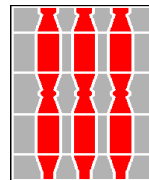




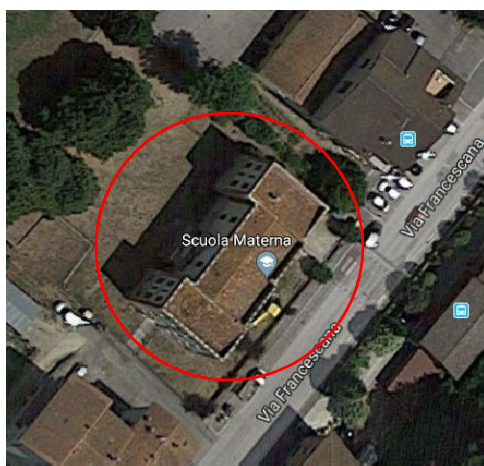
COMUNE DI DERUTA



REGIONE DELL'UMBRIA

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DELL' EDIFICIO SCOLASTICO DI PONTENUOVO.



SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA - VIA FRANCESCANA, PONTENUOVO - DERUTA (PG)



Via Orazio Tramontani n.52,
P. S. Giovanni 06135 Perugia,
tel. 075/394485 fax. 075/395926
E-mail:mtprogetti@mtprogetti.it
Pec:umberto.tassi2@ingpec.eu
P.IVA 01983250547

Committente:
AREA TECNICA DEL COMUNE DI DERUTA
Geom. Marco Ricciarelli

OGGETTO:

TABULATI DI CALCOLO - STATO DI PROGETTO

TAV.:

Allegato B

SCALA: -

PLOTTAGGIO: -

FILE: 1807 Allegato B

REV.	DATA	REDATTO	APPROVATO	MOTIVAZIONE
A	06/06/2018	P.GIULIANI	U. TASSI	PRIMA EMISSIONE
B				
C				



TABULATI DI CALCOLO - STATO DI PROGETTO SCUOLA PONTENUOVO

Indice

1. GENERALITA' - PARAMETRI DI CALCOLO - AZIONE SISMICA

2. Dati PIANI

3. Dati MATERIALI

4. Dati SOLAI

5. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN MURATURA

6. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN C.A.

7. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§4.5.6, §7.8.2.2.1, §7.8.2.2.4) [SLV] - C.Sic: 2.273 (CCC ID 39)
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

8. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - STRUTTURE IN C.A. [SLV] - C.Sic: 2.273 (CCC ID 39)
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

9. VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§4.5.6, §C8.7.1.5) [SLV] - C.Sic: 4.585 (CCC ID 44)
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

10. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (§4.5.6, §7.8.2.2.3) [SLV] - C.Sic: 2.362 (CCC ID 42)
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

11. RISULTATI ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

1. GENERALITA' - PARAMETRI DI CALCOLO - AZIONE SISMICA

Nome del file del Progetto : 1807_stato progetto
Data e Ora di archiviazione: (15/06/2018 - 11:29:14)
Dati PCM Versione 2018.02.3
Abilitazione Hardware USB: IKPSGIQT

Commento al Progetto

PCM 2018: progetto di edificio in muratura

Dati PROGETTO

Numero Piani : 3
Numero Materiali : 7
Numero Nodi : 559
Numero Sezioni : 115
Numero Aste : 874
Numero Solai : 23
Numero Condizioni di Carico Elementari : 9
Numero Combinazioni di Condizioni di Carico : 27
Vettore traslazione (dX, dY) (m)
(spostamento del riferimento globale e XY rispetto al modello grafico):
-.376, -.3

PARAMETRI DI CALCOLO: Generali

Tipi di analisi richieste:

- Analisi Modale
- Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]
- Analisi eseguita per Fasi Costruttive

AZIONE SISMICA

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50
Classe d'uso: III
Coefficiente d'uso CU = 1.5
Periodo di riferimento per l'azione sismica $VR=VN*CU$ (anni) = 75
Pericolosità:

Ubicazione del sito:
Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.429778
- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 43.010059
Tipo di interpolazione: superficie rigata [§CA]
ag(g) Fo Tc*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento

30	0.061	2.489	0.27
50	0.076	2.477	0.28
72	0.089	2.457	0.287
101	0.103	2.441	0.29
140	0.117	2.43	0.29
201	0.135	2.423	0.297
475	0.182	2.434	0.31
975	0.228	2.459	0.32
2475	0.296	2.501	0.33

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

$ag(TR) = K * TR^{\alpha}$, dove:
K = 0.014734700, $\alpha = 0.419735820$

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.i)

SLE: SLO 81
SLE: SLD 63
SLU: SLV 10
SLU: SLC 5

ag(g) Fo Tc*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite [§3.2.3]

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)
SLO	45	0.073	2.479	0.278	1.600	0.178	0.533	1.892
SLD	75	0.091	2.455	0.287	1.600	0.181	0.544	1.964
SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	0.192	0.576	2.428
SLC	1462	0.255	2.477	0.324	1.305	0.195	0.585	2.620

(parametri di spettro conformi al reticolo sismico secondo D.M. 14.1.2008)

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: E
Categoria topografica: T1
Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0
Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analoga ad: $ag*S$, dove: $S=SS*ST$)

Componenti:

Spettro di risposta: componente orizzontale:

SLE: Smorzamento viscoso (ξ) (%) = 5
 $\eta=[10/(5+\xi)]=1$
SLU: Rapporto $\alpha u/\alpha 1 = 1.5$
Regolarità in altezza: sì
SLV: Fattore di Comportamento = 2.25 => $\eta=1/q=0.444$

SLD: Fattore di Comportamento = 1.5
Spettro di risposta: componente verticale:
SS=1.000, S=1.000, TB=0.050 sec, TC=0.150 sec, TD=1.000 sec, $\xi=5\%$ ($\eta=1.000$), $q=1.500$ ($\eta=1/q=0.667$)

PARAMETRI DI CALCOLO: Sismica

Direzioni di analisi e quote di riferimento:

Angolo tra sistema di riferimento globale XY e di reziioni sismiche X' Y' (+ se antiorario) (α°) = 0
(analisi nelle direzioni X e Y)

Altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione H (m) = 3

Quota di inizio degli effetti sismici H,S (m) = 0

Analisi Sismiche Lineari:

Criterio di combinazione delle componenti orizzontali: +30% [§7.3.5]

Ignorare gli effetti dei momenti torcenti dovuti alle eccentricità accidentali [§7.2.6]: no

Amplificazione spostamenti sismici con fattore μ [§7.3.3.3 per SLV]:

ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno: no

Eseguire le verifiche di sicurezza anche per le combinazioni (Nmin, T/Mmax), (Nmax, T/Mmin): no

Analisi Sismica Statica Lineare:

Periodo principale T1 (sec) in direzione X': T1X = 0.114

- in direzione Y': T1Y = 0.114

Calcolo di T1 con relazione $T1=C1 \cdot H^{(3/4)}$: si

- C1 per il calcolo di T1 = 0.05

$\lambda=1.00$ nella definizione delle forze sismiche [§7.3.3.2]: no

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicità [§7]: no

PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi Modale

Metodo di calcolo per Analisi Modale: Lanczos

Numero modi da calcolare: 50

Numero di modi da considerare: tutti i modi con massa part.>5% e comunque tali che massa part.tot.>85% [§7.3.3.1]

Metodo di combinazione dei modi: CQC (combinazione quadratica completa) [§7.3.3.1]

PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura

Tipo di edificio: Muratura Ordinaria

Edificio Esistente

Coefficienti parziali di sicurezza: Edificio Esistente

- γ_M in Statica [§4.5.6.1] = 2.5

- γ_M in Sismica [§7.8.1.1] = 2.4

Per maschi murari:

Contributo rigidità trasversale: no

Assemblaggi rigidità flessionale (EJ) per elementi contigui: no

Comportamento muratura:

Digramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2.2]: Stress-block

Coefficienti correttivi dei parametri meccanici [Tab. C8A.2.2]: per 2 o più coefficienti:

PARAMETRI DI CALCOLO: Valutazione

Stati Limite da considerare: sommare gli effetti rispetto al valore di riferimento del parametroSLV

Valutazione della sicurezza sismica per edifici esistenti: sommare gli effetti rispetto al valore di riferimento del parametroSLV

Analisi Sismica: Intervento di Adeguamento [§8.4.3] o Stato Attuale di un Intervento di Miglioramento:

Indicatore di rischio sismico $\zeta_E \geq 0.800$

PARAMETRI DI CALCOLO: Verifiche

Per maschi murari:

Sezioni di verifica. Alla base, e in sommità in pushover: obbligatoria; in sommità in an. lineare: a tutti i piani, tranne l'ultimo

PressoFlessione Complessiva:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.1]: si

Considerare la Flessione solo nei maschi snelli: no

- snelli se (h/l) superiore a: 2

Taglio per Scorrimento:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.2]: no

Modalità di calcolo della zona reagente: distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3(6)]

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione: no

Taglio per fessurazione di agonale:

Eseguire le verifiche [§8.7.1.5]: si

Per muratura nuova, in Analisi Lineare: $\tau_0 = f_{vm0}$: si

(in analogia con la muratura esistente, anziché: $\tau_0=f_{vk0}$)

Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza $\lambda=(h/l)$: $b=1.5$ indipendente da λ (Turnsek-Cacovi c)

Resistenza a trazione $f_t = b \tau_0$

PressoFlessione Ortogonale:

Analisi Statica [§4.5.6.2]:

- con azioni da modello di calcolo 3D: si

- metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) [§4.5.5, §4.5.6.2]: no

eseguire le verifiche solo in mezzera: si

Analisi Sismiche Lineari [§7.8.2.2.3]:

- con azioni da modello di calcolo 3D: no

- con azioni convenzionali (forze equivalenti per elementi non strutturali) [§7.2.3]: si

Analisi Pushover [§7.8.2.2.3]:

- con azioni da modello di calcolo 3D: si

Opzioni varie:

- riduzione della resistenza per gli effetti di instabilità: no

- considerare eccentricità minima (h/200): si

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (1)

Distribuzioni di forze [cfr. §7.3.4.1]:

Gruppo 1: distribuzioni principali

(A) Lineare: proporzionale alle forze statiche

Gruppo 2: distribuzioni secondarie

(E) Uni forme: forze proporzionali alle masse
 Fattore di partecipazione modale Γ [cfr. §7.3.5]:
 calcolato con le sole masse equiverse all'analisi
 $\Gamma = 1.00$ nella distribuzione di forze Uni forme (E): si
 Direzione e verso di analisi:
 + α (+X per $\alpha=0^\circ$)
 - α (-X per $\alpha=0^\circ$)
 + $\alpha+90^\circ$ (+Y per $\alpha=0^\circ$)
 -($\alpha+90^\circ$) (-Y per $\alpha=0^\circ$)
 considerare gli effetti dell' eccentricità accidentale: no
 Punto di controllo:
 baricentro del piano 3
 E' possibile che in input siano stati definiti nodi aggiuntivi
 per l'elaborazione delle curve di capacità [§7.3.4.2]:
 in ogni caso, i risultati delle verifiche con confronto
 tra capacità e domanda per i vari stati limite si riferiscono
 alle curve che producono i risultati a maggior favore di sicurezza.

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (2)

Comportamento degli elementi strutturali:
 Verifiche di sicurezza in corso di analisi:
 Maschi murari:
 Non eseguire verifiche a Sforzo Normale di Trazione: no
 Fasce di piano (Strisce, Sottoflessione):
 Non eseguire verifiche a Pressoflessione: no
 Non eseguire verifiche a Taglio: no
 Fondazioni:
 Ignorare aste su suolo elastico in Analisi Pushover: si
 Fasce di piano (Strisce, Sottoflessione): comportamento elasto-plastico
 Dopo il collasso, la fascia non vincola più gli spostamenti orizzontali dei nodi dei maschi tra i quali è definita: no
 Modalità di calcolo:
 Spostamento ultimo:
 Drift ultimo (deformazione angolare): si
 - fattore di snellezza H_0/D per drift a pressoflessione: no
 Controllo di duttilità (multiplo dello spostamento al limite elastico): no
 Sistema bilineare equivalente:
 Massima riduzione R di resistenza in corrispondenza di SLU (%) = 20
 Tratto elastico passante per il punto con Taglio (K Tmax), dove $K = 0.7$
 Riduzione del Taglio non superiore a R% del massimo:
 Prima riduzione pari a R% rispetto a un massimo relativo
 Opzioni varie:
 Tratto plastico con spostamenti plastici cumulati in elevazione: no
 Ignorare tratti plastici in caso di collasso completo di un piano: si
 Ignorare caduta di taglio per crisi a pressoflessione ortogonale: no

PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura Armata

Acciai:
 Diagramma di calcolo tensione - deformazione [§4.1.2.1.2.3]:
 Modello: elastico perfettamente plastico (tensioni in N/mm², deformazioni in per mille):
 $f_{yk} = 450$ - a) in analisi lineare: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3$ b) in analisi non lineare: $f_{ym} = f_{yk}/0.93 = 483.9$
 $\epsilon_{ud} = 10$ - $E_s = 210000$
 ϵ_{yd} : a) in analisi lineare: $f_{yd}/E_s = 1.86$ b) in analisi non lineare: $f_{ym}/E_s = 2.3$
 Armatura:
 verticale: F_{min} barre: 5 mm.; orizzontale (nei giunti):
 tipo di traliccio: 2
 sezione totale del traliccio A_{sw} (mm²) = 39
 distanza verticale tra i livelli di armatura (mm) = 500
 f_{yk} per l'armatura orizzontale = 450
 Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s = 1.15$
 Opzioni per Verifiche di resistenza:
 Pressoflessione: contributo dell'armatura compressa no
 Taglio: $V_t = V_{tM} + V_{tS} = (d \cdot t \cdot f_{vd}) + (0.6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd})/s$, con: $V_t \leq 0.3 \cdot f_{d,t,d}$ [§7.8.3.2.2]

PARAMETRI DI CALCOLO: Calcestruzzo Armato

Acciai:
 Diagramma di calcolo tensione - deformazione [§4.1.2.1.2.3]:
 Modello: elastico perfettamente plastico (tensioni in N/mm², deformazioni in per mille):
 $f_{yk} = 450$
 $\epsilon_{ud} = 10$ - $E_s = 210000$
 Coefficiente parziale di sicurezza per acciai $\gamma_s = 1.15$
 Fattore di confidenza FC per acciai in c.a. esistenti [cfr. Tab. C8A.1.2] = 1.2
 Calcestruzzo:
 Diagramma di calcolo tensione - deformazione [§4.1.2.1.2.2]:
 Modello: parabolico-rettangolare:
 $\epsilon_{c2} = 2$ - $\epsilon_{cu} = 3.5$
 Coefficiente parziale di sicurezza per calcestruzzo $\gamma_c = 1.5$
 Vari:
 Verifiche a Pressoflessione: si considera sempre il contributo dell'armatura compressa
 Fattore di confidenza FC per strutture in c.a. [cfr. Tab. C8A.1.2] = 1.2

2. Dati PIANI

 | N° | Z: al tezza da | Piano Rigido | Nodo | >3D:Ecc. agg. | -ecc. agg. | Piano di controllo | Vento | Vento | Vento | Vento | Press. X |

	fondaz. (m)	(master/slave)	master	di r. (a+90)° [Y] (m)	di r. (a)° [X] (m)	in Pushover	+X	+Y	-X	-Y	(kN/m ²)
1	3.150		557	0.589	1.311		X	X	X	X	0.85
2	6.800		558	0.589	1.310		X	X	X	X	0.85
3	10.400		559	0.589	1.310	X	X	X	X	X	0.85

N°	Depress. X	Press. Y	Depress. Y
1	0.42	0.85	0.43
2	0.43	0.85	0.43
3	0.43	0.85	0.43

3. Dati MATERIALI

N°	Ti pol o gi a materiale	Descr i z i o n e [parametri meccanici : N/mm ²]	Mat. nuovo	Ti pol o gi a muratura	E	G	fm	fk
1	1) Conglomerato Cementizio Armato	C25/30			31000	13000	25.00	25.00
2	2) Acciaio	Acciaio S235			210000	80769	0.00	235.00
3	3) Muratura	Muratura esistente		1) Pietrame di sordinata	870	290	1.40	0.98
4	3) Muratura	Muratura nuova	X	4) Laterizio Pieni	8000	3200	11.43	8.00

N°	fvm0 (mur.nuova) / tau0 (mur.esistente)	fvk0	ftm	fhm	fhk	fbk	f'bk	Malta: fm	Duttilità (du/de)	Coeff. attrito	Coeff. dilataz. termica (° ⁻¹)	Peso sp. (kN/m ³)	Coeff. corr.: Malta buona	Giunti sottili
1	0.000	0.000	0.000	12.50	12.50	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000010	25.00	1.00	1.00
2	0.000	0.000	0.000	0.00	117.50	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000012	78.50	1.00	1.00
3	0.026	0.018	0.140	0.70	0.49	0.00	0.00	0.0	1.50	0.40	0.000010	19.00	1.50	1.00
4	0.429	0.300	0.757	3.79	2.65	20.00	2.00	10.0	2.00	0.40	0.000010	18.00	1.00	1.00

N°	Ri corsi o l i s t a t u r e	Connessione trasversale	Nucleo scadente	Iniezioni di miscele	Intonaco armato	E giunto	G giunto	fm giunto	ftm giunto	FC
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35
3	1.30	1.50	0.90	2.00	2.50	0	0	0.00	0.000	1.20
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35

4. Dati SOLAI

N°	Ti pol o gi a	Pi ano	G1 (kN/m ²)	G2 =	Q =	Superf. (m ²)	Di rez. princ. (°)	Di str. trasv. (%)	G1 tot. (kN)	G2 tot. =	Q tot. =
1	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	40.50	0	0	101.25	81.00	121.50
2	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	44.57	90	0	111.42	89.13	133.70
3	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	46.27	90	0	115.67	92.54	138.80
4	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	13.04	0	0	32.59	26.07	39.11
5	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	4.00	23.89	0	0	59.72	47.78	95.56
6	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	17.07	0	0	42.69	34.15	51.22
7	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	40.50	0	0	101.25	81.00	121.50
8	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	44.57	90	0	111.42	89.13	133.70
9	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	46.30	90	0	115.74	92.59	138.89
10	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	17.09	0	0	42.73	34.18	51.27
11	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	23.89	0	0	59.73	47.78	71.67
12	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	13.04	0	0	32.60	26.08	39.12
13	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	40.50	0	0	121.50	101.25	40.50
14	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	44.57	90	0	133.70	111.42	44.57
15	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	46.30	90	0	138.89	115.74	46.30
16	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	38.61	0	0	115.83	96.52	38.61
17	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	17.09	0	0	51.27	42.73	17.09
18	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	42.72	90	0	106.81	85.45	128.17
19	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	42.72	90	0	128.17	106.81	42.72
20	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	42.75	90	0	106.86	85.49	128.24
21	Sol ai o pi ano	1	2.50	2.00	3.00	14.56	0	0	36.41	29.13	43.69
22	Sol ai o pi ano	2	2.50	2.00	3.00	14.56	0	0	36.41	29.12	43.69
23	Sol ai o pi ano	3	3.00	2.50	1.00	14.56	0	0	43.69	36.41	14.56

5. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN MURATURA

Edi f i c i o Esi stente

Coefficiente parziale di sicurezza dei materiali γ_M : analisi statica [§4.5.6.1] = 2.50
 - analisi sismica [§7.8.1.1] = 2.40

N.	p.no	M/A	S/F	lungh. l (base)	Piano Compianare (m)				Piano Ortogonale (m)				Xg (m)	Yg (m)	N° mat
					al t. H	al t. def. h	h/l	l/h	spess. t	al t. def. h	ho= r*h	ho/t			
1	1	X		0.99	3.15	3.15	3.198	0.313	0.67	3.15	3.15	4.701	0.532	0.059	3
4	1	X		4.14	3.15	2.80	0.675	1.481	0.67	3.15	3.15	4.701	0.033	2.129	3
8	1	X		3.42	3.15	2.69	0.788	1.269	0.67	3.15	3.15	4.701	0.017	7.208	3
12	0		X	1.35	1.30	1.30	0.963	1.038	0.57						3
13	1		X	0.55	1.30	1.30	2.364	0.423	0.57						3
14	1	X		0.62	3.15	1.81	2.899	0.345	0.67	3.15	3.15	4.701	0.312	12.370	3
18	1	X		1.80	3.15	2.16	1.201	0.833	0.67	3.15	3.15	4.701	2.624	12.374	3
21	1	X		0.74	3.15	1.90	2.548	0.392	0.67	3.15	3.15	4.701	4.996	12.377	3
25	0		X	1.35	1.10	1.10	0.815	1.227	0.67						3
26	1		X	0.55	1.10	1.10	2.000	0.500	0.67						3
27	0		X	1.35	1.10	1.10	0.815	1.227	0.67						3
28	1		X	0.55	1.10	1.10	2.000	0.500	0.67						3
29	1	X		1.73	3.15	3.15	1.818	0.550	0.67	3.15	3.15	4.701	5.370	11.511	3
32	1	X		3.15	3.15	2.65	0.843	1.187	0.67	3.15	3.15	4.701	6.946	10.645	3
36	1	X		2.91	3.15	2.53	0.872	1.147	0.67	3.15	3.15	4.701	11.271	10.644	3
40	1	X		2.98	3.15	2.56	0.858	1.165	0.67	3.15	3.15	4.701	15.513	10.644	3
44	1	X		3.09	3.15	2.64	0.856	1.168	0.67	3.15	3.15	4.701	19.889	10.643	3
48	0		X	1.35	1.30	1.30	0.961	1.041	0.67						3
49	1		X	0.55	1.30	1.30	2.358	0.424	0.67						3
50	1		X	1.15	1.30	1.30	1.130	0.885	0.67						3
51	0		X	1.35	1.34	1.34	0.993	1.007	0.67						3
52	1		X	0.55	1.34	1.34	2.438	0.410	0.67						3
53	1	X		1.82	3.15	3.15	1.732	0.577	0.57	3.15	3.15	5.526	21.444	11.552	3
56	1	X		0.87	3.15	3.15	3.621	0.276	0.67	3.15	3.15	4.701	21.888	12.460	3
59	1	X		2.25	3.15	2.34	1.039	0.963	0.67	3.15	3.15	4.701	24.549	12.454	3
62	1	X		0.71	3.15	3.15	4.462	0.224	0.67	3.15	3.15	4.701	27.227	12.447	3
66	0		X	0.90	1.10	1.10	1.222	0.818	0.67						3
67	1		X	0.85	1.10	1.10	1.294	0.773	0.67						3
68	0		X	0.90	1.20	1.20	1.333	0.750	0.67						3
69	1		X	0.85	1.20	1.20	1.412	0.708	0.67						3
70	1	X		3.52	3.15	3.15	0.896	1.116	0.67	3.15	3.15	4.701	27.580	10.688	3
73	1	X		0.50	3.15	2.22	4.485	0.223	0.67	3.15	3.15	4.701	5.372	10.398	3
76	1	X		1.37	3.15	2.26	1.652	0.605	0.67	3.15	3.15	4.701	5.372	9.015	3
78	1	X		0.39	3.15	2.18	5.542	0.180	0.57	3.15	3.15	5.526	5.373	7.417	3
81	1		X	1.15	0.45	0.45	0.391	2.556	0.67						3
82	1		X	1.15	0.72	0.72	0.623	1.606	0.67						3
83	1	X		1.47	3.15	2.08	1.409	0.710	0.67	3.15	3.15	4.701	6.111	0.527	3
87	1	X		4.96	3.15	2.96	0.596	1.679	0.67	3.15	3.15	4.701	10.855	0.524	3
89	0		X	1.35	1.53	1.53	1.130	0.885	0.67						3
90	1		X	1.05	1.53	1.53	1.453	0.688	0.67						3
91	1	X		0.58	3.15	3.15	5.431	0.184	0.67	3.15	3.15	4.701	13.337	0.812	3
94	1	X		1.65	3.15	2.17	1.314	0.761	0.67	3.15	3.15	4.701	14.163	1.101	3
98	1	X		4.78	3.15	2.93	0.613	1.631	0.67	3.15	3.15	4.701	19.041	1.095	3
100	0		X	1.35	1.66	1.66	1.232	0.812	0.67						3
101	1		X	1.05	1.66	1.66	1.584	0.631	0.67						3
102	1	X		2.55	3.15	3.15	1.238	0.808	0.67	3.15	3.15	4.701	22.702	1.549	3
104	1	X		3.48	3.15	3.15	0.905	1.105	0.67	3.15	3.15	4.701	27.579	7.188	3
107	1	X		3.20	3.15	3.15	0.984	1.016	0.67	3.15	3.15	4.701	21.430	2.692	3
108	1	X		2.85	3.15	2.79	0.979	1.021	0.67	3.15	3.15	4.701	6.795	7.221	3
110	1	X		5.20	3.15	2.96	0.570	1.756	0.67	3.15	3.15	4.701	12.024	7.221	3
111	1		X	1.15	1.21	1.21	1.049	0.954	0.57						3
112	1	X		0.54	3.15	2.24	4.139	0.242	0.42	3.15	3.15	7.500	21.701	4.294	3
115	1	X		4.35	3.15	2.90	0.666	1.502	0.42	3.15	3.15	7.500	25.400	4.311	3
117	1		X	1.15	1.25	1.25	1.088	0.919	0.42						3
118	1	X		6.15	3.15	3.15	0.512	1.951	0.52	3.15	3.15	6.058	24.506	8.925	3
121	2	X		4.14	3.65	3.23	0.780	1.283	0.67	3.65	3.65	5.448	0.033	2.129	3
125	2	X		3.42	3.65	3.16	0.924	1.082	0.67	3.65	3.65	5.448	0.017	7.208	3
129	1		X	0.75	1.30	1.30	1.733	0.577	0.57						3
130	2		X	0.90	1.30	1.30	1.444	0.692	0.57						3
131	2	X		0.62	3.65	2.10	3.364	0.297	0.67	3.65	3.65	5.448	0.312	12.370	3
135	2	X		0.70	3.65	1.87	2.670	0.375	0.67	3.65	3.65	5.448	2.073	12.373	3
140	2	X		0.61	3.65	1.83	2.989	0.335	0.67	3.65	3.65	5.448	3.219	12.375	3
145	2	X		0.74	3.65	2.19	2.942	0.340	0.67	3.65	3.65	5.448	4.996	12.377	3
149	1		X	0.75	1.10	1.10	1.467	0.682	0.67						3
150	2		X	1.35	1.10	1.10	0.815	1.227	0.67						3
151	1		X	0.75	0.49	0.49	0.653	1.531	0.67						3
152	2		X	1.35	0.49	0.49	0.363	2.755	0.67						3
153	1		X	0.75	1.10	1.10	1.467	0.682	0.67						3
154	2		X	1.35	1.10	1.10	0.815	1.227	0.67						3
155	2	X		1.73	3.65	3.65	2.106	0.475	0.67	3.65	3.65	5.448	5.370	11.511	3
158	2	X		3.15	3.65	3.02	0.961	1.041	0.67	3.65	3.65	5.448	6.946	10.645	3
162	2	X		2.91	3.65	2.86	0.985	1.015	0.67	3.65	3.65	5.448	11.271	10.644	3
167	2	X		2.98	3.65	2.88	0.968	1.033	0.67	3.65	3.65	5.448	15.513	10.644	3
172	2	X		3.09	3.65	3.02	0.976	1.025	0.67	3.65	3.65	5.448	19.889	10.643	3
176	1		X	0.75	1.30	1.30	1.729	0.578	0.67						3
177	2		X	1.35	1.30	1.30	0.961	1.041	0.67						3
178	1		X	0.75	1.30	1.30	1.733	0.577	0.67						3
179	2		X	1.35	1.30	1.30	0.963	1.038	0.67						3
180	1		X	0.75	1.34	1.34	1.788	0.559	0.67						3

181	2		X	1.35	1.34	1.34	0.993	1.007	0.67							3
182	2	X		1.82	3.65	3.65	2.007	0.498	0.57	3.65	3.65	6.404	21.432	11.552	3	
185	2	X		0.89	3.65	2.29	2.569	0.389	0.67	3.65	3.65	5.448	21.877	12.461	3	
189	2	X		0.93	3.65	1.97	2.128	0.470	0.67	3.65	3.65	5.448	23.886	12.456	3	
194	2	X		0.92	3.65	1.97	2.130	0.470	0.67	3.65	3.65	5.448	25.212	12.452	3	
199	2	X		0.71	3.65	2.16	3.059	0.327	0.67	3.65	3.65	5.448	27.227	12.447	3	
203	1		X	0.75	1.10	1.10	1.467	0.682	0.67						3	
204	2		X	1.35	1.10	1.10	0.815	1.227	0.67						3	
205	1		X	0.75	0.40	0.40	0.533	1.875	0.67						3	
206	2		X	1.35	0.40	0.40	0.296	3.375	0.67						3	
207	1		X	0.75	1.20	1.20	1.600	0.625	0.67						3	
208	2		X	1.35	1.20	1.20	0.889	1.125	0.67						3	
209	2	X		3.52	3.65	3.65	1.038	0.963	0.67	3.65	3.65	5.448	27.580	10.688	3	
212	2	X		6.15	3.65	3.65	0.594	1.684	0.52	3.65	3.65	7.019	24.506	8.925	3	
215	2	X		3.48	3.65	3.16	0.909	1.101	0.67	3.65	3.65	5.448	27.579	7.188	3	
219	2	X		2.93	3.65	3.11	1.060	0.943	0.67	3.65	3.65	5.448	27.577	3.024	3	
222	1		X	0.75	0.96	0.96	1.275	0.785	0.67						3	
223	2		X	0.90	0.96	0.96	1.062	0.941	0.67						3	
224	2	X		1.04	3.65	2.51	2.398	0.417	0.67	3.65	3.65	5.448	21.952	1.548	3	
227	2	X		3.60	3.65	3.18	0.881	1.134	0.67	3.65	3.65	5.448	25.775	1.554	3	
228	2		X	1.65	1.50	1.50	0.909	1.100	0.67						3	
229	2	X		0.54	3.65	2.28	4.216	0.237	0.42	3.65	3.65	8.690	21.701	4.294	3	
232	2	X		4.35	3.65	3.25	0.746	1.340	0.42	3.65	3.65	8.690	25.400	4.311	3	
235	2		X	1.65	1.25	1.25	0.758	1.319	0.42						3	
236	2	X		1.65	3.65	2.98	1.806	0.554	0.57	3.65	3.65	6.404	14.163	1.101	3	
240	2	X		0.60	3.65	2.17	3.586	0.279	0.57	3.65	3.65	6.404	16.772	1.100	3	
245	2	X		2.95	3.65	3.11	1.053	0.949	0.67	3.65	3.65	5.448	19.952	1.098	3	
249	1		X	0.75	1.48	1.48	1.973	0.507	0.67						3	
250	2		X	0.90	1.48	1.48	1.644	0.608	0.67						3	
251	1		X	0.75	1.40	1.40	1.867	0.536	0.67						3	
252	2		X	0.90	1.40	1.40	1.556	0.643	0.67						3	
253	2	X		0.58	3.65	3.65	6.293	0.159	0.57	3.65	3.65	6.404	13.337	0.812	3	
256	2	X		1.47	3.65	2.95	2.003	0.499	0.57	3.65	3.65	6.404	6.111	0.527	3	
260	2	X		0.56	3.65	2.15	3.826	0.261	0.57	3.65	3.65	6.404	8.656	0.525	3	
265	2	X		2.82	3.65	3.10	1.098	0.911	0.67	3.65	3.65	5.448	11.925	0.523	3	
269	1		X	0.75	1.53	1.53	2.035	0.491	0.67						3	
270	2		X	0.90	1.53	1.53	1.696	0.590	0.67						3	
271	1		X	0.75	1.58	1.58	2.101	0.476	0.67						3	
272	2		X	0.90	1.58	1.58	1.751	0.571	0.67						3	
273	2	X		0.99	3.65	2.71	2.748	0.364	0.67	3.65	3.65	5.448	0.532	0.059	3	
277	2	X		0.56	3.65	2.16	3.816	0.262	0.67	3.65	3.65	5.448	2.706	0.059	3	
282	2	X		0.90	3.65	2.65	2.950	0.339	0.67	3.65	3.65	5.448	4.924	0.059	3	
286	1		X	0.75	1.40	1.40	1.867	0.536	0.67						3	
287	2		X	0.90	1.40	1.40	1.556	0.643	0.67						3	
288	1		X	0.75	1.48	1.49	1.980	0.505	0.67						3	
289	2		X	0.90	1.48	1.49	1.650	0.606	0.67						3	
290	1	X		3.48	3.15	2.83	0.814	1.229	0.67	3.15	3.15	4.701	5.373	5.479	3	
293	2	X		0.50	3.65	2.26	4.564	0.219	0.67	3.65	3.65	5.448	5.372	10.398	3	
296	2	X		0.60	3.65	2.16	3.608	0.277	0.67	3.65	3.65	5.448	5.372	8.950	3	
298	2	X		0.39	3.65	2.21	5.621	0.178	0.67	3.65	3.65	5.448	5.373	7.417	3	
301	2		X	1.65	0.90	0.90	0.545	1.833	0.67						3	
302	2		X	1.65	1.04	1.04	0.628	1.593	0.67						3	
303	2	X		3.48	3.65	3.65	1.048	0.954	0.67	3.65	3.65	5.448	5.373	5.479	3	
306	2	X		1.65	3.65	2.74	1.660	0.602	0.57	3.65	3.65	6.404	6.199	7.221	3	
309	2	X		5.01	3.65	3.31	0.661	1.513	0.57	3.65	3.65	6.404	10.830	7.221	3	
311	2		X	1.65	1.30	1.30	0.788	1.269	0.57						3	
312	2	X		3.20	3.65	3.65	1.142	0.876	0.67	3.65	3.65	5.448	21.430	2.695	3	
314	3	X		4.14	3.60	3.19	0.772	1.296	0.67	3.60	3.60	5.373	0.033	2.129	3	
318	3	X		3.42	3.60	3.13	0.915	1.093	0.67	3.60	3.60	5.373	0.017	7.208	3	
322	2		X	0.90	1.30	1.30	1.444	0.692	0.57						3	
323	3		X	0.70	1.30	1.30	1.857	0.538	0.57						3	
324	3	X		0.62	3.60	2.47	3.957	0.253	0.67	3.60	3.60	5.373	0.312	12.370	3	
328	3	X		0.70	3.60	2.19	3.127	0.320	0.67	3.60	3.60	5.373	2.073	12.373	3	
333	3	X		0.61	3.60	2.16	3.540	0.282	0.67	3.60	3.60	5.373	3.219	12.375	3	
338	3	X		0.74	3.60	2.55	3.426	0.292	0.67	3.60	3.60	5.373	4.996	12.377	3	
342	2		X	0.90	1.10	1.10	1.222	0.818	0.67						3	
343	3		X	0.70	1.10	1.10	1.571	0.636	0.67						3	
344	2		X	0.90	0.49	0.49	0.544	1.837	0.67						3	
345	3		X	0.70	0.49	0.49	0.700	1.429	0.67						3	
346	2		X	0.90	1.10	1.10	1.222	0.818	0.67						3	
347	3		X	0.70	1.10	1.10	1.571	0.636	0.67						3	
348	3	X		1.73	3.60	3.60	2.077	0.481	0.67	3.60	3.60	5.373	5.370	11.511	3	
351	3	X		0.50	3.60	2.26	4.556	0.220	0.67	3.60	3.60	5.373	5.372	10.398	3	
354	3	X		0.60	3.60	2.16	3.600	0.278	0.67	3.60	3.60	5.373	5.372	8.950	3	
356	3	X		0.39	3.60	2.21	5.613	0.178	0.67	3.60	3.60	5.373	5.373	7.417	3	
359	3		X	1.60	0.90	0.90	0.562	1.778	0.67						3	
360	3		X	1.60	1.04	1.04	0.647	1.544	0.67						3	
361	3	X		3.15	3.60	3.10	0.985	1.015	0.67	3.60	3.60	5.373	6.946	10.645	3	
365	3	X		2.91	3.60	2.78	0.955	1.048	0.67	3.60	3.60	5.373	11.271	10.644	3	
370	3	X		2.98	3.60	2.80	0.938	1.066	0.67	3.60	3.60	5.373	15.513	10.644	3	
375	3	X		3.09	3.60	3.09	1.001	0.999	0.67	3.60	3.60	5.373	19.889	10.643	3	
379	2		X	0.90	1.30	1.30	1.441	0.694	0.67						3	
380	3		X	0.70	1.30	1.30	1.853	0.540	0.67						3	
381	2		X	0.90	1.30	1.30	1.444	0.692	0.67						3	
382	3		X	0.70	1.30	1.30	1.857	0.538	0.67						3	
383	2		X	0.90	1.34	1.34	1.490	0.671	0.67						3	

592	3	X		1.43	3.60	2.65	1.854	0.539	0.30	3.60	3.60	12.000	4.658	8.931	4
595	3		X	1.60	1.20	1.20	0.750	1.333	0.30						4
596	3		X	1.60	0.92	0.92	0.575	1.739	0.30						4
597	3	X		3.33	3.60	3.12	0.936	1.068	0.67	3.60	3.60	5.373	21.432	5.957	3
599	3	X		0.65	3.60	2.17	3.348	0.299	0.57	3.60	3.60	6.316	21.433	8.926	3
601	3	X		0.44	3.60	2.23	5.043	0.198	0.57	3.60	3.60	6.316	21.434	10.422	3
604	3		X	1.60	0.98	0.98	0.613	1.633	0.67						3
605	3		X	1.60	0.95	0.95	0.594	1.682	0.67						3
606	2	X		3.33	3.65	3.15	0.946	1.057	0.67	3.65	3.65	5.448	21.431	5.957	3
608	2	X		0.65	3.65	2.18	3.356	0.298	0.57	3.65	3.65	6.404	21.433	8.926	3
610	2	X		0.44	3.65	2.23	5.052	0.198	0.57	3.65	3.65	6.404	21.434	10.422	3
613	2		X	1.65	0.98	0.98	0.594	1.684	0.67						3
614	2		X	1.65	0.95	0.95	0.576	1.735	0.67						3
615	1	X		3.33	3.15	2.82	0.848	1.179	0.67	3.15	3.15	4.701	21.431	5.957	3
617	1	X		0.65	3.15	2.12	3.273	0.306	0.67	3.15	3.15	4.701	21.433	8.926	3
619	1	X		0.44	3.15	2.20	4.973	0.201	0.67	3.15	3.15	4.701	21.434	10.422	3
622	1		X	1.15	0.98	0.98	0.852	1.173	0.67						3
623	1		X	1.15	0.95	0.95	0.827	1.209	0.67						3
624	1	X		3.45	3.15	3.15	0.912	1.097	0.67	3.15	3.15	4.701	0.006	10.643	3
627	2	X		3.45	3.65	3.65	1.057	0.946	0.67	3.65	3.65	5.448	0.006	10.643	3
630	3	X		3.45	3.60	3.60	1.042	0.959	0.67	3.60	3.60	5.373	0.006	10.643	3
633	1	X		1.31	3.15	3.15	2.408	0.415	0.67	3.15	3.15	4.701	5.373	3.084	3
636	1	X		2.37	3.15	2.75	1.160	0.862	0.67	3.15	3.15	4.701	5.374	1.244	3
638	1	X		0.96	3.15	3.15	3.295	0.303	0.67	3.15	3.15	4.701	27.577	4.969	3
641	1	X		4.49	3.15	3.15	0.701	1.426	0.67	3.15	3.15	4.701	27.575	2.246	3

6. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN C.A.

N.	p. no	C/R	T/Z	l ungh. l (base)	Piano Complanare (m)				Piano Ortogonale (m)		Xg (m)	Yg (m)	N° mat
					al t. H	al t. def. h	h/l	l/h	spess. t	al t. def. h			
700	0		X	0.50	1.30	1.30	2.600	0.385	0.75				1
705	0		X	0.50	1.10	1.10	2.200	0.455	0.75				1
708	0		X	0.50	1.10	1.10	2.200	0.455	0.75				1
715	0		X	0.50	1.30	1.30	2.594	0.386	0.75				1
718	0		X	0.50	1.30	1.30	2.600	0.385	0.75				1
721	0		X	0.50	1.34	1.34	2.682	0.373	0.75				1
728	0		X	0.50	1.10	1.10	2.200	0.455	0.75				1
731	0		X	0.50	1.20	1.20	2.400	0.417	0.75				1
738	0		X	0.50	0.45	0.45	0.900	1.111	0.75				1
741	0		X	0.50	0.72	0.72	1.432	0.698	0.75				1
745	0		X	0.50	1.53	1.53	3.052	0.328	0.75				1
750	0		X	0.50	1.66	1.66	3.326	0.301	0.75				1
760	0		X	0.50	1.21	1.21	2.412	0.415	0.75				1
764	0		X	0.50	1.25	1.25	2.504	0.399	0.75				1
783	0		X	0.50	1.26	1.26	2.516	0.397	0.75				1
791	0		X	0.50	0.92	0.92	1.842	0.543	0.75				1
794	0		X	0.50	1.20	1.20	2.400	0.417	0.75				1
797	0		X	0.50	0.98	0.98	1.958	0.511	0.75				1
799	0		X	0.50	0.95	0.95	1.902	0.526	0.75				1
810	0		X	0.50	1.58	1.58	3.152	0.317	0.75				1

7. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§4.5.6, §7.8.2.2.1, §7.8.2.2.4) [SLV] - C.Si.c: 2.273 (CCC ID 39)

(Analisi Statica Lineare NON Simmetrica: Involuppo CCC)

N.	Tip.	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/mm ²)	fk / fm (N/mm ²)	γ _r , m * FC	fd (N/mm ²)	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C. Si. c.	ID CCC
1	M	e	B	140.74	0.210	3.510	3.00	1.170	654.45	54.41	-1.71	>> 1	41
1	M	e	S	88.91	0.130	3.510	3.00	1.170	654.45	37.84	1.84	>> 1	41
4	M	e	B	1035.20	0.370	3.510	3.00	1.170	2751.35	1336.93	-44.60	>> 1	44
4	M	e	S	841.79	0.300	3.510	3.00	1.170	2751.35	1209.67	55.26	>> 1	44
8	M	e	B	751.44	0.330	3.510	3.00	1.170	2269.65	858.53	23.79	>> 1	42
8	M	e	S	597.82	0.260	3.510	3.00	1.170	2269.65	752.13	-34.60	>> 1	42
14	M	e	B	139.41	0.330	3.510	3.00	1.170	414.60	28.87	-3.05	9.466	44
14	M	e	S	120.57	0.290	3.510	3.00	1.170	414.60	26.68	3.22	8.285	44
18	M	e	B	344.99	0.290	3.510	3.00	1.170	1195.95	220.93	-23.05	9.585	44
18	M	e	S	279.98	0.230	3.510	3.00	1.170	1195.95	192.99	23.05	8.373	44
21	M	e	B	156.59	0.310	3.510	3.00	1.170	494.33	39.80	-5.89	6.757	44
21	M	e	S	133.03	0.270	3.510	3.00	1.170	494.33	36.17	5.67	6.379	44
29	M	e	B	400.16	0.340	3.510	3.00	1.170	1151.43	226.24	-21.21	>> 1	44
29	M	e	S	308.99	0.270	3.510	3.00	1.170	1151.43	195.89	19.59	10.000	44
32	M	e	B	757.82	0.360	3.510	3.00	1.170	2091.58	760.63	-20.18	>> 1	41
32	M	e	S	618.30	0.290	3.510	3.00	1.170	2091.58	685.51	8.42	>> 1	41
36	M	e	B	756.38	0.390	3.510	3.00	1.170	1931.46	668.86	-11.34	>> 1	41
36	M	e	S	633.34	0.330	3.510	3.00	1.170	1931.46	618.70	11.34	>> 1	41
40	M	e	B	774.56	0.390	3.510	3.00	1.170	1979.30	702.23	10.50	>> 1	43
40	M	e	S	647.32	0.320	3.510	3.00	1.170	1979.30	648.85	-11.14	>> 1	43
44	M	e	B	709.34	0.340	3.510	3.00	1.170	2053.05	717.28	-11.06	>> 1	41
44	M	e	S	572.81	0.280	3.510	3.00	1.170	2053.05	638.07	14.83	>> 1	41

524	M	e	B	200.72	0.200	3.510	3.00	1.170	986.66	118.72	-4.36	>> 1	41
524	M	e	S	122.58	0.120	3.510	3.00	1.170	986.66	79.71	4.78	>> 1	41
527	M	e	B	122.23	0.200	3.510	3.00	1.170	597.98	43.76	-1.37	>> 1	41
527	M	e	S	74.87	0.120	3.510	3.00	1.170	597.98	29.47	1.46	>> 1	41
530	M	e	B	531.70	0.220	3.510	3.00	1.170	2392.56	744.58	15.55	>> 1	43
530	M	e	S	342.21	0.140	3.510	3.00	1.170	2392.56	528.02	-18.75	>> 1	43
533	M	e	B	395.66	0.250	3.510	3.00	1.170	1575.33	351.25	-32.88	>> 1	44
533	M	e	S	251.09	0.160	3.510	3.00	1.170	1575.33	250.22	33.51	7.467	44
535	M	e	B	186.89	0.250	3.510	3.00	1.170	739.35	91.33	-8.12	>> 1	44
535	M	e	S	119.56	0.160	3.510	3.00	1.170	739.35	65.55	8.21	7.984	44
538	M	e	B	195.01	0.120	3.510	3.00	1.170	1575.33	202.57	10.17	>> 1	42
540	M	e	B	91.68	0.120	3.510	3.00	1.170	739.35	52.52	2.51	>> 1	42
543	M	e	B	911.81	0.450	3.510	3.00	1.170	2026.47	764.85	13.97	>> 1	43
543	M	e	S	769.05	0.380	3.510	3.00	1.170	2026.47	727.72	-16.11	>> 1	43
546	M	e	B	808.16	0.480	3.510	3.00	1.170	1661.04	518.70	10.78	>> 1	43
546	M	e	S	692.85	0.410	3.510	3.00	1.170	1661.04	504.81	-11.97	>> 1	43
550	M	n	B	338.84	0.180	8.000	2.50	3.200	4993.10	966.33	38.13	>> 1	44
550	M	n	S	182.06	0.100	8.000	2.50	3.200	4993.10	536.70	-188.79	2.843	44
553	M	e	B	297.99	0.410	3.510	3.00	1.170	727.48	113.21	-2.15	>> 1	41
553	M	e	S	250.73	0.340	3.510	3.00	1.170	727.48	105.74	3.02	>> 1	41
556	M	e	B	1039.03	0.280	3.510	3.00	1.170	3659.61	2049.06	15.97	>> 1	9
556	M	e	S	729.77	0.200	3.510	3.00	1.170	3659.61	1609.01	47.94	>> 1	9
558	M	n	B	594.38	0.320	8.000	2.50	3.200	4993.10	1602.03	145.01	>> 1	44
558	M	n	S	459.08	0.250	8.000	2.50	3.200	4993.10	1275.42	-245.58	5.193	44
561	M	n	B	160.73	0.090	8.000	2.50	3.200	4993.10	475.92	-56.09	8.485	42
564	M	n	B	119.17	0.280	8.000	2.50	3.200	1165.25	76.39	-11.95	6.392	41
564	M	n	S	93.53	0.220	8.000	2.50	3.200	1165.25	61.42	10.88	5.645	41
567	M	n	B	133.69	0.330	8.000	2.50	3.200	1117.92	80.63	-13.99	5.763	41
567	M	n	S	111.93	0.270	8.000	2.50	3.200	1117.92	69.00	14.01	4.925	41
570	M	n	B	51.20	0.390	8.000	2.50	3.200	360.67	9.71	-1.14	8.517	41
570	M	n	S	44.38	0.330	8.000	2.50	3.200	360.67	8.60	1.23	6.993	41
575	M	n	B	36.44	0.270	8.000	2.50	3.200	360.67	7.24	-1.10	6.581	41
575	M	n	S	29.51	0.220	8.000	2.50	3.200	360.67	5.99	1.25	4.790	41
578	M	n	B	94.52	0.230	8.000	2.50	3.200	1117.92	59.27	-14.10	4.204	41
578	M	n	S	71.66	0.170	8.000	2.50	3.200	1117.92	45.94	14.12	3.254	41
581	M	n	B	83.64	0.200	8.000	2.50	3.200	1165.25	55.43	-14.69	3.773	41
581	M	n	S	57.01	0.130	8.000	2.50	3.200	1165.25	38.71	11.27	3.435	41
586	M	n	B	18.03	0.140	8.000	2.50	3.200	360.67	3.79	0.32	>> 1	44
589	M	n	B	46.82	0.110	8.000	2.50	3.200	1117.92	30.73	3.65	8.419	44
592	M	n	B	41.47	0.100	8.000	2.50	3.200	1165.25	28.56	-3.23	8.841	41
597	M	e	B	285.99	0.130	3.510	3.00	1.170	2211.84	414.48	25.72	>> 1	44
599	M	e	B	92.82	0.250	3.510	3.00	1.170	366.85	22.50	1.12	>> 1	44
601	M	e	B	38.78	0.150	3.510	3.00	1.170	249.84	7.24	0.00	6.443	41
606	M	e	B	589.14	0.260	3.510	3.00	1.170	2211.84	719.43	52.73	>> 1	44
606	M	e	S	414.02	0.190	3.510	3.00	1.170	2211.84	560.14	-56.57	9.902	44
608	M	e	B	193.71	0.520	4.200	3.00	1.400	440.22	35.20	0.00	2.273	39
608	M	e	S	173.79	0.470	4.200	3.00	1.400	440.22	34.13	0.17	>> 1	39
610	M	e	B	84.30	0.330	4.200	3.00	1.400	299.81	13.39	1.17	>> 1	44
610	M	e	S	70.39	0.280	4.200	3.00	1.400	299.81	11.90	-1.14	>> 1	44
615	M	e	B	879.64	0.390	3.510	3.00	1.170	2211.84	881.87	39.24	>> 1	44
615	M	e	S	722.65	0.320	3.510	3.00	1.170	2211.84	809.86	-46.26	>> 1	44
617	M	e	B	281.98	0.650	3.510	3.00	1.170	431.21	31.67	-2.64	>> 1	42
617	M	e	S	258.97	0.600	3.510	3.00	1.170	431.21	33.57	2.57	>> 1	42
619	M	e	B	137.02	0.460	3.510	3.00	1.170	293.67	16.15	-1.11	>> 1	42
619	M	e	S	120.80	0.410	3.510	3.00	1.170	293.67	15.72	1.14	>> 1	42
624	M	e	B	907.93	0.390	5.310	3.00	1.770	3488.24	1159.87	32.80	>> 1	42
624	M	e	S	726.18	0.310	5.310	3.00	1.770	3488.24	993.03	-46.19	>> 1	42
627	M	e	B	627.26	0.270	5.310	3.00	1.770	3488.24	888.48	18.80	>> 1	42
627	M	e	S	416.66	0.180	5.310	3.00	1.770	3488.24	633.62	-25.79	>> 1	42
630	M	e	B	304.71	0.130	5.310	3.00	1.770	3488.24	480.27	-7.76	>> 1	44
633	M	e	B	301.92	0.340	3.510	3.00	1.170	869.06	128.86	-8.41	>> 1	44
633	M	e	S	233.11	0.270	3.510	3.00	1.170	869.06	111.56	8.71	>> 1	44
636	M	e	B	567.71	0.360	3.510	3.00	1.170	1575.33	430.48	-28.60	>> 1	44
636	M	e	S	458.74	0.290	3.510	3.00	1.170	1575.33	385.47	30.62	>> 1	44
638	M	e	B	178.39	0.280	3.510	3.00	1.170	635.18	61.32	3.21	>> 1	44
638	M	e	S	128.07	0.200	3.510	3.00	1.170	635.18	48.87	-3.35	>> 1	44
641	M	e	B	798.74	0.270	3.510	3.00	1.170	2983.90	1313.46	46.43	>> 1	44
641	M	e	S	562.42	0.190	3.510	3.00	1.170	2983.90	1024.87	-62.29	>> 1	44
642	H	B		16.23	1.510	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
642	H	S		12.98	1.210	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
643	H	B		17.38	1.620	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
643	H	S		14.13	1.310	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
644	H	B		20.59	1.910	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
644	H	S		17.33	1.610	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
645	H	B		30.88	2.870	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
645	H	S		27.63	2.570	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	9
646	H	B		21.54	2.000	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	10
646	H	S		18.29	1.700	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	10
647	H	B		24.84	2.310	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	11
647	H	S		21.59	2.010	-	1.05	223.810	2408.19	150.31	0.00	>> 1	11

8. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - STRUTTURE IN C.A. [SLV] - C.Sic: 2.273 (CCC ID 39)
(Analisi Statistica Lineare NON Similica: Invi Lippo CCC)

N.	Tip.	fcd (N/mm ²)	P	Nu (kN)	Ni m, pfl	My	Mu, y (kN m)	Mz	Mu, Z	ε, c	ε, c2 (per mille)	ε, s	ε, sy	C. Si. c.	ID CCC
Non sono stati rilevati elementi in c.a. sottoposti a verifica															

9. VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§4.5.6, §C8.7.1.5) [SLV] - C. Si. c: 4.585 (CCC ID 44)
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Involuppo CCC)

N.	n/e	Sez.	Coeff. b	P (kN)	p (N/mm ²)	Fvk0/tau0 * FC	γ, m	fvd (N/mm ²)	Vt (kN)	V (kN)	C. Si. c.	ID CCC
1	e	M	1.500	114.83	0.174	0.065	3.00	0.055	36.04	1.13	>> 1	41
4	e	M	1.000	938.49	0.338	0.065	3.00	0.110	304.56	35.72	8.526	44
8	e	M	1.000	674.58	0.295	0.065	3.00	0.103	236.03	23.28	>> 1	44
14	e	M	1.500	129.99	0.311	0.065	3.00	0.070	29.45	3.46	8.510	44
18	e	M	1.200	312.48	0.259	0.065	3.00	0.081	97.75	21.32	4.585	44
21	e	M	1.500	144.81	0.291	0.065	3.00	0.068	34.05	6.10	5.582	44
29	e	M	1.500	354.58	0.305	0.065	3.00	0.070	81.12	12.95	6.264	44
32	e	M	1.000	688.06	0.326	0.065	3.00	0.108	227.74	10.78	>> 1	41
36	e	M	1.000	694.86	0.357	0.065	3.00	0.112	219.07	8.95	>> 1	41
40	e	M	1.000	710.94	0.356	0.065	3.00	0.112	224.33	8.75	>> 1	41
44	e	M	1.000	641.08	0.310	0.065	3.00	0.105	218.32	9.79	>> 1	41
53	e	M	1.500	372.41	0.359	0.065	3.00	0.075	77.99	10.85	7.188	44
56	e	M	1.500	173.07	0.297	0.065	3.00	0.069	40.21	1.19	>> 1	44
59	e	M	1.040	402.20	0.267	0.065	3.00	0.095	143.14	9.29	>> 1	44
62	e	M	1.500	149.86	0.317	0.065	3.00	0.071	33.60	0.43	>> 1	43
70	e	M	1.000	795.78	0.338	0.099	3.00	0.138	325.81	36.22	8.995	42
73	e	M	1.500	116.69	0.352	0.065	3.00	0.075	24.71	1.50	>> 1	44
76	e	M	1.500	284.14	0.310	0.065	3.00	0.070	64.52	13.86	4.655	44
78	e	M	1.500	86.45	0.386	0.065	3.00	0.078	17.42	0.56	>> 1	44
83	e	M	1.410	414.52	0.420	0.065	3.00	0.086	84.92	6.32	>> 1	41
87	e	M	1.000	1071.67	0.322	0.065	3.00	0.107	357.06	17.45	>> 1	43
91	e	M	1.500	87.37	0.225	0.065	3.00	0.061	23.69	0.32	>> 1	42
94	e	M	1.310	455.74	0.411	0.065	3.00	0.091	101.25	5.91	>> 1	43
98	e	M	1.000	1063.90	0.332	0.065	3.00	0.109	348.51	16.93	>> 1	43
102	e	M	1.240	285.32	0.167	0.065	3.00	0.065	111.02	6.53	>> 1	43
104	e	M	1.000	592.08	0.254	0.065	3.00	0.096	225.03	25.52	8.818	42
107	e	M	1.000	701.42	0.327	0.065	3.00	0.108	231.84	25.90	8.951	42
108	e	M	1.000	606.55	0.318	0.065	3.00	0.107	203.54	11.12	>> 1	41
110	e	M	1.000	1407.82	0.404	0.065	3.00	0.119	415.00	19.52	>> 1	43
112	e	M	1.500	51.07	0.225	0.065	3.00	0.061	13.85	0.32	>> 1	43
115	e	M	1.000	264.80	0.145	0.065	3.00	0.076	138.80	9.53	>> 1	43
118	e	M	1.000	816.16	0.255	0.065	3.00	0.097	309.16	17.37	>> 1	43
121	e	M	1.000	594.03	0.214	0.065	3.00	0.090	248.38	9.13	>> 1	42
125	e	M	1.000	420.11	0.184	0.065	3.00	0.084	191.79	10.60	>> 1	42
131	e	M	1.500	87.17	0.209	0.065	3.00	0.059	24.67	2.46	>> 1	44
135	e	M	1.500	106.34	0.227	0.065	3.00	0.061	28.68	4.01	7.151	44
140	e	M	1.500	97.87	0.239	0.065	3.00	0.063	25.64	3.16	8.114	44
145	e	M	1.500	98.21	0.197	0.065	3.00	0.058	28.70	2.92	9.829	44
155	e	M	1.500	221.90	0.191	0.065	3.00	0.057	65.99	10.49	6.291	44
158	e	M	1.000	448.03	0.212	0.065	3.00	0.089	188.18	7.05	>> 1	41
162	e	M	1.000	450.09	0.231	0.065	3.00	0.093	180.27	6.22	>> 1	41
167	e	M	1.000	460.29	0.231	0.065	3.00	0.092	184.57	6.71	>> 1	43
172	e	M	1.000	412.33	0.199	0.065	3.00	0.087	179.64	7.16	>> 1	41
182	e	M	1.500	243.47	0.235	0.078	3.00	0.069	71.43	10.17	7.024	44
185	e	M	1.500	112.45	0.188	0.065	3.00	0.056	33.76	2.22	>> 1	44
189	e	M	1.500	126.06	0.203	0.065	3.00	0.058	36.18	3.99	9.067	44
194	e	M	1.500	128.47	0.208	0.065	3.00	0.059	36.45	3.69	9.879	44
199	e	M	1.500	97.13	0.205	0.065	3.00	0.059	27.73	2.21	>> 1	44
209	e	M	1.040	516.33	0.219	0.099	3.00	0.111	261.39	18.05	>> 1	42
212	e	M	1.000	476.97	0.149	0.065	3.00	0.077	245.65	16.92	>> 1	43
215	e	M	1.000	431.62	0.185	0.065	3.00	0.084	196.15	15.65	>> 1	42
219	e	M	1.060	437.97	0.223	0.065	3.00	0.086	168.87	13.59	>> 1	44
224	e	M	1.500	153.53	0.219	0.065	3.00	0.060	42.22	1.47	>> 1	41
227	e	M	1.000	289.33	0.120	0.065	3.00	0.070	169.87	8.47	>> 1	43
229	e	M	1.500	25.42	0.112	0.065	3.00	0.046	10.38	0.24	>> 1	41
232	e	M	1.000	104.79	0.057	0.065	3.00	0.054	98.79	7.97	>> 1	43
236	e	M	1.500	286.19	0.304	0.065	3.00	0.070	65.66	2.78	>> 1	41
240	e	M	1.500	208.83	0.607	0.065	3.00	0.096	33.08	0.49	>> 1	41
245	e	M	1.050	467.73	0.236	0.065	3.00	0.089	175.64	6.69	>> 1	43
253	e	M	1.500	54.12	0.164	0.065	3.00	0.053	17.60	0.12	>> 1	42
256	e	M	1.500	275.13	0.328	0.065	3.00	0.072	60.56	2.77	>> 1	41
260	e	M	1.500	223.26	0.696	0.065	3.00	0.103	32.91	0.60	>> 1	41
265	e	M	1.100	474.15	0.251	0.065	3.00	0.087	165.33	7.81	>> 1	41
273	e	M	1.500	121.64	0.184	0.065	3.00	0.056	36.93	2.17	>> 1	41
277	e	M	1.500	112.30	0.297	0.065	3.00	0.069	26.10	0.86	>> 1	41
282	e	M	1.500	113.74	0.189	0.065	3.00	0.057	34.08	1.37	>> 1	41
290	e	M	1.000	773.04	0.331	0.065	3.00	0.109	253.73	35.60	7.127	44
293	e	M	1.500	79.94	0.241	0.065	3.00	0.063	20.85	1.56	>> 1	44
296	e	M	1.500	175.65	0.437	0.065	3.00	0.082	33.10	2.79	>> 1	44
298	e	M	1.500	70.16	0.266	0.065	3.00	0.066	17.30	0.85	>> 1	44
303	e	M	1.050	480.49	0.206	0.065	3.00	0.084	196.01	33.95	5.774	44

306	e	M	1.500	342.33	0.364	0.065	3.00	0.076	71.15	3.79	>> 1	43
309	e	M	1.000	872.45	0.305	0.065	3.00	0.105	299.41	10.75	>> 1	41
312	e	M	1.140	430.82	0.201	0.065	3.00	0.076	163.40	26.26	6.223	44
314	e	M	1.000	222.48	0.080	0.065	3.00	0.061	167.90	4.01	>> 1	44
318	e	M	1.000	150.56	0.066	0.065	3.00	0.057	129.35	3.40	>> 1	44
324	e	M	1.500	24.35	0.058	0.065	3.00	0.036	15.14	0.40	>> 1	44
328	e	M	1.500	29.61	0.063	0.065	3.00	0.037	17.41	0.70	>> 1	44
333	e	M	1.500	27.02	0.066	0.065	3.00	0.038	15.44	0.52	>> 1	44
338	e	M	1.500	27.85	0.056	0.065	3.00	0.036	17.81	0.55	>> 1	44
348	e	M	1.500	82.72	0.071	0.065	3.00	0.039	44.95	2.51	>> 1	42
351	e	M	1.500	31.67	0.095	0.065	3.00	0.043	14.26	0.38	>> 1	42
354	e	M	1.500	80.05	0.199	0.065	3.00	0.058	23.25	0.81	>> 1	42
356	e	M	1.500	28.37	0.108	0.065	3.00	0.045	11.85	0.25	>> 1	42
361	e	M	1.000	163.30	0.077	0.065	3.00	0.060	126.07	4.39	>> 1	44
365	e	M	1.000	154.19	0.079	0.065	3.00	0.060	117.33	2.53	>> 1	41
370	e	M	1.000	157.98	0.079	0.065	3.00	0.060	120.23	2.80	>> 1	43
375	e	M	1.000	143.85	0.069	0.065	3.00	0.057	119.04	3.60	>> 1	44
385	e	M	1.500	149.63	0.159	0.065	3.00	0.053	49.46	2.62	>> 1	43
388	e	M	1.000	481.68	0.126	0.065	3.00	0.072	274.82	7.06	>> 1	41
390	e	M	1.500	120.56	0.353	0.065	3.00	0.075	25.50	0.31	>> 1	41
393	e	M	1.030	226.95	0.133	0.065	3.00	0.071	120.79	5.16	>> 1	41
399	e	M	1.030	183.77	0.079	0.065	3.00	0.058	135.76	10.42	>> 1	42
402	e	M	1.500	36.72	0.056	0.065	3.00	0.036	23.55	0.61	>> 1	41
406	e	M	1.500	33.19	0.088	0.065	3.00	0.042	15.77	0.25	>> 1	41
411	e	M	1.500	34.58	0.057	0.065	3.00	0.036	21.72	0.48	>> 1	41
419	e	M	1.500	106.76	0.108	0.065	3.00	0.045	44.49	1.08	>> 1	41
423	e	M	1.500	86.03	0.228	0.065	3.00	0.061	23.14	0.20	>> 1	41
428	e	M	1.090	180.86	0.096	0.065	3.00	0.059	112.33	2.87	>> 1	41
436	e	M	1.500	18.86	0.049	0.065	3.00	0.034	13.29	0.05	>> 1	42
439	e	M	1.500	110.55	0.100	0.065	3.00	0.044	48.42	1.24	>> 1	41
443	e	M	1.500	79.63	0.197	0.065	3.00	0.058	23.29	0.24	>> 1	41
448	e	M	1.040	176.86	0.089	0.065	3.00	0.060	119.49	3.15	>> 1	43
456	e	M	1.500	42.43	0.061	0.065	3.00	0.037	25.68	0.58	>> 1	41
460	e	M	1.500	43.00	0.098	0.065	3.00	0.043	19.11	0.55	>> 1	43
465	e	M	1.500	22.15	0.090	0.065	3.00	0.042	10.36	0.15	>> 1	43
473	e	M	1.130	168.08	0.078	0.065	3.00	0.053	114.18	12.78	8.934	44
475	e	M	1.000	144.16	0.045	0.065	3.00	0.050	160.52	8.58	>> 1	43
478	e	M	1.500	98.03	0.095	0.065	3.00	0.043	44.42	3.03	>> 1	42
481	e	M	1.500	32.20	0.054	0.065	3.00	0.035	21.13	0.53	>> 1	44
485	e	M	1.500	35.89	0.058	0.065	3.00	0.036	22.40	0.73	>> 1	44
490	e	M	1.500	36.46	0.059	0.065	3.00	0.036	22.49	0.68	>> 1	44
495	e	M	1.500	27.37	0.058	0.065	3.00	0.036	17.09	0.30	>> 1	44
505	e	M	1.020	223.61	0.095	0.099	3.00	0.082	194.27	4.52	>> 1	42
508	e	M	1.000	150.17	0.064	0.065	3.00	0.056	130.90	3.88	>> 1	42
512	e	M	1.050	167.97	0.085	0.065	3.00	0.059	115.98	2.60	>> 1	42
518	e	M	1.500	157.19	0.168	0.065	3.00	0.054	50.43	2.56	>> 1	41
521	e	M	1.500	63.34	0.167	0.065	3.00	0.054	20.34	0.26	>> 1	41
524	e	M	1.500	161.65	0.162	0.065	3.00	0.053	52.80	2.90	>> 1	41
527	e	M	1.500	98.55	0.163	0.065	3.00	0.053	32.08	0.90	>> 1	41
530	e	M	1.000	436.95	0.181	0.065	3.00	0.083	201.02	10.89	>> 1	43
533	e	M	1.500	323.37	0.204	0.065	3.00	0.058	92.76	18.19	5.100	44
535	e	M	1.500	153.23	0.206	0.065	3.00	0.059	43.72	4.48	9.758	44
538	e	M	1.500	123.72	0.078	0.065	3.00	0.040	63.43	5.61	>> 1	42
540	e	M	1.500	58.47	0.078	0.065	3.00	0.040	29.84	1.39	>> 1	42
543	e	M	1.000	840.43	0.411	0.065	3.00	0.120	245.41	10.74	>> 1	43
546	e	M	1.100	750.51	0.448	0.065	3.00	0.113	189.54	8.24	>> 1	43
550	n	M	1.000	260.45	0.142	0.300	2.50	0.600	1101.42	72.25	>> 1	42
553	e	M	1.500	274.36	0.374	0.065	3.00	0.077	56.21	1.99	>> 1	41
556	e	M	1.000	850.93	0.231	0.065	3.00	0.092	341.24	13.65	>> 1	41
558	n	M	1.000	528.82	0.288	0.300	2.50	0.600	1101.42	129.70	8.492	42
561	n	M	1.000	83.41	0.045	0.300	2.50	0.600	1101.42	23.20	>> 1	42
564	n	M	1.500	106.35	0.248	0.300	2.50	0.505	216.16	8.93	>> 1	41
567	n	M	1.500	122.81	0.299	0.300	2.50	0.519	213.18	12.37	>> 1	41
570	n	M	1.500	47.79	0.360	0.300	2.50	0.535	70.99	1.08	>> 1	41
575	n	M	1.500	32.98	0.249	0.300	2.50	0.505	66.93	1.05	>> 1	41
578	n	M	1.500	83.09	0.202	0.300	2.50	0.491	201.95	11.87	>> 1	41
581	n	M	1.500	70.33	0.164	0.300	2.50	0.480	205.71	9.78	>> 1	41
586	n	M	1.500	14.57	0.110	0.300	2.50	0.464	61.49	0.27	>> 1	44
589	n	M	1.500	35.44	0.086	0.300	2.50	0.456	187.58	3.09	>> 1	44
592	n	M	1.500	28.21	0.066	0.300	2.50	0.450	192.77	2.16	>> 1	44
597	e	M	1.000	199.32	0.089	0.065	3.00	0.063	140.37	16.75	8.380	44
599	e	M	1.500	82.88	0.224	0.065	3.00	0.061	22.52	1.03	>> 1	44
601	e	M	1.500	31.84	0.126	0.065	3.00	0.048	12.07	0.31	>> 1	42
606	e	M	1.000	501.58	0.225	0.065	3.00	0.091	203.99	34.71	5.877	44
608	e	M	1.500	180.71	0.488	0.078	3.00	0.096	35.37	3.55	9.964	44
610	e	M	1.500	77.35	0.307	0.078	3.00	0.077	19.51	1.04	>> 1	44
615	e	M	1.000	801.02	0.359	0.065	3.00	0.113	251.63	31.62	7.958	42
617	e	M	1.500	270.48	0.622	0.065	3.00	0.097	42.28	2.45	>> 1	42
619	e	M	1.500	128.91	0.435	0.065	3.00	0.082	24.34	1.02	>> 1	42
624	e	M	1.000	817.10	0.353	0.099	3.00	0.141	326.31	26.76	>> 1	44
627	e	M	1.060	521.96	0.226	0.099	3.00	0.110	255.22	12.22	>> 1	42
630	e	M	1.040	200.86	0.087	0.099	3.00	0.079	182.12	3.95	>> 1	44
633	e	M	1.500	267.52	0.305	0.065	3.00	0.070	61.21	5.44	>> 1	44
636	e	M	1.160	513.23	0.323	0.065	3.00	0.093	147.18	21.53	6.836	44
638	e	M	1.500	153.21	0.239	0.065	3.00	0.063	40.13	2.14	>> 1	42
641	e	M	1.000	680.82	0.226	0.065	3.00	0.092	275.94	35.52	7.769	42

10. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (§4.5.6, §7.8.2.2.3) [SLV] - C.Sic: 2.362 (CCC ID 42)
(Analisi Statica Lineare NON Simulata: Involuppo CCC)

N.	n/e	x Sez. (m)	P (kN)	p (N/mm ²)	f _k / f _m (N/mm ²)	γ _c / γ _f	F _d (N/mm ²)	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C. Sic.	ID CCC
1	e	1.575	116.04	0.176	3.501	3.00	1.167	654.45	31.98	1.83	>> 1	9
4	e	1.575	969.60	0.349	3.501	3.00	1.167	2751.35	210.35	15.27	>> 1	12
8	e	1.575	704.75	0.308	3.501	3.00	1.167	2269.65	162.78	11.10	>> 1	10
14	e	1.575	134.32	0.321	3.501	3.00	1.167	414.60	30.42	2.12	>> 1	12
18	e	1.575	314.64	0.261	3.501	3.00	1.167	1195.95	77.67	4.96	>> 1	9
21	e	1.575	148.81	0.299	3.501	3.00	1.167	494.33	34.84	2.34	>> 1	9
29	e	1.575	364.42	0.314	3.501	3.00	1.167	1151.43	83.44	5.74	>> 1	9
32	e	1.575	709.00	0.336	3.501	3.00	1.167	2091.58	157.00	11.17	>> 1	9
36	e	1.575	701.68	0.360	3.501	3.00	1.167	1931.46	149.67	11.05	>> 1	9
40	e	1.575	717.77	0.360	3.501	3.00	1.167	1979.30	153.26	11.30	>> 1	9
44	e	1.575	659.11	0.318	3.501	3.00	1.167	2053.05	149.92	10.38	>> 1	9
53	e	1.575	385.23	0.372	3.501	3.00	1.167	1028.19	68.66	6.07	>> 1	9
56	e	1.575	173.09	0.297	3.501	3.00	1.167	578.04	40.62	2.73	>> 1	9
59	e	1.575	396.00	0.263	3.501	3.00	1.167	1494.94	97.52	6.24	>> 1	9
62	e	1.575	149.88	0.317	3.501	3.00	1.167	469.08	34.17	2.36	>> 1	9
70	e	1.575	818.38	0.347	5.319	3.00	1.773	3550.86	210.97	12.89	>> 1	9
73	e	1.575	114.72	0.346	3.501	3.00	1.167	328.89	25.03	1.81	>> 1	9
76	e	1.575	284.42	0.310	3.501	3.00	1.167	910.25	65.51	4.48	>> 1	9
78	e	1.575	87.07	0.389	3.501	3.00	1.167	222.14	15.09	1.37	>> 1	9
83	e	1.575	424.76	0.430	3.501	3.00	1.167	978.69	80.54	6.69	>> 1	9
87	e	1.575	1080.50	0.325	3.501	3.00	1.167	3297.50	243.36	17.02	>> 1	11
91	e	1.575	89.92	0.231	3.501	3.00	1.167	385.36	23.09	1.42	>> 1	11
94	e	1.575	474.19	0.428	3.501	3.00	1.167	1098.28	90.27	7.47	>> 1	9
98	e	1.575	1084.32	0.339	3.501	3.00	1.167	3173.25	239.12	17.08	>> 1	9
102	e	1.575	285.34	0.167	3.501	3.00	1.167	1690.94	79.46	4.49	>> 1	41
104	e	1.575	610.50	0.262	3.501	3.00	1.167	2313.50	150.55	9.62	>> 1	12
107	e	1.575	726.38	0.339	3.501	3.00	1.167	2126.80	160.23	11.44	>> 1	11
108	e	1.575	631.23	0.331	3.501	3.00	1.167	1890.93	140.87	9.94	>> 1	9
110	e	1.575	1437.14	0.412	3.501	3.00	1.167	3454.97	281.18	22.63	>> 1	12
112	e	1.575	48.51	0.213	3.501	3.00	1.167	225.33	7.99	0.76	>> 1	9
115	e	1.575	259.19	0.142	3.501	3.00	1.167	1813.02	46.65	4.08	>> 1	9
118	e	1.575	842.98	0.264	3.501	3.00	1.167	3169.80	160.89	13.28	>> 1	12
121	e	1.825	604.96	0.218	3.501	3.00	1.167	2751.35	158.10	11.04	>> 1	12
125	e	1.825	417.62	0.182	3.501	3.00	1.167	2269.65	114.16	8.64	>> 1	41
131	e	1.825	84.08	0.201	3.501	3.00	1.167	414.60	22.45	2.49	9.018	44
135	e	1.825	102.59	0.219	3.501	3.00	1.167	464.43	26.78	3.17	8.447	44
140	e	1.825	94.63	0.231	3.501	3.00	1.167	405.96	24.31	2.99	8.131	44
145	e	1.825	94.57	0.190	3.501	3.00	1.167	494.33	25.62	2.75	9.316	44
155	e	1.825	226.82	0.195	3.501	3.00	1.167	1151.43	61.02	4.14	>> 1	9
158	e	1.825	450.38	0.214	3.501	3.00	1.167	2091.58	118.39	8.22	>> 1	9
162	e	1.825	431.27	0.221	3.501	3.00	1.167	1931.46	112.22	8.93	>> 1	44
167	e	1.825	441.21	0.221	3.501	3.00	1.167	1979.30	114.86	9.13	>> 1	44
172	e	1.825	405.93	0.196	3.501	3.00	1.167	2053.05	109.10	7.99	>> 1	44
182	e	1.825	249.95	0.241	4.200	3.00	1.400	1233.83	56.80	4.56	>> 1	9
185	e	1.825	108.17	0.181	3.501	3.00	1.167	593.32	29.63	3.06	9.683	44
189	e	1.825	121.00	0.195	3.501	3.00	1.167	614.59	32.55	3.56	9.145	44
194	e	1.825	123.41	0.199	3.501	3.00	1.167	613.92	33.03	3.66	9.025	44
199	e	1.825	93.67	0.198	3.501	3.00	1.167	469.08	25.11	2.77	9.066	44
209	e	1.825	527.49	0.224	5.319	3.00	1.773	3550.86	150.46	9.63	>> 1	12
212	e	1.825	479.19	0.150	3.501	3.00	1.167	3169.80	105.75	8.75	>> 1	10
215	e	1.825	429.05	0.184	3.501	3.00	1.167	2313.50	117.08	8.41	>> 1	43
219	e	1.825	446.36	0.227	3.501	3.00	1.167	1949.40	115.29	8.15	>> 1	12
224	e	1.825	143.55	0.205	3.501	3.00	1.167	694.32	38.15	3.81	>> 1	42
227	e	1.825	275.10	0.114	3.501	3.00	1.167	2393.89	81.57	9.24	8.828	42
229	e	1.825	21.55	0.095	3.501	3.00	1.167	225.33	4.09	0.39	>> 1	9
232	e	1.825	95.74	0.052	3.501	3.00	1.167	1813.44	19.04	1.75	>> 1	9
236	e	1.825	293.77	0.312	3.501	3.00	1.167	934.36	57.40	5.36	>> 1	9
240	e	1.825	208.04	0.604	3.501	3.00	1.167	341.41	23.16	4.34	5.337	42
245	e	1.825	477.78	0.241	3.501	3.00	1.167	1963.35	121.11	8.72	>> 1	9
253	e	1.825	54.12	0.164	3.501	3.00	1.167	327.85	12.88	1.23	>> 1	43
256	e	1.825	282.84	0.337	3.501	3.00	1.167	832.61	53.23	5.16	>> 1	9
260	e	1.825	222.54	0.693	3.501	3.00	1.167	318.24	19.07	4.49	4.248	42
265	e	1.825	485.12	0.256	3.501	3.00	1.167	1876.31	120.50	8.85	>> 1	9
273	e	1.825	120.38	0.182	3.501	3.00	1.167	654.45	32.91	3.58	9.193	42
277	e	1.825	111.44	0.294	3.501	3.00	1.167	375.40	26.25	4.26	6.162	42
282	e	1.825	112.56	0.187	3.501	3.00	1.167	597.98	30.61	3.49	8.771	42
290	e	1.575	790.31	0.339	3.501	3.00	1.167	2314.16	174.34	12.45	>> 1	9
293	e	1.825	75.10	0.226	3.501	3.00	1.167	328.89	19.41	1.37	>> 1	9
296	e	1.825	172.85	0.430	3.501	3.00	1.167	398.65	32.80	3.15	>> 1	9
298	e	1.825	67.39	0.256	3.501	3.00	1.167	261.12	16.75	1.23	>> 1	9
303	e	1.825	493.15	0.211	3.501	3.00	1.167	2314.16	130.00	9.00	>> 1	9
306	e	1.825	345.04	0.367	3.501	3.00	1.167	932.10	61.93	6.30	9.836	9
309	e	1.825	892.06	0.312	3.501	3.00	1.167	2833.60	174.20	16.28	>> 1	9
312	e	1.825	439.39	0.205	3.501	3.00	1.167	2123.48	116.74	8.02	>> 1	9
314	e	1.800	222.59	0.080	3.501	3.00	1.167	2751.35	68.53	9.91	6.916	41
318	e	1.800	151.13	0.066	3.501	3.00	1.167	2269.65	47.26	8.40	5.626	41

324	e	1.800	25.19	0.060	3.501	3.00	1.167	414.60	7.93	2.42	3.275	44
328	e	1.800	30.35	0.065	3.501	3.00	1.167	464.43	9.50	3.09	3.075	44
333	e	1.800	27.71	0.068	3.501	3.00	1.167	405.96	8.65	2.91	2.972	44
338	e	1.800	28.83	0.058	3.501	3.00	1.167	494.33	9.09	2.67	3.406	44
348	e	1.800	85.45	0.074	3.501	3.00	1.167	1151.43	26.50	1.54	>> 1	37
351	e	1.800	26.76	0.081	3.501	3.00	1.167	328.89	8.24	0.48	>> 1	37
354	e	1.800	75.41	0.188	3.501	3.00	1.167	398.65	20.48	1.36	>> 1	37
356	e	1.800	24.86	0.094	3.501	3.00	1.167	261.12	7.54	0.45	>> 1	37
361	e	1.800	163.99	0.078	3.501	3.00	1.167	2091.58	50.63	7.84	6.458	44
365	e	1.800	151.60	0.078	3.501	3.00	1.167	1931.46	46.80	8.68	5.392	44
370	e	1.800	155.12	0.078	3.501	3.00	1.167	1979.30	47.89	8.88	5.393	44
375	e	1.800	144.57	0.070	3.501	3.00	1.167	2053.05	45.02	7.77	5.794	44
385	e	1.800	146.86	0.156	3.501	3.00	1.167	932.10	35.26	2.64	>> 1	37
388	e	1.800	502.00	0.131	3.501	3.00	1.167	3801.31	124.18	9.04	>> 1	37
390	e	1.800	120.50	0.352	3.501	3.00	1.167	339.15	22.14	2.17	>> 1	37
393	e	1.800	227.21	0.134	3.501	3.00	1.167	1686.14	56.03	4.09	>> 1	37
399	e	1.800	190.73	0.082	3.501	3.00	1.167	2314.16	58.63	3.43	>> 1	37
402	e	1.800	37.99	0.058	3.501	3.00	1.167	654.45	11.99	3.48	3.445	42
406	e	1.800	33.85	0.089	3.501	3.00	1.167	375.40	10.32	4.15	2.486	42
411	e	1.800	35.74	0.059	3.501	3.00	1.167	597.98	11.26	3.39	3.321	42
419	e	1.800	107.81	0.109	3.501	3.00	1.167	978.69	32.14	4.62	6.956	42
423	e	1.800	86.69	0.230	3.501	3.00	1.167	374.07	22.31	4.37	5.105	42
428	e	1.800	181.64	0.096	3.501	3.00	1.167	1876.31	54.96	7.54	7.289	42
436	e	1.800	18.86	0.049	3.501	3.00	1.167	385.36	6.01	1.20	5.007	43
439	e	1.800	111.39	0.101	3.501	3.00	1.167	1098.28	33.53	4.96	6.760	42
443	e	1.800	80.32	0.198	3.501	3.00	1.167	401.31	21.52	4.22	5.100	42
448	e	1.800	177.63	0.090	3.501	3.00	1.167	1963.35	54.12	7.55	7.169	42
456	e	1.800	43.77	0.063	3.501	3.00	1.167	694.32	13.74	4.33	3.173	42
460	e	1.800	43.72	0.099	3.501	3.00	1.167	437.19	13.18	5.58	2.362	42
465	e	1.800	22.68	0.092	3.501	3.00	1.167	244.51	6.89	2.80	2.462	42
473	e	1.800	171.92	0.080	3.501	3.00	1.167	2123.48	52.93	3.09	>> 1	37
475	e	1.800	144.19	0.045	3.501	3.00	1.167	3169.80	35.78	2.60	>> 1	37
478	e	1.800	101.45	0.098	3.501	3.00	1.167	1028.19	26.06	1.83	>> 1	37
481	e	1.800	33.35	0.056	3.501	3.00	1.167	593.32	10.54	2.97	3.550	44
485	e	1.800	36.68	0.059	3.501	3.00	1.167	614.59	11.55	3.46	3.339	44
490	e	1.800	37.24	0.060	3.501	3.00	1.167	613.92	11.72	3.56	3.292	44
495	e	1.800	28.30	0.060	3.501	3.00	1.167	469.08	8.91	2.70	3.299	44
505	e	1.800	223.62	0.095	5.319	3.00	1.773	3550.86	70.19	7.25	9.682	43
508	e	1.800	150.69	0.065	3.501	3.00	1.167	2313.50	47.19	8.18	5.769	43
512	e	1.800	168.73	0.086	3.501	3.00	1.167	1949.40	51.63	7.04	7.334	43
518	e	1.575	158.07	0.169	3.501	3.00	1.167	930.18	43.95	2.49	>> 1	9
521	e	1.575	63.42	0.168	3.501	3.00	1.167	375.40	17.66	1.00	>> 1	9
524	e	1.575	161.66	0.162	3.501	3.00	1.167	986.66	45.28	2.55	>> 1	42
527	e	1.575	98.55	0.163	3.501	3.00	1.167	597.98	27.57	1.55	>> 1	41
530	e	1.575	438.86	0.182	3.501	3.00	1.167	2392.56	120.05	6.91	>> 1	10
533	e	1.825	330.09	0.208	3.501	3.00	1.167	1575.33	87.41	6.02	>> 1	9
535	e	1.825	156.77	0.210	3.501	3.00	1.167	739.35	35.21	2.86	>> 1	9
538	e	1.800	127.55	0.080	3.501	3.00	1.167	1575.33	39.27	2.30	>> 1	37
540	e	1.800	60.46	0.081	3.501	3.00	1.167	739.35	15.82	1.09	>> 1	37
543	e	1.575	857.58	0.420	3.501	3.00	1.167	2026.47	165.71	13.51	>> 1	12
546	e	1.575	771.09	0.460	3.501	3.00	1.167	1661.04	138.40	12.14	>> 1	10
550	n	1.825	269.26	0.147	8.000	2.50	3.200	4993.10	38.21	4.91	7.776	9
553	e	1.825	267.87	0.365	3.501	3.00	1.167	727.48	48.23	4.89	9.866	9
556	e	1.825	871.10	0.236	3.501	3.00	1.167	3659.61	222.36	15.90	>> 1	9
558	n	1.575	584.58	0.318	8.000	2.50	3.200	4993.10	77.42	9.21	8.409	10
561	n	1.800	88.61	0.048	8.000	2.50	3.200	4993.10	13.06	1.59	8.185	37
564	n	1.575	103.45	0.241	8.000	2.50	3.200	1165.25	14.14	1.63	8.678	9
567	n	1.575	118.64	0.289	8.000	2.50	3.200	1117.92	15.91	1.87	8.513	9
570	n	1.575	46.35	0.350	8.000	2.50	3.200	360.67	6.06	0.73	8.300	9
575	n	1.825	30.80	0.232	8.000	2.50	3.200	360.67	4.23	0.56	7.517	9
578	n	1.825	77.01	0.187	8.000	2.50	3.200	1117.92	10.76	1.41	7.653	9
581	n	1.825	65.38	0.153	8.000	2.50	3.200	1165.25	9.26	1.19	7.758	9
586	n	1.800	12.46	0.094	8.000	2.50	3.200	360.67	1.80	0.22	8.045	37
589	n	1.800	29.53	0.072	8.000	2.50	3.200	1117.92	4.31	0.53	8.113	37
592	n	1.800	23.45	0.055	8.000	2.50	3.200	1165.25	3.45	0.42	8.166	37
597	e	1.800	194.30	0.087	3.501	3.00	1.167	2211.84	59.37	3.50	>> 1	37
599	e	1.800	79.40	0.215	3.501	3.00	1.167	366.85	17.73	1.43	>> 1	37
601	e	1.800	29.10	0.116	3.501	3.00	1.167	249.84	7.33	0.52	>> 1	37
606	e	1.825	501.96	0.225	3.501	3.00	1.167	2211.84	129.99	9.16	>> 1	9
608	e	1.825	179.41	0.485	4.200	3.00	1.400	440.22	30.29	3.27	9.252	9
610	e	1.825	75.37	0.299	4.200	3.00	1.400	299.81	16.08	1.38	>> 1	9
615	e	1.575	828.39	0.371	3.501	3.00	1.167	2211.84	173.58	13.05	>> 1	12
617	e	1.575	276.30	0.635	3.501	3.00	1.167	431.21	33.25	4.35	7.641	9
619	e	1.575	130.41	0.440	3.501	3.00	1.167	293.67	24.29	2.05	>> 1	9
624	e	1.575	834.33	0.361	5.319	3.00	1.773	3488.24	212.65	13.14	>> 1	12
627	e	1.825	531.05	0.229	5.319	3.00	1.773	3488.24	150.82	9.69	>> 1	9
630	e	1.800	200.86	0.087	5.319	3.00	1.773	3488.24	63.41	7.13	8.894	41
633	e	1.575	275.10	0.314	3.501	3.00	1.167	869.06	62.99	4.33	>> 1	9
636	e	1.575	517.24	0.326	3.501	3.00	1.167	1575.33	116.38	8.15	>> 1	9
638	e	1.575	156.62	0.245	3.501	3.00	1.167	635.18	39.53	2.47	>> 1	9
641	e	1.575	687.23	0.228	3.501	3.00	1.167	2983.90	177.20	10.82	>> 1	10

VERIFICA SISMICA DI COMPATIBILITA' DEGLI SPOSTAMENTI (ANALISI PUSHOVER)

(D.M.17.1.2018 (NTC18), §7.3.4.1, §7.8.1.5.4, §C8.7.1.4)

Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo della costruzione e la domanda di spostamento ottenute applicando il procedimento illustrato al §7.3.4.1. In ogni caso, per le costruzioni edifici in muratura nelle quali il rapporto tra il taglio totale agente sulla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico e il taglio alla base resistente del sistema equivalente ad un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare [§C.7.3.8: tale rapporto è definito come: $q^* = Se(T^*) m^* / Fy^*$] ecceda il valore 4.0 (per SLC; data la relazione che intercorre fra SLV e SLC è possibile considerare $q^* \leq 3.0$ nel caso di verifica per SLV), la verifica di sicurezza dovrà ritenersi non soddisfatta.

La rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente si individua tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente ad un taglio alla base pari a 0.7 volte il valore massimo (taglio massimo alla base). Il tratto orizzontale della curva bilineare si individua tramite l'uguaglianza delle aree sottese dalle curve tracciate fino allo spostamento ultimo del sistema.

In PCM, conformemente a §7.8.1.5.4, nello schema della muratura a telaio equivalente, i pannelli murari vengono caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza al limite elastico definita per mezzo della risposta flessionale o a taglio di cui ai punti §7.8.2.2 e §7.8.3.2. Il modello, ove non sia applicata l'ipotesi shear-type, tiene conto degli effetti connessi alla variazione delle forze verticali dovuta all'azione sismica e garantisce gli equilibri locali e globali. Qui di seguito si fornisce una descrizione dettagliata del procedimento di analisi statica non lineare.

Criteri generali:

Il concetto alla base dell'analisi sismica statica non lineare è che la capacità complessiva della struttura di sostenere le azioni sismiche può essere descritta dal comportamento della stessa sottoposta ad un sistema di forze statiche equivalenti incrementate fino a raggiungere il collasso, inteso come incapacità di continuare a sostenere i carichi verticali. 'Analisi pushover' significa 'analisi di spinta', intendendo appunto per 'spinta' l'applicazione delle forze orizzontali progressivamente incrementate.

Il sistema di forze in questione deve simulare in modo il più possibile realistico gli effetti di inerzia prodotti dal sisma nel piano orizzontale; essi, a loro volta, dipendono dalla risposta stessa della struttura, per cui il sistema di forze dovrebbe cambiare durante l'analisi: ciò corrisponde ad un adattamento della distribuzione delle forze al livello di danneggiamento (pushover adattivo).

La procedura può essere svolta attraverso una serie di analisi elastiche sequenziali sovrapposte dove il modello matematico della struttura (più precisamente la matrice di rigidezza), viene continuamente aggiornato, per tener conto della riduzione di rigidezza degli elementi che entrano in campo plastico.

La capacità di una struttura è pertanto rappresentata mediante una curva che ha come grandezze di riferimento il taglio alla base e lo spostamento di un punto di controllo dell'edificio (ad esempio: punto in copertura, generalmente coincidente con il baricentro, o a 2/3 dell'altezza).

Attraverso l'equivalenza dinamica tra sistema a più gradi di libertà (M-GDL) e sistema a 1 grado di libertà (1-GDL), la curva di capacità così ottenuta viene ricondotta ad un legame tipico di un oscillatore non lineare ad un grado di libertà, rendendo possibile un diretto confronto con la domanda sismica rappresentata in termini di spettro di risposta.

Sinteticamente, quindi, il metodo pushover è basato su un processo incrementale che simula la spinta orizzontale di forze statiche, equivalenti al sisma, su una struttura. Dopo ogni incremento del sistema di forze applicate, si verificano le condizioni dei componenti della struttura e si effettuano gli opportuni aggiornamenti del modello. L'analisi si arresta quando vengono raggiunte particolari condizioni limite.

Il metodo numerico implementato in PCM è un algoritmo di calcolo dedicato, secondo una traccia metodologica derivata dall'opera:

G. C. Beolchini, G. Di Pasquale, L. Gizzarelli: La valutazione delle prestazioni sismiche di strutture esistenti in cemento armato: indicazioni dalle Linee Guida NEHRP, Roma, Dicembre 2002 (volume in download da: <http://ssn.protezionecivile.it/RT/rtindex.html>)

e definita dal documento 'ATC 40'. In tale ambito, seguendo NTC08, agli elementi murari viene attribuito comportamento bilineare elastico-perfettamente plastico, quindi con rigidezza costante nella fase elastica, e nulla nella fase plastica.

Distribuzione di Forze:

L'analisi statica non lineare (analisi pushover) è caratterizzata da un sistema di forze statiche orizzontali applicate a livello dei solai, crescenti proporzionalmente: nel caso di distribuzione fissa, in modo tale da mantenere costante il rapporto fra le forze ai diversi piani; in caso di distribuzione adattiva, il rapporto fra le forze viene modificato in base all'aggiornamento dell'analisi modale.

L'analisi statica non lineare viene eseguita con una delle seguenti distribuzioni di forze:

Gruppo 1 (distribuzioni principali)

FISSE: i rapporti fra le forze orizzontali restano fissi nel corso del processo incrementale:

(A) ("triangolare") Forze proporzionali a quelle da utilizzarsi per l'analisi statica lineare

(B) (uni-modale) Forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrazione.

La forma modale sarà in generale diversa nella direzione X e nella direzione Y: quindi quando si parla di primo modo [sia per la distribuzione C) sia per la E)], si deve intendere il primo modo secondo X, per l'analisi X; il primo modo secondo Y, per l'analisi Y.

Questo è importante nelle analisi 3D (mentre nelle 2D la questione è ininfluente, perché il primo modo si riferirà all'unica direzione orizzontale del piano verticale 2D considerato).

Per riconoscere se il modo è secondo X o secondo Y si controlla se la massa modale efficace secondo X è $>$ o $<$ di quella secondo Y.

(C) (multi-modale) Forze corrispondenti alla distribuzione delle forze modali calcolate con analisi dinamica lineare, tenendo conto di tutti i modi considerati

(D) (multi-modale) Forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente ad una forma modale equivalente, tenendo conto di tutti i modi considerati

Gruppo 2 (distribuzioni secondarie)

(E) (uniforme) Forze proporzionali alle masse

ADATTIVE: la distribuzione di forze viene aggiornata ad ogni evoluzione di rigidezza, previa riesecuzione dell'analisi modale:

(F) (uni-modale) Forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrazione

(G) (multi-modale) Forze corrispondenti alla distribuzione delle forze modali calcolate con analisi dinamica lineare, tenendo conto di tutti i modi considerati

(H) (multi-modale) Forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente ad una forma modale equivalente, tenendo conto di tutti i modi considerati

Le distribuzioni (A)(B)(C) del Gruppo 1 e (E)(F)(G) del Gruppo 2 sono espressamente citate in §7.3.4.1. Le distribuzioni (D)(H) possono essere considerate distribuzioni multi-modali, alternative o complementari alle (C)(G).

Per edifici in muratura nuovi, con impalcati rigidi, si considereranno almeno una distribuzione del Gruppo 1 e almeno una del Gruppo 2, con le limitazioni previste:

(A) e (B) sono applicabili solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha massa partecipante non inferiore al 60% (§7.8.1.5.4); (C) solo se il periodo fondamentale è superiore a TC.

Per edifici in muratura esistenti, potranno essere utilizzate le distribuzioni (A)(E) indipendentemente dalla massa partecipante del primo modo (§C8.7.1.4).

Le distribuzioni (C)(G) dipendono dalle forze spettrali: pertanto, poichè a SLD (di danno) e SLV (ultimo) corrispondono due distinti spettri di risposta, l'analisi pushover si differenzia fra i due stati limite; ognuna delle due verifiche a SLD e SLV si effettua nel corrispondente diagramma. Per tutte le altre distribuzioni, il diagramma pushover SLD e SLV è coincidente, ed in esso sono eseguite

Direzioni di analisi:

L'analisi deve essere condotta nelle due direzioni ortogonali di riferimento (X e Y), ed è prevista la combinazione direzionale secondo §7.3.5.

- **ANALISI PIANE (2D):** gli edifici vengono scomposti in singoli telai, p.es. un telaio rappresentativo in direzione X (analisi statica non lineare in direzione X), ed un telaio rappresentativo in direzione Y (analisi statica non lineare in direzione Y).
 - **ANALISI SPAZIALI (3D):** considerando il modello nel suo complesso (modello tridimensionale dell'edificio) l'analisi è condotta separatamente prima secondo X, e poi secondo Y.
- In generale le strutture non sono simmetriche, per cui le analisi dovranno essere condotte anche secondo -X e secondo -Y.
In modelli 3D, dove si eseguono analisi X e analisi Y, la combinazione degli effetti nelle due direzioni orizzontali non deve essere applicata (§7.3.5).

Algoritmo di calcolo implementato in PCM

ANALISI STATICA NON SISMICA (ANALISI DI GRAVITA')

- 0. Analisi statica non sismica, con Combinazione di tipo sismico dei carichi verticali.
- Secondo §3.2.4, gli effetti statici da sommare agli effetti sismici sono forniti dalla seguente combinazione:
 $G_{1,1} + G_{2,2} + P + \Sigma(\psi_{2,j} \cdot Q_{k,j})$

ANALISI SISMICA INCREMENTALE

- Per ogni DISTRIBUZIONE DI FORZE da processare:
 esecuzione di una serie di analisi statiche non lineari. Vengono svolte:
 3D) analisi: +X, -X, +Y, -Y, con eventuali azioni torcenti aggiuntive (+/- Mt) e con contributo della direzione ortogonale ridotto del 30% a causa della simultaneità dell'evento nelle due direzioni di riferimento (+/- 30%).
 2D) al massimo 2 analisi: +X, -X.
- Una data analisi si articola nei seguenti passi:
Inizio Loop (=Ciclo incrementale) con incremento progressivo del Taglio alla Base
 1. Determinazione delle forze (secondo la distribuzione corrente) dovute all'incremento di taglio alla base
 2. Analisi sismica statica equivalente, nella sola direzione corrente (X o Y), con forze orizzontali correnti
 3. Noti gli incrementi di spostamento e di azioni interne, si calcolano i valori complessivi, sommandoli ai valori complessivi del passo precedente
 4. Archiviazione punto della curva di capacità (Spostamento punto di controllo - Taglio globale alla base)
 5. Verifiche della muratura. [La procedura esegue sempre automaticamente l'individuazione autocorrettiva del limite elastico. Se con l'incremento del ciclo corrente si oltrepassa il punto di crisi di un elemento, è possibile diminuire l'incremento e tornare all'inizio del ciclo corrente. Questa procedura viene seguita solo se si è scelto l'incremento di taglio autocorrettivo nei Parametri di Calcolo.]
 6. Se richiesto dai Parametri di Calcolo, si archivia tutta la configurazione strutturale (con le verifiche murarie)
 7. Se il modello deve essere aggiornato (alcuni elementi sono passati da verifica soddisfatta a non):
 - 7.1. Aggiornamento matrice rigidezze
 - 7.2. Fattorizzazione della matrice delle rigidezze aggiornata
 - 7.3. Se la matrice è singolare (non più invertibile): struttura labile, esce dal Loop
 - 7.4. In caso di forma modale: riesecuzione Analisi Modale con aggiornamento distribuzione forze
 8. Se uno o più elementi collassano, occorre ripartire dal punto 0. costruendo una nuova curva di capacità (sottocurva) dell'analisi corrente, che tenga conto fin dall'inizio degli elementi collassati e della diminuzione di rigidezza degli elementi plasticizzati anche se non ancora collassati. Si riesegue quindi l'Analisi di Gravità, seguita di nuovo dal Loop. La costruzione delle sottocurve successive termina quando sopraggiunge la condizione di labilità che fa uscire dal Loop *Termine Loop*
 9. Esame della curva di capacità; definizione di punti notevoli
 10. Verifica di sicurezza con oscillatore elastoplastico equivalente

Risultati dell'elaborazione per l'analisi pushover:

Le curve di capacità della struttura reale analizzata (sistema a più gradi di libertà: M-GDL) vengono rappresentate in diagrammi che riportano in ascisse lo Spostamento del punto di controllo, ed in ordinate il Taglio globale alla base. Per ogni curva, attraverso le relazioni di equivalenza dinamica, riportate al punto §C7.3.4.1, viene definita la corrispondente curva del sistema ad 1 grado di libertà equivalente 1-GDL, e successivamente il diagramma bilineare, attraverso il quale è possibile definire la domanda sismica (=spostamento richiesto secondo lo spettro di risposta) del sistema 1-GDL, ricondotta infine alla domanda per il sistema M-GDL.

Le verifiche di compatibilità degli spostamenti per il sistema reale M-GDL consistono nel confronto tra la domanda sismica e la capacità deformativa della struttura. Per il calcolo della domanda sismica, l'espressione degli spettri di risposta elastico $Se(T)$ e degli spettri di progetto per SLV e SLD è fornita in §3.2.3. Lo spettro di risposta elastico in termini di spostamento è dato da: $SDe(Ts) = Se(Ts) \cdot (T / 2\pi)^2$ (§3.2.3.2.3).

Sulla curva pushover (diagramma forza-spostamento), gli Stati Limite SLO SLD SLV SLC sono caratterizzati nel modo seguente:

- SLC:** lo spostamento ultimo a SLC è dato dal minore tra quelli forniti dalle seguenti due condizioni:
 - quello corrispondente ad un taglio di base residuo pari all'80% del massimo;
 - quello corrispondente al raggiungimento della soglia limite della deformazione angolare a SLC in tutti i maschi murari verticali di un qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza (questo controllo può essere omesso nelle analisi quando i diaframmi siano infinitamente rigidi o quando sia eseguita l'analisi di una singola parete).
- SLV:** lo spostamento ultimo a SLV, sulla bilineare equivalente sopra definita, è pari a 3/4 dello spostamento a SLC
- SLD:** lo spostamento corrispondente è il minore tra gli spostamenti ottenuti dalle seguenti due condizioni:
 - quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente, definita a partire dallo spostamento ultimo a SLC;
 - quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari verticali 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).
- SLO:** lo spostamento corrispondente è pari a 2/3 di quello allo SLD.

Per ogni diagramma pushover ed ogni stato limite analizzato, il risultato della verifica è esprimibile sotto forma di un indicatore di rischio, dato dal rapporto fra capacità e domanda. La verifica è soddisfatta quando l'indicatore è non minore del valore di riferimento in relazione al tipo di intervento (nuovo edificio, adeguamento o miglioramento di edificio esistente).

I risultati di PCM riportano fra l'altro la capacità della struttura in termini di PGA ed in particolare: **PGA,CLV** e **PGA,DLV**, valori di massima accelerazione al suolo consentita dall'edificio, definita dal valore in corrispondenza del quale vengono raggiunti, rispettivamente, lo stato limite ultimo SLV e lo stato limite di danno SLD. Unitamente al valore PGA, sono forniti il corrispondente periodo di ritorno TR e la probabilità di superamento P,VR relativa al periodo di riferimento VR. Il calcolo della capacità della struttura viene effettuato tramite un ciclo iterativo condotto sul periodo di ritorno TR: si varia il valore di TR fra gli estremi 30 e 2475 anni (estremi previsti dalla Normativa), ricercando il periodo di ritorno cui corrisponde la massima accelerazione a,g tale da soddisfare la verifica di sicurezza. Per soddisfare la verifica di sicurezza vengono considerate due condizioni contemporanee:

- 1) la domanda di spostamento (dipendente dallo spettro, e quindi dai valori di TR, ag e altri parametri correlati) deve essere \leq della capacità di spostamento definita dalla curva pushover;
- 2) il valore di $q^* = Se(T^*) m^* / Fy^*$ deve essere ≤ 3.0 (valore competente alla verifica per SLV).

Qualora la verifica di sicurezza sia soddisfatta per TR=2475 anni, la capacità della struttura viene qualificata con TR>=2475 anni (il D.M. 14.1.2008, nell'Allegato A dispone che nell'analisi siano considerati solo valori di TR compresi fra 30 e 2475 anni). Analogamente, se la verifica di sicurezza non è soddisfatta per TR=30 anni, la capacità della struttura viene qualificata con TR<=30 anni; i limiti assunti per PGA corrispondono ai limiti minimo e massimo di TR, secondo le corrispondenze definite dal reticolo di riferimento (Tab. 1, All.A al D.M. 14.1.2008).

Si osservi che a_g indica l'accelerazione al suolo su suolo rigido, mentre PGA può essere stata definita - nei Parametri di Calcolo - come a_g oppure come accelerazione al suolo tenendo conto degli effetti di suolo: il risultato in termini di PGA dipende quindi dal significato attribuito a PGA.

L'analisi statica non lineare eseguita da PCM fornisce inoltre il valore del **fattore di comportamento q** (§7.8.1.3), attraverso il calcolo del rapporto $\alpha u/\alpha 1$ dove:
 $\alpha 1$ = moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, il primo pannello murario significativo raggiunge la sua resistenza ultima (a taglio o a pressoflessione);

αu = 90% del moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, l'edificio raggiunge la massima forza resistente.

I valori del fattore di struttura sono i seguenti:

- Edifici nuovi: $q = q_0 KR$ (§7.3.1), dove:

per costruzioni in muratura ordinaria: $q_0 = 1.75 \alpha u/\alpha 1$; per costruzioni in muratura armata: $q_0 = 2.5 \alpha u/\alpha 1$; per costruzioni in muratura armata con progettazione in capacità: $q_0 = 3.0 \alpha u/\alpha 1$. KR=1 per edifici regolari in altezza; 0.8 altrimenti. In ogni caso, $\alpha u/\alpha 1$ non può essere assunto maggiore di 2.5;

- Edifici esistenti (rif.: Circ. 2009 del D.M. 14.1.2008): $q = 2.0 \alpha u/\alpha 1$ per edifici regolari in elevazione, $q = 1.5 \alpha u/\alpha 1$ negli altri casi.

1. RISULTATI ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

Azione Sismica

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso CU = 1.5

Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN*CU (anni) = 75

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.429778

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 43.010059

Tipo di interpolazione: superficie rigata [SCA]

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per i periodi di ritorno TR di riferimento

(dagli Studi di pericolosità sismica del sito di ubicazione dell'edificio [cfr. Tab. 1 All. B al D.M. 14.1.2008]):

TR (anni)	a _g (*g)	Fo	Tc*
30	0.061	2.489	0.270
50	0.076	2.477	0.280
72	0.089	2.457	0.287
101	0.103	2.441	0.290
140	0.117	2.430	0.290
201	0.135	2.423	0.297
475	0.182	2.434	0.310
975	0.228	2.459	0.320
2475	0.296	2.501	0.330

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

$ag(TR) = K * TR^{\alpha}$, dove:

$K = 0.014734700$, $\alpha = 0.419735820$

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.i)

SLE: SLO 81

SLE: SLD 63

SLU: SLV 10

SLU: SLC 5

ag(g) Fo Tc*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite (§3.2.3)

Stato Limite	TR (anni)	a _g (*g)	Fo	Tc* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)
SLO	45	0.073	2.479	0.278	1.600	0.178	0.533	1.892
SLD	75	0.091	2.455	0.287	1.600	0.181	0.544	1.964
SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	0.192	0.576	2.428
SLC	1462	0.255	2.477	0.324	1.305	0.195	0.585	2.620

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: E

Categoria topografica: T1

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analoga ad: $ag*S$, dove: $S=SS*ST$)

CURVA n° 1

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE
(DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2537793.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4920.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.89, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.89

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):

- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali ϕ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K, elast dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K, elast < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa $m^* = \sum(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1126.06
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \cdot \phi_i) / \sum(m_i \cdot \phi_i^2) = 1.327$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 7.45

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2595.33
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1691268.00 (=66.643% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.162
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.18
forza Fy^* (kN) = 3687.56

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.664 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = 4.34
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7331.78
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 3687.56
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.988$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = 9.84

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: d^*, max (mm) = 13.05

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 13.05

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.89

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.254 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 337 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 19.953 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	337	0.254	20.0

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.254/0.299 = 0.849$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = 337/712 = 0.473

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 2

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE
(DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2620219.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4920.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.88, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.88

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):

- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali ϕ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K, elast dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K, elast < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa $m^* = \sum(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1126.06
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \cdot \phi_i) / \sum(m_i \cdot \phi_i^2)$ = 1.327

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 7.44

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2595.33
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1753820.00 (=66.934% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.159
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.11
forza Fy^* (kN) = 3699.47

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , F_0 , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, F_v [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.657 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = 4.14$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7258.58$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = 3699.47$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.962$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = 9.45$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max \text{ (mm)} = 12.54$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 12.54

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.88

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.259 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 374 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 18.171 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	374	0.259	18.2

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.259/0.299 = 0.866$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 374/712 = 0.525$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 3

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE
(DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2543940.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4920.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.77, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.77

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):

- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali ϕ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K, elast dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K, elast < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa $m^* = \sum(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1126.06
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \cdot \phi_i) / \sum(m_i \cdot \phi_i^2) = 1.327$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 7.36

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2595.33
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1690262.00 (=66.443% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.162
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.18
forza Fy^* (kN) = 3689.69

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , F_0 , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.664 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = 4.34
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7332.90
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 3689.69
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.987$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = 9.84

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: d^*, max (mm) = 13.06

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 13.06

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.77

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.253 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 331 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 20.275 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	331	0.253	20.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.253/0.299 = 0.846$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = 331/712 = 0.465

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 4

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE
(DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2626711.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4920.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.85, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.85

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):

- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali ϕ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K, elast dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K, elast < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa $m^* = \sum(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1126.06
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \cdot \phi_i) / \sum(m_i \cdot \phi_i^2) = 1.327$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3707.61
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 7.42

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2595.33
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1765267.00 (=67.204% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.159
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.10
forza Fy^* (kN) = 3700.20

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.656 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = 4.11
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7246.20
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 3700.20
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.958$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = 9.39

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: d^*, max (mm) = 12.46

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 12.46

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.85

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.262 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 380 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 17.911 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	380	0.262	17.9

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.262/0.299 = 0.876$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = $380/712 = 0.534$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 5

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1878867.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4137.03
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.24
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4137.03

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 16.91, di cui dovuto alle forze orizzontali = 16.91

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i²) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i) / Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3057.67
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3057.67
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 12.50

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2140.37
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 920651.90 (=49.000% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.214
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = 3.12
 forza Fy* (kN) = 2876.14

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = 8.31$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7652.91$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = 2876.14$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.661$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = 17.09$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max \text{ (mm)} = 23.13$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 23.13

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 16.91

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.244 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 286 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 23.067 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	286	0.244	23.1

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha_v = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.244/0.299 = 0.816$
- in termini di TR: $\alpha_v = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 286/712 = 0.402$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3723.32

Rapporto α_u / α_1 calcolato = 62.055

Rapporto α_u / α_1 effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 6

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1893379.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4140.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.24
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4140.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 15.20, di cui dovuto alle forze orizzontali = 15.20

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione modale Γ = Σ(m_i*φ_i)/Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3059.87
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3059.87
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 11.24

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2141.91
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 824018.00 (=43.521% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.226
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = 3.65
 forza Fy* (kN) = 3005.43

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = 9.29$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7652.91$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = 3005.43$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.546$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = 18.01$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max \text{ (mm)} = 24.38$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 24.38

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 15.20

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.218 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 208 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 30.273 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	208	0.218	30.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.218/0.299 = 0.729$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 208/712 = 0.292$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3726.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 62.100

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 7

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE
(DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1885928.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4104.79
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.238
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4104.79

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 16.67, di cui dovuto alle forze orizzontali = 16.67

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):

- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali ϕ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K, elast dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K, elast < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa $m^* = \sum(m_i \phi_i^2)$ (k*kgm) = 1067.20
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \phi_i) / \sum(m_i \phi_i^2) = 1.353$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3033.85
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3033.85
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 12.32

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2123.69
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 927009.80 (=49.154% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.213
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 3.07
forza Fy^* (kN) = 2847.15

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , F_0 , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
e: SS, CC, S, TB, TC, TD, F_v [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = 8.26
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7652.91
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 2847.15
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.688$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = 17.08

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, max$ (mm) = 23.11

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 23.11

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 16.67

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.241 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 275 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 23.87 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	275	0.241	23.9

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.241/0.299 = 0.806$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = 275/712 = 0.386

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3694.31

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 61.572

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 8

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1888458.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 4140.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.24
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 4140.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 15.82, di cui dovuto alle forze orizzontali = 15.82

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7%
 (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i)/Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 3059.87
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 3059.87
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 11.69

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 2141.91
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 840390.60 (=44.501% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.224
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = 3.56
 forza Fy* (kN) = 2993.60

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = 9.11
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7652.91
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 2993.60
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.556$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = 17.82

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, max$ (mm) = 24.12

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 24.12

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 15.82

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.226 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 230 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 27.826 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	230	0.226	27.8

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.226/0.299 = 0.756$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = 230/712 = 0.323

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3726.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 62.100

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 9

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE) DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2626742.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4980.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.289
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4980.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.90, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.90

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali ϕ_{i} secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4%
 (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = $\sum(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1126.06
 Coefficiente di partecipazione $\Gamma = \sum(m_i \cdot \phi_i) / \sum(m_i \cdot \phi_i^2) = 1.327$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3752.83
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3752.83
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -7.46

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2626.98
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1762791.00 (=67.109% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = $2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.159
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.12
 forza Fy* (kN) = -3742.55

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.656 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -4.11$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7248.45$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -3742.55$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.937$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -9.34$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Delta d^*, \max \text{ (mm)} = -12.39$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -12.39

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.90

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.263 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 387 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 17.618 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	387	0.263	17.6

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = \text{PGA, CLV} / \text{PGA, DLV} = \zeta, E, \text{SLV, PGA} = 0.263/0.299 = 0.880$
- in termini di TR: $\alpha, V = \text{TR, CLV} / \text{TR, DLV} (= \text{TR in input per SLV}) = 387/712 = 0.544$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4482.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 74.700

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 10

**TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3**

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2543911.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4920.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.76, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.76

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
- completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
- masse di piano m_i traslazionali;
- corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
- piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
- spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i) (k*kgm) = 1126.06
Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i)/Σ(m_i*φ_i²) = 1.327

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -7.36

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2595.33
Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1696496.00 (=66.688% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.162
Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.18
forza Fy* (kN) = -3690.01

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.663 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -4.32$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7325.02$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -3690.01$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.985$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -9.80$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Delta d^*, \max \text{ (mm)} = -13.00$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -13.00

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.76

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.253 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 331 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 20.275 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	331	0.253	20.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.253/0.299 = 0.846$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 331/712 = 0.465$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 11

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE) DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2620189.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4920.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.87, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.87

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i) (k*kgm) = 1126.06
 Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i)/Σ(m_i*φ_i²) = 1.327

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -7.44

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2595.33
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1758044.00 (=67.096% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.159
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.10
 forza Fy* (kN) = -3699.79

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.657 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -4.13$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7254.08$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -3699.79$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.961$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -9.43$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Delta d^*, \max \text{ (mm)} = -12.51$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -12.51

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.87

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.259 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 374 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 18.171 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	374	0.259	18.2

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.259/0.299 = 0.866$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 374/712 = 0.525$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 12

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE) DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2537821.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4920.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.286
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4920.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.90, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.90

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (X): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 5 con massa modale efficace (in direzione X) pari a: 27.4% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	122.25		6.280
2		689.35	282.88		14.531
3		394.49	378.96	X	19.467

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i²) (k*kgm) = 1126.06
 Coefficiente di partecipazione modale Γ = Σ(m_i*φ_i) / Σ(m_i*φ_i²) = 1.327

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3707.61
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -7.46

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2595.33
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1697380.00 (=66.883% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.162
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.17
 forza Fy* (kN) = -3685.92

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.663 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -4.32$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7323.90$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -3685.92$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.987$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -9.80$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Delta d^*, \max \text{ (mm)} = -13.01$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -13.01

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.90

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.254 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 343 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 19.64 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	343	0.254	19.6

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.254/0.299 = 0.849$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 343/712 = 0.482$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4428.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 73.800

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 13

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1894485.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4140.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.24
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4140.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -15.04, di cui dovuto alle forze orizzontali = -15.04

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i²) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i) / Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3059.87
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3059.87
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -11.12

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2141.91
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 843304.90 (=44.514% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.224
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -3.56
 forza Fy* (kN) = -2999.50

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -9.08$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7652.91$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -2999.50$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.551$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -17.78$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Delta d^*, \max \text{ (mm)} = -24.06$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -24.06

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -15.04

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.221 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 212 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 29.797 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	212	0.221	29.8

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.221/0.299 = 0.739$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 212/712 = 0.298$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3726.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 62.100

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 14

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE) DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1879956.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4140.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.24
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4140.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -16.96, di cui dovuto alle forze orizzontali = -16.96

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i²) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione modale Γ = Σ(m_i*φ_i) / Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3059.87
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3059.87
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -12.54

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2141.91
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 922618.50 (=49.077% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.214
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -3.13
 forza Fy* (kN) = -2884.37

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -8.30$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7652.91$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -2884.37$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.653$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -17.06$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max \text{ (mm)} = -23.08$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -23.08

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -16.96

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.243 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 290 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 22.788 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	290	0.243	22.8

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.243/0.299 = 0.813$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 290/712 = 0.407$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3726.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 62.100

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 15

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1887359.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4200.00
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.244
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4200.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -15.98, di cui dovuto alle forze orizzontali = -15.98

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali ϕ_{i} secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = $\Sigma(m_i \cdot \phi_i)$ (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione modale $\Gamma = \Sigma(m_i \cdot \phi_i) / \Sigma(m_i \cdot \phi_i^2) = 1.353$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -3104.21
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -3104.21
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -11.81

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2172.95
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 821859.70 (=43.545% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = $2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.226
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -3.70
 forza Fy* (kN) = -3038.59

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 \text{ g}$
- in spostamento: $d^*, e, \max = S_{De}(T^*) \text{ (mm)} = -9.31$
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^* \text{ (kN)} = 7652.91$
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento $Fy^* \text{ (kN)} = -3038.59$
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.519$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, \max \text{ (mm)} = -17.98$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max \text{ (mm)} = -24.33$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -24.33

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -15.98

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.226 g corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 230 anni. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni, ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 27.826 % (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare: in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori, e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	230	0.226	27.8

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.226/0.299 = 0.756$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 230/712 = 0.323$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3780.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 63.000

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 16

TIPO DI CURVA: (A) LINEARE: PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE (DISTRIBUZIONE PRINCIPALE [GRUPPO 1]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE) DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 1884833.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -4050.54
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.235
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -4050.54

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -16.30, di cui dovuto alle forze orizzontali = -16.30

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stato scelto il calcolo con le sole masse traslazionali nella direzione di analisi;
 per ogni piano, risultano i seguenti parametri (elencati nel seguito):
 - completamente rigido: è tale un piano rigido (quindi con relazione master-slave) al quale non appartenga nessuna massa non riferita al nodo master. In tal caso, la massa di piano coincide con la massa concentrata nel nodo master e lo spostamento di piano è esattamente lo spostamento del nodo master;
 - masse di piano m_i traslazionali;
 - corrispondenti spostamenti modali φ_i secondo il modo principale nella direzione di analisi (Y): dall'analisi modale, il modo principale è il modo 2 con massa modale efficace (in direzione Y) pari a: 22.7% (i risultati dell'analisi modale sono riferiti alle rigidità utilizzate in analisi pushover, che possono differire dalle rigidità considerate in analisi modale. In Analisi Modale le rigidità considerate corrispondono al parametro %K_{elast} dei dati Aste e tengono quindi conto dell'eventuale rigidità fessurata (%K_{elast} < 100%); in Analisi Pushover al passo iniziale per maschi e fasce in muratura vengono considerate rigidità elastiche)
 - piano del Punto di Controllo (scelto a priori)
 - spostamenti normalizzati rispetto allo spostamento del punto di controllo (nel caso di piano deformabile, la massa di piano coincide con la somma delle masse di piano e lo spostamento del baricentro è dato dalla distanza fra il baricentro delle masse spostate -secondo la forma modale- ed il baricentro delle masse nella configurazione indeformata):

Piano	Compl. rigido	Massa (k*kgm)	Spostamento (mm)	Punto di controllo	Spostamento normalizzato
1		672.70	97.26		5.202
2		689.35	246.27		13.171
3		394.49	349.62	X	18.698

Dai parametri precedenti risulta:

Massa m* = Σ(m_i*φ_i²) (k*kgm) = 1067.20
 Coefficiente di partecipazione Γ = Σ(m_i*φ_i) / Σ(m_i*φ_i²) = 1.353

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -2993.75
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -2993.75
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -12.05

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -2095.63
 Rigidità elastica: K* (kN/m) = 965278.60 (=51.213% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.209
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.92
 forza Fy* (kN) = -2815.25

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a) attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;

Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	SS	CC	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:

- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_{De}(T^*)$ (mm) = -7.93
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 7652.91
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = -2815.25
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)

Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.718$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

q^* è funzione di due componenti:

1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.

Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile (e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input), verrà calcolato considerando un valore di ag, cioè una domanda, tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
- b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, max (mm) = -16.73

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: d^*, max (mm) = -22.65

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -22.65

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -16.30

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.241 g
corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 275 anni.
Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 23.87 %
(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	275	0.241	23.9

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.241/0.299 = 0.806$
- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR in input per SLV) = 275/712 = 0.386$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 3645.49

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 60.758

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 17

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3176930.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 6360.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.369
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 6360.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.12, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.12

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 6360.00
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 6360.00
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 9.12

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 4452.00
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2202535.00 (=69.329% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.177
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.88
forza Fy^* (kN) = 6346.85

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.698 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 5.46
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12030.54
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 6346.85
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.896$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = 11.26

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = 11.26

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 11.26

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.12

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.264 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 394 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 17.333 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	394	0.264	17.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.264 / 0.299 = 0.883$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 394 / 712 = 0.553$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5724.00

Rapporto $\alpha, u / \alpha, 1$ calcolato = 95.400

Rapporto $\alpha, u / \alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 18

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3265546.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 6300.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.366
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 6300.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 9.33, di cui dovuto alle forze orizzontali = 9.33

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 6300.00
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 6300.00
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 9.33

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 4410.00
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2269141.00 (=69.487% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.175
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.78
forza Fy^* (kN) = 6301.40

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.692 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 5.26
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 11928.66
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 6301.40
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.893$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = 10.95

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = 10.95

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 10.95

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 9.33

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.271 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 449 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 15.383 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	449	0.271	15.4

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.271/0.299 = 0.906$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 449/712 = 0.631$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5670.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 94.500

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 19

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3190936.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 6340.19
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.368
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 6340.19

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 11.08, di cui dovuto alle forze orizzontali = 11.08

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 6340.19
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 6340.19
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 11.08

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 4438.13
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2215195.00 (=69.421% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.177
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.85
forza Fy^* (kN) = 6317.23

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.697$ g
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 5.42
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12011.22
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 6317.23
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.901$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*,max (mm) = 11.22$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*,max (mm) = 11.22$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 11.22

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 11.08

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.296 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno $TR, CLV = 689$ anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento $VR = 75$ anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: $PVR = 10.314\%$

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	689	0.296	10.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.296/0.299 = 0.990$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR_{input} \text{ per SLV}) = 689/712 = 0.968$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5706.17

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 95.103

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 20

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3280341.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 6320.59
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.367
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 6320.59

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 10.68, di cui dovuto alle forze orizzontali = 10.68

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \Sigma(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 6320.59
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 6320.59
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 10.68

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 4424.42
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2283024.00 (=69.597% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.174
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 2.76
forza Fy^* (kN) = 6310.55

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.691$ g
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 5.22
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 11907.58
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 6310.55
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.887$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*,max (mm) = 10.87$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*,max (mm) = 10.87$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 10.87

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 10.68

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.296 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 678 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 10.472 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	678	0.296	10.5

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.296/0.299 = 0.990$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR_{input} \text{ per SLV}) = 678/712 = 0.952$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5688.54

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 94.809

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 21

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2362248.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 5229.01
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.304
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 5229.01

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 13.57, di cui dovuto alle forze orizzontali = 13.57

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 5229.01
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 5229.01
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 13.57

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 3660.30
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1365785.00 (=57.817% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.225
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 3.79
forza Fy^* (kN) = 5175.60

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 9.22
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 5175.60
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.434$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = 17.68

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = 17.68

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 17.68

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 13.57

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.252 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 325 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 20.608 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	325	0.252	20.6

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.252/0.299 = 0.843$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 325/712 = 0.456$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4706.11

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 78.435

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 22

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE (DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2380062.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 5282.57
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 5282.57

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 12.45, di cui dovuto alle forze orizzontali = 12.45

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
 La massa m* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa m* = $\Sigma(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
 Coefficiente di partecipazione Γ = 1.000

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 5282.57
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 5282.57
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 12.45

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 3697.80
 Rigidezza elastica: K* (kN/m) = 1325958.00 (=55.711% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = $2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.229
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = 3.95
 forza Fy* (kN) = 5236.28

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
 attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
 e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;
 Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
 - in accelerazione: S, e(T*) = 0.731 g
 - in spostamento: d*, e, max = S, De(T*) (mm) = 9.50
 - forza di risposta elastica = S, e(T*) m* (kN) = 12596.15
 (taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
 - forza di snervamento Fy* (kN) = 5236.28
 (taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
 Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: q* = 2.405

Controllo su q* secondo §7.8.1.6

q* <= 3.0: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q*

- q* è funzione di due componenti:
- 1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
- 2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
 il valore di q* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
 Se q* > =3.0 (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = 17.93

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = 17.93

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 17.93

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 12.45

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.235 g
 corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 259 anni.
 Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
 ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 25.142 %
 (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
 in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
 e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	259	0.235	25.1

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):
 - in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.235/0.299 = 0.786$
 - in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR$ in input per SLV) = $259/712 = 0.364$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.31

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.239

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 23

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2371630.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 5283.27
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 5283.27

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 13.79, di cui dovuto alle forze orizzontali = 13.79

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 5283.27
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 5283.27
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 13.79

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 3698.29
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1362280.00 (=57.441% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.226
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 3.82
forza Fy^* (kN) = 5207.26

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.731$ g
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 9.25
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 5207.26
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.419$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*,max (mm) = 17.67$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*,max (mm) = 17.67$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 17.67

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 13.79

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.254 g
 corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 343 anni.
 Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
 ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 19.64 %
 (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
 in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
 e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	343	0.254	19.6

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):
 - in termini di PGA: $\alpha, V = PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = \zeta, E, SLV, PGA = 0.254/0.299 = 0.849$
 - in termini di TR: $\alpha, V = TR_{CLV} / TR_{DLV}(=TR_{input} \text{ per SLV}) = 343/712 = 0.482$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.95

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.249

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 24

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: +Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: +Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2374885.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = 5282.62
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = 5282.62

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = 12.85, di cui dovuto alle forze orizzontali = 12.85

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = 5282.62
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = 5282.62
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = 12.85

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = 3697.84
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1331372.00 (=56.060% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.228
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = 3.93
forza Fy^* (kN) = 5225.67

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = - V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = 9.46
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = 5225.67
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.410$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = 17.90

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = 17.90

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = 17.90

Capacità di spostamento a SLV (mm) = 12.85

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.241 g
 corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 275 anni.
 Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
 ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 23.87 %
 (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
 in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
 e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	275	0.241	23.9

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):
 - in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.241/0.299 = 0.806$
 - in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 275/712 = 0.386$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.36

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.239

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 25

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE (DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3280344.00
 Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -6321.05
 Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
 Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
 Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.367
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -6321.05

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
 - iniziale = 0.00
 - al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -10.70, di cui dovuto alle forze orizzontali = -10.70

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
 La massa m* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa m* = $\Sigma(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
 Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -6321.05
 Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -6321.05
 Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -10.70

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -4424.73
 Rigidezza elastica: K* (kN/m) = 2285709.00 (=69.679% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
 Periodo elastico: T* = $2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.174
 Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.76
 forza Fy* (kN) = -6311.01

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
 PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
 Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
 attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
 e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
 SS = coefficiente di sottosuolo;
 CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
 S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
 TB, TC, TD = periodi di spettro;
 Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
 - in accelerazione: S, e(T*) = 0.691 g
 - in spostamento: d*, e, max = S, De(T*) (mm) = -5.21
 - forza di risposta elastica = S, e(T*) m* (kN) = 11904.07
 (taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
 - forza di snervamento Fy* (kN) = -6311.01
 (taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
 Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: q* = 1.886

Controllo su q* secondo §7.8.1.6

q* <= 3.0: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q*

- q* è funzione di due componenti:
- 1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
- 2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
 il valore di q* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
 Se q* > =3.0 (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*,max (mm) = -10.85$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*,max (mm) = -10.85$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -10.85

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -10.70

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.296 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno $TR, CLV = 689$ anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento $VR = 75$ anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: $PVR = 10.314\%$

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	689	0.296	10.3

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.296/0.299 = 0.990$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR_{input} \text{ per SLV}) = 689/712 = 0.968$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5688.94

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 94.816

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 26

**TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X + 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3**

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3190934.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -6348.37
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.369
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -6348.37

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -11.09, di cui dovuto alle forze orizzontali = -11.09

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione Γ=1.000 per la distribuzione di forze (E).
La massa m* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa m* = Σ(m, i) (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione Γ = 1.000

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -6348.37
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -6348.37
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -11.09

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -4443.86
Rigidità elastica: K* (kN/m) = 2216009.00 (=69.447% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.177
Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -2.85
forza Fy* (kN) = -6323.69

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV
e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: S, e(T*) = 0.697 g
- in spostamento: d*, e, max = S, De(T*) (mm) = -5.42
- forza di risposta elastica = S, e(T*) m* (kN) = 12009.46
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy* (kN) = -6323.69
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: q* = 1.899

Controllo su q* secondo §7.8.1.6

q* <= 3.0: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q*

- q* è funzione di due componenti:
 - 1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - 2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se q* > =3.0 (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*,max (mm) = -11.21$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*,max (mm) = -11.21$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -11.21

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -11.09

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.298 g
 corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 700 anni.
 Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
 ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 10.16 %
 (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
 in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
 e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	700	0.298	10.2

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):
 - in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.298/0.299 = 0.997$
 - in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR_{input} \text{ per SLV}) = 700/712 = 0.983$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5713.53

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 95.226

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 27

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3265543.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -6300.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.366
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -6300.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.36, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.36

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \Sigma(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -6300.00
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -6300.00
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -9.36

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -4410.00
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2273414.00 (=69.618% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.175
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = -2.77
forza Fy^* (kN) = -6299.95

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S_e(T^*) = 0.692 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S_e(T^*) m^*$ (mm) = -5.24
- forza di risposta elastica = $S_e(T^*) m^*$ (kN) = 11923.39
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = -6299.95
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.892$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = -10.93

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = -10.93

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -10.93

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.36

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.272 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 456 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 15.166 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	456	0.272	15.2

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.272/0.299 = 0.910$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 456/712 = 0.640$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5670.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 94.500

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 28

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -X
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -X - 0.3 Y
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 3176932.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -6360.00
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.369
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -6360.00

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -9.17, di cui dovuto alle forze orizzontali = -9.17

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (X):

Massa $m^* = \sum(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -6360.00
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -6360.00
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -9.17

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -4452.00
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 2203910.00 (=69.372% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.177
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = -2.88
forza Fy^* (kN) = -6342.25

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.698$ g
- in spostamento: $d^*, e, \max = S, De(T^*)$ (mm) = -5.46
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12028.79
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = -6342.25
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 1.897$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = $ag_{sostenibile} / ag_{input}$),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: $d^*, max (mm) = -11.26$

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, max (mm) = -11.26$

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -11.26

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -9.17

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.265 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno $TR, CLV = 400$ anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento $VR = 75$ anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: $PVR = 17.097\%$

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	400	0.265	17.1

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.265/0.299 = 0.886$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR_{input} \text{ per SLV}) = 400/712 = 0.562$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 5724.00

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 95.400

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 29

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2382213.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -5283.22
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -5283.22

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -13.09, di cui dovuto alle forze orizzontali = -13.09

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -5283.22
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -5283.22
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -13.09

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -3698.25
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1326839.00 (=55.698% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.229
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = -3.95
forza Fy^* (kN) = -5245.19

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.731$ g
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = -9.49
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = -5245.19
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.401$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = -17.91

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = -17.91

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -17.91

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -13.09

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.243 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 290 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 22.788 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	290	0.243	22.8

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.243/0.299 = 0.813$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 290/712 = 0.407$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.89

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.248

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 30

**TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y + 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3**

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2364367.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -5228.69
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.304
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -5228.69

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al Limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -13.00, di cui dovuto alle forze orizzontali = -13.00

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa m* = $\Sigma(m_i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -5228.69
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -5228.69
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -13.00

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -3660.08
Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1369764.00 (=57.934% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: T* = $2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.225
Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -3.78
forza Fy* (kN) = -5172.80

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: S, e(T*) = 0.731 g
- in spostamento: d*, e, max = S, De(T*) (mm) = -9.20
- forza di risposta elastica = S, e(T*) m* (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy* (kN) = -5172.80
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: q* = 2.435

Controllo su q* secondo §7.8.1.6

q* <= 3.0: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q*

q* è funzione di due componenti:
1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
Se q* > =3.0 (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = -17.65

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = -17.65

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -17.65

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -13.00

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.243 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 291 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 22.72 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	291	0.243	22.7

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.243/0.299 = 0.813$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 291/712 = 0.409$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4705.82

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 78.430

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 31

TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): + MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2372747.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -5282.81
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -5282.81

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -12.96, di cui dovuto alle forze orizzontali = -12.96

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m^* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione $\Gamma=1.000$ per la distribuzione di forze (E).
La massa m^* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa $m^* = \Sigma(m, i)$ (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione $\Gamma = 1.000$

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -5282.81
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -5282.81
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -12.96

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -3697.97
Rigidità elastica: K^* (kN/m) = 1326586.00 (=55.909% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: $T^* = 2(m^*/K^*)$ (sec) = 0.229
Punto di snervamento: spostamento dy^* (mm) = -3.94
forza Fy^* (kN) = -5232.08

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: $T, R = -V, R / [1 - \ln(1 - PVR)]$

Valori dei parametri ag , Fo , TC^* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
 ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
 Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
 TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: $S, e(T^*) = 0.731 g$
- in spostamento: $d^*, e, max = S, De(T^*)$ (mm) = -9.50
- forza di risposta elastica = $S, e(T^*) m^*$ (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy^* (kN) = -5232.08
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: $q^* = 2.407$

Controllo su q^* secondo §7.8.1.6

$q^* \leq 3.0$: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q^*

- q^* è funzione di due componenti:
- proprietà di namiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
 - spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q^* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
- Se $q^* > 3.0$ (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = -17.93

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = -17.93

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -17.93

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -12.96

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.241 g

corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 280 anni.

Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,

ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 23.498 %

(rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:

in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,

e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	280	0.241	23.5

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):

- in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.241/0.299 = 0.806$

- in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 280/712 = 0.393$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.53

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.242

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$

CURVA n° 32

**TIPO DI CURVA: (E) UNIFORME: FORZE PROPORZIONALI ALLE MASSE
(DISTRIBUZIONE SECONDARIA [GRUPPO 2]. RAPPORTI TRA FORZE FISSI NEL CORSO DEL PROCESSO INCREMENTALE)
DIREZIONE E VERSO: -Y
ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE (MOMENTO TORCENTE AGGIUNTIVO): - MT
COMBINAZIONE COMPONENTI: -Y - 0.3 X
PUNTO DI CONTROLLO: CENTRO DI MASSA DEL PIANO 3**

VERIFICA DI SICUREZZA per SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita)

Sistema reale M-GDL (a più gradi di libertà):

Rigidità iniziale (elastica) (kN/m) = 2369498.00
Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, M-GDL (kN) = -5282.93
Peso sismico totale W (kN) = 17225.77
Massa sismica totale M (k*kgm) = 1756.54
Rapporto forza/peso (F, Max, M-GDL / W) = 0.307
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, M-GDL (kN) = -5282.93

Punto di controllo ubicato al 3° piano. Spostamento orizzontale: dc (mm):
- iniziale = 0.00
- al limite ultimo: dc, SLV, M-GDL = -13.99, di cui dovuto alle forze orizzontali = -13.99

Sistema equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

Calcolo della Massa m* e del Fattore di partecipazione modale Γ (§C7.3.4.1):

è stata scelta l'opzione Γ=1.000 per la distribuzione di forze (E).
La massa m* è pari alla somma delle masse traslazionali nella direzione di analisi (Y):

Massa m* = Σ(m, i) (k*kgm) = 1756.54
Coefficiente di partecipazione Γ = 1.000

Resistenza massima (taglio alla base): F, Max, 1-GDL = (F, Max, M-GDL / Γ) (kN) = -5282.93
Resistenza a SLV (Stato Limite ultimo): F, SLV, 1-GDL = (F, SLV, M-GDL / Γ) (kN) = -5282.93
Spostamento a SLV (Stato Limite ultimo): d, SLV, 1-GDL = (d, SLV, M-GDL / Γ) (mm) = -13.99

Sistema bi-lineare equivalente 1-GDL (a 1 grado di libertà):

70% della Resistenza massima del sistema 1-GDL = 70% F, Max, 1-GDL (kN) = -3698.05
Rigidità elastica: K* (kN/m) = 1358783.00 (=57.345% della rigidità elastica del sistema M-GDL)
Periodo elastico: T* = 2(m*/K*) (sec) = 0.226
Punto di snervamento: spostamento dy* (mm) = -3.83
forza Fy* (kN) = -5197.39

Stato Limite SLV e relativa probabilità di superamento (§3.2.1):
PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V, R = 10 %
Da PVR e V, R, per SLV risulta definito il valore di T, R (§ All. a)
attraverso la relazione: T, R = - V, R / [1 - ln(1 - PVR)]

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati allo Stato Limite SLV

e: SS, CC, S, TB, TC, TD, Fv [§3.2.3], dove:
ag = accelerazione orizzontale massima al sito,
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
SS = coefficiente di sottosuolo;
CC = coefficiente per TC dipendente dal sottosuolo;
S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
TB, TC, TD = periodi di spettro;
Fv = fattore di amplificazione spettrale massima per spettro in accelerazione verticale:

Stato Limite	TR	a, g	Fo	TC*	SS	CC	S	TB	TC	TD	Fv
	(anni)	(*g)		(sec)				(sec)	(sec)	(sec)	
SLU: SLV	712	0.207	2.448	0.316	1.443	1.823	1.443	0.192	0.576	2.428	1.504

Risposta massima in spostamento del sistema equivalente:

Risposta del sistema elastico di pari periodo:
- in accelerazione: S, e(T*) = 0.731 g
- in spostamento: d*, e, max = S, De(T*) (mm) = -9.27
- forza di risposta elastica = S, e(T*) m* (kN) = 12596.15
(taglio totale agente sulla base del sistema equivalente 1-GDL calcolato dallo spettro di risposta elastico);
- forza di snervamento Fy* (kN) = -5197.39
(taglio alla base resistente del sistema equivalente 1-GDL ottenuto dall'analisi non lineare)
Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento: q* = 2.423

Controllo su q* secondo §7.8.1.6

q* <= 3.0: la verifica di sicurezza (confronto tra capacità e domanda) può essere eseguita.

Nota su q*

q* è funzione di due componenti:
1. proprietà dinamiche dell'oscillatore (dalla curva di capacità);
2. spettro di risposta, dipendente dall'accelerazione ag in input:
il valore di q* sopra riportato corrisponde quindi ad ag in input.
Se q* > =3.0 (SLV), la verifica di sicurezza non è soddisfatta, indipendentemente dal rapporto tra capacità e domanda. Il valore di ag sostenibile

(e quindi dell'indicatore di rischio = ag sostenibile / ag in input),
 verrà calcolato considerando un valore di ag , cioè una domanda,
 tale da garantire contemporaneamente le due seguenti condizioni:
 a) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC)
 b) capacità \geq domanda (in termini di spostamento)

Risposta in spostamento del sistema anelastico: d^*, \max (mm) = -17.71

Conversione della risposta equivalente in quella effettiva dell'edificio:

Spostamento effettivo di risposta del punto di controllo: $\Gamma d^*, \max$ (mm) = -17.71

Verifica di sicurezza (§7.3.4.1 - §7.8.1.5.4 - §C7.3.4.1 - §C7.8.1.5.4):

Domanda sismica in spostamento (mm) = -17.71

Capacità di spostamento a SLV (mm) = -13.99

SLV: Capacità < Domanda

Verifiche per edifici strategici o importanti:

SLV: Capacità in termini di PGA (PGA, CLV) = 0.256 g
 corrispondente, per il sito di ubicazione dell'edificio, al periodo di ritorno TR, CLV = 354 anni.
 Tale accelerazione, nel periodo di riferimento VR = 75 anni,
 ha la probabilità di essere superata pari a: PVR = 19.093 %
 (rispetto ai valori di progetto per SLV - sopra riportati - deve risultare:
 in caso di verifica di sicurezza non soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV minori,
 e PVR, CLV maggiore; per verifica soddisfatta, PGA, CLV e TR, CLV maggiori, e PVR, CLV minore).

Riepilogo per SLV

	TR (anni)	PGA (*g)	PVR (%)
Domanda	712	0.299	10.0
Capacità	354	0.256	19.1

Indicatore di Rischio Sismico

(indicatore di rischio = rapporto tra capacità e domanda):
 - in termini di PGA: $\alpha, V = PGA, CLV / PGA, DLV = \zeta, E, SLV, PGA = 0.256/0.299 = 0.856$
 - in termini di TR: $\alpha, V = TR, CLV / TR, DLV (=TR \text{ in input per SLV}) = 354/712 = 0.497$

Nota sul metodo di calcolo dell'indicatore di rischio sismico

Il calcolo degli indicatori 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) $q^* \leq 3.0$ (§da 7.8.1.6, con riferimento a SLV; ciò corrisponde a: $q^* \leq 4.0$ per SLC).

Calcolo del Fattore di Comportamento 'q' (§7.8.1.3 - §C8.7.1.2):

Taglio di prima plasticizzazione (kN) = 60.00

90% del Taglio massimo (kN) = 4754.64

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ calcolato = 79.244

Rapporto $\alpha, u/\alpha, 1$ effettivo = 2.500

Edificio regolare in altezza: $q = 5.000$