

INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE DEI MERLI DEL TORRAZZO

VERIFICA DI SICUREZZA

Nell'ambito dei "lavori di messa in sicurezza della rocca di San Martino", a seguito del sisma del 2012, sono previsti **interventi locali** di rinforzo dei merli della torre, tramite l'inserimento di tiranti e rinforzi in fibra di acciaio. Per la valutazione della sicurezza, in accordo con quanto previsto dalle NTC §8.7.1, l'analisi sismica dei meccanismi locali sarà effettuata con i metodi dell'analisi limite dell'equilibrio.

Nel caso in oggetto, essendo il merlo rinforzato, può essere considerato un corpo rigido, per tale ragione il cinematismo di collasso più plausibile è quello di un ribaltamento del merlo intorno al piede dello stesso.

Il meccanismo verrà studiato con l'analisi cinematica lineare secondo quanto previsto dal §C8A.4.1, consistono nel confronto fra l'accelerazione spettrale a^*_o , che attiva il meccanismo, che rappresenta la capacità del sistema, con l'accelerazione sismica calcolata secondo le NTC 2008, ovvero la domanda sismica.

Nel caso in questione, trovandosi il merlo in sommità alla struttura, la verifica di sicurezza agli SLV può essere condotta con la formula C8A.4.9:

$$a^*_o \geq S_e(T_1) \cdot \Psi(Z) \cdot \gamma \cdot (1/q)$$

dove

$S_e(T_1)$ è lo spettro elastico, come definito al punto 3.2.3.2.1 NTC, per il periodo T_1 del primo modo di vibrare, non conoscendo il valore del periodo, a favore di sicurezza, assumeremo questo valore come quello massimo raggiungibile (vedi **allegato 2**).

$\Psi(Z)=(Z/H)$ come da §C8A.4.2.3, dove z è la quota dell'elemento considerato e H l'altezza dell'edificio, essendo il merlo alla sommità dell'edificio questo rapporto risulta pari a 1

$\gamma=3N/(2N+1)$ con N numero di piani (nel nostro caso 3)

q fattore di struttura

Ricapitolando:

$$S_e(T_1)= 0.36$$

$$\Psi(Z)= 1$$

$$\gamma= 1.29$$

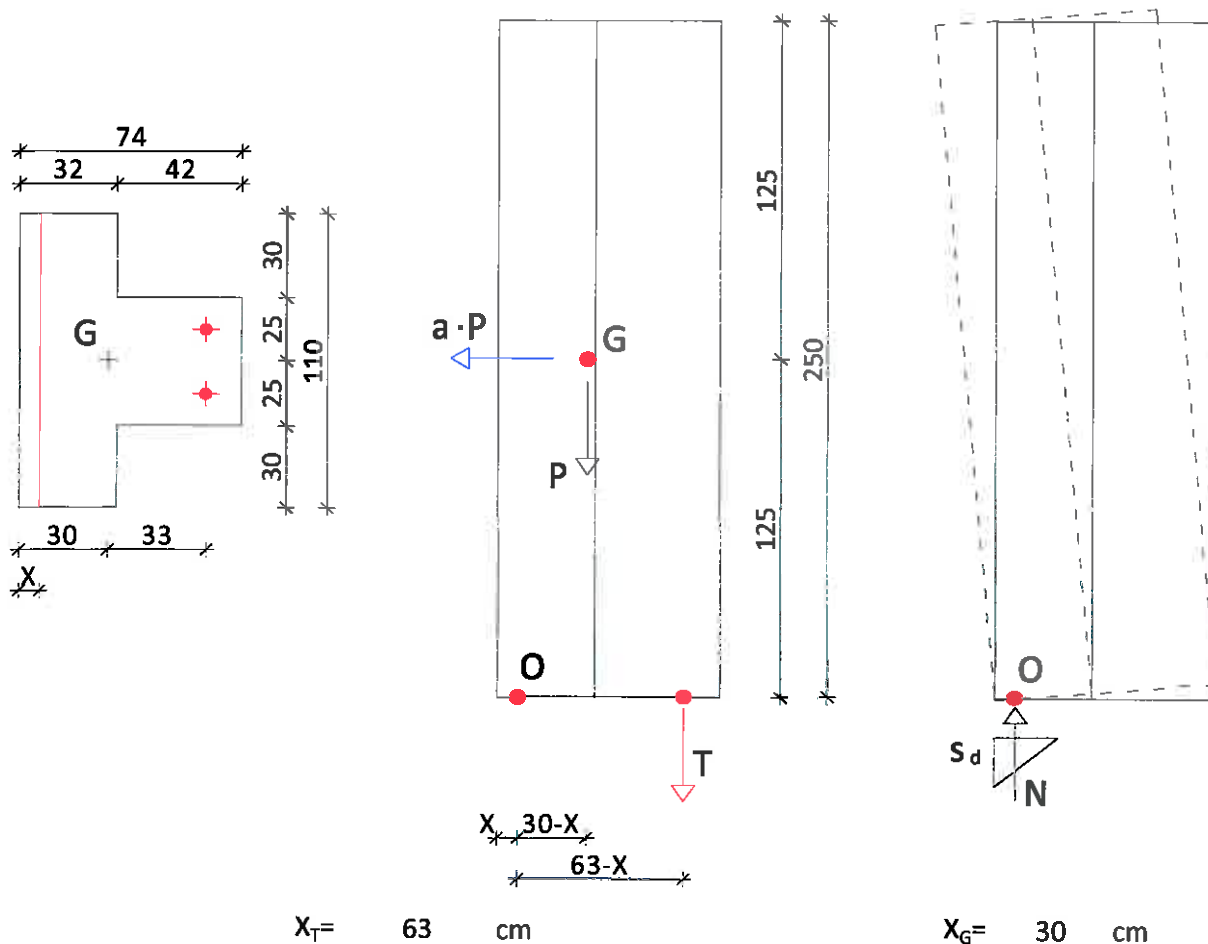
$$q= 1.5$$

$$a^*_o \geq 0.309 \quad g$$

Di seguito si riporta l'analisi e le verifiche dei vari casi di ribaltamento.

Nei calcoli, non essendo state eseguite approfondite indagini in situ, assume un livello di conoscenza **LC1**, con fattore di confidenza **FC=1,35**, e secondo le NTC 2008 §7.8.1.1, un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s=2$

1) RIBALTAMENTO VERSO L'ESTERNO DI UN MERLO CENTRALE



Area sezione $A = 5400 \text{ cm}^2$ Altezza merlo $h = 250 \text{ cm}$

I seguenti valori sono tratti dalla tabella C8A.2.1, della circolare esplicativa n°617 del 2 febbraio 2009 per muratura in mattoni pieni e malta di calce:

Resistenza media a compressione della muratura	$f_m = 24 \text{ DaN/cm}^2$
Resistenza media a taglio della muratura	$\tau_o = 0.6 \text{ DaN/cm}^2$
Peso specifico medio	$w = 1800 \text{ DaN/m}^3$

peso proprio merlo $P = A \cdot h \cdot w = 2430 \text{ DaN}$

Si assume la **forza massima sostenibile da un singolo tirante T** pari a quella che sfila il tirante dalla muratura, considerando che i tiranti hanno diametro 18 mm, inseriti in fori di diametro 35 mm, essendo sia l'acciaio delle barre che la malta di iniezione molto più resistenti della muratura, avremo:

$$T = \pi \cdot \Phi \cdot L \cdot \tau_o / \gamma_s = 825 \text{ DaN}$$

dove

diametro dei fori $\Phi = 35 \text{ mm}$
 lunghezza d'infissione barre $L = 250 \text{ cm}$
 coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s = 2$

Non avendo la muratura del merlo una resistenza infinita, il ribaltamento del merlo non avverrà esattamente sul bordo, ma attorno ad un punto più interno quando viene superata la resistenza a compressione (vedi figura) della muratura. Di seguito viene riportato il calcolo della posizione del punto di rotazione O.

Avendo assunto un livello di conoscenza **LC1**, assumiamo un fattore di confidenza **FC=1,35**, mentre in accordo con le NTC 2008 §7.8.1.1, un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s=2$, avremo che la resistenza a compressione σ_d sarà:

$$\sigma_d = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_s) = 8.89 \text{ DaN/cm}^2$$

La rotazione avverrà quando sarà raggiunta la resistenza massima di compressione sul bordo del merlo, e la risultante delle forze di compressione sarà pari al totale delle azioni verticali, nel nostro caso il peso proprio. Pertanto possiamo definire il centro di rotazione in corrispondenza della risultante delle forze compressione alla base della muratura.

$$x = 2N/(3\sigma_d \cdot l) = 1.66 \text{ cm}$$

dove

$$\text{azione totale verticale } N=P= 2430 \text{ DaN}$$

$$\text{larghezza del merlo } l = 110 \text{ cm}$$

Il calcolo del **moltiplicatore orizzontale dei carichi che corrisponde all'attivazione del meccanismo α_o** , verrà eseguito, non applicando il principio dei lavori virtuali, ma in maniera del tutto equivalente imponendo l'equilibrio alla rotazione nel punto di rotazione O.

$$\alpha_o \cdot P \cdot h/2 = P \cdot (X_G - x) + 2 \cdot T \cdot (X_T - x)$$

$$\alpha_o = [P \cdot (X_G - x) + 2 \cdot T \cdot (X_T - x)] \cdot 2 / (P \cdot h) = 0.560$$

L'**accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo a_o^*** si calcola tramite l'equazione C8A.4.4

$$a_o^* = (\alpha_o \cdot P) / (M^* \cdot FC)$$

dove M^* è la frazione di massa partecipante al cinematismo, essendo però il merlo collegato solo alla base ad altre strutture ed essendo previsto un rinforzo con suo rinforzo di fibre in acciaio, si può considerare che nella prima fase del collasso il merlo abbia un comportamento monolitico, pertanto essendo costituito da un solo blocco e non gravando su di esso altri pesi oltre il proprio, considereremo coinvolta tutta la massa, quindi:

$$a_o^* = \alpha_o \cdot g / FC = 0.415 \text{ g}$$

$$a_o^* \geq 0.309 \text{ g}$$

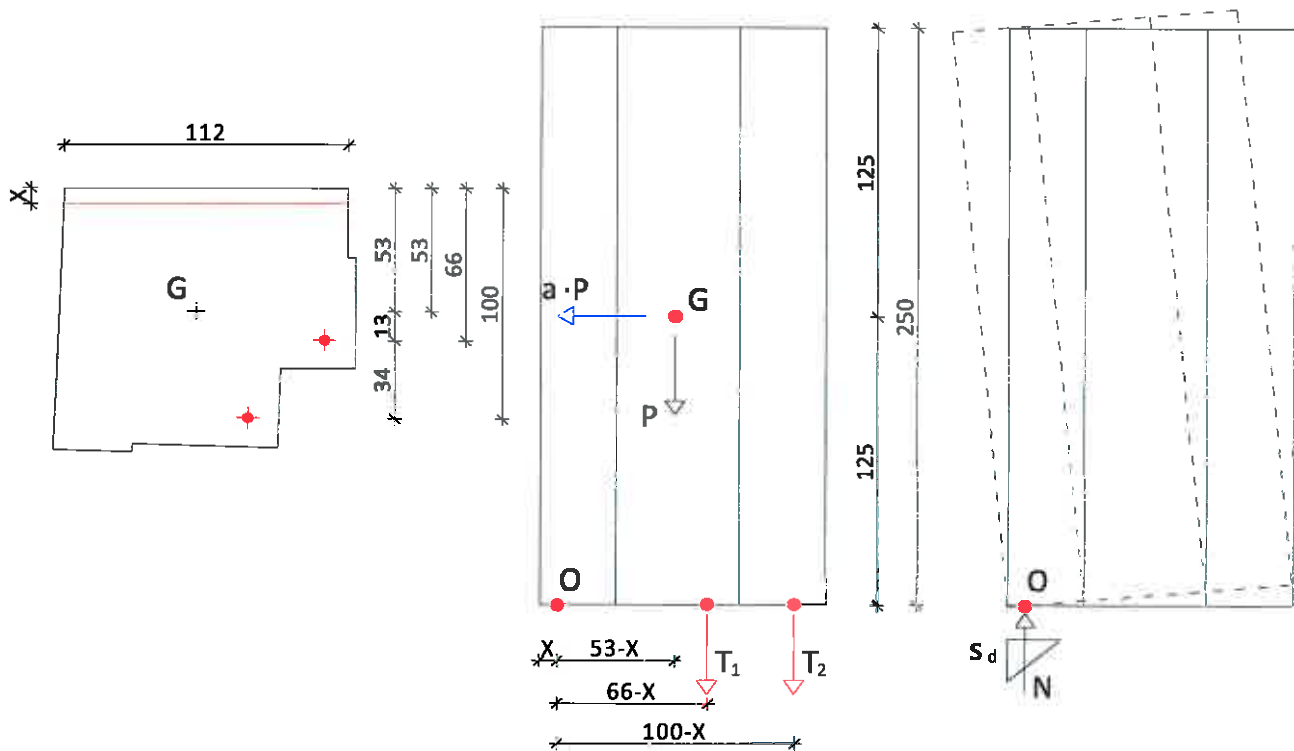
La verifica agli SLV risulta soddisfatta.

Facendo riferimento alla direttiva del C.S.LL.P. del 23/07/2010, §2.4 equazione 2.5, ricaviamo il **fattore di accelerazione $f_{a,SLV}$**

$$f_{a,SLV} = a_{SLV} / a_{g,SLV} = 0.437 / 0.309 = 1.344$$

Dopo il rafforzamento dei merli il fattore di accelerazione risulta maggiore di 1

2) RIBALTAMENTO VERSO L'ESTERNO DI UN MERLO D'ANGOLO



	$X_{T1} =$	66	cm		$X_G =$	53	cm
	$X_{T2} =$	100	cm				
Area sezione	$A =$	11970	cm ²	Altezza merlo	$h =$	250	cm

I seguenti valori sono tratti dalla tabella C8A.2.1, della circolare esplicativa n°617 del 2 febbraio 2009 per muratura in mattoni pieni e malta di calce:

Resistenza media a compressione della muratura	$f_m =$	24	DaN/cm ²
Resistenza media a taglio della muratura	$\tau_o =$	0.6	DaN/cm ²
Peso specifico medio	$w =$	1800	DaN/m ³

peso proprio merlo $P = A \cdot h \cdot w = 5386.5 \text{ DaN}$

Si assume la **forza massima sostenibile da un singolo tirante T** pari a quella che sfila il tirante dalla muratura, considerando che i tiranti hanno diametro 18 mm, inseriti in fori di diametro 35 mm, essendo sia l'acciaio delle barre che la malta di iniezione molto più resistenti della muratura, avremo:

$$T = \pi \cdot \Phi \cdot L \cdot \tau_o / \gamma_s = 825 \text{ DaN}$$

con

$$\begin{aligned} \text{diametro del foro } \Phi &= 35 \text{ mm} \\ \text{lunghezza d'infissione barre } L &= 250 \text{ cm} \\ \text{coefficiente parziale di sicurezza } \gamma_s &= 2 \end{aligned}$$

Non avendo la muratura del merlo una resistenza infinita, il ribaltamento del merlo non avverrà esattamente

sul bordo, ma attorno ad un punto più interno quando viene superata la resistenza a compressione (vedi figura) della muratura. Di seguito viene riportato il calcolo della posizione del punto di rotazione O.

Avendo assunto un livello di conoscenza **LC1**, assumiamo un fattore di confidenza **FC=1,35**, mentre in accordo con le NTC 2008 §7.8.1.1, un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s=2$, avremo che la resistenza a compressione σ_d sarà:

$$\sigma_d = f_m / (FC \cdot \gamma_s) = 8.89 \text{ DaN/cm}^2$$

La rotazione avverrà quando sarà raggiunta la resistenza massima di compressione sul bordo del merlo, e la risultante delle forze di compressione avrà pari al totale delle azioni verticali, nel nostro caso il peso proprio. Pertanto possiamo definire il centro di rotazione in corrispondenza della risultante delle forze compressione alla base della muratura.

$$x = 2N / (3\sigma_d \cdot l) = 3.61 \text{ cm}$$

con

$$\text{azione totale verticale } N=P= 5387 \text{ DaN}$$

$$\text{larghezza del merlo } l = 112 \text{ cm}$$

Il calcolo del **moltiplicatore orizzontale dei carichi che corrisponde all'attivazione del meccanismo α_o** , verrà eseguito, non applicando il principio dei lavori virtuali, ma in maniera del tutto equivalente imponendo l'equilibrio alla rotazione nel punto di rotazione O.

$$\alpha_o \cdot P \cdot h / 2 = P \cdot (X_G - x) + T \cdot (X_{T1} - x) + T \cdot (X_{T2} - x)$$

$$\alpha_o = [P \cdot (X_G - x) + T \cdot (X_{T1} - x) + T \cdot (X_{T2} - x)] \cdot 2 / (P \cdot h) = 0.590$$

L'**accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo a_o^*** si calcola tramite l'equazione C8A.4.4

$$a_o^* = (\alpha_o \cdot P) / (M^* \cdot FC)$$

dove M^* è la frazione di massa partecipante al cinematismo, essendo però il merlo collegato solo alla base ad altre strutture ed essendo previsto un rinforzo con suo rinforzo di fibre in acciaio, si può considerare che nella prima fase del collasso il merlo abbia un comportamento monolitico, pertanto essendo costituito da un solo blocco e non gravando su di esso altri pesi oltre il proprio, considereremo coinvolta tutta la massa, quindi:

$$a_o^* = \alpha_o \cdot g / FC = 0.437 \text{ g}$$

$$a_o^* \geq 0.309 \text{ g}$$

La verifica agli SLV risulta soddisfatta.

Facendo riferimento alla direttiva del C.S.LL.P. del 23/07/2010, §2.4 equazione 2.5, ricaviamo il **fattore di accelerazione $f_{a,SLV}$**

$$f_{a,SLV} = a_{SLV} / a_{g,SLV} = 0.437 / 0.309 = 1.415$$

Dopo il rafforzamento dei merli il fattore di accelerazione risulta maggiore di 1

**RAFFORZAMENTO LOCALE DEL TORRAZZO
CON LA REALIZZAZIONE DI UNA CONTROVENTATURA,
A QUOTA 19.20, UTILIZZANDO LE TRAVI LIGNEE ESISTENTI**

VERIFICHE STRUTTURA DI CONTROVENTO

Al fine di legare ulteriormente le murature del torrazzo, in modo tale da conferire maggiore resistenza al sisma a tutta la torre, si prevede d'inserire dei controventi in acciaio sulle travi libere esistenti, sotto il solaio della sommità della torre (vedi figura). La controventatura sarà costituita da tondini in acciaio S275 $\Phi 20$, vincolati alle travi in legno da apposite piastre. Le travi a loro volta, saranno fissate alle murature tramite piastre tassellate al muro.

Nel seguito si procede alle verifiche degli elementi di controvento, per valutare l'azione sismica per le verifiche agli SLV si utilizza la formula C8A.4.9, già utilizzata per la verifica dei merli, pertanto avremo che l'**accelerazione spettrale S_z** alla quota del controvento sarà assunta pari a:

$$S_z = S_e(T_1) \cdot \Psi(Z) \cdot \gamma \cdot (1/q)$$

dove

$S_e(T_1)$ è lo spettro elastico, come definito al punto 3.2.3.2.1 NTC, per il periodo T_1 del primo modo di vibrare, non conoscendo il valore del periodo, a favore di sicurezza, assumeremo questo valore come quello massimo raggiungibile (vedi **allegato 2**).

$\Psi(Z) = (Z/H)$ come da §C8A.4.2.3, dove z è la quota dell'elemento considerato e H l'altezza dell'edificio, dove $Z=17,79\text{m}$ e $H=24,79$ (vedi figura)

$\gamma = 3N/(2N+1)$ con N numero di piani (nel nostro caso 3)

q fattore di struttura

Ricapitolando:

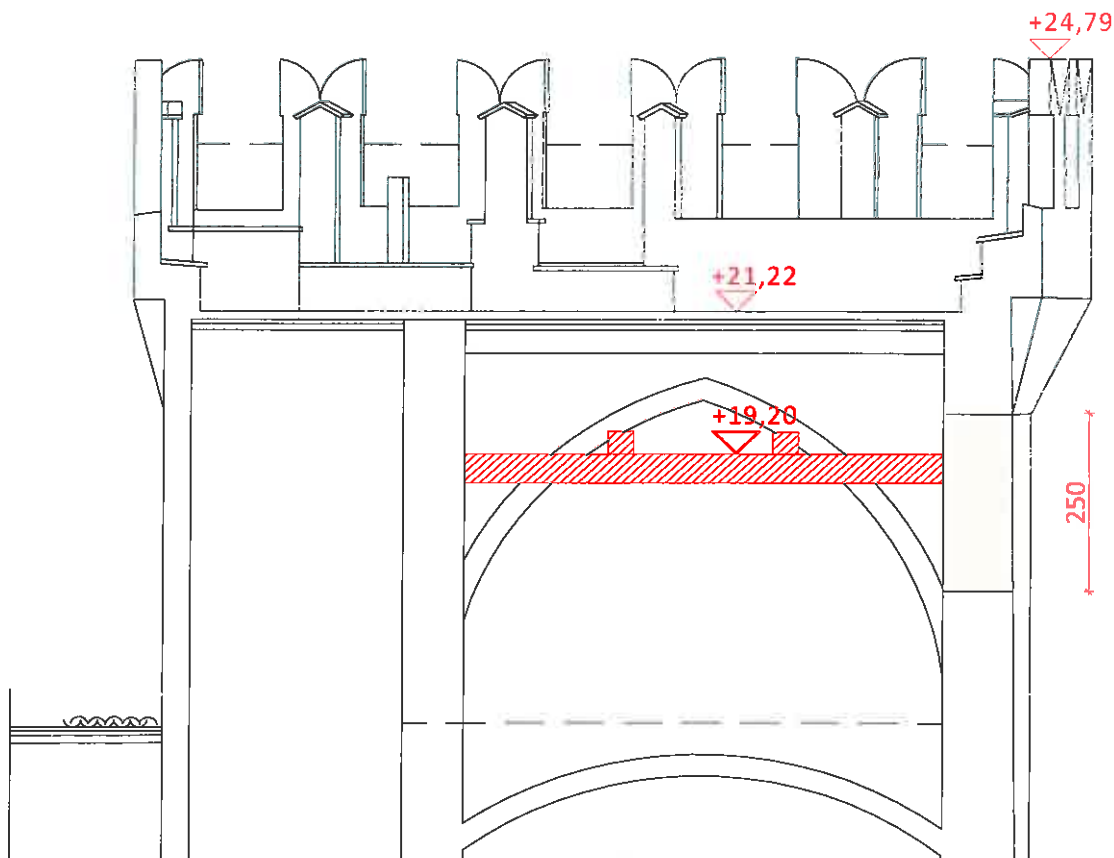
$$S_e(T_1) = 0.36$$

$$\Psi(Z) = 17,79/24,79 = 0.775$$

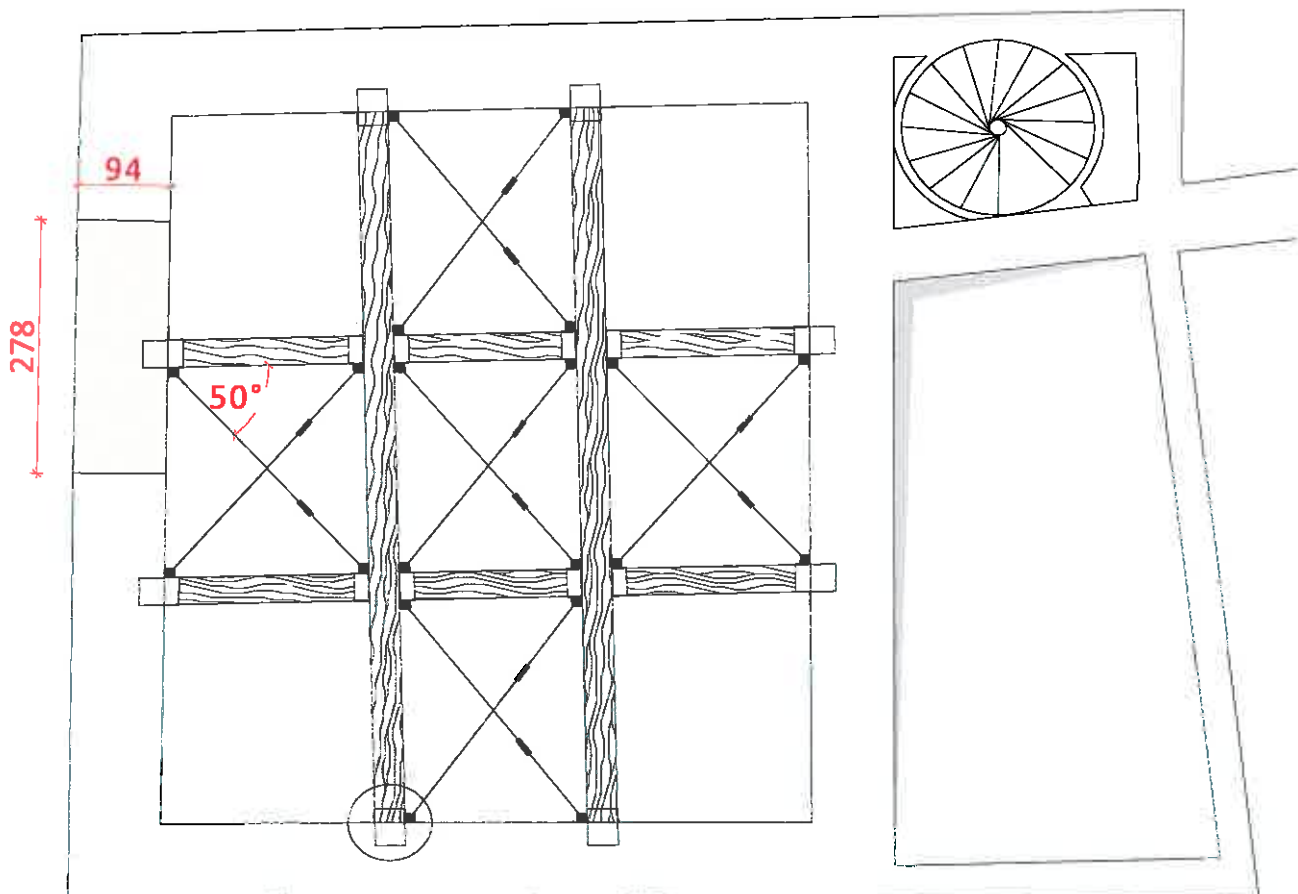
$$\gamma = 1.29$$

$$q = 2$$

$$S_z = 0.179 \quad g$$



Per le verifiche si considera che ogni trave lignea venga coinvolta a trattenere un determinata porzione di muro, (indicata in arancione nelle figure).



pertanto prendendo, a favore di sicurezza, in considerazione solo il muro più lungo avremo che l'azione sismica del muro sulla trave T sarà pari a:

$$T = \gamma_{Qi} \cdot s \cdot L \cdot H \cdot w \cdot S_z = 3162 \text{ DaN}$$

con

$$s = 94 \text{ cm}$$

$$L = 278 \text{ cm}$$

$$H = 250 \text{ cm}$$

$$\text{coefficiente parziale delle azioni variabili } \gamma_{Qi} = 1.5 \text{ NTC tab.2.6.I}$$

$$\text{peso specifico medio della muratura } w = 1800 \text{ DaN/m}^3$$

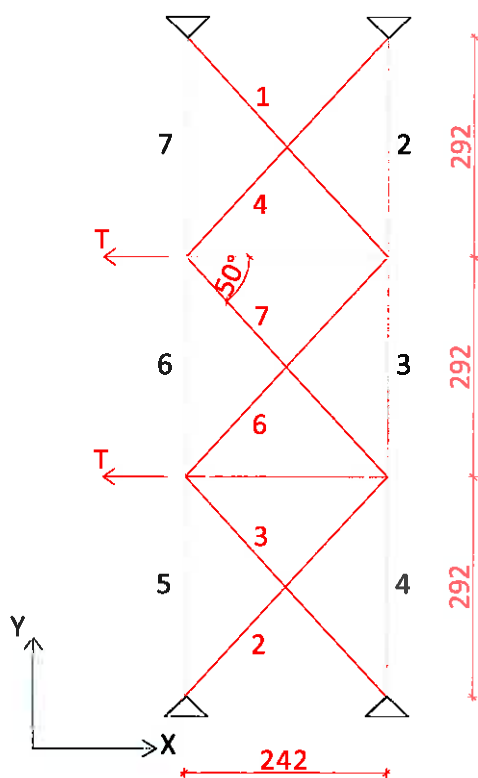
I 4 tasselli che per ogni estremo fermano le travi sui muri saranno quindi soggetti a uno sforzo normale di trazione N

$$N = T/4 = 790 \text{ DaN}$$

I 4 tasselli sulle travi saranno soggette ad un sforzo di taglio anch'esso uguale ad N

Adottando barre filettate M12 classe 8.8, con un sistema di ancoraggio chimico tipo HILTI HIT RE 500, abbiamo che ogni tassello ha una resistenza a trazione pari a 1230 DaN e a taglio 1200 DaN (come dichiarato dal produttore).

Il collegamento degli estremi delle travi ai muri impedisce che avvengano spostamenti relativi tra le pareti opposte in direzione X, per ridurre in valore assoluto gli spostamenti ci si affida alle travi in direzione Y e alle contrventature in modo tale che trasferiscano gli sforzi alle pareti di spostate lungo l'asse X, e eccessive quindi molto più resistenti alle azioni in direzione X perché dotate di maggior rigidezza in direzione Y. Pertanto si assume il seguente schema statico.



Utilizziamo acciaio da carpenteria S275J0.

Nell'allegato 1 si riportano i valori degli sforzi nelle aste e le verifiche dei tiranti eseguiti con il software SISMICAD 12.3

ALLEGATO 1

1 Preferenze di Analisi

1.1 Preferenze di verifica

1.2.1 Normativa di verifica acciaio

Gamma_m0	1.05
Gamma_m1	1.05
Gamma_m2	1.25
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7
Calcolo coefficienti C1, C2, C3 per Mcr	automatico
Coefficienti alfa, beta per flessione deviata	unitari
Verifica semplificata conservativa	si
L/e0 iniziale per profili accoppiati compressi	500
Metodo semplificato formula (4.2.76)	si
Escludi 6.2.6.7 e 6.2.6.8 in 7.5.4.4 e 7.5.4.6	si
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si
Riduzione fy per sezioni di classe 4	no
Effettua la verifica secondo 6.2.8 con irrigidimenti superiori (piastra di base).	si

1.2 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	80	[cm]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	80	[cm]
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli	
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento	
Metodo P-Delta	non utilizzato	
Analisi buckling	non utilizzata	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci di pareti in legno	1	
Moltiplicatore rigidezza connettori pannelli pareti legno a diaframma	1	
Tolleranza di parallelismo	4.99	[deg]
Tolleranza di unicità punti	10	[cm]
Tolleranza generazione nodi di aste	1	[cm]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99	[deg]
Tolleranza generazione nodi di gusci	4	[cm]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	100	[cm]
Considera deformazione a taglio delle piastre	No	
Modello elastico pareti in muratura	Gusci	
Concentra masse pareti nei vertici	No	
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica	
Memoria utilizzabile dal solutore	8000000	
Metodo di risoluzione della matrice	Matrici sparse	
Scrivi commenti nel file di input	No	
Scrivi file di output in formato testo	No	
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali	
Moltiplicatore rigidezza molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1	
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico	

1.3 Moltiplicatori inerziali

Tipologia: Tipo di entità a cui si riferiscono i moltiplicatori inerziali.

J2: Moltiplicatore inerziale di J2. Il valore è adimensionale.

J3: Moltiplicatore inerziale di J3. Il valore è adimensionale.

Jt: Moltiplicatore inerziale di Jt. Il valore è adimensionale.

A: Moltiplicatore dell'area della sezione. Il valore è adimensionale.

A2: Moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 2. Il valore è adimensionale.

A3: Moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 3. Il valore è adimensionale.

Conci rigidi: Fattore di riduzione dei tronchi rigidi. Il valore è adimensionale.

Tipologia	J2	J3	Jt	A	A2	A3	Concl rigidi
Trave C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Pilastro C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Trave di fondazione	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Palo	1	1	0.01	1	1	1	0
Trave in legno	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in legno	1	1	1	1	1	1	1
Trave in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Trave di reticolare in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Maschio in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di accoppiamento in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di scala C.A. nervata	1	1	1	1	1	1	0.5
Trave tralicciata	1	1	0.01	1	1	1	0.5

2 Azioni e carichi

2.1 Condizioni elementari di carico

Descrizione: Nome assegnato alla condizione elementare.

Nome breve: Nome breve assegnato alla condizione elementare.

I/II: Descrive la classificazione della condizione (necessario per strutture in acciaio e in legno).

Durata: Descrive la durata della condizione (necessario per strutture in legno).

Psi0: Coefficiente moltiplicatore Psi0. Il valore è adimensionale.

Psi1: Coefficiente moltiplicatore Psi1. Il valore è adimensionale.

Psi2: Coefficiente moltiplicatore Psi2. Il valore è adimensionale.

Var.segno: Descrive se la condizione elementare ha la possibilità di variare di segno.

Descrizione	Nome breve	I/II	Durata	Psi0	Psi1	Psi2	Var.segno
Permanententi	Perm.		Permanente	0	0	0	
Delta T	Dt	II	Media	0.6	0.5	0	No

2.2 Combinazioni di carico

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

Famiglia Limite ultimo

Il nome compatto della famiglia è LU.

Nome	Nome breve	Perm.	Dt
1	LU 1	1	0
2	LU 2	1.5	0

Famiglia Esercizio rara

Il nome compatto della famiglia è RA.

Nome	Nome breve	Perm.	Dt
1	RA 1	1	0

Famiglia Esercizio frequente

Il nome compatto della famiglia è FR.

Nome	Nome breve	Perm.	Dt
1	FR 1	1	0

Famiglia Esercizio quasi permanente
Il nome compatto della famiglia è QP.

Nome	Nome breve	Perm.	Dt
1	QP 1	1	0

Famiglia Pressioni sul terreno
Il nome compatto della famiglia è PT.

Nome	Nome breve	Perm.	Dt
1	PT 1	1	0

2.3 Definizioni di carichi concentrati

Nome: Nome identificativo della definizione di carico.

Valori: Valori associati alle condizioni di carico.

Condizione: Condizione di carico a cui sono associati i valori.

Descrizione: Nome assegnato alla condizione elementare.

F_x: Componente X del carico concentrato. [daN]

F_y: Componente Y del carico concentrato. [daN]

F_z: Componente Z del carico concentrato. [daN]

M_x: Componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse X. [daN*cm]

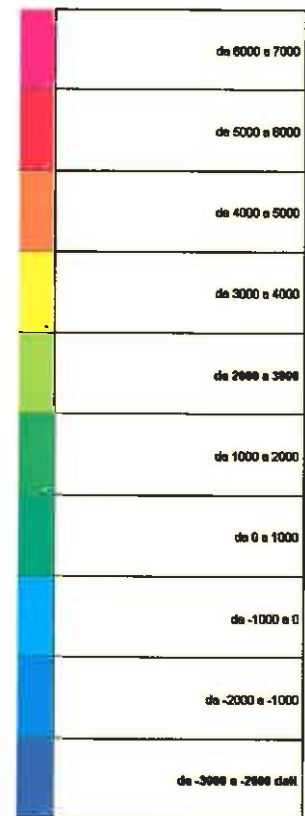
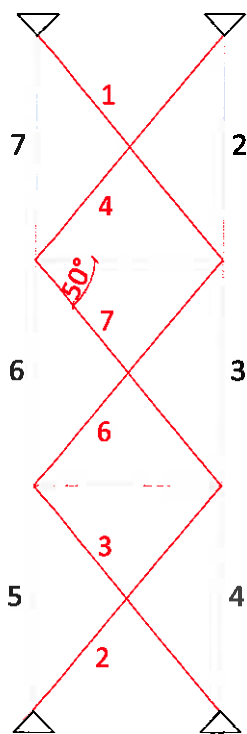
M_y: Componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse Y. [daN*cm]

M_z: Componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse Z. [daN*cm]

Nome	Valori						
	Condizione	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	Descrizione						
-2110	Permanenti	-2110	0	0	0	0	

3 Sollecitazioni aste

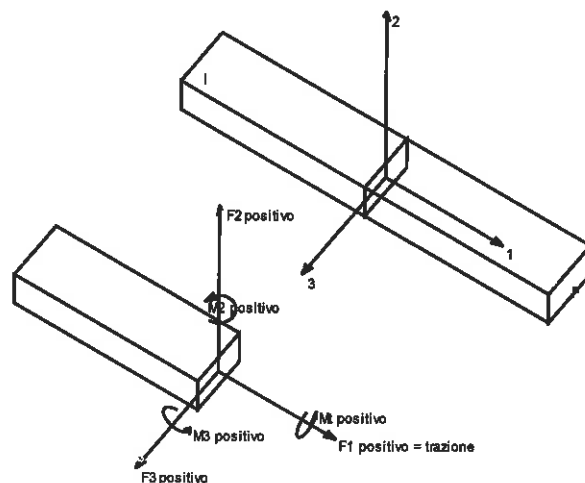
DIAGRAMMA SFORZI NORMALI



3.1 Convenzioni di segno aste

Le abbreviazioni relative alle sollecitazioni sugli elementi aste sono da intendersi:

- F1 (N): sforzo normale nell'asta;
- F2: sforzo di taglio agente nella direzione dell'asse locale 2;
- F3: sforzo di taglio agente nella direzione dell'asse locale 3;
- M1 (Mt): momento attorno all'asse locale 1; equivale al momento torcente;
- M2: momento attorno all'asse locale 2;
- M3: momento attorno all'asse locale 3;



La convenzione sui segni per i parametri di sollecitazione delle aste è la seguente:
presa un'asta con nodo iniziale i e nodo finale f, asse 1 che va da i a f, assi 2 e 3 presi secondo quanto indicato nei paragrafi

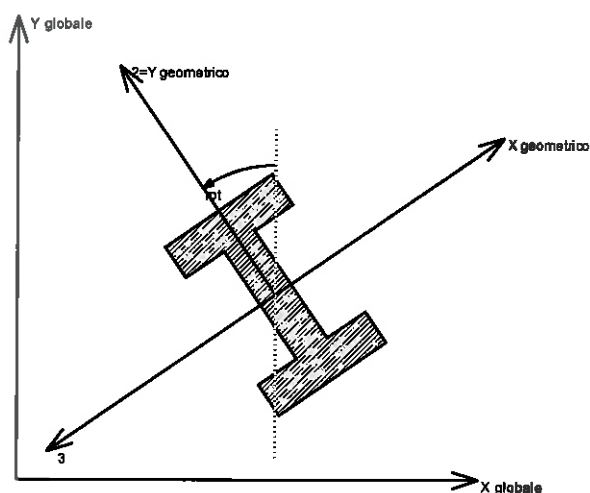
successivi relativi al sistema locale delle aste sezionando l'asta in un punto e considerando la sezione sinistra del punto in cui si è effettuato il taglio (sezione da cui esce il versore asse 1) i parametri di sollecitazione sono positivi se hanno verso e direzione concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta 1, 2, 3 (per i momenti si adotta la regola della mano destra).

Il sistema è definito diversamente per tre categorie di aste, a seconda che siano originate da:

- aste verticali ad esempio pilastri e colonne;
- aste non verticali non di c.a., ad esempio travi di acciaio o legno;
- aste non verticali in c.a.: travi in c.a. di piano, falda o a quota generica.

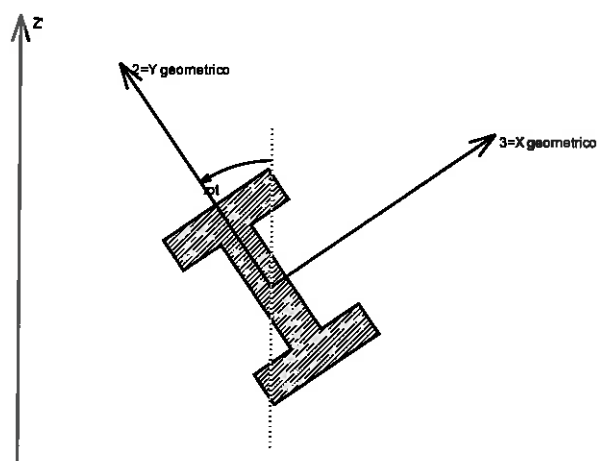
Nel seguito si indica con 1, 2 e 3 il sistema locale dell'asta che non sempre coincide con gli assi principali della sezione. Si ricorda che per assi principali si intendono gli assi rispetto a cui si ha il raggio di inerzia minimo e massimo. Gli assi 1, 2 e 3 rispettano la regola della mano destra.

Sistema locale aste verticali



Nella figura si considera l'asse 1 uscente dal foglio (l'osservatore guarda in direzione opposta a quella dell'asse 1).

Sistema locale aste non verticali

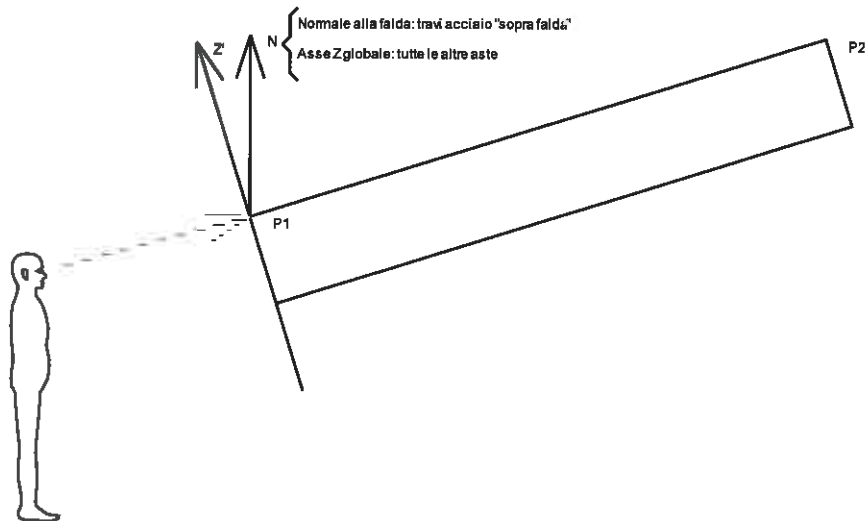


Nella figura si considera l'asse 1 entrante nel foglio (l'osservatore guarda in direzione coincidente a quella dell'asse 1).

L'asse Z' è illustrato nella figura seguente dove:

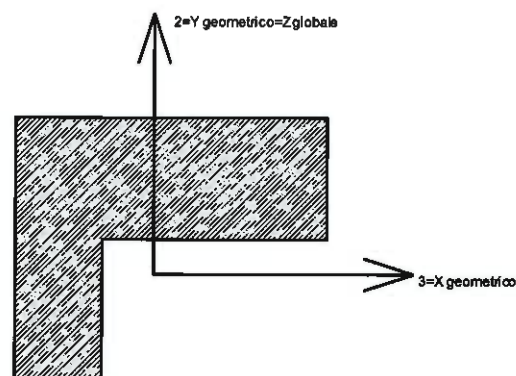
- P1 è il punto di inserimento iniziale dell'asta
- P2 è il punto di inserimento finale dell'asta

- N è la normale al piano o falda di inserimento



Z' è quindi l'intersezione tra il piano passante per $P1$, $P2$ contenente N e il piano della sezione iniziale dell'asta.

Sistema locale aste derivanti da travi in c.a.



Nella figura si considera l'asse 1 entrante nel foglio (l'osservatore guarda in direzione coincidente a quella dell'asse 1). L'asse 2 è sempre verticale e quindi coincidente con l'asse Z globale nonché con l'asse y geometrico. L'asse 3 coincide con l'asse x geometrico. Si sottolinea il fatto che gli assi 2 e 3 non corrispondono agli assi principali della sezione.

3.2 Sollecitazioni estreme aste

Asta: Elemento asta a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Ind.: Indice dell'asta.

Cont.: Contesto a cui si riferisce la sollecitazione

n.br.: Nome breve della condizione o combinazione di carico.

Pos.: Numero della sezione all'interno dell'asta (tra 1 e 31, dove 1 corrisponde alla sezione al nodo iniziale, 16 è la sezione in mezzzeria, 31 corrisponde alla sezione al nodo finale).

Posizione: Posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta.

X: Componente X della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [cm]

Y: Componente Y della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [cm]

Z: Componente Z della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [cm]

Soll.traslazionale: Componente traslazionale della sollecitazione dell'asta.

F1: Componente F1 della sollecitazione dell'asta. [daN]

F2: Componente F2 della sollecitazione dell'asta. [daN]

F3: Componente F3 della sollecitazione dell'asta. [daN]

Soll.rotazionale: Componente rotazionale della sollecitazione dell'asta.

M1: Componente M1 della sollecitazione dell'asta. [daN*cm]

M2: Componente M2 della sollecitazione dell'asta. [daN*cm]

M3: Componente M3 della sollecitazione dell'asta. [daN*cm]

Sollecitazioni con sforzo normale (N) minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
5	LU 2	1	4721	2065	300	-1183	-517	-88	0	0	0
7	LU 2	1	4721	2649	300	-1181	254	88	0	-25794	112619
3	LU 2	1	4963	2649	300	-30	-131	0	0	25791	112578
2	LU 1	1	4963	2941	300	10	-345	59	0	0	0
4	LU 1	1	4963	2357	300	10	169	-59	0	17196	75055

Sollecitazioni con sforzo normale (N) massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
6	LU 2	1	4721	2357	300	2384	-131	0	-18	-25808	112600
1	LU 2	1	4721	2649	300	52	-109	0	0	0	-18
8	LU 2	1	4963	2357	300	51	-109	0	0	0	0
4	LU 2	1	4963	2357	300	15	254	-88	0	25794	112583
2	LU 2	1	4963	2941	300	15	-517	88	0	0	0

Sollecitazioni con momento M2 minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
6	LU 2	1	4721	2357	300	2384	-131	0	-18	-25808	112600
5	LU 2	31	4721	2357	300	-1183	-254	-88	0	-25808	112600
7	LU 2	1	4721	2649	300	-1181	254	88	0	-25794	112619
8	LU 2	16	4842	2357	300	51	0	0	0	0	6571
2	LU 2	1	4963	2941	300	15	-517	88	0	0	0

Sollecitazioni con momento M2 massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
3	LU 2	31	4963	2357	300	-30	131	0	0	25794	112583
4	LU 2	1	4963	2357	300	15	254	-88	0	25794	112583
2	LU 2	31	4963	2649	300	15	-254	88	0	25791	112578
1	LU 2	16	4842	2649	300	52	0	0	0	0	6564
5	LU 2	1	4721	2065	300	-1183	-517	-88	0	0	0

Sollecitazioni con momento M3 minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	LU 2	1	4721	2649	300	52	-109	0	0	0	-18
7	LU 2	31	4721	2941	300	-1181	517	88	0	0	0
5	LU 2	1	4721	2065	300	-1183	-517	-88	0	0	0
8	LU 2	31	4721	2357	300	51	109	0	0	0	0
2	LU 1	1	4963	2941	300	10	-345	59	0	0	0

Sollecitazioni con momento M3 massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
6	LU 2	16	4721	2503	300	2384	0	0	-18	-25801	122198
3	LU 2	16	4963	2503	300	-30	0	0	0	25792	122172
7	LU 2	1	4721	2649	300	-1181	254	88	0	-25794	112619
5	LU 2	31	4721	2357	300	-1183	-254	-88	0	-25808	112600
4	LU 2	1	4963	2357	300	15	254	-88	0	25794	112583

4 Sollecitazioni bielle

4.1 Sollecitazioni bielle in combinazioni di carico

Biel.: Biella a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Ind.: Indice della biella a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Cont.: Contesto a cui si riferiscono le sollecitazioni della biella.

n.br.: Nome breve della condizione o combinazione di carico.

N: Componente di trazione della sollecitazione della biella. [daN]

Biel.	Cont.	N
Ind.	n.br.	
1	LU 1	0
1	LU 2	0
1	RA 1	0
1	FR 1	0
1	QP 1	0
1	PT 1	0
2	LU 1	0
2	LU 2	0
2	RA 1	0
2	FR 1	0
2	QP 1	0
2	PT 1	0
3	LU 1	3125
3	LU 2	4688
3	RA 1	3125
3	FR 1	3125
3	QP 1	3125
3	PT 1	3125
4	LU 1	3124
4	LU 2	4686
4	RA 1	3124
4	FR 1	3124
4	QP 1	3124
4	PT 1	3124
5	LU 1	39
5	LU 2	58
5	RA 1	39
5	FR 1	39
5	QP 1	39
5	PT 1	39
6	LU 1	38
6	LU 2	57
6	RA 1	38
6	FR 1	38
6	QP 1	38
6	PT 1	38

4.2 Sollecitazioni estreme bielle

Biel.: Biella a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Ind.: Indice della biella a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Cont.: Contesto a cui si riferiscono le sollecitazioni della biella.

n.br.: Nome breve della condizione o combinazione di carico.

N: Componente di trazione della sollecitazione della biella. [daN]

Sollecitazioni con sforzo normale (N) massimo

Vengono mostrate le sole 5 bielle più sollecitate.

Biel.	Cont.	N
Ind.	n.br.	
3	LU 2	4688
4	LU 2	4686
5	LU 2	58
6	LU 2	57
1	LU 1	0

5 Verifiche aste in acciaio

F_y: tensione di snervamento

F_{y eff}: tensione di snervamento efficace del materiale del profilo tale da modificare il parametro $\epsilon = (235/f_y)0.5$ in modo da riportare i rapporti lunghezza spessore dei piatti costituenti la sezione nei limiti della classe 3

lambda: snellezza massima dell'asta

betax: coefficiente di inflessione laterale per inerzia secondo asse X dell'asta

betay: coefficiente di inflessione laterale per inerzia secondo asse Y dell'asta

betam: coefficiente di inflessione laterale per inerzia secondo asse M dell'asta

betan: coefficiente di inflessione laterale per inerzia secondo asse N dell'asta

chi: coefficiente chi per verifica ad instabilità

chix: coefficiente *chi.x* per verifica ad instabilità secondo asse X dell'asta

chiy: coefficiente *chi.y* per verifica ad instabilità secondo asse Y dell'asta

chilt: coefficiente *chi.lt* per verifica ad instabilità flessotorsionale

lambdalt.ad: coefficiente adimensionale *lambda.lt* per verifica ad instabilità flessotorsionale

bm.x: coefficiente di momento equivalente per *M_x*

bm.y: coefficiente di momento equivalente per *M_y*

bm.lt: coefficiente di momento equivalente per instabilità flessotorsionale

kx: coefficiente per verifica ad instabilità secondo asse X dell'asta

ky: coefficiente per verifica ad instabilità secondo asse Y dell'asta

klt: coefficiente per verifica ad instabilità flessotorsionale

rox: rapporto di taglio *r_o* per verifica di resistenza per flessione e/o compressione con taglio *x*

roy: rapporto di taglio *r_o* per verifica di resistenza per flessione e/o compressione con taglio *y*

alfa: costante *alfa* per verifica di resistenza a flessione deviata

beta: costante *beta* per verifica di resistenza a flessione deviata

V_{Ed}: taglio agente

V_{x,Ed}: taglio agente *T_x*

V_{y,Ed}: taglio agente *T_y*

V_{c,Rd}: taglio resistente

V_{bw,Rd}: taglio resistente di progetto dell'anima

M_{x,Ed}: momento agente *M_x* attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{y,Ed}: momento agente *M_y* attorno all'asse *y* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{c,x,Rd}: momento resistente *M_x* attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{c,y,Rd}: momento resistente *M_y* attorno all'asse *y* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{n,x,Rd}: momento resistente *M_x*, ridotto per la presenza di sforzo normale, attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{n,y,Rd}: momento resistente *M_y*, ridotto per la presenza di sforzo normale, attorno all'asse *y* del sistema di riferimento geometrico della sezione

N_{pl,Rd}: sforzo normale plastico resistente a compressione, eventualmente ridotto per la presenza del taglio

M_{b,Rd}: momento resistente di progetto per instabilità

M_{b,x,Rd}: momento resistente di progetto per instabilità *M_x* attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{b,y,Rd}: momento resistente di progetto per instabilità *M_y* attorno all'asse *y* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{x,Sd}: momento agente *M_x* attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{y,Sd}: momento agente *M_y* attorno all'asse *y* del sistema di riferimento geometrico della sezione

M_{x,eff,Sd}: momento interno efficace *M_x* attorno all'asse *x* del sistema di riferimento geometrico della sezione

N_{Ed}: sforzo normale agente

N_{t,Rd}: sforzo normale resistente a trazione

N_{c,Rd}: sforzo normale resistente a compressione

N_{b,Rd}: resistenza di progetto per instabilità della membratura compressa

N_{s,d}: sforzo normale agente

N_{t,Sd}: valore di progetto della trazione assiale

T_{Ed}: momento torcente agente (si considera che il momento torcente del solutore sia solo dovuto alla torsione uniforme)

T_{Rd}: resistenza torsionale di progetto

tau_{t,Ed}: tensione tangenziale massima dovuta alla torsione uniforme

R1: rapporto di verifica di resistenza a trazione

R2: rapporto di verifica di resistenza a compressione

R3: rapporto di verifica di resistenza a flessione semplice

R4: rapporto di verifica di resistenza a flessione semplice con forza assiale

R5: rapporto di verifica di resistenza a flessione deviata con forza assiale

R6: rapporto di verifica di resistenza a taglio *T_x*

R7: rapporto di verifica di resistenza a taglio T_y
R8: rapporto di verifica di resistenza a torsione
B1: rapporto di verifica di instabilità a compressione
B2: rapporto di verifica di instabilità a flessione semplice
B3: rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata senza svergolamento
B4: rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata con compressione senza svergolamento
B5: rapporto di verifica di resistenza a flessione deviata con trazione
B6: rapporto di verifica di instabilità a taglio T_x
B7: rapporto di verifica di instabilità a taglio T_y
S3: rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata e svergolamento
S4: rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata con compressione e svergolamento
(h_w/t_w): rapporto altezza-spessore per instabilità al taglio
 $M_{pl,Rd}$: momento resistente della sezione
 $M_{f,Rd}$: momento resistente delle ali
 $M_{Rd,Red}$: momento resistente ridotto della sezione (7.1) EN 1993-1-5:2007
B8: rapporto $V_{sd,x}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y \leq M_{f,Rd}$
B9.1: rapporto $V_{sd,x}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y > M_{f,Rd}$ e $V_{x,Ed}/V_{bw,Rd} \leq 0.5$
B9.2: rapporto M_y/M_{rd} di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y > M_{f,Rd}$ e $V_{x,Ed}/V_{bw,Rd} \leq 0.5$
B10.1: rapporto $V_{sd,x}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y > M_{f,Rd}$ e $V_{x,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
B10.2: rapporto M_y/M_{rd} di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y > M_{f,Rd}$ e $V_{x,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
B10.3: rapporto $M_y/M_{rd,red}$ di verifica di instabilità a taglio T_x con tensioni normali per $M_y > M_{f,Rd}$ e $V_{x,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
B11: rapporto $V_{sd,y}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x \leq M_{f,Rd}$
B12.1: rapporto $V_{sd,y}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x > M_{f,Rd}$ e $V_{y,Ed}/V_{bw,Rd} \leq 0.5$
B12.2: rapporto M_x/M_{rd} di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x > M_{f,Rd}$ e $V_{y,Ed}/V_{bw,Rd} \leq 0.5$
B13.1: rapporto $V_{sd,y}/V_{rd}$ di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x > M_{f,Rd}$ e $V_{y,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
B13.2: rapporto M_x/M_{rd} di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x > M_{f,Rd}$ e $V_{y,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
B13.3: rapporto $M_x/M_{rd,red}$ di verifica di instabilità a taglio T_y con tensioni normali per $M_x > M_{f,Rd}$ e $V_{y,Ed}/V_{bw,Rd} > 0.5$
 f_x : freccia elastica secondo l'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione positiva se provoca spostamento in direzione opposto all'asse x stesso
 f_y : freccia elastica secondo l'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione positiva se provoca spostamento in direzione opposto all'asse y stesso
comb: combinazione di verifica
x: distanza della sezione di verifica dall'estremità iniziale dell'asta
e.x: distanza in x tra baricentro sezione geometrica - baricentro sezione efficace
e.y: distanza in y tra baricentro sezione geometrica - baricentro sezione efficace
 $dM_{sd,x}$: variazione del momento agente M_x causato da e.x
 $dM_{sd,y}$: variazione del momento agente causato M_y da e.y
chi.min: coefficiente chi minimo per verifica ad instabilità

Biella 1: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 1-4

Unità di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379 Nodo iniziale n.8 Nodo finale n.7 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovreresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

$f_y=2750$ classe peggiore 1

Resistenza: compressione p. 4.2.4.1.2 (4.2.10) NTC08

$R_2 = 0$ in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 $x=0$

$\rho_x = 0$ $\rho_y = 0$ $N_{Ed} = -0.005$ $N_c, R_d = 8227.981$ classe 1

Biella 2: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 6-7

Unità di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379 Nodo iniziale n.5 Nodo finale n.2 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovreresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

$f_y=2750$ classe peggiore 1

Resistenza: compressione p. 4.2.4.1.2 (4.2.10) NTC08

$R_2 = 0$ in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 $x=0$

$\rho_x = 0$ $\rho_y = 0$ $N_{Ed} = -0.005$ $N_c, R_d = 8227.981$ classe 1

Biella 3: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 8-5

Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379 Nodo iniziale n.3 Nodo finale n.4 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

fy=2750 classe peggiore 1

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08

R1 =0.57 in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 x=0

rox =0 roy =0 NEd=4687.886 Nt,Rd=8227.981

Biella 4: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 3-2

Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379.1 Nodo iniziale n.6 Nodo finale n.9 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

fy=2750 classe peggiore 1

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08

R1 =0.57 in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 x=0

rox =0 roy =0 NEd=4686.065 Nt,Rd=8227.981

Biella 5: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 3-6

Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379 Nodo iniziale n.6 Nodo finale n.5 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

fy=2750 classe peggiore 1

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08

R1 =0.007 in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 x=0

rox =0 roy =0 NEd=57.845 Nt,Rd=8227.981

Biella 6: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 5-4

Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s

Lunghezza= 379 Nodo iniziale n.4 Nodo finale n.7 Elemento resistente solo a trazione

Sezione: Tondo 20; Materiale: S275; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;

Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;

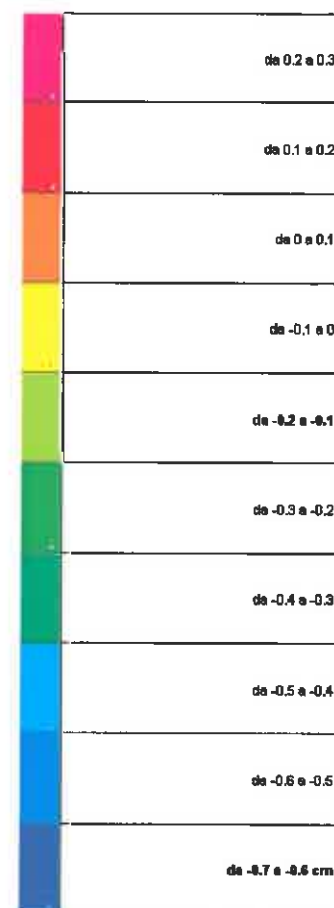
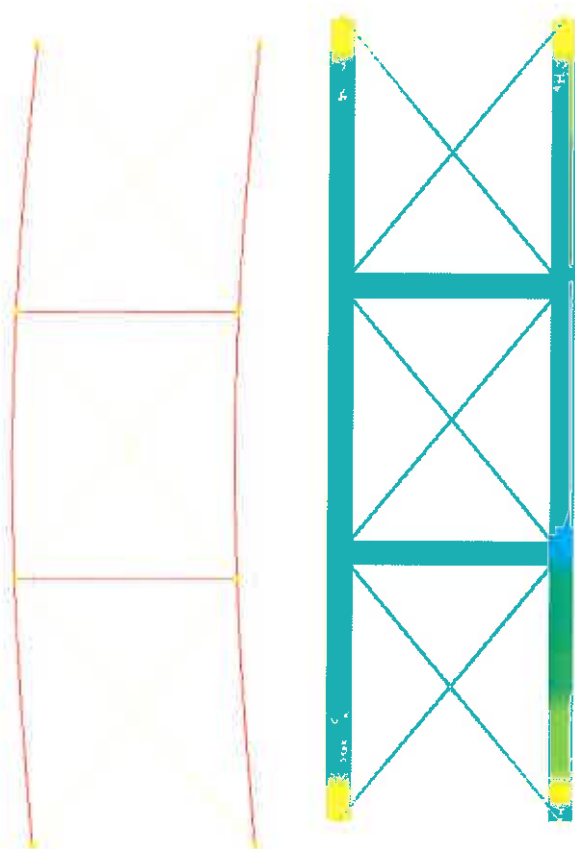
fy=2750 classe peggiore 1

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08

R1 =0.007 in comb. Famiglia "Limite ultimo" 2 x=0

rox =0 roy =0 NEd=57.243 Nt,Rd=8227.981

6 Diagrammi degli spostamenti



7 Descrizione del software

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA SISMICAD

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

SPECIFICHE TECNICHE

Denominazione del software: Sismicad 12.3

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 12.3

Identificatore licenza: SW-4179612

Intestatario della licenza: ERRECI INGEGNERI ASSOCIATI - VIA DEL CHIONSO, 14 - REGGIO EMILIA

Versione regolarmente licenziata

SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE E CRITERI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano,

oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidità finita. I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcato infinitamente rigidi. Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente. Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura. Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità: - travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidità flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidità assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione. - le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito; - le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; - le pareti in muratura possono essere schematizzate con elementi lastra-piastra con spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore membranale.- I plinti su suolo alla Winkler sono modellati con la introduzione di molle verticali elastoplastiche. La traslazione orizzontale a scelta dell'utente è bloccata o gestita da molle orizzontali di modulo di reazione proporzionale al verticale. - I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. - I plinti su pali sono modellati attraverso aste di rigidità elevata che collegano un punto della struttura in elevazione con le aste che simulano la presenza dei pali;- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidità alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio. - I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmettono una quota di ciò che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.- Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica non lineare, in accordo alle varie normative adottate. Le masse, nel caso di impalcato dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO

Le verifiche delle membrature in acciaio (solo per utenti Sismicad acciaio) possono essere condotte secondo CNR 10011 (stato limite o tensioni ammissibili), CNR 10022, D.M. 14-01-08 o Eurocodice 3. Sono previste verifiche di resistenza e di instabilità. Queste ultime possono interessare superelementi cioè membrature composte di più aste. Le verifiche tengono conto, ove richiesto, della distinzione delle condizioni di carico in normali o eccezionali (I e II) previste dalle normative adottate.

ALLEGATO 2

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

10.78485

LATITUDINE

44.73296

☐ Ricerca per comune

REGIONE

Piemonte

PROVINCIA

Torino

COMUNE

Agliè

Elaborazioni grafiche

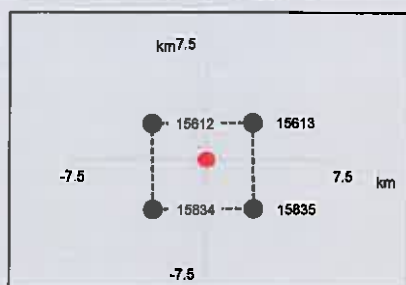
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

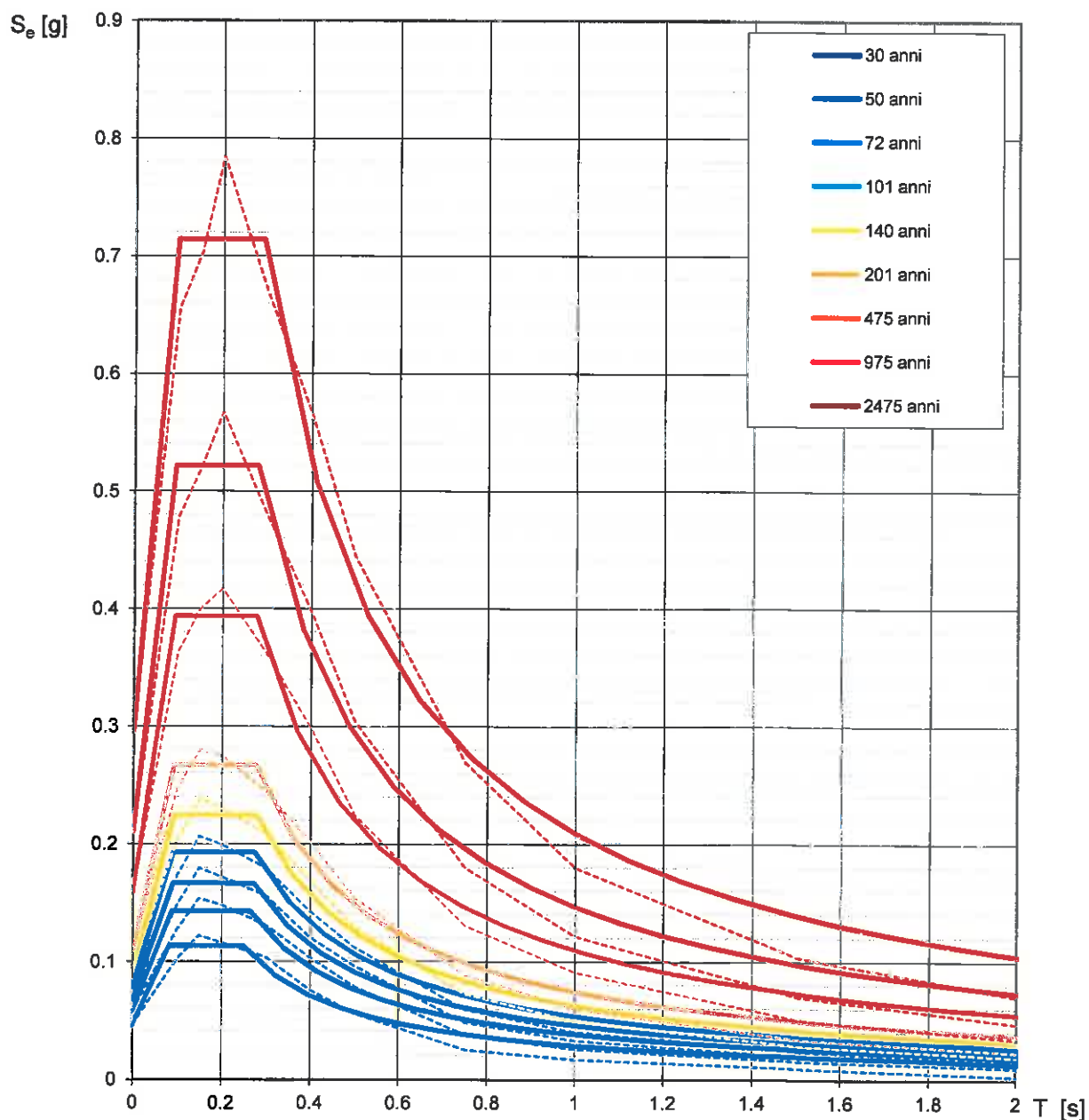
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

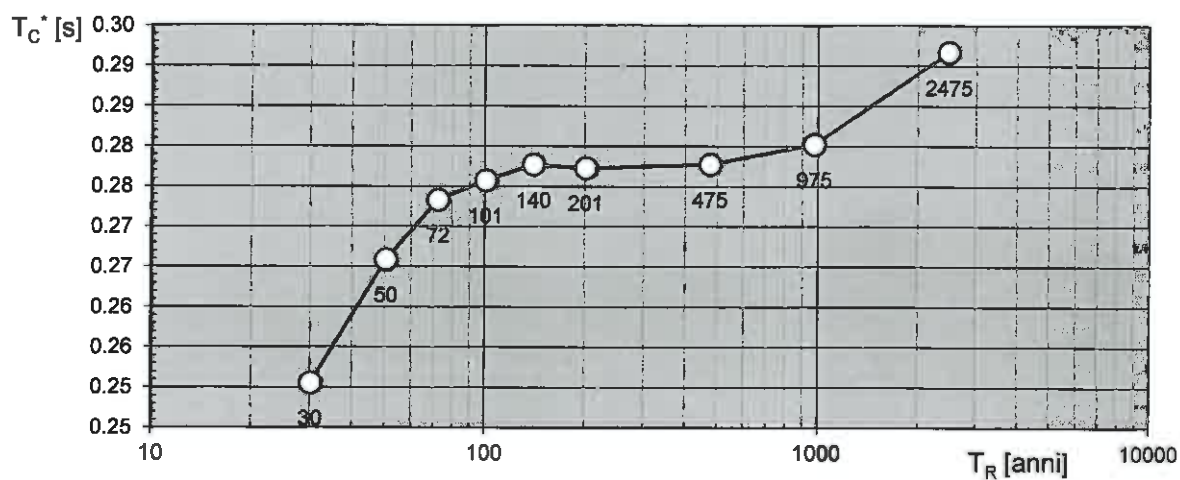
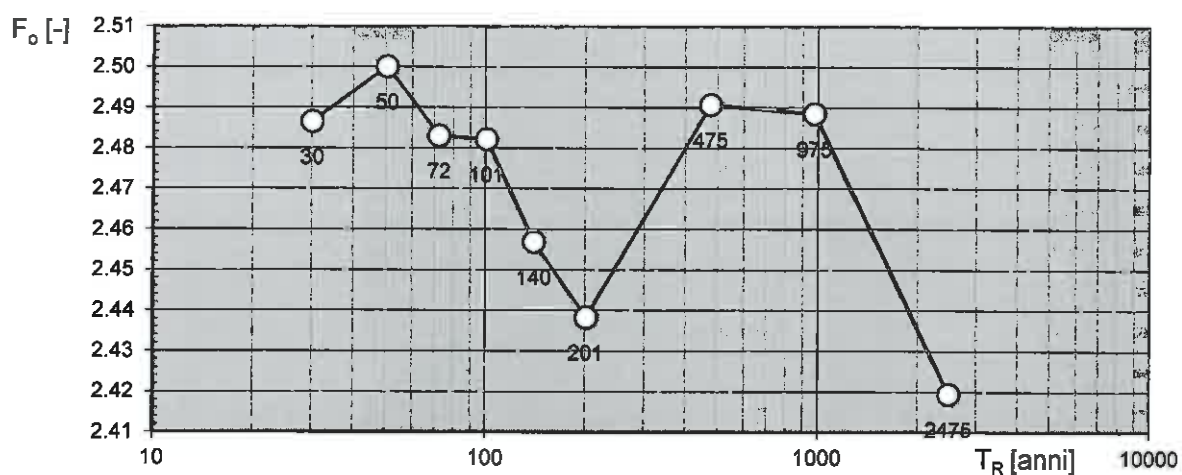
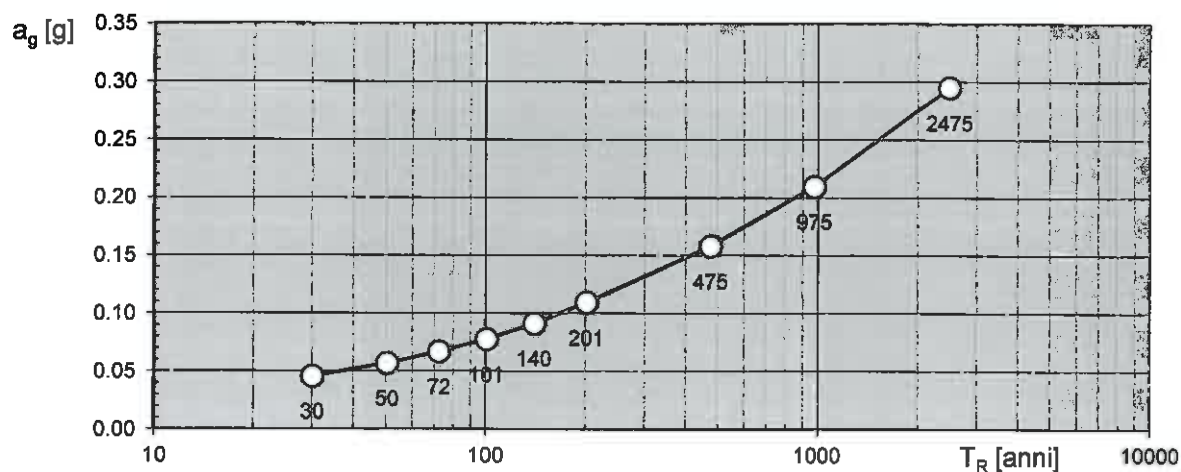


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.045	2.486	0.251
50	0.057	2.500	0.266
72	0.067	2.483	0.273
101	0.077	2.482	0.276
140	0.091	2.457	0.278
201	0.109	2.438	0.277
475	0.158	2.491	0.278
975	0.209	2.488	0.280
2475	0.295	2.419	0.292

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N [anni]

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U [mille]

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R [anni]

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R [mille]

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione

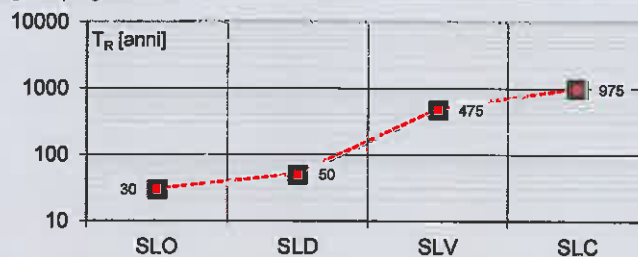
Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



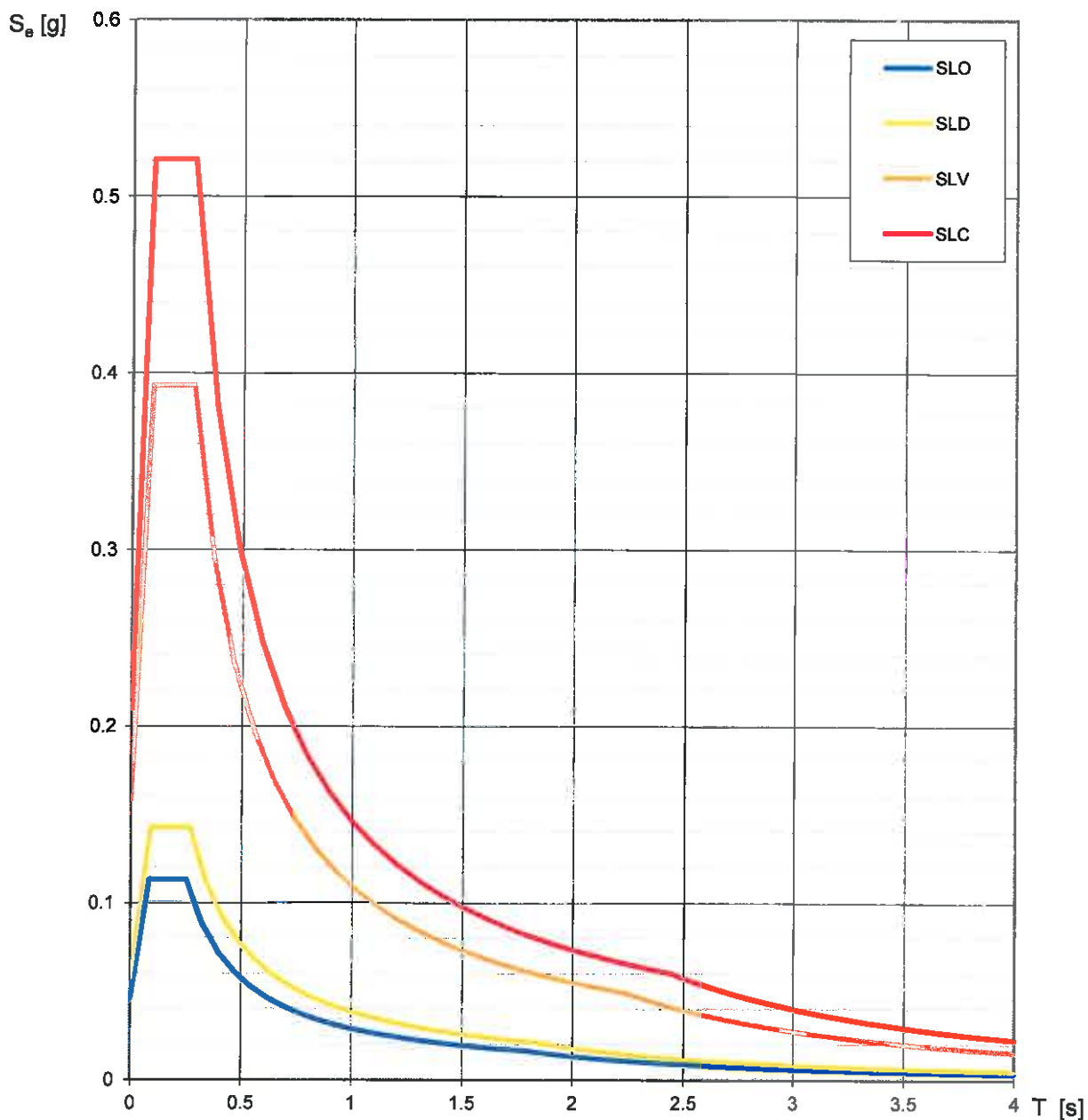
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_a [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.045	2.487	0.251
SLD	50	0.057	2.500	0.266
SLV	475	0.158	2.491	0.278
SLC	975	0.209	2.488	0.280

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato

SLV

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo

C

Categoria topografica

T1

$S_s = 1.464$

$C_c = 1.602$

$h/H = 0.000$

$S_T = 1.000$

(h =quota sito, H =altezza edificio topografico)

Componi orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%)

5

$\eta = 1.000$

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q

2

Regol. in altezza

no

Componi verticale

Spettro di progetto

Fattore q

1.5

$\eta = 0.667$

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

$S_{d,h}$ [g]

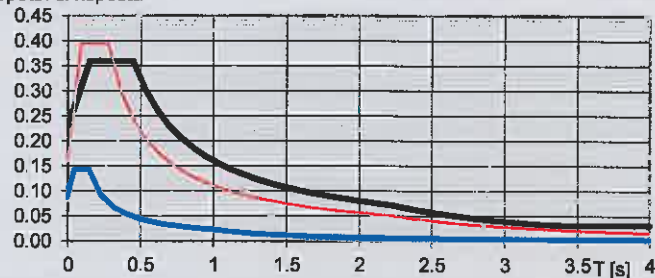
$S_{d,v}$ [g]

S_e [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat A-T1, $\xi = 5\%$)

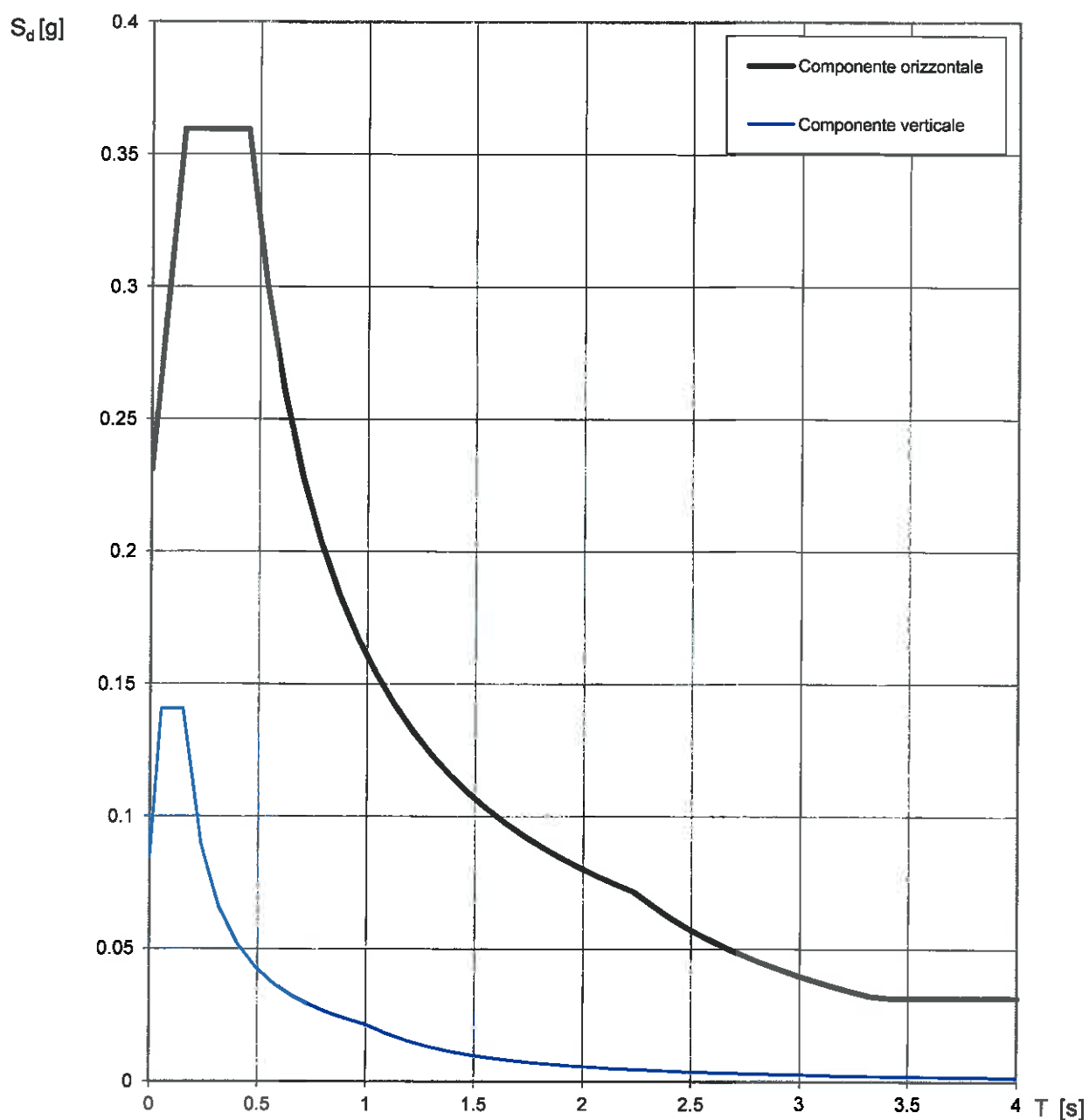


INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.158 g
F_o	2.491
T_c^*	0.278 s
S_B	1.464
C_c	1.602
S_T	1.000
q	1.600

Parametri dipendenti

S	1.464
η	0.625
T_B	0.148 s
T_C	0.445 s
T_D	2.231 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.231
$T_B \leftarrow$	0.148	0.360
$T_C \leftarrow$	0.445	0.360
	0.530	0.302
	0.615	0.260
	0.700	0.229
	0.785	0.204
	0.870	0.184
	0.955	0.167
	1.040	0.154
	1.125	0.142
	1.210	0.132
	1.295	0.124
	1.380	0.116
	1.466	0.109
	1.551	0.103
	1.636	0.098
	1.721	0.093
	1.806	0.089
	1.891	0.085
	1.976	0.081
	2.061	0.078
	2.146	0.075
$T_D \leftarrow$	2.231	0.072
	2.315	0.067
	2.399	0.062
	2.484	0.058
	2.568	0.054
	2.652	0.051
	2.736	0.048
	2.821	0.045
	2.905	0.042
	2.989	0.040
	3.073	0.038
	3.158	0.036
	3.242	0.034
	3.326	0.032
	3.410	0.032
	3.495	0.032
	3.579	0.032
	3.663	0.032
	3.747	0.032
	3.832	0.032
	3.916	0.032
	4.000	0.032

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell