

INWESTYCYJNE NADZORY BUDOWLANE KOSZTORYSOWANIE
inż. Sławomir Mańka
Gorzenica 98C
87-300 Brodnica

tel. 505111970
manslavek@wp.pl



PROJEKT TECHNICZNY KONSTRUKCYJNY

1

**Budynek magazynowy
Gmina Górzno, Powiat Brodnicki,
działka nr 386/1, Obręb: 0001 Górzno - Miasto
Jednostka ewidencyjna: 040205_4.0001 Górzno - miasto**

OBIEKT:	Budynek magazynowy
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO:	XVIII
LOKALIZACJA:	Górzno Gmina: Górzno Obręb: 0001 Górzno - miasto Jednostka ewidencyjna: 040205_4 Górzno
INWESTOR:	Miasto i Gmina Górzno Ulica Rynek 1 87-320 Górzno
BRANŻA:	architektura, konstrukcja
PROJEKTANT ARCHITEKT:	mgr inż. arch. Tomasz Patorski nr upr. 20/WMOKK/2017 do projektowania bez ograniczeń w specjalności architektonicznej
ARCHITEKT SPRAWDZAJĄCY:	mgr inż. arch. Dariusz Krzysztof Szymański do projektowania bez ograniczeń w specjalności architektonicznej nr uprawnień: 22/WMOKK/2017
KONSTRUKTOR:	mgr inż. Sławomir Mańka upr. proj. KUP/0003/POOK/10 do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
KONSTRUKTOR SPRAWDZAJĄCY:	mgr inż. Wiesław Dąbrowski upr. proj. KUP/0113/PBKb/16 do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

luty 2026 r.

SPIS ZAWARTOŚCI

II.	PROJEKT TECHNICZNY KONSTRUKCYJNY	
A) CZĘŚĆ OPISOWA PROJEKTU		str. 3
1.	Podstawa opracowania	str. 3
2.	Materiały wyjściowe	str. 3
3.	Opinia geotechniczna oraz informacja o sposobie posadowienia obiektu budowlanego	str. 4
4.	Założenia projektowe	str. 4
5.	Rozwiązania konstrukcyjno-budowlane	str. 4
6.	Wyniki obliczeń	str. 5
B) CZĘŚĆ RYSUNKOWA PROJEKTU		str. 51
III.	OŚWIADCZENIA PROJEKTANTÓW, KOPIE UPRAWNIEŃ PROJEKTANTÓW ORAZ AKTUALNE ZAŚWIADCZENIA O WPISIE IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA	
1.	Oświadczenie projektantów	
2.	Kopie uprawnień projektantów oraz aktualne zaświadczenia	

II. PROJEKT

A) CZĘŚĆ OPISOWA PROJEKTU

1. Podstawa opracowania

- Zlecenie i wytyczne inwestora
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z 2002 r. Poz. 690)
- Przepisy techniczno-budowlane

2. Materiały wyjściowe

- **Rodzaj i kategoria obiektu budowlanego**

OBIEKT: Budynek magazynowy

KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO: XVIII

- **Zamierzony sposób użytkowania oraz program użytkowy obiektu budowlanego**

a) zamierzony sposób użytkowania:

Budynek magazynowy na potrzeby Gminy Górzno na działce nr 386/14 w gminie Górzno.

a) program użytkowy obiektu budowlanego:

Budynek o powierzchni użytkowej 347,59m² zostanie wkomponowany w istniejącą zabudowę działki nr 386/1 w gminie Górzno. Program funkcjonalny przewiduje budowę budynku pełniącego funkcję magazynu.

- **Układ przestrzenny oraz forma przestrzenna obiektu budowlanego**

a) układ przestrzenny:

Planowana inwestycja została zaprojektowana na działce z zachowaniem nieprzekraczalnych linii zabudowy i pozostałych warunków zabudowy.

b) forma przestrzenna obiektu budowlanego:

Planowana inwestycja zakłada budowę budynku magazynowego.

Budynek jest budynkiem parterowym o prostokątnym kształcie i dwuspadowym dachu. Budynek zaprojektowano w bryle prostokąta, w konstrukcji stalowej ścian i dachu.

c) sposób dostosowania obiektu budowlanego do krajobrazu i otaczającej zabudowy:

Projektowane zamierzenie inwestycyjne nie wpływa negatywnie na istniejący ład przestrzenny.

- **Charakterystyczne parametry techniczne budynku**

	Dane techniczne	Obiekt budowlany
1.	Rodzaj budynku	Budynek magazynowy
2.	Kondygnacje	
	- podziemne	0
	- nadziemne	1
3.	Wysokość budynku	8,00
4.	Długość budynku	18,00m
5.	Szerokość budynku	20,00m
6.	Powierzchnia zabudowy	360,00m ²
7.	Powierzchnia użytkowa	347,59m ²
8.	Kubatura brutto	Ok 2 422,08m ³
9.	Orientacyjna liczba osób przebywających maksymalnie w obiekcie	10
10.	Rodzaj dachu	Dwuspadowy
11.	Kąt nachylenia dachu	14,00°
12.	Technologia wykonania	Stopy fundamentowe monolityczne żelbetowe, konstrukcja hali w postaci stalowych ram portalowych; pokrycie dachu i ścian płyta warstwową
13.	Układ konstrukcyjny	Hale jednonawowe

14.	Przylącza	Elektroenergetyczne istniejące
15.	Instalacje wewnętrzne	Elektryczne, wentylacyjne (grawitacja), odgromowa,

3. Opinia geotechniczna oraz informacja o sposobie posadowienia obiektu budowlanego

a) informacja o sposobie posadowienia obiektu budowlanego:

Posadowienie bezpośrednie na stopach żelbetowych monolitycznych.

b) opinia geotechniczna:

Biorąc pod uwagę występowanie gruntów jednorodnych oraz występowanie zwierciadła wody podziemnej poniżej głębokości posadowienia fundamentów bezpośrednich, zgodnie z „Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012r. poz. 463)”, warunki gruntowe można określić jako proste. Obiekt należy do pierwszej kategorii geotechnicznej.

Nie jest konieczne sporządzanie opinii geotechnicznej dla tego zamierzenia inwestycyjnego.

4. Założenia projektowe

W niniejszym projekcie przyjęto ujednolicone założenia materiałowe w celu uproszczenia zamówień, wykonywania i kontroli robót budowlanych.

- **Beton**

Poszczególne elementy konstrukcyjne sklasyfikowano do następujących klas ekspozycji:

beton fundamentów, słupów, podciągów - XC2

Z uwagi na trwałość konstrukcji przy ekspozycji w wyżej wymienionych klasach przyjęto beton klasy C25/30.

- **Stal zbrojeniowa**

Przyjęto stal zbrojeniową klasy o A-IIIN średnic $\varnothing 6 - 16\text{mm}$ (fyk = 500MPa) gatunku B500W lub o gatunku innym przy jednoczesnym zachowaniu charakterystycznej granicy plastyczności fyk = 500MPa i klasy ciągliwości B lub C wg PN-EN 1992-1-1:2004

- **Stal konstrukcyjna**

Przyjęto stal konstrukcyjna S355J2 (fyk = 355MPa)

Zastosowane schematy statyczne

- Fundament – płyta na podłożu sprężystym
- Nadproża - belka jedno/ wieloprzęsłowa obciążona obciążeniem równomiernym
- Rama stalowa – rama portalowa

Projekt wykonano przy założeniach, że:

- Budynek znajduje się w II strefie obciążenia śniegiem,
- Budynek znajduje się w I strefie obciążenia wiatrem.

5. Rozwiązania konstrukcyjno – budowlane

Fundamenty, stopy, ściany fundamentowe :

- Stopy fundamentowe oraz ściany fundamentowe monolityczne żelbetowe z betonu C25/30 (B30), zbrojone stalą A-III N (B500SP).
- Fundamenty na podkładzie z betonu C8/10 (B10), o grubości 10cm.
- Stopy fundamentowe wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.
- Fundamenty i ściany fundamentowe zabezpieczone przeciwwilgociowo i przeciwwodnie wg pkt. poniżej.

Ściany :

- Ściany zewnętrzne: płyta warstwowa PIR gr. 10 cm mocowana do rygli ściennych; rygle mocowane no głównej konstrukcji nośnej – słupy IPE400
- W części przyziemnej podwaliny betonowe gr. 8/10cm
- Konstrukcja ściany wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.
- Ściany zabezpieczone przeciwwilgociowo i przeciwwodnie oraz termicznie wg pkt. poniżej.

Dach:

- Dach o konstrukcji stalowej z dźwigarami IPE400, kryty płytą warstwową PIR gr. 10 cm
- Płatwie (rozstaw należy dopasować do producenta wybranego systemu)

Słupy, rdzenie żelbetowe :

- Słupy, rdzenie jako konstrukcja nośna dachu i usztywnienie ścian, z betonu C25/30 (B30), zbrojone stalą A-III N (B500SP) w monolitycznej technologii wykonania.
- W części nadziemnej główne słupy konstrukcyjne IPE400.
- Wymiary, zbrojenie, przekroje wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Nadproża:

- Nadproże o konstrukcji stalowej wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Izolacje :

Przeciwwilgociowe i przeciw wodne:

- pozioma na fundamentach : grubowarstwowa izolacja bitumiczna;
- pionowa na ścianach fundamentowych : grubowarstwowa izolacja bitumiczna
- pozioma posadzki na gruncie : folia PE;

Zabezpieczenia w obiekcie budowlanym:

- Zabezpieczenie antykorozyjne: wszystkie elementy metalowe należy pomalować farbą podkładową i antykorozyjną wg opisów zabezpieczeń poszczególnych elementów obiektu.
- Zabezpieczenie przeciwpożarowe: wg opisu warunków ochrony przeciwpożarowej w obiekcie oraz wg projektów branżowych.

Wykończeniowe obiektu budowlanego:

Wykończenie:

- Zewnętrzne: płyta warstwowa w kolorze jasno-szarym
- Wewnętrzne: płyta warstwowa w kolorze jasno-szarym
- Wydzielenie pomieszczenia wykonać z płyt warstwowych PIR gr. 10 cm samonośnych (ściany i sufit)

Posadzki:

- Pomieszczenia magazynowe: posadzka przemysłowa

Stolarka okienna i drzwiowa:

- Stolarka drzwiowa: stalowa – wrota podnoszone panelowe
- Stolarka drzwiowa: stalowa – drzwi jednoskrzydłowe

Pokrycie dachu:

- Pokrycie: płyta warstwowa PIR gr. 10 cm
- W pokryciu należy zamontować świetliki ciepłe trapezowe do płyt warstwowych Thermoroof poliwęglowy (3 pasy o szerokości 100 cm)

Odprowadzenie wody opadowej z dachu:

- Odprowadzenie wody z dachu: system zewnętrzny z rurami spustowymi
- Obróbki blacharskie dachu, attyki, kominów: z blachy powlekanej w kolorze kolorystyki dachu. Obróbki wyprowadzone zgodnie ze sztuką budowlaną.

Pozostałe elementy:

- Nasady kominowe na kominach: z gotowych elementów,
- Ogrodzenie zewnętrzne: istniejące
- Oświetlenie na budynku: wg projektu technicznego elektrycznego

Instalacje wewnętrzne:

Instalacja elektryczna oświetleniowa i gniazd oraz odgromowa

Instalacje wentylacyjne:

- wentylacja grawitacyjna

Instalacje elektryczne:

- istniejące przyłącze z Zakładu Energetycznego .
- instalacja oświetlenia, gniazd wtyczkowych
- instalacja odgromowa

8. Założenia projektowe

W niniejszym projekcie przyjęto ujednolicone założenia materiałowe w celu uproszczenia zamówień, wykonywania i kontroli robót budowlanych.

Beton

Poszczególne elementy konstrukcyjne sklasyfikowano do następujących klas ekspozycji:

beton fundamentów, słupów, podciągów - XC2

Z uwagi na trwałość konstrukcji przy ekspozycji w wyżej wymienionych klasach przyjęto beton klasy C25/30.

Stal zbrojeniowa

Przyjęto stal zbrojeniową klasy o A-IIIN średnic $\varnothing$ 6 - 16mm ($f_{yk} = 500\text{MPa}$) gatunku B500W lub o gatunku innym przy jednoczesnym zachowaniu charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500\text{MPa}$ i klasy ciągliwości B lub C wg PN-EN 1992-1-1:2004

Stal konstrukcyjna

Przyjęto stal konstrukcyjna S355J2 ($f_{yk} = 355\text{MPa}$)

Zastosowane schematy statyczne

Fundament – płyta na podłożu sprężystym

Nadproża - belka jedno/ wieloprzęsłowa obciążona obciążeniem równomiernym

Rama stalowa – rama portalowa

Projekt wykonano przy założeniach, że:

Budynek znajduje się w II strefie obciążenia śniegiem,

Budynek znajduje się w I strefie obciążenia wiatrem.

9. Rozwiązania konstrukcyjno – budowlane

Fundamenty, stopy, ściany fundamentowe :

Stopy fundamentowe i ściany fundamentowe monolityczne żelbetowe z betonu C25/30 (B30), zbrojone stalą A-III N (B500SP)

Fundamenty na podkładzie z betonu C8/10 (B10), o grubości 10cm.

Stopy i ściany fundamentowe wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Fundamenty i ściany fundamentowe zabezpieczone przeciwwilgociowo i przeciwwodnie wg pkt. poniżej.

Ściany :

Ściany zewnętrzne: płyta warstwowa PIR gr. 10 cm mocowana do rygli ściennych Z100x53/48x3.00; rygle mocowane no głównej konstrukcji nośnej – słupy IPE400

W części przyziemnej podwaliny betonowe gr. 8/10cm

Konstrukcja ściany wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Ściany zabezpieczone przeciwwilgociowo i przeciwwodnie oraz termicznie wg pkt. poniżej.

Dach:

Dach o konstrukcji stalowej z dźwigarami IPE400, kryty płytami warstwowymi PIR o grubości 10 cm

Płatwie Z200x68/60x2.00

Pokrycie: płyta warstwowa PIR gr. 10 cm

W pokryciu należy zamontować świetliki ciepłe trapezowe do płyt warstwowych Thermoroof poliwęglowy (3 pasy o szerokości 100 cm)

Słupy, rdzenie żelbetowe :

Słupy, rdzenie jako konstrukcja nośna dachu i usztywnienie ścian, z betonu C25/30 (B30), zbrojone stalą A-III N (B500SP) w monolitycznej technologii wykonania.

W części nadziemnej główne słupy konstrukcyjne IPE400.

Wymiary, zbrojenie, przekroje wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Nadproża:

Nadproże o konstrukcji stalowej wg szczegółowych rysunków konstrukcyjnych.

Izolacje :

Przeciwwilgociowe i przeciw wodne:

pozioma na fundamentach : grubowarstwowa izolacja bitumiczna;

pionowa na ścianach fundamentowych : grubowarstwowa izolacja bitumiczna;

pozioma posadzki na gruncie : folia PE;

Zabezpieczenia w obiekcie budowlanym:

Zabezpieczenie antykorozyjne: wszystkie elementy metalowe należy pomalować farbą podkładową i antykorozyjną wg opisów zabezpieczeń poszczególnych elementów obiektu.

Zabezpieczenie przeciwpożarowe: wg opisu warunków ochrony przeciwpożarowej w obiekcie oraz wg projektów branżowych.

Posadzka – betonowa ze zbrojeniem rozproszonym o grubości 20 cm z betonu C25/30

WROTA WJAZDOWE

Zaprojektowano bramę segmentową podnoszoną z doprowadzonym zasilaniem do sterowania elektrycznego. Sterowanie + po 2 piloty.

Wymagania, jakie powinny spełniać bramy:

- brama segmentowa z paneli stalowych o wymiarach szer.5000 x wys.5000 mm.
- blat bramy segmentowej pokryty obustronnie blachą stalową, ocynkowaną ogniowo o grubości min. 0,5 mm.
- wypełnienie - pianka poliuretanowa bez freonu o grubości, co najmniej 50 mm.
- panele powlekane farbami poliestrowymi w kolorze wskazanym przez Zamawiającego,
- obsługa ręczna z przekładnią łańcuchową przełożenie 1 do 4, sprężyny obliczone na min. 50000 cykli, ryglowane od wewnątrz,
- uszczelka dolna i uszczelki między panelowe,
- zabezpieczenie przed pęknięciem sprężyn,
- prowadzenie standardowe STL
- napęd nasadowy boczny

ELEKTRYCZNA TRÓJFAZOWA

Przyłącze zewnętrzne z zabezpieczeniem nadprądowym, tablica rozdzielcza usytuowana wewnątrz obiektu. Instalacja wykonana zgodnie z PN-HD60364-4-41. Usytuowanie przyłącza, tablic, osprzętu wg. Załączonego rysunku, przewody prowadzone wewnątrz ściany typu „sandwich”

Rodzaj gniazda elektrycznego:

Gniazdo trójfazowe 2 sztuki

Gniazdo podwójne 5 sztuk,

OŚWIETLENIOWA

Oprawy oświetleniowe natynkowe
hermetyczne 1x75W 40 – 3

WENTYLACJA

Grawitacyjna - kratka wentylacyjna O100 osadzona w ścianie

Mechaniczna – wentylatory elektryczne (strumień 100 m³/h) zamontowane w ścianie

Opis do instalacji elektrycznych

1.1. Zasilanie obiektu (**zasilanie obiektu nie jest przedmiotem zadania**)

Zasilanie projektowanego obiektu zostanie wykonane z wewnętrznej sieci elektroenergetycznej w zakresie dotychczasowej mocy przyłączeniowej. Z rozdzielnic głównej wyprowadzić w kablem typu YDY 5x10mm do projektowanej rozdzielnic TS. Ponieważ istniejący budynek nie jest wyposażony w wyłącznik główny prądu w istniejącej RG zabudować wyłącznik główny prądu, który będzie pełnił funkcję wyłącznika głównego p.poż. dla całego obiektu. Przycisk wyzwalający wyłącznik gł. zabudować przed wejściem do budynku. Z TS zasilić projektowane obwody oświetleniowe i gniazd w budynku administracyjno-socjalnym oraz projektowane wiaty. Kable zasilające ułożyć w ziemi na głębokości 0,7m na 10 cm podsypce z piasku. Trasy kabli oznaczyć niebieską folią. Pod nawierzchniami utwardzonymi kable ułożyć w rurach ochronnych

1.2 Instalacja oświetleniowa i gniazd wtyczkowych

Zasilanie instalacji oświetleniowej i gniazd wtyczkowych wykonać przewodami typu YDY prowadzonymi w rurkach izolacyjnych. Gniazda wtyczkowe 230V zasilić przewodami YDY 3x2,5..

W pomieszczeniach sanitarnych, magazynie zamontować osprzęt szczelny. Typy opraw LED. Na zewnątrz zamontować oprawy zewnętrzne LED. Załączanie oświetlenia zewnętrznego zegarem astronomicznym zabudowanym w rozdzielnic TS oraz alternatywnie wyłącznikiem ręcznym.

1.3 Instalacja odgromowa i połączenia wyrównawcze

Dla budynku przyjęto IV poziom ochrony odgromowej. Jako uziemienie instalacji odgromowej dla projektowanego budynku zaprojektowano uziom otokowy wykonany z płaskownika FeZn 25x4mm ułożony w wykopie na głębokości 0,8m. Z uziomu otokowego wyprowadzić przewody uziemiające płaskownikiem stalowym ocynkowanym 25x4mm. Przewody odprowadzające połączyć z metalową konstrukcją budynku poprzez złącza kontrolne. Metalowe pokrycie dachu będzie wykorzystane jako zwody poziome (minimalna grubość blachy 0,5mm, płyty warstwowe z wypełnieniem trudnozapalnym).

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

Ochronę podstawową stanowić będzie izolacja robocza przewodów, osprzętu i urządzeń elektrycznych. Jako ochronę dodatkową przyjęto SZYBKIE WYŁĄCZENIE ZASILANIA, stosując w obwodach odbiorczych wyłączniki instalacyjne S301 oraz wyłączniki różnicowo-prądowe o prądzie różnicowym 30mA. Cała instalacja pracować będzie w systemie TN-S z oddzielną żyłą ochronną PE. Przewód ochronny koloru żółto-zielonego należy prowadzić we wszystkich obwodach i łączyć go z bolcami gniazd wtykowych, metalowymi obudowami i zaciskami ochronnymi stosowanych urządzeń elektrycznych. Przewodu ochronnego nie wolno przerywać ani zabezpieczać zwarcioowo. W złączu pomiarowym przewód ochronno-neutralny PEN należy rozdzielić na ochronny PE i neutralny N, a punkt ten uziemić płaskownikiem FeZn 25x4mm. Oporność uziemienia winna być mniejsza od 30,0Ω. Skuteczność zastosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej należy potwierdzić pomiarami.

Oświetlenie, osprzęt

Należy zamontować lampy LED o parametrach ni niższych od wskazanych - 1150 mm 8600 lm IP66 830 (56W) 60 W – 8 sztuk, oraz w części socjalno – sanitarnej oprawy LED OP 44 20 W 4000 K – 3 sztuki

Gniazda i włączniki w uzgodnieniu z Inwestorem – gniazda podwójne 6 sztuk, gniazda siłowe 2 sztuki, włączniki 4 sztuki, tablica rozdzielcza (główna) – 1 sztuka.

Uwagi końcowe:

Całość robót wykonać zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz niniejszym opracowaniem. Po zakończeniu robót przed oddaniem obiektu należy wykonać pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej, badanie izolacji kabli i przewodów, rezystancji uziemień.

10. Wyniki obliczeń

WĘZŁY:

WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	7	20,000	0,800
2	0,000	5,800	8	5,000	7,030
3	10,000	8,260	9	15,000	7,030
4	20,000	5,800	10	23,500	0,000
5	20,000	0,000	11	23,500	6,400
6	0,000	0,800			

PODPORY:

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt: [m / k N]	Dx(Do*): [m / k N]	Dy: [rad/kNm]	DFi:
1	utwierdzenie	90,0	0,0	0,0	0,0
5	utwierdzenie	90,0	0,0	0,0	0,0
10	stała	0,0	0,0	0,0	
11	przesuwna	90,0	0,0*		

OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx(Wo*)[m]:	Wy[m]:	Flo[grad]:
B r a k O s i a d a ń				

PRĘTY:

PRZEKROJE PRĘTÓW:

PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt: Typ: A: B: Lx[m]: Ly[m]: L[m]: Red.EJ: Przekrój:

1	00	0	5	0,000	0,800	0,800	1,000	14 B 60x40
2	00	5	1	0,000	5,000	5,000	1,000	13 I 400 PE
3	00	3	6	0,000	-5,000	5,000	1,000	13 I 400 PE
4	00	6	4	0,000	-0,800	0,800	1,000	14 B 60x40
5	00	3	8	-5,000	1,230	5,149	1,000	13 I 400 PE
6	00	8	2	-5,000	1,230	5,149	1,000	13 I 400 PE
7	00	1	7	5,000	1,230	5,149	1,000	13 I 400 PE
8	00	7	2	5,000	1,230	5,149	1,000	13 I 400 PE
9	00	8	7	-10,000	0,000	10,000	1,000	2 R *20x10
10	00	9	10	0,000	6,400	6,400	1,000	1 I 200 PE

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr. A[cm²] Ix[cm⁴] Iy[cm⁴] Wg[cm³] Wd[cm³] h[cm] Materiał:

1	28,5	1940	142	194	194	20,0	3 S 355
2	3,1	1	1	1	1	2,0	3 S 355
13	84,5	23130	1320	1157	1157	40,0	3 S 355
14	2400,0	720000	320000	24000	24000	60,0	44 C20/25

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał: Moduł E: Napręż.gr.: AlfaT:
[kN/mm²] [N/mm²] [1/K]

3 S 355	210	355,000	1,2E-5
44 C20/25	30	14,300	1,0E-5

OBCIĄŻENIA:

OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe ☐ G= 1,35/1,00

Grupa: A "Płyta warstwowa" Stałe ☐ G= 1,35/1,00

2	Skupione	0,0	0,70	2,50
2	Skupione	0,0	0,70	5,00
2	Skupione	0,0	0,70	0,00
3	Skupione	0,0	0,70	0,00
3	Skupione	0,0	0,70	2,50
3	Skupione	0,0	0,70	5,00

5	Liniowe-Y	0,0	0,31	0,31	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	0,31	0,31	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	0,31	0,31	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	0,31	0,31	0,00	5,15
10	Liniowe	90,0	4,20	4,20	0,00	6,40
10	Skupione	0,0	3,20		6,40	

Grupa: B "Płatwie" Stałe $\square G = 1,35/1,00$

2	Moment		0,06	2,50		
2	Moment		0,06	5,00		
2	Moment		0,06	0,00		
3	Moment		-0,06	2,50		
3	Moment		-0,06	5,00		
3	Moment		-0,06	0,00		
5	Liniowe-Y	0,0	0,20	0,20	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	0,20	0,20	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	0,20	0,20	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	0,20	0,20	0,00	5,15

Grupa: C "Technologiczne (0,4kN/m2)" Zmienne $\square Q = 1,50$

5	Liniowe-Y	0,0	2,00	2,00	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	2,00	2,00	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	2,00	2,00	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	2,00	2,00	0,00	5,15

Grupa: L "Śnieg 4 z lewej" Zmienne $\square Q = 1,50$

5	Liniowe-Y	0,0	1,80	1,80	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	1,80	1,80	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15

Grupa: P "Śnieg 2 z prawej" Zmienne $\square Q = 1,50$

5	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	1,80	1,80	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	1,80	1,80	0,00	5,15

Grupa: S "Śnieg 1" Zmienne $\square Q = 1,50$

5	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
6	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
7	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15
8	Liniowe-Y	0,0	3,60	3,60	0,00	5,15

Grupa: T "Wiatr od czoła" Zmienne $\square Q = 1,50$

2	Liniowe-X	90,0	-3,60	-3,60	0,00	5,00
3	Liniowe-X	90,0	3,60	3,60	0,00	5,00
5	Liniowe	173,0	2,00	2,00	0,00	5,15
6	Liniowe	173,0	2,00	2,00	0,00	5,15
7	Liniowe	7,0	-2,00	-2,00	0,00	5,15
8	Liniowe	7,0	-2,00	-2,00	0,00	5,15

Grupa: V "Wiatr 2" Zmienne $\square Q = 1,50$

2	Liniowe	90,0	2,16	2,16	0,00	5,00
3	Liniowe	-90,0	-1,04	-1,04	0,00	5,00
5	Liniowe	173,0	1,62	1,62	0,00	5,15
6	Liniowe	173,0	1,62	1,62	0,00	5,15
7	Liniowe	7,0	-3,24	-3,24	0,00	5,15
8	Liniowe	7,0	-1,62	-1,62	0,00	5,15

Grupa: W "Wiatr 1" Zmienne $\square Q = 1,50$

2	Liniowe	90,0	-1,04	-1,04	0,00	5,00
3	Liniowe	-90,0	2,16	2,16	0,00	5,00
5	Liniowe	166,2	3,24	3,24	0,00	5,15
6	Liniowe	166,2	1,62	1,62	0,00	5,15
7	Liniowe	13,8	-1,62	-1,62	0,00	5,15
8	Liniowe	13,8	-1,62	-1,62	0,00	5,15

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria I-go rzędu
RM_Win v. 12.4 licencja nr 49121

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa: Znaczenie: ☐: ☐0/☐1/☐2:

CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00			
A-"Płyta warstwowa"	Stałe	1,35/1,00			
B-"Płatwie"	Stałe	1,35/1,00			
C-"Technologiczne (0,4kN/m2)"	Zmienne	1 1,50	1/0,9/0,8		
L-"Śnieg 4 z lewej"	Zmienne	1 1,50	0,5/0,2/0		
P-"Śnieg 2 z prawej"	Zmienne	1 1,50	0,7/0,5/0,2		
S-"Śnieg 1"	Zmienne	1 1,50	0,5/0,2/0		
T-"Wiatr od czoła"	Zmienne	1 1,50	0,6/0,2/0		
V-"Wiatr 2"	Zmienne	1 1,50	0,6/0,2/0		
W-"Wiatr 1"	Zmienne	1 1,50	0,6/0,2/0		

MOMENTY:

TNĄCE:

NORMALNE:

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCLPSTVW

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	236,53	-84,71	-102,72
	1,00	0,800	168,76	-84,71	-96,24
2	0,00	0,000	168,68	-84,71	-95,30
	1,00	5,000	-208,45	-66,11	-89,88
3	0,00	0,000	-210,69	67,57	-90,39
	1,00	5,000	173,76	86,17	-95,81
4	0,00	0,000	173,84	86,17	-96,76
	1,00	0,800	242,78	86,17	-103,24
5	0,00	0,000	210,77	-70,71	-86,98
	1,00	5,149	-62,86	-35,57	-68,67
6	0,00	0,000	-63,14	-21,13	-126,65
	0,45	2,293	-87,26*	0,09	-118,49
	1,00	5,149	-49,26	26,52	-108,34

7	0,00	0,000	-208,53	70,56	-85,44
	1,00	5,149	64,09	35,33	-68,61
8	0,00	0,000	64,37	20,89	-126,59
	0,44	2,253	87,95*	0,04	-118,58
	1,00	5,149	49,26	-26,76	-108,28
9	0,00	0,000	0,27	-0,17	59,75
	0,50	5,000	-0,14*	0,00	59,75
	1,00	10,000	0,27	0,17	59,75
10	0,00	0,000	0,00	18,14	-6,25
	0,50	3,200	29,03*	0,00	-5,29
	1,00	6,400	0,00	-18,14	-4,32

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCLPSTVW

Pręt: x/L: x[m]: SigmaG: SigmaD: SigmaMax/Ro:
[MPa]

3 S 355

2	0,00	0,000	-157,13	134,58	0,443
	1,00	5,000	169,61	-190,88	0,538*
3	0,00	0,000	171,48	-192,87	0,543*
	1,00	5,000	-161,58	138,91	0,455
5	0,00	0,000	-192,54	171,95	0,542*
	1,00	5,149	46,23	-62,48	0,176
6	0,00	0,000	39,60	-69,58	0,196
	0,43	2,233	61,40	-89,49	0,252*
	1,00	5,149	29,77	-55,41	0,156
7	0,00	0,000	170,20	-190,43	0,536*
	1,00	5,149	-63,54	47,30	0,179
8	0,00	0,000	-70,64	40,68	0,199
	0,43	2,192	-90,09	61,97	0,254*
	1,00	5,149	-55,41	29,78	0,156
9	0,00	0,000	-159,65	540,05	1,521*
	1,00	10,000	-159,60	540,00	1,521*
10	0,00	0,000	-2,19	-2,19	0,006
	0,50	3,200	-151,50	147,79	0,427*
	1,00	6,400	-1,52	-1,52	0,004

44 C20/25

1	0,00	0,000	-10,28	9,43	0,719*
	1,00	0,800	-7,43	6,63	0,520
4	0,00	0,000	-7,65	6,84	0,535
	1,00	0,800	-10,55	9,69	0,737*

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCLPSTVW

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	84,71	102,72	133,15	-236,53
5	-86,17	103,24	134,48	242,78
10	-18,14	6,25	19,19	
11	-18,14	0,00	18,14	

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABCLPSTVW

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	57,38	70,71	91,06	-160,36
5	-58,35	71,05	91,94	164,52
10	-13,44	4,63	14,22	
11	-13,44	0,00	13,44	

PRZEMIESZCZENIA:

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABCLPSTVW

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000 (0,000)
2	-0,00891	-0,00019	0,00891	-0,00142 (-0,081)
3	0,00027	-0,03910	0,03910	0,00003 (0,002)
4	0,00944	-0,00019	0,00944	0,00131 (0,075)
5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000 (0,000)
6	-0,00021	-0,00001	0,00022	0,00051 (0,029)
7	0,00022	-0,00001	0,00022	-0,00052 (-0,030)
8	-0,00278	-0,02577	0,02592	-0,00553 (-0,317)
9	0,00336	-0,02555	0,02577	0,00554 (0,317)
10	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01126 (-0,645)
11	0,00000	-0,00004	0,00004	0,01126 (0,645)

DEFORMACJE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABCLPSTVW

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	Fla[deg]:	Fib[deg]:	f[m]:	L/f:
1	0,0000	0,0002	0,000	0,029	0,0001	15720,1
2	0,0002	0,0089	0,029	-0,081	0,0020	2521,5
3	0,0094	0,0002	0,075	-0,030	0,0020	2557,6
4	0,0002	0,0000	-0,030	0,000	0,0001	15299,9
5	-0,0021	0,0240	0,075	0,317	0,0029	1780,1
6	0,0240	0,0379	0,317	0,002	0,0038	1361,0

7	0,0019	-0,0244	-0,081	-0,317	0,0028	1827,0
8	-0,0244	-0,0380	-0,317	0,002	0,0038	1351,0
9	0,0256	0,0258	0,317	-0,317	0,4032	24,8
10	0,0000	0,0000	-0,645	0,645	0,0225	284,2

DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWE wg mech.: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCLPSTVW

Pręt: EJ/L: Ca: Cb: Cv: lo[m]: μ : lw[m]:

1	2,7000E+5	0,000	0,987	0,999	0,800	1,959	1,567
2	9714,600	0,035	0,765	0,307	5,000	1,255	6,275
3	9714,600	0,765	0,035	0,307	5,000	1,255	6,275
4	2,7000E+5	0,987	0,000	0,999	0,800	1,959	1,567
5	9433,358	0,505	0,673	0,495	5,149	1,458	7,507
6	9433,358	0,536	0,678	0,275	5,149	1,277	6,575
7	9433,358	0,505	0,673	0,495	5,149	1,458	7,507
8	9433,358	0,536	0,678	0,275	5,149	1,277	6,575
9	0,165	0,000	0,000	0,000	10,000	0,500	5,000
10	636,563	1,000	1,000	0,000	6,400	1,000	6,400

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.63 licencja nr 49121)

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:
5		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,755
3		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,749
7		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,747
2		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,742
8		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,439
6		12 - I 400 PE	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,436

Pręt nr 7

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.63 licencja nr 49121)

Zadanie: Hala 24.08.2024 v53 fi 24

Przekrój: 12 - I 400 PE

Wymiary przekroju:

$h=400,0$ $g=8,6$ $s=180,0$ $t=13,5$ $r=21,0$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=23130,0$ $I_{zg}=1320,0$ $A=84,50$ $i_y=16,5$ $i_z=4,0$ $I_w=490048,5$ $I_t=45,3$ $i_s=17,01$.

Materiał: S 355 Granica plastyczności $f_y=355$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 490$ dla $g=8,6$.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone $q = 0$ kN/m,

- momenty przywęzłowe $M_a = 0$, $M_b = 0$ kNm,

- moment skręcający $T = 0$ kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $f = 1$.

Długości wybocheniowe pręta

Przęsło Y_c

Przyjęto:

$a = 0,493$ $b = 0,500$ węzły przesuwne $= 1,453$ dla $l_o = 5,149$
 $l_w = 1,453 \times 5,149 = 7,482$ m

Przęsło Z_c

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$a = 1,000$ $b = 1,000$ węzły nieprzesuwne $= 1,000$ dla $l_o = 5,149$
 $l_w = 1,000 \times 5,149 = 5,149$ m

Przęsło

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $= 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_0 = 5,149$ m. Długość wyboczeniowa $l = 5,149$ m.

Siły krytyczne:

$$\begin{aligned} \times 10^{-2} &= 8564,58 \text{ kN} \\ \times 10^{-2} &= 1031,9 \text{ kN} \\ \times (\times 10^{-2} + 81 \times 45,3 \times 102) &= 2591,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

Zwichrzenie

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_0 = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,270$, $A_2 = 1,610$, $B = 1,880$.

$$A_0 = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,270 \times 0,00 + 1,610 \times 0,00 = 0,000$$

$$= 522,91 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 5,149$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Przyjęto następujące współczynniki częściowe M :

$$M_0 = 1; M_1 = 1; M_2 = 1,1.$$

Klasa przekroju:

$$= = = 0,814$$

Nr:	c [mm]	t [mm]			k	(c/t)1	(c/t)2	(c/t)3	c/t	Klasa
1	331,0	8,6	0,532	-0,726	-	54,494	62,751	79,380	38,488	1
2	64,7	13,5	1,000	1,000	0,431	7,323	8,136	11,221	4,793	1
3	64,7	13,5	1,000	1,000	0,431	7,323	8,136	11,221	4,793	1
4	64,7	13,5	1,000	0,000	0	7,323	8,136	INF	4,793	1
5	64,7	13,5	1,000	0,000	0	7,323	8,136	INF	4,793	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1

Nośność na ściskanie

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,149$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Klasa przekroju 1.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -83,88 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 84,50 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 84,50 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$\times 10^{-1} = 2999,75 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$= 0,028 < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie skrętne (krzywa "b")
$= = 0,592$	$= = 1,705$	$= = 1,076$
$0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,592 - 0,2) + 0,5922] = 0,716$ $= 0,893$	$0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,705 - 0,2) + 1,7052] = 2,209$ $= 0,277$	$0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,076 - 0,2) + 1,0762] = 1,228$ $= 0,550$
przyjęto $\chi = 0,893$ 1	Przyjęto $\chi = 0,277$ 1	przyjęto $\chi = 0,550$ 1

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,277$

$$\times 10^{-1} = 829,93 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$= 0,101 < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,149$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

- wzdłuż osi Z

$$= \times 10^{-1} = 875,81 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$= = 0,081 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 355 MPa, przyjęto $= 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 331,0/8,6 = 38,488 < 48,645 = 72 \times 0,814/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$$x_a = 0,000; x_b = 5,149; \text{Przęsło nr: } 1, 1, 1 \text{ Obciążenia: } 1,35 \cdot (C_W + A + B) + 1,5 \cdot (C + L + P + S + T + V + W)$$

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \times 10^{-3} = 463,52 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$\times 10^{-1} = 2999,75 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 83,88 / 2999,75 = 0,028; \quad \text{przyjęto } n = 0,028 \quad 1;$$

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$$a = (A - 2 b_{tf})/A = (84,50 - 2 \times 18,00 \times 1,35)/84,50 = 0,425; \text{przyjęto } a = 0,425 \quad 0,5;$$

– zginanie y-y

$$N_{Ed} = 83,88 < 749,94 = 0,25 \times 2999,75 = 0,25 N_{pl,Rd} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} = 83,88 < 569,38 = \times 10^{-1} = \quad (6.34)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

– zginanie z-z

$$N_{Ed} = 83,88 < 1138,77 = \times 10^{-1} = \quad (6.35)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$= = 0,443 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$+ + = 0,471 < 1 \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność)

$$x_a = 0,000; x_b = 5,149; \text{Przęsło nr: } 1, 1, 1. \text{ Obciążenia: } 1,35 \cdot (C_W + A + B) + 1,5 \cdot (C + L + P + S + T + V + W)$$

Przyjęto krzywą zwichrzenia „c”.

$$= = 0,942$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,94 - 0,4) + 0,75 \times 0,942] = 0,965$$

$$= = 0,675;$$

$$\text{przyjęto } \chi_{LT} = 0,675 \quad 1,000 = \min\{1; \}$$

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$= \times 10^{-3} = 312,9 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$= = 0,656 < 1 \quad (6.54)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego

$$\text{Przęsło nr: } 1, 1, 1. \text{ Obciążenia: } 1,35 \cdot (C_W + A + B) + 1,5 \cdot (C + L + P + S + T + V + W)$$

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \square = 0,6 + 0,4 \times 0,000 = 0,600;$$

$$\text{przyjęto } C_{mz} = 0,600$$

$$C_{mLT} = ; \quad \text{przyjęto } C_{mLT} = 0,900$$

$$0,900 \times (1 + (0,592 - 0,2) \times) = 0,911$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = 0,911 \quad 0,923 = 0,900 \times (1 + 0,8 \times)$$

$$0,600 \times (1 + (2 \times 1,705 - 0,6) \times) = 0,770$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = 0,685 \quad 0,685 = 0,600 \times (1 + 1,4 \times)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,685 = 0,411$$

$$1 - \times = 0,973$$

$$\text{przyjęto } k_{zy} = 0,984 \quad 0,984 = 1 - \times$$

Warunki nośności:

$$+ + = 0,629 < 1 \quad (6.61)$$

$$+ + = 0,747 < 1 \quad (6.62)$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym

$$x_a = 5,149; x_b = 0,000; \text{Przęsło nr: } 1, 1, 1. \text{ Obciążenia: } 1,35 \cdot (C_W + A + B) + 1,5 \cdot (C + L + P + S + T + V + W)$$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środka (a).

Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = 5,149$ m. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (331,0/5149,1)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 355 \times 180,0 / (355 \times 8,6) = 20,930$$

$$m_2 = 0,02 (h_w / t_f)^2 = 0,02 \times (331,0/13,5)^2 = 12,023$$

$$= 282,0 \quad \text{przyjęto } l_y = 282,0 \quad a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,01 \times 210 \times 8,63 / 331,0 = 2182,12 \text{ kN}$$

$$= 0,628$$

$$= 0,796 \quad \text{przyjęto } F = 0,796 \cdot 1,0$$

$$L_{eff} = F \cdot l_y = 0,796 \times 282,0 = 224,5 \text{ mm}$$

$$= 685,32 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środka:

$$= 0,027 < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\times 10 + \times 103 + \times 103 = 0,192 \quad (4.15 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$2 + 0,8 \cdot 1 = 0,027 + 0,8 \times 0,192 = 0,181 < 1,4 \quad (7.2 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowości:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+B+C+L+P+S+T+V+W Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{max} = 2,7 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 250 = 5149 / 250 = 20,6 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 2,7 < 20,6 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 2,652 \text{ mm}; \quad L / a = 5149,1 / 2,652 = 1941,6$$

..g:kkpmkkpmwmwww:ggggeays.:£££:h.££:£:££³:£c£chh

Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.63 licencja nr 49121)

Zadanie: Hala 24.08.2024 v53 fi 24

Przekrój: 12 - I 400 PE

Wymiary przekroju:

$$h=400,0 \quad g=8,6 \quad s=180,0 \quad t=13,5 \quad r=21,0$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=23130,0 \quad I_{zg}=1320,0 \quad A=84,50 \quad i_y=16,5 \quad i_z=4,0 \quad I_w=490048,5 \quad I_t=45,3 \quad i_s=17,01.$$

Materiał: S 355 Granica plastyczności $f_y=355 \text{ MPa}$ oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 490$ dla $g=8,6$.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadłe do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone $q = 0 \text{ kN/m}$,

- momenty przywęzłowe $M_a = 0, \quad M_b = 0 \text{ kNm}$,

- moment skręcający $T = 0 \text{ kNm}$.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $f = 1$.

Długości wyboczeniowe pręta

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$a = 0,035 \quad b = 0,507 \quad \text{węzły przesuwne} \quad = 1,237 \quad \text{dla } l_0 = 5,000$$

$$l_w = 1,237 \times 5,000 = 6,185 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$a = 1,000 \quad b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,000$$

$$l_w = 1,000 \times 5,000 = 5,000 \text{ m}$$

Przęsło

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $= 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_0 = 5,000 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l = 5,000 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$\times 10^{-2} = 12531,85 \text{ kN}$$

$$\times 10^{-2} = 1094,34 \text{ kN}$$

$$\times (\times 10^{-2} + 81 \times 45,3 \times 102) = 2671,17 \text{ kN}$$

Zwichrzenie

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_0 = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00 \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,270$, $A_2 = 1,610$, $B = 1,880$.

$$A_0 = A_1 \cdot b_y + A_2 \cdot a_s = 0,270 \times 0,00 + 1,610 \times 0,00 = 0,000$$

$$= 546,76 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 5,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$
 Przyjęto następujące współczynniki częściowe M:
 $M_0 = 1$; $M_1 = 1$; $M_2 = 1,1$.

Klasa przekroju:
 $= = 0,814$

Nr.	c [mm]	t [mm]			k	(c/t)1	(c/t)2	(c/t)3	c/t	Klasa
1	331,0	8,6	0,544	-0,865	-	53,084	61,127	88,842	38,488	1
2	64,7	13,5	1,000	0,000	0	7,323	8,136	INF	4,793	1
3	64,7	13,5	1,000	0,000	0	7,323	8,136	INF	4,793	1
4	64,7	13,5	1,000	1,000	0,431	7,323	8,136	11,221	4,793	1
5	64,7	13,5	1,000	1,000	0,431	7,323	8,136	11,221	4,793	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1

Nośność na ściskanie

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Klasa przekroju 1.

Siła osiowa:

$N_{Ed} = -95,37 \text{ kN}$

Pole powierzchni przekroju:

$A = 84,50 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$A_{eff} = 84,50 \text{ cm}^2$

Przesunięcie środka ciężkości:

$e_{Ny} = 0,00$; $e_{Nz} = 0,00 \text{ cm}$.

$\times 10^{-1} = 2999,75 \text{ kN}$ (6.10)

Warunek nośności:

$= 0,032 < 1$ (6.9)

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie skrętne (krzywa "b")
$= = 0,489$	$= = 1,656$	$= = 1,060$
$0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,489 - 0,2) + 0,4892] = 0,650$ $= 0,928$	$0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,656 - 0,2) + 1,6562] = 2,118$ $= 0,291$	$0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,060 - 0,2) + 1,0602] = 1,208$ $= 0,560$
przyjęto $\chi = 0,928$ 1	Przyjęto $\chi = 0,291$ 1	przyjęto $\chi = 0,560$ 1

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,291$

$\times 10^{-1} = 872,28 \text{ kN}$ (6.47)

Warunek stateczności:

$= 0,109 < 1$ (6.46)

Nośność przekroju na ścinanie

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

- wzdłuż osi Z

$= \times 10^{-1} = 875,81 \text{ kN}$

Warunek nośności:

$= = 0,095 < 1$

Dla materiału o granicy plastyczności 355 MPa, przyjęto $= 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$h_w / t_w = 331,0 / 8,6 = 38,488 < 48,650 = 72 \times 0,814 / 1,200 = 72 \epsilon / \eta$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1 Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \times 10^{-3} = 463,52 \text{ kNm}$

Zredukowana nośność na zginanie:

$\times 10^{-1} = 2999,75 \text{ kN}$ (6.6)

$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 89,95 / 2999,75 = 0,030$; przyjęto $n = 0,030$ 1;

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$a = (A - 2 b t_f) / A = (84,50 - 2 \times 18,00 \times 1,35) / 84,50 = 0,425$; przyjęto $a = 0,425$ 0,5;

- zginanie y-y

$N_{Ed} = 89,95 < 749,94 = 0,25 \times 2999,75 = 0,25 N_{pl,Rd}$ (6.33)

$N_{Ed} = 89,95 < 569,38 = \times 10^{-1} =$ (6.34)

Nie ma potrzeby redukcji nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

- zginanie z-z

$N_{Ed} = 89,95 < 1138,77 = \times 10^{-1} =$ (6.35)

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$= 0,442 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$+ + = 0,472 < 1 \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność)

$x_a = 5,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Przyjęto krzywą zwichrzenia „c”.

$$= 0,921$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,92 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,922] = 0,945$$

$$= 0,688;$$

przyjęto $\chi_{LT} = 0,688$ $1,000 = \min\{1; \}$

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$= \times 10^{-3} = 318,89 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$= 0,643 < 1 \quad (6.54)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 \cdot h = 0,95 + 0,05 \cdot 0,000 = 0,950$$

$C_{mLT} =$

$$0,900 \cdot (1 + (0,489 - 0,2) \cdot x) = 0,909$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = 0,909 \quad 0,925 = 0,900 \cdot (1 + 0,8 \cdot x)$$

$$0,950 \cdot (1 + (2 \cdot 1,656 - 0,6) \cdot x) = 1,232$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = 1,095 \quad 1,095 = 0,950 \cdot (1 + 1,4 \cdot x)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \cdot 1,095 = 0,657$$

$$1 - x = 0,972$$

$$\text{przyjęto } k_{zy} = 0,983 \quad 0,983 = 1 - x$$

Warunki nośności:

$$+ + = 0,619 < 1 \quad (6.61)$$

$$+ + = 0,742 < 1 \quad (6.62)$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym

$x_a = 5,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środka (a).

Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = 5,000$ m. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 \cdot (h_w / a)^2 = 6 + 2 \cdot (331,0 / 5000,0)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_y f_{bf} / f_{yw} t_w = 355 \cdot 180,0 / (355 \cdot 8,6) = 20,930$$

$$m_2 = 0,02 \cdot (h_w / t_f)^2 = 0,02 \cdot (331,0 / 13,5)^2 = 12,023$$

$$= 282,0 \quad \text{przyjęto } l_y = 282,0 \text{ a}$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot t_w^3 / h_w = 0,9 \cdot 6,01 \cdot 210 \cdot 8,63 / 331,0 = 2182,30 \text{ kN}$$

$$= 0,628$$

$$= 0,796 \quad \text{przyjęto } F = 0,796 \cdot 1,0$$

$$L_{eff} = F \cdot l_y = 0,796 \cdot 282,0 = 224,5 \text{ mm}$$

$$= 685,35 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środka:

$$= 0,094 < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$= 0,116 < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $CW+A+B+C+L+P+S+T+V+W$ Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{max} = 2,0 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 250 = 5000 / 250 = 20,0 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 2,0 < 20,0 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 2,005 \text{ mm}; \quad L / a = 5000,0 / 2,005 = 2493,2$$

..g:kkPmkkPmwmwww:ggggeays.:£££:h.£££:£:££³:£c£c

Pręt nr 9

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.63 licencja nr 49121)

Zadanie: Hala 24.08.2024 v53 fi 24
Przekrój: 1 - R *24x12

Wymiary przekroju:

D=24,0 d=0,0 g=12,0

Charakterystyka geometryczna przekroju:

I_{yg}=1,6 I_{zg}=1,6 A=4,52 I_y=0,6 I_z=0,6 I_w=0,0 I_t=1,6 I_s=0,8485.

Materiał: S 355 Granica plastyczności f_y=355 MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie f_u = 490 dla g=12,0.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone q = 0 kN/m,

- momenty przywęzłowe M_a = 0, M_b = 0 kNm,

- moment skręcający T = 0 kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi f = 1.

Długości wyboczeniowe pręta

Przęsło Y_c

Przyjęto:

a = 0,000 b = 0,000 węzły nieprzesuwne = 0,500 dla l_o = 10,000

l_w = 0,500×10,000 = 5,000 m

Przęsło Z_c

Przyjęto następujące podatności węzłów:

a = 1,000 b = 1,000 węzły nieprzesuwne = 1,000 dla l_o = 10,000

l_w = 1,000×10,000 = 10,000 m

Przęsło

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l_o = 10,000 m. Długość wyboczeniowa l = 10,000 m.

Siły krytyczne:

×10⁻² = 1,35 kN

×10⁻² = 0,34 kN

×(×10⁻² + 81×1,61×10²) = 18159,52 kN

Stan graniczny nośności.

x_a = 10,000; x_b = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A+B)+1,5·(C+L+P+S+T+V+W)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe M:

M₀ = 1; M₁ = 1; M₂ = 1,1.

Klasa przekroju:

= = = 0,814

Nr:	c [mm]	t [mm]			k	(c/t)1	(c/t)2	(c/t)3	c/t	Klasa
1	24,0	12,0	-	-	-	33,099	46,338	59,577	2,000	1
2	24,0	12,0	-	-	-	33,099	46,338	59,577	2,000	1
3	24,0	12,0	-	-	-	33,099	46,338	59,577	2,000	1
4	24,0	12,0	-	-	-	33,099	46,338	59,577	2,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1

Nośność elementów rozciąganych:

x_a = 10,000; x_b = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A+B)+1,5·(C+L+P+S+T+V+W)

Siła osiowa: N_{Ed} = 76,8 kN

Pole powierzchni przekroju: A = 4,52 cm²

Pole powierzchni otworów: A_o = 0,00 cm²

Pole powierzchni netto: A_{net} = 4,52 cm²

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

×10⁻¹ = 160,6 kN (6.6)

- nośność graniczna

×10⁻¹ = 181,37 kN (6.7)

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 160,6 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$= 0,478 < 1 \quad (6.5)$$

Nośność przekroju na ścinanie

$$x_a = 10,000; \quad x_b = 0,000; \quad \text{Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: } 1,35 \cdot (C+W+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W) \\ - \text{wzdłuż osi Z}$$

$$= \times 10^{-1} = 59,03 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$= 0,004 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 355 MPa, przyjęto $\gamma = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 24,0 / 12,0 = 2,000 < 48,570 = 72 \times 0,814 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$$x_a = 10,000; \quad x_b = 0,000; \quad \text{Przęsło nr: 1, 1, 1 Obciążenia: } 1,35 \cdot (C+W+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$$

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \times 10^{-3} = 0,82 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 76,80 / 160,6 = 0,478; \quad \text{przyjęto } n = 0,478 \quad 1;$$

Dla rury okrągłej:

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd} (1 - n^{1,7}) = 0,82 \times (1 - 0,478^{1,7}) = 0,58 \text{ kNm} \quad (24 \text{ AC:2009})$$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$= 0,669 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$+ [(0,2 + 0,2)^{1/2}] = 0,956 < 1 \quad (6.2)$$

PODSTAWA SŁUPA

RM_SPol1993 v. 1.18 licencja nr 49121

Zadanie: Hala 24.08.2024 v52; węzeł nr: 7

Kombinacja obciążeń: „ $1,35 \cdot (C+W+A+B) + 1,5 \cdot (C+L+P+S+T+V+W)$ ”.

Siły przekrojowe w odległości $l_0 = -24 \text{ mm}$ od węzła sprowadzone do płaszczyzny spin:

$$\text{Moment zginający: } M_y = -160,62 \quad M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Siła poprzeczna: } Q_z = 81,71 \quad Q_y = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Siła osiowa: } N = -96,07 \text{ kN}$$

Siły przekrojowe sprowadzone do płaszczyzny blachy podstawy:

$$M = -160,62 \text{ kNm}, \quad V = 81,71 \text{ kN},$$

$$M_p = 0,00 \text{ kNm}, \quad V_p = 0,00 \text{ kN},$$

$$N = -96,07 \text{ kN}, \quad e = -1671,9 \text{ mm}$$

Nośność strefy ściskanej podstawy:

Obliczeniowa wytrzymałość na docisk:

$$f_{jd} = \beta_j f_{Rd} / (\gamma_{eff} l_{eff}) = \beta_j f_{cd} (A_{c1} / A_{c0})^{0,5} = 0,667 \times 17,9 \times (6,000)^{0,5} = 29,231 \text{ MPa} \\ (6.6), (PN-EN 1992 6.63)$$

$$\text{nie więcej niż } 3 \beta_j f_{cd} = 3 \times 0,667 \times 17,9 = 35,8 \text{ MPa.}$$

Maksymalny wysięg strefy docisku:

$$c = t [f_y / (3 f_{jd} \gamma_{M0})]^{0,5} = 24 \times [355 / (3 \times 29,231 \times 1)]^{0,5} = 48,3 \text{ mm} \quad (6.5)$$

Efektywna powierzchnia docisku:

$$A_{eff} = \sum b_{eff} l_{eff} = (2 \times 108,6 \times 56,8) \times 10^{-2} = 123,34 \text{ cm}^2$$

Nośności strefy ściskanej na docisk:

$$F_{c,pl,Rd} = f_{jd} A_{eff} = 29,231 \times 123,34 \times 10^{-1} = 360,54 \text{ kN} \quad (6.4)$$

Nośność strefy ściskanej:

$$F_{c,Rd} = 360,54 \text{ kN}$$

Nośność części rozciąganej podstawy:

Nośność blachy podstawy w strefie rozciąganej:

Nośność pojedynczej śruby (Tab. 3.4):

$$F_{t,1,Rd} = k_2 f_{ub} A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \times 800 \times 353 / 1,25 \times 10^{-3} = 203,33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \alpha_v f_{ub} A / \gamma_{M2} = 0,5 \times 800 \times 353 / 1,25 \times 10^{-3} = 112,96 \text{ kN}$$

Nośność zakotwienia:

- dla zagiętych prętów gładkich przyjęto:

$$f_{bd} = 0,36 f_{ck} / \gamma_c = 0,36 \times 250 / 1,4 = 1,286 \text{ MPa}$$

$$l_b = L_a / \alpha_a = 1200 / 0,7 = 1714,286 \text{ mm}$$

$$F_{t,bond,Rd} = \pi d l_b f_{bd} = 3,14 \times 24 \times 1714,286 \times 1,286 \times 10^{-3} = 166,18 \text{ kN}$$

Nośność śruby kotwiącej:

$$F_{t,Rd} = \min\{F_{t,1,Rd}; F_{t,bond,Rd}\} = \min\{203,33; 166,18\} = 166,18 \text{ kN}$$

Nośność blachy podstawy:

Długość efektywna króćca teowego (Tab. 6.6):

$$l_{eff,cp} = \min\{2 \pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2 e\} = \min\{2 \times 3,14 \times 31,2; 3,14 \times 31,2 + 500; 3,14 \times 31,2 + 2 \times 50\} = 98,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \min\{4 m_x + 1,25 e_x; e + 2 m_x + 0,625 e_x; 0,5 b_p; 0,5 w + 2 m_x + 0,625 e_x\} = \min\{4 \times 31,2 + 1,25 \times 60; 50 + 2 \times 31,2 + 0,625 \times 60; 0,5 \times 600; 0,5 \times 500 + 2 \times 31,2 + 0,625 \times 60\} = 101,4 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{98,1; 101,4\} = 98,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 101,4 \text{ mm}$$

Nośność zastępczego króćca teowego bez efektu dźwigni (Tab. 6.2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 98,1 \times 242 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 5,01 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 5,01 / 31,2 \times 10^3 = 321,20 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 332,37 \text{ kN}$$

$$F_{t,pl,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{321,20; 332,37\} = 321,20 \text{ kN}$$

Nośność strefy rozciąganej:

$$F_{T,Rd} = 1 \times 321,20 = 321,20 \text{ kN}$$

Nośność podstawy słupa:

Mimośród statyczny:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 160,62 / (-96,07) \times 10^3 = -1671,9 \text{ mm}$$

Warunek nośności połączenia słupa z fundamentem (Tab 6.7):

$$M_{j,Rd} = \min\{F_{T,Rd} z / (z C / e + 1); -F_{C,Rd} z / (z T / e - 1)\} = \min\{321,20 \times 514,5 / (264,5 / (-1671,9) + 1); -360,54 \times 514,5 / (250 / (-1671,9) - 1)\} \times 10^{-3} = \min\{196,31; 161,37\} = 161,37 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 160,62 < 161,37 = M_{j,Rd}$$

Nośność podstawy słupa na siłę poprzeczną:

Nośności ze względu na poślizg między blachą podstawy a podlewką cementowo-piaskową:

$$F_{f,Rd} = C_{t,d} N_{c,Ed} = 0,2 \times 96,07 = 19,21 \text{ kN} \quad (6.1)$$

Nośność śruby kotwiącej

$$F_{1,vb,Rd} = \alpha v f_{ub} A / \gamma_{M2} = 0,5 \times 800 \times 353 / 1,25 \times 10^{-3} = 112,96 \text{ kN} \quad (\text{Tab } 3.4)$$

$$\alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003 f_{yb} = 0,44 - 0,0003 \times 640 = 0,248$$

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_{bc} f_{ub} A_s / \gamma_{M2} = 0,248 \times 800 \times 353 / 1,25 \times 10^{-3} = 56,03 \text{ kN} \quad (6.2)$$

$$F_{vb,Rd} = \min\{F_{1,v,Rd}; F_{2,v,Rd}\} = \min\{112,96; 56,03\} = 56,03 \text{ kN}$$

Nośność na ścinanie między blachą podstawy słupa a podlewką:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n F_{vb,Rd} = 19,21 + 2 \times 56,03 = 131,27 \text{ kN} \quad (6.3)$$

Warunek nośności:

$$V_{Ed} = 81,71 < 131,27 = F_{v,Rd}$$

Nośność przekroju blach trapezowych i blachy podstawy:

Charakterystyka przekroju:

$$y = 49 \text{ mm}, \quad J_y = 5660,2 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 324,1 \text{ cm}^3, \quad A_v = 48,0 \text{ cm}^2$$

Siły działające na przekrój:

$$M_1 = c c b^2 / 2 = (26,31 \times 48,3 \times 1002 / 2) \times 10^{-6} = 6,35 \text{ kNm},$$

$$M_2 = F_{t,max} (b - e_s) = 0,00 \times (100 - 50) \times 10^{-3} = 0,00 \text{ kNm}.$$

$$V_1 = c c b = 26,31 \times 48,3 \times 100 \times 10^{-3} = 127,02 \text{ kN},$$

$$V_2 = F_{t,max} = 0,00 \text{ kN}.$$

Naprężenia:

$$M = M / W = (6,35 / 324,1) \times 2 \times 10^3 = 39,2 \text{ MPa},$$

$$= V / A = (127,02 / 48,0) \times 2 \times 10 = 52,9 \text{ Mpa}$$

$$(M_2 + 3 V_2) 0,5 / (f_y / \gamma_{M0}) = (39,22 + 3 \times 52,92) 0,5 / (355 / 1) = 0,281 < 1$$

Nośność spoin poziomych:

Przyjęto spoiny o grubości $a = 6 \text{ mm}$

Siła przenoszona przez spoiny wynosi $F = N = -96,07 \text{ kN}$

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 174,79 \text{ cm}^2, \quad A_{vz} = 135,91 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 38,88 \text{ cm}^2, \quad I_y = 52681,6 \text{ cm}^4, \quad I_z = 10776,4 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\parallel z = V_z / A_{vz} = (81,71 / 135,91) \times 10 = 6,0 \text{ MPa},$$

$$\parallel y = V_y / A_{vy} = (0,00 / 38,88) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-160,62) \times 20,0 / 52681,6 \times 10^3 - 0,00 \times (-9,6) / 10776,4 \times 10^3 + (-96,07) / 174,79 \times 10 = -66,5 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = -66,5 \times \cos(45,0) = -47,0 \text{ MPa}$$

$$= \sin() = -66,5 \times \sin(45,0) = -47,0 \text{ MPa}$$

Naprężenia pochodzące od siły rozwarstwiającej między blachami pionowymi i blachą podstawy:

- dla naprężeń docisku

$$\parallel = Q S / b_s J = 358,87 \times 358,4 \times 10 / (2,4 \times 5660) = 94,7 \text{ MPa}$$

- dla sił w kotwach

$\| = Q S / b s J = 262,80 \times 358,4 \times 10 / (2,4 \times 5660) = 69,3 \text{ MPa}$
 Dla stali S 355, współczynnik β_w wynosi 0,90.
 Naprężenia zredukowane:
 W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\| = 100,7 \text{ MPa}$.
 $[2 + 3(2 + \|2)]^{0,5} = [47,02 + 3 \times (47,02 + 100,72)]^{0,5} = 198,1 < 435,6 = 490 / (0,90 \times 1,25) = f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$
 (4.1)
 Największe naprężenia prostopadłe:
 $\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-160,62) \times 29,0 / 52681,6 \times 10^3 - 0,00 \times (-8,4) / 10776,4 \times 10^3 + (-96,07) / 174,79 \times 10 = -93,9 \text{ MPa}$
 $= \cos(\theta) = 93,9 \times \cos(45,0) = 66,4 < 352,8 = 0,9 \times 490 / 1,25 = 0,9 f_u / \gamma_{M2}$
 Nośność spoin pionowych:
 Przyjęto 4 spoiny o grubości $a = 6 \text{ mm}$ i długości 200 mm.
 Kład spoin daje następujące wielkości:
 $A = 48,00 \text{ cm}^2$,
 $l_o = l_x + l_y = 40369,4 + 1600,0 = 41969,4 \text{ cm}^4$.
 Naprężenia w spoinach:
 $F = N / A = (-96,07 / 48,00) 10 = 20,0 \text{ MPa}$,
 $M = M_y r / l_o = (0,0030,7 / 41969,4) 10^3 = 0,0 \text{ MPa}$,
 Dodatkowe naprężenia pochodzące od zginania względem osi Z:
 $M_z = M_z / (b A_z) = 0,00 / (18,0 \times 24,00) 10^3 = 0,0 \text{ MPa}$
 $= M \cos \theta / 20,5 = 0,00,326 / 20,5 = 0,0 \text{ MPa}$
 $\| = F + M \sin \theta + M_z = 20,0 + 0,00,945 + 0,0 = 20,0 \text{ MPa}$,
 Dla stali S 355, współczynnik β_w wynosi 0,90.
 Nośność spoin:
 $[2 + 3(2 + \|2)]^{0,5} = [0,02 + 3 \times (0,02 + 20,02)]^{0,5} = 34,7 < 435,6 = 490 / (0,90 \times 1,25) = f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$
 (4.1)
 $= 0,0 < 352,8 = 0,9 \times 490 / 1,25 = 0,9 f_u / \gamma_{M2}$

POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY Pręta nr 5 z prętem nr 3

RM_SPol1993 v. 1.18 licencja nr 49121

Zadanie: Hala 24.08.2024 v41; węzeł nr: 4

Kombinacja obciążeń: „1,35·(CW+A+B)+1,5·(C+L+P+S+T+V+W)”.

Siły przekrojowe w odległości $l_o = 206 \text{ mm}$ od węzła sprowadzone do osi blachy czołowej:

Moment zginający: $M_{j,Ed} = M_y = -186,91$ $M_{j,Ed'} = M_z = 0,00 \text{ kNm}$

Siła poprzeczna: $V_{j,Ed} = V_z = 88,17$ $V_{j,Ed'} = V_y = 0,00 \text{ kN}$

Siła osiowa: $N_{j,Ed} = -62,74 \text{ kN}$

Przyjęto blachę czołową o wymiarach $180 \times 744 \text{ mm}$ i grubości $t = 20 \text{ mm}$ ze stali S 355.

Nośność śruby:

Przyjęto połączenie kategorii D na śruby M20 klasy 8.8

Nośności pojedynczej śruby (Tab 3.4):

$F_{t,Rd} = k_2 f_{ub} A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \times 800 \times 245 / 1,25 \times 10^{-3} = 141,12 \text{ kN}$

$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2} = 0,6 \times 3,1415 \times 32,3 \times 13,5 \times 490 / 1,25 \times 10^{-3} = 322,40 \text{ kN}$

Nośność ściskanych i ścinanych części węzła:

Panel średnika słupa (6.2.6.1):

$V_{wp,Rd} = 0,9 f_{y,wc} A_{vc} / (31/2 \gamma_{M0}) = 0,9 \times 355 \times 42,73 / (31/2 \times 1) \times 10^{-1} = 788,23 \text{ kN}$ (6.7)

Parametry przeniesienia i interakcji ze ścinaniem:

$\beta = \min\{ |1 - M_{j,b2,Ed} / M_{j,b1,Ed}| ; 2 \} = \min\{ |1 - 0,00 / -201,60| ; 2 \} = 1$ (5.4a)

$\omega_1 = 1 / [1 + 1,3 (b_{eff,c,wc} t_{wc} / A_{vc})^2]^{1/2} = 1 / [1 + 1,3 \times (223 \times 8,6 / 42,73 \times 10^{-2})^2]^{1/2} = 0,89$

$\omega_2 = 1 / [1 + 5,2 (b_{eff,c,wc} t_{wc} / A_{vc})^2]^{1/2} = 1 / [1 + 5,2 \times (223 \times 8,6 / 42,73 \times 10^{-2})^2]^{1/2} = 0,699$

$\omega = \omega_1 = 0,89$ (Tab 6.3)

Średnik nieuźebrowanego słupa przy poprzecznym ściskaniu (6.2.6.2):

$s_p = \min\{ t_p + c ; 2 t_p \} = \min\{ 13,5 + 0 ; 2 \times 13,5 \} = 20 \text{ mm}$

$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot 21/2 a_p + 5 (t_{fc} + s) + s_p = 13,5 + 2 \times 21/2 \times 6 + 5 \times (13,5 + 21) + 20 = 223 \text{ mm}$ (6.11)

dla $\sigma_{com,Ed} = 0 < 248,5 = 0,7 f_{y,wc}$

$k_{wc} = 1$ (6.14)

$F_{c,wc,Rd} = \min\{ \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma_{M0} ; \omega k_{wc} p b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma_{M1} \} =$

$\min\{ 0,89 \times 1 \times 223 \times 8,6 \times 355 / 1 ; 0,89 \times 1 \times 223 \times 0,69 \times 8,6 \times 355 / 1 \} \times 10^{-3} = 417,92 \text{ kN}$ (6.9)

Pas i średnik belki w strefie ściskanej

$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb}) = 463,52 / 711,2 \times 10^3 = 651,79 \text{ kN}$ (6.21)

Nośność ściskanych i ścinanych części węzła 6.2.7.2(7):

$F_{c,v,min,Rd} = \min\{ V_{wp,Rd} / \beta ; F_{c,wc,Rd} ; F_{c,fb,Rd} \} = \min\{ 788,23 / 1 ; 417,92 ; 651,79 \} = 417,92 \text{ kN}$

Nośności szeregów śrub:

Nośność grupy szeregów śrub (1-2)_{ep}:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\begin{aligned}\text{Óleff,cp} &= [\square m + p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 301,7 \text{ mm} \\ \Sigma \text{leff,nc} &= [0,5p + \square m - (2m + 0,625e)] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [0,5 \times 60 + 6,233 \times 28,9 - \\ &\quad (2 \times 28,9 + 0,625 \times 50)] + [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 240,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{301,7; 240,2\} = 240,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 240,2 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 42,5 > 27,1 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (240,2 \times 203) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 240,2 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 8,53 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 8,53 / 28,9 \times 103 = 589,91 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_{T(1-2),ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{589,91; 564,48\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność środniaka belki na rozciąganie:

$$F_{t(1-2),wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma M_0 = 240,2 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 733,38 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(1-2)ep,Rd} = \min\{F_{T(1-2),ep,Rd}; F_{t(1-2),wb,Rd}\} = \min\{564,48; 733,38\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (1-3)ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\text{Óleff,cp} = [\square m + p] + [2p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 421,7 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [0,5p + \square m - (2m + 0,625e)] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [0,5 \times 60 + 6,233 \times 28,9 - \\ (2 \times 28,9 + 0,625 \times 50)] + [60] + [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 300,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{421,7; 300,2\} = 300,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 300,2 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 42,5 > 21,7 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (300,2 \times 203) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 300,2 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 10,66 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 10,66 / 28,9 \times 103 = 737,26 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 6 \times 141,12 = 846,72 \text{ kN}$$

$$F_{T(1-3),ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{737,26; 846,72\} = 737,26 \text{ kN}$$

Nośność środniaka belki na rozciąganie:

$$F_{t(1-3),wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma M_0 = 300,2 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 916,56 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(1-3)ep,Rd} = \min\{F_{T(1-3),ep,Rd}; F_{t(1-3),wb,Rd}\} = \min\{737,26; 916,56\} = 737,26 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (2-3)ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\text{Óleff,cp} = [\square m + p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 301,7 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + \\ [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 238,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{301,7; 238,1\} = 238,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 238,1 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 42,5 > 27,3 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (238,1 \times 203) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 238,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 8,45 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 8,45 / 28,9 \times 103 = 584,83 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_{T(2-3),ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{584,83; 564,48\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność środniaka belki na rozciąganie:

$$F_{t(2-3),wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma M_0 = 238,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 727,06 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(2-3)ep,Rd} = \min\{F_{T(2-3),ep,Rd}; F_{t(2-3),wb,Rd}\} = \min\{564,48; 727,06\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (1-4)ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\text{Óleff,cp} = [\square m + p] + [2p] + [2p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [2 \times 60] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 541,7 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [0,5p + \square m - (2m + 0,625e)] + [p] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [0,5 \times 60 + 6,233 \times 28,9 - \\ (2 \times 28,9 + 0,625 \times 50)] + [60] + [60] + [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 360,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{541,7; 360,2\} = 360,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 360,2 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 42,5 > 18,1 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (360,2 \times 203) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 360,2 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 12,79 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 12,79 / 28,9 \times 103 = 884,60 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 8 \times 141,12 = 1128,96 \text{ kN}$$

$$F_{T(1-4),ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{884,60; 1128,96\} = 884,60 \text{ kN}$$

Nośność środnika belki na rozciąganie:

$$F_t(1-4),wb,Rd = b_{eff,t,wb} t w b f_y,wb / \gamma M_0 = 360,2 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 1099,74 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_t(1-4)ep,Rd = \min\{F_t(1-4),ep,Rd; F_t(1-4),wb,Rd\} = \min\{884,60; 1099,74\} = 884,60 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (2-4)ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\text{Óleff,cp} = [\square m + p] + [2p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 421,7 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + [60] + [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 298,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{421,7; 298,1\} = 298,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 298,1 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni $L_b = 42,5 > 21,8 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (298,1 \times 203) = L_b^*$ (Tab. 6.2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 298,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 10,58 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 10,58 / 28,9 \times 103 = 732,17 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 6 \times 141,12 = 846,72 \text{ kN}$$

$$F_T(2-4),ep,Rd = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{732,17; 846,72\} = 732,17 \text{ kN}$$

Nośność środnika belki na rozciąganie:

$$F_t(2-4),wb,Rd = b_{eff,t,wb} t w b f_y,wb / \gamma M_0 = 298,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 910,24 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_t(2-4)ep,Rd = \min\{F_t(2-4),ep,Rd; F_t(2-4),wb,Rd\} = \min\{732,17; 910,24\} = 732,17 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (3-4)ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\text{Óleff,cp} = [\square m + p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 28,9 + 60] + [3,1415 \times 28,9 + 60] = 301,7 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + [2 \times 28,9 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 238,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{301,7; 238,1\} = 238,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 238,1 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni $L_b = 42,5 > 27,3 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (238,1 \times 203) = L_b^*$ (Tab. 6.2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 238,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 8,45 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 8,45 / 28,9 \times 103 = 584,83 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_T(3-4),ep,Rd = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{584,83; 564,48\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność środnika belki na rozciąganie:

$$F_t(3-4),wb,Rd = b_{eff,t,wb} t w b f_y,wb / \gamma M_0 = 238,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 727,06 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność grupy:

$$F_t(3-4)ep,Rd = \min\{F_t(3-4),ep,Rd; F_t(3-4),wb,Rd\} = \min\{564,48; 727,06\} = 564,48 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (1-2)fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\text{Óleff,cp} = [\min\{\square m + p; 2e_1 + p\}] + [\square m + p] = [\min\{3,1415 \times 0 + 60; 2 \times 260,2 + 60\}] + [3,1415 \times 0 + 60] = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,nc} = [\min\{2m + 0,625e + 0,5p; e_1 + 0,5p\}] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [\min\{2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60; 260,2 + 0,5 \times 60\}] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 122,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,1} = \min\{\text{leff,cp}; \text{leff,nc}\} = \min\{120; 122,5\} = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{leff,2} = \Sigma \text{leff,nc} = 122,5 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 36 < 49,3 =$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (120,0 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 120 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \text{leff,2} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 122,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,98 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,94 / 18,9 \times 103 = 410,79 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}) / (m + n) = (2 \times 1,98 \times 103 + 23,6 \times 564,48) / (18,9 + 23,6) = 406,79 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_T(1-2),fc,Rd = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{410,79; 406,79; 564,48\} = 406,79 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_t(1-2),wc,Rd = \omega b_{eff,f,wc} t w c f_y,wc / \gamma M_0 = 0,89 \times 120 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 326,15 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_t(1-2)fc,Rd = \min\{F_t(1-2),fc,Rd; F_t(1-2),wc,Rd\} = \min\{406,79; 326,15\} = 326,15 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (1-3)fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\text{Óleff,cp} = [\min\{\square m + p; 2e_1 + p\}] + [2p] + [\square m + p] = [\min\{3,1415 \times 0 + 60; 2 \times 260,2 + 60\}] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 0 + 60] = 240 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,nc} = [\min\{2m + 0,625e + 0,5p; e1 + 0,5p\}] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] =$$

$$[\min\{2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60; 260,2 + 0,5 \times 60\}] + [60] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 182,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{240; 182,5\} = 182,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 182,5 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 36 > 32,4 = 8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (182,5 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 182,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,95 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 2,95 / 18,9 \times 103 = 312,37 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 6 \times 141,12 = 846,72 \text{ kN}$$

$$F_{T(1-3),fc,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{312,37; 846,72\} = 312,37 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_{t(1-3),wc,Rd} = \omega_{beff,f,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma M_0 = 0,89 \times 182,5 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 496,02 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(1-3)fc,Rd} = \min\{F_{T(1-3),fc,Rd}; F_{t(1-3),wc,Rd}\} = \min\{312,37; 496,02\} = 312,37 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (2-3)_{fc}:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\acute{O}l_{eff,cp} = [\square m + p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 0 + 60] + [3,1415 \times 0 + 60] = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 122,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{120; 122,5\} = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 122,5 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni } L_b = 36 < 49,3 = 8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (120,0 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 120 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 122,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,98 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,94 / 18,9 \times 103 = 410,79 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}) / (m + n) = (2 \times 1,98 \times 103 + 23,6 \times 564,48) / (18,9 + 23,6) = 406,79 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_{T(2-3),fc,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{410,79; 406,79; 564,48\} = 406,79 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_{t(2-3),wc,Rd} = \omega_{beff,f,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma M_0 = 0,89 \times 120 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 326,15 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(2-3)fc,Rd} = \min\{F_{T(2-3),fc,Rd}; F_{t(2-3),wc,Rd}\} = \min\{406,79; 326,15\} = 326,15 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (1-4)_{fc}:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\acute{O}l_{eff,cp} = [\min\{\square m + p; 2e1 + p\}] + [2p] + [2p] + [\square m + p] = [\min\{3,1415 \times 0 + 60; 2 \times 260,2 + 60\}] + [2 \times 60] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 0 + 60] = 360 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,nc} = [\min\{2m + 0,625e + 0,5p; e1 + 0,5p\}] + [p] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] =$$

$$[\min\{2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60; 260,2 + 0,5 \times 60\}] + [60] + [60] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 242,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{360; 242,5\} = 242,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 242,5 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 36 > 24,4 = 8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (242,5 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 242,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 3,92 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 3,92 / 18,9 \times 103 = 415,06 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 8 \times 141,12 = 1128,96 \text{ kN}$$

$$F_{T(1-4),fc,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{415,06; 1128,96\} = 415,06 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_{t(1-4),wc,Rd} = \omega_{beff,f,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma M_0 = 0,89 \times 242,5 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 659,09 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_{t(1-4)fc,Rd} = \min\{F_{T(1-4),fc,Rd}; F_{t(1-4),wc,Rd}\} = \min\{415,06; 659,09\} = 415,06 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (2-4)_{fc}:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\acute{O}l_{eff,cp} = [\square m + p] + [2p] + [\square m + p] = [3,1415 \times 0 + 60] + [2 \times 60] + [3,1415 \times 0 + 60] = 240 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + [60] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 182,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{240; 182,5\} = 182,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 182,5 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 36 > 32,4 = 8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (182,5 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} f_{t2} f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 182,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,95 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 2,95 / 18,9 \times 103 = 312,37 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 6 \times 141,12 = 846,72 \text{ kN}$$

$$F_T(2-4), f_c, R_d = \min\{F_T(1-2), R_d; F_T(3), R_d\} = \min\{312,37; 846,72\} = 312,37 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_t(2-4), w_c, R_d = \omega b_{eff, f, w_c} t w_c f_{y, w_c} / \gamma M_0 = 0,89 \times 182,5 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 496,02 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_t(2-4) f_c, R_d = \min\{F_T(2-4), f_c, R_d; F_t(2-4), w_c, R_d\} = \min\{312,37; 496,02\} = 312,37 \text{ kN}$$

Nośność grupy szeregów śrub (3-4) f_c :

Długości efektywne dla króćca teowego nieuzębrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$\sigma_{leff, cp} = [\sigma m + p] + [\sigma m + p] = [3,1415 \times 0 + 60] + [3,1415 \times 0 + 60] = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma_{leff, nc} = [2m + 0,625e + 0,5p] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] + [2 \times 0 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 60] = 122,5 \text{ mm}$$

$$\Sigma_{leff, 1} = \min\{\sigma_{leff, cp}; \sigma_{leff, nc}\} = \min\{120; 122,5\} = 120 \text{ mm}$$

$$\Sigma_{leff, 2} = \Sigma_{leff, nc} = 122,5 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 36 < 49,3 =$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (120,0 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl, 1, R_d} = 0,25 \Sigma_{leff, 1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 120 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pl, 2, R_d} = 0,25 \Sigma_{leff, 2} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 122,5 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,98 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$F_{T, 1, R_d} = 4 M_{pl, 1, R_d} / m = 4 \times 1,94 / 18,9 \times 10^3 = 410,79 \text{ kN}$$

$$F_{T, 2, R_d} = (2 M_{pl, 2, R_d} + n \Sigma F_{t, R_d}) / (m + n) = (2 \times 1,98 \times 10^3 + 23,6 \times 564,48) / (18,9 + 23,6) = 406,79 \text{ kN}$$

$$F_{T, 3, R_d} = \Sigma F_{t, R_d} = 4 \times 141,12 = 564,48 \text{ kN}$$

$$F_T(3-4), f_c, R_d = \min\{F_{T, 1, R_d}; F_{T, 2, R_d}; F_{T, 3, R_d}\} = \min\{410,79; 406,79; 564,48\} = 406,79 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_t(3-4), w_c, R_d = \omega b_{eff, f, w_c} t w_c f_{y, w_c} / \gamma M_0 = 0,89 \times 120 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 326,15 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność grupy:

$$F_t(3-4) f_c, R_d = \min\{F_T(3-4), f_c, R_d; F_t(3-4), w_c, R_d\} = \min\{406,79; 326,15\} = 326,15 \text{ kN}$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 1 ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\lambda_1 = m / (m + e) = 28,9 / (28,9 + 50) = 0,37$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m + e) = 51,5 / (28,9 + 50) = 0,65$$

$$\sigma_{leff, cp} = 2 \sigma m = 2 \times 3,1415 \times 28,9 = 181,7 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, nc} = \sigma m = 6,233 \times 28,9 = 180,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 1} = \min\{\sigma_{leff, cp}; \sigma_{leff, nc}\} = \min\{181,7; 180,2\} = 180,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 2} = \sigma_{leff, nc} = 180,2 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni $L_b = 42,5 > 36,1 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (180,2 \times 203) = L_b^*$ (Tab. 6.2):

$$M_{pl, 1, R_d} = 0,25 \Sigma_{leff, 1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 180,2 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 6,40 \text{ kNm}$$

$$F_{T, 1-2, R_d} = 2 M_{pl, 1, R_d} / m = 2 \times 6,40 / 28,9 \times 10^3 = 442,57 \text{ kN}$$

$$F_{T, 3, R_d} = \Sigma F_{t, R_d} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T, ep, R_d} = \min\{F_{T, 1-2, R_d}; F_{T, 3, R_d}\} = \min\{442,57; 282,24\} = 282,24 \text{ kN}$$

Nośność środnika belki na rozciąganie:

$$F_{t1, wb, R_d} = b_{eff, t, wb} t w_b f_{y, wb} / \gamma M_0 = 180,2 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 550,20 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 2 ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\sigma_{leff, cp} = 2 \sigma m = 2 \times 3,1415 \times 28,9 = 181,7 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, nc} = 4m + 1,25e = 4 \times 28,9 + 1,25 \times 50 = 178,1 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 1} = \min\{\sigma_{leff, cp}; \sigma_{leff, nc}\} = \min\{181,7; 178,1\} = 178,1 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 2} = \sigma_{leff, nc} = 178,1 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni $L_b = 42,5 > 36,6 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (178,1 \times 203) = L_b^*$ (Tab. 6.2):

$$M_{pl, 1, R_d} = 0,25 \Sigma_{leff, 1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 178,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 6,32 \text{ kNm}$$

$$F_{T, 1-2, R_d} = 2 M_{pl, 1, R_d} / m = 2 \times 6,32 / 28,9 \times 10^3 = 437,48 \text{ kN}$$

$$F_{T, 3, R_d} = \Sigma F_{t, R_d} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T, ep, R_d} = \min\{F_{T, 1-2, R_d}; F_{T, 3, R_d}\} = \min\{437,48; 282,24\} = 282,24 \text{ kN}$$

Nośność środnika belki na rozciąganie:

$$F_{t2, wb, R_d} = b_{eff, t, wb} t w_b f_{y, wb} / \gamma M_0 = 178,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 543,88 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 3 ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\sigma_{leff, cp} = 2 \sigma m = 2 \times 3,1415 \times 28,9 = 181,7 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, nc} = 4m + 1,25e = 4 \times 28,9 + 1,25 \times 50 = 178,1 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 1} = \min\{\sigma_{leff, cp}; \sigma_{leff, nc}\} = \min\{181,7; 178,1\} = 178,1 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff, 2} = \sigma_{leff, nc} = 178,1 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni $L_b = 42,5 > 36,6 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (178,1 \times 203) = L_b^*$

(Tab. 6.2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 178,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 6,32 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 6,32 / 28,9 \times 103 = 437,48 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{T,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{437,48; 282,24\} = 282,24 \text{ kN}$$

Nośność środniaka belki na rozciąganie:

$$F_{t3,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t w b f_y / \gamma M_0 = 178,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 543,88 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 4 ep:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$l_{eff,cp} = 2 \square m = 2 \times 3,1415 \times 28,9 = 181,7 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 4m + 1,25e = 4 \times 28,9 + 1,25 \times 50 = 178,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{181,7; 178,1\} = 178,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 178,1 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego bez efektu dźwigni } L_b = 42,5 > 36,6 = 8,8 \times 28,93 \times 245 \times 1 / (178,1 \times 203) = L_b^*$$

(Tab. 6.2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 178,1 \times 202 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 6,32 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 2 M_{pl,1,Rd} / m = 2 \times 6,32 / 28,9 \times 103 = 437,48 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{T,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,ep,Rd} = \min\{F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{437,48; 282,24\} = 282,24 \text{ kN}$$

Nośność środniaka belki na rozciąganie:

$$F_{t4,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t w b f_y / \gamma M_0 = 178,1 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 543,88 \text{ kN} \quad (6.22)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 1 fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$l_{eff,cp} = \min\{2 \square mx; \square mx + 2e1\} = \min\{2 \times 3,1415 \times 18,9; 3,1415 \times 18,9 + 2 \times 260,2\} = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \min\{4mx + 1,25ex; 2mx + 0,625ex + e1\} = \min\{4 \times 18,9 + 1,25 \times 50; 2 \times 18,9 + 0,625 \times 50 + 260,2\} = 138,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{118,8; 138,1\} = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 138,1 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni } L_b = 36 < 49,8 =$$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (118,8 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 118,8 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 138,1 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,23 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,92 / 18,9 \times 103 = 406,51 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{T,Rd}) / (m + n) = (2 \times 2,23 \times 103 + 23,6 \times 282,24) / (18,9 + 23,6) = 261,85 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{T,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,fc,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{406,51; 261,85; 282,24\} = 261,85 \text{ kN}$$

Nośność środniaka słupa na rozciąganie:

$$F_{t1,wc,Rd} = \omega b_{eff,f,wc} t w c f_y / \gamma M_0 = 0,89 \times 118,8 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 322,76 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 2 fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$l_{eff,cp} = 2 \square mx = 2 \times 3,1415 \times 18,9 = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 4mx + 1,25ex = 4 \times 18,9 + 1,25 \times 50 = 138,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{118,8; 138,1\} = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 138,1 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni } L_b = 36 < 49,8 =$$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (118,8 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 118,8 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 138,1 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,23 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,92 / 18,9 \times 103 = 406,51 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{T,Rd}) / (m + n) = (2 \times 2,23 \times 103 + 23,6 \times 282,24) / (18,9 + 23,6) = 261,85 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{T,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,fc,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{406,51; 261,85; 282,24\} = 261,85 \text{ kN}$$

Nośność środniaka słupa na rozciąganie:

$$F_{t2,wc,Rd} = \omega b_{eff,f,wc} t w c f_y / \gamma M_0 = 0,89 \times 118,8 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 322,76 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 3 fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$l_{eff,cp} = 2 \square mx = 2 \times 3,1415 \times 18,9 = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 4mx + 1,25ex = 4 \times 18,9 + 1,25 \times 50 = 138,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{118,8; 138,1\} = 118,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 138,1 \text{ mm}$$

$$\text{Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni } L_b = 36 < 49,8 =$$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (118,8 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma leff,1 t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 118,8 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ kNm}$
 $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma leff,2 t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 138,1 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,23 \text{ kNm}$
 $n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$
 $FT_{1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,92 / 18,9 \times 103 = 406,51 \text{ kN}$
 $FT_{2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma Ft_{i,Rd}) / (m + n) = (2 \times 2,23 \times 103 + 23,6 \times 282,24) / (18,9 + 23,6) = 261,85 \text{ kN}$
 $FT_{3,Rd} = \Sigma Ft_{i,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$
 $FT_{fc,Rd} = \min\{FT_{1,Rd}; FT_{2,Rd}; FT_{3,Rd}\} = \min\{406,51; 261,85; 282,24\} = 261,85 \text{ kN}$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_{t3,wc,Rd} = \omega beff,f,wc t w c f_y,wc / \gamma M_0 = 0,89 \times 118,8 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 322,76 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 4 fc:

Długości efektywne dla króćca teowego nieuźebrowanego pas słupa (Tab. 6.4):

$$leff,cp = 2 \square mx = 2 \times 3,1415 \times 18,9 = 118,8 \text{ mm}$$

$$leff,nc = 4mx + 1,25ex = 4 \times 18,9 + 1,25 \times 50 = 138,1 \text{ mm}$$

$$leff,1 = \min\{leff,cp; leff,nc\} = \min\{118,8; 138,1\} = 118,8 \text{ mm}$$

$$leff,2 = leff,nc = 138,1 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 36 < 49,8 =$

$$8,8 \times 18,93 \times 245 \times 1 / (118,8 \times 13,53) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma leff,1 t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 118,8 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma leff,2 t f_2 f_y / \gamma M_0 = 0,25 \times 138,1 \times 13,52 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,23 \text{ kNm}$$

$$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 18,9\} = 23,6 \text{ mm}$$

$$FT_{1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 1,92 / 18,9 \times 103 = 406,51 \text{ kN}$$

$$FT_{2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma Ft_{i,Rd}) / (m + n) = (2 \times 2,23 \times 103 + 23,6 \times 282,24) / (18,9 + 23,6) = 261,85 \text{ kN}$$

$$FT_{3,Rd} = \Sigma Ft_{i,Rd} = 2 \times 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$FT_{fc,Rd} = \min\{FT_{1,Rd}; FT_{2,Rd}; FT_{3,Rd}\} = \min\{406,51; 261,85; 282,24\} = 261,85 \text{ kN}$$

Nośność środnika słupa na rozciąganie:

$$F_{t4,wc,Rd} = \omega beff,f,wc t w c f_y,wc / \gamma M_0 = 0,89 \times 118,8 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 322,76 \text{ kN} \quad (6.15)$$

Nośność szeregu śrub nr 1:

Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.

$$F_{t1,Rd} = \min\{FT_{1,ep,Rd}; F_{t1,wb,Rd}; FT_{1,fc,Rd}; F_{t1,wc,Rd}; F_{c,v,min,Rd}\} = \min\{282,24; 550,20; 261,85; 322,76; 417,92\} = 261,85 \text{ kN}$$

Nośność szeregu śrub nr 2:

Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.

$$F_{t2,Rd} = \min\{FT_{2,ep,Rd}; F_{t2,wb,Rd}; FT_{2,fc,Rd}; F_{t2,wc,Rd}; F_{c,v,min,Rd} - F_{t1,Rd}; F_{t(1-2)ep,Rd} - F_{t1,Rd}; F_{t(1-2)fc,Rd} - F_{t1,Rd}\} = \min\{282,24; 543,88; 261,85; 322,76; 417,92 - 261,85; 564,48 - 261,85; 326,15 - 261,85\} = 64,29 \text{ kN}$$

Redukcja nośności szeregu w połączeniu narażonym na obciążenia udarowe lub wibracyjne:

$$\text{dla } F_{t1,Rd} = 261,85 > 122,16 = 1.9 F_{t2,Rd}$$

$$F_{t2,Rd} = \min\{F_{t2,Rd}; F_{t1,Rd} h_2 / h_1\} = \min\{64,29; 261,85 \times 586,1 / 646,1\} = 64,29 \quad (6.26)$$

Nośność szeregu śrub nr 3:

Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.

$$F_{t3,Rd} = \min\{FT_{3,ep,Rd}; F_{t3,wb,Rd}; FT_{3,fc,Rd}; F_{t3,wc,Rd}; F_{c,v,min,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd}; F_{t(1-3)ep,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd}; F_{t(2-3)ep,Rd} - F_{t2,Rd}; F_{t(1-3)fc,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd}; F_{t(2-3)fc,Rd} - F_{t2,Rd}\} = \min\{282,24; 543,88; 261,85; 322,76; 417,92 - 261,85 - 64,29; 737,26 - 261,85 - 64,29; 564,48 - 64,29; 312,37 - 261,85 - 64,29; 326,15 - 64,29\} = 0,00 \text{ kN}$$

Redukcja nośności szeregu dla połączenia narażonego na obciążenia udarowe lub wibracyjne nie zachodzi ($F_{t1,Rd} = 261,85 > 0,00 = 1.9 F_{t3,Rd}$).

Nośność szeregu śrub nr 4:

Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.

$$F_{t4,Rd} = \min\{FT_{4,ep,Rd}; F_{t4,wb,Rd}; FT_{4,fc,Rd}; F_{t4,wc,Rd}; F_{c,v,min,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(1-4)ep,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(2-4)ep,Rd} - F_{t2,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(3-4)ep,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(1-4)fc,Rd} - F_{t1,Rd} - F_{t2,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(2-4)fc,Rd} - F_{t2,Rd} - F_{t3,Rd}; F_{t(3-4)fc,Rd} - F_{t3,Rd}\} = \min\{282,24; 543,88; 261,85; 322,76; 417,92 - 261,85 - 64,29 - 0,00; 884,60 - 261,85 - 64,29 - 0,00; 732,17 - 64,29 - 0,00; 564,48 - 0,00; 415,06 - 261,85 - 64,29 - 0,00; 312,37 - 64,29 - 0,00; 326,15 - 0,00\} = 88,92 \text{ kN}$$

Redukcja nośności szeregu w połączeniu narażonym na obciążenia udarowe lub wibracyjne:

$$\text{dla } F_{t1,Rd} = 261,85 > 168,94 = 1.9 F_{t4,Rd}$$

$$F_{t4,Rd} = \min\{F_{t4,Rd}; F_{t1,Rd} h_4 / h_1\} = \min\{88,92; 261,85 \times 466,1 / 646,1\} = 88,92 \quad (6.26)$$

Nośność połączenia:

- nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{j,Rd} = \Sigma r h r F_{tr,Rd} = 0,6461 \times 261,85 + 0,5861 \times 64,29 + 0,5261 \times 0,00 + 0,4661 \times 88,92 = 248,31 \text{ kNm} \quad (6.25)$$

- nośność na ściskanie dla słupa nieuźebrowanego:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{c,wc,Rd} = 2 \times 417,92 = 835,84 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$M_{j,Ed} / M_{j,Rd} + N_{j,Ed} / N_{j,Rd} = 186,91 / 248,31 + 62,74 / 835,84 = 0,828 < 1 \quad (6.24)$$

Nośność połączenie na siłę poprzeczną:

Nośność śruby na ścinanie

$$F_{1,v,Rd} = \alpha \cdot f \cdot u_b \cdot A / \gamma_{M2} = 0,5 \times 800 \times 245 / 1,25 \times 10^{-3} = 78,40 \text{ kN} \quad (\text{Tab 3.4})$$

Nośność na docisk dla śruby skrajnej w otworze powiększonym

$$\alpha_d = e_1 / (3 \cdot d_o) = 80 / (3 \times 24) = 1,111$$

$$\alpha_b = \min\{\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1,0\} = \min\{1,111; 800/490; 1,0\} = 1$$

$$k_1 = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7; 1,4 \cdot p_2 / d_o - 1,7; 2,5\} = \min\{2,8 \times 50 / 24 - 1,7; 1,4 \times 80 / 24 - 1,7; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{1,b,Rd} = 0,8 \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d_t / \gamma_{M2} = 0,8 \times 2,5 \times 1 \times 490 \times 20 \times 13,5 / 1,25 \times 10^{-3} = 211,68 \text{ kN} \quad (\text{Tab 3.4})$$

$$F_{1,vb,Rd} = \min\{F_{1,v,Rd}; F_{1,b,Rd}\} = \min\{78,40; 211,68\} = 78,40 \text{ kN}$$

Nośność połączenia na ścinanie:

$$F_{v,Rd} = \min\{(n_v + n_t \cdot 0,4 / 1,4) \cdot F_{1,v,Rd}; n \cdot F_{1,b,Rd}\} = \min\{(6 + 6 \times 0,4 / 1,4) \times 78,40; 12 \times 211,68\} = 604,80 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{v,Ed} = 88,17 < 604,80 = F_{v,Rd}$$

Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości $a = 6 \text{ mm}$

Charakterystyka kładu spoin:

$$A = 135,35 \text{ cm}^2, \quad A_{vz} = 78,71 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 56,64 \text{ cm}^2, \quad I_y = 80545,8 \text{ cm}^4, \quad I_z = 1625,4 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\sigma_z = V_z / A_{vz} = (88,17 / 78,71) \times 10 = 11,2 \text{ MPa},$$

$$\sigma_y = V_y / A_{vy} = (0,00 / 56,64) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-197,18) \times 36,2 / 80545,8 \times 10^3 - 0,00 \times (-8,00) / 1625,4 \times 10^3 + (-62,74) / 135,35 \times 10 = -93,2 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = -93,2 \times \cos(51,9) = -57,5 \text{ MPa}$$

$$= \sin() = -93,2 \times \sin(51,9) = -73,3 \text{ MPa}$$

Dla stali S 355, współczynnik β_w wynosi 0,90.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\sigma = 0,0 \text{ MPa}$.

$$[2 + 3(2 + |\sigma|)]^{0,5} = [57,52 + 3 \times (73,32 + 0,02)]^{0,5} = 139,4 < 435,6 = 490 / (0,90 \times 1,25) = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad (4.1)$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-197,18) \times (-37,6) / 80545,8 \times 10^3 - 0,00 \times 9,00 / 1625,4 \times 10^3 + (-62,74) / 135,35 \times 10 = 87,3 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = 68,7 \times \cos(38,1) = 68,7 < 352,8 = 0,9 \times 490 / 1,25 = 0,9 f_u / \gamma_{M2}$$

POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY Pręta nr 6 z prętem nr 8

RM_SPol1993 v. 1.18 licencja nr 49121

Zadanie: Hala 24.08.2024 v51 ryg słup ok; węzeł nr: 3

Kombinacja obciążeń: „1,35·(CW+A+B)+1,5·(C+L+P+S+T+V+W)”.

Siły przekrojowe w odległości $l_o = 0 \text{ mm}$ od węzła sprowadzone do osi blachy czołowej:

$$\text{Moment zginający:} \quad M_{j,Ed} = M_y = 12,66 \quad M_{j,Ed}' = M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Siła poprzeczna:} \quad V_{j,Ed} = V_z = -0,12 \quad V_{j,Ed}' = V_y = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N_{j,Ed} = -154,60 \text{ kN}$$

Przyjęto blachę czołową o wymiarach $200 \times 432 \text{ mm}$ i grubości $t = 12 \text{ mm}$ ze stali S 355.

Nośność śruby:

Przyjęto połączenie kategorii D na śruby M16 klasy 8.8

Nośności pojedynczej śruby (Tab 3.4):

$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \times 800 \times 157 / 1,25 \times 10^{-3} = 90,43 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,6 \times 3,1415 \times 25,9 \times 12 \times 490 / 1,25 \times 10^{-3} = 229,26 \text{ kN}$$

Nośności szeregów śrub:

Nośność grupy szeregów śrub (1-2) $_{ep}$:

Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):

$$\sigma_{leff,cp} = [\sigma_m + p] + [\sigma_m + p] = [3,1415 \times 42,3 + 50] + [3,1415 \times 42,3 + 50] = 365,8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff,nc} = [0,5p + \sigma_m - (2m + 0,625e)] + [2m + 0,625e + 0,5p] = [0,5 \times 50 + 5,862 \times 42,3 - (2 \times 42,3 + 0,625 \times 50)] + [2 \times 42,3 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 50] = 298 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff,1} = \min\{\sigma_{leff,cp}; \sigma_{leff,nc}\} = \min\{365,8; 298\} = 298 \text{ mm}$$

$$\sigma_{leff,2} = \sigma_{leff,nc} = 298 \text{ mm}$$

Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 31 < 203,2 =$

$$8,8 \times 42,33 \times 157 \times 1 / (298,0 \times 123) = L_b^* \quad (\text{Tab. 6.2}):$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot \sigma_{leff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 298 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 3,81 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot \sigma_{leff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 298 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 3,81 \text{ kNm}$$

$n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 42,3\} = 50 \text{ mm}$
 $FT_{1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 3,81 / 42,3 \times 103 = 360,08 \text{ kN}$
 $FT_{2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}) / (m + n) = (2 \times 3,81 \times 103 + 50 \times 361,73) / (42,3 + 50) = 278,46 \text{ kN}$
 $FT_{3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \times 90,43 = 361,73 \text{ kN}$
 $FT_{(1-2),ep,Rd} = \min\{FT_{1,Rd}; FT_{2,Rd}; FT_{3,Rd}\} = \min\{360,08; 278,46; 361,73\} = 278,46 \text{ kN}$
 Nośność środka belki na rozciąganie:
 $F_{t(1-2),wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 298 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 909,77 \text{ kN} \quad (6.22)$
 Nośność grupy:
 $F_{t(1-2)ep,Rd} = \min\{FT_{(1-2),ep,Rd}; F_{t(1-2),wb,Rd}\} = \min\{278,46; 909,77\} = 278,46 \text{ kN}$

Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 1 ep:
 Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):
 $\lambda_1 = m / (m + e) = 42,3 / (42,3 + 50) = 0,46$
 $\lambda_2 = m_2 / (m + e) = 52,9 / (42,3 + 50) = 0,57$
 $l_{eff,cp} = 2 \square m = 2 \times 3,1415 \times 42,3 = 265,8 \text{ mm}$
 $l_{eff,nc} = \square m = 5,862 \times 42,3 = 248 \text{ mm}$
 $l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{265,8; 248\} = 248 \text{ mm}$
 $l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 248 \text{ mm}$
 Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 31 < 244,1 =$
 $8,8 \times 42,33 \times 157 \times 1 / (248,0 \times 123) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$
 $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 248 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 3,17 \text{ kNm}$
 $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t f_2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 248 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 3,17 \text{ kNm}$
 $n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 42,3\} = 50 \text{ mm}$
 $FT_{1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 3,17 / 42,3 \times 103 = 299,66 \text{ kN}$
 $FT_{2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}) / (m + n) = (2 \times 3,17 \times 103 + 50 \times 180,86) / (42,3 + 50) = 166,64 \text{ kN}$
 $FT_{3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \times 90,43 = 180,86 \text{ kN}$
 $FT_{ep,Rd} = \min\{FT_{1,Rd}; FT_{2,Rd}; FT_{3,Rd}\} = \min\{299,66; 166,64; 180,86\} = 166,64 \text{ kN}$
 Nośność środka belki na rozciąganie:
 $F_{t1,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 248 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 757,12 \text{ kN} \quad (6.22)$
 Nośność pojedynczego szeregu śrub nr 2 ep:
 Długości efektywne dla króćca teowego blachy czołowej (Tab. 6.10):
 $l_{eff,cp} = 2 \square m = 2 \times 3,1415 \times 42,3 = 265,8 \text{ mm}$
 $l_{eff,nc} = 4m + 1,25e = 4 \times 42,3 + 1,25 \times 50 = 231,7 \text{ mm}$
 $l_{eff,1} = \min\{l_{eff,cp}; l_{eff,nc}\} = \min\{265,8; 231,7\} = 231,7 \text{ mm}$
 $l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 231,7 \text{ mm}$
 Nośność króćca teowego z uwzględnieniem efektu dźwigni $L_b = 31 < 261,3 =$
 $8,8 \times 42,33 \times 157 \times 1 / (231,7 \times 123) = L_b^* \text{ (Tab. 6.2):}$
 $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t f_2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 231,7 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,96 \text{ kNm}$
 $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t f_2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \times 231,7 \times 122 \times 355 / 1 \times 10^{-6} = 2,96 \text{ kNm}$
 $n = \min\{e_{min}; 1,25m\} = \min\{50; 1,25 \times 42,3\} = 50 \text{ mm}$
 $FT_{1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \times 2,96 / 42,3 \times 103 = 280,00 \text{ kN}$
 $FT_{2,Rd} = (2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}) / (m + n) = (2 \times 2,96 \times 103 + 50 \times 180,86) / (42,3 + 50) = 162,14 \text{ kN}$
 $FT_{3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \times 90,43 = 180,86 \text{ kN}$
 $FT_{ep,Rd} = \min\{FT_{1,Rd}; FT_{2,Rd}; FT_{3,Rd}\} = \min\{280,00; 162,14; 180,86\} = 162,14 \text{ kN}$
 Nośność środka belki na rozciąganie:
 $F_{t2,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 231,7 \times 8,6 \times 355 / 1 \times 10^{-3} = 707,45 \text{ kN} \quad (6.22)$

Nośność szeregu śrub nr 1:
 Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.
 $F_{t1,Rd} = \min\{FT_{1,ep,Rd}; F_{t1,wb,Rd}\} = \min\{166,64; 757,12\} = 166,64 \text{ kN}$

Nośność szeregu śrub nr 2:
 Nośność szeregu śrub z uwzględnieniem nośności grup szeregów oraz pozostałych części węzła.
 $F_{t2,Rd} = \min\{FT_{2,ep,Rd}; F_{t2,wb,Rd}; F_{t(1-2)ep,Rd} - F_{t1,Rd}\} = \min\{162,14; 707,45; 278,46 - 166,64\} =$
 $111,82 \text{ kN}$
 Redukcja nośności szeregu dla połączenia narażonego na obciążenia udarowe lub wibracyjne nie
 zachodzi ($F_{t1,Rd} = 166,64 < 212,45 = 1.9 F_{t2,Rd}$).

Nośność połączenia:
 - nośność na zginanie względem osi Y:
 $M_{j,Rd} = \Sigma r_{hr} F_{tr,Rd} = 0,335 \times 166,64 + 0,285 \times 111,82 = 87,68 \text{ kNm} \quad (6.25)$
 Warunek nośności:
 $M_{j,Ed} / M_{j,Rd} = 12,66 / 87,68 = 0,144 < 1 \quad (6.24)$
 Nośność połączenia na siłę poprzeczną:
 Nośność śruby na ścinanie
 $F_{1,v,Rd} = \alpha v f_{ub} A / \gamma_{M2} = 0,5 \times 800 \times 157 / 1,25 \times 10^{-3} = 50,24 \text{ kN} \quad (\text{Tab 3.4})$

Nośność na docisk dla śruby skrajnej

$$\alpha d = e_1 / (3 d_0) = 80 / (3 \times 18) = 1,481$$

$$\alpha b = \min\{\alpha d; f_{ub} / f_u; 1,0\} = \min\{1,481; 800/490; 1,0\} = 1$$

$$k_1 = \min\{2,8 e_2 / d_0 - 1,7; 1,4 p_2 / d_0 - 1,7; 2,5\} = \min\{2,8 \times 50 / 18 - 1,7; 1,4 \times 100 / 18 - 1,7; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{1,b,Rd} = k_1 \alpha b f_u d t / \gamma_{M2} = 2,5 \times 1 \times 490 \times 16 \times 12 / 1,25 \times 10^{-3} = 188,16 \text{ kN} \quad (\text{Tab 3.4})$$

$$F_{1,vb,Rd} = \min\{F_{1,v,Rd}; F_{1,b,Rd}\} = \min\{50,24; 188,16\} = 50,24 \text{ kN}$$

Nośność połączenia na ścinanie:

$$F_{v,Rd} = \min\{(n_v + n_t 0,4 / 1,4) F_{1,v,Rd}; n F_{1,b,Rd}\} = \min\{(4 + 4 \times 0,4 / 1,4) \times 50,24; 8 \times 188,16\} = 258,38 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{v,Ed} = 0,12 < 258,38 = F_{v,Rd}$$

Nośność spoin:

Siły przekrojowe sprowadzone do płaszczyzny spoin:

$$\text{Moment zginający:} \quad M_y = 12,66 \quad M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Siła poprzeczna:} \quad Q_z = -0,12 \quad Q_y = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -154,60 \text{ kN}$$

Przyjęto spoiny o grubości $a = 3 \text{ mm}$

Charakterystyka kładu spoin:

$$A = 40,79 \text{ cm}^2, \quad A_{vz} = 21,35 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 19,44 \text{ cm}^2, \quad I_y = 10040,1 \text{ cm}^4, \quad I_z = 588,2 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\parallel z = V_z / A_{vz} = (0,12 / 21,35) \times 10 = 0,1 \text{ MPa},$$

$$\parallel y = V_y / A_{vy} = (0,00 / 19,44) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = 12,66 \times (-18,9) / 10040,1 \times 10^3 - 0,00 \times (-9,00) / 588,2 \times 10^3 + (-154,60) / 40,79 \times 10 = -61,7 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = -61,7 \times \cos(51,9) = -38,1 \text{ MPa}$$

$$= \sin() = -61,7 \times \sin(51,9) = -48,6 \text{ MPa}$$

Dla stali S 355, współczynnik β_w wynosi 0,90.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\parallel = 0,0 \text{ MPa}$.

$$[2 + 3(2 + \parallel 2)]^{0,5} = [38,12 + 3 \times (48,62 + 0,02)]^{0,5} = 92,4 < 435,6 = 490 / (0,90 \times 1,25) = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad (4.1)$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = 12,66 \times (-20,9) / 10040,1 \times 10^3 - 0,00 \times 9,00 / 588,2 \times 10^3 + (-154,60) / 40,79 \times 10 = -64,3 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = 50,6 \times \cos(38,1) = 50,6 < 352,8 = 0,9 \times 490 / 1,25 = 0,9 f_u / \gamma_{M2}$$

Spoiny pręta dołączonego nr 8:

Siły przekrojowe w odległości $l_0 = 0 \text{ mm}$ od węzła sprowadzone do płaszczyzny spoin:

$$\text{Moment zginający:} \quad M_y = -12,66 \quad M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Siła poprzeczna:} \quad Q_z = -0,12 \quad Q_y = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -154,60 \text{ kN}$$

Charakterystyka kładu spoin:

$$A = 40,79 \text{ cm}^2, \quad A_{vz} = 21,35 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 19,44 \text{ cm}^2, \quad I_y = 10040,1 \text{ cm}^4, \quad I_z = 588,2 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\parallel z = V_z / A_{vz} = (0,12 / 21,35) \times 10 = 0,1 \text{ MPa},$$

$$\parallel y = V_y / A_{vy} = (0,00 / 19,44) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-12,66) \times 18,9 / 10040,1 \times 10^3 - 0,00 \times 9,0 / 588,2 \times 10^3 + (-154,60) / 40,79 \times 10 = -61,7 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = -61,7 \times \cos(51,9) = -38,1 \text{ MPa}$$

$$= \sin() = -61,7 \times \sin(51,9) = -48,6 \text{ MPa}$$

Dla stali S 355, współczynnik β_w wynosi 0,90.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\parallel = 0,0 \text{ MPa}$.

$$[2 + 3(2 + \parallel 2)]^{0,5} = [38,12 + 3 \times (48,62 + 0,02)]^{0,5} = 92,4 < 435,6 = 490 / (0,90 \times 1,25) = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad (4.1)$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = M_y z / I_y - M_z y / I_z + N / A = (-12,66) \times 20,9 / 10040,1 \times 10^3 - 0,00 \times (-9,0) / 588,2 \times 10^3 + (-154,60) / 40,79 \times 10 = -64,3 \text{ MPa}$$

$$= \cos() = 64,3 \times \cos(38,1) = 50,6 < 352,8 = 0,9 \times 490 / 1,25 = 0,9 f_u / \gamma_{M2}$$

DANE OGÓLNE PROJEKTU

FUNDAMENT 1. STOPA PROSTOKĄTNA

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna

1. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,20$ m
 Kształt fundamentu: prosty
 Wymiary podstawy: $B_x = 2,90$ m, $B_y = 1,40$ m,
 Wysokość: $H = 0,40$ m,
 Mimośrod: $E_x = -0,27$ m, $E_y = 0,00$ m.

1.1. Podłoże gruntowe

1.2. Teren

Istniejący względny poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,
 Projektowany względny poziom terenu: $z_{tp} = 0,00$ m.

1.3. Warstwy gruntu

Lp.	Poz. stropu	Grubość	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poz. wody gr.
1	0,00	1,00	Gлина piaszczysta	saCCI_c:32,78 f:23,5	brak wody
2	1,00	nieokreśl.	Piasek zapylony	siSa_c:0,00 f:32,4	brak wody

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: słup prostokątny
 Wymiary słupa: $b = 0,60$ m, $l = 0,40$ m,
 Współrzędne osi słupa: $x_0 = 6,50$ m, $y_0 = 10,90$ m,
 Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\alpha = 0,000$.

3. Posadzki

3.1. Posadzka 2

Względny poziom posadzki: $pp = 0,00$ m, grubość: $h = 0,10$ m,
 Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{char} = 22,00$ kN/m³,
 Obciążenie posadzki: $q_{char} = 0,00$ kN/m², współcz. obciążenia: $\psi_f = 1,20$,
 Wymiary posadzki: $dx = 2,00$ m, $dy = 2,00$ m.

3.2. Posadzka 3

Względny poziom posadzki: $pp = 0,00$ m, grubość: $h = 0,10$ m,
 Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{char} = 22,00$ kN/m³,
 Obciążenie posadzki: $q_{char} = 0,00$ kN/m², współcz. obciążenia: $\psi_f = 1,20$,
 Wymiary posadzki: $dx = 2,00$ m, $dy = 2,00$ m.

4. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,14$ m.

Parametry importu obciążenia:

Nazwa zadania: D:\ady9.01.2025 Bud gosp mag ZMIANA V2 sztywny.rmt.

Data utworzenia: 09.01.2025 22:21.

Oznaczenie podpory: Węzeł nr 1.

Lista kombinacji obciążeń fundamentu:

Lp.	Rodzaj	N	Hx	Hy	Mx	My
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	podst.- trwała	113,4	-67,0	0,0	0,00	-257,12
		83,0	-46,0	0,0	0,00	-177,88
2	podst.- trwała	112,9	-39,8	0,0	0,00	-186,21
		82,6	-27,9	0,0	0,00	-130,60
3	podst.- trwała	126,2	-83,5	0,0	0,00	-360,43
		91,5	-57,0	0,0	0,00	-246,75
4	podst.- trwała	155,8	-82,6	0,0	0,00	-348,88
		111,2	-56,4	0,0	0,00	-239,05
5	podst.- trwała	145,3	-90,9	0,0	0,00	-385,76
		104,2	-61,9	0,0	0,00	-263,64
6	podst.- trwała	69,6	-17,5	0,0	0,00	-87,94
		53,7	-13,0	0,0	0,00	-65,09
7	podst.- trwała	175,0	-90,0	0,0	0,00	-374,22
		124,0	-61,3	0,0	0,00	-255,94
8	podst.- trwała	78,2	16,5	0,0	0,00	85,15
		59,5	9,7	0,0	0,00	50,30
9	podst.- trwała	65,3	-41,7	0,0	0,00	-144,55
		54,0	-31,1	0,0	0,00	-112,36

10	podst.- trwała	43,8	-12,9	0,0	0,00	-65,32
		53,7	-13,0	0,0	0,00	-65,09
11	podst.- trwała	52,4	21,1	0,0	0,00	107,76
		59,5	9,7	0,0	0,00	50,30
12	podst.- trwała	78,5	15,3	0,0	0,00	74,31
		59,7	8,9	0,0	0,00	43,08

5. Materiał

Rodzaj materiału: żelbet

Klasa betonu: C25/30, Klasa stali: $f_{yk}=500$,

Zbrojenie dolne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12$ mm, na kierunku y: $d_y = 12$ mm,

strzemiona $d_s = 6$ mm.

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie górne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12$ mm, na kierunku y: $d_y = 12$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie na przebiecie strzemionami: średnica $d_{sp} = 6$ mm.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności, przesunięcia i mimośrod

Nr komb.	Rodzaj komb.	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. przes.	Wsp. mimośr.
1	podstawowa	1,20	0,299	0,459	2,162
2	podstawowa	1,20	0,170	0,273	1,489
3	podstawowa	1,20	0,895	0,553	2,934
4	podstawowa	1,20	0,522	0,509	2,451
* 5	podstawowa	1,20	0,958	0,574	2,880
6	podstawowa	1,20	0,100	0,135	0,831
7	podstawowa	1,20	0,574	0,531	2,435
8	podstawowa	1,20	0,105	0,125	1,178
9	podstawowa	1,20	0,158	0,322	1,558
10	podstawowa	1,20	0,088	0,100	0,755
11	podstawowa	1,20	0,093	0,160	1,572
12	podstawowa	1,20	0,101	0,115	1,056

Uwaga: Do warunku na przesuw fundamentu przyjęto $\alpha'_{cv} = 0$, ponieważ parametr α'_{cv} nie jest określony.

7. Stan graniczny II

7.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s = 0,06$ cm.

Osiadanie wtórne: $s = 0,00$ cm.

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: $\alpha = 0$.

Osiadanie: $s = s + \alpha \cdot s = 0,06 + 0 \cdot 0,00 = 0,06$ cm,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Dopuszczalne osiadanie: $s_{dop} = 1,00$ cm.

$s = 0,06$ cm $<$ $s_{dop} = 1,00$ cm

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

8. Przebiecie fundamentu

8.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na przebiecie

Nr komb.	Przekrój	Napr. styczne v_{Ed} [kPa]	Nośność betonu v_{Rd} [kPa]	Min nośność strzemion v_{Rs} [kPa]
1	1	295	912	-
2	1	212	912	-
3	1	424	912	-
4	1	404	912	-

5	1	452	912	-
6	1	98	912	-
* 7	1	431	912	-
8	1	245	1170	-
9	1	164	912	-
10	1	74	912	-
11	1	238	1170	-
12	1	229	1170	-

Nie jest wymagane zbrojenie fundamentu z uwagi na przebiecie.

Wniosek: warunki wytrzymałości przebiecia fundamentu są spełnione.

9. Zginanie fundamentu

9.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na zginanie

Nr komb.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający		Min. przekrój zbrojenia	
			M _{dod}	M _{ujemny}	As _{dół}	As _{góra} [cm ²]
1	x	1	167	-42	11,7	2,8
	y	1	13	-	0,9	-
2	x	1	128	-23	8,9	1,6
	y	1	13	-	0,9	-
3	x	1	226	-66	16,0	4,5
	y	1	14	-	1,0	-
4	x	1	227	-56	16,1	3,8
	y	1	17	-	1,2	-
5	x	1	244	-68	17,3	4,7
	y	1	16	-	1,1	-
6	x	1	65	-7	4,4	0,5
	y	1	8	-	0,5	-
*7	x	1	245	-58	17,4	4,0
	y	1	20	-	1,4	-
8	x	1	41	-26	2,8	1,8
	y	1	9	-	0,6	-
9	x	1	94	-23	6,5	1,6
	y	1	7	-	0,5	-
10	x	1	46	-7	3,1	0,5
	y	1	5	-	0,3	-
11	x	1	41	-45	2,8	3,1
	y	1	6	-	0,4	-
12	x	1	38	-20	2,6	1,4
	y	1	9	-	0,6	-

Uwaga: Momenty zginające wyznaczone metodą wydzielonych wsporników trapezowych.

Obliczone minimalne zbrojenie w przekroju:

na kier. x: $As_x = 17,4 \mid 4,7 \text{ cm}^2$, na kier. y: $As_y = 1,4 \mid 0,0 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunki wytrzymałości na zginanie fundamentu są spełnione.

Opracował:

KONSTRUKTOR:

mgr inż. Sławomir Mańka
upr. proj. KUP/0003/POOK/10
do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

KONSTRUKTOR SPRAWDZAJĄCY:

mgr inż. Wiesław Dąbrowski
upr. proj. KUP/0113/PBKb/16
do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

**OŚWIADCZENIA PROJEKTANTÓW O SPORZĄDZENIU PROJEKTU
TECHNICZNEGO ZGODNIE Z OBOWIĄZUJĄCYMI PRZEPISAMI ORAZ
ZASADAMI WIEDZY TECHNICZNEJ**

Ja niżej podpisany(a) oświadczam, że projekt techniczny dotyczący zadania:

**Budynek magazynowy
Gmina Górzno, Powiat Brodnicki,
działka nr 386/1, Obręb: 0001 Górzno - Miasto
Jednostka ewidencyjna: 040205_4.0001 Górzno - miasto**

OBIEKT:	Budynek magazynowy
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO:	XVIII
LOKALIZACJA:	Górzno Gmina: Górzno Obręb: 0001 Górzno - miasto Jednostka ewidencyjna: 040205_4 Górzno
INWESTOR:	Miasto i Gmina Górzno Ulica Rynek 1 87-320 Górzno
BRANŻA:	<i>konstrukcja</i>
KONSTRUKTOR:	mgr inż. Sławomir Mańka upr. proj. KUP/0003/POOK/10 do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
KONSTRUKTOR SPRAWDZAJACY:	mgr inż. Wiesław Dąbrowski upr. proj. KUP/0113/PBKb/16 do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Luty 2026 r.

(Wymóg art. 34 ust. 3d pkt. 3. Ustawy z dnia 07.07.1994 roku – Prawo Budowlane (Dz. U 2003.207.2016 ze zmianami)