

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE

IN02 - Tombino idraulico al km 28+847
Relazione di calcolo - Opere di varo

SCALA:

-

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

N R 1 J 0 1 D 2 9 C L I N 0 2 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Serrau	05-2020	M. Monda	05-2020	T. Paoletti	05-2020	F. Arduini 05-2020 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dipartimento Edilizia Arduini Via dei Forgiatelli, 155 00144 Roma

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	5
4	RELAZIONE SUI MATERIALI	6
4.1	CALCESTRUZZO FONDAZIONI E ELEVAZIONI IL MURO REGGISPINTA C25/30.....	6
4.2	ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C.....	6
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	7
6	ANALISI DEL MURO REGGISPINTA	8
6.1	SPINTA DEI MARTINETTI IDRAULICI	8
6.2	VERIFICHE DEL MURO REGGISPINTA	9
6.2.1	<i>Fasi di calcolo</i>	9
6.2.2	<i>Verifiche della massima relazione del terreno</i>	11
6.2.3	<i>Verifica della struttura</i>	12
6.3	VERIFICHE DELLA PLATEA DI VARO.....	15
7	INCIDENZA ARMATURA.....	17

1 PREMESSA

Il presente documento rientra negli elaborati progettuali relativi alle opere previste per la sostituzione del tombino necessario come parte dell raddoppio della linea Roma - Viterbo alla progressiva Km 28+847.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le analisi e le verifiche delle strutture necessarie al varo dello scatolare sottobinario, nella posizione prevista in progetto.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle opere previste per il varo dello scatolare IN02.

Le strutture oggetto della presente relazione, sono il muro reggispinta e la platea di varo.

Il muro reggispinta è costituito di un muro in C.A. con altezza di 3.83m, lunghezza di 12.60 m e spessore di 1.20m. Il muro è posizionato così che l'intradosso è a quota tratto profondo 1.20 m sotto l'estradosso della platea di varo.

La platea di varo è costituita da una soletta di spessore pari a 25 cm.

Per maggiori approfondimenti sulle geometrie delle diverse parti dell'opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [Mpa]

L'opera in oggetto è stata progettata seguendo sostanzialmente le prescrizioni del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e della Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009 n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni"

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE –					
	PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO SPINTA MONOLITE	COMMESSA NR1J	LOTTO 01	CODIFICA D29 CL	DOCUMENTO IN 02.00.002	REV. A	FOGLIO 5 di 17

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- ✓ Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni»
- ✓ Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- ✓ Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- ✓ UNI EN 1998-1:2013 – Strutture in zone sismiche – parte 1: generale ed edifici.
- ✓ UNI EN 1998-2:2011 – Strutture in zone sismiche –parte 2: ponti.
- ✓ UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- ✓ DECRETO 31 luglio 2012 Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici.

4 RELAZIONE SUI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo fondazioni e elevazioni il muro reggispinta C25/30

Classe di resistenza:

C25/30

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	30	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	24.9	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	32.9	N/mm^2
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm^2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07	N/mm^2
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	31447	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1.79	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.33	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	14.1	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.19	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	24.9	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1.79	N/mm^2
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	14.94	N/mm^2
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	11.21	N/mm^2

4.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

B450 C (controllato in stabilimento)

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

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

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE:

$\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$ MPa

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

I parametri geotecnici desunti dalla relazione geotecnica generale sono indicati nella seguente tabella:

Unità geotecnica	Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	z media (m da b.f.)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Densità relativa (%)	Angolo di resistenza al taglio ϕ' picco (°)	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ'_{cv} (°)	Coesione efficace c' (kPa)	Coesione non drenata c_u (kPa)	Modulo elastico Eop,1 (MPa)	Modulo elastico Eop,2 (MPa)	Modulo edometrico M (MPa)	Modulo non drenato E_u (MPa)	Coefficiente di permeabilità K media (cm/s)	Coefficiente di consolidazione verticale c_v (m ² /s)
U1a	Limo sabbioso debolmente argilloso	0	9	9	4.5	16	GF	40	26	23.5	5	50	10	20	13	45	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$
U2a	Sabbia limosa argillosa	9	20	11	14.5	16	GG	60-70	30	25	6.5	-	30	60	40	-	$1 \cdot 10^{-3}$	-
U2b	Sabbia limosa debolmente addensata	20	30	10	25	16	GG	55	26	22	0	-	20	40	25	-	-	-

Modello geotecnico 1 tra le pk 27+769 e 29+050

La falda di progetto si trova alla profondità di 3.86 m dal piano campagna.

6 ANALISI DEL MURO REGGISPINTA

La metodologia costruttiva, utilizzata per la realizzazione del tombino prevede la costruzione “fuori opera” della struttura e la successiva spinta, attraverso martinetti oleodinamici, nella posizione definitiva. Il posizionamento dell’opera, nel suo assetto finale, avviene mediante sequenze di scavo all’interno dell’opera e infissione della stessa nel terreno.

Il manufatto è realizzato direttamente sulla platea di varo, che funge sia da piano di impostazione della struttura, sia da piano di scorrimento. La platea di varo dovrà assumere pertanto una posizione tale da garantire l’esatto posizionamento finale del monolite. La platea presenta inoltre dei cordoli guida laterali per agevolare la corretta infissione dello spingitubo. Tra la soletta inferiore del monolite e la platea di varo, si interpone un foglio di polietilene al fine di diminuire gli effetti dell’attrito.

L’analisi è condotta per le fasi iniziale e finale di spinta del monolite.

6.1 Spinta dei martinetti idraulici

La spinta dei martinetti viene calcolata sulla base di indicazioni suggerite da Széchy, nel testo “Attrezzature e cantieri per la costruzione di gallerie”, di A. Passaro e L. De Lieto, ed. Liguori, secondo le quali il numero e la capacità dei martinetti dovranno essere dimensionati in modo tale che solo il 60% di essi lavori al massimo durante la fase di spinta. L’espressione del calcolo della spinta dipende dalla natura del terreno, dalla profondità dello scavo e dalla lunghezza dello scatolare. La spinta totale massima dei martinetti, Q_{tot} , viene calcolata come somma della resistenza laterale di attrito e della resistenza all’avanzamento della testa tagliente:

$$0.6 Q = L_m * B * \sigma_v * f + L_m * U * \sigma_h * f_{lat} + (P_p + P_t + Q_{strad}) * f_{inf} + A_m * \sigma_v * \lambda_p$$

Nella fase iniziale di spinta la forza esercitata dai martinetti è:

$$0.6 Q_1 = P_p * f'$$

Le modalità di scavo all’interno dello scatolare in fase di avanzamento consente di poter ritenere nullo il relativo contributo alle forze di resistenza e quindi adottare la seguente relazione ridotta:

$$0.6 Q_2 = L_m * U * \sigma_h * f_{lat} + (P_p + P_t) * f_{fond}$$

Per il sottopasso in esame, dunque, si ha:

$L_m = 17.00$ m	tratto d'opera a contatto con il terreno
$B = 6.40$ m	larghezza dello scatolare a contatto con il terreno
σ_v -	forza verticale per unità di superficie calcolata sull'estradosso dello scatolare
h' -	altezza ricoprimento scatolare
$U = 13.8$ mq/m	perimetro dello scatolare a contatto con il terreno (solo pareti verticali)
$\sigma_h = \gamma h'' * k_0 = 40.4$ kN/mq	forza orizzontale per unità di superficie calcolata nel baricentro dello scatolare
$\gamma = 20$ KN/m ³	peso specifico del terreno
$h'' = 3.8$ m	quota media del baricentro dello scatolare rispetto al piano campagna

$k_o = 0.531$	coefficiente di spinta a riposo terreno del rilevato ($\phi = 38^\circ$)
$f_{lat} = 0.60$	coefficiente di attrito terreno-pareti laterali (presenza della resina epossidica bicomponente)
$f_{inf} = 0.30$	coefficiente di attrito intradosso fondazione (si assume pari a 0.30 per la presenza delle travi-slitta)
$f_{fond} = 2/3 * tg\phi = 0.325$	coefficiente attrito terreno-fondazione ($\phi = 26^\circ$)
$P_p = 7100 \text{ kN}$	peso dello scatolare
$P_t = 0 \text{ kN}$	peso del terrapieno sulla soletta superiore
$f^\circ = tg45^\circ = 1.0$	attrito di primo distacco dalla platea di varo
Si ottiene, dunque:	
$0.6 Q = 7994 \text{ kN}$	spinta da esercitare tramite i martinetti
$Q = 7994/0.6 = 13324 \text{ kN}$	carico utile al dimensionamento dei martinetti

Questo valore della spinta serve per dimensionare i martinetti; per il calcolo delle strutture dicontrasto si utilizza un valore non amplificato.

Seguono le forze da considerare nella verifica di resistenza della trave di varo:

$P_p = 1560 \text{ kN}$	peso proprio della platea di varo
$R_{t,1} = (1560+7100) * tg(26^\circ) * 2/3 = 2816 \text{ kN}$	resistenza di attrito offerta dal terreno in prima fase
$R_{t,2} = 1560 * tg(26^\circ) * 2/3 = 507 \text{ kN}$	resistenza di attrito offerta dal terreno in fase finale
$R_{t,1} = 0 \text{ kN}$	Nella fase di varo iniziale l'interazione tra la spinta esercitata sul monolite è interna (tra platea di varo e muro reggispinta)
$R_{t,2} = 13324 \text{ kN}$	Nella fase finale di spinta la forza di trazione nella platea di varo non è considerata a favore di sicurezza. Si adotta come forza di spinta di progetto il valore massimo ammissibile esercitato dai martinetti.

6.2 Verifiche del muro reggispinta

6.2.1 Fasi di calcolo

L'analisi ha lo scopo di calcolare le sollecitazioni e gli spostamenti della paratia reggispinta considerando l'interazione terreno-struttura.

6.2.1.1 Prima fase

Nella prima fase la struttura è soggetta alle forze di trazione tra platea di varo e monolite di spinta.

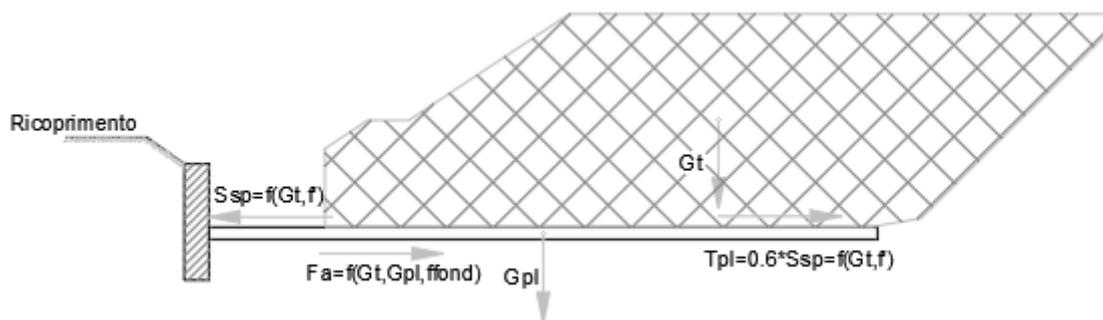


Fig. 1 – Modello calcolo – Prima fase

6.2.1.2 Fase intermedia

Nella fase successiva le forze agenti sulla struttura sono variabili e determinate dal movimento del monolite sulla platea di varo e dalle relative forze di attrito.

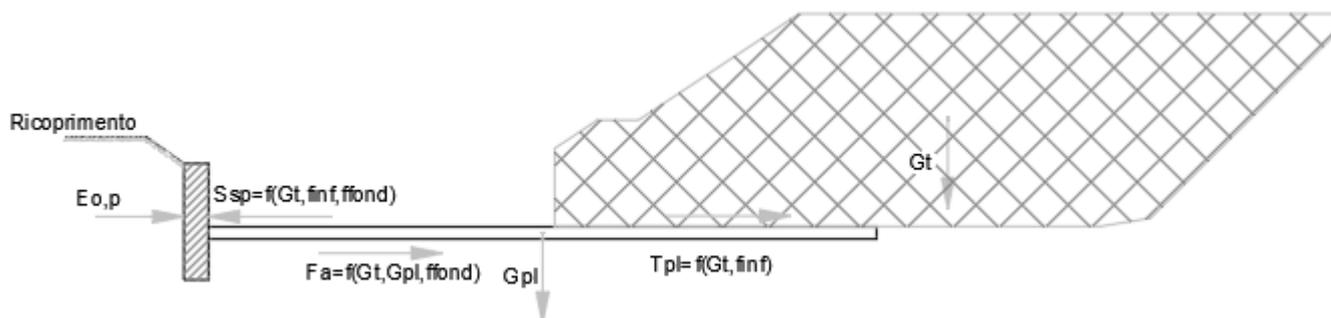


Fig. 2 – Modello calcolo – Fase intermedia

6.2.1.3 Fase finale

Nella fase finale, immediatamente prima che il monolite raggiunga la sua configurazione finale, sulla struttura agiscono le forze di attrito dovute alla spinta laterale del terreno e al peso proprio del monolite.

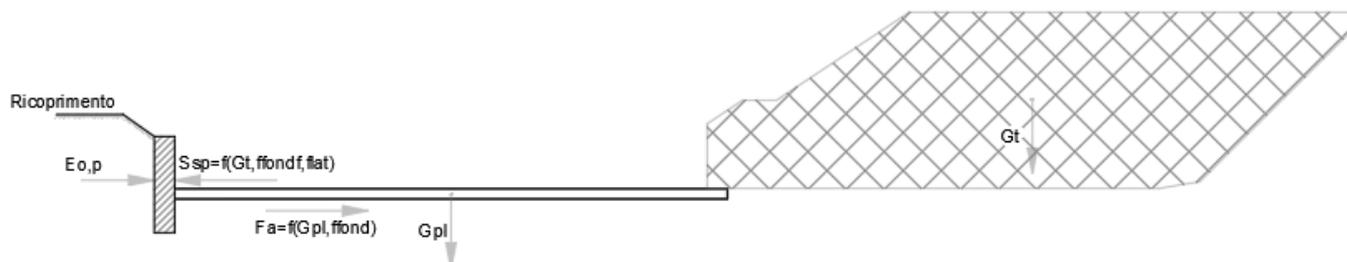


Fig. 3 – Modello calcolo – Fase finale

6.2.2 Verifiche della massima relazione del terreno

Altezza complessiva muro:	$h =$	1.2 +	0.25 +	1.02 +	1.36 =	3.83 m
Lunghezza del muro reggispinta (nota):	$b =$	12.6				m
Spinta massima esercitata dal monolite:	$S_{max} =$	13324				kN
Ordinata S_{max} rispetto alla base del muro:	$Y_s =$	1.2 +	0.25 +	1.02 x	0.5 =	1.96 m
Forza di trazione massima nella platea di varo:	$T =$	507				kN
Ordinata S_{max} rispetto alla base del muro:	$Y_T =$	1.2 +	0.25 x	0.5 =		1.33 m

Equilibrio alla traslazione:

Forza sollecitante di progetto sul muro reggispinta: $R =$	13324	-	507 =	12817	kN
--	-------	---	-------	-------	----

Equilibrio alla rotazione rispetto alla base del muro:

Momento sollecitante di progetto = $R Y =$	$M =$	13324 x	1.96 -	507 x	1.33 =	25443.27 kN m
Ordinata Y della risultante R	$Y =$	25443.27 /	12817 =	1.99		m

Pressione distribuzione uniforme (incognita) α

Pressione distribuzione lineare (incognita) β

RELAZIONE DI CALCOLO SPINTA MONOLITE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29 CL	IN 02 00 002	A	12 di 17

Calcolo di α e β :

Equilibrio alla rotazione (a m.l.):

$$R Y / b = 12817 \times 1.99 / 12.6 = 2019.3 \text{ kN m/m}$$

$$= M/b = 25443.27 / 12.6 = 2019.3 \text{ kN m/m}$$

$$= \alpha \cdot h^2 / 2 + \beta \cdot h^2 / 6$$

$$= 7.33445 \times \alpha + 2.444817 \times \beta$$

$$= A_1 \times \alpha + B_1 \times \beta = C_1$$

Equilibrio alla traslazione (a m.l.):

$$R / b = 12817 / 12.6 = 1017.2 \text{ kN/m}$$

$$= \alpha \cdot h + \beta \cdot h / 2$$

$$= 3.83 \times \alpha + 1.915 \times \beta$$

$$= A_2 \times \alpha + B_2 \times \beta = C_2$$

Matrice dei coefficienti = A =

$$\begin{vmatrix} 7.334 & 2.445 \\ 3.83 & 1.915 \end{vmatrix}$$

Determinante della matrice dei coefficienti = 4.68

Matrice inversa = A^{-1} =

$$\begin{vmatrix} 0.409 & -0.522 \\ -0.818 & 1.567 \end{vmatrix}$$

Vettore dei coefficienti C =

$$\begin{vmatrix} 2019.3 \\ 1017.2 \end{vmatrix}$$

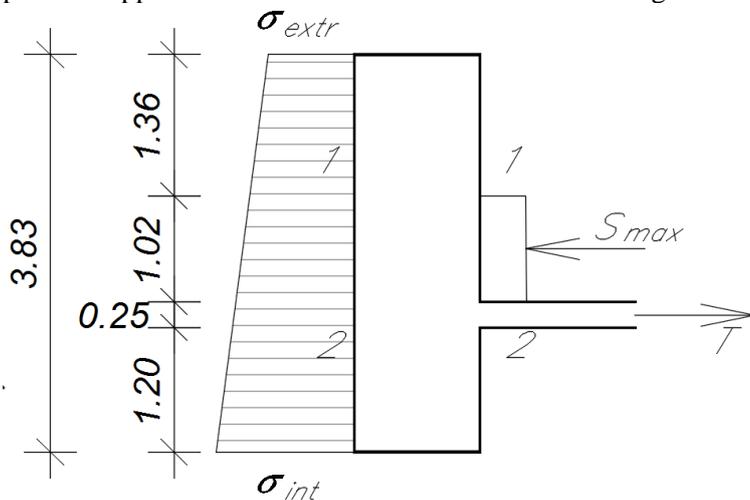
Soluzione del sistema lineare $A^{-1} \cdot C$

$$\begin{vmatrix} \alpha \\ \beta \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 294.77 \\ -58.35 \end{vmatrix} \begin{matrix} \text{kPa} \\ \text{kPa} \end{matrix}$$

Altezza complessiva muro / reinterro	t =	7.28	m	
Altezza blocchi CLS (zavorra)	h_b =	1.5	m	
Peso blocchi CLS (zavorra)	p_b =	37.5	kPa	
Pressione terreno sommità muro reggispinga	α =	294.77	kPa	< 411.15 kPa
Pressione terreno base muro reggispinga	$\alpha + \beta$ =	236.42	kPa	< 695.73 kPa
Coefficiente di spinta passiva	K_p =	4.128	-	

6.2.3 Verifica della struttura

Con riferimento alla figura sottostante, h_i e h_s vengono definite in modo che la reazione del terreno abbia lo stesso punto di applicazione della risultante delle altre forze agenti.



Segue il calcolo dei momenti flettenti a metro lineare.

$$M_{\max} = 585 \text{ kNm}$$

Si considera come momento di calcolo:

$$M_{d,\max} = 585 * 1,5 = 878 \text{ kNm/m}$$

Segue il calcolo del taglio a metro lineare.

$$V_1 \sim V_2 = 0,5 * (\sigma_{tm} + \sigma_{int}) * 1,45 * 1,0 + T/14 = 426 \text{ kN/m}$$

Si considera come taglio di calcolo

$$V_{d,\max} = 426 * 1,5 = 638 \text{ kN/m}$$

Segue la verifica della sezione 100x120 cm sollecitata con il massimo momento flettente e taglio. La verifica a flessione è eseguita con il programma di calcolo delle sezioni in c.a. RC-SEC della Geostru.

Si dispongono 1Ø24/10 lato terra ed 1Ø20/20 lato monolite

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.0	8.0	24
2	-42.0	112.0	20
3	42.0	112.0	20

RELAZIONE DI CALCOLO SPINTA MONOLITE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29 CL	IN 02 00 002	A	15 di 17

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	120.0	0.00120	-42.0	112.0	-0.02873	-42.0	8.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000287770	-0.031032436		

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	426.00	2615.57	440.84115.1	107.1	100.0	2.500	1.000	4.1	4.2(0.0)

Si dispongono spille $\varnothing 12/20$ cm con 4 bracci .

6.3 Verifiche della platea di varo

Le sollecitazioni di trazione della platea di varo in fase di infissione sono calcolate come differenza fra la spinta di primo distacco e la forza d'attrito.

Trattandosi di spinta controterra, nel caso di spinta di primo distacco, l'attrito da portare in conto è solo quello dovuto al peso proprio del monolite sulla platea di varo, valutato pari al 100%.

Il peso della struttura in fase di spinta risulta pari a:

$$W = 7100 \text{ KN}$$

Il peso della platea di varo è pari a:

$$P_p = 1560 \text{ kN}$$

Per cui la spinta risulta:

$$\text{Spinta di primo distacco (coefficiente di attrito} = \text{tg}45^\circ = 1.0) = S_{ps} = W * \text{tg}45^\circ = 7100 \text{ KN}$$

La sollecitazione di trazione nella platea di varo in fase d'infissione in primo momento, è dunque pari a:

$$T = S_{ps} = 7100 \text{ KN (allo Stato Limite Ultimo} = 1.5 * 7100 = 10650 \text{ KN)}$$

L'armatura necessaria è pari a (B_p = larghezza platea di varo):

$$A_s = T / f_{yd} / B_p = 10650 / 391 / 7.64 = 3565 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{si adottano } 1 + 1\phi 26 / 20 = 5309 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

si ha quindi:

$$\sigma_s = 10650000 / 7.64 / 5309 = 262.6 \text{ MPa}$$

7 INCIDENZA ARMATURA

La struttura presenta un'incidenza per gli elementi strutturali come segue:

- Muro reggispinta = 80 kg/m³;
- Platea di varo = 225 kg/m³;

Pertanto nel calcolo è stato considerato un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature, spille e sovrapposizioni. Si incrementa l'incidenza dell'armatura con 20 kg/m³ per tener conto dei distanziatori.