

Dane:

gatunek stali S355, $f_y = 355 \text{ MPa}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

PROFIL ŚCISKANY RÓWNOMIERNIE

Klasyfikacja przekroju

Współczynnik $\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 355} = 0,81$

Wspornikowa część pasa

$$c_f = \frac{b - t_w - 2r}{2} = \frac{500 - 10 - 2 \cdot 20}{2} = 225 \text{ mm},$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{225}{15} = 15 > 14\varepsilon = 14 \cdot 0,81 = 11,4 \quad \text{Klasa 4}$$

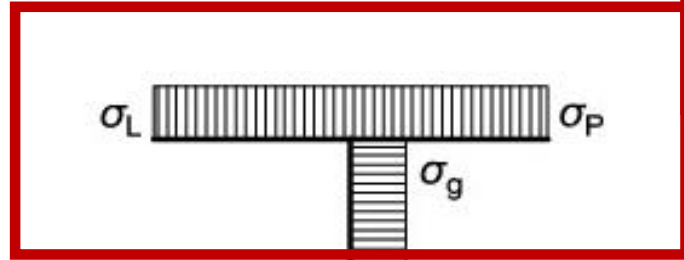
Środek:

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 1160 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 20 = 1090 \text{ mm},$$

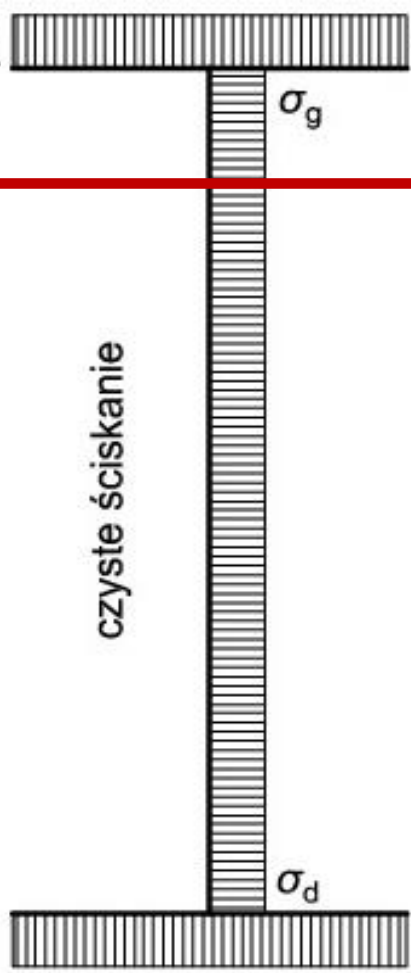
$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{1090}{10} = 109 > 42\varepsilon = 42 \cdot 0,81 = 34,2 \quad \text{Klasa 4}$$

Tablica 4.2: Ścianki wspornikowe ściskane

$$\psi = \sigma_g / \sigma_d = 1$$

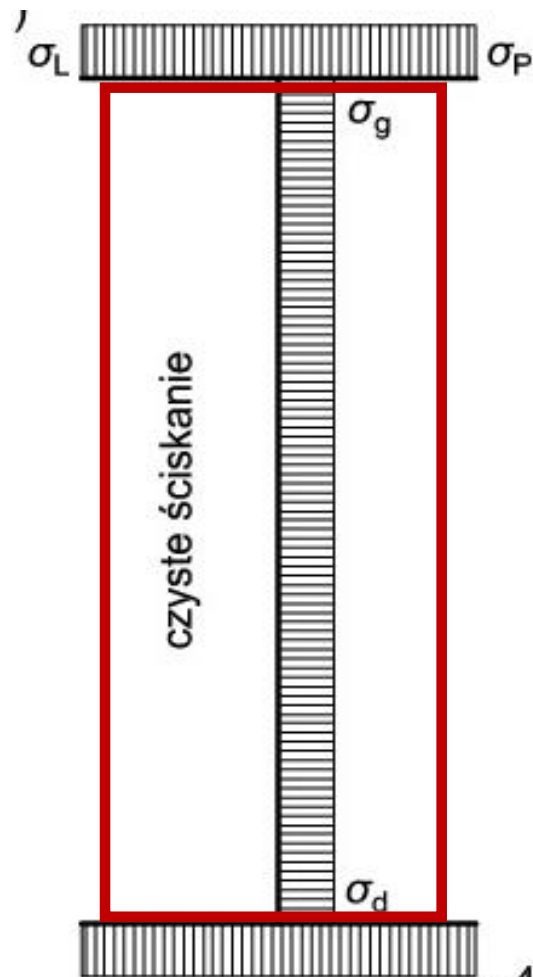


czyste ściskanie



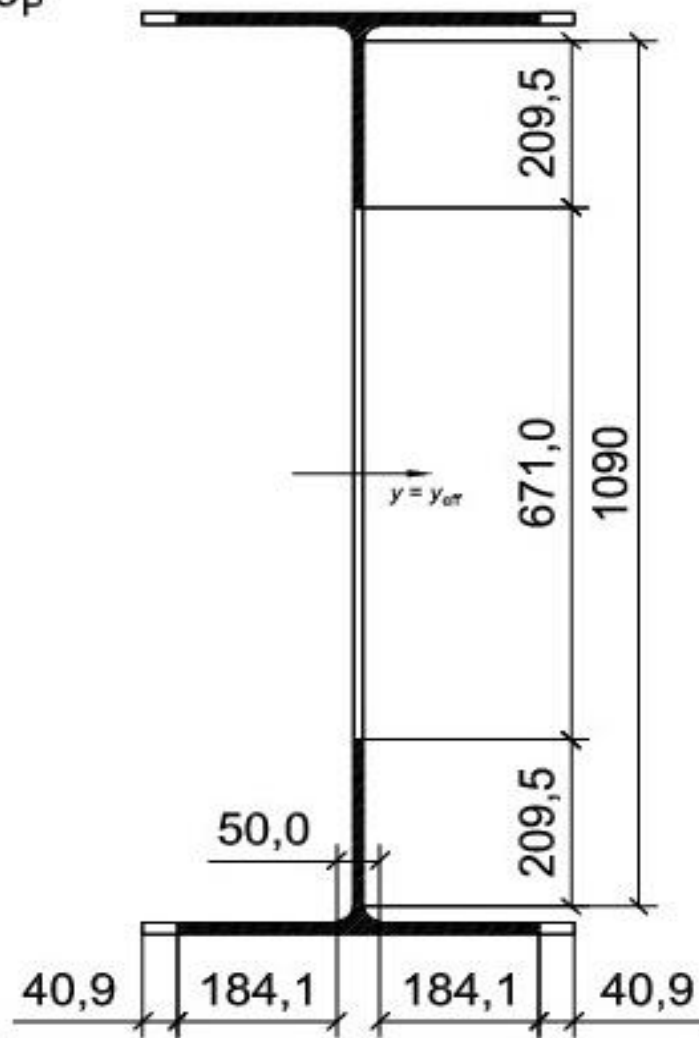
| Rozkład naprężeń (ściskanie – dodatnie) | | Szerokość współpracująca b_{eff} | | | |
|---|--|--|-------------------------|------|--------------------------------|
| | | $1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho c$ | | | |
| | | $\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | 1 | 0 | -1 | $1 \geq \psi \geq -3$ |
| Parametr niestateczności miejscowej k_G | | 0,43 | 0,57 | 0,85 | $0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ |
| | | $1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho c$ | | | |
| | | $\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | 1 | $1 > \psi > 0$ | 0 | $0 > \psi > -1$ |
| Parametr niestateczności miejscowej k_G | | 0,43 | $0,578 / (\psi + 0,34)$ | 1,70 | $1,7 - 5\psi + 17,1 \psi^2$ |
| | | | | -1 | 23,8 |

$$\psi = \sigma_L / \sigma_P = 1$$



Tablica 4.1: Ścianki przęsłowe ściskane

| Rozkład naprężeń (ściskanie – dodatnie) | | | | Szerokość współpracująca b_{eff} | | | |
|--|-----|-----------------------|------|---|------|---------------------|-----------------------------|
| | | | | $\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$ |
| | | | | $1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ | | | $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$ |
| | | | | $\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$ |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | 1 | $1 > \psi > 0$ | 0 | $0 > \psi > -1$ | -1 | $-1 > \psi > -3$ | |
| Parametr niestateczności miejscowej k_σ | 4,0 | $8,2 / (1,05 + \psi)$ | 7,81 | $7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$ | 23,9 | $5,98 (1 - \psi)^2$ | |

σ_p 

Smukłość względna ścianki

$$\bar{\lambda}_{p,f} = \frac{c_f}{t_f} \cdot \frac{1}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{225}{15 \cdot 28,4 \cdot 0,81\sqrt{0,43}} = 0,99 > 0,748$$

współczynnik redukcyjny

$$\rho_f = \frac{\bar{\lambda}_{p,f} - 0,188}{\bar{\lambda}_{p,f}^2} = \frac{0,99 - 0,188}{0,99} = 0,82 < 1$$

Szerokość współpracująca półki

$$b_{\text{eff},f} = \rho_f c_f = 0,82 \cdot 225 = 184,1 \text{ mm},$$

oraz szerokość części wyłączonej ze współpracy

$$(1 - \rho_f) c_f = (1 - 0,82) \cdot 225 = 40,9 \text{ mm}$$

Smukłość względna ścianki

$$\bar{\lambda}_{p,w} = \frac{c_w}{t_w} \cdot \frac{1}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{1090}{10 \cdot 28,4 \cdot 0,81\sqrt{4}} = 2,36$$

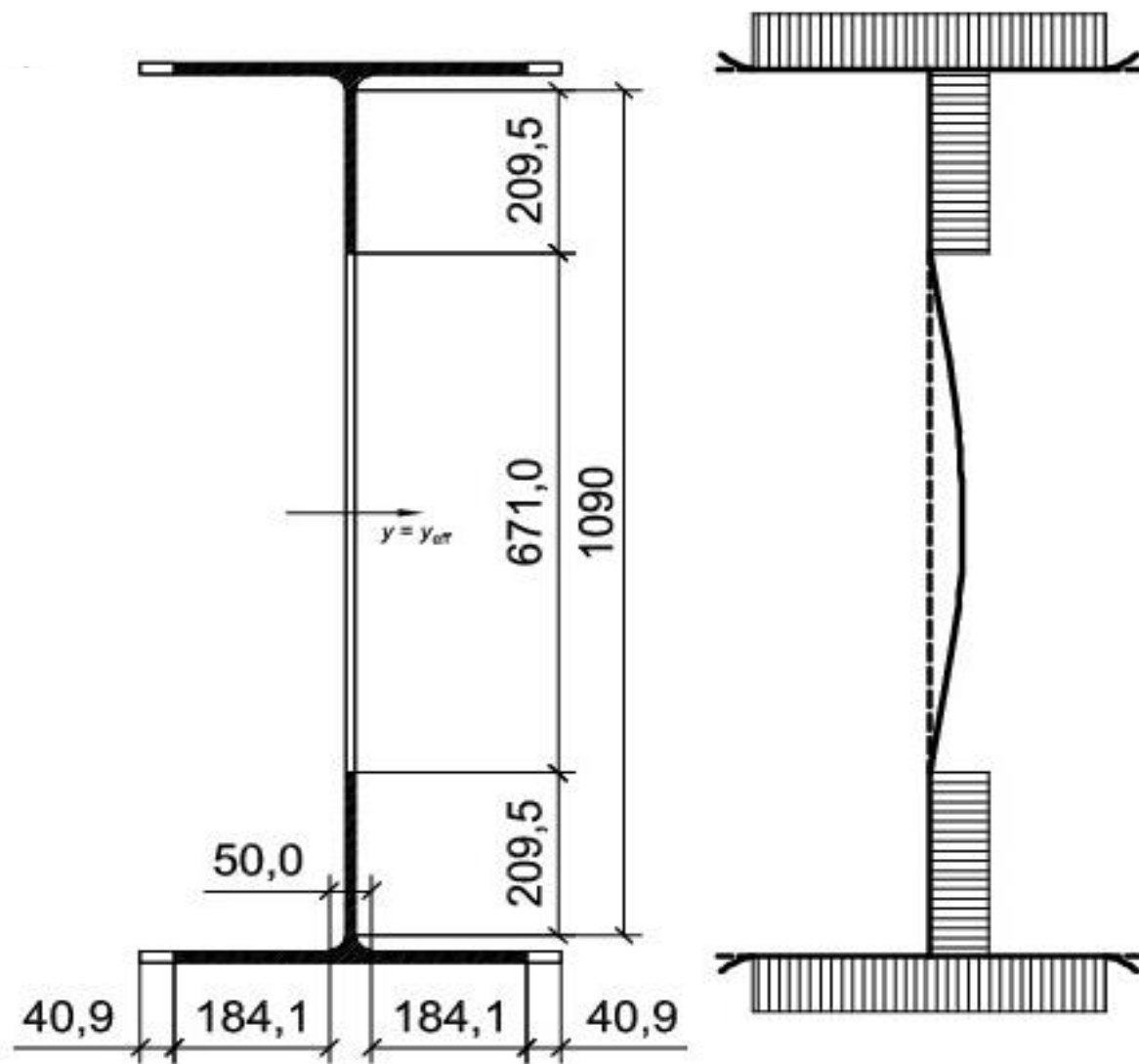
$$> 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1} = 0,673$$

współczynnik redukcyjny

$$\rho_w = \frac{\bar{\lambda}_{p,w} - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,w}^2} = \frac{2,36 - 0,055(3 + 1)}{2,36^2} = 0,38 < 1$$

Sumaryczna szerokość współpracująca środka

$$b_{\text{eff},w} = \rho_w c_w = 0,38 \cdot 1090 = 419 \text{ mm}, \quad (1 - \rho_w) c_w = (1 - 0,38) \cdot 1090 = 671 \text{ mm}$$



Nośność obliczeniowa przekroju ściskanego klasy 4

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{171,4 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^3}{1} = 846,6 \text{ kN}$$

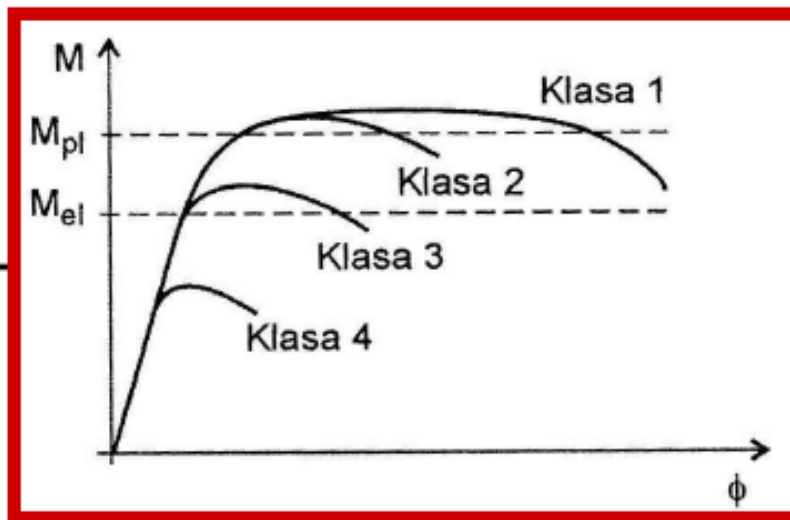
6.3.1.3 Smukłość przy wyboczeniu giętym

(1) Smukłość względna $\bar{\lambda}$ jest określona wzorami:

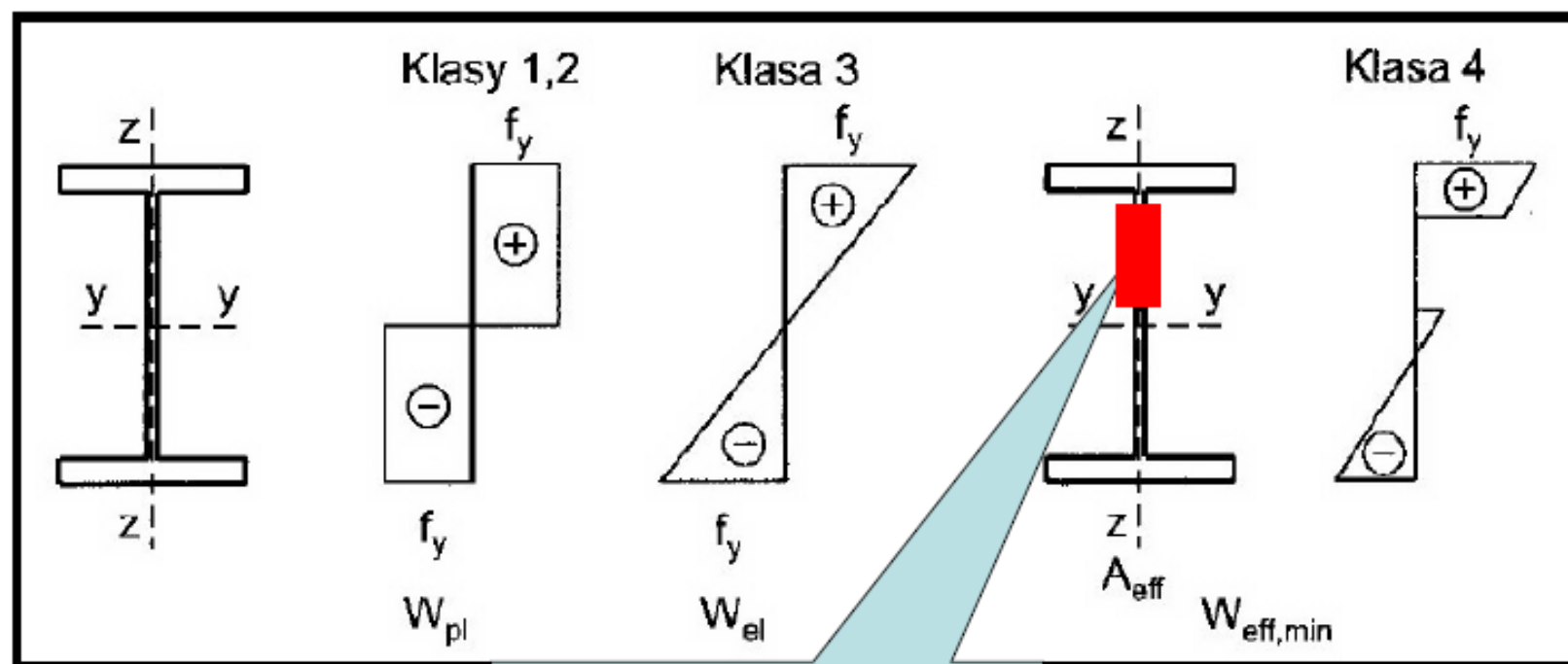
$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad - \text{ w przypadku przekrojów klasy 1, 2 i 3}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}} \quad - \text{ w przypadku przekrojów klasy 4}$$

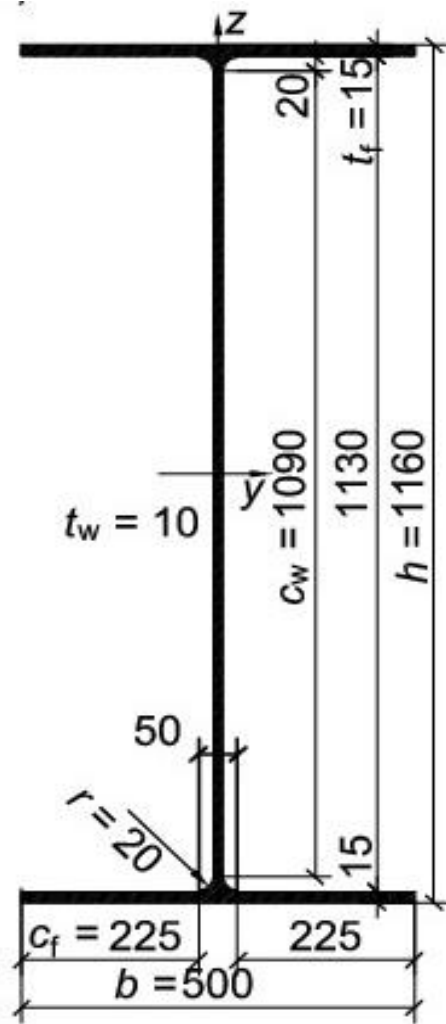
**NIESTATECZNOŚĆ MIEJSCOWA –
KLASY PRZEKROJU**



PRZY ZGINANIU



przekrój nieefektywny



Dane:

gatunek stali S355, $f_y = 355$ MPa

$\gamma_{M0} = 1,0$

PROFIL CZYSTO ZGINANY

Klasyfikacja przekroju

Współczynnik $\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 355} = 0,81$

Wspornikowa część pasa

$$c_f = \frac{b - t_w - 2r}{2} = \frac{500 - 10 - 2 \cdot 20}{2} = 225 \text{ mm},$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{225}{15} = 15 > 14\varepsilon = 14 \cdot 0,81 = 11,4 \quad \text{Klasa 4}$$

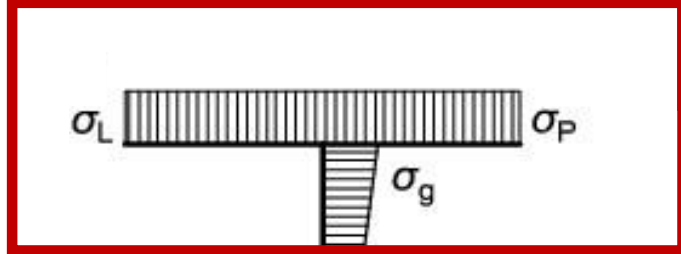
Środek:

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 1160 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 20 = 1090 \text{ mm},$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{1090}{10} = 109 > 124\varepsilon = 124 \cdot 0,81 = 100,9 \quad \text{Klasa 4}$$

Tablica 4.2: Ścianki wspornikowe ściskane

$$\psi = \sigma_g / \sigma_d = 1$$



czyste zginanie

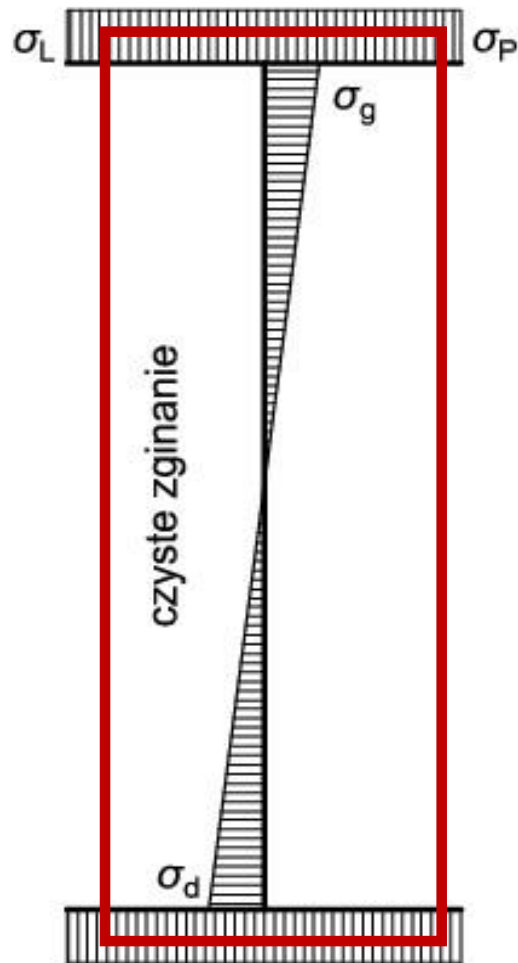


40

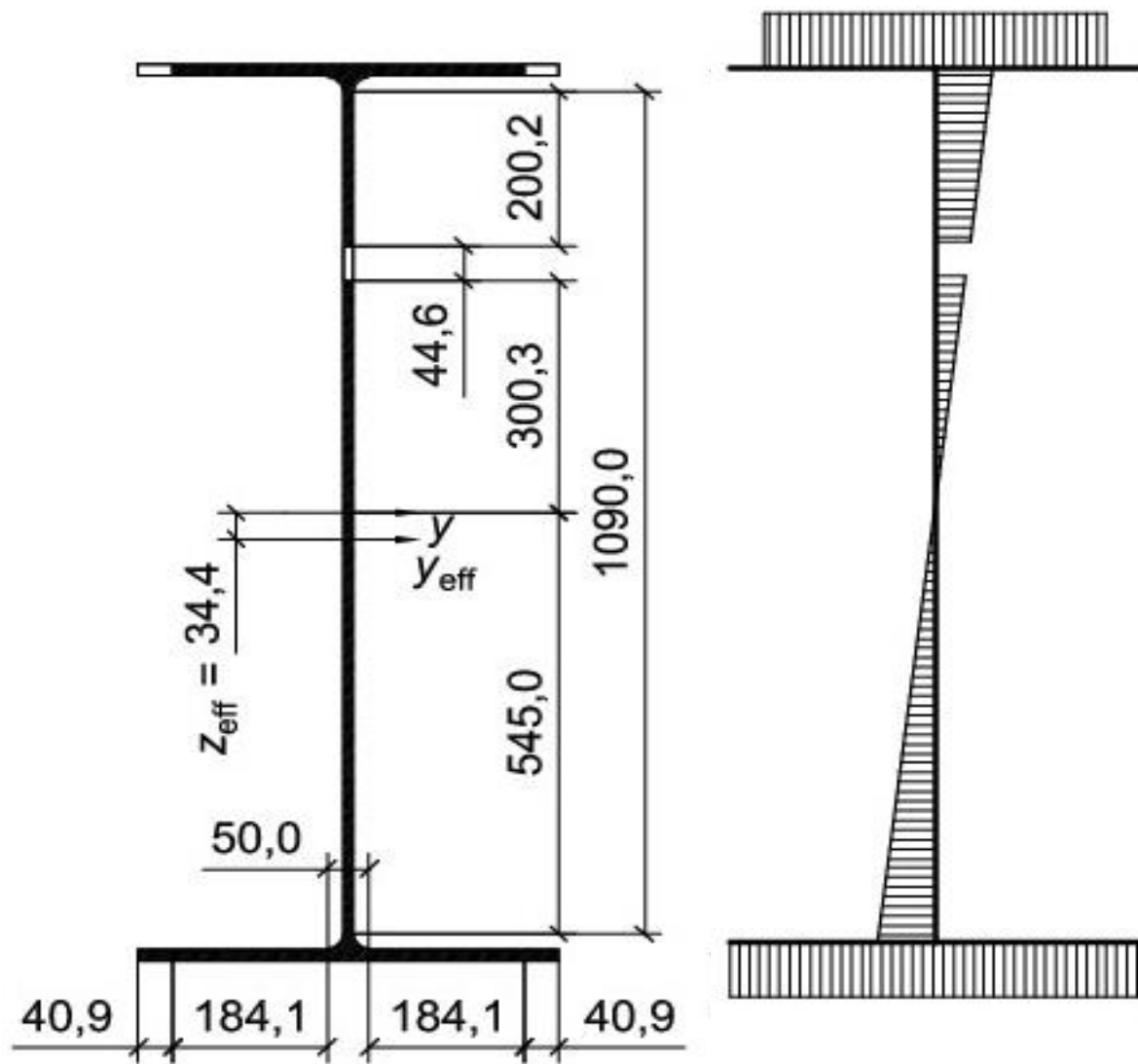
| Rozkład naprężeń (ściskanie – dodatnie) | | Szerokość współpracująca b_{eff} | | | |
|---|--|--|-------------------------|------|--------------------------------|
| | | $1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho c$ | | | |
| | | $\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | 1 | 0 | -1 | $1 \geq \psi \geq -3$ |
| Parametr niestateczności miejscowej k_G | | 0,43 | 0,57 | 0,85 | $0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ |
| | | $1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho c$ | | | |
| | | $\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | 1 | $1 > \psi > 0$ | 0 | $0 > \psi > -1$ |
| Parametr niestateczności miejscowej k_G | | 0,43 | $0,578 / (\psi + 0,34)$ | 1,70 | $1,7 - 5\psi + 17,1 \psi^2$ |
| | | | | -1 | 23,8 |

Tablica 4.1: Ścianki przęsłowe ściskane

$$\psi = \sigma_L / \sigma_P = -1$$



| Rozkład naprężeń (ściskanie – dodatnie) | | | | Szerokość współpracująca b_{eff} | | | |
|--|-----|-----------------------|------|--|------|---------------------|-----------------------------|
| | | | | $\psi = 1$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$ |
| | | | | $1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ | | | $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$ |
| | | | | $\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$ |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | 1 | $1 > \psi > 0$ | 0 | $0 > \psi > -1$ | -1 | $-1 > \psi > -3$ | |
| Parametr niestateczności miejscowej k_σ | 4,0 | $8,2 / (1,05 + \psi)$ | 7,81 | $7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$ | 23,9 | $5,98 (1 - \psi)^2$ | |



Smukłość względna ścianki

$$\bar{\lambda}_{p,w} = \frac{c_w}{t_w} \cdot \frac{1}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{1090}{10 \cdot 28,4 \cdot 0,81\sqrt{23,9}} = 0,96$$

$$> 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot (-1)} = 0,874$$

współczynnik redukcyjny

$$\rho_w = \frac{\bar{\lambda}_{p,w} - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,w}^2} = \frac{0,96 - 0,055(3 - 1)}{0,96^2} = 0,92 < 1$$

Szerokość strefy ściskanej środka

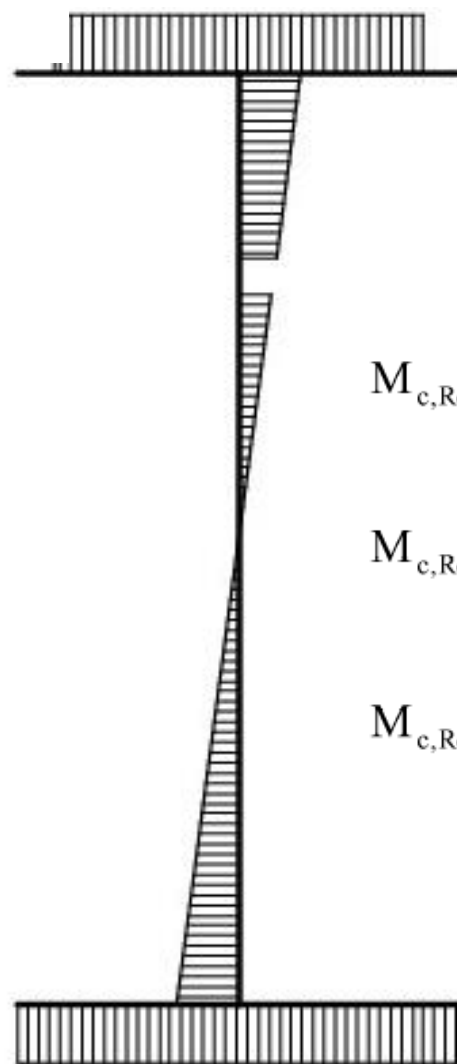
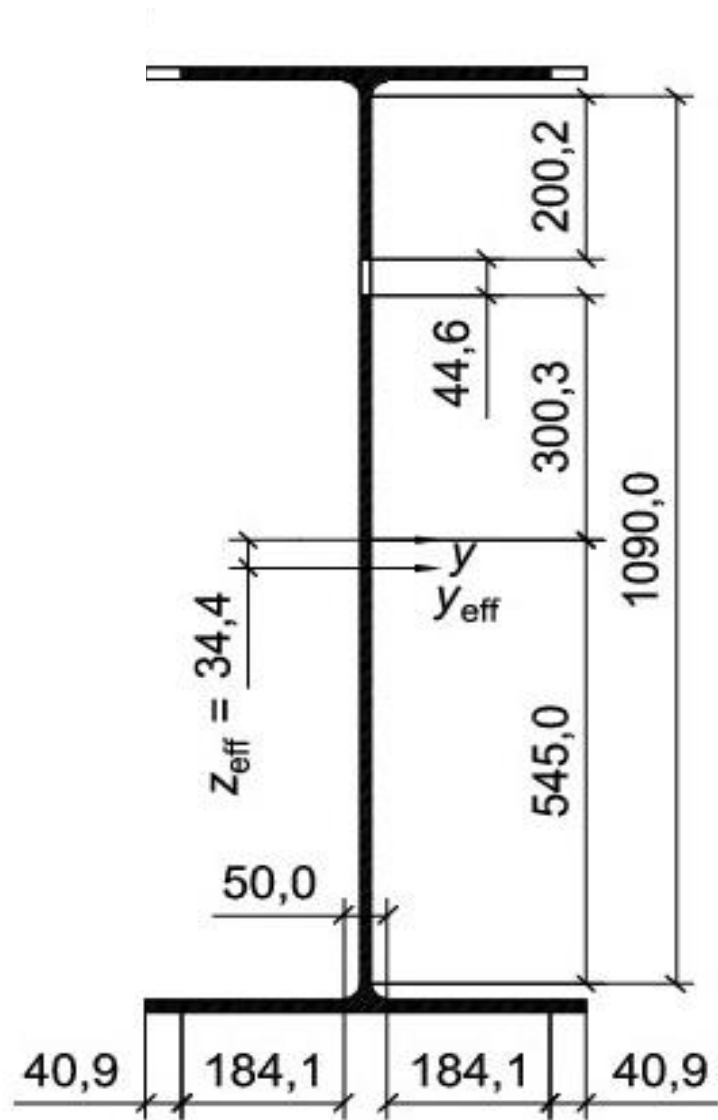
$$\bar{b} = \frac{c_w}{2} = \frac{1090}{2} = 545 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},w} = \rho_w \bar{b} = 0,92 \cdot 545 = 500,4 \text{ mm},$$

$$b_{e1} = 0,4b_{\text{eff}} = 0,4 \cdot 500,4 = 200,2 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,6b_{\text{eff}} = 0,6 \cdot 500,4 = 300,3 \text{ mm},$$

$$\bar{b} - b_{\text{eff},w} = 545 - 500,4 = 44,6 \text{ mm}$$



$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

– w przypadku przekrojów klasy 1 i 2

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}}$$

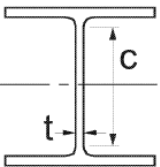
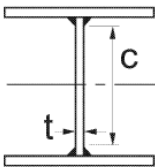
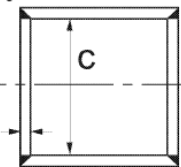
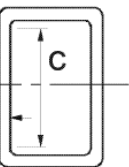
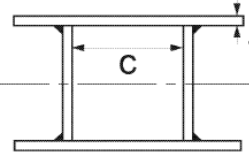
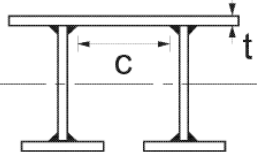
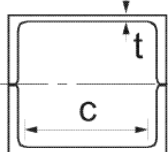
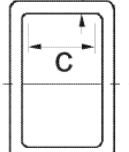
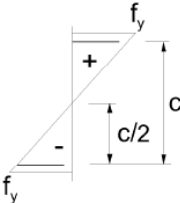
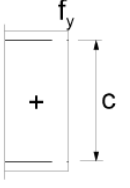
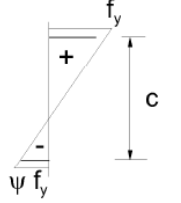
– w przypadku przekrojów klasy 3

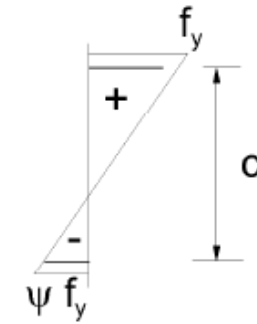
$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}}$$

– w przypadku przekrojów klasy 4

PROFIL ZGINANY I ŚCISKANY

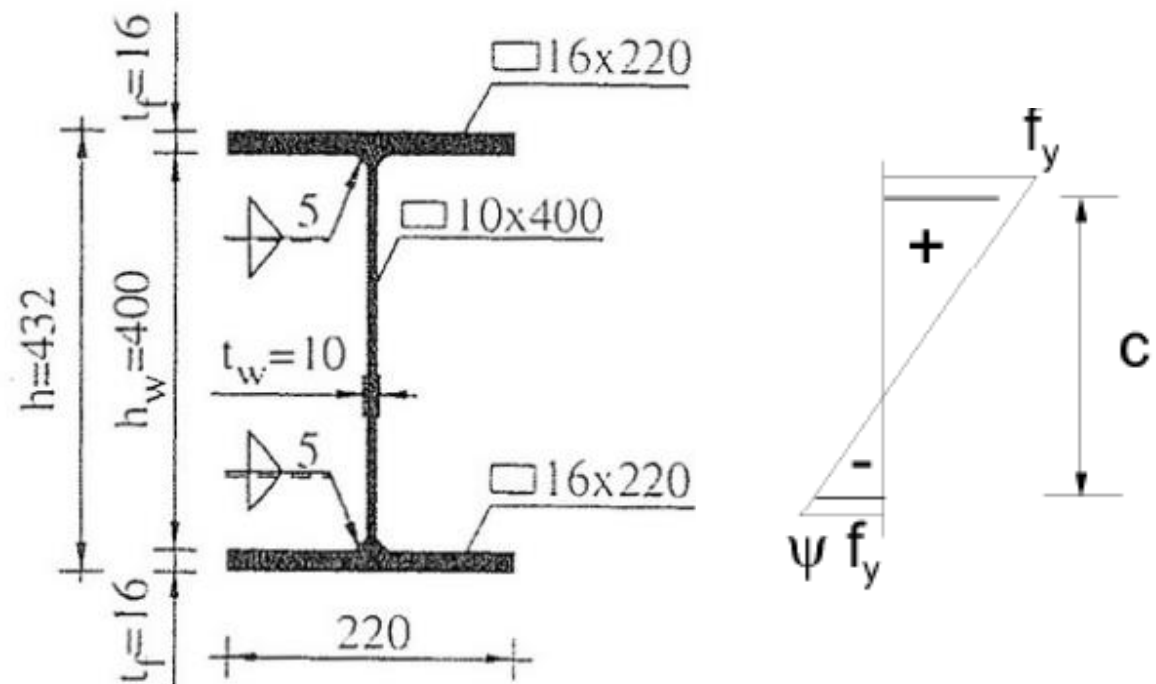
Tablica 5.2 (arkusz 1 z 3): Maksymalne stosunki szerokości do grubości dla części ściskanych

| Wewnętrzne części ściskane | | | |
|---|--|--|---|
|  |  |  |  |
| | | | Oś zginania |
|  |  |  |  |
| | | | Oś zginania |
| Klasa | Część zginana | Część ściskana | Część zginana i ściskana |
| Rozkład naprężeń w części (ściskanie – dodatnie) |  |  |  |
| 3 | $c/t \leq 124\varepsilon$ | $c/t \leq 42$ | $\text{gdy } \psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ $\text{gdy } \psi \leq -1^*): c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$ |



$$\text{gdy } \psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$$

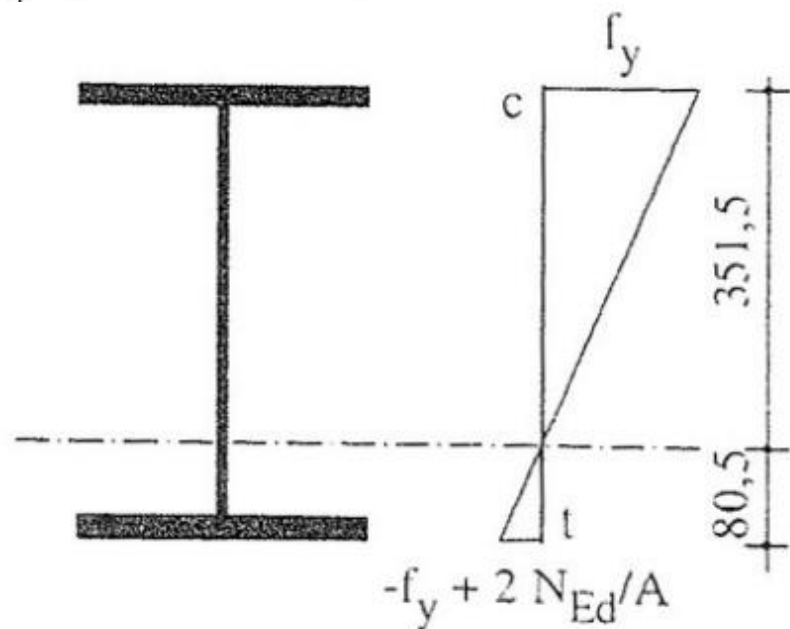
$$\text{gdy } \psi \leq -1^*): c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$$



$$\psi = \frac{2N_{Ed}}{A \cdot f_y} - 1$$

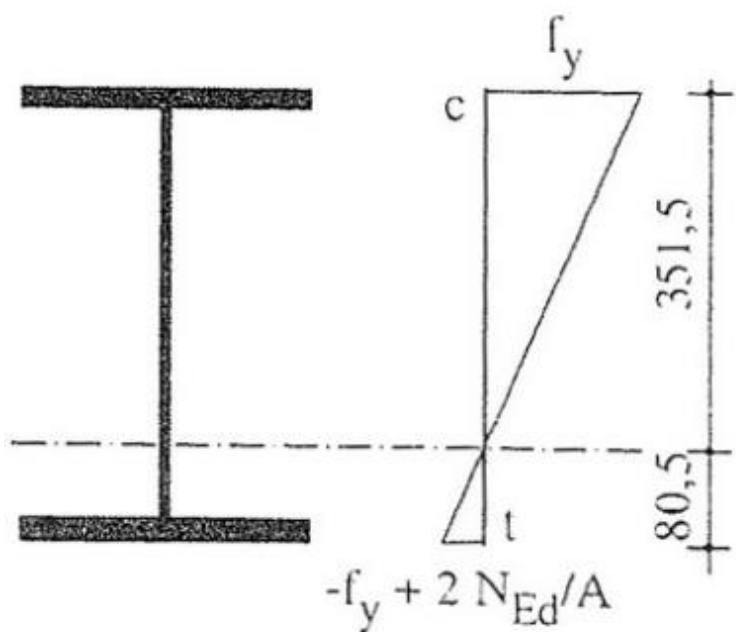
$$\psi = \frac{2N_{Ed}}{A \cdot f_y} - 1 = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 10^3}{110,4 \cdot 10^2 \cdot 235} - 1 = -0,229.$$

$$z_t = \frac{\psi}{\psi - 1} h = \frac{-0,229}{-0,229 - 1} 432 = 80,5 \text{ mm.}$$



$$z_c = \frac{1}{1 - \psi} h = \frac{1}{1 + 0,229} 432 = 351,5 \text{ mm.}$$

Tablica 4.1: Ścianki przęsłowe ściskane



| Rozkład naprężeń (ściskanie – dodatnie) | | | | Szerokość współpracująca b_{eff} | | | |
|--|-----|-----------------------|------|---|------|---------------------|-----------------------------|
| | | | | $\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$ |
| | | | | $1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ | | | $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$ |
| | | | | $\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ | | | $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$ |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | 1 | $1 > \psi > 0$ | 0 | $0 > \psi > -1$ | -1 | $-1 > \psi > -3$ | |
| Parametr niestateczności miejscowej k_{σ} | 4,0 | $8,2 / (1,05 + \psi)$ | 7,81 | $7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$ | 23,9 | $5,98 (1 - \psi)^2$ | |