

## Platow dachowa

- Przyjęcie schematu statycznego:
  - belka wolnopodparta - w halach posadowionych na szkodach górniczych lub w przypadkach, w których przewiduje się nierównomierne osiadanie układów poprzecznych hali;
  - belka przegubowa (gerberowska),
  - belka ciągła.

Styki w płatwiach ciągłych sytuuje się w miejscach zerowania się momentów zginających. Poprawne rozmieszczenie styków powinno zapewniać wygodny montaż - dłuższe elementy składowe powinny być podparte w dwóch miejscach.

- Kombinacje przypadków obciążeń ustala się na podstawie wzoru

$$\sum_i (\gamma_{G_i} \cdot G_{k_i}) + \gamma_Q \cdot Q_k + \sum_{i=1} (\gamma_{Q_i} \cdot Q_{k_i} \cdot \psi_i)$$

$G_{k_i}$  - obciążenia stałe

$\gamma_{G_i}$  - współczynniki częściowe dla obciążeń stałych

$Q_{k_i}$  - obciążenia zmienne

$\gamma_{Q_i}$  - współczynniki częściowe dla obciążeń zmiennych

$\psi_i$  - współczynniki "kombinacyjne"

- Wymiarowanie płatwi należy przeprowadzić w co najmniej dwóch sytuacjach obliczeniowych:
  - kombinacja I** - obciążenia w porze zimowej
    - obciążeniem zmiennym jest śnieg.
  - kombinacja II** - obciążenia w porze letniej
    - obciążeniem zmiennym jest wiatr.

Z uwagi na to, że płatew dachowa jest elementem dwukierunkowo zginanym i ścinanym sprawdzenie nośności przekroju poprzecznego należy przeprowadzić na siły działające w płaszczyźnie osi  $y$  i  $z$ .

**Kombinacja I - obciążenia w porze zimowej**  
(obciążeniem zmiennym jest śnieg i wiatr - parcie).

- Obciążenia charakterystyczne

- ciężar własny      - śnieg

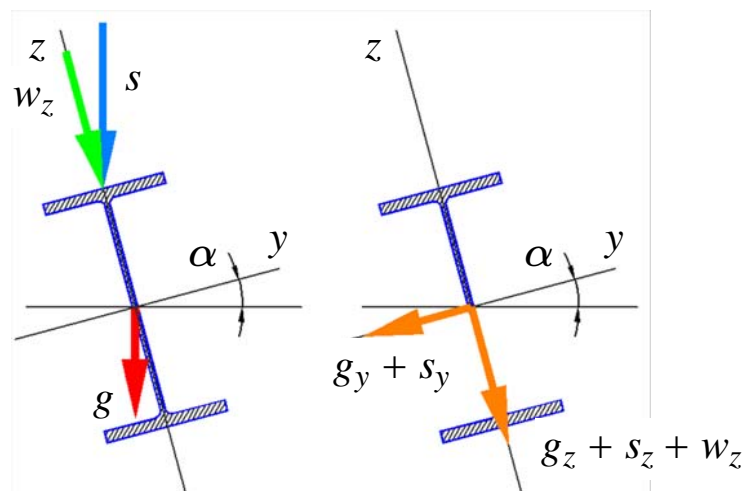
$$g_{z,k} = g_k \cdot \cos(\alpha) \quad s_{z,k} = s_k \cdot \cos(\alpha) \quad w_{z,k} = w_k$$

$$g_{y,k} = g_k \cdot \sin(\alpha) \quad s_{y,k} = s_k \cdot \sin(\alpha)$$

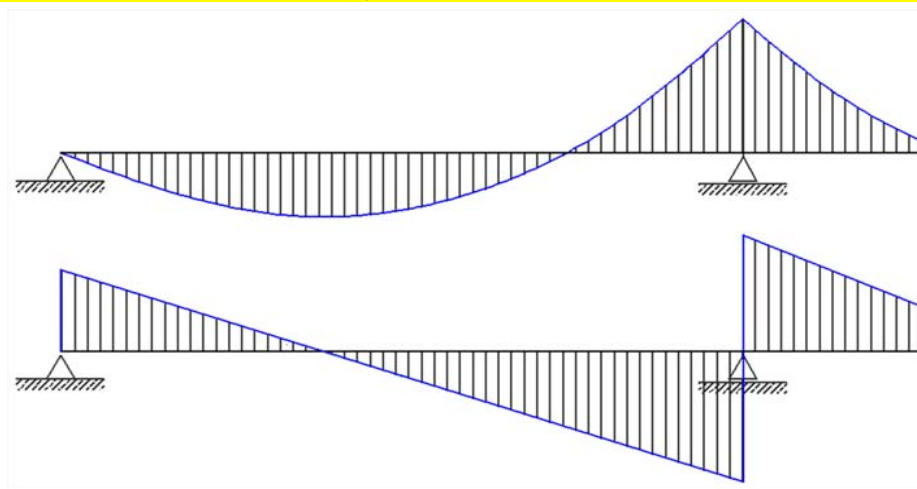
- Obciążenia obliczeniowe

$$g_z = 1.35 \cdot g_{z,k} \quad s_z = 1.5 \cdot s_{z,k} \quad w_z = 1.5 \cdot w_{z,k}$$

$$g_y = 1.35 \cdot g_{y,k} \quad s_y = 1.5 \cdot s_{y,k}$$



**Analiza statyczna - określenie rozkładu sił wewnętrznych**



Rozkład sił wewnętrznych w przypadku płatwi ciągłej

## Kombinacja II - obciążenia w porze letniej (obciążeniem zmiennym jest wiatr (ssanie)).

- Obciążenia charakterystyczne

- ciężar własny

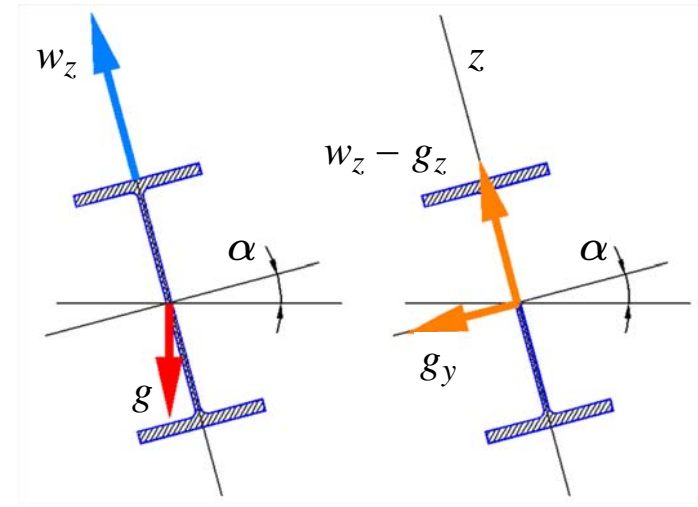
$$g_{z,k} = g_k \cdot \cos(\alpha)$$

$$g_{y,k} = g_k \cdot \sin(\alpha)$$

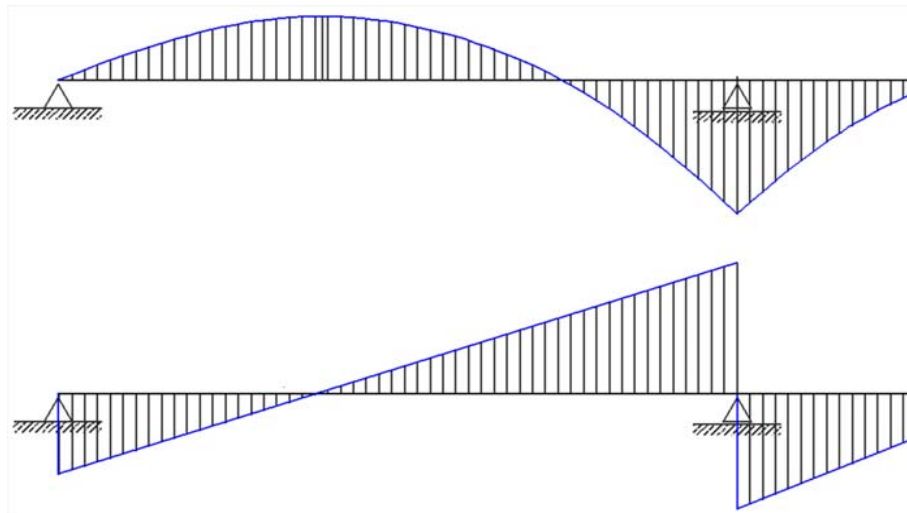
- Obciążenia obliczeniowe

$$g_z = 1.0 \cdot g_{z,k} \quad w_z = 1.5 \cdot w_{z,k}$$

$$g_y = 1.0 \cdot g_{y,k}$$



## Analiza statyczna - określenie rozkładu sił wewnętrznych

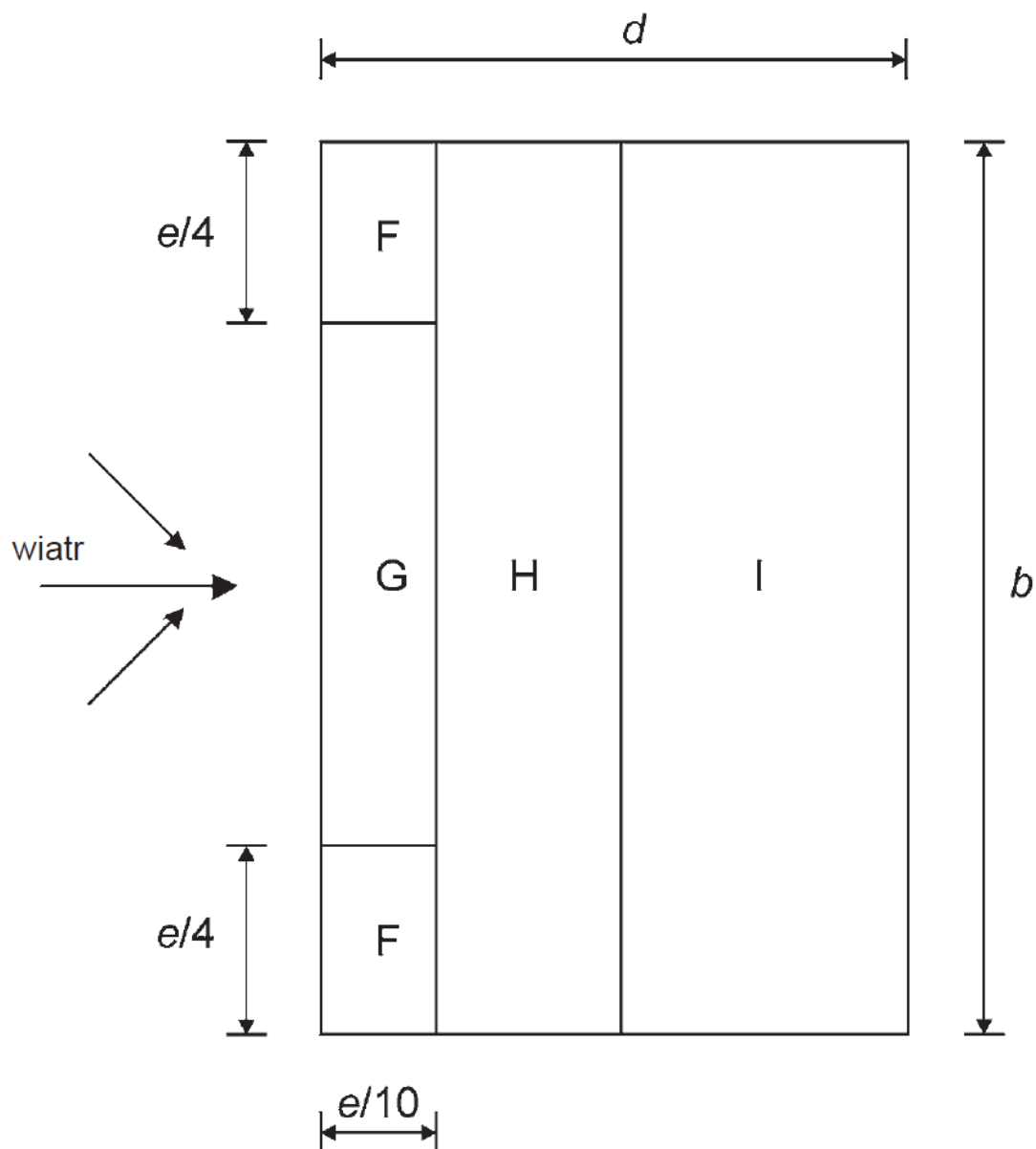


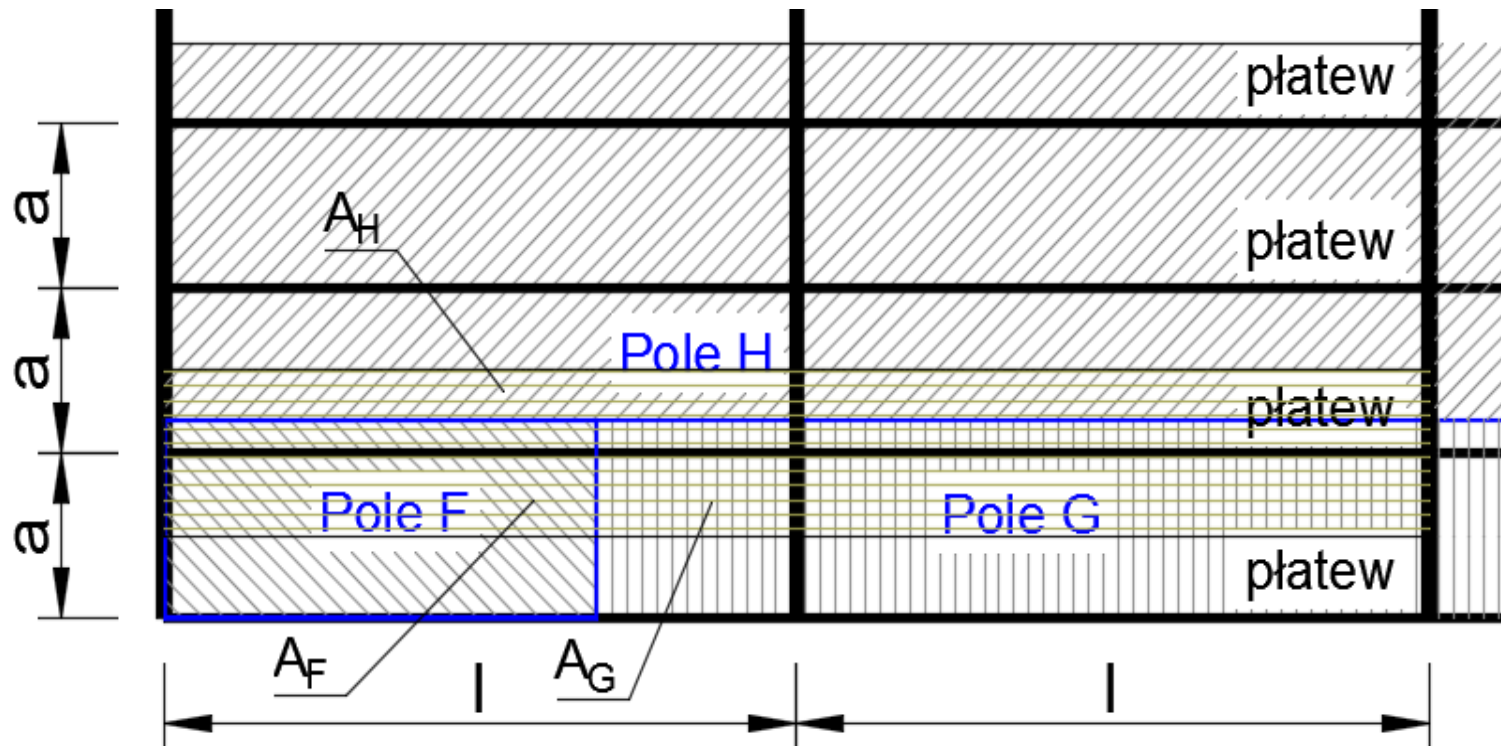
Rozkład sił wewnętrznych  
w przypadku płatwi ciągłej

Określenie obciążeń działających na płatew od obciążeń stałych, od obciążeń śniegiem nie stanowi dużego problemu.

Określenie obciążeń na płatew od obciążenia wiatrem jest nieco bardziej złożone.

Obciążenia od działania wiatru należy zebrać dla najbardziej obciążonej płatwi, określając średnią wartość obciążenia działającego na przęsło płatwi.





Średnią wartość obciążenia przypadającego na płatew, w miejscu występowania kilku pól o różnych wartościach obciążeń od wiatru, określamy jako średnią ważoną tych obciążeń:

$$w_z = a \left( \frac{w_{zF} \cdot A_F + w_{zG} \cdot A_G + w_{zH} \cdot A_H}{A_F + A_G + A_H} \right)$$

## Sprawdzenie stanu granicznego nośności przekroju poprzecznego

Sprawdzenie SGN przekroju - zginanie i ścinanie w płaszczyźnie osi z

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na moment zginający - (wg. pkt. 6.2.5. PN-EN 1993-1-1):
  - ocena wrażliwości przekroju zginanego na niestateczność (wg. pkt. 5.5, tablicy 5.2 PN-EN1993-1-1),
  - określenie nośności przekroju na zginanie,

$$M_{y.Rd} = \frac{f_y \cdot W_y}{\gamma_{M0}}$$

- sprawdzenie warunku nośności.

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.Rd}} \leq 1$$

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na siłę tnącą - (wg. pkt. 6.2.6. PN-EN 1993-1-1):
  - ocena wrażliwości ścianki ścinanej na niestateczność,
  - określenie nośności przekroju na ścinanie.

$$V_{z.Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

- sprawdzenie warunku nośności.

$$\frac{V_{z.Ed}}{V_{z.Rd}} \leq 1$$

## Sprawdzenie SGN przekroju - zginanie i ścinanie w płaszczyźnie osi y

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na moment zginający - (wg. pkt. 6.2.5. PN-EN 1993-1-1):
  - ocena wrażliwości przekroju zginanego na niestateczność (wg. pkt. 5.5, tablicy 5.2 PN-EN1993-1-1),
  - określenie nośności przekroju na zginanie,

$$M_{z.Rd} = \frac{f_y \cdot W_z}{\gamma_{M0}}$$

- sprawdzenie warunku nośności.

$$\frac{M_{z.Ed}}{M_{z.Rd}} \leq 1$$

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na siłę tnącą - (wg. pkt. 6.2.6. PN-EN 1993-1-1):
  - ocena wrażliwości ścianki ścinanej na niestateczność,
  - określenie nośności przekroju na ścinanie.

$$V_{y.Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

- sprawdzenie warunku nośności.

$$\frac{V_{y.Ed}}{V_{y.Rd}} \leq 1$$

Sprawdzenie warunku nośności przekroju ze względu na interakcję sił wewnętrznych

- Dwukierunkowe zginanie - (wg. pkt. 6.2. PN-EN 1993-1-1):

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.Rd}} + \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.Rd}} \leq 1 \quad - \text{ w przypadku obliczeń w stanie sprężystym}$$

$$\left( \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.Rd}} \right)^\beta \leq 1 \quad - \text{ w przypadku obliczeń w stanie plastycznym}$$

- Zginanie ze ścinaniem

$$\left( \frac{\sigma_{y.Ed}}{f_y} \right)^2 + 3 \cdot \left( \frac{\tau_{z.Ed}}{f_y} \right)^2 \leq 1 \quad - \text{ w przypadku obliczeń w stanie sprężystym}$$

$$\left( \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.V.Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.V.Rd}} \right)^\beta \leq 1 \quad - \text{ w przypadku obliczeń w stanie plastycznym}$$



## Sprawdzenie stanu granicznego nośności elementu

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na zginanie w płaszczyźnie osi z

$$\frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

- Nośność przekroju na zginanie

$$M_{y.Rk} = W_y \cdot f_y$$

- Współczynnik niestateczności przy zginaniu

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}$$

- Smukłość względna przy zwichrzeniu

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

- Parametr krzywej zwichrzenia

$$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right] \quad \beta = 0.75 \quad \lambda_{LT.0} = 0.4$$

Krzywa zwichrzenia	a	b	c	d
Parametr imperfekcji $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76
Dwuteowniki walcowane	$h/b \leq 2$		<b>b</b>	
	$h/b > 2$		<b>c</b>	
Dwuteowniki spawane	$h/b \leq 2$		<b>c</b>	
	$h/b > 2$		<b>d</b>	

## Moment krytyczny

$$M_{cr} = \psi \cdot k_o \cdot N_z \cdot \left[ \sqrt{c^2 + (0.4k_o \cdot e_z)^2} + 0.4k_o \cdot e_z \right]$$

- Siła krytyczna przy wyboczeniu względem osi z

$$N_z = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l^2}$$

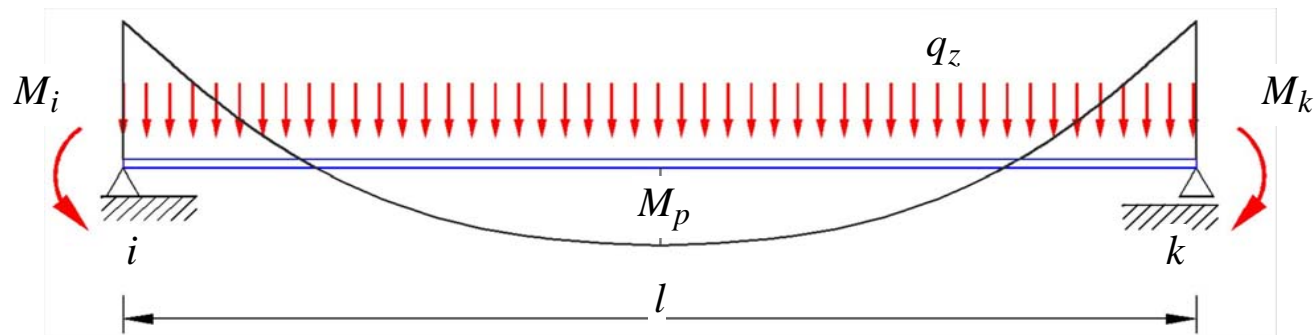
- $e_z$  - miejsce przyłożenia obciążenia
- Współczynniki uwzględniające geometrię przekroju oraz rozkład momentów zginających

$$c = \sqrt{\frac{I_\omega + 0.039 \cdot l_o^2 \cdot I_T}{I_z}} \quad \psi = \frac{M_{max}}{\frac{q_z \cdot l_o^2}{8}} \quad k_o$$

$I_\omega$  - wycinkowy moment bezwładności

$I_z$  - moment bezwładności względem osi "słabej"

$I_T$  - moment bezwładności przy czystym skręcaniu



Wartość współczynnika  $k_0$  należy odczytać z tablicy :

$\frac{M_{\max}}{ql^2/8}$	$M_i = 0$	$M_i = 0,5M_k$	$M_i = M_k$
0	1,12	1,12	1,12
-0,1	1,19	1,22	1,26
-0,2	1,26	1,34	1,44
-0,3	1,34	1,49	1,67
-0,4	1,43	1,67	2,00
-0,5	1,53	1,90	2,46
-0,6	1,64	2,19	3,17
-0,7	1,76	2,57	4,30
-0,8	1,91	3,09	5,61
-0,9	2,06	3,78	5,15
-1,0	2,24	4,43	4,10

- Sprawdzenie warunku nośności ze względu na dwukierunkowe zginanie

$$k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rd}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rd}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rd}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rd}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$


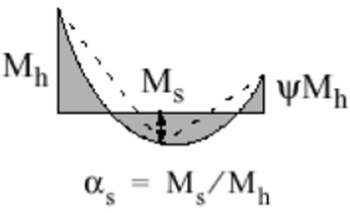
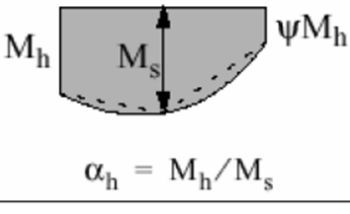
- Współczynniki interakcji w przypadku dwukierunkowego zginania

$$k_{yy} = C_{my}$$

$$k_{zy} = \begin{cases} 0,6C_{my} \rightarrow \text{dla 1 i 2 klasy przekroju} \\ 0,8C_{my} \rightarrow \text{dla 3 i 4 klasy przekroju} \end{cases}$$

$$k_{yz} = \begin{cases} 0,6C_{mz} \rightarrow \text{dla 1 i 2 klasy przekroju} \\ C_{mz} \rightarrow \text{dla 3 i 4 klasy przekroju} \end{cases}$$

$$k_{zz} = C_{mz}$$

Wykres momentów	Zakres		$C_{my}$ , $C_{mz}$ i $C_{mLT}$	
			Obciążenie równomierne	Obciążenie skupione
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s / M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
 $\alpha_h = M_h / M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)^{N28}$
W przypadku przechyłowej postaci wybozczenia można przyjmować odpowiednio $C_{my} = 0,9$ lub $C_{mz} = 0,9$ .				
$C_{my}$ , $C_{mz}$ i $C_{mLT}$ ustala się odpowiednio do rozkładu momentów między punktami podparcia (stężeniami), jak następuje:				
Współczynnik momentu	Oś zginania	Kierunek podparcia		
$C_{my}$	y-y	z-z		
$C_{mz}$	z-z	y-y		
$C_{mLT}$	y-y	y-y		

## Stan graniczny użytkowania

- Szacowaną wartość ugięcia płaty dwukierunkowo zginanej o schemacie belki ciągłej można określić ze wzorów

$$q_{z,k} = (g_{z,k} + s_{z,k})\cos(\alpha)$$

$$q_{y,k} = (g_{z,k} + s_{z,k})\sin(\alpha)$$

$$f_z = 0.5 \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{q_z \cdot l_o^4}{E \cdot I_y} \quad f_y = 0.5 \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot l_o^4}{E \cdot I_z} \quad f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} \quad f < \frac{l_o}{250}$$