

# Lezione

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

*Prof. Pier Paolo Rossi*

*Università degli Studi di Catania*

# Problematiche generali delle strutture in acciaio

# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

- **Modalità costruttive**

## **Cemento armato**

**realizzazione monolitica;  
in genere strutture fortemente iperstatiche.**

## **Acciaio**

**assemblaggio di elementi;  
necessità di una maggiore precisione;  
possibilità di definire il vincolo fornito dal collegamento;  
in genere strutture isostatiche o poco iperstatiche.**

# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

- **Prestazioni dei materiali**

- **Deformabilità**

- Cemento armato**

- strutture progettate essenzialmente per la resistenza;  
verifica di deformazione facilmente soddisfatta.

- Acciaio**

- la scelta della sezione è spesso condizionata più dai limiti di deformabilità che dai limiti di resistenza.

# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

- **Prestazioni dei materiali**

- **Deformabilità**
- **Instabilità**

## **Acciaio**

**l'instabilità è condizionante**

- **instabilità globale, dell'intera struttura**
- **instabilità dell'asta**
- **instabilità locale, delle parti compresse della sezione**

# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

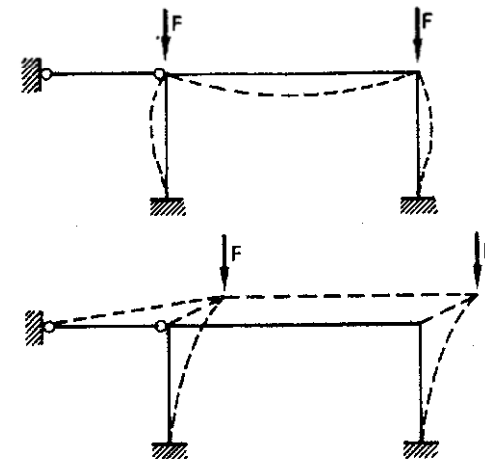
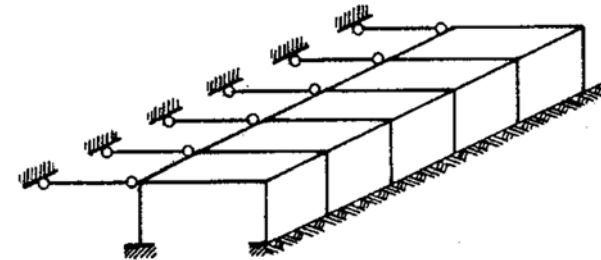
- **Prestazioni dei materiali**

- Deformabilità
- Instabilità

## Acciaio

l'instabilità è condizionante

- attenzione alla spazialità del fenomeno



# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

- **Prestazioni dei materiali**

- **Deformabilità**
- **Instabilità**
- **Peso proprio**

## **Acciaio**

**peso proprio della struttura quasi trascurabile;  
vantaggi in zona sismica e per grandi luci;  
rischio di inversione del carico per depressione da vento.**

# Problematiche generali

Differenze tra strutture in acciaio e in c.a.

- **Prestazioni dei materiali**
  - **Deformabilità**
  - **Instabilità**
  - **Peso proprio**
  - **Comportamento a trazione e compressione**

**Cemento armato**

lavora meglio a compressione

**Acciaio**

lavora meno bene a compressione, per problemi di instabilità



# Analisi strutturale per le strutture in acciaio

# Analisi strutturale

## Metodi di analisi

---

- **Analisi elastica lineare**  
è quella comunemente adottata
- **Analisi non lineare (plastica)**  
tiene conto della non linearità meccanica mediante l'introduzione di cerniere plastiche e trascurando le deformazioni elastiche
- **Analisi non lineare (elasto-plastica)**  
tiene conto del legame momento-curvatura non lineare di tutte le sezioni

# Analisi strutturale

## Non linearità geometrica

- **Analisi del primo ordine**

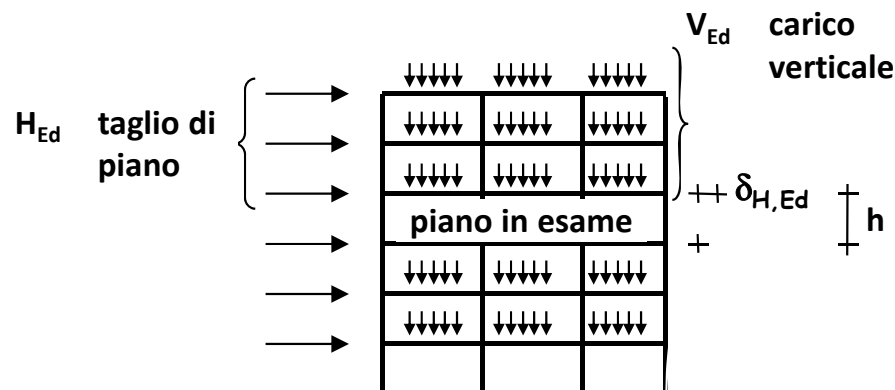
è quella comunemente adottata – trascura queste non linearità

- **Analisi del secondo ordine**

tiene conto della non linearità geometrica

- **Approccio semplificato**

per telai: valuta il moltiplicatore critico dei carichi verticali saggiando la deformabilità del telaio mediante forze orizzontali



$$\alpha_{cr} = \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{h}{\delta_{H,Ed}}$$

# Analisi strutturale

## Non linearità geometrica

- **Analisi del primo ordine**

è quella comunemente adottata – trascura queste non linearità

- **Analisi del secondo ordine**

tiene conto della non linearità geometrica

- **Approccio semplificato**

per telai: valuta il moltiplicatore critico dei carichi verticali saggiando la deformabilità del telaio mediante forze orizzontali

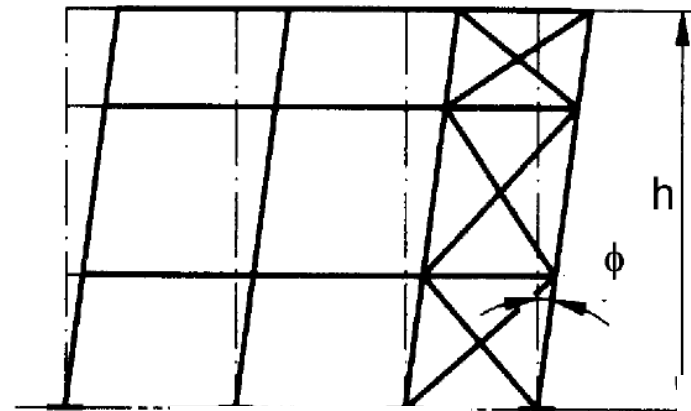
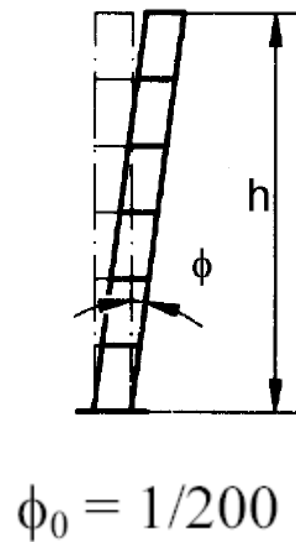
- se  $\alpha_{cr} > 10$  eseguire l'analisi del primo ordine
- altrimenti incrementare gli effetti delle azioni ottenuti dall'analisi lineare mediante il coefficiente

$$1 / \left( 1 - \frac{1}{\alpha_{cr}} \right)$$

# Analisi strutturale

## Imperfezioni di montaggio

- Per telai: considerare imperfezioni per non perfetta ortogonalità delle aste**



$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left( 1 + \frac{1}{m} \right)}$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

$m = \text{colonne di piano con } N_{Ed} > 0.5 N_{Ed,med}$

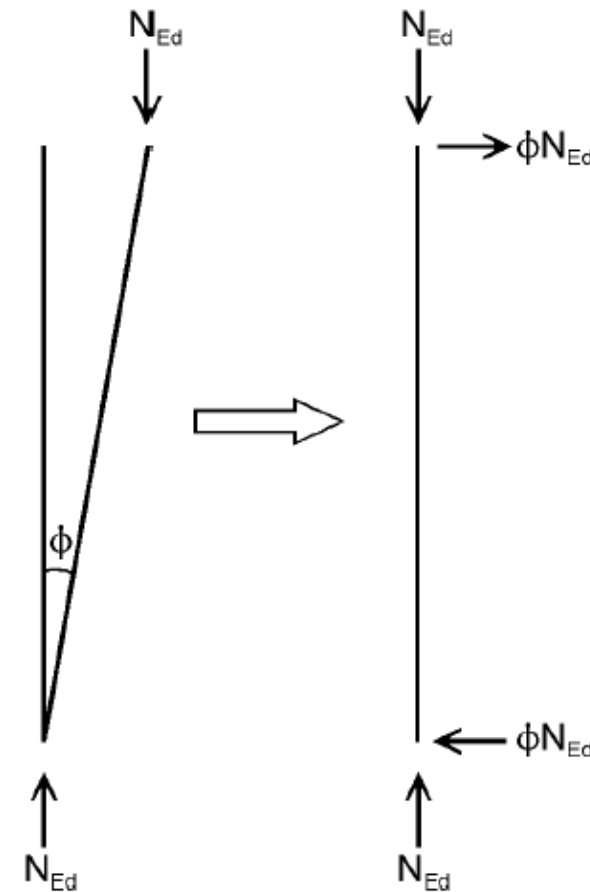
# Analisi strutturale

## Imperfezioni di montaggio

- **Per telai: considerare imperfezioni per non perfetta ortogonalità delle aste**
- **Le imperfezioni possono essere sostituite da forze orizzontali equivalenti**

**Le forze così valutate sono importanti se non ve ne sono altre;  
sono in genere modeste rispetto alle azioni di vento o sisma**

Analoghe indicazioni sono fornite per travature reticolari ed altri schemi strutturali



# Stati limite d'esercizio

# Stati limite di esercizio

---

## **Problema: evitare**

- **deformazioni o spostamenti che compromettono l'aspetto esteriore o l'uso efficiente della struttura;**
- **vibrazioni e oscillazioni che creano fastidio agli occupanti degli edifici o danno ai suoi contenuti;**
- **danni alle finiture o agli elementi non strutturali dovuti a deformazioni, spostamenti o oscillazioni.**

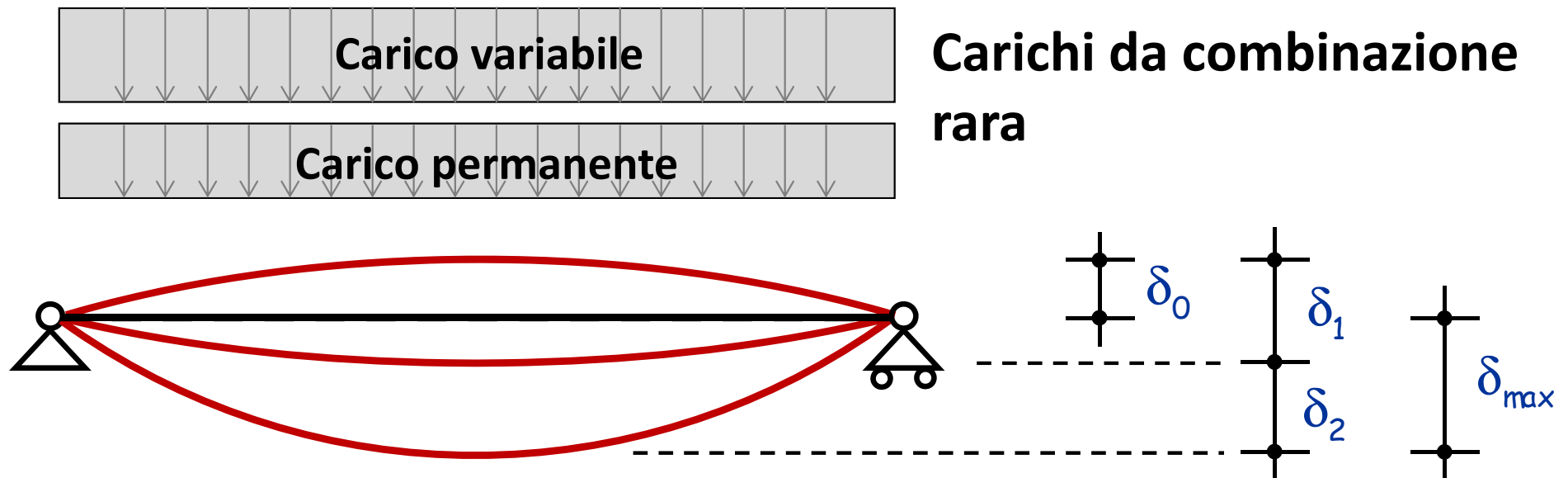
**Come evitare il raggiungimento  
di uno stato limite di esercizio?**

**Verifica degli spostamenti**



# Verifica degli spostamenti

## Calcolo degli spostamenti verticali



$\delta_0$

**Contromonta**

$\delta_1$

**Effetto dei carichi permanenti**

$\delta_2$

**Effetto dei carichi variabili**

$\delta_{max}$

**Spostamento complessivo**

$$(\delta_1 + \delta_2 - \delta_0)$$

# Verifica degli spostamenti

## Valori massimi di spostamento verticale

| Condizioni                                                                                 | $\delta_{\max}$ | $\delta_2$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| Coperture in generale                                                                      | L/200           | L/250      |
| Coperture praticate frequentemente da personale diverso da quello della manutenzione       | L/250           | L/300      |
| Solai in generale                                                                          | L/250           | L/300      |
| Solai che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili | L/250           | L/350      |
| Solai che supportano colonne                                                               | L/400           | L/500      |
| Dove $\delta_{\max}$ può compromettere l'aspetto dell'edificio                             | L/250           |            |

# Progetto

Stato limite di esercizio

1. Invertendo le espressioni di verifica si ottengono formule di progetto per la sezione.

$$\delta_{\max} \leq (\delta_{\max})_{\limite}$$

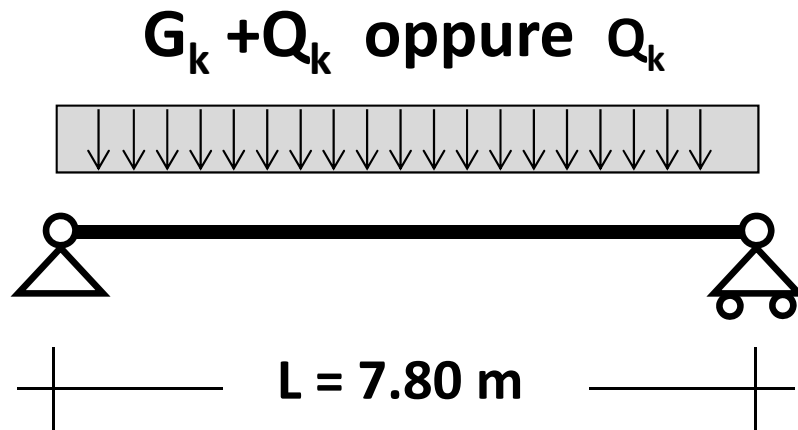
$$\delta_2 \leq (\delta_2)_{\limite}$$



**I** momento d'inerzia

2. Si sceglie il profilato.

# Esempio



Trave di copertura che non porta elementi fragili

$G_k$  0.38 kN/m

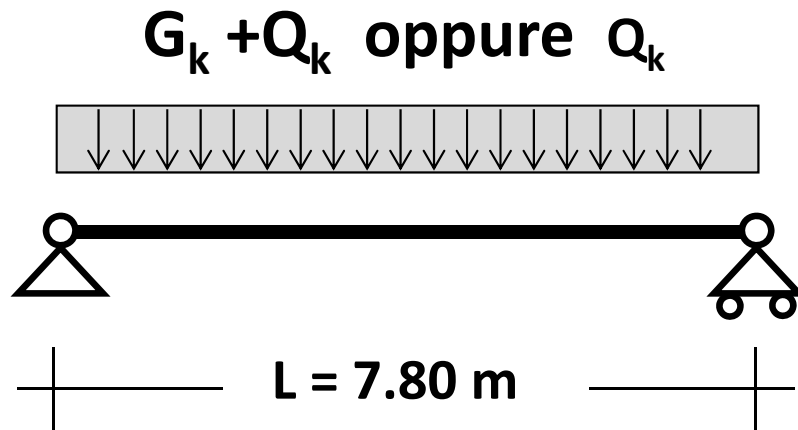
$Q_k$  1.54 kN/m

$G_k + Q_k$  1.92 kN/m

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q_k) L^4}{E I} \leq \frac{L}{200} \Rightarrow I \geq \frac{5 \times 200}{384} \frac{(G_k + Q_k) L^3}{E}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{Q_k L^4}{E I} \leq \frac{L}{250} \Rightarrow I \geq \frac{5 \times 250}{384} \frac{Q_k L^3}{E}$$

# Esempio



**Trave di copertura che non porta elementi fragili**

|             |           |
|-------------|-----------|
| $G_k$       | 0.38 kN/m |
| $Q_k$       | 1.54 kN/m |
| $G_k + Q_k$ | 1.92 kN/m |

$$I \geq \frac{5 \times 200}{384} \frac{(G_k + Q_k) L^3}{E} = \frac{1000}{384} \frac{1.92 \times 7800^3}{210000} \times 10^{-4} = 1129 \text{ cm}^4$$

$$I \geq \frac{5 \times 250}{384} \frac{Q_k L^3}{E} = \frac{1250}{384} \frac{1.54 \times 7800^3}{210000} \times 10^{-4} = 1133 \text{ cm}^4$$

# Scelta del profilato

Deve essere

$$I \geq 1133 \text{ cm}^4$$

Si può usare un  
**IPE 180**

$$I=1317 \text{ cm}^4$$

Massa: 18.8 kg/m

Peso: 0.188 kN/m



| Désignation<br>Designation<br>Bezeichnung | G<br>kg/m | Valeurs statiques / Section pro                     |                               |                              |             |                             |                          |
|-------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|
|                                           |           | axe fort y-y<br>strong axis y-y<br>starke Achse y-y |                               |                              |             |                             |                          |
|                                           |           | $I_y$<br>cm <sup>4</sup>                            | $W_{el,y}$<br>cm <sup>3</sup> | $W_{ply}$<br>cm <sup>3</sup> | $i_y$<br>cm | $A_{vz}$<br>cm <sup>2</sup> | $I_z$<br>cm <sup>4</sup> |
| IPE A 100                                 | 6.9       | 141.2                                               | 28.81                         | 32.98                        | 4.01        | 4.44                        | 13.12                    |
| IPE 100                                   | 8.1       | 171.0                                               | 34.20                         | 39.41                        | 4.07        | 5.08                        | 15.92                    |
| IPE A 120                                 | 8.7       | 257.4                                               | 43.77                         | 49.87                        | 4.83        | 5.41                        | 22.39                    |
| IPE 120                                   | 10.4      | 317.8                                               | 52.96                         | 60.73                        | 4.90        | 6.31                        | 27.67                    |
| IPE A 140                                 | 10.5      | 434.9                                               | 63.30                         | 71.60                        | 5.70        | 6.21                        | 36.42                    |
| IPE 140                                   | 12.9      | 541.2                                               | 77.32                         | 88.34                        | 5.74        | 7.64                        | 44.92                    |
| IPE A 160                                 | 12.7      | 689.3                                               | 87.81                         | 99.09                        | 6.53        | 7.80                        | 54.43                    |
| IPE 160                                   | 15.8      | 869.3                                               | 108.7                         | 123.9                        | 6.58        | 9.66                        | 68.31                    |
| IPE A 180                                 | 15.4      | 1063                                                | 120.1                         | 135.3                        | 7.37        | 9.20                        | 81.89                    |
| IPE 180                                   | 18.8      | 1317                                                | 146.3                         | 166.4                        | 7.42        | 11.25                       | 100.9                    |
| IPE O 180                                 | 21.3      | 1505                                                | 165.4                         | 189.1                        | 7.45        | 12.70                       | 117.3                    |
| IPE A 200                                 | 18.4      | 1591                                                | 161.6                         | 181.7                        | 8.23        | 11.47                       | 117.2                    |
| IPE 200                                   | 22.4      | 1943                                                | 194.3                         | 220.6                        | 8.26        | 14.00                       | 142.4                    |
| IPE O 200                                 | 25.1      | 2211                                                | 218.9                         | 249.4                        | 8.32        | 15.45                       | 168.9                    |

# Scelta del profilato

Deve essere

$$I \geq 1133 \text{ cm}^4$$

Oppure un

**HE 140 B**

$$I=1509 \text{ cm}^4$$

o anche un

**HE 160 A**

$$I=1673 \text{ cm}^4$$

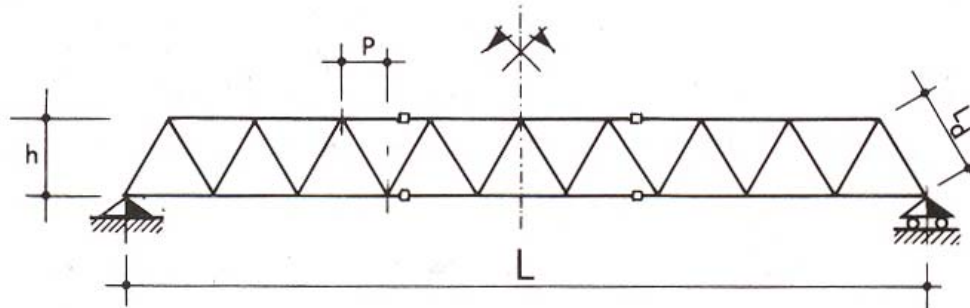


| Désignation<br>Designation<br>Bezeichnung | G<br>kg/m | Valeurs statiques / Section pro                     |                               |                              |             |                             |                          |
|-------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|
|                                           |           | axe fort y-y<br>strong axis y-y<br>starke Achse y-y |                               |                              |             |                             |                          |
|                                           |           | $I_y$<br>cm <sup>4</sup>                            | $W_{el,y}$<br>cm <sup>3</sup> | $W_{ply}$<br>cm <sup>3</sup> | $i_y$<br>cm | $A_{vz}$<br>cm <sup>2</sup> | $I_z$<br>cm <sup>4</sup> |
| HE 100 AA                                 | 12.2      | 236.5                                               | 51.98                         | 58.36                        | 3.89        | 6.15                        | 92.06                    |
| HE 100 A                                  | 16.7      | 349.2                                               | 72.76                         | 83.01                        | 4.06        | 7.56                        | 133.8                    |
| HE 100 B                                  | 20.4      | 449.5                                               | 89.91                         | 104.2                        | 4.16        | 9.04                        | 167.3                    |
| HE 100 M                                  | 41.8      | 1143                                                | 190.4                         | 235.8                        | 4.63        | 18.04                       | 399.2                    |
| HE 120 AA                                 | 14.6      | 413.4                                               | 75.85                         | 84.12                        | 4.72        | 6.90                        | 158.8                    |
| HE 120 A                                  | 19.9      | 606.2                                               | 106.3                         | 119.5                        | 4.89        | 8.46                        | 230.9                    |
| HE 120 B                                  | 26.7      | 864.4                                               | 144.1                         | 165.2                        | 5.04        | 10.96                       | 317.5                    |
| HE 120 M                                  | 52.1      | 2018                                                | 288.2                         | 350.6                        | 5.51        | 21.15                       | 702.8                    |
| HE 140 AA                                 | 18.1      | 719.5                                               | 112.4                         | 123.8                        | 5.59        | 7.92                        | 274.8                    |
| HE 140 A                                  | 24.7      | 1033                                                | 155.4                         | 173.5                        | 5.73        | 10.12                       | 389.3                    |
| HE 140 B                                  | 33.7      | 1509                                                | 215.6                         | 245.4                        | 5.93        | 13.08                       | 549.7                    |
| HE 140 M                                  | 63.2      | 3291                                                | 411.4                         | 493.8                        | 6.39        | 24.46                       | 1144                     |
| HE 160 AA                                 | 23.8      | 1283                                                | 173.4                         | 190.4                        | 6.50        | 10.38                       | 478.7                    |
| HE 160 A                                  | 30.4      | 1673                                                | 220.1                         | 245.1                        | 6.57        | 13.21                       | 615.6                    |
| HE 160 B                                  | 42.6      | 2492                                                | 311.5                         | 354.0                        | 6.78        | 17.59                       | 889.2                    |
| HE 160 M                                  | 76.2      | 5098                                                | 566.5                         | 674.6                        | 7.25        | 30.81                       | 1759                     |

# Verifica degli spostamenti

## Influenza dei giunti

- Nel calcolo degli spostamenti occorre tener conto degli spostamenti relativi che si hanno in corrispondenza dei giunti



$$v = v_{el} + v_c + v_d$$

$$v_c = \frac{n}{6} \frac{L}{h} (\phi - d)$$

$n$  = numero di giunti nei correnti

$$v_d = \frac{L}{p} \frac{L_d}{h} (\phi - d)$$

$\phi - d$  = gioco foro bullone



## Spostamenti orizzontali

- 
- A diagram of a rectangular plate of height  $H$  and width  $\delta$ . The plate is shown in its deformed state, with a horizontal displacement  $\Delta$  indicated at the top edge. The deformation is represented by a curved line within the rectangle.

NTC08, punto 4.2.4.2.2 25

FINE