Comune di Sarezzo

Provincia di Brescia

13/03/2025

Restauro e manutenzione straordinaria Santuario di Sant'Emiliano

PROGETTO ESECUTIVO

Committente

Amministrazione comunale di Sarezzo (BS)

Piazza Cesare Battisti, 4 - 25068 - Sarezzo (BS)

Tel. 030 8936211

Tecnico

Ing. Daniele Saleri

Via dei Mille, 42 - 25069 - Villa Carcina (BS)

Tel. 339 4380281

C.F. SLRDNL82T07D918F

P.IVA 03316800980

Relazione di calcolo

INDICE

1) PREMESSE 4

1.1) Descrizione della struttura 4

1.2) Normativa 5

1.3) Materiali 6

2) CARICHI DI PROGETTO 6

2.1) Carichi permanenti strutturali (PP) 6

2.2) Carichi permanenti non strutturali (PERM) 6

2.3) Neve (SN) 6

2.4) Vento (W) 7

2.5) Sisma (SISMA X, SISMA Y) 8

3) COMBINAZIONI DI CARICO 10

4) MODELLO E ANALISI STRUTTURALE 11

4.1) Software di calcolo 11

4.2) Descrizione del modello 12

4.3) Modellazione carichi 13

5) VERIFICHE 16

5.1) Verifiche di resistenza colonne 16

5.2) Verifiche travi e travetti 18

5.3) Verifica nodo di base 30

1) PREMESSE

1.1) Descrizione della struttura

La presente relazione riguarda la progettazione, l'analisi e la verifica della tettoia collocata presso il santuario di Sant'Emiliano nel comune di Sarezzo.

La struttura in legno è disposta su un piano fuori terra e ha dimensioni in pianta di circa 2,95 x 7,28 m con un'altezza complessiva di 2,9 m. Il manufatto è realizzato in legno massiccio C24, con colonne quadrate sezione 20x20 cm incastrate al piede, travi in semplice appoggio sezione 16x24 cm e travetti 10x16 cm a interasse di 66 cm.

Il piano di copertura è realizzato mediante un doppio assito incrociato su cui verrà posata apposita guaina bituminosa e sovrastante copertura in coppi.

I vincoli alla base considerati sono degli incastri. Il piano rigido non è garantito dal doppio assito.

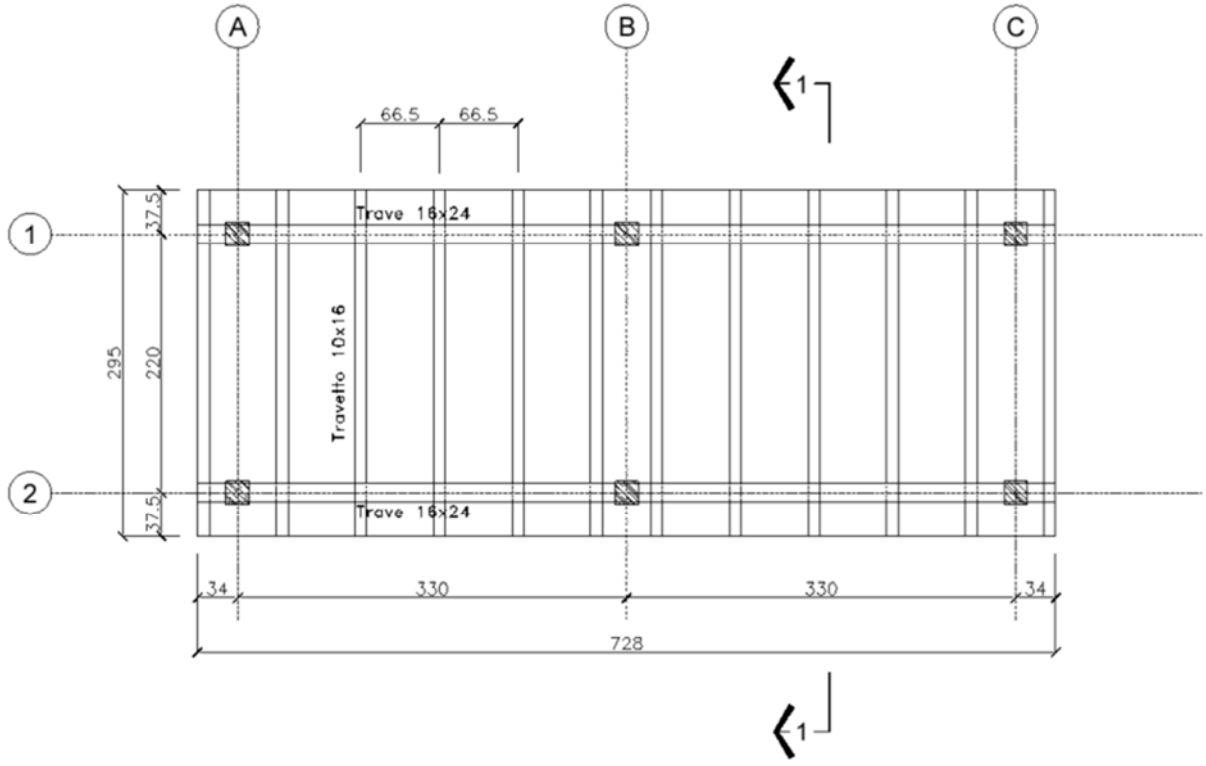


Figura 1.1: Pianta Tettoia

1.2) Normativa

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge 5 novembre 1971: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. 17 gennaio 2018: "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero C.S.LL.PP. n.7 del 21.01.2019: "Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- D.G.R. Lombardia 11 luglio 2014 n°X/2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”.
- Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale – Norma quadro;
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progetto dei nodi;

1.3) Materiali

Per la realizzazione delle opere strutturali sono previsti materiali aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Legno massiccio:.....C24

	Tipo	$f_{m,k}$	$f_{t0,k}$	$f_{t90,k}$	$f_{c0,k}$	$f_{c90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,m}$	$E_{0,05}$	G_m	$\rho_{g,k}$	$\rho_{g,mean}$	k_h	k_{def}	$k_{mod,perm}$	$k_{mod,med\ dur}$
	[---]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[kN/m³]	[kN/m³]	[---]	[---]	[---]	[---]
Legno massiccio	C24	24,00	14,50	0,40	21,00	2,50	4,00	11.000	7.400	690	3,50	6,00	1,096	0,80	0,60	0,80

	Tab. 4.4III			k_{mod} = 0,80						k_{mod} = 0,60						
	γ_w	$f_{m,d}$	$f_{t0,d}$	$f_{t90,d}$	$f_{c0,d}$	$f_{c90,d}$	$f_{v,d}$	$f_{m,k}$	$f_{t0,k}$	$f_{t90,k}$	$f_{c0,k}$	$f_{c90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,m,fin}$	$G_{m,fin}$
	[---]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
-	1,50	14,03	8,48	0,21	11,20	1,33	2,13	10,52	6,36	0,16	8,40	1,00	1,60	6.111	383

2) CARICHI DI PROGETTO

2.1) Carichi permanenti strutturali (PP)

Rappresenta il peso proprio degli elementi calcolato in automatico dal programma di analisi strutturale (SAP2000).

2.2) Carichi permanenti non strutturali (PERM)

Include:

- Il peso del pacchetto architettonico è pari a 1,0 kN/m^2.

2.3) Neve (SN)

La struttura in oggetto sarà costruita nel Comune di Sarezzo, Brescia (BS). L'edificio si trova in Zona I - Alpina e considerando un'altitudine di riferimento a_s = 1.100 m s.l.m. si ottiene:

Valore caratteristico minimo del carico da neve..... q_{sk} ;

Coefficiente di forma della copertura..... μ_i = 0,80;

Coefficiente di esposizione..... C_E = 1,0;

Coefficiente termico..... C_t = 1,0;

Essendo a_s > 200 m il valore caratteristico del carico da neve è pari a:

$$q_{sk} = 1{,}39\ x\ \left[1 + \left(\frac{a_s}{728}\right)^2\right] = 4{,}56\ \frac{kN}{m^2}$$

il carico neve risulta:

$$q_{sk} = \mu_j x\ q_{sk}\ x\ C_E x C_t = 0{,}8\ x\ 4{,}56\ x\ 1\ x\ 1 = 3{,}65\ \frac{kN}{m^2}$$

2.4) Vento (W)

La pressione del vento è calcolata in accordo all'Eurocodice EN 1991-1-4 come segue:

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	25	1000	0,4
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			1100
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$ $c_a = 1$ per $a_s \le a_0$ $c_a = 1+k_s (a_s/a_0 - 1)$ *per* $a_0 < a_s \le 1500$ *m*			
c_a = 1,04		v_b [m/s] = 26,000	
$v_r = v_b \cdot c_r$ $c_r = 0,75 \cdot \{1-0,2 \cdot \ln[-\ln(1-1/T_r)]\}^{0,5}$			
c_r = 1,00000		v_r [m/s] = 26,000	

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_r c_e c_p c_d$
q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di pressione)
c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2$ (ρ = 1,25 kg/mc)

q_r [N/mq]	422,50

Coefficiente di pressione

Esso dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

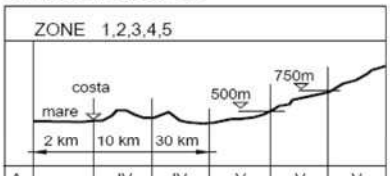
Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

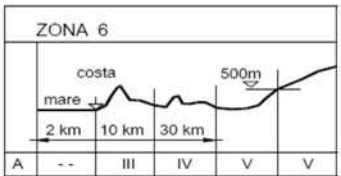
Categoria di esposizione



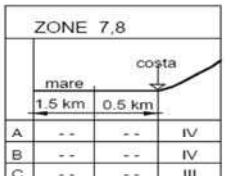
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1



A	- -	III	IV	V	V	
B	- -	II	III	IV	IV	
C	- -	II	III	III	IV	
D	I	I	II	II	III	



A	- -	- -	IV
B	- -	- -	IV
C	- -	- -	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

A	- -	I
B	- -	I
C	- -	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	C	1100

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7+c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \ge z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
IV	0,22	0,3	8	1

La pressione cinetica di riferimento per il vento di sollevamento risulta:

$$p = q_{ref} \times c_e \times c_p \times c_d = 0{,}422 \ \frac{kN}{m^2} \times 1{,}634 \times -1{,}4 \times 1 = -0{,}965 \ \frac{kN}{m^2}$$

2.5) Sisma (SISMA X, SISMA Y)

Il comune di Sarezzo, è inserito in zona sismica 3. Considerando le seguenti coordinate di riferimento, secondo il sistema di coordinate del reticolo sismico ED50, sono:

- Latitudine [°].....45,682207;
- Longitudine [°] 10,228137;

Considerando cautelativamente un suolo tipo C e categoria topografica T2

Pericolosità sismica:

- Vita nominale (opere ordinarie) ..... $\mathbf{V_N} \geq 50$ anni
- Classe d'uso (normali affollamenti, industrie non pericolose) ..... classe ***II***
- Coefficiente d'uso ..... $\mathbf{C_U} = 1,0$
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C$ ..... $\mathbf{V_R} \geq 50$ anni
- Probabilità di superamento al variare dello S.L. considerato (SLV)..... $\mathbf{P_{VR}} = 10\%$
- Periodo di ritorno $T_R = - V_R / \ln(1-P_{VR})$ ..... $\mathbf{T_R} \geq 475$ anni
- Coefficiente di amplificazione topografica ..... $\mathbf{S_T} = 1,200$
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica ..... $\mathbf{S_S} = 1,496$
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica ..... $\mathbf{C_C} = 1,604$
- Coefficiente di suolo: ..... $\mathbf{S} = \mathbf{S_T} \times \mathbf{S_s} = 1,795$

Parametri sismici e spettri di risposta:

- Accelerazione orizzontale massima del terreno ..... $\mathbf{a_g} = 0,141$ g
- Max valore fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale ..... $\mathbf{F_O} = 2,415$
- Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in acc. orizz. ..... $\mathbf{T^*_C} = 0,277$ s
- Periodo inizio tratto ad accelerazione costante dello spettro. ..... $\mathbf{T_B} = 0,148$ s
- Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro. ..... $\mathbf{T_C} = 0,444$ s
- Periodo inizio tratto a spostamento costante dello spettro..... $\mathbf{T_D} = 2,164$ s
- Fattore di alterazione dello spettro: ..... $\boldsymbol{\eta} = 1$
- Fattore di smorzamento:..... $\xi = 5\%$
- Fattore di struttura: ..... $q = 1,5$
-

$\Rightarrow$ L'accelerazione spettrale orizzontale per un periodo di vibrazione $T_B \leq T \leq T_C$

$$Se(T) = a_g \; x \; S \; x \; F_0 = 0{,}612 \; g$$

In direzione x e y il valore massimo dello spettro di progetto per un fattore di struttura q = 1,5 (struttura non dissipativa, Tabella NTC2018 7.3.1 e formula 7.3.2) è:

$$Sd(T) = \frac{Se(T)}{q} = 0{,}408 \; g$$

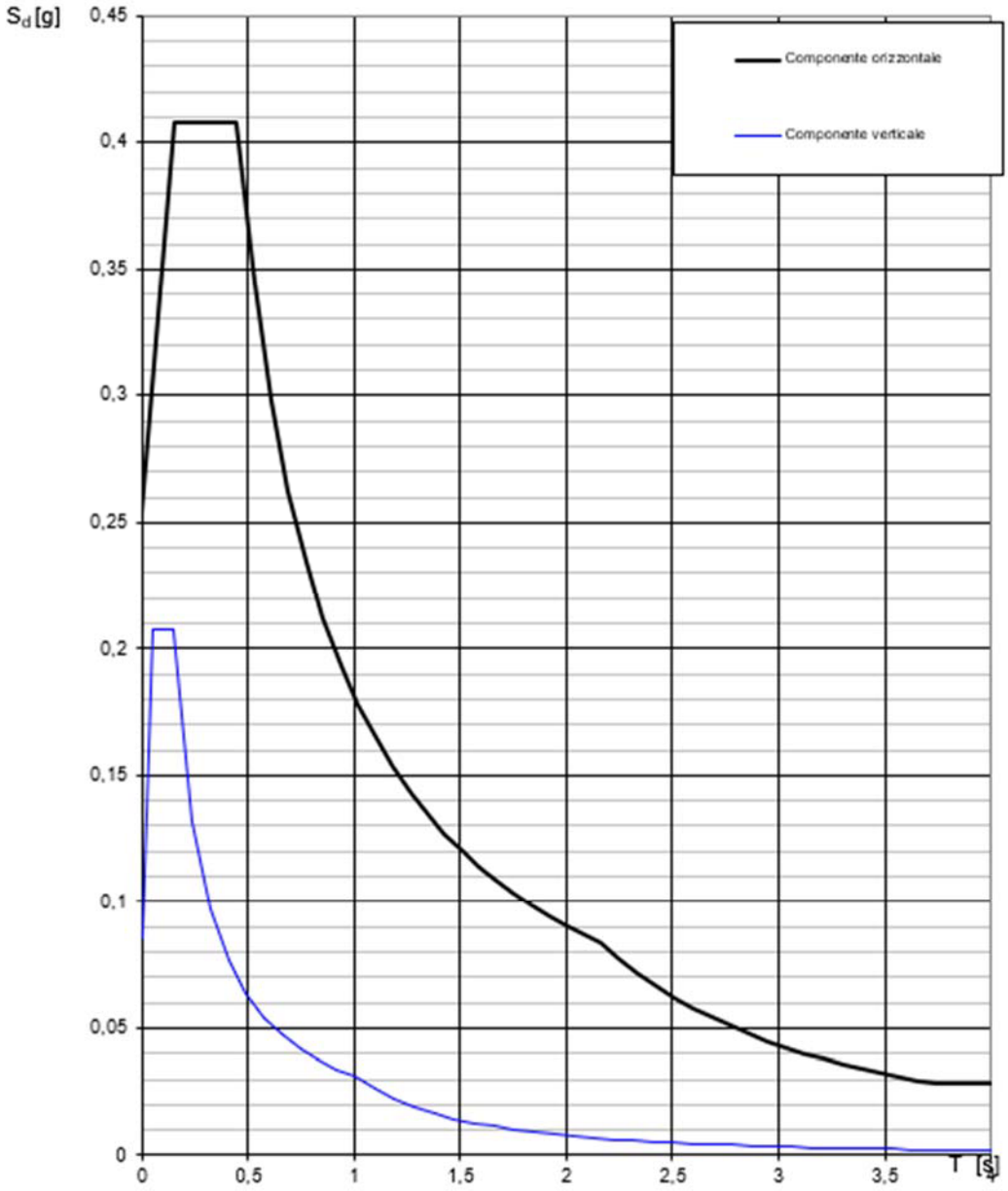


Figura 2.1: Spettro di risposta elastico e di progetto.

3) COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite i carichi di progetto sopra definiti vengono combinati tra di loro per la determinazione delle massime sollecitazioni sugli elementi mediante i coefficienti parziali per le azioni “A1 STR” (Eurocodici) secondo la seguente combinazione

- Comb. fondamentale (SLU): $\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + ... + \gamma_{Qj}\psi_{0j}Q_{kj}$
- Combinazione caratteristica rara (SLE): $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + ... + \psi_{0j}Q_{kj}$

con i seguenti coefficienti per le azioni:

- Carichi permanenti ..... γ_{G1} = 1,30 / 1,0;
- Carichi permanenti non strutturali ..... γ_{G2} = 1,30 / 1,0;
- Carichi variabili ..... γ_{Qj} = 1,5 / 0;

- Combinazione sismica: $G1 + G2 + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \psi_{21}Q_{k1} + ... + \psi_{2j}Q_{kj} + E$

- Agli SLU, per le verifiche della struttura vengono utilizzate quindi le seguenti combinazioni di carico:
- SLU1: 1,3 x PP + 1,3 × PERM + 1,5 x SN;
- SLU2: 0,9 x PP + 0,8 × PERM + 1,5 x W;

- SLV1: 1,0 x PP + 1,0 × PERM + 1,0 x SISMA X + 0,3 x SISMA Y;
- SLV2: 1,0 x PP + 1,0 × PERM - 1,0 x SISMA X + 0,3 x SISMA Y;
- SLV3: 1,0 x PP + 1,0 × PERM + 1,0 x SISMA X - 0,3 x SISMA Y;
- SLV4: 1,0 x PP + 1,0 × PERM - 1,0 x SISMA X - 0,3 x SISMA Y;
- SLV5: 1,0 x PP + 1,0 × PERM + 0,3 x SISMA X + 1,0 x SISMA Y;
- SLV6: 1,0 x PP + 1,0 × PERM - 0,3 x SISMA X + 1,0 x SISMA Y;
- SLV7: 1,0 x PP + 1,0 × PERM + 0,3 x SISMA X - 1,0 x SISMA Y;
- SLV8: 1,0 x PP + 1,0 × PERM - 0,3 x SISMA X - 1,0 x SISMA Y.

Agli SLE, vengono utilizzate le seguenti combinazioni di carico:

SLE1: 1 × PP + 1 × PERM + 1 x VAR.

4) MODELLO E ANALISI STRUTTURALE

L'analisi strutturale viene eseguita utilizzando il programma di analisi strutturale "SAP2000" (CSI Inc. Berkeley) attraverso una modellazione tridimensionale della struttura.
La modellazione, con elementi di tipo "frame" ha interessato gli elementi principali della struttura suddivisi in colonne, travi e diagonali. Gli elementi "shell" sono privi di rigidezza e peso in quanto introdotti solo per modellare la ripartizione dei carichi sulle travi e non sono considerati nella statica della struttura.
Per la valutazione degli effetti sismici è stata condotta un'analisi statica lineare considerando un periodo di vibrazione $T_1 \leq T \leq T_2$. E' stato assunto un fattore di struttura q = 1,5 (struttura non dissipativa). Il valore massimo dello spettro Tabella NTC2018 7.3.1 e formula 7.3.2) è:

$$Sd(T) = \frac{Se(T)}{q} = 0{,}408\ g$$

4.1) Software di calcolo

Per l'analisi della struttura si è proceduto ad una modellazione tridimensionale per elementi finiti della struttura, utilizzando il codice di calcolo "SAP2000" (CSI Inc. Berkeley).

- Titolo **SAP2000**
- Autore e Produttore ..... **Computers and structures, Inc. (Berkeley, California)**
- Distributore ..... **CSI, Italia s.r.l.**
  Galleria San Marco, 4
  33170 - Pordenone
  Tel. 0434 28465
  Fax 0434 28466
- Versione..... **21**

La validazione del software è riportata nel "manuale di validazione" composto dai seguenti capitoli:

- Introduction;
- Methodology;
- Automating the SAP2000 Verification Checking Process;
- *Analysis Example*: n. 30 esempi per gli elementi Frame, n. 20 esempi per gli elementi Shells, n. 5 esempi per gli elementi Planes, n. 4 esempi per gli elementi Asolid, n. 13 esempi per gli elementi Solids, n. 12 esempi per gli elementi Links e n. 3 esempi per gli elementi Cables;
- *Design Example*: n. 30 esempi per gli elementi in acciaio e n. 30 esempi per gli elementi in calcestruzzo;
- Conclusions;
- References.

4.2) Descrizione del modello

Nelle immagini seguenti si riporta la vista tridimensionale del modello estruso e le viste bidimensionali del modello con la numerazione di ciascun elemento.

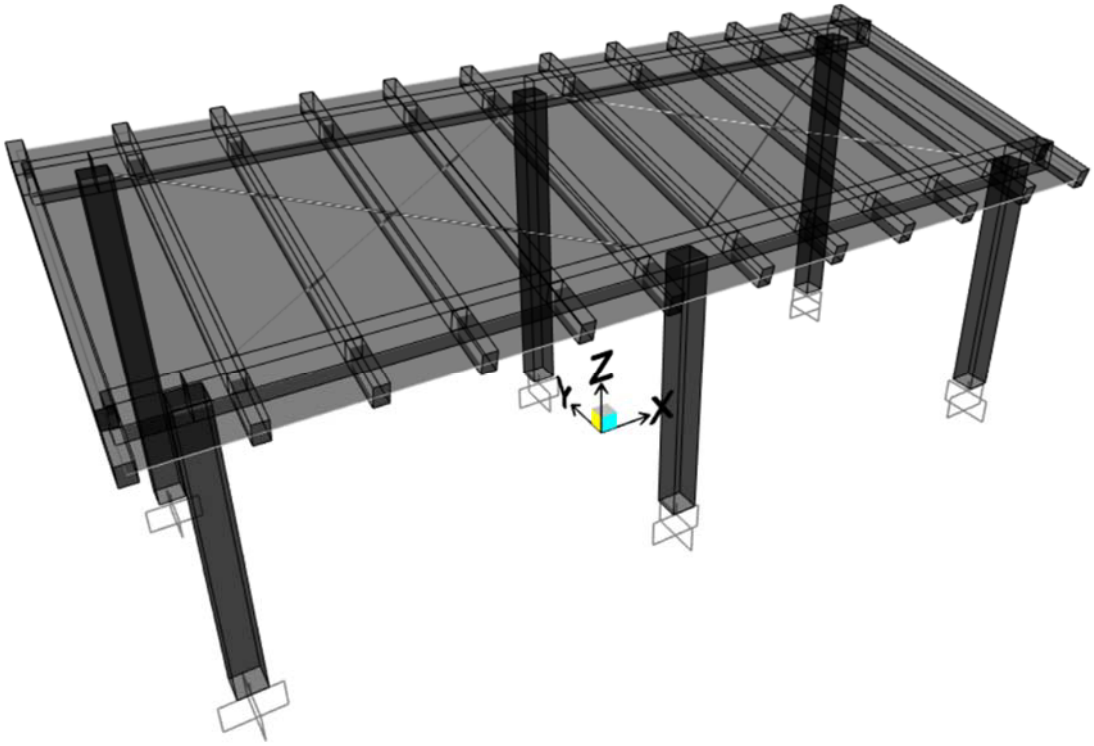


Figura 4.1: Vista 3D - Modello estruso.

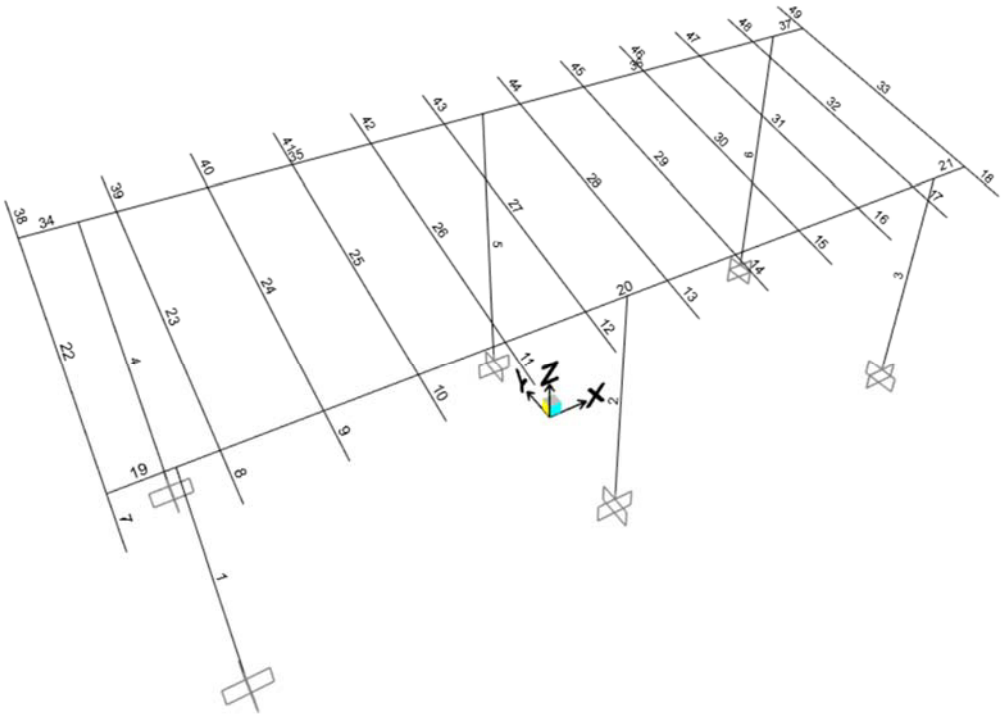


Figura 4.2: Piano +2,700 m - Numerazione degli elementi.

4.3) Modellazione carichi

Carichi permanenti strutturali (PP):

Rappresenta il peso proprio degli elementi calcolato in automatico dal programma di analisi strutturale (SAP2000).

Carichi permanenti non strutturali (PERM):

Il peso pannello di copertura, pari a 1,0 kN/m^2, è stato applicato come carico uniformemente distribuito sugli elementi shell, nell'imagine seguente viene evidenziato il carico di competenza di ogni elemento frame.

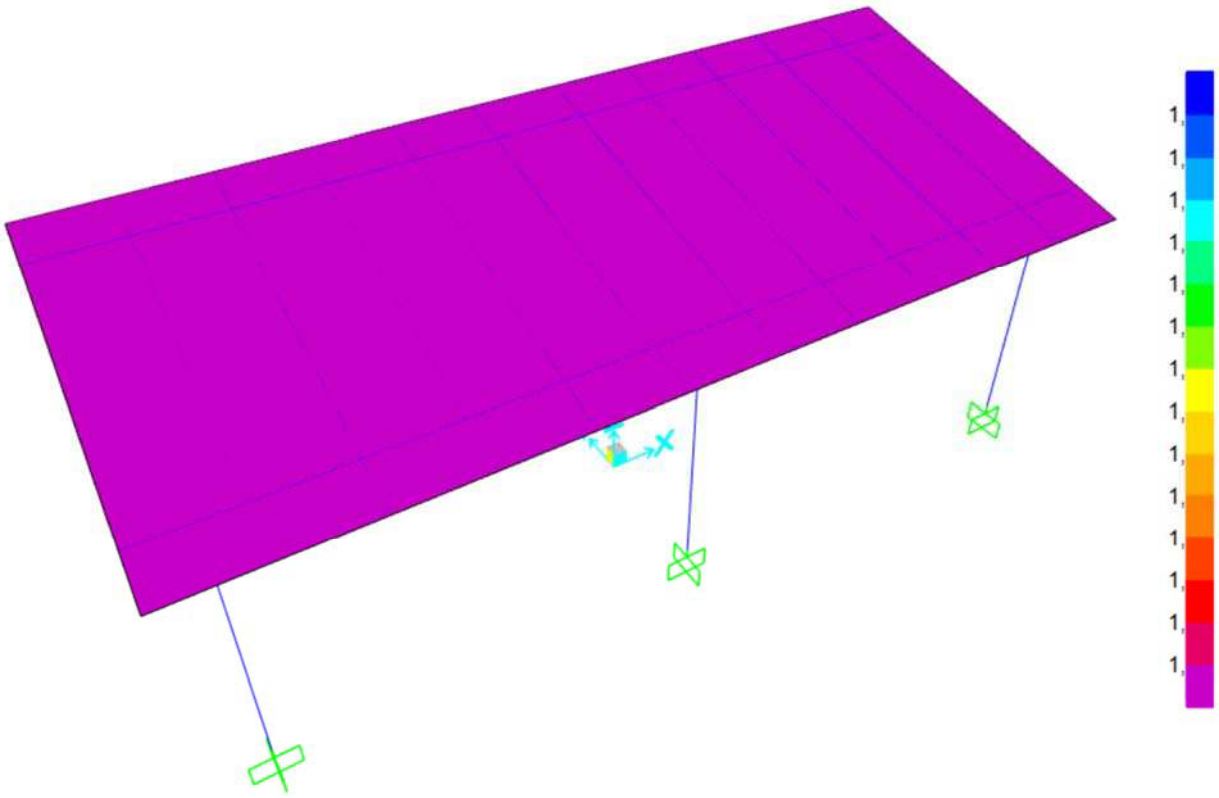


Figura 4.3: Vista 3D - Condizione PERM: peso proprio lamiera grecata pari a 1,00 kN/m^2.

Carichi variabili (SN):

Il carico da neve sulla pensilina, pari a 3,65 kN/m^2, è stato applicato come carico uniformemente distribuito sugli elementi shell, nell'imagine seguente viene evidenziato il carico di competenza di ogni elemento frame.

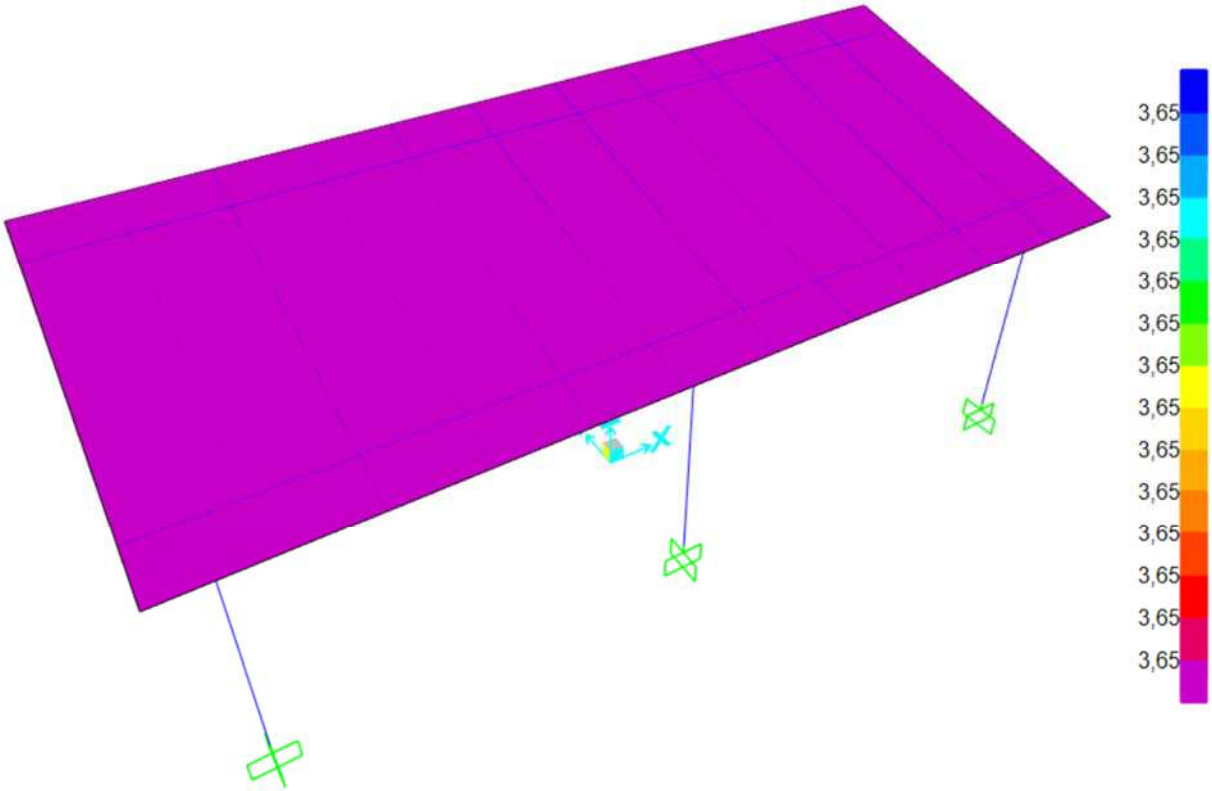


Figura 4.4: Vista 3D - Condizione SN: carico neve pari a 3,65 kN/m^2.

Carichi vento (W):

Il carico da vento di sollevamento sulla pensilina, pari a 0,913 kN/m^2, è stato applicato come carico uniformemente distribuito sugli elementi shell, nell'imagine seguente viene evidenziato il carico di competenza di ogni elemento frame.

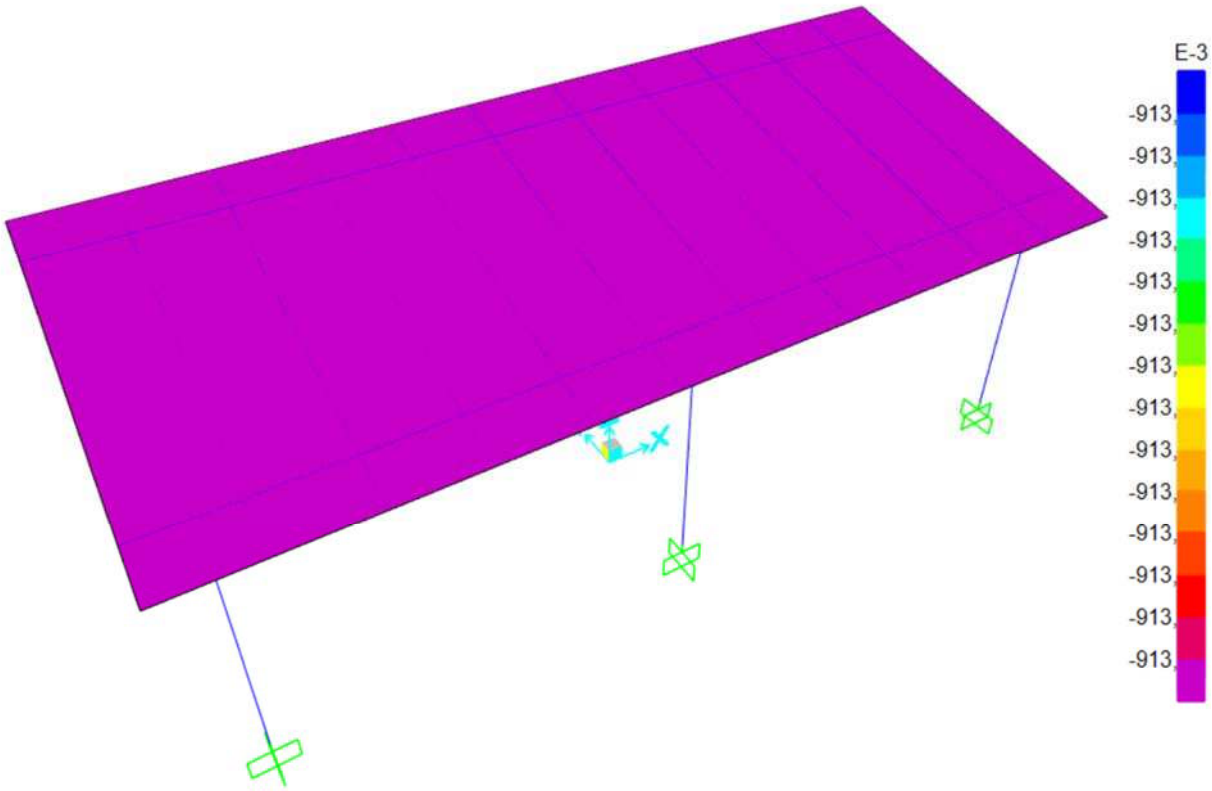


Figura 4.5: Vista 3D - Condizione W: carico vento di sollevamento pari a 0,913 kN/m^2.

Masse sismiche

Le masse sismiche sono state determinate in automatico dal programma di calcolo considerando i seguenti coefficienti:

M = PP + PERM + 0,2 × SN.

5) VERIFICHE

5.1) Verifiche di resistenza colonne

Le verifiche a presso flessione delle colonne sono determinate da fogli di calcolo mediante le sollecitazioni ottenute da SAP:

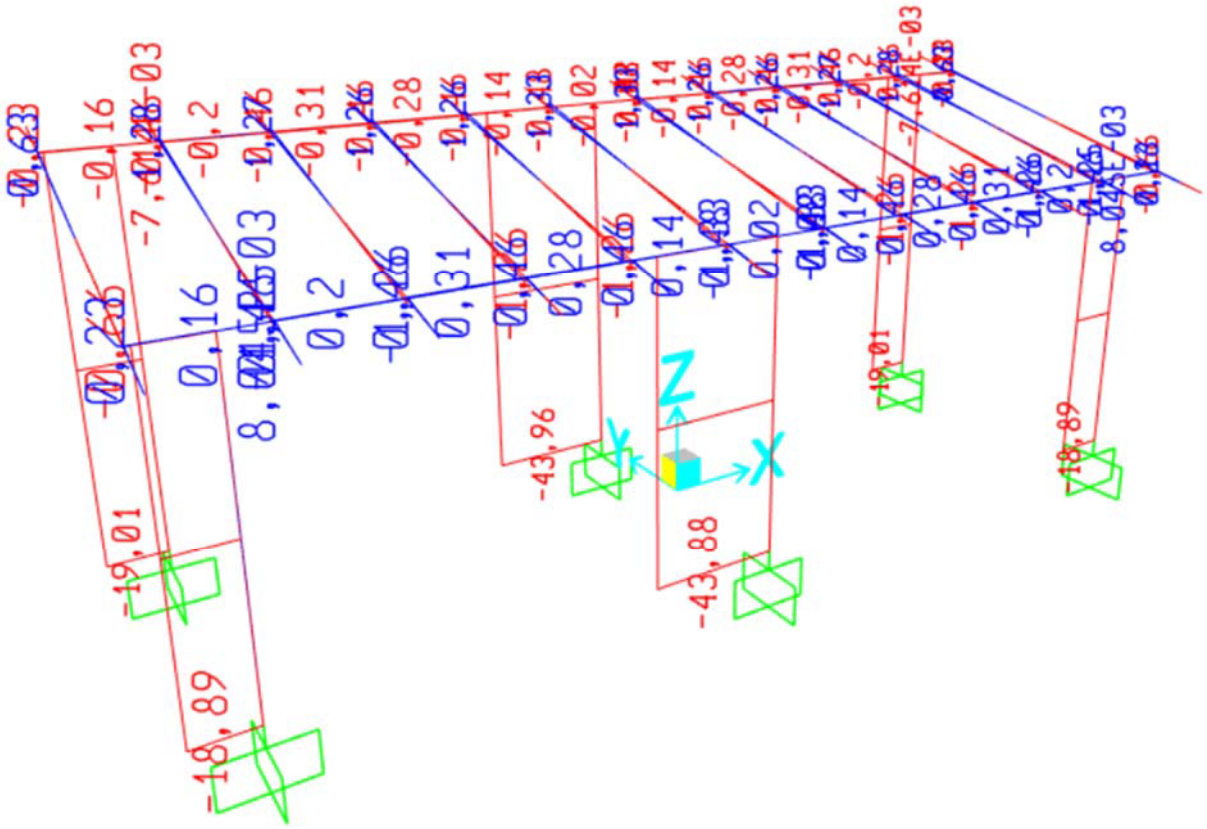


Figura 5.1: Vista 3D – Massima azione assiale colonne.

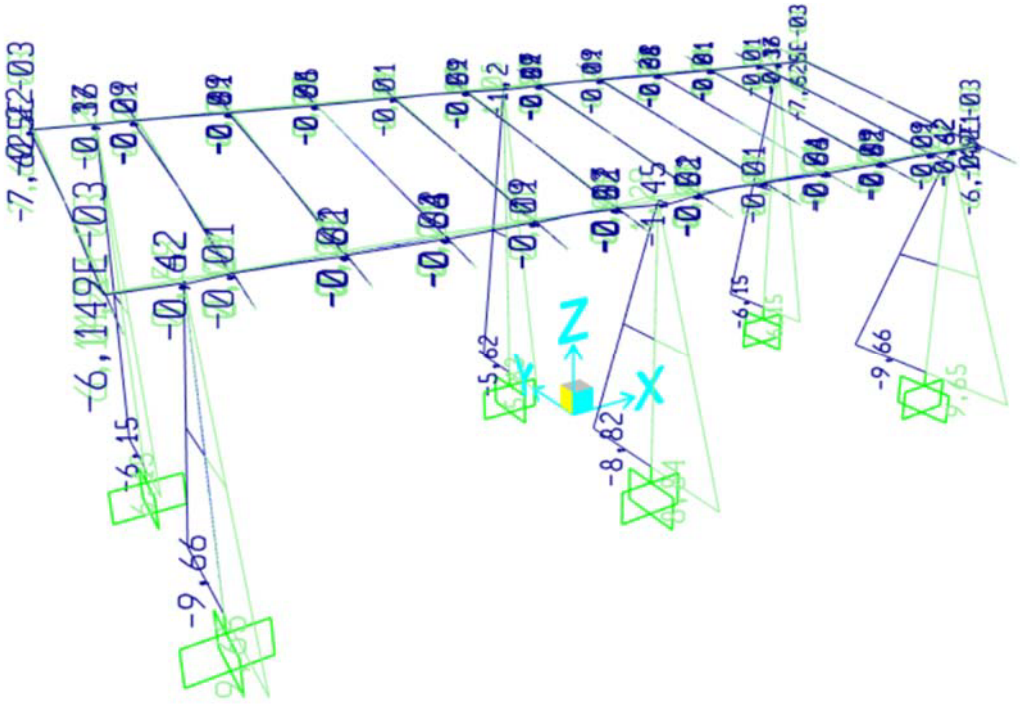


Figura 5.2: Vista 3D – Massima momento massimo Mx colonne.

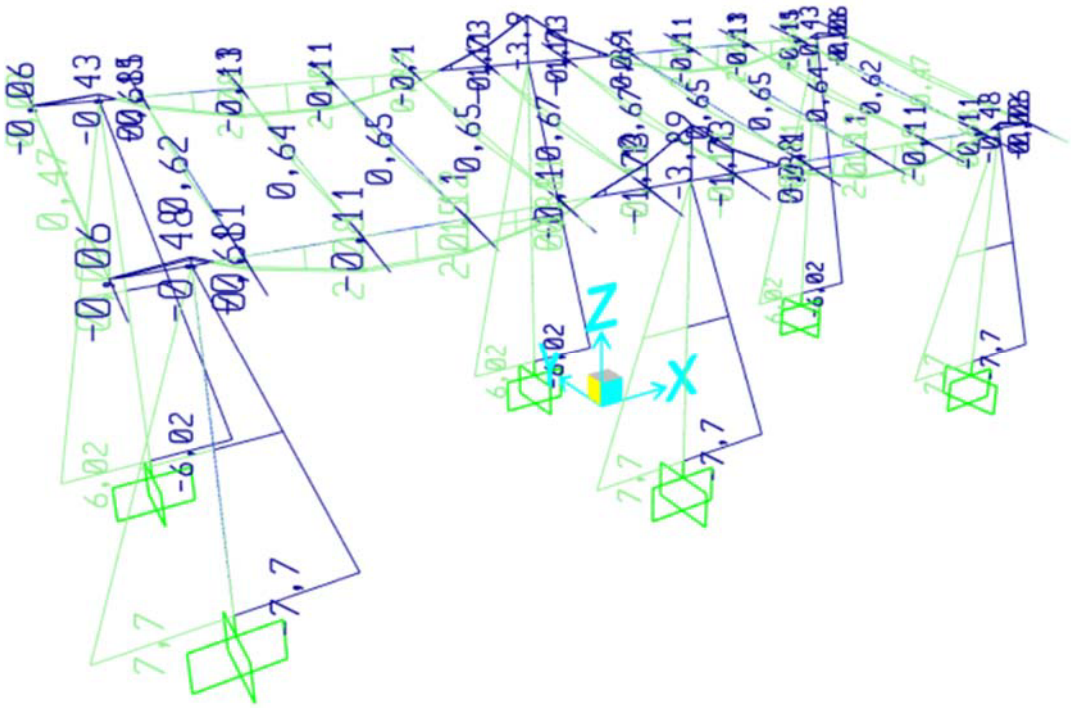


Figura 5.3: Vista 3D – Massima momento massimo My colonne.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dei ratei di utilizzo considerando cautelativamente l'inviluppo delle tre condizioni peggiori di N, Mx e My.

Materiale								
Legno	Classe legno	γ_M	$E_{0,05}$	$G_{0,05}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	β_c	k_{mod}
[-]	[-]	[-]	MPa	MPa	MPa	MPa	[-]	[-]
Legno massiccio	C24	1,5	7400	464	21,00	24,00	0,2	0,80

Geometria												
l	b	h	i_x	i_y	$l_{0,x}/l$	$l_{0,y}/l$	$l_{0,x}$	$l_{0,y}$	λ_x	λ_y	Sezione	k_m
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]
270	20,0	20,0	5,77	5,77	2,0	2,0	540,0	540,0	93,531	93,531	Rettangolare	0,7

Azioni											
N_d	Mx	My	$\lambda_{rel,c}$	k	$k_{crit,c}$	$\lambda_{rel,mx}$	$\lambda_{rel,my}$	$\sigma_{m,criticox}$	$\sigma_{m,criticox}$	$k_{crit,mx}$	$k_{crit,my}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	MPa	MPa		
44,0	8,8	7,7	1,586	1,886	0,344	0,334	0,334	215,65	215,65	1	1

Verifiche												
$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	Compressione	Inst. Comp.	$f_{m,d}$	$\sigma_{m,dx}$	$\sigma_{m,dx}$	Flessione x	Flessione y	Insta fles x	Insta fles y	PressoFlessione	
MPa	MPa	[-]	[-]	MPa	MPa	MPa	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
11,20	1,10	0,10	0,29	11,20	6,60	5,78	0,589	0,516	0,589	0,516	0,938	0,960

5.2) Verifiche travi e travetti

Le verifiche di travi e travetti sono effettuate mediante il programma di calcolo Beamcad di seguito i simboli adottati:

SIGNIFICATO DEI SIMBOLI UTILIZZATI:

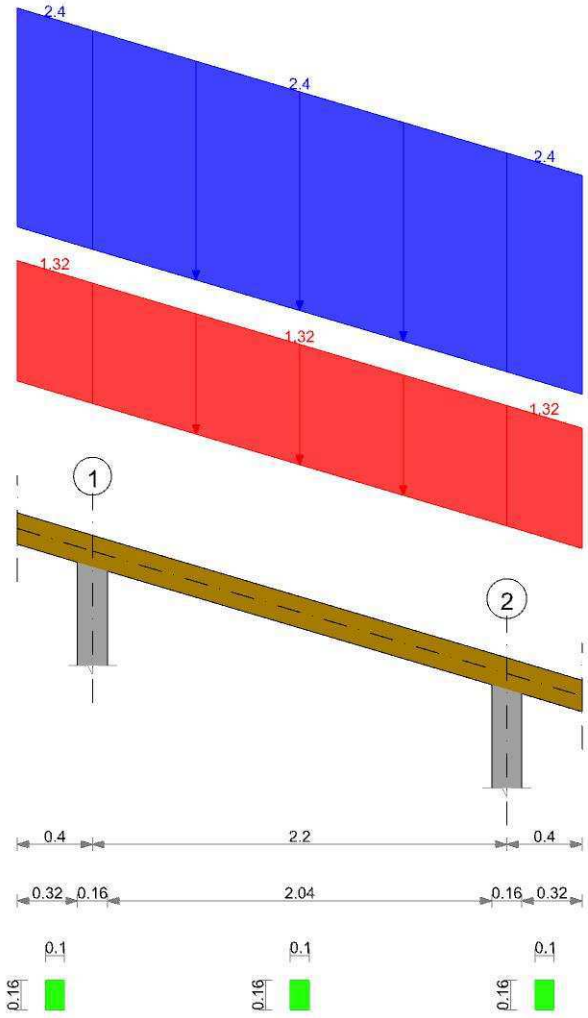
Le unità di misura elencate sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

***N°**: indice progressivo.*
***Descrizione**: descrizione della sezione.*
***Tipo**: tipo di sezione.*
***Base**: base della sezione. [m]*
***Altezza**: altezza della sezione. [m]*
***Area**: area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [m²]*
***Jx**: momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [m4]*
***Jy**: momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [m4]*
***Wx**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse x. [m³]*
***Wy**: modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse y. [m³]*
***Descrizione**: nome dell'appoggio.*
***Fittizio**: indica se l'appoggio è fittizio o reale.*
***Larghezza inferiore**: larghezza della porzione inferiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione superiore. [m]*
***Larghezza superiore**: larghezza della porzione superiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione inferiore. [m]*
***Sfalsamento**: sfalsamento asse della porzione superiore rispetto all'asse della porzione inferiore, misurata in orizzontale. [m]*
***Rigidezza appoggio**: permette di considerare l'appoggio come fisso o cedevole in direzione verticale con legge elastica lineare. [m]*
***Ritegno torsionale**: permette di specificare se l'appoggio è ritegno torsionale.*
***x**: distanza da asse appoggio sinistro. [m]*
***Verifica**: stato di verifica.*
***SLU Permanente**: combinazione di carico SLU solo permanenti.*
***M+**: momento positivo. [kN*m]*
***σed+**: tensione longitudinale massima sulla sezione per M+. [kN/m²]*
***M-**: momento negativo. [kN*m]*
***σed-**: tensione longitudinale massima sulla sezione per M-. [kN/m²]*
***fm,d Perm**: resistenza di calcolo a flessione SLU permanenti. [kN/m²]*
***V+**: taglio positivo. [kN]*
***τed+**: tensione tangenziale massima sulla sezione per V+. [kN/m²]*
***V-**: taglio negativo. [kN]*
***τed-**: tensione tangenziale massima sulla sezione per V-. [kN/m²]*
***fv,d Perm**: resistenza di calcolo a taglio SLU permanenti. [kN/m²]*
***SLU**: combinazione di carico SLU.*
***fm,d**: resistenza di calcolo a flessione SLU. [kN/m²]*
***fv,d**: resistenza di calcolo a taglio SLU. [kN/m²]*
***fc,90,d**: resistenza di calcolo a compressione ortogonale alla fibratura per azioni permanenti. [kN/m²]*
***Istantanea totale**: freccia istantanea totale in combinazione caratteristica.*

***f+**: freccia positiva. [m]*
***f-**: freccia negativa. [m]*
***L/f**: rapporto luce su freccia.*
***Istantanea variabile**: freccia istantanea da soli carichi variabili in combinazione rara.*
***Lungo termine totale**: sovrapposizione di freccia istantanea caratteristica e viscosa quasi permanente.*
***Appoggio**: numero progressivo di appoggio.*
***Descriz.**: descrizione dell'appoggio.*
***kc90**: fattore kc90 amplificativo della resistenza.*
***L. app.**: larghezza o penetrazione dell'appoggio. [m]*
***Prof.**: profondità dell'appoggio. [m]*
***Trazione**: presenza di trazione sull'appoggio in alcune combinazioni di carico.*
***SLU Perm.**: combinazione di carico SLU solo permanenti.*
***R max**: reazione vincolare massima. [kN]*
***R min**: reazione vincolare minima. [kN]*
***σc,90,d**: tensione di calcolo a compressione ortogonale alla fibratura. [kN/m²]*
***fc,90,d Perm**: resistenza di calcolo a compressione ortogonale alla fibratura per azioni permanenti. [kN/m²]*
***Rara**: combinazione di carico SLE rara.*

TRAVETTO

Geometria



ELENCO DEI CARICHI

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.07

Carico uniforme: permanente 1.32; permanente portato 0; variabile 2.4

Campata 2

Peso proprio: 0.07

Carico uniforme: permanente 1.32; permanente portato 0; variabile 2.4

Campata 3

Peso proprio: 0.07

Carico uniforme: permanente 1.32; permanente portato 0; variabile 2.4

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

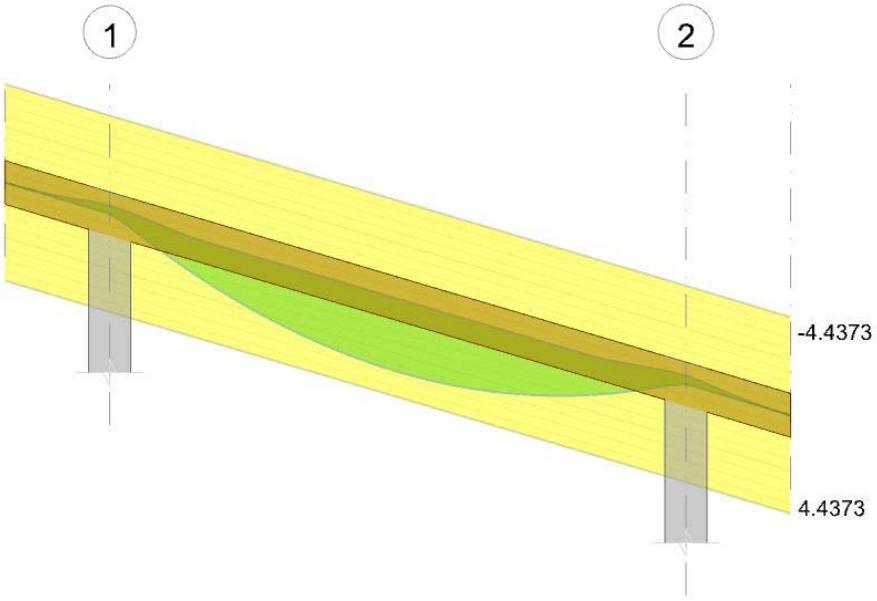


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

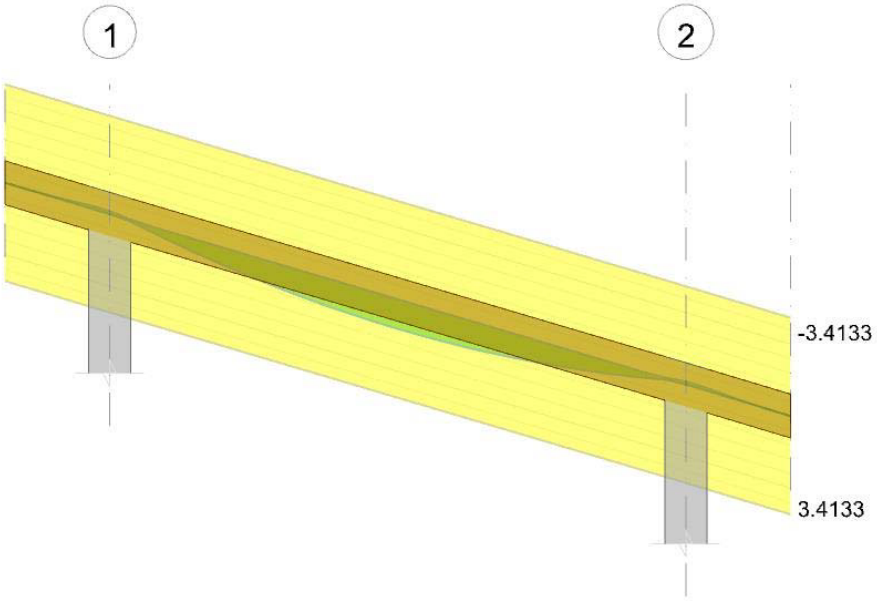


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

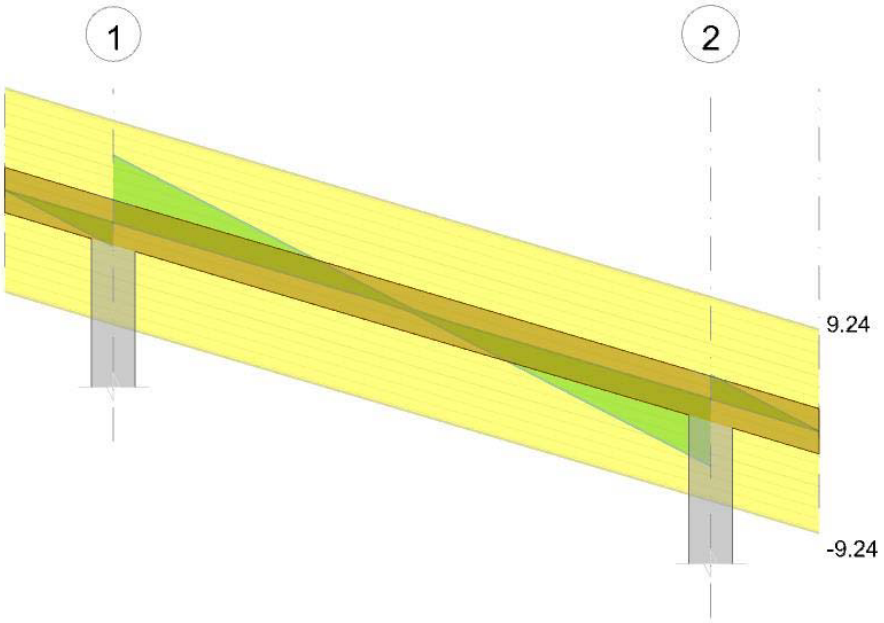


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

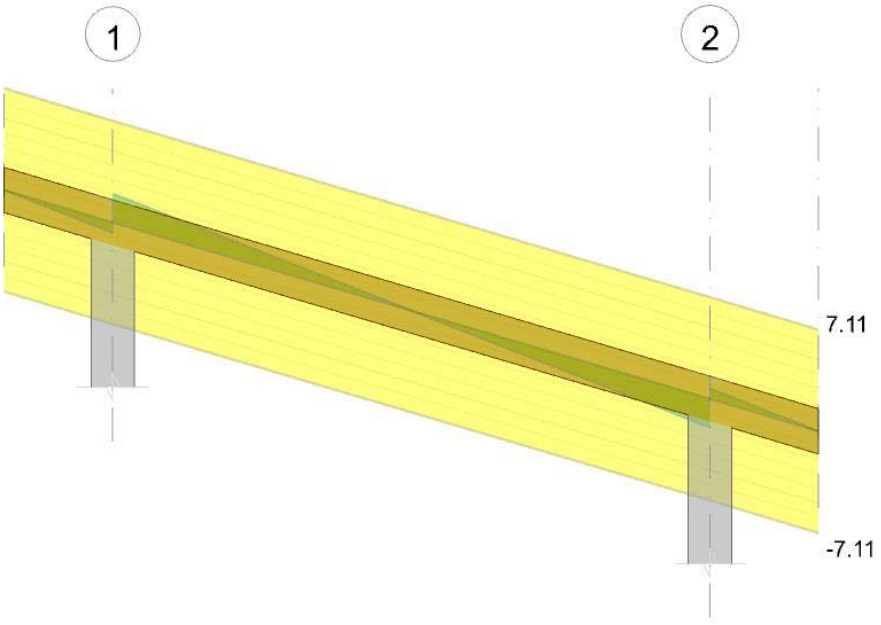


Diagramma verifica freccia istantanea totale

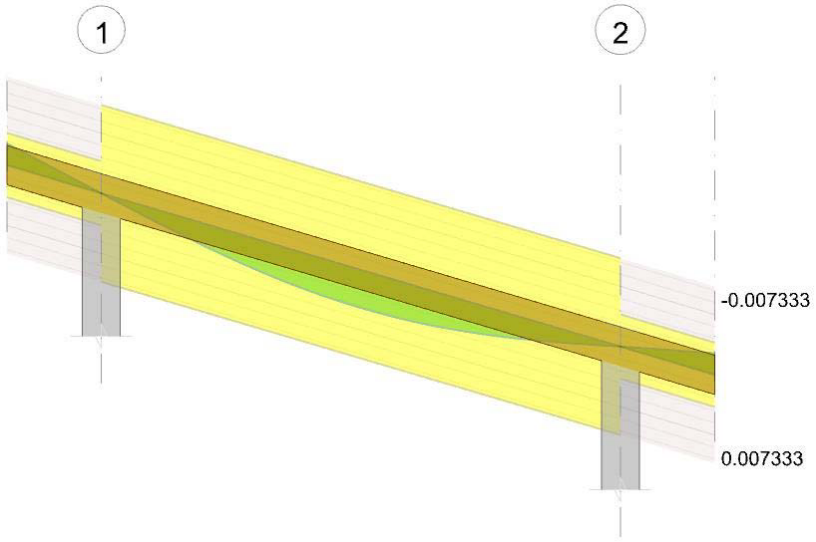


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

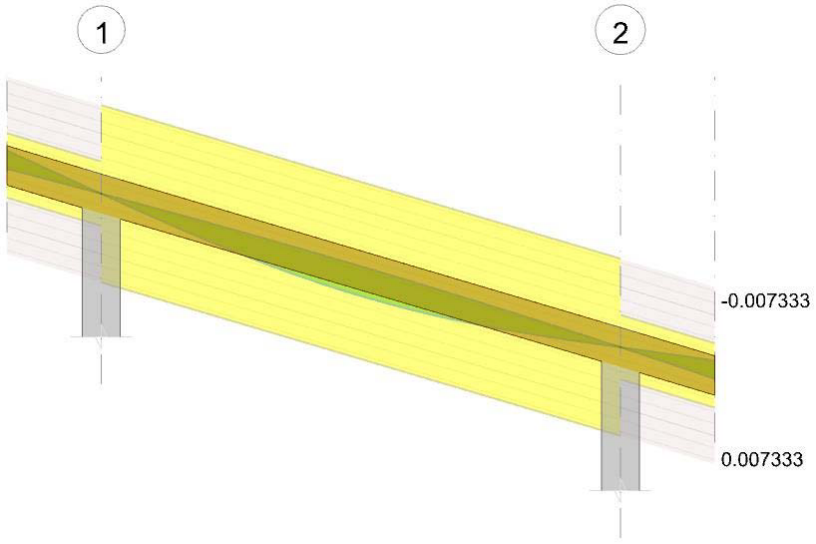
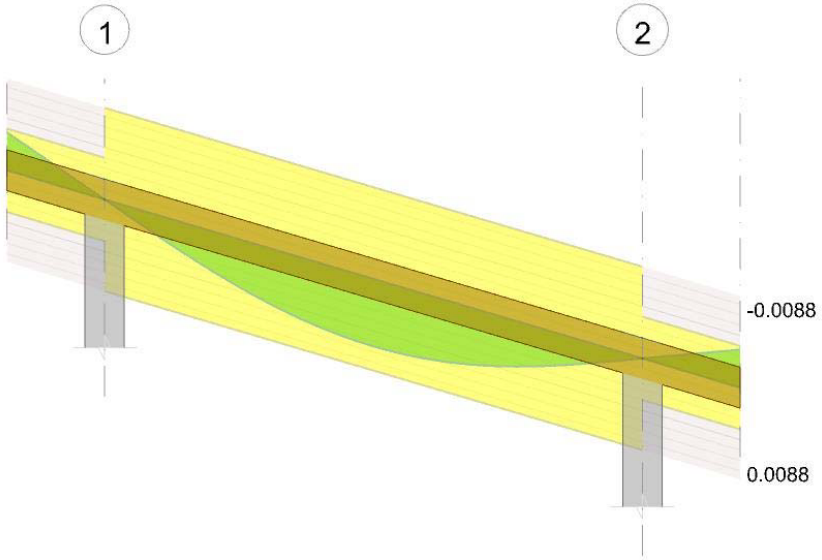


Diagramma verifica freccia finale



CAMPATA 1

kdef = 2; kmod = 0.65; kmod solo permanenti = 0.5; γm SLU = 1.5; kh = 1

VERIFICHE A FLESSIONE NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σed+	M-	σed-	fm,d Perm	M+	σed+	M-	σed-	fm,d	
0	0	0			8000	0	0	0	0	10400	Si
0.2			-0.0377	88	8000			-0.1128	264	10400	Si
0.32			-0.0964	226	8000			-0.2888	677	10400	Si
0.4			-0.102	239	8000			-0.3716	871	10400	Si

VERIFICHE A TAGLIO NTC18 §4.4.8.1.9

kcr = 0.5

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τed+	V-	τed-	fv,d Perm	V+	τed+	V-	τed-	fv,d	
0			0	0	1333			0	0	1733	Si
0.2			-0.36	68	1333			-1.08	203	1733	Si
0.32			-0.58	108	1333			-1.73	324	1733	Si
0.4			-0.72	135	1333			-2.16	405	1733	Si

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ CIRCOLARE 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	-0.00029	-0.00179	446	0.00027	-0.00123	649	-0.00125	-0.00365	219	Si
0.2	-0.00015	-0.0009	891	0.00013	-0.00062	1297	-0.00063	-0.00183	437	Si
0.32	-0.00006	-0.00036	2222	0.00005	-0.00025	3243	-0.00026	-0.00073	1089	Si
0.4	0	0		0	0		0	0		Si

CAMPATA 2

kdef = 2; kmod = 0.65; kmod solo permanenti = 0.5; γm SLU = 1.5; kh = 1

VERIFICHE A FLESSIONE NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σed+	M-	σed-	fm,d Perm	M+	σed+	M-	σed-	fm,d	
0			-0.102	239	8000			-0.3716	871	10400	Si
0.08	0.0436	102	-0.028	66	8000	0.3619	848	-0.3286	770	10400	Si
1.1	1.0218	2395			8000	3.2929	7718			10400	Si
2.12	0.0436	102	-0.028	66	8000	0.3619	848	-0.3286	770	10400	Si
2.2			-0.102	239	8000			-0.3716	871	10400	Si

VERIFICHE A TAGLIO NTC18 §4.4.8.1.9

kcr = 0.5

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τed+	V-	τed-	fv,d Perm	V+	τed+	V-	τed-	fv,d	
0	2	375			1333	6.09	1142			1733	Si
0.08	1.85	348			1333	5.66	1061			1733	Si
1.1	0.02	3	-0.02	3	1333	0.15	27	-0.15	27	1733	Si
2.12			-1.85	348	1333			-5.66	1061	1733	Si
2.2			-2	375	1333			-6.09	1142	1733	Si

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ CIRCOLARE 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.08	0.00036	0.00007	6105	0.00025	-0.00005	8957	0.00074	0.00027	2984	Si
1.1	0.00315	0.00069	699	0.00212	-0.00034	1039	0.00648	0.00255	340	Si
2.12	0.00036	0.00007	6105	0.00025	-0.00005	8957	0.00074	0.00027	2984	Si
2.2	0	0		0	0		0	0		Si

CAMPATA 3

kdef = 2; kmod = 0.65; kmod solo permanenti = 0.5; γm SLU = 1.5; kh = 1

VERIFICHE A FLESSIONE NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σed+	M-	σed-	fm,d Perm	M+	σed+	M-	σed-	fm,d	
0			-0.102	239	8000			-0.3716	871	10400	Si
0.08			-0.0964	226	8000			-0.2888	677	10400	Si
0.2			-0.0377	88	8000			-0.1128	264	10400	Si
0.4	0	0			8000	0	0	0	0	10400	Si

VERIFICHE A TAGLIO NTC18 §4.4.8.1.9

kcr = 0.5

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τed+	V-	τed-	fv,d Perm	V+	τed+	V-	τed-	fv,d	
0	0.72	135			1333	2.16	405			1733	Si
0.08	0.58	108			1333	1.73	324			1733	Si
0.2	0.36	68			1333	1.08	203			1733	Si
0.4	0	0			1333	0	0			1733	Si

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ CIRCOLARE 7 21-01-19 §C4.4.7

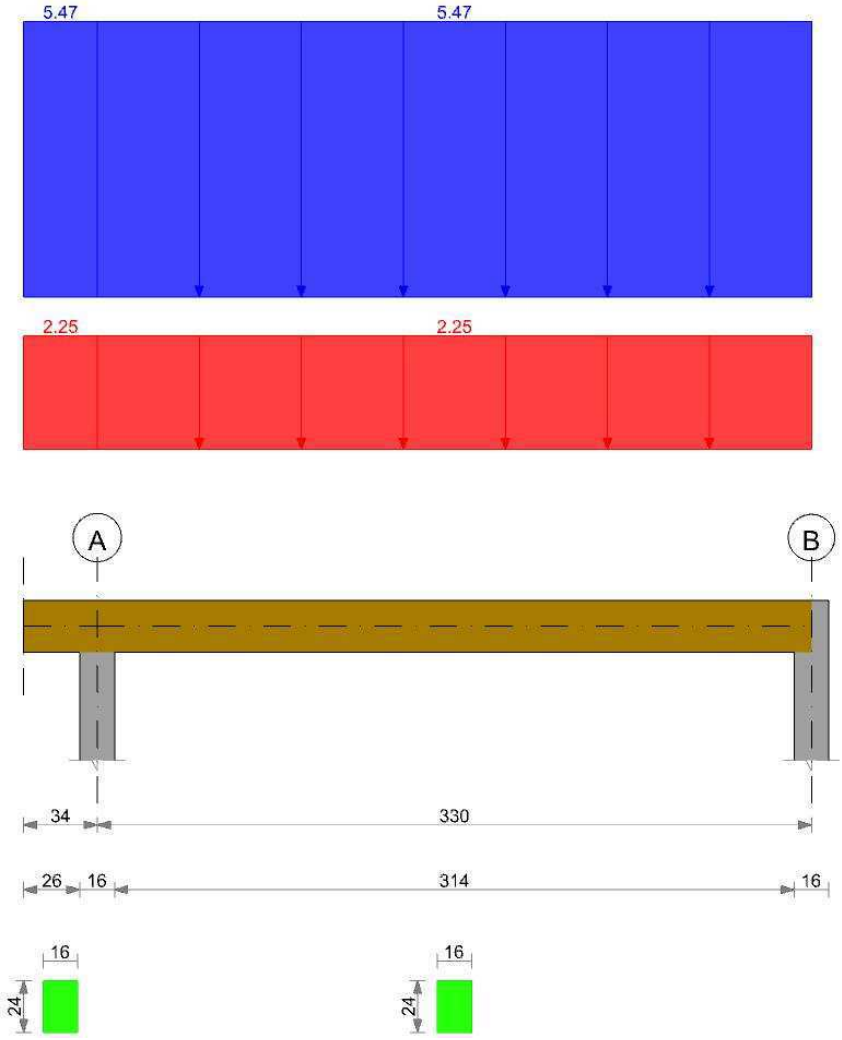
x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.08	-0.00006	-0.00036	2222	0.00005	-0.00025	3243	-0.00026	-0.00073	1089	Si
0.2	-0.00015	-0.0009	891	0.00013	-0.00062	1297	-0.00063	-0.00183	437	Si
0.4	-0.00029	-0.00179	446	0.00027	-0.00123	649	-0.00125	-0.00365	219	Si

REAZIONI VINCOLARI

VERIFICA DI COMPRESSIONE ORTOGONALE AGLI APPOGGI NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appoggio	Descriz.	kc90	L. app.	Prof.	SLU Perm.				SLU				Rara		Trazione	Verifica
					R max	R min	σc,90,d	fc,90,d Perm	R max	R min	σc,90,d	fc,90,d	R max	R min		
2	1	1.5	0.22	0.1	2.837	2.155	129	833	8.607	2.018	391	1083	6.017	2.079	No	Si
3	2	1.5	0.22	0.1	2.837	2.155	129	833	8.607	2.018	391	1083	6.017	2.079	No	Si

TRAVE PRINCIPALE



ELENCO DEI CARICHI

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.16

Carico uniforme: permanente 2.25; permanente portato 0; variabile 5.47

Campata 2

Peso proprio: 0.16

Carico uniforme: permanente 2.25; permanente portato 0; variabile 5.47

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

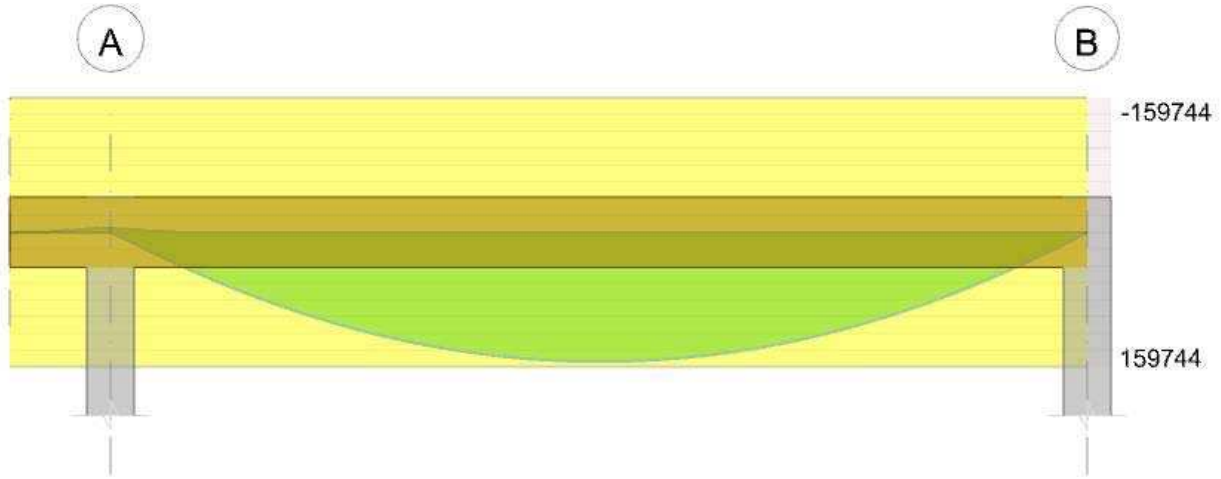


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

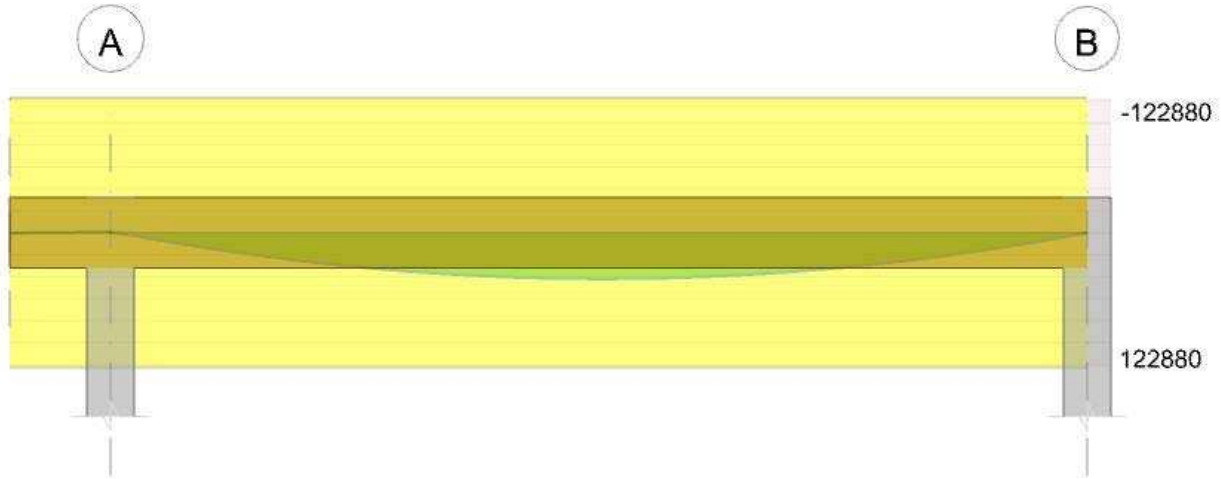


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

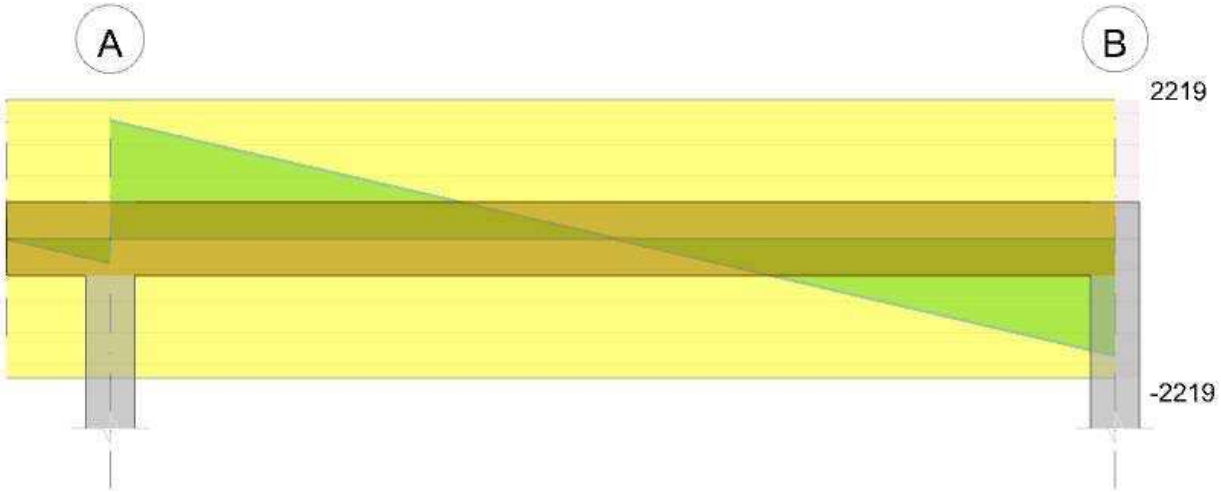


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

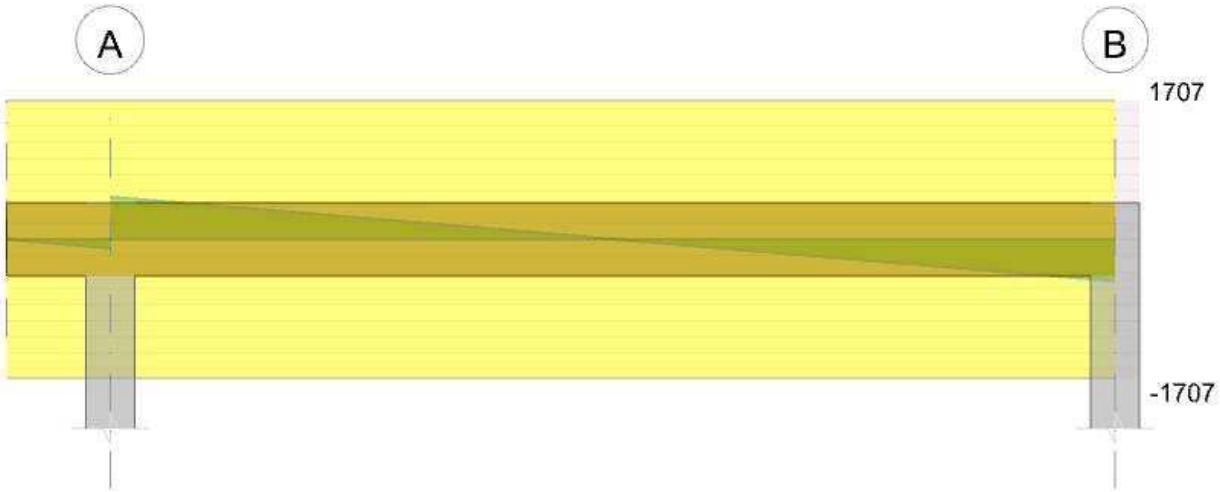


Diagramma verifica freccia istantanea totale

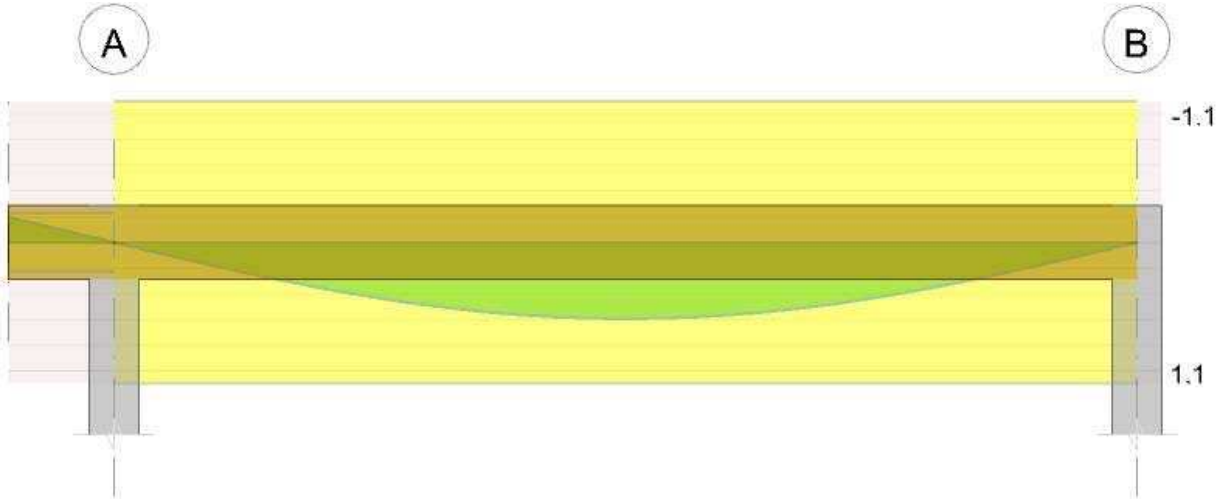


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

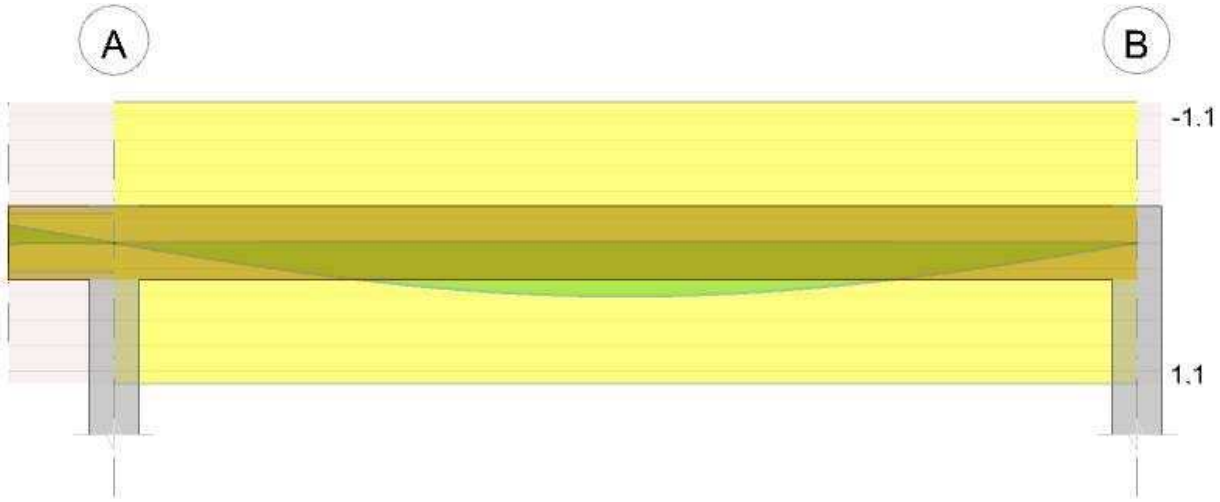
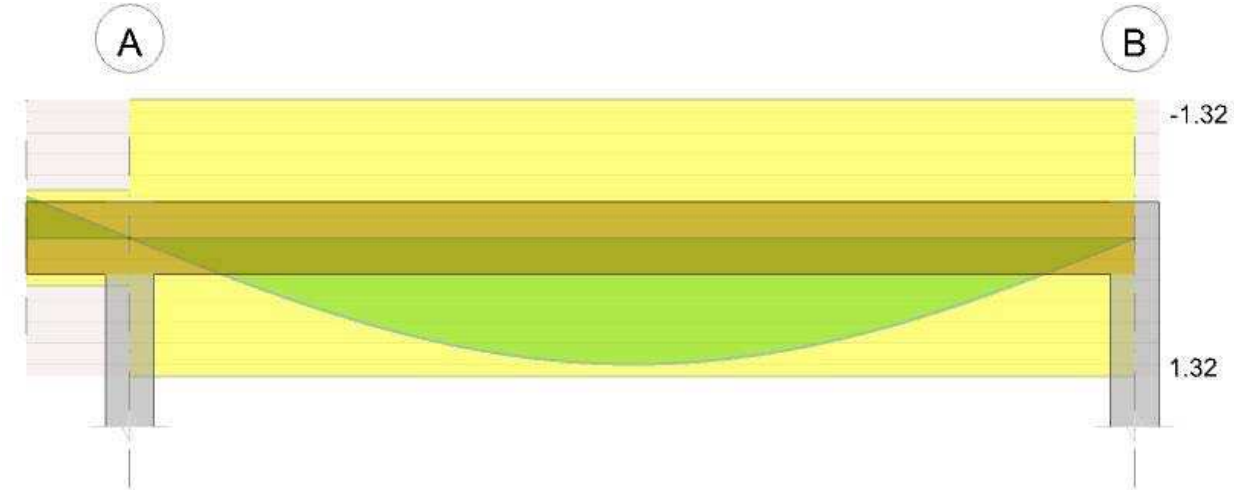


Diagramma verifica freccia finale



CAMPATA 1

kdef = 2; kmod = 0.65; kmod solo permanenti = 0.5; γm SLU = 1.5; kh = 1

VERIFICHE A FLESSIONE NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σed+	M-	σed-	fm,d Perm	M+	σed+	M-	σed-	fm,d	
0	0	0			80	0	0	0	0	104	Si
17			-453	0.3	80			-1639	1.1	104	Si
26			-1060	0.7	80			-3833	2.5	104	Si
33			-943	0.6	80			-4958	3.2	104	Si
34			-792	0.5	80			-4948	3.2	104	Si

VERIFICHE A TAGLIO NTC18 §4.4.8.1.9

kcr = 0.5

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τed+	V-	τed-	fv,d Perm	V+	τed+	V-	τed-	fv,d	
0			0	0	13.3			0	0	17.3	Si
17			-53	0.4	13.3			-193	1.5	17.3	Si
26			-82	0.6	13.3			-295	2.3	17.3	Si
34			-107	0.8	13.3			-386	3	17.3	Si

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ CIRCOLARE 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	-0.051	-0.195	348	0.006	-0.137	495	-0.163	-0.393	173	Si
17	-0.026	-0.098	697	0.003	-0.069	990	-0.082	-0.197	346	Si
26	-0.012	-0.046	1480	0.001	-0.032	2104	-0.039	-0.093	735	Si
34	0	0		0	0		0	0		Si

CAMPATA 2

kdef = 2; kmod = 0.65; kmod solo permanenti = 0.5; γm SLU = 1.5; kh = 1

VERIFICHE A FLESSIONE NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σed+	M-	σed-	fm,d Perm	M+	σed+	M-	σed-	fm,d	
0			-792	0.5	80			-4948	3.2	104	Si
8	2678	1.7			80	13246	8.6	-3290	2.1	104	Si
165	41974	27.3			80	153664	100			104	Si
322	4004	2.6			80	14572	9.5			104	Si
330					80					104	Si

VERIFICHE A TAGLIO NTC18 §4.4.8.1.9

kcr = 0.5

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τed+	V-	τed-	fv,d Perm	V+	τed+	V-	τed-	fv,d	
0	523	4.1			13.3	1891	14.8			17.3	Si
8	498	3.9			13.3	1800	14.1			17.3	Si
165	5	0			13.3	20	0.2			17.3	Si
322			-488	3.8	13.3			-1776	13.9	17.3	Si
330			-513	4	13.3			-1867	14.6	17.3	Si

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ CIRCOLARE 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
8	0.046	0.012	7199	0.032	-0.001		0.092	0.039	3571	Si
165	0.595	0.168	555	0.416	-0.011	793	1.202	0.519	274	Si
322	0.046	0.013	7157	0.032	-0.001		0.093	0.041	3540	Si
330	0	0		0	0		0	0		Si

REAZIONI VINCOLARI

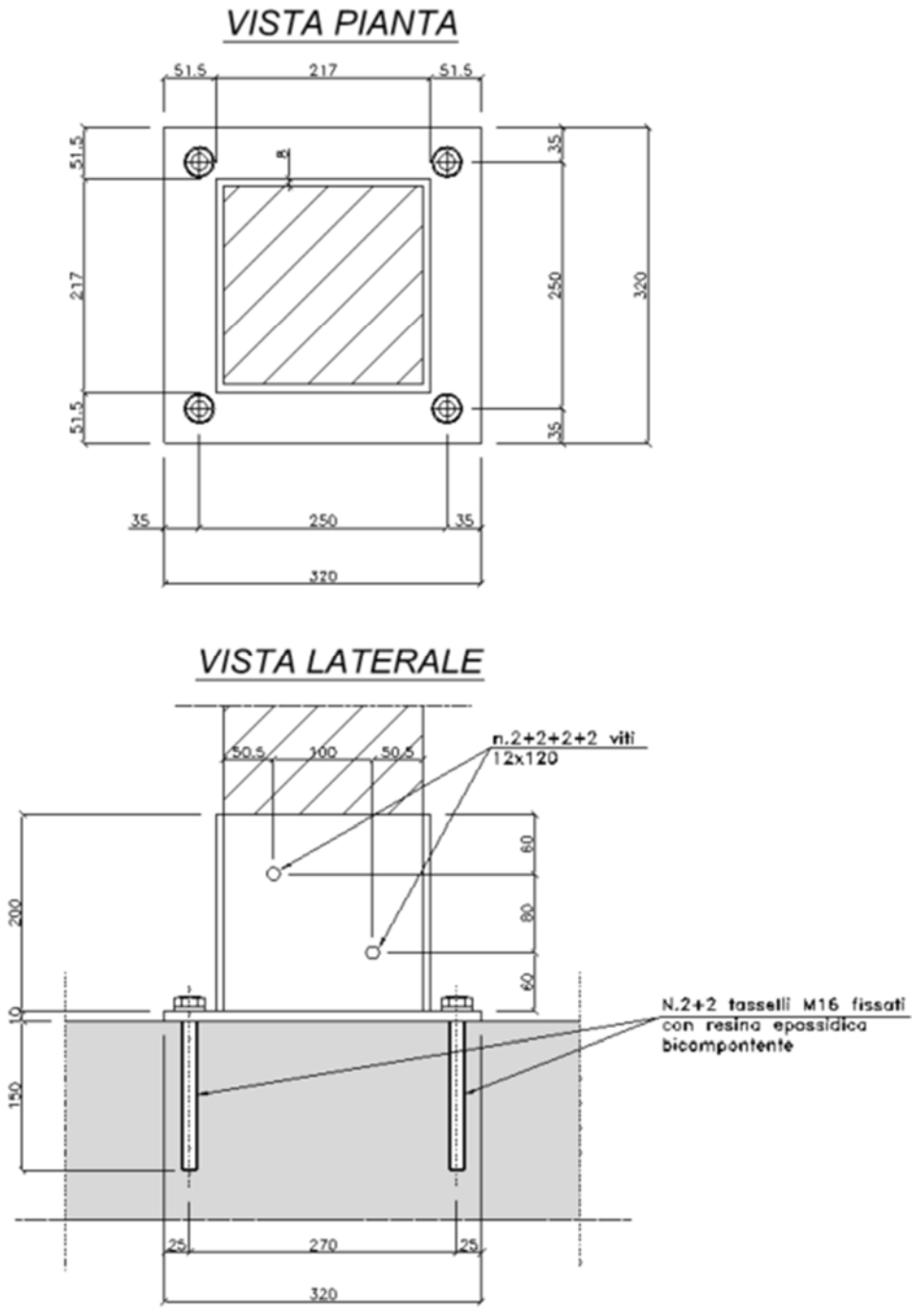
VERIFICA DI COMPRESSIONE ORTOGONALE AGLI APPOGGI NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appoggio	Descriz.	kc90	L. app.	Prof.	SLU Perm.				SLU				Rara		Trazione	Verifica
					R max	R min	σc,90,d	fc,90,d Perm	R max	R min	σc,90,d	fc,90,d	R max	R min		
2	A	1.5	22	16	629.3	484.1	1.8	8.3	2276.5	484.1	6.5	10.8	1582.2	484.1	No	Si
3	B	1.5	19	16	513	392.4	1.7	8.3	1866.8	378	6.1	10.8	1296.2	384.1	No	Si

5.3) Verifica nodo di base

Il nodo di base è realizzato con n. 4 barre M16 con ancorante chimico.

Di seguito si riportano i dettagli della verifica effettuata.



Basi della progettazione

Ancorante

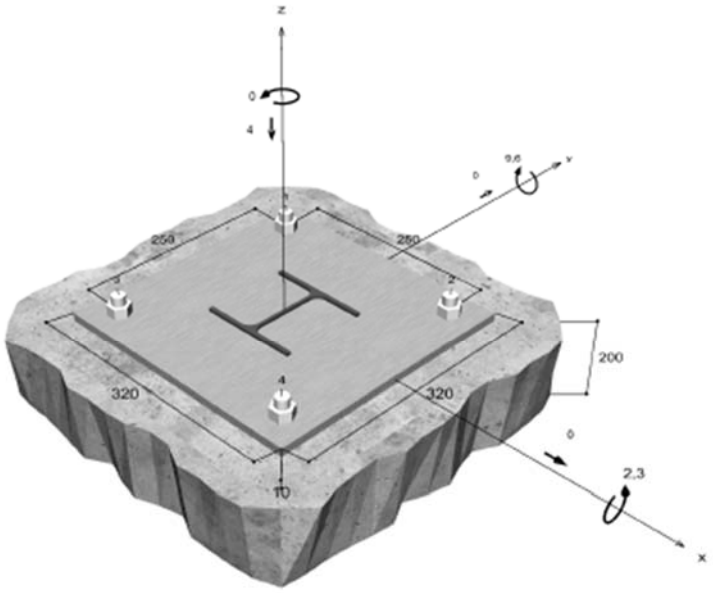
Sistema	fischer Sistema a iniezione FIS EM plus
Ancorante chimico ad iniezione	FIS EM Plus 390 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 16 x 200 R, Acciaio inossidabile, Classe di resistenza A4-70
Profondità di ancoraggio	150 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-17/0979, Opzione 1, Emesso 17/06/2020

Geometria / Carichi

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i

coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



Non in scala

Dati di input

Metodo di porgettazione	EN 1992-4:2018
Materiale di base	C20/25, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Non fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	Armatura normale o senza armatura. Senza armatura di bordo
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Tipo di carico	Sismico
Categoria di prestazione sismica	C2
Opzione sismica	Capacity design Azioni sismiche > 20% $a_{vg} \leq 0.25$ g Connessione Tipo A
Spostamenti sotto azioni sismiche	Spostamento per carico di trazione SLD 0,25 mm secondo ETA Spostamento per carico di taglio SLD 0,10 mm secondo ETA
Distanziato	Nessuna flessione Ancorante fissato sul materiale di base
Dimensioni piastra di ancoraggio	320 mm x 320 mm x 10 mm
Tipo di profilo	HEAA 120

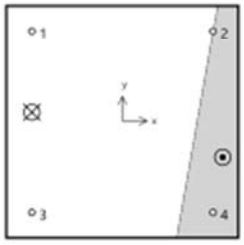
Carichi di progetto *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Tipo di carico
1	-12,00	0,00	0,00	7,70	2,60	0,00	Sismico
2	-4,00	0,00	0,00	2,30	9,60	0,00	Sismico

*) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

Risultati per le azioni decisive.

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	18,86	0,00	0,00	0,00
2	0,02	0,00	0,00	0,00
3	15,52	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00



max. deformazione a compressione del calcestruzzo :	0,19	‰
max. tensione di compressione del calcestruzzo :	5,8	N/mm²
Forza risultante di trazione :	34,40	kN , Coordinate x/y (-125 / 12)
Forza risultante di compressione :	38,40	kN , Coordinate x/y (138 / -49)

Resistenza per l'azione di trazione decisiva.

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β_N %
Rottura dell'acciaio *	18,86	54,01	34,9
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	34,40	37,94	90,7
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	34,40	61,57	55,9

* Ancorante più sfavorevole

Rottura dell'acciaio

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s,eq,C2}}{\gamma_{Ms,eq}} \quad (N_{Rd,s,eq})$$

$$N_{Rk,s,eq,C2} = \frac{\delta_{N,req,DLS}}{\delta_{N,eq,DLS}} \cdot \alpha_{eq} \cdot N_{Rk,s} = \frac{0,25mm}{0,25mm} \cdot 1,000 \cdot 101,00kN = 101,00kN$$

$N_{Rk,s,eq,C2}$ kN	$\gamma_{Ms,eq}$	$N_{Rd,s,eq}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
101,00	1,87	54,01	18,86	34,9

Ancorante n°	$\beta_{N,s}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	34,9	1	$\beta_{N,s;1}$
2	0,0	2	$\beta_{N,s;2}$
3	28,7	3	$\beta_{N,s;3}$
4	0,0	4	$\beta_{N,s;4}$

Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p,eq,C2}}{\gamma_{Mp,eq}} \quad (N_{Rd,p,eq})$$

$$N_{Rk,p,eq,C2} = \frac{\delta_{N,req,DLS}}{\delta_{N,eq,DLS}} \cdot \alpha_{eq} \cdot N_{Rk,p} = \frac{0,25mm}{0,25mm} \cdot 0,850 \cdot 66,95kN = 56,91kN$$

$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$ Equazione (5.2)

$$N_{Rk,p} = 43,73kN \cdot \frac{427.500mm^2}{202.500mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,124 \cdot 0,645 \cdot 1,000 = 66,95kN$$

$$N^0_{Rk,p} = \Psi_{sus} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = 1,00 \cdot \pi \cdot 16mm \cdot 150mm \cdot 5,8N/mm^2 = 43,73kN$$ Equazione (5.2a)

$$\Psi_{sus} = 1,00$$ Equazione (7.14a)

$$s_{cr,Np} = min\left(7,3 \cdot d \cdot \left(\Psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,ucr}\right)^{0,5} ; 3 \cdot h_{ef}\right)$$ Equazione (5.2c)

$$s_{cr,Np} = min\left(7{,}3 \cdot 16mm \cdot \left(1{,}00 \cdot 17{,}0N/mm^2\right)^{0{,}5};\ 3 \cdot 150mm\right) = 450mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{450mm}{2} = 225mm$$ Equazione (5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{225mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Equazione (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi^0_{g,Np} - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot \left(\Psi^0_{g,Np} - 1\right) = 1{,}486 - \sqrt{\frac{250mm}{450mm}} \cdot \left(1{,}486 - 1\right) = 1{,}124 \geq 1$$ Equazione (5.2f)

$$\Psi^0_{g,Np} = \sqrt{n} - \left(\sqrt{n} - 1\right) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1{,}5}$$ Equazione (5.2g)

$$\Psi^0_{g,Np} = \sqrt{3} - \left(\sqrt{3} - 1\right) \cdot \left(\frac{5{,}8N/mm^2}{12{,}0N/mm^2}\right)^{1{,}5} = 1{,}486 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2c_{ac}}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 0{,}730 \cdot 0{,}884 = 0{,}645 \leq 1$$ Equazione (5.2h)

$$\Psi_{ec,Npz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 83mm}{450mm}} = 0{,}730 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 30mm}{450mm}} = 0{,}884 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = 1{,}000$$ Equazione (5.2i)

$N_{Rk,p,eq,C2}$ kN	Ψ_o	$\gamma_{Mp,eq}$	$N_{Rd,p,eq}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,p}$ %
56,91	1,000	1,50	37,94	34,40	90,7

Ancorante n°	$\beta_{N,p}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3	90,7	1	$\beta_{N,p;1}$

Rottura per formazione del cono di calcestruzzo

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c,eq,C2}}{\gamma_{Mc,eq}} \qquad (N_{Rd,c,eq})$$

$$N_{Rk,c,eq,C2} = \frac{\delta_{N,req,DLS}}{\delta_{N,eq,DLS}} \cdot \alpha_{eq} \cdot N_{Rk,c} = \frac{0{,}25mm}{0{,}25mm} \cdot 0{,}750 \cdot 123{,}13kN = 92{,}35kN$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 90{,}37kN \cdot \frac{427.500mm^2}{202.500mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 0{,}645 \cdot 1{,}000 = 123{,}13kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1{,}5} = 11{,}0 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(150mm\right)^{1{,}5} = 90{,}37kN$$ Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{225mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Equazione (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2c_a}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 0{,}730 \cdot 0{,}884 = 0{,}645 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$$\Psi_{ec,Nz} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 83mm}{450mm}} = 0{,}730 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 30mm}{450mm}} = 0{,}884 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$

Equazione (7.7)

$N_{Rk,o,eq,C2}$ kN	$\gamma_{Mo,eq}$	$N_{Rd,o,eq}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,o}$ %
92,35	1,50	61,57	34,40	55,9

Ancorante n°	$\beta_{N,o}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3	55,9	1	$\beta_{N,c;1}$

Resistenza per la combinazione di carico decisiva.

$$\beta_N = \beta_{N,gl} = 0{,}91 \leq 1$$ Verifica soddisfatta

Combinazioni di carico non decisive.

#	N_{Ed} kN	$V_{Sd,x}$ kN	$V_{Sd,y}$ kN	$M_{Sd,x}$ kNm	$M_{Sd,y}$ kNm	$M_{T,Sd}$ kNm	Tipo di carico	β_N %	β_V %	β %
1	-12,00	0,00	0,00	7,70	2,60	0,00	Sismico	60,59	0,00	0,00

Da cui deriva che la trazione nel tassello è pari a:

$N_{\text{Ed}} = 18{,}9$ kN

Considerando un'eccentricità di 25 mm, il momento agente sulla piastra è pari a:

$M_{\text{Ed}} = 18{,}9$ kN $\times\ 0{,}025$ m $= 0{,}47$ kNm

Il modulo resistente plastico della piastra (80 mm × 10 mm) risulta:

$$W_{\text{pl}} = \frac{80 \times 10{,}0^2}{4} = 2.000 \text{ mm}^3$$

Il momento flettente resistente della piastra è pari a:

$$M_{\text{Rd,pl}} = 2.000 \text{ mm}^3 \times \frac{275}{1{,}05}\frac{N}{\text{mm}^2} \times 10^{-6} = 0{,}52 \text{ kNm}$$

Il rateo di utilizzo è:

$$RATEO = \frac{0{,}47}{0{,}52} = 0{,}90$$

Villa Carcina, 13/03/2024

IL PROGETTISTA

Ing. Daniele Saleri

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BRESCIA
A 5544 Ingegnere DANIELE SALERI Civile ed Ambientale