

OPIS TECHNICZNY

1. Dane ogólne.

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany wymiany konstrukcji i pokrycia dachu wraz z termomodernizacją budynku Leśniczówki Pomorzany.

Inwestor:

PGL LP NADLEŚNICTWO OLKUSZ

32-300 OLKUSZ, UL. ŁUKASIŃSKIEGO 3

2. Podstawa opracowania.

- Umowa z inwestorem tj. PGL LP Nadleśnictwo Olkusz;
- Ekspertyza techniczna budynku;
- Wizja lokalna i inwentaryzacja elementów obiektu wykonana w marcu 2017 r.;
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U.2016.290 j.t. z późniejszymi zmianami);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.2015.1422 j.t. z późniejszymi zmianami);
- Normy i przepisy budowlane.

3. Lokalizacja budynku.

Obiekt zlokalizowany jest w Olkuszu przy ul. Mieszka I na działce oznaczonej nr ew. gr. 844/1.

4. Opis stanu istniejącego.

Budynek został wzniesiony w drugiej połowie XX wieku i w późniejszych latach był sukcesywnie poddawany pracom modernizacyjnym. Przedmiotowy obiekt to budynek mieszkalny jednorodzinny pełniący funkcję leśniczówki o zwartej bryle sześcienną z wykuszami. Budynek wykonany został jako trzykondygnacyjny, o dwóch kondygnacjach nadziemnych, całkowicie podpiwniczony. Niniejsze opracowanie swoim zakresem dotyczy elementów konstrukcji dachu, dla których planowane jest przeprowadzenie robót polegających na poprawieniu warunków ochrony cieplnej budynku.

Obiekt aktualnie posiada jedno wejście usytuowane od strony wschodniej. Budynek posiada jedną klatkę schodową, zlokalizowaną w północnej części. Przekrycie obiektu stanowi dach dwuspadowy, niesymetryczny o nachyleniu połaci 22° i 26°. Budynek wyposażony jest w instalacje: energii elektrycznej, odgromową, wodną, kanalizacyjną, c.o., gazową i teletechniczną. Ogrzewanie budynku z własnej kotłowni zlokalizowanej w podpiwniczeniu. Ściany zewnętrzne są silnie perforowane otworami okiennymi i drzwiowymi.

Przedmiotowy budynek zlokalizowany jest w północnej części działki w sąsiedztwie istniejącego kompleksu leśnego i gospodarstwa szkółkarskiego. Dojazd do obiektu od strony ul. Mieszka I poprzez istniejący wjazd. Wysokość budynku od poziomu terenu przy wejściu do budynku do kalenicy – ok. 9,50m.

Konstrukcja nośna budynku

- Fundamenty wykonano jako ławy fundamentowe żelbetowe;
- Ściany nośne fundamentowe i ściany piwnic wykonane jako murowane;
- Ściany nośne części nadziemnej wykonane jako murowane z pustaków ceramicznych i bloczków silikatowych;
- Stropy międzykondygnacyjne wykonane jako żelbetowe;
- Dach drewniany, krokwie oparte na płatwiach i murłatach;
- Klatka schodowa żelbetowa;

5. Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje wymianę istniejącej więźby dachowej wraz z pokryciem, poszyciem, orynnowaniem i obróbkami blacharskimi. Przewiduje się także prace remontowe przy trzonach kominowych polegające na ich przemurowaniu ponad połaciami dachu. W ramach planowanego zadania inwestycyjnego przewidziano ponadto termomodernizację obiektu polegającą na ociepleniu jego połaci dachowych oraz odtworzenie sufitów podwieszanych aktualnie zamocowanych do istniejącej konstrukcji dachu.

Przewidywany zakres prac:

1. Demontaż istniejącego pokrycia, poszycia, orynnowania, podbitek, konstrukcji dachu oraz rozbiórka istniejących trzonów kominowych ponad połaciami;
2. Wykonanie nowej konstrukcji dachu wraz z poszyciem. Konstrukcję należy wykonać z zachowaniem dotychczasowego kształtu połaci dachowych. Nad główną bryłą budynku zaprojektowano dach drewniany, dwuspadowy o konstrukcji krokwiowo – płatwiowej i krokwiowej, opartej na murłatach i płatwiach pośrednich. Konstrukcję dachu należy oprzeć na ścianach nośnych wewnętrznych i zewnętrznych kolankowych (za pomocą murłat) oraz na drewnianych słupach ustawionych na stropie nad poddaszem. Krokwie o przekroju 8x16cm z podcięciem na murłatach 3cm i 5cm na płatwi P1. Łacenie (łaty 4x6cm) wykonać w rozstawie zgodnym z zaleceniami producenta blachodachówki. Wymiary elementów nośnych dachu drewnianego wg rzutu konstrukcji dachu (rys. nr 02). Ze względu na wysięg wsporników, murłaty zaprojektowano o przekroju 16x20cm. Mocowanie murłat w sposób analogiczny do stanu istniejącego w miejscu usytuowania istniejących kotew. Projektowane spadki połaci dachu – wg rzutu połaci dachowych – 22° i 26° (pozostają bez zmian w stosunku do stanu istniejącego). Konstrukcję dachu wykonać z drewna klasy C-24 lub wyższej i zaimpregnować

- preparatami owadobójczymi i grzybobójczymi. Pod murłatami zastosować przekładki z papy.
3. Wykonanie nowego pokrycia dachu. Przewidziano wykonanie pokrycia dachu z blachy dachówkowej stalowej powlekanej w kolorze ceglastym lub ceglasto – czerwonym o gr. blachy min. 0,5mm. W przypadku zmiany rodzaju pokrycia należy dokonać analizy statyczno – wytrzymałościowej dla obciążeń od innego rodzaju pokrycia. Pod pokrycie należy wykonać nowe elementy poszycia (łaty 4x6cm) o rozstawie zgodnym z zaleceniami producenta blachodachówki. Pod pokryciem zastosować izolację z folii wstępnego krycia (wysokoparoprzepuszczalnej).
 4. Wykonanie ocieplenia połaci dachowej. Ocieplenie wykonać poprzez ułożenie wełny mineralnej o grubości min. 24cm w przestrzeni między krokwiami i konstrukcją sufitu podwieszonego nad pomieszczeniami poddasza oraz pomiędzy krokwiami na strychu. Współczynnik przewodzenia ciepła dla izolacji termicznej $\lambda=0,033 \text{ W/m} \times \text{K}$.
 5. Remont istniejących kominów. Prace polegać będą na rozebraniu istniejących trzonów kominowych ponad połaciami dachu i odtworzeniu ich w kształcie analogicznym do istniejącego. Kominy wykonać z cegły klinkierowej pełnej w kolorze ceglastym. Po wykonaniu kominów wykonać obróbki blacharskie na połączeniu z połaciami dachu.
 6. Odtworzenie obróbek blacharskich. W związku z planowanymi pracami koniecznym jest odtworzenie obróbek blacharskich. Obróbki wykonać z blachy stalowej powlekanej w kolorze analogicznym do koloru pokrycia. Ze względu na zharmonizowanie kolorystyczne zaleca się zastosowanie obróbek blacharskich systemowych tego samego producenta co pokrycie.
 7. Wykonanie nowego orynnowania budynku. Przewiduje się wykonanie orynnowania PCV w kolorze analogicznym do koloru pokrycia. Rynny Ø150, rury spustowe Ø100. Sposób odprowadzania wód opadowych – bez zmian w stosunku do stanu istniejącego – na nieutwardzony teren nieruchomości Inwestora. Istniejące warunki gruntowe umożliwiają wchłonięcie przewidywanej ilości wód opadowych z połaci dachowych budynku.
 8. Wykonanie nowych sufitów podwieszonych na poddaszu. W związku z planowanymi pracami koniecznym staje się wymiana istniejących sufitów podwieszonych na poddaszu, mocowanych do istniejącej konstrukcji dachu. Sufity należy wykonać z płyt gipsowo – kartonowych na stelażu aluminiowym. Pod ociepleniem połaci zastosować folię paroizolacyjną.
 9. Wykonanie podbitek drewnianych impregnowanych jako wykończenie zewnętrznych części okapów i wiatrownic od spodu krokwi. Podbitki wykonać z desek o grubości min. 15mm łączonych na pióro – wpust. Elementy podbitek impregnowane - kolorystyka do uzgodnienia z Inwestorem.

Zakres prac do wykonania nie wpływa na zmianę podstawowych parametrów budynku. Sposób użytkowania, powierzchnia zabudowy, kubatura budynku oraz zagospodarowanie terenu pozostają bez zmian.

6. Założenia do obliczeń

Nr normy PN	Tytuł normy
Konstrukcje budowlane. Zagadnienia ogólne	
PN-82/B-02000	Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości
PN-76/B-03001	Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń
PN-77/B-02011	Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem
PN-EN 1991-1-3	Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
PN-80/B-02010/Az1	Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
PN-82/B-02001	Obciążenia budowli. Obciążenia stałe
PN-82/B-02003	Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe
PN-87/B-02013	Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne środowiskowe. Obciążenie oblodzeniem
Konstrukcje drewniane	
PN-B-03150:2000	Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-B-03150:2000/Az1:2001	Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie. Zmiana do normy.

Do obliczeń statyczno – wytrzymałościowych przyjęto strefy:

Obciążenie śniegiem – III strefa

Obciążenie wiatrem – I strefa

7. Warunki ochrony przeciwpożarowej

Budynek zamieszkania indywidualnego zalicza się do kategorii – ZL IV zagrożenia ludzi. Zgodnie z §213 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie wymagania dotyczące klasy odporności pożarowej nie dotyczą budynków mieszkalnych i administracyjnych w gospodarstwach leśnych do trzech kondygnacji nadziemnych włącznie. W związku z powyższym nie stawia się wymagań w stosunku do elementów budynku w zakresie klasy odporności ogniowej.

8. Informacja o obszarze oddziaływania obiektu

Obszar oddziaływania nie wykracza poza działkę Inwestora. Brak oddziaływania na działki sąsiednie.

9. Uwagi

Wszystkie prace należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami. Stosowanie materiałów i rozwiązań wymaga znajomości technologii. Wykonawca zobowiązany jest znać warunki stosowania poszczególnych rozwiązań i ich przestrzegać w trakcie budowy. Brak tych informacji w projekcie nie zwalnia wykonawcy z ich przestrzegania.

Dopuszcza się zastosowanie innych materiałów i rozwiązań niż przyjęte w projekcie pod warunkiem uzyskania zgody zamawiającego, projektanta oraz parametrów nie gorszych niż założone w opracowaniu.

OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE SPRAWDZAJĄCE DLA PROJEKTOWANYCH ELEMENTÓW WIĘZBY DACHOWEJ

KROKIEW

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 8,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 16,0 \text{ cm}$

Zacios na podporach $t_k = 3,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 26,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,00 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,93 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 2,23 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 3,17 \text{ m}$

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe (p):

$g_k = 0,150 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem (wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3: dach dwupołaciowy, strefa I, $A=334 \text{ m n.p.m.}$, nachylenie połaci $30,0^\circ$ st.):

$S_k = 1,123 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie parciem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3: połać nawietrzna, wariant II, strefa I, $H=334 \text{ m n.p.m.}$, teren A, $z=H=8,3 \text{ m}$, budowla zamknięta, wymiary budynku $H=8,3 \text{ m}$, $B=18,5 \text{ m}$, $L=12,4 \text{ m}$, nachylenie połaci $30,0^\circ$ st., $\beta=1,80$):

$p_k = 0,129 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

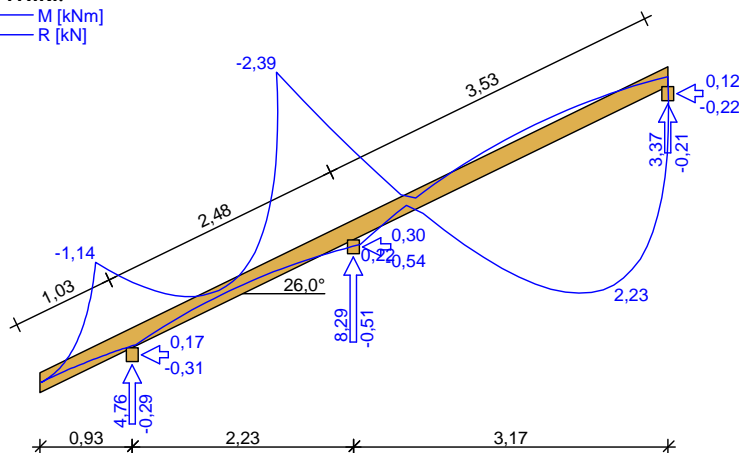
- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3: połać nawietrzna, wariant I, strefa I, $H=334 \text{ m n.p.m.}$, teren A, $z=H=8,3 \text{ m}$, budowla zamknięta, wymiary budynku $H=8,3 \text{ m}$, $B=18,5 \text{ m}$, $L=12,4 \text{ m}$, nachylenie połaci $30,0^\circ$ st., $\beta=1,80$):

$p_k = -0,232 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,350 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej na całej krokwi; $\gamma_f = 1,20$

WYNIKI:

— $M \text{ [kNm]}$
 — $R \text{ [kN]}$



Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+ocieplenie+śnieg+wiatr)

Moment obliczeniowy:

$M_{podp} = -2,39 \text{ kNm}$

Warunek nośności - podpora:

$\sigma_{m,y,d} = 10,60 \text{ MPa}$, $f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,718 < 1$

Ugięcie (odcinek górny):

$u_{fin} = 7,71 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 17,63 \text{ mm} \quad (43,7\%)$

MURŁATA (CZĘŚĆ WSPORNIKOWA)

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 16,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 20,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Płatew wysunięta wspornikowo (utwierdzona)

Wysięg wspornika $l = 2,00 \text{ m}$

Obciążenia płatwi:

- obciążenie stałe $[(0,150+0,100) \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)] / \cos 26,0^\circ$

$G_k = 0,839 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono dodatkowo ciężar własny płatwi

- obciążenie śniegiem $[1,123 \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)]$

$S_k = 3,386 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie wiatrem - wariant I (pionowe) $[(0,098 \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)) / \cos 26,0^\circ] \cdot \cos 26,0^\circ$

$W_{k,z} = 0,295 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie wiatrem - wariant I (poziome) $[(0,098 \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)) / \cos 26,0^\circ] \cdot \sin 26,0^\circ$

$W_{k,y} = 0,144 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie wiatrem - wariant II (pionowe) $[(-0,324 \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)) / \cos 26,0^\circ] \cdot \cos 26,0^\circ$

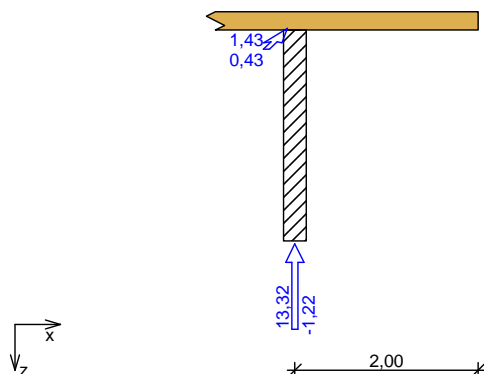
$W_{k,z} = -0,977 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie wiatrem - wariant II (poziome) $[(-0,324 \cdot (0,5 \cdot 3,17+0,5 \cdot 2,86)) / \cos 26,0^\circ] \cdot \sin 26,0^\circ$

$W_{k,y} = -0,477 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,50$

WYNIKI:

$R_z \text{ [kN]}$
 $R_y \text{ [kN]}$ } dla wspornika



Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr-wariant I)

Momenty obliczeniowe (podporowe)

$M_{y,max} = 13,23 \text{ kNm}$; $M_{z,max} = 0,43 \text{ kNm}$

Warunek nośności:

$\sigma_{m,y,d} = 12,40 \text{ MPa}$, $f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} = 0,51 \text{ MPa}$, $f_{m,z,d} = 14,77 \text{ MPa}$

$k_m = 0,7$

$k_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,622 < 1$

$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,864 < 1$

Ugięcie:

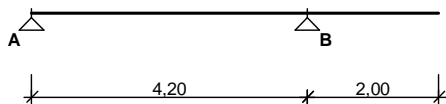
decyduje kombinacja B (obc.stałe+śnieg)

$U_{fin,z} = 11,42 \text{ mm}$; $U_{fin,y} = 0,00 \text{ mm}$

$U_{fin} = (U_{fin,z}^2 + U_{fin,y}^2)^{0,5} = 11,42 \text{ mm} < U_{net,fin} = 20,00 \text{ mm} \quad (57,1\%)$

PŁATEW P1

SCHEMAT BELKI



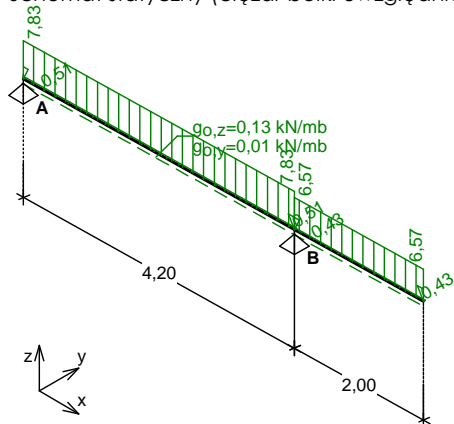
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$
- udział ciężaru własnego na kierunkach wg współczynników:
 - składowa pionowa = 100,0%, składowa pozioma = 6,5%

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Przypadek **P1: Obciążenie z krokwi** ($\gamma_f = 1,35$, klasa trwania - stałe, $F_y/F_z = 0,065$)

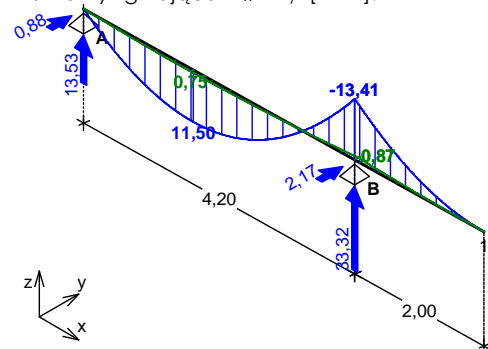
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



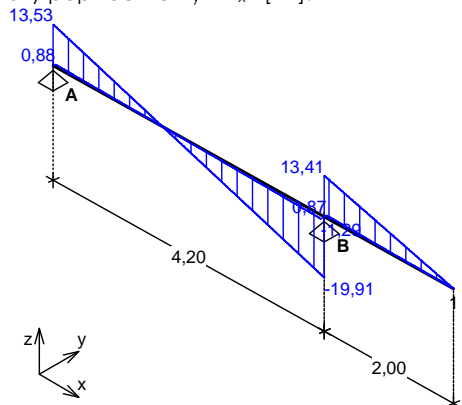
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: Obciążenie z krokwi**

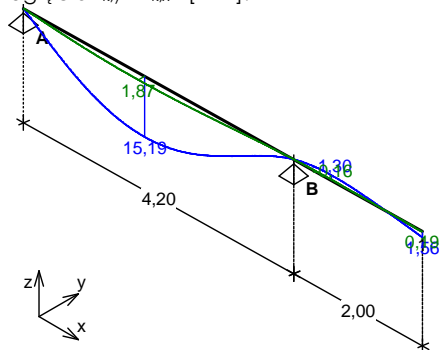
Momenty zginające M_x i M_y [kNm]:



Siły poprzeczne V_y i V_x [kN]:



Ugięcia $f_{k,y}$ i $f_{k,x}$ [mm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Belka zginana dwukierunkowo

Parametry analizy zwichrzeniem:

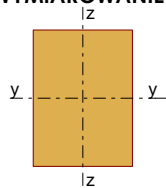
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem

Ugięcie graniczne przęsta $u_{net,fin} = l_o / 250$

Ugięcie graniczne wspornika $u_{net,fin} = 2 l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **16 / 22 cm**

$W_y = 1291 \text{ cm}^3$, $W_z = 939 \text{ cm}^3$, $J_y = 14197 \text{ cm}^4$, $J_z = 7509 \text{ cm}^4$, $m = 12,3 \text{ kg/m}$
drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 4,20 \text{ m}$

Momenty maksymalne $M_{y,max} = -13,41 \text{ kNm}$, $M_{z,max} = -0,87 \text{ kNm}$

$\sigma_{m,y,d} = 10,39 \text{ MPa}$, $\sigma_{m,z,d} = 0,93 \text{ MPa}$

$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$, $f_{m,z,d} = 11,08 \text{ MPa}$

$k_m = 0,7$

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,94 + 0,06 = 1,00 < 1$

$k_m \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,66 + 0,08 = 0,74 < 1$

Warunek stateczności:

Przekrój $x = 4,20 \text{ m}$

$M_y = -13,41 \text{ kNm}$, $\sigma_{m,y,d} = 10,39 \text{ MPa}$, $f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$

$k_{crit,y} = 1,000$

$\sigma_{m,y,d} = 10,39 \text{ MPa} < k_{crit,y} f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa} \quad (93,8\%)$

$k_{crit,z} = 1,000$

$\sigma_{m,z,d} = 0,93 \text{ MPa} < k_{crit,z} f_{m,z,d} = 11,08 \text{ MPa} \quad (8,4\%)$

Ścinanie

Przekrój $x = 4,20 \text{ m}$

Siły poprzeczne $V_z = -19,91 \text{ kN}$, $V_y = -1,29 \text{ kN}$

$\tau_{d,z} = 0,85 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (73,5\%)$

$\tau_{d,y} = 0,06 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (4,8\%)$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_{B,z} = 33,32 \text{ kN}$

$a_p = 25,0 \text{ cm}$, $k_{c,90} = 1,00$

$\sigma_{c,90,z,d} = 0,83 \text{ MPa} < k_{c,90} f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (72,2\%)$

Stan graniczny użytkowalności

Przekrój $x = 1,88 \text{ m}$

Ugięcia składowe $u_{fin,z} = u_{My} + u_{Vz} = 15,99 \text{ mm}$, $u_{fin,y} = 1,87 \text{ mm}$

Ugięcie maksymalne $u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0.5} = 16,10 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 250 = 4200 / 250 = 16,80 \text{ mm}$

$u_{fin} = 16,10 \text{ mm} < u_{net,fin} = 16,80 \text{ mm} \quad (95,8\%)$