



**PROVINCIA DI RAVENNA**  
SETTORE LAVORI PUBBLICI  
Servizio Infrastrutture viarie e programmazione

**D.M. 49/2018 \_ INTERVENTO DI ADEGUAMENTO STATICO E  
SISMICO DEL PONTE DELLA CHIUSA SUL FIUME SENIO POSTO AL  
KM 10+131 DELLA S.P.306R CASOLANA RIOLESE  
CUP J73D18000090001**

## PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Sig. Michele De Pascale		Consigliere delegato Strade - Trasporti - Pianificazione Territoriale: Arch. Nicola Pasi			
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile		Responsabile del Servizio.: Ing. Chiara Bentini			
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO :		Ing. Paolo Nobile	_____		
			<i>Documento firmato digitalmente</i>		
PROGETTISTA :		Ing. Ivan Missiroli	_____		
			<i>Documento firmato digitalmente</i>		
COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE :		Ing. Ivan Missiroli	_____		
			<i>Documento firmato digitalmente</i>		
0	EMISSIONE				
Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE SULLE STRUTTURE**

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
<b>3.6</b>	-		-	

# RELAZIONE DI CALCOLO

## DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO

Vedere a proposito la relazione Illustrativa.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le normative prese come riferimento la progettazione strutturale sono:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in 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. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"; **NTC 2018**
- **Circolare** del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 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";
- **Con i documenti 'in riferimento' previsti dalle NTC vigenti.**

Nell'ordine sono state esaminati:

caratteristiche dei materiali esistenti e nuovi

analisi dei carichi permanenti e carichi mobili

calcolo delle sollecitazioni M,V 'globali' di impalcato

ripartizione ( Courbon ) e sollecitazioni nella trave di bordo (la più sollecitata)

verifica travi a flessione ( comb. Rara e comb fondamentale : trattasi di struttura esistente )

verifica travi a taglio

verifica dei traversi a flessione

verifica dei traversi a taglio

verifica della soletta rinforzata

verifica rinforzo selle gerber

rinfozo zone di appoggio travi in corrispondenza delle spalle.

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI E NUOVI

Dalla relazione di vulnerabilità dell' Ing Baroni si trae per il cls e acciaio delle opere esistenti:

- cls C20/25
- Acciaio da c.a. tondo liscio assimilabile a FeB 32k

Si allega di seguito stralcio della relazione Ing Baroni circa le caratteristiche dei materiali esistenti.

### 6. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI COSTRUZIONE

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili di strutture in c.a. si impiegano le proprietà dei materiali esistenti, determinate secondo la campagna di indagini condotta o sulla base di quanto disponibile dalla documentazione in possesso, divise per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto. Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

#### 6.1 Sintesi della campagna di indagine e delle prove effettuate

La relazione tecnica "Rilievi e caratterizzazione meccanica degli elementi strutturali" redatta dalla ditta autorizzata TECNO IN Servizi di Ingegneria s.p.a. di Napoli, azienda con sistema di qualità certificato dal RINA ISO 9001-14001, ha evidenziato i seguenti risultati, a valle delle indagini eseguite, di seguito riassunte (la relazione di prova è riportata nell'Allegato 2 alla presente relazione).

Gli interventi effettuati sono i seguenti:

- ✓ n° 2 rilievi di barre d'armatura in strutture in c.a.;
- ✓ n° 3 prelievi di campioni cilindrici di cls comprensivi del ripristino;
- ✓ n° 3 prove di carbonatazione su campioni cilindrici di cls;
- ✓ n° 3 prove di resistenza a compressione su provini cilindrici di cls;
- ✓ n° 18 indagini Sonreb per la stima indiretta della resistenza a compressione del cls;
- ✓ n° 2 prelievi di barre d'armatura comprensivi del ripristino;
- ✓ n° 2 prove di resistenza a trazione sui campioni di barra prelevata;

L'ubicazione delle indagini è riportata nella seguente immagine:



Dai rilevi delle barre di armatura effettuati nella 2° Pila in dx idraulica (RA1) e nella 4° Pila in sx idraulica (RA2) risulta che i ferri hanno diametri compresi tra  $\phi 12$  e  $\phi 14$  verticali,  $\phi 8$  e  $\phi 10$  orizzontali. Tali armature sono congruenti con quanto riportato negli elaborati grafici del progetto originario del ponte sul fiume Lamone, indicato dalla committenza come simile al ponte oggetto delle presenti verifiche.

Dalle prove di schiacciamento effettuate sulle 3 carote prelevate (per la caratterizzazione meccanica di calcestruzzo e armatura, identificate come PC1 - Spalla dx idraulica, PC2 - 2° Pila in dx idraulica, PC3 - 4° Pila in sx idraulica) sono stati ricavati i seguenti risultati:

Sigla Carota	Ubicazione	Dimensioni provino [mm]		Direzione carotaggio	$R_{carota}$	$R_{ch}$	Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	Velocità ultrasuoni [m/s]
		d	h		[MPa]	[MPa]		
PC1	Spalla in dx idraulica	94,0	187,8	orizzontale	7,0	10,5	2333	3167
PC2	2 <sup>a</sup> Pila (in dx idraulica)	94,0	181,0	orizzontale	14,9	22,2	2380	3803
PC3	4 <sup>a</sup> Pila (in sx idraulica)	94,0	187,6	orizzontale	8,7	13,1	2366	3257

Dalle indagini con il metodo combinato SONREB (indagini sclerometriche e rilievo ultrasonico) su 13 elementi strutturali in c.a. per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo sono stati ricavati i seguenti valori:

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche													Ultrasuoni				Tipo di indagine	$R_{sonreb}$ [MPa]
		Indice di rimbalzo												I	d [cm]	t [ $\mu$ s]	$V_{media}$ [m/s]	$V_{resid}$ [m/s]		
PC1	Spalla in dx idraulica	30	32	31	30	29	29	33	28	32	30	29	31	30,3	20	79	2532	3167	Superf.	10,5
		20	80																	
		20	78																	

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche													Ultrasuoni				Tipo di indagine	$R_{sonreb}$ [MPa]
		Indice di rimbalzo												I	d [cm]	t [ $\mu$ s]	$V_{media}$ [m/s]	$V_{resid}$ [m/s]		
PC2	2 <sup>a</sup> Pila (in dx idraulica)	33	36	31	31	35	30	37	34	30	34	30	35	32,9	20	65	3001	3803	Superf.	22,2
		20	67																	
		20	68																	



caratteristiche di un calcestruzzo C20/25 (Rck250). Si evidenzia che si utilizza lo stesso tipo di materiale per tutti gli elementi del manufatto (travi di impalcato, pile, spalle).

Dalle prove di resistenza a trazione effettuate su 2 barre in acciaio prelevate da 2° Pila in dx idraulica (PA1 - barra liscia  $\phi 8$ ) e 4° Pila in sx idraulica (PA2 - barra liscia  $\phi 8$ ) sono stati ricavati i seguenti valori:

Sigla Barra	Ubicazione	Tipologia barra	Diametro barra equipesante	Tensione di snervamento $f_y$	Tensione di rottura $f_t$	Rapporto $f_t/f_y$	Allungam. Percentuale dopo la rottura $A_5$
			[mm]	[MPa]	[MPa]		[%]
PA1	2° Pila (in dx idraulica) Barra longitudinale	liscia	8,3	484,3	530,5	1,10	(1)
PA2	4° Pila (in sx idraulica) Barra longitudinale	liscia	7,9	505,7	581,6	1,15	46,3

(1) La rottura è avvenuta al di fuori delle tacole di riferimento

Dalle normative dell'epoca si ricava che il materiale utilizzato può essere assimilato a un acciaio FeB32k, avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

3.1.5. *Tensioni ammissibili negli acciai in barre tonde lisce.*

La tensione ammissibile non deve superare i valori indicati nel successivo prospetto 6.

PROSPETTO 6

*Tensioni ammissibili negli acciai in barre tonde lisce*

TIPO DI ACCIAIO		Fe B 22 k	Fe B 32 k
$\bar{\sigma}_t$	$N/mm^2$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	115 [1200]	155 [1600]

DUNQUE

CLS C20/25

ACCIAIO ASSIMILABILE AD feB32K

Assumendo LC2 cioè  $F_c = 1,2$  e  $\gamma_m = 1,15$  risulta:

$$f_{yd} = 3200 / (1,20 \times 1,15) = 2318 \sim 2300 \text{ kg/cm}^2$$

che è comunque (Odone Belluzzi vol. II) il valore di snervamento minimo che doveva possedere il ferro omogeneo (quello di caratteristiche più basse all'epoca della costruzione).

Per quanto riguarda i nuovi materiali si rimanda all'apposito elaborato descrittivo (relazione sui materiali) e anche grafico (tav. 4.1).

Sostanzialmente i nuovi materiali sono:

- rinforzo soletta in cls alleggerito  $\gamma=2000$  kg/mc (comunque dalle calcolazioni si vede che anche adottando malte speciali  $\gamma=2400$  kg/mc nulla cambia sostanzialmente sui pesi permanenti dal momento che stiamo parlando di piccoli spessori).
- acciaio da c.a.B450C
- retida c.a. tipo B450A
- inghisaggi con resine epossidiche e barre classe 8.8
- carpenteria metallica: S355 (anche tubi per micropali)
- bulloni e tirafondi: cl.8.8
- ripristini del cls: malte tixotropiche a ritiro compensato
- barre diwidag per rinforzo selle gerber

Si riportano ora, qui di seguito, le principali sintesi delle calcolazioni effettuate:

## **ANALISI DEI CARICHI**

I pesi propri delle strutture sono stati direttamente calcolati dal programma di calcolo in quanto vengono introdotte le geometrie del ponte procedendo sezione per sezione.

### STATO DI PROGETTO

- pesi propri = G1: calcolati dal programma di calcoli mediante input geometrie
- peso proprio nuova soletta in cls alleggerito:  $2000 \times (0,07+0,14) \times 3,09 / 2 \times 2 = 1300$  kg/ml di impalcato
- pesopavimentazione (cm 5 + 3 = 8 cm):  $2000 \times 0,08 \times 6,18$  mt = 988 ~ 1000 kg/ml di impalcato
- barriere + parapetti: 150 +150 = 300 kg/ml di impalcato

Tot G2 (progetto) = 1300 + 1000 + 300 = 2600 kg/ml

Vediamo il confronto con lo stato attuale:

### STATO DI PROGETTO

- pesi propri = G1: invariati
- pesopavimentazione ( $H_{medio} = 19$  cm):  $2000 \times 0,19 \times 6,18$  mt = 2350 kg/ml di impalcato
- barriere + parapetti: invariato

Tot G2 (attuale) = 2350 + 300 = 2650 kg/ml

**Praticamente i pesi fra lo stato attuale e lo stato di progetto rimangono invariati.**

Anche nell'ipotesi che non si utilizzasse il cls alleggerito per la soletta ma malte speciali si avrebbe:

$2400 \times (0,07+0,14) \times 3,09 / 2 \times 2 = 1560 \text{ kg/ml}$  di impalcato

Per un tot G2 (progetto) = 2860 kg/ml che significa un aumento dei pesi pari allo 1,6 %

$(G1+G2)_{\text{PROG}} / (G1+G2)_{\text{ATAUALE}} = [(10180+2860)/(10180+2650)] = 1,6 \%$

Si riportano le principali immagini tratte dal noto programma di calcolo agli elementi finiti sap 2000.

Sap 2000



Schema modello SAP 2000 (1/2 ponte)

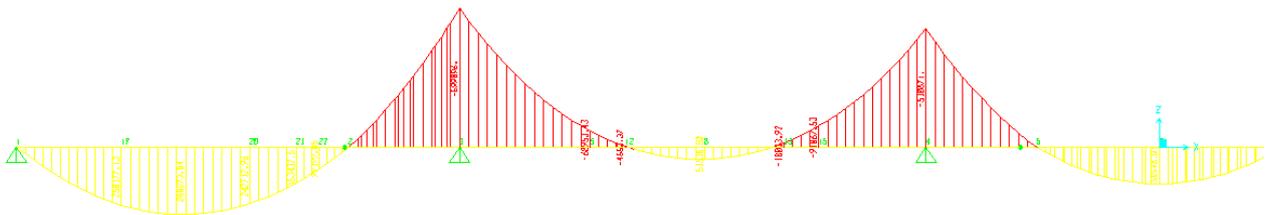


Diagramma momento flettente carichi permanenti (NON coefficientati) (1/2 ponte)

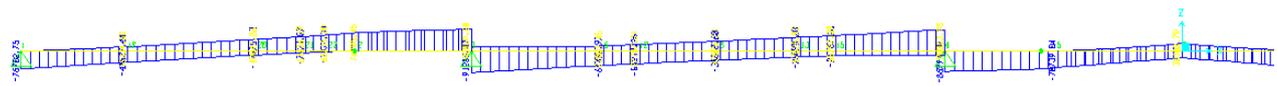


Diagramma taglio carichi permanenti (NON coefficientati) (1/2 ponte)

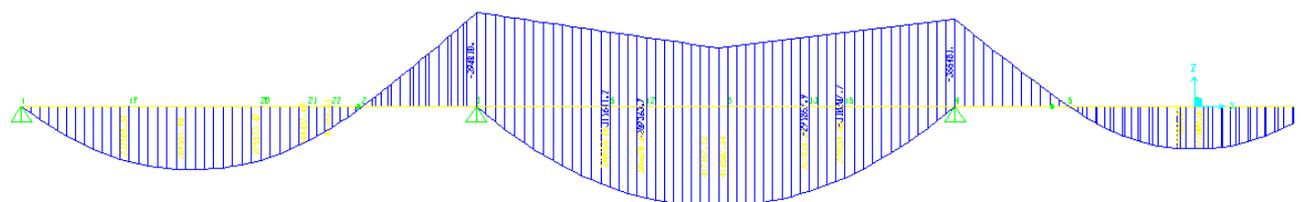
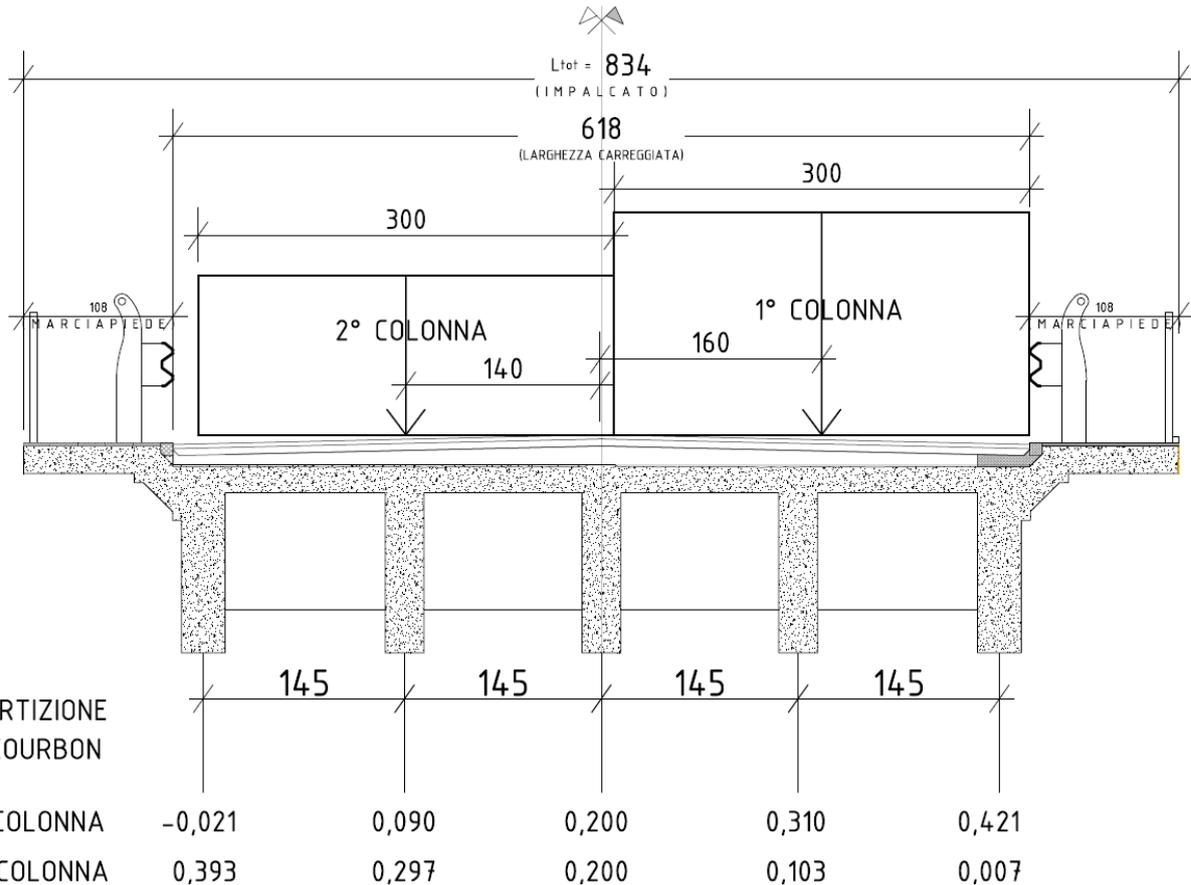


Diagramma momento flettente carichi mobili – 1° colonna NTC'18 (NON coefficientati) (1/2 ponte)



		SPALLA	1°trav.	-L/2	2°trav.	Gerb.	interm.	asse pila	interm.	1°trav.	L/2 (2°trav.)	3°trav.	interm.	asse pila	interm.	Gerb.	interm.	L/2
nr. sezioni ----->		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Htot sez.sol. Hsez=20+7	(cm)	133	143	141	140	154	187	233	226	145	117	145	171	233	186	148	124	116
x	(mt)	0.00	4.94	7.25	9.70	14.25	16.50	19.00	21.54	24.07	28.30	33.93	35.76	39.00	41.40	43.80	46.38	49.00
<b>PERMANENTI</b>																		
Mglob PERM (no coeff.)	(ton m)	0.000	261.805	288.273	251.593	0.000	-240.071	-599.095	-300.117	-99.769	51.535	-65.415	-182.775	-510.871	-208.805	0.000	119.681	158.548
Tglob PERM (no coeff.)	(ton)	80.167	24.196	1.357	28.459	80.834	123.600	138.562	97.777	61.281	1.209	51.964	76.760	145.635	106.661	71.479	29.451	0.900
<b>CARICHI MOBILI</b>																		
Mglob 1°corsia (no coeff.)	(ton m)	0.000	243.167	264.512	233.763	0.000	-179.467	-394.810	-357.085	-319.510	-250.268	-304.458	-326.844	-366.480	-173.704	0.000	137.187	176.709
Tglob 1°corsia (no coeff.)	(ton)	76.702	20.587	32.979	47.232	76.705	85.309	92.059	91.286	77.249	64.128	42.026	62.925	72.330	90.080	86.997	80.517	70.739
Mglob 2°corsia (no coeff.)	(ton m)	0.000	137.974	149.697	132.686	0.000	-100.137	-215.828	-191.866	-168.000	-124.377	-162.575	-178.355	-206.293	-99.945	0.000	80.592	103.335
Tglob 2°corsia (no coeff.)	(ton)	43.655	12.825	20.049	28.020	43.656	47.030	48.910	47.989	41.182	34.531	23.222	34.197	38.945	47.660	45.699	41.647	29.907
<b>PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE RARA- CARICHI GLOBALI</b>																		
Mglob,rara PERM+MOB	(ton m)	0.000	504.972	552.785	485.356	0.000	-419.538	-993.905	-657.202	-419.279	-198.733	-369.873	-509.619	-877.351	-382.509	0.000	256.868	335.257
Tglob,rara PERM+MOB	(ton)	156.869	44.783	34.336	75.691	157.539	208.989	230.621	175.026	125.409	43.235	114.889	149.090	235.715	187.178	142.218	78.957	31.008
<b>PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE RARA - 1° TRAVE</b>																		
M1°trav,rara PERM+MOB Crip,perm=1/5 Crip,mob=0,421	(ton m)	0.000	154.734	169.014	148.733	0.000	-123.570	-286.034	-210.356	-154.468	-95.056	-141.260	-174.156	-256.462	-114.890	0.000	81.692	106.104
T1°trav,rara PERM+MOB Crip,perm=1/5 Crip,mob=0,421	(ton)	48.325	13.506	14.156	25.576	48.460	60.651	66.469	52.077	39.254	17.935	36.884	45.803	67.051	55.230	44.077	26.732	12.855
<b>PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE FONDAMENTALE (coeff. 1,35) - 1° TRAVE</b>																		
M1°trav,SLU PERM+MOB Crip,perm=1/5 Crip,mob=0,421	(ton m)	0.000	208.891	228.169	200.789	0.000	-166.819	-386.146	-283.981	-208.531	-128.325	-190.701	-235.111	-346.224	-155.102	0.000	110.284	143.241
T1°trav,SLU PERM+MOB Crip,perm=1/5 Crip,mob=0,421	(ton)	65.239	18.234	19.110	34.528	65.420	81.879	89.733	70.304	52.993	24.212	49.794	61.834	90.518	74.560	59.504	36.089	17.355

## SEZIONE TRASVERSALE - SCHEMA DEI CARICHI



## VERIFICHE A FLESSIONE

### SEZIONE A $x = 4,94$ mt (circa $L/2$ )

C25/30

FeB 32k

$f_{yk} = 3200$  kg/cm<sup>2</sup>

$f_{yd} = f_{yk} / (F.C \cdot 1,15) = 3200 / (1,20 \cdot 1,15) = 2300$  kg/cm<sup>2</sup>

### VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

$M(+) = 154,734$  ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-4,94

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	116

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	46.21	133

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  1547.34 kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Verifica  
 N° iterazioni:   
 Precompresso

$$\sigma_c = 57 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 271,9 \text{ kg/cm}^2 > (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica NON soddisfatta

### VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = 208,891 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-4,94

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	116

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	46.21	133

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

Materiali

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

MRD = 137,700 ton m < MED (=208,891 ton m)

→ verifica NON soddisfatta

**OCORRE RINFORZARE A FLESSIONE CON FRP**

## SEZIONE A x = 7,25 mt (circa L/2)

C25/30

FeB 32k

### VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(+) = 169,014 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-7.25

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	114

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	60.35	131

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  1690.14 kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali  
 FeB32k C20/25  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>   
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>   
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 59 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 2326 \text{ kg/cm}^2 > (\sigma_{s,lim} = 0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica NON soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = 228,169 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-7.25

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	114

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	60.35	131

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

FeB32k C20/25

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  N/mm²  
τ<sub>c1</sub>  N/mm²

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  cm x/d   
δ

MRD = 175,9 ton m < MED (=228,169 ton m)

→ verifica NON soddisfatta

**OCCORRE RINFORZARE A FLESSIONE CON FRP**

## SEZIONE A x = 19,00 mt (asse PILA)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(-) = -286,034 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-19,00-pila

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	113.1	15
3	14.14	223

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  -2860.34 kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

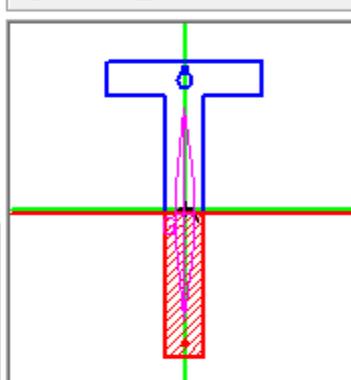
Materiali

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso



$$\sigma_c = 82 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_f = 1246 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2133 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = -386,146 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-19,00-pila

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	113.1	15
3	14.14	223

Tipologia sezione:  Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:  Retta  Devia

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

MRD = - 555,2 ton m > MED (= -386,146 ton m)

→ verifica soddisfatta

## SEZIONE A x = 21,54 mt (interm.)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(-) = -210,356ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-21,54-interm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	91.89	15
3	14.14	223

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

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n  kN  
 N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 210,000 N/mm²	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{cl}$ 1.686

$\sigma_c$  -6.292 N/mm²  
 $\sigma_s$  107 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.5095 ‰  
 d 227 cm  
 x 106.4 x/d 0.4687  
 $\delta$  1

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 62 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 1070 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = -283,981 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-21,54-interm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	91.89	15
3	14.14	223

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="-2839.81"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

<b>FeB32k</b>	<b>C20/25</b>
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

**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.

Calcola MRd

L<sub>o</sub>  cm

Precompresso

MRD = - 485,7 ton m > MED (= -283,981 ton m)

→ verifica soddisfatta

## SEZIONE A x = 24,07 mt (1°trav.)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(-) = -154,468 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-24,07-1°trav

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	118

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	63.62	15
3	56.55	135

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 210,000 N/mm²	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{cl}$ 1.686

$\sigma_c$  -8.345 N/mm²  
 $\sigma_s$  172.2 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.82 ‰  
 d 139 cm  
 x 58.51 x/d 0.4209  
 $\delta$  0.9662

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 83 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 1722 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = -208,531 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-24,07-1°trav

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	118

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	63.62	15
3	56.55	135

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

Materiali

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

MRD = - 235,5 ton m > MED (= -208,531 ton m)

→ verifica soddisfatta

**VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA**

**M(+) = 114,762 ton m**

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-24,07-1°trav-M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	118

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	63.62	15
3	56.55	135

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

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

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

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5
$E_s$ 210,000 N/mm²	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{c1}$ 1.686

$\sigma_c$  -3.463 N/mm²  
 $\sigma_s$  163.5 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.7788 ‰  
 d 135 cm  
 x 32.54 x/d 0.2411  
 $\delta$  0.7413

Verifica  
 N° iterazioni:   
 Precompresso

$\sigma_c = 34 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$

$\sigma_f = 1635 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2133 \text{ kg/cm}^2)$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = 154,928 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-24,07-1°trav-M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	118

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	63.62	15
3	56.55	135

Tipologia sezione:  Rettan.re  Trapezi  a T  Circolare  Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="1549.28"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:  Retta  Devia

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

MRD = 174,0 ton m > MED (=154,928 ton m)

→ verifica soddisfatta

## SEZIONE A x = 28,30 mt (L/2)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(-) = -95,056 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-28.30-L-2-M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	28.27	15
3	98.96	107

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali  
**FeB32k** **C20/25**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 64 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 2205 \text{ kg/cm}^2 > (\sigma_{s,lim} = 0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica NON soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = -128,325 ton m

In tale zona abbiamo nr. 11  $\phi 20$  in soletta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-28.30-L-2-M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N\* figure elementari  Zoom N\* strati barre  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	90

N*	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]
1	34.56	6
2	28.27	15
3	98.96	107

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N\* rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

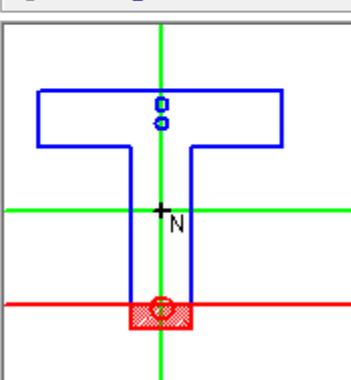
Precompresso

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 210,000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8 ?
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{c1}$ 1.686

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  29.37 ‰  
d 111 cm  
x 11.82 x/d 0.1065  
 $\delta$  0.7



MRD = - 141,7 ton m > MED (= -128,325 ton m)

→ verifica soddisfatta

**VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA**

**M(+) = 185,781 ton m**

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-28.30-L-2-M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N\* figure elementari  Zoom N\* strati barre  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	90

N*	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	28.27	15
3	98.96	107

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali  
**FeB32k** **C20/25**  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>   
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>   
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Verifica  
 N\* iterazioni:   
 Precompresso

$\sigma_c = 72 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$

$\sigma_f = 1962 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2133 \text{ kg/cm}^2)$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = 250,804 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-28.30-L-2-M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	28.27	15
3	98.96	107

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Materiali  
**FeB32k** **C20/25**  
 E<sub>su</sub>  ‰ E<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² E<sub>cu</sub>   
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>   
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 E<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

N° rett.   
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>o</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

MRD = 228,1 ton m > MED (=250,804 ton m)

→ verifica NON soddisfatta

**OCCORRE RINFORZARE A FLESSIONE CON FRP**

## SEZIONE A x = 39,00 mt (asse PILA)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(-) = -256,462 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-39,00-pila

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	113.1	15
3	14.14	223

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

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 210,000 N/mm²	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8 ?
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{c1}$ 1.686

$\sigma_c$  -7.363 N/mm²  
 $\sigma_s$  111.7 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.5321 ‰  
 d 227 cm  
 x 112.8 x/d 0.4971  
 $\delta$  1

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 73 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 1117 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = -346,224 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-39,00-pila

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	206

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	113.1	15
3	14.14	223

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

FeB32k	C20/25
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

MRD = - 555,2 ton m > MED (= -346,224 ton m)

→ verifica soddisfatta

## SEZIONE A x = 49,00 mt (L/2)

VERIFICA IN COMBINAZIONE RARA

M(+) = 106,104 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-49-L-2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	89

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	54.73	106

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  1061.04 kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali

FeB32k	C20/25
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 229.9 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 210,000 N/mm²	$f_{cd}$ 11.33
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.095 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8.5
$\sigma_{s,adm}$ 155 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.5333
	$\tau_{cl}$ 1.686

$\sigma_c$  -5.284 N/mm²  
 $\sigma_s$  200.7 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.9559 ‰  
 d 106 cm  
 x 30.01 x/d 0.2831  
 $\delta$  0.7939

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 52 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{c,lim} (0,6 \times f_{ck} = 0,6 \times 200 = 120 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_s = 2007 \text{ kg/cm}^2 < (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2520 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## VERIFICA IN COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

MED = 143,241 ton m

Verifica C.A. S.L.U. - File: sez-49-L-2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	27
2	30	89

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	6
2	5.09	10
3	54.73	106

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: FeB32k C20/25

E <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/>
E <sub>s</sub> <input type="text" value="210,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="11.33"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="8.5"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.5333"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.686"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

Tipo flessione:  Retta  Devia

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

MRD = 128,4 ton m < MED (=143,241 ton m)

→ verifica NON soddisfatta

### OCCORRE RINFORZARE A FLESSIONE CON FRP

VISTI I RISULTATI E' OPPORTUNO RINFORZARE LE TRAVI A MOMENTO POSITIVO IN MODO DA AVERE UN MAGGIOR MARGINE DI SICUREZZA

SI RIPORTANO DI SEGUITO LE NUOVE VERIFICHE

Il calcolo dell'incremento di momento flettente ottenibile, in via approssimata e cautelativa può essere svolto con:

$$\Delta M = 0,9 \cdot h \cdot A_{FRP} \cdot \sigma_{FRP}$$

Nr lamine di C-frp previste all'intradosso : nr 1

$$B_{lamina} = 20 \text{ cm}$$

$$Sp. \text{ Lamina} = 1,4 \text{ mm}$$

$$E_{lamina} = 165 \text{ Gpa}$$

Nr lamine di C-frp previste sulle sup. laterali : nr (1+1)

$$B_{lamina} = 20 \text{ cm}$$

$$Sp. \text{ Lamina} = 1,4 \text{ mm}$$

$$E_{lamina} = 165 \text{ Gpa}$$

Fissando  $\varepsilon(f) = 0,5 \%$  risulta :

$$\text{essendo } E_{lamina} = 165 \text{ Gpa} \rightarrow \sigma(f)_{lamina} = 8250 \text{ daN/cm}^2 \text{ (prudenziale)}$$

Per cui si ottiene :

$$\Delta M_{lamina} = 0,9 \cdot H \cdot (nr \cdot 20 \cdot 0,14) \cdot 8250 = 20,790 \cdot H \cdot nr.$$

N.B. per l'efficacia delle lamine è necessario garantirne l'ancoraggio per cui si prevedono fasciature a "U" con tale funzione.

Si riporta nella seguente tabella l'incremento  $\Delta M_{tot}$  per le sezioni soggette a M(+).

Sez. x =	Hto t (mt)	Bracci o Lam inf. (mt)	$\Delta M_{lamina\_inf}$ (ton m)	Bracci o Lam lat (mt)	$\Delta M_{lamina\_lat}$ (ton m)	$\Delta M_{tot}$ (ton m)	Mrd non rinf. (ton m)	Mrd Con rinf. (ton m)	Med (ton m)	F.S. Coef f sic SLU
4,94 mt (1°trav.)	1,4 3	1,43	1x20,79x1,4 3 = 29,730	1,23	2x20,79x1,2 3 = 51,143	80,87 3	137,70 0	218,57 3	208,89 1	1,05
7,25mt (L/2)	1,4 1	1,41	1x20,79x1,4 1 = 29,314	1,21	2x20,79x1,2 1 = 50,311	79,62 5	175,90 0	255,52 5	228,16 9	1,12
24,07 (1° trav.)	1,4 5	1,45	1x20,79x1,4 5 = 30,145	1,25	1x20,79x1,2 5 = 25,987	82,12 0	174,00 0	230,13 2	154,92 8	1,48
28,30 (L/2)	1,1 7	1,17	1x20,79x1,1 7 = 24,324	0,97	1x20,79x0,9 7 = 20,166	64,65 6	228,10 0	272,59 0	250,80 4	1,09
49,00 (L/2)	1,1 6	1,16	1x20,79x1,1 6 = 24,116	0,96	1x20,79x0,9 6 = 19,958	64,03 3	128,40 0	172,47 4	143,24 1	1,20

Essendo i coefficienti di sicurezza tutti maggiori dell'unità, le verifiche risultano soddisfatte.

## VERIFICHE A TAGLIO

### SEZIONE A x = 0,00mt (spalla)

$$V_{RD} \text{ (SLU)} = \min (V_{RSD}; V_{RCD})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$\text{ctg}\alpha = 0,00$  ( $\alpha = 90^\circ$ ) staffe

$\text{ctg}\alpha = 1,00$  ( $\alpha = 45^\circ$ ) ferri piegati

$\alpha_c = 1,00$  membrane non precomprese

Cls C20/25

$$f_{cd} = 0,83 \cdot 0,85 \cdot 250 / 1,5/1,2 = 98 \text{ daN /cm}^2$$

Acciaio assimilabile a FeB32k

$$f_{yk} = 3200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / (F.C \cdot 1,15) = 3200 / (1,20 \cdot 1,15) = 2300 \text{ kg/cm}^2$$

Impongo  $V_{rcd}$  è min. se  $\text{ctg}\theta$  è max

$$V_{ED} = 65,239 \text{ ton}$$

$$\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}^2\theta) = 0,344 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}^2\theta) = 0,482 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$d = 128 \text{ cm}$$

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$V_{rcd} = 0,9 \cdot 128 \cdot 30 \cdot 1,00 \cdot 98 \cdot 0,344 = 116,5 \text{ ton}$$

$$(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \text{sen}\alpha = 2,50 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \text{sen}\alpha = 2,474 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$V_{rsd,1} = 0,9 \cdot 128 \cdot 1,00/25 \cdot 2300 \cdot 2,50 = 26,4 \text{ ton (contributo staffe)}$$

$$V_{rsd,2} = 0,9 \cdot 128 \cdot 7,07/1,41/100 \cdot 2300 \cdot 2,474 = 32,8 \text{ ton (contributo piegati)}$$

$$V_{rsd} = 59,2 \text{ ton} < V_{ED} (= 65,2 \text{ ton}) \rightarrow \text{verifica NON soddisfatta}$$

Occorre rinforzare a taglio

## SEZIONE A x = 14,25 mt (gerber)

Impongo  $V_{rcd}$  è min. se  $ctg\theta$  è max

$$V_{ED} = 65,4 \text{ ton}$$

$$ctg \alpha + ctg \vartheta / (1 + ctg \vartheta^2) = 0,344 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$ctg \alpha + ctg \vartheta / (1 + ctg \vartheta^2) = 0,482 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$d = 149 \text{ cm}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$V_{rcd} = 0,9 \cdot 149 \cdot 30 \cdot 1,00 \cdot 98 \cdot 0,344 = 135,6 \text{ ton}$$

$$(ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot sen \alpha = 2,50 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$(ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot sen \alpha = 2,474 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$V_{rsd,1} = 0,9 \cdot 149 \cdot 1,00/25 \cdot 2300 \cdot 2,50 = 30,8 \text{ ton} \quad (\text{contributo staffe})$$

$$V_{rsd,2} = 0,9 \cdot 149 \cdot 7,07/1,41/100 \cdot 2300 \cdot 2,474 = 38,1 \text{ ton} \quad (\text{contributo piegati})$$

$$V_{rsd} = 68,9 \text{ ton} > V_{ED} (= 65,4 \text{ ton}) \rightarrow \text{verifica soddisfatta}$$

## SEZIONE A x = 24,07 mt (1°trav.)

Impongo  $V_{rcd}$  è min. se  $ctg\theta$  è max

$$V_{ED} = 53,0 \text{ ton}$$

$$ctg \alpha + ctg \vartheta / (1 + ctg \vartheta^2) = 0,344 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$ctg \alpha + ctg \vartheta / (1 + ctg \vartheta^2) = 0,482 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$d = 144 \text{ cm}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$V_{rcd} = 0,9 \cdot 144 \cdot 30 \cdot 1,00 \cdot 98 \cdot 0,344 = 131,0 \text{ ton}$$

$$(ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot sen \alpha = 2,50 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$(ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot sen \alpha = 2,474 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$V_{rsd,1} = 0,9 \cdot 144 \cdot 1,00/25 \cdot 2300 \cdot 2,50 = 29,7 \text{ ton} \quad (\text{contributo staffe})$$

$$V_{rsd,2} = 0,9 \cdot 144 \cdot 7,07/1,41/100 \cdot 2300 \cdot 2,474 = 36,9 \text{ ton} \quad (\text{contributo piegati})$$

$$V_{rsd} = 66,6 \text{ ton} > V_{ED} (= 53,0 \text{ ton}) \rightarrow \text{verifica soddisfatta}$$

## SEZIONE A x = 43,80 mt (gerber)

Impongo  $V_{rcd}$  è min. se  $\text{ctg}\theta$  è max

$$V_{ED} = 59,5 \text{ ton}$$

$$\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \vartheta / (1 + \text{ctg } \vartheta^2) = 0,344 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \vartheta / (1 + \text{ctg } \vartheta^2) = 0,482 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$d = 143 \text{ cm}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$V_{rcd} = 0,9 \cdot 143 \cdot 30 \cdot 1,00 \cdot 98 \cdot 0,344 = 130,0 \text{ ton}$$

$$(\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \vartheta) \cdot \text{sen } \alpha = 2,50 \quad (\text{per contributo staffe})$$

$$(\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \vartheta) \cdot \text{sen } \alpha = 2,474 \quad (\text{per contributo ferri piegati})$$

$$V_{rsd,1} = 0,9 \cdot 143 \cdot 1,00/25 \cdot 2300 \cdot 2,50 = 29,5 \text{ ton} \quad (\text{contributo staffe})$$

$$V_{rsd,2} = 0,9 \cdot 143 \cdot 7,07/1,41/100 \cdot 2300 \cdot 2,474 = 36,6 \text{ ton} \quad (\text{contributo piegati})$$

$$V_{rsd} = 66,1 \text{ ton} > V_{ED} (= 59,5 \text{ ton}) \rightarrow \text{verifica soddisfatta}$$

Si progetta un rinforzo a taglio delle travi di bordo con fasce di tessuto in FRP ad "U" secondo lo schema sotto riportato.

Si riporta il calcolo del contributo al taglio che tale rinforzo è in grado di esplicare.

d = altezza utile sezione

$$t_f = 0,33 \text{ mm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$p_f = 400 \text{ mm}$$

$$\text{ctg } \vartheta = 1,00$$

$$\text{ctg } \beta = 0,00$$

$$\gamma_{rd} = 1,25$$

$f_{fed} = 6710 \text{ daN/cm}^2$  (resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo)

$$f_{ra} = f_{ra} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_{ra} \cdot \sin \beta}{\min \{0,9 \cdot d, h_w\}} \right],$$

$$V_{R_{a,r}} = \frac{1}{\gamma_{R_{a,r}}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ra} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{b_f}{p_f},$$

$f_{fd} = 4810 \text{ daN/cm}^2$  (resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo)

$$V_{rd,f} = 23,078 \cdot d$$

Si riporta nella seguente tabella l'incremento  $\Delta V_{tot}$  per le sezioni più significative.

Sez. x =	Htot (mt)	d (mt)	$\Delta T_{\text{tessuto}}$ (ton)	Vrd <b>non</b> rinf. (ton)	Vrd Con rinf. (ton)	Ved (ton)	F.S. Coeff sic SLU
0,00 mt (spalla)	1,33	1,28	29,5	59,2	88,7	65,2	1,36
14,25 mt (gerb.)	1,54	1,49	35,4	68,9	104,3	65,4	1,59
24,07 mt (1°trav.)	1,45	1,40	32,3	66,6	98,9	53,0	1,86
43,80 mt (gerb.)	1,48	1,43	33,0	66,1	99,1	59,5	1,66

Essendo i coefficienti di sicurezza tutti maggiori dell'unità, le verifiche risultano soddisfatte.



# VERIFICA DELLA SOLETTA

data 2019-12-12

soletta Lc 1,15 sso 27 cm carichi NTC'08

## Effetto locale

I = interasse travi =	1.45	mt	
Bs = larghezza fungo superiore trave =	0.30	mt	
Ba = larghezza dell'anima trave =	0.30	mt	
Lc = LUCE DI CALCOLO =	1.15	mt	(= I - Ba)
SSO = spessore soletta in opera =	0.27	mt	
SLP = spessore lastra prefabbricata =	0.00	mt	
STS = spessore totale soletta =	0.27	mt	
SPAV = spessore pavimentazione =	0.10	mt	

## CARICHI PERMANENTI

Peso proprio soletta =	6.75	KN/m2		
Peso pavimentazione =	2.20	KN/m2	peso spec. 'pavim' =	2200
Carico permanente $q_p$ =	8.95	KN/m2		

## CARICHI ACCIDENTALI (MOBILI)

Per tenere conto dell'effetto lastra si ripartisce il carico concentrato su un rettangolo con lati pari a:  
larghezza impronta + 2 SPAV + SSO → nella direzione della luce di calcolo  
larghezza impronta + 2 SPAV + SS1 + Lc/2 → in direzione ortogonale alla luce di calcolo

<b>Schema 1:</b> due ruote da 150 KN	(NTC'08 5.1.3.3.5)	IDEM ntc 2018		
carico distribuito 9,0 Kn/m2 (NTC'08)				
a =	0.870	mt	(0,40 + 2*SPAV + SSO)	sso = 0.27
b =	2.645	mt	(1,60 + 2*SPAV + SSO + Lc/2)	spav = 0.10
			1,60 = 1,2 + 0,40/2 + 0,40/2 = 1,60	
$q_a$ =	139.37	KN/m2	[300/(a*b) + 9,0]	Lc/2 = 0.58

<b>Schema 2:</b> una ruota da 200 KN	(NTC'08 5.1.3.3.5)	IDEM ntc 2018		
a =	1.070	mt	(0,60 + 2*SPAV + SSO)	
b =	1.395	mt	(0,35 + 2*SPAV + SSO + Lc/2)	
$q_a$ =	133.99	KN/m2	[200/(a*b)]	

→ assumiamo per i calcoli:  $q_{a,max} = 139.37$  KN/m2

## MOMENTI FLETTENTI

Si assume in mezzera e all'incastro  $M = \pm q * Lc^2 / 12$

$q_p$ =	8.95	→	$M_p$ =	0.99	KN m
$q_a$ =	139.37	→	$M_a$ =	15.36	KN m
			$M_{tot}$ =	16.35	KN m

## VERIFICA A FLESSIONE

(progetto alle T.A.)

$\sigma_s$ =	160.0	N/mm2
B =	100.0	cm
H =	27.0	cm
h =	23.0	cm
n =	15	
As =	4.94	cm2/m
x =	5.1	cm
$\sigma_c$ =	3.0	N/mm2

## VERIFICA ALLO SLU

$M_{SLU} = 1635 \times 1,35 = 2207 \text{ KGM /MT}$

$B=100$

$H=27$

$RIC \text{ INF} = 2.5 \text{ CM}$

$7 \text{ FI } 12 /\text{MT} = 7,91 \text{ CM}^2 \text{ ( } F_{yd} = 2300 \text{ kg/cm}^2\text{)}$

$RIC.SUP = 4 \text{ CM}$

TRASCURANDO ARMATURA ESISTENTE :  $1 \text{ FI } 16 /20 = 10,05 \text{ CM}^2 \text{ ( } B \text{ 450 C)}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: verif.soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	27	1	7.92	24.5
			2	10.05	4

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

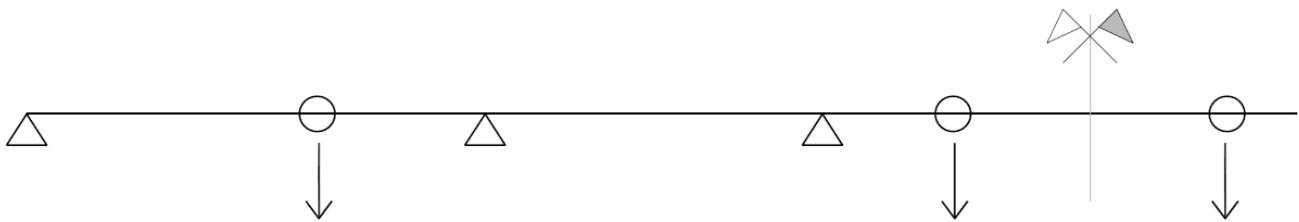
Precompresso

Materiali  
**FeB32k** **C20/25**  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>   
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>   
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
τ<sub>c1</sub>

$M_{rd} = 4539 \text{ kg m /m} > M_{ed} (=2207 \text{ kg m /m})$

→ verifica soddisfatta

## RINFORZO SELLE GERBER



Dal modello di calcolo si ricavano le seguenti sollecitazioni (valori NON coefficientati)

$R_{tot, perm} = 80,8$  ton (camp.1 e 4)

$62,2$  ton (camp. 3)

$R_{tot, accid} = 76,7$  ton (camp.1 e 4)

$70,7$  ton (camp. 3)

E quindi sulla trave più sollecitata di bordo si ha:

$R1_{perm} = 80,8 / 5 = 16,160$  ton (Courbon)

$R1_{c.mobili} = 76,7 \times 0,421 = 32,290$  ton (Courbon)

→  $R1_{max} = 48,450$  ton

Si realizza un semplice schema statico che mantenendo lo schema statico (cerniera) garantisca il trasferimento del carico.

### 1) CARICO APPESO

$R1_{max} = 48,450$  ton ( a favore di sicurezza assorbiamo l'intero sforzo)

lato campata: (5+5)  $\phi 24$ ;  $A_f = 45,20$  cm<sup>2</sup>

lato mensola: (8+8)  $\phi 20$ ;  $A_f = 50,24$  cm<sup>2</sup>

Caso lato campata: (5+5)  $\phi 24$

$\sigma_{f_rara} = 48450/45,20 = 1071$  kg/cm<sup>2</sup>  $\ll \sigma_{LIM}$

$\sigma_{f_SLU} = (48450 \times 1,35)/45,20 = 1445$  kg/cm<sup>2</sup>  $\ll \sigma_{LIM}$

→ verifica soddisfatta

Si ricorda che si utilizzano barre 8.8, pertanto si ha:

$\sigma_{LIM\_trazione} = 8000 \times 0,8/1,05 = 6095$  kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{LIM\_taglio} = 6095/\sqrt{3} = 3519$  kg/cm<sup>2</sup>

Caso lato mensola: (8+8)  $\phi$ 20

$$\sigma_{f\_rara} = 48450/50,24 = 964 \text{ kg/cm}^2 \ll \sigma_{LIM}$$

$$\sigma_{f\_SLU} = (48450 \times 1,35) / 50,24 = 1302 \text{ kg/cm}^2 \ll \sigma_{LIM}$$

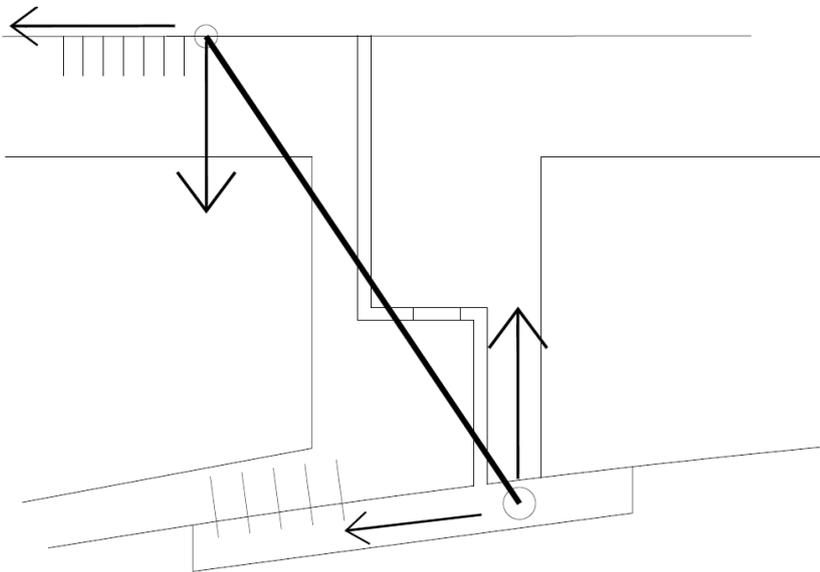
→ verifica soddisfatta

Si è trascurata l'armatura esistente, a favore di sicurezza.

## 2)

Si inserisce comunque, a ulteriore garanzia, un elemento metallico che trasferisce gli sforzi direttamente dall'elemento portato (appoggio nella parte inferiore) all'estradosso dell'elemento portante.

$$R_{max\_comb. \text{ rara}} = 48,450 \text{ ton}$$



$$\alpha = 45^\circ$$

$$R_h = R_v = 48,450 \text{ ton}$$

$$R_{inclinata} = 48,450 \cdot \sqrt{2} = 68,508 \text{ ton}$$

## 2a)

Si adottano nr.2 barre oblique di widag  $\phi$  32 mm:

$$f_{yr} = 10500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 9500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = 9500/1,05 = 9047 \text{ kg/cm}^2$$

Si è verificata la combinazione rara e la combinazione fondamentale (coeff. 1,35 per i ponti).

Risulta:

$$\phi 32 \text{ mm}$$

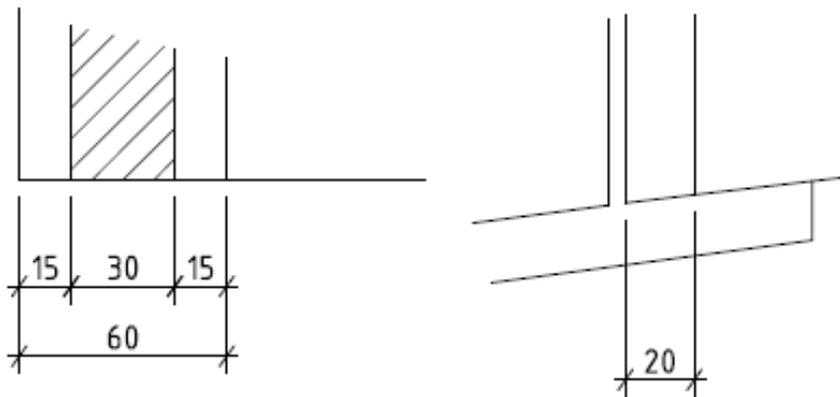
$$A = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\max\_rara} = 68508/(2 \cdot 8,04) = 4260 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{LIM}$$

$$\sigma_{\max\_SLU} = 68508 \cdot 1,35/(2 \cdot 8,04) = 5751 \text{ kg/cm}^2 < f_{yd} (=9047 \text{ kg/cm}^2)$$

→ verifica soddisfatta

## 2b) Pressioni di appoggio



$$R = 48450 \text{ kg}$$

$$\sigma = 48450/(20 \cdot 60) = 40 \text{ kg/cm}^2$$

→ verifica soddisfatta

## 2c) Assorbimento azioni orizzontali

$$R_h = 48450 \text{ kg}$$

Contrastata a recisione dalle barre 2 x (5+5)  $\phi 20$  e da ulteriori connettori.

Si ha, considerando prudenzialmente un numero di barre minime:

$$2 \times (4+4) \phi 20 = 50,24 \text{ cm}^2$$

$$(4 \times 4) \phi 24 = 36,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = 86,40 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\text{med}} = 48450 / 86,40 = 560 \text{ kg/cm}^2 \ll \sigma_{\text{lim,taglio}}$$

Sui connettori inghisati con resina si ha:

$$T1 = 560 \times 4,52 = 2354 \text{ kg}$$

Tale valore di taglio è ampiamente accettabile per connettori M24 in calcestruzzo C20/25 (prudenziale).

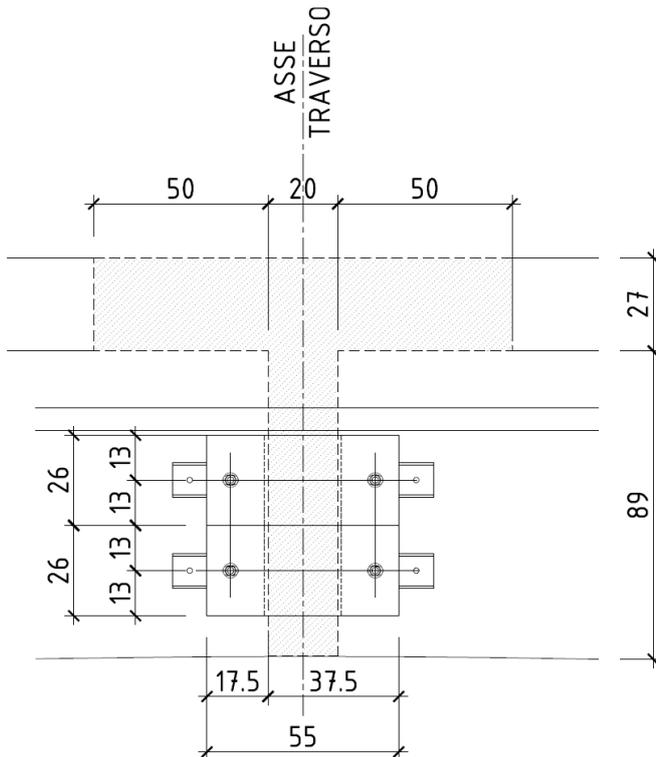
Dalle tabelle ad esempio Fischer si ha:

$$T_{\text{max}} = 4520 \text{ kg (carico raccomandato a trazione)} > T1$$

→ verifica soddisfatta

Comunque a favore di sicurezza si è affidata alla “protesi in acciaio” tutto lo sforzo permanente e accidentale.

## PRECOMPRESSIONE TRAVERSI



Barre di widag  $\phi 22$  mm

$$N1 = 2 \times A1 \times \sigma_{api,t=\infty} = 2 \times 3,80 \text{ cm}^2 \times 4500 = 34200 \text{ kg}$$

$$N2 = 2 \times A2 \times \sigma_{api,t=\infty} = 2 \times 3,80 \text{ cm}^2 \times 4500 = 34200 \text{ kg}$$

L'area della sezione del traverso è pari a:

$$A_{cls} = A1 + A2 = 20 \times 89 + 120 \times 27 = 1780 + 3240 = 5020 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 1780 \times 89/2 + 3240 \times (89+27/2) = 79210 + 332100 = 411310 \text{ cm}^3$$

$$Y_g = S_x / A_{cls} = 411310/5020 \sim 82 \text{ cm}$$

$$e1 = Y_g - h1 = 82 - 50 = 32 \text{ cm}$$

$$e2 = Y_g - h2 = 82 - 24 = 58 \text{ cm}$$

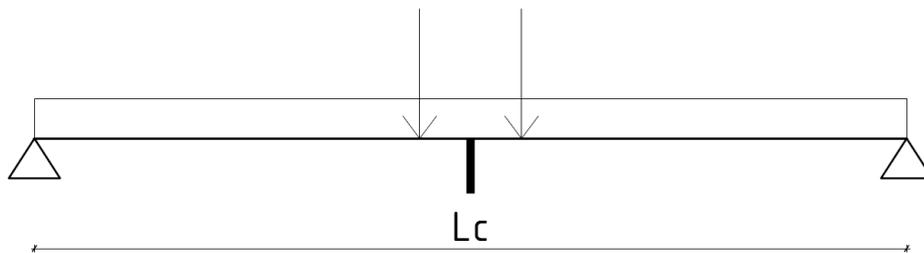
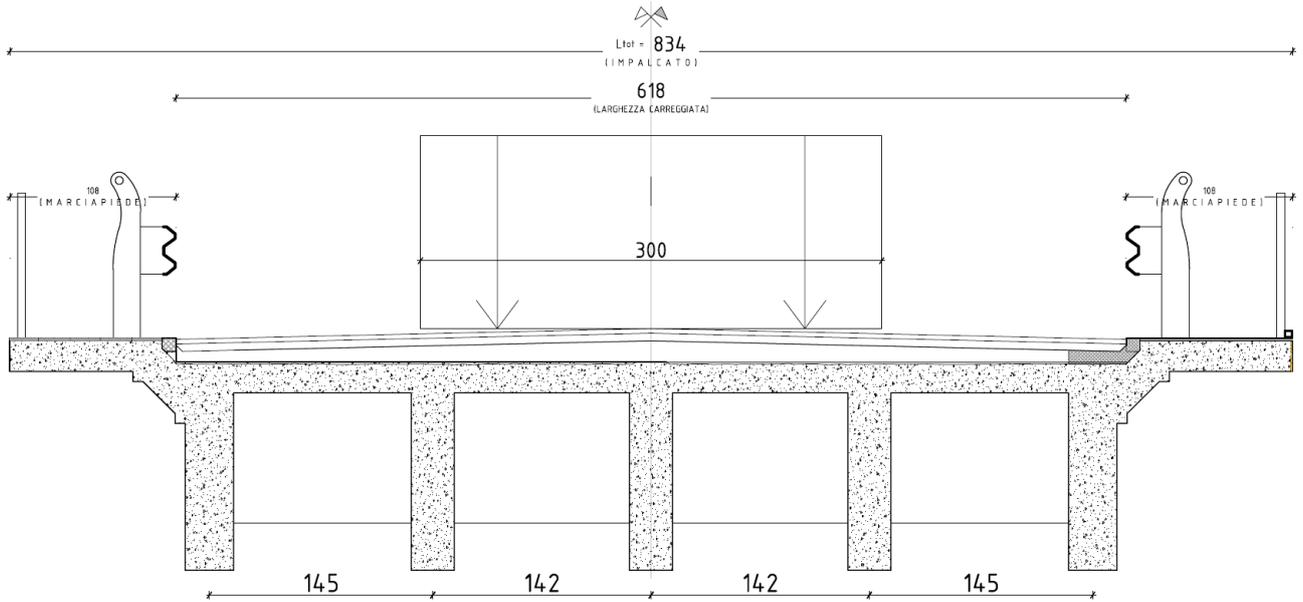
$$\Delta M1 = N1 \times e1 = 34200 \times 0,32 = 10944 \text{ kg m}$$

$$\Delta M2 = N2 \times e2 = 34200 \times 0,58 = 19836 \text{ kg m}$$

$$\rightarrow \Delta M_{tot} = 15808 + 28652 = 30780 \text{ kg m}$$

Si considera lo schema della prima colonna posta al centro dell'impalcato.

SEZIONE TRASVERSALE S1-S1 (Tipica)



Sulla trave tampone si ha la seguente reazione:

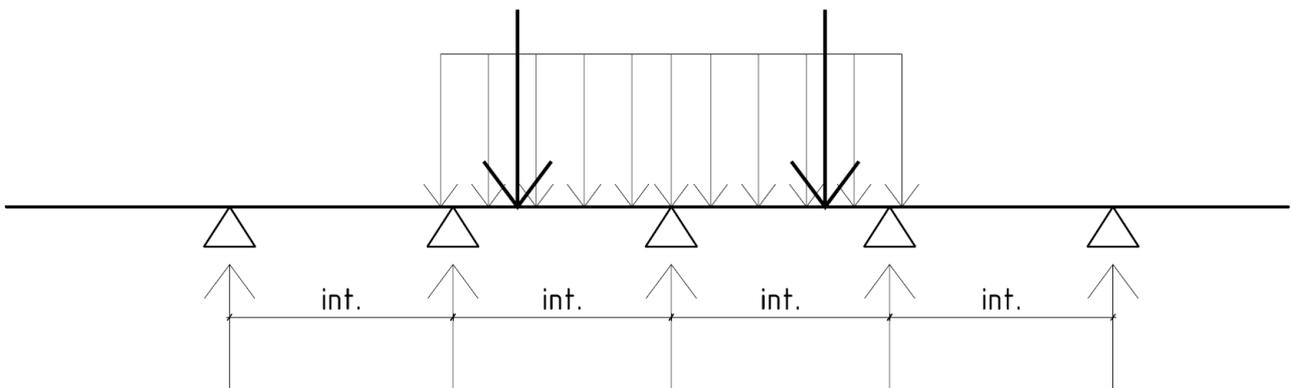
$$30000 \text{ kg} \times 4,65 / 5,25 = 26571 \text{ kg}$$

$$30000 \text{ kg} \times 4,65 / 5,25 = 26571 \text{ kg}$$

$$2700 \text{ kg} \times 5,25/2 \times 2 = 14175 \text{ kg}$$

$$R_{\text{tot}} = 67317 \text{ kg}$$

$$R_{\text{1 trave}} = R_{\text{tot}} / 5 = 13463 \text{ kg}$$



Si ricava il momento flettente massimo sul traverso che risulta pari a:

$$M(+) = 13463 \times 2,90 + 13463 \times 1,45 - 26571 \times 1,00 - 4725 \times 1,50^2/2 = \\ = 39042 + 19521 - 26571 - 5315 = 26676 \text{ kg m}$$

Il DM dovuto alla precompressione risulta in grado di assorbire il momento flettente che si genera per effetto del carico della prima colonna NTC'18.

Il taglio massimo risulta pari a:

$$V_{\max\_accid.} = 13463 + 13463 = 26926 \text{ kg}$$

Si progetta un rinforzo a taglio con fasce in frp in grado di assorbire la quasi totalità del taglio accidentale.

Nr tessuto di C-frp previste all'intradosso sulle sup. laterali : nr (1+1)

$$B_{\text{tessuto}} = 20 \text{ cm}$$

$$Sp. \text{ tessuto} = 0,33 \text{ mm}$$

$$E_{\text{tessuto}} = 250 \text{ Gpa}$$

Si riporta il calcolo del contributo al taglio che tale rinforzo è in grado di esplicare.

d = altezza utile sezione

$$t_f = 0,33 \text{ mm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$p_f = 400 \text{ mm}$$

$$\text{ctg } \vartheta = 1,00$$

$$\text{ctg } \beta = 0,00$$

$$\gamma_{rd} = 1,25$$

ffed = 6710 daN/cm<sup>2</sup> (resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo)

$$f_{r_{na}} = f_{r_{na}} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_{na} \cdot \sin \beta}{\min\{0,9 \cdot d, h_w\}} \right],$$

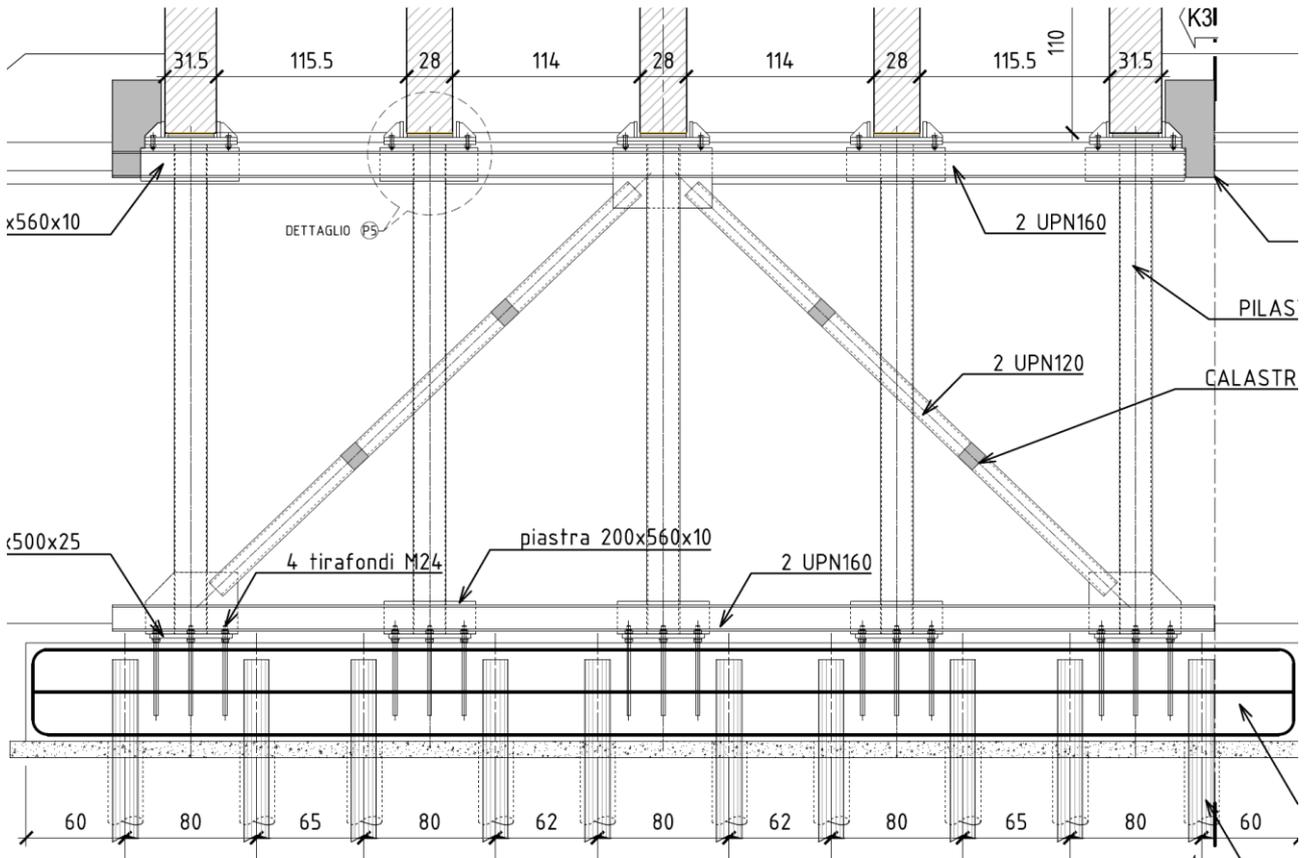
$$V_{R_{s,r}} = \frac{1}{\gamma_{R_s}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{r_{na}} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{b_f}{p_f},$$

ffed = 4810 daN/cm<sup>2</sup> (resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo)

$$V_{rd,f} = (1/1,25 \cdot 0,9 \cdot 111 \cdot 4810 \cdot 2 \cdot 0,033 \cdot 1,00 \cdot 20/40) \times 2 = 25,371 \text{ ton}$$

Sicuramente sufficiente perché si è trascurato il contributo dell'armatura a taglio esistente (staffe f8/20-25cm a 2 braccia) e l'effetto benefico della precompressione.

## VERIFICA TELAIIO IN ACCIAIO PER RINFORZO APPOGGI LATO SPALLE



$R_{max\_perm.} \text{ _trave di bordo} = 16,16 \text{ ton}$

$R_{max\_accid.} \text{ _trave di bordo} = 32,29 \text{ ton}$

$R_{max\_tot.} \text{ _comb.rara\_trave di bordo} = 48,450 \text{ ton}$

Sul pilastro  $200 \times 200 \times 6 \text{ mm}$  si ha pertanto uno sforzo normale pari a:

48,450 ton

$A = 400 - 353,44 = 46,56 \text{ cm}^2$

$P = 36,54 \text{ kg/ml}$

$J = 20^4/12 - 18,8^4/12 = 13333 - 10409 = 2923 \text{ cm}^4$

$i = \sqrt{J/A} = \sqrt{2923/46,56} = 7,9 \text{ cm}$

$\lambda = L_0 / i = 300 / 7,9 = 38$

$\rightarrow \omega = 1,06$

$\sigma = N / A = 1,06 \cdot 48450 / 46,56 = 1102 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{lim}$

$\rightarrow$  verifica soddisfatta

Il carico massimo sul micropalo è pari a:

$$R_{\max\_micropalo} = 48450 / 2 = 24225 \text{ kg}$$

$$Ved\_micropalo\_SLU = 24225 \times 1,35 = 32703 \text{ kg}$$

Si riporta la **verifica a taglio della correa in c.a.**

**ELEMENTI CON ARMATURE RESISTENTIAL TAGLIO**      **staffe <<<**

$$V_{red} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot \frac{1}{2} \cdot f_{ct} \cdot \frac{ctg \theta}{1 + ctg^2 \theta}$$

$b_w = 60 \text{ cm}$

$d = 55 \text{ cm}$

$\alpha_c = 1$  per membrature non precomprese

$ctg\theta = 2.5$  Vred è minimo se ctgθ è massimo       $1 \leq ctg \theta \leq 2,5$

$f_{cd} = 14.1 \text{ N/mm}^2$

**Vred= 722.53 KN**      IN PRESENZA DI ARM. A T (quota MIN che puo' dare il CLS)  
avendo assunto COTG(teta)=2.5

$$V_{red} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot ctg \theta$$

$f_{yk} = 450.0 \text{ N/mm}^2$       acciaio B450C

$\gamma_s = 1.15$

$f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$       posso IMPORLO QUI <<<

$\phi = 12 \text{ mm}$       diametro STAFFE

nr. braccia = 4

$A_{sw} = 4.52 \text{ cm}^2$

$s = 15 \text{ cm}$       PASSO staffe

**Vrsd= 1460.43 KN**      (con il valore di cotgTETA sopra prefissato)

Considerando staffe f 12/15 cm a 4 braccia si ha:

$$Vrd = 72,253 \text{ ton} > Ved (=32,703 \text{ ton})$$

→ verifica soddisfatta

**Verifica micropali**

$$R_{\max\_micropalo} = 48450 / 2 = 24225 \text{ kg}$$

$$Ved\_micropalo\_SLU = 24225 \times 1,35 = 32703 \text{ kg}$$

Tubo  $\phi 154/10 \text{ mm}$

$$A = 186,26 - 141,02 = 45,24 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{med} = N/A = 32703 / 45,24 = 723 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{lim}$$

→ verifica soddisfatta

N.B. A favore di sicurezza si è affidato ai microali l'intero sforzo (permanenti + accidentali).

Verifichiamo ora la portata dei micropali.

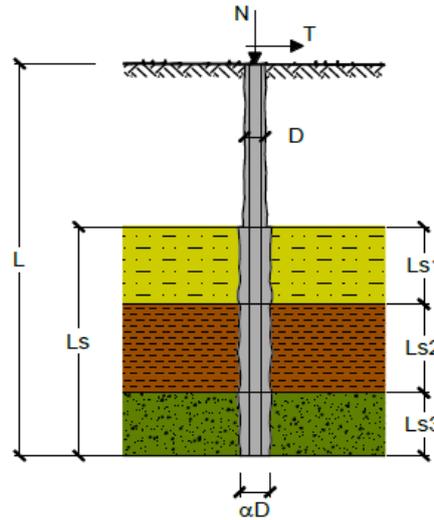
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA:

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	80.80	161.45	347.22
T (kN)	0.00	0.00	0.00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_s$ traz
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input checked="" type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.					
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.24 (m)  
 Lunghezza del micropalo (L): 12.00 (m)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot l_s$$

Tipo di Terreno	Spessore $l_s$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
	2.00	1.10	0.26	0.050	0.050	0.026	42.42
	10.00	1.10	0.26	0.100	0.100	0.051	424.24
	0.00	1.20	0.29	0.000	0.000	0.000	0.00

$L_s = 12.00$  (m)       $Ql = 466.66$  (kN)

$Q_{lim} = 46,666$  ton (è già stato applicato il coeff. di rid. 1,7 verticali indagate e il coeff. di rid. 1,15 res.laterale)

$Q_{lim} / N_{ED} = 46,666 / (24,225 \times 1,35) = 1,42 > 1,00$

→ verifica soddisfatta

N.B. Sono stati utilizzati valori di portanza del terreno cautelativi e a favore della sicurezza.

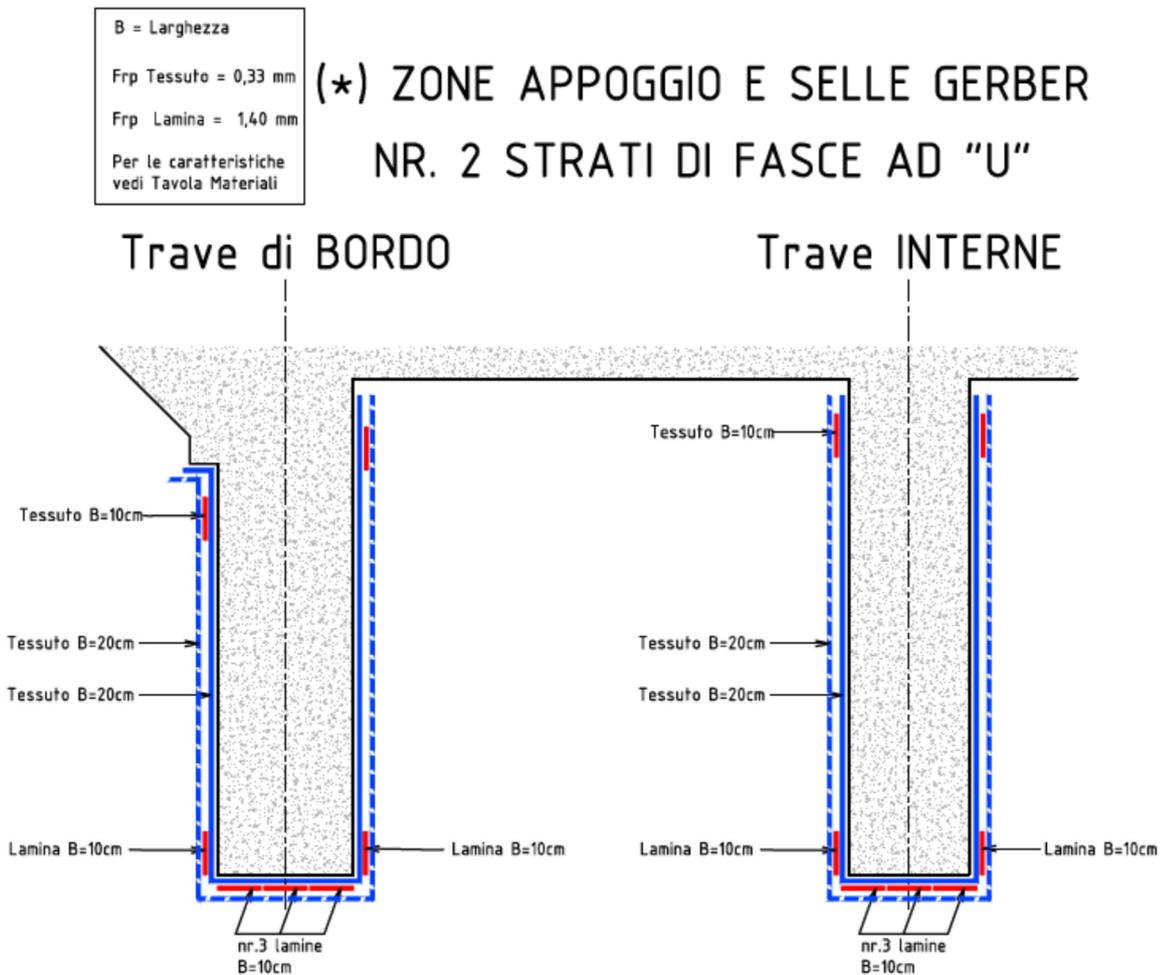
## ADDENDUM ALLA RELAZIONE DI CALCOLO

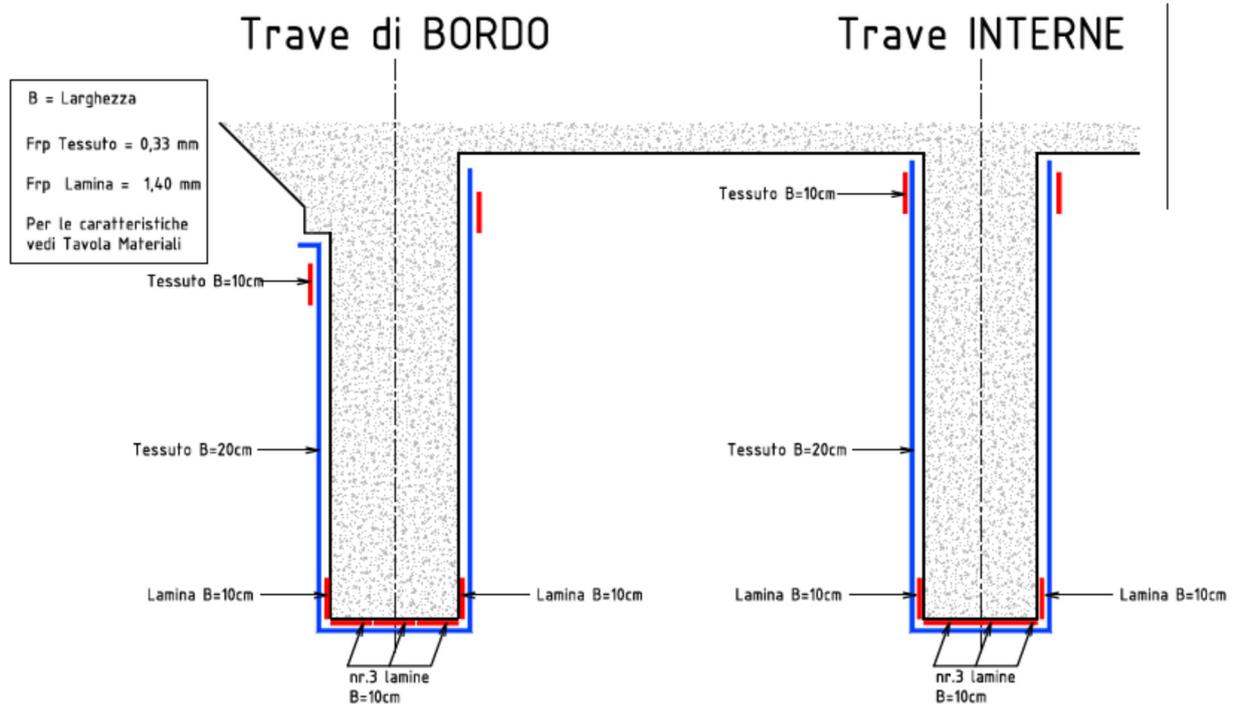
### RINFORZO A FLESSIONE DELLE TRAVI CON LAMINE IN FIBRA DI CARBONIO

Il progetto prevede l'aumento della resistenza delle sezioni strutturali con utilizzo di materiale in FRP a lamine e tessuti.

Si aggiornano le verifiche a flessione allo S.L.U. delle travi in virtù della scelta TIPOLOGICA finale di rinforzo adottato. (in base anche ad una valutazione delle tipologie correnti sul mercato e subito disponibili)

Per maggior chiarezza si allegano stralcio della tavola grafica di riferimento.





Sostanzialmente il rinforzo a flessione a momento positivo è costituito da nr.3 lamine B=10cm poste all'intradosso e da nr. (1+1) lamine B=10 cm laterali.

SI RIPORTANO DI SEGUITO LE NUOVE VERIFICHE.

Il calcolo dell'incremento di momento flettente ottenibile, in via approssimata e cautelativa può essere svolto con:

$$\Delta M = 0,9 \cdot h \cdot A_{FRP} \cdot \sigma_{FRP}$$

Nr lamine di C-frp previste all'intradosso : nr 3

$$B_{lamina} = 10 \text{ cm}$$

$$Sp. \text{ Lamina} = 1,4 \text{ mm}$$

$$E_{lamina} = 210 \text{ Gpa}$$

Nr lamine di C-frp previste sulle sup. laterali : nr (1+1)

$$B_{lamina} = 10 \text{ cm}$$

$$Sp. \text{ Lamina} = 1,4 \text{ mm}$$

$$E_{lamina} = 210 \text{ Gpa}$$

Fissando  $\epsilon(f) = 0,5\%$  (valore prudenziale di deformazione) risulta :

essendo  $E_{lamina} = 210 \text{ Gpa}$

$\rightarrow \sigma(f)_{lamina} = 10500 \text{ daN/cm}^2$  (prudenziale)

Per cui si ottiene :

$\Delta M_{lamina} = 0,9 \cdot H \cdot (nr. \cdot 10 \cdot 0,14) \cdot 10500 = nr. \cdot 13,230 \cdot H$

N.B. per l'efficacia delle lamine è necessario garantirne l'ancoraggio per cui si prevedono fasciature a "U" con tale funzione.

Si riporta nella seguente tabella l'incremento  $\Delta M_{tot}$  per le sezioni soggette a  $M(+)$ .

Sez. x =	Htot (mt)	Braccio Lamine INF. (mt)	$\Delta M_{lamina\_inf}$ (ton m)	Braccio Lamine laterali (mt)	$\Delta M_{lamina\_lat}$ (ton m)	$\Delta M_{tot}$ (ton m)	Mrd non rinf. (ton m)	<b>Mrd Con rinf. (ton m)</b>	Med (ton m)	F.S. Coef f sic SLU
4,94 mt (1° trav.)	1,43	1,43	3x13,23x1,43 = 56,750	1,38	2x13,23x1,38 = 36,515	93,265	137,700	<b>230,965</b>	208,891	1,10
7,25mt (L/2)	1,41	1,41	3x13,23x1,41 = 55,963	1,36	2x13,23x1,36 = 35,985	91,948	175,900	<b>267,848</b>	228,169	1,17
24,07 (1° trav.)	1,45	1,45	3x13,23x1,45 = 57,550	1,40	2x13,23x1,40 = 37,044	94,594	174,000	<b>268,594</b>	154,928	1,73
28,30 (L/2)	1,17	1,17	3x13,23x1,17 = 46,437	1,12	2x13,23x1,1 2= 29,635	76,072	228,100	<b>304,172</b>	250,804	1,21
49,00 (L/2)	1,16	1,16	3x13,23x1,16 = 46,040	1,11	2x13,23x1,1 1 = 29,370	75,410	128,400	<b>203,810</b>	143,241	1,42

Essendo i coefficienti di sicurezza tutti maggiori dell'unità, le verifiche risultano soddisfatte.