

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

Tecnica delle costruzioni

modulo A

11 – Controventi

Aurelio Gherzi

21/10/2020

Controventi

considerazioni generali

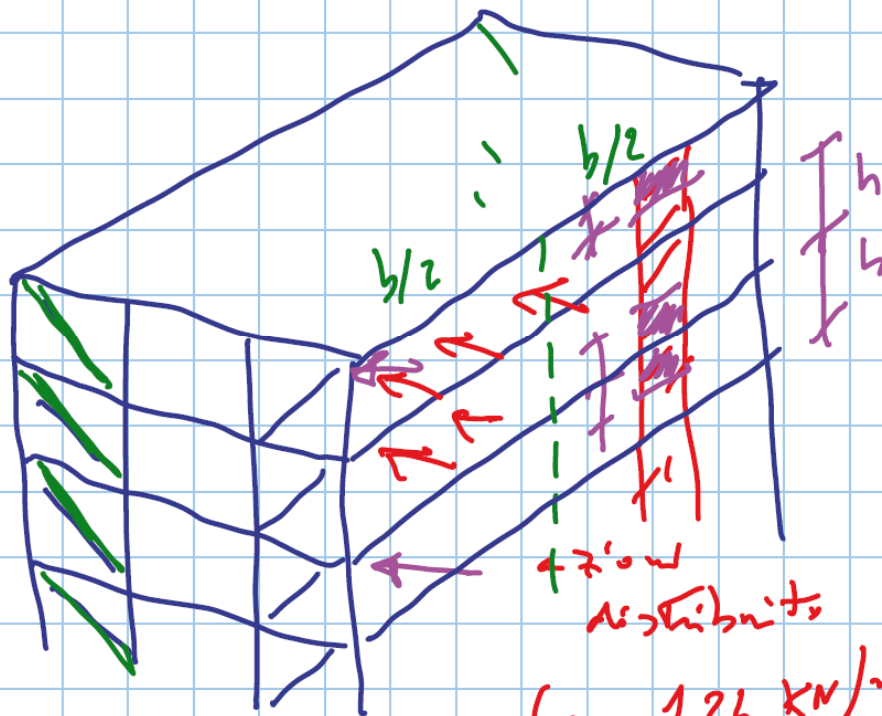
- La struttura è soggetta all'azione del vento
 - In genere è più conveniente economicamente realizzare i collegamenti trave-colonna in modo che non trasmettano momento flettente
 - Per portare azioni orizzontali occorre aggiungere aste inclinate (diagonali) di controvento
- Le diagonali di controvento devono essere dimensionate per
 - Resistere alle azioni del vento (verifica SLU)
 - Evitare deformazioni eccessive della struttura (verifica SLE)

Controventi

azione del vento

$$F_s = q_s c_e(H) c_{r,s} \cdot \frac{b}{2} h$$

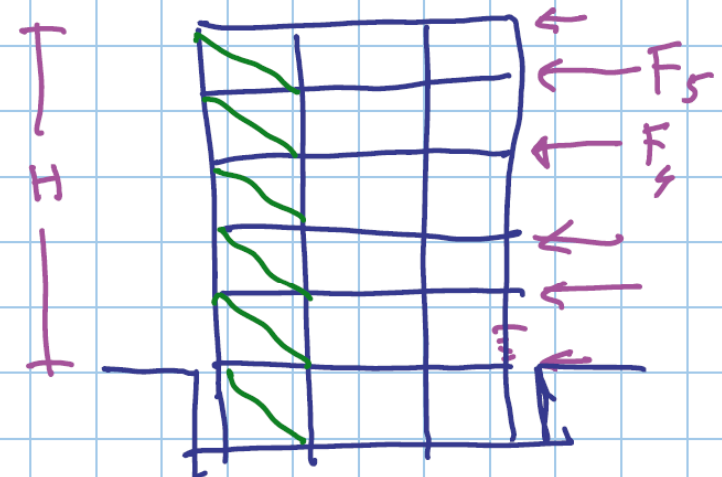
23/10/20



($\approx 1.26 \text{ kN/m}^2$)

$$q_s c_e(H) c_{r,s}$$

vento

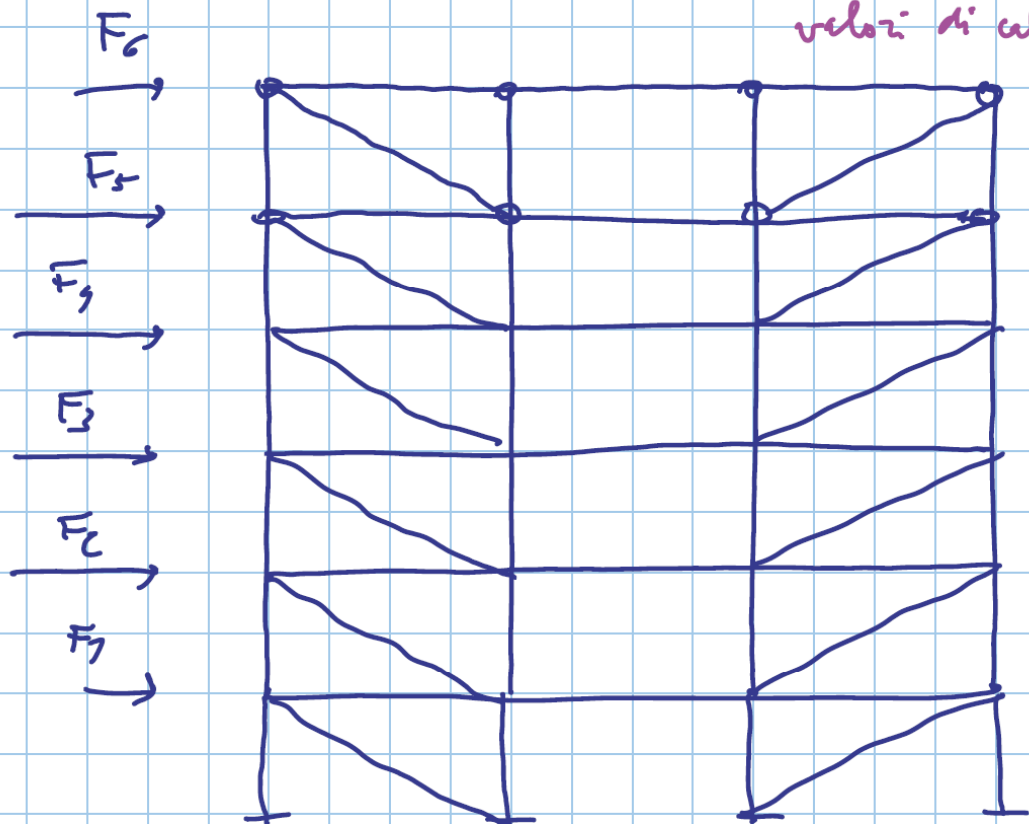


Controventi

verifiche da fare

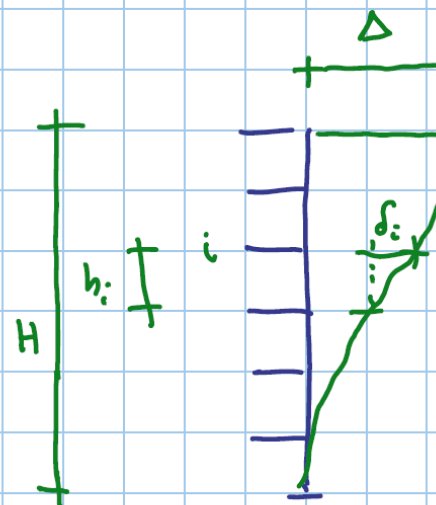
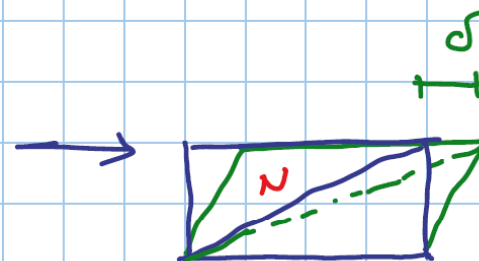
VERIFICA SLU

valori di calcolo



VERIFICA SLE

valori caratteristici

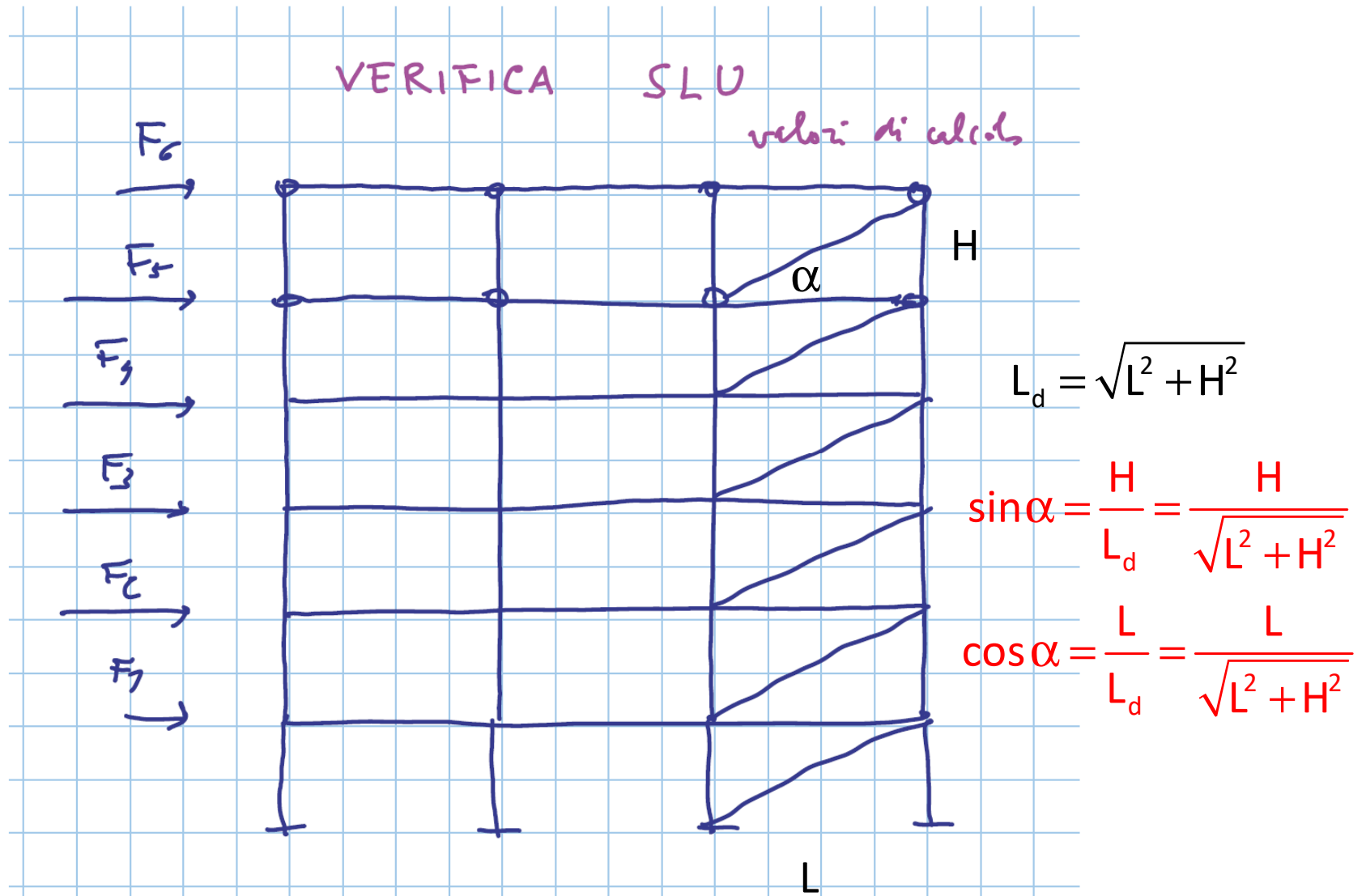


$$\Delta \leq \frac{1}{500} H$$

$$\delta_i \leq \frac{1}{300} h_i$$

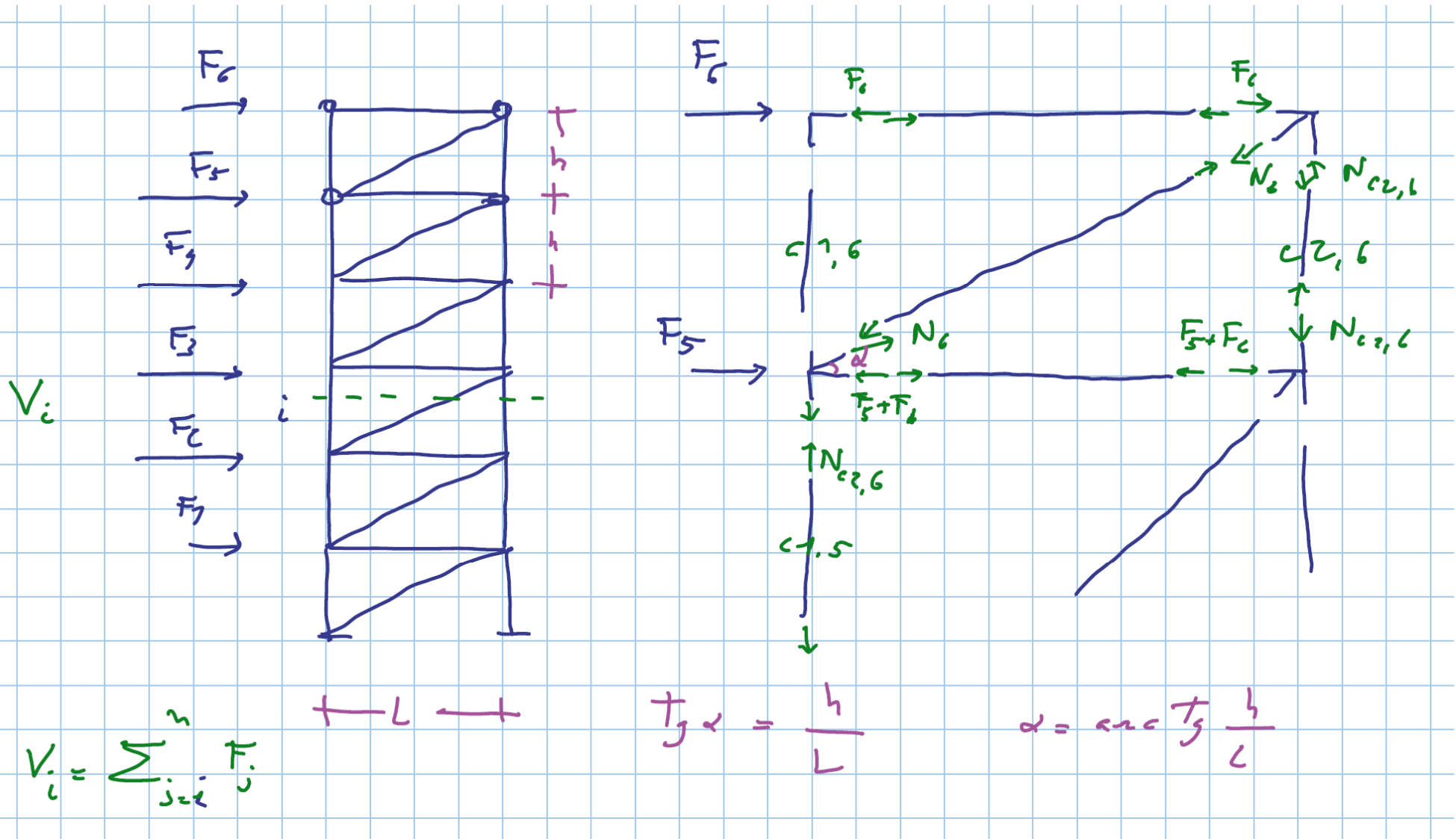
Controventi

inclinazione diagonale di controvento



Controventi

equilibrio dei nodi



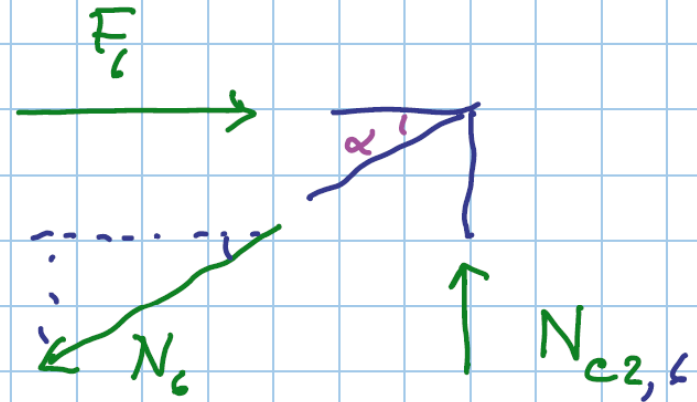
Controventi

equilibrio dei nodi

$$N_6 \cos \alpha = F_6$$

$$N_6 = \frac{F_6}{\cos \alpha} = \frac{V_6}{\cos \alpha}$$

$$N_{c2} = N_6 \sin \alpha = F_6 \tan \alpha$$



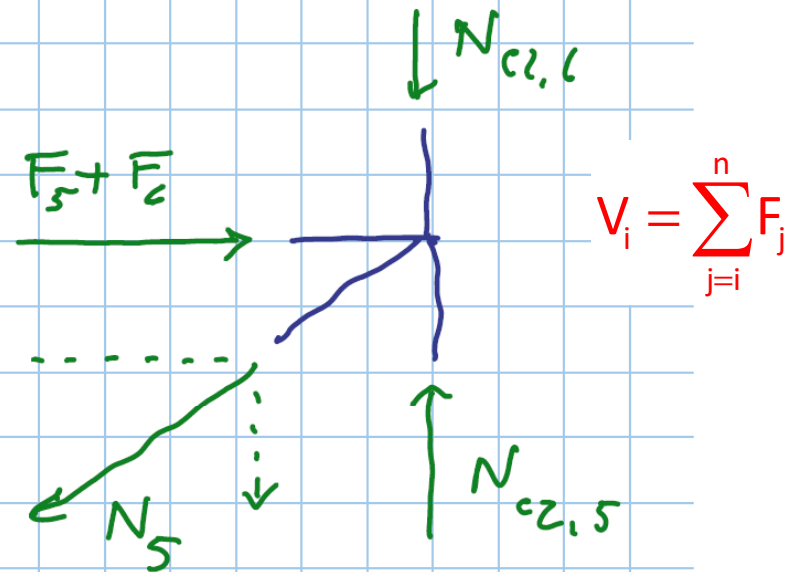
Controventi

equilibrio dei nodi

$$N_5 \cos \alpha = F_5 + F_6$$

$$N_5 = \frac{F_5 + F_6}{\cos \alpha} = \frac{V_5}{\cos \alpha}$$

$$N_{cz,5} = N_{cz,6} + N_5 \sin \alpha$$

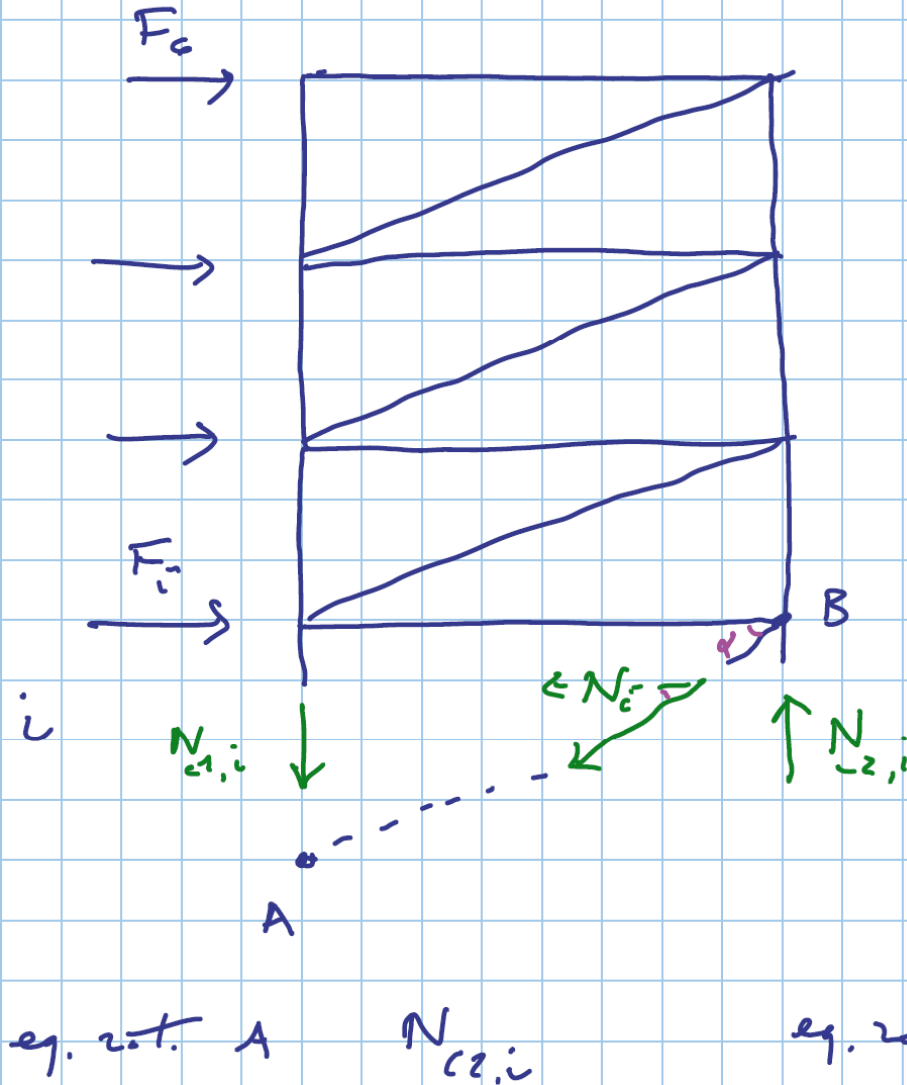


$$N_{diag,i} = \frac{V_i}{\cos \alpha}$$

$$N_{col,i} = N_{col,i+1} + N_{diag,i} \sin \alpha$$

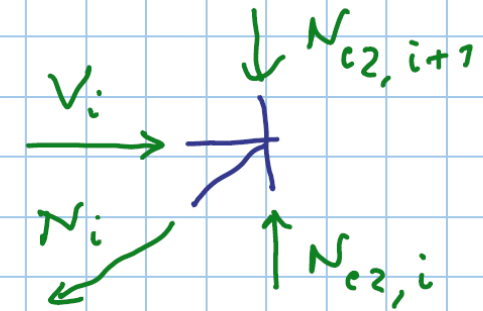
Controventi

equilibrio dei nodi



equil. traslazione orizz.

$$N_i = \frac{V_i}{\cos \alpha}$$



$$N_{col,i} = N_{col,i+1} + N_{diag,i} \sin \alpha$$

eq. z.t. A

$N_{c2,i}$

eq. z.t. B

$N_{c1,i}$

Controventi

equilibrio dei nodi

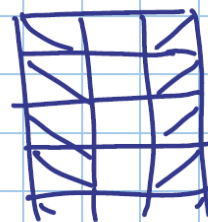
$$\tan \alpha = \frac{3.60}{6.60}$$

$$V_i = \sum_{j=i}^n F_j$$

$$N_{diag,i} = \frac{V_i}{\cos \alpha}$$

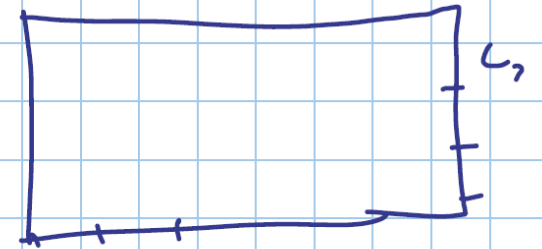
$$A_{c,nec} = \frac{N_{diag,i} \times 1.05}{f_y}$$

$$N_{cz,i} = N_{cz,i+1} + V_i \tan \alpha$$



$L_1 = 6.60 \text{ m}$

$L_2 = 3.60 \text{ m}$



vento y

Controventi

riepilogo

h	3.6		α	0.499	rad	28.61	gradi		
L	6.6		$\cos \alpha$	0.878					
			$\sin \alpha$	0.479					
			$\tg \alpha$	0.545					
						mm ² *10 ²		compr	traz
piano	Fk	V _{i,k}	N _{diag,k}	N _{diag,d}	f _y	Ac,nec	Nc _{2,k}	Nc _{2,d}	Nc _{1,d}
6	41.87	41.87	47.7	71.5	275	2.73	22.8	34.3	0.0
5	83.75	125.62	143.1	214.6	275	8.20	91.4	137.0	34.3
4	83.75	209.37	238.5	357.7	275	13.66	205.6	308.3	137.0
3	83.75	293.12	333.9	500.8	275	19.12	365.4	548.2	308.3
2	83.75	376.87	429.3	643.9	275	24.59	571.0	856.5	548.2
1	41.87	418.74	477.0	715.5	275	27.32	799.4	1199.1	856.5

$$A_{\text{diag,nec},i} = \frac{N_{\text{d,diag},i} \gamma_{M0}}{f_y} \quad (\text{per SLU})$$

Stati Limite di Esercizio

verifica di spostamenti

- Spostamenti verticali
(ci interessa in seguito, nel dimensionamento delle travi)

4.2.4.2.1 Spostamenti verticali

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 4.2.3) è definito come

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 \quad [4.2.60]$$

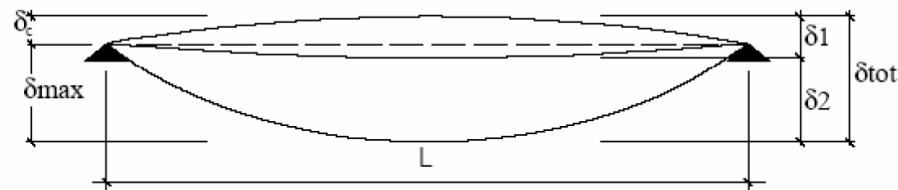


Fig. 4.2.3 -Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_C la monta iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{\text{tot}} - \delta_C$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} e δ_2 , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

Stati Limite di Esercizio

verifica di spostamenti

- Spostamenti verticali
(ci interessa in seguito, nel dimensionamento delle travi)

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{\max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Stati Limite di Esercizio

verifica di spostamenti

- Spostamenti orizzontali

4.2.4.2.2 Spostamenti laterali

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XIII (Δ spostamento in sommità; δ spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.4).

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carro-ponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

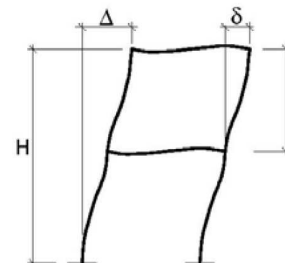
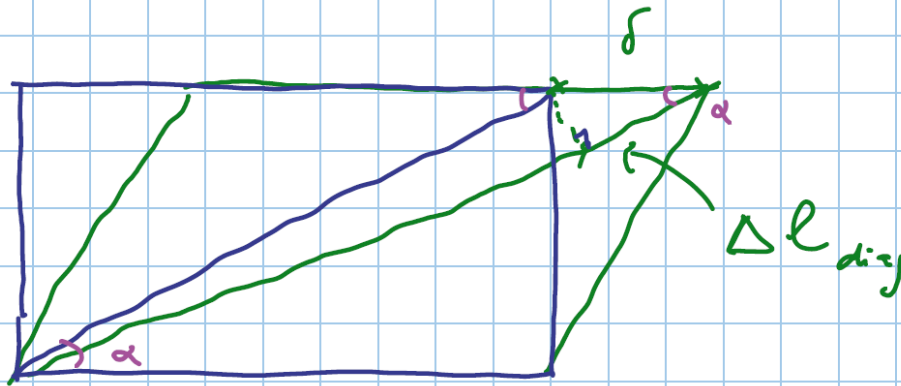


Fig. 4.2.4 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

Controventi

verifica per SLE



$$l_{diag} = \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$\Delta L_{diag,i} = \frac{N_{k,diag,i} H}{E A \sin \alpha}$$

$$\Delta l_{diag} = \frac{N_{diag} l_{diag}}{E A} = \frac{N_{diag} h}{E A \sin \alpha}$$

$$\delta = \frac{\Delta l_{diag}}{\cos \alpha} = \frac{N_{diag} h}{E A \sin \alpha \cos \alpha} \leq \frac{1}{K} h$$

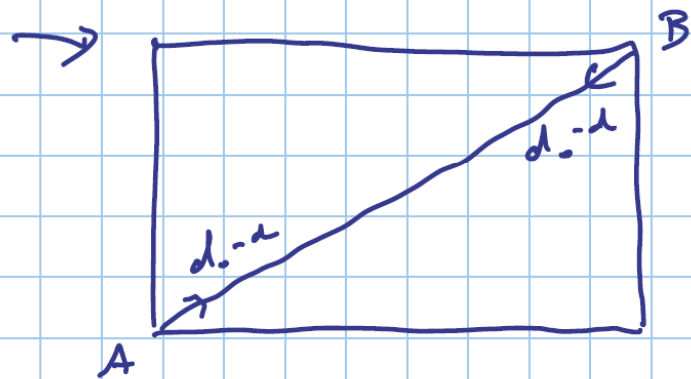
$$K = 300$$

$$A \geq \frac{N_{diag} K}{E \sin \alpha \cos \alpha}$$

Controventi

verifica per SLE

gioco foro-bullone



d = diametro bullone

d_0 = diametro foro

$$d_0 > d$$

E.s. $d_0 = d + 1 \text{ mm}$

$$d_0 - d = 1 \text{ mm}$$

lo scorrimento provoca

una variazione della distanza A-B $\approx 2(d_0 - d) = \Delta_{fb}$ scorrimento tra bulloni

$$\Delta l_{diag} = \frac{N_{diag} \cdot l}{E A \sin \alpha} + \Delta f_b$$

$$\delta = \frac{N_{diag} \cdot l}{E A \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\Delta f_b}{\cos \alpha}$$

$$\Delta L_{diag,i} = \frac{N_{k,diag,i} H}{E A \sin \alpha} + \Delta_{fb}$$

$$\delta = \frac{N_{k,diag,i} H}{E A \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\Delta_{fb}}{\cos \alpha}$$

Controventi

verifica per SLE

$$\delta \leq \frac{1}{K} h$$

$$\frac{1}{k'} = \frac{1}{k} - \frac{\Delta_{fb}}{h \cos \alpha}$$

$$\frac{N_{diag} h}{EA \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\Delta f_b}{\cos \alpha} \leq \frac{1}{K} h$$

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{k} - \frac{\Delta_{fb}}{h \cos \alpha}}$$

$$\frac{N_{diag} h}{EA \sin \alpha \cos \alpha} \leq \underbrace{\left(\frac{1}{K} - \frac{\Delta f_b}{h \cos \alpha} \right)}_{\frac{1}{k'}} h$$

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{k} - \frac{\Delta f_b}{h \cos \alpha}}$$

$$A \geq \frac{N_{diag} k'}{E \sin \alpha \cos \alpha}$$

$$A_{diag,nec,i} = \frac{N_{k,diag,i} k'}{E \sin \alpha \cos \alpha} \quad (\text{per SLE})$$

Controventi

verifica per SLE

$$\delta = \frac{N_{lig} \cdot h}{EA \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\Delta f_b}{\cos \alpha}$$

Handwritten notes in green:

- $\times 10^3$ above N_{lig}
- $\times 10^3$ above h
- $\times 10^2$ below EA

$$\delta_i = \frac{N_{k,diag,i} H}{EA \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\Delta_{fb}}{\cos \alpha}$$