



ĆWICZENIE 2

2016 / 2017

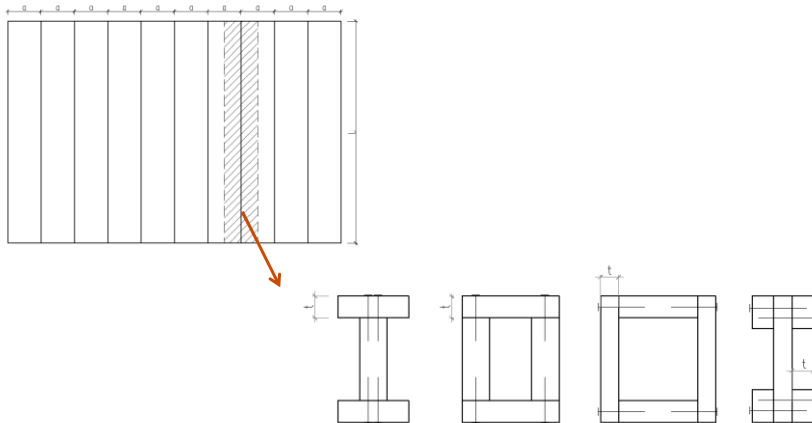
Zespół Konstrukcji Drewnianych

Zespół Konstrukcji Drewnianych IL PW

Belka stropowa

2

BELKA STROPOWA O PRZEKROJU ZŁOŻONYM



Belka stropowa

3



Polecenie

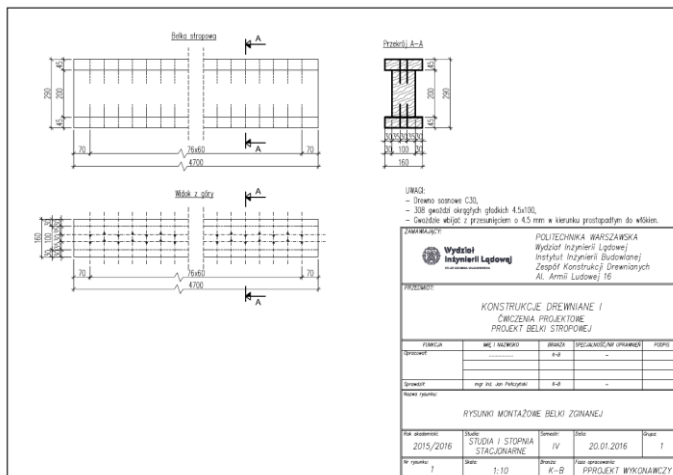
4

Zaprojektować belkę stropową na podstawie następujących danych:

- obciążenie: $g_k=0,8 \text{ kN/m}^2$ $q_k=1,5 \text{ kN/m}^2$
- rozstaw belek: $a=1,0 \text{ m}$
- rozpiętość belki: $L=4,5 \text{ m}$
- klasa drewna: C30
- łączniki: gwoździe okrągłe gładkie
(ze stali o wytrzymałości char. na rozciąganie $f_{u,k}=600 \text{ Mpa}$)
- klasa użytkowania: 1

Rysunek belki

5



Poprawny rysunek w skali znajduje się w oddzielnym pliku pdf

Klasa drewna

6

		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
		Gatunki iglaste											
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm ²)													
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Ścinanie	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Właściwości sprężyste (w kN/mm ²)													
Sredni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Sredni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Sredni moduł odkształcenia postaciowego	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Gęstość (w kg/m ³)													
Gęstość charakt.	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Srednia gęstość	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

1

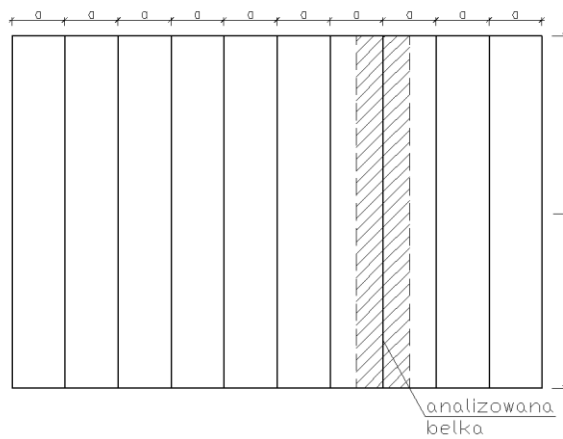
KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ I SIŁY PRZEKROJOWE

Zespół Konstrukcji Drewnianych IL.PW

Obciążenie charakterystyczne

8

Obciążenie charakterystyczne przypadające na 1 mb belki:



Obciążenie charakterystyczne

9

Obciążenie charakterystyczne przypadające na 1 mb belki:

- obciążenie stałe:

$$G_k = g_k \cdot a = 0,8 \cdot 1,0 = 0,8 \frac{kN}{m}$$

- obciążenie zmienne:

$$Q_k = q_k \cdot a = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5 \frac{kN}{m}$$

Słowniczek normowy – cz. 1

10

EC 0

1.5.3.1

oddziaływanie (F)

- a) zbiór sił (obciążeń) przyłożonych do konstrukcji (oddziaływanie bezpośrednie);
- b) zbiór wymuszonych odkształceń lub przyspieszeń, spowodowanych np. zmianami temperatury, zmiennością wilgotności, różnicami osiadań lub trzęsieniem ziemi (oddziaływanie pośrednie).

1.5.3.2

efekt oddziaływania (E)

efekt oddziaływań (lub oddziaływania) na element konstrukcji (np. siła wewnętrzna, moment, naprężenie, odkształcenie) lub na całą konstrukcję (np. ugięcie, obrót)

1.5.3.3

oddziaływanie stałe (G)

oddziaływanie, które uważa się za działające przez cały zadany okres odniesienia, a zmienność jego wielkości w czasie jest pomijalna lub którego zmienność następuje zawsze w tym samym kierunku (monotonicznie) do czasu osiągnięcia pewnej wielkości granicznej

1.5.3.4

oddziaływanie zmienne (Q)

oddziaływanie, którego zmienność wielkości w czasie nie jest ani pomijalna, ani monotoniczna

1.5.3.5

oddziaływanie wyjątkowe (A)

oddziaływanie, zwykle krótkotrwałe, ale o znaczącej wielkości, którego wystąpienie w przewidywanym okresie użytkowania konstrukcji uważa się za mało prawdopodobne

Słowniczek normowy – cz. 2

11

EC 0

1.5.3.14

wartość charakterystyczna oddziaływania (F_k)
podstawowa reprezentatywna wartość oddziaływania

1.5.3.21

wartość obliczeniowa oddziaływania (F_d)
wartość uzyskana w wyniku pomnożenia wartości reprezentatywnej przez współczynnik częściowy γ

1.5.3.22

kombinacja oddziaływań
zbiór wartości obliczeniowych przyjęty do sprawdzenia niezawodności konstrukcji, kiedy w rozpatrywanym stanie granicznym występują jednocześnie różne oddziaływania

Słowniczek normowy – cz. 3

12

EC 0

1.5.2.2

sytuacje obliczeniowe
zbiór warunków fizycznych, reprezentujących rzeczywiste warunki w określonym przedziale czasowym, dla którego wykazuje się w obliczeniach, że odpowiednie stany graniczne nie zostały przekroczone

1.5.2.3

przejściowa sytuacja obliczeniowa
sytuacja obliczeniowa o dużym prawdopodobieństwie wystąpienia, której miarodajny czas trwania jest znacznie krótszy niż przewidywany okres użytkowania konstrukcji

1.5.2.4

trwała sytuacja obliczeniowa
sytuacja obliczeniowa, której miarodajny czas trwania jest tego samego rzędu co przewidywany okres użytkowania konstrukcji

1.5.2.5

wyjątkowa sytuacja obliczeniowa
sytuacja obliczeniowa odnosząca się do wyjątkowych warunków użytkowania konstrukcji lub jej ekspozycji, jak np. pożaru, wybuchu, uderzenia lub lokalnego zniszczenia

Kombinacje oddziaływań

13

EC 0

6.4.3 Kombinacja oddziaływań (z wyłączeniem zmeżenia)

6.4.3.2 Kombinacje oddziaływań w przypadku trwałych lub przejściowych sytuacji obliczeniowych (kombinacje podstawowe)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

$G_{k,j}$, $\gamma_{G,j}$ oznaczają wartość charakterystyczną i współczynnik częściowy j -tego obciążenia stałego,
 $Q_{k,1}$, $\gamma_{Q,1}$ oznaczają wartość charakterystyczną i współczynnik zmiennego obciążenia wiodącego,
 $Q_{k,i}$, $\gamma_{Q,i}$ oznaczają wartości charakterystyczne i współczynniki pozostałych obciążeń zmiennych,
 P , γ oznaczają wartość reprezentatywną i współczynnik siły sprężającej,

Kombinacje oddziaływań

14

Obciążenie obliczeniowe na 1 mb belki

(należy przyjąć mniej korzystną z dwóch kombinacji podstawowych):

$$F_d = \max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \end{array} \right.$$

$$F_d = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,35 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,5 = 2,66 \frac{kN}{m} \\ 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 1,5 = 3,17 \frac{kN}{m} \end{array} \right.$$

$$F_d = 3,17 \frac{kN}{m}$$

Kombinacje oddziaływań

15

EC 0

Trwale i przejściowe sytuacje obliczeniowe	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie zmienne (*)	Towarzyszące oddziaływania zmienne (*)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
(Wzór 6.10a)	$\gamma_{S,sup} Q_{k,sup}$	$\gamma_{S,inf} Q_{k,inf}$		$\gamma_{D,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{D,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$
(Wzór 6.10b)	$\xi \gamma_{S,sup} Q_{k,sup}$	$\gamma_{S,inf} Q_{k,inf}$	$\gamma_{D,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{D,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$

(*) Oddziaływaniami zmiennymi są te, które uwzględniono w tabelicy A1.1.

UWAGA 1 Wybór 6.10 lub 6.10a i 6.10b podany zostanie w załączniku krajowym. W przypadku 6.10a i 6.10b załącznik krajowy może zmienić dodatkowo 6.10a, wprowadzając tylko oddziaływania stałe.

UWAGA 2 Wartości γ i ξ mogą być podane w załączniku krajowym. Zalecane wartości γ i ξ do zastosowania w wyrażeniach 6.10 lub 6.10a i 6.10b podano niżej:

$$\gamma_{S,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{S,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{D,i} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\gamma_{D,j} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (tak aby } \xi \gamma_{S,sup} = 0,85 \times 1,35 = 1,15).$$

Patrz także EN 1991 do EN 1999 w sprawie wartości γ dla odkształceń wymuszonych.

UWAGA 3 Wartości charakterystyczne wszystkich oddziaływań stałych, pochodzących z jednego źródła, mnoży się przez $\gamma_{S,sup}$ jeżeli cały wynikający stąd efekt jest niekorzystny, przez $\gamma_{S,inf}$ kiedy efekt ten jest korzystny. Np. wszystkie oddziaływania pochodzące od ciężaru własnego konstrukcji można uważać za pochodzące z jednego źródła; dotyczy to również przypadku, kiedy materiały są różne.

UWAGA 4 W przypadku specyficznych sprawdzeń wartości $\gamma_{S,i}$ i $\gamma_{D,i}$ można podzielić na $\gamma_{S,i}$ i $\gamma_{D,i}$ i współczynnik $\gamma_{S,d}$ uwzględniający niepewność modelu. Wartości $\gamma_{S,d}$ mieszczą się najczęściej w przedziale od 1,05 do 1,15 i mogą być różnicowane w załączniku krajowym.

Kombinacje oddziaływań

16

EC 0

Zalecane wartości współczynników ψ wg EN 1990

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenia użytkowe w budynkach (kategorie wg EN 1991-1-1)			
Kategoria A: pomieszczenia mieszkalne	0,7	0,5	0,3
Kategoria B: pomieszczenia biurowe	0,7	0,5	0,3
Kategoria C: miejsca zebrań	0,7	0,7	0,6
Kategoria D: pomieszczenia handlowe	0,7	0,7	0,6
Kategoria E: magazyny	1,0	0,9	0,8
Obszary przeznaczone do ruchu pojazdów			
Kategoria F: ciężar pojazdu do 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G: ciężar pojazdu od 30 do 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategoria H: dachy	0	0	0
Obciążenie budynków śniegiem:			
Finlandia, Islandia Norwegia, Szwecja	0,7	0,5	0,2
Pozostałe kraje CEN:			
miejsca położone na wysokości $H > 1000$ m n.p.m.	0,7	0,5	0,2
miejsca znajdujące się poniżej 1000 m n.p.m.	0,5	0,2	0
Obciążenie budynków wiatrem	0,6	0,2	0
Temperatura (nie dotyczy pożarów) w budynkach	0,6	0,5	0

Współczynnik k_{mod}

17

EC 5

3.1.3 Współczynniki modyfikujące wytrzymałość w klasach użytkowania i w klasach trwania obciążenia

(1) Należy stosować wartości współczynnika modyfikującego k_{mod} podane w Tabelcy 3.1.

(2) Jeżeli kombinacja obciążeń składa się z oddziaływań należących do różnych klas trwania obciążenia, to należy wybrać taką wartość współczynnika k_{mod} , która odpowiada oddziaływaniu krótszemu, np. dla kombinacji działanie stałe i działanie krótkotrwałe należy zastosować wartość k_{mod} odpowiadającą działaniu krótkotrwałemu.

Tabela 3.1 – Wartości współczynnika k_{mod}

Materiał	Norma	Klasa użytkowania	Klasa trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-trwałe	Działanie średnio-trwałe	Działanie krótko-trwałe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Współczynnik k_{mod}

18

Wartości współczynnika:

- dla oddziaływania stałego (G): $k_{mod}=0,6$
- dla oddziaływania średniotrwałego (Q): $k_{mod}=0,8$

Wybór miarodajnej kombinacji do wyznaczenia współczynnika k_{mod} :

$$\max \begin{cases} \frac{1,35 \cdot \xi \cdot G_k}{k_{mod, st}} = \frac{1,35 \cdot 0,85 \cdot 0,8}{0,6} = 1,53 \frac{kN}{m} \\ \frac{1,35 \cdot \xi \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k}{k_{mod, sr}} = \frac{1,35 \cdot 0,85 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 1,5}{0,8} = 3,96 \frac{kN}{m} \end{cases}$$

Współczynnik k_{mod}

19

Miarodajną kombinacją obciążeń jest kombinacja pełna oddziaływań stałych i zmiennych, zatem należy wybrać współczynnik k_{mod} jak dla oddziaływania średniotrwalego (Q):

$$k_{mod}=0,8$$

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika k_{mod}

Materiał	Norma	Klasa użytkowania	Klasa trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długotrwale	Działanie średniotrwale	Działanie krótkotrwale	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Siły przekrojowe

20

Rozpiętość obliczeniowa belki:

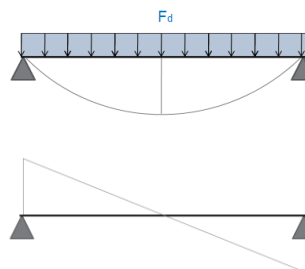
$$L_0 = 1,05L = 1,05 \cdot 4,5 = 4,73 \text{ m}$$

Maksymalny moment zginający:

$$M_d = \frac{F_d L_0^2}{8} = \frac{3,17 \cdot 4,73^2}{8} = 8,87 \text{ kNm}$$

Maksymalna siła tnąca:

$$V_d = \frac{F_d L_0}{2} = \frac{3,17 \cdot 4,73}{2} = 7,50 \text{ kN}$$



2

DOBÓR PRZEKROJU BELKI I ŁĄCZNIKÓW

Zespół Konstrukcji Drewnianych IL.PW

Wymiary tarcicy drewnianej obrzynanej ogólnego przeznaczenia

22

	Nizawa sortymentu	Grubość (mm)	Szerokość (mm)																
			19	22	25	32	38	45	75	100	115	125	140	150	160	175	200	225	250
Deski																			
Bale																			
Łaty																			
Krawędziaki																			
Belki																			

Długości elementów:
deski, bale i łaty: 2,40 – 6,30 m co 0,30 m i 0,90 – 2,30 m ze stopniowaniem co 0,10 m
krawędziaki: 2,40 – 6,30 m co 0,30 m
belki: 3,00 – 6,30 m co 0,30 m

Dobór przekroju belki i łączników

23

PIERWSZY WARUNEK DOBORU

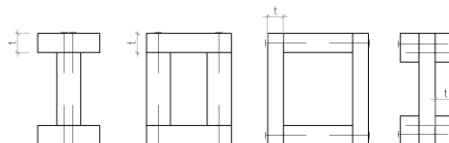
- minimalna grubość elementów drewnianych ze względu na nienawiercanie otworów (przyjęto gwoździe o średnicy $d=4,5$ mm):

$$t_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d \\ (13d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot 4,5 \\ (13 \cdot 4,5 - 30) \cdot \frac{380}{400} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 31,5 \\ 27,1 \end{array} \right. = 31,5 \text{ mm}$$

Przyjęto $t=45$ mm (osadzanie gwoździ bez nawiercania otworów):

*dla przekroju dwuteowego nr 2

przyjęto $t=50$ mm



Dobór przekroju belki i łączników

24

EC 5

minimalna grubość elementów drewnianych wynika z warunku normowego

(6) Przed osadzeniem gwoździ należy nawiercać otwory, jeżeli grubość elementów drewnianych jest mniejsza niż

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d \\ (13d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. \quad (8.18)$$

gdzie:

t – minimalna grubość elementów drewnianych pozwalająca na uniknięcie nawiercania otworów, w mm,

ρ_k – gęstość charakterystyczna drewna, w kg/m^3 ,

d – średnica gwoźdźcia, w mm.

Dobór przekroju belki i łączników

25

DRUGI WARUNEK DOBORU

- długość gwoździ:

$$l_{pen} \geq 8d$$

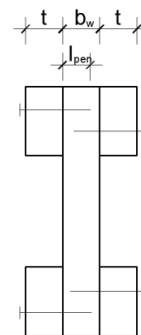
$$l_{pen} = l_{gw} - t - 1 \text{ mm}$$

$$l_{gw} - t - 1 \text{ mm} \geq 8d$$

$$l_{gw} \geq 8d + t + 1 = 8 \cdot 4,5 + 45 + 1 = 82 \text{ mm}$$

l_{pen} – długość zakotwienia gwoździ

l_{gw} – długość gwoździ



Przyjęto gwoździe 4,5x100 o średnicy główki $d_g=10,5$ mm ($l_{pen}=54$ mm)

*dla przekroju dwuteowego nr 2: $l_{pen}=49$ mm

Wymiary gwoździ okrągłych gładkich najczęściej stosowanych w konstrukcjach drewnianych

średnica d	długość l	średnica główki d _g	średnica d	długość l	średnica główki d _g
mm					
1,8	20, 25, 30, 32, 35, 40	4,2	5,0	100, 110, 115, 125, 140, 145, 150,	12,5
2,0	25, 27, 30, 35, 40, 45	4,5	5,4	125,	13,5
2,1	32, 40, 45, 50	5,0	5,5	125, 140, 145, 150, 160	13,5
2,2	40, 45, 50, 55	5,0	5,6	50, 65, 125, 140, 150	13,5
2,3	50	5,0	5,7	125, 135	13,5
2,4	25, 40, 45, 50, 55	5,5	5,8	125, 140	13,5
2,5	40, 45, 50, 55, 60, 65	5,5	5,9	140, 160	13,5
2,7	29, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80	6,5	6,0	125, 140, 150, 160, 175, 180	13,5
2,8	25, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75	6,5	6,1	65, 160	13,5
3,0	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	7,0	6,2	140, 150	13,5
3,1	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	7,0	6,4	160	14,8
3,2	75, 85	7,0	6,5	160, 180	14,8
3,4	25, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	8,0	6,6	180	14,8
3,5	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	8,0	6,7	150, 180	14,8
3,7	70, 80	8,5	7,0	180, 200, 210, 225, 230, 250, 300	15,5
3,8	70, 75, 80, 85, 90, 100, 115	8,5	7,2	200	15,5
3,9	90	9,0	7,6	230, 260	16,5
4,0	75, 80, 90, 100, 110	9,0	8,0	200, 230, 250	17,5
4,1	90, 130,	9,0	8,6	260	19,0
4,2	76, 90, 100, 110, 120	9,5	8,8	260	21,0
4,4	100	10,5	9,0	260, 275, 280, 300, 310	21,0
4,5	90, 95, 100, 125	10,5			
4,6	100, 130	10,5			
4,9	100, 110	12,5			

UWAGA: Jako symbol gwoździa przyjmij się oznaczenie d x l, np. 4,6 x 100.

26

Minimalne rozstawy gwoździ

27

EC 5

Tablica 8.2 – Minimalne rozstawy i odległości gwoździ

Rozstawy i odległości (patrz Rysunek 8.7)	Kąt α	Minimalne rozstawy i odległości		
		bez nawierzonych otworów		z nawierzonymi otworami
		$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
		ρ_k w kg/m^3		
Rozstaw a_1 (wzdłuż włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}: (5+5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5+7 \cos \alpha) d$	$(7+8) \cos \alpha d$	$(4+ \cos \alpha) d$
Rozstaw a_2 (w poprzek włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
Odległość $d_{3,i}$ (koniec obciążony)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5 \cos \alpha) d$	$(15+5 \cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
Odległość $d_{3,e}$ (koniec nieobciążony)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Odległość $d_{4,i}$ (bok obciążony)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}: (5+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5+5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}: (7+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (7+5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}: (3+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (3+4 \sin \alpha) d$
Odległość $d_{4,e}$ (bok nieobciążony)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

Dobór przekroju belki i łączników

28

TRZECI WARUNEK DOBORU

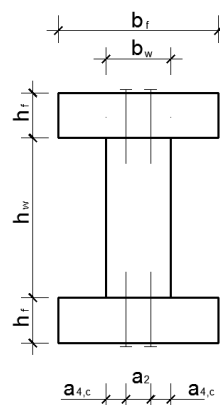
- minimalna grubość elementów przekroju ze względu na rozstaw łączników:

- przekrój dwuteowy nr 1

$$b_{w,\min} = (n_{sz} - 1)a_2 + 2a_{4,c} = 5d + 2 \cdot 5d$$

$$b_{w,\min} = 15 \cdot 4,5 = 67,5 \text{ mm}$$

Przyjęto średnik o grubości $b_{ii} = 100 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

29

TRZECI WARUNEK DOBORU

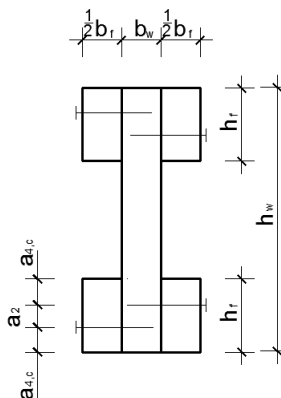
- minimalna grubość elementów przekroju ze względu na rozstaw łączników:

- przekrój dwuteowy nr 2

$$h_{f,\min} = (n_{sz} - 1)a_2 + 2a_{4,c} = 5d + 2 \cdot 5d$$

$$h_{f,\min} = 15 \cdot 4,5 = 67,5 \text{ mm}$$

Przyjęto półkę o grubości $h_f = 100 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

30

TRZECI WARUNEK DOBORU

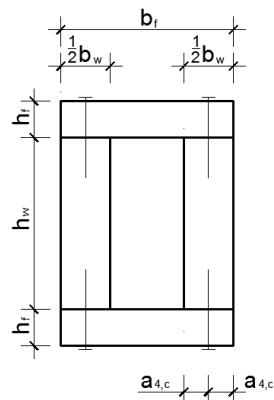
- minimalna grubość elementów przekroju ze względu na rozstaw łączników:

- przekrój skrzynkowy nr 1

$$\frac{1}{2}b_{w,\min} = 2a_{4,c} = 2 \cdot 5d$$

$$\frac{1}{2}b_{w,\min} = 10 \cdot 4,5 = 45 \text{ mm}$$

Przyjęto środnik o grubości $b_w = 2 \times 50 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

31

TRZECI WARUNEK DOBORU

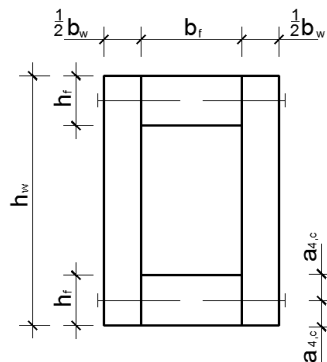
- minimalna grubość elementów przekroju ze względu na rozstaw łączników:

- przekrój skrzynkowy nr 2

$$h_{f,\min} = 2a_{4,c} = 2 \cdot 5d$$

$$h_{f,\min} = 10 \cdot 4,5 = 45 \text{ mm}$$

Przyjęto półkę o grubości $h_f = 63 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

32

CZWARTY WARUNEK DOBORU (*dla przekroju dwuteowego nr 2)

- minimalna grubość środnika ze względu na zakotwienie łączników:

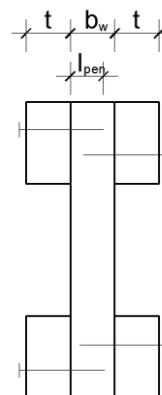
- przekrój dwuteowy nr 2

$$b_w > l_{pen}$$

$$b_w > l_{pen}$$

$$b_w > 49 \text{ mm}$$

Przyjęto środnik o grubości $b_w = 63 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

33

CZWARTY WARUNEK DOBORU (*dla przekroju skrzynkowego nr 2)

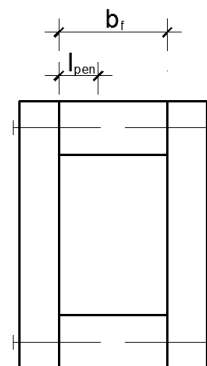
- minimalna szerokość półki ze względu na zakotwienie łączników:

- przekrój skrzynkowy nr 2

$$b_f > 2l_{pen}$$

$$b_f > 2 \cdot 54 = 108 \text{ mm}$$

Przyjęto półkę o szerokości $b_f = 140 \text{ mm}$



Dobór przekroju belki i łączników

34

PIĄTY WARUNEK DOBORU

- szacunkowa wysokość przekroju:

$$H \approx \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{15} \right) L_0 = \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{15} \right) \cdot 4,73 = (0,237 \div 0,315) m = (237 \div 315) mm$$

Przekrój dwuteowy nr 1

35

PIERWSZY WARUNEK DOBORU

$$h_f = t = 45 \text{ mm}$$

DRUGI WARUNEK DOBORU (dotyczy łączników)

gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5 \text{ mm}$, $l_{pen}=54 \text{ mm}$

TRZECI WARUNEK DOBORU

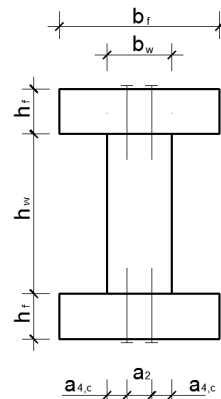
$$b_w = 100 \text{ mm}$$

CZWARTY WARUNEK DOBORU

nie dotyczy

PIĄTY WARUNEK DOBORU

$$H = h_w + 2h_f \approx (237 \div 315) \text{ mm}$$



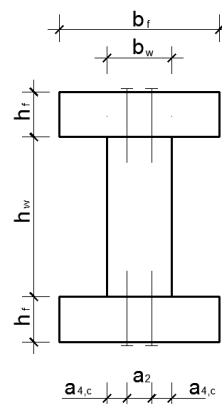
Przekrój dwuteowy nr 1

36

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x45x160
- środnik: 100x200

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5 \text{ mm}$,
 $l_{pen}=54 \text{ mm}$, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5 \text{ mm}$ w poprzek
 włókien



Przekrój dwuteowy nr 2

37

PIERWSZY WARUNEK DOBORU

$$\frac{1}{2} b_f = t = 50 \text{ mm}$$

DRUGI WARUNEK DOBORU (dotyczy łączników)

gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5 \text{ mm}$, $l_{pen}=49 \text{ mm}$

TRZECI WARUNEK DOBORU

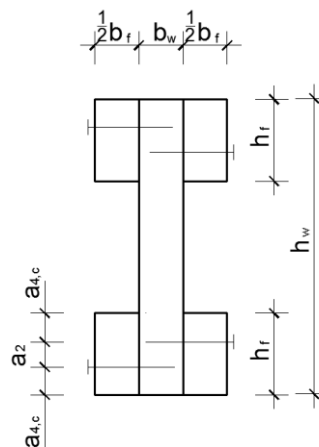
$$h_f = 100 \text{ mm}$$

CZWARTY WARUNEK DOBORU

$$b_w = 63 \text{ mm}$$

PIĄTY WARUNEK DOBORU

$$H = h_w \approx (237 \div 315) \text{ mm}$$



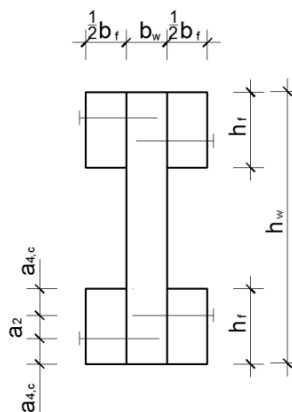
Przekrój dwuteowy nr 2

38

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 4x50x100
- środnik: 63x250

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5 \text{ mm}$,
 $l_{pen}=49 \text{ mm}$, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5 \text{ mm}$ w poprzek
 włókien



Przekrój skrzynkowy nr 1

39

PIERWSZY WARUNEK DOBORU

$$h_f = t = 45 \text{ mm}$$

DRUGI WARUNEK DOBORU (dotyczy łączników)

gwoździe 4,5x100, $d_f=10,5 \text{ mm}$, $l_{pen}=54 \text{ mm}$

TRZECI WARUNEK DOBORU

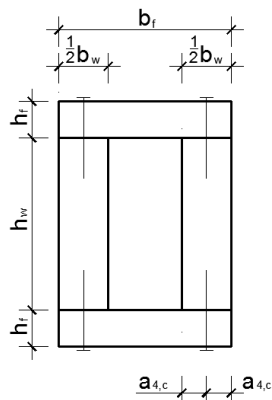
$$b_w = 2 \times 50 \text{ mm}$$

CZWARTY WARUNEK DOBORU

nie dotyczy

PIĄTY WARUNEK DOBORU

$$H = h_w + 2h_f \approx (237 \div 315) \text{ mm}$$



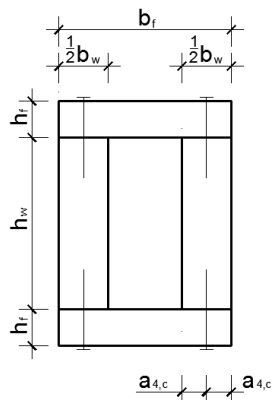
Przekrój skrzynkowy nr 1

40

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x45x160
- środnik: 2x50x200

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_f=10,5 \text{ mm}$,
 $l_{pen}=54 \text{ mm}$, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5 \text{ mm}$ w poprzek
 włókien



Przekrój skrzynkowy nr 2

41

PIERWSZY WARUNEK DOBORU

$$\frac{1}{2}b_w = t = 45 \text{ mm}$$

DRUGI WARUNEK DOBORU (dotyczy łączników)

gwoździe 4,5x100, $d_f=10,5 \text{ mm}$, $l_{pen}=54 \text{ mm}$

TRZECI WARUNEK DOBORU

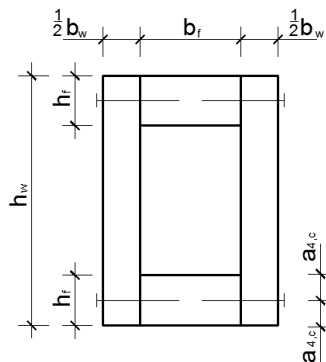
$$h_f = 63 \text{ mm}$$

CZWARTY WARUNEK DOBORU

$$b_f = 140 \text{ mm}$$

PIĄTY WARUNEK DOBORU

$$H = h_w \approx (237 \div 315) \text{ mm}$$



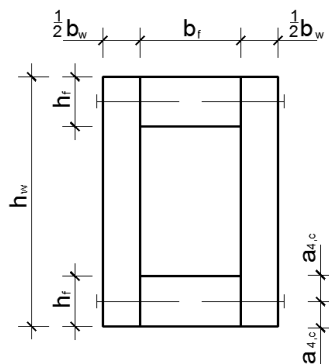
Przekrój skrzynkowy nr 2

42

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x63x140
- środnik: 2x45x250

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_f=10,5 \text{ mm}$,
 $l_{pen}=54 \text{ mm}$, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem $a=4,5 \text{ mm}$ w poprzek
 włókien



Rozstaw gwoździ wzdłuż włókien

43

Rozstaw gwoździ wzdłuż włókien:

$$a_{1\min} = (5 + 5|\cos \alpha|)d = 10d = 10 \cdot 4,5 = 45 \text{ mm}$$

Przyjęto gwoździe wbijane w dwóch szeregach ($n_{sz}=2$) w rozstawie $a_{\underline{r}}=60$ mm, z przesunięciem o d w kierunku prostopadłym do włókien (gdyż $a_{\underline{r}}=60$ mm $\approx 13,3d < 14d$)



Minimalne rozstawy gwoździ

44

EC 5

Tablica 8.2 – Minimalne rozstawy i odległości gwoździ

Rozstawy i odległości (patrz Rysunek 8.7)	Kąt α	Minimalne rozstawy i odległości		
		bez nawierconych otworów		z nawierconymi otworami
		$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
		ρ_k w kg/m^3		
Rozstaw a_1 (wzdłuż włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5$ mm: $(5+5 \cos \alpha)d$ $d \geq 5$ mm: $(5+7 \cos \alpha)d$	$(7+8) \cos \alpha d$	$(4+ \cos \alpha)d$
Rozstaw a_2 (w poprzek włókien)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha)d$
Odległość $a_{3,k}$ (koniec obciążony)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5\cos \alpha)d$	$(15+5\cos \alpha)d$	$(7+5\cos \alpha)d$
Odległość $a_{3,e}$ (koniec nieobciążony)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Odległość $a_{4,k}$ (bok obciążony)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5$ mm: $(5+2\sin \alpha)d$ $d \geq 5$ mm: $(5+5\sin \alpha)d$	$d < 5$ mm: $(7+2\sin \alpha)d$ $d \geq 5$ mm: $(7+5\sin \alpha)d$	$d < 5$ mm: $(3+2\sin \alpha)d$ $d \geq 5$ mm: $(3+4\sin \alpha)d$
Odległość $a_{4,e}$ (bok nieobciążony)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

Dobór przekroju belki i łączników

45

EC 5

(8) Nośność szeregu gwoździ rozmieszczonych wzdłuż włókien (patrz 8.1.2(4)), z wyjątkiem gwoździ przesuniętych co najmniej o d w kierunku prostopadłym do włókien (patrz Rysunek 8.6), należy określać uwzględniając efektywną liczbę łączników n_{ef} równą:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

(8.17)

Tablica 8.1 – Wartości współczynnika k_{ef}

Rozstaw ^a	k_{ef}	
	Bez nawierconych otworów	Z nawierconymi otworami
$a_1 \geq 14d$	1,0	1,0
$a_1 = 10d$	0,85	0,85
$a_1 = 7d$	0,7	0,7
$a_1 = 4d$	–	0,5

^a W przypadku rozstawów pośrednich dopuszcza się interpolację liniową k_{ef} .

jeżeli $a_1 < 14d$,
to należy zastosować przesunięcie gwoździ o d w kierunku prostopadłym do włókien



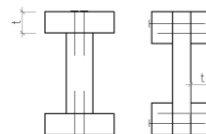
Równoważny rozstaw gwoździ

46

Równoważny rozstaw gwoździ wzdłuż włókien
(rozstaw gwoździ teoretycznie rozłożonych w jednym szeregu):

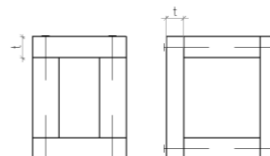
- przekrój dwuteowy z 2 rzędami gwoździ

$$s_1 = \frac{a_1}{n_{sz}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$



- przekrój skrzynkowy z 2 rzędami gwoździ

$$s_1 = \frac{a_1}{n_{sz}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$



3

CHARAKTERYSTYKI GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

3.1

PRZEKRÓJ DWUTEOWY NR 1

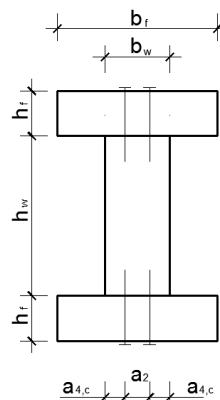
Przekrój dwuteowy nr 1

49

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x45x160
- środnik: 100x200

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5$ mm,
 $l_{pen}=54$ mm, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5$ mm w poprzek
 włókien



Charakterystyki geometryczne

50

Pole powierzchni:

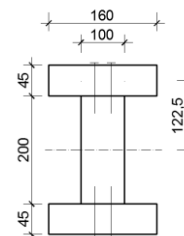
- półki: $A_f = 4,5 \cdot 16 = 72 \text{ cm}^2$
- środnika: $A_w = 10 \cdot 20 = 200 \text{ cm}^2$

Moment statyczny półki: $S_f = 4,5 \cdot 16 \cdot 12,25 = 882 \text{ cm}^3$

Składniki ze wzoru Steinera na obliczanie momentów
 bezwładności figury względem dowolnej osi:

$$\sum_i I_i = \frac{1}{12} (2 \cdot 16 \cdot 4,5^3 + 10 \cdot 20^3) = 6910 \text{ cm}^4$$

$$\sum_i A_i z_i^2 = 2 \cdot 4,5 \cdot 16 \cdot 12,25^2 = 21609 \text{ cm}^4$$



Efektywne momenty bezwładności

51

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGU:

$$I_{ef,SGU} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGU} A_i z_i^2$$

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGN:

$$I_{ef,SGN} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGN} A_i z_i^2$$

Współczynniki redukcyjne:

$$\gamma_{SGU} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_{ser}} s_1} \quad \gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_u} s_1}$$

Moduł podatności złączy w SGU

52

EC 5

Tablica 7.1 – Wartości K_{ser} dla łączników w złączach drewno-drewno i płyty drewnopochodne-drewno, w N/mm

Rodzaj łącznika	K_{ser}
Sworznie Śruby osadzone na wcisk (bez luzu) ^{*)} Wkręty Gwoździe (osadzone w nawierconych otworach)	$\rho_m^{1,5} d / 23$
Gwoździe (osadzone bezpośrednio)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$
Zszywki	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 80$
Pierścienie typu A, według EN 912 Pierścienie typu B, według EN 912	$\rho_m d \sqrt{2}$
Wkładki zębate: Wkładki zębate typu od C1 do C9, według EN 912 Wkładki zębate typu C10 i C11, według EN 912	$1,5 \rho_m d \sqrt{4}$ $\rho_m d \sqrt{2}$
*) Przy określaniu przemieszczeń należy dodatkowo uwzględnić luz w złączy...	

Moduły podatności złączy

53

Moduł podatności złączy w stanie SGU:

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} d^{0,8}}{30} = \frac{460^{1,5} \cdot 4,5^{0,8}}{30} = 1095 \frac{N}{mm}$$

Moduł podatności złączy w stanie SGN:

$$K_u = \frac{2}{3} K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 1095 = 730 \frac{N}{mm}$$

Współczynniki redukcyjne

54

Współczynnik redukcyjny w stanie SGU (wstawiono wartości w N i mm):

$$\gamma_{SGU} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_{ser}} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 7200}{1095} \cdot 30} = 0,489$$

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_u} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 7200}{730} \cdot 30} = 0,390$$

Efektywne momenty bezwładności

55

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGU:

$$I_{ef,SGU} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGU} A_i z_i^2 = 6910 + 0,489 \cdot 21609 = 17477 \text{ cm}^4$$

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGN:

$$I_{ef,SGN} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGN} A_i z_i^2 = 6910 + 0,390 \cdot 21609 = 15338 \text{ cm}^4$$

3.2

PRZEKRÓJ DWUTEOWY NR 2

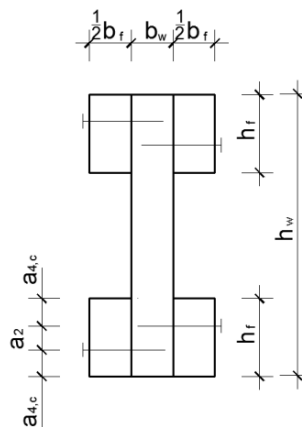
Przekrój dwuteowy nr 2

57

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 4x50x100
- środnik: 63x250

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5$ mm,
 $l_{pen}=49$ mm, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5$ mm w poprzek
 włókien



Charakterystyki geometryczne

58

Pole powierzchni:

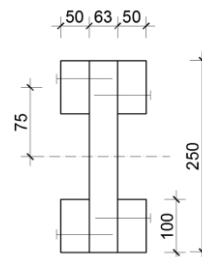
- półki: $A_f = 2 \cdot 5 \cdot 10 = 100 \text{ cm}^2$
- środnika: $A_w = 6,3 \cdot 25 = 157,5 \text{ cm}^2$

Moment statyczny półki: $S_f = 2 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 7,5 = 750 \text{ cm}^3$

Składniki ze wzoru Steinera na obliczanie momentów
 bezwładności figury względem dowolnej osi:

$$\sum_i I_i = \frac{1}{12} (4 \cdot 5 \cdot 10^3 + 6,3 \cdot 25^3) = 9870 \text{ cm}^4$$

$$\sum_i A_i z_i^2 = 4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 7,5^2 = 11250 \text{ cm}^4$$



Współczynniki redukcyjne

59

Współczynnik redukcyjny w stanie SGU:

$$\gamma_{SGU} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L_0^2 K_{ser}} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 10000}{1095} \cdot 30} = 0,408$$

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L_0^2 K_u}} s_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 10000}{730} \cdot 30} = 0,315$$

Efektywne momenty bezwładności

60

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGU:

$$I_{ef,SGU} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGU} A_i z_i^2 = 9870 + 0,408 \cdot 11250 = 14460 \text{ cm}^4$$

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGN:

$$I_{ef,SGN} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGN} A_i z_i^2 = 9870 + 0,315 \cdot 11250 = 13414 \text{ cm}^4$$

3.3

PRZEKRÓJ SKRZYNKOWY NR 1

Zespół Konstrukcji Drewnianych IL.PW

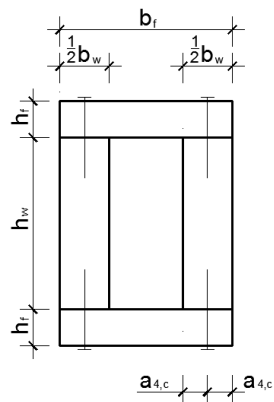
Przekrój skrzynkowy nr 1

62

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x45x160
- środnik: 2x50x200

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h = 10,5$ mm,
 $l_{pen} = 54$ mm, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem $a = 4,5$ mm w poprzek
 włókien



Charakterystyki geometryczne

63

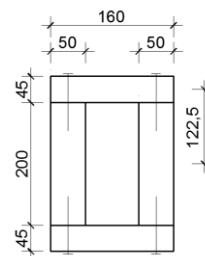
Pole powierzchni:

$$\begin{aligned} \square \text{ pólki:} & \quad A_f = 4,5 \cdot 16 = 72 \text{ cm}^2 \\ \square \text{ środnika:} & \quad A_w = 2 \cdot 5 \cdot 20 = 200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Moment statyczny pólki:} \quad S_f = 4,5 \cdot 16 \cdot 12,25 = 882 \text{ cm}^3$$

Składniki ze wzoru Steinera na obliczanie momentów bezwładności figury względem dowolnej osi:

$$\begin{aligned} \sum_i I_i &= \frac{1}{12} (2 \cdot 16 \cdot 4,5^3 + 2 \cdot 5 \cdot 20^3) = 6910 \text{ cm}^4 \\ \sum_i A_i z_i^2 &= 2 \cdot 4,5 \cdot 16 \cdot 12,25^2 = 21609 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$



Współczynniki redukcyjne

64

Współczynnik redukcyjny w stanie SGU:

$$\gamma_{SGU} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_{ser}} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 7200}{1095} \cdot 30} = 0,489$$

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{L_0^2} \frac{E_{0,mean} A_f}{K_u}} s_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 7200}{730} \cdot 30} = 0,390$$

Efektywne momenty bezwładności

65

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGU:

$$I_{ef,SGU} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGU} A_i z_i^2 = 6910 + 0,489 \cdot 21609 = 17477 \text{ cm}^4$$

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGN:

$$I_{ef,SGN} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGN} A_i z_i^2 = 6910 + 0,390 \cdot 21609 = 15338 \text{ cm}^4$$

3.4

PRZEKRÓJ SKRZYNKOWY NR 2

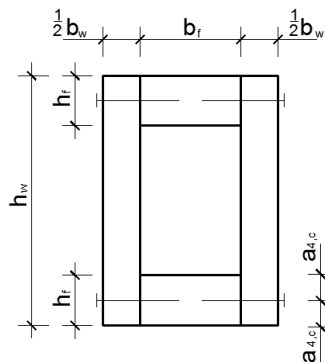
Przekrój skrzynkowy nr 2

67

Przyjęte wymiary elementów belki:

- półki: 2x63x140
- środnik: 2x45x250

Przyjęto gwoździe 4,5x100, $d_h=10,5$ mm,
 $l_{pen}=54$ mm, rozstawione w 2 rzędach
 z przesunięciem o $d=4,5$ mm w poprzek
 włókien



Charakterystyki geometryczne

68

Pole powierzchni:

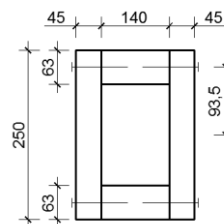
- półki: $A_f = 6,3 \cdot 14 = 88,2 \text{ cm}^2$
- środnika: $A_w = 2 \cdot 4,5 \cdot 25 = 225 \text{ cm}^2$

Moment statyczny półki: $S_f = 6,3 \cdot 14 \cdot 9,35 = 825 \text{ cm}^3$

Składniki ze wzoru Steinera na obliczanie momentów
 bezwładności figury względem dowolnej osi:

$$\sum_i I_i = \frac{1}{12} (2 \cdot 14 \cdot 6,3^3 + 2 \cdot 4,5 \cdot 25^3) = 12302 \text{ cm}^4$$

$$\sum_i A_i z_i^2 = 2 \cdot 6,3 \cdot 14 \cdot 9,35^2 = 15421 \text{ cm}^4$$



Współczynniki redukcyjne

69

Współczynnik redukcyjny w stanie SGU:

$$\gamma_{SGU} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L_0^2 K_{ser}} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 8820}{1095} \cdot 30} = 0,439$$

Współczynnik redukcyjny w stanie SGN:

$$\gamma_{SGN} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_{0,mean} A_f}{L_0^2 K_u} s_1} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2}{4730^2} \frac{12000 \cdot 8820}{730} \cdot 30} = 0,343$$

Efektywne momenty bezwładności

70

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGU:

$$I_{ef,SGU} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGU} A_i z_i^2 = 12302 + 0,439 \cdot 15421 = 19072 \text{ cm}^4$$

Efektywny moment bezwładności przekroju w stanie SGN:

$$I_{ef,SGN} = \sum_i I_i + \sum_i \gamma_{SGN} A_i z_i^2 = 12302 + 0,343 \cdot 15421 = 17591 \text{ cm}^4$$

DALSZE OBLICZENIA WYKONANE SĄ
DLA PRZEKROJU DWUTEOWEGO NR 1

4

STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI

SGU

73

EC 0

3.4 Stany graniczne użyteczności

(1)P Stany graniczne dotyczące:

- funkcji konstrukcji lub elementu konstrukcji w warunkach zwykłego użytkowania;
- komfortu użytkowników;
- wyglądu obiektu budowlanego,

są stanami granicznymi użyteczności.

UWAGA 1 W kontekście użyteczności termin „wygląd” dotyczy raczej takich kryteriów jak duże ugięcia i intensywne rysy niż estetyki.

UWAGA 2 Wymagania użytkowe ustala się zwykle dla każdego projektu indywidualnie.

(2)P Rozróżniać należy odwracalne i nieodwracalne stany graniczne użyteczności.

(3) Zaleca się, aby przy sprawdzaniu stanów granicznych użyteczności posługiwać się kryteriami dotyczącymi:

a) ugięć, wpływających na

- wygląd,
- komfort użytkowników lub
- funkcje konstrukcji (w tym funkcjonowanie maszyn i instalacji),

lub powodujących uszkodzenia wykończenia lub elementów niekonstrukcyjnych;

b) drgań

- powodujących dyskomfort ludzi
- ograniczających przydatność użytkową konstrukcji;

c) uszkodzeń, wpływających negatywnie na

- wygląd,
- trwałość lub
- funkcjonowanie konstrukcji.

Warunek SGU

74

Całkowite ugięcie końcowe belki powinno być nie większe niż dopuszczalne ugięcie graniczne:

$$u_{fm} < u_{fm,lim} = \frac{L_0}{300}$$

Ugięcie końcowe belki

75

EC 5

(5) W przypadku konstrukcji złożonych z elementów, składników i złączy o jednakowym przebiegu pełzania, a ponadto przy założeniu liniowej zależności między oddziaływaniami i odpowiednimi przemieszczeniami, przemieszczenie końcowe u_{fin} można obliczyć w sposób uproszczony, w porównaniu z 2.2.3(3), ze wzoru

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + \sum u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

gdzie:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływania stałego, } G, \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływania zmiennego, } Q_1, \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływań zmiennych, } Q_i (i > 1), \quad (2.5)$$

$u_{inst,G}$, u_{inst,Q_1} , u_{inst,Q_i} – chwilowe odkształcenia, odpowiednio dla oddziaływań G , Q_1 i Q_i ,

$\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ – współczynniki dla quasi-stałych wartości oddziaływań zmiennych,

$\psi_{0,i}$ – współczynniki dla wartości kombinacji oddziaływań zmiennych,

k_{def} – współczynnik podany w Tabelcy 3.2 dla drewna i materiałów drewnopochodnych, oraz w 2.3.2.2(3) i 2.3.2.2(4) dla złączy.

Współczynnik k_{def}

76

EC 5

Tablica 3.2 – Wartości współczynnika k_{def} dla drewna i materiałów drewnopochodnych

Materiał	Norma	Klasa użytkowania		
		1	2	3
Drewno lite	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00

Ugięcie chwilowe belki

77

EC 5

a) dla belek o stosunku $\ell/h > 20$

$$u_{mst} = u_M = \frac{5}{384} \frac{q\ell^4}{E_{0,mean}I}$$

b) dla belek o stosunku $\ell/h < 20$ i stałym przekroju prostokątnym

$$u_{mst} = u_M + u_v = u_M \left[1 + 19,2 \left(\frac{h}{\ell} \right)^2 \right]$$

d) dla belek dwuteowych lub skrzynkowych o przekroju stałym

$$u_{mst} = u_M + u_v = u_M \left[1 + \eta_1 \left(\frac{h}{\ell} \right)^2 \right]$$

Ugięcie chwilowe belki

78

EC 5

Tablica NA.1 – Współczynniki η_1 do uwzględnienia wpływu sił poprzecznych na ugięcia belek dwuteowych i skrzynkowych

	Belki z drewna				Belki z drewna i materiałów drewnopochodnych		
	$b_w/b_f^{1)}$						
$b_w/b_f^{1)}$	1,00	0,50	0,33	0,25	0,33	0,25	0,125
η_1	19,2	30,0	40,0	51,0	33,0	48,0	90,0

¹⁾ b_w, b_f – szerokości, odpowiednio: środника, pasa

konieczna jest interpolacja

Ugięcie chwilowe belki

79

Stosunek szerokości środka i pasa:

$$\frac{b_w}{b_f} = \frac{100}{160} = 0,625$$

Ponieważ

$$\frac{L_0}{H} = \frac{4730}{29} = 16,3 < 20,$$

obliczamy współczynnik do uwzględnienia wpływu sił poprzecznych (stosując interpolację):

$$\eta_1 = 19,2 + \frac{30 - 19,2}{1,00 - 0,50} (1,00 - 0,625) = 27,3$$

Ugięcie chwilowe belki

80

Ugięcie chwilowe od momentu zginającego od obciążeń stałych:

$$u_{M,G} = \frac{5}{384} \frac{G_k L_0^4}{E_{0,mean} I_{ef,SGU}} = \frac{5}{384} \frac{0,8 \cdot 4730^4}{12000 \cdot 17477 \cdot 10^4} = 2,49 \text{ mm}$$

Ugięcie chwilowe od momentu zginającego od obciążeń zmiennych:

$$u_{M,Q} = \frac{5}{384} \frac{Q_k L_0^4}{E_{0,mean} I_{ef,SGU}} = \frac{5}{384} \frac{1,5 \cdot 4730^4}{12000 \cdot 17477 \cdot 10^4} = 4,66 \text{ mm}$$

Ugięcie chwilowe belki

81

Ugięcie chwilowe od obciążeń stałych:

$$u_{inst,G} = u_{M,G} \left[1 + \eta_1 \left(\frac{H}{L_0} \right)^2 \right] = 2,49 \cdot \left[1 + 27,3 \cdot \left(\frac{290}{4730} \right)^2 \right] = 2,75 \text{ mm}$$

Ugięcie chwilowe od obciążeń zmiennych:

$$u_{inst,Q} = u_{M,Q} \left[1 + \eta_1 \left(\frac{H}{L_0} \right)^2 \right] = 4,66 \cdot \left[1 + 27,3 \cdot \left(\frac{290}{4730} \right)^2 \right] = 5,14 \text{ mm}$$

Ugięcie końcowe belki

82

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) = 2,75 \cdot (1 + 0,6) = 4,40 \text{ mm}$$

Ugięcie końcowe od obciążeń zmiennych:

$$u_{fin,Q} = u_{inst,Q} (1 + \psi_2 k_{def}) = 5,14 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 6,07 \text{ mm}$$

Całkowite ugięcie końcowe belki:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q} = 4,40 + 6,07 = 10,47 \text{ mm}$$

Sprawdzenie warunku SGU

83

Całkowite ugięcie końcowe belki powinno być nie większe niż dopuszczalne ugięcie graniczne:

$$u_{f_{in},\lim} = \frac{L_0}{300} = 15,77\text{mm}$$
$$\frac{u_{f_{in}}}{u_{f_{in},\lim}} = \frac{10,47}{15,77} = 0,66 < 1$$

WARUNEK SGU JEST SPEŁNIONY

5

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI

SGN

85

EC 0

3.3 Stany graniczne nośności

(1)P Stany graniczne dotyczące:

- bezpieczeństwa ludzi i/lub
 - bezpieczeństwa konstrukcji
- należy uważać za stany graniczne nośności.

(2) W niektórych okolicznościach zaleca się, aby zaliczać do stanów granicznych nośności także stany graniczne dotyczące ochrony zawartości budowli.

UWAGA Okolicznościami takimi są okoliczności uzgodnione dla określonego projektu przez inwestora i właściwe władze.

(3) Stany poprzedzające katastrofę konstrukcji, które dla uproszczenia uważane są za samą katastrofę, można traktować za stany graniczne nośności.

(4)P Następujące stany graniczne nośności należy sprawdzać, jeżeli zachodzi taka potrzeba:

- utrata równowagi konstrukcji lub jakiegokolwiek jej części, uważanej za ciało sztywne;
- zniszczenie na skutek nadmiernego odkształcenia, przekształcenia się w mechanizm, zniszczenia materiałowego, utratę stateczności konstrukcji lub jej części, łącznie z podporami i fundamentami;
- zniszczenie spowodowane przez zmęczenie lub inne efekty, zależne od czasu.

Pierwszy warunek SGN

86

Obciążenie łącznika powinno być nie większe niż jego nośność obliczeniowa:

$$F_v = \frac{\gamma_{SGN} V_d S_f}{I_{ef,SGN}} S_1 \leq F_{v,Rd}$$

Wyznaczenie nośności łączników

87

EC 5

8.2.2 Złącza drewno-drewno i drewno-płyta

(1) Za nośność charakterystyczną gwoździ, zszywek, sworzni, śrub i wkrętów, odniesioną do jednej płaszczyzny ścinania i do jednego łącznika, należy przyjmować minimalną wartość określoną ze wzorów:

– dla łączników jednoczętowych:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} & f_{h,1k} t_1 d & (a) \\ & f_{h,2k} t_2 d & (b) \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} & \frac{f_{h,1k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \end{aligned} \right\} \\
 F_{v,Rk} = \min & \left. \begin{aligned} & 1,05 \frac{f_{h,1k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ & 1,05 \frac{f_{h,1k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{aligned} \right\} \quad (8.6) \\
 & \left. \begin{aligned} & 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

przy czym

$$\beta = \frac{f_{h,2k}}{f_{h,1k}}$$

Wyznaczenie nośności łączników

88

EC 5

gdzie:

$F_{v,Rk}$ – nośność charakterystyczna łącznika odniesiona do jednej płaszczyzny ścinania,

t_i – grubość elementu drewnianego lub płyty, lub też długość zakotwienia łącznika, przy czym $i = 1$ lub $i = 2$, patrz także 8.3 do 8.7,

$f_{h,i,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna na docisk w elemencie drewnianym,

d – średnica trzpienia łącznika,

$M_{y,Rk}$ – moment charakterystyczny uplastycznienia łącznika,

β – stosunek wytrzymałości charakterystycznych na docisk łącznika do elementów złącza,

$F_{ax,Rk}$ – nośność charakterystyczna łącznika na wyciąganie, patrz (2).

Wyznaczenie nośności łączników

89

EC 5

8.3 Złącza na gwoździe

8.3.1 Złącza obciążone poprzecznie

8.3.1.1 Postanowienia ogólne

(1) Symbole dotyczące grubości elementów, występujące w złączach jednoczętych i dwuczętych (patrz Rysunek 8.4), definiuje się następująco:

t_1 – w złączach jednoczętych: grubość elementu drewnianego od strony główki łącznika,
– w złączach dwuczętych: mniejszy z wymiarów: grubości elementu od strony główki łącznika i długości zakotwienia łącznika,

t_2 – w złączach jednoczętych: długość zakotwienia łącznika,
– w złączach dwuczętych: grubość elementu środkowego.



Wyznaczenie nośności łączników

90

EC 5

(4) W przypadku zwykłych gwoździ gładkich, produkowanych z drutu stalowego o wytrzymałości na rozciąganie co najmniej 600 N/mm², moment charakterystyczny uplastycznienia należy określać z następujących wzorów:

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 f_u d^{2,6} & \text{dla gwoździ okrągłych} \\ 0,45 f_u d^{2,6} & \text{dla gwoździ kwadratowych i profilowanych} \end{cases} \quad (8.14)$$

gdzie:

- $M_{y,Rk}$ – moment charakterystyczny uplastycznienia, w Nmm,
 d – średnica gwoźdź, jak zdefiniowano w EN 14592, w mm,
 f_u – wytrzymałość drutu stalowego na rozciąganie, w N/mm².

(5) W przypadku gwoździ o średnicy nie większej niż 8 mm, wytrzymałość na docisk do drewna lub do LVL należy określać z następujących wzorów:

– bez uprzednio nawierconych otworów:

$$f_{b,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} \quad \text{N/mm}^2$$

gdzie:

- ρ_k – gęstość charakterystyczna drewna, w kg/m³,
 d – średnica gwoźdź, w mm.

Wyznaczenie nośności łączników

91

Wytrzymałość charakterystyczna na docisk łącznika do drewna:

$$f_{h,k} = f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4,5^{-0,3} = 19,84 \frac{N}{mm^2} = 19,84 MPa$$

Charakterystyczny moment uplastycznienia łącznika:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4,5^{2,6} = 8987 Nmm$$

Elementy złącza wykonane z drewna tej samej, więc:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1$$

Nośność łączników wg teorii Johansena

92

Nośność char. łącznika jednoczętowego w jednej płaszczyźnie ścinania

(pierwszy składnik wzorów – nośność wg teorii Johansena):

$$F_{v,Rk,1J} = f_{h,1,k} t_1 d = 4,02 kN$$

$$F_{v,Rk,2J} = f_{h,2,k} t_2 d = 4,82 kN$$

$$F_{v,Rk,3J} = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = 1,84 kN$$

$$F_{v,Rk,4J} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] = 1,61 kN$$

$$F_{v,Rk,5J} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] = 1,86 kN$$

$$F_{v,Rk,6J} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k}} d = 1,46 kN$$

Efekt liny

93

(4) Nośność charakterystyczną na wyciąganie $F_{ax,Rk}$ gwoździ wbitych prostopadle (Rysunek 8.8 (a)) lub ukośnie (Rysunek 8.8 (b)) do włókien drewna należy określać, przyjmując najmniejszą wartość uzyskaną z następujących wzorów:

– w przypadku gwoździ gładkich:

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} d t_{pen} & \text{(a)} \\ f_{ax,k} d t + f_{head,k} d_b^2 & \text{(b)} \end{cases} \quad (8.24)$$

gdzie:

$f_{ax,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna gwoździa na wyciąganie,

$f_{head,k}$ – wytrzymałość charakterystyczna gwoździa na przeciąganie łba,

d – średnica gwoździa, zgodnie z 8.3.1.1,

t_{pen} – długość zakotwienia gwoździa lub długość od strony ostrza części profilowanej gwoździa, zagłębionej w elemencie,

t – grubość elementu od strony główki gwoździa,

d_b – średnica główki gwoździa.

(5) Wytrzymałości charakterystyczne $f_{ax,k}$ i $f_{head,k}$ należy określać zgodnie z EN 1382, EN 1383 i EN 14358, z niżej podanymi wyjątkami.

(6) W przypadku gwoździ gładkich, których głębokość zakotwienia przekracza $12d$, wytrzymałości charakterystyczne gwoździ na wyciąganie i na przeciąganie należy określać z wzorów:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 \quad (8.25)$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 \quad (8.26)$$

gdzie:

ρ_k – gęstość charakterystyczna drewna, w kg/m^3 .

Efekt liny

94

Wytrzymałość charakterystyczna gwoździa na wyciąganie:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 2,89 \text{ MPa}$$

Wytrzymałość charakterystyczna gwoździa na przeciąganie łba:

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 70 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 10,11 \text{ MPa}$$

Nośność charakterystyczna gwoździa na wyciąganie:

$$F'_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} d t_{pen} \\ f_{ax,k} d t + f_{head,k} d_b^2 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,89 \cdot 4,5 \cdot 54 = 702 \text{ N} = 0,70 \text{ kN} \\ 2,89 \cdot 4,5 \cdot 45 + 10,11 \cdot 10,5^2 = 1699 \text{ N} = 1,70 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F'_{ax,Rk} = 0,70 \text{ kN}$$

Efekt liny

95

W przypadku długości zakotwienia gwoździ gładkich mniejszej niż $12d$, nośność gwoździa na wyciąganie należy pomnożyć przez dodatkowy składnik:

$$F_{ax,Rk} = F'_{ax,Rk} \left(\frac{t_{pen}}{4d} - 2 \right)$$

Długość zakotwienia w rozpatrywanym przypadku:

$$\frac{t_{pen}}{d} = \frac{54}{4,5} = 12 \rightarrow t_{pen} \geq 12d \rightarrow F_{ax,Rk} = F'_{ax,Rk} = 0,70 \text{ kN}$$

Efekt liny

96

EC 5

(2) Pierwszy składnik prawej strony przedstawionych wyżej Wzorów (8.7) i (8.8) wyraża nośność odpowiadającą teorii Johansena, a drugi składnik $F_{ax,Rk}/4$ wyraża udział w nośności efektu liny. Udział ten należy ograniczyć do następujących wartości procentowych, liczonych w stosunku do części odpowiadającej teorii Johansena:

– gwoździe okrągłe	15 %
– gwoździe kwadratowe i profilowane	25 %
– inne gwoździe	50 %
– wkręty	100 %
– śruby	25 %
– sworznie	0 %

Efekt liny

97

Minimalna wartość nośności charakterystycznej gwoździ wg teorii Johansena:

$$F_{v,Rk,6J} = 1,46 kN$$

Ograniczenie udziału efektu liny – jako dodatek przyjęto

$$\min \begin{cases} \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 0,18 kN \\ 0,15 F_{v,Rk,6J} = 0,22 kN \end{cases} = 0,18 kN$$

Nośność łączników z uwzgl. efektu liny

98

Nośność char. łącznika jednoczętowego w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk,1} = 4,02 kN$$

$$F_{v,Rk,2} = 4,82 kN$$

$$F_{v,Rk,3} = F_{v,Rk,3J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,84 + 0,18 = 2,02 kN$$

$$F_{v,Rk,4} = F_{v,Rk,4J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,61 + 0,18 = 1,79 kN$$

$$F_{v,Rk,5} = F_{v,Rk,5J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,86 + 0,18 = 2,04 kN$$

$$F_{v,Rk,6} = F_{v,Rk,6J} + \frac{1}{4} F_{ax,Rk} = 1,46 + 0,18 = 1,64 kN$$

Wyznaczenie nośności łączników

99

Nośność charakterystyczna łącznika jednoczętowego w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk} = 1,64 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa łącznika jednoczętowego w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 1,64}{1,3} = 1,01 \text{ kN}$$

Sprawdzenie pierwszego warunku SGN

100

Obciążenie łącznika powinno być nie większe niż jego nośność obliczeniowa:

$$F_v = \frac{\gamma_{SGN} V_d S_f}{I_{ef,SGN}} s_1 \leq F_{v,Rd}$$

$$F_v = \frac{0,390 \cdot 7500 \cdot 882 \cdot 10^3}{15338 \cdot 10^4} \cdot 30 = 504 \text{ N} = 0,50 \text{ kN}$$

$$\frac{F_v}{F_{v,Rd}} = \frac{0,5}{1,01} = 0,5 < 1$$

PIERWSZY WARUNEK SGN JEST SPEŁNIONY

Drugi warunek SGN

101

Maksymalne naprężenia normalne i ścinające w przekroju belki powinny być nie większe niż odpowiednie nośności obliczeniowe:

$$\sigma_d \leq f_d$$

Nośności obliczeniowe

102

Nośność obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 30}{1,3} = 18,46 \text{ MPa}$$

Nośność obliczeniowa na rozciąganie:

$$f_{t,d} = \frac{k_{\text{mod}} f_{t,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 18}{1,3} = 11,08 \text{ MPa}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}} f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

Naprężenia normalne

103

Naprężenia w osi pasa rozciąganego:

$$\sigma_{1,r} = \frac{M_d}{I_{ef,SGN}} \gamma_{SGN} z_1 = \frac{8870000}{15338 \cdot 10^4} \cdot 0,390 \cdot 122,5 = 2,76 \text{ MPa} < f_{t,d} \quad \frac{2,76}{11,08} = 0,25$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Naprężenia na zewnętrznej krawędzi półki:

$$\sigma_{1,m} = \frac{M_d}{I_{ef,SGN}} \left(\gamma_{SGN} z_1 + \frac{h_f}{2} \right) = \frac{8870000}{15338 \cdot 10^4} \cdot \left(0,390 \cdot 122,5 + \frac{45}{2} \right) = 4,06 \text{ MPa} < f_{m,d} \quad \frac{4,06}{18,46} = 0,22$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Naprężenia na krawędzi środka:

$$\sigma_{2,m} = \frac{M_d}{I_{ef,SGN}} \frac{h_w}{2} = \frac{8870000}{15338 \cdot 10^4} \cdot \frac{200}{2} = 5,78 \text{ MPa} < f_{m,d} \quad \frac{5,78}{18,46} = 0,32$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Naprężenia styczne

104

Maksymalne naprężenia styczne:

$$\tau_{\max} = \frac{V_d}{I_{ef,SGN} b_w} \left(\gamma_{SGN} S_f + \frac{b_w h_w^2}{8} \right)$$

$$\tau_{\max} = \frac{7500}{15338 \cdot 10^4 \cdot 100} \cdot \left(0,390 \cdot 882 \cdot 10^3 + \frac{100 \cdot 200^2}{8} \right) = 0,41 \text{ MPa} < f_{v,d}$$

$$\frac{0,41}{2,46} = 0,17$$

WARUNEK SPEŁNIONY

5

LICZBA I ROZMIESZCZENIE ŁĄCZNIKÓW

Zespół Konstrukcji Drewnianych IL PW

Długość oparcia belki

106

Wyznaczenie długości oparcia belki przy założeniu równomiernego rozkładu naprężeń prostopadłych do włókien (docisku):

$$\frac{V_d}{L_{op} b_f} \leq f_{c,90,d}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} f_{c,90,k}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \cdot 2,7}{1,3} = 1,66 \text{ MPa}$$

$$L_{op, \min} = \frac{V_d}{b_f f_{c,90,d}} = \frac{7500}{160 \cdot 1,66} = 28,2 \text{ mm}$$

Przyjęto konstrukcyjnie $L_{op} = 10 \text{ cm}$

Liczba łączników

107

Rzeczywista długość belki:

$$L_r = L + 2L_{op} = 450 + 2 \cdot 10 = 470 \text{ cm}$$

Maksymalna liczba gwoździ w jednym rzędzie:

$$n_{\max} = \frac{L_r - 2a_{3,t \min}}{a_1} + 1 = \frac{L_r - 2 \cdot 15d}{a_1} + 1 = \frac{4700 - 2 \cdot 67,5}{60} + 1 = 77,08$$

$$a_{3,t} = \frac{L_r - a_1(n-1)}{2} = \frac{4700 - 60 \cdot (77-1)}{2} = 70 \text{ mm}$$

Przyjęto 77 gwoździ w rzędzie w rozstawie 60 mm wzdłuż belki

Rozstawy łączników

108

Symbol	Odległości minimalne	Odległości przyjęte
a_1	$10d=45 \text{ mm}$	60 mm
a_2	$5d=22,5 \text{ mm}$	30 mm
$a_{3,t}$	$15d=67,5 \text{ mm}$	70 mm
$a_{4,c}$	$5d=22,5 \text{ mm}$	35 mm

UWAGA: należy sprawdzić, czy: $a_2 + 2a_{4,c} = b_w$

Łączna liczba gwoździ: $77 \cdot 2 = 308$

Wykorzystanie nośności

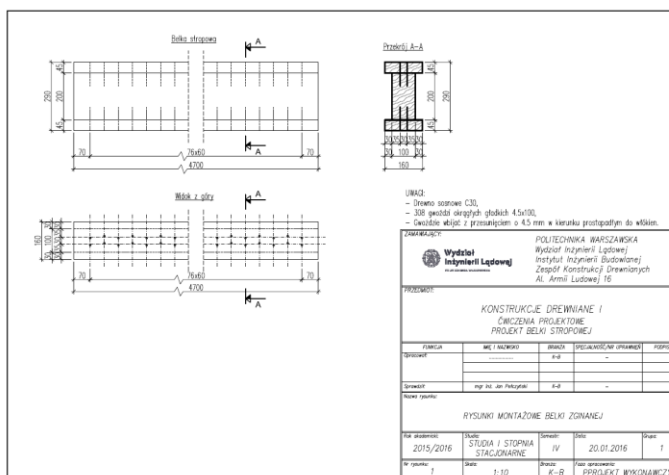
109

Procentowe wykorzystanie granicznych wartości ugięć i nośności
w zależności od wysokości średnika i rozstawu gwoździ

h_w	a_1	SGU	SGN				
		u_{lim}/u_{lim}	$F_v/F_{v,Rd}$	$\sigma_{1d}/f_{t,d}$	$\sigma_{1m}/f_{m,d}$	$\sigma_{2m}/f_{m,d}$	$\tau_{max}/f_{v,d}$
cm		%					
20	6	62,7	50,1	24,8	21,9	31,3	16,7
	12	78,8	78,5	19,5	20,6	39,5	17,9
	18	90,3	96,9	16,0	19,7	44,8	18,6
17,5	6	81,6	60,0	29,7	27,2	36,5	18,3
	12	104,3	95,9	23,8	26,4	47,0	19,6
	18	120,9	119,9	19,8	25,8	54,0	20,4

Rysunek belki

110



Poprawny rysunek w skali znajduje się w oddzielnym pliku pdf

Strona pomocnicza

111

W celu ułatwienia i przyspieszenia procesu sprawdzania projektów, na ostatniej stronie projektu proszę zamieścić wartości następujących danych przyjętych do obliczeń

b_f - szerokość półki	[mm]
h_f - wysokość półki	[mm]
b_w - szerokość środника	[mm]
h_w - wysokość środnika	[mm]
n_{sz} - liczba szeregów gwoździ	[szt.]
d - średnica gwoźdźnia	[mm]
l - długość gwoźdźnia	[mm]
d_h - średnica główki gwoźdźnia	[mm]
n - liczba gwoździ w jednym rzędzie (na całej długości belki)	[szt.]
f_{uk} - wytrzymałość stali na rozciąganie (wg EC3-1-8)	[MPa]
oraz przyjęte rozstawy łączników.	[mm]

112

Niniejsze materiały są własnością Zespołu Konstrukcji Drewnianych
Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.
Rozpowszechnianie, kopiowanie i wykorzystywanie bez zgody
autorów zabronione.