

Premessa

Il previsto rinforzo della capacità sismica dell'edificio attraverso la “controventatura” delle facciate (vedi Relazione di calcolo 1° e 2° parte) comporta una serie di opere consequenziali; in particolare:

- la rimozione e ricostruzione di una porzione di solaio a calpestio del piano seminterrato e di una porzione di solaio-terrazza quota piano terra, per l'alloggio del controvento lato ovest; le relative verifiche sono trattate nella relazione parte 4° nel paragrafo “verifica solai”;
- il rinforzo delle travi su cui si innestano i controventi, a quota piano primo; si precisa che l'edificio è stato analizzato anche con analisi sismica modale, oltre alla non lineare, e tutte le travi su cui si innestano i controventi sono state analizzate considerandone le caratteristiche dimensionali e meccaniche (sezioni ed armature, resistenza del calcestruzzo e delle armature) ricavate dall'esame del progetto e dalle valutazioni effettuate in sede di verifica sismica; in conseguenza delle suddette verifiche risulta necessario rafforzare a taglio tutte le travi quota piano primo e a flessione solo la trave piano primo lato sud. Il rinforzo è progettato mediante incollaggio di tessuti in fibra di carbonio con resina epossidica tissotropica (sistema dotato di Certificato di Valutazione Tecnica): per la flessione ai lembi inferiore e superiore; per il taglio ad U sulle facciate laterali e inferiormente (vedasi tavola 3S).

Per la riduzione di fenomeni di instabilità locale, invece si ritiene opportuno rinforzare le travi a spessore dei piani terra, primo e secondo, sulle quali l'analisi non lineare indica chiaramente la formazione di cerniere plastiche; anche in questo caso si prevede il rinforzo a flessione con incollaggio di tessuti FRP ai lembi inferiore o inferiore+superiore.

Per riassumere a parte di relazione di calcolo in oggetto riporta :

1. verifica e progetto del rinforzo delle travi ricalate (in corrisp. Dei controventi);
2. progetto del rinforzo travi a spessore.

1. VERIFICA E PROGETTO DEL RINFORZO DELLE TRAVI RICALATE

Verifiche di resistenza (armatura e sezione) delle travi ricalate su cui si innestano i controventi

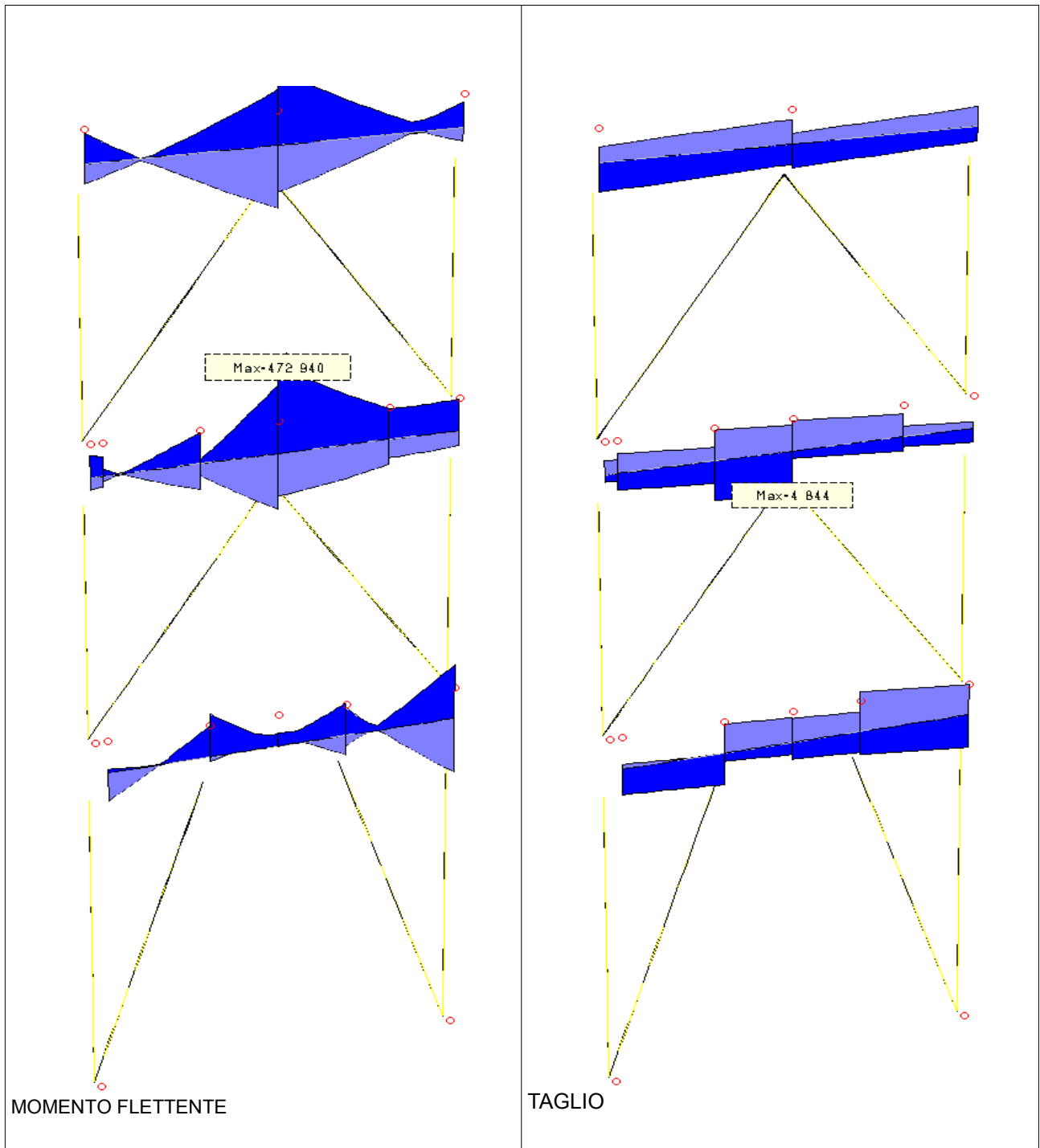
Per la valutazione del livello di resistenza sismica dell'edificio lo stesso è stato analizzato mediante analisi **non lineare** (push-over), mentre per il calcolo delle sollecitazioni nei vari elementi (travi in cls, controventi in acciaio) è stato studiato anche il modello di **analisi lineare modale**, con azione sismica corrispondente al periodo di ritorno pari a 207 anni, ovvero quello essere rappresentativo della capacità resistente dell'edificio secondo l'analisi non lineare.

I risultati dell'analisi lineare sono, quindi, serviti al dimensionamento di colonne e diagonali dei controventi, oltre ai giunti di collegamento, ed alla verifica di sezione ed armature delle travi esistenti in calcestruzzo armato cui sono collegati i controventi stessi; riguardo a queste ultime si precisa che le sollecitazioni (taglio e pressoflessione) nelle travi in c.a. sono ampiamente verificate a livello piano terra e piano secondo per le travi dei controventi nord ed ovest e piano secondo per la trave del controvento sud; *serve invece un rinforzo* a flessione per la trave piano primo lato sud ed a taglio per le travi del piano primo nord, ovest e sud.

Si riportano i diagrammi della sollecitazione (taglio, e momento flettente) nel piano dei tre controventi (nord, ovest e sud), considerando l'*involuppo* di tutte combinazioni di carico; si riporta, inoltre, un estratto dei tabulati di verifica, ovvero quelli relativi alle aste più sollecitate, delle travi di piano su cui si innestano i controventi; si precisa che i tabulati, riportati per intero nel fascicolo dei calcoli, indicano una armatura di base (4,02 cmq inferiore, superiore, anteriore e posteriore, ovvero "vista" dai 4 lati della sezione) e una armatura aggiuntiva che risulta o meno necessaria in base alla sollecitazione; nel nostro caso però tutte le travi sono armate più del minimo ovvero con 6,03 cmq (3d16) in ogni lato ; quindi, in definitiva, la sezione esistente non è verificata se e quando è richiesta una armatura superiore a 6,03 cmq.

CONTROVENTO NORD

Dai tabulati che seguono si evince come la trave quota piano primo necessita di rinforzo a taglio; per le travi del piano terra e del piano secondo (copertura) invece non c'è necessità di rinforzo.



Di seguito un estratto dei tabulati di verifica delle tre travi, ovvero solo quelle del piano primo per le quali serve un rinforzo a taglio; le combinazioni di calcolo non soddisfatte sono rappresentate in colore rosso.

5 0 -1423 -486 -653 -152 -135 298 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.05 0.51 0.00 0.00 --
6 0 -2167 -755 -161 -157 8 316 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.05 0.56 0.00 0.00 --
7 0 -2565 -951 -316 -171 -58 279 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.06 0.63 0.00 0.00 --
8 0 -1715 -578 -606 -167 -118 288 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.05 0.55 0.00 0.00 --
9 0 -1629 -541 -604 -159 -117 296 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.05 0.52 0.00 0.00 --
19 0 -1601 -546 -413 -141 -72 248 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.01 0.04 0.48 0.00 0.00 --
20 0 -1650 -563 -419 -146 -73 244 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.01 0.05 0.49 0.00 0.00 --
21A 0 -9920 -4312 1676 -268 -250 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.13 0.16 1.39 1.81 0.41 --
21B 0 -9920 3416 1676 -268 -250 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.07 0.14 1.28 1.43 0.41 --
21C 0 -9920 -4312 -2384 -268 -372 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.13 0.16 1.39 4.03 0.41 20.7
21D 0 -9920 3416 -2384 -268 -372 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.08 0.14 1.28 4.03 0.41 20.7
21E 0 7314 -4312 1676 -268 250 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.53 0.16 1.58 1.81 0.41 --
21F 0 7314 3416 1676 -268 250 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.35 0.14 1.46 1.43 0.41 --
21G 0 7314 -4312 -2384 -268 -372 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.53 0.16 1.58 4.03 0.41 20.7
21H 0 7314 3416 -2384 -268 -372 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.40 0.14 1.46 4.03 0.41 20.7
21I 0 -6721 -2968 1014 -247 150 2789 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.12 0.12 1.16 1.24 0.38 --
21J 0 -6721 2072 1014 -247 150 -94 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.04 0.10 1.03 0.87 0.38 --
21K 0 -6721 -2968 -1722 -247 -272 2789 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.12 0.12 1.16 1.24 0.38 --
21L 0 -6721 2072 -1722 -247 -272 -94 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.05 0.10 1.03 0.87 0.38 --
21M 0 4115 -2968 1014 -247 150 2789 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.40 0.13 1.26 1.24 0.38 --
21N 0 4115 2072 1014 -247 150 -94 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.20 0.10 1.11 0.87 0.38 --
21O 0 4115 -2968 -1722 -247 -272 2789 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.40 0.13 1.26 1.24 0.38 --
21P 0 4115 2072 -1722 -247 -272 -94 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.25 0.10 1.11 0.87 0.38 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.7

1 39 -1650 -856 -419 -146 89 -671 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.05 0.56 0.00 0.00 --
2 39 -2123 -1143 -473 -180 86 -934 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.04 0.07 0.71 0.00 0.00 --
3 39 -2540 -1298 -305 -170 62 -1126 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.05 0.07 0.71 0.00 0.00 --
4 39 -1043 -610 -628 -141 139 324 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.05 0.49 0.00 0.00 --
5 39 -1423 -833 -561 -152 100 298 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.05 0.56 0.00 0.00 --
6 39 -2167 -1102 -315 -157 101 -868 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.04 0.06 0.64 0.00 0.00 --
7 39 -2565 -1298 -316 -171 64 -1128 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.05 0.07 0.72 0.00 0.00 --
8 39 -1715 -925 -551 -167 106 -695 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.06 0.63 0.00 0.00 --
9 39 -1629 -887 -548 -159 106 296 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.06 0.59 0.00 0.00 --
19 39 -1601 -839 -413 -141 88 -648 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.05 0.55 0.00 0.00 --
20 39 -1650 -856 -419 -146 89 -671 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.05 0.56 0.00 0.00 --
21A 39 -9920 -4578 1676 -268 -400 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.13 0.16 1.43 1.92 0.41 --
21B 39 -9920 3149 1676 -268 -400 -4258 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.20 0.13 1.23 1.32 0.41 --
21C 39 -9920 -4578 -2384 -268 553 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.13 0.16 1.43 4.03 0.41 20.7
21D 39 -9920 3149 -2384 -268 553 -4258 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.20 0.13 1.23 4.03 0.41 20.7
21E 39 7314 -4578 1676 -268 -400 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.53 0.17 1.64 1.92 0.41 --
21F 39 7314 3149 1676 -268 -400 -4258 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.65 0.13 1.40 1.32 0.41 --
21G 39 7314 -4578 -2384 -268 553 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.53 0.17 1.64 4.03 0.41 20.7
21H 39 7314 3149 -2384 -268 553 -4258 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.65 0.13 1.40 4.03 0.41 20.7
21I 39 -6721 -3234 1014 -247 -245 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.15 0.13 1.20 1.36 0.38 --
21J 39 -6721 1805 1014 -247 -245 -2640 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.11 0.10 0.98 0.00 0.00 --
21K 39 -6721 -3234 -1722 -247 397 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.15 0.13 1.20 1.36 0.38 --
21L 39 -6721 1805 -1722 -247 397 -2640 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.11 0.10 0.98 0.00 0.00 --
21M 39 4115 -3234 1014 -247 -245 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.13 1.31 1.36 0.38 --
21N 39 4115 1805 1014 -247 -245 -2640 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.39 0.10 1.05 0.76 0.38 --
21O 39 4115 -3234 -1722 -247 397 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.13 1.31 1.36 0.38 --
21P 39 4115 1805 -1722 -247 397 -2640 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.39 0.10 1.05 0.76 0.38 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.7

1 78 -1650 -1149 -419 -146 251 -419 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.05 0.06 0.62 0.00 0.00 --
2 78 -2123 -1516 -417 -180 259 -594 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.05 0.08 0.79 0.00 0.00 --
3 78 -2540 -1644 -305 -170 180 -726 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.08 0.78 0.00 0.00 --
4 78 -1043 -956 -628 -141 382 -148 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.12 0.05 0.57 0.00 0.00 --
5 78 -1423 -1179 -469 -152 300 -347 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.08 0.06 0.65 0.00 0.00 --
6 78 -2167 -1448 -468 -157 252 -538 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.04 0.07 0.71 0.00 0.00 --
7 78 -2565 -1644 -316 -171 187 -727 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.08 0.79 0.00 0.00 --
8 78 -1715 -1271 -495 -167 308 -428 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.07 0.71 0.00 0.00 --
9 78 -1629 -1233 -493 -159 308 -392 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.08 0.06 0.68 0.00 0.00 --
19 78 -1601 -1132 -413 -141 248 -402 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.05 0.06 0.61 0.00 0.00 --
20 78 -1650 -1149 -419 -146 251 -419 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.05 0.06 0.62 0.00 0.00 --
21A 78 -9920 -4844 1676 -268 -1051 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.19 0.17 1.47 2.03 0.41 --
21B 78 -9920 2883 1676 -268 -1051 -3723 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.19 0.12 1.19 1.21 0.41 --
21C 78 -9920 -4844 -2384 -268 1478 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.34 0.17 1.47 4.03 0.41 20.7
21D 78 -9920 2883 -2384 -268 1478 -3723 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.34 0.12 1.19 4.03 0.41 20.7
21E 78 7314 -4844 1676 -268 -1051 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.69 0.17 1.69 2.03 0.41 --
21F 78 7314 2883 1676 -268 -1051 -3723 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.69 0.13 1.34 1.21 0.41 --
21G 78 7314 -4844 -2384 -268 1478 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.86 0.17 1.69 4.03 0.41 20.7
21H 78 7314 2883 -2384 -268 1478 -3723 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.86 0.13 1.34 4.03 0.41 20.7
21I 78 -6721 -3500 1014 -247 -640 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.15 0.14 1.25 1.47 0.38 --
21J 78 -6721 1539 1014 -247 -640 -2589 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.12 0.09 0.93 0.00 0.00 --
21K 78 -6721 -3500 -1722 -247 1067 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.26 0.14 1.25 1.47 0.38 --
21L 78 -6721 1539 -1722 -247 1067 -2589 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.26 0.10 0.93 0.00 0.00 --
21M 78 4115 -3500 1014 -247 -640 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.14 1.36 1.47 0.38 --
21N 78 4115 1539 1014 -247 -640 -2589 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.41 0.09 0.99 0.00 0.00 --
21O 78 4115 -3500 -1722 -247 1067 3091 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.59 0.14 1.36 1.47 0.38 --
21P 78 4115 1539 -1722 -247 1067 -2589 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.59 0.10 0.99 0.00 0.00 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.7

ASTA NUM. 239 NI 5867 NF 5868 SEZ. Rp B= 20.0 H= 70.0 (trave)

categoria: p.p. y Permanente qy tot.

qy medio: 3.5000 3.3750 6.8750 kg/cm

armatura base = 4 X 2.01 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	campo	Indice	resistenza	aswta	aswto	PASSO	
	cm	kg			kg*m		cmq					Fx,M	Bielle	V/Mx	cmq/m		cm	
1	0	-374	145	-304	-107	-144	1	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.05	0.03	0.33	0.00	0.00	--
2	0	-534	184	-452	-135	-193	-5	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.06	0.04	0.43	0.00	0.00	--
3	0	-756	27	-276	-97	-131	34	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.03	0.30	0.00	0.00	--
4	0	113	369	-393	-138	-187	-28	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.08	0.04	0.45	0.00	0.00	--
5	0	-172	313	-532	-147	-217	-34	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.08	0.05	0.48	0.00	0.00	--
6	0	-439	66	-8	-69	-63	52	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.00	0.02	0.19	0.00	0.00	--
7	0	-772	22	-281	-99	-134	34	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.03	0.31	0.00	0.00	--
8	0	-337	241	-474	-143	-204	-19	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.07	0.04	0.46	0.00	0.00	--
9	0	-274	257	-467	-141	-200	-20	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.07	0.04	0.45	0.00	0.00	--
19	0	-339	155	-298	-105	-141	1	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.05	0.03	0.33	0.00	0.00	--
20	0	-374	145	-304	-107	-144	1	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.05	0.03	0.33	0.00	0.00	--
21A	0	-5400	-1807	558	-374	265	1395	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.06	0.12	1.30	0.94	0.57	--
21B	0	-5400	2148	558	-374	265	-340	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.05	0.13	1.39	0.94	0.57	--

21C 0 -5400 -1807 -1063 -374 -505 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.09 0.12 1.30 1.80 0.57 --
 21D 0 -5400 2148 -1063 -374 -505 -340 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.09 0.13 1.39 1.80 0.57 --
 21E 0 5002 -1807 558 -374 265 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.29 0.13 1.35 0.94 0.57 --
 21F 0 5002 2148 558 -374 265 -340 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.28 0.13 1.46 0.94 0.57 --
 21G 0 5002 -1807 -1063 -374 -505 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.38 0.13 1.35 1.80 0.57 --
 21H 0 5002 2148 -1063 -374 -505 -340 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.38 0.13 1.46 1.80 0.57 --
 21I 0 -3584 -1052 294 -281 140 982 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.04 0.09 0.93 0.00 0.00 --
 21J 0 -3584 1394 294 -281 140 -197 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.03 0.09 1.02 0.58 0.43 --
 21K 0 -3584 -1052 -798 -281 -379 982 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.09 0.93 0.00 0.00 --
 21L 0 -3584 1394 -798 -281 -379 -197 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.07 0.09 1.02 0.58 0.43 --
 21M 0 3186 -1052 294 -281 140 982 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.20 0.09 0.95 0.00 0.00 --
 21N 0 3186 1394 294 -281 140 -197 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.17 0.10 1.05 0.58 0.43 --
 21O 0 3186 -1052 -798 -281 -379 982 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.27 0.09 0.95 0.00 0.00 --
 21P 0 3186 1394 -798 -281 -379 -197 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.27 0.10 1.05 0.58 0.43 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 48 -374 -214 -304 -107 -0 -175 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.01 0.03 0.33 0.00 0.00 --
 2 48 -534 -273 -385 -135 5 -230 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.01 0.04 0.42 0.00 0.00 --
 3 48 -756 -398 -276 -97 -0 -352 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.02 0.03 0.34 0.00 0.00 --
 4 48 113 -55 -393 -138 -0 47 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.01 0.04 0.43 0.00 0.00 --
 5 48 -172 -111 -419 -147 9 14 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.00 0.04 0.46 0.00 0.00 --
 6 48 -439 -359 -196 -69 -15 -286 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.02 0.02 0.26 0.00 0.00 --
 7 48 -772 -403 -281 -99 -0 -358 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.02 0.03 0.35 0.00 0.00 --
 8 48 -337 -184 -406 -143 5 -19 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.00 0.04 0.45 0.00 0.00 --
 9 48 -274 -167 -399 -141 5 2 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.00 0.04 0.44 0.00 0.00 --
 19 48 -339 -204 -298 -105 -0 -164 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.01 0.03 0.33 0.00 0.00 --
 20 48 -374 -214 -304 -107 -0 -175 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.01 0.03 0.33 0.00 0.00 --
 21A 48 -5400 -2133 558 -374 -0 -2196 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.13 1.39 0.94 0.57 --
 21B 48 -5400 1822 558 -374 -0 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.06 0.13 1.31 0.94 0.57 --
 21C 48 -5400 -2133 -1063 -374 -0 -2196 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.13 1.39 1.80 0.57 --
 21D 48 -5400 1822 -1063 -374 -0 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.06 0.13 1.31 1.80 0.57 --
 21E 48 5002 -2133 558 -374 -0 -2196 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.37 0.13 1.46 0.94 0.57 --
 21F 48 5002 1822 558 -374 -0 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.29 0.13 1.36 0.94 0.57 --
 21G 48 5002 -2133 -1063 -374 -0 -2196 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.37 0.13 1.46 1.80 0.57 --
 21H 48 5002 1822 -1063 -374 -0 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.29 0.13 1.36 1.80 0.57 --
 21I 48 -3584 -1379 294 -281 -0 -1418 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.06 0.09 1.01 0.58 0.43 --
 21J 48 -3584 1067 294 -281 -0 1190 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.05 0.09 0.94 0.00 0.00 --
 21K 48 -3584 -1379 -798 -281 -0 -1418 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.06 0.09 1.01 0.58 0.43 --
 21L 48 -3584 1067 -798 -281 -0 1190 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.05 0.09 0.94 0.00 0.00 --
 21M 48 3186 -1379 294 -281 -0 -1418 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.24 0.10 1.04 0.58 0.43 --
 21N 48 3186 1067 294 -281 -0 1190 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.22 0.09 0.96 0.00 0.00 --
 21O 48 3186 -1379 -798 -281 -0 -1418 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.24 0.10 1.04 0.58 0.43 --
 21P 48 3186 1067 -798 -281 -0 1190 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.22 0.09 0.96 0.00 0.00 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 95 -374 -573 -304 -107 144 -202 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.41 0.00 0.00 --
 2 95 -534 -729 -317 -135 172 -264 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.05 0.05 0.52 0.00 0.00 --
 3 95 -756 -822 -276 -97 131 -344 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.04 0.43 0.00 0.00 --
 4 95 113 -480 -393 -138 187 -80 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.08 0.04 0.47 0.00 0.00 --
 5 95 -172 -536 -306 -147 181 -140 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.07 0.05 0.51 0.00 0.00 --
 6 95 -439 -783 -384 -69 123 -289 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.04 0.03 0.35 0.00 0.00 --
 7 95 -772 -827 -281 -99 134 -349 4.02 4.02 4.02 4.02 3 0.03 0.04 0.44 0.00 0.00 --
 8 95 -337 -609 -339 -143 182 -194 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.06 0.05 0.51 0.00 0.00 --
 9 95 -274 -592 -332 -141 179 -179 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.06 0.05 0.50 0.00 0.00 --
 19 95 -339 -564 -298 -105 141 -193 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.40 0.00 0.00 --
 20 95 -374 -573 -304 -107 144 -202 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.41 0.00 0.00 --
 21A 95 -5400 -2460 558 -374 -265 -1693 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.14 1.45 1.03 0.57 --
 21B 95 -5400 1495 558 -374 -265 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.06 0.12 1.25 0.94 0.57 --
 21C 95 -5400 -2460 -1063 -374 505 -1693 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.09 0.14 1.45 1.80 0.57 --
 21D 95 -5400 1495 -1063 -374 505 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.09 0.12 1.25 1.80 0.57 --
 21E 95 5002 -2460 558 -374 -265 -1693 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.32 0.14 1.53 1.03 0.57 --
 21F 95 5002 1495 558 -374 -265 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.29 0.12 1.29 0.94 0.57 --
 21G 95 5002 -2460 -1063 -374 505 -1693 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.38 0.14 1.53 1.80 0.57 --
 21H 95 5002 1495 -1063 -374 505 1395 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.38 0.12 1.29 1.80 0.57 --
 21I 95 -3584 -1705 294 -281 -140 -1123 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.05 0.10 1.08 0.72 0.43 --
 21J 95 -3584 741 294 -281 -140 1379 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.06 0.08 0.88 0.00 0.00 --
 21K 95 -3584 -1705 -798 -281 379 -1123 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.10 1.08 0.72 0.43 --
 21L 95 -3584 741 -798 -281 379 1379 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.08 0.88 0.00 0.00 --
 21M 95 3186 -1705 294 -281 -140 -1123 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.21 0.10 1.12 0.72 0.43 --
 21N 95 3186 741 294 -281 -140 1379 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.24 0.08 0.89 0.00 0.00 --
 21O 95 3186 -1705 -798 -281 379 -1123 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.27 0.10 1.12 0.72 0.43 --
 21P 95 3186 741 -798 -281 379 1379 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.27 0.08 0.89 0.00 0.00 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

ASTA NUM. 276 NI 6038 NF 5867 SEZ. Rp B= 20.0 H= 70.0 (trave)

categoria: p.p. y Permanente qy tot.
 qy medio: 3.5000 3.3750 6.8750 kg/cm
 armatura base = 4 X 2.01 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	campo	Indice	resistenza	aswta	aswto	PASSO	
cm	kg	kg*m			cmq	Fx,M	Bielle	V/Mx	cmq/m	cm								
1	0	423	430	-568	-106	174	-326	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.08	0.04	0.38	0.00	0.00	--
2	0	306	564	-869	-144	211	-362	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.09	0.06	0.53	0.00	0.00	--
3	0	46	422	-631	-112	173	-293	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.07	0.04	0.40	0.00	0.00	--
4	0	1063	592	-528	-113	200	-427	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.11	0.04	0.43	0.00	0.00	--
5	0	593	633	-887	-146	210	-374	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.10	0.06	0.54	0.00	0.00	--
6	0	547	358	-84	-56	149	-331	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.07	0.02	0.23	0.00	0.00	--
7	0	51	418	-637	-113	175	-299	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.07	0.04	0.41	0.00	0.00	--
8	0	541	575	-831	-142	216	-392	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.10	0.05	0.52	0.00	0.00	--
9	0	579	580	-791	-137	209	-384	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.10	0.05	0.50	0.00	0.00	--
19	0	438	434	-548	-103	170	-320	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.08	0.04	0.37	0.00	0.00	--
20	0	423	430	-568	-106	174	-326	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.08	0.04	0.38	0.00	0.00	--
21A	0	-5976	-756	-138	-144	461	666	4.02	4.02	4.02	4.02	5	0.08	0.05	0.51	0.00	0.00	--
21B	0	-5976	1571	-138	-144	461	-1206	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.08	0.07	0.67	0.00	0.00	--
21C	0	-5976	-756	-737	-144	-180	666	4.02	4.02	4.02	4.02	5	0.04	0.05	0.51	0.00	0.00	--
21D	0	-5976	1571	-737	-144	-180	-1206	4.02	4.02	4.02	4.02	5	0.06	0.07	0.67	0.00	0.00	--
21E	0	6855	-756	-138	-144	461	666	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.43	0.05	0.53	0.00	0.00	--
21F	0	6855	1571	-138	-144	461	-1206	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.43	0.07	0.73	0.00	0.00	--
21G	0	6855	-756	-737	-144	-180	666	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.30	0.05	0.53	0.00	0.00	--
21H	0	6855	1571	-737	-144	-180	-1206	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.33	0.07	0.73	0.00	0.00	--
21I	0	-3917	-271	-49	-146	359	578	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.06	0.04	0.43	0.00	0.00	--
21J	0	-3917	1086	-49	-146	359	-915	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.06	0.06	0.60	0.00	0.00	--

21K 0 -3917 -271 -826 -146 -77 578 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.05 0.52 0.00 0.00 --
21L 0 -3917 1086 -826 -146 -77 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.04 0.06 0.60 0.00 0.00 --
21M 0 4795 -271 -49 -146 359 578 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.31 0.04 0.44 0.00 0.00 --
21N 0 4795 1086 -49 -146 359 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.31 0.06 0.62 0.00 0.00 --
21O 0 4795 -271 -826 -146 -77 578 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.21 0.05 0.53 0.00 0.00 --
21P 0 4795 1086 -826 -146 -77 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.24 0.06 0.62 0.00 0.00 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 6 423 383 -568 -106 210 -326 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.04 0.38 0.00 0.00 --
2 6 306 504 -860 -144 265 -362 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.06 0.53 0.00 0.00 --
3 6 46 366 -631 -112 212 -293 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.08 0.04 0.40 0.00 0.00 --
4 6 1063 536 -528 -113 233 -427 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.04 0.42 0.00 0.00 --
5 6 593 577 -872 -146 265 -374 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.06 0.53 0.00 0.00 --
6 6 547 302 -109 -56 155 -331 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.08 0.02 0.22 0.00 0.00 --
7 6 51 363 -637 -113 215 -299 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.04 0.41 0.00 0.00 --
8 6 541 519 -822 -142 267 -392 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.05 0.52 0.00 0.00 --
9 6 579 524 -782 -137 258 -384 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.05 0.50 0.00 0.00 --
19 6 438 387 -548 -103 204 -320 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.04 0.37 0.00 0.00 --
20 6 423 383 -568 -106 210 -326 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.04 0.38 0.00 0.00 --
21A 6 -5976 -799 -138 -144 486 666 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.09 0.05 0.52 0.00 0.00 --
21B 6 -5976 1528 -138 -144 486 -1206 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.09 0.07 0.66 0.00 0.00 --
21C 6 -5976 -799 -737 -144 -149 666 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.04 0.05 0.52 0.00 0.00 --
21D 6 -5976 1528 -737 -144 -149 -1206 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.06 0.07 0.66 0.00 0.00 --
21E 6 6855 -799 -138 -144 486 666 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.05 0.54 0.00 0.00 --
21F 6 6855 1528 -138 -144 486 -1206 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.07 0.72 0.00 0.00 --
21G 6 6855 -799 -737 -144 -149 666 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.29 0.05 0.54 0.00 0.00 --
21H 6 6855 1528 -737 -144 -149 -1206 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.33 0.07 0.72 0.00 0.00 --
21I 6 -3917 -314 -49 -146 389 599 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.04 0.44 0.00 0.00 --
21J 6 -3917 1043 -49 -146 389 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.07 0.06 0.59 0.00 0.00 --
21K 6 -3917 -314 -826 -146 -53 599 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.05 0.52 0.00 0.00 --
21L 6 -3917 1043 -826 -146 -53 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.04 0.06 0.59 0.00 0.00 --
21M 6 4795 -314 -49 -146 389 599 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.32 0.04 0.45 0.00 0.00 --
21N 6 4795 1043 -49 -146 389 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.32 0.06 0.61 0.00 0.00 --
21O 6 4795 -314 -826 -146 -53 599 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.21 0.05 0.53 0.00 0.00 --
21P 6 4795 1043 -826 -146 -53 -915 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.24 0.06 0.61 0.00 0.00 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 13 423 336 -568 -106 245 -278 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.04 0.38 0.00 0.00 --
2 13 306 443 -851 -144 319 -299 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.13 0.06 0.53 0.00 0.00 --
3 13 46 311 -631 -112 251 -247 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.04 0.40 0.00 0.00 --
4 13 1063 480 -528 -113 266 -360 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.04 0.40 0.00 0.00 --
5 13 593 521 -858 -146 319 -302 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.06 0.53 0.00 0.00 --
6 13 547 246 -133 -56 163 -293 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.08 0.02 0.20 0.00 0.00 --
7 13 51 307 -637 -113 254 -254 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.04 0.41 0.00 0.00 --
8 13 541 464 -813 -142 319 -327 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.05 0.52 0.00 0.00 --
9 13 579 468 -774 -137 307 -318 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.05 0.50 0.00 0.00 --
19 13 438 340 -548 -103 238 -271 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.04 0.37 0.00 0.00 --
20 13 423 336 -568 -106 245 -278 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.04 0.38 0.00 0.00 --
21A 13 -5976 -842 -138 -144 510 666 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.09 0.05 0.53 0.00 0.00 --
21B 13 -5976 1485 -138 -144 510 -1031 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.09 0.07 0.66 0.00 0.00 --
21C 13 -5976 -842 -737 -144 -118 666 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.04 0.05 0.53 0.00 0.00 --
21D 13 -5976 1485 -737 -144 -118 -1031 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.05 0.07 0.66 0.00 0.00 --
21E 13 6855 -842 -138 -144 510 666 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.45 0.05 0.55 0.00 0.00 --
21F 13 6855 1485 -138 -144 510 -1031 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.45 0.07 0.71 0.00 0.00 --
21G 13 6855 -842 -737 -144 -118 666 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.28 0.05 0.55 0.00 0.00 --
21H 13 6855 1485 -737 -144 -118 -1031 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.32 0.07 0.71 0.00 0.00 --
21I 13 -3917 -357 -49 -146 420 616 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.08 0.04 0.45 0.00 0.00 --
21J 13 -3917 1000 -49 -146 420 -798 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.08 0.06 0.58 0.00 0.00 --
21K 13 -3917 -357 -826 -146 -28 616 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.05 0.52 0.00 0.00 --
21L 13 -3917 1000 -826 -146 -28 -798 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.04 0.06 0.58 0.00 0.00 --
21M 13 4795 -357 -49 -146 420 616 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.34 0.04 0.46 0.00 0.00 --
21N 13 4795 1000 -49 -146 420 -798 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.34 0.06 0.60 0.00 0.00 --
21O 13 4795 -357 -826 -146 -28 616 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.21 0.05 0.53 0.00 0.00 --
21P 13 4795 1000 -826 -146 -28 -798 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.23 0.06 0.60 0.00 0.00 --
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

PROGETTO DEL SISTEMA DI RINFORZO A TAGLIO TRAVE RICALATA P.1° NORD

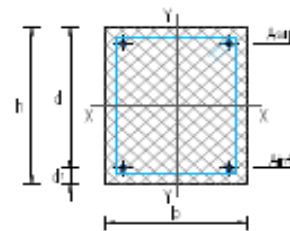
Rinforzo con tessuti di carbonio monodirezionali incollati mediante resina epossidica tissotropica; sistema dotato di Certificato di Valutazione Tecnica

Caratteristiche dei materiali

Livello di conoscenza	LC2
Fattore di confidenza	FC = 1,2
Calcestruzzo	
Resistenza cilindrica del calcestruzzo	$f_c = 28\text{MPa}$
Il valore di resistenza inserito è un	Valore medio
Resistenza cilindrica media del calcestruzzo	$f_{cm} = 28\text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck} = 20\text{ MPa}$
Resistenza media a trazione del calcestruzzo	$f_{ctm} = 2,21\text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale	$E_{cm} = 29961,951\text{ MPa}$
Deformazione di riferimento del calcestruzzo	$\epsilon_{cr} = 0,002\text{ MPa}$
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0,004\text{ MPa}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,5\text{ MPa}$
Resistenza di progetto del calcestruzzo	$f_{cd} = 9,444\text{ MPa}$
Acciaio	
Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 375\text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio	$f_{tk} = 451\text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale	$E_s = 206000\text{ MPa}$
Deformazione di progetto dell'acciaio	$\epsilon_{yd} = 0,001\text{ MPa}$
Deformazione a rottura dell'acciaio	$\epsilon_u = 0,068\text{ MPa}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,15\text{ MPa}$
Resistenza di progetto a snervamento dell'acciaio	$f_{yd} = 271,739\text{ MPa}$

Caratteristiche geometriche della sezione

Base della sezione	b = 200 mm
Altezza della sezione	h = 700 mm
Copriferro	d₁ = 35 mm
Altezza utile	d = 665 mm



Geometria delle armature:

	n. barre	ϕ [mm]	$A_{s,sup}$ [mm ²]	$A_{s,inf}$ [mm ²]
Armatura superiore	3	16	603,186	
Armatura inferiore	3	16		603,186
	0	0		

	n. braccia	ϕ [mm]	ϕ [mm]	$A_{s,sup}$ [mm ²]	$A_{s,inf}$ [mm ²]
Staffe	2	8	330	100,531	0,305

Sollecitazioni

Taglio sollecitante	$V_{Ed} = 34\text{ kN}$
Sforzo normale	$N_{Ed} = 202\text{ kN}$

Resistenza a taglio della sezione non rinforzata

Resistenza a taglio della sezione senza armature trasversali resistenti a taglio

Area di calcestruzzo

$$A_c = 140000 \text{ mm}^2$$

Rapp. geom. Armatura longitudinale

$$\rho_l = 0,005$$

$A_{sl} = A_{inf}$

Resistenza a taglio

$$\sigma_{cp} = 86,18 \text{ kN}$$

Verifica:

$$V_{Rd,c} = 86,18 \text{ kN} > 34 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta

Resistenza a taglio della sezione con armature trasversali resistenti a taglio

Angolo d'inclinazione delle staffe

$$\alpha = 90^\circ$$

Calcolo della resistenza a taglio per diversi valori della $\cotg \theta_{real}$:

$\cotg \theta$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
1,00	49,545	339,15	49,545
2,50	123,863	233,897	123,863
0	0	0	0

Resistenza a taglio assumendo la \cotg pari a 1,00

Resistenza a taglio

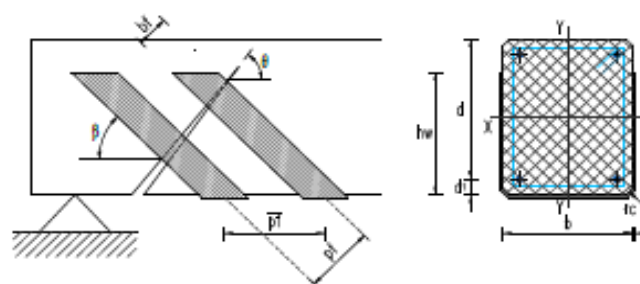
$$V_{Rd} = 49,55 \text{ kN}$$

Verifica:

$$V_{Rd} = 49,55 \text{ kN} > 34 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta

Resistenza a taglio della sezione rinforzata con FRP



Tipo di tessuto utilizzato: FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati

Valori assunti per il calcolo

Valori di classe

Altezza del rinforzo

$$h_w = 480$$

Coefficiente parziale di sicurezza (compreso tra 1,30 e 1,50)

$$\gamma_{fd} = 1,2$$

Condizione di esposizione

n = esterna

Verrà impiegato un sistema protettivo dell'FRP?

n = SI

Tipologia di carico

ciclico

Raggio di curvatura spigolo sezione rinforzata $r_c = 1$
 Passo degli strati di rinforzo $p_f = 330$
 Angolo di inclinazione delle fibre rispetto l'asse longitudinale $\beta = 90^\circ$

Larghezza del rinforzo b_f ($50 \text{ mm} \leq b_f \leq 250 \text{ mm}$) **Verificato**
 Distanza tra le strisce p_f ($b_f \leq p_f \leq \min \{0,5d; 3b_f; b_f+200\text{mm}\}$) **Verificato**
 Controllo geometrico ($\min \{0,5d; 3b_f; b_f+200\text{mm}\} \geq b_f$) **Verificato**

La resistenza di progetto a taglio dell'elemento rinforzato può essere valutata attraverso la seguente relazione:

$$V_{Rd,inf} = \min \{ V_{Rd,s} + V_{Rd,f}, V_{Rd,c} \}$$

Energia specifica di frattura $\Gamma_{fd} = 0,243 \text{ N/mm}^2$
 Tensione di progetto del rinforzo (distacco del primo modo) $f_{fd} = 396,511 \text{ N/mm}^2$
 Resistenza di adesione rinforzo-calcestruzzo $f_{bd} = 0,322 \text{ N/mm}^2$
 Lunghezza ottimale di ancoraggio di progetto $l_{bd} = 200 \text{ mm}$
 Tensione efficace di calcolo $f_{fd} = 341,44 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a taglio-trazione dell'armatura trasversale $V_{Rd,s} = 49,55 \text{ kN}$

Resistenza a taglio-trazione del rinforzo in FRP $V_{Rd,f} = 92,887 \text{ kN}$

Resistenza a taglio-compressione del calcestruzzo $V_{Rd,c} = 339,15 \text{ kN}$

Applicare la limitazione di incremento della capacità di calcolo del 50%? **Si**

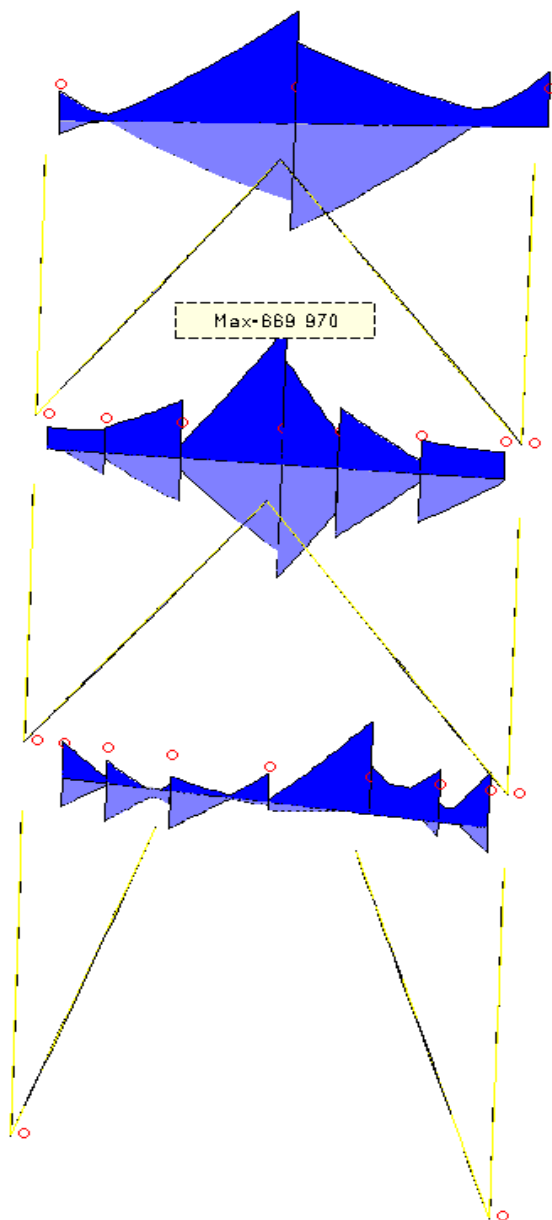
(vedi § 3.3.4. della CNR DT200 R1/2013)

Verifica: $V_{Rd,inf} = 74,33 \text{ kN} > 34 \text{ kN}$

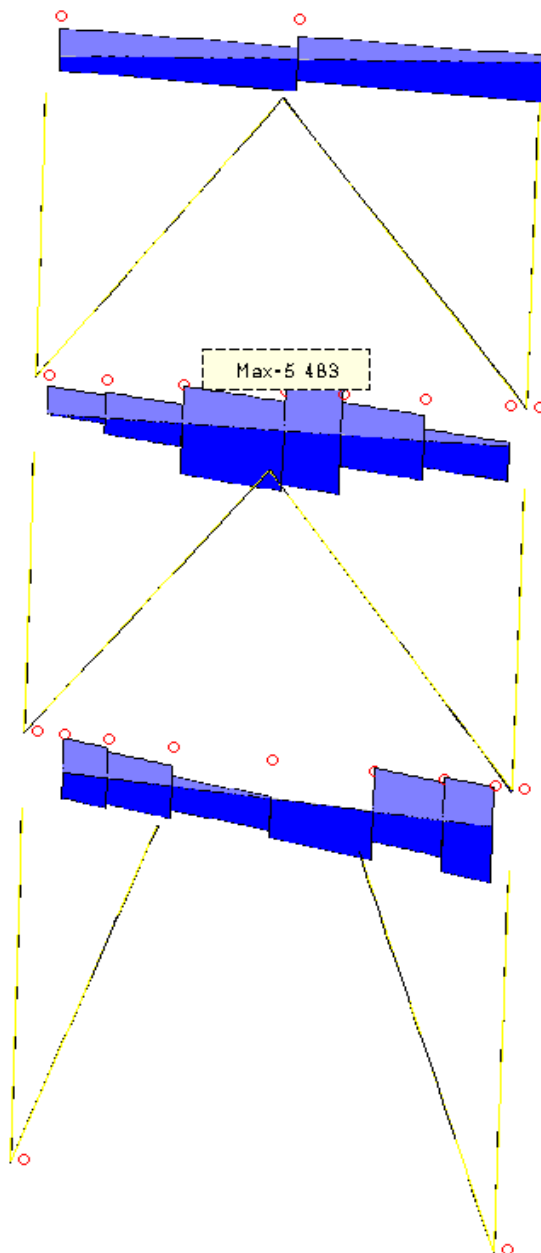
CONTROVENTO OVEST

Dai tabulati , riportati in versione completa nel fascicolo dei calcolo, si evince come la trave quota piano primo necessita di rinforzo a taglio; non serve il rinforzo per le travi piano terra e piano secondo.

MOMENTO FLETTENTE



TAGLIO



Di seguito si riportano solo i tabulati della trave piano primo che necessita di rinforzo a taglio.

21H 0 7046 1838 -539 325 -256 -1137 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.34 0.12 1.26 0.77 0.50 --
 21I 0 -17055 -1424 942 332 447 1337 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.10 1.07 0.60 0.51 --
 21J 0 -17055 2345 942 332 447 -1266 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.12 1.21 0.98 0.51 --
 21K 0 -17055 -1424 -558 332 -265 1337 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.10 1.07 0.60 0.51 --
 21L 0 -17055 2345 -558 332 -265 -1266 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.12 1.21 0.98 0.51 --
 21M 0 10505 -1424 942 332 447 1337 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.54 0.11 1.16 1.59 0.51 --
 21N 0 10505 2345 942 332 447 -1266 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.54 0.13 1.39 1.59 0.51 --
 21O 0 10505 -1424 -558 332 -265 1337 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.46 0.11 1.16 0.60 0.51 --
 21P 0 10505 2345 -558 332 -265 -1266 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.46 0.13 1.39 0.98 0.51 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 48 -3901 -24 210 74 -0 -445 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.02 0.23 0.00 0.00 --
 2 48 -4046 96 125 44 9 -508 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.01 0.14 0.00 0.00 --
 3 48 -4306 30 -25 -9 15 -491 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.00 0.03 0.00 0.00 --
 4 48 -4477 170 417 147 -9 -616 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.04 0.45 0.00 0.00 --
 5 48 -3377 303 297 104 -0 -587 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.34 0.00 0.00 --
 6 48 -5239 -5 200 70 -0 -581 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.02 0.22 0.00 0.00 --
 7 48 -4369 17 -23 -8 15 -489 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.00 0.02 0.00 0.00 --
 8 48 -4003 110 279 98 -0 -516 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.30 0.00 0.00 --
 9 48 -3919 186 281 99 -0 -563 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.31 0.00 0.00 --
 19 48 -3836 16 211 74 -0 -431 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.02 0.23 0.00 0.00 --
 20 48 -3901 -24 210 74 -0 -445 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.02 0.02 0.23 0.00 0.00 --
 21A 48 -13596 -1243 922 325 -0 1808 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.10 0.10 1.04 0.52 0.50 --
 21B 48 -13596 1511 922 325 -0 -2721 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.13 0.11 1.09 0.63 0.50 --
 21C 48 -13596 -1243 -539 325 -0 1808 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.10 0.10 1.04 0.52 0.50 --
 21D 48 -13596 1511 -539 325 -0 -2721 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.13 0.11 1.09 0.63 0.50 --
 21E 48 7046 -1243 922 325 -0 1808 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.40 0.10 1.11 1.56 0.50 --
 21F 48 7046 1511 922 325 -0 -2721 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.49 0.11 1.19 1.56 0.50 --
 21G 48 7046 -1243 -539 325 -0 1808 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.40 0.10 1.11 0.52 0.50 --
 21H 48 7046 1511 -539 325 -0 -2721 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.49 0.11 1.19 0.63 0.50 --
 21I 48 -17055 -1751 942 332 -0 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.12 0.11 1.11 0.73 0.51 --
 21J 48 -17055 2019 942 332 -0 -3493 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.16 0.12 1.16 0.85 0.51 --
 21K 48 -17055 -1751 -558 332 -0 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.12 0.11 1.11 0.73 0.51 --
 21L 48 -17055 2019 -558 332 -0 -3493 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.16 0.12 1.16 0.85 0.51 --
 21M 48 10505 -1751 942 332 -0 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.54 0.12 1.23 1.59 0.51 --
 21N 48 10505 2019 942 332 -0 -3493 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.67 0.12 1.32 1.59 0.51 --
 21O 48 10505 -1751 -558 332 -0 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.54 0.12 1.23 0.73 0.51 --
 21P 48 10505 2019 -558 332 -0 -3493 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.67 0.12 1.32 0.85 0.51 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

1 95 -3901 -383 210 74 -100 -523 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.27 0.00 0.00 --
 2 95 -4046 -360 238 44 -77 -498 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.02 0.19 0.00 0.00 --
 3 95 -4306 -394 163 -9 -18 -555 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.01 0.10 0.00 0.00 --
 4 95 -4477 -255 304 147 -180 -509 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.04 0.44 0.00 0.00 --
 5 95 -3377 -121 297 104 -141 -317 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.02 0.03 0.32 0.00 0.00 --
 6 95 -5239 -429 200 70 -95 -681 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.27 0.00 0.00 --
 7 95 -4369 -407 165 -8 -19 -569 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.01 0.10 0.00 0.00 --
 8 95 -4003 -314 279 98 -132 -482 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.03 0.03 0.32 0.00 0.00 --
 9 95 -3919 -239 281 99 -134 -436 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.03 0.03 0.31 0.00 0.00 --
 19 95 -3836 -344 211 74 -100 -497 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.02 0.26 0.00 0.00 --
 20 95 -3901 -383 210 74 -100 -523 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.03 0.03 0.27 0.00 0.00 --
 21A 95 -13596 -1570 922 325 -438 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.11 0.11 1.08 0.66 0.50 --
 21B 95 -13596 1185 922 325 -438 -2199 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.11 0.10 1.04 0.50 0.50 --
 21C 95 -13596 -1570 -539 325 256 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.11 1.08 0.66 0.50 --
 21D 95 -13596 1185 -539 325 256 -2199 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.10 1.04 0.50 0.50 --
 21E 95 7046 -1570 922 325 -438 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.11 1.17 1.56 0.50 --
 21F 95 7046 1185 922 325 -438 -2199 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.44 0.10 1.12 1.56 0.50 --
 21G 95 7046 -1570 -539 325 256 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.43 0.11 1.17 0.66 0.50 --
 21H 95 7046 1185 -539 325 256 -2199 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.44 0.10 1.12 0.50 0.50 --
 21I 95 -17055 -2077 942 332 -447 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.12 0.12 1.16 0.87 0.51 --
 21J 95 -17055 1692 942 332 -447 -2855 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.11 1.12 0.71 0.51 --
 21K 95 -17055 -2077 -558 332 265 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.12 0.12 1.16 0.87 0.51 --
 21L 95 -17055 1692 -558 332 265 -2855 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.11 1.12 0.71 0.51 --
 21M 95 10505 -2077 942 332 -447 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.54 0.12 1.30 1.59 0.51 --
 21N 95 10505 1692 942 332 -447 -2855 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.61 0.11 1.25 1.59 0.51 --
 21O 95 10505 -2077 -558 332 265 2115 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.54 0.12 1.30 0.87 0.51 --
 21P 95 10505 1692 -558 332 265 -2855 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.61 0.11 1.25 0.71 0.51 --
 apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0

ASTA NUM. 272 NI 1029 NF 5945 SEZ. Rp B= 20.0 H= 70.0 (trave)
 categoria: p.p. y Permanente qy tot.
 qy medio: 3.5000 3.3750 6.8750 kg/cm
 armatura base = 4 X 2.01 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	campo	Indice	resistenza	aswta	aswto	PASSO	
cm		kg			kg*m		cmq	Fx,M	Bielle	V,Mx	cmq/m			cm				
1	0	880	287	-516	-21	-386	299	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.18	0.02	0.14	0.00	0.00	--
2	0	107	683	-487	-62	-349	252	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.14	0.03	0.30	0.00	0.00	--
3	0	664	473	-541	-55	-379	291	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.03	0.24	0.00	0.00	--
4	0	1147	398	-556	-6	-437	370	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.21	0.02	0.11	0.00	0.00	--
5	0	-361	796	-346	-51	-265	-132	4.02	4.02	4.02	4.02	3	0.09	0.03	0.31	0.00	0.00	--
6	0	2318	61	-726	2	-544	612	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.28	0.02	0.13	0.00	0.00	--
7	0	644	476	-548	-55	-384	292	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.03	0.24	0.00	0.00	--
8	0	209	589	-478	-40	-360	246	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.15	0.02	0.23	0.00	0.00	--
9	0	145	640	-447	-40	-339	253	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.14	0.02	0.24	0.00	0.00	--
19	0	861	309	-499	-21	-374	294	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.02	0.14	0.00	0.00	--
20	0	880	287	-516	-21	-386	299	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.18	0.02	0.14	0.00	0.00	--
21A	0	-15741	-4150	1651	-338	1211	5501	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.23	0.17	1.47	2.79	0.52	26.3
21B	0	-15741	4835	1651	-338	1211	-4332	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.22	0.18	1.61	2.79	0.52	26.3
21C	0	-15741	-4150	-2457	-338	-1820	5501	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.34	0.17	1.47	4.15	0.52	19.4
21D	0	-15741	4835	-2457	-338	-1820	-4332	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.34	0.18	1.61	4.15	0.52	19.4
21E	0	17205	-4150	1651	-338	1211	5501	6.03	4.02	6.03	4.02	2	0.73	0.17	1.63	2.79	0.52	26.3
21F	0	17205	4835	1651	-338	1211	-4332	6.03	4.02	6.03	4.02	2	0.97	0.19	1.96	2.79	0.52	26.3
21G	0	17205	-4150	-2457	-338	-1820	5501	4.02	6.03	6.03	4.02	2	0.90	0.17	1.63	4.15	0.52	19.4
21H	0	17205	4835	-2457	-338	-1820	-4332	4.02	6.03	6.03	4.02	2	0.97	0.19	1.96	4.15	0.52	19.4
21I	0	-18233	-4798	2267	-400	1647	5501	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.30	0.19	1.69	3.83	0.61	19.9
21J	0	-18233	5483	2267	-400	1647	-5150	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.30	0.21	1.82	3.83	0.61	19.9
21K	0	-18233	-4798	-3073	-400	-2256	5501	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.45	0.19	1.69	5.20	0.61	15.7
21L	0	-18233	5483	-3073	-400	-2256	-5150	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.45	0.21	1.82	5.20	0.61	15.7
21M	0	19697	-4798	2267	-400	1647	5501	6.03	4.02	6.03	4.02	2	0.91	0.20	1.91	3.83	0.61	19.9
21N	0	19697	5483	2267	-400	1647	-5150	6.03	4.02	6.03	4.02	2	0.91	0.22	2.27	3.83	0.61	19.9

apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= 2.01 asup= 2.01 (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 15.7

1 34 880 32 -516 -21 -212 299 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.02 0.14 0.00 0.00 --

Table with columns: ID, X, Y, Z, Mx, My, Mz, APOST, AANT, AINF, ASUP, campo, Indice, resistenza, aswta, aswto, PASSO. Rows include data for various points (2A, 2B, 2C, etc.) and summary statistics.

Table with columns: ID, X, Y, Z, Mx, My, Mz, APOST, AANT, AINF, ASUP, campo, Indice, resistenza, aswta, aswto, PASSO. Rows include data for various points (21A, 21B, 21C, etc.) and summary statistics.

ASTA NUM. 274 NI 6071 NF 5940 SEZ. Rp B= 20.0 H= 70.0 (trave)
categoria: p.p. y Permanente qy tot.
qy medio: 3.5000 3.3750 6.8750 kg/cm
armatura base = 4 X 2.01 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

Table with columns: NC, x, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz, APOST, AANT, AINF, ASUP, campo, Indice, resistenza, aswta, aswto, PASSO. Rows include data for various points (1, 2, 3, etc.) and summary statistics.

Table with columns: ID, X, Y, Z, Mx, My, Mz, APOST, AANT, AINF, ASUP, campo, Indice, resistenza, aswta, aswto, PASSO. Rows include data for various points (1, 2, 3, etc.) and summary statistics.

21A	36	-14267	68	241	-356	221	236	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.09	0.97	0.00	0.00	--
21B	36	-14267	2002	241	-356	221	-1103	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.09	0.12	1.24	0.84	0.55	--
21C	36	-14267	68	-24	-356	-193	236	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.08	0.95	0.00	0.00	--
21D	36	-14267	2002	-24	-356	-193	-1103	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.09	0.12	1.24	0.84	0.55	--
21E	36	5109	68	241	-356	221	236	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.27	0.09	0.98	0.00	0.00	--
21F	36	5109	2002	241	-356	221	-1103	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.27	0.13	1.38	0.84	0.55	--
21G	36	5109	68	-24	-356	-193	236	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.25	0.08	0.95	0.00	0.00	--
21H	36	5109	2002	-24	-356	-193	-1103	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.27	0.13	1.38	0.84	0.55	--
21I	36	-17241	-249	275	-433	267	525	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.10	1.17	0.46	0.66	--
21J	36	-17241	2318	275	-433	267	-1116	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.15	1.47	0.97	0.66	--
21K	36	-17241	-249	-58	-433	-239	525	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.10	1.17	0.10	0.66	--
21L	36	-17241	2318	-58	-433	-239	-1116	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.15	1.47	0.97	0.66	--
21M	36	8083	-249	275	-433	267	525	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.38	0.10	1.19	0.46	0.66	--
21N	36	8083	2318	275	-433	267	-1116	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.38	0.15	1.65	0.97	0.66	--
21O	36	8083	-249	-58	-433	-239	525	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.37	0.10	1.19	0.10	0.66	--
21P	36	8083	2318	-58	-433	-239	-1116	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.37	0.15	1.65	0.97	0.66	--
apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0																		
1	73	-5074	719	118	-20	-21	-90	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.02	0.19	0.00	0.00	--
2	73	-5589	955	98	-53	11	-50	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.03	0.32	0.00	0.00	--
3	73	-5716	861	69	-99	51	-91	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.04	0.42	0.00	0.00	--
4	73	-6213	1046	185	40	-80	-63	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.03	0.30	0.00	0.00	--
5	73	-5174	1112	134	17	-45	23	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.03	0.24	0.00	0.00	--
6	73	-6762	888	148	-39	-18	-143	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.03	0.26	0.00	0.00	--
7	73	-5763	853	69	-99	51	-97	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.03	0.04	0.42	0.00	0.00	--
8	73	-5546	958	136	-3	-35	-47	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.02	0.19	0.00	0.00	--
9	73	-5583	1027	137	3	-38	-31	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.02	0.20	0.00	0.00	--
19	73	-5070	753	118	-17	-23	-80	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.02	0.19	0.00	0.00	--
20	73	-5074	719	118	-20	-21	-90	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.02	0.02	0.19	0.00	0.00	--
21A	73	-14267	-181	241	-356	147	895	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.09	0.97	0.00	0.00	--
21B	73	-14267	1752	241	-356	147	-842	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.12	1.20	0.74	0.55	--
21C	73	-14267	-181	-24	-356	-197	895	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.08	0.96	0.00	0.00	--
21D	73	-14267	1752	-24	-356	-197	-842	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.08	0.12	1.20	0.74	0.55	--
21E	73	5109	-181	241	-356	147	895	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.25	0.09	0.98	0.00	0.00	--
21F	73	5109	1752	241	-356	147	-842	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.24	0.12	1.32	0.74	0.55	--
21G	73	5109	-181	-24	-356	-197	895	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.25	0.08	0.97	0.00	0.00	--
21H	73	5109	1752	-24	-356	-197	-842	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.25	0.12	1.32	0.74	0.55	--
21I	73	-17241	-498	275	-433	174	1053	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.11	1.21	0.46	0.66	--
21J	73	-17241	2069	275	-433	174	-1135	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.14	1.44	0.87	0.66	--
21K	73	-17241	-498	-58	-433	-224	1053	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.11	1.21	0.21	0.66	--
21L	73	-17241	2069	-58	-433	-224	-1135	6.03	6.03	4.02	4.02	6	0.10	0.14	1.44	0.87	0.66	--
21M	73	8083	-498	275	-433	174	1053	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.36	0.11	1.24	0.46	0.66	--
21N	73	8083	2069	275	-433	174	-1135	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.36	0.15	1.60	0.87	0.66	--
21O	73	8083	-498	-58	-433	-224	1053	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.36	0.11	1.24	0.21	0.66	--
21P	73	8083	2069	-58	-433	-224	-1135	6.03	6.03	4.02	4.02	1	0.36	0.15	1.60	0.87	0.66	--
apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 33.0																		

PROGETTO DEL SISTEMA DI RINFORZO TRAVE RICALATA P.1° OVEST

Rinforzo a taglio

Caratteristiche dei materiali

Livello di conoscenza	LC2
Fattore di confidenza	FC = 1,2

Calcestruzzo

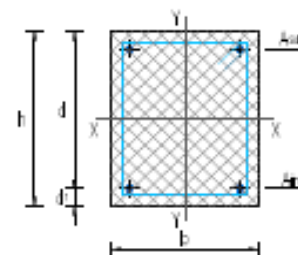
Resistenza cilindrica del calcestruzzo	$f_c = 28 \text{ MPa}$
Il valore di resistenza inserito è un	Valore medio
Resistenza cilindrica media del calcestruzzo	$f_{cm} = 28 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
Resistenza media a trazione del calcestruzzo	$f_{ctm} = 2,21 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale	$E_{cm} = 29961,951 \text{ MPa}$
Deformazione di riferimento del calcestruzzo	$\epsilon_{c2} = 0,002 \text{ MPa}$
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0,004 \text{ MPa}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,5 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto del calcestruzzo	$f_{cd} = 9,444 \text{ MPa}$

Acciaio

Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 375 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio	$f_{tk} = 451 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale	$E_s = 206000 \text{ MPa}$
Deformazione di progetto dell'acciaio	$\epsilon_{yd} = 0,001 \text{ MPa}$
Deformazione a rottura dell'acciaio	$\epsilon_u = 0,068 \text{ MPa}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c = 1,15 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a snervamento dell'acciaio	$f_{yd} = 271,739 \text{ MPa}$

Caratteristiche geometriche della sezione

Base della sezione	$b = 200 \text{ mm}$
Altezza della sezione	$h = 700 \text{ mm}$
Copriferro	$d_1 = 35 \text{ mm}$
Altezza utile	$d = 665 \text{ mm}$



Geometria delle armature:

	n. barre	ϕ [mm]		$A_{s, \text{sup}}$ [mm ²]	$A_{s, \text{inf}}$ [mm ²]
Armatura superiore	3	16		603,186	
Armatura inferiore	3	16			
	0	0			
	n. braccia	ϕ [mm]	ϕ [mm]	$A_{s, \text{sup}}$ [mm ²]	$A_{s, \text{inf}}$ [mm ²]
Staffe	2	8	330	100,531	0,305

Sollecitazioni

Taglio sollecitante	$V_{Ed} = 54 \text{ kN}$
Sforzo normale	$N_{Ed} = 235 \text{ kN}$

Resistenza a taglio della sezione non rinforzata

Resistenza a taglio della sezione senza armature trasversali resistenti a taglio

Area di calcestruzzo

$$A_c = 140000 \text{ mm}^2$$

Rapp. geom. Armatura longitudinale

$$\rho_l = 0,005$$

$A_{sl} = A_{inf}$

Resistenza a taglio

$$\sigma_{cp} = 86,18 \text{ kN}$$

Verifica:

$$V_{Rd,c} = 86,18 \text{ kN} > 54 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta

Resistenza a taglio della sezione con armature trasversali resistenti a taglio

Angolo d'inclinazione delle staffe

$$\alpha = 90^\circ$$

Calcolo della resistenza a taglio per diversi valori della cotg θ_{res} :

cotg θ	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
1,00	49,545	339,15	49,545
2,50	123,863	233,897	123,863
0	0	0	0

Resistenza a taglio assumendo la cotg pari a 1,00

Resistenza a taglio

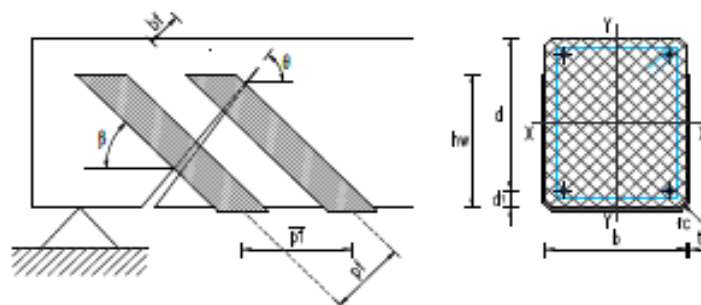
$$V_{Rd} = 49,55 \text{ kN}$$

Verifica:

$$V_{Rd} = 49,55 \text{ kN} < 54 \text{ kN}$$

La verifica non è soddisfatta; Inserire rinforzo

Resistenza a taglio della sezione rinforzata con FRP



Tipo di tessuto utilizzato: **FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C)**, da 1 a 3 strati

Valori assunti per il calcolo

Valori di classe

Altezza del rinforzo

$$h_w = 480$$

Coefficiente parziale di sicurezza (compreso tra 1,30 e 1,50)

$$\gamma_{fd} = 1,2$$

Condizione di esposizione

n = esterna

Verrà impiegato un sistema protettivo dell'FRP?

n = SI

Tipologia di carico

ciclico

Raggio di curvatura spigolo sezione rinforzata	$r_c = 1$
Passo degli strati di rinforzo	$p_f = 330$
Angolo di inclinazione delle fibre rispetto l'asse longitudinale	$\beta = 90^\circ$

Larghezza del rinforzo b_f ($50 \text{ mm} \leq b_f \leq 250 \text{ mm}$)	Verificato
Distanza tra le strisce p_f ($b_f \leq p_f \leq \min \{0,5d; 3b_f; b_f+200\text{mm}\}$)	Verificato
Controllo geometrico ($\min \{0,5d; 3b_f; b_f+200\text{mm}\} \geq b_f$)	Verificato

La resistenza di progetto a taglio dell'elemento rinforzato può essere valutata attraverso la seguente relazione:

$$V_{Rd,inf} = \min \{ V_{Rd,s} + V_{Rd,f}, V_{Rd,c} \}$$

Energia specifica di frattura	$\Gamma_{fd} = 0,243 \text{ N/mm}^2$
Tensione di progetto del rinforzo (distacco del primo modo)	$f_{td} = 396,511 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di adesione rinforzo-calcestruzzo	$f_{bd} = 0,322 \text{ N/mm}^2$
Lunghezza ottimale di ancoraggio di progetto	$l_{od} = 200 \text{ mm}$
Tensione efficace di calcolo	$f_{fd} = 341,44 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a taglio-trazione dell'armatura trasversale	$V_{Rd,s} = 49,55 \text{ kN}$
--	-------------------------------

Resistenza a taglio-trazione del rinforzo in FRP	$V_{Rd,f} = 92,887 \text{ kN}$
Resistenza a taglio-compressione del calcestruzzo	$V_{Rd,c} = 339,15 \text{ kN}$

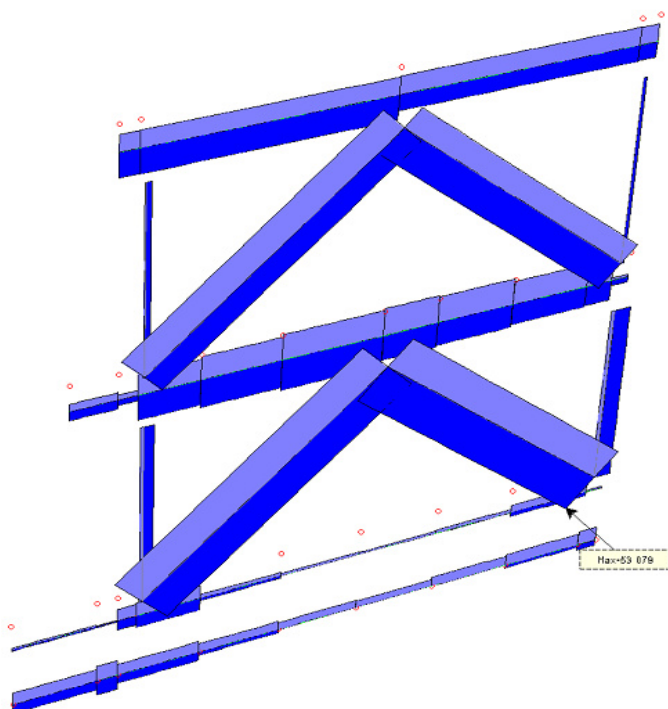
Applicare la limitazione di incremento della capacità di calcolo del 50%? (vedi § 3.3.4. della CNR DT200 R1/2013)	Si
--	-----------

Verifica:	$V_{Rd,inf} = 74,33 \text{ kN} \geq 54 \text{ kN}$
-----------	--

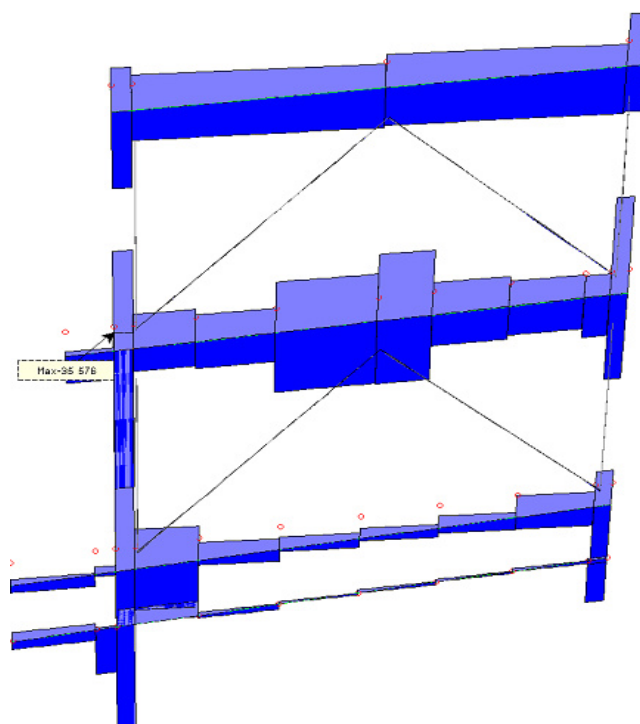
CONTROVENTO SUD

Dal tabulato si evince come in alcune delle combinazioni di carico sismiche, ovvero quelle in cui la trave è soggetta a trazione, la trave del piano primo "va in crisi" per pressoflessione perchè l'armatura longitudinale presente nella trave non è sufficiente, e per taglio perchè il passo delle staffe verticali non è idoneo; il rinforzo a flessione è previsto mediante incollaggio di tessuti in fibra di carbonio con resina impregnante epossidica, sia al lembo inferiore che a quello superiore; pil rinforzo a taglio mediante incollaggio degli stessi tessuti in diagonale ed ad U (vedi risultati delle verifiche):

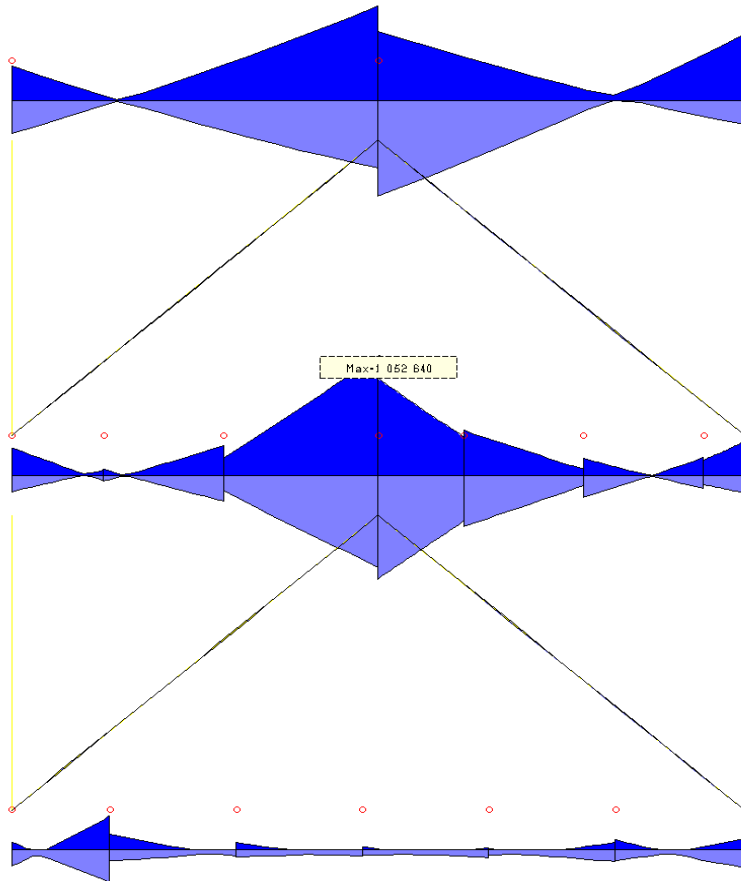
SFORZO NORMALE (TRAVI IN CLS E RITTI E DIAGONALI IN ACCIAIO)



TAGLIO (TRAVI IN CLS E RITTI E DIAGONALI IN ACCIAIO)

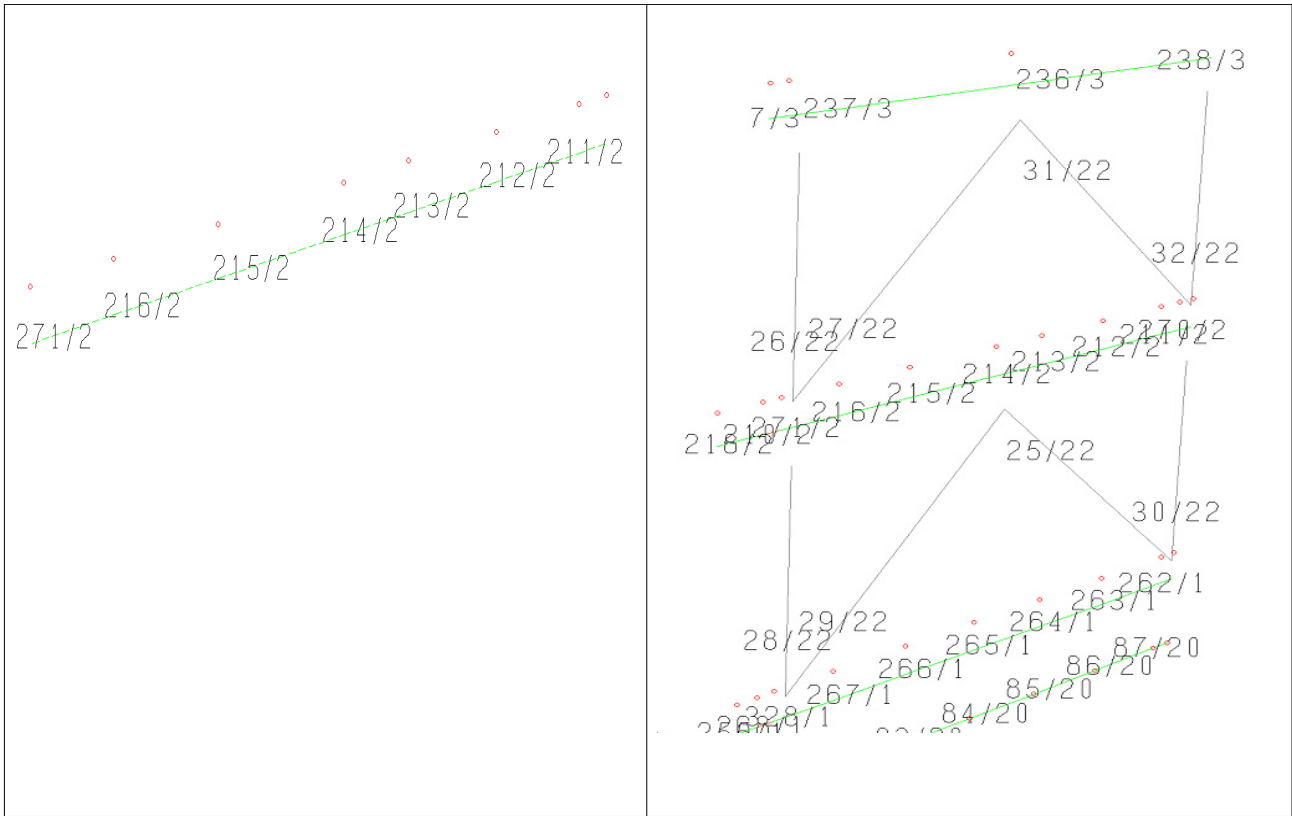


MOMENTO FLETTENTE (TRAVI IN CLS)



Di seguito si riporta un estratto del tabulato della verifica SLU della trave del piano primo; per brevità si riportano solo i risultati delle aste di metà travata; per il piano primo si vede come in caso di sforzo normale di trazione (come nelle combinazioni di carico sismiche evidenziate in rosso) l'armatura longitudinale non sia sufficiente; l'armatura della trave è composta (da progetto della costruzione e dai rilievi fatti in sede di verifica sismica) da 3 barre D16 inferiori (6,03mcq), 3 barre D16 superiori (6,03mcq), 3 barre D16 posteriori (6,03mcq) e 3 barre D16 anteriori (6,03mcq); l'armatura *base* della tabella di verifica è, invece, in tutti i lati della sezione impostata pari a 2D16 (4,02 cmq) ma è chiaro che siamo in caso di sottodimensionamento quando l'armatura necessaria alla verifica (indicata nelle specifiche colonne del tabulato) supera l'area di 6,03 cmq. Come detto la travata necessita di rinforzo nella parte centrale (aste 213 e 214), non agli estremi.

Per il taglio serve il rinforzo laddove il passo necessario delle staffe risulta, da tabulato, inferiore a circa 30cm.



PIANO PRIMO
ASTA NUM. 212 NI 5781 NF 5784 SEZ. Rp B= 20.0 H= 70.0 (trave)

categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 3.5000 3.5000 kg/cm
 armatura base = 4 X 2.01 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	campo	Indice	resistenza	aswta	aswto	PASSO
	cm	kg			kg*m		cmq	Fx,M	Bielle	V,Mx	cmq/m	cm					

1	0	2265	-287	-142	-124	-145	284	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.13	0.03	0.38	0.00	0.00	--
2	0	3174	-372	64	-117	-130	359	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.15	0.03	0.38	0.00	0.00	--
3	0	3580	-538	-227	-150	-205	404	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.19	0.05	0.51	0.00	0.00	--
4	0	974	-226	-81	-120	-106	238	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.07	0.03	0.36	0.00	0.00	--
5	0	1696	-257	312	-71	-34	267	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.08	0.02	0.24	0.00	0.00	--
6	0	2540	-470	-431	-171	-226	350	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.05	0.55	0.00	0.00	--
7	0	3627	-530	-229	-152	-207	405	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.19	0.05	0.51	0.00	0.00	--
8	0	2282	-274	112	-107	-97	301	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.10	0.03	0.34	0.00	0.00	--
9	0	2051	-283	121	-102	-89	291	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.09	0.03	0.33	0.00	0.00	--
19	0	2141	-295	-137	-121	-140	279	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.12	0.03	0.38	0.00	0.00	--
20	0	2265	-287	-142	-124	-145	284	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.13	0.03	0.38	0.00	0.00	--
21A	0	-23682	-3522	1392	-342	875	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.18	0.15	1.33	2.35	0.52	29.5
21B	0	-23682	2936	1392	-342	875	-1485	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.18	0.14	1.27	2.35	0.52	29.5
21C	0	-23682	-3522	-1612	-342	-1099	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.21	0.15	1.33	2.73	0.52	26.6
21D	0	-23682	2936	-1612	-342	-1099	-1485	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.21	0.14	1.27	2.73	0.52	26.6
21E	0	26822	-3522	1392	-342	875	1962	6.03	4.02	6.03	4.02	1	0.84	0.16	1.53	2.35	0.52	29.5
21F	0	26822	2936	1392	-342	875	-1485	6.03	4.02	6.03	4.02	1	0.98	0.15	1.55	2.35	0.52	29.5
21G	0	26822	-3522	-1612	-342	-1099	1962	4.02	6.03	6.03	4.02	1	0.91	0.16	1.53	2.73	0.52	26.6
21H	0	26822	2936	-1612	-342	-1099	-1485	4.02	6.03	6.03	4.02	1	0.98	0.15	1.55	2.73	0.52	26.6
21I	0	-15688	-2471	1008	-256	580	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	5	0.12	0.11	1.02	1.04	0.39	--
21J	0	-15688	1885	1008	-256	580	-932	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.12	0.10	0.95	0.00	0.00	--
21K	0	-15688	-2471	-1227	-256	-805	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	4	0.15	0.11	1.02	1.04	0.39	--
21L	0	-15688	1885	-1227	-256	-805	-932	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.15	0.10	0.95	0.00	0.00	--
21M	0	18828	-2471	1008	-256	580	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.87	0.12	1.18	1.04	0.39	--
21N	0	18828	1885	1008	-256	580	-932	4.02	4.02	4.02	4.02	1	0.87	0.10	1.09	0.79	0.39	--
21O	0	18828	-2471	-1227	-256	-805	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.97	0.12	1.18	1.04	0.39	--
21P	0	18828	1885	-1227	-256	-805	-932	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.97	0.10	1.09	0.79	0.39	--

apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= 2.01 asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 26.6

1	24	2265	-379	-142	-124	-111	284	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.11	0.04	0.40	0.00	0.00	--
2	24	3174	-480	121	-117	-152	359	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.16	0.04	0.41	0.00	0.00	--
3	24	3580	-646	-227	-150	-151	404	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.05	0.53	0.00	0.00	--
4	24	974	-334	-81	-120	-87	238	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.05	0.03	0.39	0.00	0.00	--
5	24	1696	-365	406	-71	-119	267	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.10	0.03	0.26	0.00	0.00	--
6	24	2540	-578	-487	-171	-117	350	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.12	0.05	0.57	0.00	0.00	--
7	24	3627	-638	-229	-152	-153	405	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.17	0.05	0.53	0.00	0.00	--
8	24	2282	-382	169	-107	-130	301	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.12	0.03	0.36	0.00	0.00	--
9	24	2051	-391	177	-102	-124	291	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.11	0.03	0.35	0.00	0.00	--
19	24	2141	-386	-137	-121	-107	279	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.11	0.04	0.40	0.00	0.00	--
20	24	2265	-379	-142	-124	-111	284	4.02	4.02	4.02	4.02	2	0.11	0.04	0.40	0.00	0.00	--
21A	24	-23682	-3605	1392	-342	539	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.15	0.15	1.34	2.35	0.52	29.5
21B	24	-23682	2853	1392	-342	539	-1485	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.15	0.14	1.26	2.35	0.52	29.5
21C	24	-23682	-3605	-1612	-342	-711	1962	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.17	0.15	1.34	2.73	0.52	26.6
21D	24	-23682	2853	-1612	-342	-711	-1485	4.02	4.02	4.02	4.02	6	0.17	0.14	1.26	2.73	0.52	26.6
21E	24	26822	-3605	1392	-342	539	1962	6.03	4.02	6.03	4.02	1	0.73	0.16	1.54	2.35	0.52	29.5

21F 24 26822 2853 1392 -342 539 -1485 6.03 4.02 4.02 4.02 1 0.98 0.14 1.53 2.35 0.52 29.5
21G 24 26822 -3605 -1612 -342 -711 1962 4.02 6.03 6.03 4.02 1 0.79 0.16 1.54 2.73 0.52 26.6
21H 24 26822 2853 -1612 -342 -711 -1485 4.02 6.03 4.02 4.02 1 0.98 0.14 1.53 2.73 0.52 26.6
21I 24 -15688 -2554 1008 -256 331 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.11 1.03 1.07 0.39 --
21J 24 -15688 1802 1008 -256 331 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.10 0.94 0.00 0.00 --
21K 24 -15688 -2554 -1227 -256 -503 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.11 0.11 1.03 1.07 0.39 --
21L 24 -15688 1802 -1227 -256 -503 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.10 0.94 0.00 0.00 --
21M 24 18828 -2554 1008 -256 331 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.78 0.12 1.19 1.07 0.39 --
21N 24 18828 1802 1008 -256 331 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.75 0.10 1.07 0.76 0.39 --
21O 24 18828 -2554 -1227 -256 -503 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.83 0.12 1.19 1.07 0.39 --
21P 24 18828 1802 -1227 -256 -503 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.83 0.10 1.07 0.76 0.39 --

apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= 2.01 asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 26.6

1 48 2265 -470 -142 -124 -77 284 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.10 0.04 0.42 0.00 0.00 --
2 48 3174 -588 177 -117 -187 359 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.17 0.04 0.43 0.00 0.00 --
3 48 3580 -754 -227 -150 -97 404 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.15 0.05 0.55 0.00 0.00 --
4 48 974 -443 -81 -120 -67 238 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.41 0.00 0.00 --
5 48 1696 -474 500 -71 -227 267 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.03 0.28 0.00 0.00 --
6 48 2540 -687 -543 -171 6 350 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.11 0.05 0.59 0.00 0.00 --
7 48 3627 -746 -229 -152 -99 405 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.15 0.05 0.55 0.00 0.00 --
8 48 2282 -490 225 -107 -177 301 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.14 0.04 0.38 0.00 0.00 --
9 48 2051 -499 233 -102 -173 291 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.13 0.03 0.37 0.00 0.00 --
19 48 2141 -478 -137 -121 -75 279 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.09 0.04 0.42 0.00 0.00 --
20 48 2265 -470 -142 -124 -77 284 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.10 0.04 0.42 0.00 0.00 --
21A 48 -23682 -3688 1392 -342 203 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.15 1.35 2.35 0.52 29.5
21B 48 -23682 2770 1392 -342 203 -1485 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.13 0.13 1.25 2.35 0.52 29.5
21C 48 -23682 -3688 -1612 -342 -323 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.15 1.35 2.73 0.52 26.6
21D 48 -23682 2770 -1612 -342 -323 -1485 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.13 0.13 1.25 2.73 0.52 26.6
21E 48 26822 -3688 1392 -342 203 1962 4.02 4.02 6.03 4.02 1 0.93 0.16 1.56 2.35 0.52 29.5
21F 48 26822 2770 1392 -342 203 -1485 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.98 0.14 1.51 2.35 0.52 29.5
21G 48 26822 -3688 -1612 -342 -323 1962 4.02 4.02 6.03 4.02 1 0.99 0.16 1.56 2.73 0.52 26.6
21H 48 26822 2770 -1612 -342 -323 -1485 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.99 0.14 1.51 2.73 0.52 26.6
21I 48 -15688 -2637 1008 -256 81 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.11 0.11 1.04 1.11 0.39 --
21J 48 -15688 1719 1008 -256 81 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.09 0.09 0.93 0.00 0.00 --
21K 48 -15688 -2637 -1227 -256 -202 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.11 1.04 1.11 0.39 --
21L 48 -15688 1719 -1227 -256 -202 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.09 0.09 0.93 0.00 0.00 --
21M 48 18828 -2637 1008 -256 81 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.78 0.12 1.21 1.11 0.39 --
21N 48 18828 1719 1008 -256 81 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.68 0.10 1.05 0.72 0.39 --
21O 48 18828 -2637 -1227 -256 -202 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.78 0.12 1.21 1.11 0.39 --
21P 48 18828 1719 -1227 -256 -202 -932 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.68 0.10 1.05 0.72 0.39 --

apost= -- aant= -- ainf= 2.01 asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 26.6

1 71 2265 -562 -142 -124 -44 -163 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.09 0.04 0.45 0.00 0.00 --
2 71 3174 -696 233 -117 -236 -200 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.04 0.46 0.00 0.00 --
3 71 3580 -863 -227 -150 -43 -312 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.14 0.05 0.59 0.00 0.00 --
4 71 974 -551 -81 -120 -48 -182 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.44 0.00 0.00 --
5 71 1696 -582 594 -71 -357 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.03 0.32 0.00 0.00 --
6 71 2540 -795 -600 -171 141 -303 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.13 0.06 0.63 0.00 0.00 --
7 71 3627 -854 -229 -152 -44 -303 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.14 0.05 0.59 0.00 0.00 --
8 71 2282 -598 282 -107 -237 -164 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.16 0.04 0.41 0.00 0.00 --
9 71 2051 -607 290 -102 -235 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.04 0.40 0.00 0.00 --
19 71 2141 -569 -137 -121 -42 -175 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.08 0.04 0.44 0.00 0.00 --
20 71 2265 -562 -142 -124 -44 -163 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.09 0.04 0.45 0.00 0.00 --
21A 71 -23682 -3771 1392 -342 -133 -1557 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.16 1.38 2.35 0.52 29.5
21B 71 -23682 2686 1392 -342 -133 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.13 1.23 2.35 0.52 29.5
21C 71 -23682 -3771 -1612 -342 65 -1557 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.16 1.38 2.73 0.52 26.6
21D 71 -23682 2686 -1612 -342 65 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.13 1.23 2.73 0.52 26.6
21E 71 26822 -3771 1392 -342 -133 -1557 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.99 0.17 1.74 2.35 0.52 29.5
21F 71 26822 2686 1392 -342 -133 1962 4.02 4.02 6.03 4.02 1 0.90 0.14 1.38 2.35 0.52 29.5
21G 71 26822 -3771 -1612 -342 65 -1557 6.03 4.02 4.02 4.02 1 0.99 0.17 1.74 2.73 0.52 26.6
21H 71 26822 2686 -1612 -342 65 1962 6.03 4.02 6.03 4.02 1 0.69 0.14 1.38 2.73 0.52 26.6
21I 71 -15688 -2720 1008 -256 -168 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.09 0.12 1.08 1.14 0.39 --
21J 71 -15688 1636 1008 -256 -168 1559 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.09 0.90 0.00 0.00 --
21K 71 -15688 -2720 -1227 -256 100 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.09 0.12 1.08 1.14 0.39 --
21L 71 -15688 1636 -1227 -256 100 1559 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.09 0.90 0.00 0.00 --
21M 71 18828 -2720 1008 -256 -168 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.70 0.12 1.28 1.14 0.39 --
21N 71 18828 1636 1008 -256 -168 1559 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.74 0.10 1.01 0.69 0.39 --
21O 71 18828 -2720 -1227 -256 100 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.70 0.12 1.28 1.14 0.39 --
21P 71 18828 1636 -1227 -256 100 1559 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.74 0.10 1.01 0.69 0.39 --

apost= 2.01 aant= -- ainf= 2.01 asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 26.6

1 95 2265 -653 -142 -124 -10 -163 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.09 0.04 0.47 0.00 0.00 --
2 95 3174 -804 290 -117 -298 -200 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.21 0.05 0.49 0.00 0.00 --
3 95 3580 -971 -227 -150 11 -312 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.14 0.06 0.61 0.00 0.00 --
4 95 974 -659 -81 -120 -29 -182 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.05 0.04 0.46 0.00 0.00 --
5 95 1696 -690 688 -71 -509 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.25 0.03 0.34 0.00 0.00 --
6 95 2540 -903 -656 -171 290 -303 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.06 0.65 0.00 0.00 --
7 95 3627 -962 -229 -152 10 -303 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.14 0.06 0.61 0.00 0.00 --
8 95 2282 -706 338 -107 -311 -164 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.04 0.44 0.00 0.00 --
9 95 2051 -715 346 -102 -311 -183 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.18 0.04 0.43 0.00 0.00 --
19 95 2141 -661 -137 -121 -10 -175 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.08 0.04 0.46 0.00 0.00 --
20 95 2265 -653 -142 -124 -10 -163 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.09 0.04 0.47 0.00 0.00 --
21A 95 -23682 -3854 1392 -342 -469 -1557 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.16 1.39 2.35 0.52 29.5
21B 95 -23682 2603 1392 -342 -469 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.13 1.21 2.35 0.52 29.5
21C 95 -23682 -3854 -1612 -342 453 -1557 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.14 0.16 1.39 2.73 0.52 26.6
21D 95 -23682 2603 -1612 -342 453 1962 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.15 0.13 1.21 2.73 0.52 26.6
21E 95 26822 -3854 1392 -342 -469 -1557 4.02 6.03 4.02 4.02 1 0.99 0.17 1.75 2.35 0.52 29.5
21F 95 26822 2603 1392 -342 -469 1962 4.02 6.03 6.03 4.02 1 0.71 0.14 1.36 2.35 0.52 29.5
21G 95 26822 -3854 -1612 -342 453 -1557 6.03 4.02 4.02 4.02 1 0.99 0.17 1.75 2.73 0.52 26.6
21H 95 26822 2603 -1612 -342 453 1962 6.03 4.02 6.03 4.02 1 0.70 0.14 1.36 2.73 0.52 26.6
21I 95 -15688 -2803 1008 -256 -417 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.12 1.09 1.18 0.39 --
21J 95 -15688 1553 1008 -256 -417 1880 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.09 0.89 0.00 0.00 --
21K 95 -15688 -2803 -1227 -256 401 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.10 0.12 1.09 1.18 0.39 --
21L 95 -15688 1553 -1227 -256 401 1880 4.02 4.02 4.02 4.02 6 0.11 0.09 0.89 0.00 0.00 --
21M 95 18828 -2803 1008 -256 -417 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.79 0.12 1.29 1.18 0.39 --
21N 95 18828 1553 1008 -256 -417 1880 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.79 0.09 0.99 0.00 0.00 --
21O 95 18828 -2803 -1227 -256 401 -1114 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.78 0.12 1.29 1.18 0.39 --
21P 95 18828 1553 -1227 -256 401 1880 4.02 4.02 4.02 4.02 1 0.78 0.09 0.99 0.00 0.00 --

apost= 2.01 aant= 2.01 ainf= 2.01 asup= -- (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 26.6

21C 17 -28451 -7501 -2082 -420 -3563 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.72 0.25 1.94 3.52 0.64 20.9
21D 17 -28451 7758 -2082 -420 -3563 -8549 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.72 0.25 2.01 3.52 0.64 20.9
21E 17 31391 -7501 1599 -420 2961 9145 10.05 6.03 8.04 4.02 2 0.94 0.27 2.32 3.15 0.64 22.7
21F 17 31391 7758 1599 -420 2961 -8549 10.05 6.03 4.02 8.04 2 0.93 0.28 2.82 3.25 0.64 22.1
21G 17 31391 -7501 -2082 -420 -3563 9145 6.03 12.06 8.04 4.02 2 0.94 0.27 2.32 3.52 0.64 20.9
21H 17 31391 7758 -2082 -420 -3563 -8549 6.03 12.06 4.02 8.04 2 0.91 0.28 2.82 3.52 0.64 20.9
21I 17 -18854 -5055 1052 -312 2028 9145 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.46 0.18 1.49 2.12 0.48 32.7
21J 17 -18854 5312 1052 -312 2028 -5730 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.37 0.18 1.56 2.23 0.48 31.6
21K 17 -18854 -5055 -1535 -312 -2630 9145 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.58 0.18 1.49 2.60 0.48 28.3
21L 17 -18854 5312 -1535 -312 -2630 -5730 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.58 0.18 1.56 2.60 0.48 28.3
21M 17 21794 -5055 1052 -312 2028 9145 8.04 4.02 8.04 4.02 2 0.80 0.19 1.64 2.12 0.48 32.7
21N 17 21794 5312 1052 -312 2028 -5730 8.04 4.02 4.02 6.03 2 0.83 0.20 2.00 2.23 0.48 31.6
21O 17 21794 -5055 -1535 -312 -2630 9145 4.02 8.04 8.04 4.02 2 0.93 0.19 1.64 2.60 0.48 28.3
21P 17 21794 5312 -1535 -312 -2630 -5730 4.02 8.04 4.02 6.03 2 0.93 0.20 2.00 2.60 0.48 28.3
apost= 6.03 aant= 8.04 ainf= 4.02 asup= 4.02 (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.9

1 34 1997 51 -311 -69 -341 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.02 0.24 0.00 0.00 --
2 34 2864 -43 -344 -71 -178 614 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.16 0.03 0.25 0.00 0.00 --
3 34 3621 -323 -432 -60 -513 878 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.31 0.03 0.23 0.00 0.00 --
4 34 616 433 -236 -91 -215 290 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.03 0.33 0.00 0.00 --
5 34 1301 304 -191 -77 171 374 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.11 0.02 0.26 0.00 0.00 --
6 34 2561 -100 -414 -73 -679 599 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.34 0.03 0.26 0.00 0.00 --
7 34 3641 -322 -437 -61 -519 882 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.31 0.03 0.24 0.00 0.00 --
8 34 1853 200 -279 -81 -79 448 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.03 0.26 0.00 0.00 --
9 34 1674 215 -261 -79 -58 424 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.02 0.25 0.00 0.00 --
19 34 1909 57 -301 -68 -328 427 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.02 0.23 0.00 0.00 --
20 34 1997 51 -311 -69 -341 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.19 0.02 0.24 0.00 0.00 --
21A 34 -28451 -7560 1599 -420 2691 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.49 0.25 1.95 3.17 0.64 22.5
21B 34 -28451 7698 1599 -420 2691 -8549 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.49 0.25 2.00 3.23 0.64 22.3
21C 34 -28451 -7560 -2082 -420 -3212 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.59 0.25 1.95 3.52 0.64 20.9
21D 34 -28451 7698 -2082 -420 -3212 -8549 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.59 0.25 2.00 3.52 0.64 20.9
21E 34 31391 -7560 1599 -420 2691 9145 10.05 6.03 8.04 4.02 2 0.94 0.27 2.33 3.17 0.64 22.5
21F 34 31391 7698 1599 -420 2691 -8549 10.05 6.03 4.02 8.04 2 0.91 0.28 2.81 3.23 0.64 22.3
21G 34 31391 -7560 -2082 -420 -3212 9145 6.03 10.05 8.04 4.02 2 0.97 0.27 2.33 3.52 0.64 20.9
21H 34 31391 7698 -2082 -420 -3212 -8549 6.03 10.05 4.02 8.04 2 0.97 0.28 2.81 3.52 0.64 20.9
21I 34 -18854 -5114 1052 -312 1850 8447 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.40 0.18 1.50 2.15 0.48 32.4
21J 34 -18854 5253 1052 -312 1850 -5730 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.34 0.18 1.55 2.20 0.48 31.8
21K 34 -18854 -5114 -1535 -312 -2371 8447 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.48 0.18 1.50 2.60 0.48 28.3
21L 34 -18854 5253 -1535 -312 -2371 -5730 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.48 0.18 1.55 2.60 0.48 28.3
21M 34 21794 -5114 1052 -312 1850 8447 8.04 4.02 8.04 4.02 2 0.76 0.19 1.65 2.15 0.48 32.4
21N 34 21794 5253 1052 -312 1850 -5730 8.04 4.02 4.02 6.03 2 0.83 0.19 1.98 2.20 0.48 31.8
21O 34 21794 -5114 -1535 -312 -2371 8447 4.02 8.04 8.04 4.02 2 0.88 0.19 1.65 2.60 0.48 28.3
21P 34 21794 5253 -1535 -312 -2371 -5730 4.02 8.04 4.02 6.03 2 0.88 0.19 1.98 2.60 0.48 28.3
apost= 6.03 aant= 6.03 ainf= 4.02 asup= 4.02 (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.9

1 51 1997 -14 -311 -69 -288 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.17 0.02 0.24 0.00 0.00 --
2 51 2864 -120 -303 -71 -123 614 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.02 0.24 0.00 0.00 --
3 51 3621 -400 -432 -60 -440 878 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.28 0.03 0.24 0.00 0.00 --
4 51 616 356 -236 -91 -176 290 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.03 0.31 0.00 0.00 --
5 51 1301 228 -124 -77 197 374 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.02 0.25 0.00 0.00 --
6 51 2561 -177 -454 -73 -606 599 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.31 0.03 0.27 0.00 0.00 --
7 51 3641 -398 -437 -61 -446 882 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.28 0.03 0.24 0.00 0.00 --
8 51 1853 124 -238 -81 -36 448 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.02 0.25 0.00 0.00 --
9 51 1674 139 -221 -79 -17 424 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.02 0.25 0.00 0.00 --
19 51 1909 -8 -301 -68 -278 427 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.17 0.02 0.23 0.00 0.00 --
20 51 1997 -14 -311 -69 -288 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.17 0.02 0.24 0.00 0.00 --
21A 51 -28451 -7619 1599 -420 2422 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.44 0.25 1.96 3.20 0.64 22.4
21B 51 -28451 7639 1599 -420 2422 -10354 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.44 0.25 2.00 3.20 0.64 22.4
21C 51 -28451 -7619 -2082 -420 -2860 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.52 0.25 1.96 3.52 0.64 20.9
21D 51 -28451 7639 -2082 -420 -2860 -10354 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.52 0.25 2.00 3.52 0.64 20.9
21E 51 31391 -7619 1599 -420 2422 9145 10.05 6.03 8.04 4.02 2 0.94 0.27 2.34 3.20 0.64 22.4
21F 51 31391 7639 1599 -420 2422 -10354 10.05 6.03 4.02 10.05 2 0.84 0.27 2.80 3.20 0.64 22.4
21G 51 31391 -7619 -2082 -420 -2860 9145 6.03 10.05 8.04 4.02 2 0.94 0.27 2.34 3.52 0.64 20.9
21H 51 31391 7639 -2082 -420 -2860 -10354 6.03 10.05 4.02 10.05 2 0.91 0.27 2.80 3.52 0.64 20.9
21I 51 -18854 -5173 1052 -312 1673 7623 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.33 0.18 1.50 2.17 0.48 32.1
21J 51 -18854 5194 1052 -312 1673 -6943 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.30 0.18 1.54 2.18 0.48 32.1
21K 51 -18854 -5173 -1535 -312 -2112 7623 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.39 0.18 1.50 2.60 0.48 28.3
21L 51 -18854 5194 -1535 -312 -2112 -6943 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.39 0.18 1.54 2.60 0.48 28.3
21M 51 21794 -5173 1052 -312 1673 7623 6.03 4.02 6.03 4.02 2 0.96 0.19 1.74 2.17 0.48 32.1
21N 51 21794 5194 1052 -312 1673 -6943 6.03 4.02 4.02 6.03 2 0.96 0.19 1.97 2.18 0.48 32.1
21O 51 21794 -5173 -1535 -312 -2112 7623 4.02 8.04 6.03 4.02 2 0.96 0.19 1.74 2.60 0.48 28.3
21P 51 21794 5194 -1535 -312 -2112 -6943 4.02 8.04 4.02 6.03 2 0.91 0.19 1.97 2.60 0.48 28.3
apost= 6.03 aant= 6.03 ainf= 4.02 asup= 6.03 (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.9

1 68 1997 -79 -311 -69 -236 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.02 0.24 0.00 0.00 --
2 68 2864 -197 -263 -71 -75 614 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.02 0.23 0.00 0.00 --
3 68 3621 -477 -432 -60 -367 878 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.25 0.03 0.26 0.00 0.00 --
4 68 616 280 -236 -91 -136 290 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.07 0.03 0.30 0.00 0.00 --
5 68 1301 151 -57 -77 213 374 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.12 0.02 0.23 0.00 0.00 --
6 68 2561 -254 -494 -73 -526 599 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.28 0.03 0.28 0.00 0.00 --
7 68 3641 -475 -437 -61 -372 882 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.26 0.03 0.26 0.00 0.00 --
8 68 1853 47 -198 -81 1 448 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.10 0.02 0.25 0.00 0.00 --
9 68 1674 62 -181 -79 17 424 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.09 0.02 0.24 0.00 0.00 --
19 68 1909 -73 -301 -68 -227 427 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.02 0.23 0.00 0.00 --
20 68 1997 -79 -311 -69 -236 441 4.02 4.02 4.02 4.02 2 0.15 0.02 0.24 0.00 0.00 --
21A 68 -28451 -7678 1599 -420 2152 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.39 0.25 1.96 3.22 0.64 22.3
21B 68 -28451 7580 1599 -420 2152 -3355 6.03 6.03 4.02 4.02 5 0.39 0.25 1.99 3.18 0.64 22.5
21C 68 -28451 -7678 -2082 -420 -2509 9145 6.03 6.03 4.02 4.02 4 0.45 0.25 1.96 3.52 0.64 20.9
21D 68 -28451 7580 -2082 -420 -2509 -3355 6.03 6.03 4.02 4.02 5 0.45 0.25 1.99 3.52 0.64 20.9
21E 68 31391 -7678 1599 -420 2152 9145 8.04 6.03 8.04 4.02 2 0.99 0.28 2.35 3.22 0.64 22.3
21F 68 31391 7580 1599 -420 2152 -3355 8.04 6.03 4.02 6.03 2 0.99 0.27 2.78 3.18 0.64 22.5
21G 68 31391 -7678 -2082 -420 -2509 9145 6.03 10.05 8.04 4.02 2 0.94 0.28 2.35 3.52 0.64 20.9
21H 68 31391 7580 -2082 -420 -2509 -3355 6.03 10.05 4.02 6.03 2 0.88 0.27 2.78 3.52 0.64 20.9
21I 68 -18854 -5232 1052 -312 1496 6790 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.28 0.18 1.51 2.20 0.48 31.9
21J 68 -18854 5135 1052 -312 1496 -2187 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.27 0.18 1.53 2.15 0.48 32.3
21K 68 -18854 -5232 -1535 -312 -1853 6790 4.02 4.02 4.02 4.02 4 0.34 0.18 1.51 2.60 0.48 28.3
21L 68 -18854 5135 -1535 -312 -1853 -2187 4.02 4.02 4.02 4.02 5 0.34 0.18 1.53 2.60 0.48 28.3
21M 68 21794 -5232 1052 -312 1496 6790 6.03 4.02 6.03 4.02 2 0.92 0.19 1.75 2.20 0.48 31.9
21N 68 21794 5135 1052 -312 1496 -2187 6.03 4.02 4.02 4.02 2 0.92 0.19 1.96 2.15 0.48 32.3
21O 68 21794 -5232 -1535 -312 -1853 6790 4.02 8.04 6.03 4.02 2 0.90 0.19 1.75 2.60 0.48 28.3
21P 68 21794 5135 -1535 -312 -1853 -2187 4.02 8.04 4.02 4.02 2 0.90 0.19 1.96 2.60 0.48 28.3
apost= 4.02 aant= 6.03 ainf= 4.02 asup= 2.01 (e arm. base= 4 X 2.01) staffe= 2 d 8 / 20.9

PROGETTO DEL SISTEMA DI RINFORZO TRAVE RICALATA P.1° SUD

E' necessario un rinforzo a pressoflessione ed a taglio ed è previsto, come già scritto, attraverso placcaggio fibrorinforzato della trave, ovvero incollaggio di tessuti in fibra di carbonio, FRP, mediante resina impregnante epossidica; nel caso in oggetto è stato ipotizzato l'uso del sistema prodotto dotato di Certificato di Valutazione Tecnica ai sensi del capitolo 11 punto 11.1 lett c) delle NTC2018 ed attraverso l'apposito software di calcolo si è determinata la tipologia, la larghezza e la quantità di strati di tessuto sufficiente ad ottenere la verifica della sezione nella combinazione di Momento M_z e Sforzo normale F_x più gravosa (rinforzo a flessione) ed in quella di taglio e sforzo normale più gravosa (rinforzo a taglio).

Come indicato nel disegno esecutivo il sistema si compone di :

- tessuti unidirezionali ad alta tenacità con peso della fibra di carbonio di 400 gr/mc e caratteristiche meccaniche sotto riportate in un reestratto della scheda tecnica;
- resina impregnante epossidica;
- connettore tipo Ardfix (barra di carbonio) M8, con resina epossidica tissotropica e fasce a 45° larghezza 5m

Per le caratteristiche dei materiali previsti si rimanda alla relazione sui materiali.

Di seguito si riportano in risultati delle verifiche eseguite sulla trave ricalata in oggetto, a pressoflessione, secondo la combinazione più sfavorevole di Momento e Sforzo Normale, ed a taglio per la combinazione più sfavorevole di taglio.

RINFORZO A PRESSOFLESSIONE

Si riporta di seguito il calcolo per la valutazione del rinforzo a pressoflessione di un elemento in calcestruzzo armato con sezione rettangolare mediante l'uso di materiali compositi FRP. La presente relazione riporta le caratteristiche della sezione, le proprietà scelte per i materiali, la verifica allo stato limite ultimo per flessione retta e la verifica allo stato limite di esercizio per le tensioni.

Normative di riferimento assunte per il calcolo

Il calcolo è redatto in conformità alle indicazioni delle Norme Tecniche per le costruzioni (NTC2018), integrate dalla Circolare applicativa del 2009, e delle linee guida CNR-DT 200R1/2013 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'uso di compositi fibrorinforzati".

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 200 mm
Altezza totale (H): 700 mm

Caratteristiche dei materiali

	d_s [mm]	N. Barre	ϕ [mm]	A_s [mm ²]
	35	3	16	603
Geometria delle armature	350	2	16	402
	665	3	16	603
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):			35 mm	
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):			35 mm	

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
Resistenza media a trazione: Valori di Classe

	Disposizione degli elementi in FRP	d_{FRP} [mm]	n. strati	bf [mm]	tf [mm]	Af [mm ²]	n. fasce affiancate
Elemento sup	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	0	3	200	0,225	135	1
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	700	3	200	0,225	135	1

Caratteristiche dei materiali

Nel presente paragrafo sono riportate le proprietà dei materiali scelte per il calcolo. Le resistenze di progetto di calcestruzzo e acciaio sono state divise per un opportuno fattore di confidenza, valutato sulla base del livello di conoscenza raggiunto.

Livello di conoscenza:

Fattore di confidenza adottato: 1,2

Calcestruzzo

Resistenza cilindrica (stimata o da prove) (f_c):	28 N/mm ²
Resistenza cilindrica media (f_{cm}):	28 N/mm ²
Resistenza media a trazione (f_{ctm}):	2,21 N/mm ²
Modulo di elasticità normale (E_{cm}):	29962 N/mm ²
Deformazione di riferimento del calcestruzzo (ϵ_{c2}):	0,002
Deformazione ultima del calcestruzzo (ϵ_{cu}):	0,0035
Coefficiente di sicurezza (γ_c):	1,5
Resistenza di progetto (f_{cd}):	9,44 N/mm ²

Acciaio

Resistenza caratteristica a snervamento (f_{yk}):	375 N/mm ²
Resistenza caratteristica a rottura (f_{tk}):	451 N/mm ²
Modulo di elasticità normale (E_s):	206000 N/mm ²
Deformazione di progetto dell'acciaio (ϵ_{yd}):	0,0013
Deformazione a rottura dell'acciaio (ϵ_u):	0,0675
Coefficiente di sicurezza (γ_s):	1,15
Resistenza di progetto a snervamento (f_{yd}):	272 N/mm ²

Rinforzo FRP a flessione

Il rinforzo scelto a flessione è costituito da Tessuti in Fibra di Carbonio dalle seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche. La condizione di esposizione considerata è esterna. Il tipo di carico è ciclico.

Condizione di esposizione:	esterna
Tipologia di carico:	ciclico
Resistenza caratteristica del rinforzo (f_{fk}):	2700 N/mm ²
Modulo di elasticità normale del rinforzo (E_f):	210000 N/mm ²
Allungamento a rottura della fibra (ϵ_f):	0,0129
Fattore di conversione ambientale (η_a):	0,85
Fattore di conversione effetti di lunga durata (η_l):	0,5
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale (γ_f):	1,1

Negli interventi di rinforzo con FRP l'aderenza tra il calcestruzzo e il composito assume grande importanza, in quanto il meccanismo di rottura per distacco dal supporto è di tipo fragile. Il distacco dei rinforzi a flessione può verificarsi secondo diverse modalità, ma i più frequenti sono il distacco d'estremità e il distacco intermedio, causato dalle fessure per flessione nella trave. Nel seguito si considereranno solo queste due modalità, in quanto le altre modalità di collasso fragile possono essere mitigate seguendo le indicazioni del paragrafo 4.8 della CNR 200R1/2013 sulle condizioni del substrato e la preparazione del supporto.

Tipologia di carico applicato:	Uniformemente distribuito
Coefficiente correttivo di tipo sperimentale (K_g):	0,037 mm
Coefficiente parziale del materiale per distacco dal supporto ($\gamma_{f,d}$):	1,2
Coefficiente correttivo di tipo geometrico (K_b):	1
Energia specifica di frattura (Γ_f):	0,243 N/mm ²
Tensione di aderenza di progetto (f_{bd}):	1,94 N/mm ²

La lunghezza di ancoraggio ottimale del rinforzo è pari alla lunghezza necessaria ad assicurare la trasmissione del massimo sforzo di aderenza. Nel caso di lunghezze di ancoraggio inferiori a quella ottimale la tensione limite nel rinforzo per evitare il distacco di estremità (1° modo) deve essere opportunamente ridotta.

Lunghezza ottimale di ancoraggio di progetto (l_{ed}):	169,8 mm
Lunghezza effettiva di ancoraggio (l_b):	200 mm

Le tensioni massime di progetto per il composito, necessarie a evitare il distacco dal supporto, sono le seguenti.

Tensione di progetto del rinforzo (distacco del 1° modo) ($f_{fdd,1}$):	323,8 N/mm ²
Tensione di progetto del rinforzo (distacco del 2° modo) ($f_{fdd,2}$):	665,3 N/mm ²
Disporre elementi di ancoraggio all'estremità:	Si
Tipologia di ancoraggio all'estremità:	Ardfix
Altezza del tessuto (H):	700 mm
Larghezza del tessuto (b_f):	200 mm
Passo del tessuto (p_f):	300 mm
Lunghezza connettore ARDFIX (h_{ARDFIX}):	467 mm
Diametro del connettore (Φ_{ARDFIX}):	8 mm
Tensione di progetto ridotta in funzione di l_b :	665,3 N/mm ²

Il valore $f_{fdd,2}$ rappresenta la massima tensione applicabile sul rinforzo per non avere distacchi intermedi, mentre il

valore $f_{dd,rid}$ rappresenta il valore di tensione che determina il distacco d'estremità. Il primo valore non può essere superato per tutto lo sviluppo del rinforzo, mentre il secondo valore non può essere superato ad una distanza dall'estremo del rinforzo inferiore o uguale alla lunghezza effettiva di ancoraggio l_D .

Nel caso in esame, il rinforzo a confinamento non è presente e si considera la possibilità di distacco intermedio. Si considera comunque la presenza di un tessuto trasversale all'estremità del rinforzo longitudinale, per prevenire il distacco d'estremità.

Deformazione limite del composito per distacco dal supporto (ϵ_{fd}):	0,0032
Deformazione di progetto del rinforzo (ϵ_{fd}):	0,0032

Sollecitazioni di calcolo

Nel presente paragrafo sono riportate le sollecitazioni agenti sulla sezione per le combinazioni quasi permanente, rara e allo stato limite ultimo. È riportata anche la sollecitazione flettente presente all'atto dell'applicazione del rinforzo, necessaria a valutare lo stato deformativo della struttura. I valori indicati sono positivi nel caso di fibre tese inferiori. Lo sforzo assiale è positivo nel caso di trazione.

Carico assiale sollecitante per la combinazione SLU (N_{ed}):	314 kN
Momento flettente sollecitante per la combinazione SLU (M_{ed}):	92 kNm

Caratteristiche della sezione confinata

Il confinamento dell'elemento in c.a. consente di migliorare le prestazioni dell'elemento strutturale, incrementando la resistenza e la deformazione ultima a compressione. Di seguito è riportato il calcolo delle caratteristiche del calcestruzzo rinforzato a confinamento secondo la geometria riportata in precedenza.

Resistenza di progetto del calcestruzzo (f_{cd}):	9,44 N/mm ²
Deformazione ultima del calcestruzzo (ϵ_{cu}):	0,0035
Deformazione ultima a rottura per il confinamento ($\epsilon_{f,rid}$):	0
Resistenza del calcestruzzo confinato (f_{ccd}):	9,44
Incremento di resistenza del calcestruzzo confinato:	1
Deformazione ultima del calcestruzzo confinato (ϵ_{ccd}):	0,0035

Verifiche a flessione della sezione non rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in assenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le usuali ipotesi di conservazione delle sezioni piane, perfetta aderenza tra i materiali componenti, resistenza a trazione nulla del calcestruzzo e legami costitutivi di calcestruzzo e acciaio conformi alla normativa vigente.

Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X^+):	28,6 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}):	-3,03 ‰
Deformazione sull'armatura inferiore (ϵ_{inf}):	67,5 ‰
Momento resistente della sezione (M_{Rd}^+):	39,75 kNm
Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X^-):	28,6 mm
Deformazione sull'armatura superiore (ϵ_{sup}):	67,5 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}):	-3,03 ‰
Momento resistente della sezione (M_{Rd}^-):	-39,75 kNm

La verifica non è soddisfatta. Risulta necessario inserire il rinforzo.

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}):	1,1
--	-----

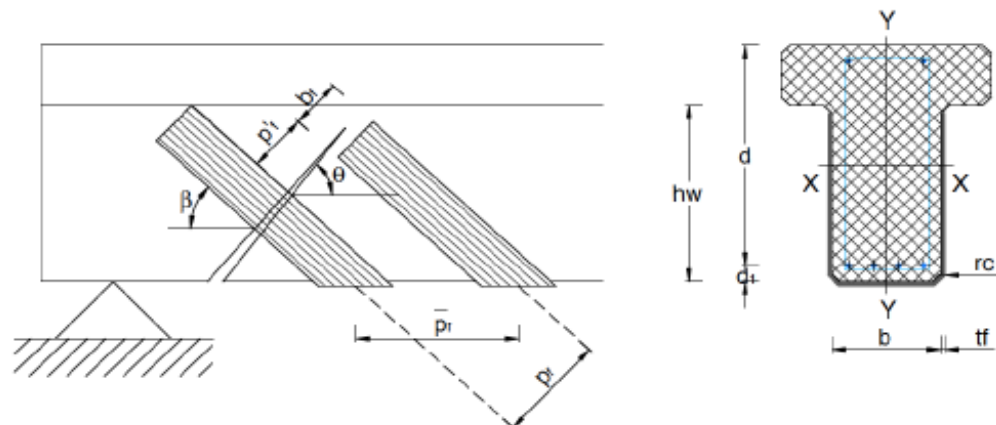
Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X_+):	74 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}):	-0,37 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}):	3,17 ‰
Momento resistente positivo della sezione rinforzata (M_{Rd}^+ rinf):	89,76 kNm
Incremento di resistenza momento positivo:	2,26
Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X^-):	74 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}):	3,17 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}):	-0,37 ‰
Momento resistente negativo della sezione rinforzata (M_{Rd}^- rinf):	-89,76 kNm
Incremento di resistenza momento negativo:	2,26

L'incremento di resistenza della sezione è superiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013. Questo limite può essere trascurato in presenza di azioni eccezionali o sismiche, altrimenti deve di norma essere tenuto in conto.

Riepilogo verifiche

	Momento sollecitante	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.
Sezione non rinforzata [kNm]	92	39,75	-39,75	2,31	–	–
Sezione rinforzata [kNm]		89,76	-89,76	1,02	2,26	2,26

Rinforzo a taglio



SOLLECITAZIONI

Taglio sollecitante (V_{ed}):	77 kN
Sforzo normale (N_{ed}):	314 kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE NON RINFORZATA

Resistenza a taglio della sezione senza armature trasversali resistenti a taglio

Coefficiente k (k):	1,548 N/mm ²
Coefficiente v_{min} (v_{min}):	0,275 (1/mm) ^{1/2}
Area di calcestruzzo (A_c):	140000 mm ²
Rapp. geom. armatura longitudinale (ρ_l):	0,0045
Tensione media di compressione nella sezione (σ_c):	1,89 N/mm ²

Resistenza a taglio senza armatura: $V_{Rd,c} = 86,18 \text{ kN} > V_{Ed} = 77 \text{ kN}$

La verifica è soddisfatta

Resistenza a taglio della sezione con armature trasversali resistenti a taglio

Angolo d'inclinazione delle armature a taglio (α):	90 °
Coefficiente maggiorativo α_c (α_c):	1,2

Angolo d'inclinazione delle bielle di calcestruzzo (θ_{reale}):	15,7 °
(COTG θ_{reale}):	3,56

cotg θ	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
1	49,55	339,15	49,55
2,5	123,86	233,9	123,86
0	0	0	0

Resistenza a taglio: $V_{Rd,c} = 49,55 \text{ kN} < V_{Ed} = 77$

La verifica non è soddisfatta; inserire rinforzo

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE RINFORZATA CON FRP

Caratteristiche geometriche e meccaniche del rinforzo in tessuti in FRP

Tipo di tessuto utilizzato:	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati
Valori da assumere per il calcolo:	Valori di classe
Numero di strati di rinforzo:	2
Altezza del rinforzo (h_w):	480 mm
Larghezza del nastro (b_f):	200 mm
Area resistente (A_f):	90 mm ²
Spessore del sistema di rinforzo (t_f):	0,45 mm
Tensione di rottura a trazione del nastro (f_{rk}):	2700 N/mm ²
Modulo elastico a trazione del nastro (E_f):	210000 N/mm ²
Allungamento (ϵ_{rk}):	0,0129 %
Coefficiente parziale di sicurezza (compreso tra 1,20 e 1,50) ($\gamma_{r,d}$):	1,2
Condizione di esposizione:	esterna
Verrà impiegato un rivestimento protettivo dell'FRP?	True
Fattore di conversione ambientale (Tabella 3-2) (η_a):	0,935
Fattore di conversione per effetti di lunga durata (Tabella 3-3) (η_l):	0,5
Raggio di curvatura spigolo sezione rinforzata ($0 \leq r_c/b \leq 0,5$) (r_c):	1 mm
Passo degli strati di rinforzo (p_f):	250 mm
Angolo d'inclinazione delle fibre rispetto all'asse longitudinale (β):	90 °

Resistenza a taglio della sezione rinforzata con FRP

Energia specifica di frattura (Γ_{Fd}):	0,24 N/mm ²
Tensione di progetto del rinforzo (distacco del primo modo) (f_{rd}):	396,51 N/mm ²
Resistenza di adesione rinforzo-calcestruzzo (f_{bd}):	0,32 N/mm ²
Lunghezza ottimale di ancoraggio di progetto (l_{ed}):	200 N/mm ²
Tensione efficace di calcolo (f_{red}):	341,44 N/mm ²

Considerata una resistenza della sezione non rinforzata con armature trasversali

si ottiene che:

$V_{Rd,s}$	resistenza a taglio-trazione dell'armatura trasversale	49,55 kN
$V_{Rd,f}$	resistenza a taglio-trazione del rinforzo in FRP	122,61 kN
$V_{Rd,c}$	resistenza a taglio-compressione del calcestruzzo	339,15 kN
V_{Rd}	Resistenza a taglio della sezione NON rinforzata	49,55 kN
$V_{Rd,rinf}$	Resistenza a taglio della sezione rinforzata	172,16 kN

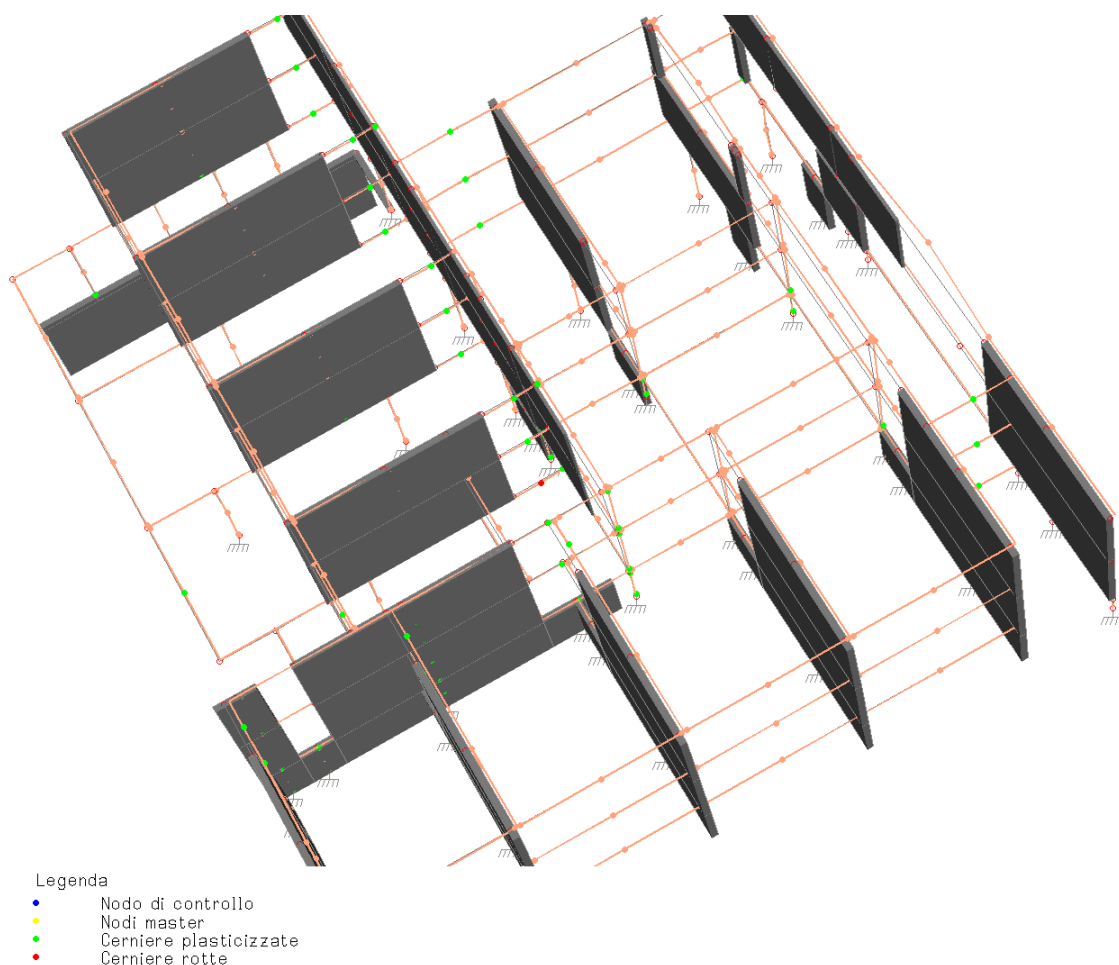
Applicare la limitazione di incremento della capacità di calcolo del 50%? **SI**

$$V_{Rd,rinf} = 86 \text{ kN} > 77 \text{ kN} \text{ verifica soddisfatta}$$

2. ANALISI DEL RINFORZO DELLE TRAVI A SPESSORE

Come indicato nella premessa del paragrafo “Rinforzo delle travi” dall'analisi non lineare si è visto che le cerniere plastiche si concentrano nelle travi a spessore, all'interno dell'edificio, ai vari livelli (piano terra, piano primo, piano secondo); per la riduzione dei fenomeni di **instabilità locale**, quindi, si prevede il **rinforzo a flessione** mediante incollaggio di tessuti in fibra di carbonio e resina impregnante, *della stessa tipologia* di quelli previsti per la trave ricalata trattata in precedenza.

Come possiamo vedere dalla seguente immagine in cui è rappresentata la deformata relativa all'ultimo passo della pushover allo stato attuale, nella combinazione 9, le cerniere si sono localizzate soprattutto nelle sezioni di mezzeria e finali delle travi a spessore 5-6, 8-9 e 11-12 e nelle travi ricalate 18-19.



Per queste travi, quindi, si riportano solo i calcoli di verifica, distinti per le varie tipologie di sezione, e solo nella combinazione, per ognuna di esse, più gravosa.

Con il presente progetto saranno posizionati dei controventi in corrispondenza della campata 18-19, che quindi non sarà interessata dall'intervento di rinforzo, mentre sulle altre travi a spessore di collegamento tra i maschi murari portanti e le pareti di controvento si progetta un intervento di rinforzo mediante l'uso di materiali compositi FRP.

Le travi interessate dal rinforzo saranno:

- n.3 al solaio del piano terra in cui sarà disposto solamente un rinforzo inferiore.
- n.10 al solaio del piano primo in cui sarà disposto un rinforzo sia superiore che inferiore.
- n.10 al solaio di copertura in cui sarà disposto solamente un rinforzo inferiore.

Saranno interessate in totale 4 tipi di sezione, riepilogati nel prospetto seguente:

SEZIONE	BASE (cm)	ALTEZZA (cm)	ARM. SUP.	ARM. INF.	STAFFE
A	60	22	3Ø16	3Ø16	Ø8/15
B	60	22	3Ø16	4Ø16	Ø8/15
C	80	22	3Ø16	7Ø16	Ø8/15
D	40	22	3Ø16	4Ø16	Ø8/10

Le armature riportate si riferiscono alla disposizione effettivamente rilevata da saggi sulle travi (si veda allegato con le immagini dei saggi), ed alla disposizione indicata nelle tavole di progetto depositate al Genio Civile.

Il sistema di rinforzo strutturale da utilizzare sarà un placcaggio fibrorinforzato realizzato “in situ” e costituito da tessuti in fibra di carbonio abbinati a resine di impregnazione di tipo epossidico.

In ogni intervento sono previsti 3o2 strati di tessuto in fibra di carbonio della larghezza di 20cm ciascuno, di area totale di 405 mm².

Non avendo a disposizione una lunghezza sufficiente di ancoraggio, le fascie saranno ancorate mediante connettori in fibra di diametro 8mm.

Si riportano i risultati di calcolo estesi per la sola sezione B nella condizione di rinforzo di rinforzo sia superiore che inferiore. Di seguito si riporteranno i risultati sintetici delle altre sezioni

SEZIONE B	60x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 4Ø16
rinforzo superiore ed inferiore			

Si riporta di seguito il calcolo per la valutazione del rinforzo a pressoflessione di un elemento in calcestruzzo armato con sezione rettangolare mediante l'uso di materiali compositi FRP. La presente relazione riporta le caratteristiche della sezione, le proprietà scelte per i materiali, la verifica allo stato limite ultimo per flessione retta e la verifica allo stato limite di esercizio per le tensioni.

Normative di riferimento assunte per il calcolo

Il calcolo è redatto in conformità alle indicazioni delle Norme Tecniche per le costruzioni (NTC2008), integrate dalla Circolare applicativa del 2009, e delle linee guida CNR-DT 200R1/2013 “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'uso di compositi fibrorinforzati”.

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 600 mm

Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	ϕ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603
	184	4	16	804
Coprifermo di calcolo superiore (delta_sup):		36 mm		
Coprifermo di calcolo inferiore (delta_inf):		36 mm		

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
 Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
 Resistenza media a trazione: Valori di Classe

Disposizione degli elementi in FRP		dFRP [mm]	n. strati	bf [mm]	tf [mm]	Af [mm²]	n. fasce affiancate
Elemento sup	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	0	3	600	0,225	405	3
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Caratteristiche dei materiali

Nel presente paragrafo sono riportate le proprietà dei materiali scelte per il calcolo. Le resistenze di progetto di calcestruzzo e acciaio sono state divise per un opportuno fattore di confidenza, valutato sulla base del livello di conoscenza raggiunto.

Livello di conoscenza:

Fattore di confidenza adottato: 1,2

Calcestruzzo

Resistenza cilindrica (stimata o da prove) (fc):	20 N/mm ²
Resistenza cilindrica media (fcm):	28 N/mm ²
Resistenza media a trazione (fctm):	2,21 N/mm ²
Modulo di elasticità normale (Ecm):	29962 N/mm ²
Deformazione di riferimento del calcestruzzo (ϵ_{c2}):	0,002
Deformazione ultima del calcestruzzo (ϵ_{cu}):	0,0035
Coefficiente di sicurezza (γ_c):	1,5
Resistenza di progetto (fcd):	9,44 N/mm ²

Acciaio

Resistenza caratteristica a snervamento (fyk):	375 N/mm ²
Resistenza caratteristica a rottura (ftk):	451 N/mm ²
Modulo di elasticità normale (Es):	206000 N/mm ²
Deformazione di progetto dell'acciaio (ϵ_{yd}):	0,0013
Deformazione a rottura dell'acciaio (ϵ_u):	0,0675
Coefficiente di sicurezza (γ_s):	1,15
Resistenza di progetto a snervamento (fyd):	272 N/mm ²

Rinforzo FRP a flessione

Il rinforzo scelto a flessione è costituito da Tessuti in Fibra di Carbonio dalle seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche. La condizione di esposizione considerata è interna. Il tipo di carico è di lungo termine.

Condizione di esposizione: interna

Tipologia di carico:	di lungo termine
Resistenza caratteristica del rinforzo (f_{fk}):	2700 N/mm ²
Modulo di elasticità normale del rinforzo (E_f):	210000 N/mm ²
Allungamento a rottura della fibra (ϵ_f):	0,0129
Fattore di conversione ambientale (η_a):	0,95
Fattore di conversione effetti di lunga durata (η_l):	0,8
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale (γ_f):	1,1

Negli interventi di rinforzo con FRP l'aderenza tra il calcestruzzo e il composito assume grande importanza, in quanto il meccanismo di rottura per distacco dal supporto è di tipo fragile. Il distacco dei rinforzi a flessione può verificarsi secondo diverse modalità, ma i più frequenti sono il distacco d'estremità e il distacco intermedio, causato dalle fessure per flessione nella trave. Nel seguito si considereranno solo queste due modalità, in quanto le altre modalità di collasso fragile possono essere mitigate seguendo le indicazioni del paragrafo 4.8 della CNR 200R1/2013 sulle condizioni del substrato e la preparazione del supporto.

Tipologia di carico applicato: Uniformemente distribuito

Coefficiente correttivo di tipo sperimentale (K_g): 0,037 mm

Coefficiente parziale del materiale per distacco dal supporto ($\gamma_{f,d}$): 1,2

Coefficiente correttivo di tipo geometrico (K_b): 1

Energia specifica di frattura (Γ_f): 0,205 N/mm²

Tensione di aderenza di progetto (f_{bd}): 1,64 N/mm²

La lunghezza di ancoraggio ottimale del rinforzo è pari alla lunghezza necessaria ad assicurare la trasmissione del massimo sforzo di aderenza. Nel caso di lunghezze di ancoraggio inferiori a quella ottimale la tensione limite nel rinforzo per evitare il distacco di estremità (1° modo) deve essere opportunamente ridotta.

Lunghezza ottimale di ancoraggio di progetto (l_{ed}): 184,7 mm

Lunghezza effettiva di ancoraggio (l_b): 200 mm

Le tensioni massime di progetto per il composito, necessarie a evitare il distacco dal supporto, sono le seguenti.

Tensione di progetto del rinforzo (distacco del 1° modo) ($f_{fdd,1}$): 297,6 N/mm²

Tensione di progetto del rinforzo (distacco del 2° modo) ($f_{fdd,2}$): 611,6 N/mm²

Disporre elementi di ancoraggio all'estremità: Sì

Tipologia di ancoraggio all'estremità: Ardfix

Altezza del tessuto (H): 220 mm

Larghezza del tessuto (bf): 600 mm

Lunghezza connettore ARDFIX (hARDFIX): 147 mm

Diametro del connettore (Φ ARDFIX): 8 mm

Tensione di progetto ridotta in funzione di l_b : 611,6 N/mm²

Il valore $f_{fdd,2}$ rappresenta la massima tensione applicabile sul rinforzo per non avere distacchi intermedi, mentre il valore $f_{fdd,1}$ rappresenta il valore di tensione che determina il distacco d'estremità. Il primo valore non può essere superato per tutto lo sviluppo del rinforzo, mentre il secondo valore non può essere superato ad una distanza dall'estremo del rinforzo inferiore o uguale alla lunghezza effettiva di ancoraggio l_b .

Nel caso in esame, il rinforzo a confinamento non è presente e si considera la possibilità di distacco intermedio. Si considera comunque la presenza di un tessuto trasversale all'estremità del rinforzo longitudinale, per prevenire il distacco d'estremità.

Deformazione limite del composito per distacco dal supporto (ϵ_{fd}): 0,0029
Deformazione di progetto del rinforzo (ϵ_{fd}): 0,0029

Sollecitazioni di calcolo

Nel presente paragrafo sono riportate le sollecitazioni agenti sulla sezione per le combinazioni quasi permanente, rara e allo stato limite ultimo. È riportata anche la sollecitazione flettente presente all'atto dell'applicazione del rinforzo, necessaria a valutare lo stato deformativo della struttura. I valori indicati sono positivi nel caso di fibre tese inferiori. Lo sforzo assiale è positivo nel caso di trazione.

Resistenza di progetto del calcestruzzo (f_{cd}): 9,44 N/mm²
Deformazione ultima del calcestruzzo (ϵ_{cu}): 0,0035
Deformazione ultima a rottura per il confinamento ($\epsilon_{f,rid}$): 0
Resistenza del calcestruzzo confinato (f_{ccd}): 9,44
Incremento di resistenza del calcestruzzo confinato: 1
Deformazione ultima del calcestruzzo confinato (ϵ_{ccd}): 0,0035

Verifiche a flessione della sezione non rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in assenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le usuali ipotesi di conservazione delle sezioni piane, perfetta aderenza tra i materiali componenti, resistenza a trazione nulla del calcestruzzo e legami costitutivi di calcestruzzo e acciaio conformi alla normativa vigente.

Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X^+): 39,39 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -3,5 ‰
Deformazione sull'armatura inferiore (ϵ_{inf}): 12,85 ‰
Momento resistente della sezione (M_{Rd+}): 35,88 kNm
Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X^-): 35,93 mm
Deformazione sull'armatura superiore (ϵ_{sup}): 14,43 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -3,5 ‰
Momento resistente della sezione (M_{Rd-}): -27,72 kNm

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1
Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X^+): 87,64 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -1,93 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰
Momento resistente positivo della sezione rinforzata ($M_{Rd+rinf}$): 71,81 kNm
Incremento di resistenza momento positivo: 2
Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X^-): 78,86 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -1,63 ‰
Momento resistente negativo della sezione rinforzata ($M_{Rd-rinf}$): -65,23 kNm
Incremento di resistenza momento negativo: 2,35

L'incremento di resistenza della sezione è superiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013. Questo limite può essere trascurato in presenza di azioni eccezionali o

sismiche, altrimenti deve di norma essere tenuto in conto.

Riepilogo verifiche

	<i>Momento ultimo pos.</i>	<i>Momento ultimo neg.</i>	<i>Incremento di resist. pos.</i>	<i>Incremento di resist. neg.</i>
Sezione non rinforzata [kNm]	35,88	-27,72	–	–
Sezione rinforzata [kNm]	71,81	-65,23	2	2,35

Si riportano di seguito le verifiche sintetiche delle altre sezioni

SEZIONE A	60x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 3Ø16
rinforzo inferiore e superiore			

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 600 mm
 Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	φ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603
	184	3	16	603
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):	36 mm			
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):	36 mm			

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
 Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
 Resistenza media a trazione: Valori di Classe

Disposizione degli elementi in FRP		dFRP [mm]	n. strati	bf [mm]	tf [mm]	Af [mm ²]	n. fasce affiancate
Elemento sup	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	0	3	600	0,225	405	3
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1
 Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X+): 82,47 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -1,75 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰
 Momento resistente positivo della sezione rinforzata (MRd+rinf): 64,98 kNm
 Incremento di resistenza momento positivo: 2,34
 Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X-): 82,47 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -1,75 ‰
 Momento resistente negativo della sezione rinforzata (MRd-rinf): -64,98 kNm
 Incremento di resistenza momento negativo: 2,34

L'incremento di resistenza della sezione è superiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013. Questo limite può essere trascurato in presenza di azioni eccezionali o sismiche, altrimenti deve di norma essere tenuto in conto.

Riepilogo verifiche

	Momento sollecitazioni	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.
Sezione non rinforzata [kNm]	0	27,72	-27,72	0	-	-
Sezione rinforzata [kNm]		64,98	-64,98	0	2,34	2,34

SEZIONE A rinforzo inferiore	60x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 3Ø16
---------------------------------	-------	----------------	----------------

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 600 mm
Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	φ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603
	184	3	16	603
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):	36 mm			
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):	36 mm			

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
Resistenza media a trazione: Valori di Classe

	Disposizione degli elementi in FRP	dFRP [mm]	n. strati	bf [mm]	tf [mm]	Af [mm²]	n. fasce affiancate
Elemento sup		0	0	0	0	0	0
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1
Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X^+): 82,47 mm
Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -1,75 ‰
Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰
Momento resistente positivo della sezione rinforzata ($M_{Rd+rinf}$): 64,98 kNm
Incremento di resistenza momento positivo: 2,34

Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X-): 54,38 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -0,96 ‰
 Momento resistente negativo della sezione rinforzata (MRd-rinf): -27,72 kNm
 Incremento di resistenza momento negativo: 1
 L'incremento di resistenza è inferiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013.

Riepilogo verifiche

	Momento sollecitan te	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.
Sezione non rinforzata [kNm]	0	27,72	-27,72	0	-	-
Sezione rinforzata [kNm]		64,98	-27,72	0	2,34	1

SEZIONE C	80x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 7Ø16
rinforzo superiore e inferiore			

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 800 mm
 Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	ϕ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603
	184	7	16	1407
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):	36 mm			
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):	36 mm			

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
 Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
 Resistenza media a trazione: Valori di Classe

	<i>Disposizione degli elementi in FRP</i>	<i>dFRP [mm]</i>	<i>n. strati</i>	<i>bf [mm]</i>	<i>tf [mm]</i>	<i>Af [mm²]</i>	<i>n. fasce affiancate</i>
Elemento sup	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	0	3	600	0,225	405	3
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del

materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1
 Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X^+): 91,85 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -2,09 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰
 Momento resistente positivo della sezione rinforzata (MR_{d+rinf}): 93,44 kNm
 Incremento di resistenza momento positivo: 1,52
 Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X^-): 66,04 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -1,25 ‰
 Momento resistente negativo della sezione rinforzata (MR_{d-rinf}): -66,29 kNm
 Incremento di resistenza momento negativo: 2,3
 L'incremento di resistenza della sezione è superiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013. Questo limite può essere trascurato in presenza di azioni eccezionali o sismiche, altrimenti deve di norma essere tenuto in conto.

Riepilogo verifiche

	Momento sollecitazioni	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.
Sezione non rinforzata [kNm]	0	61,34	-28,82	0	-	-
Sezione rinforzata [kNm]		93,44	-66,29	0	1,52	2,3

SEZIONE C rinforzo inferiore	80x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 7Ø16
---------------------------------	-------	----------------	----------------

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 800 mm
 Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	ϕ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603
	184	7	16	1407
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):		36 mm		
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):		36 mm		

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
 Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
 Resistenza media a trazione: Valori di Classe

	<i>Disposizione degli elementi in FRP</i>	<i>dFRP [mm]</i>	<i>n. strati</i>	<i>bf [mm]</i>	<i>tf [mm]</i>	<i>Af [mm²]</i>	<i>n. fasce affiancate</i>
Elemento sup		0	0	0	0	0	0
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1

Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X+): 91,85 mm

Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -2,09 ‰

Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰

Momento resistente positivo della sezione rinforzata (MRd+rinf): 93,44 kNm

Incremento di resistenza momento positivo: 1,52

Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X-): 45,9 mm

Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰

Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -0,77 ‰

Momento resistente negativo della sezione rinforzata (MRd-rinf): -28,82 kNm

Incremento di resistenza momento negativo: 1

L'incremento di resistenza è inferiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013.

Riepilogo verifiche

	Momento sollecitante	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.
Sezione non rinforzata [kNm]	0	61,34	-28,82	0	-	-
Sezione rinforzata [kNm]		93,44	-28,82	0	1,52	1

SEZIONE D	40x22	arm. Sup. 3Ø16	arm. Inf. 4Ø16
rinforzo inferiore			

Caratteristiche geometriche della sezione

Base maggiore (B): 400 mm

Altezza totale (H): 220 mm

Caratteristiche delle armature

	ds [mm]	N. Barre	φ [mm]	As [mm ²]
Geometria delle armature	36	3	16	603

	184	4	16	1407
Copriferro di calcolo superiore (delta_sup):	36 mm			
Copriferro di calcolo inferiore (delta_inf):	36 mm			

Caratteristiche geometriche del rinforzo a flessione

Tipo di rinforzo in FRP scelto a flessione: Tessuti
 Tipo di fibra del rinforzo: Fibra di Carbonio
 Resistenza media a trazione: Valori di Classe

<i>Disposizione degli elementi in FRP</i>		<i>dFRP [mm]</i>	<i>n. strati</i>	<i>bf [mm]</i>	<i>tf [mm]</i>	<i>Af [mm²]</i>	<i>n. fasce affiancate</i>
Elemento sup		0	0	0	0	0	0
Elemento inf	FB GV420U-HT020-RC02 (Classe 210C), da 1 a 3 strati	220	3	600	0,225	405	3

Verifiche a flessione della sezione rinforzata

Di seguito sono riportate le verifiche a flessione retta per la sezione considerata in presenza del rinforzo. La verifica viene effettuata secondo le ipotesi descritte in precedenza, ipotizzando per l'FRP un comportamento elastico lineare fino a rottura.

Per il calcolo del momento resistente si ipotizza che la rottura possa avvenire o al raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ϵ_{cu} , o al raggiungimento della massima deformazione a rottura ϵ_{fd} nel rinforzo in FRP.

Poichè l'elemento non è confinato le proprietà scelte per il calcestruzzo sono quelle di base del materiale.

Coefficiente di sicurezza per il rinforzo a flessione (γ_{Rd}): 1,1
 Posizione dell'asse neutro dal bordo superiore (X+): 106,09 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): -2,71 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): 2,91 ‰
 Momento resistente positivo della sezione rinforzata (MRd+rinf): 69,15 kNm
 Incremento di resistenza momento positivo: 1,99
 Posizione dell'asse neutro dal bordo inferiore (X-): 58,59 mm
 Deformazione al lembo superiore (ϵ_{sup}): 2,91 ‰
 Deformazione al lembo inferiore (ϵ_{inf}): -1,06 ‰
 Momento resistente negativo della sezione rinforzata (MRd-rinf): -26,61 kNm
 Incremento di resistenza momento negativo: 1
 L'incremento di resistenza è inferiore al limite di 1.5 volte imposto al punto 3.3.4 della CNR-DT 200R1/2013.

Riepilogo verifiche

Momento sollecitante	Momento ultimo pos.	Momento ultimo neg.	Fattore di utilizzo	Incremento di resist. pos.	Incremento di resist. neg.	
Sezione non rinforzata [kNm]	0	34,72	-26,61	0	-	-
Sezione rinforzata [kNm]		69,15	-26,61	0	1,99	1

Come si può notare dal confronto tra la capacità allo stato attuale e la capacità allo stato di progetto, si ha un miglioramento per ogni combinazione, e l'indice di miglioramento risulta sempre pari o superiore a **1,52**.