

Università degli Studi di Napoli Federico II



DIPARTIMENTO DI STRUTTURE PER L'INGEGNERIA E  
L'ARCHITETTURA

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

Classe delle Lauree in Ingegneria Civile e Ambientale, Classe L-7

Tesi di laurea

**STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO:  
DUTTILITA' DI SEZIONE ED ELEMENTO**

RELATORE

Prof. Ing. G. M. Verderame

CANDIDATO

Gabriele Rumolo

Matr. N49/449

CORRELATORE

Ing. Flavia De Luca

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

# Abstract

Le basi della progettazione antisismica delle strutture in cemento armato sono riviste e analizzate alla luce delle prescrizioni della normativa italiana (NTC, 2008) e di quella europea (EC8, 2004).

In Italia, prima dell'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, mediante la quale il territorio è stato riclassificato in base alla nuova mappa di pericolosità sismica, non tutto il suolo era sottoposto a vincoli normativi di progettazione antisismica.

Inoltre, è solo dal 2003, con l'OPCM 3274, emanata a seguito del crollo di San Giuliano di Puglia, che in Italia è stata introdotta una nuova filosofia di progettazione basata sulla duttilità e sul cosiddetto *capacity design*. Sino a quel momento il progettista concepiva la struttura sismo-resistente sulla sola base della "resistenza", intesa come capacità di quest'ultimo di resistere alle sollecitazioni di progetto in maniera efficiente. I vetusti edifici italiani, sottoposti a sollecitazioni statiche, hanno dimostrato di resistere in maniera efficiente, ma potrebbero fare lo stesso se sottoposti a sollecitazioni dinamiche come quelle di un sisma?

La risposta è stata ampiamente palesata dai quadri di danneggiamento dei terremoti del 1997 in Umbria e nelle Marche, del 2002 a San Giuliano, del 2009 a L'Aquila e del 2012 in Emilia. La progettazione strutturale necessita di un approccio che superi il concetto di resistenza di un edificio garantendo la capacità di quest'ultimo di dissipare tutta l'energia assorbita da un sisma.

Con il D.M. 14/01/2008, "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2008), gli obiettivi progettuali sono finalizzati alla prestazione della struttura rispetto ai diversi stati limite (ultimi e di esercizio). Per gli edifici di nuova progettazione, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, le indicazioni normative, mediante i valori predefiniti del fattore di struttura, garantiscono caratteristiche di resistenza e capacità deformative tali da assicurare definite prestazioni in termini di duttilità globale evitando eventuali crisi di tipo fragile. La struttura è concepita in maniera tale che abbia capacità di escursione in campo plastico con lo scopo di posticipare l'attingimento dello stato limite ultimo (SLU). Lo strumento generale, che garantisce le prestazioni sopra descritte è la *duttilità*.

E' stata quindi condotta un'analisi, guidata dalle norme italiana ed europea, sul ruolo della duttilità. Iniziando dalla duttilità a livello di materiali, passando per la duttilità di sezione (duttività in curvatura), sino a giungere all'elemento (duttività rotazionale) e infine alla struttura (fattore di struttura), è stato descritto il percorso progettuale che tutte le normative basate sul *capacity design* seguono. Successivamente si è poi analizzata la duttilità in curvatura di diverse sezioni parametrizzandone le caratteristiche rispetto ai dettagli che più influenzano il parametro di duttilità in curvatura.

Nell'indagine numerica, eseguita su una sezione di una colonna a pianta quadrata di lato 50 cm, sono stati utilizzati 3 approcci di calcolo, tra cui , un'analisi a fibre di dettaglio della sezione (attraverso il software di calcolo Vcaslu), due modelli approssimati secondo un grado di dettaglio decrescente.

Si è quindi valutata l'incidenza dei seguenti fattori sulla duttilità di una sezione:

- Sforzo assiale,
- Quantità di armatura longitudinale,
- Confinamento del calcestruzzo,
- Diametro delle staffe in caso di confinamento.

Il tutto è stato riportato su grafici momento-curvatura, al fine di appurare come la curvatura ultima e quella di snervamento fossero influenzate dai parametri sopraelencati.

Si è dedotto che il modello "approssimato", confrontato al software di calcolo -il quale riesce a definire, senza commettere approssimazioni, il valore di curvatura di snervamento e quella ultima- restituisce una stima verosimile dell'andamento reale, mentre il modello "per punti" – a causa delle ipotesi alla base dello stesso- non sempre riesce a cogliere l'influenza dei parametri sopraelencati sulla curvatura.

Il dato più rilevante emerso, è quello legato al confinamento del calcestruzzo, il quale riesce ad aumentare significativamente la curvatura ultima della sezione come si può notare dal confronto in Figura 1.

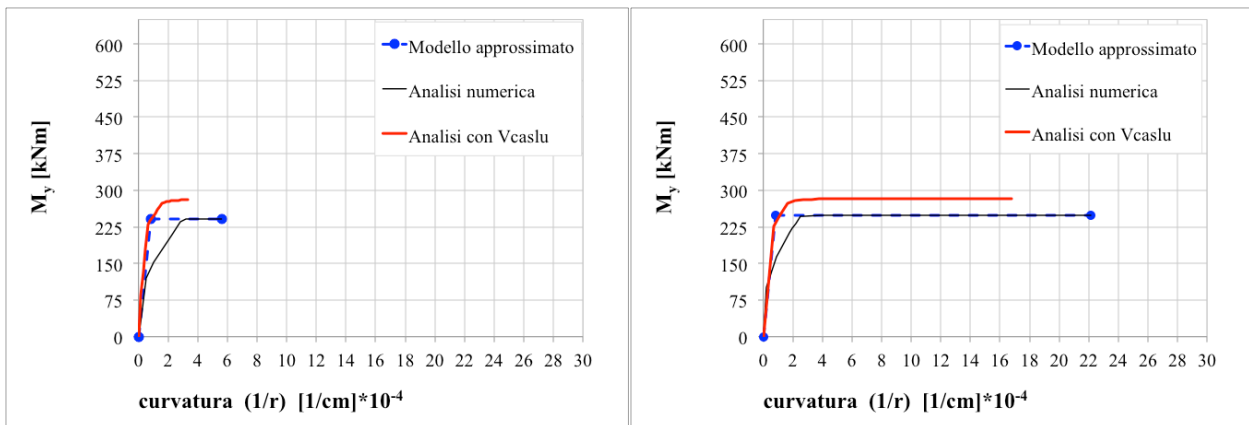


Figura 1. Diagramma Momento-Curvatura di una sezione 50x50cm con  $\rho = 1\%$ . A destra il confinamento è effettuato con staffe  $\phi = 8\text{mm}$ .

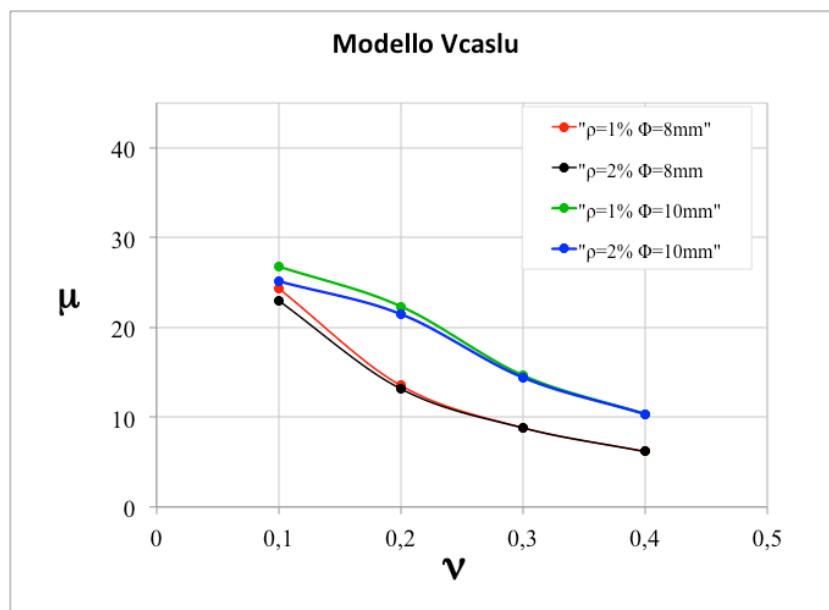


Figura 2. Grafico  $\mu$ - $\nu$  con il modello di calcolo Vcaslu del calcestruzzo confinato.

Si è inoltre notato come l'aumento di percentuale geometrica di armatura nella sezione e l'aumento di sforzo assiale, infragiliscano la sezione rendendola meno duttile (Figura 2). Il confronto proposto è stato effettuato con in modello Vcaslu e riguarda una sezione confinata riferita alla geometria di quella sopra descritta. Va infine enfatizzato come l'aumento del diametro della staffa sia benefico per incrementare l'effetto del confinamento e conseguentemente incrementare la duttilità.