
**PRZEBUDOWA GMACHU LOTNICZEGO WYDZIAŁU
MECHANICZNEGO, ENERGETYKI I LOTNICTWA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ W CELU
POWIEKSZENIA ISTNIEJĄCEJ WENTYLATORNI,
WYKONANIA INSTALACJI MECHANICZNEJ SALI A0
ORAZ SAL DYDAKTYCZNYCH NA PIĘTRZE +3**

**AL. NIEPODLEGŁOŚCI 222 W WARSZAWIE
DZIAŁKA NR 1 z obrębu 50505
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO: IX**

TOM II

PROJEKT BUDOWLANY
Konstrukcja

INWESTOR:

**Wydział Mechaniczny, Energetyki i Lotnictwa
Politechniki Warszawskiej, Instytut Techniki Lotniczej
i Mechaniki Stosowanej**
ul. Nowowiejska 24; 00-665 Warszawa

**PROJEKT
KONSTRUKCJI:**

Andrzej Szubert
ul. Organistów 15; 02-857 Warszawa

PROJEKTANT:

mgr inż. Andrzej Szubert
St-347/78

SPRAWDZAJĄCY:

mgr inż. Joanna Szubert
MAZ/0268/POOK/12

WARSZAWA, LUTY 2017

URZĄD
MIASTA STOLECZNEGO WARSZAWY
WYDZIAŁ URBANISTYKI I ARCHITEKTURY

Warszawa, dnia 24 czerwca 1978 r.

Nr ewidencyjny St-374/78

STWIERDZENIE POSIADANIA PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO do pełnienia samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie

Na podstawie art. 18 ust. 5 i art. 57 ust. 3 ustawy z dnia 24 października 1974 r. – Prawo budowlane (Dz. U. Nr 38, pozycja 229) oraz § 2 ust.1 pkt 1, § 4 ust.2, § 6 ust.3, § 7, § 13 ust.1 pkt 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 8, poz. 46).

STWIERDZAM

że Ob. ANDRZEJ JANUSZ SZUBERT s. Wacława

magister inżynier budownictwa lądowego

urodzony(a) dnia 01.01.1944 r. Mińsk Mazowiecki

posiada przygotowanie zawodowe do pełnienia samodzielnej funkcji

projektanta

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

- 1/ do sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i melioracji wodnych,
- 2/ do sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
 - a/ budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
 - b/ budowli nie będących budynkami,
- 3/ w budownictwie osób fizycznych – do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego obiektów budowlanych.



z up. PREZYDENTA MIASTA

mgr inż. arch. Eugeniusz Nawrocki
Z-ca Naczelnego Architekta Warszawy

Blonie, zam. 3572-2-922 nakład 10.000 tj



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAZ-3ZM-AU1-BLL *

Pan ANDRZEJ JANUSZ SZUBERT o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/4714/02
adres zamieszkania ul. ORGANISTÓW 15, 02-857 WARSZAWA
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2017-01-01 do 2017-06-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2016-12-19 roku przez:

Mieczysław Grodzki, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci
elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są
równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piiib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.





MAZOWIECKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA



sygn. akt. MAZ/7131/176/12/K

Warszawa, dnia 02 lipca 2012 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 11 ust. 1 i art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz.U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42 z późn. zm.), art. 12 ust. 1 pkt 1 i 5, ust. 3, art. 13 ust. 1 pkt 1 i ust. 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623 z późn. zm.) oraz § 11 ust. 1 pkt 1, § 15 i § 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. Nr 83 poz. 578 późn. zm.)

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa:**
nadaje

Pani Joannie Agacie Szubert
magister inżynier
urodzonej dnia 3 lutego 1984 roku w Warszawie, córce Andrzeja

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
nr MAZ/0268/POOK/12

**do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno – budowlanej**

Szczegółowy zakres uprawnień

I. Na mocy art. 12 ust. 1 pkt 1 i 5, art. 13 ust. 1 pkt 1 i ust. 4 ustawy - Prawo budowlane, w zakresie objętym wyżej wymienioną specjalnością, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:

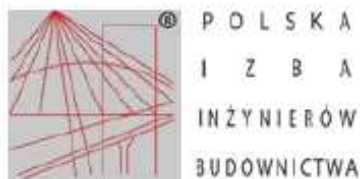
- 1/ projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- 2/ sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

II. Na mocy § 15 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:

sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu w zakresie specjalności konstrukcyjno – budowlanej.

III. Na mocy § 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:

sporządzania projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu.



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAZ-5ZK-BGN-8Z3 *

Pani JOANNA AGATA SZUBERT o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/0182/13
adres zamieszkania ul. ORGANISTÓW 15, 02-857 WARSZAWA
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2016-04-01 do 2017-03-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2016-02-23 roku przez:

Mieczysław Grodzki, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piiib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



OPIS TECHNICZNY

DO PROJEKTU BUDOWLANEGO „PRZEBUDOWA GMACHU LOTNICZEGO
WYDZIAŁU MECHANICZNEGO, ENERGETYKI I LOTNICTWA POLITECHNIKI
WARSZAWSKIEJ W CELU POWIĘKSZENIA ISTNIEJĄCEJ WENTYLATORNI,
WYKONANIA INSTALACJI MECHANICZNEJ SALI A0 ORAZ SAL
DYDAKTYCZNYCH NA PIĘTRZE +3”

CZĘŚĆ II KONSTRUKCJA

1. Opis ogólny

W części konstrukcyjnej niniejszego projektu budowlanego dotyczącego modernizacji Sali A0 i powiększenia istniejącej wentylatorni zaprojektowano w poziomie III piętra i poddasza nowy strop wraz z konstrukcją wsporczą. W obszarze objętym projektem niezbędne jest wykonanie nowego stropu do przeniesienia obciążeń centrali wentylacyjnej, instalacji związanych oraz umożliwienie prawidłowej obsługi technicznej urządzeń. Powiększenie istniejącej wentylatorni skutkuje koniecznością usunięcia istniejących sufitów podwieszanych.

Dodatkowo modernizacja wiąże się z wykonaniem przebić w stropach i powłoce żelbetowej dachu dla prowadzenia przewodów wentylacyjnych. W powłoce żelbetowej dachu wykonanie będą podkonstrukcje-wzmocnienia dla instalacji wyrzutni i czerpni powietrza.

2. Opis rozwiązań konstrukcyjnych

2.1 Strop żelbetowy pod centralę wentylacyjną 1135kg

Ze względu na brak wystarczającej powierzchni dla zlokalizowania centrali klimatyzacyjnej w istniejącej wentylatorni na poddaszu, zaprojektowano wymianę części stropu podwieszonego nad korytarzem przylegającym do istn. maszynowni na konstrukcję stalową nośną dostosowaną do przeniesienia wymaganych obc. normowych. Konstrukcja stropu podparta jest czterema słupami wykonanymi z ceowników 120 spawanych w przekrój zamknięty. Obciążenie ze stropu poprzez słupy przenosi się na ściany i podciągi żelbetowe konstrukcji budynku.

Dla wprowadzenia elementów centrali klimatyzacyjnej i przewodów went. przewidziano pozostawienie w powierzchni stropu otworu montażowego o wymiarach 1.25 x 1.60 m który po zmontowaniu urządzeń zostanie uzupełniony.

Dostęp do projektowanej maszynowni będzie się odbywał z poziomu maszynowni istn. z włazem o wymiarach 90 x 90 cm. Ze względów BHP zrezygnowano z klamer włazowych prowadzących z poziomu III p. i zastąpiono projektowanymi schodami stalowymi, drabiniastymi. /patrz arch./

Konstrukcję stropu zaprojektowano w postaci rusztu stalowego o wymiarach zewnętrznych w rzucie 5.14 x 4.20 m. Wzdłuż krótszych boków występują belki główne P1 i P2 o profilu [200, a prostopadle do nich główne belki B1 o profilu I 180, rozstaw ok. 137cm. Równolegle do długości usytuowane są żebra usztywniające I 120. Ruszt podparty jest czterema słupami z 2 x [120, spawanych w przekrój zamknięty. Na ruszcie ułożona jest blacha fałdowa T35/0.75, negatyw mocowana kołkami wstrzeliwanymi co третią fałę. Blacha stanowi szalunek tracony dla ułożonej na niej żelbetowej płyty gr. 6cm zbrojonej w środku grubości siatką handlową Q282 (#6/100/100). Klasa betonu min. C16/20, stali B500A.

Klasa odporności ogniowej stropu REI60, elementów konstrukcyjnych do R60. Konstrukcję stalową należy zabezpieczyć przeciwogniowo poprzez malowanie farbą pęczniejącą bądź obudowę płytami np. Fermacell na podstawie temperatur krytycznych podanych w obliczeniach. Od spodu konstrukcja zostanie zabezpieczona sufitem podwieszonym z płyt g-k i wełną mineralną.

2.2 Strop z blachy trapezowej w systemie Fermacell

W strefie poza obszarem centrali, tam gdzie istnieje sufit podwieszany na belkach [100, zaprojektowano nowy strop o lekkiej konstrukcji. Istniejące belki [100 co 110cm należy zastąpić nowymi belkami I140 co 100cm. Warstwę nośną podłogi stanowi blacha trapezowa T35/0.75, ułożona w sposób ciągły (3-przęsłowa), negatyw. Blacha mocowana do I140 mechanicznie co 3 fałę. Warstwy posadzkowe jak w opisie architektury, wg systemu Fermacell. Zabezpieczone do klasy R60 obustronnie. Temperatura krytyczna dla belek podana w obliczeniach poniżej.

Belki długości ok. 4,85 m należy bezwzględnie połączyć z blachą trapezową kołkami wstrzeliwanymi co trzecią falę. Warstwy wykończeniowe podłogi ujęto w projekcie architektonicznym.

2.3 Przebicia w stropie i płycie dachowej

Dla wprowadzenia blaszanych kanałów wentylacyjnych do modernizowanej Sali „A0” wykonane zostaną dwa przebicia w płycie żelbetowej stropu nad II piętrzem. Wymiary przebić 700x600 mm.

W powłoce żelbetowej dachu wykonane zostaną dwa przebicia o wymiarach 90 x 130 cm i 110 x 130 cm dla wprowadzenia przewodów went. do czerpni i wyrzutni powietrza usytuowanych na zewnątrz na projektowanych stalowych podstawach na dachu.

3.0 Materiały konstrukcyjne

- stal profilowa S235JR (St3SX)
- elektrody ER-1.46
- beton konstr. C16/20 (B20)
- stal zbrojeniowa B500A (A-IIIN)

4.0 Zabezpieczenie antykorozyjne

Elementy konstrukcji stalowej należy zabezpieczyć antykorozyjnie przez malowanie : 2 x farba ftalowa antykorozyjna

2 x farba ftalowa ogólnego stosowania .

Projektant:

mgr inż. Andrzej Szubert

Nr upr. bud. ST-374.78

tel. 607 280 084

Spis treści

I. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:	11
I.1. Obciążenia:	11
I.2. Kombinacje obciążeń:	11
II. OBLICZENIA NOWO PROJEKTOWANYCH ELEMENTÓW STROPU	12
II.1. Strop żelbetowy - STREFA I:	13
II.2. Blacha trapezowa:	15
II.3. Belka stalowa B1:	16
II.4. Podciąg P1:	21
II.5. Słupy S1 – []120:	26
II.6. Istniejąca belka stalowa [100 w strefie II:	29
II.7. Sprawdzenie nośności istniejących żeber stropu podpierających słupy S1	32
II.8. Wnioski:	41

Rysunki konstrukcyjne – spis

K01 - RZUT +10.21: „WENTYLATORNIA, RZUT SŁUPÓW STROPU WENTYLATORNI W POZ. +10,21”

K02 - RZUT +13.65: „WENTYALTORNIA, RZUT STROPU WENTYLATORNI W POZ. +13,65”

K03 – PRZEKROJE: „WENTYALTORNIA, PRZEKROJE C-C, D-D”

K04 - KONSTR WENTYLATORNI : „STROP WENTYLATORNI – DETALE, KONSTRUKCJA STROPU WENTYLATORNI W POZ. +13.65”

K05 - KW1: „KONSTR. WSPORCZE PODSTAW DACHOW. KW1, DETALE DO RYS. MEL-K 02 i MEL-K 03”

K06 - KW2: „KONSTR. WSPORCZE PODSTAW DACHOW. KW2, DETALE DO RYS. MEL-K 02 i MEL-K 03”

OBLICZENIA STATYCZNE

I. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:

I.1. Obciążenia:

Strefa I - OBCIĄŻENIA STROPU żelbetowego na belkach stalowych:

ciężar własny g_k:			[kN/m²]
1	płyta żelbetowa	$0,06 \cdot 25 =$	1,50
2	blacha trapezowa T35/207, gr. 0,75		0,07
3	wełna mineralna półtł.10cm + stelaż pod G-K	$0,10 \cdot 1,0 =$	0,10
4	płyty G-K na stelażu, przeciwogniowe		0,30
			1,97

obciążenia stałe g_k:			[kN]
5	nowo proj. centrala went. o masie ok. 1135kg – wymiary w rzucie ~140x344cm - para nóżek środkowych - para nóżek skrajnych		7,10 2,13

obciążenia użytkowe q_k:			[kN/m²]
6	od obsł. techn. (poza obszarem centrali)		0,50

Strefa II - OBCIĄŻENIA STROPU z blachy trapezowej T35/207:

ciężar własny g_k:			[kN/m²]
1	Płyty Fermacell 2x12,5 + 1x10	$0,035 \cdot 12 =$	0,35
2	Podsypka wyrównująca Fermacell ok.35mm	$0,035 \cdot 4 =$	0,14
3	blacha trapezowa T35/207, gr. 0,75		0,07
4	wełna mineralna półtł.10cm + stelaż pod G-K	$0,10 \cdot 1,0 =$	0,10
5	płyty G-K na stelażu, przeciwogniowe		0,30
			0,96

obciążenia użytkowe q_k:			[kN/m²]
6	od obsł. techn. (poza obszarem centrali)		0,50

I.2. Kombinacje obciążeń:

SYTUACJA TRWAŁA:

Do obliczeń nośności ULS przyjmuję: (EC0)

$$E_{d,1} = \sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \text{ lub}$$

$$E_{d,2} = \sum_{j=1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{gdzie: } \xi_j = 0,85 \quad \gamma_{G,j} = 1,35 \text{ oraz } \gamma_{Q,i} = 1,50$$

Do obliczeń stanu użytkowalności SLS przyjmuję: (EC0)

$$E_{f,i,d,t} = \sum_{j=1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i=2} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

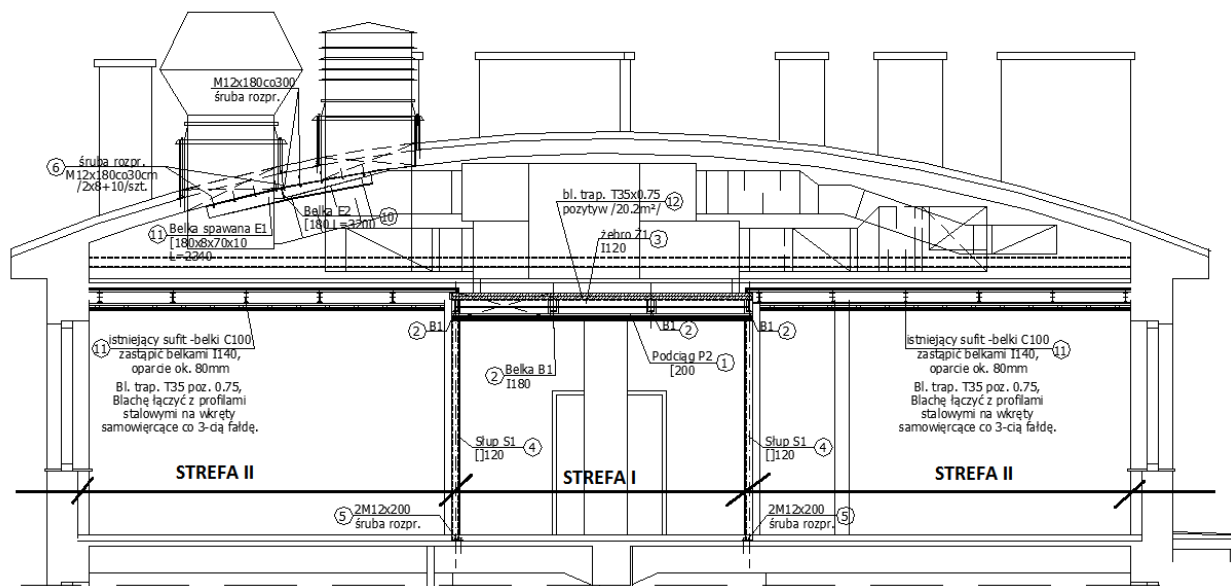
SYTUACJA WYJĄTKOWA - POŻAR:

Przyjmuję wyjątkową sytuację obliczeniową – w celu wyznaczenia temperatury krytycznej elementów konstrukcji nośnej: (EC0 i EC1-1-2 p.4.3 i NB)

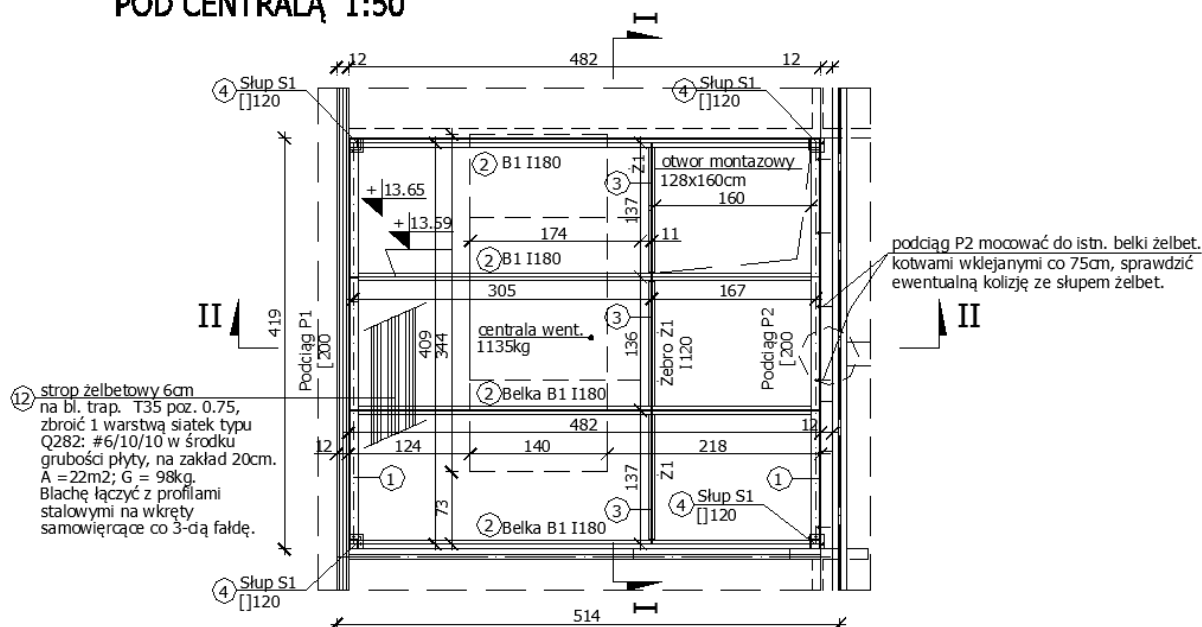
$$E_{f,i,d,t} = \sum_{j=1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Wymagana odporność ogniowa belek i słupów R60, stropu REI60. $\psi_1=0$

II. OBLICZENIA NOWO PROJEKTOWANYCH ELEMENTÓW STROPU



RZUT NOWO PROJ. STROPU POD CENTRALĄ 1:50



II.1. Strop żelbetowy - STREFA I:

Strop żelbetowy zbrojony siatkami, grubość 6cm, rozpiętość przęseł 1,37m.

Klasa betonu C16/20 (B20) – $f_{cd}= 10,6\text{MPa}$, $f_{ctm}= 1,9\text{MPa}$

Klasa stali B500A (A-IIIIN) – $f_{yd}= 435\text{MPa}$, $f_{yk}= 500\text{MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju (siatka w osi płyty): $d = 0,5 \cdot h = 30\text{mm}$

Minimalna otulina c_{nom} : $15\text{mm} + 10\text{mm} = 25\text{mm}$

Przekrój minimalny zbrojenia:

$$A_{s,min,1} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (1,9/500) \cdot 100 \cdot 3,0 = 0,30\text{cm}^2$$

$$A_{s,min,2} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 3,0 = 0,39\text{cm}^2$$

$$A_{s,min,3} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot (0,5 \cdot 100 \cdot 3,0) / 350 = 0,33\text{cm}^2$$

Zatem $A_{s1,min} = 0,39\text{cm}^2$.

Obciążenia na płytę:

I wariant : Obciążenie siłami skupionymi od centrali wentylacyjnej – nogi centrali. Szerokość rozkładu obciążeń na płytę przyjęto: 40cm. szer. Obliczeniowa przekroju 40cm.

- obciążenia od nogi centrali: $P_{k1} = 7,10 \cdot 0,5 = 3,55\text{kN}$, $P_{k2} = 2,13 \cdot 0,5 = 1,07\text{kN}$

- stałe $g_k = 1,97 \cdot 0,40 / 1,0 = 0,79\text{kN/m}$.

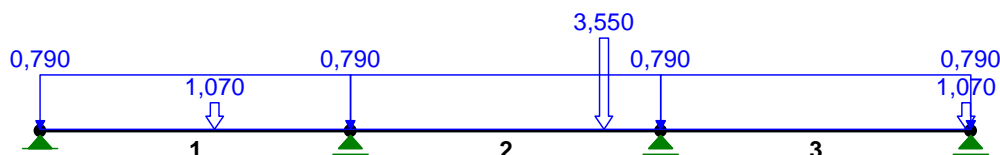
II wariant : szer. obliczeniowa przekroju 100cm.

- obciążenie ciężarem własnym $g_k = 1,97\text{kN/m}^2$,

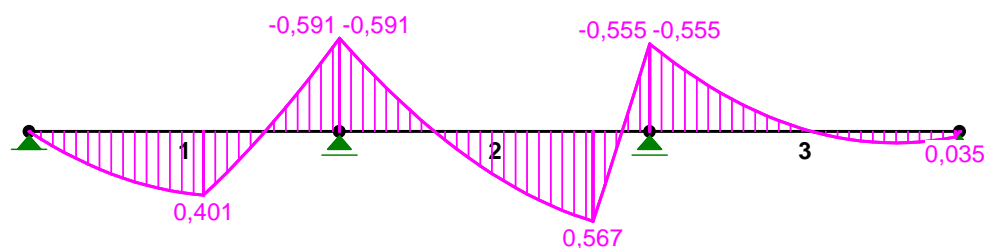
- c. wykończenia i obc. użytkowymi $q_k = 0,50\text{kN/m}^2$.

I wariant:

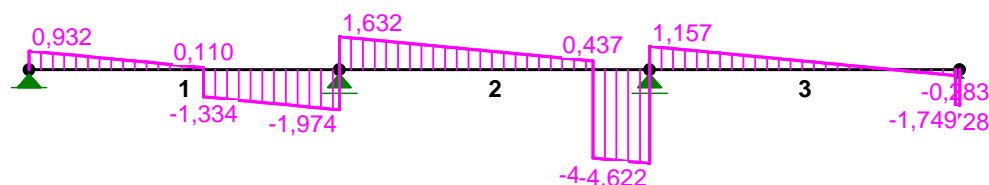
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:

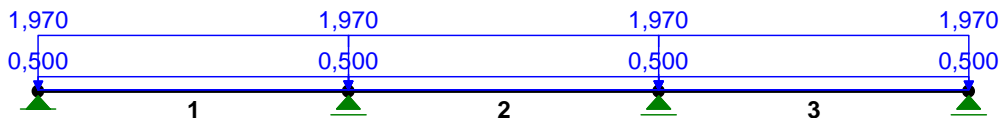


TNĄCE-OBWIEDNIE:

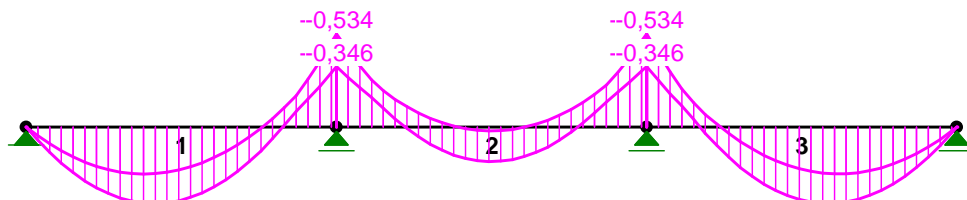


II wariant:

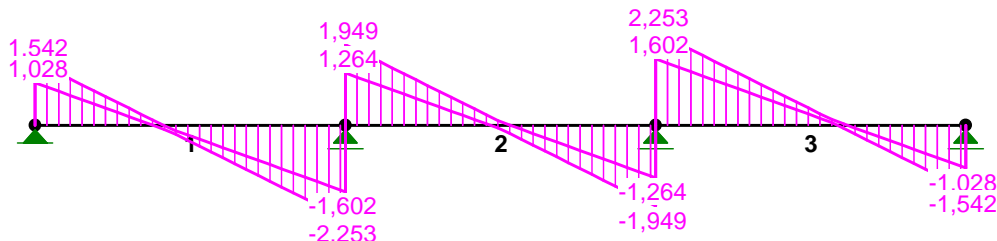
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



Wariant I:

- moment przęsłowy: $M_1 = +0,57 \text{ kNm}$
- moment podporowy: $M_C = -0,59 \text{ kNm}$
- siły przekrojowe: $Q_C = -4,62 \text{ kN}$

Zbrojenie płyty górną i dolną / na 0,40m /:

$$s_c = M / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0,59 \text{ kNm} / (0,40 \text{ m} \cdot (3,0 \text{ cm})^2 \cdot 1,06 \text{ kN/cm}^2) = 0,155$$

$$\xi = 1 - (1 - 2 \cdot s_c)^{0,5} = 1 - (1 - 2 \cdot 0,155)^{0,5} = 0,169$$

$$\varsigma = 1 - 0,5 \cdot \xi = 1 - 0,5 \cdot 0,169 = 0,915$$

$$A_{s1} = M / (\varsigma \cdot d \cdot f_{yd}) = 0,59 \text{ kNm} / (0,915 \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 43,5 \text{ kN/cm}^2) = 0,50 \text{ cm}^2 > 0,39 \cdot 0,4 = 0,16 \text{ cm}^2$$

Dla zbrojenia głównego rozstaw zbrojenia max. $2h = 12 \text{ cm}$.Przyjęto #6co10cm = 4#6 = 1,12 cm² > 0,50 cm². OK.Sprawdzono przebiecie od siły $Q_{Ed} = 5,0 \text{ kN} \rightarrow v_{ED} = 0,85 \text{ MPa} < v_{RD} = 3,00 \text{ MPa}$. Przebiecie nie nastąpi. Ścinanie – przekrój nie wymaga zbrojenia na ścinanie. OK.

Wariant II:

- moment przęsłowy: $M_1 = +0,44 \text{ kNm}$
- moment podporowy: $M_C = -0,54 \text{ kNm}$
- siły przekrojowe: $Q_C = -2,25 \text{ kN}$

Zbrojenie płyty górną i dolną / na 1,00m /:

$$s_c = M / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0,54 \text{ kNm} / (1,0 \text{ m} \cdot (3,0 \text{ cm})^2 \cdot 1,06 \text{ kN/cm}^2) = 0,057$$

$$\xi = 1 - (1 - 2 \cdot s_c)^{0,5} = 1 - (1 - 2 \cdot 0,057)^{0,5} = 0,059$$

$$\varsigma = 1 - 0,5 \cdot \xi = 1 - 0,5 \cdot 0,059 = 0,971$$

$$A_{s1} = M / (\varsigma \cdot d \cdot f_{yd}) = 0,54 \text{ kNm} / (0,971 \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 43,5 \text{ kN/cm}^2) = 0,43 \text{ cm}^2 > 0,39 \text{ cm}^2$$

Dla zbrojenia głównego rozstaw zbrojenia max. $2h = 12 \text{ cm}$.

Przyjęto $\#6 \times 10 \text{cm} = 2,82 \text{cm}^2 > 0,43 \text{cm}^2$. OK.

Ścinanie – przekrój nie wymaga zbrojenia na ścinanie. OK.

Ostatecznie przyjęto zbrojenie gotowymi siatkami Q282: $\#6/10/10 (2.82 \text{cm}^2)$.

Klasa odporności ogniowej: R60

Wg normy EN 1992-1-2 tablica 5.8 – dla REI60 minimalna grubość 80mm, otulina 20mm. Grubość płyty nie wystarczająca. Należy sprawdzić nośność przez obliczenie:

Współczynnik redukcyjny: $n = 1 / 1,35 = 0,74$

Maksymalny moment w sytuacji pożaru: $M_{Ed,fi} = 0,59 \cdot 0,74 = 0,44 \text{kNm}$

Metoda Izotermia 500: $\theta_{sr} = 400^\circ$, stał $k_{sr(\theta)} = 1,0$.

Siła w zbrojeniu rozciągającym: $F_t = A_s \cdot k_{sr(\theta)} \cdot f_{yd,fi} = 1,12 \cdot 1,0 \cdot (50 / 1) = 56 \text{kN}$

Wyznaczenie nośności przekroju w sytuacji pożaru:

$F_s = b_{fi} \lambda_x \eta f_{cd,fi} = 40 \cdot \lambda_x \cdot 1,0 \cdot 16 / 1,2 / 10 = 56 \text{kN} \rightarrow \lambda_x = 1,05 \text{cm}$

$\lambda_x = 1,05 \text{cm} \gg \lambda_{x,lim,fi} = \lambda_{\xi,lim,fi} d = 0,16 \cdot 3,0 = 0,48 \text{cm}$ oraz $d = 3,00 \text{cm}$, zatem:

$M_{Rd,fi} = b_{fi} \lambda_{x,lim,fi} \eta f_{cd,fi} (d - 0,5 \lambda_{x,lim,fi}) = 40 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 16 / 1,2 / 10 \cdot (3 - 0,5 \cdot 0,48) / 100 = 0,71 \text{kNm}$

$M_{Ed,fi} = 0,44 \text{kNm} < M_{Rd,fi} = 0,71 \text{kNm}$

Zatem przekrój spełnia warunki klasy odporności ogniowej R60. Przyjmuje się, że blacha trapezowa w warunkach pożaru całkowicie traci nośność i nie współpracuje z płytą żelbetową.

II.2. Blacha trapezowa:

Strefa I: Blacha trapezowa przyjęta jest jako szalunek tracony. Obciążenia podczas wykonania konstrukcji: c. wł. warstw podłogowych oraz obc. zmienne. Rozstaw 1.40, blacha ciągła, 3 –przęsłowa. Obciążenie całkowite: $p_k = 1,97 + 1,0 = 2,97 \text{kN/m}^2$, $q_d = 1,97 \cdot 1,35 + 1 \cdot 1,50 = 4,16 \text{kN/m}^2$.

Blacha trapezowa T35/207 pozytywna, gr. 0.75mm: nośności z tablic dla $l = 1.50 \text{m} > 1.40 \text{m}$

Stan graniczny nośności ULS: $4,16 \text{kN/m}^2 < 5.86 \text{kN/m}^2$, OK.

Stan graniczny użytkowalności SLS: $2,97 \text{kN/m}^2 < 5.86 \text{kN/m}^2$, OK. (warunek L/150)

Przyjęto T35/207, pozytywna, gr. 0.75mm.

Przyjmuje się, że blacha trapezowa w warunkach pożaru całkowicie traci nośność i nie współpracuje z płytą żelbetową. Odporność ogniową stropu REI 60 zapewnia płyta żelbetowa.

Strefa II: Blacha trapezowa jako główna konstrukcja stropu. Obciążenia: c. wł. warstw podłogowych oraz obc. zmienne. Rozstaw 1,10m, blacha ciągła, 3 –przęsłowa. Obciążenie całkowite: $p_k = 0,96 + 0,5 = 1,46 \text{kN/m}^2$, $q_d = 0,96 \cdot 1,35 + 0,5 \cdot 1,50 = 2,05 \text{kN/m}^2$.

Blacha trapezowa T35/207 pozytywna, gr. 0.75mm: nośności z tablic dla $l = 1.50 \text{m} > 1.10 \text{m}$

Stan graniczny nośności ULS: $1,46 \text{kN/m}^2 < 5.86 \text{kN/m}^2$, OK.

Stan graniczny użytkowalności SLS: $2,05 \text{kN/m}^2 < 5.86 \text{kN/m}^2$, OK. (warunek L/150)

Przyjęto T35/207, pozytywna, gr. 0.75mm.

Blacha trapezowa w warunkach pożaru zabezpieczona przeciwogniowo do klasy REI60 w systemie zabudowy Fermacell (obudowana obustronnie).

II.3. Belka stalowa B1:

Obciążenia na belkę: z pasma 1.40m

- obciążenia pod centralą (stałe skupione): $g_k = 3,09 \text{ kN}$

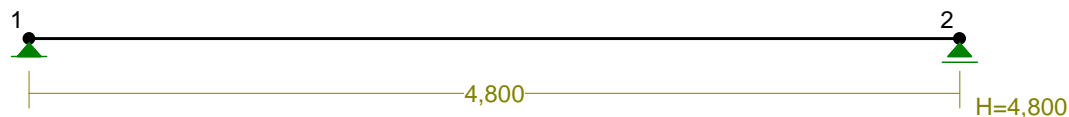
- obciążenia pozostały obszar: (stałe):

stałe $g_k = 1,97 \cdot 1,40 \cdot 1,1 = 3,03 \text{ kN/m}^2$,

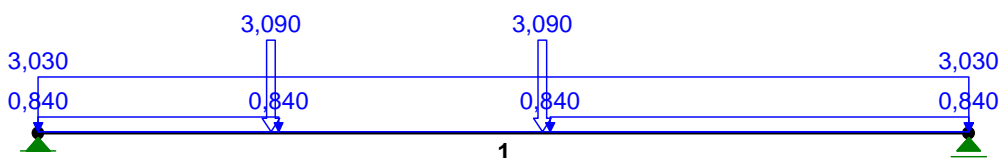
zmienne $q_k = 0,50 \cdot 1,40 \cdot 1,2 = 0,84 \text{ kN/m}^2$,

- c. wł. belki I180 $g_k = 0,22 \text{ kN/m}$

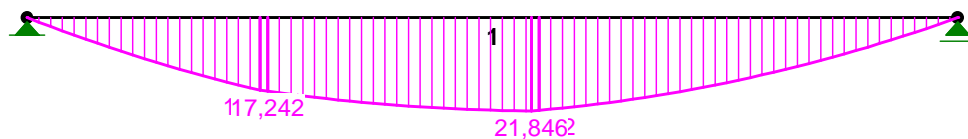
Kombinacje normowe wg PN-EN 1990. ULS (6.10) oraz SLS częsta ($\Psi_1=0$, kat. H).



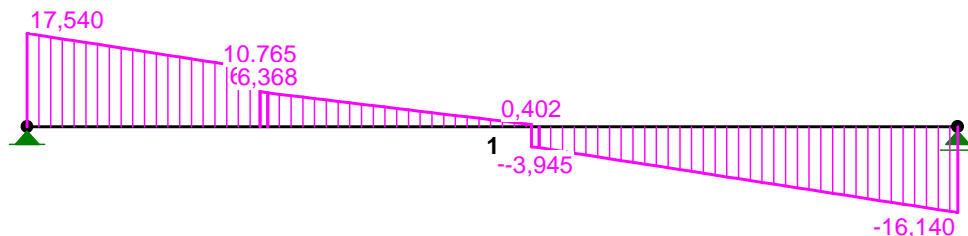
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY:



TNĄCE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	17,540	0,000
	0,54	2,600	21,846*	-3,769	0,000
	0,54	2,600	21,846*	0,402	0,000
	1,00	4,800	-0,000	-16,140	0,000

* = Wartości ekstremalne

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,69 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm ²	$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm ²	$\gamma_{M1} = 1,00$
ε	1,0	$\gamma_{M2} = 1,10$
	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	

II. Parametry geometryczne:**IPN180**

h =	18 cm	m =	21,9 kg/m	A =	27,9 cm ²
b =	8,2 cm	$I_t =$	9,58 cm ⁴	$I_w =$	5920 cm ⁴
$t_w =$	0,69 cm	$I_y =$	1450 cm ⁴	$I_z =$	81,3 cm ⁴
$t_f =$	1,04 cm	$W_{el,y} =$	161 cm ³	$W_{el,z} =$	19,8 cm ³
$r_1 =$	0,69 cm	$W_{pl,y} =$	187 cm ³	$W_{pl,z} =$	33,2 cm ³
$r_2 =$	0,41 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 2,95 \leq 9\varepsilon = 9$$

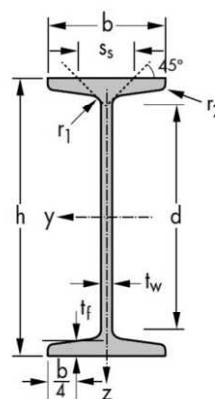
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 21,07 \leq 72\varepsilon = 72$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 23,07 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie. $V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$**

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$V_{\max} = 17,54 \text{ kN} \leq 176,34 \text{ kN} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 10\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 17,54 \text{ kN} \leq 88,17 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \quad 20\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 21,84 \text{ kNm} \leq 43,95 \text{ kNm} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 50\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas górny ściskany stężony poprzecznym żebrzem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

Należy sprawdzić sytuację „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia χ_{LT}

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieńkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 3884,14 \text{ kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 300 \text{ cm} \quad C_1 = 1,132 \quad C_2 = 0,459$$

$$k = 1 \quad - \text{ w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 9 \text{ cm} \quad - \text{ obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna:

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,06 \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

Krzywa zwichrzenia typ:

b

Parametr wsp. zwichrzenia:

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left(1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right) = 1,21$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT} = \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right)^{-1} = 0,56$$

Nośność przekroju wynosi

$$M_{b,Rd} = M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 24,49 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$$M_{Ed} = 21,84 \leq 24,49 = M_{b,Rd,z} \quad 89\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} :

$$u_{max} \leq u_{dop} = L/350$$

$$1,16 \text{ cm}$$

(odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} :

$$480 \text{ cm}$$

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} :

$$1,37 \text{ cm}$$

Sprawdzenie warunku użytkowności:

$$1,16 \leq 1,37 \quad 85\%$$

Warunek użytkowności spełniony.

Ostatecznie dla belki B1 przyjęto I180.

Sprawdzenie odporności ogniowej profilu (sytuacja pożaru):

Klasa przekroju 1.

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

1. Nośność na ścinanie.

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale: } V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w \quad \text{zatem: } A_v = 13,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{fi,Ed} = 11,54 \text{ kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta_{web}} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta_{web}} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,065$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 889,1 °C

2. Nośność na zginanie.

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \text{ - kierunek y}$$

- momenty zginające w przęśle:

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

$$M_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta,com} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \rightarrow k_{y,\theta,com}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia $\chi_{LT,fi}$

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieńkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

$$M_{fi,Ed} = 14,67 \text{ kNm}$$

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 - C_2 \cdot z_g \right] = 3884,14 \text{ kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 300 \text{ cm} \quad C_1 = 1,132 \quad C_2 = 0,459$$

$$k = 1 \quad \text{- w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 9 \text{ cm} \quad \text{- obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna: $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1,06$ - w chwili rozpoczęcia pożaru $t=0$.

Iteracyjne wyznaczenie parametrów w sytuacji pożarowej:

Pierwsza iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \frac{\bar{\lambda}_{LT}}{0,85} = 1,251$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwichrzenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,690, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,354$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,943, \text{ zatem:}$$

$$\text{Temperatura krytyczna } \theta_{cr} \text{ / odczytana z tablic /: } 425,9 \text{ °C} \quad k_{E,\theta,com} = 0,674$$

Druga iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 1,258$$

Wskaźnik imperfekcji: $\alpha = 0,65$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,700, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwężenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,352$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t.Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,949, \text{ zatem:}$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: $423,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ $k_{E,\theta,com}$ $0,677$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 1,260$$

Wskaźnik imperfekcji: $\alpha = 0,65$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,703, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwężenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,351$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t.Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,951, \text{ zatem:}$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: $422,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $k_{E,\theta,com}$ $0,678$ **Wnioski:****Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: $422 \text{ } ^\circ\text{C}$** **IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 3 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$ U= $44,2 \text{ cm}$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 158,4 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 142,6 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 422 \text{ } ^\circ\text{C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 10$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min** **Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.**

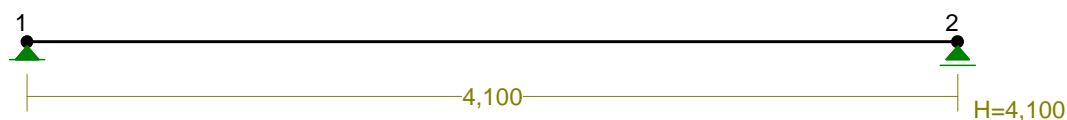
II.4. Podciąg P1:

- jednoprzęsłowa, rozpiętość 4.10m

Obciążenia:- max. reakcja z belki B1: $G_k = 11,53\text{kN}$ $Q_k = 1,32\text{kN}$

- c. wł. belki [200]

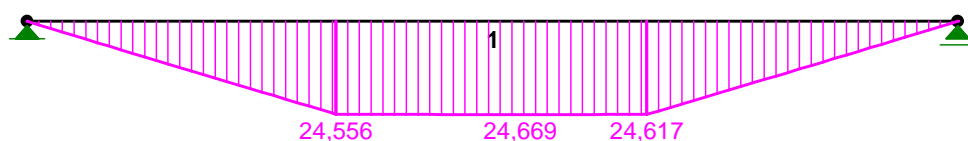
WĘZŁY:



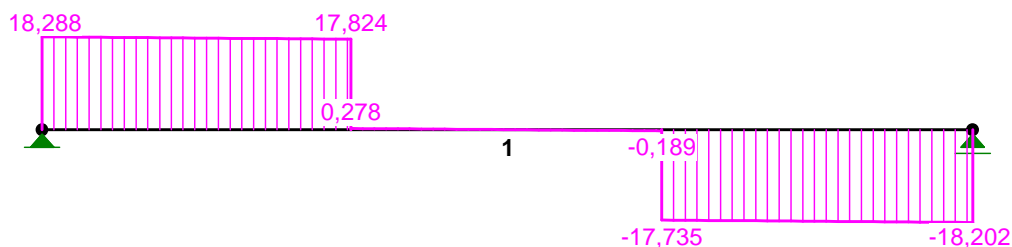
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY:



TNĄCE:

**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	18,288	0,000
	0,53	2,173	24,669*	0,001	0,000
	1,00	4,100	-0,000	-18,202	0,000

* = Wartości ekstremalne

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,85 cm	- grubość elementu
f _y	23,5 kN/cm ²	Y _{M0} = 1,00
f _u	36,0 kN/cm ²	Y _{M1} = 1,00
ε	1,0	Y _{M2} = 1,10
	$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	

II. Parametry geometryczne:**[200**

h =	20 cm	m =	25,3 kg/m	A =	32,2 cm ²
b =	7,5 cm	I _t =	11,9 cm ⁴	I _w =	9070 cm ⁴
t _w =	0,85 cm	I _y =	1910 cm ⁴	I _z =	148 cm ⁴
t _f =	1,15 cm	W _{el,y} =	191 cm ³	W _{el,z} =	27 cm ³
r ₁ =	1,15 cm	W _{pl,y} =	228 cm ³	W _{pl,z} =	51,8 cm ³
r ₂ =	0,6 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - t_w - r}{t_f} = 4,78 \leq 9\epsilon = 9$$

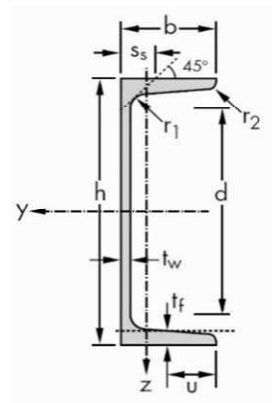
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 18,12 \leq 72\epsilon = 72$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 20,82 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie. $V_{Ed} \leq V_{pl.Rd}$**

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f = 17,25 \text{ cm}^2$$

$$V_{\max} = 18,29 \text{ kN} \leq 234,04 \text{ kN} = V_{pl.Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 8\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 18,29 \text{ kN} \leq 117,02 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl.Rd} \quad 16\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl.Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 24,67 \text{ kNm} \leq 53,58 \text{ kNm} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 46\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

Należy sprawdzić sytuację „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia χ_{LT}

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieńkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 13123,40 \text{ kNm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 140 \text{ cm} \quad C_1 = 1,132 \quad C_2 = 0,459$$

$$k = 1 \quad - \text{ w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 10 \text{ cm} \quad - \text{ obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna:

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,64 \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

Krzywa zwichrzenia typ:

d

Parametr wsp. zwichrzenia:

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left(1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right) = 0,87$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT} = \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right)^{-1} = 0,68$$

Nośność przekroju wynosi

$$M_{b,Rd} = M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 36,63 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$$M_{Ed} = 24,67 \leq 36,63 = M_{b,Rd,z} \quad 67\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} :

$$u_{max} \leq u_{dop} = L/350$$

$$0,74 \text{ cm}$$

(odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} :

$$410 \text{ cm}$$

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} :

$$1,17 \text{ cm}$$

Sprawdzenie warunku użyteczności:

$$0,74 \leq 1,17 \quad 63\%$$

Warunek użyteczności spełniony.

Sprawdzenie odporności ogniowej profilu (sytuacja pożaru):

Klasa przekroju 1.

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

1. Nośność na ścinanie.

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd}$$

$$A_v = A - 2 \cdot (2 \cdot b \cdot t_f - (t_w + r) \cdot t_f) \quad A_v = 2,30 \text{ cm}^2$$

$$V_{fi,Ed} = 12,10 \text{ kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta web} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta web} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,388$$

$$\text{Temperatura krytyczna } \theta_{cr} / \text{ odczytana z tablic } /: 634,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Nośność na zginanie.

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \quad - \text{ kierunek y}$$

- momenty zginające w przęśle:

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

$$M_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta,com} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta,com}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia $\chi_{LT,fi}$

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju symetrycznym, podparcie wieńkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

$$M_{fi,Ed} = 16,27 \text{ kNm}$$

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 - C_2 \cdot z_g \right] = 13123,40 \text{ kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 140 \text{ cm} \quad C_1 = 1,132 \quad C_2 = 0,459$$

$$k = 1 \quad - \text{ w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 10 \text{ cm} \quad - \text{ obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna: $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,64$ - w chwili rozpoczęcia pożaru $t=0$.

Iteracyjne wyznaczenie parametrów w sytuacji pożarowej:

Pierwsza iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \frac{\bar{\lambda}_{LT}}{0,85} = 0,752$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwichrzenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,027, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,579$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{Mfi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,524, \text{ zatem:}$$

$$\text{Temperatura krytyczna } \theta_{cr} / \text{ odczytana z tablic } /: 582,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad k_{E,\theta,com} = 0,361$$

Druga iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 0,770$$

Wskaźnik imperfekcji: $\alpha = 0,65$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,047, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwężenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,569$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,533, \text{ zatem:}$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 579,6 °C $k_{E,\theta,com}$ 0,369

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 0,768$$

Wskaźnik imperfekcji: $\alpha = 0,65$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,044, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwężenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,571$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,532, \text{ zatem:}$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 580,0 °C $k_{E,\theta,com}$ 0,368**Wnioski:****Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: 580 °C****IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 2 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

U= 27,5 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 85,4 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 76,9 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 580 \text{ °C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 18$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min****Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.**

II.5. Słupy S1 – []120:

- rozpiętość 3.10m

Obciążenia obliczeniowe:- reakcja ze skrajnej belki B1: $Q = 0,5 \cdot 18,30 = 9,15 \text{ kN}$ - reakcja z podciągu P1: $Q = 18,30 \text{ kN}$ - żeberka I120: $Q = 0,11 \text{ kN}$

Ciężar własny: / []120 /

 $C_d = 2 \cdot 0,134 \text{ kN/m} \cdot 3,10 \text{ m} \cdot 1,35 = C_d = 1,12 \text{ kN}$ Razem: **$F_d = 28.68 \text{ kN}$** **I. Materiały**

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,70 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm²	$Y_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²	$Y_{M1} = 1,00$
ε	1,0	$Y_{M2} = 1,10$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$$

II. Parametry geometryczne:**Przyjęto przekrój [] 120**

[120			[] 120:		
h =	12 cm	m =	26,8 kg/m	A =	34 cm ²
b =	5,5 cm	$I_t =$	cm ⁴	$I_w =$	cm ⁴
$t_w =$	0,7 cm	$I_y =$	728 cm ⁴	$I_z =$	604 cm ⁴
$t_f =$	0,9 cm	$W_{el,y} =$	121,4 cm ³	$W_{el,z} =$	109,7 cm ³
$r_1 =$	0,9 cm	$W_{pl,y} =$	145,2 cm ³	$W_{pl,z} =$	109,7 cm ³
$r_2 =$	0,45 cm				

Sprawdzenie klasy pojedynczego przekroju: /ściskanie/

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{2b - 2(t_w + r)}{t_f} = 8,67 \leq 33\varepsilon = 33$$

Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 12,00 \leq 33\varepsilon = 33$$

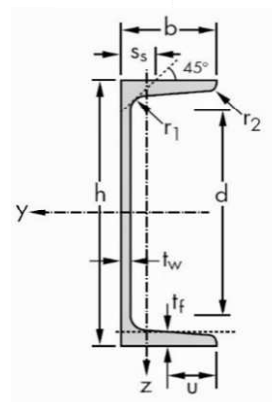
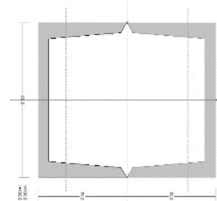
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 14,57 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

**III. Warunki nośności ULS (SGN)**

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 28,68 \text{ kN} \leq 799,00 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 4\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 310 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 1301,67 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,78$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / L_{cr,z}^2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$$

Wpływ wyboczenia na nośność należy uwzględnić, $\lambda > 0,2$.

$$h/b = 2,18$$

Krzywa wyboczeniowa - paramter:

Paramter współczynnika imperfekcji

$$\alpha_z = 0,34$$

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,906$$

Współczynnik zwichrzenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,735$$

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 586,94 \text{ kN}$$

z pł. y-y:

$$L_{cr,y} = 310 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 1570,10 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,71$$

$$\alpha_y = 0,34$$

$$\phi_y = 0,842$$

$$\chi_y = 0,776$$

$$N_{b,Rd,y} = 620,11 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 28,68 \leq 586,94 = \min N_{b,Rd} \quad 5\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie odporności ogniowej profilu (sytuacja pożaru):

Klasa przekroju 1.

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/**2. Nośność na zginanie.**

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \quad - \text{ kierunek y}$$

- momenty zginające:

Profil zamknięty niepodatny na zwichrzenie – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{fi,Ed} = \text{ kNm}$$

$$\chi_{LT} = 1,0$$

$$M_{fi,Ed} = M_{pl,Rd} = \frac{k_{y,\theta} \cdot W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta} = \frac{M_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi}}{W_{pl} \cdot f_y} = 0,000$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 795,8 °C**3. Nośność na ściskanie.**

$$N_{fi,Ed} \leq N_{b,fi,t,Rd}$$

$$N_{fi,Ed} = 21,24 \text{ kN}$$

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 310 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / L_{cr,z}^2 = 1301,67 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}} = 0,78$$

Smukłość względna w temp. θ

$$\bar{\lambda}_{\theta,z} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{y,\theta} / k_{E,\theta}}$$

Pierwsza iteracja:

$$\text{zał. } \kappa = \sqrt{k_{E,\theta} / k_{y,\theta}} = 0,85$$

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = 0,922$$

z pł. y-y:

$$L_{cr,y} = 310 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 1570,10 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,71$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,85$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,839$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{z,\theta} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{z,\theta} + \bar{\lambda}_{z,\theta}^2 \right) = 1,224$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_{z,fi} = \left[\phi_{z,\theta} + \sqrt{\phi_{z,\theta}^2 - \bar{\lambda}_{z,\theta}^2} \right]^{-1} = 0,493$$

$$N_{fi,Ed} = N_{b,fi,t,Rd,z} = \chi_{fi,z} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{M,fi} / (\chi_{fi,z} \cdot A \cdot f_y)$$

$$k_{z,\theta} = 0,054$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /:

$$\theta_{cr} = 930,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,061$$

Druga iteracja:

$$\bar{\lambda}_{\theta,z} = \bar{\lambda}_{z,\theta} = 0,739$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{z,\theta} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{z,\theta} + \bar{\lambda}_{z,\theta}^2 \right) = 1,013$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_{z,fi} = \left[\phi_{z,\theta} + \sqrt{\phi_{z,\theta}^2 - \bar{\lambda}_{z,\theta}^2} \right]^{-1} = 0,586$$

$$N_{fi,Ed} = N_{b,fi,t,Rd,z} = \chi_{fi,z} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{M,fi} / (\chi_{fi,z} \cdot A \cdot f_y)$$

$$k_{z,\theta} = 0,045$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /:

$$\theta_{cr} = 973,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,051$$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{z,\theta} / k_{E,\theta}} = \bar{\lambda}_{z,\theta} = 0,739$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{z,\theta} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{z,\theta} + \bar{\lambda}_{z,\theta}^2 \right) = 1,013$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_{z,fi} = \left[\phi_{z,\theta} + \sqrt{\phi_{z,\theta}^2 - \bar{\lambda}_{z,\theta}^2} \right]^{-1} = 0,586$$

$$N_{fi,Ed} = N_{b,fi,t,Rd,z} = \chi_{fi,z} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{M,fi} / (\chi_{fi,z} \cdot A \cdot f_y)$$

$$k_{z,\theta} = 0,045$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /:

$$\theta_{cr} = 973,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,051$$

Wnioski:

Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi:973 $^\circ\text{C}$

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Pomijam efekt zacinienia: $k_{sh} = 1,0$

U= 46 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U \text{ (obw. pow. - przekr. skrzynk.)}}{A \text{ (pole przekr. poprzecznego)}} = 135,3 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 135,3 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 973 \text{ }^\circ\text{C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 45$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R:** 60 min**Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****II.6. Istniejąca belka stalowa [100 w strefie II:**Obciążenia na belkę: z pasma 1.10m- obciążenia stałe od c. wł. i wykończenia: $g_k = 0,96 \cdot 1,1 \text{ m} = 1,06 \text{ kN/m}$,- c. wł. belki [100 $g_k = 0,11 \text{ kN/m}$,- obciążenia zmienne: $q_k = 0,50 \cdot 1,1 \text{ m} = 0,55 \text{ kN/m}$.Kombinacje normowe wg PN-EN 1990. ULS (6.10) oraz SLS częsta ($\Psi_1=0$, kat. H).

$$p_{Ek} = 1,61 \cdot 1,1 + 0,11 = 1,88 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{Ed} = 2,26 \cdot 1,1 + 0,11 \cdot 1,35 = 2,63 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Ed} = 0,5 \cdot 2,63 \cdot 4,85 = 6,38 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} = 0,125 \cdot 1,88 \cdot 4,85^2 = 5,53 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 0,125 \cdot 2,63 \cdot 4,85^2 = 7,73 \text{ kNm}$$

Przekrój należy zabezpieczyć przed zwichrzeniem poprzez połączenie z blachą trapezową co 3-cią fałdę. Brak zwichrzenia.

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,60 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm²	$Y_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²	$Y_{M1} = 1,00$
ϵ	1,0	$Y_{M2} = 1,10$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$$

II. Parametry geometryczne:**[100**

h =	10 cm	m =	10,6 kg/m	A =	13,5 cm ²
b =	5 cm	$I_t =$	2,81 cm ⁴	$I_w =$	410 cm ⁴
$t_w =$	0,6 cm	$I_y =$	206 cm ⁴	$I_z =$	29,3 cm ⁴
$t_f =$	0,85 cm	$W_{el,y} =$	41,2 cm ³	$W_{el,z} =$	8,49 cm ³
$r_1 =$	0,85 cm	$W_{pl,y} =$	49 cm ³	$W_{pl,z} =$	16,2 cm ³
$r_2 =$	0,45 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - t_w - r}{t_f} = 4,18 \leq 9\varepsilon = 9$$

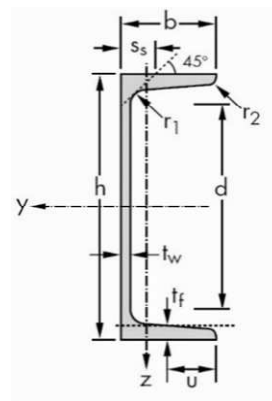
Klasa 1

-  rodek:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 11,00 \leq 72\varepsilon = 72$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 13,83 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na  cinanie.** $V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f = 6,23 \text{ cm}^2$$

$$V_{max} = 6,38 \text{ kN} \leq 84,56 \text{ kN} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 8\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 6,38 \text{ kN} \leq 42,28 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \quad 15\%$$

Pomijam w p yw siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające w prz siele:

$$M_{Ed} = 7,73 \text{ kNm} \leq 11,52 \text{ kNm} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 67\%$$

Warunek nośności spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)Ekstremalne przemieszczenia u_{max} :

$$u_{max} \leq u_{dop} = L/250$$

3,29 cm (odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} :

485 cm

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} :

1,94 cm

Sprawdzenie warunku użytkowalności:

$$3,29 \leq 1,94 \quad 169\%$$

Warunek użytkowalności przekroczony.

Istniejąca belka nie spełnia wymogów SGU w nowej sytuacji, należy profil wymienić i zastąpić belkami I140 w tym samym rozstawie.

II. Parametry geometryczne:**I 140**

h =	14 cm	m =	14,3 kg/m	A =	18,2 cm ²
b =	6,6 cm	I _t =	4,32 cm ⁴	I _w =	1540 cm ⁴
t _w =	0,57 cm	I _y =	573 cm ⁴	I _z =	35,2 cm ⁴
t _f =	0,86 cm	W _{el,y} =	81,9 cm ³	W _{el,z} =	10,7 cm ³
r ₁ =	0,57 cm	W _{pl,y} =	95,4 cm ³	W _{pl,z} =	17,9 cm ³
r ₂ =	0,34 cm				

III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie.** $V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\frac{8,32}{8,32} \leq \frac{8,40}{8,40} \quad \text{zatem:} \quad A_v = 8,32 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{max} = 6,48 \text{ kN} \leq 112,86 \text{ kN} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 6\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 6,48 \text{ kN} \leq 56,43 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \quad 11\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$ - kierunek y*Przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.***IV. Warunki nośności SLS (SGU)**Ekstremalne przemieszczenia u_{max} : $u_{max} \leq u_{dop} = L/250$ (odczytane z RMWIN)Rozpiętość elementu L_{eff} : 485 cmDopuszczalne przemieszczenia u_{max} : 1,94 cm**Sprawdzenie warunku użytkowności:**

$$1,18 \leq 1,94 \quad 61\%$$

Warunek użytkowności spełniony.

Sprawdzenie odporności ogniowej profilu (sytuacja pożaru):*Klasa przekroju 1.***III. Warunki nośności ULS (SGN)** /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$ **1. Nośność na ścinanie.**

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\frac{8,32}{8,32} \leq \frac{8,40}{8,40} \quad \text{zatem:} \quad A_v = 8,32 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{fi,Ed} = 4,64 \text{ kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta_{web}} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta_{web}} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,041$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 994,4 °C**2. Nośność na zginanie.**

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \quad \text{- kierunek y}$$

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{fi,Ed} = 5,63 \text{ kNm}$$

$$M_{fi,Ed} = M_{b,fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta} \cdot W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta} = \frac{M_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi}}{W_{pl} \cdot f_y} = 0,251$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 691,2 °C

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 3 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

U= 34,6 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 190,1 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 171,1 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

$$\text{min. } \theta_{a,cr} = 691 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ zatem:}$$

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 15$ minutach.**Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min****Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****II.7. Sprawdzenie nośności istniejących żebier stropu podpierających słupy S1****OBCIĄŻENIA STROPU:****ciężar własny g_k :****[kN/m²]**

1	Warstwy wykończeniowe podłogi + klej		0,15
2	Szlichta 3cm	$0,03 \cdot 21 =$	0,63
3	Sklejka 2cm	$0,02 \cdot 7 =$	0,14
4	Płyta żelbetowa	$0,08 \cdot 25 =$	2,00
5	Tynk cem. – wap.	$0,01 \cdot 21 =$	0,21
3	Sufit podwieszony, oświetlenie, itd.		0,30
4	płyty G-K na stelażu, przeciwogniowe		0,30

1,75**obciążenia zmienne q_k :****[kNm²]**

5	Obciążenie zmienne korytarz, C3 $\Psi = (0,7; 0,7; 0,6)$		3,00
---	---	--	-------------

Rozstaw żebier 2,40m, zatem:

$$G_k = 1,75 \cdot 2,40 = 4,20 \text{ kN/m}$$

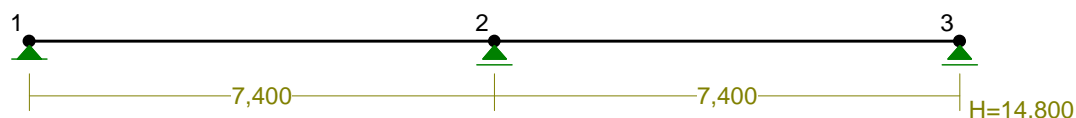
$$Q_k = 3,00 \cdot 2,40 = 7,20 \text{ kN/m}$$

Obciążenia ścianą działową murowaną + 2x tynk:

$$S_{Ek} = 3,8 \cdot (0,12 + 0,01 + 0,01) \cdot 18 \approx 9,58 \text{ kN/m}, \gamma = 1,35$$

Obciążenia łączne ze słupa(+obudowa): $R_{Ek} = 21 \cdot 1,02 \approx 22 \text{ kN}, \gamma = 1,40$

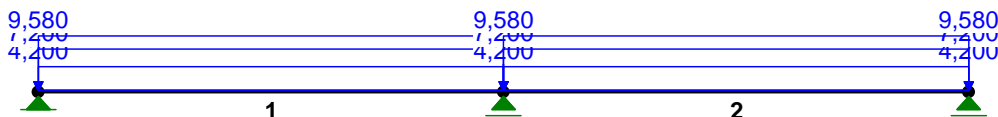
WEZŁY:



STAN ISTNIEJĄCY

Obciążenia $P_{Ed}=0,85 \cdot 1,35 \cdot (4,20+9,58) + 1,50 \cdot 7,20=26,62\text{kN/m}$

OBCIĄŻENIA:



=====

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

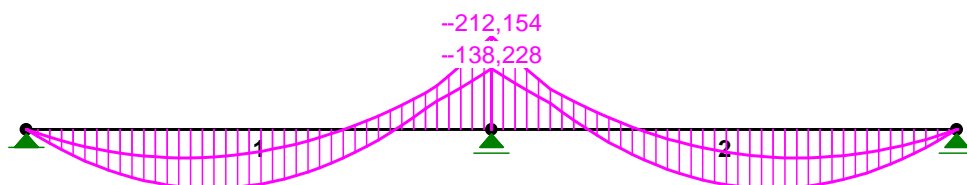
=====

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

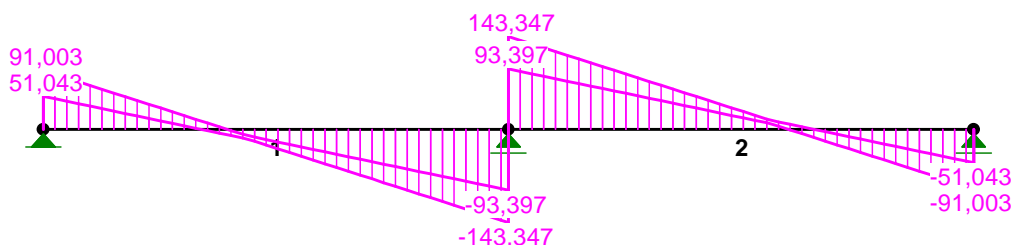
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE : G+S EWENTUALNIE: T+U

MOMENTY-OBWIEDNIE:

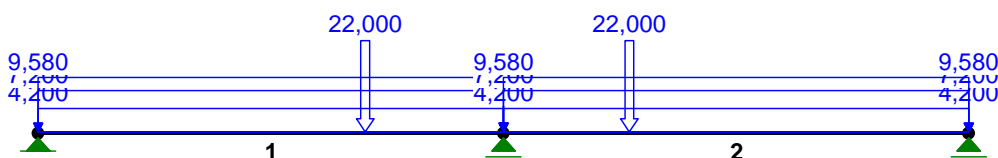


TNĄCE-OBWIEDNIE:

**STAN PROJEKTOWANY**

Obciążenia: $P_{Ed}=0,85 \cdot 1,35 \cdot (4,20+9,58) + 1,50 \cdot 7,20=26,62\text{kN/m}$ i $R_{Ed}= 1,40 \cdot 22 = 31,0\text{ kN}$.

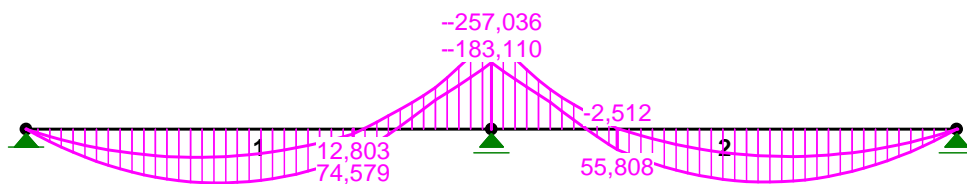
OBCIĄŻENIA:

**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

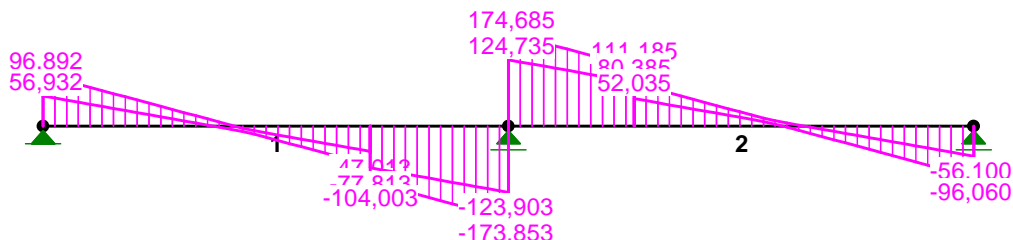
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE : G+S+R EWENTUALNIE: T+U

MOMENTY-OBWIEDNIE :



SIŁY PRZESKOKOWE-OBWIEDNIE :



Wzrost obciążeń na żebra powoduje lokalnie zwiększenie sił przekrojowych (w tych 2 żebrach):

- 20% wzrost wartości momentów: $257/212 = 1,20$, $147/133=1,10$
- 20% wzrost wartości sił ścinających $173/134=1,20$.

Ze względu na brak dokumentacji archiwalnej nie jest znane zbrojenie żeber. We wskazanych miejscach należy wykonać lokalne odkrywki, tak aby nie uszkodzić zbrojenia (w szczególności jego ciągłości i zakotwienia). Następnie zabezpieczyć miejsce odkrywki – zabetonować.

Minimalne zbrojenie wymagane do spełnienia warunków nośności i użytkowości:

Zał. min. klasa betonu: C20/25 (B25)

Stal zbrojenia głównego AIII $f_{yk}=400\text{MPa}$

Stal zbrojenia strzemiona AI $f_{yk}=240\text{MPa}$

Przekrój belki w okolicy oparcia na podciągu zwiększa na odcinku 60cm swoją wysokość z 30x43 na 30x60cm. Sprawdzenie sił przekrojowych przeprowadzono dla obu wysokości. Siła w odl. 60cm od podpory $M_{\max}=132\text{kNm}$, $V_{\max}=124\text{kN}$.

STAN ISTNIEJĄCY – przyjęcie założeń dot. zbrojenia

1. Dane projektowe dla belki:

Wymiary belki:

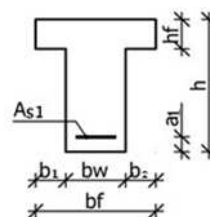
b_w	30 cm
h	43 cm
$h_{f, \text{top}}$	8 cm
l_n	700 cm
a_1	20 cm
a_2	20 cm
l_{eff}	740 cm

Siły wewnętrzne:

$M_{\text{Ed}, \text{qp}, \text{btm}} =$	104,00 kNm
$M_{\text{Ed}, \text{btm}} =$	133,00 kNm
$M_{\text{Ed}, \text{qp}, \text{top L}} =$	15,60 kNm
$M_{\text{Ed}, \text{top L}} =$	19,95 kNm
$M_{\text{Ed}, \text{qp}, \text{top R}} =$	106,00 kNm
$M_{\text{Ed}, \text{top R}} =$	132,00 kNm
$g + q \text{ SLSqp} =$	21,11 kN/m

1,28

$V_{\text{Ed}, \text{L}} =$	91,00 kN
$V_{\text{Ed}, \text{d}, \text{L}} =$	77,82 kN
$V_{\text{Ed}, \text{R}} =$	124,00 kN
$V_{\text{Ed}, \text{d}, \text{R}} =$	110,82 kN
$g + q =$	27,00 kN/m
podparcie do osi:	10 cm



Materiały belki:

beton	C20/25	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	E_{cm}	ϵ_{cu3}	λ	η	γ_c
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[‰]	[-]	[-]	[-]
		20	13,33	2,2	30000	3,5	0,8	1	1,50

stal

pręty główne	AIII	f_{yk}	f_{yd}	E_s	ξ_{lim}	γ_s
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]
		400	350	200000	0,667	1,15
strzemiona	AI	240	210	200000	0,769	1,15

Zbrojenie belki:

					$A_{s,prov}$ [cm ²]	$\rho = \frac{A_{s1,prov}}{b \cdot d}$	$A_{s,min}$	$A_{s,req}$ [cm ²]
pręty główne dołem	4	#	20	=	12,56	1,10%	2,66	10,13
górą lewą	4	#	16	=	8,04	0,69%	5,24	1,50
górą prawą	4	#	20	=	12,56	1,10%	6,93	11,35
strzemiona	2	#	8	=	1,00	0,19%	0,15%	
oraz		#	8	=	0,00			

Otulina:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm)$$

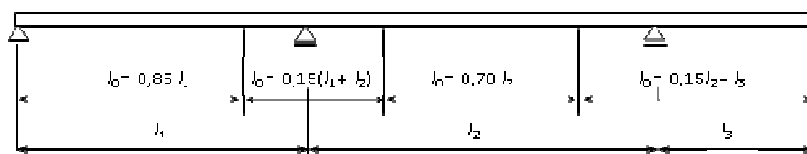
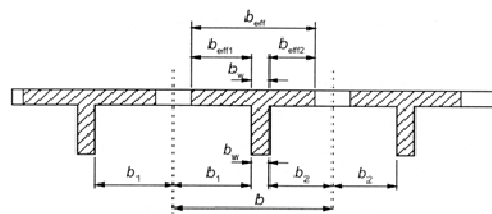
	$c_{min,b}$ [mm]	$c_{min,dur}$ [mm]	$\Delta c_{dur,y}$ [mm]	$\Delta c_{dur,st}$ [mm]	$\Delta c_{dur,add}$ [mm]	c_{min} [mm]	Δc_{dev} [mm]	c_{nom} [cm]	d [cm]
Dołem	20	10	0	0	0	20	10	3	38,2
Górą lewą	16	10	0	0	0	16	10	2,6	38,8
Górą prawą	20	10	0	0	0	20	10	3	38,2

Szerokość efektywna pasa ściskanego:

- geometria przekroju ściskanego górą w przęśle:

$$b_{eff} = b_{eff1} + b_w + b_{eff2} \leq b, \quad \text{gdzie } b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$l_0 =$	629 cm	0,85
$b_1 =$	105 cm	$b_{eff1} = 83,9$ cm
$b_2 =$	105 cm	$b_{eff2} = 83,9$ cm



belka sw. podparta
 $l_0 = 1,0 \cdot l_1$

$$b_{eff} = 197,5 \text{ cm} \leq b = 240 \text{ cm, zatem } b_{eff} = 197,5 \text{ cm}$$

dołem rozciąganie -

$$b_t = 30 \text{ cm}$$

- geometria przekroju ściskanego dołem nad podporą lewa strona:

$$l_0 = 111 \text{ cm} \quad 0,15$$

$$b_1 = 105 \text{ cm} \quad b_{eff1} = 22,2 \text{ cm}$$

$$b_2 = 105 \text{ cm} \quad b_{eff2} = 22,2 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 74,0 \text{ cm} \leq b = 240 \text{ cm, zatem } b_{eff} = 30 \text{ cm}$$

górą rozciąganie lewa-

$$b_t = 74,0 \text{ cm}$$

- geometria przekroju ściskanego dołem nad podporą prawa strona:

$l_0 =$	222 cm	0,15			
$b_1 =$	105 cm	b_{eff1}	43,2 cm		
$b_2 =$	105 cm	b_{eff2}	43,2 cm		
$b_{eff} =$	116,0 cm	\leq	$b =$	240 cm , zatem	$b_{eff} =$ 30 cm
				górną rozciąganie prawa-	$b_t =$ 116,0 cm

2. STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI (ULS/SGN):

2.1. Wyznaczenie zbrojenia/nośności ze względu na zginanie (ULS/SGN):

2.1.1. Zbrojenie dołem:

Sprawdzenie - pozornie czy rzeczywiście teowy?

$$M_p = h_f b \eta f_{cd} (d - 0.5 \cdot h_f) \leq M_{Ed}$$

$M_p =$	720,30 kNm	$>$	$M_{Ed} =$	133 kNm	
					przekrój pozornie teowy / prostokątny

Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:

$$b = 197,5 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow M_{Ed} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0.5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{-0.5}$	x_1	x_2	
84,25	-8045,45	13300,00	7761,92	93,82	1,68	
$x =$	1,68 cm	\leq	25,47 cm = $d \xi_{lim}$	OK.		
$\lambda x =$	1,35 cm	\leq	20,37 cm	OK.		OK., zniszczenie ze wzgl. na stal
		\leq	8,00 cm	OK.		

$$2. (S) N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, req} = 10,13 \text{ cm}^2$$

Przyjęto dołem zbrojenie rozciągane:	4	#	20
--------------------------------------	---	---	----

$A_{s1, prov} =$	12,56	cm^2	$>$	(S) $A_{s1, req} =$	10,13	cm^2	OK.
			$>$	$A_{s, min} =$	2,66	cm^2	OK.
			$<$	$A_{s, max} =$	51,60	cm^2	OK.

2.1.3. Zbrojenie górą prawa podpora:

Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow M_{Ed} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0.5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{-0.5}$	x_1	x_2	
12,80	-1222,09	13200,00	904,35	83,08	12,42	
$x =$	12,42 cm	\leq	25,47 cm = $d \xi_{lim}$	OK.		
$\lambda x =$	9,93 cm	\leq	20,37 cm	OK.		OK., zniszczenie ze wzgl. na stal

$$2. (S) N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, req} = 11,35 \text{ cm}^2$$

Przyjęto górą zbrojenie rozciągane:	4	#	20
-------------------------------------	---	---	----

$A_{s1, prov} =$	12,56	cm^2	$>$	(S) $A_{s1, req} =$	11,35	cm^2	OK.
			$>$	$A_{s, min} =$	6,93	cm^2	OK.
			$<$	$A_{s, max} =$	51,60	cm^2	OK.

2.2. Wyznaczenie zbrojenia ze względu na ścinanie (ULS/SGN):

Przyjęto strzemiona pionowe: $A_{sw} = 1,00 \text{ cm}^2$
 $2 \quad \# \quad 8 = 1,00 \text{ cm}^2$

min. stopień zbroj. $\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,15\%$
 max rozstaw strzemion: $s_{max} = A_{sw} / \rho_{w,min} \cdot b_w = 22 \text{ cm}$
 max rozstaw strzemion: $s_{l,max} = 0,75d = 29 \text{ cm}$ zatem:
 na odcinkach I rodzaju: **22 cm**
 na odcinkach II rodzaju: **29 cm**

2.2.1. Wyznaczenie zbrojenia ze względu na ścinanie (ULS/SGN): LEWA PODPORA

ODCINKI I RODZAJU - ZBROJENIE KONSTRUKCYJNE: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad d = 38,8$$

Elementy nie wymagające obliczania zbrojenia na ścinanie:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,120$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \quad k = 1,72$$

Ilość zbroj. rozcz. podłużnego w strefie objętej sprawdzeniem:

$$A_{s1} \quad 4 \quad 2 \quad \# \quad 16 = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = A_{sl} / b_w \cdot d < 0,02 \quad \rho_l = 0,003$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,352 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,d} = 77,82 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 45,70 \text{ kN}$$

NALEŻY ZAPROJEKTOWAĆ ZBROJENIE NA ŚCINANIE - ODC. II RODZ.

ODCINKI II RODZAJU - ZBROJENIE NA ŚCINANIE:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \text{ oraz } V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

zasięg odcinka II rodzaju:

strzemiona zagęścić na odcinku "c" od osi podpory $c = 150 \text{ cm}$

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Rd,s}} z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = C \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$z = 0,9d = 34,9 \text{ cm} \quad \cot \theta = 2,00 \quad v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,552$$

$$C = \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z = 770,84 \text{ kN}$$

(SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI BETONU NA ŚCISKANIE - ZMIAŻDZENIE)

$$V_{Ed,d} = 77,82 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 308,34 \text{ kN}$$

warunek nośności spełniony, zaprojektować zbrojenie na ścinanie

Zaprojektowano strzemiona pionowe w rozstawie:

$$s = 18 \text{ cm} \quad 18,0 \quad \text{dla } V_{Ed,d}$$

$$\rho_w = A_{sw} / s \cdot b_w = 0,19\% \geq \rho_{w,min} = 0,15\% \quad 22,0 = A_{swmin}$$

warunek spełniony

2.2.2. Wyznaczenie zbrojenia ze względu na ścinanie (ULS/SGN): PRAWA PODPORA

ODCINKI I RODZAJU - ZBROJENIE KONSTRUKCYJNE: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad d = 38,2$$

Elementy nie wymagające obliczania zbrojenia na ścinanie:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,120$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \quad k = 1,72$$

Ilość zbroj. rozcz. podłużnego w strefie objętej sprawdzeniem:

$$A_{s1} \quad 4 \quad 2 \quad \# \quad 20 = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = A_{sl} / b_w \cdot d < 0,02 \quad \rho_l = 0,005$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,354 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,d} = 110,82 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 52,65 \text{ kN}$$

NALEŻY ZAPROJEKTOWAĆ ZBROJENIE NA ŚCINANIE - ODC. II RODZ.

$$\text{ODCINKI II RODZAJU - ZBROJENIE NA ŚCINANIE:} \quad V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \text{ oraz } V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

zasięg odcinka II rodzaju:

strzemiona zagięci na odcinku "c" od osi podpory

$$c = 210 \text{ cm}$$

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Rd,s}} z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = C \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$z = 0,9d = 34,4 \text{ cm}$$

$$\cot \theta =$$

$$2,00$$

$$v = 0,6(1 - f_{ck} / 250) =$$

$$0,552$$

$$C = \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z =$$

$$758,92 \text{ kN}$$

(SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI BETONU NA ŚCISKANIE - ZMIAŻDZENIE)

$$V_{Ed,d} = 110,82 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 303,57 \text{ kN}$$

warunek nośności spełniony, zaprojektować zbrojenie na ścinanie

Zaprojektowano strzemiona pionowe w rozstawie:

$$s = 13 \text{ cm}$$

$$13,0 \text{ dla } V_{Ed,d}$$

$$\rho_w = A_{sw} / s \cdot b_w =$$

$$0,26\%$$

$$\rho_{w,min} =$$

$$0,15\%$$

$$22,0 = A_{swmin}$$

warunek spełniony

Nad podporą środkową (podwyższony przekrój 30x60) :

1. Dane projektowe dla belki:

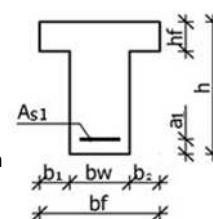
Wymiary belki:

b_w	30 cm
h	60 cm
$h_{f, top}$	8 cm
l_n	700 cm
a_1	20 cm
a_2	20 cm
l_{eff}	740 cm

Siły wewnętrzne:

$M_{Ed,qp, btm} =$	kNm
$M_{Ed, btm} =$	kNm
$M_{Ed,qp, top L} =$	kNm
$M_{Ed, top L} =$	kNm
$M_{Ed,qp, top R} =$	170,00 kNm
$M_{Ed, top R} =$	212,00 kNm

$V_{Ed, L} =$	91,00 kN
$V_{Ed, d, L} =$	73,23 kN
$V_{Ed, R} =$	144,00 kN
$V_{Ed, d, R} =$	126,23 kN
$g + q =$	27,00 kN/m
podparcie do osi:	10 cm



2.1.3. Zbrojenie górą prawa podpory:

Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow M_{Ed} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0,5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{0,5}$	x_1	x_2
12,80	-1765,96	21200,00	1425,99	124,72	13,28

$$x = 13,28 \text{ cm} \leq 36,80 \text{ cm} = d \xi_{lim} \text{ OK.}$$

$$\lambda x = 10,63 \text{ cm} \leq 29,44 \text{ cm} \text{ OK. OK., zniszczenie ze wzgl. na stal}$$

$$2. (S) N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, req} = 12,15 \text{ cm}^2$$

Przyjęto górą zbrojenie rozciągane:

4

#

20

$A_{s1, prov} =$	12,56	cm^2	>	(S) $A_{s1, req} =$	12,15	cm^2	OK.
			>	$A_{s, min} =$	9,26	cm^2	OK.
			<	$A_{s, max} =$	72,00	cm^2	OK.

Ścinanie sprawdzone.

Wielkość rys w normie – $w_k < 0,3\text{mm}$.

Ugięcia (przy zakładanej konfiguracji zbrojenia): ugięcia w normie:

$f =$	1,93	cm	\leq	$f_{\text{dop}} =$	2,96	cm
OK., WARUNEK SPEŁNIONY					0,65	

Wg obliczeń minimalne zbrojenie do przeniesienia istniejącego układu obciążeń to:

- przekrój 30x43: 4#20 ($12,56\text{cm}^2$) dołem w przęśle oraz 4#20 górą w odl. 60cm od podpory środkowej (podpora środkowa to główny podciąg w osi budynku,

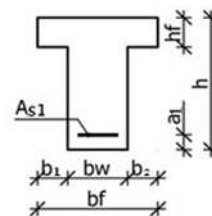
- przekrój 30x60: 4#20 górą nad podporą środkową.

Strzemiona dwucięte #8 co 18 i 13cm na odcinkach II rodzaju (jak wyżej), a na pozostałych I rodzaju co 40cm.

STAN ISTNIEJĄCY – zbrojenie wg założeń dla istn. stanu obciążeń, jak wyżej

1. Dane projektowe dla belki:

Wymiary belki:		Siły wewnętrzne:		1,31	
b _w	30 cm	M _{Ed,qp, btm} =	112,00 kNm	V _{Ed, L} =	97,00 kN
h	43 cm	M _{Ed, btm} =	147,00 kNm	V _{Ed,d, L} =	82,36 kN
h _{f, top}	8 cm	M _{Ed,qp, top L} =	16,80 kNm	V _{Ed, R} =	154,00 kN
l _n	700 cm	M _{Ed, top L} =	22,05 kNm	V _{Ed,d, R} =	139,36 kN
a ₁	20 cm	M _{Ed,qp, top R} =	120,38 kNm	g + q =	30,00 kN/m
a ₂	20 cm	M _{Ed, top R} =	158,00 kNm	podparcie do osi:	10 cm
l _{eff}	740 cm	g + q SLSqp=	22,86 kN/m		



2. STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI (ULS/SGN):

2.1. Wyznaczenie zbrojenia/nośności ze względu na zginanie (ULS/SGN):

2.1.1. Zbrojenie dołem:

Sprawdzenie - pozornie czy rzeczywiście teowy?

$$M_p = h_f b \eta f_{cd} (d - 0.5 \cdot h_f) \leq M_{\text{Ed}}$$

$$M_p = 720,30 \text{ kNm} > M_{\text{Ed}} = 147 \text{ kNm}$$

przekrój pozornie teowy / prostokątny

Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:

$$b = 197,5 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}} \rightarrow M_{\text{Ed}} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0.5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{-0,5}$	x_1	x_2
84,25	-8045,45	14700,00	7731,47	93,64	1,86

$$x = 1,86 \text{ cm} \leq 25,47 \text{ cm} = d \xi_{\text{lim}} \quad \text{OK.}$$

$$\lambda x = 1,49 \text{ cm} \leq 20,37 \text{ cm} \quad \text{OK.} \quad \text{OK., zniszczenie ze wzgl. na stal}$$

$$\leq 8,00 \text{ cm} \quad \text{OK.}$$

$$2. (S) N_{\text{Ed}} \leq N_{\text{Rd}} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, \text{req}} = 11,22 \text{ cm}^2$$

Przyjęto dołem zbrojenie rozciągane:	4	#	20
---	----------	----------	-----------

$$A_{s1, \text{prov}} = 12,56 \text{ cm}^2 > (S) A_{s1, \text{req}} = 11,22 \text{ cm}^2 \quad \text{OK.}$$

W nowym układzie sił zbrojenie 4#20 dołem w przęśle jest wystarczające.

2.1.3. Zbrojenie górą prawa podpora:**Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:**

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow M_{Ed} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0,5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{-0,5}$	x_1	x_2
12,80	-1222,09	15800,00	827,50	80,08	15,42

$$x = 15,42 \text{ cm} \leq 25,47 \text{ cm} = d \xi_{lim} \quad \text{OK.}$$

$$\lambda x = 12,33 \text{ cm} \leq 20,37 \text{ cm} \quad \text{OK.} \quad \text{OK., zniszczenie ze wzgl. na stal}$$

$$2. (S) N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, req} = 14,10 \text{ cm}^2$$

Przyjęto górą zbrojenie rozciągane:	5	#	20
--	----------	----------	-----------

$$A_{s1, prov} = 15,70 \text{ cm}^2 > (S) A_{s1, req} = 14,10 \text{ cm}^2 \quad \text{OK.}$$

W nowym układzie sił zbrojenie 4#20(12,56cm²) górą nad podporą jest nie wystarczające. Konieczne 5#20(15,70cm²).

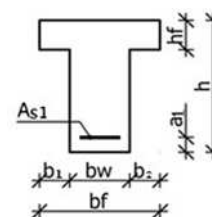
1. Dane projektowe dla belki:**Wymiary belki:**

b_w	30 cm
h	60 cm
h_f, top	8 cm
l_n	700 cm
a_1	20 cm
a_2	20 cm
l_{eff}	740 cm

Siły wewnętrzne:

$M_{Ed, qp, btm} =$	kNm
$M_{Ed, btm} =$	kNm
$M_{Ed, qp, top L} =$	kNm
$M_{Ed, top L} =$	kNm
$M_{Ed, qp, top R} =$	198,00 kNm
$M_{Ed, top R} =$	257,00 kNm

$V_{ed, L} =$	kN
$V_{ed, d, L} =$	kN
$V_{ed, R} =$	174,00 kN
$V_{ed, d, R} =$	154,44 kN
$g + q =$	30,00 kN/m
podparcie do osi:	10 cm

**2.1.3. Zbrojenie górą prawa podpora:****Wyznaczenie potrzebnej ilości zbrojenia na zginanie - przekrój pozornie teowy / prostokątny:**

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$1. (M) M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow M_{Ed} = \lambda x b \eta f_{cd} (d - 0,5 \lambda x) \rightarrow Ax^2 + Bx + C = 0$$

Ax^2	Bx	C	$\Delta^{-0,5}$	x_1	x_2
12,80	-1765,96	25700,00	1342,79	121,47	16,53

$$x = 16,53 \text{ cm} \leq 36,80 \text{ cm} = d \xi_{lim} \quad \text{OK.}$$

$$\lambda x = 13,23 \text{ cm} \leq 29,44 \text{ cm} \quad \text{OK.} \quad \text{OK., zniszczenie ze wzgl. na stal}$$

$$2. (S) N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 0 = \lambda x b \eta f_{cd} - A_{s1} f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \lambda x b \eta f_{cd} / f_{yd} \quad A_{s1, req} = 15,12 \text{ cm}^2$$

Przyjęto górą zbrojenie rozciągane:	5	#	20
--	----------	----------	-----------

$$A_{s1, prov} = 15,70 \text{ cm}^2 > (S) A_{s1, req} = 15,12 \text{ cm}^2 \quad \text{OK.}$$

$$> A_{s, min} = 9,26 \text{ cm}^2 \quad \text{OK.}$$

$$< A_{s, max} = 72,00 \text{ cm}^2 \quad \text{OK.}$$

W nowym układzie sił zbrojenie 4#20(12,56cm²) górą nad podporą jest nie wystarczające. Konieczne 5#20(15,70cm²).

Zbrojenie na ścinanie – na odcinku 210cm od środkowej podpory konieczne jest min. zbrojenie strzemionami dwuciętymi #8co10cm (w starym układzie co 13cm było wystarczające).

Rysy w normie.

Ugięcia:

$f =$	1,89	cm	\leq	$f_{dop} =$	2,96	cm
OK., WARUNEK SPEŁNIONY					0,64	

II.8. Wnioski:

Wg obliczeń minimalne zbrojenie do przeniesienia nowoprojektowanego układu obciążeń prowadzi do zwiększenia ilości zbrojenia w porównaniu do istniejącego stanu obciążeń. Ze względu na brak informacji o zbrojeniu żeber należy wykonać odkrywki we wskazanych miejscach. Należy wykonać je pod nadzorem, tak aby nie uszkodzić zbrojenia, w szczególności jego ciągłości i zakotwienia. Miejsca odkrywek należy następnie zabezpieczyć – zabetonować.

Minimalne zbrojeni wymagane w nowym układzie obciążeń to:

- zbrojenie główne dołem w przęśle 4#20 (12,56cm²),
- zbrojenie główne górą w odl. 200cm od podpory środkowej w obie strony 5#20 (15,70cm²)
- strzemiona dwucięte #8 co 18 (na odcinkach 150cm od skrajnych podpór) i co 10cm na odcinkach II rodzaju (210 cm od podpory środkowej obustronnie), a na pozostałych I rodzaju co 40cm.

Minimalna otulina dla klasy R60 wynosi $a_{fi} = 12\text{mm} \ll c_{nom}=30\text{mm}$. Warunek spełniony.

Projektował:	Sprawdził:
mgr inż. Andrzej Szubert	mgr inż. Joanna Szubert
upr. bud. St-374/78	upr. bud. MAZ/0268/POOK/12