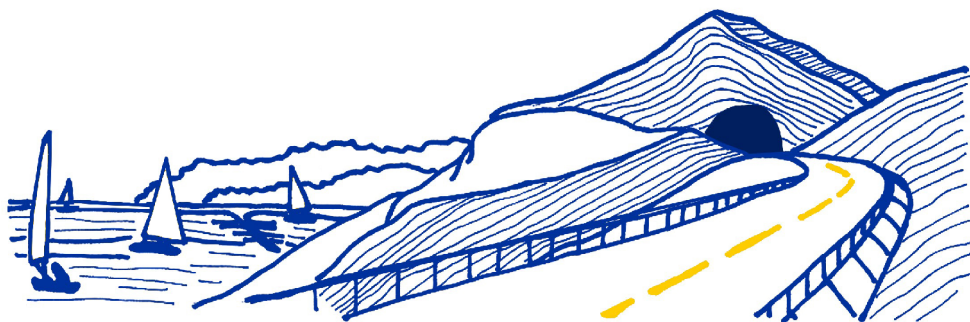


VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
 VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
 INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
 3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

OPERE MAGGIORI
SVINCOLO MELARA
VIADOTTO RAMPA "S"

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

CODICE PROGETTO

NOME FILE

0000_V04VI12STRRE07_B

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG. N. PROG.

CODICE
ELAB.

V 0 4 V I 1 2 S T R R E 0 7

B

-

DPGE0265 E 20

B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	Dicembre 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
A	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	Ottobre 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE	Pag.
1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	3
2.1 Impalcato.....	5
2.2 Spalla.....	7
2.3 Pile	8
3. MATERIALI IMPIEGATI.....	11
4. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	12
5. VERIFICA PLATEA	13
5.1 Verifica da progetto esecutivo	13
5.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio	14
6. VERIFICA PARAMENTO VERTICALE	15
6.1 Verifica da progetto esecutivo	15
6.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio	16
7. VERIFICA PARAGHIAIA.....	17
7.1 Verifica da progetto esecutivo	17
7.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio	18
8. VERIFICA MURO ANDATORE.....	19
8.1 Verifica da progetto esecutivo	19
8.1.1 Base muro - ferri verticali.....	19
8.1.2 Estremo del muro - ferri orizzontali	21
8.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio	22
8.2.1 Base muro - ferri verticali.....	22
8.2.2 Estremo muro ferri orizzontali	23

1. Premessa

La presente Relazione viene redatta nell'ambito del Contratto applicativo per la progettazione esecutiva dell'intervento S.S. 1 "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale - Progetto Esecutivo di Stralcio e completamento C – 3° tratto".

Trattandosi del Progetto di completamento di un'infrastruttura in avanzata fase realizzativa, nel seguito, dopo una generale descrizione dell'infrastruttura, si porrà l'attenzione e si descriveranno nel dettaglio lo stato di avanzamento dei lavori e alcune criticità e difficoltà esecutive verificatesi in passato, che condizionano i lavori di ultimazione dell'infrastruttura.

Nella progettazione delle opere e parti d'opera da realizzare, non si sono potuti apportare modifiche sostanziali alle opere così come precedentemente progettate ed autorizzate in sede di approvazione della Progettazione Definitiva e successivamente progettate nella sede della Progettazione Esecutiva e Costruttiva trasmesseci da ANAS SpA.

Non sono stati pertanto variati i tracciati stradali ed i dati di tracciamento delle opere, sia per l'asta principale che per gli svincoli e in particolare quello di Melara oggetto della presente relazione.

Lo stato di avanzamento dei lavori è stato desunto dalla documentazione di As-Built trasmesseci.

Con riferimento al quadro normativo di riferimento progettuale per le strutture, si evidenzia che, per le opere progettate secondo le norme tecniche di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, il D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»", prevede, all'Art. 2 "Ambito di applicazione e disposizioni transitorie", che *"per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi"*.

Pertanto, essendo l'attività da svolgere il progetto di completamento di opere già parzialmente realizzate il riferimento normativo di riferimento resteranno le Norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Le indagini geognostiche e le relative risultanze sulle quali si basa l'attuale Progetto di completamento, fanno riferimento al complesso delle indagini programmate, svolte ed analizzate nella sede progettuale costruttiva precedente.

Nell'attuale Progetto di Completamento sono stati talvolta riportati, al fine di garantire la completezza e migliorare la comprensione del progetto, elaborati di As-Built relativi alle parti d'opera già realizzate trasmessi dalla Stazione appaltante.

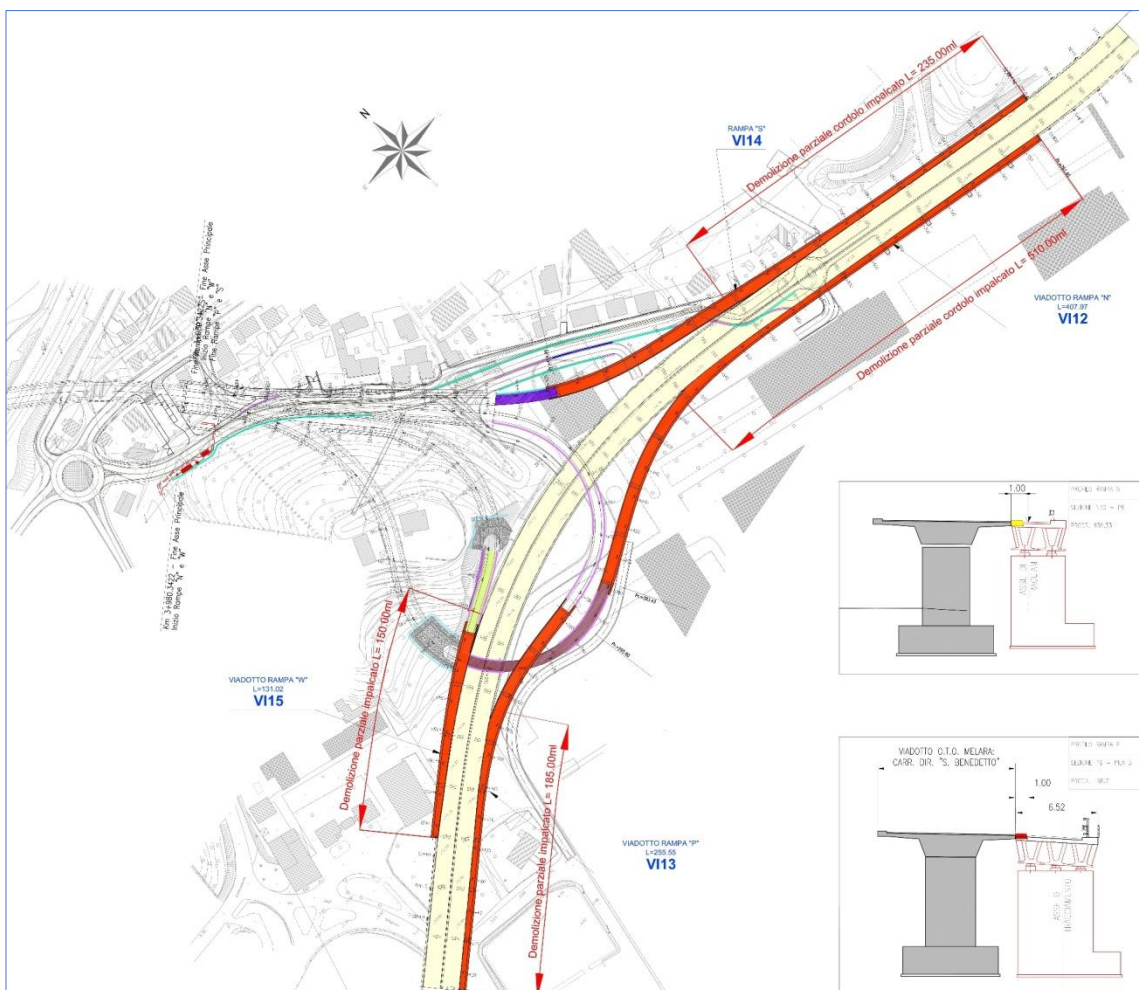


Figura 1 – Viadotti Svincolo Melara – Stralcio planimetrico

Il presente elaborato riporta i calcoli statici e le verifiche eseguiti per la platea di fondazione e per l'elevazione della spalla A del viadotto Rampa S dello svincolo di Melara.

Scopo della presente Nota Tecnica è quello di ottenere una ottimizzazione (riduzione) delle armature presenti nella spalla A, con riferimento al progetto originario (denominato nel seguito come “Progetto Esecutivo” PE).

Le verifiche riportate nel presente documento derivano dalla relazione redatta in sede costruttiva (elaborato V04VI14STRRE07 in Rev. L) dallo studio Infra Engineering per conto dell'Inpresa Toto Costruzioni generali, alla quale si rimanda per eventuali maggiori dettagli in merito.

2. Descrizione generale dell'opera

Il viadotto presenta un impalcato a struttura mista con travi in cemento armato precompresso prefabbricate e una soletta in calcestruzzo collaborante, sottostrutture in cemento armato gettato in opera.

Si estende lungo l'asse di tracciamento S dalla progressiva 0+062.71 alla progressiva 0+414.49, con uno sviluppo quindi di 350m circa. L'impalcato è diviso in 11 campate con alle estremità una spalla fissa denominata "Spalla A" al km 0.41449 ed al km 0.06271 una pila denominata "P11S".

Sono poi disposte dieci pile di altezze differenti alle progressive: 0+382.43; 0+350.41; 0+318.41; 0+286.41; 0+254.25; 0+222.22; 0+190.36; 0+158.34; 0+126.33; 0+094.34.

Lo schema di vincolo è differente per i tratti in avvicinamento e per quelli in affiancamento; il primo caso prevede l'utilizzo su tutte le sottostrutture di isolatori elastomerici in gomma armata, mentre nel secondo appoggi in acciaio e PTFE.

Gli appoggi in adiacenza al viadotto esistente sono di tipo fisso trasversalmente (un appoggio fisso ed uno unidirezionale longitudinale) e non consentono i movimenti trasversali in maniera da limitare gli spostamenti in corrispondenza del giunto longitudinale continuo.

La trave esterna è invece vincolata con un appoggio unidirezionale trasversale e un apparecchio multidirezionale per consentire i movimenti verso l'esterno e, per il solo lato vincolato all'apparecchio multidirezionale, anche i movimenti in tutte le direzioni. Le singole campate sono collegate da giunti sottopavimentazione, al pari di quelli già esistenti sui viadotti attualmente in esercizio.

Le diverse situazioni geometriche e statiche lungo il tracciato presentano, tratti non in affiancamento con larghezze di impalcato di 8.25 metri (6.50 di piattaforma, cordolo in sinistra da m 0.50 e marciapiede in destra da m. 1.25) un tratto in affiancamento con larghezze di impalcato di 4.30 metri (4.05 di piattaforma e marciapiede in destra da m. 1.25) un tratto di transizione, con larghezze di piattaforma variabili da 6.50 a 4.05 metri, con cordolo in sinistra, fino alla sezione nella quale inizia il tratto in affiancamento, e marciapiede in destra da 1.25 m ferme restando le lunghezze delle campate, mediamente da 32 metri circa, la cui lunghezza reale è determinata dalla necessità di allineare le nuove pile a quelle dei viadotti esistenti.

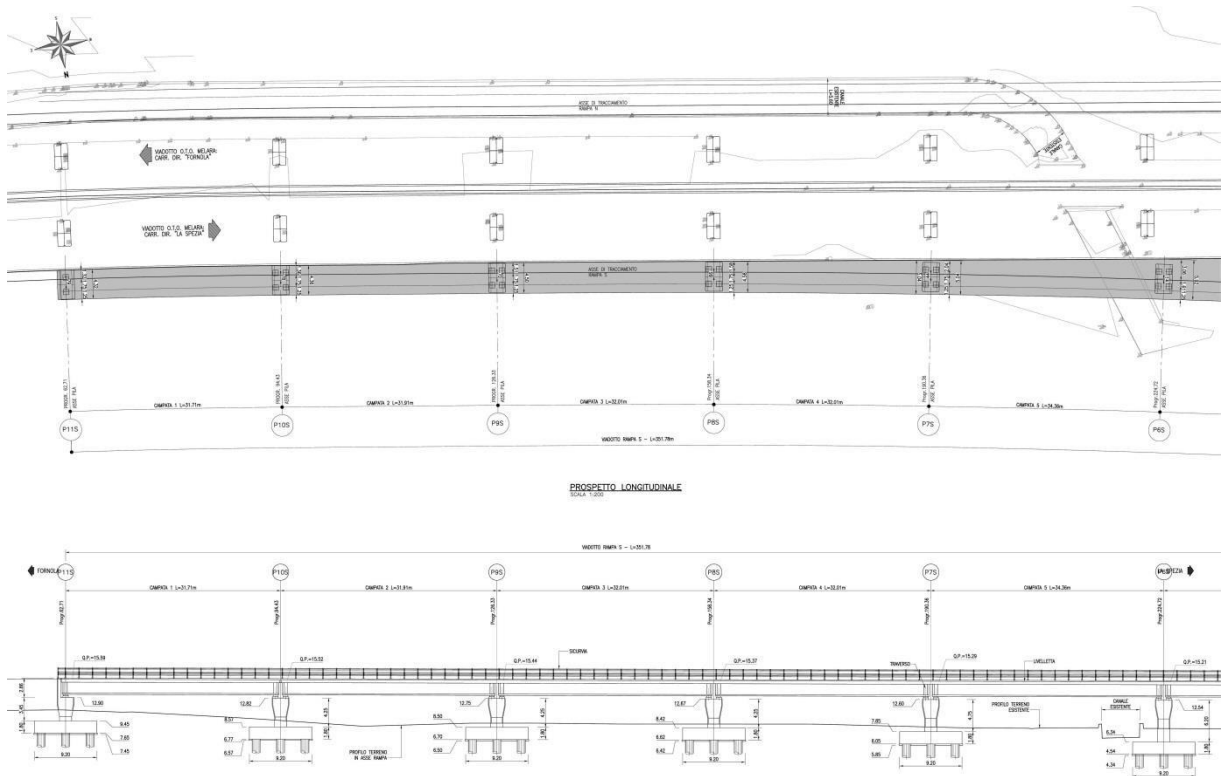


Figura 2 – planimetria generale e vista longitudinale parte 1

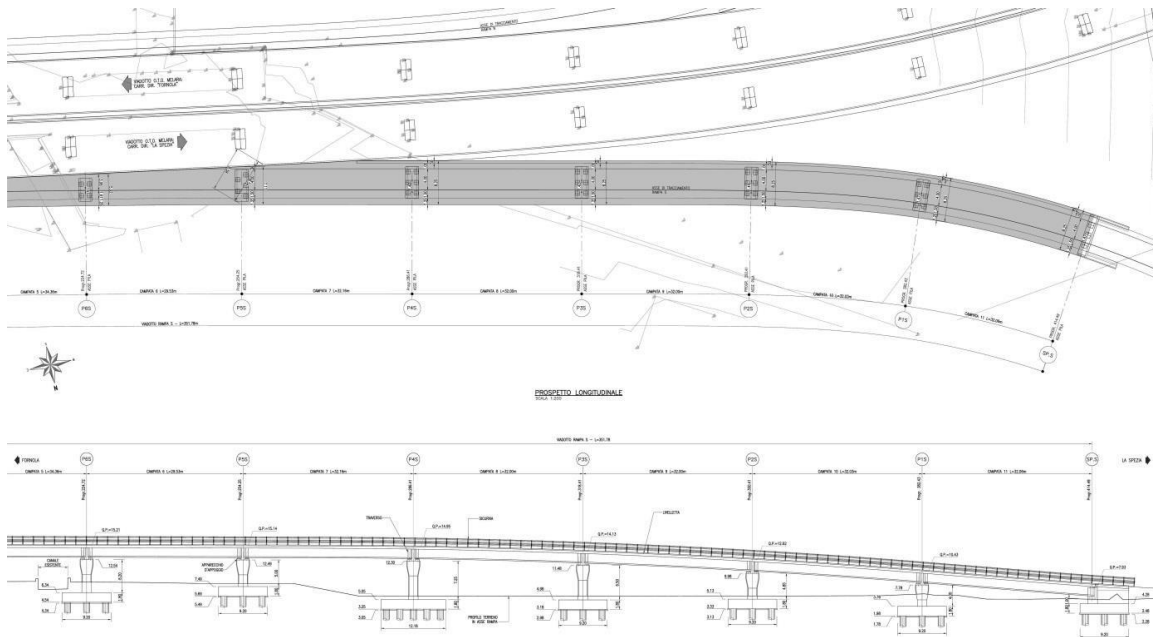


Figura 3 – planimetria generale e vista longitudinale parte 2

2.1 Impalcato

La larghezza dell'impalcato, tra la spalla e la pila 5, è pari a m 8.25, dei quali m 6.50 per la carreggiata stradale e m 1.25 e m 0.50 rispettivamente per il marciapiede in destra e per il cordolo in sinistra. La parte di viadotto dalla pila 3 fino alla Pila 11 invece, essendo un tratto in affiancamento al tracciato già esistente, al quale viene connesso con un giunto sottopavimentazione, perde il cordolo in sinistra, e la sede stradale si restringe da 4.42m della pila 3 a 3.05 della Pila 11.

La struttura dell'impalcato è di tipo misto precompresso prefabbricato con soletta in opera; nella fattispecie è composto di due travi prefabbricate in c.a.p. di altezza 1.8m per il tratto in affiancamento e da tre per il tratto in avvicinamento e dalla soletta che ha uno spessore complessivo di 30 cm ed è gettata in opera mediante l'utilizzo di predalles tralicciate autoportanti di 5cm di spessore.

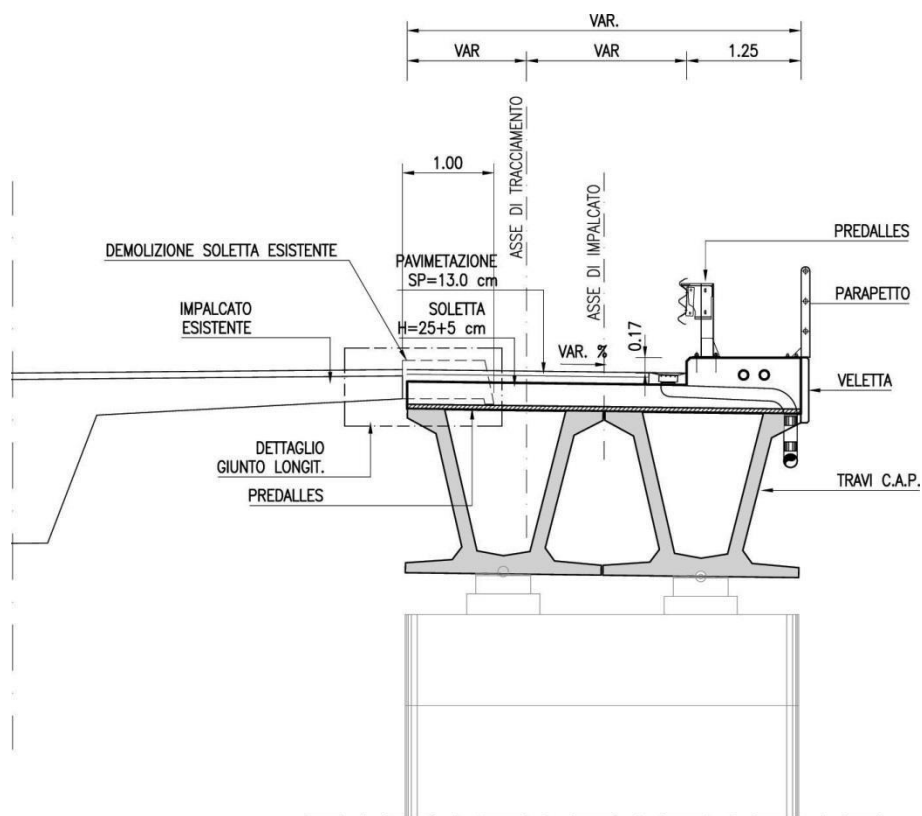


Figura 4 – sezione tipo impalcato a 2 travi

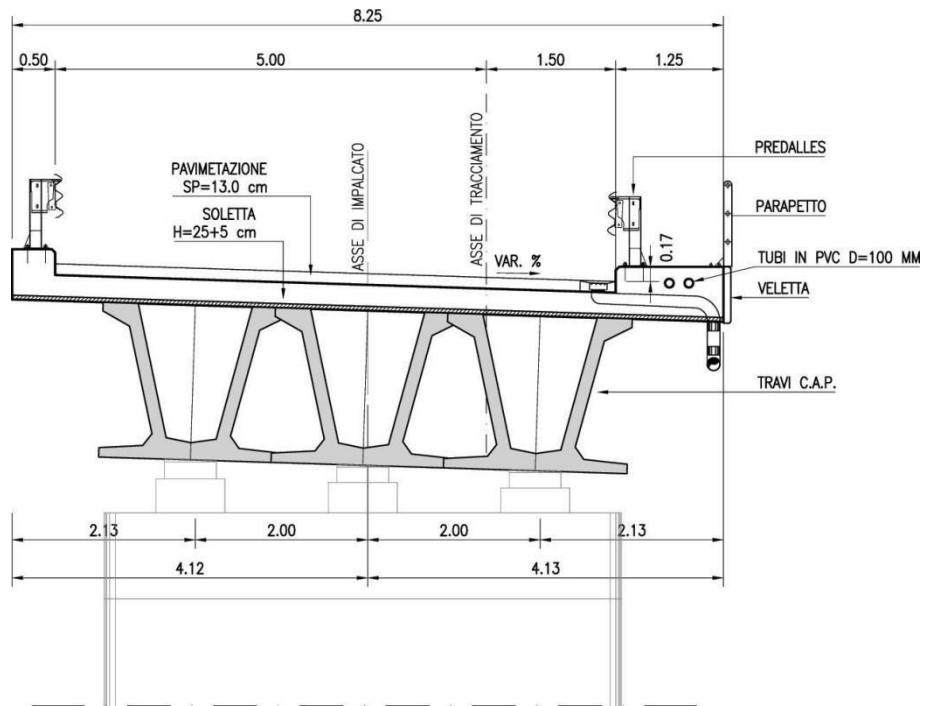


Figura 5 – sezione tipo impalcato a 3 travi

2.2 Spalla

La spalla fissa presenta una configurazione a paramento e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante. Le spalla è fondata su 9 pali \varnothing 1200 mm lunghi 35m; il plinto di fondazione ha uno sviluppo quadrato di lato 9.20m ed è alto 1.80m; il paramento è alto 1.00m ed è largo 1.80m; i risvolti hanno invece una lunghezza di 5.90m.

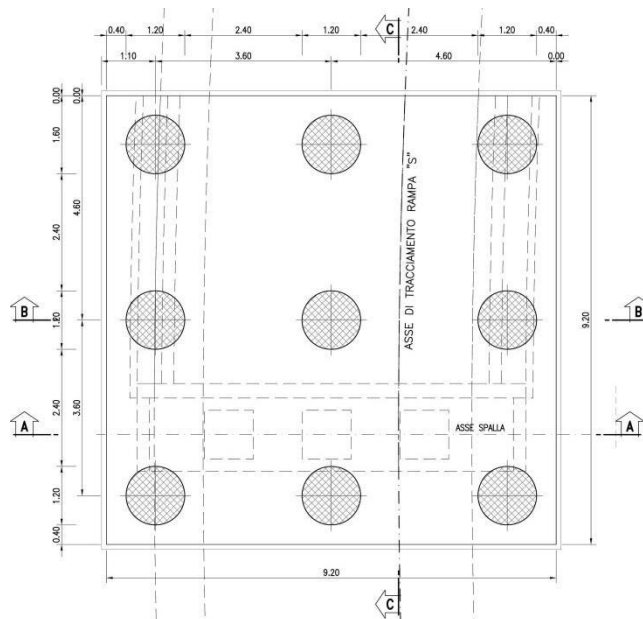


Figura 6 – pianta fondazione spalla

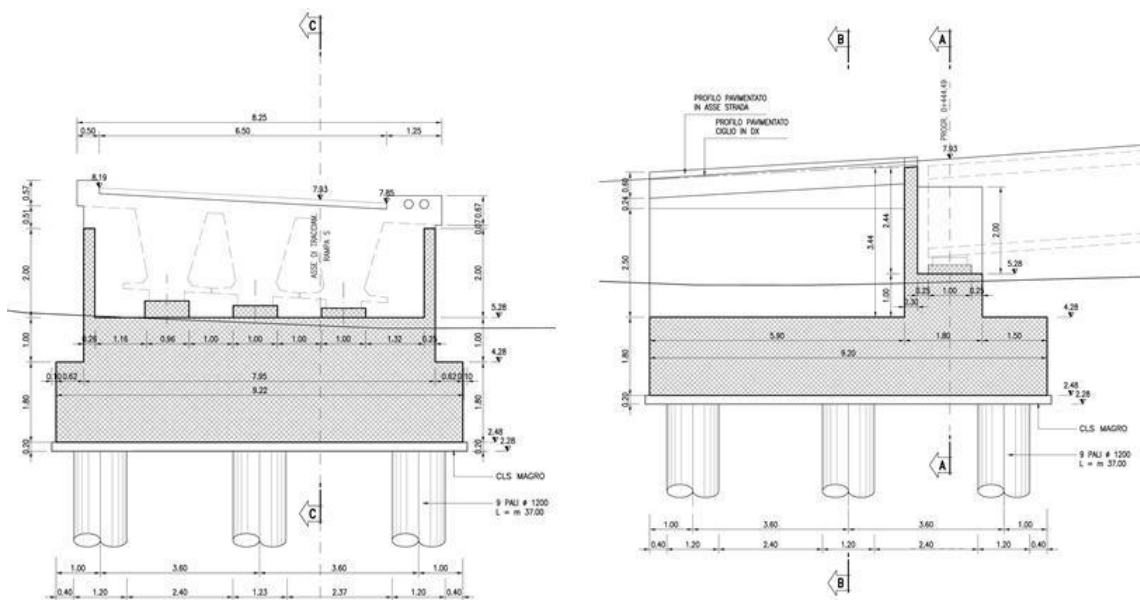


Figura 7 – prospetto e sezione longitudinale spalla

2.3 Pile

Per le pile sono state utilizzate sezioni con una geometria regolare, a sezione rettangolare e larghezza di 4.30 metri per il tratto in affiancamento e di 6.00 metri per i restanti tratti. I pulvini disposti in testa alle pile saranno tutti uguali tra di loro, avranno infatti una prima sezione a larghezza variabile alta 1.80 m e quindi una parte a sezione costante di 100 centimetri. Le pile del tratto in affiancamento sono ubicate in allineamento al viadotto esistente.

In tabella si riassumono i dati principali relativi ad ogni pila:

Pila n°	Progressiva	Larghezza plinto	Lunghezza plinto	Altezza plinto	N° pali	Lunghezza pali	Elevazione fusto
1	0.38243	9.2	9.2	1.8	9	35	1.2
2	0.35041	9.2	9.2	1.8	9	35	2.05
3	0.31841	9.2	9.2	1.8	9	35	3.7
4	0.28641	13.38	8.29	1.8	8	35	4.45
5	0.25425	9.2	6.6	1.8	6	35	2.2
6	0.22222	9.2	6.6	1.8	6	35	3.4
7	0.19036	9.2	6.6	1.8	6	35	1.95
8	0.15834	9.2	6.6	1.8	6	35	1.45
9	0.12633	9.2	6.6	1.8	6	35	1.45
10	0.09434	9.2	6.6	1.8	6	35	1.45
11	0.06271	9.2	6.6	1.8	6	35	0.65

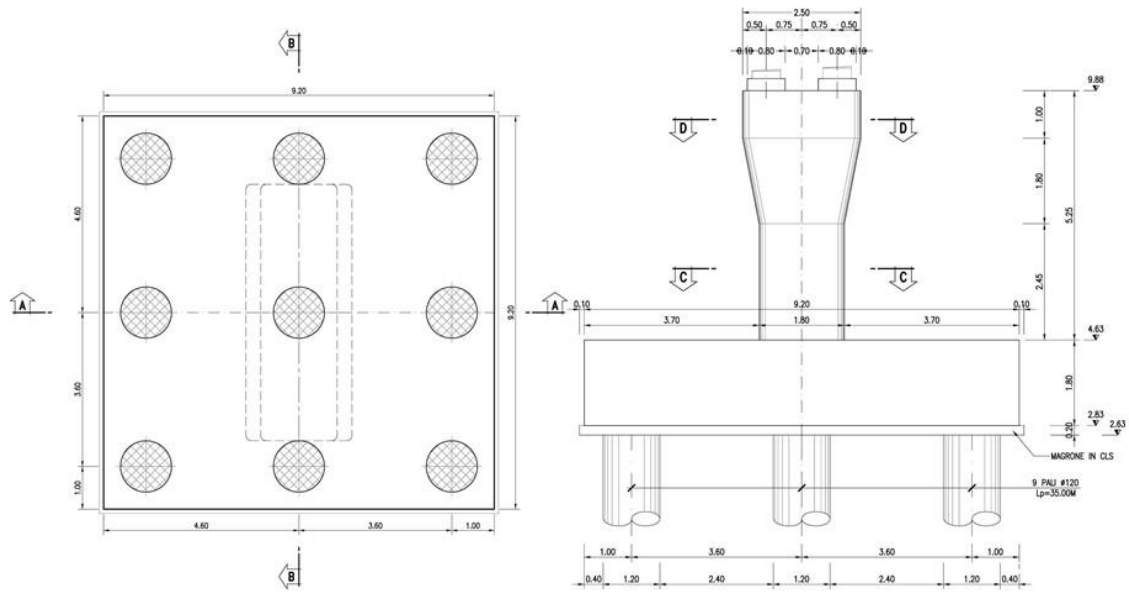


Figura 8 – Pila tipo 1

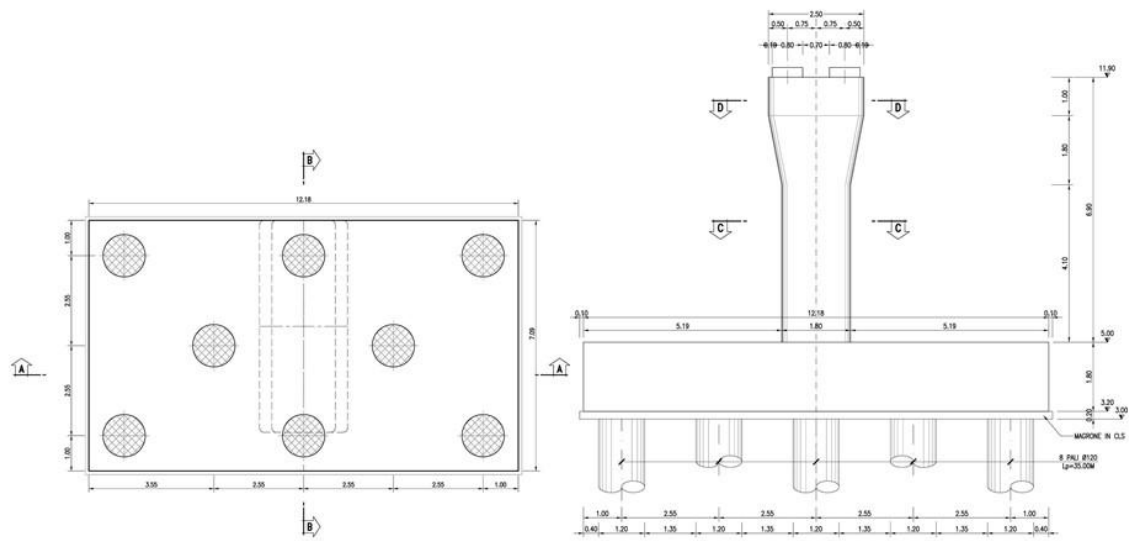


Figura 9 – Pila tipo 2

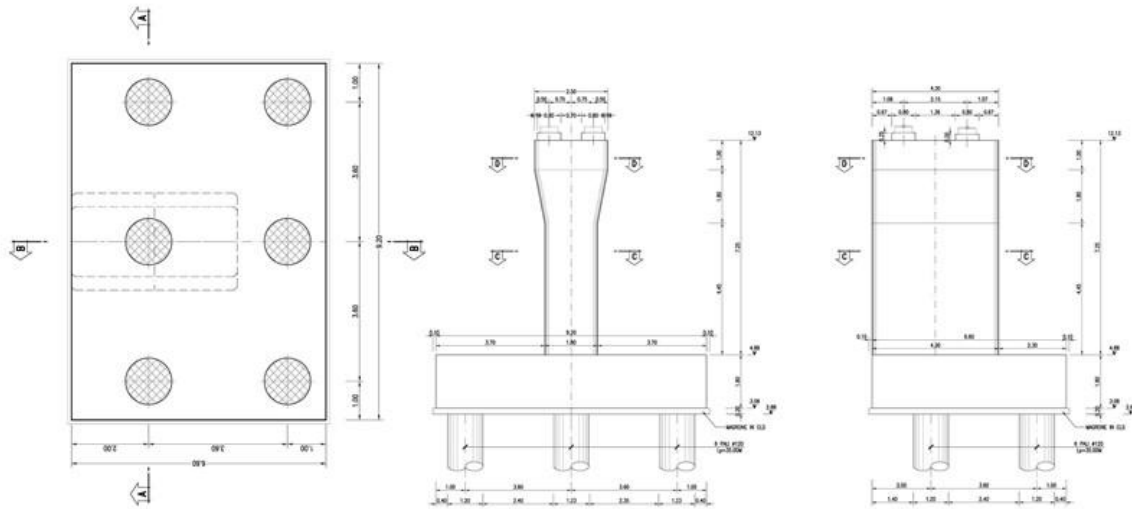


Figura 10 – Pila tipo 3

3. Materiali impiegati

Calcestruzzo

Per la realizzazione dei vari elementi in calcestruzzo si adottano le seguenti classi ed esposizioni:

Travi prefabbricate e traversi:	C45/55	XS1
Soletta:	C35/45	XF3
Elevazione pile:	C30/37	XS1
Elevazioni spalle:	C30/37	XS1
Fondazioni:	C25/30	XC2

Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

Si prevede l'adozione di barre nervate tipo B450C controllate in stabilimento:

$$f_{yk} \geq 450.0 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 540.0 \text{ MPa}$$

L'acciaio da armatura risulta inoltre caratterizzato da:

$$E_s = 210000 \text{ MPa} \text{ modulo elastico}$$

$$\nu_s = 0.3 \text{ coefficiente di Poisson}$$

$$G_s = 80769.23 \text{ MPa} \text{ modulo di elasticità tangenziale}$$

Acciaio in trefoli per precompressione

Si prevede l'adozione di acciaio armonico in trefoli controllato in stabilimento:

$$f_{p(1)k} = 1670.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ptk} = 1860.0 \text{ MPa}$$

4. Normative di riferimento

Come accennato al punto precedente, le verifiche vengono eseguite secondo il metodo agli stati limite, tenendo conto delle vigenti disposizioni normative ed, in particolare:

- Legge 5 novembre 1971, n.1086;
- Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare si è fatto riferimento alle seguenti norme:
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – “D.M. 14 Gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni” pubblicata nella G.U. n° 29 del 04/02/2008 Suppl. Ord. n° 30.
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – “Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008” pubblicata nella G.U. n° 47 del 26/02/2009 Suppl. Ord. n° 27. UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992: Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per i ponti
- UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole per i ponti

5. Verifica platea

5.1 Verifica da progetto esecutivo

Di seguito si riporta uno stralcio della relazione di calcolo come da Progetto Esecutivo (PE) per estrapolare le sollecitazioni utilizzate ai fini della verifica:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE								
Base:	100,0 cm							
Altezza:	180,0 cm							
Barre inferiori	:	2Ø26 + 3Ø26 (26,5 cm ²)						
Barre superiori	:	2Ø26 + 3Ø26 (26,5 cm ²)						
Copriferro barre inf. (dal baric. barre)	:	5,3 cm						
Copriferro barre sup. (dal baric. barre)	:	5,3 cm						
ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA								
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)							
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione							
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione							
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT				
1	0	21526	10	0				
RISULTATI DEL CALCOLO								
Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm								
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19,8 cm								
Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm								
METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE								
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata							
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)							
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)							
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000							
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.							
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)							
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 26,5 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 26,5 cm ²							
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d
1	S	0	21526	-8	177847	8,262	173,3	0,04

La verifica è stata realizzata su una sezione di larghezza unitaria e altezza 180 cm con armatura inferiore e superiore pari a Ø26/20 (5 ferri Ø26 su 1 metro)

Come si può vedere, per la verifica flessionale è stato considerato un momento flettente pari a:

$$M_x = 21526 \text{ daNm/m} = 215.26 \text{ kNm/m}$$

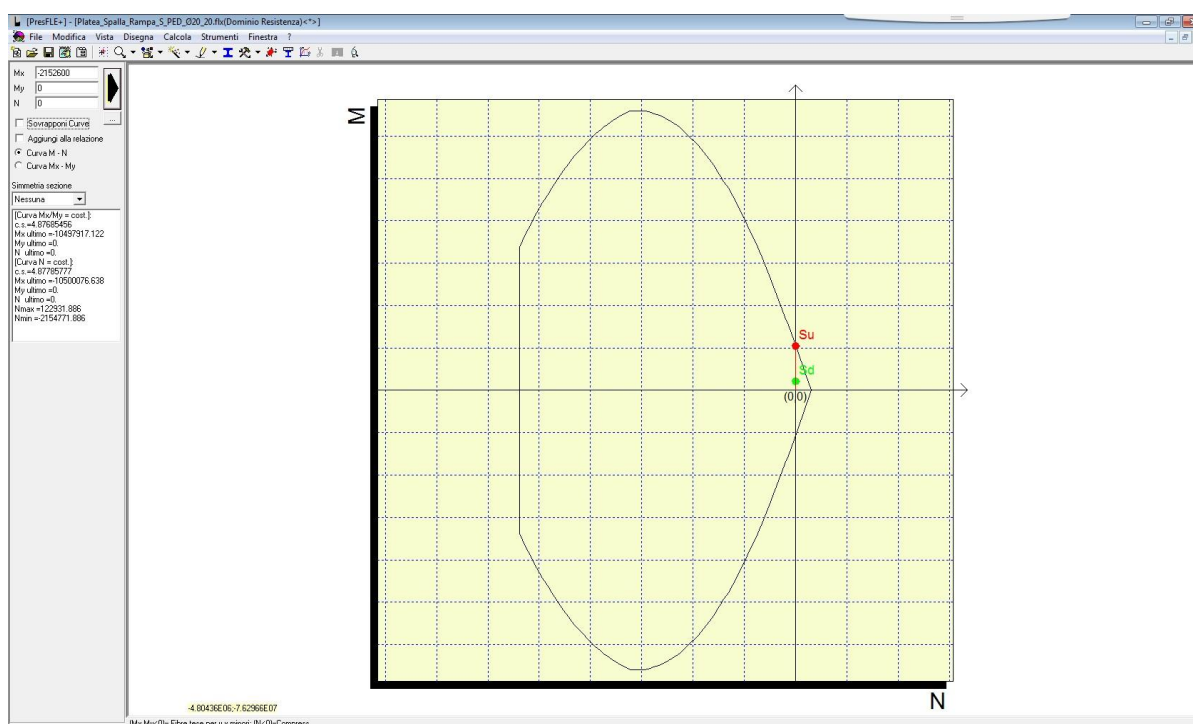
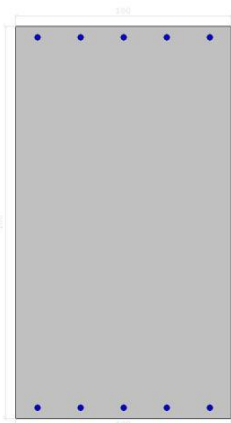
Il coefficiente di sicurezza è pari a C.S. = 8.262

5.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio

Per la verifica della platea di fondazione con le armature indicate nel progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si considerano le sollecitazioni estratte dalla relazione di calcolo del Progetto Esecutivo come indicato di seguito:

$$M_x = 21526 \text{ daNm/m} = 215.26 \text{ kNm/m}$$

L'armatura presente nella platea per un metro di sezione è pari a 5Ø20 sia superiormente che inferiormente. La sezione ha un'altezza di 1.80 m.



Il coefficiente di sicurezza è pari a 4.87; la verifica risulta pertanto soddisfatta.

6. Verifica paramento verticale

6.1 Verifica da progetto esecutivo

Di seguito si mostra uno stralcio della relazione di calcolo come da Progetto Esecutivo relativo alla verifica del paramento verticale; la verifica è realizzata su una sezione di larghezza unitaria e altezza $H = 2.00$ m.

Il paramento presenta armatura verticale $\phi 26/20$ su ambo i lati:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE								
Base:	100,0 cm							
Altezza:	200,0 cm							
Barre inferiori	:	2Ø26 + 3Ø26 (26,5 cm ²)						
Barre superiori	:	2Ø26 + 3Ø26 (26,5 cm ²)						
Copriferro barre inf. (dal baric. barre)	:	5,3 cm						
Copriferro barre sup. (dal baric. barre)	:	5,3 cm						
ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA								
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)							
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione							
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione							
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT				
1	6973	19567	10	0				
RISULTATI DEL CALCOLO								
Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm								
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19,8 cm								
Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm								
METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE								
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata							
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)							
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)							
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000							
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X, Y, 0 sez.							
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)							
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione) = 26,5 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione) = 26,5 cm ²							
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d
1	S	6973	19567	6994	205448	10,500	193,1	

Come si può vedere, per la verifica a presso-flessione è stato considerato un momento flettente e uno sforzo normale rispettivamente pari a:

$$M_x = 19567 \text{ daNm/m} = 195.67 \text{ kNm/m}$$

$$N = 6973 \text{ daN} = 69.73 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza allo stato limite ultimo è pari a : $C.S. = 10.50$

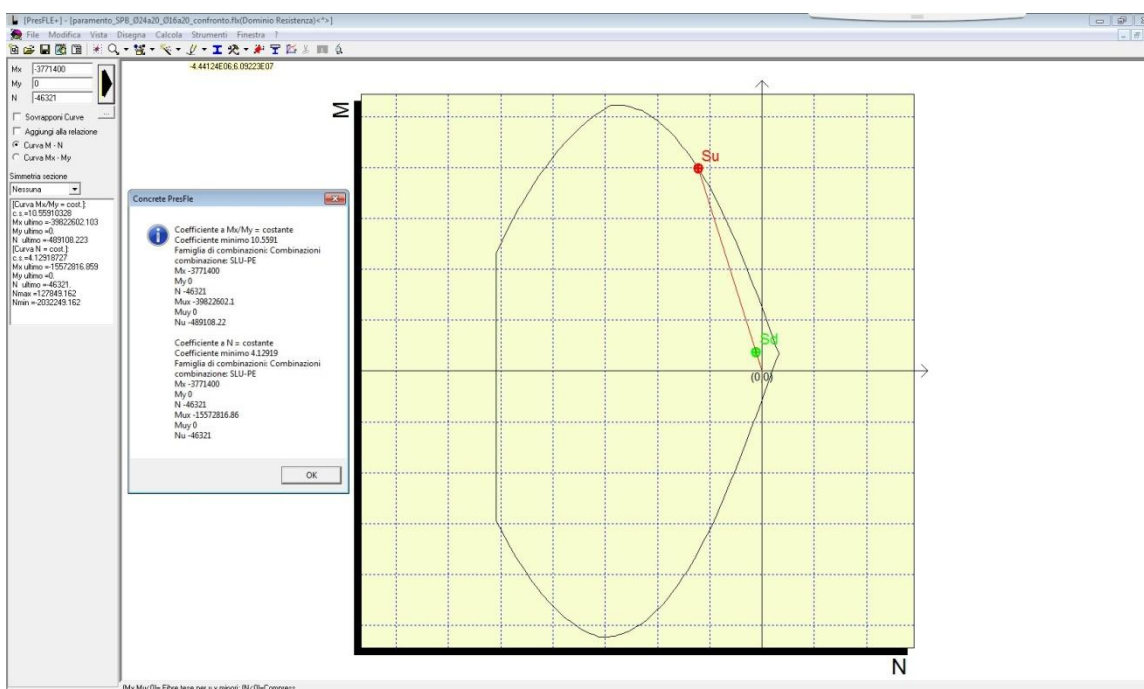
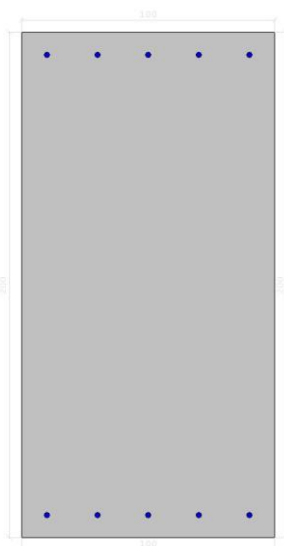
6.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio

Per la verifica del paramento verticale con le armature indicate nel progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si considerano le sollecitazioni estratte dalla relazione di calcolo del Progetto Esecutivo come indicato di seguito:

$$M_x = 19567 \text{ daNm/m} = 195.67 \text{ kNm/m}$$

$$N = 6973 \text{ daN} = 69.73 \text{ kN}$$

Il paramento è armato con uno strato di ferri $\varnothing 20/20$ su entrambi i lati.



Il coefficiente di sicurezza è pari a 6.18; la verifica risulta pertanto soddisfatta.

7. Verifica paraghiaia

7.1 Verifica da progetto esecutivo

Di seguito si mostra uno stralcio della relazione di calcolo come da Progetto Esecutivo (PE) relativo alla verifica del paraghiaia; la verifica è realizzata su una sezione di larghezza unitaria e altezza $H = 0.50$ m.

Il paraghiaia presenta armatura verticale $\varnothing 22/20$ su ambo i lati:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE				
Base:	100,0	cm		
Altezza:	50,0	cm		
Barre inferiori			:	2Ø22 + 3Ø22 (19,0 cm ²)
Barre superiori			:	2Ø22 + 3Ø22 (19,0 cm ²)
Copriferro barre inf. (dal baric. barre)	5,3	cm		
Copriferro barre sup. (dal baric. barre)	5,3	cm		

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA				
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	19064	15185	10	0

RISULTATI DEL CALCOLO	
Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4,2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20,2 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3,4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE								
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata							
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)							
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)							
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico							
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)							
	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000							
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.							
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)							
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue							
	Area efficace barre inf. (per presenza di torsione) = 19,0 cm ²							
	Area efficace barre sup. (per presenza di torsione) = 19,0 cm ²							
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d
1	S	19064	15185	19062	35216	2,319	44,0	

Come si può vedere, per la verifica a presso-flessione è stato considerato un momento flettente e uno sforzo normale rispettivamente pari a:

$$M_x = 15185 \text{ daNm/m} = 151.85 \text{ kNm/m}$$

$$N = 19064 \text{ daN} = 190.64 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza allo stato limite ultimo è pari a : $C.S. = 2.319$

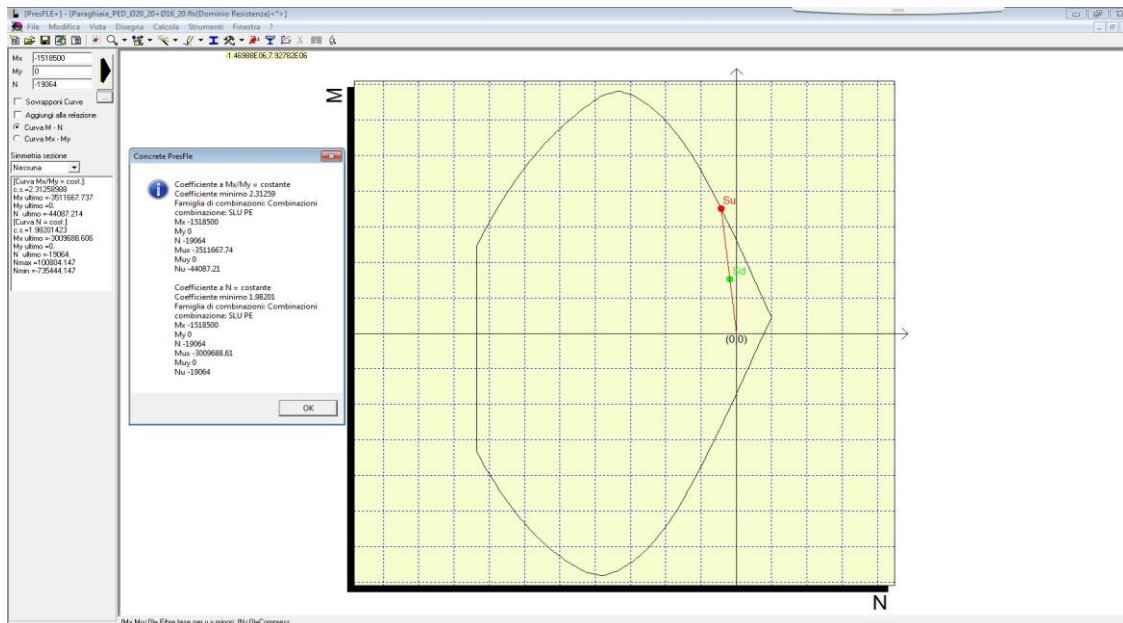
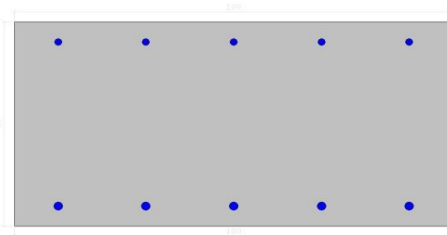
7.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio

Per la verifica del paraghiaia con le armature indicate nel progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si considerano le sollecitazioni estratte dalla relazione di calcolo del Progetto Esecutivo come indicato di seguito:

$$M_x = 15185 \text{ daNm/m} = 151.85 \text{ kNm/m}$$

$$N = 19064 \text{ daN} = 190.64 \text{ kN}$$

La sezione di larghezza unitaria ed altezza 0.50 m è armata con i uno strato di ferri $\varnothing 20/20$ lato terreno e $\varnothing 16/20$ lato impalcato.



Il coefficiente di sicurezza è pari a 1.98; la verifica risulta pertanto soddisfatta.

8. Verifica muro andatore

8.1 Verifica da progetto esecutivo

8.1.1 Base muro - ferri verticali

Di seguito si mostra uno stralcio della relazione di calcolo come da Progetto Esecutivo (PE) relativo alla verifica dei ferri verticali del muro andatore; la verifica è realizzata su una sezione di larghezza unitaria e altezza $H = 0.75$ m.

Il muro presenta armatura verticale $\varnothing 26/10$ su ambo i lati:

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	
CONGLOMERATO -	Classe: C28/35 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 158,60 daN/cm ² Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 79,30 daN/cm ² Def.unit. max resistenza $ec2$: 0,0020 Def.unit. ultima ecu : 0,0035 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo Modulo Elastico Normale E_c : 323080 daN/cm ² Coeff. di Poisson : 0,20 Resis. media a trazione f_{ctm} : 27,60 daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo: B450C Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500,0 daN/cm ² Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500,0 daN/cm ² Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913,0 daN/cm ² Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913,0 daN/cm ² Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0,068 Modulo Elastico E_f : 2100000 daN/cm ² Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE	
Base:	100,0 cm
Altezza:	75,0 cm
Barre inferiori	: 2 $\varnothing 26$ + 8 $\varnothing 26$ (53,1 cm ²)
Barre superiori	: 2 $\varnothing 26$ + 8 $\varnothing 26$ (53,1 cm ²)
Copriferro barre inf. (dal baric. barre)	: 5,3 cm
Copriferro barre sup. (dal baric. barre)	: 5,3 cm
ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA	
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione

Vy		Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT	
1	1195	16426	10	0	

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7,3 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X, Y, 0 sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione) = 53,1 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione) = 53,1 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d
1	S	1195	16426	1175	136272	8,296	67,5	

Come si può vedere, per la verifica a presso-flessione è stato considerato un momento flettente e uno sforzo normale rispettivamente pari a:

$$M_x = 16426 \text{ daNm/m} = 164.26 \text{ kNm/m}$$

$$N = 1195 \text{ daN} = 11.95 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza allo stato limite ultimo è pari a : C.S. = 8.296

8.1.2 Estremo del muro - ferri orizzontali

Di seguito si mostra uno stralcio della relazione di calcolo come da Progetto Esecutivo (PE) relativo alla verifica dei ferri orizzontali del muro andatore; la verifica è realizzata su una sezione di larghezza unitaria e altezza $H = 0.60$ m.

Il muro presenta armatura verticale $\phi 22/20$ su ambo i lati:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE									
Base:	100,0 cm								
Altezza:	60,0 cm								
Barre inferiori	:	2Ø22 + 3Ø22 (19,0 cm ²)							
Barre superiori	:	2Ø22 + 3Ø22 (19,0 cm ²)							
Copriferro barre inf. (dal baric. barre)	:	5,3 cm							
Copriferro barre sup. (dal baric. barre)	:	5,3 cm							
ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA									
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)								
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione								
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione								
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT					
1	-5502	4820	10	0					
RISULTATI DEL CALCOLO									
Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,2 cm									
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20,2 cm									
Copriferro netto minimo staffe: 3,4 cm									
METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE									
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)								
	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000								
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.								
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)								
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue								
	Area efficace barre inf. (per presenza di torsione) = 19,0 cm ²								
	Area efficace barre sup. (per presenza di torsione) = 19,0 cm ²								
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	
1	S	-5502	4820	-5499	37489	7,778	54,7		

Come si può vedere, per la verifica a tenso-flessione è stato considerato un momento flettente e uno sforzo normale rispettivamente pari a:

$$M_x = 4820 \text{ daNm/m} = 48.20 \text{ kNm/m}$$

$$N = -5502 \text{ daN} = -55.02 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza allo stato limite ultimo è pari a : $C.S. = 7.778$

8.2 Verifica da progetto esecutivo di dettaglio

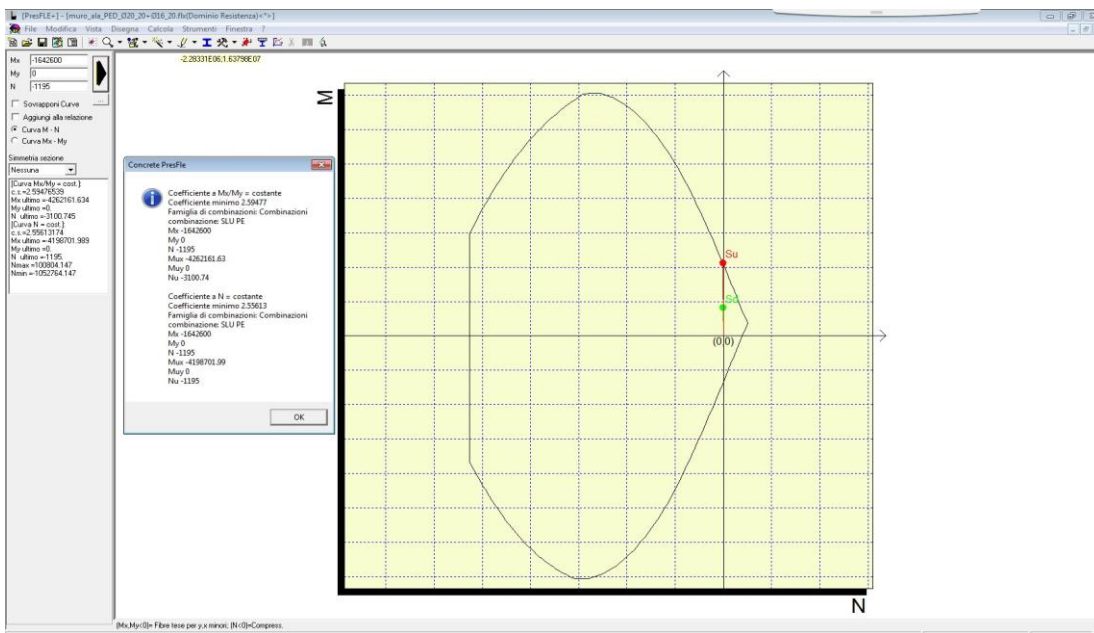
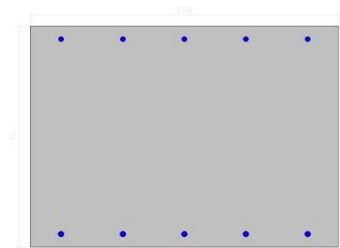
8.2.1 Base muro - ferri verticali

Per la verifica del muro andatore con le armature verticali indicate nel progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si considerano le sollecitazioni estratte dalla relazione di calcolo del Progetto Esecutivo come indicato di seguito:

$$M_x = 16426 \text{ daNm/m} = 164.26 \text{ kNm/m}$$

$$N = 1195 \text{ daN} = 11.95 \text{ kN}$$

La sezione di larghezza unitaria ed altezza 0.75 m è armata con uno strato di ferri $\varnothing 20/20$ lato interno e ferri $\varnothing 16/20$ lato esterno.



Il coefficiente di sicurezza è pari a 2.55; la verifica risulta pertanto soddisfatta.

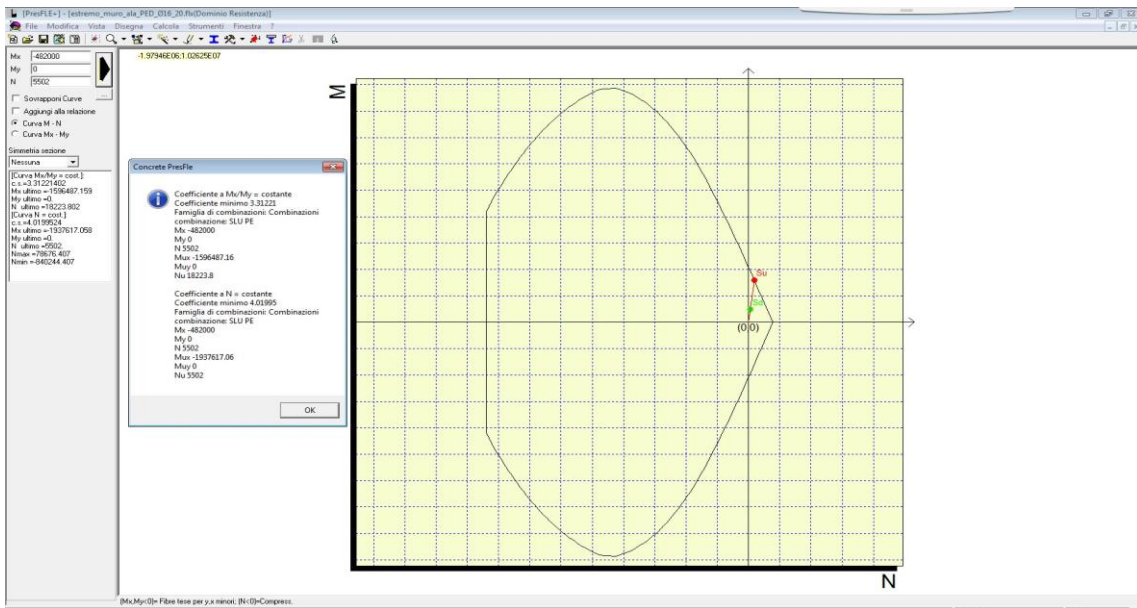
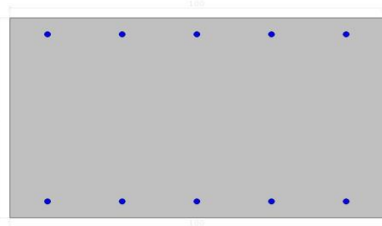
8.2.2 Estremo muro ferri orizzontali

Per la verifica del muro andatore con le armature orizzontali indicate nel progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si considerano le sollecitazioni estratte dalla relazione di calcolo del Progetto Esecutivo come indicato di seguito:

$$M_x = 4820 \text{ daNm/m} = 48.20 \text{ kNm/m}$$

$$N = -5502 \text{ daN} = -55.02 \text{ kN}$$

La sezione di larghezza unitaria ed altezza 0.75 m è armata con uno strato di ferri $\varnothing 16/20$ lato interno ed esterno.



Il coefficiente di sicurezza è pari a 3.31; la verifica risulta pertanto soddisfatta.