

Materiali ed Approcci Innovativi per il Progetto in Zona Sismica e la Mitigazione della Vulnerabilità delle Strutture

Università degli Studi di Salerno, 12-13 Febbraio 2007

DISPOSITIVI MECCANICI PER L'ANCORAGGIO DI LAMINE DI FRP NEGLI INTERVENTI DI RINFORZO A FLESSIONE O A PRESSOFLESSIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI DI C.A.

Luigi Ascione, Valentino Paolo Berardi

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno

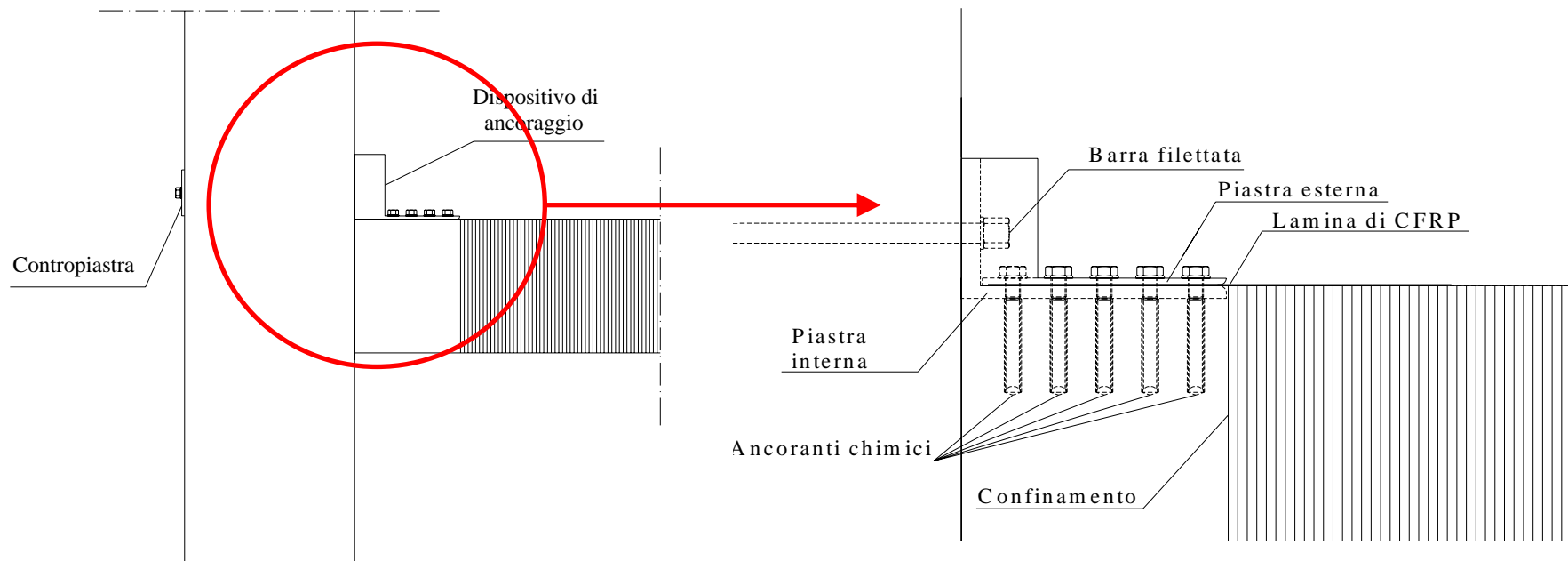


Introduzione

- Il numero sempre più elevato di interventi di rinforzo con FRP eseguiti su strutture di calcestruzzo armato, di acciaio, di legno ed anche murarie testimoniano il notevole successo di tali materiali e la loro grande attrattività.
- A supporto dei tecnici che operano in tale ambito sono state recentemente licenziate le Istruzioni CNR-DT 200/2004 che forniscono un quadro normativo organico per il rinforzo di strutture, sia di c.a. che di muratura, mediante FRP.
- Alcuni aspetti, connessi all'impiego dei suddetti materiali per il consolidamento delle strutture di c.a. in zona sismica, sono tuttavia ancora da approfondire. Tra essi risultano particolarmente rilevanti il rinforzo di colonne soggette a sforzo normale con grande eccentricità ed il placcaggio di travi in zone di momento negativo.
- In entrambi i casi è richiesta l'adozione di dispositivi idonei a garantire l'ancoraggio del composito all'elemento rinforzato in corrispondenza di zone nodali.
- Ne scaturisce l'esigenza di approfondire gli studi sull'argomento allo scopo di individuare dispositivi meccanici che possano validamente rispondere alle esigenze sopra indicate.

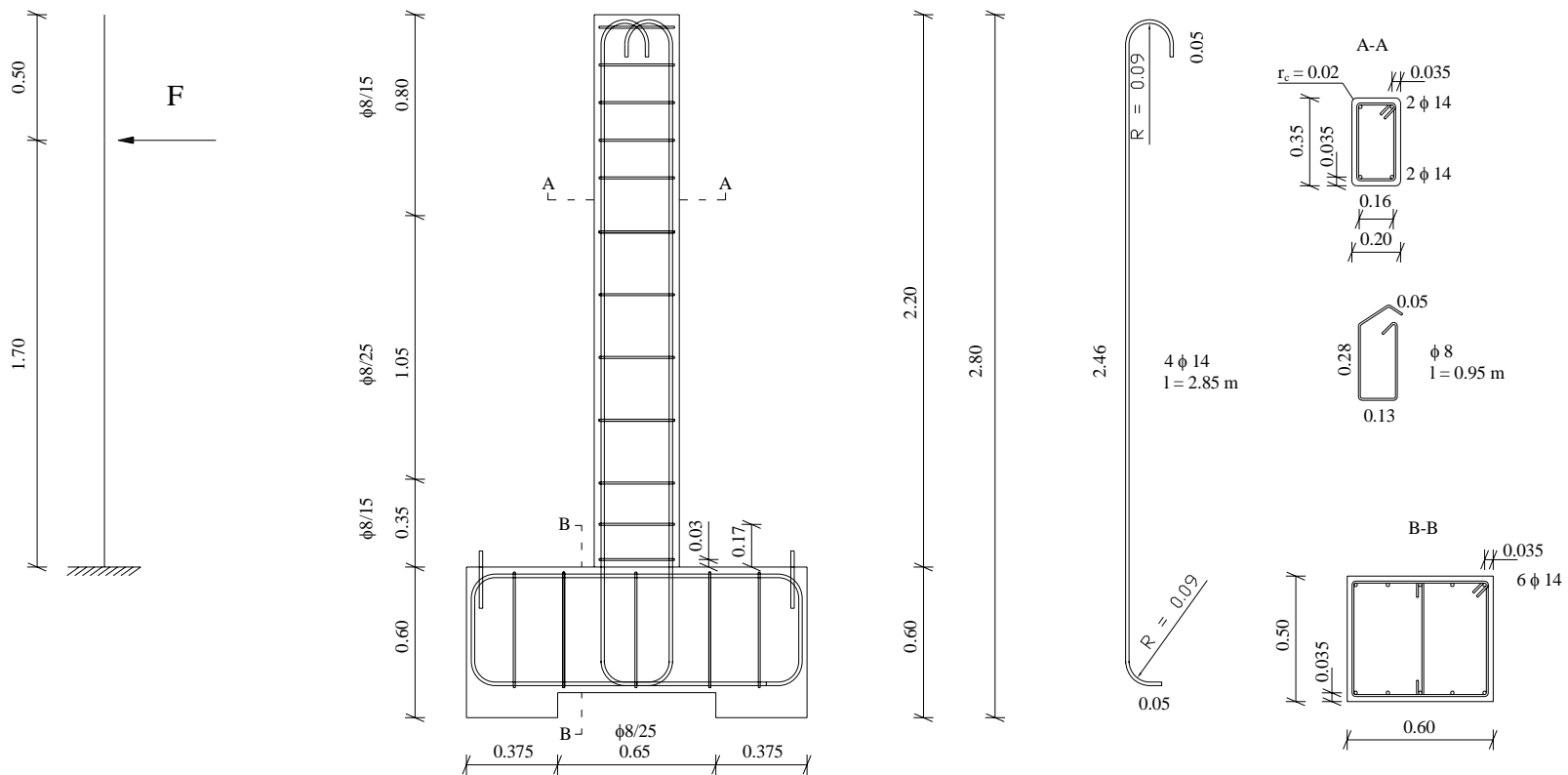
Prototipo di ancoraggio

Prototipo per l'ancoraggio di un rinforzo a momento negativo di una trave di c.a.



Campagna sperimentale

Geometria dei provini e schema di prova



Calcestruzzo di classe 20/25 e barre di acciaio ad aderenza migliorata di classe FeB 44k



Campagna sperimentale

Comportamento allo SLU dell'elemento non rinforzato

Momento ultimo

$$M_{u,0} = 39.27 \text{ kN m.}$$

Stato tenso-deformativo competente:

y_c	ε_c	$\varepsilon_{s'}$	ε_s	σ_c	$\sigma_{s'}$	σ_s
[cm]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
4.31	0.00159	0.00030	0.01000	19.56	61.45	431.20

Taglio ultimo

$$V_u = 92.98 \text{ kN.}$$

Campagna sperimentale

Progetto del rinforzo

Il progetto del rinforzo e del relativo sistema di ancoraggio è stato finalizzato al **raddoppio della capacità portante flessionale** della mensola nella sezione di incastro, utilizzando una lamina pultrusa di CFRP.

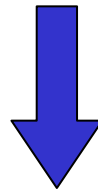


Tabella 2. Proprietà geometriche e meccaniche della lamina di CFRP e della resina.

E_f	f_{fk}	ε_{fu}	b_f	t_f	E_g	τ_{gu}
[N/mm ²]	[N/mm ²]		[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
210000.00	2800.00	0.0135	50.0	1.4	12800.00	15.00

Tabella 3. Proprietà meccaniche del tessuto di CFRP.

E_{fib}	f_{fib}	t_{fib}
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm]
230000.00	3500.00	0.13

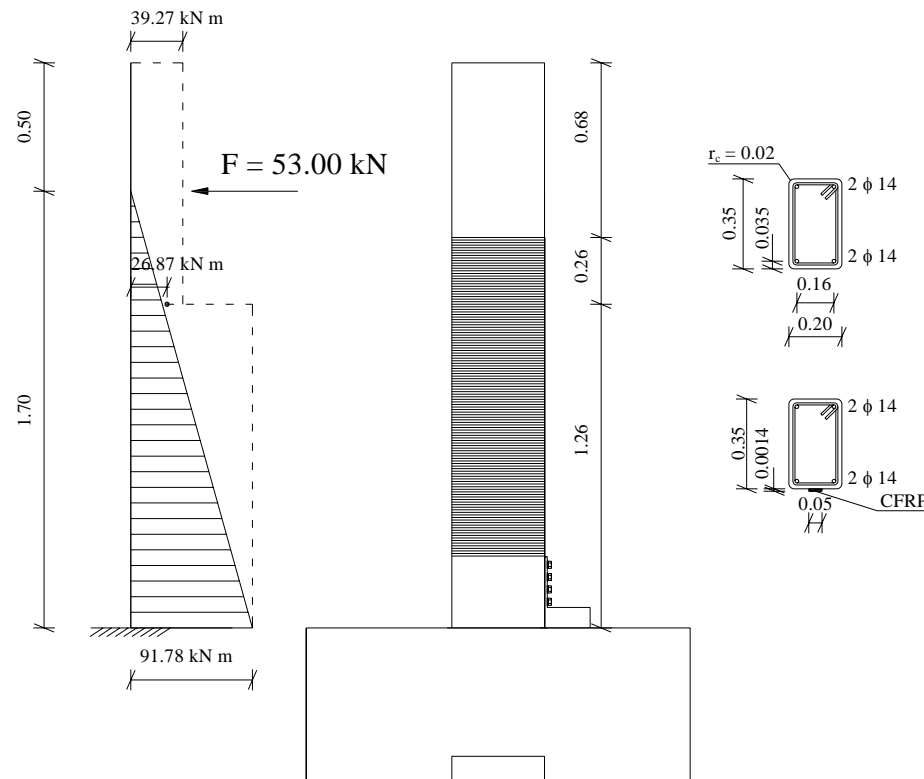
Campagna sperimentale

Comportamento allo SLU
dell'elemento rinforzato

Momento ultimo

$$M_{u,1} = 91.78 \text{ kN m,}$$

Stato tenso-deformativo competente:



y_c	ε_c	$\varepsilon_{s'}$	ε_s	ε_f	σ_c	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_f
[cm]					[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
6.75	0.0027	0.00131	0.01	0.0114	19.92	270.58	431.20	2402.95



Campagna sperimentale

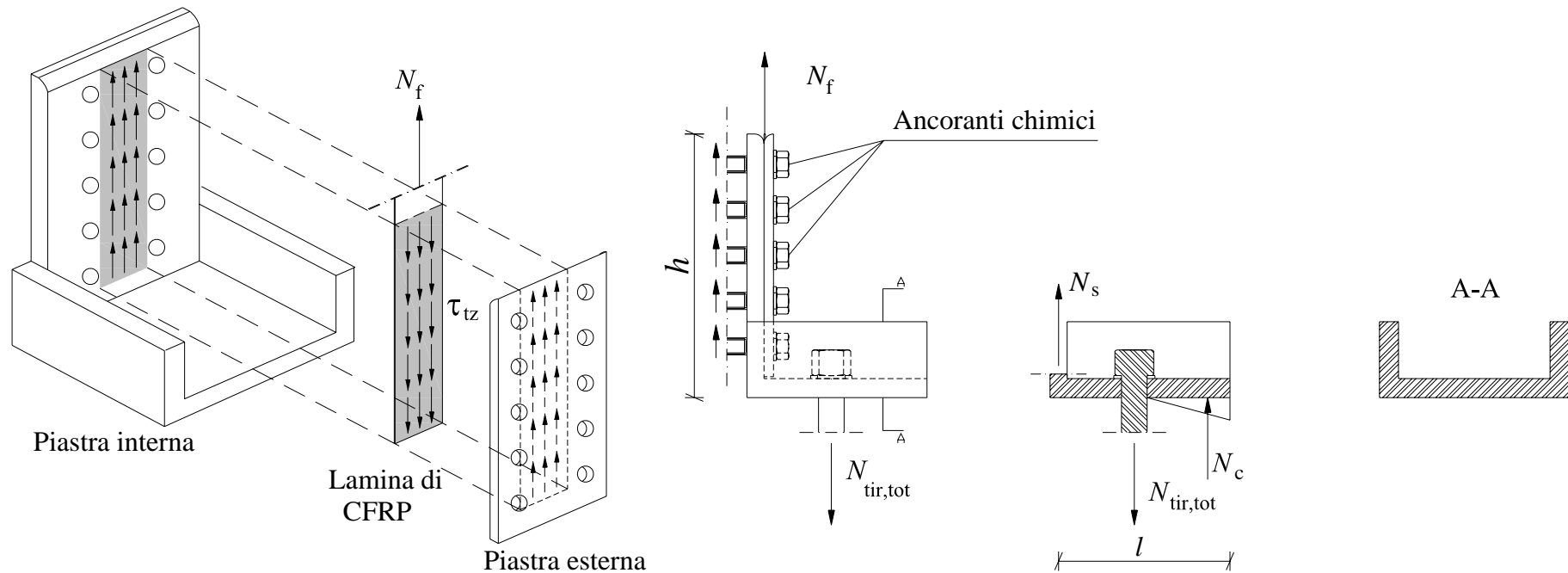
Dispositivo di ancoraggio

L'ancoraggio della lamina in corrispondenza della sezione di incastro è garantito dal dispositivo meccanico proposto, realizzato con acciaio di classe Fe 510, ed opportunamente dimensionato sulla base:

- della geometria dell'elemento di c.a. e della lamina di CFRP;
- dell'entità delle tensioni tangenziali medie di interfaccia;
- dell'entità dello sforzo normale di trazione trasferito al nodo.

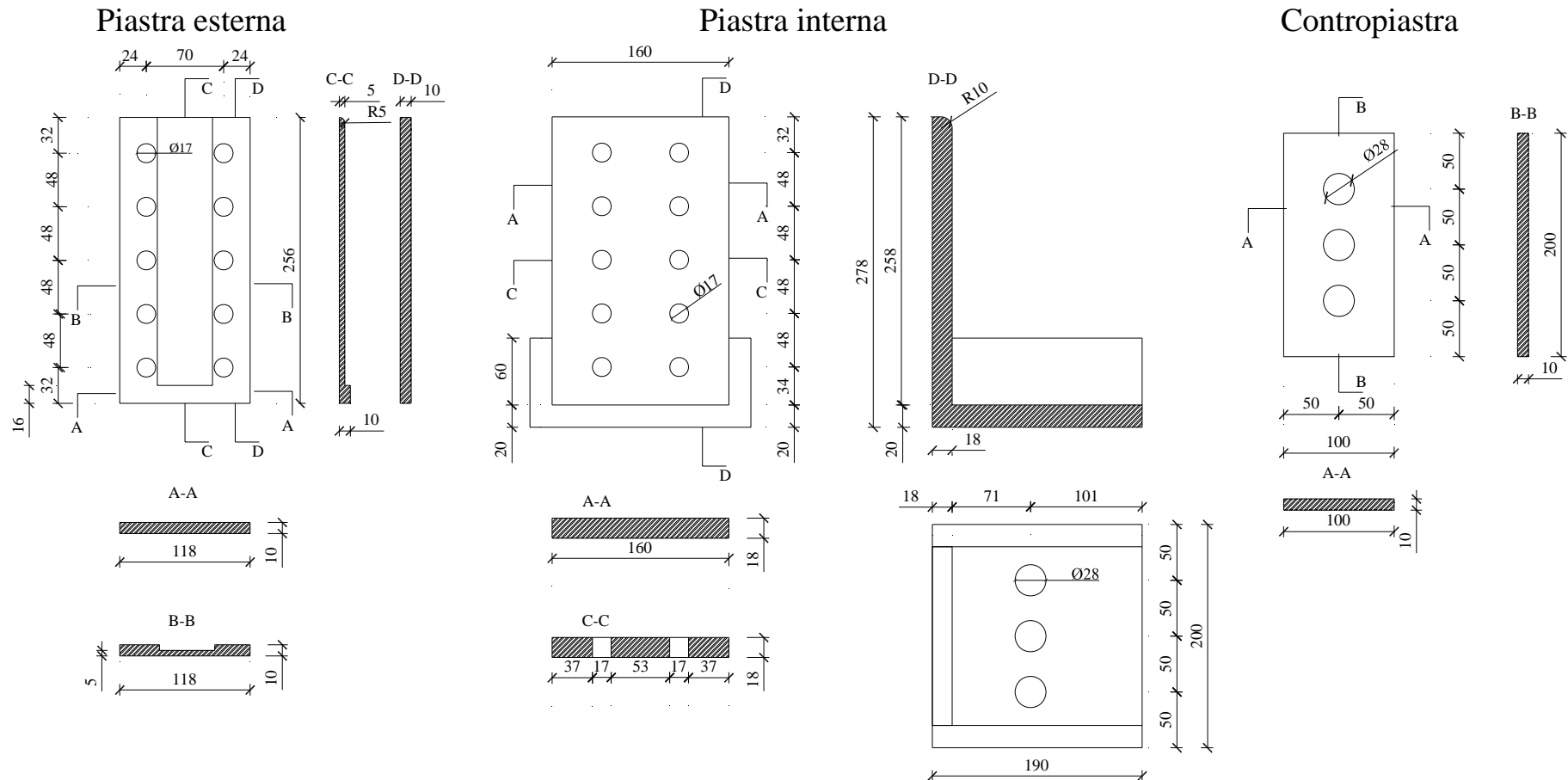
Campagna sperimentale

Dispositivo di ancoraggio



Campagna sperimentale

Dispositivo di ancoraggio

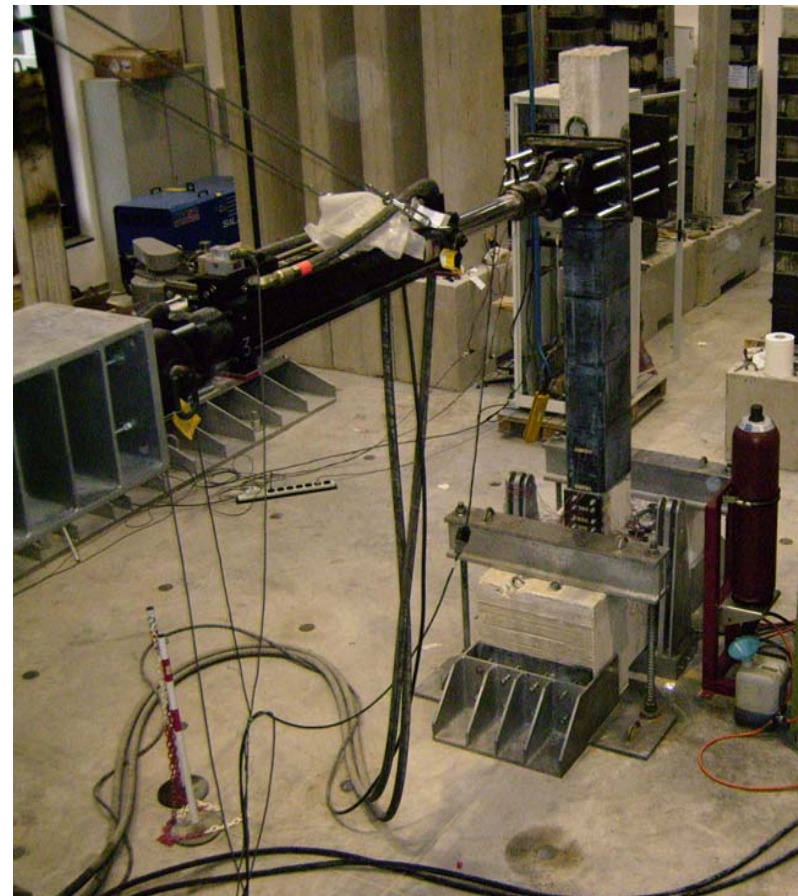


Campagna sperimentale

Telaio di prova

Le prove sono state eseguite presso il Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno.

Il carico è stato applicato staticamente mediante un martinetto idraulico, MTS 243.35T (corsa: +/- 500 mm, forza statica massima in estensione: 350 kN, forza statica massima in retrazione: 240 kN), contrastato su un telaio di prova.





Campagna sperimentale

Sistema di acquisizione dati

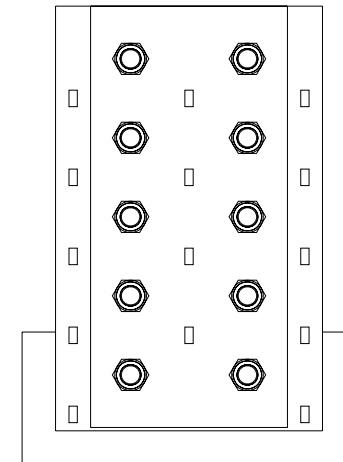
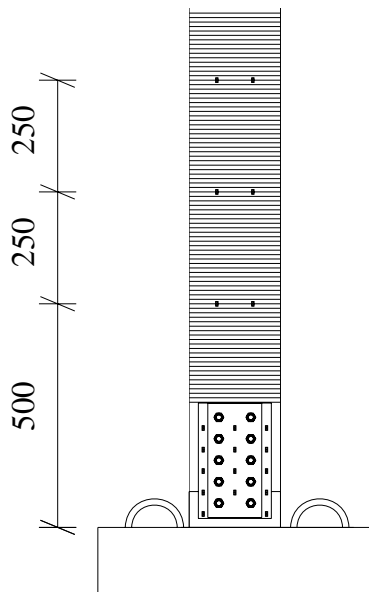
Il sistema di acquisizione dati è costituito da:

- centralina estensimetrica del tipo Vishay 5100;
- strain-gage;
- sensore di spostamento Temposonic.

Campagna sperimentale

Disposizione degli estensimetri

Lo stato deformativo a carico delle piastre del dispositivo di ancoraggio viene misurato mediante 14 estensimetri del tipo Vishay CEA0250UW120 (resistenza: $120 \pm 0.3\%$ Ohm, gage factor a $24\text{ }^\circ\text{C}$: $2.110 \pm 0.5\%$).



6 estensimetri Vishay CEA0250UW120 sono stati posizionati sul composito.



Campagna sperimentale

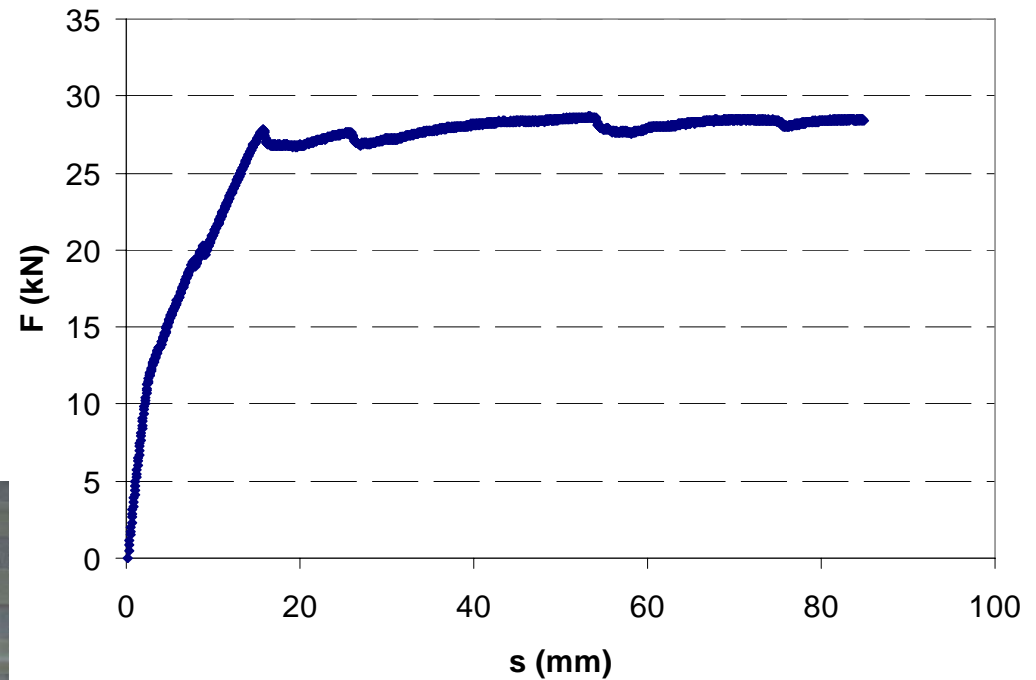
Disposizione degli estensimetri (calcestruzzo)

Lo stato deformativo nel calcestruzzo è stato misurato mediante ulteriori 5 coppie di estensimetri del tipo Vishay CEA0500UW120 (resistenza: $120 \pm 0.3\%$ Ohm, gage factor a 24 °C: $2.085 \pm 0.5\%$), ciascuna applicata in corrispondenza di ognuna delle quote dei precedenti estensimetri.

In aggiunta agli estensimetri, applicati sulla superficie esterna del provino, sono stati impiegati altri 4 estensimetri Vishay EGP5120 (resistenza: $120 \pm 0.3\%$ Ohm gage factor a 24 °C: $2.045 \pm 1.0\%$) annegati nel getto di calcestruzzo, immediatamente al di sopra della testa del dispositivo di ancoraggio. Ognuno di essi è stato solidarizzato ad una delle barre $\phi 14$ di armatura della mensola.

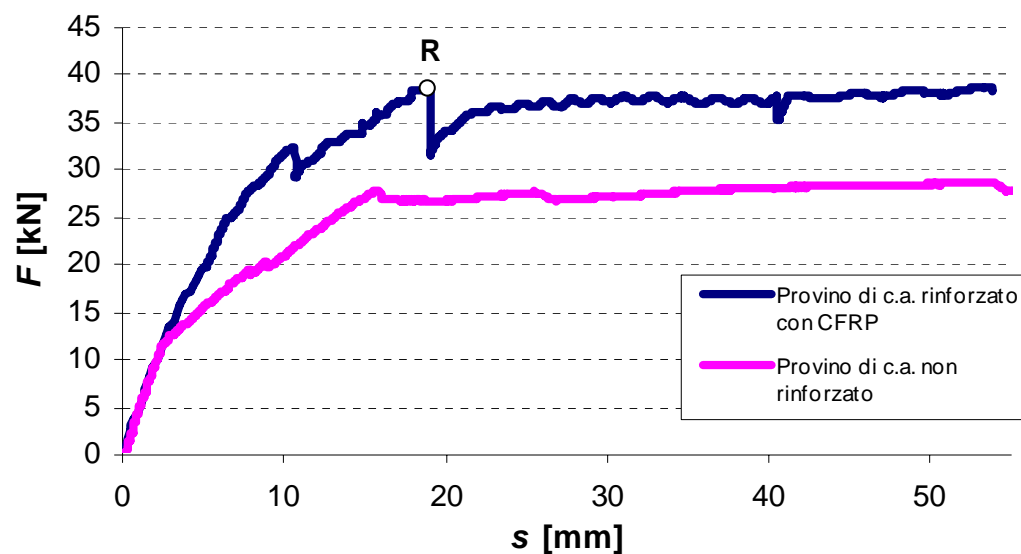
Campagna sperimentale

Prova eseguita sul provino non rinforzato

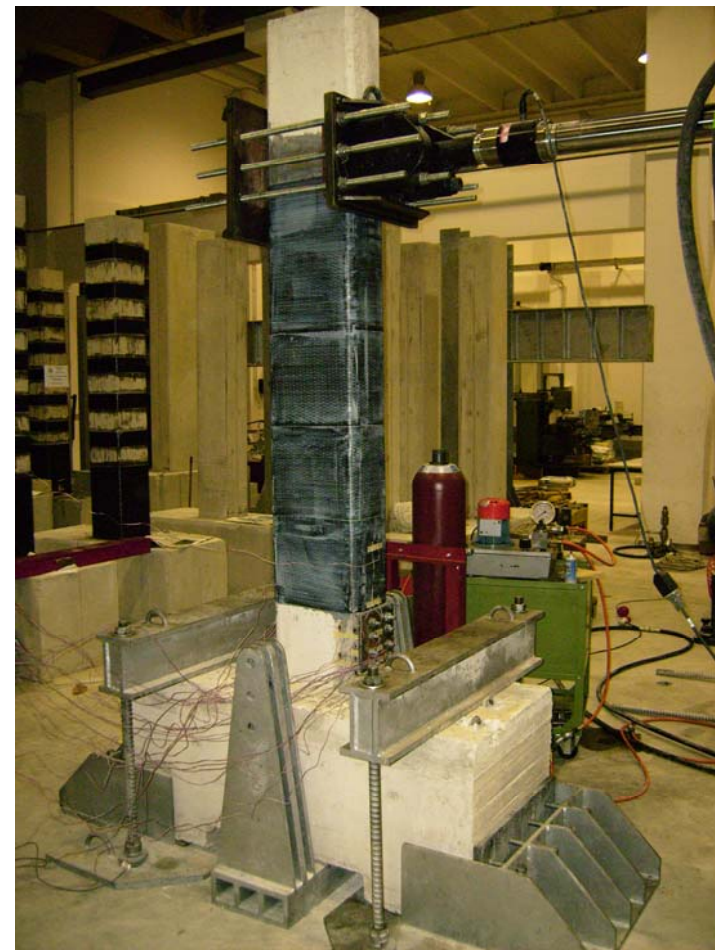


Campagna sperimentale

Prova eseguita sul provino rinforzato



Incremento della capacità flessionale pari all'incirca **al 40%** di quella esibita dall'elemento non rinforzato, determinata sperimentalmente.



Campagna sperimentale

Prova eseguita sul provino rinforzato

La **rottura prematura** è avvenuta per sfilamento del rinforzo, a seguito di rottura dell'adesivo.

