ZAKŁAD USŁUG INWESTYCYJNYCH
„DIM" sp. z o. o.
47 – 200 Kędzierzyn – Koźle, ul. Limanowskiego 1
tel./fax 482 48 00, www.dimprojekty.pl

PROJEKT TECHNICZNY – BRANŻA KONSTRUKCYJNA

nazwa zamierzenia inwestycyjnego	**Budowa kontenerowego zaplecza socjalnego na boisku sportowym**
adres obiektu budowlanego	**Gierałtowice ul. Strażaków XV**
- nazwa jednostki ewidencyjnej - numery działek na których znajduje się obiekt	**- Reńska Wieś** - Gierałtowice - dz. nr 396/11
Inwestor	**Gmina Reńska Wieś, ul. Pawłowicka 1** **47-208 Reńska Wieś**

zakres opracowania	pełniona funkcja projektowa	imię i nazwisko, specjalność numer uprawnień	data opracowania	Podpis
Konstrukcja	projektant	**mgr inż. Tomasz Strzałka** w specjalności konstrukcyjno - budowlanej Nr ewid. OPL/1437/PWBKb/17	20.11.2025 r.	
Konstrukcja	sprawdzający	**mgr inż. Adam Gugała** w specjalności konstrukcyjno - budowlanej Nr ewid. OPL/1509/PWBKb/18	20.11.2025 r.	
Konstrukcja	opracowujący	**mgr inż. Ignacy Szeliga**	20.11.2025 r.	

Spis treści

I. WYKAZ ZAŁĄCZNIKÓW

- Oświadczenie projektantów
- Uprawnienia projektantów
- Zaświadczenie projektantów

II. PROJEKT TECHNICZNY KONSTRUKCJI

1. Przedmiot i zakres opracowania
2. Podstawa opracowania
3. Akty prawne i normatywy wykorzystane w projekcie
4. Posadowienie obiektu
5. Założenia projektowe
6. Opis poszczególnych elementów konstrukcyjnych
7. Odporność ogniowa elementów konstrukcyjnych
8. Uwagi

III. WYNIKI OBLICZEŃ ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

IV. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

- Rys. K-01 RZUT FUNDAMENTÓW 1:50
- Rys. K-02 STOPA FUNDAMENTOWA ST1 1:20
- Rys. K-03 RAMOWY UKŁAD KONSTRUKCYJNY 1:50

TSPROJEKT mgr inż. Tomasz Strzałka
Usługi projektowe i nadzór budowlany
ul. Parkowa 2A 47-208 Długomiłowice

tel.: 721227173
email:tsprojekt.upinb@gmail.com
NIP:7491958376 REGON:369940042

OŚWIADCZENIE PROJEKTANTÓW

Oświadczenie Projektantów dot. projektu technicznego branży konstrukcyjnej pn.:

Budowa kontenerowego zaplecza socjalnego
na boisku sportowym

Lokalizacja:

Gierałtowice ul. Strażaków
- Reńska Wieś
- Gierałtowice
- dz. nr 396/11

Oświadczamy, że opracowanie w formie projektu technicznego zostało wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej i zostało wydane w stanie kompletnym z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.

zakres opracowania	pełniona funkcja projektowa	imię i nazwisko, specjalność numer uprawnień	data opracowania	Podpis
Konstrukcja	projektant	**mgr inż. Tomasz Strzałka** w specjalności konstrukcyjno - budowlanej Nr ewid. OPL/1437/PWBKb/17	20.11.2025 r.	
Konstrukcja	sprawdzający	**mgr inż. Adam Gugała** w specjalności konstrukcyjno - budowlanej Nr ewid. OPL/1509/PWBKb/18	20.11.2025 r.	

OPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Opolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna

Opole, dnia 12 grudnia 2017 r.

Syg. akt OPL.OKK.0054-55-1622/17

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz. U. z 2014 r., poz. 1946 z późn. zm.) i art.12 ust. 2, ust. 3 i ust. 4 c pkt 3, art.14 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2013 r., poz. 1409 z późn. zm.) oraz § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Z 2014 r. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane

Pan mgr inż. budownictwa Tomasz Strzałka

urodzony dnia 21 października 1984 roku w Kietrzu

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny OPL/1437/PWBKb/17

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi 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 Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Opolu w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127 a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (Dz.U. z 2017 r. poz. 1257 tj.):

§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.

Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt 1 – 5 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku - Prawo budowlane oraz w związku z § 10 i 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie Pan mgr inż. Tomasz Strzałka jest upoważniony w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do:

1. sporządzania projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
2. sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
3. kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji i architektury obiektu,
4. kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
5. wykonywania nadzoru inwestorskiego,
6. sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych,
7. sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności objętej niniejszymi uprawnieniami,

bez ograniczeń.

OPOLSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Skład Orzekający OKK

1. dr inż. Wiktor Abramek .....
2. mgr inż. Elżbieta Daszkiewicz .....
3. mgr inż. Zbigniew Gwizdek .....
4. mgr inż. Leon Musioł .....

Otrzymują:
1. Pan Tomasz Strzałka
   Długomiłowice, ul.Długa nr 6
   47-208 Reńska Wieś
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

OPL-6MZ-9JG-ZAI *

Pan TOMASZ STRZAŁKA o numerze ewidencyjnym OPL/BO/0066/16
adres zamieszkania DŁUGOMIŁOWICE ul. PARKOWA 2a, 47-208 REŃSKA WIEŚ
jest członkiem Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2025-01-01 do 2025-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-12-10 roku przez:

Dariusz Bajno , Przewodniczący Rady Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78^1 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.

OPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Opole, dnia 12 czerwca 2018 r.

Opolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna

Syg. akt OPL.OKK.0054-55-1712/18

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz. U. z 2014 r., poz. 1946 z późn. zm.) i art.12 ust. 2, ust. 3 i ust. 4 c pkt 3, art.14 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2013 r., poz. 1409 z późn. zm.) oraz § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Z 2014 r. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane

Pan mgr inż. budownictwa Adam Gugała

urodzony dnia 26 stycznia 1984 roku w Strzelcach Opolskich

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny OPL/1509/PWBKb/18

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi 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 Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Opolu w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127 a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (Dz.U. z 2017 r. poz. 1257 tj.):

§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.

Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt 1 – 5 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku - Prawo budowlane oraz w związku z § 10 i 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie Pan mgr inż. budownictwa Adam Gugała jest upoważniony w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do:

1. sporządzania projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
2. sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
3. kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji i architektury obiektu,
4. kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
5. wykonywania nadzoru inwestorskiego,
6. sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych,
7. sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności objętej niniejszymi uprawnieniami,

bez ograniczeń.

OPOLSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Skład Orzekający OKK

1. dr inż. Wiktor Abramek .....
2. dr hab. inż. Dariusz Bajno .....
3. mgr inż. Zbigniew Gwizdek .....
4. mgr inż. Leon Musioł .....

Otrzymują:
1. Pan Adam Gugała
   ul.Kozielska 72
   47-100 Strzelce Opolskie
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

OPL-DTC-TE7-LZS *

Pan ADAM GUGAŁA o numerze ewidencyjnym OPL/BO/0072/18
adres zamieszkania ul. KOZIELSKA 72, 47-100 STRZELCE OPOLSKIE
jest członkiem Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2025-01-01 do 2025-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-12-11 roku przez:

Dariusz Bajno , Przewodniczący Rady Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78^1 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.

II. PROJEKT TECHNICZNY KONSTRUKCJI

1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest **projekt techniczny konstrukcji** dla inwestycji pn.:
„Budowa kontenerowego zaplecza socjalnego na boisku sportowym”, zlokalizowanej w miejscowości **Gierałtowice, ul. Strażaków**, na działce ewidencyjnej nr **396/11**, jednostka ewidencyjna **Reńska Wieś**, obręb **Gierałtowice**.

Zakres opracowania obejmuje rozwiązania konstrukcyjno-budowlane związane z:

-posadowieniem obiektu,

-konstrukcją nośną kontenerów,

-elementami przenoszącymi obciążenia stałe i użytkowe,

-zapewnieniem stateczności i nośności obiektu.

Opracowanie dotyczy jednokondygnacyjnego, niepodpiwniczonego budynku kontenerowego, wykonanego z prefabrykowanych modułów stalowych, przeznaczonego na zaplecze socjalne (szatnie, umywalnie, sanitariaty). Projekt nie obejmuje zagadnień instalacyjnych ani architektonicznych, które stanowią odrębne opracowania branżowe.

2. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania niniejszego projektu technicznego konstrukcji stanowią:

-wytyczne Inwestora,

-projekt architektoniczno-budowlany przedmiotowego obiektu,

-obowiązujące normy, przepisy techniczno-budowlane oraz warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,

-obowiązujące przepisy prawa budowlanego,

-przyjęte założenia projektowe dotyczące warunków gruntowo-wodnych (I kategoria geotechniczna),

-informacje producenta prefabrykowanych kontenerów dotyczące rozwiązań konstrukcyjnych,

-zasady wiedzy technicznej oraz doświadczenie projektowe.

3. Akty prawne i normatywy wykorzystane w projekcie

- PN–EN 1990: 2004/A1: 2008. Eurokod 0. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN–EN 1991–1–1: 2004/AC: 2009. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–1.
  Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenie użytkowe w budynkach.
- PN–EN 1991–1–3: 2005/AC: 2009. 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: 2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1–1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- PN–EN 1993–1–1: 2006/AC: 2009. Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1–1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.

4. Posadowienie obiektu

Projektowany budynek zaplecza socjalnego posadowiony jest **bezpośrednio** na **fundamentach punktowych w postaci stóp fundamentowych**, wykonanych w technologii żelbetowej.

Posadowienie zaprojektowano w oparciu o przyjęte **proste warunki gruntowe** oraz zaliczenie obiektu do **I kategorii geotechnicznej**. Fundamenty posadowić na gruncie rodzimym, nośnym, poniżej strefy przemarzania gruntu.

Stopy fundamentowe wykonać z betonu klasy C25/30, zbrojone stalą klasy B500SP, zgodnie z rysunkami konstrukcyjnymi. Pod fundamentami należy wykonać warstwę podkładową z betonu chudego lub podsypki piaskowej zagęszczonej mechanicznie.

Prefabrykowane moduły kontenerowe należy zakotwić do fundamentów przy użyciu systemowych kotew stalowych, zgodnie z dokumentacją techniczną producenta kontenerów, zapewniając przeniesienie obciążeń pionowych i poziomych (w tym obciążeń od wiatru).

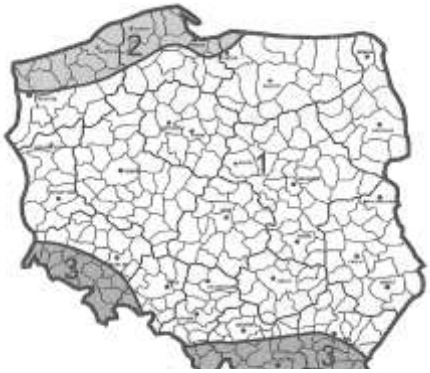
Przed wykonaniem fundamentów należy sprawdzić warunki gruntowe w wykopie. W przypadku stwierdzenia gruntów nienośnych lub odbiegających od przyjętych założeń projektowych, należy skontaktować się z projektantem konstrukcji celem wprowadzenia ewentualnych zmian.

5. Założenia projektowe

5.1. Założenia obciążeniowe

- ***Obciążenie wiatrem zmienne***

Obciążenie wiatrem zostało wyznaczone zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 1991-1-4 Eurokod 1 Odziaływania na konstrukcje Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru (w dalszej części PN-EN 1991-1-4)
Lokalizacja: 200 ≤ 300 m n.p.m.



Strefy obciążenia wiatrem w Polsce

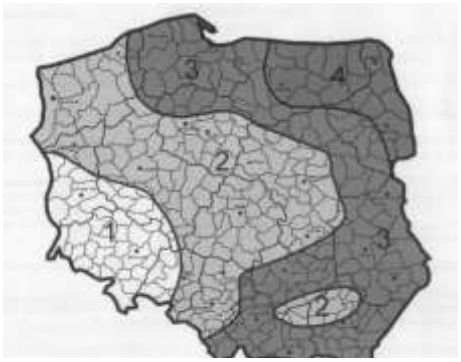
Wyznaczenie obciążenia dla połaci

Lokalizacja znajduje się **<u>w pierwszej strefie</u>** obciążenia wiatrem, (wg. Tab.NB.1 [PN-EN 1991-1-4]).

$$\text{Przyjete } q_p(z_e) = 0{,}60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- ***Obciążenie zmienne śniegiem***

Obciążenie śniegiem zostało wyznaczone zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 1991-1-3 Eurokod 1 Odziaływania na konstrukcje Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem (w dalszej części PN-EN 1991-1-3)
Lokalizacja: 200 m.n.p.m



Strefy obciążenia śniegiem w Polsce

Wyznaczenie obciążenia dla dachu

Lokalizacja znajduje się **<u>w drugiej strefie</u>** obciążenia śniegiem, stąd też (wg. Tab.NB.1 [PN-EN 1991-1-3]):
S_k= 0,90

<u>Współczynniki normowe:</u> +γ=1.50; Ψ_0=0.50; Ψ_1=0.20; Ψ_2=0.00

<u>Parametry obciążenia</u>

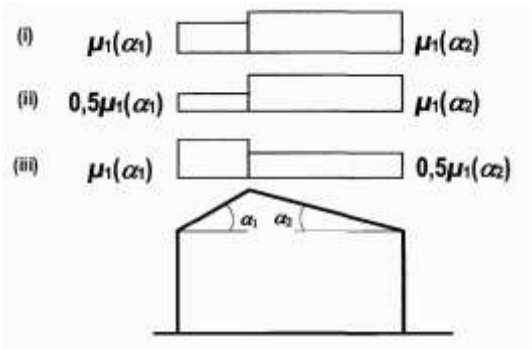
Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu (wg. tablicy NB.1) dla strefy: 2 S_k=0,90=0,90 kN/m^2

Współczynnik termiczny → $C_t = 1.0$ (dach o niskim współczynniku przenikania ciepła)

Współczynnik ekspozycji → $C_e = 1.0$ (teren: normalny)

Warunki lokalizacyjne: normalne (przypadek A)

Sytuacja obliczeniowa: trwała/przejściowa → $C_{esl} = 1.0$



<u>Obciążenie charakterystyczne</u>

Przypadek obciążenia: Obciążenie równomierne połaci dachu

Wartość obciążenia charakterystycznego: $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot C_{esl} \cdot s_k = 0{,}800 \cdot 1.00 \cdot 1.000 \cdot 1.00 \cdot 0.900 = 0{,}720$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0,72 kN/m²

- ***Obciążenie zmienne – eksploatacyjne dachu***

Dach kategorii H – dach bez dostępu, z wyjątkiem zwykłego utrzymania i naprawy.

<u>Obciążenie użytkowe na połaci dachu:</u> $q_k = 0{,}40 \ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0,40 kN/m²

- ***Obciążenia stałe przyjęto wg ciężarów właściwych materiałów.***

5.2. Założenia obliczeniowe

Obliczenia projektowanych elementów wykonano w oparciu o opracowane schematy obliczeniowe w programie obliczeniowym.

5.3. Założenia materiałowe

Materiały na poszczególne elementy konstrukcyjne dobrano na podstawie wytycznych normowych biorąc pod uwagę wymagania dotyczące trwałości konstrukcji oraz wyniki obliczeń statyczno – wytrzymałościowych.

Przy wykonywaniu robót budowlanych mogą być stosowane wyłącznie wyroby budowlane o właściwościach spełniających wymagania podstawowe określone w art.5 ust. 1 pkt. 1 ustawy Prawo Budowlane – dopuszczone do obrotu i powszechnego lub jednostkowego stosowania w budownictwie. Ponadto wymaga się, aby wszystkie zastosowane materiały były I gatunku. Materiały opisane w niniejszej dokumentacji poprzez symbole, oznaczenia, lub nazwy mają charakter poglądowy dla fazy projektowej, a ich ewentualna zbieżność z symbolami, oznaczeniami lub nazwami konkretnego producenta jest zupełnie przypadkowa. Wykonawca ma prawo zastosować materiały dowolnego producenta pod warunkiem zachowania parametrów technicznych oraz posiadania stosownych aprobat, certyfikatów, deklaracji.

Do wykonania konstrukcji projektowanego obiektu przewiduje się zastosowanie następujących materiałów konstrukcyjnych:

-Stal konstrukcyjna – elementy nośne kontenerów klasy S235 (ramy, słupy, rygle) wykonać ze stali konstrukcyjnej o parametrach zgodnych z dokumentacją producenta kontenerów, zabezpieczonej antykorozyjnie poprzez powłoki ochronne (np. malowanie farbami antykorozyjnymi);

-Beton konstrukcyjny – do wykonania fundamentów bezpośrednich (stóp fundamentowych) stosować beton klasy nie niższej niż **C25/30**;

-Stal zbrojeniowa – do zbrojenia fundamentów stosować stal klasy **B500SP**;

-Materiały prefabrykowane – prefabrykowane moduły kontenerowe wykonane w zakładzie produkcyjnym, zgodnie z dokumentacją techniczną producenta oraz obowiązującymi normami;

-Elementy łączące – śruby, kotwy i łączniki stalowe stosować jako systemowe, ocynkowane lub zabezpieczone antykorozyjnie;

-Materiały izolacyjne i wykończeniowe – zgodnie z projektem architektoniczno-budowlanym, bez wpływu na układ konstrukcyjny obiektu.

Wszystkie zastosowane materiały powinny posiadać **wymagane aprobaty techniczne, deklaracje właściwości użytkowych oraz dopuszczenia do stosowania w budownictwie**, a ich montaż należy wykonać zgodnie z zaleceniami producentów i zasadami sztuki budowlanej.

6. Opis projektowanych prac i elementów.

Projektowane prace obejmują wykonanie **fundamentów bezpośrednich** oraz montaż **prefabrykowanych modułów kontenerowych**, tworzących jednokondygnacyjny budynek zaplecza socjalnego.

Zakres projektowanych prac obejmuje w szczególności:

-wykonanie robót ziemnych pod posadowienie obiektu,

-wykonanie **stóp fundamentowych** zgodnie z projektem konstrukcyjnym,

-montaż prefabrykowanych kontenerów stalowych na przygotowanych fundamentach,

-połączenie modułów kontenerowych w jeden obiekt użytkowy,

-wykonanie połączeń konstrukcyjnych pomiędzy elementami prefabrykowanymi,

-zakotwienie konstrukcji kontenerów do fundamentów,

-wykonanie zabezpieczeń antykorozyjnych elementów stalowych,

-wykonanie robót montażowych zgodnie z dokumentacją techniczną producenta kontenerów.

Projektowane elementy konstrukcyjne obejmują:

-stalowe ramy nośne kontenerów,

-słupy i rygle stalowe,

-prefabrykowane elementy ścienne i dachowe,

-fundamenty bezpośrednie przenoszące obciążenia na grunt rodzimy.

Wszystkie prace należy wykonać zgodnie z dokumentacją projektową, obowiązującymi normami i przepisami, zasadami wiedzy technicznej oraz zaleceniami producentów prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych.

7. Odporność ogniowa elementów konstrukcyjnych

Projektowany budynek zaplecza socjalnego zaliczony jest do kategorii zagrożenia ludzi **ZL III** oraz posiada **klasę odporności pożarowej D**, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Odporność ogniową elementów konstrukcyjnych przyjęto następująco:

-główna konstrukcja nośna (ramy stalowe, słupy, rygle) – klasa odporności ogniowej **R 30**,

-stropy – klasa odporności ogniowej **REI 30**,

-konstrukcja dachu – elementy nierozprzestrzeniające ognia (NRO),

-ściany zewnętrzne – elementy nierozprzestrzeniające ognia (NRO),

-ściany wewnętrzne – elementy nierozprzestrzeniające ognia (NRO).

Wymaganą klasę R30 zapewnia system kontenerowy posiadający odpowiednią klasyfikację wg dokumentacji producenta.

Zabezpieczenie odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych realizowane jest poprzez zastosowanie rozwiązań materiałowych i technologicznych systemu kontenerowego zgodnie z dokumentacją techniczną producenta oraz obowiązującymi normami i przepisami ochrony przeciwpożarowej.

Przyjęte rozwiązania spełniają wymagania § 212 oraz § 216 Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

8. Uwagi

-Wszystkie roboty budowlane należy wykonywać zgodnie z niniejszą dokumentacją projektową, obowiązującymi normami i przepisami techniczno-budowlanymi, zasadami wiedzy technicznej oraz zaleceniami producentów prefabrykowanych kontenerów.

-Przed rozpoczęciem robót fundamentowych należy sprawdzić zgodność rzeczywistych warunków gruntowych z przyjętymi w projekcie. W przypadku stwierdzenia gruntów nienośnych lub warunków odbiegających od założeń projektowych, prace należy przerwać i skontaktować się z projektantem konstrukcji.

-Fundamenty należy wykonać na gruncie rodzimym, nośnym, zagęszczonym, z zachowaniem projektowanych rzędnych posadowienia. Betonowanie prowadzić zgodnie z zasadami technologii robót żelbetowych.

-Montaż prefabrykowanych kontenerów należy prowadzić przy użyciu sprzętu o odpowiednim udźwigu, zgodnie z instrukcjami montażu producenta oraz obowiązującymi przepisami BHP.

-Kontenery należy ustawić na wykonanych fundamentach z zachowaniem wymaganych tolerancji montażowych, a następnie **trwale zakotwić** do fundamentów przy użyciu systemowych elementów kotwiących.

-Połączenia pomiędzy modułami kontenerowymi wykonać zgodnie z dokumentacją producenta, zapewniając ciągłość konstrukcji oraz jej stateczność przestrzenną.

-Elementy stalowe konstrukcji muszą posiadać fabryczne zabezpieczenie antykorozyjne. Wszelkie uszkodzenia powłok ochronnych powstałe w trakcie transportu lub montażu należy niezwłocznie naprawić.

-Zabrania się dokonywania jakichkolwiek zmian w elementach konstrukcyjnych kontenerów, w szczególności ich cięcia, nawiercania lub osłabiania, bez pisemnej zgody projektanta konstrukcji oraz producenta systemu.

-Wszelkie prace instalacyjne wymagające przejść przez elementy konstrukcyjne należy wykonać zgodnie z dokumentacją branżową oraz zaleceniami producenta kontenerów.

-Prace montażowe należy prowadzić w warunkach pogodowych umożliwiających bezpieczne wykonanie robót. Montaż kontenerów podczas silnego wiatru lub niekorzystnych warunków atmosferycznych jest niedopuszczalny.

-Po zakończeniu montażu konstrukcji należy sprawdzić prawidłowość zakotwienia obiektu, pionowość i poziomowanie kontenerów oraz kompletność połączeń konstrukcyjnych.

-Obiekt może zostać przekazany do użytkowania po wykonaniu wszystkich robót konstrukcyjnych oraz pozytywnym odbiorze technicznym.

-Ustawienie prefabrykowanych kontenerów należy wykonać z zachowaniem tolerancji montażowych oraz wymagań dotyczących poziomowania, zgodnie z dokumentacją techniczną i instrukcją montażu producenta systemu kontenerowego.

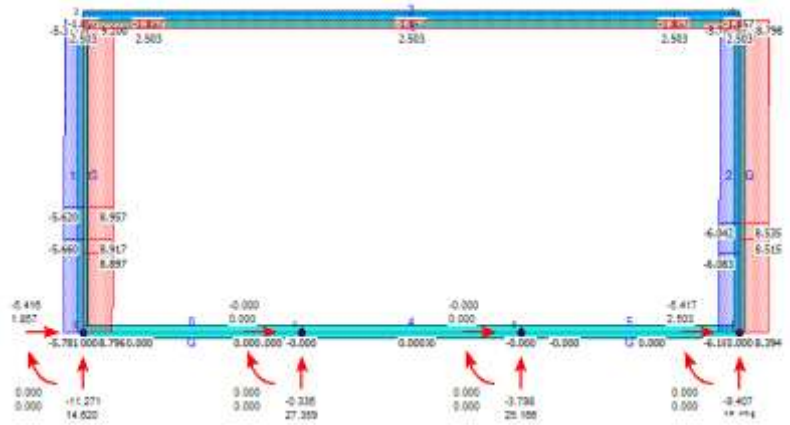
-Zakotwienie kontenerów do fundamentów należy wykonać przy użyciu systemowych kotew stalowych. Po zakończeniu montażu należy sporządzić protokół odbioru zakotwienia, potwierdzający prawidłowość zastosowanych elementów oraz sposób ich montażu.

-Zabrania się dodatkowego obciążania konstrukcji dachu oraz innych elementów nośnych ponad wartości przyjęte w projekcie, w szczególności poprzez składowanie materiałów, montaż urządzeń lub elementów nieprzewidzianych w dokumentacji projektowej.

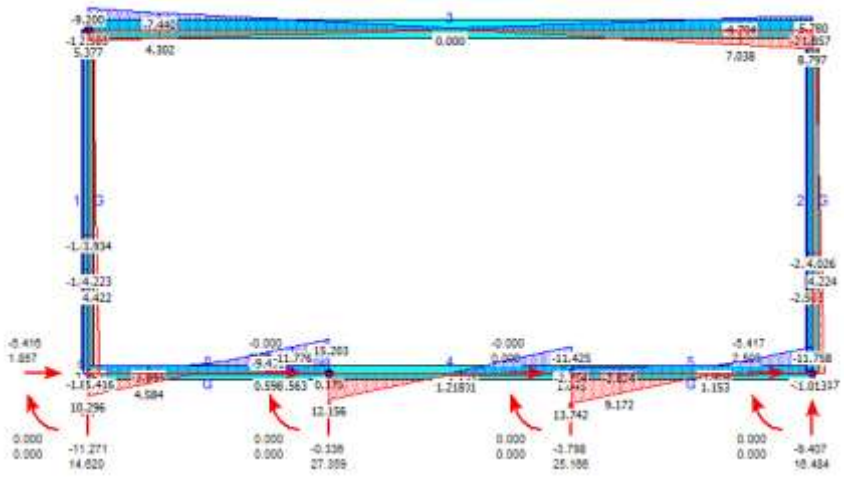
III. WYNIKI OBLICZEŃ ELEMENTOW KONSTRUKCYJNYCH

Ramowy układ podłużny:

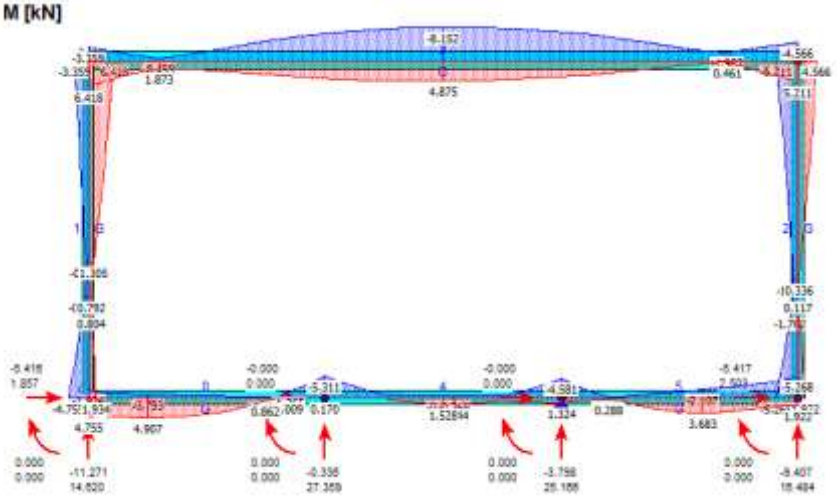
N [kN]



T [kN]



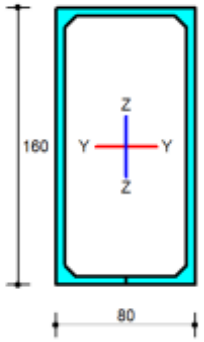
M [kN]



Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 2 (x=4.400m, y=6.550m); 3 (x=10.400m, y=6.550m)
Profil: Profil nr 80 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wytężenie elementu: 67%
Rozciąganie: 0 %
Ściskanie: 1 %
Zginanie: 31 %
Zginanie z siłą podłużną: 12 %
Zginanie ze ściskaniem: 19 %
Ścinanie: 5 %
Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %
Smukłość: 0 %
Ugięcia: 67 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	13.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.2 %
2	0.000	min Ty	Zginanie	24.1 %
3	0.000	max N	Zginanie	24.1 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	13.1 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	13.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie	24.1 %
7	0.250	min Mx	Zginanie	18.2 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	45.7 %
9	0.250	min Ty	Zginanie	15.3 %
10	0.250	max N	Zginanie	15.3 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	10.6 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	10.6 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	13.4 %
14	0.500	min Mx	Zginanie	30.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	67.0 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	13.6 %
17	0.500	max N	Zginanie	29.9 %

18	0.500	max Ty	Zginanie	30.6 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	18.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	18.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie	20.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	47.4 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	8.9 %
24	0.750	max N	Zginanie	19.8 %
25	0.750	max Ty	Zginanie	18.2 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	10.6 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	11.1 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	17.7 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.2 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	16.9 %
31	1.000	max N	Zginanie	15.0 %
32	1.000	max Ty	Zginanie	18.9 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	13.1 %
34	1.000	max Mx	Zginanie	19.5 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (0.5 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=6.00m; Kombinacja: max N (+0,+1,+4,+K6,)

Pole przekroju:$A_{brutto} = 22.40\text{cm}^2$
Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.40 \cdot 23.5}{1.00} = 526.4\text{kN} > 2.5\text{kN} = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 0.387$ $\eta_2 = 0.387$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.630$ oraz $l_{o,y} = 6.0\text{m}$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 6.0\text{m}$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 6.0\text{m}$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EJ_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 721.7\text{cm}^4}{(0.630 \cdot 6.0\text{m})^2} = 1045.4\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EJ_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 244.1\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 6.0\text{m})^2} = 140.5\text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 EJ_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + GJ_T\right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{6.6^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0\text{MPa} \cdot 0.0\text{cm}^6}{(1.000 \cdot 6.0\text{m})^2} + 80769.2\text{MPa} \cdot 587.6\text{cm}^4\right] = 110069.0\text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,y}N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$$

$$R = (140.5 + 110069.0)^2 - 4 \cdot 140.5 \cdot 110069.0(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/6.566^2) = 12084256708.2\text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(140.5+110069.0) - \sqrt{12084256708.2}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/6.566^2)} = 140.5\text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 8.0\text{cm}$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$

$$z_j = z_s - 0.5\int_A (y^2 + z^2) z\,dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / \left(\mu_{z,Mcr} L\right)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 244.1 / (1.00 \cdot 600.0)^2 = 140.5\text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{GJ_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(8.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 3.67$$

$$M_{cr} = 1e-2 \cdot 1.13 \cdot 140.5 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{244.1} + \frac{8076.9 \cdot 587.6}{140.5} + 3.67 \right]^{0.5} - 3.67 \right\} = 286.56\text{kNm}$$

Ściskanie (1.5 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=6.00m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K5,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{\text{brutto}} = 22.4\text{cm}^2$
Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.4 \cdot 23.5}{1.0} = 526.4\text{kN}$
Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):
$\bar{\lambda_y} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 526.4/1045.4 = 0.710 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda_y}) = 0.843$ (giętne x-x)
$\bar{\lambda_z} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 526.4/140.5 = 1.935 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda_z}) = 0.237$ (giętne y-y)
$\bar{\lambda_x} = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 526.4/110069.0 = 0.069 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda_x}) = 1.000$ (skrętne)
$\bar{\lambda_{zx}} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 526.4/140.5 = 1.935 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda_{zx}}) = 0.237$ (giętno-skrętne)
Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.237$
Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.237 \cdot 22.4 \cdot 23.5}{1.0} = 124.7\text{kN} > 1.9\text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (4.5 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+4,+K6,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 15.0\text{cm}^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 30.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$
Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{15.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 203.5\text{kN} > 9.2\text{kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (30.6 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=3.00m; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+4,+K5,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y
Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min\left[\sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min\left[\sqrt{\frac{125.0 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{286.56}}, 3.0 \right] = 0.320 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 0.909$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (klasa 1):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 0.909 \frac{125.0 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 26.7\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{8.2}{26.7} = 0.31 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z
Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{75.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 17.8\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{17.8} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (11.9 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=3.00m; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+4,+K5,)

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Y-Y z siłą podłużną

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 2.2/526.4 = 0.004$$

$$a_y = \min\left[\left(A - 2A_{bt,y}\right)/A\,,0.5\right] = \min[(22.4 - 2\cdot 3.5)/22.4\,,0.5] = 0.500$$

$$M_{N,y,Rd} = \min\left[M_{pl,y,Rd}\frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{pl,y,Rd}\right] = \min\left[29.4\frac{(1-0.004)}{(1-0.5\cdot 0.500)}, 29.4\right] = 29.4\text{kNm}$$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Z-Z z siłą podłużną

$$a_z = \min\left[\left(A - 2A_{bt,z}\right)/A\,,0.5\right] = \min[(22.4 - 2\cdot 7.5)/22.4\,,0.5] = 0.330$$

$$M_{N,z,Rd} = \min\left[M_{pl,z,Rd}\frac{(1-n)}{(1-0.5a_z)}, M_{pl,z,Rd}\right] = \min\left[17.8\frac{(1-0.004)}{(1-0.5\cdot 0.330)}, 17.8\right] = 17.8\text{kNm}$$

Warunek nośności (klasa 1 i 2) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\alpha = \min \text{left}\,[\,1.66/(1 - 1.13\,n\text{^}2), 6.0\,\text{right}\,] = 1.7, \beta = \min \text{left}\,[\,1.66/(1 - 1.13\,n\text{^}2), 6.0\,\text{right}\,] = 1.7$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} = \left[\frac{8.2}{29.4}\right]^{1.7} + \left[\frac{0.0}{17.8}\right]^{1.7} = 0.12 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (18.7 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=3.00m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+3,+K6,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 1, Załącznik A):

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 E J_y |\rho_x|}{L^2\left|M_{y,Ed(x)}\right|} - 1\right)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2\cdot 2.100e{+}08\cdot 7.217e{-}06\cdot|1.052e{-}02|}{6.0^2\cdot|4.9|} - 1\right)\frac{1.5}{1045.4} = 1.000$$

$$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21\psi_z + 0.36(\psi_z - 0.33)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}$$

$$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21\cdot 0.000 + 0.36(0.000 - 0.33)\frac{1.5}{140.5} = 0.789$$

$$C_1 = \sqrt{k_c} = \sqrt{0.900} = 1.235$$

$$\bar{\lambda_0} = 0.337 > 0.221 = 0.2\sqrt{1.235}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{1.5}{140.5}\right)\left(1 - \frac{1.5}{140.5}\right)} = 0.2\sqrt{C_1}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,<.}}\right)}$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}}\frac{A}{W_{el,y}} = \frac{4.9}{1.5}\frac{22.4}{90.2} = 78.540$$

$$a_{LT} = \max\left(1 - \frac{J_T}{J_y}, 0\right) = \max\left(1 - \frac{587.6}{721.7}, 0\right) = 0.186$$

$$C_{my} = C_{my,0} + \left(1 - C_{my,0}\right)\frac{\sqrt{\varepsilon_y}a_{LT}}{1+\sqrt{\varepsilon_y}a_{LT}} = 1.000\frac{\sqrt{78.540}\cdot 0.186}{1+\sqrt{78.540}\cdot 0.186} = 1.000$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0.789$$

$$C_{mLT} = \max\left[C_{my}^2 a \quad \frac{\cdot}{\sqrt{\left(1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}}, 1.0\right]$$

$$C_{mLT} = \max\left[1.000^2\frac{0.186}{\sqrt{\left(1-\frac{1.5}{140.5}\right)\left(1-\frac{1.5}{110069.0}\right)}}, 1.0\right] = 1.000$$

$$\mu_y = \frac{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1-\chi_y\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1-\frac{1.5}{1045.4}}{1-\frac{0.843\cdot 1.5}{1045.4}} = 1.000$$

$$\mu_z = \frac{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1-\chi_z\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1-\frac{1.5}{140.5}}{1-\frac{0.843\cdot 1.5}{140.5}} = 0.992$$

$$\bar{\lambda_{max}} = \max\left(\bar{\lambda_y}, \bar{\lambda_z}\right) = 1.935$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{1.5}{526.4/1.0} = 0.003$$

$$w_y = \max\left[\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}, 1.5\right] = \max\left[\frac{125.0}{90.2}, 1.5\right] = 1.385$$

$$w_z = \max\left[\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}, 1.5\right] = \max\left[\frac{75.7}{61.0}, 1.5\right] = 1.240$$
$$a_{LT} = \max\left(1 - \frac{J_T}{J_y}, 0\right) = \max\left(1 - \frac{587.6}{721.7}, 0\right) = 0.186$$
$$b_{LT} = 0.5 a_{LT} \bar{\lambda}_0^2 \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = 0.5 \cdot 0.186 \cdot 0.337^2 \frac{4.9}{0.909 \cdot 29.4} \frac{0.000}{17.8} = 0.001$$
$$C_{yy} = \max\left\{1 + (w_y - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2\right) n_{pl} - b_{LT}\right], \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$
$$C_{y\bar{y}} = 1 + (1.385 - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{1.385} 1.000^2 \cdot 1.935 - \frac{1.6}{1.385} 1.000^2 \cdot 1.935^2\right) 0.003 - 0.001\right]$$
$$C_{yy} = \max\left\{C_{y\bar{y}}, \frac{90.2}{125.0}\right\} = 0.995$$
$$c_{LT} = 10 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}}$$
$$c_{LT} = \frac{10 \cdot 0.186 \cdot 0.337^2}{5 + 1.935^4} \frac{4.9}{1.000 \cdot 0.909 \cdot 29.4} = 0.002$$
$$C_{yz} = \max\left\{1 + (w_z - 1)\left[\left(2 - 14 \frac{C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5}\right) n_{pl} - c_{LT}\right], 0.6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$
$$C_{yz} = \max\left\{1 + (1.240 - 1)\left[\left(2 - 14 \frac{0.789^2 \cdot 1.935^2}{1.240^5}\right) 0.003 - 0.002\right], 0.6 \sqrt{\frac{1.240}{1.385}} \frac{61.0}{75.7}\right\} = 0.993$$
$$d_{LT} = 2 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} M_{pl,z,Rd}}$$
$$d_{LT} = \frac{2 \cdot 0.186 \cdot 0.337}{0.1 + 1.935^4} \frac{4.9}{1.000 \cdot 0.909 \cdot 29.4} \frac{0.000}{0.789 \cdot 17.8} = 0.001$$
$$C_{zy} = \max\left\{1 + (w_y - 1)\left[\left(2 - 14 \frac{C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5}\right) n_{pl} - d_{LT}\right], 0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$
$$C_{zy} = \max\left\{1 + (1.385 - 1)\left[\left(2 - 14 \frac{1.000^2 \cdot 1.935^2}{1.385^5}\right) 0.003 - 0.001\right], 0.6 \sqrt{\frac{1.385}{1.240}} \frac{90.2}{125.0}\right\} = 0.990$$
$$e_{LT} = 1.7 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} = \frac{1.7 \cdot 0.186 \cdot 0.337}{0.1 + 1.935^4} \frac{4.9}{1.000 \cdot 0.909 \cdot 29.4} = 0.001$$
$$C_{zz} = \max\left\{1 + (w_z - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2\right) n_{pl} - e_{LT}\right], \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$
$$C_{z\bar{z}} = 1 + (1.240 - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{1.240} 0.789^2 \cdot 1.935 - \frac{1.6}{1.240} 0.789^2 \cdot 1.935^2\right) 0.003 - 0.001\right]$$
$$C_{zz} = \max\left\{C_{z\bar{z}}, \frac{61.0}{75.7}\right\} = 0.998$$
$$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yy}} = 1.000 \cdot 1.000 \frac{1.000}{1 - \frac{1.5}{1045.4}} \frac{1}{0.995} = 1.007$$
$$k_{yz} = C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0.6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0.789 \frac{1.000}{1 - \frac{1.5}{140.5}} \frac{1}{0.993} 0.6 \sqrt{\frac{1.240}{1.385}} = 0.456$$
$$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 1.000 \cdot 1.000 \frac{0.992}{1 - \frac{1.5}{1045.4}} \frac{1}{0.990} 0.6 \sqrt{\frac{1.385}{1.240}} = 0.636$$
$$k_{zz} = C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}} = 0.789 \frac{0.992}{1 - \frac{1.5}{140.5}} \frac{1}{0.998} = 0.792$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.19 < 1.0$$
$$\frac{1.5}{\frac{0.843 \cdot 526.4}{1.0}} + 1.007 \frac{4.9 + 0.0}{\frac{0.909 \cdot 29.4}{1.0}} + 0.456 \frac{0.000 + 0.000}{\frac{17.8}{1.0}} = 0.19 < 1.0$$
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.13 < 1.0$$
$$\frac{1.5}{\frac{0.237 \cdot 526.4}{1.0}} + 0.636 \frac{4.9 + 0.0}{\frac{0.909 \cdot 29.4}{1.0}} + 0.792 \frac{0.000 + 0.000}{\frac{17.8}{1.0}} = 0.13 < 1.0$$

Ugięcia (67.0 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=3.00m; Kombinacja: ext U (0,1,4,K5,)

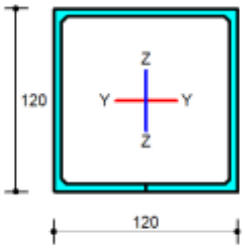
Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 11.5\text{mm} < 17.1\text{mm} = u_{z,\text{lim.}}$
Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 17.1\text{mm} = u_{y,\text{lim.}}$

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 0 (x=4.400m, y=3.700m); 4 (x=6.400m, y=3.700m)
Profil: Profil nr 82 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wytężenie elementu: 27%
Rozciąganie: 0 %
Ściskanie: 0 %
Zginanie: 27 %
Zginanie z siłą podłużną: 27 %
Zginanie ze ściskaniem: 27 %
Ścinanie: 10 %
Środnik pod obciążeniem skupionym: 17 %
Smukłość: 0 %
Ugięcia: 16 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	9.7 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	23.9 %
3	0.000	max N	Środnik pod obciążeniem skupionym	0.7 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	9.7 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	9.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	23.9 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	14.2 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	16.4 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	0.2 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	9.0 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	17.2 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	24.7 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.2 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	16.4 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	19.0 %

17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	14.9 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.2 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	4.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	21.0 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	0.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	9.0 %
23	0.750	min Ty	Ścinanie	6.4 %
24	0.750	max N	Ścinanie	4.9 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	0.5 %
26	0.750	min N	Ścinanie	1.2 %
27	0.750	max Mx	Ścinanie	6.4 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	21.8 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	0.9 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	0.9 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 0.567$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.841$ oraz $l_{o,y} = 2.0\text{m}$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 2.0\text{m}$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 2.0\text{m}$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 498.0\text{cm}^4}{(0.841 \cdot 2.0\text{m})^2} = 3644.9\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0\text{MPa} \cdot 498.0\text{cm}^4}{(1.000 \cdot 2.0\text{m})^2} = 2580.5\text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T\right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{6.6^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0\text{MPa} \cdot 0.0\text{cm}^6}{(1.000 \cdot 2.0\text{m})^2} + 80769.2\text{MPa} \cdot 760.4\text{cm}^4\right] = 139983.2\text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$$

$$R = (2580.5 + 139983.2)^2 - 4 \cdot 2580.5 \cdot 139983.2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2) = 18879519566.1\text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(2580.5+139983.2) - \sqrt{18879519566.1}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/6.624^2)} = 2580.5\text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})
Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 6.0\text{cm}$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$
$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$
$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 498.0 / (1.00 \cdot 200.0)^2 = 2580.5\text{kN}$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{GJ_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(6.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.75$$

$$M_{cr} = 1e-2 \cdot 1.13 \cdot 2580.5 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{498.0} + \frac{8076.9 \cdot 760.4}{2580.5} + 2.75 \right]^{0.5} - 2.75 \right\} = 1346.94\text{kNm}$$

Ściskanie (0.0 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: max N (+0,+1,+5,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 22.7\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.7 \cdot 23.5}{1.0} = 533.5\text{kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda_y} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 533.5/3644.9 = 0.383 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda_y}) = 0.957$ (giętne x-x)

$\bar{\lambda_z} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 533.5/2580.5 = 0.455 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda_z}) = 0.938$ (giętne y-y)

$\bar{\lambda_x} = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 533.5/139983.2 = 0.062 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda_x}) = 1.000$ (skrętne)

$\bar{\lambda_{zx}} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 533.5/2580.5 = 0.455 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda_{zx}}) = 0.938$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.938$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.938 \cdot 22.7 \cdot 23.5}{1.0} = 500.3\text{kN} > 0.0\text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (10.2 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: min Ty (-0,-1,+K2,+K4,+5,+K6,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 11.0\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 22.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{11.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 149.2\text{kN} > 15.2\text{kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (26.7 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: min Ty (-0,-1,+K2,+K4,+5,+K6,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka górna:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2000.0 = 0.029 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.005) = 0.995$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(575 \cdot 0.995^{0.029}, 575 \cdot 0.995) = 575\text{mm}^2$

Ścianka dolna:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2000.0 = 0.029 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.005) = 0.995$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(575 \cdot 0.995^{0.029}, 575 \cdot 0.995) = 575\text{mm}^2$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min\left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min\left[\sqrt{\frac{84.5 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1346.94}}, 3.0 \right] = 0.121 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{5.3}{19.9} = 0.27 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew.

uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ścianka lewa:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2000.0 = 0.029 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.005) = 0.995$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta) = \max(575 \cdot 0.995^{0.029}, 575 \cdot 0.995) = 575\text{mm}^2$

Ścianka prawa:

$\kappa = b_0/L_e = 57.5/2000.0 = 0.029 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4\,\kappa\text{^}2) = 1/(1.005) = 0.995$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^{\kappa}, A_{c,eff}\beta) = \max(575 \cdot 0.995^{0.029}, 575 \cdot 0.995) = 575\text{mm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 19.9\text{kNm}$

Warunek nośności:

$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{19.9} = 0.00 < 1.0$

Zginanie z siłą podłużną (26.7 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: min Ty (-0,-1,+K2,+K4,+5,+K6,)

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{J_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{J_{y,eff}} y_{eff}$

$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{0.0}{23.0} + \frac{5.3 \cdot 1e2 + 0.0 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 0.0 \cdot 0.000}{507.2} 6.0 = 6.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$\sigma_{x,Ed,eff} = |62.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y/\gamma_{M0}} < 1.0$

$\frac{0.0}{23.0 \cdot 23.5/1.0} + \frac{5.3+0.0 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4/1.0} + \frac{0.0+0.0 \cdot 0.000}{84.5 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4/1.0} = 0.267 < 1.0$

Zginanie ze ściskaniem (26.7 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: min Ty (-0,-1,+K2,+K4,+5,+K6,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 1, Załącznik A):

$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 E J_y |\rho_x|}{L^2 \left|M_{y,Ed(x)}\right|} - 1\right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}$

$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot 2.100e+08 \cdot 4.980e-06 \cdot |1.583e-03|}{2.0^2 \cdot |5.3|} - 1\right) \frac{0.0}{3644.9} = 1.000$

$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21\psi_z + 0.36(\psi_z - 0.33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}$

$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21 \cdot 0.000 + 0.36(0.000 - 0.33) \frac{0.0}{2580.5} = 0.790$

$C_1 = \sqrt{k_c} = \sqrt{0.900} = 1.235$

$\bar{\lambda_0} = 0.126 < 0.222 = 0.2\sqrt{1.235} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{0.0}{2580.5}\right)\left(1 - \frac{0.0}{2580.5}\right)} = 0.2\sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,<.}}\right)}$

$C_{my} = C_{my,0} = 1.000$

$C_{mz} = C_{mz,0} = 0.790$

$C_{mLT} = 1.0$

$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{0.0}{3644.9}}{1 - \frac{0.957 \cdot 0.0}{3644.9}} = 1.000$

$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{0.0}{2580.5}}{1 - \frac{0.957 \cdot 0.0}{2580.5}} = 1.000$

$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 1.000 \cdot 1.000 \frac{1.000}{1 - \frac{0.0}{3644.9}} = 1.000$

$k_{yz} = C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0.790 \frac{1.000}{1 - \frac{0.0}{2580.5}} = 0.790$

$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 1.000 \cdot 1.000 \frac{1.000}{1 - \frac{0.0}{3644.9}} = 1.000$

$k_{zz} = C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0.790 \frac{1.000}{1 - \frac{0.0}{2580.5}} = 0.790$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.27 < 1.0$$

$$\frac{0.0}{\frac{0.957 \cdot 533.5}{1.0}} + 1.000\frac{5.3+0.0}{\frac{1.000 \cdot 19.9}{1.0}} + 0.790\frac{0.000+0.000}{\frac{19.9}{1.0}} = 0.27 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.27 < 1.0$$

$$\frac{0.0}{\frac{0.938 \cdot 533.5}{1.0}} + 1.000\frac{5.3+0.0}{\frac{1.000 \cdot 19.9}{1.0}} + 0.790\frac{0.000+0.000}{\frac{19.9}{1.0}} = 0.27 < 1.0$$

Środnik pod obciążeniem skupionym (16.9 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.00m; Kombinacja: min Ty (-0,-1,+K2,+K4,+5,+K6,)

Dane dla najbardziej wytężonego środnika [mm]: $t_w = 5.0$, $h_w = 110.0$, $t_f = 5.0$, $b_f = 75.0$

Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2\left(\frac{110.0}{500.0}\right)^2 = 6.097$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1+\sqrt{m_1+m_2}), a] = \min\left[20.0 + 2 \cdot 5.0\left(1+\sqrt{15.0+0.0}\right), 500.0\right] = 68.7\text{mm}$$

Efektywny wymiar środnika przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda_F} = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{68.7 \cdot 5.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.097 \cdot 210000.0 \cdot 5.0^3 / 110.0}} = 0.248$$

$$\chi_F = \min\left[\frac{0.5}{\bar{\lambda_F}}, 1.0\right] = \min\left[\frac{0.5}{0.248}, 1.0\right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 68.7 = 68.7\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środnika:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 68.7 \cdot 5.0}{1.0} 1e-3 = 80.8\text{kN} > 13.7\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (16.4 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=1.00m; Kombinacja: ext U (0,1,4,K5,K6,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 0.9\text{mm} < 5.7\text{mm} = u_{z,\text{lim.}}$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 5.7\text{mm} = u_{y,\text{lim.}}$

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

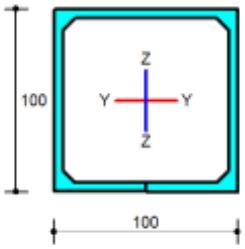
Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 1 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 0 (x=4.400m, y=3.700m); 2 (x=4.400m, y=6.550m)

Profil: Profil nr 81 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wytężenie elementu: 94%

Rozciąganie: 2 %

Ściskanie: 2 %
Zginanie: 38 %
Zginanie z siłą podłużną: 20 %
Zginanie ze ściskaniem: 15 %
Ścinanie: 4 %
Środnik pod obciążeniem skupionym: 3 %
Smukłość: 0 %
Ugięcia: 94 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wytężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie	28.4 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie	11.5 %
3	0.000	max N	Zginanie	24.5 %
4	0.000	max Ty	Zginanie	28.4 %
5	0.000	min N	Zginanie	11.5 %
6	0.000	max Mx	Zginanie	11.5 %
7	0.250	min Mx	Zginanie	7.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	31.7 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
10	0.250	max N	Zginanie	5.0 %
11	0.250	max Ty	Zginanie	7.5 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
13	0.250	max Mx	Zginanie	4.8 %
14	0.500	min Mx	Zginanie	5.9 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	69.2 %
16	0.500	min Ty	Zginanie	4.2 %
17	0.500	max N	Zginanie	11.9 %
18	0.500	max Ty	Zginanie	11.9 %
19	0.500	min N	Zginanie	4.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie	13.6 %
21	0.750	min Mx	Zginanie	12.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	94.1 %
23	0.750	min Ty	Zginanie	12.1 %
24	0.750	max N	Zginanie	26.4 %
25	0.750	max Ty	Zginanie	26.4 %
26	0.750	min N	Zginanie	12.1 %
27	0.750	max Mx	Zginanie	26.7 %
28	1.000	min Mx	Zginanie	20.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	93.4 %
30	1.000	min Ty	Zginanie	20.0 %
31	1.000	max N	Zginanie	38.3 %
32	1.000	max Ty	Zginanie	38.3 %
33	1.000	min N	Zginanie	20.0 %
34	1.000	max Mx	Zginanie	38.3 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (2.1 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.85m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+4,+K6,)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 18.40 cm^2$
Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):
$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{18.40 \cdot 23.5}{1.00} = 432.4 kN > 9.2 kN = N$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 0.160$ $\eta_2 = 0.283$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.563$ oraz $l_{o,y} = 2.8m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 2.8m$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 2.8m$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 271.1 cm^4}{(0.563 \cdot 2.8m)^2} = 2186.0 kN$
$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 271.1 cm^4}{(1.000 \cdot 2.8m)^2} = 691.8 kN$
$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T\right]$
$N_{cr,T} = \frac{1}{5.4^2}\left[\frac{\pi^2 210000.0 MPa \cdot 0.0 cm^6}{(1.000 \cdot 2.8m)^2} + 80769.2 MPa \cdot 428.7 cm^4\right] = 117502.0 kN$
$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y}+N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T}(1-\mu z_s^2/i_s^2)}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y}+N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1-\mu z_s^2/i_s^2)}$
$R = (691.8 + 117502.0)^2 - 4 \cdot 691.8 \cdot 117502.0(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/5.428^2) = 13644619396.7 kN$
$N_{TF,yz} = \frac{(691.8+117502.0) - \sqrt{13644619396.7}}{2(1-1.000 \cdot 0.0^2/5.428^2)} = 691.8 kN$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00, \mu_{\omega,Mcr} = 1.00$(tylko do obliczeń M_{cr})
Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13, C_2 = 0.46, C_3 = 0.53$
Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 5.0 cm$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 cm$
$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$
$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / \left(\mu_{z,Mcr} L\right)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 271.1 / (1.00 \cdot 285.0)^2 = 691.8 kN$
$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{\left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}}\right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V\right]^{0.5} - V\right\}$
$V = C_2(z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(5.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.30$
$M_{cr} = 1e-2 \cdot 1.13 \cdot 691.8 \left\{\left[\left(\frac{1.00}{1.00}\right)^2 \frac{0.0}{271.1} + \frac{8076.9 \cdot 428.7}{691.8} + 2.30\right]^{0.5} - 2.30\right\} = 536.33 kNm$

Ściskanie (1.7 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+3,+K5,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 18.4 cm^2$
Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{18.4 \cdot 23.5}{1.0} = 432.4 kN$
Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):
$\bar{\lambda_y} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 432.4/2186.0 = 0.445 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda_y}) = 0.941$ (giętne x-x)
$\bar{\lambda_z} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 432.4/691.8 = 0.791 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda_z}) = 0.801$ (giętne y-y)
$\bar{\lambda_x} = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 432.4/117502.0 = 0.061 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda_x}) = 1.000$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 432.4/691.8 = 0.791$ → krzywa 'a' → $\chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.801$ (giętno-skrętne)
Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.801$
Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:
$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.801 \cdot 18.4 \cdot 23.5}{1.0} = 346.4\text{kN} > 5.8\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (4.4 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+K4,+6,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 9.0\text{cm}^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 18.0 < 60.0 = 72\,\varepsilon/\eta$
Warunek nośności plastycznej:
$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{9.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 122.1\text{kN} > 5.4\text{kN} = V_{Ed,z}$

Zginanie (38.3 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.85m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+4,+K6,)

Zginanie względem osi głównej Y-Y
Wsp. zwichrzenia:
$\lambda_{LT} = \min\left[\sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0\right] = \min\left[\sqrt{\frac{71.4 \cdot 23.5 \cdot 1e{-}2}{536.33}}, 3.0\right] = 0.177 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$
$\alpha_{LT} = 0.760$
Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (klasa 1):
$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{71.4 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 16.8\text{kNm}$
Warunek nośności:
$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{6.4}{16.8} = 0.38 < 1.0$
Zginanie względem osi głównej Z-Z
Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):
$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{71.4 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 16.8\text{kNm}$
Warunek nośności:
$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{16.8} = 0.00 < 1.0$

Zginanie z siłą podłużną (20.3 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.85m; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+4,+K6,)

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Y-Y z siłą podłużną
$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 9.2/432.4 = 0.021$
$a_y = \min\left[\left(A - 2A_{bt,y}\right)/A, 0.5\right] = \min[(18.4 - 2 \cdot 4.5)/18.4, 0.5] = 0.500$
$M_{N,y,Rd} = \min\left[M_{pl,y,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{pl,y,Rd}\right] = \min\left[16.8 \frac{(1-0.021)}{(1-0.5 \cdot 0.500)}, 16.8\right] = 16.8\text{kNm}$
Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Z-Z z siłą podłużną
$a_z = \min\left[\left(A - 2A_{bt,z}\right)/A, 0.5\right] = \min[(18.4 - 2 \cdot 4.5)/18.4, 0.5] = 0.500$
$M_{N,z,Rd} = \min\left[M_{pl,z,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_z)}, M_{pl,z,Rd}\right] = \min\left[16.8 \frac{(1-0.021)}{(1-0.5 \cdot 0.500)}, 16.8\right] = 16.8\text{kNm}$
Warunek nośności (klasa 1 i 2) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:
$\alpha = \min \text{left}[\, 1.66/(1 - 1.13\, n\text{^}2), 6.0 \text{ right}\,] = 1.7, \beta = \min \text{left}[\, 1.66/(1 - 1.13\, n\text{^}2), 6.0 \text{ right}\,] = 1.7$
$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} = \left[\frac{6.4}{16.8}\right]^{1.7} + \left[\frac{0.0}{16.8}\right]^{1.7} = 0.20 < 1.0$

Zginanie ze ściskaniem (14.7 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=2.85m; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,+K5,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 1, Załącznik A):

$$C_{my,0} = 0.79 + 0.21\psi_y + 0.36(\psi_y - 0.33)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}$$

$$C_{my,0} = 0.79 + 0.21 \cdot -0.576 + 0.36(-0.576 - 0.33)\frac{5.8}{2186.0} = 0.668$$

$$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21\psi_z + 0.36(\psi_z - 0.33)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}$$

$$C_{mz,0} = 0.79 + 0.21 \cdot 0.000 + 0.36(0.000 - 0.33)\frac{5.8}{691.8} = 0.789$$

$$C_1 = \sqrt{k_c} = \sqrt{0.840} = 1.416$$

$$\bar{\lambda}_0 = 0.185 < 0.237 = 0.2\sqrt{1.416}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{5.8}{691.8}\right)\left(1 - \frac{5.8}{691.8}\right)} = 0.2\sqrt{C_1}\sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,<.}}\right)}$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 0.668$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0.789$$

$$C_{mLT} = 1.0$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{5.8}{2186.0}}{1 - \frac{0.941 \cdot 5.8}{2186.0}} = 1.000$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{5.8}{691.8}}{1 - \frac{0.941 \cdot 5.8}{691.8}} = 0.998$$

$$\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z) = 0.791$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{5.8}{432.4/1.0} = 0.013$$

$$w_y = \max\left[\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}, 1.5\right] = \max\left[\frac{71.4}{54.2}, 1.5\right] = 1.316$$

$$w_z = \max\left[\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}, 1.5\right] = \max\left[\frac{71.4}{54.2}, 1.5\right] = 1.316$$

$$a_{LT} = \max\left(1 - \frac{J_T}{J_y}, 0\right) = \max\left(1 - \frac{428.7}{271.1}, 0\right) = 0.000$$

$$b_{LT} = 0.5a_{LT}\bar{\lambda}_0^2\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT}M_{pl,y,Rd}}\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = 0.5 \cdot 0.000 \cdot 0.185^2\frac{3.4}{1.000 \cdot 16.8}\frac{0.000}{16.8} = 0.000$$

$$C_{yy} = \max\left\{1 + (w_y - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y}C_{my}^2\bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y}C_{my}^2\bar{\lambda}_{max}^2\right)n_{pl} - b_{LT}\right], \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$

$$C_{y\bar{y}} = 1 + (1.316 - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{1.316}0.668^2 \cdot 0.791 - \frac{1.6}{1.316}0.668^2 \cdot 0.791^2\right)0.013 - 0.000\right]$$

$$C_{yy} = \max\left\{C_{y\bar{y}}, \frac{54.2}{71.4}\right\} = 1.005$$

$$c_{LT} = 10a_{LT}\frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4}\frac{M_{y,Ed}}{C_{my}\chi_{LT}M_{pl,y,Rd}}$$

$$c_{LT} = \frac{10 \cdot 0.000 \cdot 0.185^2}{5 + 0.791^4}\frac{3.4}{0.668 \cdot 1.000 \cdot 16.8} = 0.000$$

$$C_{yz} = \max\left\{1 + (w_z - 1)\left[\left(2 - 14\frac{C_{mz}^2\bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5}\right)n_{pl} - c_{LT}\right], 0.6\sqrt{\frac{w_z}{w_y}}\frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$

$$C_{yz} = \max\left\{1 + (1.316 - 1)\left[\left(2 - 14\frac{0.789^2 \cdot 0.791^2}{1.316^5}\right)0.013 - 0.000\right], 0.6\sqrt{\frac{1.316}{1.316}}\frac{54.2}{71.4}\right\} = 1.003$$

$$d_{LT} = 2a_{LT}\frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4}\frac{M_{y,Ed}}{C_{my}\chi_{LT}M_{pl,y,Rd}}\frac{M_{z,Ed}}{C_{mz}M_{pl,z,Rd}}$$

$$d_{LT} = \frac{2 \cdot 0.000 \cdot 0.185}{0.1 + 0.791^4}\frac{3.4}{0.668 \cdot 1.000 \cdot 16.8}\frac{0.000}{0.789 \cdot 16.8} = 0.000$$

$$C_{zy} = \max\left\{1 + (w_y - 1)\left[\left(2 - 14\frac{C_{my}^2\bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5}\right)n_{pl} - d_{LT}\right], 0.6\sqrt{\frac{w_y}{w_z}}\frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$

$$C_{zy} = \max\left\{1 + (1.316 - 1)\left[\left(2 - 14\frac{0.668^2 \cdot 0.791^2}{1.316^5}\right)0.013 - 0.000\right], 0.6\sqrt{\frac{1.316}{1.316}}\frac{54.2}{71.4}\right\} = 1.004$$

$$e_{LT} = 1.7a_{LT}\frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4}\frac{M_{y,Ed}}{C_{my}\chi_{LT}M_{pl,y,Rd}} = \frac{1.7 \cdot 0.000 \cdot 0.185}{0.1 + 0.791^4}\frac{3.4}{0.668 \cdot 1.000 \cdot 16.8} = 0.000$$

$$C_{zz} = \max\left\{1 + (w_z - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{w_z}C_{mz}^2\bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z}C_{mz}^2\bar{\lambda}_{max}^2\right)n_{pl} - e_{LT}\right], \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$

$$C_{z\bar{z}} = 1 + (1.316 - 1)\left[\left(2 - \frac{1.6}{1.316}0.789^2 \cdot 0.791 - \frac{1.6}{1.316}0.789^2 \cdot 0.791^2\right)0.013 - 0.000\right]$$

$$C_{zz} = \max\left\{C_{z\bar{z}}, \frac{54.2}{71.4}\right\} = 1.004$$

$$k_{yy} = C_{my}C_{mLT}\frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}\frac{1}{C_{yy}} = 0.668 \cdot 1.000\frac{1.000}{1 - \frac{5.8}{2186.0}}\frac{1}{1.005} = 0.666$$

$$k_{yz} = C_{mz}\frac{\mu_y}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}\frac{1}{C_{yz}}0.6\sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0.789\frac{1.000}{1-\frac{5.8}{691.8}}\frac{1}{1.003}0.6\sqrt{\frac{1.316}{1.316}} = 0.476$$

$$k_{zy} = C_{my}C_{mLT}\frac{\mu_z}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}\frac{1}{C_{zy}}0.6\sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0.668\cdot 1.000\frac{0.998}{1-\frac{5.8}{2186.0}}\frac{1}{1.004}0.6\sqrt{\frac{1.316}{1.316}} = 0.400$$

$$k_{zz} = C_{mz}\frac{\mu_z}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}\frac{1}{C_{zz}} = 0.789\frac{0.998}{1-\frac{5.8}{691.8}}\frac{1}{1.004} = 0.791$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT}M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz}\frac{\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} = 0.15 < 1.0$$

$$\frac{\frac{5.8}{0.941\cdot 432.4}}{1.0} + 0.666\frac{\frac{3.4+0.0}{1.000\cdot 16.8}}{1.0} + 0.476\frac{\frac{0.000+0.000}{16.8}}{1.0} = 0.15 < 1.0$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT}M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz}\frac{\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} = 0.10 < 1.0$$

$$\frac{\frac{5.8}{0.801\cdot 432.4}}{1.0} + 0.400\frac{\frac{3.4+0.0}{1.000\cdot 16.8}}{1.0} + 0.791\frac{\frac{0.000+0.000}{16.8}}{1.0} = 0.10 < 1.0$$

Środnik pod obciążeniem skupionym (3.4 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+K4,+6,)

Dane dla najbardziej wytężonego środnika [mm]: $t_w = 5.0$, $h_w = 90.0$, $t_f = 5.0$, $b_f = 75.0$

Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2\left(\frac{90.0}{500.0}\right)^2 = 6.065$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1+\sqrt{m_1+m_2}), a] = \min\left[20.0 + 2\cdot 5.0\left(1+\sqrt{15.0+0.0}\right), 500.0\right] = 68.7\text{mm}$$

Efektywny wymiar środnika przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda_F} = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9k_F E t_w^3/h_w}} = \sqrt{\frac{68.7\cdot 5.0\cdot 235.0}{0.9\cdot 6.065\cdot 210000.0\cdot 5.0^3/90.0}} = 0.225$$

$$\chi_F = \min\left[\frac{0.5}{\bar{\lambda_F}}, 1.0\right] = \min\left[\frac{0.5}{0.225}, 1.0\right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000\cdot 68.7 = 68.7\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środnika:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw}L_{eff}t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0\cdot 68.7\cdot 5.0}{1.0}1e-3 = 80.8\text{kN} > 2.7\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (94.1 %)

Przekrój: x/L=0.750, L=2.14m; Kombinacja: ext U (0,1,K4,K5,6,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 7.7\text{mm} < 8.1\text{mm} = u_{z,\text{lim.}}$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 8.1\text{mm} = u_{y,\text{lim.}}$

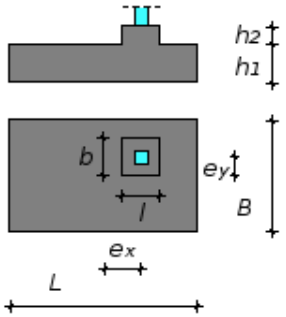
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Stopa fundamentowa St1- Fundamenty bezpośrednie wg. PN-EN 1997-1

Informacje o węźle

Położenie: (x=8.400m, y=3.700m)

Geometria



Wymiary: L = 0.24m, B = 0.34m, h_1 = 1,5m, e_x = 0.00m, e_y = 0.0

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m3]	Gęstość objętość. [kN/m3]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrz. [deg]	Spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Piasek średni	2.65	1.027	0.50	33.0	0.00	0.00	96000.0
2	Piasek średni	2.65	1.027	0.50	33.0	0.00	0.00	96000.0
3	Żwir gliniasty	2.65	1.118	0.50	10.0	9.00	9.00	15000.0

Głębokość posadowienia: 1.00m

Całkowite wytężenie elementu: 82%

Nośność podłoża: 26 %
Odrywanie: 0 %
Poślizg: 0 %
Obrót: 0 %
Osiadanie: 1 %
Przebicie: 0 %
Zbrojenie: 82 %

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża (26.4 %)

Komb: max Vd (SGN) (+) (+0,+1,+K4,+5,) → Vd=32.7kN, Hx=0.0kN, My=0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: 3: Żwir gliniasty na rzędnej $\mathrm{D} = 5.00\mathrm{m}$
Obliczeniowa siła normalna: $\mathrm{V_d} = 427.87\mathrm{kN}$

Mimośród statyczny: $e_x = 0.00\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$
Wymiary zastępcze fundamentu: $L_r = 2.50\text{m}$ $B_r = 2.50\text{m}$
Szerokość fundamentu: $B' = 2.50\text{m}$
Współczynniki nośności: $N_\gamma = 0.52$ $N_C = 8.34$ $N_q = 2.47$
Współczynniki nachylenia obciążenia: $i_\gamma = 1.00$ $i_C = 1.00$ $i_q = 1.00$
Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu: $b_c = 1.0$ $b_q = 1.0$ $b_\gamma = 1.0$
Nośność podłoża w warunkach z drenażem:
$R = A'\left(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5\gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma\right)$=2269.63kN
Warunek nośności podłoża
$V_d = 427.87\text{kN} < 1621.16\text{kN} = 2269.63/1.40 = R/\gamma_R$

Odrywanie (0.0 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) → Vd=7.8kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.00\text{m}$, $A = 0.00\text{m}^2$.
Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:
$\frac{c}{c_{lim}} = \frac{0.00}{0.25} = 0.00 < 0.50$
Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:
$\frac{A}{A_{lim}} = \frac{0.00}{0.25} = 0.00 < 0.25$

Obrót (0.0 %)

Komb: min Vd (SGN) (-) (-0,-1,+K3,+6,) → Vd=1.2kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowe momenty wywracający: $M_x = 0.00\text{kNm}$
Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{x,u} = 0.30\text{kNm}$
Warunek stateczności na obrót względem osi X:
$M_x = 0.00 < 0.27\text{kNm} = 0.30/1.10 = M_{x,u}/\gamma_R$
Obliczeniowe momenty wywracający: $M_y = -0.00\text{kNm}$
Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 0.30\text{kNm}$
Warunek stateczności na obrót względem osi Y:
$M_y = -0.00 < 0.27\text{kNm} = 0.30/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$

Poślizg (0.0 %)

Komb: min Vd (SGN) (-) (-0,-1,+K3,+6,) → Vd=1.2kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$
Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan\delta_k = 0.51$
Spójność wraz ze wsp. redukcji: $c' = 0.00\text{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach z drenażem: $V_r = \tan\delta_k \cdot V_d + m_c \cdot c' \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) =$ 0.61kN
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 0.56\text{kN} = 0.61/1.10 = V_r/\gamma_R$
Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$
Wytrzymałość na ścinanie wraz ze wsp. redukcji: $c_u = 0.00\text{kPa}$, $m_c = 1.00$
Wartość siły utrzymującej w warunkach bez drenażu:
$V_r = m_c \cdot c_u \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 0.61\text{kN}$
Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:
$T = 0.00 < 0.56\text{kN} = 0.61/1.10 = V_r/\gamma_R$

Zbrojenie (81.9 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) → Vd=7.8kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Zbrojenie minimalne w kierunku L:
$A_{sL,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,L}/\sigma_{lim,L} = 10.3\,\text{cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max\left(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk}\,;\ 0{,}0013\right)d = 8.4\,\text{cm}^2/\text{m},$
Zbrojenie minimalne w kierunku B:

$A_{sB,min,1} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct,B} / \sigma_{lim,B} = 10.3\,cm^2/m, A_{sB,min,2} = \max(0{,}26\, f_{ct,eff}/f_{yk};\ 0{,}0013) d = 8.1\,cm^2/m$

Zbrojenie w kierunku L:
Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 0.3kNm$
Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 20.0MPa$
Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0MPa$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 56.0cm$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}\right) = 1.0000$
$A_0 = 0.000, A_{0,lim} = 0.480$
Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.0\,cm^2/m$
przyjęto $4\Phi\,12/m \rightarrow A_{sL,prov} = 12.6\,cm^2/m > 10.29\,cm^2/m = A_{sL,req}$
Zbrojenie w kierunku B:
Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 0.3kNm$
Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 20.0MPa$
Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0MPa$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 54.0cm$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}\right) = 1.0000$
$A_0 = 0.000, A_{0,lim} = 0.480$
Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/L}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.0\,cm^2/m$

przyjęto $4\Phi\,12/m \rightarrow A_{sB,prov} = 12.6\,cm^2/m > 10.29\,cm^2/m = A_{sB,req}$

Przebicie (0.0 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) → Vd=7.8kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Obliczeniowa siła pionowa: $V_{Ed} = 0.31kN$
Sprawdzenie w obwodzie kontrolnym
Kąt θ przyjęto $26.6^o \rightarrow \tan\theta = 0.50$
Obwód kontrolny: $u = 0.00cm$
Wysokość użyteczna: $d = 0.00cm$
Naprężenia ścinające: $v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{ud} = 0.000MPa$
Stopień zbrojenia: $\rho = 0.23\%$
Nośność na przebicie: $v_{Rd,c} = \max\left(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \rho_{cp}, v_{min} + k_1 \rho_{cp}\right) = 0.000MPa$
Warunek nośności na przebicie:
$v_{Ed} = 0.000MPa < 0.000MPa = v_{Rd,c}$

Osiadanie (1.2 %)

Komb: max Vd (SGU) (+) (0,1,5,) → Vd=23.9kN, Hx=0.0kN, My=0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Dopuszczalną wartość osiadania: $s_{max} = 5.00$
Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku $\rightarrow \lambda = 1$
Warunek osiadań fundamentu: $s = 0.06cm < 5.00cm = s_{max}$