



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Kick off del Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

WP 17 - Elementi non strutturali
Coordinatori: Antonio Occhiuzzi – Edoardo Cosenza



WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

Unità di Ricerca

Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR

Università degli Studi di Napoli Federico II

Università degli Studi di Bologna

Università degli Studi del Sannio

Università del Salento

Università degli Studi della Basilicata

Università Telematica Pegaso

Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia

Organizzazione del WP

Task 1 (IUSS, ITC-CNR): Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

Task 2 (Salento, Basilicata, Pegaso, IUSS): Edilizia generale

Task 3 (ITC-CNR, Pegaso): Edilizia speciale

Task 4 (Federico II, Bologna, IUSS): Temi speciali

Task 5 (Sannio, Salento, IUSS): Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Task 6 (ITC-CNR, Federico II): Qualificazione e certificazione

Task 7 (Federico II, Pegaso): Integrazione BIM

WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

Punto di partenza: normativa vigente

ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione;

quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

Elementi non strutturali **costruiti** in cantiere:

Domanda ? (progettista)

Capacità ? (progettista)

Elementi non strutturali **assemblati** in cantiere:

Domanda ? (progettista)

Capacità ? (produttore/installatore)

WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni



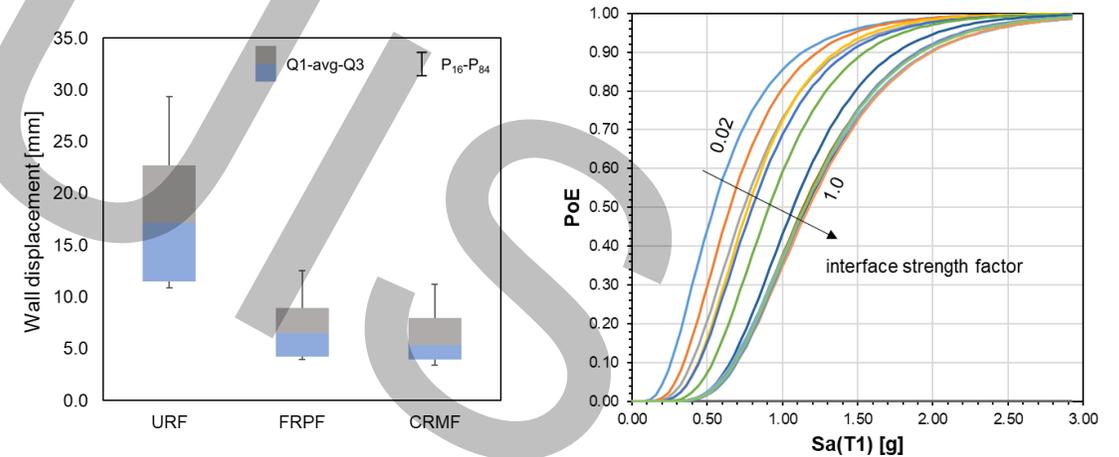
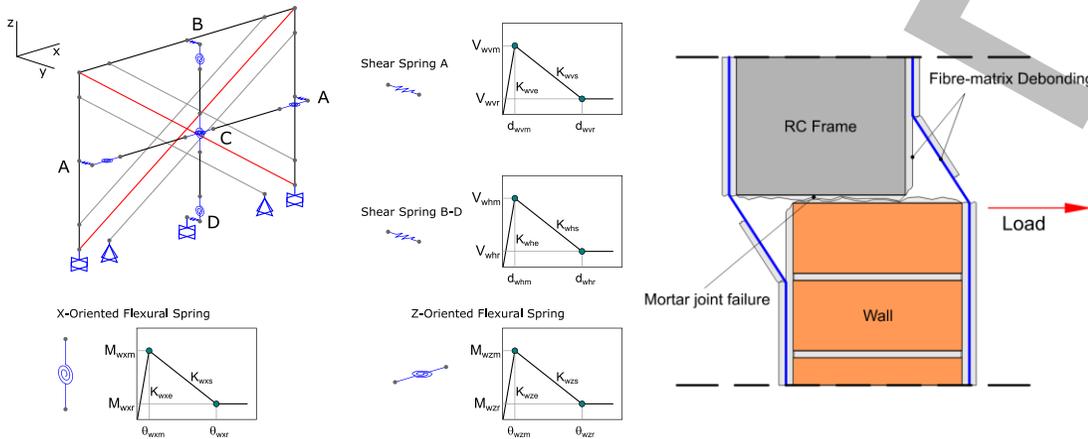
Classificazione delle tipologie di danno e definizione di stati limite di danneggiamento per elementi non ancorati (tegole e coppi) ed elementi piani (facciate ventilate)

Schema danni		Tipo di danno	
Componente del sistema	DS1	DS2	DS3
Elementi di rivestimento	<ul style="list-style-type: none"> leggera rotazione dell'elemento di rivestimento nel piano o fuori piano 	<ul style="list-style-type: none"> rotazioni significative degli elementi di rivestimento fuori piano; piccole crepe nei pannelli che provocano la caduta di pezzi di massa uguale o inferiore a 0,2 kg 	<ul style="list-style-type: none"> elementi di rivestimento ribaltamento che garantiscono la caduta di pezzi con massa superiore a 0,2 kg
Fissaggi di rivestimento	<ul style="list-style-type: none"> cedimento del 10% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento 	<ul style="list-style-type: none"> danno del 30% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento; 	<ul style="list-style-type: none"> danno del 50% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento;
Componenti del controtelaio (profili verticali e/o orizzontali, staffe, viti, ancoraggi metallici)	<ul style="list-style-type: none"> piccole deformazioni plastiche dei profili rottura del 10% del totale staffe, viti e tasselli metallici 	<ul style="list-style-type: none"> moderate deformazioni plastiche dei profili rottura del 30% del totale staffe, viti e tasselli metallici; 	<ul style="list-style-type: none"> gravi deformazioni plastiche dei profili rottura del 50% del totale staffe, viti e tasselli metallici;
Prodotti per l'isolamento termico	Nessun danno	<ul style="list-style-type: none"> crollo del pannello termoisolante di massa uguale o inferiore a 0,2 kg 	<ul style="list-style-type: none"> crollo del pannello termoisolante di massa superiore a 0,2 kg
Componenti ausiliari (membrana traspirante, barriera intercapedine, coprigiunti, guarnizioni, rifiniture)	Nessun danno	<ul style="list-style-type: none"> Crollo di un componente ausiliario di massa inferiore a uguale o inferiore a 0,2 kg 	<ul style="list-style-type: none"> Crollo di un componente ausiliario con una massa superiore a 0,2 kg

Modellazione e analisi della risposta fuori piano e nel piano di tamponature rinforzate

Modellazione numerica dettagliata di telai in c.a. con tamponature rinforzate

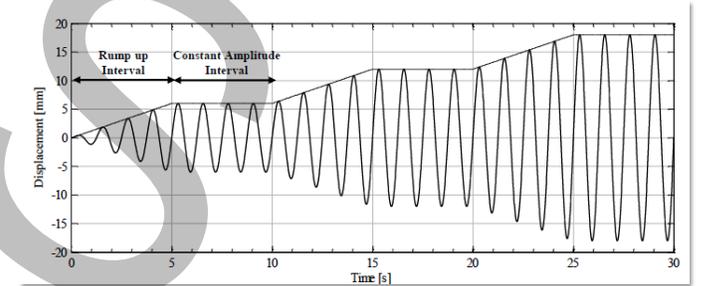
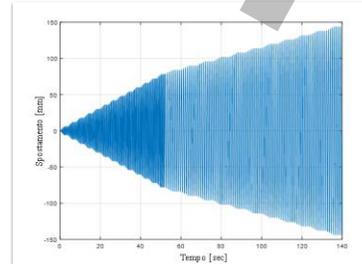
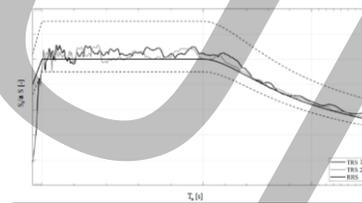
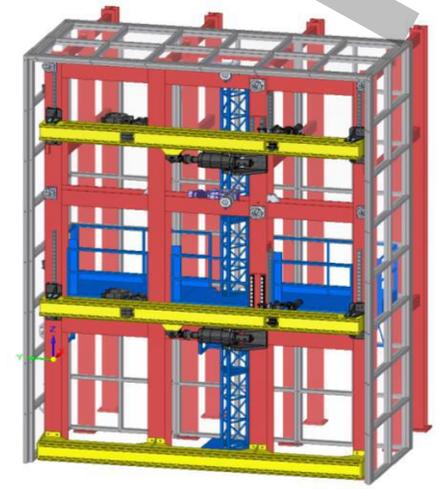
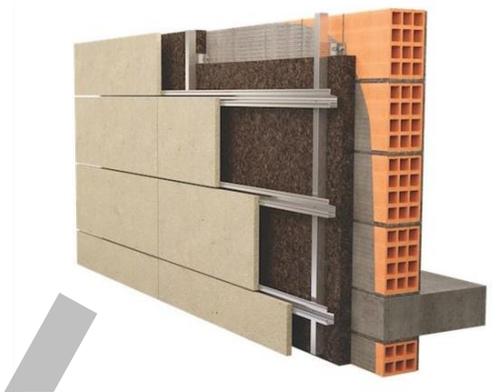
Calcolo della risposta sismica al variare delle caratteristiche del rinforzo





Definizione di metodi di valutazione della capacità sismica di:

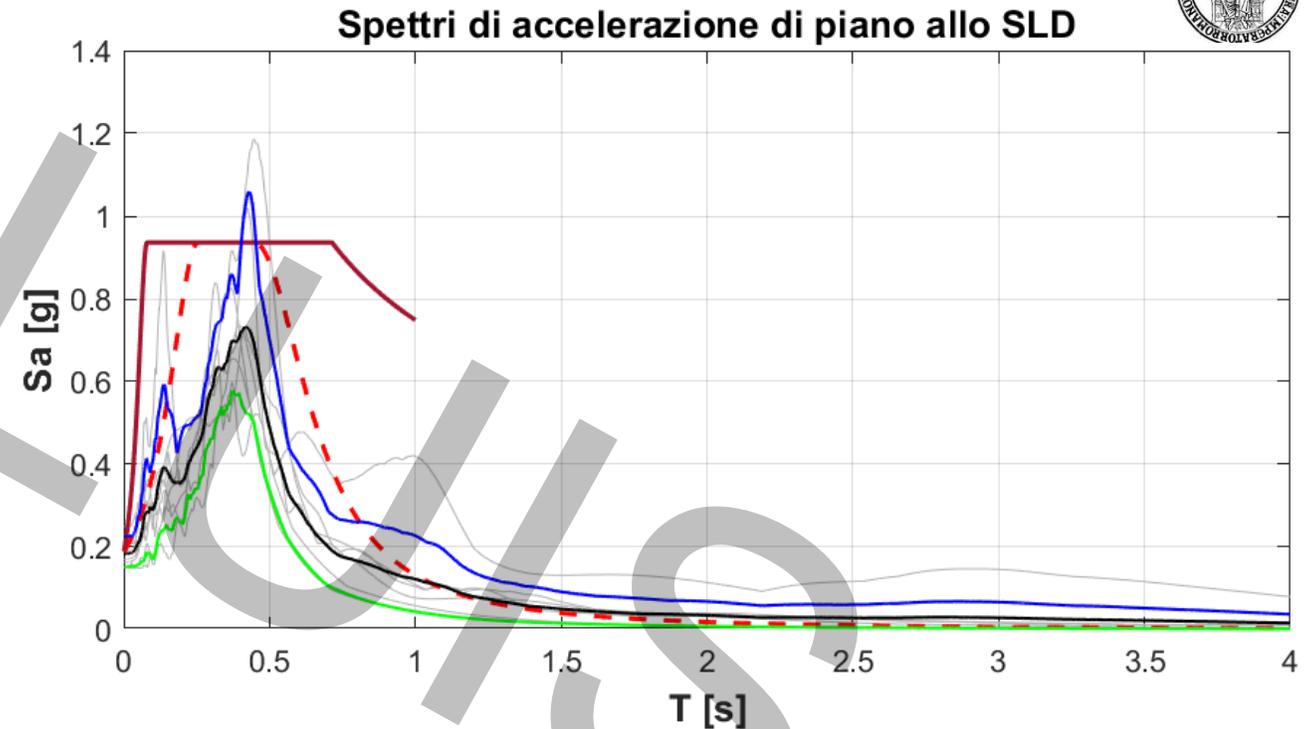
- Involucri edilizi moderni – **FACCIATE VENTILATE**
- Componenti non ancorati al suolo – **TEGOLE E COPPI**



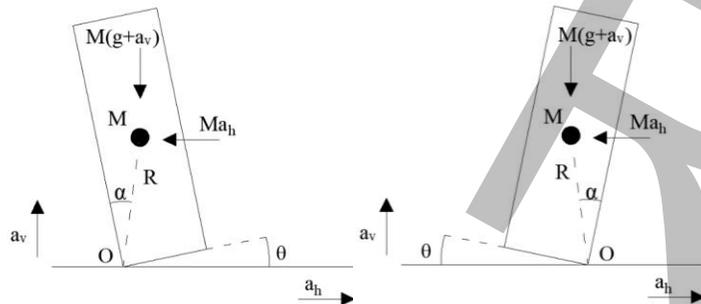
Progetto Reluis-DPC 2022-2024

WP 17 - Task 4: Temi speciali

**Valutazione analitico-numerica
preliminare della formula semplificata
(strutture a telaio) della domanda
sismica definita nella Circolare delle
NTC 2018 (§C7.2.3) in relazione
all'applicazione al caso di edifici a
pareti in c.a.**

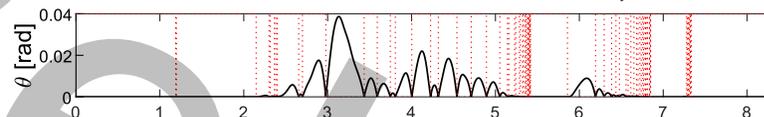


1) MODELLAZIONE



Schematizzazione di oggetti non strutturali di forma rettangolare mediante **blocchi rigidi** e studio della risposta in termini di rocking tramite analisi dinamiche non lineari con accelerogrammi registrati (*cloud analysis*) e sviluppo di modelli di fragilità.

$$I_0 \ddot{\theta} = -M(g+a_v)R \sin(\alpha-\theta) + \lambda M a_h R \cos(\alpha-\theta)$$



$$EDP = \frac{|\vartheta_{max}|}{\alpha_c}$$

α_c : angolo corrispondente a equilibrio limite (in condizioni statiche)

IMs utilizzate:
Innesco del rocking: PGA
Risposta in termini di rocking: PGV

2) ANALISI DI FRAGILITA'

Probabilità condizionata all'innesco del meccanismo e alla probabilità di collasso

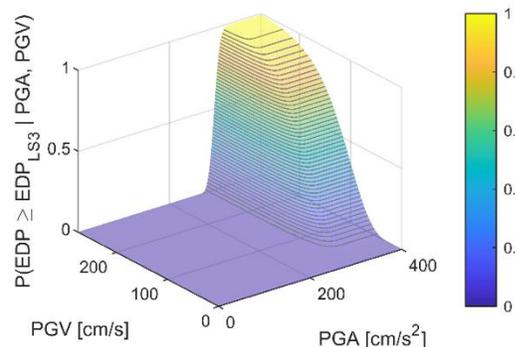
$$P(EDP \geq C_{LSi}) = P_{rk} \cdot [P_c + (1 - P_c) \cdot P_{ex}(EDP \geq C_{LSi} | PGV)]$$

Innesco rocking $P_{rk}(PGA)$

Collasso $P_c(PGV)$: regressione probit su esiti in termini di ribaltamento (0-1). La formulazione tiene conto delle caratteristiche impulsive o meno dello scuotimento.

Superamento capacità $P_{ex}(PGV)$: regressione lineare con massima verosimiglianza sulle osservazioni

Il modello di fragilità è rappresentato da superfici, in quanto dipende da più IMs: PGA e PGV.



Definizione di 3 stati limite:

- LS1: $EDP > 0$; → Innesco rocking
- LS2: $EDP > 0,1$; → Safe rocking
- LS3: $EDP \geq 1$ → Ribaltamento

3) PARAMETRIZZAZIONE DEI MODELLI

Sviluppo di modelli di fragilità per un campione di 10 blocchi, definiti mediante il Central Composite Design.

Parametrizzazione dei modelli di fragilità mediante superfici di risposta, in funzione delle grandezze che governano la risposta dei blocchi: snellezza, α , e dimensione, R .

$$Y(\alpha, R) = \beta_0 + \beta_1 \alpha + \beta_2 R + \beta_3 \alpha R + \beta_4 \alpha^2 + \beta_5 R^2$$

Modelli di fragilità per blocchi di dimensioni generiche, in funzione dei soli parametri α e R , in modo rapido e senza analisi dinamiche

WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale



- Definizione di possibili interventi di rinforzo per i collegamenti e/o fissaggi di reti di impianto presenti negli edifici esistenti con diverse configurazioni in base alla specifica vulnerabilità riscontrata.
- Progettazione e modellazione includendo gli aspetti di interazione con la struttura esistente.

Obiettivo

- ❖ *Definizione delle carenze degli ancoraggi, collegamenti e sistemi di fissaggio delle reti di impianti presenti negli edifici esistenti con particolare riferimento agli impianti antincendio;*
- ❖ *Individuazione di un caso studio di rete di impianto installata in un edificio esistente per l'applicazione degli interventi di rinforzo;*
- ❖ *Modellazione e analisi degli interventi di rinforzo considerando più configurazioni per l'individuazione delle soluzioni economicamente più convenienti.*

**Questioni
irrisolte**

*Caso studio
(impianto antincendio)*



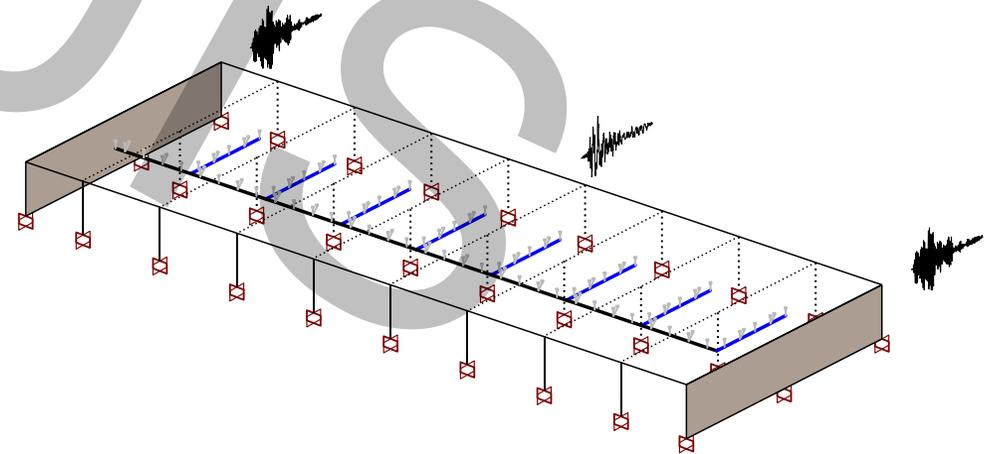
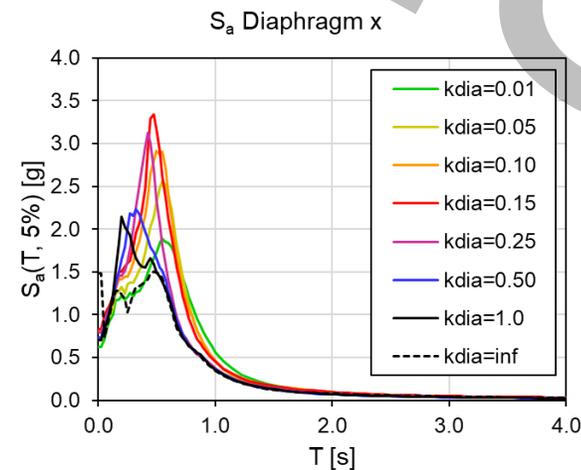
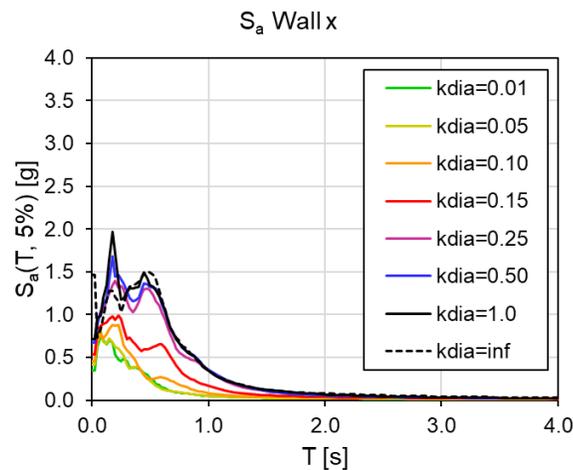
Generalizzazione alla tipologia di impianto al variare del layout ed estensione ad altre tipologie di impianti

WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Analisi dell'influenza della deformabilità degli impalcati sulla risposta sismica degli impianti

Definizione di spettri di piano per strutture a impalcato deformabile

Analisi a cascata di impianti considerando la variabilità della domanda sismica lungo l'impalcato

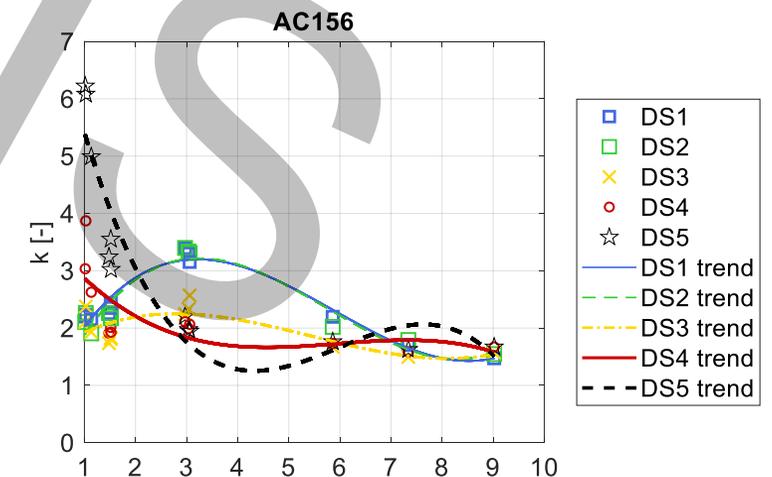
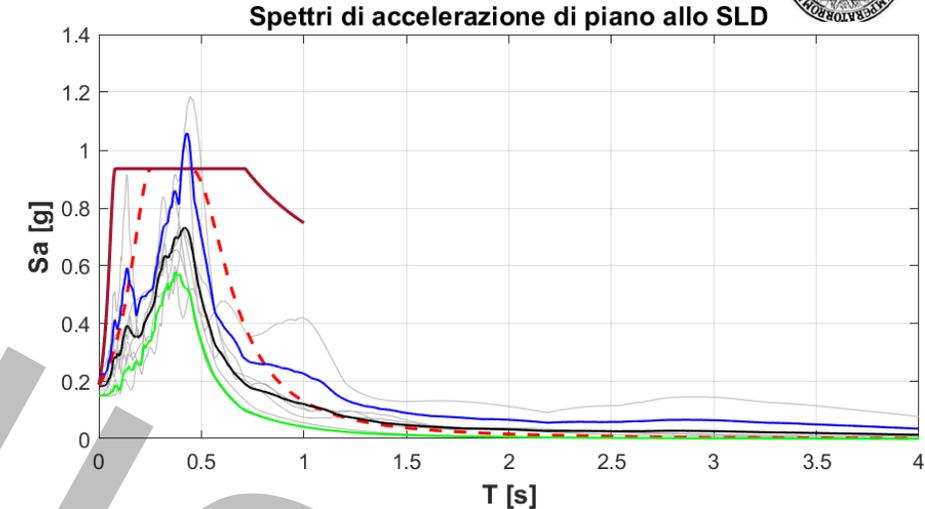


Progetto Reluis-DPC 2022-2024

WP 17 - Task 6: Qualificazione e certificazione



- Sviluppo, valutazione analitico-numerica, e applicazione sperimentale di un nuovo protocollo per la qualificazione sismica;
- Valutazione degli indici di affidabilità associati ai principali protocolli di qualificazione sismica internazionali e stima dei coefficienti di sicurezza parziali necessari a garantire il livello di affidabilità desiderato.



WP 17 - Task 6: Qualificazione e certificazione

Definizione di una specifica tecnica armonizzata per la qualificazione sismica di facciate ventilate

Basic Works Requirement 4: Safety and accessibility in use	
9	Wind load resistance
10	Resistance to horizontal point loads
11	Impact resistance
12 to 15	Mechanical resistance (*). Cladding elements
16 to 21	Mechanical resistance (*). Connexion between the cladding elements and the cladding fixings
22 to 24	Mechanical resistance (*). Cladding fixings
25	Resistance of profiles (*)
26	Tension/pull-out resistance of subframe fixings (*)
27	Shear load resistance of subframe fixings (*)
28	Breakouts resistance (horizontal and vertical load) (*)
29	Resistance to seismic loads. Out-of-plane fundamental vibration period
30	Resistance to seismic loads. Out-of-plane acceleration
31	Resistance to seismic loads. In-plane displacement
Basic Works Requirement 5: Protection against noise	
32	Airborne sound insulation



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Elementi non strutturali

Unità di Ricerca

Università degli Studi di Napoli Parthenope

Università degli Studi di Napoli Federico II

Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR

Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia

Università degli Studi di Bologna

Università degli Studi del Sannio

Università del Salento

Università Telematica Pegaso

Organizzazione del WP

Task 1 (Parthenope, Federico II, Bologna, IUSS): **Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni**

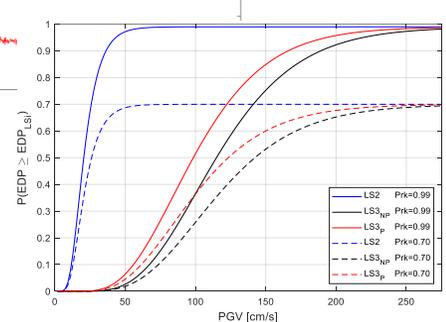
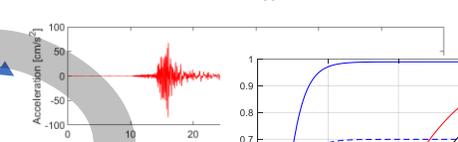
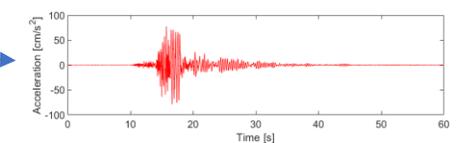
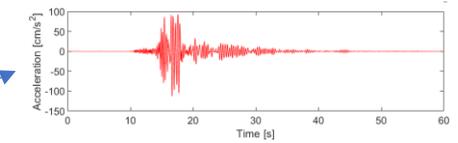
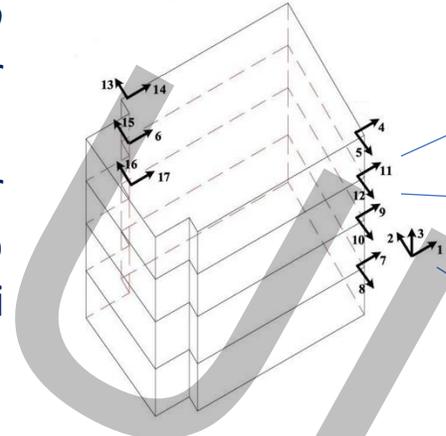
Task 2 (Sannio, Salento, IUSS): **Collegamenti della componentistica edilizia e industriale**

Task 3 (Parthenope, Federico II, ITC-CNR, Pegaso, Pavia): **Qualificazione e certificazione**

Task 4 (Parthenope, Federico II, ITC-CNR, Sannio, Salento): **Partizioni interne**

WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

- Sviluppo di metodi e modelli per la valutazione della domanda sismica in edifici a pareti in c.a.;
- Valutazione dell'affidabilità e validazione della formula semplificata (strutture a telaio) della domanda sismica definita nella Circolare delle NTC 2018 (§C7.2.3) rispetto all'applicazione al caso di strutture a pareti in c.a.;
- Analisi parametriche per la valutazione dei fattori di comportamento per la progettazione degli impianti;
- Studio della tipologia di dati forniti dall'Osservatorio Sismico delle Strutture (OSS) e dei criteri per implementarne l'utilizzo;
- Analisi delle registrazioni accelerometriche di piano per un campione di edifici inseriti nell'OSS e calcolo dell'intensità dello scuotimento, a terra e ai vari piani, ai fini della valutazione del comportamento di elementi non strutturali.



Valutazione della probabilità di eccedere determinati stati limite per blocchi rigidi regolari con dimensioni generiche, grazie alla parametrizzazione dei modelli di fragilità implementata nel periodo 2022-2024.

Possibilità di condurre analisi dinamiche non lineari utilizzando gli accelerogrammi registrati nell'edificio.

Analisi in tempo "quasi" reale

WP 17 - Task 2: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale



Definizione del numero e posizione ottimale di diverse tipologie di sostegni verticali e sismici al fine di ridurre le sollecitazioni e gli spostamenti a cui sono soggette le tubazioni delle reti di impianto in base anche al loro layout.

Obiettivo



- ❖ Individuazione delle tipologie di layout di reti di impianto;
- ❖ Metodi di analisi e modellazione dei collegamenti (sostegni verticali e sismici);
- ❖ Analisi parametriche per definire dei criteri operativi per la scelta del numero e posizione delle diverse tipologie di collegamento.

Attività previste

Definizione della domanda sismica a cui sono soggetti gli elementi non-strutturali a partire dai dati messi a disposizione dall'Osservatorio Sismico delle Strutture.

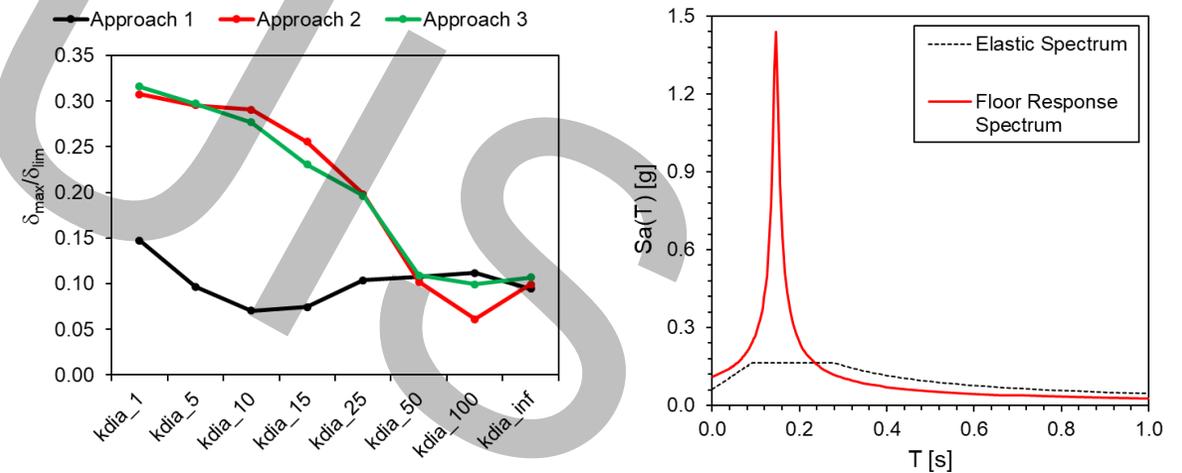
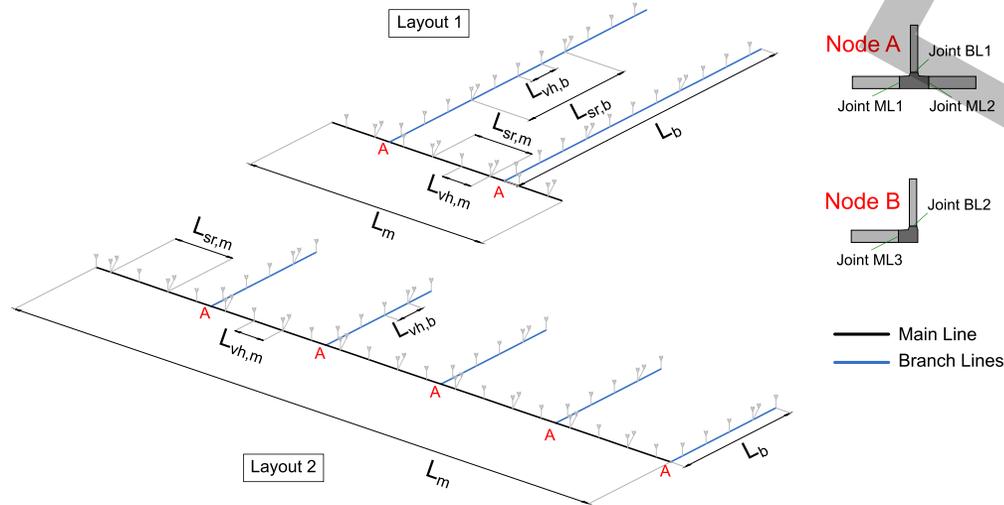


WP 17 - Task 2: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Influenza della componente verticale dell'azione sismica sulla vulnerabilità di impianti in caso di impalcati deformabili

Sviluppo di modelli numerici di diverse configurazioni di impianti in strutture a impalcato deformabile

Analisi della risposta sismica e definizione di metodi di analisi semplificati



WP 17 - Task 3: Qualificazione e certificazione

- Finalizzazione e validazione robusta del protocollo di prova di valutazione, qualificazione e certificazione sismica precedentemente sviluppato in accordo alle NTC 2018.
- Sviluppo di approcci e setup innovativi di sperimentazione affidabili per la qualificazione e la certificazione sismica degli elementi non strutturali.
- Individuazione di metodi e tecniche per la qualificazione della capacità sismica degli elementi non strutturali e delle modalità per la corrispondente certificazione nell'ambito delle regole europee sui prodotti da costruzione con particolare riferimento alle partizioni interne degli edifici, sia quelle costruite in cantiere che quelle assemblate in cantiere (§7.2.3 delle NTC 2018).
- Analisi della capacità sismica di elementi non strutturali con riferimento sia a componenti prefabbricati che realizzati in cantiere attraverso diversi approcci di modellazione
- Sviluppo di analisi parametriche finalizzate a definire le strategie di intervento più idonee al fine di ottimizzarne l'efficacia.



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 4: Partizioni interne



E' prevista una complessa campagna sperimentale resa possibile dalla disponibilità, nell'ambito dell'UR ITC-CNR, di una attrezzatura sperimentale unica in Europa e specificamente progettata per la valutazione sperimentale della risposta sismica di elementi di partizione verticale soggetti ad azioni sismiche bidirezionali.

Le prove di laboratorio riguarderanno:

- partizioni costruite in cantiere (murature in laterizio, cls aerato autoclavato, etc.)
- partizioni assemblate in cantiere (sistemi modulari).

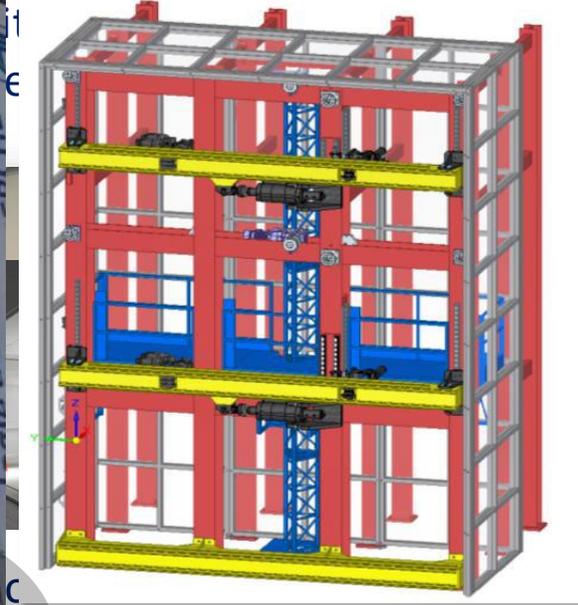


Ogni elemento sarà testato in scala 1:1 e per ciascuna tipologia si prevede la ripetizione delle prove sismiche in assenza e in presenza di specifici presidi antisismici. I dati sperimentali saranno elaborati anche al fine di sviluppare delle apposite curve di fragilità.

I risultati della sperimentazione verranno utilizzati per la determinazione di domanda e capacità sismiche per tali componenti non strutturali da porre a base dei sistemi di qualificazione di prodotto e di una apposita integrazione della normativa antisismica che tenga esplicitamente conto dell'efficacia dei presidi sperimentati.

Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 4: Partizioni interne



apparecchio delle apposite curve

ismiche per tali componenti
integrazione della normativa

E'
at
di

Le
▼
▼

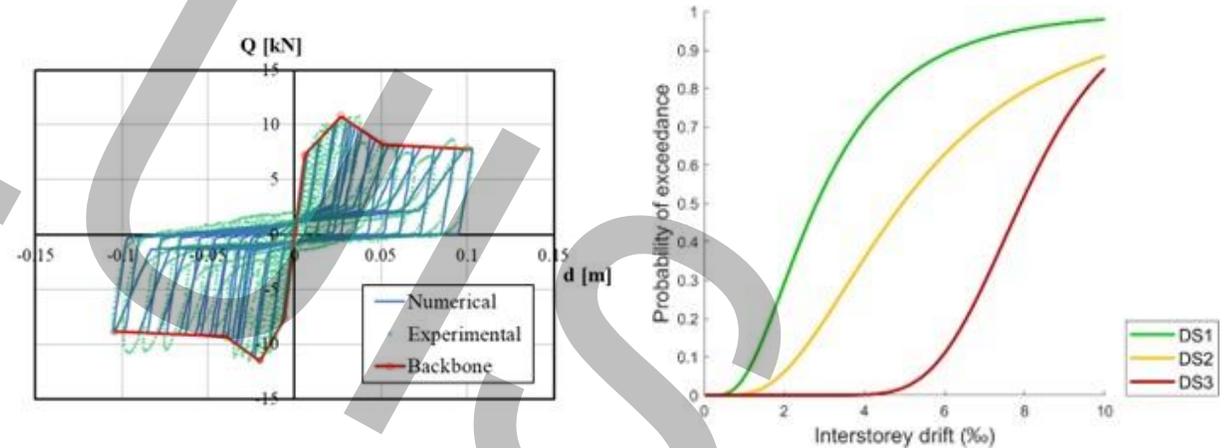
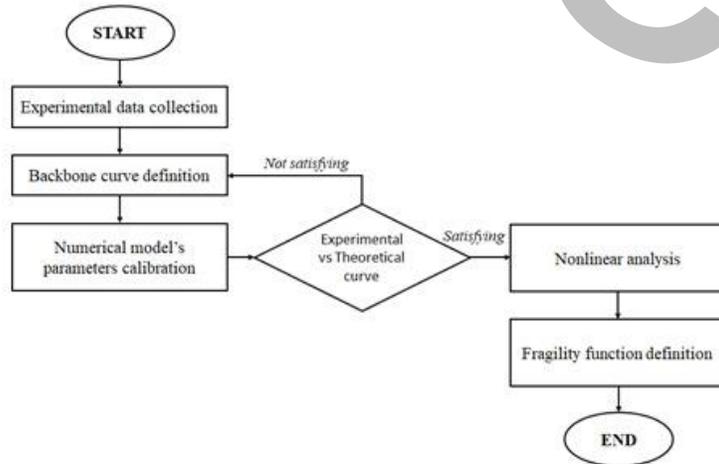
O
pr
di

I r
no
antisismica che tenga esplicitamente conto dell'efficacia dei presidi sperimentati.

Analisi di vulnerabilità sismica di partizioni interne

Sviluppo di database per la caratterizzazione dei parametri prestazionali di partizioni interne

Sviluppo di modelli semplificati per l'analisi della vulnerabilità sismica di partizioni interne



Sviluppo e applicazione di approcci e metodi di sperimentazione affidabili per la valutazione sismica delle proprietà dinamiche, del comportamento sismico e delle prestazioni delle partizioni interne.



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 – Elementi non strutturali

Il WorkPackage si propone di svolgere e finalizzare una complessa attività teorica e sperimentale capace di determinare un significativo passo in avanti delle conoscenze sul comportamento sotto azioni sismiche dei componenti non strutturali, in modo da poter ridurre – in prospettiva – la voce più rilevante dei costi materiali associati agli eventi sismici.