



**Progettare con l'acciaio in zona sismica**  
**Concezione strutturale**

**Prof. Andrea Dall'Asta**

*ProCAM – Dip. di Progettazione e Costruzione dell'Ambiente - Facoltà di Architettura-Università di Camerino*

# Aspetti generali

- Processo
  - Produzione industriale (semilavorati)
  - Lavorazioni in officina
  - Sequenze di montaggio e trasporto
  - Protezioni ed elementi secondari
- Riduzione permanenti
- Durabilità
- Riciclabile
- Semplicità di calcolo (verifica)
- Complessità concezione strutturale

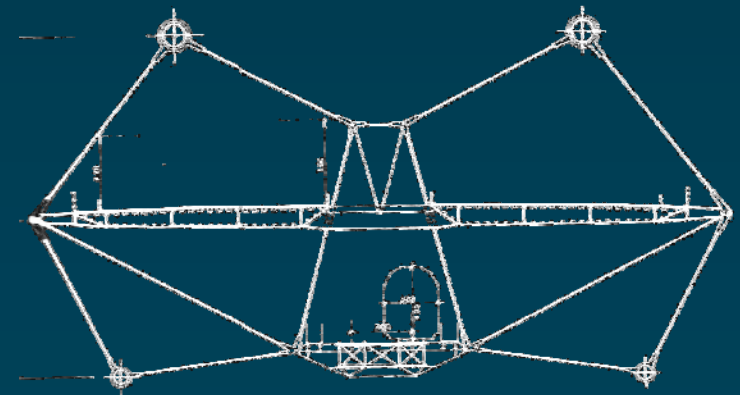
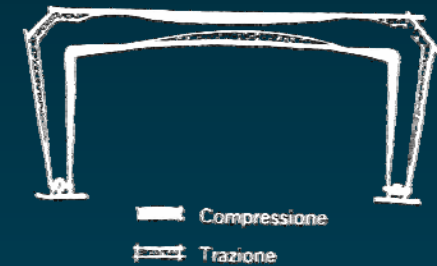
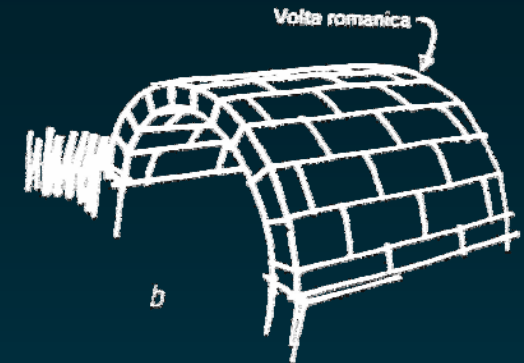


# Il materiale

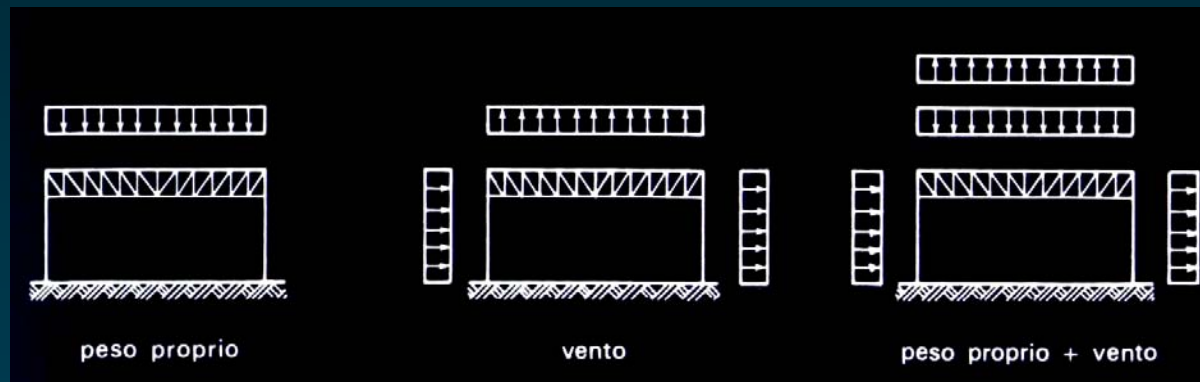
## Caratterizzazione

– Resistenza specifica	$\sigma_R / \gamma$	Cls	acciaio
– Rigidezza specifica	$E / \gamma$	1-2	5-13
– Duttilità	$\varepsilon_R / \varepsilon_y$	1.2	2.6
		2-3	>50

- Resistenza
- Stabilità
- Deformabilità
- Calcolo plastico (*Th. Statico*)



- Azioni
  - Inversione gerarchia permanenti-accidentali
  - Sollecitazioni alternate



*Az. Verticali copertura*

*Perm.c.a.=400 Kg/mq      perm. Acc.=30 Kg/mq      neve 130 Kg/mq      vento -40kg/mq*

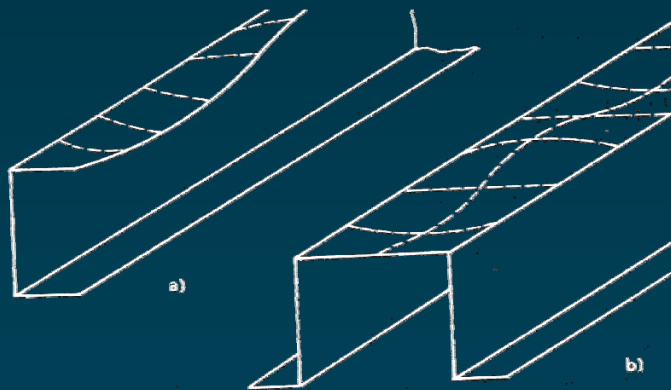
*Az. Orizzontali piano*

*Sisma c.a. 80 kg/mq (sup.)      Sisma acc 10 kg/mq (sup.)      vento 50 kg/mq (facciata)*

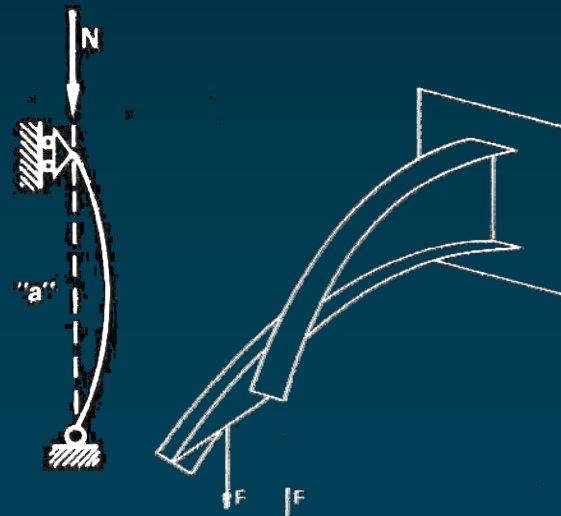
# Concezione strutturale

- Stabilità

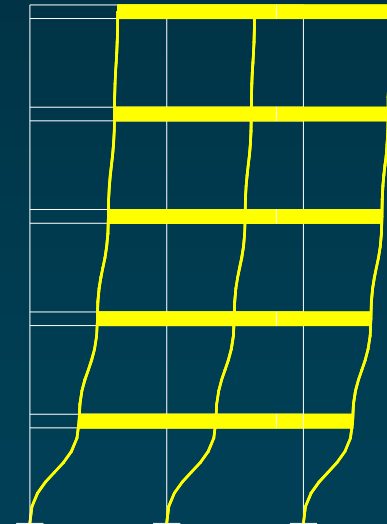
## Stabilità locale



## Stabilità elemento

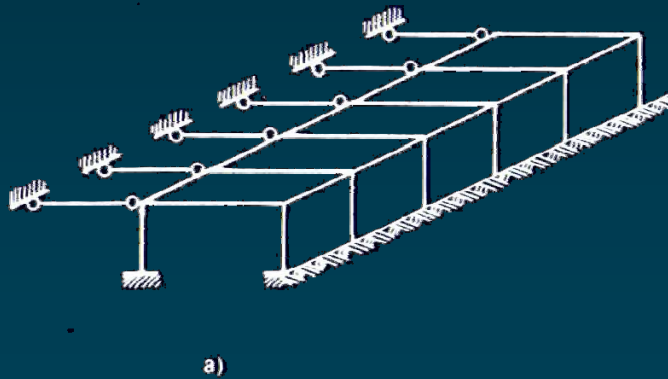
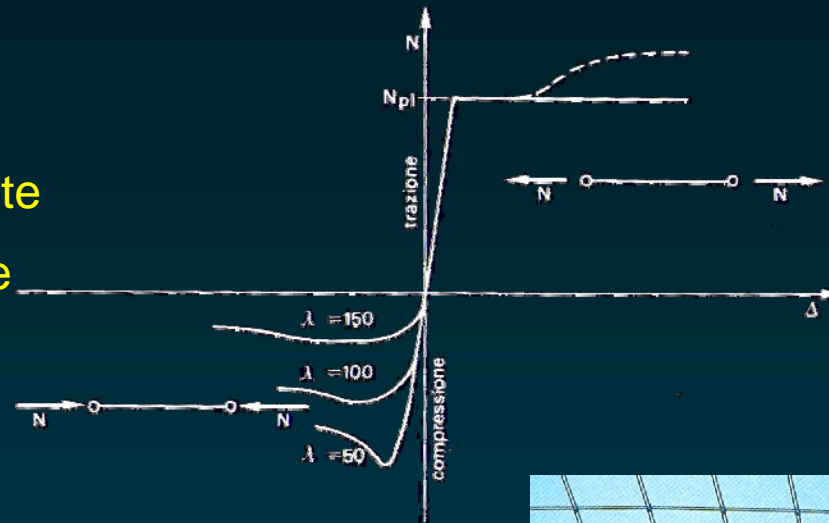


## Stabilità globale



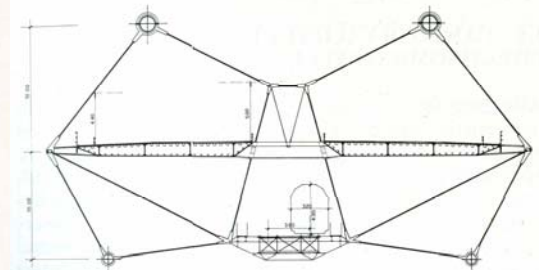
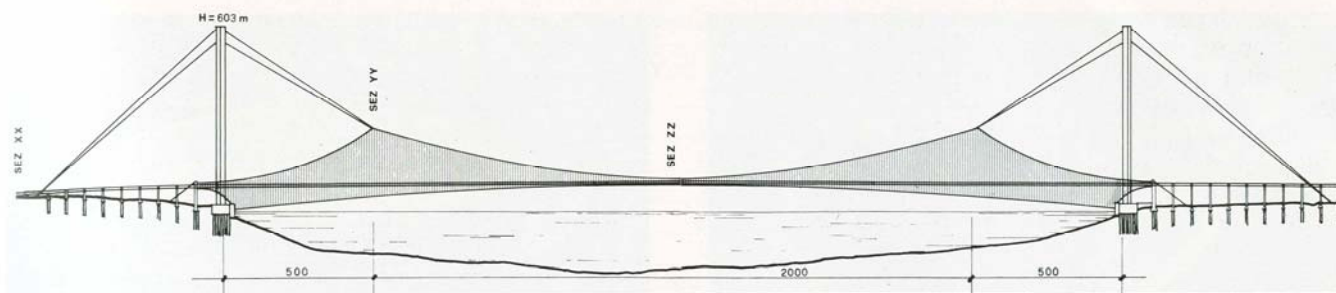
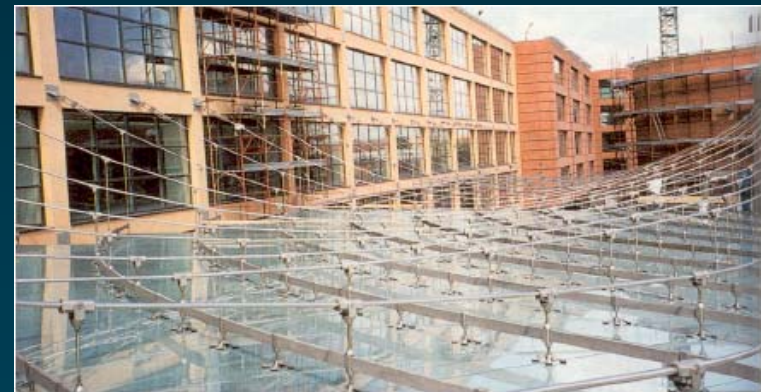
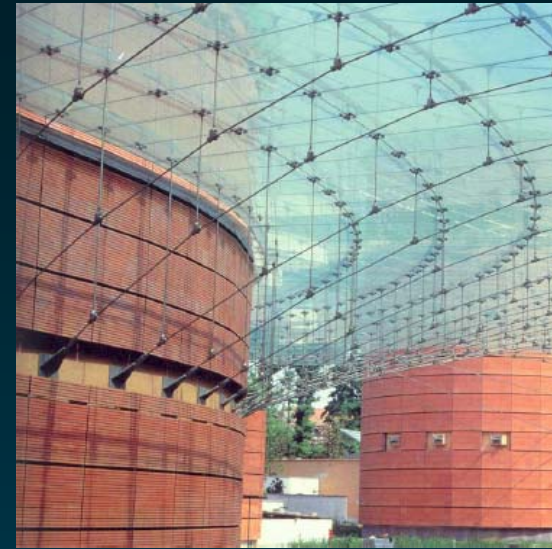
# Concezione strutturale

- Stabilità
  - Sistemi a trazione prevalente
  - Concezione tridimensionale



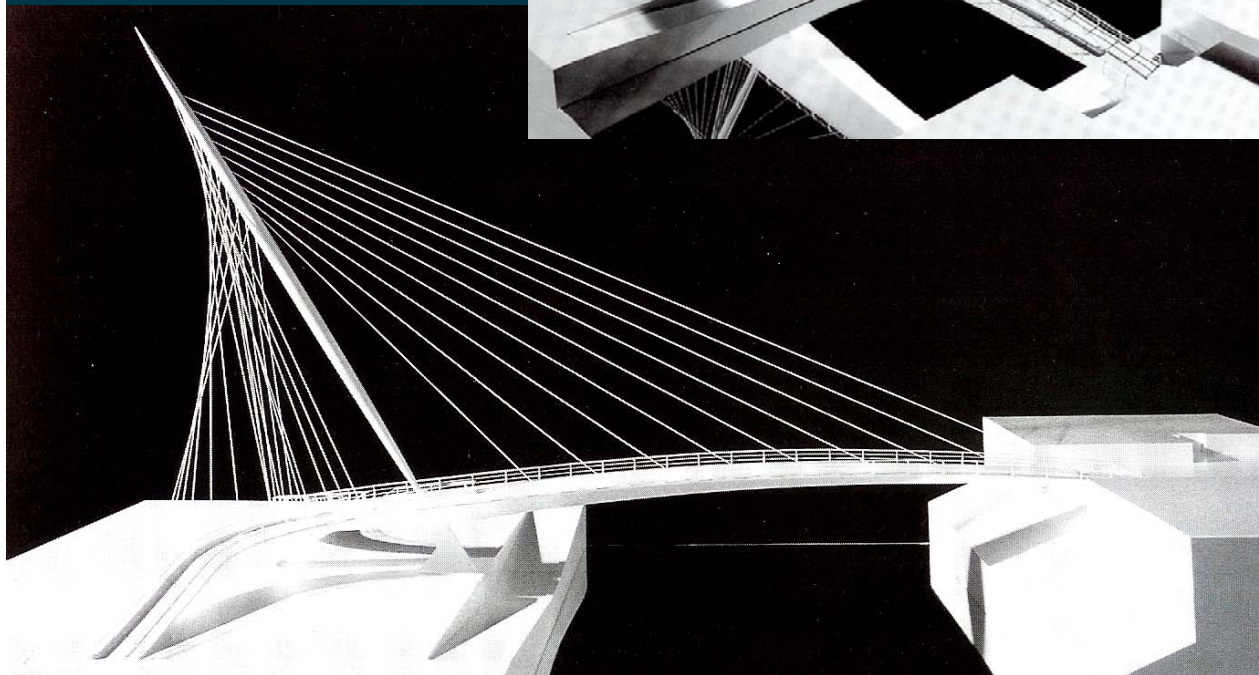
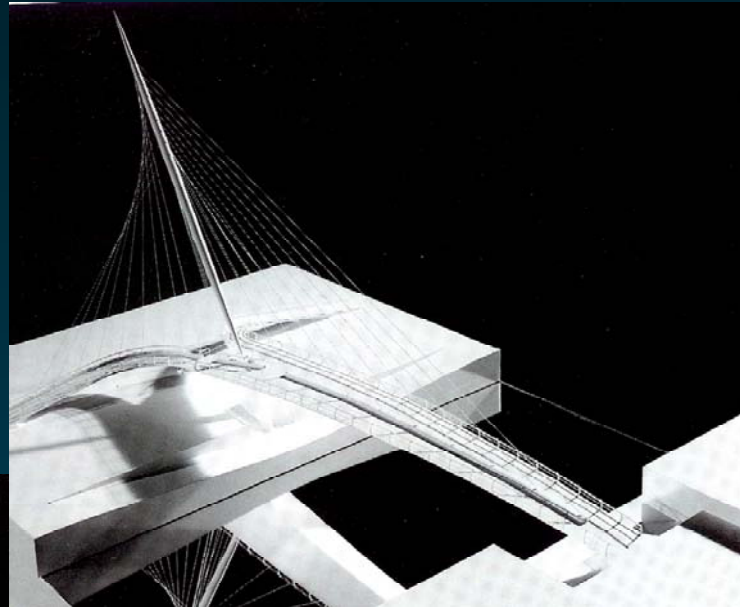
# Concezione strutturale

- Stabilità
  - Sistemi doppi (presollecitati)
  - Sistemi controventati



# Concezione strutturale

- Stabilità

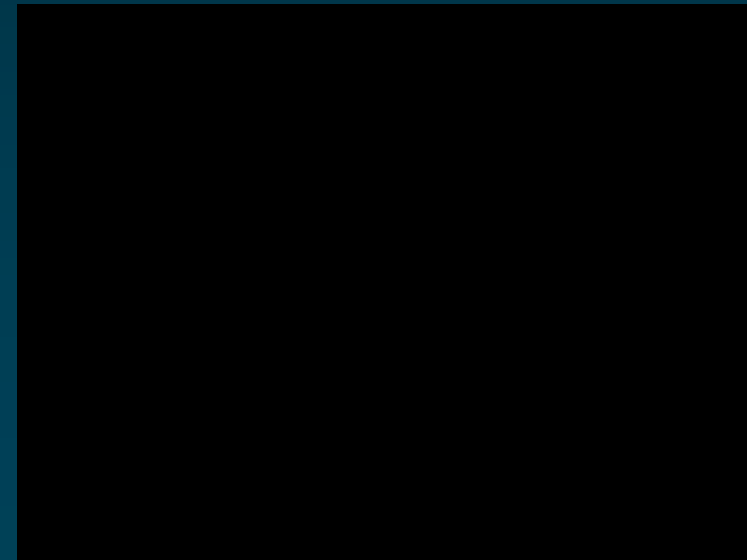
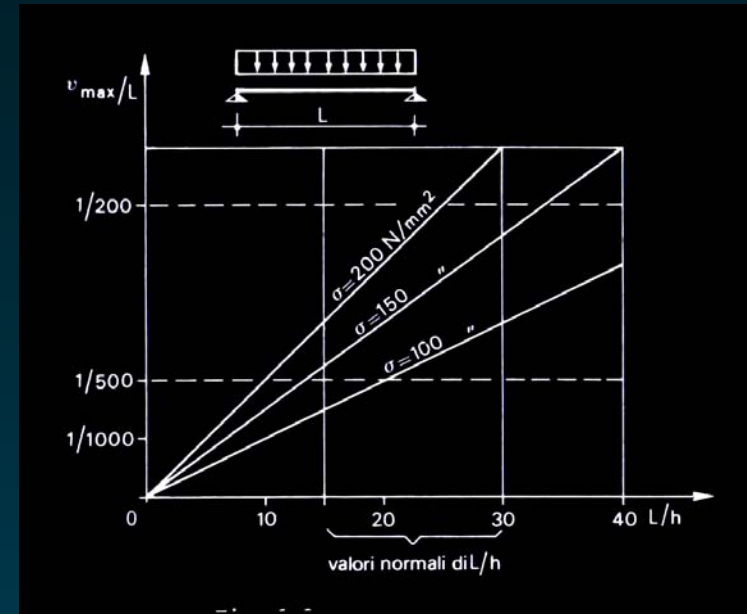
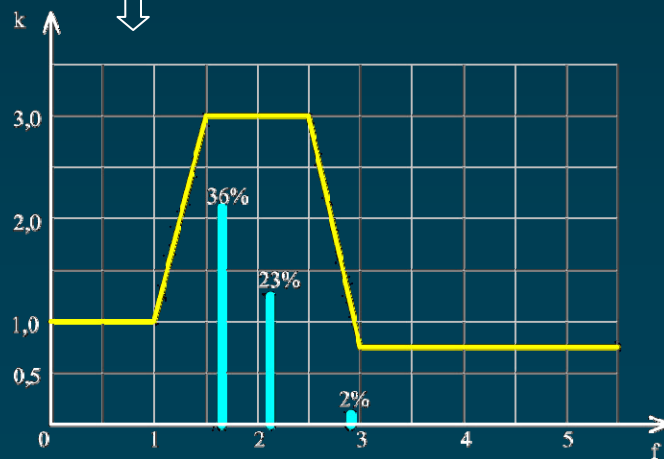


# Concezione strutturale

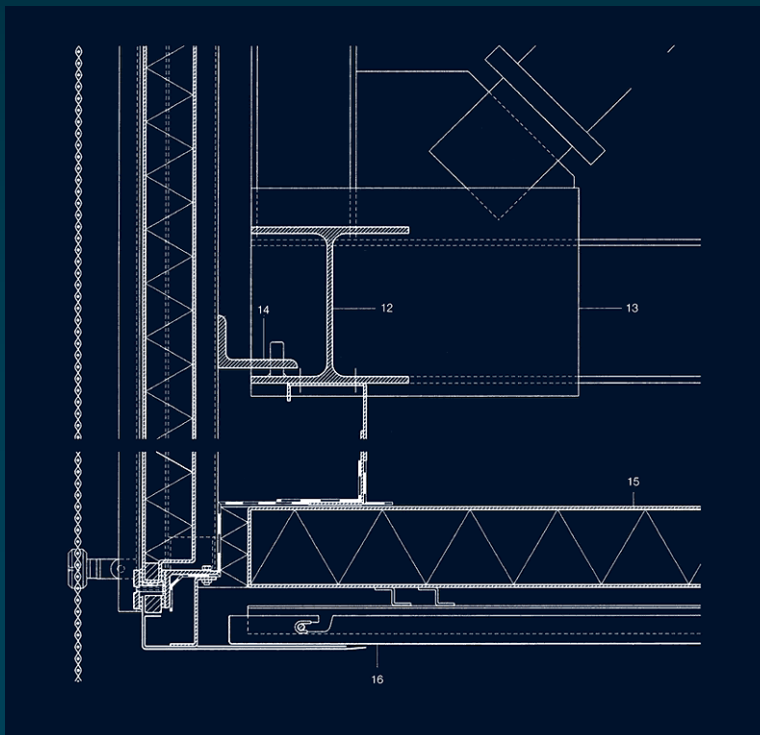
- Deformabilità
  - Controllo mediante schema statico
  - Sensibilità alle vibrazione
  - Interrelazione con la stabilità



$$F(t) = K A \text{sen}(\omega t)$$



- Aspetti tecnologici
  - Solai (orditure secondarie)
  - Involucro (connessione a secco)
  - Riduzione masse
    - => rid. azioni permanenti e sisma
    - => rid. fondazioni
    - => rid. costi



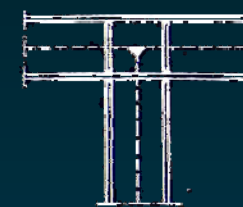
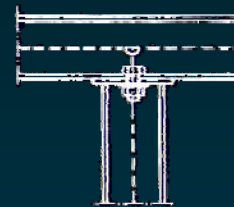
# Edifici multipiano

- Organizzazione strutturale

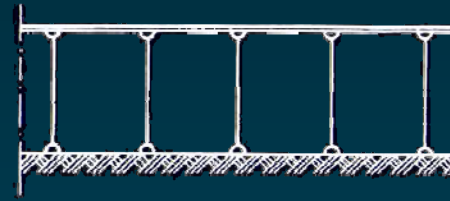
- Collegamenti onerosi
- Schemi isostatici
- Specializzazione strutturale



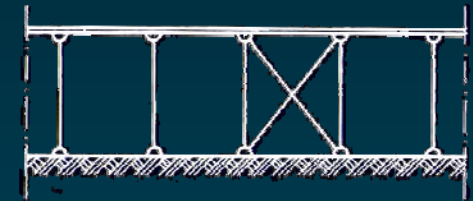
Calcestruzzo  
armato



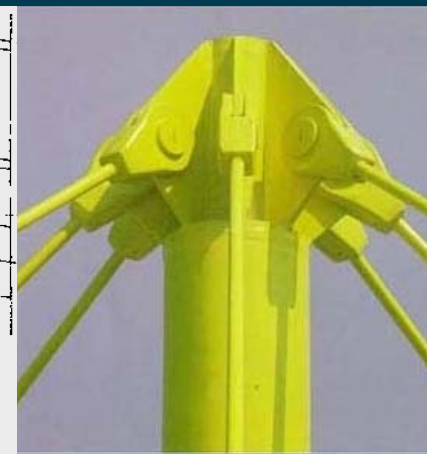
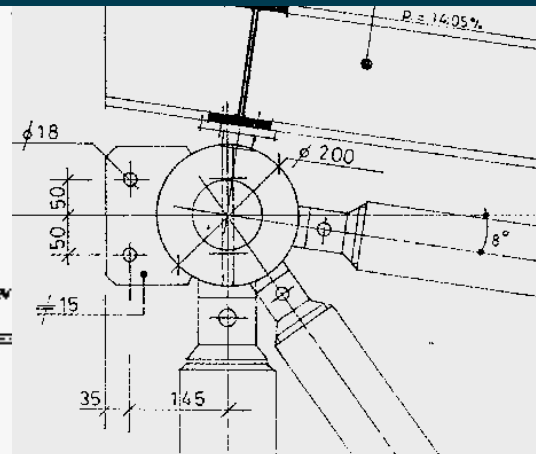
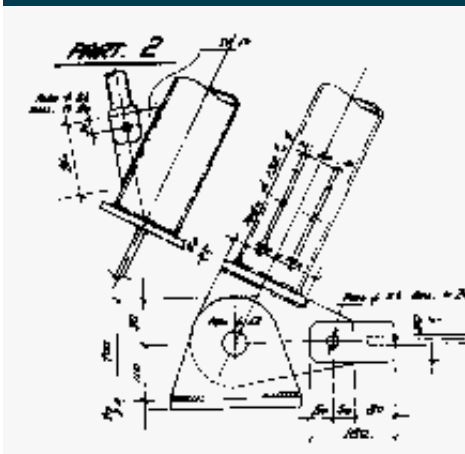
Acciaio



ai

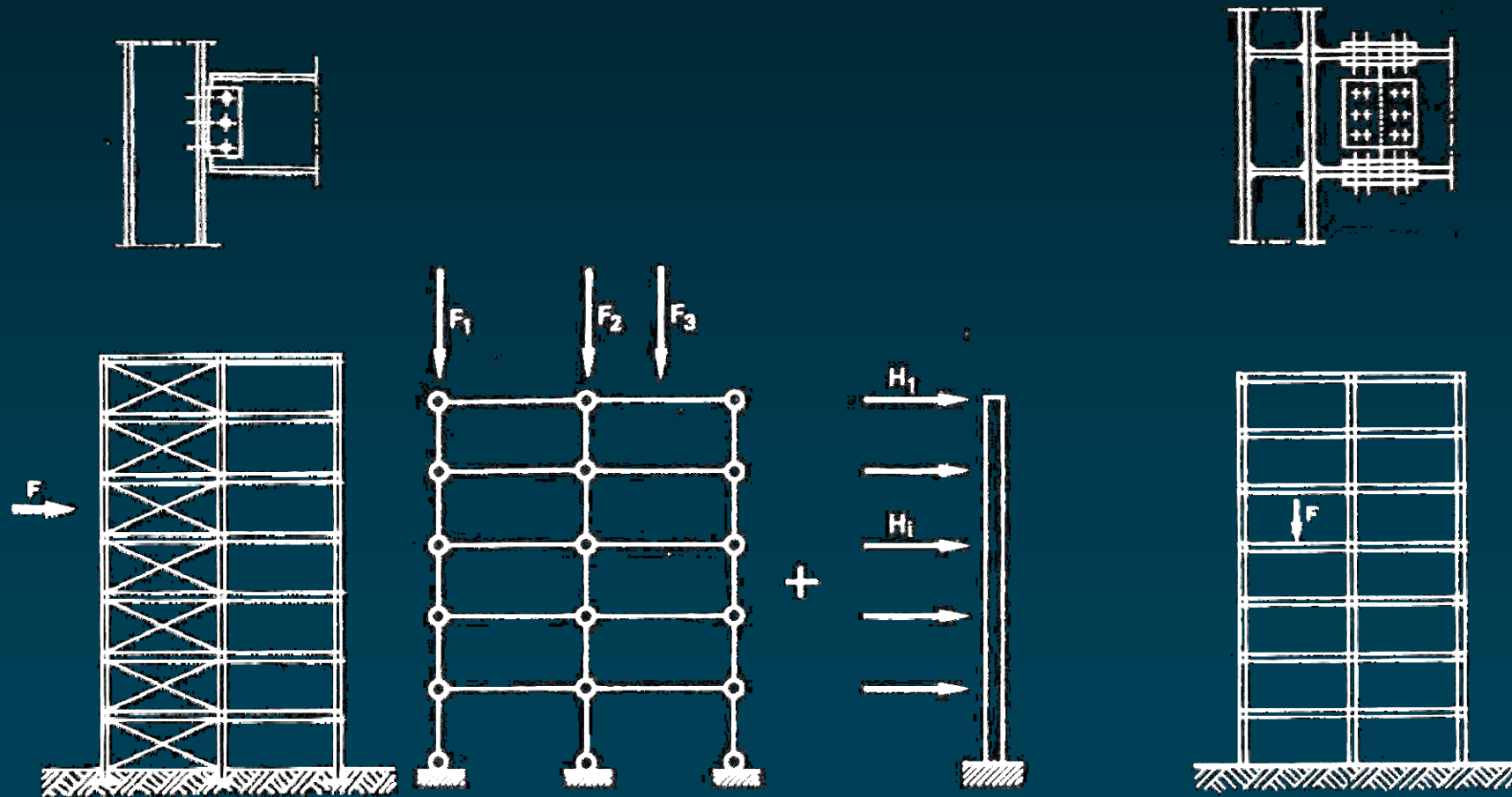


bi



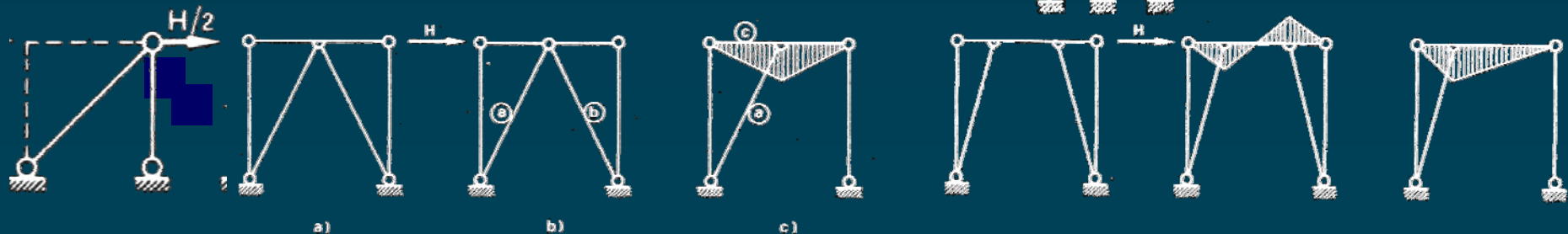
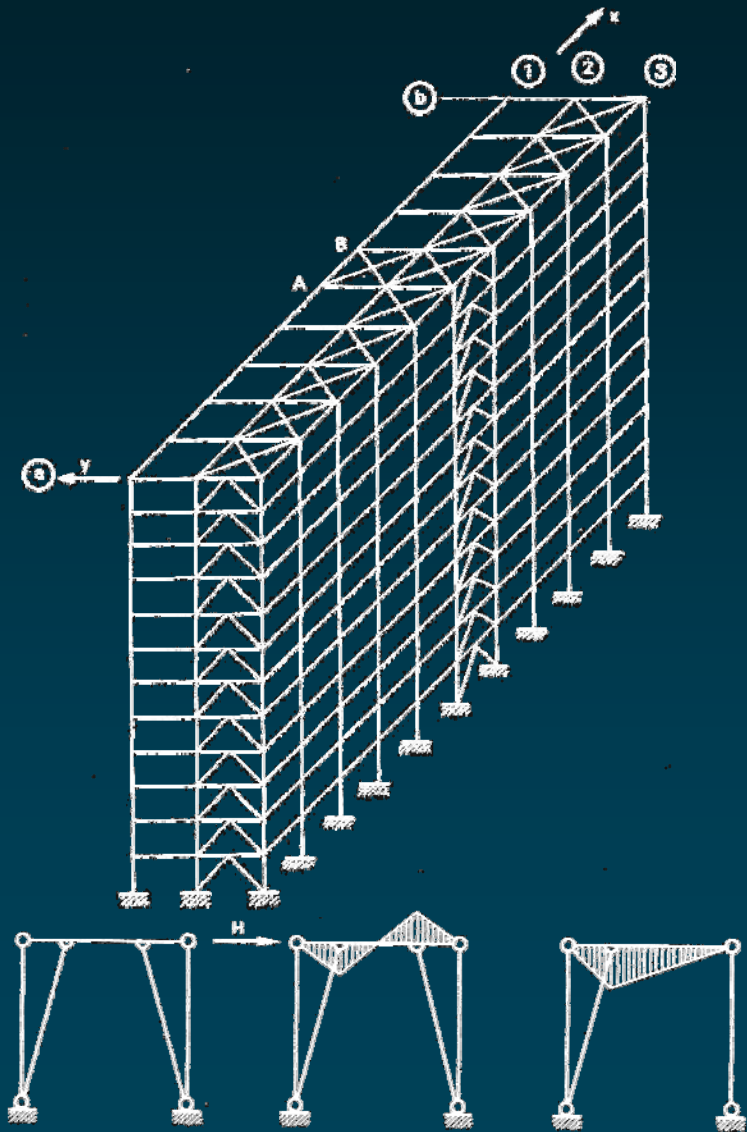
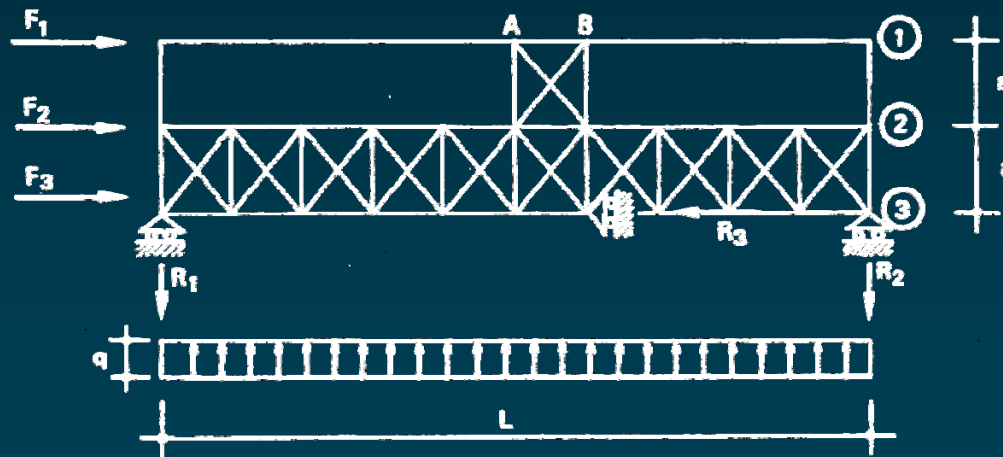
# Edifici multipiano

- Schema pendolare – telaio –nodi semirigidi



# Edifici multipiano

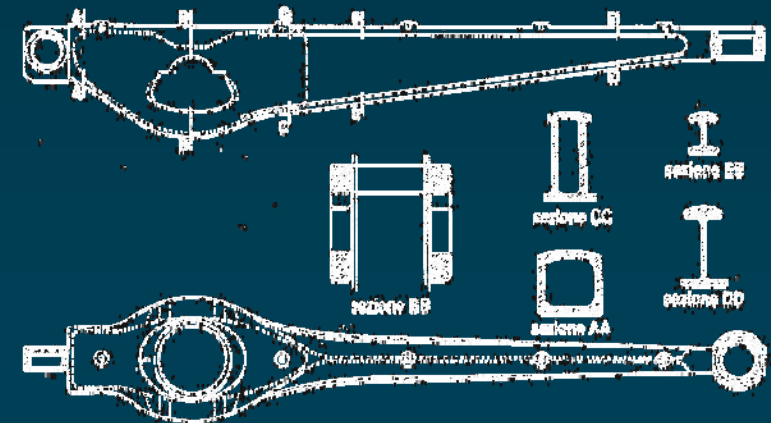
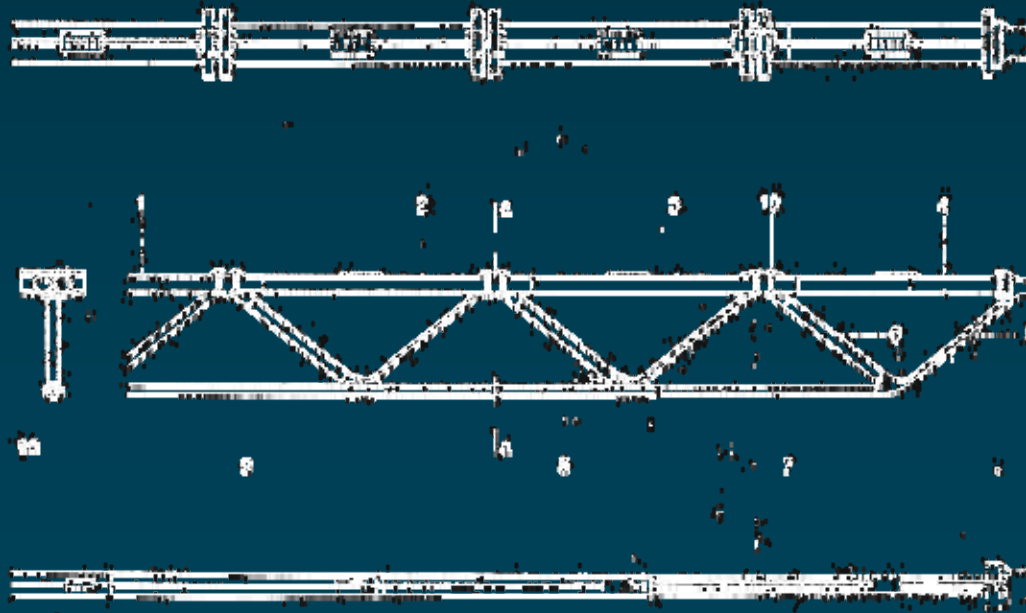
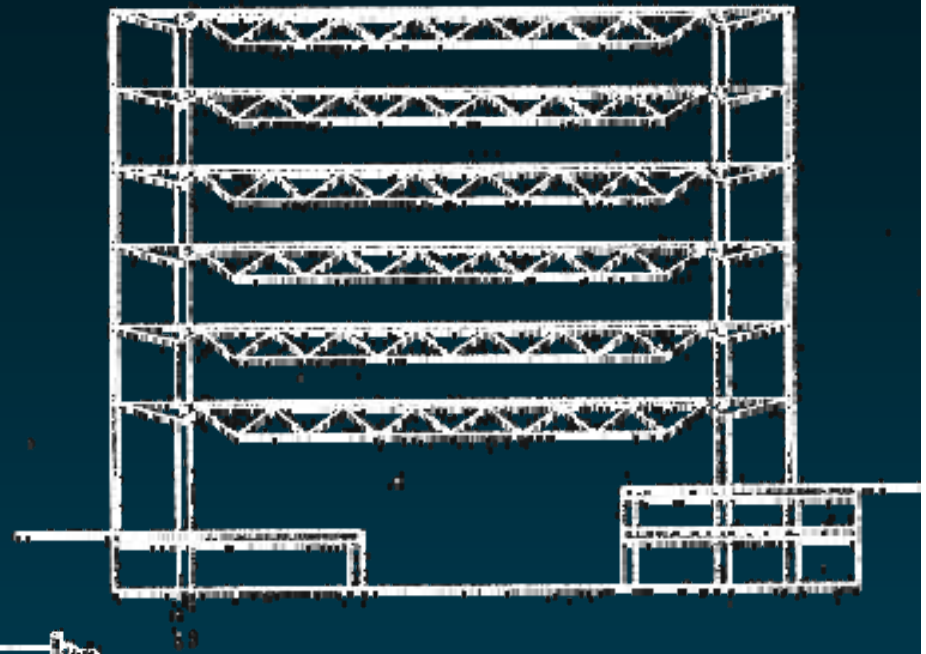
- Azioni orizzontali
  - Controventi di piano
  - Controventi verticali



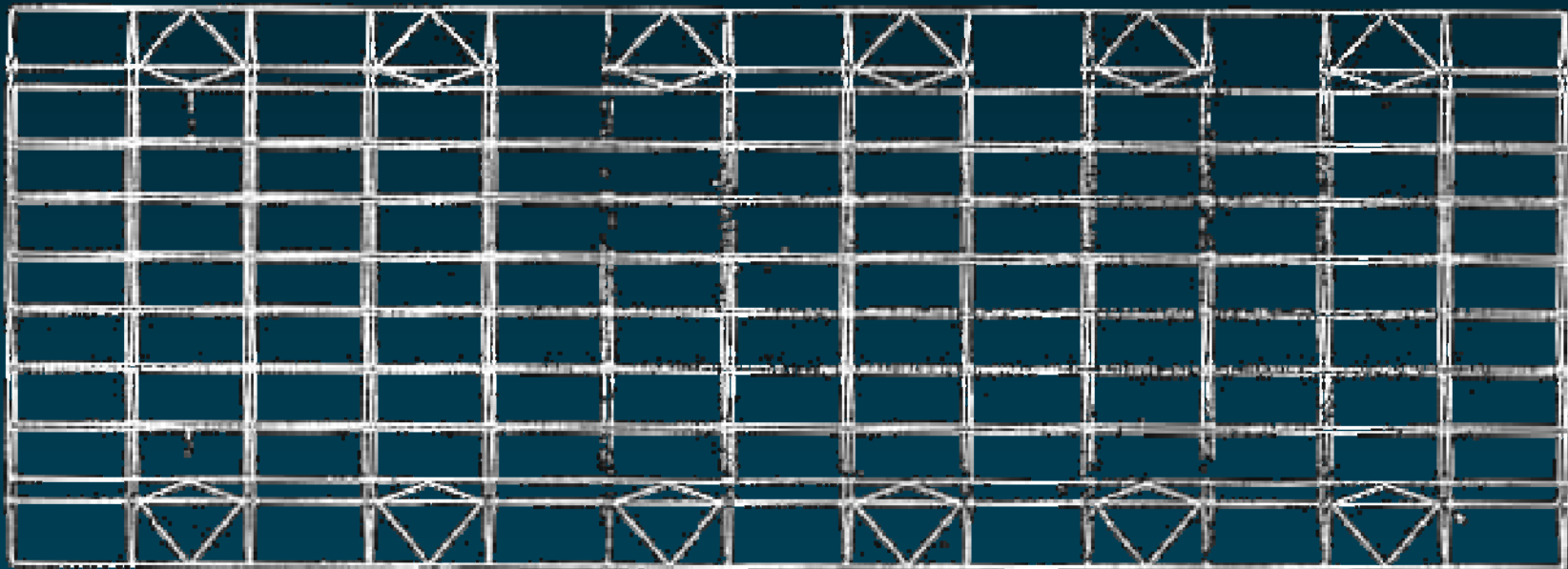
- Caratteristiche generali
  - Lunghezza 166.4m (12.8x13)
  - Larghezza 44.8m
  - Altezza 45.5m (10.5+5x7.5)



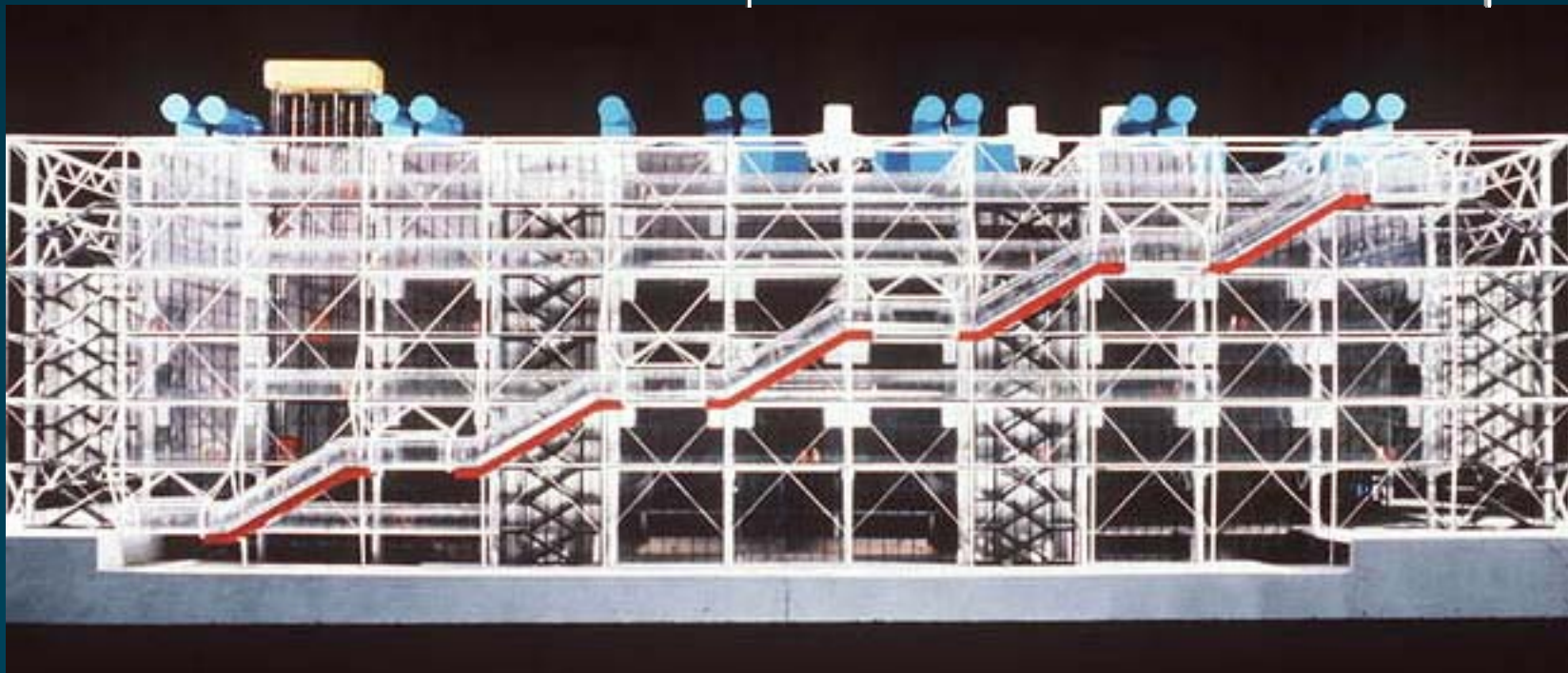
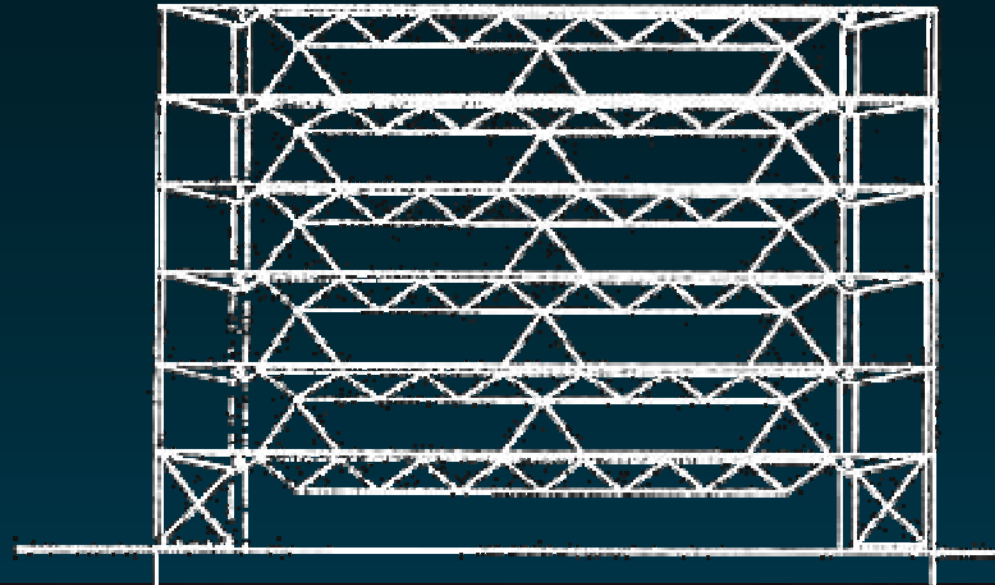
- Azioni verticali
  - Schema gerber 6-1.6-44.8-1.6,-6
  - Travi reticolari H=3, i=12.8, L=44.8
  - Altezza 45.5m (10.5+5x7.5)
  - Solaio cls+travi secondarie



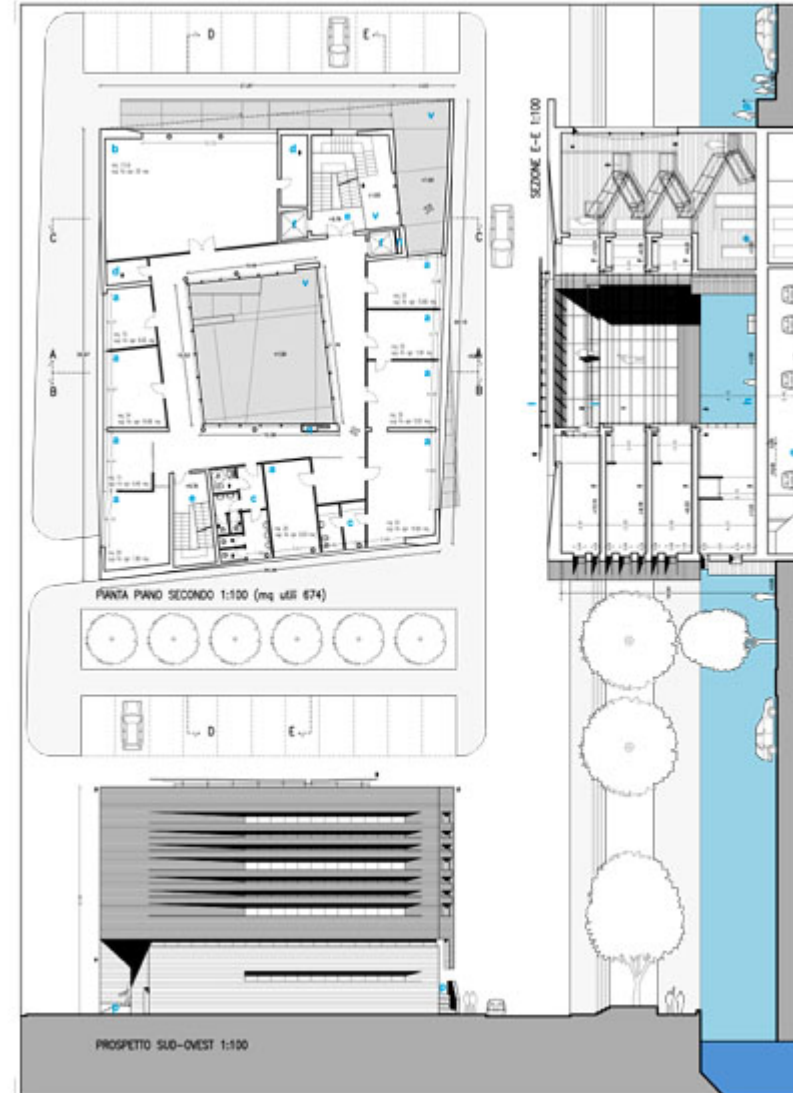
- Azioni orizzontali
  - Parti interne – soletta calcestruzzo
  - Parti esterne - irrigidimenti orizzontali



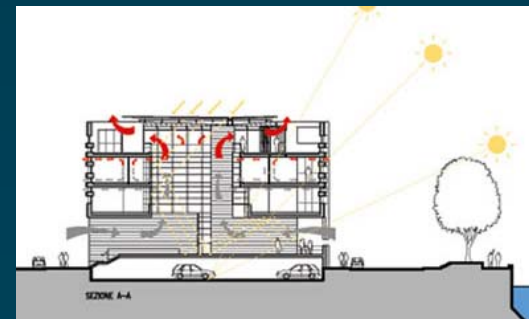
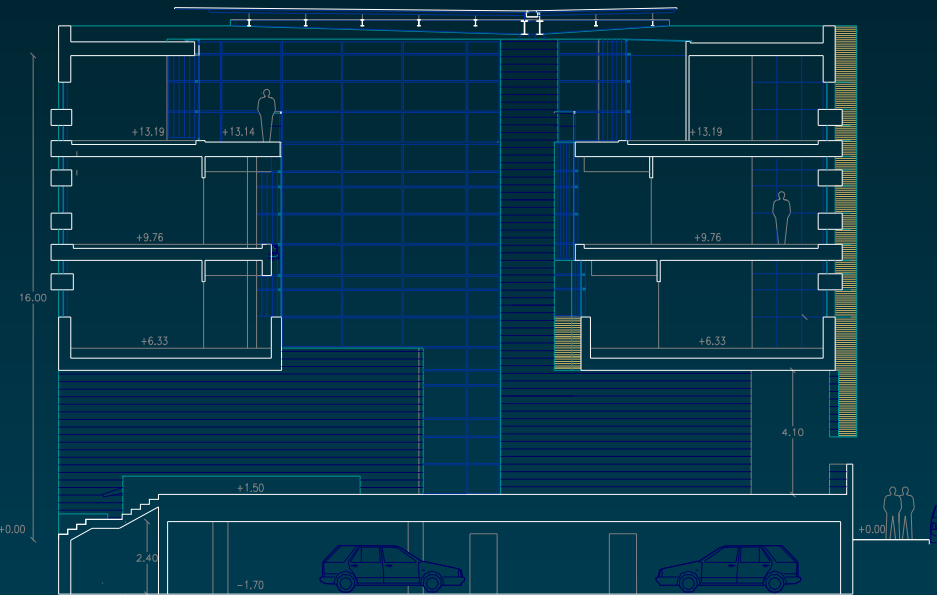
- Azioni orizzontali
  - Controventi verticali



# Autorità Portuale Ravenna



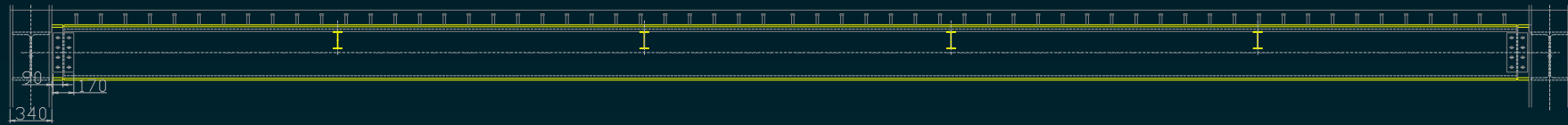
# Autorità Portuale Ravenna







### TRAVE PRINCIPALE TIPO (1:20)



PIL. 23  
HEB 340

PIL. 23  
HEB 340

### TRAVE PRINCIPALE Sezione Tipo (1:10)

Lamiera grecata H=55mm / s=1.0mm  
Interasse max arcarecci 2.5m

Connettori a piolo  
Ø20/200mm

COLLEGAMENTO B1  
TRAVI-PILASTRI CIRCOLARI

COLLEGAMENTO B3  
TRAVI-PILASTRI HE

PIL. 31  
HEB 340

Soletta in calcestruzzo Rbk 30 gettata  
in opera su travi non puntellate  
Spesso 120mm

5+5Ø14/ml (Vedi  
carpenteria soletta)

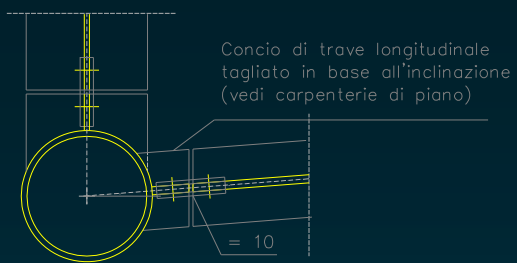
L 80x8 (squadr. saldate per  
collegamenti indicati)

2M12

IPE 140

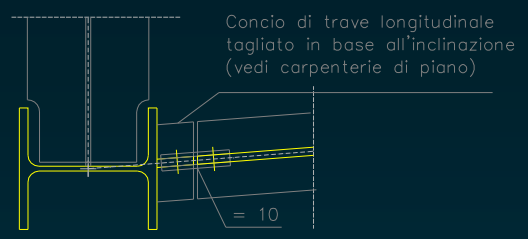


COLLEGAMENTO B1  
TRAVI-PILASTRI CIRCOLARI  
(1:10)

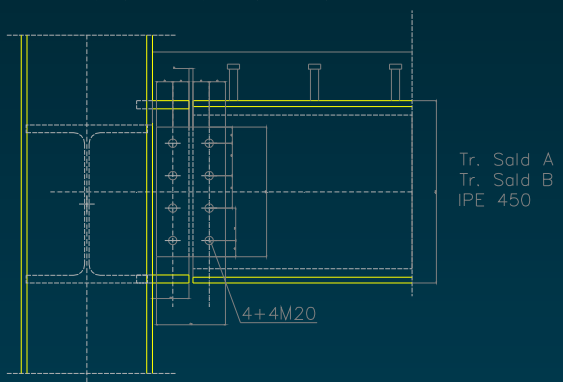


COLLEGAMENTO B3  
TRAVI-PILASTRI HE  
(1:10)

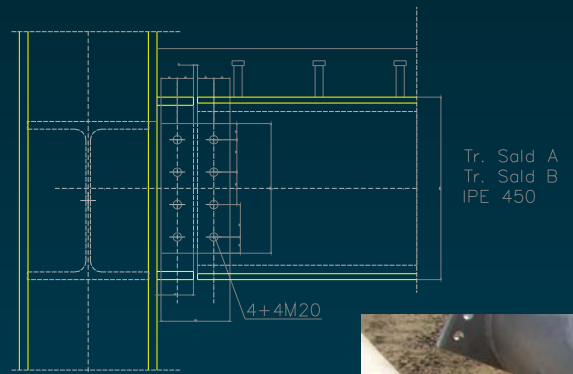
PIL. 31  
HEB 340



COLLEGAMENTO TRAVI LONGITUDINALI



COLLEGAMENTO TRAVI LONGITUDINALI



# *Autorità Portuale Ravenna*

---



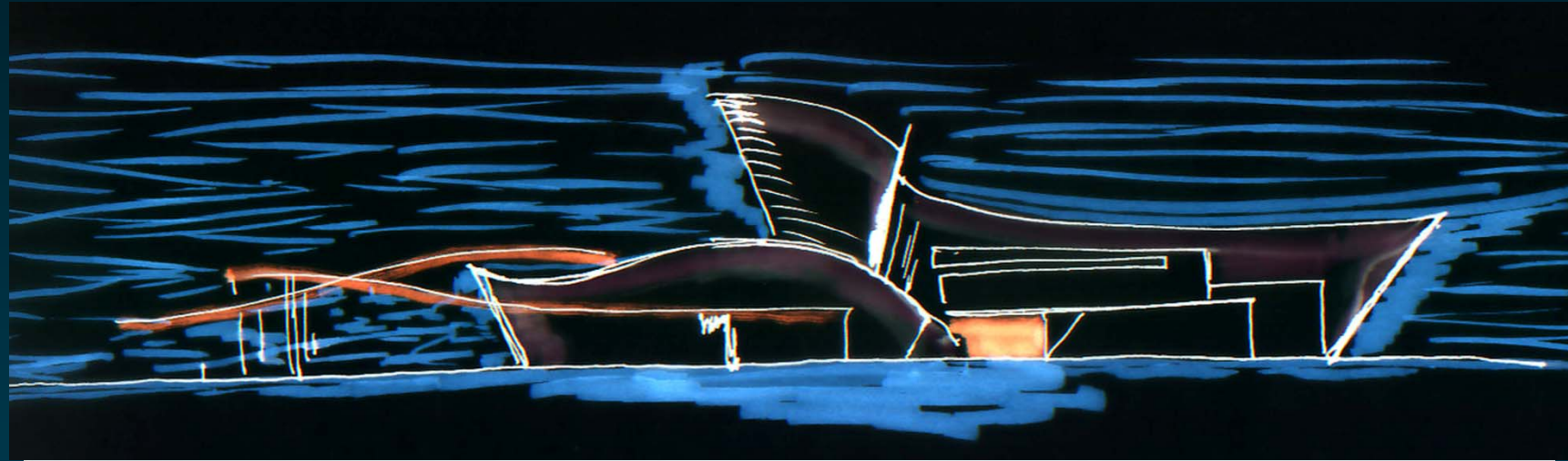
7 giugno



9 aprile

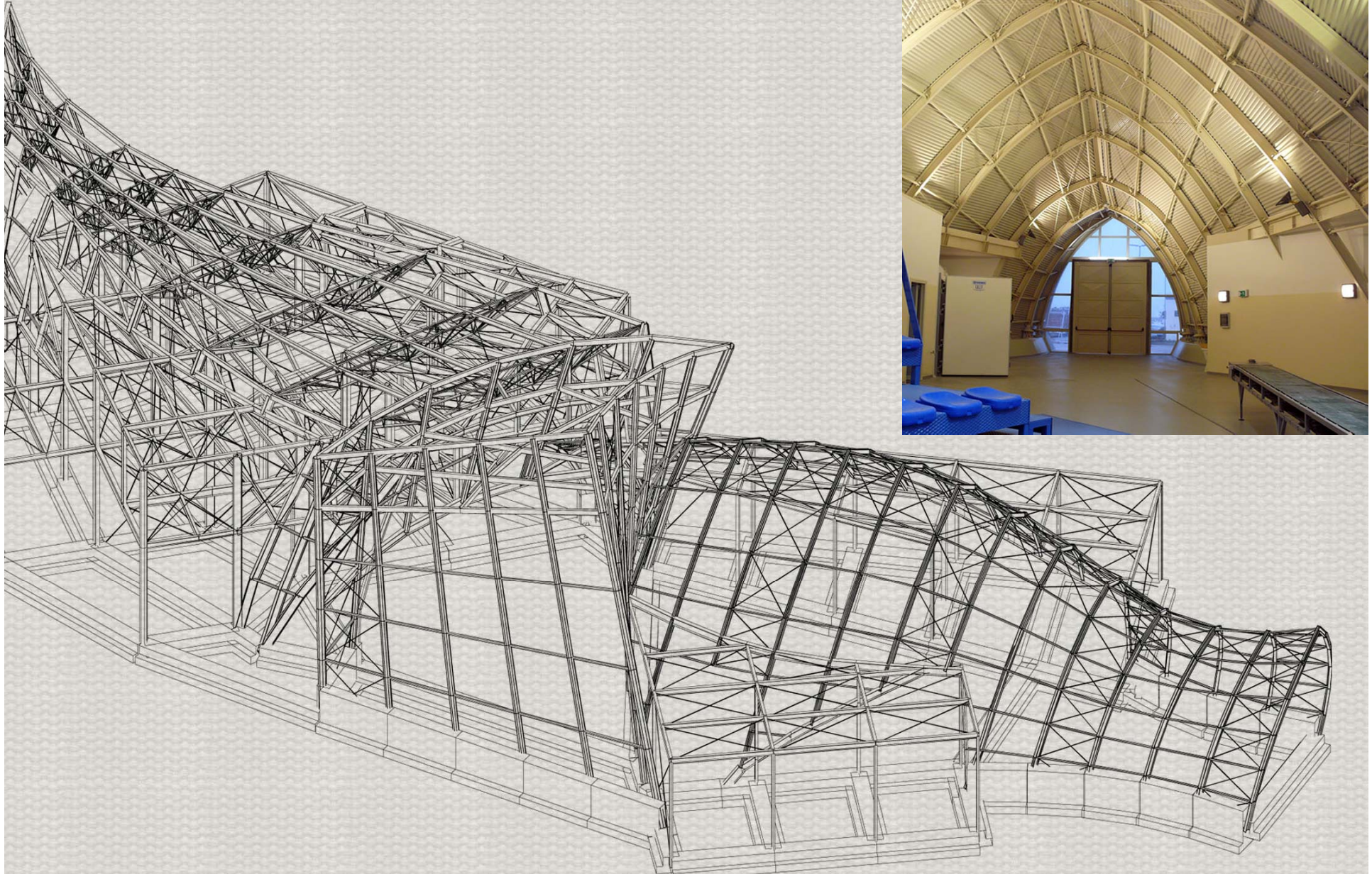
## *Mercato Ittico P.S. Giorgio*

---



# *Mercato Ittico P.S.Giorgio*

---



# Mercato Ittico P.S. Giorgio

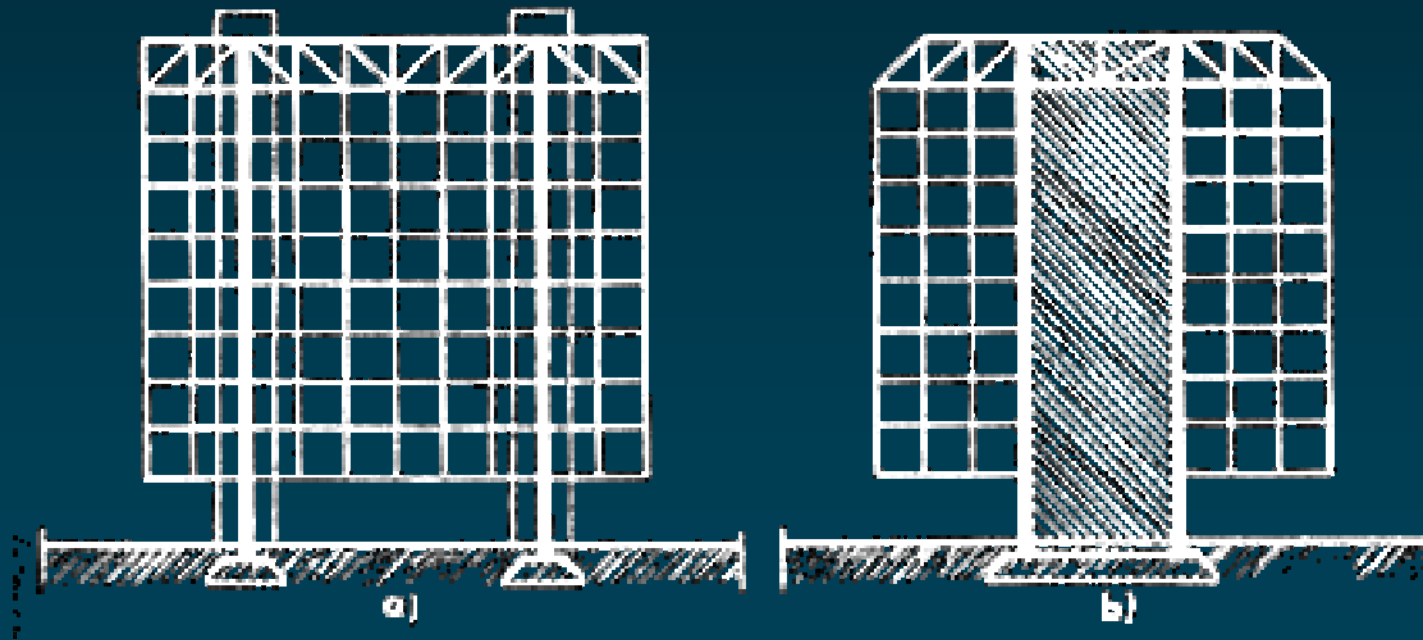
## LEGENDA:

I diversi colori indicano una ipotesi di assemblaggio di elementi strutturali a produrre in officina e da trasportare e montare in sito

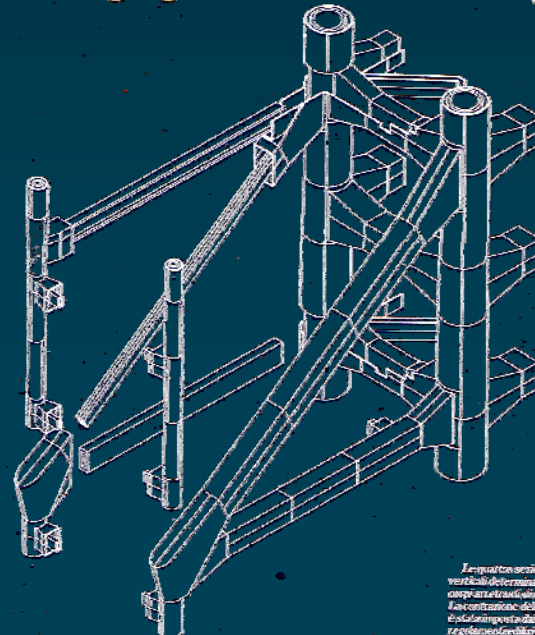
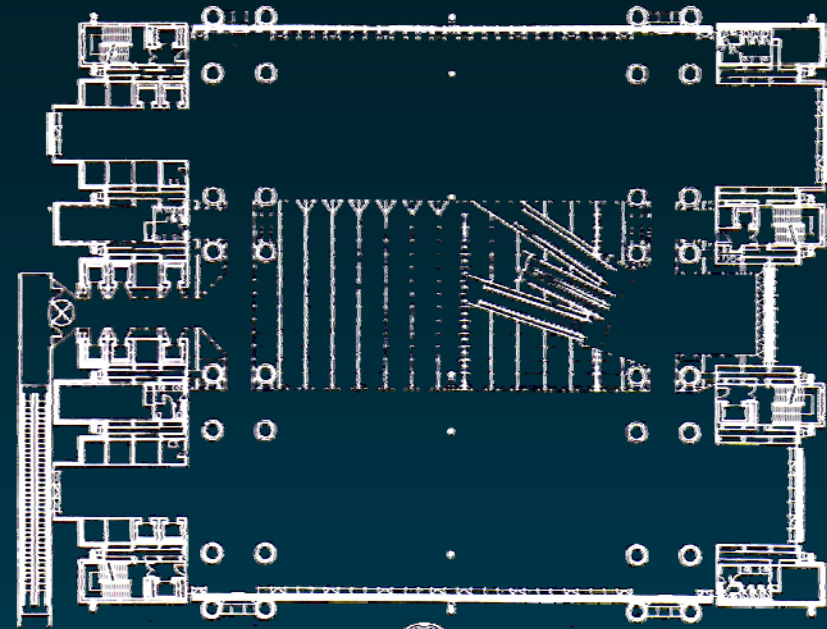
- (Cerchio con lettera) = nodi di continuità; vedere tavola relativa
- (Cerchio con numero) = nodi di attacco carpenteria; vedere tavola relativa



- Edifici sospesi
  - Aspetti generali

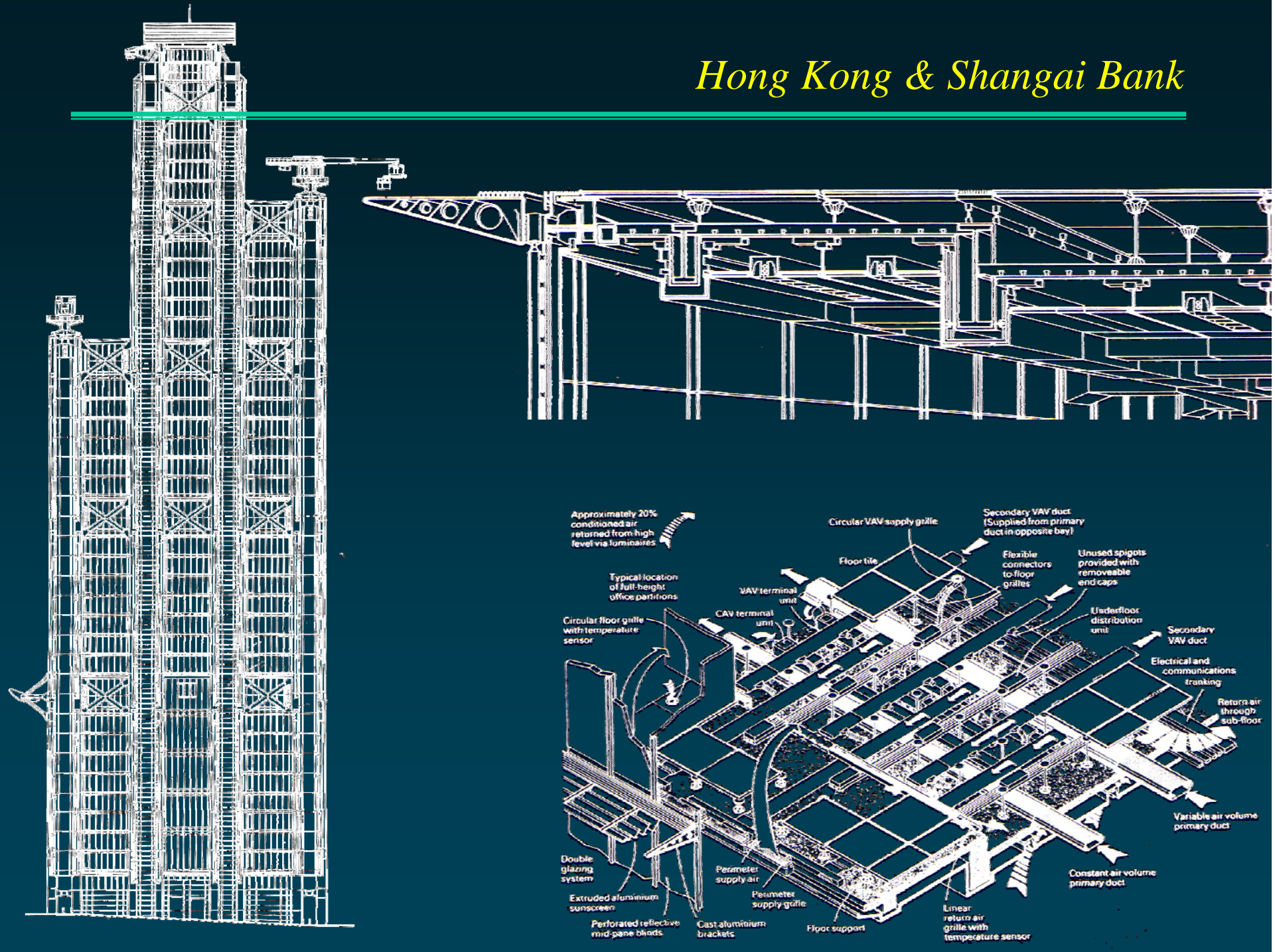


# Hong Kong & Shanghai Bank



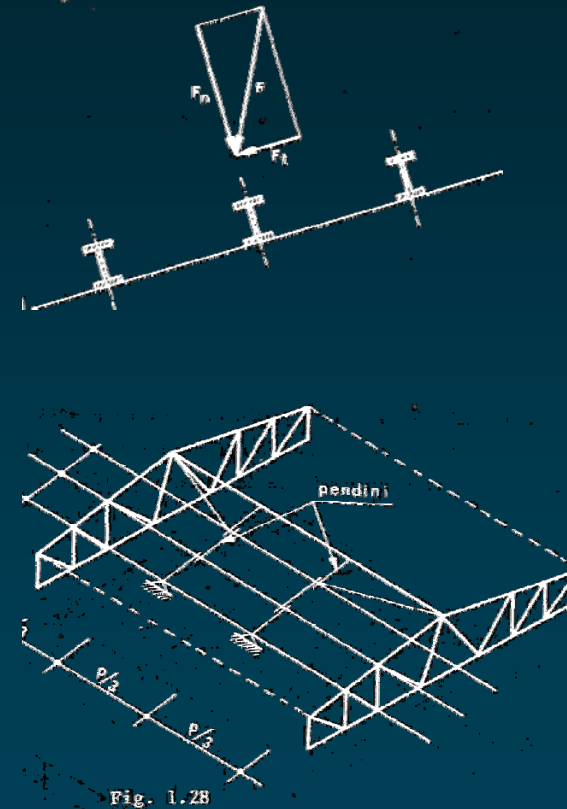
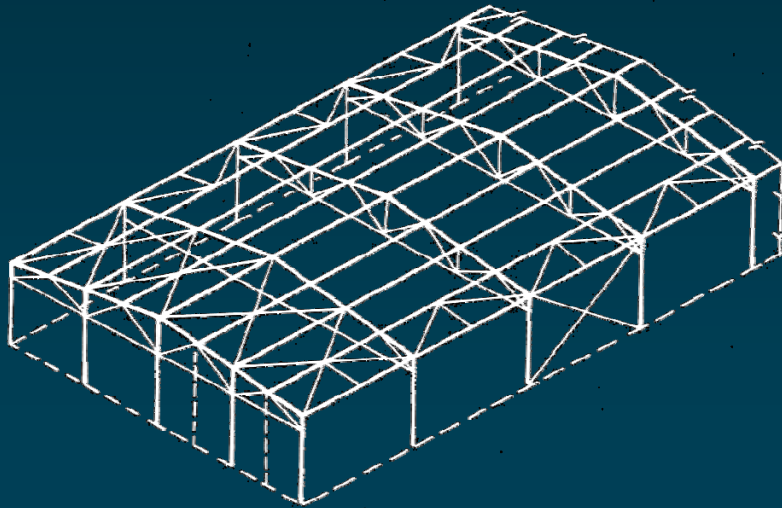
In questo caso i piloni verticali determinano la spartitura e la concentrazione dello spazio. È la compressione delle regioni verticali che si fonda.

# Hong Kong & Shanghai Bank



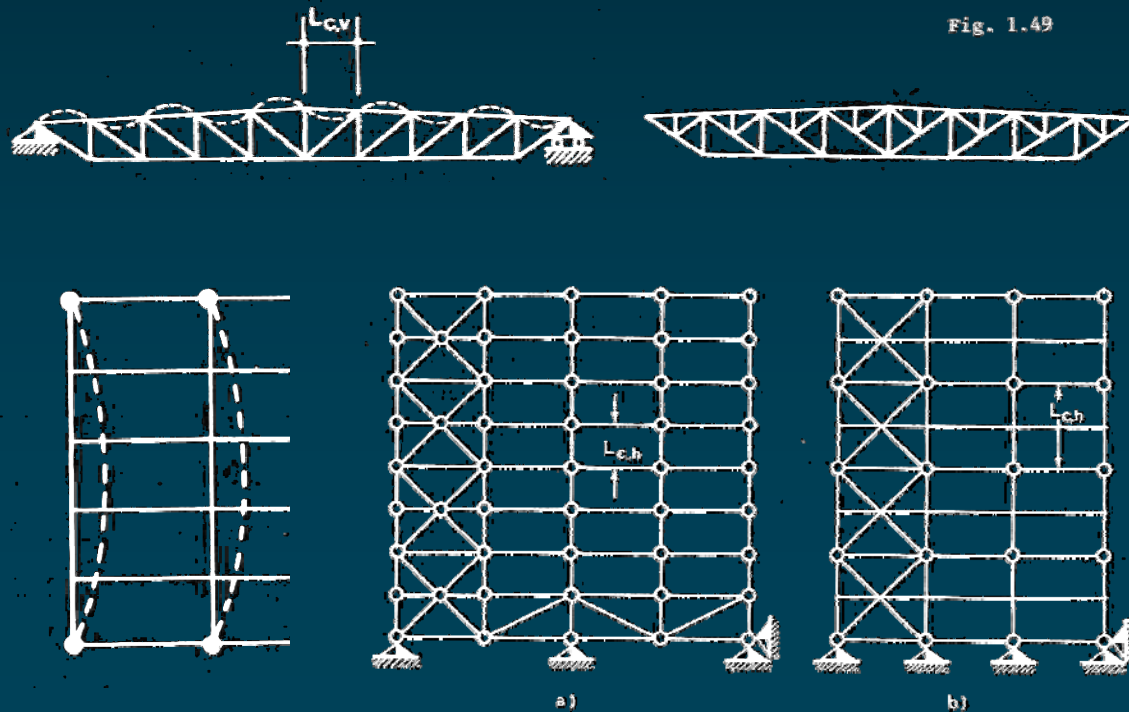
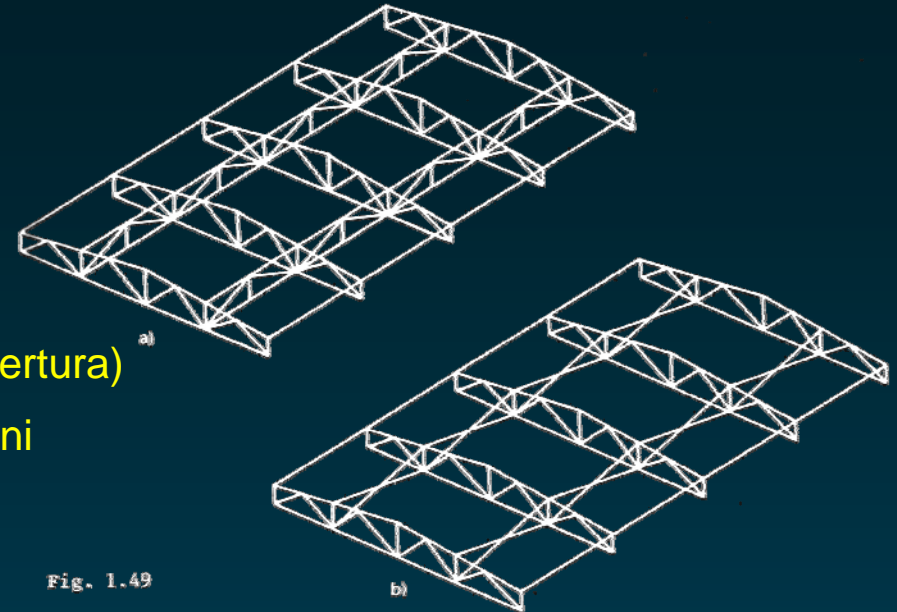
# Edifici monopiano

- Aspetti specifici
  - Luci importanti senza controventi
  - Copertura non piana
- Soluzione classica
  - Trave reticolari e orditure secondarie



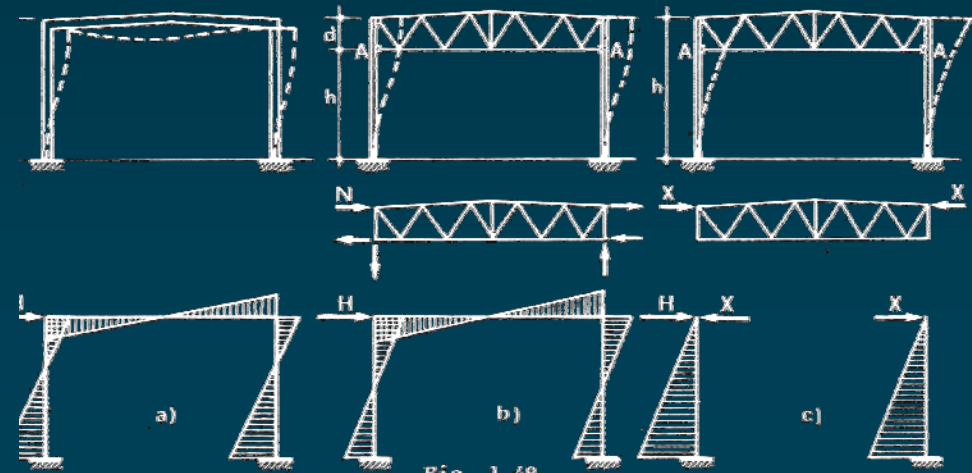
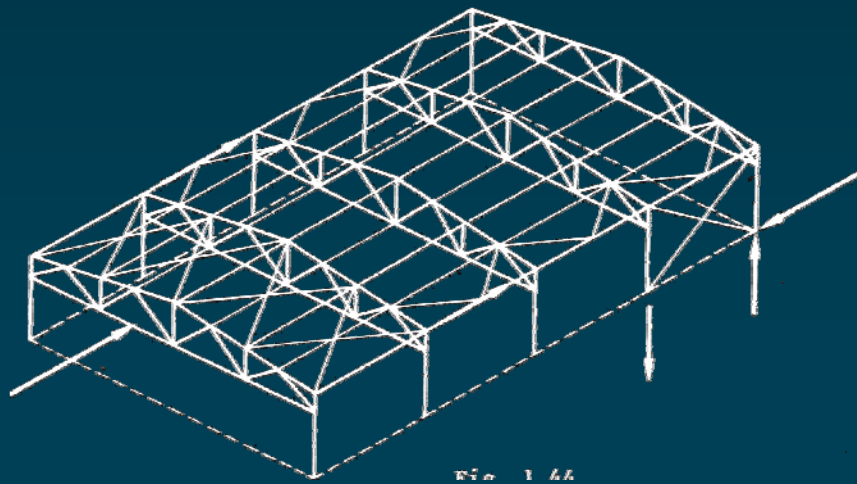
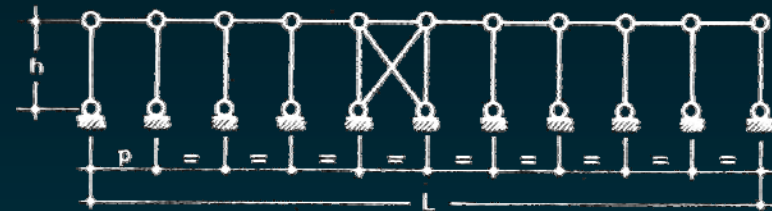
# Edifici monopiano

- Stabilità travi reticolari
  - Stabilità nel piano verticale
  - Stabilità nel piano orizzontale (pos. Copertura)
  - Stabilità per inversione delle sollecitazioni

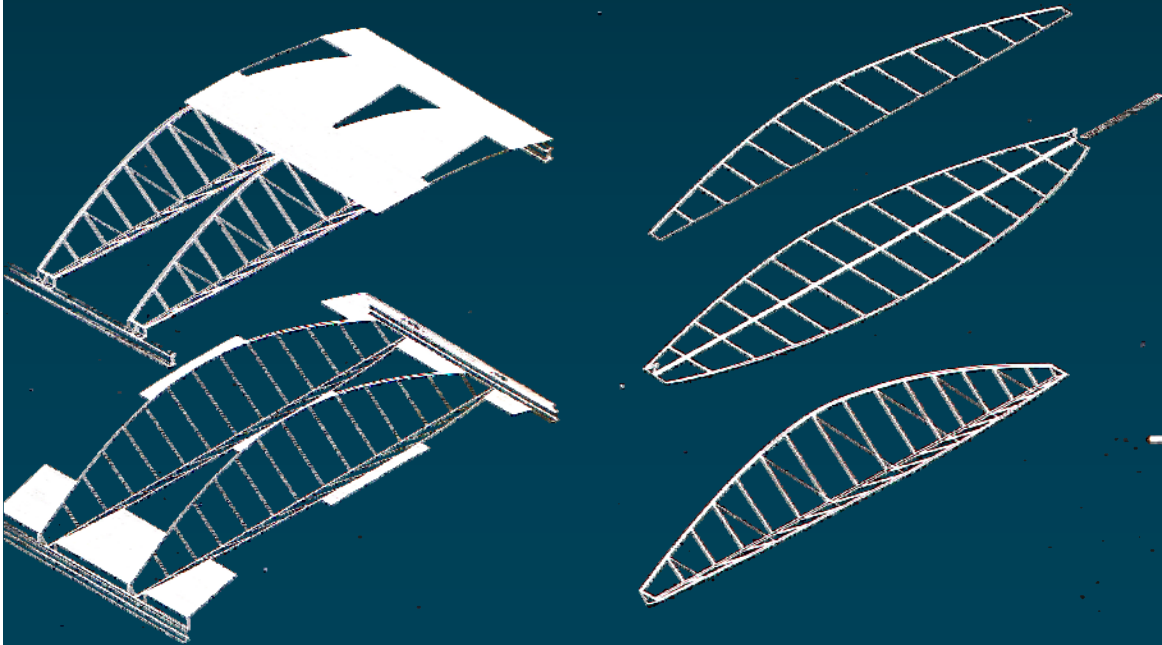
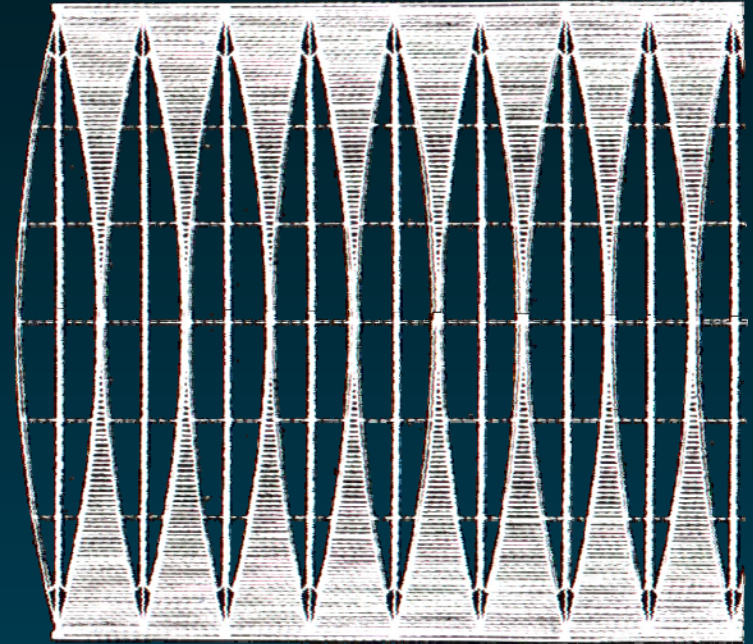
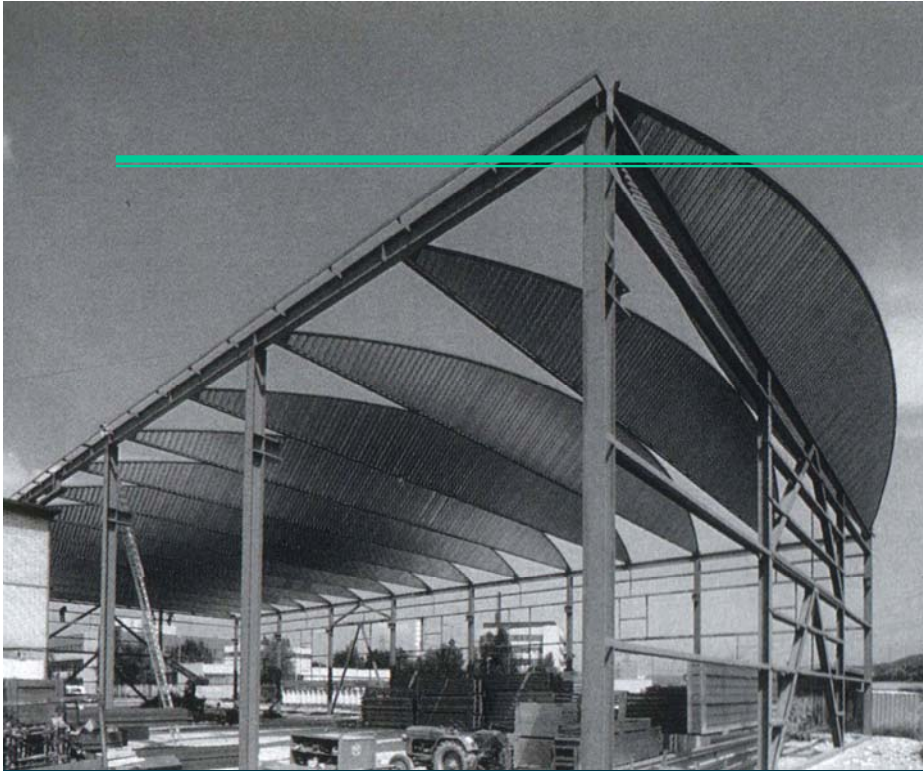


# Edifici monopiano

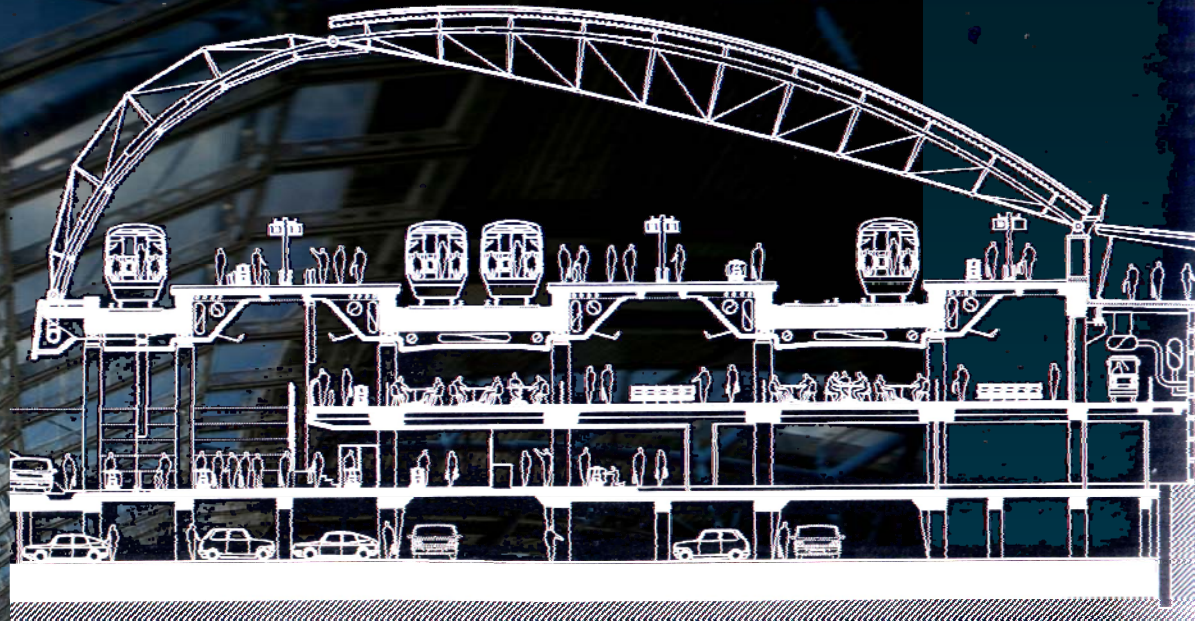
- Azioni orizzontali
  - Piano di falda rigido
  - Arcarecci tesi e compressi
  - Posizione relativa contr. di falda e verticali
  - Controventi trasversali



# *Officine Jakem*

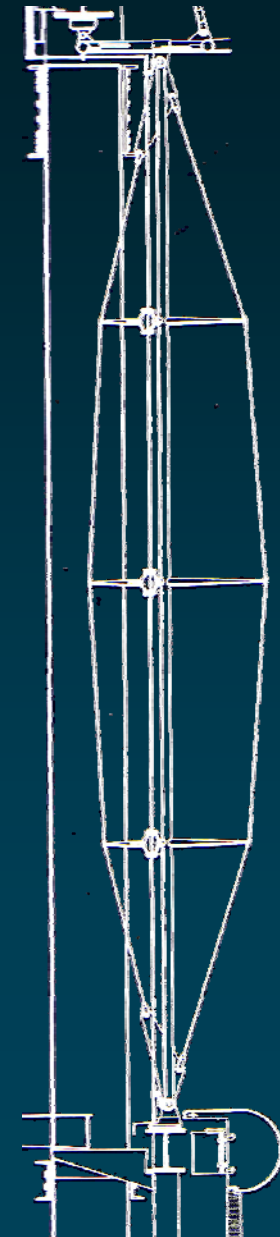
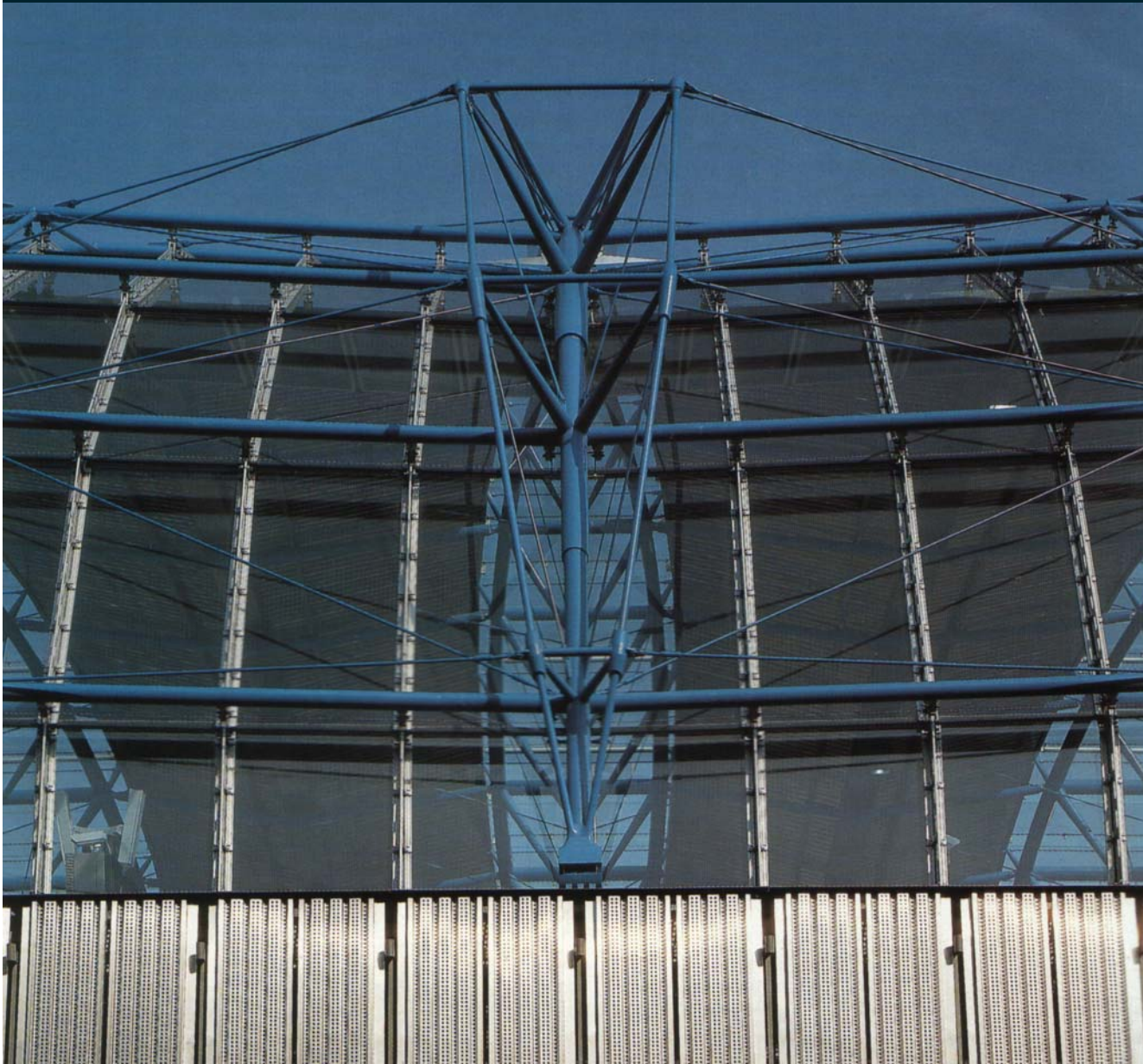


# *Waterloo railway terminal*

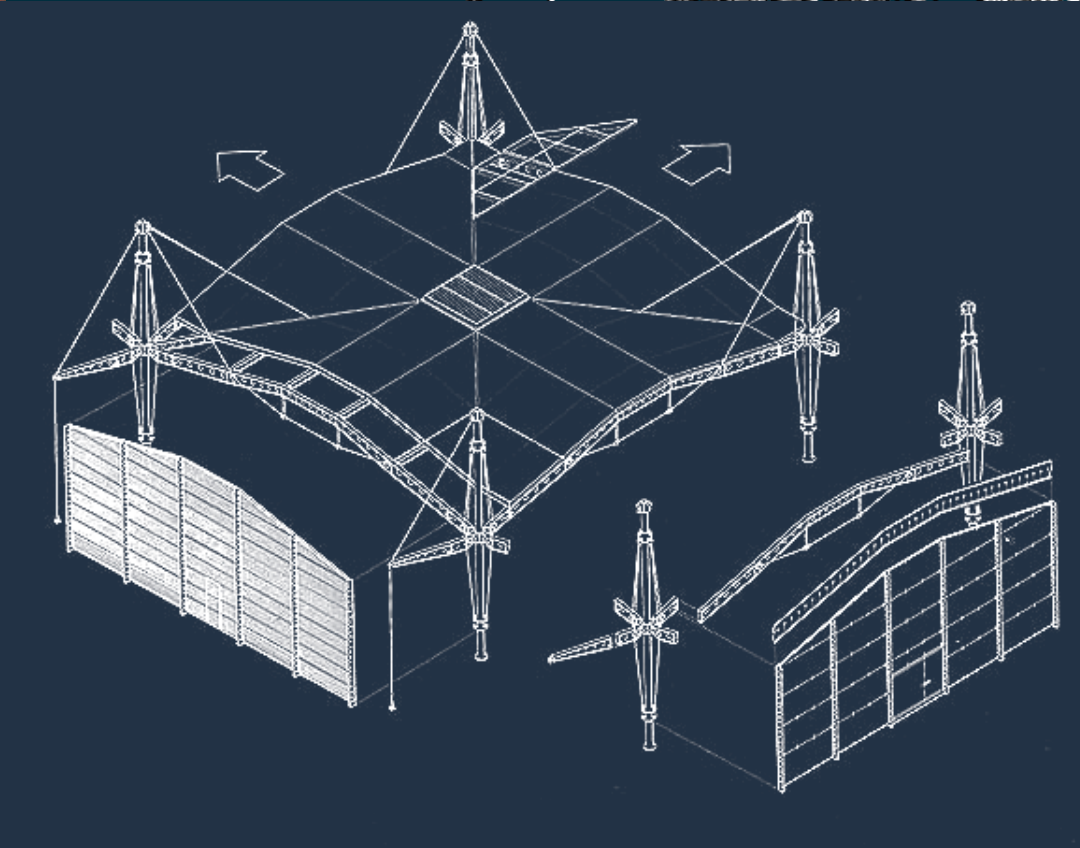
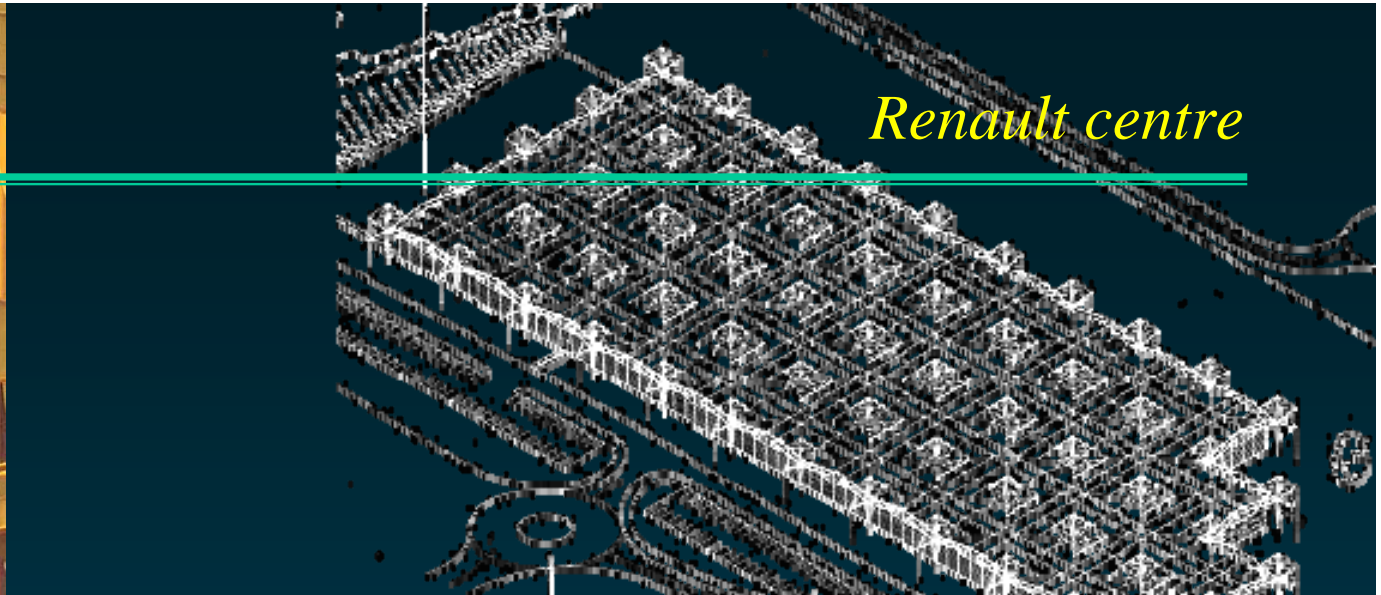


## *Waterloo railway terminal*

---

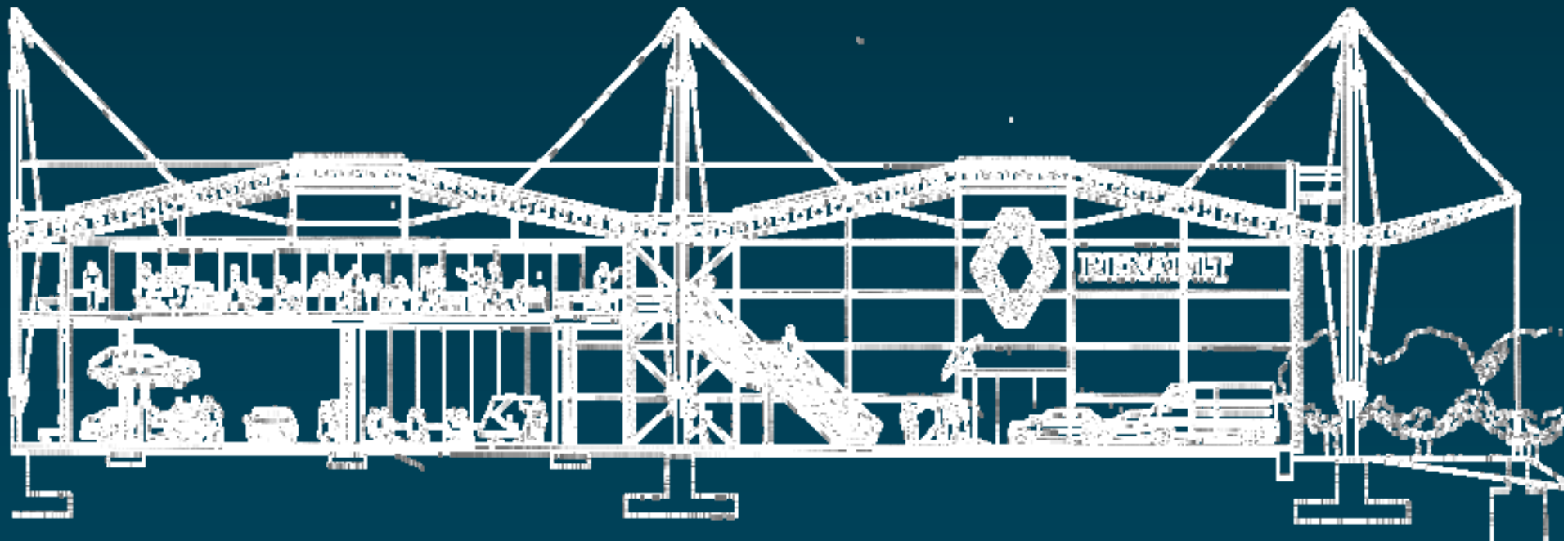


*Renault centre*

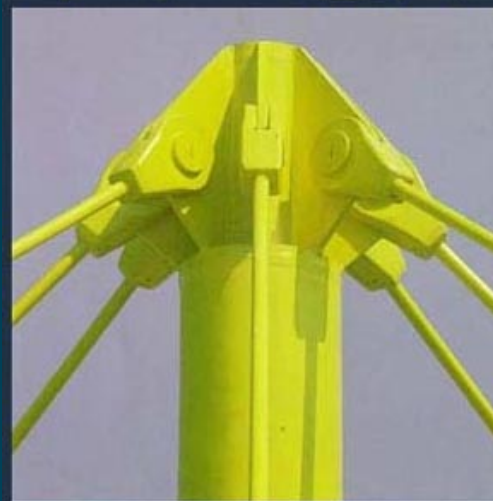
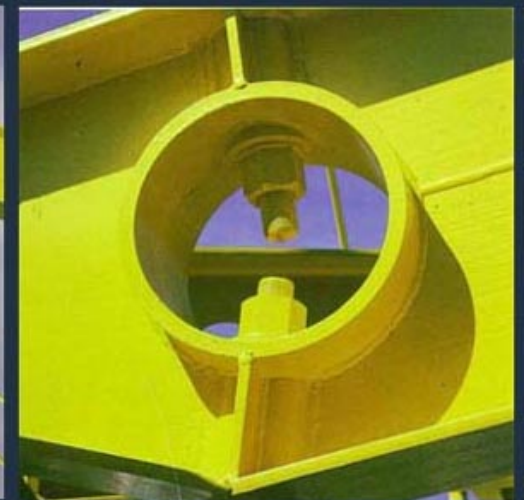
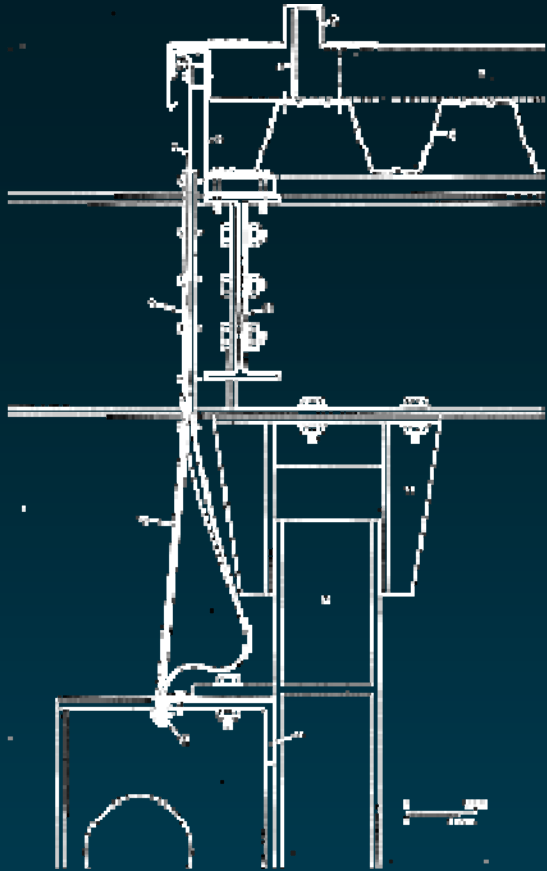


## *Renault centre*

---

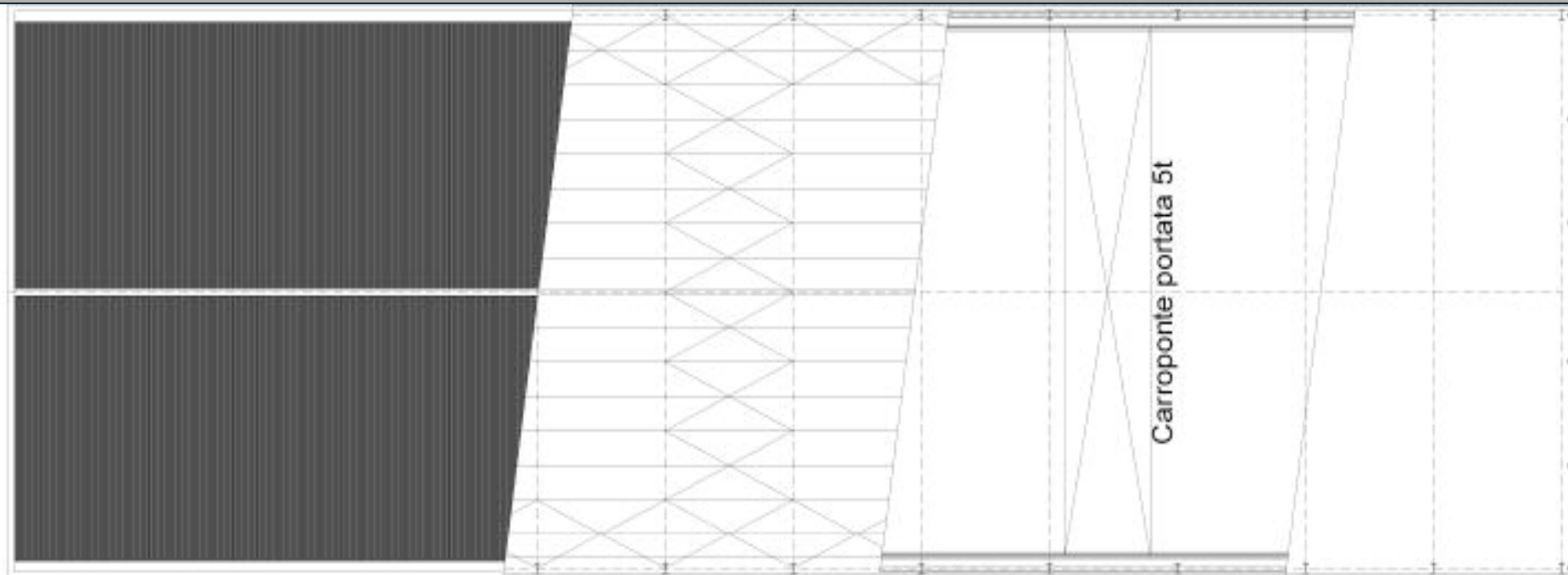


*Renault centre*

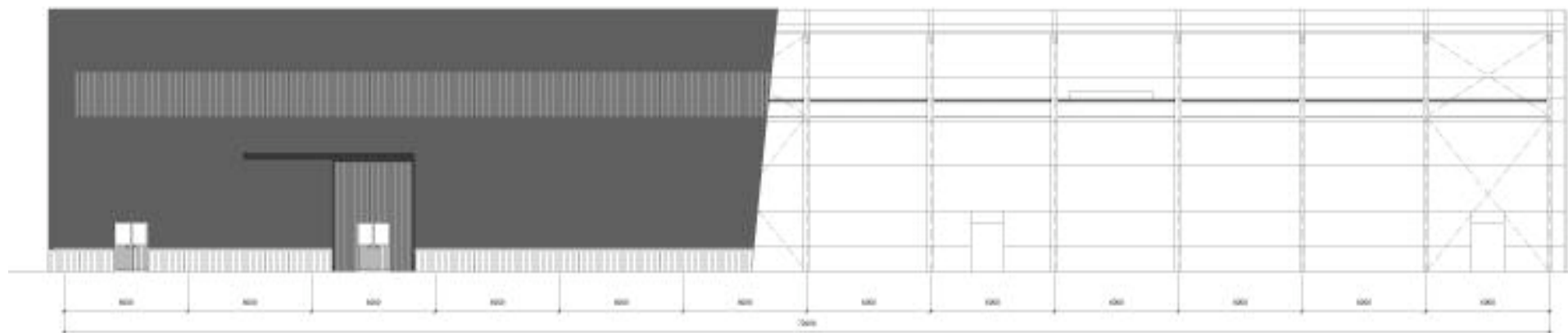


# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## VISTE GENERALI DEL CAPANNONE



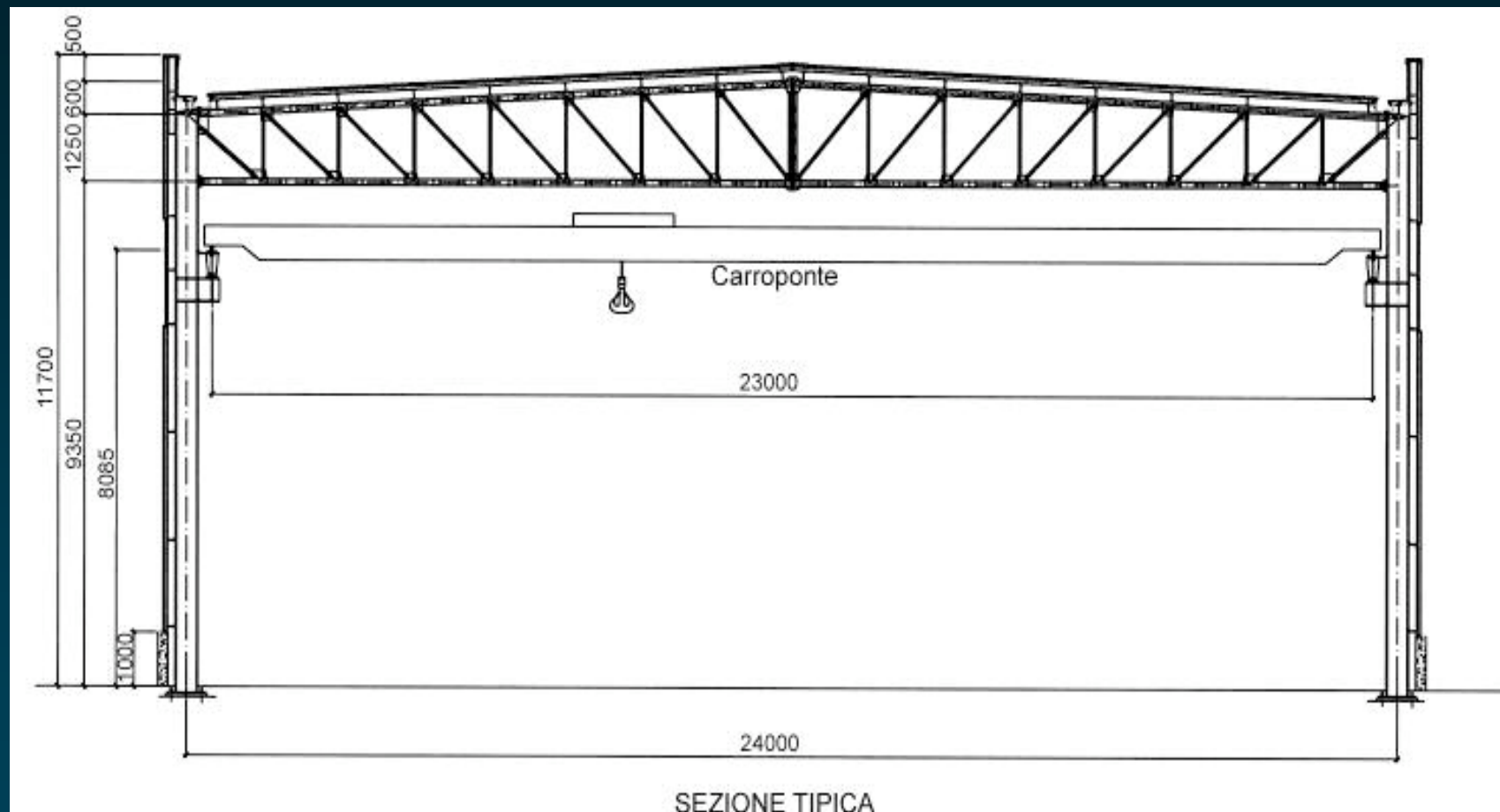
PIANTA



VISTA LONGITUDINALE

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## STRUTTURA TRASVERSALE



# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CONTROVENTI

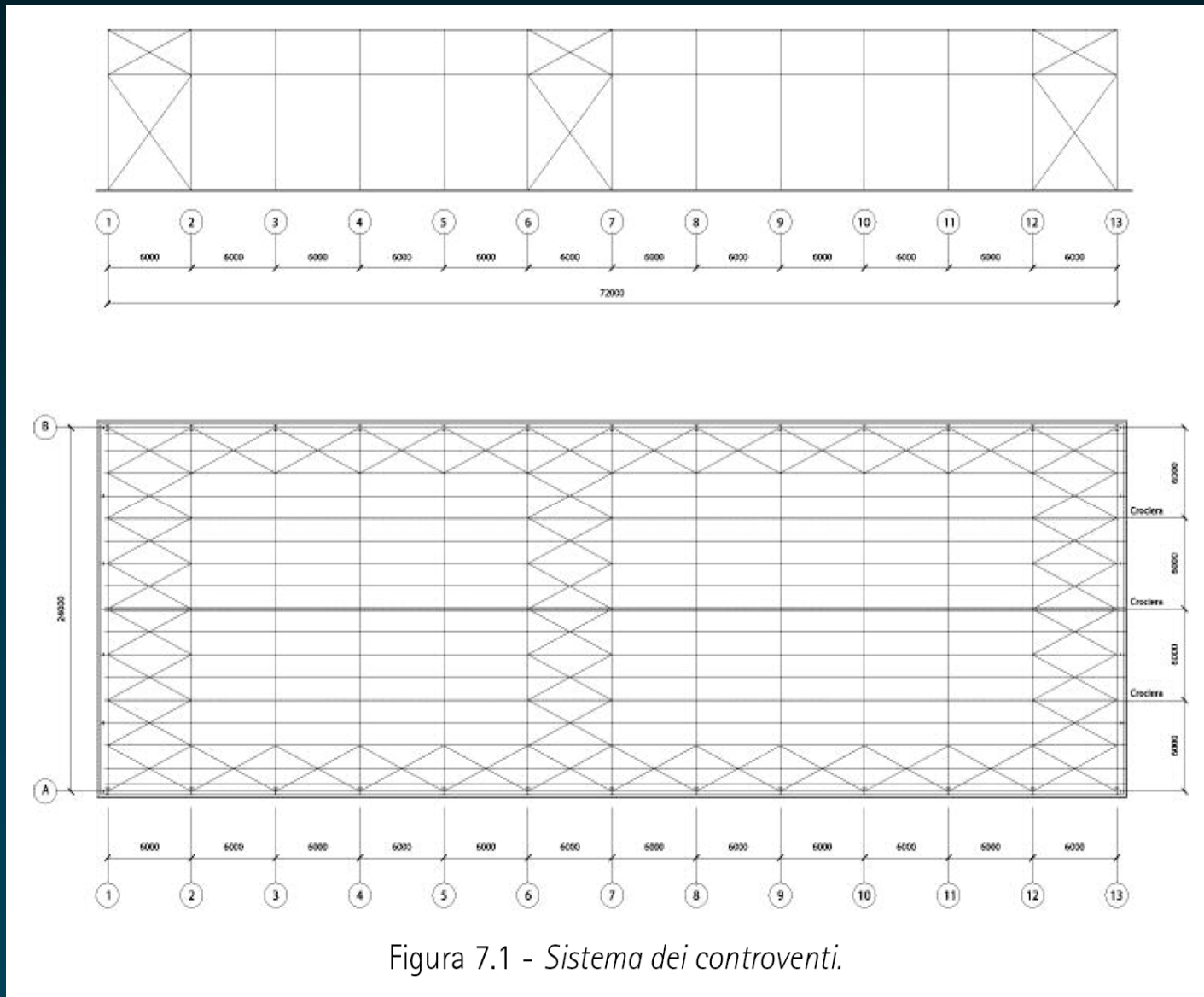


Figura 7.1 - Sistema dei controventi.

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## SISTEMA DEI CONTROVENTI VERTICALI

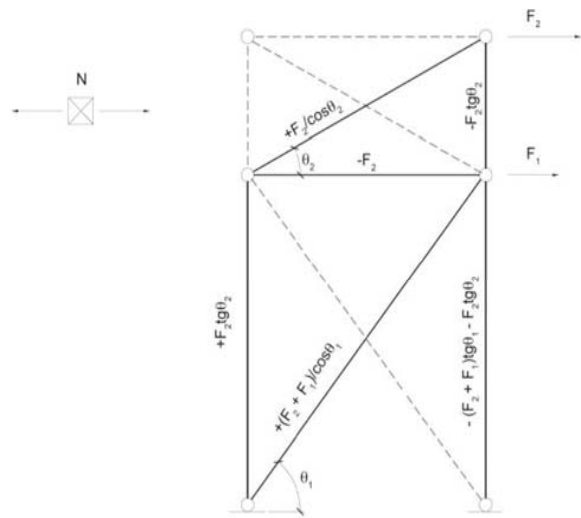


Figura 7.2 - Sollecitazioni assiali nel controvento verticale sottoposto a forze orizzontali.



Figura 7.3 - Ripartizione delle forze orizzontali in copertura tra i controventi.

- pilastro HEA 450
- diagonali prima elevazione 2 UPE 120 (6 bulloni M16)
- diagonali seconda elevazione 2 angolari 70x70x6 (3 bulloni M16)
- correnti orizzontali HEA180

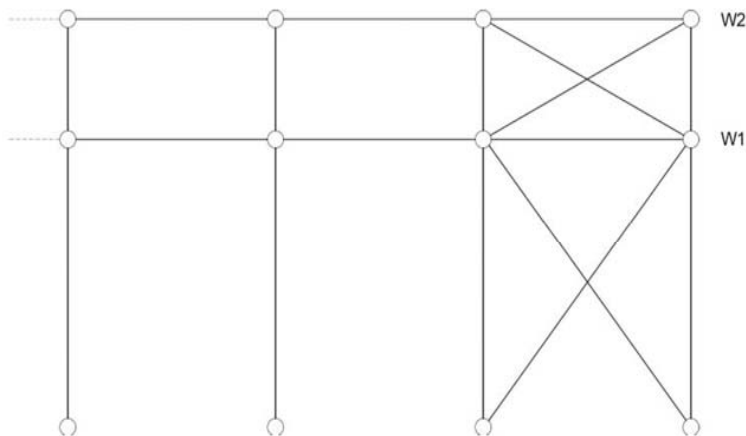


Figura 7.4 - Posizione delle masse sismiche.

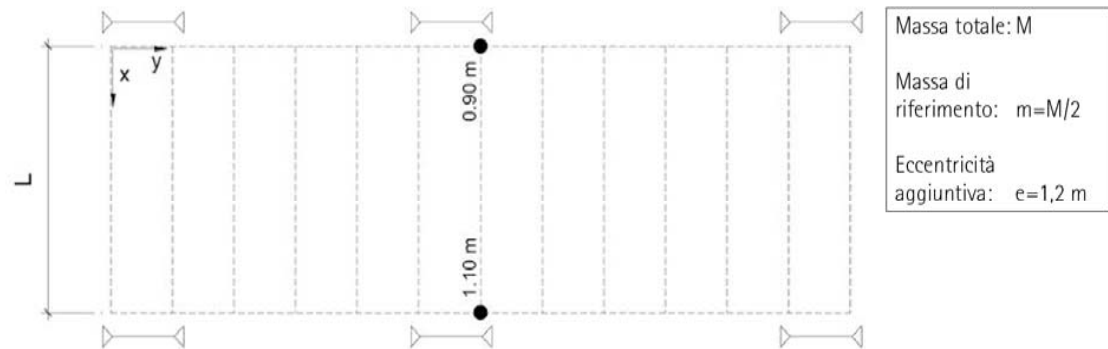


Figura 7.5 - Massa sismica equivalente in ogni parete controventata.

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CONTROVENTI DI FALDA

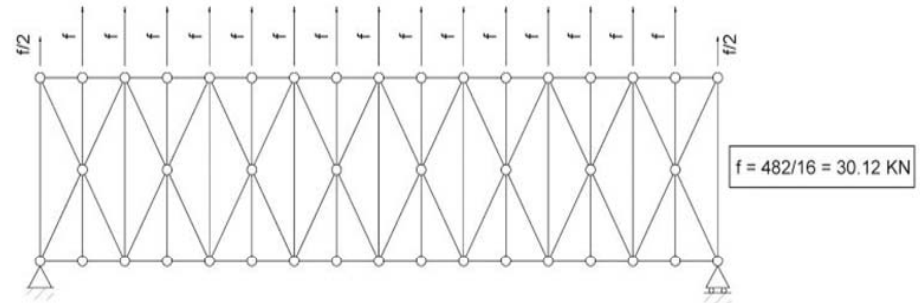
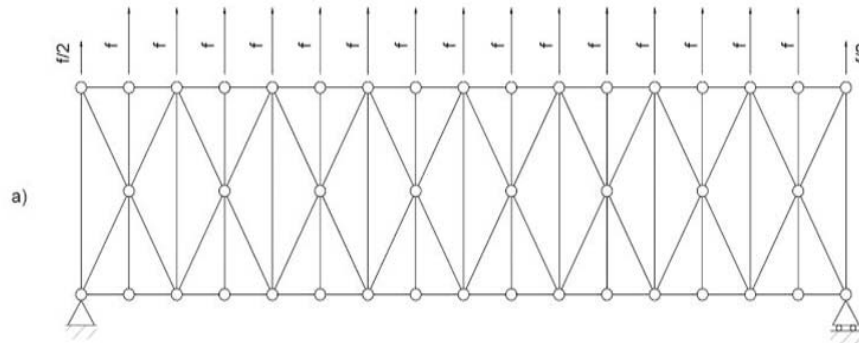


Figura 7.8 - Azione sismica allo SLU sul controvento di falda più sollecitato.

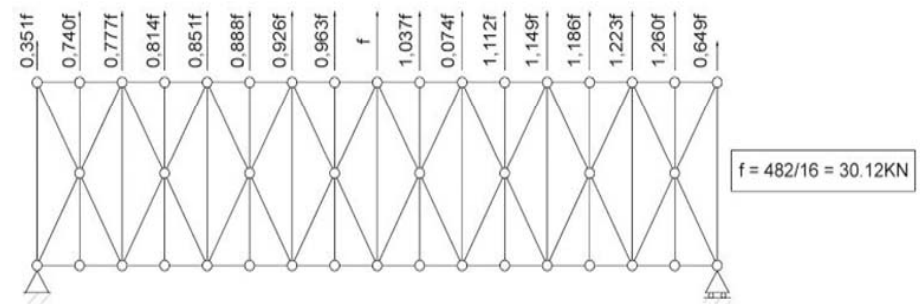
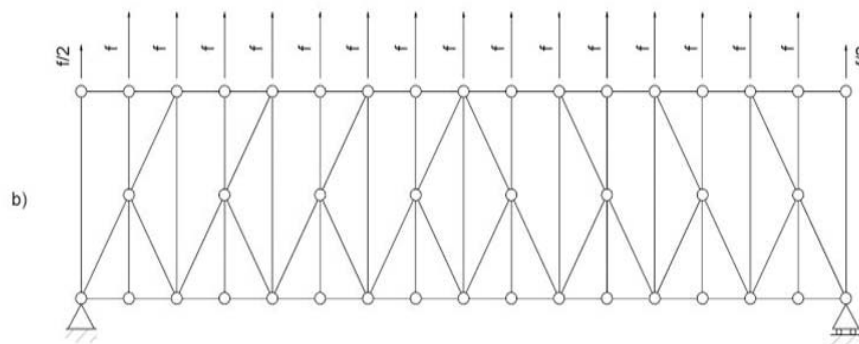
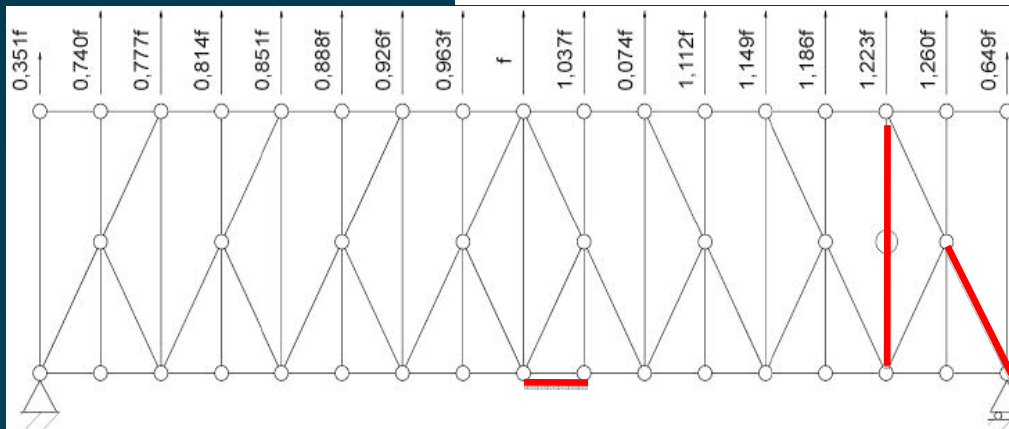


Figura 7.7 - Schema statico iperstatico (A) ed isostatico a sole diagonali tese (B).

Figura 7.9 - Azione sismica allo SLU sul controvento di falda più sollecitato, con eccentricità accidentale.



# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## COLONNE – VIA DI CORSA

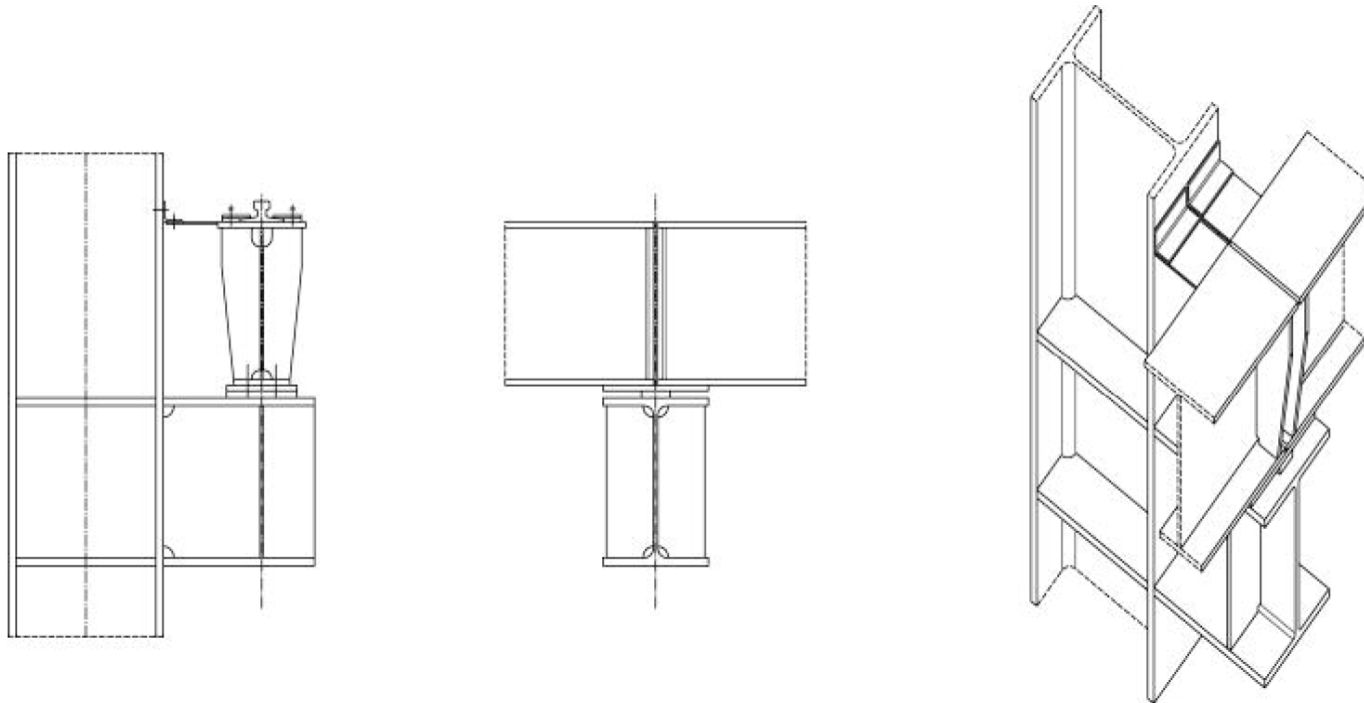


Figura 6.4 - Collegamento via di corsa-pilastro.

Tabella 6.1 - Azioni trasmesse dalla via di corsa.

Condizione	$R_{cx}$ [kN]	$R_{cy}$ [kN]	$R_{cy'}$ [kN]	$R_{cz}$ [kN]
$Q_{3k}$	6,00	-2,06	8,21	88,55
$Q_{4k}$	0,00	-2,87	14,87	72,81
$Q_{5k}$	18,50	-2,30	2,30	72,81
$Q_{6k}$	0,00	0,00	0,00	40,35

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CALCOLO DELLA VIA DI CORSA

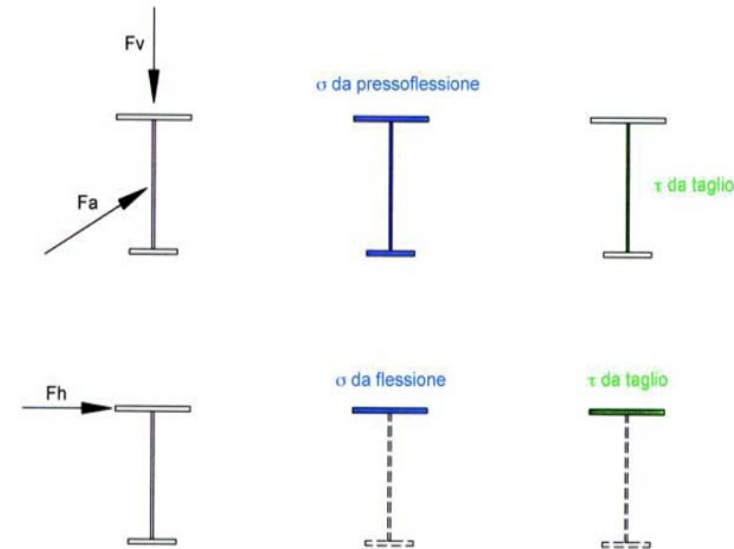
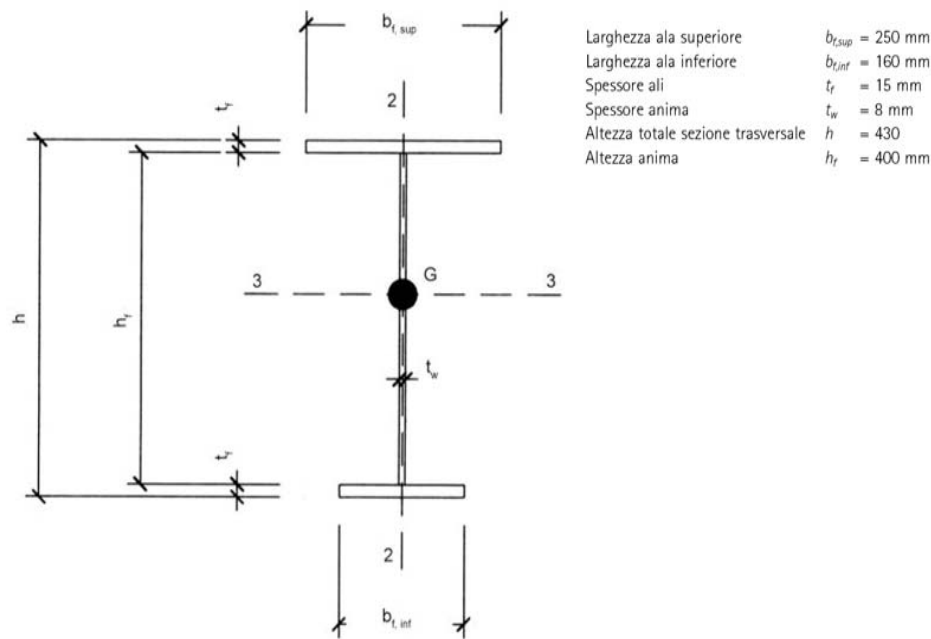
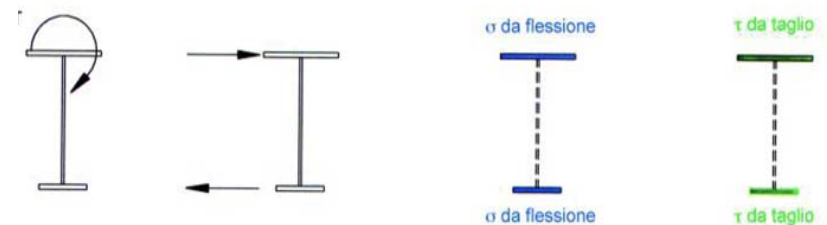


Figura 9.1 - Geometria della sezione trasversale della trave.

Le azioni indotte dal carro ponte sulla costruzione vengono valutate in base alle indicazioni dell'UNI EN 1991-3:2006 [1] e possono essere raggruppate secondo la seguente classificazione, descritta in dettaglio nel seguito:

- Azioni verticali  $Q_r$
- Azioni orizzontali longitudinali indotte dal moto del ponte  $H_L$
- Azioni orizzontali trasversali indotte al moto del ponte  $H_T$
- Azioni orizzontali causate dallo sghembo  $H_S$
- Azioni dovute all'urto dei respingenti  $H_B$
- Azioni trasversali dovute al movimento del carrello  $H_{T3}$
- Carico di prova  $Q_T$

Le prime quattro famiglie di azioni sono classificate come variabili mentre l'ultima è considerata un'azione eccezionale. La trave della via di corsa non è interessata dalle azioni dovute al vento ed a carichi inclinati.



Meccanismi resistenti per azioni verticali ed assiali ( $F_v$ ,  $F_a$ ), orizzontali ( $F_h$ ) e torcenti ( $T$ ).

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CALCOLO DELLA VIA DI CORSA

Tabella 9.9 - Tipologie di carichi mobili e sollecitazioni corrispondenti.

	TIPOLOGIA 1	TIPOLOGIA 2	TIPOLOGIA 3
M			
V			

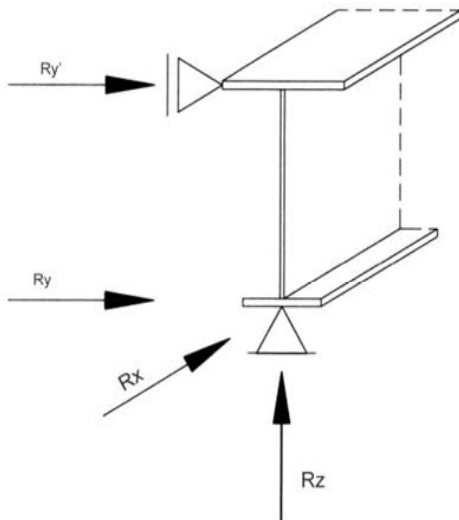


Figura 9.10 - Convenzione per la descrizione delle reazioni vincolari.

Tabella 9.10 - Posizioni dei gruppi di carico che determinano le sollecitazioni massime.

	Gruppo 1 - SLU	
	Posizione del carico	Sollecitazione massimizzata
	$a = L/2 - i/4$ $a \rightarrow 0$	$M_{33}$ $M_{22}, V_{33}$
	Gruppo 5 - SLU	
	Posizione del carico	Sollecitazione massimizzata
	$a = L/2 - i/4$ $a = L/2$ $a \rightarrow 0$	$M_{33}$ $M_{22}$ $V_{22}, V_{33}$
	Gruppo 6 - SLU	
	Posizione del carico	Sollecitazione massimizzata
	$a = L/2 - i/4$ $a \rightarrow 0$	$M_{33}, M_{22}$ $V_{22}, V_{33}$
	Gruppo 9 - SLE	
	Posizione del carico	Sollecitazione massimizzata
	$a = L/2 - i/4$ $a \rightarrow 0$ indifferente	$M_{33}$ $V_{22}, V_{33}$ N

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## MATERIALI

Tabella 3.1 - Laminati a caldo con profili a sezione aperta ([1] Tabella 11.3.IX).

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t < 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S235 N/NL	275	390	255	370
S275 N/NL	355	490	335	470
S355 N/NL	420	520	390	520
S450 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S235 M/ML	275	370	255	360
S275 M/ML	355	470	335	450
S355 M/ML	420	520	390	500
S450 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490

modulo elastico:

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

modulo di elasticità tangenziale:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \text{ N/mm}^2$$

coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0,3$$

coefficiente di espansione termica lineare:  
(per temperature fino a 100°C)

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

densità di massa:

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Tabella 3.3 - Classi di resistenza dei bulloni [(DM 14/01/2008 [1] Tabella 11.3.XIIa)].

Vite	Normali			Ad alta resistenza	
	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Tabella 3.4 - Classi di resistenza dei bulloni ([1], Tabella 11.3.XIIb).

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE SISMICA

Per l'edificio in esame si è scelta una vita utile di 50 anni cui corrisponde un periodo di riferimento in relazione al quale determinare le azioni di progetto pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1 = 50 \text{ anni} \quad (4.1)$$

Si determinano quindi i periodi di ritorno  $T_R$  delle azioni sismiche corrispondenti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita umana ed allo stato limite di danno una volta fissati per questi le rispettive probabilità di eccedenza (rispettivamente 10% e 63%) nel periodo di riferimento  $V_R$  (4.1):

$$T_{R,SLU} = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{V_R,SLU})} = 475 \text{ anni} \quad (4.2)$$
$$T_{R,SLD} = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{V_R,SLD})} = 50 \text{ anni}$$

Il DM 14/01/2008, sulla base delle coordinate geografiche del sito, fornisce i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ . Nel caso specifico tali parametri assumono i valori riportati in Tabella 4.2.

Tabella 4.2 - Parametri per la definizione della pericolosità sismica di base.

Stato Limite	$a_g$	$F_0$	$T_C^*$
SLU	0.220	2.41	0.32
SLD	0.074	2.47	0.25

Ai fini del presente progetto si ipotizza un sottosuolo di categoria *B*. Ad esso corrispondono i seguenti valori dei parametri  $S_s$  e  $C_c$ :

$$1.00 \leq S_s = 1.40 - 0.4 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20; S_s = 1.19 \quad (4.3)$$

$$C_c = 1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20} = 1.38$$

Tali parametri modificano lo spettro di risposta su suolo di tipo  $A^3$  (4.4) si da tenere in debito conto l'amplificazione stratigrafica connessa alla particolare categoria di sottosuolo.

Per ciò che riguarda la classificazione topografica si suppone invece una superficie di tipo  $T1$  cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografico  $S_T = 1$ .

In Tabella 4.4 sono riassunti tanto i parametri relativi alla pericolosità sismica di base quanto quelli di amplificazione locali.

Tabella 4.4 - Parametri.

Stato Limite	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$S_s$	$C_c$	$S_T$
SLU	0.220	2.41	0.32	1.18	1.38	1.00
SLD	0.074	2.47	0.25	1.33	1.45	1.00

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE SISMICA

$$S_e(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] & 0 \leq T < T_B \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 & T_B \leq T < T_C \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) & T_C \leq T < T_D \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) & T \geq T_D \end{cases}$$

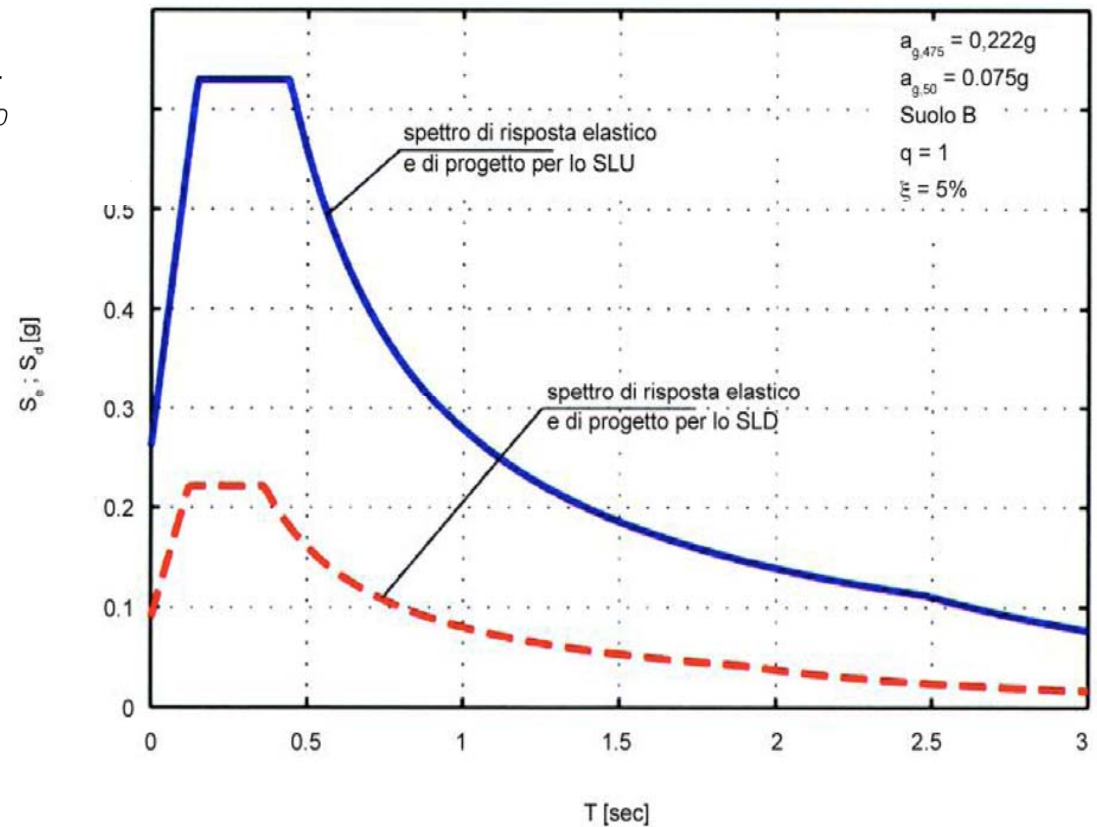
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}}$$

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$



# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE DEL VENTO

Tabella 4.6 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$ .

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zone a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zone a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

$$v_b = \begin{cases} v_{b,0} & \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) & \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m} \end{cases}$$

Nel caso specifico, assumendo un'altezza sul livello medio del mare  $a_s$  pari a 400 m si ottiene:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad (4.10)$$

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

Tabella 4.7 - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione.

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
I	0.17	0.01	2.00
II	0.19	0.05	4.00
III	0.20	0.10	5.00
IV	0.22	0.30	8.00
V	0.23	0.70	12.00

Tabella 4.8 - Classi di rugosità del terreno.

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi 15 m.
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive.
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D.
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...).

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE DEL VENTO

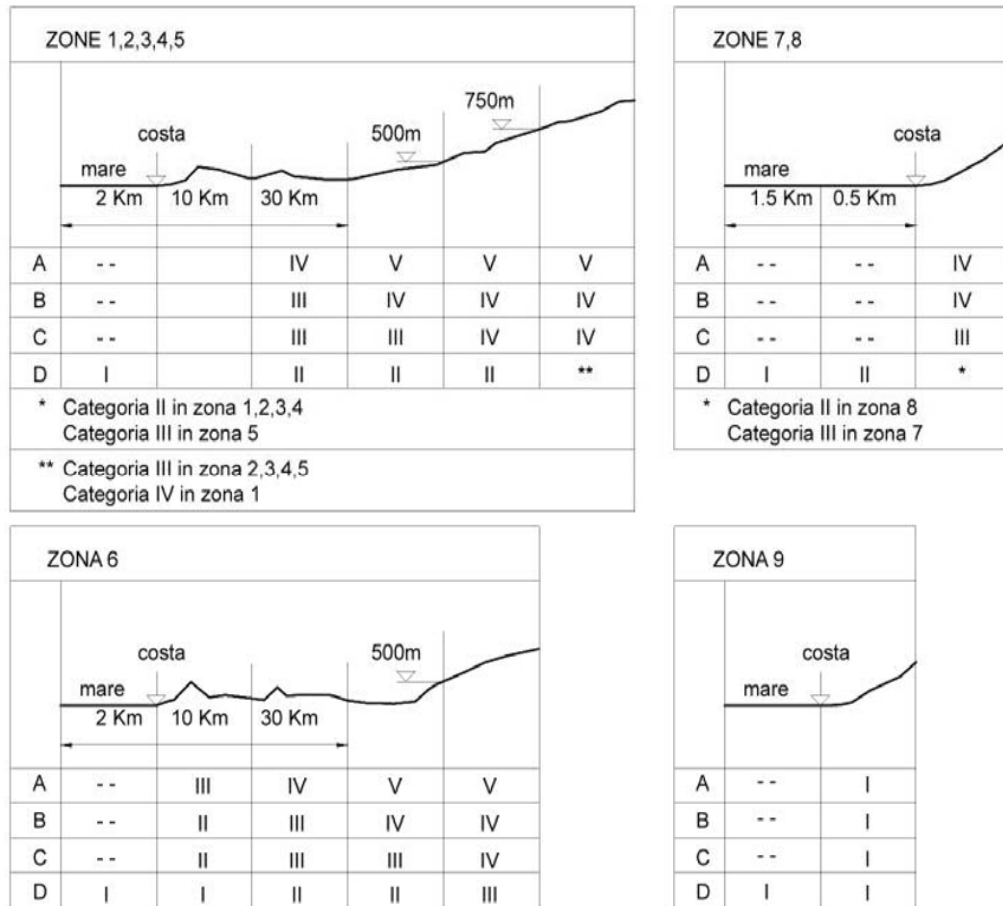


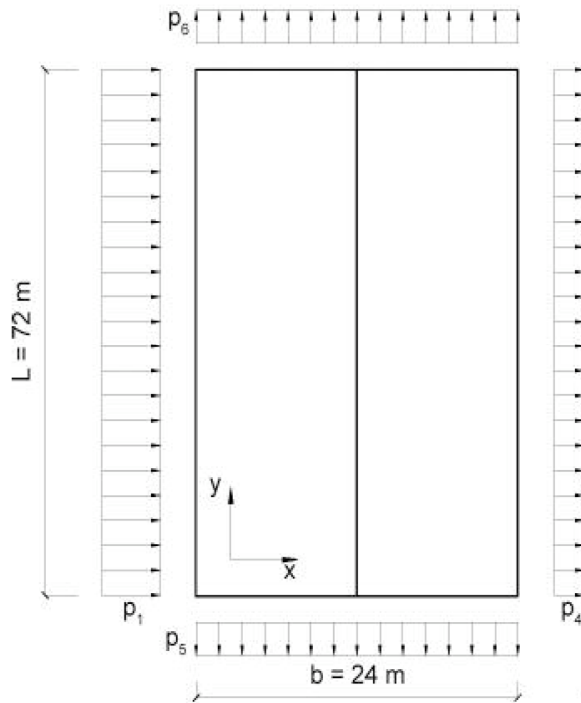
Figura 4.3 - Definizione delle categorie di esposizione.

Nel caso specifico si assume come classe di rugosità del terreno la B (Tabella 4.8) cui corrisponde (Figura 4.3, Zona 1) la IV categoria di esposizione ( $k_r = 0.22$ ,  $z_0 = 0.30$  m,  $z_{min} = 8$  m, Tabella 4.7).

$$c_e(z) = \begin{cases} 0.3388 \cdot \ln\left(\frac{z}{0.30}\right) + 0.0484 \cdot \left[\ln\left(\frac{z}{0.30}\right)\right]^2 & \text{per } z \geq z_{min} \\ 1.63 & \text{per } z < z_{min} \end{cases}$$

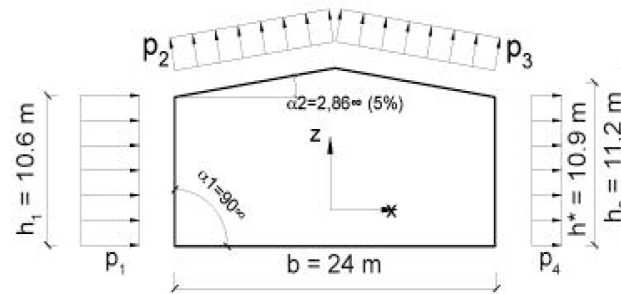
# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE DEL VENTO



$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho_{aria} \cdot v_b^2$$

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



$$c_{pe} = \begin{cases} 0.8 & \text{per } \alpha \geq 60^\circ \\ 0.3 \cdot \alpha - 1 & \text{per } 20^\circ < \alpha < 60^\circ \\ -0.4 & \text{per } 0 \leq \alpha \leq 20^\circ \end{cases}$$

Tabella 4.9 - Pressioni esterne agenti sulle superfici di chiusura dell'edificio.

Direzione vento	Superficie	$c_e$	$c_p$	$c_d$	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$p$ [kN/m <sup>2</sup> ]
x	1	1.82	0.80	1.00	0.39	0.57
	2	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	3	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	4	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	5	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	6	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
y	1	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	2	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	3	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	4	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29
	5	1.82	0.80	1.00	0.39	0.57
	6	1.84	-0.40	1.00	0.39	-0.29

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE DELLA NEVE

Tabella 4.10 - Zone con diverso valore del carico neve caratteristico di riferimento al suolo.

Zona	Località
I-Alpina	Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza
I-Med.	Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese
II	Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona
III	Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

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

$$q_{sk} = \begin{cases} 1.50 \text{ kN/m}^2 & \text{per } a_s \leq 200 \text{ m} \\ 1.35 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{a_s}{602} \right)^2 \right] \text{ kN/m}^2 & \text{per } a_s > 200 \text{ m} \end{cases}$$

Nel caso in esame, assumendo un'altezza sul livello del mare  $a_s = 400 \text{ m}$ , si applica la seconda delle (4.17):

$$q_{sk} = 1.35 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{260}{602} \right)^2 \right] = 1.95 \text{ kN/m}^2 \quad (4.18)$$

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## AZIONE DELLA NEVE

Tabella 4.11 - Coefficiente di esposizione relativo a diverse classi di topografia.

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta da venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati senza costruzioni o alberi più alti	0.9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1.0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o accerchiata da costruzioni o alberi più alti	1.1

$$\mu_1 = \begin{cases} 0.8 & \text{per } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \\ 0.8 \cdot \frac{60 - \alpha}{30} & \text{per } 30^\circ < \alpha < 60^\circ \\ 0.0 & \text{per } \alpha \geq 60^\circ \end{cases}$$

$$q_{s1} = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t = 0.8 \cdot 1.95 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 1.56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s2} = \frac{1}{2} \cdot \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t = \frac{1}{2} \cdot 0.8 \cdot 1.95 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.78 \text{ kN/m}^2$$

(4.20)

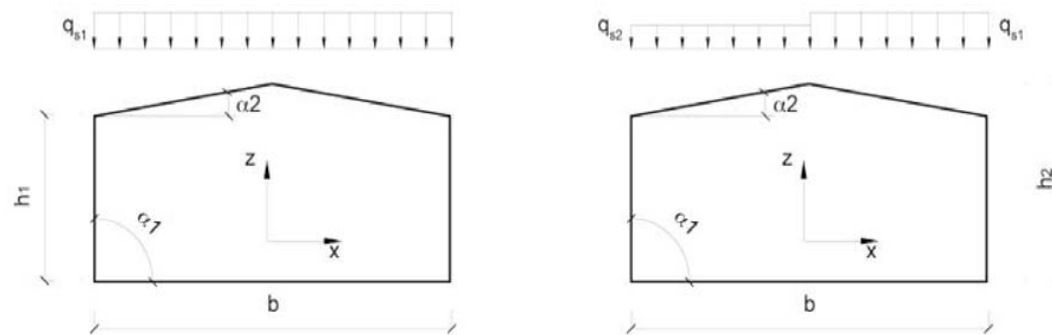


Figura 4.5 - Condizioni di carico da neve.

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CALCOLO DELLE COLONNE

Variazioni termiche  $Q_{7k}$

Gli effetti indotti nei pilastri dalla variazione termica uniforme  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  in direzione trasversale sono riconducibili ad una reazione iperstatica  $X_{\Delta t}$  deducibile dalla condizione di congruenza degli spostamenti in sommità:

$$2X_{\Delta t} H_2^3 / 3EJ = \alpha \Delta T B \quad (6.7)$$

da cui:

$$X_{\Delta t} = 3 \alpha \Delta T B E J / 2H_2^3 = 0.714 \text{ kN} \quad (6.8)$$

dove  $B = 24 \text{ m}$  è la lunghezza della campata,  $H_2 = 10.6 \text{ m}$  è l'altezza del pilastro,  $J = 63720 \text{ cm}^4$  è il momento d'inerzia della sezione,  $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  è il coefficiente di deformazione termica ed  $E$  è il modulo elastico dell'acciaio.

Azioni sismiche

Si sostituisce quindi la distribuzione di massa uniforme  $m_0$  con una distribuzione lineare:

$$m(y) = m_0 + \frac{y}{L} \Delta m$$

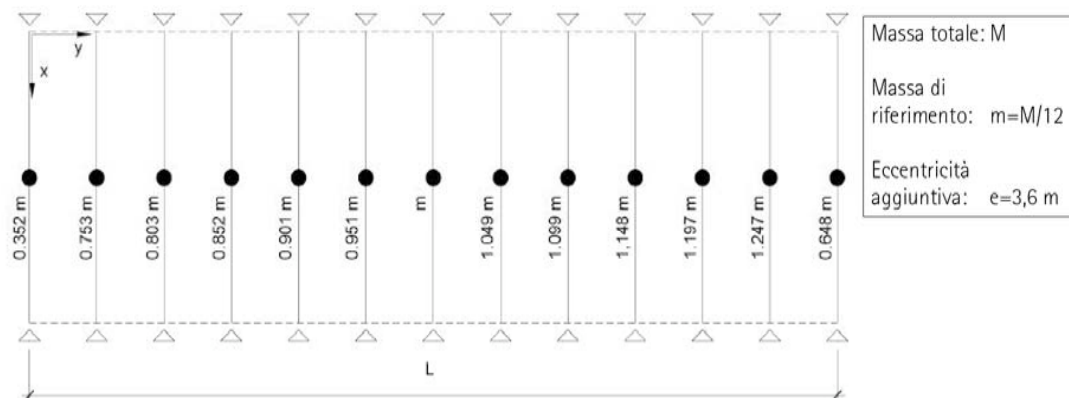


Figura 6.5 - Distribuzione della massa sismica con eccentricità accidentale (sisma in direzione X).

# PROGETTO DI UN EDIFICIO MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE

## CARROPONTE

Tabella 2.1 - Caratteristiche tecniche del carroponete.

luce carroponete:	23,50 m
carico nominale:	50,00 kN
numero binari:	2
numero ruote per testata:	2
materiale ruote:	acciaio
interasse ruote (a):	3,15 m
peso proprio trave- ponte:	80,70 kN
peso proprio carrello:	5,90 kN
avvicinamento massimo gancio del carrello ad una sponda:	0,70 m
reazione per ruota con carrello tutto da quel lato, con carico sollevato ( $Q_{r,max}$ ):	47,33 kN
reazione per ruota con carrello tutto dal lato opposto, con carico sollevato ( $Q_r^{max}$ ):	21,00 kN
reazione per ruota con carrello tutto da quel lato, senza carico sollevato ( $Q_r^{min}$ ):	23,00 kN
reazione per ruota con carrello tutto dal lato opposto, senza carico sollevato ( $Q_{r,min}$ ):	20,00 kN
angolo di sghembo:	6,159 ‰°
velocità nominale del carroponete ( $V_{,nom}$ ):	0,667 m/s
velocità di sollevamento:	0,21 m/s
forza dovuta all'urto con i respingenti:	18,50 kN
fattore di forma dei respingenti:	0,85
larghezza testa rotaia (br):	50 mm
classe di carico spettrale:	Q5
classe del numero totale di cicli:	U6
classe dispositivi di carico:	HC4



**Progettare con l'acciaio in zona sismica**  
**Concezione strutturale**

**Prof. Andrea Dall'Asta**

*ProCAM – Dip. di Progettazione e Costruzione dell'Ambiente - Facoltà di Architettura-Università di Camerino*