

INFLUENZA DEL CAROTAGGIO SULLO STATO TENSIONALE E DEFORMATIVO DI ELEMENTI COMPRESSI

Giuseppe Campione, Marinella Fossetti, Maria Letizia Mangiavillano e
Salvatore Priolo

*Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica
Università di Palermo, campione@diseg.unipa.it*

ABSTRACT

In the present paper an experimental research regarding the effect of the drilling technique on the response of compressed reinforced concrete members is presented and discussed. Ten columns having rectangular cross-section of sides 46x16 cm were tested in compression in a displacement controlled mode. Some of these specimens were preliminarily drilled with circular hole of 10 cm diameter and placed in a symmetric and asymmetric position. The study on the influence of the hole on the stress and strain distribution of the compressed members stressed its influences on the reduction of the bearing capacity and on the strain increases.

PAROLE CHIAVE

Calcestruzzo, pilastri, carotaggio, disturbo, prove di compressione.

1 INTRODUZIONE

La diagnostica delle strutture prevede una serie di indagini che si prefiggono l'obiettivo di fornire ai diversi livelli decisionali, le informazioni tecnico-economiche necessarie per operare le scelte più opportune in termini di manutenzione, riuso e recupero del patrimonio esistente.

Un completo "check-up" della struttura, consente di poter istruire la sua "cartella" e seguire, o meglio prevenire, le variazioni legate a fenomeni di degrado, di invecchiamento o di affaticamento. Il prelievo di calcestruzzo indurito da elementi strutturali mediante tecnica di carotaggio costituisce da lungo tempo (ACI 228, 1988; ASTM C/42, 1988; UNI 10766, 1999) uno dei metodi più diffusi per valutare la resistenza del calcestruzzo posto in opera ed è uno di quelli che più si avvicina, nella determinazione della resistenza del conglomerato, a quella ricavata mediante i campioni standard. Tale tecnica produce durante il prelievo, un disturbo dell'elemento strutturale, ovvero un danneggiamento locale. A tal proposito per l'esecuzione della tecnica di carotaggio e relativamente alla fase di prelievo occorre seguire specifiche procedure per ridurre, al minimo, il danneggiamento dovuto al prelievo in genere costituito da carote di diametro 100 o 150 mm.

Nel presente lavoro si danno alcune indicazioni di carattere sperimentale sul disturbo dello stato tensionale e deformativo di un elemento compresso forato per il carotaggio. In

particolare l'obiettivo del lavoro è stato quello di valutare gli effetti che la tecnica del carotaggio ha sulla risposta meccanica di elementi compressi in assenza ed in presenza di armature e con foro centrato o eccentrico.

2 RICERCA SPERIMENTALE

Al fine di potere dedurre gli stati deformativi indotti sotto carico dalla presenza di un foro in un pilastro e per valutare il danno provocato dallo stesso, sono state confezionate dieci colonne in calcestruzzo armato e non, di forma prismatica a sezione trasversale rettangolare. Le colonne sono state distinte in cinque tipologie, in funzione della presenza e della posizione del foro e della presenza di armatura. Dopo il confezionamento e la stagionatura dei provini ad alcuni di essi sono stati praticati dei fori centrali o eccentrici mediante tecnica di carotaggio. Quindi sono stati sottoposti a prova di compressione centrata con macchina operante in controllo di spostamento registrandone la risposta carico-accorciamento e cogliendo la risposta sia nella fase pre che post-picco. Inoltre, si sono rilevate le deformazioni di sezioni caratteristiche e si sono tracciati i quadri fessurativi.

2.1. Provini confezionati

Le colonne prese in esame hanno geometria e dettaglio di armatura mostrati in Fig. 1a, b e c nei casi di colonna in assenza di foro (Fig. 1a) ed in presenza di foro centrato (Fig. 1b) ed eccentrico (Fig. 1c).

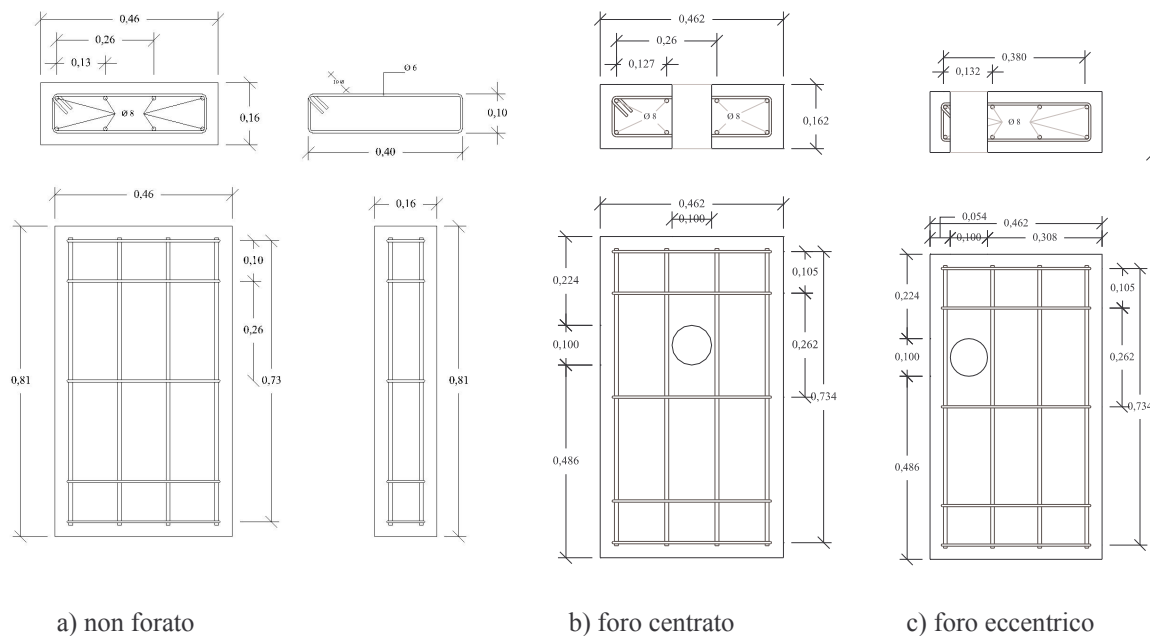


Fig. 1. Geometria dei provini esaminati e posizione dei fori.

Tutte le colonne hanno altezza 81 cm e sezione trasversale rettangolare di dimensioni 46x16 cm. Le armature sono costituite da 8 barre da 8 mm e staffe da 6 mm disposte con passo 26

cm. Le parti terminali dei provini sono state ulteriormente rinforzate con 2 staffe disposte con passo 10 cm. Il copriferro effettivo è stato assunto pari a 3 cm.

Il tipo di acciaio impiegato in barre ad aderenza migliorata ha raggiunto, quando sottoposto a prova di trazione, tensione di snervamento di 523 MPa per le barre di diametro 8 mm e di 473 MPa per quelle da 6 mm. Il rapporto di armatura longitudinale adottato è risultato di 0.55 % e quello delle staffe trascurabile ai fini del confinamento.

La scelta delle armature e del tipo di calcestruzzo di bassa resistenza cilindrica (10 MPa) è legata al voler riprodurre le condizioni, purtroppo molto frequenti, di elementi strutturali aventi scadenti caratteristiche meccaniche.

Il ridotto diametro delle armature longitudinali è stato invece opportunamente scelto per simulare le possibili situazione in cui si trovano barre di maggiore diametro ridottesi nel tempo per effetto della corrosione. Il passo scelto per le staffe infine riproduce i valori elevati riscontrabili in molte costruzione dell'ultimo trentennio.

Il prelievo del calcestruzzo indurito dal pilastro (che a rigore doveva essere effettuato quando il pilastro era sotto carico ma, che in questa ricerca per semplicità, è stato effettuato in condizioni di elemento scarico) è stato effettuato con carotatrice a corona diamantata con prelievo di carota passante per lo spessore del pilastro di diametro 10 cm.

La posizione del foro è stata scelta baricentrica ed eccentrica rispetto all'asse dell'elemento. Il foro eccentrico (anche se come è noto è da evitare) vuole riprodurre la condizione di un elemento in cui a causa della presenza delle armature non consente di eseguire il foro in posizione centrale.

Il calcestruzzo è stato confezionato con cemento Portland 32.5 MPa, con elevato rapporto acqua-cemento (pari a 0.55) e con l'uso di elevato dosaggio di inerte fino (sabbia) e di una minore percentuale di inerte grosso (pietrisco) al fine di riprodurre una composizione tipica di impasti con bassa resistenza a compressione.

2.2. Apparecchiatura di prova

Tutte le indagini sperimentali eseguite (caratterizzazione dei materiali costituenti e indagini sulle colonne) sono state condotte mediante l'uso di una pressa Zwick/Roell & Toni Technik (vedi Fig. 2a) da 4000 kN operante a controllo servo-idraulico di spostamento. La macchina è gestita da una centralina elettronica interfacciata con l'utente tramite un PC dotato del software fornito dal produttore.

I provini inseriti nella pressa e caricati mediante interposizione di piastre di ripartizione rigide in acciaio sono stati strumentati con comparatori millesimali per la lettura degli accorciamenti. La base di misura scelta è stata assunta pari alla distanza tra i piatti per il trasduttore di spostamento di cui è dotata la stessa macchina di prova e pari a 10 cm per i comparatori millesimali. In particolare per i provini non forati si sono disposti, come mostrato in Fig. 2c) dieci compratori di cui 5 su una faccia del lato lungo del pilastro e 5 sulla faccia opposta e tutti posti nella zona centrale del provino.

Per i pilastri con il foro si sono inseriti i comparatori centrali in un apposito strumento (vedi Fig. 2b e 2d) che consente di valutare la deformazione del calcestruzzo nella zona del foro. Tale strumento è costituito da un elemento di alluminio e ottone che viene inserito all'interno del foro, e grazie alla presenza di due molle, poste in appositi pistoncini, consente il contatto con l'area di appoggio delle punte in ottone, e permette così ai comparatori di leggere gli abbassamenti dovuti al carico nella zona forata.

L'acquisizione degli spostamenti (misurati dai comparatori millesimali della Mitutoyo) è stata effettuata automaticamente con una frequenza di 0.125 Hz (una acquisizione ogni secondo) attraverso una centralina denominata DMX-16C (sempre della Mitutoyo) che consente la lettura simultanea di 16 comparatori ed è interfacciata con l'utente tramite un software

denominato Sisifo che utilizza il linguaggio di programmazione LabView della National Instruments.

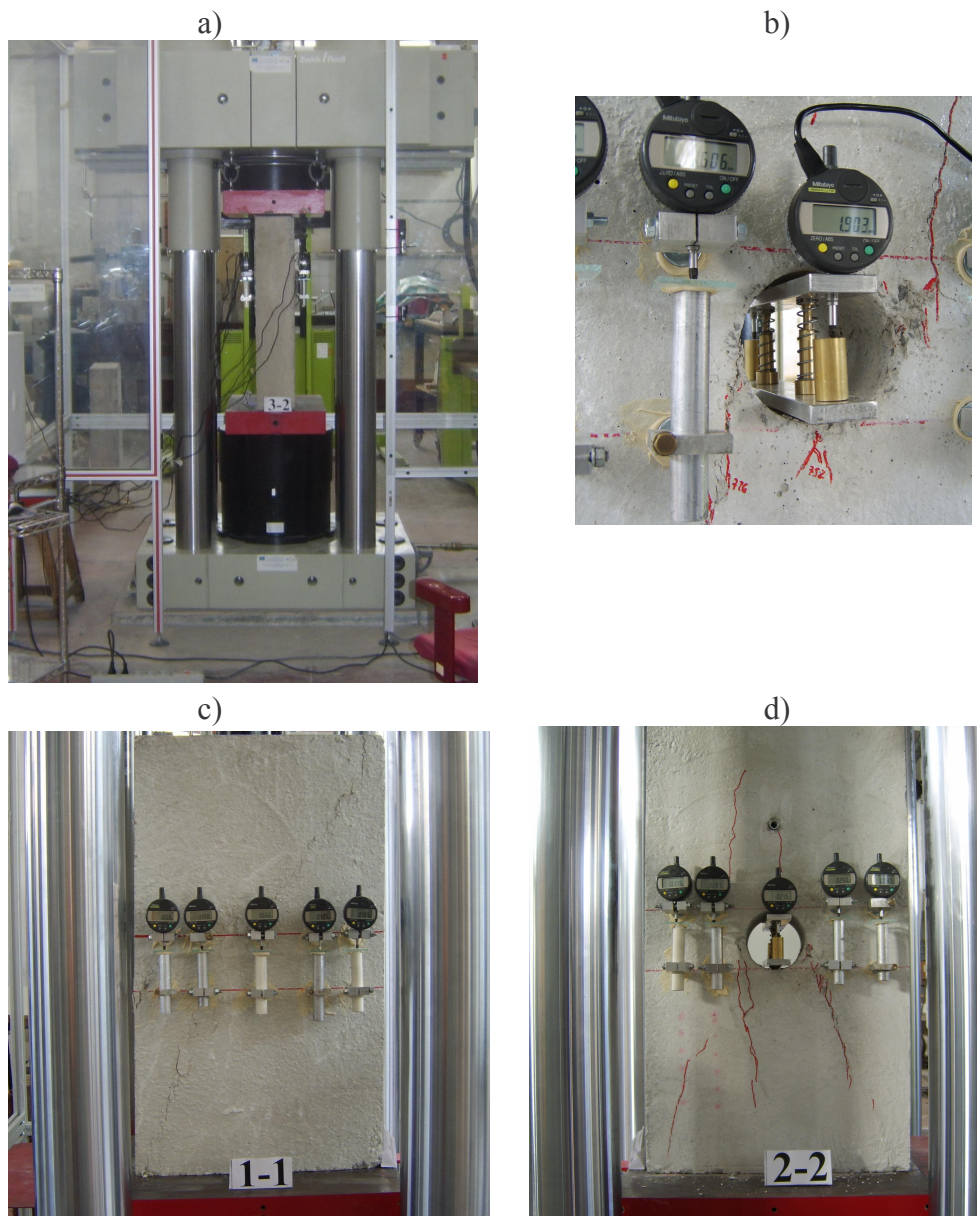


Fig. 2. Macchina di prova e strumentazione per la lettura degli spostamenti.

3. PROVE DI COMPRESSIONE SUI PILASTRI

Si riportano nel seguito i risultati delle prove di compressione eseguite sui pilastri integri e forati ed assenza di armatura. Quindi si riportano gli analoghi risultati relativi ai pilastri in presenza di armature. Per tutte le prove eseguite si è adottata una velocità di prova di 0.1 mm/min.

In Fig. 3 si riportano le curve carico-accorciamento dei provini non armati sia in assenza (vedi Fig. 3a) che in presenza di foro centrale (vedi Fig. 3b). Il carico è quello registrato dalla cella di carico e gli spostamenti quelli relativi alla lettura dei dieci comparatori.

Dall'andamento delle curve si evince che il comportamento degli elementi è caratterizzato da una fase iniziale a comportamento elastico seguito dal progressivo danneggiamento dell'elemento che dopo il raggiungimento del carico massimo porta alla rottura progressiva del provino (fase di softening).

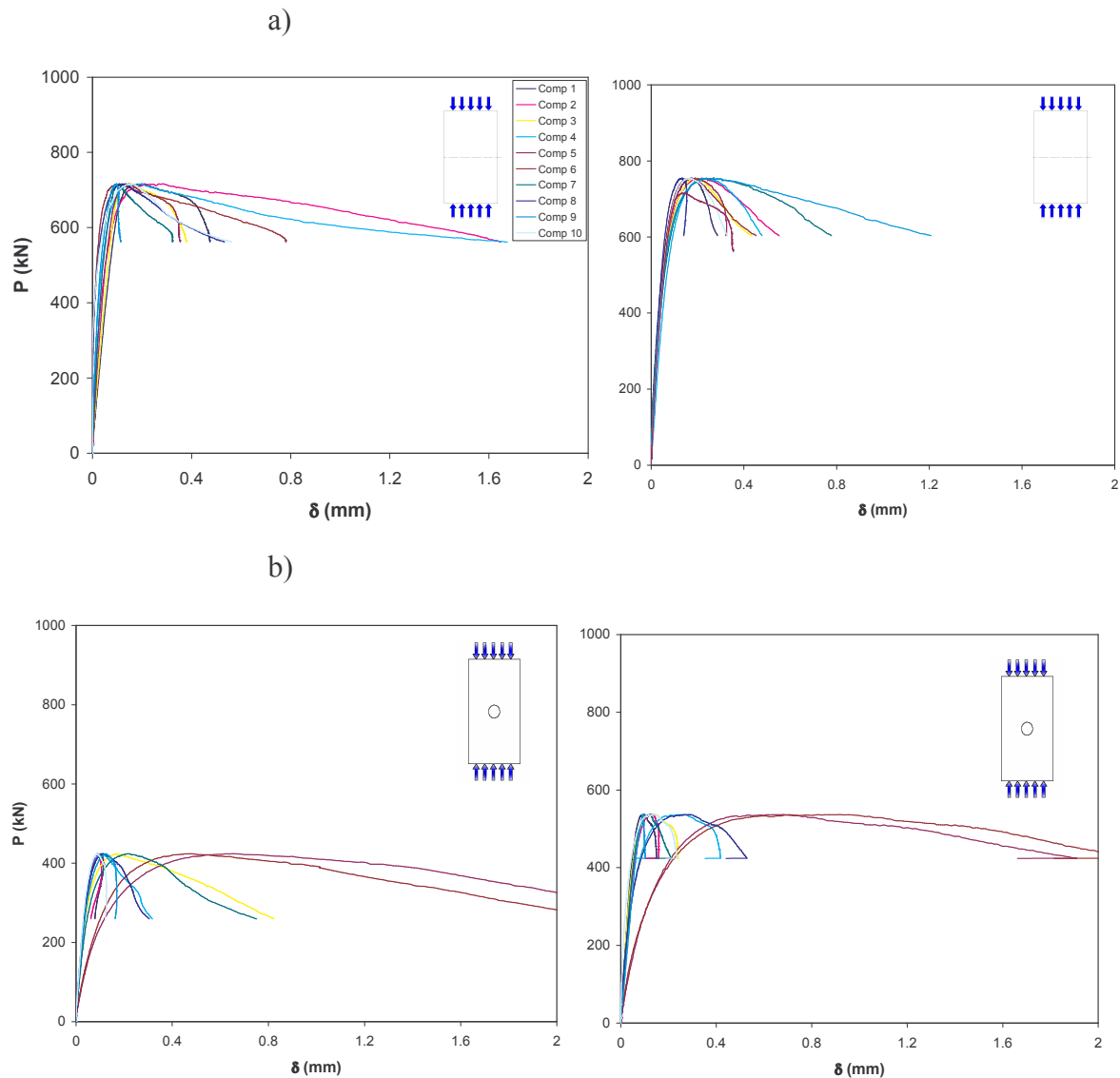


Fig. 3. Elemento compresso non armato: a) senza foro; b) con foro.

In assenza di foro le letture dei comparatori sono prossime fra loro e la deformazione di picco risulta di circa 0.2%, mentre la tensione corrispondente (rapporto tra il carico di rottura e l'area della sezione trasversale del provino) risulta di circa 9.5 MPa, valore prossimo a quello rilevato sui campioni cilindrici provati a schiacciamento per la caratterizzazione del materiale (10 MPa). Nel caso di pilastro forato si osserva una significativa riduzione del carico di rottura di circa il 32%. È interessante osservare che tale valore è maggiore del rapporto tra l'area della sezione forata rispetto a quella integra (rapporto che è invece di circa il 22%) mettendo in luce il fenomeno di intensificazione degli sforzi in prossimità del foro. In Fig. 4 si riportano le curve carico-accorciamento dei provini armati sia in assenza (vedi Fig. 4a) che in presenza di foro centrale (vedi Fig. 4b). L'andamento delle curve è sostanzialmente simile a quello già riscontrato nel caso di colonne senza armature con la differenza che il carico e la deformazione di picco sono più elevati poiché influenzati dalla presenza delle armature longitudinali. Infatti il carico di rottura è praticamente pari alla somma di quello delle colonne in assenza di armatura e del contributo delle barre longitudinali snervate. La deformazione di picco è prossima allo 0.3%, valore quest'ultimo coerente con quelli riscontrabili in letterature per elementi strutturali con debole confinamento.

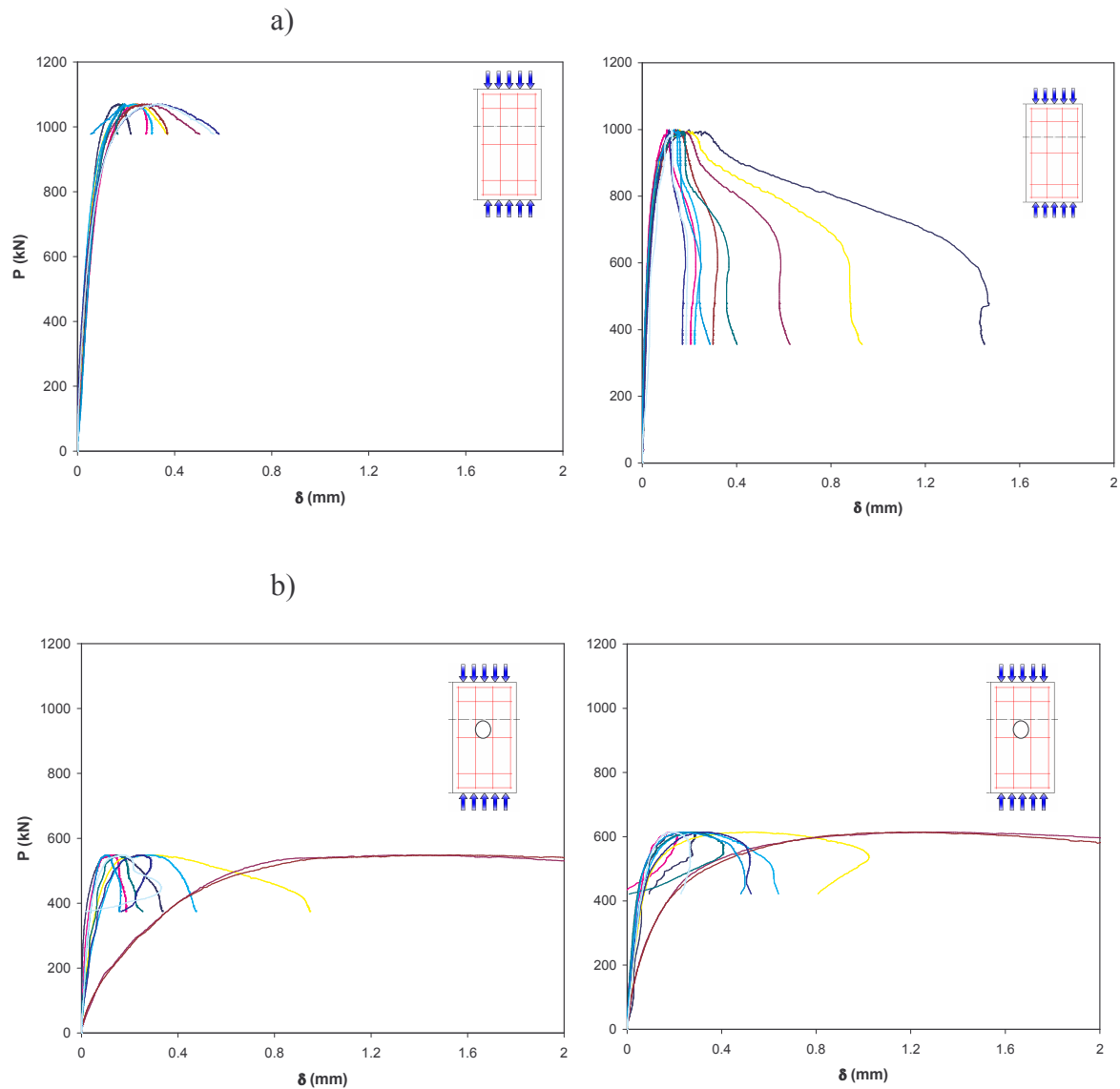


Fig. 4. Elemento compresso con armature: a) senza foro; b) con foro.

Nel caso di pilastro forato si osserva una significativa riduzione del carico di rottura di circa il 40%. Anche in questo caso tale valore è maggiore del rapporto tra l'area della sezione forata rispetto a quella integra. Dall'andamento delle curve si evince che le letture dei comparatori posti al di là del foro mostrano valori tra loro prossimi e più piccoli di quelli dei comparatori posti sul foro ove l'effetto di disturbo anche in termini deformativi è più marcato.

Come ultimo caso esaminato si riportano in Fig. 5 le curve carico-accorciamento dei provini armati in presenza (vedi Fig. 5a) di foro centrato ed eccentrico (vedi Fig. 5b).

In questo caso si osserva che a causa del foro eccentrico si ha modesta ulteriore riduzione di resistenza rispetto a quello di foro centrato. Le deformazioni di picco in prossimità della zona non forata rientrano sempre nei valori attesi per il calcestruzzo non confinato di 0.2%.

Dal punto di vista deformativo risulta interessante il confronto di Fig. 6 in cui si riporta l'andamento degli spostamenti letti dai comparatori posti sulla base di misura 100 mm al variare della loro posizione e per tre livelli di carico rispettivamente pari a 1/3, 2/3 ed 1 del carico massimo. Gli spostamenti letti dai comparatori nelle diverse posizioni sono poi stati collegati nei grafici mediante una curva interpolante.

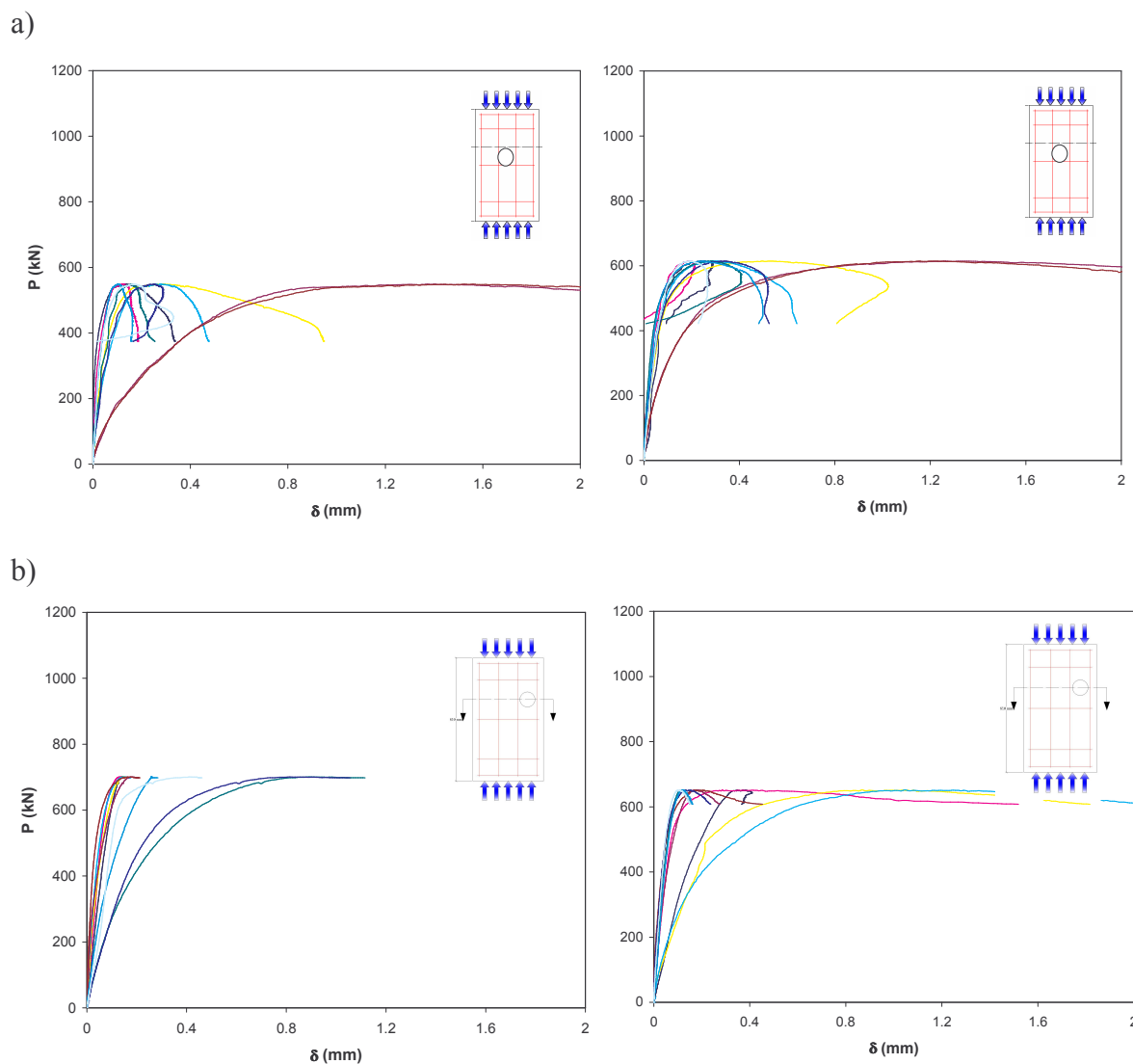


Fig. 5. Elemento compresso con armature: a) con foro centrato; b) con foro eccentrico.

In particolare in Fig. 6a si riporta il caso di pilastro forato senza armature da cui si osserva che l'andamento degli spostamenti in corrispondenza di comparatori laterali e di quello centrale sono sostanzialmente diversi al variare del livello di carico esaminato. Si evince che durante il processo di carico la sezione in prossimità del foro non si mantiene piana mostrando un significativo incremento della deformazione. Nell'ipotesi di comportamento elastico lineare del materiale il rapporto tra lo spostamento in prossimità del foro e quello sul bordo risulterebbe di 2.66, prossimo al valore di intensificazione degli sforzi in prossimità di una lastra caricata in compressione e con foro circolare. Inoltre il valore dello spostamento medio di 0.2 mm (che sulla base di misura di 100 mm corrisponde ad una deformazione di 0.002) risulta ampiamente superato nella zona limitrofa al foro. In Fig. 6c si mostrano le analoghe curve relative ai provini forati con armature e per confronto anche quelle relative ai provini senza armatura. In questo caso a causa della presenza delle armature le deformazioni in corrispondenza del foro sono più contenute rispetto al caso di elemento senza armature. Si rileva infine che nel caso di foro eccentrico (Vedi Fig. 6d) si produce pressoflessione sulla colonna con conseguenze sul profilo delle deformazione. In Fig. 6b si riporta infine una foto relativa ai provini forati durante l'esecuzione della prova.

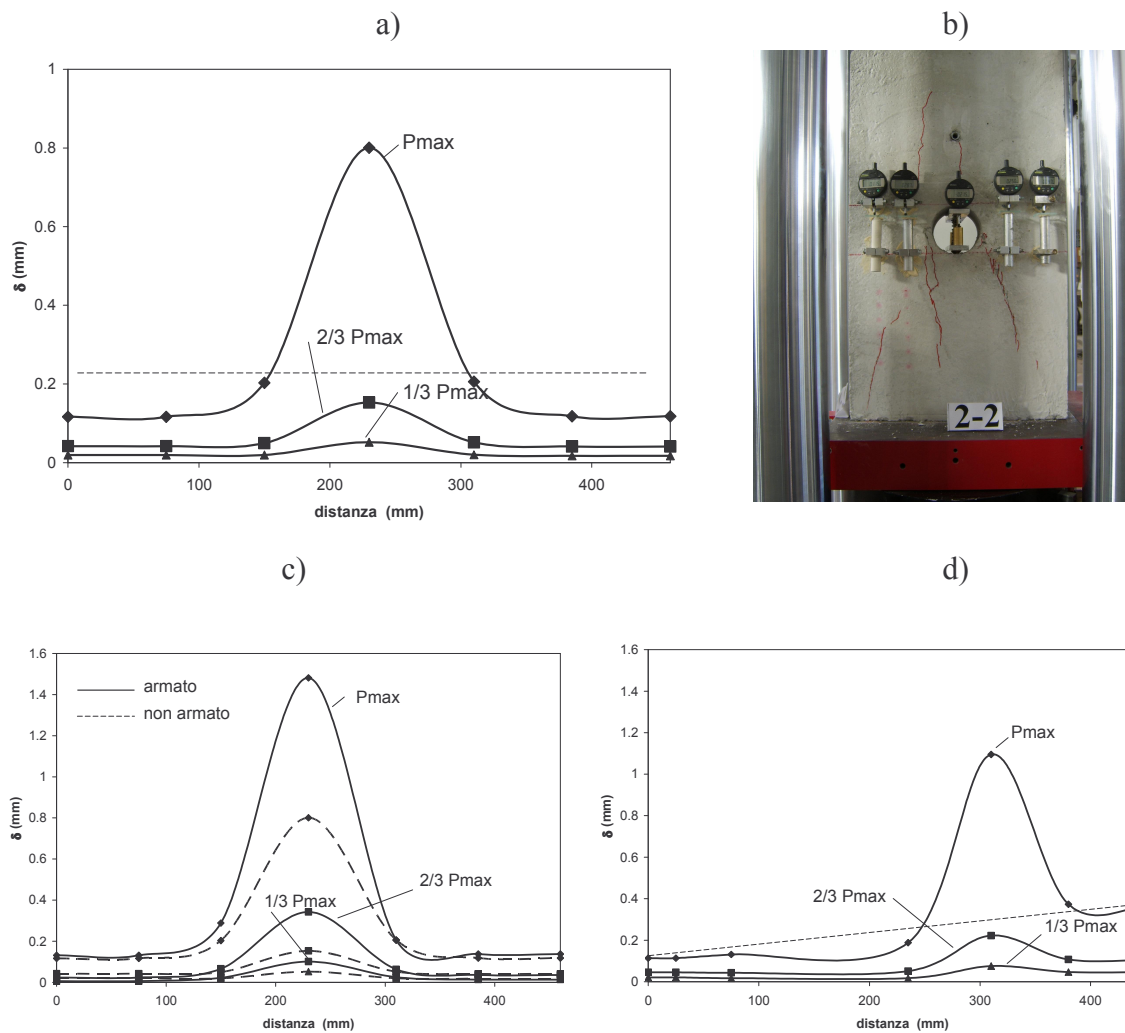


Fig. 6. Andamento degli spostamenti nella sezione con il foro.

4. CONCLUSIONI

I risultati conseguiti dalle prove di compressione centrata su pilastri a sezione rettangolare e soggetti a carotaggio hanno permesso di evidenziare che la tecnica di carotaggio produce sia nel caso di foro centrato che eccentrico disturbo dello stato di tensione e di deformazione, accompagnato da significativa riduzione della capacità portante rispetto al pilastro integro e con notevole concentrazione di sforzi sull'apice del foro con elevati gradienti di deformazione.

BIBLIOGRAFIA

- ACI Committee 228: (1988) "In-Place Methods for Determination of Strength of Concrete", *ACI Materials Journal*, V. 1 september-October 1988, pp.446-471.
- ASTM C 42/C 42M: (1988) "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete".
- UNI 10766-99: (1999) "Prove di compressione su provini ricavati da microcarote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ", Maggio 1999.