

LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO

VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO

1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
|  <p>Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</p> |  <p>Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</p> | <p>ING. RENATO DEL PRETE</p> <p>Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</p> |  <p>Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</p> |  <p>Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</p> |
| |  <p>Società designata: GA&M</p> <p>Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</p> |  <p>Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</p> |  <p>Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</p> | <p>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</p> <p>Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</p> |
| <p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p>  <p>Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI</p> | <p>INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p>  <p>Ing. Valerio BAJETTI</p> | <p>GEOLOGO</p>  <p>Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI</p> | <p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p>  <p>Ing. Gianluca CICIRIELLO</p> | |

HF01

H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI

HE - PO03 - PONTE NAVIGLIO BEREguardo

RELAZIONE TECNICA

| | | | | | |
|-----------------|---|-----------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | | REVISIONE | SCALA: |
| PROGETTO | LIV. PROG. | N. PROG. | HF01-P03PO03STRRE01_B.dwg | | |
| LO203 | E | 1801 | CODICE ELAB. | P03 PO03 STR RE01 | B |
| C | | | | | |
| B | EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA ITCF-C186001-01-ATF-RA-00001 | | FEBBRAIO 2019 | ING. GIUSEPPE CRISÀ | ING. GAETANO RANIERI |
| A | EMISSIONE | | SETTEMBRE 2018 | ING. GIUSEPPE CRISÀ | ING. GAETANO RANIERI |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO |
| | | | | | APPROVATO |

SOMMARIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | NORMATIVA..... | 4 |
| 3 | UNITA' DI MISURA | 4 |
| 4 | MATERIALI | 5 |
| 4.1 | Calcestruzzo | 5 |
| 4.1.1 | Calcestruzzo per opere di sottofondazione | 5 |
| 4.1.2 | Calcestruzzo per pali di fondazione | 5 |
| 4.1.3 | Calcestruzzo per opere di fondazione | 5 |
| 4.1.4 | Calcestruzzo per opere in elevazione | 6 |
| 4.2 | Acciaio | 6 |
| 4.2.1 | Acciaio per armatura lenta | 6 |
| 4.2.2 | Acciaio per carpenteria metallica | 6 |
| 4.3 | Calcolo dei copriferri minimi | 7 |
| 4.3.1 | Pali e fondazioni | 7 |
| 4.4 | Elevazioni sottostrutture..... | 8 |
| 4.4.1 | Soletta di impalcato | 9 |
| 5 | ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 10 |
| 6 | LE CARATTERISTICHE DELL'OPERA..... | 14 |
| 6.1 | Il viadotto | 14 |
| 6.2 | Le spalle | 15 |
| 6.3 | Le pile..... | 16 |
| 6.4 | Dispositivi di appoggio e isolamento | 17 |

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici relativi alla progettazione esecutiva del viadotto di scavalco del Naviglio Bereguardo, di una strada locale e di un fosso irriguo, nell'ambito della Tratta "C" del "Collegamento tra la S.S. 11 "Padana Superiore" a Magenta e la Tangenziale ovest di Milano, con variante di Abbiategrasso e adeguamento in sede del tratto del Tratto Abbiategrasso-Vigevano fino al ponte sul fiume Ticino".

L'opera in oggetto presenta uno schema statico di trave continua su tre campate aventi luci tra gli assi di appoggio pari a 31+38+31 m.

L'impalcato è composto, da quattro travi continue in acciaio a doppio T ad altezza variabile sostenenti la soletta di scorrimento stradale in calcestruzzo armato ordinario.

In riguardo agli aspetti sismici, l'impalcato è isolato alla sommità delle pile e spalle mediante isolatori elastomerici armati.

Dimensioni dell'impalcato:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Larghezza cordoli | = 0.75 m |
| Larghezza carreggiata, categoria C1 | = 10.50 m |
| Larghezza totale soletta | = 12.00 m |
| Numero delle travi | = 4 |
| Interasse travi | = 3.20 m |
| Altezza delle travi (variabile) | = 1.00÷2.00 m |
| Spessore soletta | = 30 cm (lastra 6 cm + getto 24 cm) |

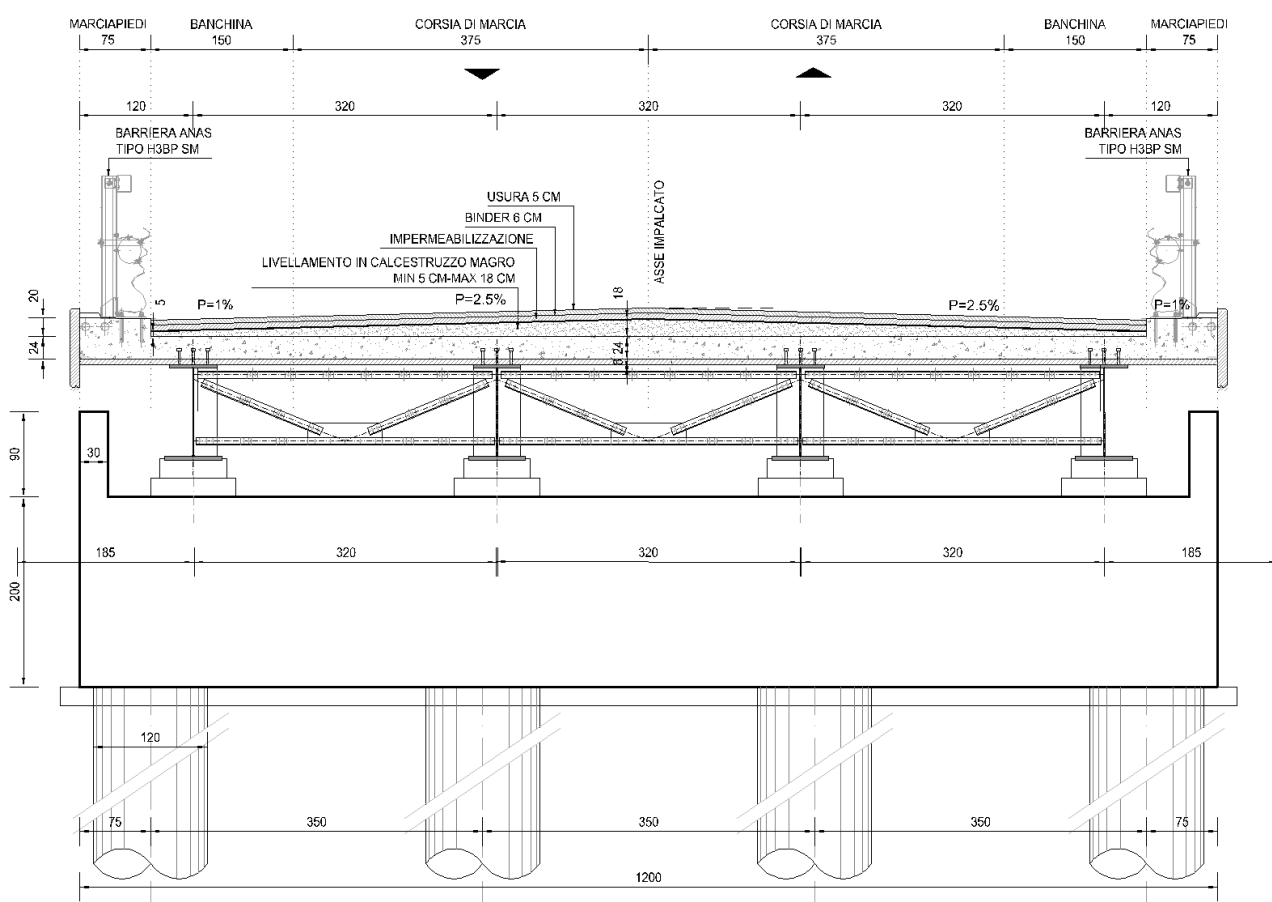


FIGURA 1 - SEZIONE TIPICA IMPALCATO (SU SPALLA)

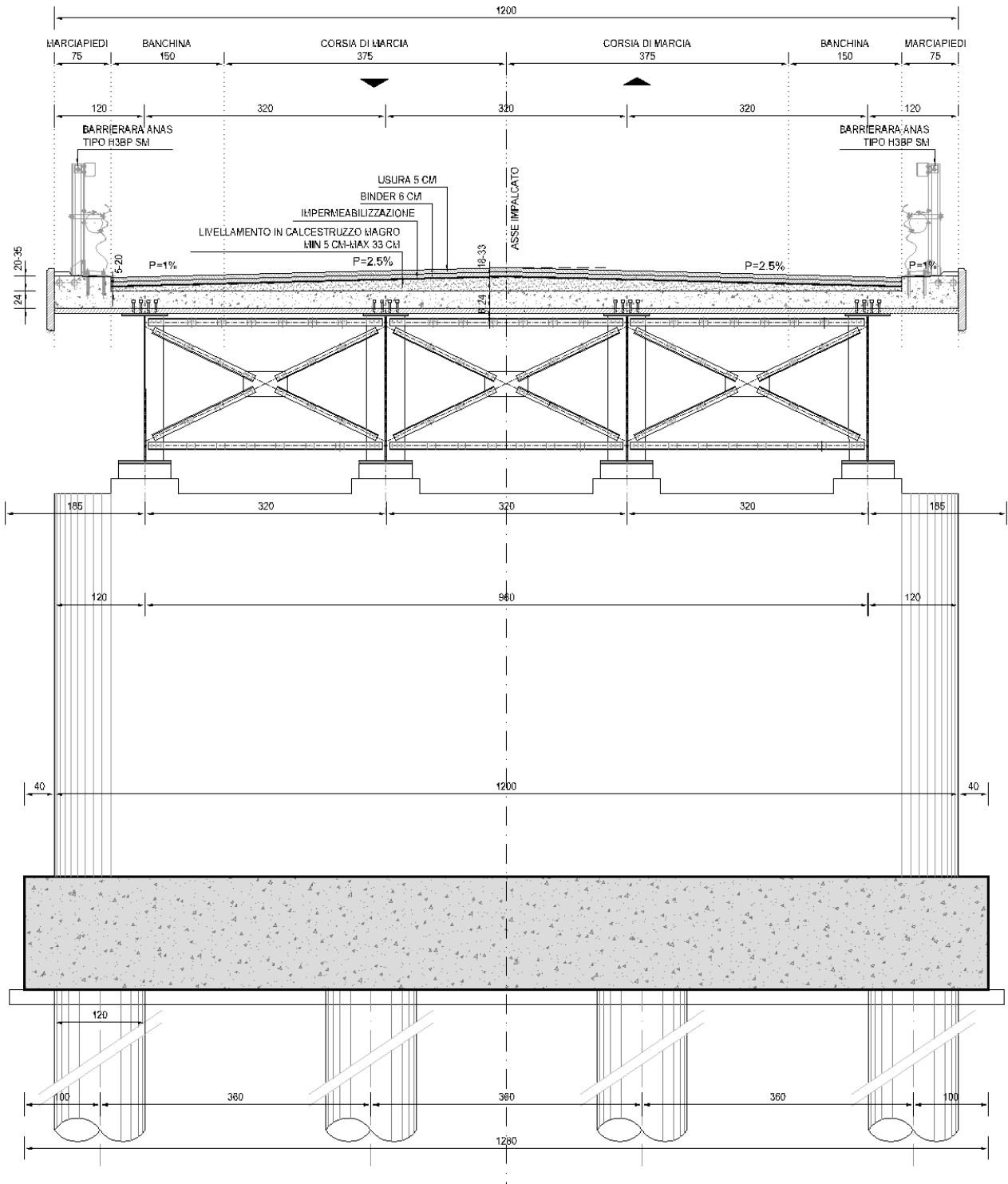


FIGURA 2- SEZIONE IMPALCATO (SU PILA)

2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

- **Legge n°1086 del 05/11/1971** “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- **Legge n°64 del 02/02/1974**: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- **Decreto Ministeriale 17/01/2018** Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- **Circolare Min. 02/02/2009, n° 617** “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”
- **UNI EN 1993-1-1:2005** “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”
- **UNI EN 1993-1-5:2007** “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra”
- **UNI EN 1993-1-9:2005** “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica”
- **UNI EN 1993-1-10:2005** “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore”
- **UNI EN 1993-2:2007** “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti in acciaio”
- **UNI EN 1994-1-1:2005** “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”
- **UNI EN 1994-2:2006** “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”

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:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 | | | |
|---|-----------|------------------|----------------------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo | | C25/30 | <input type="button" value="▼"/> |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | R_{ck} | 30,00 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | f_{ck} | 24,90 | [N/mm ²] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg | f_{cm} | 32,90 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | 14,11 | [N/mm ²] |
| Resistenza media a trazione | f_{ctm} | 2,56 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica a trazione | f_{ctk} | 1,79 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | 1,19 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo | E_c | 31 220,19 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico medio | E_{cm} | 30 440,77 | [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:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 | | | |
|---|-----------|------------------|----------------------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo | | C28/35 | <input type="button" value="▼"/> |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | R_{ck} | 35,00 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | f_{ck} | 29,05 | [N/mm ²] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg | f_{cm} | 37,05 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | 16,46 | [N/mm ²] |
| Resistenza media a trazione | f_{ctm} | 2,83 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica a trazione | f_{ctk} | 1,98 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | 1,32 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo | E_c | 33 721,65 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico medio | E_{cm} | 31 670,36 | [N/mm ²] |

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:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 | | | |
|---|-----------|------------------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo | | C32/40 | ▼ |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | R_{ck} | 40,00 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | f_{ck} | 33,20 | [N/mm ²] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg | f_{cm} | 41,20 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | 18,81 | [N/mm ²] |
| Resistenza media a trazione | f_{ctm} | 3,10 | [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica a trazione | f_{ctk} | 2,17 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | 1,45 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo | E_c | 36 049,97 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico medio | E_{cm} | 32 811,24 | [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 $f_{yk} \geq 355$ N/mm²
- 40 mm $< t \leq 80$ mm: tensione caract. di snervamento. $f_{yk} \geq 335$ N/mm²

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

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

4.3 CALCOLO DEI COPRIFERRI MINIMI

4.3.1 PALI E FONDAZIONI

| | | |
|--|-------------|--------------------|
| | CODICE FILE | MAT-02 |
| | OGGETTO: | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) | | |
|--|-----------------------------------|--|
| Condizioni ambientali | Classe di esposizione | Classe di esposizione di progetto |
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 | XC2 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | Condizioni ambientali di progetto |
| Molto Aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 | Ordinario |

| Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV | | |
|--|--|--|
| Classe minima Cmin | Classe di resistenza del calcestruzzo | Classe di resistenza del calcestruzzo |
| C25/30 | Barre da c.a. altri elementi | C25/30 |
| Classe C0 | Vita Nominale dell'opera | Produzioni sottoposte a controllo qualità |
| C45/55 | 50 Anni | NO |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV) | | |
|---|-----------|-----------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 25 | mm |
| Tolleranza costruttiva | 5 | mm |
| COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO | 30 | mm |

4.4 ELEVAZIONI SOTTOSTRUTTURE

| | | |
|---|-------------|---------------------------|
|  | CODICE FILE | MAT-02 |
| | OGGETTO: | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) | | |
|--|-----------------------------------|--|
| Condizioni ambientali | Classe di esposizione | Classe di esposizione di progetto |
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 | XF2 <input type="text"/> |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | Condizioni ambientali di progetto |
| Molto Aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 | Aggressivo |

| Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV | | |
|--|---|--|
| Classe minima Cmin | Classe di resistenza del calcestruzzo | Classe di resistenza del calcestruzzo |
| C28/35 | Barre da c.a. altri elementi <input type="text"/> | C28/35 <input type="text"/> |
| Classe C0 | Vita Nominale dell'opera | Produzioni sottoposte a controllo qualità |
| C45/55 | 50 Anni <input type="text"/> | NO <input type="text"/> |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV) | |
|--|--------------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 35 mm |
| Tolleranza costruttiva | 5 mm |
| COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO | 40 mm |

4.4.1 SOLETTA DI IMPALCATO

| | | |
|--|-------------|---------------------------|
| | CODICE FILE | MAT-02 |
| | OGGETTO: | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) | | |
|--|-----------------------------------|--|
| Condizioni ambientali | Classe di esposizione | Classe di esposizione di progetto |
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 | XF4 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | Condizioni ambientali di progetto |
| Molto Aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 | Molto Aggressivo |

| Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV | | |
|--|--|--|
| Classe minima Cmin | Classe di resistenza del calcestruzzo | Classe di resistenza del calcestruzzo |
| C35/45 | Barre da c.a. altri elementi | C32/40 |
| Classe C0 | Vita Nominale dell'opera | Produzioni sottoposte a controllo qualità |
| C45/55 | 50 Anni | NO |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV) | |
|--|--------------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 50 mm |
| Tolleranza costruttiva | 5 mm |
| COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO | 55 mm |

Si rappresenta che il copriferro minimo sopra definito è stato applicato esclusivamente ai cordoli che sono la parte strutturale esposta direttamente agli schizzi a differenza della soletta che è comunque protetta dall'apposito sistema impermeabilizzante oltre che dagli strati di nero.

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. 14/01/2008).

Considerando l'ubicazione ED50 del sito in oggetto (Lat: 45.3862; Long: 8.9376) 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_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 60 | 0.0229 | 2.545 | 0.195 |
| SLD | 101 | 0.0279 | 2.590 | 0.211 |
| SLV | 949 | 0.0513 | 2.727 | 0.303 |
| SLC | 1950 | 0.0601 | 2.817 | 0.317 |

Le espressioni dello spettro elastico S_e di risposta secondo le NTC 2018 sono le seguenti:

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

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

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

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

Trattandosi di struttura sismicamente isolata si assume:

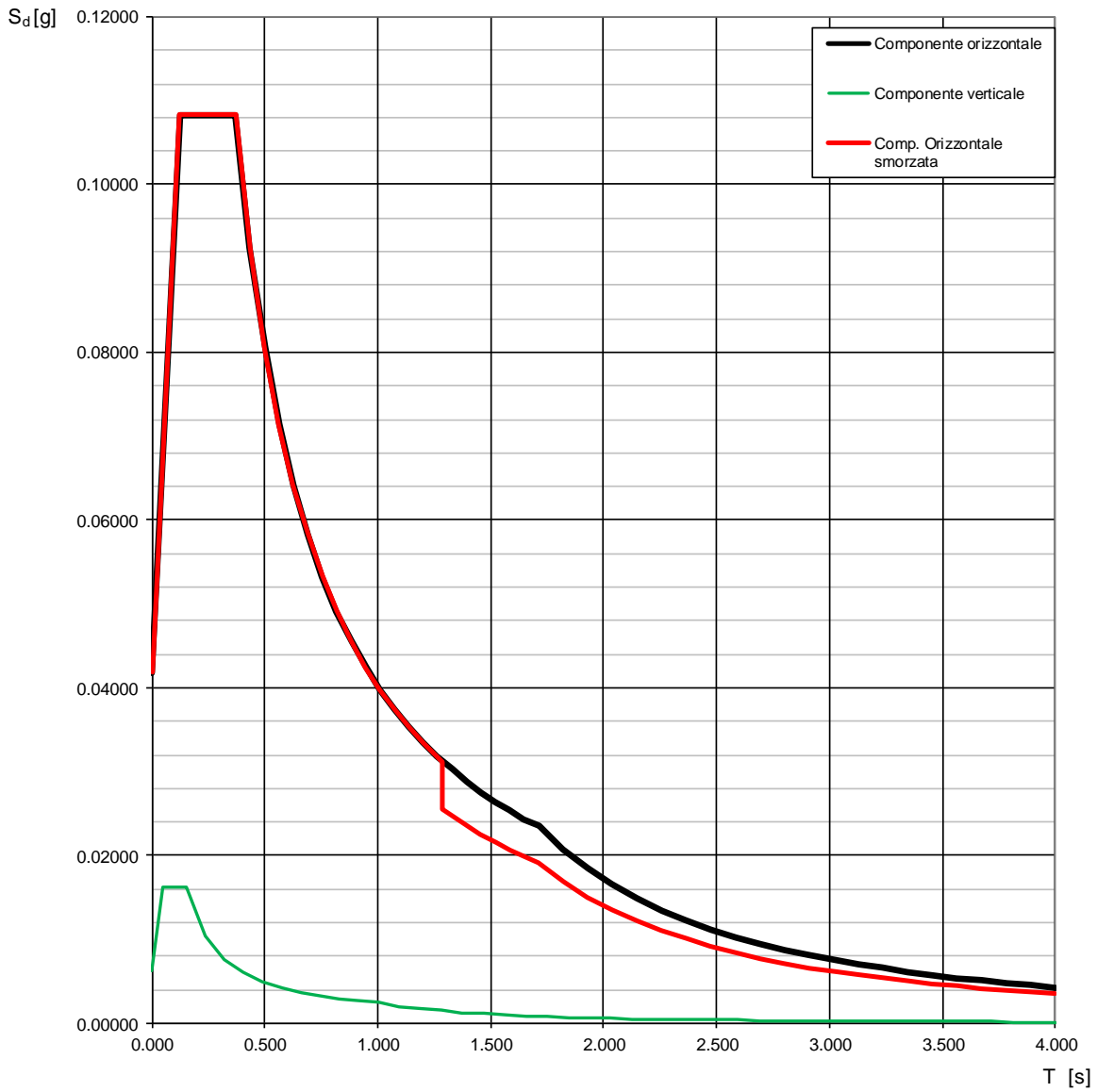
- coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale: $\xi = 5 \%$
- fattore di smorzamento viscoso: $\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1$
- fattore di struttura: $q = 1$

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

- periodo di vibrazione struttura isolata: $T_{is} = 1.609$ 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).

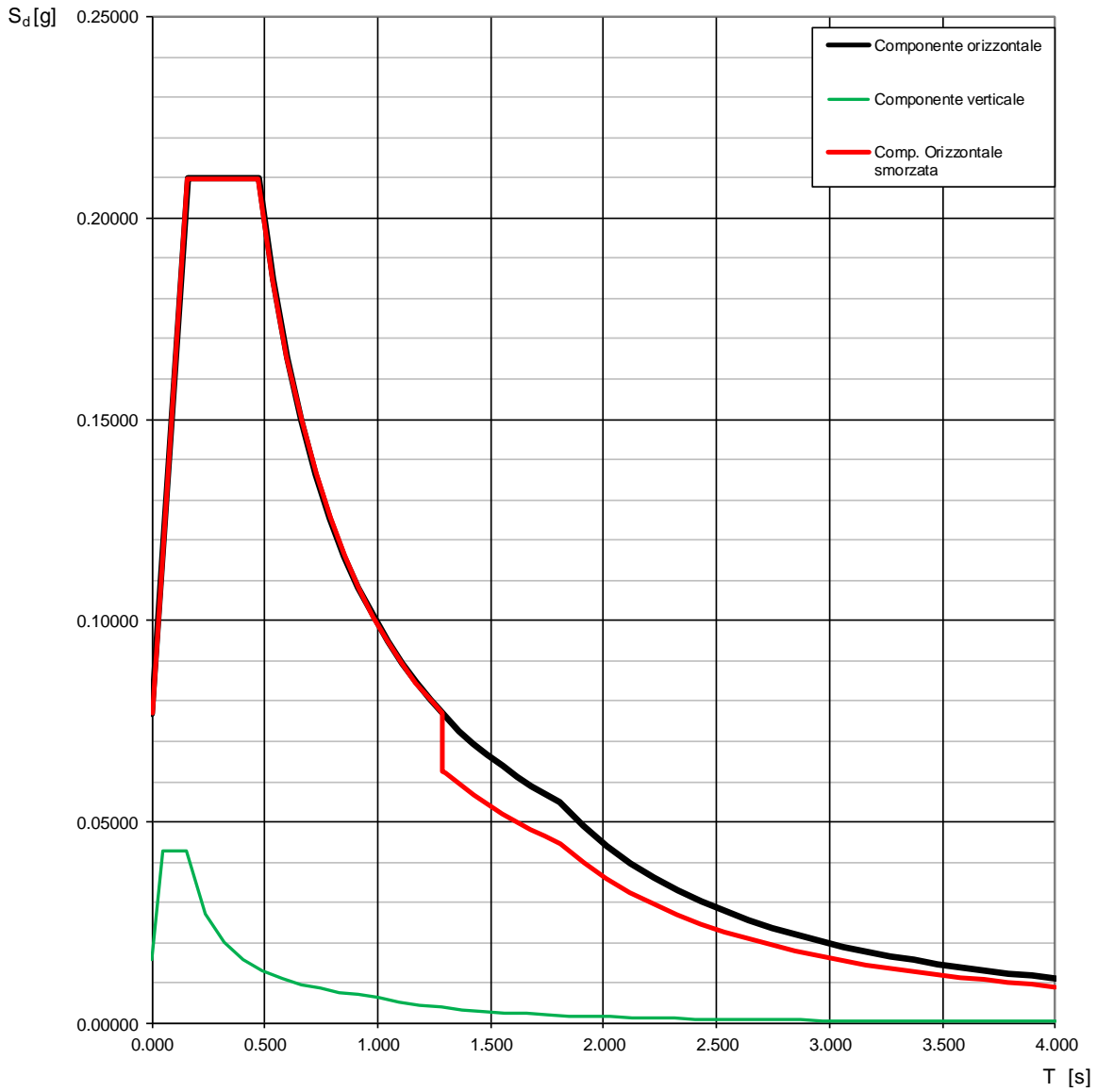
Si ottengono i seguenti andamenti degli spettri. Noto il periodo (ascissa) si ricava il relativo coefficiente sismico (ordinata).

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



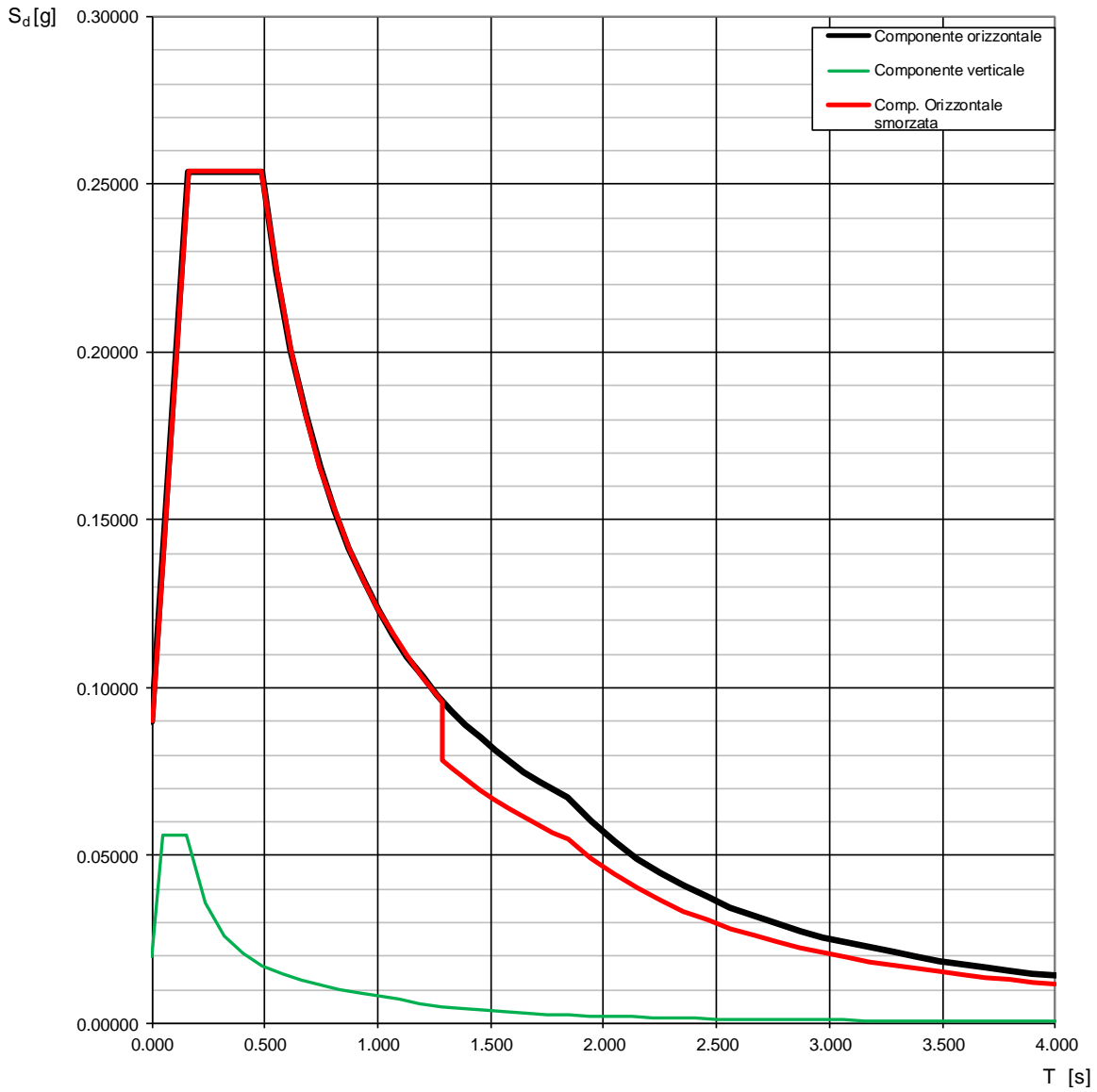
Spettri di risposta elastici e smorzati SLD

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



Spettri di risposta elastici e smorzati SLV

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



Spettri di risposta elastici e smorzati SLC

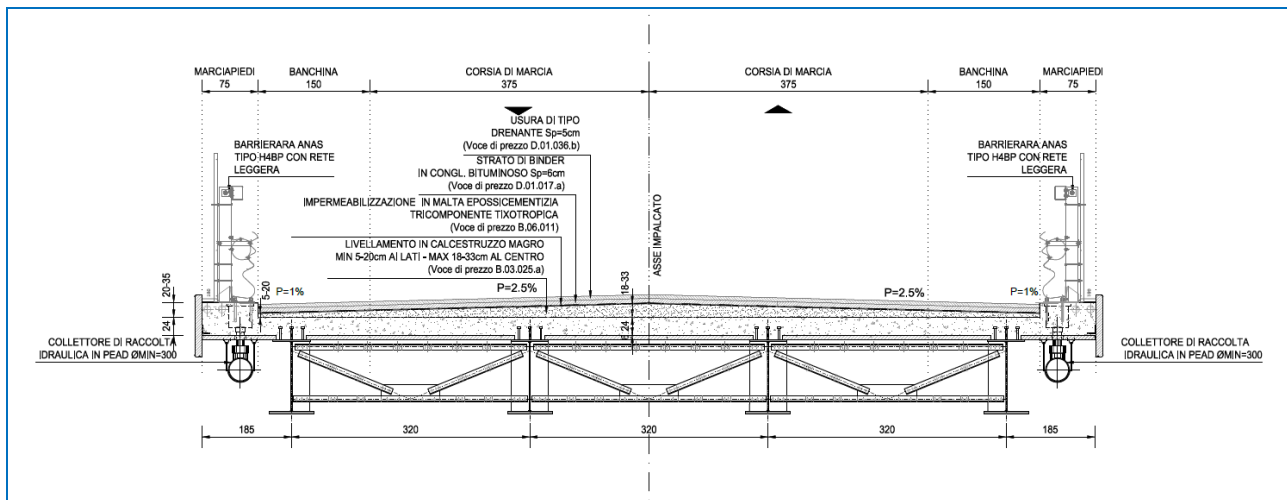
6 LE CARATTERISTICHE DELL'OPERA

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 retro-travi 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 a quelli prescritti.



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

Ai lati dell'impalcato sono presenti appositi cordoli di larghezza pari a 75cm sui quali è alloggiata la barriera bordo ponte tipo H3BP.

Tali cordoli proseguono sulle spalle.

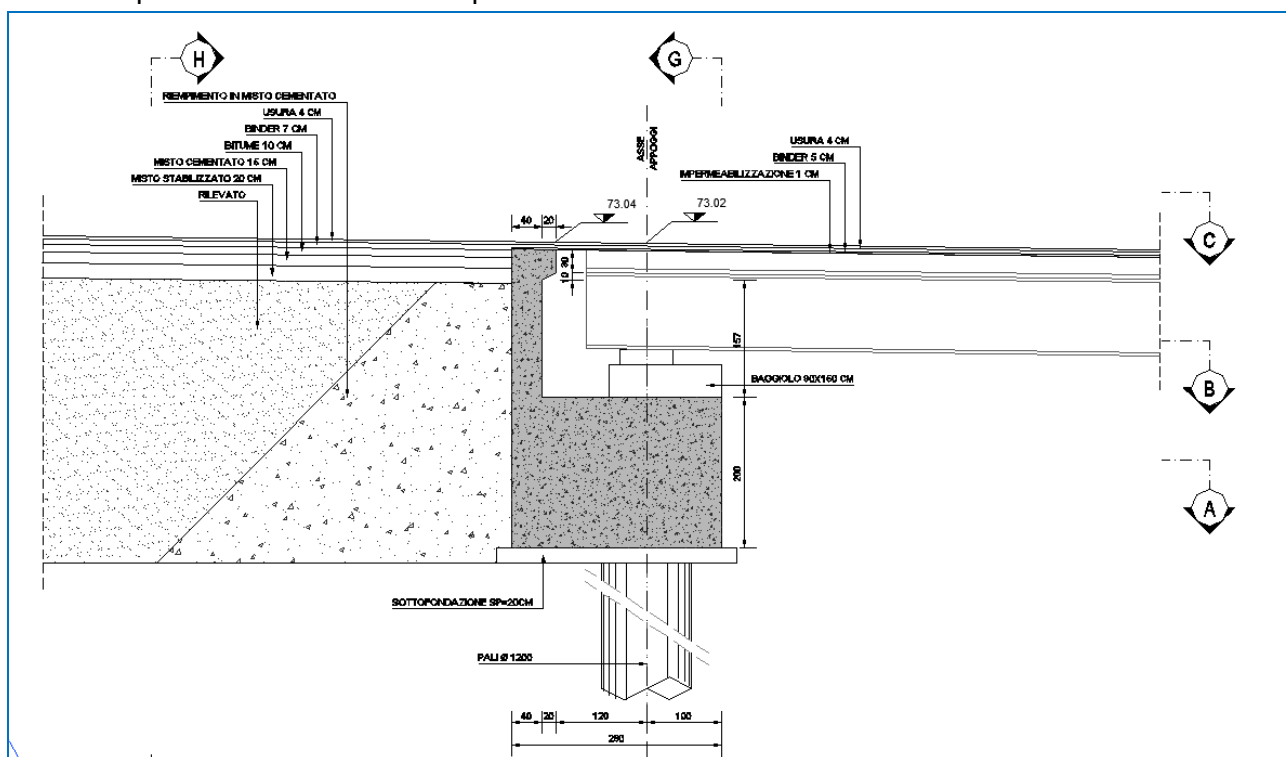
6.2 LE SPALLE

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 tuboforma.

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.

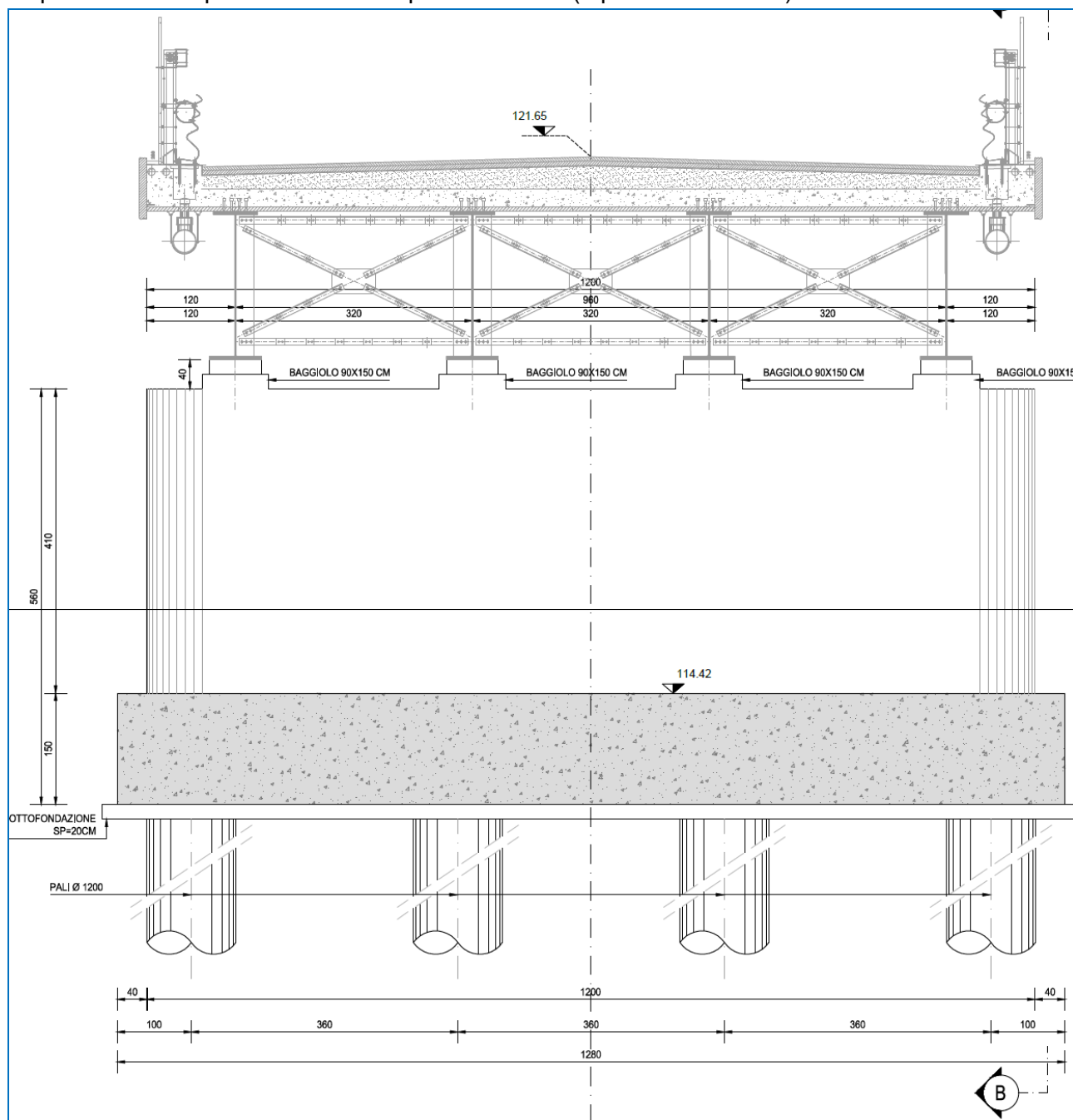


Un apposito cuneo in misto cementato a tergo della spalla assicura l'assorbimento dei cedimenti differenziali tra l'opera flessibile in terra e quella rigida fondata su pali profondi.

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 $\varnothing 1200$ (8 per sottostruttura) realizzati con tuboforma.



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

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 rigidezza verticale, una ridotta rigidezza 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 |
| Rigidezza orizzontale equivalente ($\gamma = d/te = 1$) | $Ke =$ | 1.30 | 2.85 | kN/mm |
| Rigidezza verticale | $Kv =$ | 768 | 1794 | kN/mm |