



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI L'AQUILA
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso in:

PROGETTARE CON L'ACCIAIO
IN ZONA SISMICA

Resp. Scientifico: Prof. Raffaele Landolfo
Coordinamento: Prof. Dante Galeota

Con il contributo di:



Modulo 4: Progetto di un edificio monopiano ad uso industriale in zona sismica

Lezione 10: Verifiche e disegni costruttivi

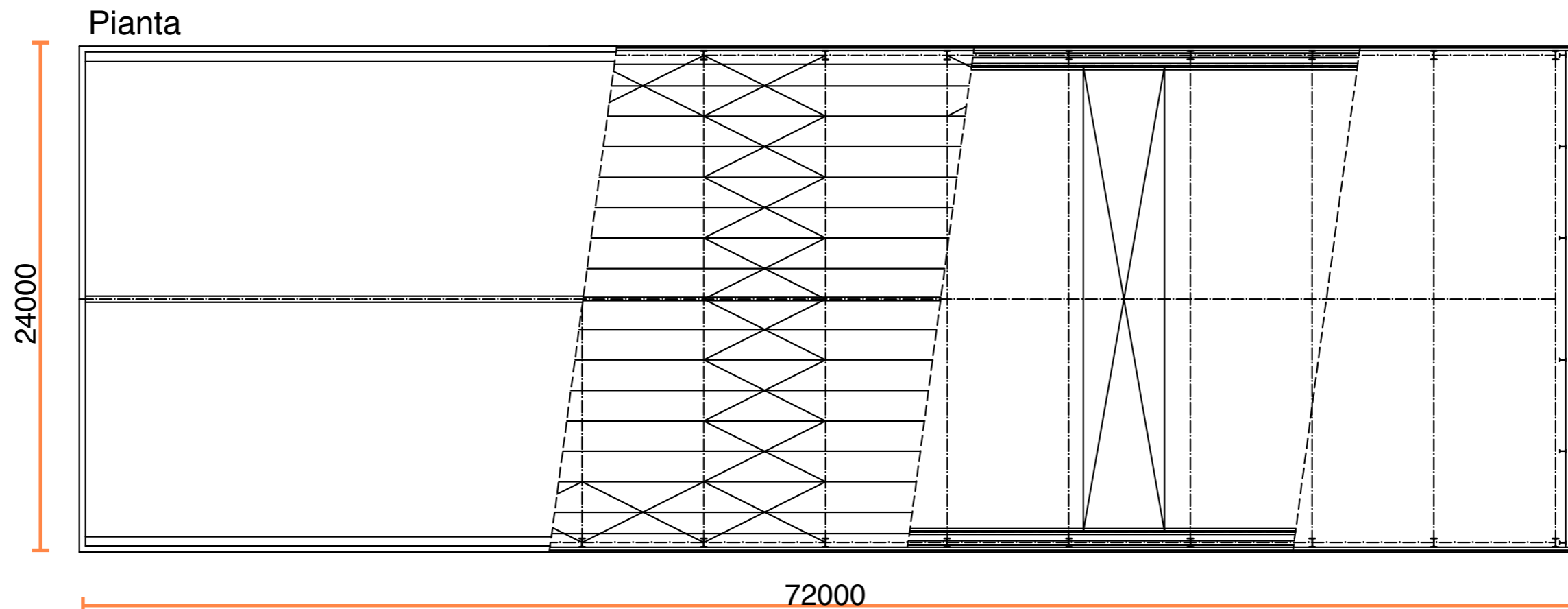
L'Aquila 4 giugno 2010

Ing. Oreste Mammana
o.mammana@unina.it

1. Descrizione dell'edificio e del sistema strutturale
2. Filosofia di misura della sicurezza e normativa di riferimento
 - 2.1. Metodologia di misura della sicurezza
 - 2.2. Quadro normativo
3. Modello strutturale
 - 3.1. Modello geometrico
 - 3.2. Modello delle azioni
 - 3.3. Modello meccanico
4. Analisi strutturale
5. Controllo teorico - verifiche
 - 5.1. Verifica dello SLU
 - 5.2. Verifica dello SLE
6. Conclusioni

Descrizione dell'edificio

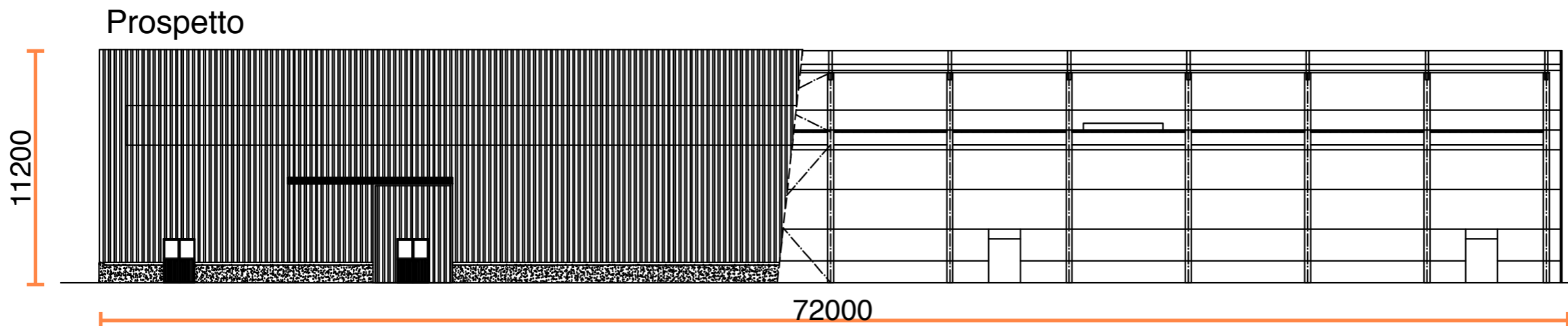
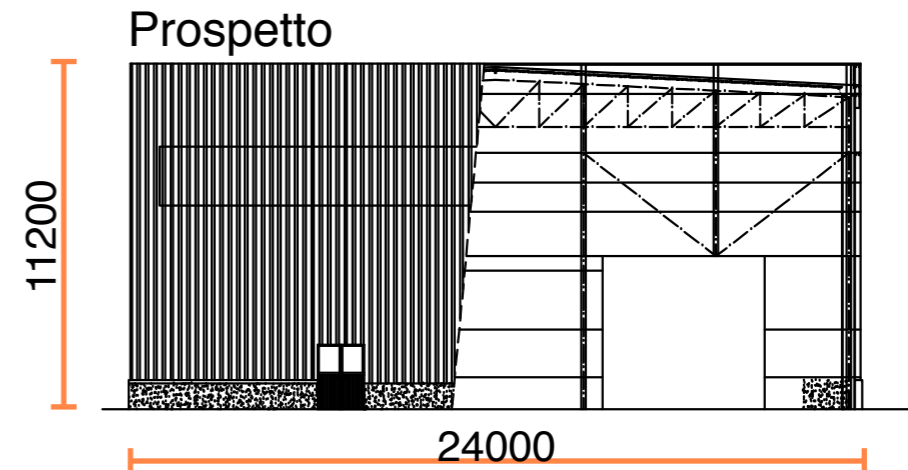
L'edificio monopiano oggetto di studio è caratterizzato da dimensioni planimetriche di 24.00m x 72.00m.



Descrizione dell'edificio

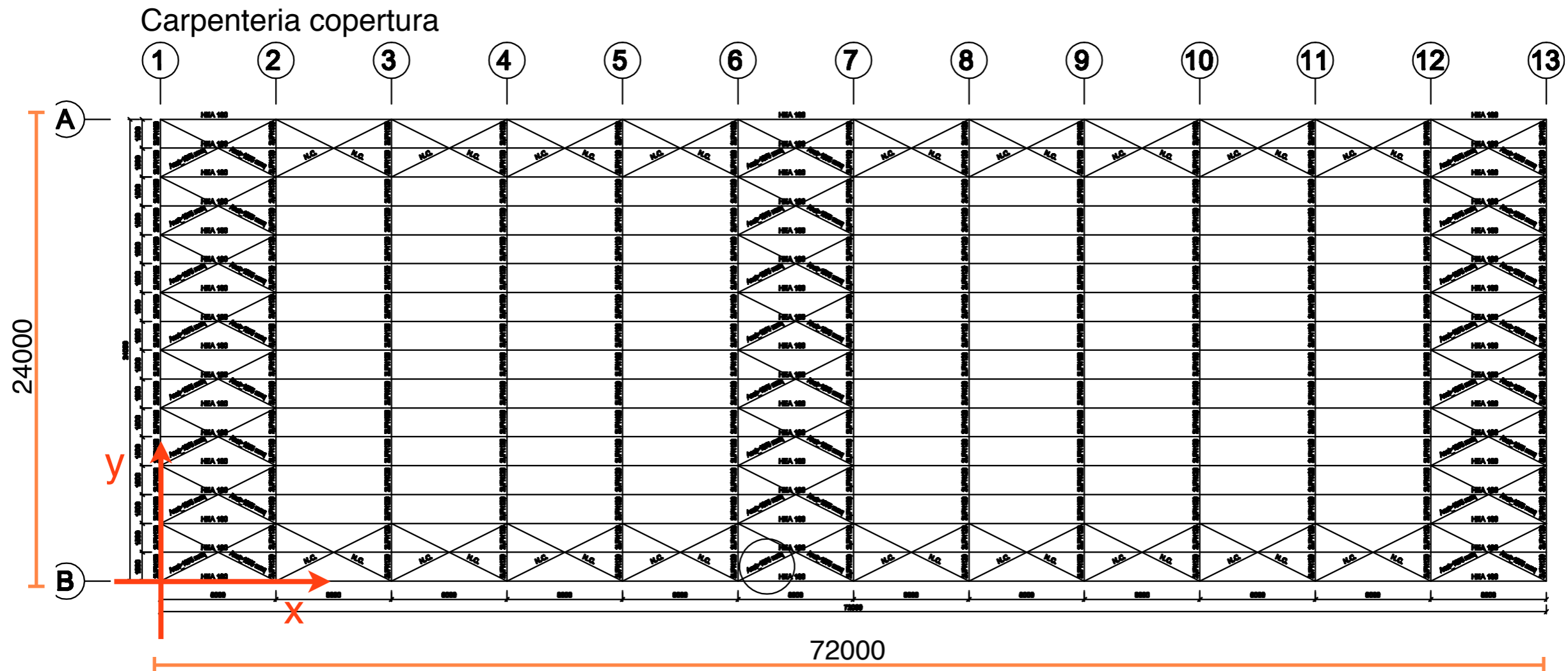
L'altezza massima è di 10,60 m in gronda e di 11,20 m al colmo con una pendenza della copertura pari al 5%.

Il sistema strutturale principale è realizzato con membrature di acciaio.



L'involucro è realizzato con pannelli sandwich di tipo metallico, grecato e precoibentato con isolamento in poliuretano

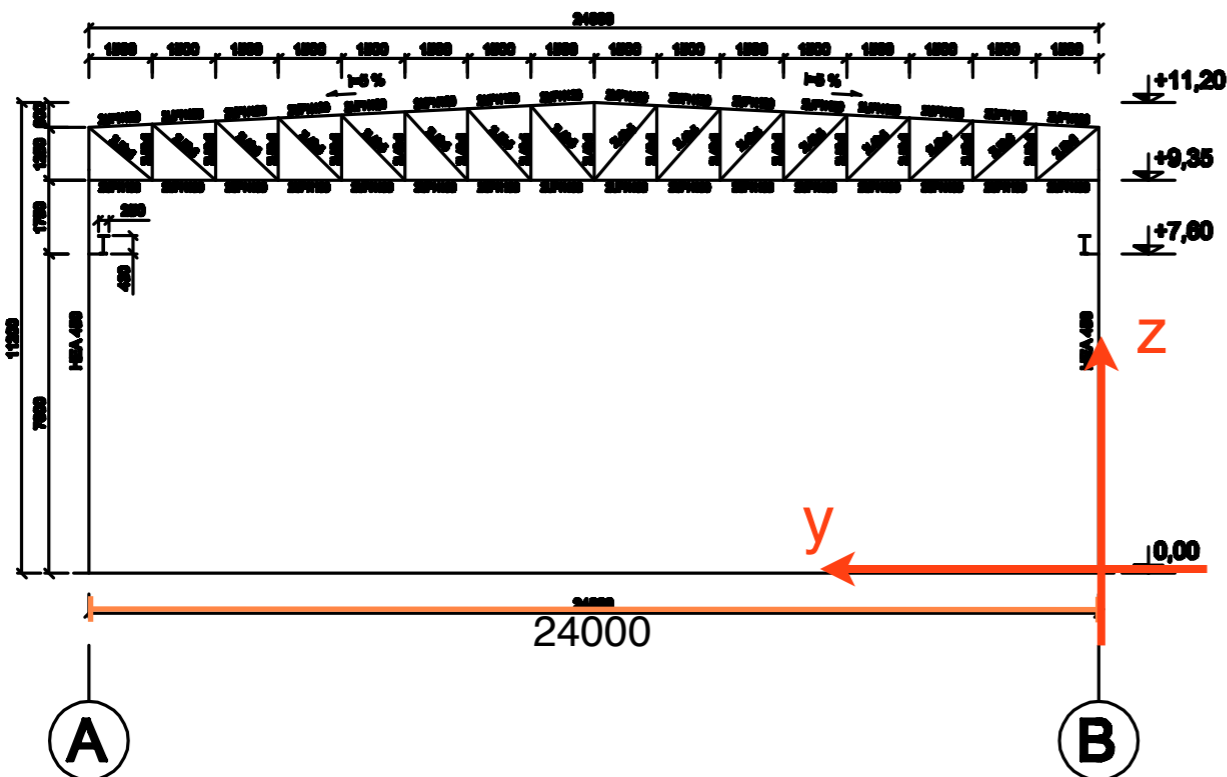
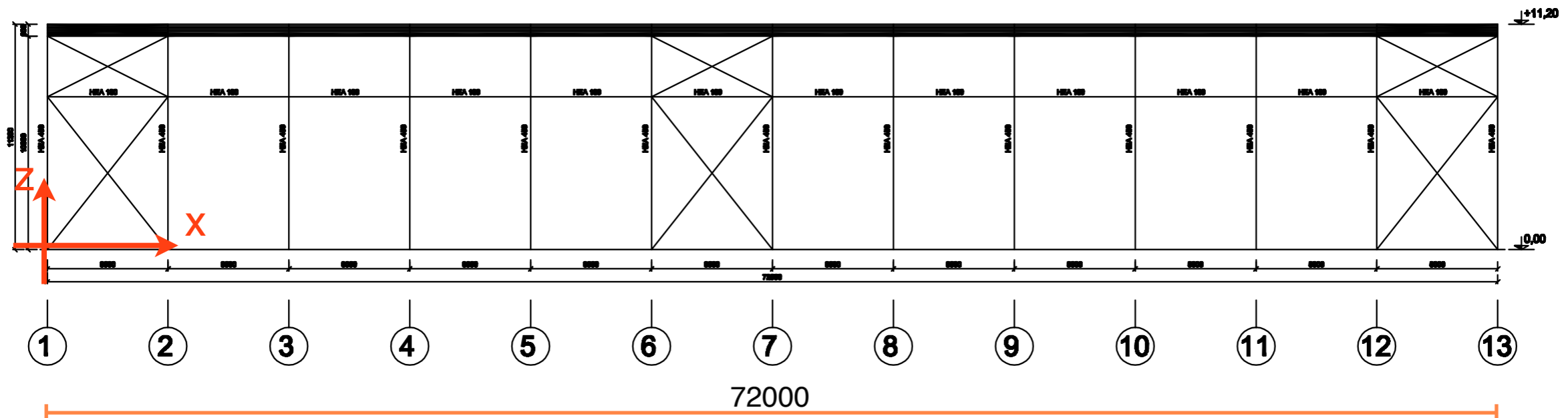
Descrizione del sistema strutturale



Il sistema strutturale è costituito da 13 portali tra loro paralleli disposti ad interasse di 6.00m.

Le azioni gravitazionali agenti sui pannelli sandwich del sistema di copertura vengono trasferite agli arcarecci i quali, a loro volta, le trasferiscono alle travi reticolari in corrispondenza dei nodi.

Descrizione del sistema strutturale



Ciascun portale è costituito da due colonne chiamate a riportare al sistema di fondazione le azioni ad esse trasferite dalle travi reticolari

Il sistema sismo-resistente è a telaio in direzione y (trasversale) ed a controventi lungo la direzione x (logitudinale).

Metodologia di misura della sicurezza

La valutazione del livello di sicurezza della struttura è eseguita adottando quale metodo di verifica quello **semiprobabilistico agli stati limite**, il quale prevede il controllo dei seguenti macrogruppi di stati limite:

Stati Limite Ultimi (SLU):

corrispondono ad uno stato di danneggiamento tale da compromettere l'incolumità delle persone e l'integrità delle cose

Stati Limite di Esercizio (SLE):

corrispondono a stati di danneggiamento tali da compromettere la normale fruizione della struttura, o l'eccessivo danneggiamento delle parti non strutturali

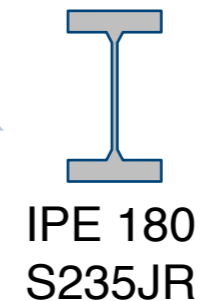
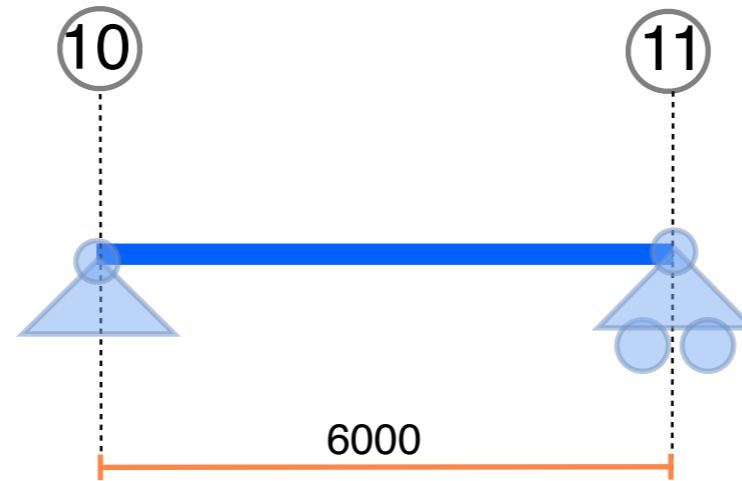
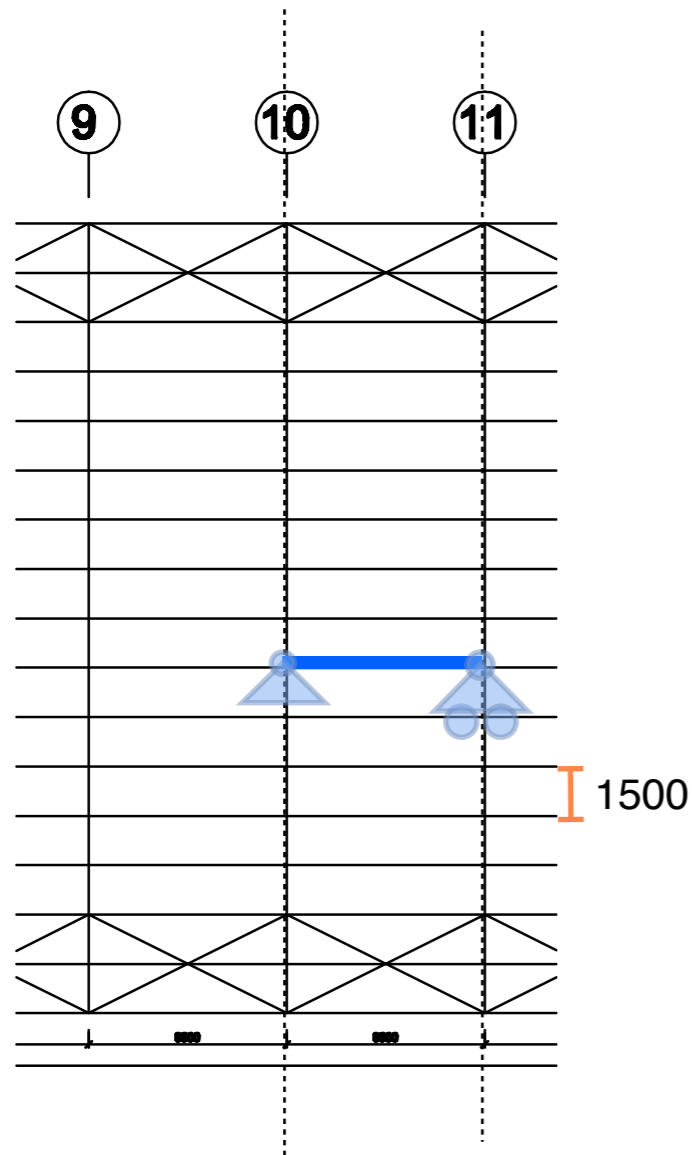
Per ognuno di essi la valutazione della sicurezza consiste nel verificare che la risposta del sistema strutturale, in termini di sollecitazioni e deformazioni generalizzate, sia compatibile con la capacità della stessa.

Normativa di riferimento

1. **D.M. 14 gennaio 2008.** *Norme Tecniche per le Costruzioni. 2008.*
2. **CIRCOLARE 2 febbraio 2009 n. 617.** *Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)*
3. **UNI EN 1993-1-1:2005.** *Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici. 2005.*
4. **UNI EN 1998-1:2005.** *Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.*

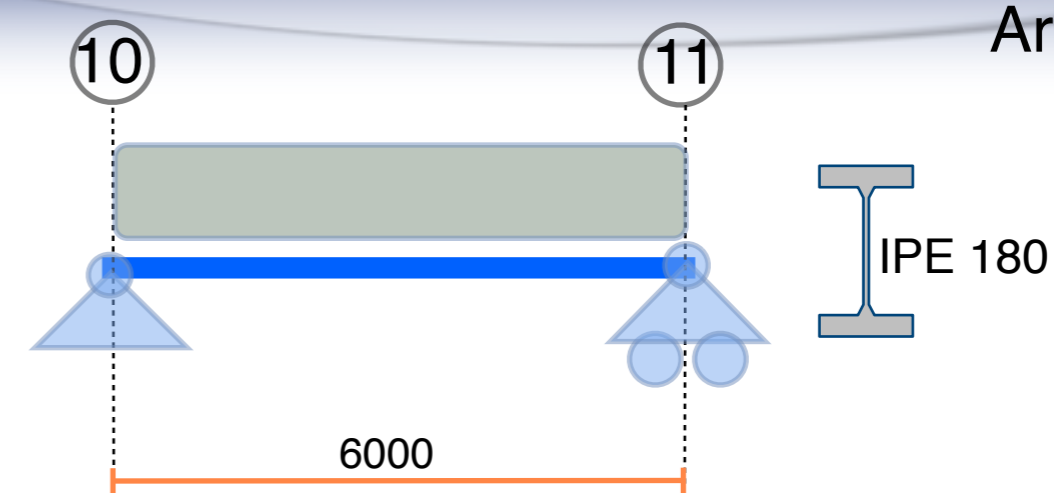
Modello strutturale

Modello geometrico, meccanico
Arcarecci



$b = 91.0\text{mm}$
 $h = 180.0\text{mm}$
 $t_w = 5.3\text{mm}$
 $t_f = 8.0\text{mm}$
 $I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $W_{pl,y} = 163.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Le condizioni di vincolo tra gli arcarecci ed i nodi del correte superiore delle travi reticolari sono tali da poter schematizzare il singolo arcareccio come con un modello geometrico di trave appoggiata-appoggiata



Azioni permanenti

peso proprio degli elementi strutturali

Le azioni gravitazionali sono determinate adottando per l'acciaio una densità pari a $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

pannelli di copertura

pannelli sandwich con peso riferito all'unità di superficie pari a 0.114 kN/m^2

$$G_1 = 0.188 \text{ kN/m}$$

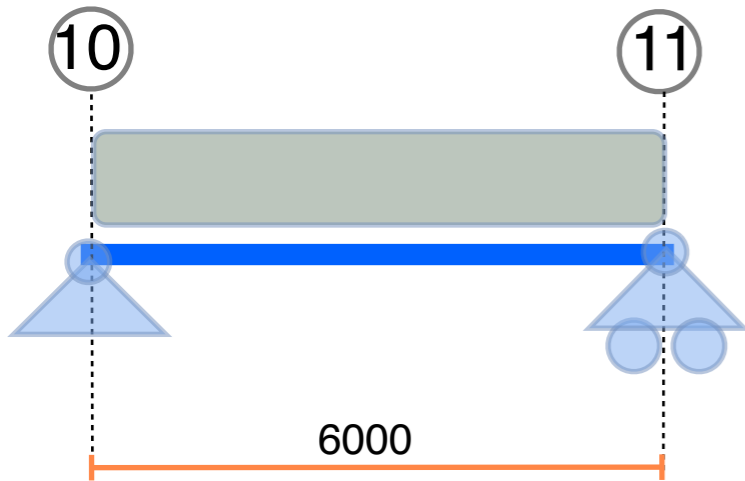
$$\begin{aligned} G_2 &= 0.114 \text{ kN/m}^2 \cdot i_{arc} = \\ &= 0.114 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1.5 \text{ m}}{\cos 5^\circ} = \\ &= 0.171 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Azioni variabili

azioni dovute alla neve

NTC08, zona I-Med., $a_s: q_{sk} = 1.95 \text{ kN/m}^2$,
 $q_{s1} = 1.56 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} Q_s &= q_{s1} \cdot i_{arc} = \\ &= 1.56 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.5 \text{ m} = \\ &= 2.34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



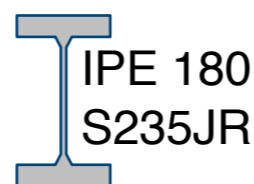
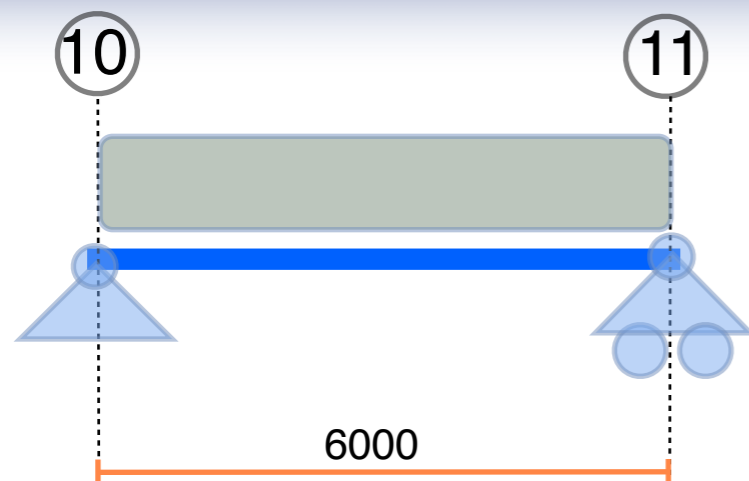
$$\begin{aligned} F_{d,SLU} &= 1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q_{k,s} = \\ &= 1.3 \cdot 0.188 + 1.3 \cdot 0.171 + 1.5 \cdot 2.34 = \\ &= 3.98 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$M_{y,Ed,max} = 18 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed,max} = 12 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_{d,SLUE} &= G_1 + G_2 + 1.5Q_{k,s} = \\ &= 0.188 + 0.171 + 2.34 = 2.70 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$v_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{qL^4}{EI} = 17\text{mm} = \frac{L}{364}$$



Capacità a flessione:

ipotizzando che pannelli di copertura siano tali da vincolare la membratura fuori dal piano d'inflessione della stessa

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 37 \text{ kNm} > M_{y,Ed,max} = 18 \text{ kNm}$$

Capacità a taglio:

$$A_{v,z} = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 1120 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_{v,z} (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} =$$

$$= 145 \text{ kN} > V_{z,Ed,max} = 12 \text{ kN}$$

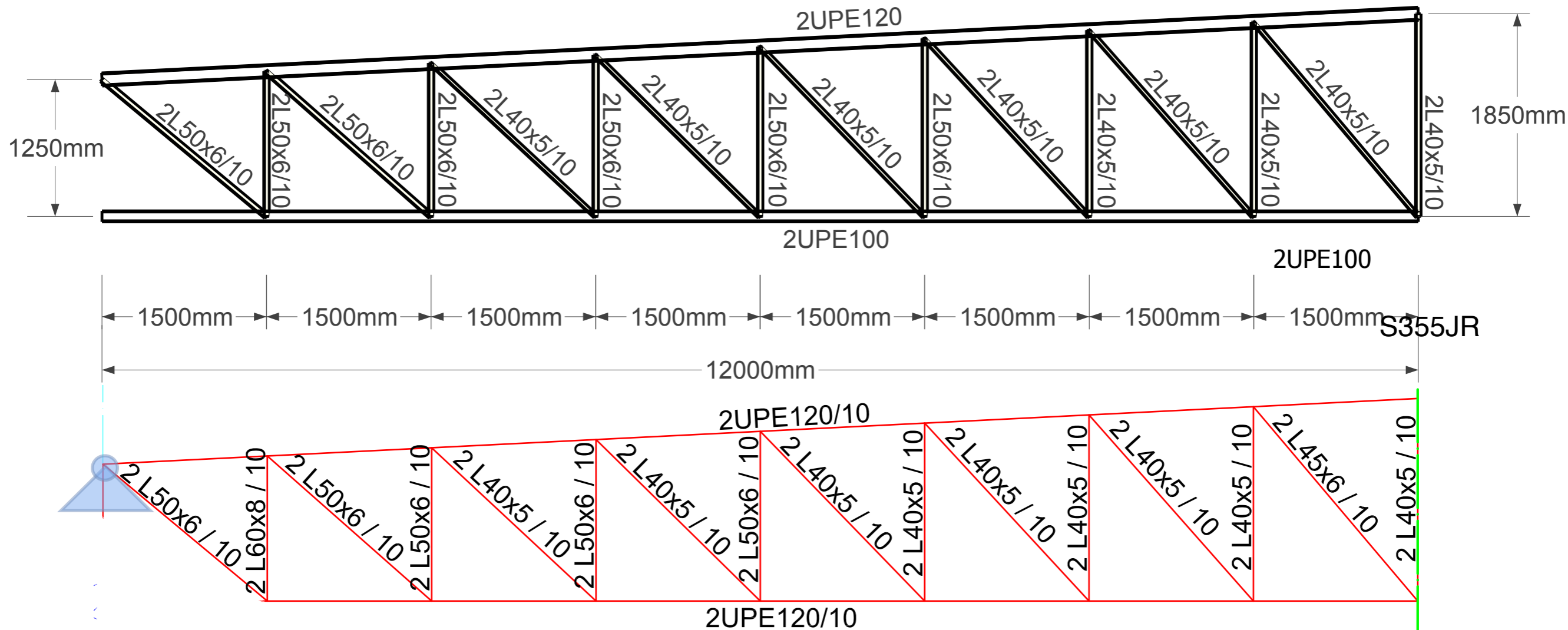
Deformabilità:

$$v_{max} = 17 \text{ mm} = \frac{L}{364} < \frac{L}{200}$$

Modello strutturale

Modello geometrico, meccanico

Trave reticolare

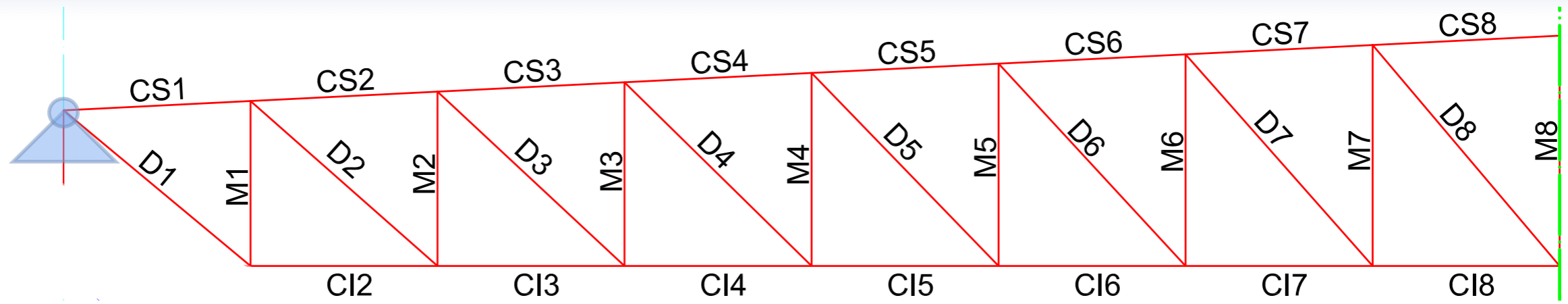


Nome	A [cm ²]	h [mm]	b [mm]	t _w [mm]	t _f [mm]	I _{yy} [cm ⁴]	I _{xx} [cm ⁴]
2UPE120	29.60	120.00	130.00	5.00	8.00	696.90	298.90
2L60X6/10/	13.82	60.00	130.00	6.00	6.00	45.58	111.70
2L50X6/10/	11.39	50.00	110.00	6.00	6.00	25.68	68.77
2L45X5/10/	8.61	45.00	100.00	5.00	5.00	15.68	42.92
2L40X5/10/	7.58	40.00	90.00	5.00	5.00	10.85	31.78

Modello strutturale

Analisi strutturali, verifiche

Trave reticolare



ID	Profilo	Comb.	N_{sd} [kN]	$N_{pl,Rd}$ [kN]	N_{cr} [kN]	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	s
CI1	2UPE120	Fd_SLU_12	0	1001	2753	0.77	775	0.00
CI2	2UPE120	Fd_SLU_12	212	1001	2753	0.77	775	0.21
CI3	2UPE120	Fd_SLU_12	375	1001	2753	0.77	775	0.37
CI4	2UPE120	Fd_SLU_12	494	1001	2753	0.77	775	0.49
CI5	2UPE120	Fd_SLU_12	579	1001	2753	0.77	775	0.58
CI6	2UPE120	Fd_SLU_12	634	1001	2753	0.77	775	0.63
CI7	2UPE120	Fd_SLU_12	661	1001	2753	0.77	775	0.66
CI8	2UPE120	Fd_SLU_12	664	1001	2753	0.77	775	0.66
CS1	2UPE120	Fd_SLU_12	-213	1001	2746	0.77	775	0.27
CS2	2UPE120	Fd_SLU_12	-375	1001	2746	0.77	775	0.48
CS3	2UPE120	Fd_SLU_12	-495	1001	2746	0.77	775	0.64
CS4	2UPE120	Fd_SLU_12	-580	1001	2746	0.77	775	0.75
CS5	2UPE120	Fd_SLU_12	-634	1001	2746	0.77	775	0.82
CS6	2UPE120	Fd_SLU_12	-662	1001	2746	0.77	775	0.85

$$s_y = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y A f_y}{\gamma_{M1}}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

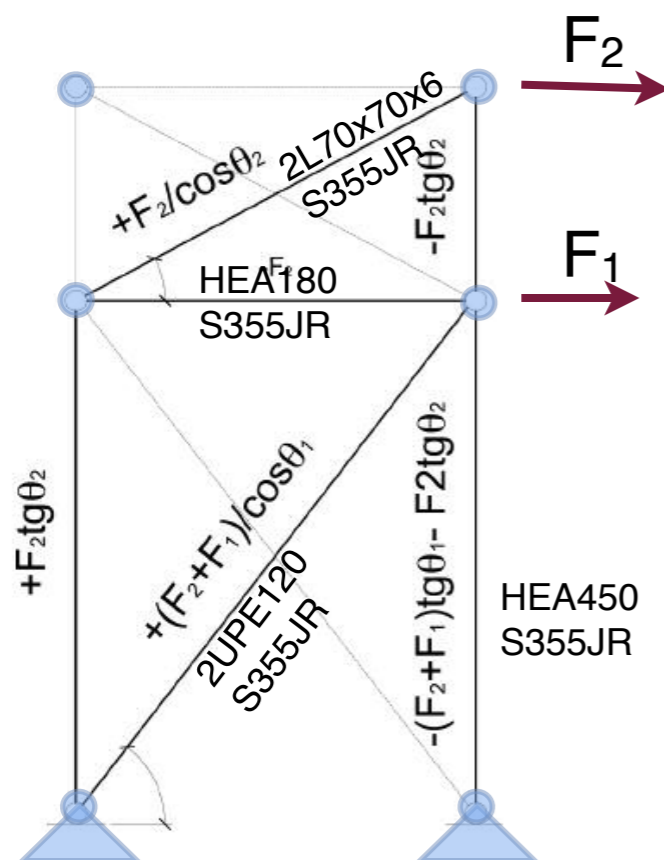
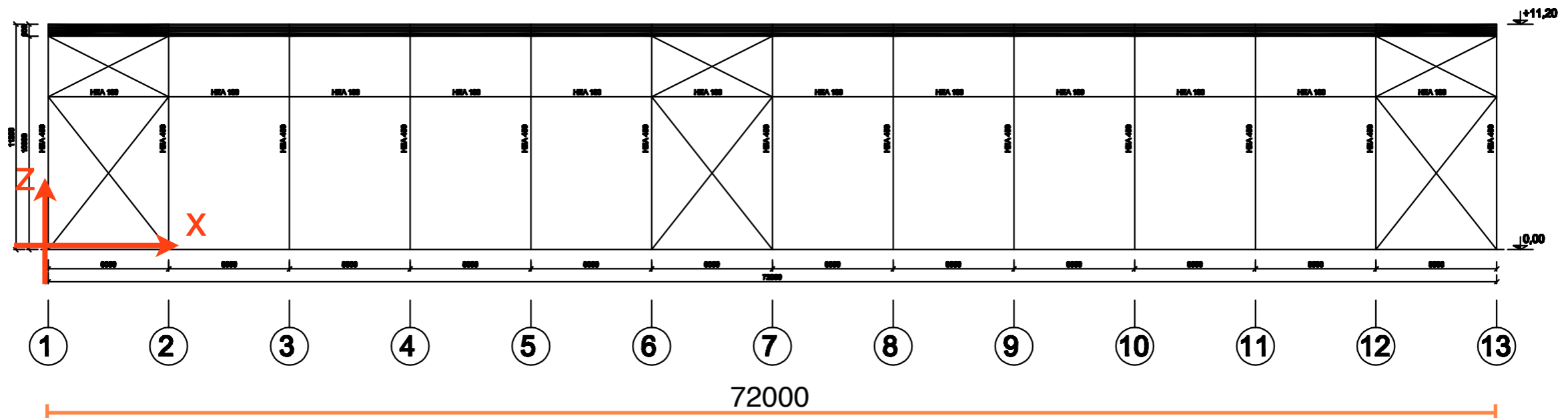
$$\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Modello strutturale

Modello geometrico, meccanico

Controventi verticali



Il sistema fisico reale può essere schematizzato con un modello geometrico costituito da un insieme di aste incernierate nei nodi.

Le sollecitazioni assiali possono essere determinate in funzione delle azioni applicate in base a considerazioni di equilibrio

Le azioni agenti sui controventi sono sia di tipo gravitazionale che sismico.

Il calcolo delle azioni sismiche che competono ai singoli controventi verticali possono essere determinate valutando le forze sismiche totali agenti sull'intero fabbricato ed operando una ripartizione tra gli stessi controventi.

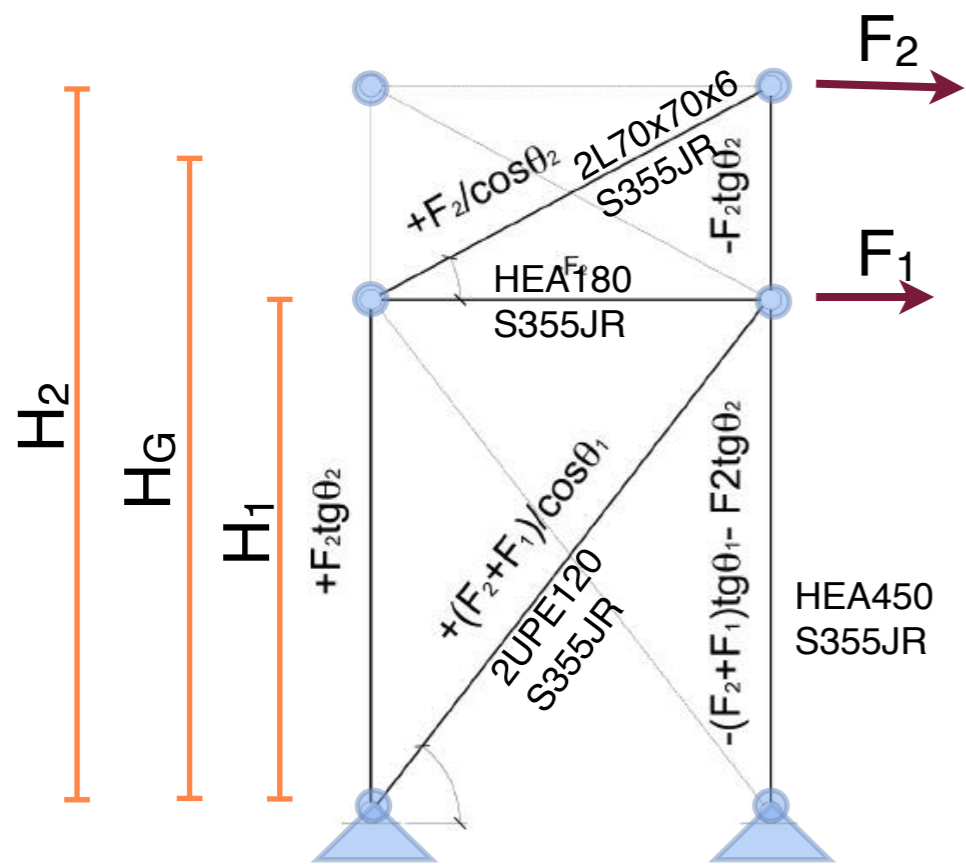
In condizioni sismiche si considerano presenti le masse relative a:

– peso proprio reticolare	= 0.106 kN/m ²
– permanenti copertura e arcarecci	= 0.262 kN/m ²
– neve ($\Psi_{2i} = 0.20$)	= 1.56 kN/m ²
– peso trave ponte + carrello	= 80.7+5.9 = 86.60 kN

Modello strutturale

Modello delle azioni

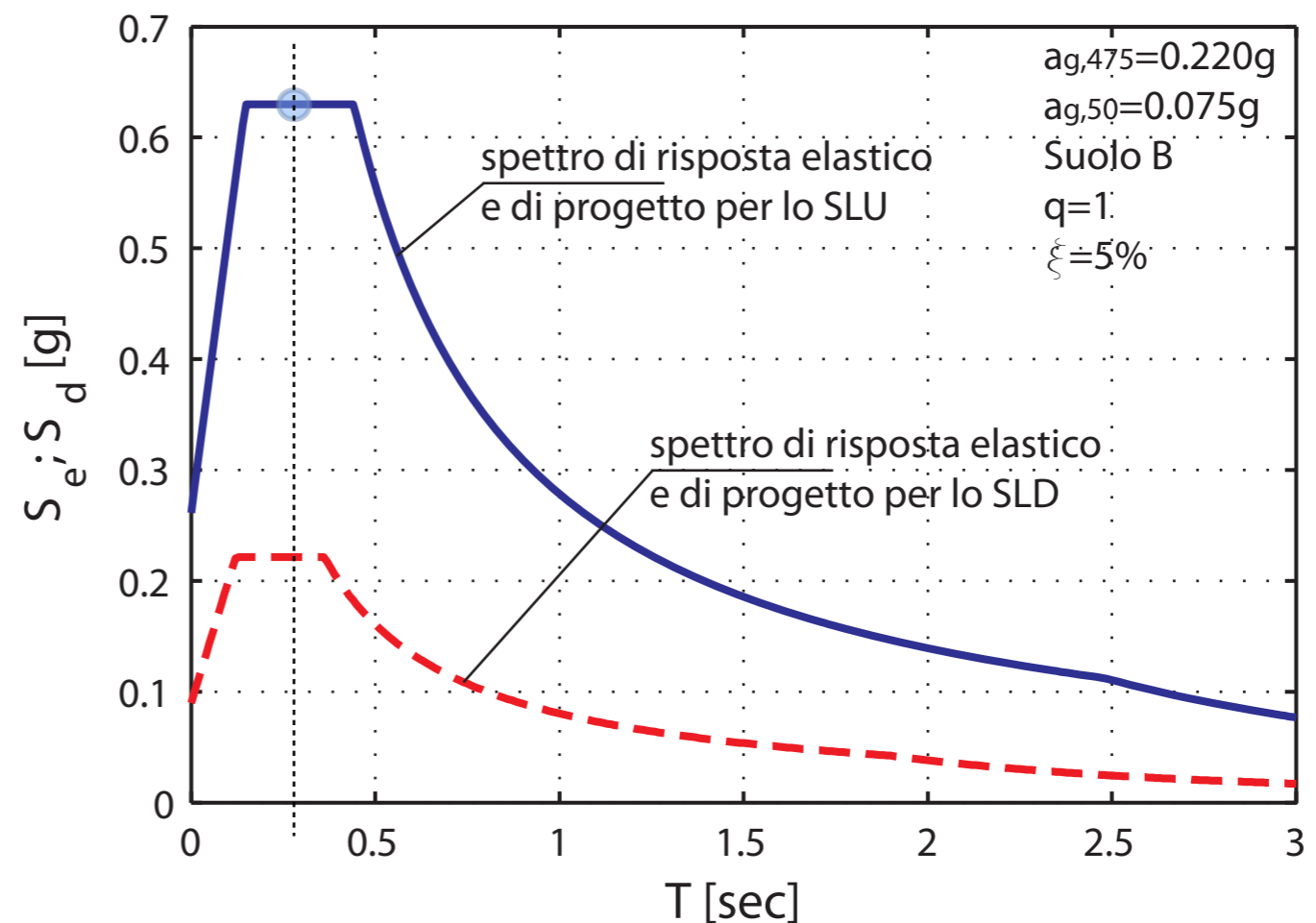
Controventi verticali



vista l'elevata rigidezza del sistema struttura in direzione longitudinale si assume quale valore di accelerazione quello massimo dello spettro di risposta elastico

$$F_{si} = a \cdot M_i \cdot \frac{H_i}{H_G}$$

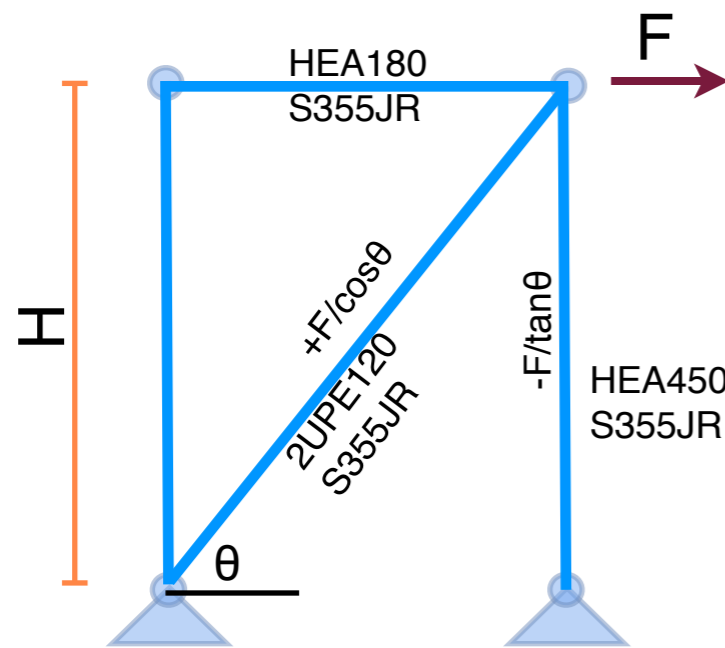
$$H_G = \frac{\sum M_i H_i}{\sum M_i}$$



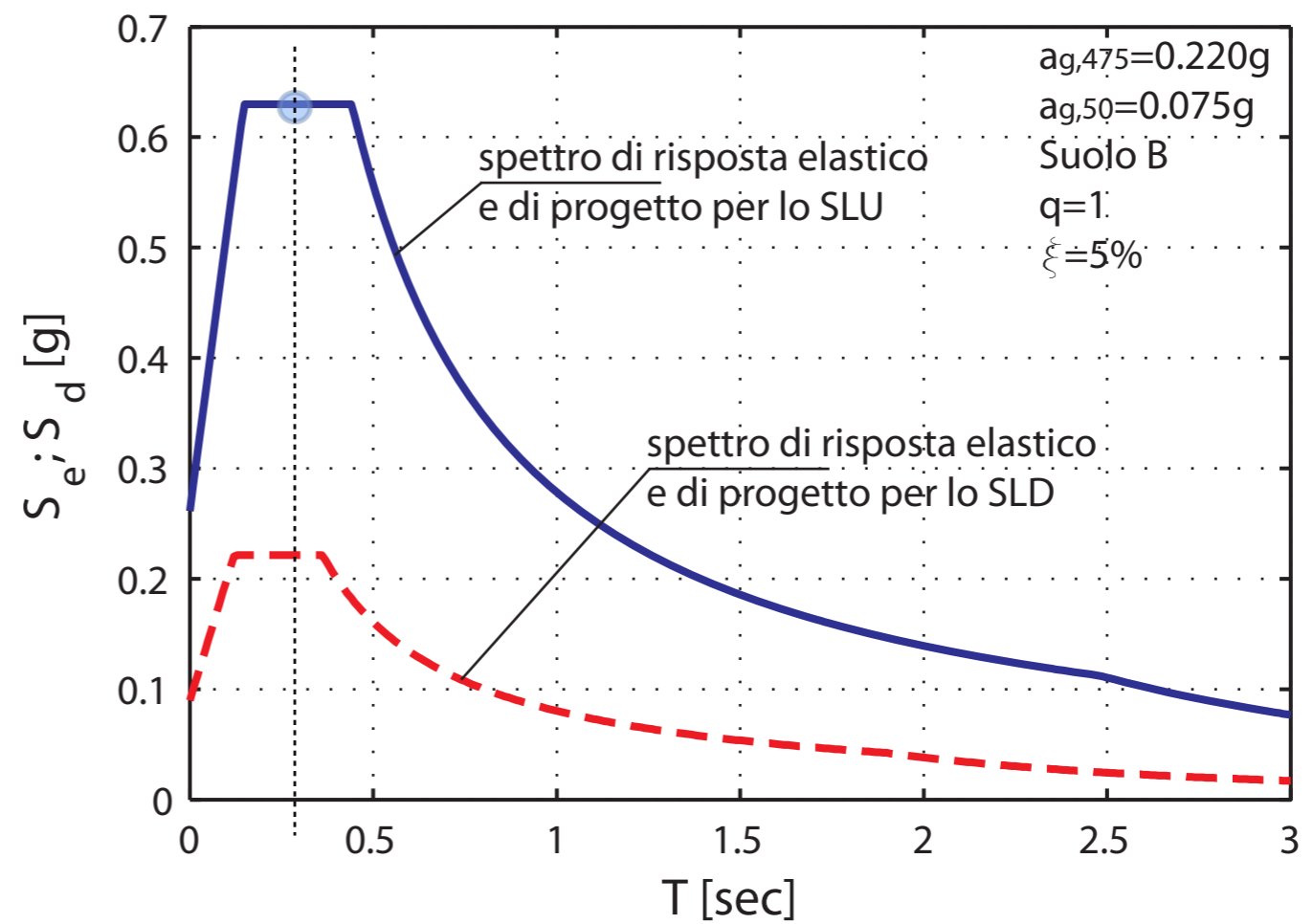
Modello strutturale

Modello delle azioni

Controventi verticali in assenza di carroponete

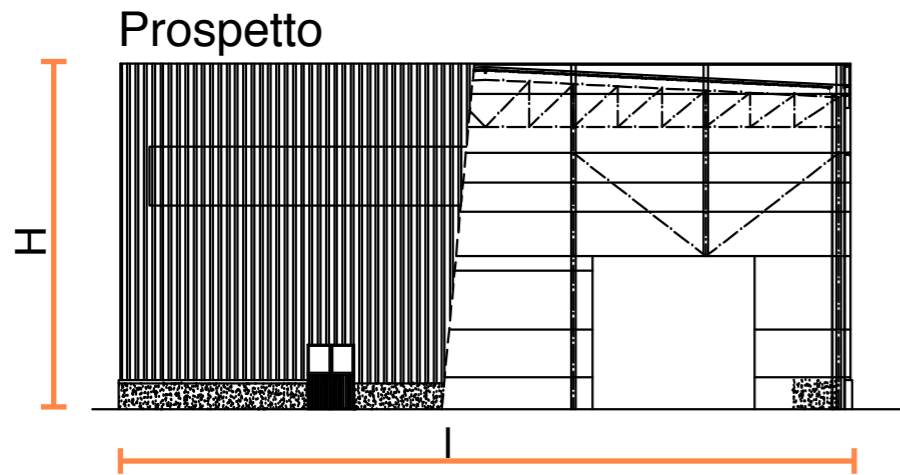


$$F_{si} = a \cdot M_i$$



vista l'elevata rigidezza del sistema struttura in direzione longitudinale si assume quale valore di accelerazione quello massimo dello spettro di risposta elastico

Caratteristiche geometriche dell'edificio da studiare



$$l = 16000 + 500 \cdot N_c \quad [\text{mm}]$$

$$H = 6000 + 100 \cdot N_n \quad [\text{mm}]$$

$$L = 48000 + 1000 \cdot N_c \quad [\text{mm}]$$

N_n : numero di lettere del nome

N_c : numero di lettere del cognome

