

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. *Progetto*
Il Direttore Tecnico: *Dot. Ing. Luca Bondanelli*

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:

idroesse
engineering
MANDATARIA

ROKSOJL S.p.A.
MANDANTE

VIA
INGEGNERIA S.r.l.
MANDANTE

Il Progettista:

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.
Ing. Pietro Mazzoli
INGEGNERI PARMA n.821
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse principale
Grandi Strutture
Ponte sul fiume Taro
Relazione Tecnica**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	AP	GS	01	G	RE	001	B

Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato
B	10/10/2014	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA A15 Prot.731 (indica le parti modificate con l'ultima revisione)	VENTURINI	MAZZOLI	MAZZOLI
A	25/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	VENTURINI	MAZZOLI	MAZZOLI

SOMMARIO

1	descrizione della soluzione strutturale.....	3
1.1	CARREGGIATA NORD – Vladotto SP1-P11	6
1.2	CARREGGIATA NORD – Vladotto P11-SP2	8
1.3	CARREGGIATA SUD – Vladotto SP1-P11	9
1.4	CARREGGIATA SUD – Vladotto P11-SP2	10
2	FASI COSTRUTTIVE.....	11
3	Normativa di riferimento.....	14
4	Materiali	15
5	IsolaMENTO SISMICO	16
5.1	Azione sismica.....	16
5.2	ISOLATORI.....	18

1 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE STRUTTURALE

Il viadotto sul fiume Taro, posto tra i Comuni di Fontevivo e Trecasali, si articola in due carreggiate distinte, ciascuna avente lunghezza complessiva pari a 1936.8 m. Ogni carreggiata è composta da due viadotti aventi schema statico di trave continua su più appoggi, entrambi isolati sismicamente. Per entrambe le carreggiate il primo impalcato si articola tra la spalla SPA (lato Parma) e la pila P11 per una lunghezza totale 1017.8 m, il secondo tra la pila P11 e la spalla SPB (lato Verona) per una lunghezza complessiva di 917.8 m. Le campate intermedie di ciascun impalcato hanno luce netta tra gli assi appoggi pari a 100 m, mentre le campate terminali (sia quelle lato spalla che quelle lato pila P11) hanno una luce di 57.0 m.

L'opera è costituita da un viadotto ad altezza variabile il cui impalcato viene realizzato con tecnologia mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale a cassone monocellulare avente soletta e controsoletta in calcestruzzo e anime in acciaio, costruito tramite l'assemblaggio di conci di altezza compresa tra 5.00 m (conci di testa pila su pila) e 2.65 m (concio di sutura).

La sezione trasversale presenta anime inclinate e di conseguenza sezioni variabili non solo in altezza ma anche per la larghezza della controsoletta inferiore e, nei casi di allargamento della carreggiata, della soletta superiore.

Nei tratti di larghezza "corrente" della soletta superiore, pari a 13.15 m, le travi in acciaio che realizzano le anime hanno interasse trasversale pari a 6.65 m in corrispondenza della soletta superiore, altezza variabile tra 4.54 m (in asse pila) e 2.19 m (a livello del concio di sutura), piattabanda superiore larga 80 cm e piattabanda inferiore larga 50 cm; entrambe le piattabande sono spesse 2.0 cm, mentre le anime hanno uno spessore pari a 1.6 cm. Nei tratti in allargamento aumentano sia lo spessore delle anime che delle piattabande secondo le indicazioni specificate nei punti seguenti di tale documento.

La soletta superiore in calcestruzzo presenta longitudinalmente sezione di larghezza corrente pari a 13.15 m che si incrementa fino a 17.90 m nei tratti dove è presente il massimo allargamento. Trasversalmente la soletta è caratterizzata da uno spessore variabile, con valori massimi pari a 46 cm in corrispondenza delle travi metalliche e uno spessore di 30 cm in corrispondenza dell'asse del cassone, lo spessore minimo all'estremità degli sbalzi è di 20 cm. La soletta inferiore presenta invece uno spessore variabile longitudinalmente da un massimo di 108 cm sul concio lato pila a un minimo di 25 cm sul concio di sutura (ad entrambi tali valori vanno detratti i 5 cm dello spessore delle prédalles su cui la controsoletta risulta essere gettata in opera).

Per l'impalcato è previsto il ricorso ad un sistema di isolamento sismico ottenuto introducendo su ciascun testapila e sulle spalle una coppia di isolatori a scorrimento a doppia superficie curva. In condizioni statiche l'impalcato presenta quindi vincoli alle traslazioni sia lungo l'asse longitudinale che trasversale in corrispondenza di ciascun testapila e delle spalle.

L'impalcato risulta irrigidito trasversalmente tramite l'utilizzo di diaframmi: tale soluzione permette di considerarlo trasversalmente torsio-rigido, e quindi schematizzabile, come indicato di seguito, mediate un modello unifilare.

Il viadotto è completato da pile in c.a. e fondate su plinti che poggiano su pali. Le pile presentano sezione scatolare e altezza variabile.

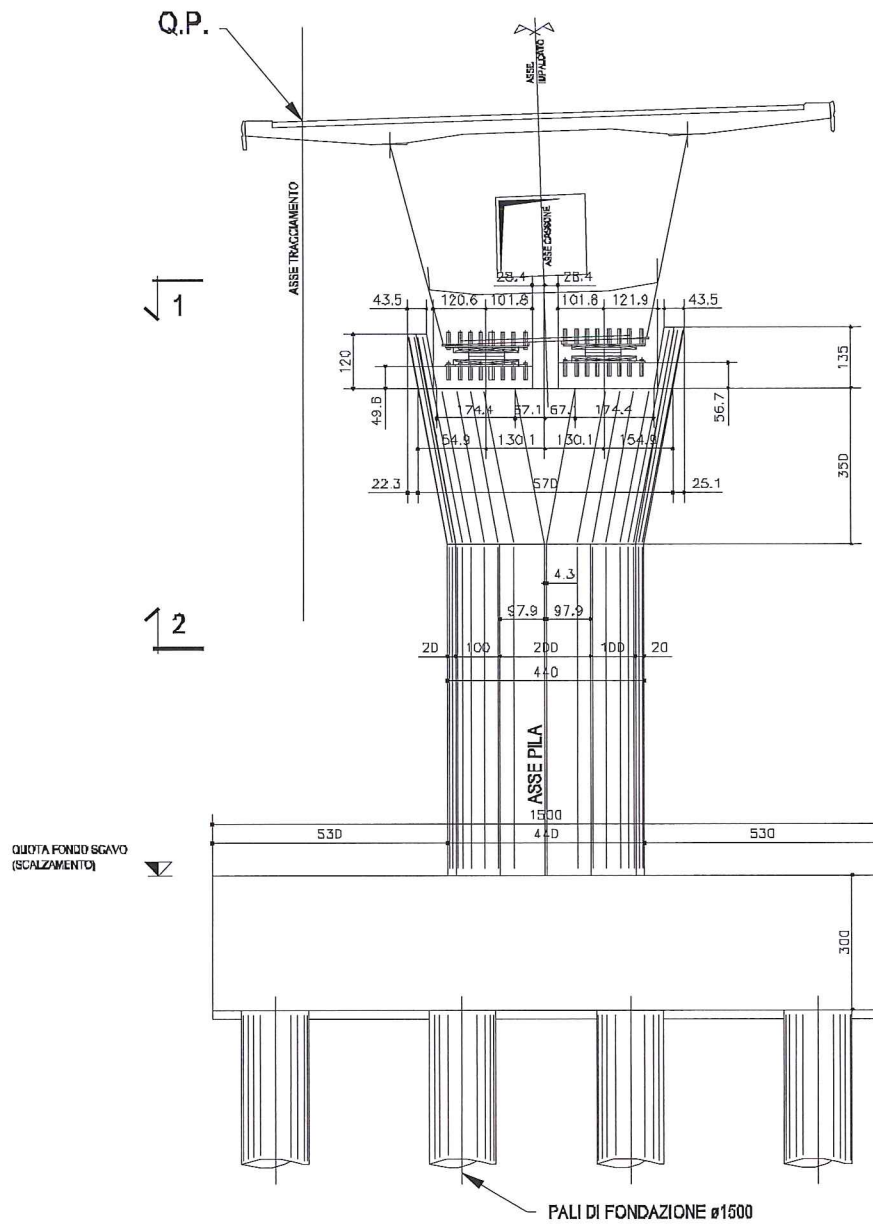


Figura 1-1 : Prospetto trasversale pila tipo.

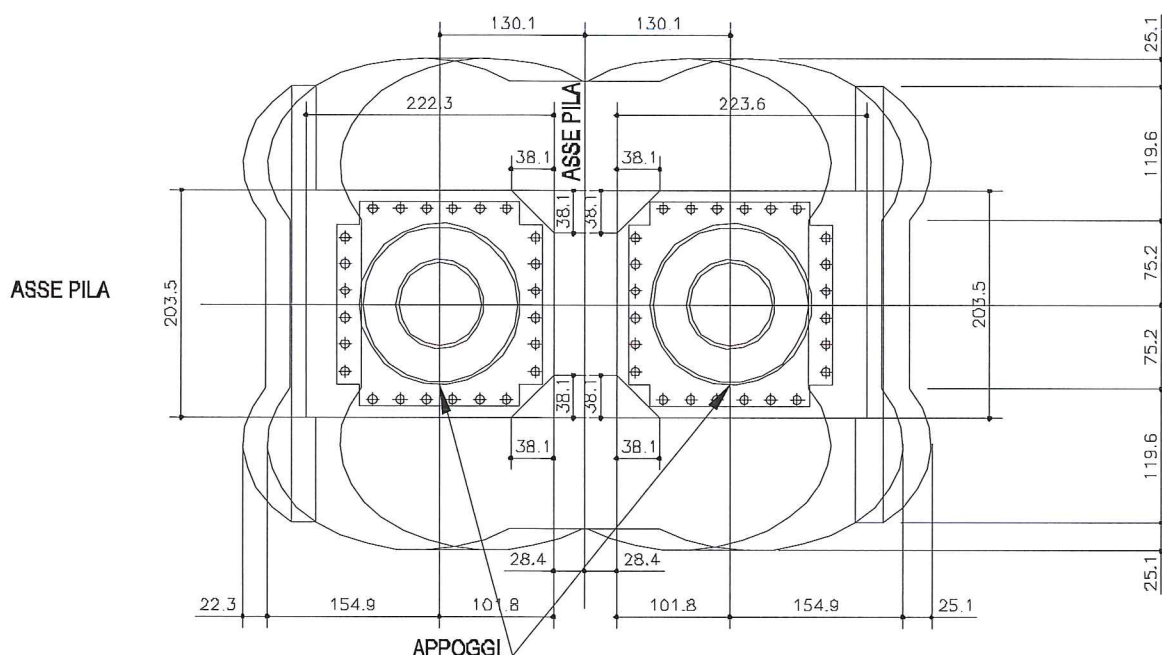


Figura 1-4 : Pulvino pile P12÷P20.

Si riportano nel seguito maggiori dettagli relativi a ciascuno dei quattro impalcati che realizzano l'opera in esame.

1.1 CARREGGIATA NORD – VIADOTTO SP1-P11

Il viadotto è costituito da un impalcato con schema statico di trave continua, caratterizzato da 9 campate intermedie da 100 m e da 2 campate di riva da 57 m, per una lunghezza complessiva pari a 1017.8 m.

La sezione trasversale presenta anime inclinate e di conseguenza sezioni variabili non solo in altezza ma anche per la larghezza della controsoletta inferiore.

Le travi in acciaio che realizzano le anime hanno interasse trasversale pari a 6.65 m in corrispondenza della soletta superiore nel tratto di larghezza "corrente" pari a 13.15 m, altezza variabile tra 4.54 m (in asse pila) e 2.19 m (a livello del concio di sutura), piattabanda superiore larga 80 cm e piattabanda inferiore larga 50 cm; entrambe le piattabande sono spesse 2.0 cm (2.4 cm nel tratto in allargamento), mentre le anime hanno uno spessore pari a 1.6 cm (che diventano 1.8 cm nei conci 2-3 del tratto in allargamento e 2.0 cm nei conci 0-1).

La soletta superiore in calcestruzzo presenta longitudinalmente sezione costante, con larghezza complessiva di 13.15 m tra P3 e P11, larghezza di 16.90 tra SP1 e P2 e variabile tra i due valori precedenti tra P2 e P3. Trasversalmente la soletta è caratterizzata da uno spessore variabile, con valori massimi pari a 46 cm in corrispondenza delle travi metalliche e della trave HEM 600 posta in corrispondenza dell'asse del cassone, lo spessore si riduce invece a 30 cm in corrispondenza nei campi tra le travi, lo spessore minimo all'estremità degli sbalzi è di 20 cm. La soletta inferiore presenta invece uno spessore variabile longitudinalmente da un massimo di 108 cm sul concio lato pila a un minimo di 25 cm sul concio di sutura (ad entrambi tali valori vanno dettratti i 5 cm dello spessore delle prédalles su cui la controsoletta risulta essere gettata in opera). Inferiormente è inoltre presente una trave longitudinale in calcestruzzo di spessore minimo 60 cm individuata nel tratto centrale della controsoletta.

Si precisa come la trave in acciaio HEM 600 disposta ad intradosso soletta superiore in asse cassone nel tratto di impalcato in allargamento è interrotta longitudinalmente in corrispondenza di diaframmi e deviatori e quindi non è stata presa in conto nell'analisi del comportamento globale dell'impalcato in direzione longitudinale (considerandola solo come un'ulteriore quota di peso strutturale).

La variazione di larghezza della soletta superiore viene realizzata incrementando la distanza tra le anime del cassone e mantenendo costante la dimensione degli sbalzi.

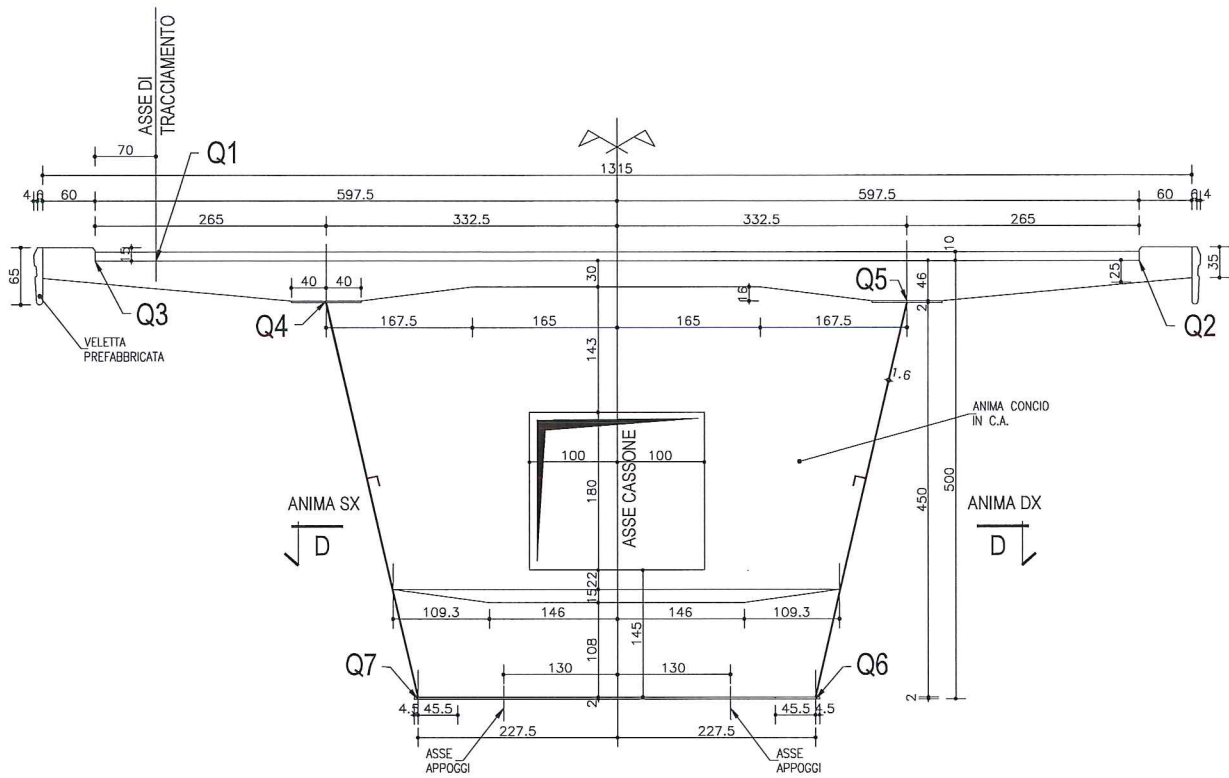


Figura 1-5 : Concio 0 – Sezione trasversale impalcato di larghezza 13.15 m.

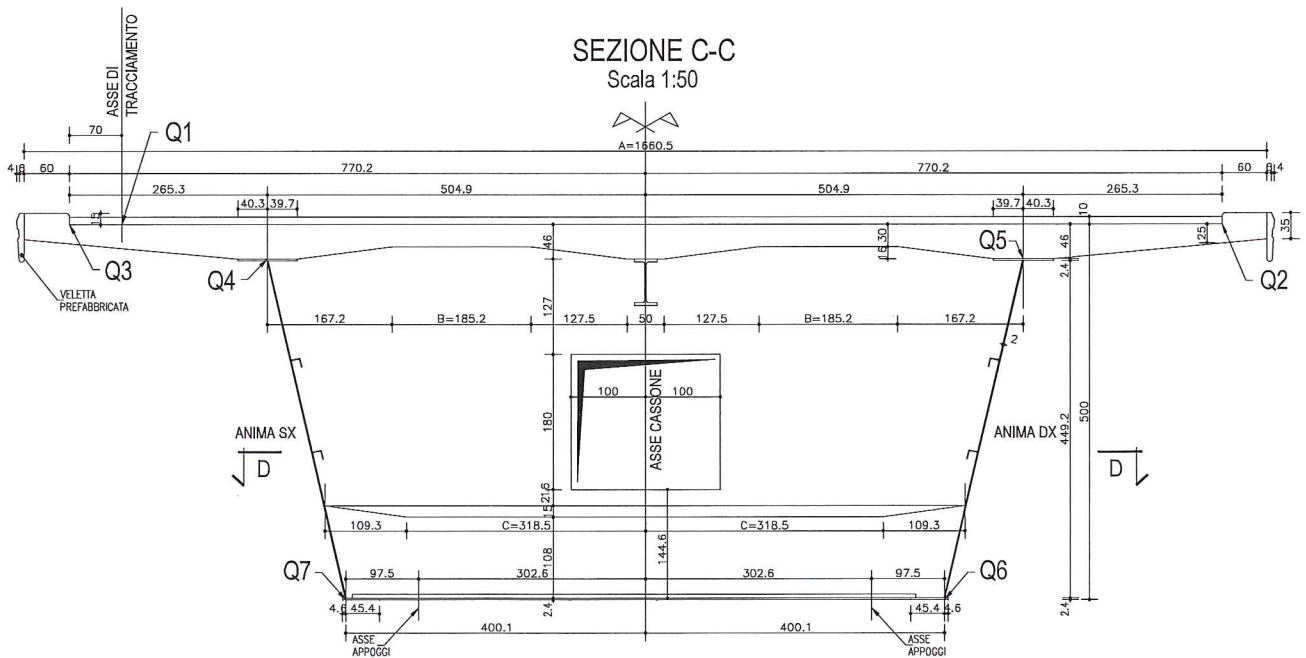


Figura 1-6 : Concio 0 – Sezione trasversale impalcato in allargamento.

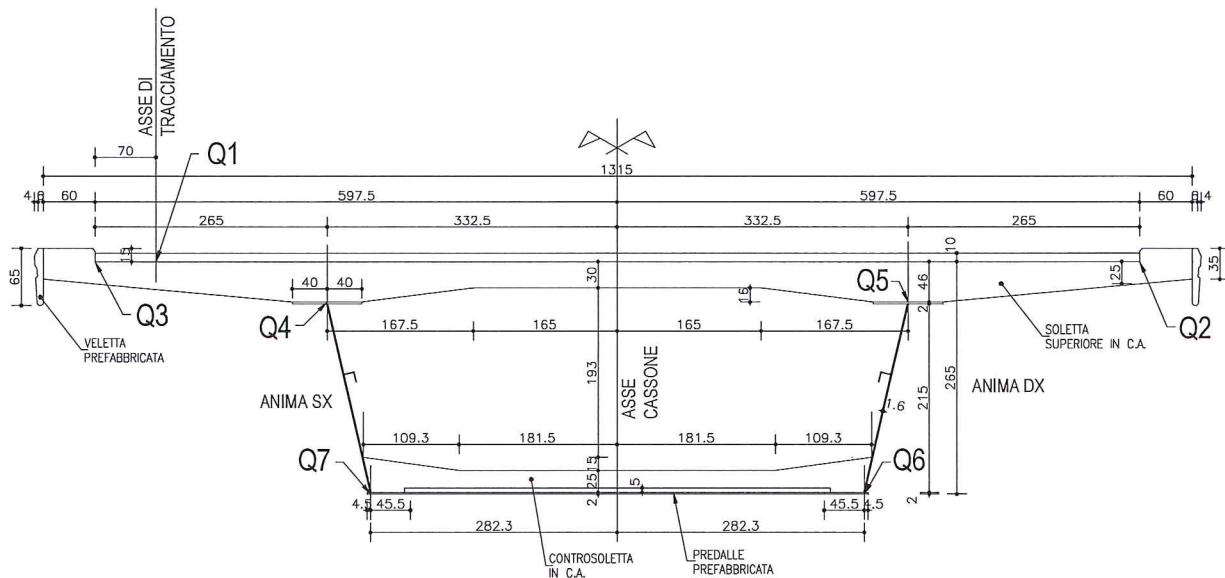


Figura 1-7 : Concio di chiave – Sezione trasversale impalcato di larghezza 13.15 m.

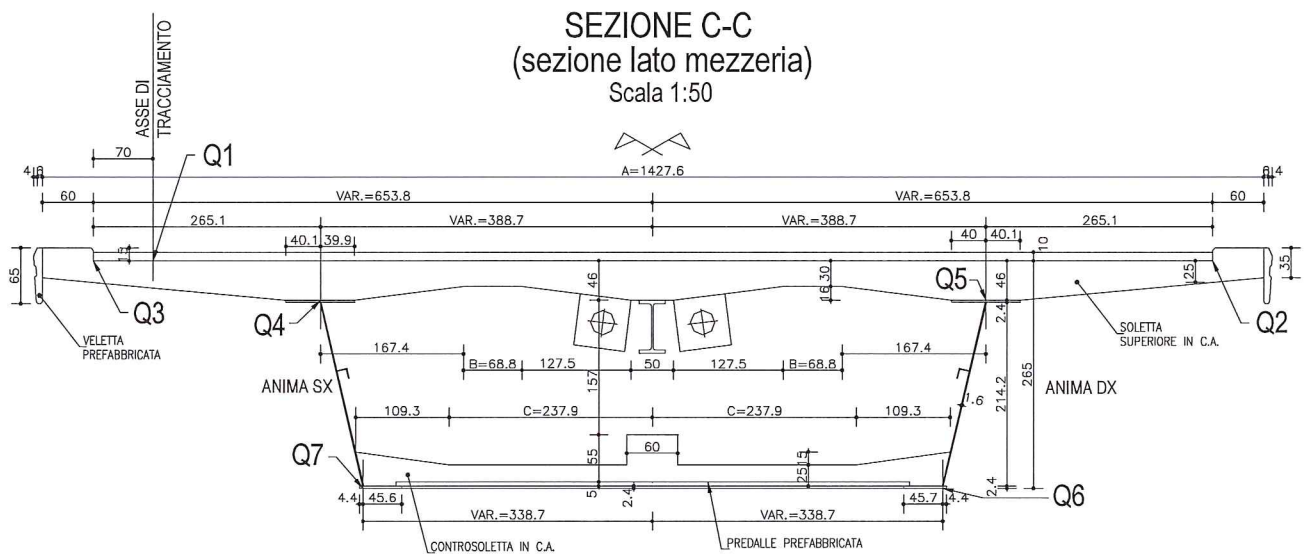


Figura 1-8 : Concio 5 – Sezione trasversale impalcato in allargamento.

Per le stampelle di larghezza 13.15 m (P3+P10) la precompressione superiore viene realizzata con 28 cavi interni di cui 10 sono composti da 19 trefoli mentre i rimanenti da 15 trefoli, su P1 e P2 sono invece presenti 28 cavi da 22 trefoli ; in ogni campata corrente (da P4-P5 a P9-P10) la precompressione di continuità è invece costituita da un totale di 12 cavi esterni da 27 trefoli, su P1-P2 sono presenti 16 cavi da 27 trefoli, 14 nella campata P2-P3. Per le campate di riva la precompressione inferiore si riduce a soli 8 cavi da 27 trefoli.

1.2 CARREGGIATA NORD – VIADOTTO P11-SP2

Il viadotto è costituito da un impalcato con schema statico di trave continua, caratterizzato da 8 campate intermedie da 100 m e da 2 campate di riva da 57 m, per una lunghezza complessiva pari a 917.8 m.

La sezione trasversale presenta anime inclinate e di conseguenza sezioni variabili non solo in altezza ma anche per la larghezza della controsoletta inferiore, il campo di soletta superiore compreso tra le anime laterali mantiene sempre larghezza costante (così come di conseguenza rimangono costanti le dimensioni degli sbalzi

lateral).

Le travi in acciaio che realizzano le anime hanno interasse trasversale pari a 6.65 m in corrispondenza della soletta superiore, altezza variabile tra 4.54 m (in asse pila) e 2.19 m (a livello del concio di sutura), piattabanda superiore larga 80 cm e piattabanda inferiore larga 50 cm; entrambe le piattabande sono spesse 2.0 cm (2.2 cm nel tratto in allargamento), mentre le anime hanno uno spessore pari a 1.6 cm (1.8 cm per i conci 0 e 1 nel tratto in allargamento).

La soletta superiore in calcestruzzo presenta longitudinalmente sezione costante, con larghezza complessiva di 13.15 m tra P11 e P15 e variabile nelle ultime sei campate fino ad un valore di 14.36 m, mentre trasversalmente è caratterizzata da uno spessore variabile, con valori massimi pari a 46 cm in corrispondenza delle travi metalliche e uno spessore di 30 cm in corrispondenza dell'asse del cassone, lo spessore minimo all'estremità degli sbalzi è di 20 cm. La soletta inferiore presenta invece uno spessore variabile longitudinalmente da un massimo di 108 cm sul concio lato pila a un minimo di 25 cm sul concio di sutura (ad entrambi tali valori vanno detratti i 5 cm dello spessore delle *prédalles* su cui la controsoletta risulta essere gettata in opera).

La variazione di larghezza della soletta superiore viene realizzata incrementando la lunghezza degli sbalzi trasversali.

Per ciascuna stampella la precompressione superiore viene realizzata con 28 cavi interni di cui 10 sono composti da 19 trefoli mentre i rimanenti da 15 trefoli; in ogni campata corrente la precompressione di continuità è invece costituita da un totale di 12 cavi esterni da 27 trefoli. Per le campate di riva la precompressione inferiore si riduce a soli 8 cavi da 27 trefoli.

1.3 CARREGGIATA SUD – VIADOTTO SP1-P11

Il viadotto è costituito da un impalcato con schema statico di trave continua, caratterizzato da 9 campate intermedie da 100 m e da 2 campate di riva da 57 m, per una lunghezza complessiva pari a 1017.8 m.

La sezione trasversale presenta anime inclinate e di conseguenza sezioni variabili non solo in altezza ma anche per la larghezza della controsoletta inferiore.

Le travi in acciaio che realizzano le anime hanno interasse trasversale pari a 6.65 m in corrispondenza della soletta superiore nel tratto di larghezza "corrente" pari a 13.15 m, altezza variabile tra 4.54 m (in asse pila) e 2.19 m (a livello del concio di sutura), piattabanda superiore larga 80 cm e piattabanda inferiore larga 50 cm; entrambe le piattabande sono spesse 2.0 cm (2.4 cm nel tratto in allargamento), mentre le anime hanno uno spessore pari a 1.6 cm (che diventano 1.8 cm nei conci 2-3 del tratto in allargamento e 2.0 cm nei conci 0-1).

La soletta superiore in calcestruzzo presenta longitudinalmente sezione variabile, con larghezza compresa tra 13.15 m (tra P10 e P11) e 17.90 m. Trasversalmente la soletta è caratterizzata da uno spessore variabile, con valori massimi pari a 46 cm in corrispondenza delle travi metalliche e della trave HEM 650 posta in corrispondenza dell'asse del cassone, lo spessore si riduce invece a 30 cm in corrispondenza nei campi tra le travi, lo spessore minimo all'estremità degli sbalzi è di 20 cm. La soletta inferiore presenta invece uno spessore variabile longitudinalmente da un massimo di 108 cm sul concio lato pila a un minimo di 25 cm sul concio di sutura (ad entrambi tali valori vanno detratti i 5 cm dello spessore delle *prédalles* su cui la controsoletta risulta essere gettata in opera). Inferiormente è inoltre presente una trave longitudinale in calcestruzzo di spessore minimo 60 cm individuata nel tratto centrale della controsoletta.

Si precisa come la trave in acciaio HEM 650 disposta ad intradosso soletta superiore in asse cassone nel tratto di impalcato in allargamento è interrotta longitudinalmente in corrispondenza di diaframmi e deviatori e quindi non è stata presa in conto nell'analisi del comportamento globale dell'impalcato in direzione longitudinale (considerandola solo come un'ulteriore quota di peso strutturale).

La variazione di larghezza della soletta superiore viene realizzata incrementando la distanza tra le anime del cassone e mantenendo costante la dimensione degli sbalzi.

Per le stampelle la precompressione superiore viene realizzata con modalità differente a seconda delle pile, in particolare si ha :

- Pile P1-P8 : 28 cavi interni da 19 trefoli ;
- Pile P2-P5-P6-P7 : 28 cavi interni da 22 trefoli ;
- Pile P3-P4 : 28 cavi interni da 22 trefoli cui si aggiungono quattro cavi interni da 15 trefoli ;
- Pile P9-P10 : 10 cavi interni da 19 trefoli e 18 cavi da 15 trefoli.

Analogamente la precompressione di continuità è realizzata in accordo con le indicazioni seguenti :

- Campata SP1-P1 : 10 cavi esterni da 27 trefoli ;

- Campate P1-P2 e P8-P9 : 14 cavi esterni da 27 trefoli ;
- Campate comprese tra P2-P3 e P7-P8 : 16 cavi esterni da 27 trefoli ;
- Campata P9-P10 : 12 cavi esterni da 27 trefoli ;
- Campata P10-P11 : 8 cavi esterni da 27 trefoli.

1.4 CARREGGIATA SUD – VIADOTTO P11-SP2

Il viadotto è costituito da un impalcato con schema statico di trave continua, caratterizzato da 8 campate intermedie da 100 m e da 2 campate di riva da 57 m, per una lunghezza complessiva pari a 917.8 m.

La sezione trasversale presenta anime inclinate e di conseguenza sezioni variabili non solo in altezza ma anche per la larghezza della controsoletta inferiore, il campo di soletta superiore compreso tra le anime laterali mantiene sempre larghezza costante (così come di conseguenza rimangono costanti le dimensioni degli sbalzi laterali).

Le travi in acciaio che realizzano le anime hanno interasse trasversale pari a 6.65 m in corrispondenza della soletta superiore, altezza variabile tra 4.54 m (in asse pila) e 2.19 m (a livello del concio di sutura), piattabanda superiore larga 80 cm e piattabanda inferiore larga 50 cm; entrambe le piattabande sono spesse 2.0 cm, mentre le anime hanno uno spessore pari a 1.6 cm.

La soletta superiore in calcestruzzo presenta longitudinalmente sezione costante, con larghezza complessiva di 13.15 m, mentre trasversalmente è caratterizzata da uno spessore variabile, con valori massimi pari a 46 cm in corrispondenza delle travi metalliche e uno spessore di 30 cm in corrispondenza dell'asse del cassone, lo spessore minimo all'estremità degli sbalzi è di 20 cm. La soletta inferiore presenta invece uno spessore variabile longitudinalmente da un massimo di 108 cm sul concio lato pila a un minimo di 25 cm sul concio di sutura (ad entrambi tali valori vanno detratti i 5 cm dello spessore delle prédalles su cui la controsoletta risulta essere gettata in opera).

Per ciascuna stampella la precompressione superiore viene realizzata con 28 cavi interni di cui 10 sono composti da 19 trefoli mentre i rimanenti da 15 trefoli; in ogni campata corrente la precompressione di continuità è invece costituita da un totale di 12 cavi esterni da 27 trefoli. Per le campate di riva la precompressione inferiore si riduce a soli 8 cavi da 27 trefoli.

2 FASI COSTRUTTIVE

L'impalcato viene realizzato tramite costruzione a sbalzo in avanzamento a partire dalle pile. Una volta realizzate due stampelle contigue si procede al rilievo del concio di chiave, si realizza e si monta il coprigiunto completando la campata con il getto di sutura e la tesatura al 50% del tiro di progetto dei cavi inferiori. Infine viene eseguita l'iniezione delle guaine dei cavi interni e viene realizzato il getto dei cordoli laterali. Terminata la costruzione di tutte le stampelle, si procede con la ritesatura di tutti i cavi di 2° fase al tiro di progetto.

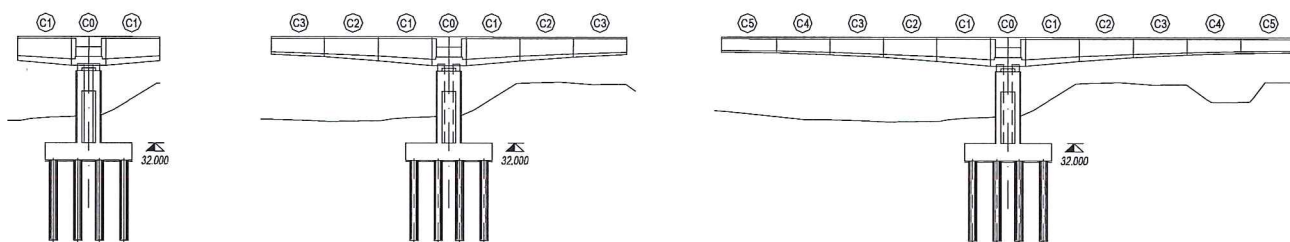


Figura 2-1 : Costruzione di una stampella in avanzamento dal testapila.

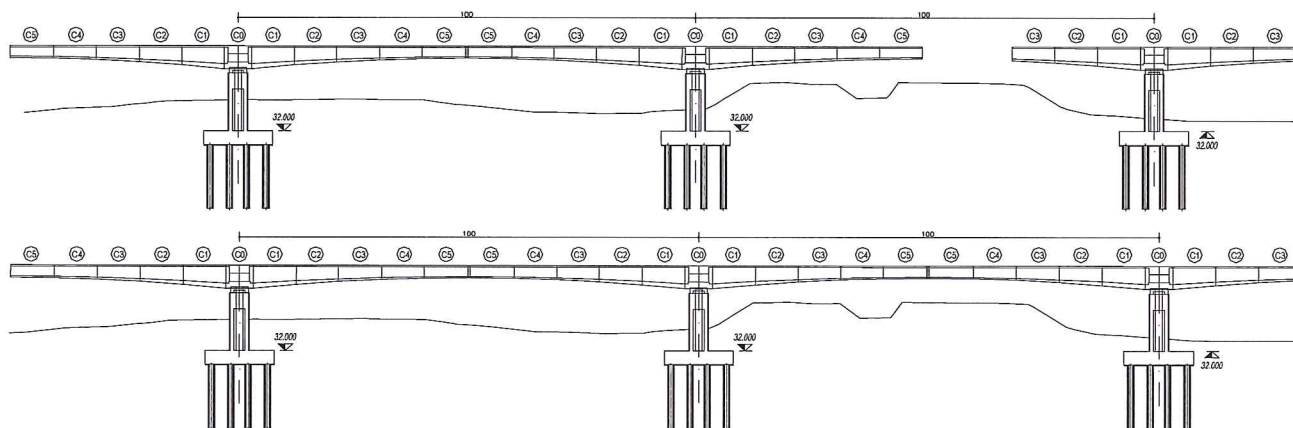


Figura 2-2 : Realizzazione del collegamento tra due stampelle adiacenti.

Per quanto riguarda la realizzazione dei conci di una generica stampella si procede operando tramite costruzione a sbalzo in avanzamento a partire dalle pile, seguendo la metodologia esposta qui di seguito : si montano dapprima le anime metalliche mediante realizzazione dei giunti bullonati e ancoraggio provvisorio con controventi di irrigidimento; successivamente si posano le prédalles inferiori e si getta la controsoletta dopo aver disposto le armature ; in seguito si dispongono i cavi di precompressione sulla soletta superiore e le armature di rinforzo e si procede al getto su cassero. Infine si tesano i cavi e si passa al montaggio del concio successivo.

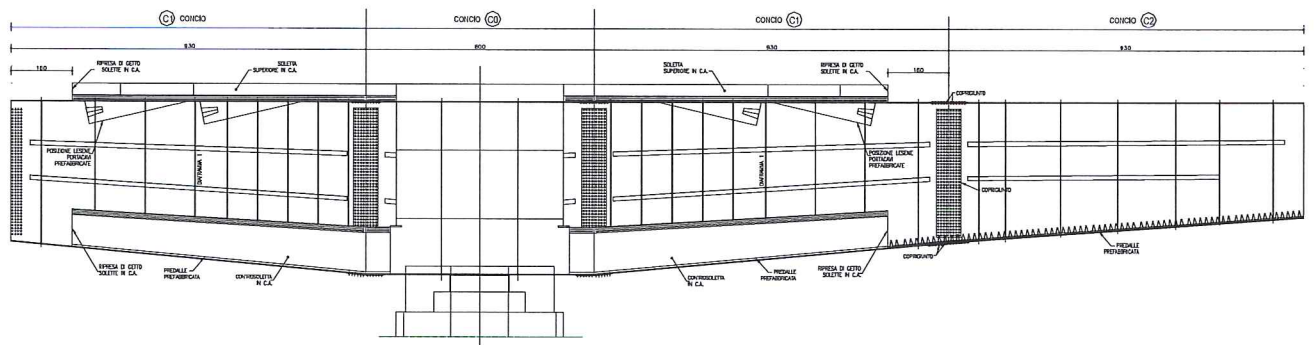


Figura 2-3 : Messa in opera delle animes in acciaio del concio da realizzare.

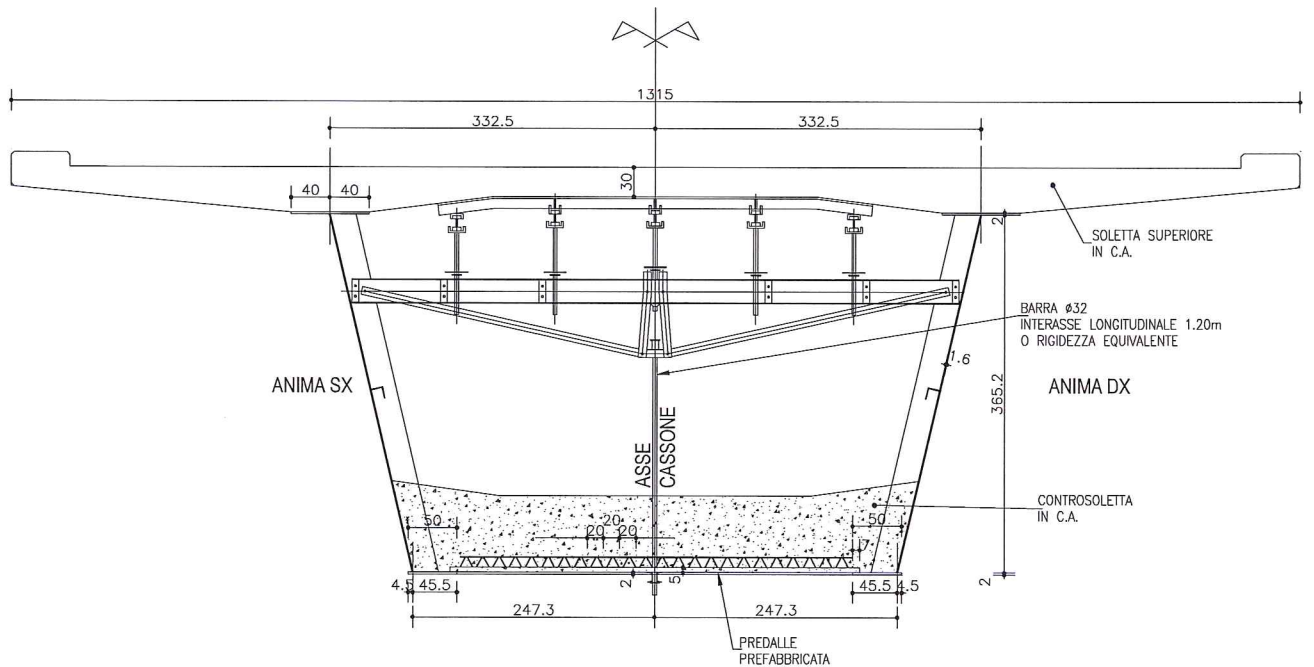


Figura 2-4 : Posa delle prédalles per realizzare la soletta inferiore.

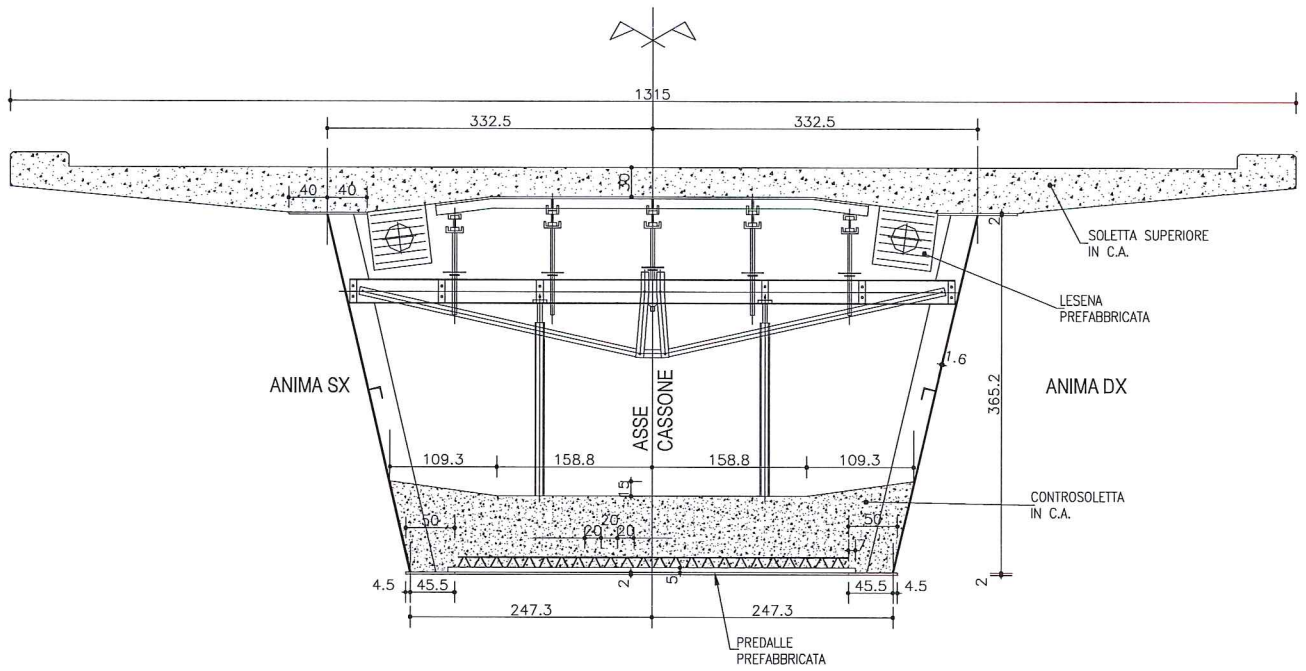


Figura 2-5 : Getto su cassero della soletta superiore.

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi è stata condotta in accordo con le indicazioni fornite nelle seguenti normative:

- D.M. 14/01/2008
- Per quanto non specificato nel D.M. 14/01/2008 si è fatto riferimento all'Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1, "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1 : regole generali e regole per gli edifici"
- Per quanto non specificato nel D.M. 14/01/2008 si è fatto riferimento all'Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1, "Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1 : regole generali e regole per gli edifici"
- EN 1992-2, "Design of concrete structures – Part 2 : Concrete bridges – Design and detailing rules"
- D.M. 31/07/2012 "Approvazione delle Appendici nazionali recanti I parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici".

Con i seguenti supporti:

- Model Code CEB-FIP 1990.
- CEB Manual on "Structural effects of time-dependent behaviour of concrete" 1990.
- CEB-FIP Manual on "Bending and compression - Design of sections under axial action effects at the ultimate limit state" 1982.
- Structural concrete – Textbook on Behaviour, Design and Performance, CEB-FIP

4 MATERIALI

- 1) Calcestruzzo per l'impalcato con resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni $R_{ck} \geq 45$ MPa.
- 2) Calcestruzzo per le elevazioni di pile e spalle con resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni $R_{ck} \geq 40$ MPa.
- 3) Calcestruzzo per baggioli di pile e spalle con resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni $R_{ck} \geq 45$ MPa.
- 4) Calcestruzzo per le platee ed i plinti di fondazione ed i pali di pile e spalle con resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni $R_{ck} \geq 30$ MPa.
- 5) Acciaio ordinario ad aderenza migliorata tipo B450C.
- 6) Acciaio da carpenteria metallica per le travi principali autoprotetto tipo CORTEN S355J2W+N EN 10025 con verniciatura protettiva;
- 7) Acciaio da carpenteria metallica per i controventi ad L autoprotetto tipo CORTEN S355J0W EN 10025 con verniciatura protettiva;
- 8) Acciaio da precompressione in trefoli $\phi 0.6''$, controllato in stabilimento, avente $f_{ptk} = 1860$ MPa e $f_{p(1)k} = 1670$ MPa con trattamento di stabilizzazione ai fini della riduzione del rilassamento.
- 9) Pioli tipo Nelson saldati in acciaio del tipo ST37-3K(S235J2G3+C450) ;
- 10) Bulloni per giunti travi principali secondo le UNI EN ISO 4016 e UNI EN ISO 898-1 :

Vite e dado M24 classe 10.9 / diametro foro $\phi_{\text{bullone}} + 1.0$ mm
- 11) Bulloni per collegamento profili ad L sui diaframmi trasversali secondo le UNI EN ISO 4016 e UNI EN ISO 898-1 :

Vite e dado M27 classe 10.9 / diametro foro $\phi_{\text{bullone}} + 1.5$ mm

5 ISOLAMENTO SISMICO

5.1 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sono state valutate conformemente ai paragrafi 5.1.3.8 e 3.2 del D.M. 14/01/2008.

Per la valutazione dei parametri dipendenti dal sito, rintracciabili sul reticolo sismico si è fatto riferimento alle coordinate del Comune di Fontevivo (per le quali si ottengono valori più alti rispetto a quelli relativi al comune di Fontanellato), al cui interno è localizzata l'opera. Il comune è localizzato alle seguenti coordinate :

latitudine: **44.860** [°]
 longitudine: **10.176** [°]

In merito all'opera sono quindi state fatte le seguenti assunzioni :

- Vita nominale : 100 anni
- Classe d'uso : IV ($C_U=2.0$)
- Categoria topografica : T1 ($S_T=1$)

Il periodo di riferimento risulta quindi pari a :

$$V_R = \max(35; V_N \cdot C_U) = \max(35; 100 \cdot 2) = 200 \text{ anni}$$

Le verifiche di sicurezza della struttura saranno sviluppate considerando lo Stato Limite di Salvaguardia per la Vita, per il quale si deve garantire una possibilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R pari al 10%. Per quanto riguarda le verifiche degli isolatori occorre invece considerare lo Stato Limite di Collasso, per il quale si ha una possibilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R pari al 5%.

Per gli altri parametri si ha :

Amplificazione stratigrafica

Categoria suolo	S_s	C_C
A	1.00	1.00
B	1.20	1.42
C	1.43	1.59
D	1.72	2.35
E	1.50	1.90

Amplificazione topografica

Categoria topografica	Ubicazione opera	S_T
T1	-	1.0
T2	sommità pendio	1.2
T3	Cresta del rilievo	1.2
T4	Cresta del rilievo	1.4

Coefficienti d'uso

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) : In accordo con le indicazioni fornite nell'allegato A al D.M. 14/01/2008 (formula [1]) il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica può quindi essere ottenuto dalla seguente espressione :

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 1898 \text{ anni}$$

Dal reticolo in corrispondenza delle coordinate del comune di Fontevivo si ottengono i seguenti valori :

T_R	ag [m/s^2]	Fo [-]	Tc* [s]
30	0.44	2.48	0.23
50	0.56	2.48	0.25
72	0.67	2.47	0.26
101	0.77	2.46	0.27
140	0.89	2.45	0.27
201	1.03	2.45	0.27
475	1.45	2.45	0.28
975	1.85	2.46	0.28
2475	2.43	2.50	0.30

A partire da questi valori è possibile interpolare quelli relativi al periodo di ritorno calcolato, sulla base della seguente espressione logaritmica (formula [2] dell'allegato A), dove p sta per il generico parametro ricavabile dal reticolo, a_g , F_0 , T_C^* :

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Si ottiene :

		ag [m/s^2]	Fo [-]	Tc* [s]
T_{R1}	975	1.8493	2.4636	0.2836
T_R	1898	2.2515	2.4870	0.2952
T_{R2}	2475	2.4350	2.4964	0.3000

Infine per quanto riguarda il coefficiente di smorzamento viscoso ξ è stato utilizzato il valore convenzionale del 5%.

- Stato Limite di Collasso (SLC) : In accordo alle indicazioni fornite nel caso precedente si ha :

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 3899 \Rightarrow 2475 \text{ anni}$$

Dal reticolo si ottengono i seguenti valori :

T_R	ag [m/s ²]	Fo [-]	Tc* [s]
30	0.44	2.48	0.23
50	0.56	2.48	0.25
72	0.67	2.47	0.26
101	0.77	2.46	0.27
140	0.89	2.45	0.27
201	1.03	2.45	0.27
475	1.45	2.45	0.28
975	1.85	2.46	0.28
2475	2.43	2.50	0.30

Interpolando in corrispondenza del periodo di ritorno calcolato si ottiene :

T_{R1}	T_R	ag [m/s ²]	Fo [-]	Tc* [s]
	2475	2.4350	2.4964	0.3000
	3899	2.4350	2.4964	0.3000

Infine per quanto riguarda il coefficiente di smorzamento viscoso ξ è stato utilizzato il valore convenzionale del 5%.

5.2 ISOLATORI

Si prevede di utilizzare isolatori a scorrimento a doppia superficie curva, quali quelli esemplificati negli schemi qui di seguito riportati. Tali dispositivi sono caratterizzati da due superfici di scorrimento concave aventi lo stesso raggio di curvatura ; entrambe consentono sia lo spostamento orizzontale che la rotazione (che si trasforma in spostamento orizzontale). Ogni singola superficie curva è progettata solamente per metà dello spostamento orizzontale. Analogamente tali dispositivi consentono di dimezzare l'eccentricità con cui il carico verticale agisce sulla sottostruttura (tale eccentricità sulle pile risulterà pari alla metà dello spostamento risultante anziché allo spostamento nella sua interezza).

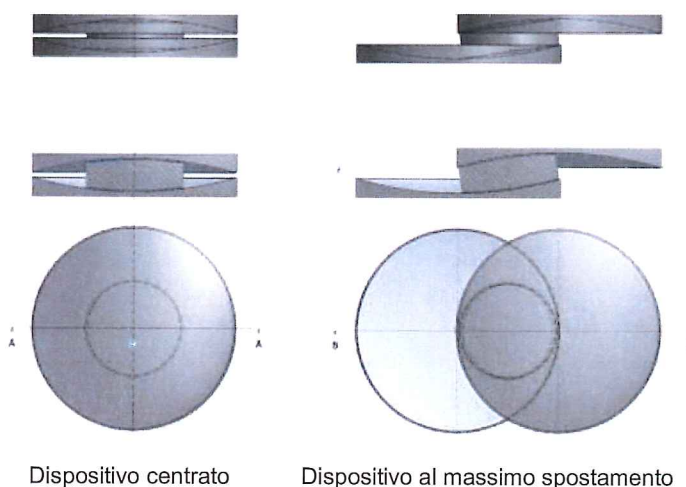


Figura 5-1: Isolatori a scorrimento a doppia superficie curva.

Per tali dispositivi il coefficiente d'attrito dinamico è funzione oltre che dei materiali impiegati anche della velocità e della pressione. La dipendenza dalla velocità solitamente non è significativa nel campo di velocità

associate all'eccitazione sismica di una struttura isolata. Al contrario la dipendenza dalla pressione determinata dal carico verticale agente non è trascurabile. Il grafico sottostante mostra la variazione del coefficiente di attrito dinamico in funzione del rapporto tra il carico verticale massimo di progetto N_{Ed} (massimo carico verticale che l'isolatore può sopportare nelle combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo) agente sull'isolatore ed il carico verticale N_{Sd} (solitamente considerato costante ed uguale al carico agente in condizioni quasi-permanenti).

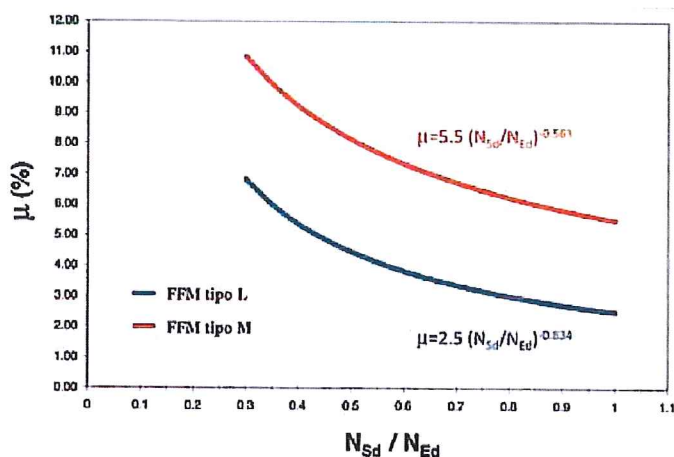


Figura 5-2: Curve di attrito dinamico.

Nel caso in esame si è deciso di utilizzare i parametri relativi ad una curva di attrito di tipo medio (curva di tipo M nella figura precedente).

Il modello matematico che meglio rappresenta il funzionamento degli isolatori a scorrimento a superficie curva è una curva bilineare Forza-Spostamento come quella rappresentata nella figura seguente.

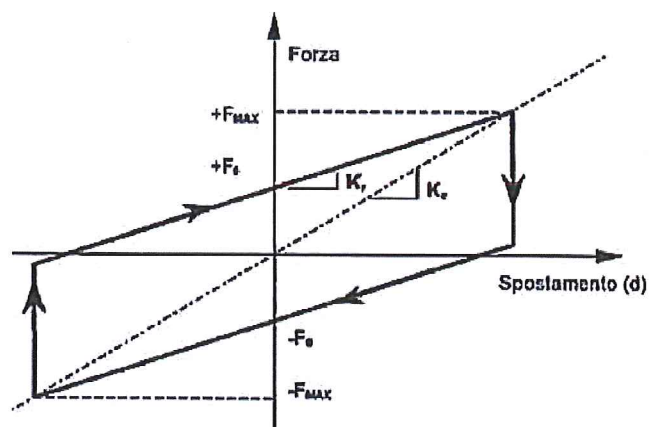


Figura 5-3: Curva Forza-Spostamento degli isolatori in esame.

Dove si ha :

$$F_0 = \mu \cdot N_{Sd}$$

$$F_{MAX} = F_0 + K_r \cdot d = \mu \cdot N_{Sd} + \frac{N_{Sd}}{R} \cdot d$$

$$K_r = \frac{N_{Sd}}{R}$$

Con :

- μ : coefficiente d'attrito ;
- N_{sd} : carico verticale agente sull'isolatore in condizioni quasi-permanenti ;
- R : raggio di curvatura equivalente ;
- d : spostamento orizzontale dell'isolatore

Nei casi in cui sia possibile modellare il comportamento non lineare appena descritto con un modello lineare equivalente (come per esempio nel caso in cui si voglia valutare la risposta dell'isolatore rispetto alle azioni statiche agenti sulla struttura), la rigidezza equivalente e lo smorzamento viscoso equivalente possono essere calcolati con l'ausilio delle seguenti espressioni :

$$K_e = N_{sd} \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{d} \right)$$

$$\xi_e = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{\frac{d}{\mu \cdot R} + 1}$$

Dal momento che tanto la rigidezza quanto lo smorzamento equivalente sono funzione dello spostamento atteso, la modellazione degli isolatori con un sistema lineare equivalente, quando possibile, richiede comunque una procedura iterativa.

Nel caso in esame sono stati previsti isolatori capaci di consentire uno spostamento complessivo di ± 400 mm, aventi raggio di curvatura equivalente R pari a 3700 mm. Nel calcolo della risposta alle azioni statiche tali isolatori sono stati modellati con un sistema lineare equivalente in accordo con le indicazioni precedentemente fornite.