



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:
3.6	-		-	

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 rilievi 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 ³]	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 ^a Pila (in dx idraulica)	94,0	181,0	orizzontale	14,9	22,2	2380	3803
PC3	4 ^a 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 [μ 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 [μ s]	V_{media} [m/s]	V_{resid} [m/s]		
PC2	2 ^a 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																	

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche											Ultrasuoni				Tipo di indagine	R _{sonreb} [MPa]		
		Indice di rimbalzo											I	d [cm]	t [µs]	V _{media} [m/s]			V _{rest} [m/s]	
PC3	4ª Pila (in sx idraulica)	29	28	26	27	29	32	24	25	26	27	31	32	27,9	20	82	2450	3257	Superf.	13,1
														20	80					
														20	83					

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche											Ultrasuoni				Tipo di indagine	R _{sonreb} [MPa]		
		Indice di rimbalzo											I	d [cm]	t [µs]	V _{media} [m/s]			V _{rest} [m/s]	
SR1	2ª Trave - 1ª Campata Appoggio sulla spalla in dx idraulica	33	34	32	31	35	34	38	31	30	30	34	34	32,8	29	90	3222	4133	Trasp.	27,1
														29	91					
														29	89					
SR2	2ª Trave - 1ª Campata Mezzeria	30	38	34	31	31	35	30	32	38	33	35	34	33,1	29	91	3236	4149	Trasp.	27,8
														29	90					
														29	88					
SR3	2ª Trave - 1ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 1ª pila (in dx idraulica)	40	38	31	33	38	32	37	33	32	34	39	35	34,7	29	87	3283	4211	Trasp.	30,8
														29	89					
														29	88					
SR4	3ª Trave - 2ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 1ª pila (in dx idraulica)	35	38	34	32	34	36	40	38	39	37	37	38	36,2	29	88	3271	4188	Trasp.	32,4
														29	90					
														29	87					
SR5	3ª Trave - 2ª Campata Mezzeria	45	34	35	35	34	37	40	38	38	36	37	36	36,3	29	92	3200	4182	Trasp.	32,2
														29	92					
														29	88					
SR6	3ª Trave - 2ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 2ª pila (in dx idraulica)	37	37	31	32	35	33	34	30	38	31	33	35	33,8	29	88	3273	4188	Trasp.	29,5
														29	92					
														29	88					
SR7	4ª Trave - 2ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 1ª pila (in dx idraulica)	30	37	32	33	30	31	35	34	32	30	40	34	34,0	28	85	3246	4162	Trasp.	29,8
														28	84					
														28	89					
SR8	4ª Trave - 2ª Campata Mezzeria	35	37	38	40	37	38	38	35	40	38	38	35	38,8	28	89	3257	4177	Trasp.	32,8
														28	84					
														28	88					
SR9	4ª Trave - 2ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 2ª pila (in dx idraulica)	37	42	33	38	40	39	39	41	38	33	35	38	37,4	28	85	3220	4129	Trasp.	32,5
														28	87					
														28	89					
SR10	5ª Trave - 4ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 3ª pila (in sx idraulica)	38	32	35	34	38	41	35	40	32	34	30	38	35,2	28	83	3270	4184	Trasp.	31,1
														28	88					
														28	85					
SR11	5ª Trave - 4ª Campata Mezzeria	42	30	30	44	37	35	30	40	38	37	30	31	38,0	28	84	3107	4101	Trasp.	32,7
														28	89					
														28	91					
SR12	5ª Trave - 4ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 4ª pila (in sx idraulica)	42	40	40	38	42	38	38	37	43	33	34	45	39,0	30	95	3182	4062	Trasp.	33,5
														30	91					
														28	84					
SR13	2ª Trave - 5ª Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio sulla 4ª pila (in sx idraulica)	34	33	31	32	35	34	35	32	30	32	30	29	32,3	28	88	3257	4177	Trasp.	27,3
														28	88					
														28	88					
SR14	2ª Trave - 5ª Campata Mezzeria	34	34	33	32	35	39	38	34	31	30	38	31	33,8	28	85	3243	4180	Trasp.	29,5
														28	85					
														28	87					
SR15	2ª Trave - 5ª Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	30	32	34	35	33	31	30	38	34	36	32	38	33,3	28	85	3259	4183	Trasp.	28,8
														28	87					
														28	85					
Valori medi																			30,5	
Deviazione standard																			2,2	
Coefficiente di variazione																			7%	

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle prove di schiacciamento delle 3 carote e del metodo combinato Sonreb, si ritiene legittimo considerare come calcestruzzo in opera un materiale avente le

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 ²]	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 %

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

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)

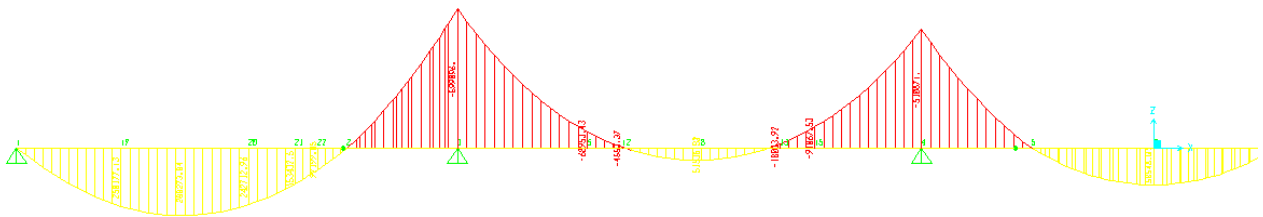


Diagramma momento flettente carichi permanenti (NON coefficientati) (1/2 ponte)

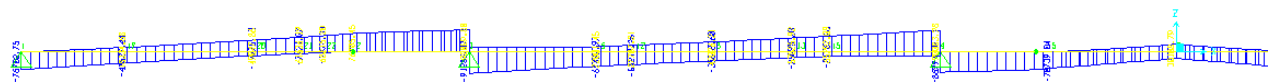


Diagramma taglio carichi permanenti (NON coefficientati) (1/2 ponte)

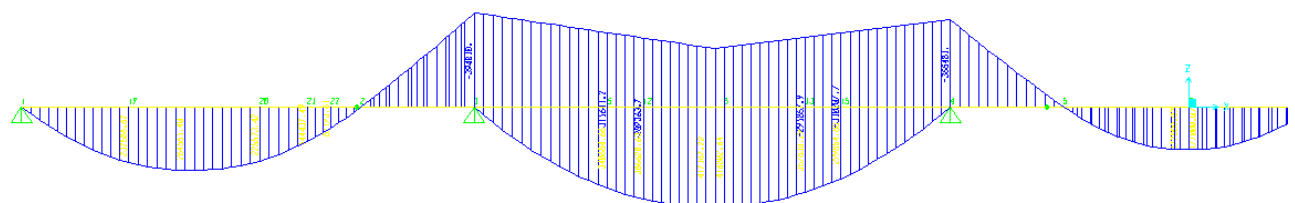


Diagramma momento flettente carichi mobili – 1° colonna NTC'18 (NON coefficientati) (1/2 ponte)

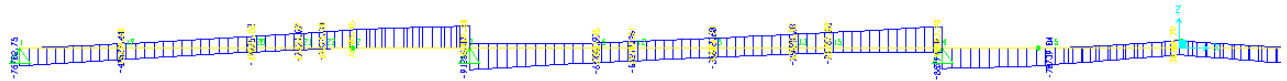


Diagramma del taglio carichi mobili – 1ª colonna NTC'18 (NON coefficientati) (1/2 ponte)

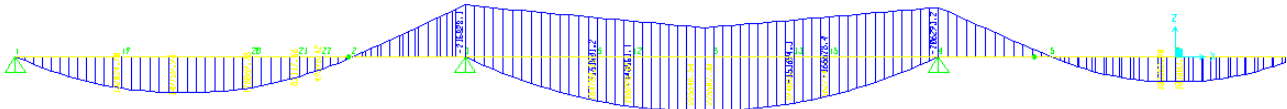


Diagramma momento flettente carichi mobili – 2ª colonna NTC'18 (NON coefficientati) (1/2 ponte)

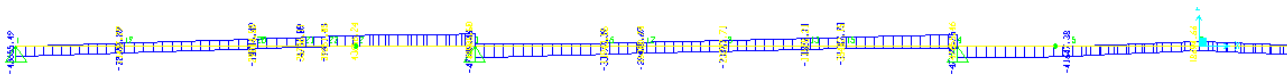
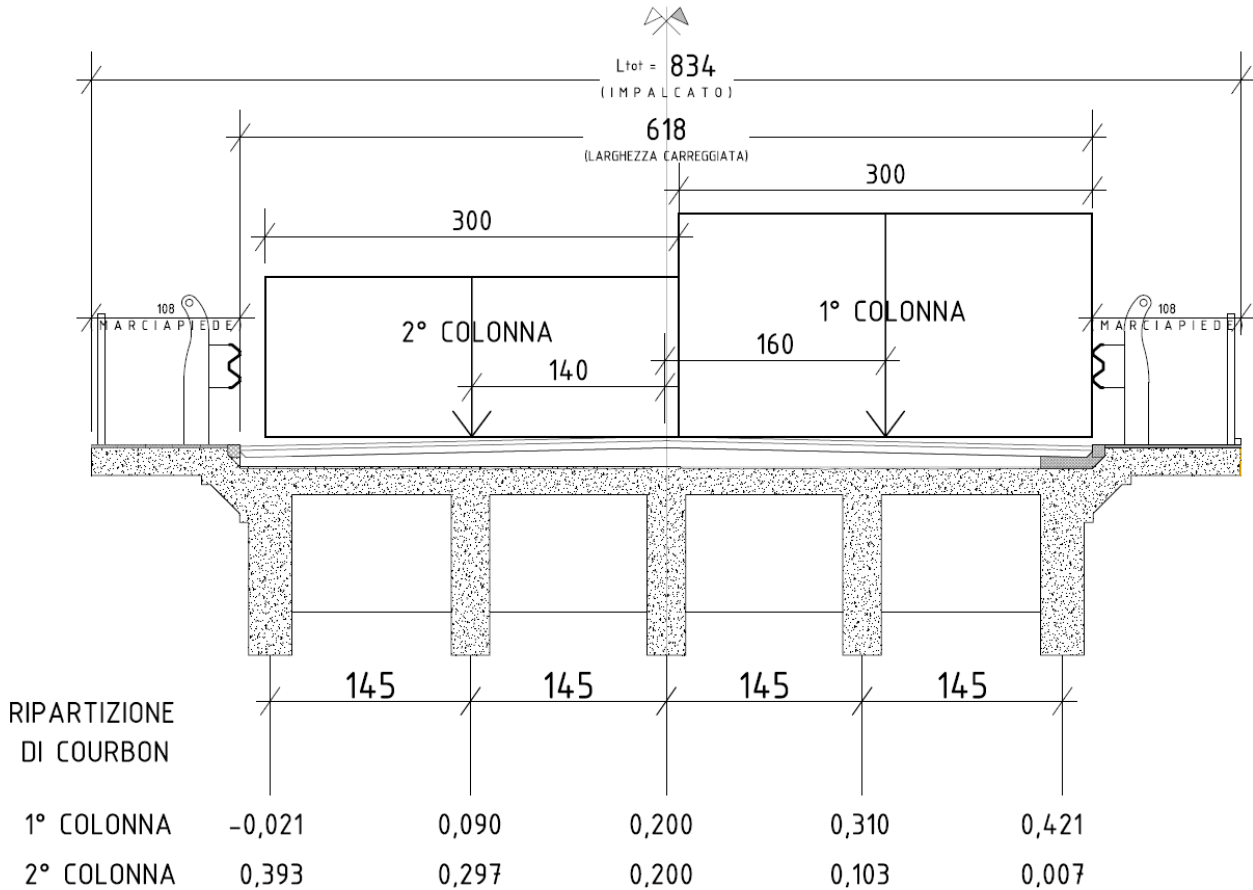


Diagramma del taglio carichi mobili – 2ª colonna NTC'18 (NON coefficientati) (1/2 ponte)

Si riporta nella seguente tabella il riassunto delle sollecitazioni dedotte dal modello di calcolo sopra esaminato nelle sezioni più significative del 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
PERMANENTI																		
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
CARICHI MOBILI																		
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
PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE RARA- CARICHI GLOBALI																		
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
PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE RARA - 1° TRAVE																		
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
PERMANENTI + CARICHI MOBILI - COMBINAZIONE FONDAMENTALE (coeff. 1,35) - 1° TRAVE																		
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/cm²

$f_{yd} = f_{yk} / (F.C \cdot 1,15) = 3200 / (1,20 \cdot 1,15) = 2300$ kg/cm²

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_{Ed} kN
 M_{xEd} 1547.34 kNm
 M_{yEd}

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

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso

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

$$\sigma_f = 2719 \text{ kg/cm}^2 > (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2133 \text{ kg/cm}^2)$$

→ 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

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} 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
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 57.07 ‰
 d 133 cm
 x 7.685 x/d 0.05778
 δ 0.7

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

→ verifica NON soddisfatta

OCCORRE 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_{Ed} kN
 M_{xEd} 1690.14 kNm
 M_{yEd}

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_{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰	σ_c <input type="text" value="-5.915"/> N/mm ²
f_{yd} <input type="text" value="229.9"/> N/mm ²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰	σ_s <input type="text" value="232.6"/> N/mm ²
E_s <input type="text" value="210.000"/> N/mm ²	f_{cd} <input type="text" value="11.33"/>	ϵ_s <input type="text" value="1.107"/> ‰
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?	d <input type="text" value="131"/> cm
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.095"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="8.5"/>	x <input type="text" value="36.18"/> x/d <input type="text" value="0.2762"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="155"/> N/mm ²	τ_{co} <input type="text" value="0.5333"/>	δ <input type="text" value="0.7852"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1.686"/>	

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_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} 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
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

FeB32k	C20/25
ε _{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="229.9"/> N/mm²	ε _{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s <input type="text" value="210.000"/> N/mm²	f _{cd} <input type="text" value="11.33"/> N/mm²
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd} <input type="text" value="1.095"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="8.5"/> N/mm²
σ _{s,adm} <input type="text" value="155"/> N/mm²	τ _{co} <input type="text" value="0.5333"/> N/mm²
	τ _{c1} <input type="text" value="1.686"/> N/mm²

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x 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

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

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

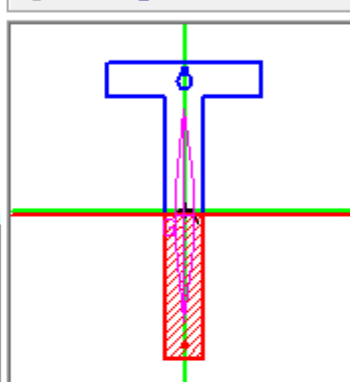
Materiali

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

σ_c -8.213 N/mm²
 σ_s 124.6 N/mm²
 ϵ_s 0.5934 ‰
 d 227 cm
 x 112.8 x/d 0.4971
 δ 1

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 _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-3861.46"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M _{yEd}	<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 Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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

Materiali

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

σ_c -6.292 N/mm²
 σ_s 107 N/mm²
 ϵ_s 0.5095 ‰
 d 227 cm
 x 106.4 x/d 0.4687
 δ 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

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

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

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

L₀ cm

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

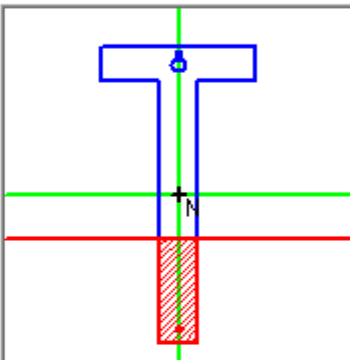
ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ



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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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

σ_c -8.345 N/mm²
 σ_s 172.2 N/mm²
 ϵ_s 0.82 ‰
 d 139 cm
 x 58.51 x/d 0.4209
 δ 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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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_o cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 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.

Diagramma della sezione a T con i centri di gravità G e N.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1147.62"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

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

σ _c	<input type="text" value="-3.463"/> N/mm²	
σ _s	<input type="text" value="163.5"/> N/mm²	
ε _s	<input type="text" value="0.7788"/> ‰	
d	<input type="text" value="135"/> cm	
x	<input type="text" value="32.54"/>	x/d <input type="text" value="0.2411"/>
		δ <input type="text" value="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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

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 Dominio M-N

L_o cm Col. modello

Precompresso

Materiali

FeB32k C20/25

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} τ_{c1}

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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{cl}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

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

$$\sigma_s = 2205 \text{ kg/cm}^2 > (0,8 \times f_{yk}/1,2 = 0,8 \times 3150 = 2133 \text{ kg/cm}^2)$$

→ 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 ²]	d [cm]
1	34.56	6
2	28.27	15
3	98.96	107

Sollecitazioni

S.L.U.

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} 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
L₀ cm Col. modello

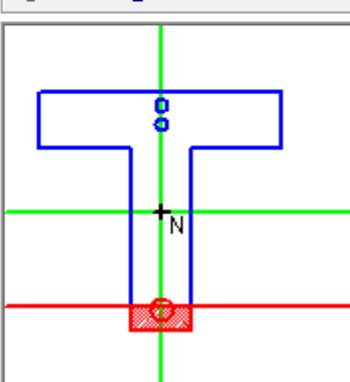
Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ



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 _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1857.81"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

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

σ _c	<input type="text" value="-7.297"/> N/mm²	
σ _s	<input type="text" value="196.2"/> N/mm²	
ε _s	<input type="text" value="0.9344"/> ‰	
d	<input type="text" value="107"/> cm	
x	<input type="text" value="38.32"/>	x/d <input type="text" value="0.3581"/>
	δ <input type="text" value="0.8876"/>	

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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} 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

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

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.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

σ_c -7.363 N/mm²
 σ_s 111.7 N/mm²
 ϵ_s 0.5321 ‰
 d 227 cm
 x 112.8 x/d 0.4971
 δ 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

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

Diagramma della sezione T:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-3462.24"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M _{yEd}	<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 Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

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_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{cl} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

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

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

→ 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_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: FeB32k C20/25

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

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
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 Dominio M-N
L₀ 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 ΔM_{tot} per le sezioni soggette a M(+).

Sez. x =	Hto t (mt)	Bracci o Lam inf. (mt)	ΔM_{lamina_inf} (ton m)	Bracci o Lam lat (mt)	ΔM_{lamina_lat} (ton m)	ΔM_{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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 ΔV_{tot} per le sezioni più significative.

Sez. x =	Htot (mt)	d (mt)	$\Delta T_{\text{tessuto}}$ (ton)	Vrd non 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 2/ 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

Schema 1: 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

Schema 2: 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.)

σ_s =	160.0	N/mm2
B =	100.0	cm
H =	27.0	cm
h =	23.0	cm
n =	15	
A_s =	4.94	cm2/m
x =	5.1	cm
σ_c =	3.0	N/mm2

VERIFICA ALLO SLU

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

$B=100$

$H=27$

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

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

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

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

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input and output fields for a reinforced concrete beam verification.

Input Parameters:

- Tipo Sezione:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.92	24.5
2	10.05	4
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected), Metodo n
- Table 3:**

N_{Ed}	0	0	kN
M_{xEd}	22.07	0	kNm
M_{yEd}	0	0	
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm]
- Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
- Materiali:** FeB32k, C20/25
- Table 4:**

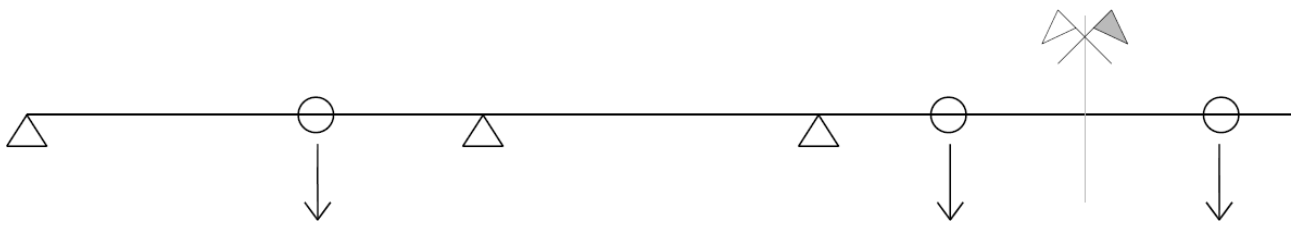
ϵ_{su}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	229.9	N/mm²	ϵ_{cu}	3.5	
E_s	210,000	N/mm²	f_{cd}	11.33	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.095	%	$\sigma_{c,adm}$	8.5	
$\sigma_{s,adm}$	155	N/mm²	τ_{co}	0.5333	
			τ_{c1}	1.686	
- Table 5:**

M_{xRd}	45.39	kN m	
σ_c	-11.33	N/mm²	
ϵ_c	3.5	%	
ϵ_s	21.72	%	
d	24.5	cm	
x	3.401	x/d	0.1388
		δ	0.7
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta (selected), Deviata
- N° rett.:** 100
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, L_o 0 cm, Col. modello, Precompresso

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

→ 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) $\phi 24$; $A_f = 45,20$ cm²

lato mensola: (8+8) $\phi 20$; $A_f = 50,24$ cm²

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

$\sigma_{f_rara} = 48450/45,20 = 1071$ kg/cm² $\ll \sigma_{LIM}$

$\sigma_{f_{SLU}} = (48450 \times 1,35)/45,20 = 1445$ kg/cm² $\ll \sigma_{LIM}$

→ verifica soddisfatta

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

$\sigma_{LIM_trazione} = 8000 \times 0,8/1,05 = 6095$ kg/cm²

$\sigma_{LIM_taglio} = 6095/\sqrt{3} = 3519$ kg/cm²

Caso lato mensola: (8+8) ϕ 20

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

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

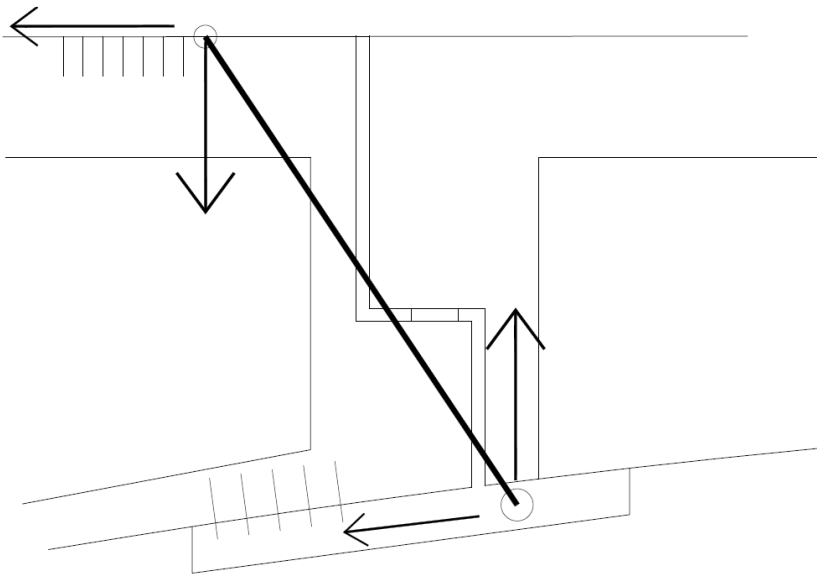
→ verifica soddisfatta

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 ϕ 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:

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

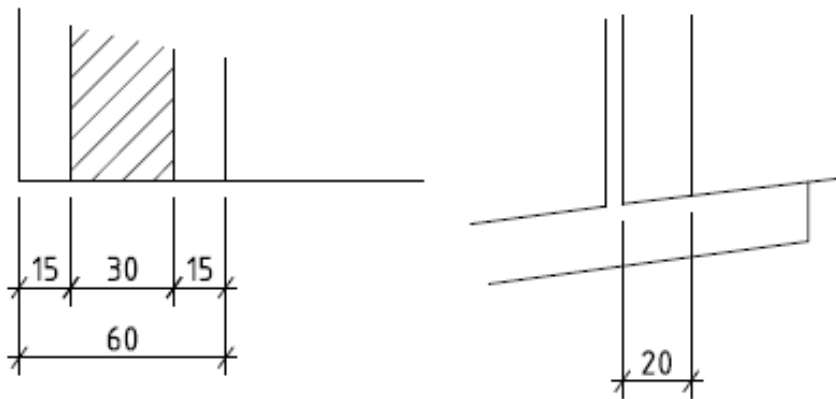
$$A = 8,04 \text{ cm}^2$$

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

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

→ 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).

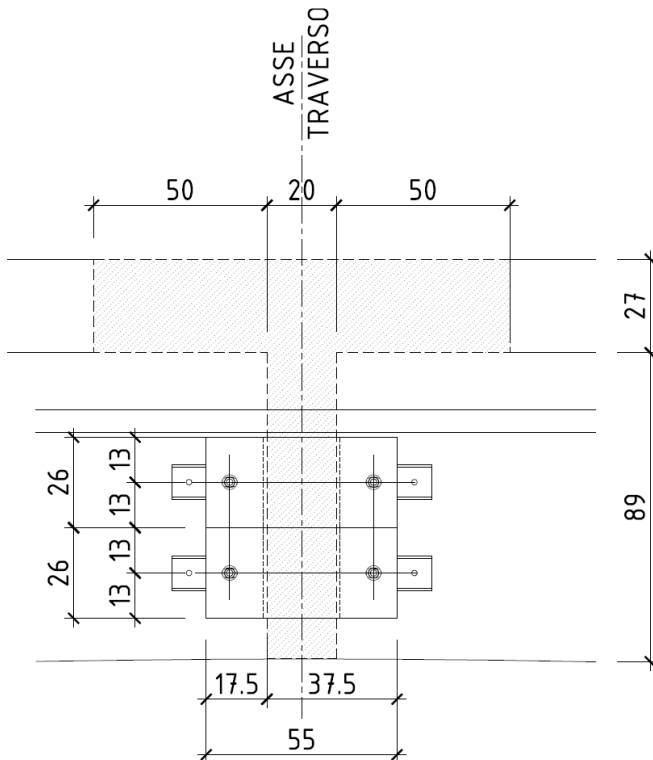
Dalle tabelle ad esempio Fischer si ha:

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

→ verifica soddisfatta

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

PRECOMPRESSIONE TRAVERSI



Barre di diametro $\phi 22$ 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:

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

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

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

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

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

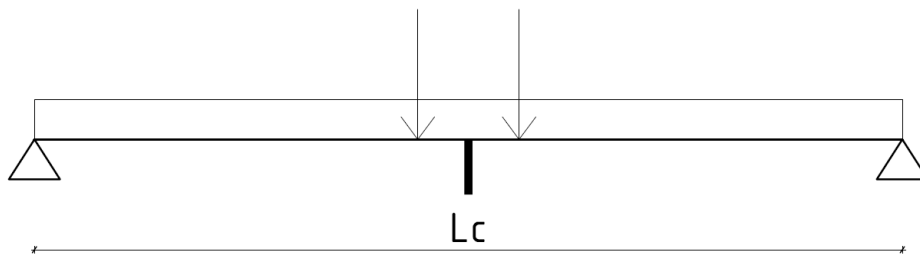
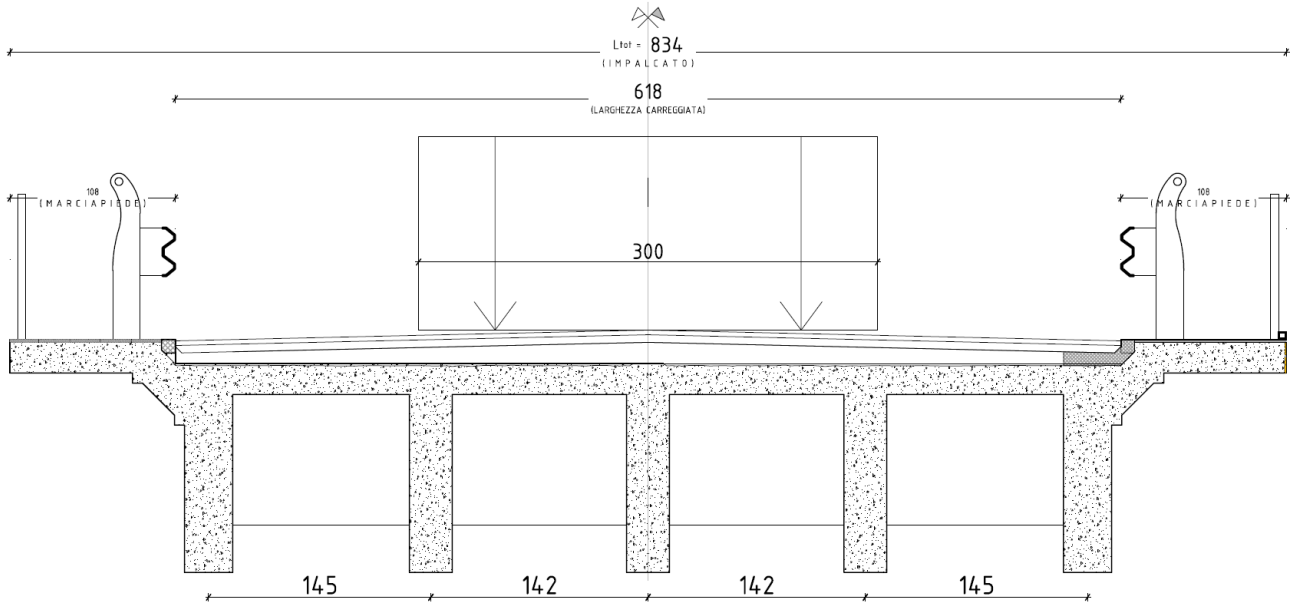
$$\Delta M1 = N1 \times e1 = 34200 \times 0,32 = 10944 \text{ kg m}$$

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

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

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:

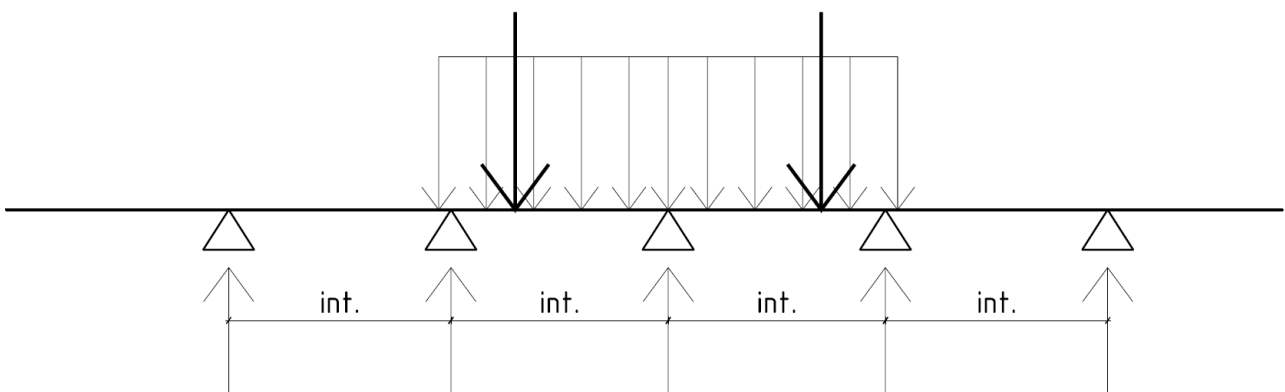
$$30000 \text{ kg} \times 4,65 / 5,25 = 26571 \text{ kg}$$

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

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

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

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



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/cm² (resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo)

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

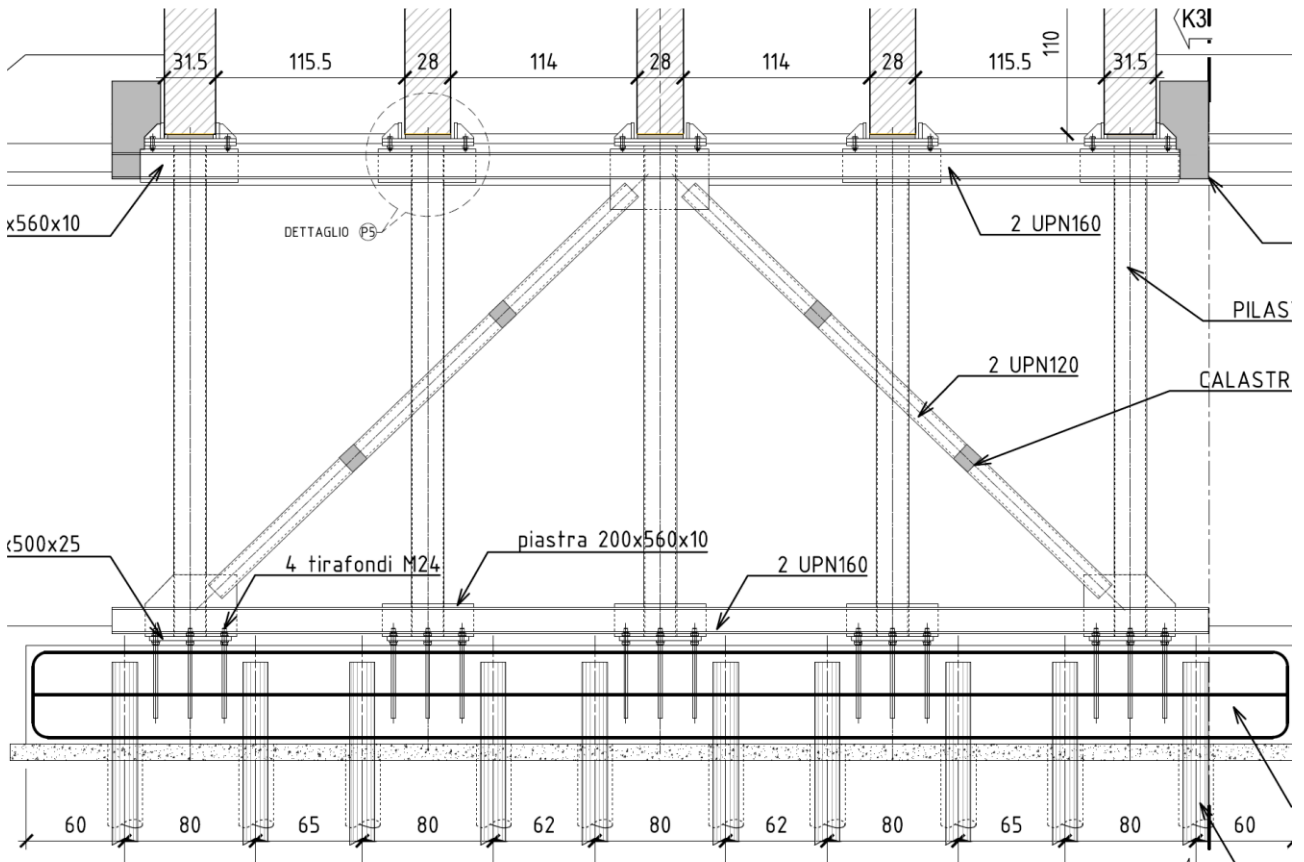
$$V_{R_{s,r}} = \frac{1}{\gamma_{R_s}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{r_{na}} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{b_f}{p_f},$$

ffed = 4810 daN/cm² (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 x 200 x 6 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:

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

$$V_{ed_micropalo_SLU} = 24225 \times 1,35 = 32703 \text{ kg}$$

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

$ctg\theta = 2.5$ V_{red} è minimo se $ctg\theta$ è massimo $1 \leq ctg \theta \leq 2,5$

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

$V_{red} = 722.53 \text{ KN}$ IN PRESENZA DI ARM. A T (quota MIN che puo' dare il CLS)
avendo assunto $COTG(\theta)=2.5$

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

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

$V_{rzd} = 1460.43 \text{ KN}$ (con il valore di $ctgTETA$ sopra prefissato)

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

$$V_{rd} = 72,253 \text{ ton} > V_{ed} (=32,703 \text{ ton})$$

→ verifica soddisfatta

Verifica micropali

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

$$V_{ed_micropalo_SLU} = 24225 \times 1,35 = 32703 \text{ kg}$$

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.

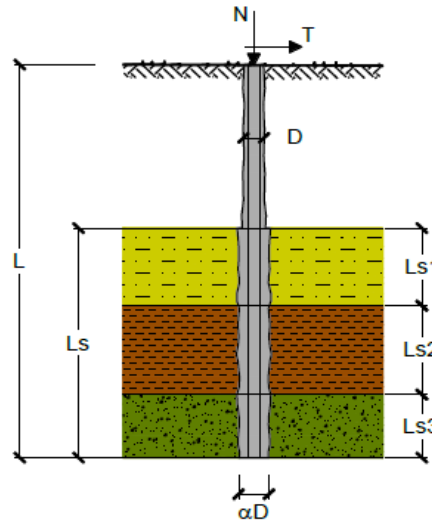
CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

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	γ_s	γ_s traz
			γ_G	γ_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"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_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

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot l_{s_i}$$

Tipo di Terreno	Spessore l_{s_i} (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	s_i media (MPa)	s_i minima (MPa)	s_i calcolo (MPa)	Q_{si} (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.

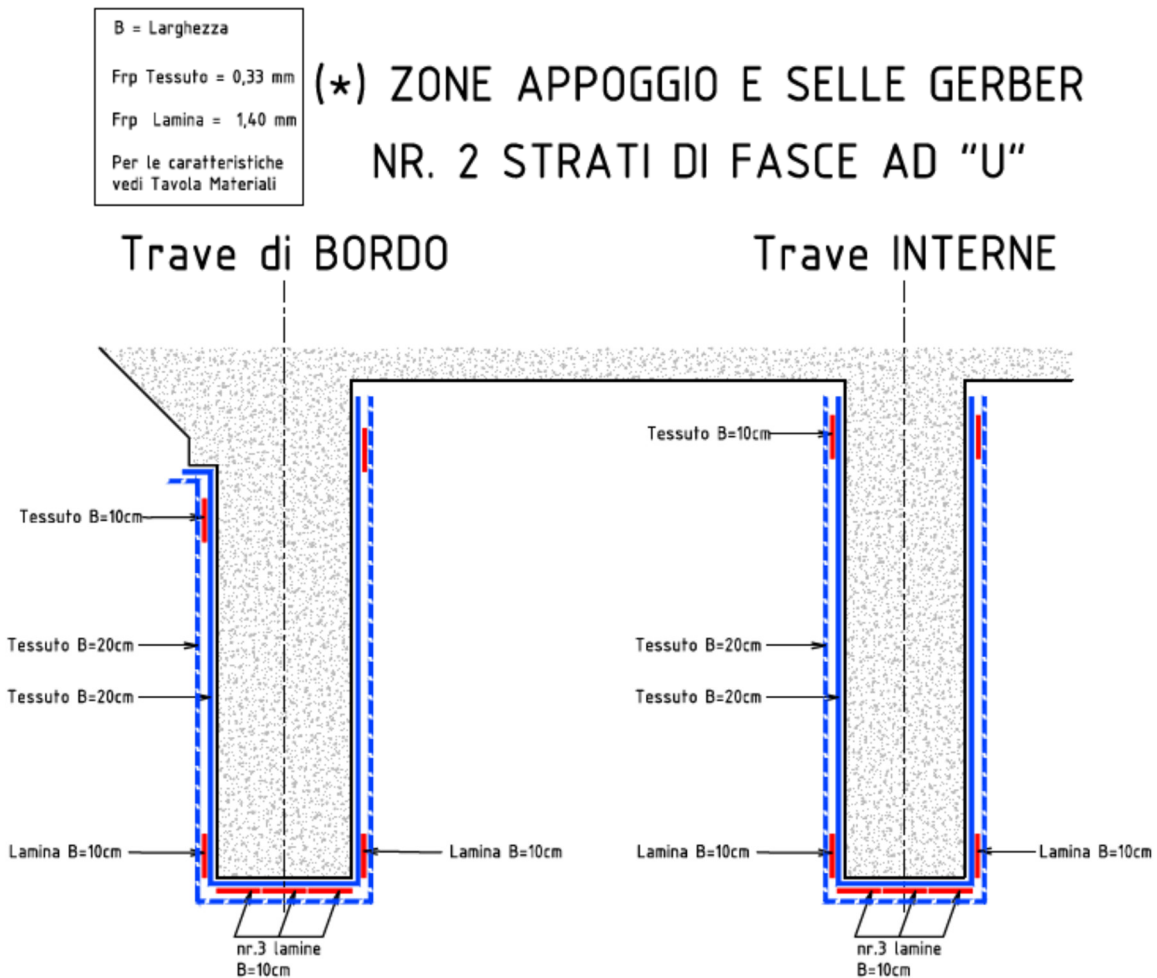
ADDENDUM ALLA RELAZIONE DI CALCOLO

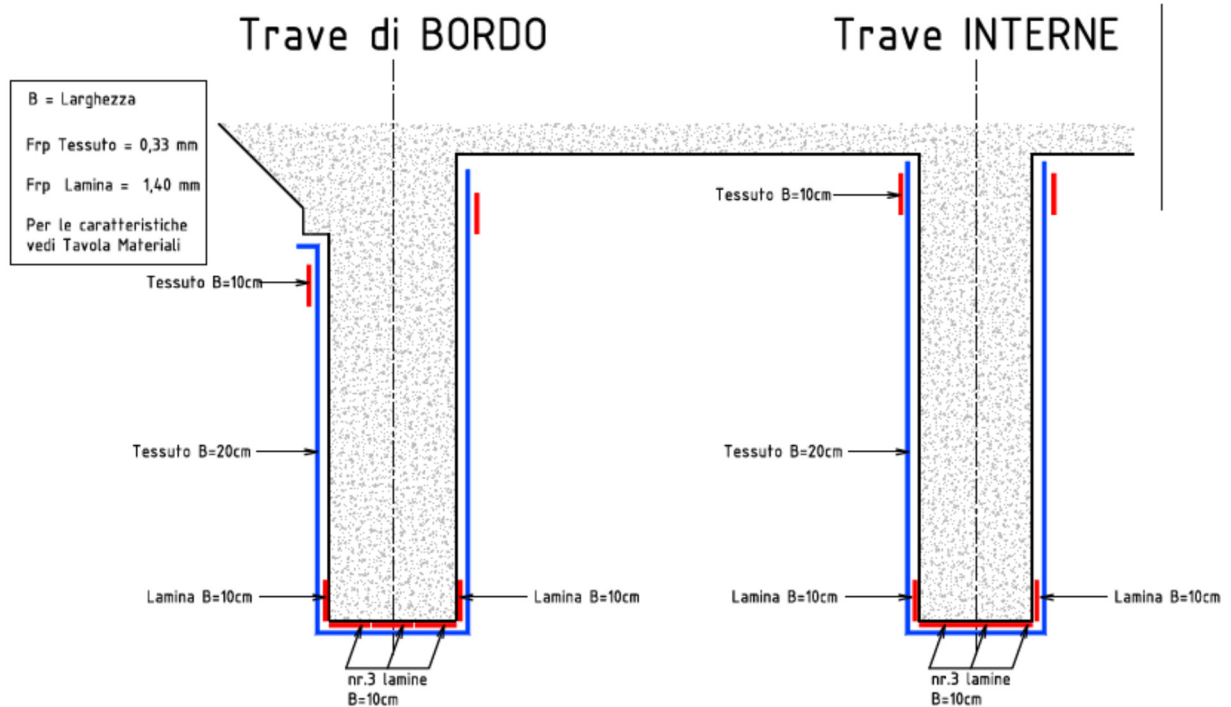
RINFORZO A FLESSIONE DELLE TRAVI CON LAMINE IN FIBRA DI CARBONIO

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 ΔM_{tot} per le sezioni soggette a $M(+)$.

Sez. x =	Htot (mt)	Braccio Lamine INF. (mt)	ΔM_{lamina_inf} (ton m)	Braccio Lamine lateral (mt)	ΔM_{lamina_lat} (ton m)	ΔM_{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.)	1,43	1,43	3x13,23x1,43 = 56,750	1,38	2x13,23x1,38 = 36,515	93,265	137,700	230,965	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	267,848	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	268,594	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	304,172	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	203,810	143,241	1,42

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