

PROJEKT WYKONAWCZY



**BUDOWA BUDYNKU SIEDZIBY DLA PROKURATURY REJONOWEJ W
GRODZISKU MAZOWIECKIM PRZY UL. BARTNIAKA WRAZ Z
NIEZBĘDNĄ INFRASTRUKTURĄ, ZAGOSPODAROWANIEM,
PODZIEMNYM ZBIORNIKIEM P.POŻ., PODZIEMNYM ZBIORNIKIEM NA
WODĘ, WIATĄ ŚMIETNIKOWĄ, WIATĄ ROWEROWĄ, PARKINGAMI**

TOM 3/16

PROJEKT KONSTRUKCYJNY

KATEGORIA OBIEKTU XII, XXVI

Lokalizacja: Grodzisk Mazowiecki przy ul. Bartniaka, dz. 11/5 obręb 0029
identyfikator działki 140504_4.0029.11/5

Inwestor: Skarb Państwa – Prokuratura Okręgowa w Warszawie
ul. Chocimska 28, 00-791 Warszawa



Pracownia projektowa: Konopińscy sp. z o.o.
ul. Ciepłowska 10
04-967 Warszawa

Data: 10.07.2023 / 24.11.2023

Egz nr.

Załącznik do strony tytułowej

Projekt wykonawczy dla budowy budynku siedziby dla Prokuratury Rejonowej w Grodzisku Mazowieckim przy ul. Bartniaka wraz z niezbędną infrastrukturą, zagospodarowaniem, podziemnym zbiornikiem p.poż., podziemnym zbiornikiem na wodę, wiatą śmietnikową, wiatą rowerową, parkingami opracował zespół projektowy w składzie:

imię i nazwisko	funkcja / uprawn.	branża	podpis
mgr inż. Witold Garguliński spec. konstrukcyjno – budowlana	projektant MAZ/0784/PWBKb/16	konstrukcyjno – budowlana	
inż. Dariusz Syncerz spec. konstrukcyjno – budowlana	sprawdzający 19/93 Sk-ce	konstrukcyjno – budowlana	

Spis zawartości projektu wykonawczego:

TOM 1 – Projekt dróg i zagospodarowania terenu
TOM 2 – Projekt architektoniczny
TOM 3 – Projekt konstrukcyjny
TOM 4 – Projekt SUG
TOM 5 – Projekt instalacji elektrycznych
TOM 6 – Projekt instalacji teletechnicznych
TOM 7 – Projekt instalacji SSP
TOM 8 – Projekt oddymiania klatki schodowej
TOM 9 – Projekt instalacji centralnego ogrzewania oraz ciepła technologicznego
TOM 10 – Projekt instalacji wodno-kanalizacyjnych
TOM 11 – Projekt instalacji chłodniczych
TOM 12 – Projekt wentylacji mechanicznej oraz klimatyzacji
TOM 13 – Projekt instalacji gazu oraz gazowych pomp ciepła
TOM 14 – Projekt zewnętrznych instalacji wodno-kanalizacyjnych
TOM 15 – Projekt zjazdu
TOM 16 – Operat pożarowy

Spis treści

I.	Część opisowa	5
1	Określenie przedmiotu zamierzenia budowlanego.....	6
1.1	Przedmiot opracowania	6
1.2	Podstawa opracowania	6
1.3	Materiały wyjściowe	6
2	Określenie rodzaju i kategorii obiektu budowlanego	7
3	Opinia geotechniczna oraz informacja o sposobie posadowienia	7
3.1	Warunki gruntowo-wodne	7
3.2	Sposób posadowienia	7
3.3	Określenie kategorii geotechnicznej.....	7
4	Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe	8
4.1	Rozwiązania materiałowe przegród budowlanych	8
4.2	Rozwiązania konstrukcyjne obiektu budowlanego	9
4.2.1	Fundamenty	9
4.2.2	Stropy.....	9
4.2.3	Ściany konstrukcyjne	9
4.2.4	Zbrojenie murów	10
4.2.5	Słupy	10
4.2.6	Szyb windy	10
4.2.7	Podciągi, nadproża, wieńce	10
4.2.8	Stropodach.....	10
4.2.9	Ściany wewnętrzne	10
4.2.10	Klatki schodowe	11
4.2.11	Okładziny ogniochronne	11
4.3	Winda śmietnikowa.....	11
4.4	Winda rowerowa	11
4.5	Zbiornik ppoż.	11
4.6	Podkonstrukcja na żaluzje techniczne, akustyczne, pod urządzenia oraz pod panele fotowoltaiczne	12
5	Obliczenia konstrukcyjne.....	13
5.1	Zestawienie założonych obciążeń konstrukcyjnych	13
5.2	Wymiarowanie wybranych elementów żelbetowych	15
5.2.1	Strop nad parterem	15
5.2.2	Strop nad 1 piętrem	20
5.2.3	Stropodach.....	24
5.2.4	Słupy	28
5.2.5	Ściana szybu windy	44
5.2.6	Ławy fundamentowe	50
5.2.7	Winda rowerowa	61
5.2.8	Zbiornik ppoż.	95
5.2.9	Zabezpieczenie wykopu (obudowa)	101
5.2.10	Podkonstrukcje na dachu	111
II.	Część rysunkowa	135
III.	Dokumenty formalno-prawne	166
1	Oświadczenie Projektantów	167
2	Uprawnienia i zaświadczenia	168

Spis rysunków

K01	Rzut fundamentów	1:100; 1:50	136
K02	Stopy, ławy rys. zbrojeniowy	1:50; 1:25	137
K03	Podpory parteru	1:25	138
K04	Rzut stropu nad parterem	1:100; 1:25	139
K05	Strop nad parterem - zbrojenie dolne	1:100; 1:25	140
K06	Strop nad parterem - zbrojenie górne	1:100	141
K07	Podpory 1 piętra	1:25	142
K08	Rzut stropu nad 1 piętrem	1:100; 1:25	143
K09	Strop nad 1 piętrem - zbrojenie dolne	1:100; 1:25	144

K10	Strop nad 1 piętrem - zbrojenie górne	1:100	145
K11	Podpory stropodachu	1:25	146
K12	Rzut stropodachu	1:100; 1:25	147
K13	Stropodach - zbrojenie dolne	1:100; 1:25	148
K14	Stropodach - zbrojenie górne	1:100	149
K15	Klatka schodowa - rys. szalunkowo-zbrojeniowy	1:50	150
K16	Konstrukcja żaluzji na dachu	1:100; 1:25	151
K17	Wiata śmietnikowa - rys. szalunkowo-zbrojeniowy	1:50; 1:25	152
K18	Wiata rowerowa - rzut fundamentów i przekroje	1:50; 1:10	153
K19	Zbiornik wody ppoż 150m ³	1:50; 1:25	154
K20	Podkonstrukcja pod instal. fotowoltaiczną	1:100; 1:25; 1:10	155
K21	Podesty techniczne na dachu	1:100; 1:25; 1:10	156
K22	Detal połączenia ściany zewnętrznej z wewnętrzną	1:25	157
K23	Detal wiązania ścian w narożniku	1:25	158
K24	Detal połączenia ściany działowej ze stropem	1:10	159
K25	Detal połączenia ściany działowej ze ścianą lub słupem żelbetowym	1:10	160
K26	Detal dozbrojenia ścian nad i pod otworami drzwiowymi i okiennymi	1:25	161
K27	Detal wykonania ściany ogniowej	1:25	162
K28	Detal połączenia ścian ogniowych z elementami konstrukcyjnymi	1:10	163
K29	Detal montażu nadproży	1:25	164
K30	Zabezpieczenie wykopu	1:100; 1:10	165

I. Część opisowa

1 Określenie przedmiotu zamierzenia budowlanego

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt budynku Siedziby dla Prokuratury Rejonowej wraz z infrastrukturą techniczną i zagospodarowaniem przy ul. Bartniaka w Grodzisku Mazowieckim, na dz. ew. nr 11/5 w obrębie 0029. Zamierzenie inwestycyjne przewiduje wykonanie również podziemnego zbiornika p.poż., wody, wiaty śmietnikowej i rowerowej oraz parkingów. Niniejsza część dotyczy projektu konstrukcyjnego.

1.2 Podstawa opracowania

Podstawą opracowania projektu budowlanego jest Umowa Nr 3041-7.261.2022 zawarta pomiędzy Skarbem Państwa – Prokuraturą Okręgową w Warszawie z siedzibą w Warszawie (00-791) przy ulicy Chocimskiej 28 (NIP 525-10-08-711; Regon 000000247) w Warszawie, a pracownią projektową Konopińscy Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie 04-967 przy ul. Ciepeliowskiej 10 (NIP 952-221-84-29; Regon 389412706).

1.3 Materiały wyjściowe

- projekt budowlany zatwierdzony decyzją nr 571/23 z dnia 23.05.2023r.
- projekty branżowe wykonawcze;
- opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego wykonana przez *DAGEO Andrzej Drązek* w październiku 2022r (załączone do projektu architektoniczno-budowlanego);
- opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego wykonana przez *DAGEO Andrzej Drązek* w czerwcu 2023r – uszczegółowienie badań;
- Normy:

PN-EN 1990:2004 – Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji;

PN-EN 1991-1-1:2004 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach;

PN-EN 1991-1-3:2005 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3. Oddziaływania ogólne – Obciążenia śniegiem;

PN-EN 1991-1-4:2008 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4. Oddziaływania ogólne – Oddziaływanie wiatru;

PN-EN 1992-1-1:2008 – Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków;

PN-EN 1992-1-2:2008 – Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-2. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe;

PN-EN 1996-1-1:2010 – Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1. Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych;

PN-EN 1996-1-2:2010 – Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-2. Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe;

PN-EN 1996-2:2006 – Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2.

Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.

2 Określenie rodzaju i kategorii obiektu budowlanego

Budynek będący przedmiotem zamierzenia budowlanego zalicza się do XII kategorii obiektu budowlanego – *budynki administracji publicznej, budynki Sejmu, Senatu, Kancelarii Prezydenta, ministerstw i urzędów centralnych, terenowej administracji rządowej i samorządowej, sądów i trybunałów, więzień i domów poprawczych, zakładów dla nieletnich, zakładów karnych, aresztów śledczych oraz obiekty budowlane Sił Zbrojnych*, infrastruktura techniczna zaliczona jest do XXVI kategorii – *sieci (elektroenergetyczne, telekomunikacyjne, gazowe, ciepłownicze, wodociągowe, kanalizacyjne oraz rurociągi przesyłowe)*.

3 Opinia geotechniczna oraz informacja o sposobie **posadowienia**

Wg opinii geotechnicznej wykonanej w październiku 2022 r. warunki gruntowe w proponowanym poziomie posadowienia są proste.

3.1 Warunki gruntowo-wodne

W podłożu gruntowym stwierdzono występowanie nasypów niebudowlanych, które należy wymienić w obrębie projektowanego budynku oraz nawierzchni utwardzonych. Zwierciadło wody stwierdzono na głębokości 1,05-1,65m p.p.t. Okresowo lustro wody może się podnieść o około 0,3m w porównaniu do okresu wierceń.

3.2 Sposób posadowienia

Budynek posadowiony na ławach i stopach fundamentowych. Pod stopami i ławami należy wylać chudy beton. Rzędne odnoszą się do 0,00 dla wykończonej posadzki parteru wg rysunków architektury, co odpowiada rzędnej 104,2 m n.p.m.

Poziom posadowienia budynku wynosi dla:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| - ścian zewnętrznych i szachtu windy | -1,55 m = 102,65 m n.p.m. |
| - słupów wewnętrznych | -1,65 m = 102,55 m n.p.m. |

Posadowienie budynku wypada na średnio zagęszczonych piaskach drobnych i średnich (podwarstwa IIa). Warstwa ta pozwala na bezpośrednie posadowienie na niej obiektu. Zgodnie z badaniami geotechnicznymi woda gruntowa nie wystąpi w poziomie posadowienia.

Grunt pod przyszłym budynkiem należy zachować jako rodzimy, bez jego usuwania i późniejszego zasypywania z zagęszczeniem. W przypadku natrafienia w wykopie na miejscowe przewarstwienia z gruntów niebudowlanych-nasypów należy usunąć całą warstwę aż do głębokości zalegania gruntów nośnych. Powstały w ten sposób wykop wypełnić piaskiem grubym lub pospółką, zagęszczaną mechanicznie warstwowo (max. 20cm) do wskaźnika zagęszczenia $Is=0,98$. Dopuszcza się również wypełnienie wykopu betonem podkładowym.

3.3 Określenie kategorii geotechnicznej

Na podstawie § 4 Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 27 kwietnia 2012 r w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych, projektant obiektu określa kategorię geotechniczną, jako drugą w prostych warunkach gruntowych.

4 Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe

4.1 Rozwiązania materiałowe przegród budowlanych

Podłoga na gruncie – gres / wykładzina

2cm	posadzka zgodnie z częścią opisową i rys. wykończenia podłóg i ścian
6cm	wylewka cementowa zbrojona siatką folia techniczna
20cm	styropian XPS 200kPa $\lambda=0.031$ W/mK papa podkładowa termozgrzewalna
15cm	posadzka betonowa C 12/15 folia techniczna
>80cm	piasek zagęszczony do min. $I_s=0,98$ do rzędnej spodu gruntów niebudowlanych

Podłoga na gruncie – gres – pomieszczenie archiwum

2cm	posadzka zgodnie z częścią opisową i rys. wykończenia podłóg i ścian
6cm	wylewka cementowa zbrojona siatką folia techniczna
20cm	styropian XPS 200kPa $\lambda=0.031$ W/mK papa podkładowa termozgrzewalna
15cm	posadzka betonowa C 20/25, zbrojony siatką zgrzewaną
5cm	beton podkładowy C 8/10 folia techniczna
>80cm	piasek zagęszczony do min. $I_s=0,98$ do rzędnej spodu gruntów niebudowlanych

Strop międzykondygnacyjny - gres / wykładzina

2cm	posadzka zgodnie z częścią opisową i rys. wykończenia podłóg i ścian
6cm	wylewka cementowa zbrojona siatką folia techniczna
6 cm	styropian EPS 200kPa $\lambda=0.034$ W/mK
22cm	strop żelbetowy monolityczny pustka + sufit podwieszany / tynk twardy gipsowy kategorii 4 z gładzią

Stropodach

2cm	membrana PVC + przekładka izolacyjna
5cm	warstwa dociskowa - szlichta cem. zbrojona przeciwskurczowo folia paroizolacyjna
25-55cm	styropian EPS 200kPa $\lambda=0.034$ W/mK układany dwuwarstwowo ze spadkami, samogasnący folia paroizolacyjna
20cm	strop żelbetowy monolityczny pustka + sufit podwieszany / tynk twardy gipsowy kategorii 4 z gładzią

Ściana zewnętrzna z okładziną

2cm	okładzina elewacyjna na podkonstrukcji systemowej
2 cm	pustka wentylacyjna
24cm	wełna mineralna impregnowana $\lambda=0.034$ W/mK z welonem szklanym

24cm	ściana z bloczków silikatowych
1,5cm	tynk twardy gipsowy kategorii 4 z gładzią

4.2 Rozwiązania konstrukcyjne obiektu budowlanego

Budynek zaprojektowano w technologii mieszanej. Konstrukcją nośną są stropy oparte na ścianach nośnych zewnętrznych oraz słupach wewnętrznych.

4.2.1 Fundamenty

Fundamenty budynków stanowią stopy i ławy ze ścianami fundamentowymi żelbetowymi oraz płyta fundamentowa ze ścianami żelbetowymi jako obudowa szachtu windowego. Elementy wykonane jako monolityczne wylewane na mokro z betonu C25/30 (B37) – PN-EN 206-1:

- klasa ekspozycji XC2;
- klasa zawartości chlorków Cl 0,2;
- wodoszczelność W8;

Elementy te zostaną zabezpieczone izolacjami przeciwwodnymi.

Ławy, stopy fundamentowe St5 i St7 grubości 40 cm, stopy St1, St2.1, St2.2, St2.3, St3, St4, St6 i płyta fundamentowa grubości 50 cm, z betonu C25/30, zbrojone stalą A-IIIN z gatunku RB500W.

Zgodnie z częścią rysunkową i dokumentacją geotechniczną fundamenty posadowione na średnio zagęszczonych piaskach drobnych i średnich oraz 10 cm warstwie chudego betonu C8/10. W przypadku natrafienia w wykopie na miejscowe przewarstwienia z gruntów niebudowlanych-nasypów należy usunąć całą warstwę aż do głębokości zalegania gruntów nośnych. Powstały w ten sposób wykop wypełnić piaskiem grubym lub pospółką, zagęszczaną mechanicznie warstwowo (max. 20cm) do wskaźnika zagęszczenia $Is=0,98$. Dopuszcza się również wypełnienie wykopu betonem podkładowym.

Należy przewidzieć izolację przeciwwodną pionową i poziomą fundamentów zgodnie z projektem wykonawczym architektury.

Przed zabetonowaniem fundamentów należy umieścić w nich bednarkę uziemienia wg projektu inst. elektrycznej i elementy instalacji sanitarnych w szczególności kanalizacji.

Wykopy należy zabezpieczyć przed osuwaniem poprzez wykonanie deskowań lub profilowanie skarp o nachyleniu dostosowanym do rodzaju gruntu.

Wszystkie prace związane z wykonawstwem fundamentów tj. wykonanie izolacji oraz zbrojenia należy potwierdzić wpisem do dziennika budowy przez kierownika budowy lub inspektora nadzoru.

4.2.2 Stropy

Stropy zaprojektowano jako monolityczne żelbetowe z betonu C30/37 krzyżowo zbrojone stalą A-IIIN. Stropy oparte na ścianach konstrukcyjnych murowanych, żelbetowych oraz słupach żelbetowych.

4.2.3 Ściany konstrukcyjne

Ściany nośne zaprojektowano w dwóch technologiach – murowane i żelbetowe monolityczne.

Ściany nośne żelbetowe o grubości 18 i 24cm zastosowano jako obudowa szachtu windowego. Ściany żelbetowe zaprojektowane z betonu C30/37 zbrojone stalą RB500W A-IIIN.

Ściany konstrukcyjne murowane zewnętrzne o grubości 24cm i wewnętrzne grubości 24cm i 18cm zaprojektowano z bloczków silikatowych o klasie wytrzymałości min. 15N/mm² na zaprawie klasy M10. Naroża ścian i łączenia ścian usytuowanych prostopadle względem siebie łączyć za pomocą przewiązania murarskiego.

Wszystkie ściany konstrukcyjne powinny być połączone wiązaniem murarskim (narożniki, ściany zewnętrzne z wewnętrznymi)

Ściany murowane niekonstrukcyjne należy łączyć z konstrukcją żelbetową za pomocą stalowych łączników.

4.2.4 Zbrojenie murów

W ścianach murowanych należy zastosować prefabrykowane belki zbrojeniowe, składające się z dwóch równoległych prętów $\Phi 4$, połączonych za pomocą trzeciego, wygiętego sinusoidalnie $\Phi 3,7$. Zbrojenie należy stosować nad i pod otworami okiennymi, zgodnie z rysunkiem K26.

4.2.5 Słupy

Jako główną konstrukcję nośną w środku budynku zaprojektowano słupy żelbetowe o zróżnicowanych wymiarach z betonu klasy C30/37 zbrojone stalą RB500W A-IIIN.

4.2.6 Szyb windy

Szacht windy zaprojektowano jako monolityczny żelbetowy. Przed wykonaniem konstrukcji szybów wymiary ich należy sprawdzić z aktualnymi wytycznymi dostawcy dźwigów.

4.2.7 Podciągi, nadproża, wieńce

Podciągi i nadproża oraz wieńce zaprojektowano jako monolityczne żelbetowe lub jako prefabrykowane zgodnie z częścią rysunkową konstrukcji.

4.2.8 Stropodach

Konstrukcja dachu w postaci monolitycznej płyty żelbetowej z betonu C30/37 krzyżowo zbrojone stalą A-IIIN

4.2.9 Ściany wewnętrzne

Ściany działowe należy wykonywać na niepodstemplowanych już stropach. Szczelina dylatacyjna na podziale stref ppoż. i w ścianach o odporności pożarowej ma spełniać wymogi dla danej klasy odporności pożarowej ściany. Dodatkowo w ścianach pomieszczeń gaszenia gazem szczelina ma przenieść nadciśnienie przy gaszeniu gazem. W pozostałych ścianach działowych szczelinę dylatacyjną wypełnić materiałem o dużej ściśliwości np. pianką montażową. W celu ograniczenia przesunięć poziomych ścian murowanych oddylatowanych od stropu należy stosować łączniki ograniczające przemieszczenia poziome ale umożliwiające swobodę przemieszczeń pionowych.

W projekcie zastosowano ściany z bloczków silikatowych, o grubościach: 24, 18, 12 i sporadycznie 8cm. Należy zastosować bloczki silikatowe o wytrzymałości 15 N/mm² dla ścian grubości 24 i 18cm oraz 15 N/mm² dla ścian o grubości 12 i 8cm. Ściana obwodowa zespołu pomieszczeń kancelarii tajnej będzie wykonana z cegły pełnej gr. 25cm.

Zastosowane ściany o zadanej grubości muszą spełniać następujące, minimalne wymagania akustyczne:

Ściana grubości 24cm – RA1=57

Ściana grubości 18cm – RA1=53

Ściana grubości 12cm – RA1=47

4.2.10 Klatki schodowe

Ściany klatek schodowych zaprojektowano jako ściany nośne murowane z bloczków silikatowych o grubości 18 i 24 cm o klasie wytrzymałości min. 15N/mm² na zaprawie klasy M10. Naroża ścian i łączenia ścian usytuowanych prostopadłe względem siebie łączyć za pomocą przewiązania murarskiego.

Schody zaprojektowano jako czterobiegowe ze spocznikami, konstrukcja biegów i spoczników monolityczna żelbetowa, beton i stal jak dla stropów.

4.2.11 Okładziny ogniochronne

Na rysunku rzutu parteru, słup w osi 5/B należy zabezpieczyć do klasy REI 240. Zabezpieczenie systemowe, montować zgodnie z zaleceniami producenta.

4.3 Wiata śmietnikowa

Wiata śmietnikowa o wymiarach zewnętrznych 2,5m x 3,0m zaprojektowana na płycie fundamentowej ze ścianami murowanymi zwieńczonymi wieńcem. W celu zapewnienia wentylacji w ścianach pod dachem pozostawiona zostanie przestrzeń zabezpieczona siatką z drutu stalowego o grubości 3mm. Ściany zewnętrzne pokryte płytami włókno-cementowymi takimi jak na budynku Prokuratury. Wysokość budynku 2,75m. Elementy wykonane jako monolityczne wylewane na mokro z betonu C30/37 (B37) – PN-EN 206-1:

- klasa ekspozycji XC2,
- klasa zawartości chlorków Cl 0,2
- wodoszczelność W8

Elementy te zostaną zabezpieczone izolacjami przeciwwodnymi.

4.4 Wiata rowerowa

Wiata rowerowa o wymiarach 5,0m x 2,5m posadowiona na ławie fundamentowej. Główne elementy nośne z IPE220 stali S235. Pokrycie z płyty warstwowej z rdzeniem z poliuretanu.

4.5 Zbiornik ppoż.

Zaprojektowano zbiornik ppoż żelbetowy, czterokomorowy, zamknięty, zagłębiony pod terenem. Płyty i ściany fundamentowe żelbetowe z betonu szczelnego W8 C30/37 zbrojona stalą A-IIIIN; klasa ekspozycji XC4/XA1. Płyta fundamentowa grubości 35cm i wymiarach 7m x 11,2m. Zbiornik przykryty stropem o grubości 30cm i wymiarach 6m x 10,2m. Przewidziano wykonanie 2 stałych zejść do zbiornika. Konstrukcję zbiornika należy wykonać w technologii „biała wanna”, zapewniającej szczelność zbiornika ppoż. System uszczelnienia dobiera Generalny wykonawca obiektu w porozumieniu z Głównym Projektantem. Przejścia instalacji przez ściany wykonać jako szczelne. Izolację przeciwwodną pionową i poziomą zbiornika należy wykonać zgodnie z projektem wykonawczym architektury.

W związku z posadowieniem zbiornika p.poz. poniżej poziomu wód gruntowych, w bliskiej odległości od budynku prokuratury oraz na znacznie niższej rzędnej, jego wykonanie powinno być przeprowadzone w wykopie z obudową szczelną, w postaci ścian z grodzic stalowych jako szalunek tracony. Aby zabezpieczyć wykop przed napływaniem do niego wody, należy uszczelnić dno metodą Iniekcji strumieniowej (ang. Jet-grouting), zgodnie z częścią rysunkową. Metoda ta jest procesem wzmacniania podłoża gruntowego, polegającym na mieszaniu gruntu z zaczynem, tłoczonym pod wysokim ciśnieniem. W konsekwencji działania wysokoenergetycznego strumienia iniektu następuje całkowite zniszczenie naturalnej struktury i odspajanie gruntu oraz jego częściowa

wymiana. Na skutek procesu iniekcji cechy gruntu zostają ujednolicone, a powstały w wyniku petryfikacji kompozyt gruntowo-cementowy wykazuje znaczną wytrzymałość i bardzo małą przepuszczalność. **Zbiornik ppoż. należy wykonać przed wykonaniem budynku.**

4.6 Podkonstrukcja na żaluzje techniczne, akustyczne, pod urządzenia oraz pod panele fotowoltaiczne

Podkonstrukcja pod panele fotowoltaiczne została zaprojektowana z kwadratowych rurek ze stali S235 o szerokości boku 70mm i grubości ścianki 4mm – RK70x4. Podkonstrukcję zaprojektowano tak aby panele fotowoltaiczne były wyniesione względem najwyższego punktu dachu o 1 m.

Podkonstrukcja pod żaluzje techniczne o wysokości 1 m po obwodzie budynku została zaprojektowana z rurek ze stali S235 o szerokości boku 80mm i grubości ścianki 3mm – RK80x3. Maksymalny osiowy rozstaw słupków wynosi 150cm.

Podkonstrukcja pod żaluzje techniczne i ścianki akustyczne o wysokości 3 m została zaprojektowana z rurek ze stali S235 o szerokości boku 120mm i grubości ścianki 5mm – RK120x5 oraz o szerokości boku 100mm i grubości ścianki 5mm – RK100x5 . Maksymalny osiowy rozstaw słupków wynosi 150cm.

Podkonstrukcja pod urządzenia na dachu o wysokości 1,47m została zaprojektowana z rurek ze stali RK100x5. Dla umożliwienia komunikacji pomiędzy urządzeniami zaprojektowano podesty techniczne z systemowych krat pomostowych, schody oraz barierki, które przymocowano do wcześniej wspomnianej podkonstrukcji. Wytyczne i zestawienie dotyczące krat pomostowy umieszczono w części rysunkowej dokumentacji.

Barierki wysokości 110cm od poziomu podestu i przymocowane do podkonstrukcji. Zaprojektowano pochwyty i słupki z kwadratowej rurki o szerokości boku 50mm i grubości ścianki 4mm - RK50x4, poziomą poprzeczkę z blachy o szerokości 40mm i grubości 4mm - BL.40x4 oraz bornicę z blachy o szerokości 150mm i grubości 4 mm – BL.150x4.

Schody przewidziano jako elementy stalowe składające się z dwóch ceowników C140 i stopni systemowych.



Zdjęcie przykładowego stopnia systemowego.

5 Obliczenia konstrukcyjne

5.1 Zestawienie założonych obciążeń konstrukcyjnych

1. Stropodach

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]	wsp. obl. [γ _f]	obc. obl. [kN/m ²]
instalacja fotowoltaiczna + podkonstrukcja	-	-	1,000	1,350	1,350
membrana PCV	-	-	0,050	1,350	0,068
wylewka cementowa zbrojona	0,050	22,00	1,100	1,350	1,485
folia paroizolacyjna	-	-	0,010	1,350	0,014
styropian EPS 200 ze spadkiem (25÷55cm)	0,400	0,45	0,180	1,350	0,243
instalacje	-	-	0,300	1,350	0,405
sufit podwieszany	-	-	0,300	1,350	0,405
stałe razem:			2,940	1,350	3,969
śnieg (0,5m mokrego śniegu)			2,000	1,500	3,000
technologiczne			0,500	1,500	0,750
zmienne razem:			2,500	1,500	3,750
razem:			5,440	1,419	7,719
ciężar własny płyty stropowej	0,20	25,00	5,000	1,350	6,750
suma:			10,440	1,473	14,469

Punktowe obciążenie od central dachowych o następujących masach:

NW1 - 731 kg, NW2 - 729kg, gazowa pompa ciepła - 1000kg, NW3 -195kg zostało umieszczone na zaprojektowanych podnie podkonstrukcjach. W obliczeniach obciążenie każdego z urządzeń zostało dla bezpieczeństwa powiększone o 10%. Natomiast w modelu obliczeniowym stropodachu uwzględniono reakcje z podkonstrukcji obciążonej urządzeniami w lokalizacji przyjętej zgodnie z projektem instalacji wentylacji.

2. Strop kondygnacji nadziemnych

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]	wsp. obl. [γ _f]	obc. obl. [kN/m ²]
gres na kleju	0,020	21,00	0,420	1,350	0,567
wylewka cementowa zbrojona	0,060	22,00	1,320	1,350	1,782
folia PE	-	-	0,010	1,350	0,014
styropian EPS 200	0,060	0,45	0,027	1,350	0,036
instalacje	-	-	0,300	1,350	0,405
sufit podwieszany	-	-	0,300	1,350	0,405
stałe razem:			2,377	1,350	3,209
obciążenie zastępcze od ścianek działowych			2,364	1,500	3,546
obciążenie użytkowe			3,000	1,500	4,500
zmienne razem:			5,364	1,500	8,046
razem:			7,741	1,454	11,255
ciężar własny płyty stropowej	0,22	25,00	5,500	1,350	7,425
suma:			13,241	1,485	18,680

3. Strop kondygnacji nadziemnych

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]	wsp. obl. [γ _f]	obc. obl. [kN/m ²]
gres na kleju	0,020	21,00	0,420	1,350	0,567
wylewka cementowa zbrojona	0,060	22,00	1,320	1,350	1,782
folia PE	-	-	0,010	1,350	0,014
styropian EPS 200	0,060	0,45	0,027	1,350	0,036
instalacje	-	-	0,300	1,350	0,405
sufit podwieszany	-	-	0,300	1,350	0,405
stałe razem:			2,377	1,350	3,209
obciążenie zastępcze od ścianek działowych			2,364	1,500	3,546
obciążenie użytkowe			5,000	1,500	7,500
zmienne razem:			7,364	1,500	11,046
razem:			9,741	1,463	14,255
ciężar własny płyty stropowej	0,22	25,00	5,500	1,350	7,425
suma:			15,241	1,488	21,680

4. Zadaszenie nad wejściem

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]	wsp. obl. [γ _f]	obc. obl. [kN/m ²]
membrana PCV	-	-	0,050	1,350	0,068
styropian typu hydro	0,250	0,45	0,113	1,350	0,152
wełna mineralna twarda	0,050	2,00	0,100	1,350	0,135
okładzina elewacyjna na podkonstrukcji	0,010	18,00	0,180	1,350	0,243
stałe razem:			0,443	1,350	0,598
śnieg			2,250	1,500	3,375
technologiczne			0,500	1,500	0,750
zmienne razem:			2,750	1,500	4,125
razem:			3,193	1,479	4,723
ciężar własny płyty stropowej	0,22	25,00	5,500	1,350	7,425
suma:			8,693	1,493	12,148

5. Wiata rowerowa

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]	wsp. obl. [γ _f]	obc. obl. [kN/m ²]
płyta warstwowa z rdzeniem z poliuretanu	-	-	0,120	1,350	0,162
stałe razem:			0,120	1,350	0,162
śnieg (0,5m mokrego śniegu)			2,000	1,500	3,000
technologiczne			0,500	1,500	0,750
zmienne razem:			2,500	1,500	3,750
razem:			2,620	1,493	3,912
suma:			2,620	1,498	3,912

6. Ściana wew. gr. 24 cm kondygnacji nadziemnych

H = 3,630 m

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m]	wsp. obl. [γf]	obc. obl. [kN/m]
tynk wewnętrzny gipsowy	0,015	12,00	0,653	1,350	0,882
ściana z drążonych bloczków silikatowych	0,240	18,00	15,682	1,350	21,171
tynk wewnętrzny gipsowy	0,015	12,00	0,653	1,350	0,882
razem:			16,988	1,350	22,935

7. Ściana wew. gr. 18 cm kondygnacji nadziemnych

H = 3,630 m

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m]	wsp. obl. [γf]	obc. obl. [kN/m]
tynk wewnętrzny gipsowy	0,015	12,00	0,653	1,350	0,882
ściana z drążonych bloczków silikatowych	0,180	18,00	11,761	1,350	15,877
tynk wewnętrzny gipsowy	0,015	12,00	0,653	1,350	0,882
razem:			13,067	1,350	17,641

8. Ściana zewnętrzna gr. 24 cm kondygnacji nadziemnych

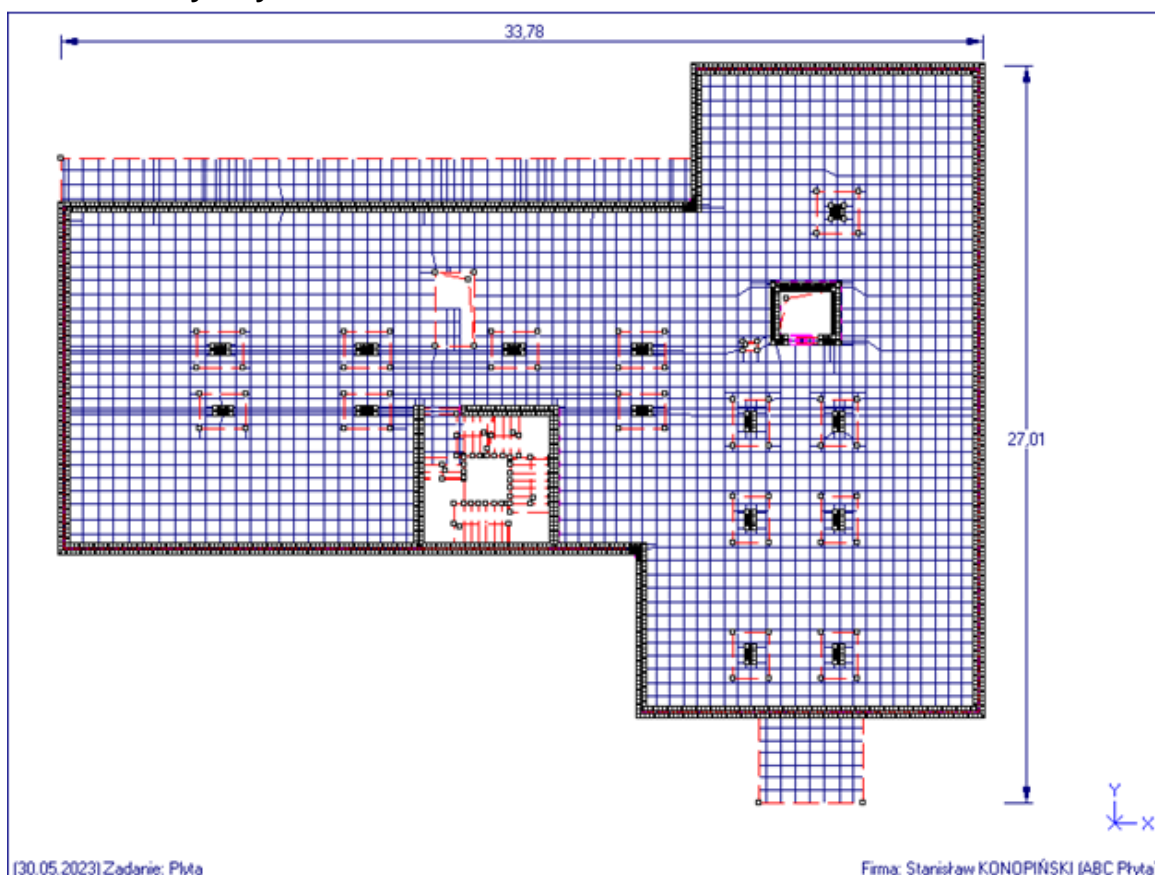
H = 3,630 m

warstwy	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m]	wsp. obl. [γf]	obc. obl. [kN/m]
Okładzina elewacyjna na podkonstrukcji	0,010	18,00	0,653	1,350	0,882
wełna mineralna twarda	0,200	2,00	1,452	1,350	1,960
ściana z drążonych bloczków silikatowych	0,240	18,00	15,682	1,350	21,171
tynk wewnętrzny gipsowy	0,015	12,00	0,653	1,350	0,882
razem:			18,440	1,350	24,895

5.2 Wymiarowanie wybranych elementów żelbetowych

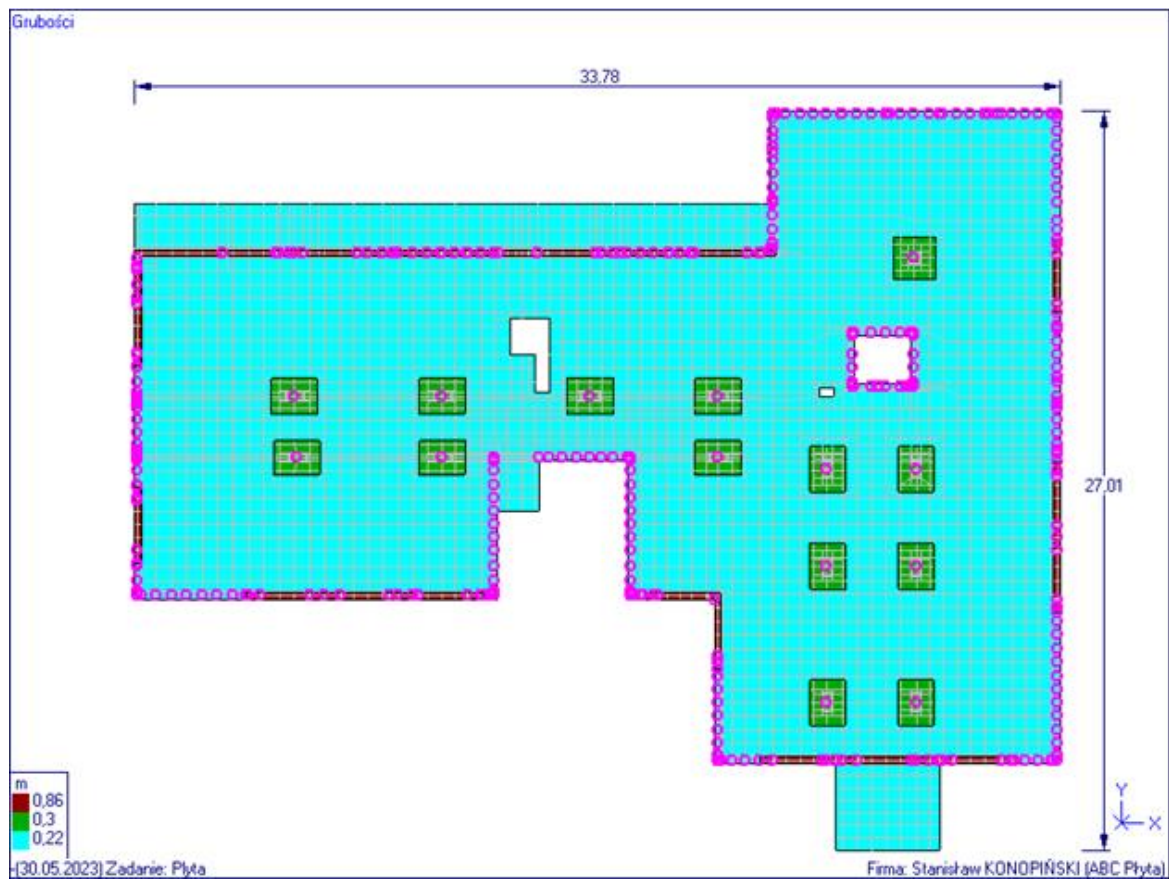
5.2.1 Strop nad parterem

Schemat statyczny



Założenia przyjęte do obliczeń

Grubości:

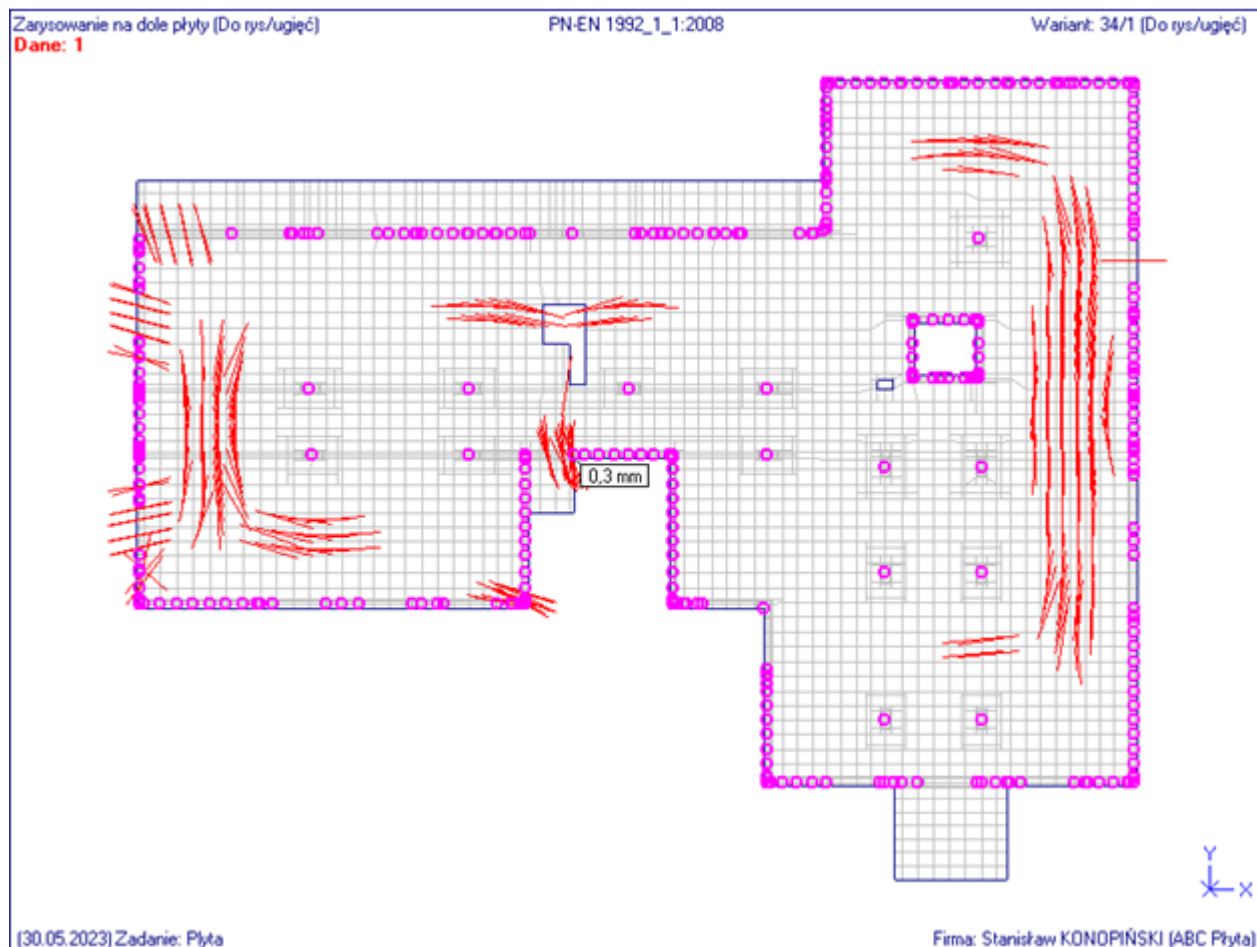


Materiał: beton C30/37, stal RB500W

Obciążenia - wg zestawienia założonych obciążeń

Wyniki obliczeń

Zarysowanie stropu dołem:



Zarysowanie stropu górnego:



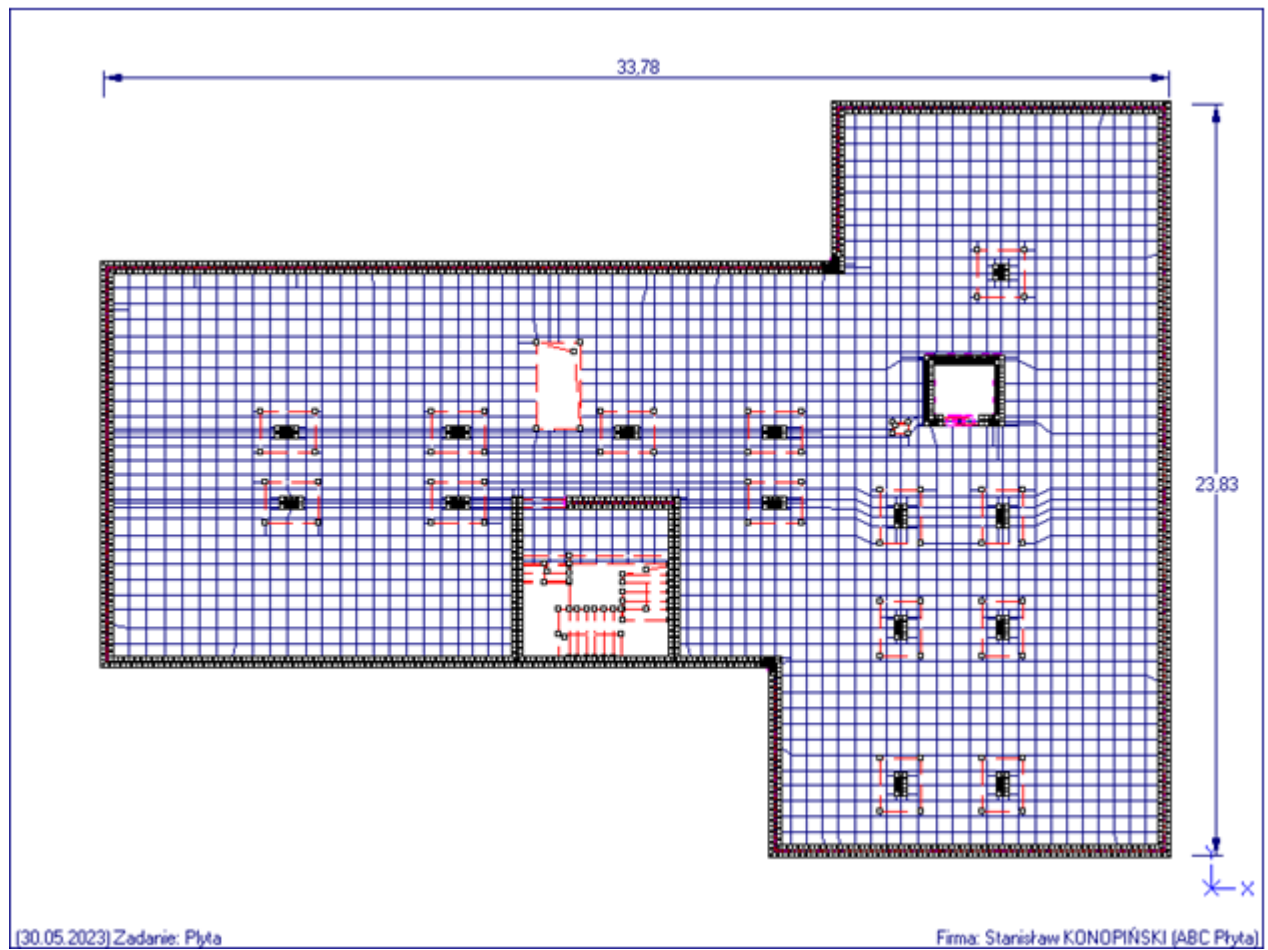
Ugięcie płyty stropowej w stanie zarysowanym:



Zbrojenie:

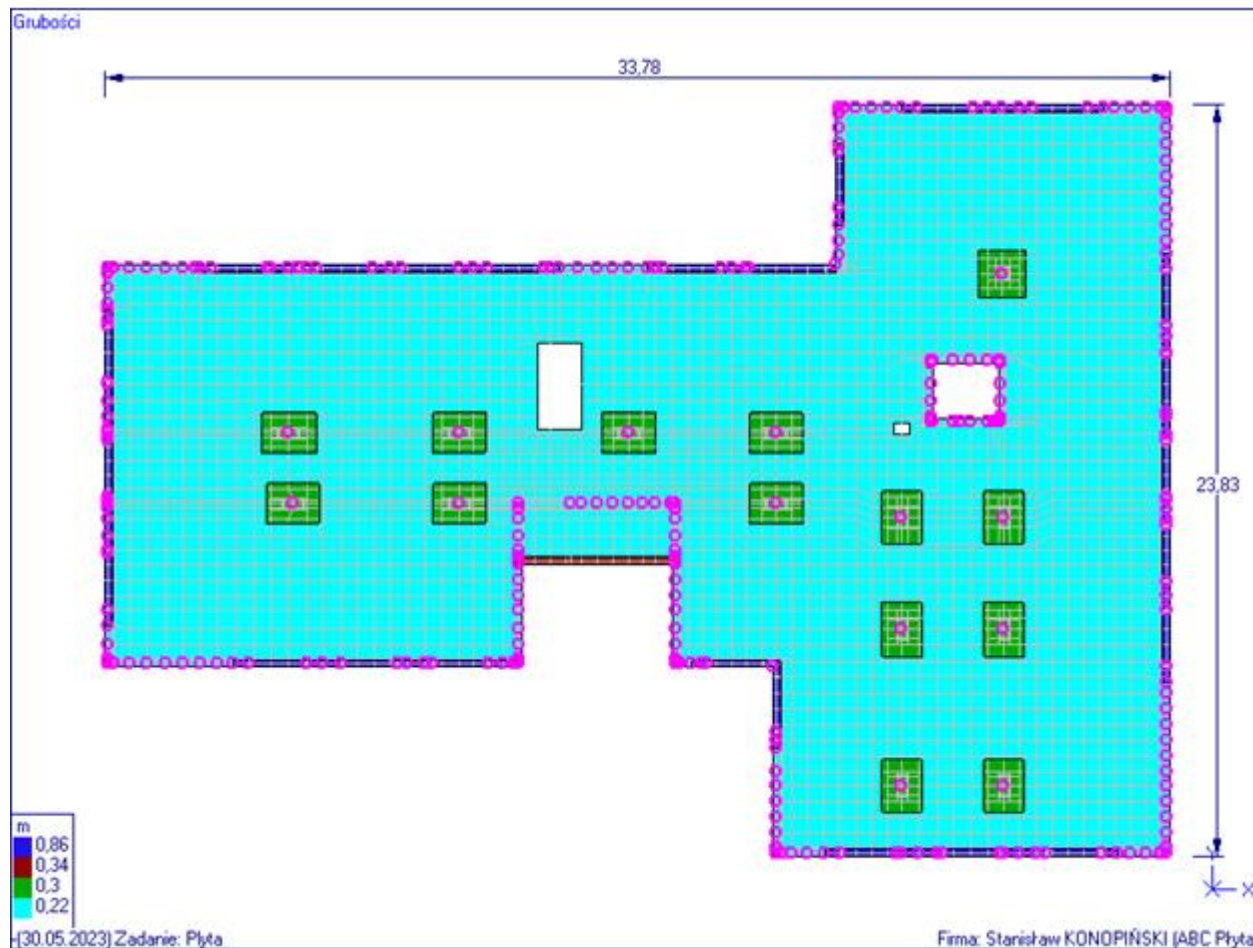
Siatka zbrojenia dolnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm w obu kierunkach z dozbrojeniami w przęsłach z prętów 10mm. Siatka zbrojenia górnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm, z dozbrojeniami nad podporami z prętów 10, 12, 16 i 20mm w obu kierunkach.

Schemat statyczny



Założenia przyjęte do obliczeń

Grubości:



Materiał: beton C30/37, stal RB500W

Obciążenia - wg zestawienia założonych obciążeń

Wyniki obliczeń

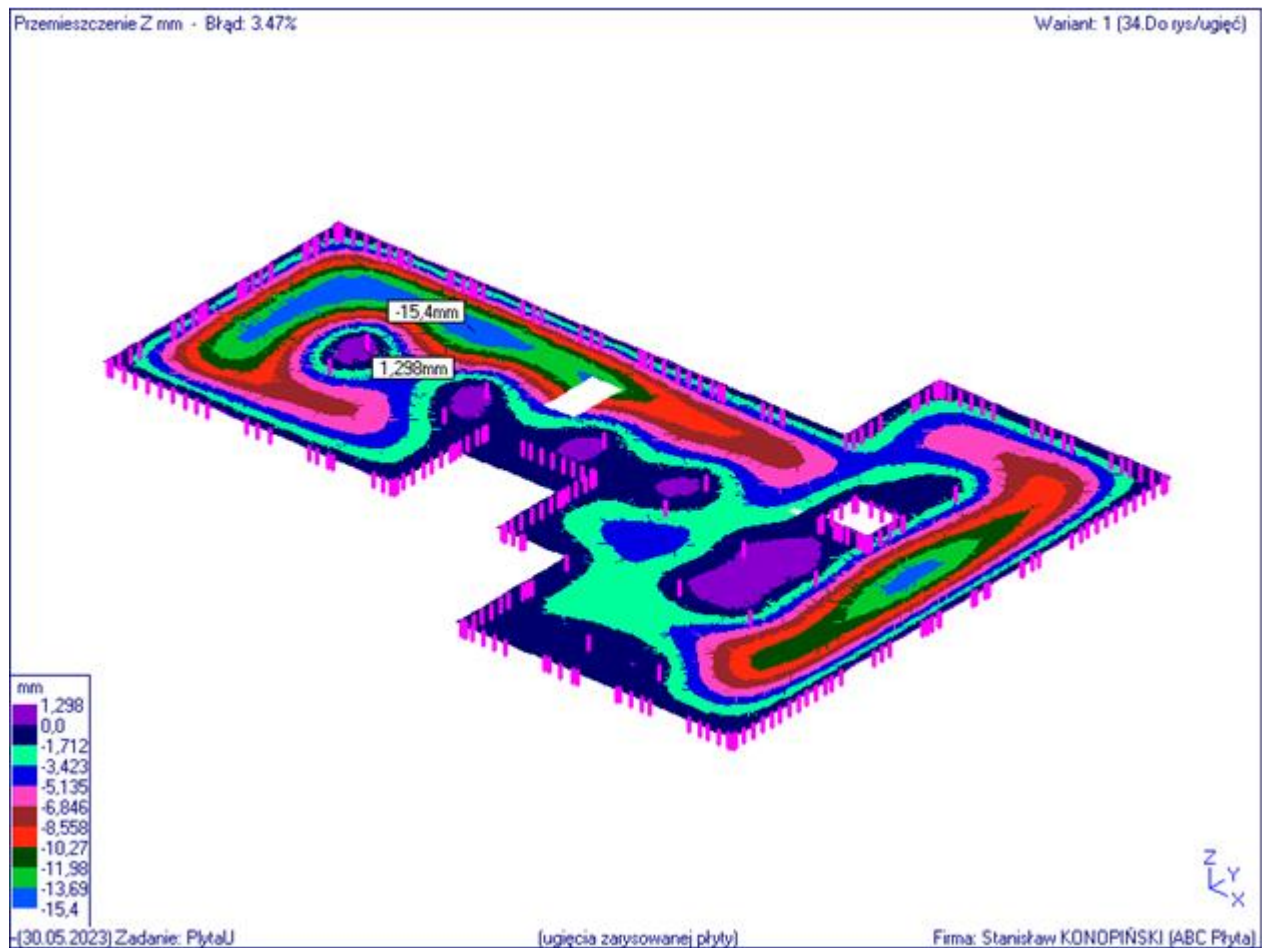
Zarysowanie stropu dołem:



Zarysowanie stropu górą:



Ugięcie płyty stropowej w stanie zarysowanym:



Zbrojenie:

Siatka zbrojenia dolnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm w obu kierunkach z dozbrojeniami w przęsłach z prętów 10mm. Siatka zbrojenia górnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm, z dozbrojeniami nad podporami z prętów 10, 12 i 16mm w obu kierunkach.

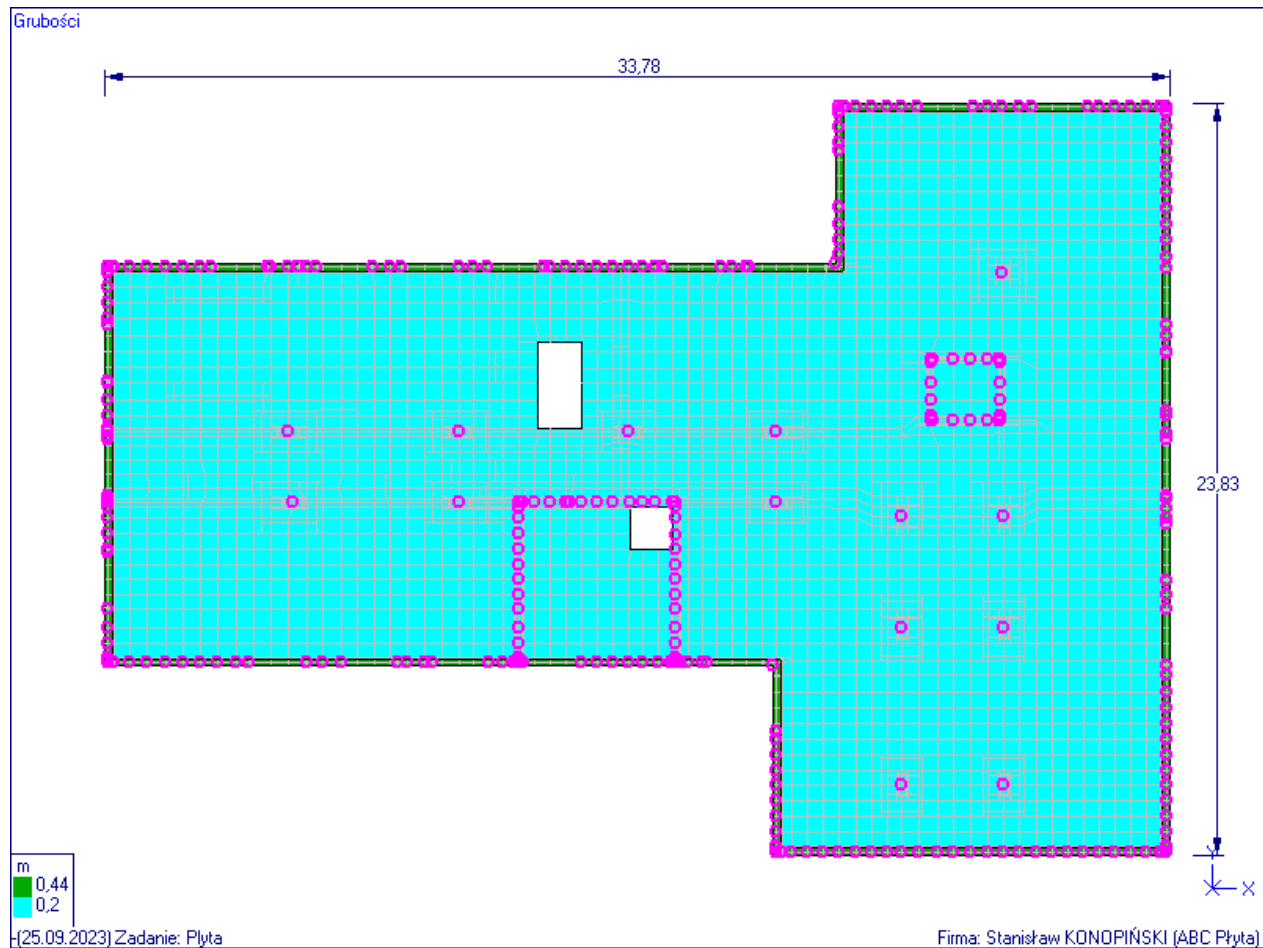
5.2.3 Stropodach

Schemat statyczny



Założenia przyjęte do obliczeń

Grubości:

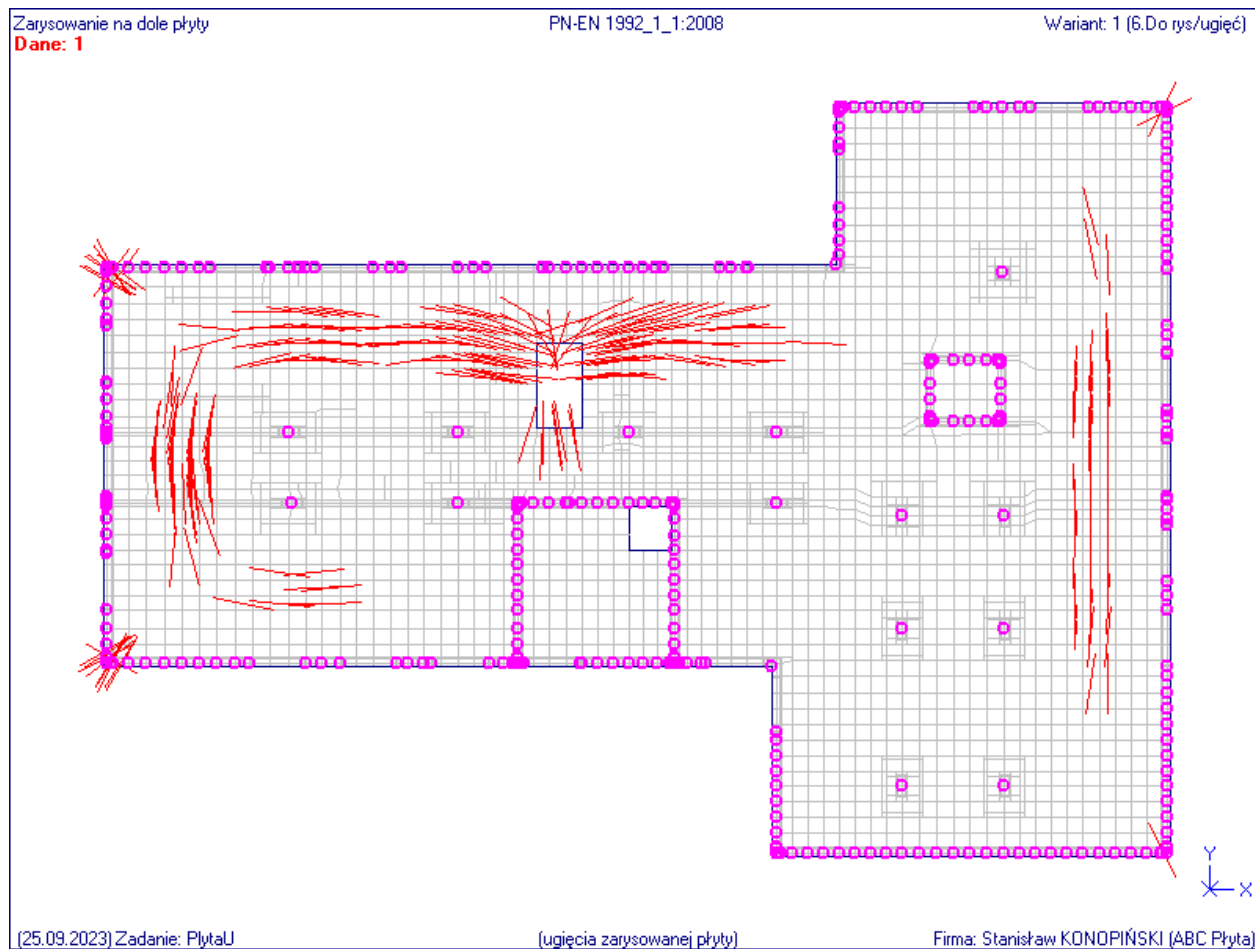


Materiał: beton C30/37, stal RB500W

Obciążenia - wg zestawienia założonych obciążeń

Wyniki obliczeń

Zarysowanie stropu dołem:



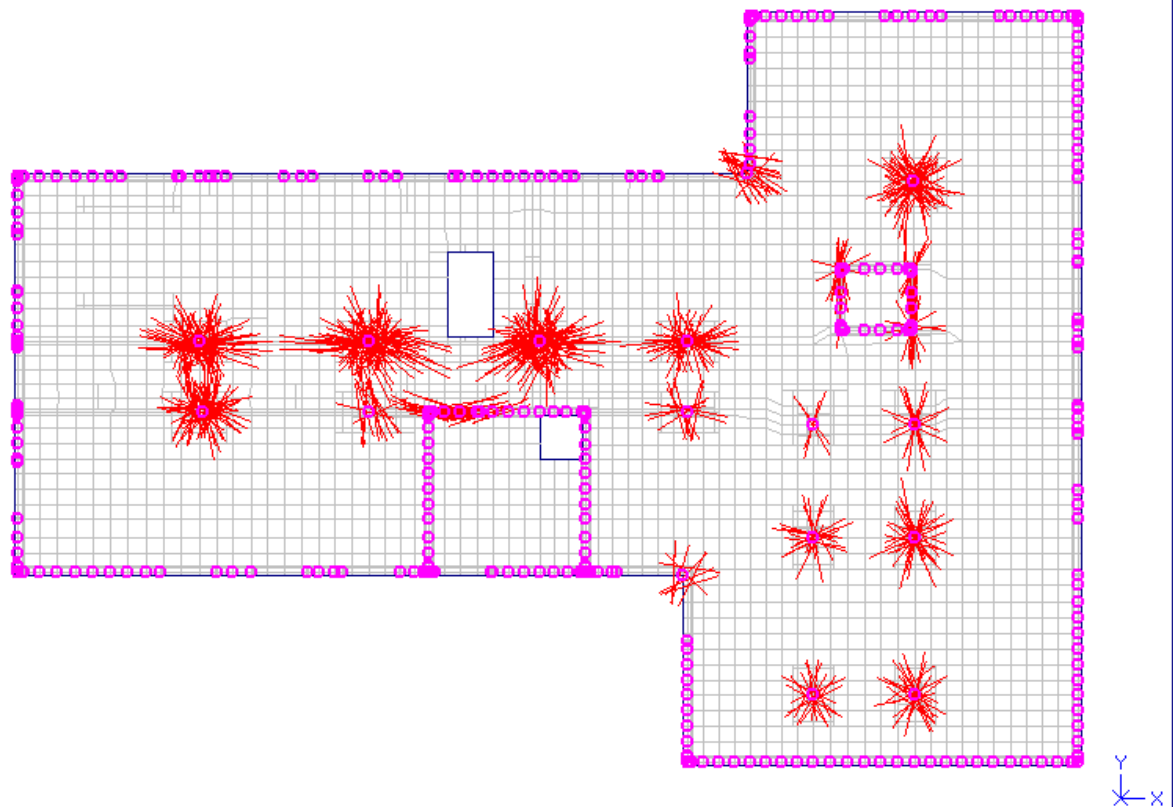
Zarysowanie stropu górą:

Zarysowanie na górze płyty

PN-EN 1992_1_1:2008

Wariant: 1 (6.Do rys/ugięć)

Dane: 1



(25.09.2023) Zadanie: PłytaU

(ugięcia zarysowanej płyty)

Firma: Stanisław KONOPIŃSKI (ABC Płyta)

Ugięcie płyty stropowej w stanie zarysowanym:



Zbrojenie:

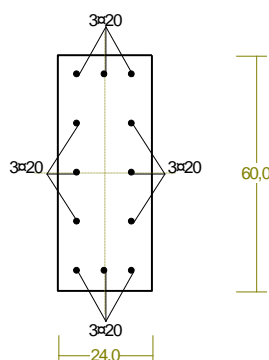
Siatka zbrojenia dolnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm w obu kierunkach z dozbrojeniami w przęsłach z prętów 10mm. Siatka zbrojenia górnego z prętów o średnicy 10mm w rozstawie co 20cm, z dozbrojeniami nad podporami z prętów 10 i 12mm w obu kierunkach.

5.2.4 Słupy

Słup S1/0

Cechy przekroju:

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,46$ m, $x_b=2,46$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=60,0$, $b=24,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C30/37

$f_{ck}=30,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 30,0 / 1,40 = 21,4$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=1440$ cm², $J_{cy}=432000$ cm⁴, $J_{cz}=69120$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=37,70$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 37,70 / 1440 = 2,62$ %,

$J_{sy}=13744$ cm⁴, $J_{sz}=1539$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,46$ m, $x_b=2,46$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A**

Momenty zginające: $M_y = -5,519$ kNm, $M_z = 7,500$ kNm,

Siły poprzeczne: $V_z = 2,239$ kN, $V_y = 3,043$ kN,

Siła osiowa: $N = -1640,293$ kN = N_{Ed} ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-5,519) / (-1640,293) = 0,003 \text{ m},$$

$$e_{\text{totz}} = e_{0z} + e_{az} + e_{2z} = 1,000 \times (0,009 + 0,003 + 0,030) = 0,043 \text{ m}$$

$$e_{\text{totz}} \geq \max\{0,02; 0,600/30\}$$

$$M_{Edy} = e_{\text{totz}} N = 0,043 \times (-1640,293) = -70,019 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

$$e_{0y} = -M_z / N = -(7,500) / (-1640,293) = 0,005 \text{ m},$$

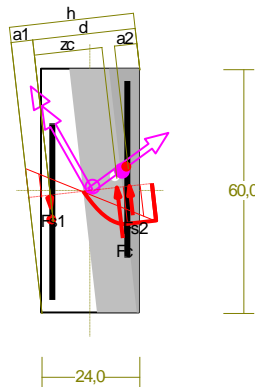
$$e_{\text{toty}} = e_{0y} + e_{ay} + e_{2y} = -1,000 \times (0,011 + 0,005 + 0,061) = 0,077 \text{ m}$$

$$e_{\text{toty}} \geq \max\{0,02; 0,240/30\}$$

$$M_{Edz} = e_{\text{toty}} N = 0,077 \times (-1640,293) = 126,164 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93$ m, $x_b=0,00$ m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -1630,532 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-75,153)^2 + (132,958)^2} = 152,728 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1} = 2,17$ ‰):

$$A_{s1} = 3,41 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 16 = 4,02 \text{ cm}^2),$$

Zbrojenie ściskane ($\varepsilon_c = -3,50$ ‰, $\varepsilon_{co} = -0,79$ ‰):

$$A_{s2} = 9,62 \text{ cm}^2 \Rightarrow (5 \times 16 = 10,05 \text{ cm}^2)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 13,03 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 13,03 / 1440 = 0,91 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 30,6, d = 25,3, x = 15,6 (\xi = 0,617),$$

$$a_1 = 5,3, a_2 = 5,5, a_c = 8,6, z_c = 16,7, A_{cc} = 820 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -2,85 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 2,17 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1336,456, F_{s1} = 113,886, F_{s2} = -407,962,$$

$$M_c = 95,471, M_{s1} = 13,268, M_{s2} = 43,988,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} + F_{s2} = -1336,456 + (113,886) + (-407,962) = -1630,532 \text{ kN} (N_{Ed} = -1630,532 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} + M_{s2} = 95,471 + (13,268) + (43,988) = 152,728 \text{ kNm} (M_{Ed} = 152,728 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie słup S1/0, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 0,164 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,164 / (1 - 0,164) = 0,196,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times [1 + 0,196 / (0,45 + 0,196)]} = 0,807 \times 4,930 = 3,979 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,930 = 4,930 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie słup S1/0, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 3,979 = 0,00896 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 6,623 / (-1630,532) = 0,004 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 37,7 \times 435 / (1440,0 \times 21,4) = 0,532$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,532 = 1,532$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 1650,054 / (1440,0 \times 21,4) \times 10 = 0,535$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,532 - 0,535) / (1,532 - 0,4) = 0,880; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,880$.

$$\lambda = l_0 / i = 3,979 / 0,173 = 22,975$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 22,975/150 = 0,3468$$

Końcowy współczynnik pełzanianeliniowego:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp[1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,000 \times \exp[1,5 \times (24,68/30,0 - 0,45)] = 3,498$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{NL}(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 3,498 \times 11,038 / 11,038 = 3,498$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,3468 \times 3,498 = 2,213;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 2,213$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,191 = 0,491$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,491) = 0,00984$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,880 \times 2,213 \times 0,00984 = 0,0192$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0192 \times 3,979^2 / 10,000 = 0,030 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,004 + 0,0090 + 0,030 = 0,043 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,043 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,600/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901;$$

$$2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,930 = 0,0111 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, \max} / N_{Ed} = 9,000 / (-1630,532) = 0,006 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 37,7 \times 435 / (1440,0 \times 21,4) = 0,532$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,532 = 0,468$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 1630,532 / (1440,0 \times 21,4) = 0,535$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (0,468 - 0,535) / (0,468 - 0,4) = 0,880; K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,880$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,930 / 0,069 = 71,158$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0 / 200 - 71,158 / 150 = 0,0256$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,0256 \times 3,498 = 1,090;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,090$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,240 + 0,064 = 0,184$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,184) = 0,0263$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,880 \times 1,090 \times 0,0263 = 0,0252$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0252 \times 4,930^2 / 10,000 = 0,061 \text{ m}$$

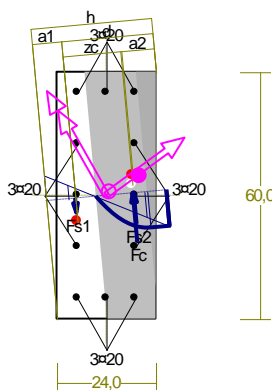
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,006 + 0,011 + 0,061 = 0,078 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,078 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,240/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,93 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -1630,532 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-75,153)^2 + (132,958)^2} = 152,728 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 15,71 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 21,99 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 37,70 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 37,70 / 1440 = 2,62 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 29,3, d = 22,2, x = 15,9 (\xi = 0,718),$$

$$a_1 = 7,1, a_2 = 7,9, a_c = 18,4, z_c = 16,0, A_{cc} = 870 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -2,76 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -1,89 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 1,09 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1328,196, F_{s1} = 226,910, F_{s2} = -529,233,$$

$$M_c = 89,978, M_{s1} = 20,878, M_{s2} = 41,871,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-1816,814| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-1328,196 + (226,910) + (-529,233)| = |-1630,532| \text{ kN}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie słup S1/0, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{30} / 500 = 0,00088$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:

$$x_a = 0,0 \quad x_b = 493,0 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 500 \times (1 + 0,000) = 375$$

przyjęto $s_{l,max} = 375 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 500 = 375$$

przyjęto $s_{b,max} = 375 \text{ mm}$.

$$s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 20,0 = 400,0 \text{ mm}.$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 600,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (20,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00209$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00209} > \mathbf{0,00088} = \rho_{w,min}$$

Ścinanie

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00 \text{ m}$, $x_b=4,93 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = -1650,054;$$

$$V_{Ed} = 2,239 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{15,71}{24,0 \times 50,0} = 0,01309;$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,01309$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 1650,054 / 1440,00 \times 10 = 11,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 4,28 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 4,28 \text{ MPa}$.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/500,0} = 1,632$$

$$k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,632$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,632^{3/2} \times 30^{1/2} = 0,400$$

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

$$= [0,129 \times 1,632 \times (100 \times 0,01309 \times 30)^{1/3} + 0,15 \times 4,28] \times 24,0 \times 50,0 \times 10^{-1} = 162,649 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,400 + 0,15 \times 4,28) \times 24,0 \times 50,0 \times 10^{-1} = 125,021 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 162,649 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = \mathbf{2,239} < \mathbf{162,649} = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 4,930$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 2,239 \times (1,000 - 0,000) = 2,239 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 223,026 + 2,239 = 225,264 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 223,026 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 223,026 \text{ kN}$

$$F_{td} = 223,026 < 682,955 = 15,71 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93$ m, $x_b=0,00$ m, obciążenia: CW A

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 26,444 < 30,000 = 1,00 \times 30,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 112,390 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Położenie przekroju:

$$x = 4,930 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 11,038 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -1627,756 \text{ kN}$$

$$e = 1,6 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 2,239 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 60,0 - 10,0 = 50,0 \text{ cm}$$

$$A_c = 2029 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 22990 \text{ cm}^3$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 22990 \times 10^{-3} = 66,672 \text{ kNm}$$

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Ugięcia

zadanie słup S1/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp [1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp [1,5 \times (26,44/30,0 - 0,45)] = 3,820$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 3,820} = 6638 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 30,0 \times 28203 \times 10^{-3} = 81,788 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 11,038 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 11,038 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 30,0 \text{ cm}$$

$$I_I = 846087 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 23,2 \text{ cm}$$

$$I_{II} = 557750 \text{ cm}^4$$

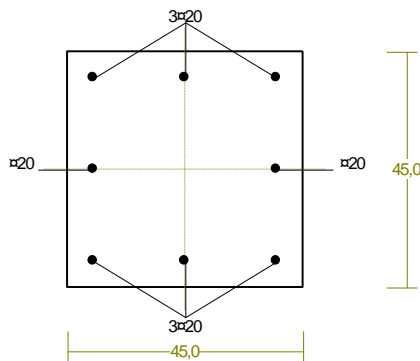
Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 6638 \times 846087 \times 10^{-5} = 56167 \text{ kNm}^2$$

Słup S2/0

Cechy przekroju:

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,46$ m, $x_b=2,46$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=45,0, \quad b=45,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C30/37

$$f_{ck}=30,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 30,0/1,40=21,4 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=2025 \text{ cm}^2, J_{cy}=341719 \text{ cm}^4, J_{cz}=341719 \text{ cm}^4$$

STAL: fyk=500

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \gamma_s=1,15, f_{yd}=435 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+435/200000)=0,617,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=25,13 \text{ cm}^2, \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 25,13/2025=1,24 \%,$$

$$J_{sy}=5773 \text{ cm}^4, J_{sz}=5773 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,46$ m, $x_b=2,46$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A**

Momenty zginające: $M_y = -8,848 \text{ kNm},$

$M_z = 10,000 \text{ kNm},$

Siły poprzeczne: $V_z = 3,590 \text{ kN},$

$V_y = 4,057 \text{ kN},$

Siła osiowa: $N = -1589,700 \text{ kN} = N_{Ed},$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y/N = (-8,848)/(-1589,700)=0,006 \text{ m},$$

$$e_{totz} = e_{0z} + e_{az} + e_{2z} = 1,000 \times (0,010 + 0,006 + 0,037) = 0,053 \text{ m}$$

$$e_{totz} \geq \max\{0,02; 0,450/30\}$$

$$M_{Edy} = e_{totz} N = 0,053 \times (-1589,700) = -83,959 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

$$e_{0y} = -M_z/N = -(10,000)/(-1589,700)=0,006 \text{ m},$$

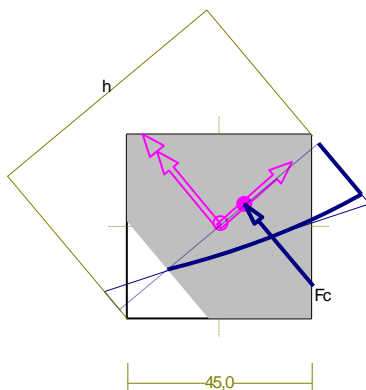
$$e_{toty} = e_{0y} + e_{ay} + e_{2y} = -1,000 \times (0,011 + 0,006 + 0,047) = 0,064 \text{ m}$$

$$e_{toty} \geq \max\{0,02; 0,450/30\}$$

$$M_{Edz} = e_{toty} N = 0,064 \times (-1589,700) = 101,840 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,46$ m, $x_b=2,46$ m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=-1589,700 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-83,959^2 + 101,840^2)} = 131,987 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=21,4 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=63,4, \quad d=63,4, \quad x=51,3 (\xi=0,809), \quad a_c=23,4, \quad A_{cc}=1787 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,24 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1589,665,$$

$$M_c = 131,981,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c=-1589,665=-1589,665 \text{ kN} (N_{Ed}=-1589,700 \text{ kN})$$

$$M_c = 131,981 = 131,981 \text{ kNm} \quad (M_{Ed} = 131,987 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie słup S2/0, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 0,348 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,348 / (1 - 0,348) = 0,535,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times [1 + 0,535 / (0,45 + 0,535)]} = 0,878 \times 4,930 = 4,330 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,930 = 4,930 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie słup S2/0, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,330 = 0,00975 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, \max} / N_{Ed} = 10,618 / (-1575,973) = 0,007 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 25,1 \times 435 / (2025,0 \times 21,4) = 0,252$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,252 = 1,252$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 1603,427 / (2025,0 \times 21,4) \times 10 = 0,370$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,252 - 0,370) / (1,252 - 0,4) = 1,035; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,330 / 0,130 = 33,335$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 33,335/150 = 0,2778$$

Końcowy współczynnik pełzanianeliniowego:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp[1,5(\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,000 \times \exp[1,5 \times (13,61/30,0 - 0,45)] = 2,011$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{NL}(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,011 \times 17,697 / 17,697 = 2,011$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,2778 \times 2,011 = 1,559;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,559$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,450 + 0,152 = 0,377$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,377) = 0,0128$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 1,000 \times 1,559 \times 0,0128 = 0,0200$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0200 \times 4,330^2 / 10,000 = 0,037 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,007 + 0,010 + 0,037 = 0,054 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,054 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,450/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901;$$

$$2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,930 = 0,0111 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed,max} / N_{Ed} = 12,000 / (-1575,973) = 0,008 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 25,1 \times 435 / (2025,0 \times 21,4) = 0,252$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,252 = 0,748$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 1603,427 / (2025,0 \times 21,4) = 0,370$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (0,748 - 0,370) / (0,748 - 0,4) = 1,035; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,930 / 0,130 = 37,951$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 37,951/150 = 0,2470$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,2470 \times 2,011 = 1,497;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,497$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,450 + 0,152 = 0,377$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,377) = 0,0128$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 1,000 \times 1,497 \times 0,0128 = 0,0192$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0192 \times 4,930^2 / 10,000 = 0,047 \text{ m}$$

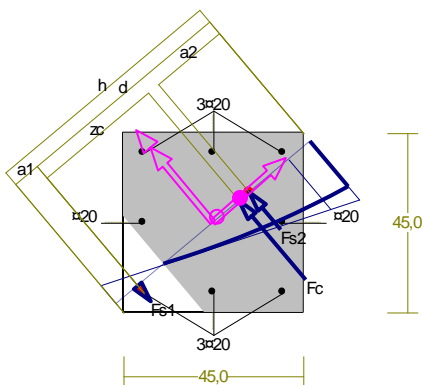
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,008 + 0,011 + 0,047 = 0,065 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,065 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,450/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,93 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -1575,973 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-92,159^2 + 111,047^2)} = 144,308 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 3,14 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 21,99 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 25,13 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 25,13 / 2025 = 1,24 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 63,4, d = 56,4, x = 47,9 (\xi = 0,850),$$

$$a_1 = 7,0, a_2 = 19,9, a_c = 23,2, z_c = 33,1, A_{cc} = 1780 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,07 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,91 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 0,19 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1394,613, F_{s1} = 11,885, F_{s2} = -193,245,$$

$$M_c = 118,556, M_{s1} = 2,929, M_{s2} = 22,823,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-3077,070| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-1394,613 + (11,885) + (-193,245)| = |-1575,973| \text{ kN}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie słup S2/0, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{30} / 500 = 0,00088$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:

$$x_a = 0,0 \quad x_b = 493,0 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 400 \times (1 + 0,000) = 300$$

przyjęto $s_{l,max} = 300 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 400 = 300$$

przyjęto $s_{b,max} = 300 \text{ mm}$.

$$s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 20,0 = 400,0 \text{ mm}.$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{450,0; 450,0\} = 450,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 400,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 / (20,0 \times 45,0 \times 1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = 0,00168 > 0,00088 = \rho_{w,min}$$

Ścinanie

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}$, $x_b = 4,93 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = -1603,427$;

$$V_{Ed} = 3,590 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{9,42}{45,0 \times 40,0} = 0,00524;$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00524$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 1603,427 / 2025,00 \times 10 = 7,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 4,28 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 4,28 \text{ MPa}$.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/400,0} = 1,707$$

$$k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,707$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,707^{3/2} \times 30^{1/2} = 0,428$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,129 \times 1,707 \times (100 \times 0,00524 \times 30)^{1/3} + 0,15 \times 4,28] \times 45,0 \times 40,0 \times 10^{-1} = 214,503 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,428 + 0,15 \times 4,28) \times 45,0 \times 40,0 \times 10^{-1} = 192,525 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 214,503 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 3,590 < 214,503 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 4,930 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 3,590 \times (1,000 - 0,000) = 3,590 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 22,977 + 3,590 = 26,567 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 22,977 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 22,977 \text{ kN}$

$$F_{td} = 22,977 < 409,773 = 9,42 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 15,808 < 30,000 = 1,00 \times 30,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 19,172 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Położenie przekroju:

$$x = 4,930 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 17,697 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -1573,612 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3,590 \text{ kN}$$

$$e = 2,1 \text{ cm}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 45,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 45,0 - 5,0 = 40,0 \text{ cm}$$

$$A_c = 2378 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 19998 \text{ cm}^3$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 19998 \times 10^{-3} = 57,994 \text{ kNm}$$

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Ugięcia

zadanie słup S2/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp[1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp[1,5 \times (15,81/30,0 - 0,45)] = 2,245$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 2,245} = 9862 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 30,0 \times 20390 \times 10^{-3} = 59,132 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 17,697 \text{ kNm}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 17,697 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 22,5 \text{ cm} \quad I_I = 458784 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 12,8 \text{ cm} \quad I_{II} = 184488 \text{ cm}^4$$

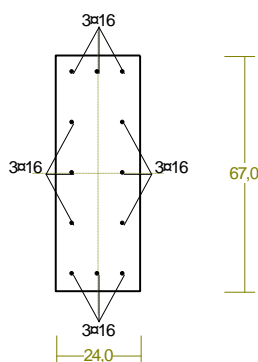
Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 9862 \times 458784 \times 10^{-5} = 45247 \text{ kNm}^2$$

Słup S7/0

Cechy przekroju:

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=67,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C30/37

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}, f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 30,0 / 1,40 = 21,4 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 1608 \text{ cm}^2, J_{cy} = 601526 \text{ cm}^4, J_{cz} = 77184 \text{ cm}^4$$

STAL: fyk=500

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, \gamma_s = 1,15, f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 24,13 \text{ cm}^2, \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 24,13 / 1608 = 1,50 \%,$$

$$J_{sy} = 11593 \text{ cm}^4, J_{sz} = 1042 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW A

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_y = -60,000 \text{ kNm}, \quad M_z = 40,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_z = 12,170 \text{ kN}, \quad V_y = 8,114 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -800,000 \text{ kN} = N_{Ed},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-60,000) / (-800,000) = 0,075 \text{ m},$$

$$e_{totz} = e_{0z} + e_{az} + e_{2z} = 1,000 \times (0,011 + 0,075 + 0,046) = 0,132 \text{ m}$$

$$M_{Edy} = e_{totz} N = 0,132 \times (-800,000) = -105,648 \text{ kNm},$$

$$e_{totz} \geq \max\{0,02; 0,670/30\}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

$$e_{0y} = -M_z/N = -(40,000)/(-800,000) = 0,050 \text{ m},$$

$$e_{\text{toty}} = e_{0y} + e_{ay} + e_{2y} = -1,000 \times (0,011 + 0,050 + 0,069) = 0,130 \text{ m}$$

$$e_{\text{toty}} \geq \max\{0,02; 0,240/30\}$$

$$M_{Edz} = e_{\text{toty}} N = 0,130 \times (-800,000) = 104,045 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$)

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ($\xi_{lim}=0,617$).

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -800,000 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-105,648^2 + 104,045^2)} = 148,280 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=3,45 \text{ ‰}$):

$$A_{s1} = 6,18 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4 \times 16 = 8,04 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

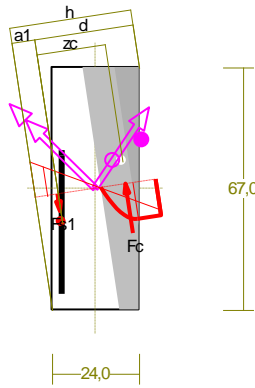
$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,18 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,18 / 1608 = 0,38 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=33,8, d=27,4, x=13,8 (\xi=0,503),$$

$$a_1=6,4, a_c=8,4, z_c=19,0, A_{cc}=695 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 3,45 \text{ ‰},$$



Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1068,460, F_{s1} = 268,460,$$

$$M_c = 113,038, M_{s1} = 35,242,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -1068,460 + (268,460) = -800,000 \text{ kN} (N_{Ed} = -800,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 113,038 + (35,242) = 148,280 \text{ kNm} (M_{Ed} = 148,280 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie słup S7/0, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,930 = 4,930 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,930 = 4,930 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie słup S7/0, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901;$$

$$2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,930 = 0,0111 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 36,000 / (-800,000) = 0,045 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 24,1 \times 435 / (1608,0 \times 21,4) = 0,305$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,305 = 1,305$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 821,800 / (1608,0 \times 21,4) \times 10 = 0,239$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,305 - 0,239) / (1,305 - 0,4) = 1,178; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,930 / 0,193 = 25,490$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 25,490/150 = 0,3301$$

Końcowy współczynnik pełzanianeliniowego:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp [1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,000 \times \exp [1,5 \times (24,93/30,0 - 0,45)] = 3,542$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{NL}(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 3,542 \times 60,000 / 60,000 = 3,542$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,3301 \times 3,542 = 2,169;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 2,169$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,670 + 0,219 = 0,554$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,554) = 0,00872$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 1,000 \times 2,169 \times 0,00872 = 0,0189$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0189 \times 4,930^2 / 10,000 = 0,046 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,045 + 0,011 + 0,046 = 0,102 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,102 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,670/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,930 = 0,0111 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 24,000 / (-800,000) = 0,030 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 24,1 \times 435 / (1608,0 \times 21,4) = 0,305$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,305 = 1,305$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 821,800 / (1608,0 \times 21,4) = 0,239$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,305 - 0,239) / (1,305 - 0,4) = 1,178;$$

$$K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,930 / 0,069 = 71,158$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 71,158/150 = 0,0256$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} = 1 + 0,0256 \times 3,542 = 1,091;$$

$$K_\phi \geq 1$$

Przyjęto $K_\phi = 1,091$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435/2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,240 + 0,066 = 0,186$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,186) = 0,0260$$

$$1/r = K_r K_\phi 1/r_0 = 1,000 \times 1,091 \times 0,0260 = 0,0284$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0284 \times 4,930^2 / 10,000 = 0,069 \text{ m}$$

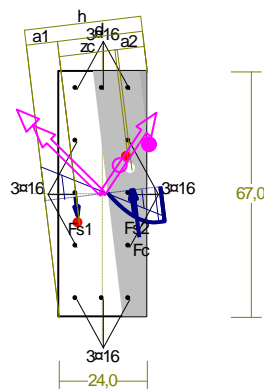
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,030 + 0,011 + 0,069 = 0,110 \text{ m}$$

Przyjęto $e_{tot} = 0,110 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,240/30\} = \max\{0,02; h/30\}$.

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,93 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -800,000 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-105,648^2 + 104,045^2)} = 148,280 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 12,06 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 24,13 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 24,13 / 1608 = 1,50 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 31,9, d = 23,3, x = 12,7 (\xi = 0,545),$$

$$a_1 = 8,5, a_2 = 8,0, a_c = 22,0, z_c = 20,6, A_{cc} = 704 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -2,29 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -1,44 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 1,91 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -913,361, F_{s1} = 306,547, F_{s2} = -193,178,$$

$$M_c = 93,838, M_{s1} = 31,539, M_{s2} = 22,902,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-987,515| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-913,361 + (306,547) + (-193,178)| = |-800,000| \text{ kN}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie słup S7/0, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{30} / 500 = 0,00088$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:

$$x_a = 0,0 \quad x_b = 493,0 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 565 \times (1 + 0,000) = 423$$

przyjęto $s_{l,max} = 423 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 565 = 423$$

przyjęto $s_{b,max} = 423 \text{ mm}$.

$$s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 16,0 = 320,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 670,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm.}$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (20,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00419$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00419} > \mathbf{0,00088} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00 \text{ m}$, $x_b=4,93 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = -821,800;$$

$$V_{Ed} = 12,170 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{10,05}{24,0 \times 56,5} = 0,00742;$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00742$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 821,800 / 1608,00 \times 10 = 5,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 4,28 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 4,28 \text{ MPa}$.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/56,6} = 1,595$$

$$k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,595$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$\nu_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,595^{3/2} \times 30^{1/2} = 0,386$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,129 \times 1,595 \times (100 \times 0,00742 \times 30)^{1/3} + 0,15 \times 4,28] \times 24,0 \times 56,5 \times 10^{-1} = 165,167 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (\nu_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,386 + 0,15 \times 4,28) \times 24,0 \times 56,5 \times 10^{-1} = 139,329 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 165,167 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = \mathbf{12,170} < \mathbf{165,167} = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 4,930 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 12,170 \times (1,000 - 0,000) = 12,170 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 328,039 + 12,170 = 340,209 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 328,039 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 328,039 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{328,039} < \mathbf{437,091} = 10,05 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,93 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 26,357 < 30,000 = 1,00 \times 30,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 274,093 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Położenie przekroju:

$$x = 4,930 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 60,000 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -800,000 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 12,170 \text{ kN}$$

$$e = 8,6 \text{ cm}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 67,0 - 10,5 = 56,5 \text{ cm}$$

$$A_c = 1985 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 24445 \text{ cm}^3$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 24445 \times 10^{-3} = 70,889 \text{ kNm}$$

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Ugięcia

zadanie słup S7/0, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp[1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp[1,5 \times (26,36/30,0 - 0,45)] = 3,804$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 3,804} = 6661 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 30,0 \times 28346 \times 10^{-3} = 82,203 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 60,000 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 60,000 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 33,5 \text{ cm}$$

$$I_I = 949586 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 23,0 \text{ cm}$$

$$I_{II} = 511950 \text{ cm}^4$$

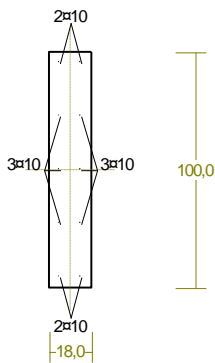
Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 6661 \times 949586 \times 10^{-5} = 63256 \text{ kNm}^2$$

5.2.5 Ściana szybu windowego

Cechy przekroju:

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,26 \text{ m}$, $x_b = 4,67 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=100,0, \quad b=18,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C30/37

$$f_{ck}=30,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 30,0/1,40=21,4 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1800 \text{ cm}^2, J_{cy}=1500000 \text{ cm}^4, J_{cz}=48600 \text{ cm}^4$$

STAL: fyk=500

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \gamma_s=1,15, f_{yd}=435 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+435/200000)=0,617,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=7,85 \text{ cm}^2, \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 7,85/1800=0,44 \%,$$

$$J_{sy}=8130 \text{ cm}^4, J_{sz}=159 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,26 \text{ m}$, $x_b=4,67 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_y = -0,168 \text{ kNm}, \quad M_z = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_z = 0,648 \text{ kN}, \quad V_y = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -561,284 \text{ kN} = N_{Ed},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y/N = (-0,168)/(-561,284)=0,000 \text{ m},$$

$$e_{totz} = e_{0z} + e_{az} + e_{2z} = 1,000 \times (0,009 + 0,000 + 0,020) = 0,029 \text{ m}$$

$$e_{totz} \geq \max\{0,02; 1,000/30\}$$

$$M_{Edy} = e_{totz} N = 0,033 \times (-561,284) = -18,709 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

$$e_{0y} = -M_z/N = -(0,000)/(-561,284)=0,000 \text{ m},$$

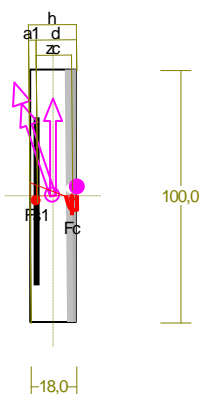
$$e_{toty} = e_{0y} + e_{ay} + e_{2y} = -1,000 \times (0,011 + 0,000 + 0,087) = 0,098 \text{ m}$$

$$e_{toty} \geq \max\{0,02; 0,180/30\}$$

$$M_{Edz} = e_{toty} N = 0,098 \times (-561,284) = 55,048 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,26 \text{ m}$, $x_b=4,67 \text{ m}$)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=-561,284 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-18,709)^2 + 55,048^2} = 58,141 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=21,4 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=9,53 \text{ ‰}$):

$$A_{s1}=2,24 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3\phi 10 = 2,36 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane (przyjęto $A_{s2}=\min A_{s2}=1,80 \text{ cm}^2$).

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=2,24 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 2,24/1800=0,12 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=18,9, d=16,0, x=4,3 (\xi=0,269),$$

$$a_1=2,9, a_c=2,0, z_c=13,9, A_{cc}=391 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-3,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=9,53 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-658,856, F_{s1}=97,573,$$

$$M_c=51,442, M_{s1}=6,699,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-658,856+(97,573)=-561,283 \text{ kN} (N_{Ed}=-561,284 \text{ kN})$$

$$M_c+M_{s1}=51,442+(6,699)=58,141 \text{ kNm} (M_{Ed}=58,141 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 0,164 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,164 / (1 - 0,164) = 0,196,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times [1 + 0,196 / (0,45 + 0,196)]} = 0,807 \times 4,930 = 3,979 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,930 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,930 = 4,930 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 3,979 = 0,00896 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, \max} / N_{Ed} = 1,917 / (-538,165) = 0,004 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 7,9 \times 435 / (1800,0 \times 21,4) = 0,089$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,089 = 1,089$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 562,568 / (1800,0 \times 21,4) \times 10 = 0,146$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,089 - 0,146) / (1,089 - 0,4) = 1,369; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 3,979 / 0,289 = 13,785$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 13,785/150 = 0,4081$$

Końcowy współczynnik pełzania nieliniowego:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp[1,5(\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,000 \times \exp[1,5 \times (20,60/30,0 - 0,45)] = 2,852$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{NL}(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,852 \times 3,195/3,195 = 2,852$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,4081 \times 2,852 = 2,164; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 2,164$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435/2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 1,000 + 0,322 = 0,822$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,822) = 0,00588$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 1,000 \times 2,164 \times 0,00588 = 0,0127$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0127 \times 3,979^2 / 10,000 = 0,020 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,004 + 0,0090 + 0,020 = 0,033 \text{ m}$$

$$\text{Przyjęto } e_{tot} = 0,033 \text{ m} \geq \max\{0,02; 1,000/30\} = \max\{0,02; h/30\}.$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,930} = 0,901;$$

$$2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,901$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,901 \times 1,000 = 0,00450$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00450 \times 4,930 = 0,0111 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed,max} / N_{Ed} = 0,000 / (-562,568) = 0,000 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 7,9 \times 435 / (1800,0 \times 21,4) = 0,089$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,089 = 1,089$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 562,568 / (1800,0 \times 21,4) = 0,146$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,089 - 0,146) / (1,089 - 0,4) = 1,369; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 1,000$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,930 / 0,052 = 94,878$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 30,0/200 - 94,878/150 = -0,1325$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + -0,1325 \times 2,852 = 0,622;$$

$$K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,000$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435/2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,180 + 0,045 = 0,135$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,135) = 0,0358$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 1,000 \times 1,000 \times 0,0358 = 0,0358$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0358 \times 4,930^2 / 10,000 = 0,087 \text{ m}$$

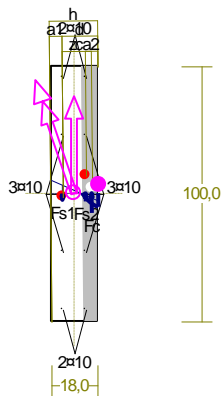
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,000 + 0,011 + 0,087 = 0,098 \text{ m}$$

$$\text{Przyjęto } e_{tot} = 0,098 \text{ m} \geq \max\{0,02; 0,180/30\} = \max\{0,02; h/30\}.$$

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,26 \text{ m}$, $x_b=4,67 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -561,284 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-18,709^2 + 55,048^2)} = 58,141 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 21,4 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 3,93 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 3,93 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 7,85 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 7,85 / 1800 = 0,44 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 18,9, d = 14,0, x = 6,1 (\xi = 0,438),$$

$$a_1 = 4,9, a_2 = 4,9, a_c = 17,4, z_c = 11,9, A_{cc} = 583 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,56 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,43 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 2,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -684,384, F_{s1} = 148,989, F_{s2} = -25,884,$$

$$M_c = 49,506, M_{s1} = 6,940, M_{s2} = 1,695,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-677,544| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-684,384 + (148,989) + (-25,884)| = |-561,284| \text{ kN}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 10 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{30} / 500 = 0,00088$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:

$$x_a = 0,0 \quad x_b = 493,0 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 841 \times (1 + 0,000) = 631$$

przyjęto $s_{l,max} = 600 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 841 = 631$$

$$s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 600 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 10,0 = 200,0 \text{ mm}.$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{180,0; 1000,0\} = 180,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 180,0 \text{ mm}.$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować zmniejszony rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 108,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,57 / (20,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00436$$

$$\rho_w = 0,00436 > 0,00088 = \rho_{w,min}$$

Ścinanie

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,93 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = -538,165;$$

$$V_{Ed} = 0,648 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{3,14}{18,0 \times 84,1} = 0,00207;$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00207$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 538,165 / 1800,00 \times 10 = 2,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 4,28 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 2,99 \text{ MPa}$.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/841,2} = 1,488$$

$$k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,488$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$\nu_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,488^{3/2} \times 30^{1/2} = 0,348$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,129 \times 1,488 \times (100 \times 0,00207 \times 30)^{1/3} + 0,15 \times 2,99] \times 18,0 \times 84,1 \times 10^{-1} = 121,184 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (\nu_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,348 + 0,15 \times 2,99) \times 18,0 \times 84,1 \times 10^{-1} = 120,578 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 121,184 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 0,648 < 121,184 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,770 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 0,648 \times (1,000 - 0,000) = 0,648 \text{ kN}$$

Summaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 87,240 + 0,648 = 87,888 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 87,813 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 87,813 \text{ kN}$

$$F_{td} = 87,813 < 136,591 = 3,14 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,15 \text{ m}$, $x_b=4,78 \text{ m}$, obciążenia: CW A

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 21,089 < 30,000 = 1,00 \times 30,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 307,651 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Położenie przekroju:

$$x = 0,154 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 0,100 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -556,187 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0,648 \text{ kN}$$

$$e = 0,9 \text{ cm}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 100,0 - 15,9 = 84,1 \text{ cm}$$

$$A_c = 1918 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 33049 \text{ cm}^3$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 33049 \times 10^{-3} = 95,841 \text{ kNm}$$

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Ugięcia

zadanie ściana - szyb windowy, pręt nr 1, obciążenia: CW A

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp [1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp [1,5 \times (20,56/30,0 - 0,45)] = 2,846$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 2,846} = 8319 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 30,0 \times 33909 \times 10^{-3} = 98,336 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 3,195 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 3,195 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

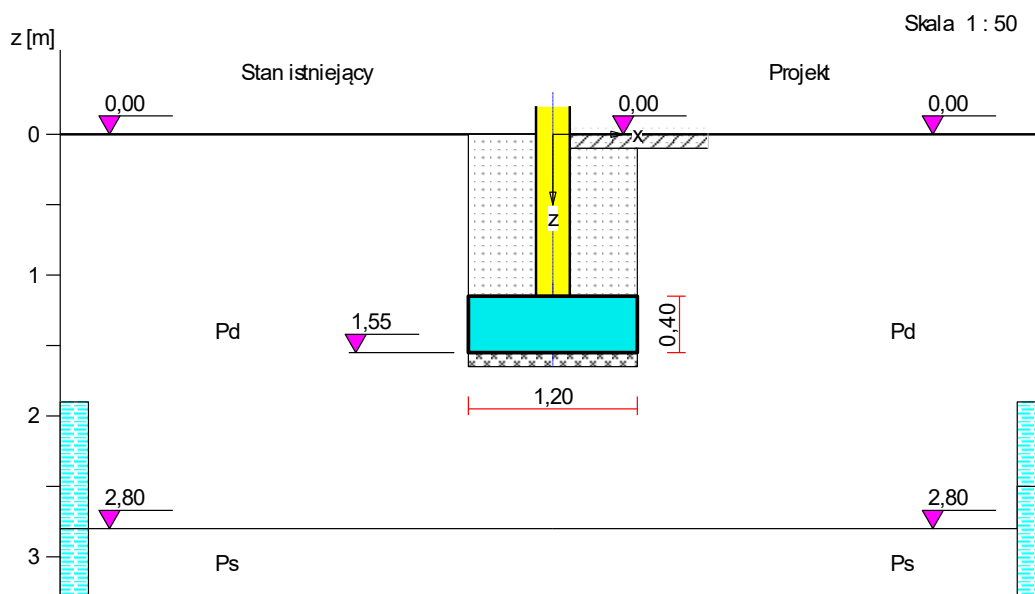
$$\begin{aligned} x_I &= 50,0 \text{ cm} \\ I_I &= 1695443 \text{ cm}^4 \\ x_{II} &= 21,8 \text{ cm} \\ I_{II} &= 377724 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 8319 \times 1695443 \times 10^{-5} = 141051 \text{ kNm}^2$$

5.2.6 Ławy fundamentowe

Ława fundamentowa Ł3



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu: $z_t = 0,00 \text{ m}$,

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

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	2,80	Piasek drobny	1,90
2	2,80	nieokreśl.	Piasek średni	2,80

1.3. Wymiana gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	2,80	Piasek drobny	1,90
2	2,80	1,75	Piasek średni	2,50

1.4. Zasyпка

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{z\text{ char}} = 17,00 \text{ kN/m}^3$,

Współczynnik obciążenia: $\gamma_{zf} = 1,20$.

1.5. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	I_D	I_L	ρ	stopień	c_u	Φ_u	M_0	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m ³]	wilgotn.	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
Pd	0,55		1,65	m.wilg.	0,00	30,7	67912	84890
Ps	0,70		2,05	mokry	0,00	34,2	132188	146875

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość: $b = 0,24 \text{ m}$, długość: $l = 10,00 \text{ m}$,

Współrzędne końców osi ściany:

$x_1 = 0,00 \text{ m}$, $y_1 = 0,00 \text{ m}$, $x_2 = 10,00 \text{ m}$, $y_2 = 0,00 \text{ m}$,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 270,00^\circ$.

3. Posadzki

3.1. Posadzka 2

Względny poziom posadzki: $p_{p2} = 0,00 \text{ m}$,

Grubość: $h = 0,10 \text{ m}$, charakt. ciężar objętościowy: $\gamma_{p2\text{ char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$,

Obciążenie posadzki: $q_{p2} = 0,00 \text{ kN/m}^2$, współczynnik obciążenia: $\gamma_{qf} = 1,20$.

Wymiar posadzki: $d_x = 2,00 \text{ m}$.

4. Warstwa wyrównawcza pod fundamentem

Grubość: $h = 0,10 \text{ m}$,

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{ww\text{ char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$.

5. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,15 \text{ m}$.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	γ
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D+K	250,0	0,0	0,00	1,20

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

6. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B30, nazwa stali: RB 500 W,
Średnica prętów zbrojeniowych:
na kierunku x: $d_x = 12,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 12,0$ mm,
Kierunek zbrojenia głównego: x,
Grubość otuliny: 5,0 cm.
W warunku na przebiecie nie uwzględniać strzemion.

7. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,55$ m
Kształt fundamentu: **prosty**
Wymiary podstawy: $B = 1,20$ m, $L = 10,00$ m,
Wysokość: $H = 0,40$ m, mimośród: $E = 0,00$ m.

8. Stan graniczny I

8.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D+K	1,55	0,68	0,00
	D+K	1,90	0,52	0,00
	D+K	2,80	0,23	0,00

8.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 1,20$ m, $L = 10,00$ m.
Względny poziom posadowienia: $H = 1,55$ m.
Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	γ	Obc. obl. G	Mom. obl. M_G
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	11,77	0,00	1,1 (0,9)	12,95	0,00
Zasyпка - pole 1	9,38	-0,36	1,3 (0,8)	12,20	-4,39
Zasyпка - pole 2	8,57	0,36	1,3 (0,8)	11,14	4,01
C.wł. posadzki 2	1,06	0,36	1,3 (0,8)	1,37	0,49

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 250,00$ kN/m, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,00$ m,
siła pozioma: $H_x = 0,00$ kN/m, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,
moment: $M_y = 0,00$ kNm/m.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (250,00 + 37,66 | 25,80) \cdot 10,00 = 2876,60 | 2758,01 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-250,00 \cdot 0,00 + 0,11 | 0,07) \cdot 10,00 = 1,12 | 0,69 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,12 / 2876,60 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,30 \text{ m.}$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,20 - 2 \cdot 0,00 = 1,20 \text{ m}, \quad L' = L = 10,00 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,55 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,55 = 22,58 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^0,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,00 / 2876,60 = 0,0000, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5235 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,16 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 10,22 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,97, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,04, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,18.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 5250,97 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 2876,60 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 5250,97 = 4253,29 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,32 \text{ m}, \quad L = 10,12 \text{ m}.$

Względny poziom posadowienia: $H = 1,90 \text{ m}.$

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 8,21 \text{ kN/m}.$

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (250,00 + 37,66) \cdot 10,00 + 8,21 \cdot 10,12 = 2959,61 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-250,00 \cdot 0,00 + 0,11) \cdot 10,00 = 1,12 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,12 / 2959,61 = 0,00 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,32 - 2 \cdot 0,00 = 1,32 \text{ m}, \quad L' = L = 10,12 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,90 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,90 = 27,68 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^0,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,12 / 2959,61 = 0,00, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5235 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 0,99 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 8,78 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,97, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,04, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,20.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 6992,07 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 2959,61 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 6992,07 = 5663,57 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,62 \text{ m}$, $L = 10,42 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 2,80 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 25,05 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (250,00 + 37,66) \cdot 10,00 + 25,05 \cdot 10,42 = 3137,58 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-250,00 \cdot 0,00 + 0,11) \cdot 10,00 = 1,12 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,12 / 3137,58 = 0,00 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,62 - 2 \cdot 0,00 = 1,62 \text{ m}, \quad L' = L = 10,42 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,28 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 2,80 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,28 \cdot 9,81 \cdot 2,80 = 35,26 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 34,20 \cdot 0,90 = 30,78^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 8,54 \quad N_C = 32,09, \quad N_D = 20,11.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,42 / 3137,58 = 0,00, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5956 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,08 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 9,55 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,96, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,05, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,23.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 16848,97 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 3137,58 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 16848,97 = 13647,66 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

9. Stan graniczny II

9.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,00 \text{ cm}$.

Osiadanie wtórne: $s'' = 0,00 \text{ cm}$.

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

Osiadanie: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 0 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

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

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

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

9.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadanie	Osiadanie	Osiadanie
warstwy	stropu	warstwy	pierwotne	wtórne	dodatk.	pierwotne	wtórne	sumaryczne

	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[cm]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,10	1	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,10	0,21	3	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,31	0,21	7	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,51	0,21	10	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,72	0,21	13	0	0	0,00	0,00	0,00
6	0,93	0,21	17	0	0	0,00	0,00	0,00
7	1,14	0,21	20	0	0	0,00	0,00	0,00
8	1,34	0,21	23	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

10. Wymiarowanie fundamentu

10.1. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN/m]	V _r [kN/m]	V _s [kN/m]
* 1	1	28	413	–

10.2. Sprawdzenie ławy na przebicie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa: $N_r = 250 \text{ kN/m}$, moment: $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$.

Mimośród siły względem środka podstawy:

$e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m}$.

Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu: $q_1 = 208 \text{ kPa}$, $q_2 = 208 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 0,14 \text{ m}$, $q_c = 208,33 \text{ kPa}$.

Przebieg ławy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{sd} = 0,5 \cdot (q_1 + q_c) \cdot c = 28 \text{ kN/m}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = f_{ctd} \cdot d = 1200 \cdot 0,34 = 413 \text{ kN/m}$.

$V_{sd} = 28 \text{ kN/m} < V_{Rd} = 413 \text{ kN/m}$.

Wniosek: warunek na przebicie jest spełniony.

10.3. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

Nr obc.	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
		M [kNm/m]	M _r [kNm/m]
* 1	1	24	–

10.4. Sprawdzenie ławy na zginanie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa: $N_r = 250 \text{ kN/m}$, moment: $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$.

Mimośród siły względem środka podstawy: $e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m}$.

Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu: $q_1 = 208 \text{ kPa}$, $q_2 = 208 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 0,48 \text{ m}$, $q_s = 208,33 \text{ kPa}$.

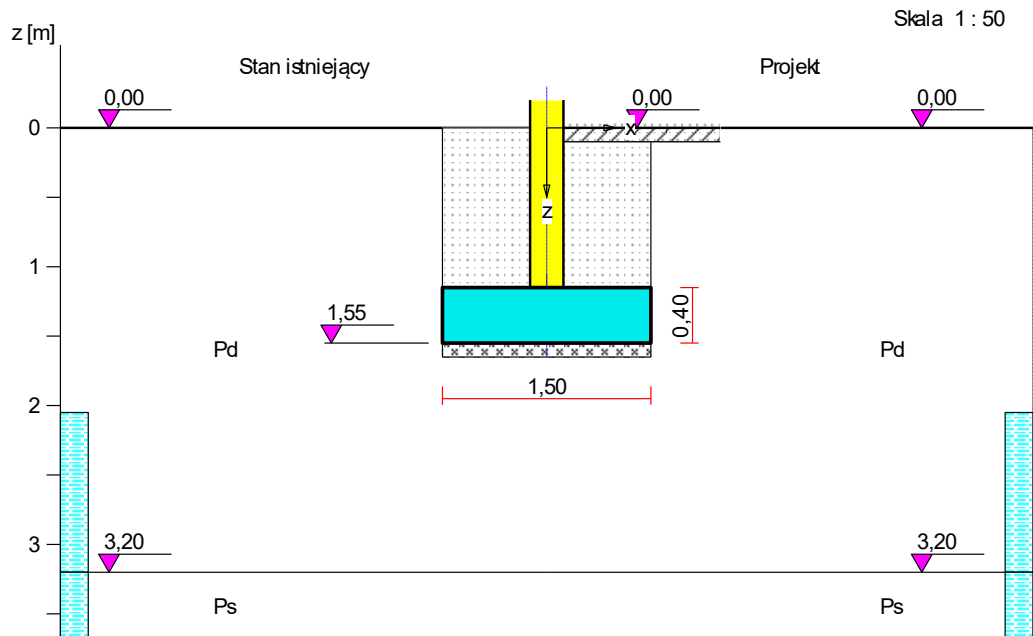
Zginanie ławy w przekroju 1:

Moment zginający: $M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 208,3 + 208,3) \cdot 0,23 = 24 \text{ kNm/m}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 1,8 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

Ława fundamentowa Ł4



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu: $z_t = 0,00 \text{ m}$,

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

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	3,20	Piasek drobny	2,05
2	3,20	nieokreśl.	Piasek średni	3,20

1.3. Wymiana gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	3,20	Piasek drobny	2,05
2	3,20	1,50	Piasek średni	3,20

1.4. Zasyпка

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{z \text{ char}} = 17,00 \text{ kN/m}^3$,

Współczynnik obciążenia: $\gamma_{zf} = 1,20$.

1.5. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	I_p [—]	I_L [—]	ρ [t/m ³]	stopień wilgotn.	c_u [kPa]	Φ_u [°]	M_0 [kPa]	M [kPa]
Pd	0,55		1,65	m.wilg.	0,00	30,7	67912	84890

Ps	0,70		2,05	mokry	0,00	34,2	132188	146875
----	------	--	------	-------	------	------	--------	--------

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość: $b = 0,24$ m, długość: $l = 10,20$ m,

Współrzędne końców osi ściany:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = 0,00 \text{ m}, \quad x_2 = 10,20 \text{ m}, \quad y_2 = 0,00 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 270,00^\circ$.

3. Posadzki

3.1. Posadzka 2

Względny poziom posadzki: $p_{p2} = 0,00$ m,

Grubość: $h = 0,10$ m, charakt. ciężar objętościowy: $\gamma_{p2 \text{ char}} = 22,00$ kN/m³,

Obciążenie posadzki: $q_{p2} = 0,00$ kN/m², współczynnik obciążenia: $\gamma_{qf} = 1,20$.

Wymiar posadzki: $d_x = 2,00$ m.

4. Warstwa wyrównawcza pod fundamentem

Grubość: $h = 0,10$ m,

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{ww \text{ char}} = 22,00$ kN/m³.

5. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,15$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	γ
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[–]
1	D+K	300,0	0,0	0,00	1,20

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

6. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B30, nazwa stali: RB 500 W,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 16,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 14,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

7. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,55$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B = 1,50$ m, $L = 10,20$ m,

Wysokość: $H = 0,40$ m, mimośród: $E = 0,00$ m.

8. Stan graniczny I

8.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D+K	1,55	0,61	0,00
	D+K	2,05	0,44	0,00
	D+K	3,20	0,19	0,00

8.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 1,50 \text{ m}$, $L = 10,20 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,55 \text{ m}$.

Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	γ	Obc. obl. G	Mom. obl. M_G
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	14,72	0,00	1,1 (0,9)	16,19	0,00
Zasyпка - pole 1	12,32	-0,44	1,3 (0,8)	16,01	-6,96
Zasyпка - pole 2	11,25	0,43	1,3 (0,8)	14,62	6,36
C.wł. posadzki 2	1,39	0,43	1,3 (0,8)	1,80	0,78

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 300,00 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,00 \text{ m}$,

siła pozioma: $H_x = 0,00 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40 \text{ m}$,

moment: $M_y = 0,00 \text{ kNm/m}$.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (300,00 + 48,62 \mid 33,20) \cdot 10,20 = 3555,91 \mid 3398,66 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-300,00 \cdot 0,00 + 0,18 \mid 0,11) \cdot 10,20 = 1,82 \mid 1,12 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,82 / 3555,91 = 0,00 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,38 \text{ m}.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,50 - 2 \cdot 0,00 = 1,50 \text{ m}, \quad L' = L = 10,20 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,55 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,55 = 22,58 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,20 / 3555,91 = 0,0000, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5235 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,19 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 10,47 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,96, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,04, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,22.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 7147,87 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 3555,91 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 7147,87 = 5789,78 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,67 \text{ m}$, $L = 10,37 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 2,05 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 14,84 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (300,00 + 48,62) \cdot 10,20 + 14,84 \cdot 10,37 = 3709,73 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-300,00 \cdot 0,00 + 0,18) \cdot 10,20 = 1,82 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,82 / 3709,73 = 0,00 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,67 - 2 \cdot 0,00 = 1,67 \text{ m}, \quad L' = L = 10,37 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 2,05 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 2,05 = 29,86 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,37 / 3709,73 = 0,00, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5235 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 0,99 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 8,77 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,96, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,05, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,24.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 10294,94 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 3709,73 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 10294,94 = 8338,90 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 2,05 \text{ m}$, $L = 10,75 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 3,20 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 42,52 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (300,00 + 48,62) \cdot 10,20 + 42,52 \cdot 10,75 = 4013,01 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-300,00 \cdot 0,00 + 0,18) \cdot 10,20 = 1,82 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 1,82 / 4013,01 = 0,00 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 2,05 - 2 \cdot 0,00 = 2,05 \text{ m}, \quad L' = L = 10,75 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,26 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 3,20 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,26 \cdot 9,81 \cdot 3,20 = 39,55 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 34,20 \cdot 0,90 = 30,78^0$,

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa}$,

$N_B = 8,54 \quad N_C = 32,09, \quad N_D = 20,11$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 10,75 / 4013,01 = 0,00, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5956 = 0,000,$

$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,08 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 9,55 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,95, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,06, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,29$.

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 26040,58 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 4013,01 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 26040,58 = 21092,87 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

9. Stan graniczny II

9.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,00 \text{ cm}$.

Osiadanie wtórne: $s'' = 0,00 \text{ cm}$.

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: $\lambda = 1$.

Osiadanie: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 1 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

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

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

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

9.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadanie	Osiadanie	Osiadanie
warstwy	stropu	warstwy	pierwotne	wtórne	dodatk.	pierwotne	wtórne	sumaryczne
	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[cm]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,10	1	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,10	0,29	4	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,39	0,29	9	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,68	0,29	13	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,97	0,29	18	0	0	0,00	0,00	0,00
6	1,26	0,29	23	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

10. Wymiarowanie fundamentu

10.1. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na przebiecie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN/m]	V _r [kN/m]	V _s [kN/m]
* 1	1	58	410	–

10.2. Sprawdzenie ławy na przebicie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa: $N_r = 300 \text{ kN/m}$, moment: $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$.

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$

Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu: $q_1 = 200 \text{ kPa}$, $q_2 = 200 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 0,29 \text{ m}$, $q_c = 200,00 \text{ kPa}$.

Przebicie ławy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{sd} = 0,5 \cdot (q_2 + q_c) \cdot c = 58 \text{ kN/m}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = f_{ctd} \cdot d = 1200 \cdot 0,34 = 410 \text{ kN/m}$.

$$V_{sd} = 58 \text{ kN/m} < V_{Rd} = 410 \text{ kN/m}.$$

Wniosek: warunek na przebicie jest spełniony.

10.3. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

Nr obc.	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
		$M \text{ [kNm/m]}$	$M_r \text{ [kNm/m]}$
* 1	1	40	–

10.4. Sprawdzenie ławy na zginanie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa: $N_r = 300 \text{ kN/m}$, moment: $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$.

Mimośród siły względem środka podstawy: $e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m}$.

Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu: $q_1 = 200 \text{ kPa}$, $q_2 = 200 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 0,63 \text{ m}$, $q_s = 200,00 \text{ kPa}$.

Zginanie ławy w przekroju 1:

Moment zginający: $M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2/6 = (2 \cdot 200,0 + 200,0) \cdot 0,40 = 40 \text{ kNm/m}$.

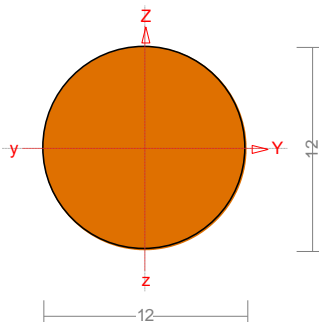
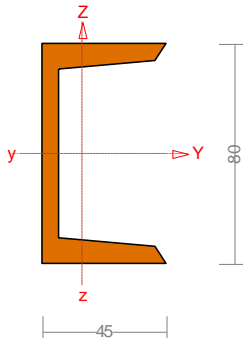
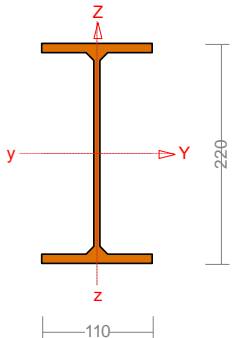
Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 3,1 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

5.2.7 Wiata rowerowa

Przekroje:

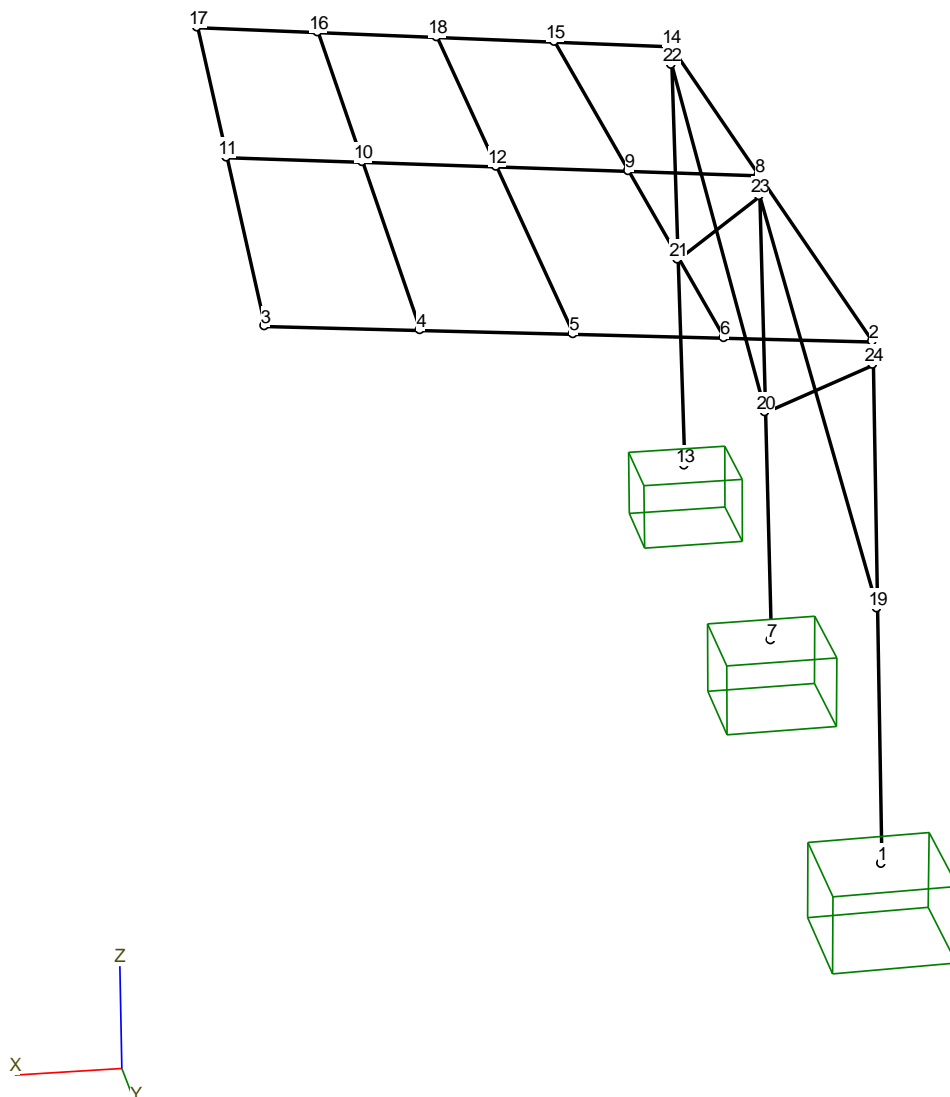
1 - R *12x6	2 - U 80	3 - I 220 PE
-------------	----------	--------------

					
Material:	S 235	Material:	S 235	Material:	S 235
A [cm ²]	1,13	A [cm ²]	11,00	A [cm ²]	33,40
Jy [cm ⁴]	0,10	Jy [cm ⁴]	106,00	Jy [cm ⁴]	2770,00
Jz [cm ⁴]	0,10	Jz [cm ⁴]	19,40	Jz [cm ⁴]	205,00
Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00
Iy [cm ⁴]	0,10	Iy [cm ⁴]	106,00	Iy [cm ⁴]	2770,00
Iz [cm ⁴]	0,10	Iz [cm ⁴]	19,40	Iz [cm ⁴]	205,00
Jt [cm ⁴]	0,10	Jt [cm ⁴]	2,03	Jt [cm ⁴]	8,58
Jω [cm ⁴]	0,00	Jω [cm ⁴]	168,11	Jω [cm ⁴]	22672,31
iy [cm]	0,30	iy [cm]	3,10	iy [cm]	9,11
iz [cm]	0,30	iz [cm]	1,33	iz [cm]	2,48
is [cm]	0,42	is [cm]	4,38	is [cm]	9,44
m [kg/m]	0,89	m [kg/m]	8,63	m [kg/m]	26,22

Materialy:

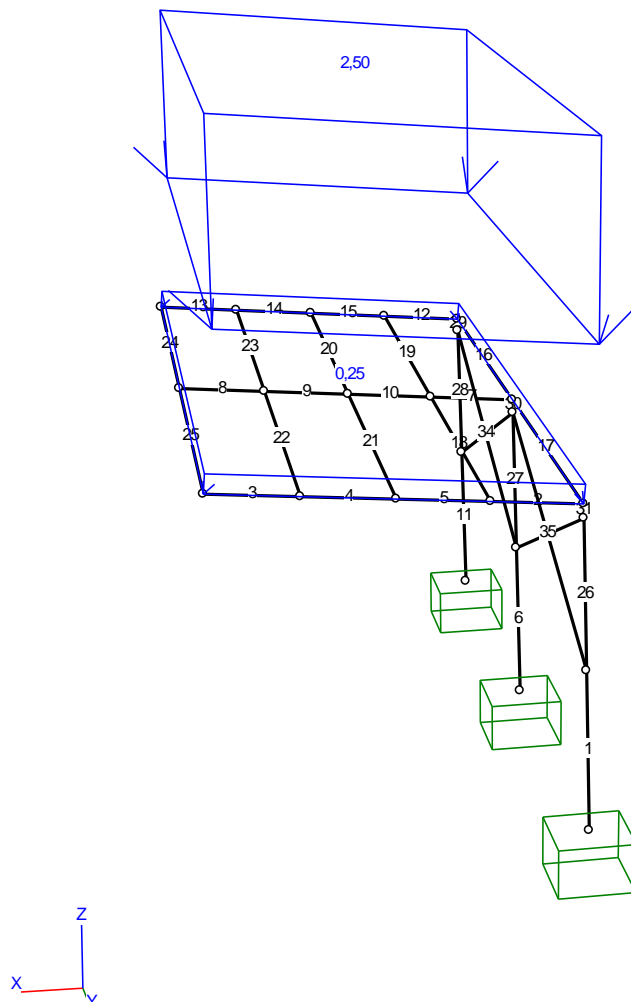
Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	α _T :	ρ:	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
1	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235

Schemat:



Zestawienie Materiału

Oznaczenie	Materiał	Długości [m]:	Masa [t]:
I 220 PE	1 - S 235	$3 \times 1,09 + 12 \times 0,58 + 3 \times 1,00 + 3 \times 0,09 = 13,47$	0,353
U 80	1 - S 235	$10 \times 2,35 = 23,50$	0,203
R *12x6	1 - S 235	$4 \times 2,55 = 10,22$	0,009
Masa całkowita ustroju			0,565
Materiał		Jednostka miary	Ilość:
Stal 1993: 1 - S 235		t	0,565



Obciążenia:

Nr Pręta	Rodzaj:	Wartości char.		Współczynniki		Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie		Nazwa:	
		Pa:	Pb:	$\gamma_{G,sup}(\gamma_Q)$:	$\gamma_{G,inf}$:			xa:	xb:		
CW: Ciężar własny - Stałe $\gamma_{G,sup}=1,4$ $\gamma_{G,inf}=1$											
St: Stałe - Stałe											
	Powierzch.	0,25	0,25	1,35	1,00					Powierzchniowe	
S: Śnieg - Zmienne $\psi_0=1$ $\psi_1=1$ $\psi_2=1$											
	Powierzch.	2,50	2,50	1,50		Pionow e				Powierzchniowe	

Wyniki Obliczeń wg PN-EN

Teoria I rzędu

Obwiednie sił

RM_3d v. 8.104 licencja nr 43791

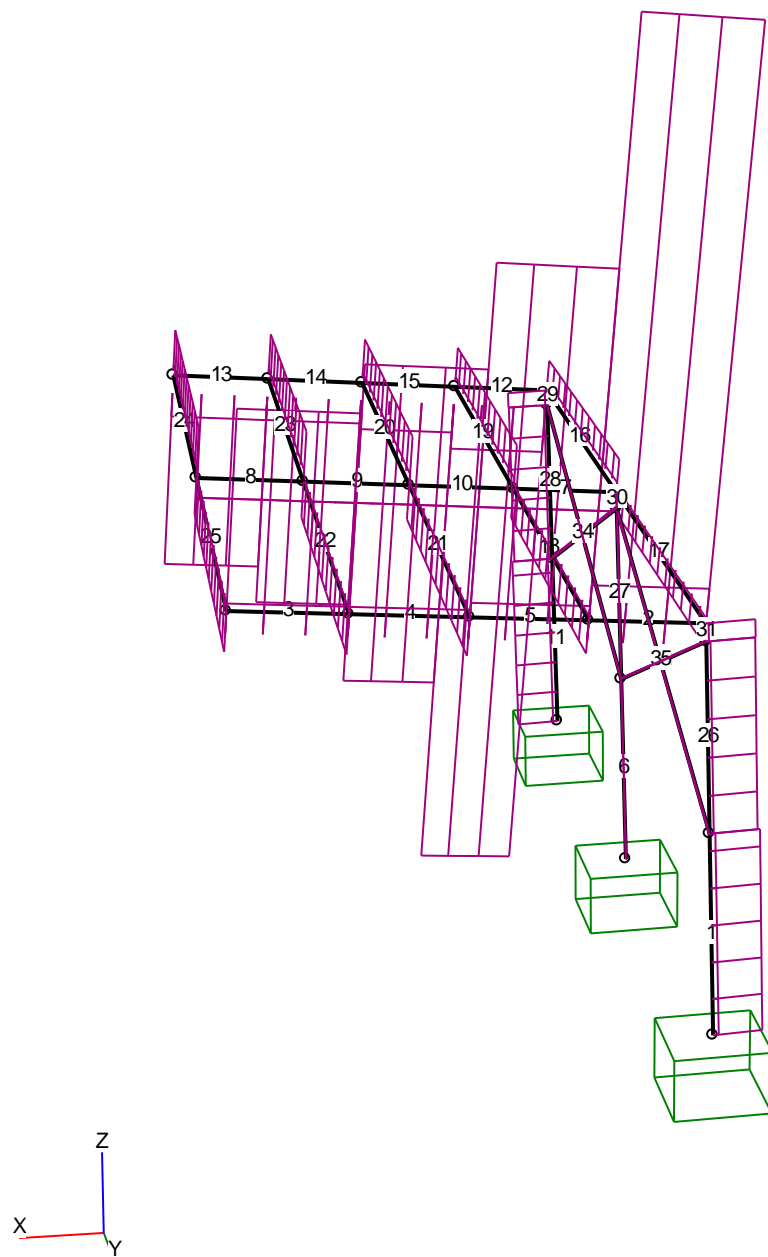
Kombinacje Obciążeń:

Nr:	Zawsze:	Ewentualnie:
1	CW+St	S

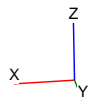
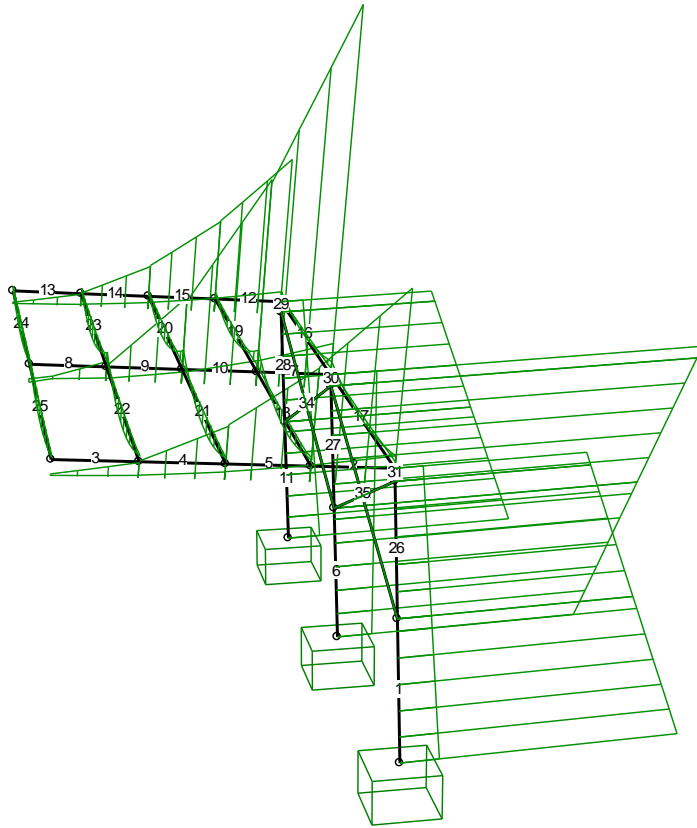
Relacje Grup Obciążeń:

Grupa obciążeń:	Relacje:
-----------------	----------

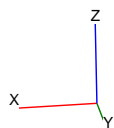
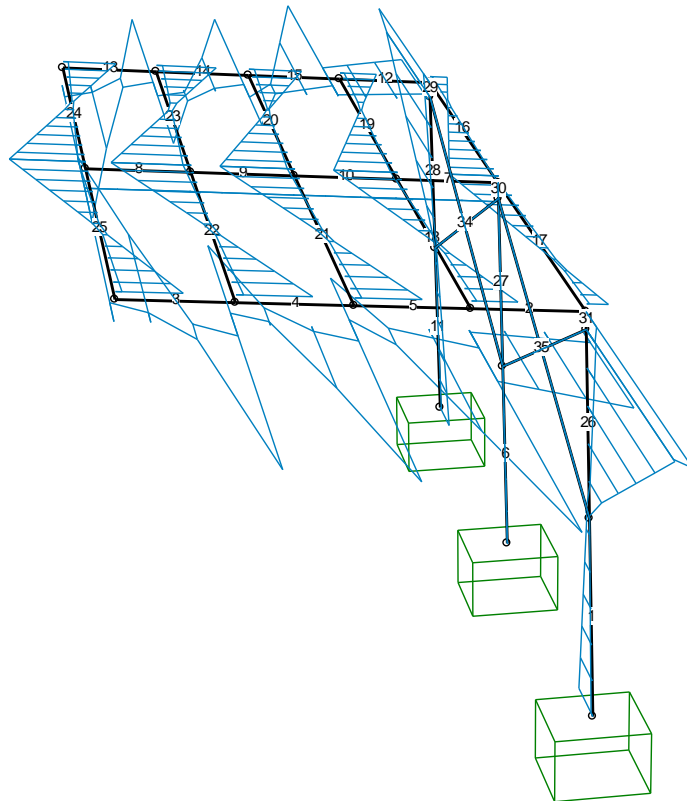
Mx



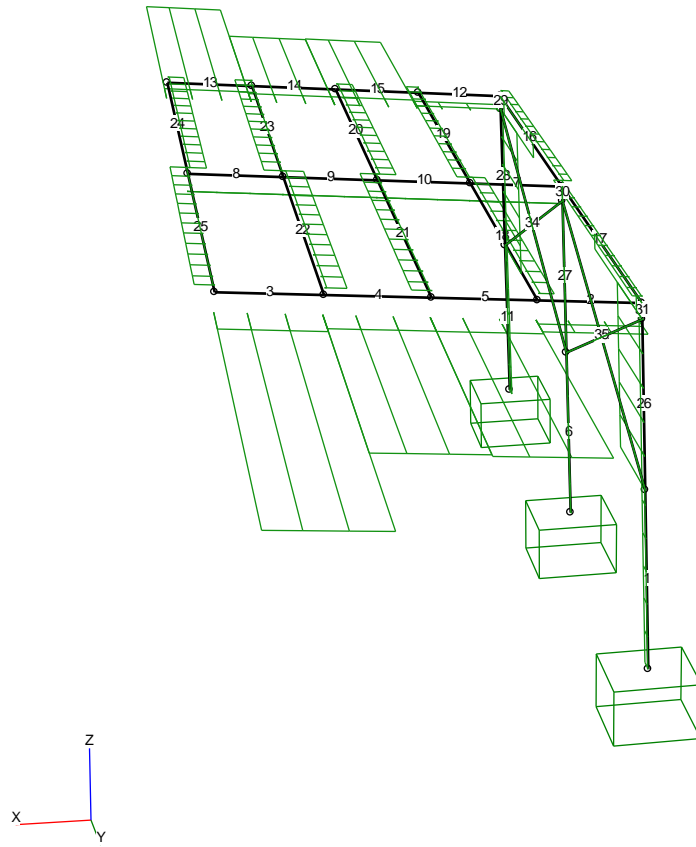
My



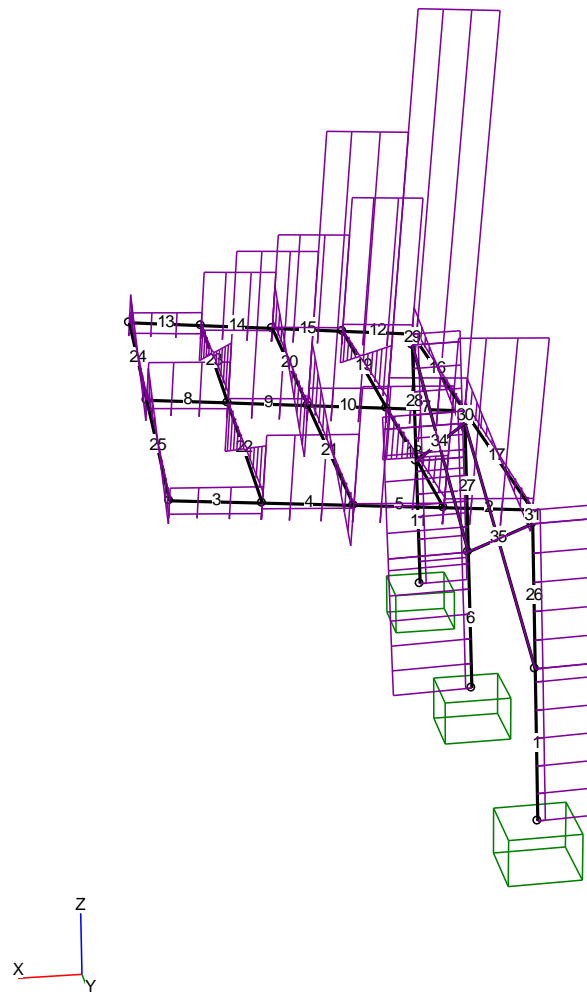
Mz



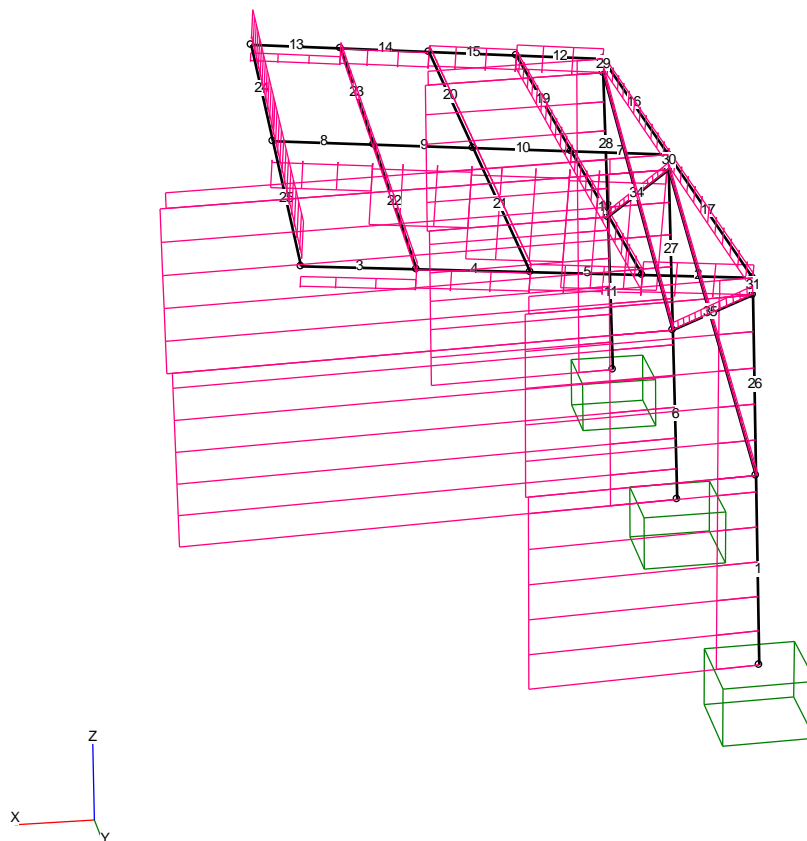
Ty



Tz



N



Sily Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr preta:	x [m]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:	Obciążenia:
Pozycja nr 1 (Kopia 1)								
30	0,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,57	CW StS (a)
30	0,000	0	-3,59	0	0	-0,39	-3,3	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
30	0,093	0	-29,91	0	0	-4,77	-27,53	CW StS (a)
30	0,093	0	-29,91	0	0	-4,77	-27,53	CW StS (a)
30	0,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,57	CW StS (a)
30	0,000	0	-3,59	0	0	-0,39	-3,3	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
30	0,093	0	-29,91	0	0	-4,77	-27,53	CW StS (a)
30	0,093	0	-3,62	0	0	-0,39	-3,28	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
30	0,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,57	CW StS (a)
30	0,093	0	-29,91	0	0	-4,77	-27,53	CW StS (a)
30	0,000	0	-3,59	0	0	-0,39	-3,3	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	0,000	0	-19,51	0	0	-4,75	-28,33	CW StS (a)
6	0,000	0	-2,79	0	0	-0,37	-3,9	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	1,093	0	-24,7	0	0	-4,76	-27,95	CW StS (a)
6	1,093	0	-24,19	0	0	-4,69	-27,41	CW ($\gamma_{G,inf}$)StS (a)
6	0,000	0	-19,07	0	0	-4,68	-27,8	CW ($\gamma_{G,inf}$)StS (a)
6	0,000	0	-2,79	0	0	-0,37	-3,9	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	1,093	0	-24,7	0	0	-4,76	-27,95	CW StS (a)
6	1,093	0	-3,2	0	0	-0,38	-3,61	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	0,000	0	-19,51	0	0	-4,75	-28,33	CW StS (a)
6	1,093	0	-24,7	0	0	-4,76	-27,95	CW StS (a)
6	0,000	0	-2,79	0	0	-0,37	-3,9	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)
7	0,576	0	-1,97	0	0	2,68	-0,64	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)
7	0,576	0	-15,67	0	0	23,45	-6,86	CW StS (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)

7	0,576	0	-1,97	0	0	2,68	-0,64	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,576	0	-1,97	0	0	2,68	-0,64	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)
7	0,000	0	-29,23	0	0	23,66	-6,88	CW StS (a)
7	0,576	0	-1,97	0	0	2,68	-0,64	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,576	0	0,3	0	0	3,04	-1,56	CW StS (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,576	0	0,04	0	0	0,52	-0,2	CW St (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,576	0	0,03	0	0	0,38	-0,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,576	0	0,03	0	0	0,38	-0,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,000	0	-1,51	0	0	3,25	-1,58	CW StS (a)
8	0,468	0	-0,02	0	0	3	-1,54	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
8	0,504	0	0,00	0	0	0,4	-0,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0	-6,73	0	0	9,78	-3,51	CW StS (a)
9	0,576	0	-0,2	0	0	1,12	-0,33	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0	-6,73	0	0	9,78	-3,51	CW StS (a)
9	0,000	0	-1,02	0	0	1,46	-0,4	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
9	0,000	0	-0,89	0	0	1,27	-0,34	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0	-6,73	0	0	9,78	-3,51	CW StS (a)
9	0,576	0	-0,2	0	0	1,12	-0,33	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,576	0	-0,2	0	0	1,12	-0,33	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0	-6,73	0	0	9,78	-3,51	CW StS (a)
9	0,000	0	-6,73	0	0	9,78	-3,51	CW StS (a)
9	0,576	0	-0,2	0	0	1,12	-0,33	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,576	0	-0,86	0	0	1,9	-0,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,000	0	-15,55	0	0	16,29	-5,23	CW StS (b)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,576	0	-0,86	0	0	1,9	-0,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,576	0	-0,86	0	0	1,9	-0,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,000	0	-15,95	0	0	16,7	-5,34	CW StS (a)
10	0,576	0	-0,86	0	0	1,9	-0,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0	-2,83	-0,01	0,01	0,41	-2,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	1,093	0	-2,39	0	0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	1,093	0	-2,88	0	0,01	0,46	-2,41	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	1,093	0	-2,39	0	0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	1,093	0	-2,39	0	0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	1,093	0	-2,39	0	0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
11	0,000	0,00	-20,3	-0,07	0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)

11	1,093	0	-2,39	0	0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	0,00	-1,97	0,03	-0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,576	0,00	-1,16	0,01	-0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,576	0,00	-1,16	0,01	-0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	0,00	-1,97	0,03	-0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,576	0,00	-1,16	0,01	-0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,576	-0,04	-7,94	0,16	-0,12	9,57	1,71	CW StS (a)
12	0,000	0,00	-1,97	0,03	-0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	-0,04	-13,51	0,23	-0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
12	0,576	0,00	-1,16	0,01	-0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	0,00	-0,16	0,04	-0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	-0,02	-1,04	0,41	-1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
13	0,576	0,00	-0,01	-0,06	-0,17	0,18	0,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	-0,02	-1,04	0,41	-1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
13	0,000	-0,02	-1,04	0,41	-1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
13	0,576	-0,02	-0,11	-0,63	-1,81	1,51	0,54	CW StS (a)
13	0,000	0,00	-0,16	0,04	-0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	-0,02	-1,04	0,41	-1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
13	0,000	-0,02	-1,04	0,41	-1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
13	0,576	0,00	-0,01	-0,06	-0,17	0,18	0,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,576	-0,02	-0,11	-0,63	-1,81	1,51	0,54	CW StS (a)
13	0,000	0,00	-0,16	0,04	-0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,576	-0,02	-0,11	-0,63	-1,81	1,51	0,54	CW StS (a)
13	0,216	0,00	-0,09	0	-0,17	0,27	0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	0,00	-0,55	0,04	-0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,576	0,00	-0,17	-0,04	-0,14	0,58	0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,576	-0,02	-1,15	-0,28	-1,24	4,33	1,01	CW StS (a)
14	0,000	0,00	-0,55	0,04	-0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,576	0,00	-0,17	-0,04	-0,14	0,58	0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,576	-0,02	-1,15	-0,28	-1,24	4,33	1,01	CW StS (a)
14	0,000	0,00	-0,55	0,04	-0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	-0,02	-3,7	0,44	-1,24	4,53	1	CW StS (a)
14	0,324	0,00	-0,33	0,00	-0,14	0,64	0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	0,00	-1,15	0,06	-0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,576	0,00	-0,56	-0,03	-0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,576	-0,03	-3,8	-0,17	-1,25	6,96	1,43	CW StS (a)
15	0,000	0,00	-1,15	0,06	-0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,576	0,00	-0,56	-0,03	-0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,576	-0,03	-3,8	-0,17	-1,25	6,96	1,43	CW StS (a)
15	0,000	0,00	-1,15	0,06	-0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-0,03	-7,87	0,55	-1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
15	0,522	0,00	-0,61	-0,02	-0,14	0,97	0,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,540	0,00	-0,59	-0,02	-0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	0	-23,84	0	0	-4,65	-27,29	CW ($\gamma_{G,inf}$)StS (b)
27	0,000	0	-3,2	0	0	-0,38	-3,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	1,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,9	CW StS (a)
27	0,000	0	-24,19	0	0	-4,69	-27,71	CW ($\gamma_{G,inf}$)StS (a)
27	0,000	0	-3,2	0	0	-0,38	-3,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	0	-3,2	0	0	-0,38	-3,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	1,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,9	CW StS (a)
27	1,000	0	-3,58	0	0	-0,39	-3,36	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	0	-24,7	0	0	-4,76	-28,25	CW StS (a)
27	1,000	0	-29,47	0	0	-4,77	-27,9	CW StS (a)
27	0,000	0	-3,2	0	0	-0,38	-3,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	0	-2,39	0,00	0,05	0,4	-1,94	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	1,000	0	-1,99	0,05	0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	1,000	0,00	-13,65	0,39	0,41	3,17	-11,15	CW StS (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	1,000	0	-1,99	0,05	0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	1,000	0	-1,99	0,05	0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	1,000	0	-1,99	0,05	0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	0,000	0,00	-16,82	-0,02	0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
28	1,000	0	-1,99	0,05	0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0	-2,43	0,05	0,11	0,45	-2,02	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0,00	-13,21	0,37	0,78	3,11	-10,59	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
29	0,093	0	-1,96	0,05	0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0,00	-13,65	0,38	0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
29	0,093	0,00	-13,36	0,45	0,8	3,17	-10,94	CW StS (a)
29	0,000	0	-1,99	0,04	0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0,00	-13,65	0,38	0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
29	0,000	0	-1,99	0,04	0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0,00	-13,65	0,38	0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
29	0,093	0	-1,96	0,05	0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,093	0	-1,96	0,05	0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	0,00	-13,65	0,38	0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
29	0,093	0,00	-13,36	0,45	0,8	3,17	-10,94	CW StS (a)
29	0,000	0	-1,99	0,04	0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 1								
31	0,000	0,00	-13,21	-0,37	-0,78	3,11	-10,59	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
31	0,000	0	-2,43	-0,05	-0,11	0,45	-2,02	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
31	0,093	0	-1,96	-0,05	-0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

31	0,000	0,00	-13,65	-0,38	-0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
31	0,000	0	-1,99	-0,04	-0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
31	0,093	0,00	-13,36	-0,45	-0,8	3,17	-10,94	CW StS (a)
31	0,000	0	-1,99	-0,04	-0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
31	0,000	0,00	-13,65	-0,38	-0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
31	0,000	0,00	-13,65	-0,38	-0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
31	0,093	0	-1,96	-0,05	-0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
31	0,093	0	-1,96	-0,05	-0,09	0,39	-1,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
31	0,000	0,00	-13,65	-0,38	-0,8	3,17	-10,97	CW StS (a)
31	0,093	0,00	-13,36	-0,45	-0,8	3,17	-10,94	CW StS (a)
31	0,000	0	-1,99	-0,04	-0,09	0,39	-1,65	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	0,000	0	-2,83	0,01	-0,01	0,41	-2,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	1,093	0	-2,39	0	-0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	1,093	0	-2,88	0	-0,01	0,46	-2,41	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	0	-2,83	0,01	-0,01	0,41	-2,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	1,093	0,00	-16,82	0,01	-0,05	3,18	-11,37	CW StS (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	1,093	0	-2,39	0	-0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	1,093	0	-2,39	0	-0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	0,000	0,00	-20,3	0,07	-0,05	3,19	-11,76	CW StS (a)
1	1,093	0	-2,39	0	-0,01	0,4	-1,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,000	0,00	-1,97	-0,03	0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,576	0,00	-1,16	-0,01	0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,576	0,00	-1,16	-0,01	0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,000	0,00	-1,97	-0,03	0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,576	0,00	-1,16	-0,01	0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,576	0,04	-7,94	-0,16	0,12	9,57	1,71	CW StS (a)
2	0,000	0,00	-1,97	-0,03	0,04	1,48	0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	0,04	-13,51	-0,23	0,12	9,78	1,69	CW StS (a)
2	0,576	0,00	-1,16	-0,01	0,04	1,33	0,19	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,02	-1,04	-0,41	1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
3	0,000	0,00	-0,16	-0,04	0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,576	0,00	-0,01	0,06	0,17	0,18	0,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,02	-1,04	-0,41	1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
3	0,576	0,02	-0,11	0,63	1,81	1,51	0,54	CW StS (a)
3	0,000	0,02	-1,04	-0,41	1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
3	0,000	0,02	-1,04	-0,41	1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
3	0,000	0,00	-0,16	-0,04	0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,02	-1,04	-0,41	1,81	1,71	0,52	CW StS (a)
3	0,576	0,00	-0,01	0,06	0,17	0,18	0,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,576	0,02	-0,11	0,63	1,81	1,51	0,54	CW StS (a)

3	0,000	0,00	-0,16	-0,04	0,17	0,33	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,576	0,02	-0,11	0,63	1,81	1,51	0,54	CW StS (a)
3	0,216	0,00	-0,09	0	0,17	0,27	0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,000	0,00	-0,55	-0,04	0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,576	0,00	-0,17	0,04	0,14	0,58	0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,576	0,02	-1,15	0,28	1,24	4,33	1,01	CW StS (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,000	0,00	-0,55	-0,04	0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,576	0,00	-0,17	0,04	0,14	0,58	0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,576	0,02	-1,15	0,28	1,24	4,33	1,01	CW StS (a)
4	0,000	0,00	-0,55	-0,04	0,14	0,73	0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	0,02	-3,7	-0,44	1,24	4,53	1	CW StS (a)
4	0,324	0,00	-0,33	0,00	0,14	0,64	0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,000	0,00	-1,15	-0,06	0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,576	0,00	-0,56	0,03	0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,576	0,03	-3,8	0,17	1,25	6,96	1,43	CW StS (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,000	0,00	-1,15	-0,06	0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,576	0,00	-0,56	0,03	0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,576	0,03	-3,8	0,17	1,25	6,96	1,43	CW StS (a)
5	0,000	0,00	-1,15	-0,06	0,14	1,11	0,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	0,03	-7,87	-0,55	1,25	7,16	1,42	CW StS (a)
5	0,522	0,00	-0,61	0,02	0,14	0,97	0,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,540	0,00	-0,59	0,02	0,14	0,96	0,16	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	0,000	0	-2,39	0,00	-0,05	0,4	-1,94	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	1,000	0	-1,99	-0,05	-0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	1,000	0,00	-13,65	-0,39	-0,41	3,17	-11,15	CW StS (a)
26	0,000	0	-2,39	0,00	-0,05	0,4	-1,94	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,937	0,00	-13,85	-0,36	-0,41	3,17	-11,17	CW StS (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	1,000	0	-1,99	-0,05	-0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	1,000	0	-1,99	-0,05	-0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	0,000	0,00	-16,82	0,02	-0,41	3,18	-11,5	CW StS (a)
26	1,000	0	-1,99	-0,05	-0,05	0,39	-1,68	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 3								
16	0,000	0,00	-0,46	-0,02	0,03	1,44	-0,92	CW StS (a)
16	0,000	0	-0,06	0,00	0,00	0,18	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
16	1,102	0,00	0,35	0,02	0,03	0,02	-0,92	CW StS (a)
16	2,350	0,00	-0,63	0,06	0,03	-1,58	-0,92	CW StS (a)

16	2,350	0,00	-0,63	0,06	0,03	-1,58	-0,92	CW StS (a)
16	0,000	0,00	-0,46	-0,02	0,03	1,44	-0,92	CW StS (a)
16	0,000	0,00	-0,46	-0,02	0,03	1,44	-0,92	CW StS (a)
16	0,000	0	-0,06	0,00	0,00	0,18	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
16	0,000	0,00	-0,46	-0,02	0,03	1,44	-0,92	CW StS (a)
16	2,350	0,00	-0,63	0,06	0,03	-1,58	-0,92	CW StS (a)
16	0,000	0	-0,06	0,00	0,00	0,18	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
16	0,000	0,00	-0,46	-0,02	0,03	1,44	-0,92	CW StS (a)
16	2,350	0,00	-0,63	0,06	0,03	-1,58	-0,92	CW StS (a)
16	0,367	0	0,00	0,00	0,00	0,12	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	0	-0,08	0,01	0,00	0,19	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	1,248	0,00	0,35	0,02	-0,03	-0,02	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	2,350	0,00	-0,46	-0,02	-0,03	-1,44	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0	-0,08	0,01	0,00	0,19	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	2,350	0,00	-0,46	-0,02	-0,03	-1,44	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0	-0,08	0,01	0,00	0,19	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	0,000	0,00	-0,63	0,06	-0,03	1,58	-0,92	CW StS (a)
17	1,983	0	0,00	0,00	0,00	-0,12	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	0,000	0	-0,02	0,01	-0,01	0,23	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	0,000	0,00	-0,19	0,05	-0,05	2,41	-1,13	CW StS (a)
18	0,955	0,00	0,99	0,00	-0,05	0,06	-1,13	CW StS (a)
18	2,350	0,00	-1,32	-0,08	-0,05	-3,38	-1,13	CW StS (a)
18	0,000	0,00	-0,19	0,05	-0,05	2,41	-1,13	CW StS (a)
18	2,350	0,00	-1,32	-0,08	-0,05	-3,38	-1,13	CW StS (a)
18	0,000	0	-0,02	0,01	-0,01	0,23	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	0,000	0,00	-0,19	0,05	-0,05	2,41	-1,13	CW StS (a)
18	0,000	0,00	-0,19	0,05	-0,05	2,41	-1,13	CW StS (a)
18	2,350	0,00	-1,32	-0,08	-0,05	-3,38	-1,13	CW StS (a)
18	0,000	0	-0,02	0,01	-0,01	0,23	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	0,000	0,00	-0,19	0,05	-0,05	2,41	-1,13	CW StS (a)
18	2,350	0,00	-1,32	-0,08	-0,05	-3,38	-1,13	CW StS (a)
18	0,073	0	0	0,01	-0,01	0,21	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	1,909	0	0,00	-0,01	-0,01	-0,21	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0	-0,12	-0,01	0,01	0,31	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	1,395	0,00	0,99	0,00	0,05	-0,06	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	2,350	0,00	-0,19	0,05	0,05	-2,41	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0	-0,12	-0,01	0,01	0,31	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	2,350	0,00	-0,19	0,05	0,05	-2,41	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0	-0,12	-0,01	0,01	0,31	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	0,000	0,00	-1,32	-0,08	0,05	3,38	-1,13	CW StS (a)
19	2,277	0	0	0,01	0,01	-0,21	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,441	0	0,00	-0,01	0,01	0,21	-0,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	0,00	-0,01	-0,07	0,07	2,43	0,01	CW StS (a)

20	0,000	0	0	-0,01	0,01	0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,955	0,00	1,19	-0,01	0,07	0,08	0,01	CW StS (a)
20	2,350	0,00	-1,1	0,09	0,07	-3,36	0,01	CW StS (a)
20	2,350	0,00	-1,1	0,09	0,07	-3,36	0,01	CW StS (a)
20	0,000	0,00	-0,01	-0,07	0,07	2,43	0,01	CW StS (a)
20	0,000	0,00	-0,01	-0,07	0,07	2,43	0,01	CW StS (a)
20	0,000	0	0	-0,01	0,01	0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	0,00	-0,01	-0,07	0,07	2,43	0,01	CW StS (a)
20	2,350	0,00	-1,1	0,09	0,07	-3,36	0,01	CW StS (a)
20	0,000	0,00	-0,01	-0,07	0,07	2,43	0,01	CW StS (a)
20	0,000	0	0	-0,01	0,01	0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	2,350	0,00	-1,1	0,09	0,07	-3,36	0,01	CW StS (a)
20	1,983	0	0,00	0,01	0,01	-0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	0	0	-0,01	0,01	0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	0,000	0	-0,1	0,01	-0,01	0,31	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	1,395	0,00	1,19	-0,01	-0,07	-0,08	0,01	CW StS (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	2,350	0,00	-0,01	-0,07	-0,07	-2,43	0,01	CW StS (a)
21	0,000	0	-0,1	0,01	-0,01	0,31	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	2,350	0,00	-0,01	-0,07	-0,07	-2,43	0,01	CW StS (a)
21	0,000	0,00	-0,1	0,01	-0,01	0,31	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	0,000	0,00	-1,1	0,09	-0,07	3,36	0,01	CW StS (a)
21	0,367	0	0,00	0,01	-0,01	0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	2,350	0	0	-0,01	-0,01	-0,23	0,00	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	0	0,00	0,01	-0,01	0,25	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	0,00	-0,09	0,08	-0,07	2,62	-0,57	CW StS (a)
22	1,028	0,00	1,3	0,00	-0,07	0,09	-0,57	CW StS (a)
22	2,350	0,00	-0,73	-0,09	-0,07	-3,17	-0,57	CW StS (a)
22	0,000	0,00	-0,09	0,08	-0,07	2,62	-0,57	CW StS (a)
22	2,350	0,00	-0,73	-0,09	-0,07	-3,17	-0,57	CW StS (a)
22	0,000	0	0,00	0,01	-0,01	0,25	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	0,00	-0,09	0,08	-0,07	2,62	-0,57	CW StS (a)
22	0,000	0,00	-0,09	0,08	-0,07	2,62	-0,57	CW StS (a)
22	2,350	0,00	-0,73	-0,09	-0,07	-3,17	-0,57	CW StS (a)
22	0,000	0	0,00	0,01	-0,01	0,28	-0,03	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	0,00	-0,09	0,08	-0,07	2,59	-0,57	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
22	1,175	0,00	1,29	-0,01	-0,07	-0,27	-0,57	CW StS (a)
22	0,000	0	0,00	0,01	-0,01	0,25	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	2,130	0	0,00	-0,01	-0,01	-0,24	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,955	0,00	1,29	0,01	-0,07	0,27	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0,00	-0,73	-0,09	0,07	3,17	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0	-0,06	-0,01	0,01	0,29	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	1,322	0,00	1,3	0,00	0,07	-0,09	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0,00	-0,73	-0,09	0,07	3,17	-0,57	CW StS (a)
23	2,350	0,00	-0,09	0,08	0,07	-2,62	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0,00	-0,73	-0,09	0,07	3,17	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0,00	-0,73	-0,09	0,07	3,17	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0	-0,06	-0,01	0,01	0,29	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	0,000	0,00	-0,73	-0,09	0,07	3,17	-0,57	CW StS (a)
23	2,350	0,00	-0,09	0,08	0,07	-2,62	-0,57	CW StS (a)
23	0,000	0	-0,07	-0,01	0,01	0,33	-0,03	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

23	0,000	0,00	-0,72	-0,09	0,07	3,13	-0,57	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
23	1,175	0,00	1,29	-0,01	0,07	0,27	-0,57	CW StS (a)
23	2,350	0	0,00	0,01	0,01	-0,25	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	0,220	0	0,00	-0,01	0,01	0,24	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	1,395	0,00	1,29	0,01	0,07	-0,27	-0,57	CW StS (a)
24	0,000	0,00	0,26	-0,07	0,07	1,51	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0	0,02	-0,01	0,01	0,18	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	1,175	0,00	1,14	0,01	0,07	-0,01	1,81	CW StS (a)
24	2,350	0	0,01	0,01	0,01	-0,23	0,19	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	2,350	0,00	0,24	0,09	0,07	-1,52	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0,00	0,26	-0,07	0,07	1,51	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0,00	0,26	-0,07	0,07	1,51	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0	0,02	-0,01	0,01	0,18	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	0,000	0,00	0,26	-0,07	0,07	1,51	1,81	CW StS (a)
24	2,350	0,00	0,24	0,09	0,07	-1,52	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0,00	0,26	-0,07	0,07	1,51	1,81	CW StS (a)
24	0,000	0	0,02	-0,01	0,01	0,18	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	1,248	0,00	1,14	0,01	0,07	-0,1	1,81	CW StS (a)
24	2,350	0	0,01	0,01	0,01	-0,19	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	0,000	0	0,02	-0,01	0,01	0,18	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	1,395	0,00	1,11	0,02	0,07	-0,29	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0	0,01	0,01	-0,01	0,19	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	0,00	0,24	0,09	-0,07	1,52	1,81	CW StS (a)
25	1,175	0,00	1,14	0,01	-0,07	0,01	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0	0,01	0,01	-0,01	0,23	0,19	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	0,00	0,24	0,09	-0,07	1,52	1,81	CW StS (a)
25	2,350	0,00	0,26	-0,07	-0,07	-1,51	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0	0,01	0,01	-0,01	0,19	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	0,00	0,24	0,09	-0,07	1,52	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0,00	0,24	0,09	-0,07	1,52	1,81	CW StS (a)
25	2,350	0,00	0,26	-0,07	-0,07	-1,51	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0,00	0,24	0,09	-0,07	1,52	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0	0,01	0,01	-0,01	0,19	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	1,102	0,00	1,14	0,01	-0,07	0,1	1,81	CW StS (a)
25	0,000	0	0,01	0,01	-0,01	0,19	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	2,350	0	0,02	-0,01	-0,01	-0,18	0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,955	0,00	1,11	0,02	-0,07	0,29	1,81	CW StS (a)
Pozycja nr 6								
32	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	1,277	0	0,00	0	0	0	0,05	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,38	CW StS (a)
32	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,39	CW StS (a)
32	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,38	CW StS (a)
32	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,38	CW StS (a)
32	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,06	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,39	CW StS (a)
32	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,38	CW StS (a)
32	0,559	0	0	0	0	0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,05	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
32	0,479	0	0	0	0	0,01	0,38	CW StS (a)
33	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,39	CW StS (a)
33	1,277	0	0,00	0	0	0	0,05	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
33	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,38	CW StS (a)
33	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,39	CW StS (a)
33	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

33	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,06	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
33	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,38	CW StS (a)
33	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,39	CW StS (a)
33	2,554	0	0,00	0	0	-0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
33	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,38	CW StS (a)
33	1,995	0	0	0	0	-0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
33	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,05	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
33	2,075	0	0	0	0	-0,01	0,38	CW StS (a)
34	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	1,277	0	0,00	0	0	0	0,42	CW StS (a)
34	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,42	CW StS (a)
34	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,43	CW StS (a)
34	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,06	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,42	CW StS (a)
34	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,43	CW StS (a)
34	2,554	0	0,00	0	0	-0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,42	CW StS (a)
34	1,995	0	0	0	0	-0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,04	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
34	0,638	0	0	0	0	0,01	0,42	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)
35	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,42	CW StS (a)
35	1,277	0	0,00	0	0	0	0,42	CW StS (a)
35	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,42	CW StS (a)
35	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,43	CW StS (a)
35	2,235	0	0,00	0	0	-0,01	0,43	CW StS (a)
35	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,42	CW StS (a)
35	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,06	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
35	2,554	0	-0,01	0	0	-0,01	0,43	CW StS (a)
35	0,000	0	0,00	0	0	0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
35	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,42	CW StS (a)
35	0,559	0	0	0	0	0,01	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
35	0,000	0	-0,01	0	0	0,01	0,04	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
35	1,915	0	0	0	0	-0,01	0,42	($\gamma_{G,inf}$)CW StS (a)

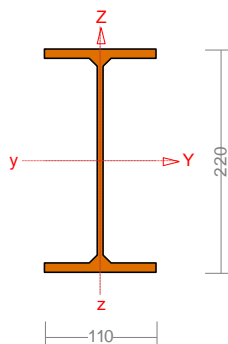
Wymiarowanie wybranych elementów stalowych wiaty rowerowej

Pręt nr 27

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.100 licencja nr 43791)

Zadanie: wiaty rowerowa.rm3

Przekrój: 3 - I 220 PE



Wymiary przekroju:

$h=220,0$ $g=5,9$ $s=110,0$ $t=9,2$ $r=12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=2770,0$ $I_{zg}=205,0$ $A=33,40$ $i_y=9,1$ $i_z=2,5$ $I_w=22672,3$

$I_t=8,6$ $i_s=9,438$.

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=5,9$.

Długości wyboczeniowe pręta:**Przęsło Yc**

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,522 \quad \kappa_b = 0,085 \text{ węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,263 \quad \text{dla } l_o = 1,000$$

$$l_w = 1,263 \times 1,000 = 1,263 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,522 \quad \kappa_b = 0,085 \text{ węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,263 \quad \text{dla } l_o = 1,000$$

$$l_w = 1,263 \times 1,000 = 1,263 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 1,000$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1,000$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 2770,0}{1,263^2} \times 10^{-2} = 35990,85 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 205,0}{1,263^2} \times 10^{-2} = 2663,58 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{9,438^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 22672,3}{1,000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 8,58 \times 10^2 \right) = 6056,26 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,610$, $A_2 = 0,530$, $B = 1,140$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

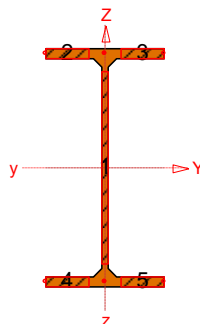
$$0,000 \times 2663,58 + \sqrt{(0,000 \times 2663,58)^2 + 1,140^2 \times 0,094^2 \times 2663,58 \times 6056,26} = 432,13 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 1,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·S (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \quad \gamma_{M1} = 1; \quad \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_{σ}	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	177,6	5,9	0,553	-0,837	-	63,919	73,603	106,700	30,102	1
2	40,0	9,2	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,353	1
3	40,0	9,2	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,353	1
4	40,0	9,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,353	1
5	40,0	9,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,353	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Klasa przekroju 1.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -28,25 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 33,40 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 33,40 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00;$$

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

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,40 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 784,9 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{28,25}{784,9} = 0,036 < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{33,4 \times 235}{35990,85 \times 10}} = 0,148$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,148 - 0,2) + 0,148^2] = 0,505$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,505 + \sqrt{0,505^2 - 0,148^2}} = 1,011$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{33,4 \times 235}{2663,58 \times 10}} = 0,543$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,543 - 0,2) + 0,543^2] = 0,706$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,706 + \sqrt{0,706^2 - 0,543^2}} = 0,865$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{33,4 \times 235}{6056,26 \times 10}} = 0,360$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,360 - 0,2) + 0,360^2] = 0,592$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,592 + \sqrt{0,592^2 - 0,360^2}} = 0,942$
przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,865 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,942 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,865$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,865 \times 33,40 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 678,73 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{28,25}{678,73} = 0,042 < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 1,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{15,91 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 215,87 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{4,77}{215,87} = \mathbf{0,022} < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

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

$$h_w / t_w = 177,6/5,9 = \mathbf{30,102} < \mathbf{60,398} = 72 \times 1,000/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285,15 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 67,01 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,40 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 784,9 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 27,90 / 784,9 = 0,036;$$

przyjęto $n = 0,036 \leq 1$;

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$$a = (A - 2 b t_f) / A = (33,40 - 2 \times 11,00 \times 0,92) / 33,40 = 0,394;$$

przyjęto $a = 0,394 \leq 0,5$;

– zginanie y-y

$$N_{Ed} = \mathbf{27,9} < \mathbf{196,23} = 0,25 \times 784,9 = 0,25 N_{pl,Rd} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} = \mathbf{27,9} < \mathbf{139,76} = \frac{0,5 \times 20,16 \times 0,59 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.34)$$

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

– zginanie z-z

$$N_{Ed} = \mathbf{27,9} < \mathbf{279,52} = \frac{20,16 \times 0,59 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

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

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{29,47}{67,01} = \mathbf{0,440} < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{27,9}{784,9} + \frac{29,47}{67,01} + \frac{0}{13,67} = \mathbf{0,475} < 1 \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

$x_a = 1,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Przyjęto krzywą zwichrzenia „b”.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{285,15 \times 235}{432,13 \times 10^3}} = 0,394$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,39 - 0,4) + 0,75 \times 0,39^2] = 0,557$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,557 + \sqrt{0,557^2 - 0,75 \times 0,39^2}} = 1,002;$$

$$\text{przyjęto } \chi_{LT} = \mathbf{1,000} \leq 1,000 = \min\{1; 1/\bar{\lambda}_{LT}^2\}$$

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,000 \times 285,15 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 67,01 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{29,47}{67,01} = \mathbf{0,440} < 1 \quad (6.54)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·S (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

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

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

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (0,148 - 0,2) \times \frac{28,25}{1,000 \times 784,90/1} \right) = 0,898$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,898} \leq 0,926 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{28,25}{1,000 \times 784,90/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (2 \times 0,543 - 0,6) \times \frac{28,25}{0,865 \times 784,90/1} \right) = 0,918$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,918} \leq 0,952 = 0,900 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{28,25}{0,865 \times 784,90/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,918 = 0,551$$

$k_{zy} = 0$ - zginanie jednokierunkowe.

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{28,25}{1,000 \times 784,9/1} + 0,898 \times \frac{29,47+0}{1,000 \times 67,01/1} + 0,551 \times \frac{0+0}{13,67/1} = \mathbf{0,431} < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{28,25}{0,865 \times 784,9/1} + 0,000 \times \frac{29,47+0}{1,000 \times 67,01/1} + 0,918 \times \frac{0+0}{13,67/1} = \mathbf{0,042} < 1 \quad (6.62)$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 1,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·S (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środka (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{1,000}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (177,6/1000,0)^2 = 6,06$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 110,0 / (235 \times 5,9) = 18,644$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 9,2 \times (1 + \sqrt{18,644 + 0,000}) = 197,8 \quad \text{przyjęto } l_y = 197,8 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,06 \times 210 \times 5,9^3 / 177,6 = 1325,16 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{197,8 \times 5,9 \times 235 \times 10^{-3}}{1325,16}} = 0,455$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,455} = 1,099$$

przyjęto $\chi_F = 1,000 \leq 1,0$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 197,8 = 197,8 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 197,8 \times 5,9 \times 10^{-3}}{1} = 274,32 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środka:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,00}{274,32} = 0,000 < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{86,1^2 + 0,0^2 - 86,1 \times 0,0 + 3 \times 3,0^2}{(235/1)^2} = 0,135 < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+S Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z wynoszą:

$$a_{\max} = 5,8 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 300 = 2185 / 300 = 7,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 5,8 < 7,3 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

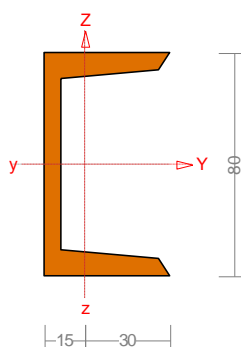
$$a = 5,844 \text{ mm}; \quad L / a = 1000,0 / 5,844 = 171,1$$

Pręt nr 23 - płatew

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.100 licencja nr 43791)

Zadanie: wiata rowerowa.rm3

Przekrój: 2 - U 80



Wymiary przekroju:

$$h=80,0 \quad s=45,0 \quad g=6,0 \quad t=8,0 \quad r=8,0 \quad e_y=14,5.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=106,0 \quad I_{zg}=19,4 \quad A=11,00 \quad i_y=3,1 \quad i_z=1,3 \quad I_w=168,1 \quad I_t=2,0$$

$$y_s=-2,8 \quad z_s=0,0 \quad i_s=4,379 \quad r_z=3,4 \quad b_y=-4,5.$$

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=6,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,443 \quad \kappa_b = 0,797 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,786 \quad \text{dla } l_o = 2,350$$

$$l_w = 1,786 \times 2,350 = 4,197 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,011 \quad \kappa_b = 0,011 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,500 \quad \text{dla } l_o = 2,350$$

$$l_w = 0,500 \times 2,350 = 1,175 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 2,350$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 2,350$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 106,0}{4,197^2} \times 10^{-2} = 124,72 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 19,4}{1,175^2} \times 10^{-2} = 291,24 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GI_T \right) = \frac{1}{4,379^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 168,1}{2,350^2} \times 10^{-2} + 81 \times 2,03 \times 10^2 \right) = 890,82 \text{ kN}$$

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

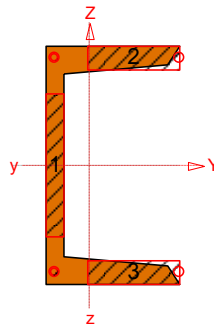
$$\frac{124,72 + 890,82 - \sqrt{(124,72 + 890,82)^2 - 4 \times 124,72 \times 890,82 \times (1 - 1,786 \times -2,79^2 / 4,379^2)}}{2 \times (1 - 1,786 \times -2,8^2 / 4,379^2)} = 119,14 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 2,350$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·S (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 1,1$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_{σ}	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	48,0	6,0	0,510	0,000	-	70,271	80,918	INF	8,004	1
2	31,0	8,0	1,000	-0,273	0,633	9,000	10,000	16,703	3,881	1
3	31,0	8,0	1,000	0,209	0,529	9,000	10,000	15,277	3,881	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 2,350$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·S (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -0,57 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 11,00 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 11,00 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00;$$

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

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,00 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 258,5 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0,57}{258,5} = \mathbf{0,002} < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11 \times 235}{124,72 \times 10}} = 1,440$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,44 - 0,2) + 1,440^2] = 1,840$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,840 + \sqrt{1,840^2 - 1,440^2}} = 0,335$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11 \times 235}{291,24 \times 10}} = 0,942$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,942 - 0,2) + 0,942^2] = 1,126$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,126 + \sqrt{1,126^2 - 0,942^2}} = 0,574$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{11 \times 235}{119,14 \times 10}} = 1,473$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,473 - 0,2) + 1,473^2] = 1,897$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,897 + \sqrt{1,897^2 - 1,473^2}} = 0,323$
przyjęto $\chi = 0,335 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,574 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,323 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,323$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,323 \times 11,00 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 83,61 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{0,57}{83,61} = \mathbf{0,007} < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 2,350$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·St+1,5·S (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{\max}} = \frac{2,03}{0,78} = 2,62 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{2,62 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 0,36 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,00}{0,36} = \mathbf{0,000} < 1 \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,350$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·S (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,93 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 66,87 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} - \frac{\tau_{w,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = \sqrt{1 - \frac{0,0}{1,25 \times (235 / 1,732) / 1}} \times 66,87 = 66,87 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{3,17}{66,87} = \mathbf{0,047 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,19 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 97,55 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} - \frac{\tau_{w,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = \sqrt{1 - \frac{0,0}{1,25 \times (235 / 1,732) / 1}} \times 97,55 = 97,55 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,07}{97,55} = \mathbf{0,001 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

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

$$h_w / t_w = 48,0 / 6,0 = \mathbf{8,004 < 59,706} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,175$; $x_b = 1,175$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{30,34 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 7,13 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,52 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 2,71 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,00 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 258,5 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,57 / 258,5 = 0,002;$$

przyjęto $n = 0,002 \leq 1$;

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 7,13 \times (1 - 0,002) = 7,11 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 2,71 \times (1 - 0,002) = 2,7 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

Warunek nośności:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{1,29}{7,11} \right]^1 + \left[\frac{0,01}{2,7} \right]^1 = \mathbf{0,185 < 1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,57}{258,5} + \frac{1,29}{7,13} + \frac{0,01}{2,71} = \mathbf{0,187 < 1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

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

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,845 = 0,262;$$

przyjęto $C_{mz} = 0,400$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (1,440 - 0,2) \times \frac{0,57}{0,335 \times 258,50/1} \right) = 0,907$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,905} \leq 0,907 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{0,57}{0,335 \times 258,50/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,400 \times \left(1 + (2 \times 0,942 - 0,6) \times \frac{0,57}{0,574 \times 258,50/1} \right) = 0,402$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,402} \leq 0,402 = 0,400 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{0,57}{0,574 \times 258,50/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,402 = 0,241$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \times 0,905 = 0,543$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,57}{0,335 \times 258,5/1} + 0,905 \times \frac{1,3+0}{1,000 \times 7,13/1} + 0,241 \times \frac{0,09+0}{2,71/1} = \mathbf{0,180} < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,57}{0,574 \times 258,5/1} + 0,543 \times \frac{1,3+0}{1,000 \times 7,13/1} + 0,402 \times \frac{0,09+0}{2,71/1} = \mathbf{0,116} < 1 \quad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,350$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot S$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{2,350}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (48,0 / 2350,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 42,0 / (235 \times 6,0) = 7,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 8,0 \times (1 + \sqrt{7,000 + 0,000}) = 158,2 \quad \text{przyjęto } l_y = 158,2 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 6,0^3 / 48,0 = 5101,26 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{158,2 \times 6,0 \times 235 \times 10^{-3}}{5101,26}} = 0,209$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,209} = 2,391 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 158,2 = 158,2 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 158,2 \times 6,0 \times 10^{-3}}{1} = 223,13 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{6,33}{223,13} = \mathbf{0,028} < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{10,7^2 + 10,6^2 - 10,7 \times 10,6 + 3 \times 6,4^2}{(235/1)^2} = \mathbf{0,004} < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowości:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+S Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 2350 / 250 = 9,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,1 < 9,4 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

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

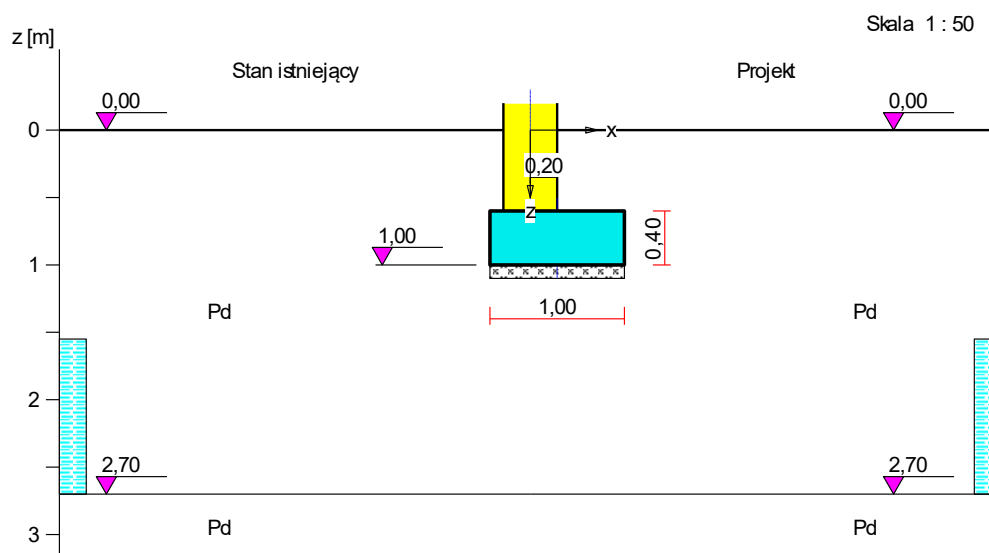
$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 2350 / 250 = 9,4 \text{ mm}$$

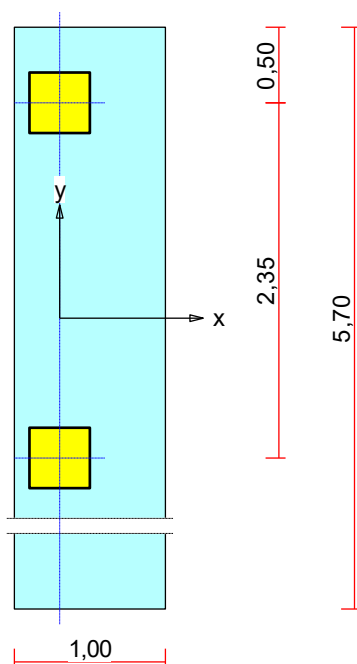
$$a_{\max} = 0,2 < 9,4 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 2,114 \text{ mm}; \quad L / a = 2350,0 / 2,114 = 1111,7$$

Obliczenia sprawdzające ławy fundamentowej dla wiaty rowerowej





1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,

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

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	2,70	Piasek drobny	1,55
2	2,70	nieokreśl.	Piasek drobny	brak wody

1.3. Wymiana gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	2,70	Piasek drobny	1,55
2	2,70	1,50	Piasek drobny	brak wody

1.4. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	I_D	I_L	ρ	stopień	c_u	Φ_u	M_0	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m ³]	wilgotn.	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
Pd	0,55		1,65	m.wilg.	0,00	30,7	67912	84890
Pd	0,70		1,70	m.wilg.	0,00	31,4	88639	110799

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **rząd słupów prostokątnych**

Liczba słupów: $n = 3$,

Odległość skrajnych słupów: $s = 4,70$ m,

Współrzędne środka skrajnych słupów:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = 0,00 \text{ m}, \quad x_2 = 0,00 \text{ m}, \quad y_2 = 4,70 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

Wymiary pojedynczego słupa:

$$l = 0,40 \text{ m}, \quad b = 0,40 \text{ m}.$$

3. Warstwa wyrównawcza pod fundamentem

Grubość: $h = 0,10 \text{ m}$,

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{\text{ww char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$.

4. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{\text{obc}} = 0,60 \text{ m}$.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia *	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D+K	28,2	-5,5	0,0	0,00	19,50	1,20
2	D+K	27,4	-5,4	0,0	0,00	18,90	1,20

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

5. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B30, nazwa stali: RB 500 W,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12,0 \text{ mm}$, na kierunku y: $d_y = 12,0 \text{ mm}$,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

6. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,00 \text{ m}$

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B = 1,00 \text{ m}$, $L = 5,70 \text{ m}$,

Wysokość: $H = 0,40 \text{ m}$, mimośród: $E = 0,20 \text{ m}$.

7. Stan graniczny I

7.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D+K	1,00	0,29	0,81
	D+K	1,55	0,15	0,39
	D+K	2,70	0,09	0,05
2	D+K	1,00	0,28	0,80
	D+K	1,55	0,15	0,38
	D+K	2,70	0,09	0,04

7.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 1,00 \text{ m}$, $L = 5,70 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,00 \text{ m}$.

Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	γ	Obc. obl. G	Mom. obl. M_G
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	9,81	0,00	1,1 (0,9)	10,79	0,00

Grunt - pole 1	2,50	-0,37	1,2 (0,8)	3,01	-1,12
Grunt - pole 2	6,39	0,17	1,2 (0,8)	7,67	1,31

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 14,84 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,20 \text{ m}$,

siła pozioma: $H_x = -2,89 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40 \text{ m}$,

moment: $M_y = 10,26 \text{ kNm/m}$.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (14,84 + 21,46 + 15,94) \cdot 5,70 = 206,94 + 175,48 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-14,84 \cdot 0,20 + -2,89 \cdot 0,40 + 10,26 + 0,20 + 0,13) \cdot 5,70 = 36,10 + 35,73 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 35,73 / 175,48 = 0,20 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,20 \text{ m} < 0,25 \text{ m}.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,00 - 2 \cdot 0,17 = 0,65 \text{ m}, \quad L' = L = 5,70 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

średnia gęstość obl.: $\rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3$, min. wysokość: $D_{\min} = 1,00 \text{ m}$,

obciążenie: $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 14,57 \text{ kPa}$.

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ$,

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa}$,

$N_B = 5,16$ $N_C = 25,09$, $N_D = 14,14$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\tan \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 2,89 \cdot 5,70 / 206,94 = 0,0797, \quad \tan \delta / \tan \Phi_{u(r)} = 0,0797 / 0,5235 = 0,152,$$

$$i_B = 0,77, \quad i_C = 0,86, \quad i_D = 0,87.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,34 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 11,80 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,97, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,03, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,17.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 887,27 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 206,94 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 887,27 = 718,69 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,18 \text{ m}$, $L = 5,88 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,55 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 11,59 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (14,84 + 21,46) \cdot 5,70 + 11,59 \cdot 5,88 = 275,12 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-14,84 \cdot 0,20 + -2,89 \cdot 0,95 + 10,26 + 0,20) \cdot 5,70 = 27,02 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 27,02 / 275,12 = 0,10 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,18 - 2 \cdot 0,10 = 0,99 \text{ m, } L' = L = 5,88 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \text{ min. wysokość: } D_{\min} = 1,55 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,55 = 22,58 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 2,89 \cdot 5,88 / 275,12 = 0,06, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0600 / 0,5235 = 0,115,$$

$$i_B = 0,82, \quad i_C = 0,89, \quad i_D = 0,90.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 0,97 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 8,60 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,96, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,05, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,25.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{INB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 2289,49 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 275,12 \text{ kN} < m \cdot Q_{INB} = 0,81 \cdot 2289,49 = 1854,49 \text{ kN.}$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,57 \text{ m}, \quad L = 6,27 \text{ m.}$

Względny poziom posadowienia: $H = 2,70 \text{ m.}$

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 47,42 \text{ kN/m.}$

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (14,84 + 21,46) \cdot 5,70 + 47,42 \cdot 6,27 = 504,12 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-14,84 \cdot 0,20 + -2,89 \cdot 2,10 + 10,26 + 0,20) \cdot 5,70 = 8,05 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 8,05 / 504,12 = 0,02 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,57 - 2 \cdot 0,02 = 1,53 \text{ m, } L' = L = 6,27 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,22 \text{ t/m}^3, \text{ min. wysokość: } D_{\min} = 2,70 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,22 \cdot 9,81 \cdot 2,70 = 32,27 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 2,89 \cdot 6,27 / 504,12 = 0,04, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0327 / 0,5235 = 0,063,$$

$$i_B = 0,90, \quad i_C = 0,94, \quad i_D = 0,95.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,65 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 14,59 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'/L' = 0,94, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'/L' = 1,07, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'/L' = 1,37.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{INB} = B' \cdot L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 6613,49 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 504,12 \text{ kN} < m \cdot Q_{INB} = 0,81 \cdot 6613,49 = 5356,93 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

7.3. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 2

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 1,00 \text{ m}$, $L = 5,70 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,00 \text{ m}$.

Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	γ	Obc. obl. G	Mom. obl. M_G
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	9,81	0,00	1,1 (0,9)	10,79	0,00
Grunt - pole 1	2,50	-0,37	1,2 (0,8)	3,01	-1,12
Grunt - pole 2	6,39	0,17	1,2 (0,8)	7,67	1,31

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 14,42 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,20 \text{ m}$,

siła pozioma: $H_x = -2,84 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40 \text{ m}$,

moment: $M_y = 9,95 \text{ kNm/m}$.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (14,42 + 21,46 | 15,94) \cdot 5,70 = 204,54 | 173,08 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-14,42 \cdot 0,20 + -2,84 \cdot 0,40 + 9,95 + 0,20 | 0,13) \cdot 5,70 = 34,90 | 34,53 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 34,53 / 173,08 = 0,20 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,20 \text{ m} < 0,25 \text{ m}.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,00 - 2 \cdot 0,17 = 0,66 \text{ m}, \quad L' = L = 5,70 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

średnia gęstość obl.: $\rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3$, min. wysokość: $D_{min} = 1,00 \text{ m}$,

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 14,57 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 2,84 \cdot 5,70 / 204,54 = 0,0792, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0792 / 0,5235 = 0,151,$$

$$i_B = 0,77, \quad i_C = 0,86, \quad i_D = 0,87.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,34 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 11,80 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'/L' = 0,97, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'/L' = 1,03, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'/L' = 1,17.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' \cdot L' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 901,30 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 204,54 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 901,30 = 730,05 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,18 \text{ m}$, $L = 5,88 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,55 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 11,59 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (14,42 + 21,46) \cdot 5,70 + 11,59 \cdot 5,88 = 272,72 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-14,42 \cdot 0,20 + -2,84 \cdot 0,95 + 9,95 + 0,20) \cdot 5,70 = 25,99 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 25,99/272,72 = 0,10 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,18 - 2 \cdot 0,10 = 0,99 \text{ m}, \quad L' = L = 5,88 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,48 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,55 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,48 \cdot 9,81 \cdot 1,55 = 22,58 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L/N_r = 2,84 \cdot 5,88/272,72 = 0,06, \quad \text{tg } \delta/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0594/0,5235 = 0,113,$$

$$i_B = 0,83, \quad i_C = 0,89, \quad i_D = 0,90.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 0,97 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 8,60 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'/L' = 0,96, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'/L' = 1,05, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'/L' = 1,25.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' \cdot L' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 2309,31 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 272,72 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 2309,31 = 1870,54 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego: $B = 1,57 \text{ m}$, $L = 6,27 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 2,70 \text{ m}$.

Ciężar fundamentu zastępczego: $G_z = 47,42 \text{ kN/m}$.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego (L_0 – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (14,42 + 21,46) \cdot 5,70 + 47,42 \cdot 6,27 = 501,72 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-14,42 \cdot 0,20 + -2,84 \cdot 2,10 + 9,95 + 0,20) \cdot 5,70 = 7,36 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 7,36/501,72 = 0,01 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,57 - 2 \cdot 0,01 = 1,54 \text{ m, } L' = L = 6,27 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,22 \text{ t/m}^3, \text{ min. wysokość: } D_{\min} = 2,70 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,22 \cdot 9,81 \cdot 2,70 = 32,27 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,70 \cdot 0,90 = 27,63^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 5,16 \quad N_C = 25,09, \quad N_D = 14,14.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L/N_r = 2,84 \cdot 6,27/501,72 = 0,04, \quad \text{tg } \delta/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0323/0,5235 = 0,062,$$

$$i_B = 0,90, \quad i_C = 0,94, \quad i_D = 0,95.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,65 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 14,59 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'/L' = 0,94, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'/L' = 1,07, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'/L' = 1,37.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' \cdot L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 6634,53 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 501,72 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 6634,53 = 5373,97 \text{ kN.}$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

8. Stan graniczny II

8.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

$$\text{Osiadanie pierwotne: } s' = 0,00 \text{ cm.}$$

$$\text{Osiadanie wtórne: } s'' = 0,00 \text{ cm.}$$

$$\text{Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: } \lambda = 0.$$

$$\text{Osiadanie: } s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 0 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ cm,}$$

Sprawdzenie warunku osiadania:

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

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

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

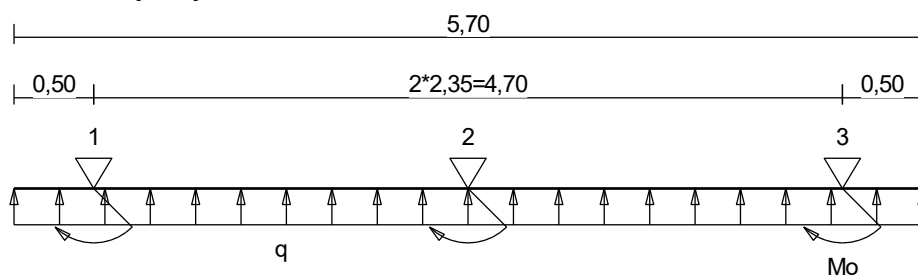
8.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadanie	Osiadanie	Osiadanie
warstwy	stropu	warstwy	pierwotne	wtórne	dodatk.	pierwotne	wtórne	sumaryczne
	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[cm]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,20	2	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,20	0,20	5	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,40	0,20	8	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,60	0,20	11	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,80	0,20	15	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

9. Zagadnienie zginania ławy-belki

9.1. Schemat statyczny

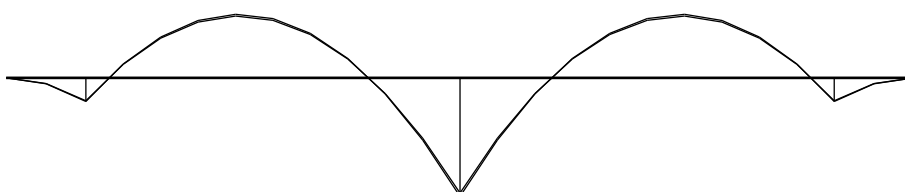


Zestawienie obciążeń:

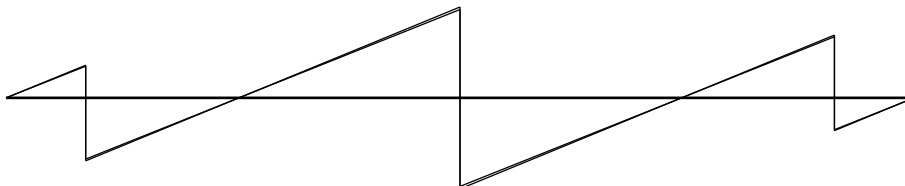
Nr obc.	N	$q = N/n$	H_v	M_x	$M_0 = H_v(z_f - z_{obc}) - M_x$
	[kN]	[kN/m]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	28,2	14,84	0,0	0,00	0,00
2	27,4	14,42	0,0	0,00	0,00

9.2. Siły wewnętrzne

Wykresy momentów zginających



Wykresy sił tnących



Zestawienie sił wewnętrznych dla obciążenia nr 1

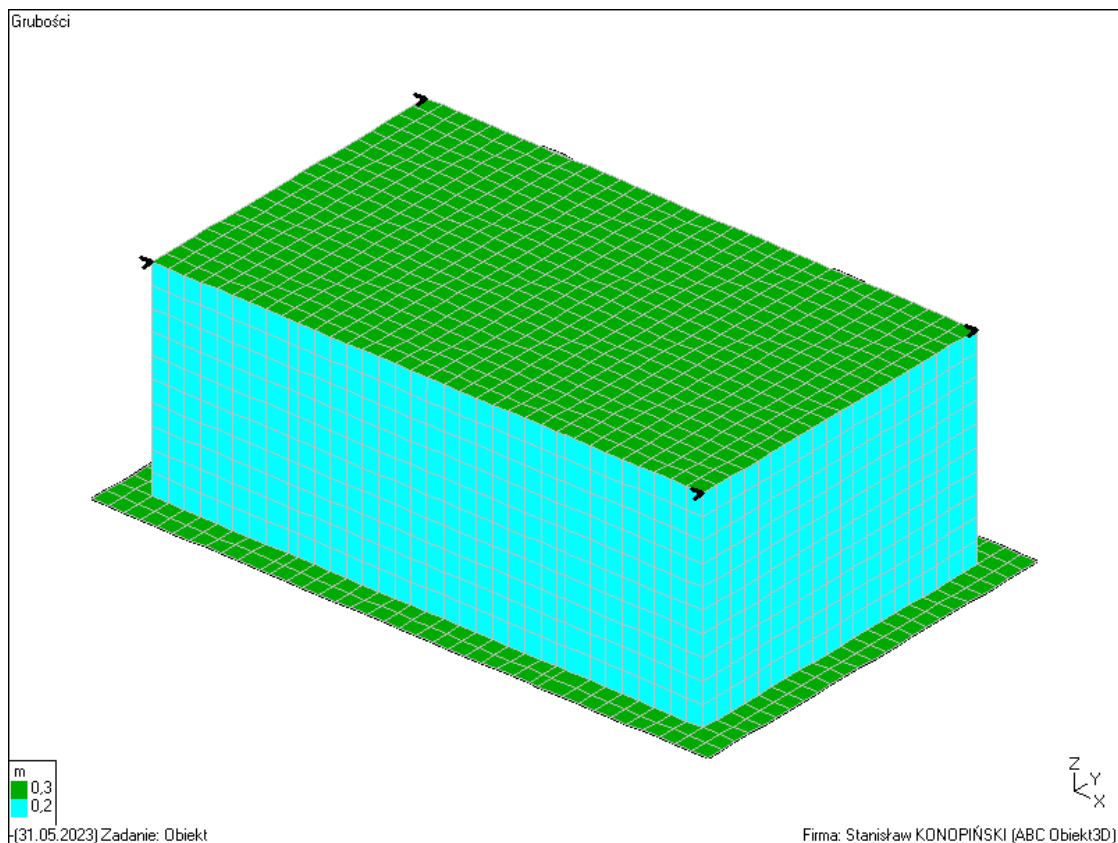
Nr słupa	M_l	M_p	M_s	T_l	T_p
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	1,9	1,9	-5,0	7,4	-14,3
2	9,3	9,3	-5,0	20,6	-20,6
3	1,9	1,9		14,3	-7,4

Zestawienie sił wewnętrznych dla obciążenia nr 2

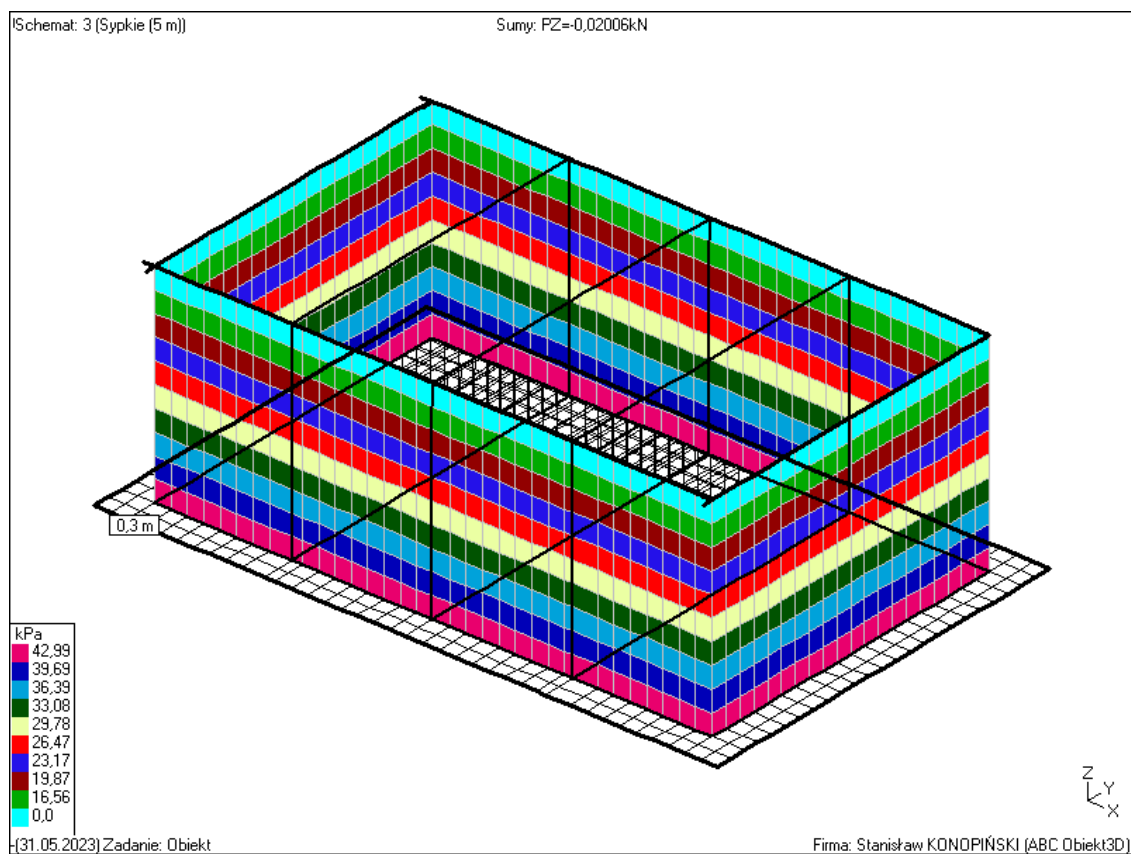
Nr słupa	M_l	M_p	M_s	T_l	T_p
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	1,8	1,8	-4,9	7,2	-13,9
2	9,1	9,1	-4,9	20,0	-20,0
3	1,8	1,8		13,9	-7,2

5.2.8 Zbiornik ppoż

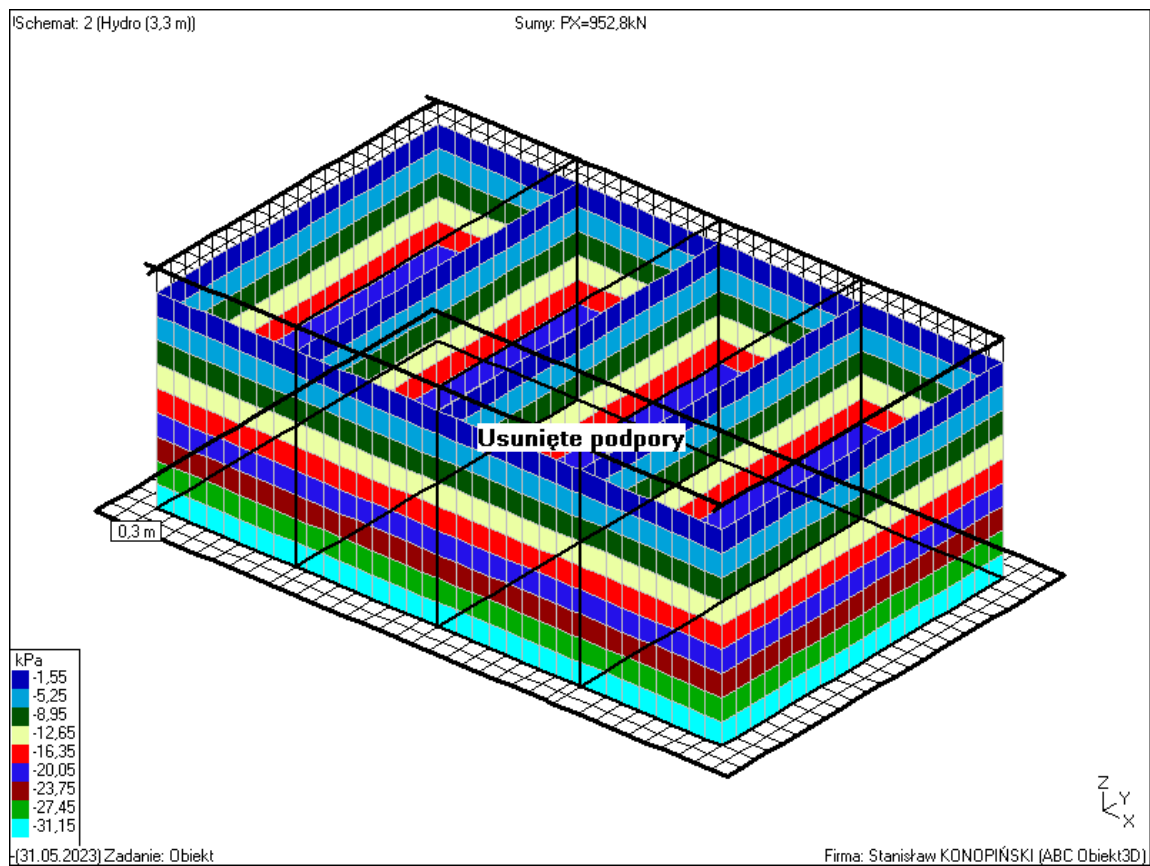
Schemat (grubości)



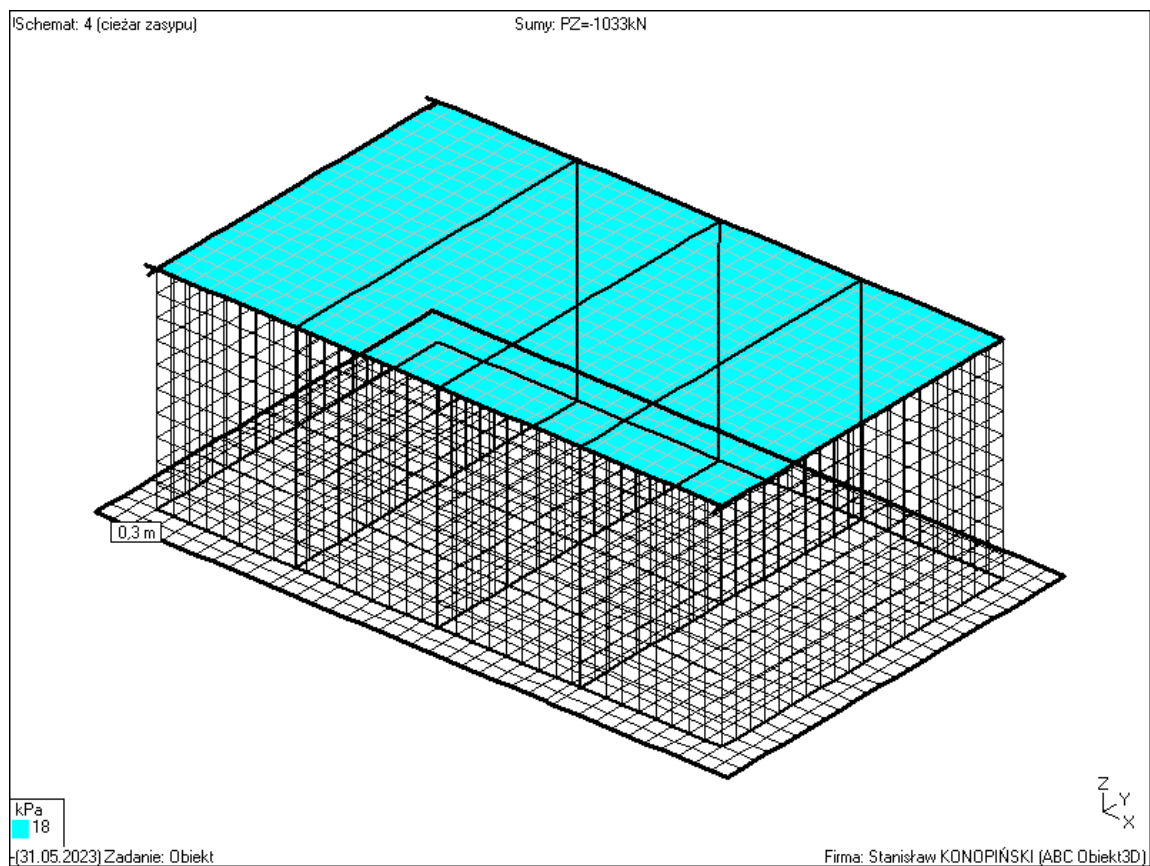
Obciążenie parciem gruntu na ściany zbiornika



Obciążenie parciem wody na ściany zbiornika



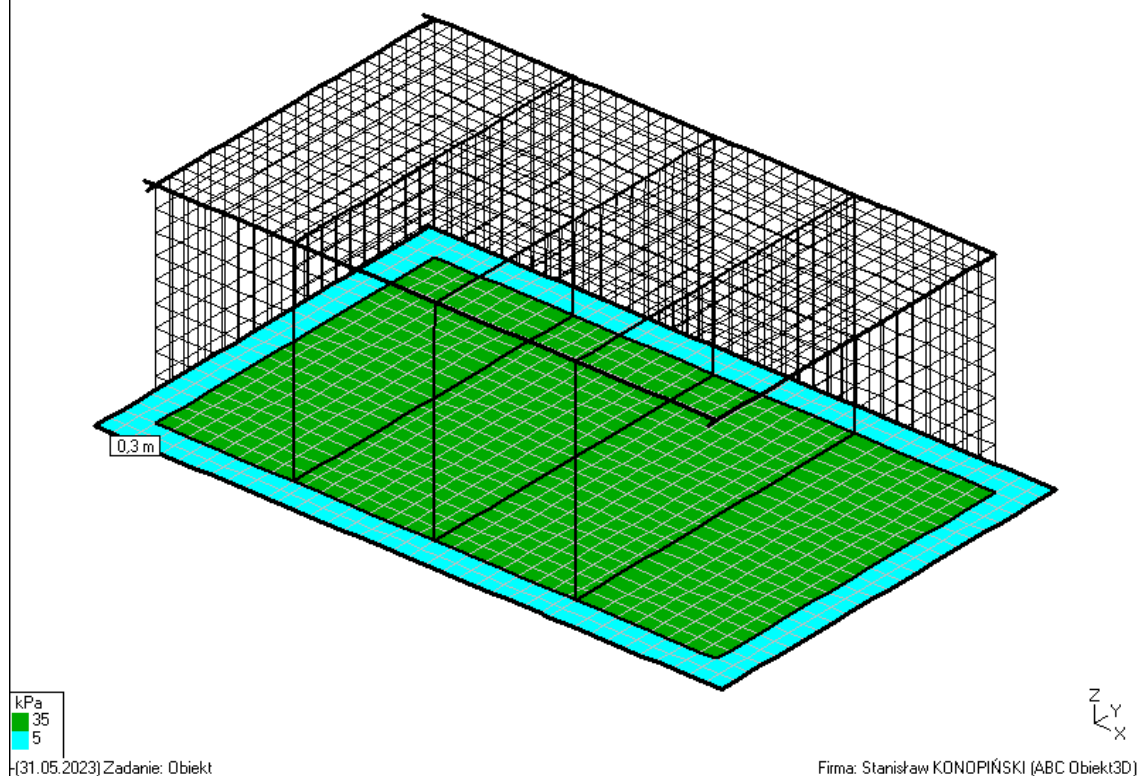
Obciążenie gruntem na zbiorniku



Parcie wody gruntowej

ISchemat: 5 (parcie wody gruntowej)

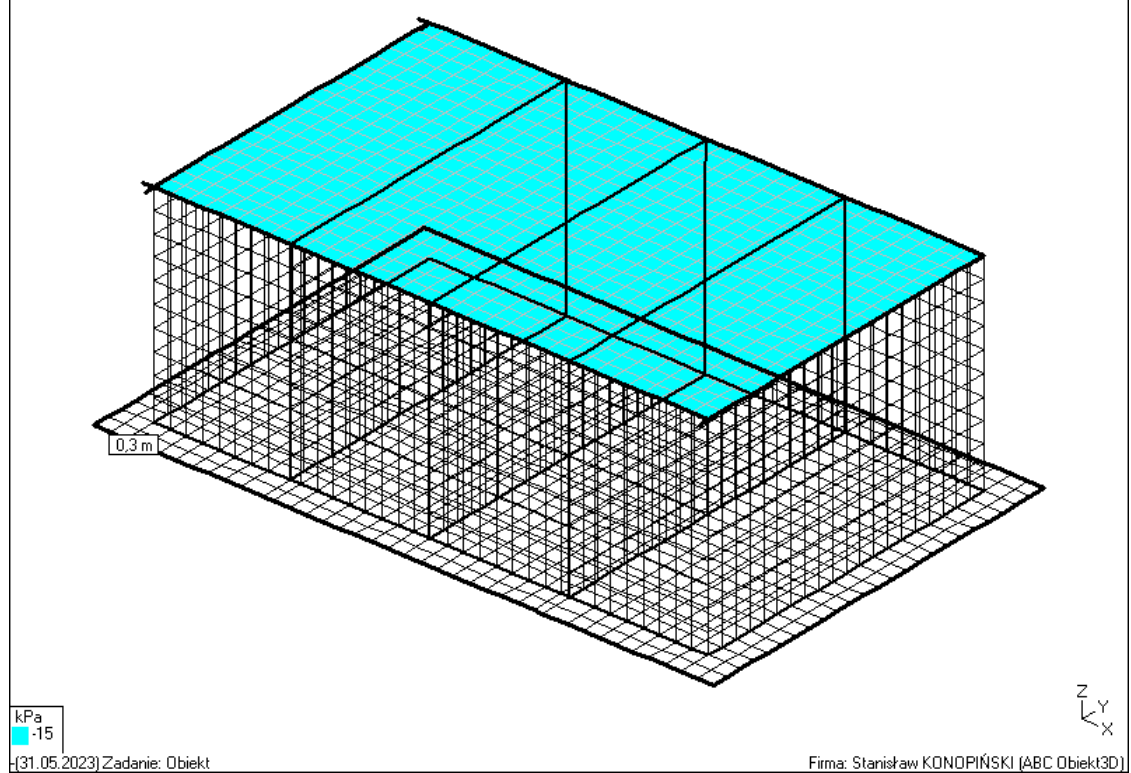
Sumy: PZ=2107kN



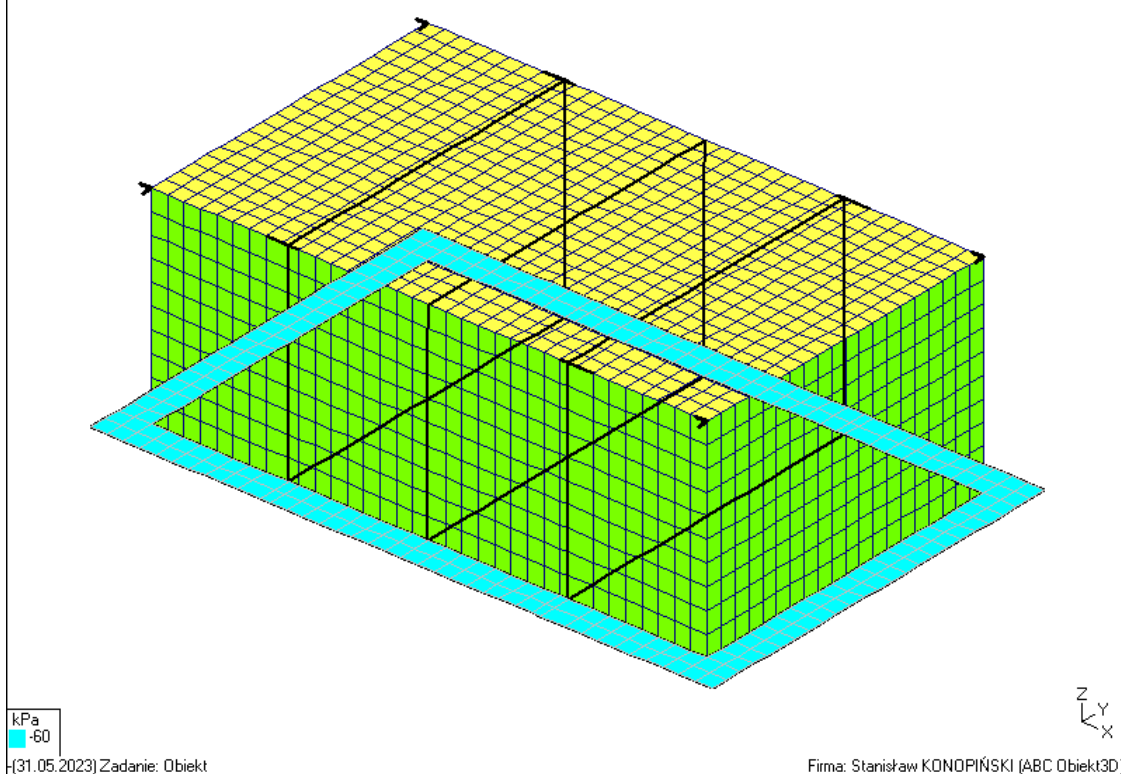
Obciążenie użytkowe nad zbiornikiem

ISchemat: 6 (użytkowe)

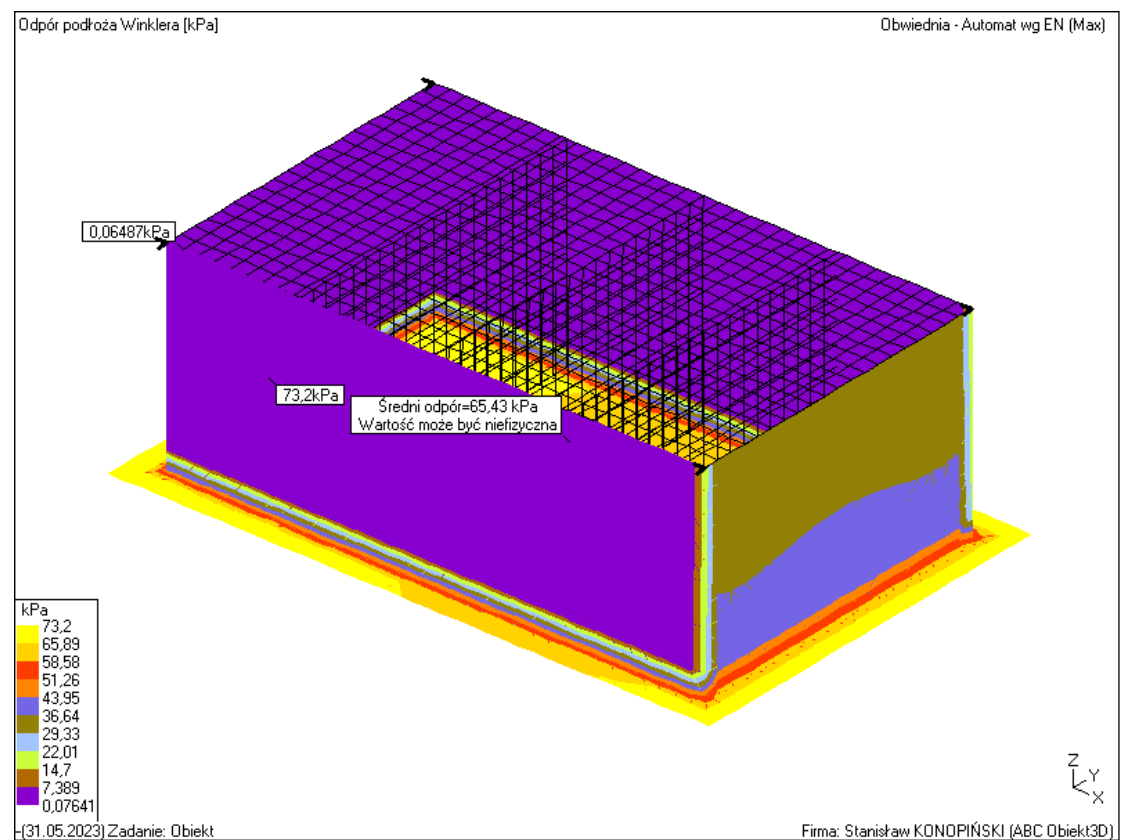
Sumy: PZ=861,2kN



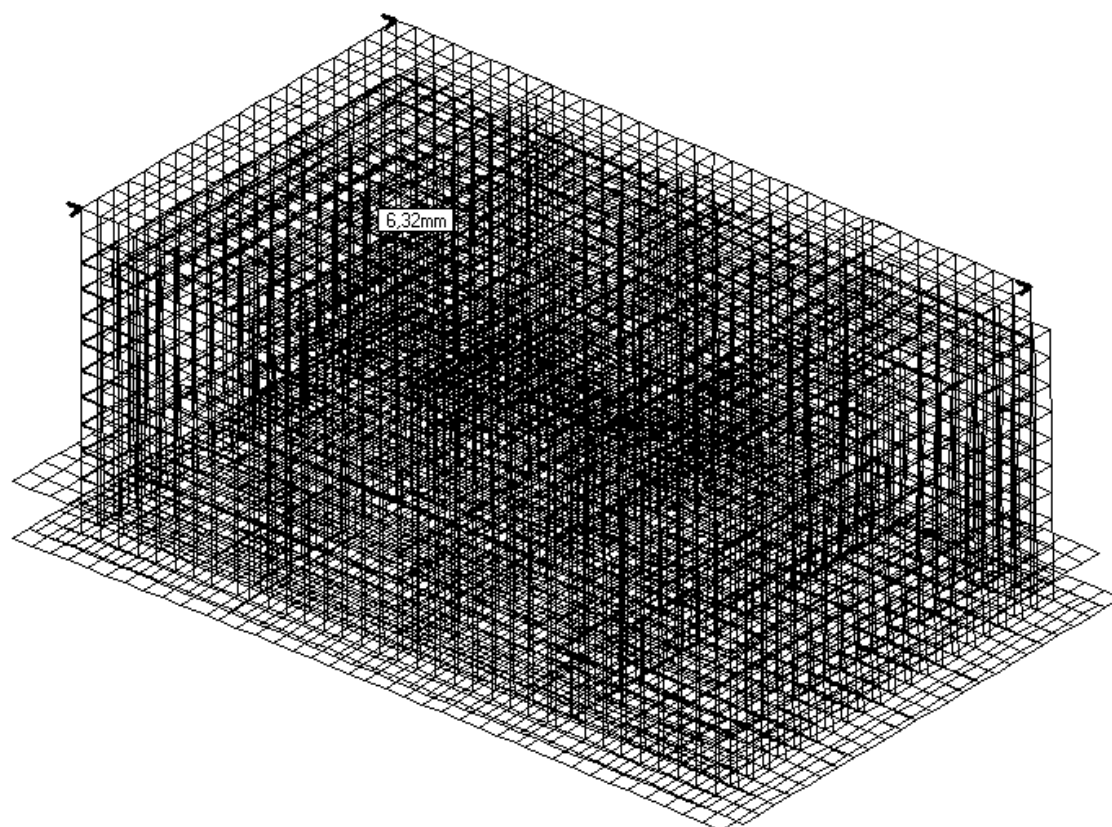
Obciążenie gruntem odsadzki zbiornika



Odpór podłoża



Osiadanie

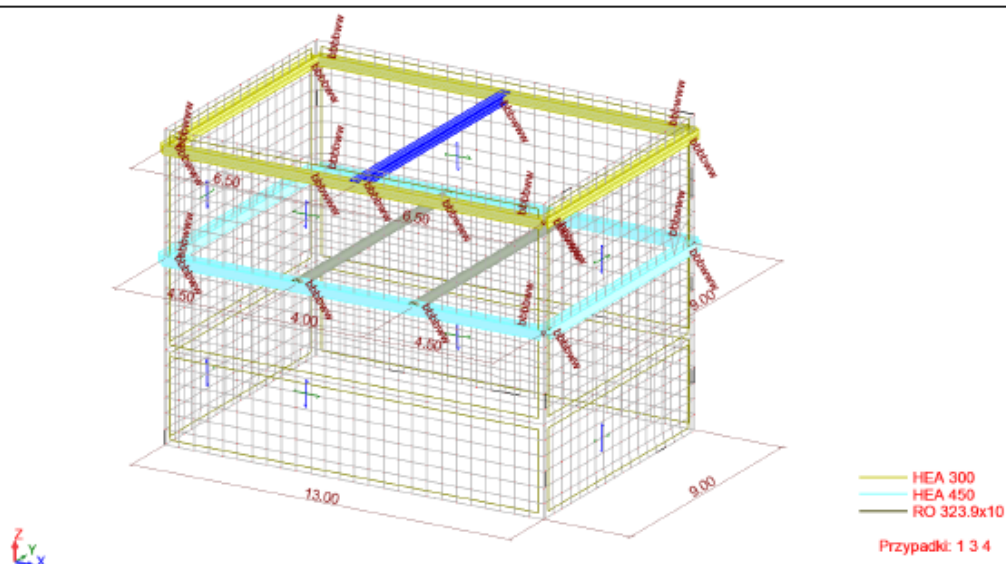


5.2.9 Zabezpieczenie wykopu (obudowa)

Autor : inż Dariusz Syncerz
Adres Warszawa u. Moldawska 13/71

obiekt: PROJEKT SIEDZIBY DLA PROKURATORY REJONOWEJ
W GRODZISKU MAZOWIECKIM PRZY UL. BARTNIAKA
OBUDOWA WYKOPU

schemat statyczny obudowy



Obciążenia - Przypadki

Przypadek	Etykieta	Nazwa przypadku	Natura	Typ analizy
1	STA1	STA1	Konstrukcyjne	Statyka liniowa
2	STA2	parcie gruntu	Konstrukcyjne	Statyka liniowa
3		KOMB1	Konstrukcyjne	Kombinacja liniowa
4		KOMB2	Konstrukcyjne	Kombinacja liniowa

Obciążenia - Wartości

Przypadek	Typ obciążenia	Lista	Wartość obciążenia
1	ciężar własny	2 4do9 11do1	PZ Minus Wsp= 1,00
2	(ES) powierzchniowe	24do33K3 26	PZ3= -9,52(kN/m2) lokalny N1X=0,0(m) N1Y=0,0(m) N1Z=0,0(m)
2	(ES) powierzchniowe	24do33K3 26	PZ1= -9,52(kN/m2) PZ2= -9,52(kN/m2) PZ3= -309,78(kN/m2) lokalny
2	(ES) powierzchniowe	24do33K3 26	PZ1= -4,34(kN/m2) PZ2= -4,34(kN/m2) PZ3= -4,34(kN/m2) lokalny
2	(ES) powierzchniowe	24do33K3 26	PZ1= -4,34(kN/m2) PZ2= -4,34(kN/m2) PZ3= -4,34(kN/m2) lokalny
2	(ES) powierzchniowe	24do33K3 26	PZ1= -4,34(kN/m2) PZ2= -4,34(kN/m2) lokalny N1X=0,0(m) N1Y=

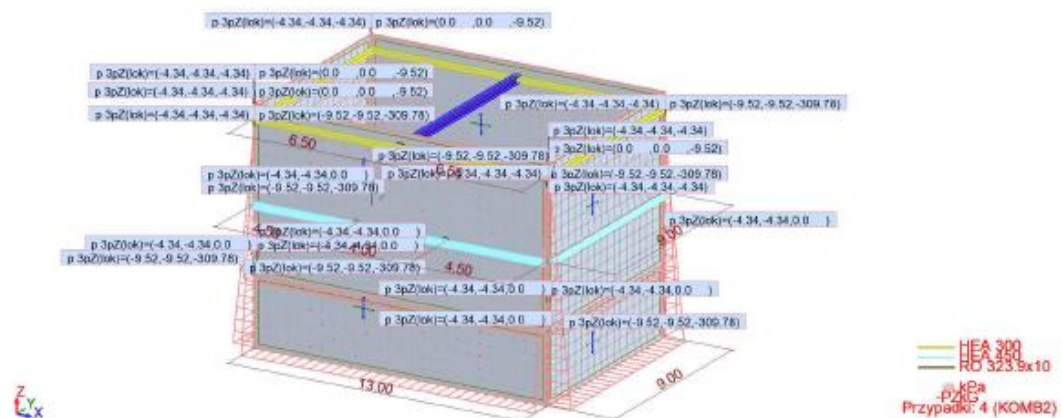
Kombinacje ręczne

- Przypadki: 3 4

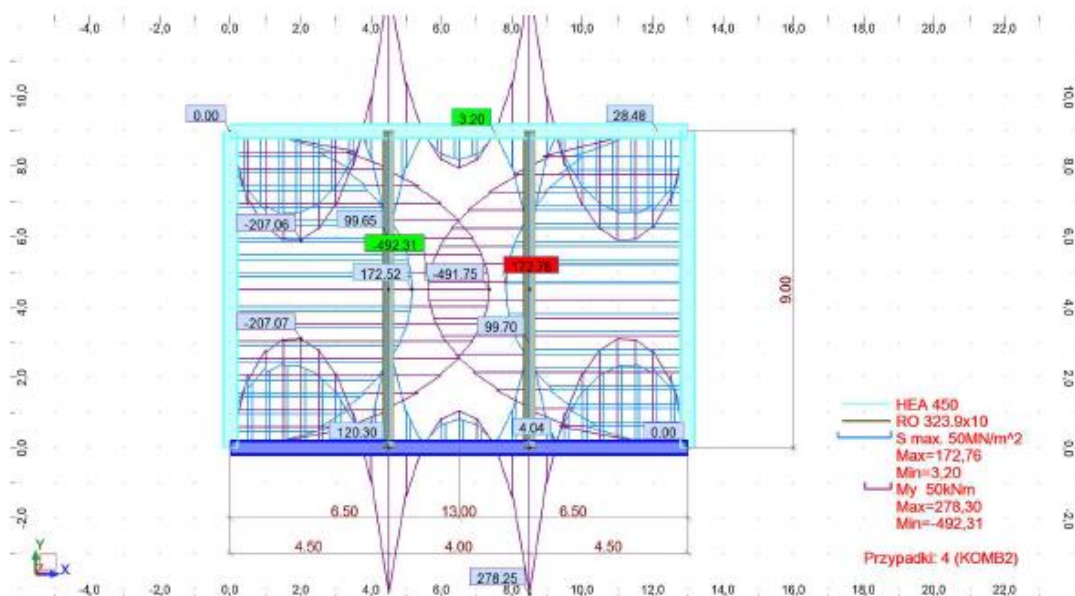
Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombin	Natura przypadku
3 (K)	KOMB1	Kombinacja linio	SGN	Konstrukcyjne
4 (K)	KOMB2	Kombinacja linio	SGU	Konstrukcyjne

Kombinacja	Definicja
3 (K)	(1+2)*1.35
4 (K)	(1+2)*1.00

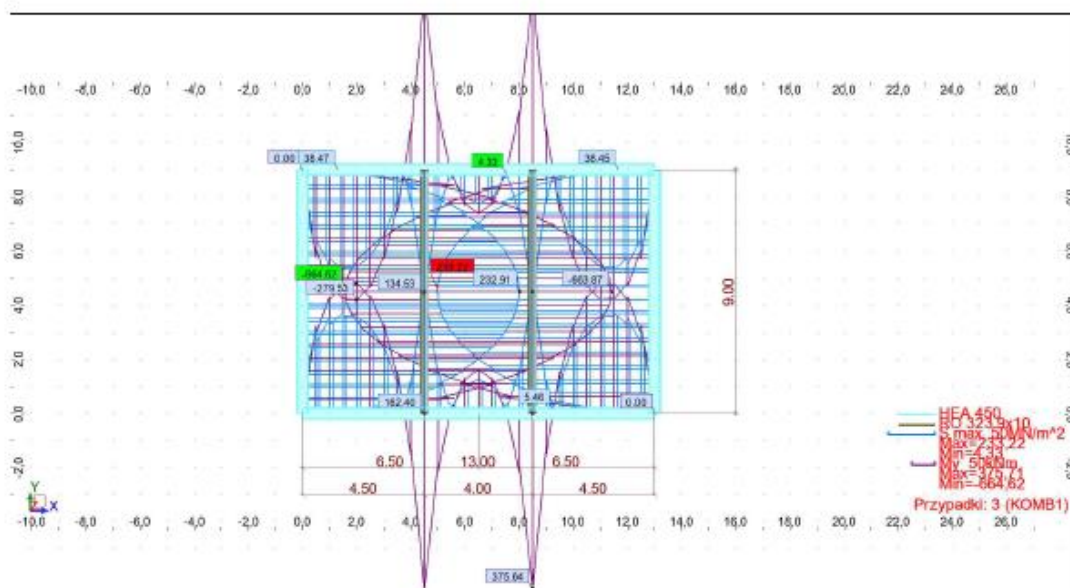
schemat przyłożenia obciążeń- Przypadki: 4 (KOMB2)



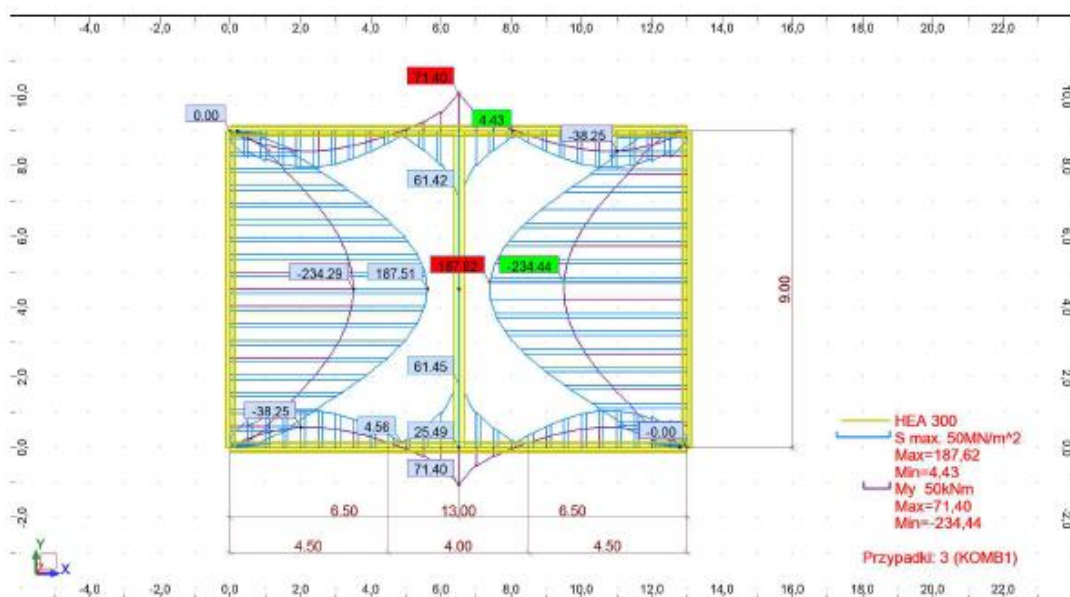
poziom -2 MY;S max; Przypadki: 4 (KOMB2)



poziom -2 - MY;S max; Przypadki: 3 (KOMB1)



poziom -1 - MY;S max; Przypadki: 3 (KOMB1)



poziom -2 belka lo=9,0m

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 13 Belka1_13

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.99 L =$

8.90 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 450

$h=44.0 \text{ cm}$

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=30.0 \text{ cm}$

$A_y=138.44 \text{ cm}^2$

$A_z=65.75 \text{ cm}^2$

$A_x=178.00 \text{ cm}^2$

$tw=1.1 \text{ cm}$

$I_y=63720.00 \text{ cm}^4$

$I_z=9470.00 \text{ cm}^4$

$I_x=245.00 \text{ cm}^4$

$tf=2.1 \text{ cm}$

$W_{ply}=3215.87 \text{ cm}^3$

$W_{plz}=965.53 \text{ cm}^3$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 684.79 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = -101.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} = -1.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,Ed} = -17.12 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 5429.00 \text{ kN}$

$M_{y,Ed,max} = -664.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed,max} = -1.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,T,Rd} = 2359.19 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 4877.90 \text{ kN}$

$M_{y,c,Rd} = 980.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,c,Rd} = 294.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = 1011.54 \text{ kN}$

$M_{y,V,Rd} = 896.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{N,z,Rd} = 294.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,T,Rd} = 1137.59 \text{ kN}$

$T_{t,Ed} = -1.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 9.00 \text{ m}$

$\lambda_{m,y} = 0.58$

$L_{cr,y} = 9.00 \text{ m}$

$\chi_y = 0.90$

$\lambda_{m,y} = 47.57$

$\chi_{yy} = 0.95$



względem osi z:

$\chi_{yz} = 0.54$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$

$M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.8)$

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.89 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6)$

$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 47.57 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \chi_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.79 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 4.5 \text{ cm}$
Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00
 $u_z = 3.3 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 4.5 \text{ cm}$
Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00

Zweryfikowano

Zweryfikowano



Premieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

Profil poprawny !!!

poziom -2 belka $I_o=13,0$

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.
TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 14 Belka1_14

PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.35 L =$

4.50 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 450

$h=44.0 \text{ cm}$

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=30.0 \text{ cm}$

$A_y=138.44 \text{ cm}^2$

$A_z=65.75 \text{ cm}^2$

$A_x=178.00 \text{ cm}^2$

$t_w=1.1 \text{ cm}$

$I_y=63720.00 \text{ cm}^4$

$I_z=9470.00 \text{ cm}^4$

$I_x=245.00 \text{ cm}^4$

$t_f=2.1 \text{ cm}$

$W_{ply}=3215.87 \text{ cm}^3$

$W_{plz}=965.53 \text{ cm}^3$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 83.55 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 375.65 \text{ kN*m}$

$M_{z,Ed} = -0.13 \text{ kN*m}$

$V_{y,Ed} = 0.07 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 5429.00 \text{ kN}$

$M_{y,Ed,max} = 375.65 \text{ kN*m}$

$M_{z,Ed,max} = 0.20 \text{ kN*m}$

$V_{y,T,Rd} = 2436.60 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 4212.94 \text{ kN}$

$M_{y,c,Rd} = 980.84 \text{ kN*m}$

$M_{z,c,Rd} = 294.49 \text{ kN*m}$

$V_{z,Ed} = 604.57 \text{ kN}$

$M_{y,V,Rd} = 980.56 \text{ kN*m}$

$M_{N,z,Rd} = 294.49 \text{ kN*m}$

$V_{z,T,Rd} = 1157.58 \text{ kN}$

$T_{t,Ed} = 0.03 \text{ kN*m}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 13.00 \text{ m}$

$L_{am,y} = 0.83$

$L_{cr,y} = 13.00 \text{ m}$

$X_y = 0.78$

$L_{am,y} = 68.71$

$k_{yy} = 0.91$



względem osi z:

$k_{yz} = 0.54$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.38 < 1.00$ (6.2.8)
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.15 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.52 < 1.00$ (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{b,y} = 68.71 < \lambda_{b,max} = 210.00$ STABILNY

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.37 < 1.00$
(6.3.3.(4))

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 6.5 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00

$u_z = 0.4 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 6.5 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

Profil poprawny !!!

poziom -2 rozpora -9,0m

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 4 Pręt_4
4.50 m

PUNKT: 2

WSPÓŁRZĘDNA: x = 0.50 L =

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: RO 323.9x10

$h = 32.4 \text{ cm}$

$g_{M0} = 1.00$

$g_{M1} = 1.00$

$A_y = 62.77 \text{ cm}^2$

$A_z = 62.77 \text{ cm}^2$

$A_x = 98.60 \text{ cm}^2$

$t_w = 1.0 \text{ cm}$

$I_y = 12158.00 \text{ cm}^4$

$I_z = 12158.00 \text{ cm}^4$

$I_x = 24292.03 \text{ cm}^4$

$W_{ply} = 985.67 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 985.67 \text{ cm}^3$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 1601.41 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 10.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$N_{c,Rd} = 3007.30 \text{ kN}$

$M_{y,Ed,max} = 10.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$N_{b,Rd} = 2036.93 \text{ kN}$

$M_{y,c,Rd} = 300.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$MN_{y,Rd} = 197.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 9.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.98$
 $L_{cr,y} = 9.00 \text{ m}$ $X_y = 0.68$
 $\lambda_{m,y} = 81.05$ $\chi_{yy} = 1.45$



względem osi z:

$L_z = 9.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.98$
 $L_{cr,z} = 9.00 \text{ m}$ $X_z = 0.68$
 $\lambda_{m,z} = 81.05$ $\chi_{zy} = 0.87$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.53 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 81.05 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 81.05 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABILNY
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.84 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Profil poprawny !!!

poziom -1 belka $l_0=9,0\text{m}$

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 7 Belka1_7

PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.02 L =$

0.20 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 300

$h = 29.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 30.0 \text{ cm}$	$A_y = 95.32 \text{ cm}^2$	$A_z = 37.75 \text{ cm}^2$	$A_x = 113.00 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.9 \text{ cm}$	$I_y = 18260.00 \text{ cm}^4$	$I_z = 6310.00 \text{ cm}^4$	$I_x = 85.60 \text{ cm}^4$
$t_f = 1.4 \text{ cm}$	$W_{ply} = 1383.27 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 641.17 \text{ cm}^3$	

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 77.08 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -66.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -3.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 15.03 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 3446.50 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -234.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$M_{z,Ed,max} = -3.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$V_{y,T,Rd} = 1648.58 \text{ kN}$		

Nb,Rd = 2369.52 kN My,c,Rd = 421.90 kN*m Mz,c,Rd = 195.56 kN*m Vz,Ed = -333.42 kN
My,V,Rd = 421.89 kN*m MN,z,Rd = 195.56 kN*m Vz,T,Rd = 657.58 kN
Tt,Ed = 0.48 kN*m
KLASA PRZEKROJU = 2



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

Ly = 9.00 m Lam_y = 0.86
Lcr,y = 9.00 m Xy = 0.69
Lamy = 70.80 kyy = 0.92



względem osi z:

kysz = 0.54

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.17 < 1.00$ (6.2.8)
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.51 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.04 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.03 < 1.00$ (6.2.6)

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{b,y} = 70.80 < \lambda_{b,max} = 210.00$ STABILNY
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.55 < 1.00$ (6.3.3.(4))

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 4.5 \text{ cm}$ Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00

$u_z = 3.8 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 4.5 \text{ cm}$ Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

Profil poprawny !!!

poziom -1 belka lo=13,0m

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 8 Belka_8
0.50 m

PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA: x = 0.04 L =

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 300

$h=29.0 \text{ cm}$

$b=30.0 \text{ cm}$

$tw=0.9 \text{ cm}$

$tf=1.4 \text{ cm}$

$gM0=1.00$

$A_y=95.32 \text{ cm}^2$

$I_y=18260.00 \text{ cm}^4$

$W_{ply}=1383.27 \text{ cm}^3$

$gM1=1.00$

$A_z=37.75 \text{ cm}^2$

$I_z=6310.00 \text{ cm}^4$

$W_{plz}=641.17 \text{ cm}^3$

$A_x=113.00 \text{ cm}^2$

$I_x=85.60 \text{ cm}^4$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{,Ed} = 117.03 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 3446.50 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 1573.67 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = -17.50 \text{ kN*m}$

$M_{y,Ed,max} = 71.40 \text{ kN*m}$

$M_{y,c,Rd} = 421.90 \text{ kN*m}$

$M_{N,y,Rd} = 421.90 \text{ kN*m}$

$M_{z,Ed} = 0.75 \text{ kN*m}$

$M_{z,Ed,max} = 0.75 \text{ kN*m}$

$M_{z,c,Rd} = 195.56 \text{ kN*m}$

$M_{N,z,Rd} = 195.56 \text{ kN*m}$

$V_{y,Ed} = -1.80 \text{ kN}$

$V_{y,T,Rd} = 1678.49 \text{ kN}$

$V_{z,Ed} = -35.00 \text{ kN}$

$V_{z,T,Rd} = 664.74 \text{ kN}$

$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN*m}$

KLASA PRZEKROJU = 2



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 13.00 \text{ m}$

$L_{cr,y} = 13.00 \text{ m}$

$L_{my} = 102.27$

$\lambda_{m,y} = 1.24$

$\chi_y = 0.46$

$\eta_{yy} = 0.95$



względem osi z:

$\eta_{yz} = 0.54$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$\tau_{u,ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

$\tau_{u,tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 102.27 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$

$N_{,Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \eta_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \eta_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.24 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 6.5 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00

$u_z = 0.3 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 6.5 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 KOMB2 (1+2)*1.00



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

Profil poprawny !!!

poziom -1 rozpora $l_0=9,0m$

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 9 Pręt_9
4.50 m

PUNKT: 2

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.50 L =$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 3 KOMB1 (1+2)*1.35

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 305.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 300

$h=29.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=30.0 \text{ cm}$	$A_y=95.32 \text{ cm}^2$	$A_z=37.75 \text{ cm}^2$	$A_x=113.00 \text{ cm}^2$
$tw=0.9 \text{ cm}$	$I_y=18260.00 \text{ cm}^4$	$I_z=6310.00 \text{ cm}^4$	$I_x=85.60 \text{ cm}^4$
$tf=1.4 \text{ cm}$	$W_{ply}=1383.27 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=641.17 \text{ cm}^3$	

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 288.04 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 11.89 \text{ kN*m}$
$N_{c,Rd} = 3446.50 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 11.89 \text{ kN*m}$
$N_{b,Rd} = 1128.74 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 421.90 \text{ kN*m}$
	$MN_{y,Rd} = 421.90 \text{ kN*m}$

KLASA PRZEKROJU = 2



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 9.00 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 0.86$
$L_{cr,y} = 9.00 \text{ m}$	$\chi_y = 0.69$
$\lambda_{m,y} = 70.80$	$\chi_{yy} = 0.97$



względem osi z:

$L_z = 9.00 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.46$
$L_{cr,z} = 9.00 \text{ m}$	$\chi_z = 0.33$
$\lambda_{m,z} = 120.44$	$\chi_{zy} = 0.00$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$
$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

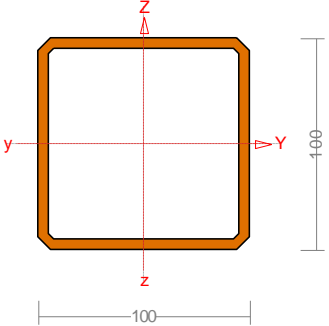
Kontrola stateczności globalnej pręta:

$$\lambda_{m,y} = 70.80 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 120.44 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$$
$$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.15 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$
$$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil poprawny !!!

5.2.10 Podkonstrukcje na dachu

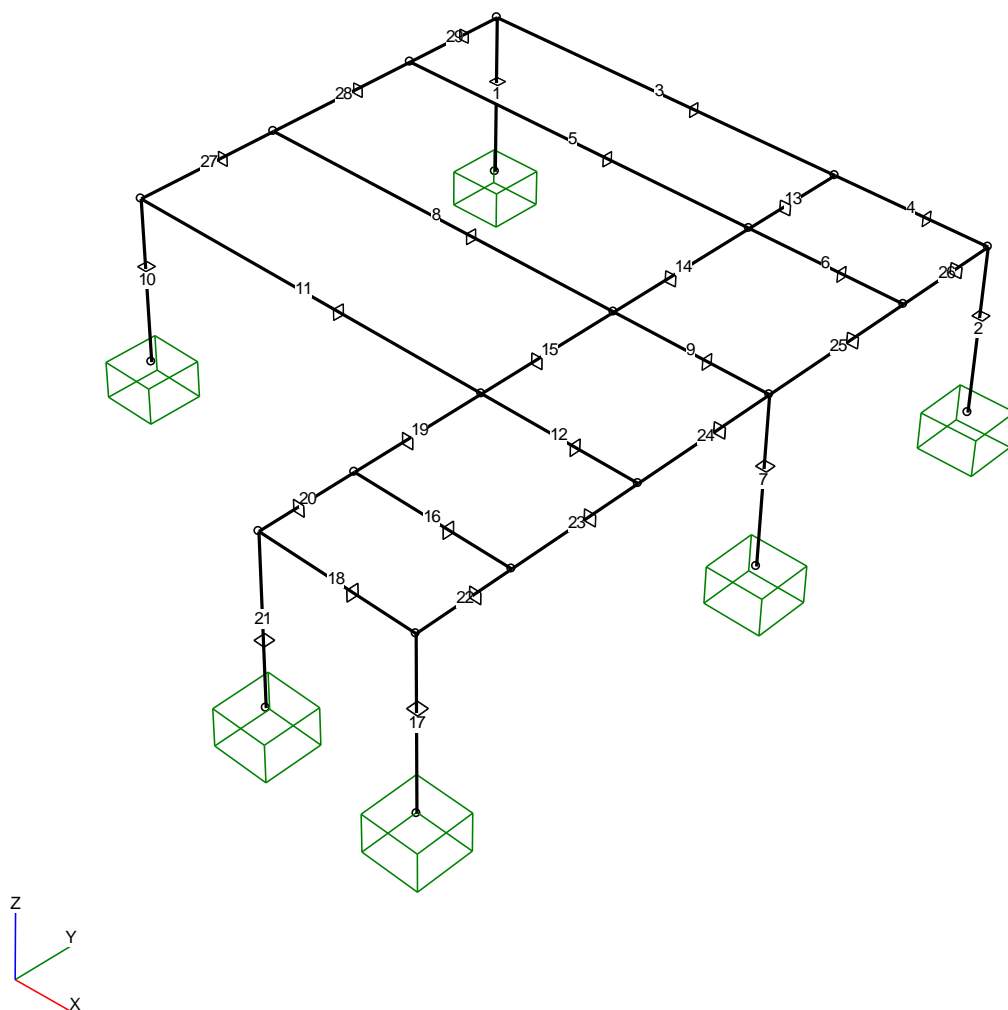
Przekroje:

1 - H 100x100x5.0~					
					
Material:	S 235	Material:		Material:	
A [cm ²]	17,94	A [cm ²]		A [cm ²]	
Jy [cm ⁴]	261,50	Jy [cm ⁴]		Jy [cm ⁴]	
Jz [cm ⁴]	261,50	Jz [cm ⁴]		Jz [cm ⁴]	
Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]		Dyz [cm ⁴]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]		α [Deg]	
Iy [cm ⁴]	261,50	Iy [cm ⁴]		Iy [cm ⁴]	
Iz [cm ⁴]	261,50	Iz [cm ⁴]		Iz [cm ⁴]	
Jt [cm ⁴]	447,54	Jt [cm ⁴]		Jt [cm ⁴]	
Jω [cm ⁴]	5,66	Jω [cm ⁴]		Jω [cm ⁴]	
iy [cm]	3,82	iy [cm]		iy [cm]	
iz [cm]	3,82	iz [cm]		iz [cm]	
is [cm]	5,40	is [cm]		is [cm]	
m [kg/m]	14,08	m [kg/m]		m [kg/m]	

Materialy:

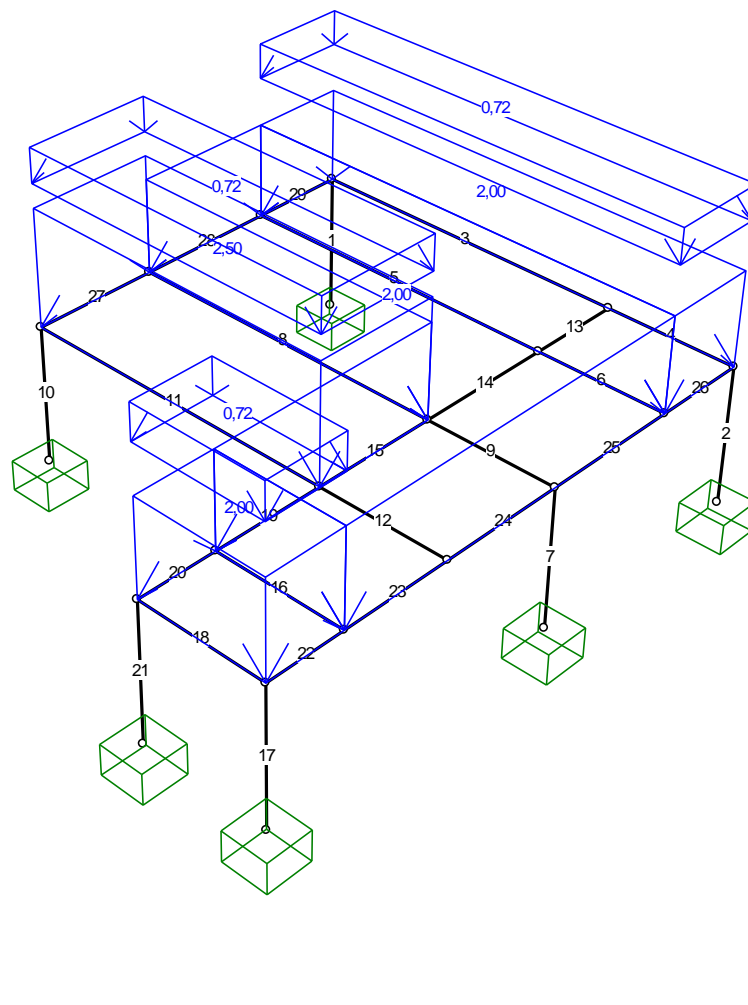
Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	α _T :	ρ:	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
1	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235

Schemat:



Zestawienie Materiału

Oznaczenie	Materiał	Długości [m]:	Masa [t]:
H 100x100x5.0~	1 - S 235	$9 \times 1,50 + 4 \times 3,50 + 6 \times 1,40 + 3 \times 1,02 + 3 \times 1,35 + 2 \times 1,20 + 2 \times 0,85 = 47,11$	0,663
Masa całkowita ustroju			0,663
Materiał		Jednostka miary	Ilość:
Stal 1993: 1 - S 235		t	0,663



Obciążenia:

Nr Pręta	Rodzaj:	Wartości char.		Współczynniki		Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie		Nazwa:	
		Pa:	Pb:	$\gamma_{G,sup}(\gamma_Q)$:	$\gamma_{G,inf}$:			xa:	xb:		
CW: Ciężar własny - Stałe $\gamma_{G,sup}=1,4$ $\gamma_{G,inf}=1$											
St: Stałe - Stałe											
	Powierzch.	2,00	2,00	1,35	1,00					Powierzchniowe	
	Powierzch.	2,50	2,50	1,35	1,00					Powierzchniowe	
	Powierzch.	2,00	2,00	1,35	1,00					Powierzchniowe	
Sn: śnieg - Zmienne $\psi_0=0$ $\psi_1=0$ $\psi_2=0$											
	Powierzch.	0,72	0,72	1,50						Powierzchniowe	
	Powierzch.	0,72	0,72	1,50						Powierzchniowe	
	Powierzch.	0,72	0,72	1,50						Powierzchniowe	
Zm: użytkowe - Zmienne $\psi_0=0$ $\psi_1=0$ $\psi_2=0$											
	Powierzch.	2,00	2,00	1,50						Powierzchniowe	

Wyniki Obliczeń wg PN-EN

Teoria I rzędu

Obwiednie sił

RM_3d v. 8.105 licencja nr 43791

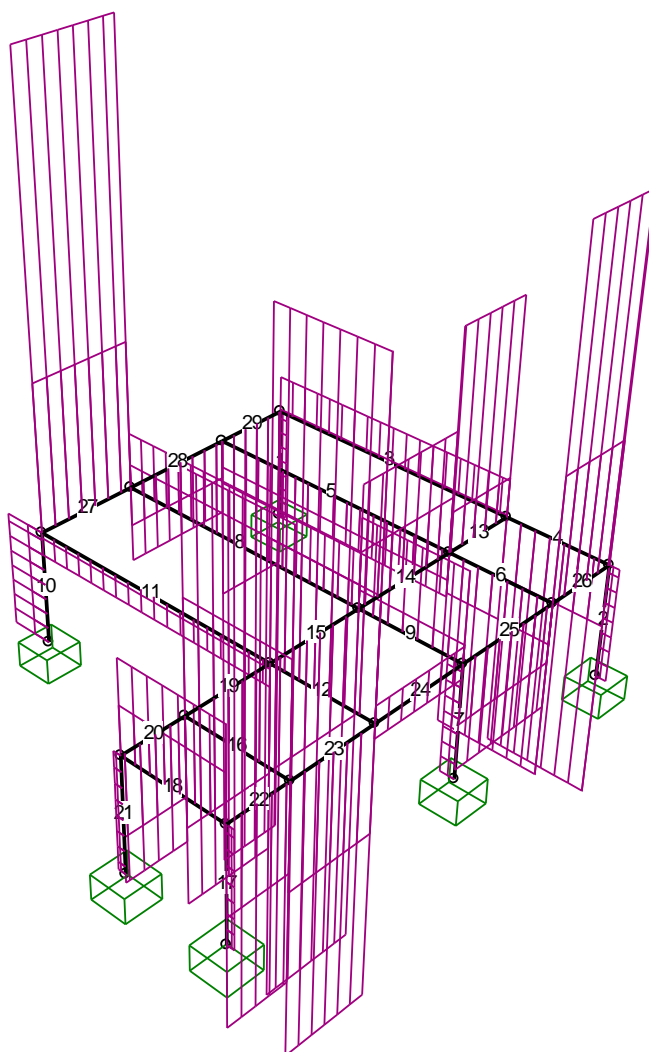
Kombinacje Obciążeń:

Nr:	Zawsze:	Ewentualnie:
1	CW+St	Sn+Zm

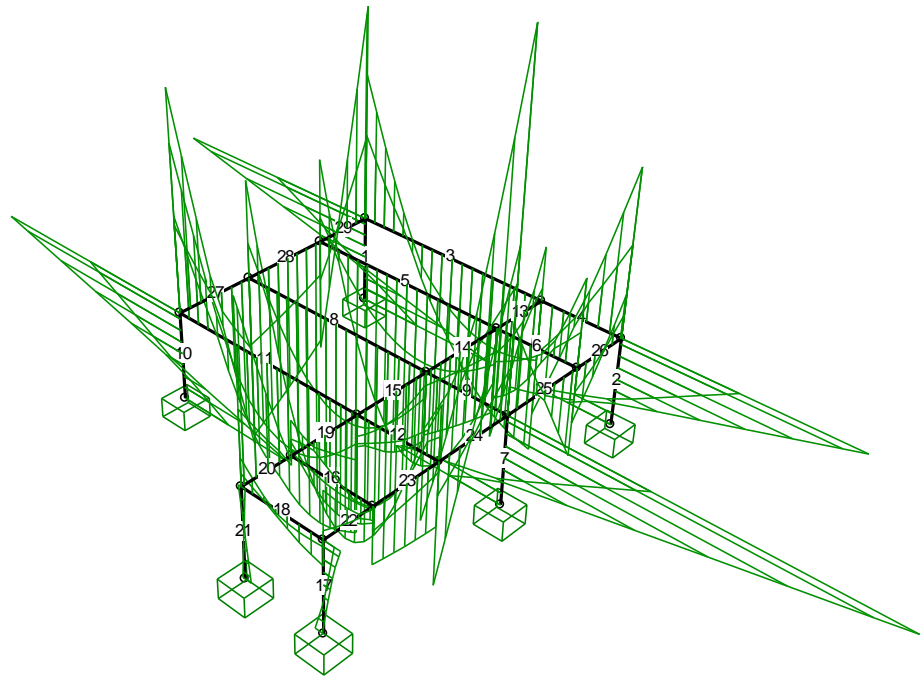
Relacje Grup Obciążeń:

Grupa obciążeń:	Relacje:
-----------------	----------

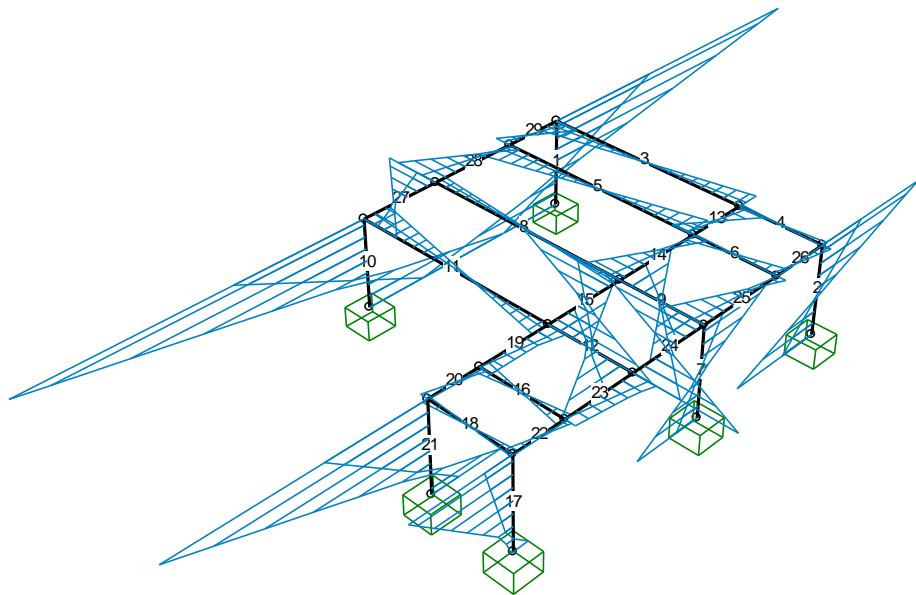
Mx



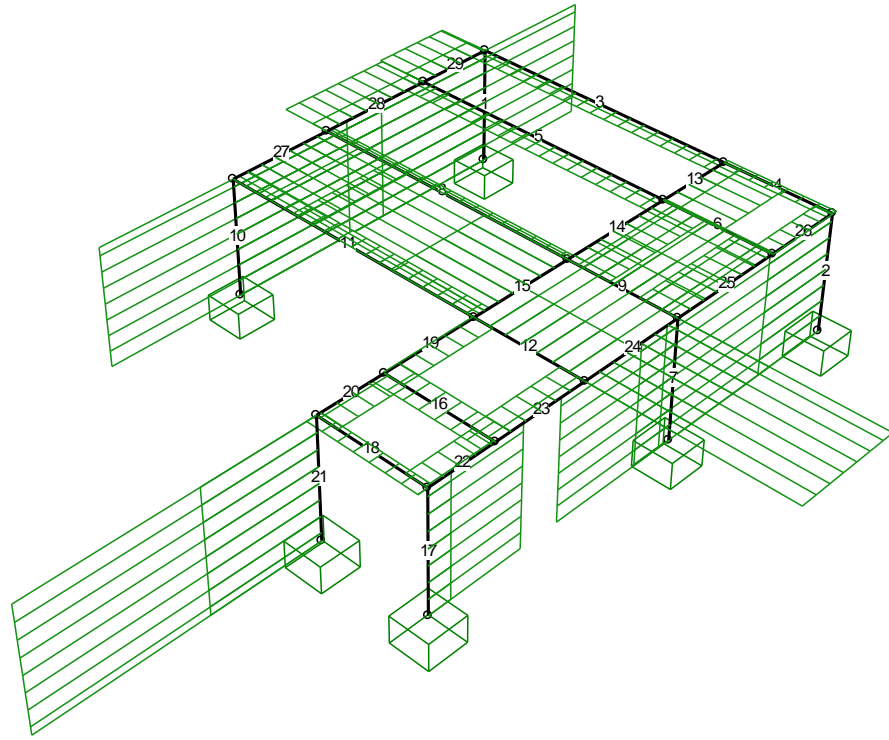
My



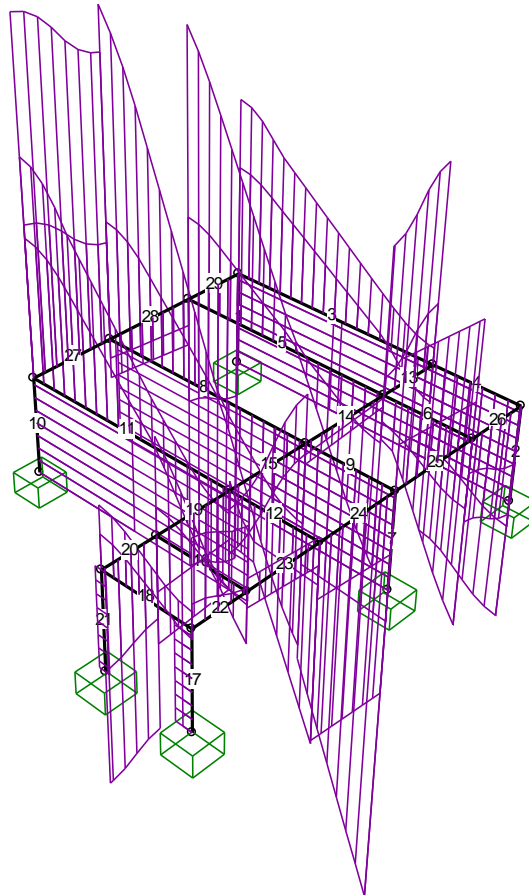
Mz



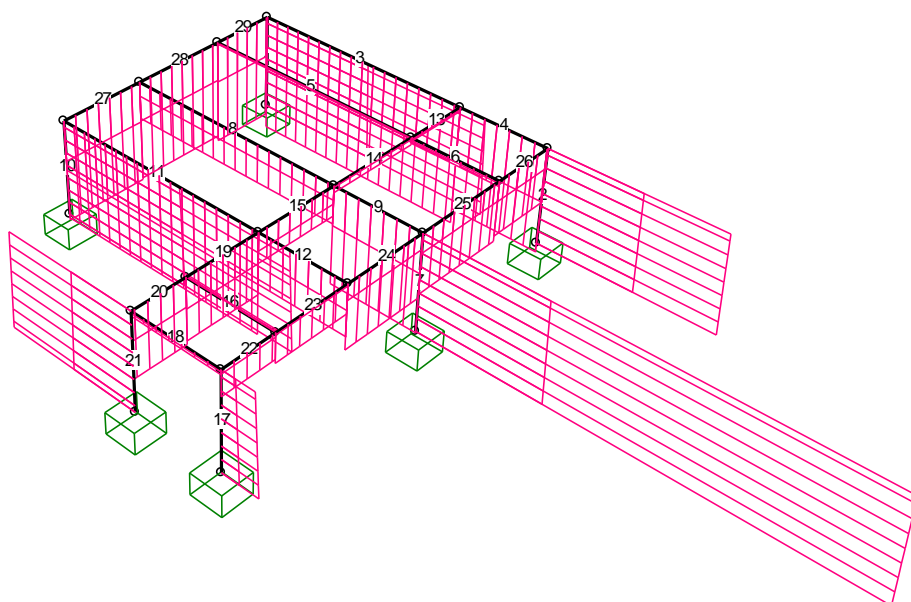
Ty



Tz



N



Siły Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr przeta:	x [m]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:	Obciążenia:
Pozycja nr 1								
1	0,000	-0,02	1,85	1,21	-2,33	-3,4	-6,79	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	1,500	-0,04	-6,65	-5,91	-5,93	-7,23	-13,51	CW StSnZm (b)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	1,500	-0,04	-6,65	-5,91	-5,93	-7,23	-13,51	CW StSnZm (b)
1	0,000	-0,02	1,85	1,21	-2,33	-3,4	-6,79	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	0,000	-0,02	1,85	1,21	-2,33	-3,4	-6,79	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	1,500	-0,02	-3,25	-2,29	-2,33	-3,4	-6,58	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
1	0,000	-0,04	4,19	2,98	-5,93	-7,23	-13,75	CW StSnZm (b)
1	1,500	-0,04	-6,65	-5,91	-5,93	-7,23	-13,51	CW StSnZm (b)
1	0,516	-0,02	0,15	0,01	-3,6	-5,41	-10,57	CW StSn (b)
1	0,516	-0,02	0,1	0,01	-2,33	-3,4	-6,72	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 1 (Kopia 1)								
2	0,000	-0,02	-1,27	0,72	-1,12	2,89	-5,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	1,500	-0,05	6,07	-2,45	-2,82	5,45	-9,05	CW StSnZm (b)
2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	1,500	-0,05	6,07	-2,45	-2,82	5,45	-9,05	CW StSnZm (b)
2	0,000	-0,02	-1,27	0,72	-1,12	2,89	-5,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	0,000	-0,02	-1,27	0,72	-1,12	2,89	-5,14	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
2	1,500	-0,02	3,06	-0,95	-1,12	2,89	-4,93	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

2	0,000	-0,05	-2,11	1,77	-2,82	5,45	-9,29	CW StSnZm (b)
2	1,500	-0,05	6,07	-2,45	-2,82	5,45	-9,05	CW StSnZm (b)
2	0,469	-0,02	0,08	0,2	-1,12	2,89	-5,07	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,19	-3,92	0,4	-0,23	4,35	-6,43	($\gamma_{G,inf}$)CW StSnZm (b)
3	0,000	0,01	-3,48	0,22	-0,13	4,33	-4,56	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSn (b)
3	3,500	0,19	4,37	-0,4	-0,23	0,35	-6,49	CW StSnZm (b)
3	0,000	0,19	-3,97	0,41	-0,23	4,42	-6,49	CW StSnZm (b)
3	0,000	0,19	-3,97	0,41	-0,23	4,42	-6,49	CW StSnZm (b)
3	3,500	0,19	4,37	-0,4	-0,23	0,35	-6,49	CW StSnZm (b)
3	0,000	0,01	-2,35	0,15	-0,09	2,93	-3,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,19	-3,97	0,41	-0,23	4,42	-6,49	CW StSnZm (b)
3	0,000	0,01	-3,77	0,24	-0,14	4,7	-4,96	CW StSn (b)
3	3,500	0,01	2,66	-0,24	-0,14	-1,02	-4,96	CW StSn (b)
3	0,000	0,01	-2,35	0,15	-0,09	2,93	-3,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
3	0,000	0,19	-3,97	0,41	-0,23	4,42	-6,49	CW StSnZm (b)
3	3,500	0,19	4,37	-0,4	-0,23	0,35	-6,49	CW StSnZm (b)
3	0,898	0,01	0	0,12	-0,14	3,44	-4,96	CW StSn (b)
3	0,898	0,01	-0,01	0,08	-0,09	2,14	-3,1	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	-0,33	1,48	-0,04	0,04	-2,24	-2,88	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	-1,27	3,27	0,04	-0,09	-4,78	-5,67	CW StSnZm (b)
4	0,000	-1,27	3,27	0,04	-0,09	-4,78	-5,67	CW StSnZm (b)
4	1,400	-1,27	-4,31	-0,09	-0,09	-6,05	-5,67	CW StSnZm (b)
4	0,000	-1,23	3,05	0,05	-0,1	-4,45	-5,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
4	1,400	-1,23	-3,96	-0,09	-0,1	-5,56	-5,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
4	0,000	-0,49	2,36	-0,06	0,06	-3,59	-4,61	CW StSn (b)
4	0,000	-1,23	3,05	0,05	-0,1	-4,45	-5,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
4	0,000	-0,33	1,48	-0,04	0,04	-2,24	-2,88	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	1,400	-1,27	-4,31	-0,09	-0,09	-6,05	-5,67	CW StSnZm (b)
4	0,000	-0,33	1,48	-0,04	0,04	-2,24	-2,88	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
4	0,000	-1,27	3,27	0,04	-0,09	-4,78	-5,67	CW StSnZm (b)
4	1,400	-1,27	-4,31	-0,09	-0,09	-6,05	-5,67	CW StSnZm (b)
4	0,653	-1,27	0,01	-0,02	-0,09	-5,35	-5,67	CW StSnZm (b)
4	0,617	-0,34	0,00	-0,01	0,04	-2,84	-3,02	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	0,000	0,1	1,52	-1,09	2,29	-3,23	-7,69	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	1,500	0,23	-6,59	5,78	5,74	-6,69	-13,85	CW StSnZm (b)
10	1,500	0,23	-6,59	5,78	5,74	-6,69	-13,85	CW StSnZm (b)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	0,000	0,1	1,52	-1,09	2,29	-3,23	-7,69	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0,1	1,52	-1,09	2,29	-3,23	-7,69	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	1,500	0,1	-3,32	2,35	2,29	-3,23	-7,48	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
10	0,000	0,23	3,45	-2,82	5,74	-6,69	-14,09	CW StSnZm (b)
10	1,500	0,23	-6,59	5,78	5,74	-6,69	-13,85	CW StSnZm (b)
10	0,469	0,15	0,01	-0,03	3,53	-4,98	-11,63	CW StSn (b)
10	0,469	0,1	0,01	-0,01	2,29	-3,23	-7,62	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 1 (Kopia 1) (Kopia 1)								
5	0,000	-0,15	-0,69	0,18	-0,1	2,25	-0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	-0,23	-1,12	0,28	-0,15	3,61	-0,08	CW StSn (b)
5	2,060	-0,22	5,17	-0,07	-0,28	-0,05	-0,03	CW StSnZm (b)
5	0,000	-0,22	-2,28	0,51	-0,28	7,03	-0,03	CW StSnZm (b)
5	0,000	-0,22	-2,28	0,51	-0,28	7,03	-0,03	CW StSnZm (b)
5	3,500	-0,22	1,44	-0,47	-0,28	-4,91	-0,03	CW StSnZm (b)

5	0,000	-0,15	-0,69	0,18	-0,1	2,25	-0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
5	0,000	-0,22	-2,28	0,51	-0,28	7,03	-0,03	CW StSnZm (b)
5	0,000	-0,22	-2,28	0,51	-0,28	7,03	-0,03	CW StSnZm (b)
5	3,500	-0,22	1,44	-0,47	-0,28	-4,91	-0,03	CW StSnZm (b)
5	0,000	-0,2	-2,18	0,48	-0,26	6,7	-0,03	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
5	0,000	-0,23	-1,12	0,28	-0,15	3,61	-0,08	CW StSn (b)
5	2,138	-0,22	5,16	-0,09	-0,28	-0,32	-0,03	CW StSnZm (b)
5	0,319	-0,15	0,01	0,15	-0,1	2,1	-0,05	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	0,000	-0,21	0,91	-0,02	0,02	-0,77	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	0,000	-0,93	1,94	0,17	-0,29	-0,82	-0,28	CW StSnZm (b)
6	0,000	-0,93	1,94	0,17	-0,29	-0,82	-0,28	CW StSnZm (b)
6	1,400	-0,93	-2,3	-0,23	-0,29	-5,24	-0,28	CW StSnZm (b)
6	0,000	-0,9	1,83	0,17	-0,29	-0,72	-0,26	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
6	1,400	-0,9	-2,18	-0,23	-0,29	-5,01	-0,26	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
6	0,000	-0,28	1,17	-0,03	0,03	-1	-0,17	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
6	0,000	-0,9	1,83	0,17	-0,29	-0,72	-0,26	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
6	0,000	-0,9	1,8	0,17	-0,29	-0,71	-0,26	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
6	1,400	-0,93	-2,3	-0,23	-0,29	-5,24	-0,28	CW StSnZm (b)
6	0,000	-0,21	0,91	-0,02	0,02	-0,77	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
6	0,000	-0,93	1,94	0,17	-0,29	-0,82	-0,28	CW StSnZm (b)
6	1,400	-0,93	-2,3	-0,23	-0,29	-5,24	-0,28	CW StSnZm (b)
6	0,866	-0,23	0,00	-0,01	0,02	-1,6	-0,14	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,04	-1,46	0,45	-0,56	3,37	-6,54	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	1,500	0,08	9,19	-1,39	-1,76	8,33	-21,18	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	1,500	0,08	9,19	-1,39	-1,76	8,33	-21,18	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,04	-1,46	0,45	-0,56	3,37	-6,54	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	0,000	0,04	-1,46	0,45	-0,56	3,37	-6,54	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	1,500	0,04	3,59	-0,4	-0,56	3,37	-6,32	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,000	0,08	-3,3	1,26	-1,76	8,33	-21,42	CW StSnZm (b)
7	1,500	0,08	9,19	-1,39	-1,76	8,33	-21,18	CW StSnZm (b)
7	0,422	0,04	-0,03	0,22	-0,62	3,54	-7,07	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
7	0,422	0,04	-0,04	0,21	-0,56	3,37	-6,48	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,12	-0,96	-0,11	0,05	3,1	-0,77	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	2,019	0,29	6,23	-0,01	0,1	0,08	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	3,500	0,29	1,72	0,13	0,1	-5,71	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,12	-0,96	-0,11	0,05	3,1	-0,77	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	3,500	0,29	1,72	0,13	0,1	-5,71	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,000	0,12	-0,96	-0,11	0,05	3,1	-0,77	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
8	0,000	0,29	-2,63	-0,2	0,1	8,2	-2,01	CW StSnZm (b)
8	2,019	0,29	6,23	-0,01	0,1	0,08	-2,01	CW StSnZm (b)
8	0,316	0,12	0	-0,09	0,05	2,93	-0,77	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0,45	4,21	-1,09	1,57	-6,12	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,000	0,1	1,54	-0,54	0,77	-3,3	-2,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

9	0,000	0,45	4,21	-1,09	1,57	-6,12	-5,27	CW StSnZm (b)
9	1,400	0,45	-8,71	1,1	1,57	-12,33	-5,27	CW StSnZm (b)
9	1,400	0,45	-8,71	1,1	1,57	-12,33	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,000	0,45	4,21	-1,09	1,57	-6,12	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,000	0,45	4,21	-1,09	1,57	-6,12	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,000	0,1	1,54	-0,54	0,77	-3,3	-2,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0,1	1,54	-0,54	0,77	-3,3	-2,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	1,400	0,45	-8,71	1,1	1,57	-12,33	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,000	0,1	1,54	-0,54	0,77	-3,3	-2,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
9	0,000	0,45	4,21	-1,09	1,57	-6,12	-5,27	CW StSnZm (b)
9	1,400	0,45	-8,71	1,1	1,57	-12,33	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,569	0,45	0,01	-0,2	1,57	-8,64	-5,27	CW StSnZm (b)
9	0,481	0,1	-0,05	-0,17	0,81	-3,57	-2,21	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	-0,03	-2,67	-0,21	0,09	3,71	-2,81	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	-0,12	-4,31	-0,48	0,22	5,13	-5,34	($\gamma_{G,inf}$)CW StSnZm (b)
11	2,758	-0,12	3,62	0,13	0,22	0,05	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,000	-0,12	-4,36	-0,48	0,22	5,19	-5,39	CW StSnZm (b)
11	3,500	-0,12	3,23	0,3	0,22	-0,85	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,000	-0,12	-4,36	-0,48	0,22	5,19	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,000	-0,12	-4,36	-0,48	0,22	5,19	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,000	-0,03	-2,57	-0,2	0,09	3,58	-2,7	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	-0,05	-3,95	-0,31	0,14	5,5	-4,16	CW StSn (b)
11	3,500	-0,05	1,14	0,17	0,14	-2,6	-4,16	CW StSn (b)
11	0,000	-0,03	-2,57	-0,2	0,09	3,58	-2,7	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
11	0,000	-0,12	-4,36	-0,48	0,22	5,19	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,000	-0,12	-4,36	-0,48	0,22	5,19	-5,39	CW StSnZm (b)
11	0,809	-0,03	0,05	-0,13	0,09	2,76	-2,81	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	1,62	2,34	-1,28	1,87	0,11	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	0,6	0,76	-0,5	0,73	-0,89	-1,34	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,044	1,62	2,34	-1,2	1,87	-0,06	-2,69	CW StSnZm (b)
12	1,400	1,62	-1,41	1,34	1,87	-5,47	-2,69	CW StSnZm (b)
12	1,400	1,62	-1,41	1,34	1,87	-5,47	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	1,62	2,34	-1,28	1,87	0,11	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	1,62	2,34	-1,28	1,87	0,11	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	0,6	0,76	-0,5	0,73	-0,89	-1,34	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	1,53	2,23	-1,21	1,77	0,24	-2,49	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
12	1,400	1,62	-1,41	1,34	1,87	-5,47	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	0,6	0,76	-0,5	0,73	-0,89	-1,34	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
12	0,000	1,62	2,34	-1,28	1,87	0,11	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,000	1,62	2,34	-1,28	1,87	0,11	-2,69	CW StSnZm (b)
12	0,788	0,78	0,00	0,1	0,94	-1,29	-1,75	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
12	0,788	0,6	0,02	0,08	0,73	-1	-1,34	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 1 (Kopia 1) (Kopia 1) (Kopia								
16	0,000	1,13	-0,34	-0,14	0,19	2,4	0,07	CW StSnZm (b)
16	0,000	0,56	-0,16	0,07	-0,1	0,7	0,02	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
16	0,889	1,13	0,78	0,03	0,19	-0,01	0,07	CW StSnZm (b)
16	0,000	1,13	-0,34	-0,14	0,19	2,4	0,07	CW StSnZm (b)
16	1,400	1,06	0,41	0,14	0,21	-1,26	0,07	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
16	0,000	1,06	-0,32	-0,15	0,21	2,31	0,07	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
16	0,000	1,06	-0,32	-0,15	0,21	2,31	0,07	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
16	0,000	0,85	-0,26	0,11	-0,17	1,08	0,04	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
16	0,000	1,13	-0,34	-0,14	0,19	2,4	0,07	CW StSnZm (b)
16	1,400	1,13	0,42	0,13	0,19	-1,3	0,07	CW StSnZm (b)
16	0,000	1,13	-0,34	-0,14	0,19	2,4	0,07	CW StSnZm (b)
16	0,000	0,56	-0,16	0,07	-0,1	0,7	0,02	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
16	0,941	1,13	0,78	0,04	0,19	-0,16	0,07	CW StSnZm (b)

16	0,239	0,58	0,00	0,04	-0,1	0,64	0,02	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	-0,03	-0,15	0,01	0,3	0,29	-0,95	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	-0,04	-0,24	0,03	0,44	0,46	-1,37	CW StSn (b)
17	1,500	-0,04	0,45	0,69	0,44	0,46	-1,13	CW StSn (b)
17	0,000	-0,04	-0,24	0,03	0,44	0,46	-1,37	CW StSn (b)
17	1,500	-0,03	0,4	1,66	1,28	0,3	-1,74	CW StSnZm (b)
17	0,000	-0,03	-0,03	-0,26	1,25	0,26	-1,92	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
17	0,000	-0,03	-0,06	-0,25	1,28	0,3	-1,98	CW StSnZm (b)
17	0,000	-0,03	-0,15	0,01	0,3	0,29	-0,95	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	-0,04	-0,24	0,03	0,44	0,46	-1,37	CW StSn (b)
17	0,000	-0,03	-0,03	-0,26	1,23	0,26	-1,84	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
17	1,500	-0,03	0,29	0,47	0,3	0,29	-0,74	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
17	0,000	-0,03	-0,06	-0,25	1,28	0,3	-1,98	CW StSnZm (b)
17	1,500	-0,03	0,4	1,66	1,28	0,3	-1,74	CW StSnZm (b)
17	0,188	-0,03	0	-0,02	1,28	0,3	-1,95	CW StSnZm (b)
17	0,188	-0,03	0	-0,01	1,26	0,3	-1,87	($\gamma_{G,inf}$)CW StSnZm (b)
18	0,000	0,46	-0,72	-0,03	0,05	1,57	-0,25	CW StSnZm (b)
18	0,000	0,24	-0,34	0,06	-0,08	0,88	-0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	1,400	0,46	0,65	0,03	0,05	0,39	-0,25	CW StSnZm (b)
18	0,000	0,46	-0,72	-0,03	0,05	1,57	-0,25	CW StSnZm (b)
18	0,000	0,37	-0,51	0,09	-0,13	1,35	-0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
18	1,400	0,37	0,25	-0,09	-0,13	-0,25	-0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
18	0,000	0,43	-0,68	-0,04	0,06	1,46	-0,24	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
18	0,000	0,37	-0,51	0,09	-0,13	1,35	-0,18	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
18	0,000	0,46	-0,72	-0,03	0,05	1,57	-0,25	CW StSnZm (b)
18	1,400	0,37	0,26	-0,09	-0,12	-0,25	-0,18	CW StSn (b)
18	0,000	0,24	-0,34	0,06	-0,08	0,88	-0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
18	0,000	0,46	-0,72	-0,03	0,05	1,57	-0,25	CW StSnZm (b)
18	0,000	0,46	-0,72	-0,03	0,05	1,57	-0,25	CW StSnZm (b)
18	0,511	0,43	0,00	-0,01	0,06	1,11	-0,23	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
Pozycja nr 4								
13	0,000	1,11	-1,46	-0,44	0,82	5,13	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,000	0,21	-0,34	-0,12	0,22	1,62	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	1,020	1,11	3,08	0,39	0,82	3,77	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,000	1,11	-1,46	-0,44	0,82	5,13	-0,14	CW StSnZm (b)
13	1,020	1,11	3,08	0,39	0,82	3,77	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,000	1,11	-1,46	-0,44	0,82	5,13	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,000	1,11	-1,46	-0,44	0,82	5,13	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,000	0,21	-0,34	-0,12	0,22	1,62	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	1,11	-1,46	-0,44	0,82	5,13	-0,14	CW StSnZm (b)
13	1,020	0,21	0,71	0,11	0,22	0,44	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
13	0,000	1,08	-1,41	-0,42	0,79	4,89	-0,12	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
13	0,000	0,3	-0,51	-0,18	0,35	2,58	-0,2	CW StSn (b)
13	1,020	1,11	3,08	0,39	0,82	3,77	-0,14	CW StSnZm (b)
13	0,223	0,21	0,01	-0,07	0,22	1,49	-0,13	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	0,61	2,37	-0,24	0,57	-0,31	-0,13	CW StSnZm (b)
14	0,000	0,28	0,64	-0,03	0,14	-0,09	-0,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	0,61	2,37	-0,24	0,57	-0,31	-0,13	CW StSnZm (b)
14	1,500	0,28	0,36	0,18	0,14	-0,3	-0,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	1,500	0,61	1,71	0,62	0,57	-0,56	-0,13	CW StSnZm (b)
14	0,000	0,61	2,37	-0,24	0,57	-0,31	-0,13	CW StSnZm (b)
14	0,000	0,61	2,37	-0,24	0,57	-0,31	-0,13	CW StSnZm (b)
14	0,000	0,28	0,64	-0,03	0,14	-0,09	-0,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
14	0,000	0,29	0,68	-0,04	0,15	-0,07	-0,26	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

14	1,500	0,61	1,71	0,62	0,57	-0,56	-0,13	CW StSnZm (b)
14	0,000	0,57	2,27	-0,24	0,55	-0,3	-0,09	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
14	0,000	0,41	1,07	-0,05	0,22	-0,26	-0,37	CW StSn (b)
14	0,000	0,61	2,37	-0,24	0,57	-0,31	-0,13	CW StSnZm (b)
14	1,500	0,28	0,36	0,18	0,14	-0,3	-0,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-0,57	0,33	0,8	-1,19	0,85	-0,97	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-0,57	0,33	0,8	-1,19	0,85	-0,97	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	1,350	-1,88	0,65	-1,8	-2,7	-1,67	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-0,57	0,33	0,8	-1,19	0,85	-0,97	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-0,88	0,49	1,23	-1,84	1,27	-1,47	CW StSn (b)
15	1,350	-1,88	0,65	-1,8	-2,7	-1,67	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-0,57	0,33	0,8	-1,19	0,85	-0,97	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,000	-1,88	1,88	1,84	-2,7	-0,15	-1,6	CW StSnZm (b)
15	0,675	-0,57	0,74	-0,01	-1,19	0,18	-0,97	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
Pozycja nr 6								
19	0,000	-0,57	1,21	-0,21	0,17	-1,27	-1,61	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,000	-0,99	2,39	-0,21	0,01	-2,64	-3,25	CW StSnZm (b)
19	0,000	-0,99	2,39	-0,21	0,01	-2,64	-3,25	CW StSnZm (b)
19	1,200	-0,99	-0,89	-0,21	0,01	-2,83	-3,25	CW StSnZm (b)
19	1,200	-0,76	-0,57	-0,01	0,22	-1,86	-2,08	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
19	0,000	-0,89	1,81	-0,32	0,26	-1,96	-2,45	CW StSn (b)
19	0,000	-0,89	1,81	-0,32	0,26	-1,96	-2,45	CW StSn (b)
19	0,000	-0,91	2,21	-0,18	-0,02	-2,45	-3,02	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
19	0,000	-0,57	1,21	-0,21	0,17	-1,27	-1,61	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	1,200	-0,99	-0,89	-0,21	0,01	-2,83	-3,25	CW StSnZm (b)
19	0,000	-0,57	1,21	-0,21	0,17	-1,27	-1,61	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
19	0,000	-0,99	2,39	-0,21	0,01	-2,64	-3,25	CW StSnZm (b)
19	0,000	-0,99	2,39	-0,21	0,01	-2,64	-3,25	CW StSnZm (b)
19	0,900	-0,57	0,00	-0,06	0,17	-1,4	-1,61	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	-0,41	0,14	-0,08	0,19	-2,14	-1,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	-0,65	0,24	-0,07	0,08	-5,23	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,000	-0,65	0,24	-0,07	0,08	-5,23	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,850	-0,65	-4,43	0	0,08	-5,78	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,850	-0,63	-2,83	0,13	0,29	-3,93	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
20	0,000	-0,63	0,21	-0,12	0,3	-3,26	-2,29	CW StSn (b)
20	0,000	-0,63	0,21	-0,12	0,3	-3,26	-2,29	CW StSn (b)
20	0,000	-0,59	0,22	-0,06	0,05	-4,91	-3,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
20	0,000	-0,41	0,14	-0,08	0,19	-2,14	-1,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,850	-0,65	-4,43	0	0,08	-5,78	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,000	-0,41	0,14	-0,08	0,19	-2,14	-1,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
20	0,000	-0,65	0,24	-0,07	0,08	-5,23	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,850	-0,65	-4,43	0	0,08	-5,78	-3,44	CW StSnZm (b)
20	0,040	-0,59	0,03	-0,06	0,05	-4,92	-3,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
20	0,066	-0,42	0,00	-0,07	0,19	-2,22	-1,54	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (b)
21	0,000	-0,03	-0,07	1,65	-1,42	0,08	-3,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	0,000	-0,04	-0,11	2,51	-2,17	0,12	-5,37	CW StSn (b)
21	0,000	-0,03	0,08	3,77	-3,31	-0,18	-6,92	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)

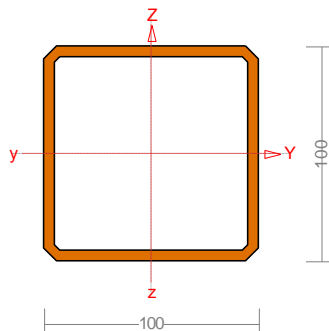
21	1,500	-0,03	-0,19	-1,2	-3,31	-0,18	-7,17	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
21	0,000	-0,03	0,07	3,97	-3,49	-0,17	-7,34	CW StSnZm (b)
21	1,500	-0,03	-0,18	-1,26	-3,49	-0,17	-7,59	CW StSnZm (b)
21	0,000	-0,03	-0,07	1,65	-1,42	0,08	-3,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	1,453	-0,03	-0,17	-1,1	-3,49	-0,17	-7,58	CW StSnZm (b)
21	0,000	-0,04	-0,11	2,47	-2,13	0,12	-5,28	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
21	0,000	-0,03	0,08	3,77	-3,31	-0,18	-6,92	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
21	0,000	-0,03	-0,07	1,65	-1,42	0,08	-3,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
21	1,500	-0,03	-0,18	-1,26	-3,49	-0,17	-7,59	CW StSnZm (b)
21	0,000	-0,03	0,07	3,97	-3,49	-0,17	-7,34	CW StSnZm (b)
21	1,172	-0,04	0,03	-0,03	-2,17	0,12	-5,56	CW StSn (b)
21	1,172	-0,03	0,02	-0,02	-1,42	0,08	-3,67	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	-0,46	-0,23	-0,08	0,18	0,59	-0,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	-1,05	-1,2	0,00	0,05	2,12	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,850	-1,05	0,37	0,05	0,05	1,57	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,000	-1,05	-1,2	0,00	0,05	2,12	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,850	-0,71	0,11	0,11	0,28	0,12	-0,31	CW StSn (b)
22	0,000	-0,71	-0,3	-0,13	0,28	0,83	-0,29	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
22	0,000	-0,71	-0,32	-0,13	0,28	0,87	-0,31	CW StSn (b)
22	0,000	-0,98	-1,17	0,01	0,03	2,04	-1,29	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
22	0,000	-1,05	-1,2	0,00	0,05	2,12	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,850	-0,61	0,08	0,1	0,24	0,09	-0,26	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
22	0,000	-0,46	-0,23	-0,08	0,18	0,59	-0,22	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
22	0,000	-1,05	-1,2	0,00	0,05	2,12	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,000	-1,05	-1,2	0,00	0,05	2,12	-1,33	CW StSnZm (b)
22	0,452	-0,61	0	0	0,24	0,37	-0,26	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
23	0,000	-0,56	0,63	0,00	0,21	-0,21	-0,12	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	0,000	-1,47	1,5	0,18	0,13	0,27	-1,51	CW StSnZm (b)
23	1,200	-1,47	1,71	0,33	0,13	0,08	-1,51	CW StSnZm (b)
23	1,200	-0,56	0,28	0,25	0,21	-0,38	-0,12	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
23	1,200	-0,86	0,38	0,38	0,32	-0,59	-0,15	CW StSn (b)
23	0,000	-0,73	0,81	-0,01	0,28	-0,32	-0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
23	0,000	-0,86	0,97	0,00	0,32	-0,4	-0,15	CW StSn (b)
23	0,000	-1,39	1,41	0,18	0,1	0,3	-1,5	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
23	0,000	-1,4	1,43	0,18	0,1	0,32	-1,52	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
23	1,200	-0,86	0,38	0,38	0,32	-0,59	-0,15	CW StSn (b)
23	0,000	-0,73	0,81	-0,01	0,28	-0,32	-0,11	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
23	0,000	-1,4	1,43	0,18	0,1	0,32	-1,52	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
23	1,200	-1,47	1,71	0,33	0,13	0,08	-1,51	CW StSnZm (b)
23	1,200	-0,56	0,28	0,25	0,21	-0,38	-0,12	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	0,000	0,09	1,26	1,17	-1,72	-2,16	-1,23	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
24	0,000	-0,08	3,24	1,57	-2,41	-5,22	-3,3	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
24	0,000	-0,07	3,33	1,67	-2,56	-5,39	-3,39	CW StSnZm (b)
24	1,350	-0,07	-4,09	-1,78	-2,56	-5,61	-3,39	CW StSnZm (b)
24	0,000	-0,07	3,33	1,67	-2,56	-5,39	-3,39	CW StSnZm (b)
24	1,350	-0,07	-4,09	-1,78	-2,56	-5,61	-3,39	CW StSnZm (b)
24	0,000	0,06	0,88	0,77	-1,13	-1,47	-0,85	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	0,000	-0,07	3,33	1,67	-2,56	-5,39	-3,39	CW StSnZm (b)
24	0,000	0,06	0,88	0,77	-1,13	-1,47	-0,85	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	1,350	-0,07	-4,09	-1,78	-2,56	-5,61	-3,39	CW StSnZm (b)
24	0,000	0,06	0,88	0,77	-1,13	-1,47	-0,85	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
24	0,000	-0,07	3,33	1,67	-2,56	-5,39	-3,39	CW StSnZm (b)
24	1,350	-0,07	-4,09	-1,78	-2,56	-5,61	-3,39	CW StSnZm (b)

24	0,633	-0,08	-0,1	0,05	-2,41	-5,33	-3,3	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
24	0,591	0,06	-0,01	0,1	-1,13	-1,55	-0,85	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	-0,31	-0,73	-0,19	0,13	1,17	-1,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	1,500	-0,55	2,42	0,15	0,5	3	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	1,500	-0,55	2,42	0,15	0,5	3	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,000	-0,31	-0,73	-0,19	0,13	1,17	-1,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	1,500	-0,31	0,86	0,01	0,13	0,96	-1,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	-0,31	-0,73	-0,19	0,13	1,17	-1,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,000	-0,55	-2,26	-0,6	0,5	3,24	-3,2	CW StSnZm (b)
25	0,656	-0,31	0,00	-0,1	0,13	1,08	-1,06	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	1,75	1,49	-0,08	0,22	-2,24	-2,91	CW StSnZm (b)
26	0,000	0,63	0,65	0,01	-0,01	-0,92	-1,07	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	1,75	1,49	-0,08	0,22	-2,24	-2,91	CW StSnZm (b)
26	1,020	1,75	-1,18	0,14	0,22	-3	-2,91	CW StSnZm (b)
26	1,020	1,67	-1,1	0,14	0,22	-2,81	-2,78	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
26	0,000	1,67	1,42	-0,08	0,22	-2,13	-2,78	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
26	0,000	1,67	1,42	-0,08	0,22	-2,13	-2,78	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
26	0,000	0,81	0,83	0,01	-0,01	-1,18	-1,38	($\gamma_{G,inf}$)CW St (a)
26	0,000	0,63	0,65	0,01	-0,01	-0,92	-1,07	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	1,020	1,75	-1,18	0,14	0,22	-3	-2,91	CW StSnZm (b)
26	0,000	0,63	0,65	0,01	-0,01	-0,92	-1,07	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
26	0,000	1,75	1,49	-0,08	0,22	-2,24	-2,91	CW StSnZm (b)
26	0,000	1,75	1,49	-0,08	0,22	-2,24	-2,91	CW StSnZm (b)
26	0,606	0,96	-0,01	0,01	-0,01	-2,1	-1,63	($\gamma_{G,inf}$)CW StSn (b)
26	0,606	0,63	-0,01	0,00	-0,01	-1,35	-1,07	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	0,75	-2,32	0,3	-0,53	3,9	-2,2	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	1,350	2,23	5,01	-1,05	-1,31	7,14	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	1,350	2,23	5,01	-1,05	-1,31	7,14	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	0,75	-2,32	0,3	-0,53	3,9	-2,2	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	1,350	0,75	2,05	-0,42	-0,53	2,57	-2,2	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	0,75	-2,32	0,3	-0,53	3,9	-2,2	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,000	2,23	-5,67	0,72	-1,31	8,67	-5,51	CW StSnZm (b)
27	0,633	1,18	0,01	-0,06	-0,82	5,07	-3,4	CW StSn (b)
27	0,633	0,79	0,01	-0,04	-0,56	3,48	-2,32	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	-0,21	1,93	-0,31	0,24	-0,53	-2,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)
28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)
28	1,500	-0,21	0,97	0,05	0,24	-0,74	-2,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	1,500	-0,4	2,95	0,21	0,7	-1,3	-5,42	CW StSnZm (b)
28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)

28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)
28	0,000	-0,21	1,93	-0,31	0,24	-0,53	-2,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	-0,21	2,02	-0,33	0,25	-0,52	-2,27	CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	1,500	-0,4	2,95	0,21	0,7	-1,3	-5,42	CW StSnZm (b)
28	0,000	-0,21	1,93	-0,31	0,24	-0,53	-2,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)
28	0,000	-0,4	4,72	-0,84	0,7	-1,06	-5,42	CW StSnZm (b)
28	1,500	-0,21	0,97	0,05	0,24	-0,74	-2,15	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	-0,89	1,12	-0,13	0,29	-2,99	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	-2,68	3,17	-0,3	0,74	-8,33	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,000	-2,68	3,17	-0,3	0,74	-8,33	-5,7	CW StSnZm (b)
29	1,020	-2,68	-5,72	0,45	0,74	-9,09	-5,7	CW StSnZm (b)
29	1,020	-2,68	-5,72	0,45	0,74	-9,09	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,000	-2,68	3,17	-0,3	0,74	-8,33	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,000	-2,68	3,17	-0,3	0,74	-8,33	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,000	-0,89	1,12	-0,13	0,29	-2,99	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	-0,89	1,12	-0,13	0,29	-2,99	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	1,020	-2,68	-5,72	0,45	0,74	-9,09	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,000	-0,89	1,12	-0,13	0,29	-2,99	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)
29	0,000	-2,68	3,17	-0,3	0,74	-8,33	-5,7	CW StSnZm (b)
29	1,020	-2,68	-5,72	0,45	0,74	-9,09	-5,7	CW StSnZm (b)
29	0,382	-2,57	-0,04	-0,02	0,7	-8,17	-5,42	CW ($\gamma_{G,inf}$)StSnZm (b)
29	0,367	-0,89	-0,01	-0,02	0,29	-3,18	-2,25	($\gamma_{G,inf}$)CW ($\gamma_{G,inf}$)St (a)

Pręt nr 1

Przekrój: 1 - H 100x100x5.0~



Wymiary przekroju:

$h=100,0$ $s=100,0$ $g=5,0$ $t=5,0$ $r=5,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=261,5$ $I_{zg}=261,5$ $A=17,94$ $i_y=3,8$ $i_z=3,8$ $I_w=5,7$ $I_t=447,5$ $i_s=5,399$.

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=5,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Y_c

Przyjęto:

$\kappa_a = 0,000$ $\kappa_b = 0,354$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow \mu = 0,552$ dla $l_0 = 1,500$

$l_w = 0,552 \times 1,500 = 0,828$ m

Przęsło Z_c

Przyjęto:

$\kappa_a = 0,000$ $\kappa_b = 0,237$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow \mu = 0,527$ dla $l_0 = 1,500$

$l_w = 0,527 \times 1,500 = 0,791$ m

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 1,500$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1,500$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 261,5}{0,828^2} \times 10^{-2} = 7905,51 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 261,5}{0,791^2} \times 10^{-2} = 8673,35 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,399^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 5,66}{1,500^2} \times 10^{-2} + 81 \times 447,5 \times 10^2 \right) = 124348,72 \text{ kN}$$

Zwicherungie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

$$0,000 \times 8673,35 + \sqrt{(0,000 \times 8673,35)^2 + 0,000^2 \times 0,054^2 \times 8673,35 \times 124348,72} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 1,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·Sn (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$

Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	85,0	5,0	1,000	-0,092	-	33,000	38,000	65,649	17,000	1
2	85,0	5,0	0,529	-5,547	-	67,320	77,520	956,071	17,000	1
3	85,0	5,0	0,529	0,000	-	67,320	77,520	INF	17,000	1
4	85,0	5,0	1,000	0,269	-	33,000	38,000	55,345	17,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,500$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·(0·Sn+Zm) (b)

Klasa przekroju 1.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -13,75 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 17,94 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 17,94 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

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

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 421,59 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{13,75}{421,59} = 0,033 < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{7905,51 \times 10}} = 0,231$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,231 - 0,2) + 0,231^2] = 0,534$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,534 + \sqrt{0,534^2 - 0,231^2}} = 0,984$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{8673,35 \times 10}} = 0,220$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,220 - 0,2) + 0,220^2] = 0,529$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,529 + \sqrt{0,529^2 - 0,220^2}} = 0,990$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{124348,72 \times 10}} = 0,0582$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,0582 - 0,2) + 0,0582^2] = 0,467$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,467 + \sqrt{0,467^2 - 0,0582^2}} = 1,075$
przyjęto $\chi = 0,984 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,990 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,984$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,984 \times 17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 414,95 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{13,75}{414,95} = \mathbf{0,033} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 1,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+1,5·(0·Sn+Zm) (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 447,54 \times \frac{0,50}{2,48} = 90,11 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{90,11 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 12,23 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,04}{12,23} = \mathbf{0,003} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 1,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·(0·Sn+Zm) (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 121,7 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 121,7 = 121,3 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{7,23}{121,30} = \mathbf{0,060} < \mathbf{1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 121,7 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 121,7 = 121,3 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{5,93}{121,30} = \mathbf{0,049} < \mathbf{1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

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

$$h_w / t_w = 85,0/5,0 = \mathbf{17,000} < \mathbf{59,769} = 72 \times 1,000/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{64,91 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 15,25 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{64,91 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 15,25 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 421,59 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 13,51 / 421,59 = 0,032;$$

przyjęto $n = 0,032 \leq 1$;

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (17,94 - 2 \times 10,00 \times 0,50) / 17,94 = 0,443;$$

przyjęto $a_w = 0,443 \leq 0,5$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (17,94 - 2 \times 10,00 \times 0,50) / 17,94 = 0,443;$$

przyjęto $a_f = 0,443 \leq 0,5$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 15,25 \times (1 - 0,032) / (1 - 0,5 \times 0,443) = 18,96 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 15,25 \text{ kNm}$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 15,25 \times (1 - 0,032) / (1 - 0,5 \times 0,443) = 18,96; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 15,25 \text{ kNm}$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{6,65}{15,25} \right]^{1,66} + \left[\frac{5,91}{15,25} \right]^{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,459^{1/1,66} = \mathbf{0,626} < \mathbf{1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{13,51}{421,59} + \frac{6,65}{15,25} + \frac{5,91}{15,25} = \mathbf{0,855} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,629 = 0,348;$$

przyjęto $C_{my} = 0,400$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,505 = 0,398;$$

przyjęto $C_{mz} = 0,400$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,400 \times \left(1 + (0,231 - 0,2) \times \frac{13,75}{0,984 \times 421,59/1} \right) = 0,400$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,400} \leq 0,411 = 0,400 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{13,75}{0,984 \times 421,59/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{nz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,400 \times \left(1 + (0,220 - 0,2) \times \frac{13,75}{0,990 \times 421,59/1} \right) = 0,400$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,400} \leq 0,411 = 0,400 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{13,75}{0,990 \times 421,59/1} \right) = C_{nz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,400 = 0,240$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \times 0,400 = 0,240$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{13,75}{0,984 \times 421,59/1} + 0,400 \times \frac{6,65+0}{1,000 \times 15,25/1} + 0,240 \times \frac{5,91+0}{15,25/1} = \mathbf{0,301} < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{13,75}{0,990 \times 421,59/1} + 0,240 \times \frac{6,65+0}{1,000 \times 15,25/1} + 0,400 \times \frac{5,91+0}{15,25/1} = \mathbf{0,293} < 1 \quad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 1,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{1,500}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (85,0 / 1500,0)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 47,5 / (235 \times 5,0) = 9,500$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 5,0 \times (1 + \sqrt{9,500 + 0,000}) = 140,8 \quad \text{przyjęto } l_y = 140,8 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,01 \times 210 \times 5,0^3 / 85,0 = 1669,43 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{140,8 \times 5,0 \times 235 \times 10^{-3}}{1669,43}} = 0,315$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,315} = 1,588 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 140,8 = 140,8 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 140,8 \times 5,0 \times 10^{-3}}{1} = 165,47 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{2,96}{165,47} = \mathbf{0,018} < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{209,3^2 + 5,9^2 - 209,3 \times 5,9 + 3 \times 10,4^2}{(235/1)^2} = \mathbf{0,777} < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $CW+St+0 \cdot Sn+Zm$ Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,7 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 1500 / 250 = 6,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,7} < \mathbf{6,0} = a_{gr}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,7 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 1500 / 250 = 6,0 \text{ mm}$$

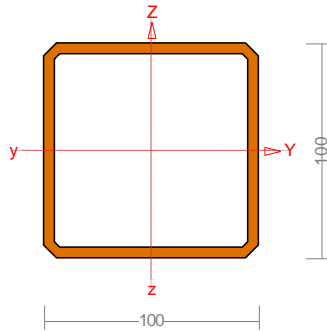
$$a_{max} = 0,7 < 6,0 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 0,945 \text{ mm}; L / a = 1500,0 / 0,945 = 1587,3$$

Pręt nr 8

Przekrój: 1 - H 100x100x5.0~



Wymiary przekroju:

$$h=100,0 \quad s=100,0 \quad g=5,0 \quad t=5,0 \quad r=5,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=261,5 \quad I_{zg}=261,5 \quad A=17,94 \quad i_y=3,8 \quad i_z=3,8 \quad I_w=5,7 \quad I_t=447,5 \quad i_s=5,399.$$

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=5,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,235 \quad \kappa_b = 0,148 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,119 \text{ dla } l_0 = 3,500$$

$$l_w = 1,119 \times 3,500 = 3,917 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,169 \quad \kappa_b = 0,092 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,527 \text{ dla } l_0 = 3,500$$

$$l_w = 0,527 \times 3,500 = 1,845 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,500$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,500$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 261,5}{3,917^2} \times 10^{-2} = 353,34 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 261,5}{1,845^2} \times 10^{-2} = 1593,06 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,399^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 5,66}{3,500^2} \times 10^{-2} + 81 \times 447,5 \times 10^2 \right) = 124347,27 \text{ kN}$$

Zwicherungie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

$$0,000 \times 1593,06 + \sqrt{(0,000 \times 1593,06)^2 + 0,000^2 \times 0,054^2 \times 1593,06 \times 124347,27} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $CW+1,35 \cdot 0,85 \cdot St+1,5 \cdot (0 \cdot Sn+Zm)$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$

Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	85,0	5,0	0,506	-1,096	-	71,013	81,772	135,987	17,000	1
2	85,0	5,0	1,000	-0,776	-	33,000	38,000	101,439	17,000	1
3	85,0	5,0	1,000	0,875	-	33,000	38,000	43,801	17,000	1
4	85,0	5,0	0,506	0,000	-	71,013	81,772	INF	17,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 3,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (0 \cdot Sn+Zm)$ (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -2,01 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 17,94 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 17,94 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

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

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 421,59 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{2,01}{421,59} = \mathbf{0,005} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{353,34 \times 10}} = 1,092$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,092 - 0,2) + 1,092^2] = 1,315$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,315 + \sqrt{1,315^2 - 1,092^2}} = 0,488$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{1593,06 \times 10}} = 0,514$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,514 - 0,2) + 0,514^2] = 0,709$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,709 + \sqrt{0,709^2 - 0,514^2}} = 0,835$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{17,94 \times 235}{124347,27 \times 10}} = 0,0582$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,0582 - 0,2) + 0,0582^2] = 0,467$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,467 + \sqrt{0,467^2 - 0,0582^2}} = 1,075$
przyjęto $\chi = 0,488 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,835 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,488$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,488 \times 17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 205,88 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{2,01}{205,88} = \mathbf{0,010} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 3,500$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (0 \cdot Sn+Zm)$ (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 447,54 \times \frac{0,50}{2,48} = 90,11 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{90,11 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 12,23 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,29}{12,23} = \mathbf{0,024} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,500$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 121,7 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{3,2}{(235 / 1,732) / 1} \times 121,7 = 118,82 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{8,20}{118,82} = \mathbf{0,069} < \mathbf{1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 121,7 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{3,2}{(235 / 1,732) / 1} \times 121,7 = 118,82 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,10}{118,82} = \mathbf{0,001} < \mathbf{1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

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

$$h_w / t_w = 85,0 / 5,0 = \mathbf{17,000} < \mathbf{59,710} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,019$; $x_b = 1,481$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{64,91 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 15,25 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{64,91 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 15,25 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,94 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 421,59 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 2,01 / 421,59 = 0,005; \quad \text{przyjęto } n = 0,005 \leq 1;$$

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (17,94 - 2 \times 10,00 \times 0,50) / 17,94 = 0,443; \quad \text{przyjęto } a_w = 0,443 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (17,94 - 2 \times 10,00 \times 0,50) / 17,94 = 0,443; \quad \text{przyjęto } a_f = 0,443 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5a_w) = 15,25 \times (1 - 0,005) / (1 - 0,5 \times 0,443) = 19,49 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 15,25$ kNm

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5a_f) = 15,25 \times (1 - 0,005) / (1 - 0,5 \times 0,443) = 19,49; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 15,25$ kNm

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{6,23}{15,25} \right]^{1,66} + \left[\frac{0,01}{15,25} \right]^{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,226^{1/1,66} = \mathbf{0,408} < \mathbf{1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{2,01}{421,59} + \frac{6,23}{15,25} + \frac{0,01}{15,25} = \mathbf{0,414} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

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

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8 \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,178 = 0,343;$$

$$\text{przyjęto } C_{mz} = 0,400$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (1,092 - 0,2) \times \frac{2,01}{0,488 \times 421,59 / 1} \right) = 0,908$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,907} \leq 0,907 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{2,01}{0,488 \times 421,59 / 1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,400 \times \left(1 + (0,514 - 0,2) \times \frac{2,01}{0,835 \times 421,59 / 1} \right) = 0,401$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,401} \leq 0,402 = 0,400 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{2,01}{0,835 \times 421,59 / 1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,401 = 0,240$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \times 0,907 = 0,544$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{2,01}{0,488 \times 421,59 / 1} + 0,907 \times \frac{6,23 + 0}{1,000 \times 15,25 / 1} + 0,240 \times \frac{0,2 + 0}{15,25 / 1} = \mathbf{0,383} < \mathbf{1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{2,01}{0,835 \times 421,59 / 1} + 0,544 \times \frac{6,23 + 0}{1,000 \times 15,25 / 1} + 0,401 \times \frac{0,2 + 0}{15,25 / 1} = \mathbf{0,233} < \mathbf{1} \quad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,500$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot (0 \cdot Sn + Zm)$ (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{3,500}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (85,0 / 3500,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 47,5 / (235 \times 5,0) = 9,500 \quad m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2 t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 100,0 + 2 \times 5,0 \times (1 + \sqrt{9,500 + 0,000}) = 140,8 \quad \text{przyjęto } l_y = 140,8 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 5,0^3 / 85,0 = 1667,97 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{140,8 \times 5,0 \times 235 \times 10^{-3}}{1667,97}} = 0,315$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,315} = 1,587 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 140,8 = 140,8 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 140,8 \times 5,0 \times 10^{-3}}{1} = 165,47 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,05}{165,47} = 0,000 < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{2,01}{17,94 \times 235 / 1} \times 10 + \frac{2,63 + 2,01 \times 0,000}{52,3 \times 235 / 1} \times 10^3 + \frac{0,2 + 2,01 \times 0,000}{52,3 \times 235 / 1} \times 10^3 = 0,235 \quad (4.15 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,000 + 0,8 \times 0,235 = 0,188 < 1,4 \quad (7.2 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+0·Sn+Zm Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z wynoszą:

$$a_{\max} = 21,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 200 = 4900 / 200 = 24,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 21,1 < 24,5 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 0,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 200 = 4900 / 200 = 24,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,8 < 24,5 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:



$$a = 21,109 \text{ mm}; \quad L / a = 3500,0 / 21,109 = 165,8$$

II. Część rysunkowa

III. Dokumenty formalno-prawne

1 Oświadczenie Projektantów

Zgodnie z art. 34 ust. 3d pkt. 3 ustawy Prawo Budowlane oświadczam, że projekt wykonawczy dla budowy siedziby Prokuratury Rejonowej w Grodzisku Mazowieckim przy ul. Bartniaka wraz z niezbędną infrastrukturą i zagospodarowaniem, jest kompletny i został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

imię i nazwisko	funkcja / uprawn.	branża	podpis
mgr inż. Witold Garguliński spec. konstrukcyjno – budowlana	projektant MAZ/0784/PWBKb/16	konstrukcyjno – budowlana	
inż. Dariusz Syncerz spec. konstrukcyjno – budowlana	sprawdzający 19/93 Sk-ce	konstrukcyjno – budowlana	

2 Uprawnienia i zaświadczenia
