studio santi
ARCHITETTURA E INGEGNERIA

studio di architettura e ingegneria arnaldo santi s.s.
Via Monsignor Alessandro Mori, 251 - 46042 Castel Goffredo (MN) C.F. e P. I.V.A.: 01866880204 - Tel.: 0376 770414 -
fax: 0376 770950 - email: studiosanti@studiosanti.com - www.facebook.com/studiosanti - www.studiosanti.com

COMMITTENTE: COMUNE DI GOITO – Piazza A. Gramsci 8	TAV.: **E-3.03**
PROGETTO ESECUTIVO RESTAURO CONSERVATIVO COPERTURA EX CONVENTO BENEDETTINO PIAZZA A. GRAMSCI 8 COMUNE DI GOITO (MN)	IL TECNICO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE **RELAZIONE DI CALCOLO INERENTE L'INTERVENTO DI TIPO LOCALE DI CONSOLIDAMENTO DELLE CAPRIATE LIGNEE ESISTENTI**	

DISEGNATORE:	CONTROLLO:	COMMESSA:	DATA:
	Arch. Stefano Santi	235.15	28.11.2016

P:\COMUNE DI GOITO\235-15 RESTAURO CONSERVATIVO COPERTURA EX CONVENTO - 18.11.2015\2. PROGETTO\2.3. ESECUTIVO\2.3.2. RELAZIONI\E-3.03 RELAZIONE DI CALCOLO CONSOLIDAMENTO CAPRIATE.doc

Introduzione 3
1 Normative 5
2 Dati generali 5
2.1 Materiali 5
2.1.1 Acciai 5
2.1.1.1 Proprietà acciai base 5
2.1.1.2 Proprietà acciai CNR 10011 5
2.1.1.3 Proprietà acciai CNR 10022 5
2.1.1.4 Proprietà acciai EC3 6
2.2 Sezioni 6
2.2.1 Sezioni in acciaio 6
2.2.1.1 Profili singoli in acciaio 6
2.2.1.1.1 Profili piatti 6
2.2.1.2 Caratteristiche inerziali sezioni in acciaio 6
2.2.1.2.1 Caratteristiche inerziali principali sezioni in acciaio 6
2.2.1.2.2 Caratteristiche inerziali momenti sezioni in acciaio 6
2.2.1.2.3 Caratteristiche inerziali taglio sezioni in acciaio 7
3 Dati di definizione 8
3.1 Preferenze commessa 8
3.1.1 Preferenze di analisi 8
3.1.2 Spettri NTC 08 9
3.1.3 Preferenze di verifica 12
3.1.3.1 Normativa di verifica in uso 12
3.1.3.2 Normativa di verifica acciaio 12
3.1.4 Preferenze FEM 12
3.1.5 Moltiplicatori inerziali 12
3.1.6 Preferenze di analisi non lineare FEM 13
3.1.7 Preferenze di analisi carichi superficiali 13
3.1.8 Preferenze progetto acciaio 13
3.2 Azioni e carichi 14
3.2.1 Analisi dei carichi copertura 14
3.2.1 Azione della neve 16
Copertura a due falde § 3.4.5.3 DM14-01-2008 16
3.2.2 Condizioni elementari di carico 16
3.2.3 Combinazioni di carico 17
3.2.4 Definizioni di carichi concentrati 18
4 Risultati numerici 20
4.1 Sollecitazioni aste 20
4.1.1 Convenzioni di segno aste 20
4.1.2 Sollecitazioni estreme aste 22
4.2 Sollecitazioni estreme bielle (Tiranti 1 e 2) 24
5 Verifiche 25

Introduzione

La presente relazione di calcolo riguarda la verifica dell'intervento di consolidamento delle capriate esistenti mediante l'inserimento di n.2 tiranti in acciaio per capriata (tiranti in grado di sostenere per intero lo sforzo di trazione e scaricare quindi la catena lignea) e il sistema di fissaggio con viti dei puntoni al monaco (intervento di tipo locale come definito nel paragrafo 8.4.3 dell'NTC2008).

Il progetto e la valutazione della sicurezza saranno riferiti pertanto ai soli elementi strutturali interessati dall'intervento, in quanto questo tipo di intervento non produce sostanziali modifiche al comportamento locale della capriata e globale dell'intera struttura.

Le Linee guida del 26.11.2010 per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui di cui al Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 Gennaio 2008 definiscono che: "Per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali (punto 8.4 delle NTC). Con il termine di miglioramento si deve intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni. **Riparazioni o interventi locali interessano invece porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali;**

Per la progettazione degli interventi vengono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione:

- **LV2 (riparazione o intervento locale)** - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale; in questo caso la valutazione dell'azione sismica allo SLV per l'intero manufatto, comunque richiesta, viene effettuata con gli strumenti del livello LV1;
- LV3 (intervento di miglioramento) - progetto di interventi diffusi nella costruzione, che per quanto possibile non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza (§ 4); le valutazioni devono riguardare l'intero

manufatto, e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione (l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha infatti mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione, definite nel seguito macroelementi). Il livello di valutazione LV3 può essere utilizzato anche quando, in assenza di un progetto di intervento, venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto."

Inoltre per gli interventi da realizzare in copertura le linee guida stabiliscono:
"E' in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno, in quanto capaci di limitare le masse nella parte più alta dell'edificio e di garantire un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante.
In generale, vanno il più possibile sviluppati i collegamenti e le connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto, ricercando le configurazioni e le tecniche compatibili con le diverse culture costruttive locali. Oltre al collegamento con capo chiave metallico, che impedisce la traslazione, si possono realizzare cordoli-tirante in legno o in metallo opportunamente connessi sia alle murature sia alle orditure in legno del tetto (cuffie metalliche), a formare al tempo stesso un elemento di connessione sul bordo superiore delle murature ed un elemento di ripartizione dei carichi concentrati delle orditure del tetto. Vanno in generale evitati i cordoli in cemento armato di elevato spessore, per la diversa rigidezza che essi introducono nel sistema e per l'impatto che producono. Essi possono essere utilizzati solo quando non alterino la situazione statica della muratura e ne sia dimostrata chiaramente l'efficacia, coerentemente con quanto già indicato al punto 6.2.1.
Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semicatene in piano, la spinta deve essere compensata.
Nel caso delle capriate, deve essere presente un buon collegamento nei nodi, necessario ad evitare scorrimenti e distacchi in presenza di azioni orizzontali. Questo può essere migliorato con piastre e barre metalliche o con altri materiali (ad esempio fibrorinforzati).
Possono essere introdotte forme di parziale irrigidimento delle falde, ad esempio per mezzo di

tavolati sovrapposti e incrociati a quelli esistenti, con opportuni collegamenti ai bordi della muratura, o tramite controventi posti all'intradosso, realizzati con semplici catene metalliche."

1 Normative

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08

Sicurezza (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-1:1994, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2014 Luglio 2014, Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-3:2000, Eurocodice 3 EN 1993-1-8:2005

2 Dati generali

2.1 Materiali

2.1.1 Acciai

2.1.1.1 Proprietà acciai base

***Descrizione**: descrizione o nome assegnato all'elemento.*
***E**: modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [daN/cm²]*
***G**: modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [daN/cm²]*
***Poisson**: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.*
***γ**: peso specifico del materiale. [daN/cm³]*
***α**: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C-1]*

Descrizione	E	G	Poisson	γ	α
S235	2100000	Default (807692.31)	0.3	0.00785	0.000012

2.1.1.2 Proprietà acciai CNR 10011

***Descrizione**: descrizione o nome assegnato all'elemento.*
***Tipo**: descrizione per norma.*
***fy(s<=40 mm)**: resistenza di snervamento fy per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
***fy(s>40 mm)**: resistenza di snervamento fy per spessori >40 mm. [daN/cm²]*
***fu(s<=40 mm)**: resistenza di rottura per trazione fu per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
***fu(s>40 mm)**: resistenza di rottura per trazione fu per spessori >40 mm. [daN/cm²]*
***Prosp. Omega**: prospetto per coefficienti Omega.*
***σ amm.(s<=40 mm)**: σ ammissibile per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
***σ amm.(s>40 mm)**: σ ammissibile per spessori >40 mm. [daN/cm²]*
***fd(s<=40 mm)**: resistenza di progetto fd per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
***fd(s>40 mm)**: resistenza di progetto fd per spessori >40 mm. [daN/cm²]*

Descrizione	Tipo	fy(s<=40 mm)	fy(s>40 mm)	fu(s<=40 mm)	fu(s>40 mm)	Prosp. Omega	σ amm.(s<=40 mm)	σ amm.(s>40 mm)	fd(s<=40 mm)	fd(s>40 mm)
S235	FE360	2350	2150	3600	3400	II	1600	1400	2350	2100

2.1.1.3 Proprietà acciai CNR 10022

***Descrizione**: descrizione o nome assegnato all'elemento.*
***Tipo**: descrizione per norma.*
***fy**: resistenza di snervamento fy. [daN/cm²]*
***fu**: resistenza di rottura fu. [daN/cm²]*
***fd**: resistenza di progetto fd. [daN/cm²]*
***Prospetto omega sag.fr.(s<3mm)**: prospetto coeff. omega per spessori < 3 mm.*
***Prospetto omega sag.fr.(s>=3mm)**: prospetto coeff. omega per spessori >= 3 mm.*
***Prospetti σ crit. Eulero**: prospetti σ critiche euleriane.*

Descrizione	Tipo	fy	fu	fd	Prospetto omega sag.fr.(s<3mm)	Prospetto omega sag.fr.(s>=3mm)	Prospetti σ crit. Eulero
S235	FE360	2350	3600	2350	b	c	I

2.1.1.4 Proprietà acciai EC3

Descrizione: *descrizione o nome assegnato all'elemento.*
Tipo: *descrizione per norma.*
fy(s<=40 mm): *resistenza di snervamento fy per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
fy(s>40 mm): *resistenza di snervamento fy per spessori >40 mm. [daN/cm²]*
fu(s<=40 mm): *resistenza di rottura per trazione fu per spessori <=40 mm. [daN/cm²]*
fu(s>40 mm): *resistenza di rottura per trazione fu per spessori >40 mm. [daN/cm²]*

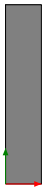
Descrizione	Tipo	fy(s<=40 mm)	fy(s>40 mm)	fu(s<=40 mm)	fu(s>40 mm)
S235	S235	2350	2150	3600	3600

2.2 Sezioni

2.2.1 Sezioni in acciaio

2.2.1.1 Profili singoli in acciaio

2.2.1.1.1 Profili piatti



Descrizione: *descrizione o nome assegnato all'elemento.*
Sup.: *superficie bagnata per unità di lunghezza. [mm]*
Area Tx FEM: *area di taglio in direzione X per l'analisi FEM. [mm²]*
Area Ty FEM: *area di taglio in direzione Y per l'analisi FEM. [mm²]*
JxFEM: *momento di inerzia attorno all'asse X per l'analisi FEM. [mm4]*
JyFEM: *momento di inerzia attorno all'asse Y per l'analisi FEM. [mm4]*
JtFEM: *momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma per l'analisi FEM. [mm4]*
h: *altezza del piatto. [mm]*
s: *spessore del piatto. [mm]*

Descrizione	Sup.	Area Tx FEM	Area Ty FEM	JxFEM	JyFEM	JtFEM	h	s
PL40x8	96	267	267	42667	1707	5967	40	8

2.2.1.2 Caratteristiche inerziali sezioni in acciaio

2.2.1.2.1 Caratteristiche inerziali principali sezioni in acciaio

Descrizione: *descrizione o nome assegnato all'elemento.*
Xg: *coordinata X del baricentro. [cm]*
Yg: *coordinata Y del baricentro. [cm]*
Area: *area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [cm²]*
Jx: *momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [cm4]*
Jy: *momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [cm4]*
Jxy: *momento centrifugo rispetto al sistema di riferimento baricentrico di definizione della sezione. [cm4]*
Jm: *momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale M. [cm4]*
Jn: *momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale N. [cm4]*
α X su M: *angolo tra gli assi del sistema di riferimento geometrico di definizione e quelli del sistema di riferimento principale. [deg]*
Jt: *momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma. [cm4]*

Descrizione	Xg	Yg	Area	Jx	Jy	Jxy	Jm	Jn	α X su M	Jt
PL40x8	0.4	2	3.2	4.27	0.17	0	4.27	0.17	0	0.6

2.2.1.2.2 Caratteristiche inerziali momenti sezioni in acciaio

***Descrizione**: descrizione o nome assegnato all'elemento.*
***ix**: raggio di inerzia relativo all'asse x. [cm]*
***iy**: raggio di inerzia relativo all'asse y. [cm]*
***im**: raggio di inerzia relativo all'asse principale m. [cm]*
***in**: raggio di inerzia relativo all'asse principale n. [cm]*
***Sx**: momento statico relativo all'asse x. [cm³]*
***Sy**: momento statico relativo all'asse y. [cm³]*
***Wx**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse x. [cm³]*
***Wy**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse y. [cm³]*
***Wm**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse principale m. [cm³]*
***Wn**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse principale n. [cm³]*
***Wplx**: modulo di resistenza plastico relativo all'asse x. [cm³]*
***Wply**: modulo di resistenza plastico relativo all'asse y. [cm³]*

Descrizione	ix	iy	im	in	Sx	Sy	Wx	Wy	Wm	Wn	Wplx	Wply
PL40x8	1.15	0.23	1.15	0.23	1.6	0.32	2.13	0.43	2.13	0.43	3.2	0.64

2.2.1.2.3 Caratteristiche inerziali taglio sezioni in acciaio

***Descrizione**: descrizione o nome assegnato all'elemento.*
***Atx**: area a taglio lungo x. [cm²]*
***Aty**: area a taglio lungo y. [cm²]*

Descrizione	Atx	Aty
PL40x8	3.2	3.2

3 Dati di definizione

3.1 Preferenze commessa

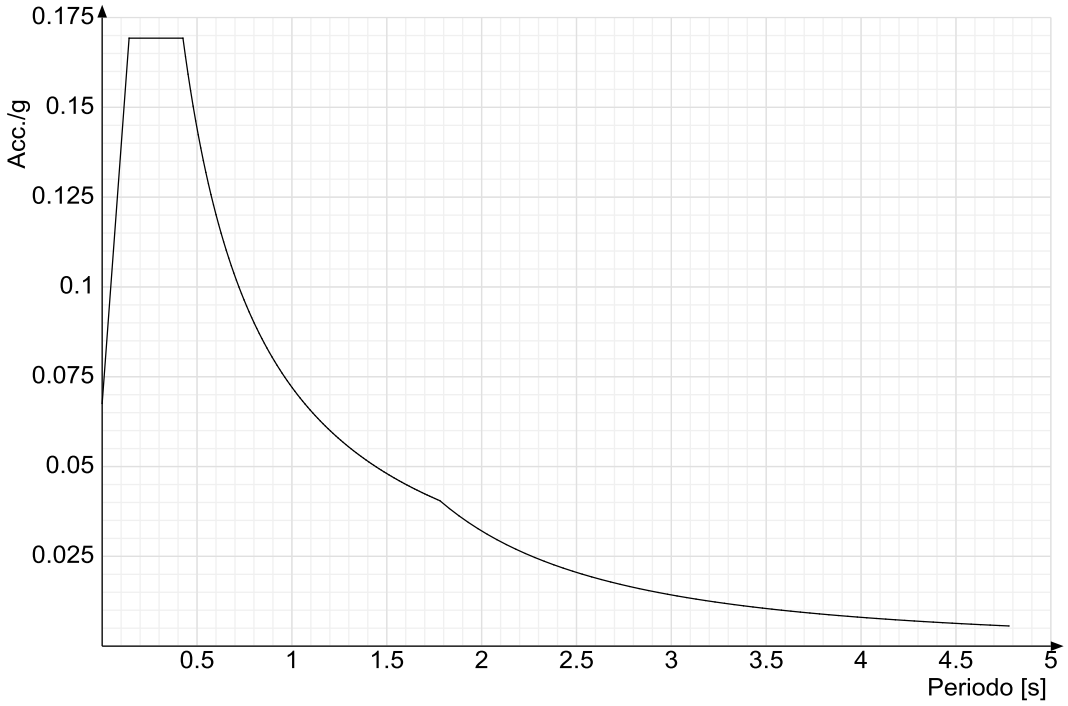
3.1.1 Preferenze di analisi

Metodo di analisi	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)	
Tipo di costruzione	2	
Vn	50	
Classe d'uso	II	
Vr	50	
Tipo di analisi	Lineare statica	
Località	Mantova, Goito; Latitudine ED50 45,2558° (45° 15' 21''); Longitudine ED50 10,6731° (10° 40' 23''); Altitudine s.l.m. 30,84 m.	
Zona sismica	Zona 3	
Categoria del suolo	C - sabbie ed argille medie	
Categoria topografica	T1	
Ss orizzontale SLD	1.5	
Tb orizzontale SLD	0.142	[s]
Tc orizzontale SLD	0.426	[s]
Td orizzontale SLD	1.78	[s]
Ss orizzontale SLV	1.5	
Tb orizzontale SLV	0.149	[s]
Tc orizzontale SLV	0.447	[s]
Td orizzontale SLV	2.09	[s]
St	1	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	50	
Ag/g SLD	0.045	
Fo SLD	2.506	
Tc* SLD	0.26	
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	475	
Ag/g SLV	0.1224	
Fo SLV	2.471	
Tc* SLV	0.28	
Smorzamento viscoso (%)	5	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Regolarità in pianta	No	
Regolarità in elevazione	No	
Edificio muratura	Si	
Tipologia muratura	Costruzioni in muratura ordinaria q0=2.0*αu/α1	
αu/α1 muratura	Costruzioni in muratura ordinaria a due o più piani αu/α1=(1.0+1.8)/2	
Edificio esistente	Si	
Altezza costruzione	1082	[cm]
C1	0.05	
T1	0.298	[s]
Lambda SLD	1	
Lambda SLV	1	
Torsione accidentale semplificata	No	
Torsione accidentale per piani (livelli e falde) flessibili	No	
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 2"	0	[cm]
Limite spostamenti interpiano	0.003	
Moltiplicatore sisma X per combinazioni di default	1	
Moltiplicatore sisma Y per combinazioni di default	1	
Fattore di struttura per sisma X	2.24	
Fattore di struttura per sisma Y	2.24	
Fattore di struttura per sisma Z	1.5	
Applica 1% (§ 3.1.1)	No	

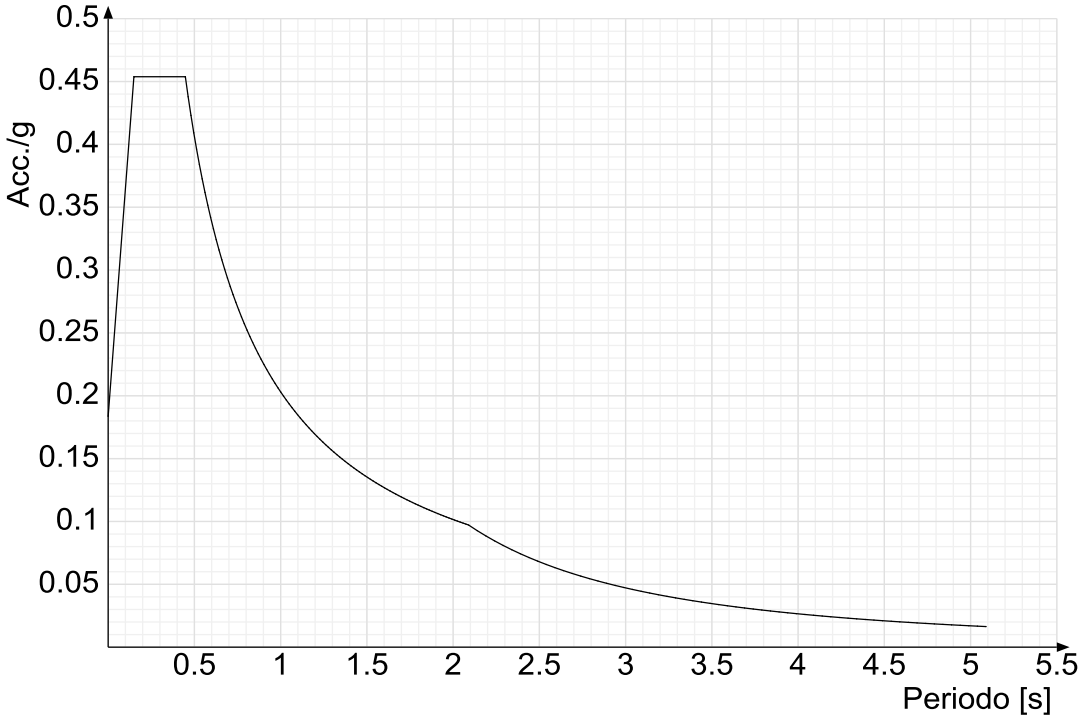
3.1.2 Spettri NTC 08

Acc./g*: Accelerazione spettrale normalizzata ottenuta dividendo l'accelerazione spettrale per l'accelerazione di gravità.*
Periodo*: Periodo di vibrazione.*

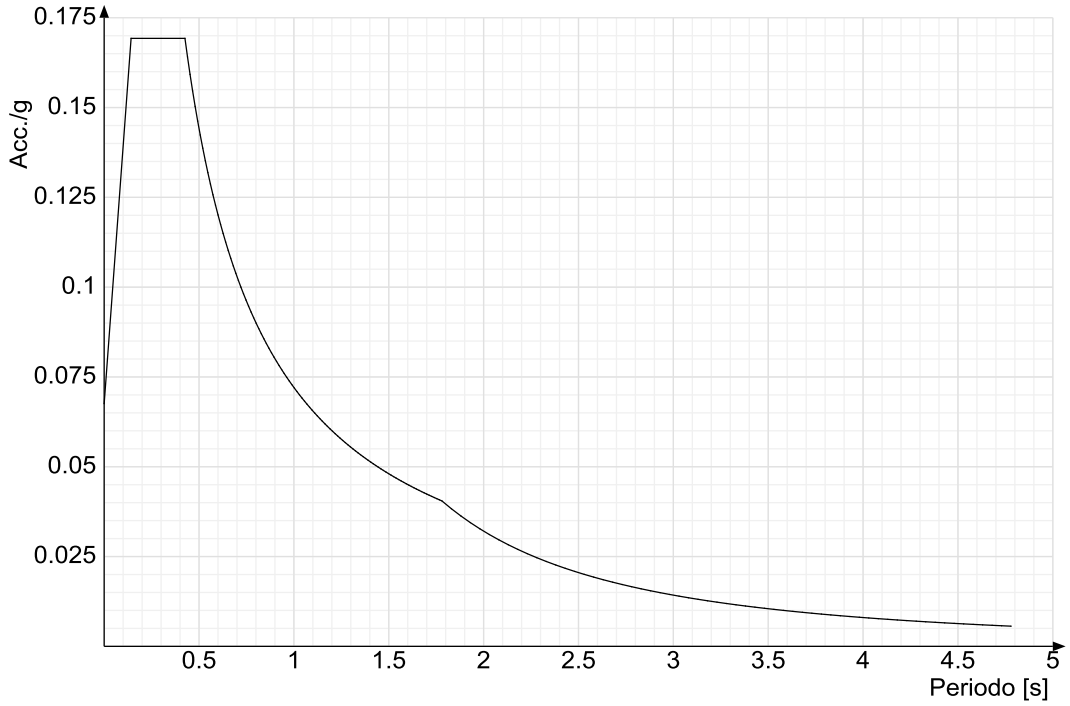
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 (3.2.4)



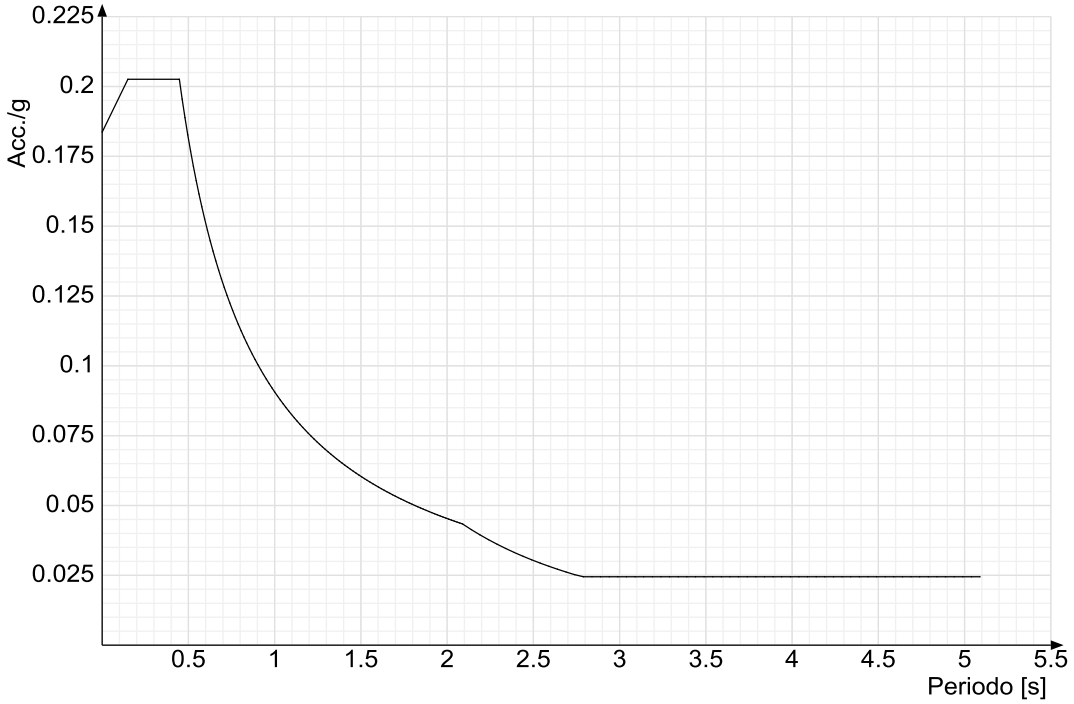
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 (3.2.4)



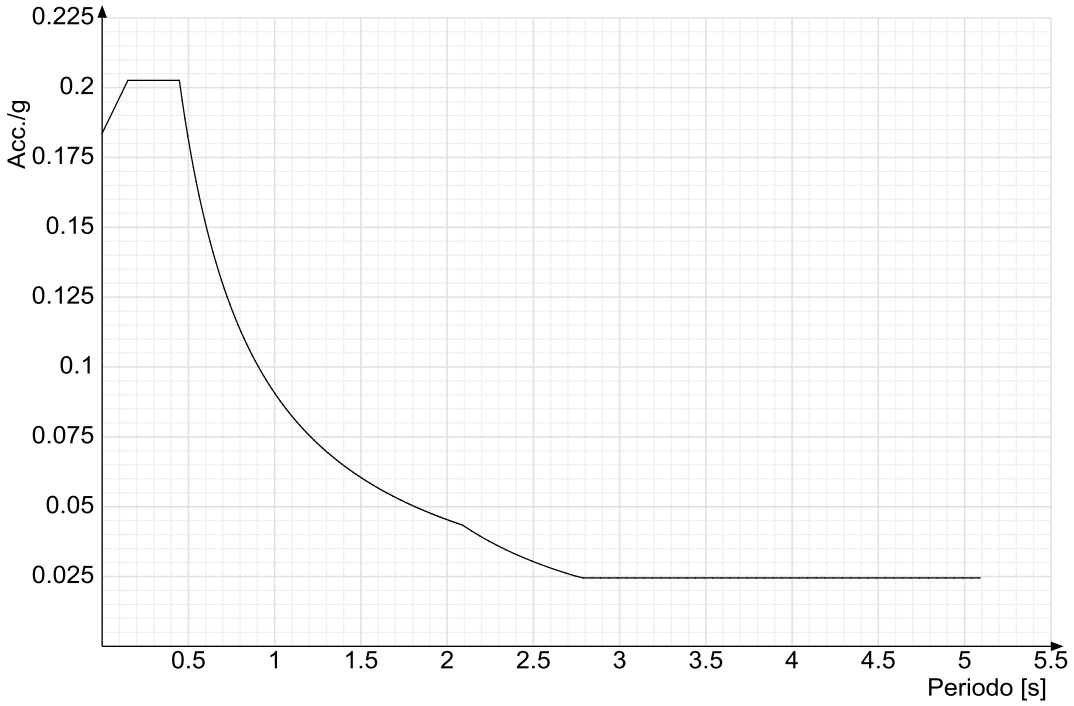
Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.4



Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5



Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5



3.1.3 Preferenze di verifica

3.1.3.1 Normativa di verifica in uso

Norma di verifica	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Cemento armato	Preferenze analisi di verifica in stato limite
Legno	Preferenze di verifica legno NTC08
Acciaio	Preferenze di verifica acciaio EC3
Alluminio	Preferenze di verifica alluminio EC3
Pannelli in gessofibra	Preferenze di verifica pannelli gessofibra D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Psi	

3.1.3.2 Normativa di verifica acciaio

γm0	1.05
γm1	1.05
γm2	1.25
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7
Calcolo coefficienti C1, C2, C3 per Mcr	automatico
Coefficienti α, β 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
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002

3.1.4 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	20	[cm]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	20	[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	
Spessori membranale e flessionale pareti XLAM da sole tavole verticali	No	
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	

3.1.5 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	Conci 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

Tipologia	J2	J3	Jt	A	A2	A3	Conci rigidi
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

3.1.6 Preferenze di analisi non lineare FEM

Metodo iterativo	Secante
Tolleranza iterazione	0.0001
Numero massimo iterazioni	50

3.1.7 Preferenze di analisi carichi superficiali

Detrazione peso proprio solai nelle zone di sovrapposizione	non applicata	
Metodo di ripartizione	a zone d'influenza	
Percentuale carico calcolato a trave continua	0	
Esegui smoothing diagrammi di carico	applicata	
Tolleranza smoothing altezza trapezi	0.001	[daN/cm]
Tolleranza smoothing altezza media trapezi	0.001	[daN/cm]

3.1.8 Preferenze progetto acciaio

Default Beta X/m cerniera-cerniera	1
Default Beta Y/n cerniera-cerniera	1
Default Beta X/m cerniera-incastro	0.8
Default Beta Y/n cerniera-incastro	0.8
Default Beta X/m incastro-incastro	0.7
Default Beta Y/n incastro-incastro	0.7
Default Beta X/m incastro-libero	2
Default Beta Y/n incastro-libero	2
Default luce su freccia per travi	400
Rapporto di sottoutilizzo	0.8
Valutazione delle frecce nelle mensole considerando spostamento relativo tra nodo iniziale e nodo finale	si

3.2 Azioni e carichi

3.2.1 Analisi dei carichi copertura

Analisi dei carichi pacchetto di copertura tipo A:

	G1	G2	V	
Travetti 10x10 cm passo 45	9			
Tavelle in cotto di recupero sp. 3 cm	48			
Assito in legno grezzo sp. 2,2 cm	9			
Membrana impermeabile		0,4		
Pannello in legno multistrato sp.2,5 cm	11			
Listelli in legno 5x4 cm, passo 35 cm		2		
Manto di copertura in coppi di laterizio		80		
Azione variabile della Neve			80	
	77	84	80	daN/mq

Viene presa in considerazione la capriata più sollecitata: capriata n.11.

La zona di influenza del carico agente sulla capriata è individuata dalla luce netta della capriata (L=6,80 m) e dall'interasse tra le capriate (I)

I (interasse) = (I1/2) + (I2/2) = 3,38 m → 3,40 m

Dove: I1 = 3,27 m → interasse tra capriata 11 e capriata 10
I2 = 3,49 m → interasse tra capriata 11 e capriata 12

Disegno della capriata:

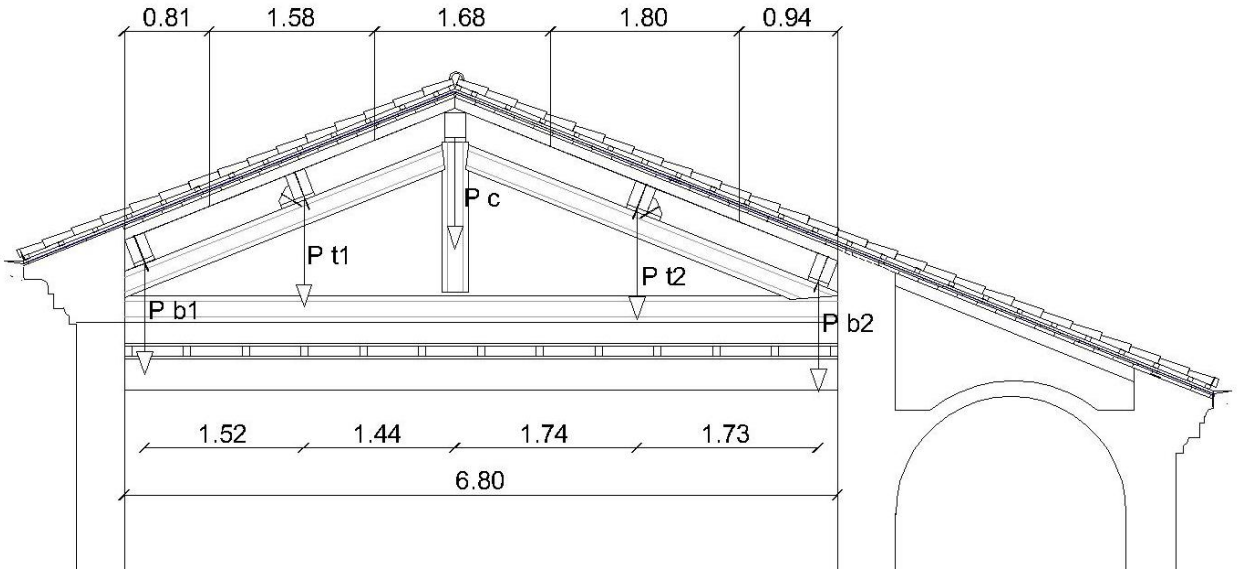


Figura 1 – Sezione 2-2 della capriata n.11

CARICO TRAVE DI BANCHINA 1

G1 trave 98 daN

	carico sup. (daN/mq)	1/cos 22	Coeff. Ampl. Appoggio	Area di influenza (mq)		Carico (daN)	Carico trave (daN)	Pb1 Carico complessivo (daN)
G1 copertura	77	1,07853	1	3,4	0,81	229	98	327
G2 copertura	84	1,07853	1	3,4	0,81	250		250
V neve	80	1	1	3,4	0,81	220		220

CARICO TRAVE TERZERA 1

G1 trave 98 daN

	carico sup. (daN/mq)	1/cos 22	Coeff. Ampl. Appoggio	Area di influenza (mq)		Carico (daN)	Carico trave (daN)	Pt1 Carico complessivo (daN)
G1 copertura	77	1,07853	1,25	3,4	1,58	558	98	656
G2 copertura	84	1,07853	1,25	3,4	1,58	608		608
V neve	80	1	1,25	3,4	1,58	537		537

CARICO TRAVE DI COLMO

G1 trave 98 daN

	carico sup. (daN/mq)	1/cos 22	Coeff. Ampl. Appoggio	Area di influenza (mq)		Carico (daN)	Carico trave (daN)	Pc Carico complessivo (daN)
G1 copertura	77	1,07853	1	3,4	1,68	474	98	572
G2 copertura	84	1,07853	1	3,4	1,68	517		517
V neve	80	1	1	3,4	1,68	457		457

CARICO TRAVE TERZERA 2

G1 trave 98 daN

	carico sup. (daN/mq)	1/cos 22	Coeff. Ampl. Appoggio	Area di influenza (mq)		Carico (daN)	Carico trave (daN)	Pt2 Carico complessivo (daN)
G1 copertura	77	1,07853	1,25	3,4	1,8	635	98	733
G2 copertura	84	1,07853	1,25	3,4	1,8	693		693
V neve	80	1	1,25	3,4	1,8	612		612

CARICO TRAVE DI BANCHINA 2

G1 trave 98 daN

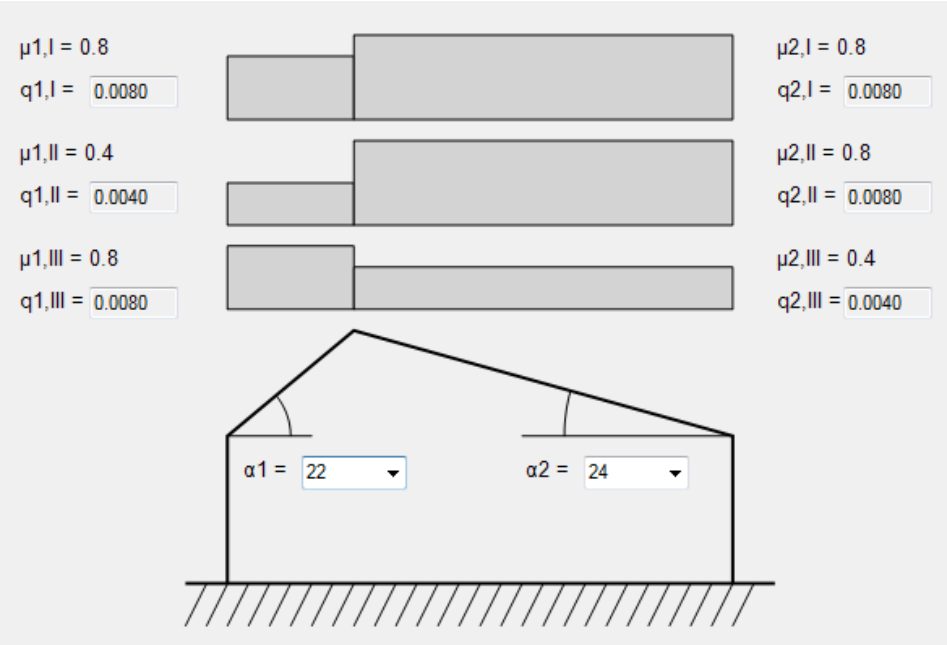
	carico sup. (daN/mq)	1/cos 22	Coeff. Ampl. Appoggio	Area di influenza (mq)		Carico (daN)	Carico trave (daN)	Pb2 Carico complessivo (daN)
G1 copertura	77	1,07853	1	3,4	0,94	265	98	363
G2 copertura	84	1,07853	1	3,4	0,94	290		290
V neve	80	1	1	3,4	0,94	256		256

3.2.1 Azione della neve

Zona	Zona II	
Classe topografica	Normale	
Ce	1	
Ct	1	
qsk	0.01	[daN/cm²]

Copertura a due falde § 3.4.5.3 DM14-01-2008

α1	22	[deg]
α2	24	[deg]
μ1,I	0.8	
μ2,I	0.8	
μ1,II	0.4	
μ2,II	0.8	
μ1,III	0.8	
μ2,III	0.4	
q1,I	0.008	[daN/cm²]
q2,I	0.008	[daN/cm²]
q1,II	0.004	[daN/cm²]
q2,II	0.008	[daN/cm²]
q1,III	0.008	[daN/cm²]
q2,III	0.004	[daN/cm²]



3.2.2 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
Pesi strutturali	Pesi		Permanente	0	0	0	
Permanenti portati	Port.	I	Permanente	0	0	0	
Neve	Neve	I	Media	0.5	0.2	0	
Delta T	Dt	II	Media	0.6	0.5	0	No
Sisma X SLV	X SLV			0	0	0	

Descrizione	Nome breve	I/II	Durata	Psi0	Psi1	Psi2	Var.segno
Sisma Y SLV	Y SLV			0	0	0	
Sisma Z SLV	Z SLV			0	0	0	
Eccentricità Y per sisma X SLV	EY SLV			0	0	0	
Eccentricità X per sisma Y SLV	EX SLV			0	0	0	
Sisma X SLD	X SLD			0	0	0	
Sisma Y SLD	Y SLD			0	0	0	
Sisma Z SLD	Z SLD			0	0	0	
Eccentricità Y per sisma X SLD	EY SLD			0	0	0	
Eccentricità X per sisma Y SLD	EX SLD			0	0	0	
Rig. Ux	R Ux			0	0	0	
Rig. Uy	R Uy			0	0	0	
Rig. Rz	R Rz			0	0	0	

3.2.3 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 SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	**SLU 1**	1	0	0	0
2	**SLU 2**	1	0	1.5	0
3	**SLU 3**	1	1.5	0	0
4	**SLU 4**	1	1.5	1.5	0
5	**SLU 5**	1.3	0	0	0
6	**SLU 6**	1.3	0	1.5	0
7	**SLU 7**	1.3	1.5	0	0
8	**SLU 8**	1.3	1.5	1.5	0

Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	**SLE RA 1**	1	1	0	0
2	**SLE RA 2**	1	1	1	0

Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	**SLE FR 1**	1	1	0	0
2	**SLE FR 2**	1	1	0.2	0

Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	**SLE QP 1**	1	1	0	0

Famiglia SLU eccezionale

Il nome compatto della famiglia è SLU EX.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt

Famiglia SLD

Il nome compatto della famiglia è SLD.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLD	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD
1	**SLD 1**	1	1	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	**SLD 2**	1	1	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	**SLD 3**	1	1	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
4	**SLD 4**	1	1	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
5	**SLD 5**	1	1	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	**SLD 6**	1	1	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	**SLD 7**	1	1	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
8	**SLD 8**	1	1	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLD	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD
9	SLD 9	1	1	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLD 10	1	1	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLD 11	1	1	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLD 12	1	1	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLD 13	1	1	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLD 14	1	1	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLD 15	1	1	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLD 16	1	1	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

Famiglia SLV

Il nome compatto della famiglia è SLV.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV
1	SLV 1	1	1	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	SLV 2	1	1	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	SLV 3	1	1	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
4	SLV 4	1	1	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
5	SLV 5	1	1	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	SLV 6	1	1	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	SLV 7	1	1	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
8	SLV 8	1	1	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1
9	SLV 9	1	1	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLV 10	1	1	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLV 11	1	1	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLV 12	1	1	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLV 13	1	1	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLV 14	1	1	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLV 15	1	1	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLV 16	1	1	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

Famiglia SLV fondazioni

Il nome compatto della famiglia è SLV FO.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV

Famiglia Calcolo rigidezza torsionale/flessionale di piano

Il nome compatto della famiglia è CRTFP.

Nome	Nome breve	R Ux	R Uy	R Rz
Rig. Ux+	CRTFP Ux+	1	0	0
Rig. Ux-	CRTFP Ux-	-1	0	0
Rig. Uy+	CRTFP Uy+	0	1	0
Rig. Uy-	CRTFP Uy-	0	-1	0
Rig. Rz+	CRTFP Rz+	0	0	1
Rig. Rz-	CRTFP Rz-	0	0	-1

3.2.4 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.*
***Fx**: componente X del carico concentrato. [daN]*
***Fy**: componente Y del carico concentrato. [daN]*
***Fz**: componente Z del carico concentrato. [daN]*
***Mx**: componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse X. [daN*cm]*
***My**: componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse Y. [daN*cm]*

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

Nome	Valori						
	Condizione	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	Descrizione						
Pb1	Pesi strutturali	0	0	-327	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	-250	0	0	0
	Neve	0	0	-220	0	0	0
Pt1	Pesi strutturali	0	0	-656	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	-608	0	0	0
	Neve	0	0	-537	0	0	0
Pc	Pesi strutturali	0	0	-572	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	-517	0	0	0
	Neve	0	0	-457	0	0	0
Pt2	Pesi strutturali	0	0	-733	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	-693	0	0	0
	Neve	0	0	-612	0	0	0
Pb2	Pesi strutturali	0	0	-363	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	-290	0	0	0
	Neve	0	0	-256	0	0	0

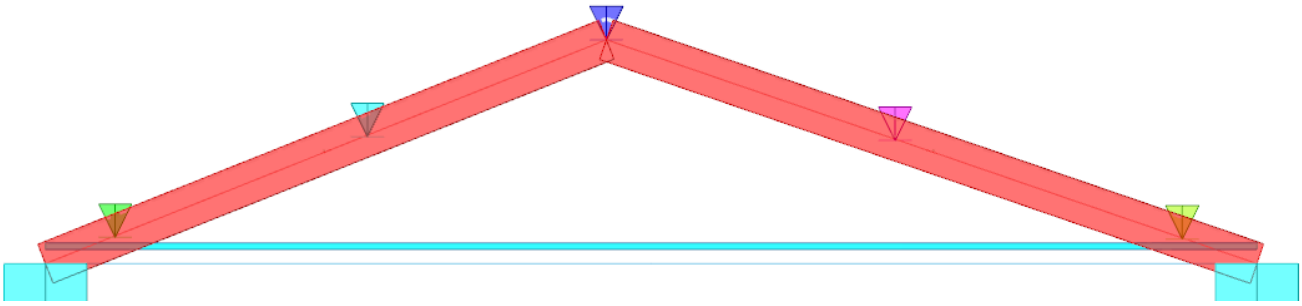


Figura 2 – Vista in prospetto del modello della capriata con i carichi concentrati applicati

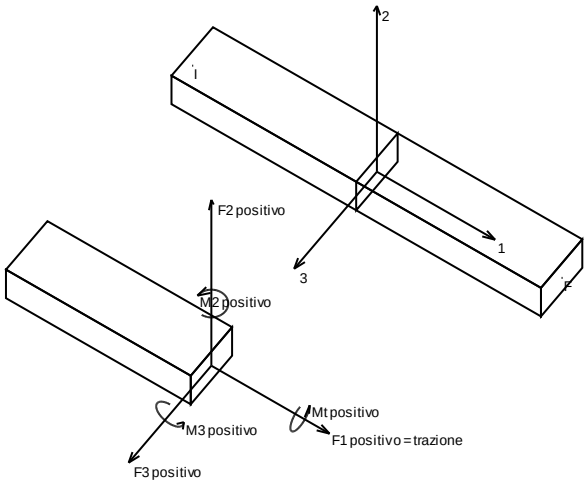
4 Risultati numerici

4.1 Sollecitazioni aste

4.1.1 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.



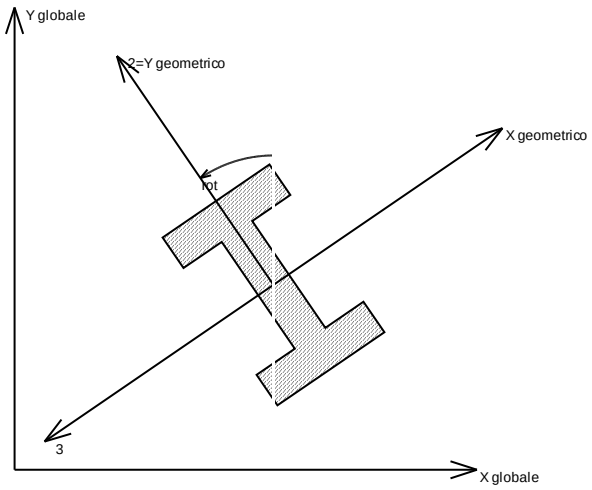
La convenzione sui segni per i parametri di sollecitazione delle aste è la seguente:
presa un'asta con nodo iniziale i e nodo finale f, asse 1 che va da i a f, assi 2 e 3 presi secondo quanto indicato nei paragrafi successivi relativi al sistema locale delle aste sezionando l'asta in un punto e considerando 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.

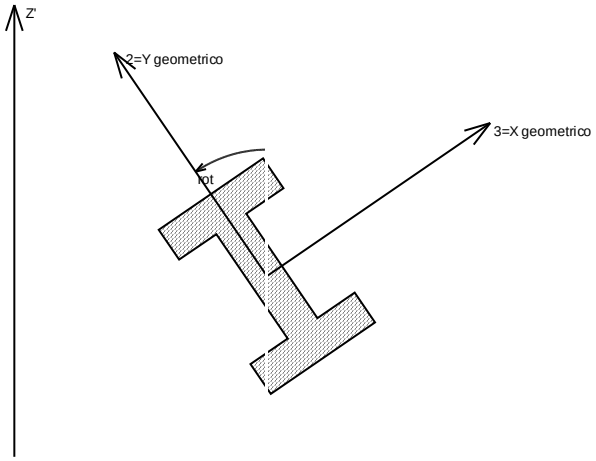
Nel seguito si indica con 1, 2 e 3 il sistema locale dell'asta che non sempre coincide con gli assi principali della sezione. Si ricorda che per assi principali si intendono gli assi rispetto a cui si ha il raggio di inerzia minimo e massimo. Gli assi 1, 2 e 3 rispettano la regola della mano destra.

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).

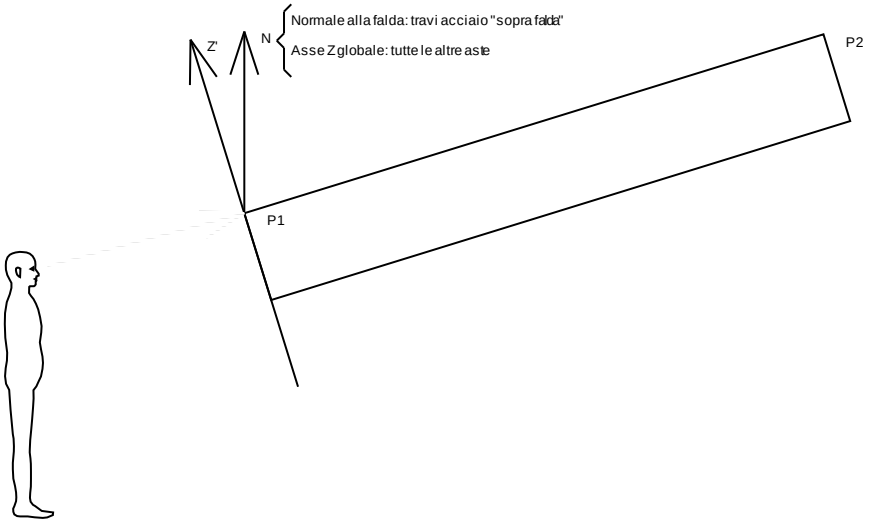
Sistema locale aste non verticali



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

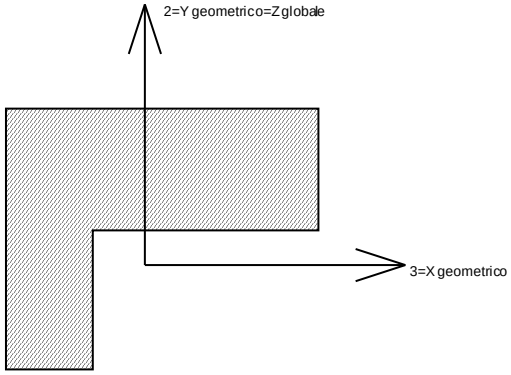
L'asse Z' è illustrato nella figura seguente dove:

- 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.

4.1.2 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 mezzeria, 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

Sollecitazioni puntoni

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	N.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
16	SLU 8	1	1592	581	28	-9149	-2007	-2	-47	780	0
17	SLU 8	1	2322	581	27	-9021	-2382	-2	41	1144	0

Sollecitazioni con momento M2 minimo

Sollecitazioni puntoni

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	N.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
16	SLV 5	1	1592	581	28	-4755	-1023	663	805	-238885	0
17	SLV 7	1	2322	581	27	-4323	-1206	480	748	-196856	0

Sollecitazioni con momento M2 massimo

Sollecitazioni puntoni

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	N.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
16	SLV 11	1	1592	581	28	-4414	-1023	-665	-852	239664	0
17	SLV 9	1	2322	581	27	-4712	-1206	-483	-707	198000	0

Sollecitazioni con momento M3 massimo

Sollecitazioni puntoni

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	N.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
17	SLU 8	18	2100	581	103	-7632	1680	-2	41	564	307489
16	SLU 8	18	1784	581	103	-8703	-882	-2	-47	271	236502

4.2 Sollecitazioni estreme bielle (Tiranti 1 e 2)

***Biella**: 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

Sollecitazioni tiranti

Biella Ind.	Cont. N.br.	N
1	SLU 8	3939
2	SLU 8	3826

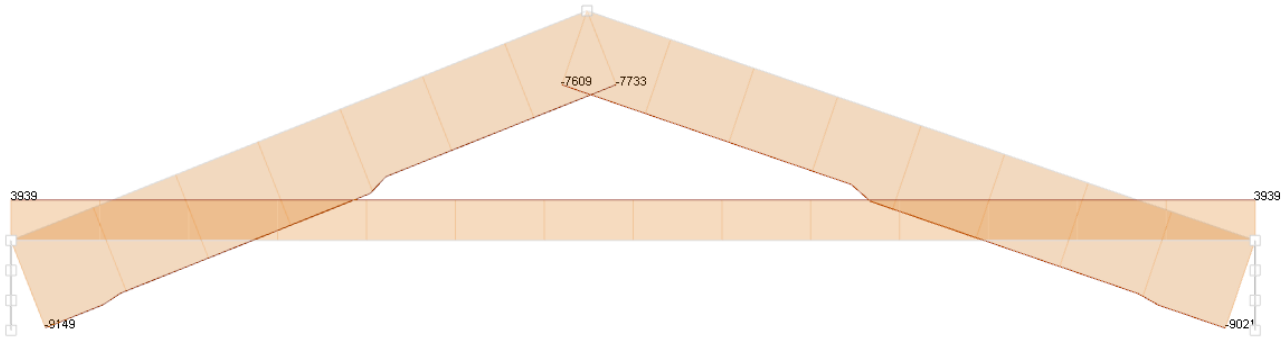


Figura 3 – Inviluppo sforzi assiali massimi in SLU per Tirante 1 (Valori in daN)

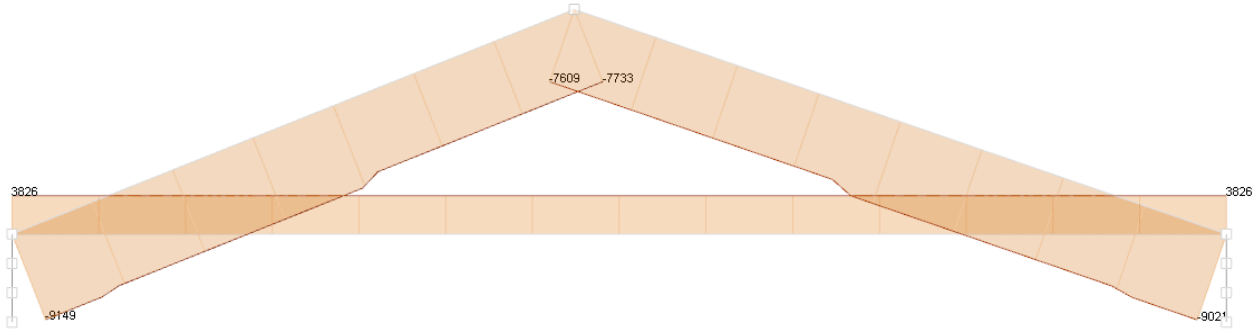


Figura 4 – Inviluppo sforzi assiali massimi in SLU per Tirante 2 (Valori in daN)

5 Verifiche

5.1 Verifiche aste in acciaio

Fy: *tensione di snervamento*
Fy eff: *tensione di snervamento efficace del materiale del profilo tale da modificare il parametro epsilon=(235/fy)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 Mx*
bm.y: *coefficiente di momento equivalente per My*
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 ro per verifica di resistenza per flessione e/o compressione con taglio x*
roy: *rapporto di taglio ro 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*
VEd: *taglio agente*
Vx,Ed: *taglio agente Tx*
Vy,Ed: *taglio agente Ty*
Vc,Rd: *taglio resistente*
Vbw,Rd: *taglio resistente di progetto dell'anima*
Mx,Ed: *momento agente Mx attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
My,Ed: *momento agente My attorno all'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mc,x,Rd: *momento resistente Mx attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mc,y,Rd: *momento resistente My attorno all'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mn,x,Rd: *momento resistente Mx, ridotto per la presenza di sforzo normale, attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mn,y,Rd: *momento resistente My, ridotto per la presenza di sforzo normale, attorno all'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Npl,Rd: *sforzo normale plastico resistente a compressione, eventualmente ridotto per la presenza del taglio*
Mb,Rd: *momento resistente di progetto per instabilità*
Mb,x,Rd: *momento resistente di progetto per instabilità Mx attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mb,y,Rd: *momento resistente di progetto per instabilità Mx attorno all'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mx,Sd: *momento agente Mx attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
My,Sd: *momento agente My attorno all'asse y del sistema di riferimento geometrico della sezione*
Mx,eff,Sd: *momento interno efficace Mx attorno all'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione*
NEd: *sforzo normale agente*
Nt,Rd: *sforzo normale resistente a trazione*
Nc,Rd: *sforzo normale resistente a compressione*
Nb,Rd: *resistenza di progetto per instabilità della membratura compressa*
Nsd: *sforzo normale agente*
Nt,Sd: *valore di progetto della trazione assiale*
TEd: *momento torcente agente (si considera che il momento torcente del solutore sia solo dovuto alla torsione uniforme)*
TRd: *resistenza torsionale di progetto*
taut,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 Tx*
R7: *rapporto di verifica di resistenza a taglio Ty*
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 Tx*
B7: *rapporto di verifica di instabilità a taglio Tx*
S3: *rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata e svergolamento*
S4: *rapporto di verifica di instabilità a flessione deviata con compressione e svergolamento*
(hw/tw): *rapporto altezza-spessore per instabilità al taglio*
Mpl,Rd: *momento resistente della sezione*
Mf,Rd: *momento resistente delle ali*
MRd,Red: *momento resistente ridotto della sezione (7.1) EN 1993-1-5:2007*
B8: *rapporto Vsd.x/Vrd di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My<=Mf,Rd*
B9.1: *rapporto Vsd.x/Vrd di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My>Mf,Rd e Vx,Ed/Vbw,Rd<=0.5*
B9.2: *rapporto My/Mrd di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My>Mf,Rd e Vx,Ed/Vbw,Rd<=0.5*
B10.1: *rapporto Vsd.x/Vrd di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My>Mf,Rd e Vx,Ed/Vbw,Rd>0.5*
B10.2: *rapporto My/Mrd di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My>Mf,Rd e Vx,Ed/Vbw,Rd>0.5*
B10.3: *rapporto My/Mrd.red di verifica di instabilità a taglio Tx con tensioni normali per My>Mf,Rd e Vx,Ed/Vbw,Rd>0.5*
B11: *rapporto Vsd.y/Vrd di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx<=Mf,Rd*
B12.1: *rapporto Vsd.y/Vrd di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx>Mf,Rd e Vy,Ed/Vbw,Rd<=0.5*
B12.2: *rapporto Mx/Mrd di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx>Mf,Rd e Vy,Ed/Vbw,Rd<=0.5*
B13.1: *rapporto Vsd.y/Vrd di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx>Mf,Rd e Vy,Ed/Vbw,Rd>0.5*
B13.2: *rapporto Mx/Mrd di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx>Mf,Rd e Vy,Ed/Vbw,Rd>0.5*
B13.3: *rapporto Mx/Mrd.red di verifica di instabilità a taglio Ty con tensioni normali per Mx>Mf,Rd e Vy,Ed/Vbw,Rd>0.5*
fx: *freccia elastica secondo l'asse x del sistema di riferimento geometrico della sezione positiva se provoca spostamento in direzione opposto all'asse x stesso*
fy: *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*
dMsd.x: *variazione del momento agente Mx causato da e.x*
dMsd.y: *variazione del momento agente causato My da e.y*
chi.min: *coefficiente chi minimo per verifica ad instabilità*
q0: *valore massimo del fattore di struttura*
comb equiv: *combinazione equivalente SLU o SLE avente le condizioni non sismiche con coefficienti combinatori uguali alla parte non sismica delle combinazioni SLV*
MEd: *valore di progetto del momento flettente delle travi o sollecitazione flessione di progetto calcolata secondo (7.5.7) D.M. 2008 per le colonne*
Mpl,Rd: *resistenza plastica flessionale di progetto*
NEd: *valore di progetto della sollecitazione assiale delle travi o sollecitazione assiale di progetto calcolata secondo (7.5.6) D.M. 2008 per le colonne*
Npl,Rd: *resistenza plastica assiale di progetto*
VEd,Gx: *sollecitazione di taglio x di progetto dovuta alle azioni non sismiche*
VEd,Gy: *sollecitazione di taglio y di progetto dovuta alle azioni non sismiche*
VEd,Mx: *forza di taglio x dovuta all'applicazione dei momenti plastici equiversi nelle sezioni in cui è attesa la formazione della cerniera plastica*
VEd,My: *forza di taglio y dovuta all'applicazione dei momenti plastici equiversi nelle sezioni in cui è attesa la formazione della cerniera plastica*
Lplx: *distanza tra due estremi notevoli successivi nella inflessione attorno all'asse y*
Lply: *distanza tra due estremi notevoli successivi nella inflessione attorno all'asse x*
Vpl,Rdx: *resistenza plastica tagliante x di progetto*
Vpl,Rdy: *resistenza plastica tagliante y di progetto*
gammaRd: *fattore di sovraresistenza del materiale (7.5.1 D.M.2008)*
omega: *minimo valore tra gli (Mpl,Rd,i/MEd,i) di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche*
MEd,Gx: *sollecitazione di flessione attorno all'asse x dovuta alle azioni non sismiche*
MEd,Ex: *sollecitazione di flessione attorno all'asse x dovuta alle azioni sismiche*
MEd,Gy: *sollecitazione di flessione attorno all'asse y dovuta alle azioni non sismiche*
MEd,Ey: *sollecitazione di flessione attorno all'asse y dovuta alle azioni sismiche*
NEd,G: *sollecitazione di compressione dovuta alle azioni non sismiche*
NEd,E: *sollecitazione di compressione dovuta alle azioni sismiche*
VEdx: *sollecitazione di taglio x di progetto calcolata secondo (7.5.8) D.M. 2008*
VEdy: *sollecitazione di taglio y di progetto calcolata secondo (7.5.8) D.M. 2008*
VEd,Ex: *sollecitazione di taglio x dovuta alle azioni sismiche*
VEd,Ey: *sollecitazione di taglio y dovuta alle azioni sismiche*
MC,pl,Rd: *momento resistente della colonna calcolato per i livelli di sollecitazione assiale*
Mb,pl,Rd: *momento resistente plastico della trave*
gammaRD: *fattore moltiplicativo (punto 7.5.4.3 D.M.2008 formula (7.5.11))*

Biella 1: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 8-2

```
Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s
Lunghezza= 730 Nodo iniziale n.145  Nodo finale n.144 Elemento resistente solo a trazione
Sezione: PL40x8; Materiale: S235; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;
Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;
```

```
fy=2350 classe peggiore 0

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08
R1 =0.55 in comb. Famiglia "SLU" 8 x=0
rox =0 roy =0 NEd=3938.951 Nt,Rd=7161.905
```

Biella 2: Tirante in acciaio livello Piano 1 fili 10-4

```
Unita' di misura: cm, daN, deg, °C, s
Lunghezza= 730 Nodo iniziale n.149  Nodo finale n.148 Elemento resistente solo a trazione
Sezione: PL40x8; Materiale: S235; Rotazione: 0°; Sovraresistenza:0%; Sisma Z:No;
Mensola Y: Nessuno; Mensola X: Nessuno; Svergolamento: Nessuno;
fy=2350 classe peggiore 0

Resistenza: trazione p. 4.2.4.1.2 (4.2.6) NTC08
R1 =0.534 in comb. Famiglia "SLU" 8 x=0
rox =0 roy =0 NEd=3825.973 Nt,Rd=7161.905
```

5.2 Verifiche piastra di ancoraggio del tirante al puntone

Verifica saldature tra piastra e tirante 40x8 mm

Ved = 40000 N

Saldatura cordone d'angolo 8x8 mm

Sezione di gola: 5,6 mm

N. cordoni: 2

Lunghezza minima cordoni: 81 + 182 mm

$\tau_{parallelo}$ = (40000 N/((81+182)*5,6 mm)) = 27,16 N/mm^2 < β1*fyk = 0,85*235 = 199,75 N/mm^2

Verifica chiodatura

Chodi tipologia Anker diametro 6 mm, L=80 mm, spessore piatto 6 mm

Rv,k = 5,00 kN Resistenza caratteristica del chiodo

mef = 0,76 coefficiente correttivo in base al numero di file di chiodi

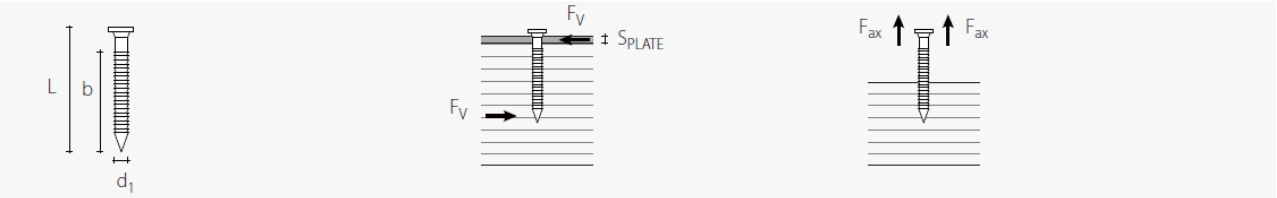
classe di servizio: 2

k mod = 0,6

γ m = 1,5

Rv,d = (Rv,k * k mod) / γ m = 2 kN = 200 daN Resistenza di design del chiodo

Numero di viti n = Ved / (mef * Rv,d) = 4000 daN / (0,76 * 200) = 26,31 chiodi → 31 chiodi



			VALORI CARATTERISTICI (1)								VALORI AMMISSIBILI	
			TAGLIO ACCIAIO-LEGNO $R_{V,k}$ [kN]							TRAZIONE	TAGLIO	TRAZIONE
d_1 [mm]	L [mm]	b [mm]	S_{PLATE} 1,5 mm	S_{PLATE} 2 mm	S_{PLATE} 2,5 mm	S_{PLATE} 3 mm	S_{PLATE} 4 mm	S_{PLATE} 5 mm	S_{PLATE} 6 mm	$R_{ax,k}$ [kN]	V_{adm} [kg]	N_{adm} [kg]
4	40	30	2,02	2,01	2,00	1,98	1,95	1,93	1,90	0,96	71	38
	50	40	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	1,28	71	51
	60	50	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	1,60	71	64
	75	60	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	1,92	71	77
	100	80	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,56	71	102
6	60	50	2,56	2,53	3,39	4,24	4,20	4,16	4,13	2,40	141	96
	80	70	3,43	3,41	4,19	5,00	5,00	5,00	5,00	3,36	141	134
	100	80	4,27	4,27	4,75	5,24	5,24	5,24	5,24	3,84	141	154

Verifica a trazione della barra M18 saldata al tirante

Ned = 40000 N

Diametro barra: 18 mm

Area resistente: 192 mm^2

Acciaio S235

Resistenza a trazione della barra:

Npl, Rd = 192*235/1,05 = 42971 N > Ned = 40000 N **verificato**

Verifica saldature tra barra M18 e tirante

Ved = 40000 N

Saldatura cordone d'angolo 8x8 mm

Sezione di gola: 5,6 mm

N. cordoni: 2

Lunghezza minima cordoni: 100 mm

$\tau_{parallelo}$ = (40000 N/(2*100*5,6 mm)) = 35,71 N/mm^2 < β1*fyk = 0,85*235 = 199,75 N/mm^2

Verifica a trazione della piastra

Ned = 40000 N

A piatto = 130 mm * 6 mm = 780 mm^2

A netta dai fori = (130 mm – (4*7mm))*6 mm = 612 mm^2

Acciaio S235: fyk = 235 N/mm2 ftk = 360 N/mm2

Resistenza plastica della sezione lorda:

Npl, Rd = 780*235/1,05 = 174571 N > Ned = 40000 N verificato

Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori:

Nu, Rd = 0,9*612*360/1,25 = 158630 N > Ned = 40000 N verificato

5.3 Verifica collegamento tra puntone e monaco

Verifica viti tra puntone e monaco

Ned compressione monaco= 7800 daN

Inclinazione capriate: 22 °

Fo = Componente orizzontale di Ned = 7800 daN x cos 22° = 7232 daN

Fv = Componente verticale di Ned = 7800 daN x sin 22° = 2922 daN

Ved = 2922 azione di taglio agente sulle viti

Viti diametro 9 mm, L=370 mm

Rv,k = 20,00 kN Resistenza caratteristica della vite

classe di servizio: 2

k mod = 0,6

γ m = 1,5

Resistenza di design della vite:

Rv,d = (Rv,k * k mod) / γ m = (2000 daN * 0,6) / 1,5 = 800 daN

N° viti = Fv / Rv,d = 2922 daN/800 daN = 3,65 → 4 viti Φ 9 mm

Il Progettista delle strutture
Arch. Stefano Santi