

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

OPERE D'ARTE PRINCIPALI

Nuovo sottovia via delle Rosette

Relazione di calcolo del sottovia a spinta

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L S L 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Ingletti	Maggio 2021	M. Milovanovic	Maggio 2021	F. Perrone	Maggio 2021	D. Maranzano Maggio 2021

File: NM0Y00D11CLSL0100002A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
5	MATERIALI UTILIZZATI	10
5.1	CALCESTRUZZO: C25/30	10
5.2	ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450C.....	10
6	OPERE DI SPINTA.....	11
6.1	CALCOLO DELLE SPINTE	11
6.2	VERIFICA MURO REGGISPINTA	13
6.3	VERIFICA PLATEA DI VARO	15
7	VALUTAZIONE INCIDENZA ARMATURE	16
8	CONCLUSIONI	16

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^ Fase PRG di Novara Boschetto.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE D'ARTE PRINCIPALI".

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle opere di spinta del nuovo sottovia Via delle Rosette (opera SL01) previsto nell'ambito della Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^a Fase PRG di Novara Boschetto.

Il sottovia è costituito da una struttura scatolare di tipo classico, di dimensioni interne 12.70x7.00 m, con fondazione e piedritti di spessore pari a 140 cm e soletta di copertura di spessore pari a 150 cm.

Il muro reggispianta ha uno spessore di 100 cm e un'altezza di 5 m. La platea di varo ha uno spessore di 40 cm. Si riportano le sezioni e la pianta dell'opera.

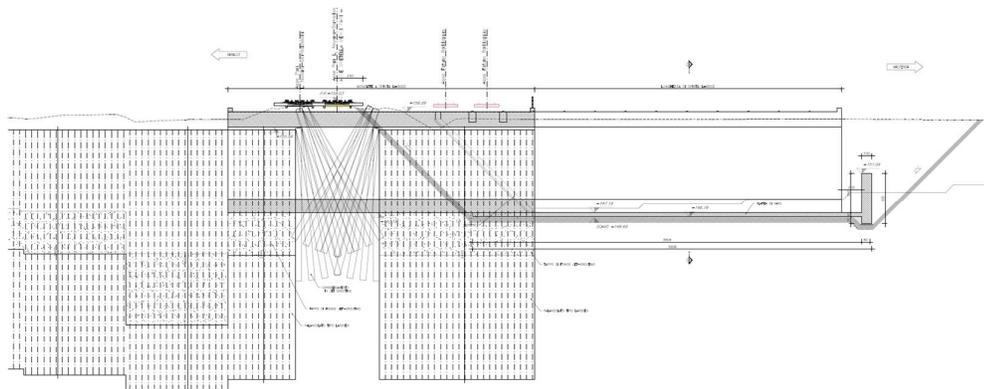


Figura 1 – Sezione longitudinale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	SL0100 002	A	6 di 16

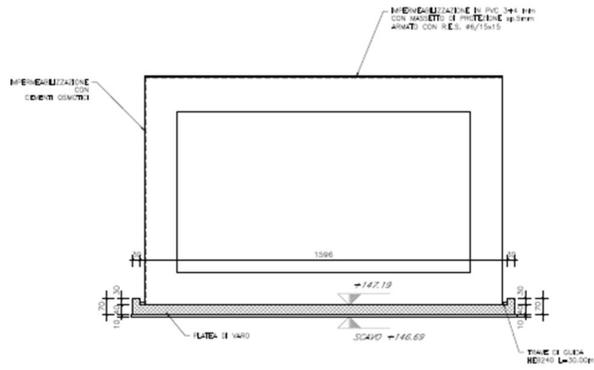


Figura 2 – Sezione trasversale

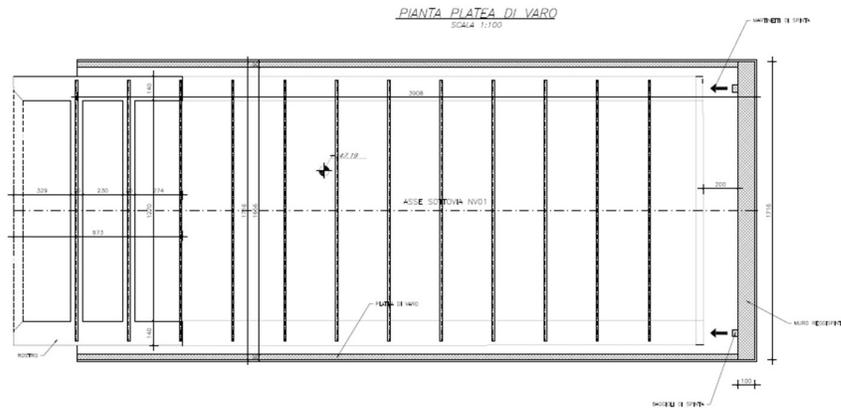


Figura 3 – Pianta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	NUOVO SOTTOVIA VIA DELLE ROSETTE - RELAZIONE DI CALCOLO DEL SOTTOVIA A SPINTA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0100 002	REV. A

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni “
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
NUOVO SOTTOVIA VIA DELLE ROSETTE - RELAZIONE DI CALCOLO DEL SOTTOVIA A SPINTA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0100 002	REV. A	FOGLIO 8 di 16

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI_DTC_INC_PO_SP_IFS_001_A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.
- RFI_DTC_INC_PO_SP_IFS_002_A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria.
- RFI_DTC_INC_PO_SP_IFS_005_A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia.
- RFI_DTC_INC_CS_SP_IFS_001_A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.
- RFI_DTC_INC_CS_LG_IFS_001_A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra.

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati di progetto definitivo:

Nuovo sottovia via delle Rosette																					
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	R	G	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A	Relazione tecnica descrittiva
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A	Relazione di calcolo del sottovia
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	3	A	Relazione di calcolo muri ad "U"
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	4	A	Relazione di calcolo opere provvisionali
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	L	Z	S	L	0	1	0	0	0	0	3	A	Planimetria generale dell'opera
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	P	9	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A	Pianta scavi
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	X	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A	Planimetria sezioni e dettagli monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A	Sezione longitudinale
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	2	A	Sezioni trasversali
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	3	A	Fasi costruttive
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	4	A	Opere Provvisionali - pianta e sezione longitudinale tav.1/2
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	5	A	Opere Provvisionali - pianta e sezione longitudinale tav.2/2
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	1	A	Carpenteria - Pianta tav 1/ 2
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	2	A	Carpenteria - Pianta tav 2/ 2
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	3	A	Carpenteria - Sezioni tav 1/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	4	A	Carpenteria - Sezioni tav 2/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	5	A	Carpenteria - Sezioni tav 3/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	2	0	0	6	A	Carpenteria - pianta e sezione monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	6	0	0	1	A	Recinzione di protezione - pianta e particolari
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	1	0	X	0	0	1	A	Carpenteria - vasca sollevamento acque meteoriche pianta e sezioni
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	Z	S	L	0	1	0	2	0	0	1	A	Particolari costruttivi e finiture

5 MATERIALI UTILIZZATI

5.1 Calcestruzzo: C25/30

Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione semplice	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$
dove $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$	$f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_c = 31475 \text{ N/mm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.20$
Densità di Massa	$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
Coefficiente di Espansione Termica:	$\alpha = 1.00\text{E-}05 \text{ m/}^\circ\text{C}$
Rapporto a/c max	0.6
Lavorabilità	S3-S4
Tipo di cemento	CEM III+V
Classe di esposizione	XC2
Dmax inerti	25 mm

5.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

B450C (controllato in stabilimento)

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ MPa}$ tensione caratteristica di calcolo

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	NUOVO SOTTOVIA VIA DELLE ROSETTE - RELAZIONE DI CALCOLO DEL SOTTOVIA A SPINTA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0100 002	REV. A

6 OPERE DI SPINTA

Il dispositivo di spinta è composto da una platea di varo e da un muro reggispinta che consentono l'infissione del monolite nel rispetto delle tolleranze plano-altimetriche richieste. La platea di varo costituisce la base di appoggio in sede provvisoria e la parete di spinta assicura il contrasto necessario per il varo del manufatto.

L'infissione avviene tramite martinetti che contrastano da un lato sulla struttura e dall'altro su una parete, detta muro reggispinta, che a sua volta scarica e ripartisce tale azione sul terreno retrostante.

6.1 Calcolo delle spinte

La spinta totale di varo è somma dei seguenti tre contributi:

- Attrito fondazione-platea di varo: $S_1 = \mu_f \cdot P_{cls}$ con $\mu_f = 0.4$ coefficiente d'attrito cls-cls
- Attrito piedritto-terreno laterale: $S_2 = A_{lat} \cdot \gamma_t \cdot h_t / 2 \cdot K_0 \cdot \tan(2/3 \cdot \varphi)$, dove A_{lat} è la superficie laterale totale infissa
- Attrito estradosso-terreno: data la tecnologia esecutiva, tale contributo è pressoché nullo dal momento che il terreno viene scavato col procedere dell'infissione.

È quindi necessario dapprima verificare che il terreno a tergo sia in grado di fornire la contropinta necessaria. Il coefficiente di spinta passiva è pari a:

$$k_p = (1 + \sin\varphi) / (1 - \sin\varphi)$$

La contropinta fornita dal terreno sarà quindi pari a:

$$S_p = 1/2 \cdot K_p \cdot h \cdot \gamma_t \cdot A$$

dove A è l'area interessata dalla spinta.

Il calcolo e le verifiche, sia geotecniche che strutturali, tengono conto dei coefficienti parziali delle azioni, dei parametri geotecnici e della resistenza globale.

Geometria scatolare

Lunghezza scatolare	$L_s =$	30.00 (m)
Larghezza interna	$B_i =$	12.70 (m)
Altezza interna	$H_i =$	7.00 (m)
Spessore fondazione	$s_f =$	1.40 (m)
Spessore piedritti	$s_p =$	1.40 (m)
Spessore soletta superiore	$s_s =$	1.50 (m)
Lunghezza rostro	$L_r =$	9.70 (m)
Spessore rostro	$S_r =$	1.40 (m)
Altezza ricoprimento	$h_r =$	0.94 (m)

Geometria muro reggisplinta

Lunghezza	$L_m =$	17.15 (m)
Altezza	$H_m =$	5.00 (m)

Geometria platea di varo

Larghezza	$B_p =$	17.15 (m)
-----------	---------	-----------

Caratteristiche rilevato

Peso specifico	$\gamma_r =$	20.00 (kN/m ³)
Angolo di attrito	$\varphi_r =$	42.00 (°)

Caratteristiche terreno

Peso specifico	$\gamma_t =$	20.00 (kN/m ³)
Angolo di attrito	$\varphi_t =$	42.00 (°)
Altezza terreno a tergo dell'opera	$H_p =$	10.30 (m)

Coefficienti d'attrito

Coefficiente d'attrito fondazione	$\mu_f =$	0.400 (-)
Coefficiente d'attrito laterale	$\mu_l =$	0.532 (-)

Calcolo spinta

Coefficiente di spinta a riposo	$k_0 =$	0.331 (-)
Tensione orizzontale media sui piedritti	$\sigma_{m,p} =$	38.98 (kN/m ²)
Tensione orizzontale media sul rostro	$\sigma_{m,r} =$	28.06 (kN/m ²)
Peso scatolare	$P_{SCA} =$	48'412.5 (kN)
Peso rostro	$P_{ROS} =$	7'980.7 (kN)
Peso totale	$P =$	56'393.2 (kN)
Forza d'attrito sulla superficie inferiore	$S_1 =$	22557.3 (kN)
Forza d'attrito sulla superficie laterale scatolare	$S_{2,1} =$	12310.1 (kN)
Forza d'attrito sulla superficie laterale rostro	$S_{2,2} =$	1432.6 (kN)

Spinta totale necessaria $S = 36'300.0$ (kN)

Verifica resistenza terreno

Coefficiente di spinta passiva	$k_{tp} =$	5.04 (-)
Coefficiente parziale γ_{G1}	$\gamma_{G1} =$	1.35 (-)
Coefficiente parziale γ_R	$\gamma_R =$	1.4 (-)
Resistenza terreno	$R =$	65'560.8 (kN)
Spinta totale necessaria	$S =$	49'005.0 (kN)
Verifica ($R/S > 1$)	$R/S =$	1.34 ok

6.2 Verifica muro reggispinta

Il muro viene schematizzato con una mensola il cui incastro è posizionato immediatamente al di sopra dei martinetti. Il carico agente sulla mensola è pari alla spinta totale divisa l'area di impronta del muro. Viene analizzata una striscia di muro della larghezza di 1 m.

Sollecitazioni muro reggispinta

Pressioni muro SLU	$p =$	571.5 (kN/m)
Altezza mensola	$h =$	2.50 (m)
SLU - Momento a metro lineare	$M_{Ed} =$	1785.9 (kNm/m)
SLU - Taglio a metro lineare	$V_{Ed} =$	1428.7 (kN/m)

Spessore muro	100 cm
Larghezza di calcolo	100 cm
Armatura principale	1+1Ø26/10
Spilli	1Ø16/20x20

SLU – Verifica Flessione

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	53.09	5
			2	53.09	95

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C25/30

ε_{su} 67.5% ε_{c2} 2%
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5%
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957% σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 1886 kNm
σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5%
ε_s 41.16%
d 95 cm
x 7.446 x/d 0.07838
δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L_o 0 cm Col. modello
 Precompresso

$M_{Rd} = 1886 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 1786 \text{ kNm/m}$ Verifica soddisfatta

SLU – Verifica Taglio

Larghezza sezione	b =	100 cm
Altezza sezione	h =	100 cm
Copriferro di calcolo	c =	5.0 cm
Area di una staffa	As =	2.01 cm ²
Numero bracci	nb =	5
As x nb =	A _{sw} =	10.05 cm ²
Passo delle staffe	p =	20 cm
Inclinazione del puntone compresso	θ =	45 °
Angolo inclinazione staffe	α =	90 °
Sforzo di compressione agente (+)	N _{cd} =	0 kN
Coefficiente di maggiorazione f(N _{ed})	α _c =	1.00
Braccio delle armature	d =	95 cm
Resistenza di calcolo a compressione	f _{cd} =	70.55 daN/cm ²

Tensione di compressione	$\sigma_{cp} =$	0.00 daN/cm ²
Resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd} =$	1681.19 kN
Resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd} =$	3016.01 kN
Resistenza a taglio della sezione	$V_{Rd} =$	1681.19 kN > 1428.7 kN = V_{Ed}

6.3 Verifica platea di varo

La platea di varo è soggetta ad una sollecitazione di trazione pari alla spinta massima.

Sollecitazioni platea di varo

SLU - Trazione a metro lineare $N_{Ed} =$ **2'857.4** (kN/m)

Si verifica una striscia di platea di larghezza 1 m.

Spessore platea	40 cm
Larghezza	100 cm
Armatura	1+1Ø22/10

L'armatura minima necessaria è pari a:

$$A_s = N_{Ed} / f_{yd} = 73.02 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si dispongono 1+1Ø22/10 ($A_s = 76 \text{ cm}^2/\text{m}$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	NUOVO SOTTOVIA VIA DELLE ROSETTE - RELAZIONE DI CALCOLO DEL SOTTOVIA A SPINTA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0100 002	REV. A

7 VALUTAZIONE INCIDENZA ARMATURE

Nel presente paragrafo si riporta la valutazione dell'incidenza armature per i vari elementi costitutivi della struttura oggetto delle analisi sin qui condotte, sulla scorta dei risultati delle verifiche.

Muro reggispinta: 160 Kg/m³

Platea di varo: 195 Kg/m³

8 CONCLUSIONI

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle opere di spinta del nuovo sottovia Via delle Rosette (opera SL01) previsto nell'ambito della Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^ Fase PRG di Novara Boschetto. Il muro reggispinta ha uno spessore di 100 cm e un'altezza di 5 m. La platea di varo ha uno spessore di 40 cm.

I risultati ottenuti, mostrano che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.