

Rys. 38. Przegląd dwuteowy i rozkład naprężeń stycznych wzdłuż osi symetrii przekroju

Zgodnie z tabl. 25 (p. 6) otrzymuje się

$$P_{max} = \frac{4W_z k_g}{l} = \frac{4 \cdot 3145,3 \cdot 10^{-6} \cdot 98 \cdot 10^6}{4} = 308239,4 \text{ N}$$

Siła poprzeczna

$$T = \frac{P_{max}}{2} = 154119,7 \text{ N}$$

Moment statyczny przekroju pasa

$$S_{zsp} = b g_1 \frac{h+g_1}{2} = 0,26 \cdot 0,02 \frac{0,50+0,02}{2} = 0,001352 \text{ m}^3$$

Naprężenie styczne w miejscu połączenia środnika z pasem

$$\tau_{xy sp} = \frac{T S_{zsp}}{I_z g} = \frac{154119,7 \cdot 0,001352}{8,4922 \cdot 10^{-4} \cdot 0,014} = 17526152 \text{ N/m}^2 = 17,53 \text{ MPa}$$

Moment statyczny przekroju pasa i połowy środnika względem osi z

$$S_{z(y=0)} = b g_1 \frac{h+g_1}{2} + \frac{h g}{2} \frac{h}{4} = 0,26 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,50+0,02}{2} + \frac{0,50 \cdot 0,014 \cdot 0,5}{2 \cdot 4} = 0,0017895 \text{ m}^3 = 1789 \text{ cm}^3$$

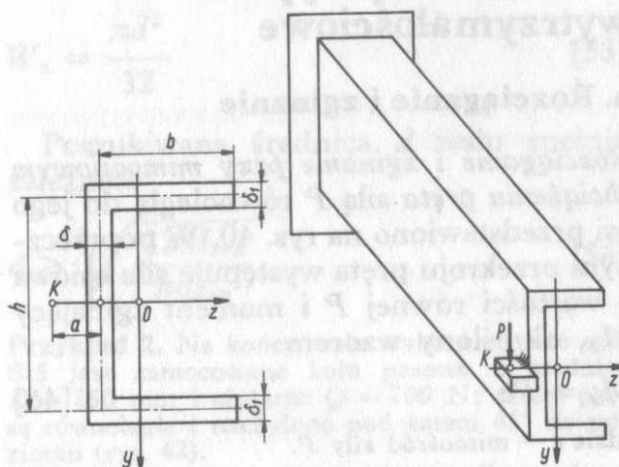
Naprężenie styczne maksymalne w środku środnika ($y = 0$)

$$\tau_{xy max} = \frac{T S_{z(y=0)}}{I_z g} = \frac{154119,7 \cdot 0,0017895}{8,4922 \cdot 10^{-4} \cdot 0,014} = 23197522 \text{ N/m}^2 = 23,2 \text{ MPa}$$

d. Środek sił poprzecznych

W przypadku zginania nierównomiernego belki (patrz p. 10a), gdy obciążająca siła poprzeczna P leży w płaszczyźnie przechodzącej przez główną centralną oś

bezwładności y przekroju, która nie jest jego osią symetrii, występuje obrót (skręcenie) przekrojów poprzecznych belki. W celu zapobieżenia temu należy prostą działania siły P przeprowadzić przez punkt K , zwany *środkiem siły poprzecznej*.

Rys. 39. Środek sił poprzecznych K ceownika utwierdzonego jednostronnie i obciążonego na swobodnym końcu siłą skupioną P

Na rys. 39 przedstawiono przykładowo położenie środka K dla cienkościennego ceownika. Odległość a tego punktu od środka ścianki wynosi

$$a = \frac{3b^2 \delta_1}{\delta h + 6b \delta_1} \quad [45]$$

Szczegóły wyznaczania punktu K podano m.in. w (5).

e. Obliczanie ugięć

Wzory na wartość ugięć f dla typowych przypadków podparcia i obciążenia belek

Wynik otrzymuje się szybciej obliczając

$$W_s = \frac{M_s}{k_s} = \frac{250}{65 \cdot 10^6} = 3,85 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3850 \text{ mm}^3$$

i stosując tabl. 20, na podstawie której można przyjąć $d = 28 \text{ mm}$.

10. Zginanie

a. Moment zginający, siła poprzeczna, siła normalna

W przypadku *zginania* układ sił wewnętrznych w poprzecznym przekroju pręta sprowadza się do pary sił leżącej w płaszczyźnie prostopadłej do przekroju. Moment tej pary sił nazywa się *momentem zginającym* (gnącym) M_g . Momentowi zginającemu może towarzyszyć siła osiowa N i siła poprzeczna T .

Zginanie nazywa się *równomiernym*, gdy moment zginający nie zmienia się wzdłuż osi pręta ($M_g = \text{const}$), w przeciwnym przypadku występuje *zginanie nierównomierne*.

Moment zginający M_g w układach płaskich (oś pręta i siły obciążające leżą w jednej płaszczyźnie) w dowolnym przekroju pręta jest równy sumie momentów względem środka przekroju wszystkich sił działających na część pręta oddzieloną tym przekrojem.

Siła osiowa N w danym przekroju pręta równa się sumie wszystkich prostopadłych do przekroju składowych sił działających na część oddzieloną tym przekrojem.

Siła poprzeczna T w danym przekroju pręta równa się sumie wszystkich równoległych do przekroju składowych sił działających na część oddzieloną tym przekrojem.

Regułę określania znaków M_g , T i N oraz zwrotów sił podano w tabl. 23.

Moment zginający, siła poprzeczna oraz natężenie q poprzecznego obciążenia ciągłego są związane zależnościami

$$\frac{dM_g}{dx} = T \quad [34]$$

$$\frac{dT}{dx} = -q \quad [35]$$

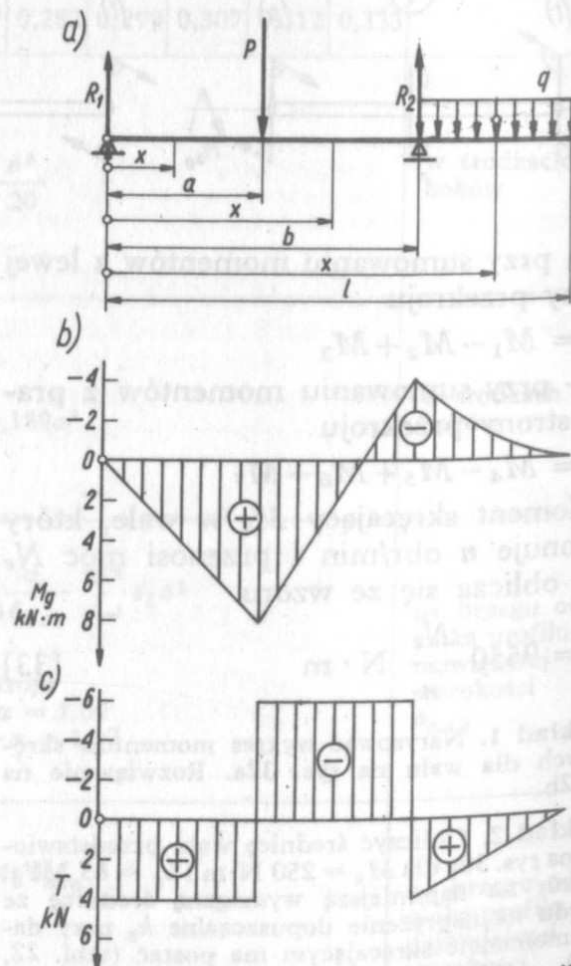
$$\frac{d^2 M_g}{dx^2} = -q \quad [36]$$

TABLICA 23. Znaki momentu gnącego M_g , siły poprzecznej T i siły osiowej N oraz zwroty odpowiednich sił

Wielkość	Schemat	Znak	Dla zwrotu sił ze strony przekroju	
			lewej	prawej
M_g		+	↑	↑
		-	↓	↓
T		+	↑	↓
		-	↓	↑
N		+	←	→
		-	→	←

Wartość oddziaływań podporowych (reakcji) oraz maksymalnych momentów zginających dla różnych rodzajów belek podano w tabl. 25.

Przykład 1. Dla przedstawionej na rys. 33a belki wyznaczyć analitycznie momenty zginające i siły



Rys. 33. Zginanie belki: a) belka obciążona siłą P i obciążeniem równomiernym q , b) wykres momentów zginających, c) wykres sił poprzecznych T

poprzeczne oraz narysować ich wykresy. Dane: $l = 6 \text{ m}$, $a = 2 \text{ m}$, $b = 4 \text{ m}$, $P = 10 \text{ kN}$, $q = 2 \text{ kN/m}$.

Niewiadome reakcje podporowe R_1 i R_2 wyznaczamy z równań równowagi

$$R_1 b - P(b-a) + \frac{q(l-b)^2}{2} = 0$$

$$R_2 b - Pa - q(l-b) \frac{l+b}{2} = 0$$

otrzymując

$$R_1 = P \frac{b-a}{b} - \frac{q(l-b)^2}{2b}, \quad R_1 = 4 \text{ kN}$$

$$R_2 = P \frac{a}{b} + \frac{q(l-b)(l+b)}{2b}, \quad R_2 = 10 \text{ kN}$$

W trzech przedziałach belki poszukiwane wyrażenia na M_g i T mają postać następujących zależności:

przedział x	M_g	T
0, a	$R_1 x$	R_1
a, b	$R_1 x - P(x-a)$	$R_1 - P$
b, l	$R_1 x - P(x-a) +$ $+ R_2(x-b) +$ $- \frac{q(x-b)^2}{2}$	$R_1 - P + R_2 +$ $- q(x-b)$

Na rys. 33b przedstawiono wykresy wyznaczonych wartości momentów zginających M_g , a na rys. 33c — wartości sił poprzecznych T . Maksymalna wartość momentu zginającego wynosi $M_{g \max} = 8 \text{ kN} \cdot \text{m} = 8000 \text{ N} \cdot \text{m}$.

b. Obliczanie naprężeń

Miejsce geometryczne punktów przekroju, w których znikają naprężenia, nazywa się *osią obojętną* (na rys. 34 oś z). W przypadku zginania bez udziału innych uogólnionych wielkości wewnętrznych, nazywanego *zginaniem czystym*, oś obojętna przechodzi przez środek geometryczny 0 przekroju. Jeżeli oś obojętna jest prostopadła do płaszczyzny pary sił zginających, wówczas mamy do czynienia ze *zginaniem prostym*.

Jeżeli osie y i z są głównymi centralnymi osiami bezwładności przekroju (rys. 34), to moment zginający M_g pary leżącej w płaszczyźnie x, y wywołuje proste zginanie o naprężeniu σ w punkcie oddalonym o y od osi z

$$\sigma = \frac{M_g y}{I_z} \text{ N/m}^2 \quad [37]$$

gdzie I_z — moment bezwładności przekroju względem osi z w m^4 .

W punktach I i II (rys. 34) przekroju najbardziej oddalonych od osi obojętnej wartości odpowiednich naprężeń σ_I i σ_{II} wynoszą

$$\sigma_I = \frac{M_g}{W_I} \quad \sigma_{II} = -\frac{M_g}{W_{II}} \quad [38]$$

gdzie: W_I i W_{II} — wskaźniki wytrzymałości przekroju na zginanie w m^3 .

Wskaźniki W_I i W_{II} oblicza się ze wzorów

$$W_I = \frac{I_z}{e_I}, \quad W_{II} = \frac{I_z}{e_{II}} \quad [39]$$

gdzie: e_I i e_{II} — odległość punktów skrajnych I i II od osi obojętnej.

W przypadku $e_I = e_{II} = e = \frac{h}{2}$ (h —

wysokość przekroju) $W_I = W_{II} = W_z$ i wzór na naprężenie maksymalne σ_{\max} przyjmie postać

$$\sigma_{\max} = \frac{M_g}{W_z} \quad [40]$$

gdzie $W_z = I_z/e$ — wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie w m^3 .

Wzory na I_z i W_z dla niektórych przekrojów podano w tabl. 24.

Warunek wytrzymałościowy na zginanie ma postać

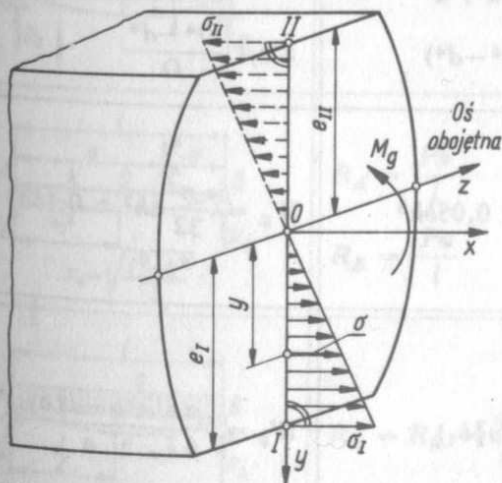
$$\sigma_{\max} \leq k_g \quad [41]$$

lub po podstawieniu [40]

$$\sigma_{\max} = \frac{M_g}{W_z} \leq k_g \quad [42]$$

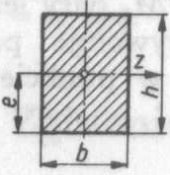
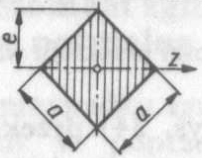
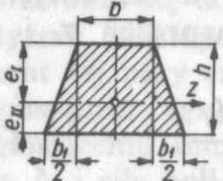
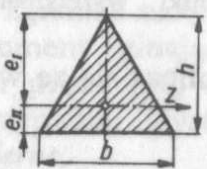
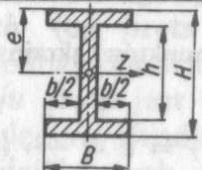
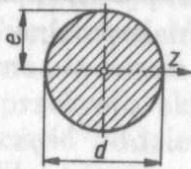
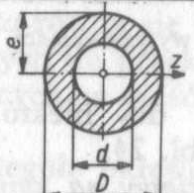
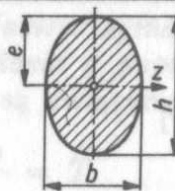
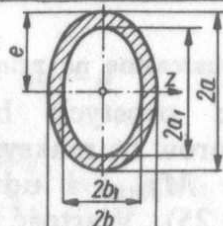
gdzie k_g — naprężenie dopuszczalne na zginanie.

Przy projektowaniu prostych belek można korzystać ze wzorów na maksymalny moment zginający $M_{g \max}$ i udźwig P_{\max} (lub q_{\max}) (tabl. 25). Wartość wy-



Rys. 34. Rozkład naprężeń w belce podlegającej czystemu i prostemu zginaniu

TABLICA 24. Momenty bezwładności I_z i wskaźniki wytrzymałości na zginanie W_z niektórych przekrojów

Przekrój	Położenie środka ciężkości	Moment bezwładności I_z	Wskaźnik wytrzymałości na zginanie W_z
	$e = \frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$W_z = \frac{bh^2}{6}$
	$e = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 0,707h$	$\frac{a^4}{12}$	$W_z = \frac{\sqrt{2}}{12}a^3$
	$e_I = \frac{3b+2b_1}{2b+b_1} \frac{h}{3}$ $e_{II} = h - e_I$	$\frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{36(2b+b_1)} h^3$	$W_I = \frac{I_z}{e_I}$ $W_{II} = \frac{I_z}{h-e_I}$
	$e_I = \frac{2h}{3}$ $e_{II} = \frac{h}{3}$	$\frac{bh^3}{36}$	$W_I = \frac{bh^3}{24}$ $W_{II} = \frac{bh^2}{12}$
	$e = \frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$W_z = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$
	$e = \frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^4}{64} \approx 0,05d^4$	$W_z = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$
wartości I_z i W_z dla przekrojów kołowych o średnicach od 1 do 150 mm można wyznaczać z tabl. 20			
	$e = \frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \approx 0,05(D^4 - d^4)$	$W_z = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D} \approx 0,1 \frac{D^4 - d^4}{D}$
	$e = \frac{h}{2}$	$\frac{\pi}{64} bh^3 \approx 0,05bh^3$	$W_z = \frac{\pi}{32} bh^2 \approx 0,1bh^2$
	$e = a$	$\frac{\pi}{4} (a^3b - a_1^3b_1)$	$W_z = \frac{\pi}{4} \frac{a^3b - a_1^3b_1}{a}$

TABLICA 25. Maksymalne momenty zginające M_{gmax} , wymagane wskaźniki przekroju na zginanie W_z , ugięcia f i nośność $P_{max}(q_{max})$ belek o stałym przekroju.

EI — sztywność zginania, W_z — wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie P_{max} — maksymalna (dopuszczalna) siła obciążająca, q_{max} — maksymalne (dopuszczalne) natężenie obciążenia ciągłego, k_g — naprężenie dopuszczalne na zginanie

Schemat obciążenia	Wielkości podporowe	M_{gmax} W_z	Ugięcie f i nośność P_{max} (lub q_{max})
	$R_A = P$ $M_A = Pl$	$M_{gmax} = Pl$ (w A) $W_z \geq \frac{Pl}{k_g}$	$f = \frac{Pl^3}{3EI}$ $P_{max} = \frac{W_z k_g}{l}$
	$P_A = P$ $M_A = Pa$	$M_{gmax} = Pa$ (w A) $W_z \geq \frac{Pa}{k_g}$	$f = \frac{Pa^3}{3EI} + \frac{Pa^2b}{2EI}$ $P_{max} = \frac{W_z k_g}{a}$
	$R_A = ql$ $M_A = \frac{ql^2}{2}$	$M_{gmax} = \frac{ql^2}{2}$ (w A) $W_z \geq \frac{ql^2}{2k_g}$	$f = \frac{ql^4}{8EI}$ $q_{max} = \frac{2W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = \frac{ql}{2}$ $M_A = \frac{ql^2}{6}$	$M_{gmax} = \frac{ql^2}{6}$ (w A) $W_z \geq \frac{ql^2}{6k_g}$	$f = \frac{ql^4}{30EI}$ $q_{max} = \frac{6W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = 0$ $M_A = M_o$	$M_{gmax} = M_o$ (w całej belce) $W_z \geq \frac{M_o}{k_g}$	$f = \frac{M_o l^2}{2EI}$ $M_{o max} = W_z k_g$
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$M_{gmax} = \frac{Pl}{4}$ (w C) $W_z \geq \frac{Pl}{4k_g}$	$f = \frac{Pl^3}{48EI}$ $P_{max} = \frac{4W_z k_g}{l}$
	$R_A = \frac{Pb}{l}$ $R_B = \frac{Pa}{l}$ $x_0 = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}$	$M_{gmax} = \frac{Pab}{l}$ (w C) $W_z \geq \frac{Pab}{k_g}$	$f = \frac{Pb}{3EI} \left(\frac{l^2 - b^2}{3} \right)^{\frac{3}{2}}$ (w punkcie D gdy $a > b$) $P_{max} = \frac{W_z k_g l}{ab}$
	$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$	$M_{gmax} = \frac{ql^2}{8}$ (w C) $W_z \geq \frac{ql^2}{8k_g}$	$f = \frac{5ql^4}{384EI}$ $q_{max} = \frac{8W_z k_g}{l^2}$

TABLICA 25 (cd.)

Schemat obciążenia	Wielkości podporowe	$M_{g\max}$ W_z	Ugięcie f i nośność P_{\max} (lub q_{\max})
	$R_A = R_B = P$	$M_{g\max} = Pa$ (między C a D) $W_z \geq \frac{Pa}{k_g}$	$f = \frac{Pa(8a^2 + 12ab + 3b^2)}{24EI}$ $P_{\max} = \frac{W_z k_g}{a}$
	$R_A = \frac{ql}{3}$ $R_B = \frac{ql}{6}$	$M_{g\max} = \frac{ql^2}{9\sqrt{3}} = 0,064ql^2$ (w D) $x_0 = 0,423l$ $W_z \geq 0,064 \frac{ql^2}{k_g}$	$f = 0,00652 \frac{ql^4}{EI}$ ($x_0 = 0,48l$) $q_{\max} = 9\sqrt{3} \frac{W_z k_g}{l^2} = 15,59 \frac{W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = R_B = \frac{ql}{4}$	$M_{g\max} = \frac{ql^2}{12}$ (w C) $W_z \geq \frac{ql^2}{12k_g}$	$f = \frac{ql^4}{120EI}$ (w C) $q_{\max} = \frac{12W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = \frac{Pa}{l}$ $R_B = \frac{P(l+a)}{l}$	$M_{g\max} = Pa$ (w B) $W_z \geq \frac{Pa}{k_g}$	$f = \frac{Pl^2 a}{9\sqrt{3}EI}$ $x_0 = 0,557l$ $f_1 = \frac{P(l+a)a^2}{3EI}$ $P_{\max} = \frac{W_z k_g}{a}$
	$R_A = \frac{qa^2}{2l}$ $R_B = \frac{qa}{2l}(2l+a)$	$M_{g\max} = \frac{qa^2}{2}$ (w B) $W_z \geq \frac{qa^2}{2k_g}$	$f = \frac{ql^2 a^2}{18\sqrt{3}EI}$ $x_0 = 0,577l$ $f_1 = \frac{qa^3(4l+3a)}{24EI}$ $q_{\max} = \frac{2W_z k_g}{a^2}$
	$R_A = R_B = P$	$M_{g\max} = Pa$ (w A i B) $W_z \geq \frac{Pa}{k_g}$	$f = \frac{Pal^2}{8EI}$ $f_1 = \frac{Pa^2}{6EI}(3l+2a)$ $P_{\max} = \frac{W_z k_g}{a}$
	$R_A = \frac{11}{16}P$ $R_B = \frac{5}{16}P$ $M_A = \frac{3}{16}Pl$	$M_{g\max} = \frac{3Pl}{16}$ (w A) $W_z \geq \frac{3Pl}{16k_g}$	$f = \frac{7Pl^3}{768EI}$ ($x_0 = 0,553l$) $P_{\max} = \frac{16W_z k_g}{3l}$

TABLICA 25 (cd.)

Schemat obciążenia	Wielkości podporowe	$M_{g \max}$ W_z	Ugięcie f i nośność P_{\max} (lub q_{\max})
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$ $M_A = M_B = \frac{Pl}{8}$	$M_{g \max} = \frac{Pl}{8}$ (w A, B, C) $W_z \geq \frac{Pl}{8k_g}$	$f = \frac{Pl^3}{192EI}$ $P_{\max} = \frac{8W_z k_g}{l}$
	$R_A = \frac{5}{8}ql$ $R_B = \frac{3}{8}ql$ $M_A = \frac{ql^2}{8}$	$M_{g \max} = \frac{ql^2}{8}$ (w A) $W_z \geq \frac{ql^2}{8k_g}$	$f = \frac{ql^4}{185EI}$ $x_0 = 0,5785l$ $q_{\max} = \frac{8W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$ $M_A = M_B = \frac{ql^2}{12}$	$M_{g \max} = \frac{ql^2}{12}$ $W_z \geq \frac{ql^2}{12k_g}$	$f = \frac{ql^4}{384EI}$ $q_{\max} = \frac{12W_z k_g}{l^2}$
	$R_A = 0,15ql$ $R_B = 0,35ql$ $M_A = \frac{ql^2}{30}$ $M_B = \frac{ql^2}{20}$	$M_{g \max} = \frac{ql^2}{20}$ (w B) $W_z \geq \frac{ql^2}{20k_g}$	$f = \frac{ql^4}{764EI}$ przy $x_0 = 0,525l$ $q_{\max} = \frac{20W_z k_g}{l^2}$

maganego wskaźnika wytrzymałości przekroju na zginanie W_z określa się ze wzoru

$$W_z \geq \frac{M_{g \max}}{k_g} \quad [43]$$

wynikającego ze wzoru [42], do którego podstawiono $M_g = M_{g \max}$.

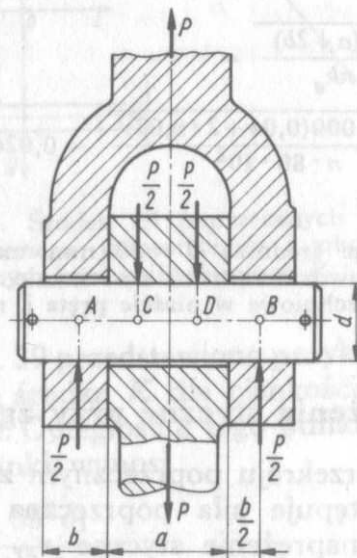
Przykład 2. Dobrać przekrój dwuteownika ze stali St3 dla wykonania belki rozpatrywanej w przykładzie w p. 10a. Naprężenie dopuszczalne $k_g = 117,5 \text{ MPa}$, $M_{g \max} = 8 \text{ kN} \cdot \text{m} = 8000 \text{ N} \times \text{m}$.

Ze wzoru [43] wynika

$$W_z \geq \frac{M_{g \max}}{k_g} = \frac{8000}{117,5 \cdot 10^6} = 68,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 68100 \text{ mm}^3 = 68,1 \text{ cm}^3$$

Na podstawie tablicy znormalizowanych przekrojów przyjmujemy dwuteownik 140 ze stali St3 (PN-86/H-93407) o wskaźniku wytrzymałości $81,9 \text{ cm}^3$.

Przykład 3. Obliczyć ze względu na zginanie średnicę luźno pasowanego sworznia przedstawionego na rys. 35. Dane: $a = 40 \text{ mm}$, $b = 20 \text{ mm}$, $P = 14000 \text{ N}$, $k_g = 80 \text{ MPa}$.

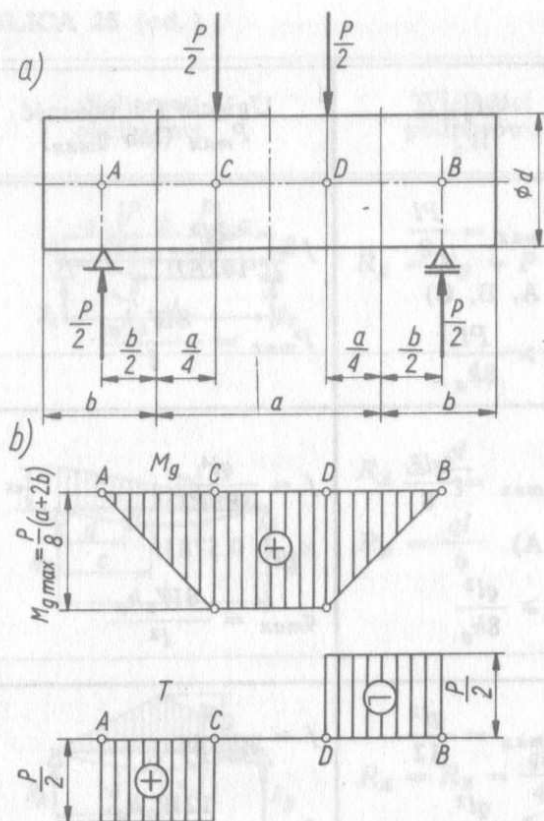


Rys. 35. Połączenie sworzniove

Przyjmując uproszczony schemat obciążenia sworznia (rys. 36a), otrzymuje się wykresy momentów zginających i sił poprzecznych przedstawione na rys. 36b.

Maksymalny moment zginający

$$M_{g \max} = \frac{P}{8} (a + 2b)$$



Rys. 36. Uproszczony schemat obciążenia sworznia przy obliczaniu na zginanie oraz odpowiednie wykresy M_g i T

Ze wzoru [43] oraz z tabl. 24 (wzór na W_z) wynika

$$\frac{\pi d^3}{32} \geq \frac{P}{8k_g} (a+2b)$$

skąd

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{4P(a+2b)}{\pi k_g}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 14\,000(0,04+2 \cdot 0,02)}{\pi \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,0261 \text{ m} = 26,1 \text{ mm}$$

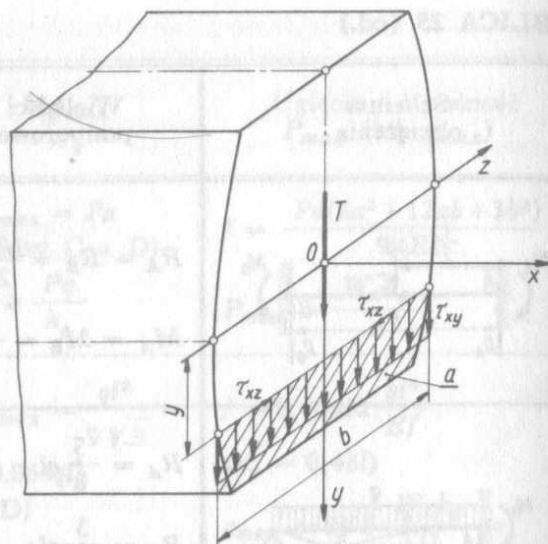
Przyjmując średnicę $d = 30 \text{ mm}$, należałoby ponadto sprawdzić sworznię na ścinanie i na naciski powierzchniowe w piąście pręta i rozwidleńiach.

c. Naprężenia styczne przy zginaniu

Jeżeli w przekroju poprzecznym zginanej belki występuje siła poprzeczna T , to składowe naprężenie styczne τ_{xy} w kierunku osi y i w odległości y od osi z (rys. 37) wyraża się wzorem

$$\tau_{xy} = \frac{TS_z}{I_z b} \quad [44]$$

gdzie: S_z — moment statyczny względem osi z części przekroju a (zakreskowanej) oddzielonej prostą o rzędnej y , I_z — moment bezwładności



Rys. 37. Naprężenia styczne w przekroju zginanej belki

całego przekroju belki względem osi z , b — szerokość przekroju w miejscu określanego naprężenia.

Maksymalne naprężenie $\tau_{xy\max}$ występuje na osi z .

Dla belki o przekroju prostokątnym (o szerokości b i wysokości h)

$$\tau_{xy\max} = \frac{3T}{2bh}$$

zaś dla belki o przekroju kołowym (o średnicy d)

$$\tau_{xy\max} = 16 \frac{T}{3\pi d^2}$$

Przykład 4. Obliczyć nośność stalowej belki o przekroju pokazanym na rys. 38 oraz wyznaczyć naprężenie styczne τ_{xysp} w miejscu połączenia pasa ze średnikiem oraz maksymalne naprężenie styczne $\tau_{xy\max}$. Belka jest swobodnie podparta i obciążona siłą skupioną w środku. Dane: $h = 50 \text{ cm}$, $g = 1,4 \text{ cm}$, $b = 26 \text{ cm}$, $g_1 = 2 \text{ cm}$, $l = 4 \text{ m}$, $k_g = 98 \text{ MPa}$.

Moment bezwładności całego przekroju belki względem osi z

$$I_z = \frac{gh^3}{12} + 2 \left[\frac{bg_1^3}{12} + bg_1 \left(\frac{h+g_1}{2} \right)^2 \right] = \frac{0,014 \cdot 0,5^3}{12} + 2 \left[\frac{0,26 \cdot 0,02^3}{12} + 0,26 \cdot 0,02 \cdot 0,26^2 \right] = 8,4922 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 = 84\,922 \text{ cm}^4$$

Wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie

$$W_z = \frac{I_z}{\frac{h}{2} + g_1} = \frac{8,4922 \cdot 10^{-4}}{0,27} = 3,1453 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 3145,3 \text{ cm}^3$$