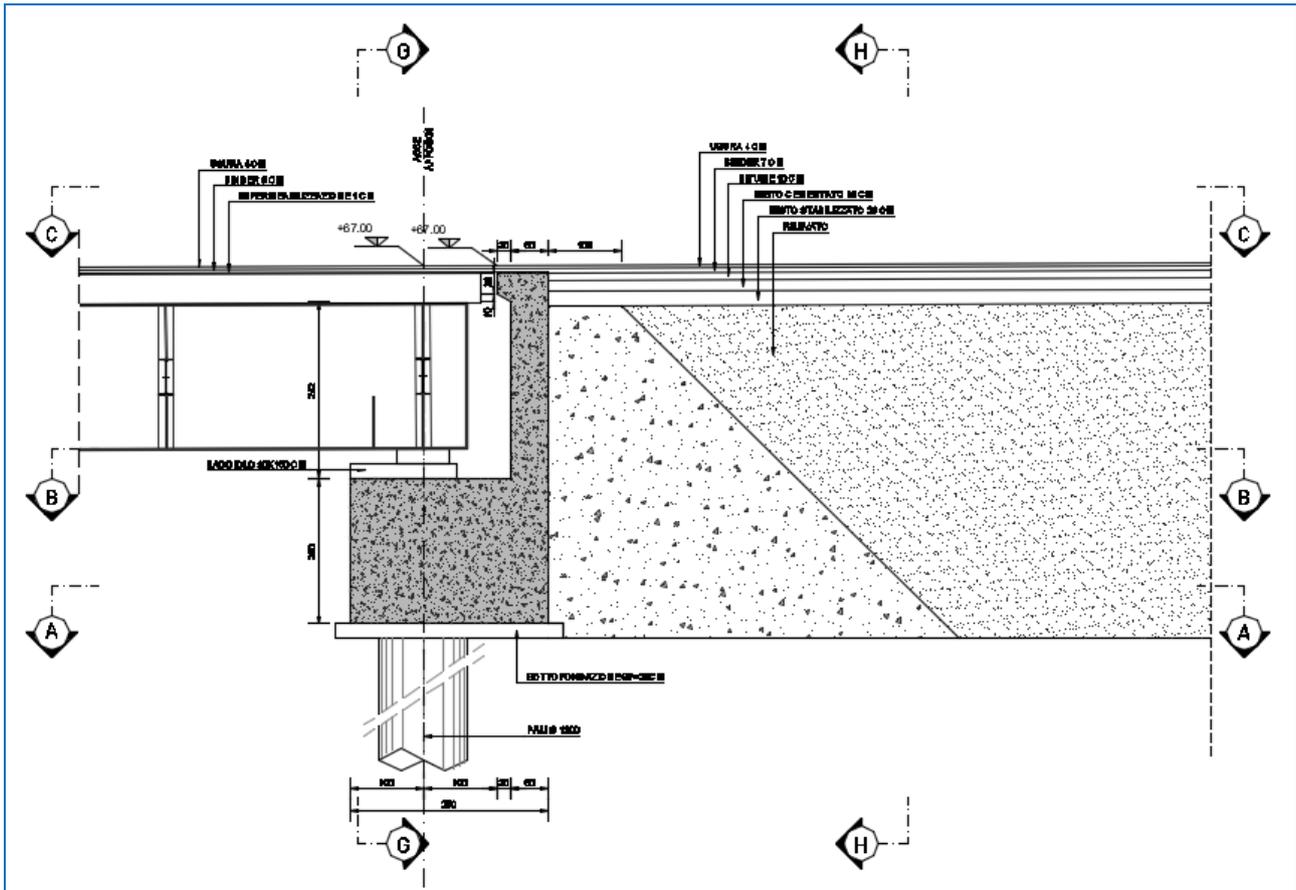
FIGURA 2: SEZIONE TIPO IMPALCATO

## 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 (comunque di altezza contenuta nel caso dei ponti del Brembiolo) 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 tuboforma.

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 DISPOSITIVI DI APPOGGIO E ISOLAMENTO

Il collegamento tra l'impalcato e le spalle è affidato ad apparecchi di appoggio antisismici del tipo "isolatori elastomerici armati", costituiti da strati alternati di lamiera 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

Spostamento 150 mm

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 350/75	1590	3510	1.80	1033	350	75	143	193	400	118

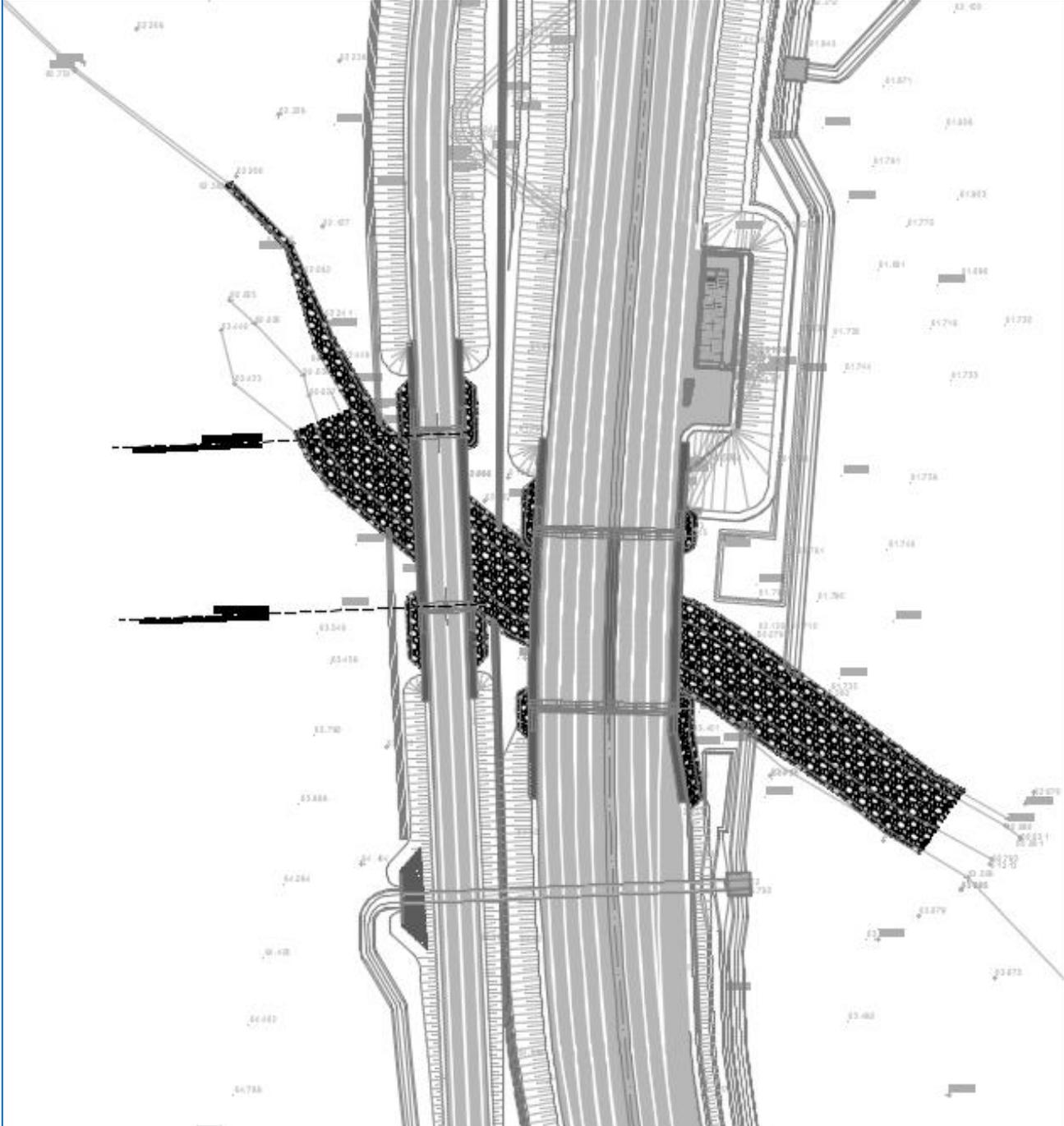
#### LEGENDA

V	Carico verticale agente sull' isolante in presenza di sisma
F <sub>zd</sub>	Carico verticale massimo allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	Rigidità orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	Rigidità verticale
D <sub>g</sub>	Diametro elastomero
t <sub>e</sub>	Spessore totale gomma
h	Altezza escluse piastre di ancoraggio
H	Altezza totale incluse piastre di ancoraggio
Z	Lato piastre ancoraggio
W	Peso isolatore escluse zanche

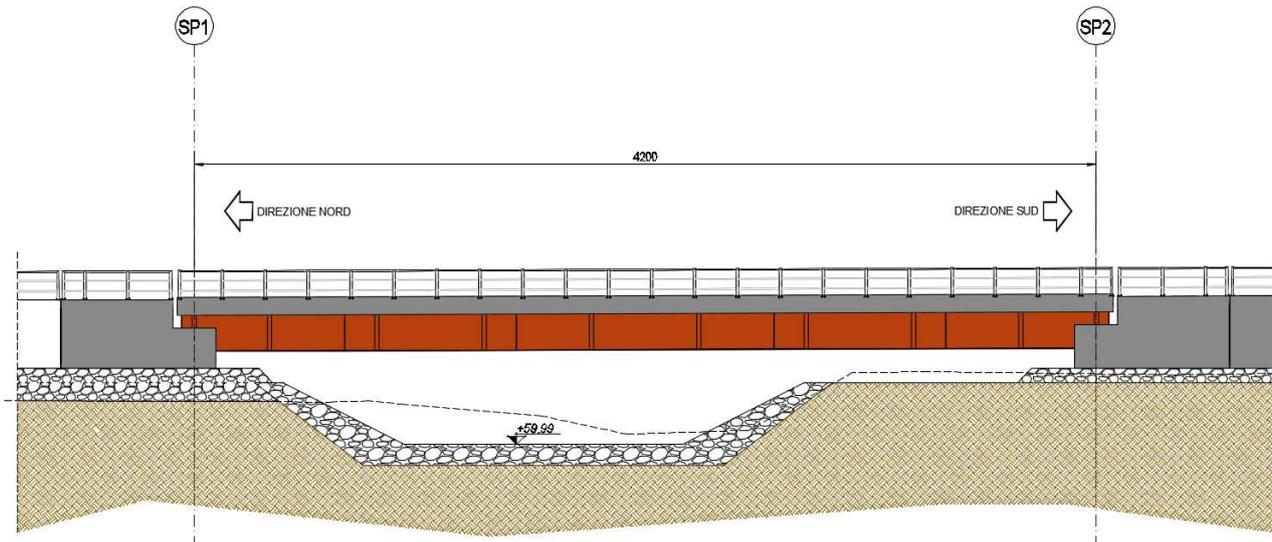
## 7 LA PROTEZIONE DELL'ALVEO E DELLE SPALLE

Al fine di stabilizzare il fondo dell'alveo, limitare l'inclinazione del tratto di attraversamento (anche dato l'angolo di incidenza del corso idrico rispetto all'asse viario) è stata prevista la realizzazione di una scogliera in pietrame intasata con fondo dell'alveo di larghezza pari a 10m e sponde inclinare 3/2 di altezza pari a 290cm. .

L'andamento planimetrico del corso idrico al di sotto del ponte è stato ottenuto come congiunzione dei due tracciati planimetrici del colatore a monte e a valle dell'opera.



Qui a seguire si riporta la sezione longitudinale del viadotto dove si mostra chiaramente la protezione in pietrame di fondo alveo e sponde. La piena duecentennale è ricompresa all'interno delle sponde. Ciò nonostante per sicurezza intorno alle spalle e ai muri d'ala sono comunque state previste delle ulteriori protezioni in pietrame.



## 8 LA SEQUENZA OPERATIVA

La sequenza operativa di intervento prevede la realizzazione delle spalle a seguito della realizzazione della scogliera di protezione in pietrame intasato con massi.

Questa sequenza operativa garantisce, da un lato il livellamento del terreno ai bordi delle sponde e dall'altro la sicurezza per gli addetti ai lavori grazie al contenimento all'interno delle sponde del livello di piena duecentennale.

Il varo dell'impalcato è previsto dal basso, procedendo da un lato con idoneo autogrù. Dalla parte opposta è comunque presente la gru stabilizzatrice.

**9 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**

---