



REPUBBLICA ITALIANA



Comune di Cicala

88040 - (Provincia di Catanzaro)
via Attanzio - Tel. 0968-85294 Fax 0968-85282



MINISTERO DELL'INTERNO

**DECRETO DEL DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI INTERNI E TERRITORIALI
DEL MINISTERO DELL'INTERNO DEL 23/02/2021**

**CONTRIBUTI PER L'ANNO 2021 PER INVESTIMENTI IN OPERE PUBBLICHE DI MESSA IN SICUREZZA
DEGLI EDIFICI E DEL TERRITORIO DI CUI ALL'ART. 1, COMMA 139 E SEGUENTI, LEGGE 145/2018**

**RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA
IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME
AI CORSI D'ACQUA
CUP: I48C20000010001**



Tav. 22

PROGETTO ESECUTIVO

IL R.U.P.
Geom. L. BONACCI

TITOLO

**TABULATI DI CALCOLO
PONTE SU FIUME CORACE**

SCALA:

Il Sindaco
Geom. A. FALVO

PROGETTISTI - R.T.P.

Ing. AMELIO G.

Ing. VITELLI G.

Ing. PERRI T.

Ing. MADIA F.

DATA:

FEBBARIO 2023

1 TRAVE N. 1 - VERIFICA ELEMENTO PRECOMPRESSO

1.1 Oggetto della relazione

La presente relazione espone la verifica di una struttura lineare continua soggetta a forze esterne contenute nel piano verticale longitudinale alla struttura stessa e vincolata nel medesimo piano.

La struttura è in calcestruzzo armato precompresso, realizzata per fasi utilizzando travi prefabbricate in c.a.p. e getto successivo eseguito in opera per realizzare traversi di collegamento e soletta collaborante.

1.2 Normative, convenzioni ed ipotesi di base

1.2.1 Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento delle grandezze geometriche e delle forze è una terna sinistrogira con l'asse X parallelo all'asse longitudinale della struttura, l'asse Z contenuto nel piano verticale e l'asse Y ortogonale a tale piano e orientato verso l'osservatore che veda le X positive a destra e le Z positive in alto.

I carichi agenti sulla struttura e le reazioni dei vincoli sono positivi se sono diretti verso l'alto e verso destra. I momenti flettenti sulla trave sono positivi quando tendono la fibra inferiore della sezione.

Tensioni e deformazioni sono positive se di trazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

1.2.2 Normativa

Sono rispettate le seguenti normative:

- Legge 05/11/1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*

- D.M. 17/01/2018: *Norme tecniche per le costruzioni - NTC 2018*

1.2.3 Unità di misura

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nella presente relazione sono espresse nelle seguenti unità di misura:

lunghezza	[m]
forza	[daN]
angolo	[rad]

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in [mm], i diametri dei trefoli di precompressione sono invece espressi in [inch] (= 25.4 [mm]).

1.2.4 Modello di calcolo

Il codice di calcolo TCAP riceve le combinazioni di carico della struttura dal programma di calcolo delle sollecitazioni ed esegue le verifiche nelle situazioni agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio inserendo nelle combinazioni l'effetto della precompressione.

Per valutare l'effetto della precompressione nelle varie sezioni viene assunto un modello di calcolo appropriato che riproduce le condizioni iperstatiche della struttura reale.

La struttura è considerata lineare e rettilinea, soggetta a deformazione longitudinale assiale generata dalla precompressione e deformazione trasversale per inflessione nel piano verticale. Essa viene schematizzata come una struttura a telaio piano che discretizza i tratti a sezione (e quindi baricentro) costante con aste orizzontali e i tratti a geometria variabile con aste inclinate.

Le forze di precompressione sono rappresentate da forze longitudinali e da coppie di trasporto delle forze stesse alla quota del baricentro locale.

Per il calcolo dei momenti flettenti resistenti a rottura viene utilizzata la procedura FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMAcSOFT che tiene conto, oltre al contributo del calcestruzzo, del contributo delle armature lente (stesso stato deformativo del calcestruzzo) e del contributo delle armature di precompressione nello stato deformativo effettivo (pretensione).

1.2.5 Codice di calcolo

La verifica è stata condotta con il codice di calcolo automatico TCAP .

Procedura di calcolo tensionale per flessione: PREFLErett

Procedura di calcolo a rottura per flessione: FindLim

Procedura di calcolo a rottura per taglio: VrdCalc

Modello iperstatico: TRSP ed. TCAP

1.3 Dati di calcolo

1.3.1 Dati geometrici

1.3.1.1 Schemi statici

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto eseguito in opera di traversi e soletta collaborante. Si distinguono due fasi successive di lavoro:

PRIMA FASE: Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono al peso proprio ed a quello del getto eseguito in opera.

SECONDA FASE: Il sistema misto, travi prefabbricate e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

1.3.1.1.1 Prima fase

Nella prima fase i prefabbricati sono soggetti alle seguenti condizioni di vincolo:

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 0.42

Sbalzo destro = 0.42

In fase di sollevamento:

Sbalzo sinistro = 1.50

Sbalzo sinistro = 1.50

In fase di trasporto:

Sbalzo anteriore = 1.50

centro ralla - appoggio anteriore = 1.75

centro ralla - appoggio posteriore = 1.75

Sbalzo posteriore = 1.50

1.3.1.1.2 Seconda fase

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Spalla iniziale	0.00	
2	Spalla finale	19.34	19.34

1.3.2 Armature trave prefabbricata

1.3.2.1 Armature di precompressione pretesate

trefoli : 6/10" area = 139.000 [mm²]

acciaio :prec.fpk=1860

tensione di tesatura = 142500000.00 [daN/m²]

A_p = 0.002 N_p = 336727.50 [daN] Z_{g,p} = 0.24 [m]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
1.05	3		
0.40			
0.30			
0.20			
0.15			
0.10	6		
0.05	8		
N. trefoli=	17	L tot guaine=	0.00

1.3.2.2 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.		armatura	Y	Z	x iniziale	x finale
T1L1		4Ø20	0.00	1.05	0.38	18.96
T1L1	(simmetrica)				0.38	18.96
T1L2		4Ø18	0.00	0.06	0.30	19.04
T1L2	(simmetrica)				0.30	19.04
T1L3		2Ø10	0.00	0.80	-0.02	19.36
T1L3	(simmetrica)				-0.02	19.36
T1L4		2Ø10	0.00	0.60	-0.02	19.36
T1L4	(simmetrica)				-0.02	19.36

Armatura trasversale :

pos.		armatura	X iniziale	X finale	
T1S1		6Ø10/0.15	-0.37	19.76	trave+colleg. con soletta
T1S1	(simmetrica)		-0.42	19.71	

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota Z
4	24	3	0

1.3.3 Materiali - resistenze di calcolo

In questo paragrafo non valgono le convezioni di segno precedentemente riportate: per il calcestruzzo tutte le grandezze sono indicate con segno positivo e contestualmente viene specificato se si tratta di valori di compressione o di trazione.

1.3.3.1 Calcestruzzo delle travi prefabbricate

Ai fini del calcolo le caratteristiche rilevanti del calcestruzzo sono date dalla resistenza a rottura, dal modulo elastico e dall'entità dei fenomeni differiti nel tempo.

Le travi prefabbricate in c.a.p. sono precomprese a trefoli aderenti e devono perciò rispettare delle limitazioni tensionali già in fase iniziale, al rilascio dei trefoli.

Data l'entità delle sollecitazioni iniziali si raccomanda di eseguire il trasferimento della precompressione con opportuna gradualità. Nel seguito della relazione si indicherà sinteticamente tale operazione come "taglio dei trefoli".

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	5500000.00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	3850000.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.500
modulo elastico	3641611389.77
peso specifico	2452.5000
ritiro totale	-0.00030
% ritiro prima del taglio trefoli	25.5%
% ritiro taglio trefoli-getto soletta	25.5%
% ritiro da getto soletta a $t=inf.$	49%
coeff. di viscosità	2.300
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a $t=inf.$	67%

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 5500000.00 = 4565000.00$	daN/m ²
al taglio dei trefoli	f_{ckj}	$= 0.83 \cdot R_{ckj}$	$= 0.83 \cdot 3850000.00 = 3195500.00$	daN/m ²

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 4565000.00 / 1.5 = 2586833.33$	daN/m ²
al taglio dei trefoli	f_{cdj}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ckj} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 3195500.00 / 1.5 = 1810783.33$	daN/m ²

Nel calcolo a rottura delle sezioni si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con tensione massima a tempo infinito pari a :

$$f_{cd} = 2586833.33 \text{ daN/m}^2$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 383190.83 / 1.2 = 319325.69$
al taglio dei trefoli	f_{ctj}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 302097.50 / 1.2 = 251747.92$

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione nel calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

al taglio dei trefoli :

σ_{cj}	$< 0.70 \cdot f_{ckj}$	$= 2236850.00$	daN/m ²
---------------	------------------------	----------------	--------------------

a cadute avvenute :

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 2739000.00$	daN/m ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 2054250.00$	daN/m ²	(per comb. quasi permanente)

1.3.3.2 Calcestruzzo gettato in opera

Calcestruzzo	C28/35
resistenza caratteristica $R_{ck,cub}$	3500000.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.5
modulo elastico	3258810781.87
peso specifico	2452.5000
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0.895

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 3500000.00 = 2905000.00$	daN/m ²
------------------	----------	-----------------------	--	--------------------

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 2905000.00 / 1.5 = 1646166.67$	daN/m ²
------------------	----------	---	--	--------------------

Nel diagramma parabola-rettangolo la tensione massima è pari a :

$$f_{cd} = 1646166.67$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 283499.31 / 1.2 = 236249.43$
------------------	----------	-------------------	---------------------------------

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 1743000.00$	daN/m ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 1307250.00$	daN/m ²	(per comb. quasi permanente)

1.3.3.3 Acciaio per c.a.p.

Acciaio prec.fpk=1860 :

tensione all'1% deform. residua $f_{p(1)k}$	167400000.00
Modulo elastico	206000000000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	-6
coefficiente di sicurezza	1.15
% rilassam. prima del taglio trefoli	41.4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25.9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32.7%

In base al punto 4.1.8.1.5 del D.M. 17/01/2018 le tensioni iniziali all'atto della tesatura dei cavi pre-tesi deve

rispettare la più restrittiva delle seguenti limitazioni:

σ_{spi}	$\leq 0.80 \cdot f_{ptk}$	$= 0.80 \cdot 184140000.00 = 147312000.00$	daN/m ²
σ_{spi}	$\leq 0.90 \cdot f_{p(1)k}$	$= 0.90 \cdot 167400000.00 = 150660000.00$	daN/m ²

E' ammessa una sovratensione iniziale pari a $0.05 f_{p(1)k}$.

La tensione massima in esercizio nella combinazione caratteristica (rara) deve rispettare la seguente limitazione (4.1.8.1.2 e 4.1.2.2.5.2 D.M.17/01/2018):

σ_{sp}	$\leq 0.80 \cdot f_{p(1)k}$	133920000.00	daN/m ²
---------------	-----------------------------	--------------	--------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{ptd}	$= f_{p(1)k} / \gamma_s$	$= 167400000.00 / 1.15 = 145565217.39$	daN/m ²
-----------	--------------------------	--	--------------------

1.3.3.4 Acciaio per armatura lenta

Questo tipo di acciaio costituisce l'armatura destinata ad assorbire gli sforzi di taglio (staffe) ed altri sforzi locali di trazione nel calcestruzzo.

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento f_{yk}	45000000.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	21000000000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	-6

La tensione massima consentita (4.1.2.2.5.2 D.M. 17/01/2018) nella combinazione rara deve rispettare la seguente limitazione:

σ_s	$\leq 0.80 \cdot f_{yk}$	$= 0.80 \cdot 45000000.00 = 36000000.00$	daN/m ²
------------	--------------------------	--	--------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{yd}	$= f_{yk} / \gamma_s$	$= 45000000.00 / 1.15 = 39130434.78$	daN/m ²
----------	-----------------------	--------------------------------------	--------------------

1.3.4 Cadute di tensione

1.3.4.1 Rilassamento dell'acciaio da precompressione

La valutazione del rilassamento dell'acciaio da precompressione avviene con la formulazione indicata dalla normativa e con i dati forniti dal produttore.

Ad una temperatura costante di 20 [°C] la caduta di tensione $\Delta\sigma_{pr}$ per rilassamento al tempo t è:

classe	tipo	caduta
2	trecce e trefoli stabilizzati	$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot [0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot (t/1000)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}]$

dove:

- σ_{pi} è la tensione iniziale nel cavo;
- ρ_{1000} è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione, a 20 [°C] e a partire da una tensione iniziale pari a 0.7 della resistenza f_p del campione provato:

Acciaio	classe	ρ_{1000}
1	2	2.5

- $\mu = \sigma_{pi}/f_{pk}$;
- f_{pk} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio;
- t è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

La caduta finale per rilassamento può essere valutata con le formule sopra scritte ed inserendo un tempo di 500000 ore. Si ottiene così:

Armatura	classe	μ	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0.774	0.054	5.42%

1.3.4.2 Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

prefabbricati $\epsilon_{cs1} = -0.00030$

getto in opera $\epsilon_{cs2} = -0.00030$

e la conseguente caduta di tensione nell'acciaio da precompressione viene calcolata in base al modulo elastico dell'acciaio stesso:

Armatura	$\Delta\sigma_{ps}$		
Trave 1 - gruppo 1	$-0.00030 \cdot 20600000000.00 =$	-6180000.00	4.34%

1.3.4.3 Viscosità del calcestruzzo

Il valore della deformazione lenta del calcestruzzo (viscosità) si assume, ai fini del calcolo delle cadute di tensione nell'acciaio, secondo quanto indicato dalle norme (11.2.10.7 D.M.17/01/2018), pari a :

$\phi_{inf,1} = 2.3$ (cavi pretesi nei prefabbricati)

1.3.4.4 Sviluppo nel tempo delle cadute di tensione

Per i cavi pretesi, che agiscono sugli elementi prefabbricati, i valori totali dei fenomeni differiti esposti ai paragrafi precedenti vengono ripartiti nelle diverse fasi tenendo conto delle diverse condizioni ambientali e tensionali.

	% rilassamento	% ritiro	% viscosità
dalla posa in tensione al taglio trefoli	41.40	25.50	0.00
dal taglio trefoli al getto in opera	25.90	25.50	33.00
dal getto in opera a tempo infinito	32.70	49.00	67.00

1.4 Stati limite di esercizio

1.4.1 Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo

Per valutare lo stato tensionale nelle sezioni di verifica distingueremo le seguenti fasi :

PRIMA FASE

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto in opera
- c) subito dopo il getto in opera

SECONDA FASE

- d) impalcato scarico
- e) impalcato carico

In tutte le fasi la determinazione dello stato tensionale degli elementi da verificare avviene in base alla combinazione caratteristica (rara) :

$$S = G_1 + G_2 + P + Q$$

dove:

- G_1 = permanenti strutturali
- G_2 = permanenti non strutturali
- P = precompressione
- Q = azioni variabili

1.4.1.1 Verifica al sollevamento

La verifica al sollevamento della trave viene eseguita in fase a).

Incremento dinamico = 0.15

Sbalzo sinistro = 1.50

Sbalzo sinistro = 1.50

1.4.1.2 Verifica in fase di trasporto

La verifica in fase di trasporto della trave viene eseguita in fase b).

Incremento dinamico = 0.30

Sbalzo anteriore = 1.50

centro ralla - appoggio anteriore = 1.75

centro ralla - appoggio posteriore = 1.75

Sbalzo posteriore = 1.50

1.4.2 Stato limite di fessurazione travi prefabbricate

Per garantire la durabilità della struttura il calcolo di verifica tensionale agli Stati Limite di esercizio viene condotto con opportune limitazioni che preservano le travi principali da una eccessiva fessurazione.

A questo scopo, facendo riferimento alla normativa (tab. 4.1.IV) ed adottando le limitazioni relative alle armature *sensibili* nel caso di ambiente molto aggressivo, andrebbero verificate le seguenti condizioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	<nessuna verifica>	formazione fessure	decompressione

Per una maggiore tutela della durabilità dell'opera vengono invece rispettate nelle verifiche le seguenti limitazioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	formazione fessure	decompressione	<nessuna verifica>
	$\sigma_{traz.} \leq f_{ctm}/1.2$		

1.4.3 Stato Limite di deformazione

Viene valutata l'entità delle deformazioni significative degli elementi inflessi nelle varie fasi.

La valutazione di tali deformazioni viene fatta assumendo per il modulo elastico del calcestruzzo il valore:

$$E_{travi} = 3641611389.77$$

$$E_{soletta} = 3258810781.87$$

e, per determinare gli effetti sotto l'azione dei carichi permanenti, viene assunto un coefficiente di viscosità pari a:

$$\phi_{inf} = 2.3$$

L'effetto della viscosità viene poi ridotto moltiplicando tutte le deformazioni conseguenti per il valore 0.5

Le frecce calcolate sono positive se rappresentano uno spostamento verso l'alto, negative se verso il basso.

1.4.3.1 Prima fase

TT110 :

	accorciamento [m]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	freccia in mezzeria [m]
al taglio trefoli	-0.0062	0.00322	-0.00322	0.0150
al getto soletta	-0.0094	0.00260	-0.00260	0.0109
dopo maturazione	-0.0095	0.00261	-0.00261	0.0109

1.4.3.2 Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [m] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0.0000	0.0000	0.0000
Spalla finale	0.0000	0.0000	-0.0027

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0.00000	0.00000	0.00342
Spalla finale	0.00000	0.00000	-0.00342

Frecce in mezzeria [m] :

campata		dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf. comb. rara max	t=inf. comb. rara min
1	9.67	0.0109	0.0109	0.0169	0.0032

1.5 Stati limite ultimi

1.5.1 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti

Il calcolo dei momenti ultimi delle sezioni viene eseguito tenendo conto del diagramma σ - ϵ parabola-rettangolo per il calcestruzzo, con deformazione limite pari a -0.0035 in compressione, e deformazione indefinita a trazione con tensione nulla (sezione fessurata).

Per gli acciai si utilizza un diagramma tensioni-deformazioni linearmente elastico fino alla tensione di rottura e lineare orizzontale fino alla deformazione 0.01, sia in trazione che in compressione.

Si rimanda al capitolo dei materiali per i valori dei moduli elastici e delle tensioni di calcolo.

Nel calcolo del momento ultimo si tiene conto del delta di deformazione ε_{sp} dell'acciaio da precompressione rispetto agli altri materiali.

1.5.2 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti

Per valutare i tagli e momenti torcenti resistenti viene utilizzata la formulazione indicata dalle norme:

$$V_{Rd} = (0.18 \cdot k \cdot ((100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (\text{taglio ultimo in assenza di armatura trasversale})$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot (\cotan \alpha + \cotan \theta) / (1 + \cotan^2 \theta) \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\cotan \alpha + \cotan \theta) \cdot \sin \alpha \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle staffe})$$

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A_k \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \cotan \theta / (1 + \cotan^2 \theta) \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A_k \cdot (A_{sw,parete}/s) \cdot f_{yd} \cdot \cotan \theta \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle staffe})$$

Dove:

d: altezza utile della sezione

b_w : larghezza minima della sezione

A_{sw} : area armatura trasversale nella sezione

$A_{sw,parete}$: area armatura trasversale minima nelle pareti

s: passo staffe

α : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali (90 [deg])

θ : inclinazione bielle compresse in cls

α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

A_{sl} : area acciaio in zona tesa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_{cls}$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$$

A_k : area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico della sezione

Nel modello a traliccio a rottura si considerano inclinate a 45 [deg] le bielle compresse di calcestruzzo in sezioni non precomprese, mentre si tiene conto dell'effetto benefico della precompressione valutando una minore inclinazione delle bielle in base alla tensione principale di trazione presente nella sezione a quota baricentrica. L'inclinazione così determinata viene comunque limitata come indicato nelle norme citate.

1.5.3 Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti

Viene calcolato lo sforzo di scorrimento di progetto S_{Edi} tra il calcestruzzo delle travi prefabbricate e quello gettato in opera, e viene confrontato con quello ultimo di interfaccia S_{Rdi} , utilizzando le indicazioni della normativa EN1991-1-1-6.2.5

$$S_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / z$$

in cui:

- β è il rapporto tra la forza longitudinale nell'ultimo getto di calcestruzzo e la forza longitudinale totale in zona compressa o tesa, entrambe calcolate nella sezione considerata, assunto = 1.0
- V_{Ed} è la forza di taglio trasversale di 2^a fase

- z è il braccio della coppia interna della sezione composta

$$S_{Rdi} = b_i \cdot (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) + A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot \mu \leq 0.5 \cdot b_i \cdot v \cdot f_{cd}$$

in cui:

Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime	b_i/b_w	1.000	[-]
Fattore di coesione tra le superfici	c	0.450	[-]
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	283499.31	[daN/m²]
Coefficiente di attrito tra le superfici	μ	0.700	[-]
Compressione normale alle superfici di contatto	σ_n	14000.00	[daN/m²]
Area complessiva staffa di collegamento	A_{sw}	<variabile>	[m²]
Passo staffe di collegamento	s	<variabile>	[m]
Resistenza calcestruzzo più debole	f_{cd}	1646166.67	[daN/m²]

1.6 Verifica delle sezioni

1.6.1 Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio

1.6.1.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-0.30	0.13
2	-0.12	0.18
3	-0.07	0.38
4	-0.07	0.92
5	-0.14	1.02
6	-0.20	1.04
7	-0.20	1.10
8	0.20	1.10
9	0.20	1.04
10	0.14	1.02
11	0.07	0.92
12	0.07	0.38
13	0.12	0.18
14	0.30	0.13
15	0.30	0.00
16	-0.30	0.00

$$A = 0.265$$

$$J_f = 0.0372$$

$$Z_g = 0.46$$

<nessuna armatura di precompressione attiva>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0.80	0.000	2Ø10
2	0.60	0.000	2Ø10
3	0.08	0.002	4Ø24 armatura longit. appoggio

Sezione ideale (n=15.000)	A_{id}	$J_{f,id}$	$Z_{g,id}$
	0.297	0.0411	0.43

Sollecitazioni	M _{esterno}
prima del getto	0.00
dopo getto 2a fase	0.00

1.6.1.1.1 Tensioni nei materiali dopo getto 2a fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
prima del getto	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
prima del getto	13415489.89	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	13415489.89	0.00	0.00

1.6.1.1.2 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.785	0.14		0.00314

d	K	A_{st}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1.02	1.443	0.002	0.0138	0.00	1.000

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Red}
9830.98	112851.50	83114.96

$$V_{Ed,max} = 16884.72 < 83114.96$$

1.6.1.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	0.00	0.00
getto in opera	0.00	0.00

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	3019685.00	2.1%
rilassamento acciaio	23.1%	2516250.00	1.8%
viscosità cls	100.0%	9824711.00	6.9%

1.6.1.2.1 Verifiche in esercizio

1.6.1.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-0.30	0.13
2	-0.12	0.18

n.	Y	Z	
3	-0.07	0.38	
4	-0.07	0.92	
5	-0.14	1.02	
6	-0.20	1.04	
7	-0.20	1.10	
8	0.20	1.10	
9	0.20	1.04	
10	0.14	1.02	
11	0.07	0.92	
12	0.07	0.38	
13	0.12	0.18	
14	0.30	0.13	
15	0.30	0.00	
16	-0.30	0.00	fine prefabb.
17	-0.30	0.13	
18	-0.75	1.30	getto in opera
19	0.50	1.30	(m=1.000)
20	0.50	1.10	
21	-0.75	1.10	
22	-0.75	1.30	

$A = 0.515$

$J_f = 0.1093$

$Z_g = 0.82$

<nessuna armatura di precompressione attiva>

Sezione ideale (n=15.000)	A_{id}	$J_{f,id}$	$Z_{g,id}$
	0.515	0.1093	0.82

Tensioni sul cls - TT110 :

	$\sigma_{e,max}$		$\sigma_{e,min}$		$\sigma_{i,max}$		$\sigma_{i,min}$	
t=inf.-senza carichi	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Frequenti	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00		0.00		0.00		0.00	

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$		$\sigma_{e,min}$		$\sigma_{i,max}$		$\sigma_{i,min}$	
t=inf.-senza carichi	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Frequenti	0.00		0.00		0.00		0.00	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00		0.00		0.00		0.00	

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	
t=inf.-senza carichi	0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00	
t=inf.-SLE Frequenti	0.00	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	

1.6.1.2.1.2 Verifica rottura per taglio $t=inf$.

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.785	0.14		0.00314

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1.22	1.405	0.000	0.0018	0.00	1.000

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Red}
6725.72	134979.20	99412.01

$$V_{Ed,max} = 52127.06 < 99412.01$$

$$\text{Trazione per taglio } (V=52127.06) = 26063.53 \text{ [daN]}$$

1.6.1.2.1.3 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di $0.140 \text{ [m}^2\text{]}$ (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione $X=0.00$ risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	32096.85	[daN/m]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-2185.66	[daN/m]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	± 128946.69	[daN/m]
staffe di collegamento	0.0031	[m ² /m]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	± 57615.83	[daN/m]

1.6.2 Verifica sezione $X=9.67$ - Sezione di mezzzeria

1.6.2.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-0.30	0.13
2	-0.12	0.18
3	-0.07	0.38
4	-0.07	0.92
5	-0.14	1.02
6	-0.20	1.04
7	-0.20	1.10
8	0.20	1.10
9	0.20	1.04
10	0.14	1.02
11	0.07	0.92
12	0.07	0.38
13	0.12	0.18
14	0.30	0.13
15	0.30	0.00
16	-0.30	0.00

$$A = 0.265$$

$$J_f = 0.0372$$

$$Z_g = 0.46$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1.05	0.000

n.	Z	area
2	0.10	0.001
3	0.05	0.001

$$A_p = 0.002$$

$$Z_{g,p} = 0.24$$

Sezione ideale (n=5.657)	A_{id}	$J_{f,id}$	$Z_{g,id}$
	0.279	0.0396	0.45

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	1575900.00	1.1%
rilassamento acciaio	29.4%	3194694.00	2.2%

Sollecitazioni	$M_{esterno}$	$N_{precomp.}$	$M_{precomp.}$
t=0 dopo taglio trefoli	30429.30	-325454.59	-68974.54
prima del getto	30429.30	-303884.55	-64403.14
dopo getto 2a fase	61849.01	-303787.13	-64382.49

1.6.2.1.1 Tensioni nei materiali dopo getto 2a fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-540293.82	-1508343.50
prima del getto	-534556.27	-1387190.33
dopo getto 2a fase	-1003048.28	-1057138.18

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}
t=0 dopo taglio trefoli	130412237.35
prima del getto	121824445.03
dopo getto 2a fase	122689008.35

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	1575900.00	1.1%
rilassamento acciaio	18.4%	1998613.00	1.4%
viscosità cls	36.1%	5553731.00	3.9%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	8514.72	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	7095.17	0.0%
viscosità cls	0.2%	25617.35	0.0%

1.6.2.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

$$\Delta\epsilon \text{ armature pretese: } \epsilon_{sp,z=0.24}=0.00624$$

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z_{gsup}	ϵ_{inf}	Z_{ginf}
--------	---------------	----	------------------	------------	------------------	------------

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	$Z_{g_{sup}}$	ϵ_{inf}	$Z_{g_{inf}}$
(+)	0.37	252049.20	-0.00350	1.10	0.00156	0.05
(-)	0.23	-113115.10	0.01000	1.05	-0.00285	0.00

$$M_{d,max} = 83496.17 < 252049.18$$

1.6.2.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.381	0.14		0.00314

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1.05	1.436	0.002	0.0135	-1145114.00	1.250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Red}
35263.96	290426.10	73758.30

$$V_{Ed,max} = 384.39 < 73758.30$$

1.6.2.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-1003022.36	-1056591.00
getto in opera	0.00	0.00

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	3019685.00	2.1%
rilassamento acciaio	23.1%	2516250.00	1.8%
viscosità cls	63.8%	9824711.00	6.9%

1.6.2.2.1 Verifiche in esercizio

1.6.2.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-0.30	0.13
2	-0.12	0.18
3	-0.07	0.38
4	-0.07	0.92
5	-0.14	1.02
6	-0.20	1.04
7	-0.20	1.10
8	0.20	1.10
9	0.20	1.04
10	0.14	1.02
11	0.07	0.92
12	0.07	0.38
13	0.12	0.18
14	0.30	0.13
15	0.30	0.00

n.	Y	Z	
16	-0.30	0.00	fine prefabb.
17	-0.30	0.13	
18	-0.75	1.30	getto in opera
19	0.50	1.30	(m=0.895)
20	0.50	1.10	
21	-0.75	1.10	
22	-0.75	1.30	

$$A = 0.489$$

$$J_f = 0.1051$$

$$Z_g = 0.80$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1.05	0.000
2	0.10	0.001
3	0.05	0.001

$$A_p = 0.002$$

$$Z_{g,p} = 0.24$$

Sezione ideale (n=5.657)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	0.502	0.1110	0.78

Tensioni sul cls - TT110 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-979798.96	-979798.96	-861448.47	-861448.47
t=inf.-SLE Rare	-979798.96	-1313784.61	-37417.79	-861448.47
t=inf.-SLE Frequenti	-979798.96	-1217420.94	-278862.72	-861448.47
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-979798.96	-1046788.96	-706391.29	-861448.47

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-7190.03	-7190.03	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-7190.03	-494483.52	0.00	-278095.40
t=inf.-SLE Frequenti	-7190.03	-353286.05	0.00	-191861.32
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-7190.03	-103266.50	0.00	-39165.92

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}
t=inf.-senza carichi	0.00
t=inf.-SLE Rare	126745924.95
t=inf.-SLE Frequenti	125804193.43
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	124136661.50

1.6.2.2.1.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta \epsilon_{sp}$
Armature pretese	0.24	0.00600

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	$Z_{\epsilon sup}$	ϵ_{inf}	$Z_{\epsilon inf}$
(+)	1.07	384824.70	-0.00231	1.30	0.01000	0.05
(-)	0.31	-195804.40	0.01000	1.25	-0.00330	0.00

$$M_{d,max} = 250865.92 < 384824.69$$

1.6.2.2.1.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.381	0.14		0.00314

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1.25	1.400	0.003	0.0187	-546907.50	1.211

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Red}
27308.80	345745.90	85097.27

$$V_{Ed,max} = 7247.76 < 85097.27$$

Trazione per taglio ($V=7247.76$) = 9059.70 [daN]

1.6.2.2.1.4 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 0.140 [m²] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=9.67 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[daN/m]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-6695.55	[daN/m]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	± 128946.69	[daN/m]
staffe di collegamento	0.0031	[m ² /m]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	± 57615.83	[daN/m]

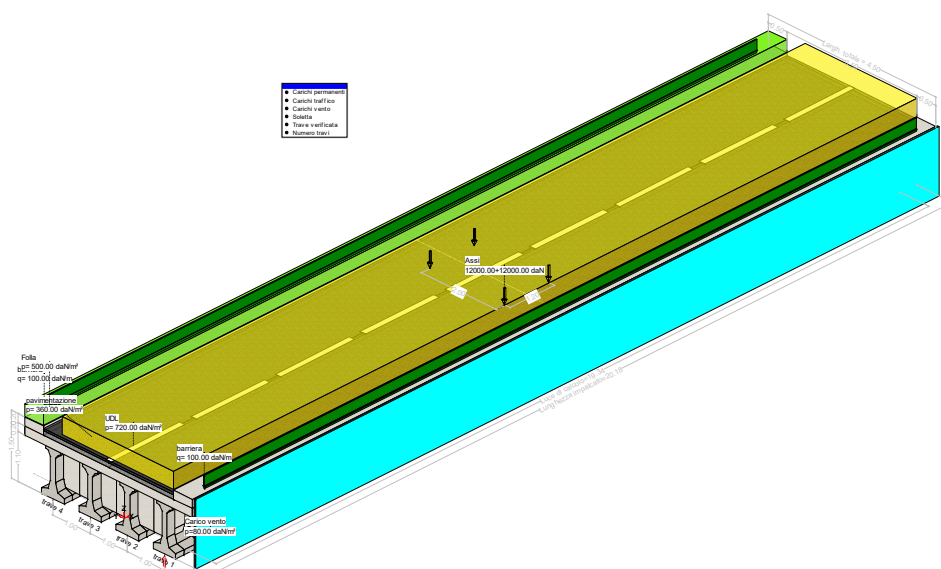


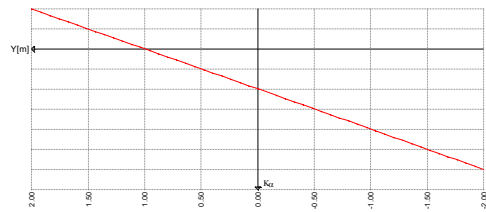
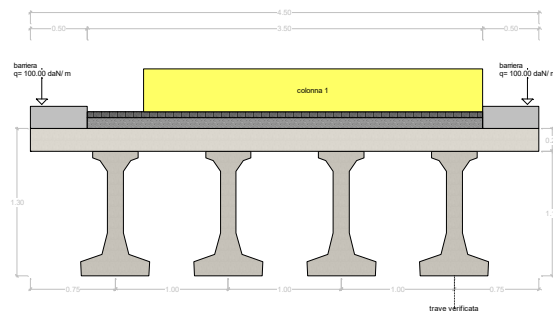
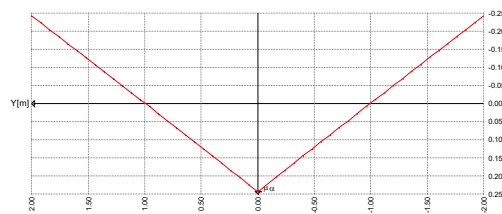
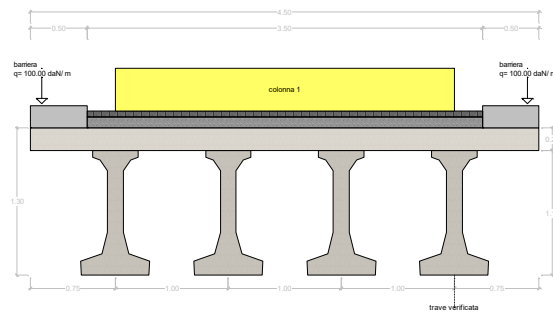
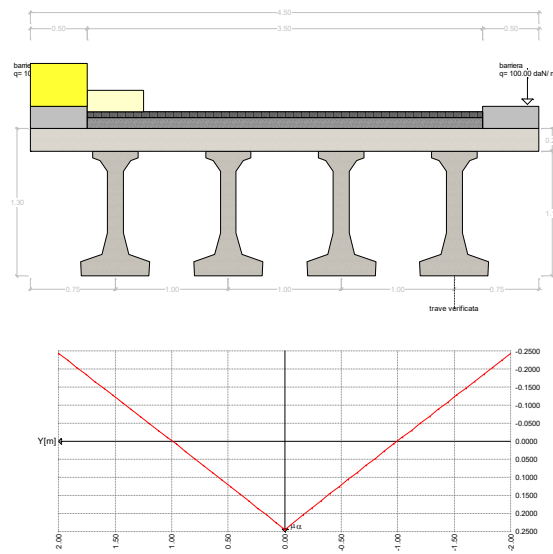
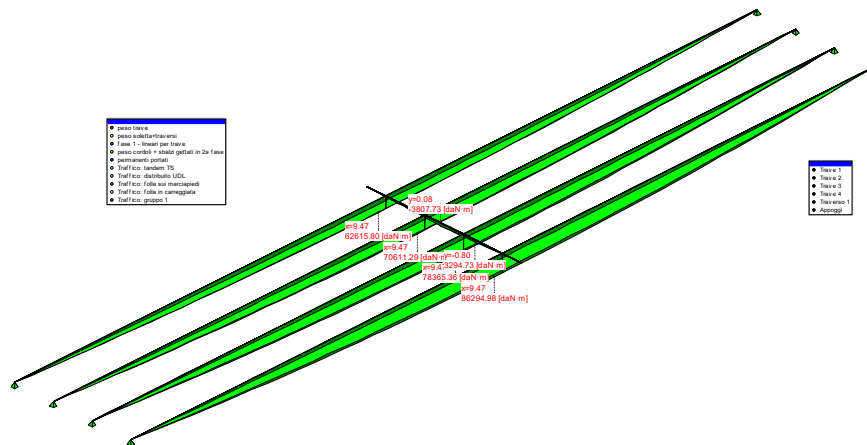
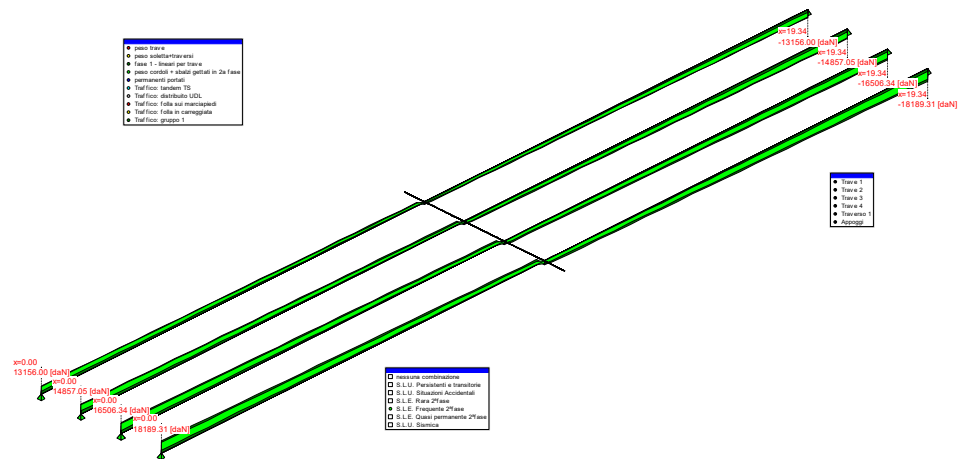
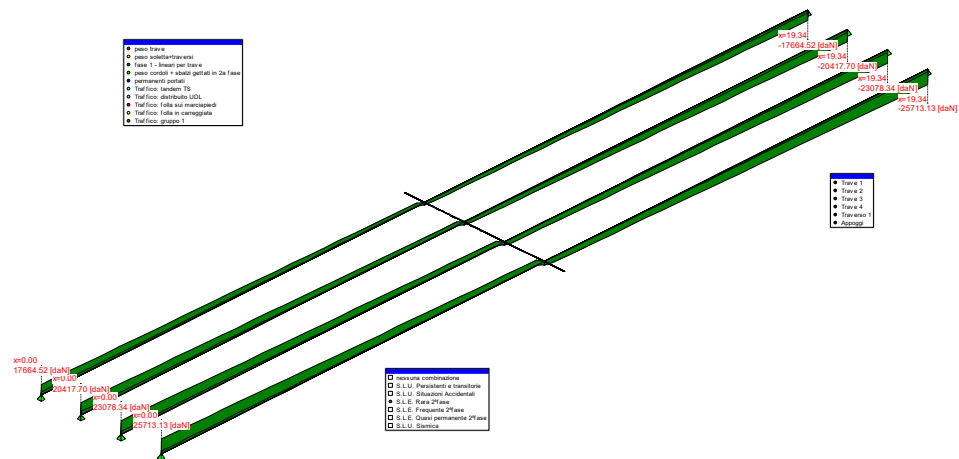
Diagramma di ripartizione trasversale - coeff. K_2 di MassonnetDiagramma coeff. μ di influenza del trasverso, configurazione del carico per M max

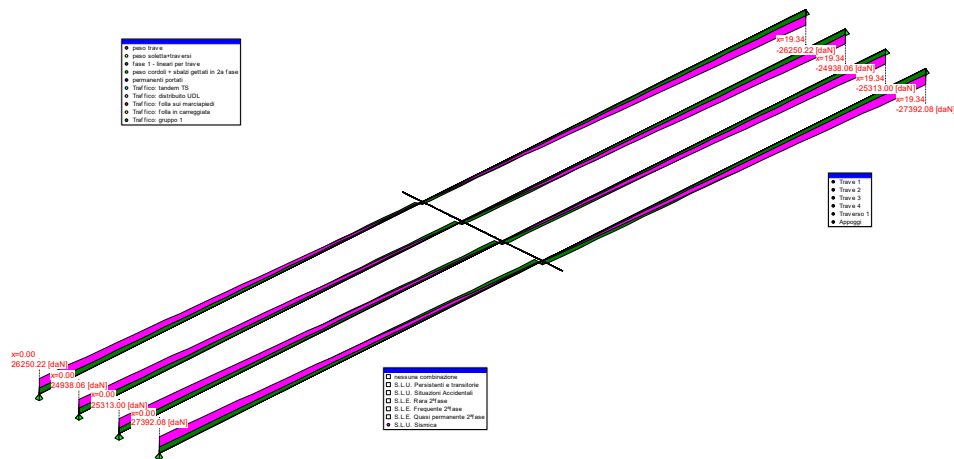
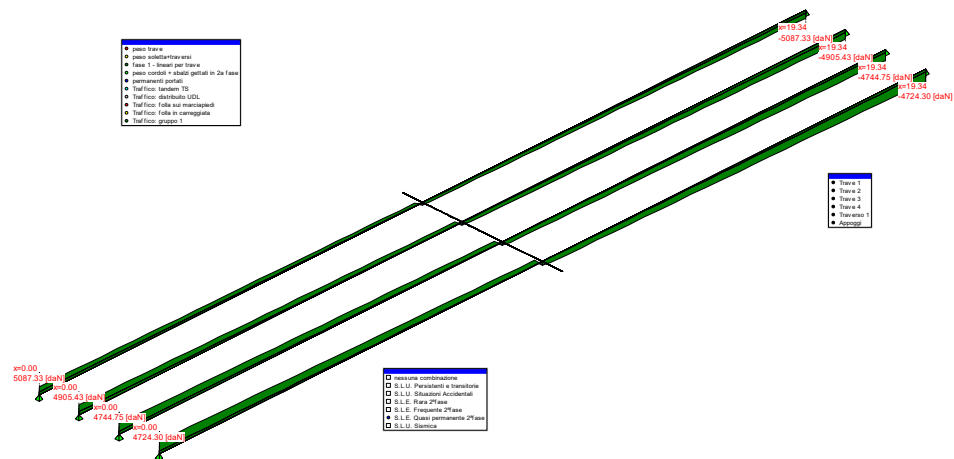
Diagramma coeff. μ di influenza del traverso, configurazione del carico per M min

MOMENTO FLETTENTE

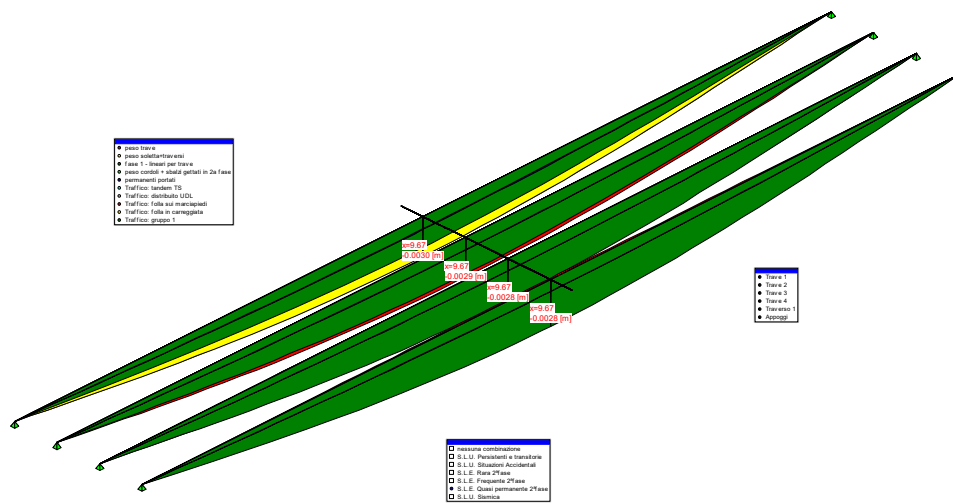
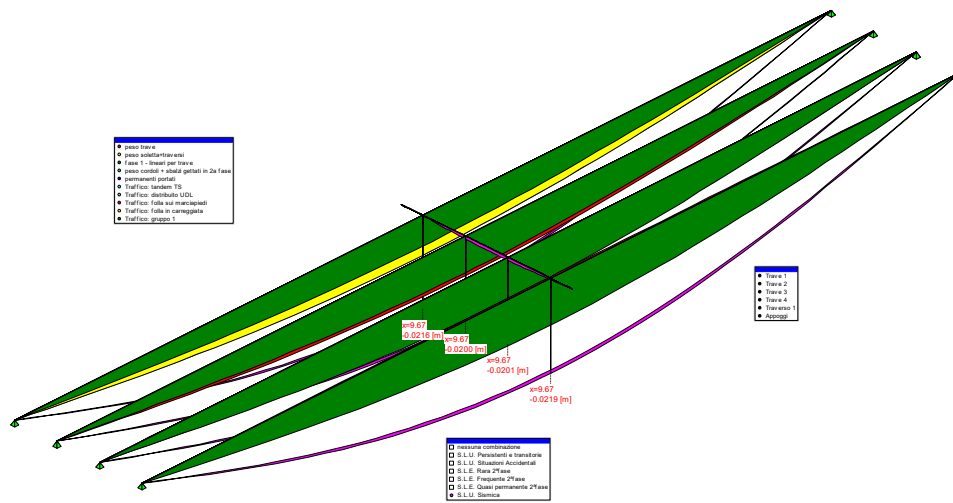


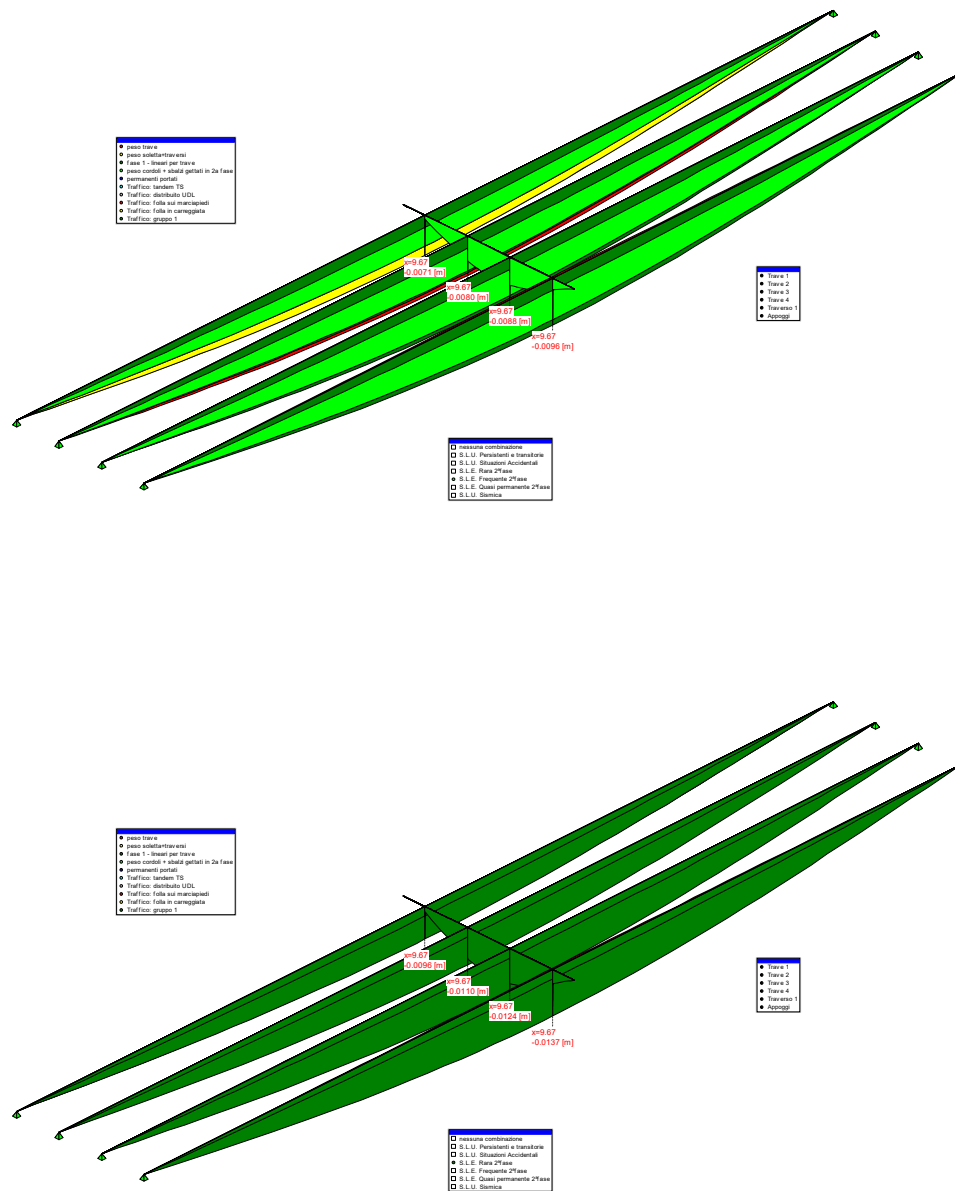
TAGLIO





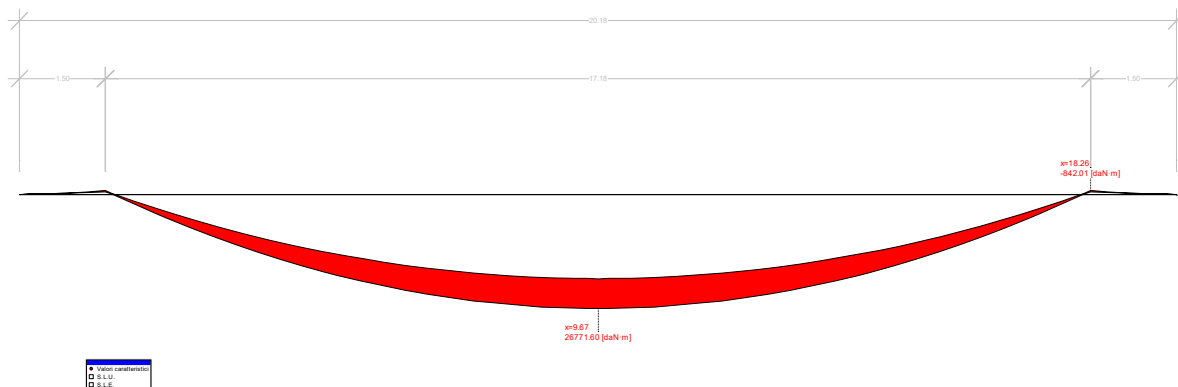
ABBASSAMENTI



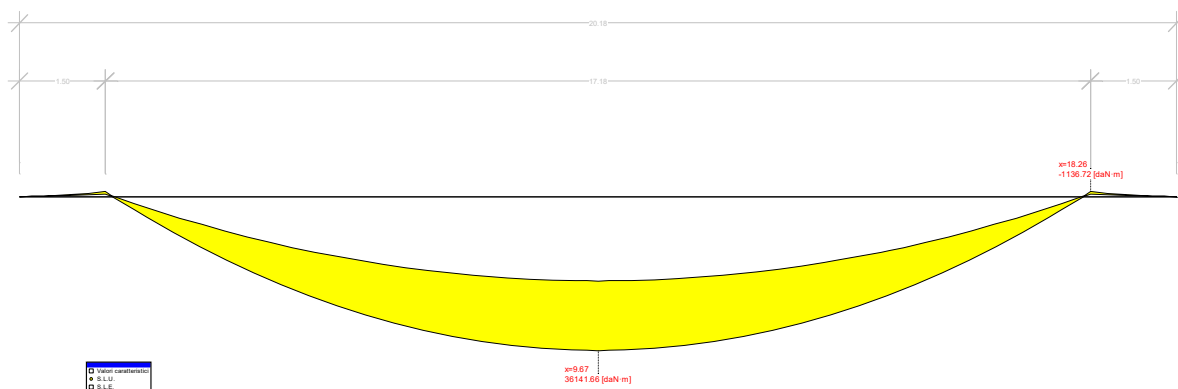


SOLLEVAMENTO

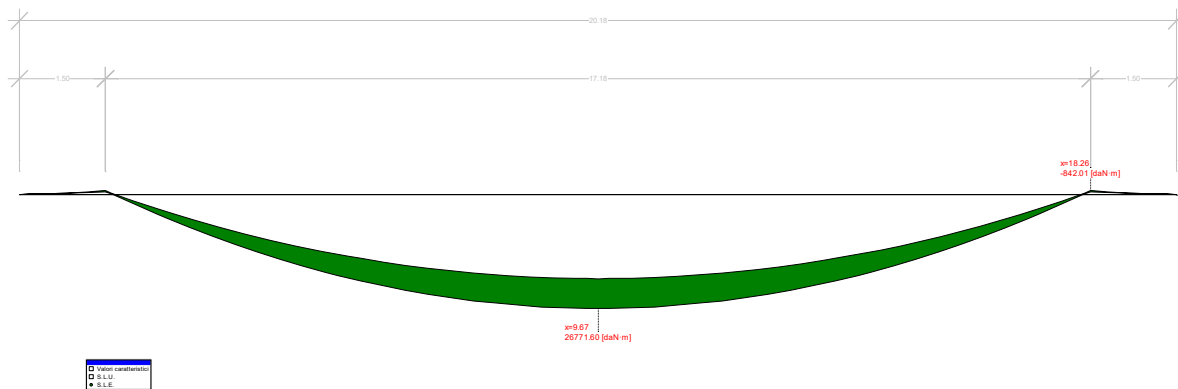
Momento flettente in fase di sollevamento



Momento flettente in fase di sollevamento

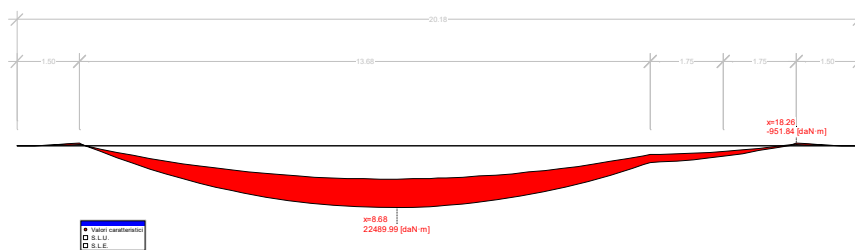


Momento flettente in fase di sollevamento

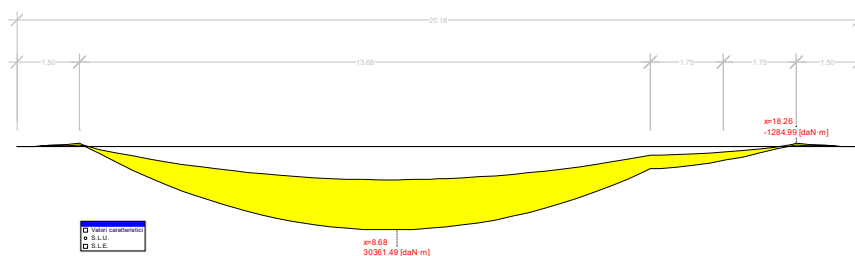


TRASPORTO

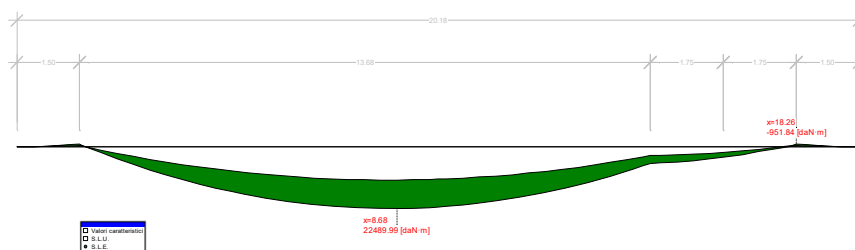
Momento flettente in fase di trasporto



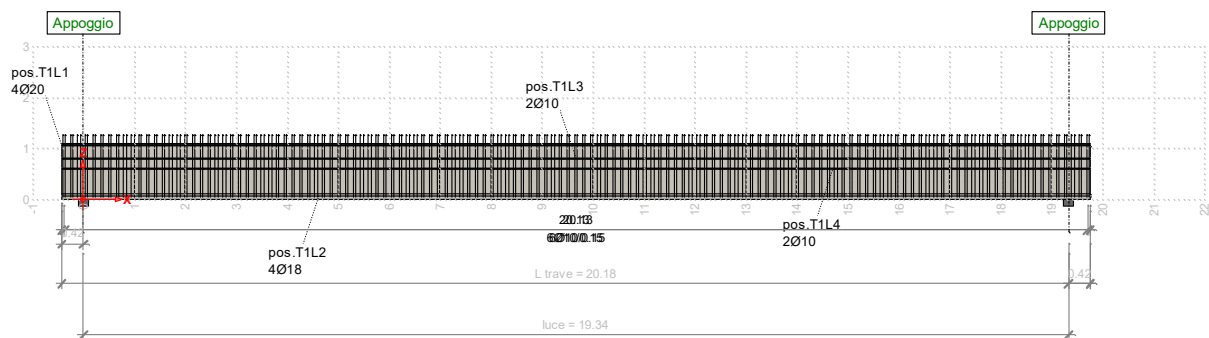
Momento flettente in fase di trasporto



Momento flettente in fase di trasporto



sezione Y=0.00



Trave n. 1

Sezione trave:
 A=0.265
 Yg=0.00
 Zg=0.46
 Jy=0.0372

sezione X=9.67

1:75

1:5

1:25

1:

0:75

0:5

0:25

0:

-0:25

-1

-0.75

-0.5

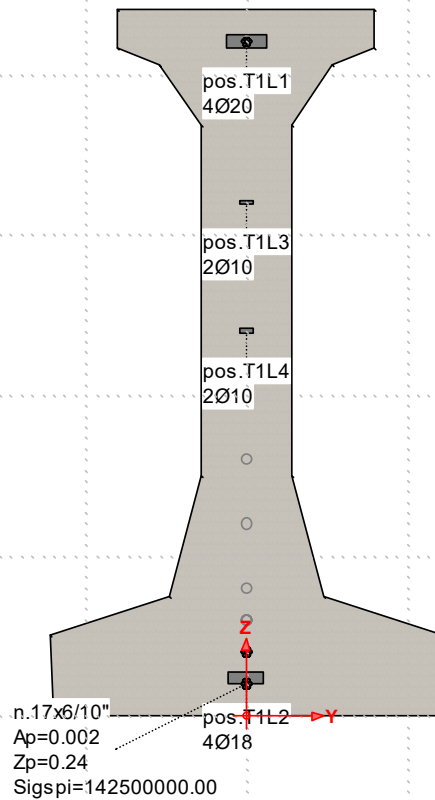
Trave n. 1

-0

-0.25

-0.5

-0.75

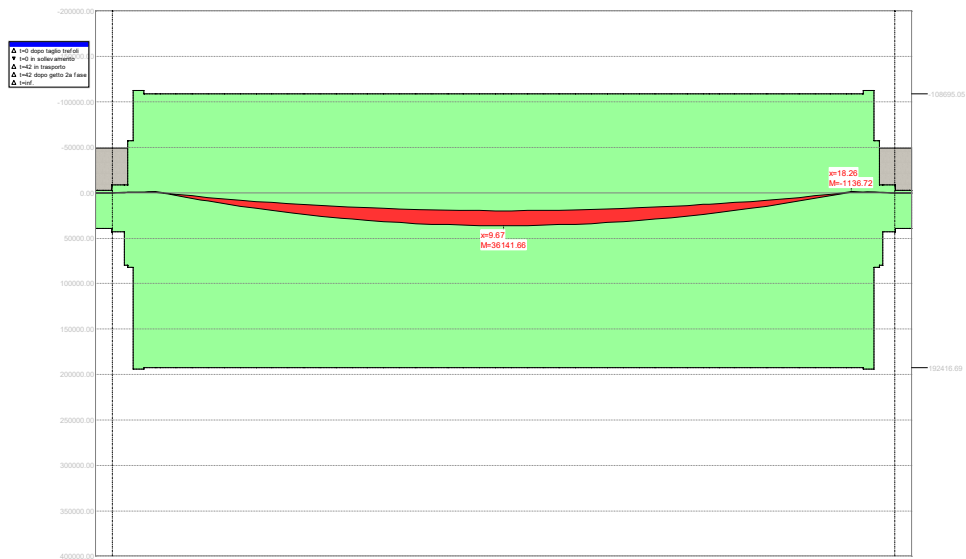


SLE MOMENTO FLETENTE

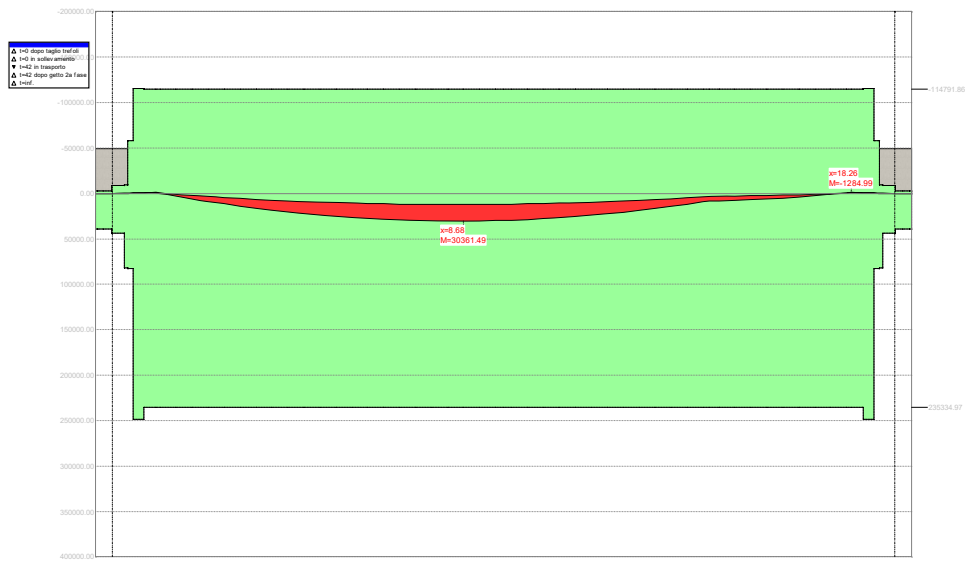
SLUMd su Mr



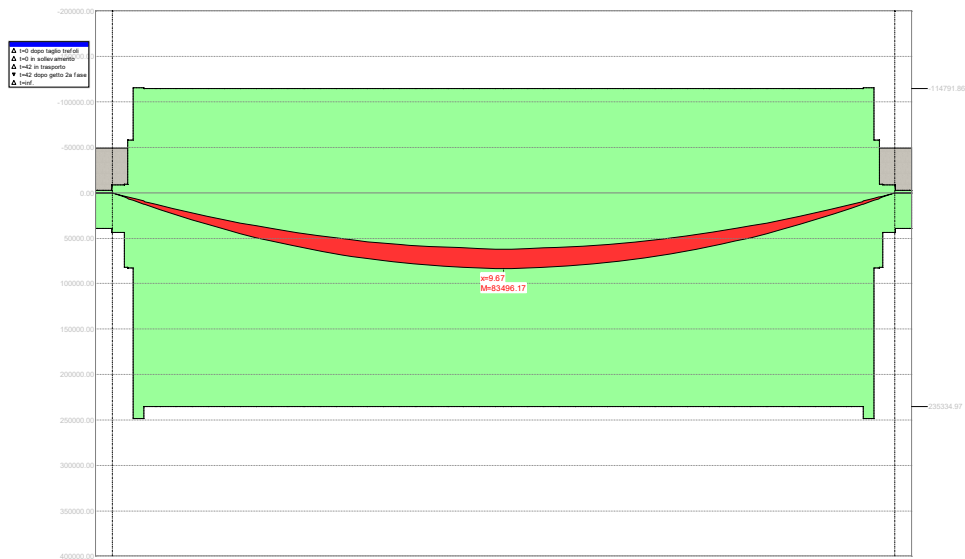
SLUMd su Mr



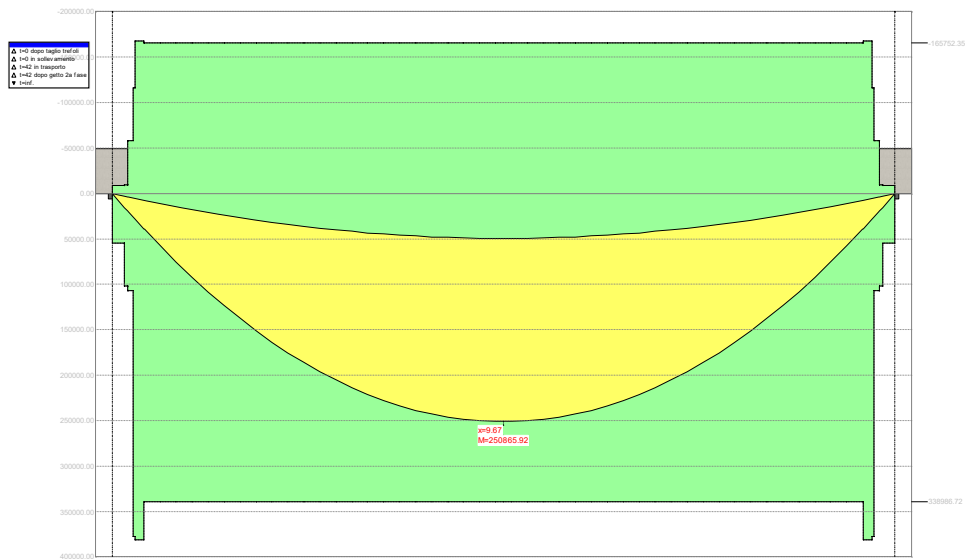
SLUMd su Mr



SLUMd su Mr

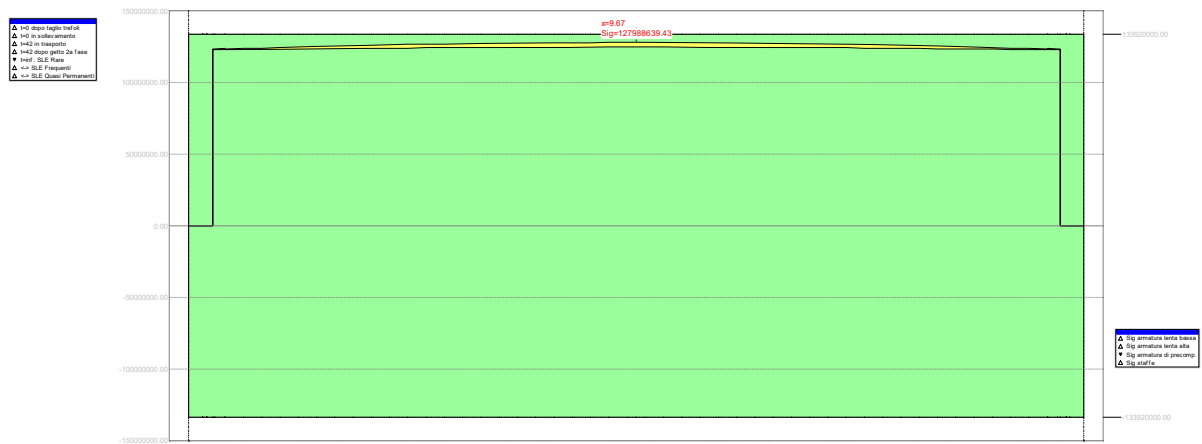


SLUMd su Mr

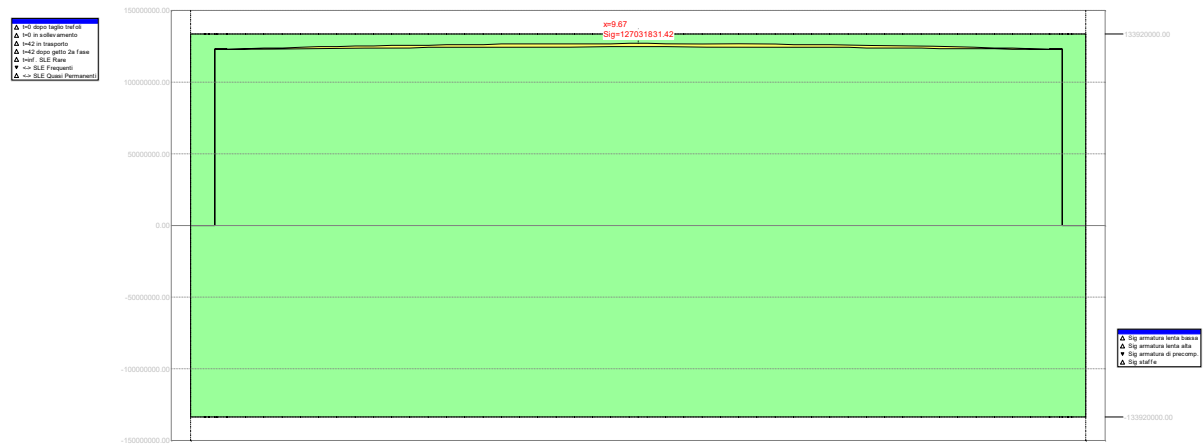


SLE TENSIONI ACCIAIO

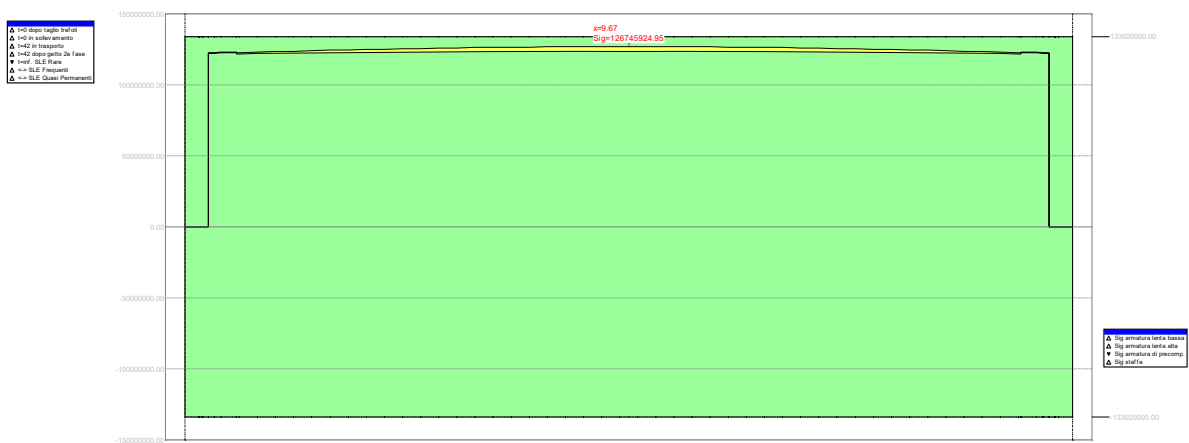
SLE tensioni acciai



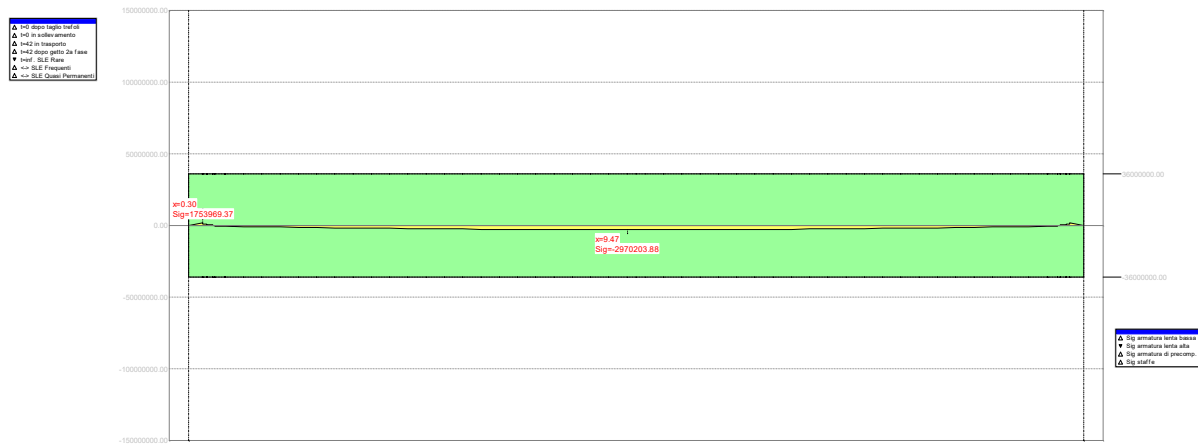
SLE tensioni acciai



SLE tensioni acciai

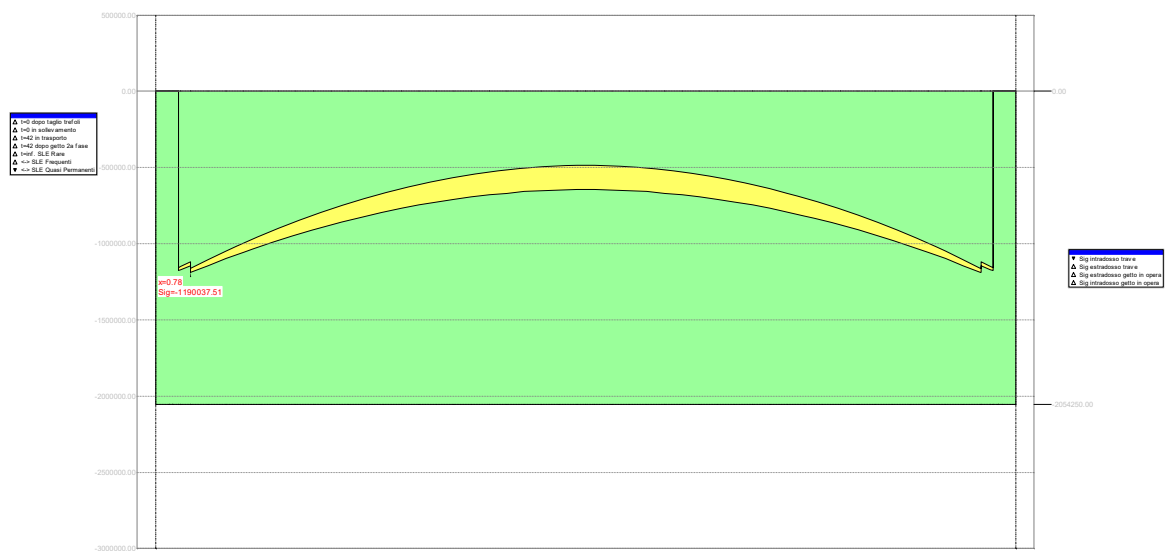


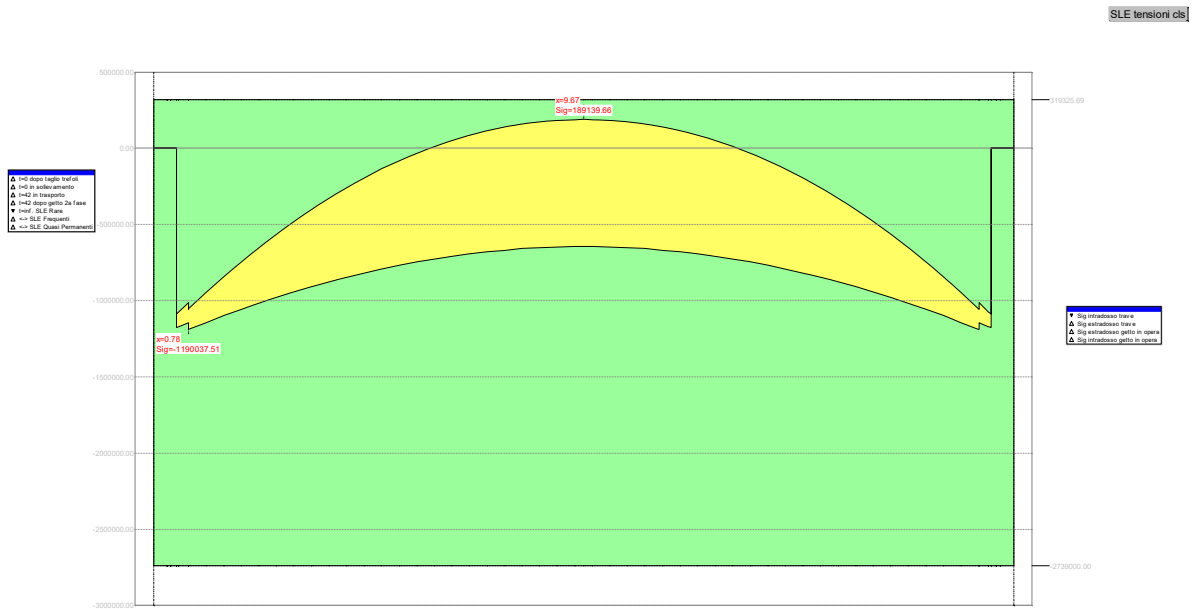
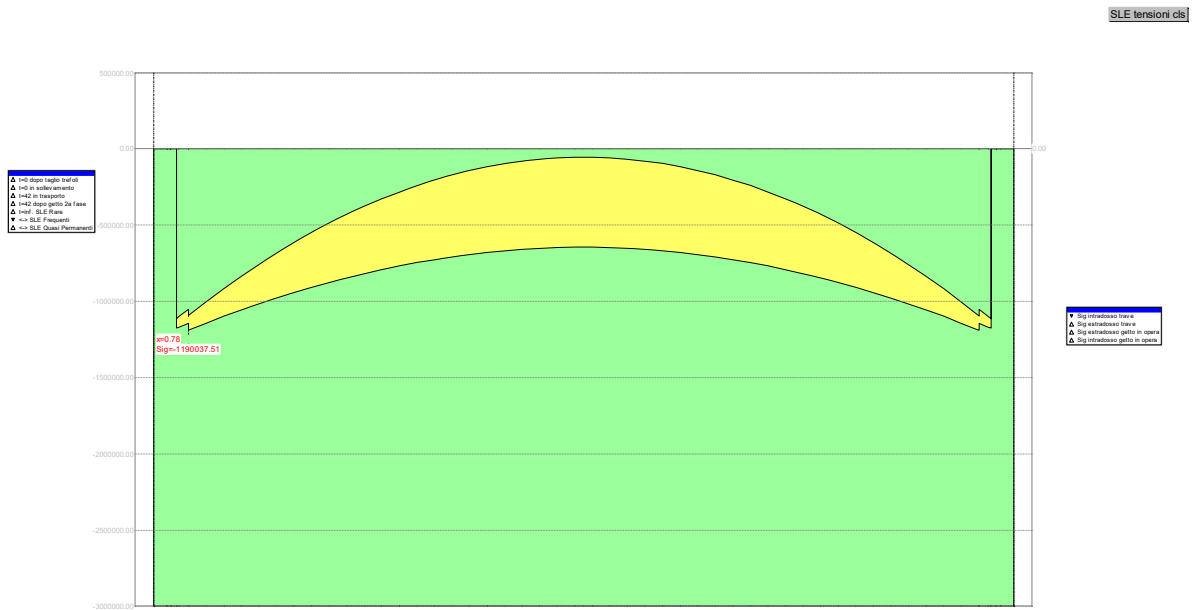
SLE tensioni acciai



SLE TENSIOI CALCESTRUZZO

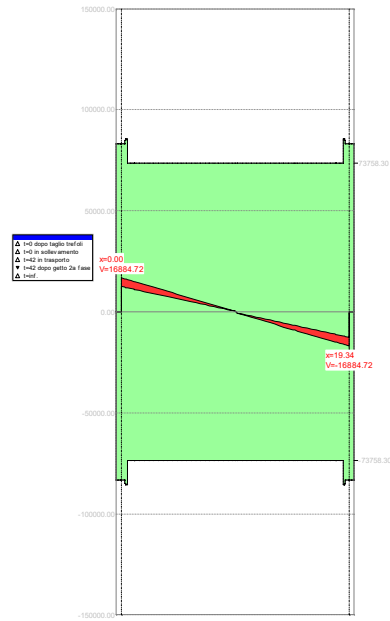
SLE tensioni cls



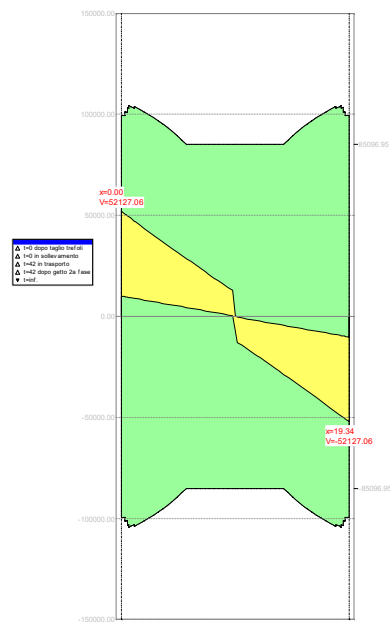


SLU TAGLIO

SLU Vd su Vr

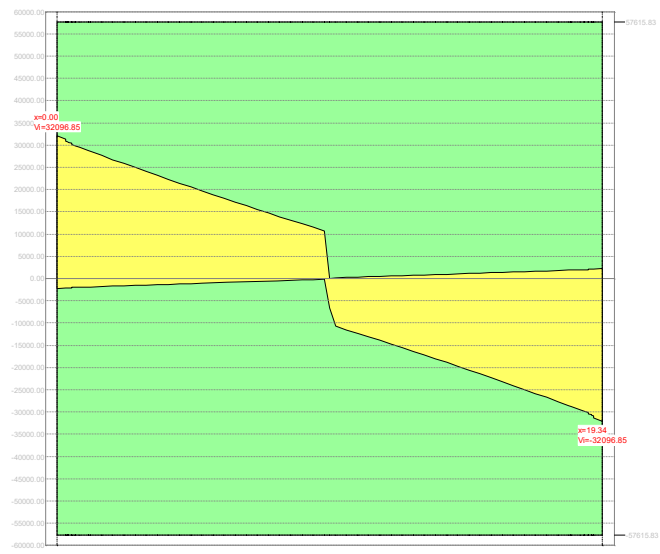


SLU Vd su Vr



SCORRIMENTO INTEFACCIA GETTI

SLU V interfaccia



Dimensionamento armature soletta in c.a. - effetto locale

1 Dati di calcolo

1.1.1 Parametri di verifica sezioni

Asta	Area	b_w	t_{eff}	A_k	u_k	Verifica N	Verifica T
1	9600.00	40.00	25.17	5119.88	689.33	No	No

1.1.2 Parametri di predimensionamento c.a.

1.1.2.1 Materiali

Calcestruzzo :

elementi	classe	$f_{ck,cub}$	$f_{ck,cil}$	α_{cc}	γ	f_{cd}
Travi in elevazione	C28/35	350.00	290.50	0.850	1.500	164.62

elementi	$\sigma_{c,min}$ SLE Rare	$\sigma_{c,min}$ SLE Quasi Perm.
Travi in elevazione	-174.30	-130.72

Acciaio :

elementi	tipo	f_{yk}	γ	f_{yd}
Travi in elevazione	B450	4500.00	1.150	3913.04

elementi	n	$\sigma_{s,max}$ SLE
Travi in elevazione	15.00	3600.00

1.1.3 Armature

1.1.3.1 Travi

C_s : Dist. asse barre - bordo superiore sezione

C_i : Dist. asse barre - bordo inferiore sezione

elementi	C_s	C_i	correnti longitud.		passi staffe
			superiori	inferiori	
Travi in elevazione	4.00	3.00	5Ø16	5Ø16	

2 Armature longitudinali

Le aree di acciaio contrassegnate con * sono necessarie in zona compressa per superamento del limite di resistenza del calcestruzzo.

$A_{s,inf}$ e $A_{s,sup}$ indicano le quantità totali di armatura necessarie ad assorbire tutte le sollecitazioni M,N,V,T agenti nella sezione considerata.

r_{inf} : percentuale di $A_{s,inf}$ necessaria a V+T

r_{sup} : percentuale di $A_{s,sup}$ necessaria a V+T

$K_{r,+}$ e $K_{r,-}$ sono i coefficienti di sicurezza a rottura M,N per momenti positivi e negativi con N=cost. delle sezioni armate con $D_{inf} \cdot (1-r_{inf}) + D_{sup} \cdot (1-r_{sup})$

Asta	X		$A_{s,inf}$	r_{inf}	$A_{s,sup}$	r_{sup}	D_{inf}	D_{sup}	$K_{r,+}$	$K_{r,-}$
1	0.00	f.p.	7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	25.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	50.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	75.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	100.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	125.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	150.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	175.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	200.00	L/2	7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	225.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	250.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	275.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	300.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	325.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	350.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61
1	375.00		7.34	0.0%	7.34	0.0%	-	-	27.90	28.61

3 Armature a taglio/torsione

I valori dell'angolo θ (inclinazione delle bielle di calcestruzzo compresse rispetto all'orizzontale) sostituiti con "*" indicano rottura delle bielle anche con 45° (sezione inadeguata).

A staffe: [cm²/cm]

Asta	X		$V_{Ed} < V_{Rd,c}$	A staffe	θ	staffe
1	0.00	f.p.	SI	0.0600	0.00	-
1	25.00		SI	0.0600	0.00	-
1	50.00		SI	0.0600	0.00	-
1	75.00		SI	0.0600	0.00	-
1	100.00		SI	0.0600	0.00	-
1	125.00		SI	0.0600	0.00	-
1	150.00		SI	0.0600	0.00	-
1	175.00		SI	0.0600	0.00	-
1	200.00	L/2	SI	0.0600	0.00	-
1	225.00		SI	0.0600	0.00	-
1	250.00		SI	0.0600	0.00	-
1	275.00		SI	0.0600	0.00	-
1	300.00		SI	0.0600	0.00	-
1	325.00		SI	0.0600	0.00	-
1	350.00		SI	0.0600	0.00	-
1	375.00		SI	0.0600	0.00	-

Dimensionamento armature traverso in c.a.

1 Dati di calcolo

1.1.1 Parametri di verifica sezioni

Asta	Area	b_w	t_{eff}	A_k	u_k	Verifica N	Verifica T
1	8400.00	40.00	23.08	4476.92	687.69	No	No

1.1.2 Parametri di predimensionamento c.a.

1.1.2.1 Materiali

Calcestruzzo :

elementi	classe	$f_{ck,cub}$	$f_{ck,cil}$	α_{cc}	γ	f_{cd}
Travi in elevazione	C28/35	350.00	290.50	0.850	1.500	164.62

elementi	$\sigma_{c,min}$ SLE Rare	$\sigma_{c,min}$ SLE Quasi Perm.
Travi in elevazione	-174.30	-130.72

Acciaio :

elementi	tipo	f_{yk}	γ	f_{yd}
Travi in elevazione	B450	4500.00	1.150	3913.04

elementi	n	$\sigma_{s,max}$ SLE
Travi in elevazione	15.00	3600.00

1.1.3 Armature

1.1.3.1 Travi

C_s : Dist. asse barre - bordo superiore sezione

C_i : Dist. asse barre - bordo inferiore sezione

elementi	C_s	C_i	correnti longitud.		passi staffe
			superiori	inferiori	
Travi in elevazione	4.00	3.00	4Ø22	4Ø22	

2 Armature longitudinali

Le aree di acciaio contrassegnate con * sono necessarie in zona compressa per superamento del limite di resistenza del calcestruzzo.

$A_{s,inf}$ e $A_{s,sup}$ indicano le quantità totali di armatura necessarie ad assorbire tutte le sollecitazioni M,N,V,T agenti nella sezione considerata.

r_{inf} : percentuale di $A_{s,inf}$ necessaria a V+T

r_{sup} : percentuale di $A_{s,sup}$ necessaria a V+T

$K_{r,+}$ e $K_{r,-}$ sono i coefficienti di sicurezza a rottura M,N per momenti positivi e negativi con N=cost. delle sezioni armate con $D_{inf} \cdot (1-r_{inf}) + D_{sup} \cdot (1-r_{sup})$

Asta	X		$A_{s,inf}$	r_{inf}	$A_{s,sup}$	r_{sup}	D_{inf}	D_{sup}	Kr+	Kr-
1	0.00	f.p.	7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	100.00	100.00
1	25.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	76.14	20.67
1	50.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	10.55	12.72
1	75.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	4.30	9.51
1	100.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	3.17	7.78
1	125.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	3.00	6.70
1	150.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	3.52	6.08
1	175.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	2.43	5.76
1	200.00	L/2	7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	2.18	5.64
1	225.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	2.43	5.66
1	250.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	3.52	5.88
1	275.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	3.13	6.37
1	300.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	4.94	7.27
1	325.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	4.51	8.76
1	350.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	10.55	11.57
1	375.00		7.01	0.0%	7.01	0.0%	-	-	76.14	18.79

3 Armature a taglio/torsione

I valori dell'angolo θ (inclinazione delle bielle di calcestruzzo compresse rispetto all'orizzontale) sostituiti con "*" indicano rottura delle bielle anche con 45° (sezione inadeguata).

A staffe: [cm²/cm]

Asta	X		$V_{Ed} < V_{Rd,c}$	A staffe	θ	staffe
1	0.00	f.p.	SI	0.0600	0.00	-
1	25.00		SI	0.0600	0.00	-
1	50.00		SI	0.0600	0.00	-
1	75.00		SI	0.0600	0.00	-
1	100.00		SI	0.0600	0.00	-
1	125.00		SI	0.0600	0.00	-
1	150.00		SI	0.0600	0.00	-
1	175.00		SI	0.0600	0.00	-
1	200.00	L/2	SI	0.0600	0.00	-
1	225.00		SI	0.0600	0.00	-
1	250.00		SI	0.0600	0.00	-
1	275.00		SI	0.0600	0.00	-
1	300.00		SI	0.0600	0.00	-
1	325.00		SI	0.0600	0.00	-
1	350.00		SI	0.0600	0.00	-
1	375.00		SI	0.0600	0.00	-