

Politechnika Warszawska

Wydział Budownictwa, Mechaniki

i Petrochemii w Płocku

Instytut Budownictwa

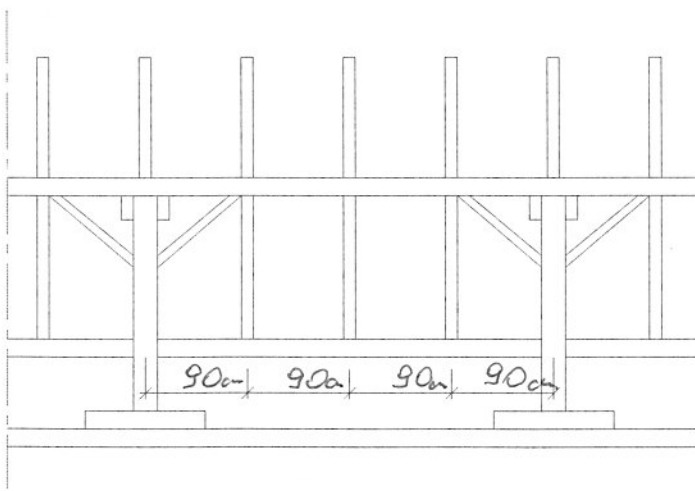
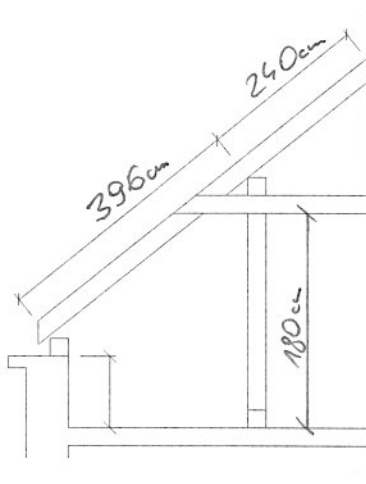
Xawery Yguelkowski
imię i nazwisko studenta

PRZODEK

Ćwiczenie projektowe nr 2

Wykonać obliczenia statyczno-wytrzymałościowe więźby dachowej dla następujących danych:

- pokrycie dachu: kazpiówka podudajnie
- nachylenie połaci: 50°
- lokalizacja budynku w miejscowości: PŁOCK
- rodzaj terenu ze względu na obciążenie wiatrem: **A** **(B)** **C**
- więźba wykonana z drewna sosnowego klasy: **C18** **C22** **(C27)** **C30** **C35** **C40**



Płock, dnia 24.04.2010.

Prowadzący ćwiczenia:

.....

Obciążenia

Zawarte w poniższym przykładzie obliczenia pokazują procedurę wymiarowania krokwi. Formalnie wymagane są podstawienia do wzorów w formie:

wzór = podstawienie = wynik [jednostka]

Obciążenia stałe

pokrycie - dachówka karpiówka podwójnie

$$g_k := 0.95 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \gamma_f := 1.1 \quad g_{k1} := g_k \cdot \gamma_f \quad g = 1.045 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Obciążenia zmienne

- śnieg strefa II

$$\alpha := 50\text{deg}$$

$$Q_k := 0.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad C_{s1} := 1.2 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30} \quad C_{s2} := 0.4 \quad S_k := Q_k \cdot C$$

$$S_k = 0.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \gamma_{f2} := 1.5 \quad S_{k1} := S_k \cdot \gamma_f \quad S = 0.54 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- wiatr strefa I, teren B, wysokość z = 9m

$$q_k := 0.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad C_e := 0.55 + 0.02 \cdot 9 \quad C_{w1} := 0.015 \cdot \alpha - 0.2 \quad \beta := 1.8$$

$$C_e = 0.73 \quad C_{w1} := 0.55 \quad p_k := q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta$$

$$p_k = 0.217 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \gamma_{f3} := 1.5 \quad p := p_k \cdot \gamma_f \quad p = 0.325 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zebranie obciążeń na kierunki:

- prostopadłe

$$q_{k1} := g_k \cdot \cos(\alpha) + S_k \cdot (\cos(\alpha))^2 + p_k \quad q_{k1} = 0.976 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{o1} := g \cdot \cos(\alpha) + S \cdot (\cos(\alpha))^2 + p \quad q_{o1} = 1.22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- pionowe

$$q_{k2} := g_k + S_k \cdot \cos(\alpha) + p_k \cdot \cos(\alpha) \quad q_{k2} = 1.321 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{o2} := g + S \cdot \cos(\alpha) + p \cdot \cos(\alpha) \quad q_{o2} = 1.601 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- poziome

$$q_{k3} := p_k \cdot \sin(\alpha) \quad q_{k3} = 0.166 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{o3} := p \cdot \sin(\alpha) \quad q_{o3} = 0.249 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wymiarowanie krokwi:

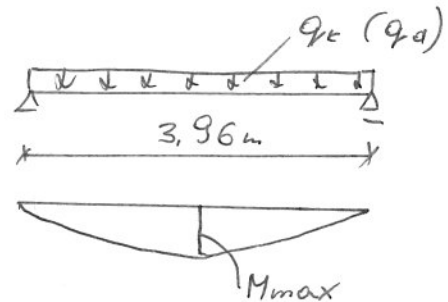
rozpiętość krokwi: $l_w := 3.96\text{ m}$

rozstaw krokwi: $a := 0.9\text{ m}$

$$q_{k1} := q_{k1} \cdot a \quad q_k = 0.879 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_o := q_{o1} \cdot a \quad q_o = 1.098 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_y := \frac{(q_o \cdot l^2)}{8} \quad M_y = 2.152 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$



Przyjęto krokwie o wymiarach: $b := 6\text{ cm}$ $h := 16\text{ cm}$

$$I_y := \frac{(b \cdot h^3)}{12} \quad I_y = 2.048 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$

$$w_y := \frac{(b \cdot h^2)}{6} \quad w_y = 256 \cdot \text{cm}^3$$



Naprężenia:

$$\sigma_{md} := \frac{M_y}{w_y} \quad \sigma_{md} = 8.408 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{mk} := 27 \cdot \text{MPa} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{md} := \frac{(k_{mod} \cdot f_{mk})}{\gamma_M} \quad f_{md} = 18.692 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{md} = 8.408 \cdot \text{MPa} < f_{md} = 18.692 \cdot \text{MPa}$$

Ponieważ krokwie zabezpieczone są w strefie ściskanej przed przemieszczeniami bocznymi, więc nie należy uwzględniać wpływu zwirzenia.

Ugięcie

$$\frac{l}{h} = 24.75 > 20, \text{ nie uwzględnia się wpływu sił poprzecznych.}$$

ugięcie od obciążenia stałego: $E_{0mean} := 12 \cdot 10^3 \cdot \text{MPa}$

$$q_{k11} := a \cdot g_k \cdot \cos(\alpha) \quad g_k = 0.95 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad a = 0.9\text{ m}$$

$$u_{inst1} := \frac{5 \cdot q_{k11} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0mean} \cdot I_y} \quad q_{k11} = 0.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad u_{inst1} = 0.716 \cdot \text{cm}$$

$$k_{def1} := 0.8$$

ugięcie od obciążenia zmiennego:

$$q_{k12} := \left[S_k \cdot (\cos(\alpha))^2 + p_k \right] \cdot a \quad S_k = 0.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad p_k = 0.217 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$u_{\text{inst}2} := \frac{5 \cdot q_{k12} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot I_y} \quad q_{k12} = 0.329 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{def}2} := 0 \quad u_{\text{inst}2} = 0.429 \cdot \text{cm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{\text{fin}} := u_{\text{inst}1} \cdot (1 + k_{\text{def}1}) + u_{\text{inst}2} \cdot (1 + k_{\text{def}2})$$

$$u_{\text{fin}} = 1.718 \cdot \text{cm}$$

Ugięcie dopuszczalne:

$$u_{\text{netfin}} := \frac{1}{200}$$

$$u_{\text{fin}} = 1.718 \cdot \text{cm} < u_{\text{netfin}} = 1.98 \cdot \text{cm}$$

Wymiarowanie płatwi:

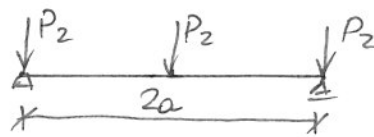
$$l_d := 3.96 \cdot \text{m} \quad l_g := 2.40 \cdot \text{m} \quad a = 0.9 \text{ m}$$

Obciążenia pionowe "z":

$$q_{k2} = 1.321 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{o2} = 1.601 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad l_z := 2 \cdot a \quad l_g = 2.4 \text{ m} \quad l_d = 3.96 \text{ m}$$

$$P_{zk} := q_{k2} \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \cdot a \quad P_{zk} = 5.206 \cdot \text{kN}$$

$$P_{zo} := q_{o2} \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \cdot a \quad P_{zo} = 6.312 \cdot \text{kN}$$

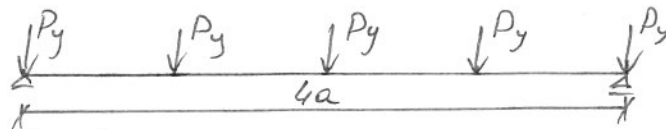


Obciążenia poziome "y":

$$q_{k3} = 0.166 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{o3} = 0.249 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad l_y := 4 \cdot a$$

$$P_{yk} := q_{k3} \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \cdot a \quad P_{yk} = 0.655 \cdot \text{kN}$$

$$P_{yo} := q_{o3} \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \cdot a \quad P_{yo} = 0.982 \cdot \text{kN}$$



$$M_{yy} := \frac{(P_{yo} \cdot l_y)}{2}$$

$$M_y = 1.768 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_z := \frac{(P_{zo} \cdot l_z)}{4}$$

$$M_z = 2.84 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Wymiary płatwi:

$$b := 10 \cdot \text{cm}$$

$$h := 12 \cdot \text{cm}$$

$$w_z := \frac{(b \cdot h^2)}{6}$$

$$w_z = 240 \cdot \text{cm}^3$$

$$w_{yy} := \frac{(h \cdot b^2)}{6}$$

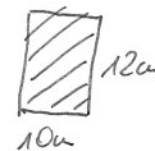
$$w_y = 200 \cdot \text{cm}^3$$

$$I_z := \frac{(b \cdot h^3)}{12}$$

$$I_z = 1.44 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yy} := \frac{(h \cdot b^3)}{12}$$

$$I_y = 1 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$



$$\sigma_{myd} := \frac{M_y}{w_y} \quad \sigma_{myd} = 8.839 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{mzd} := \frac{M_z}{w_z} \quad \sigma_{mzd} = 11.834 \cdot \text{MPa}$$

$$k_m := 0.7$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{md}} = 0.964 < 1$$

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} + \frac{k_m \cdot \sigma_{mzd}}{f_{md}} = 0.916 < 1$$

Ugięcie płatwi:

- ugięcie w pionie "z":

$$\frac{l_z}{h} = 15 < 20, \text{ należy uwzględnić wpływ sił poprzecznych}$$

ugięcie od obciążenia stałego:

$$P_{zk1} := a \cdot g_k \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \quad P_{zk1} = 3.745 \cdot \text{kN}$$

$$u_{inst1} := \frac{P_{zk1} \cdot l_z^3}{48 \cdot E_{0mean} \cdot I_z} \quad u_{inst1} = 0.263 \cdot \text{cm} \quad k_{def1} := 0.8$$

ugięcie od obciążenia zmiennego:

$$P_{zk2} := (S_k \cdot \cos(\alpha) + p_k \cdot \cos(\alpha)) \cdot a \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \quad P_{zk2} = 1.462 \cdot \text{kN}$$

$$u_{inst2} := \frac{P_{zk2} \cdot l_z^3}{48 \cdot E_{0mean} \cdot I_z} \quad u_{inst2} = 0.103 \cdot \text{cm} \quad k_{def2} := 0$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{finz1} := u_{inst1} \cdot (1 + k_{def1}) + u_{inst2} \cdot (1 + k_{def2}) \quad u_{finz1} = 0.577 \cdot \text{cm}$$

Po uwzględnieniu wpływu sił poprzecznych:

$$u_{finz} := u_{finz1} \cdot \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{l_z} \right)^2 \right] \quad u_{finz} = 0.626 \cdot \text{cm}$$

Ugięcie dopuszczalne:

$$u_{\text{netfinz}} := \frac{l_z}{200}$$

$$u_{\text{finz}} = 0.626 \cdot \text{cm} < u_{\text{netfinz}} = 0.9 \cdot \text{cm}$$

- ugięcie w poziomie "y":

$$\frac{l_y}{b} = 36 > 20 \text{ nie trzeba uwzględniać wpływu sił poprzecznych}$$

ugięcie od obciążenia stałego:

$$u_{\text{inst1}} := 0 \cdot \text{m} \quad k_{\text{def1}} := 0.8$$

ugięcie od obciążenia zmiennego:

$$P_{yk2} := (p_k \cdot \sin(\alpha)) \cdot a \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \quad P_{yk2} = 0.655 \cdot \text{kN}$$

$$u_{\text{inst2}} := \frac{19 \cdot P_{yk2} \cdot l_y^3}{384 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot I_y} \quad u_{\text{inst2}} = 1.26 \cdot \text{cm}$$

$$k_{\text{def2}} := 0$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{\text{finy}} := u_{\text{inst1}} \cdot (1 + k_{\text{def1}}) + u_{\text{inst2}} \cdot (1 + k_{\text{def2}})$$

$$u_{\text{finy}} = 1.26 \cdot \text{cm}$$

Ugięcie dopuszczalne:

$$u_{\text{netfiny}} := \frac{l_y}{200}$$

$$u_{\text{finy}} = 1.26 \cdot \text{cm} < u_{\text{netfiny}} = 1.8 \cdot \text{cm}$$

Ugięcie sumaryczne:

$$u_{\text{fin}} := \sqrt{u_{\text{finz}}^2 + u_{\text{finy}}^2}$$

$$u_{\text{netfin}} := \sqrt{u_{\text{netfinz}}^2 + u_{\text{netfiny}}^2}$$

$$u_{\text{fin}} = 1.406 \cdot \text{cm} < u_{\text{netfin}} = 2.012 \cdot \text{cm}$$

Wymiarowanie słupka: $l_w := 1.8 \cdot m$ $b_w := 10 \cdot cm$

Siła w słupku:

$$\underline{N}_w := q_{02} \cdot \left(l_g + \frac{l_d}{2} \right) \cdot 4 \cdot a \quad N = 25.247 \cdot kN$$



Ze względu na usztywnienie w płaszczyźnie mieczy, wyboczenie należy sprawdzić w płaszczyźnie prostopadłej.

$$E_{005} := 8000 \cdot MPa \quad f_{c0k} := 22 \cdot MPa$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} \quad f_{c0d} = 15.231 \cdot MPa$$

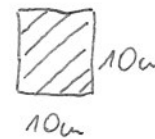
$$\mu := 1 \quad l_c := \mu \cdot l \quad l_c = 1.8 \cdot m$$

$$i := 0.289 \cdot b \quad i = 2.89 \cdot cm$$

$$\lambda := \frac{l_c}{i} \quad \lambda = 62.284$$

$$\sigma_{ccrit} := \pi^2 \cdot \frac{E_{005}}{\lambda^2} \quad \sigma_{ccrit} = 20.354 \cdot MPa$$

$$\lambda_{rel} := \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{ccrit}}} \quad \lambda_{rel} = 1.04$$



$$\beta_c := 0.2 \quad \text{dla drewna litego}$$

$$k := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.5) + \lambda_{rel}^2 \right] \quad k = 1.094$$

$$k_c := \frac{1}{\left(k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2} \right)} \quad k_c = 0.696$$

$$A_d := b^2 \quad A_d = 0.01 \cdot m^2$$

$$\frac{N}{k_c \cdot A_d} = 3.626 \cdot MPa < f_{c0d} = 15.231 \cdot MPa$$