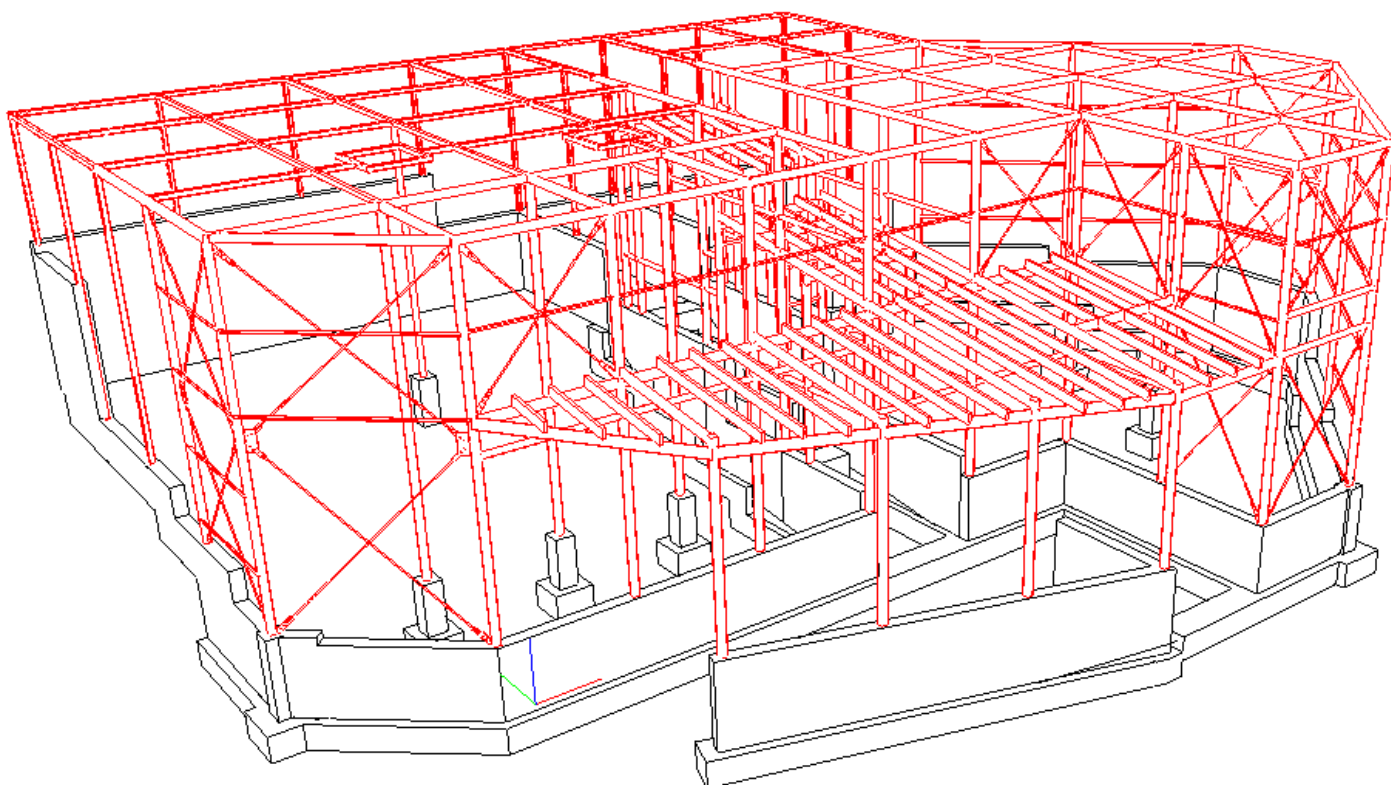


| | |
|-----------------------|--|
| Jednostka projektowa: | Biuro Projektowe M&M Projekt Maciej Majkowski ul. Lubichowska 14, 83-200 Starogard Gdański NIP 592-195-86-40, tel. 663369100, e-mail: maciejmajkowski@o2.pl |
|-----------------------|--|

PROJEKT TECHNICZNY CZĘŚĆ KONSTRUKCYJNA

| | |
|-----------|--|
| TEMAT: | Rozbudowa istniejącego domku oraz woliery dla średniej wielkości drapieżników wraz z przebudową istniejącej infrastruktury technicznej |
| INWESTOR: | Gdański Ogród Zoologiczny Ul. Karwieńska 3, 80-328 Gdańsk |



| | | |
|-------|---|--|
| AUTOR | mgr inż. Maciej Majkowski upr. proj. bez ograniczeń nr POM/0359/POOK/09 w specjalności konstr. - bud. | |
| DATA | Czerwiec 2024 r. | |

POMORSKA OKRĘGOWA
RADA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
80-840 Gdańsk, ul. Świętojańska 43/44
(3) Tel. (0-58) 324-89-77
Fax (0-58) 301-44-98

Gdańsk, dnia 7 grudnia 2009 r.

syg. Akt. 360/POM/OKK/09

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów /Dz.U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, ze zm./, art. 12 ust. 3, art.13 ust.1 pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane /tekst jednolity Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 ze zm./, § 6 pkt 1 i 2, § 11 ust.1 pkt 1, § 15, § 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578, ze zm./ oraz art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego /t.j. Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz.1071 ze zm./

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
stwierdza, że:

Pan MACIEJ KAROL MAJKOWSKI
magister inżynier
urodzony dnia 11.05.1978 r. w Starogardzie Gdańskim

uzyskał
UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny: POM/0359/POOK/09

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

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:



PRZEWODNICZĄCY
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Ryszard Kolasa

WICEPRZEWODNICZĄCY
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Leszek Niedostatkiwicz

CZŁONEK
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Ziemowit Suligowski

Otrzymują:

1. Pan Maciej Karol Majkowski
83-200 Starogard Gdański, ul. Lipowa 6
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

Pan Maciej Karol Majkowski upoważniony jest do:

I. Na podstawie art.12 ust.1 pkt 1, art. 13 ust. 4 ustawy Prawo budowlane, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:

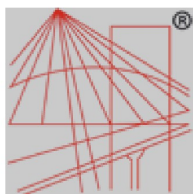
- a) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- b) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

II. Na podstawie § 15 i 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578, ze zm./ uprawnienia niniejsze uprawniają do :

- 1) sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności niniejszych uprawnień,
- 2) projektowania obiektu budowlanego w zakresie sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu.

Gdańsk, dnia 7 grudnia 2009 r.

POMORSKA OKRĘGOWA
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
80-840 Gdańsk, ul. Świętojańska 43/44
(3) Tel. (0-58) 324-89-77
Fax (0-58) 301-44-98



P O L S K A
I Z B A
I N Ż Y N I E R Ó W
B U D O W N I C T W A

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

POM-ANR-X9B-XMF *

Pan Maciej Karol Majkowski o numerze ewidencyjnym POM/BO/0091/10
adres zamieszkania ul.Lipowa 6, 83-200 Starogard Gdański
jest członkiem Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2024-02-01 do 2024-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-01-30 roku przez:

Krzysztof Wilde, Przewodniczący Rady Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

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



Opisany w art. 78¹ K.c. sposób
dokonywania czynności prawnej
został opatrzony bezpiecznym
podpisem elektronicznym PIIB

O Ś W I A D C Z E N I E

Projektant:

Na podstawie art. 20, ust 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2018r.poz. 1202) oświadczam, że opracowanie :

Rozbudowa istniejącego domku oraz woliery dla średniej wielkości drapieżników
wraz z przebudową istniejącej infrastruktury technicznej

w zakresie konstrukcji został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz
zasadami wiedzy technicznej

mgr inż. Maciej Majkowski
upr. do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej
nr POM/0359/POOK/09

OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCYJNY

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

- Zlecenie Inwestora
 - PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
 - PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-1: Oddziaływania ogólne -Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
 - PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-2: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru
 - PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem
 - PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru
 - PN-EN 1992-1-1:2005 (U) Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
 - PN-EN 1992-1-2:2005 (U) Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie na warunki pożarowe
 - PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
 - PN-EN 1993-1-2:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-2: Reguły ogólne – Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
 - PN-EN 1996-1-1:2010 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych -- Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
 - PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie Geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- Pozostałe akty prawne służące do prawidłowego zaprojektowania konstrukcji:
- Ustawa: Prawo Budowlane (Dz.U. Nr 89 z 1994 r.) r. z późniejszymi zmianami (tekst jednolity wprowadzony Obwieszczeniem Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 10.11.2000 r.)
 - Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r. Nr 75, poz. 690).
 - Rozporządzenie Ministra transportu, budownictwa i gospodarki morskiej z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego art.34ust.6 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623, z późn. Zm.)
 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003r. (Dz.U. 2003r. Nr 120 Poz. 1126) w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

2. OPIS OGÓLNY OBIEKTU

Budynek służyć będzie jako wybieg dla manuli. Obiekt podzielony będzie w planie na części domku dla zwierząt, wybiegu/woliery (lewa i prawa strona planu) oraz taras dla zwiedzających. Budynek zaprojektowano na planie prostokąta o wymiarach ca. 19x15 m. Taras dla zwiedzających wraz z domkiem dla zwierząt przekryta dachem drewnianym, konstrukcja wolier w postaci układu przestrzennego słupów i belek stalowych przekrytych panelami z siatki.

3. FUNDAMENTY

Elementy ogrodzenia będą oparte na żelbetowych ścianach i słupach fundamentowych, które z kolei przekazują obciążenia na ławy i stopy fundamentowe.

Zaprojektowane ławy i stopy wykonać z betonu klasy min. C25/30 i zbroić stalą A-IIIN.

Otulina prętów stalowych gr. Min. 4,0 cm. Szczegóły zbrojenia wg rysunków konstrukcyjnych.

4. KONSTRUKCJA STALOWA WOLIERY

Słupy wolier zaprojektowano z kształownika SHS 100x4, rygle dachowe z kształownika SHS100x3. Stężenia stanowić będą pręty stalowe $\phi 20$ skręcone śrubą rzymską.

W słupach i belkach stalowych, w miejscach łączenia z dachem i elementami ścian, dospawać blachy #10 mm z otworami pod śruby.

Wszystkie elementy spawane spawać spoiną ciągłą na pełną grubość styku.

Wszystkie kształtowniki wykonane ze stali S355.

Konstrukcja w klasie wykonania EXC 2.

Szczegóły wg rysunków konstrukcyjnych.

5. KONSTRUKCJA DREWNIANA ZADASZENIA I ELEMENTÓW ŚCIAN

Zadaszenie oraz płatwie wypełniające ściany wykonać z belek drewnianych o przekroju 5,0/15,0 cm. Elementy drewniane łączone z konstrukcją stalową za pomocą blach węzłowych #10 mm oraz śrub klasy 8.8 - dla elementów ścian śruby M12, dla krokwi śruby M16.

Wszystkie elementy wykonać z drewna klasy min. C24 oraz zaimpregnować przeciwwilgociowo oraz przeciw korozji biologicznej.

Szczegóły wg rysunków konstrukcyjnych.

6. GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA OBIEKTU BUDOWLANEGO – OPINIA GEOTECHNICZNA

Posadowienie bezpośrednio zaprojektowano na podstawie badań geotechnicznych wykonanych przez Przedsiębiorstwo Terra-Wiert w czerwcu 2023 r. W poziomie posadowienia zalegają średniozagęszczone piaski drobne i piaski pylaste.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012 poz. 463) zaprojektowane obiekty zaliczone są do pierwszej kategorii geotechnicznej.

Po wykonaniu wykopu pod całym budynkiem stwierdzić należy, czy grunt odpowiada założeniom projektu. W przypadku natrafienia na grunty nienośne na przykład po wykopach, należy go wybrać aż do gruntu nośnego, a wykop uzupełniać mieszanką żwirowo - piaskową warstwami o grubości do 20 cm z zagęszczeniem co najmniej do stopnia $I_s = 0,98$. Wszystkie elementy żelbetowe wykonać z betonu kl. Min. C25/30, zbrojonego prętami ze stali klasy A-IIIIN. Pod fundamentami należy wykonać warstwę betonu podkładowo - wyrównawczego klasy C8/10, gr. min. 10 cm. Przed przystąpieniem do betonowania należy odprowadzić ewentualną wodę z wykopu.

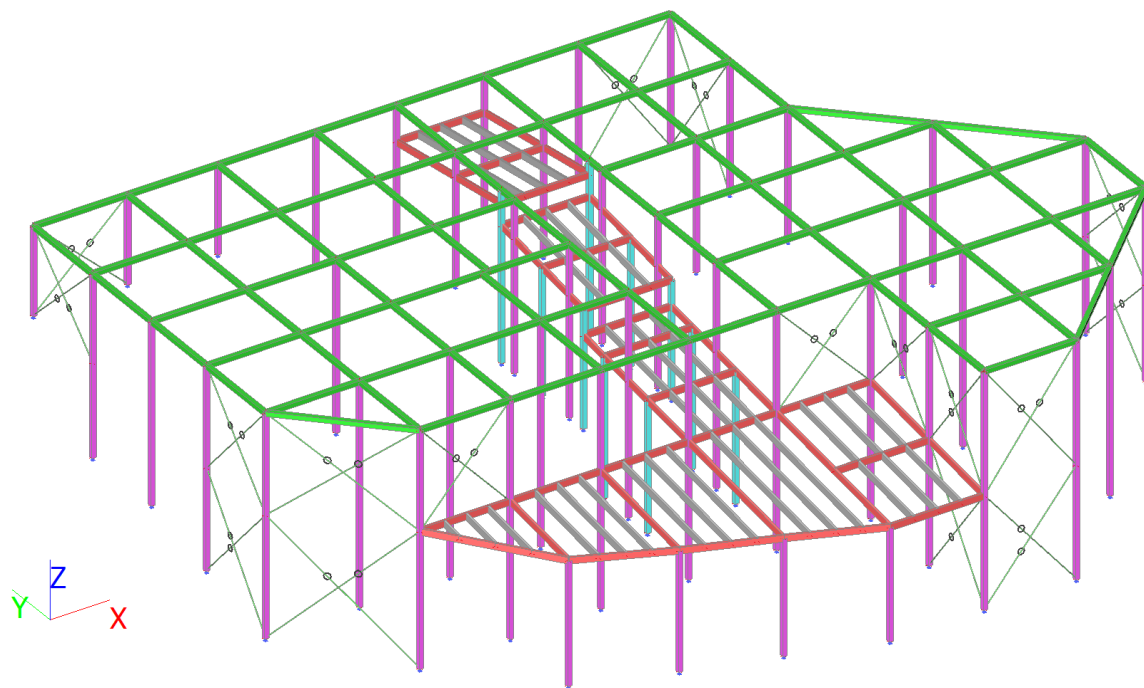
7. WYBRANE WYNIKI ANALIZY STATYCZNEJ

Obliczenia poszczególnych elementów obiektu przeprowadzono w programie SCIA Engineer Professional firmy Nemetschek. Wybrane wyniki analizy poniżej.

7.1. Spis treści



- 7.1. Spis treści
- 7.2. Analizowany model
- 7.3. Przekroje poprzeczne
 - 7.3.1. Przekroje poprzeczne
- 7.4. Obciążenia i kombinacje obciążeń
 - 7.4.1. Przypadki obciążeń
 - 7.4.2. Grupy obciążeń
 - 7.4.3. Kombinacje
- 7.5. Wyniki
 - 7.5.1. Przemieszczenie 3D; U_{total}
 - 7.5.2. Sprawdzenie SGN drewna; Sprawdzenie całkowite
 - 7.5.3. Sprawdzenie SGN drewna
 - 7.5.4. EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN; Sprawdzenie całkowite
 - 7.5.5. EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN



7.2. Analizowany model





7.3. Przekroje poprzeczne

7.3.1. Przekroje poprzeczne

| CS3 | | | |
|--|---|------------|------------|
| Typ | SHS100/100/4.0 | | |
| Kod kształtu | 2 - Prostokątny pusty przekrój | | |
| Typ kształtu | Cienkościenny | | |
| Pozycja materiału | S 355 | | |
| Produkcja | walcowany | | |
| Kolor |  | | |
| Wyboczenie giętne y-y, | a | | a |
| Wyboczenie giętne z-z | | | |
| A [m²] | | 1,5200e-03 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | | 7,8482e-04 | 7,8482e-04 |
| A _L [m²/m], A ₀ [m²/m] | | 3,9000e-01 | 7,5075e-01 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | | 50 | 50 |
| α [deg] | | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | | 2,3200e-06 | 2,3200e-06 |
| i _y [mm], i _z [mm] | | 39 | 39 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | | 4,6400e-05 | 4,6400e-05 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | | 5,4400e-05 | 5,4400e-05 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | | 1,93e+04 | 1,93e+04 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | | 1,93e+04 | 1,93e+04 |
| d _y [mm], d _z [mm] | | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | | 3,5289e-06 | 4,3176e-12 |
| β _y [mm], β _z [mm] | | 0 | 0 |
| Obrazek | | | |
| CS4 | | | |
| Typ | CFRHS150X50X4 | | |
| Kod kształtu | 2 - Prostokątny pusty przekrój | | |
| Typ kształtu | Cienkościenny | | |
| Pozycja materiału | S 355 | | |
| Produkcja | walcowany | | |
| Kolor |  | | |
| Wyboczenie giętne y-y, | a | | a |
| Wyboczenie giętne z-z | | | |
| A [m²] | | 1,4950e-03 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | | 4,0665e-04 | 1,1106e-03 |
| A _L [m²/m], A ₀ [m²/m] | | 3,8600e-01 | 7,4730e-01 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | | 25 | 75 |
| α [deg] | | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | | 3,8139e-06 | 6,6160e-07 |
| i _y [mm], i _z [mm] | | 51 | 21 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | | 5,0850e-05 | 2,6470e-05 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | | 6,6470e-05 | 3,0130e-05 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | | 2,36e+04 | 2,36e+04 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | | 1,07e+04 | 1,07e+04 |
| d _y [mm], d _z [mm] | | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | | 1,8580e-06 | 4,0828e-10 |
| β _y [mm], β _z [mm] | | 0 | 0 |

| | | |
|--|---|------------|
| Obrazek | | |
| CS6 | | |
| Typ | SHS100/100/4.0 | |
| Kod kształtu | 2 - Prostokątny pusty przekrój | |
| Typ kształtu | Cienkościenny | |
| Pozycja materiału | S 355 | |
| Produkcja | walcowany | |
| Kolor |  | |
| Wyboczenie giętne y-y, | a | a |
| Wyboczenie giętne z-z | | |
| A [m²] | 1,5200e-03 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | 7,8482e-04 | 7,8482e-04 |
| A _L [m²/m], A _D [m²/m] | 3,9000e-01 | 7,5075e-01 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | 50 | 50 |
| α [deg] | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | 2,3200e-06 | 2,3200e-06 |
| i _y [mm], i _z [mm] | 39 | 39 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | 4,6400e-05 | 4,6400e-05 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | 5,4400e-05 | 5,4400e-05 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | 1,93e+04 | 1,93e+04 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | 1,93e+04 | 1,93e+04 |
| d _y [mm], d _z [mm] | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | 3,5289e-06 | 4,3176e-12 |
| β _y [mm], β _z [mm] | 0 | 0 |
| Obrazek | | |
| CS9 | | |
| Typ | PROST | |
| Szczegółowy | 50; 150 | |
| Typ kształtu | Grubościenny | |
| Pozycja materiału | C24 (EN 338) | |
| Produkcja | drewno | |
| Kolor |  | |
| A [m²] | 7,5000e-03 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | 6,2715e-03 | 6,2523e-03 |
| A _L [m²/m], A _D [m²/m] | 4,0000e-01 | 4,0000e-01 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | 25 | 75 |
| α [deg] | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | 1,4063e-05 | 1,5625e-06 |
| i _y [mm], i _z [mm] | 43 | 14 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | 1,8750e-04 | 6,2500e-05 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | 2,2975e-04 | 7,6585e-05 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | 4,82e+03 | 4,82e+03 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | 1,61e+03 | 1,61e+03 |
| d _y [mm], d _z [mm] | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | 4,9256e-06 | 1,8364e-09 |
| β _y [mm], β _z [mm] | 0 | 0 |

| | | |
|--|---|------------|
| Obrazek | | |
| CS10 | | |
| Typ | RD20 | |
| Kod kształtu | 11 - Pełny przekrój okrągły | |
| Typ kształtu | Grubościenny | |
| Pozycja materiału | S 355 | |
| Produkcja | walcowany | |
| Kolor |  | |
| Wyboczenie giętne y-y, | c | c |
| Wyboczenie giętne z-z | | |
| A [m²] | 3,1400e-04 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | 2,8274e-04 | 2,8274e-04 |
| A _L [m²/m], A _D [m²/m] | 6,2666e-02 | 6,2829e-02 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | 10 | 10 |
| α [deg] | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | 7,6894e-09 | 7,6894e-09 |
| i _y [mm], i _z [mm] | 5 | 5 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | 7,6894e-07 | 7,6894e-07 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | 1,3123e-06 | 1,3123e-06 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | 4,73e+02 | 4,73e+02 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | 4,73e+02 | 4,73e+02 |
| d _y [mm], d _z [mm] | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | 1,5700e-08 | 0,0000e+00 |
| β _y [mm], β _z [mm] | 0 | 0 |
| Obrazek | | |
| CS11 | | |
| Typ | SHS100/100/3.0 | |
| Kod kształtu | 2 - Prostokątny pusty przekrój | |
| Typ kształtu | Cienkościenny | |
| Pozycja materiału | S 355 | |
| Produkcja | walcowany | |
| Kolor |  | |
| Wyboczenie giętne y-y, | a | a |
| Wyboczenie giętne z-z | | |
| A [m²] | 1,1640e-03 | |
| A _y [m²], A _z [m²] | 5,9421e-04 | 5,9421e-04 |
| A _L [m²/m], A _D [m²/m] | 3,9224e-01 | 7,6306e-01 |
| C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm] | 50 | 50 |
| α [deg] | 0,00 | |
| I _y [m⁴], I _z [m⁴] | 1,8250e-06 | 1,8250e-06 |
| i _y [mm], i _z [mm] | 40 | 40 |
| W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³] | 3,6500e-05 | 3,6500e-05 |
| W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³] | 4,1851e-05 | 4,1851e-05 |
| M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm] | 1,49e+04 | 1,49e+04 |
| M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm] | 1,49e+04 | 1,49e+04 |
| d _y [mm], d _z [mm] | 0 | 0 |
| I _t [m⁴], I _w [m⁶] | 2,5715e-06 | 1,6582e-12 |

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| β_y [mm], β_z [mm] | 0 | 0 |
| Obrazek | | |

| Objaśnienie symboli | |
|---------------------|---|
| Kod kształtu | h - Wysokość b - Szerokość s - Grubość r - Promień zewnętrzny r1 - Promień wewnętrzny |
| A | Powierzchnia |
| A _y | Powierzchnia ścinania w głównym kierunku y - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| A _z | Powierzchnia ścinania w głównym kierunku z - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| A _L | Obwód na jednostkę długości |
| A _D | Powierzchnia suszenia na jednostkę długości |
| C _{y,UCS} | Współrzędne środka ciężkości w kierunku Y układu osi wprowadzania |
| C _{z,UCS} | Współrzędne środka ciężkości w kierunku Z układu osi wprowadzania |
| I _{y,LCS} | Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi YLCS |
| I _{z,LCS} | Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi ZLCS |
| I _{yz,LCS} | Moment mieszany w obszarze układu LCS |
| α | Kąt obrotu układu osi głównej |
| I _y | Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi głównej y |
| I _z | Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi głównej z |
| i _y | Promień bezwładności względem głównej osi y |
| i _z | Promień bezwładności względem głównej osi z |
| W _{el,y} | Sprężysty wskaźnik przekroju względem głównej osi y |
| W _{el,z} | Sprężysty wskaźnik przekroju względem głównej osi z |
| W _{pl,y} | Plastyczny wskaźnik przekroju względem głównej osi y |
| W _{pl,z} | Plastyczny wskaźnik przekroju względem głównej osi z |
| M _{pl,y,+} | Moment plastyczny względem głównej osi y dla dodatniego momentu M _y |
| M _{pl,y,-} | Moment plastyczny względem głównej osi y dla ujemnego momentu M _y |
| M _{pl,z,+} | Moment plastyczny względem głównej osi z dla dodatniego momentu M _z |
| M _{pl,z,-} | Moment plastyczny względem głównej osi z dla ujemnego momentu M _z |
| d _y | Współrzędne środka ścinania w głównym kierunku y mierzonym od środka ciężkości - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| d _z | Współrzędne środka ścinania w głównym kierunku z mierzonym od środka ciężkości - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| I _t | Stała skręcania - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| I _w | Stała zwirzenia - Obliczone za pomocą analizy MES 2D |
| β _y | Mono-symetria stała względem głównej osi y |

Objaśnienie symboli

| | |
|-----------|--|
| β_z | Mono-symetria stała względem głównej osi z |
|-----------|--|

7.4. Obciążenia i kombinacje obciążeń

7.4.1. Przypadki obciążeń

| Nazwa | Opis | Rodzaj działania | Grupa obciążeń | Kierunek | Czas trwania | Główny przypadek obciążenia |
|---------|--------------------------------------|------------------------|----------------|----------|--------------|-----------------------------|
| | Spec | Rodzaj obciążenia | | | | |
| LC1 | Ciężar własny | Stały Ciężar własny | LG1 | -Z | | |
| LC2 | Śnieg Standard | Zmienny Statyczny | śnieg | | Krótki | Żadny |
| LC3 | Kat. H Standard | Zmienny Statyczny | kat. H | | Krótki | Żadny |
| 3DWind1 | 0, + CPE, + CPI Wiatr statyczny | Zmienny Statyczny | kat. H1 | | | Żadny |
| 3DWind2 | 90, + CPE, + CPI Wiatr statyczny | Zmienny Statyczny | kat. H1 | | | Żadny |
| 3DWind3 | 180, + CPE, + CPI Wiatr statyczny | Zmienny Statyczny | kat. H1 | | | Żadny |
| 3DWind4 | 270, + CPE, + CPI Wiatr statyczny | Zmienny Statyczny | kat. H1 | | | Żadny |

7.4.2. Grupy obciążeń

| Nazwa | Obciążenie | Związek | Typ |
|---------|------------|----------|---------------|
| LG1 | Stały | | |
| śnieg | Zmienny | Standard | Śnieg |
| kat. H | Zmienny | Standard | Kat H : dachy |
| kat. H1 | Zmienny | Wyłączna | Wiatr |

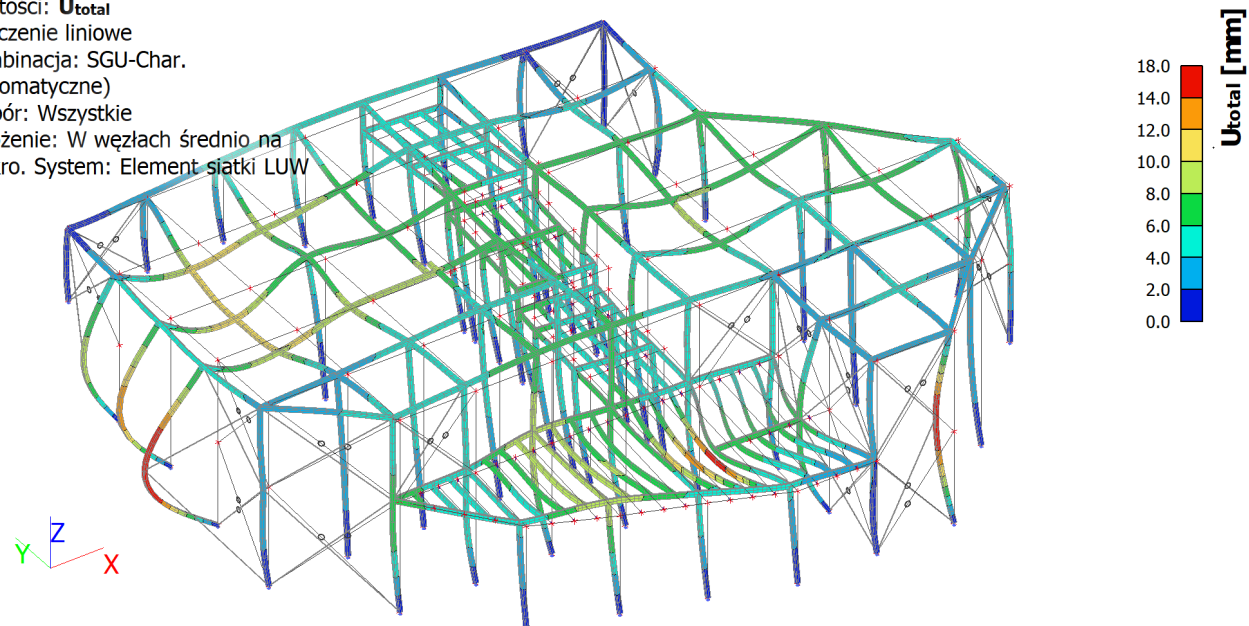
7.4.3. Kombinacje

| Nazwa | Opis | Typ | Przypadki obciążeń |
|-----------------------------|------|---------------------------|---|
| SGN-Zestaw B (automatyczne) | | EN-ULS (STR/GEO) Zestaw B | LC1 - Ciężar własny LC2 - Śnieg LC3 - Kat. H 3DWind1 - 0, + CPE, + CPI 3DWind2 - 90, + CPE, + CPI 3DWind3 - 180, + CPE, + CPI 3DWind4 - 270, + CPE, + CPI |
| SGU-Char. (automatyczne) | | EN-SGU Char. | LC1 - Ciężar własny LC2 - Śnieg LC3 - Kat. H 3DWind1 - 0, + CPE, + CPI 3DWind2 - 90, + CPE, + CPI 3DWind3 - 180, + CPE, + CPI 3DWind4 - 270, + CPE, + CPI |
| SGU-Quasi (automatyczne) | | EN-SGU Quasi - stała | LC1 - Ciężar własny LC2 - Śnieg LC3 - Kat. H 3DWind1 - 0, + CPE, + CPI 3DWind2 - 90, + CPE, + CPI 3DWind3 - 180, + CPE, + CPI 3DWind4 - 270, + CPE, + CPI |

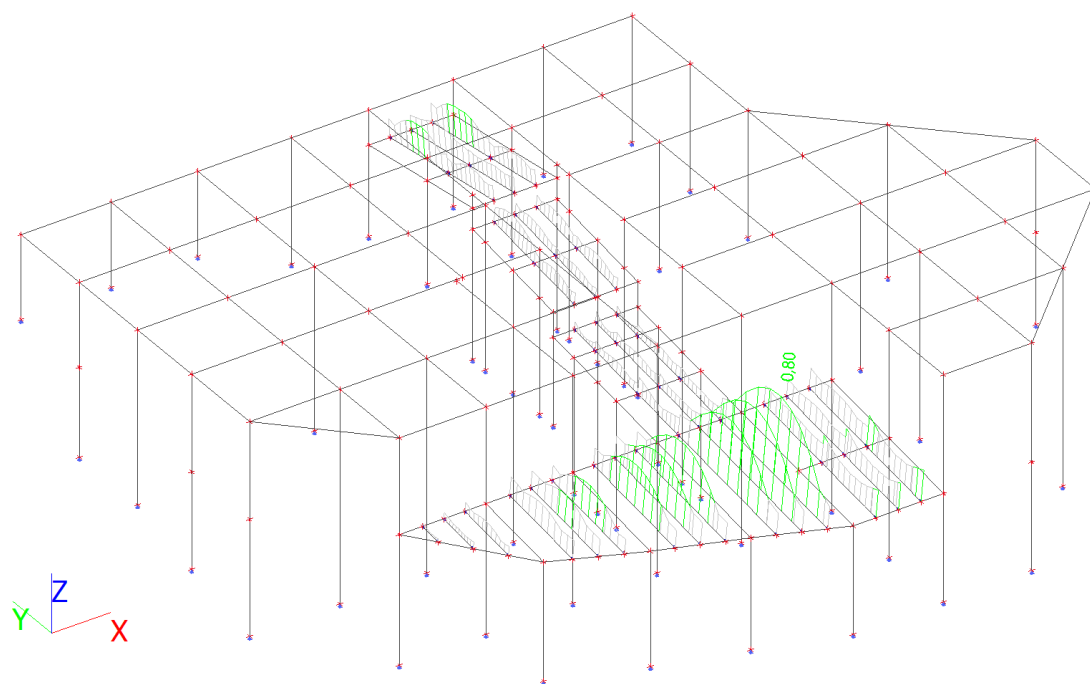
7.5. Wyniki

7.5.1. Przeszyczenie 3D; U_total

Wartości: U_{total}
Obliczenie liniowe
Kombinacja: SGU-Char.
(automatyczne)
Wybór: Wszystkie
Położenie: W węzłach średnio na
makro. System: Element siatki LUW



7.5.2. Sprawdzenie SGN drewna; Sprawdzenie całkowite



7.5.3. Sprawdzenie SGN drewna

Obliczenie liniowe, Ekstremum : Lokalny

Wybór : B229

Kombinacje : SGN-Zestaw B (automatyczne)

Sprawdzenie wg normy EN 1995-1-1

| | | | | | |
|------------|---------|-----------------------|--------------|-----------------------------|--------|
| Belka B229 | 3,914 m | CS9 - PROST (50; 150) | C24 (EN 338) | SGN-Zestaw B (automatyczne) | 0,80 - |
|------------|---------|-----------------------|--------------|-----------------------------|--------|

Klucz do kombinacji

SGN-Zestaw B (automatyczne) / 1.15*LC1 + 1.50*LC2

Dane podstawowe

| | |
|--|------|
| Częściowy współczynnik bezpieczeństwa γ_M dla drewna litego | 1,30 |
|--|------|

Dane o materiale

| | | |
|------------------------------|-------|-----|
| Zginanie (f_m, k) | 24,0 | MPa |
| Rozciąganie ($f_t, 0, k$) | 14,5 | MPa |
| Rozciąganie ($f_t, 90, k$) | 0,4 | MPa |
| Ściskanie ($f_c, 0, k$) | 21,0 | MPa |
| Ściskanie ($f_c, 90, k$) | 2,5 | MPa |
| Ścinanie (f_v, k) | 4,0 | MPa |
| Rodzaj drewna | Bryła | |

Sprawdzenie krytyczne jest na pozycji **1,957 m**.

Siły wewnętrzne

| | | |
|-------------------|------|-----|
| N _{Ed} | 0,10 | kN |
| V _{y,Ed} | 0,00 | kN |
| V _{z,Ed} | 0,00 | kN |
| T _{Ed} | 0,00 | kNm |
| M _{y,Ed} | 2,02 | kNm |
| M _{z,Ed} | 0,00 | kNm |

Współczynnik modyfikacji

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Klasa użytkowania | 1 |
| Czas trwania obciążenia | Krótkotrwałe |
| Współczynnik modyfikacji k_{mod} | 0,90 |

...: SPRAWDZENIE PRZEKROJU ...

Rozciąganie równoległe do włókien

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.1.2 i wzorem (6.1)

| | | |
|-----------------------|------|-----|
| $\sigma_{t,0,d}$ | 0,0 | MPa |
| k_h | 1,00 | |
| $f_{t,0,d}$ | 10,0 | MPa |
| Sprawdzenie całkowite | 0,00 | - |

Zginanie

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.1.6 i wzorem (6.11),(6.12)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{m,y,d}$ | 10,8 | MPa |
| $k_{h,y}$ | 1,00 | |
| $f_{m,y,d}$ | 16,6 | MPa |
| $\sigma_{m,z,d}$ | 0,0 | MPa |
| $k_{h,z}$ | 1,25 | |
| $f_{m,z,d}$ | 20,7 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Sprawdzenie zgodności (6.11) = 0,65 + 0,00 = 0,65 -

Sprawdzenie zgodności (6.12) = 0,45 + 0,00 = 0,45 -

Ścinanie

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.1.7 i wzorem (6.13)

| | | |
|--------------------------------|------|-----|
| k_{cr} | 0,67 | |
| $\tau_{y,d}$ | 0,0 | MPa |
| $f_{v,d}$ | 2,8 | MPa |
| Sprawdzenie zgodności τ_y | 0,00 | - |

Skęrcanie

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.1.8 i wzorem (6.14)

| | | |
|---|------|-----|
| $f_{t,0,d}$ | 0,0 | MPa |
| k_{shape} | 1,15 | |
| $f_{v,d}$ | 2,8 | MPa |
| Sprawdzenie całkowite | 0,00 | - |
| Sprawdzenie zgodności – Ścinanie interakcyjne | 0,00 | - |

Uwaga : Równanie interakcji zostało dodane jako NCCI.

Kombinacja zginania i rozciągania osiowego

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.2.3 i wzorem (6.17),(6.18)

| | | |
|-------------|------|-----|
| $f_{t,0,d}$ | 10,0 | MPa |
| $f_{m,y,d}$ | 16,6 | MPa |
| $f_{m,z,d}$ | 20,7 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Sprawdzenie zgodności (6.17) = $0,00 + 0,65 + 0,00 = 0,65$ -

Sprawdzenie zgodności (6.18) = $0,00 + 0,45 + 0,00 = 0,46$ -

Pręt spełnia warunki sprawdzenia przekroju.

...: SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI ...

Belki poddawane zginaniu lub jednocześnie zginaniu i ścisaniu

Zgodnie z EN 1995-1-1, punkt 6.3.3 i wzorem (6.33),(6.35)

| Parametry zwężenia | | |
|--|------|-----|
| Sprężysty moment krytyczny $M_{y,crit}$ | 4,58 | kNm |
| Krytyczne naprężenie zginające $\sigma_{m,crit}$ | 24,4 | MPa |
| Smukłość względna $\lambda_{rel,m}$ | 0,99 | - |
| Współczynnik zmniejszający k_{crit} | 0,82 | - |

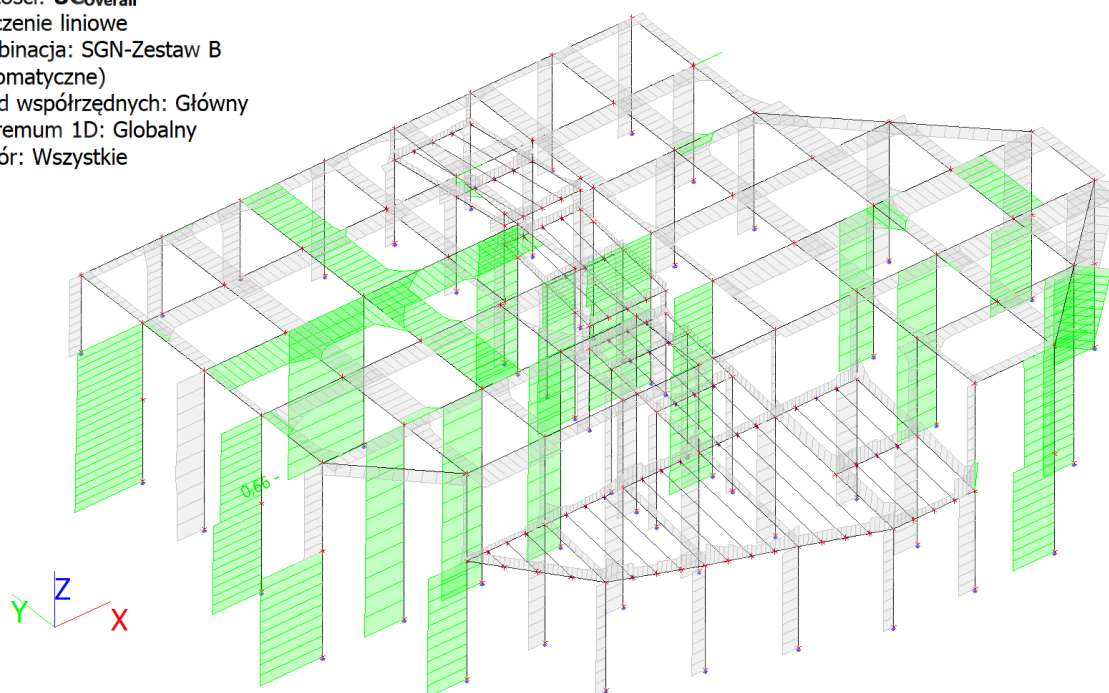
Sprawdzenie zgodności (6.33) = $0,80$ -

| Parametry $M_{y,crit}$ | | |
|----------------------------|-------------|-----|
| $G_{0,05}$ | 462,5 | MPa |
| Długość zwężenia L | 3,914 | m |
| L_{ef}/L | 0,90 | |
| Długość skuteczna L_{ef} | 3,523 | m |
| Wpływ pozycji obciążenia | brak wpływu | |

Pręt spełnia warunki sprawdzenia stateczności.

7.5.4. EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN; Sprawdzenie całkowite

Wartości: **UC_{Overall}**
 Obliczenie liniowe
 Kombinacja: SGN-Zestaw B
 (automatyczne)
 Układ współrzędnych: Główny
 Ekstremum 1D: Globalny
 Wybór: Wszystkie



7.5.5. EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN

Obliczenie liniowe
 Kombinacja: SGN-Zestaw B (automatyczne)
 Układ współrzędnych: Główny
 Ekstremum 1D: Pręt
 Wybór: B16, B33, B48

Sprawdzenie wg normy EN 1993-1-1

Załącznik krajowy: Polski NA PN-EN

| | | | | | |
|----------|------------------|----------------|-------|--------------------------------|--------|
| Pręt B16 | 6,202 / 10,416 m | SHS100/100/3.0 | S 355 | SGN-Zestaw B (automatyczne) | 0,49 - |
|----------|------------------|----------------|-------|--------------------------------|--------|

| Klucz do kombinacji | |
|---|--|
| SGN-Zestaw B (automatyczne) / 1.15*LC1 + 1.50*LC2 | |

| Częściowe współczynniki bezpieczeństwa | |
|---|------|
| γ_{M0} przy sprawdzaniu nośności przekrojów poprzecznych | 1,00 |
| γ_{M1} przy sprawdzaniu stateczności | 1,00 |
| γ_{M2} przy sprawdzaniu nośności przekrojów netto | 1,10 |

| Materiał | | | |
|-----------------------|-------|-----------|-----|
| Granica plastyczności | f_y | 355,0 | MPa |
| Wytrzymałość | f_u | 490,0 | MPa |
| Produkcja | | Walcowany | |

...:SPRAWDZENIE PRZEKROJU:...

Sprawdzenie krytyczne jest w miejscu 6,202 m

| Siły wewnętrzne | | Obliczony | Jednostka |
|------------------|------------|-----------|-----------|
| Siła podłużna | N_{Ed} | -1,29 | kN |
| Siła ścinająca | $V_{y,Ed}$ | 7,19 | kN |
| Siła ścinająca | $V_{z,Ed}$ | -0,04 | kN |
| Skrećanie | T_{Ed} | -0,05 | kNm |
| Moment zginający | $M_{y,Ed}$ | 0,02 | kNm |
| Moment zginający | $M_{z,Ed}$ | -6,57 | kNm |

Klasyfikacja projektu przekroju

Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2

Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ ₁ [kN/m ²] | σ ₂ [kN/m ²] | Ψ [-] | k _σ [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 91 | 3 | 1,664e+05 | -1,654e+05 | -0,99 | | 0,50 | 30,33 | 58,28 | 67,22 | 100,30 | 1 |
| 3 | I | 91 | 3 | -1,763e+05 | -1,752e+05 | | | | | | | | |
| 5 | I | 91 | 3 | -1,642e+05 | 1,676e+05 | -0,98 | | 0,51 | 30,33 | 57,66 | 66,56 | 98,78 | 1 |
| 7 | I | 91 | 3 | 1,785e+05 | 1,774e+05 | 0,99 | | 1,00 | 30,33 | 22,78 | 27,66 | 30,98 | 3 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+.
Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 3

| Właściwości Semi-Comp+ | | | |
|-------------------------------------|----------------------|------------|----------------|
| Współczynnik materiału | ε | 0,81 | |
| Smukłość graniczna pasa klasy 2 | β _{2,yf} | 27,66 | |
| Smukłość graniczna pasa klasy 3 | β _{3,yf} | 30,92 | |
| Smukłość graniczna środnika klasy 2 | β _{2,yw} | 67,53 | |
| Smukłość graniczna środnika klasy 3 | β _{3,yw} | 100,89 | |
| Smukłość graniczna środnika klasy 2 | β _{2,zw} | 27,66 | |
| Smukłość graniczna środnika klasy 3 | β _{3,zw} | 30,92 | |
| Stosunek smukłości środnika | c/t _w | 30,33 | |
| Stosunek smukłości pasa | c/t _r | 30,33 | |
| Stosunek smukłości odniesienia | c/t _{ref,y} | 0,82 | |
| Stosunek smukłości odniesienia | c/t _{ref,z} | 0,82 | |
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,y} | 3,7460e-05 | m ³ |
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,z} | 3,7460e-05 | m ³ |

Uwaga : Nośność tego przekroju pół-zwartego została obliczona zgodnie z Semi-Comp+.

Sprawdzenie ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.4 i wzorem (6.9)

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------|----------------|
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,1640e-03 | m ² |
| Nośność na ściskanie | N _{c,Rd} | 413,22 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,1640 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 413,22[kN]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-1,29[kN]|}{413,22[kN]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

Sprawdzenie momentu zginającego — M_y

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.5 i wzorem (6.12),(6.13)

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------|----------------|
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,y} | 3,7460e-05 | m ³ |
| Interpolowana nośność przy zginaniu | M _{3,y,Rd} | 13,30 | kNm |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$M_{3,y,Rd} = \frac{W_{3,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,7460 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 13,30[kNm]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{3,y,Rd}} = \frac{|0,02[kNm]|}{13,30[kNm]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Sprawdzenie momentu zginającego — M_z

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.5 i wzorem (6.12),(6.13)

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------|----------------|
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,z} | 3,7460e-05 | m ³ |
| Interpolowana nośność przy zginaniu | M _{3,z,Rd} | 13,30 | kNm |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,49 | - |

$$M_{3,z,Rd} = \frac{W_{3,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,7460 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 13,30[kNm]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{3,z,Rd}} = \frac{|-6,57[kNm]|}{13,30[kNm]} = 0,49 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Sprawdzenie ścinania — V_y

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|--------------------------------------|---|------|--|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
|--------------------------------------|---|------|--|

| | | | |
|---|----------------------|------------|----------------|
| Powierzchnia ścinania | A _v | 5,8200e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie – V _y | V _{pl,y,Rd} | 119,29 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,06 | - |

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,8200 \cdot 10^{-4} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 119,29 [kN] \tag{EC3-1-1: 6.18}$$

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|7,19 [kN]|}{119,29 [kN]} = \mathbf{0,06 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.17}$$

Sprawdzenie ścinania — V_z
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|---|----------------------|------------|----------------|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
| Powierzchnia ścinania | A _v | 5,8200e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie – V _z | V _{pl,z,Rd} | 119,29 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,8200 \cdot 10^{-4} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 119,29 [kN] \tag{EC3-1-1: 6.18}$$

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|-0,04 [kN]|}{119,29 [kN]} = \mathbf{0,00 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.17}$$

Sprawdzenie skręcania
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.7 i wzorem (6.23)

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------|-----|
| Indeks włókna | Włókno | 4 | |
| Całkowity moment skręcający | T _{Ed} | 0,9 | MPa |
| Sprężysta nośność na ścinanie | T _{Rd} | 205,0 | MPa |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$\tau_{Ed} = |T_{Ed}| \times \tau_{Ed,unit} = |-47,03| \times 1,866 \cdot 10^1 [kN/m^2] = 0,9 [MPa]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [MPa]$$

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{0,9 [MPa]}{205,0 [MPa]} = \mathbf{0,00 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.23}$$

Uwaga : Wynik jednostkowego sprawdzenia dla skręcania jest niższy niż wartość graniczna 0,05. Skręcenie jest więc uznawane za nieistotne i jest ignorowane podczas sprawdzania złożonego.

Sprawdzenie kombinacji zginania, siły osiowej i siły ścinającej
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.9.1 i wzorem (6.41)

| | | | |
|---|-----------------------|-------|-----|
| Interpolowana nośność przy zginaniu zredukowana ze względu na N _{Ed} | M _{N,3,y,Rd} | 13,26 | kNm |
| Wykładnik współczynnika zginania y | α | 1,66 | |
| Interpolowana nośność przy zginaniu zredukowana ze względu na N _{Ed} | M _{N,3,z,Rd} | 13,26 | kNm |
| Wykładnik współczynnika zginania z | β | 1,66 | |

$$\text{Sprawdzenie zgodności (6.41)} = 0,00 + 0,31 = 0,31 -$$

$$M_{N,3,y,Rd} = \min [M_{pl,y,Rd} \times (1 - n) , M_{pl,y,Rd}] = \min [13,30 [kNm] \times (1 - 0,00) , 13,30 [kNm]] = \min [13,26 [kNm], 13,30 [kNm]] = 13,26 [kNm]$$

$$\alpha = \max \left[\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \times n^2}, 6 \right), 1 \right] = \max \left[\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \times 0,00^2}, 6 \right), 1 \right] = \max [\min (1,66, 6) , 1] = 1,66$$

$$M_{N,3,z,Rd} = \min [M_{pl,z,Rd} \times (1 - n) , M_{pl,z,Rd}] = \min [13,30 [kNm] \times (1 - 0,00) , 13,30 [kNm]] = \min [13,26 [kNm], 13,30 [kNm]] = 13,26 [kNm]$$

$$\beta = \max \left[\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \times n^2}, 6 \right), 1 \right] = \max \left[\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \times 0,00^2}, 6 \right), 1 \right] = \max [\min (1,66, 6) , 1] = 1,66$$

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \left(\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{N,3,y,Rd}} \right)^{\alpha} + \left(\frac{|M_{z,Ed}|}{M_{N,3,z,Rd}} \right)^{\beta} = \left(\frac{|0,02[kNm]|}{13,26[kNm]} \right)^{1,66} + \left(\frac{|-6,57[kNm]|}{13,26[kNm]} \right)^{1,66} = 0,31 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.41})$$

Uwaga : Siły poprzeczne są mniejsze niż połowa plastycznej nośności przy ścinaniu, dlatego można pominąć ich wpływ na nośność.

Tabele decyzyjne dla złożonego sprawdzania przekroju

| Siła obecna | |
|---|--------------------|
| Siła podłużna N_{Ed} | Występuje |
| Siła ścinająca $V_{y,Ed}$ | Nieznaczące |
| Siła ścinająca $V_{z,Ed}$ | Nieznaczące |
| Skrećanie T_{Ed} | Nieznaczące |
| Moment zginający $M_{y,Ed}$ | Występuje |
| Moment zginający $M_{z,Ed}$ | Występuje |
| Znaczna siła poprzeczna bez odpowiedniego momentu zginającego | Nie |
| Dane skrećania skrećowanego | Brak lub pomijalne |

| Dane wejściowe sprawdzania | |
|--|---------|
| Obsługiwana jest klasyfikacja | Tak |
| Klasyfikacja przekroju | Klasa 3 |
| Użytkownik wybrał sprawdzenie sprężystości | Nie |
| Semi-Comp+ jest uaktywnione i można je zastosować | Tak |
| Dostępny jest wzór na ścinanie plastyczne | Tak |
| Dostępny jest wzór na połączone zginanie i siłę osiową | Tak |
| Można obliczyć połączone zginanie i siłę osiową | Tak |

| Wybrane sprawdzanie | |
|--|--|
| Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.9.1 i wzorem (6.41) | |

Pręt spełnia warunki sprawdzenia przekroju.

...:SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:...:

Klasyfikacja projektu wyboczenia elementu

Decydujące położenie dla klasyfikacji stabilności: 6,202 m

Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2

Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ_1 [kN/m ²] | σ_2 [kN/m ²] | Ψ [-] | k_{σ} [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|---------------------------------|---------------------------------|------------|------------------|--------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 91 | 3 | 1,664e+05 | -1,654e+05 | -0,99 | | 0,50 | 30,33 | 58,28 | 67,22 | 100,30 | 1 |
| 3 | I | 91 | 3 | -1,763e+05 | -1,752e+05 | | | | | | | | |
| 5 | I | 91 | 3 | -1,642e+05 | 1,676e+05 | -0,98 | | 0,51 | 30,33 | 57,66 | 66,56 | 98,78 | 1 |
| 7 | I | 91 | 3 | 1,785e+05 | 1,774e+05 | 0,99 | | 1,00 | 30,33 | 22,78 | 27,66 | 30,98 | 3 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+. Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 3

Sprawdzenie wyboczenia giętnego

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

| Parametry wyboczenia | | yy | zz | |
|-------------------------|-------------------|-----------|--------------|----|
| Typ przesuwności | | przesuwny | nieprzesuwny | |
| Długość systemowa | L | 2,103 | 4,213 | m |
| Współczynnik wyboczenia | k | 1,89 | 0,64 | |
| Długość wyboczenia | l_{cr} | 3,985 | 2,680 | m |
| Krytyczna siła Eulera | N_{cr} | 238,20 | 526,59 | kN |
| Smukłość | λ | 100,64 | 67,69 | |
| Smukłość względna | λ_{rel} | 1,32 | 0,89 | |
| Smukłość graniczna | $\lambda_{rel,0}$ | 0,20 | 0,20 | |

Uwaga : Smukłość lub siła ściskająca jest taka, że wpływy wyboczenia przy zginaniu można zignorować zgodnie z normą EN 1993-1-1 punkt 6.3.1.2(4).

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 1,8250 \cdot 10^{-6}[m^4]}{3,985[m]^2} = 238,20[kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 1,8250 \cdot 10^{-6}[m^4]}{2,680[m]^2} = 526,59[kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,985[m]}{40[mm]} = 100,64$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,680[m]}{40[mm]} = 67,69$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{100,64}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 1,32$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{67,69}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 0,89$$

(EC3-1-1: 6.50)

Sprawdzenie wyboczenia skrętnego (-giętnego)

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

Uwaga : Przekrój poprzeczny dotyczy profilu RHS, który nie jest podatny na wyboczenie skrętne.

Sprawdzenie zwichrzenia

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.2.1

Uwaga : Przekrój poprzeczny dotyczy profilu RHS z 'h / b < 10 / λ_{rel,z}'.

Ten przekrój nie jest podatny na zwichrzenie.

| Dodatkowe parametry zwichrzenia | | | |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|------|
| Minimalna współrzędna Z | Z _{min} | -50 | mm |
| Maksymalna współrzędna Z | Z _{max} | 50 | mm |
| Smukłość względna | λ _{rel,z} | 0,89 | |
| Stosunek momentu końcowego | ψ | 0,26 | |
| Równoważne obciążenie punktowe | F | -0,12 | kN |
| Równoważne obciążenia liniowe | q | -0,06 | kN/m |
| Różnica względem M | | 1,26 | kNm |
| Różnica względem F | | 0,13 | kNm |
| Różnica względem q | | 0,42 | kNm |
| Wynikowy typ obciążenia | | obciążenie punktowe F | |

Sprawdzenie zginania i osiowego ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.3 i wzorem (6.61),(6.62)

| Parametry sprawdzenia zginania i osiowego ściskania | | | |
|---|-------------------|-----------------------|----------------|
| Metoda interakcji | | metoda alternatywna 2 | |
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,1640e-03 | m ² |
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,y} | 3,7460e-05 | m ³ |
| Interpolowany moduł przekroju | W _{3,z} | 3,7460e-05 | m ³ |
| Obliczeniowa siła ściskająca | N _{Ed} | 1,29 | kN |
| Obliczeniowy moment zginający (maksymalny) | M _{y,Ed} | -0,06 | kNm |
| Obliczeniowy moment zginający (maksymalny) | M _{z,Ed} | -6,57 | kNm |
| Charakterystyczna nośność na ściskanie | N _{Rk} | 413,22 | kN |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | M _{y,Rk} | 13,30 | kNm |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | M _{z,Rk} | 13,30 | kNm |
| Współczynnik zmniejszający | χ _y | 1,00 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ _z | 1,00 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ _{LT} | 1,00 | |
| Współczynnik interakcji | k _{yy} | 0,90 | |
| Współczynnik interakcji | k _{yz} | 0,34 | |
| Współczynnik interakcji | k _{zy} | 0,54 | |
| Współczynnik interakcji | k _{zz} | 0,57 | |

Moment maksymalny M_{y,Ed} jest ustalany na podstawie położenia belki B16 8,306 m.

Moment maksymalny M_{z,Ed} jest ustalany na podstawie położenia belki B16 6,202 m.

| Parametry metody interakcji 2 | | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-----|
| Metoda dla współczynników interakcji | | Tabela B.1 | |
| Przesuwany typu y | | przesuwany | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C _{my} | 0,90 | |
| Wynikowy typ obciążenia z | | obciążenie punktowe F | |
| Moment końcowy | M _{h,z} | -6,57 | kNm |
| Moment powierzchni | M _{s,z} | 4,64 | kNm |
| Współczynnik | α _{s,z} | -0,71 | |

| Parametry metody interakcji 2 | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----|
| Współczynnik momentów końcowych | ψ_z | 0,56 | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C_{mz} | 0,57 | |
| Wynikowy typ obciążenia LT | | obciążenie punktowe F | |
| Moment końcowy | $M_{h,LT}$ | 0,08 | kNm |
| Moment powierzchni | $M_{s,LT}$ | -0,07 | kNm |
| Współczynnik | $\alpha_{s,LT}$ | -0,87 | |
| Współczynnik momentów końcowych | ψ_{LT} | 0,26 | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C_{mLT} | 0,70 | |

Sprawdzenie zgodności (6.61) = $0,00 + 0,00 + 0,17 = 0,18$ -

Sprawdzenie zgodności (6.62) = $0,00 + 0,00 + 0,28 = 0,29$ -

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{4,64[kNm]}{-6,57[kNm]} = -0,71$$

$$C_{mz} = \max(-0,8 \times \alpha_{s,z}, 0,4) = \max(-0,8 \times -0,71, 0,4) = \max(0,57, 0,4) = 0,57$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-0,07[kNm]}{0,08[kNm]} = -0,87$$

$$C_{mLT} = \max(-0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(-0,8 \times -0,87, 0,4) = \max(0,70, 0,4) = 0,70$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,1640 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa] = 413,22[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{3,y} \times f_y = 3,7460 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 355,0[MPa] = 13,30[kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{3,z} \times f_y = 3,7460 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 355,0[MPa] = 13,30[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (1,32 - 0,2) \times \frac{1,29[kN]}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{1,29[kN]}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,90, 0,90\} = 0,90$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,57 = 0,34$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,90 = 0,54$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (\lambda_{rel,z} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,57 \times \left[1 + (0,89 - 0,2) \times \frac{1,29[kN]}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} \right], 0,57 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{1,29[kN]}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,57, 0,57\} = 0,57$$

$$\text{Sprawdzenie zgodności (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|1,29[kN]|}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} + 0,90 \times \frac{|-0,06[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{13,30[kNm]}{1,00}} + 0,34 \times \frac{|-6,57[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{13,30[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,18 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Sprawdzenie zgodności (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|1,29[kN]|}{1,00 \times \frac{413,22[kN]}{1,00}} + 0,54 \times \frac{|-0,06[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{13,30[kNm]}{1,00}} + 0,57 \times \frac{|-6,57[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{13,30[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,29 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \max(\text{Sprawdzenie zgodności (6.61)}, \text{Sprawdzenie zgodności (6.62)}) = \max(0,18, 0,29) = \mathbf{0,29 \leq 1,00}$$

Pręt spełnia warunki sprawdzenia stateczności.

Sprawdzenie wg normy EN 1993-1-1

Załącznik krajowy: Polski NA PN-EN

| | | | | | |
|----------|-----------------|----------------|-------|-----------------------------|--------|
| Pręt B33 | 0,000 / 3,890 m | SHS100/100/4.0 | S 355 | SGN-Zestaw B (automatyczne) | 0,66 - |
|----------|-----------------|----------------|-------|-----------------------------|--------|

| |
|---|
| Klucz do kombinacji |
| SGN-Zestaw B (automatyczne) / 1.15*LC1 + 1.50*LC2 |

| | |
|---|------|
| Częściowe współczynniki bezpieczeństwa | |
| γ _{M0} przy sprawdzaniu nośności przekrojów poprzecznych | 1,00 |
| γ _{M1} przy sprawdzaniu stateczności | 1,00 |
| γ _{M2} przy sprawdzaniu nośności przekrojów netto | 1,10 |

| | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|-----|
| Material | | | |
| Granica plastyczności | f _y | 355,0 | MPa |
| Wytrzymałość | f _u | 490,0 | MPa |
| Produkcja | | Walcowany | |

...:SPRAWDZENIE PRZEKROJU:...

Sprawdzenie krytyczne jest w miejscu 0,000 m

| | | | |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Siły wewnętrzne | | Obliczony | Jednostka |
| Siła podłużna | N _{Ed} | -28,34 | kN |
| Siła ścinająca | V _{y,Ed} | 0,06 | kN |
| Siła ścinająca | V _{z,Ed} | 0,11 | kN |
| Skrećanie | T _{Ed} | 0,00 | kNm |
| Moment zginający | M _{y,Ed} | 0,00 | kNm |
| Moment zginający | M _{z,Ed} | 0,00 | kNm |

Klasyfikacja projektu przekroju

Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2

Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ ₁ [kN/m ²] | σ ₂ [kN/m ²] | Ψ [-] | k _σ [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 88 | 4 | 1,866e+04 | 1,866e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 3 | I | 88 | 4 | 1,866e+04 | 1,866e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 5 | I | 88 | 4 | 1,866e+04 | 1,866e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 7 | I | 88 | 4 | 1,866e+04 | 1,866e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+.

Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 1

Sprawdzenie ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.4 i wzorem (6.9)

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------|----------------|
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m ² |
| Nośność na ściskanie | N _{c,Rd} | 539,60 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,05 | - |

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 539,60[kN]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-28,34[kN]|}{539,60[kN]} = 0,05 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

Sprawdzenie ścinania — V_y

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|---|----------------------|------------|----------------|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
| Powierzchnia ścinania | A _v | 7,6000e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie – V _y | V _{pl,y,Rd} | 155,77 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,6000 \cdot 10^{-4}[m^2] \times \frac{355,0[MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 155,77[kN]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|0,06[\text{kN}]|}{155,77[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Sprawdzenie ścinania — V_z
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|--|---------------|------------|----------------|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
| Powierzchnia ścinania | A_v | 7,6000e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie — V_z | $V_{pl,z,Rd}$ | 155,77 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,6000 \cdot 10^{-4}[\text{m}^2] \times \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 155,77[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|0,11[\text{kN}]|}{155,77[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Tabele decyzyjne dla złożonego sprawdzania przekroju

| Siła obecna | |
|---|--------------------|
| Siła podłużna N_{Ed} | Występuje |
| Siła ścinająca $V_{y,Ed}$ | Nieznaczne |
| Siła ścinająca $V_{z,Ed}$ | Nieznaczne |
| Skrećanie T_{Ed} | Nie występuje |
| Moment zginający $M_{y,Ed}$ | Nie występuje |
| Moment zginający $M_{z,Ed}$ | Nie występuje |
| Znaczna siła poprzeczna bez odpowiedniego momentu zginającego | Nie |
| Dane skrećania skrećowanego | Brak lub pomijalne |

| Dane wejściowe sprawdzania | |
|--|---------|
| Obsługiwana jest klasyfikacja | Tak |
| Klasyfikacja przekroju | Klasa 1 |
| Użytkownik wybrał sprawdzenie sprężystości | Nie |
| Dostępny jest wzór na ścinanie plastyczne | Tak |

| Wybrane sprawdzanie |
|---|
| Weryfikacja złożonego sprawdzania przekroju nie jest konieczna. |

Pręt spełnia warunki sprawdzenia przekroju.

...:SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:...:

Klasyfikacja projektu wyboczenia elementu
Decydujące położenie dla klasyfikacji stabilności: 3,890 m
Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2
Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ_1 [kN/m ²] | σ_2 [kN/m ²] | Ψ [-] | k_σ [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|---------------------------------|---------------------------------|------------|----------------|--------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 88 | 4 | 5,631e+03 | 1,381e+04 | 0,41 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 38,91 | 1 |
| 3 | I | 88 | 4 | 1,490e+04 | 3,065e+04 | 0,49 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 37,63 | 1 |
| 5 | I | 88 | 4 | 3,100e+04 | 2,282e+04 | 0,74 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 34,03 | 1 |
| 7 | I | 88 | 4 | 2,173e+04 | 5,975e+03 | 0,27 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 41,31 | 1 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+.
Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 1

Sprawdzenie wyboczenia giętnego
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

| Parametry wyboczenia | | yy | zz | |
|-------------------------|-----------------|-----------|--------------|----|
| Typ przesuwności | | przesuwny | nieprzesuwny | |
| Długość systemowa | L | 3,890 | 3,890 | m |
| Współczynnik wyboczenia | k | 2,56 | 0,87 | |
| Długość wyboczenia | l_{cr} | 9,975 | 3,402 | m |
| Krytyczna siła Eulera | N_{cr} | 48,33 | 415,56 | kN |
| Smukłość | λ | 255,32 | 87,07 | |
| Smukłość względna | λ_{rel} | 3,34 | 1,14 | |

| Parametry wyboczenia | | yy | zz | |
|----------------------------|-------------------|-------|--------|----|
| Smukłość graniczna | $\lambda_{rel,0}$ | 0,20 | 0,20 | |
| Krzywa wyboczenia | | a | a | |
| Imperfekcje | α | 0,21 | 0,21 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ | 0,08 | 0,57 | |
| Nośność na wyboczenie | $N_{b,Rd}$ | 45,40 | 307,19 | kN |

| Sprawdzenie wyboczenia giętnego | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|----|
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m² |
| Nośność na wyboczenie | $N_{b,Rd}$ | 45,40 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,62 | - |

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 2,3200 \cdot 10^{-6}[m^4]}{9,975[m]^2} = 48,33[kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 2,3200 \cdot 10^{-6}[m^4]}{3,402[m]^2} = 415,56[kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{9,975[m]}{39[mm]} = 255,32$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,402[m]}{39[mm]} = 87,07$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{255,32}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 3,34 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{87,07}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 1,14 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (3,34 - 0,20) + 3,34^2] = 6,41$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,14 - 0,20) + 1,14^2] = 1,25$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{6,41 + \sqrt{6,41^2 - 3,34^2}}, \frac{1}{3,34^2}, 1 \right) = \min (0,08, 0,09, 1) = 0,08 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,14^2}}, \frac{1}{1,14^2}, 1 \right) = \min (0,57, 0,77, 1) = 0,57 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,08 \times 1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 45,40[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,57 \times 1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 307,19[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$$N_{b,Rd} = \min (N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min (45,40[kN], 307,19[kN]) = 45,40[kN]$$

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-28,34[kN]|}{45,40[kN]} = \mathbf{0,62 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.46}$$

Sprawdzenie wyboczenia skrętnego (-giętnego)

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

Uwaga : Przekrój poprzeczny dotyczy profilu RHS, który nie jest podatny na wyboczenie skrętne.

Sprawdzenie zginania i osiowego ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.3 i wzorem (6.61),(6.62)

| Parametry sprawdzenia zginania i osiowego ściskania | | | |
|---|------------|-----------------------|-----|
| Metoda interakcji | | metoda alternatywna 2 | |
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m² |
| Plastyczny wskaźnik przekroju | $W_{pl,y}$ | 5,4400e-05 | m³ |
| Plastyczny wskaźnik przekroju | $W_{pl,z}$ | 5,4400e-05 | m³ |
| Obliczeniowa siła ściskająca | N_{Ed} | 28,34 | kN |
| Obliczeniowy moment zginający | $M_{y,Ed}$ | 0,42 | kNm |

| Parametry sprawdzenia zginania i osiowego ściskania | | | |
|---|-------------|--------|-----|
| (maksymalny) | | | |
| Obliczeniowy moment zginający (maksymalny) | $M_{z,Ed}$ | 0,22 | kNm |
| Charakterystyczna nośność na ściskanie | N_{Rk} | 539,60 | kN |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | $M_{y,Rk}$ | 19,31 | kNm |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | $M_{z,Rk}$ | 19,31 | kNm |
| Współczynnik zmniejszający | χ_y | 0,08 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ_z | 0,57 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ_{LT} | 1,00 | |
| Współczynnik interakcji | k_{yy} | 1,35 | |
| Współczynnik interakcji | k_{yz} | 0,39 | |
| Współczynnik interakcji | k_{zy} | 0,81 | |
| Współczynnik interakcji | k_{zz} | 0,64 | |

Moment maksymalny $M_{y,Ed}$ jest ustalany na podstawie położenia belki B33 3,890 m.
Moment maksymalny $M_{z,Ed}$ jest ustalany na podstawie położenia belki B33 3,890 m.

| Parametry metody interakcji 2 | | |
|--------------------------------------|-------------|------------------|
| Metoda dla współczynników interakcji | | Tabela B.1 |
| Przesuwany typu y | | przesuwany |
| Współczynnik równoważnego momentu | C_{my} | 0,90 |
| Wynikowy typ obciążenia z | | moment liniowy M |
| Współczynnik momentów końcowych | ψ_z | 0,00 |
| Współczynnik równoważnego momentu | C_{mz} | 0,60 |
| Wynikowy typ obciążenia LT | | moment liniowy M |
| Współczynnik momentów końcowych | ψ_{LT} | 0,00 |
| Współczynnik równoważnego momentu | C_{mLT} | 0,60 |

Sprawdzenie zgodności (6.61) = 0,62 + 0,03 + 0,00 = 0,66 -
Sprawdzenie zgodności (6.62) = 0,09 + 0,02 + 0,01 = 0,12 -

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,4) = 0,60$$

$$C_{mLT} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_{LT}, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,4) = 0,60$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,5200 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa] = 539,60 [kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 5,4400 \cdot 10^{-5} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 19,31 [kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 5,4400 \cdot 10^{-5} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 19,31 [kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (3,34 - 0,2) \times \frac{28,34 [kN]}{0,08 \times \frac{539,60 [kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{28,34 [kN]}{0,08 \times \frac{539,60 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{2,66, 1,35\} = 1,35$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,64 = 0,39$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,35 = 0,81$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (\lambda_{rel,z} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,60 \times \left[1 + (1,14 - 0,2) \times \frac{28,34 [kN]}{0,57 \times \frac{539,60 [kN]}{1,00}} \right], 0,60 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{28,34 [kN]}{0,57 \times \frac{539,60 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,65, 0,64\} = 0,64$$

Sprawdzenie zgodności (6.61) =
$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

=
$$\frac{|28,34[kN]|}{0,08 \times \frac{539,60[kN]}{1,00}} + 1,35 \times \frac{|0,42[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{19,31[kNm]}{1,00}} + 0,39 \times \frac{|0,22[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{19,31[kNm]}{1,00}} = 0,66 \leq 1,00$$
 (EC3-1-1: 6.61)

Sprawdzenie zgodności (6.62) =
$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

=
$$\frac{|28,34[kN]|}{0,57 \times \frac{539,60[kN]}{1,00}} + 0,81 \times \frac{|0,42[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{19,31[kNm]}{1,00}} + 0,64 \times \frac{|0,22[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{19,31[kNm]}{1,00}} = 0,12 \leq 1,00$$
 (EC3-1-1: 6.62)

Sprawdzenie całkowite = max (Sprawdzenie zgodności (6.61), Sprawdzenie zgodności (6.62)) = max (0,66, 0,12) = 0,66 ≤ 1,00

Pręt spełnia warunki sprawdzenia stateczności.

Sprawdzenie wg normy EN 1993-1-1

Załącznik krajowy: Polski NA PN-EN

| | | | | | |
|----------|-----------------|----------------|-------|-----------------------------|--------|
| Pręt B48 | 0,000 / 5,380 m | SHS100/100/4.0 | S 355 | SGN-Zestaw B (automatyczne) | 0,36 - |
|----------|-----------------|----------------|-------|-----------------------------|--------|

| |
|--|
| Klucz do kombinacji |
| SGN-Zestaw B (automatyczne) / 1.15*LC1 + 0.75*LC2 + 1.50*3DWind1 |

| Częściowe współczynniki bezpieczeństwa | |
|---|------|
| γ_{M0} przy sprawdzaniu nośności przekrojów poprzecznych | 1,00 |
| γ_{M1} przy sprawdzaniu stateczności | 1,00 |
| γ_{M2} przy sprawdzaniu nośności przekrojów netto | 1,10 |

| Materiał | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|-----|
| Granica plastyczności | f _y | 355,0 | MPa |
| Wytrzymałość | f _u | 490,0 | MPa |
| Produkcja | | Walcowany | |

...:SPRAWDZENIE PRZEKROJU:...:

Sprawdzenie krytyczne jest w miejscu 0,000 m

| Siły wewnętrzne | | Obliczony | Jednostka |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Siła podłużna | N _{Ed} | -20,61 | kN |
| Siła ścinająca | V _{y,Ed} | 3,83 | kN |
| Siła ścinająca | V _{z,Ed} | 0,13 | kN |
| Skrećanie | T _{Ed} | 0,00 | kNm |
| Moment zginający | M _{y,Ed} | 0,00 | kNm |
| Moment zginający | M _{z,Ed} | 0,00 | kNm |

Klasyfikacja projektu przekroju

Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2

Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ ₁ [kN/m ²] | σ ₂ [kN/m ²] | Ψ [-] | k _σ [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 88 | 4 | 1,357e+04 | 1,357e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 3 | I | 88 | 4 | 1,357e+04 | 1,357e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 5 | I | 88 | 4 | 1,357e+04 | 1,357e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |
| 7 | I | 88 | 4 | 1,357e+04 | 1,357e+04 | 1,00 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 30,92 | 1 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+.

Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 1

Sprawdzenie ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.4 i wzorem (6.9)

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------|----------------|
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m ² |
| Nośność na ściskanie | N _{c,Rd} | 539,60 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,04 | - |

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 539,60[kN]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-20,61[kN]|}{539,60[kN]} = \mathbf{0,04 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.9)

Sprawdzenie ścinania — V_y
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|---|----------------------|------------|----------------|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
| Powierzchnia ścinania | A _v | 7,6000e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie – V _y | V _{pl,y,Rd} | 155,77 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,02 | - |

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,6000 \cdot 10^{-4}[m^2] \times \frac{355,0[MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 155,77[kN]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|3,83[kN]|}{155,77[kN]} = \mathbf{0,02 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.17)

Sprawdzenie ścinania — V_z
Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.2.6 i wzorem (6.17)

| | | | |
|---|----------------------|------------|----------------|
| Współczynnik korekcyjny dla ścinania | η | 1,20 | |
| Powierzchnia ścinania | A _v | 7,6000e-04 | m ² |
| Plastyczna nośność na ścinanie – V _z | V _{pl,z,Rd} | 155,77 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,00 | - |

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,6000 \cdot 10^{-4}[m^2] \times \frac{355,0[MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 155,77[kN]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|0,13[kN]|}{155,77[kN]} = \mathbf{0,00 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.17)

Tabele decyzyjne dla złożonego sprawdzania przekroju

| Siła obecna | |
|---|--------------------|
| Siła podłużna N _{Ed} | Występuje |
| Siła ścinająca V _{y,Ed} | Nieznaczne |
| Siła ścinająca V _{z,Ed} | Nieznaczne |
| Skrećanie T _{Ed} | Nie występuje |
| Moment zginający M _{y,Ed} | Nie występuje |
| Moment zginający M _{z,Ed} | Nie występuje |
| Znaczna siła poprzeczna bez odpowiedniego momentu zginającego | Nie |
| Dane skrećania skrepowanego | Brak lub pomijalne |

| Dane wejściowe sprawdzania | |
|--|---------|
| Obsługiwana jest klasyfikacja | Tak |
| Klasyfikacja przekroju | Klasa 1 |
| Użytkownik wybrał sprawdzenie sprężystości | Nie |
| Dostępny jest wzór na ścinanie plastyczne | Tak |

| Wybrane sprawdzanie |
|---|
| Weryfikacja złożonego sprawdzania przekroju nie jest konieczna. |

Pręt spełnia warunki sprawdzenia przekroju.

...:SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:...:

Klasyfikacja projektu wyboczenia elementu
Decydujące położenie dla klasyfikacji stabilności: 5,380 m
Klasyfikacja zgodnie z EN 1993-1-1 pkt 5.5.2
Klasyfikacja części wewnętrznych i zewnętrznych zgodnie z EN 1993-1-1 (tabela 5.2, arkusze 1 i 2)

| Id | Typ | c [mm] | t [mm] | σ ₁ [kN/m ²] | σ ₂ [kN/m ²] | Ψ [-] | k _σ [-] | α [-] | c/t [-] | Limit klasy 1 [-] | Limit klasy 2 [-] | Limit klasy 3 [-] | Klasa |
|----|-----|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 1 | I | 88 | 4 | 8,898e+04 | -1,001e+05 | -1,13 | | 0,47 | 22,00 | 62,25 | 71,76 | 113,71 | 1 |
| 3 | I | 88 | 4 | -1,077e+05 | -8,644e+04 | | | | | | | | |
| 5 | I | 88 | 4 | -7,688e+04 | 1,122e+05 | -0,69 | | 0,59 | 22,00 | 45,28 | 53,20 | 74,45 | 1 |
| 7 | I | 88 | 4 | 1,198e+05 | 9,854e+04 | 0,82 | | 1,00 | 22,00 | 22,78 | 27,66 | 32,95 | 1 |

Uwaga : Limity klasyfikacji zostały określone zgodnie z Semi-Comp+.
Przekrój poprzeczny został zaklasyfikowany jako klasa 1

Sprawdzenie wyboczenia giętnego

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

| Parametry wyboczenia | | yy | zz | |
|----------------------------|--------------------|-----------|--------------|----|
| Typ przesuwności | | przesuwny | nieprzesuwny | |
| Długość systemowa | L | 2,566 | 5,380 | m |
| Współczynnik wyboczenia | k | 2,69 | 0,78 | |
| Długość wyboczenia | l _{cr} | 6,907 | 4,195 | m |
| Krytyczna siła Eulera | N _{cr} | 100,79 | 273,18 | kN |
| Smukłość | λ | 176,79 | 107,39 | |
| Smukłość względna | λ _{rel} | 2,31 | 1,41 | |
| Smukłość graniczna | λ _{rel,0} | 0,20 | 0,20 | |
| Krzywa wyboczenia | | a | a | |
| Imperfekcje | α | 0,21 | 0,21 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ | 0,17 | 0,42 | |
| Nośność na wyboczenie | N _{b,Rd} | 91,64 | 224,07 | kN |

| Sprawdzenie wyboczenia giętnego | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------|----|
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m² |
| Nośność na wyboczenie | N _{b,Rd} | 91,64 | kN |
| Sprawdzenie całkowite | | 0,22 | - |

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 2,3200 \cdot 10^{-6}[m^4]}{6,907[m]^2} = 100,79[kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 2,3200 \cdot 10^{-6}[m^4]}{4,195[m]^2} = 273,18[kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{6,907[m]}{39[mm]} = 176,79$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{4,195[m]}{39[mm]} = 107,39$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{176,79}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 2,31 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{107,39}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 1,41 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (2,31 - 0,20) + 2,31^2] = 3,40$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,41 - 0,20) + 1,41^2] = 1,61$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{3,40 + \sqrt{3,40^2 - 2,31^2}}, \frac{1}{2,31^2}, 1 \right) = \min (0,17, 0,19, 1) = 0,17 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,61 + \sqrt{1,61^2 - 1,41^2}}, \frac{1}{1,41^2}, 1 \right) = \min (0,42, 0,51, 1) = 0,42 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,17 \times 1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 91,64[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,42 \times 1,5200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 224,07[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(91,64[kN], 224,07[kN]) = 91,64[kN]$

Sprawdzenie całkowite = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-20,61[kN]|}{91,64[kN]} = 0,22 \leq 1,00$ (EC3-1-1: 6.46)

Sprawdzenie wyboczenia skrętnego (-giętnego)

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.1.1 i wzorem (6.46)

Uwaga : Przekrój poprzeczny dotyczy profilu RHS, który nie jest podatny na wyboczenie skrętne.

Sprawdzenie zginania i osiowego ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-1, punkt 6.3.3 i wzorem (6.61),(6.62)

| Parametry sprawdzenia zginania i osiowego ściskania | | | |
|---|-------------------|-----------------------|-----|
| Metoda interakcji | | metoda alternatywna 2 | |
| Powierzchnia przekroju poprzecznego | A | 1,5200e-03 | m² |
| Plastyczny wskaźnik przekroju | W _{pl,y} | 5,4400e-05 | m³ |
| Plastyczny wskaźnik przekroju | W _{pl,z} | 5,4400e-05 | m³ |
| Obliczeniowa siła ściskająca | N _{Ed} | 20,61 | kN |
| Obliczeniowy moment zginający (maksymalny) | M _{y,Ed} | -0,18 | kNm |
| Obliczeniowy moment zginający (maksymalny) | M _{z,Ed} | -4,98 | kNm |
| Charakterystyczna nośność na ściskanie | N _{Rk} | 539,60 | kN |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | M _{y,Rk} | 19,31 | kNm |
| Charakterystyczna nośność przy zginaniu | M _{z,Rk} | 19,31 | kNm |
| Współczynnik zmniejszający | χ _y | 0,17 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ _z | 0,42 | |
| Współczynnik zmniejszający | χ _{LT} | 1,00 | |
| Współczynnik interakcji | k _{yy} | 1,06 | |
| Współczynnik interakcji | k _{yz} | 0,49 | |
| Współczynnik interakcji | k _{zy} | 0,64 | |
| Współczynnik interakcji | k _{zz} | 0,81 | |

Moment maksymalny M_{y,Ed} jest ustalany na podstawie położenia belki B48 2,566 m.

Moment maksymalny M_{z,Ed} jest ustalany na podstawie położenia belki B48 5,380 m.

| Parametry metody interakcji 2 | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----|
| Metoda dla współczynników interakcji | | Tabela B.1 | |
| Przesuwny typu y | | przesuwny | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C _{my} | 0,90 | |
| Wynikowy typ obciążenia z | | obciążenie liniowe q | |
| Moment końcowy | M _{h,z} | -4,98 | kNm |
| Moment powierzchni | M _{s,z} | 4,10 | kNm |
| Współczynnik | α _{s,z} | -0,82 | |
| Współczynnik momentów końcowych | ψ _z | 0,00 | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C _{mz} | 0,76 | |
| Wynikowy typ obciążenia LT | | obciążenie punktowe F | |
| Moment końcowy | M _{h,LT} | 0,56 | kNm |
| Moment powierzchni | M _{s,LT} | -0,18 | kNm |
| Współczynnik | α _{s,LT} | -0,33 | |
| Współczynnik momentów końcowych | ψ _{LT} | 0,00 | |
| Współczynnik równoważnego momentu | C _{mLT} | 0,40 | |

Sprawdzenie zgodności (6.61) = 0,22 + 0,01 + 0,13 = 0,36 -

Sprawdzenie zgodności (6.62) = 0,09 + 0,01 + 0,21 = 0,31 -

C_{my} = 0,90

$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{4,10[kNm]}{-4,98[kNm]} = -0,82$

C_{mz} = max(0,1 - 0,8 × α_{s,z}, 0,4) = max(0,1 - 0,8 × -0,82, 0,4) = max(0,76, 0,4) = 0,76

$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-0,18[kNm]}{0,56[kNm]} = -0,33$

C_{mLT} = max(-0,8 × α_{s,LT}, 0,4) = max(-0,8 × -0,33, 0,4) = max(0,26, 0,4) = 0,40

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,5200 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 539,60[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 5,4400 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 19,31[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 5,4400 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 19,31[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (2,31 - 0,2) \times \frac{20,61[\text{kN}]}{0,17 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{20,61[\text{kN}]}{0,17 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,33, 1,06\} = 1,06$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,81 = 0,49$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,06 = 0,64$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (\lambda_{rel,z} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,76 \times \left[1 + (1,41 - 0,2) \times \frac{20,61[\text{kN}]}{0,42 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,76 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{20,61[\text{kN}]}{0,42 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,84, 0,81\} = 0,81$$

$$\text{Sprawdzenie zgodności (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|20,61[\text{kN}]|}{0,17 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} + 1,06 \times \frac{|-0,18[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{19,31[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,49 \times \frac{|-4,98[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{19,31[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,36 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Sprawdzenie zgodności (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|20,61[\text{kN}]|}{0,42 \times \frac{539,60[\text{kN}]}{1,00}} + 0,64 \times \frac{|-0,18[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{19,31[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,81 \times \frac{|-4,98[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{19,31[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,31 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

$$\text{Sprawdzenie całkowite} = \max(\text{Sprawdzenie zgodności (6.61)}, \text{Sprawdzenie zgodności (6.62)}) = \max(0,36, 0,31) = \mathbf{0,36 \leq 1,00}$$

Pręt spełnia warunki sprawdzenia stateczności.

OPRACOWANIE:

mgr inż. Maciej Majkowski

upr. do proj. bez ograniczeń w specj. konstr.- bud.

Nr POM/0359/POOK/09