



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Kick off del Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

**Il trasferimento delle conoscenze attraverso le pubblicazioni ReLUIS
USO DEI SOFTWARE DI CALCOLO NELLA VERIFICA SISMICA DEGLI
EDIFICI IN MURATURA
V3.0**

Serena Cattari e Guido Magenes



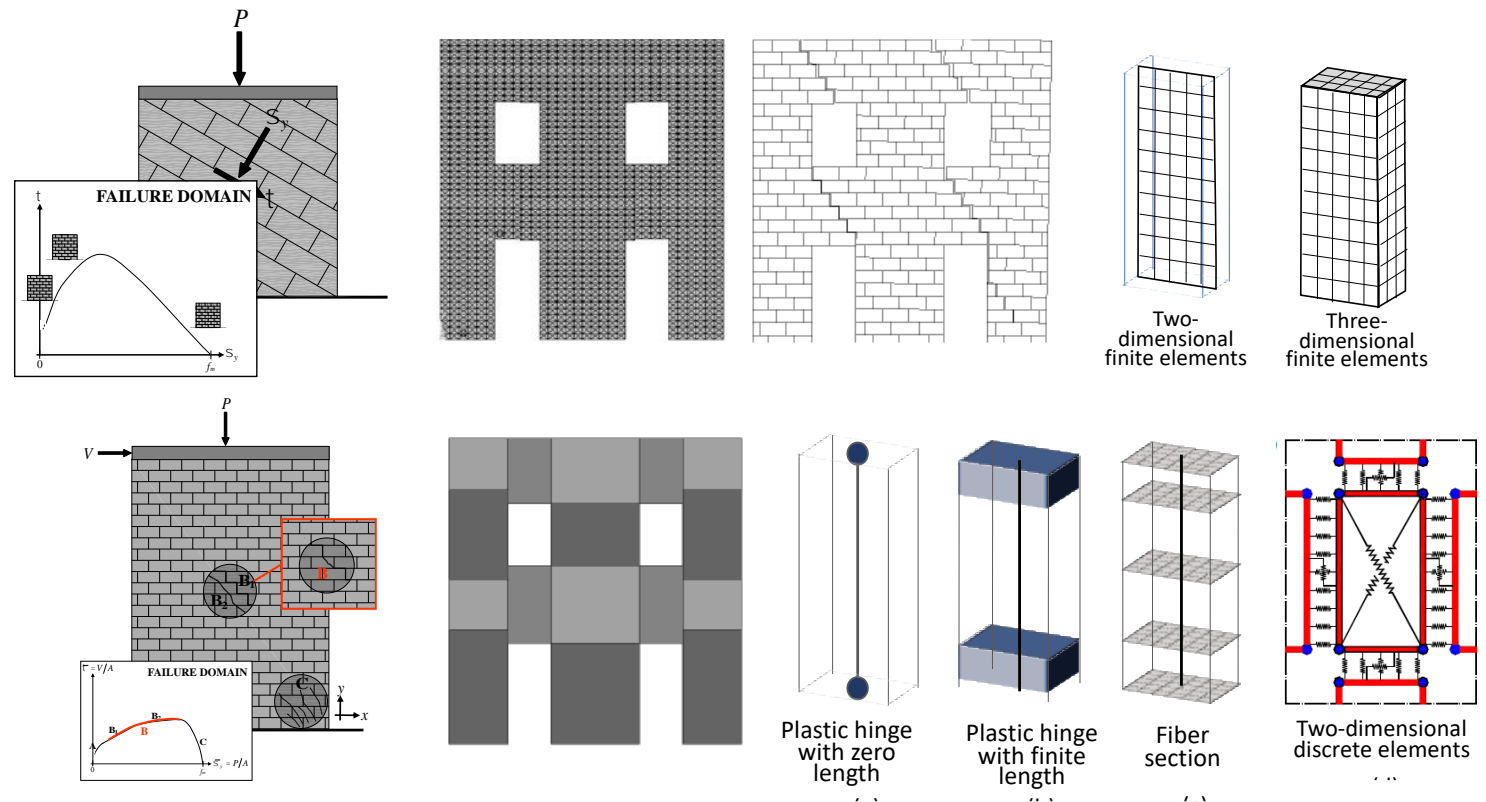
Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura

v3.0

a cura di
Serena Cattari
Guido Magenes



Prodotto della ricerca del Task 10.3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma - WP10



Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura V3.0



Uso dei software di calcolo nella verifica
sismica degli edifici in muratura

v3.0

a cura di
Serena Cattari
Guido Magenes



ORIGINE DEL «PROGETTO BENCHMARK» E GRUPPO DI LAVORO

2014-2021

2022-2024



UniGE (Università di Genova)

Prof S.Cattari (Task Leader)

RU: S.Degli Abbati, F.Parisse



UniPV (Università di Pavia)

Prof G.Magenes (WP Leader)

RU: C.F.Manzini, P.Morandi



UniCH (University of Chieti-Pescara)

Prof G.Camata

RU: F.Cantagallo, A. Di Primio,
M.Petracca



UniCT (University of Catania)

Prof I.Caliò

RU: F.Canizzaro, G. Occhipinti, S. Lisen



UniNA (University Federico II Naples)

Prof G.Brandonisio,

RU: B.Calderoni, G.Camarda, M.Postiglione



UniNA (University Federico II Naples)

Prof F.Parisi

RU: V. Buonocunto, E.Acconcia

UniBO (University of Bologna)

Prof S.De Miranda

RU: G.Castellazzi, A.M.D'Altri, N. Lo Presti, E. Di Domenico



POLIMI (Politecnico of Milan)

Prof G.Milani

RU: L.C. da Silva



Universidade do Minho (Portogallo)

Prof P.Lourenço

RU: R.Marques, F.Parisse

Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura V3.0

ORIGINE DEL «PROGETTO BENCHMARK» E OBIETTIVI

Obiettivo: l'analisi di esempi di riferimento (*strutture benchmark*) per la valutazione dell'affidabilità dei risultati ottenuti con codici di calcolo mirati all'analisi sismica delle costruzioni in muratura

- Sensibilizzare i professionisti ad un utilizzo più consapevole dei *software* commerciali.
- Fornire un percorso metodologico utile al professionista per verificare la qualità e correttezza delle soluzioni ottenute dai codici di calcolo.

FORNISCE CONTRIBUTI A

- 10.2- *Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo* nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e più in generale ai criteri di modellazione

Uso dei software di calcolo nella verifica
sismica degli edifici in muratura

v3.0

a cura di
Serena Cattari
Guido Magenes

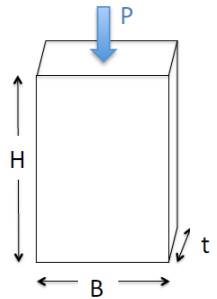


Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura V3.0

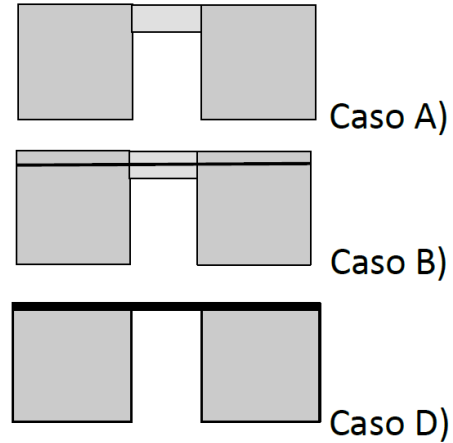
STRUTTURA E CONTENUTI

7 STRUTTURE x ...DIVERSE CONFIGURAZIONI RIPRODUCIBILI DA TERZI

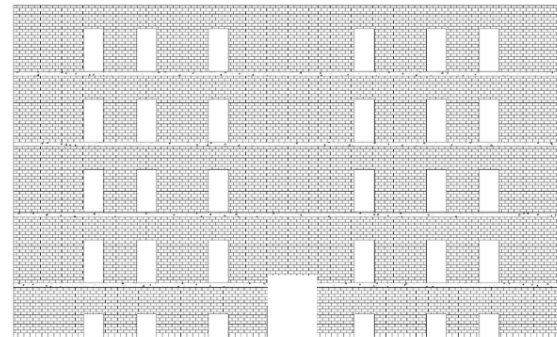
Singolo pannello



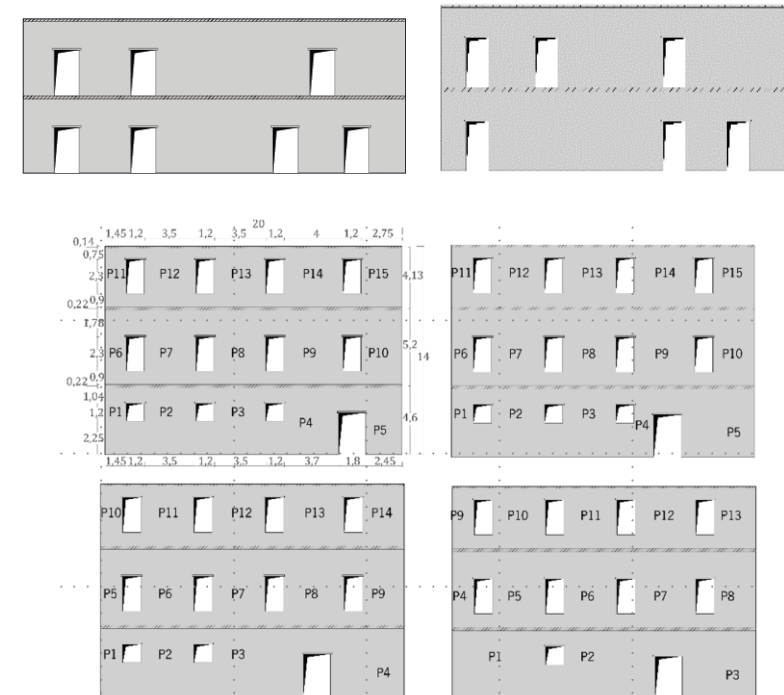
Trilite



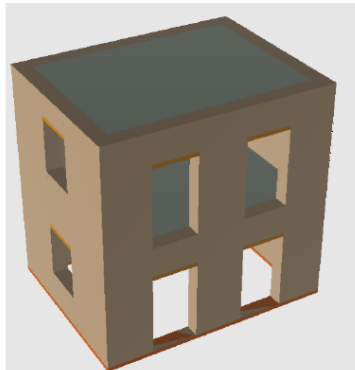
Parete 2D multipiano



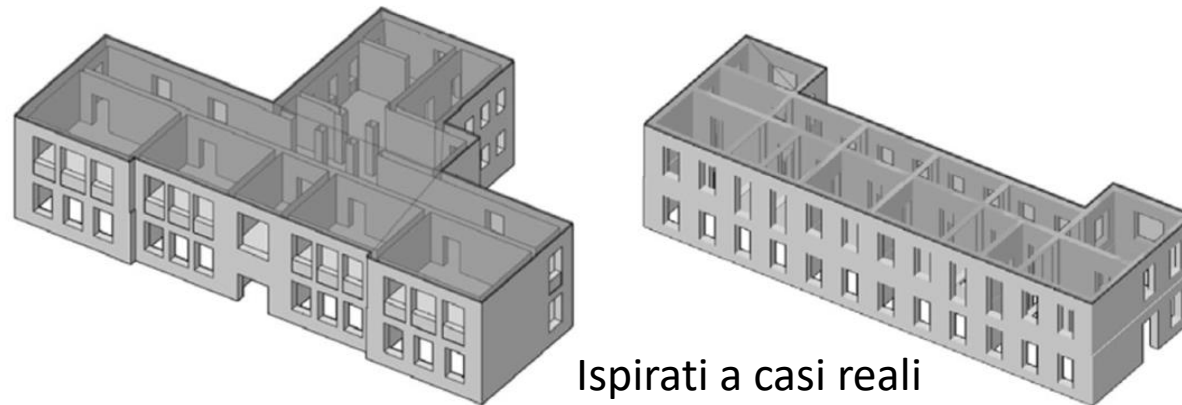
Pareti 2D con distribuzioni di aperture irregolari



Edificio mono-cellula bipiano



Edifici complessi



Ispirati a casi reali

STRUTTURA E CONTENUTI

CORPO DEL TESTO PRINCIPALE

INDICE

oltre 190 pagine

1	OBIETTIVI, MODALITA' OPERATIVE ADOTTATE E STRUTTURA DEL DOCUMENTO ..	4
2	STRUTTURE BENCHMARK PROPOSTE	9
3	ASPETTI CRITICI NELLA MODELLAZIONE E USO DI CODICI DI CALCOLO	19
3.1	Modelli per i diversi componenti strutturali dell'edificio	19
3.1.1	Pannelli murari	21
3.1.1.1	Maschi murari.....	21
3.1.1.2	Fasce murarie.....	
3.1.2	Solai.....	
3.2	Elaborazione del modello.....	
3.2.1	Modellazione della parete muraria	
3.2.1.1	Aspetti peculiari dei modelli a telaio equivalente.....	
3.2.1.2	Aspetti peculiari dei modelli al continuo	
3.2.2	Modellazione dei solai.....	
3.2.3	Modellazione delle connessioni (parete-parete e solaio-parete)	
3.3	Esecuzione dell'analisi.....	
3.4	Fasi di verifica.....	
3.4.1	Aspetti peculiari dei modelli FEM al continuo	
3.4.2	Aspetti peculiari dei modelli a telaio	
4	CRITERI DI CONTROLLO DELL'AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI	
5	ANALISI DELLE STRUTTURE BENCHMARK.....	
5.1	Quadro delle caratteristiche dei software adottati	
5.2	Modalità di rappresentazione adottate nei confronti ed interpretazione dei risul 48	
5.2.1	Parametri utilizzati nei confronti.....	
5.3	Struttura benchmark n° 1 – Singolo pannello	
5.3.1	Struttura benchmark n°1a – pannello in muratura di pietra.....	
5.3.2	Struttura benchmark n°1b – pannello in muratura di mattoni.....	
5.4	Struttura benchmark n° 2 – Trilite.....	
5.5	Struttura benchmark n° 3 – Parete 2D multipiano	
5.5.1	Confronto delle masse totali e dello sforzo normale agente nei maschi siti al piano ter seguito dell'applicazione dei carichi gravitazionali.....	
5.5.2	Confronto delle curve <i>pushover</i> globali e delle relative bilineari equivalenti	
5.5.3	Variazione percentuale delle tre grandezze che definiscono la bilineare equivalente	
5.5.4	Confronto della variazione dello sforzo normale nei maschi siti al piano terra.....	84
5.5.5	Confronto della modalità di rottura predetta dai software in corrispondenza dello spostamento ultimo per i maschi e le fasce ai vari livelli.....	86
5.5.6	Confronto delle curve taglio-spostamento dei maschi siti al piano terra.....	94
5.6	Struttura benchmark n° 4 – Edificio monocellula bipiano.....	97
5.6.1	Confronto delle masse totali e variazione percentuale dello sforzo normale agente nei maschi del piano terra a seguito dell'applicazione dei carichi gravitazionali.....	101
5.6.2	Confronto delle curve <i>pushover</i> globali.....	104
5.6.3	Variazione percentuale delle tre grandezze che definiscono la bilineare equivalente ..	105
5.6.4	Confronto della variazione dello sforzo normale nei maschi siti al piano terra della parete di Tipo A 108	
5.6.5	Confronto della modalità di rottura predetta dai software in corrispondenza dello spostamento ultimo per i maschi e le fasce ai vari livelli.....	112
5.7	Struttura benchmark n° 5 – Edificio complesso.....	117
5.7.1	Confronto delle masse totali	118
5.7.2	Confronto dei parametri dinamici stimati dall'analisi modale.....	120
5.7.3	Confronto delle curve <i>pushover</i> globali.....	128
5.7.4	Variazione percentuale delle tre grandezze che definiscono la bilineare equivalente ..	131
5.7.5	Confronto della modalità di rottura predetta dai software.....	136
5.7.6	Calcolo dell'accelerazione massima compatibile con vari stati limite.....	154
5.8	Struttura benchmark n° 6 – Edificio complesso.....	164
5.8.1	Confronto delle masse totali	164
5.8.2	Confronto dei parametri dinamici stimati dall'analisi modale.....	166
5.8.3	Confronto delle curve <i>pushover</i> globali.....	172
5.8.4	Variazione percentuale delle tre grandezze che definiscono la bilineare equivalente ..	177
5.8.5	Confronto della modalità di rottura predetta dai software.....	178

Programmi di calcolo utilizzati:

Modellazione FEM 3D (meso- e micro-modellazione)

- ABAQUS Release 6.19
- DIANA v.10.7 e 10.8
- LUSAS v.19.0
- MIDAS FEA 2017
- OpenSees3.0.3 con pre e post-processore Scientific Toolkit for Opensees (STKO)

A macroelementi discreti piani

- 3DMacro

A telaio equivalente

- AEDES PCM 2018
- ANDILWall / PRO_SAM (motore di calcolo: SAM-II)
- CDS (CDMaWin 2018)
- 3Muri Release 10.9.1.7
- MIDAS Gen (Release 18)
- SAP 2000

La scelta dei software riflette gli strumenti a disposizione delle UR coinvolte nella ricerca e al contempo vuole essere realistica rispetto agli strumenti impiegati nella pratica professionale

STRUTTURA E CONTENUTI

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO - oltre 230 pag

- **Scheda A** – Calibrazione dei parametri meccanici
- **Scheda B** – Identificazione della geometria degli elemer
- **Scheda C** – Contributo a pressoflessione fuori piano nei
- **Scheda D** – Ruolo delle modalità adottate nei modelli a
- **Scheda E** – Sensibilità della curva pushover all'applicazione delle azioni concentrate a livello di piano o distribuite
- **Scheda F** – Controlli sulla distribuzione dei carichi e delle
- **Scheda G** – Controlli di coerenza sull'implementazione elastico perfettamente plastico
- **Scheda H** – Controllo di coerenza della evoluzione della
- **Scheda I** – Calcolo analitico di un limite superiore alla soluz
- **Scheda J** – Procedure di controllo per valutare l'affidabil con modelli al continuo o micro-meccanici

AGGIORNATA NELLA V3.0	
SCHEDE DI APPROFONDIMENTO A	
CALIBRAZIONE PARAMETRI MECCANICI	
OBIETTIVO	Effettuare la calibrazione dei parametri meccanici del modello partendo da quelli usualmente impiegati per l'interpretazione della risposta alla scala del pannello murario (approccio usualmente adottato in ambito normativo) ed usati nei modelli a telaio equivalente
CASO STUDIO	Struttura benchmark n°1 – Singolo pannello
NOVITA' DELLA V3.0	
SCHEDE DI APPROFONDIMENTO J	
PROCEDURE DI CONTROLLO PER VALUTARE L'AFFIDABILITA' DEI RISULTATI DI ANALISI STATICHE NONLINEARI OTTENUTE CON MODELLI AL CONTINUO O MICRO-STRUTTURATO	
OBIETTIVO	Fornire strumenti di controllo dei risultati e della loro affidabilità nell'ottica di una verifica sismica secondo principi coerenti con il quadro normativo
CASO STUDIO	Struttura benchmark n°7 – pareti 2D multipiano rappresentative rispettivamente di una parete interna e di una facciata esterna con distribuzione irregolare di aperture

GRAZIE PER L'ATTENZIONE