

EKSPERTYZA TECHNICZNA

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI STROPODACHU

1.0. Dane ogólne:

1.1. Przedmiot i cel opracowania:

Przedmiotem opracowania jest ocena stanu konstrukcji istniejącego dachu na budynku administracyjno warsztatowym powiatowego Zarządu Dróg w Chełmnie.

Celem opracowania jest odpowiedź na pytanie na istniejącym dachu można ustawić panele fotowoltaiczne zgodnie z projektem dostarczonym głównemu projektantowi rozbudowy szkoły przez firmę: **Energia Taniej sp. z o.o. Włodka 16F, 86-300 Grudziądz**

1.2. Podstawa opracowania

1.2.1. Opracowanie stanowi element projektu architektoniczno-budowlanego pn:
TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU ADMINISTRACYJNO-WARSZTATOWEGO POWIATOWEGO ZARZĄDU DRÓG W CHEŁMNIE

1.2.2. Projekt instalacji fotowoltaicznej, obciążenie dachu istniejącego szkoły opracowany **przez firmę: Energia Taniej sp. z o.o. Włodka 16F, 86-300 Grudziądz** w zakresie obciążenia dachu panelami fotowoltaicznymi

1.2.4. Inwentaryzacja elementów konstrukcji do celów analizy wytrzymałościowej stropu

1.3. Lokalizacja:

Chełmno ul. Łunawska 9
DZ. NR 1/5 OBR. 5 GMINA CHEŁMNNO

1.4. Inwestor:

POWIAT CHEŁMIŃSKI

1.5. Adres Inwestora:

86-200 Chełmno ul. Kolejowa 1

2.0. Zakres i metoda :

Opracowanie obejmuje oceną techniczną stropodachu w budynku administracyjno-warsztatowym Powiatowego Zarządu Dróg w Chełmnie. W celu dokonania oceny przeprowadzono inwentaryzację elementów konsytuacji stropodachu wraz z badaniem zbrojenia w belkach stropowych.

Przyjęto formę **ekspertyzy technicznej** tj. oceny stanu obiektu popartej badaniami i wyliczeniami wytrzymałości jego elementów.

3.0. Opis stanu faktycznego:

Budynek administracyjno-warsztatowy Powiatowego Zarządu Dróg w Chełmnie jest budynkiem parterowym, przykrytym stropodachem monolitycznym, pełnym, niewentylowanym

Na podstawie odkrywek stwierdzono, że elementem nośnym jest strop gęstożebrowy na belkach prefabrykowanych o osiowym rozstawie belek 65cm. Brak możliwości sprawdzenia pełnego przekroju stropu, lecz rozstaw belek o wysokość wskazuje na strop DMS z belkami nośnymi opartymi na ścianach nośnych podłużnych. Na stropie tym wykonano spadki z żużla paleniskowego oraz pokrycie z papy asfaltowej na lepiku asfaltowym na gładzi cementowej.

W trakcie przeprowadzonych oględzin i badań stwierdzono włoskowate zarysowania stropu przebiegające równolegle do kierunku nośnego, belek stropowych, na styku belek DMS z pustakami. Występujące zarysowania nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa konstrukcji - są to typowe uszkodzenie wynikające z pracy statycznej tych stropów, stosowanych w latach pięćdziesiątych XXw , w dynamicznie rozwijającym się wtedy budownictwie mieszkaniowym i administracyjnym Rozstaw belek wskazuje, że zastosowano strop DMS-65W z belkami wolnopodpartymi zgodnie z BN-62/8841-01

Strop DMS wykonywany był częściowo na budowie -pustaki, a w niektórych przypadkach belki.

Ciężar stropu DMS

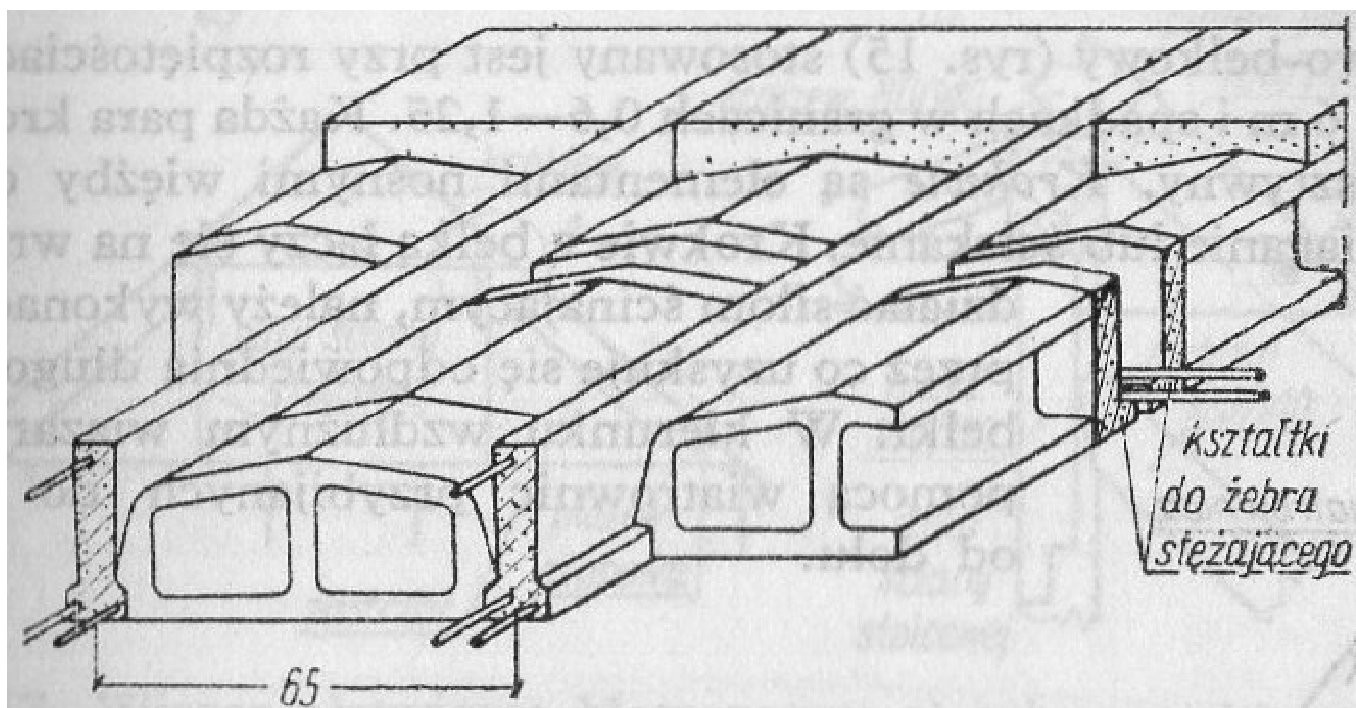
Lp.	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m ²
1.	Belki stropowe - 0,018 x 24,0 [0,430kN/m ²]	0,43	1,10	--	0,47
2.	Pustaki betonowe - 0,048x23,00 [1,100kN/m ²]	1,10	1,10	--	1,21
3.	Beton pachwinowy - 0,0214x23,00 [0,490kN/m ²]	0,49	1,30	--	0,64
	Σ:	2,02	1,15	--	2,32

Dokonując w dniu 22.06.2023 inwentaryzacji stwierdzono występowanie trzech rodzajów belek DMS:

- Nr 1 rozstaw w świetle $l = 3,65\text{m} \rightarrow l_0 = 3,85\text{m}$ oparcie na ścianie 10cm
- Nr 2 rozstaw w świetle $l = 4,35\text{m} \rightarrow l_0 = 4,45\text{m}$
- Nr 3 rozstaw w świetle $l = 4,78\text{m} \rightarrow l_0 = 4,90\text{m}$

Strop DMS był stosowany na dużą skalę zwłaszcza w latach 50. XX wieku, w dynamicznie rozwijającym się wtedy budownictwie mieszkaniowym i administracyjnym po II wojnie światowej (odbudowa, głód mieszkaniowy). W skład takiego stropu wchodzi: prefabrykowane belki z żelbetu, pustaki żwirobetonowe lub gruzobetonowe, beton pachwinowy (wypełnieniowy), płyta nadbetonu i pręty stalowe (dwa u dołu i jeden u góry). Najczęściej prefabrykowane belki w stropach DMS są rozstawione co 50 albo 65 cm. Ich długość wynosi: 4,40, 4,80, 5,20, 5,60 i 6,0 metrów^[1].

Belki stropowe oparte na ścianach i podciągu stalowym

**PODCIĄG**

Dokonano odkucia podciągu stalowego stwierdzając:

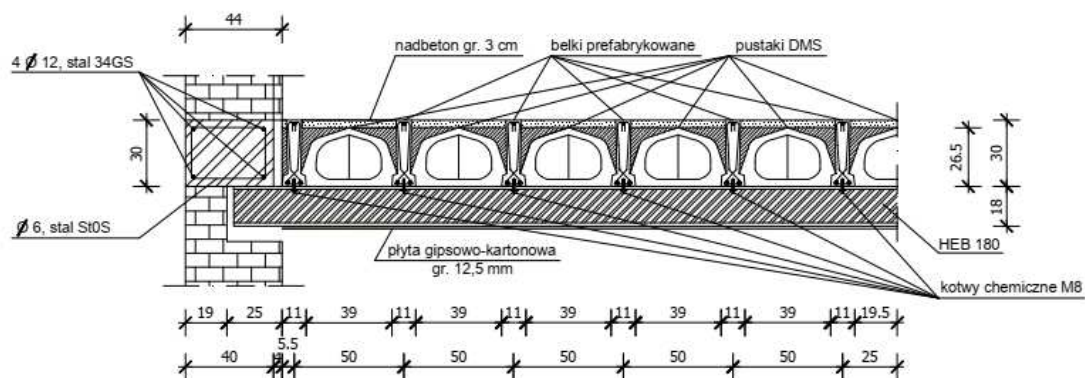
Dwuteownik walcowany

szerokość stopy 300mm

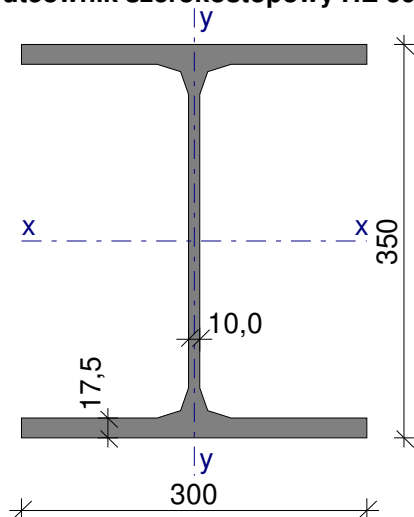
grubość stopy 20,5mm

wysokość dwuteownika 35cm

do wymiarowania przyjęto przekrój **HE 360 A**



Dwuteownik szerokostopowy HE 360 A (wg PN-H-93452:2005)



Wymiary przekroju

$h = 350 \text{ mm}$, $b_f = 300 \text{ mm}$

$t_w = 10,0 \text{ mm}$, $t_f = 17,5 \text{ mm}$

$r = 27,0 \text{ mm}$

Cechy geometryczne przekroju

$A = 143,0 \text{ cm}^2$, $A_{vy} = 35,00 \text{ cm}^2$, $A_{vx} = 105,0 \text{ cm}^2$

$J_x = 33090 \text{ cm}^4$, $J_y = 7890 \text{ cm}^4$

$W_x = 1890 \text{ cm}^3$, $W_y = 526,0 \text{ cm}^3$

$W_{pl,x} = 2088 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 795,4 \text{ cm}^3$

$i_x = 15,20 \text{ cm}$, $i_y = 7,430 \text{ cm}$

$J_w = 2177000 \text{ cm}^6$, $J_T = 149,0 \text{ cm}^4$

$W_w = 8730 \text{ cm}^4$, $S_x = 1044 \text{ cm}^3$

$A_L = 1,834 \text{ m}^2/\text{mb}$, $A_G = 1,637 \text{ m}^2/\text{t}$

$U/A = 128,2 \text{ m}^{-1}$, $m = 112,0 \text{ kg/m}$

Stal: St3, $f_d = 205 \text{ MPa}$, $\lambda_p = 86,0$;

4.0. Projektowane obciążenie panelami fotowoltaicznymi

Schemat rozkładu paneli



Ilustracja: Obraz przegląd, Projektowanie 3D

Obciążenie od paneli

4.1.1. Belka nr 1 zbrojenie w belce 2φ14 gładkie

 Maksymalne obciążenie $q_f = 0,38 \text{ kN/m}^2$

 Obciążenie stropodachu z maksymalnym obciążeniem fotowoltaiką
(bez ciężaru stropu)

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m^2	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m^2
1.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
2.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
3.	Styropian grub. 15 cm [0,45kN/m ³ ·0,15m]	0,07	1,30	--	0,09
4.	żużel paleniskowy średnio 25cm [0,25x1,1]	0,28	1,30	--	0,36
5.	Papa na podłożu betonowym bez posypania żwirkiem, pojedynczo [0,050kN/m ²]	0,05	1,30	--	0,07
6.	fotowoltaika	0,38	1,30	--	0,49
7.	Warstwa szpachlówki do tynków grub. 1 cm [14,0kN/m ³ ·0,01m]	0,14	1,30	--	0,18
8.	Obciążenie śniegiem połaci bardziej obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 3, A=50 m n.p.m. -> Q _k = 1,2 kN/m ² , nachylenie połaci 3,0 st. -> C2=0,8) [0,960kN/m ²]	0,96	1,50	---	1,44
Σ:		2,18	1,39	--	3,03

Zbrojenie belek systemowych stropu DMS w zależności od sposobu podparcia, rozpiętości i wartości obciążeń

Typ stropu		Zbrojenie dolne [mm]	Zbrojenie górne [mm]		Maksymalna rozpiętość [m] przy obciążeniu ponad ciężar własny stropu [kN/m²]:					Średnica strzemion [mm]
			na całej długości	przy podporze	2,1	2,6	3,1	3,5	4,0	
Belki wolnopodparte	WG-1	2φ8	1φ6	-	3,0	2,85	2,75	2,65	2,55	1φ3
	WG-2	1φ8+1φ10	1φ6	-	3,35	3,2	3,05	2,95	2,85	1φ3
	WG-3	2φ10	1φ6	-	3,7	3,5	3,35	3,25	3,1	1φ3
	WG-4	1φ10+1φ12	1φ6	-	4,1	3,9	3,7	3,6	3,45	1φ3
	WG-5	2φ12	1φ6	-	4,4	4,2	4,0	3,9	3,75	1φ3
	WG-6	1φ12+1φ14	1φ6	-	4,8	4,55	4,35	4,25	4,05	1φ4,5
	WG-7	2φ14	1φ6	1φ6	5,15	4,9	4,7	4,55	4,35	1φ4,5
	WG-8	1φ14+1φ16	1φ6	1φ6	5,5	5,25	5,0	4,85	4,65	1φ4,5
	WG-9	1φ16	1φ6	1φ6	5,75	5,55	5,3	5,15	4,95	1φ4,5
	WG-10	1φ16+1φ18	1φ6	1φ6	6,1	5,85	5,6	5,45	5,25	1φ4,5
	WG-11	2φ18	1φ6	1φ6	6,45	6,2	5,95	5,75	5,5	1φ4,5
	WG-12	1φ18+1φ20	1φ6	1φ6	6,75	6,45	6,2	5,95	5,75	1φ6
	WG-13	2φ20	1φ6	1φ6	-	6,75	6,45	6,25	6,0	1φ6
	WG-14	1φ20+1φ22	1φ6	1φ6	-	-	6,6	6,45	6,2	1φ6
	WG-15	2φ22	1φ6	1φ6	-	-	6,85	6,65	6,4	1φ6
	WŻ-1	2Ø8	1φ6	-	4,0	3,8	3,65	3,5	3,4	1φ4,5
	WŻ-2	1Ø8+1Ø10	1φ6	-	4,55	4,3	4,15	4,0	3,85	1φ4,5
	WŻ-3	2Ø10	1φ6	1Ø8	5,0	4,75	4,55	4,4	4,2	1φ4,5
	WŻ-4	1Ø10+1Ø12	1φ6	1Ø8	5,5	5,2	5,05	4,85	4,65	1φ4,5
	WŻ-5	2Ø12	1φ6	1Ø8	5,95	5,65	5,4	5,2	5,05	1φ4,5
	WŻ-6	1Ø12+1Ø14	1φ6	1Ø8	5,35	6,1	5,8	5,6	5,4	1φ4,5
	WŻ-7	2Ø14	1φ6	1Ø8	6,7	6,4	6,1	5,95	5,75	1φ4,5
	WŻ-8	1Ø14+1Ø16	1φ6	1Ø8	-	6,75	6,5	6,25	6,05	1φ4,5
	WŻ-9	2Ø16	1φ6	1Ø8	-	-	6,7	6,5	6,25	1φ4,5

Moment maksymalny przęsłowy 5,93kNm
 Moment przęsłowy niszczący 7,2kNm

Odpowiadająca belka systemowa WG 3 zbrojenie 2 ϕ 10mm (tab: 4.-3 Konstrukcje żelbetowe wydanie czwarte, Arkady Warszawa 1973, autorzy doc. dr hab. inż. Jerzy Kobiak i doc. dr hab. inż. Wiesław Stachurski)

$l = 3,84\text{m}$

Obciążenie zewnętrzne 3,03kN/m²

belka wolnopodparta



belka systemowa WG 3 zbrojona 2 ϕ 10mm

Na podstawie badania zbrojenia przeprowadzonego w dnoiu 12.07.2023 stwierdzono pręty gładkie $\phi 14$ stal A-0 (St0S-b)

Obciążenie stropodachu z maksymalnym obciążeniem fotowoltaiką wraz z ciężarem stropu (bez ciężaru stropu)

Ciężar własny stropu 275kG/m² = 2,75kN/m²

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m ²
1.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
2.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
3.	Styropian grub. 15 cm [0,45kN/m ³ ·0,15m]	0,07	1,30	--	0,09
4.	żużel paleniskowy średnio 25cm [0,25x1,1]	0,28	1,30	--	0,36
5.	Papa na podłożu betonowym bez posypania żwirkiem, pojedynczo [0,050kN/m ²]	0,05	1,30	--	0,07
6.	fotowoltaika	0,38	1,30	--	0,49
7.	Warstwa szpachlówki do tynków grub. 1 cm [14,0kN/m ³ ·0,01m]	0,14	1,30	--	0,18
8.	Obciążenie śniegiem połaci bardziej obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 3, A=50 m n.p.m. -> Q _k = 1,2 kN/m ² , nachylenie połaci 3,0 st. -> C ₂ =0,8) [0,960kN/m ²]	0,96	1,50	0,00	1,44
9.	strop DMS	2,75	1,10	--	3,03
Σ :		4,93	1,23	--	6,05

Obciążenie normowe na jedno żebro 0,65x6,4,93 = 3,20kM/mb

$l = 3,65 \rightarrow l_0 = 3,9\text{m}$

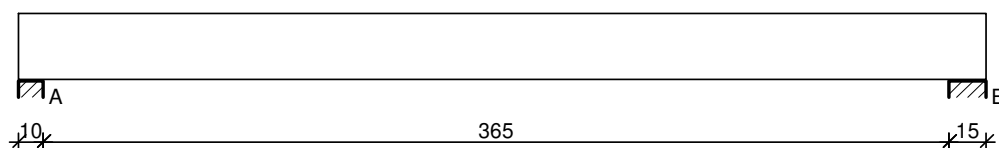
belka:

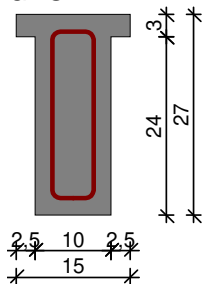
b = 7cm,

h = 27cm

Przyjęto belkę teową z z uwzględnieniem betonu pachwinowego

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKIWymiary przekroju:

Typ przekroju: teowy

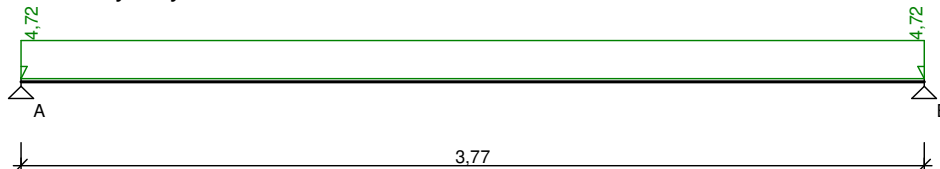
Szerokość przekroju $b_w = 10,0$ cmWysokość przekroju $h = 27,0$ cmSzerokość półki górnej $b_{eff} = 15,0$ cmWysokość półki górnej $h_f = 3,0$ cm

Rodzaj belki: monolityczna

OBCIĄŻENIA NA BELCEZestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	obciążenie zewnętrzne	3,20	1,23	--	3,94	cała belka
2.	Ciężar własny belki $[(0,10m \cdot 0,27m) + ((0,15m - 0,10m) \cdot 0,03m) \cdot 25,0kN/m^3]$	0,71	1,10	--	0,78	cała belka
$\Sigma:$		3,91	1,21		4,72	

Schemat statyczny belki

**DANE MATERIAŁOWE**Parametry betonu:Klasa betonu: **C12/15** (B15) $\rightarrow f_{cd} = 8,00$ MPa, $f_{ctd} = 0,73$ MPa, $E_{cm} = 27,0$ GPaCiężar objętościowy $\rho = 25,0$ kN/m³Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 8$ mm

Wilgotność środowiska RH = 50%

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono) $\phi = 3,42$ Zbrojenie główne:Klasa stali A-0 (**St0S-b**) $\rightarrow f_{yk} = 220$ MPa, $f_{yd} = 190$ MPa, $f_{tk} = 300$ MPaŚrednica prętów górnych $\phi_g = 14$ mmŚrednica prętów dolnych $\phi_d = 14$ mmStrzemiona:Klasa stali A-0 (**St0S-b**) $\rightarrow f_{yk} = 220$ MPa, $f_{yd} = 190$ MPa, $f_{tk} = 300$ MPaŚrednica strzemion $\phi_s = 6$ mmZbrojenie montażowe:

Klasa stali A-0 (St0S-b)

Średnica prętów $\phi = 10$ mmOtulenie:

Klasa środowiska: XC1

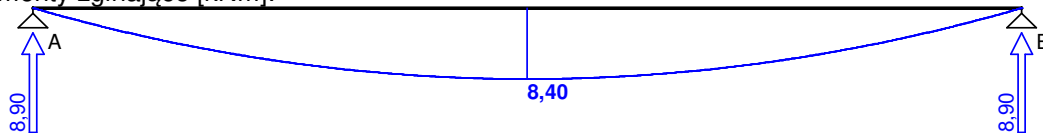
Wartość dopuszczalnej odchyłki $\Delta c = 5$ mm \rightarrow nominalna grubość otulenia $c_{nom} = 20$ mm

ZAŁOŻENIA

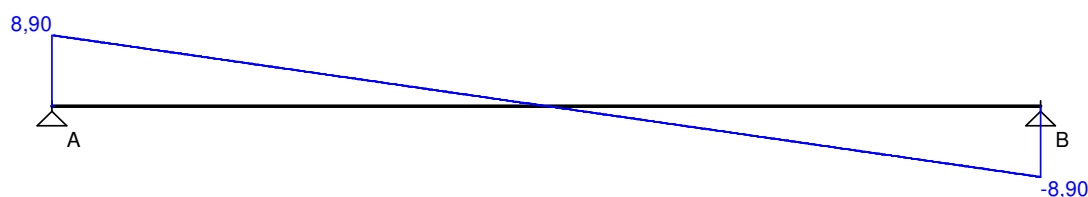
Sytuacja obliczeniowa: trwała
 Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet. $\cot \theta = 2,00$
 Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$
 Graniczne ugięcie w przęsłach $a_{lim} = \text{jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)}$
 Graniczne ugięcie na wspornikach $a_{lim} = \text{jak dla wsporników (wg tablicy 8)}$

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

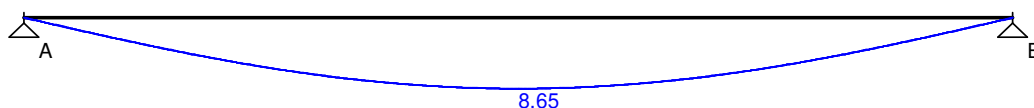
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

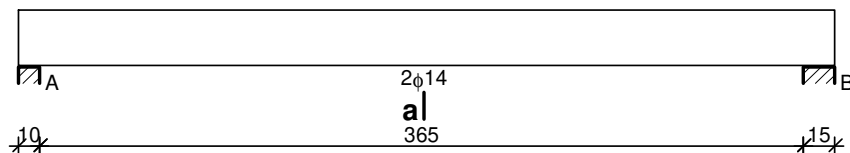


Ugięcia [mm]:



WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002

a|



Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój a-a)

Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{Sd} = 8,40 \text{ kNm}$

Zbrojenie potrzebne $A_s = 2,00 \text{ cm}^2$. Przyjęto $2\phi 14$ o $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ ($\rho = 1,30\%$)

Warunek nośności na zginanie: $M_{Sd} = 8,40 \text{ kNm} < M_{Rd} = 12,33 \text{ kNm}$ (68,1%)

Ścinanie:

Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej $V_{Sd} = 7,55 \text{ kN}$

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami dwuciętymi $\phi 6$ co 170 mm na całej długości przęsła

Warunek nośności na ścinanie: $V_{Sd} = 7,55 \text{ kN} < V_{Rd1} = 13,27 \text{ kN}$ (56,9%)

SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{Sk} = 6,96 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt} = 6,96 \text{ kNm}$

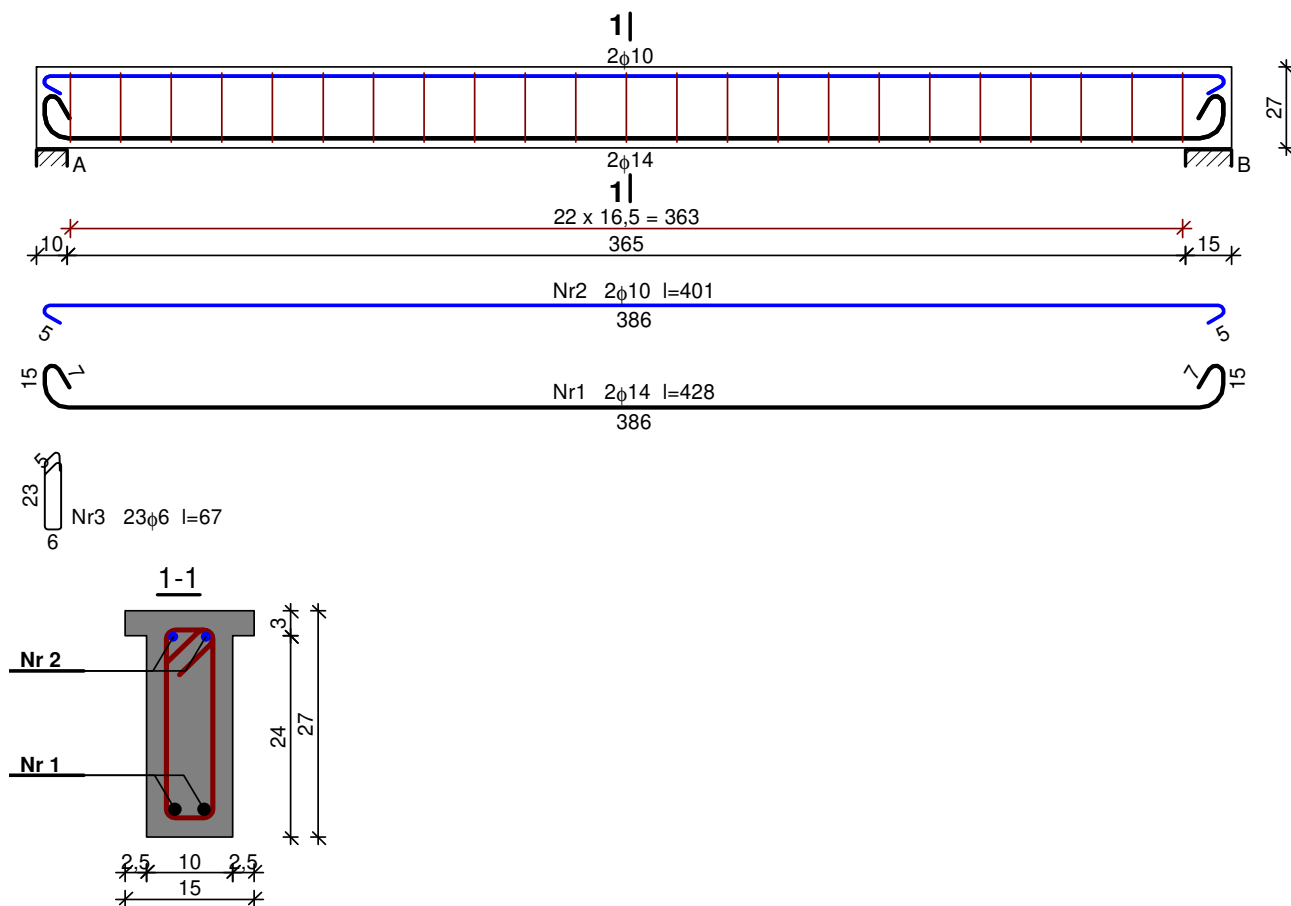
Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,086 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$ (28,7%)

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt}) = 8,65 \text{ mm} < a_{lim} = 3775/200 = 18,87 \text{ mm}$ (45,8%)

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej $V_{Sk,lt} = 7,18 \text{ kN}$

Szerokość rys ukośnych: rysy nie wyznaczono

SZKIC ZBROJENIA



WNIOSEK:

Zbrojenie potrzebne $A_s = 2,00 \text{ cm}^2$. Przyjęto 2φ14 o $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$

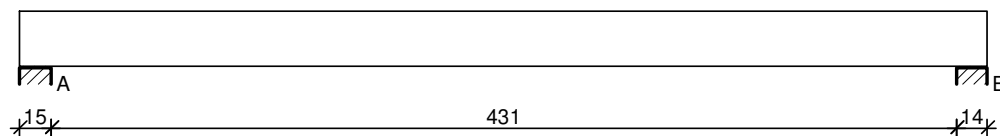
Wykorzystanie przekroju na zginanie -68,1%)

4.1.2. Belka nr 2

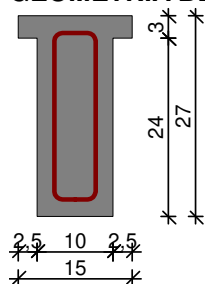
Obciążenie na jedno żebro $0,65 \times 6,05 = 3,93 \text{ kN/mb}$

$l_n = 4,31 \text{ m} \rightarrow l_o = 4,80 \text{ m}$

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKI



Wymiary przekroju:

Typ przekroju: teowy

 Szerokość przekroju $b_w = 10,0 \text{ cm}$

 Wysokość przekroju $h = 27,0 \text{ cm}$

 Szerokość półki górnej $b_{\text{eff}} = 15,0 \text{ cm}$

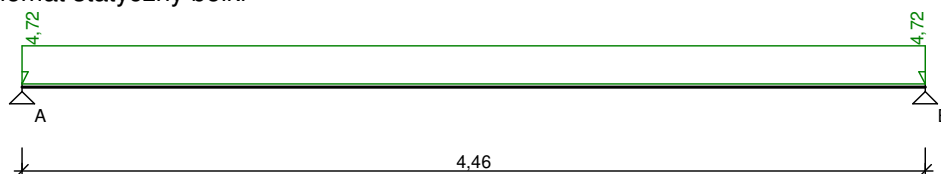
 Wysokość półki górnej $h_f = 3,0 \text{ cm}$

Rodzaj belki: monolityczna

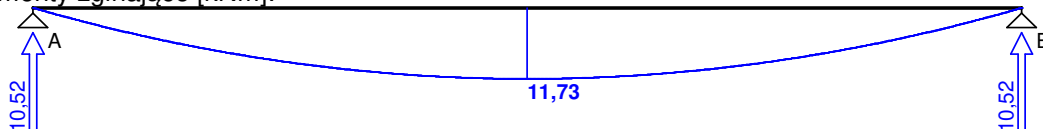
OBCIĄŻENIA NA BELCE
Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	obciążenie zewnętrzne	3,20	1,23	--	3,94	cała belka
2.	Ciężar własny belki $[(0,10\text{m} \cdot 0,27\text{m}) + ((0,15\text{m} - 0,10\text{m}) \cdot 0,03\text{m}) \cdot 25,0\text{kN/m}^3]$	0,71	1,10	--	0,78	cała belka
$\Sigma:$		3,91	1,21		4,72	

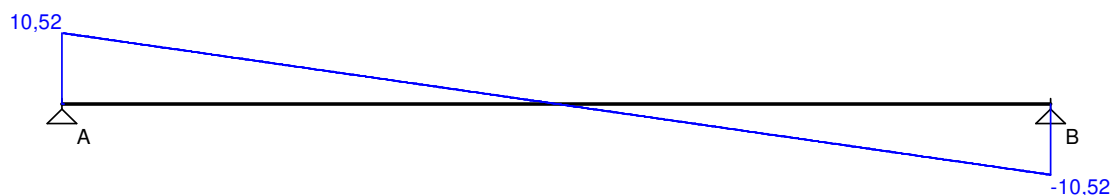
Schemat statyczny belki


DANE MATERIAŁOWE I ZAŁOŻENIA jak dla belki nr 1 (poz: 4.1.1.)
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

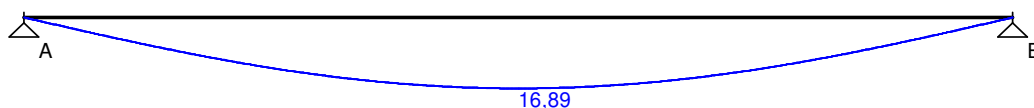
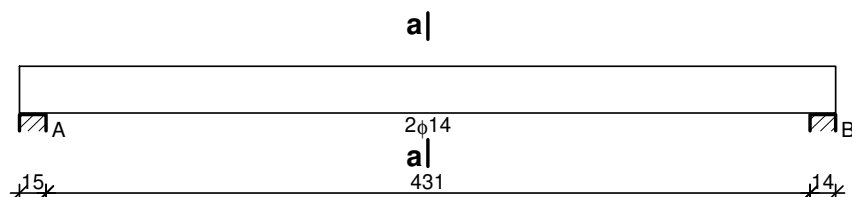
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:



Ugięcia [mm]:


WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002


Przęsło A - B:
Zginanie: (przekrój **a-a**)

 Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{Sd} = 11,73 \text{ kNm}$

 Zbrojenie potrzebne $A_s = 2,90 \text{ cm}^2$. Przyjęto **2φ14** o $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ ($\rho = 1,30\%$)

 Warunek nośności na zginanie: $M_{Sd} = 11,73 \text{ kNm} < M_{Rd} = 12,33 \text{ kNm}$ (95,1%)

Ścinanie:

 Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej $V_{Sd} = 9,05 \text{ kN}$

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami dwuciętymi φ6 co 170 mm na całej długości przęsła

 Warunek nośności na ścinanie: $V_{Sd} = 9,05 \text{ kN} < V_{Rd1} = 13,27 \text{ kN}$ (68,2%)

SGU:

 Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{Sk} = 9,72 \text{ kNm}$

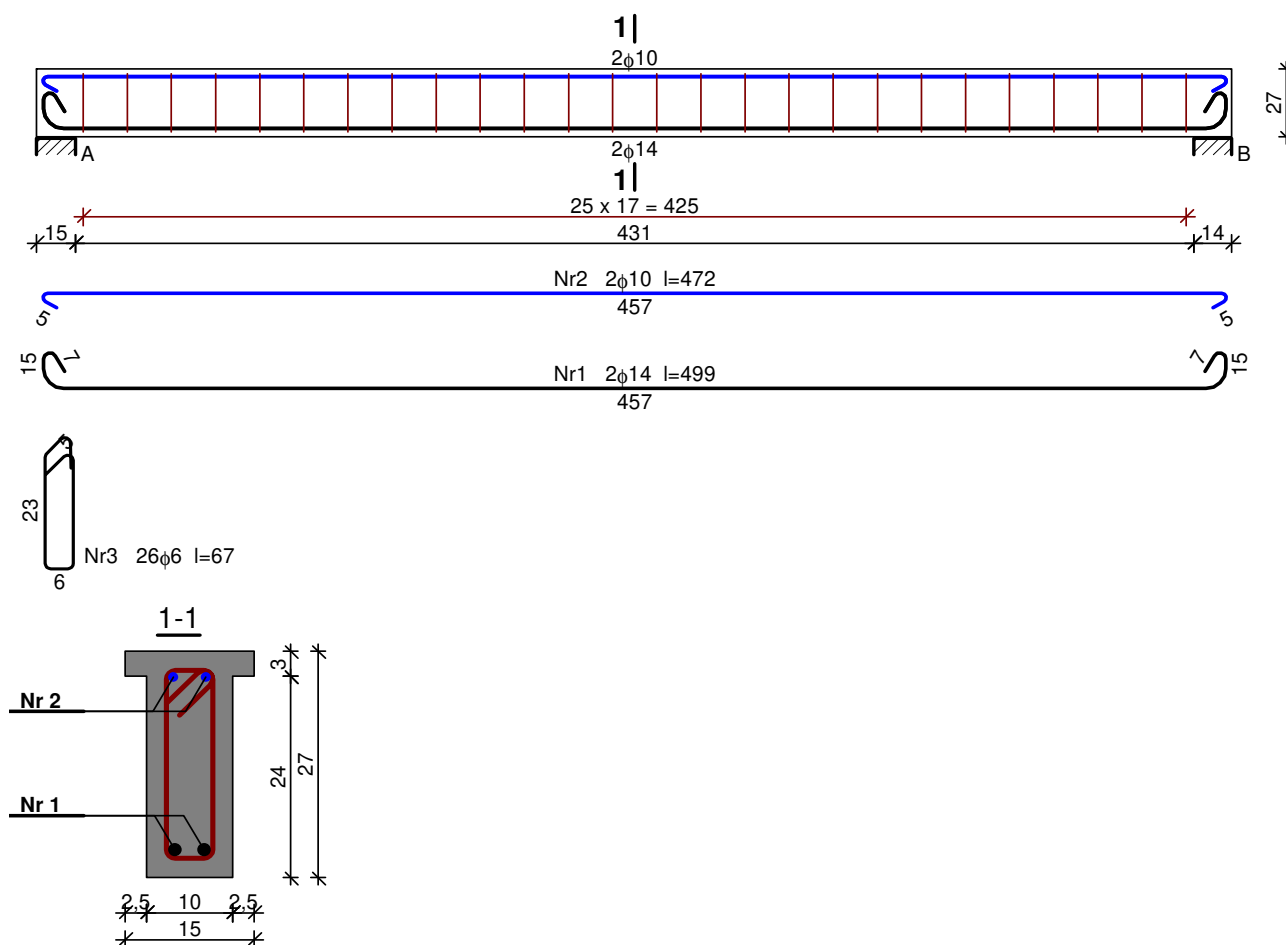
 Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt} = 9,72 \text{ kNm}$

 Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,122 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$ (40,6%)

 Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt}) = 16,89 \text{ mm} < a_{lim} = 4460/200 = 22,30 \text{ mm}$ (75,7%)

 Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej $V_{Sk,lt} = 8,43 \text{ kN}$

Szerokość rys ukośnych: rysy nie wyznaczono

SZKIC ZBROJENIA

WNIOSEK:

 Zbrojenie potrzebne $A_s = 2,00 \text{ cm}^2$. Przyjęto **2φ14** o $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$

Wykorzystanie przekroju na zginanie -95,1%)

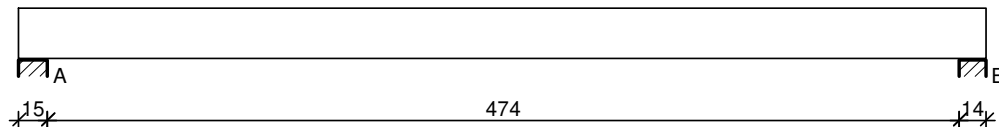
4.1.2. Belka nr 3

Obciążenie na jedno żebro $0,65 \times 6,05 = 3,93 \text{ kN/m}$

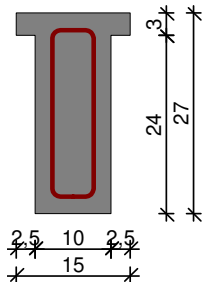
$l_n = 4,74 \text{ m}$

$l_o = 5,04 \text{ m}$

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKI



Wymiary przekroju:

Typ przekroju: teowy

Szerokość przekroju $b_w = 10,0 \text{ cm}$

Wysokość przekroju $h = 27,0 \text{ cm}$

Szerokość półki górnej $b_{eff} = 15,0 \text{ cm}$

Wysokość półki górnej $h_f = 3,0 \text{ cm}$

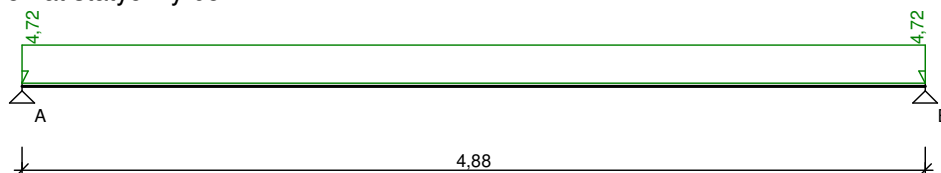
Rodzaj belki: monolityczna

OBCIĄŻENIA NA BELCE

Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	obciążenie zewnętrzne	3,20	1,23	--	3,94	cała belka
2.	Ciężar własny belki $[(0,10 \text{ m} \cdot 0,27 \text{ m}) + ((0,15 \text{ m} - 0,10 \text{ m}) \cdot 0,03 \text{ m})] \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3$	0,71	1,10	--	0,78	cała belka
Σ :		3,91	1,21		4,72	

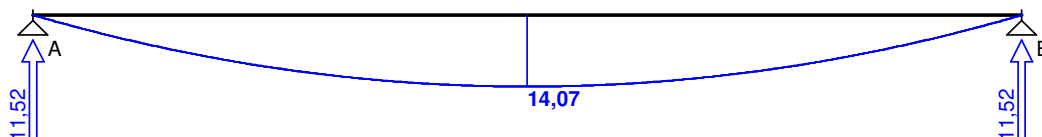
Schemat statyczny belki



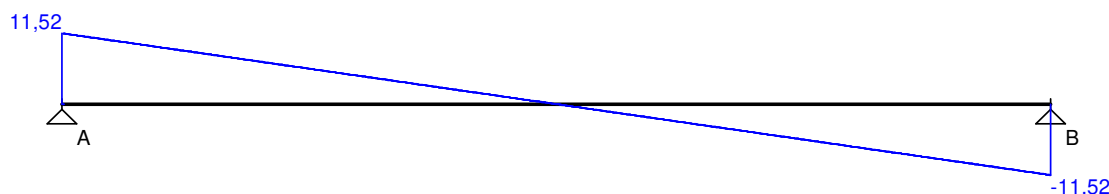
DANE MATERIAŁOWE I ZAŁOŻENIA jak dla belki nr 1 (poz: 4.1.1.)

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

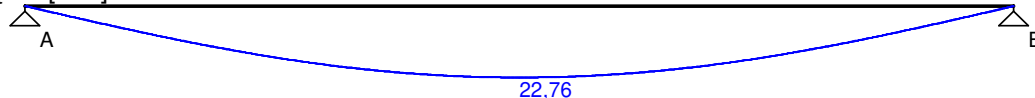
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

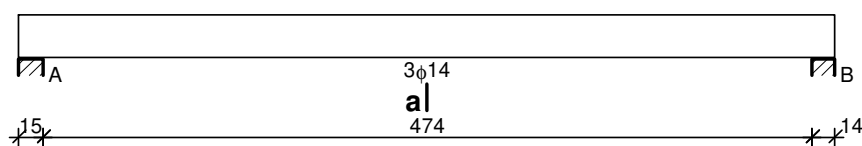


Ugięcia [mm]:



WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002

a|



Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój a-a)

Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{Sd} = 14,07 \text{ kNm}$

Zbrojenie potrzebne $A_s = 3,88 \text{ cm}^2$. **Przyjęto $3\phi 14$** o $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ ($\rho = 2,05\%$)

WNIOSEK:

Zbrojenie potrzebne $A_s = 3,88 \text{ cm}^2$. Zbrojenie **$2\phi 14$** o $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$

Nie przenosi obciążenia

Sprawdzenie w chwili wykonywania budowli - Wg pN-70/B-2010

nachylenie połaci $\alpha = 3,0^\circ$

$$C_2 = 0,8$$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

$$S_k = Q_k \cdot C = 0,900 \cdot 0,800 = \mathbf{0,720 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 0,720 \cdot 1,5 = \mathbf{1,080 \text{ kN/m}^2}$$

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m^2	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m^2
1.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
2.	Papa na podłożu betonowym posypana żwirkiem, podwójnie [0,150kN/m ²]	0,15	1,30	--	0,19
3.	Styropian grub. 15 cm [0,45kN/m ³ ·0,15m]	0,07	1,30	--	0,09
4.	żużel paleniskowy średnio 25cm [0,25x1,1]	0,28	1,30	--	0,36
5.	Papa na podłożu betonowym bez posypania żwirkiem, pojedynczo [0,050kN/m ²]	0,05	1,30	--	0,07
6.	fotowoltaika	0,38	1,30	--	0,49
7.	Warstwa szpachlówki do tynków grub. 1 cm [14,0kN/m ³ ·0,01m]	0,14	1,30	--	0,18
8.	Obciążenie śniegiem połaci bardziej obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-70/B- 2010	0,72	1,50	0,00	1,44
9.	strop DMS	2,75	1,10	--	3,03
Σ:		4,69	1,21	--	5,69

$$P = 0,65 \cdot 4,69 = 3,05 \text{ kN/mb}$$

Dla obciążenia śniegiem z okresu budowy

Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{Sd} = 13,34 \text{ kNm}$

Zbrojenie potrzebne $A_s = 3,62 \text{ cm}^2$. Przyjęto $3\phi 14$ o $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ ($\rho = 2,05\%$)

Warunek nośności na zginanie: $M_{Sd} = 13,34 \text{ kNm} < M_{Rd} = 16,04 \text{ kNm}$ (83,2%)

W celu obciążenia stropu o rozpiętości 4,74m niezbędnym jest wzmocnienie stropu.

Najprostszym sposobem wzmocnienia konstrukcji jest ustawienie paneli na niezależnej konstrukcji

MODUŁY - wymiary i waga

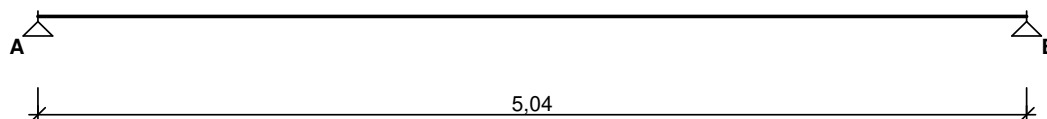
Powierzchnia modułów (m^2)	2.165
Długość modułu (mm)	1909
Szerokość modułu (mm)	1134
Grubość modułu (mm)	30
Średnica otworów montażowych (mm)	5.0
Waga (kg)	23.0

Maksymalne obciążenie dachu

- $25,3 \text{ kg/m}^2$ - szyna pod środkiem modułu
- $20,5 \text{ kg/m}^2$ - szyna pod krawędzią modułu

Obciążenie liniowe $1,909 \times 20,5/100 = 0,39 \text{ kN/mb}$

SCHEMAT BELKI



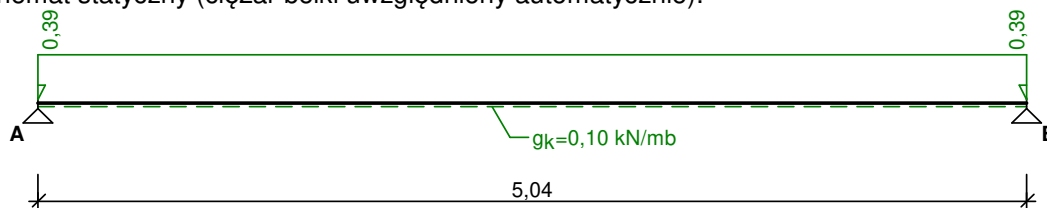
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

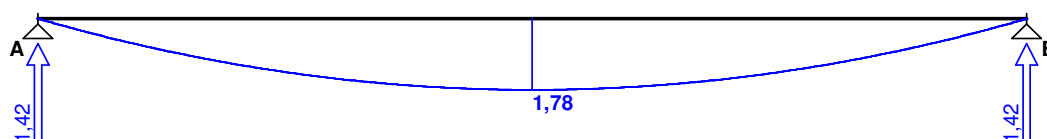
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Momenty zginające [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

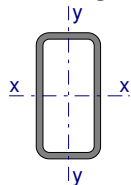
Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;

- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **100x50x5,0**

$$A_v = 9,50 \text{ cm}^2, m = 10,5 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 158 \text{ cm}^4, J_y = 52,5 \text{ cm}^4, J_w = 0,00 \text{ cm}^6, J_T = 135 \text{ cm}^4, W_x = 31,6 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,196$) $M_R = 8,13 \text{ kNm}$

- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 118,47 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 2,52 \text{ m}$

Współczynnik zwichrzenia $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = 1,78 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,219 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 5,04 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -1,42 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,012 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)1,42 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 35,54 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiernodajny}$$

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 2,52 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 12,79 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 5040 / 350 = 14,40 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 12,79 \text{ mm} < f_{gr} = 14,40 \text{ mm} \quad (88,8\%)$$

Niezbępnym jest wykonanie 4 rur prostokątnych **100x50x5,0**

o długości 5,23m ułożonych 2cm powyżej płaszczyzny dachu

4.2. Sprawdzenie podciągu stalowego

4.2.1. Obciążenie podciągu

	długość w świetle	l_o	obciążenie obliczeniowe bez fotowoltaiki	obciążenie normowe fotowoltaiką	obciążenie obliczeniowe fotowoltaiką	obciążenie obliczeniowe fotowoltaiką	r	R=2r
			kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN	kN
1	3,63		5,56	0,13	0,17	5,73	11,00	22,00
2	3,63		5,56	0,16	0,21	5,77	11,08	22,16
3	3,63		5,56	0,18	0,23	5,79	11,12	22,23
4	3,63		5,56	0,24	0,32	5,88	11,29	22,58
5	3,63		5,56	0,36	0,49	6,05	11,62	23,23

Przedstawiono do analizy odkryty przekrój stalowy

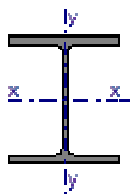
dwuteownik

szerokość stopy 300mm

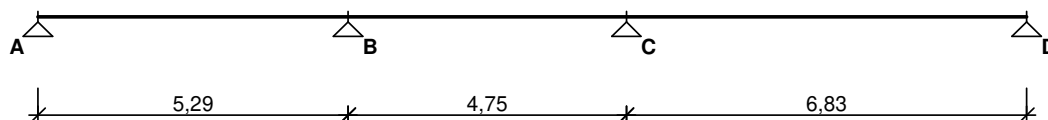
grubość stopy 20,5mm

wysokość dwuteownika 36cm

do wymiarowania przyjęto przekrój **HE 360 A**



SCHEMAT BELKI

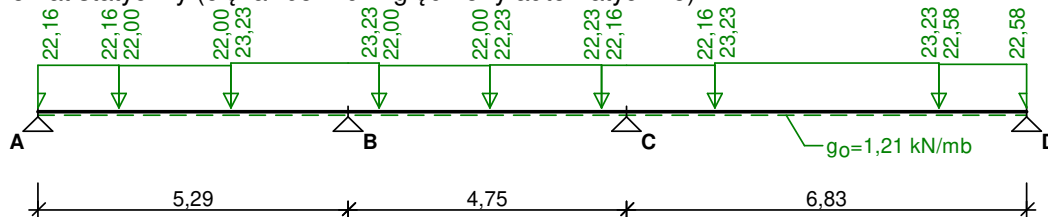


Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

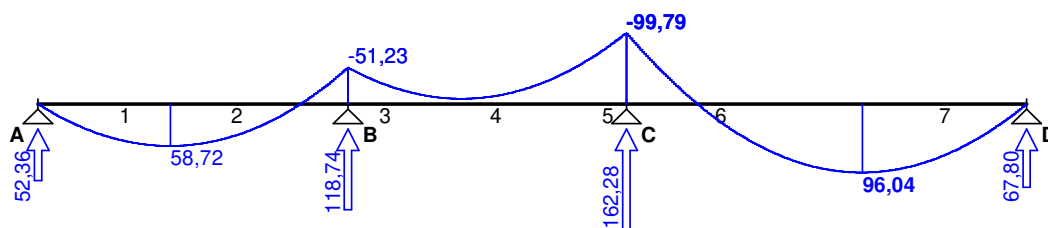
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

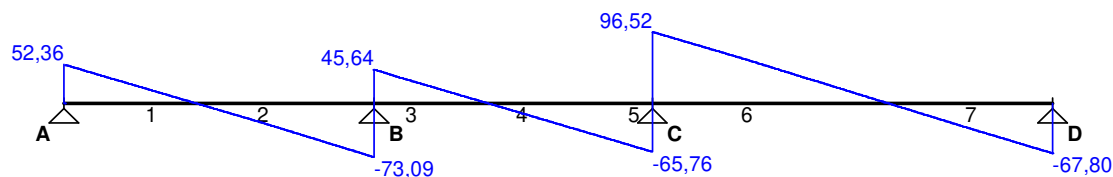


WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

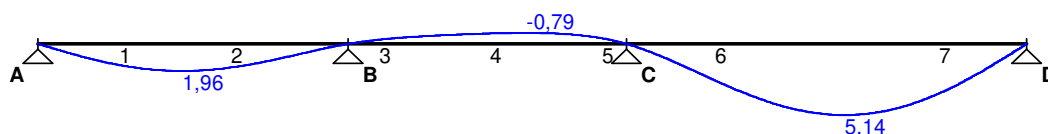
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:



Ugięcia [mm]:



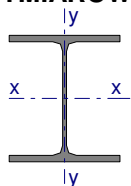
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **HE 360 A**

$A_v = 35,0 \text{ cm}^2$, $m = 112 \text{ kg/m}$

$J_x = 33090 \text{ cm}^4$, $J_y = 7890 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 2177000 \text{ cm}^6$, $J_T = 149 \text{ cm}^4$, $W_x = 1890 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,052$) $M_R = 407,75 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 416,15 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 14,07 \text{ m}$

Współczynnik zwichrzenia $\phi_L = 0,849$

Moment maksymalny $M_{\max} = 96,04 \text{ kNm}$

(52) $M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,278 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 10,04 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 96,52 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,232 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)73,09 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 249,69 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 13,77 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 5,14 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 6830 / 350 = 19,51 \text{ mm}$

$f_{k,\max} = 5,14 \text{ mm} < f_{gr} = 19,51 \text{ mm}$ (26,4%)

5.0. Wnioski:

5.1. Sprawdzenia dokonano wykonano na podstawie badań, oględzin inwentaryzacji elementów konstrukcji i zasad wykonywania stropu DMS

5.2. Istniejąca konstrukcja belka nr 1, belka nr 2 oraz podciąg pozwala na zlokalizowanie paneli fotowoltaicznych na dachu.

5.3. Dla belki nr 3 o rozpiętości 5,74m należy wykonać niezależną konstrukcję pod fotowoltaikę w postaci czterech rur prostokątnych zimno giętych 100x50x5,0

o długości 5,23m Dla zachowania symetrii układu, biorąc pod uwagę graniczną nośność stropu zaleca się wykonanie niezależnej konstrukcji dla belek nr 2 w postaci czterech rur prostokątnych zimno giętych 100x50x5,0 o długości 5,23m o długości 4,71m