

CORPI DI FABBRICA B3+B1: ALLEGATO TECNICO

1	Introduzione	2
2	Dati di progetto e livello di conoscenza raggiunto	2
3	Analisi della vulnerabilità sismica relativa allo stato di fatto	2
3.1.	Procedura di analisi ed ipotesi di calcolo	2
3.2.	Determinazione dell'indicatore di rischio sismico	3
4	Ipotesi di intervento.....	13

1 Introduzione

La presente relazione riassume, dal punto di vista tecnico, gli esiti delle verifiche sismiche condotte allo stato di fatto (Analisi di *Vulnerabilità sismica* condotta ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008) comparate con quelle effettuate a seguito delle ipotesi di miglioramento descritte nella relazione generale.

2 Dati di progetto e livello di conoscenza raggiunto

Le informazioni raccolte relativamente all'edificio in oggetto hanno consentito di ricondurre la conoscenza della struttura al livello LC2 e quindi al corrispondente fattore di confidenza $FC = 1,20$. Tutti i dettagli relativi alle procedure per la valutazione della sicurezza (analisi storico-critica, rilievo e caratterizzazione meccanica dei materiali) sono contenuti all'interno dei documenti che costituiscono la *Valutazione di vulnerabilità sismica* dell'edificio redatta in data 31/01/2011 dallo studio IN.AR.CO. s.r.l. di Udine.

3 Analisi della vulnerabilità sismica relativa allo stato di fatto

3.1. Procedura di analisi ed ipotesi di calcolo

Ai sensi della Tabella C8A.1.2 di cui al § C8A.1.B.3 della Circolare C.S.LL.PP. n.° 617 del 02/02/2009, il raggiungimento del livello di conoscenza LC2 consente l'utilizzo di un'analisi statica non lineare per la determinazione dell'indicatore di rischio sismico.

Il corpo di fabbrica in esame è stato pertanto modellato utilizzando il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Gen 2013 v. 1.1 (Midas Information Technology Company), schematizzando pilastri e travi con elementi "beam", assumendo vincoli di incastro perfetto alla base della struttura e considerando vincoli di piano rigido del tipo master-slave in corrispondenza degli impalcati di piano primo e secondo.

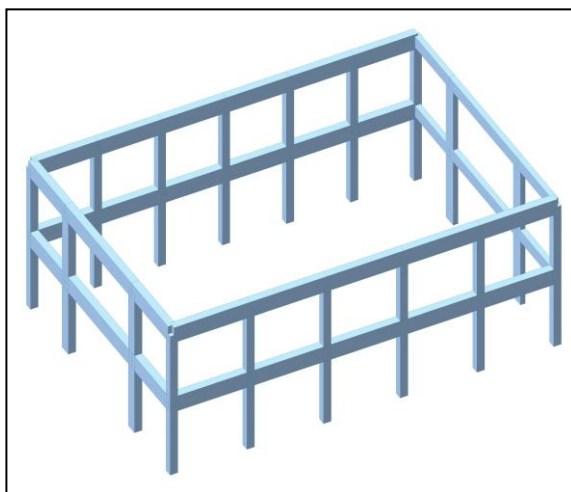
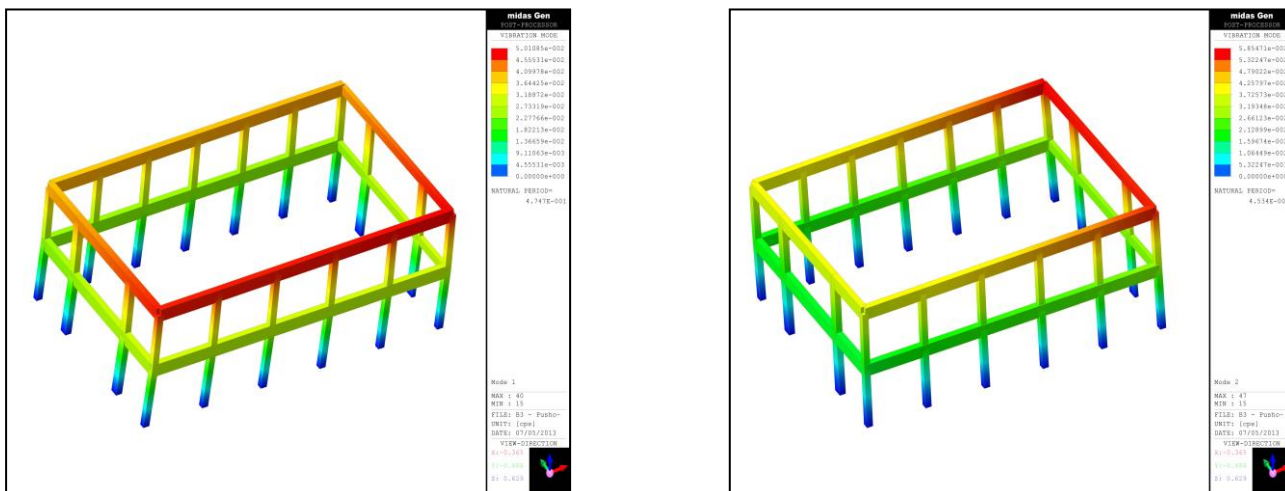


Immagine del modello di calcolo agli elementi finiti



Modi di vibrare 1 (traslazione in direzione X, massa associata = 92,12%) e 2 (traslazione in direzione Y, massa associata = 86,16%)

3.2. Determinazione dell'indicatore di rischio sismico

Come descritto in precedenza, la determinazione dell'indicatore di rischio sismico viene eseguita tramite una analisi statica non lineare effettuata ai sensi del § C8.7.2.4 della Circolare C.S.LL.PP. n.° 617 del 02/02/2009 e del § 7.3.4.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare, per ogni direzione e verso dell'azione sismica, si considerano due condizioni di spinta, una corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare (applicabile in quanto entrambi i modi di vibrare principali hanno una massa partecipante superiore al 75%), l'altra derivata da una distribuzione uniforme delle accelerazioni lungo l'altezza della costruzione. In entrambi i casi si considera una condizione iniziale di carico costituita dai carichi permanenti e da quelli variabili moltiplicati per il coefficiente ψ_2 . Le distribuzioni di forze vengono quindi scalate in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo coincidente con il baricentro del piano secondo.

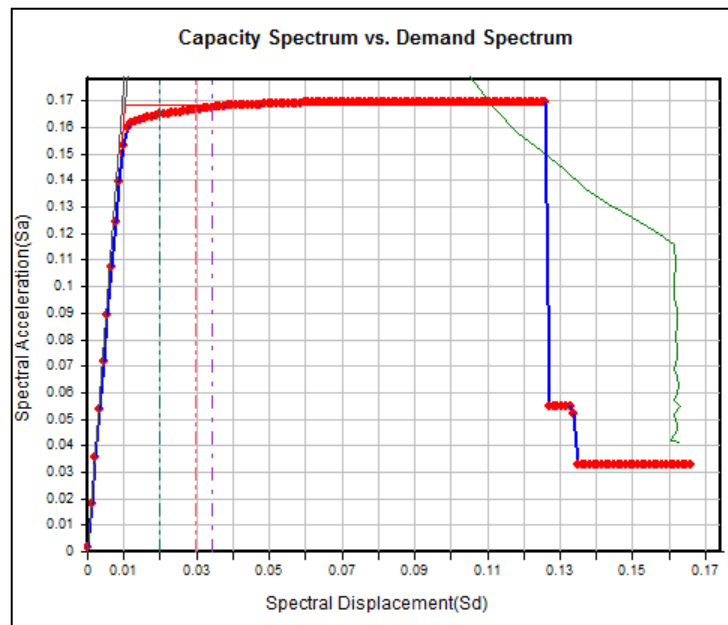
Condizione di carico	Descrizione
PUSH1_+X	Distribuzione di forze proporzionale alla forma del modo di vibrare in direzione +X
PUSH1_-X	Distribuzione di forze proporzionale alla forma del modo di vibrare in direzione -X
PUSH1_+Y	Distribuzione di forze proporzionale alla forma del modo di vibrare in direzione +Y
PUSH1_-Y	Distribuzione di forze proporzionale alla forma del modo di vibrare in direzione -Y
PUSH2_+X	Distribuzione di forze proporzionale alle masse in direzione +X
PUSH2_-X	Distribuzione di forze proporzionale alle masse in direzione -X
PUSH2_+Y	Distribuzione di forze proporzionale alle masse in direzione +Y
PUSH2_-Y	Distribuzione di forze proporzionale alle masse in direzione -Y

Tabella delle condizioni di spinta per l'analisi statica non lineare



Punto di controllo per l'analisi statica non lineare

Condizione di spinta PUSH1 +X



$m^* = 572,31$ tonn

massa del sistema SDOF

$\Gamma = 1,206$

fattore di partecipazione modale

$F_y^* = 944,19$ kN

forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF

$T^* = 0,499$ s

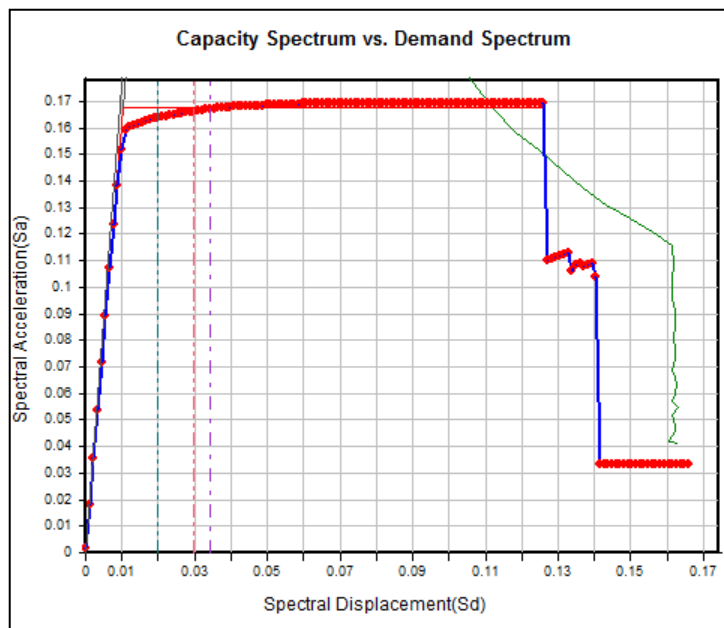
periodo elastico del sistema SDOF

$T_C = 0,475$ s

periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,554 \text{ g}$ accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{\max}^* = 0,0342 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{\max} = 0,0413 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0067 \text{ m}$ capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 5, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,16$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

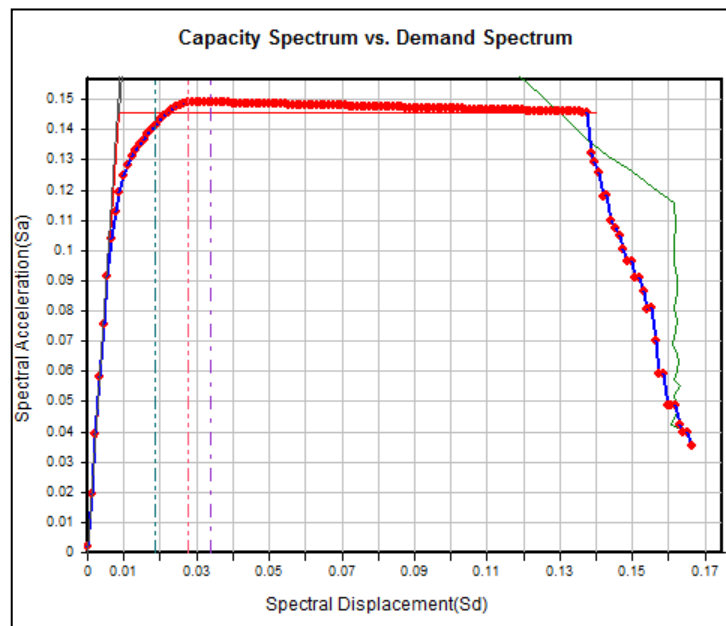
Condizione di spinta PUSH1 -X



- $m^* = 572,31 \text{ tonn}$ massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,206$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 941,58 \text{ kN}$ forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,499 \text{ s}$ periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475 \text{ s}$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,554 \text{ g}$ accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{\max}^* = 0,0342 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{\max} = 0,0413 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0080 \text{ m}$ capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 6, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,19$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

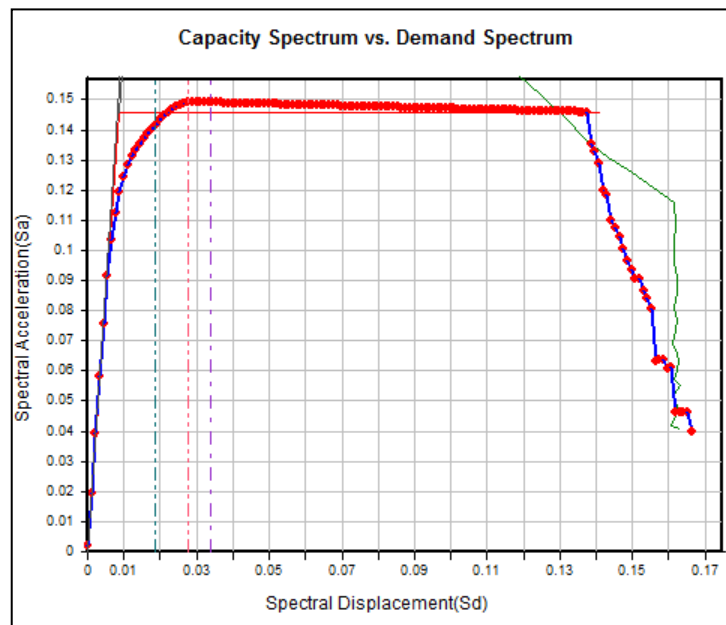
Condizione di spinta PUSH1 +Y



- $m^* = 536,82 \text{ tonn}$ massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,202$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 767,41 \text{ kN}$ forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,493 \text{ s}$ periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475 \text{ s}$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,560$ g accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{max}^* = 0,0338$ m domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{max} = 0,0407$ m domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0160$ m capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 12, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,39$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

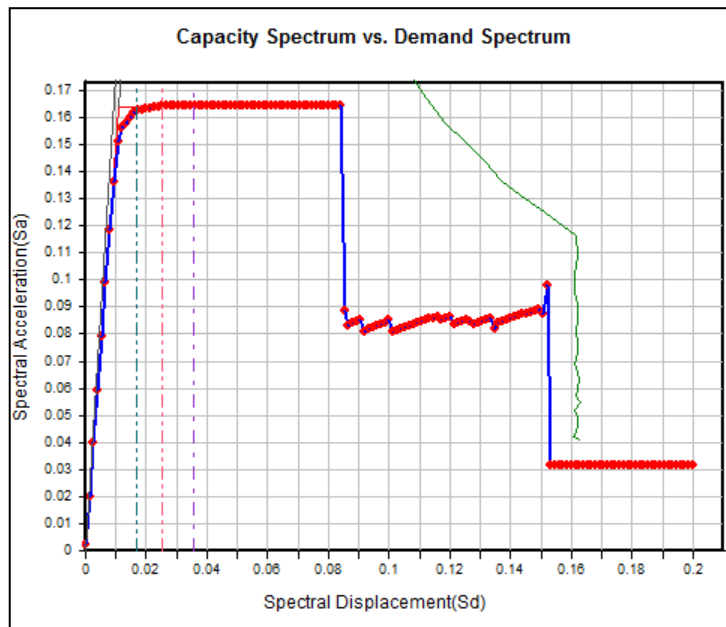
Condizione di spinta PUSH1 -Y



- $m^* = 536,82$ tonn massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,202$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 767,63$ kN forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,493$ s periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475$ s periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,560$ g accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{max}^* = 0,0338$ m domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{max} = 0,0407$ m domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0133$ m capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 10, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,33$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

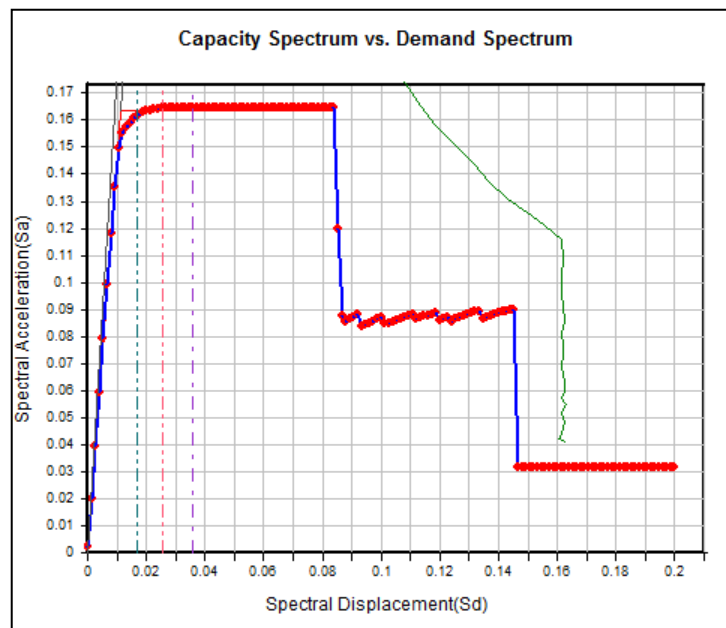
Condizione di spinta PUSH2 +X



- $m^* = 749,09$ ton massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,000$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 1201,74$ kN forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,521$ s periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475$ s periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,531 \text{ g}$ accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{\max}^* = 0,0357 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{\max} = 0,0357 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0067 \text{ m}$ capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 5, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,19$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

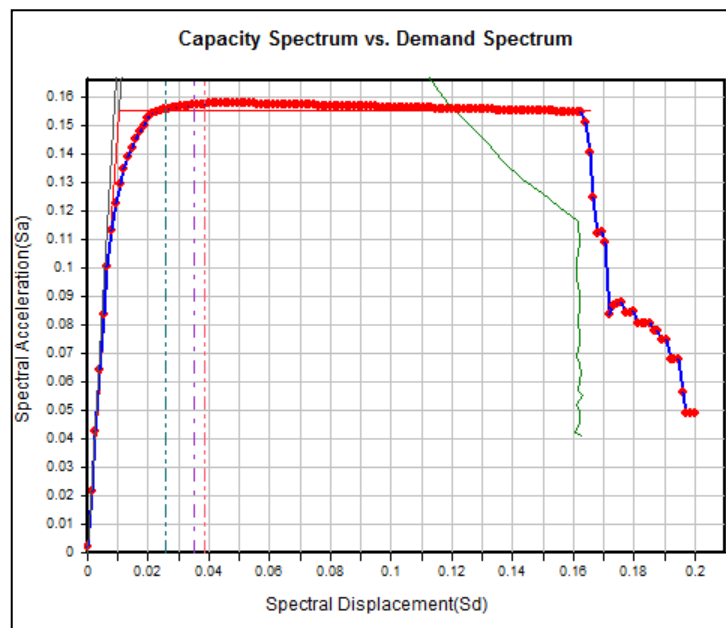
Condizione di spinta PUSH2 -X



- $m^* = 749,09 \text{ tonn}$ massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,000$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 1202,34 \text{ kN}$ forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,521 \text{ s}$ periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475 \text{ s}$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,531 \text{ g}$ accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{\max}^* = 0,0357 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{\max} = 0,0357 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0067 \text{ m}$ capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 5, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,19$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

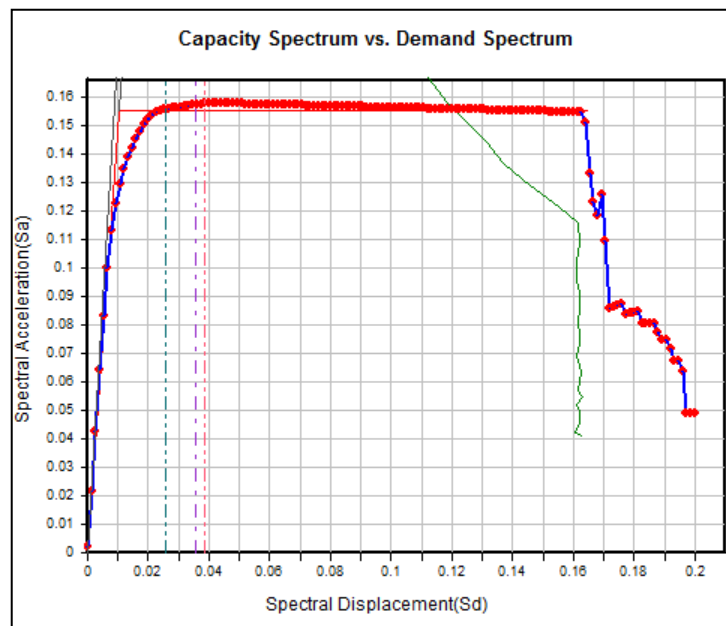
Condizione di spinta PUSH2 +Y



- $m^* = 749,09 \text{ tonn}$ massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,000$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 1138,24 \text{ kN}$ forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,515 \text{ s}$ periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475 \text{ s}$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,537 \text{ g}$ accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{\max}^* = 0,0353 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{\max} = 0,0353 \text{ m}$ domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0133 \text{ m}$ capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 10, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,38$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

Condizione di spinta PUSH2 -Y



- $m^* = 749,09 \text{ tonn}$ massa del sistema SDOF
- $\Gamma = 1,000$ fattore di partecipazione modale
- $F_y^* = 1139,17 \text{ kN}$ forza di plasticizzazione della curva bilineare equivalente del sistema SDOF
- $T^* = 0,515 \text{ s}$ periodo elastico del sistema SDOF
- $T_C = 0,475 \text{ s}$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

- $S_e(T^*) = 0,537$ g accelerazione desunta dallo spettro di risposta elastico allo SLV
- $d_{max}^* = 0,0353$ m domanda in spostamento del sistema SDOF
- $d_{max} = 0,0353$ m domanda in spostamento del sistema MDOF
- $d_u = 0,0120$ m capacità in spostamento del sistema MDOF valutato in corrispondenza dello step di carico 9, oltre il quale non sono più soddisfatte tutte le verifiche locali (compatibilità delle rotazioni per gli elementi duttili e delle resistenze per quelli fragili)
- $S.F. = 0,34$ fattore di sicurezza nei confronti dell'azione sismica di progetto (rapporto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento)

Alla luce di quanto esposto l'indicatore del rischio sismico α_{SLV} risulta pari a **0,16** (pari al minore tra i valori determinati in precedenza).

Allo Stato limite di Danno (SLD) si ha:

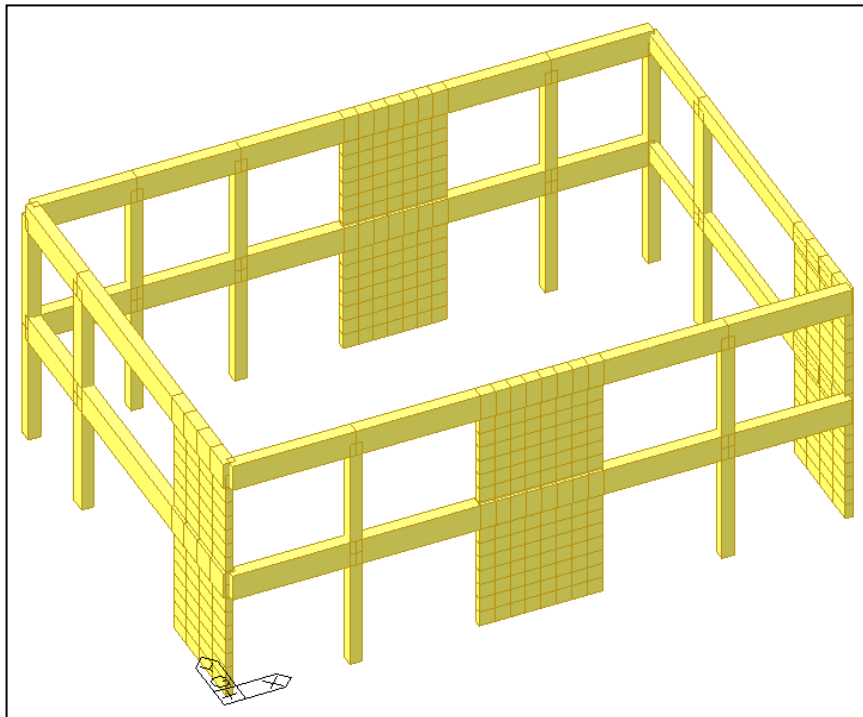
Condizione di carico	D	C	α
PUSH1_+X	0.001098	0.006635	0.60
PUSH1_-X	0.01098	0.006635	0.60
PUSH1_+Y	0.01086	0.003327	0.31
PUSH1_-Y	0.01085	0.003327	0.30
PUSH2_+X	0.01148	0.008000	0.70
PUSH2_-X	0.01148	0.008000	0.70
PUSH2_+Y	0.01134	0.005333	0.47
PUSH2_-Y	0.01135	0.005333	0.47

Tabella delle condizioni di spinta per l'analisi statica non lineare

Alla luce di quanto esposto l'indicatore del rischio sismico α_{SLD} risulta pari a **0,30** (pari al minore tra i valori tabellati).

4 Ipotesi di intervento

Le ipotesi di intervento, descritte nella relazione generale, sono state riassunte in un modello di calcolo di progetto (preliminare) agendo sulle geometrie e sulle proprietà dei materiali.



Ipotesi di intervento

Si precisa come l'inserimento di elementi irrigidenti viene condotto nell'ottica di uno studio di fattibilità. Analoghi risultati possono essere ottenuti modificando l'ubicazione dei setti sismoresistenti o inserendone un numero maggiore ma caratterizzati da un più modesto sviluppo planimetrico.

La tipologia di analisi rimane quella statica nonlineare.

Alla luce di quanto esposto gli indicatori di rischio sismico risultano i seguenti:

α_{SLV} risulta pari a **0,85**.

α_{SLD} risulta pari a **1,60**.