

OBIEKT:	Ośrodek Wypoczynkowy AGH
ADRES:	ul. Leśna 3, 72-400 Łukęcin
INWESTOR:	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
NAZWA OPRACOWANIA	Ekspertyza konstrukcyjna dachu budynku głównego (stołówki) w Ośrodku AGH w Łukęcinie w celu możliwości montażu paneli fotowoltanicznych Branża: konstrukcja
OŚWIADCZENIE	Niżej podpisany oświadcza, że opracowanie zostało sporządzone zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej. (art. 34, ust.3d, pkt. 3 - Prawo Budowlane –Dz.U. z 2021 r., poz. 2351)

Autor:

Podpis

Konstrukcja:	mgr inż. Piotr Kubatko upr.BPP 31/80 upr. GP.IV-63/109/76	
--------------	--	--

Kraków 02. 2023 r.



1.0. PODSTAWA OPRACOWANIA

- 1.1. Zlecenie Inwestora
- 1.2. Dokumentacja fotograficzna luty 2022r.
- 1.3. Projekt architektoniczny Ośrodka AGH, opracowany przez RZUP Kamień Pomorski 1988r.
- 1.4. Projekt techniczny konstrukcji Ośrodka AGH, opracowany Przez RZUP Kamień Pomorski 1988r.
- 1.5. Literatura, normy budowlane

2.0. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza konstrukcyjna, dotycząca możliwości montażu paneli fotowoltanicznych na dachu budynku głównego (stołówki) Ośrodka AGH w Łukęcinie. Montaż jest planowany na części połaci dachowej od strony południowej budynku. Fot. poniżej.

3.0. OGÓLNY OPIS BUDYNKU



Widok dachu nad budynkiem

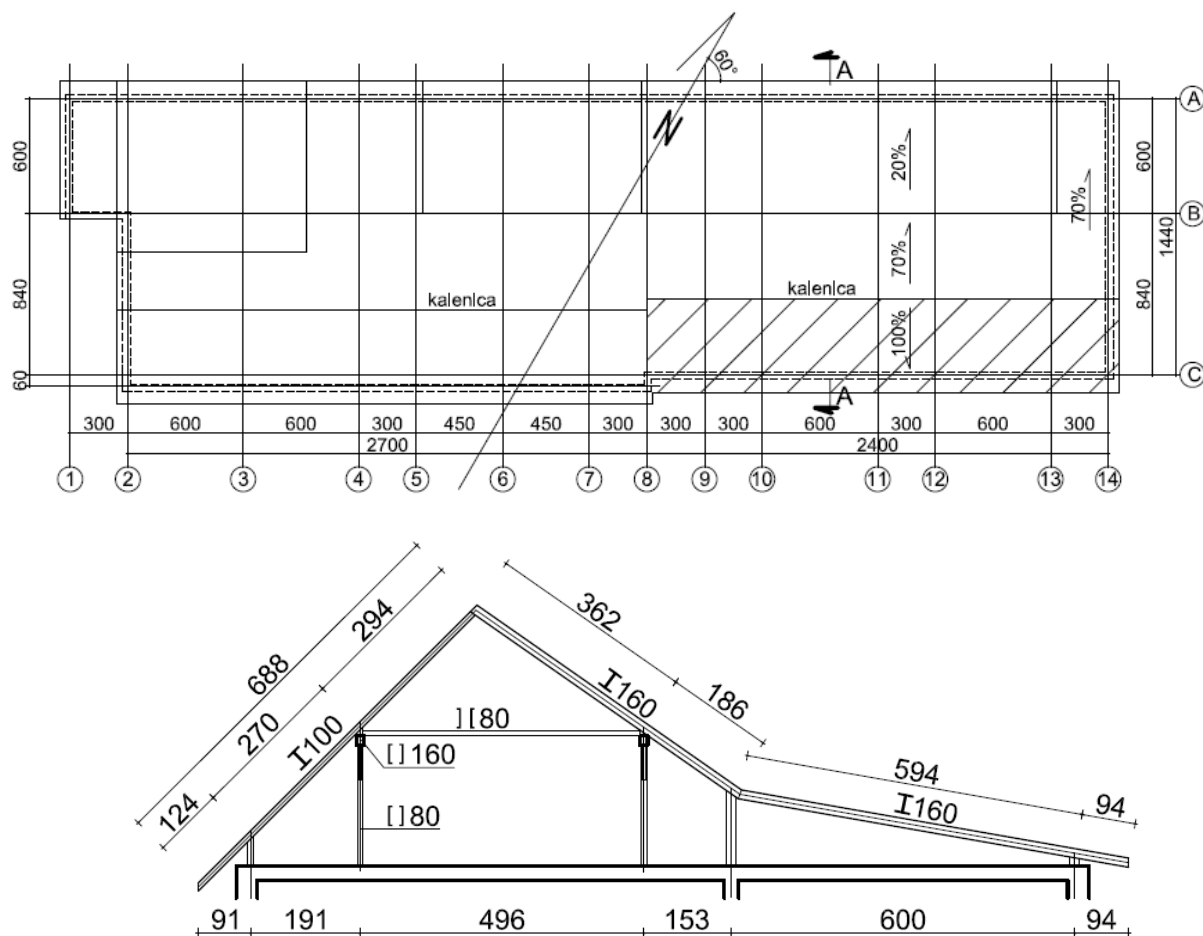
Budynek został zrealizowany z początku lat 90tych XXw., jako obiekt z dwiema kondygnacjami nadziemnymi, strychem nieużytkowym, całkowicie podpiwniczony. Konstrukcja murowana, ze stropami prefabrykowanymi z płyt kanałowych. Układ konstrukcyjny mieszany. Posadowienie na ławach i stopach fundamentowych. Budynek przekryty dachem dwuspadowym z lukarnami. Dach budynku i lukarn kryty blachodachówką, nieocieplony.

3.1. Opis konstrukcji dachu

Dach dwuspadowy niesymetryczny. Konstrukcję nośną dachu stanowi więźba krokwiowo-płatwiowa, stalowa. Krokwie połaci południowej wykonane z dwuteowników 100. Krokwie połaci północnej i lukarn z dwuteowników 160. Płatwie wieloprzęsłowe, o profilu zamkniętym, złożonym z dwóch ceowników 160, są oparte na dwóch rzędach słupów. Słupy o profilu zamkniętym z dwóch ceowników 80. Miecze z dwuteownika 100 zmniejszają rozpiętości przęseł płatwi i usztywniają więźbę w kierunku podłużnym. Nad każdą parą słupów dano rozporeg złożoną z dwóch ceowników 80.

Połączenia elementów więźby sztywne, spawane. Całość konstrukcji więźby jest spawana do marek stalowych zabetonowanych w wieńcach ścian piętra i częściowo parteru.

Pokrycie z blachodachówki mocowane jest do łąt drewnianych o przekroju 4x5cm.



Rzut i przekrój A-A konstrukcji dachu

3.2. Ocena stanu technicznego więźby

Więźba stalowa w ogólnie dobrym stanie technicznym. Nie stwierdzono oznak przekroczenia stanu granicznego nośności i ugięć oraz korozji. Rozstaw łąt drewnianych wynosi ok. 50cm. Łaty min. 2przęsłowe spełniają warunek nośności, lecz zgodnie ze sztuką ich rozstaw nie powinien przekraczać 35-40cm dla pokrycia blachodachówką. Zwraca uwagę wykonanie pokrycia ze zbyt małymi zakładami.

4.0. ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ NOŚNOŚCI DACHU

Dla oceny możliwości montażu instalacji paneli fotowoltanicznych na dachu wykonano obliczenia z przyjęciem następujących założeń:

- Panele fotowoltaniczne o wymiarach 1140mm x 1719mm, szt.53. Do obliczeń przyjęto ciężar 20kg/m² (panele+listwy systemowe)

Obciążenie stałe:	Obc. char. kN/m ²
Blachodachówka+łaty	0.15
Panele+listwy systemowe	0.20

- Budynek znajduje się w 2 strefie śniegowej i 2 strefie wiatrowej
- Dla obciążenia wiatrem kategoria terenu 0 (teren nadmorski)

	Obciążenie zmienne:	Obc. char. kN/m ²
1	Obc. śniegiem	0.9
2	Obc. wiatrem	0.42

- Stal więźby gatunku S235

Obliczenia sprawdzające nośność więźby w załączeniu.

5.0. WNIOSKI I ZALECENIA

- Wg. obliczeń sprawdzających nośność elementów więźby dachowej jest wykorzystana w następującym stopniu:
- Krokwie 30%
- Płatwie 22%
- Słupy 11%
- Miecze 31%
- Rozpory 6%

Ciężar własny paneli w znikomym stopniu wpływa na obciążenie elementów konstrukcji dachu.

6.0. WNIOSEK KOŃCOWY

- Konstrukcja więźby stalowej została zaprojektowana z wystarczającymi zapasami wytrzymałości aby zrealizować montaż paneli fotowoltanicznych na południowej połaci dachu.

Opracował mgr inż. Piotr Kubatko

OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE ISTNIEJĄCEJ WIEŻBY DACHOWEJ
Ośrodek Wczasowy AGH, Łukęcin ul. Leśna 3

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Budynek dwukondygnacyjny, podpiwniczony, ze strychem nieużytkowym.
Konstrukcja murowana. Stropy żelbetowe prefabrykowane z płyt wielokanałowych.
Wieżba dachowa stalowa, pławiowo-kleszczowa kryta blachodachówką.

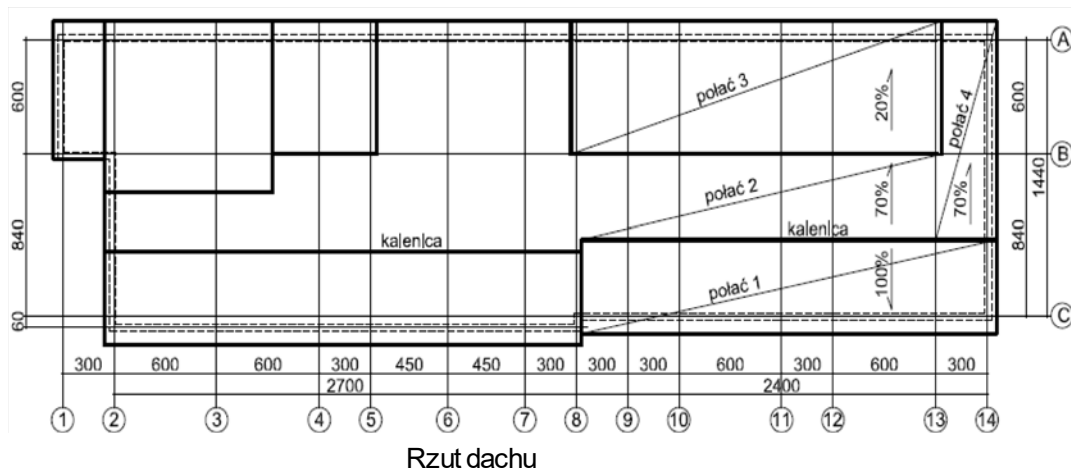
ZAKRES OBLICZEŃ

Obliczenia dotyczą ustalenia nośności więźby dachowej pod kątem możliwości montażu paneli fotowoltanicznych na południowej połaci dachu (połacie 1).

Użyte materiały budowlane:

Stal profilowa S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



1. OBCIĄŻENIA

1.1. Dach

1.1.1. Obc. stałe : blachodachówka + łąty, panele

Nachylenie połaci

Połąc 1 $\alpha_1 := 45$

$$\frac{0.15}{\cos(\alpha_1)} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.212 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Połąc 2 i 4 $\alpha_2 := 35$

$$\frac{0.15}{\cos(\alpha_2)} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.183 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Połąc 3 $\alpha_3 := 11$

$$\frac{0.15}{\cos(\alpha_3)} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.153 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Panele fotowoltaniczne: połąc 1

$$\frac{0.2}{\cos(\alpha_1)} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.283 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.1.2. Obc. śniegiem: strefa śniegowa 2

$$s_k := 0.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad C_e := 1$$

Współczynnik kształtu dachu

Połąć 1 $\alpha_1 := 45$

$$\mu := 0.8 \cdot \frac{(60 - \alpha_1)}{30} \quad \mu = 0.4$$

$$s_1 := s_k \cdot \mu = 0.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Połąć 2 i 4 $\alpha_2 := 35$

$$\mu := 0.8 \cdot \frac{(60 - \alpha_2)}{30} \quad \mu = 0.667$$

$$s_2 := s_k \cdot \mu = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Połąć 3 $\alpha_3 := 11 \quad \mu := 0.8$

$$s_3 := s_k \cdot \mu = 0.72 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.1.3. Obc. wiatrem : strefa wiatrowa 2, kategoria terenu 0

$$v_{bo} := 26 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad q_b := 0.42 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wysokość budynku

$$h := 13.2 \cdot \text{m}$$

Szerokość strefy F,G,J

$$e := \frac{2 \cdot h}{10}$$

$$e = 2.64 \text{ m} \quad \text{przyjęto } e=2.8\text{m}$$

Ciśnienie prędkości wiatru

$$q_b = 0.42 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Współczynnik ekspozycji

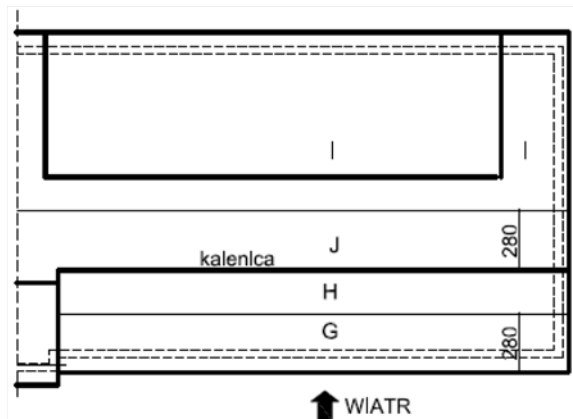
$$c_e := 3 \cdot \left(\frac{13.2}{10} \right)^{0.17}$$

$$c_e = 3.145$$

Szczytowe ciśnienie

$$q_p := q_b \cdot c_e$$

$$q_p = 1.321 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



A) Parcie wiatru na połąć 1 (południowa) $\alpha_1 = 45^\circ$

Współczynniki ciśnienia zewnętrznego:

$$c_{peG} := 0.7$$

$$c_{peH} := 0.6$$

$$c_{peJ} := 0$$

$$c_{peI} := 0$$

Ciśnienie wiatru

$$w_{eG} := q_p \cdot c_{peG}$$

$$w_{eG} = 0.925 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{eH} := q_p \cdot c_{peH}$$

$$w_{eH} = 0.793 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

B) Parcie wiatru na połac 2 i 4 (północna) $\alpha_2 = 35^\circ$

Współczynniki ciśnienia zewnętrznego:

$$c_{peG} := 0.7 \quad c_{peH} := 0.4 \quad c_{peJ} := 0 \quad c_{peI} := 0$$

$$\text{Ciśnienie wiatru} \quad w_{eG} := q_p \cdot c_{peG} \quad w_{eG} = 0.925 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{eH} := q_p \cdot c_{peH} \quad w_{eH} = 0.528 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

C) Parcie wiatru na połac 3 (północna) $\alpha_3 = 11^\circ$

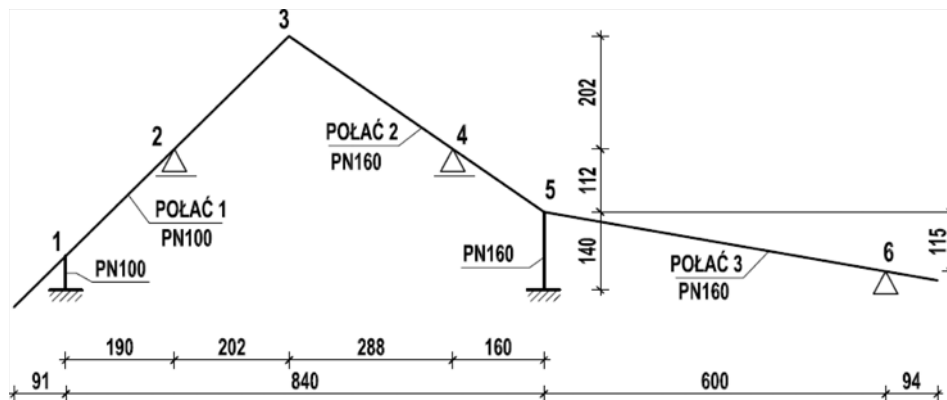
Współczynniki ciśnienia zewnętrznego:

$$c_{peG} := 0.15 \quad c_{peH} := 0.15 \quad c_{peJ} := 0 \quad c_{peI} := 0$$

$$\text{Ciśnienie wiatru} \quad w_{eG} := q_p \cdot c_{peG} \quad w_{eG} = 0.198 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{eH} := q_p \cdot c_{peH} \quad w_{eH} = 0.198 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2. WIĘŻBA DACHOWA



Schemat statyczny więźby

Więźba stalowa, połączenia w węzłach sztywne, spawane

2.1. Krokwie

Maksymalny rozstaw krokwi $a := 1.6 \cdot \text{m}$

Obciążenie krokwi połac 1:

$$\text{Stałe} \quad G := \left(0.212 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.283 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot a \quad G = 0.792 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Śnieg Obciążenie śniegiem $s=0$ z racji nachylenia pow. paneli 45°

Wiatr z lewej (od południa)

$$w_G := 0.925 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a \quad w_G = 1.48 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad w_H := 0.793 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a \quad w_H = 1.269 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Obciążenie krokwi połąć 2:

$$\text{Stałe} \quad G := 0.183 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 0.293 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Śnieg} \quad s := 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 0.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Wiatr z lewej (od południa)} \quad w_J := 0 \quad w_I := 0$$

Obciążenie krokwi połąć 3:

$$\text{Stałe} \quad G := 0.153 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 0.245 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Śnieg} \quad s := 0.72 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 1.152 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Wiatr z lewej (od południa)} \quad w_J := 0 \quad w_I := 0$$

Momenty maksymalne:

$$M_1 := 2.35 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{12} := 1.06 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_2 := 1.77 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{23} := 0.87 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_3 := 1.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{34} := 1.16 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_4 := 0.46 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_5 := 8.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{56} := 5.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Siły podłużne:

$$N_1 := 2.35 \cdot \text{kN} \quad N_2 := 5.35 \cdot \text{kN} \quad N_3 := 4.2 \cdot \text{kN}$$

$$N_4 := 7.7 \cdot \text{kN} \quad N_5 := 9.2 \cdot \text{kN} \quad N_6 := 11.6$$

Reakcje maksymalne:

$$R_{1y} := 5.4 \cdot \text{kN} \quad R_{2y} := 11 \cdot \text{kN} \quad R_{4y} := 1.8 \cdot \text{kN} \quad R_{5y} := 14.2 \cdot \text{kN} \quad R_{6y} := 9.5 \cdot \text{kN}$$

$$R_{1x} := 5 \cdot \text{kN} \quad R_{5x} := 5.3 \cdot \text{kN} \quad R_{6x} := 10.4 \cdot \text{kN}$$

a) Krokiew połąć 1, dwuteownik 100PN

1 klasa przekroju, zabezpieczony p. zwichrzeniu

$$W_x := 34.2 \cdot \text{cm}^3 \quad A := 10.6 \cdot \text{cm}^2 \quad i := 4.01 \cdot \text{cm}$$

$$h := 10 \cdot \text{cm} \quad h_w := 7.74 \cdot \text{cm} \quad b_f := 5 \cdot \text{cm} \quad t_f := 0.68 \cdot \text{cm} \quad t_w := 0.45 \cdot \text{cm} \quad \gamma_{M0} := 1$$

$$M_{Rd} := \frac{W_x \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad M_{Rd} = 8.037 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_{Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad N_{Rd} = 249.1 \cdot \text{kN}$$

$$\text{podpora 1} \quad \frac{M_1}{M_{Rd}} = 0.292 < 1 \quad \text{maks. ugięcie } 1.5 \text{ mm}$$

$$\text{podpora 2} \quad M_2 = 1.77 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_2 = 5.35 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$L_o := 2.87 \cdot \text{m} \quad \mu := 0.7 \quad L_w := 2 \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{f_y}} \quad \lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon \quad \lambda_1 = 93.9 \quad \lambda' := \frac{L_w}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \lambda' = 0.531$$

$$\chi := 0.85 \quad \frac{N_2}{\chi \cdot A \cdot f_y} + \frac{M_2}{W_x \cdot f_y} = 0.245 < 1 \quad \text{maks. ugięcie } 1 \text{ mm}$$

b) Krokwie połaci 2,3,4, dwuteownik 160PN

Instalacja paneli fotowoltanicznych na połaci 1, w pomijalnym stopniu wpływa na siły w krokwiach połaci 2, 3, 4.

2.2. Płatew

Płatew wykonano jako belkę ciągłą 6 przęsłowa o rozpiętościach 3.0m i 6.0m w osiach słupów. Rozpiętości osiowe zmniejszone są przez pary mieczy przy każdym słupie. Wysięg miecza ok. 0.7m.

Płatwie dachowe łączone rozporami nad każdym słupem.

Płatew złożona z 2 ceowników 160 profil zamknięty

Słup złożony z 2 ceowników 80 profil zamknięty

Miecz z dwuteownika 100NP

Rozpora złożona z 2 ceowników 80 profil otwarty

Maksymalny moment przęsłowy płatwi $M_{prz} := 12 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Maksymalny moment podporowy płatwi $M_{pod} := 10 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$$\begin{aligned} [] 160 \quad A &:= 48 \cdot \text{cm}^2 \quad W_x := 232 \cdot \text{cm}^3 \quad i := 6.21 \cdot \text{cm} \quad \text{klasa 4} \\ M_{Rd} &:= \frac{W_x \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad M_{Rd} = 54.52 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{prz}}{M_{Rd}} = 0.22 < 1 \end{aligned}$$

2.3. Słup

Wysokość słupa $L_y := 2.2\text{m}$ $N_{Ed} := 42 \cdot \text{kN}$

$$[] 80 \quad A := 22 \cdot \text{cm}^2 \quad W_y := 54 \cdot \text{cm}^3 \quad i := 3.1 \cdot \text{cm} \quad \text{klasa 4}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{f_y}} \quad \lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon \quad \lambda_1 = 93.9 \quad \lambda' := \frac{L_y}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \lambda' = 0.756$$

$$\chi := 0.75 \quad \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} = 0.108 < 1$$

2.4. Miecz

Długość miecza $L := 0.95\text{m}$ $N_{Ed} := 47 \cdot \text{kN}$

$$100\text{PN} \quad A := 10.6 \cdot \text{cm}^2 \quad i_y := 1.07 \cdot \text{cm} \quad \text{klasa 1}$$

$$\lambda' := \frac{L}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \lambda' = 0.946 \quad \chi := 0.6 \quad \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} = 0.314 < 1$$

2.5. Rozpora

Długość rozpory $L := 4.9\text{m}$ $N_{Ed} := 6.1 \cdot \text{kN}$

$$[] 80 \quad A := 22 \cdot \text{cm}^2 \quad i_y := 3.1 \cdot \text{cm} \quad \text{klasa 4}$$

$$\lambda' := \frac{L}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \lambda' = 1.683 \quad \chi := 0.22 \quad \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} = 0.054 < 1$$

- koniec obliczeń -