

STRONA TYTUŁOWA
PROJEKT TECHNICZNY / WYKONAWCZY BRANŻA KONSTRUKCYJNA

nazwa zamierzenia budowlanego;
„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.

adres ;
 ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw
 kategoria obiektu budowlanego;
 Kategoria obiektu budowlanego – *wiaty magazynowej, boks magazynowy, bud. magazynowy: XVIII*
 – waga samochodowa: VIII

nazwa jednostki ewidencyjnej;
 060601_1, Krasnystaw Miasto –
 nazwa i numer obrębu ewidencyjnego;
 Obręb: Krasnystaw – 060601_1.0001
 numery działek ewidencyjnych,
 na których obiekt jest usytuowany; dz. nr, 060601_1.0001.1985,
 060601_1.0001.1968

imię i nazwisko lub nazwa inwestora:
 Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o.

adres inwestora;
 ul. Piłkarskiego 3; 22-300 Krasnystaw

jednostka projektowania:
Kosikowski Architektura
 kontakt:
 radoslawkosikowski@gmail.com , tel. 512 315 710
 adres:
 ul. Ceramiczna 34B, 22-100 CHEŁM



Projektant branża	nr upr.	data	Podpis
Projektant mgr inż. Grzegorz Kocot (w specjalności konstrukcyjno-budowlanej)	LUB/0096/PBKb/19	10.10.2022	
Sprawdzający mgr inż. Łukasz Kielbus (w specjalności konstrukcyjno-budowlanej)	LUB/0083/PWOK/14	10.10.2022	

10 października 2022 r.

PROJEKT TECHNICZNY / WYKONAWCZY

BRANŻA KONSTRUKCYJNA

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	1
1 OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA	2
2 UPRAWNIENIA.....	3
3 PRZEDMIOT, PODSTAWA OPRACOWANIA, DANE OGÓLNE.....	8
3.1 PRZEDMIOT OPRACOWANIA	8
3.2 PODSTAWA OPRACOWANIA	8
3.3 AKTY PRAWNE	8
3.4 NORMY.....	8
3.5 DANE OGÓLNE	9
4 POSADOWIENIE	9
4.1 WARUNKI GRUNTOWE	9
4.2 KATEGORIA GEOTECHNICZNA	9
4.3 ANALIZA WARUNKÓW POSADOWIENIA.....	10
5 ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ	11
5.1 OBCIĄŻENIA.....	11
5.1.1 BLACHA TRAPEZOWA.....	11
5.1.2 OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE DACHY.....	11
5.1.3 OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM	11
5.1.4 OBCIĄŻENIE WIATREM – PARCIE WIATRU	12
5.1.5 OBCIĄŻENIE WIATREM – SSANIE WIATRU	13
5.1.6 OBCIĄŻENIE WIATREM – PARCIE ŚCIANY	14
5.2 PRZYJĘTE SCHEMATY STATYCZNE DO OBLICZEŃ KONSTRUKCYJNYCH	15
5.3 WYMIAROWANIE	15
5.3.1 FUNDAMENTY WIATA A.....	16
5.3.2 FUNDAMENTY WIATA B.....	16
5.3.3 ŚCIANY WIATA A.....	16
5.3.4 ŚCIANY WIATA B.....	16
5.3.5 SŁUPY I TRZPIENIE ŻELBETOWE WIATA A.....	17
5.3.6 WIEŃCE WIATA A.....	17
5.3.7 NADPROŻE BUD B.....	17
5.4 KONSTRUKCJA DACHOWA WIATA A.....	17
6 TECHNOLOGIA WYKONANIA ROBÓT.....	18
6.1.1 ROBOTY MUROWE.....	18
6.1.2 IZOLACJE	18
7 UWAGI KOŃCOWE	18
8 CZĘŚĆ RYSUNKOWA.....	19
9 ZAŁĄCZNIKI – WYMIAROWANIE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI	20

1 OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA

Jako projektant, oświadczam niniejszym, iż projekt techniczny branży konstrukcyjnej:

Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie", ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego , wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.

do realizacji na działce nr dz. nr: 1985

położonych: obręb **060601_1.0001 Krasnystaw Miasto, jedn. ewidencyjna 060601_1 Krasnystaw Miasto**

sporządzony został zgodnie z obowiązującymi przepisami, zasadami wiedzy technicznej, projektem architektoniczno-budowlanym oraz rozstrzygnięciami dotyczącymi zamierzenia budowlanego.

PROJEKTANT

mgr inż.
Grzegorz Kocot

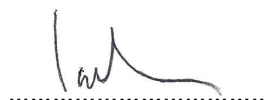
upr. bud.
LUB/0096/PBKb/19



PROJEKTANT
SPARWDZAJĄCY

mgr inż.
Łukasz Kiełbus

upr. bud.
LUB/0083/PWOK/14



10 października 2022 r.



Lublin, dnia 4 czerwca 2019 r.

LOIIB.OKK.7131/163/2019

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (t.j. Dz.U. z 2016 r., poz. 1725 z późn. zm.) i art. 12 ust. 2 i ust. 3, art. 12 ust. 4c pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 2 oraz art. 15a ust. 1 i 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2018 r. poz. 1202 z późn. zm.), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan Grzegorz KOCOT

magister inżynier

ur. dnia 19 maja 1989 r. w Chełmie

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Nr ewidencyjny: LUB/0096/PBKb/19

*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 (t.j.: Dz.U. z 2018 r. poz. 2096 z późn. zm.) 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 Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od daty jej doręczenia. Zgodnie z treścią art. 127a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego:

§ 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.

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Przewodnicząca

prof. dr. hab. inż. Anna Halicka

Członek

dr inż. Stanisław Plechawski

Członek

inż. Janusz Fronczyk

Otrzymują:

1. Pan Grzegorz KOCOT
ul. Rynek 6/21
20-388 Dominów
2. Okręgowa Rada Lubelskiej
Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego



ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM

**Szczegółowy zakres uprawnień
do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**

Pan Grzegorz KOCOT

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


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

II. Na mocy **art. 15a ust. 1 i 4** ustawy Prawo budowlane, uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń uprawniają do:

- projektowania konstrukcji obiektu,
- sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie tej specjalności.

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej


Przewodnicząca

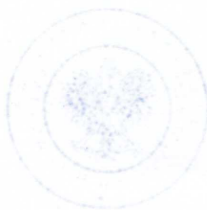

prof. dr hab. inż. Anna Halicka

Członek


dr inż. Stanisław Plechawski

Członek


inż. Janusz Fronczyk



ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM





Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

LUB-3UM-BMC-NWA *

Pan Grzegorz Kocot o numerze ewidencyjnym LUB/BO/0231/16
adres zamieszkania Siedliszcze ul. Słoneczna, 22-130 Siedliszcze n Wieprzem
jest członkiem Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2021-09-01 do 2022-08-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-08-31 roku przez:

Joanna Gieroba, Przewodniczący Rady Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 3 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

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



ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM



LUBELSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

LOIB. OKK. 7131/157-7132/157/14

Lublin, dnia 27 maja 2014r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (tekst jednolity Dz. U. z 2013r. poz. 952, ze zm.), art. 12 ust. 3, art. 13 ust. 1 pkt 1 i 2, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 1 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2013r. poz. 1409, ze zm.), § 17 ust. 1 pkt 1 i 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielných funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2006 r. poz. 83, ze zm.) oraz art. 104 § 1 Kodeksu Postępowania Administracyjnego (tekst jednolity Dz. U. z 2013r. poz. 267, ze zm.), po zasięgnięciu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz złożenia egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan Łukasz KIELBUS

magister inżynier

urodzony dnia 25 kwietnia 1983 r. w Lublinie

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Nr ewidencyjny: LUB/0083/PWOK/14

**do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości danych strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. obsegue się od przekazania decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na celowości decyzji.

Pouczenie :

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

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Orzekający:
1) Pan Łukasz Kielbus
Prezesa OKK,
21-040 Świdnik
2. Główny Inspektor
Nadzoru Budowlanego
3. sbb

Celownik
dr hab. inż. Anna Halicka

Przewodniczący
dr inż. Wiesław Nurek



**Szczegółowy zakres uprawnień
do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**

Pan Łukasz KIELBUS

I. Na mocy art. 12 ust. 1 pkt 1, 2, 3, 4 i 5 ustawy Prawo budowlane, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:

- projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych w specjalności objętej niniejszymi uprawnieniami i sprawowania nadzoru autorskiego,
 - kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
 - kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
 - wykonywania nadzoru inwestorskiego,
 - sprawowania kontroli technicznej utrzymywania obiektów budowlanych.
- bez ograniczeń**

II. Na mocy § 15 i § 17 ust. 1 pkt. 1 i 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, niniejsze uprawnienia uprawniają do projektowania obiektu budowlanego w zakresie :

- sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
 - kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji i architektury obiektu,
 - sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności objętej niniejszymi uprawnieniami.
- Uprawnienia budowlane do projektowania w odpowiedniej specjalności uprawniają do sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie danej specjalności.

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Celownik
inż. Jerzy Kamiński

Celownik
dr hab. inż. Anna Halicka

Przewodniczący
dr inż. Wiesław Nurek

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

LUB-KF9-LL5-F27 *

Pan Łukasz Kietbus o numerze ewidencyjnym LUB/BO/0192/14

adres zamieszkania [REDACTED]

jest członkiem Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-10-01 do 2023-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-10-07 13:38:24 roku przez:

Joanna Gieroba, Przewodniczący Rady Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 781 K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy 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.piiib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM

3 PRZEDMIOT, PODSTAWA OPRACOWANIA, DANE OGÓLNE

3.1 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt techniczny / wykonawczy w zakresie obejmującym budowę wiaty magazynowej, boksu magazynowego, oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej w zakresie zgodnym z wymaganiami określonymi w „Rozporządzeniu Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego”.

3.2 PODSTAWA OPRACOWANIA

- Projekt budowlany branży architektonicznej
- Wizja lokalna
- Opinia geotechniczna

3.3 AKTY PRAWNE

- Ustawa z dnia 07 lipca 1994 r. – Prawo Budowlane (Dz. U. z 2020 r. poz. 1333)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2020 r. poz. 1065 z późniejszymi zmianami)
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2020 r., poz. 1609)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401)
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r. poz. 463)

3.4 NORMY

- Norma PN-EN 1990:2001 EUROKOD. Podstawy projektowania konstrukcji
- Norma PN-EN 1991-1-1:2004 EUROKOD1. Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-1 oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- Norma PN-EN 1991-1-3:2005 EUROKOD1. Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-3 oddziaływania ogólne – obciążenie śniegiem
- Norma PN-EN 1991-1-4:2008 EUROKOD1. Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-4 oddziaływania ogólne – obciążenia wiatru
- Norma PN-EN 1992-1-1:2008 EUROKOD2. Projektowanie konstrukcji z betonu cz. 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- Norma PN-EN 1996-1-1:2010 EUROKOD6. Projektowanie konstrukcji murowych cz. 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
- Norma PN-EN 1997-1:2008 EUROKOD7. Projektowanie geotechniczne cz. 1 Zasady ogólne

3.5 DANE OGÓLNE

Projektowany obiekt stanowi wiata magazynowa przykryte dachem jednospadowym, którego konstrukcję stanowią stalowe dźwigary kratowe. Całość wykonana jako prosty układ przestrzenny, dach oparty na słupach i trzpieniach żelbetowych utwierdzonych w stopach i ławach fundamentowych. Posadowienie w formie rusztu monolitycznego realizowane za pośrednictwem stóp przewiązanych ławami fundamentowymi. Boks magazynowy o konstrukcji monolitycznej posadowiony na płycie fundamentowej.

4 POSADOWIENIE

- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r. poz. 463)
- Norma PN-EN 1997-1:2008 EUROKOD7. Projektowanie geotechniczne cz. 1 Zasady ogólne

4.1 WARUNKI GRUNTOWE

W/w rozporządzenie określa następujące rodzaje warunków gruntowych:

- proste warunki gruntowe – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych
- złożone warunki gruntowe – występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadowienia i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych
- skomplikowane warunki gruntowe – występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glaciektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich

WARUNKI GRUNTOWE OKREŚLONO JAKO PROSTE

4.2 KATEGORIA GEOTECHNICZNA

W/w rozporządzenie określa następujące kategorie geotechniczne:

- **pierwsza kategoria geotechniczna**, która obejmuje posadowienie niewielkich obiektów budowlanych, o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym w prostych warunkach gruntowych, w przypadku których możliwe jest zapewnienie minimalnych wymagań na podstawie doświadczeń i jakościowych badań geotechnicznych, takich jak:

- a) 1- lub 2-kondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze
- b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2,0 m
- c) wykopy do głębokości 1,2 m i nasypy budowlane do wysokości 3,0 m wykonywane w szczególności przy budowie dróg, pracach drenażowych oraz układaniu rurociągów
- **druga kategoria geotechniczna**, która obejmuje obiekty budowlane posadowione w prostych i złożonych warunkach gruntowych, wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych i ich analizy, takie jak:
 - a) fundamenty bezpośrednie lub głębokie
 - d) ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe, z zastrzeżeniem lit. b) w pierwszej kategorii geotechnicznej, utrzymujące grunt lub wodę
 - e) wykopy, nasypy budowlane, z zastrzeżeniem lit. c) w pierwszej kategorii geotechnicznej oraz inne budowle ziemne
 - f) przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża
 - g) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące
- **trzecia kategoria geotechniczna**, która obejmuje
 - a) obiekty budowlane posadowione w skomplikowanych warunkach gruntowych
 - b) nietypowe obiekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, których wykonanie lub użytkowanie może stwarzać poważne zagrożenie dla użytkowników, takie jak: obiekty energetyki, rafinerie, zakłady chemiczne, zapory wodne i inne budowle hydrotechniczne o wysokości piętrzenia powyżej 5,0 m, budowle stoczniowe, wyspy morskie i platformy wiertnicze oraz inne skomplikowane budowle morskie, lub których projekty budowlane zawierają nieznaną podstawę w przepisach nowe niesprawdzone w krajowej praktyce rozwiązania techniczne
 - c) obiekty budowlane zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, określone w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)
 - d) budynki wysokościowe projektowane w istniejącej zabudowie miejskiej
 - e) obiekty wysokie, których głębokość posadowienia bezpośredniego przekracza 5,0 m lub które zawierają więcej niż jedną kondygnację zagłębioną w gruncie
 - f) tunele w twardych i niespękanych skałach, w warunkach niewymagających specjalnej szczelności
 - g) obiekty infrastruktury krytycznej
 - h) obiekty zabytkowe i monumentalne

KATEGORIĘ GEOTECHNICZNĄ OKREŚLONO JAKO PIERWSZĄ

4.3 ANALIZA WARUNKÓW POSADOWIENIA

Projektowany obiekt można zaliczyć do pierwszej kategorii geotechnicznej przy prostych warunkach gruntowych.

5 ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

Wykonane obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dotyczą sprawdzenia zasadniczych przekrojów podstawowych elementów nośnych.

Przyjęto następujące założenia do obliczeń:

- | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|
| – Obciążenie śniegiem | – III Strefa obciążenia śniegiem | $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ |
| – Obciążenie wiatrem | – I Strefa Obciążenia wiatrem | $q_p = 0,60 \text{ kN/m}^2$ |
| – Głębokość przemarzania gruntu | | $h_z = 1,2 \text{ m}$ |
| – Obciążenie dodatkowe dachu urządzeniami technicznymi | | 0.40 kN/m^2 |

5.1 OBCIĄŻENIA

5.1.1 BLACHA TRAPEZOWA

Współczynniki normowe: $-\gamma=1.00$; $+\gamma=1.35$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0.1 kN/m^2

5.1.2 OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE DACHY

Współczynniki normowe: $+\gamma=1.50$; $\Psi_0=0.00$; $\Psi_1=0.00$; $\Psi_2=0.00$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0.4 kN/m^2

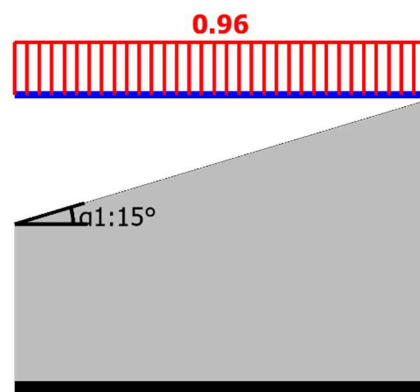
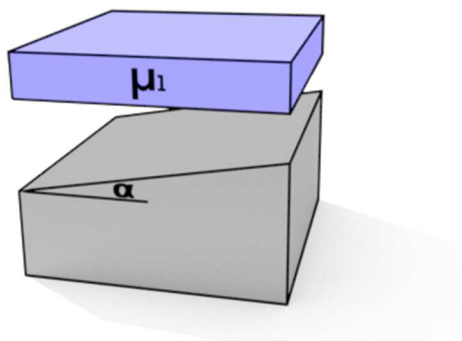
5.1.3 OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

Typ: Obciążenie śniegiem

Opis: Dach jednospadowy

Współczynniki normowe: $+\gamma=1.50$; $\Psi_0=0.50$; $\Psi_1=0.20$; $\Psi_2=0.20$

Widok oraz schemat obciążenia



Oznaczenia

$$\alpha = 15.0^\circ$$

Parametry obciążenia

Wybrana kategoria: Dach jednospadowy

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu (wg. tablicy NB.1) dla strefy: 3

$$s_k = 1.2 = 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

Współczynnik ekspozycji $\rightarrow C_e = 1.0$ (teren: z umiarkowanymi przeszkodami)

Warunki lokalizacyjne: wyjątkowe (przypadek B3)

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

Obciążenie charakterystyczne

$$\text{Wartość obciążenia charakterystycznego: } s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot C_{esl} \cdot s_k = 0.800 \cdot 1.00 \cdot 1.000 \cdot 1.00 \cdot 1.200 = 0.960 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0.96 kN/m² (Zalecana)

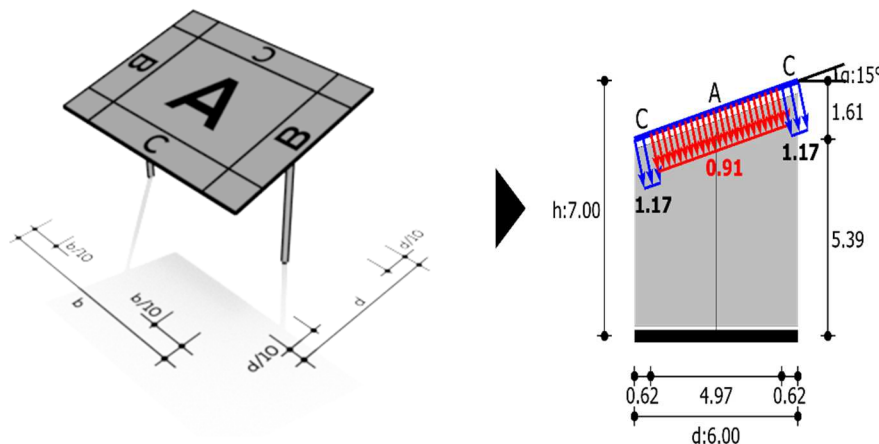
5.1.4 OBCIĄŻENIE WIATREM – PARCIE WIATRU

Typ: Obciążenie wiatrem

Opis: Dach jednopołaciowy wiaty, strefa obciążenia A (parcie)

Współczynniki normowe: $+\gamma=1.50$; $\Psi_0=0.60$; $\Psi_1=0.20$

Widok oraz schemat obciążenia



Oznaczenia

$$h = 7.0\text{m} \quad d = 6.0\text{m} \quad b = 30.0\text{m} \quad \alpha = 15.0^\circ$$

Parametry obciążenia

Wybrana kategoria: Dach jednopołaciowy wiaty

Strefa obciążenia wiatrem: 1

Wysokość n.p.m.: A = 194.1 m

Kategoria terenu: II

Kierunek wiatru: 0

Wartość współczynnika kierunkowego: $c_{dir} = 1.0$

Wartość współczynnika sezonowego: $c_{season} = 1.0$

Wartość współczynnika orografii: $c_o = 1.0$

Wysokość odniesienia przyjęta jako całkowita wysokość budynku.

Wysokość odniesienia: $z_e = 7.0\text{m}$

Wartość współczynnika konstrukcyjnego: $c_s c_d = 1.0$

Współczynnik ograniczenia przepływu

$$\varphi = 1.0$$

Współczynnik ciśnienia netto: $c_{p,net} = 1.400$

Obciążenie charakterystyczne

Przypadek obciążenia: strefa obciążenia A (parcie)

Podstawowa bazowa prędkość wiatru: $v_{b,o} = 22.000 \text{ m/s}$

Intensywność turbulencji: $I_v = 0.202$

Współczynnik chropowatości: $c_r = 0.941$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru: $q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (c_r \cdot c_o \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o})^2$

$$q_p = (1 + 7 \cdot 0.202) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot (0.941 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 22.000)^2 = 0.648 \text{ kPa}$$

Wartość oddziaływania: $s = c_{p,net} \cdot q_p = 0.91$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0.91 kN/m^2 (Zalecana)

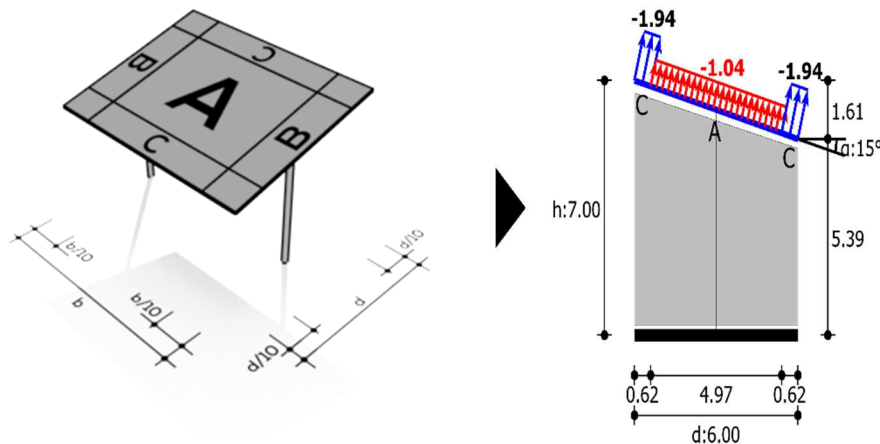
5.1.5 OBCIĄŻENIE WIATREM – SSANIE WIATRU

Typ: Obciążenie wiatrem

Opis: Dach jednopołaciowy wiaty, strefa obciążenia A (ssanie)

Współczynniki normowe: $+ \gamma = 1.50$; $\Psi_0 = 0.60$; $\Psi_1 = 0.20$

Widok oraz schemat obciążenia



Oznaczenia

$$h = 7.0 \text{ m} \quad d = 6.0 \text{ m} \quad b = 30.0 \text{ m} \quad \alpha = 15.0^\circ$$

Parametry obciążenia

Wybrana kategoria: Dach jednopołaciowy wiaty

Strefa obciążenia wiatrem: 1

Wysokość n.p.m.: $A = 194.1 \text{ m}$

Kategoria terenu: II

Kierunek wiatru: 0

Wartość współczynnika kierunkowego: $c_{dir} = 1.0$

Wartość współczynnika sezonowego: $c_{season} = 1.0$

Wartość współczynnika orografii: $c_o = 1.0$

Wysokość odniesienia przyjęta jako całkowita wysokość budynku.

Wysokość odniesienia: $z_e = 7.0\text{m}$

Wartość współczynnika konstrukcyjnego: $c_s c_d = 1.0$

Współczynnik ograniczenia przepływu

$\varphi = 1.0$

Współczynnik ciśnienia netto: $c_{p,net} = -1.600$

Obciążenie charakterystyczne

Przypadek obciążenia: strefa obciążenia A (ssanie)

Podstawowa bazowa prędkość wiatru: $v_{b,o} = 22.000\text{ m/s}$

Intensywność turbulencji: $I_v = 0.202$

Współczynnik chropowatości: $c_r = 0.941$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru: $q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (c_r \cdot c_o \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o})^2$

$q_p = (1 + 7 \cdot 0.202) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot (0.941 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 22.000)^2 = 0.648\text{kPa}$

Wartość oddziaływania: $s = c_{p,net} \cdot q_p = -1.04$

Do dalszych obliczeń przyjęto: -1.04 kN/m^2 (Zalecana)

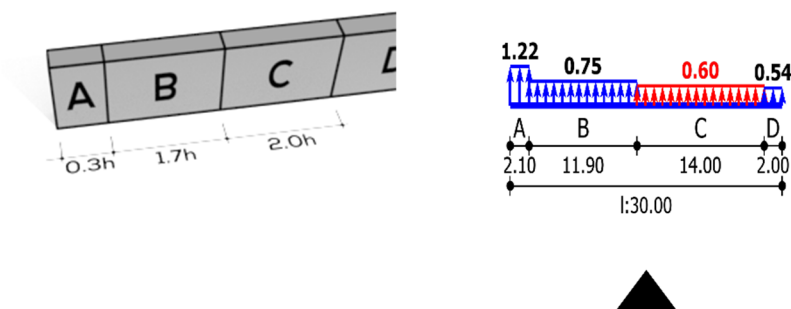
5.1.6 OBCIĄŻENIE WIATREM – PARCIE ŚCIANY

Typ: Obciążenie wiatrem

Opis: Ciśnienie na ściany samonośne, strefa C

Współczynniki normowe: $+\gamma=1.50$; $\Psi_0=0.60$; $\Psi_1=0.20$

Widok oraz schemat obciążenia



Oznaczenia

$h = 7.0\text{m}$ $l = 30.0\text{m}$

Parametry obciążenia

Wybrana kategoria: Ciśnienie na ściany samonośne

Strefa obciążenia wiatrem: 1

Wysokość n.p.m.: $A = 194.1\text{ m}$

Kategoria terenu: III

Kierunek wiatru: 0

Wartość współczynnika kierunkowego: $c_{dir} = 1.0$

Wartość współczynnika sezonowego: $c_{season} = 1.0$

Wartość współczynnika orografii: $c_o = 1.0$

Wysokość odniesienia: $z_e = 3.5\text{m}$

Wartość współczynnika konstrukcyjnego: $c_s c_d = 1.0$

Współczynnik wypełnienia: $\varphi = 100.0\%$

Współczynnik ciśnienia netto: $c_{p,net} = 1.329$

Obciążenie charakterystyczne

Przypadek obciążenia: strefa C

Podstawowa bazowa prędkość wiatru: $v_{b,o} = 22.000\text{ m/s}$

Intensywność turbulencji: $I_v = 0.355$

Współczynnik chropowatości: $c_r = 0.655$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru: $q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (c_r \cdot c_o \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o})^2$

$q_p = (1 + 7 \cdot 0.355) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot (0.655 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 22.000)^2 = 0.453\text{kPa}$

Wartość oddziaływania: $s = c_{p,net} \cdot q_p = 0.60$

Do dalszych obliczeń przyjęto: 0.6 kN/m² (Zalecana)

5.2 PRZYJĘTE SCHEMATY STATYCZNE DO OBLICZEŃ KONSTRUKCYJNYCH

- Płatwie dachowe jako belki czteroprzęśłowe obciążone obciążeniem równomiernie rozłożonym (parcie i ssanie wiatru, obciążenie śniegiem, obciążenia stałe, obciążenia zmienne), swobodnie podparte na kratownicach
- Dźwigary dachowe kratowe, obciążone siłami skupionymi (reakcje od płatwi), w przęsłach skrajnych spięte ściągiem stalowym na podporach, swobodnie podparte na słupach i trzpieniach żelbetowych
- Słupy i trzpień żelbetowe jako wsporniki utwierdzone w stopach fundamentowych, obciążone pionowo i poziomo siłą skupioną (reakcje od dźwigarów, parcie wiatru), poziomo siłą skupioną
- Nadproże monolityczne jako belka monolityczna dwuprzęsłowa oparta na istniejącej konstrukcji murowej, obciążona oddziaływaniem równomiernych od ciężaru ściany attyki

5.3 WYMIAROWANIE

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych przeprowadzono według przedmiotowych norm (wymienione w pkt. 1.2.3.) programami komputerowymi: SOLDIS Projektant X2 i SOLDIS Projektant 3D. Kompletne obliczenia zachowane są w archiwum jednostki projektowej.

5.3.1 FUNDAMENTY WIATA A

Konstrukcję fundamentów wiaty stanowi ruszt monolityczny w postaci stóp i ław fundamentowych o grubości 40 cm posadowionych. Beton klasy C25/30 W8, stal B500SP, otulina 5 cm. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Stopy fund. SF.1 - 40x120x120 cm, zbrojenie dołem $\phi 12$ co 15 cm krzyżowo, ze stóp wypuścić pręty startowe słupów

Ławy fund. ŁW.01 - 40x50 cm, zbrojenie górą 2 $\phi 12$, zbrojenie dołem 2 $\phi 12$, strzemiona $\phi 8$ co 20 cm, zbrojenie ław należy zakotwić w stopach fundamentowych

Ławy fund. ŁW.02 - 40x120 cm, zbrojenie górą 4 $\phi 12$, zbrojenie dołem 4 $\phi 12$, strzemiona $\phi 8$ co 20 cm, zbrojenie ław należy doprowadzić i połączyć ze zbrojeniem startowym słupów i trzpieni monolitycznych

Ławy fund. ŁW.03 - 40x120 cm, zbrojenie górą 8 $\phi 12$, zbrojenie dołem 8 $\phi 12$, strzemiona $\phi 12$ co 15 cm

5.3.2 FUNDAMENTY WIATA B

Posadowienie wiaty B na płycie fundamentowej grubości 20 cm. Beton klasy C25/30 W8, stal B500SP, otulina 5 cm spód, 3 cm góra. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Płyta fund. PF.1 - 20x520x1250 cm, zbrojenie górą i dołem $\phi 8$ co 15 cm krzyżowo, krawędzie dozbrojone prętami C

5.3.3 ŚCIANY WIATA A

Konstrukcję ścian zewnętrznych zaprojektowano z elementów murowych – bloczków betonowych gr. 30 cm – fundamenty do poz. -0,20 m i 20 cm w części nadziemnej, murowane na zaprawę cementowo wapienną M5. Ściany skrzepowane wieńcami i trzpieniami monolitycznymi.

5.3.4 ŚCIANY WIATA B

Konstrukcję ścian zewnętrznych zaprojektowano jako monolityczną gr. 20 cm. Beton klasy C25/30 W8, stal B500SP, otulina 3 cm. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Ściana mon. SC.1 - 20x220x1250 cm, zbrojenie obustronne $\phi 8$ co 15 cm krzyżowo, krawędzie i naroża dozbrojone prętami C

Ściana mon. SC.2 - 20x220x1250 cm, zbrojenie obustronne $\phi 8$ co 15 cm krzyżowo, krawędzie i naroża dozbrojone prętami C

5.3.5 SŁUPY I TRZPIENIE ŻELBETOWE WIATA A

Zaprojektowano słupy monolityczne betonowane na mokro z betonu klasy C20/25, stal B500SP, otulina 3 cm. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Słupy **S.0.1** – $\phi 25$, zbrojenie $6\phi 16$, strzemiona $\phi 8$ co 5 cm – odcinek I rodzaju, strzemiona $\phi 6$ co 15 cm – odcinek II rodzaju.

T.-1.1 – 30x30 cm, zbrojenie $8\phi 16$, strzemiona czterocięte $\phi 8$ co 15 cm

T.1.1 – 30x30 cm, zbrojenie $8\phi 16$, strzemiona czterocięte $\phi 8$ co 15 cm

T.-1.2 – 30x30 cm, zbrojenie $8\phi 16$, strzemiona czterocięte $\phi 8$ co 15 cm

5.3.6 WIENCE WIATA A

Zaprojektowano jako belki żelbetowe monolityczne betonowane z betonu klasy C25/30, stal B500SP, otulina 3 cm. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Wieniec **W.-1.1** - 30x30 cm, zbrojenie $2\phi 12$ dołem, $2\phi 12$ górą, strzemiona $\phi 8$ co 20 cm

Wieniec **W.1.1** - 20x30 cm, zbrojenie $2\phi 12$ dołem, $2\phi 12$ górą, strzemiona $\phi 8$ co 20 cm

Wieniec **W.1.2** - 20x30 cm, zbrojenie $2\phi 12$ dołem, $2\phi 12$ górą, strzemiona $\phi 8$ co 20 cm

5.3.7 NADPROŻE BUD B

Zaprojektowano jako belki żelbetowe monolityczne betonowane z betonu klasy C25/30, stal B500SP, otulina 3,00 cm. Szczegóły wykonania zgodnie z częścią rysunkową dokumentacji.

Nadproża **N.1.1** - 22x30 cm, zbrojenie $3\phi 12$ dołem, $3\phi 12$ górą, strzemiona $\phi 8$ co 15 cm

5.4 KONSTRUKCJA DACHOWA WIATA A

Zaprojektowano wykonanie konstrukcji dachowej w postaci stalowych dźwigarów kratowych, opartych na słupach i trzpieniach monolitycznych, płatwie dachowe w postaci profili stalowych Z o schemacie belek czteroprzęsłowych, mocowanych do dźwigarów za pomocą blach węzłowych. Stężenie pasa górnego kratownicy za pomocą pokrycia dachowego z blachy trapezowej, stężenie pasa dolnego w przęsłach skrajnych ściągami stalowymi $\phi 16$. Elementy stalowe ocynkowane ogniowo: $80\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ (wg PN-EN ISO 141713 i PN-EN ISO 1461)

Płatew	:	ZETOWNIK: 180x68x60x2.5
Pas górny	:	RK 80x80x5 Stal S275JR2
Pas dolny	:	RK 80x80x5 Stal S275JR2
Słupki	:	RK 60x60x3 Stal S275JR2
Krzyżulce	:	RK 60x60x3 Stal S275JR2

Uwaga:

Blachy węzłowe należy montować na kotwy fajkowe M16 kl.8.8 lub na kotwę chemiczną M16 kl. 8.8 min. głębokość zakotwienia min. 250 mm, przy doborze łączników należy przyjąć siły w pojedynczej kotwie: $N_{Ed} = 5,00 \text{ kN}$ - rozciąganie, $V_{Ed} = 10,0 \text{ kN}$ - ścinanie.

Zetownik przyjęto jako belkę ciągłą o schemacie statycznym czteroprzęsłowym z zakładami na podporach obciążenie obliczeniowe na 1mb - 2,20 kN/m, ssanie wiatru 1,26 kN/m, obciążenie charakterystyczne dla ugięcia $L/200 = 1,49$ kN/m

Stężenie połączeniowe należy przyjąć zgodnie z zaleceniami producenta zetowników dla rozpiętości 6,60 m.

6 TECHNOLOGIA WYKONANIA ROBÓT

6.1.1 ROBOTY MUROWE

Przyjęto kategorię A wykonania robót murowych. Roboty murarskie winien wykonywać należycie wyszkolony zespół pod nadzorem majstra murarskiego. Należy stosować zaprawę produkowaną fabrycznie. Jakość robót winna być kontrolowana przez osobę o odpowiednich kwalifikacjach, niezależna od wykonawcy. Do wykonania budynku należy stosować elementy murowe zaliczane do I kategorii (oznacza to, że gwarantowaną wytrzymałość na ściskanie posiada minimum 95% elementów murowych),

6.1.2 IZOLACJE

- Pozioma i pionowa izolacja przeciwwodna wykonywana na ławach, stopach fundamentowych, pozostałych elementach konstrukcyjnych poniżej poziomu posadowienia.

7 UWAGI KOŃCOWE

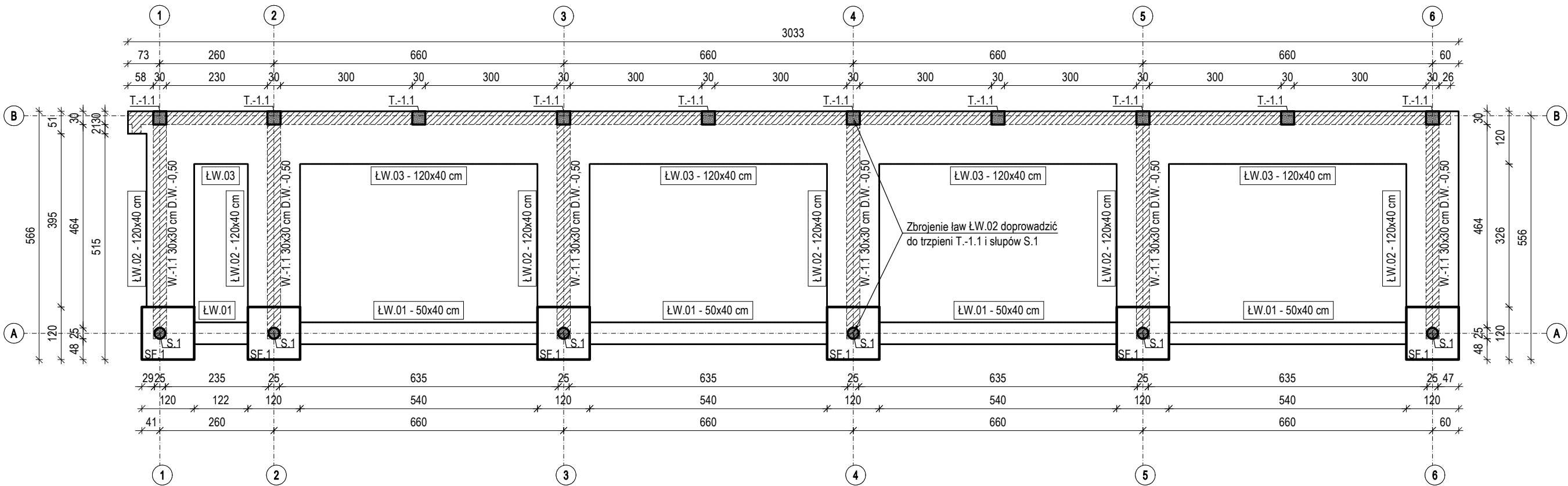
- Projekt rozpatrywać całościowo – opis techniczny, obliczenia oraz rysunki
- W przypadku pojawienia się wątpliwości interpretacyjnych w zaproponowanych rozwiązaniach technicznych, należy porozumieć się z autorem opracowania w celu jednoznacznego ustalenia sposobu rozwiązania technicznego
- Wszelkie prace budowlane przy wykonywaniu obiektu należy wykonać zgodnie z normami, wiedzą techniczną i pod właściwym kierownictwem osoby uprawnionej oraz z zachowaniem przepisów BHP.
- Przed przystąpieniem do realizacji wykonawca zobowiązany jest do opracowania projektu organizacji robót. Projekt organizacji musi uwzględniać stateczność konstrukcji na każdym etapie jej realizacji
- Do prac budowlanych należy używać wyłącznie materiałów i wyrobów posiadających odpowiednie dopuszczenia i atesty umożliwiające ich stosowanie w Polsce

8 CZĘŚĆ RYSUNKOWA

NAZWA RYSUNKU	SKALA	NR RYS.
RZUT FUNDAMENTÓW WIATA A	1:100	K01
RZUT PRZYZIEMIA WIATA A	1:100	K02
RZUT KONSTRUKCJI DACHU WIATA A	1:100	K03
STOPA FUNDAMENTOWA SF.1, TRZPIEŃ T.-1.1 WIATA A	1:25	K04
SŁUP S.1, TRZPIEŃ T.1.1, T.1.2 WIATA A	1:25	K05
KRATOWNICA K1 - WIATA A	1:10	K06
BLACHY WĘZŁOWE KRATOWNICA K1 - WIATA A	1:5	K07
RZUT KONSTRUKCJI PRZYZIEMIA - BOKS B	1:50	K08
PŁYTA FUNDAMENTOWA PF.1 - BOKS B	1:50	K09
ŚCIANA MONOLITYCZNA SC.1, SC.2 - BOKS B	1:50	K10
NADPROŻE N.1 - BUDYNEK D	1:50	K11

RZUT KONSTRUKCJI FUNDAMENTÓW WIATA A

Skala 1:100



ŁW.01 40x50 cm

Dł. łącznie 29,00 mb

Skala 1:25

ŁW.02 40x120cm

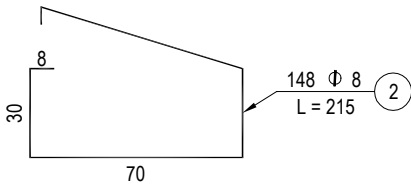
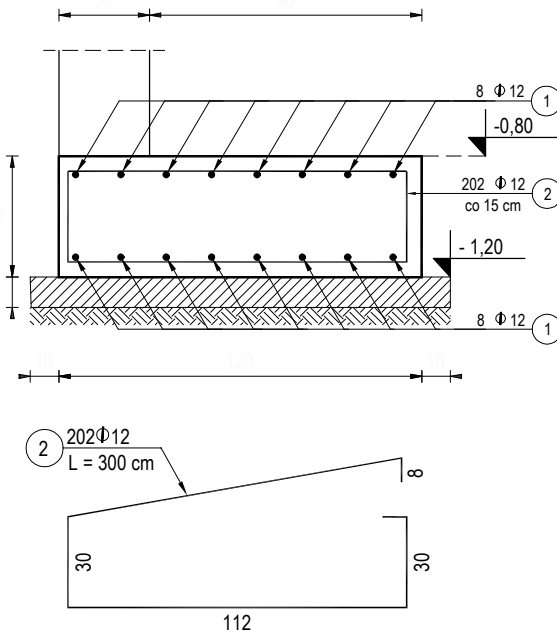
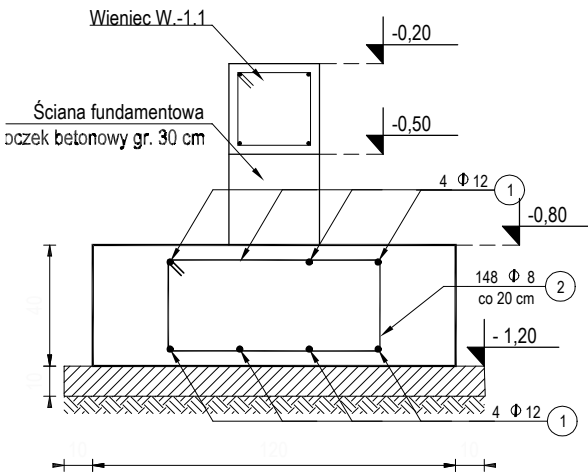
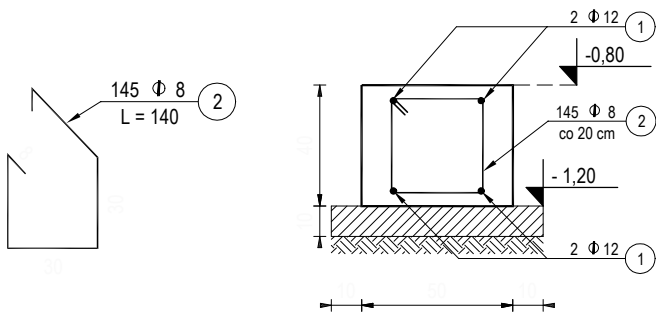
Dł. łącznie 24,60 mb

Skala 1:25

ŁW.03 40x120cm

Dł. łącznie 30,33 mb

Skala 1:25



ZESTAWIENIE STALI									
Element	Liczba elemntów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba sztuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowity	
								#8	#12
ŁW.01	29	1	12	4	1,00	0,888	B500SP		103
		2	8	5	1,40	0,397	B500SP	81	
ŁW.02	24,6	1	12	8	1,00	0,888	B500SP		175
		2	8	5	2,15	0,397	B500SP	105	
ŁW.03	30,33	1	12	16	1,00	0,888	B500SP		431
		2	12	6,6	3,00	0,888	B500SP		533
Waga łącznie wg średnic [kg]								186	1242
Waga łącznie [kg]								1428	

STAL B500SP

OTULINA ZBROJENIA 5 CM

CHUDY BETON C8/10 GR. 10 CM

PODSYPKA PIASKOWA GR. 15 CM $\rho_b=0,95$

- konstrukcja ścian fundamentowych bloczki betonowe gr. 30 cm do rzędnej -0,20 m
- przed przystąpieniem do wykonania robót należy sprawdzić rzędną posadowienia ław fundamentowych budynku D, posadowienie projektowanej wiaty należy realizować na tym samym poziomie, lecz nie płycej niż głębokość przemarzania gruntu $H_z = 1,00$ m, w przypadku stwierdzenia znacznych rozbieżności fakt ten należy zgłosić Projektantowi
- wymiary podano w centymetrach, (rzędne w metrach)
- rzędne stóp fundamentowych podano na szczegółach
- wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie
- zachować ciągłość zbrojenia ław fundamentowych, zbrojenie ław ŁW.01 i ŁW.02 doprowadzić do słupów i trzpieni
- ze stóp i ław fundamentowych wypuścić zbrojenie startowe słupów
- rysunek rozstrzygać łącznie z projektami pozostałych branż



Kosikowski Architektura

22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B
e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com
tel: 512 315 710

„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.

Investor: Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw

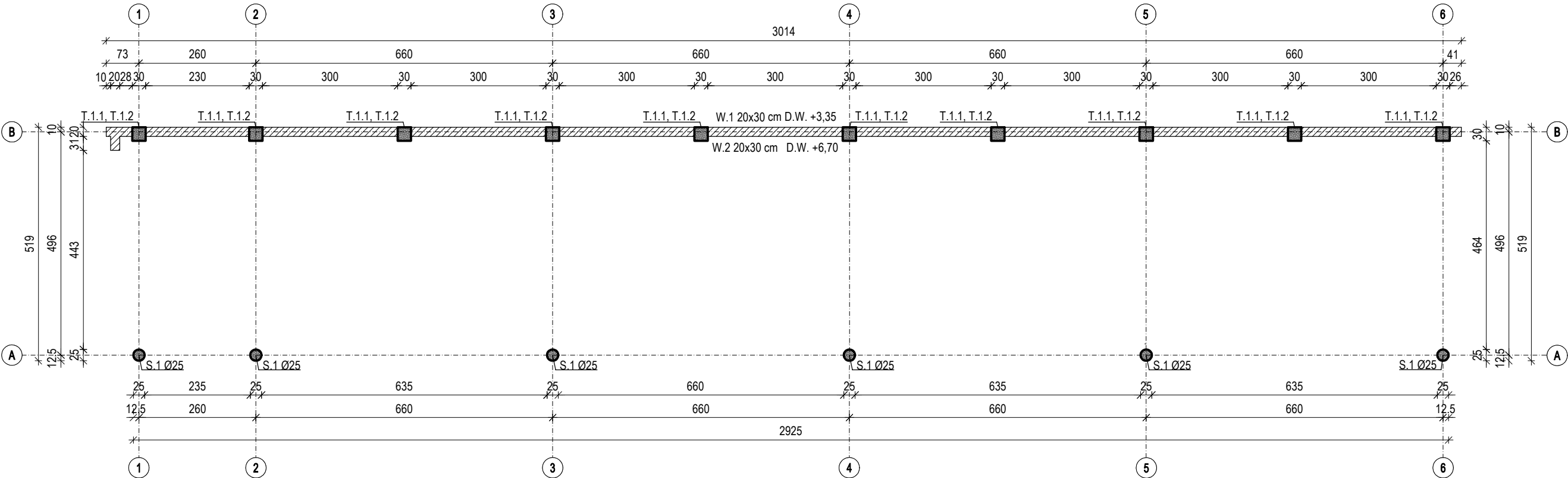
Tytuł rysunku: RZUT FUNDAMENTÓW WIATA A

Projektant: mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Sprawdzający: mgr inż. Łukasz Kielbus upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

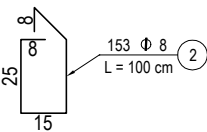
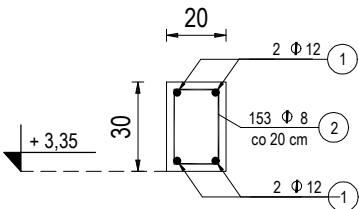
Stadium PT: Data: 10/10/2022 Skala: 1 : 100 Nr rysunku: K01

RZUT KONSTRUKCJI PRZYZIEMIA WIATA A
Skala 1:100



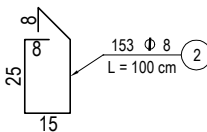
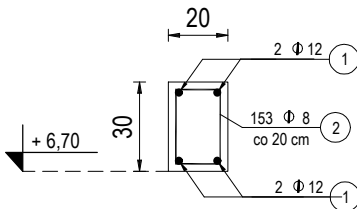
W.1.1 - 20x30 cm

Dł. łączna: 30,45 mb
Skala 1:25



W.1.2 - 20x30 cm

Dł. łączna: 30,45 mb
Skala 1:25



LEGENDA:




- ściany konstrukcyjne z bloczków betonowych gr. 20 cm na zaprawie cem-wap
- słupy, trzpienie monolityczne

UWAGI:

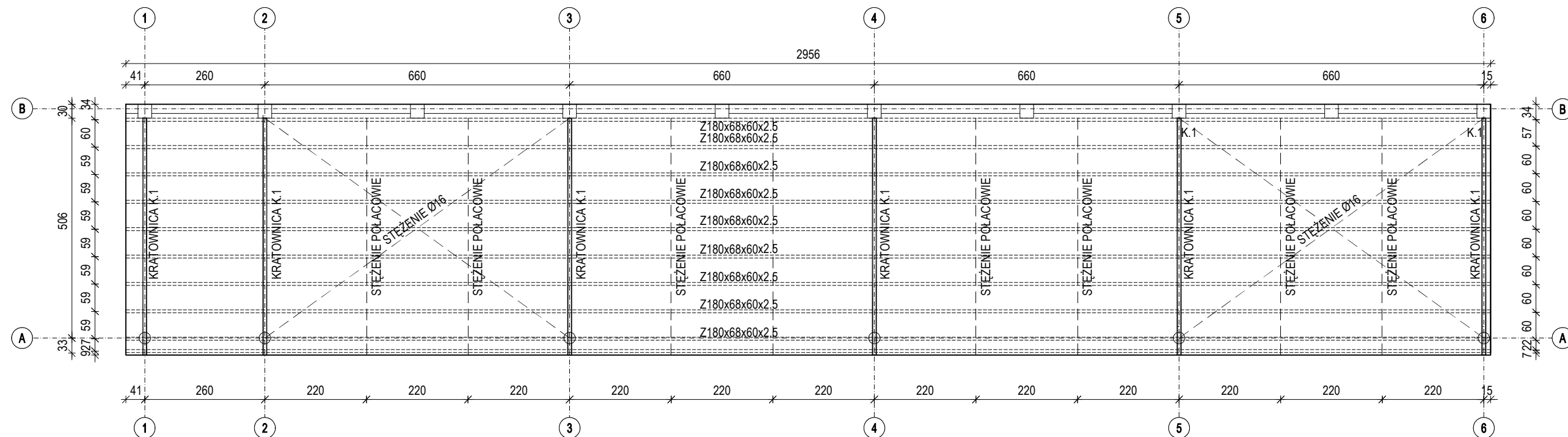
- wymiary podano w centymetrach
- rzędne podano w metrach
- projekt rozpatrywać łącznie z proj. branżowymi
- przed rozpoczęciem robót należy wszystkie wymiary zweryfikować na budowie, w przypadku stwierdzenia znacznych rozbieżności fakt ten należy zgłosić projektantowi konstrukcji

ZESTAWIENIE STALI									
Element	Liczba elemntów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba szuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowity	
								#8	#12
W1.1	30,45	1	12	4	1,00	0,888	B500SP		108
		2	8	5	1,00	0,397	B500SP	60	
W1.1	30,45	1	12	4	1,00	0,888	B500SP		108
		2	8	5	1,00	0,397	B500SP	60	
Waga łącznie wg średnic [kg]								121	216
Waga łącznie [kg]								337	

UWAGI:
BETON C25/30
STAL B500SP
OTULINA ZBROJENIA 3 CM

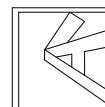
	Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710		
Obiekt / adres inwestycji	<i>„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego , wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.</i>		
Inwestor	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Tytuł rysunku	RZUT PRZYZIEMIA WIATA A		
Projektant	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKz/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Sprawdzający	mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Stadium PT	Data 10/10/2022	Skala 1 : 100	Nr rysunku K02

Skala 1:100





KRATOWNICA K1 - 6 SZT.

1. Wymiary podano w centymetrach. (rzędne w metrach),
2. Zetownik przyjęto jako belkę o schemacie statycznym czteroprzęsłowym z zakładami na podporach obciążenie obliczeniowe na 1mb - 2,20 kN/m, ssanie wiatru 1,26 kN/m, obciążenie charakterystyczne dla ugięcia L/200 1,49 kN/m
3. Stężeń połaciowe należy przyjąć zgodnie z zaleceniami producenta zetowników dla rozpiętości 6,60 m
4. Stężenie Ø16 mocować w pasie dolnym kratownicy
5. Rysunek rozpatrywać łącznie z opisem technicznym
6. Pokrycia blacha trapezowa wg. opisu architektury
7. Wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie

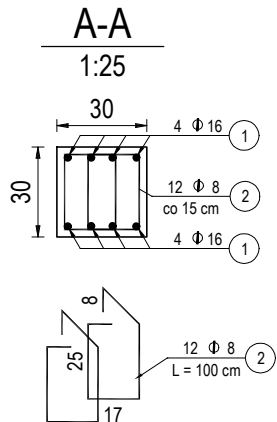
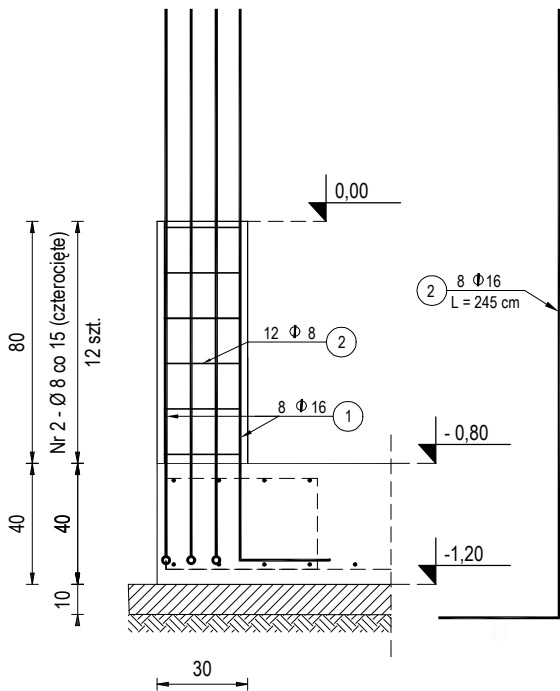


22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B
e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com
tel: 512 315 710

Objekt / adres inwestycji	„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegającą na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.		
Inwestor	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Tytuł rysunku	RZUT KONSTRUKCJI DACHU WIATA A		
Projektant	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKw/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 	
Sprawdzający	mgr inż. Łukasz Kielbaso upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 	
Stadium PT	Data 10.10.2022	Skala 1 : 100	Nr rysunku K03

T.-1.1- 30x30x80 cm

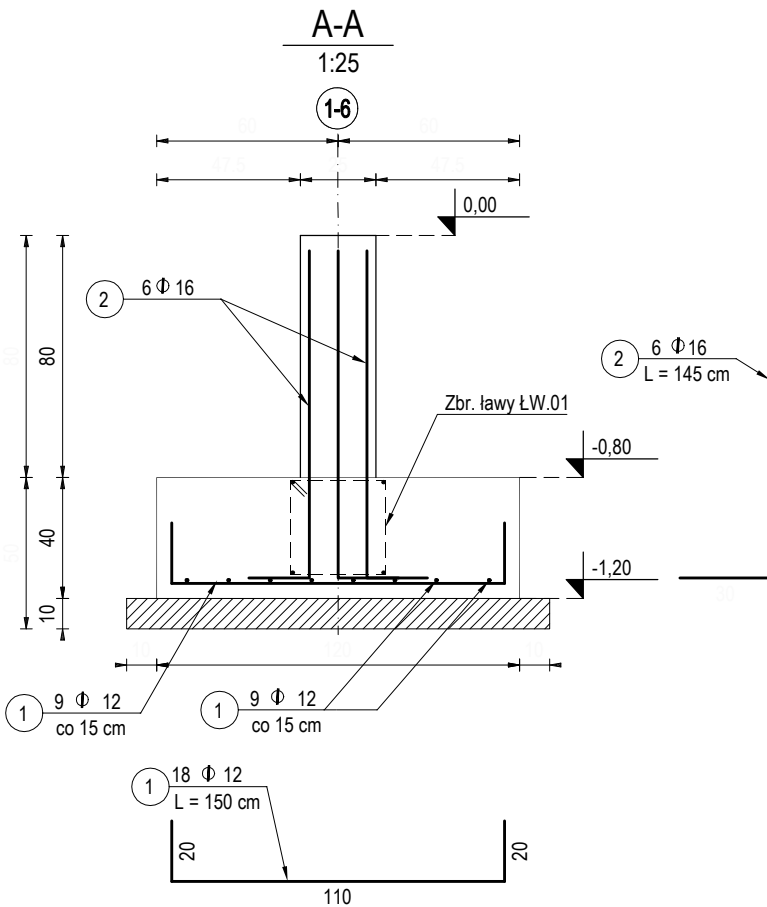
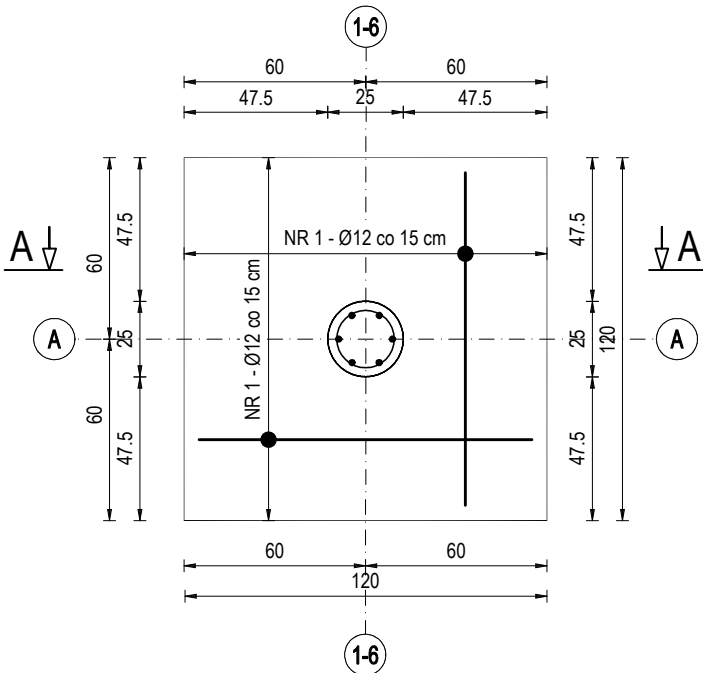
Ilość - 10 szt.
Skala 1:25



ZESTAWIENIE STALI										
Element	Liczba elementów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba sztuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowity		
								#8	#12	#16
SF.1	6	1	12	9	1,50	0,888	B500SP		72	
		2	16	6	1,40	1,588	B500SP			80
T.-1.1	10	1	16	8	2,45	1,588	B500SP			311
		2	8	12	1,00	0,397	B500SP	48		
W.-1.1	29,34	1	12	4	1,00	1,588	B500SP		186	
		2	8	5	1,15	0,397	B500SP	67		
Waga łącznie wg średnic [kg]								115	258	391
Waga łącznie [kg]								764		

SF.1 40x120x120 cm

szt. 6
Skala 1:25

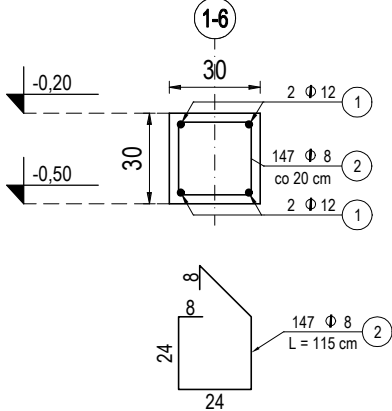


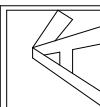


BETON C25/30 W8
STAL B500SP
OTULINA ZBROJENIA 5 CM
CHUDY BETON C8/10 GR. 10 CM
PODSYPKA PIASKOWA GR. 15 CM $\rho_b=0,95$

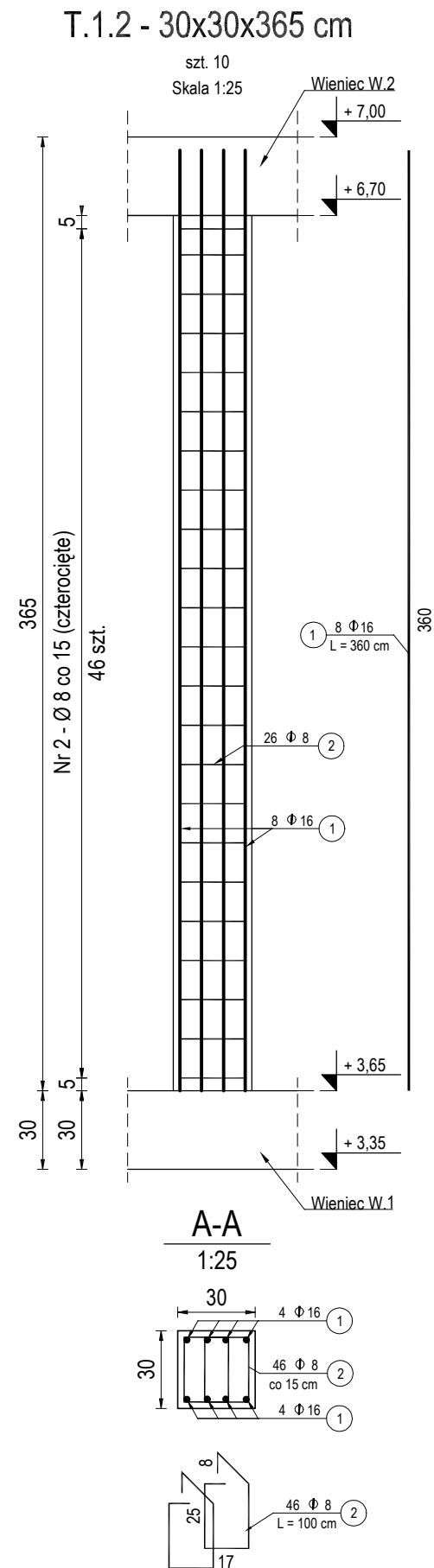
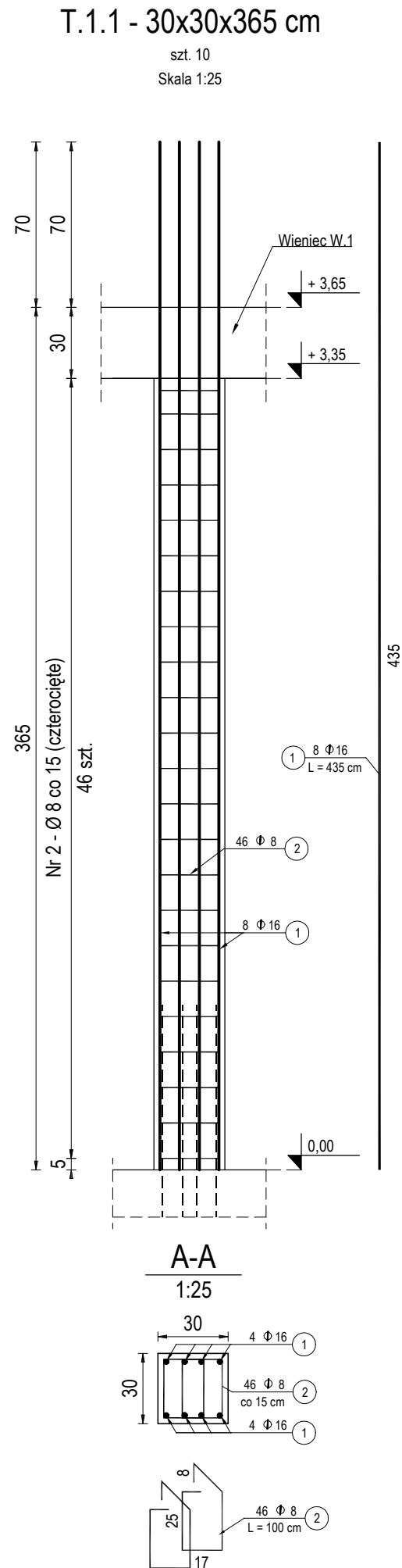
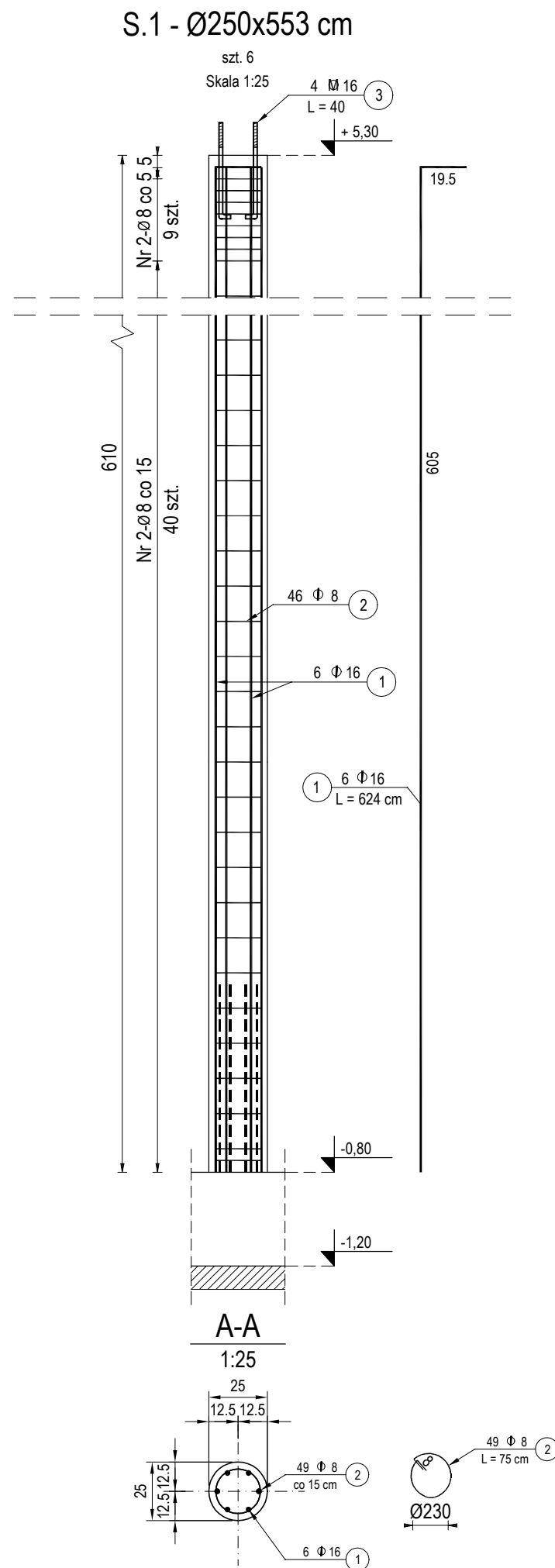
- konstrukcja ścian fundamentowych bloczki betonowe gr. 30 cm do rzędnej -0,20 m
- przed przystąpieniem do wykonania robót należy sprawdzić rzędną posadowienia ław fundamentowych budynku D, posadowienie projektowanej wiaty należy realizować na tym samym poziomie, lecz nie płycej niż głębokość przemarzania gruntu $H_z = 1,00$ m, w przypadku stwierdzenia znacznych rozbieżności fakt ten należy zgłosić Projektantowi
- wymiary podano w centymetrach, (rzędne w metrach)
- rzędnę stóp fundamentowych podano na szczegółach
- wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie
- zachować ciągłość zbrojenia ław fundamentowych, zbrojenie ław ŁW.01 i ŁW.02 doprowadzić do słupów i trzpieni
- ze stóp i ław fundamentowych wypuścić zbrojenie startowe słupów
- rysunek rozpatrywać łącznie z projektami pozostałych branż

W.-1.1 - 30x30 cm

Dł. łączna: 29,34 mb
Skala 1:25



		Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710	
Obiekt / adres inwestycji		„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.	
Inwestor		Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw	
Tytuł rysunku		STOPA FUNDAMENTOWA SF.1, TRZPIEŃ T.-1.1	
Projektant		mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Sprawdzający		mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Stadium PT		Data 10/10/2022	Skala 1 : 25
		Nr rysunku K04	



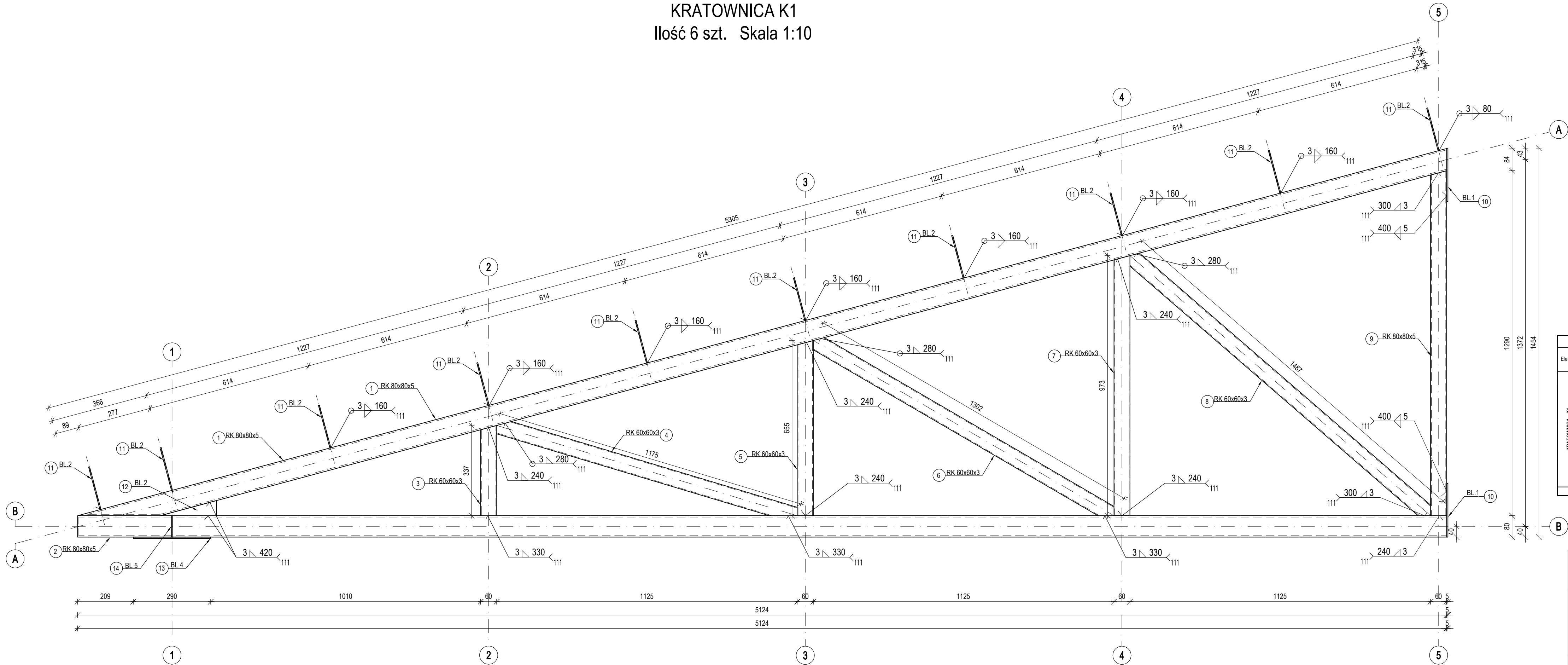
UWAGI:
BETON C25/30
STAL B500SP
OTULINA ZBROJENIA 3 CM

- wymiary podano w centymetrach, (rzędne w metrach)
- wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie
- przed przystąpieniem do wykonywania słupów należy sprawdzić czy wszystkie pręty startowe znajdują się wzdłuż wyznaczonej osi z tolerancją +/- 3 cm
- przed przystąpieniem do betonowania słupy należy zrektyfikować przez uprawnionego geodetę
- rysunek rozpatrywać łącznie z opisem technicznym
- wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie

ZESTAWIENIE STALI									
Element	Liczba elementów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba sztuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowity	
								#8	#16
S.1	6	1	16	6	6,24	1,588	B500SP		357
		2	8	49	0,75	0,397	B500SP	88	
T.1.1	10	1	16	8	4,35	1,588	B500SP		553
		2	8	46	1,00	0,397	B500SP	183	
T.1.2	10	1	16	8	3,60	1,588	B500SP		457
		2	8	46	1,00	0,397	B500SP	183	
Waga łącznie wg średnic [kg]								453	1367
Waga łącznie [kg]								1819	


	Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710		
	<i>„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.</i>		
Obiekt / adres inwestycji	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Inwestor	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Tytuł rysunku	SŁUP S.1, TRZPIEŃ T.1.1, T.1.2		
Projektant	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKz/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 	
Sprawdzający	mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 	
Stadium PT	Data 10/10/2022	Skala 1 : 25	Nr rysunku K05

KRATOWNICA K1
Ilość 6 szt. Skala 1:10



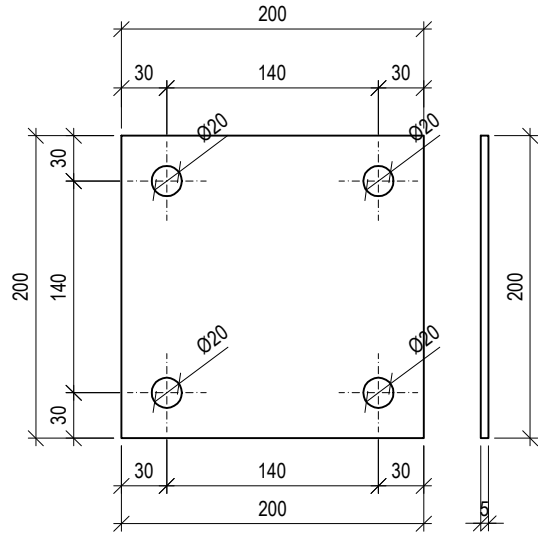
- UWAGI:
STAL: S275JR2
1. Wymiary podano w milimetrach.
 2. Konstrukcja ocynkowana ogniowo: $80\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ (wg PN-EN ISO 14 PN-EN ISO 1461)
 3. Wszystkie zmiany wprowadzone przez wykonawcę w trakcie trwania robót, także te mające na celu zmianę technologii robót powinny być przedstawione nadzorowi autorskiemu w celu weryfikacji zatwierdzenia.
 5. Rysunek rozpatrywać łącznie z opisem technicznym
 6. Blachy węzłowe należy montować na kotwy fajkowe M16 kl.8.8 lub na chemiczną M16 kl. 8.8 min. głębokość zakotwienia min. 250 mm, prz łączników należy przyjąć siły w pojedynczej kotwie: $N_{Ed} = 5,00 \text{ kN}$ - r $V_{Ed} = 10,0 \text{ kN}$ - ścinanie
 7. Wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie.

ZESTAWIENIE STALI KSZTAŁTOWEJ								
Element	Liczba elementów	Poz.	Przekrój	Liczba szt.	Przekrój wym. A [mm]	Przekrój wym. B [mm]	Długość [m]	Ciepłota [kg/m ³]
KRATOWNICA K1	6	1	RK 80x80x5	1	80	80	5,305	1,13
		2	RK 80x80x5	1	80	80	5,124	11,3
		3	RK 60x60x3	1	80	60	0,337	5,19
		4	RK 60x60x3	1	60	60	1,175	5,19
		5	RK 60x60x3	1	60	60	0,855	5,19
		6	RK 60x60x3	1	60	60	1,302	5,19
		7	RK 60x60x3	1	60	60	0,973	5,19
		8	RK 60x60x3	1	60	60	1,487	5,19
		9	RK 80x80x5	1	80	80	1,290	11,3
		10	BL 1 5x200x200	2	5	200	0,200	7875
		11	BL 2 4x150x165	10	5	150	0,165	7875
		12	BL 3 1/2 5x57x211	1	5	57	0,211	7875
		13	BL 4 5x250x250	1	5	250	0,250	7875
		14	BL 5 1/2 5x85x85	1	5	85	0,085	7875
Waga łącznie [Kg]								

		Kosikowski Arch			
		22-100 Chel'm ul.C			
		e-mail: radoslawkosikow			
		t			
Opiekun / adres inwestycji	Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie", ul. Pii 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie w magazynowej, boksu magazynowego , wagi najła samochodowej oraz przebudowie budynku maga polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.				
	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw				
	KRATOWNICA K1 - WIATA A				
	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej		Podpis		
	mgr inż. Łukasz Kiebus upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej		Podpis		
Stadium PT	Data 10/10/2022		Skala 1 : 10	Nr rysunk	

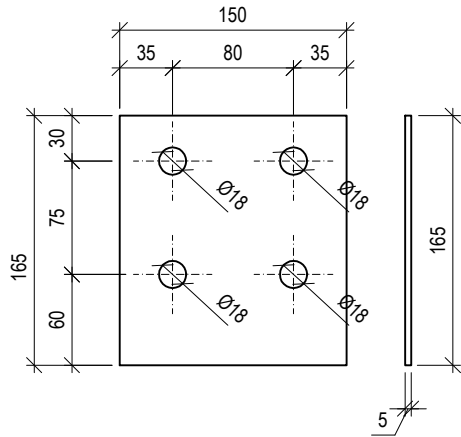
BL.1 5x200x200

Ilość - 2 szt.
SKALA 1:5



BL.2 5x150x165

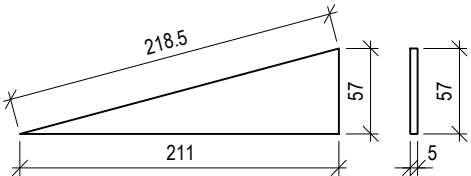
Ilość - 10 szt.
SKALA 1:5



UWAGA: Wymiary blachy, rozstaw i wymiar otworów, należy dostosować do wymagań producenta profili Z.

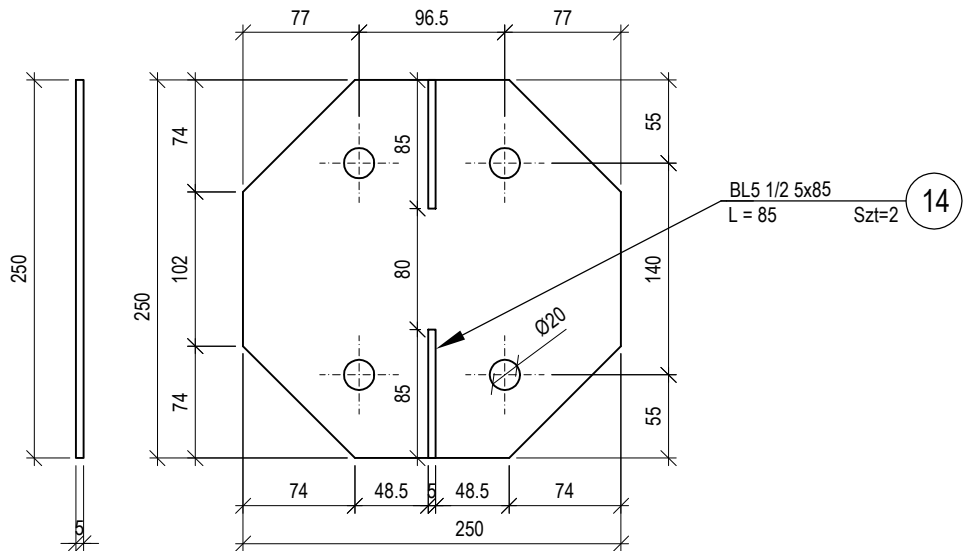
BL.3 1/2 5x57x211

Ilość - 1 szt.
SKALA 1:5



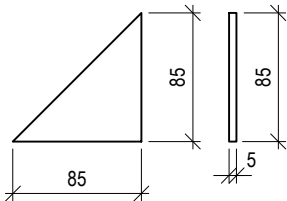
BL.4 5x250x250

Ilość - 1 szt.
SKALA 1:5






BL.5 1/2 5x85x85

Ilość - 2 szt.
SKALA 1:5



UWAGI:

1. STAL S275JR2
2. Spoiny nieoznaczone należy przyjąć gr. 3 mm
3. Wszystkie wymiary zweryfikować na budowie.
5. Na rysunkach konstrukcji podano wymiary w osiach profili.
6. Konstrukcja ocynkowana ogniowo: 80µm ±10µm (wg PN-EN ISO 141713 i PN-EN ISO 1461)
7. Rysunek należy rozpatrywać łącznie z projektami branżowymi.

 <div>Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710</div>			
Obiekt / adres inwestycji	„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.		
Inwestor	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Tytuł rysunku	BLACHY WĘZŁOWE KRATOWNICA K1 - WIATA A		
Projektant	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Sprawdzający	mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Stadium PT	Data 10/10/2022	Skala 1 : 5	Nr rysunku K07

RZUT KONSTRUKCJI PRZYZIEMIA - BOKS B
Skala 1:50

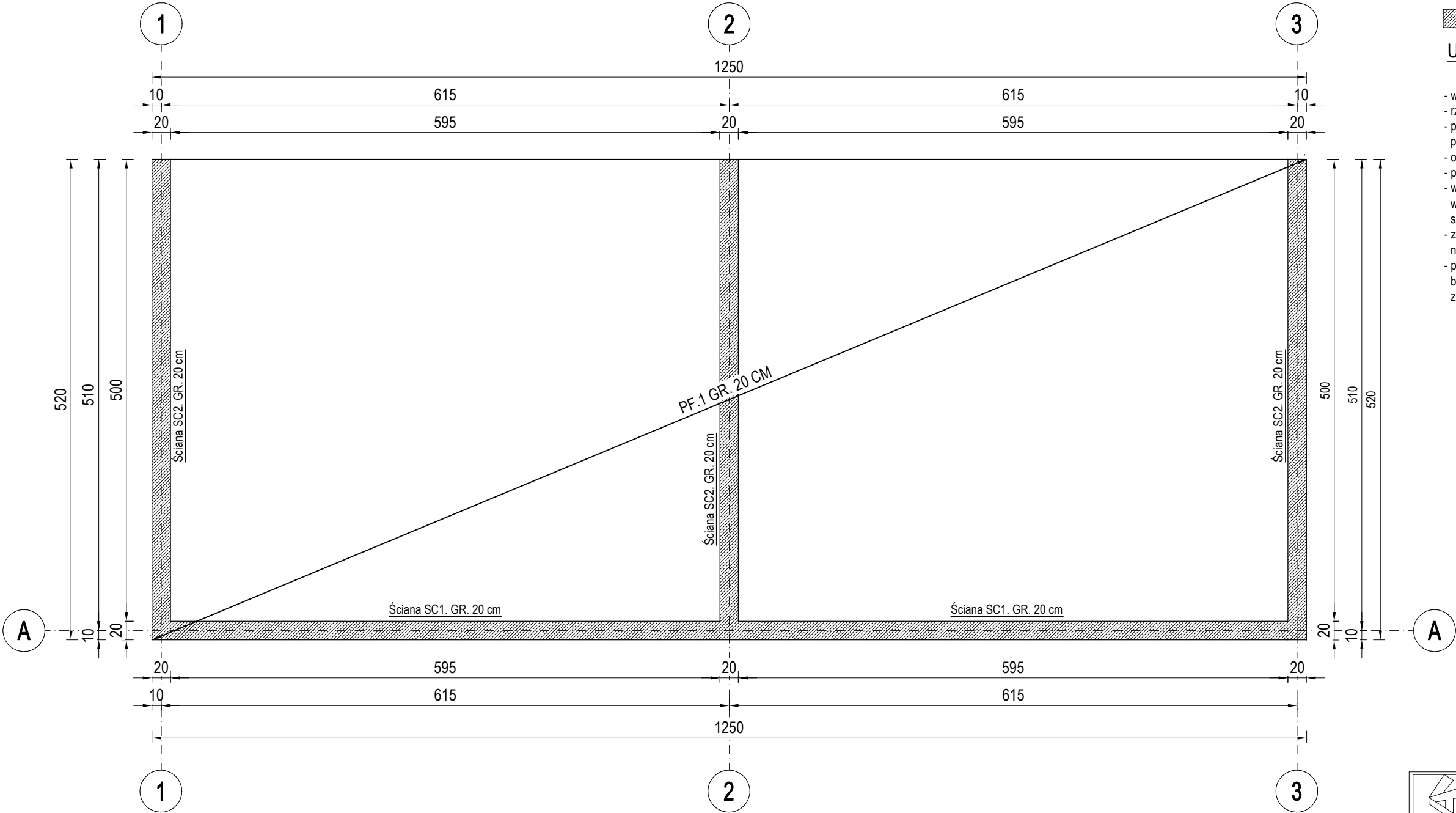
BETON: C20/25
STAL: B500SP
OTULINA: 25 mm

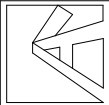


LEGENDA:

- ściana monolityczna SC gr. 20 cm

UWAGI:

- wymiary podano w centymetrach
- rzędne podano w metrach
- projekt rozpatrywać łącznie z opisem technicznym, proj. Architektonicznym i projektami branżowymi
- otwory po instalacje wg. projektów branżowych
- przerwy robocze przed betonowaniem należy oczyścić i zwilżyć wodą
- wszystkie prace budowlane powinny być wykonywane przez wyspecjalizowane ekipy pod fachowym nadzorem z zachowaniem zasad sztuki budowlanej, zasad BHP, polskich norm, wytycznych producentów
- zabrania się łączenia prętów w jednym przekroju, pręty należy rozkładać naprzemienie, maks. 50% łączenia prętów w przekroju
- przed rozpoczęciem robót należy wszystkie wymiary zweryfikować na budowie, w przypadku stwierdzenia znacznych rozbieżności fakt ten należy zgłosić projektantowi konstrukcji



 <div>Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710</div>			
Obiekt / adres inwestycji	„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.		
Inwestor	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw		
Tytuł rysunku	RZUT KONSTRUKCJI PRZYZIEMIA - BOKS B		
Projektant	mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Sprawdzający	mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis	
Stadium PT	Data 10/10/2022	Skala 1 : 50	Nr rysunku K08

PŁYTA FUNDAMENTOWA PF.1
SKALA 1:50

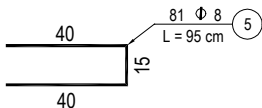
BETON C25/30 W8
STAL B500SP
GRUBOŚĆ PŁYTY 20 CM
OTULINA ZBROJENIA 3 CM GÓRA
OTULINA ZBROJENIA 5 CM SPÓD

- UWAGI:
- płytę fundamentową wykonać na warstwie chudego betonu C8/10 gr. 10 cm
 - warstwa odsączająca piasek średni gr. min. 30 cm $I_d = 0,95$
 - izolacja przeciwwilgociowa typu średniego
 - zakład prętów zbrojeniowych 40 cm
 - przed betonowaniem należy zamontować zbrojenie startowe ścian monolitycznych SC.1 I SC.2

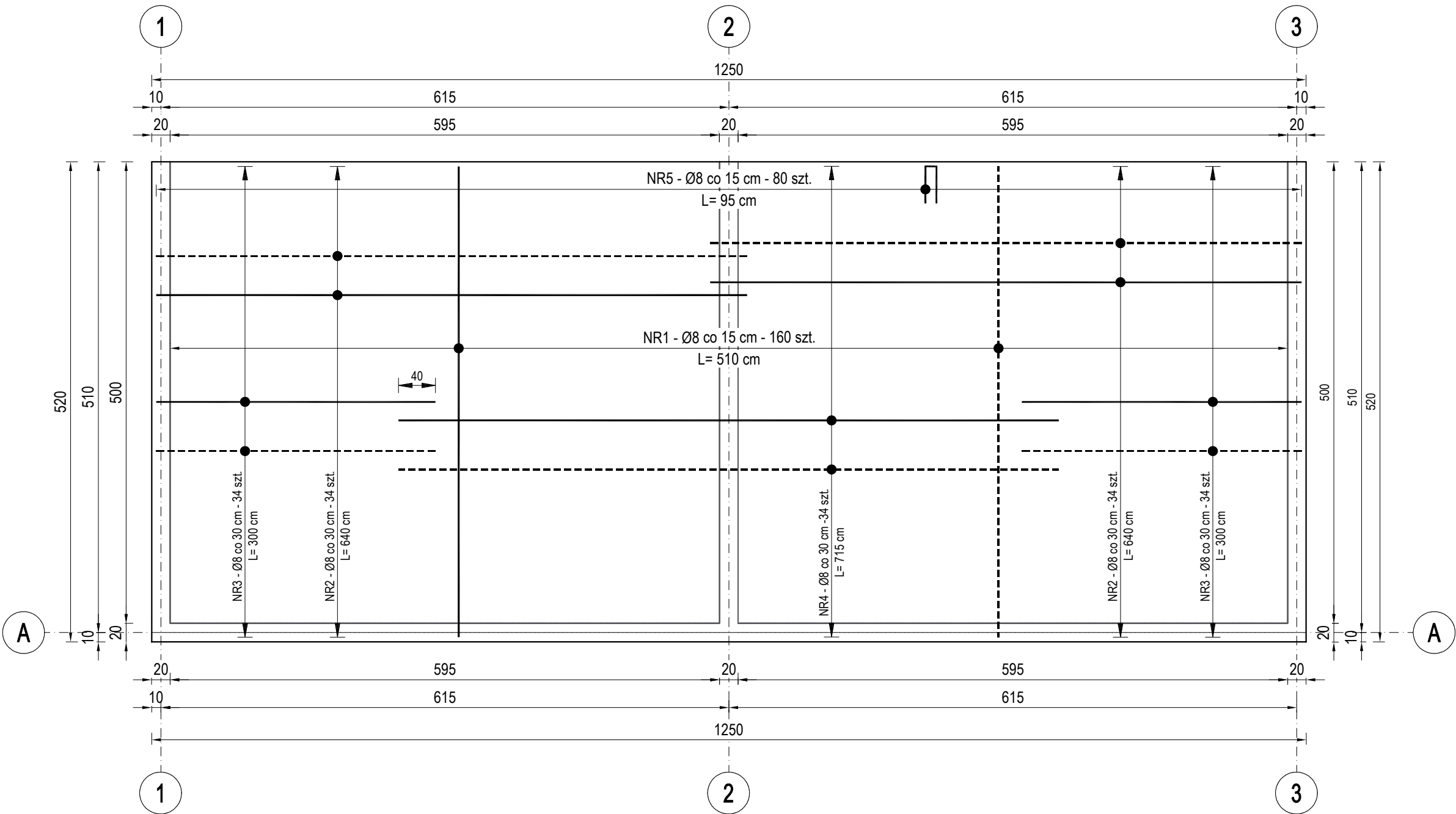
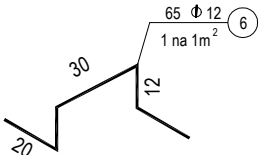
LEGENDA

- ZBR. GÓRNE #8 - 15x15 cm
- ZBR. DOLNE #8 - 15x15 cm




PRĘTY KRAWĘDZIOWE



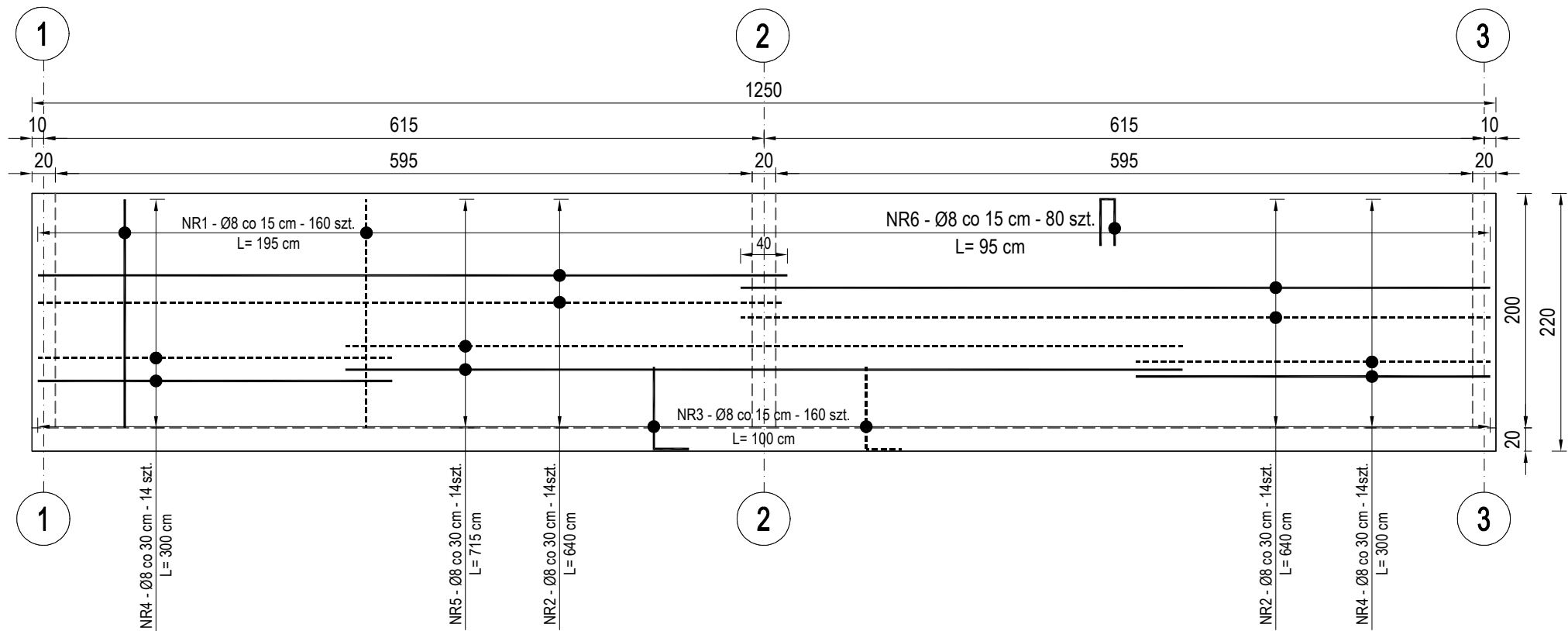
PRĘTY DYSTANSOWE



ZESTAWIENIE STALI								
Element	Liczba elemntów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba szuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowit y #8
PF.1	1	1	8	160	5,10	0,397	B500SP	324
		2	8	68	6,40	0,397	B500SP	173
		3	8	68	3,00	0,397	B500SP	81
		4	8	34	7,15	0,397	B500SP	97
		5	8	80	0,95	0,397	B500SP	30
		6	8	65	1,00	0,397	B500SP	26
Waga łącznie wg średnic [kg]								730
Waga łącznie [kg]								730

		Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710	
Obiekt / adres inwestycji		„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego, wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.	
Inwestor		Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw	
Tytuł rysunku		PŁYTA FUNDAMENTOWA PF.1 - BOKS B	
Projektant		mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Sprawdzający		mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Stadium PT		Data 10/10/2022	Skala 1 : 50
		Nr rysunku K09	

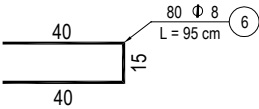
ŚCIANA SC.1 GR. 20 CM
Skala 1:50 Ilość: 1 szt.



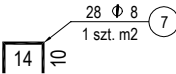
BETON C25/30 W8
STAL B500SP
GRUBOŚĆ ŚCIANY 20 CM
OTULINA ZBROJENIA 3 CM

LEGENDA
- ZBR. PRZÓD #8 - 15x15 cm
- ZBR. TYŁ #8 - 15x15 cm

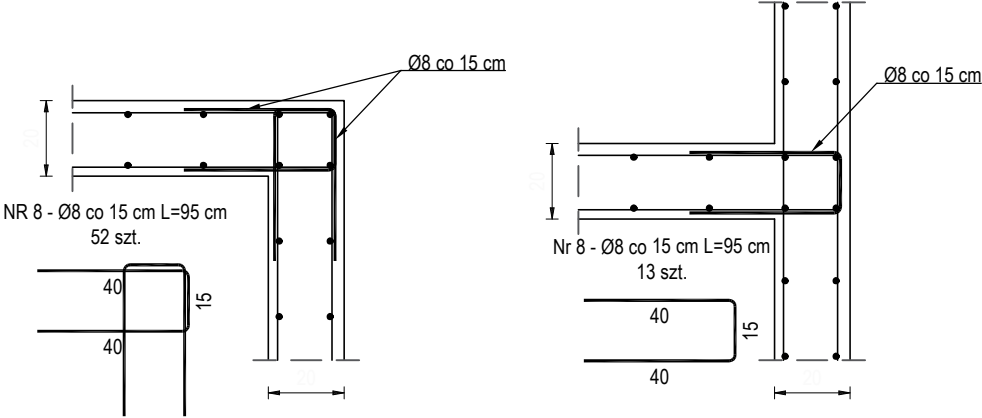
PRĘTY KRAWĘDZIOWE



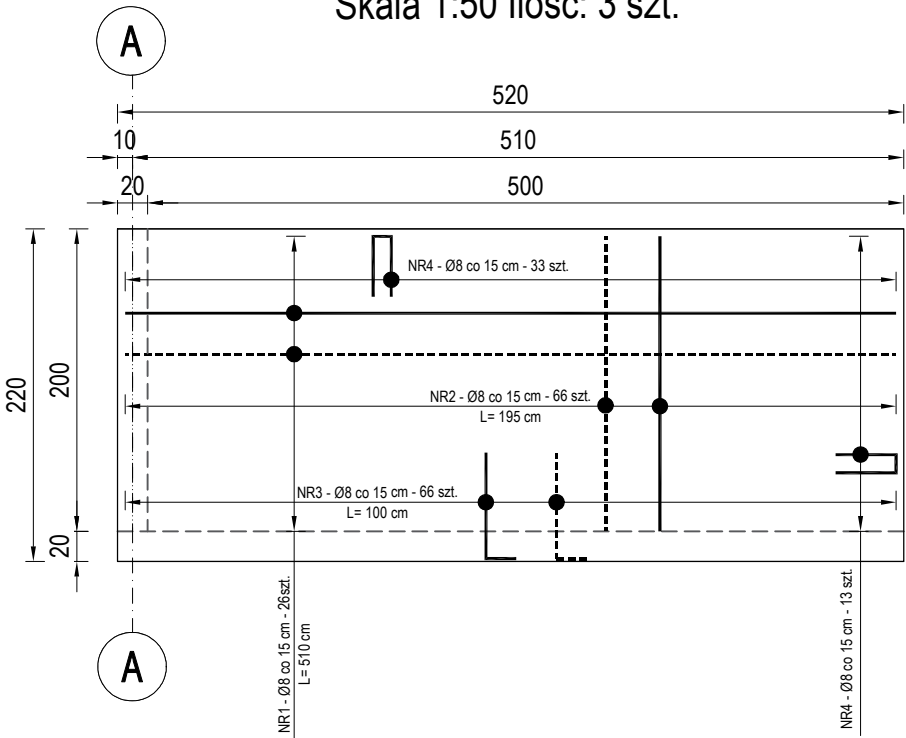
SPINKI



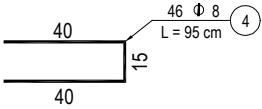
SCHEMAT DOZBROJENIA NAROŻA
Skala 1:25



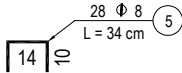
ŚCIANA SC.2 GR. 20 CM
Skala 1:50 Ilość: 3 szt.



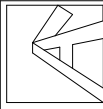
PRĘTY KRAWĘDZIOWE



SPINKI



ZESTAWIENIE STALI								
Element	Liczba elementów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba sztuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całk.
								#8
SC.1	1	1	8	160	1,95	0,397	B500SP	124
		2	8	28	6,40	0,397	B500SP	71
		3	8	160	1,00	0,397	B500SP	64
		4	8	28	3,00	0,397	B500SP	33
		5	8	14	7,15	0,397	B500SP	40
		6	8	80	0,98	0,397	B500SP	31
		7	8	28	0,34	0,397	B500SP	4
		8	8	65	0,95	0,395	B500SP	24
SC.2	3	1	8	26	5,10	0,397	B500SP	158
		2	8	66	1,95	0,397	B500SP	153
		3	8	66	1,00	0,397	B500SP	79
		4	8	46	0,95	0,397	B500SP	52
		5	8	28	0,34	0,397	B500SP	11
Waga łącznie wg średnic [kg]								844
Waga łącznie [kg]								844



Kosikowski Architektura
22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B
e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com
tel: 512 315 710

Obiekt / adres inwestycji

Inwestor

Tytuł rysunku

Projektant

Sprawdzający

Stadium PT

„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego , wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.

Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw


ŚCIANA MONOLITYCZNA SC.1, SC.2 - BOKS B


mgr inż. Grzegorz Kocot
upr. bud. LUB/0096/PBKz/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

mgr inż. Łukasz Kielbas
upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Data
10/10/2022

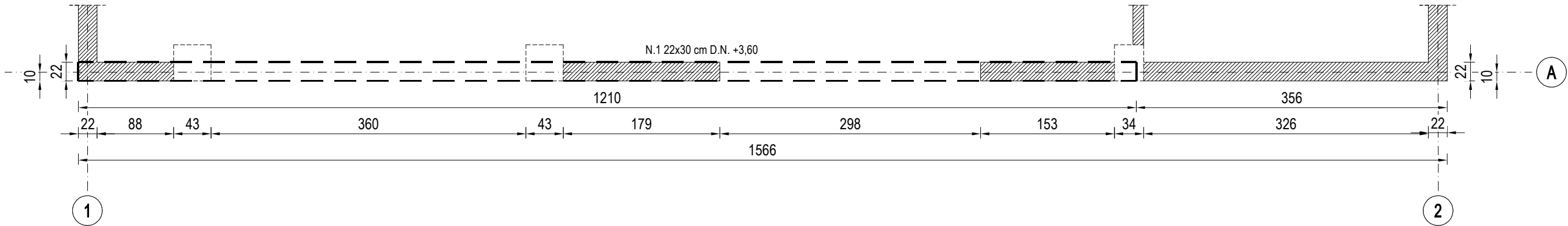
Skala
1 : 50

Podpis


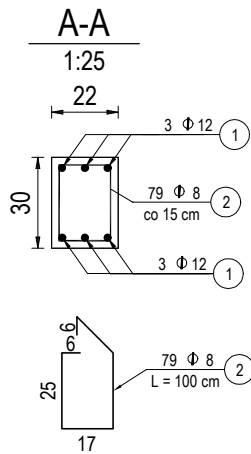
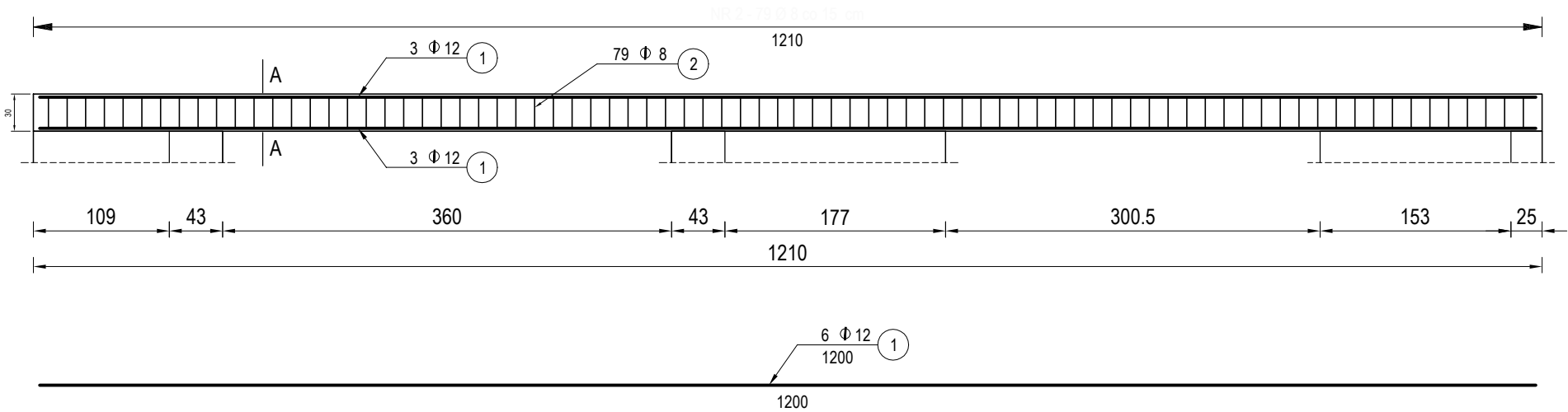
Podpis


Nr rysunku
K10

KONSTRUKCJA NADPROŻA BUD D.
SKALA 1:50



N.1 - 22x30x1210 cm
Skala: 1:50



UWAGI:
BETON C25/30
STAL B500SP
OTULINA ZBROJENIA 3 CM

- wymiary podano w centymetrach, (rzędne w metrach)
- wszystkie wymiary należy sprawdzić na budowie
- rysunek rozpatrywać łącznie z opisem technicznym

ZESTAWIENIE STALI									
Element	Liczba elementów	Nr. pręta	Średnica [mm]	Liczba sztuk	Długość [m]	Ciężar jedn. [kg/m]	Stal	Ciężar całkowity	
								#8	#16
N.1	1	1	12	6	12,00	0,888	B500SP		64
		2	8	79	1,00	0,397	B500SP	31	
Waga łącznie wg średnic [kg]								31	64
Waga łącznie [kg]								95	

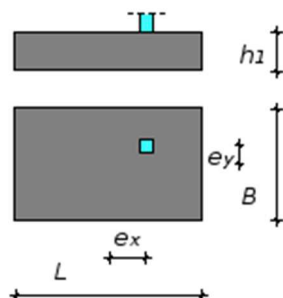
		Kosikowski Architektura 22-100 Chełm ul.Ceramiczna 34B e-mail: radoslawkosikowski@gmail.com tel: 512 315 710	
Obiekt / adres inwestycji		„Modernizacja i doposażenie Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych w Krasnymstawie”, ul. Piłsudskiego 54, 22-300 Krasnystaw polegająca na budowie wiaty magazynowej, boksu magazynowego , wagi najazdowej samochodowej oraz przebudowie budynku magazynowego polegającej na powiększeniu bramy wjazdowej.	
Inwestor		Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. ul. Piekarskiego 3; 22-300 Krasnystaw	
Tytuł rysunku		NADPROŻE N.1 - BUDYNEK D	
Projektant		mgr inż. Grzegorz Kocot upr. bud. LUB/0096/PBKb/19 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Sprawdzający		mgr inż. Łukasz Kielbas upr. bud. LUB/0083/PWOK/14 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	Podpis 
Stadium PT		Data 10/10/2022	Skala 1 : 50
		Nr rysunku	K11

Węzeł nr 4 - Fundamenty bezpośrednie [PN-EN 1997-1]

Informacje o węźle

Położenie: (x=9.280m, y=1.400m)

Geometria



Wymiary: L = 1.20m, B = 1.20m, h_1 = 0.40m, e_x = 0.00m, e_y = 0.0

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m ³]	Gęstość objętości [kN/m ³]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrz. [deg]	Spójność gruntu	Efektwna spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie (bez odpływu)	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Pył	2.67	1.983	0.50	16.4	28.00	28.00	40.00	23000.0
2	Pył	2.67	1.983	0.50	16.4	28.00	28.00	40.00	23000.0

Głębokość posadowienia: 1.20m

Całkowite wyłączenie elementu: 63%

Nośność podłoża: 16 %
 Odrywanie: 0 %
 Poślizg: 0 %
 Obrót: 0 %
 Osiadanie: 6 %
 Przebicie: 4 %
 Zbrojenie: 63 %

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża (16.3 %)

Komb: max Vd (SGN) (+) (+0,+1,+K2,+3,) → Vd=100.3kN, Hx=-0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: 1: Pył na rzędnej $D = 1.20\text{m}$

Obliczeniowa siła normalna: $V_d = 100.29\text{kN}$

Mimośród statyczny: $e_x = -0.00\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$

Wymiary zastępcze fundamentu: $\bar{B} = 1.20\text{m}$ $\bar{L} = 1.20\text{m}$

Szerokość fundamentu: $B' = 1.20\text{m}$

Współczynniki nośności: $N_\gamma = 2.06$ $N_c = 11.91$ $N_q = 4.50$

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 odpływem:

$$R = A' \cdot (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R = 1.44(28.00 \cdot 11.91 \cdot 1.00 \cdot 1.36 \cdot 1.00 +$$

$$21.60 \cdot 4.50 \cdot 1.00 \cdot 1.28 \cdot 1.00 +$$

$$0.5 \cdot 19.83 \cdot 1.20 \cdot 2.06 \cdot 1.00 \cdot 0.70 \cdot 1.00) = 858.74\text{kN}$$

gdzie:

- $\bar{B}/\bar{L} = 1.00$ (Stopa prostokątna)

Warunek nośności podłoża

$$V_d = 100.29\text{kN} < 613.38\text{kN} = 858.74/1.40 = R/\gamma_R$$

Odrywanie (0.0 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) $\rightarrow V_d=69.5\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-0.0\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.00\text{m}$, $A = 0.00\text{m}^2$.

Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:

$$\frac{c}{c_{lim}} = \frac{0.00}{1.19} = 0.00 < 0.25$$

Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:

$$\frac{A}{A_{lim}} = \frac{0.00}{1.44} = 0.00 < 0.25$$

Obrót (0.0 %)

Komb: min Hx (SGN) (-) (+0,+1,+2,) $\rightarrow V_d=57.8\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-0.0\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Obliczeniowe momenty wywracające: $M_x = 0.00\text{kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{x,u} = 34.68\text{kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi X:

$$M_x = 0.00 < 31.52\text{kNm} = 34.68/1.10 = M_{x,u}/\gamma_R$$

Obliczeniowe momenty wywracające: $M_y = -0.00\text{kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 34.68\text{kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi Y:

$$M_y = -0.00 < 31.52\text{kNm} = 34.68/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$$

Poślizg (0.0 %)

Komb: min Hx (SGN) (-) (+0,+1,+2,) $\rightarrow V_d=57.8\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-0.0\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$

Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan\delta_k = 0.36$

Wartość siły utrzymującej w warunkach z odpływem: $V_r = \tan\delta_k \cdot V_d = 17.01\text{kN}$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 0.00 < 15.46\text{kN} = 17.01/1.10 = V_r/\gamma_R$$

Zbrojenie (62.8 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) $\rightarrow V_d=69.5\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-0.0\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Zbrojenie minimalne w kierunku L:

$$A_{sL,min,1} = k_c k_{f,ct,eff} A_{ct,L} / \sigma_{lim,L} = 4.2\text{cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff} / f_{yk}; 0.0013) d = 4.7\text{cm}^2/\text{m},$$

Zbrojenie minimalne w kierunku B:

$$A_{sB,min,1} = k_c k_{f,ct,eff} A_{ct,B} / \sigma_{lim,B} = 4.2\text{cm}^2/\text{m}, A_{sB,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff} / f_{yk}; 0.0013) d = 4.6\text{cm}^2/\text{m}$$

Zbrojenie w kierunku L:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 7.5\text{kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 13.3\text{MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\text{MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 36.4\text{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9979$
 $A_0 = 0.004, A_{0,lim} = 0.480$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.4\text{ cm}^2/\text{m}$

przyjęto $6\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 7.5\text{ cm}^2/\text{m} > 4.73\text{ cm}^2/\text{m} = A_{sL,req}$

Zbrojenie w kierunku B:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 7.5\text{kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 13.3\text{MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\text{MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 35.2\text{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9977$
 $A_0 = 0.005, A_{0,lim} = 0.480$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/L}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.4\text{ cm}^2/\text{m}$

przyjęto $6\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sB,prov} = 7.5\text{ cm}^2/\text{m} > 4.58\text{ cm}^2/\text{m} = A_{sB,req}$

Przebiecie (3.7 %)

Komb: max V_d (SGN) (-) (+0,+1,+K2,+3,) $\rightarrow V_d=84.9\text{kN}, H_x=-0.0\text{kN}, M_y=-0.0\text{kNm}, H_y=0.0\text{kN}, M_x=0.0\text{kNm}$

Obliczeniowa siła pionowa: $V_{Ed} = 54.07\text{kN}$

Przyjęto $\theta = 59.0^\circ \rightarrow \tan\theta = 1.67$

Obwód kontrolny i wysokość użyteczna: $u = 234.91\text{cm}, d = 35.80\text{cm}$

Naprężenia ścinające: $v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{u_d} = 1.00 \cdot \frac{(54.07 - 16.79) \cdot 10^{-3}}{2.35 \cdot 0.36} = 0.04\text{MPa},$

gdzie: $\beta = 1 + k \cdot \frac{M}{V} \cdot \frac{u}{W} = 1 + 0.60 \cdot \frac{0.00}{37.28} \cdot \frac{2.35}{0.00} = 1.00$

Nośność na przebiecie: $v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3}, 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \frac{2d}{a} = 1.21\text{MPa},$

gdzie stopień zbrojenia: $\rho_1 = 0.19\%$

Warunek nośności na przebiecie:

$v_{Ed} = 0.04\text{MPa} < 1.21\text{MPa} = v_{Rd,c}$

Osiadanie (5.7 %)

Komb: max V_d (SGU) (+) (0,1,3,) $\rightarrow V_d=88.5\text{kN}, H_x=-0.0\text{kN}, M_y=-0.0\text{kNm}, H_y=0.0\text{kN}, M_x=0.0\text{kNm}$

Dopuszczalną wartość osiadania: $s_{max} = 5.00$

Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku $\rightarrow \lambda = 1$

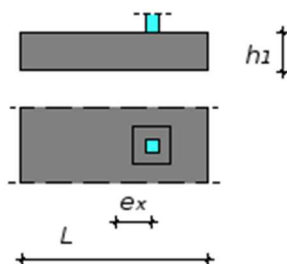
Warunek osiadań fundamentu: $s = 0.29\text{cm} < 5.00\text{cm} = s_{max}$

Węzeł nr 0 - Fundamenty bezpośrednie [PN-EN 1997-1]

Informacje o węźle

Położenie: (x=4.300m, y=1.400m)

Geometria



Wymiary: L = 1.20m, h₁ = 0.40m, e_x = -0.4

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m ³]	Gęstość objętości [kN/m ³]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrznego [deg]	Spójność gruntu	Efektwna spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie (bez odpływu)	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Pył	2.67	1.983	0.50	16.4	28.00	28.00	40.00	23000.0
2	Pył	2.67	1.983	0.50	16.4	28.00	28.00	40.00	23000.0

Głębokość posadowienia: 1.20m

Całkowite wyłączenie elementu: 80%

Nośność podłoża: 34 %

Odrywanie: 80 %

Poślizg: 0 %

Obrót: 0 %

Osiadanie: 9 %

Przebicie: 59 %

Zbrojenie: 63 %

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża (34.3 %)

Komb: max Vd (SGN) (+) (+0,+1,+2,+K3,) → Vd=124.4kN, Hx=-0.0kN, My=-38.9kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: 2: Pył na rzędnej $D = 4.20\text{m}$

Obliczeniowa siła normalna: $V_d = 255.33\text{kN}$

Mimośród statyczny: $e_x = -0.38\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$

Wymiary zastępcze fundamentu: $\bar{B} = 1.00\text{m}$ $\bar{L} = 1.43\text{m}$

Szerokość fundamentu: $B' = 1.43\text{m}$

Współczynniki nośności: $N_\gamma = 2.06$ $N_c = 11.91$ $N_q = 4.50$

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 odpływem:

$$R = A' (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R = 1.43(28.00 \cdot 11.91 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 +$$

$$81.10 \cdot 4.50 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 +$$

$$0.5 \cdot 19.83 \cdot 1.43 \cdot 2.06 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00) = 1042.53\text{kN}$$

gdzie:

- $\bar{B}/\bar{L} = 0.00$ (ława fundamentowa)

Warunek nośności podłoża

$$V_d = 255.33\text{kN} < 744.67\text{kN} = 1042.53/1.40 = R/\gamma_R$$

Odrywanie (79.7 %)

Komb: min Hx (SGN) (-) (+0,+1,+2,+K3,) $\rightarrow V_d=110.2\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-39.8\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.47\text{m}$, $A = 0.48\text{m}^2$.

Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:

$$\frac{c}{c_{\text{lim}}} = \frac{0.47}{1.19} = 0.40 > 0.50$$

Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:

$$\frac{A}{A_{\text{lim}}} = \frac{0.48}{2.40} = 0.20 < 0.50$$

Obrót (0.0 %)

Komb: min Hx (SGN) (-) (+0,+1,+2,+K3,) $\rightarrow V_d=110.2\text{kN}$, $H_x=-0.0\text{kN}$, $M_y=-39.8\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Obliczeniowe momenty wywracające: $M_y = -0.00\text{kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 26.30\text{kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi Y:

$$M_y = -0.00 < 23.91\text{kNm} = 26.30/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$$

Poślizg (0.0 %)

Komb: min My (SGN) (-) (0,1,) $\rightarrow V_d=53.0\text{kN}$, $H_x=0.0\text{kN}$, $M_y=-12.7\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 0.00\text{kN}$

Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan\delta_k = 0.36$

Wartość siły utrzymującej w warunkach z odpływem: $V_r = \tan\delta_k \cdot V_d = 15.61\text{kN}$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 0.00 < 14.19\text{kN} = 15.61/1.10 = V_r/\gamma_R$$

Zbrojenie (62.8 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,) $\rightarrow V_d=67.2\text{kN}$, $H_x=0.0\text{kN}$, $M_y=-11.8\text{kNm}$, $H_y=0.0\text{kN}$, $M_x=0.0\text{kNm}$

Zbrojenie minimalne w kierunku L:

$$A_{sL,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,L} / \sigma_{lim,L} = 4.2 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff} / f_{yk}; 0.0013) d = 4.7 \text{ cm}^2/\text{m},$$

Zbrojenie minimalne w kierunku B:

$$A_{sB,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,B} / \sigma_{lim,B} = 4.2 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sB,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff} / f_{yk}; 0.0013) d = 4.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Zbrojenie w kierunku L:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 33.3\text{kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 13.3\text{MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0\text{MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 36.4\text{cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9905$

$$A_0 = 0.019, A_{0,lim} = 0.480$$

$$\text{Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: } A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 1.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{przyjęto } 6\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 7.5 \text{ cm}^2/\text{m} > 4.73 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sL,req}$$

Przebiecie (59.2 %)

$$\text{Komb: min } H_x \text{ (SGN) } (-) (+0,+1,+2,+K3,) \rightarrow V_d=110.2\text{kN}, H_x=-0.0\text{kN}, M_y=-39.8\text{kNm}, H_y=0.0\text{kN}, M_x=0.0\text{kNm}$$

$$\text{Obliczeniowa siła pionowa: } V_{Ed} = 86.99\text{kN}$$

$$\text{Przyjęto } \theta = 26.6^\circ \rightarrow \tan\theta = 0.50$$

$$\text{Obwód kontrolny i wysokość użyteczna: } u = 100.00\text{cm}, d = 35.80\text{cm}$$

$$\text{Napężenia ścinające: } v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{u d} = 1.00 \cdot \frac{(86.99 - 10.30) \cdot 10^{-3}}{1.00 \cdot 0.36} = 0.21\text{MPa},$$

$$\text{gdzie: } \beta = 1 + k \cdot \frac{M}{V} \cdot \frac{u}{W} = 1 + 0.45 \cdot \frac{0.00}{76.68} \cdot \frac{1.00}{0.00} = 1.00$$

$$\text{Nośność na przebiecie: } v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}, 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \frac{2d}{a} = 0.36\text{MPa},$$

$$\text{gdzie stopień zbrojenia: } \rho_l = 0.19\%$$

$$\text{Warunek nośności na przebiecie:}$$

$$v_{Ed} = 0.21\text{MPa} < 0.36\text{MPa} = v_{Rd,c}$$

Osiadanie (8.7 %)

$$\text{Komb: max } V_d \text{ (SGU) } (+) (0,1,2,) \rightarrow V_d=97.1\text{kN}, H_x=-0.0\text{kN}, M_y=-25.9\text{kNm}, H_y=0.0\text{kN}, M_x=0.0\text{kNm}$$

$$\text{Dopuszczalną wartość osiadania: } s_{max} = 5.00$$

$$\text{Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku} \rightarrow \lambda = 1$$

$$\text{Warunek osiadań fundamentu: } s = 0.43\text{cm} < 5.00\text{cm} = s_{max}$$

WYMIAROWANIE TRZPIEŃ T.1

1 Reguły wymiarowania

1.1 Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: 34-11 (belka) -

Węzły: 34 ($x=-0.000\text{m}$, $y=0.000\text{m}$); 11 ($x=0.000\text{m}$, $y=-8.200\text{m}$)

Profil: RECTANGLE 300x300 (C20/25)

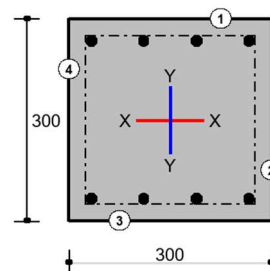
Zbrojenie podłużne (B500SP (C))

Krawędź 1 - 4#16; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=8.20\text{m}$; $lbd1=0.72\text{m}$; $lbd2=0.72\text{m}$

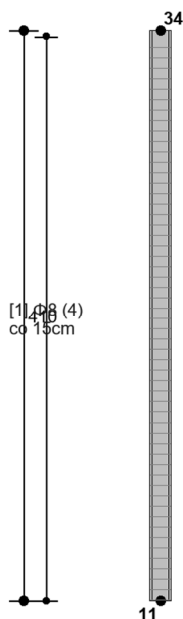
Krawędź 3 - 4#16; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=8.20\text{m}$; $lbd1=0.72\text{m}$; $lbd2=0.72\text{m}$

Strzemiona (RB500W (A))

Odcinek 1 od $x1/L=0.01$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) 4#8 (X-X) 2#8 co 15cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 56%

Zbrojenie główne: 24 %

Ścinanie: 56 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 0 %

Rysy prostopadłe: 10 %

Przemieszczenia (sprężyste): 52 %

Ugięcia: 1 %

Soldis PROJEKTANT

Licencja: Komercyjna - Użytkownik: Użytkownik RS78TF3D - IP: 192.168.2.106

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	Pareto-0_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	max v	Ugięcia	1.0 %
2	0.000	Pareto-3_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	---	Smukłość	0.0 %
4	0.000	Pareto-8_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
5	0.000	Pareto-7_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
6	0.000	Pareto-6_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
7	0.000	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	51.7 %
8	0.000	Pareto-5_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	Pareto-9_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
10	0.000	Pareto-2_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
11	0.000	Pareto-4_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
12	0.000	Pareto-1_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
13	0.000	Pareto-6	Ścinanie	1.2 %
14	0.000	Pareto-7	Ścinanie	6.4 %
15	0.000	Pareto-4	Ścinanie	55.7 %
16	0.000	Pareto-5	Ścinanie	6.8 %
17	0.000	Pareto-2	Ścinanie	30.9 %
18	0.000	Pareto-3	Ścinanie	55.3 %
19	0.000	Pareto-0	Ścinanie	32.8 %
20	0.000	Pareto-1	Ścinanie	27.5 %
21	0.000	Pareto-8	Ścinanie	3.6 %
22	0.037	Pareto-14	Ścinanie	6.7 %
23	0.037	Pareto-15	Ścinanie	1.2 %
24	0.037	Pareto-16	Ścinanie	6.3 %
25	0.037	Pareto-17	Ścinanie	3.5 %
26	0.037	Pareto-10	Ścinanie	27.4 %
27	0.037	Pareto-11	Ścinanie	30.8 %
28	0.037	Pareto-12	Ścinanie	55.4 %
29	0.037	Pareto-13	Ścinanie	55.8 %
30	0.037	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	50.6 %
31	0.037	Pareto-12_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
32	0.037	Pareto-15_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
33	0.037	Pareto-16_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.037	---	Smukłość	0.0 %
35	0.037	Pareto-13_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
36	0.037	Pareto-18_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.037	Pareto-	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

Soldis PROJEKTANT

Licencja: Komercyjna - Użytkownik: Użytkownik RS78TF3D - IP: 192.168.2.106

38	0.037	19_SGU Pareto-14_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
39	0.037	Pareto-10_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.037	Pareto-11_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
41	0.037	Pareto-17_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.037	Pareto-9	Ścinanie	32.9 %
43	0.037	Pareto-27_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
44	0.037	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	50.6 %
45	0.037	Pareto-18	Ścinanie	12.0 %
46	0.037	Pareto-19	Ścinanie	14.9 %
47	0.037	---	Smukłość	0.0 %
48	0.037	Pareto-21_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
49	0.037	Pareto-24_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.037	Pareto-25_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
51	0.037	Pareto-20_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
52	0.037	Pareto-22_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.037	Pareto-23_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
54	0.037	Pareto-25	Ścinanie	3.3 %
55	0.037	Pareto-24	Ścinanie	0.6 %
56	0.037	Pareto-26	Ścinanie	1.8 %
57	0.037	Pareto-21	Ścinanie	25.4 %
58	0.037	Pareto-20	Ścinanie	13.7 %
59	0.037	Pareto-23	Ścinanie	3.5 %
60	0.037	Pareto-22	Ścinanie	25.6 %
61	0.037	Pareto-26_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
62	0.037	Pareto-30_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.037	Pareto-29_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
64	0.037	Pareto-28_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
65	0.167	Pareto-38_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.167	Pareto-40_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
67	0.167	Pareto-29	Ścinanie	12.0 %
68	0.167	Pareto-28	Ścinanie	13.2 %
69	0.167	Pareto-36_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
70	0.167	Pareto-31_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
71	0.167	Pareto-27	Ścinanie	9.9 %
72	0.167	Pareto-35	Zbrojenie główne	2.1 %
73	0.167	Pareto-32	Ścinanie	3.9 %
74	0.167	Pareto-33	Zbrojenie główne	0.9 %
75	0.167	Pareto-30	Ścinanie	22.5 %
76	0.167	Pareto-31	Ścinanie	22.7 %
77	0.167	---	Smukłość	0.0 %
78	0.167	Pareto-39_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
79	0.167	Pareto-32_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
80	0.167	Pareto-33_SGU	Rysy prostopadłe	7.6 %
81	0.167	Pareto-	Rysy prostopadłe	7.7 %

		35_SGU		
82	0.167	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	46.6 %
83	0.167	Pareto-34_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
84	0.167	Pareto-34	Ścinanie	3.7 %
85	0.167	Pareto-37_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
86	0.207	---	Smukłość	0.0 %
87	0.207	Pareto-38	Zbrojenie główne	13.0 %
88	0.207	Pareto-39	Zbrojenie główne	24.1 %
89	0.207	Pareto-36	Zbrojenie główne	14.2 %
90	0.207	Pareto-37	Zbrojenie główne	10.9 %
91	0.207	Pareto-43_SGU	Rysy prostopadłe	10.3 %
92	0.207	Pareto-42_SGU	Rysy prostopadłe	8.0 %
93	0.207	Pareto-44_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
94	0.207	Pareto-46_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
95	0.207	Pareto-41_SGU	Rysy prostopadłe	10.1 %
96	0.207	Pareto-44	Zbrojenie główne	2.5 %
97	0.207	Pareto-43	Zbrojenie główne	4.4 %
98	0.207	Pareto-42	Zbrojenie główne	1.0 %
99	0.207	Pareto-41	Zbrojenie główne	4.7 %
100	0.207	Pareto-40	Zbrojenie główne	24.4 %
101	0.207	Pareto-45_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
102	0.207	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	45.1 %
103	0.207	Pareto-47_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
104	0.207	Pareto-50	Zbrojenie główne	23.4 %
105	0.207	Pareto-51	Zbrojenie główne	23.8 %
106	0.207	Pareto-52	Zbrojenie główne	7.1 %
107	0.207	Pareto-53	Zbrojenie główne	1.6 %
108	0.207	Pareto-54	Zbrojenie główne	6.7 %
109	0.207	Pareto-55	Zbrojenie główne	3.9 %
110	0.207	Pareto-56	Zbrojenie główne	3.5 %
111	0.207	Pareto-57	Zbrojenie główne	1.2 %
112	0.207	---	Smukłość	0.0 %
113	0.207	Pareto-49_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
114	0.207	Pareto-53_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
115	0.207	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	45.1 %
116	0.207	Pareto-48	Zbrojenie główne	11.7 %
117	0.207	Pareto-52_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
118	0.207	Pareto-47	Zbrojenie główne	9.2 %
119	0.207	Pareto-46	Zbrojenie główne	13.7 %
120	0.207	Pareto-45	Zbrojenie główne	8.9 %
121	0.207	Pareto-49	Zbrojenie główne	12.0 %
122	0.207	Pareto-51_SGU	Rysy prostopadłe	7.8 %
123	0.207	Pareto-54_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
124	0.207	Pareto-50_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
125	0.207	Pareto-55_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
126	0.207	Pareto-56_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
127	0.207	Pareto-48_SGU	Rysy prostopadłe	6.4 %
128	0.333	Pareto-58	Zbrojenie główne	9.3 %
129	0.333	Pareto-59	Zbrojenie główne	12.5 %

130	0.333	Pareto-61_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
131	0.333	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	39.8 %
132	0.333	---	Smukłość	0.0 %
133	0.333	Pareto-70	Zbrojenie główne	1.3 %
134	0.333	Pareto-58_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
135	0.333	Pareto-60_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
136	0.333	Pareto-63_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
137	0.333	Pareto-59_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
138	0.333	Pareto-64_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
139	0.333	Pareto-62_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
140	0.333	Pareto-57_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
141	0.333	Pareto-61	Zbrojenie główne	11.2 %
142	0.333	Pareto-60	Zbrojenie główne	9.5 %
143	0.333	Pareto-63	Zbrojenie główne	21.2 %
144	0.333	Pareto-62	Zbrojenie główne	11.4 %
145	0.333	Pareto-65	Zbrojenie główne	5.1 %
146	0.333	Pareto-64	Zbrojenie główne	21.4 %
147	0.333	Pareto-67	Zbrojenie główne	4.8 %
148	0.333	Pareto-66	Zbrojenie główne	1.4 %
149	0.333	Pareto-69	Zbrojenie główne	2.6 %
150	0.333	Pareto-68	Zbrojenie główne	2.9 %
151	0.333	Pareto-66_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
152	0.333	Pareto-65_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
153	0.445	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	34.3 %
154	0.445	Pareto-72	Zbrojenie główne	10.1 %
155	0.445	Pareto-73	Zbrojenie główne	8.1 %
156	0.445	Pareto-71	Zbrojenie główne	8.0 %
157	0.445	Pareto-76	Zbrojenie główne	16.9 %
158	0.445	Pareto-77	Zbrojenie główne	17.0 %
159	0.445	Pareto-74	Zbrojenie główne	9.2 %
160	0.445	Pareto-75	Zbrojenie główne	9.4 %
161	0.445	Pareto-78	Zbrojenie główne	3.7 %
162	0.445	Pareto-79	Zbrojenie główne	1.6 %
163	0.445	Pareto-69_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
164	0.445	Pareto-75_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
165	0.445	Pareto-76_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
166	0.445	Pareto-67_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
167	0.445	Pareto-72_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
168	0.445	Pareto-68_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
169	0.445	Pareto-73_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
170	0.445	Pareto-83	Zbrojenie główne	1.6 %
171	0.445	Pareto-82	Zbrojenie główne	2.0 %
172	0.445	Pareto-81	Zbrojenie główne	2.2 %
173	0.445	Pareto-80	Zbrojenie główne	3.5 %
174	0.445	Pareto-70_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
175	0.445	---	Smukłość	0.0 %
176	0.445	Pareto-71_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
177	0.445	Pareto-	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

		74_SGU		
178	0.445	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	34.3 %
179	0.445	---	Smukłość	0.0 %
180	0.445	Pareto-94	Zbrojenie główne	2.4 %
181	0.445	Pareto-95	Zbrojenie główne	2.3 %
182	0.445	Pareto-96	Zbrojenie główne	1.9 %
183	0.445	Pareto-90	Zbrojenie główne	14.4 %
184	0.445	Pareto-91	Zbrojenie główne	3.9 %
185	0.445	Pareto-83_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
186	0.445	Pareto-93	Zbrojenie główne	3.8 %
187	0.445	Pareto-79_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
188	0.445	Pareto-85_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
189	0.445	Pareto-81_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
190	0.445	Pareto-92	Zbrojenie główne	2.0 %
191	0.445	Pareto-82_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
192	0.445	Pareto-89	Zbrojenie główne	14.2 %
193	0.445	Pareto-88	Zbrojenie główne	7.8 %
194	0.445	Pareto-87	Zbrojenie główne	7.6 %
195	0.445	Pareto-86	Zbrojenie główne	6.5 %
196	0.445	Pareto-85	Zbrojenie główne	8.5 %
197	0.445	Pareto-84	Zbrojenie główne	6.3 %
198	0.445	Pareto-86_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
199	0.445	Pareto-80_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
200	0.445	Pareto-77_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
201	0.445	Pareto-78_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
202	0.445	Pareto-84_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
203	0.500	Pareto-90_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
204	0.500	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	31.2 %
205	0.500	Pareto-95_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
206	0.500	---	Smukłość	0.0 %
207	0.500	Pareto-98	Zbrojenie główne	7.9 %
208	0.500	Pareto-99	Zbrojenie główne	6.1 %
209	0.500	Pareto-97	Zbrojenie główne	6.0 %
210	0.500	Pareto-89_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
211	0.500	Pareto-91_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
212	0.500	Pareto-88_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
213	0.500	Pareto-103	Zbrojenie główne	13.3 %
214	0.500	Pareto-93_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
215	0.500	Pareto-87_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
216	0.500	Pareto-109	Zbrojenie główne	2.0 %
217	0.500	Pareto-108	Zbrojenie główne	2.4 %
218	0.500	Pareto-105	Zbrojenie główne	2.1 %
219	0.500	Pareto-104	Zbrojenie główne	3.7 %
220	0.500	Pareto-107	Zbrojenie główne	2.4 %
221	0.500	Pareto-106	Zbrojenie główne	3.5 %
222	0.500	Pareto-101	Zbrojenie główne	7.2 %
223	0.500	Pareto-100	Zbrojenie główne	7.1 %
224	0.500	Pareto-94_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
225	0.500	Pareto-102	Zbrojenie główne	13.2 %

226	0.500	Pareto-92_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
227	0.500	Pareto-96_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
228	0.667	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	21.4 %
229	0.667	---	Smukłość	0.0 %
230	0.667	Pareto-118	Zbrojenie główne	2.5 %
231	0.667	Pareto-119	Zbrojenie główne	3.2 %
232	0.667	Pareto-116	Zbrojenie główne	9.2 %
233	0.667	Pareto-117	Zbrojenie główne	3.3 %
234	0.667	Pareto-114	Zbrojenie główne	5.2 %
235	0.667	Pareto-115	Zbrojenie główne	9.2 %
236	0.667	Pareto-112	Zbrojenie główne	4.5 %
237	0.667	Pareto-113	Zbrojenie główne	5.1 %
238	0.667	Pareto-110	Zbrojenie główne	4.4 %
239	0.667	Pareto-111	Zbrojenie główne	5.7 %
240	0.667	Pareto-97_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
241	0.667	Pareto-98_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
242	0.667	Pareto-100_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
243	0.667	Pareto-106_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
244	0.667	Pareto-104_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
245	0.667	Pareto-102_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
246	0.667	Pareto-122	Zbrojenie główne	2.5 %
247	0.667	Pareto-121	Zbrojenie główne	2.8 %
248	0.667	Pareto-120	Zbrojenie główne	2.8 %
249	0.667	Pareto-103_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
250	0.667	Pareto-105_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
251	0.667	Pareto-99_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
252	0.667	Pareto-101_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
253	0.833	Pareto-111_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
254	0.833	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	10.8 %
255	0.833	Pareto-114_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
256	0.833	Pareto-130	Zbrojenie główne	3.7 %
257	0.833	Pareto-131	Zbrojenie główne	3.0 %
258	0.833	Pareto-132	Zbrojenie główne	3.6 %
259	0.833	Pareto-133	Zbrojenie główne	3.3 %
260	0.833	Pareto-134	Zbrojenie główne	3.2 %
261	0.833	Pareto-135	Zbrojenie główne	2.9 %
262	0.833	Pareto-110_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
263	0.833	Pareto-116_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
264	0.833	Pareto-108_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
265	0.833	Pareto-112_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
266	0.833	Pareto-107_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
267	0.833	Pareto-127	Zbrojenie główne	3.4 %
268	0.833	Pareto-126	Zbrojenie główne	3.5 %
269	0.833	Pareto-125	Zbrojenie główne	3.8 %
270	0.833	Pareto-124	Zbrojenie główne	3.2 %
271	0.833	Pareto-123	Zbrojenie główne	3.9 %
272	0.833	Pareto-115_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

273	0.833	Pareto-129	Ścinanie	5.1 %
274	0.833	Pareto-128	Ścinanie	5.1 %
275	0.833	---	Smukłość	0.0 %
276	0.833	Pareto-109_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
277	0.833	Pareto-113_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
278	0.854	Pareto-124_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
279	0.854	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	9.5 %
280	0.854	---	Smukłość	0.0 %
281	0.854	Pareto-125_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
282	0.854	Pareto-136	Zbrojenie główne	3.9 %
283	0.854	Pareto-137	Zbrojenie główne	3.2 %
284	0.854	Pareto-138	Zbrojenie główne	3.9 %
285	0.854	Pareto-139	Zbrojenie główne	3.5 %
286	0.854	Pareto-126_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
287	0.854	Pareto-121_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
288	0.854	Pareto-119_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
289	0.854	Pareto-122_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
290	0.854	Pareto-123_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
291	0.854	Pareto-120_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
292	0.854	Pareto-141	Ścinanie	5.0 %
293	0.854	Pareto-140	Zbrojenie główne	3.5 %
294	0.854	Pareto-143	Zbrojenie główne	3.7 %
295	0.854	Pareto-142	Ścinanie	5.0 %
296	0.854	Pareto-145	Zbrojenie główne	3.7 %
297	0.854	Pareto-144	Zbrojenie główne	3.0 %
298	0.854	Pareto-147	Zbrojenie główne	3.2 %
299	0.854	Pareto-146	Zbrojenie główne	3.3 %
300	0.854	Pareto-118_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
301	0.854	Pareto-148	Zbrojenie główne	2.9 %
302	0.854	Pareto-117_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
303	0.854	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	9.5 %
304	0.854	---	Smukłość	0.0 %
305	0.854	Pareto-152	Zbrojenie główne	3.6 %
306	0.854	Pareto-153	Zbrojenie główne	3.5 %
307	0.854	Pareto-150	Zbrojenie główne	3.3 %
308	0.854	Pareto-151	Zbrojenie główne	3.9 %
309	0.854	Pareto-156	Zbrojenie główne	3.8 %
310	0.854	Pareto-157	Zbrojenie główne	3.1 %
311	0.854	Pareto-154	Ścinanie	4.3 %
312	0.854	Pareto-155	Ścinanie	4.3 %
313	0.854	Pareto-158	Zbrojenie główne	3.7 %
314	0.854	Pareto-159	Zbrojenie główne	3.4 %
315	0.854	Pareto-127_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
316	0.854	Pareto-128_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
317	0.854	Pareto-133_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
318	0.854	Pareto-134_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
319	0.854	Pareto-132_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
320	0.854	Pareto-161	Zbrojenie główne	3.0 %
321	0.854	Pareto-160	Zbrojenie główne	3.3 %
322	0.854	Pareto-	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

323	0.854	131_SGU Pareto-129_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
324	0.854	Pareto-149	Zbrojenie główne	4.0 %
325	0.854	Pareto-130_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
326	0.854	Pareto-136_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
327	0.854	Pareto-135_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
328	1.000	Pareto-143_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
329	1.000	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	0.0 %
330	1.000	---	Smukłość	0.0 %
331	1.000	Pareto-146_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
332	1.000	Pareto-141_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
333	1.000	Pareto-174	Zbrojenie główne	3.3 %
334	1.000	Pareto-170	Zbrojenie główne	3.4 %
335	1.000	Pareto-171	Zbrojenie główne	4.0 %
336	1.000	Pareto-172	Zbrojenie główne	3.7 %
337	1.000	Pareto-173	Zbrojenie główne	3.6 %
338	1.000	Pareto-137_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
339	1.000	Pareto-140_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
340	1.000	Pareto-145_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
341	1.000	Pareto-168	Zbrojenie główne	3.7 %
342	1.000	Pareto-163	Zbrojenie główne	3.6 %
343	1.000	Pareto-162	Zbrojenie główne	4.3 %
344	1.000	Pareto-167	Zbrojenie główne	3.8 %
345	1.000	Pareto-166	Zbrojenie główne	3.8 %
346	1.000	Pareto-165	Zbrojenie główne	3.9 %
347	1.000	Pareto-164	Zbrojenie główne	4.2 %
348	1.000	Pareto-144_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
349	1.000	Pareto-138_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
350	1.000	Pareto-169	Zbrojenie główne	4.1 %
351	1.000	Pareto-142_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
352	1.000	Pareto-139_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0%)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=8.20m$; Kombinacja: Pareto-169 (+:G1,+K:G6,+K:G7,+:G5)

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{f,ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.404 \cdot 1.0 \cdot 0.22 \cdot 453.7}{24.0} = 1.7 \text{ cm}^2 < 8.0 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1,h} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{30.0}{30.0} 0.22} \right), 1.0 \right] = 0.404$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element

Soldis PROJEKTANT

Licencja: Komercyjna - Użytkownik: Użytkownik RS78TF3D - IP: 192.168.2.106

wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 7.000m$

Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Przekrój: $x/L=0.207$, $L=1.70m$; Kombinacja: Pareto-40 (+:G4,+:G1,+K:G6,+K:G5)

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.013 \cdot 11.021 = 0.1kNm$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} - M_{Ed,y,ei} = -20.6 - 0.1 = -20.8kNm$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim.} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.735 \cdot 1.445 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.066)}} = 57.8 < 80.8 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - A &= \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.21 \cdot 800} = 0.735, \\ - B &= \sqrt{(1+2\omega)} = \sqrt{(1+20.544)} = 1.445, \\ - C &= 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700. \end{aligned}$$

Wyznaczenie momentu drugiego rzędu za pomocą metody sztywności nominalnej (5.8.7).

Siła krytyczna:

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{l_0^2} (K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s)$$

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{7.00^2} (0.001 \cdot 25000.0 \cdot 6.75e-04 + 1.0 \cdot 200000.00 \cdot 2.20e-05) = 0.9MN = 892.0kN$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - \phi_{eff} &= \phi(\infty, t_0) \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2.00 \cdot 0.90 = 1.80 \\ - k_1 &= \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20.0}{20}} = 1.000, \quad k_2 = \min \left[0.2, \frac{N_{ed}}{A_c f_{cd}} \frac{\lambda_x}{170} \right] = \min \left[0.2, 0.009 \frac{80.8}{170} \right] = 0.004 \\ - K_c &= \frac{k_1 k_2}{1 + \phi_{eff}} = 0.001. \end{aligned}$$

Powiększony moment zginający:

$$M_{Ed,y} = M_{0Ed,y} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right) = -20.8 \left(1 + \frac{1.234}{\frac{892.0}{11.0} - 1} \right) = -21.1kNm$$

gdzie przyjęto:

$$- \beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8.0} = 1.234 \quad (\text{zginanie ukośne})$$

Kierunek X - X

Imperfekcje geometryczne:

W obliczeniach pominięto imperfekcje geometryczne.

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,y,ei} = e_{i,x} \cdot N_{Ed} = 0.000 \cdot 11.021 = 0.0kNm$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,x} = M_{Ed,x} + M_{Ed,x,ei} = 0.1 + 0.0 = 0.1kNm$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim.} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.735 \cdot 1.445 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.066)}} = 57.8 < 80.8 = \lambda_y$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - A &= \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.21 \cdot 800} = 0.735, \\ - B &= \sqrt{(1+2\omega)} = \sqrt{(1+20.544)} = 1.445, \end{aligned}$$

$$- C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700.$$

Wyznaczenie momentu drugiego rzędu za pomocą metody sztywności nominalnej (5.8.7).

Siła krytyczna:

$$N_{B,x} = \frac{\pi^2}{l_0^2} (K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s)$$

$$N_{B,x} = \frac{\pi^2}{7.00^2} (0.001 \cdot 25000.0 \cdot 6.75e-04 + 1.0 \cdot 200000.00 \cdot 1.22e-05) = 0.5 \text{ MN} = 497.7 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- \phi_{\text{eff}} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{0\text{Eqp}}}{M_{0\text{Ed}}} = 2.00 \cdot 0.90 = 1.80$$

$$- k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20.0}{20}} = 1.000, \quad k_2 = \min \left[0.2, \frac{N_{\text{Ed}}}{A_c f_{cd}} \frac{\lambda_x}{170} \right] = \min \left[0.2, 0.009 \frac{80.8}{170} \right] = 0.004$$

$$- K_c = \frac{k_1 k_2}{1 + \phi_{\text{eff}}} = 0.001.$$

Powiększony moment zginający:

$$M_{\text{Ed},x} = M_{0\text{Ed},x} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_{\text{B}}}{N_{\text{Ed}}} - 1} \right) = 0.1 \left(1 + \frac{1.234}{\frac{497.7}{11.0} - 1} \right) = 0.1 \text{ kNm}$$

gdzie przyjęto:

$$- \beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8.0} = 1.234 \quad (\text{zginanie ukośne})$$

Wypadkowy moment zginający:

$$M_{\text{Ed}} = \sqrt{M_{\text{Ed},x}^2 + M_{\text{Ed},y}^2} = \sqrt{21.1^2 + 0.1^2} = 21.1 \text{ kNm}$$

Zbrojenie główne (24.4%)

Przekrój: $x/L=0.207$, $L=1.70\text{m}$; Kombinacja: Pareto-40 (+:G4,+:G1,+K:G6,+K:G5)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{\text{eff}} = 9.7\text{cm}$, $a_1 = 3.2\text{cm}$, $d = 26.6\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{\text{Rd}} = -1815.1 \text{ kN} < -11.0 \text{ kN} = N_{\text{Sd}}$$

$$\max N_{\text{Rd}} = 539.9 \text{ kN} > -11.0 \text{ kN} = N_{\text{Sd}}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{\text{Rd}} = 86.5 \text{ kNm} > 21.1 \text{ kNm} = M_{\text{Sd}}$$

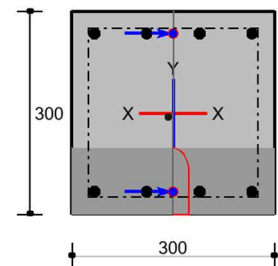
Odształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00054 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00031 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00010 < 0.0020$$

$x/L=0.207$ (Pareto-40)



Ścinanie (55.8%)

Przekrój: $x/L=0.037$, $L=0.30\text{m}$; Kombinacja: Pareto-13 (+:G4,+:G1,+K:G6,+K:G5)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{\text{Rd},c} = \left[0.18 / \gamma_c k (100 \rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{\text{Rd},c} = \left[0.18 / 1.4 \cdot 1.865 (100 \cdot 1.004e-02 \cdot 20.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.02 \right] \cdot 300 \cdot 267.0 \cdot 1e-3 = 52.4 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Rd},c,\min} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.399 + 0.150 \cdot 0.002) 0.300 \cdot 0.267 = 32.2 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Rd},c} = \max(V_{\text{Rd},c}, V_{\text{Rd},c,\min}) = 52.4 \text{ kN} > 29.2 \text{ kN} = V_{\text{Ed}} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned}
- k &= 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.865 \\
- \rho_L &= \min\left(0.02, \frac{A_{sl}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{8.04}{30.0 \cdot 26.7}\right) = 1.004e - 02 \\
- v_{min} &= 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.865^{3/2}20.0^{1/2} = 0.399
\end{aligned}$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5v_b v_{df} f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 30.0 \cdot 26.7 \cdot 1.43 = 315.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 20.0/250) = 0.552$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 52.4 \text{ kN} > 29.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 315.8 \text{ kN} > 29.2 \text{ kN}$$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: X-X

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = \left[0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}\right] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.18/1.4 \cdot 1.865(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 20.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.02\right] \cdot 300 \cdot 267.0 \cdot 1e - 3 = 0.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.399 + 0.150 \cdot 0.002) 0.300 \cdot 0.267 = 32.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 32.2 \text{ kN} > 1.0 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned}
- k &= 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.865 \\
- \rho_L &= \min\left(0.02, \frac{A_{sl}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{30.0 \cdot 26.7}\right) = 0.000e + 00 \\
- v_{min} &= 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.865^{3/2}20.0^{1/2} = 0.399
\end{aligned}$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5v_b v_{df} f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 30.0 \cdot 26.7 \cdot 1.43 = 315.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 20.0/250) = 0.552$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 32.2 \text{ kN} > 1.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 315.8 \text{ kN} > 1.0 \text{ kN}$$

Rysy prostopadłe (10.3%)

Przekrój: $x/L=0.207$, $L=1.70\text{m}$; Kombinacja: Pareto-43_SGU (S:G4,G1)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c - 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{2.2}{1.0965/0.0045 - 1/0.0903 - 12.4} \frac{1}{1} = 0.762$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{16.0}{0.0420} = 149.8 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 8.0/191.5 = 0.0420$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{68.6 - 0.6 \frac{2.2}{0.0420} (1 + 6.67 \cdot 0.0420)}{200000.0} = 0.000206$$

gdzie przyjęto:

– $k_t = 0.6$ (obc. krótkotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 149.8 \cdot 0.000206 = 0.03 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}.$$

Przemieszczenia (sprężyste) (51.7%)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: *ext U (S:G4,G1,S:G6,S:G7,S:G5)*

Przemieszczenia prostopadłe do osi elementu wyznaczone w układzie centralnym przekroju:

$$Y-Y: v_y = |21.2 \text{ mm}| < 41.0 \text{ mm} = v_{y,lim}$$

$$X-X: v_x = |0.0 \text{ mm}| < 41.0 \text{ mm} = v_{x,lim}$$

$$\text{Przemieszczenie wzdłuż osi elementu: } u = |-0.2 \text{ mm}| < 41.0 \text{ mm} = u_{lim}$$

Ugięcia (1.0%)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: *max v (S:G4,G1,S:G6,S:G7,S:G5)*

Uwaga!!! Ugięcia elementu zostały wyznaczone tylko dla kierunku Y-Y centralnego układu przekroju. Oś obojętna jest odchylona o 4st od osi X-X centralnego układu przekroju

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: Wspornik - utw. na końcu elementu

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(\infty,t_0)} = \frac{30000.0}{1+2.000} = 30000.0 \text{ MPa}$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff}J_I$ lub $B_0 = E_{cm}J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff}J_I}{1-\beta\left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2\left(1-\frac{J_I}{J_{II}}\right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.4 \text{ mm} < 41.0 \text{ mm} = a_{lim}$.

WYMIAROWANIE SŁUP S1

1 Reguły wymiarowania

1.1 Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

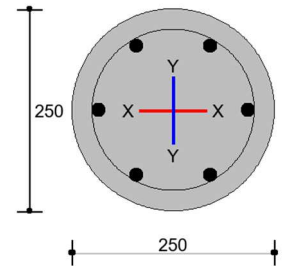
Nazwa/Opis: 27-4 (belka) -

Węzły: 27 ($x=-0.000\text{m}$, $y=0.000\text{m}$); 4 ($x=0.000\text{m}$, $y=-6.500\text{m}$)

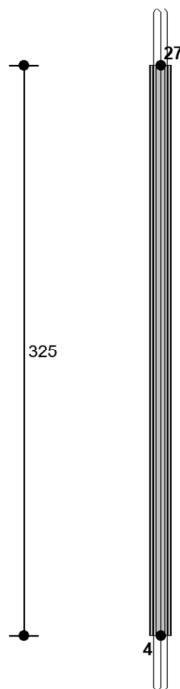
Profil: CIRCLE 125.0 (C25/30)

Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 6#16; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=6.50\text{m}$; $lbd1=0.60\text{m}$; $lbd2=0.60\text{m}$



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 49%

Zbrojenie główne: 49 %

Ścinanie: 0 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 0 %

Rysy prostopadłe: 25 %

Przemieszczenia (sprężyste): 16 %

Ugięcia: 0 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyteżenie
0	0.000	Pareto-0_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	Pareto-10	Zbrojenie główne	1.5 %
2	0.000	Pareto-11	Zbrojenie główne	1.3 %
3	0.000	Pareto-12	Zbrojenie główne	0.5 %
4	0.000	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	0.5 %
5	0.000	Pareto-3_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
6	0.000	---	Smukłość	0.0 %
7	0.000	Pareto-8_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
8	0.000	Pareto-7_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	Pareto-6_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
10	0.000	Pareto-5_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
11	0.000	Pareto-2_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
12	0.000	Pareto-4_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
13	0.000	Pareto-1_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.000	Pareto-6	Zbrojenie główne	1.7 %
15	0.000	Pareto-7	Zbrojenie główne	2.5 %
16	0.000	Pareto-4	Zbrojenie główne	1.2 %
17	0.000	Pareto-5	Zbrojenie główne	1.7 %
18	0.000	Pareto-2	Zbrojenie główne	2.3 %
19	0.000	Pareto-3	Zbrojenie główne	1.3 %
20	0.000	Pareto-0	Zbrojenie główne	2.4 %
21	0.000	Pareto-1	Zbrojenie główne	1.0 %
22	0.000	Pareto-8	Zbrojenie główne	0.7 %
23	0.000	Pareto-9	Zbrojenie główne	2.4 %
24	0.167	Pareto-14	Zbrojenie główne	6.1 %
25	0.167	Pareto-15	Zbrojenie główne	7.3 %
26	0.167	Pareto-16	Zbrojenie główne	6.7 %
27	0.167	Pareto-17	Zbrojenie główne	6.6 %
28	0.167	Pareto-13	Zbrojenie główne	7.4 %
29	0.167	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	6.8 %
30	0.167	Pareto-18	Zbrojenie główne	10.0 %
31	0.167	Pareto-19	Zbrojenie główne	9.9 %
32	0.167	---	Smukłość	0.0 %
33	0.167	Pareto-14_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.167	Pareto-15_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.167	Pareto-24	Zbrojenie główne	1.4 %
36	0.167	Pareto-10_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.167	Pareto-11_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
38	0.167	Pareto-17_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
39	0.167	Pareto-25	Zbrojenie główne	0.6 %

40	0.167	Pareto-9_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
41	0.167	Pareto-21	Zbrojenie główne	0.8 %
42	0.167	Pareto-20	Zbrojenie główne	2.6 %
43	0.167	Pareto-23	Zbrojenie główne	1.6 %
44	0.167	Pareto-22	Zbrojenie główne	2.5 %
45	0.167	Pareto-12_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
46	0.167	Pareto-16_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.167	Pareto-13_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.333	Pareto-38	Zbrojenie główne	0.7 %
49	0.333	Pareto-36	Zbrojenie główne	1.6 %
50	0.333	Pareto-37	Zbrojenie główne	1.5 %
51	0.333	Pareto-34	Zbrojenie główne	0.9 %
52	0.333	Pareto-35	Zbrojenie główne	2.6 %
53	0.333	Pareto-32	Zbrojenie główne	19.8 %
54	0.333	Pareto-33	Zbrojenie główne	2.8 %
55	0.333	Pareto-30	Zbrojenie główne	12.7 %
56	0.333	Pareto-31	Zbrojenie główne	19.9 %
57	0.333	---	Smukłość	0.0 %
58	0.333	Pareto-21_SGU	Rysy prostopadłe	7.8 %
59	0.333	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	12.4 %
60	0.333	Pareto-24_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.333	Pareto-25_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
62	0.333	Pareto-20_SGU	Rysy prostopadłe	5.6 %
63	0.333	Pareto-22_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
64	0.333	Pareto-23_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
65	0.333	Pareto-29	Zbrojenie główne	12.8 %
66	0.333	Pareto-28	Zbrojenie główne	13.6 %
67	0.333	Pareto-27	Zbrojenie główne	12.1 %
68	0.333	Pareto-26	Zbrojenie główne	13.7 %
69	0.333	Pareto-18_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
70	0.333	Pareto-19_SGU	Rysy prostopadłe	6.9 %
71	0.333	Pareto-26_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
72	0.500	Pareto-27_SGU	Rysy prostopadłe	8.4 %
73	0.500	Pareto-39	Zbrojenie główne	20.1 %
74	0.500	Pareto-50	Zbrojenie główne	1.6 %
75	0.500	Pareto-51	Zbrojenie główne	0.8 %
76	0.500	---	Smukłość	0.0 %
77	0.500	Pareto-35_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
78	0.500	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	15.6 %
79	0.500	Pareto-34_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
80	0.500	Pareto-31_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
81	0.500	Pareto-47	Zbrojenie główne	1.0 %
82	0.500	Pareto-46	Zbrojenie główne	3.1 %
83	0.500	Pareto-32_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
84	0.500	Pareto-44	Zbrojenie główne	30.0 %
85	0.500	Pareto-43	Zbrojenie główne	18.8 %
86	0.500	Pareto-42	Zbrojenie główne	19.0 %
87	0.500	Pareto-41	Zbrojenie główne	20.0 %
88	0.500	Pareto-40	Zbrojenie główne	18.2 %

89	0.500	Pareto-49	Zbrojenie główne	1.7 %
90	0.500	Pareto-48	Zbrojenie główne	2.9 %
91	0.500	Pareto-45	Zbrojenie główne	29.8 %
92	0.500	Pareto-33_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
93	0.500	Pareto-30_SGU	Rysy prostopadłe	11.9 %
94	0.500	Pareto-29_SGU	Rysy prostopadłe	9.4 %
95	0.500	Pareto-28_SGU	Rysy prostopadłe	10.9 %
96	0.667	Pareto-58	Zbrojenie główne	39.9 %
97	0.667	Pareto-59	Zbrojenie główne	3.8 %
98	0.667	Pareto-38_SGU	Rysy prostopadłe	14.4 %
99	0.667	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	15.2 %
100	0.667	Pareto-52	Zbrojenie główne	26.5 %
101	0.667	Pareto-53	Zbrojenie główne	24.3 %
102	0.667	Pareto-54	Zbrojenie główne	26.4 %
103	0.667	Pareto-55	Zbrojenie główne	25.2 %
104	0.667	Pareto-56	Zbrojenie główne	25.0 %
105	0.667	Pareto-57	Zbrojenie główne	40.2 %
106	0.667	---	Smukłość	0.0 %
107	0.667	Pareto-42_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
108	0.667	Pareto-44_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
109	0.667	Pareto-41_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
110	0.667	Pareto-61	Zbrojenie główne	3.5 %
111	0.667	Pareto-60	Zbrojenie główne	1.1 %
112	0.667	Pareto-63	Zbrojenie główne	1.8 %
113	0.667	Pareto-62	Zbrojenie główne	2.0 %
114	0.667	Pareto-64	Zbrojenie główne	0.9 %
115	0.667	Pareto-37_SGU	Rysy prostopadłe	17.0 %
116	0.667	Pareto-40_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
117	0.667	Pareto-43_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
118	0.667	Pareto-36_SGU	Rysy prostopadłe	12.6 %
119	0.667	Pareto-39_SGU	Rysy prostopadłe	18.9 %
120	0.815	Pareto-47_SGU	Rysy prostopadłe	20.5 %
121	0.815	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	11.0 %
122	0.815	Pareto-75	Zbrojenie główne	2.3 %
123	0.815	Pareto-72	Zbrojenie główne	4.3 %
124	0.815	Pareto-73	Zbrojenie główne	1.1 %
125	0.815	Pareto-70	Zbrojenie główne	49.3 %
126	0.815	Pareto-71	Zbrojenie główne	49.0 %
127	0.815	Pareto-76	Zbrojenie główne	2.0 %
128	0.815	Pareto-77	Zbrojenie główne	1.0 %
129	0.815	Pareto-74	Zbrojenie główne	4.1 %
130	0.815	Pareto-46_SGU	Rysy prostopadłe	23.3 %
131	0.815	Pareto-45_SGU	Rysy prostopadłe	18.6 %
132	0.815	Pareto-49_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
133	0.815	Pareto-53_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
134	0.815	Pareto-52_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
135	0.815	Pareto-65	Zbrojenie główne	32.4 %
136	0.815	Pareto-67	Zbrojenie główne	32.2 %

137	0.815	Pareto-66	Zbrojenie główne	29.8 %
138	0.815	Pareto-69	Zbrojenie główne	30.7 %
139	0.815	Pareto-68	Zbrojenie główne	30.9 %
140	0.815	Pareto-51_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
141	0.815	---	Smukłość	0.0 %
142	0.815	Pareto-50_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
143	0.815	Pareto-48_SGU	Rysy prostopadłe	25.3 %
144	0.815	Pareto-61_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
145	0.815	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	11.0 %
146	0.815	---	Smukłość	0.0 %
147	0.815	Pareto-58_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
148	0.815	Pareto-60_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
149	0.815	Pareto-78	Zbrojenie główne	30.2 %
150	0.815	Pareto-79	Zbrojenie główne	28.1 %
151	0.815	Pareto-90	Zbrojenie główne	1.0 %
152	0.815	Pareto-59_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
153	0.815	Pareto-62_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
154	0.815	Pareto-57_SGU	Rysy prostopadłe	23.3 %
155	0.815	Pareto-54_SGU	Rysy prostopadłe	17.0 %
156	0.815	Pareto-88	Zbrojenie główne	2.2 %
157	0.815	Pareto-83	Zbrojenie główne	46.5 %
158	0.815	Pareto-82	Zbrojenie główne	28.8 %
159	0.815	Pareto-81	Zbrojenie główne	29.0 %
160	0.815	Pareto-80	Zbrojenie główne	30.1 %
161	0.815	Pareto-87	Zbrojenie główne	3.8 %
162	0.815	Pareto-86	Zbrojenie główne	1.1 %
163	0.815	Pareto-85	Zbrojenie główne	4.0 %
164	0.815	Pareto-84	Zbrojenie główne	46.2 %
165	0.815	Pareto-89	Zbrojenie główne	1.9 %
166	0.815	Pareto-55_SGU	Rysy prostopadłe	21.4 %
167	0.815	Pareto-56_SGU	Rysy prostopadłe	18.8 %
168	0.833	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	10.1 %
169	0.833	---	Smukłość	0.0 %
170	0.833	Pareto-98	Zbrojenie główne	4.0 %
171	0.833	Pareto-99	Zbrojenie główne	1.1 %
172	0.833	Pareto-94	Zbrojenie główne	28.1 %
173	0.833	Pareto-95	Zbrojenie główne	28.0 %
174	0.833	Pareto-96	Zbrojenie główne	45.2 %
175	0.833	Pareto-97	Zbrojenie główne	44.9 %
176	0.833	Pareto-63_SGU	Rysy prostopadłe	16.0 %
177	0.833	Pareto-91	Zbrojenie główne	29.4 %
178	0.833	Pareto-69_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
179	0.833	Pareto-93	Zbrojenie główne	29.2 %
180	0.833	Pareto-101	Zbrojenie główne	2.1 %
181	0.833	Pareto-64_SGU	Rysy prostopadłe	20.3 %
182	0.833	Pareto-67_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
183	0.833	Pareto-92	Zbrojenie główne	27.3 %
184	0.833	Pareto-68_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
185	0.833	Pareto-70_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

186	0.833	Pareto-100	Zbrojenie główne	3.7 %
187	0.833	Pareto-103	Zbrojenie główne	1.0 %
188	0.833	Pareto-102	Zbrojenie główne	1.9 %
189	0.833	Pareto-66_SGU	Rysy prostopadłe	22.1 %
190	0.833	Pareto-65_SGU	Rysy prostopadłe	17.8 %
191	0.833	Pareto-71_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
192	1.000	ext U	Przemieszczenia (sprężyste)	0.0 %
193	1.000	---	Smukłość	0.0 %
194	1.000	Pareto-116	Zbrojenie główne	1.2 %
195	1.000	Pareto-114	Zbrojenie główne	2.0 %
196	1.000	Pareto-115	Zbrojenie główne	1.9 %
197	1.000	Pareto-112	Zbrojenie główne	1.3 %
198	1.000	Pareto-113	Zbrojenie główne	3.3 %
199	1.000	Pareto-110	Zbrojenie główne	36.1 %
200	1.000	Pareto-111	Zbrojenie główne	3.5 %
201	1.000	Pareto-75_SGU	Rysy prostopadłe	14.3 %
202	1.000	Pareto-79_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
203	1.000	Pareto-76_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
204	1.000	Pareto-72_SGU	Rysy prostopadłe	10.3 %
205	1.000	Pareto-109	Zbrojenie główne	36.3 %
206	1.000	Pareto-108	Zbrojenie główne	22.5 %
207	1.000	Pareto-73_SGU	Rysy prostopadłe	12.8 %
208	1.000	Pareto-105	Zbrojenie główne	22.0 %
209	1.000	Pareto-104	Zbrojenie główne	23.6 %
210	1.000	Pareto-107	Zbrojenie główne	22.6 %
211	1.000	Pareto-106	Zbrojenie główne	23.5 %
212	1.000	Pareto-80_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
213	1.000	Pareto-77_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
214	1.000	Pareto-74_SGU	Rysy prostopadłe	11.2 %
215	1.000	Pareto-78_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
216	0.570	max v	Ugięcia	0.4 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0%)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.50m$; Kombinacja: Pareto-106 (+K:G4,+:G1,+K:G6,+:G5)

Zakotwienie zbrojenia (0.0%)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.50m$; Kombinacja: Pareto-106 (+K:G4,+:G1,+K:G6,+:G5)

Wyniki dla najslabiej zakotwionego pręta (krawędź: 0, $x=5.2mm$, $y=92.0mm$).

Podstawowa długość zakotwienia: $l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{1.6}{4} \cdot \frac{|-52.2|}{2.89} = 7.2cm$

Minimalna długość zakotwienia: $l_{b,min} = \max(0.6l_b, 10\phi, 10cm) = 36.1cm$

Dodatkowe zakotwienie od ścinania: $a_L = 0.5z \cot \theta = 0.5 \cdot 0.0 \cdot 1.000 = 0.0cm$

Obliczeniowa długość zakotwienia: $l_{bd} = \max(|\alpha l_{b,rqd}| + a_L, l_{b,min}) = \max(|1.0 \cdot 7.2| + 0.0, 36.1) = 36.1cm$

Warunek na zakotwienie: $l_{bd} = 36.1cm < 60.1cm = l$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Soldis PROJEKTANT

Licencja: Komercyjna - Użytkownik: Użytkownik RS78TF3D - IP: 192.168.2.106

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{f_{ct,eff}} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.400 \cdot 1.0 \cdot 0.26 \cdot 246.6}{24.0} = 1.1 \text{ cm}^2 < 6.0 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 6.500 \text{ m}$

Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Przekrój: $x/L = 0.815$, $L = 5.30 \text{ m}$; Kombinacja: Pareto-70 (+:G4,+:G1,+K:G6,+K:G7,+K:G5)

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.013 \cdot 12.151 = 0.2 \text{ kNm}$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} - M_{Ed,y,ei} = -18.9 - 0.2 = -19.0 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.485 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.048)}} = 67.7 < 104.3 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - A &= \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22 \cdot 0.00} = 0.714, \\ - B &= \sqrt{(1+2\omega)} = \sqrt{(1+20.602)} = 1.485, \\ - C &= 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700. \end{aligned}$$

Wyznaczenie momentu drugiego rzędu za pomocą metody sztywności nominalnej (5.8.7).

Siła krytyczna:

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{l_0^2} (K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s)$$

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{6.50^2} (0.003 \cdot 25833.3 \cdot 1.89e-04 + 1.0 \cdot 200000.00 \cdot 5.11e-06) = 0.2 \text{ MN} = 242.2 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - \phi_{eff} &= \phi(\infty, t_0) \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2.00 \cdot 1.00 = 2.00 \\ - k_1 &= \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{25.0}{20}} = 1.118, \quad k_2 = \min \left[0.2, \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \frac{\lambda_x}{170} \right] = \min \left[0.2, 0.014 \frac{104.3}{170} \right] = 0.009 \\ - K_c &= \frac{k_1 k_2}{1 + \phi_{eff}} = 0.003. \end{aligned}$$

Powiększony moment zginający:

$$M_{Ed,y} = M_{0Ed,y} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_{B,y}}{N_{Ed}} - 1} \right) = -19.0 \left(1 + \frac{1.234}{\frac{242.2}{12.2} - 1} \right) = -20.3 \text{ kNm}$$

gdzie przyjęto:

$$- \beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8.0} = 1.234 \text{ (zginanie ukośne)}$$

Kierunek X - X

Imperfekcje geometryczne:

W obliczeniach pominięto imperfekcje geometryczne.

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,y,ei} = e_{i,x} \cdot N_{Ed} = 0.000 \cdot 12.151 = 0.0 \text{ kNm}$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,x} = M_{Ed,x} - M_{Ed,x,ei} = -0.6 - 0.0 = -0.6 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim.} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.485 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.048)}} = 67.7 < 104.3 = \lambda_y$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - A &= \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22 \cdot 0.000} = 0.714, \\ - B &= \sqrt{(1+2\omega)} = \sqrt{(1+20.602)} = 1.485, \\ - C &= 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700. \end{aligned}$$

Wyznaczenie momentu drugiego rzędu za pomocą metody sztywności nominalnej (5.8.7).

Siła krytyczna:

$$N_{B,x} = \frac{\pi^2}{l_0^2} (K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s)$$

$$N_{B,x} = \frac{\pi^2}{6.50^2} (0.003 \cdot 25833.3 \cdot 1.89e-04 + 1.0 \cdot 200000.00 \cdot 5.11e-06) = 0.2MN = 242.2kN$$

gdzie przyjęto:

$$\begin{aligned} - \phi_{eff} &= \phi(\infty, t_0) \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2.00 \cdot 1.00 = 2.00 \\ - k_1 &= \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{25.0}{20}} = 1.118, \quad k_2 = \min \left[0.2, \frac{N_{ed}}{A_c f_{cd}} \frac{\lambda_x}{170} \right] = \min \left[0.2, 0.014 \frac{104.3}{170} \right] = 0.009 \\ - K_c &= \frac{k_1 k_2}{1 + \phi_{eff}} = 0.003. \end{aligned}$$

Powiększony moment zginający:

$$M_{Ed,x} = M_{0Ed,x} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right) = -0.6 \left(1 + \frac{1.234}{\frac{242.2}{12.2} - 1} \right) = -0.6kNm$$

gdzie przyjęto:

$$\beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8.0} = 1.234 \quad (\text{zginanie ukośne})$$

Wypadkowy moment zginający:

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2} = \sqrt{20.3^2 + 0.6^2} = 20.3kNm$$

Zbrojenie główne (49.3%)

Przekrój: $x/L=0.815$, $L=5.30m$; Kombinacja: Pareto-70 (+:G4,+:G1,+K:G6,+K:G7,+K:G5)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 8.9cm$, $a_1 = 8.4cm$, $d = 16.4cm$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -1109.0kN < -12.2kN = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 302.8kN > -12.2kN = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 41.1kNm > 20.3kNm = M_{Sd}$$

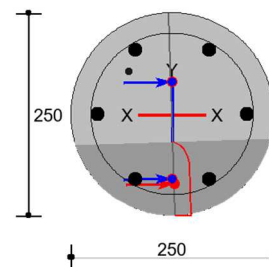
Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00128 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00099 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00019 < 0.0020$$

$x/L=0.815$ (Pareto-70)



Rysy prostopadłe (25.3%)

Przekrój: $x/L=0.815$, $L=5.30m$; Kombinacja: Pareto-48_SGU (S:G4,G1,S:G7)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c - 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{2.6}{0.9721/0.0015 - 1/0.0489 - 12.9} = 0.326$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{16.0}{0.0585} = 131.5 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

- $k_1 = 0.8$ (pręty żebrowane), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),
- efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s / A_{c,eff} = 4.0 / 68.7 = 0.0585$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{152.1 - 0.6 \frac{2.6}{0.0585} (1 + 6.45 \cdot 0.0585)}{200000.0} = 0.000577$$

gdzie przyjęto:

- $k_t = 0.6$ (obc. krótkotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 131.5 \cdot 0.000577 = 0.08 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}$$

Przemieszczenia (sprężyste) (15.6%)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=3.25\text{m}$; Kombinacja: *ext U (S:G4,G1)*

Przemieszczenia prostopadłe do osi elementu wyznaczone w układzie centralnym przekroju:

$$Y-Y: v_y = |6.8 \text{ mm}| < 43.3 \text{ mm} = v_{y,lim}$$

$$X-X: v_x = |0.1 \text{ mm}| < 43.3 \text{ mm} = v_{x,lim}$$

$$\text{Przemieszczenie wzdłuż osi elementu: } u = |-0.1 \text{ mm}| < 32.5 \text{ mm} = u_{lim}$$

Ugięcia (0.4%)

Przekrój: $x/L=0.570$, $L=3.71\text{m}$; Kombinacja: *max v (S:G4,G1)*

Uwaga!!! Ugięcia elementu zostały wyznaczone tylko dla kierunku Y-Y centralnego układu przekroju. Oś obojętna jest odchylona o 4st od osi X-X centralnego układu przekroju

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: Wspornik - utw. na końcu elementu

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000.0}{1 + 2.000} = 10333.3 \text{ MPa}$$

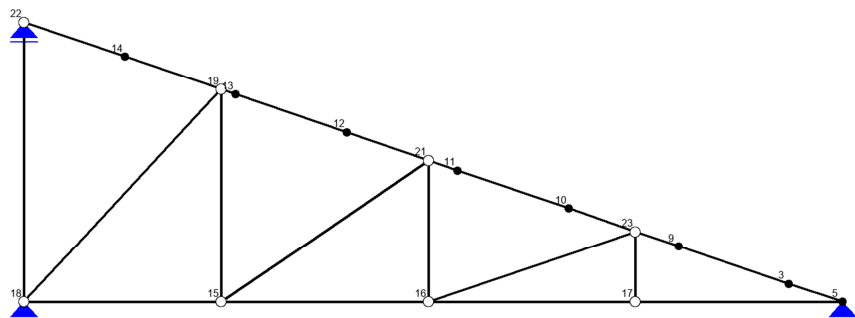
Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_I}{J_{II}} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.1 \text{ mm} < 32.5 \text{ mm} = a_{lim}$.

WYMIAROWANIE KRATOWNICA K.1



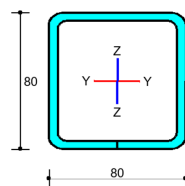
Pręt nr 14 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 13 (x=5.633m, y=7.945m); 19 (x=5.545m, y=7.975m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 21%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 8 %

Zginanie: 13 %

Zginanie z siłą podłużną: 21 %

Zginanie ze ściskaniem: 16 %

Ścinanie: 10 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	20.6 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	20.6 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	20.6 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	17.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.2 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	17.5 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	17.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	14.2 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.2 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	14.2 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	14.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	10.8 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.1 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	10.8 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	10.8 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
28	1.000	min Mx	Ścinanie	9.7 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ściskanie	0.4 %
31	1.000	max N	Ściskanie	0.4 %
32	1.000	max Ty	Ścinanie	10.3 %
33	1.000	min N	Ścinanie	10.3 %
34	1.000	max Mx	Ściskanie	0.4 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 0.1\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 0.1\text{m}$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 0.1\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.1 \text{m})^2} = 324823.7 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.1 \text{m})^2} = 324823.0 \text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.1 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6 \text{kN}$$

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

$$R = (324823.0 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 324823.0 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 53207935016.9 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(324823.0 + 94154.6) - \sqrt{53207935016.9}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 94154.6 \text{kN}$$

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: $z_a = 4.0 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 9.3)^2 = 324823.0 \text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 324823.0 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{324823.0} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 4123.01 \text{kNm}$$

Ściskanie (7.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN}$$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 324823.7 = 0.033 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (gięte x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 324823.0 = 0.033 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (gięte y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN} > 26.1 \text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (10.3 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.09\text{m}$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 9.8 \text{kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 0.0 \text{kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (13.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 93.3 = 0.402 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (2.033) = 0.492$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.492^{0.402}, 375 \cdot 0.492) = 14 \text{mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 93.3 = 0.402 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (2.033) = 0.492$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.492^{0.402}, 375 \cdot 0.492) = 14 \text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{27.3 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{4123.01}}, 3.0 \right] = 0.039 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{27.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.4 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.8}{6.4} = 0.13 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 93.3 = 0.402 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (2.033) = 0.492$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.492^{0.402}, 375 \cdot 0.492) = 14 \text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 93.3 = 0.402 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (2.033) = 0.492$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.492^{0.402}, 375 \cdot 0.492) = 14 \text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.3 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.3} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (20.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{26.1}{15.0} - \frac{0.8 \cdot 1e2 + 26.1 \cdot 0.000}{109.4} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 26.1 \cdot 0.000}{39.0} 4.0 = -4.8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-48.4| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

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

$$\frac{-26.1}{15.0 \cdot 23.5/1.0} + \frac{0.8 + -26.1 \cdot 0.000}{27.3 \cdot 10e-6 - 23.5 \cdot 10e4/1.0} + \frac{0.0 + -26.1 \cdot 0.000}{9.8 \cdot 1e-6 - 23.5 \cdot 1e4/1.0} = 0.206 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (15.7 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min\ N\ (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.519, 0.4) = 0.616$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.616$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.616 \left(1 + 0.6 \min(0.033, 1) \cdot \frac{26.1}{1.000 \cdot 346.1/1.0} \right) \right] = 0.616$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.033, 1) \cdot \frac{26.1}{1.000 \cdot 346.1/1.0} \right) \right] = 1.001$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.001$$

$$k_{zy} = 0.8k_{yy} = 0.8 \cdot 0.616 = 0.493$$

Wzrostki ośrodku dla elementu ugiętego i ściskowego (kl=1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_z N_{Rk}} = 0.16 < 1.0$$

$$\frac{26.1}{1.000 \cdot 346.1} + 0.616 \frac{0.8 + 0.0}{1.000 \cdot 6.4} + 1.001 \frac{0.000 + 0.000}{2.3} = 0.16 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_z N_{Rk}} = 0.14 < 1.0$$

$$\frac{26.1}{1.000 \cdot 346.1} + 0.493 \frac{0.8 + 0.0}{1.000 \cdot 6.4} + 1.001 \frac{0.000 + 0.000}{2.3} = 0.14 < 1.0$$

Ugięcia (0.2 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.05m$; Kombinacja: $ext\ U\ (0,1,2,K3,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie ukłodu: $u_z = |0.0|mm < 0.5mm = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadłe do pł. ukłodu: $u_y = |-0.0|mm < 0.5mm = u_{y,lim}$.

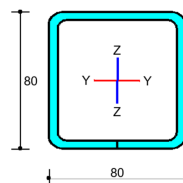
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 17 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 16 ($x=6.790m$, $y=6.700m$); 17 ($x=8.035m$, $y=6.700m$)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)

**Wyniki dla elementu****Całkowite wyężenie elementu: 24%**

Rozciąganie: 24 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 24 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	1.3 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	21.1 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	24.1 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	1.3 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	1.3 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	1.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.1 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	21.1 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	24.1 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.2 %
16	0.500	min Ty	Rozciąganie	21.1 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	24.1 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.1 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	21.1 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	24.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	1.3 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	21.1 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	24.1 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	1.3 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	1.3 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	1.3 %

Wyniki szczegółowe**Rozciąganie (24.1 %)**

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+K2,+3,)$

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73cm^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{Y_{Mo}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1kN > 83.4kN = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.2m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.2m$

Wyboczenie skrajne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.2m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 1.2 m)^2} = 1825.7 kN$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 1.2 m)^2} = 1825.7 kN$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 0.0 cm^6}{(1.000 \cdot 1.2 m)^2} + 80769.0 MPa \cdot 216.2 cm^4 \right] = 94154.6 kN$$

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

$$R = (1825.7 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 1825.7 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 8524629676.9 kN$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(1825.7 + 94154.6) - \sqrt{8524629676.9}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 1825.7 kN$$

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: $z_a = 4.0cm$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0cm$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 124.5)^2 = 1825.7 kN$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 1825.7 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{1825.7} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 602.26 kNm$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} Y_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 kN > 0.1 kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y}/t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} Y_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 kN > 0.0 kN = V_{Ed,y}$$

Zginanie (0.3 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28 mm^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28 mm^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{602.26}}, 3.0 \right] = 0.105 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{Y_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{6.6} = 0.00 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28 mm^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28 mm^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{Y_{Mo}} = \frac{10.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5 kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (24.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+K2,+3,)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{83.4}{15.0} + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 83.4 \cdot 0.000}{112.9} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 83.4 \cdot 0.000}{43.0} 4.0 = 5.6 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |56.4| < 235.0 = \frac{f_y}{Y_{Mo}}$$

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

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / Y_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / Y_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / Y_{Mo}}}{\frac{83.4}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + 83.4 \cdot 0.000}{28.2 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + 83.4 \cdot 0.000}{10.8 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0}} < 1.0$$

Ugięcia (0.2 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=0.62m; Kombinacja: ext U (0,1,)

Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_z = |-0.0|mm < 6.2mm = u_{z,lim}$
Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |0.0|mm < 6.2mm = u_{y,lim}$

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

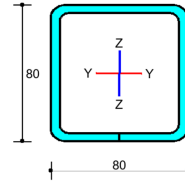
Pręt nr 22 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 21 (x=6.790m, y=7.550m); 12 (x=6.300m, y=7.717m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 55%

- Rozciąganie: 0 %
- Ściskanie: 9 %
- Zginanie: 47 %
- Zginanie z siłą podłużną: 55 %
- Zginanie ze ściskaniem: 43 %
- Ścinanie: 10 %
- Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %
- Smukłość: 0 %
- Ugięcia: 6 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	0.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ścinanie	10.4 %
3	0.000	max N	Ściskanie	0.5 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	0.5 %
5	0.000	min N	Ścinanie	10.4 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	0.5 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	25.8 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	3.6 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	25.8 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %

11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	25.8 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	39.2 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	5.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	39.2 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	39.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	48.8 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	4.7 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	48.8 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	48.8 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
28	0.990	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	54.5 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.3 %
30	0.990	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	54.5 %
31	0.990	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
32	0.990	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
33	0.990	min N	Zginanie z siłą podłużną	54.5 %
34	0.990	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
35	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	54.7 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	54.7 %
38	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
39	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
40	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	54.7 %
41	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.5m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.5m$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.5m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 0.5 m)^2} = 10555.8 kN$$
$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 0.5 m)^2} = 10555.8 kN$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{I_\omega^2} \left[\frac{\pi^2 E I_\omega}{l^2} + G J_T \right]$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 0.0 cm^6}{(1.000 \cdot 0.5 m)^2} + 80769.0 MPa \cdot 216.2 cm^4 \right] = 94154.6 kN$$

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

$$R = (10555.8 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 10555.8 \cdot 94154.6(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/4.306^2) = 6988751703.9 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(10555.8 + 94154.6) - \sqrt{6988751703.9}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/4.306^2)} = 10555.8 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny zostal wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybocheniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 51.8)^2 = 10555.8 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G I_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 10555.8 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{10555.8} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1332.91 \text{ kNm}$$

Ściskanie (8.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{ kN}$

Współczynniki wybocheniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 346.1/10555.8 = 0.181 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 346.1/10555.8 = 0.181 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 346.1/94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 346.1/10555.8 = 0.181 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{ kN} > 30.5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (10.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 9.8 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y}/t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (46.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.52m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/517.8 = 0.072 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.034) = 0.968$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.968^{0.072}, 375 \cdot 0.968) = 27 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/517.8 = 0.072 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.034) = 0.968$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.968^{0.072}, 375 \cdot 0.968) = 27 \text{ mm}^2$$

Wsp. zwiczenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1332.91}}, 3.0 \right] = 0.070 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{3.1}{6.6} = 0.47 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/517.8 = 0.072 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.034) = 0.968$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.968^{0.072}, 375 \cdot 0.968) = 27 \text{ mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/517.8 = 0.072 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.034) = 0.968$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.968^{0.072}, 375 \cdot 0.968) = 27 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (54.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.52m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{28.6}{15.0} - \frac{3.1 \cdot 1e2 + 28.6 \cdot 0.000}{112.7} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 28.6 \cdot 0.000}{42.8} 4.0 = -12.8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-12.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}}}{\frac{-28.6}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{3.1 + -28.6 \cdot 0.000}{28.2 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -28.6 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0}} < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (42.6 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.52m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8 \alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.663, 0.4) = 0.730$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.730$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1.) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.730 \left(1 + 0.6 \min(0.181, 1.) \cdot \frac{30.5}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.737$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\lambda_z, 1.) \cdot \frac{N_{Ed}}{\lambda_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.181, 1.) \cdot \frac{30.5}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.009$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 1.009$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 0.737 = 0.589$$

Wzrostki współczynniki dla kombinacji ugięć i ścinania (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\lambda_z N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\lambda_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.43 < 1.0$$

$$\frac{30.5}{1.000 \cdot 346.1} + 0.737 \frac{3.1 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.009 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.43 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\lambda_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\lambda_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.36 < 1.0$$

$$\frac{30.5}{1.000 \cdot 346.1} + 0.589 \frac{3.1 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.009 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.36 < 1.0$$

Ugięcia (5.6 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.26m$; Kombinacja: $ext U (0, 1, 2, K3,)$

Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_x = |0.1|mm < 2.6mm = u_{x,lim}$.

Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 2.6mm = u_{y,lim}$.

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

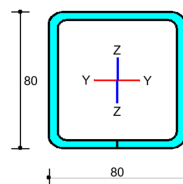
Pręt nr 15 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 14 ($x=4.967m$, $y=8.172m$); 22 ($x=4.362m$, $y=8.379m$)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 44%

Rozciąganie: 1 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 44 %

Zginanie z siłą podłużną: 44 %

Zginanie ze ściskaniem: 23 %

Ścinanie: 10 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 7 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	28.4 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	28.2 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	42.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	6.1 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	39.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	42.0 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	34.1 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	7.4 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.3 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	32.0 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	34.1 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.3 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.3 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	20.4 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	4.8 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	19.2 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	20.4 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
28	0.990	min Mx	Ścinanie	9.7 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.2 %
30	0.990	min Ty	Ścinanie	0.4 %
31	0.990	max N	Ścinanie	9.7 %
32	0.990	max Ty	Ścinanie	9.7 %
33	0.990	min N	Ścinanie	0.4 %
34	0.990	max Mx	Ścinanie	0.4 %
35	1.000	min Mx	Ścinanie	0.4 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Ścinanie	0.4 %
38	1.000	max N	Ścinanie	9.8 %
39	1.000	max Ty	Ścinanie	9.8 %
40	1.000	min N	Ścinanie	0.4 %
41	1.000	max Mx	Ścinanie	0.4 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (0.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.64m$; Kombinacja: $\max Ty (+0,+1,+K2,+3,)$

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73\text{cm}^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{Y_{Mo}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1\text{kN} > 3.2\text{kN} = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.6m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.6m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.6m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} = 6937.7\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} = 6937.7\text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6\text{kN}$$

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

$$R = (6937.7 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 6937.7 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 7606786108.4\text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(6937.7 + 94154.6) - \sqrt{7606786108.4}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 6937.7\text{kN}$$

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: $z_a = 4.0\text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 63.9)^2 = 6937.7\text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 6937.7 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{6937.7} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1109.95\text{kNm}$$

Ściskanie (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+3,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7\text{cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A_{fy}}{Y_{Mo}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1\text{kN}$$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 6937.7 = 0.223 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.995 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 6937.7 = 0.223 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.995 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 6937.7 = 0.223 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.995 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.995$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{fy}}{Y_{M1}} = \frac{0.995 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 344.3\text{kN} > 0.0\text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (9.8 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.64m$; Kombinacja: $\max Ty (+0,+1,+K2,+3,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} Y_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0\text{kN} > 9.3\text{kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} Y_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0\text{kN} > 0.0\text{kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (43.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min Ty (-0,-1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 638.7 = 0.059 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.022) = 0.978$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.978^{0.059}, 375 \cdot 0.978) = 28\text{mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 638.7 = 0.059 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.022) = 0.978$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.978^{0.059}, 375 \cdot 0.978) = 28\text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1109.95}}, 3.0 \right] = 0.077 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{Y_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{2.9}{6.6} = 0.44 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 638.7 = 0.059 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.022) = 0.978$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.978^{0.059}, 375 \cdot 0.978) = 28\text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 638.7 = 0.059 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.022) = 0.978$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.978^{0.059}, 375 \cdot 0.978) = 28\text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{Y_{Mo}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (44.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min Ty (-0,-1,+K2,+3,)$

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{y,eff}} y_{eff}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{0.9}{15.0} + \frac{2.9 \cdot 1e2 + 0.9 \cdot 0.000}{112.8} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 0.9 \cdot 0.000}{42.9} 4.0 = 10.4 \frac{kN}{cm^2}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = |103.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{Mo}} < 1.0$$
$$\frac{0.9}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{28.2 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0}{2.9 + 0.9 \cdot 0.000} + \frac{0.0 + 0.9 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.442 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (22.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.761, 0.4) = 0.809$$
$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$
$$C_{mLT} = C_{my} = 0.809$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1.) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{yy} = \left[0.809 \left(1 + 0.6 \min(0.223, 1.) \frac{0.0}{0.995 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.810$$
$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1.) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.223, 1.) \frac{0.0}{0.995 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.001$$
$$k_{yz} = k_{zz} = 1.001$$

$$k_{zy} = 0.8k_{yy} = 0.8 \cdot 0.810 = 0.648$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.23 < 1.0$$
$$\frac{0.0}{0.995 \cdot 346.1} + 0.810 \frac{1.9 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.001 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.23 < 1.0$$
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.18 < 1.0$$
$$\frac{0.0}{0.995 \cdot 346.1} + 0.648 \frac{1.9 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.001 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.18 < 1.0$$

Ugięcia (7.4 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.32m$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = |0.2|mm < 3.2mm = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 3.2mm = u_{y,lim}$.

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

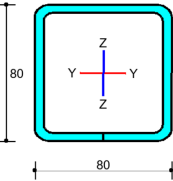
Pręt nr 16 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 15 (x=5.545m, y=6.700m); 16 (x=6.790m, y=6.700m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 15%

- Rozciąganie: 15 %
- Ściskanie: 0 %
- Zginanie: 0 %
- Zginanie z siłą podłużną: 15 %
- Zginanie ze ściskaniem: 0 %
- Ścinanie: 0 %
- Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %
- Smukłość: 0 %
- Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.9 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	12.8 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	15.2 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.9 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.9 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.9 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.1 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	12.8 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	15.2 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.2 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	12.9 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	15.3 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %

22	0.750	ext U	Ugięcia	0.1 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	12.8 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	15.2 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	0.9 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	12.8 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	15.2 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	0.9 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	0.9 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	0.9 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (15.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: max N (+0,+1,+K2,+3,)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73cm^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{\gamma_{Mo}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1kN > 52.8kN = N$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.2m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.2m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_{\omega} = 1.000$ oraz $l_{\omega} = 1.2m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} = 1825.7kN$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} = 1825.7kN$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 0.0cm^6}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} + 80769.0MPa \cdot 216.2cm^4 \right] = 94154.6kN$$

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

$$R = (1825.7 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 1825.7 \cdot 94154.6(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 8524629676.9kN$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(1825.7 + 94154.6) - \sqrt{8524629676.9}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 1825.7kN$$

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: $z_a = 4.0cm$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0cm$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 124.5)^2 = 1825.7kN$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 1825.7 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{1825.7} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 602.26kNm$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: max Mx (+0,+1,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.1kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y}/t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.0kN = V_{Ed,y}$$

Zginanie (0.3 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: max Mx (+0,+1,)

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{602.26}}, 3.0 \right] = 0.105 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{6.6} = 0.00 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{10.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5kNm$$

Wzrost kątowy:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (15.3 %)Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: $max\ N\ (+0,+1,+K2,+3)$

Napięcie ścinowe w przekroju efektywnym uwzględniając wpływ poprzeczny:

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{52.8}{15.0} + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 52.8 \cdot 0.000}{112.9} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 52.8 \cdot 0.000}{43.0} 4.0 = 3.6 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |36.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

Dodatkowy wzrost kąta (6.44) uwzględniając wpływ poprzeczny:

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

$$\frac{52.8}{15.0 \cdot 235 / 1.0} + \frac{0.0 + 52.8 \cdot 0.000}{28.2 \cdot 10e-6 \cdot 235 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + 52.8 \cdot 0.000}{10.8 \cdot 1e-6 \cdot 235 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.153 < 1.0$$

Ugięcia (0.2 %)Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: $ext\ U\ (0,1,)$ Przemieszczenie w płaszczyźnie ukiętu: $u_z = |-0.0|mm < 6.2mm = u_{z,lim}$ Przemieszczenie prostopadłe do pł. ukiętu: $u_y = |0.0|mm < 6.2mm = u_{y,lim}$

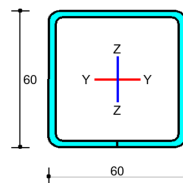
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 28 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 28 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 22 ($x=4.362m$, $y=8.379m$); 18 ($x=4.362m$, $y=6.700m$)

Profil: Krzyżulce (S 235)

**Wyniki dla elementu****Całkowite wyężenie elementu: 0%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.0 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	0.0 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	0.0 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.0 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.0 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.0 %
7	0.250	min Mx	Rozciąganie	0.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.0 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	0.0 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	0.0 %
11	0.250	max Ty	Rozciąganie	0.0 %
12	0.250	min N	Rozciąganie	0.0 %
13	0.250	max Mx	Rozciąganie	0.0 %
14	0.500	min Mx	Ściskanie	0.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	0.500	min Ty	Ściskanie	0.0 %
17	0.500	max N	Ściskanie	0.0 %
18	0.500	max Ty	Ściskanie	0.0 %
19	0.500	min N	Ściskanie	0.0 %
20	0.500	max Mx	Ściskanie	0.0 %
21	0.750	min Mx	Ściskanie	0.0 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	0.750	min Ty	Ściskanie	0.0 %
24	0.750	max N	Ściskanie	0.0 %
25	0.750	max Ty	Ściskanie	0.0 %
26	0.750	min N	Ściskanie	0.0 %
27	0.750	max Mx	Ściskanie	0.0 %
28	1.000	min Mx	Ściskanie	0.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ściskanie	0.0 %
31	1.000	max N	Ściskanie	0.0 %
32	1.000	max Ty	Ściskanie	0.0 %
33	1.000	min N	Ściskanie	0.0 %
34	1.000	max Mx	Ściskanie	0.0 %

Wyniki szczegółowe**Rozciąganie (0.0 %)**Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $max\ N\ (+0,+1,+2,+K3)$ Pole przekroju: $A_{brutto} = 6.74cm^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{6.74 \cdot 235}{1.00} = 158.4kN > 0.0kN = N$$

Đużość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.7\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.7\text{m}$

Wyboczenie skrajne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.7\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 36.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.7 \text{m})^2} = 266.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 36.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.7 \text{m})^2} = 266.2 \text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{3.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 1.7 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 56.7 \text{cm}^4 \right] = 42682.1 \text{kN}$$

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

$$R = (266.2 + 42682.1)^2 - 4 \cdot 266.2 \cdot 42682.1 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2) = 1799109312.6 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(266.2 + 42682.1) - \sqrt{1799109312.6}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2)} = 266.2 \text{kN}$$

Ściskanie (0.0 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 1.68\text{m}$; Kombinacja: max Mx (+0,+1,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 6.7 \text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 158.4 \text{kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 158.4 / 266.2 = 0.771 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.812$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 158.4 / 266.2 = 0.771 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.812$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 158.4 / 42682.1 = 0.061 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 158.4 / 266.2 = 0.771 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.812$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.812$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.812 \cdot 6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 128.6 \text{kN} > 0.0 \text{kN} = N_{Ed}$$

Ugięcia (0.0 %)

Przekrój: $x/L = 0.500$, $L = 0.84\text{m}$; Kombinacja: ext U (0,1,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_x = |0.0| \text{mm} < 8.4 \text{mm} = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadle do pł. układu: $u_y = |0.0| \text{mm} < 8.4 \text{mm} = u_{y,lim}$.

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

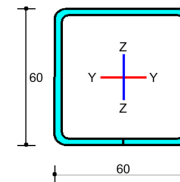
Pręt nr 23 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 23 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 21 (x=6.790m, y=7.550m); 16 (x=6.790m, y=6.700m)

Profil: Krzyżulce (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 7%

Rozciąganie: 7 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	6.3 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	6.7 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.5 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.5 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.5 %
7	0.250	min Mx	Rozciąganie	0.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.0 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	6.3 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	6.7 %
11	0.250	max Ty	Rozciąganie	0.5 %
12	0.250	min N	Rozciąganie	0.5 %
13	0.250	max Mx	Rozciąganie	0.5 %
14	0.500	min Mx	Rozciąganie	0.4 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	0.500	min Ty	Rozciąganie	6.3 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	6.7 %
18	0.500	max Ty	Rozciąganie	0.4 %
19	0.500	min N	Rozciąganie	0.4 %
20	0.500	max Mx	Rozciąganie	0.4 %
21	0.750	min Mx	Rozciąganie	0.4 %

22	0.750	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	6.3 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	6.7 %
25	0.750	max Ty	Rozciąganie	0.4 %
26	0.750	min N	Rozciąganie	0.4 %
27	0.750	max Mx	Rozciąganie	0.4 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	0.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	6.3 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	6.7 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	0.4 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	0.4 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	0.4 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (6.7 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max N (+0,+1,+K2,+3,)

Pol \square pr \square kroju: $A_{brutto} = 6.74cm^2$

Noś \square ość \square m \square tu ro \square iąg \square go (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{\gamma_{Mo}} = \frac{6.74 \cdot 23.5}{1.00} = 158.4kN > 10.7kN = N$$

Ugięcia (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.43m$; Kombinacja: ext U (0,1,)

Pr \square mi \square w p \square yż \square ukt \square du: $u_z = |0.0|mm < 4.2mm = u_{z,lim}$.

Pr \square mi \square pro \square top \square d \square do p \square . ukt \square du: $u_y = |0.0|mm < 4.2mm = u_{y,lim}$.

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

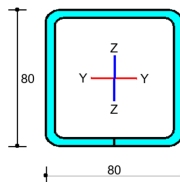
Pręt nr 12 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 11 (x=6.967m, y=7.490m); 21 (x=6.790m, y=7.550m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 40%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 16 %

Zginanie: 24 %

Zginanie z siłą podłużną: 40 %

Zginanie ze ściskaniem: 32 %

Ścinanie: 10 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 1 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	40.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.8 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.8 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	40.1 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	40.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.8 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	34.8 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.8 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	34.8 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	34.8 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	29.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.4 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.4 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	29.0 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	29.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.4 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	22.7 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	22.7 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	22.7 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
28	0.990	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	16.4 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	0.990	min Ty	Ściskanie	0.9 %
31	0.990	max N	Ściskanie	0.9 %
32	0.990	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	16.4 %
33	0.990	min N	Zginanie ze ściskaniem	16.4 %
34	0.990	max Mx	Ściskanie	0.9 %
35	1.000	min Mx	Ściskanie	0.9 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %

37	1.000	min Ty	Ściskanie	0.9 %
38	1.000	max N	Ściskanie	0.9 %
39	1.000	max Ty	Ściskanie	16.3 %
40	1.000	min N	Ściskanie	16.3 %
41	1.000	max Mx	Ściskanie	0.9 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.2m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.2m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.2m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.2m)^2} = 81205.9 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.2m)^2} = 81205.8 \text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.2m)^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6 \text{kN}$$

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

$$R = (81205.8 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 81205.8 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 167671899.4 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(81205.8 + 94154.6) - \sqrt{167671899.4}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 81205.8 \text{kN}$$

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: $z_a = 4.0 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 210000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 18.7)^2 = 81205.8 \text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G I_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 81205.8 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{81205.8} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 2896.51 \text{kNm}$$

Ściskanie (16.5 %)

Przekrój: $x/L = 0.000$, $L = 0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 81205.9 = 0.065 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 81205.8 = 0.065 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 81205.8 = 0.065 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN} > 56.9 \text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (10.3 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 0.19m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 9.8 \text{kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 0.0 \text{kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (24.0 %)

Przekrój: $x/L = 0.000$, $L = 0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 186.7 = 0.201 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.258) = 0.795$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.795^{0.201}, 375 \cdot 0.795) = 22 \text{mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 186.7 = 0.201 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.258) = 0.795$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.795^{0.201}, 375 \cdot 0.795) = 22 \text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{27.9 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{2896.51}}, 3.0 \right] = 0.048 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{27.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{1.6}{6.6} = 0.24 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 186.7 = 0.201 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.258) = 0.795$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.795^{0.201}, 375 \cdot 0.795) = 22 \text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 186.7 = 0.201 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.258) = 0.795$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.795^{0.201}, 375 \cdot 0.795) = 22 \text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.4 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.4 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (40.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{J_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{J_{z,eff}} y_{eff}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{56.9}{15.0} - \frac{1.6 \cdot 1e2 + 56.9 \cdot 0.000}{111.6} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 56.9 \cdot 0.000}{41.4} 4.0 = -9.4 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-94.3| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{Mo}} < 1.0$$
$$\frac{-56.9}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{1.6 + -56.9 \cdot 0.000}{27.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -56.9 \cdot 0.000}{10.4 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.401 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (31.7 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.542, 0.4) = 0.633$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.633$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.633 \left(1 + 0.6 \min(0.065, 1) \cdot \frac{56.9}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.637$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.065, 1) \cdot \frac{56.9}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.006$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.006$$

$$k_{zy} = 0.8k_{yy} = 0.8 \cdot 0.637 = 0.510$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_z N_{Rk}} = 0.32 < 1.0$$

$$\frac{56.9}{1.000 \cdot 346.1} + 0.637 \frac{1.6 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.006 \frac{0.000 + 0.000}{2.4} = 0.32 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_z N_{Rk}} = 0.29 < 1.0$$

$$\frac{56.9}{1.000 \cdot 346.1} + 0.510 \frac{1.6 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.006 \frac{0.000 + 0.000}{2.4} = 0.29 < 1.0$$

Ugięcia (0.9 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.09m$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_x = |0.0|mm < 0.9mm = u_{x,lim}$.

Przemieszczenie prostopadle do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 0.9mm = u_{y,lim}$.

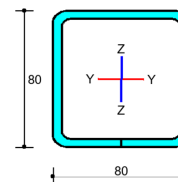
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 18 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 17 (x=8.035m, y=6.700m); 5 (x=9.280m, y=6.700m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)

**Wyniki dla elementu**

Całkowite wyężenie elementu: 48%

Rozciąganie: 24 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 24 %

Zginanie z siłą podłużną: 48 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 1 %

Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 6 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	1.3 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	1.3 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	24.1 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	24.1 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	1.3 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	1.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	3.6 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	30.0 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	30.0 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	30.0 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	5.8 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	36.2 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	36.2 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	36.2 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %

22	0.750	ext U	Ugięcia	5.0 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	42.2 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	42.2 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	42.2 %
28	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
31	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	48.0 %
32	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	48.0 %
33	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	2.1 %
34	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	48.0 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (24.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+K2,+3,)$

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73cm^2$
Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):
 $N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{\gamma_{Mo}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1kN > 83.4kN = N$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 0.120$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.720$ oraz $l_{o,y} = 1.2m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.2m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_{\omega} = 1.000$ oraz $l_{\omega,\omega} = 1.2m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(0.720 \cdot 1.2m)^2} = 3517.5kN$$
$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} = 1825.7kN$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E I_{\omega}}{(\mu_{\omega} l)^2} + G J_T \right]$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 0.0cm^6}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} + 80769.0MPa \cdot 216.2cm^4 \right] = 94154.6kN$$
$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$
$$R = (1825.7 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 1825.7 \cdot 94154.6(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 8524629676.9kN$$
$$N_{TF,yz} = \frac{(1825.7 + 94154.6) - \sqrt{8524629676.9}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 1825.7kN$$

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: $z_a = 4.0cm$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0cm$
 $z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z dA / I_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$
 $N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 124.5)^2 = 1825.7kN$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + v \right]^{0.5} - v \right\}$$
$$v = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$
$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 1825.7 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{1825.7} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 602.26kNm$$

Ścinanie (1.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max Ty (+0,+1,+K2,+3,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0cm^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 1.4kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0cm^2$
Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.0kN = V_{Ed,y}$$

Zginanie (24.3 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$

Pas dolny:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{602.26}}, 3.0 \right] = 0.105 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$
$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{1.6}{6.6} = 0.24 < 1.0$$

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.

Środek lewy:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$

Prawy środek:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 1245.0 = 0.030 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.006) = 0.994$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.030}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{10.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5kNm$$

Wzrostki ośmiokątne:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (48.0 %)Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.25m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

Naprężenia formujące w przekroju efektywnym uwzględniając w. wpływu ility poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{y,eff}} y_{eff}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{83.4}{15.0} + \frac{1.6 \cdot 10^2 + 83.4 \cdot 0.000}{112.9} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 10^2 + 83.4 \cdot 0.000}{43.0} 4.0 = 11.3 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |112.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

Dodatkowy wzrostki ośmiokątne (6.44) uwzględniając w. wpływu ility poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{Mo}} < 1.0$$
$$\frac{83.4}{15.0 \cdot 235 / 1.0} + \frac{28.2 \cdot 10^2 - 6 \cdot 23.5 \cdot 10^4 / 1.0}{28.2 \cdot 10^2 - 6 \cdot 23.5 \cdot 10^4 / 1.0} + \frac{0.0 + 83.4 \cdot 0.000}{10.8 \cdot 10^2 - 6 \cdot 23.5 \cdot 10^4 / 1.0} = 0.480 < 1.0$$

Ugięcia (5.8 %)Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.62m$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3,)$ Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_z = |-0.4|mm < 6.2mm = u_{z,lim}$.Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |0.0|mm < 6.2mm = u_{y,lim}$.

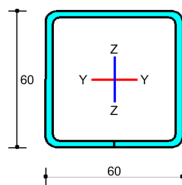
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 29 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 29 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 15 ($x=5.545m$, $y=6.700m$); 21 ($x=6.790m$, $y=7.550m$)

Profil: Krzyżulce (S 235)

**Wyniki dla elementu****Całkowite wyężenie elementu: 28%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 28 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 28 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 1 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	1.4 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	25.9 %
3	0.000	max N	Ściskanie	1.4 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	1.4 %
5	0.000	min N	Ściskanie	27.6 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	1.4 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.4 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.2 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	27.9 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.5 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.3 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	28.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.4 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.2 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	27.9 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
28	1.000	min Mx	Ściskanie	1.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ściskanie	25.9 %
31	1.000	max N	Ściskanie	1.4 %
32	1.000	max Ty	Ściskanie	1.4 %
33	1.000	min N	Ściskanie	27.6 %
34	1.000	max Mx	Ściskanie	1.4 %

Wyniki szczegółowe**Długość wyboczeniowa**

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.5m$ – w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.5m$ Wyboczenie skrętnie: $\mu_{\omega} = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.5m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Sily krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.5 \text{ m})^2} = 330.1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.5 \text{ m})^2} = 330.1 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{3.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 0.0 \text{ cm}^6}{(1.000 \cdot 1.5 \text{ m})^2} + 80769.0 \text{ MPa} \cdot 56.7 \text{ cm}^4 \right] = 42682.1 \text{ kN}$$

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

$$R = (330.1 + 42682.1)^2 - 4 \cdot 330.1 \cdot 42682.1 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2) = 1793690665.1 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(330.1 + 42682.1) - \sqrt{1793690665.1}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2)} = 330.1 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybozczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 3.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 36.2 / (1.00 \cdot 150.7)^2 = 330.1 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\frac{(\mu_{z,Mcr})^2}{(\mu_{\omega,Mcr})^2} \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G I_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (3.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.38$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 330.1 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{36.2} + \frac{8076.9 \cdot 56.7}{330.1} + 1.38 \right]^{0.5} - 1.38 \right\} = 134.20 \text{ kNm}$$

Ściskanie (27.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +K2, +3,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 6.7 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 158.4 \text{ kN}$$

Współczynniki wybozczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 158.4 / 330.1 = 0.693 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.851 \quad (\text{giętne } x-x)$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 158.4 / 330.1 = 0.693 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.851 \quad (\text{giętne } y-y)$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 158.4 / 42682.1 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \quad (\text{skrętne})$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 158.4 / 330.1 = 0.693 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.851 \quad (\text{giętno-skrętne})$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.851$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.851 \cdot 6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 134.8 \text{ kN} > 37.2 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.51 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 3.2 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 18.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{3.2 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 44.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (0.4 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.75 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Wsp. zwiczerzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{14.3 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{134.20}}, 3.0 \right] = 0.158 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwiczerzenia (klasa 1):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{ply} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{14.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 3.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{3.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 3.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{3.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.75 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1,)$

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

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 1.9 / 158.4 = 0.012$$

$$a_y = \min \left[(A - 2A_{bt,y}) / A, 0.5 \right] = \min \left[(6.7 - 2 \cdot 1.8) / 6.7, 0.5 \right] = 0.466$$

$$M_{N,y,Rd} = \min \left[M_{pl,y,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{pl,y,Rd} \right] = \min \left[3.4 \frac{(1-0.012)}{(1-0.5 \cdot 0.466)}, 3.4 \right] = 3.4 \text{ kNm}$$

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

$$a_z = \min \left[(A - 2A_{bt,z}) / A, 0.5 \right] = \min \left[(6.7 - 2 \cdot 1.8) / 6.7, 0.5 \right] = 0.466$$

$$M_{N,z,Rd} = \min \left[M_{pl,z,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_z)}, M_{pl,z,Rd} \right] = \min \left[3.4 \frac{(1-0.012)}{(1-0.5 \cdot 0.466)}, 3.4 \right] = 3.4 \text{ kNm}$$

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

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

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{0.0}{3.4} \right]^{1.7} + \left[\frac{0.0}{3.4} \right]^{1.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (28.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.75 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +K2, +3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_n = 0.95 + 0.05 \cdot 0.000 = 0.950$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.950$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + \min(\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.950 \left(1 + \min(0.693 - 0.2, 0.8) \frac{37.2}{0.851 \cdot 158.4 / 1.0} \right) \right] = 1.079$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + \min(\bar{\lambda}_z - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + \min(0.693 - 0.2, 0.8) \frac{37.2}{0.851 \cdot 158.4 / 1.0} \right) \right] = 1.136$$

$$k_{yz} = 0.6 k_{zz} = 0.6 \cdot 1.136 = 0.682$$

$$k_{zy} = 0.6 k_{yy} = 0.6 \cdot 1.079 = 0.648$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} \frac{M_{y,Rk}}{\alpha_{LT}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \frac{M_{z,Rk}}{\alpha_{LT}}} = 0.28 < 1.0$$

$$\frac{37.2}{0.851 \cdot 158.4} + 1.079 \frac{0.0 + 0.0}{1.000 \cdot 3.4} + 0.682 \frac{0.000 + 0.000}{0.000 + 0.000} = 0.28 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.28 < 1.0$$

$$\frac{37.2}{0.851 \cdot 158.4} + 0.648 \frac{0.0 + 0.0}{1.000 \cdot 3.4} + 1.136 \frac{0.000 + 0.000}{3.4} = 0.28 < 1.0$$

Ugięcia (0.5 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.75m$; Kombinacja: ext U (0,1,)

Próby w pł. układu: $u_z = |-0.0|mm < 7.5mm = u_{z,lim}$.

Próby prostopadł. do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 7.5mm = u_{y,lim}$.

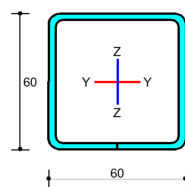
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 30 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 30 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 16 (x=6.790m, y=6.700m); 23 (x=8.035m, y=7.125m)

Profil: Krzyżulce (S 235)

**Wyniki dla elementu****Całkowite wyężenie elementu: 24%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 23 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 21 %

Zginanie ze ściskaniem: 24 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	1.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	21.6 %
3	0.000	max N	Ściskanie	1.1 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	1.1 %
5	0.000	min N	Ściskanie	23.0 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	1.1 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.5 %

8	0.250	ext U	Ugięcia	0.3 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	22.0 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.5 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	23.4 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.5 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.4 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	22.1 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	23.5 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.6 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.4 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.3 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	21.9 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.4 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.4 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	23.4 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.4 %
28	1.000	min Mx	Ściskanie	1.1 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ściskanie	21.6 %
31	1.000	max N	Ściskanie	1.1 %
32	1.000	max Ty	Ściskanie	1.1 %
33	1.000	min N	Ściskanie	23.0 %
34	1.000	max Mx	Ściskanie	1.1 %

Wyniki szczegółowe**Długość wyboczeniowa**

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.3m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.3m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.3m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.3 \text{ m})^2} = 433.5 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.3 \text{ m})^2} = 433.5 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{3.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 0.0 \text{ cm}^6}{(1.000 \cdot 1.3 \text{ m})^2} + 80769.0 \text{ MPa} \cdot 56.7 \text{ cm}^4 \right] = 42682.1 \text{ kN}$$

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

$$R = (433.5 + 42682.1)^2 - 4 \cdot 433.5 \cdot 42682.1 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2) = 1784945669.8 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(433.5 + 42682.1) - \sqrt{1784945669.8}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2)} = 433.5 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybozczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 3.0\text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0\text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 36.2 / (1.00 \cdot 131.6)^2 = 433.5\text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{\omega,Mcr}}{\mu_{z,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G I_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(3.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.38$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 433.5 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{36.2} + \frac{8076.9 \cdot 56.7}{433.5} + 1.38 \right]^{0.5} - 1.38 \right\} = 152.95\text{kNm}$$

Ściskanie (23.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 6.7\text{cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 158.4\text{kN}$$

Współczynniki wybozczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 158.4 / 433.5 = 0.605 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.888 \quad (\text{giętnie x-x})$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 158.4 / 433.5 = 0.605 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.888 \quad (\text{giętnie y-y})$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rk} / N_{cr,x}} = 158.4 / 42682.1 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \quad (\text{skrętne})$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 158.4 / 433.5 = 0.605 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.888 \quad (\text{giętno-skrętne})$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.888$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.888 \cdot 6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 140.7\text{kN} > 32.4\text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.32\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 3.2\text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 18.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{3.2 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 44.0\text{kN} > 0.0\text{kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (0.5 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.66\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 28.5 / 1315.5 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(171 \cdot 0.997^{0.022}, 171 \cdot 0.997) = 10\text{mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 28.5 / 1315.5 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(171 \cdot 0.997^{0.022}, 171 \cdot 0.997) = 10\text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{9.8 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{152.95}}, 3.0 \right] = 0.122 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{9.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.3\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{2.3} = 0.00 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 28.5 / 1315.5 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(171 \cdot 0.997^{0.022}, 171 \cdot 0.997) = 10\text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 28.5 / 1315.5 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(171 \cdot 0.997^{0.022}, 171 \cdot 0.997) = 10\text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3.6 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 0.8\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{0.8} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (20.6 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.66\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = - \frac{32.4}{6.8} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 32.4 \cdot 0.000}{29.3} 3.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 32.4 \cdot 0.000}{10.8} 3.0 = -4.8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-48.5| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}}}{- \frac{32.4}{6.8 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -32.4 \cdot 0.000}{9.8 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -32.4 \cdot 0.000}{3.6 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0}} < 1.0$$

$$= 0.206 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (23.5 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.66\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 0.000 = 0.950$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.950$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.950 \left(1 + 0.6 \min(0.605, 1) \cdot \frac{32.4}{0.888 \cdot 158.4 / 1.0} \right) \right] = 1.029$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.605, 1) \cdot \frac{32.4}{0.888 \cdot 158.4 / 1.0} \right) \right] = 1.084$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.084$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 1.029 = 0.823$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.24 < 1.0$$

$$\frac{32.4}{0.888 \cdot 158.4} + 1.029 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 2.3} + 1.084 \frac{0.000+0.000}{0.8} = 0.24 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{X_{z,N_{Rk}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.23 < 1.0$$

$$\frac{Y_{M1}}{32.4} + 0.823 \frac{Y_{M1}}{1.000 \cdot 2.3} + 1.084 \frac{0.000+0.000}{0.8} = 0.23 < 1.0$$

Ugięcia (0.4 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.66m$; Kombinacja: *ext U (0,1,)*

Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_z = |-0.0|mm < 6.6mm = u_{z,lim}$.

Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 6.6mm = u_{y,lim}$.

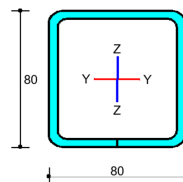
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 7 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 5 (x=9.280m, y=6.700m); 3 (x=8.958m, y=6.810m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)

**Wyniki dla elementu**

Całkowite wyężenie elementu: 51%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 27 %

Zginanie: 24 %

Zginanie z siłą podłużną: 51 %

Zginanie ze ściskaniem: 37 %

Ścinanie: 12 %

Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	50.5 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	50.5 %

6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	50.5 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.3 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	37.0 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	37.0 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	37.0 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	26.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	26.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	36.7 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.4 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	36.7 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.9 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.9 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	36.7 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.9 %
28	0.990	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	44.8 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	0.990	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	44.8 %
31	0.990	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
32	0.990	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
33	0.990	min N	Zginanie z siłą podłużną	44.8 %
34	0.990	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
35	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	45.1 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	45.1 %
38	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
39	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
40	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	45.1 %
41	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %

Wyniki szczegółowe**Długość wyboczeniowa**

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 0.709$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.889$ oraz $l_{o,y} = 0.3m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.3m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.3m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(0.889 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 30949.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 24481.0 \text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6 \text{kN}$$

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

$$R = (24481.0 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 24481.0 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 4854411900.4 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(24481.0 + 94154.6) - \sqrt{4854411900.4}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 24481.0 \text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybozczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 34.0)^2 = 24481.0 \text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 24481.0 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{24481.0} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1886.12 \text{kNm}$$

Ściskanie (26.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN}$$

Współczynniki wybozczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 30949.1 = 0.106 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 24481.0 = 0.119 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 24481.0 = 0.119 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN} > 91.9 \text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (11.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 11.1 \text{kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 0.0 \text{kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (24.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 340.0 = 0.110 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.078) = 0.928$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.928^{0.110}, 375 \cdot 0.928) = 26 \text{mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 340.0 = 0.110 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.078) = 0.928$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.928^{0.110}, 375 \cdot 0.928) = 26 \text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.1 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1886.12}}, 3.0 \right] = 0.059 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.1 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{1.6}{6.6} = 0.24 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 340.0 = 0.110 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.078) = 0.928$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.928^{0.110}, 375 \cdot 0.928) = 26 \text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 340.0 = 0.110 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.078) = 0.928$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.928^{0.110}, 375 \cdot 0.928) = 26 \text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.6 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (50.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{91.9}{15.0} - \frac{1.6 \cdot 1e2 + 91.9 \cdot 0.000}{112.5} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 91.9 \cdot 0.000}{42.5} 4.0 = -11.9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-118.7| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

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

$$\frac{-91.9}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{1.6 + 91.9 \cdot 0.000}{28.1 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + 91.9 \cdot 0.000}{10.6 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.505 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (36.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.1(1 - \psi) - 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.1(1 + 0.792) + 0.8 \cdot 0.030, 0.4) = 0.400$$
$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$
$$C_{mLT} = C_{my} = 0.400$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{yy} = \left[0.400 \left(1 + 0.6 \min(0.106, 1) \cdot \frac{91.9}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.407$$
$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.119, 1) \cdot \frac{91.9}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.019$$
$$k_{yz} = k_{zz} = 1.019$$
$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 0.407 = 0.325$$

Wzrostki osi dla elementu giętkiego i ścianki (kl=1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.37 < 1.0$$
$$\frac{91.9}{1.000 \cdot 346.1} + 0.407 \frac{1.6 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.019 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.37 < 1.0$$
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.35 < 1.0$$
$$\frac{91.9}{1.000 \cdot 346.1} + 0.325 \frac{1.6 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.019 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.35 < 1.0$$

Ugięcia (0.4 %)

Przekrój: x/L=0.750, L=0.25m; Kombinacja: ext U (0,1,2,K3,)

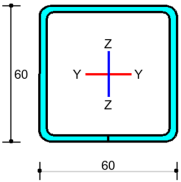
Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_x = |0.0| \text{ mm} < 1.7 \text{ mm} = u_{x,lim}$.
Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0| \text{ mm} < 1.7 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

Pręt nr 21 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 21 (belka) - Brak opisu elementu.
Węzły: 19 (x=5.545m, y=7.975m); 15 (x=5.545m, y=6.700m)
Profil: Krzyżulce (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 13%
Rozciąganie: 13 %
Ściskanie: 0 %
Zginanie: 0 %
Zginanie z siłą podłużną: 0 %
Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %
Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %
Smukłość: 0 %
Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.8 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	12.6 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	13.4 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.8 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.8 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.8 %
7	0.250	min Mx	Rozciąganie	0.8 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.0 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	12.6 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	13.4 %
11	0.250	max Ty	Rozciąganie	0.8 %
12	0.250	min N	Rozciąganie	0.8 %
13	0.250	max Mx	Rozciąganie	0.8 %
14	0.500	min Mx	Rozciąganie	0.8 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	0.500	min Ty	Rozciąganie	12.6 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	13.4 %
18	0.500	max Ty	Rozciąganie	0.8 %
19	0.500	min N	Rozciąganie	0.8 %
20	0.500	max Mx	Rozciąganie	0.8 %
21	0.750	min Mx	Rozciąganie	0.8 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	12.5 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	13.4 %
25	0.750	max Ty	Rozciąganie	0.8 %
26	0.750	min N	Rozciąganie	0.8 %
27	0.750	max Mx	Rozciąganie	0.8 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	0.8 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	12.5 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	13.4 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	0.8 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	0.8 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	0.8 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (13.4 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max N (+0,+1,+K2,+3,)

Pol_{pr} kroju: $A_{brutto} = 6.74 \text{ cm}^2$

Noś_{ość} $\square \square \square \square$ ro_{ciąg} $\square \square \square \square$ (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{Y_{Mo}} = \frac{6.74 \cdot 23.5}{1.00} = 158.4 \text{ kN} > 21.2 \text{ kN} = N$$

Ugięcia (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.64\text{m}$; Kombinacja: ext U (0,1,)

Pr_{mi} $\square \square \square \square \square \square \square$ w pł_{ci} $\square \square \square \square$ yż_u $\square \square$ ukł_{adu}: $u_z = |0.0| \text{ mm} < 6.4 \text{ mm} = u_{z,lim}$.

Pr_{mi} $\square \square \square \square \square \square \square$ pro_{top} $\square \square \square$ do pł. ukł_{adu}: $u_y = |0.0| \text{ mm} < 6.4 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

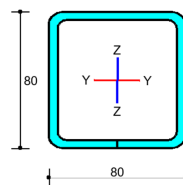
Pręt nr 8 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 3 (x=8.958m, y=6.810m); 9 (x=8.296m, y=7.036m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 64%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 26 %

Zginanie: 37 %

Zginanie z siłą podłużną: 62 %

Zginanie ze ściskaniem: 64 %

Ścinanie: 6 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 9 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	46.2 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	46.2 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.3 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.3 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	46.2 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	58.7 %

8	0.250	ext U	Ugięcia	6.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	58.7 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.7 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.7 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	58.7 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.7 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	64.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	9.0 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	64.0 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.9 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.9 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	64.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.9 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	62.3 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	6.7 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	62.3 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	62.3 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
28	0.990	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	54.0 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.3 %
30	0.990	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
31	0.990	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
32	0.990	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	54.0 %
33	0.990	min N	Zginanie ze ściskaniem	54.0 %
34	0.990	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
35	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	53.5 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
38	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
39	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	53.5 %
40	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	53.5 %
41	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.7\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.7\text{m}$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.7\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 136.5 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{ m})^2} = 5775.4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 136.5 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{ m})^2} = 5775.4 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 0.0 \text{ cm}^6}{(1.000 \cdot 0.7 \text{ m})^2} + 80769.0 \text{ MPa} \cdot 216.2 \text{ cm}^4 \right] = 94154.6 \text{ kN}$$

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

$$R = (5775.4 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 5775.4 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 7810878091.2 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(5775.4 + 94154.6) - \sqrt{7810878091.2}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 5775.4 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybozczeniowej: $\mu_z, \mu_{cr} = 1.00$, $\mu_{\omega}, \mu_{cr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_z, \mu_{cr} L)^2 = \pi^2 210000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 70.0)^2 = 5775.4 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_z, \mu_{cr}}{\mu_{\omega}, \mu_{cr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 5775.4 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{5775.4} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1022.97 \text{ kNm}$$

Ściskanie (26.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$,

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{ kN}$$

Współczynniki wybozczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 5775.4 = 0.245 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.990 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 5775.4 = 0.245 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.990 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 5775.4 = 0.245 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.990 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.990$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.990 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 342.7 \text{ kN} > 90.7 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (6.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$,

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 6.0 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (37.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.35\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$,

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 700.0 = 0.054 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.054}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 700.0 = 0.054 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.054}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1022.97}}, 3.0 \right] = 0.081 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{2.5}{6.6} = 0.37 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 700.0 = 0.054 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.054}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Prawy środknik:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 700.0 = 0.054 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.054}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (62.4 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.35\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$,

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{89.4}{15.0} - \frac{2.5 \cdot 1e2 + 89.4 \cdot 0.000}{112.8} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 89.4 \cdot 0.000}{42.9} 4.0 = -14.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-146.7| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

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

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

$$\frac{-89.4}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{28.2 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0}{2.5 + -89.4 \cdot 0.000} + \frac{0.0 + -89.4 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.624 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (64.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.35\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$,

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_{t1} = 0.95 + 0.05 \cdot 0.732 = 0.987$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.987$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.987 \left(1 + 0.6 \min(0.245, 1) \cdot \frac{90.7}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.024$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.245, 1) \cdot \frac{90.7}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.038$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 1.038$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 1.024 = 0.820$$

Wzrostki ośrodku dla momentu zginającego i ściskającego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.64 < 1.0$$

$$\frac{90.7}{0.990 \cdot 346.1} + 1.024 \frac{2.5 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.038 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.64 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.56 < 1.0$$

$$\frac{90.7}{0.990 \cdot 346.1} + 0.820 \frac{2.5 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.038 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.56 < 1.0$$

Ugięcia (9.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.35m$; Kombinacja: *ext U (0,1,2,K3,)*

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = |0.3|mm < 3.5mm = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 3.5mm = u_{y,lim}$.

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

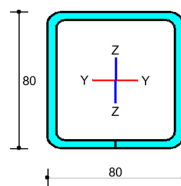
Pręt nr 11 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 10 ($x=7.633m$, $y=7.262m$); 11 ($x=6.967m$, $y=7.490m$)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 67%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 17 %

Zginanie: 48 %

Zginanie z siłą podłużną: 65 %

Zginanie ze ściskaniem: 67 %

Ścinanie: 7 %

Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 12 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	60.8 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	60.8 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.6 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.6 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	60.8 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.6 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	66.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	8.9 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	66.5 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	66.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
14	0.495	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	65.2 %
15	0.495	ext U	Ugięcia	11.7 %
16	0.495	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
17	0.495	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
18	0.495	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	65.2 %
19	0.495	min N	Zginanie ze ściskaniem	65.2 %
20	0.495	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
21	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	65.1 %
22	0.500	ext U	Ugięcia	11.6 %
23	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
24	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
25	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	65.1 %
26	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	65.1 %
27	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.8 %
28	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %
29	0.750	ext U	Ugięcia	8.3 %
30	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
31	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
32	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %
33	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %
34	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.5 %
35	0.990	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	41.5 %
36	0.990	ext U	Ugięcia	0.4 %
37	0.990	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.9 %
38	0.990	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.9 %
39	0.990	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	41.5 %
40	0.990	min N	Zginanie ze ściskaniem	41.5 %
41	0.990	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.9 %

42	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	40.8 %
43	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
44	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %
45	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %
46	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	40.8 %
47	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	40.8 %
48	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybowczeniowa

Współczynniki długości wybowczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.7m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.7m$
Wybowczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.7m$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybowczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} = 5702.6 \text{kN}$$
$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} = 5702.6 \text{kN}$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E I_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6 \text{kN}$$
$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) \sqrt{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$
$$R = (5702.6 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 5702.6 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 7823759073.1 \text{kN}$$
$$N_{TF,yz} = \frac{(5702.6 + 94154.6) - \sqrt{7823759073.1}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 5702.6 \text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.
Wsp. długości wybowczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{cm}$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{cm}$
 $z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / I_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$
 $N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 70.4)^2 = 5702.6 \text{kN}$
 $M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G I_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$
 $V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$
 $M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 5702.6 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{5702.6} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1017.17 \text{kNm}$

Ściskanie (17.4 %)

Przekrój: $x/L = 0.000$, $L = 0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{cm}^2$
Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN}$
Współczynniki wybowczeniowe (Tablica 11):
 $\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y (\bar{\lambda}_y) = 0.990$ (giętne x-x)

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow$$
 krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z (\bar{\lambda}_z) = 0.990$ (giętne y-y)
 $\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x (\bar{\lambda}_x) = 1.000$ (skrętne)
 $\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx} (\bar{\lambda}_{zx}) = 0.990$ (giętno-skrętne)
Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.990$
Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:
 $N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.990 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 342.5 \text{kN} > 59.5 \text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (7.4 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 0.70m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{cm}^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:
 $V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 7.0 \text{kN} = V_{Ed,z}$
Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{cm}^2$
Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:
 $V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{kN} > 0.0 \text{kN} = V_{Ed,y}$

Zginanie (48.4 %)

Przekrój: $x/L = 0.250$, $L = 0.18m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

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.

Pas górny:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{mm}^2$
Pas dolny:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{mm}^2$
Wsp. zwichrzenia:
 $\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1017.17}}, 3.0 \right] = 0.081 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$
 $\alpha_{LT} = 0.760$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):
 $M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 6.6 \text{kNm}$
Warunek nośności:
 $\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{3.2}{6.6} = 0.48 < 1.0$

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.

Środnik lewy:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{mm}^2$
Prawy środnik:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.018) = 0.982$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{mm}^2$
Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 2.5 kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (65.1 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{J_{y,eff}} Z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{J_{z,eff}} Y_{eff}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{58.9}{15.0} - \frac{3.2 \cdot 1e2 + 58.9 \cdot 0.000}{112.8} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 58.9 \cdot 0.000}{42.9} 4.0 = -15.3 \frac{kN}{cm^2}$$
$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-152.9| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y} \min f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z} \min f_y / \gamma_{M0}}}{-58.9} < 1.0$$
$$\frac{15.0 \cdot 23.5 / 1.0}{28.2 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -58.9 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.651 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (66.5 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_{lh} = 0.95 + 0.05 \cdot 0.903 = 0.995$$
$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$
$$C_{mLT} = C_{my} = 0.995$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1.0) \frac{N_{Ed}}{X_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{yy} = \left[0.995 \left(1 + 0.6 \min(0.246, 1.0) \frac{59.5}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.020$$
$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1.0) \frac{N_{Ed}}{X_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$
$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.246, 1.0) \frac{59.5}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.025$$
$$k_{yz} = k_{zy} = 1.025$$
$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 1.020 = 0.816$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{X_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.67 < 1.0$$
$$\frac{59.5}{0.990 \cdot 346.1} + 1.020 \frac{3.2 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.025 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.67 < 1.0$$
$$\frac{N_{Ed}}{X_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.57 < 1.0$$
$$\frac{59.5}{0.990 \cdot 346.1} + 0.816 \frac{3.2 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.025 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.57 < 1.0$$

Ugięcia (11.7 %)

Przekrój: $x/L=0.495$, $L=0.35m$; Kombinacja: ext U (0,1,2,K3,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = |0.4|mm < 3.5mm = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadle do pł. układu: $u_y = |-0.0|mm < 3.5mm = u_{y,lim}$.

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

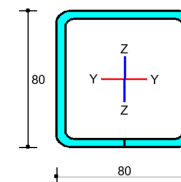
Pręt nr 24 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 23 (x=8.035m, y=7.125m); 10 (x=7.633m, y=7.262m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 60%

Rozciąganie: 0 %
Ściskanie: 18 %
Zginanie: 43 %
Zginanie z siłą podłużną: 60 %
Zginanie ze ściskaniem: 47 %
Ścinanie: 10 %
Środnik pod obciążeniem skupionym: 0 %
Smukłość: 0 %
Ugięcia: 4 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	1.0 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	17.6 %
3	0.000	max N	Ściskanie	1.0 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	1.0 %
5	0.000	min N	Ściskanie	17.6 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	1.0 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	31.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	2.6 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	31.7 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	31.7 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.5 %
14	0.495	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	43.3 %
15	0.495	ext U	Ugięcia	4.0 %
16	0.495	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	43.3 %
17	0.495	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
18	0.495	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
19	0.495	min N	Zginanie z siłą podłużną	43.3 %
20	0.495	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
21	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	43.5 %

22	0.500	ext U	Ugięcia	4.0 %
23	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	43.5 %
24	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
25	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
26	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	43.5 %
27	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
28	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	52.8 %
29	0.750	ext U	Ugięcia	3.4 %
30	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	52.8 %
31	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
32	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
33	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	52.8 %
34	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
35	0.990	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	59.3 %
36	0.990	ext U	Ugięcia	0.2 %
37	0.990	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	59.3 %
38	0.990	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %
39	0.990	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %
40	0.990	min N	Zginanie z siłą podłużną	59.3 %
41	0.990	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %
42	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	59.5 %
43	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
44	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	59.5 %
45	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %
46	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %
47	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	59.5 %
48	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.6 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.4m$
– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.4m$
Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.4m$
Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 0.4 m)^2} = 15709.1 kN$$
$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 136.5 cm^4}{(1.000 \cdot 0.4 m)^2} = 15709.1 kN$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E I_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$
$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 MPa \cdot 0.0 cm^6}{(1.000 \cdot 0.4 m)^2} + 80769.0 MPa \cdot 216.2 cm^4 \right] = 94154.6 kN$$
$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$
$$R = (15709.1 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 15709.1 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 6153700049.7 kN$$
$$N_{TF,yz} = \frac{(15709.1 + 94154.6) - \sqrt{6153700049.7}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 15709.1 kN$$

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: $z_a = 4.0 cm$
Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 cm$
 $z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z dA / I_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$
 $N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 42.4)^2 = 15709.1 kN$
 $M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$
 $V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$
 $M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 15709.1 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{15709.1} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1576.39 kNm$

Ściskanie (17.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)
Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 cm^2$
Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 kN$
Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):
 $\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 15709.1 = 0.148 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000$ (giętne x-x)
 $\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 15709.1 = 0.148 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000$ (giętne y-y)
 $\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000$ (skrętne)
 $\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 15709.1 = 0.148 \rightarrow$ krzywa 'a' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000$ (giętno-skrętne)
Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$
Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:
 $N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 kN > 61.0 kN = N_{Ed}$

Ścinanie (10.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)
Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 cm^2$
Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:
 $V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 kN > 9.8 kN = V_{Ed,z}$
Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y
Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 cm^2$
Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$
Warunek nośności plastycznej:
 $V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 kN > 0.0 kN = V_{Ed,y}$

Zginanie (42.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.42m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)
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.
Pas górny:
 $\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 424.4 = 0.088 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.050) = 0.952$
 $A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.952^{0.088}, 375 \cdot 0.952) = 27 mm^2$
Pas dolny:

4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	52.3 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	52.3 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.5 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	47.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	1.3 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	47.0 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	47.0 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	40.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	1.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	40.7 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	40.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.0 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	33.2 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	1.0 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	33.2 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	33.2 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
28	0.990	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	25.4 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	0.990	min Ty	Ściskanie	1.4 %
31	0.990	max N	Ściskanie	1.4 %
32	0.990	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	25.4 %
33	0.990	min N	Zginanie ze ściskaniem	25.4 %
34	0.990	max Mx	Ściskanie	1.4 %
35	1.000	min Mx	Ściskanie	1.4 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Ściskanie	1.4 %
38	1.000	max N	Ściskanie	1.4 %
39	1.000	max Ty	Ściskanie	25.2 %
40	1.000	min N	Ściskanie	25.2 %
41	1.000	max Mx	Ściskanie	1.4 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.3m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.3m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{\omega,\omega} = 0.3m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 136.5 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{ m})^2} = 37264.4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 136.5 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{ m})^2} = 37264.3 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 0.0 \text{ cm}^6}{(1.000 \cdot 0.3 \text{ m})^2} + 80769.0 \text{ MPa} \cdot 216.2 \text{ cm}^4 \right] = 94154.6 \text{ kN}$$

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

$$R = (37264.3 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 37264.3 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 3236503795.5 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(37264.3 + 94154.6) - \sqrt{3236503795.5}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 37264.3 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybocheniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 27.6)^2 = 37264.3 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 37264.3 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{37264.3} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 2214.90 \text{ kNm}$$

Ściskanie (25.5 %)

Przekrój: $x/L = 0.000$, $L = 0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{ kN}$$

Współczynniki wybocheniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 37264.4 = 0.096 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 37264.3 = 0.096 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 37264.3 = 0.096 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{ kN} > 88.2 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (9.0 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 0.28m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 8.6 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_v \cdot y_f}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (27.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/275.6 = 0.136 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.119) = 0.894$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.894^{0.136}, 375 \cdot 0.894) = 25 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/275.6 = 0.136 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.119) = 0.894$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.894^{0.136}, 375 \cdot 0.894) = 25 \text{ mm}^2$$

Wsp. zwiczrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.1 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{2214.90}}, 3.0 \right] = 0.055 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.1 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 6.6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{1.8}{6.6} = 0.27 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/275.6 = 0.136 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.119) = 0.894$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.894^{0.136}, 375 \cdot 0.894) = 25 \text{ mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/275.6 = 0.136 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.119) = 0.894$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.894^{0.136}, 375 \cdot 0.894) = 25 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.6 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 2.5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (52.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{88.2}{15.0} - \frac{1.8 \cdot 1e2 + 88.2 \cdot 0.000}{112.2} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 88.2 \cdot 0.000}{42.2} 4.0 = -12.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-122.9| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

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

$$\frac{-88.2}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{1.8 + -88.2 \cdot 0.000}{28.1 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -88.2 \cdot 0.000}{10.6 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.523 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (43.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8 \alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.579, 0.4) = 0.663$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.663$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1.0) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.663 \left(1 + 0.6 \min(0.096, 1.0) \frac{88.2}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.673$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1.0) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.096, 1.0) \frac{88.2}{1.000 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.015$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.015$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 0.673 = 0.538$$

Wzrostki łożosć dla łożosć tu łożosć go i łożosć go (łożosć 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{z,Rk}} = 0.44 < 1.0$$

$$\frac{88.2}{1.000 \cdot 346.1} + 0.673 \frac{1.8 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.015 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.44 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{z,Rk}} = 0.40 < 1.0$$

$$\frac{88.2}{1.000 \cdot 346.1} + 0.538 \frac{1.8 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.015 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.40 < 1.0$$

Ugięcia (1.6 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.14\text{m}$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3,)$

Próby łożosć w łożosć łożosć łożosć: $u_z = |0.0| \text{ mm} < 1.4 \text{ mm} = u_{z, \lim}$.

Próby łożosć łożosć łożosć łożosć: $u_y = |-0.0| \text{ mm} < 1.4 \text{ mm} = u_{y, \lim}$.

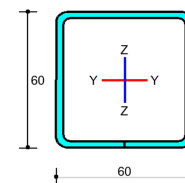
Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

Pręt nr 25 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: element nr 25 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 23 ($x=8.035\text{m}$, $y=7.125\text{m}$); 17 ($x=8.035\text{m}$, $y=6.700\text{m}$)

Profil: Krzyżulce (S 235)

**Wyniki dla elementu**

Całkowite wyężenie elementu: 1%

Rozciąganie: 1 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %
 Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %
 Smukłość: 0 %
 Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	0.9 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	0.9 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.1 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.1 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.1 %
7	0.250	min Mx	Rozciąganie	0.1 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.0 %
9	0.250	min Ty	Rozciąganie	0.9 %
10	0.250	max N	Rozciąganie	0.9 %
11	0.250	max Ty	Rozciąganie	0.1 %
12	0.250	min N	Rozciąganie	0.1 %
13	0.250	max Mx	Rozciąganie	0.1 %
14	0.500	min Mx	Rozciąganie	0.1 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
16	0.500	min Ty	Rozciąganie	0.9 %
17	0.500	max N	Rozciąganie	0.9 %
18	0.500	max Ty	Rozciąganie	0.1 %
19	0.500	min N	Rozciąganie	0.1 %
20	0.500	max Mx	Rozciąganie	0.1 %
21	0.750	min Mx	Rozciąganie	0.1 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	0.750	min Ty	Rozciąganie	0.9 %
24	0.750	max N	Rozciąganie	0.9 %
25	0.750	max Ty	Rozciąganie	0.1 %
26	0.750	min N	Rozciąganie	0.1 %
27	0.750	max Mx	Rozciąganie	0.1 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	0.1 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	0.9 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	0.9 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	0.1 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	0.1 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	0.1 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (0.9 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: max N (+0,+1,+K2,+3,)

Polprózkroju: $A_{brutto} = 6.74 \text{ cm}^2$
 Nośność mroiągo (6.2.3):
 $N_{pl,Rd} = \frac{A_{fy}}{Y_{Mo}} = \frac{6.74 \cdot 23.5}{1.00} = 158.4 \text{ kN} > 1.5 \text{ kN} = N$

Ugięcia (0.0 %)

Przekrój: x/L=0.500, L=0.21m; Kombinacja: ext U (0,1,)

Prómi w płóczyłódu: $u_z = |0.0| \text{ mm} < 2.1 \text{ mm} = u_{z,lim}$.
 Prómi prótopódo pł. ódu: $u_y = |0.0| \text{ mm} < 2.1 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

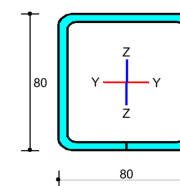
Pręt nr 13 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 12 (x=6.300m, y=7.717m); 13 (x=5.633m, y=7.945m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 57%

Rozciąganie: 0 %
 Ściskanie: 8 %
 Zginanie: 49 %
 Zginanie z siłą podłużną: 57 %
 Zginanie ze ściskaniem: 55 %
 Ścinanie: 9 %
 Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %
 Smukłość: 0 %
 Ugięcia: 11 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	54.6 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	54.6 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	54.6 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	56.5 %

8	0.250	ext U	Ugięcia	8.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.4 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.4 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	56.5 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	56.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.4 %
14	0.495	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	51.6 %
15	0.495	ext U	Ugięcia	10.8 %
16	0.495	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
17	0.495	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
18	0.495	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	51.6 %
19	0.495	min N	Zginanie z siłą podłużną	51.6 %
20	0.495	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
21	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	51.4 %
22	0.500	ext U	Ugięcia	10.7 %
23	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
24	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
25	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	51.4 %
26	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	51.4 %
27	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	2.2 %
28	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	39.3 %
29	0.750	ext U	Ugięcia	7.4 %
30	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
31	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
32	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	39.3 %
33	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	39.3 %
34	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
35	0.990	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	21.1 %
36	0.990	ext U	Ugięcia	0.3 %
37	0.990	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.0 %
38	0.990	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.0 %
39	0.990	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	21.1 %
40	0.990	min N	Zginanie z siłą podłużną	21.1 %
41	0.990	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.0 %
42	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	20.2 %
43	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
44	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
45	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
46	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	20.2 %
47	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	20.2 %
48	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.7m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.7m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_{\omega} = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.7m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} = 5702.6 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 136.5 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} = 5702.6 \text{kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.7 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 216.2 \text{cm}^4 \right] = 94154.6 \text{kN}$$

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

$$R = (5702.6 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 5702.6 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 7823759073.1 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(5702.6 + 94154.6) - \sqrt{7823759073.1}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 5702.6 \text{kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybocheniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 70.4)^2 = 5702.6 \text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 5702.6 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{5702.6} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1017.17 \text{kNm}$$

Ściskanie (8.4 %)

Przekrój: $x/L = 0.000$, $L = 0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7 \text{cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1 \text{kN}$$

Współczynniki wybocheniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y (\bar{\lambda}_y) = 0.990 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z (\bar{\lambda}_z) = 0.990 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x (\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 5702.6 = 0.246 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx} (\bar{\lambda}_{zx}) = 0.990 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.990$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.990 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 342.5 \text{kN} > 28.6 \text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (8.9 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 0.70m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0 \text{cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} Y_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 8.4 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y}/t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} Y_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (48.6 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1017.17}}, 3.0 \right] = 0.081 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{Y_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 6.6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{3.2}{6.6} = 0.49 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/704.4 = 0.053 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.018) = 0.982$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.982^{0.053}, 375 \cdot 0.982) = 28 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{Y_{M0}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 2.5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (56.5 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{28.0}{15.0} - \frac{3.2 \cdot 1e2 + 28.0 \cdot 0.000}{112.8} 4.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 28.0 \cdot 0.000}{42.9} 4.0 = -13.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-132.8| < 235.0 = \frac{f_y}{Y_{M0}}$$

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

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

$$\frac{-28.0}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{3.2 + -28.0 \cdot 0.000}{28.2 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -28.0 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.565 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (54.9 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.18 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8 \alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.939, 0.4) = 0.951$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.951$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.951 \left(1 + 0.6 \min(0.246, 1) \frac{28.6}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.963$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.246, 1) \frac{28.6}{0.990 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.012$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.012$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 0.963 = 0.770$$

Wzrostki ośrodku dla momentu zginającego i ściskającego (kl. 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.55 < 1.0$$

$$\frac{28.6}{0.990 \cdot 346.1} + 0.963 \frac{3.2 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.012 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.55 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.46 < 1.0$$

$$\frac{28.6}{0.990 \cdot 346.1} + 0.770 \frac{3.2 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.012 \frac{0.000 + 0.000}{2.5} = 0.46 < 1.0$$

Ugięcia (10.8 %)

Przekrój: $x/L=0.495$, $L=0.35 \text{ m}$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3)$

Przemieszczenia w płaszczyźnie układu: $u_z = |0.4| \text{ mm} < 3.5 \text{ mm} = u_{z,lim}$.

Przemieszczenia prostopadłe do pł. układu: $u_y = |-0.0| \text{ mm} < 3.5 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

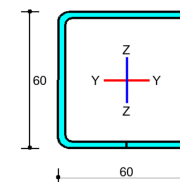
Pręt nr 26 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 26 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 18 (x=4.362m, y=6.700m); 19 (x=5.545m, y=7.975m)

Profil: Krzyżulce (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 35%

Rozciąganie: 0 %
 Ściskanie: 34 %
 Zginanie: 0 %
 Zginanie z siłą podłużną: 0 %
 Zginanie ze ściskaniem: 35 %
 Ścinanie: 0 %
 Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %
 Smukłość: 0 %
 Ugięcia: 1 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	1.8 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	32.0 %
3	0.000	max N	Ściskanie	1.8 %
4	0.000	max Ty	Ściskanie	1.8 %
5	0.000	min N	Ściskanie	34.1 %
6	0.000	max Mx	Ściskanie	1.8 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	32.3 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	34.4 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	32.4 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	34.5 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.1 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.0 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	32.3 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	2.0 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	2.0 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	34.4 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	2.0 %
28	1.000	min Mx	Ściskanie	1.7 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Ściskanie	31.9 %
31	1.000	max N	Ściskanie	1.7 %
32	1.000	max Ty	Ściskanie	1.7 %
33	1.000	min N	Ściskanie	34.1 %
34	1.000	max Mx	Ściskanie	1.7 %

Wyniki szczegółowe**Długość wyboczeniowa**

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.7m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.7m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.7m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.7 \text{ m})^2} = 248.1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 36.2 \text{ cm}^4}{(1.000 \cdot 1.7 \text{ m})^2} = 248.1 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{3.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{ MPa} \cdot 0.0 \text{ cm}^6}{(1.000 \cdot 1.7 \text{ m})^2} + 80769.0 \text{ MPa} \cdot 56.7 \text{ cm}^4 \right] = 42682.1 \text{ kN}$$

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

$$R = (248.1 + 42682.1)^2 - 4 \cdot 248.1 \cdot 42682.1 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2) = 1800650201.1 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(248.1 + 42682.1) - \sqrt{1800650201.1}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 3.277^2)} = 248.1 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_z, M_{cr} = 1.00, \mu_\omega, M_{cr} = 1.00$ (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: $z_a = 3.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_z, M_{cr} L)^2 = \pi^2 210000.0 \cdot 36.2 / (1.00 \cdot 173.9)^2 = 248.1 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_z M_{cr}}{\mu_\omega, M_{cr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G I_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (3.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.38$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 248.1 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{36.2} + \frac{8076.9 \cdot 56.7}{248.1} + 1.38 \right]^{0.5} - 1.38 \right\} = 116.90 \text{ kNm}$$

Ściskanie (34.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000, L=0.00m$; Kombinacja: min N (-0,-1,+K2,+3,)

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 6.7 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 158.4 \text{ kN}$$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 158.4 / 248.1 = 0.799 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.796 \text{ (gięte x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 158.4 / 248.1 = 0.799 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.796 \text{ (gięte y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,x}} = 158.4 / 42682.1 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 158.4 / 248.1 = 0.799 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.796 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.796$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.796 \cdot 6.7 \cdot 23.5}{1.0} = 126.1 \text{ kN} > 43.0 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000, L=1.74m$; Kombinacja: max Mx (+0,+1,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 3.2 \text{ cm}^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 18.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} Y_{M0}} = \frac{3.2 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 44.0 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (0.4 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.87\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{14.3 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{116.90}}, 3.0 \right] = 0.170 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (klasa 1):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{ply} f_y}{Y_{M1}} = 1.000 \frac{14.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 3.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{3.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{Y_{M0}} = \frac{14.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 3.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{3.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.87\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,)$

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

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 2.2/158.4 = 0.014$$

$$a_y = \min \left[(A - 2A_{bt,y})/A, 0.5 \right] = \min \left[(6.7 - 2 \cdot 1.8)/6.7, 0.5 \right] = 0.466$$

$$M_{N,y,Rd} = \min \left[M_{ply,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{ply,Rd} \right] = \min \left[3.4 \frac{(1-0.014)}{(1-0.5 \cdot 0.466)}, 3.4 \right] = 3.4 \text{ kNm}$$

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

$$a_z = \min \left[(A - 2A_{bt,z})/A, 0.5 \right] = \min \left[(6.7 - 2 \cdot 1.8)/6.7, 0.5 \right] = 0.466$$

$$M_{N,z,Rd} = \min \left[M_{pl,z,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_z)}, M_{pl,z,Rd} \right] = \min \left[3.4 \frac{(1-0.014)}{(1-0.5 \cdot 0.466)}, 3.4 \right] = 3.4 \text{ kNm}$$

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

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

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{0.0}{3.4} \right]^{1.7} + \left[\frac{0.0}{3.4} \right]^{1.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (34.5 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.87\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 0.000 = 0.950$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.950$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + \min(\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.950 \left(1 + \min(0.799 - 0.2, 0.8) \frac{43.0}{0.796 \cdot 158.4/1.0} \right) \right] = 1.144$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + \min(\bar{\lambda}_z - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/Y_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + \min(0.799 - 0.2, 0.8) \frac{43.0}{0.796 \cdot 158.4/1.0} \right) \right] = 1.204$$

$$k_{yz} = 0.6 k_{zz} = 0.6 \cdot 1.204 = 0.723$$

$$k_{zy} = 0.6 k_{yy} = 0.6 \cdot 1.144 = 0.686$$

Wzruki oś ośi dl m tu gi go i ś k go (kl):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.35 < 1.0$$

$$\frac{Y_{M1}}{43.0} + 1.144 \frac{Y_{M1}}{0.0+0.0} + 0.723 \frac{Y_{M1}}{0.000+0.000} = 0.35 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.34 < 1.0$$

$$\frac{Y_{M1}}{43.0} + 0.686 \frac{Y_{M1}}{0.0+0.0} + 1.204 \frac{Y_{M1}}{0.000+0.000} = 0.34 < 1.0$$

Ugięcia (0.6 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.87\text{m}$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,)$

Prmi w pł yż uktu: $u_z = |-0.1| \text{ mm} < 8.7 \text{ mm} = u_{z,lim}$.

Prmi protopdł do pł. uktu: $u_y = |-0.0| \text{ mm} < 8.7 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

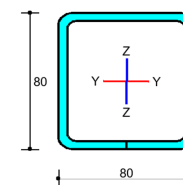
Pręt nr 19 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 18 (x=4.362m, y=6.700m); 15 (x=5.545m, y=6.700m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 7%

Rozciąganie: 6 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z siłą podłużną: 7 %

Zginanie ze ściskaniem: 0 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Rozciąganie	0.4 %

1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Rozciąganie	4.5 %
3	0.000	max N	Rozciąganie	6.4 %
4	0.000	max Ty	Rozciąganie	0.4 %
5	0.000	min N	Rozciąganie	0.4 %
6	0.000	max Mx	Rozciąganie	0.4 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	0.1 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	4.6 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	6.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	0.2 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	6.6 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	0.1 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	4.6 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	6.5 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.7 %
28	1.000	min Mx	Rozciąganie	0.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Rozciąganie	4.5 %
31	1.000	max N	Rozciąganie	6.4 %
32	1.000	max Ty	Rozciąganie	0.4 %
33	1.000	min N	Rozciąganie	0.4 %
34	1.000	max Mx	Rozciąganie	0.4 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (6.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.18m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+K2,+3)$

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73cm^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1kN > 22.0kN = N$$

Đużość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 1.2m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.2m$

Wyboczenie skrajne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.2m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} = 2022.9kN$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} = 2022.9kN$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 0.0cm^6}{(1.000 \cdot 1.2m)^2} + 80769.0MPa \cdot 216.2cm^4 \right] = 94154.6kN$$

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

$$R = (2022.9 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 2022.9 \cdot 94154.6(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 8488248260.6kN$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(2022.9 + 94154.6) - \sqrt{8488248260.6}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 2022.9kN$$

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: $z_a = 4.0cm$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0cm$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 118.3)^2 = 2022.9kN$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 2022.9 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{2022.9} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 631.99kNm$$

Ścinanie (0.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.18m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z}/t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.1kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y}/t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.0kN = V_{Ed,y}$$

Zginanie (0.3 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.59m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/1182.8 = 0.032 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{e,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.032}, 375 \cdot 0.994) = 28mm^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/1182.8 = 0.032 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.032}, 375 \cdot 0.994) = 28 \text{ mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{631.99}}, 3.0 \right] = 0.102 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$
$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 6.6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.0}{6.6} = 0.00 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/1182.8 = 0.032 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.032}, 375 \cdot 0.994) = 28 \text{ mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/1182.8 = 0.032 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.006) = 0.994$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.994^{0.032}, 375 \cdot 0.994) = 28 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 2.5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (6.6 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.59m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+K2,+3,)$

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

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{22.0}{15.0} + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 22.0 \cdot 0.000}{112.9} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 22.0 \cdot 0.000}{43.0} 4.0 = 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |15.4| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y} \cdot \min f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z} \cdot \min f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$
$$\frac{22.0}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{28.2 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0}{0.0 + 22.0 \cdot 0.000} + \frac{10.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0}{0.0 + 22.0 \cdot 0.000} = 0.066 < 1.0$$

Ugięcia (0.2 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.59m$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = |-0.0| \text{ mm} < 5.9 \text{ mm} = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadle do pł. układu: $u_y = |0.0| \text{ mm} < 5.9 \text{ mm} = u_{y,lim}$.

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

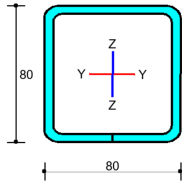
Pręt nr 20 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 19 (x=5.545m, y=7.975m); 14 (x=4.967m, y=8.172m)

Profil: Pas dolny, górny (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 44%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 1 %

Zginanie: 44 %

Zginanie z siłą podłużną: 44 %

Zginanie ze ściskaniem: 26 %

Ścinanie: 10 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 7 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ścinanie	0.4 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ścinanie	9.8 %
3	0.000	max N	Ścinanie	6.3 %
4	0.000	max Ty	Ścinanie	0.4 %
5	0.000	min N	Ścinanie	6.3 %
6	0.000	max Mx	Ścinanie	0.4 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	19.1 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	4.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	19.1 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	12.4 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną	12.6 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	32.6 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	6.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	32.6 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	21.1 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.3 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	21.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.3 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	41.0 %

22	0.750	ext U	Ugięcia	5.7 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	41.0 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	26.4 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	26.4 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.6 %
28	0.990	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
29	0.990	ext U	Ugięcia	0.3 %
30	0.990	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
31	0.990	max N	Zginanie z siłą podłużną	28.4 %
32	0.990	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
33	0.990	min N	Zginanie z siłą podłużną	28.2 %
34	0.990	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
35	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
36	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
37	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	44.2 %
38	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	28.4 %
39	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %
40	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	28.2 %
41	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.7 %

Wyniki szczegółowe

Rozciąganie (0.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.61m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+2,)$

Pole przekroju: $A_{brutto} = 14.73cm^2$

Nośność elementu rozciąganego (6.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.73 \cdot 23.5}{1.00} = 346.1kN > 1.5kN = N$$

Długość wybowczeniowa

Współczynniki długości wybowczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 0.6m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 0.6m$

Wybowczenie skrajne: $\mu_{\omega} = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 0.6m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybowczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} = 7577.6kN$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 136.5cm^4}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} = 7577.6kN$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0MPa \cdot 0.0cm^6}{(1.000 \cdot 0.6m)^2} + 80769.0MPa \cdot 216.2cm^4 \right] = 94154.6kN$$

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

$$R = (7577.6 + 94154.6)^2 - 4 \cdot 7577.6 \cdot 94154.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2) = 7495579102.6kN$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(7577.6 + 94154.6) - \sqrt{7495579102.6}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.306^2)} = 7577.6kN$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybowczeniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (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: $z_a = 4.0cm$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0cm$

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

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 136.5 / (1.00 \cdot 61.1)^2 = 7577.6kN$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G J_T}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(4.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 1.84$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 7577.6 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{136.5} + \frac{8076.9 \cdot 216.2}{7577.6} + 1.84 \right]^{0.5} - 1.84 \right\} = 1154.01kNm$$

Ściskanie (0.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+3,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 14.7cm^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 346.1kN$$

Współczynniki wybowczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 346.1 / 7577.6 = 0.214 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y (\bar{\lambda}_y) = 0.997 \text{ (giętne x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 346.1 / 7577.6 = 0.214 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z (\bar{\lambda}_z) = 0.997 \text{ (giętne y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 346.1 / 94154.6 = 0.061 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x (\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrajne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 346.1 / 7577.6 = 0.214 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx} (\bar{\lambda}_{zx}) = 0.997 \text{ (giętno-skrajne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.997$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.997 \cdot 14.7 \cdot 23.5}{1.0} = 345.0kN > 2.0kN = N_{Ed}$$

Ścinanie (9.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min Ty (-0,-1,+K2,+3,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,z} / t_z = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 9.3kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 7.0cm^2$

Warunek stateczności: $h_{w,y} / t_y = 14.0 < 60.0 = 72 \varepsilon / \eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{7.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 95.0kN > 0.0kN = V_{Ed,y}$$

Zginanie (43.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.61m$; Kombinacja: $\min Ty (-0,-1,+K2,+3,)$

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.

Pas górny:

$$\kappa = b_0 / L_e = 37.5 / 611.1 = 0.061 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6.4 \kappa^2) = 1 / (1.024) = 0.976$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(375 \cdot 0.976^{0.061}, 375 \cdot 0.976) = 27mm^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/611.1 = 0.061 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.024) = 0.976$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^K, A_{c,eff}\beta) = \max(375 \cdot 0.976^{0.061}, 375 \cdot 0.976) = 27\text{mm}^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[\sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[\sqrt{\frac{28.2 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1154.01}}, 3.0 \right] = 0.076 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

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

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{28.2 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 6.6\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{2.9}{6.6} = 0.44 < 1.0$$

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.

Środek lewy:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/611.1 = 0.061 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.024) = 0.976$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^K, A_{c,eff}\beta) = \max(375 \cdot 0.976^{0.061}, 375 \cdot 0.976) = 27\text{mm}^2$$

Prawy środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 37.5/611.1 = 0.061 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.024) = 0.976$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^K, A_{c,eff}\beta) = \max(375 \cdot 0.976^{0.061}, 375 \cdot 0.976) = 27\text{mm}^2$$

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

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10.7 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 2.5\text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{2.5} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (44.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=0.61\text{m}$; Kombinacja: $\min T_y (-0,-1,+K2,+3,)$

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

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} Z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{y,eff}} Y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{0.9}{15.0} + \frac{2.9 \cdot 1e2 + 0.9 \cdot 0.000}{112.8} 4.0 + \frac{0.0 \cdot 1e2 + 0.9 \cdot 0.000}{42.9} 4.0 = 10.4 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |103.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

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

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y} \min f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z} \min f_y / \gamma_{M0}}}{\frac{0.9}{15.0 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{28.2 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0}{2.9 + 0.9 \cdot 0.000} + \frac{0.0 + 0.9 \cdot 0.000}{10.7 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0}} < 1.0$$

$$= 0.442 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (25.9 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.31\text{m}$; Kombinacja: $\min T_y (-0,-1,+K2,+3,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.740, 0.4) = 0.792$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.792$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.792 \left(1 + 0.6 \min(0.214, 1) \frac{1.4}{0.997 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 0.793$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.214, 1) \frac{1.4}{0.997 \cdot 346.1 / 1.0} \right) \right] = 1.001$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.001$$

$$k_{zy} = 0.8k_{yy} = 0.8 \cdot 0.793 = 0.634$$

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.26 < 1.0$$

$$\frac{Y_{M1}}{1.4} \frac{1.4}{0.997 \cdot 346.1} + 0.793 \frac{Y_{M1}}{1.0} \frac{2.9 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.001 \frac{Y_{M1}}{2.5} \frac{0.000 + 0.000}{1.0} = 0.26 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.21 < 1.0$$

$$\frac{Y_{M1}}{1.4} \frac{1.4}{0.997 \cdot 346.1} + 0.634 \frac{Y_{M1}}{1.0} \frac{2.9 + 0.0}{1.000 \cdot 6.6} + 1.001 \frac{Y_{M1}}{2.5} \frac{0.000 + 0.000}{1.0} = 0.21 < 1.0$$

Ugięcia (6.9 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=0.31\text{m}$; Kombinacja: $\text{ext } U (0,1,2,K3,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = |0.2|\text{mm} < 3.1\text{mm} = u_{z,lim}$.

Przemieszczenie prostopadle do pł. układu: $u_y = |-0.0|\text{mm} < 3.1\text{mm} = u_{y,lim}$.

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