

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE

Corso di Laurea in Ingegneria per
l'Ambiente ed il Territorio

TESI DI LAUREA

**Capacità rotazionale di colonne in C.A. con
barre lisce: comparazioni alla luce delle
prescrizioni dell'EC8 e della Fema 356**

RELATORE

Prof. ing. Gerardo M. VERDERAME

CANDIDATO

Margherita RUSSO

Matr. 49/1100

CORRELATORE

ing. Paolo RICCI

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Introduzione

Le recenti evoluzioni delle normative sismiche, nazionali ed internazionali, hanno portato all'attenzione del mondo professionale il tema della valutazione delle strutture esistenti, affrontato con metodologie rigorose sia dal punto di vista della caratterizzazione dei materiali, delle soluzioni strutturali e dei dettagli costruttivi che da quello dell'analisi strutturale.

Le normative di nuova generazione, dunque, affrontano l'aspetto progettuale con l'intento di conciliare sicurezza ed economia e, parallelamente, si concentrano sullo stato di salute delle strutture già esistenti.

Le numerose formulazioni proposte in letteratura per l'analisi non lineare delle strutture, alcune delle quali recepite dai codici normativi, sono però basate sulla risposta di elementi in c.a. armati con barre ad aderenza migliorata. Larga parte del patrimonio edilizio internazionale, ed in particolare modo italiano, è però realizzato adoperando barre di armatura lisce. Tutte le costruzioni edificate nel trentennio che va dagli anni '40 agli anni '70 sono, infatti, state realizzate nel rispetto del R.D.L. n. 2229 del 16 novembre 1939 che prevedeva esclusivamente l'uso di barre di armatura lisce. Solo il successivo D.M. 30 maggio 1972 n°9161 stabilirà, in senso normativo, il passaggio definitivo dalle barre lisce, sino ad allora utilizzate, alle barre ad aderenza migliorata.

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".

Scopo del presente lavoro è stato quello di riunire in un unico database, costituito da 29 campioni di 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 e della Fema 356 (Update to ASCE/SEI 41 Concrete Provisions).

Focalizzando brevemente l'attenzione sulle normative a cui si fa riferimento nel presente lavoro di tesi, nel Cap. 2 ne sono riportati principi e formulazioni.

L'EC8 valuta la deformazione allo snervamento come una rotazione di corda, che rappresenta i diversi contributi relativi ai meccanismi di deformazione flessionale, tagliante e dovuta alle fixed-end rotation. La capacità rotazionale è convenzionalmente riferita ad un drop del 20% della resistenza di picco. Al fine di valutare la rotazione ultima di corda, l'EC8 propone due approcci:

- ✓ Approccio meccanico-empirico;
- ✓ Approccio puramente meccanico.

La Fema 356, ed in particolar modo l'Update dell'ASCE/SEI 41 (Concrete Provisions), prendendo come riferimento la sezione dedicata alle direttive sulle colonne, prevede il parametro di modellazione a per misurare la rotazione plastica. Convenzionalmente tale punto corrisponde alla rotazione plastica alla quale la resistenza laterale ha subito un degrado dell'80% del picco di resistenza al taglio. Per la valutazione del coefficiente di modellazione a la normativa si avvale di una particolare classificazione delle colonne, che è la seguente:

Tabella 1 Classificazione delle colonne per la determinazione dei parametri di modellazione

	Transverse Reinforcement Details		
	ACI conforming details with 135° hooks	Closed hoops with 90° hooks	Other (including lap spliced transverse reinforcement)
$V_p/(V_n/k) \leq 0.6$	Condition i	Condition ii	Condition ii
$1.0 \geq V_p/(V_n/k) > 0.6$	Condition ii	Condition ii	Condition iii
$V_p/(V_n/k) > 1.0$	Condition iii	Condition iii	Condition iii

Note: k represents a modifier based on ductility demand, defined in FEMA 356 and ASCE/SEI 41.

Nel Cap. 3 sono, invece, stati introdotti i risultati delle principali sperimentazioni, tra cui le recenti prove eseguite presso il laboratorio del Dipartimento Strutturale dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", nell'ambito del progetto di ricerca RELUIS-DPC 2005-2008 Linea 2. Tale campagna sperimentale (Verderame et al., 2008; Di Ludovico et al., 2009) si è rivelata essenziale al fine dell'estensione del database sperimentale, e quindi per la calibrazione di coefficienti correttivi per la valutazione della capacità rotazionale ultima degli elementi con barre lisce, sia per le formulazioni dell'Eurocodice 8, che per quelle dell'Update dell'ASCE/SEI 41.

Quindi nel Cap. 4 è stato presentato ed interpretato il database sperimentale di riferimento, costituito dai 29 campioni, solo 18 dei quali sono caratterizzati dall'assenza di sovrapposizione delle armature longitudinali.

Alla luce delle prescrizioni dell'EC8, sono stati ricalibrati i fattori correttivi per la valutazione della rotazione ultima di corda, che da una comparazione con i coefficienti proposti, invece, dal CEN 2005, dalla successiva revisione del CEN 2009 (basata probabilmente sulla proposta di Fardis 2007), risultano essere decisamente meno conservativi e più affidabili.

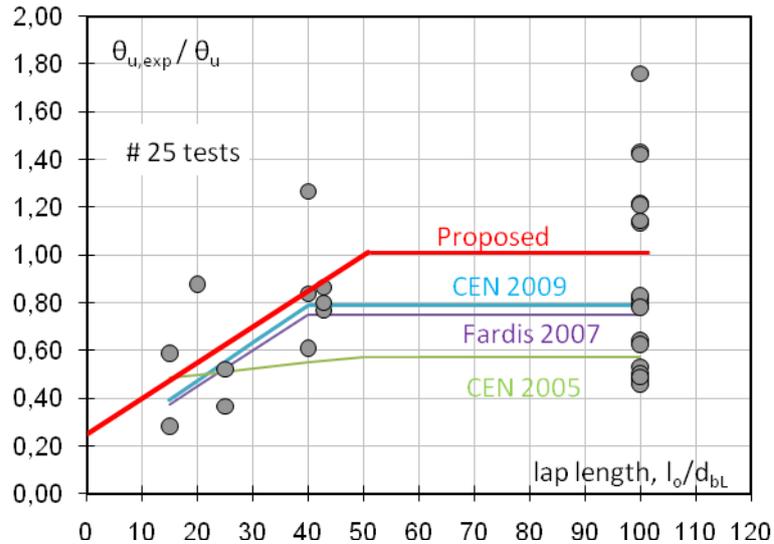


Figura 1 Comparazione dei coefficienti correttivi

Analizzando, invece, il database, alla luce delle direttive dell'Update dell'ASCE/SEI 41, risulta evidente la necessità di un coefficiente correttivo, stimato pari a 0.33.

Tale fattore risulta essere amplificativo nel caso della *condizione i*, per rispettare la probabilità di failure del 35% (stabilita dalla normativa americana per la *condizione i*).

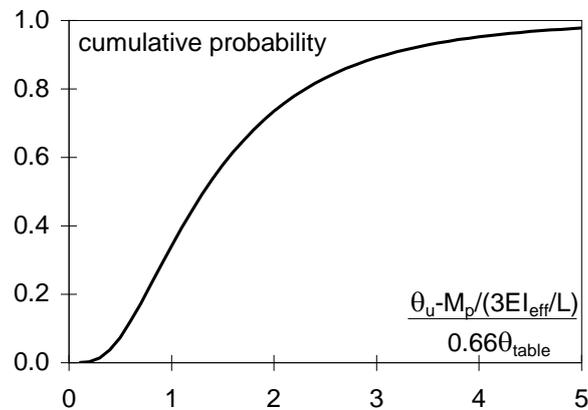


Figura 2 Distribuzione probabilità cumulata applicando il fattore correttivo, condizione i

Considerando, invece, la *condizione ii* il coefficiente correttivo risulta decurtativo, al fine di rispettare la probabilità di failure del 15% (stabilita dalla normativa americana per la *condizione ii*).

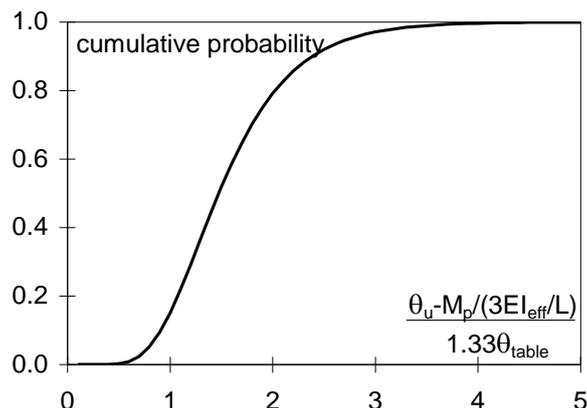


Figura 3 Distribuzione probabilità cumulata applicando il fattore correttivo, condizione ii

Evidenziando, dunque, le conclusioni del presente lavoro di tesi, esse risultano come segue:

- La valutazione della capacità deformativa post-elastica degli elementi in c.a. può essere conseguita su base sperimentale; l'approccio di natura meccanica non consente di valutare in maniera accurata i complessi fenomeni di interazione che influenzano in maniera determinante la deformabilità.
- L'affidabilità delle formulazioni di regressione proposte in letteratura, alcune delle quali adottate in normativa, è diretta conseguenza dell'estensione e del corretto assortimento del database di prove sperimentali.
- La stima della capacità rotazionale degli elementi "non-conforming" è fortemente condizionata dalla limitata disponibilità di dati sperimentali relative a tali tipologie.
- I recenti test su colonne armate con barre lisce, condotte presso l'Università degli Studi di Napoli (DIST), hanno consentito di estendere in maniera significativa il database sinora utilizzato per la calibrazione dei coefficienti correttivi.
- L'analisi del database sperimentale, alla luce delle direttive dell'EC8 e dell'ASCE/SEI 41, ha consentito di evidenziare l'eccessiva conservatività delle attuali prescrizioni normative, in merito agli elementi armati con barre lisce.
- Con il lavoro di tesi svolto si è giunti alla proposta di nuovi fattori correttivi da introdurre nel codice europeo, l'Eurocodice 8, ed in quello americano, la Fema 356, ed in particolar modo all'interno dell'Update dell'ASCE/SEI 41, Concrete Provisions. Tali fattori correttivi forniscono delle stime meno conservative e decisamente più attendibili della capacità rotazionale di colonne in cemento armato con barre lisce.