

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
“FEDERICO II”**



**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA**

**PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

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

**TESI DI LAUREA**

**I COEFFICIENTI PARZIALI DEL MATERIALE NEL METODO**

**SEMPROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE**

**Relatore**

Ch.mo Prof. Ing. Gerardo Mario Verderame

**Correlatore**

Ing. Paolo Ricci

**Candidato**

Luigi D'Esposito

Matr. N49/195

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

## Abstract

In questo lavoro di tesi si vuole cercare di comprendere l'influenza dei coefficienti parziali del materiale sulla probabilità di collasso, in accordo con l'approccio del metodo semiprobabilistico agli stati limite per la valutazione dell'affidabilità strutturale.

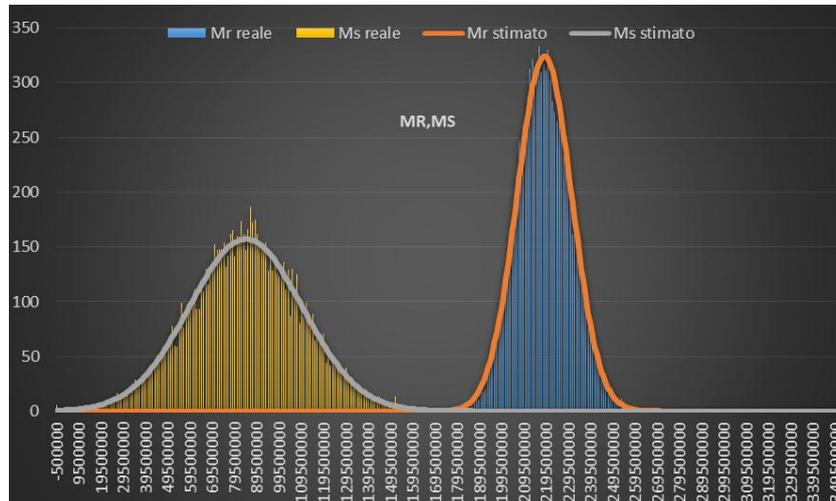
A tal fine, nel primo capitolo vengono introdotti i concetti di affidabilità strutturale e di sicurezza strutturale riferendosi a quelli che sono le prescrizioni e le indicazioni dettate dalla normativa europea e da quella italiana. Si è posta l'attenzione sul perché di un approccio probabilistico al problema della valutazione dell'affidabilità strutturale e sulle motivazioni che necessariamente conducono alla differenziazione della sicurezza target richiesta per ogni opera ed elemento strutturale.

Nel secondo capitolo invece vengono descritti metodi per il calcolo della probabilità di collasso, in particolare metodi di III e I livello, focalizzando l'attenzione sul metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Nel terzo capitolo viene presentato il lavoro in oggetto: in una prima fase viene descritto il processo di progettazione di una sezione semplicemente inflessa ed una pressoinflessa, vengono descritte le caratteristiche dei materiali considerando per le resistenze distribuzioni coerenti con dati presenti in letteratura ovvero rispettosi di alcune limitazioni presenti in normativa. Fissata un'opportuna distribuzione dei carichi, attraverso il metodo di simulazione di tipo Montecarlo è stata valutata la probabilità di collasso.

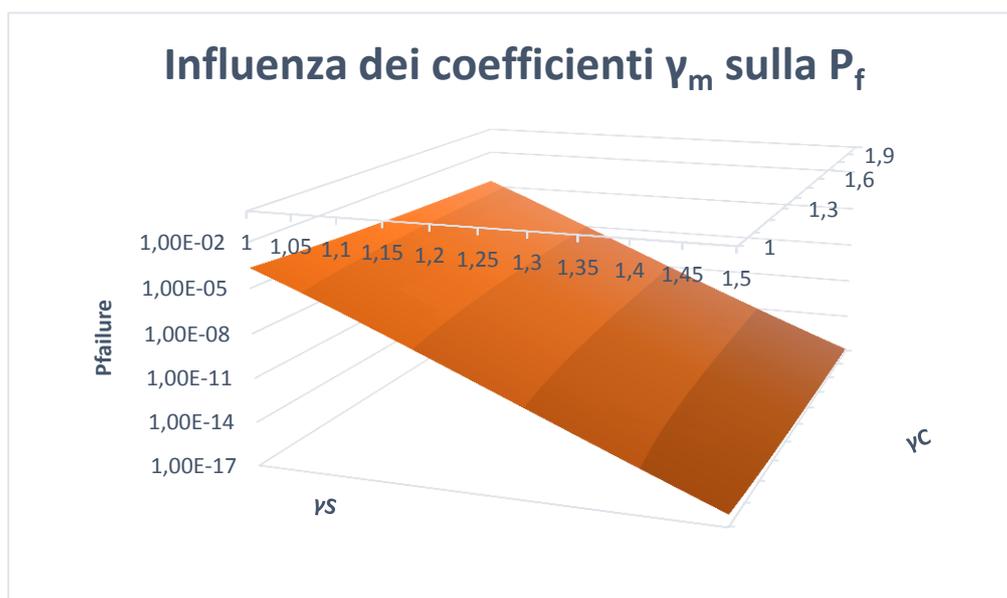
GENERAZIONE POPOLAZIONE DI Mr A PARTIRE DA DISTRIBUZIONI NOTE LOGNORMALI DI $f_c$ E $f_y$										
				$f_c$	$f_y$	$M_R$	$M_S$	collasso		$M_{R(\text{medio})}$
1	0,187466	0,012671	0,475057	28,64117	478,3914	191772114,9	83026246,09	0	0	218803179,5
2	0,59777	0,205253	0,475561	31,35859	520,6836	208808320,4	83058355,57	0		
3	0,870488	0,758143	0,933307	33,64504	570,4704	228452239,7	122713128,6	0		
4	0,432663	0,410258	0,860829	30,33091	539,6268	215376235,8	112132306,9	0		
5	0,080333	0,533884	0,497999	27,48569	549,8118	217487857,7	84487070,6	0		
8	0,729185	0,261107	0,660133	32,28051	526,4292	211362890	95093699,01	0		
9997	0,276885	0,808723	0,817972	29,32438	576,4125	228331564,7	107654763,7	0		
9998	0,25183	0,989151	0,483717	29,14547	627,7189	246759049,6	83578025,95	0		
9999	0,307745	0,026293	0,719926	29,53563	487,0102	195394511,4	99403796,28	0		
10000	0,440234	0,804081	0,605395	30,37751	575,8284	228748165,2	91400513,75	0		

Attraverso metodi di inferenza statistica è stata stimata una certa distribuzione del momento resistente ed è stato possibile calcolare la probabilità che il momento resistente fosse minore del momento resistente di progetto e la probabilità che il momento resistente fosse minore del momento sollecitante di progetto.



Distribuzione di frequenza "reale" e "stimata" del momento resistente e sollecitante per sezione semplicemente inflessa ( $f_c$  e  $f_y$  distribuzione log-normale da letteratura).

Sono stati dunque fatti variare parametricamente i coefficienti parziali del materiale ed è stata valutata la probabilità di collasso delle sezioni progettate secondo resistenze di progetto dei materiali differenti da quelle indicate da normativa, ottenendo quindi superfici di collasso in funzione di  $\gamma_s$  e  $\gamma_c$ , coefficienti parziali dell'acciaio e del calcestruzzo rispettivamente.



“Superficie di collasso” sezione semplicemente inflessa,  $f_c$  ed  $f_y$  con distribuzione log-normale secondo letteratura. Le sollecitazioni sono state considerate deterministicamente.

Si è poi ragionato all'inverso: fissando un certo valore di probabilità di collasso si sono determinati i coefficienti parziali che consentono quel target di affidabilità strutturale:

## Superficie Probabilità di Collasso: i Risultati

Proseguendo con il lavoro, si è poi voluto ragionare all'inverso: si è fissato un certo valore di probabilità di collasso pari a  $10^{-6}$  e si sono calcolati in maniera parametrica i coefficienti parziali del materiale che garantiscono quel target di affidabilità.

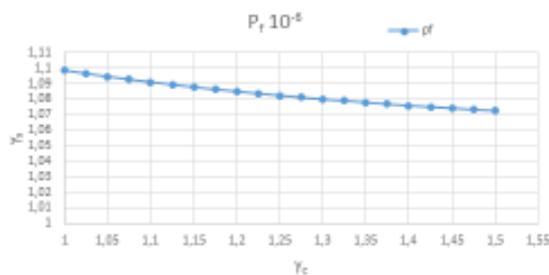


Diagramma di correlazione tra i coefficienti parziali del materiale e probabilità di collasso per distribuzione di  $f_c$  e  $f_y$  normale da letteratura.

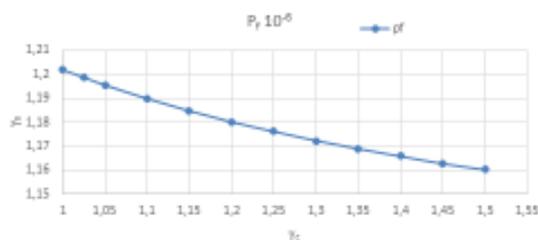


Diagramma di correlazione tra i coefficienti parziali del materiale e probabilità di collasso per distribuzione di  $f_c$  e  $f_y$  normale da normativa.

- Dai risultati appare evidente che la probabilità di collasso per una sezione risulta fortemente influenzata dai coefficienti parziali del materiale e dai parametri che regolano le distribuzioni aleatorie delle resistenze. Per le sezioni aventi una distribuzione delle resistenze conforme ai dati presenti in letteratura, si sono ottenute probabilità di collasso di quattro ordini di grandezza inferiori rispetto alle sezioni progettate secondo materiali con resistenze distribuite seguendo le prescrizioni limite della normativa. Questo avviene poiché le caratteristiche dei materiali di resistenza, rigidità e duttilità sono notevolmente migliorate a ragione di un più efficiente processo tecnologico di produzione, affiancato da un adeguato controllo sui materiali stessi.

- Si evince inoltre che per una sezione in cui le sollecitazioni vengono considerate in maniera deterministica, la probabilità di collasso risulta sensibilmente maggiore rispetto al caso in cui invece il momento sollecitante di progetto e lo sforzo assiale di progetto presentano una certa aleatorietà. La probabilità di collasso in questo caso deve tener conto anche della probabilità che la sollecitazione sia effettivamente pari a quella di design.
- Si conclude evidenziando la differente influenza del coefficiente  $\gamma_c$  per sezione semplicemente inflessa e pressoinflessa. In particolare, per la sezione semplicemente inflessa, la sollecitazione viene assorbita dall'armatura relegando il calcestruzzo a soddisfare soltanto minima parte della domanda sollecitante. Dunque è la resistenza di progetto dell'acciaio a svolgere il ruolo da protagonista e di conseguenza il corrispondente fattore parziale  $\gamma_s$ . Per la sezione pressoinflessa d'altronde, a causa della presenza di sforzo normale sollecitante, inizia ad essere rilevante l'apporto resistente del calcestruzzo, in quanto presenta una buona resistenza a compressione. Ecco spiegato per la sezione pressoinflessa l'influenza sostanzialmente equivalente di entrambi i coefficienti parziali sulla probabilità di collasso.