



COMUNE DI VALSAMOGGIA

Città metropolitana di Bologna

Servizi Lavori Pubblici

lavoripubblici@comune.valsamoggia.bo.it



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

Tavola di RUE

Zona di RUE

Ubicazione

Via **CASTELLACCIO** n° _____

VS.RUE.T1a

AUC.5C

Riferimenti Catastali

Foglio **16** Mapp. **226** Sub. _____

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO DI "Realizzazione dell'Ampliamento Asilo Nido di Calcara"

CUP: B48H22000220006 - finanziato con Fondi PNRR - Missione 4 " Istruzione e Ricerca"
Componente 1 - Inv. 1.1 - Nex GenerationEU

Progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE
ING. VALENTINA VETRUGNO

Via Gorghetto, 52/b - 41030 Bomporto (MO)
cell. 345.5002782 e-mail: ing.valentinavetrugno@gmail.com

RUP: Geom. Stefano Cremonini

Spazio riservato all'Ufficio Tecnico

Descrizione elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA IN ELEVAZIONE

N. Elaborato:

Scala:

Data:

Aprile 2023

File:

Quadro normativo di riferimento

1. Legge n. 1086 del 05.11.1971

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

2. Legge n. 64 del 02.02.1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

3. D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018

Norme tecniche per le costruzioni

4. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M. 17 gennaio 2018

5. UNI EN 1993-1-1 – Eurocodice 3

Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali, regole comuni e regole per gli edifici

6. UNI EN 1993-1-5 – Eurocodice 3

Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra

7. UNI EN 1993-1-8 – Eurocodice 3

Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progetto dei giunti

8. UNI EN 1995-1-1 – Eurocodice 5

Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici

9. UNI EN 1995-1-2 – Eurocodice 5

Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio

10. UNI EN 338

Legno strutturale classi di resistenza

11. UNI EN 14080

Strutture di legno - Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato - Requisiti

12. UNI EN 10025

Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturale

Descrizione generale dell'opera

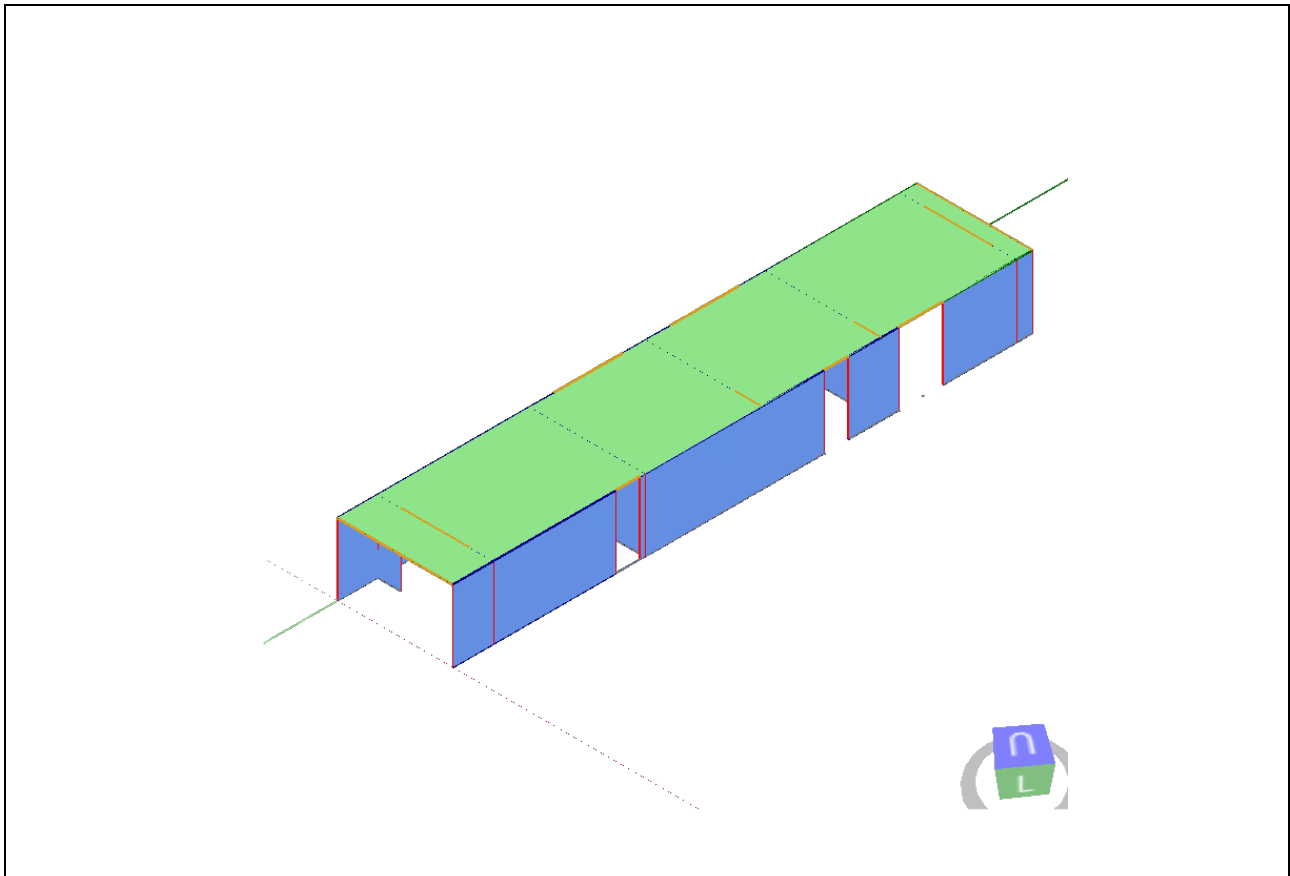
Ubicazione

Regione:	Emilia-Romagna
Provincia:	Bologna
Città:	Valsamoggia
Località:	Calcara
Indirizzo:	Via Castellaccio
Latitudine:	44,5031°
Longitudine:	11,0864°
Quota s.l.m.:	84 m

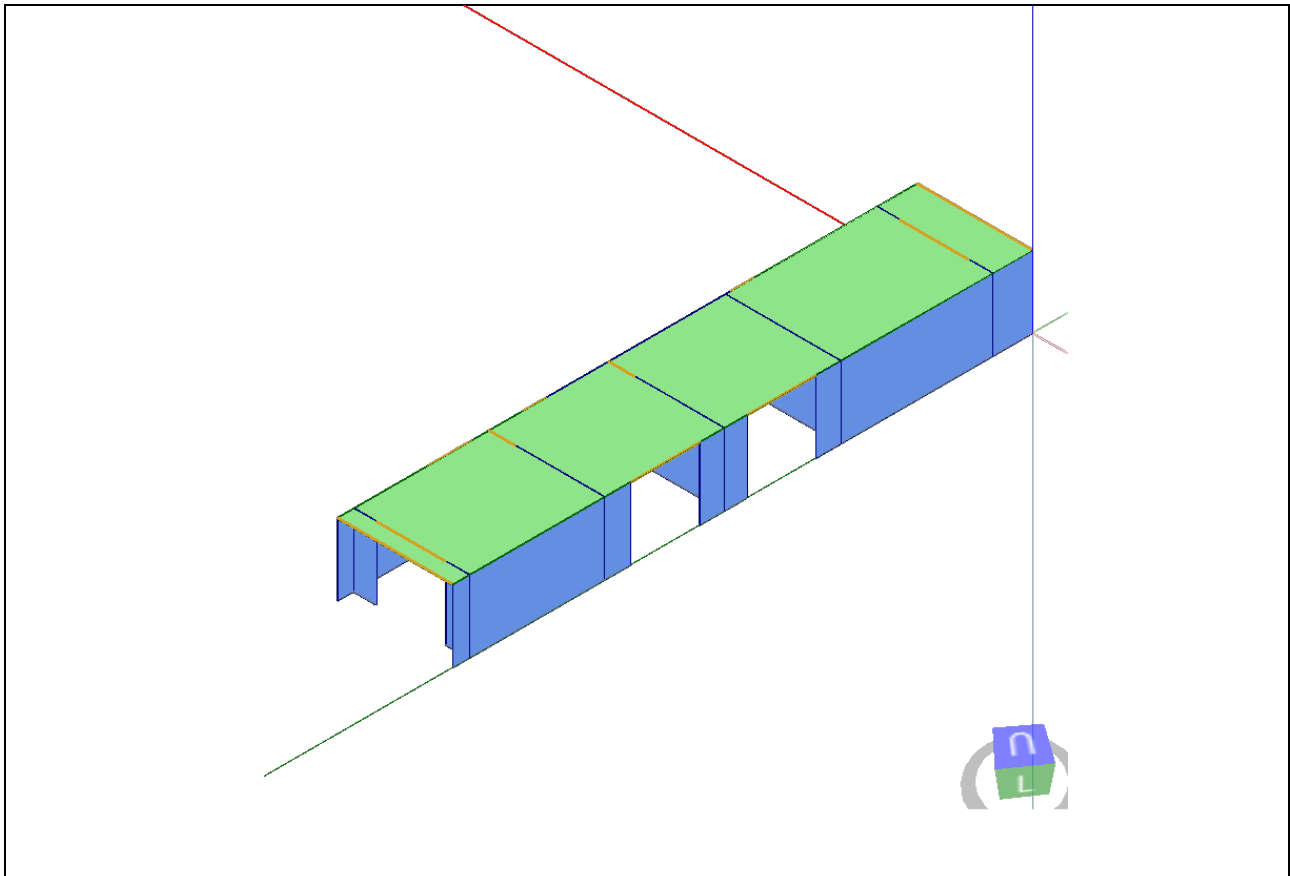
Descrizione

Lunghezza:	23,89 m
Larghezza:	4,76 m
Altezza:	2,96 m

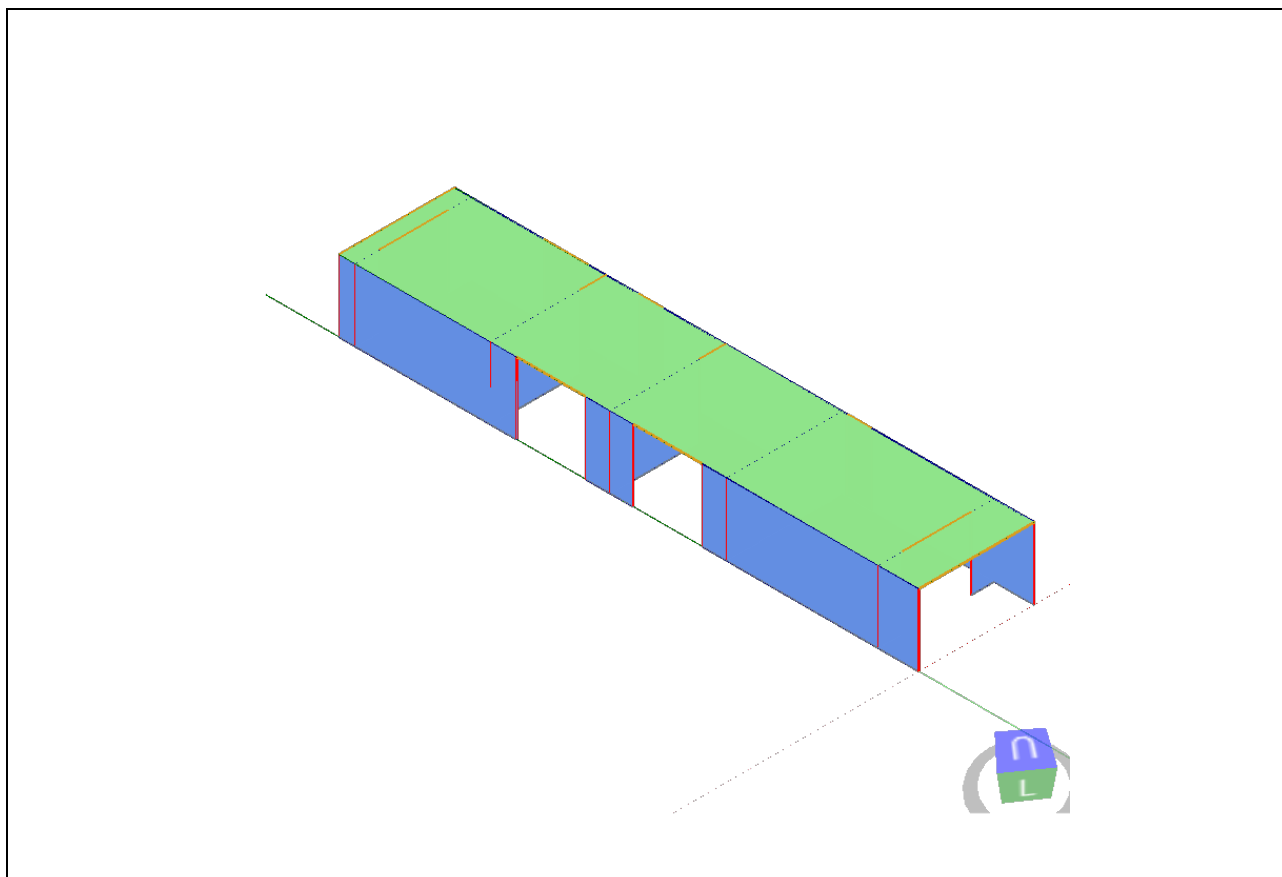
Vista tridimensionale Sud-Est



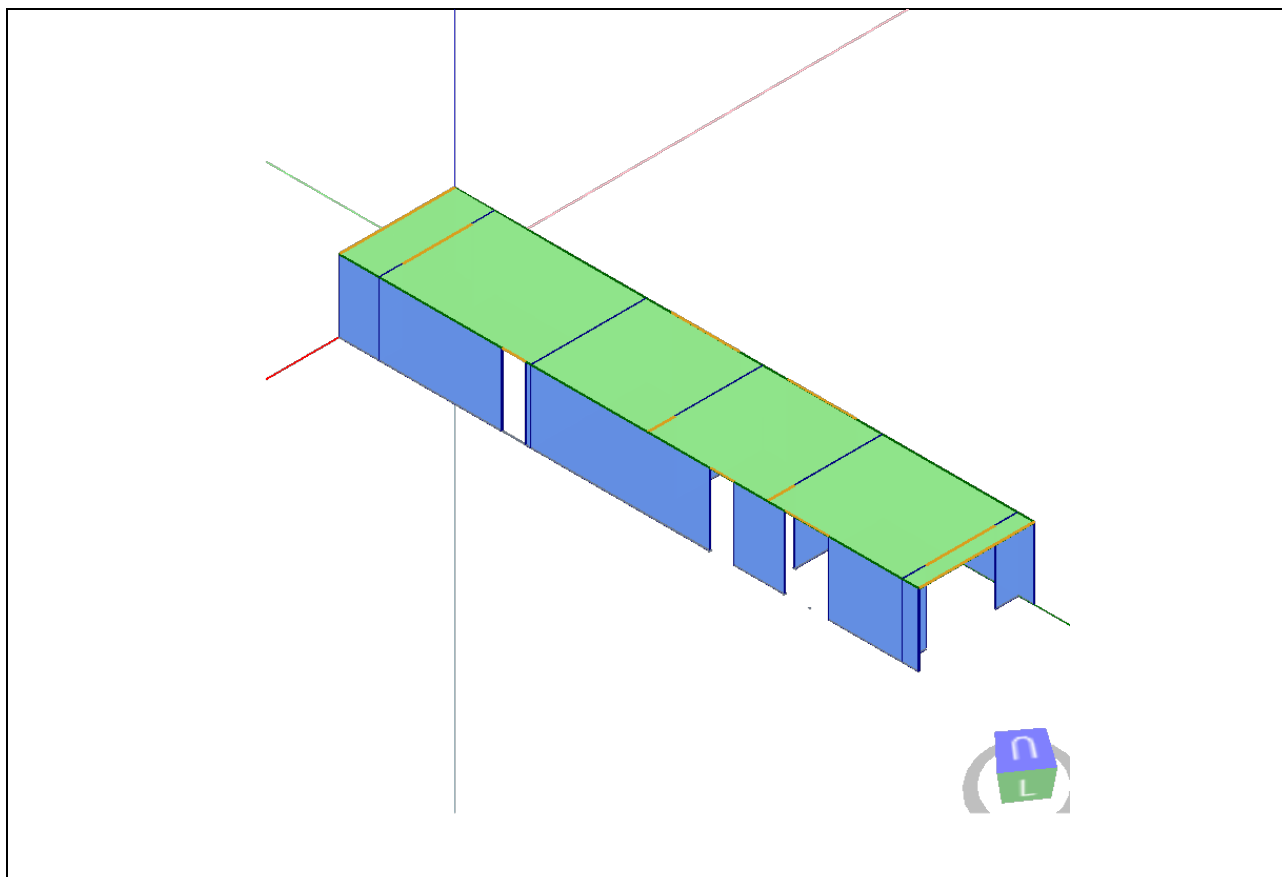
Vista tridimensionale Nord-Ovest



Vista tridimensionale Sud-Ovest



Vista tridimensionale Nord-Est



Codice di calcolo utilizzato

Caratteristiche del codice di calcolo

Il software utilizzato è *Timber Tech Buildings*, sviluppato da Timber Tech srl - Università degli Studi di Trento.

Specifiche tecniche

Titolo: Timber Tech Buildings

Versione: 97

Produttore: Timber Tech srl

Via della Villa, 22/A

I-38123 – Villazzano – Trento (TN) – Italy

www.timbertech.it

Licenza intestata a valentina vetrugno

Materiali

Materiali legno

I materiali previsti nel progetto sono elencati nelle seguenti tabelle.

Descr.	Descrizione
$f_{m,k}$	Resistenza caratteristica a flessione
$f_{t,0,k}$	Resistenza a trazione parallela alla fibratura
$f_{t,90,k}$	Resistenza a trazione ortogonale alla fibratura
$f_{c,0,k}$	Resistenza a compressione parallela alla fibratura
$f_{c,90,k}$	Resistenza a compressione ortogonale alla fibratura
$f_{v,k}$	Resistenza a taglio
$E_{0,mean}$	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura
$E_{0,05}$	Modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura
$E_{90,mean}$	Modulo elastico medio ortogonale alla fibratura
G_{mean}	Modulo di taglio
ρ_k	Massa volumica
$f_{v,k,lastra}$	Resistenza a taglio del pannello XLAM a lastra
$f_{R,k}$	Resistenza a taglio per rolling shear
$f_{T,k}$	Resistenza torsione incroci del pannello XLAM
$G_{R,mean}$	Modulo di taglio per rolling shear

Legno lamellare omogeneo

Descr.	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	$E_{0,05}$ [MPa]	$E_{90,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	ρ_k [kg/m ³]
GL 24h - EN 1194	24	16,5	0,4	24	2,7	2,7	11600	9400	390	720	380

XLAM

Descr	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k,plast}$ [MPa]	$f_{R,k}$ [MPa]	$f_{v,k,lastr}$ [MPa]	$f_{T,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	$E_{0,05}$ [MPa]	$E_{90,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$G_{R,mean}$ [MPa]	ρ_k [kg/m ³]
C 24 XLAM	24	14,5	0,4	21	2,5	4	0,8	4	2,5	11000	7400	370	690	50	350

Ancoranti per c.a.

Produttore	Codice barra filettata / tassello	Descr. barra filettata / tassello	Codice ancorante chimico	Descr. ancorante chimico
Rotho Blaas	INA5820330	Barra filettata INA - 5.8 - M20 x 330	HYB420	Resina ibrida ETA-20/1285
Rotho Blaas	INA5816195	Barra filettata INA - 5.8 - M16 x 195	FIX420	Resina vinilestere ETA-20/0363
Rotho Blaas	INA5812140	Barra filettata INA - 5.8 - M12 x 140	FIX420	Resina vinilestere ETA-20/0363
Rotho Blaas	INA5816160	Barra filettata INA - 5.8 - M16 x 160	HYB420	Resina ibrida ETA-20/1285

Metodo di calcolo e modello numerico

Descrizione del modello

Schema strutturale adottato per i diversi elementi

Le pareti sono vincolate alla base mediante sistemi di connessione in grado di trasmettere sia le azioni nel piano della parete che quelle ortogonali ad essa.

Qualora nel calcolo della risposta di un edificio all'azione sismica alcuni elementi strutturali siano considerati "secondari", sia la rigidezza che la resistenza di tali elementi vengono ignorate nell'analisi della risposta ad azioni orizzontali e gli stessi vengono progettati per resistere ai soli carichi verticali. Tali elementi devono essere in grado di assorbire le deformazioni della struttura soggetta all'azione sismica di progetto, mantenendo la capacità portante nei confronti dei carichi verticali: pertanto, limitatamente al soddisfacimento di tale requisito, agli elementi "secondari" si applicano i particolari costruttivi definiti per gli elementi strutturali. Nel modello tali elementi vengono rappresentati unicamente in termini di massa.

Valutazione delle sollecitazioni sugli angolari resistenti a trazione (hold-down o nastri forati)

Le pareti sono vincolate alla base mediante una serie di sistemi di fissaggio costituiti da angolari, viti e/o tasselli che impediscono la traslazione trasversale della parete. Inoltre per impedire la rotazione nel piano della parete si dispongono degli hold-down o delle piastre chiodate alle estremità della stessa allo scopo di assorbire la forza di trazione che nasce in prossimità del lato che tende a sollevarsi. Tale forza di trazione è qui valutata sulla base del momento flettente M_{3-3} agente nel piano della parete, tenendo anche conto del carico assiale verticale N . Quest'ultimo agisce sulla parete offrendo un contributo stabilizzante nei confronti del ribaltamento. La forza di trazione che sollecita ogni ancoraggio è data dalla seguente espressione

$$T = \begin{cases} \left(\frac{M_{3-3}}{b} - \frac{N}{2} \right) \cdot \frac{1}{n_{anc}} & \text{se l'hold-down è attivo} \\ 0 & \text{se l'hold-down non è attivo} \end{cases}$$

in cui:

b è il braccio della coppia interna;

N è il carico assiale verticale agente sulla parete;

M_{3-3} è il momento agente nel piano della parete;

n_{anc} è il numero di ancoraggi presenti ad ogni estremità della parete.

La prima espressione si riferisce al caso in cui l'ancoraggio contribuisce attivamente ad evitare il ribaltamento della parete ed è quindi soggetto a trazione, la seconda espressione, al contrario, è relativa al caso in cui il carico verticale è sufficiente ad evitare il ribaltamento.

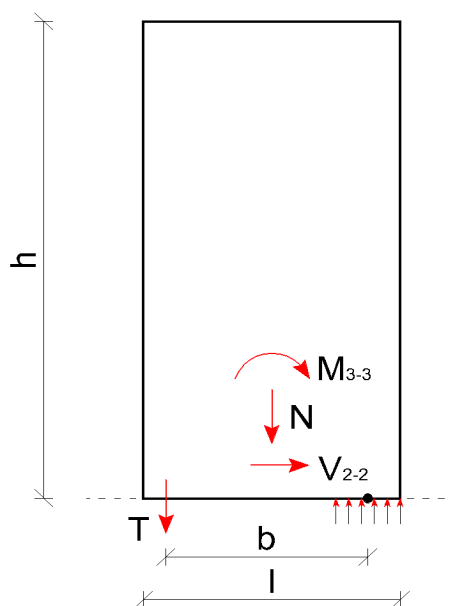


Figura: Modello di calcolo della sollecitazione di trazione sugli hold-down o nastri chiodati

Elementi strutturali

Nella seguente tabella si riportano le posizioni delle singole pareti. Le ultime quattro colonne riportano le coordinate degli estremi di ogni parete.

X1 e Y1 indicano le coordinate del punto iniziale della parete

X2 e Y2 indicano le coordinate del punto finale della parete

Nome parete	Tipologia di parete	Elemento resistente alle azioni orizzontali	Altezza [m]	Lunghezza [m]	Quota [m]	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]
Parete 1	XLAM	Si	2,96	7,32	0	0	23,89	0	16,57
Parete 10	XLAM	Si	2,96	0,96	0	0	23,22	0,96	23,22
Parete 11	XLAM	Si	2,96	0,95	0	3,81	23,22	4,76	23,22
Parete 12	XLAM	Si	2,96	0,96	0	0	1,66	0,96	1,66
Parete 13	XLAM	Si	2,96	0,95	0	3,81	1,66	4,76	1,66
Parete 14	XLAM	Si	2,96	3,65	0	0	17,65	3,65	17,65
Parete 15	XLAM	Si	2,96	6,71	0	4,76	0	4,76	6,71
Parete 19	XLAM	Si	2,96	7,58	0	4,76	15,29	4,76	7,71
Parete 2	XLAM	Si	2,96	1,95	0	0	13,72	0	11,77
Parete 3	XLAM	Si	2,96	8,92	0	0	8,92	0	0
Parete 4	XLAM	Si	2,96	3,7	0	4,76	23,89	4,76	20,19
Parete 5	XLAM	Si	2,96	2,07	0	4,76	18,36	4,76	16,29
Parete 7	XLAM	Si	2,96	4,76	0	0	7,92	4,76	7,92
Parete 8	XLAM	Si	2,96	3,65	0	0	12,72	3,65	12,72

Rigidezza delle pareti nei confronti degli spostamenti orizzontali

Le rigidezze delle pareti nei confronti degli spostamenti laterali vengono valutate considerando i contributi di diversi componenti, come di seguito illustrato.

Pareti in XLAM

Nel caso delle pareti in XLAM la rigidezza globale viene valutata considerando il contributo dei seguenti componenti:

- il pannello in XLAM (k_{XLAM})
- gli angolari resistenti a taglio (k_a)
- gli angolari resistenti a trazione: hold-down o nastri forati (k_h)

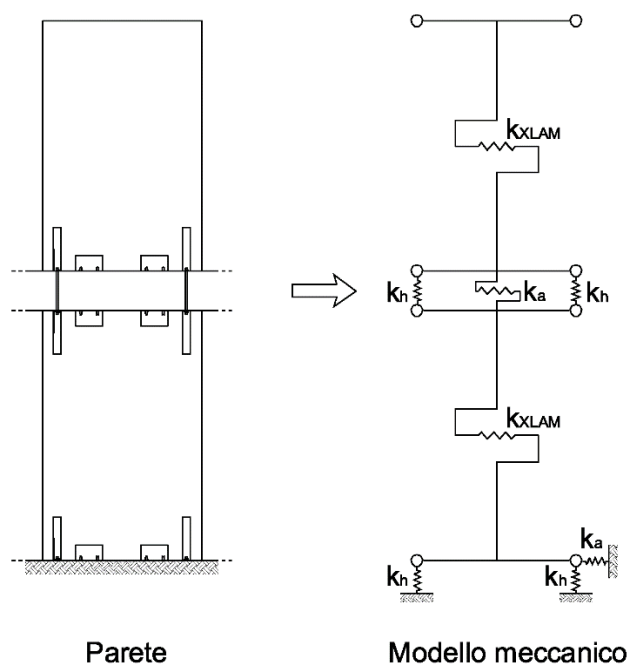


Figura: Modello meccanico per il calcolo della rigidezza delle pareti in XLAM

Nella seguente tabella si riportano le posizioni delle pareti e le loro rigidezze a taglio equivalenti.

Nome parete	Tipologia di parete	Elemento resistente alle azioni orizzontali	Altezza [m]	Lunghezza [m]	Rigidezza a taglio equivalente [kN/m]
Parete 1	XLAM	Si	2,96	7,32	60850
Parete 10	XLAM	Si	2,96	0,96	2967
Parete 11	XLAM	Si	2,96	0,95	2913
Parete 12	XLAM	Si	2,96	0,96	2967
Parete 13	XLAM	Si	2,96	0,95	2913
Parete 14	XLAM	Si	2,96	3,65	26445
Parete 15	XLAM	Si	2,96	6,71	54610
Parete 19	XLAM	Si	2,96	7,58	64414
Parete 2	XLAM	Si	2,96	1,95	9312
Parete 3	XLAM	Si	2,96	8,92	78054
Parete 4	XLAM	Si	2,96	3,7	23963
Parete 5	XLAM	Si	2,96	2,07	9997
Parete 7	XLAM	Si	2,96	4,76	39850
Parete 8	XLAM	Si	2,96	3,65	24847

Tipologie di elementi strutturali

Si illustrano di seguito le principali tipologie di elementi strutturali utilizzati nella modellazione della struttura riportando le loro principali caratteristiche e le convenzioni di segno adottate per la rappresentazione delle sollecitazioni al loro interno.

Elementi lineari

Gli elementi lineari sono utilizzati per modellare travi e pilastri. Gli stessi presentano un sistema di riferimento locale rispetto al quale sono riportate le componenti di sollecitazione. La convenzione dei segni adottata è riportata nella figura sottostante.

Sollecitazione	Descrizione	Unità di misura
N	Sollecitazione assiale	kN
M_{3-3}	Sollecitazione flettente attorno all'asse locale 3 (Momento flettente nel piano 1-2)	kN m
V_2	Sollecitazione tagliante lungo l'asse locale 2 (Taglio 2)	kN
M_{2-2}	Sollecitazione flettente attorno all'asse locale 2 (Momento flettente nel piano 1-3)	kN m
V_3	Sollecitazione tagliante lungo l'asse locale 3 (Taglio 3)	kN

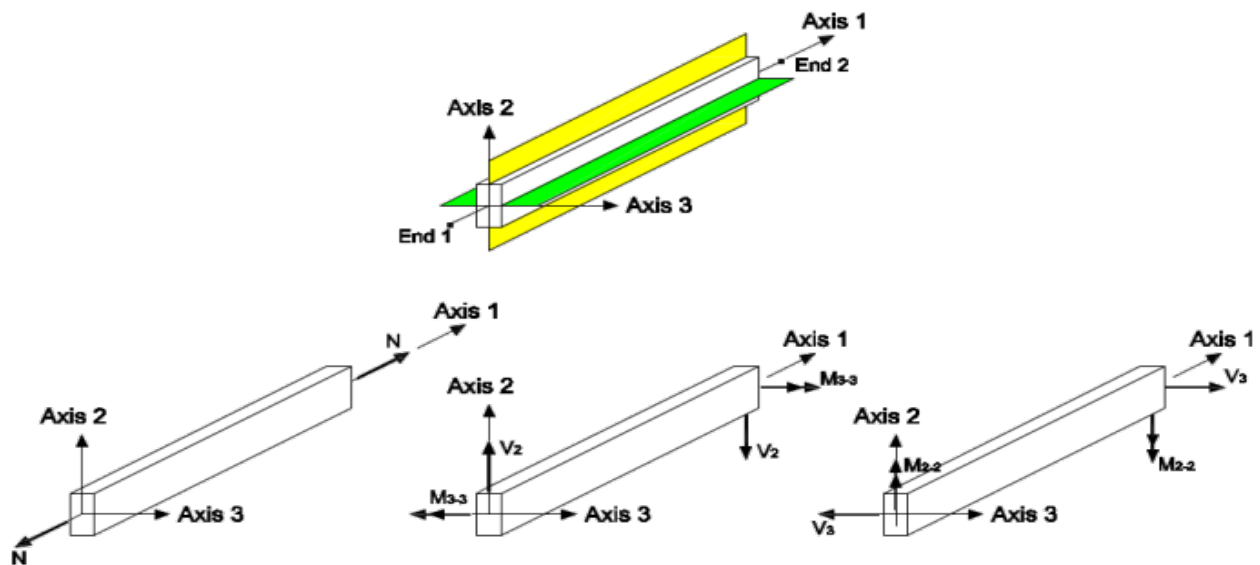


Figura: Convenzioni di segno per gli elementi trave

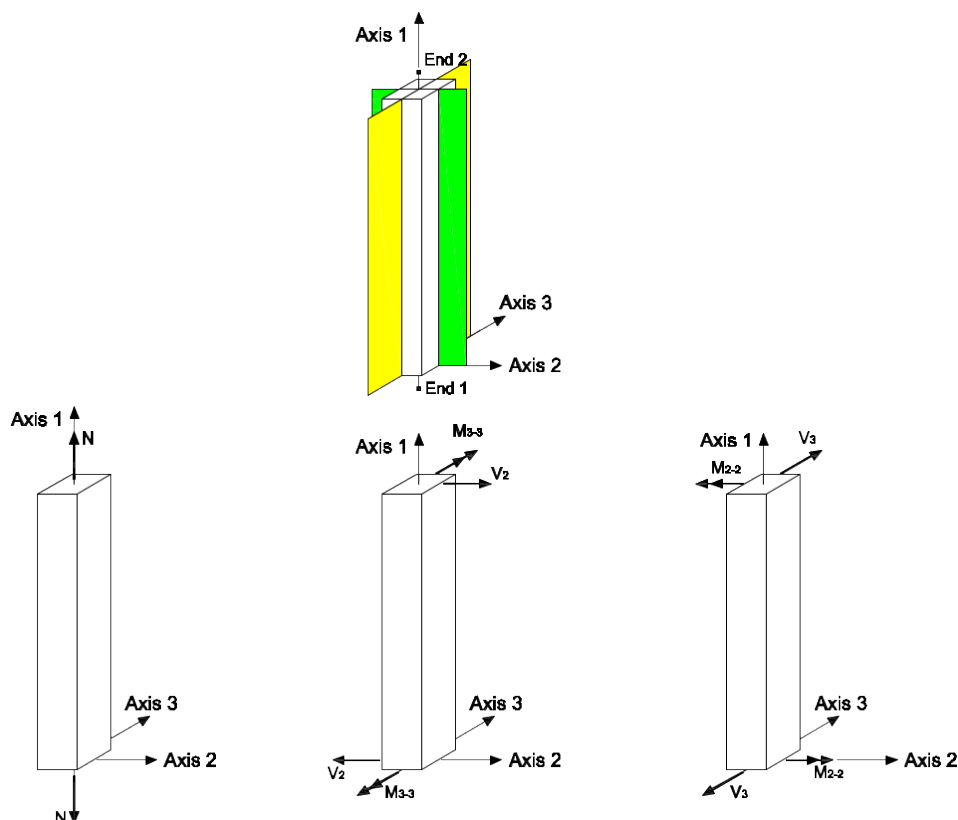


Figura: Convenzioni di segno per gli elementi pilastro

Elementi parete

Le pareti, indipendentemente dalla tipologia, presentano le convenzioni di segno riportate nella figura sottostante.

	Sollecitazione	Descrizione	Unità di misura
Sollecitazioni nel piano (tipo lastra)	n	Sollecitazione assiale per unità di lunghezza	kN/m
	m_{3-3}	Sollecitazione flettente per unità di lunghezza attorno all'asse locale 3 (Momento flettente nel piano 1-2)	kNm/m
	v_2	Sollecitazione tagliante per unità di lunghezza lungo l'asse locale 2 (Taglio 2)	kN/m
Sollecitazioni nel piano (tipo piastra)	m_{2-2}	Sollecitazione flettente per unità di lunghezza attorno all'asse locale 2 (Momento flettente nel piano 1-3)	kNm/m
	v_3	Sollecitazione tagliante per unità di lunghezza lungo l'asse locale 3 (Taglio 3)	kN/m

	Sollecitazione	Descrizione	Unità di misura
Sollecitazioni nel piano (tipo lastra)	N	Sollecitazione assiale risultante	kN
	M_{3-3}	Sollecitazione flettente risultante attorno all'asse locale 3 (Momento flettente nel piano 1-2)	kNm
	V_2	Sollecitazione tagliante risultante lungo l'asse locale 2 (Taglio 2)	kN
Sollecitazioni nel piano (tipo piastra)	M_{2-2}	Sollecitazione flettente risultante attorno all'asse locale 2 (Momento flettente nel piano 1-3)	kNm
	V_3	Sollecitazione tagliante risultante lungo l'asse locale 3 (Taglio 3)	kN

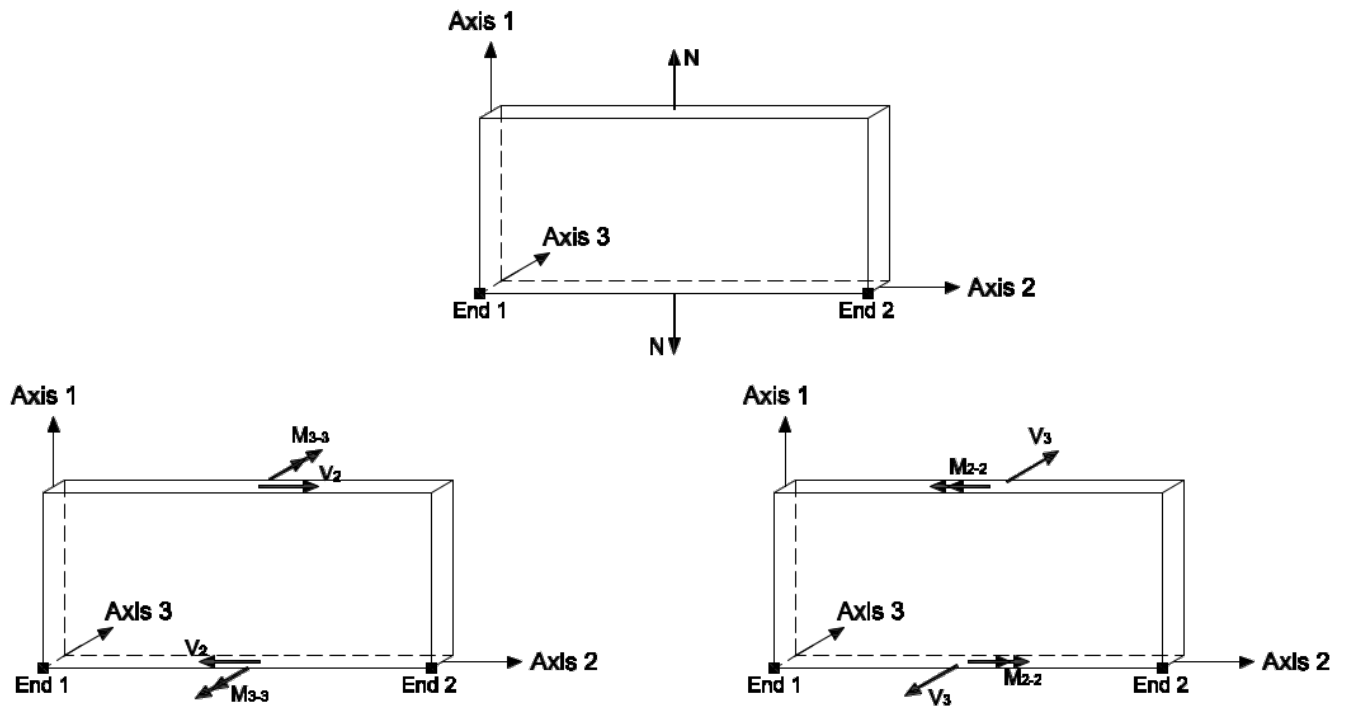


Figura: Convenzioni di segno per le pareti

Azioni e carichi di progetto

Pesi propri dei materiali strutturali

I pesi propri dei materiali strutturali sono riportati nella tabella sottostante in kN/m³

Descrizione	Peso volumico γ [kN/m ³]
GL 24h - EN 1194	5
C 24 XLAM	5

Azione della neve

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni e nella Circolare esplicativa.

Il carico agente in copertura è valutato secondo l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

q_s è il valore del carico da neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico della neve al suolo;

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

Il carico agisce in direzione verticale e si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Valore caratteristico del carico neve al suolo

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. Il suo valore è stato calcolato secondo le indicazioni delle NTC.

Provincia:	Bologna
Quota s.l.m.:	84 m
Zona di carico da neve al suolo:	Zona I - Mediterranea
Carico neve al suolo:	1,50 kN/m²
Classe topografica:	Normale
Coefficiente di esposizione:	1
Coefficiente termico:	1

Scivolamento impedito: No

Carico da neve sulla copertura

Il valore del carico da neve agente su ogni copertura viene riportato nella seguente tabella in cui la prima colonna indica il nome del solaio di copertura mentre la seconda indica il valore del relativo carico da neve.

Nome copertura	Carico da neve [kN/m ²]
Solaio 1	1,20

Azione del vento

L'azione del vento è definita al capitolo 3.3 delle NTC. Il vento si considera agire in direzione orizzontale ed esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando solitamente effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3 delle NTC.

Dati di progetto

Provincia: Bologna
 Quota s.l.m.: 84 m
 Zona di carico da vento: Zona 2
 Classe di rugosità: Classe A
 Distanza dalla costa: Entroterra
 Categoria di esposizione: V

Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$\begin{aligned}
 c_a &= 1 && \text{per } a_s \leq a_0 \\
 c_a &= 1 + k_s \cdot \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dove:

a_0, k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

$v_{b,0}$ 25 m/s

a_0 750 m

Velocità base di riferimento: 25,00 m/s

Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r è il valore della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove:

v_r è la velocità base di riferimento, di cui sopra;

c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove T_R è il periodo di ritorno espresso in anni.

T_R 50 anni

c_r 1

Velocità di riferimento: 25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r (in N/m²) è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2$$

dove:

v_r è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Si ottiene

q_r 390,63 N/m²

Pressione del vento agente sull'edificio

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento valutata come riportato sopra;

c_e è il coefficiente di esposizione dipendente dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

in cui:

c_t è il coefficiente di topografia;

c_p è il coefficiente di pressione (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

I valori assunti nei calcoli per i coefficienti citati sopra sono riportati nelle seguenti tabelle e figure.

Descrizione	Valore
Coefficiente dinamico	1,00
Coefficiente di topografia	1,00

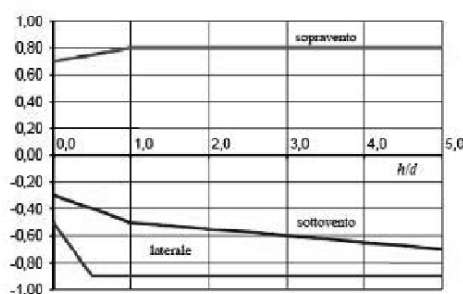
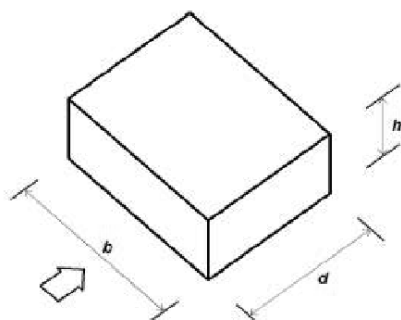


Figura: Valori dei coefficienti globali c_{pe} applicabili sulle pareti di un edificio a pianta rettangolare.

Per piante più complesse e per solai, i coefficienti di pressione possono essere ricavati da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

I coefficienti di pressione interna utilizzabili in assenza di determinazioni più dettagliate assumono i valori $c_{pi} = + 0,2$ e $c_{pi} = - 0,3$.

Le altezze di riferimento z_e rispetto alle quali determinare la pressione cinetica di picco del vento sono definite come di seguito:

- Facce sopravento delle pareti: altezze di riferimento variabili lungo l'altezza dell'edificio in accordo con il punto C3.3.8.1.1.1 della Circolare alle NTC 2018
- Facce sottovento e laterali delle pareti: altezza di riferimento pari alla quota della sommità dell'edificio
- Pressioni interne: altezza di riferimento pari alla quota della sommità dell'edificio

Carichi agenti sulle pareti

Nella tabella seguente si riportano i carichi agenti sulle pareti.

Nome carico: Identificativo del carico

Posizione: Posizione della parete: interna od esterna

$g_{1,k}$: Carico dovuto al peso proprio strutturale

$g_{2,k}$: Carico dovuto ai pesi permanenti non strutturali

$q_{wind,k}$: Carico da vento sopravvento, sottovento e laterale

Nome parete	Posizione	Nome carico	$g_{1,k}$ [kN/m ²]	$g_{2,k}$ [kN/m ²]	$q_{wind,k}$ sottovento [kN/m ²]	$q_{wind,k}$ sopravento [kN/m ²]	$q_{wind,k}$ laterale [kN/m ²]
Parete 1	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 2	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 3	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 4	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 5	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 7	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 8	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 10	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 11	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 12	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 13	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 14	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,3	0,59	-0,46
Parete 15	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64
Parete 19	Esterno	Carico pareti esterne1	0,6	0,6	-0,36	0,61	-0,64

Carichi agenti sui solai

Nella tabella seguente si riportano i valori caratteristici relativi ai carichi agenti sugli impalcati.

Nome carico: Identificativo del carico

Posizione: Posizione dell'impalcato: interno od esterno

Ambiente: Categoria di carico

α : Inclinazione della copertura

$g_{1,k}$: Carico dovuto al peso proprio strutturale

$g_{2,k}$: Carico dovuto ai pesi permanenti non strutturali

q_{k} : Carico variabile

$q_{snow,k}$: Carico da neve

$q_{wind,k}$: Carico da vento in pressione e in depressione

Nome solaio	Posizione	α [°]	Nome carico	Ambiente	$g_{1,k}$ [kN/m ²]	$g_{2,k}$ [kN/m ²]	q_k [kN/m ²]	$q_{snow,k}$ [kN/m ²]	$q_{wind,k}$ in depressione [kN/m ²]	$q_{wind,k}$ in pressione [kN/m ²]
Solaio 1	Solaio di copertura	0	Carico solaio copertura2	Variabile cat. H1 - Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,8	2,46	0,5	1,2	-0,75	0,29

Carichi lineari

Nella tabella seguente si riportano i valori caratteristici dei carichi lineari.

Nome carico: Identificativo del carico

Posizione: Carico interno o di copertura

Ambiente: Categoria di carico

$G_{1,k}$: Carico dovuto al peso proprio strutturale

$G_{2,k}$: Carico dovuto ai pesi permanenti non strutturali

Q_k : Carico variabile

$Q_{snow,k}$: Carico da neve

$Q_{wind,k}$: Carico da vento in pressione e in depressione

Nome elemento	Posizione	Nome carico	Ambiente	$G_{1,k}$ [kN/m]	$G_{2,k}$ [kN/m]	Q_k [kN/m]	$Q_{snow,k}$ [kN/m]	$Q_{wind,k}$ In depressione [kN/m]	$Q_{wind,k}$ In pressione [kN/m]
Trave 9	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 10	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 11	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 12	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 13	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,06	0	-	0	0	0
Trave 14	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 15	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0

Trave 16	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 19	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 20	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0
Trave 21	Carico interno	Carico solo permanente	-	0,14	0	-	0	0	0

Azione sismica

L'azione sismica è stata valutata sulla base delle NTC. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , come definite al punto § 3.2.1 NTC. Gli spettri sono calcolati a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I principali parametri che riguardano la struttura in analisi, nonché i parametri sismici della zona oggetto dell'intervento, sono riassunti di seguito con riferimento ai diversi stati limite.

Tipo di costruzione: Opere ordinarie

Vita nominale: 50

Classe d'uso: Classe III - § 2.4.2 Costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi

Coefficiente d'uso C_U : 1,5

Periodo di riferimento ($V_R = V_N \cdot C_U$): 75

Stati Limite	P_{VR}	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_C^*
SLO – Stato Limite di operatività	81%	45	0,063	2,50	0,27
SLD – Stato Limite di danno	63%	75	0,077	2,49	0,28
SLV – Stato Limite di Salvaguardia Vita	10%	712	0,186	2,39	0,31
SLC – Stato Limite di Collasso	5%	1462	0,231	2,43	0,32

È necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si riportano di seguito i parametri relativi al sito che incidono sulla risposta sismica locale.

Categoria di sottosuolo: C - Tab. 3.2.II Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

Categoria topografica: T1 - Tab. 3.2.IV Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1,000

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri spettrali utilizzati nel calcolo dell'azione sismica locale.

Stati Limite	S_s	C_c	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
SLO – Stato Limite di operatività	1,50	1,62	1,50	0,14	0,43	1,85
SLD – Stato Limite di danno	1,50	1,61	1,50	0,15	0,44	1,91
SLV – Stato Limite di Salvaguardia Vita	1,43	1,55	1,43	0,16	0,48	2,34
SLC – Stato Limite di Collasso	1,36	1,53	1,36	0,16	0,49	2,52

Essendo:

S il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;

S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica;

C_c un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

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

T_B il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_D il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Spettri di risposta elastici

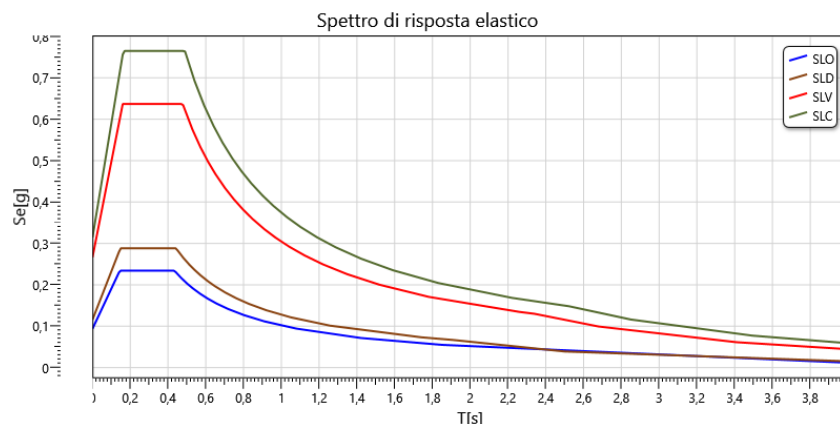
Si riportano sotto gli spettri di risposta elastici in forma grafica valutati con i seguenti valori dei parametri η e ξ

η 1,00

ξ 5%

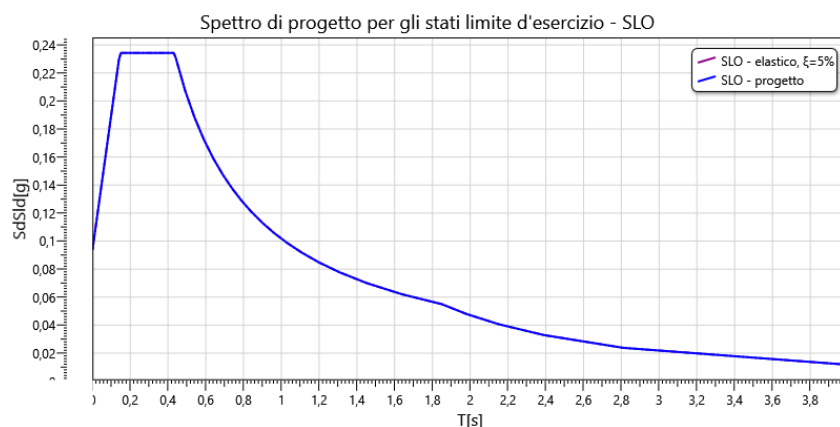
Il fattore η tiene conto delle capacità dissipative delle costruzioni alterando lo spettro di risposta assunto a riferimento, per il quale $\eta=1$, definito come lo spettro elastico con smorzamento viscoso convenzionale $\xi = 5\%$. La relazione 3.2.4 NTC '18 può essere utilizzata per costruzioni che non

subiscono significativi danneggiamenti e nel campo di smorzamenti convenzionali compresi tra i valori $\xi = 5\%$ e $\xi = 28\%$.



Spettri di risposta di progetto per lo Stato Limite di Operatività (SLO)

Per lo stato limite di operatività lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro di risposta elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1 NTC '18).



Spettri di risposta di progetto per gli Stati Limite Ultimi

Ai fini del progetto e della verifica delle strutture le capacità dissipative delle stesse sono messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche sollecitanti. Tale riduzione permette di considerare, in modo semplificato, la capacità dissipativa anelastica della struttura, la sua sovra-resistenza, nonché l'incremento del suo periodo proprio causato dalle plasticizzazioni localizzate, così come descritto nelle NTC.

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ utilizzato nelle verifiche viene determinato riducendo lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1 NTC). In particolare si sostituisce nelle formule 3.2.2 NTC il termine η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il fattore di struttura relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

Il fattore q_0 dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione. K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

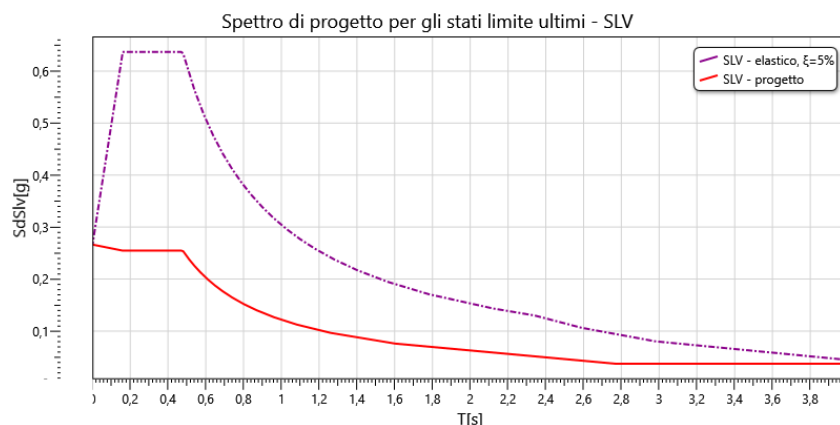
Per le strutture a comportamento strutturale non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} , ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD "B" (v. Tab. 7.3. Il NTC) secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD "B"} \leq 1,5$$

Si riportano di seguito i parametri relativi alle principali caratteristiche dell'edificio:

Regolarità in altezza:	Sì
Coefficiente di regolarità in altezza K_R :	1,0
Classe di duttilità:	CD "B"
Tipologia strutturale:	Pannelli di parete incollati - Tab. 7.3. Il Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni
Valore base del fattore di comportamento q_0 :	2,50
Fattore di struttura q relativo allo SLV:	2,50

Gli spettri elastico e di progetto allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita sono rappresentati sotto.



Sezioni degli elementi strutturali

Pareti XLAM

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche delle pareti in XLAM.

Nome sezione	Produttore	Nome pannello	Materiale	Numero Strati	Spessore [mm]	Strati	Orientazione strati esterni
XLAM 120 mm - 5 strati	User defined	120 5s T	C 24 XLAM	5	120	30 - 20 - 20 - 20 - 30	Verticali

Solai in XLAM

Caratteristiche geometriche solaio

h_b : Spessore pannello XLAM

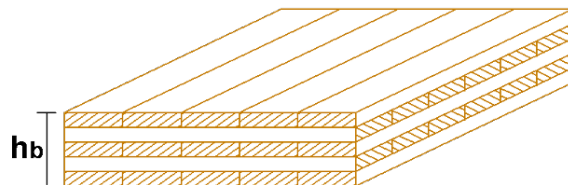


Figura: Grandezze geometriche relative al solaio in XLAM

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche relative ai solai in XLAM.

Nome sezione	Produttore	Nome pannello	Materiale	Numero Strati	Spessore h_b [mm]	Strati	Orientazione strati esterni
XLAM 140mm - 5 strati	User defined	160 5s L	C 24 XLAM	5	160	40 - 20 - 40 - 20 - 40	Paralleli alla direzione di calcolo

Sezioni legno

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche delle sezioni in legno

Nome Sezione	Materiale	Base b [mm]	Altezza h [mm]	Area A [mm ²]	J _{y-y} [mm ⁴]	J _{z-z} [mm ⁴]
Sezione Legno 120x240	GL 24h - EN 1194	120	240	28800	1,38E8	3,46E7
Sezione 100x120	GL 24h - EN 1194	100	120	12000	1,44E7	1,00E7

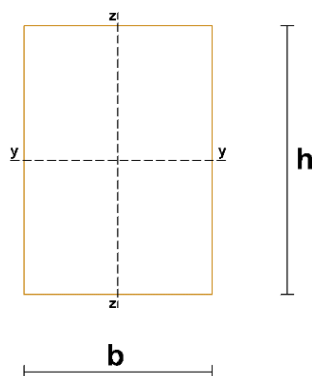


Figura: Grandezze geometriche relative alle sezioni in legno

Connessioni

Ogni parete della struttura è vincolata alla base utilizzando sia elementi preposti all'assorbimento delle sollecitazioni di trazione (ancoraggi a trazione), sia elementi necessari per il trasferimento della sollecitazione tagliante (ancoraggi a taglio). Nelle tabelle riportate sotto si riassumono le connessioni utilizzate nella struttura differenziando a seconda del tipo di ancoraggio.

Hold down

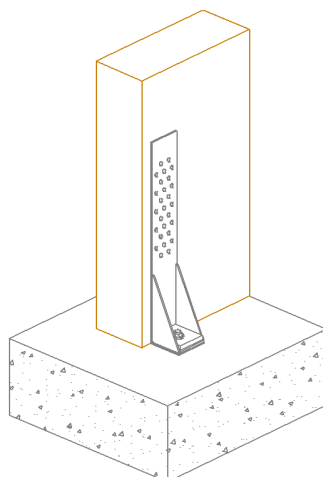


Figura: Dettaglio dell'hold down in un collegamento di base

Nome connessione	Posizione ancoraggio	Produttore	Descrizione	Connettori	Barre filettate / Tasselli	Ancorante chimico	N° ancoraggi estremità di parete
Trazione base - hold down	Base	Rotho Blaas	WHT 620	35 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 40	1 x Barra filettata INA - 5.8 - M20 x 330	Resina ibrida ETA-20/1285	1
Trazione base - hold down1	Base	Rotho Blaas	WHT 340	14 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 40	1 x Barra filettata INA - 5.8 - M16 x 160	Resina ibrida ETA-20/1285	2

Angolare legno-calcestruzzo

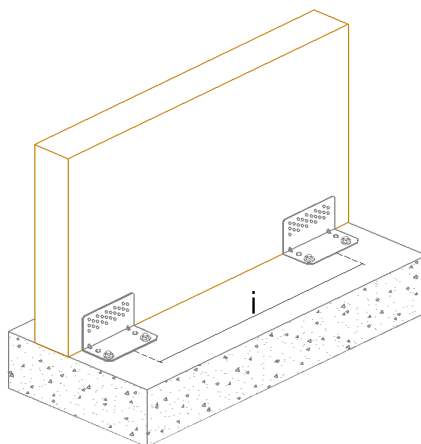


Figura: Dettaglio del sistema di angolari resistenti a taglio in un collegamento alla base legno-calcestruzzo

Nome connessione	Posizione ancoraggio	Produttore	Descrizione	Connettori	Barre filettate / Tasselli	Ancorante chimico	Numero lati	Interasse ancoraggi i [mm]
Taglio base - angolari2	Base	Rotho Blaas	Titan N - TCN 200	30 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 60	2 x Barra filettata INA - 5.8 - M12 x 140	Resina vinilestere ETA-20/0363	1	1750
Taglio base - angolari3	Base	Rotho Blaas	Titan N - TCN 200	30 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 60	2 x Barra filettata INA - 5.8 - M12 x 140	Resina vinilestere ETA-20/0363	1	1500
Taglio base - angolari4	Base	Rotho Blaas	Titan N - TCN 200	30 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 60	2 x Barra filettata INA - 5.8 - M12 x 140	Resina vinilestere ETA-20/0363	1	750

Piastra a taglio legno-calcestruzzo

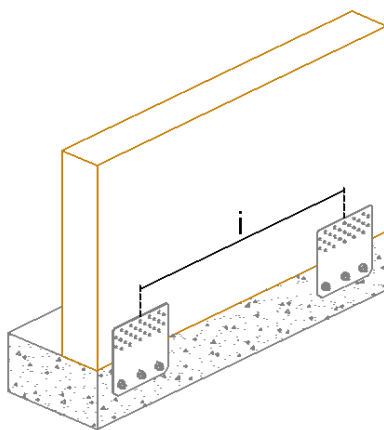


Figura: Dettaglio del sistema di piastre resistenti a taglio in un collegamento alla base legno-calcestruzzo

Nome connessione	Posizione ancoraggio	Produttore	Descrizione	Connettori	Barre filettate / Tasselli	Ancorante chimico	Numero lati	Interasse ancoraggi i [mm]
Taglio base - angolari1	Base	Rotho Blaas	Titan Plate - TCP 300	7 x Chiodo anker - LBA 4,0 x 60	2 x Barra filettata INA - 5.8 - M16 x 195	Resina vinilestere ETA-20/0363	1	500

Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

essendo:

G_1 i carichi permanenti strutturali

G_2 il peso proprio degli elementi non strutturali

Q_1 il valore caratteristico dell'azione variabile ritenuta principale

Q_{ki} il valore caratteristico della i-esima azione variabile

Per quanto riguarda invece i coefficienti:

γ_{G1} è il coefficiente parziale per i carichi permanenti strutturali

γ_{G2} è il coefficiente parziale per i carichi permanenti non strutturali

Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi sia ben definita in fase di progetto, per essi si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Si riportano i valori dei coefficienti di combinazione utilizzati relativamente ai diversi carichi agenti.

Nome carico	Descrizione	Durata	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Q cat.A	Variabile cat A: Ambienti ad uso residenziale	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.B	Variabile cat B: Uffici	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.C	Variabile cat C: Ambienti suscettibili di affollamento	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.D	Variabile cat D: Ambienti ad uso commerciale	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.E	Variabile cat E: Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale	Lunga	1	0,9	0,8
Q cat.F	Variabile cat F: Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	Lunga	0,7	0,7	0,6
Q cat.G	Variabile cat G: Aree per traffico e parcheggio (per autoveicoli di peso > 30 kN e < 160 kN)	Lunga	0,7	0,5	0,3
Q cat.H	Variabile cat H: Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	Media	0	0	0
Q cat.I-A	Variabile cat I-A: Coperture praticabili di ambienti di categoria A	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.I-B	Variabile cat I-B: Coperture praticabili di ambienti di categoria B	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.I-C	Variabile cat I-C: Coperture praticabili di ambienti di categoria C	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.I-D	Variabile cat I-D: Coperture praticabili di ambienti di categoria D	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.I-E	Variabile cat I-E: Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale	Media	1	0,9	0,8

Vento orto	Carico vento	Istantanea	0,6	0,2	0
Neve	Carico neve (a quota <= 1000 m s.l.m.)	Breve	0,5	0,2	0
Neve	Carico neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	Media	0,7	0,5	0,2

Combinazioni di carico utilizzate

Combinazioni SLU verticali

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLU significative per le verifiche in condizioni di carico verticale. I valori dei coefficienti riportati corrispondono al prodotto dei coefficienti parziali di sicurezza γ_j per gli eventuali coefficienti di combinazione ψ_{0j} .

L'azione del vento, che contribuisce a sollecitare le pareti, è schematizzata con un carico uniforme ortogonale a ciascuna delle pareti esterne.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLU 1	Permanente	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 2	Media	1	0,8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 3	Breve	1	0,8	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 4	Istantanea	1	0,8	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 5	Istantanea	1	0,8	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 6	Breve	1	0,8	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 7	Istantanea	1	0,8	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 8	Istantanea	1	0,8	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 9	Istantanea	1	0,8	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 10	Permanente	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 11	Media	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 12	Breve	1	1,5	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 13	Istantanea	1	1,5	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 14	Istantanea	1	1,5	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 15	Breve	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 16	Istantanea	1	1,5	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 17	Istantanea	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 18	Istantanea	1	1,5	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 19	Permanente	1,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 20	Media	1,3	0,8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 21	Breve	1,3	0,8	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 22	Istantanea	1,3	0,8	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 23	Istantanea	1,3	0,8	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 24	Breve	1,3	0,8	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 25	Istantanea	1,3	0,8	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 26	Istantanea	1,3	0,8	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 27	Istantanea	1,3	0,8	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 28	Permanente	1,3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 29	Media	1,3	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 30	Breve	1,3	1,5	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 31	Istantanea	1,3	1,5	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 32	Istantanea	1,3	1,5	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 33	Breve	1,3	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 34	Istantanea	1,3	1,5	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 35	Istantanea	1,3	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 36	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0

Combinazioni SLU orizzontali

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLU significative per le verifiche in condizioni di carico orizzontale. I valori dei coefficienti riportati corrispondono al prodotto dei coefficienti parziali di sicurezza γ_j per gli eventuali coefficienti di combinazione ψ_{0j} .

L'azione del vento è considerata agire separatamente nelle direzioni x, -x, y, -y.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLU orizzontale 1	Istantanea	1	0,8	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 2	Istantanea	1	0,8	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 3	Istantanea	1	0,8	0	0	0	-1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 4	Istantanea	1	0,8	0	0	0	0	-1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 5	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 6	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	0	1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 7	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	-1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 8	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	0	-1,5	0	0	0	0

Combinazioni SLE rare

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLE rare.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLE rara 1	Permanente	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 2	Media	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 3	Breve	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 4	Istantanea	1	1	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 5	Istantanea	1	1	1	0,5	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 6	Breve	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 7	Istantanea	1	1	0	1	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 8	Istantanea	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SLE rara 9	Istantanea	1	1	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0

Combinazioni sismiche

Nelle verifiche sismiche si utilizzano le combinazioni di carico proposte dalle NTC. Se la risposta viene valutata mediante analisi statica o dinamica in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,3 \cdot E_y$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Combinazioni per lo stato limite di operatività (SLO)

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
Dinamica SLO 1 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 2 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 3 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 4 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 5 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 6 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1

Dinamica SLO 6 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 6 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 6 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 7 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 8 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1

Combinazioni per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
Dinamica SLV 1 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 5 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 5 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 5 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0

Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 6 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 7 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 8 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0

Azioni orizzontali

Analisi modale

L'analisi modale porta alla determinazione dei modi di vibrare della struttura, che forniscono importanti informazioni sul comportamento sismico dell'edificio e sono alla base dell'analisi dinamica lineare.

La determinazione dei modi di vibrare implica la risoluzione del problema agli autovalori generalizzato:

$$[K - \Omega^2 M] \Phi = 0$$

dove K è la matrice di rigidezza, M la matrice delle masse, Ω^2 è la matrice diagonale degli autovalori e Φ è la matrice dei corrispondenti autovettori o modi di vibrare (massa normalizzati); le masse sismiche dei singoli piani sono calcolate sulla base della seguente combinazione dei carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

Il singolo autovalore, ricavato dalla soluzione del problema agli autovalori generalizzato, è pari al quadrato della pulsazione angolare ω legata al periodo, T , e la frequenza, f , secondo le relazioni:

$$T = \frac{1}{f} \text{ e } f = \frac{\omega}{2\pi}$$

A ciascun modo *i-esimo* è associata una massa partecipante nelle due direzioni principali X e Y e attorno all'asse verticale Z pari a:

$$M_x^i = \frac{m_x^i}{\sum m_{x,j}} [\%]$$

$$M_y^i = \frac{m_y^i}{\sum m_{y,j}} [\%]$$

$$M_z^i = \frac{m_z^i}{\sum I_{z,j}} [\%]$$

dove:

$$m_x^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_x)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

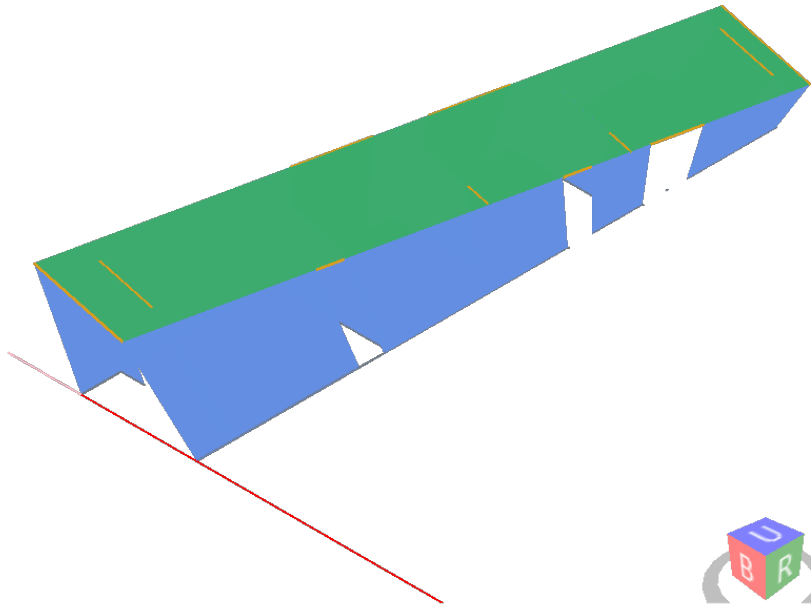
$$m_y^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_y)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

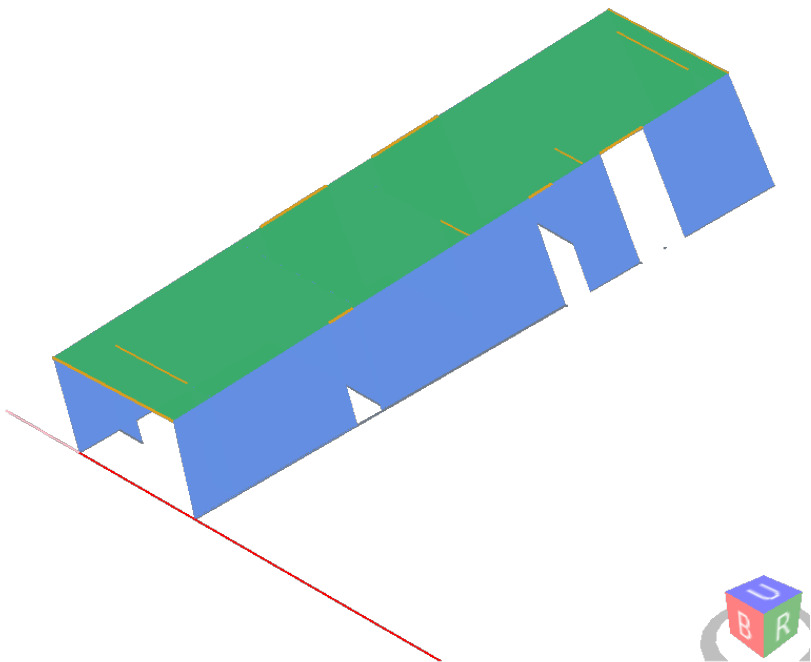
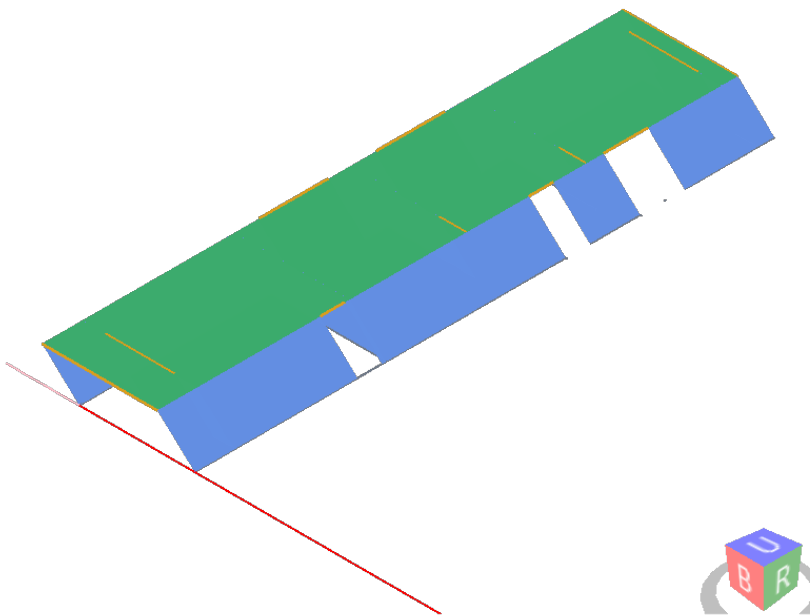
$$m_z^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_z)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

e in cui $\sum m_{x,j}$, $\sum m_{y,j}$ e $\sum I_{z,j}$ rappresentano la somma delle masse agenti in direzione X e Y e delle masse polari di tutti i j -esimi gradi di libertà non vincolati della struttura.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	M _x [%]	Somma M _x [%]	M _y [%]	Somma M _y [%]	M _z [%]	Somma M _z [%]
Modo 1	0,14	6,95	3,77	3,77	0,01	0,01	96,22	96,22
Modo 2	0,13	7,46	96,23	100,00	0,00	0,01	3,77	99,99
Modo 3	0,08	12,73	0,00	100,00	99,99	100,00	0,01	100,00

In tabella sono riportati, limitatamente ai primi sei modi di vibrare, il periodo corrispondente e la deformata modale.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Deformata modale
Modo 1	0,14	

Modo 2	0,13	
Modo 3	0,08	

Analisi dinamica lineare

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare ricavato dall'analisi modale;
- nella combinazione di questi effetti.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica si basa sull'applicazione delle forze esterne equivalenti alla struttura secondo la formulazione seguente:

$$F_x^i = \Gamma_x^i S_d(T_i) M \Phi^i$$

e

$$F_y^i = \Gamma_y^i S_d(T_i) M \Phi^i$$

dove:

F_x^i e F_y^i sono le forze esterne riferite all'*i-esimo* modo di vibrare e dovute all'azione sismica agente rispettivamente lungo X e lungo Y

$S_d(T_i)$ è l'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo *i-esimo*

Φ^i è il modo di vibrare *i-esimo*

Γ_x^i e Γ_y^i sono i coefficienti di partecipazione dell'*i-esimo* modo di vibrare definiti come:

$$\Gamma_x^i = \frac{[\Phi^i]^T M R_x}{[\Phi^i]^T M \Phi^i} \text{ e } \Gamma_y^i = \frac{[\Phi^i]^T M R_y}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

La combinazione degli effetti relativi ai singoli modi è eseguita utilizzando una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, così come definita nell'espressione seguente:

$$E = \left(\sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

E_j valore dell'effetto relativo al modo j;

ρ_{ij} coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j, calcolato con la formula:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \xi^2 \beta_{ij}^{3/2}}{(1 + \beta_{ij})[(1 - \beta_{ij})]}$$

ξ smorzamento viscoso dei modi i e j;

β_{ij} è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i-j di modi ($\beta_{ij} = T_j/T_i$).

Nella tabella seguente si riportano le proprietà degli impalcati della struttura.

Impalcato	Quota del baricentro dell'impalcato rispetto al piano di imposta [m]	xG,sisma [m]	yG,sisma [m]	Eccentricità accidentale ex [m]	Eccentricità accidentale ey [m]	Massa i [kg]
1	2,96	2,38	11,91	0,24	1,19	47069

In tabella sono riportati, per ciascun modo di vibrare, il periodo corrispondente e l'ordinata spettrale agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita e agli Stati Limite di Danno.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Ordinata spettro SLV [g]	Ordinata spettro SLD [g]
Modo 1	0,15	0,26	0,23
Modo 2	0,13	0,26	0,22
Modo 3	0,08	0,26	0,17

Vento

Nella tabella seguente si riportano le risultanti dovute all'azione del vento nelle due direzioni principali e le coordinate dei rispettivi punti di applicazione.

Impalcato	Quota rispetto al piano di riferimento [m]	xG,vento [m]	yG,vento [m]	Fx [kN]	Fy [kN]
1	2,96	2,38	11,95	24,24	4,22

Sollecitazioni

Nel presente capitolo si riportano in forma tabellare le sollecitazioni sugli elementi strutturali e sulle relative connessioni causate dai diversi carichi agenti. Si riportano inoltre i valori degli spostamenti di interpiano conseguenti all'applicazione dei suddetti carichi.

Pareti

Nome parete: Identificativo della parete

N: Azione assiale totale

V2: Sollecitazione tagliante (agente nel piano)

V3: Sollecitazione tagliante (agente fuori piano)

M2-2: Sollecitazione flettente (agente fuori piano)

M3-3: Sollecitazione flettente (agente nel piano)

dr: Spostamento relativo di interpiano della parete

Carico	Nome parete	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2-2 [kNm]	M3-3 [kNm]	dr [mm]
G1	Parete 1	30,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 2	13,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 3	36,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 4	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 5	10,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 7	8,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 8	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 10	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 11	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 12	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 13	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 14	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 15	26,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G1	Parete 19	29,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 1	63,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 2	31,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 3	76,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 4	34,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 5	24,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 7	8,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 8	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 10	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 11	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 12	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 13	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 14	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 15	55,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G2	Parete 19	62,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 1	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 2	5,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 3	12,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 4	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 5	4,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Q cat.H	Parete 13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 15	8,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Parete 19	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 1	24,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 2	13,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 3	29,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 4	13,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 15	21,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	Parete 19	23,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Parete 1	-15,54	0,00	6,89	5,10	0,00	0,00
Vento orto	Parete 2	-8,63	0,00	1,83	1,36	0,00	0,00
Vento orto	Parete 3	-18,57	0,00	8,39	6,21	0,00	0,00
Vento orto	Parete 4	-8,41	0,00	3,48	2,58	0,00	0,00
Vento orto	Parete 5	-6,38	0,00	1,95	1,44	0,00	0,00
Vento orto	Parete 7	0,00	0,00	4,12	3,05	0,00	0,00
Vento orto	Parete 8	0,00	0,00	3,16	2,34	0,00	0,00
Vento orto	Parete 10	0,00	0,00	0,83	0,62	0,00	0,00
Vento orto	Parete 11	0,00	0,00	0,82	0,61	0,00	0,00
Vento orto	Parete 12	0,00	0,00	0,83	0,62	0,00	0,00
Vento orto	Parete 13	0,00	0,00	0,82	0,61	0,00	0,00
Vento orto	Parete 14	0,00	0,00	3,16	2,34	0,00	0,00
Vento orto	Parete 15	-13,20	0,00	6,31	4,67	0,00	0,00
Vento orto	Parete 19	-14,88	0,00	7,13	5,28	0,00	0,00
Vento X	Parete 1	0,00	0,12	0,00	0,00	0,35	0,00
Vento X	Parete 2	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00
Vento X	Parete 3	0,00	0,15	0,00	0,00	0,45	0,00
Vento X	Parete 4	0,00	0,04	0,00	0,00	0,13	0,00
Vento X	Parete 5	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00
Vento X	Parete 7	0,00	9,52	0,00	0,00	28,18	0,24
Vento X	Parete 8	0,00	5,84	0,00	0,00	17,29	0,24
Vento X	Parete 10	0,00	0,67	0,00	0,00	1,99	0,23
Vento X	Parete 11	0,00	0,66	0,00	0,00	1,96	0,23
Vento X	Parete 12	0,00	0,72	0,00	0,00	2,14	0,24
Vento X	Parete 13	0,00	0,71	0,00	0,00	2,10	0,24
Vento X	Parete 14	0,00	6,11	0,00	0,00	18,10	0,23
Vento X	Parete 15	0,00	0,10	0,00	0,00	0,30	0,00
Vento X	Parete 19	0,00	0,12	0,00	0,00	0,36	0,00
Vento Y	Parete 1	0,00	0,86	0,00	0,00	2,54	0,01
Vento Y	Parete 2	0,00	0,13	0,00	0,00	0,39	0,01
Vento Y	Parete 3	0,00	1,10	0,00	0,00	3,26	0,01
Vento Y	Parete 4	0,00	0,33	0,00	0,00	0,99	0,01
Vento Y	Parete 5	0,00	0,14	0,00	0,00	0,41	0,01
Vento Y	Parete 7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Vento Y	Parete 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Parete 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Parete 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Parete 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Parete 13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Parete 14	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Vento Y	Parete 15	0,00	0,76	0,00	0,00	2,25	0,01
Vento Y	Parete 19	0,00	0,90	0,00	0,00	2,66	0,01
Dinamica SLV X	Parete 1	0,00	14,20	0,00	0,00	42,04	0,23
Dinamica SLV X	Parete 2	0,00	2,17	0,00	0,00	6,43	0,23
Dinamica SLV X	Parete 3	0,00	18,22	0,00	0,00	53,92	0,23
Dinamica SLV X	Parete 4	0,00	5,84	0,00	0,00	17,28	0,24
Dinamica SLV X	Parete 5	0,00	2,43	0,00	0,00	7,21	0,24
Dinamica SLV X	Parete 7	0,00	42,23	0,00	0,00	124,99	1,06
Dinamica SLV X	Parete 8	0,00	23,61	0,00	0,00	69,87	0,95
Dinamica SLV X	Parete 10	0,00	4,23	0,00	0,00	12,52	1,43
Dinamica SLV X	Parete 11	0,00	4,15	0,00	0,00	12,30	1,43
Dinamica SLV X	Parete 12	0,00	4,30	0,00	0,00	12,74	1,45

Dinamica SLV X	Parete 13	0,00	4,23	0,00	0,00	12,51	1,45
Dinamica SLV X	Parete 14	0,00	28,46	0,00	0,00	84,23	1,08
Dinamica SLV X	Parete 15	0,00	13,30	0,00	0,00	39,37	0,24
Dinamica SLV X	Parete 19	0,00	15,69	0,00	0,00	46,44	0,24
Dinamica SLV Y	Parete 1	0,00	24,60	0,00	0,00	72,80	0,40
Dinamica SLV Y	Parete 2	0,00	3,76	0,00	0,00	11,14	0,40
Dinamica SLV Y	Parete 3	0,00	31,55	0,00	0,00	93,39	0,40
Dinamica SLV Y	Parete 4	0,00	9,45	0,00	0,00	27,97	0,39
Dinamica SLV Y	Parete 5	0,00	3,94	0,00	0,00	11,67	0,39
Dinamica SLV Y	Parete 7	0,00	1,42	0,00	0,00	4,20	0,04
Dinamica SLV Y	Parete 8	0,00	0,70	0,00	0,00	2,08	0,03
Dinamica SLV Y	Parete 10	0,00	0,24	0,00	0,00	0,72	0,08
Dinamica SLV Y	Parete 11	0,00	0,24	0,00	0,00	0,70	0,08
Dinamica SLV Y	Parete 12	0,00	0,21	0,00	0,00	0,61	0,07
Dinamica SLV Y	Parete 13	0,00	0,20	0,00	0,00	0,60	0,07
Dinamica SLV Y	Parete 14	0,00	1,29	0,00	0,00	3,82	0,05
Dinamica SLV Y	Parete 15	0,00	21,53	0,00	0,00	63,74	0,39
Dinamica SLV Y	Parete 19	0,00	25,40	0,00	0,00	75,18	0,39
Dinamica SLO X	Parete 1	0,00	12,77	0,00	0,00	37,80	0,21
Dinamica SLO X	Parete 2	0,00	1,95	0,00	0,00	5,78	0,21
Dinamica SLO X	Parete 3	0,00	16,38	0,00	0,00	48,48	0,21
Dinamica SLO X	Parete 4	0,00	5,24	0,00	0,00	15,51	0,22
Dinamica SLO X	Parete 5	0,00	2,19	0,00	0,00	6,47	0,22
Dinamica SLO X	Parete 7	0,00	35,84	0,00	0,00	106,10	0,90
Dinamica SLO X	Parete 8	0,00	20,54	0,00	0,00	60,81	0,83
Dinamica SLO X	Parete 10	0,00	3,88	0,00	0,00	11,49	1,31
Dinamica SLO X	Parete 11	0,00	3,81	0,00	0,00	11,28	1,31
Dinamica SLO X	Parete 12	0,00	3,67	0,00	0,00	10,88	1,24
Dinamica SLO X	Parete 13	0,00	3,61	0,00	0,00	10,68	1,24
Dinamica SLO X	Parete 14	0,00	25,68	0,00	0,00	76,03	0,97
Dinamica SLO X	Parete 15	0,00	11,94	0,00	0,00	35,34	0,22
Dinamica SLO X	Parete 19	0,00	14,08	0,00	0,00	41,69	0,22
Dinamica SLO Y	Parete 1	0,00	16,04	0,00	0,00	47,49	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 2	0,00	2,46	0,00	0,00	7,27	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 3	0,00	20,58	0,00	0,00	60,92	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 4	0,00	6,17	0,00	0,00	18,26	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 5	0,00	2,57	0,00	0,00	7,62	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 7	0,00	1,18	0,00	0,00	3,49	0,03
Dinamica SLO Y	Parete 8	0,00	0,62	0,00	0,00	1,85	0,03
Dinamica SLO Y	Parete 10	0,00	0,22	0,00	0,00	0,65	0,07
Dinamica SLO Y	Parete 11	0,00	0,21	0,00	0,00	0,64	0,07
Dinamica SLO Y	Parete 12	0,00	0,18	0,00	0,00	0,52	0,06
Dinamica SLO Y	Parete 13	0,00	0,17	0,00	0,00	0,51	0,06
Dinamica SLO Y	Parete 14	0,00	1,17	0,00	0,00	3,48	0,04
Dinamica SLO Y	Parete 15	0,00	14,06	0,00	0,00	41,62	0,26
Dinamica SLO Y	Parete 19	0,00	16,58	0,00	0,00	49,09	0,26

Solai

Nome solaio: Identificativo del solaio

V2: Sollecitazione massima tagliente lungo l'asse locale 2 per l'elemento di solaio più sollecitato

M3-3: Sollecitazione massima flettente attorno all'asse locale 3 per l'elemento di solaio più sollecitato

w_{ist} : Deformazione massima per l'elemento di solaio più sollecitato

Carico	Nome solaio	V2 [kN]	M3-3 [kNm]	W _{ist} [mm]
G1	Solaio 1	1,90	2,27	1,72
G2	Solaio 1	5,83	6,98	5,28
Q cat.H	Solaio 1	1,19	1,42	1,07
Neve	Solaio 1	2,85	3,40	2,58
Vento orto	Solaio 1	1,78	2,13	0,00
Vento X	Solaio 1	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Solaio 1	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Solaio 1	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Solaio 1	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Solaio 1	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Solaio 1	0,00	0,00	0,00

Travi

Nome trave: Identificativo della trave

V2: Sollecitazione massima tagliante lungo l'asse locale 2

M3-3: Sollecitazione massima flettente attorno all'asse locale 3

W_{ist}: Deformazione massima per il carico considerato

Carico	Nome trave	V2 [kN]	M3-3 [kNm]	W _{ist} [mm]
G1	Trave 9	0,20	0,15	0,08
G1	Trave 10	3,60	2,16	1,14
G1	Trave 11	3,27	2,16	1,14
G1	Trave 12	0,20	0,15	0,08
G1	Trave 13	1,23	0,29	0,17
G1	Trave 14	1,28	0,30	0,02
G1	Trave 15	0,34	0,41	0,60
G1	Trave 16	0,34	0,41	0,60
G1	Trave 19	0,08	0,02	0,00
G1	Trave 20	0,08	0,02	0,00
G1	Trave 21	2,40	0,96	0,21
G2	Trave 9	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 10	10,43	6,20	3,27
G2	Trave 11	9,43	6,20	3,27
G2	Trave 12	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 13	3,71	0,87	0,52
G2	Trave 14	3,71	0,87	0,05
G2	Trave 15	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 16	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 19	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 20	0,00	0,00	0,00
G2	Trave 21	6,97	2,76	0,60
Q cat.H	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 10	2,12	1,26	0,66
Q cat.H	Trave 11	1,92	1,26	0,66
Q cat.H	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 13	0,75	0,18	0,11
Q cat.H	Trave 14	0,75	0,18	0,01
Q cat.H	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Q cat.H	Trave 21	1,42	0,56	0,12
Neve	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 10	5,09	3,03	1,60
Neve	Trave 11	4,60	3,02	1,60
Neve	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 13	1,81	0,42	0,25
Neve	Trave 14	1,81	0,42	0,03
Neve	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Neve	Trave 21	3,40	1,35	0,29

Vento orto	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 10	3,19	1,89	-1,00
Vento orto	Trave 11	2,88	1,89	-1,00
Vento orto	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 13	1,13	0,26	-0,16
Vento orto	Trave 14	1,13	0,27	-0,02
Vento orto	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Vento orto	Trave 21	2,13	0,84	-0,18
Vento X	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Vento X	Trave 21	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Vento Y	Trave 21	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV X	Trave 21	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLV Y	Trave 21	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO X	Trave 21	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 9	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 10	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 11	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 12	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 13	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 14	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 15	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 16	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 19	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 20	0,00	0,00	0,00
Dinamica SLO Y	Trave 21	0,00	0,00	0,00

Sollecitazioni al piano di imposta

Nel presente capitolo si riportano in forma tabellare i valori delle sollecitazioni agenti alla base delle pareti e dei pilastri del piano di imposta della struttura lignea. In particolare, per le pareti, nella prima riga si fa riferimento alla combinazione SLU verticale che massimizza l'azione assiale, nella seconda riga alla combinazione sismica o SLU orizzontale che massimizza il momento flettente agente nel piano della parete M3-3 e l'azione tagliante V2 (anch'essa agente nel piano della parete) e che allo stesso tempo minimizza l'azione assiale N. A seguire si riportano invece le sollecitazioni al piede delle pareti associate ai diversi carichi agenti considerati singolarmente.

Pareti

Nome parete: Identificativo della parete

N: Azione assiale totale

V2: Sollecitazione tagliante (agente nel piano)

V3: Sollecitazione tagliante (agente fuori piano)

M2-2: Sollecitazione flettente (agente fuori piano)

M3-3: Sollecitazione flettente (agente nel piano)

Nome parete	Lunghezza [m]	Carico / Comb.	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2-2 [kNm]	M3-3 [kNm]
Parete 1	7,32	SLU 33	172,22	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 8 ex+ ey-	94,00	29,39	0,00	0,00	86,99
		G1	30,10	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	63,90	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	24,83	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-15,54	0,00	6,89	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,12	0,00	0,00	0,35
		Vento Y	0,00	0,86	0,00	0,00	2,54
		Dinamica SLV X	0,00	14,20	0,00	0,00	42,04
		Dinamica SLV Y	0,00	24,60	0,00	0,00	72,80
		Dinamica SLO X	0,00	12,77	0,00	0,00	37,80
		Dinamica SLO Y	0,00	16,04	0,00	0,00	47,49
Parete 2	1,95	SLU 33	85,26	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 8 ex+ ey-	44,79	4,50	0,00	0,00	13,31
		G1	13,06	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	31,73	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	5,74	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	13,79	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-8,63	0,00	1,83	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05
		Vento Y	0,00	0,13	0,00	0,00	0,39
		Dinamica SLV X	0,00	2,17	0,00	0,00	6,43
		Dinamica SLV Y	0,00	3,76	0,00	0,00	11,14
		Dinamica SLO X	0,00	1,95	0,00	0,00	5,78
		Dinamica SLO Y	0,00	2,46	0,00	0,00	7,27
Parete 3	8,92	SLU 33	206,44	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 8 ex+ ey-	112,79	37,70	0,00	0,00	111,58
		G1	36,16	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	76,63	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	12,36	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	29,65	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-18,57	0,00	8,39	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,15	0,00	0,00	0,45
		Vento Y	0,00	1,10	0,00	0,00	3,26
		Dinamica SLV X	0,00	18,22	0,00	0,00	53,92
		Dinamica SLV Y	0,00	31,55	0,00	0,00	93,39
		Dinamica SLO X	0,00	16,38	0,00	0,00	48,48
		Dinamica SLO Y	0,00	20,58	0,00	0,00	60,92
Parete 4	3,70	SLU 33	92,13	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 5 ex- ey-	50,12	11,52	0,00	0,00	34,08

		G1	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	34,12	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	13,44	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-8,41	0,00	3,48	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,04	0,00	0,00	0,13
		Vento Y	0,00	0,33	0,00	0,00	0,99
		Dinamica SLV X	0,00	5,84	0,00	0,00	17,28
		Dinamica SLV Y	0,00	9,45	0,00	0,00	27,97
		Dinamica SLO X	0,00	5,24	0,00	0,00	15,51
		Dinamica SLO Y	0,00	6,17	0,00	0,00	18,26
Parete 5	2,07	SLU 33	66,14	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 5 ex- ey-	35,33	4,80	0,00	0,00	14,22
		G1	10,76	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	24,58	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	4,25	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-6,38	0,00	1,95	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06
		Vento Y	0,00	0,14	0,00	0,00	0,41
		Dinamica SLV X	0,00	2,43	0,00	0,00	7,21
		Dinamica SLV Y	0,00	3,94	0,00	0,00	11,67
		Dinamica SLO X	0,00	2,19	0,00	0,00	6,47
		Dinamica SLO Y	0,00	2,57	0,00	0,00	7,62
Parete 7	4,76	SLU 30	23,67	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey+	16,91	42,84	0,00	0,00	126,80
		G1	8,45	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	8,45	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	4,12	0,00	0,00
		Vento X	0,00	9,52	0,00	0,00	28,18
		Vento Y	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
		Dinamica SLV X	0,00	42,23	0,00	0,00	124,99
		Dinamica SLV Y	0,00	1,42	0,00	0,00	4,20
		Dinamica SLO X	0,00	35,84	0,00	0,00	106,10
		Dinamica SLO Y	0,00	1,18	0,00	0,00	3,49
Parete 8	3,65	SLU 30	18,25	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey+	13,04	23,90	0,00	0,00	70,74
		G1	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	3,16	0,00	0,00
		Vento X	0,00	5,84	0,00	0,00	17,29
		Vento Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV X	0,00	23,61	0,00	0,00	69,87
		Dinamica SLV Y	0,00	0,70	0,00	0,00	2,08
		Dinamica SLO X	0,00	20,54	0,00	0,00	60,81
		Dinamica SLO Y	0,00	0,62	0,00	0,00	1,85
Parete 10	0,96	SLU 30	5,04	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey-	3,62	4,55	0,00	0,00	13,48
		G1	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,67	0,00	0,00	1,99
		Vento Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV X	0,00	4,23	0,00	0,00	12,52
		Dinamica SLV Y	0,00	0,24	0,00	0,00	0,72
		Dinamica SLO X	0,00	3,88	0,00	0,00	11,49
		Dinamica SLO Y	0,00	0,22	0,00	0,00	0,65
Parete 11	0,95	SLU 30	4,99	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey-	3,58	4,47	0,00	0,00	13,23
		G1	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,66	0,00	0,00	1,96
		Vento Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV X	0,00	4,15	0,00	0,00	12,30
		Dinamica SLV Y	0,00	0,24	0,00	0,00	0,70
		Dinamica SLO X	0,00	3,81	0,00	0,00	11,28
		Dinamica SLO Y	0,00	0,21	0,00	0,00	0,64
Parete 12	0,96	SLU 30	5,04	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey-	3,62	4,59	0,00	0,00	13,58
		G1	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00

		Vento X	0,00	0,72	0,00	0,00	2,14
		Vento Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV X	0,00	4,30	0,00	0,00	12,74
		Dinamica SLV Y	0,00	0,21	0,00	0,00	0,61
		Dinamica SLO X	0,00	3,67	0,00	0,00	10,88
		Dinamica SLO Y	0,00	0,18	0,00	0,00	0,52
Parete 13	0,95	SLU 30	4,99	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey-	3,58	4,51	0,00	0,00	13,34
		G1	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,71	0,00	0,00	2,10
		Vento Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV X	0,00	4,23	0,00	0,00	12,51
		Dinamica SLV Y	0,00	0,20	0,00	0,00	0,60
		Dinamica SLO X	0,00	3,61	0,00	0,00	10,68
		Dinamica SLO Y	0,00	0,17	0,00	0,00	0,51
Parete 14	3,65	SLU 30	18,25	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 4 ex- ey+	13,04	28,96	0,00	0,00	85,73
		G1	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	0,00	0,00	3,16	0,00	0,00
		Vento X	0,00	6,11	0,00	0,00	18,10
		Vento Y	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
		Dinamica SLV X	0,00	28,46	0,00	0,00	84,23
		Dinamica SLV Y	0,00	1,29	0,00	0,00	3,82
		Dinamica SLO X	0,00	25,68	0,00	0,00	76,03
		Dinamica SLO Y	0,00	1,17	0,00	0,00	3,48
Parete 15	6,71	SLU 33	148,57	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 5 ex- ey-	81,48	26,24	0,00	0,00	77,68
		G1	26,34	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	55,13	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	8,78	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	21,08	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-13,20	0,00	6,31	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,10	0,00	0,00	0,30
		Vento Y	0,00	0,76	0,00	0,00	2,25
		Dinamica SLV X	0,00	13,30	0,00	0,00	39,37
		Dinamica SLV Y	0,00	21,53	0,00	0,00	63,74
		Dinamica SLO X	0,00	11,94	0,00	0,00	35,34
		Dinamica SLO Y	0,00	14,06	0,00	0,00	41,62
Parete 19	7,58	SLU 33	167,23	0,00	0,00	0,00	0,00
		Dinamica SLV 5 ex- ey-	91,66	30,95	0,00	0,00	91,62
		G1	29,48	0,00	0,00	0,00	0,00
		G2	62,17	0,00	0,00	0,00	0,00
		Q cat.H	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00
		Neve	23,76	0,00	0,00	0,00	0,00
		Vento orto	-14,88	0,00	7,13	0,00	0,00
		Vento X	0,00	0,12	0,00	0,00	0,36
		Vento Y	0,00	0,90	0,00	0,00	2,66
		Dinamica SLV X	0,00	15,69	0,00	0,00	46,44
		Dinamica SLV Y	0,00	25,40	0,00	0,00	75,18
		Dinamica SLO X	0,00	14,08	0,00	0,00	41,69
		Dinamica SLO Y	0,00	16,58	0,00	0,00	49,09

Capacity design (Progettazione in capacità)

Comportamento strutturale dissipativo

Le strutture soggette all'azione sismica devono essere progettate in accordo ad uno dei seguenti comportamenti strutturali:

- **comportamento strutturale non dissipativo;**
- **comportamento strutturale dissipativo.**

Nel caso di adozione di un comportamento strutturale non dissipativo, tutti gli elementi strutturali e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico. La domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità del materiale, attraverso un modello elastico.

Nel caso di adozione di un comportamento strutturale dissipativo, un numero elevato di membrature e/o collegamenti evolvono in campo plastico, mentre la restante parte della struttura rimane in campo elastico o sostanzialmente elastico.

Classi di duttilità

Una costruzione a comportamento strutturale dissipativo deve essere progettata per conseguire una delle Classi di Duttilità:

- **CD "A" o DCH, ad elevata capacità dissipativa;**
- **CD "B" o DCM, a media capacità dissipativa.**

In entrambi i casi le normative (Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 §7.2.2., UNI EN 1998-1 §8.1.3) prescrivono di utilizzare i procedimenti della progettazione in capacità.

La progettazione in capacità (o capacity design) ha lo scopo di assicurare alla struttura dissipativa un comportamento duttile ed opera come segue:

- distingue gli elementi e i meccanismi, sia locali che globali, in duttili e fragili;
- mira ad evitare le rotture fragili locali e l'attivazione di meccanismi globali fragili o instabili;
- mira a localizzare le dissipazioni di energia per isteresi in zone degli elementi duttili a tal fine individuate e progettate.

Fattore di sovraresistenza

Per garantire ciò si deve progettare la resistenza sismica degli elementi/meccanismi fragili, locali e globali, in modo che sia maggiore di quella degli elementi/meccanismi duttili. Per assicurare il rispetto di tale disuguaglianza, a livello sia locale sia globale, la resistenza degli elementi/meccanismi duttili è incrementata mediante un opportuno coefficiente γ_{Rd} , detto "fattore di

sovraresistenza”; a partire da tale capacità maggiorata si dimensiona la capacità degli elementi/meccanismi fragili.

In fase di progetto si è assunto un fattore di sovraresistenza γ_{Rd} pari a 1,3.

Limitazione delle sollecitazioni ai valori determinati nel caso non dissipativo

La domanda di resistenza valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda di resistenza valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Procedura di calcolo

Applicazione del capacity design a livello locale e globale

Il progetto dissipativo delle strutture impone, in via preliminare, la definizione di quali siano le zone dissipative e quali le zone non dissipative. Tali zone dipendono dalla classe di duttilità adottata e dalla tipologia strutturale.

La progettazione secondo le procedure del capacity design si articola quindi su due "livelli" applicativi:

- **livello locale, ovvero relativo alle connessioni dell'edificio;**
- **livello globale, ovvero relativo alle pareti e all'edificio.**

Il primo ha lo scopo di evitare che prevalgano le modalità di rottura fragili nelle connessioni dissipative. Il secondo invece prevede l'applicazione di una serie di regole volte ad evitare meccanismi di collasso non dissipativi e rotture fragili degli elementi che costituiscono la struttura.

Calcolo delle resistenze di progetto

La resistenza di progetto delle zone dissipative è definita tramite la seguente formula:

$$F_{Rd,duttile} = k_{R,deg} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{Rk,duttile}}{\gamma_M}$$

in cui:

- | | |
|------------------|---|
| $F_{Rd,duttile}$ | è il valore di progetto della resistenza delle zone dissipative; |
| $k_{R,deg}$ | è fattore di degrado della resistenza per effetto delle sollecitazioni cicliche; |
| k_{mod} | è il fattore correttivo che tiene conto della durata del carico e del contenuto di umidità; |
| $F_{Rk,duttile}$ | è il valore caratteristico della resistenza delle zone dissipative; |
| γ_M | è il coefficiente di sicurezza parziale delle proprietà del materiale. |

La resistenza di progetto delle zone non dissipative è definita tramite la seguente formula:

$$F_{Rd,fragile} = k_{mod} \cdot \frac{F_{Rk,fragile}}{\gamma_M}$$

in cui:

$F_{Rd,fragile}$ è il valore di progetto della resistenza delle zone non dissipative;

k_{mod} è il fattore correttivo che tiene conto della durata del carico e del contenuto di umidità;

$F_{Rk,fragile}$ è il valore caratteristico della resistenza delle zone non dissipative;

γ_M è il coefficiente di sicurezza parziale delle proprietà del materiale.

Verifiche zone dissipative

Si verificano le zone dissipative nei confronti delle azioni sismiche calcolate con il fattore di comportamento dissipativo, secondo la seguente espressione:

$$F_{Ed,duttile} \leq F_{Rd,duttile} = k_{R,deg} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{Rk,duttile}}{\gamma_M}$$

Verifiche zone non dissipative - Livello locale

Nel caso di connessioni dissipative, si verifica che le resistenze associate alle modalità di rottura fragili siano sovraresistenti rispetto al valore della resistenza associata alla rottura duttile:

$$F_{Rd,fragile} \geq \frac{\gamma_{Rd}}{k_{R,deg}} \cdot F_{Rd,duttile}$$

in cui:

γ_{Rd} è il fattore di sovraresistenza;

$k_{R,deg}$ è fattore di degrado della resistenza per effetto delle sollecitazioni cicliche;

$F_{Rd,duttile}$ è la resistenza di progetto associata alla modalità di collasso duttile;

$F_{Rd,fragile}$ è la resistenza di progetto associata alla modalità di collasso fragile.

In altri termini, gli elementi fragili delle connessioni dissipative devono essere verificati per una sollecitazione pari a:

$$F_{Ed,fragile} = \frac{\gamma_{Rd}}{k_{R,deg}} \cdot F_{Rd,duttile}$$

Verifiche zone non dissipative - Livello globale

Si verificano le zone non dissipative nei confronti delle azioni derivanti dall'applicazione delle regole del capacity design. La domanda è ottenuta attraverso la seguente relazione:

$$F_{Ed,fragile} = \Omega \cdot F_{Ed,fragile,E} + F_{Ed,fragile,G}$$

in cui:

Ω è il rapporto di sovrarresistenza a livello di edificio (nelle due direzioni x e y);

$F_{Ed,fragile,E}$ è la sollecitazione agente sulla zona non dissipativa dovuta all'azione sismica, ottenuta dall'analisi con il fattore di comportamento dissipativo;

$F_{Ed,fragile,G}$ è la sollecitazione agente sulla zona non dissipativa dovuta ai carichi gravitazionali.

Classe di duttilità CD"B" o DCM – XLAM

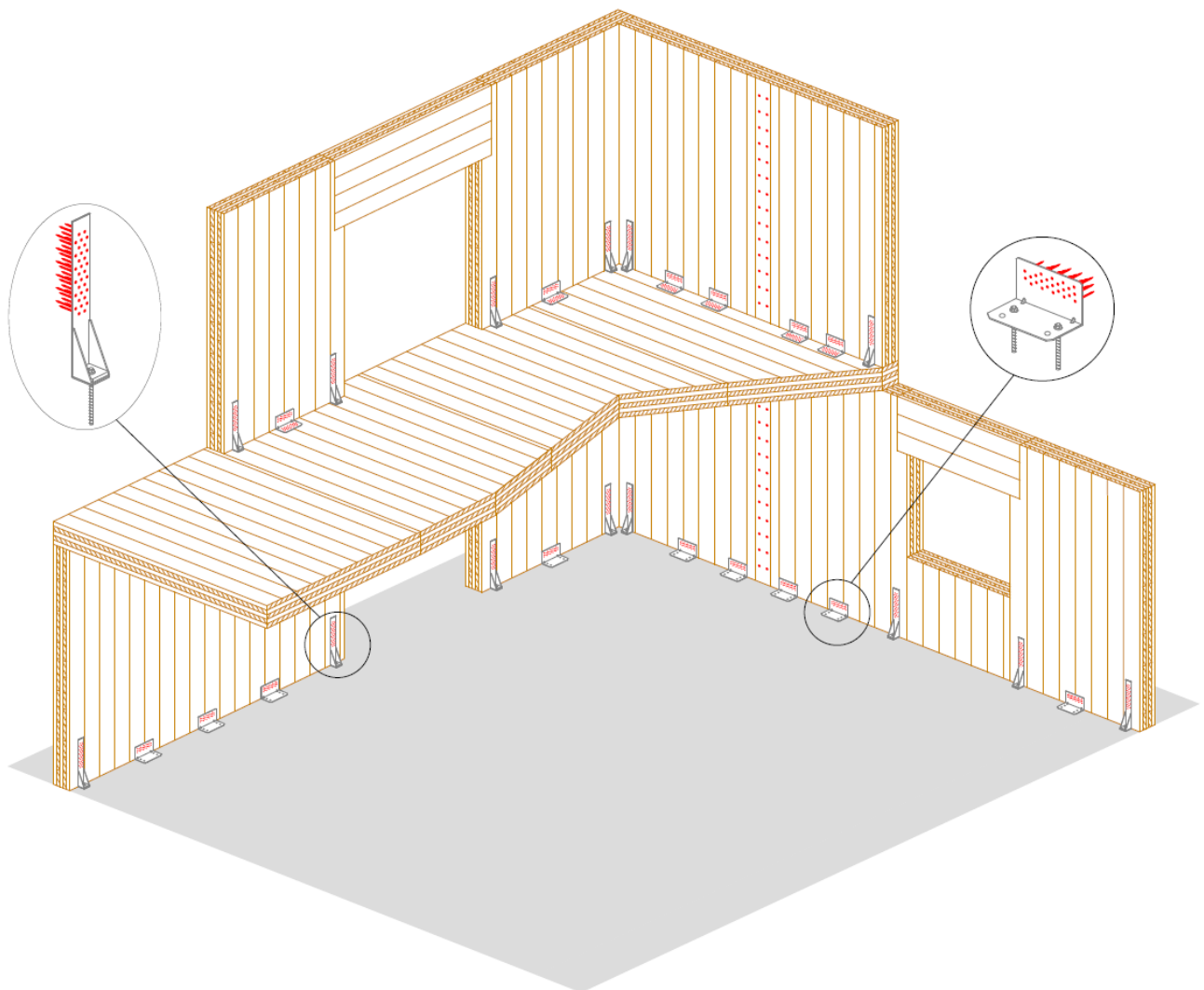
Zone dissipative e zone non dissipative

Per le pareti in XLAM, le zone dissipative sono costituite da:

- collegamento meccanico verticale tra pannelli di parete (pareti giuntate);
- elementi duttili della connessione a trazione (ad esempio la chiodatura);
- elementi duttili della connessione a taglio (ad esempio la chiodatura).

Le zone non dissipative sono invece rappresentate da:

- elementi fragili della connessione a trazione (ad esempio tasselli nel c.a.);
- elementi fragili della connessione a taglio (ad esempio tasselli nel c.a.);
- elementi lignei.



Determinazione del rapporto di sovraresistenza

Il rapporto di sovraresistenza per ciascun piano dell'edificio e per ciascuna direzione viene determinato tramite la seguente espressione:

$$\Omega_{i,j} = \min \left\{ \frac{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} V_{Rd,i,j,k}^{xlam,CD}}{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} |V_{Ed,i,j,k}|}, \frac{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} V_{Rd,i,j,k}^{ang,CD}}{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} |V_{Ed,i,j,k}|}, \frac{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} M_{Rd,i,j,k}^{hd,CD}}{\sum_{k=1}^{N_{i,j}} |M_{Ed,i,j,k}|} \right\}$$

in cui

$\sum_{k=1}^{N_{i,j}} V_{Rd,i,j,k}^{xlam,CD}$ è la somma delle resistenze di progetto relative al collegamento meccanico verticale tra pannelli delle pareti al piano i-esimo nella direzione j-esima, tenendo in considerazione il fattore di sovraresistenza tramite il rapporto $\gamma_{Rd}/k_{R,deg}$;

$\sum_{k=1}^{N_{i,j}} V_{Rd,i,j,k}^{ang,CD}$ è la somma delle resistenze di progetto relative alle connessioni a taglio delle pareti al piano i-esimo nella direzione j-esima, tenendo in considerazione il fattore di sovraresistenza tramite il rapporto $\gamma_{Rd}/k_{R,deg}$;

$\sum_{k=1}^{N_{i,j}} M_{Rd,i,j,k}^{hd,CD}$ è la somma delle resistenze di progetto a ribaltamento di tutte le pareti al piano i-esimo nella direzione j-esima, tenendo in considerazione il fattore di sovraresistenza tramite il rapporto $\gamma_{Rd}/k_{R,deg}$;

$\sum_{k=1}^{N_{i,j}} |V_{Ed,i,j,k}|$ è la somma dei valori assoluti delle forze di taglio agenti su tutte le pareti del piano i-esimo nella direzione j;

$\sum_{k=1}^{N_{i,j}} |M_{Ed,i,j,k}|$ è la somma dei valori assoluti dei momenti flettenti agenti su tutte le pareti del piano i-esimo nella direzione j;

$N_{i,j}$ è il numero delle pareti al piano i-esimo disposte nella direzione j-esima.

Rapporti di sovraresistenza (analisi dinamica)

Si riportano nella seguente tabella i contributi che concorrono alla determinazione del rapporto di sovraresistenza per la direzione x dei vari impalcati dell'edificio.

Impalcato	Ω_x relativo alla connessione a trazione	Ω_x relativo alla connessione a taglio	Ω_x relativo alla connessione dei fogli di rivestimento	Ω_x relativo alla connessione XLAM giuntato	Ω_x minimo
1	2,67	2,20	-	-	2,20

Rapporto di sovraresistenza per la direzione x: 2,20

Analogamente, si riportano nella seguente tabella i contributi che concorrono alla determinazione del rapporto di sovraresistenza per la direzione y dei vari impalcati dell'edificio.

Impalcato	Ω_y relativo alla connessione a trazione	Ω_y relativo alla connessione a taglio	Ω_y relativo alla connessione dei fogli di rivestimento	Ω_y relativo alla connessione XLAM giuntato	Ω_y minimo
1	8,86	6,49	-	-	6,49

Rapporto di sovraresistenza per la direzione y: 6,49

Limitazione delle sollecitazioni ai valori determinati nel caso non dissipativo Sì

Fattore di comportamento non dissipativo q_{ND} 1,50

Verifiche elementi

Verifiche dei solai in XLAM

Modello di calcolo XLAM

Il modello di calcolo adottato per il materiale XLAM è quello di struttura composta con connessione deformabile. Gli strati orientati nella direzione di calcolo del pannello XLAM sono connessi in modo cedevole dagli strati ortogonali. Il pannello è calcolato come struttura composta con connessione deformabile in accordo con l'appendice B della norma EN 1995-1-1 mediante fattori γ dipendenti dallo spessore degli strati ortogonali, dal modulo di taglio a "rolling shear" e dalla lunghezza delle campate, calcolati mediante le teorie di Möhler (pannelli aventi fino a 3 strati orientati nella direzione di calcolo) e Shelling (pannelli con più di 3 strati orientati nella direzione di calcolo).

La rigidezza efficace a flessione è stata assunta pari a:

$$EJ_{eff} = \sum_{i=1}^n (E_i J_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_i A_i}{G_R \cdot \frac{b}{d} \cdot l_{ref}^2} \right]^{-1}$$

in cui:

J_i rappresenta il momento di inerzia del generico strato;

A_i è l'area del generico strato;

a_i è la distanza tra il baricentro dell'i-esimo strato e il baricentro della sezione;

l_{ref} è la lunghezza di riferimento della campata;

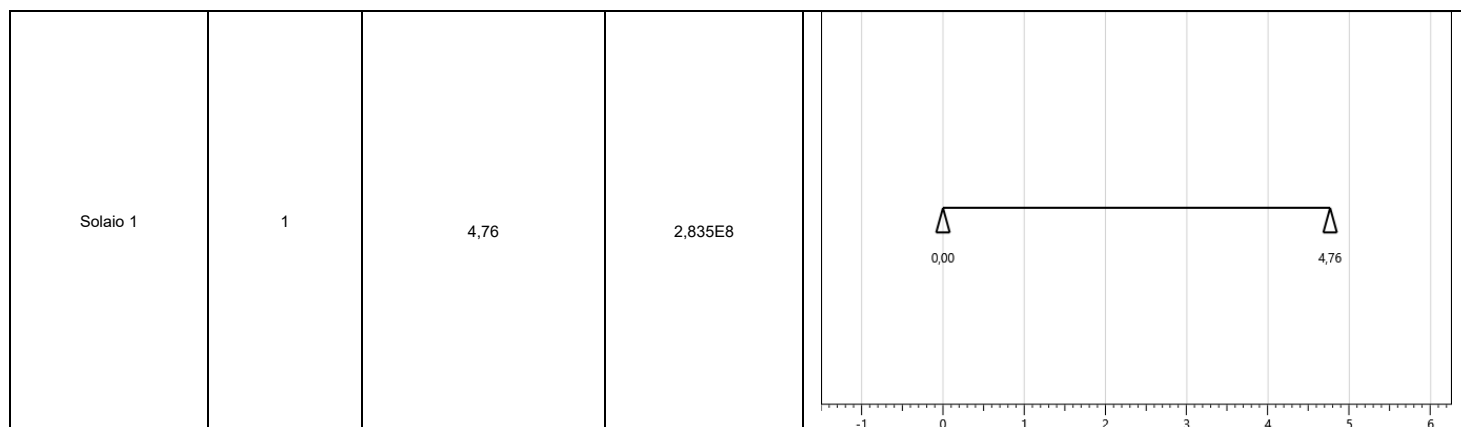
G_R è il modulo di taglio per "rolling shear".

La lunghezza di riferimento (l_{ref}) delle campate viene assunta, in funzione dello schema statico, come riportato nella seguente tabella, nella quale la lunghezza effettiva della campata è indicata con l .

Schema statico	Lunghezza di riferimento
Trave in semplice appoggio	$l_{ref} = l$
Campata di una trave continua	$l_{ref} = 0.8 l$
Appoggio interno di una trave continua	$l_{ref} = 0.8 l_{min}$
Trave a sbalzo	$l_{ref} = 2 l$

Nella tabella seguente si riportano, per ogni solaio e relativamente alle diverse campate, i valori delle lunghezze di riferimento delle campate stesse nonché i valori dell'inerzia efficace delle sezioni di calcolo del solaio XLAM. Si riporta inoltre lo schema statico adottato.

Nome solaio	Larghezza fascia di calcolo [m]	Lunghezza di riferimento l_{ref} [m]	Jeff [mm ⁴]	Schema statico
-------------	---------------------------------	--	-------------------------	----------------



Verifiche di resistenza a flessione

Le verifiche a flessione sono condotte su una fascia di solaio parallela alla direzione di calcolo con riferimento al § 6.1.6 della norma UNI EN 1995-1-1. Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

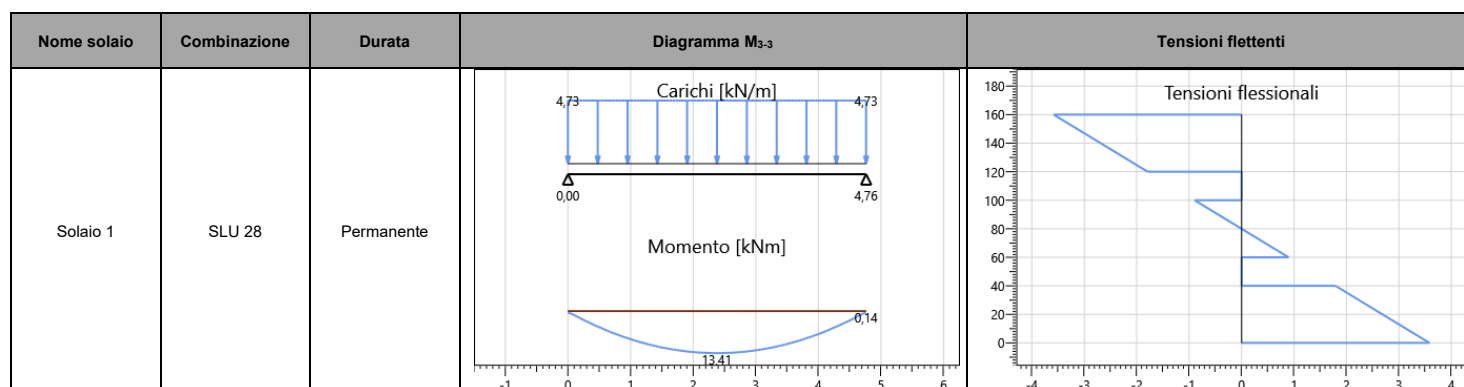
$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

in cui:

$\sigma_{m,d}$ è la tensione di progetto a flessione;

$f_{m,d}$ è la resistenza di progetto a flessione del materiale.

Per la fascia di ogni solaio in XLAM che presenta la verifica a flessione più gravosa si riportano gli schemi statici di calcolo e l'involuppo delle distribuzioni del momento flettente sollecitante. Vengono inoltre riportati i diagrammi delle tensioni normali, dovute alla flessione, valutati nelle sezioni di verifica.



Le verifiche a flessione sono riassunte in seguito. I valori derivanti dai calcoli, relativi ad ogni verifica, vengono riportati in forma di percentuale. I dati di output per singolo elemento strutturale soddisfano le verifiche qualora il loro valore sia inferiore o uguale al 100%, in caso contrario la verifica non è soddisfatta.

Nome solaio	Sez.	M ₃₋₃ [kNm]	J _{eff} [mm ⁴]	Comb.	Classe servizio	k _{mod}	γ _M	f _{m,d} [MPa]	σ _{m,d} [MPa]	Verifica
Solaio 1	XLAM 140mm - 5 strati	13,41	283515228	SLU 28	1	0,6	1,35	10,67	3,58	34%

Verifiche di resistenza a taglio

Verifiche di resistenza a taglio negli strati paralleli alla direzione di calcolo

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento al § 6.1.7 della norma UNI EN 1995-1-1. Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

in cui:

$\tau_{v,d}$ è la tensione di progetto a taglio;

$f_{v,d}$ è la resistenza di progetto a taglio.

Il valore dello sforzo di taglio di progetto massimo negli strati longitudinali viene valutato con la seguente formula:

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d \cdot S_{max}}{J_{eff} \cdot b}$$

in cui:

V_d è il taglio sollecitante nella sezione di verifica;

S_{max} è il momento statico associato alla massima tensione tagliante;

J_{eff} è il momento di inerzia efficace della sezione trasversale del pannello XLAM;

b è la base della sezione trasversale del pannello XLAM (si assume $k_{cr} = 1$).

Verifiche di resistenza a taglio trasversale (rolling shear)

Le verifiche a taglio trasversale sono condotte con riferimento al § 6.1.7 della norma UNI EN 1995-1-1. Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$\frac{\tau_{R,d}}{f_{v,R,d}} \leq 1$$

in cui:

$\tau_{R,d}$ è la tensione di progetto a taglio trasversale;

$f_{v,R,d}$ è la resistenza di progetto a taglio trasversale.

Il valore dello sforzo di taglio di progetto massimo negli strati trasversali viene valutato con la seguente formula:

$$\tau_{R,d} = \frac{V_d \cdot S_{R,max}}{J_{eff} \cdot b}$$

in cui:

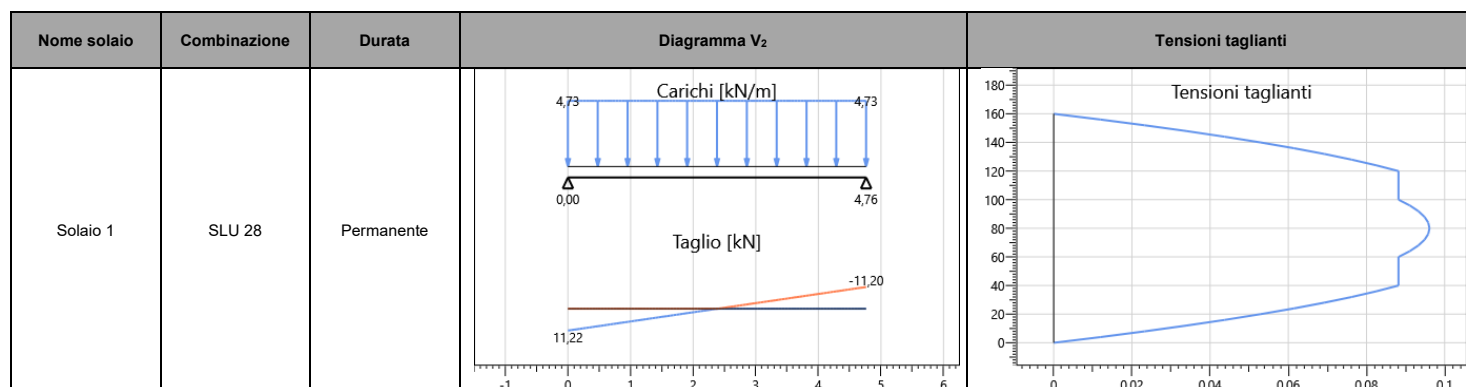
V_d è il taglio sollecitante nella sezione di verifica;

$S_{R,max}$ è il momento statico associato alla massima tensione tagliante;

J_{eff} è il momento di inerzia efficace della sezione trasversale del pannello XLAM;

b è la base della sezione trasversale del pannello XLAM (si assume $k_{cr} = 1$).

Per la fascia di ogni solaio in XLAM che presenta la verifica a taglio più gravosa si riportano gli schemi statici di calcolo e l'involuppo delle distribuzioni del taglio sollecitante. Vengono inoltre riportati i diagrammi delle tensioni taglianti, valutati nelle sezioni di verifica.



Le verifiche a taglio sono riassunte in seguito. I valori derivanti dai calcoli, relativi ad ogni verifica, vengono riportati in forma di percentuale. I dati di output per singolo elemento strutturale soddisfano le verifiche qualora il loro valore sia inferiore o uguale al 100%, in caso contrario la verifica non è soddisfatta.

Nome solaio	Sezione	V_2 [kN]	J_{eff} [mm ⁴]	Comb.	Classe servizio	k_{mod}	γ_M	$f_{v,d}$ [MPa]	$\tau_{v,d}$ [MPa]	Verifica	$f_{R,d}$ [MPa]	$\tau_{R,d}$ [MPa]	Verifica
Solaio 1	XLAM 140mm - 5 strati	11,22	283515228	SLU 28	1	0,6	1,35	1,78	0,10	5%	0,36	0,09	25%

Verifiche di deformazione dei solai (SLE)

Si verifica che la deformazione della struttura risultante dagli effetti delle azioni e dall'umidità rimanga entro limiti appropriati. Le verifiche di deformazione sono condotte con riferimento al §2.2.3 della UNI EN 1995-1-1.

La freccia netta $w_{net,fin}$ viene assunta come:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$

dove:

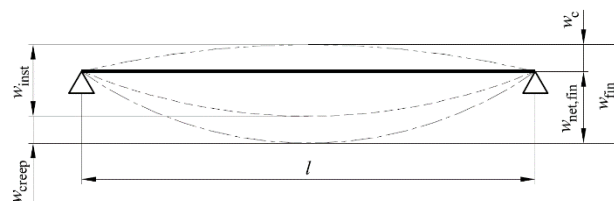
$w_{net,fin}$ è la freccia finale netta;

w_{inst} è la freccia istantanea;

w_{creep} è la freccia viscoelastica;

w_c è la monta del travetto;

w_{fin} è la freccia finale.



I valori limite di freccia sono assunti come riportato nella seguente tabella.

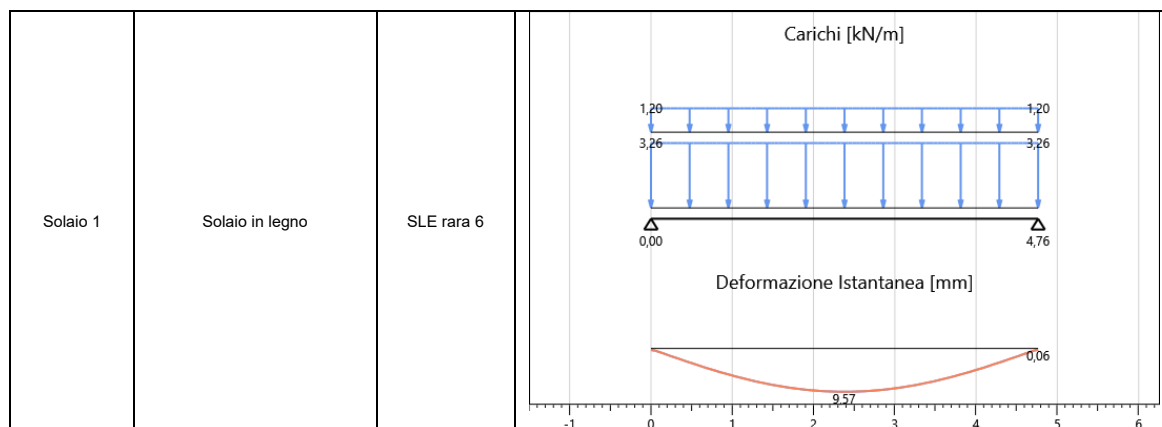
Nome limiti di deformazione	$w_{inst, campata}$	$w_{net, fin, campata}$	$w_{inst, sbalzo}$	$w_{net, fin, sbalzo}$	Escludi verifica sbalzo per def. < 0
Solaio in legno	$l/300$	$l/250$	$l/150$	$l/125$	Sì

Deformazione istantanea

La deformazione istantanea w_{inst} è calcolata per la combinazione rara delle azioni.

Nella seguente tabella si riportano, per ogni solaio (relativamente all'elemento in cui le verifiche di deformazione risultano più gravose), gli schemi statici di calcolo e le deformazioni istantanee ottenute omettendo, con una distribuzione a scacchiera, i carichi Q_{ki} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche, in accordo al § 2.5.3 NTC.

Nome solaio	Nome limiti di deformazione	Combinazione	Deformazioni istantanee
-------------	-----------------------------	--------------	-------------------------



Nella tabella sottostante si riportano le verifiche ad inflessione istantanea degli elementi di solaio.

Nome solaio	Sezione	Combinazione	Verifica sbalzo deformazione negativa	Verifica più limitativa	w_{inst} [mm]	$w_{inst\ limite}$ [mm]	Limite di freccia	Verifica
Solaio 1	XLAM 140mm - 5 strati	SLE rara 6	No	Campata interna	9,57	15,88	$l/300$	60%

Deformazione finale

La deformazione finale $w_{net,fin}$ è calcolata considerando che le componenti quasi-permanenti delle azioni causano nel tempo una deformazione viscoelastica w_{creep} che può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $(1 + k_{def})$.

Per strutture consistenti di elementi, componenti e connessioni aventi lo stesso comportamento viscoelastico, e sotto l'assunzione di una correlazione lineare fra le azioni e le deformazioni corrispondenti la deformazione finale, w_{fin} , può essere considerata come:

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$$

dove:

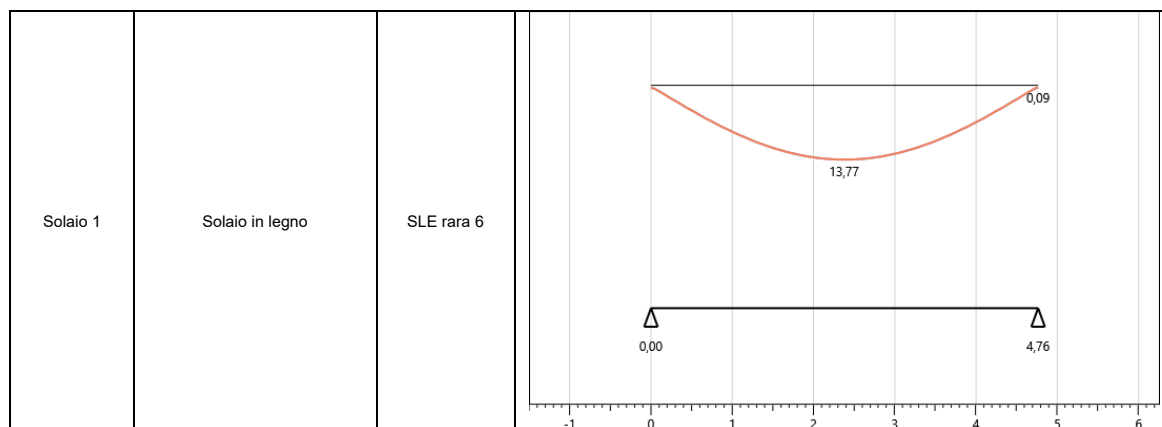
$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad \text{per un'azione permanente G}$$

$$w_{fin,Q,1} = w_{inst,Q,1} \cdot (1 + \Psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad \text{per un'azione variabile principale, } Q_1$$

$$w_{fin,Q,i} = w_{inst,Q,i} \cdot (\Psi_{0,i} + \Psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad \text{per le azioni variabili secondarie, } Q_i \ (i>1)$$

Nella seguente tabella si riportano, per ogni solaio (relativamente all'elemento in cui le verifiche di deformazione risultano più gravose), le deformazioni finali che si ottengono tenendo conto anche della deformazione viscoelastica w_{creep} . Tale contributo è calcolato considerando le componenti quasi-permanenti delle azioni presenti nelle combinazioni utilizzate per il calcolo delle deformate istantanee (combinazioni rare associate).

Nome solaio	Nome limiti di deformazione	Combinazione	Deformazioni finali
-------------	-----------------------------	--------------	---------------------



Nella tabella sottostante si riportano le verifiche ad inflessione finale degli elementi di solaio.

Nome solaio	Sezione	Combinazione	Classe di servizio	k_{def}	Verifica sbalzo deformazione negativa	Verifica più limitativa	w_{fin} [mm]	w_{fin} limite [mm]	Limite di freccia	Verifica
Solaio 1	XLAM 140mm - 5 strati	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	13,77	19,05	$l/250$	72%

Verifiche travi in legno

Verifiche di resistenza a flessione

Le verifiche a flessione sono condotte con riferimento al § 6.3.3 della norma UNI EN 1995-1-1. Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

in cui:

$\sigma_{m,d}$ è la tensione di progetto a flessione;

$f_{m,d}$ è la resistenza di progetto a flessione;

k_{crit} è un coefficiente che tiene conto della resistenza a flessione ridotta dovuta allo sbandamento laterale.

Il coefficiente k_{crit} è assunto pari a 1,0 per travi in cui lo spostamento laterale del bordo compresso sia impedito sull'intera lunghezza e la rotazione torsionale sia impedita agli appoggi. Diversamente, il coefficiente viene determinato secondo la seguente espressione:

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{per } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{per } 0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{per } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

in cui la snellezza relativa per flessione, $\lambda_{rel,m}$, è assunta pari a:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

e $\sigma_{m,crit}$, tensione critica a flessione calcolata seconda la teoria classica della stabilità, è assunta pari a:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

dove:

$E_{0,05}$ è il valore di quinto percentile del modulo di elasticità parallelo alla fibratura;

$G_{0,05}$ è il valore di quinto percentile del modulo di taglio parallelo alla fibratura;

I_z è il momento di inerzia intorno all'asse debole z;

I_{tor} è il momento torsionale di inerzia;

l_{ef} è la lunghezza efficace della trave in funzione delle condizioni di appoggio e della configurazione di carico;

W_y è il modulo della sezione intorno all'asse forte y.

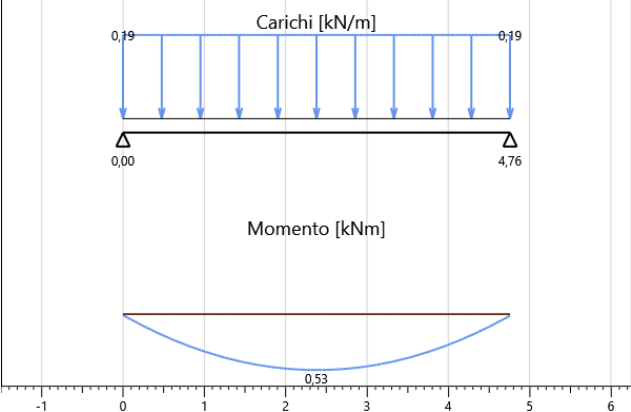
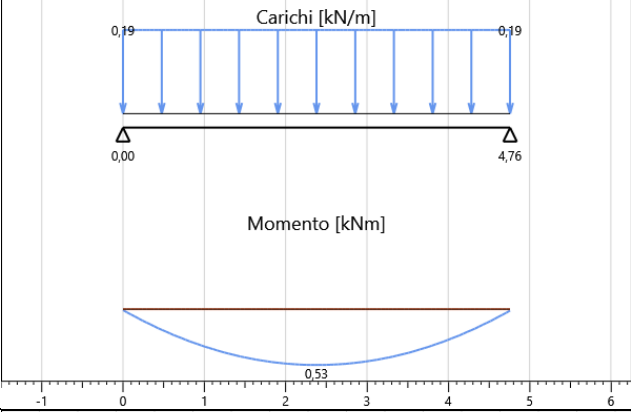
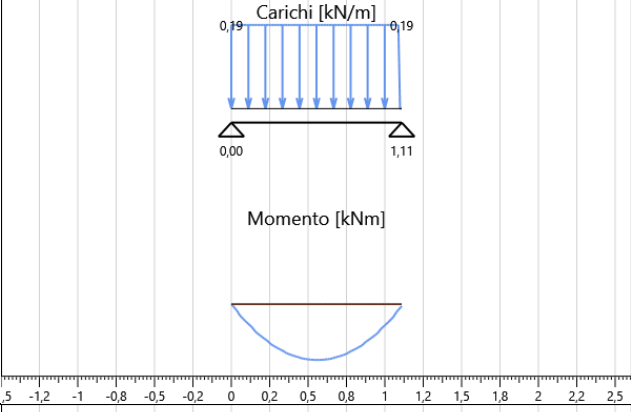
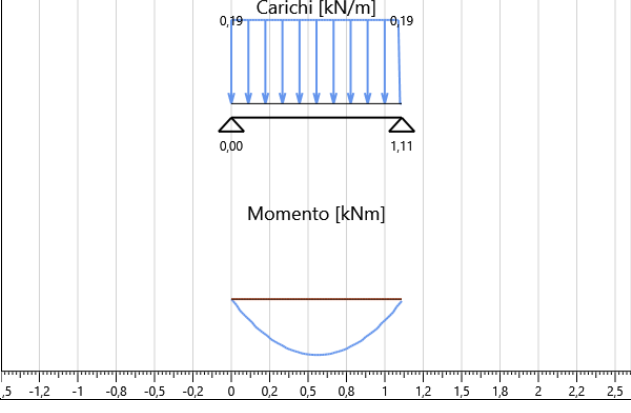
Nella seguente tabella si riportano, per ciascun vincolo torsionale, le condizioni di carico, il coefficiente di lunghezza efficace e le condizioni di vincolo laterale all'intradosso e all'estradosso.

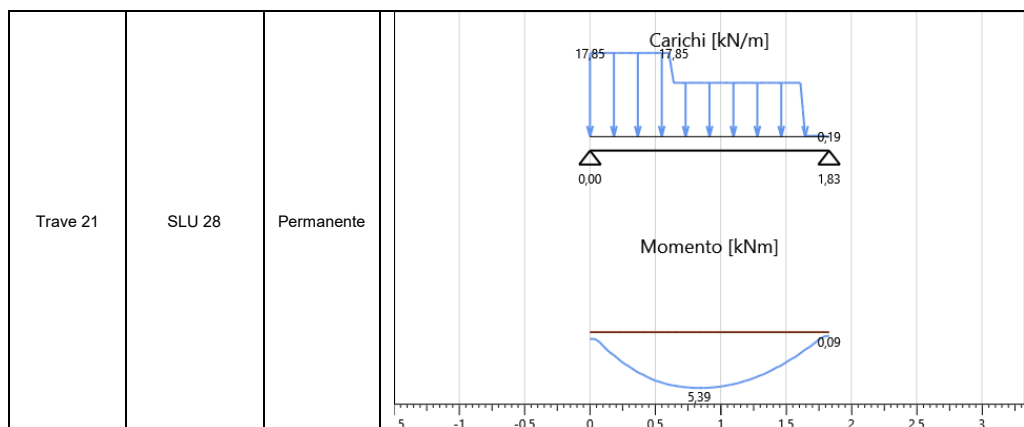
Vincolo torsionale	Applicazione del carico	l_{ef}/l	Vincoli all'intradosso	Vincoli all'estradosso
Legno: Vincoli agli appoggi	Estradosso	1	Distanza tra i vincoli torsionali pari alla distanza tra gli appoggi	Distanza tra i vincoli torsionali pari alla distanza tra gli appoggi

Nella seguente tabella si riportano, per ogni trave, le sollecitazioni di flessione relative alla combinazione di carico più gravosa allo Stato Limite Ultimo.

Nome trave	Combinazione	Durata	Diagramma M_{3-3}
Trave 9	SLU 19	Permanente	<p>Carichi [kN/m]: 0,19</p> <p>Momento [kNm]: 0,19</p>
Trave 10	SLU 28	Permanente	<p>Carichi [kN/m]: 19,96</p> <p>Momento [kNm]: 12,11</p>

Trave 11	SLU 28	Permanente	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 12	SLU 19	Permanente	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 13	SLU 28	Permanente	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 14	SLU 28	Permanente	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>

Trave 15	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 16	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 19	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>
Trave 20	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Momento [kNm]</p>



Le verifiche a flessione sono riassunte in seguito. I valori derivanti dai calcoli, relativi ad ogni verifica, vengono riportati in forma di percentuale. I dati di output per singolo elemento strutturale soddisfano le verifiche qualora il loro valore sia inferiore o uguale al 100%, in caso contrario la verifica non è soddisfatta.

Nome trave	Sezione	M ₃₋₃ max [kNm]	W [mm ³]	Vincolo torsionale	σ _{m,crit} [MPa]	k _{crit}	Comb.	k _h	k _{mod}	γ _M	f _{m,d} [MPa]	σ _{m,d} [MPa]	Verifica
Trave 9	Sezione Legno 120x240	0,19	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	116,27	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,16	2%
Trave 10	Sezione Legno 120x240	12,11	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	116,27	1,00	SLU 28	1,00	0,6	1,35	10,67	10,52	99%
Trave 11	Sezione Legno 120x240	12,11	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	116,27	1,00	SLU 28	1,00	0,6	1,35	10,67	10,51	99%
Trave 12	Sezione Legno 120x240	0,19	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	116,27	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,16	2%
Trave 13	Sezione 100x120	1,68	240000	Legno: Vincoli agli appoggi	403,71	1,00	SLU 28	1,00	0,6	1,35	10,67	6,99	66%
Trave 14	Sezione Legno 120x240	1,69	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	261,60	1,00	SLU 28	1,00	0,6	1,35	10,67	1,47	14%
Trave 15	Sezione Legno 120x240	0,53	1152000	Svergolamento impedito	-	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,46	4%
Trave 16	Sezione Legno 120x240	0,53	1152000	Svergolamento impedito	-	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,46	4%
Trave 19	Sezione Legno 120x240	0,03	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	243,50	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,03	0%
Trave 20	Sezione Legno 120x240	0,03	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	243,50	1,00	SLU 19	1,00	0,6	1,35	10,67	0,03	0%
Trave 21	Sezione Legno 120x240	5,39	1152000	Legno: Vincoli agli appoggi	167,60	1,00	SLU 28	1,00	0,6	1,35	10,67	4,68	44%

Verifiche di resistenza a taglio

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento al § 6.1.7 della norma UNI EN 1995-1-1. Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

in cui:

τ_d è la tensione di progetto a taglio;

$f_{v,d}$ è la resistenza di progetto a taglio.

Per la verifica della resistenza a taglio di elementi sottoposti a flessione, l'influenza delle fessurazioni è tenuta in conto utilizzando una larghezza efficace dell'elemento dato da:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b$$

dove b è la larghezza della sezione della trave.

Si utilizzano i seguenti valori del coefficiente k_{cr}

$k_{cr} = 2,00/f_{vk} (\leq 1)$ per legno massiccio

$k_{cr} = 2,50/f_{vk} (\leq 1)$ per legno lamellare incollato

Il valore dello sforzo di taglio di progetto sollecitante massimo in una sezione rettangolare viene valutato quindi con la seguente formula:

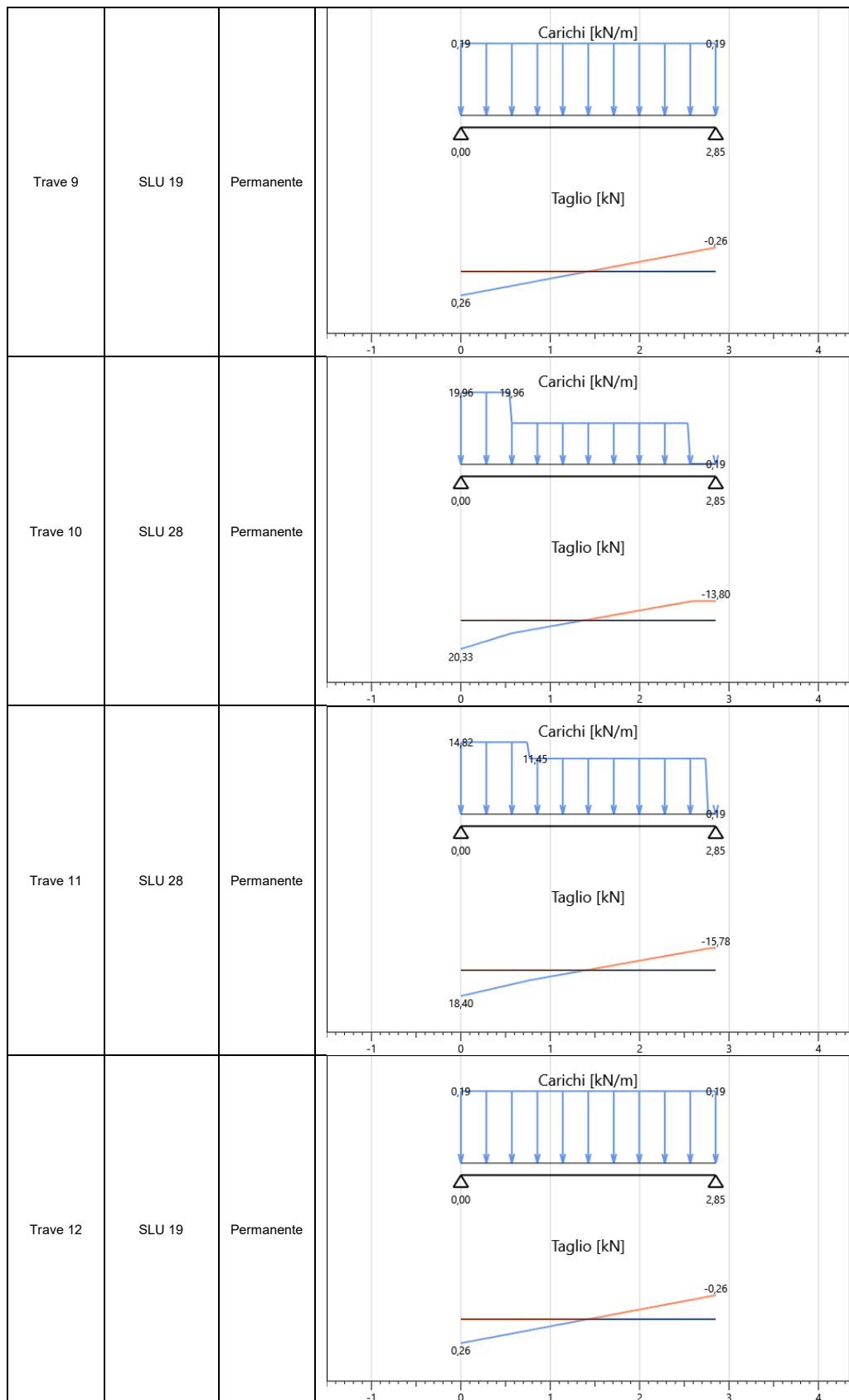
$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{k_{cr} \cdot A}$$

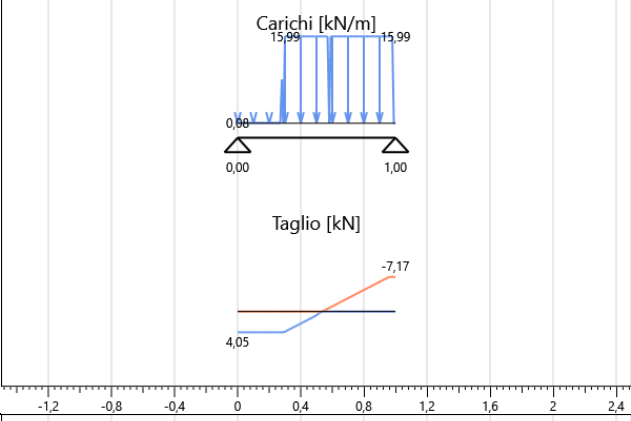
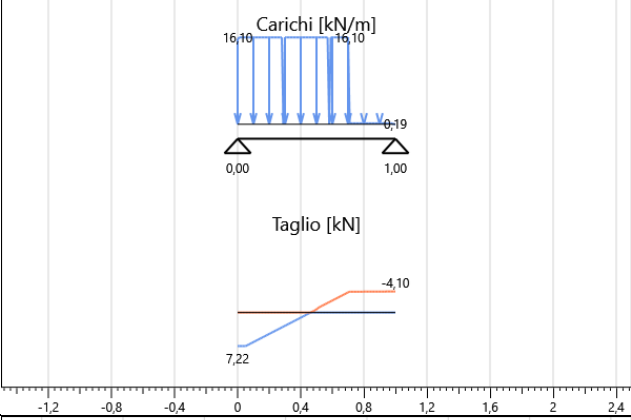
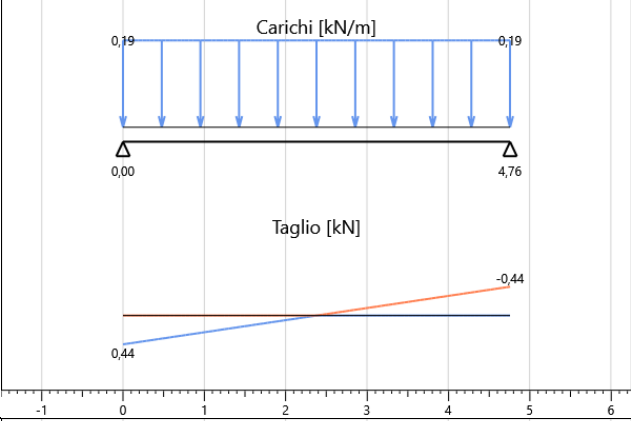
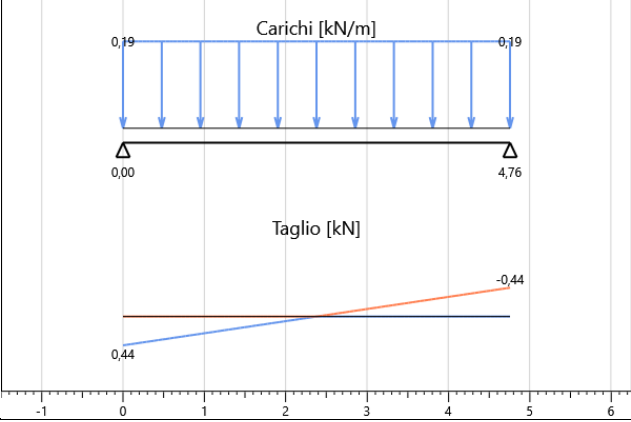
in cui A è l'area della sezione trasversale della trave.

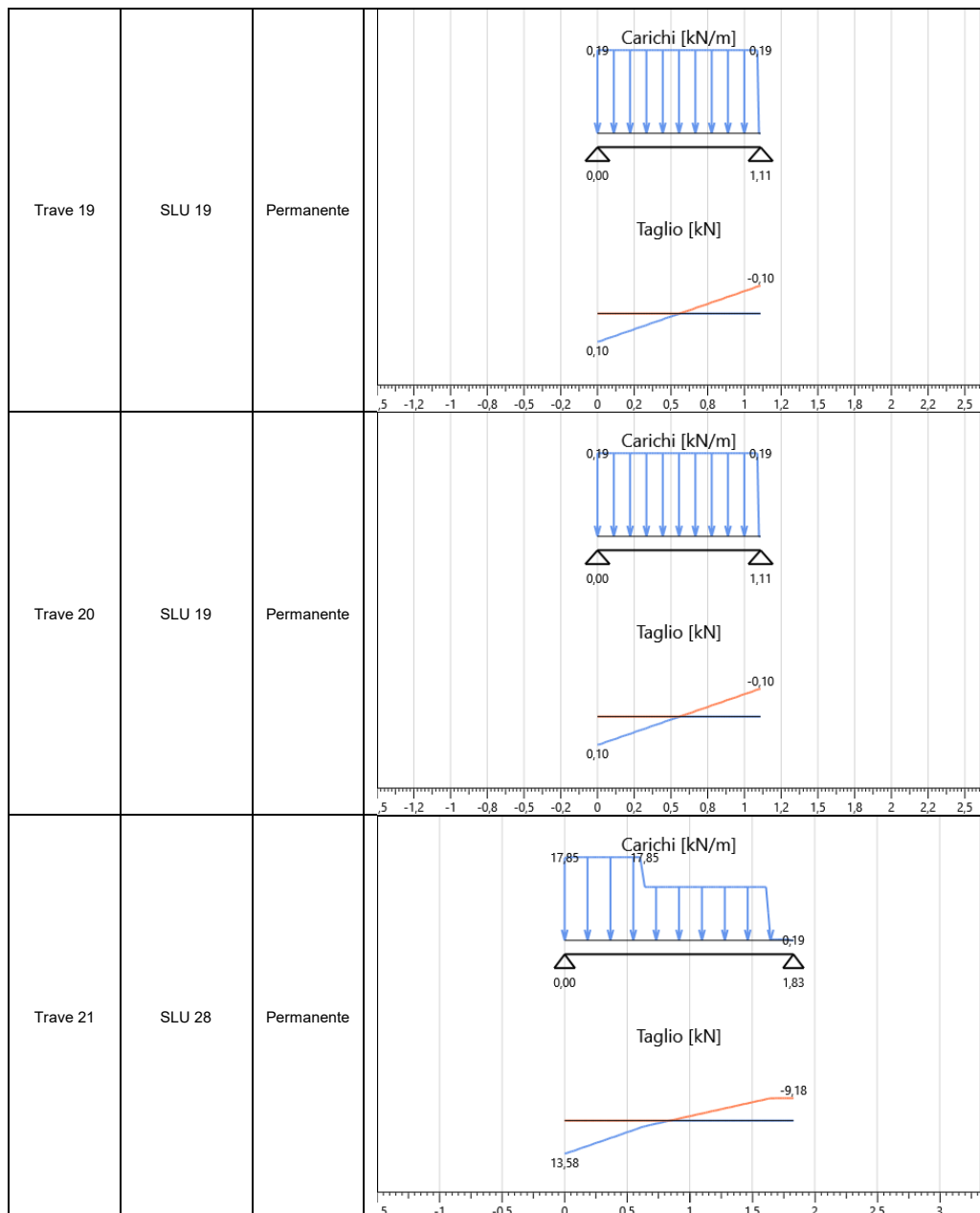
Nella seguente tabella si riportano, per ogni trave, gli schemi statici di calcolo e l'involuppo delle distribuzioni del taglio sollecitante.

taglio sollecitante.

Nome trave	Combinazione	Durata	Diagramma V_2
------------	--------------	--------	-----------------



Trave 13	SLU 28	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Taglio [kN]</p>
Trave 14	SLU 28	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Taglio [kN]</p>
Trave 15	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Taglio [kN]</p>
Trave 16	SLU 19	Permanente	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Taglio [kN]</p>



Le verifiche a taglio sono riassunte in seguito. I valori derivanti dai calcoli, relativi ad ogni verifica, vengono riportati in forma di percentuale. I dati di output per singolo elemento strutturale soddisfano le verifiche qualora il loro valore sia inferiore o uguale al 100%, in caso contrario la verifica non è soddisfatta.

Nome trave	Sezione	$V_{2,max}$ [kN]	Area [mm ²]	k_{cr}	Comb.	Classe di servizio	k_{mod}	γ_M	$f_{v,d}$ [MPa]	$\tau_{2,d}$ [MPa]	Verifica
Trave 9	Sezione Legno 120x240	0,26	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,01	1%
Trave 10	Sezione Legno 120x240	20,33	28800	0,93	SLU 28	1	0,6	1,35	1,20	1,14	95%
Trave 11	Sezione Legno 120x240	18,40	28800	0,93	SLU 28	1	0,6	1,35	1,20	1,04	86%
Trave 12	Sezione Legno 120x240	0,26	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,01	1%
Trave 13	Sezione 100x120	7,17	12000	0,93	SLU 28	1	0,6	1,35	1,20	0,97	81%
Trave 14	Sezione Legno 120x240	7,22	28800	0,93	SLU 28	1	0,6	1,35	1,20	0,41	34%
Trave 15	Sezione Legno 120x240	0,44	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,02	2%
Trave 16	Sezione Legno 120x240	0,44	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,02	2%
Trave 19	Sezione Legno 120x240	0,10	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,01	0%
Trave 20	Sezione Legno 120x240	0,10	28800	0,93	SLU 19	1	0,6	1,35	1,20	0,01	0%
Trave 21	Sezione Legno 120x240	13,58	28800	0,93	SLU 28	1	0,6	1,35	1,20	0,76	64%

Verifiche di deformazione delle travi (SLE)

Si verifica che la deformazione della struttura risultante dagli effetti delle azioni e dall'umidità rimanga entro limiti appropriati. Le verifiche di deformazione sono condotte con riferimento al §2.2.3 della UNI EN 1995-1-1.

La freccia netta $w_{net,fin}$ viene assunta come:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$

dove:

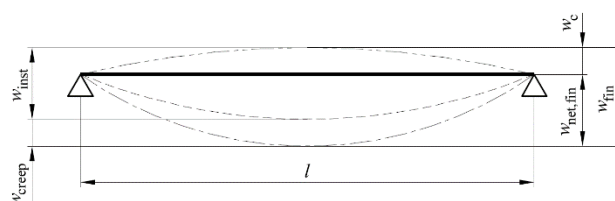
$w_{net,fin}$ è la freccia finale netta;

w_{inst} è la freccia istantanea;

w_{creep} è la freccia viscoelastica;

w_c è la monta della trave (assunta nulla);

w_{fin} è la freccia finale.



I valori limite di freccia sono assunti come riportato nella seguente tabella.

Nome limiti di deformazione	w_{inst} , campata	$w_{net, fin}$, campata	w_{inst} , sbalzo	$w_{net, fin}$, sbalzo	Escludi verifica sbalzo per def. < 0
Trave in legno	$l/300$	$l/250$	$l/150$	$l/125$	Sì

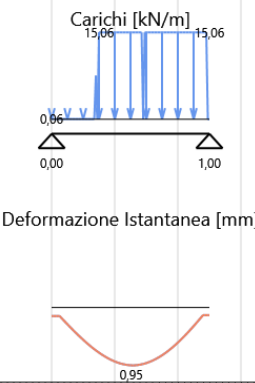
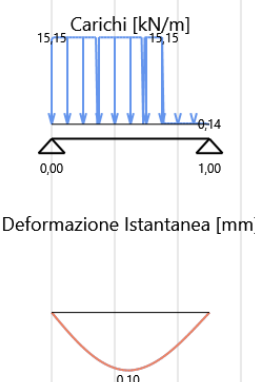
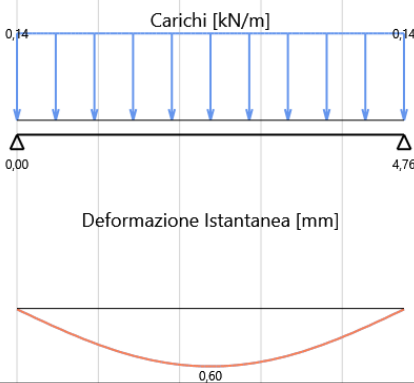
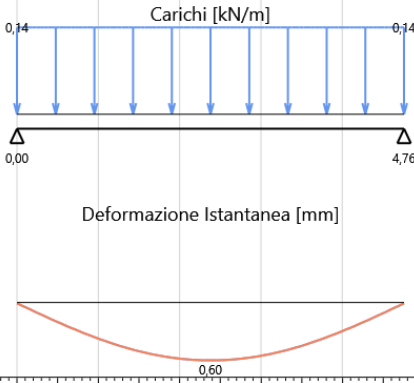
Deformazione istantanea

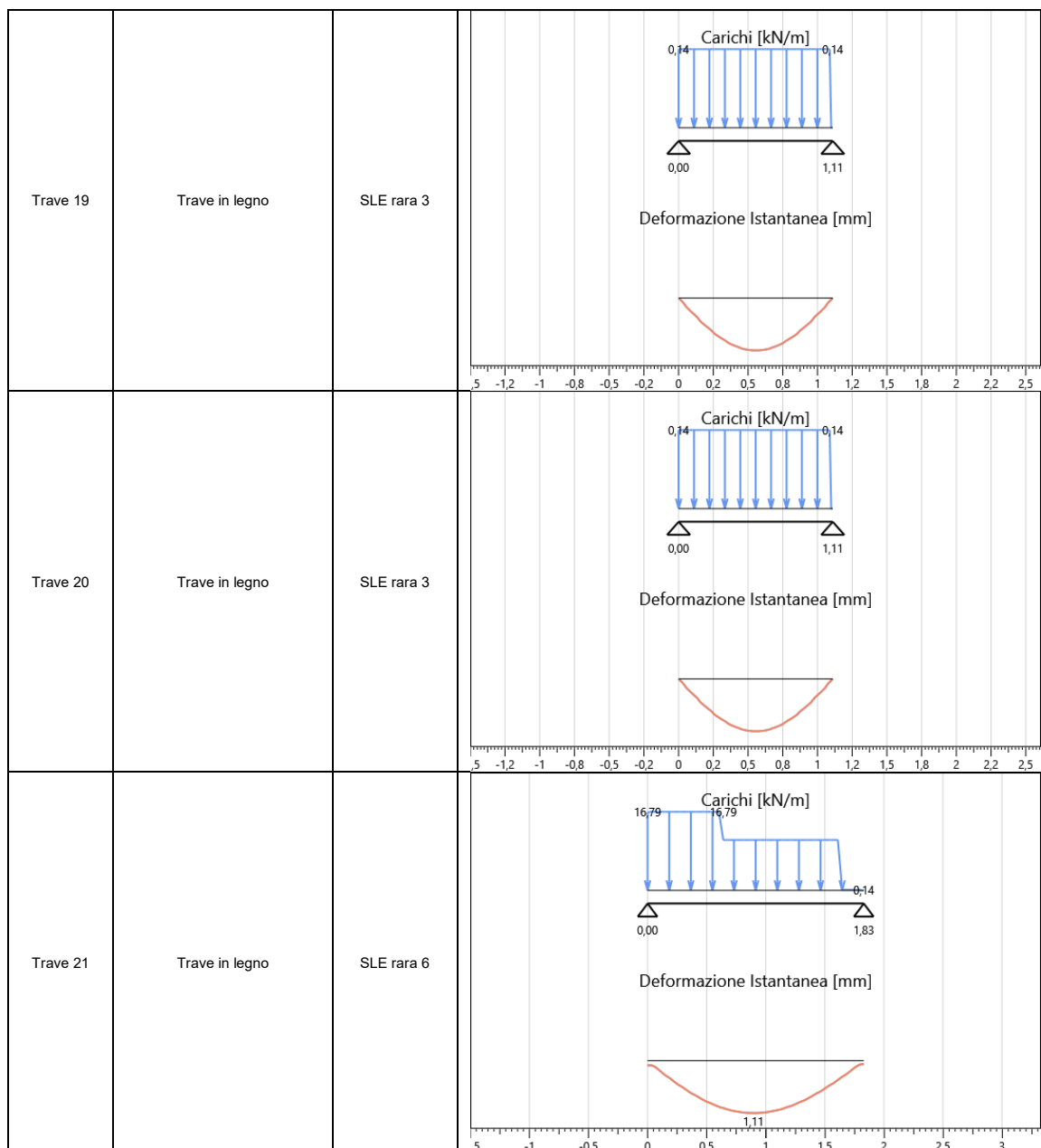
La deformazione istantanea w_{inst} è calcolata per la combinazione rara delle azioni.

Nella seguente tabella si riportano, per ogni trave, gli schemi statici di calcolo e le deformazioni istantanee ottenute omettendo, con una distribuzione a scacchiera, i carichi Q_{ki} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche, in accordo al § 2.5.3 NTC.

Nome trave	Nome limiti di deformazione	Combinazione	Deformazioni istantanee
------------	-----------------------------	--------------	-------------------------

Trave 9	Trave in legno	SLE rara 3	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 10	Trave in legno	SLE rara 6	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 11	Trave in legno	SLE rara 6	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 12	Trave in legno	SLE rara 3	<p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>

Trave 13	Trave in legno	SLE rara 6	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 14	Trave in legno	SLE rara 6	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 15	Trave in legno	SLE rara 3	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>
Trave 16	Trave in legno	SLE rara 3	 <p>Carichi [kN/m]</p> <p>Deformazione Istantanea [mm]</p>



Nella tabella sottostante si riportano le verifiche ad inflessione istantanea delle travi lignee.

Nome trave	Sezione	Combinazione	Verifica sbalzo deformazione negativa	Verifica più limitativa	W_{inst} [mm]	W_{inst} limite [mm]	Limite di freccia	Verifica
Trave 9	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,08	9,50	$l/300$	1%
Trave 10	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	No	Campata interna	6,01	9,50	$l/300$	63%
Trave 11	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	No	Campata interna	6,01	9,50	$l/300$	63%
Trave 12	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,08	9,50	$l/300$	1%
Trave 13	Sezione 100x120	SLE rara 6	No	Campata interna	0,95	3,33	$l/300$	29%
Trave 14	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	No	Campata interna	0,10	3,33	$l/300$	3%
Trave 15	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,60	15,87	$l/300$	4%

Trave 16	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,60	15,87	l/300	4%
Trave 19	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,00	3,70	l/300	0%
Trave 20	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	No	Campata interna	0,00	3,70	l/300	0%
Trave 21	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	No	Campata interna	1,11	6,10	l/300	18%

Deformazione finale

La deformazione finale $w_{net,fin}$ è calcolata considerando che le componenti quasi-permanenti delle azioni causano nel tempo una deformazione viscoelastica w_{creep} che può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $(1 + k_{def})$.

Per strutture consistenti di elementi, componenti e connessioni aventi lo stesso comportamento viscoelastico, e sotto l'assunzione di una correlazione lineare fra le azioni e le deformazioni corrispondenti la deformazione finale, w_{fin} , può essere considerata come:

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$$

dove:

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

per un'azione permanente G

$$w_{fin,Q,1} = w_{inst,Q,1} \cdot (1 + \Psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

per un'azione variabile principale, Q_1

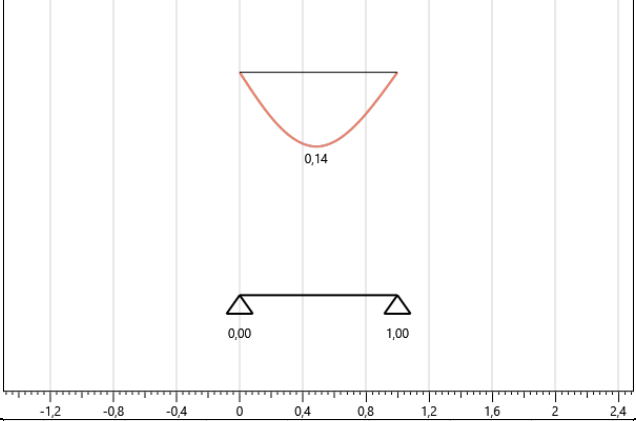
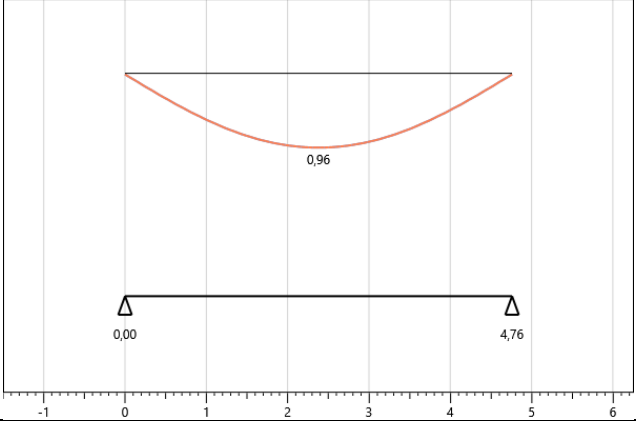
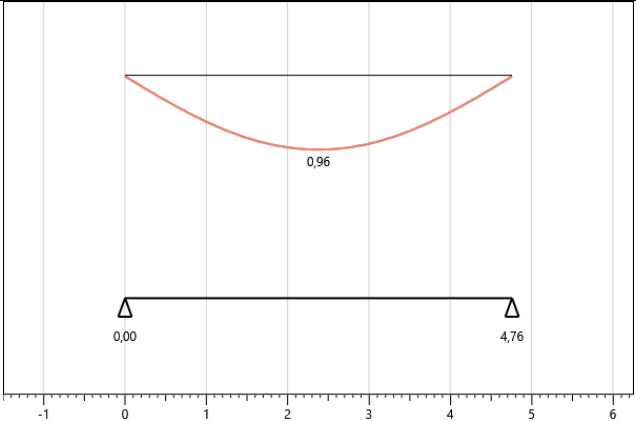
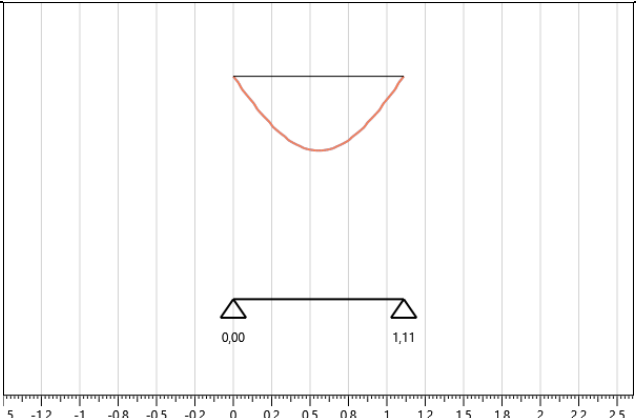
$$w_{fin,Q,i} = w_{inst,Q,i} \cdot (\Psi_{0,i} + \Psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

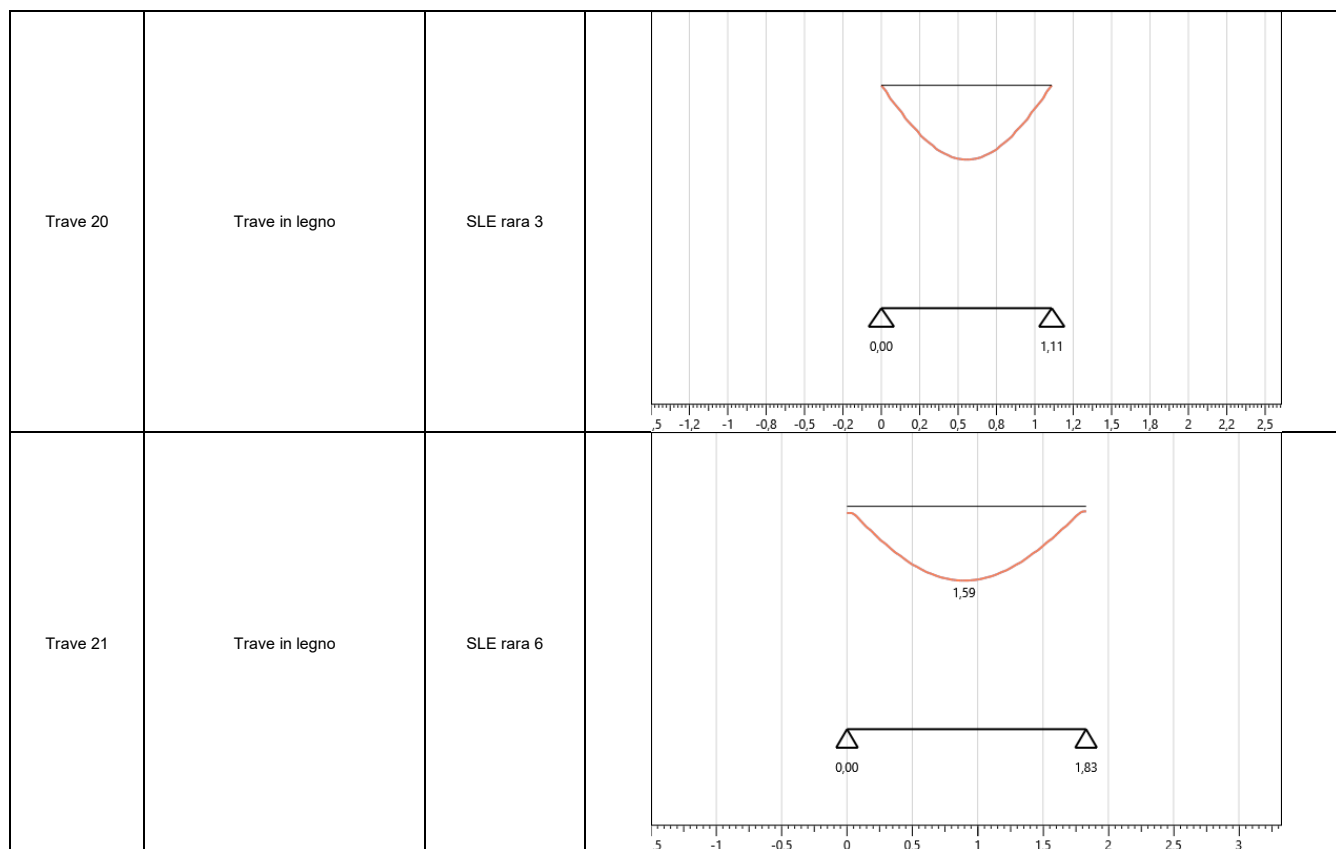
per le azioni variabili secondarie, Q_i ($i > 1$)

Nella seguente tabella si riportano, per ogni trave, le deformazioni finali che si ottengono tenendo conto anche della deformazione viscoelastica w_{creep} . Tale contributo è calcolato considerando le componenti quasi-permanenti delle azioni presenti nelle combinazioni utilizzate per il calcolo delle deformate istantanee (combinazioni rare associate).

Nome trave	Nome limiti di deformazione	Combinazione	Deformazioni finali
Trave 9	Trave in legno	SLE rara 3	

Trave 10	Trave in legno	SLE rara 6	
Trave 11	Trave in legno	SLE rara 6	
Trave 12	Trave in legno	SLE rara 3	
Trave 13	Trave in legno	SLE rara 6	

Trave 14	Trave in legno	SLE rara 6	
Trave 15	Trave in legno	SLE rara 3	
Trave 16	Trave in legno	SLE rara 3	
Trave 19	Trave in legno	SLE rara 3	



Nella tabella sottostante si riportano le verifiche ad inflessione finale delle travi lignee.

Nome trave	Sezione	Combinazione	Classe di servizio	k_{def}	Verifica sbalzo deformazione negativa	Verifica più limitativa	w_{fin} [mm]	w_{fin} limite [mm]	Limite di freccia	Verifica
Trave 9	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,12	11,40	$l/250$	1%
Trave 10	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	8,65	11,40	$l/250$	76%
Trave 11	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	8,65	11,40	$l/250$	76%
Trave 12	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,12	11,40	$l/250$	1%
Trave 13	Sezione 100x120	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	1,37	4,00	$l/250$	34%
Trave 14	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	0,14	4,00	$l/250$	4%
Trave 15	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,96	19,04	$l/250$	5%
Trave 16	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,96	19,04	$l/250$	5%

Trave 19	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,00	4,44	l/250	0%
Trave 20	Sezione Legno 120x240	SLE rara 3	1	0,6	No	Campata interna	0,00	4,44	l/250	0%
Trave 21	Sezione Legno 120x240	SLE rara 6	1	0,6	No	Campata interna	1,59	7,32	l/250	22%

Verifiche pareti in XLAM

Verifiche di instabilità

Le verifiche ad instabilità delle pareti in XLAM sono state condotte con riferimento a quanto riportato al § 6.3.2 della UNI EN 1995-1-1.

I valori delle sollecitazioni riportati nella tabella sottostante sono relativi, per ogni parete, alla combinazione di carico più gravosa relativamente allo Stato Limite Ultimo di instabilità.

Nome parete	Lunghezza [m]	Comb.	Dur.	N [kN]	M2-2 [kNm]
Parete 1	7,32	SLU 28	Permanente	134,98	0,00
Parete 2	1,95	SLU 28	Permanente	64,57	0,00
Parete 3	8,92	SLU 28	Permanente	161,96	0,00
Parete 4	3,70	SLU 28	Permanente	71,98	0,00
Parete 5	2,07	SLU 28	Permanente	50,85	0,00
Parete 7	4,76	SLU 36	Istantanea	23,67	4,57
Parete 8	3,65	SLU 36	Istantanea	18,25	3,51
Parete 10	0,96	SLU 36	Istantanea	5,04	0,92
Parete 11	0,95	SLU 36	Istantanea	4,99	0,91
Parete 12	0,96	SLU 36	Istantanea	5,04	0,92
Parete 13	0,95	SLU 36	Istantanea	4,99	0,91
Parete 14	3,65	SLU 36	Istantanea	18,25	3,51
Parete 15	6,71	SLU 28	Permanente	116,95	0,00
Parete 19	7,58	SLU 28	Permanente	131,59	0,00

Le verifiche ad instabilità dei pannelli in XLAM sono state eseguite considerando un tratto di lunghezza unitaria di parete: quest'ultimo può essere ricondotto ad un pilastro in grado di sbandare solo nella direzione perpendicolare al proprio piano medio.

Si raccomanda che laddove sia $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ che $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$, le tensioni soddisfino le espressioni (6.19) e (6.20) di cui al punto 6.2.4 della norma UNI EN 1995-1-1.

Si raccomanda che in tutti gli altri casi le tensioni, che saranno aumentate in seguito alla freccia di inflessione, soddisfino la seguente espressione:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

Modello di calcolo XLAM

Il modello di calcolo adottato per il materiale XLAM è quello di struttura composta con connessione deformabile. Gli strati orientati nella direzione di calcolo del pannello XLAM sono connessi in modo cedevole dagli strati ortogonali. Il pannello è calcolato come struttura composta con connessione deformabile in accordo con l'appendice B della norma EN 1995-1-1 mediante fattori γ dipendenti dallo spessore degli strati ortogonali, dal modulo di taglio a "rolling shear" e dalla lunghezza delle campate, calcolati mediante le teorie di Möhler (pannelli aventi fino a 3 strati orientati nella direzione di calcolo) e Shelling (pannelli con più di 3 strati orientati nella direzione di calcolo).

La rigidezza efficace a flessione è stata assunta pari a:

$$EJ_{eff} = \sum_{i=1}^n (E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_i A_i}{G_R \cdot \frac{b}{d} \cdot h^2} \right]^{-1}$$

in cui:

- J_i rappresenta il momento di inerzia del generico strato
- A_i è l'area del generico strato
- a_i è la distanza tra il baricentro dell'i-esimo strato e il baricentro della sezione
- h è l'altezza della parete
- G_R è il modulo di taglio per "rolling shear"

I valori risultanti relativi alla verifica di instabilità vengono riportati di seguito in forma percentuale. I dati di output per singolo elemento strutturale, riassunti nella tabella sottostante, soddisfano le verifiche qualora il valore sia inferiore o uguale al 100%.

- h : Altezza della parete
- A_{net} : Area della sezione trasversale del tratto di parete considerato nella verifica (a metro lineare)
- J_{eff} : Momento di inerzia della sezione trasversale dal tratto di parete
- Comb.: Combinazione di carico più gravosa per la parete considerata
- k_{mod} : Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità
- γ_M : Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale
- $f_{c,0,k}$: Resistenza caratteristica a compressione lungo la fibratura
- $f_{m,k}$: Resistenza caratteristica a flessione
- $\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione lungo la fibratura

Nome parete	Sezione	h [m]	A_{net} [mm ² /m]	J_{eff} [mm ⁴ /m]	k_c	Comb.	Classe di servizio	k_{mod}	γ_M	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$\sigma_{c,0,d}$ [MPa]	$\sigma_{m,d}$ [MPa]	Verifica
Parete 1	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,39	0,00	9%
Parete 2	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,41	0,00	9%
Parete 3	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,41	0,00	9%
Parete 4	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,34	0,00	7%
Parete 5	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,32	0,00	7%
Parete 7	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,06	0,47	3%
Parete 8	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,06	0,47	3%

Parete 10	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,06	0,47	3%
Parete 11	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,07	0,47	3%
Parete 12	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,06	0,47	3%
Parete 13	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,07	0,47	3%
Parete 14	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 36	1	1,1	1,35	21	24	0,06	0,47	3%
Parete 15	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,29	0,00	6%
Parete 19	XLAM 120 mm - 5 strati	2,96	80000	11093906 2	0,49	SLU 28	1	0,6	1,35	21	24	0,25	0,00	5%

Verifiche a compressione perpendicolare alla fibratura

In prossimità dell'appoggio delle pareti si presenta la situazione di rischio di schiacciamento ortogonale alla fibratura. Affinché la relativa verifica risulti soddisfatta si deve garantire che la tensione sollecitante risulti essere inferiore alla resistenza del materiale, secondo la seguente espressione:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}$$

con

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{full}}$$

dove:

$\sigma_{c,90,d}$ è la tensione di progetto a compressione nell'area di contatto efficace, perpendicolare alla fibratura;

$F_{c,90,d}$ è il carico di progetto a compressione perpendicolare alla fibratura;

A_{full} è l'area di contatto sulla quale agisce la compressione perpendicolare alla fibratura;

$f_{c,90,d}$ è la resistenza di progetto a compressione, perpendicolare alla fibratura;

$k_{c,90,d}$ è un coefficiente che tiene conto della configurazione di carico, della possibilità di rottura per spacco, nonché del grado di deformazione a compressione.

I valori delle sollecitazioni riportati nella tabella sottostante sono relativi, per ogni parete, alla combinazione di carico più gravosa relativamente allo Stato Limite Ultimo di schiacciamento.

Nome parete	Lunghezza [m]	Comb.	Dur.	N [kN]
Parete 1	7,32	SLU 28	Permanente	134,98
Parete 2	1,95	SLU 28	Permanente	64,57
Parete 3	8,92	SLU 28	Permanente	161,96
Parete 4	3,70	SLU 28	Permanente	71,98
Parete 5	2,07	SLU 28	Permanente	50,85
Parete 7	4,76	SLU 28	Permanente	23,67
Parete 8	3,65	SLU 28	Permanente	18,25
Parete 10	0,96	SLU 28	Permanente	5,04
Parete 11	0,95	SLU 28	Permanente	4,99
Parete 12	0,96	SLU 28	Permanente	5,04
Parete 13	0,95	SLU 28	Permanente	4,99
Parete 14	3,65	SLU 28	Permanente	18,25
Parete 15	6,71	SLU 28	Permanente	116,95
Parete 19	7,58	SLU 28	Permanente	131,59

Le verifiche a compressione perpendicolare al piano del pannello di solaio in XLAM sono riportate di seguito con riferimento ad un metro di parete. I valori risultanti vengono riportati in forma percentuale come risultato dell'analisi eseguita sul modello. I dati di output per singolo elemento strutturale soddisfano le verifiche qualora il valore sia inferiore o uguale al 100%.

Sezione: Indicazione del tipologia di sezione trasversale dell'XLAM come indicato al paragrafo

A_{full} : Area di contatto sulla quale agisce la compressione perpendicolare alla fibratura

Comb.: Combinazione di carico più gravosa per la parete considerata

k_{mod} : Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità

γ_M : Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale

$f_{c,90,k}$: Resistenza caratteristica a compressione ortogonale alla fibratura

$\sigma_{c,90,d}$: Tensione di progetto a compressione ortogonale alla fibratura

Nome parete	Sezione	A_{full} [mm ² /m]	$k_{c,90}$	Comb.	Classe di servizio	k_{mod}	γ_M	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$\sigma_{c,90,d}$ [MPa]	Verifica
Parete 1	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,26	16%
Parete 2	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,28	17%
Parete 3	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,27	16%
Parete 4	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,23	14%
Parete 5	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,22	13%
Parete 7	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	2%
Parete 8	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 10	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 11	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 12	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 13	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 14	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,04	3%
Parete 15	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,19	12%
Parete 19	XLAM 120 mm - 5 strati	120000	1,5	SLU 28	1	0,6	1,35	2,5	0,17	10%

Verifiche a taglio

La sollecitazione tagliante sull'XLAM porta ad avere nel materiale una sollecitazione di taglio sulle lamelle ed una sollecitazione di torsione sugli incroci incollati che possono portare a rottura l'XLAM secondo due diverse modalità.

I valori delle sollecitazioni riportati nella tabella sottostante sono relativi, per ogni parete, alla combinazione di carico più gravosa per lo Stato Limite Ultimo di taglio.

Nel caso di combinazioni sismiche si riportano inoltre il rapporto di sovraresistenza Ω , le sollecitazioni $V2^{CD}$ valutate in accordo con le regole del Capacity design e le sollecitazioni $V2^{ND}$ determinate nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Nome parete	Lunghezza [m]	Comb.	Dur.	V2 [kN]	Ω	$V2^{CD}$ [kN]	Limitazione al valore non dissipativo	$V2^{ND}$ [kN]
Parete 1	7,32	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	29,39	6,49	190,80	Si	48,98
Parete 2	1,95	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	4,50	6,49	29,20	Si	7,50
Parete 3	8,92	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	37,70	6,49	244,74	Si	62,83
Parete 4	3,70	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	11,52	6,49	74,76	Si	19,19
Parete 5	2,07	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	4,80	6,49	31,19	Si	8,01
Parete 7	4,76	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	42,84	2,20	94,15	Si	71,40
Parete 8	3,65	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	23,90	2,20	52,53	Si	39,83
Parete 10	0,96	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,55	2,20	10,01	Si	7,59
Parete 11	0,95	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,47	2,20	9,82	Si	7,45
Parete 12	0,96	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,59	2,20	10,09	Si	7,65
Parete 13	0,95	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,51	2,20	9,90	Si	7,51
Parete 14	3,65	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	28,96	2,20	63,66	Si	48,27
Parete 15	6,71	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	26,24	6,49	170,37	Si	43,74
Parete 19	7,58	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	30,95	6,49	200,96	Si	51,59

Le verifiche vengono condotte nei confronti delle sollecitazioni di taglio $V2$. Se la combinazione di carico più gravosa è di tipo sismico le verifiche vengono condotte nei confronti delle sollecitazioni di taglio $V2^{CD}$, eventualmente limitate ai valori $V2^{ND}$.

Verifica del meccanismo di rottura per tensioni di taglio

Le sollecitazioni di taglio sulle lamelle sono determinabili mediante le seguenti espressioni

$$\tau_z = \frac{v_2}{\sum t_{i,ext}}$$

$$\tau_y = \frac{v_2}{\sum t_{i,int}}$$

in cui

v_2 è il taglio a metro lineare agente sull'elemento in X-LAM

$t_{i,ext}$ è lo spessore dell'i-esimo strato avente orientazione parallela agli strati esterni

$t_{i,int}$ è lo spessore dell'i-esimo strato avente orientazione parallela agli strati interni

τ_z è la tensione di taglio agente sugli strati aventi orientazione parallela agli strati esterni

τ_y è la tensione di taglio agente sugli strati aventi orientazione parallela agli strati interni

La tensione da utilizzare nella verifica è la massima tra le due:

$$\tau_d = \max(\tau_z; \tau_y)$$

La verifica si traduce nella seguente disequazione

$$\tau_d \leq f_{v,lastra,d}$$

essendo

$f_{v,d}$ la resistenza a taglio a lastra di progetto calcolata mediante la

$$f_{v,lastra,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,lastra,k}}{\gamma_M}$$

Verifica del meccanismo di rottura per torsione

La tensione dovuta alla torsione può essere ricavata dal rapporto tra il momento torcente agente ed il momento resistente polare

$$\tau_{T,d} = \frac{M_T}{W}$$

Il valore di W si determina mediante la seguente espressione

$$W = \frac{a_{ref}^3}{3}$$

essendo a_{ref} la larghezza media delle tavole assunta pari a 150 mm.

Il valore del momento torcente M_T sollecitante può essere valutato secondo il modello proposto in diverse Valutazioni Tecniche Europee (ETA) le quali prevedono di utilizzare la seguente espressione

$$M_T = \frac{v_2 \cdot a_{ref}^2}{n_{strati-1}}$$

La verifica assume quindi la forma

$$\tau_{T,d} \leq f_{T,d}$$

essendo

$f_{T,d}$ il valore di progetto della resistenza a torsione agli incroci

$$f_{T,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{T,k}}{\gamma_M}$$

Di seguito è riportata la tabella con le verifiche a taglio per ogni parete in XLAM relative ai due meccanismi di rottura relativi alle tensioni di taglio sulle lamelle e quelle relative alla torsione agente sulle superfici di incollaggio.

Comb.: Combinazione di carico più gravosa per la parete considerata

k_{mod} :	Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità
γ_M :	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale
$f_{v,lastra,k}$:	Resistenza caratteristica a taglio a lastra del pannello in XLAM
T_d :	Tensioni taglianti agenti sugli strati
M_T :	Valore del momento torcente agente all'interfaccia tra gli strati esterni
W :	Modulo di resistenza torsionale
$f_{T,k}$:	Valore caratteristico della resistenza a torsione agli incroci
$T_{T,d}$:	Tensione di taglio agente sugli strati esterni

Nome parete	Sezione	Comb.	Classe servizio	k_{mod}	γ_M	$f_{v,lastra,k}$ [MPa]	T_d [MPa]	Verifica taglio	M_T [Nmm]	W [mm ³]	$f_{T,k}$ [MPa]	$T_{T,d}$ [MPa]	Verifica torsione
Parete 1	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	1	1,1	1,35	4	0,17	5%	37639	1125000	2,5	0,03	2%
Parete 2	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	1	1,1	1,35	4	0,1	3%	21622	1125000	2,5	0,02	1%
Parete 3	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	1	1,1	1,35	4	0,18	5%	39620	1125000	2,5	0,04	2%
Parete 4	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,13	4%	29177	1125000	2,5	0,03	1%
Parete 5	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,1	3%	21757	1125000	2,5	0,02	1%
Parete 7	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	1,1	1,35	4	0,37	12%	84371	1125000	2,5	0,07	4%
Parete 8	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	1,1	1,35	4	0,27	8%	61387	1125000	2,5	0,05	3%
Parete 10	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,2	6%	44463	1125000	2,5	0,04	2%
Parete 11	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,2	6%	44113	1125000	2,5	0,04	2%
Parete 12	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,2	6%	44819	1125000	2,5	0,04	2%
Parete 13	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,2	6%	44466	1125000	2,5	0,04	2%
Parete 14	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	1,1	1,35	4	0,33	10%	74394	1125000	2,5	0,07	3%
Parete 15	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,16	5%	36665	1125000	2,5	0,03	2%
Parete 19	XLAM 120 mm - 5 strati	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,1	1,35	4	0,17	5%	38283	1125000	2,5	0,03	2%

Verifiche connessioni

Hold down

La resistenza di progetto degli hold-down è associata ai seguenti modi di rottura:

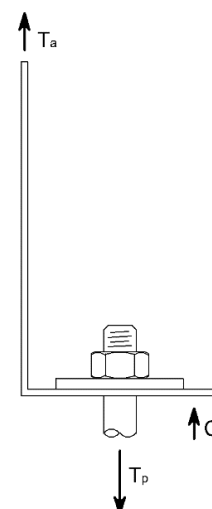
- rottura della chiodatura;
- rottura lato acciaio dell'hold-down;
- rottura degli ancoranti per calcestruzzo.

Sollecitazioni agenti

Il valore di progetto del carico agente sugli hold-down è valutato come illustrato nel paragrafo "Descrizione del modello".

La forza di trazione agente sugli ancoranti per c.a. viene calcolata tenendo in conto del momento aggiuntivo dovuto al non allineamento tra la forza esterna agente sulla flangia verticale dell'hold-down e gli ancoranti stessi mediante un coefficiente di eccentricità, indicato con k_t . Si ha

$$T_p = T_a \cdot k_t$$



Nome parete	Lunghezza [m]	Nome connessione	N° ancoraggi estremità di parete	Comb.	Dur.	N [kN]	M ₃₋₃ [kNm]	Ta [kN]	kt	Tp [kN]
Parete 1	7,32	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	153,60	0,52	0,00	1	0,00
Parete 2	1,95	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	74,91	0,08	0,00	1	0,00
Parete 3	8,92	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	184,20	0,67	0,00	1	0,00
Parete 4	3,70	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	82,05	0,20	0,00	1	0,00
Parete 5	2,07	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	58,50	0,08	0,00	1	0,00
Parete 7	4,76	Trazione base - hold down	2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	16,91	126,80	9,09	1	9,09
Parete 8	3,65	Trazione base - hold down	1	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	13,04	70,74	12,86	1	12,86
Parete 10	0,96	Trazione base - hold down	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	3,62	13,48	12,23	1	12,23
Parete 11	0,95	Trazione base - hold down	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	3,58	13,23	12,14	1	12,14
Parete 12	0,96	Trazione base - hold down	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	3,62	13,58	12,34	1	12,34
Parete 13	0,95	Trazione base - hold down	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	3,58	13,34	12,25	1	12,25
Parete 14	3,65	Trazione base - hold down	2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	13,04	85,73	8,48	1	8,48
Parete 15	6,71	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	132,76	0,45	0,00	1	0,00
Parete 19	7,58	Trazione base - hold down	1	SLU orizzontale 5	Istantanea	149,41	0,53	0,00	1	0,00

Resistenza chiodatura

Il valore di progetto della capacità portante della chiodatura è dato dalla seguente espressione

$$R_{c,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,k,dens}}{\gamma_M}$$

in cui:

$R_{c,k,dens}$ è la resistenza caratteristica della chiodatura corretta, per una densità del materiale utilizzato inferiore a 350 kg/m³, secondo la formula $R_{c,k,dens} = R_{c,k} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350}\right)^2$;

k_{mod} è il coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità;

γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza relativo alle connessioni.

Resistenza acciaio

La resistenza a trazione di progetto dell'hold down può essere valutata secondo la formula

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_{M2}}$$

in cui:

$R_{s,k}$ è il valore caratteristico della resistenza dell'hold down;

γ_{M2} è il coefficiente di sicurezza parziale della resistenza delle sezioni tese.

Resistenza ancoranti per calcestruzzo

La resistenza a trazione degli ancoranti per c.a. viene valutata secondo la seguente formula

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma}$$

essendo:

$R_{p,k}$ la resistenza caratteristica a trazione degli ancoranti per c.a.;

γ è il coefficiente di sicurezza.

Le verifiche sono riassunte nella seguente tabella nella quale si riportano i valori caratteristici delle resistenze associate alla rottura delle diverse componenti nonché il valore minore tra tutti quelli di progetto.

Nome: Nome della connessione nella quale è utilizzato l'hold-down

Comb.: Combinazione di carico più gravosa per l'hold down considerato

- $T_{a,d}$: Valore di progetto della sollecitazione agente sull'hold-down
- $T_{p,d}$: Valore di progetto della sollecitazione agente sugli ancoranti per c.a.
- k_{mod} : Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità
- $k_{R,deg}$: Coefficiente di degrado della resistenza per effetto delle sollecitazioni cicliche
- γ_M : Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, dipendente dal tipo di verifica
- $R_{a,d}$: Valore di progetto della resistenza dell'hold-down, assunto pari al minore tra i valori relativi alle resistenze di progetto di tutti i meccanismi di rottura ad esso associati
- $R_{p,d}$: Valore di progetto della resistenza degli ancoranti per c.a.

$$T_{a,d} \leq R_{a,d} = \min(R_{c,d}; R_{s,d})$$

$$T_{p,d} \leq R_{p,d}$$

Nome parete	Nome connessione	Comb.	Classe servizio	$T_{a,d}$ [kN]	$R_{c,k,dens}$ [kN]	$R_{s,k}$ [kN]	k_{mod}	$k_{R,deg}$	γ_M	γ_{M2}	$R_{a,d}$ [kN]	$T_{p,d}$ [kN]	$R_{p,k}$ [kN]	γ	$R_{p,d}$ [kN]	Modo rottura	Verifica
Parete 1	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 2	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 3	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 4	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 5	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 7	Trazione base - hold down1	Dinamica SLV 4 ex-ey+	1	9,09	22,00	42	1,1	1	1,4	1,25	17,29	9,09	58,35	1,5	38,90	Trazione: chiodatura	53%
Parete 8	Trazione base - hold down	Dinamica SLV 4 ex-ey+	1	12,86	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	43,21	12,86	121,95	1,5	81,30	Trazione: chiodatura	30%
Parete 10	Trazione base - hold down	Dinamica SLV 4 ex-ey-	1	12,23	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	43,21	12,23	121,95	1,5	81,30	Trazione: chiodatura	28%
Parete 11	Trazione base - hold down	Dinamica SLV 4 ex-ey-	1	12,14	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	43,21	12,14	121,95	1,5	81,30	Trazione: chiodatura	28%
Parete 12	Trazione base - hold down	Dinamica SLV 4 ex-ey-	1	12,34	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	43,21	12,34	121,95	1,5	81,30	Trazione: chiodatura	29%
Parete 13	Trazione base - hold down	Dinamica SLV 4 ex-ey-	1	12,25	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	43,21	12,25	121,95	1,5	81,30	Trazione: chiodatura	28%
Parete 14	Trazione base - hold down1	Dinamica SLV 4 ex-ey+	1	8,48	22,00	42	1,1	1	1,4	1,25	17,29	8,48	58,35	1,5	38,90	Trazione: chiodatura	49%
Parete 15	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%
Parete 19	Trazione base - hold down	SLU orizzontale 5	1	0,00	55,00	85,2	1,1	1	1,4	1,25	-	0,00	121,95	1,5	-	-	0%

Capacity design: livello locale

Al fine di garantire il rispetto delle regole della progettazione in capacità a livello locale (connessione), si deve verificare che le resistenze associate alle modalità di rottura fragili siano sovraresistenti rispetto alla resistenza associata alla modalità di rottura duttile.

$$R_{fragile,d} \geq \frac{\gamma_{Rd}}{k_{R,deg}} \cdot R_{duttile,d}$$

I controlli sulla sovraresistenza delle modalità di rottura fragili sono riassunti in forma percentuale nella seguente tabella.

Nome parete	Nome connessione	R _{c,d} [kN]	R _{s,d} [kN]	R _{p,d} [kN]	Rottura duttile	k _{R,deg}	γ _{Rd}	Verifica capacity design locale: chiodatura	Verifica capacity design locale: acciaio ancoraggio	Verifica capacity design locale: tasselli
Parete 1	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 2	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 3	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 4	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 5	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 7	Trazione base - hold down1	17,29	33,60	38,90	Chiodatura	1	1,3	-	67%	58%
Parete 8	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 10	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 11	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 12	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 13	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 14	Trazione base - hold down1	17,29	33,60	38,90	Chiodatura	1	1,3	-	67%	58%
Parete 15	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%
Parete 19	Trazione base - hold down	43,21	68,16	81,30	Chiodatura	1	1,3	-	82%	69%

Angolare legno-calcestruzzo

La resistenza di progetto R_d dell'angolare è stata determinata come il valore minimo tra le resistenze relative a due modi di rottura:

- rottura a taglio dell'angolare e/o del gruppo di connettori del collegamento lato legno;
- rottura a taglio degli ancoranti di collegamento lato calcestruzzo.

Sollecitazioni agenti

Le sollecitazioni taglienti agenti sul singolo angolare sono valutate dividendo il taglio V_2 per il numero degli angolari presenti nella parete (tenendo in conto dell'eventuale presenza di angolari su entrambi i lati dell'elemento strutturale).

$$V_a = \frac{V_2}{n_{anc}}$$

in cui:

V_2 è la sollecitazione tagliente di progetto agente sulla parete considerata;

n_{anc} è il numero di ancoraggi a taglio presenti nella parete.

La sollecitazione agente sugli ancoranti per c.a. di ogni angolare è pari a V_a .

Nome parete	Lunghezza [m]	Nome connessione	Numero ancoraggi	Comb.	Dur.	V_2 [kN]	V_a [kN]
Parete 2	1,95	Taglio base - angolari2	1	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	4,50	4,50
Parete 7	4,76	Taglio base - angolari3	3	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	42,84	14,28
Parete 8	3,65	Taglio base - angolari2	2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	23,90	11,95
Parete 10	0,96	Taglio base - angolari4	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,55	4,55
Parete 11	0,95	Taglio base - angolari4	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,47	4,47
Parete 12	0,96	Taglio base - angolari4	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,59	4,59
Parete 13	0,95	Taglio base - angolari4	1	Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	4,51	4,51
Parete 14	3,65	Taglio base - angolari2	2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	28,96	14,48

Resistenza angolare

Il valore di progetto della capacità portante a taglio dell'angolare può essere valutato a partire dal valore caratteristico mediante la seguente espressione

$$R_{a,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{a,k,dens}}{\gamma_M}$$

in cui:

$R_{a,k,dens}$ è la resistenza caratteristica della chiodatura corretta, per una densità del materiale utilizzato inferiore a 350 kg/m³, secondo la formula $R_{a,k,dens} = R_{a,k} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350}\right)^2$.

Resistenza ancoranti per calcestruzzo

Il valore di progetto della resistenza a taglio degli ancoranti per c.a. viene valutato secondo la seguente espressione

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma}$$

in cui:

$R_{p,k}$ è il valore caratteristico della resistenza a taglio degli ancoranti per c.a.;

γ è il coefficiente di sicurezza.

Le verifiche sono riassunte nella seguente tabella in cui si riportano i valori caratteristici delle resistenze associate alla rottura delle diverse componenti con i rispettivi valori di progetto. La verifica viene effettuata confrontando la forza agente con il minore tra essi.

Nome: Nome della connessione nella quale è utilizzato l'angolare

Comb.: Combinazione di carico più gravosa per l'angolare considerato

$V_{a,d}$: Valore di progetto della sollecitazione agente sull'angolare e sugli ancoranti per c.a.

k_{mod} : Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità

$k_{R,deg}$: Coefficiente di degrado della resistenza per effetto delle sollecitazioni cicliche

γ_M : Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, dipendente dal tipo di verifica

$R_{a,d}$: Valore di progetto della resistenza dell'angolare

$R_{p,d}$: Valore di progetto della resistenza degli ancoranti per c.a.

$$V_{a,d} \leq R_{a,d}$$

$$V_{a,d} \leq R_{p,d}$$

Nome parete	Nome connessione	Comb.	Classe servizio	$V_{a,d}$ [kN]	$R_{a,k,dens}$ [kN]	k_{mod}	$k_{R,deg}$	γ_M	$R_{a,d}$ [kN]	$R_{p,k}$ [kN]	γ	$R_{p,d}$ [kN]	Modo rottura	Verifica
Parete 2	Taglio base - angolari2	Dinamica SLV 8 ex- ey-	1	4,50	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	26%
Parete 7	Taglio base - angolari3	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	14,28	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	82%
Parete 8	Taglio base - angolari2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	11,95	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	69%
Parete 10	Taglio base - angolari4	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	4,55	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	26%
Parete 11	Taglio base - angolari4	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	4,47	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	26%
Parete 12	Taglio base - angolari4	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	4,59	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	26%
Parete 13	Taglio base - angolari4	Dinamica SLV 4 ex- ey-	1	4,51	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	26%
Parete 14	Taglio base - angolari2	Dinamica SLV 4 ex- ey+	1	14,48	22,10	1,1	1	1,4	17,36	44	1,25	35,2	Taglio: ancoraggio	83%

Capacity design: livello locale

Al fine di garantire il rispetto delle regole della progettazione in capacità a livello locale (connessione), si deve verificare che le resistenze associate alle modalità di rottura fragili siano sovraresistenti rispetto alla resistenza associata alla modalità di rottura duttile.

$$R_{fragile,d} \geq \frac{\gamma_{Rd}}{k_{R,deg}} \cdot R_{duttile,d}$$

I controlli sulla sovraresistenza delle modalità di rottura fragili sono riassunti in forma percentuale nella seguente tabella.

Nome parete	Nome connessione	$R_{a,d}$ [kN]	$R_{p,d}$ [kN]	Rottura duttile	$k_{R,deg}$	γ_{Rd}	Verifica capacity design locale: tasselli
Parete 2	Taglio base - angolari2	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 7	Taglio base - angolari3	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 8	Taglio base - angolari2	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 10	Taglio base - angolari4	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 11	Taglio base - angolari4	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 12	Taglio base - angolari4	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 13	Taglio base - angolari4	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%
Parete 14	Taglio base - angolari2	17,36	35,2	Chiodatura	1	1,3	64%

Piastra a taglio legno-calcestruzzo

La resistenza di progetto R_d della piastra a taglio di base è stata determinata come il valore minimo tra le resistenze relative a tre modi di rottura:

- rottura a taglio del gruppo di connettori del collegamento lato legno;
- rottura a taglio della piastra;
- rottura a taglio degli ancoranti di collegamento lato calcestruzzo.

Sollecitazioni agenti

Le sollecitazioni taglianti agenti sulla singola piastra sono valutate dividendo il taglio V_2 per il numero di piastre presenti nella parete (tenendo in conto dell'eventuale presenza di piastre su entrambi i lati dell'elemento strutturale).

$$V_a = \frac{V_2}{n_{anc}}$$

in cui:

V_2 è la sollecitazione tagliante di progetto agente sulla parete considerata;

n_{anc} è il numero di ancoraggi a taglio presenti nella parete.

La sollecitazione agente sugli ancoraggi per c.a. di ogni piastra è pari a V_a .

Nome parete	Lunghezza [m]	Nome connessione	Numero ancoraggi	Comb.	Dur.	V_2 [kN]	V_a [kN]
Parete 1	7,32	Taglio base - angolari1	14	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	29,39	2,10
Parete 3	8,92	Taglio base - angolari1	17	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	37,70	2,22
Parete 4	3,70	Taglio base - angolari1	7	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	11,52	1,65
Parete 5	2,07	Taglio base - angolari1	4	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	4,80	1,20
Parete 15	6,71	Taglio base - angolari1	13	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	26,24	2,02
Parete 19	7,58	Taglio base - angolari1	15	Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	30,95	2,06

Resistenza chiodatura

Il valore di progetto della capacità portante a taglio della chiodatura può essere valutato a partire dal valore caratteristico mediante la seguente espressione

$$R_{c,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,k,dens}}{\gamma_M}$$

in cui:

$R_{c,k,dens}$ è la resistenza caratteristica della piastra corretta, per una densità del materiale utilizzato inferiore a 350 kg/m³, secondo la formula $R_{c,k,dens} = R_{c,k} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350}\right)^2$.

Resistenza acciaio

La resistenza di progetto della capacità portante della piastra può essere valutata mediante la seguente espressione

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_{M2}}$$

in cui:

$R_{s,k}$ è il valore caratteristico della resistenza della piastra;

γ_{M2} è il coefficiente di sicurezza.

Resistenza ancoranti per calcestruzzo

Il valore di progetto della resistenza a taglio degli ancoraggi per c.a. viene valutato secondo la seguente espressione

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma}$$

in cui:

$R_{p,k}$ è il valore caratteristico della resistenza a taglio degli ancoranti per c.a.;

γ è il coefficiente di sicurezza.

Le verifiche sono riassunte nella seguente tabella in cui si riportano i valori caratteristici delle resistenze associate alla rottura delle diverse componenti con i rispettivi valori di progetto. La verifica viene effettuata confrontando la forza agente con il minore tra essi.

Nome:	Nome della connessione nella quale è utilizzata la piastra
Comb.:	Combinazione di carico più gravosa per l'angolare considerato
$V_{a,d}$:	Valore di progetto della sollecitazione agente sulla piastra e sugli ancoranti per c.a.
k_{mod} :	Coefficiente di correzione che tiene conto degli effetti della durata del carico e dell'umidità
$k_{R,deg}$:	Coefficiente di degrado della resistenza per effetto delle sollecitazioni cicliche
γ_M :	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, dipendente dal tipo di verifica
$R_{a,d}$:	Valore di progetto della resistenza della piastra, assunto pari al minore tra i valori relativi alle resistenze di progetto di tutti i meccanismi di rottura ad esso associati
$R_{p,d}$:	Valore di progetto della resistenza degli ancoranti per c.a.

$$V_{a,d} \leq R_{a,d} = \min(R_{c,d}; R_{v,d})$$

$$V_{a,d} \leq R_{p,d}$$

Nome parete	Nome connessione	Comb.	Classe servizio	$V_{a,d}$ [kN]	$R_{c,k,dena}$ [kN]	$R_{s,k}$ [kN]	k_{mod}	$k_{R,deg}$	γ_M	γ_{M2}	$R_{a,d}$ [kN]	$R_{p,k}$ [kN]	γ	$R_{p,d}$ [kN]	Modo rottura	Verifica
Parete 1	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	1	2,10	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	21%
Parete 3	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 8 ex+ ey-	1	2,22	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	22%
Parete 4	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,65	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	16%
Parete 5	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	1,20	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	12%
Parete 15	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	2,02	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	20%
Parete 19	Taglio base - angolari1	Dinamica SLV 5 ex- ey-	1	2,06	12,80	57,6	1,1	1	1,4	1,25	10,06	28,65	1,5	19,1	Taglio: chiodatura	21%

Capacity design: livello locale

Al fine di garantire il rispetto delle regole della progettazione in capacità a livello locale (connessione), si deve verificare che le resistenze associate alle modalità di rottura fragili siano sovraresistenti rispetto alla resistenza associata alla modalità di rottura duttile.

$$R_{fragile,d} \geq \frac{\gamma_{Rd}}{k_{R,deg}} \cdot R_{duttile,d}$$

I controlli sulla sovraresistenza delle modalità di rottura fragili sono riassunti in forma percentuale nella seguente tabella.

Nome parete	Nome connessione	$R_{c,d}$ [kN]	$R_{s,d}$ [kN]	$R_{p,d}$ [kN]	Rottura duttile	$k_{R,deg}$	γ_{Rd}	Verifica capacity design locale: acciaio ancoraggio	Verifica capacity design locale: tasselli
Parete 1	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%
Parete 3	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%
Parete 4	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%
Parete 5	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%
Parete 15	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%
Parete 19	Taglio base - angolari1	10,06	46,08	19,1	Chiodatura	1	1,3	28%	68%

Verifiche sismiche agli stati limite di operatività

Si verifica che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO siano inferiori ai limiti indicati nel seguito

$$d_r < d_{r,lim} = 0,0033 h$$

dove:

d_r è lo spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore;

h è l'altezza del piano.

A seguire si riportano, in forma tabellare, le verifiche sismiche allo stato limite di operatività.

Parete: Nome indicativo della parete considerata

h : Altezza di interpiano

Comb.: Combinazione di carico più gravosa per la verifica in esame

d_r : Spostamento relativo calcolato

$d_{r,lim}$: Spostamento relativo limite

Nella tabella si riportano le verifiche sismiche allo stato limite di esercizio in riferimento all'Analisi Dinamica Lineare.

Parete	h [m]	Comb.	d_r [mm]	d_{lim} [mm]	Verifica
Parete 1	2,96	Dinamica SLO 5 ex+ ey-	0,33	9,77	3%
Parete 2	2,96	Dinamica SLO 5 ex+ ey-	0,33	9,77	3%
Parete 3	2,96	Dinamica SLO 5 ex+ ey-	0,33	9,77	3%
Parete 4	2,96	Dinamica SLO 8 ex- ey-	0,33	9,77	3%
Parete 5	2,96	Dinamica SLO 8 ex- ey-	0,33	9,77	3%
Parete 7	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey-	0,95	9,77	10%
Parete 8	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey+	0,84	9,77	9%
Parete 10	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey+	1,34	9,77	14%
Parete 11	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey+	1,34	9,77	14%
Parete 12	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey-	1,42	9,77	15%
Parete 13	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey-	1,42	9,77	15%
Parete 14	2,96	Dinamica SLO 4 ex- ey+	0,99	9,77	10%
Parete 15	2,96	Dinamica SLO 8 ex- ey-	0,33	9,77	3%
Parete 19	2,96	Dinamica SLO 8 ex- ey-	0,33	9,77	3%

