

VERIFICA DEL SECONDO L'EUROCODICE 3 – SEZ. CLASSE 1Caratteristiche della sezione (Esempio per IPE 400)

Altezza della sezione:	$h = 40$	[cm]
Base della sezione:	$b = 18$	[cm]
Spessore delle ali:	$t_f = 1.35$	[cm]
Spessore dell'anima:	$t_w = 0.86$	[cm]
Area della sezione:	$A = 84.5$	[cm ²]
Momento d'inerzia:	$I_{33} = 23130$	[cm ⁴]
Momento d'inerzia:	$I_{22} = 1318$	[cm ⁴]
Modulo di resistenza:	$W_{33} = 1156.5$	[cm ³]
Modulo di resistenza:	$W_{22} = 146.44$	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico:	$W_{pl,33} = 1307$	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico:	$W_{pl,22} = 229$	[cm ³]
Raggio d'inerzia attorno a 3 – 3:	$i_{33} = 16.545$	[cm]
Raggio d'inerzia attorno a 2 – 2:	$i_{22} = 3.949$	[cm]

Caratteristiche dell'acciaio

Tipo di acciaio:	Feb430	
Peso specifico:	$\gamma_{steel} = 78.5$	[kN/m ³]
Modulo di elasticità:	$E = 21000$	[kN/cm ²]
Modulo tagliante:	$G = 8077$	[kN/cm ²]
Valore di snervamento:	$f_y = 27.5$	[kN/cm ²]
Valore di rottura:	$f_u = 43.0$	[kN/cm ²]

Progetto della sezione alle forze assiali (Esempio per IPE 400)Resistenza a trazione di progetto

$$N_{t,Rd}$$

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}] = 2112.5 \quad [5.13]$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 84.5 \cdot \frac{27.5}{1.1} = 2112.5 \quad [kN]$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.9 \cdot 84.5 \cdot \frac{43}{1.25} = 2616.12 \quad [kN]$$

L'area netta A_{net} coincide con l'area lorda del profilo perché il software non tiene conto delle tipologie di giunzioni bullonate.

Resistenza a compressione di progetto

$$N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \min[N_{b33,Rd}; N_{b22,Rd}] = 559.012 \quad [5.45]$$

Il pedice b indica la verifica di stabilità e gli indici 33 e 22 indicano rispettivamente la stabilità attorno all'asse forte e all'asse debole.

$N_{b33,Rd} = \chi_{33} \cdot \beta_A \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	$N_{b22,Rd} = \chi_{22} \cdot \beta_A \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$
<p>$\beta_A = 1$ per sezioni di classe 1,2,3</p> <p>Lunghezza della trave: $l_{33} = 600$ [cm] Lunghezza libera d'inflessione: $l_{0,33} = \beta \cdot l_{33} = 1 \cdot 600 = 600$ [cm]</p> <p>Snellezza della trave: $\lambda_{33} = \frac{l_{0,33}}{i_{33}} = \frac{600}{16.545} = 36.26$</p> <p>Forza elastica critica euleriana: $N_{cr,33} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_{33}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 84.5}{36.26^2} = 13320.49$</p> <p>Snellezza adimensionale: $\bar{\lambda}_{33} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr,33}}} = 0.4177$</p> <p>$\begin{cases} \phi_{33} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{33} \cdot (\bar{\lambda}_{33} - 0.2) + \bar{\lambda}_{33}^2] = 0.6101 \\ \alpha_{33} = 0.21 \end{cases}$</p> <p>$\alpha$ vedere prospetto 5.5.1 e 5.5.2</p> $\chi_{33} = \frac{1}{\phi_{33} + [\phi_{33}^2 - \bar{\lambda}_{33}^2]^{0.5}} = 0.9480$ <p>$\begin{cases} N_{b33,Rd} = \chi_{33} \cdot \beta_A \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2002.77 \\ \gamma_{M1} = 1.1 \end{cases}$</p>	<p>$\beta_A = 1$ per sezioni di classe 1,2,3</p> <p>Lunghezza della trave: $l_{22} = 600$ [cm] Lunghezza libera d'inflessione: $l_{0,22} = \beta \cdot l_{22} = 1 \cdot 600 = 600$ [cm]</p> <p>Snellezza della trave: $\lambda_{22} = \frac{l_{0,22}}{i_{22}} = \frac{600}{3.949} = 151.94$</p> <p>Forza elastica critica euleriana: $N_{cr,22} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_{22}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 84.5}{151.94^2} = 758.63$</p> <p>Snellezza adimensionale: $\bar{\lambda}_{22} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr,22}}} = 1.75$</p> <p>$\begin{cases} \phi_{22} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{22} \cdot (\bar{\lambda}_{22} - 0.2) + \bar{\lambda}_{22}^2] = 2.2947 \\ \alpha_{22} = 0.34 \end{cases}$</p> <p>$\alpha$ vedere prospetto 5.5.1 e 5.5.2</p> $\chi_{22} = \frac{1}{\phi_{22} + [\phi_{22}^2 - \bar{\lambda}_{22}^2]^{0.5}} = 0.2646$ <p>$\begin{cases} N_{b22,Rd} = \chi_{22} \cdot \beta_A \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 559.012 \\ \gamma_{M1} = 1.1 \end{cases}$</p>

Progetto della sezione a flessione (Esempio per IPE 400)Resistenza a flessione di progetto

$$M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad [5.17]$$

$$M_{c33,Rd} = W_{pl,33} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1307 \cdot \frac{27.5}{1.1} = 32675 \quad [kN \cdot cm]$$

$$M_{c22,Rd} = W_{pl,22} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 229 \cdot \frac{27.5}{1.1} = 5725 \quad [kN \cdot cm]$$

Resistenza a flessione e taglio

$$M_{V,Rd}$$

Se la sollecitazione V_{sd} è maggiore di $0.5 \cdot V_{Rd}$ allora è necessario confrontare il momento sollecitante M_{sd} con il valore resistente $M_{V,Rd}$.

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{V,Rd} = \left[W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_V^2}{4 \cdot t_w} \right] \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\ \rho = \left(\frac{2 \cdot V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \end{array} \right. \quad [5.22]$$

Calcolo della resistenza a taglio

$$V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = A_V \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [5.20]$$

$$V_{pl22,Rd} = h \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 40 \cdot 0.86 \cdot \frac{27.5}{\sqrt{3} \cdot 1.1} = 496.521 \quad [kN]$$

$$V_{pl33,Rd} = \frac{5}{3} \cdot t_f \cdot b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5}{3} \cdot 1.35 \cdot 18 \cdot \frac{27.5}{\sqrt{3} \cdot 1.1} = 584.567 \quad [kN]$$

Si noti che per il carico perpendicolare all'anima, l'area di taglio viene calcolata come

$A_V = \frac{5}{3} \cdot t_f \cdot b$, in realtà questa formula è a favore di sicurezza rispetto a quella proposta nell'Eurocodice 3 ovvero $A_V = A - h_w \cdot t_w$.

$$A_V^{SAP} = \frac{5}{3} \cdot t_f \cdot b = 40.5 \quad [cm]$$

$$A_V^{EC.3} = 84.5 - (40 - 2 \cdot 1.35) \cdot 0.86 = 47.2 \quad [cm]$$

Calcolo della percentuale di lavoro a taglio (shear capacity ratio)

$$\mu_{\text{shear,ii}} = \frac{V_{Sd,ii}}{V_{pl,ii,Rd}} \leq 1$$

Resistenza a flessione e torsione (svergolamento)

$$M_{b,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \beta_{\omega} \cdot W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad [5.48]$$

$\beta_{\omega} = 1$ per sezioni 1 o 2

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}}{(k \cdot L)^2} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_{\omega}}{I_{22}} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right]$$

Poiché il carico è applicato nel baricentro e questo per una trave a doppio T coincide con il centro di taglio il momento critico può essere espresso nel seguente modo:

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}}{(k \cdot L)^2} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_{\omega}} \right)^2 \cdot \frac{I_{\omega}}{I_{22}} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}}} \right]$$

Coefficiente di lunghezza efficace nei confronti dell'ingobbamento a un estremo

- $k_{\omega} = 0.5$ incastro completo ad un estremo
- $k_{\omega} = 1.0$ cerniera ad un estremo (caso in esame)
- $k_{\omega} = 0.7$ da un lato incastrato e dall'altro estremo libero

Coefficiente di lunghezza efficace nei confronti della rotazione di un estremo

- $k = 0.5$ incastro completo ad un estremo
- $k = 1.0$ cerniera ad un estremo (caso in esame)
- $k = 0.7$ da un lato incastrato e dall'altro estremo libero

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_{\omega}}{I_{22}} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{22}}} \right] \quad \text{per} \quad k_{\omega} = k = 1$$

$$I_t = \frac{1}{3} \cdot \sum_i a_i \cdot t_i^3 = 51.3 \quad [cm^4]$$

$$I_{\omega} = \frac{I_{22} \cdot (h - t_f)^2}{4} = \frac{1318 \cdot (40 - 1.35)^2}{4} = 492215 \quad [cm^6]$$

$$L = 600 \text{ lunghezza tra due successivi ritegni torsionali} \quad [cm]$$

C_1 e C_2 dipendono dalle condizioni di carico e di vincolo:

$$C_1 = 1.88 - 1.4 \cdot \psi + 0.52 \cdot \psi^2 \leq 2.70$$

$$M_{cr,33} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 1318}{600^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{492215}{1318} + \frac{600^2 \cdot 8077 \cdot 51.3}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 1318}} \right] = 23000 \quad [kN \cdot cm]$$

Snellezza adimensionalizzata

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_\omega \cdot W_{pl,33} \cdot f_y}{M_{cr,33}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 1307 \cdot 27.5}{23000}} = 1.251$$

$$\begin{cases} \phi_{LT} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 1.39285 \\ \alpha_{LT} = 0.21 \end{cases}$$

Il coefficiente α_{LT} vale 0.21 per le sezioni laminate e 0.49 per le sezioni saldate.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2]^{0.5}} = 0.498$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \beta_\omega \cdot W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0.498 \cdot 1 \cdot 1307 \cdot \frac{27.5}{1.1} = 163 \quad [kN \cdot m]$$

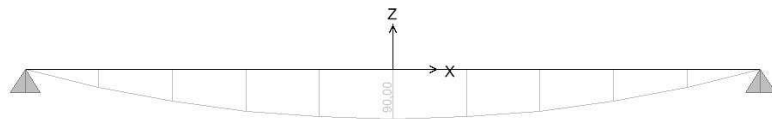
Verifica globale a flessione torsione

Siano per ipotesi:

$$N_{Sd} = -50 \quad [kN]$$

$$M_{33,Sd} = 86,4 \quad [kN \cdot m]$$

diagramma a parabola – momento max in mezzeria

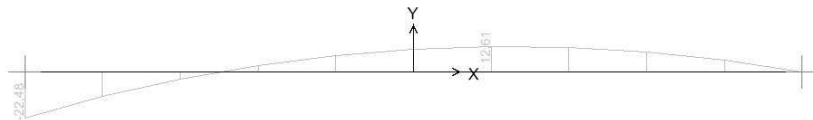


$$M_{22,Sd} = -22,48 \quad [kN \cdot m]$$

diagramma a parabola – momento max negativo all'incastro

$$M_{22,Sd} = 12,61 \quad [kN \cdot m]$$

diagramma a parabola – momento max positivo



$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_{LT} \cdot M_{33,Sd}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,33} \cdot f_y} + \frac{k_{22} \cdot M_{22,pl}}{W_{pl,22} \cdot f_y} \leq 1 \quad [5.52]$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{22} \cdot A \cdot f_y} \quad \text{con la limitazione} \quad k_{LT} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = 0.15 \cdot \bar{\lambda}_{22} \cdot \beta_{M,LT} - 0.15 \quad \text{con la limitazione} \quad \mu_{LT} \leq 0,9$$

$$\beta_{M,LT} = \beta_{M,Q} = 1.3 \quad [5.5.3]$$

$$\mu_{LT} = 0.15 \cdot 1.75 \cdot 1.3 - 0.15 = 0.19125$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{0.19125 \cdot 50}{0.2646 \cdot 84.5 \cdot 27.5} = 0.985$$

$$k_{22} = 1 - \frac{\mu_{22} \cdot N_{Sd}}{\chi_{22} \cdot A \cdot f_y} \quad \text{con la limitazione} \quad k_{22} \leq 1.5$$

$$\mu_{22} = \bar{\lambda}_{22} \cdot (2 \cdot \beta_{M,22} - 4) + \left[\frac{W_{pl,22} - W_{el,22}}{W_{el,22}} \right] \quad \text{con la limitazione} \quad \mu_{22} \leq 0,9$$

$$\begin{cases} \beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7 \cdot \psi \\ \psi = \frac{M_{estremità,1}}{M_{estremità,2}} \end{cases}$$

$$\beta_{M,Q} = 1.3 \div 1.4$$

diagramma a parabola o a triangolo

$$\beta_{M,22} = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} \cdot (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$$

$$\Delta M = \begin{cases} |M_{\max}| + |M_{\min}| & \text{con inversione di segno} \\ |M_{\max}| & \text{senza inversione di segno} \end{cases}$$

Calcolo dei momenti di estremità: $\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{22.48} = 0 \rightarrow \beta_{M,\psi} = 1.8$

Calcolo dei momenti dei carichi laterali: $\beta_{M,Q} = 1.3$

Momenti dei carichi laterali: $\beta_{M,22} = 1.8 + \frac{22.48}{22.48 + 12.61} \cdot (1.3 - 1.8) = 1.479$

$$\mu_{22} = 1.75 \cdot (2 \cdot 1.479 - 4) + \left[\frac{229 - 146.44}{146.44} \right] = -1.26$$

$$k_{22} = 1 - \frac{-1.26 \cdot 50}{0.2646 \cdot 84.5 \cdot 27.5} = 1.10$$

$$\frac{50}{0.2646 \cdot 84.5 \cdot 27.5} + \frac{0.985 \cdot 86.4 \cdot 10^2}{0.498 \cdot 1307 \cdot 27.5} + \frac{1.10 \cdot 12.6 \cdot 10^2}{229 \cdot 27.5} = 0.089 + 0.523 + 0.242 = 0.854 \leq 1$$

Verifica globale a presso flessione

$$\frac{\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_{33} \cdot M_{33,Sd}}{W_{pl,33} \cdot f_y} + \frac{k_{22} \cdot M_{22,pl}}{W_{pl,22} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.51]$$

$$k_{22} = 1 - \frac{\mu_{22} \cdot N_{Sd}}{\chi_{22} \cdot A \cdot f_y}$$

con la limitazione $k_{22} \leq 1.5$

$$\mu_{22} = \bar{\lambda}_{22} \cdot (2 \cdot \beta_{M,22} - 4) + \left[\frac{W_{pl,22} - W_{el,22}}{W_{el,22}} \right]$$

con la limitazione $\mu_{22} \leq 0,9$

Calcolo dei momenti di estremità:

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{22.48} = 0 \rightarrow \beta_{M,\psi} = 1.8$$

Calcolo dei momenti dei carichi laterali:

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

Momenti dei carichi laterali:

$$\beta_{M,22} = 1.8 + \frac{22.48}{22.48 + 12.61} \cdot (1.3 - 1.8) = 1.479$$

$$\mu_{22} = 1.75 \cdot (2 \cdot 1.479 - 4) + \left[\frac{229 - 146.44}{146.44} \right] = -1.26$$

$$k_{22} = 1 - \frac{-1.26 \cdot 50}{0.2646 \cdot 84.5 \cdot 27.5} = 1.10$$

Calcolo dei momenti dei carichi laterali:

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

$$k_{33} = 1 - \frac{\mu_{33} \cdot N_{Sd}}{\chi_{33} \cdot A \cdot f_y}$$

con la limitazione $k_{33} \leq 1.5$

$$\mu_{33} = \bar{\lambda}_{33} \cdot (2 \cdot \beta_{M,33} - 4) + \left[\frac{W_{pl,33} - W_{el,33}}{W_{el,33}} \right]$$

con la limitazione $\mu_{33} \leq 0,9$

$$\mu_{33} = 0.4177 \cdot (2 \cdot 1.3 - 4) + \left[\frac{1307 - 1156.5}{1156.5} \right] = -0.454$$

$$k_{33} = 1 - \frac{-0.454 \cdot 50}{0.9480 \cdot 84.5 \cdot 27.5} = 1.010$$

$$\frac{50}{0.2646 \cdot 84.5 \cdot 27.5} + \frac{1.010 \cdot 86.4 \cdot 10^2}{1307 \cdot 27.5} + \frac{1.10 \cdot 12.6 \cdot 10^2}{229 \cdot 27.5} = 0.089 + 0.267 + 0.242 = 0.598 \leq 1$$

DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI MOMENTO EQUIVALENTE [5.5.3]

Fattore relativo ai momenti di estremità

$$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7 \cdot \psi$$

$$-1 \leq \psi \leq 1$$



Sia $M_1 \geq M_2$: il fattore ψ indica di quanto va moltiplicato il momento d'estremità M_1 per ottenere M_2 .



$$M_1 = M_2$$

$$\beta_{M,\psi} = 1.1$$

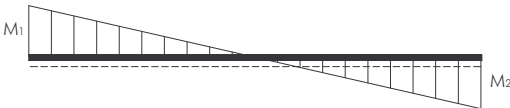
$$\psi = 1$$



$$M_1 \text{ e } M_2 = 0$$

$$\beta_{M,\psi} = 1.8$$

$$\psi = 0$$



$$M_1 = -M_2$$

$$\beta_{M,\psi} = 2.5$$

$$\psi = -1$$



$$M_1 = 0.5 \cdot M_2$$

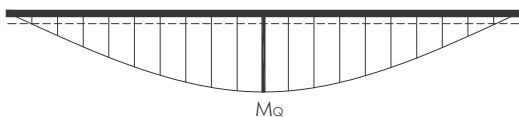
$$\beta_{M,\psi} = 1.45$$

$$\psi = 0.5$$

Fattore relativo ai momenti di campata

$$\beta_{M,Q} = 1.3 \text{ o } 1.4$$

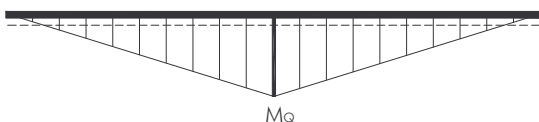
Se i momenti di estremità hanno valore nullo e la distribuzione dei momenti ha andamento parabolico si ha:



$$M_Q = M_{\max}$$

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

Se i momenti di estremità hanno valore nullo e la distribuzione dei momenti ha andamento lineare si ha:



$$M_Q = M_{\max}$$

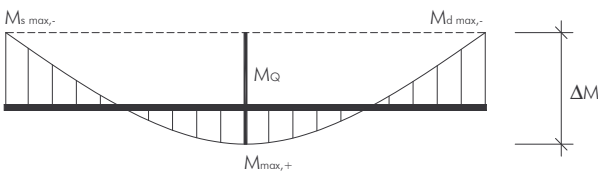
$$\beta_{M,Q} = 1.4$$

Fattore relativo ai momenti di campata + momenti d'estremità

$$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} \cdot [\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}]$$

$M_Q = |M_{\max}|$ è il momento massimo che si avrebbe se i momenti di estremo fossero nulli (schema statico incernierato con carichi in campata)
 $\Delta M = |M_{\max}|$ se il diagramma del momento non cambia mai segno
 $\Delta M = |M_{\max}^-| + |M_{\max}^+|$ se il diagramma del momento cambia segno

Caso 1°



$$M_{s,\max}^- = M_{d,\max}^- = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

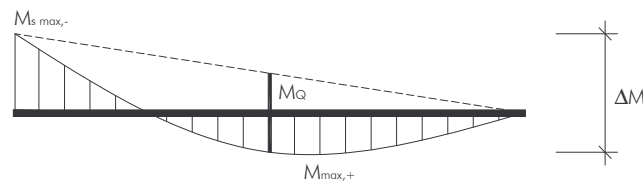
$$M_{\max}^+ = \frac{q \cdot l^2}{24}$$

Momenti d'estremo uguali: $M_{s,\max}^- = M_{d,\max}^-$ $\beta_{M,\psi} = 1.1$ $\psi = 1$
 Momento in campata parabolico: $\beta_{M,Q} = 1.3$

Distribuzione dei momenti: $\Delta M = |M_{\max}^-| + |M_{\max}^+| = \frac{q \cdot l^2}{8}$
 $M_Q = \frac{q \cdot l^2}{8}$

Il coefficiente risulta per tanto: $\beta_M = 1.1 + 1 \cdot [1.3 - 1.1] = 1.3$

Caso 2°



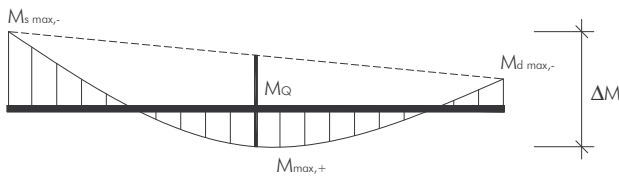
$$M_{s,\max}^- = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$M_{\max}^+ = \frac{q \cdot l^2}{14.2}$$

Momenti d'estremo diversi: $M_{d,\max}^- = 0$ $\beta_{M,\psi} = 1.8$ $\psi = 0$
 Momento in campata parabolico: $\beta_{M,Q} = 1.3$

Distribuzione dei momenti: $\Delta M = |M_{\max}^-| + |M_{\max}^+|$
 $M_Q = \frac{q \cdot l^2}{8}$

Il coefficiente risulta per tanto: $\beta_M = 1.8 + \frac{M_Q}{\Delta M} \cdot [1.3 - 1.8]$

Caso 3° (esempio numerico)

$$q = 52.80 \quad [kN/m]$$

$$l = 6.00 \quad [m]$$

$$M_{s,max}^- = 198.29 \quad [kN \cdot m]$$

$$M_{d,max}^- = 104.36 \quad [kN \cdot m]$$

$$M_{max}^+ = 87.46 \quad [kN \cdot m]$$

Momenti d'estremo diversi:

$$\psi = \frac{104.36}{198.29} = 0.5263$$

$$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7 \cdot 0.5263 = 1.4316$$

Momento in campata parabolico:

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

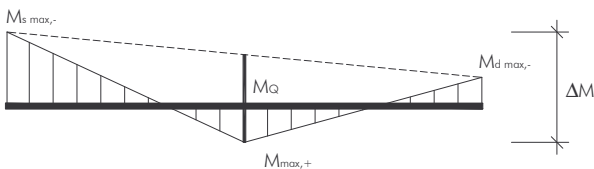
Distribuzione dei momenti:

$$\Delta M = |M_{max}^-| + |M_{max}^+| = 285.75 \quad [kN \cdot m]$$

$$M_Q = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{52.8 \cdot 6^2}{8} = 237.6 \quad [kN \cdot m]$$

Il coefficiente risulta per tanto:

$$\beta_M = 1.4316 + \frac{237.6}{285.75} \cdot [1.3 - 1.4316] = 1.322$$

Caso 4° (esempio numerico)

$$P = 140 \quad [kN]$$

$$l = 6.00 \quad [m]$$

$$M_{s,max}^- = 108.5 \quad [kN \cdot m]$$

$$M_{d,max}^- = 63.6 \quad [kN \cdot m]$$

$$M_{max}^+ = 82.67 \quad [kN \cdot m]$$

applicato a metri 4.5 dall'estremo di sinistra

Momenti d'estremo diversi: $\psi = \frac{63.6}{108.5} = 0.5862$

$$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7 \cdot 0.5862 = 1.389$$

Momento in campata lineare: $\beta_{M,Q} = 1.4$

Distribuzione dei momenti: $\Delta M = |M_{\max}^-| + |M_{\max}^+| = 191.17 \quad [kN \cdot m]$

$$M_Q = \frac{P \cdot b \cdot a}{l} = \frac{140 \cdot 1.5 \cdot 4.5}{6} = 157.5 \quad [kN \cdot m]$$

dove:

$$a = 4.5 \quad [m]$$

$$b = 6 - 4.5 \quad [m]$$

Il coefficiente risulta per tanto: $\beta_M = 1.389 + \frac{157.5}{191.17} \cdot [1.4 - 1.389] = 1.398$

Diagrammi di uso comune

