

# WP11

## Contributi normativi relativi a costruzioni esistenti in cemento armato

Giorgio Monti, Enrico Spacone

Attività 2019-2021



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 cemento armato

- verifiche di sicurezza dei **meccanismi/elementi duttili**: perfezionamento della verifica in duttilità per lo Stato Limite di Collasso
- **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 analisi non lineari**

- proposta di revisione delle indicazioni sulle analisi statiche nonlineari in particolare in presenza di forti irregolarità in pianta (19-21) e anche in altezza (22-24)
- Verifica validità e applicabilità di metodi di PO avanzati (22-24)
- Indicazioni sull'uso dello smorzamento in analisi dinamiche nonlineari
- 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 cemento armato**

- approfondimento metodi di analisi e verifiche di 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 la aleatorietà e dei parametri di base e le relative incertezze
- nuovo format di verifica proposto (19-21) che verrà calibrato e validato (22-24) su diverse tipologie strutturali di edifici e ponti, con riferimento agli stati limite di normativa.

WP	UR	RESPONSABILE	UNIVERSITA'	DIP.	TASK 1	TASK 2	TASK 3	TASK 4
11	1	Spacone Enrico	<b>UNICH</b>	INGEO	X	X		
11	2	Monti G. / Quaranta G.	<b>UNIROMA1</b>	DISG	X		X	X
11	3	Masi Angelo	<b>UNIBAS</b>	SI	X			
11	4	Marino Edoardo	<b>UNICT</b>	DICAR		X		
11	5	Gregori Amedeo	<b>UNIVAQ</b>	DICEAA		X		
11	6	Prota Andrea	<b>UNINA</b>	Di.St.	X	X		
11	7	Verderame Gerardo Mario	<b>UNINA</b>	Di.St.	X	X		
11	8	Belletti Beatrice	<b>UNIPR</b>	UPRIE	X	X		
11	9	Nuti Camillo	<b>UNIROMA3</b>	ARCH		X	X	
11	10	Martinelli Enzo	<b>UNISA</b>	DICIV	X	X		
11	11	Fantilli Alessandro	<b>POLITO</b>	DISEG	X		X	
11	12	Saetta Anna	<b>IUAV</b>	DACC	X			
11	13	Uva Giuseppina	<b>POLIBA</b>	DICATECh		X		
11	14	Castaldo Paolo	<b>POLITO</b>	DISEG				X
11	15	Nigro Emidio	<b>UNINA</b>	Di.St.		X	X	

## Capitoli Normativa

- **NTC 2018**

  - Capitolo 4

  - Capitolo 7

  - Capitolo 8

  - Capitolo 11

- **Circolare 7/2019**

  - Capitolo C4

  - Capitolo C7

  - Capitolo C8

  - Capitolo C11

## Task 11.1

- Nuove equazioni della **capacità a taglio** per elementi senza e con armatura trasversale § 4.1.2.3.5.1 e § 4.1.2.3.5.2
- Proposta di dominio di interazione per il calcolo della resistenza a **taglio** biassiali
- Equazioni per la capacità a **taglio** di sezioni circolari § 4
- Equazione per il calcolo della **duttilità** nelle sezioni rettangolari § 7.3-4 (e profonda riscrittura del paragrafo)
- Nuova equazione per il calcolo della pressione normalizzata di **confinamento** § 7.4.4.1.2
- Nuova equazione per le verifiche (esplicita e implicita) della **duttilità** (§ 7.4.4.1.2 e § 7.4.6.2.2)
- Considerazione della rottura lato acciaio per la valutazione della **duttilità** disponibile in pilastri e travi § C7.4.4

## Task 11.1

- 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 degli impalcati stessi (per strutture nuove nel 19-21) §7.2.
- Proposta di un coefficiente riduttivo  $\alpha_{CORR}$  - che tenga conto dello **stato di corrosione delle armature** - da applicare alla formula per il calcolo della **rotazione ultima della corda** in funzione della perdita di massa  $\varphi$  della barra longitudinale dovuta alla corrosione indotta da cloruri §C8.7.2.1
- Aggiornamento della 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



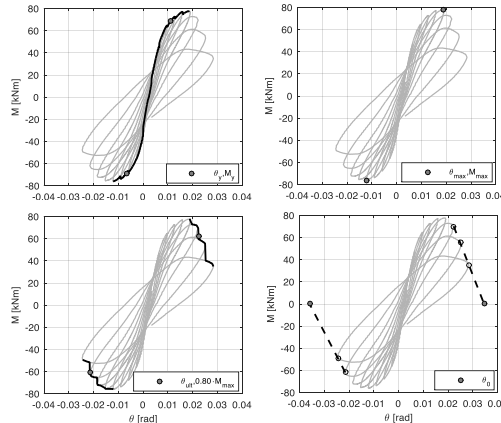
## Task 11.1

- Introduzione di regole sui dettagli costruttivi per impedire fenomeni di **instabilità** delle armature longitudinali che consentano di tenere conto dell'espulsione del copriferro nei modelli
- Aggiornamento della formula della **larghezza collaborante** della soletta sulla base di analisi numeriche dettagliate § 7.4.4.1.1
- Proposta di modifica dei coefficienti correttivi per la valutazione della capacità di **rotazione della corda** al collasso in elementi con barre longitudinali lisce in presenza di sovrapposizione §C8.7.2.3.2
- Proposte di modifica e di integrazione dei modelli di capacità per la valutazione della resistenza di **nodi esterni** in c.a. privi di armatura trasversale §C8.7.2.3.5
- Proposta di adozione di 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

- ✓ **Capacità deformativa inelastica di elementi in c.a. (sia con barre lisce che nervate)**  
Proposta di formulazioni empiriche a conclusione del precedente triennio

Punto normativo di interesse: Circolare 2019, §C8.7.2.3 - Modelli di capacità per la valutazione di edifici in cemento armato



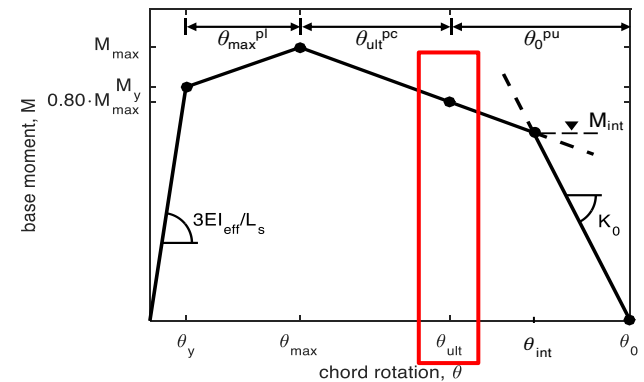
### La metodologia

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

$$E I_{eff} / E I_g \quad M_{max} \quad \theta_{max}^{pl} \quad \theta_{ult}^{pc} \quad \theta_0^{pu} \quad K_0$$

### Il database

Nel corso del triennio precedente sono stati raccolti e analizzati dati relativi alla risposta ciclica di elementi in c.a. caratterizzati da modalità di crisi duttile, sia con barre lisce che nervate (ACI 369 Rectangular Column Database)

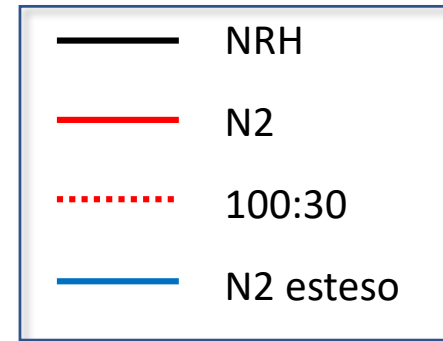
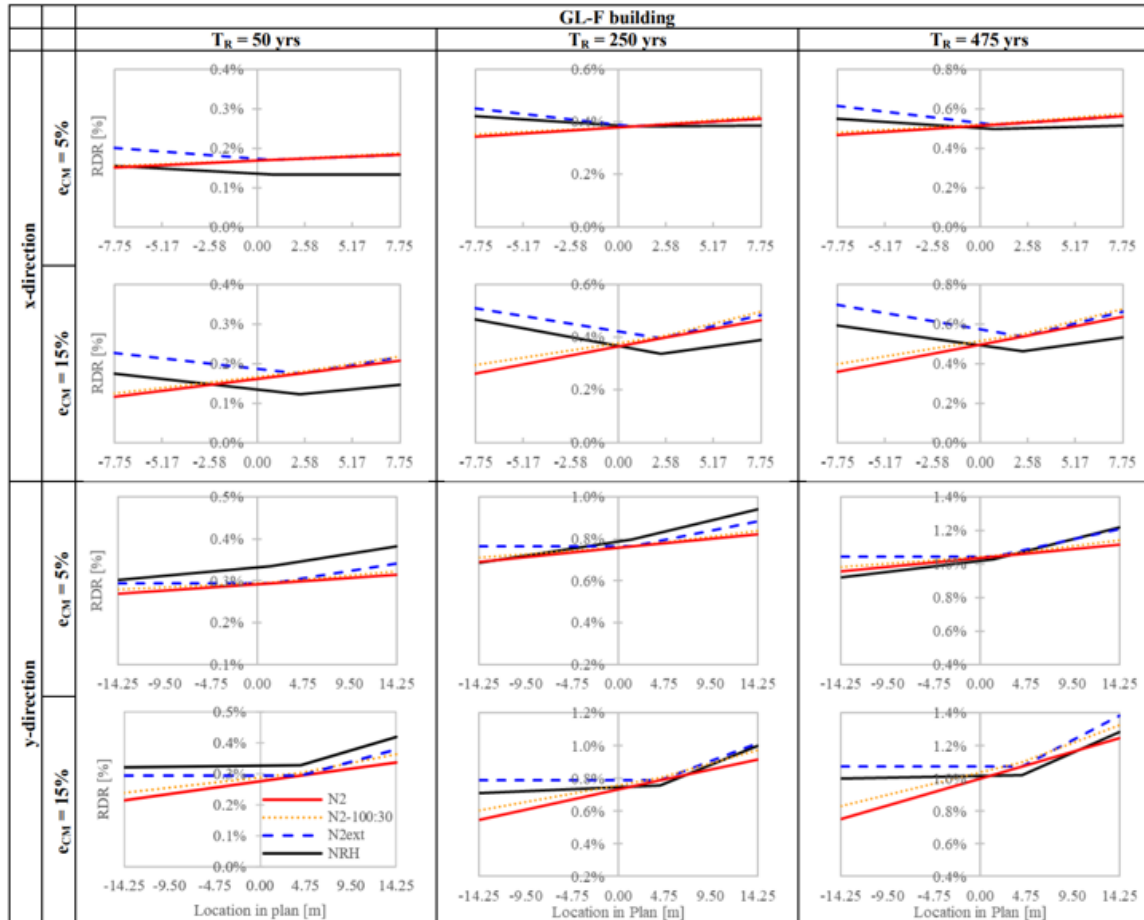


## Task 11.2

- 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  $\Gamma$**  per diversi profili delle forzanti §C7.3.4.2
- 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 e 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

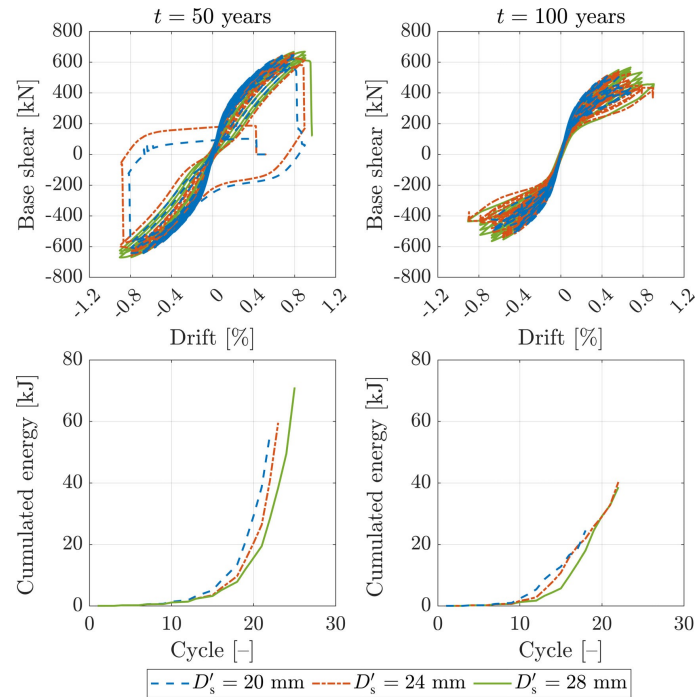
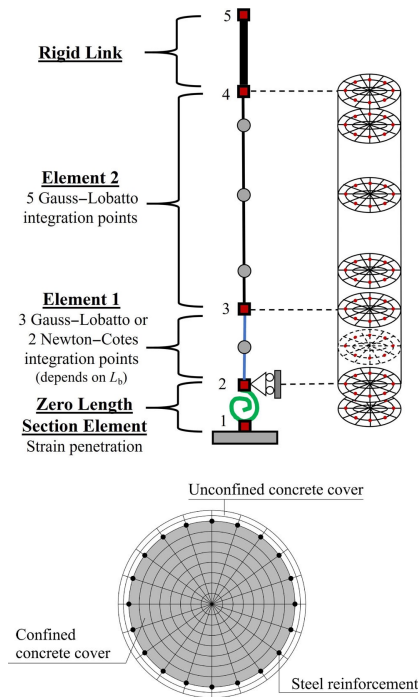
- Verifica dei **meccanismi duttili e fragili** § C8.8.5.4 e § C8.8.5.5
- Classificazione degli **interventi** su ponti esistenti: Indicazioni su **interventi** di riparazione (§ 8.4.1. Riparazione o intervento locale), miglioramento (§ 8.4.2. Intervento miglioramento) e adeguamento (§ 8.4.3. Intervento 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: si propone di dare 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 11.3

### Valutazione della sicurezza strutturale di ponti esistenti in cemento armato





## Task 11.4

- Metodo del **fattore globale**  $\gamma_R$  per l'analisi non lineari considerando meccanismi locali concorrenti (Model Code 2020)
- Determinazione del valore di calcolo della **Capacità globale** di una struttura corrispondente a una prefissata probabilità di superamento di uno Stato Limite, date incertezze meccaniche e di modello