



UNIVERSITÀ DI PISA

HOCHSCHULE
REGENSBURG
UNIVERSITY
OF APPLIED
SCIENCES



Valutazione dell’Affidabilità di Strutture Esistenti con il Metodo dei Valori di Progetto

Prof. Ing. Pietro CROCE
Prof. Ing. Dimitris DIAMANTIDIS

Francesca MARSILI

Contenuti

1

Metodo del Fattore Parziale

2

Problematiche del metodo

3

Metodo dei Valori di Progetto

4

Determinazione dei Valori di Progetto

5

CASO STUDIO 1:

Risultati prove in situ – Edificio C.A.

6

CASO STUDIO 2:

Verifica affidabilità – Edificio in muratura

7

Conclusioni

COME SI VALUTA L'AFFIDABILITÀ DI UNA STRUTTURA ESISTENTE?

PRATICA CORRENTE:

R : Resistenza del materiale

E : Effetti delle azioni

1. Metodo del Fattore Parziale:

$$R_d = f(f_{ck}, f_{yk}, \gamma_{mc}, \gamma_{ms})$$

$$E_d = f(G_k, Q_k, \gamma_G, \gamma_Q)$$



2. Concetto di Stato Limite:

$$E_d \leq R_d$$

COME SI VALUTA L'AFFIDABILITÀ DI UNA STRUTTURA ESISTENTE?

PRATICA CORRENTE:

Tale metodologia, sviluppata specificamente per la **PROGETTAZIONE** di NUOVE STRUTTURE, viene applicata anche nel caso di **INTERVENTI** riguardanti EDIFICI ESISTENTI.

Ma, in caso di valutazione dell'affidabilità di strutture esistenti, il metodo, che si basa su VALORI FISSI, presenta i seguenti problemi:

- È **CONSERVATIVO**;
- Non tiene conto della **MINOR DURATA** della **VITA UTILE** della struttura;
- Conduce a **RIPARAZIONI ONEROSE**;
- Non tiene conto della diversa natura delle **INFORMAZIONI** in nostro possesso, e delle differenti **INCERTEZZE** ad esse connesse.

Viene quindi proposto il METODO del VALORE di PROGETTO.

COME SI VALUTA L'AFFIDABILITÀ DI UNA STRUTTURA ESISTENTE?

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

$$E_d \leq R_d$$

$$P(E \geq E_d) = \Phi(\alpha_E \beta)$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta)$$

1. Φ è L'INTEGRALE GAUSSIANO

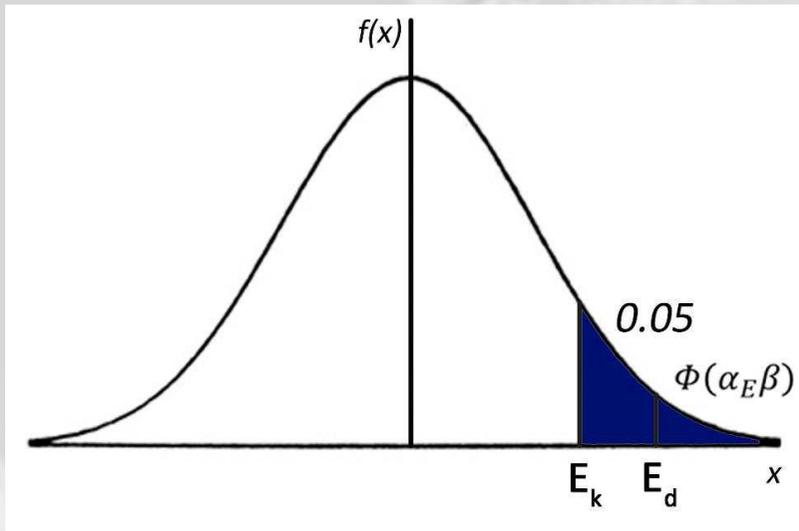
2. α_E, α_R sono FATTORI di SENSITIVITÀ

3. β è l'INDICE di AFFIDABILITÀ STRUTTURALE

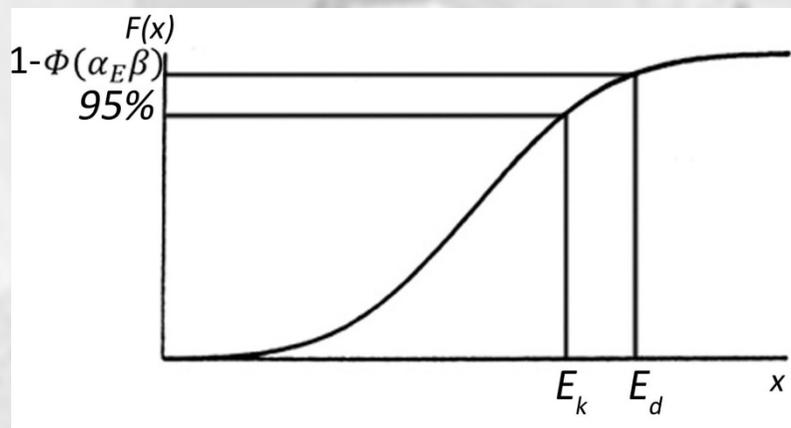
IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

$$P(E \geq E_d) = \Phi(\alpha_E \beta)$$

Funzione Densità di Probabilità **F**

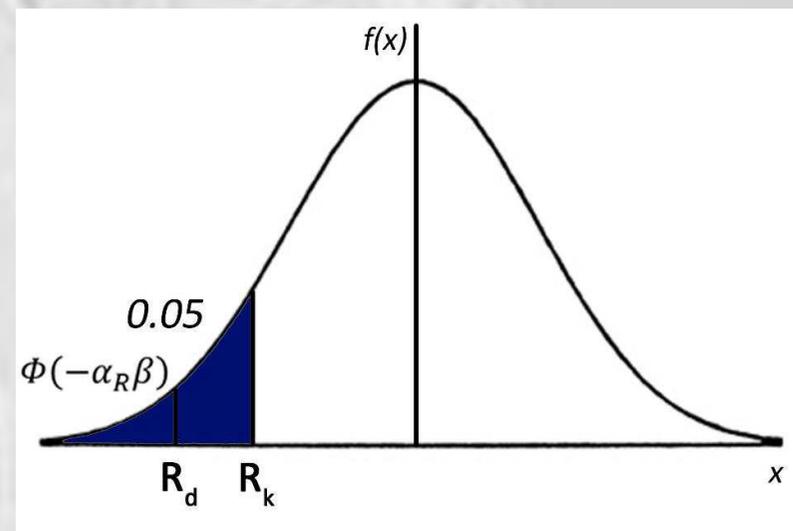


Funzione di Ripartizione Φ

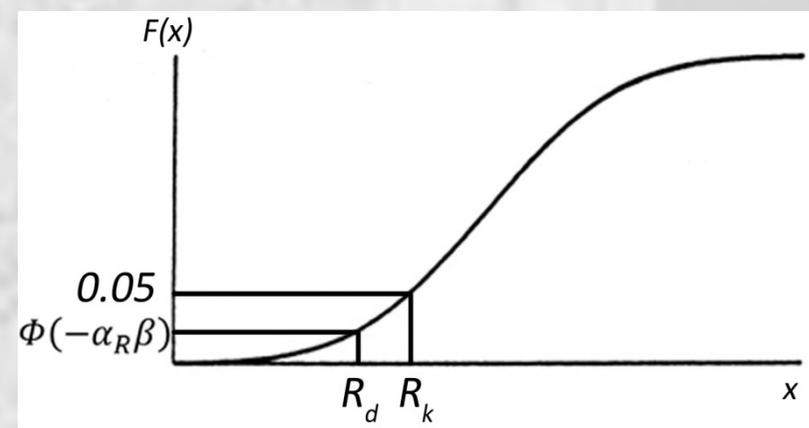


$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta)$$

Funzione Densità di Probabilità **F**



Funzione di Ripartizione Φ



IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

COME SI CALCOLA IL **VALORE DI PROGETTO**?

RESISTENZE:

1. Distribuzione Normale

$$R_d = m_R - \alpha_R \beta \sigma_R$$

2. Distribuzione Log-normale

$$R_d = m_R \exp(-\alpha_R \beta V_R)$$

AZIONI:

1. Distribuzione Normale

$$E_d = m_E - \alpha_E \beta \sigma_E$$

2. Distribuzione Valore Estremo

$$R_d = m_E \left(1 - \frac{\sqrt{6}}{\pi} V_E \left(0,577 + \ln(-\ln \Phi(-\alpha_E \beta)) \right) \right)$$

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

CASO STUDIO 1

Valutazione della Resistenza del CLS in Opera

RISULTATI DI PROVE NON DISTRUTTIVE (SONREB)

$$m_R = 20.97 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_R = 2.70 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo della RESISTENZA di PROGETTO:

		Metodo del Fattore Parziale	
γ_M	1.5	$R_d \text{ (N/mm}^2\text{)}$	11.65
FC	1.2		

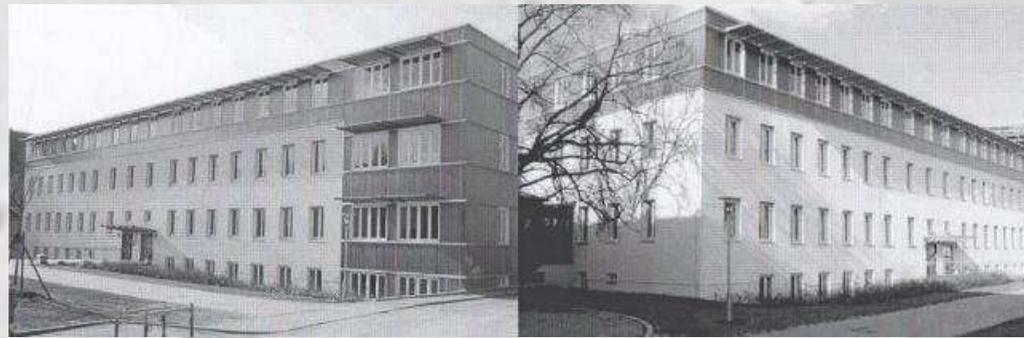
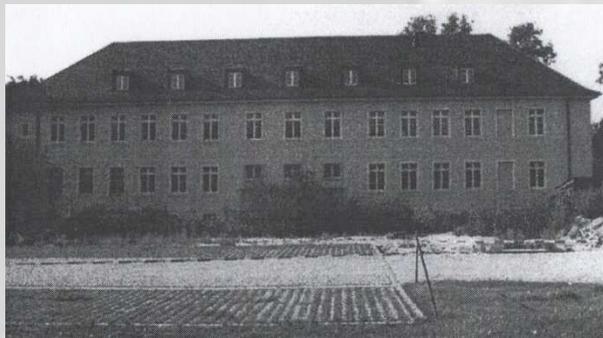
		Metodo del Valore di Progetto	
α	0.8	$R_d \text{ (N/mm}^2\text{)}$	12.93
β	4.7		

Se $\sigma_R = 3.70 \text{ N/mm}^2$ otteniamo $R_d = 10.80 \text{ N/mm}^2$

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

CASO STUDIO 2

- Edificio in **muratura** adibito a caserma militare risalente al 1936;
- Necessità di eseguire un **intervento di sopraelevazione e ampliamento**;



E' stata intrapresa una **campagna di raccolta dati** per determinare il valore della **resistenza della muratura**.

	$m_x(\text{N/mm}^2)$	$\sigma_x(\text{N/mm}^2)$
Laterizio	22.81	4.16
Malta	4.01	1.16

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 5,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_k = m_R - 1.645\sigma = m_R(1 - 1.645v_R) \quad V_R = 0,20$$

$$m_R = 8,82 \text{ N/mm}^2$$

Sono stati calcolati gli **effetti** delle **azioni** dovuti alla **sopraelevazione**, considerando l'eccentricità con cui essi agiscono sulla sottostante muratura.

$$\sigma_{comp} = 2,92 \text{ N/mm}^2$$

Tale valore non è quello caratteristico, in quanto i carichi permanenti hanno una minore variabilità. Si è considerato corrispondente ad un frattile superiore del 30 %.

$$m_E = 2,85 \text{ N/mm}^2$$

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

CASO STUDIO

SCELTA DEL VALORE DI β (tabella B2, EC 1990):

Classe di Affidabilità	Conseguenze	Valori minimi di β		Esempi di edifici e opere civili
		1 anno	50 anni	
RC3	GRANDI	5.2	4.3	Ponti ed edifici pubblici
RC2	MEDIE	4.7	3.8	Edifici residenziali ed uffici
RC1	PICCOLE	4.2	3.3	Edifici a carattere agricolo

**In caso di intervento su una struttura esistente,
il JCSS suggerisce che l'Indice di Affidabilità può essere RIDOTTO.**

Così facendo, teniamo conto:

- **MAGGIORI COSTI** degli interventi per migliorare l'affidabilità
 - Durata della vita utile **MINORE**

IL METODO DEL VALORE DI PROGETTO

CASO STUDIO

Calcolo dei VALORI di PROGETTO:

METODO	R_d (N/mm ²)	E_d (N/mm ²)
Fattore Parziale	3.93	4.02
Valore di Progetto	Log-normale	Normale
	4.42	3.37

Con il **Metodo** del **Fattore Parziale** la verifica non risulta soddisfatta;

Con il **Metodo** del **Valore di Progetto** la verifica risulta soddisfatta.

CONCLUSIONI

- Il **Metodo del Valore di Progetto** è stato proposto come STRATEGIA DI PROGETTO ALTERNATIVA al Metodo del Fattore Parziale;
- Questo metodo ha CARATTERE PROBABILISTICO, in quanto dipende da **2 parametri statistici significativi, m_x e σ_x , tipo di distribuzione, fattore di sensitività, indice di affidabilità β obiettivo;**
- In caso di **intervento su un edificio esistente**, in molti casi si ritiene accettabile considerare valori dell'**INDICE di AFFIDABILITÀ MINORI** rispetto alle nuove strutture;
- In virtù della FLESSIBILITA' di questo metodo, è possibile calcolare in modo diretto i **VALORI DI PROGETTO** corrispondenti alla **classe di affidabilità considerata**.