

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

FACOLTA' DI INGEGNERIA



**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**DIPARTIMENTO DI STRUTTURE
PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA**

ABSTRACT

**VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ
DEFORMATIVA ULTIMA DI ELEMENTI IN
CEMENTO ARMATO CON BARRE LISCE**

Relatore

Ch. mo Prof. Ing. Gerardo Mario Verderame

Correlatore

Ing. Carlo Del Gaudio

Candidato

Emanuele Cozzolino

Matr. N49/180

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

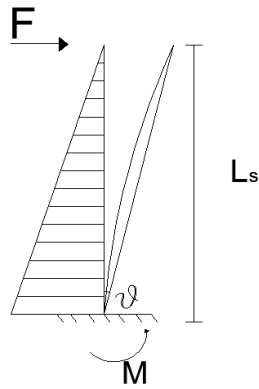
ABSTRACT

Una corretta valutazione della capacità di deformazione di elementi in cemento armato deve tenere conto della effettiva aderenza tra armatura e calcestruzzo circostante. Negli elementi con barre lisce, il basso legame di aderenza influenza in maniera evidente i tre meccanismi principali di deformazione: flessionali, tagliante e meccanismo di fixed-end rotation. Il fenomeno dell'aderenza incide molto anche sullo sviluppo di fessure lungo l'elemento. Infatti un minor numero di fessure si sviluppa quando tale fenomeno aumenta, ciò influenza notevolmente sia la deformazione dovuta al taglio sia quella dovuta alla flessione, in particolare riducendo la prima ed incrementando la seconda.

Per esprimere la capacità deformativa ultima di tali elementi in c.a., nel presente lavoro di tesi è stata analizzato come parametro deformativo la rotazione di corda. Quest'ultima rappresenta la misura più importante e conveniente per esprimere la deformazione di una struttura in cemento armato per i seguenti motivi:

- Sia in campo elastico che in quello anelastico, le rotazioni di corda alle estremità dell'elemento sono uguali a quelle nei nodi, solo dopo aver sottratto gli spostamenti rigidi del corpo rispetto al proprio asse;
- A differenza della curvatura, che non ha un riscontro fisico ed è difficile da misurare sperimentalmente, le rotazioni sono misurate e controllate in modo affidabile.

Essa viene descritta in figura 1:



Negli ultimi anni, la necessità di un'affidabile valutazione della capacità sismica delle strutture esistenti ha prodotto un numero crescente di campagne sperimentali volte allo studio del comportamento degli elementi “non conforming”, inclusi i elementi con barre lisce. Pertanto, le formulazioni in grado di fornire una stima affidabile della capacità di deformazione ultima di elementi con barre lisce sono di particolare interesse per la valutazione degli edifici esistenti.

Scopo del presente lavoro è stato quello di riunire in un unico database, costituito da 42 colonne armate con barre lisce, i risultati provenienti da diverse campagne sperimentali, nazionali ed internazionali, al fine di interpretarne i risultati alla luce delle direttive dei più recenti codici normativi, nello specifico, dell'Eurocodice 8. In particolare, ci soffermiamo sulla parte 3 del suddetto codice, alla sezione A.3.2.2(stato limite ultimo), in cui vengono riportate espressioni per la valutazione della capacità deformativa ultima di elementi in cemento armato.

Il valore ultimo della rotazione di corda di un elemento in cemento armato sottoposto ad un tipo di carico ciclico, è dato dalla seguente espressione:

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} 0.016 \cdot (0.30^v) \left[\frac{\max(0.01; \omega^l)}{\max(0.01; \omega)} f_c \right]^{0.225} \left(\frac{L_v}{h} \right)^{0.35} \cdot 25^{\left(\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.25^{100 \rho_d}) \quad (1)$$

Il valore della rotazione di corda, calcolato secondo la (5) viene applicato ad elementi con barre nervate, con dettagli sismici e senza sovrapposizione delle barre longitudinali in prossimità della regione in cui si verifica lo snervamento di queste ultime.

Se l'elemento di cui vogliamo calcolare la rotazione di corda è costituito da barre lisce, l'Eurocodice 8, prevede l'utilizzo di coefficienti di correzione, basati su dati sperimentali.

Nel corso degli anni, ci sono state delle modifiche circa alcune prescrizioni presenti nella normativa. In particolare, è stato presentato un documento ("**Corrigenda to EN 1998-3**"-**Document CEN/TC250/SC8/n437A (CEN 2009)**). In particolare, se l'elemento di cui si vuole studiare la rotazione di corda ultima è costituito da barre lisce, secondo tale documento, quest'ultima deve essere moltiplicata per un coefficiente correttivo pari a 0.80. Inoltre esso prevede che nel caso in cui la lunghezza di sovrapposizione dell'armatura longitudinale non è sufficiente, la rotazione di corda deve ulteriormente essere moltiplicata per un altro coefficiente la cui formula è riportata di seguito:

$$0.019[10 + \min(40, l_0/d_{bl})] \quad (2)$$

dove il termine l_0/d_{bl} rappresenta il rapporto tra la lunghezza di sovrapposizione delle barre longitudinali e il diametro di queste ultime.

Infine, uno studio realizzato da (Verderame et. al,2010) ha permesso di utilizzare un'altra espressione di tale coefficiente, applicabile ad elementi con o senza sovrapposizione dell'armatura longitudinale:

$$k = 0.020 \min(50, l_0/d_{bl}) \quad (3)$$

Di seguito si riportano i rapporti tra le rotazioni di corda sperimentale e teorica, quest'ultima calcolata moltiplicandola prima per il coefficiente presente nel CEN 2009 e poi per quello proposto in funzione del rapporto tra lunghezza di sovrapposizione e diametro della barra l_b/d_b :

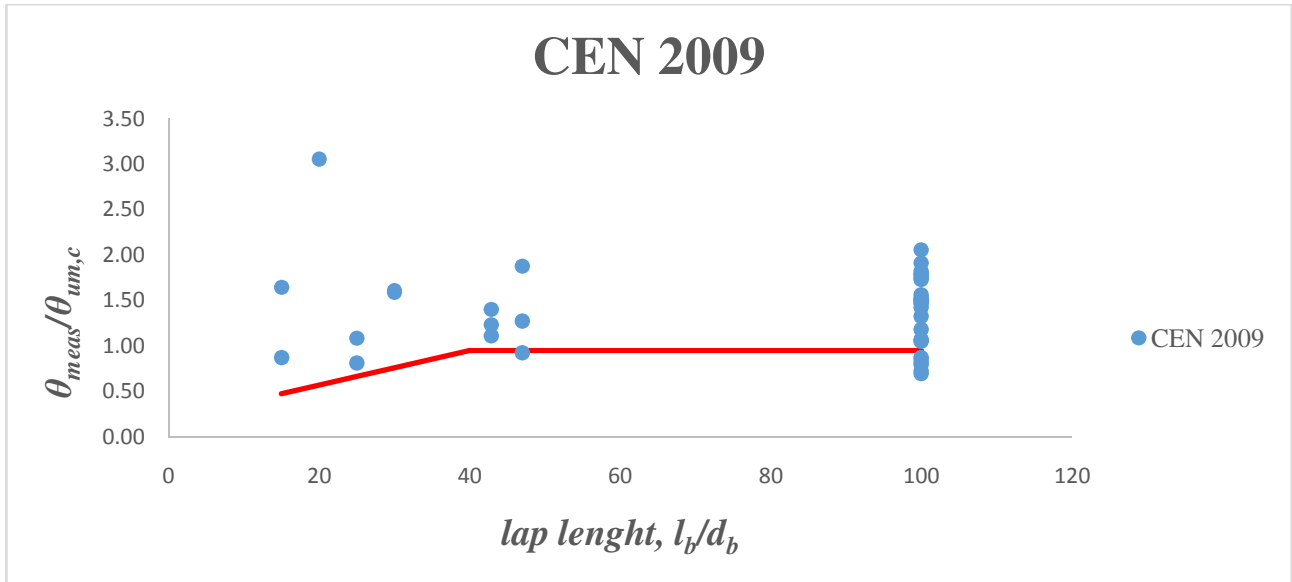


Diagramma (1)

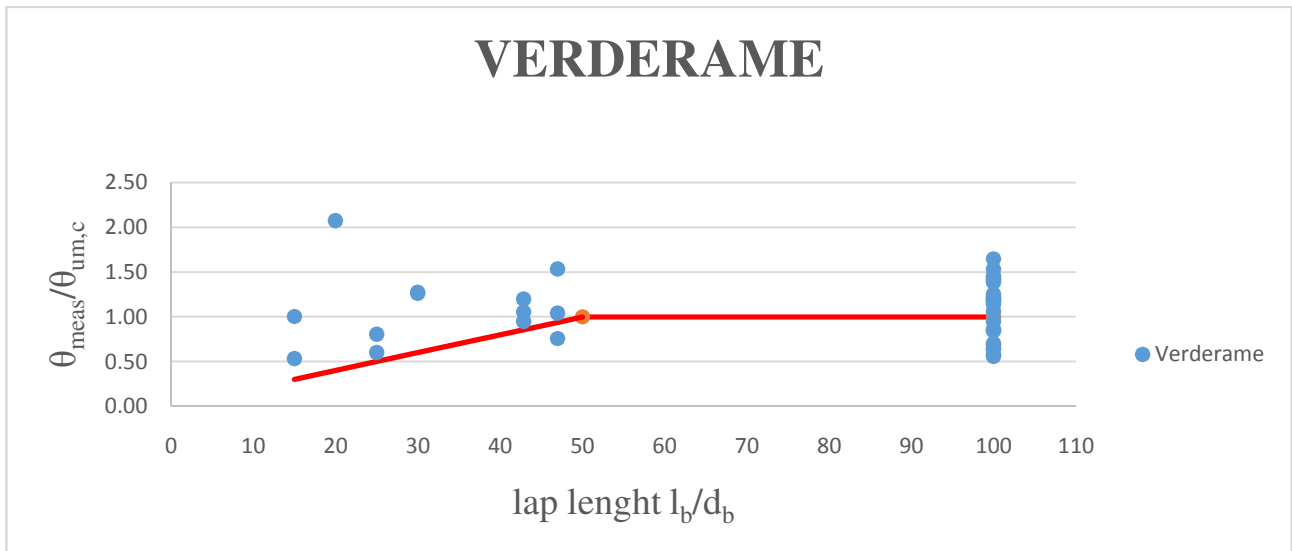


Diagramma (2)

Nel diagramma 3, invece, vengono riportate entrambe le formulazioni analizzate precedentemente:

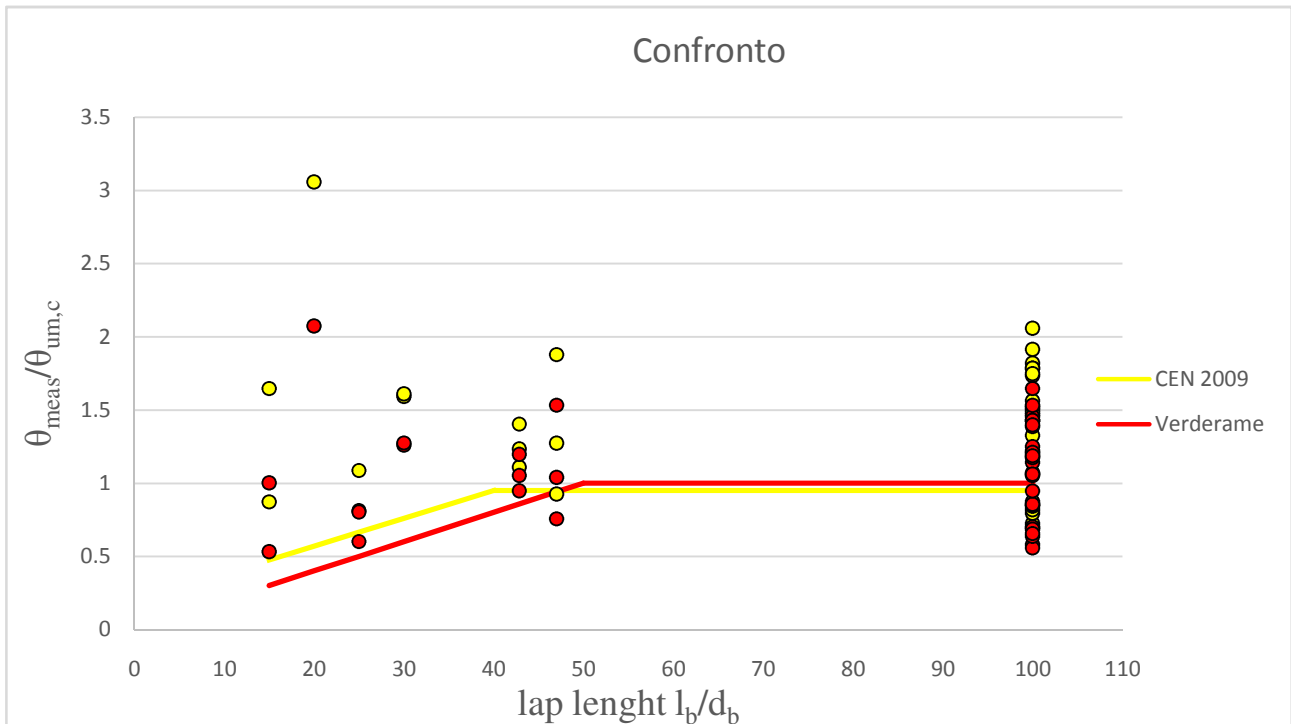


Diagramma 3

Dai diagrammi sopra rappresentati, si evince che per valori di l_b/d_b inferiori a 50, entrambe le formulazioni sovrastimano il rapporto tra la rotazione ultima calcolata sperimentalmente e quella teorica, in quanto, il coefficiente di correzione riduce solo ed esclusivamente la rotazione di corda ultima teorica.

Inoltre, osservando il diagramma (3) possiamo osservare che per valori di l_b/d_b compresi tra 15 e 47, il rapporto tra la rotazione ultima sperimentale e quella teorica è amplificato maggiormente dalla formulazione proposta rispetto al CEN 2009, che presenta valori del fattore di correzione maggiori. Calcolando il valore medio di tale rapporto attraverso le due formulazioni, notiamo che il modello proposto da (Verderame et al) si adatta meglio ai dati sperimentali, in quanto più prossimo all'unità, come riportato in tabella:

CEN 2009	Verderame et al.
$(\theta_{meas} / \theta_{um,c})_{medio}$	$(\theta_{meas} / \theta_{um,c})_{medio}$
1,40	1,10
C.o.V	C.o.V
35,38%	32,02%

Scopo di tale lavoro è stato quello di valutare la capacità deformativa ultima di colonne in c.a. attraverso la stima del parametro *rotazione di corda*. E' stata rivolta particolare attenzione alla calibrazione di coefficienti di correzione applicati ad elementi «non conforming». Pertanto, possiamo trarre le seguenti conclusioni:

- ✓ La valutazione della capacità deformativa ultima di elementi in c.a. deve basarsi solo ed esclusivamente su dati sperimentali;
- ✓ Le formulazioni della capacità rotazionale di elementi in c.a. con barre lisce è fortemente influenzata dal basso numero di dati sperimentali relativi a queste tipologie;
- ✓ Le recenti prove effettuate su 16 colonne in cemento armato con barre lisce, condotte presso l'Università di Napoli Federico II, ha permesso di estendere il database sperimentale.
- ✓ L'elevata capacità di deformazione di elementi con barre lisce, è dovuta principalmente al meccanismo *fixed-end* rotation, causato dallo scorrimento dell'armatura longitudinale rispetto al calcestruzzo circostante.