



COMUNE DI CALESTANO

PROVINCIA DI PARMA

PROGETTO :

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO, MEDIANTE
OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO, ARCHITETTONICO ED AMPLIAMENTO STRUTTURALE.
PNRR M4C1 - I 3.3 MINISTERO ISTRUZIONE
CUP I83H19000400001

UBICAZIONE :

VIA ROMA n. 12 - CALESTANO (PR)

PROGETTO :

ESECUTIVO

OGGETTO :

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA PER EDIFICIO ESISTENTE

TAVOLA :

STR.08

DATA : 30 SETTEMBRE 2022

SCALA :

-

REV :

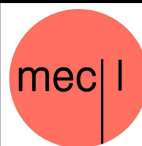
-



PROGETTISTA :

ING. MARTINA ELEONORA CONCARI

con studio in Via Duca Alessandro, 11 - 43123 Parma (PR)



COLLABORATORI :

ING. SIMONE LEONI

con studio in Strada per Parma, 35/H3 - Loc. Pilastro - 43013 Langhirano (PR)

ARCH. FRANCESCO PAVESI

con studio in Via Pablo, 2/2 - Loc. Torrechiera - 43013 Langhirano (PR)

ING. FILIPPO PANICIERI

con studio in Via Marconi, 8 - 43035 Felino (PR)

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI ED ELETTRICI :

ING. ANGELO NASO

con studio in Via Duca Alessandro, 11 - 43123 Parma (PR)

ING. GIAMPAOLO VECCHI

con studio in Via Mazzini, 22 - 43013 Langhirano (PR)

08 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Il presente progetto di miglioramento sismico, affrontato a seguito della Valutazione di Vulnerabilità Sismica, riscontra che gli interventi previsti contribuiscano all'ottenimento di un miglioramento sismico di almeno il 75,57% come richiesto dall'incarico affidato alla scrivente.

Alla luce dell'intervenuta necessità di uno studio di Risposta Sismica Locale rigoroso si è ritenuto conveniente effettuare una ri-calcolazione della struttura appartenente allo stato di fatto, mediante modellazione con software PCM, per ritrarre i risultati finali e di confronto con lo stato di progetto.

Nel seguito, pertanto, si espone un sintetico quadro riassuntivo dei risultati ottenuti per la struttura afferente alla condizione ante-operam.

Le entità dei carichi agenti e le modalità di applicazione risultano essere le medesime rispetto a quelle adottate per la condizione dello stato di progetto. Anche le metodologie di modellazione e di analisi sono identiche rispetto alle valutazioni condotte nella condizione post-operam.

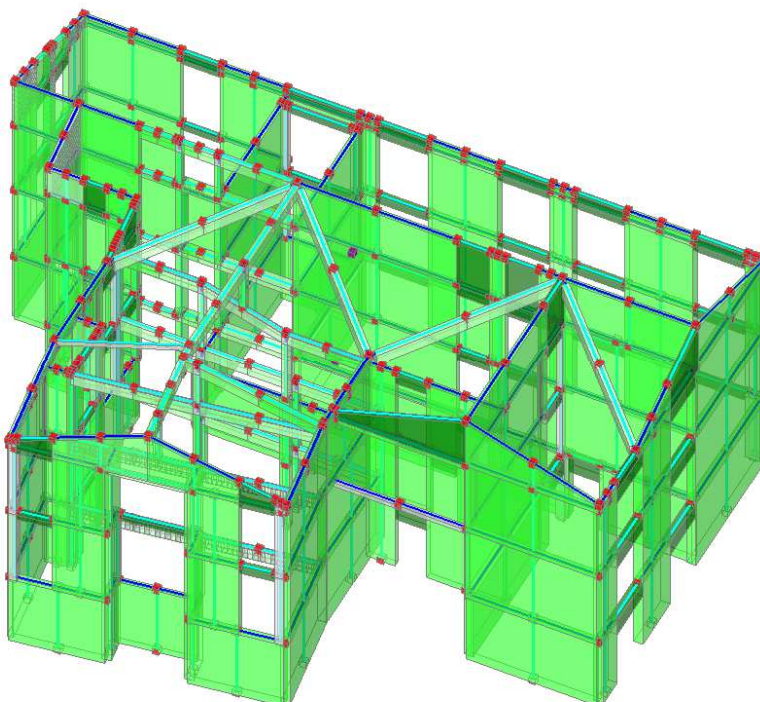
Si riportano di seguito le viste del modello di calcolo realizzato con le raffigurazioni dei carichi applicati.

Di seguito si riporta il riassunto delle principali verifiche della struttura:

Verifiche statiche

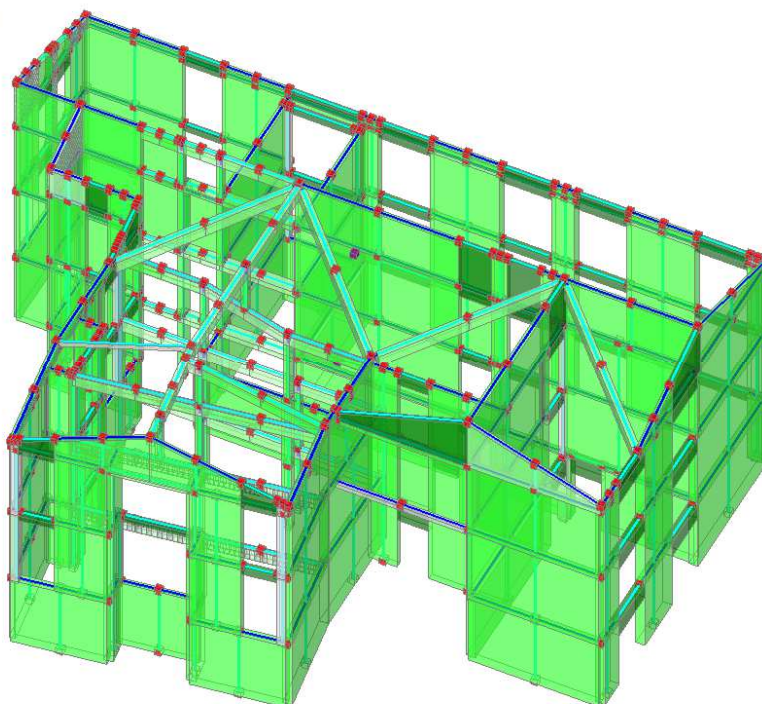
Di seguito si riportano le verifiche statiche con gradiente di colore. La colorazione verde indica verifiche soddisfatte mentre la colorazione in rosso indica verifiche non soddisfatte; l'intensità di colore rappresenta il grado di verifica (o non verifica).

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



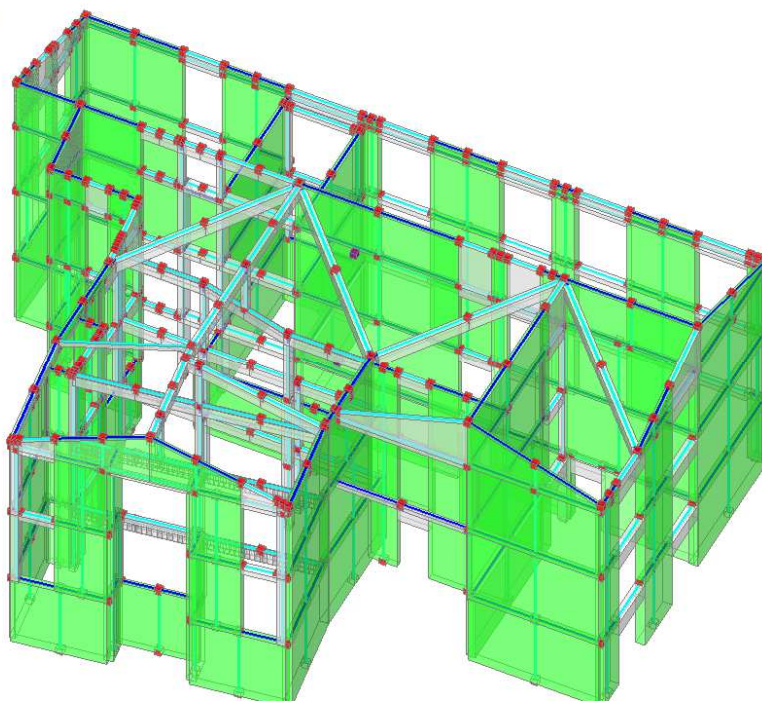
Pressoflessione complanare

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Taglio

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Pressoflessione ortogonale 3D

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)

Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

Involuppo CCC


Verifica di Resistenza della Struttura (STR)

Pressofless. complanare [§4.5.6]	1.015	100%
Taglio scorcimento [§4.5.6]	1.008	100%
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	1.632	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	1.392	100%
Pressofless. ortog. [§4.5.6.2]	<input type="text"/>	

Verifica di Resistenza del Terreno (GEO)

Capacità portante del terreno e
Scorcimento sul piano di posa [§6.4.2.1]

Coefficienti di sicurezza per verifiche da azioni in input:
verde: soddisfatte per tutti gli elementi
rosso: non soddisfatte per uno o più elementi

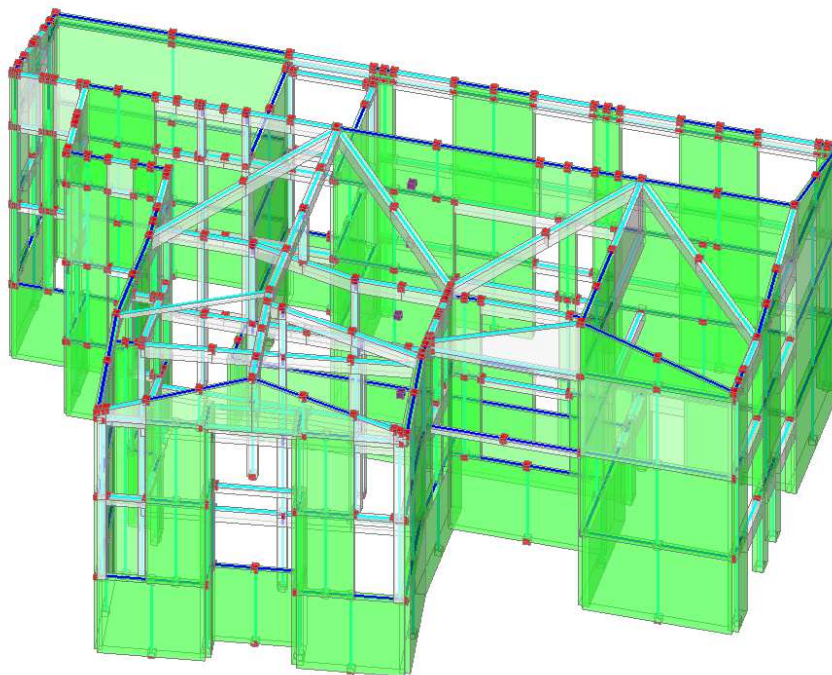


Indicatori

Analisi dinamica modale (verifiche fuori piano)

Le verifiche fuori dal piano, con analisi dinamica modale (Par. 7.8.1.5.3 delle NTC), possono essere effettuate separatamente, adottando le forze equivalenti indicate al punto 7.8.1.5.2 delle NTC per l'analisi statica lineare.

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Analisi Sismica, Dinamica Modale (D.M.17.1.2018)- Miglioramento					
Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura			Confronto fra Capacità e Domanda - Indicatori di rischio Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.600		
SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifica di Resistenza (RES)			VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.262 g - TR,DLV = 712 anni - P,VR, DLV = 10 % Indicatori di rischio (zeta,E),SLV		
Pressofless. ortog. (da modello 3D)			Verifica di Resistenza fuori piano		
[§7.8.2.2.3]					
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]	1.200	100%	0.331	1626	4.507
			1.204	2.284	114

La capacità della struttura risulta pari ad oltre il 100% con verifiche completamente soddisfatte.

Analisi pushover

La struttura, modellata con il telaio equivalente, viene sottoposta all'analisi sismica incrementale (analisi pushover).

L'analisi statica non lineare in oggetto viene eseguita con le seguenti distribuzioni di forze:

Gruppo 1 (distribuzioni principali)

(A) (Lineare) Forze proporzionali alle forze statiche

Gruppo 2 (distribuzioni secondarie)

(E) (uniforme) Forze proporzionali alle masse

Sono state applicate tutte le direzioni ed i versi di analisi (+X, -X, +Y, -Y) considerando le combinazioni direzionali ed i momenti torcenti aggiuntivi.

Le procedure di svolgimento delle analisi pushover e le conseguenti verifiche effettuate con programma di calcolo sono state espone in precedenza.

Diverse analisi pushover, con diversi punti di controllo, sono state condotte in fase preliminare per valutare le condizioni maggiormente gravose. Nello specifico sono state effettuate analisi di spinta considerando il nodo di controllo nel baricentro dei diversi piani ed in corrispondenza dei nodi di spigolo del fabbricato. In tutti i casi la situazione maggiormente gravosa coincide con l'assunzione del nodo di controllo in corrispondenza del baricentro del secondo livello e pertanto tale condizione viene mantenuta per il compimento delle verifiche e per la valutazione della capacità della struttura.

Nel seguito si riporta il tabulato riassuntivo dell'analisi pushover per le diverse distribuzioni e le diverse direzioni e versi di analisi.

N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz. 2	Mt	Ez	Control	$\zeta_{PGA}(SLV)$	$\zeta_{TR}(SLV)$	VN,CLV
31	☉	□	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.760	0.375	19
32	☉	□	A	-Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.800	0.452	23
12	☉	□	A	+Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.811	0.468	23
15	☉	□	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.825	0.500	25
16	☉	□	A	+Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.825	0.493	25
17	☉	□	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.847	0.551	28
11	☉	□	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.858	0.562	28
21	☉	□	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.858	0.572	29
24	☉	□	A	-X'	-0.3Y'	-	±	L4	0.862	0.579	29
27	☉	□	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.862	0.583	29
22	☉	□	A	-X'	-0.3Y'	+	±	L4	0.873	0.594	30
19	☉	□	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.876	0.615	31
20	☉	□	A	-X'	+0.3Y'	-	±	L4	0.876	0.607	30
23	☉	□	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.876	0.604	30
56	☉	□	E	-X'	-0.3Y'	-	±	L4	0.895	0.657	33
18	☉	□	A	-X'	+0.3Y'	+	±	L4	0.905	0.687	34
50	☉	□	E	-X'	+0.3Y'	+	±	L4	0.905	0.685	34
54	☉	□	E	-X'	-0.3Y'	+	±	L4	0.909	0.691	35
49	☉	□	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.924	0.728	36
52	☉	□	E	-X'	+0.3Y'	-	±	L4	0.924	0.742	37
44	☉	□	E	+Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.935	0.758	38
53	☉	□	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.935	0.771	39
51	☉	□	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.938	0.781	39
55	☉	□	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.938	0.785	39
13	☉	□	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.945	0.801	40
1	☉	☑	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.964	0.861	43
28	☉	□	A	-Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.964	0.876	44
48	☉	□	E	+Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.985	0.942	47
47	☉	□	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	1.004	1.028	51
64	☉	□	E	-Y'	-0.3X'	-	±	L4	1.015	1.055	53
26	☉	□	A	-Y'	+0.3X'	+	±	L4	1.018	1.076	54
2	☉	□	A	+X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.022	1.100	55
29	☉	□	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	1.022	1.081	54
43	☉	□	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	1.022	1.081	54
25	☉	□	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	1.040	1.176	59
30	☉	□	A	-Y'	-0.3X'	+	±	L4	1.040	1.176	59
4	☉	□	A	+X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.047	1.204	60
6	☉	□	A	+X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.047	1.197	60
9	☉	□	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	1.047	1.215	61
14	☉	□	A	+Y'	-0.3X'	+	±	L4	1.047	1.215	61

42	⊙	□	E	+Y'	+0.3X'	+	±	L4	1.047	1.204	60
58	⊙	□	E	-Y'	+0.3X'	+	±	L4	1.051	1.221	61
3	⊙	□	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	1.069	1.316	66
61	⊙	□	E	-Y'	-0.3X'	+		L4	1.069	1.316	66
8	⊙	□	A	+X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.076	1.355	68
36	⊙	□	E	+X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.087	1.402	70
62	⊙	□	E	-Y'	-0.3X'	+	±	L4	1.091	1.406	70
57	⊙	□	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	1.095	1.430	72
5	⊙	□	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	1.102	1.506	75
7	⊙	□	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	1.120	1.604	80
33	⊙	□	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	1.120	1.587	79
63	⊙	□	E	-Y'	-0.3X'	-		L4	1.135	1.709	85
34	⊙	□	E	+X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.138	1.749	87
40	⊙	□	E	+X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.138	1.733	87
10	⊙	□	A	+Y'	+0.3X'	+	±	L4	1.145	1.778	89
39	⊙	□	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	1.153	1.867	93
45	⊙	□	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	1.153	1.867	93
37	⊙	□	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	1.164	1.896	95
35	⊙	□	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	1.171	1.989	99
41	⊙	□	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	1.175	2.020	101
60	⊙	□	E	-Y'	+0.3X'	-	±	L4	1.175	2.004	100
46	⊙	□	E	+Y'	-0.3X'	+	±	L4	1.182	2.052	103
38	⊙	□	E	+X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.189	2.149	107
59	⊙	□	E	-Y'	+0.3X'	-		L4	1.244	2.649	132

Dalla analisi pushover si possono ottenere i seguenti risultati.

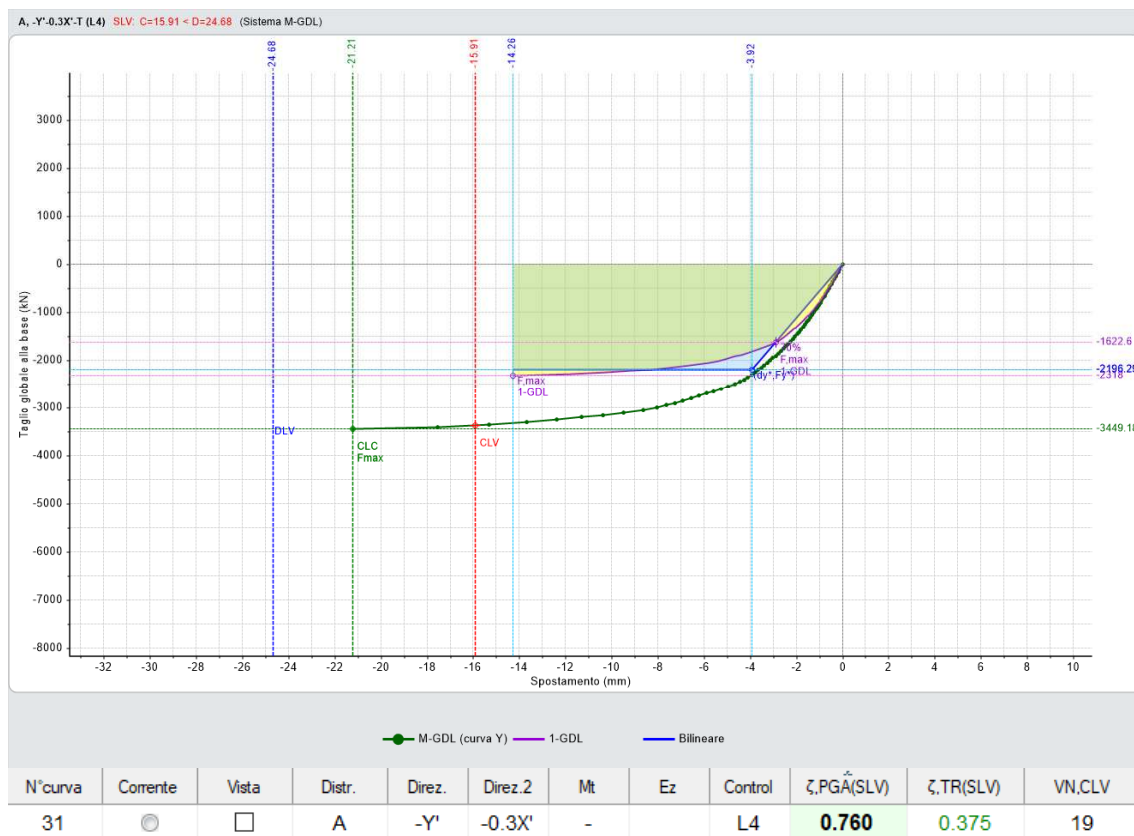
SLV: $\zeta_E = 0,760 - TR = 267$ anni

La capacità della struttura nello **stato di progetto** risulta essere pertanto pari al 76,0% secondo l'indicatore minimo calcolato in corrispondenza degli SLV.

Nel seguito si riporta la curva di capacità maggiormente significativa ossia quella corrispondente al livello minimo.

In accompagnamento alla curva si mostra lo stato delle verifiche di sicurezza in corrispondenza del termine della stessa.

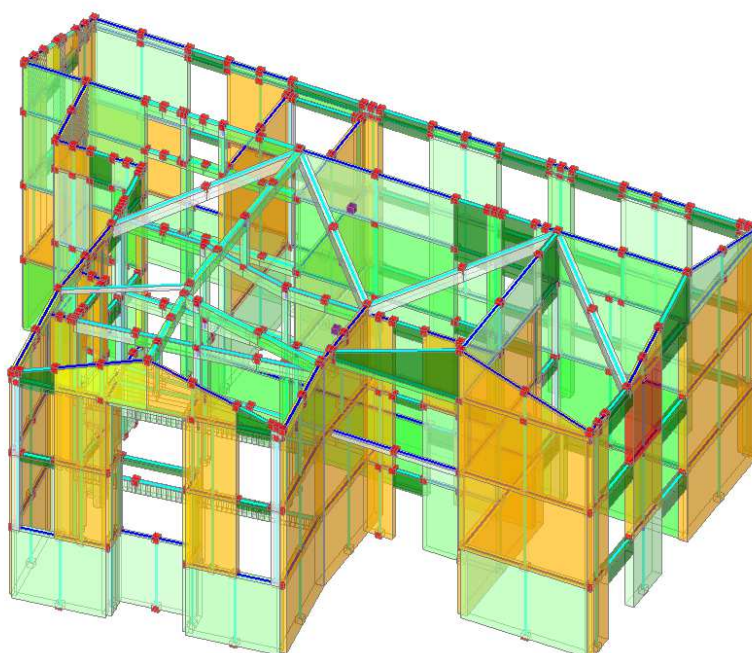
Curva A -Y'+0.3X' -T (limite capacità SLV)



Tutti i maschi murari del paramento Y9 al piano 1 sono collassati sotto azioni complanari.

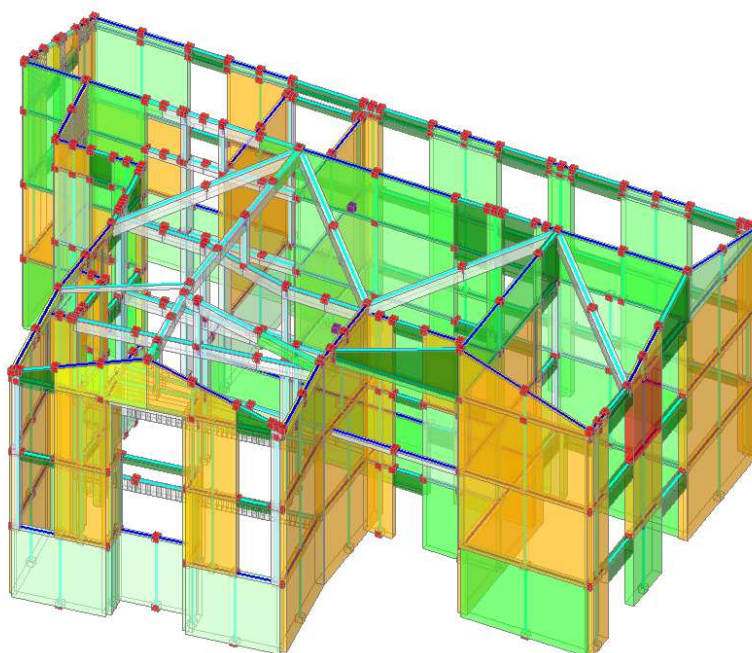
Nel seguito si riportano le verifiche di sicurezza in corrispondenza dello step finale coincidente con il termine della curva di capacità.

- Asta in fase elastica
- Asta parzialmente plasticizzata
- Asta plasticizzata
- Asta collassata
- Asta in trazione/compressione eccessiva
- Asta in instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



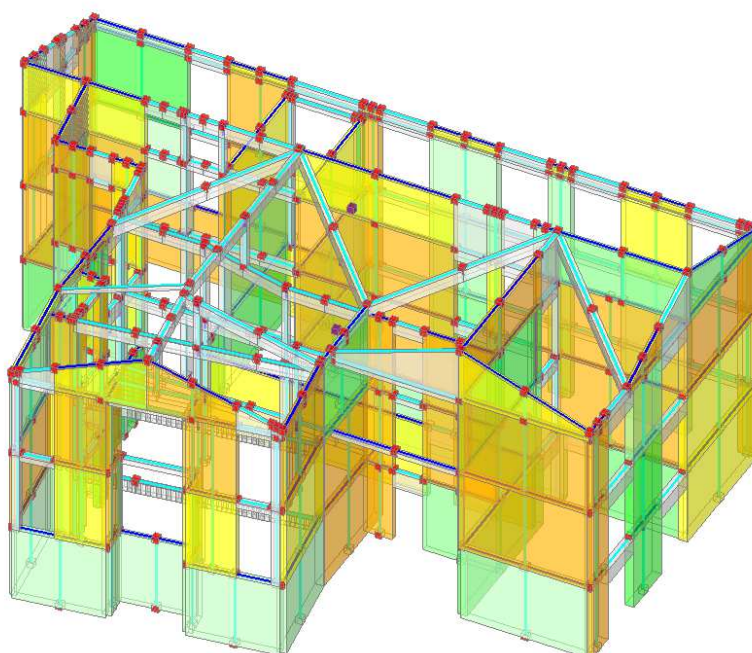
Pressoflessione complanare

- Asta in fase elastica
- Asta parzialmente plasticizzata
- Asta plasticizzata
- Asta collassata
- Asta in trazione/compressione eccessiva
- Asta in instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Taglio

- Asta in fase elastica
- Asta parzialmente plasticizzata
- Asta plasticizzata
- Asta collassata
- Asta in trazione/compressione eccessiva
- Asta in instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Pressoflessione ortogonale 3D

Analisi cinematica (meccanismi locali)

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA, CLD /PGA, DLD	TR, CLD /TR, DLD	PGA, CLV /PGA, DLV	TR, CLV /TR, DLV
1	0.349	1.016	1.040	0.938	0.785
2	0.324	0.977	0.920	0.891	0.650
3	0.287	0.838	0.653	0.778	0.417
4	0.337	0.977	0.947	0.905	0.674
5	0.344	0.892	0.733	0.815	0.480

n. = numero consecutivo del cinematismo
 α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA,CLD / PGA,DLD = ζ, E, SLD, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR,CLD / TR,DLD = ζ, E, SLD, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se $TR > 2475$ si pone $TR = 2475$.

Se $TR < 30$, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$,

effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR) = k \cdot TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $K = 0.013052620$, $\alpha = 0.423682890$

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD) = 33.000$

SLV: $(2475/TR, DLV) = 3.476$

Riassunto dell'intervento di miglioramento

Edificio Esistente in muratura – STATO DI PROGETTO - Intervento di Miglioramento sismico⁽¹⁾

Risultati dell'analisi strutturale

Normativa di riferimento: D.M. 17.1.2018 (parametri di spettro conformi a reticolo D.M. 14.1.2008)

Questo documento è una scheda di sintesi, contenente i risultati dell'elaborazione in termini di confronto fra capacità e domanda e compilata con riferimento alla terminologia proposta dal D.M.17.1.2018.

Per la verifica di sicurezza di un intervento di miglioramento (§8.4.2) si richiede come obiettivo che l'indicatore di rischio sismico allo Stato di Progetto ζ_E sia ≥ 0.600 per gli edifici di classe III ad uso scolastico e di classe IV, mentre per tutti gli altri casi si richiede che l'incremento $\Delta\zeta_E$ sia ≥ 0.100 .

Per l'edificio in oggetto, nel modello di Aedes.PCM si è scelto il seguente obiettivo d'intervento: valore massimo di ζ_E fra 0.760 e ζ_E (Stato Attuale) = 0.480

Pertanto: $\zeta_E \geq 0.760$

Sintesi risultati: Indicatori di Rischio sismico ζ_E in termini di PGA

Verifica soddisfatta

Stato di Progetto (dopo l'intervento)

Stato Limite	ζ_E (PGA _C /PGA _D)
SLO	
SLD	
SLV	0.760

Livello di Miglioramento sismico

Stato Limite	ζ_E Stato Attuale	ζ_E Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
SLO			
SLD			
SLV	0.476	0.760	0.284

Gerarchia dei comportamenti strutturali

Indicatore di rischio sismico obiettivo: $\zeta_E \geq 0.760$

Edificio esistente, Classe d'uso (§2.4.2): III

Verifiche obbligatorie secondo Normativa (§7.3.6, §8.3): SLV: RES

In grigio: comportamenti non analizzati, o da non considerare (cfr. §7.3.6, Tab.7.3.III)

Comportamento	ζ_E (PGA _C /PGA _D)
SLV: Resistenza fuori piano	0.760
SLV: Resistenza nel piano	0.760
SLO: Rigidezza (spostamenti)	
SLD: Resistenza nel piano	
SLD: Rigidezza (spostamenti)	
SLD: Resistenza fuori piano	
SLD: Capacità limite in fondazione	
SLV: Capacità limite in fondazione	
SLV: Cinematismo	
SLD: Cinematismo	

Domanda

Stato Attuale (prima dell'intervento)		
Stato Limite	PGA _D (g)	TR _D (anni)
SLO	0.105	45
SLD	0.129	75
SLV	0.275	712

Analisi eseguite:

- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi dinamica modale con fattore di comportamento: $q(\text{SLD}) = 1.500$, $q(\text{SLV}) = 1.500$

Riferimenti per fattore di comportamento q (SLV):

- da Normativa (D.M.17.1.2018): posto in input ($\alpha, U/\alpha, 1$)=1.50: $q = 1.969$
- secondo §7.3.1 [$S_e(\text{SLV}) \geq S_e(\text{SLD})$]: $q \geq 3.263$

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	PGA _D (g)	TR _D (anni)
SLO	0.105	45
SLD	0.129	75
SLV	0.275	712

Analisi eseguite:

- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi dinamica modale con fattore di comportamento: $q(\text{SLD}) = 1.500$, $q(\text{SLV}) = 1.500$

Riferimenti per fattore di comportamento q (SLV):

- da Normativa (D.M.17.1.2018): posto in input ($\alpha, U/\alpha, 1$)=1.50: $q = 1.969$
- da analisi pushover: $q = 3.281$
- secondo §7.3.1 [$S_e(\text{SLV}) \geq S_e(\text{SLD})$]: $q \geq 3.263$

Verifiche di rigidezza (RIG)

Stato Attuale (prima dell'intervento)				
Stato Limite	PGA _C (g)	ζ_E (PGA _C /PGA _D)	TR _C (anni)	ζ_E (TR _C /TR _D)
SLO				
SLD				

Stato di Progetto (dopo l'intervento)				
Stato Limite	PGA _C (g)	ζ_E (PGA _C /PGA _D)	TR _C (anni)	ζ_E (TR _C /TR _D)
SLO				
SLD				

Verifiche di resistenza (RES)

Stato Attuale (prima dell'intervento)				
SLD	PGA_C (g)	ζ_E (PGA_C/PGA_D)	TR_C (anni)	ζ_E (TR_C/TR_D)
Resistenza nel piano del pannello				
Resistenza fuori piano del pannello				
Capacita' limite in fondazione				
Cinematismo				

SLV	PGA_C (g)	ζ_E (PGA_C/PGA_D)	TR_C (anni)	ζ_E (TR_C/TR_D)
Resistenza nel piano del pannello	0.131	0.476	76	0.107
Resistenza fuori piano del pannello	0.131	0.476	76	0.107
Capacita' limite in fondazione				
Cinematismo				

Stato di Progetto (dopo l'intervento)				
SLD	PGA_C (g)	ζ_E (PGA_C/PGA_D)	TR_C (anni)	ζ_E (TR_C/TR_D)
Resistenza nel piano del pannello				
Resistenza fuori piano del pannello				
Capacita' limite in fondazione				
Cinematismo				

SLV	PGA_C (g)	ζ_E (PGA_C/PGA_D)	TR_C (anni)	ζ_E (TR_C/TR_D)
Resistenza nel piano del pannello	0.209	0.760	267	0.375
Resistenza fuori piano del pannello	0.209	0.760	267	0.375
Capacita' limite in fondazione				
Cinematismo				

Indicatori di Rischio (rapporto fra capacità e domanda).

I valori evidenziati si riferiscono al parametro ζ_E definito in termini di PGA.

Stato Attuale (prima dell'intervento)		
Stato Limite	ζ_E (PGA _C /PGA _D)	ζ_E (TR _C /TR _D)
SLO		
SLD		
SLV	0.476	0.107

Il valore di PGA specificato in input è pari ad $ag \cdot S$, accelerazione al suolo.

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	ζ_E (PGA _C /PGA _D)	ζ_E (TR _C /TR _D)
SLO		
SLD		
SLV	0.760	0.375

Il valore di PGA specificato in input è pari ad $ag \cdot S$, accelerazione al suolo.

Livello di Miglioramento sismico: ζ_E (PGA_C/PGA_D)

I valori evidenziati si riferiscono alla variazione del parametro ζ_E definito in termini di PGA (+ = incremento).

Stato Limite	ζ_E Stato Attuale	ζ_E Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
SLO			
SLD			
SLV	0.476	0.760	0.284

Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento

Stato Attuale (prima dell'intervento)

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): III

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C_U : 1.5

Vita Nominale V_N (§2.4.1): 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3) $V_R = V_N * C_U$: ###1202

PV_R per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):

$TR_{CLV} = 76$ anni

Dalla relazione: $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$, ponendo $TR=TR_{CLV}$ e assumendo PV_R per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V_{RC}) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$:

$V_{RC} = 8$ anni

$T_{INT} = 5.4$ anni

Stato di Progetto (dopo l'intervento)

Dati in input (domanda):

Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): III

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C_U : 1.5

Vita Nominale V_N (§2.4.1): 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3) $V_R = V_N * C_U$: 75 anni

PV_R per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):

$TR_{CLV} = 267$ anni

Dalla relazione: $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$, ponendo $TR = TR_{CLV}$ e assumendo PV_R per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V_{RC}) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$:

$V_{RC} = 28.1$ anni

$T_{INT} = 18.8$ anni

(*) **Controllo di miglioramento per i singoli comportamenti:** l'indicatore di rischio ζ_E , per un determinato stato di riferimento (Attuale o di Progetto), consiste nel valore minimo degli indicatori calcolati per i singoli comportamenti (spostamenti e resistenze, nel piano, fuori piano, fondazioni, cinematismi).

Nelle tabelle dove sono evidenziati i valori dei singoli comportamenti allo Stato di Progetto, ognuno di questi viene contrassegnato da un simbolo (*) qualora segni una diminuzione rispetto al corrispondente valore allo Stato Attuale. Ciò permette il controllo sul fatto che il miglioramento riguardi non solo il comportamento dell'edificio nel suo complesso come minimo risultato fra tutti i comportamenti esaminati, ma anche i singoli comportamenti stessi.

Edifici in muratura e verifiche di sicurezza: descrizione della metodologia

Il D.M.17.1.2018 organizza le verifiche competenti ai vari Stati Limite in dipendenza dalla Classe d'Uso dell'edificio (Tab.7.3.III in §7.3.6), distinguendole in verifiche di rigidezza (RIG: consistono in verifiche di deformazione) e in verifiche di resistenza (RES, che coinvolgono i comportamenti dei pannelli murari nel piano e fuori piano e la capacità limite in fondazione).

Piu' precisamente:

SLO: Stato Limite di Operatività:

RIG: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLO è definita dal confronto fra capacità (definita dallo spostamento del punto di controllo pari a $(2/3)$ di quello allo SLD) e domanda per SLO (determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV).

SLD: Stato Limite di Danno:

a) **RIG**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso I e II (§7.3.6).

In analisi lineare consiste nel controllo della deformazione di interpiano, con riferimento ai limiti indicati in §7.3.6.1.

In analisi statica non lineare la verifica per SLD è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo minore fra le seguenti due condizioni:

- quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente allo SLV;
- quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari in un qualunque livello di una qualunque parete ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione, e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a $3/4$ del taglio di base massimo.

La domanda per SLD è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

b) **RES**: verifica obbligatoria per edifici nuovi e classe d'uso III o IV (§7.3.6), o per edifici esistenti e classe IV (§8.3).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento q per SLD ($q \leq 1.5$, cfr. Tab.7.3.1 §7.3).

In analisi statica non lineare, la verifica per SLD coincide con quanto descritto per RIG.

SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita:

RES: verifiche richieste per tutti gli edifici. Per gli edifici esistenti, include le verifiche dei cinematismi condotte in termini di resistenza (con fattore di comportamento q posto in genere pari a 2).

In analisi lineare consiste nelle verifiche di resistenza, con analisi condotta con fattore di comportamento q .

In analisi statica non lineare la verifica per SLV è definita dal confronto fra capacità e domanda. La capacità è definita dallo spostamento del punto di controllo pari a $(3/4)$ di quello allo SLC. SLC è definito dallo spostamento minore fra le seguenti condizioni:

- quello corrispondente ad un taglio alla base residuo pari all'80% del massimo;
- quello corrispondente al raggiungimento della soglia limite di deformazione angolare per SLC in tutti i maschi di un qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

La domanda per SLV è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV.

Analisi sismiche eseguite e risultati per i vari comportamenti strutturali

Per ogni modello analizzato come unica struttura globale o per ogni sottostruttura di un modello calcolato come assemblaggio di sottostrutture, la scheda di sintesi indica i tipi di analisi eseguite le cui verifiche confluiscono nei risultati degli indicatori di rischio, con distinzione fra Stato Attuale e Stato di Progetto. Le possibili analisi ed i corrispondenti comportamenti strutturali sono i seguenti:

• **Analisi cinematica**: meccanismi di collasso (cinematismi)

• **Analisi statica non lineare (pushover)**:

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio);

b) se considerato in pushover: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico e sono considerate in pushover: capacità limite delle fondazioni.

• **Analisi sismica lineare** (con priorità per la dinamica modale rispetto alla statica lineare):

a) comportamento dei pannelli nel piano (per pressoflessione e/o taglio), se non è eseguita la pushover;

b) se la verifica è richiesta: comportamento dei pannelli fuori piano per azioni di calcolo da modello (considerato anche se è eseguita la pushover) e/o per azioni equivalenti secondo §7.2.3 e §7.8.1.5.2;

c) se vi sono fondazioni nello schema statico: capacità limite delle fondazioni, se non si considera in pushover.

Per garantire coerenza fra le verifiche eseguite in analisi lineare ed i risultati dell'analisi pushover, il fattore di comportamento q utilizzato in analisi lineare deve coincidere con q calcolato in pushover (rispettando comunque, nel caso del D.M.17.1.2018, secondo §7.3.1, il valore massimo di q tale che: $S_{e,SLV} \geq S_{e,SLD}$).

Valutazione della sicurezza

Per gli edifici esistenti, seguendo **§8.3**, è possibile che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi possano essere eseguiti con riferimento ai soli stati limite ultimi (SLV), salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV: per esse quali sono richieste le verifiche anche agli stati limite di esercizio SLE (SLO e SLD), per i quali potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

L'**indicatore di rischio ζ_E** , consistente nel rapporto tra Capacità e Domanda, costituisce il risultato in sintesi dell'analisi sismica dell'edificio.

Il calcolo dell'indicatore di rischio sismico viene effettuato attraverso un procedimento iterativo sulla domanda. Questa viene fatta variare fino a trovare il massimo valore sostenibile, tale cioè da garantire il soddisfacimento contemporaneo delle due seguenti condizioni: a) capacità \geq domanda (in termini di spostamento); b) q^* (rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente) ≤ 3.0 , con riferimento a SLV (la relazione $q^* \leq 4.0$ indicata in D.M. 17.1.2018 per SLC viene ricondotta a $q^* \leq 3.0$ per SLV, dato il rapporto di (3/4) esistente fra le capacità per SLC e per SLV (EuroCodice 8, UNI EN 1998-3:2005, §C4.1.2).

Per tutti gli stati limite di riferimento (SLO, SLD e SLV) ζ_E può essere espresso sia in termini di PGA che di TR; i due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, ma in ogni caso sono contemporaneamente maggiori o minori di 1.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica**, la verifica di sicurezza e l'elaborazione dell'indicatore di rischio vengono eseguite in modo analogo sia nel caso di approccio semplificato (con riferimento al reticolo sismico italiano, pubblicato nel D.M.14.1.2008), sia nel caso di approccio rigoroso secondo **analisi della Risposta Sismica Locale (da microzonazione)**.

La procedura subisce invece alcune modifiche in altri casi di **parametri di spettro non conformi** al reticolo sismico, secondo le seguenti modalità.

(a) Se la difformità riguarda **ag**, il legame diretto tra TR e ag espresso dal reticolo non è più valido. Per tutti gli stati limite, il calcolo dell'indicatore di rischio si esegue attraverso una procedura iterativa direttamente su ag; il risultato in termini di TR si calcola in seguito facendo riferimento all'espressione proposta dal D.M. 65 del 07.03.2017: $TR_C = TR_D * (PGA_C/PGA_D)^{\eta}$

dove: $\eta = 1/0.49$ per $ag \geq 0.25g$; $\eta = 1/0.43$ per $0.25g \geq ag \geq 0.15g$; $\eta = 1/0.356$ per $0.15g \geq ag \geq 0.05g$; $\eta = 1/0.34$ per $0.05g \geq ag$ (ag = accelerazione massima su roccia, che viene assunta con riferimento a SLV).

Per gli altri parametri di spettro, il valore viene unificato, per tutti i periodi di ritorno.

(b) Se la difformità riguarda **non ag ma altri parametri di spettro** (ad es. il coefficiente di suolo S_S): i valori di ogni parametro difforme sono impostati costanti per tutti i periodi di ritorno, e la procedura iterativa viene eseguita su TR, sostituendo il valore previsto dalla Normativa con quello difforme.

(c) In caso di **spettro personalizzato definito per punti**, non è possibile risalire ai singoli parametri di spettro, tuttavia il valore di ancoraggio (spettro per $T=0$), pari ad $(ag*S)$, consente una procedura iterativa basata sull'accelerazione mediante la quale è possibile definire, per ogni stato limite, il valore degli indicatori di rischio. La procedura assume per ipotesi che la forma spettrale sia proporzionale ad $(ag*S)$ e che la definizione per punti dello spettro riguardi entrambe le direzioni sismiche X' e Y' (in assenza di una delle due definizioni, questa viene assunta uguale all'altra) ed un eventuale spettro in direzione Z; durante la procedura iterativa, tutti gli spettri vengono 'scalati' con il medesimo fattore di proporzionalità.

(d) Se la Normativa di riferimento è l'**EuroCodice**, il calcolo si limita agli indicatori di rischio in termini di PGA, con procedura iterativa analoga al punto (a) senza tuttavia valutare risultati in termini di TR.

La verifica di sicurezza per i **nuovi edifici** richiede che ζ_E sia ≥ 1.000 .

Il D.M.17.1.2018 introduce livelli di sicurezza specifici per gli **edifici esistenti**, ed a tal fine è possibile fare riferimento all'indicatore ζ_E **espresso in termini di accelerazione al suolo PGA**, preferibilmente espresso considerando gli effetti di suolo: **ag*S** (la scelta di definizione di PGA come accelerazione su roccia ag o contenente anche gli effetti di suolo: ag*S è definita in input nel file di Aedes.PCM).

Per gli **interventi di Miglioramento** (§8.4.2) ζ_E può essere minore di 1.0: per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV a seguito degli interventi di miglioramento deve essere: $\zeta_E \geq 0.600$; per tutti gli altri edifici, ζ_E deve essere incrementato di almeno 0.1: $\Delta\zeta_E \geq 0.100$.

Per gli **interventi di Adeguamento** (§8.4.3) in alcuni casi (c) e in §8.4.3) è sufficiente che ζ_E sia ≥ 0.800 , mentre negli altri casi il livello di sicurezza uguaglia quello richiesto alle nuove costruzioni: $\zeta_E \geq 1.000$.

Per quanto riguarda l'**intervallo di calcolo dei periodi di ritorno**: il D.M. 14.1.2008 definisce un periodo di ritorno compreso tra 30 e 2475 anni. Se dal calcolo risulta una capacità in termini di TR superiore a 2475 anni, si pone TR = 2475 come limite superiore. Per quanto riguarda il limite inferiore, è possibile considerare valori di TR minori di 30 anni con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC): viene adottata un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard ag(30), ag(50) e ag(75), effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR) = k TR^a$. L'intervallo di calcolo di TR è quindi [1,2475]; ne consegue che la capacità in termini di PGA può assumere anche valori minori di quello corrispondente a TR = 30 anni.

La **capacità della struttura in termini di Vita Nominale (V_{NC})**, definita anche come **Tempo di intervento T_{INT}** , si identifica con la Vita Nominale che è possibile assegnare alla struttura, in conseguenza del periodo di ritorno sostenibile TR_{CLV} , mantenendo nel corrispondente periodo di riferimento $V_{RC} (= V_{NC} * C_U)$ la probabilità di superamento PV_R definita in input per lo Stato Limite ultimo SLV.

Per una valutazione del valore ottenuto per V_{NC} relativa a beni monumentali, si tenga presente che valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato (§2.4 Direttiva P.C.M 9.2.2011). Se risulta: $TR_{CLV} \geq 2475$ anni, si potrà considerare un valore della vita nominale \geq del limite V_{NC} riportato nella scheda (corrispondente a TR = 2475 anni: $V_{NC} \geq 2475 * -\ln(1-PV_R) / C_U$).

Compilazione di schede tecniche per edifici strategici.

Le Schede di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della Protezione Civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico, predisposte dalle Regioni (Regione Emilia-Romagna, ed altre), richiedono risultati relativi ai diversi stati limite (SLO, SLD e SLV), e l'indicatore di rischio può essere espresso in termini sia di PGA che di T_R .

In ogni caso, dal quadro di sintesi di PCM (sopra riportato) è possibile trarre i valori richiesti per la compilazione, anche qualora questa faccia riferimento alla Normativa precedente (D.M. 14.1.2008).

Informazioni sulla generazione di questa scheda:

data di creazione: 19/08/2022 , 15:15:26

Nome dei file di progetto di Aedes.PCM:

Stato Attuale (prima dell'intervento):

per Analisi globale: 220712_Calestano_R1_4C

eventuale file distinto per Analisi cinematica: -

Stato di Progetto (dopo l'intervento):

per Analisi globale: 220816_SdP_Calestano_R1_4

eventuale file distinto per Analisi cinematica: 220816_SdP_Calestano_R1_4_CINEM

Parma, 30/09/2022

Il tecnico
(Dott. Ing. Martina Eleonora Concari)

(Firmato digitalmente)