

WP11

Contributi normativi relativi a costruzioni esistenti in cemento armato

Giorgio Monti, Enrico Spacone

Attività 2022-2024



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Task WP11

- **WP 11.1**

Valutazione della capacità

- **WP 11.2**

Metodi di analisi non lineari statiche e dinamiche

- **WP 11.3**

Ponti esistenti stradali e ferroviari

- **WP 11.4**

Valutazione della sicurezza mediante analisi non lineari

Task 11.1

Valutazione della **capacità e modellazione di elementi strutturali in c.a.**

- verifiche di sicurezza dei meccanismi/elementi duttili: perfezionamento **verifica in duttilità** per SLC
- meccanismi/elementi fragili: aggiornamento formulazioni per la **verifica del taglio** e dei nodi strutturali grazie all'accresciuto numero di dati sperimentali disponibili in letteratura (in particolare per pile da ponte)

Task 11.2

Valutazione della sicurezza strutturale attraverso **metodi di ANL**

- revisione delle indicazioni sulle *pushover* in presenza di **irregolarità** in pianta (19-21) e in altezza (22-24)
- Verifica validità e applicabilità di metodi di *pushover* **avanzati** (22-24)
- Indicazioni sull'uso dello **smorzamento** in ADNL
- Modellazione esplicita **flessibilità dei solai** in strutture nuove (19-21) ed esistenti (22-24)

Task 11.3

Valutazione della sicurezza strutturale di **ponti esistenti** in c.a.

- approfondimento **metodi di analisi e verifica** della capacità per implementazione nel corpo attuale della normativa
- interazioni e scambi esperienze col progetto parallelo **ReLUIS-MIT** relativo alle "Linee Guida sui Ponti", anche in merito all'uso dei dati di monitoraggio
- proposta di approcci alla **valutazione della sicurezza** che, applicati su scala nazionale, forniscano risultati di sicurezza/vulnerabilità omogenei e confrontabili fra loro

Task 11.4

Format di valutazione della sicurezza sismica e statica di costruzioni esistenti mediante analisi non lineari

- proposta di un **framework** chiaro, pratico e di semplice utilizzo che considera in maniera coerente le aleatorietà dei parametri di base e le relative incertezze
- **nuovo format di verifica** proposto (19-21), calibrato e validato (22-24) su diverse tipologie strutturali di edifici e ponti, con riferimento agli SL di normativa

UR	RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNIVERSITÀ	TASK 1	TASK 2	TASK 3	TASK 4
1	Enrico Spacone	UNICH				
2	Giorgio Monti / Nicola Nisticò / Giuseppe Quaranta	UNIROMA1				
3	Edoardo Marino	UNICT				
4	Amedeo Gregori	UNIVAQ				
5	Andrea Prota	UNINA				
6	Gerardo Mario Verderame	UNINA				
7	Camillo Nuti	UNIROMA3				
8	Enzo Martinelli	UNISA				
9	Alessandro Fantilli	POLITO				
10	Luisa Berto / Anna Saetta	IUAV				
11	Giuseppina Uva	POLIBA				
12	Paolo Castaldo	POLITO				
13	Emidio Nigro	UNINA				

Proposte per i capitoli:

- **NTC 2018**

- Capitolo 4

- Capitolo 7

- Capitolo 8

- Capitolo 11

- **Circolare 7/2019**

- Capitolo C4

- Capitolo C7

- Capitolo C8

- Capitolo C11

Task 11.1 - Valutazione della capacità

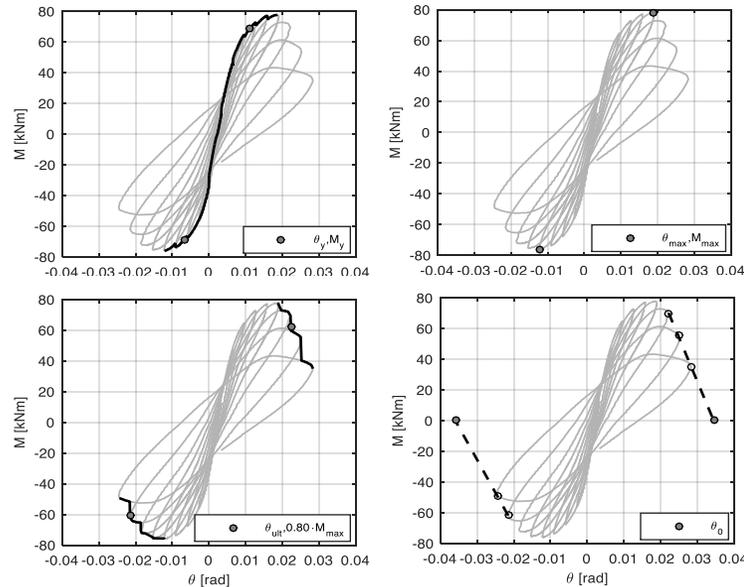
- Nuove formule per il **calcolo esplicito e implicito della duttilità** §7.4.4 e §7.4.6.2.2
- Aggiornamento della formula del **confinamento** §4.1.2.1.2.1
- Nuova equazione per la capacità di **taglio** § 4.1.2.3.5
- Stima delle caratteristiche meccaniche del **cls in strutture esistenti** senza bisogno di nuove prove sui materiali §8.5.4
- Nuovo criterio per la definizione della **rigidezza degli impalcati** ed eventuale richiesta di modellazione esplicita della deformabilità §7.2
- Proposta di un coefficiente riduttivo α_{CORR} per tener conto dello **stato di corrosione delle armature** nel calcolo della **rotazione ultima della corda** §C8.7.2.1
- Formula per la quantità massima di **acciaio longitudinale** nelle travi con formula dell'EC8 che lega la quantità di acciaio massima alla duttilità richiesta §7.4.26

Task 11.1 - Valutazione della capacità

- Introduzione di regole sui dettagli costruttivi per impedire fenomeni di **instabilità** delle armature longitudinali tenendo conto dell'espulsione del copriferro §7.4.6.1.2
- Aggiornamento della formula della **larghezza collaborante** della soletta §7.4.4.1.1
- Modifica dei coefficienti correttivi per la valutazione della capacità di **rotazione della corda** in elementi con barre lisce e sovrapposizione §C8.7.2.3.2
- Modifica e di integrazione dei modelli di capacità per la valutazione della resistenza di **nodi esterni** privi di armatura trasversale §C8.7.2.3.5
- Formule empiriche per la modellazione non lineare e la valutazione della **capacità deformativa** di elementi con barre longitudinali lisce e nervate §C8.7.2.3.2

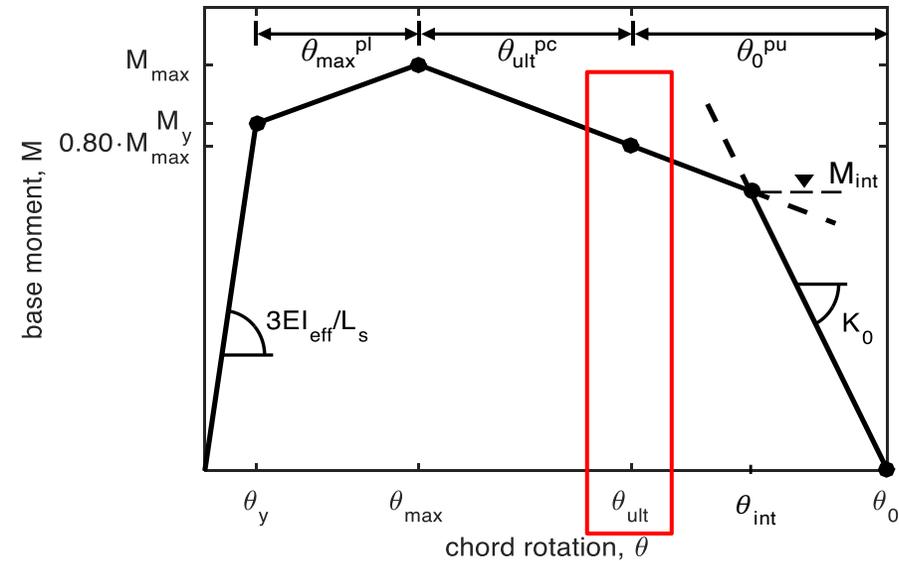
Task 11.1 - Valutazione della capacità

Capacità deformativa inelastica di elementi in c.a. (sia con barre lisce che nervate) §C8.7.2.3



Il database

Raccolti e analizzati dati relativi alla risposta ciclica di elementi in c.a. caratterizzati da crisi duttile, sia con barre lisce che nervate (ACI 369 Rectangular Column Database)



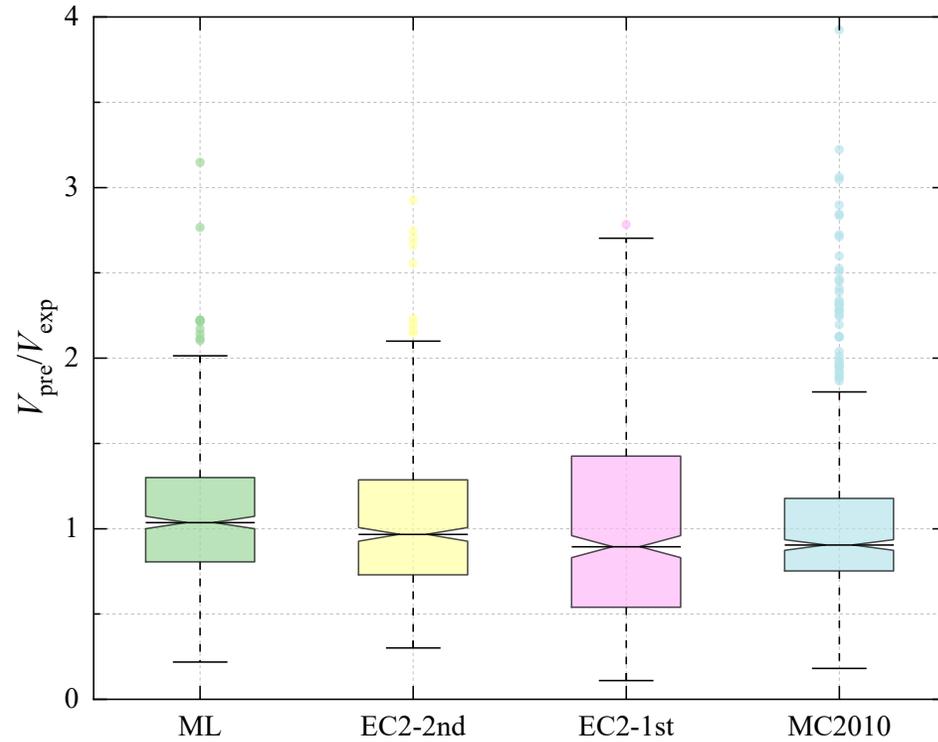
La metodologia

Identificazione di parametri che definiscono l'involuppo multilineare della risposta ciclica, inclusa la condizione 'ultima' di collasso convenzionale (degrado di resistenza del 20%)

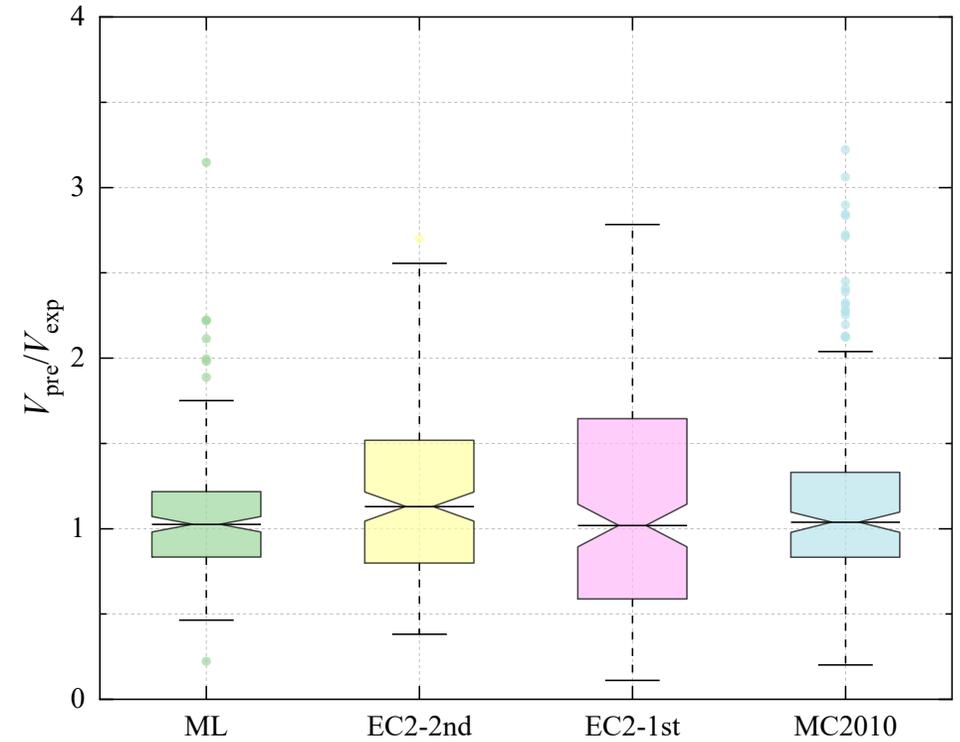
Task 11.1 - Valutazione della capacità

Nuova equazione per la capacità di taglio § 4.1.2.3.5.2

Travi



Pilastri

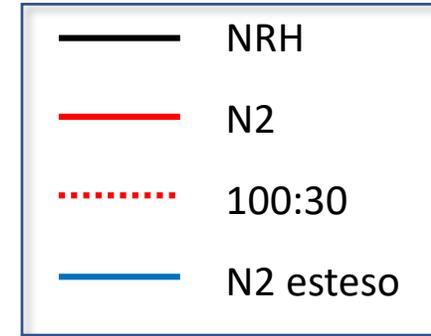
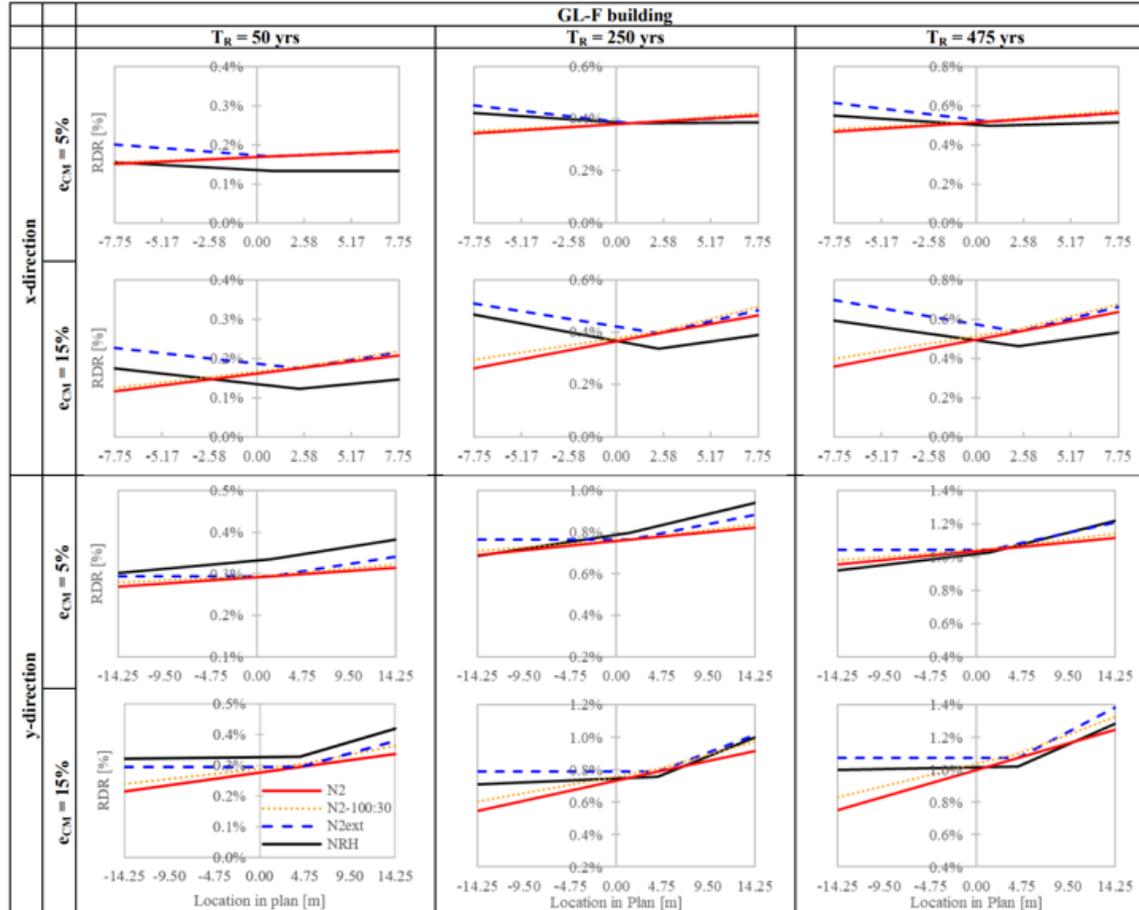


Task 11.2

- Metodo Nonlineare Statico: Definizione più precisa del **profilo delle forzanti** sia nel caso di PO modale che di PO proporzionale alle masse: §7.3.4.2
- Metodo Nonlineare Statico: Revisione uso **distribuzione di forze** proporzionale ai tagli di piano (eventuale eliminazione): §7.3.4.2
- Metodo Nonlineare Statico: Introduzione del **metodo N2** modificato (per forti irregolarità in pianta) e rimozione della **combinazione direzionale 100/30**: §7.3.5
- Metodo Nonlineare Statico: Aggiornamento procedura per il calcolo dei **coefficienti di partecipazione Γ** per diversi profili delle forzanti §7.3.4.2
- Modellazione nonlineare: Confronto fra modellazione a plasticità concentrata e diffusa (in corso, indicazioni per la Circolare)
- Indicazioni su **modellazione SSI** per fondazioni superficiali e profonde § 7.2.6

Task 11.2

Roof Displacement Ratio (RDR)



- Metodo N2: SOTTOSTIMA molto la NRH, soprattutto per forti eccentricità
- Correzione 100:30: NON MIGLIORA la previsione della risposta
- Metodo N2 esteso: CORREGGE BENE distribuzione in pianta degli spostamenti

Task 11.3

- Analisi non lineare statica: proposta di inserire **metodi specifici per i ponti** (nelle NTC18 sono trattati i soli edifici) § 7.3.4.2
- Analisi non lineare statica: indicazioni su **procedure di verifica** § 7.9
- **Livello di conoscenza e fattore di confidenza per ponti esistenti** § C8.8.3
- Indicazioni per l'esecuzione di analisi sismiche comprensive del **martellamento**
- Indicazioni su modellazione semplificata **SSI** per fondazioni superficiali e profonde § 7.9.3.1 (ponti)
- Scelta del fattore di struttura e modellazione degli effetti della **SSI**

Task 11.3

- Verifica dei **meccanismi duttili e fragili** § C8.8.5.4 e § C8.8.5.5
- Classificazione degli **interventi** su ponti esistenti: Indicazioni su **interventi** di riparazione (§ 8.4.1. Riparazione o intervento locale), miglioramento (§ 8.4.2. Intervento miglioramento) e adeguamento (§ 8.4.3. Intervento di adeguamento)
- Indicazioni per gli interventi di **riparazione** al fine di valutare l'affidabilità dell'intervento di sostituzione delle armature metalliche danneggiate progettato sulla base di criteri di gerarchia delle resistenze § 8.3.
- Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio: indicazioni relative alla procedura di **riparazione** di pile da ponte in CA danneggiate da corrosione/sisma § 8.7.2.

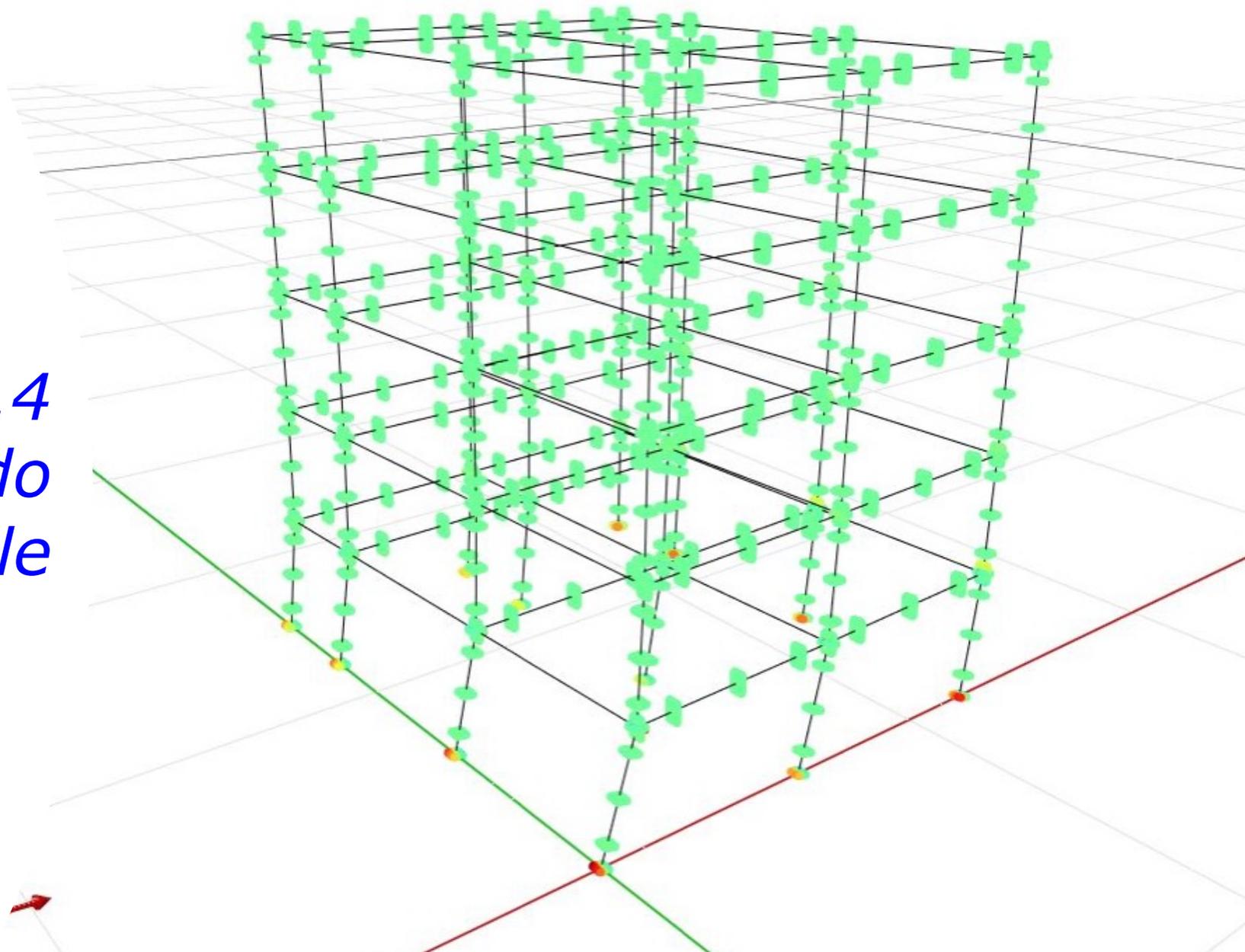
Task 11.3

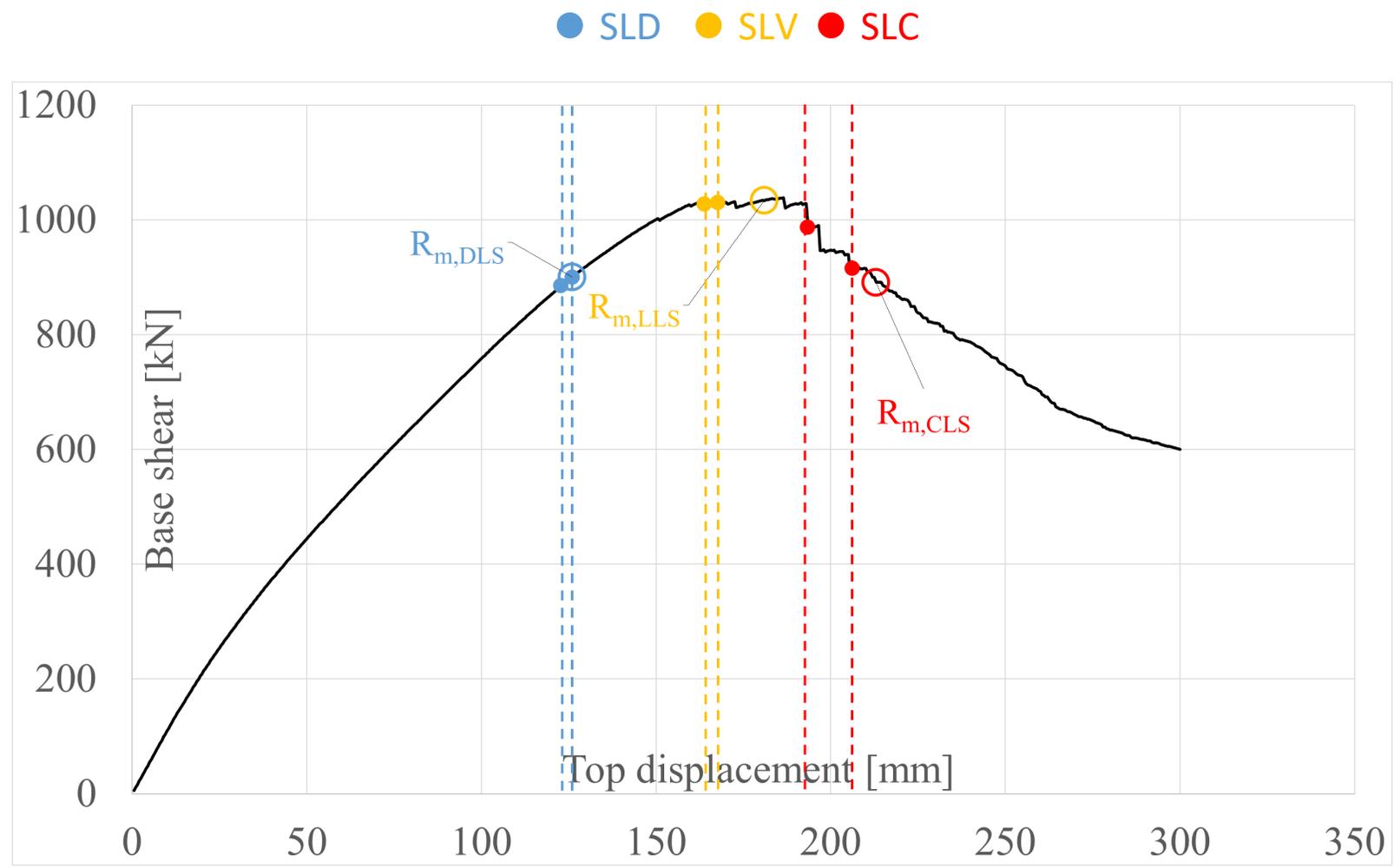
- Indicazioni delle opportune caratteristiche meccaniche, fisiche e reologiche allo stato fresco di UHPFRC da impiegare nelle **riparazioni** di ponti o edifici in CA § 11.2.13.
- Accertamento delle **proprietà meccaniche**: si propongono delle indicazioni al fine di accertare la resistenza e la duttilità delle barre di acciaio tornite e sui criteri del loro collegamento alle barre parzialmente sostituite § 11.3.2.3

Task 11.4

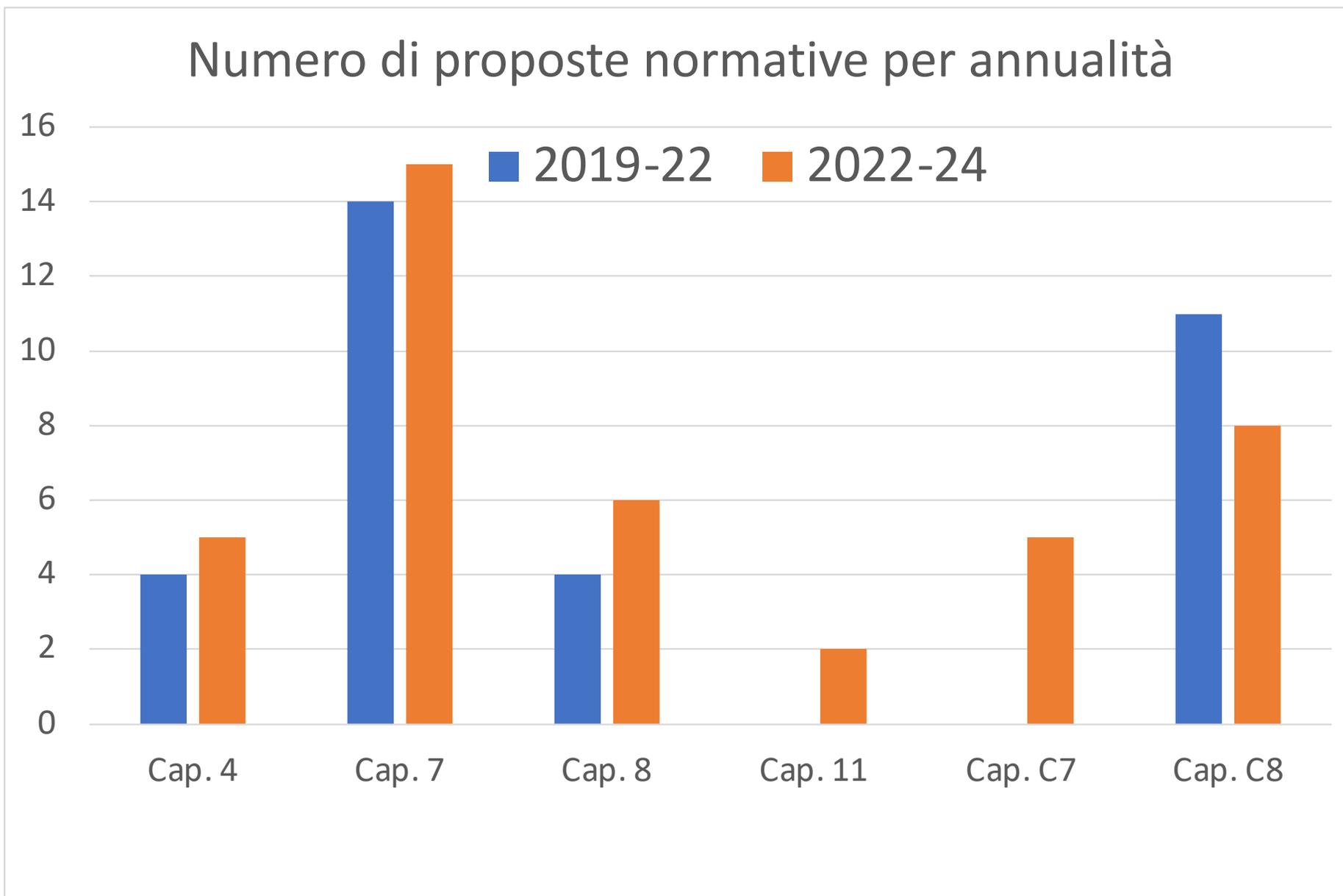
- Metodo del **fattore globale** γ_R per l'analisi non lineari considerando meccanismi locali concorrenti (Model Code 2020)
- **Capacità globale** determinata in base al raggiungimento delle capacità locali, senza necessità di ricorrere a metriche aggiuntive, come lo scorrimento interpiano
- Espressione esplicita per il **fattore globale** γ_R in funzione dell'affidabilità target e dell'incertezza
- Metodo del **fattore globale** γ_R per l'analisi non lineare considerando meccanismi locali concorrenti (Model Code 2020)

*WP 11.4
Metodo
del fattore globale*





*Capacità globale
corrispondente a
una probabilità
target di
superamento*



WP11 – Contributi normativi relativi a costruzioni esistenti in c.a. (Coordinatori: Giorgio Monti e Enrico Spacone)

TASK 11.2-11.3 (CONTRIBUTI NORMATIVI - CA)

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

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

con

f_{ck} espresso in MPa

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

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

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 $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} 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

$$V = b_w d \left[0,007 \rho_l \sqrt{f_{yt}} \sqrt[3]{\frac{f_c}{a/d}} + 54 \sqrt[3]{\frac{1}{ad}} \right] \quad [4.1.23]$$

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 $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

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