



UNIVERSITA' DI ROMA "TOR VERGATA"

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

LABORATORIO STRUTTURE E PROVE MATERIALI

via del Politecnico, 1

00133 Roma



Rapporto tecnico 163/2014

PROVE DI COMPRESSIONE PER LA VERIFICA DELLA RESISTENZA DEGLI SPIGOLI IN CONCI PREFABBRICATI DA TUNNEL

COMMITTENTE: RECC s.r.l.

Febbraio 2014

RESPONSABILI DELLE PROVE

PROF. ING. ALBERTO MEDA

PROF. ING. ZILA RINALDI



©

All rights reserved. No part of this report may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any other form or by means, electronic, mechanical, optical, recording, or otherwise, without the prior written permission of the writer.



INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduzione | 4 |
| 2 | Oggetto e scopo delle prove | 5 |
| 3 | Setup di prova..... | 7 |
| 4 | Risultati delle prove | 10 |
| 4.1 | Prova 1 – blocchi in c.a. con armatura tradizionale (SRC)..... | 10 |
| 4.2 | Prova 2 – blocchi in c.a. con armatura tradizionale e di pelle (GRC)..... | 16 |
| 5 | Conclusioni..... | 27 |



Rapporto tecnico 163/2013

1 INTRODUZIONE

In data 22 gennaio 2014, presso il *Laboratorio Strutture e Prove Materiali* del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", su commissione di RECC srl, sono state eseguite prove di compressione in prossimità degli spigoli di elementi in cemento armato.

Le prove oggetto dell'incarico sono state eseguite su cubi con armatura tradizionale e con l'aggiunta di armature di pelle negli spigoli realizzata in fibra di vetro, fornite dal committente. Scopo delle prove è stata la valutazione dell'influenza di tali armature sul fenomeno di fessurazione del copri ferro in prossimità degli spigoli di elementi in cemento armato.

Alle prove hanno assistito i tecnici supervisor della Committenza.

Responsabili delle prove sono i Prof. Ing. Alberto Meda e Zila Rinaldi, del settore Tecnica delle Costruzioni.

In questo documento si illustrano le attività svolte dal Laboratorio Strutture e Prove Materiali e i risultati delle prove eseguite.

2 OGGETTO E SCOPO DELLE PROVE

Le prove di compressione degli spigoli oggetto dell'incarico sono state eseguite su cubi in calcestruzzo armato con armatura tradizionale, e con l'aggiunta di armatura di pelle negli spigoli, realizzata in fibra di vetro. I campioni sono stati realizzati presso il Laboratorio di Strutture e Prove Materiali del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ingegneria Informatica di Ingegneria Civile, l'armatura di pelle è stata fornita dal Committente. Alcune immagini relative all'assemblaggio dei campioni e al getto del calcestruzzo sono riportate nelle Figure 1, 2, 3. In particolare sono stati realizzati quattro cubi, di dimensione pari a $500 \times 500 \times 500 \text{ mm}^3$. Due elementi costituiscono il riferimento e presentano sola armatura metallica tradizionale costituita da barre sagomate $\varnothing 12$, assemblate come illustrato in Figura 1. In due blocchi è, invece, l'aggiunta di armatura di pelle (Fig. 2). L'armatura tradizionale è realizzata con acciaio B450C, saldabile. La fase di getto è illustrata in Figura 3.



Figura 1. Assemblaggio gabbia metallica



Figura 2. Assemblaggio armatura di pelle;



Figura 3. Casseforme e getto del calcestruzzo.

La resistenza cubica del calcestruzzo, misurata su provini $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$ dopo 28 giorni è risultata pari a circa 55 MPa.

Lo scopo delle prove è la valutazione dell'effetto dell'armatura di pelle sulla distribuzione e ampiezza di fessurazioni nel copriferro in prossimità degli spigoli. A tal fine un idoneo sistema di prova è stato progettato e realizzato come illustrato nel successivo paragrafo.

3 SETUP DI PROVA

La prova consiste nel posizionare i due blocchi di calcestruzzo ($500 \times 500 \times 500 \text{ mm}^3$) l'uno sull'altro, in modo da presentare contatto solo in due punti di spigolo (Fig. 4). Il contatto è garantito da una piastra triangolare metallica triangolare con due lati uguali pari a 100 mm e spessore pari a 30 mm. Sulla faccia superiore e inferiore della piastra sono disposti due fogli di neoprene (Fig. 7).

In Figura 5 è illustrato il banco di prova utilizzato per la sperimentazione. I campioni sono sottoposti a carico di schiacciamento attraverso un martinetto da 4000 kN vincolato ad un telaio di contrasto da 4000 kN. L'appoggio di base è realizzato con una piastra metallica fissata ad un telaio d'acciaio, come illustrato in Figura 5.

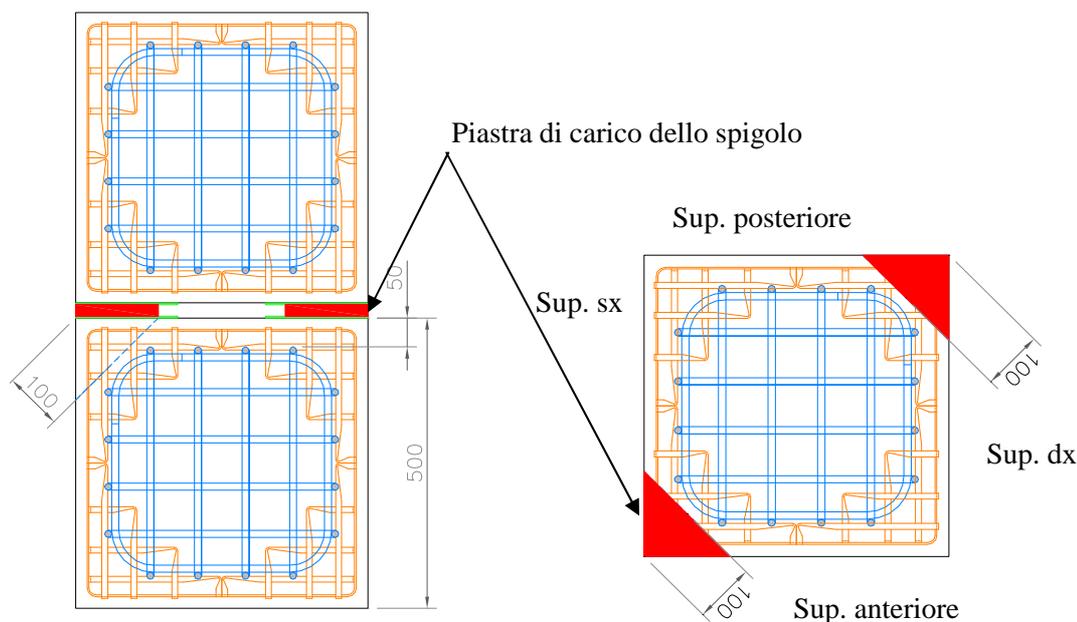


Figura 4. Assemblaggio campioni

Dettagli del set-up di prova e del contatto tra i blocchi sono riportati in Figura 5.

La prova avviene in controllo di carico. Si procede per successivi step di carico fino alla fessurazione completa dello spigolo.

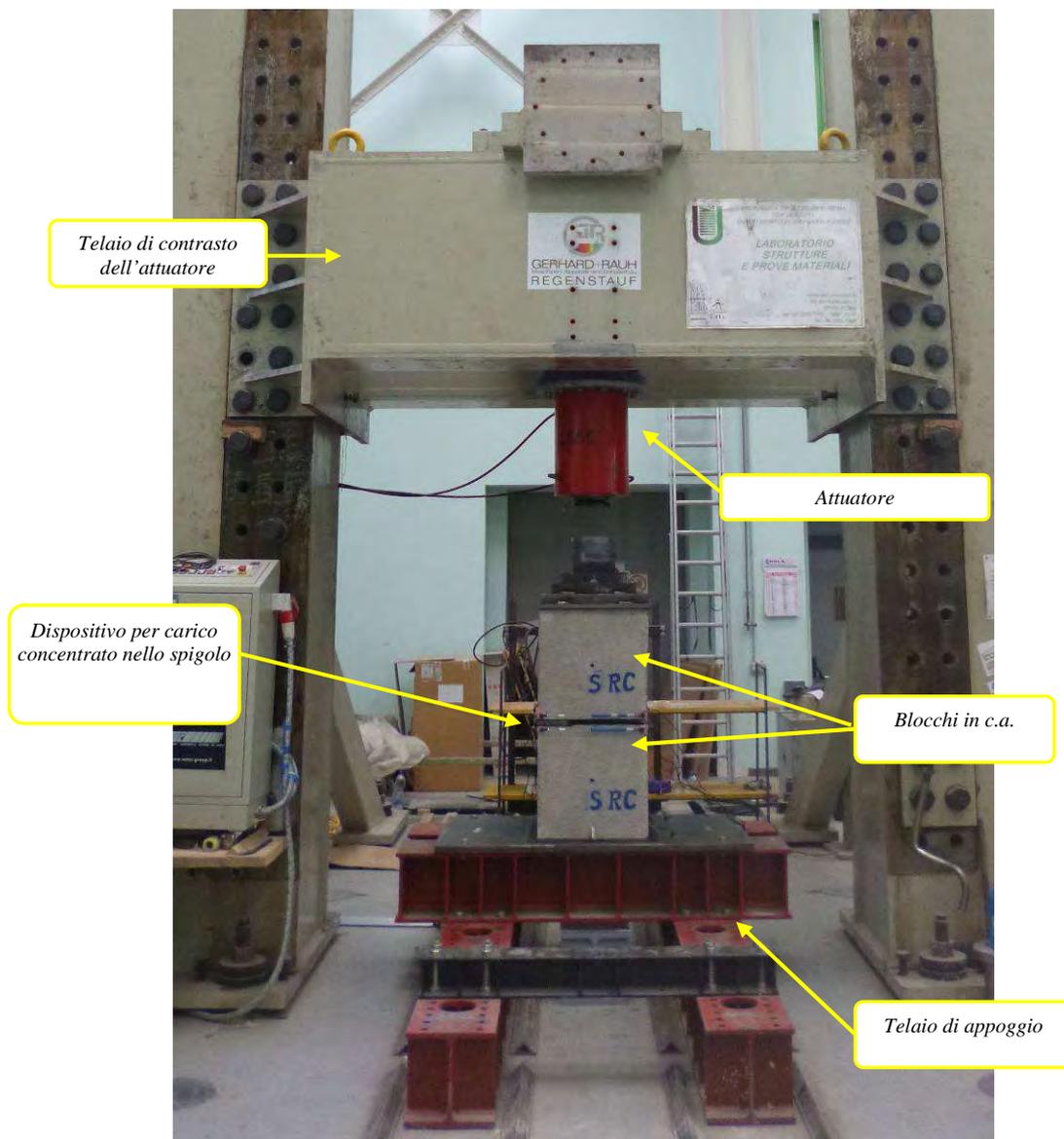


Figura 4. Setup di prova



Figura 5. Setup di prova del sistema di contatto dei due conci e strumentazione

4 RISULTATI DELLE PROVE

I risultati delle singole prove eseguite sono mostrati nei paragrafi successivi, sottoforma di documentazione fotografica dell'evoluzione del quadro fessurativo in corrispondenza dello spigolo.

4.1 PROVA 1 – BLOCCHI IN C.A. CON ARMATURA TRADIZIONALE (SRC)

In Figura 6 sono mostrate alcune fasi di allestimento della prova indicata con la sigla SRC, relativa ai blocchi realizzati con calcestruzzo con armatura tradizionale. In Figura 7 è illustrata la fase di avvio della prova.



Figura 6. Allestimento prova 1 - SRC



Figura 7. Prova 1 - SRC

L'evoluzione della fessurazione e la formazione della superficie di rottura dello spigolo sono illustrate nelle successive figure. In particolare, in Figura 8 è evidenziata la formazione delle prime fessure che definiscono la superficie di rottura in prossimità dello spigolo denominato 1.

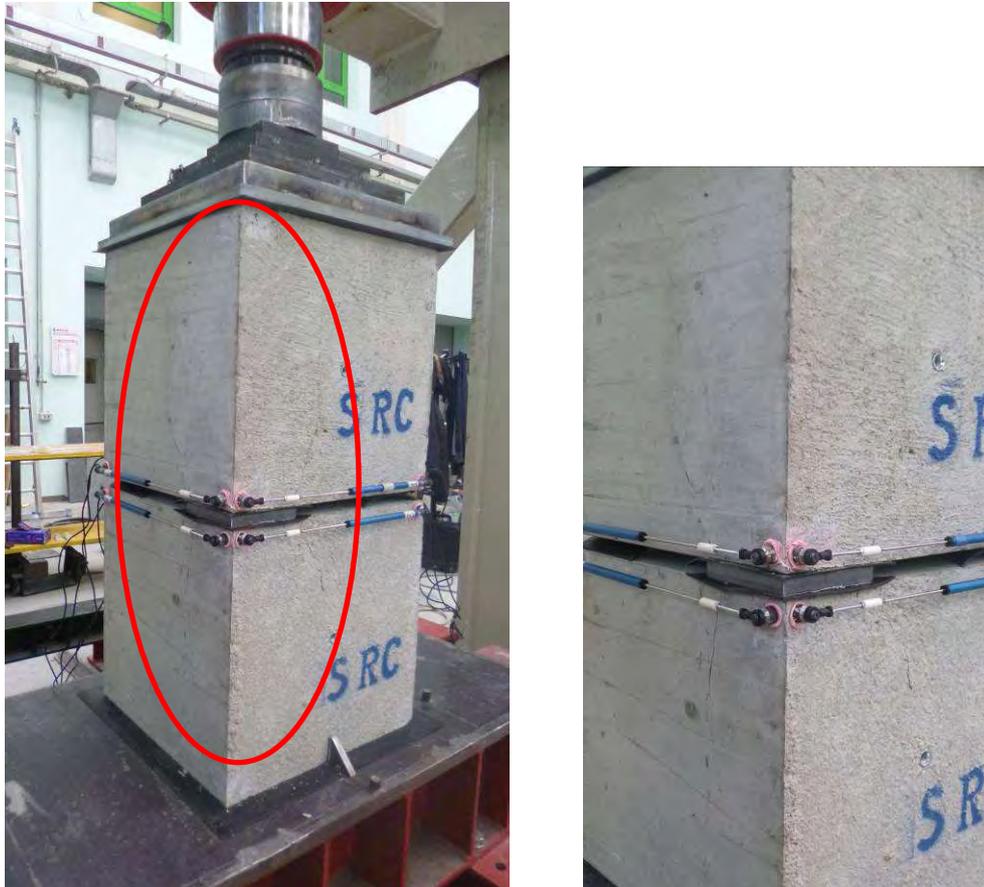


Figura 8. Prova 1 – SRC: Formazione superficie di rottura spigolo 1(Fig. 5)

In Figura 9 si nota l'evoluzione della fessurazione fino alla definizione di un cono di rottura, in corrispondenza del solo spigolo 1, che coinvolge circa l'intera altezza dei blocchi e presenta dimensione di base di poco superiore alla piastra di contatto.

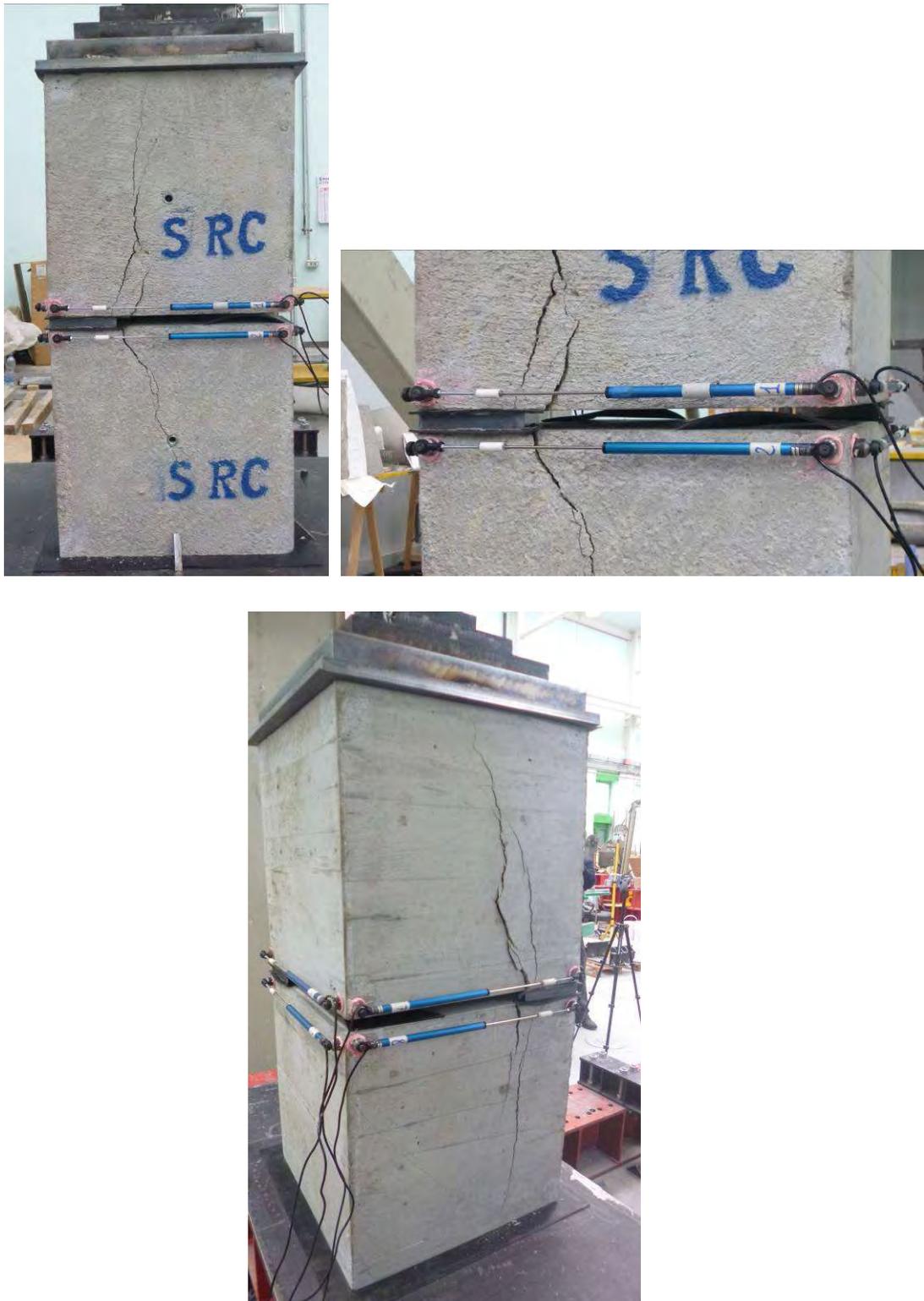


Figura 9. Prova 1 – SRC: Definizione superficie di rottura spigolo 1 (Fig. 5)

Lo stato fessurativo al termine della prova, alla completa rimozione del carico è rappresentato nelle successive figure. In particolare in Figura 10a è illustrato il sistema di blocchi, in Figura 10b la superficie di rottura del blocco superiore in corrispondenza dello spigolo 1. La modalità di rottura dello spigolo 1 del blocco inferiore è individuata nelle Figure 11 e 12.

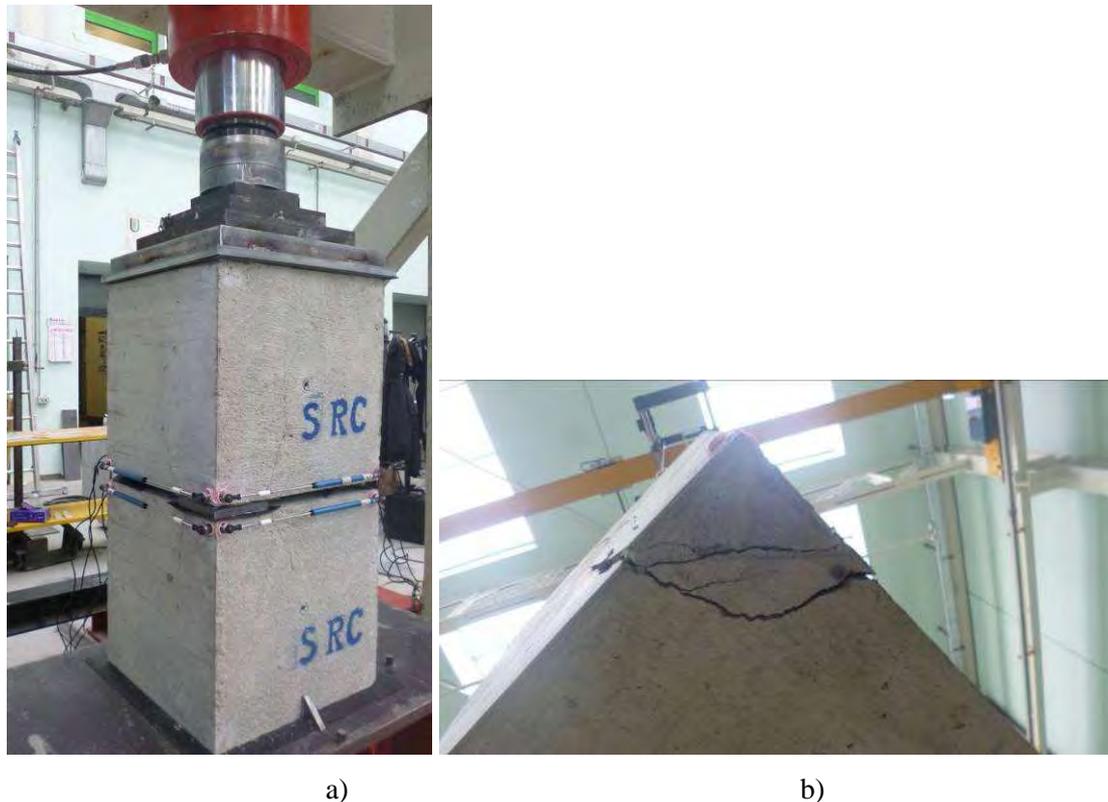


Figura 10. SRC. Termine della prova; a) sistema di blocchi; b) spigolo 1 blocco superiore

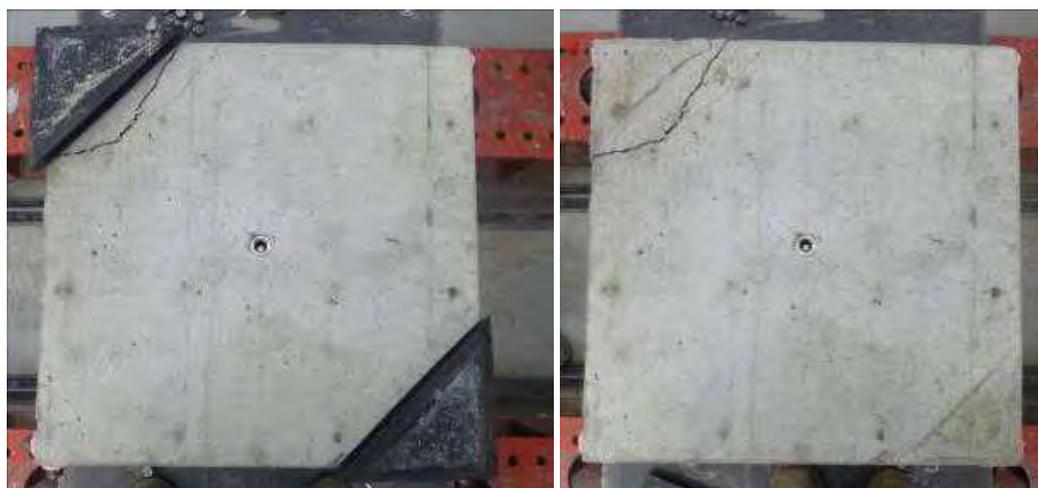


Figura 11. SRC. Termine della prova; spigolo 1 blocco inferiore



Figura 12. SRC. Termine della prova; spigolo 1 blocco inferiore

4.2 PROVA 2 – BLOCCHI IN C.A. CON ARMATURA TRADIZIONALE E DI PELLE (GRC)

In Figura 13 sono mostrate alcune fasi di allestimento della prova indicata con la sigla GRC, relativa ai blocchi realizzati con calcestruzzo con armatura tradizionale e armatura di pelle. In Figura 14 è illustrata la fase di fase di avvio della prova.



Figura 13. Allestimento prova 2 - GRC



Figura 14. Prova 2 – GRC (superficie anteriore e destra, Fig. 4)



Figura 14. Prova 2 – GRC (superficie posteriore e sinistra, Fig.4)

L'evoluzione della fessurazione e la formazione della superficie di rottura sono evidenziate nelle successive Figure. In particolare in Figura 15 e Figura 16 sono indicate, in rosso, la posizione ed estensione delle prime fessure che nascono in prossimità degli spigoli 1 e 2, rispettivamente. In questa fase non appare ancora ben definibile una superficie di rottura.

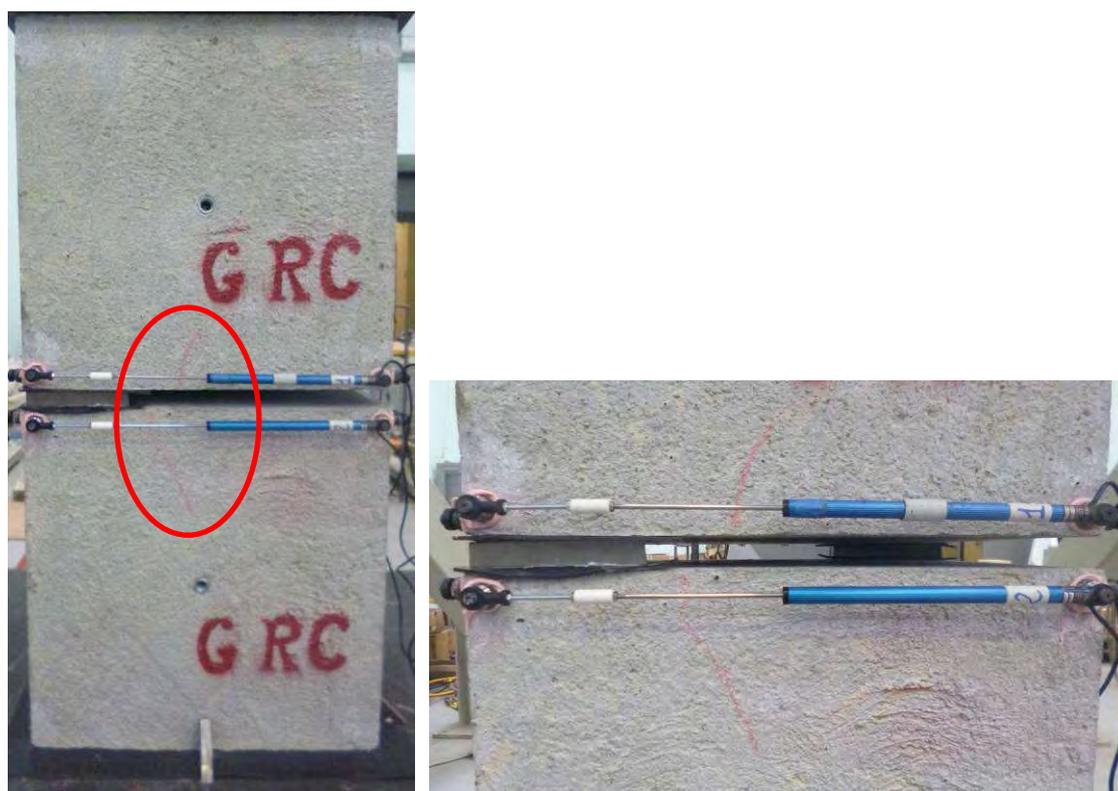


Figura 15. Prova 2 – GRC: Formazione delle prime fessure - superficie anteriore, spigolo 1(Fig. 5).



Figura 16. Prova 2 – GRC: Formazione delle prime fessure - superficie destra, spigolo 2(Fig. 5).

L'ampiezza massima delle fessure, in corrispondenza della loro prima formazione, è dell'ordine di 0.1 mm (Fig. 17)

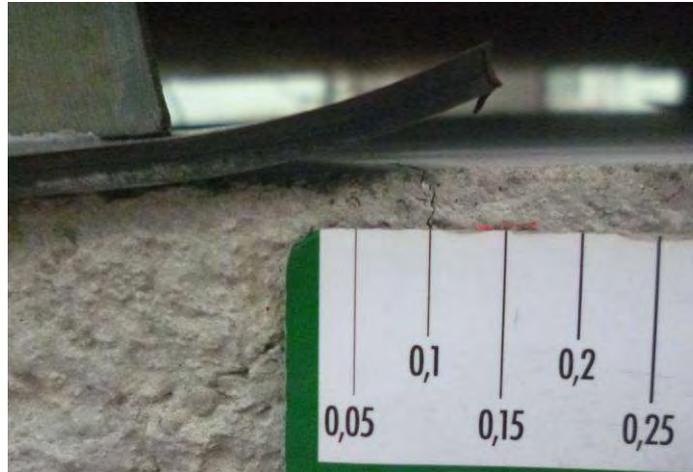


Figura 17. Prova 2 – GRC: Ampiezza massima delle fessure, superficie anteriore, spigolo 1(Fig. 5).

Al crescere del carico si verifica l'estensione delle fessure già formatesi, come evidenziato in Figura 18 per lo spigolo 1 e in Figura 19 per lo spigolo 2. Si osserva come lo sviluppo del quadro fessurativo riguardi principalmente lo spigolo 1, in corrispondenza del quale la lunghezza delle fessure è pari a circa la metà dei blocchi. Estensioni meno significative si verificano in prossimità dello spigolo 2 (Fig. 19)



a)



b)

Figura 18. Prova 2 – GRC: Evoluzione quadro fessurativo; a) spigolo 1, b) dettaglio superficie sx.

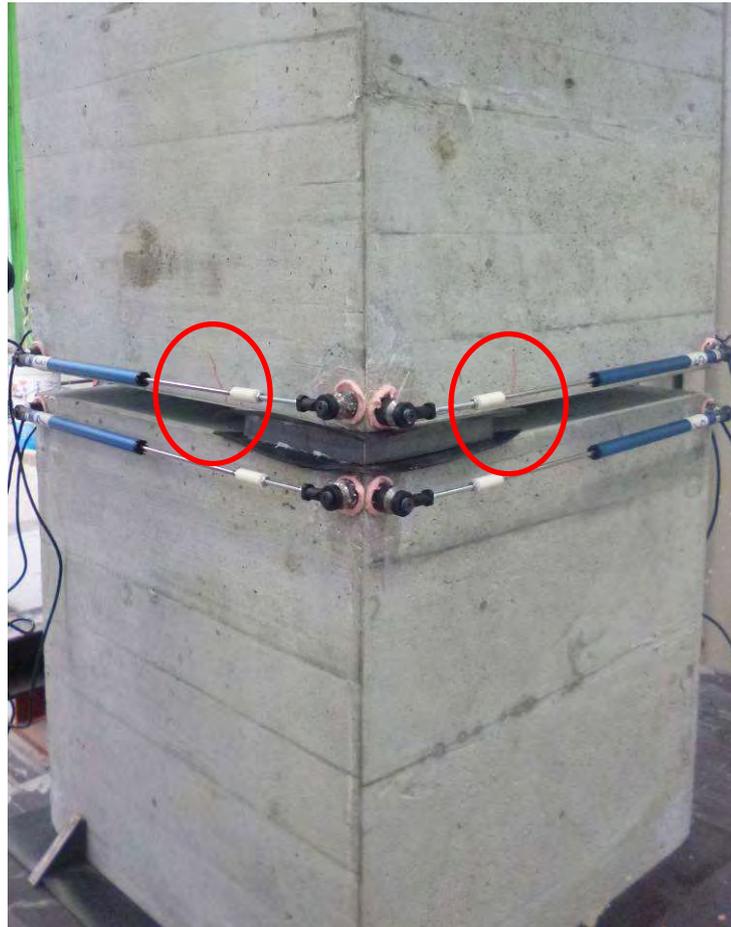


Figura 19. Prova 2 – GRC: Evoluzione quadro fessurativo spigolo 2.

La formazione della superficie di rottura, in prossimità dello spigolo 1 è rappresentata nelle successive Figure 20 e 21. Si può notare, nel blocco superiore, l'espulsione della parte di copriferro esterno all'armatura di pelle, per una altezza pari a circa 35 cm e dimensione in pianta pari alla superficie di contatto. Il danneggiamento dello stato corticale del blocco inferiore è limitato ad una piccola zona al disotto della superficie di contatto (Figg. 20 e 21).

La condizione ultima, è infine rappresentata in Figura 21.



Figura 20. Prova 2 – GRC: Evoluzione quadro fessurativo spigolo 1.



Figura 20. Prova 2 – GRC: Superficie di rottura – spigolo 1 (dettaglio).



Figura 21. Prova 2 – GRC: Superficie di rottura – spigolo 1 – condizione ultima

Lo stato del campione al termine della prova, alla completa rimozione del carico, in corrispondenza dello spigolo 1 è illustrato in Figura 22, dove si può notare la dimensione di base del cono di rottura, di poco superiore alla piastra di contatto (Fig. 24). In Figura 23 è evidenziato lo stato del campione in corrispondenza dello spigolo 2. In questo caso le piccole fessure formatasi durante la prova appaiono praticamente richiuse alla rimozione del carico.



Figura 22. Prova 2 – GRC: Termine della prova: superficie di rottura spigolo 1 (Fig. 5)

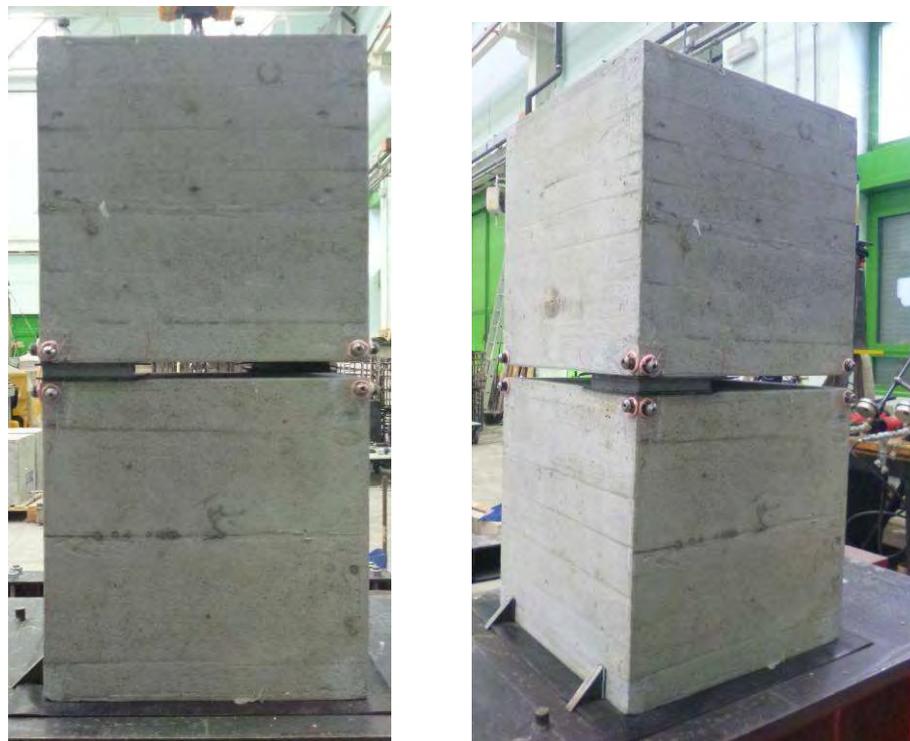


Figura 23. Prova 2 – GRC: Termine della prova: spigolo 2 (Fig. 5)



Figura 24. Prova 2 – GRC: Superficie di rottura blocco superiore - spigolo 1 (Fig. 5)

In Figura 25 sono, infine, poste a confronto le modalità di rottura degli spigoli nel caso di sola armatura tradizionale (SRC) e di armatura tradizionale con aggiunta di armatura di pelle in fibra di vetro (GRC). Appare evidente come nel secondo caso la superficie di rottura sia limitata al solo strato corticale esterno all'armatura di pelle in fibre di vetro.

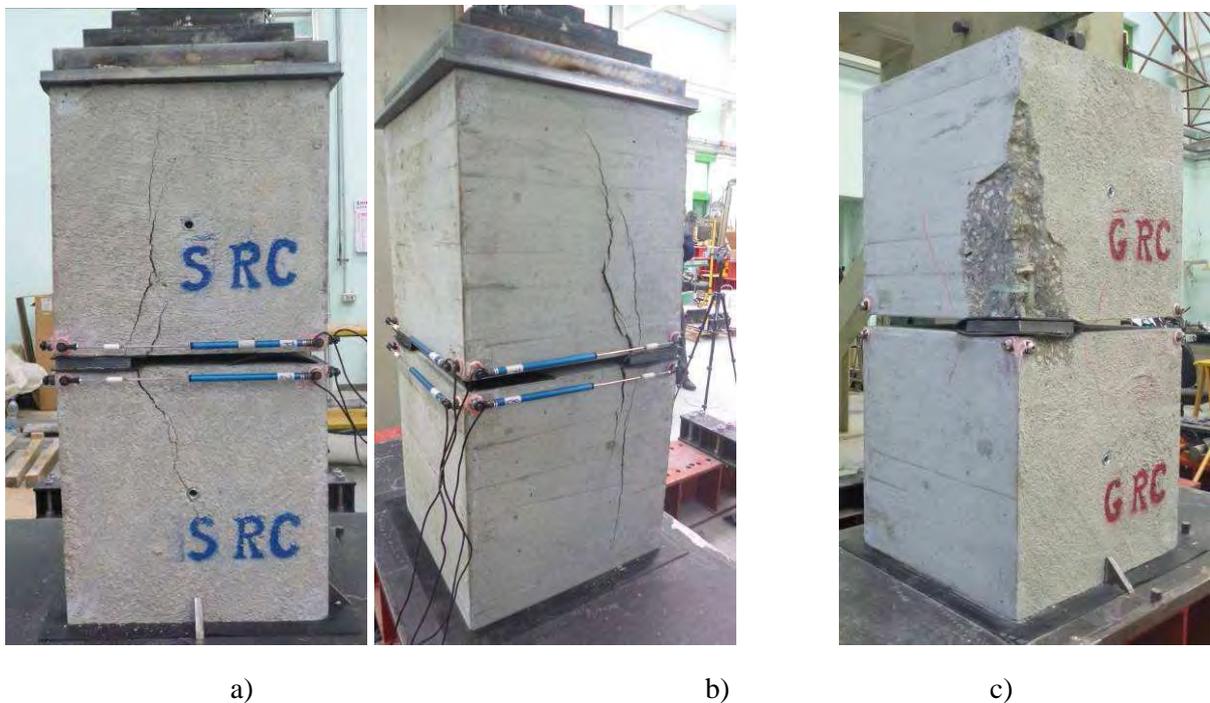


Figura 25. Confronto modalità di rottura; a) GRC, b), c) SRC



5 CONCLUSIONI

Presso il Laboratorio Strutture e Materiali del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma "Tor Vergata", in data 22 gennaio, sono state eseguite le prove di carico N°163/2014 con Committente RECC srl.

Sono state eseguite prove di compressione di spigoli su blocchi in cemento armato tradizionale e con armatura di pelle in fibra di vetro..

Le prove sono state condotte in controllo di carico, e regolarmente eseguite secondo in protocollo di prova concordato con il Committente. Nel presente rapporto sono descritte le fasi di allestimento delle prove, le modalità di esecuzione, e sono riportati i risultati finali sottoforma di documentazione fotografica.

Le prove sono state eseguite alla presenza dei tecnici supervisor della Committenza

Roma, 11 Febbraio 2014

I Responsabili delle prove

Prof. Ing. Alberto MEDA

Prof. Ing. Zila RINALDI