



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

# Convegno ReLUIS



**Progetto DPC\_ReLUIS 2022-2024**  
**Esposizione delle attività svolte e prospettive**

**Roma, 7 novembre 2023**

**WP 11 - Contributi normativi relativi  
a costruzioni esistenti in cemento armato**

**Giorgio Monti, Enrico Spacone**

**Presentazione: Giuseppe Quaranta**

# WP 11

## Unità di ricerca



Università degli studi  
"G. d'Annunzio"



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



POLITECNICO  
DI TORINO

Department  
of Structural, Geotechnical  
and Building Engineering



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI NAPOLI FEDERICO II



Politecnico  
di Bari



Università Iuav  
di Venezia

- |     |               |                                   |
|-----|---------------|-----------------------------------|
| 1.  | <b>UniCH</b>  | E. Spacone                        |
| 2.  | <b>UniRM1</b> | G. Monti, N. Nisticò, G. Quaranta |
| 3.  | <b>UniCT</b>  | E. Marino                         |
| 4.  | <b>UnivAQ</b> | A. Gregori                        |
| 5.  | <b>UniNA</b>  | A. Prota, M. Di Ludovico          |
| 6.  | <b>UniNA</b>  | G.M. Verderame                    |
| 7.  | <b>UniRM3</b> | C. Nuti                           |
| 8.  | <b>UniSA</b>  | E. Martinelli                     |
| 9.  | <b>PolITO</b> | A. Fantilli                       |
| 10. | <b>IUAV</b>   | L. Berto, A. Saetta               |
| 11. | <b>PolIBA</b> | G. Uva                            |
| 12. | <b>PolITO</b> | P. Castaldo                       |
| 13. | <b>UniNA</b>  | E. Nigro                          |
| 14. | <b>UniNA</b>  | A. Bilotta                        |

## WP 11 Tasks

- WP 11.1** Valutazione della **capacità**
- WP 11.2** Analisi statiche e dinamiche **non lineari**
- WP 11.3** Sicurezza sismica di **ponti esistenti** stradali e ferroviari
- WP 11.4** **Valutazione della sicurezza** nelle costruzioni esistenti mediante analisi non lineari

# Task 11.1

## Valutazione della capacità

Calcolo esplicito e implicito della duttilità

Confinamento sezioni rettangolari

Taglio senza e con armatura trasversale

Taglio biassiale

Rotazione della corda

# Task 11.1

## Valutazione della capacità

Effetto di fenomeni di degrado sulla capacità

Minimi di armatura legati alla classe di calcestruzzo

Effetti dello svergolamento delle barre sulla duttilità

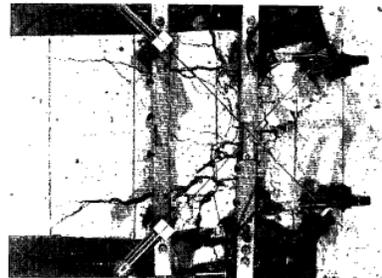
# Task 11.1

## Valutazione della capacità

### Esempio di modellazione risposta presso-flessionale per interazione N-My-Mz

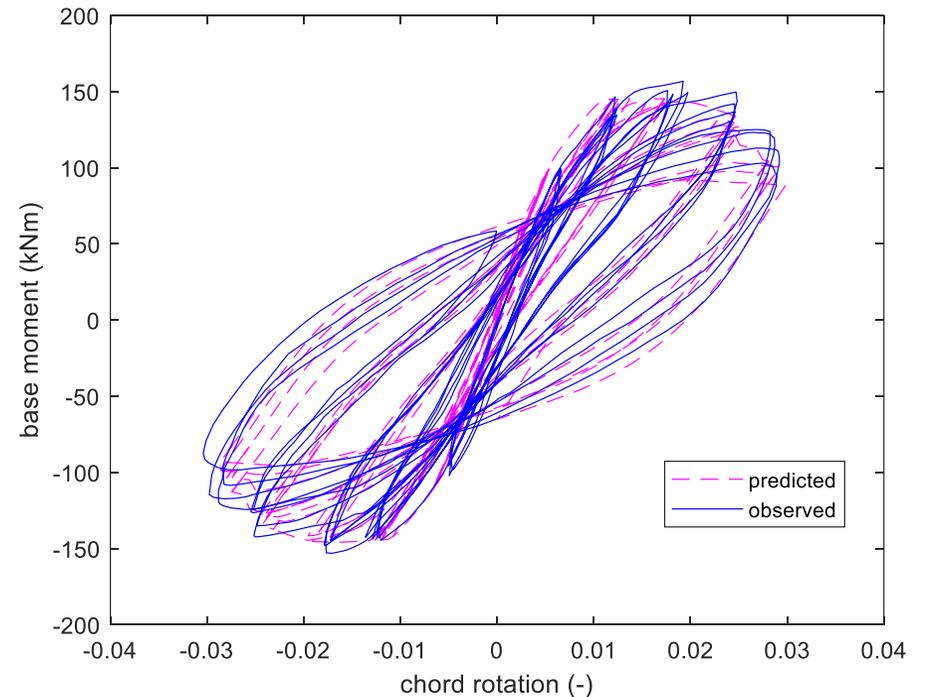
Confronto numerico-sperimentale in termini di resistenza, capacità deformativa, capacità di dissipazione energetica (selezione di dati sperimentali da database preesistenti, ACI369).

#	157
reference	*Atalay;M. B. P.;J (1975)
specimen	No.12
h (mm)	305
b (mm)	305
d (mm)	252.5
L <sub>v</sub> (mm)	1676
n <sub>b1</sub> (-)	2
d <sub>b1</sub> (mm)	22
n <sub>b2</sub> (-)	2
d <sub>b2</sub> (mm)	22
n <sub>reg_web</sub> (-)	0
d <sub>b_web</sub> (mm)	0
f <sub>yt</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	363
n <sub>bracci_perp</sub> (-)	2
n <sub>bracci_par</sub> (-)	2
d <sub>b_staffe</sub> (mm)	9.5
s (mm)	127
f <sub>yw</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	373
f <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	32
P (N)	800970
A	93025
n <sub>i</sub>	0.27



(d) SPECIMEN I2

k <sub>fc,cover</sub>	1.1
k <sub>fc,core</sub>	1.1
Δε <sub>cu</sub>	0.008 (=2ε <sub>cu</sub> )
Δε <sub>c0</sub>	0
R0	25
L <sub>pl</sub>	0.5h
s <sub>y</sub> /ε <sub>y</sub>	350

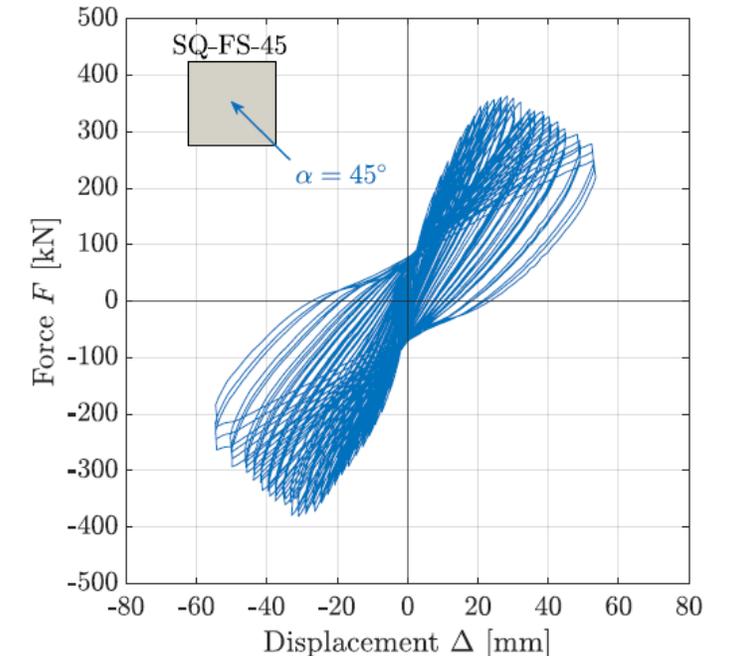
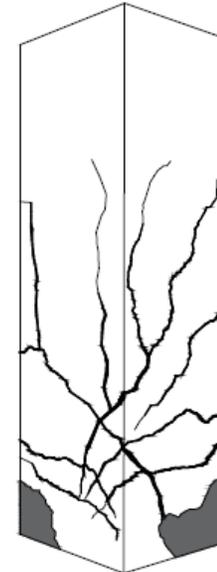
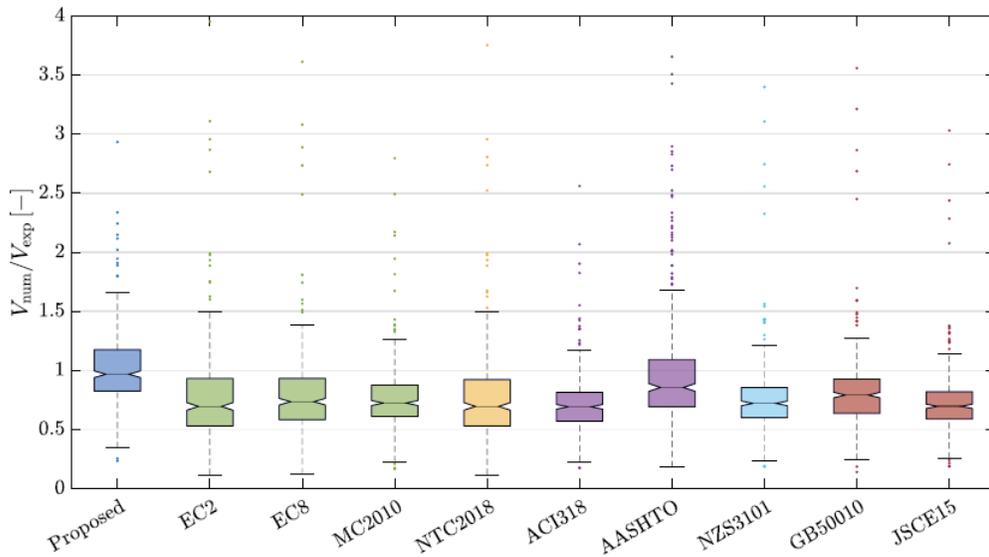


# Task 11.1

## Valutazione della capacità

### Calcolo della capacità a taglio in presenza di armatura trasversale

Capacità a taglio per travi e colonne in c.a. in presenza di armatura trasversale, sezioni piene e cave, condizioni di taglio monoassiale o biassiale.



## Task 11.2

# Analisi statiche e dinamiche non lineari

Distribuzione in pianta della domanda di spostamento mediante la «*no-reduction rule*» rafforzata

Adattamento del metodo N2 agli edifici esistenti

Verificare metodi più avanzati dell'N2 per edifici irregolari

Regole di combinazione spaziale per analisi statiche non lineari, in particolare per le verifiche a pressoflessione e taglio deviati

## **Task 11.2**

# **Analisi statiche e dinamiche non lineari**

Ruolo dell'impalcato nella risposta strutturale di edifici esistenti rinforzati tramite elementi di controvento

Indicazioni operative relative allo smorzamento nelle ADNL

Effetto dell'interazione suolo-struttura nelle ASNL

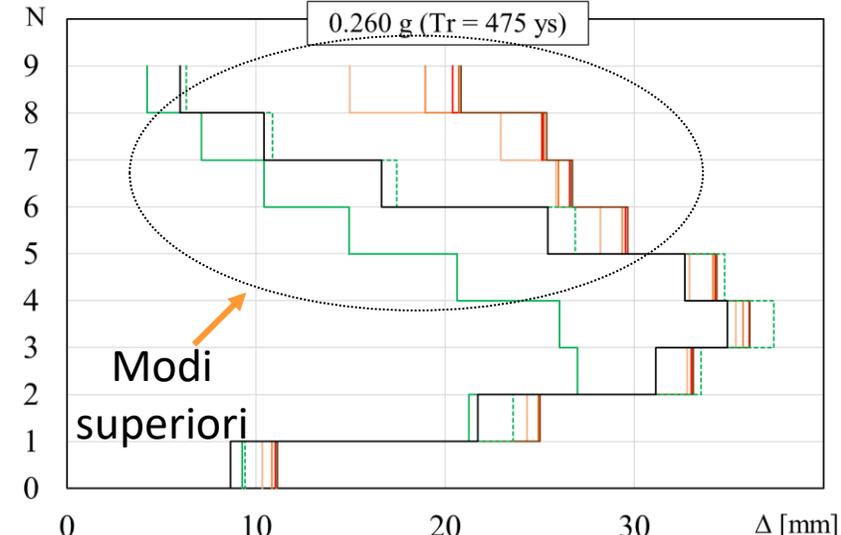
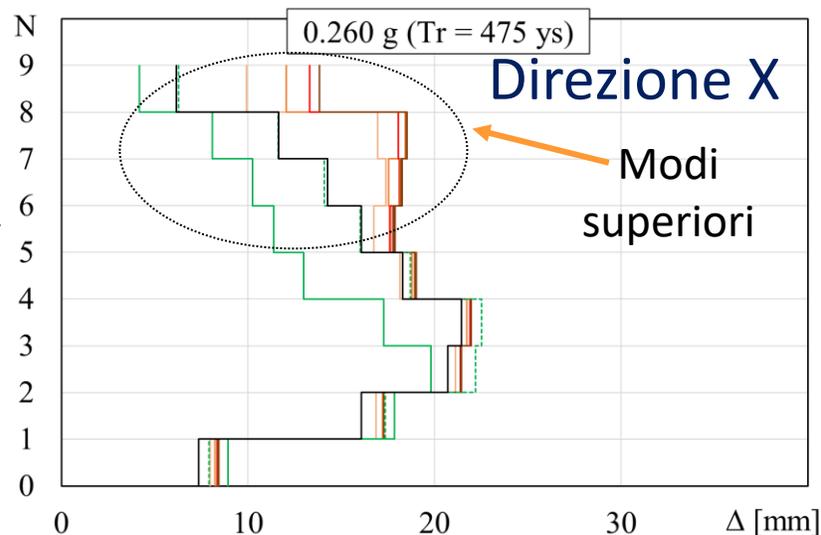
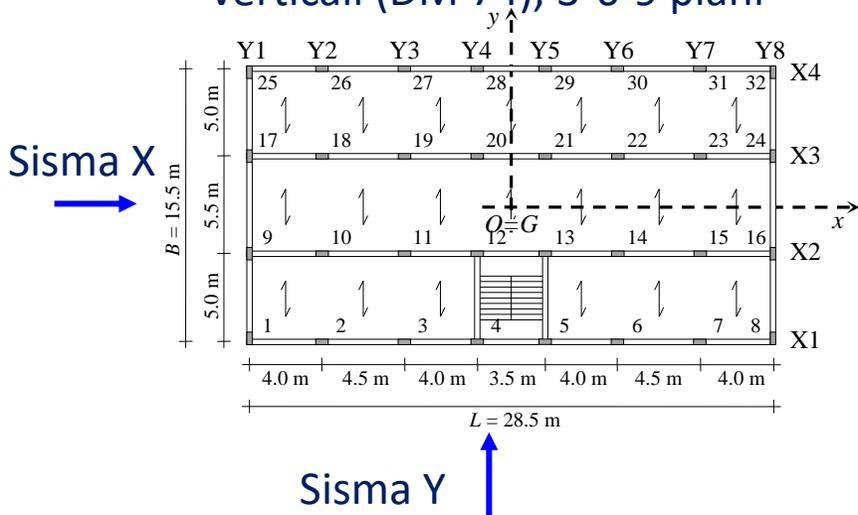
# Task 11.2

## Analisi statiche e dinamiche non lineari

### Contributo modi superiori

- Forte contributo del modo 2 nella previsione dei drift. Significativo contributo dei modi 3 e 4 nella previsione dei drift. Contributi trascurabili dovuti a modi superiori al 5.
- Contributi alla previsione del drift più significati ai piani più alti, sia in direzione X che Y.

Edifici progettati per carichi verticali (DM 74), 3-6-9 piani

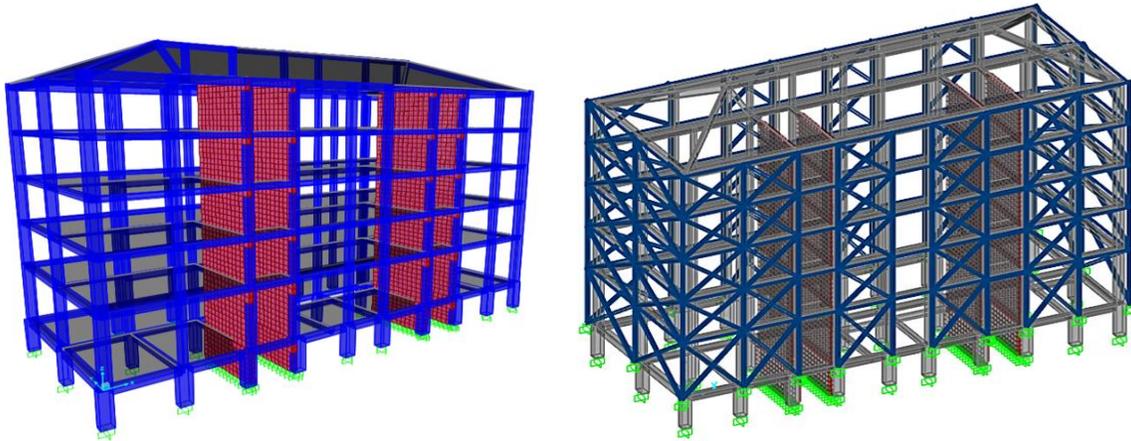


# Task 11.2

## Analisi statiche e dinamiche non lineari

### Iterazione terreno struttura

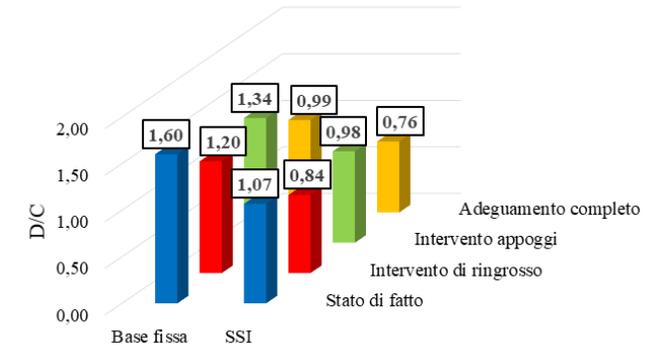
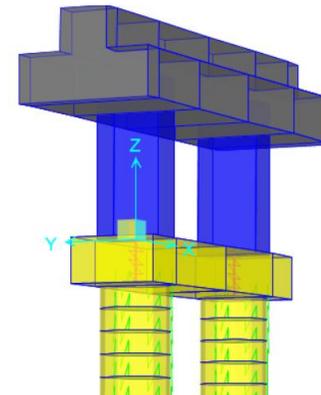
- Edifici: analisi in presenza di diversi sistemi resistenti, quali telai e pareti.
- Ponti: analisi parametriche al variare dell'altezza delle pile e della categoria di sottosuolo.



Modello	Indice di vulnerabilità $\xi_E = PGA_c / PGA_d$	
	Analisi con spettro di risposta ( $q=1.5$ )	Analisi non lineare
Base fissa	0.28	0.42
Con SSI	0.21	0.39

Base Fissa	D/C max		SSI	D/C max	
	$E_{x,dom}$	$E_{y,dom}$		$E_{x,dom}$	$E_{y,dom}$
q=3			q=3		
Stato di fatto	1,14	1,60	Stato di fatto	0,99	1,07
Ringrosso	0,72	1,20	Ringrosso	0,56	0,84
Appoggi	1,24	1,34	Appoggi	0,99	0,98
Completo	0,79	0,99	Completo	0,58	0,76

Valori D/Cmax combo sisma longitudinale dominante,  $q=3$



# Task 11.3

## Sicurezza sismica di ponti esistenti stradali e ferroviari

Criteria per la valutazione della capacità prestazionale di ponti esistenti

Definizione degli interventi su impalcati, pile, appoggi e spalle

Equazioni predittive per la valutazione dei meccanismi duttili e fragili

Interventi di riparazione o locali

## **Task 11.3**

# **Sicurezza sismica di ponti esistenti stradali e ferroviari**

Valutazione delle condizioni di degrado per la stima delle proprietà del calcestruzzo

Definizione dei metodi di intervento su ponti in c.a. mediante UHPC, barre lavorate e CFRP

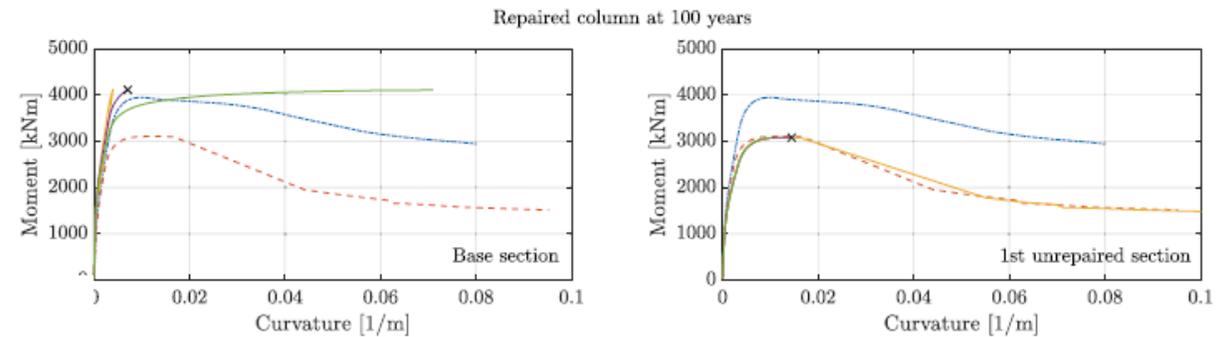
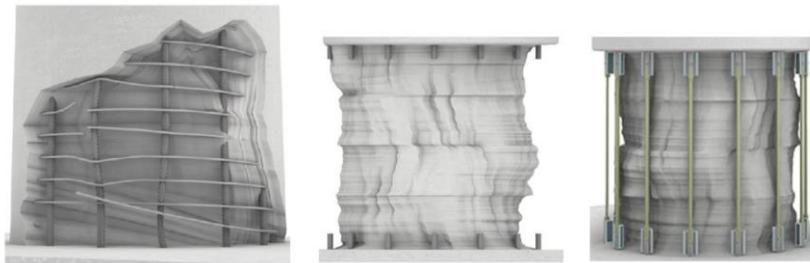
Ponti integrali

# Task 11.3

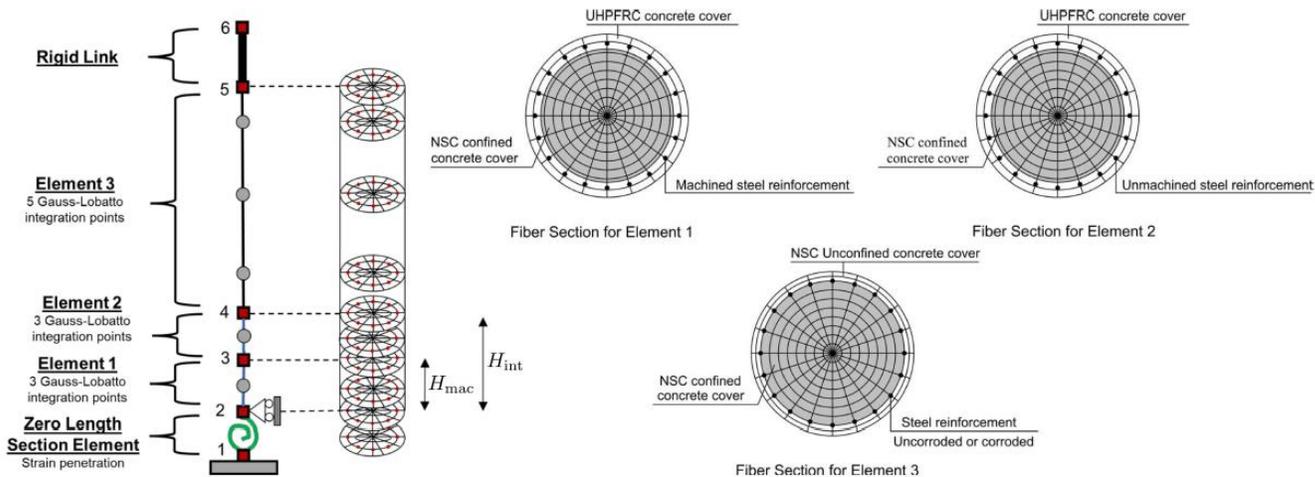
## Sicurezza sismica di ponti esistenti stradali e ferroviari

### Interventi di riparazione in pile soggette a corrosione

Modellazione numerica di pile corrose riparate mediante UHPFC e/o barre lavorate.



— Uncorroded 
 - - - Corroded, not repaired 
 — Repaired,  $\alpha = 1.0$ 
— Repaired,  $\alpha = 0.8$ 
— Repaired,  $\alpha = 0.6$



## **Task 11.4**

# **Valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti mediante analisi non lineari**

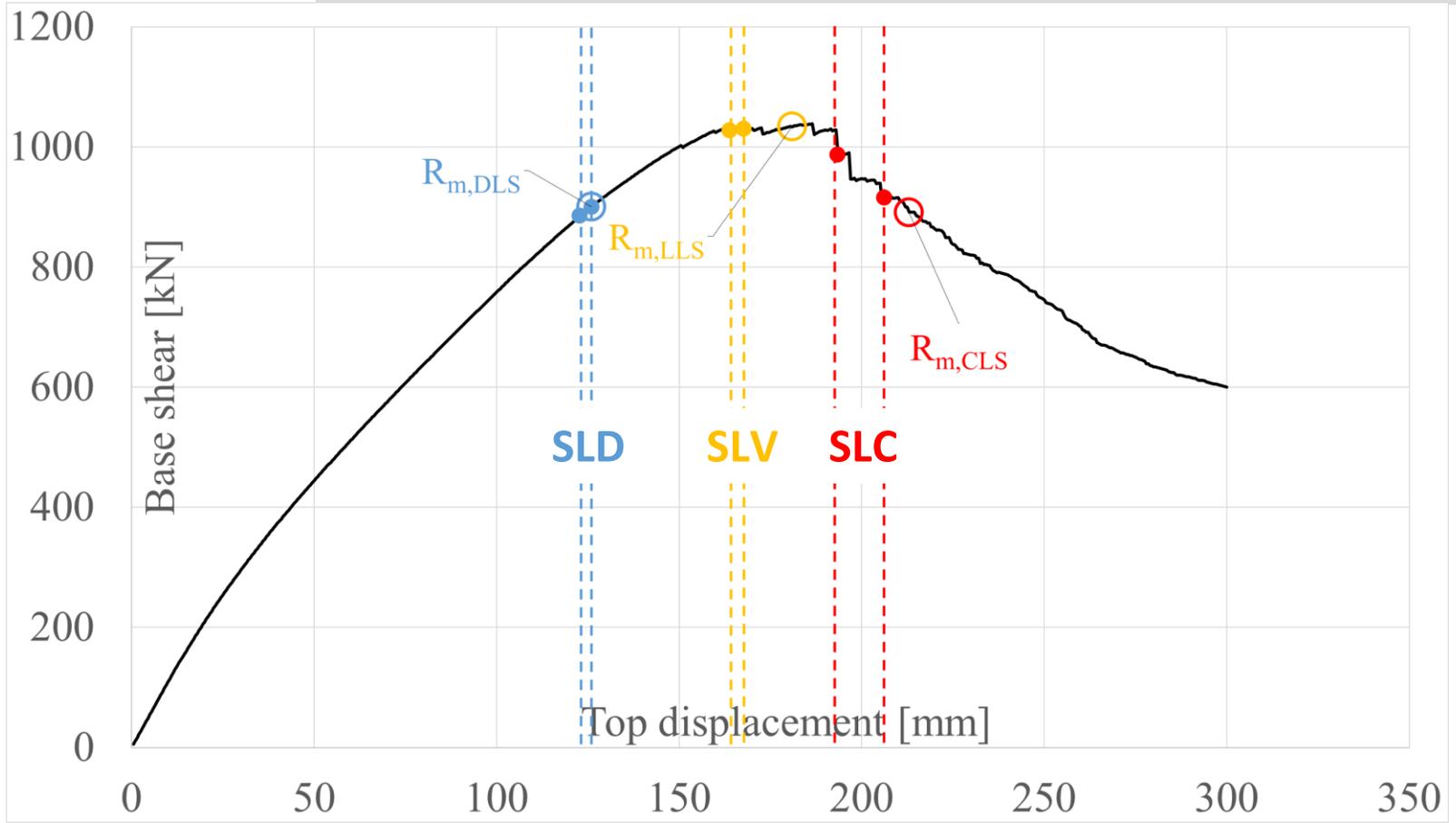
Nuovo metodo del Fattore Globale (FG) per la valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti mediante analisi non lineari

Calibrazione dei coefficienti parziali per strutture esistenti nell'ambito del formato FG

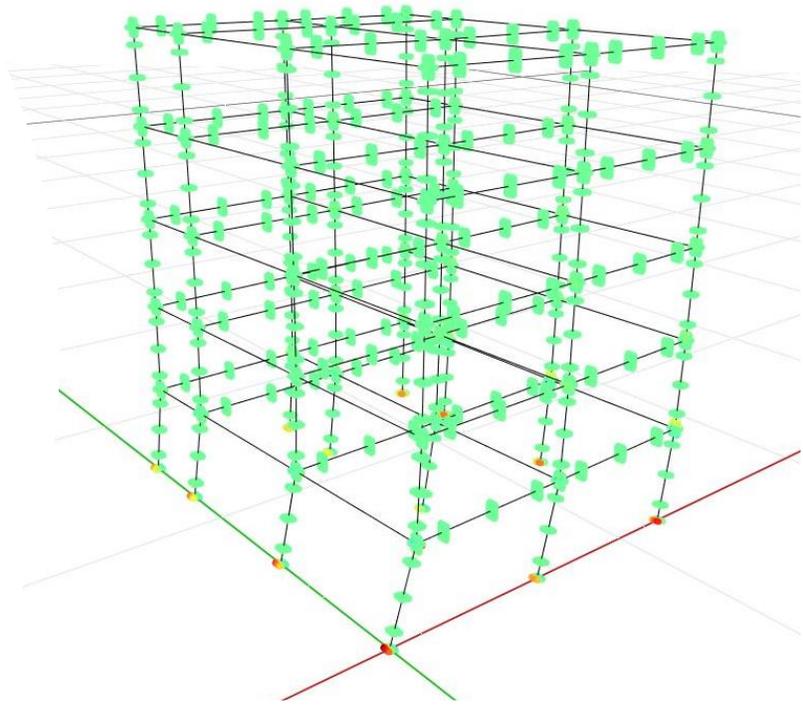
Fattori di sicurezza per gli interventi di rinforzo sulle connessioni

# Task 11.4

## Valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti mediante analisi non lineari

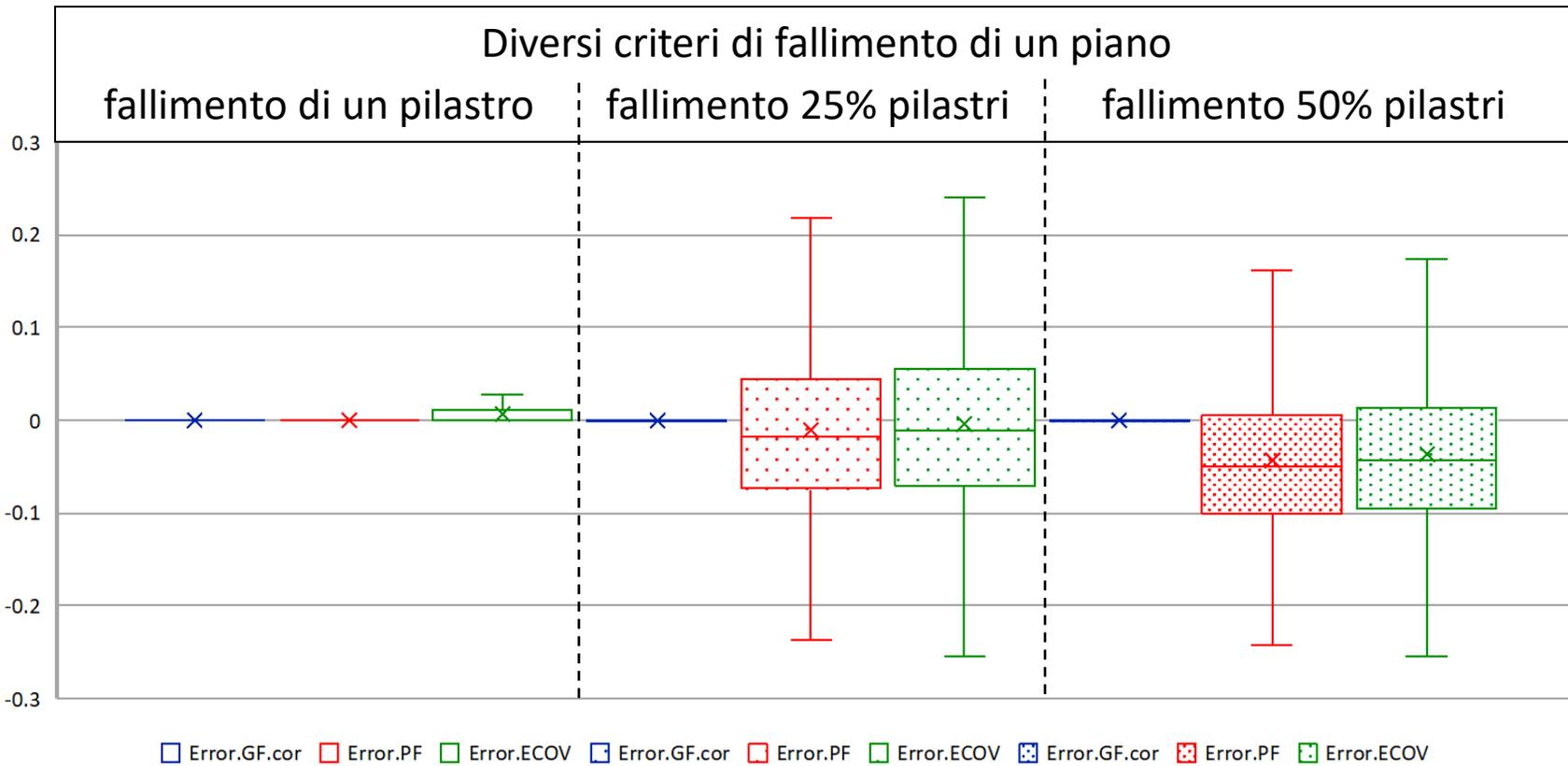


La capacità globale corrisponde a una probabilità target di superamento



# Task 11.4

## Valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti mediante analisi non lineari



**Errore rispetto a Monte Carlo dei metodi:**  
**Fattore Globale**  
**Fattori Parziali**  
**ECOV**

# WP 11 Prodotti

## 60 modifiche proposte

### Per capitolo\*:

**25 al capitolo 7**  
**13 al capitolo 8**  
**11 al capitolo 8 della Circolare**  
**9 al capitolo 7 della Circolare**  
**4 al capitolo 11**  
**2 al capitolo 4**

### Per argomento\*:

**12 sull'analisi non lineare**  
**10 sui ponti**  
**7 sulla duttilità**  
**5 sul taglio**  
**4 sul fattore globale**  
**4 sui dettagli costruttivi**  
**2 sulla rotazione della corda**  
**2 sui nodi**  
**2 sugli impalcati**  
**1 sul confinamento**  
**+ altre...**

\* Alcune modifiche elencate sono applicabili a più parti della Normativa

# WP 11

## Estratto volume con proposte normative

### 4.1.2.3.5.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura al taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1. E' consentito omettere tale armatura minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left[ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \quad [4.1.23]$$

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0,02$ ) che si estende per non meno di  $(l_{ba} + d)$  oltre la sezione considerata, dove  $l_{ba}$  è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

### 4.1.2.3.5.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura a taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1. E' consentito omettere tale armatura minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V = b_w d \left[ 0,007 \rho_l \sqrt{f_{yt}} \sqrt{\frac{f_c}{a/d}} + 54 \sqrt{\frac{1}{ad}} \right] \quad [4.1.23]$$

con

$f_{yt}$  e  $f_c$  sono la resistenza a snervamento delle armature longitudinali e la resistenza a compressione del calcestruzzo (espressi in MPa);

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm);

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0,02$ ) che si estende per non meno di  $(l_{ba} + d)$  oltre la sezione considerata, dove  $l_{ba}$  è la lunghezza di ancoraggio;

$a$  è la luce di taglio dell'elemento (in mm), generalmente presa pari alla metà della lunghezza dell'elemento.

# WP 11

## In programma & Prospettive

**Integrazione dei vari contributi e valutazione della loro compatibilità**

**Simulazioni parametriche di applicazioni**

**Simulazioni probabilistiche per la calibrazione della sicurezza**

**Interazione col progetto «ponti»**

**Riscrittura delle parti rilevanti della NTC 20xx**

**Implicazioni della seconda generazione degli Eurocodici sulla revisione delle NTC**