



SYGNATURA :	ZAŁĄCZNIK 01 (DO PROJEKTU BUDOWLANEGO KONSTRUKCJI)
OBIEKT:	TEATR WIELKI W ŁODZI
ADRES:	90-249 ŁÓDŹ, PLAC GENERAŁA DĄBROWSKIEGO, NR EWID. DZ. 166/2, 167/6, OBRĘB S-2
INWESTOR:	TEATR WIELKI W ŁODZI Z SIEDZIBĄ W ŁODZI (90-249), PRZY PLACU DĄBROWSKIEGO, NIP PL 7240001793, REGON 000279195
TEMAT OPRACOWANIA:	OPINIA TECHNICZNA STANU ISTNIEJĄCEGO BUDYNKU W ZWIĄZKU Z PLANOWANĄ WYMIANĄ INSTALACJI SOLARNEJ NA INSTALACJĘ FOTOWOLTAICZNĄ W BUDYNKU TEATRU WIELKIEGO W ŁODZI
DATA:	Marzec 2021 r.

AUTORZY OPRACOWANIA

temat/obiekt/część

**OPINIA TECHNICZNA STANU ISTNIEJĄCEGO BUDYNKU W ZWIĄZKU Z
PLANOWANĄ WYMIANĄ INSTALACJI SOLARNEJ NA INSTALACJĘ
FOTOWOLTAICZNĄ W BUDYNKU TEATRU WIELKIEGO W ŁODZI**

Inwestor

**TEATR WIELKI W ŁODZI Z SIEDZIBĄ W ŁODZI (90-249), PRZY PLACU
DĄBROWSKIEGO, NIP PL 7240001793, REGON 000279195**

Rodzaj opracowania

OPINIA TECHNICZNA

faza:

-

data:

MARZEC 2021

branża

KONSTRUKCJA

autor/ projektant/ opracował

Kacper Wiśniewski
Upr. LOD/3339/PWBKb/17

Martyna Kuna
upr. LOD/3744/PWBkb/18

podpis

Zgierz, 03.03.2021 r.

SPIS TREŚCI

1. DANE OGÓLNE.....	4
1.1. Przedmiot i zakres opracowania	4
1.2. Inwestor	4
1.3. Podstawa opracowania.....	4
1.4. Cel opracowania.....	4
2. OPIS TECHNICZNY	5
2.1. Ogólna charakterystyka budynku	5
2.2. Opis konstrukcji	5
3. OBLICZENIA STATYCZNE	7
3.1. Założenia obliczeniowe.....	7
3.2. Wyniki obliczeń - płatew stalowa	8
3.3. Wyniki obliczeń - ściana kalenicowa.....	12
3.4. Analiza wyników	14
4. WNIOSKI I ZALECENIA	15

1. DANE OGÓLNE

1.1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest sprawdzenie wyężenia elementów nośnych konstrukcji w związku z planowaną wymianą instalacji solarnej na instalację fotowoltaiczną w budynku Teatru Wielkiego w Łodzi. Analizie poddano wpływ zmiany rozkładu obciążeń na wyężenie i naprężenia w konstrukcji wazara stalowego dachu oraz ścian kolankowych. System i sposób montażu paneli fotowoltaicznych wg odrębnego opracowania.

1.2. Inwestor

TEATR WIELKI W ŁODZI Z SIEDZIBĄ W ŁODZI (90-249), PRZY PLACU
DĄBROWSKIEGO, NIP PL 7240001793, REGON 000279195

1.3. Podstawa opracowania

- Zlecenie Inwestora
- Ustawa Prawo budowlane z dnia 07.07.1994 Dz.U. z 2020 poz.1333
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r w sprawie warunków technicznych i jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Dz.U. z 2019, poz.1065.
- Projekt wykonawczy przebudowy i rozbudowy budynku technicznego Teatru Wielkiego w Łodzi - listopad 2011 r.
- Projekt modernizacji systemu wentylacji mechanicznej i klimatyzacji w Teatrze Wielkim w Łodzi - listopad 2006 r.
- Projekt budowlany instalacji solarnej - luty 2006 r.
- Wizja lokalna na obiekcie

1.4. Cel opracowania

Opracowanie ma na celu ocenę wpływu wymiany instalacji solarnej na fotowoltaiczną, na elementy konstrukcji budynku.

2. OPIS TECHNICZNY

2.1. Ogólna charakterystyka budynku

Dokonano oględzin obiektu, szczegółowe informacje uzyskano poprzez badania makroskopowe – odkucia, obstukiwania młotkiem, zarysowania powierzchni materiałów. Dodatkowo przeanalizowano dokumentację archiwalną obiektu w zakresie zgodnym z pkt. 1.3 niniejszego opracowania.

Budynek objęty opracowaniem jest obiektem wolnostojącym. Wymiary zewnętrzne: długość 53,5m, szerokość 21,5m, wysokość do kalenicy od poziomu terenu 19,97m.

2.2. Opis konstrukcji

Budynek jest wykonany w technologii tradycyjnej. Konstrukcję nośną dachu stanowią:
Część 1: Płyty żelbetowe gr. 8cm oparte na przestrzennych kratownicach stalowych. Kratownice rozmieszczone są w rozstawie 3,3m i oparte na zewnętrznych słupach żelbetonowych. Pomędzy pasami dolnymi kratownic płyta żb 8cm i nadbudowa z lekkiego trocinobetonu.



Obraz 1: Wiązar stalowy

Część 2: Płyty żelbetowe gr. 8cm wsparte na ażurowych ścianach kalenicowych cegły pełnej. Wysokość ścian 1,8 m. Konstrukcję stropu stanowi strop monolityczny z wypełnieniem pustakami ceramicznymi. Zgodnie z dokumentacją archiwalną strop wysokości 20 cm z warstwą nadbetonu 4 cm. Strop oparty na żelbetowych podciągach oraz wewnętrznych i zewnętrznych słupach żelbetowych.



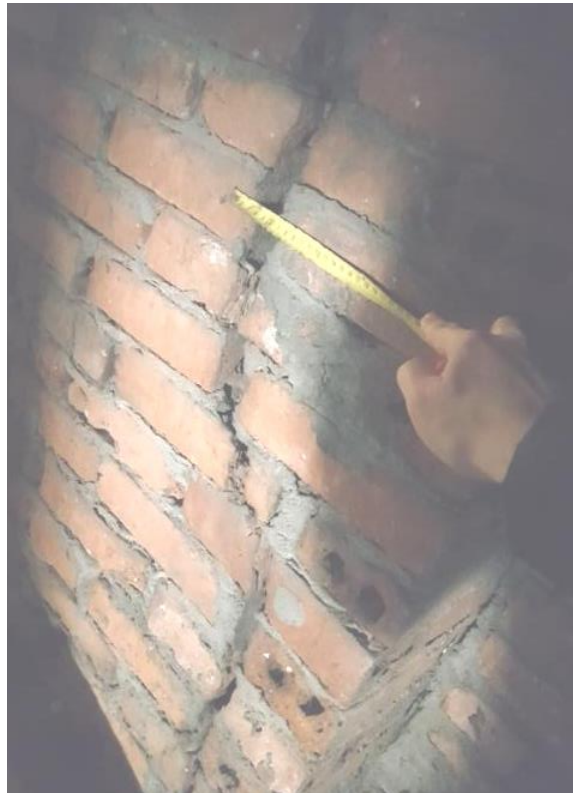
Obraz 2: Ściana podstropowa



Obraz 3: Ściana podstropowa



Obraz 4: Przejście instalacji przez ścianę



Obraz 5: Zarysowanie komina

Pokrycie dachu stanowi papa.
Na dachu zlokalizowana instalacja solarna.

3. OBLICZENIA STATYCZNE

3.1. Założenia obliczeniowe

· Wiązary stalowy

Dokonano inwentaryzacji wiązara stalowego. Sprawdzono naprężenia obliczeniowe w pasach, słupkach i krzyżulcach kratownicy. Maksymalna wartość naprężenia wynosi ok. 200 MPa i nie przekracza dopuszczalnej założonej stałej materiałowej dla stali S235 235Mpa.

· Ściana kalenicowa

Analizie poddano 1mb ściany kalenicowej gr. 12 cm i wysokości 1,80 m. Ściana kolankowa wykonana jest jako ażurowa. Z uwagi na powyższe do obliczeń przyjęto 200% obciążenia rzeczywistego.

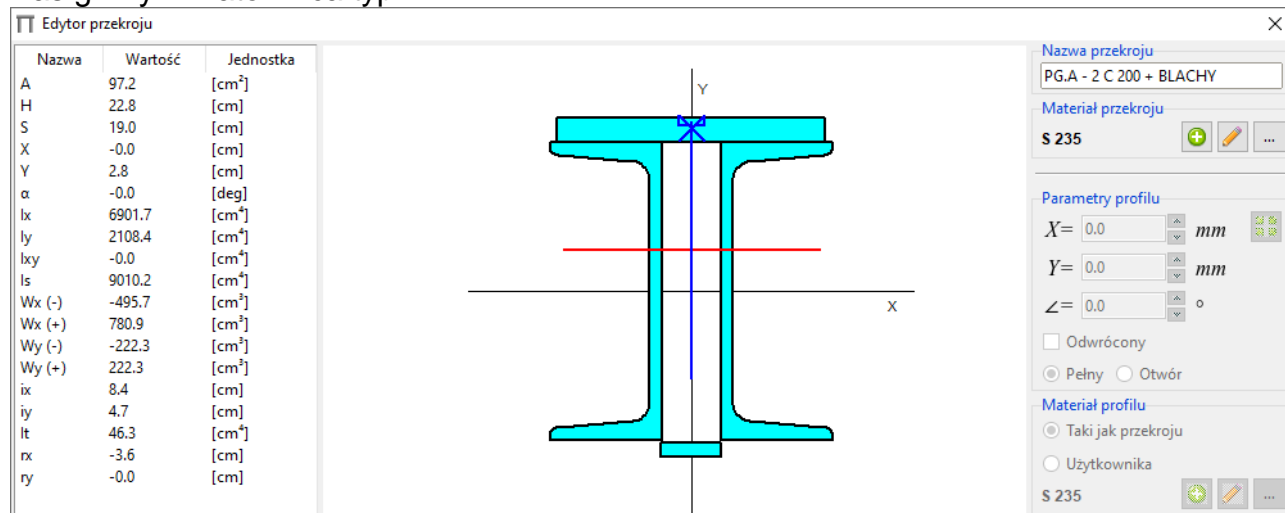
Zestawienie obciążeń:

	Obc. charakterystyczne [kN/m ²]	γ_f	Obc. obliczeniowe [kN/m ²]
Papa asfaltowa na lepiku	0,3	1,3	0,39
Płyta żelbetowa gr. 8cm	2,0	1,3	2,60
Trocinobeton 10cm	0,32	1,3	0,47
Obciążenie śniegiem II strefa	0,72	1,5	1,08
Obciążenie workami śnieżnymi	Dodatkowe 1,08 do 0,00 na odcinku 5m	1,5	1,62 do 0,00
Obc. technologicznie pasa dolnego	0,5	1,5	0,75
Stan istniejący Kolektory słoneczne	0,75	1,5	1,13
Stan projektowany - instalacja fotowoltaiczna	0,20	1,5	0,3

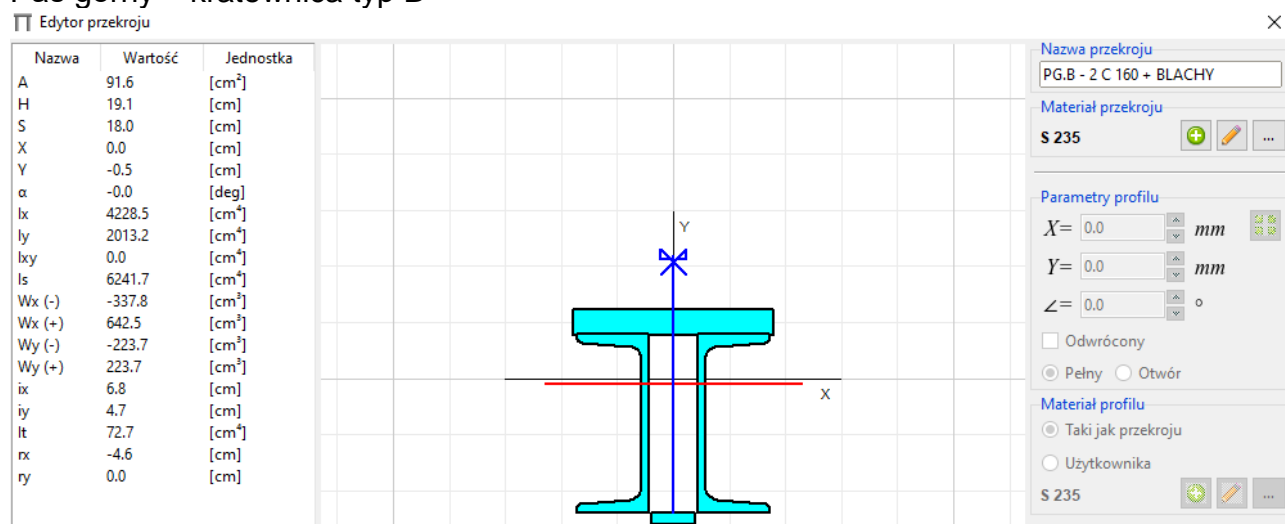
3.2. Wyniki obliczeń – kratownica stalowa

Profile przyjęte do obliczeń kratownicy – *uwzględniono naspawane blachy ciągłe oraz przewiązki*

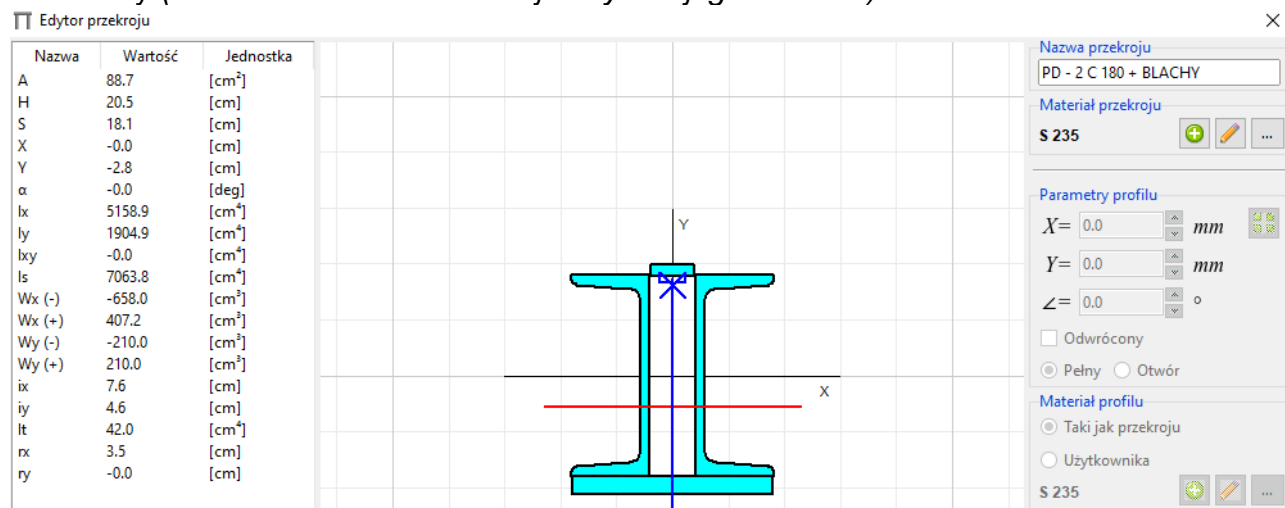
Pas górny – kratownica typ A



Pas górny – kratownica typ B

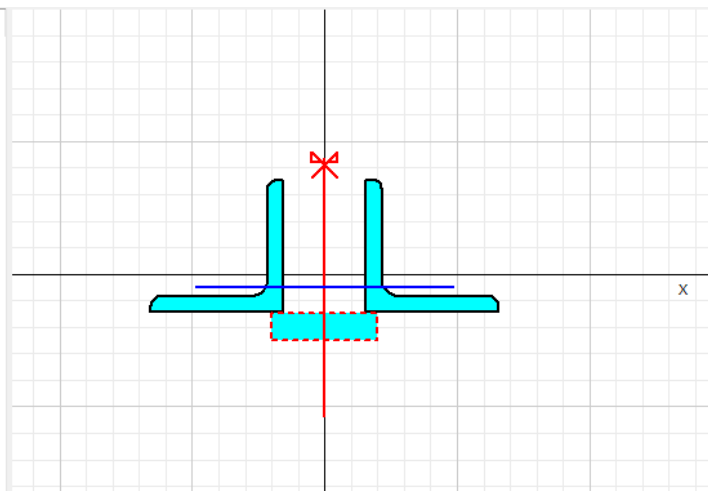


Pas dolny (brak możliwości dokładnej weryfikacji geometrii !)



Krzyżulec 2 L 50

Nazwa	Wartość	Jednostka
A	15.4	[cm ²]
H	13.1	[cm]
S	6.1	[cm]
X	0.0	[cm]
Y	-0.5	[cm]
α	90.0	[deg]
I _x	133.5	[cm ⁴]
I _y	37.8	[cm ⁴]
I _{xy}	-0.0	[cm ⁴]
I _s	171.3	[cm ⁴]
W _x (-)	-20.4	[cm ³]
W _x (+)	20.4	[cm ³]
W _y (-)	-19.1	[cm ³]
W _y (+)	9.3	[cm ³]
i _x	2.9	[cm]
i _y	1.6	[cm]
I _t	2.4	[cm ⁴]
r _x	0.0	[cm]
r _y	0.5	[cm]



Nazwa przekroju
K - 2 L 50

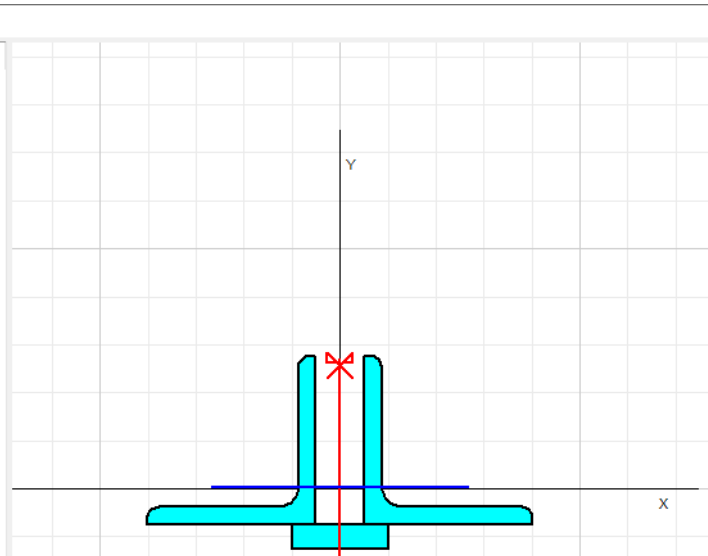
Materiał przekroju
S 235

Parametry profilu
X = 0.0 mm
Y = -20.0 mm
∠ = 0.0 °
☐ Odwrócony
☒ Pełny ☐ Otwór

Materiał profilu
☒ Taki jak przekroju
☐ Użytkownika
S 235

Krzyżulec 2 L 70

Nazwa	Wartość	Jednostka
A	22.8	[cm ²]
H	16.1	[cm]
S	8.0	[cm]
X	-0.0	[cm]
Y	0.1	[cm]
α	90.0	[deg]
I _x	259.1	[cm ⁴]
I _y	105.5	[cm ⁴]
I _{xy}	-0.0	[cm ⁴]
I _s	364.6	[cm ⁴]
W _x (-)	-32.3	[cm ³]
W _x (+)	32.3	[cm ³]
W _y (-)	-41.2	[cm ³]
W _y (+)	19.3	[cm ³]
i _x	3.4	[cm]
i _y	2.2	[cm]
I _t	4.0	[cm ⁴]
r _x	0.0	[cm]
r _y	-0.1	[cm]



Nazwa przekroju
K - 2 L 70

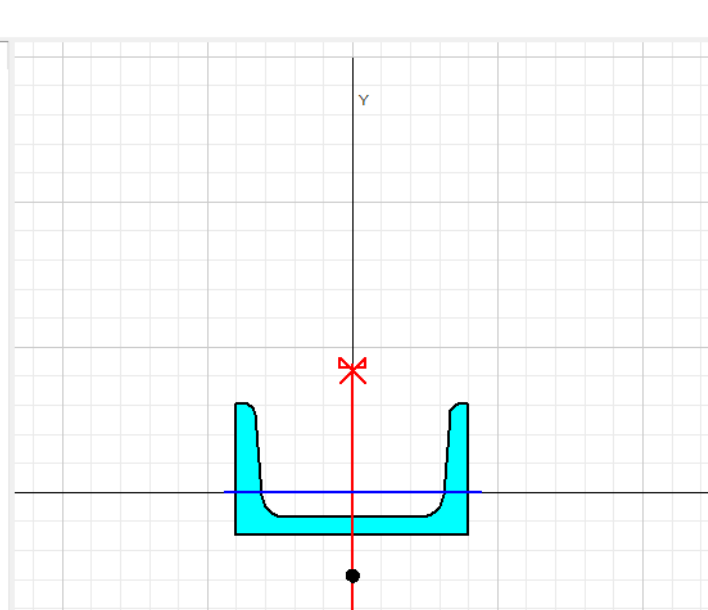
Materiał przekroju
S 235

Parametry profilu
X = 0.0 mm
Y = 0.0 mm
∠ = 0.0 °
☐ Odwrócony
☒ Pełny ☐ Otwór

Materiał profilu
☒ Taki jak przekroju
☐ Użytkownika
S 235

Słupek C80

Nazwa	Wartość	Jednostka
A	11.0	[cm ²]
H	8.0	[cm]
S	4.5	[cm]
X	-0.0	[cm]
Y	0.0	[cm]
α	90.0	[deg]
I _x	106.0	[cm ⁴]
I _y	19.4	[cm ⁴]
I _{xy}	-0.0	[cm ⁴]
I _s	125.3	[cm ⁴]
W _x (-)	-26.5	[cm ³]
W _x (+)	26.5	[cm ³]
W _y (-)	-13.3	[cm ³]
W _y (+)	6.3	[cm ³]
i _x	3.1	[cm]
i _y	1.3	[cm]
I _t	1.8	[cm ⁴]
X _s	-0.0	[cm]
Y _s	-2.9	[cm]
I _{wx}	-318.1	[cm ⁵]
I _{wy}	0.0	[cm ⁵]
I _w	195.8	[cm ⁶]
r _x	-0.0	[cm]
r _y	3.4	[cm]



Nazwa przekroju
S - C 80

Materiał przekroju
S 235

Parametry profilu
X = 0.0 mm
Y = 0.0 mm
∠ = 0.0 °
☐ Odwrócony
☒ Pełny ☐ Otwór

Materiał profilu
☒ Taki jak przekroju
☐ Użytkownika
S 235

[illegible]

SYTUACJA ISTNIEJĄCA – WIAZARTYPU „B” – (PG 2 x C160)	
MODEL OBLICZENIOWY	WYKRES NAPRĘŻEŃ [MPa]
<p>WARTOŚĆ MAX ok.: 235MPa DOPUSZCZALNE 235MPa</p>	<p>WARTOŚĆ MAX : 0,098m x 80% = 0,078m DOPUSZCZALNE : 22,4m / 250 = 0,090m</p>

3.3. Wyniki obliczeń - ściana kalenicowa

Stan istniejący (instalacja solarna)

OBC. $(2.4 \times 1,3 + 0,75 \times 1,5 + 0,72 \times 1,5) \times 1,8 \times 200\% = 19.17 \text{ kN / mb}$

DANE:

Materiał:

Ściana z elementów ceramicznych grupy 4

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie $f_b = 10.0 \text{ MPa}$

Kategoria wykonania elementu I

Zaprawa murarska: lekka klasy M2.5, przepisana ® $f_m = 2.5 \text{ MPa}$

® Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 1.32 \text{ MPa}$

Geometria:

Grubość słupa $t = 12.0 \text{ cm}$

Szerokość słupa $b = 100.0 \text{ cm}$

Wysokość słupa $h = 180.0 \text{ cm}$

Podparcie góry słupa w kierunku osi y elementem żelbetowym

Podparcie góry słupa w kierunku osi x elementem żelbetowym

Obciążenia obliczeniowe:

Obciążenie skupione pionowe $N_{sd} = 19.17 \text{ kN}$

Moment zginający $M_{sd,x} = 0.00 \text{ kNm}$

Moment zginający $M_{sd,y} = 0.00 \text{ kNm}$

Ciężar objętościowy muru $r = 18.0 \text{ kN/m}^3$; $g_f = 1.10$

® ciężar własny słupa $G_s = 4.28 \text{ kN/mb}$

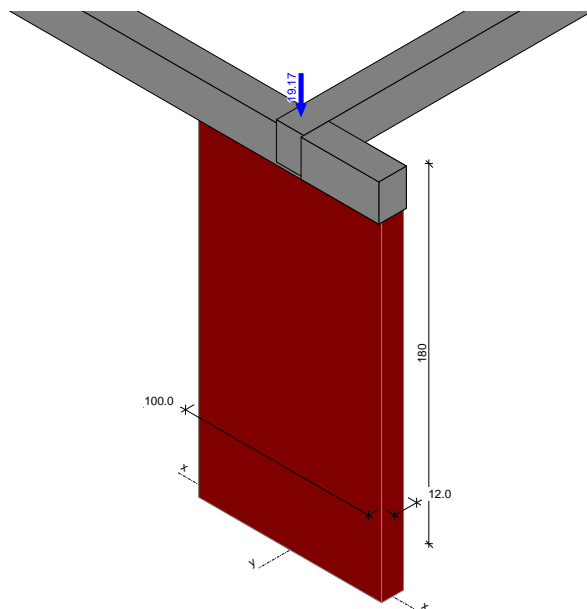
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE:

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: B

® Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $g_m = 2.2$

WYNIKI - SŁUP (wg PN-B-03002:2007):



Warunek nośności pod stropem:

$A = 0.12 \text{ m}^2$, $f_d = 0.42 \text{ MPa}$, $F_{1,x} = 0.706$, $F_{1,y} = 0.952$

$N_{1R,d,x} = 35.53 \text{ kN}$, $N_{1R,d,y} = 47.93 \text{ kN}$, $N_{0R,d} = A \cdot f_d = 50.33 \text{ kN}$

$$N_{1d} = 19.17 \text{ kN} < N_{1R,d,xy} = 1/[(1/N_{1R,d,x}) + (1/N_{1R,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 34.32 \text{ kN} \quad (55.9\%)$$

Warunek nośności w strefie środkowej:

$$A = 0.12 \text{ m}^2, \quad f_d = 0.42 \text{ MPa}, \quad F_{m,x} = 0.456, \quad F_{m,y} = 0.948$$

$$N_{mR,d,x} = 22.96 \text{ kN}, \quad N_{mR,d,y} = 47.73 \text{ kN}, \quad N_{0R,d} = 50.33 \text{ kN}$$

$$N_{md} = 21.31 \text{ kN} < N_{mR,d,xy} = 1/[(1/N_{mR,d,x}) + (1/N_{mR,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 22.40 \text{ kN} \quad (95.1\%)$$

Warunek nośności nad stropem:

$$A = 0.12 \text{ m}^2, \quad f_d = 0.42 \text{ MPa}, \quad F_{2,x} = 0.706, \quad F_{2,y} = 0.952$$

$$N_{2R,d,x} = 35.53 \text{ kN}, \quad N_{2R,d,y} = 47.93 \text{ kN}, \quad N_{0R,d} = 50.33 \text{ kN}$$

$$N_{2d} = 23.45 \text{ kN} < N_{2R,d,xy} = 1/[(1/N_{2R,d,x}) + (1/N_{2R,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 34.32 \text{ kN} \quad (68.3\%)$$

Stan projektowany (instalacja fotowoltaiczna)

$$\text{OBC. } (2.4 \times 1,3 + 0,2 \times 1,5 + 0,72 \times 1,5) \times 1,8 \times 200\% = 16.2 \text{ kN / mb}$$

DANE:

Materiał:

Ściana z elementów ceramicznych grupy 4

Znormalizowana wytrzymałość elementu na ściskanie $f_b = 10.0 \text{ MPa}$

Kategoria wykonania elementu I

Zaprawa murarska: lekka klasy M2.5, przepisana $f_m = 2.5 \text{ MPa}$

® Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 1.32 \text{ MPa}$

Geometria:

Grubość słupa $t = 12.0 \text{ cm}$

Szerokość słupa $b = 100.0 \text{ cm}$

Wysokość słupa $h = 180.0 \text{ cm}$

Podparcie góry słupa w kierunku osi y elementem żelbetowym

Podparcie góry słupa w kierunku osi x elementem żelbetowym

Obciążenia obliczeniowe:

Obciążenie skupione pionowe $N_{sd} = 16.20 \text{ kN}$

Moment zginający $M_{sd,x} = 0.00 \text{ kNm}$

Moment zginający $M_{sd,y} = 0.00 \text{ kNm}$

Ciężar objętościowy muru $r = 18.0 \text{ kN/m}^3; \quad g_f = 1.10$

® ciężar własny słupa $G_s = 4.28 \text{ kN/mb}$

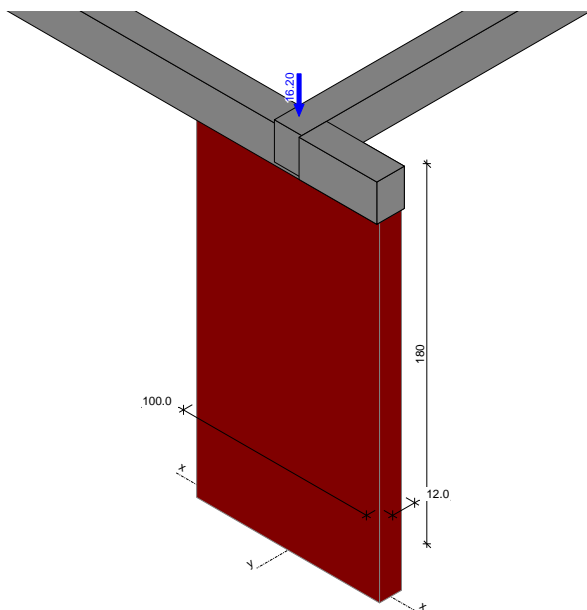
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE:

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Kategoria wykonania robót: B

® Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $g_m = 2.2$

WYNIKI - SŁUP (wg PN-B-03002:2007):



Warunek nośności pod stropem:

$$A = 0.12 \text{ m}^2, f_d = 0.42 \text{ MPa}, F_{1,x} = 0.706, F_{1,y} = 0.952$$

$$N_{1R,d,x} = 35.53 \text{ kN}, N_{1R,d,y} = 47.93 \text{ kN}, N_{0R,d} = A \cdot f_d = 50.33 \text{ kN}$$

$$N_{1d} = 16.20 \text{ kN} < N_{1R,d,xy} = 1/[(1/N_{1R,d,x}) + (1/N_{1R,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 34.32 \text{ kN} \quad (47.2\%)$$

Warunek nośności w strefie środkowej:

$$A = 0.12 \text{ m}^2, f_d = 0.42 \text{ MPa}, F_{m,x} = 0.456, F_{m,y} = 0.948$$

$$N_{mR,d,x} = 22.97 \text{ kN}, N_{mR,d,y} = 47.73 \text{ kN}, N_{0R,d} = 50.33 \text{ kN}$$

$$N_{md} = 18.34 \text{ kN} < N_{mR,d,xy} = 1/[(1/N_{mR,d,x}) + (1/N_{mR,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 22.41 \text{ kN} \quad (81.8\%)$$

Warunek nośności nad stropem:

$$A = 0.12 \text{ m}^2, f_d = 0.42 \text{ MPa}, F_{2,x} = 0.706, F_{2,y} = 0.952$$

$$N_{2R,d,x} = 35.53 \text{ kN}, N_{2R,d,y} = 47.93 \text{ kN}, N_{0R,d} = 50.33 \text{ kN}$$

$$N_{2d} = 20.48 \text{ kN} < N_{2R,d,xy} = 1/[(1/N_{2R,d,x}) + (1/N_{2R,d,y}) - (1/N_{0R,d})] = 34.32 \text{ kN} \quad (59.7\%)$$

3.4. Analiza wyników

· Kratownica stalowa

Analizie poddano kratownicę stalową w dwóch przypadkach obciążeń - istniejącą instalacją solarną oraz projektowaną instalacją fotowoltaiczną. Obciążenie równomierne od instalacji fotowoltaicznej jest mniejsze od istniejącego obciążenia kolektorami. Warunki nośności zostały spełnione w obu przypadkach, jednak naprężenia w elementach wiązara osiągają maksymalne dopuszczalne wartości.

W związku z powyższym zaleca się odtworzenie dokładnej dokumentacji warsztatowej wiązara stalowego, dokonanie stosownych odkrywek i badań laboratoryjnych oraz pogłębioną analizę statyczno-wytrzymałościową tego elementu wraz ze zbadaniem szczegółowych warunków normowych.

· Ściana kalenicowa

Analizie poddano ścianę kalenicową w dwóch przypadkach obciążeń - istniejącą instalacją solarną oraz projektowaną instalacją fotowoltaiczną. Warunki nośności zostały spełnione w obu przypadkach. Zmiana obciążenia wpływa w nieznacznym stopniu na wyężenie elementu.

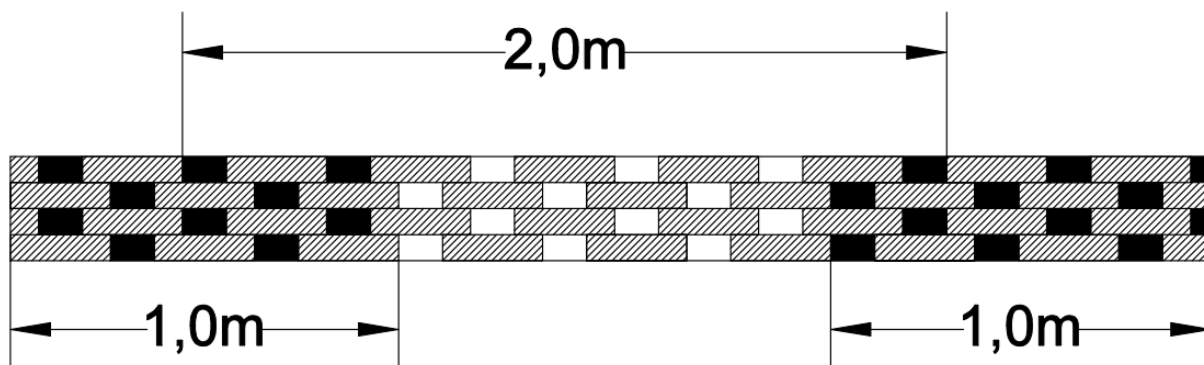
4. WNIOSKI I ZALECENIA

Warunki konieczne w celu przeprowadzenia robót montażowych na dachu budynku:

- Zaobserwowane pęknięcia komina (pkt. 1.3. Obraz 5) - należy uzupełnić zaprawą i zastosować spięcie muru stalowymi prętami.
- W miejscu niezabezpieczonych przejść instalacji wentylacji i klimatyzacji (pkt. 1.3. Obraz 4) należy wykonać wzmocnienie ściany poprzez wstawienie żelbetowego nadproża systemowego np. 2xL19 oraz uzupełnienie przestrzeni pomiędzy cegłami zaprawą cementową na odcinku 1,0m.
- Należy uporządkować przestrzeń strychową. Należy bezwzględnie usunąć zalegające odpady pobudowlane i równomierne rozłożyć warstwy wełny mineralnej.
- Przed przystąpieniem do robót montażowych instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku należy wykonać projekt montażu. **Zabrania się składowania materiału i gromadzenia ponadnormatywnych obciążeń w jednym obszarze dachu.**
- Po wykonaniu instalacji fotowoltaicznej w sezonie zimowym należy nie dopuścić do powstawania worków śnieżnych w rejonie nowoprojektowanych paneli fotowoltaicznych.

Zalecenia i dobre praktyki dla bezpiecznego dalszego eksploataowania budynku:

- Z uwagi na brak dokumentacji dotyczącej elementów kratownicy stalowej, obliczenia wykonane w niniejszej analizie należy traktować jedynie szacunkowo. W celu dalszej bezpiecznej eksploatacji budynku zaleca się wykonanie przez Zarządcę budynku dokładnej analizy konstrukcji dachu wraz z jego inwentaryzacją geodezyjną (patrz pkt. 3.4).
- Na podstawie oględzin i dokonanej oceny wizualnej stwierdza się, że stan techniczny konstrukcji kratownicy stalowej jest dobry. Miejscami występują lokalne odspojenia farby antykorozyjnej. Zaleca się ponowne zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji stalowej w miejscach ubytków.
- Proponuje się wzmocnienie ścian ażurowych poddasza poprzez uzupełnienie przestrzeni zaprawą cementową. Uzupełnienie należy wykonać na odcinku 1,0m ściany w rozstawie co 2,0m.



Wnioski końcowe:

Po przeprowadzeniu analizy wybranych elementów konstrukcyjnych (kratownicy stalowej oraz ściany kalenicowej) budynku, na które działać będą zmienione obciążenia wynikające ze stanu projektowego, stwierdza się, że dopuszczalna nośność głównych elementów konstrukcyjnych dachu nie zostanie przekroczona.

Stwierdza się możliwość realizacji montażu paneli fotowoltaicznych na dachu Teatru Wielkiego w Łodzi pod warunkiem spełnienia określonych powyżej ustaleń i wymogów. Dla projektowanych elementów instalacji fotowoltaicznej należy wykonać odrębny projekt branżowy.

Opracowanie: