



TEST 3: RISULTATI – MOMENTO RESISTENTE PLASTICO DI PROGETTO

Rev.: 00

Data: 22-07-2010

Programma: Ponti EC4

Versione: 1.0.5.2; 1.0.6.0

File: Test03.csv

Scopo: Validazione del calcolo delle forze assiali plastiche dei singoli componenti di una sezione e del momento resistente plastico di progetto della stessa.

Descrizione test: Si prende in considerazione il momento resistente plastico di progetto della sezione "Appoggio_C0" calcolato dal software in funzione dei dati di input immessi nelle finestre "Geometria", "Materiali" e "Sollecitazioni", di seguito riportati; i risultati sono visibili nella scheda "Verifica plastica" della finestra "Risultati" e nella *pre-classificazione* del report generato automaticamente nella finestra "Report". Il confronto è effettuato con i risultati di un calcolo manuale.

Risultati a confronto

I risultati sono identici.





Allegato – Calcolo Ponti EC4

Input – finestra “Geometria”

Nome concio
Appoggio

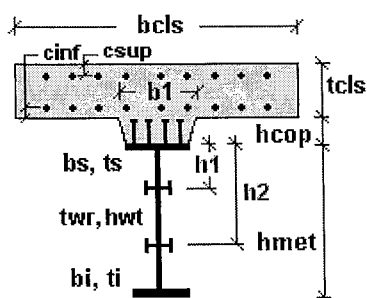
Sezioni (es. Sez1, Sez2...)
C0

X (m) (es. X1 X2...)

Lamiere (Appoggio)
bs (mm) 800 ts (mm) 40
hmet (mm) 2400 tw (mm) 19
bi (mm) 1000 ti (mm) 40
☒ Considera la plattabanda superiore in classe 1

Soletta (Appoggio)
bcls (mm) 6000 tccls (mm) 325
b1 (mm) 800 hcop (mm) 0
☐ Valuta proprietà raccordo/coppella

Armatura soletta (Appoggio)
layer superiore layer inferiore
copriferro (mm) 60 60
passo (mm) 130 130
diametro (mm) 16 16



Input – finestra “Materiali”

Coefficienti di omogeneizzazione
☒ Input diretto

n0 6.1625
nL carichi permanenti 16.22
nL ritiro 15.25
nL deformazioni imposte 15.25

Calcestruzzo soletta
Resistenza fck (N/mm²) 35
Resistenza fct,ef (N/mm²) 0
Coeff. di sicurezza γ_s 1.5

Acciaio

Modulo elastico (N/mm²) 210000 Coefficiente di Poisson ν 0.3

da carpenteria ordinario
Tipo USER ? fyk (N/mm²) 500

Resistenza a fatica
 $\Delta\sigma_{Rsk}$ (N/mm²) 162.50

Coefficienti di sicurezza parziali
 γ_{M0} 1 γ_{M1} 1.1 γ_F 1.15
 γ_{M2} 1.25 γ_{Mser} 1 γ_{MI} ? 1.15
 γ_F 1 γ_{MI} 1.35 ?

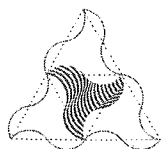
Input – finestra “Sollecitazioni”

FASE 3B. Traffico

Sezioni	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Appoggio_C0	0.000E+000	0.000E+000	-1.000E+001	0.000E+000

Involuppo di progetto: SLU fond., Mmin (fase 3B)
(Momento negativo → fibre tese inferiori)





Risultati – finestra “Risultati”, scheda “Verifica plastica”

zpl posizione asse neutro plastico

MRd momento resistente plastico di progetto (sezione acciaio in classe 1)

Classificazione e verifica plastica in Fase 3

	c/t	zpl(mm)	α	ψ	Classe
Anima	122.11	2453	-0.04	-12.7 2	1
Piattabanda superiore	9.76				1
Piattabanda inferiore	12.26				1
Classe della sezione					1

=> Verifica plastica APPLICABILE

Azione assiale N		Flessione M		Interazione N-M	
NEd	0E+00	MEd	-1E+1	NEd	0E+00
NRd	-8.64E+7	MRd	-5.87E+7	MEd	-1E+1
				MRd	-5.87E+7
NEd/NRd	0	MEd/MRd	0	MEd/MR	0

=> Verifica plastica SODDISFATTA

Risultati – Report, Pre-classif., da finestra “Report”

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti					
	N _{pl}	Z _N	Z _{max}	Z _{min}	descrizione
Ncur	7.048E+6	2695.39	2725	2665.77	Nu strato di cls superiore
Nclur	2.421E+7	2562.5	2664.23	2460.77	Nu strato di cls intermedio alle armature
Nclr	7.048E+6	2429.61	2459.23	2400	Nu strato di cls inferiore
Nst	4.035E+6	2665	2665.77	2664.23	Nu armatura superiore
Nsb	4.035E+6	2460	2460.77	2459.23	Nu armatura inferiore
Ncop	0E+00	2400	2400	2400	Nu raccordo in cls
Natf	1.104E+7	2380	2400	2360	Nu flangia superiore trave acciaio
Naweb	1.521E+7	1200	2360	40	Nu anima trave in acciaio
Nabf	1.38E+7	20	40	0	Nu flangia inferiore trave acciaio

Tabella 1 – Caratteristiche plastiche dei vari componenti. [N, mm]





Azione assiale plastica			
Sezione composta completa		Sezione composta formata dalle sole flange	
$N_{pl,Rd}^+$	4.812E+7 N	$N_{f,Rd}^+$	3.291E+7 N
$N_{pl,Rd}^-$	-8.642E+7 N	$N_{f,Rd}^-$	-7.122E+7 N

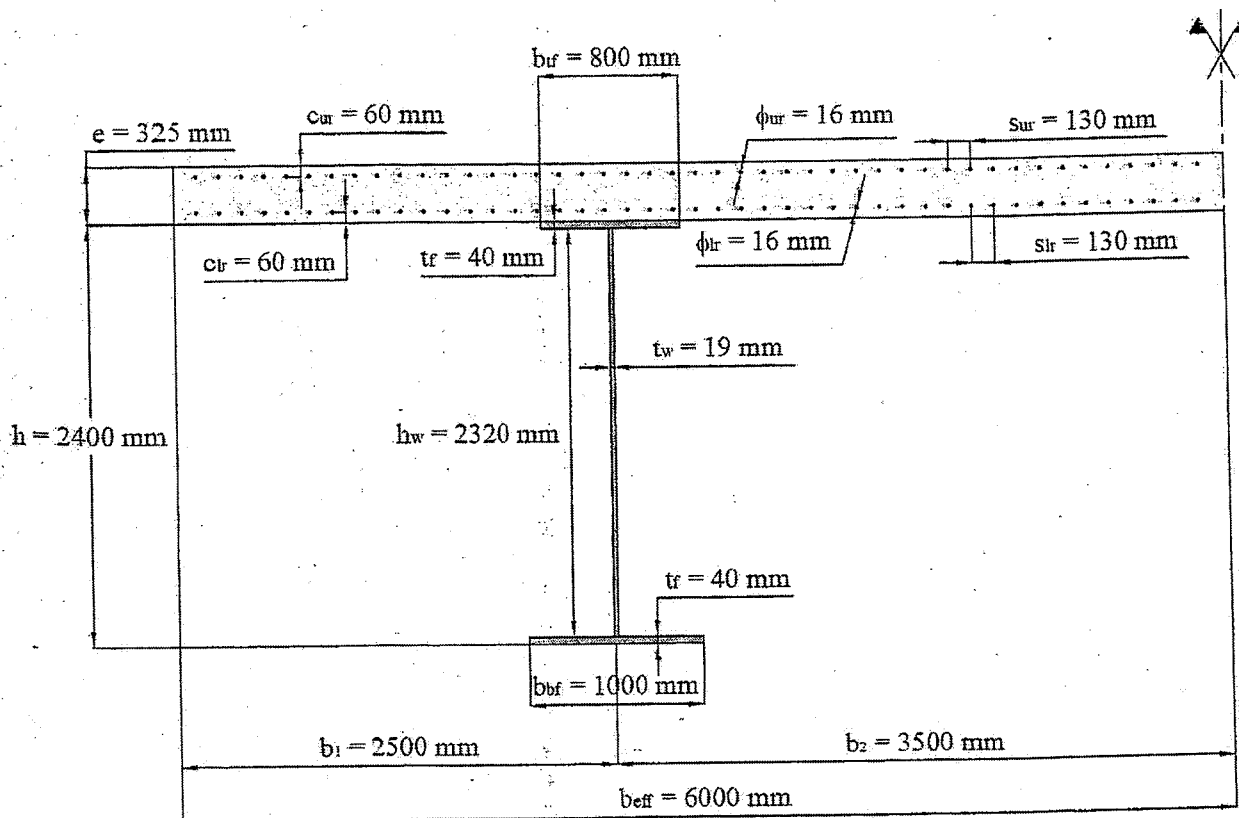
Tabella 2 – Azione assiale plastica. [N]

Pre-Classificazione degli elementi della sezione								
Classificazione Piattabande				Classificazione anima				
	c/t	M+ classe	M- classe		c/t	alfa	Psi (*)	classe
				M+	122.105	0.675	-0.816	4
Sup.	9.762	1	1	M-	122.105	0	-0.079	1
Inf.	12.262	4	1	N-	122.105	1	1	4
$Eps_{abf} = 0.825$		$Eps_{aff} = 0.825$		$Eps_{aw} = 0.825$		(*) calcolato in Fase 3		

Tabella 3 – Preclassificazione della sezione. [mm]



Allegato – Calcolo manuale



Calcolo spessori ed aree

Area componenti		$A_i \text{ [mm}^2\text{]}$
Flangia inf.	$A_{\text{abf}} = t_f \cdot b_{\text{bf}}$	40000
Web	$A_{\text{aw}} = t_w \cdot h_w$	44080
Flangia sup.	$A_{\text{atf}} = t_f \cdot b_{\text{tf}}$	32000
Acciaio	$A_a = A_{\text{abf}} + A_{\text{aw}} + A_{\text{atf}}$	116080
Soletta (omog. con nE_0)	$b_{\text{eff}} \cdot e / n_0 = 6000 \cdot 325 / 6.1625$	316430
Raccordo cls (omog. con nE_0)		0
Armatura sup.	$A_{\text{tsur}} = (b_{\text{eff}} / s_{\text{ur}}) \cdot (\pi \phi_{\text{ur}}^2 / 4)$	9280
Armatura inf.	$A_{\text{tslr}} = (b_{\text{eff}} / s_{\text{lr}}) \cdot (\pi \phi_{\text{lr}}^2 / 4)$	9280

Spessore equiv. armatura sup.

$$t_{\text{tsur}} = A_{\text{tsur}} / b_{\text{eff}} = 1.547 \text{ mm}$$

Spessore equiv. armatura inf.

$$t_{\text{tslr}} = A_{\text{tslr}} / b_{\text{eff}} = 1.547 \text{ mm}$$

Spessore strato superiore cls al netto dell'armatura sup.

$$c_{\text{urn}} = c_{\text{ur}} - t_{\text{tsur}} / 2 = 59.2265 \text{ mm}$$

Spessore strato interno cls al netto delle armature

$$c_{\text{lurn}} = e - c_{\text{ur}} - c_{\text{lr}} - t_{\text{tsur}} / 2 - t_{\text{tslr}} / 2 = 203.453 \text{ mm}$$

Spessore strato inferiore cls al netto dell'armatura inf.

$$c_{\text{lrm}} = c_{\text{lr}} - t_{\text{tslr}} / 2 = 59.2265 \text{ mm}$$

Area cls sopra armatura sup.

$$A_{\text{cur}} = c_{\text{urn}} \cdot b_{\text{eff}} = 355359 \text{ mm}^2$$

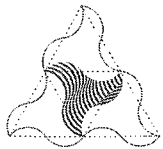
Area armatura sup.

$$A_{\text{tsur}} = (b_{\text{eff}} / s_{\text{ur}}) \cdot (\pi \phi_{\text{ur}}^2 / 4) = 9280 \text{ mm}^2$$

Area cls tra armatura sup. ed armatura inf.

$$A_{\text{clur}} = c_{\text{lurn}} \cdot b_{\text{eff}} = 1220718 \text{ mm}^2$$



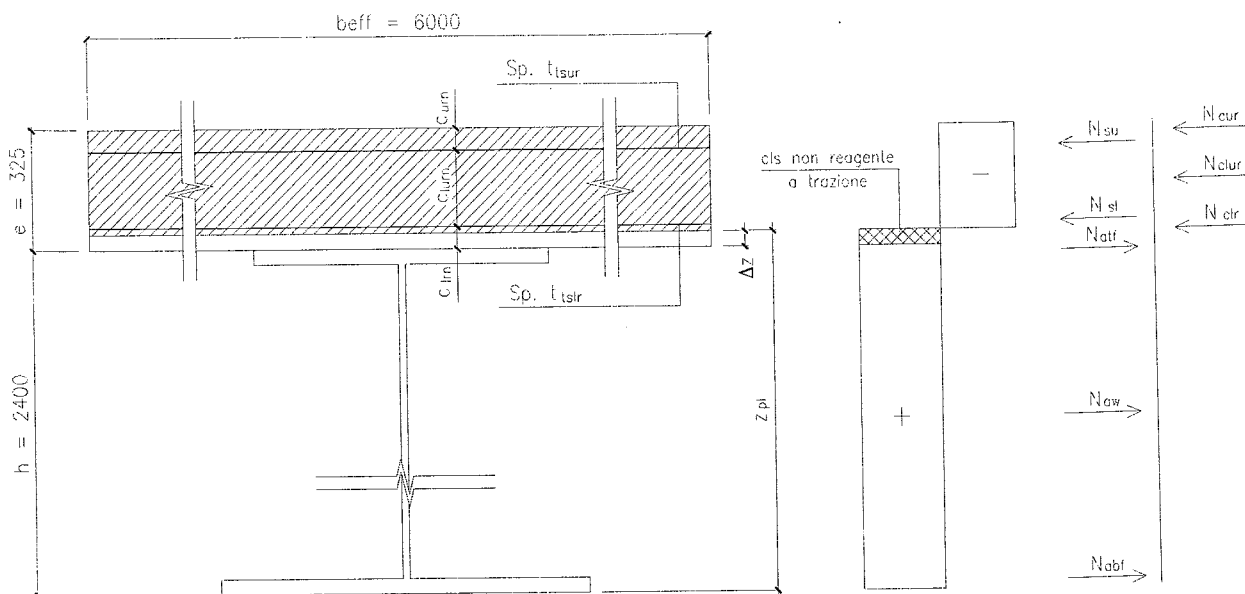


Area armatura inf.

Area cls sotto armatura inf.

$$A_{tslr} = (b_{eff}/s_{lr}) * (\pi \phi_{lr}^2 / 4) = 9280 \text{ mm}^2$$

$$A_{clr} = c_{lm} * b_{eff} = 355359 \text{ mm}^2$$



Calcolo resistenze assiali plastiche di progetto

Strato cls sopra armatura sup. in compressione:

$$N_{cur} = 0.85 * A_{cur} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 355359 * 35 / 1.5 = 7047954 \text{ N}$$

Strato cls tra le armature sup. ed inf. in compressione:

$$N_{clur} = 0.85 * A_{clur} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 1220718 * 35 / 1.5 = 24210907 \text{ N}$$

Strato cls sotto armatura inf. in compressione:

$$N_{clr} = 0.85 * A_{clr} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 355359 * 35 / 1.5 = 7047954 \text{ N}$$

Totale cls in compressione:

$$N_c = N_{cur} + N_{clur} + N_{clr} = 38306815 \text{ N}$$

Armatura sup.:

$$N_{su} = A_{tsur} * f_{yk} / \gamma_s = 9280 * 500 / 1.15 = 4034783 \text{ N}$$

Armatura inf.:

$$N_{sl} = A_{tslr} * f_{yk} / \gamma_s = 9280 * 500 / 1.15 = 4034783 \text{ N}$$

Flangia sup. acciaio:

$$N_{atf} = A_{atf} * f_y / \gamma_{M0} = 32000 * 345 / 1.0 = 11040000 \text{ N}$$

Anima acciaio:

$$N_{aw} = A_{aw} * f_y / \gamma_{M0} = 44080 * 345 / 1.0 = 15207600 \text{ N}$$

Flangia inf. acciaio:

$$N_{abf} = A_{abf} * f_y / \gamma_{M0} = 40000 * 345 / 1.0 = 13800000 \text{ N}$$

Totale acciaio:





$$N_a = N_{aff} + N_{aw} + N_{abf} = 40047600 \text{ N}$$

Calcolo posizione asse neutro z_{pl}

Posizione asse neutro plastico nel copriferro inferiore della soletta infatti:

$$(N_{cur} + N_{su} + N_{clur} + N_{sl}) = 39328427 \text{ N} < N_a < (N_c + N_{su} + N_{sl}) = 46376381 \text{ N}$$

Imponendo l'equilibrio alla traslazione tra forze di trazione e forze di compressione con l'incognita Δz (distanza estradosso flangia sup. acciaio - asse neutro plastico) e sviluppando si ottiene:

$$N_a = (N_{cur} + N_{su} + N_{clur} + N_{sl}) + 0.85 * [(c_{lr} - t_{tslr}/2 - \Delta z) * b_{eff}] * f_{ck}/\gamma_c$$

$$40047600 = 39328427 + 0.85 * [(59.227 - \Delta z) * 6000] * 35/1.5$$

$$40047600 = 39328427 + 7048013 - 119000 * \Delta z$$

$$119000 * \Delta z = 6328840$$

$$\Delta z = 6328840/119000 = 53 \text{ mm}$$

Si ottiene quindi la posizione dell'asse neutro plastico rispetto all'intradosso della sezione:

$$z_{pl} = h + \Delta z = 2400 + 53 = 2453 \text{ mm}$$

Calcolo momento resistente plastico di progetto

Imponendo l'equilibrio alla rotazione intorno all'asse neutro plastico si ha:

$$\begin{aligned} \underline{M_{pl,Rd}} = & [N_{abf} * (z_{pl} - 20) + N_{aw} * (z_{pl} - 1200) + N_{aff} * (z_{pl} - 2380)] \quad (\text{contributo acciaio teso}) \\ & + [(0.85 * (c_{lm} - \Delta z) * b_{eff} * f_{ck}/\gamma_c) * (c_{lm} - \Delta z)/2] \quad (\text{contributo cls compresso sotto armatura inf.}) \\ & + N_{sl} * (c_{lr} - \Delta z) \quad (\text{contributo armatura inf. compressa}) \\ & + N_{clur} * (e/2 - \Delta z) \quad (\text{contributo cls compresso tra le armature}) \\ & + N_{su} * (e - c_{ur} - \Delta z) \quad (\text{contributo armatura sup. compressa}) \\ & + N_{cur} * (e - c_{urn} - \Delta z) \quad (\text{contributo cls compresso sopra armatura sup.}) \end{aligned}$$

$$= 53436442800 + 2306773 + 28243481 + 2651094317 + 855373996 + 1499617840 =$$

$$= \underline{58473079207 \text{ N*mm} = 5.85E7 \text{ N*m}}$$





TEST 5: RISULTATI – RESISTENZA A TAGLIO E INTERAZIONE M, V

Rev.: 00

Data: 28-07-2010

Programma: Ponti EC4

Versione: 1.0.5.3; 1.0.6.0

File: Test05.csv

Scopo: Validazione del calcolo della resistenza a taglio di una sezione in classe 3 e dell'interazione momento – taglio.

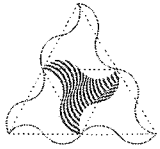
Descrizione test:

Si prendono in considerazione le caratteristiche della sezione "P1_Cross_section" calcolate dal software in funzione dei dati di input immessi nelle finestre "Geometria", "Materiali" e "Sollecitazioni", di seguito riportati; i risultati sono visibili nella scheda "Taglio" della finestra "Risultati". Il confronto è effettuato con i risultati di un esempio sviluppato all'interno del testo "Guidance book, Eurocodes 3 e 4, Application to steel-concrete composite road bridges" della Sétra (Service d'études techniques des route et autoroutes) (july 2007).

Risultati a confronto

I risultati sono identici.





Allegato – Calcolo Ponti EC4

Input – finestra “Materiali”

Acciaio

Modulo elastico (N/mm²) Coefficiente di Poisson

da carpenteria .. ordinario

Tipo f_{yk} (N/mm²)

≤ 40 mm > 40 mm Resistenza a fatica:

f_u (N/mm²) $\Delta \sigma_{Rsk}$ (N/mm²)

f_y (N/mm²) Coefficienti di sicurezza parziali:

γ_{M0} γ_{M1} γ_s

γ_{M2} γ_{Msen} γ_F

γ_F γ_{Mf} γ_{Mi}

Input – finestra “Geometria”

Nome concio

Sezioni (es. Sez1, Sez2...)

X (m) (es. X1 X2...)

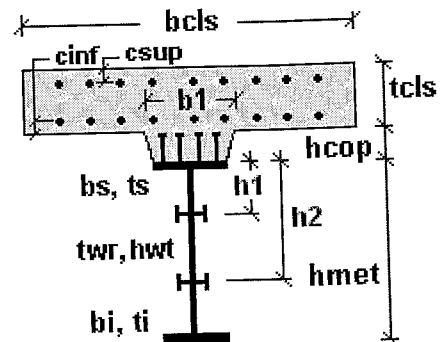
Lamiere (P1)

bs (mm) ts (mm)

hmet (mm) twr (mm)

bi (mm) ti (mm)

☐ Considera la piattabanda superiore in classe 1





Soletta, Cls (P1)

bcls (mm) 6000 tcls (mm) 307

b1 (mm) 1000 hcop (mm) 109

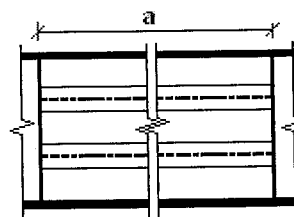
☒ Valuta proprietà raccordo/coppella

Soletta, Armatura (P1)

	layer superiore	layer inferiore
copriferro (mm)	63	21
passo (mm)	130	130
diametro (mm)	20	16

Stiffners verticali (P1)

a (mm) 8000 ☒ Appoggio rigido EN 1993-1-5, 5.2(2)



Input – finestra “Sollecitazioni”

FASE 3B. Traffico

Sezioni	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
P1_Cross_section	0.000E+000	7.470E+006	1.073E+008	0.000E+000

Involuppo di progetto: SLU fond., Mmax (fase 3B)
(Momento positivo → fibre tese superiori)

Risultati – finestra “Risultati”, scheda “Taglio”

Taglio plastico

$$V_{pl,Rd} = \frac{\eta h_w t_w (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 1.591E+7 \text{ N}$$

gammaM0=1 fyw=345 N/mm²

Test Shear Buckling

$\frac{h_w}{t_w}$		$\frac{31}{\eta} \varepsilon_w \sqrt{K_\tau}$
98.462	>	51.124

=> **Verifica NECESSARIA**

a/hw= 3.125 lsl= 0E+00 mm⁴

eta= 1.2 Ktausl= 0

Epsw= 0.825 Ktau= 5.75

Resistenza Shear Buckling

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 8.381E+6 \text{ N}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 8.135E+6 \text{ N}$$

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 2.466E+5 \text{ N}$$

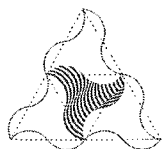
chiw= 0.675 Appoggio: RIGIDO

lambdaw= 1.33 ME_d= 1.072E+8 Nm

c= 3109.95 Mf,Rd= 1.174E+8 Nm

taucr= 112.68 N/mm² ME_d/MfRd= 0.914





Verifica a taglio

$\frac{V_{Ed}}{\min(V_{b,Rd}, V_{pl,Rd})}$	$= 0.89 \leq 1 \text{ [VERIFICA SODDISFATTA]}$
--	--

Interazione Taglio-Momento

$\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}}$	$= 0.91 < 1$	$\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$	$= 0.92 > 0.5$
---------------------------	--------------	---	----------------

NON C'E' INTERAZIONE**Allegato – Calcolo manuale**

Essendo:

$b_{fi} = 1200 \text{ mm}$	larghezza ala inferiore
$t_{fi} = 120 \text{ mm}$	spessore ala inferiore
$b_{fs} = 1000 \text{ mm}$	larghezza ala superiore
$t_{fs} = 120 \text{ mm}$	spessore ala superiore
$h_w = 2560 \text{ mm}$	altezza anima
$t_w = 26 \text{ mm}$	spessore anima
$\eta = 1.2$	(EN 1993-1-5, 5.1)
$f_{yw} = 345 \text{ N/mm}^2$	resistenza anima ($t_w < 40 \text{ mm}$)
$f_{yf} = 295 \text{ N/mm}^2$	resistenza ali ($t_f > 40 \text{ mm}$)
$f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$	resistenza armature soletta
$\gamma_{M0} = 1.0$	
$\gamma_{M1} = 1.1$	
$\gamma_s = 1.15$	
$E = 210000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$a = 8000 \text{ mm}$	distanza tra irrigidenti verticali

Check verifica a shear buckling

Secondo quanto indicato in EN 1993-1-5, 5.1, per anime non irrigidite longitudinalmente è necessaria la verifica a *shear buckling* se:

$$\frac{h_w}{t_w} \geq \frac{31\varepsilon}{\eta} \sqrt{k_\tau}$$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0.5} = (235/345)^{0.5} = 0.825 \quad (\text{EN 1993-1-5, 5.1})$$

k_τ viene calcolato nel modo indicato in EN 1993-1-5, A.3:

$$a/h_w = 3.125 > 1 \quad \rightarrow \quad k_\tau = 5.34 + 4.00 \cdot (h_w/a)^2 + k_{\tau sl} = 5.75 \quad (\text{assenza di irrigidenti long., } k_{\tau sl} = 0)$$

Dato che si ha:





$$\frac{h_w}{t_w} = 98.46 \geq \frac{31\epsilon}{\eta} \sqrt{k_\tau} = 51.13$$

è necessaria la verifica a *shear buckling*.

Calcolo taglio plastico (EN 1993-1-1, 6.2.6)

$$V_{pl,a,Rd} = \frac{\eta f_{yw}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} h_w t_w = 15.91 \text{ MN}$$

Resistenza shear buckling

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw}}{\gamma_{M1} \sqrt{3}} h_w t_w \quad (\text{EN 1993-1-5, 5.2})$$

Contributo di resistenza dell'anima:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw}}{\gamma_{M1} \sqrt{3}} h_w t_w$$

Per la determinazione del coefficiente χ_w si procede come indicato in EN 1993-1-5, 5.3:

$$k_\tau = 5.34 + 4 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 5.75$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E t_w^2}{12(1-\nu^2) h_w^2} = 19.58 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E = 112.56 \text{ MPa}$$

$$\bar{\lambda}_w = \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr} \sqrt{3}}} = 1.33 \geq 1.08$$

$$\chi_w = \frac{1.37}{0.7 + \bar{\lambda}_w} = 0.675$$

Si ha dunque $V_{bw,Rd} = 0.675 \cdot 345 \cdot 2560 \cdot 26 / 1.1 / 1.732 = 8.136 \text{ MN}$

Contributo di resistenza delle ali (EN 1993-1-5, 5.4):

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{t,Rd}} \right)^2 \right)$$

Dove:

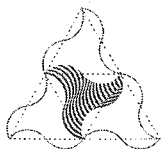
$$c = a \left(0.25 + \frac{1.6 b_f t_f^2 f_{yf}}{t_w h_w^2 f_{yw}} \right) = 3110 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = 107.3 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

momento sollecitante di calcolo

$M_{t,Rd}$ è il contributo di momento resistente plastico di calcolo dato dalle sole ali calcolato come





segue:

$$A_s = 23770 \text{ mm}^2$$

Area armature soletta

$$A_{fs} = b_{fs} \cdot t_{fs} = 120000 \text{ mm}^2$$

Area ala superiore

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot t_{fi} = 144000 \text{ mm}^2$$

Area ala inferiore

$$F_{ap} = A_s \cdot f_{sk} / \gamma_s = 10.30 \text{ MN}$$

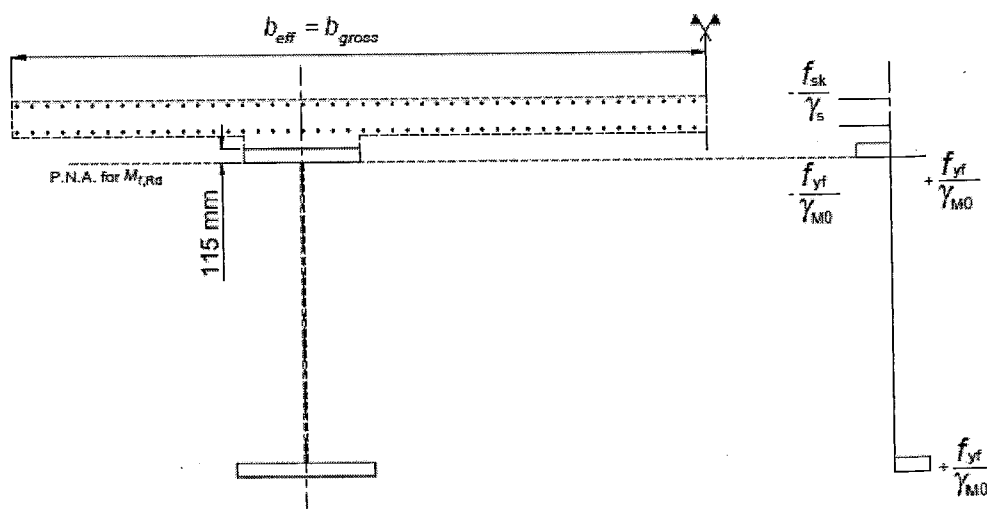
resistenza plastica delle barre di rinforzo della soletta

$$F_{fs} = A_{fs} \cdot f_{yf} / \gamma_{M0} = 35.40 \text{ MN}$$

resistenza plastica dell'ala superiore

$$F_{fi} = A_{fi} \cdot f_{yf} / \gamma_{M0} = 42.48 \text{ MN}$$

resistenza plastica dell'ala inferiore



Si ha che: $F_{ap} + F_{fs} = 10.08 + 35.40 = 45.48 \text{ MN} \geq F_{fi} = 42.48 \text{ MN}$

Dunque l'asse neutro è posizionato all'interno dell'ala superiore ad una distanza x dal bordo superiore dell'ala stessa data da:

$$F_{ap} + b_{fs} x \frac{f_{yf}}{\gamma_{M0}} = b_{fs} (t_{fs} - x) \frac{f_{yf}}{\gamma_{M0}} + F_{fi}$$

Si ricava $x = 115 \text{ mm}$ ed un momento resistente $M_{t,Rd} = 117.31 \text{ MN} \cdot \text{m}$.

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_{fi} t_{fi}^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{t,Rd}} \right)^2 \right) = \frac{1200 \cdot 120^2 \cdot 295}{3110 \cdot 1.1} \cdot \left(1 - \left(\frac{107.3}{117.31} \right)^2 \right) = 0.245 \text{ MN}$$

Resistenza totale:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} = 8.381 \text{ MN} \leq \frac{\eta f_{yw}}{\gamma_{M1} \sqrt{3}} h_w t_w = 14.46 \text{ MN}$$

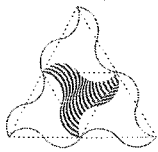
Resistenza finale a taglio

La resistenza finale è la minore tra quella plastica $V_{pl,a,Rd}$ e quella a *shear buckling* $V_{b,Rd}$ quindi nel presente caso è data da:

$$V_{Rd} = V_{b,Rd} = 8.381 \text{ MN}$$

Il coefficiente di sicurezza è inoltre:





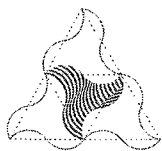
$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 7.47 / 8.136 = 0.92 \text{ (trascurando il contributo delle ali)}$$

Interazione taglio-momento (EN 1993-1-5, 7.1)

L'interazione taglio-momento nel presente caso non viene verificata in quanto si ha:

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 7.47 / 8.136 = 0.92 < 1$$

$$(M_{Ed}/M_{pl,Rd}) \geq (M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \rightarrow M_{Ed} = 107.3 \text{ MN}\cdot\text{m} \geq M_{f,Rd} = 117.31 \text{ MN}\cdot\text{m}$$



Alhambra s.r.l.

Test di validazione



PONTI EC4