Jednostka projektowa:
MERAENG Sp z o.o. sp.k.
41-106 Siemianowice Śląskie
ul.W.Wróblewskiego 31a

Regon: 383336832
Nip: 6431772130
KRS: 0000785907

Tel:+48 797 770 102
www.meraeng.com

MERAENG

element projektu	PROJEKT TECHNICZNO-WYKONAWCZY KONSTRUKCJE	Tom 2

nazwa zamierzenia budowlanego

BUDOWA NOWEGO BOISKA WIELOFUNKCYJNEGO O WYMIARACH 12x24m WRAZ Z ZADASZENIEM O STAŁEJ KONSTRUKCJI, ZAPLECZEM SOCJALNO-SZATNIOWYM ORAZ ŁĄCZNIKIEM DO ISTNIEJĄCEJ SZKOŁY PODSTAWOWEJ W SZCZEPANOWIE

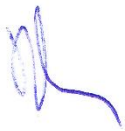
Kategoria obiektu budowlanego: XVIII

dane inwestycji	dane inwestora
Szczepanowo, 88-306 Dąbrowa dz. nr 34/4; Jedn. Ewid.: Dąbrowa, 040901_2 Obręb ewid.: Szczepanowo, 040901_2.0013	Gmina Dąbrowa, ul.Kasztanowa 16 88-306 Dąbrowa

DATA OPRACOWANIA: LISTOPAD 2023

projektant konstrukcje:
dr inż. Robert CYBULSKI
uprawnienia w specjalności
konstrukcyjnej bez ograniczeń
upr nr SLK/7602/PBKb/17

sprawdzający konstrukcje:
dr inż. Łukasz RDUCH
uprawnienia w specjalności
konstrukcyjnej bez ograniczeń
upr nr SLK/5526/POOK/14



Jednostka projektowa:
MERAENG Sp z o.o. sp.k.
41-106 Siemianowice Śląskie
ul.W.Wróblewskiego 31a

Regon: 383336832
Nip: 6431772130
KRS: 0000785907

Tel:+48 797 770 102
www.meraeng.com

MERAENG

OŚWIADCZENIE
PROJEKT TECHNICZNO- WYKONAWCZY

nazwa zamierzenia budowlanego

BUDOWA NOWEGO BOISKA WIELOFUNKCYJNEGO O WYMIARACH 12x24m WRAZ Z ZADASZENIEM O STAŁEJ KONSTRUKCJI, ZAPLECZEM SOCJALNO-SZATNIOWYM ORAZ ŁĄCZNIKIEM DO ISTNIEJĄCEJ SZKOŁY PODSTAWOWEJ W SZCZEPANOWIE

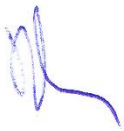
Kategoria obiektu budowlanego: XVIII

dane inwestycji	Szczepanowo, 88-306 Dąbrowa dz. nr 34/4; Jedn. Ewid.: Dąbrowa, 040901_2 Obręb ewid.: Szczepanowo, 040901_2.0013

dane inwestora	Gmina Dąbrowa, ul.Kasztanowa 16 88-306 Dąbrowa

Zgodnie z art. 34 ust. 3d.pkt 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. „Prawo Budowlane" (Dz. U. z 2019r. poz. 1186) niniejszym oświadczam, że projekt zagospodarowania terenu został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej oraz że jestem wpisany na listę członków stosownej izby oraz opłaciłem składki i posiadam stosowną aktualną polisę OC.

DATA OPRACOWANIA: LISTOPAD 2023

	projektant konstrukcje: dr inż. Robert CYBULSKI uprawnienia w specjalności konstrukcyjnej bez ograniczeń upr nr SLK/7602/PBKb/17	
	sprawdzający konstrukcje: dr inż. Łukasz RDUCH uprawnienia w specjalności konstrukcyjnej bez ograniczeń upr nr SLK/5526/POOK/14	

Spis treści

I. Uprawnienia i zaświadczenia do Izby Projektanta i Sprawdzającego 4
II. Oświadczenie Projektanta i Sprawdzającego ..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
III. Część opisowa 8
1. Przedmiot i zakres opracowania 8
2. Opis ogólny 8
3. Warunki gruntowo-wodne 9
4. Elementy konstrukcyjne 10
4.1. Konstrukcja hali sportowej 10
4.2. Konstrukcja łącznika komunikacyjnego 11
4.3. Konstrukcja części socjalno- sanitarnej 12
5. Założenia 13
6. Uwagi końcowe 14
IV. Część obliczeniowa 16
1. Normy do projektowania 16
2. 16
3. Obliczenia statyczno- wytrzymałościowe 17
3.1.1. Budynek łącznika 38
3.2. Posadowienie 78
3.2.1. Ława fundamentowa podłużna pod przekryciem łukowym 78
3.2.2. Stopa fundamentowa pod słupami ściany szczytowej hali obciążona mimośrodowo SF-2 87
3.2.3. Stopa fundamentowa pod słupami obwodowymi łącznika SF-1 ..99
3.2.4. Stopa fundamentowa prostokątna wspólna dla dwóch słupów łącznika SF-3 111
3.2.5. Stopa fundamentowa wspólna dla słupa wewnętrznego łącznika oraz słupa ściany szczytowej hali łukowej zagłębiona SF-4 123
4. Wnioski końcowe 135
V. Część rysunkowa 136

I. Uprawnienia i zaświadczenia do Izby Projektanta i Sprawdzającego

ŚLĄSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

SLK/OKK/7131/7602/17

Katowice, dnia 18 grudnia 2017 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 12 ust. 2, 3, 4, art. 13, art. 14 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2017 r., poz. 1332 z późn. zm.), § 10 i § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastuktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. z 2014 r., poz. 1278) oraz na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz.U. z 2016 r., poz. 1725 z późn. zm.), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan Robert Cybulski
mgr inż. budownictwa
ur. dnia 11 lutego 1982 w Siemianowicach Śląskich

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny SLK/7602/PBKb/17
do projektowania
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej bez ograniczeń

Zakres uprawnień:

- sporządzanie projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
- sporządzanie projektu zagospodarowania działki lub terenu wyłącznie w zakresie uzyskanej specjalności
- sprawdzanie projektów budowlanych w zakresie specjalności konstrukcyjno – budowlanej i sprawowanie nadzoru autorskiego
- sprawowanie kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych

UZASADNIENIE

W wyniku pozytywnego postępowania kwalifikacyjnego i pozytywnego wyniku egzaminu ze znajomości procesu budowlanego oraz praktycznego zastosowania wiedzy technicznej wydanie niniejszych uprawnień budowlanych jest uzasadnione.

Od niniejszej decyzji służy prawo odwołania do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej ŚIOIIB w Katowicach w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

Otrzymują:
1. Pan Robert Cybulski
   Mikołaja Reja 10
   41-106 Siemianowice Śląskie
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor
   Nadzoru Budowlanego
4. a/a.

Skład orzekający OKK

1. **mgr inż. Piotr Szatkowski**
2. **inż. Hieronim Spiżewski**
3. **mgr inż. Zbigniew Dzierżewicz**

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

SLK-DRD-XGN-8VV *

Pan Robert Cybulski o numerze ewidencyjnym SLK/BO/8843/14
adres zamieszkania ul. Langego 10, 41-106 Siemianowice Śląskie
jest członkiem Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2023-08-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-16 roku przez:

Roman Karwowski, Przewodniczący Rady Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78^1 K.c.
§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go kwalifikowanym podpisem elektronicznym.
§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

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

ŚLĄSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

SLK/OKK/7131/5526/14

Katowice, dnia 09 czerwca 2014 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 12 ust. 2, 3, 4, art. 13, art. 14 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623 z późn. zm.), § 15 i § 17 ust. 1 pkt. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. z 2006 r. Nr 83, poz. 578 z późn. zm.) oraz art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz.U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42 z późn. zm.), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan Łukasz Rduch
mgr inż. budownictwa
ur. dnia 01 listopada 1983 w Wodzisławiu Śląskim

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny SLK/5526/POOK/14
do projektowania
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej bez ograniczeń

Zakres uprawnień:

- sporządzanie projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
- sporządzanie projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności konstrukcyjno – budowlanej, z wyłączeniem projektów zagospodarowania działki lub terenu obejmujących budynki,
- sprawdzanie projektów budowlanych w zakresie specjalności konstrukcyjno – budowlanej i sprawowanie nadzoru autorskiego
- sprawowanie kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych

UZASADNIENIE

W wyniku pozytywnego postępowania kwalifikacyjnego i pozytywnego wyniku egzaminu ze znajomości procesu budowlanego oraz praktycznego zastosowania wiedzy technicznej wydanie niniejszych uprawnień budowlanych jest uzasadnione.

Od niniejszej decyzji służy stronom prawo odwołania do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej ŚIOIIB w Katowicach w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

Otrzymują:
1. Pan Łukasz Rduch
   Centralna 79 F
   44-323 Połomia
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor
   Nadzoru Budowlanego
4. a/a.

Skład orzekający OKK

1.
mgr inż. Piotr Szatkowski

2.
inż. Hieronim Spiżewski

3.
mgr inż. Zbigniew Dzierżewicz

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:
SLK-MBQ-UWW-J3U *

Pan Łukasz Rduch o numerze ewidencyjnym SLK/BO/8888/14
adres zamieszkania ul. Centralna 79F, 44-323 Połomia
jest członkiem Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2023-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-24 roku przez:

Roman Karwowski, Przewodniczący Rady Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78^1 K.c.
§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go kwalifikowanym podpisem elektronicznym.
§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

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

II. Część opisowa

1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt techniczny przyszkolnej hali sportowej z zapleczem socjalnym oraz łącznikiem w części komunikacyjnej.

Poniższe opracowanie stanowi projekt konstrukcyjno-budowlany budynku hali wraz z zapleczem socjalno-sanitarnym stanowiącym część obiektu objętego opracowaniem. W jego skład zalicza się również budynek łącznika stanowiący pomieszczenie komunikacji między obiektem objętym opracowaniem a budynkiem istniejącym szkoły przyległej. Opracowanie należy rozpatrywać łącznie z częścią architektoniczną.

Projekt swoim zakresem obejmuje opis, obliczenia i rysunki projektowanych obiektów. Projekt warsztatowo-wykonawczy samonośnego stalowego przekrycia samonośnego nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania. Opracowanie projektu warsztatowo-wykonawczego systemowego dachu łukowego po stronie Wykonawcy przekrycia. Konstrukcja dachu łukowego powinna zawierać elementy umożliwiające zamocowanie paneli fotowoltaicznych zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w części architektonicznej.

2. Opis ogólny

Projektowane obiekty stanowi jednonawowa, parterowa łukowa hala sportowa wraz z zapleczem socjalnym oraz łącznikiem komunikacyjnym między halą a istniejącym przyległym budynkiem szkoły. Wymiary obiektu to 20,20x44,00m (wraz z częścią komunikacyjną) oraz 20,20x37,35 (bez części komunikacyjnej). Wysokość hali wynosi 8,85m; natomiast wysokość budynku komunikacji to 4,50m, części sanitarno-socjalnej znajdującej się wewnątrz hali wynosi 3,10m. Zaplecze socjalne jest zlokalizowane wzdłuż krótszego boku hali, przy ścianie szczytowej i znajduje się wewnątrz obiektu łukowego; Budynek łącznika komunikacyjnego jest zlokalizowany w narożniku obiektu, równolegle do ściany szczytowej hali łukowej. Budynek stanowi odrębną konstrukcję i jest oddylatowany począwszy od poziomu fundamentów od konstrukcji hali sportowej.

Konstrukcję hali stalowej stanowi samonośne łukowe przekrycie stalowe z blach zimnogiętych mocowane do żelbetowej ściany fundamentowej w sposób sztywny dzięki zakotwieniu blachy profilowanej w części nadziemnej ławy fundamentowej.

Ściany szczytowe zaprojektowano jako szkieletowe o stalowych słupach dwuteowych opartych na stopach fundamentowych w sposób przegubowy i do konstrukcji dachu łukowego. Wypełnienie ścian szczytowych stanowią płyty warstwowe spełniające równocześnie funkcję ocieplenia, których dobór oraz rozwiązanie technologiczno-wykonawcze nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania

Posadowienie zaprojektowano jako bezpośrednie w postaci stóp fundamentowych pod słupami łącznika i ścian szczytowych oraz ław fundamentowych pod konstrukcją ścian łukowych oraz wewnętrznych stalowych konstrukcji pomieszczeń socjalnych

Stopy pod słupami ścian szczytowych łączy się za pomocą ściągów żelbetowych, na których wzniesiona zostanie ściana murowana z bloczków fundamentowych jako podwalina ściany szczytowej z płyty warstwowej.

Budynek łącznika komunikacyjnego projektowany jest ze stalowych ram poprzecznych o dźwigarach i słupach z jednolitego przekroju. Konstrukcję dachu z płyt warstwowych opiera się na płatwiach rozpiętych pomiędzy dźwigarami układów poprzecznych.

3. Warunki gruntowo-wodne

Opracowanie wykonano na podstawie opinii geotechnicznej wraz z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla budynku hali przy szkole podstawowej na dz. Nr 34/4 położonej przy ul. Szkolnej 1 w Szczepanowie, gm. Dąbrowa, pow. Mogileński, woj. kujawsko-pomorskie sporządzonej przez
GeoLogic Tomasz Piasecki NIP:556-27-47-155
upr. geol. XIII-031/DOL
Krusza Podlotowa 28
88-101 Inowrocław
tel: 794-373-356
e-mail: biuro@geo-logic.eu

przy założeniu prostych warunków gruntowych.

Posadowienie fundamentów zaprojektowano na głębokości 1,0 m poniżej terenu jako posadowienie bezpośrednie.
Posadowienie stanowią gliny piaszczyste w stanie plastycznym i twardoplastycznym o IL od 0,30 do 0,20. Są to grunty jednorodne.

Przyjmuje się do projektu drugą kategorię geotechniczną. Obszar inwestycji położony jest poza obszarem zagrożonym ruchami masowymi, podtopieniami, o procesach geologiczno-dynamicznych.
Wszelkie warstwy gruntów nienośnych oraz o nieokreślonych parametrach mechanicznych, jak m.in. nasypy niekontrolowane należy zdjąć i zapewnić właściwy poziom posadowienia poprzez stosowanie podsypki z kruszywa zagęszczonej do ID=0,97, bez naruszenia warstw gruntów niżejległych.

Poziom wody gruntowej zalega na głębokości 4,1 do 4,8 m p.p.t. na rzędnych 92,0- 92,2m n. p. m., głębokość przemarzania gruntu wynosi na terenie objętym opracowaniem min. h= 1,0 m p. p. t.

Przed rozpoczęciem realizacji przedmiotowego obiektu należy zweryfikować warunki nośności i użytkowalności (osiadania) projektowanych fundamentów z uwagi na stan gruntów nośnych. Nie należy doprowadzać do zalania wykopu fundamentowego oraz zastoju wód opadowych z uwagi na bezpośrednie ryzyko znacznego obniżenia parametrów wytrzymałościowych gruntów nośnych. Należy prowadzić odwadnianie wykopu osiągalnymi metodami, które nie stanowią ingerencji w warunki posadowienia, na podstawie odpowiedniego projektu drenażu.

Dopuszczalne osiadania fundamentów hali o przekryciu łukowym nie powinny przekraczać 1 cm.

4. Elementy konstrukcyjne

4.1.Konstrukcja hali sportowej

Fundamenty:

- Zaprojektowano ławy fundamentowe podpierające samonośne przekrycie łukowe. Ławy o szerokości płyty 2,50m i szerokości monolitycznej ściany fundamentowej wynoszącej 1,00m. Zbrojenie wg części rysunkowej.
- Zaprojektowano stopy fundamentowe podpierające słupy ściany szczytowej z przekroju HEA200 jako kwadratowe o boku 1,40m i grubości 0,40m. Oparcie słupów na stopach będzie realizowane z mimośrodem 0,30m. Stopy będą łączone wzajemnie ściągiem żelbetowym dla podparcia ściany szczytowej z płyty warstwowej.
- Zaprojektowano dodatkowe stopy fundamentowe podpierające stopy w osiach E i F. Stopy te są wspólne dla słupów łącznika komunikacyjnego oraz dla słupów ściany szczytowej hali. Posadowione są poniżej stóp pojedynczych z zachowaniem pionowej odległości zapewniającej możliwość wykonania warstwy teflonowej lub grafitowej. Stopy te mają wymiary 1,50x3,00m oraz grubość 0,40m.

Pod fundamentami należy wykonać dwie warstwy folii lub papy oraz warstwę chudego betonu gr. 10 cm. Otulina zbrojenia od strony gruntu 5cm, pozostała 3cm.
Fundamenty wspólne oraz wzajemnie przyległe należy oddylatować na odległość 100mm oraz zapewnić wzajemnej interakcji stóp łącznika komunikacyjnego oraz stóp ściany szczytowej.

Materiały: Beton C30/37 Stal zbrojeniowa: B500SP

Belki, słupy:
Belki i słupy konstrukcji łącznika zaprojektowano jako stalowe z przekrojów dwuteowych. Należy je rozpatrywać wg rysunków konstrukcyjnych w części rysunkowej. Słupy ściany szczytowej projektuje się jako dwuteowe z przekroju HEA200. Projektuje się je jako połączone przegubowo ze stopami fundamentowymi oraz konstrukcją przekrycia łukowego w głowicy słupa.

Materiały: Stal profilowa S235

Ściany fundamentowe:
Projektowane są ściany fundamentowe nośne monolityczne zbrojone wg rysunków konstrukcyjnych wykonane do poziomu +0,30m. W przejściach należy obniżyć monolityczną ścianę do poziomu -0,05m. Ściany należy wyprowadzić ciągłymi wkładkami zbrojeniowymi z ław oraz stóp fundamentowych na pełną nośność elementu.
Otulina 30mm.

Materiały: Beton C30/37 Stal zbrojeniowa: B500SP

Konstrukcja ścian szczytowych:

Konstrukcje ścian szczytowych zaprojektowano w postaci profili dwuteowych HEA200. Wypełnieniem ścian jest elewacja z płyty warstwowej wg projektu wykonawczego oraz części architektonicznej.
Osiowy rozstaw słupów wg dokumentacji rysunkowej. Słupy zaprojektowano jako podparte nieprzesuwnie
na fundamentach i przymocowane do konstrukcji dachu łukowego. Wyposażenie hali sportowej nie jest związane z konstrukcją, jak zaznaczono w części architektonicznej i nie należy wykorzystywać projektowanej konstrukcji na temu podobne cele bez uprzedniej konsultacji z Projektantem.

Materiały: **Stal profilowa: S235**

Konstrukcja przekrycia łukowego:
Zaprojektowano lekką samonośną konstrukcję stalową w postaci powłoki walcowej wykonanej z blachy profilowanej na zimno o grubości 1,50mm i promieniu R~9,50m i o rozpiętości gabarytowej 19,34m. Konstrukcje przekrycia zaprojektowano jako utwierdzoną w żelbetowej ścianie ławy fundamentowej. Projektuje się dwuwarstwową powłokę łukową izolowaną termicznie w świetle blach. Należy rozpatrywać układ zgodnie z przekrojem architektonicznym. Rozwiązania kotwienia, szczegółowy sposób mocowania oraz inne elementy, jak na przykład sposób mocowania paneli fotowoltaicznych, powinny zostać uzgodnione na etapie projektu wykonawczego, ponieważ są zależne od systemowych rozwiązań wybranego producenta.

Materiały: **Stal profilowa: S320GD+ZA**

4.2. Konstrukcja łącznika komunikacyjnego

Fundamenty:

- Zaprojektowano dodatkowe stopy fundamentowe podpierające stopy w osiach E i F. Stopy te są wspólne dla słupów łącznika komunikacyjnego oraz dla słupów ściany szczytowej hali. Posadowione są poniżej stóp pojedynczych z zachowaniem pionowej odległości zapewniającej możliwość wykonania poślizgowej warstwy teflonowej lub grafitowej. Stopy te mają wymiary 1,50x3,00m oraz grubość 0,40m.
- Zaprojektowano stopy fundamentowe podpierające słupy HEB180 łącznika komunikacyjnego. Stopy pojedyncze zewnętrzne mają wymiary 1,50x1,70m i grubość 0,40m.
  Wykonuje się również stopy wspólne dla dwu słupów narożnych w osi D. Stopa ma wymiary 1,50x3,20m oraz grubość 0,40m.
- Zaprojektowano ławy fundamentowe pod ścianami pochylni w części łącznika komunikacyjnego. Ławy te mają wymiary przekroju 0,40x0,30m. Lokalizowane są między stopami fundamentowymi słupów łącznika.

Pod fundamentami należy wykonać dwie warstwy folii lub papy oraz warstwę chudego betonu gr. 10 cm. Otulina zbrojenia od strony gruntu 5cm, pozostała 3cm.

Materiały: **Beton C30/37** **Stal zbrojeniowa: B500SP**

Ściany fundamentowe:
Projektowane są ściany fundamentowe nośne monolityczne zbrojone wg rysunków konstrukcyjnych wykonane do poziomu +0,30m. W przejściach należy obniżyć monolityczną ścianę do poziomu -0,05m. Ściany należy wyprowadzić ciągłymi wkładkami zbrojeniowymi z ław oraz stóp fundamentowych na pełną nośność elementu.
Otulina 30mm.

Materiały: Beton C30/37 Stal zbrojeniowa: B500SP

Słupy:
Zaprojektowano słupy HEB180 podparte na stopach fundamentowych w sposób przegubowy o sztywnych węzłach górnych z ryglami podłużnymi. Szczegółowy konstrukcyjne należy rozpatrywać wg części rysunkowej niniejszego opracowania.

Materiały: Stal profilowa: S235

Belki dźwigarów:
Zaprojektowano dźwigary poprzeczne z przekrojów HEB180 połączone w sposób sztywny w głowicy słupów oraz stanowiące podparcie dla płatwi. Szczegółowy konstrukcyjne należy rozpatrywać wg części rysunkowej niniejszego opracowania.

Materiały: Stal profilowa: S235

Płatwie:
Zaprojektowano płatwie rozpięte pomiędzy dźwigarami z przekroju IPN140 oraz HEB140. Ich układ oraz realizację szczegółową należy wykonać wg projektu wykonawczego konstrukcji Łącznika komunikacyjnego. Płatwie skrajne łączące słupy HEB180 należy wykonać poprzez połączenie sztywne na pełną nośność giętną. Płatwie wewnętrzne należy wykonać jako podparte przegubowe na dźwigarach z przekroju HEB180.

Materiały: Stal profilowa: S235

4.3.Konstrukcja części socjalno- sanitarnej

Fundamenty:
Zaprojektowano ławy fundamentowe wewnątrz konstrukcji hali sportowej stanowiące podparcie dla stalowych ram pomieszczeń socjalno- sanitarnych. Wykonuje się ławy o przekroju 0,50x0,30m.

Pod fundamentami należy wykonać dwie warstwy folii lub papy oraz warstwę chudego betonu gr. 10 cm. Otulina zbrojenia od strony gruntu 5cm, pozostała 3cm.

Materiały: Beton C30/37 Stal zbrojeniowa: B500SP

Rygle poziome:
Zaprojektowano ramy stalowe w części socjalnej których poziome obwodowe rygle wykonane są z przekroju prostokątnej rury RP120x80x4mm. Rygle opierają się

bezpośrednio na słupach konstrukcji w węźle górnym. W węzłach dolnych rygle spoczywają na ławie fundamentowej, a słupy są oparte na ryglach.

Płatwie:
Zaprojektowano płatwie podparte na skrajnych górnych ryglach podłużnych z przekroju prostokątnego RP 60x40x3,2mm.

Słupy:
Zaprojektowano słupy z rury kwadratowej o przekroju RK80x4mm. Słupy są montowane w świetle między ryglami poziomymi w rozstawie osiowym wg rysunków konstrukcyjnych oraz wg rzutów zestawczych załączonych do części rysunkowej.

Materiały: **Stal profilowa: S235**

Profile podłogowe
Projektuje się rygle poziome podłogi wyrównane do górnej krawędzi rygli poziomych podłużnych 120x80x4mm.
Rygle podłogowe montuje się w świetle tych rygli zewnętrznych z przekroju RP100x50x3,2mm.

Materiały: **Stal profilowa: S235**

5. Założenia

Okres eksploatacji budynku 50 lat.

Przy obliczeniach statycznych części socjalno- sanitarnej uwzględniono następujące rodzaje obciążeń:

- ciężar własny konstrukcji,
- przyjęte obciążenie stałe od warstw wykończeniowych i instalacji
- obciążenia zmienne użytkowe zgodne z PN-EN 1991-1-1
- innych obciążeń nie uwzględnia się z uwagi na lokalizację, sytuowanie oraz przeznaczenie obiektu

Przy obliczeniach statycznych hali uwzględniono następujące rodzaje obciążeń:

- ciężar własny konstrukcji,
- przyjęte obciążenie stałe od warstw wykończeniowych i instalacji
- obciążenie śniegiem zgodnie z normą PN-EN 1991-1-3 dla 2-giej strefy obciążenia śniegiem do wysokości 69 m nad poziomem morza, (należy przestrzegać maksymalnego dopuszczalnego obciążenia od pokrywy śnieżnej zgodnego z raportem obliczeniowym).
- obciążenie od wiatru zgodnie z normą PN-EN 1991-1-4 dla 2 strefy obciążenia wiatrem, II kategorii terenu, wysokości nad poziomem morza 69 m.

Przy obliczeniach statycznych łącznika komunikacyjnego uwzględniono następujące rodzaje obciążeń:

- ciężar własny konstrukcji,
- przyjęte obciążenie stałe od warstw wykończeniowych, w tym ocieplenia i instalacji fotowoltaicznej
- obciążenie śniegiem zgodnie z normą PN-EN 1991-1-3 dla 2-giej strefy obciążenia śniegiem do wysokości 69 m nad poziomem morza, (należy przestrzegać maksymalnego dopuszczalnego obciążenia od pokrywy śnieżnej zgodnego z raportem obliczeniowym).
- obciążenie od wiatru zgodnie z normą PN-EN 1991-1-4 dla 2 strefy obciążenia wiatrem, II kategorii terenu, wysokości nad poziomem morza 69 m.

6. Uwagi końcowe

Wszelkie niejasności i nieścisłości należy bezwzględnie uzgodnić z Projektantem (obowiązuje forma pisemna). Wszelkie nieopisane elementy należy wykonać wg rysunków.

Rozwiązania budowlane oraz detali połączeniowych i technicznych należy wykonywać zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami, wytycznymi producentów, własnościami technicznymi stosowanych materiałów oraz zasadami sztuki budowlanej. Wszelkie prace należy wykonywać zgodnie z obowiązującymi zasadami BHP, normami i sztuką budowlaną. Dopuszcza się stosowanie materiałów oraz technologii zamiennych, gwarantujące osiągnięcie założonych w projekcie parametrów. Każdorazowe wprowadzenie zmian należy uzgodnić z projektantem, a zmiany należy nanieść w projekcie budowlanym, znajdującym się na budowie.

Roboty budowlane należy wykonywać pod nadzorem osoby uprawnionej. Wykonawcy przedmiotu projektu zobowiązani są do przestrzegania:

- Ustawy z dnia 7.07.1994r. „Prawo Budowlane”

- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 23.06.2003r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

- Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy

- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6.02.2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych

- Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14.03.2000r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych

- innych ustaw, rozporządzeń i przepisów związanych z wykonywaniem robót budowlanych.

Należy stosować wyłącznie materiały posiadające atesty, aprobaty techniczne, certyfikaty i dopuszczenia w budownictwie. Wszystkie zastosowane materiały i rozwiązania

systemowe muszą posiadać dokumenty potwierdzające ich właściwości w zakresie stopnia rozprzestrzeniania ognia oraz odporności ogniowej (deklaracje zgodności, aprobaty, certyfikaty, itp.).

III. Część obliczeniowa

1. Normy do projektowania

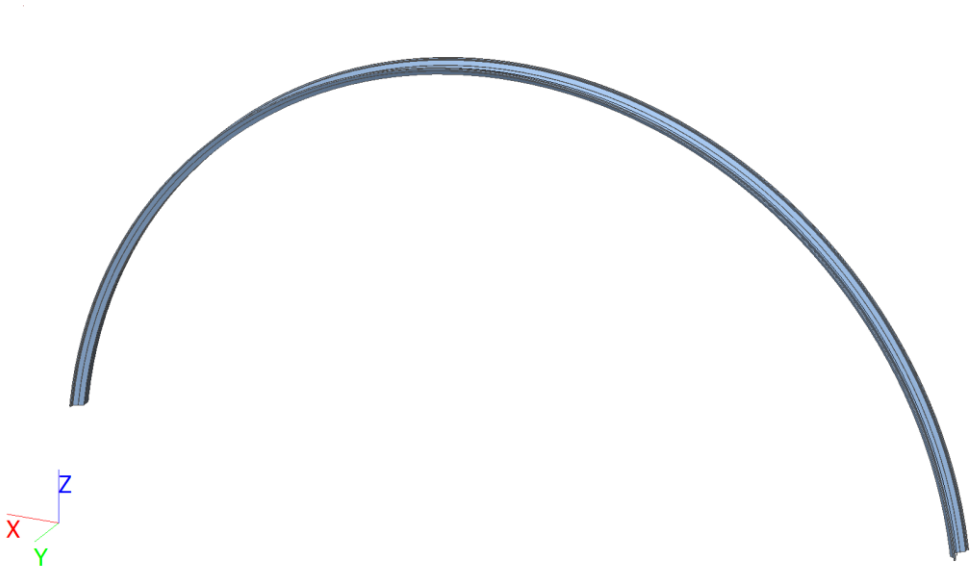
Obliczenia wykonano zgodnie z normami:

[1] PN-EN 1990	Podstawy projektowania konstrukcji
[2] PN-EN 1991-1-1	Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenie użytkowe w budynkach
[3] PN-EN 1991-1-3	Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem
[4] PN-EN 1991-1-4	Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru
[5] PN-EN 1992-1-1	Projektowanie konstrukcji z betonu. Reguły ogólne i reguły dla budynków
[6] PN-EN 1993-1-1	Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków
[7] PN-EN 1993-1-3	Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
[8] PN-EN 1997-1	Projektowanie geotechniczne. Zasady ogólne

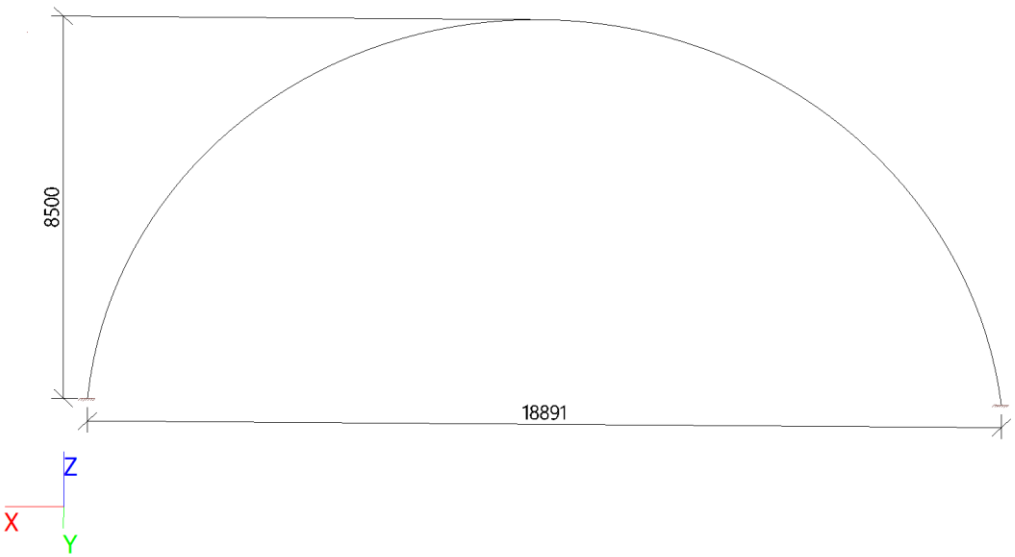
2. Obliczenia statyczno- wytrzymałościowe

Założenia wstępne

Analizowany model



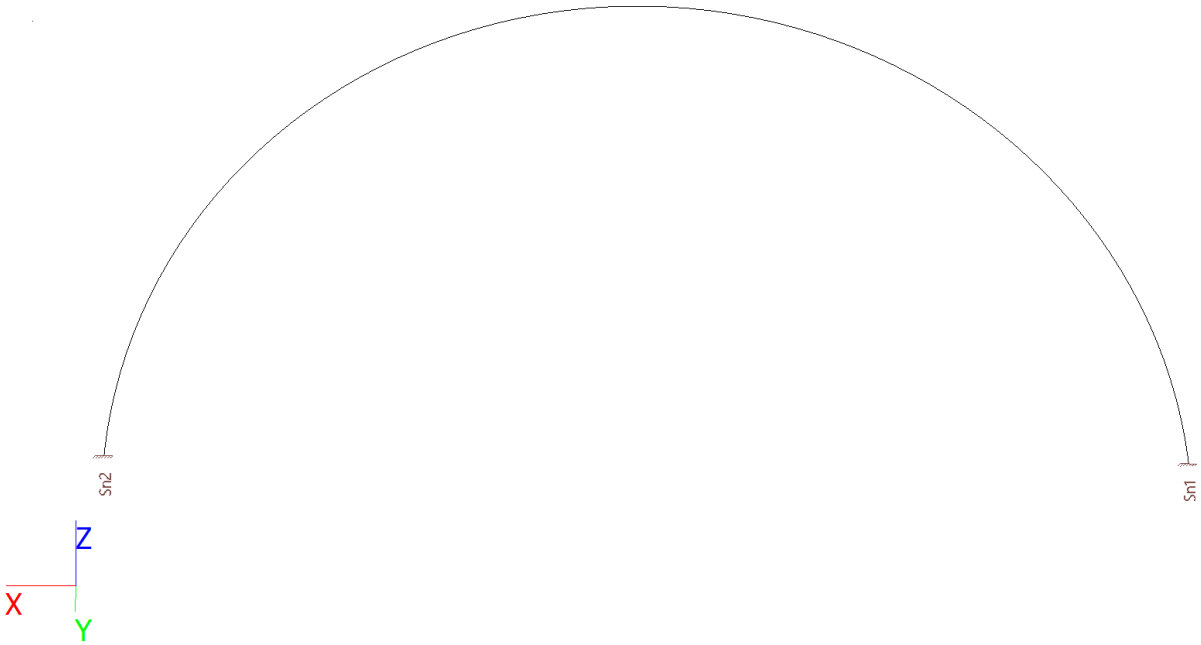
Analizowany model



Podpory w węzłach

Nazwa	Węzeł	System	Typ	X	Z	Ry
Sn1	N82	GUW	Standard	Sztywny	Sztywny	Sztywny
Sn2	N83	GUW	Standard	Sztywny	Sztywny	Sztywny

Podpory

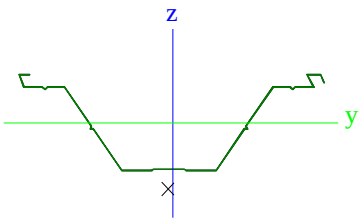


Pręty

Nazwa	Przekrój poprzeczny	Materiał	Długość [m]	Węzeł początkowy	Węzeł końcowy	Typ
B3	Blacha zimnogięta - Ogólny przekrój poprzeczny	S 235	27,840	N82	N83	belka (80)

Przekroje poprzeczne

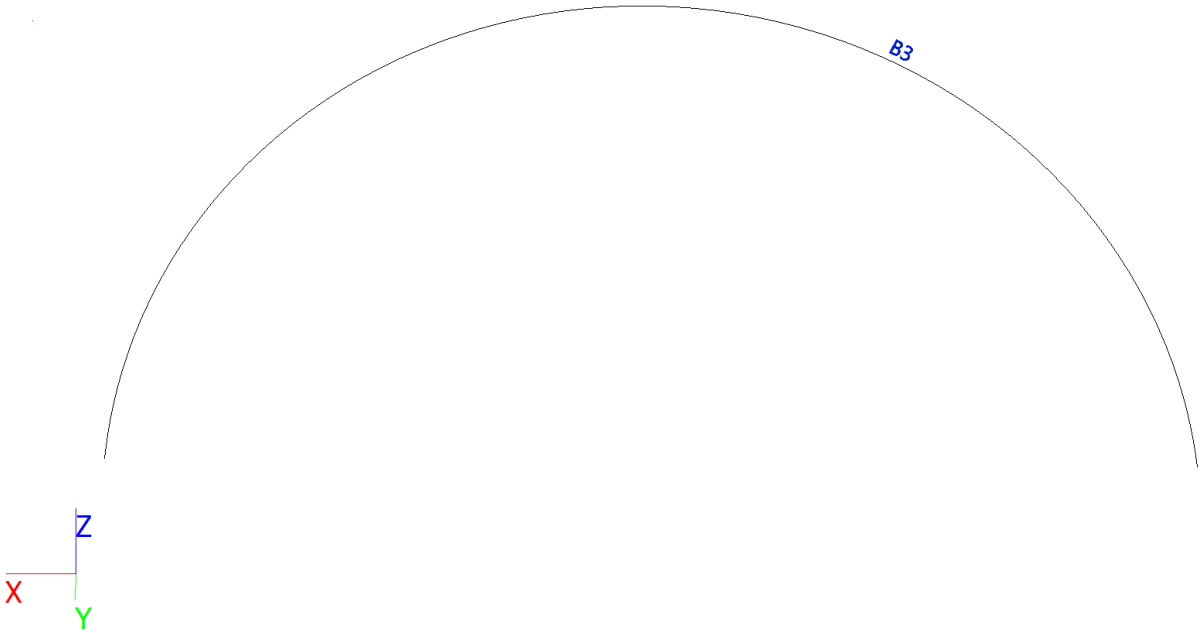
Blacha zimnogięta		
Typ	Ogólny przekrój poprzeczny	
Typ kształtu	Cienkościenny	
Pozycja materiału	S320GD+Z	
Produkcja	profilowany na zimno	
Kolor		
Wyboczenie giętne y-y, Wyboczenie giętne z-z	c	c

A [m^2]	1,4130e-03	
A_y [m^2], A_z [m^2]	3,6817e-04	6,1635e-04
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	1,8870e+00	1,8870e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	3	-1
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	8,0833e-06	5,4568e-05
i_y [mm], i_z [mm]	76	197
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	7,8549e-05	1,6799e-04
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	9,7607e-05	2,4706e-04
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	31234,13	31234,13
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	79059,31	79059,31
d_y [mm], d_z [mm]	-11	-140
I_t [m^4], I_w [m^6]	1,0736e-09	2,8053e-08
B_y [mm], B_z [mm]	657	17
Obrazek		

Objaśnienie symboli	
A	Powierzchnia
A_y	Powierzchnia ścinania w głównym kierunku y - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
A_z	Powierzchnia ścinania w głównym kierunku z - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
A_L	Obwód na jednostkę długości
A_D	Powierzchnia suszenia na jednostkę długości
$c_{Y.UCS}$	Współrzędne środka ciężkości w kierunku Y układu osi wprowadzania
$c_{Z.UCS}$	Współrzędne środka ciężkości w kierunku Z układu osi wprowadzania
$I_{Y.LCS}$	Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi YLCS
$I_{Z.LCS}$	Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi ZLCS
$I_{YZ.LCS}$	Moment mieszany w obszarze układu LCS
α	Kąt obrotu układu osi głównej
I_y	Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi głównej y
I_z	Geometryczny moment bezwładności powierzchni względem osi głównej z
i_y	Promień bezwładności względem głównej osi y
i_z	Promień bezwładności względem głównej osi z
$W_{el.y}$	Sprężysty wskaźnik przekroju względem głównej osi y

Objaśnienie symboli	
$W_{el.z}$	Sprężysty wskaźnik przekroju względem głównej osi z
$W_{pl.y}$	Plastyczny wskaźnik przekroju względem głównej osi y
$W_{pl.z}$	Plastyczny wskaźnik przekroju względem głównej osi z
$M_{pl.y.+}$	Moment plastyczny względem głównej osi y dla dodatniego momentu My
$M_{pl.y.-}$	Moment plastyczny względem głównej osi y dla ujemnego momentu My
$M_{pl.z.+}$	Moment plastyczny względem głównej osi z dla dodatniego momentu Mz
$M_{pl.z.-}$	Moment plastyczny względem głównej osi z dla ujemnego momentu Mz
d_y	Współrzędne środka ścinania w głównym kierunku y mierzonym od środka ciężkości - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
d_z	Współrzędne środka ścinania w głównym kierunku z mierzonym od środka ciężkości - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
I_t	Stała skręcania - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
I_w	Stała zwichrzenia - Obliczone za pomocą analizy MES 2D
β_y	Mono-symetria stała względem głównej osi y
β_z	Mono-symetria stała względem głównej osi z

Przekroje poprzeczne


B3
Z
X
Y

Obciążenia

1. Geometria hali

Wysokość konstrukcji łukowej	$f := 9\ \text{m}$
Szerokość konstrukcji łukowej	$d := 21\ \text{m}$
Szerokość profilu:	$b := 0,61\ \text{m}$

1. Zestawienie obciążeń

Obciążenie zmienne: $q := 0,2\ \text{kPa}$

$$q_1 := q \cdot b = 0,122\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Obciążenie śniegiem: $s_k := 0,9\ \text{kPa}$

współ. obciążenia: $\mu_3 := \min\left(\left[\begin{array}{c} 0,2 + 10 \cdot \frac{f}{d} \\ 2 \end{array}\right]\right) = 2$

Przyp. 1: $s := 0,8 \cdot s_k = 0,72\ \text{kPa}$

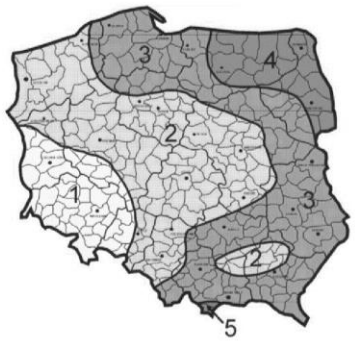
$$s_d := s \cdot b = 0,44\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Przyp. 2a: $s := \mu_3 \cdot s_k = 1,8\ \text{kPa}$

$$s_d := s \cdot b = 1,1\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

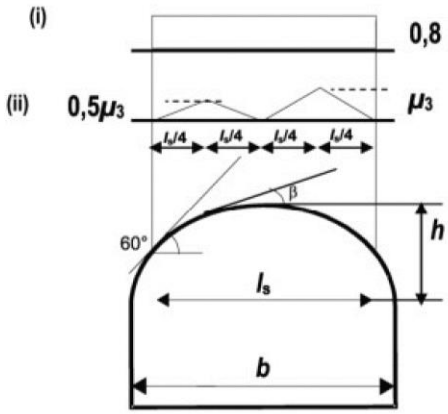
Przyp. 2b: $s := 0,5 \cdot \mu_3 \cdot s_k = 0,9\ \text{kPa}$

$$s_d := s \cdot b = 0,549\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Strefa	s_k, kN/m²
1	$0,007A - 1,4$; $s_k \geq 0,70$
2	0,9
3	$0,006A - 0,6$; $s_k \geq 1,2$
4	1,6
5	$0,93\exp(0,00134A)$; $s_k \geq 2,0$
UWAGA: A = Wysokość nad poziomem morza (m)	

Przypadek



Obciążenie wiatrem:

strefa wiatrowa: 2

kategria terenu: II

wysokość konstrukcji $z := f$

wysokości zależne od kategorii: $z_0 := 0,05\ m$

$z_{0,II} := 0,05\ m$

gęstość powietrza $\rho := 1,25\ \frac{kg}{m^3}$

bazowa prędkość wiatru $v_b := 26\ \frac{m}{s}$

współ. chropowatości $c_r := 1 \cdot \left(\frac{z}{10\ m}\right)^{0,17}$

średnia prędkość wiatru $v_m := v_b \cdot c_r = 25,54\ \frac{m}{s}$

współ, terenu $k_r := 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$

intensywność turbulencji $I_v := \frac{k_r \cdot v_b}{v_m} = 0,19$

wart. szczytowa prędkości wiatru $q_p := \left(1 + 7 \cdot I_v\right) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m{}^2 = 0,96\ kPa$

Tablica 4.1 – Kategorie i parametry terenu

	Kategoria terenu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Obszary morskie i przybrzeżne wystawione na otwarte morze	0,003	1
I	Jeziora lub tereny płaskie, poziome, o nieznacznej roślinności i bez przeszkód terenowych	0,01	1
II	Tereny o niskiej roślinności, takiej jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach (drzewa, budynki) oddalonych od siebie na odległość równą co najmniej ich 20 wysokościom	0,05	2
III	Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościom (takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy)	0,3	5
IV	Tereny, których przynajmniej 15 % powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m	1,0	10
UWAGA Kategorie terenu pokazano w Załączniku A.1.			

Ciśnienie zewnętrzne:

Współczynnik A $C_{pe,A} := 0,8$

Współczynnik B $C_{pe,B} := -1,2$

Współczynnik C $C_{pe,C} := -0,4$

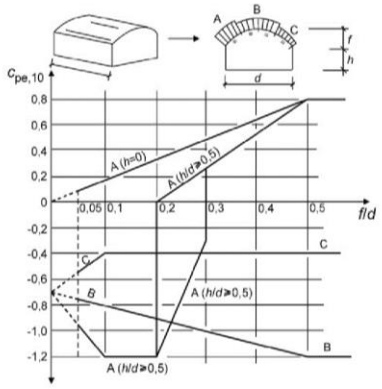
Tablica NA.1 – Wartości podstawowe bazowej prędkości wiatru i ciśnienia prędkości wiatru w strefach

Strefa	$v_{b,0}$ (m/s)	v_b (m/s)	$q_{b,0}$ (kN/m²)	q_b (kN/m²)
	$A \le 300$ m	$A > 300$ m	$A \le 300$ m	$A > 300$ m
1	22	$22 \cdot [1 + 0,0006\,(A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \cdot [1 + 0,0006\,(A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2 \cdot \left[\frac{20000 - A}{20000 + A}\right]$
UWAGA: A – wysokość nad poziomem morza (m)				

Ciśnienie wewnętrzne:

$c_{pi,min} := -0,3$

$c_{pi,max} := 0,2$



Obciążenia wiatrem

Strefa A: $w_{A,min} := q_p \cdot \left(C_{pe,A}\right) \cdot b = 0,47\ m\ kPa$

Strefa B: $w_{B,min} := q_p \cdot \left(C_{pe,B}\right) \cdot b = -0,7\ m\ kPa$

Strefa C: $w_{C,min} := q_p \cdot \left(C_{pe,C}\right) \cdot b = -0,23\ m\ kPa$

$w_{wewn} := q_p \cdot \left(c_{pi,min}\right) \cdot b = -0,18\ m\ kPa$

Strefa A: $w_{A,max} := q_p \cdot \left(C_{pe,A}\right) \cdot b = 0,47\ m\ kPa$

Strefa B: $w_{B,max} := q_p \cdot \left(C_{pe,B}\right) \cdot b = -0,7\ m\ kPa$

Strefa C: $w_{C,max} := q_p \cdot \left(C_{pe,C}\right) \cdot b = -0,23\ m\ kPa$

$w_{wewn} := q_p \cdot \left(c_{pi,max}\right) \cdot b = 0,12\ m\ kPa$

Ugięcie:

$$u_{dop,z} := \frac{d}{250} = 84\ \text{mm}$$

$$u_{dop,x} := \frac{f}{150} = 60\ \text{mm}$$

Obciążenie panelami FV

Wymiary panela: 2094mm x 1134mm $A_{FV} := 2,094\ \text{m} \cdot 1,134\ \text{m} = 2,3746\ \text{m}^2$

Waga panela 25,5 kg $g_{FV} := 0,255\ \text{kN}$

$$q_{FV} := \frac{g_{FV}}{A_{FV}} = 107,3867\ \text{Pa}$$

$$Q_{FV} := q_{FV} \cdot b = 65,5059\ \text{m Pa}$$

Obciążenie panelami akustycznymi

$$g_{pa} := 0,075\ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

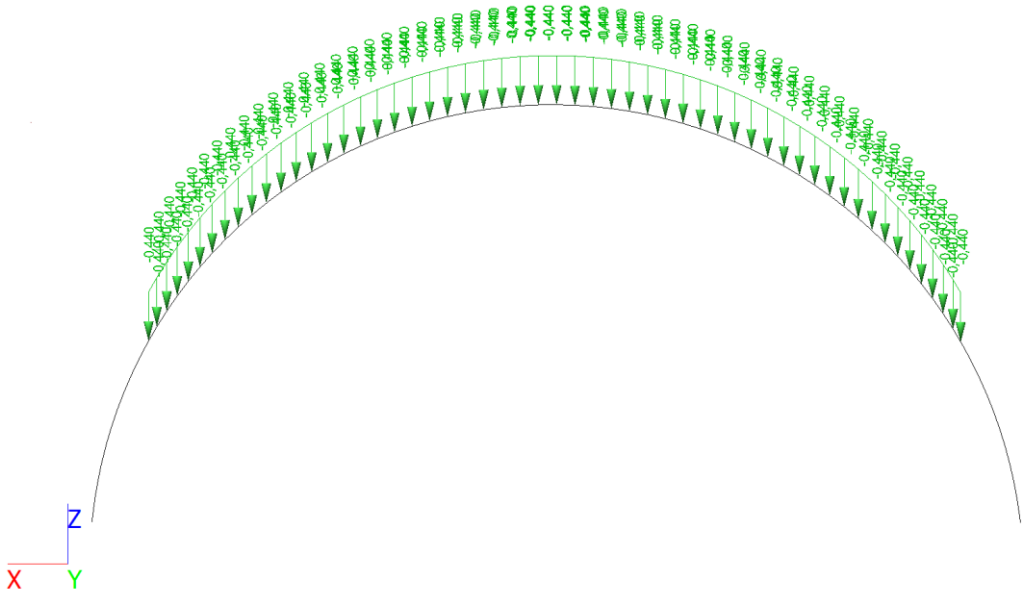
$$G_{pa} := g_{pa} \cdot b = 45,75\ \text{m Pa}$$

Obciążenie pianą izolacyjną PUR/PIR

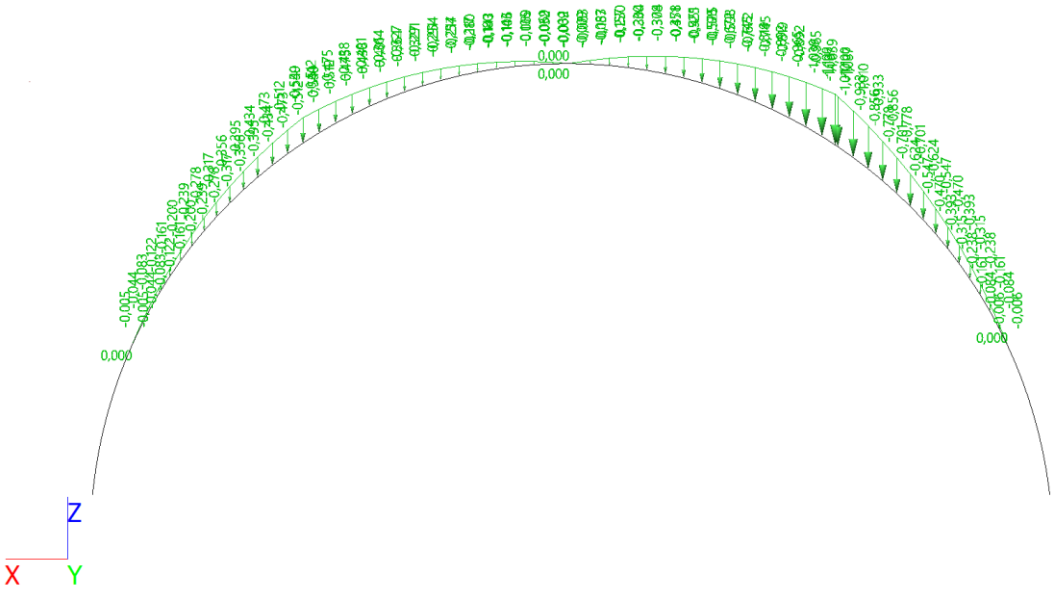
$$\rho_{PUR} := 60\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \qquad q_{PUR} := 0,6\ \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \qquad t_{PUR} := 0,35\ \text{m}$$

$$G_{PUR} := q_{PUR} \cdot b \cdot t_{PUR} = 128,1\ \text{m Pa}$$

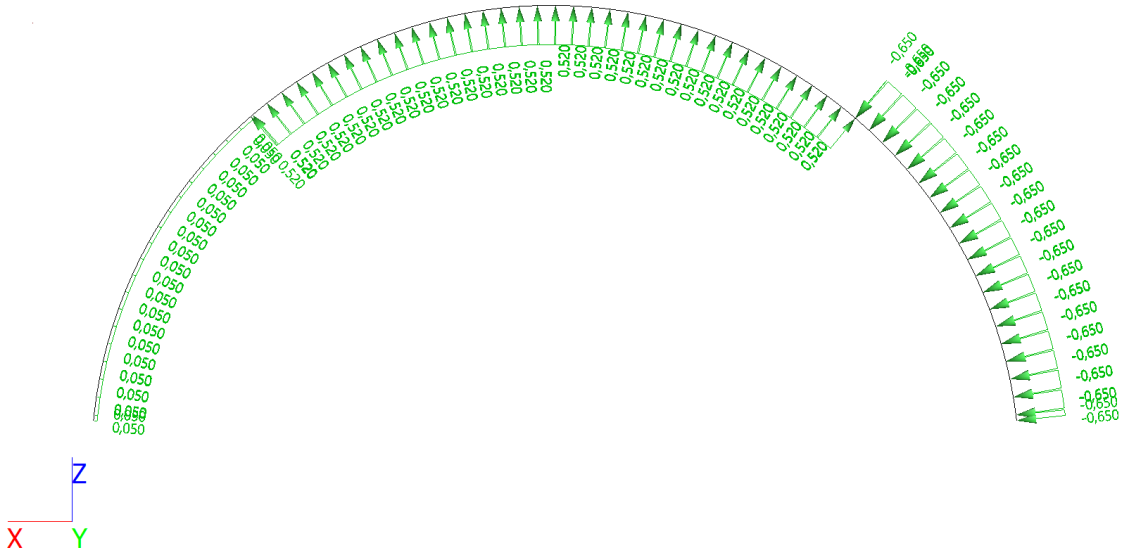
LC2 / Wartość całkowita



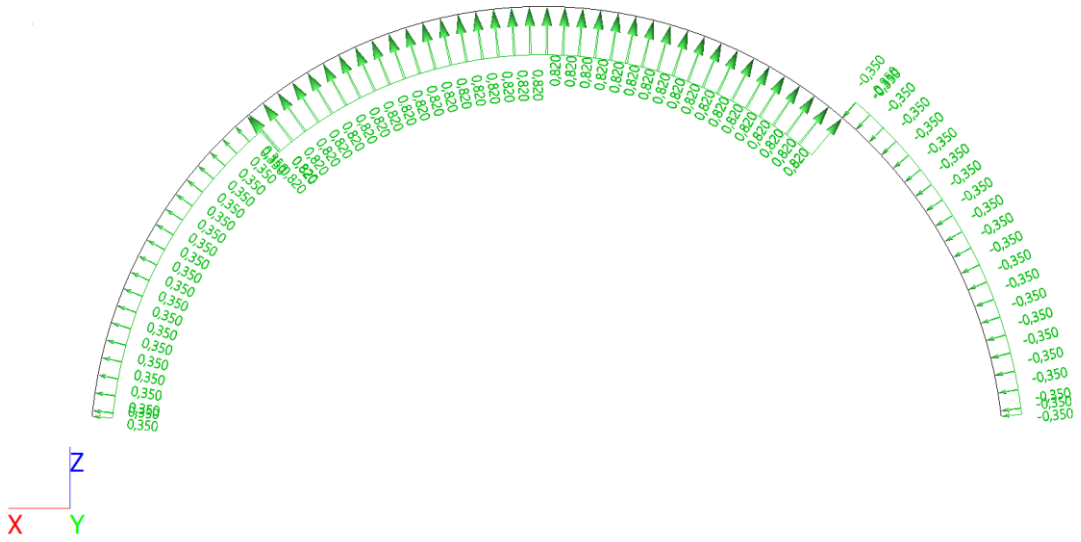
LC3 / Wartość całkowita



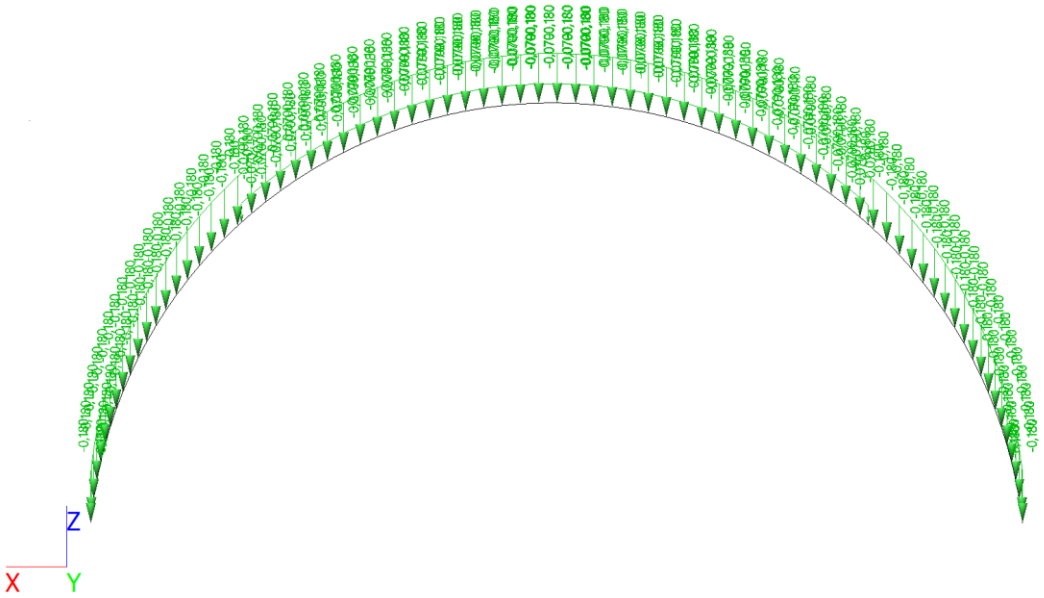
LC4 / Wartość całkowita



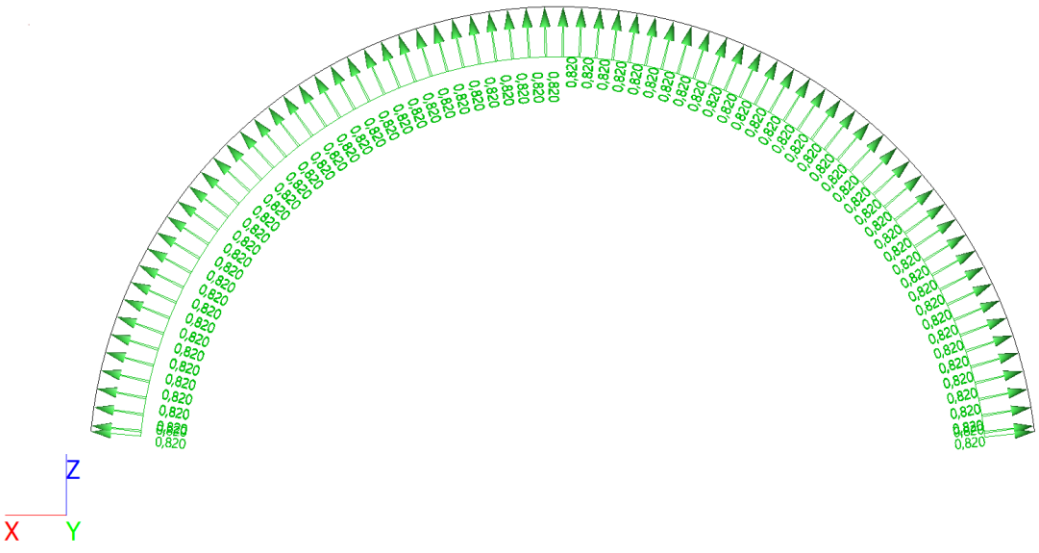
LC5 / Wartość całkowita



LC6 / Wartość całkowita

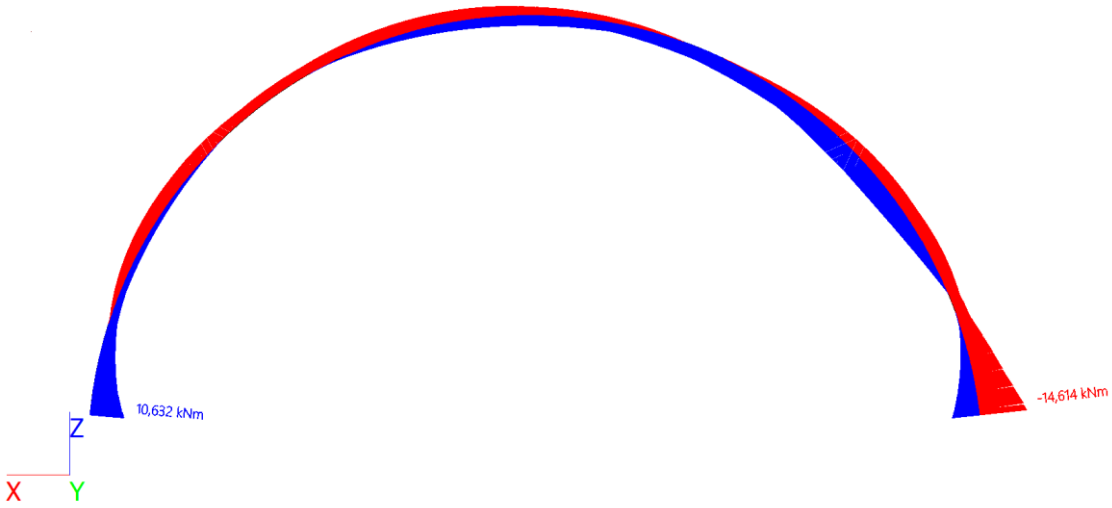


LC7 / Wartość całkowita

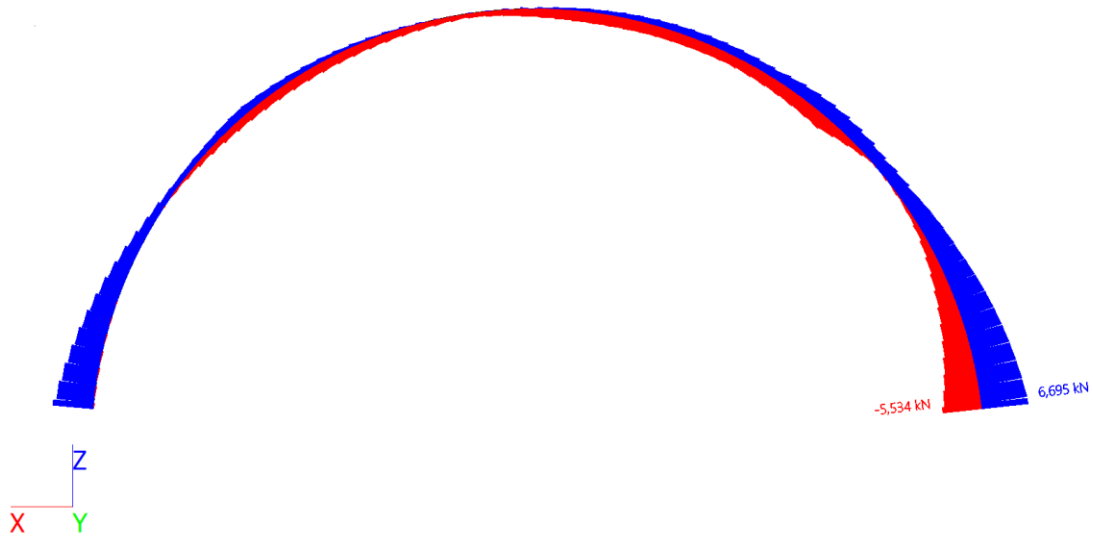


Wyniki obliczeń statyczno- wytrzymałościowych

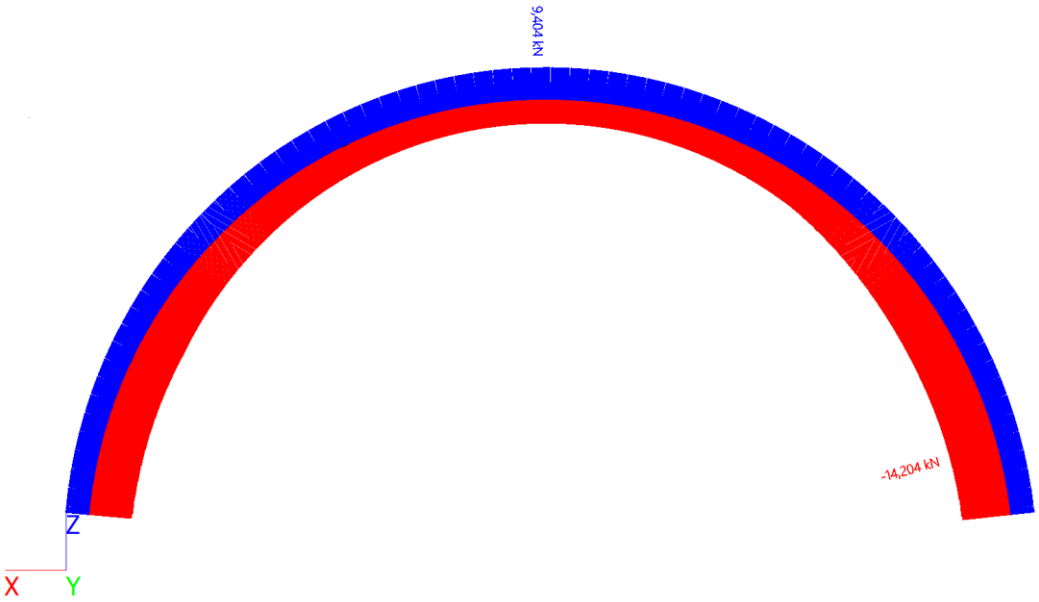
Siły wewnętrzne 1D; M_y



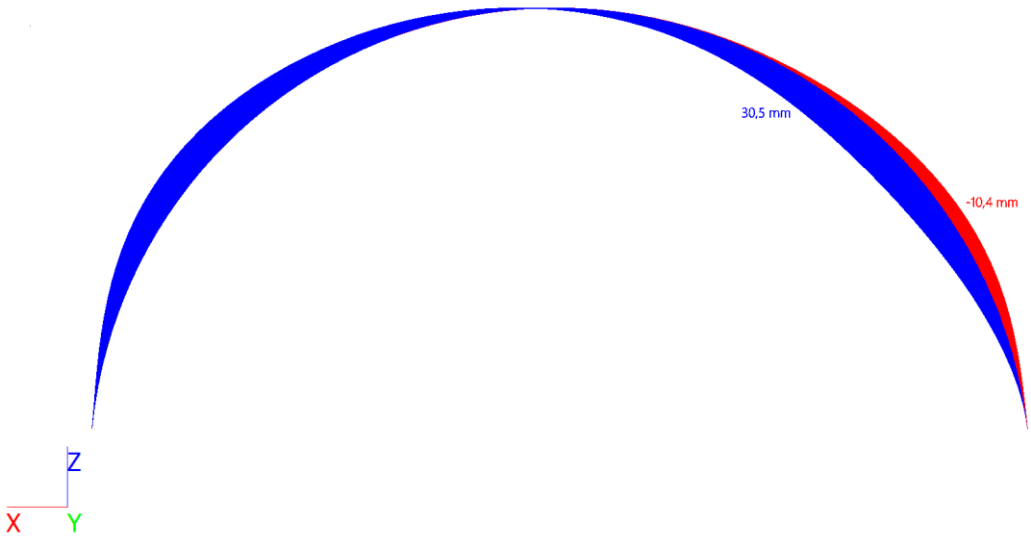
Siły wewnętrzne 1D; V_z



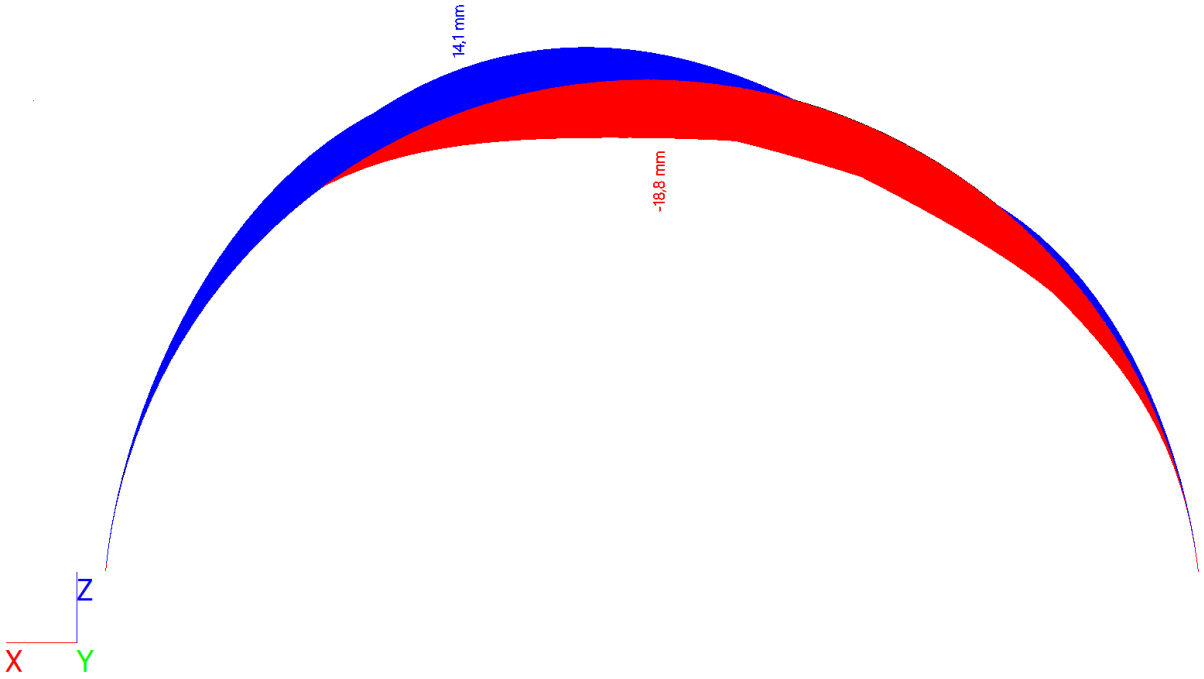
Siły wewnętrzne 1D; N



Odkształcenia 1D; u_x



Odkształcenia 1D; u_z

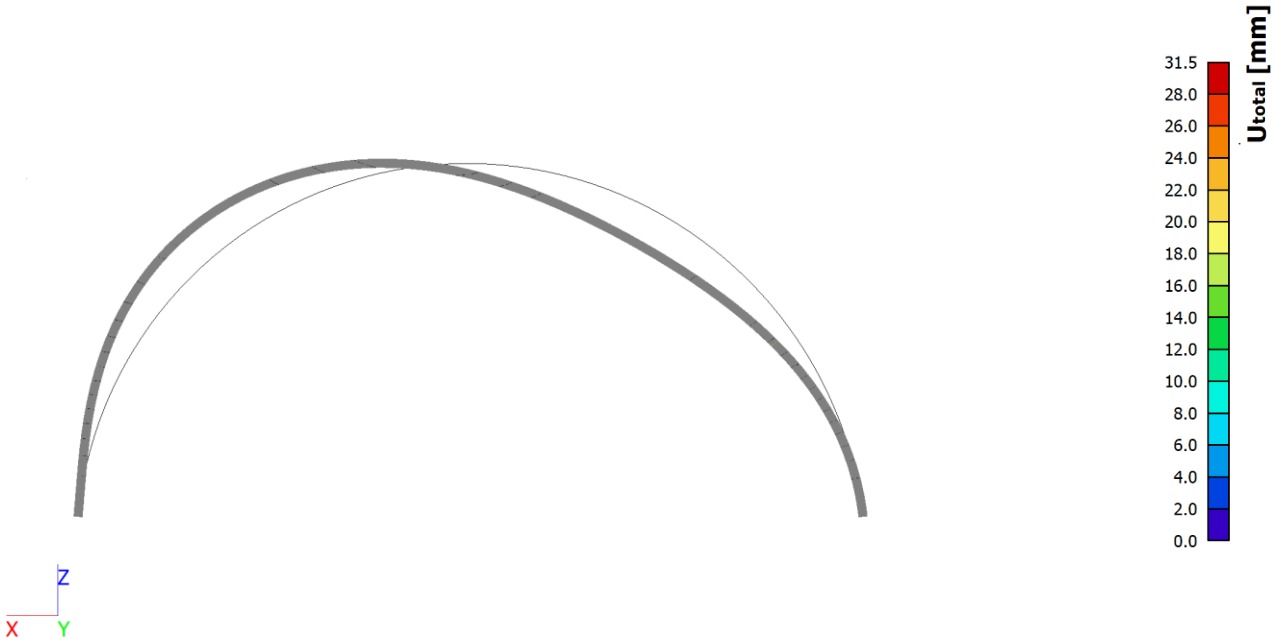


Warunek przemieszczeń pionowych:
u_z,dop=L/250
Warunek przemieszczeń poziomych:
u_x,dop=f/150

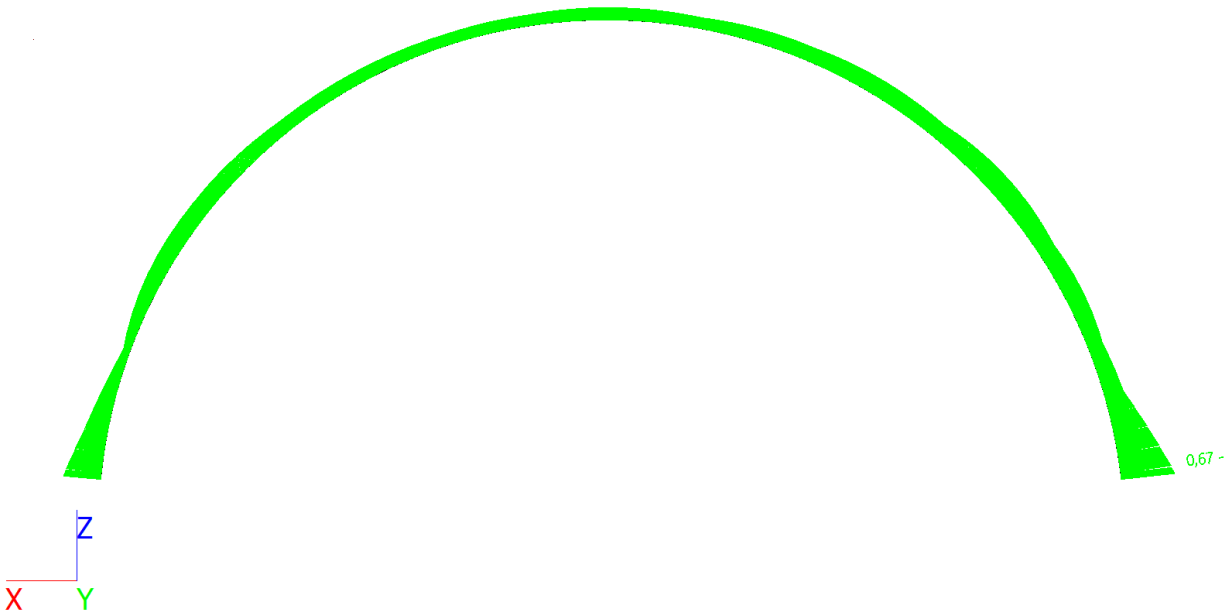
Warunek przemieszczeń pionowych:
u_z,dop=21,00m/250
u_z,dop=84mm
u_z,Ed=19mm
19mm/84mm=23% warunek spełniony

Warunek przemieszczeń poziomych:
u_x,dop=9,00m/150
u_x,dop=60mm
u_x,Ed=30,5mm
30,5mm/60mm=51% warunek spełniony

Przemieszczenie 3D; U_total



EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN; Sprawdzenie przekroju



EC-EN 1993 Sprawdzenie stali SGN

Wartości: **UC_{Sec}**
Obliczenie nieliniowe
Klasa: Wszyskie SGN NL
Układ współrzędnych: Główny
Ekstremum 1D: Przekrój poprzeczny
Wybór: Wszystkie

Sprawdzenie normowe wg EN 1993-1-3 elementu zimnogiętego
Załącznik krajowy: Polski NA PN-EN

Pręt B3	**0,000 / 27,840 m**	**Ogólny przekrój poprzeczny**	**Profilowany na zimno**	**S320GD+Z**	**Wszyskie SGN NL**	**0,67 -**

Klucz do kombinacji
Wszyskie SGN NL / NC7

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa		
Wytrzymałość przekrojów poprzecznych	γ_{M0}	1,00
Sprawdzanie stateczności	γ_{M1}	1,00
Nośność przekrojów netto	γ_{M2}	1,25

Materiał			
Granica plastyczności	f_{yb}	320,0	MPa
Wytrzymałość	f_u	390,0	MPa

..::SPRAWDZENIE PRZEKROJU::..

Sprawdzenie krytyczne jest w miejscu 0,000 m

Definicja osi:
- oś główna y w tym sprawdzeniu normowym odnosi się do osi głównej z w SCIA Engineer
- oś główna z w tym sprawdzeniu normowym odnosi się do osi głównej y w SCIA Engineer

Siły wewnętrzne		Obliczony	Dodatkowe momenty	Całkowity	Jednostka
Siła podłużna	N_{Ed}	-2,416		-2,416	kN
Siła ścinająca	$V_{y,Ed}$	6,429		6,429	kN
Siła ścinająca	$V_{z,Ed}$	0,000		0,000	kN
Skręcanie	T_{Ed}	0,001		0,001	kNm
Moment zginający	$M_{y,Ed}$	0,000	-0,008	-0,008	kNm
Moment zginający	$M_{z,Ed}$	-14,218	-0,016	-14,233	kNm

Przekrój efektywny N-
Obliczenie szerokości efektywnej
Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 5.5.2, 5.5.3 oraz EN 1993-1-5, punkt 4.4

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
1	UO	22	320000,000	320000,000	1,0	0,4	0,9	0,9	19		
2	I	27	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,4	1,0	27	14	14
3	I	38	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,5	1,0	38	19	19
4	I	7	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
5	I	7	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
6	I	36	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,5	1,0	36	18	18
7	I	101	320000,000	320000,000	1,0	4,0	1,4	0,6	61	31	31
8	I	6	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	6	3	3
9	I	6	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	6	3	3
10	I	106	320000,000	320000,000	1,0	4,0	1,5	0,6	62	31	31
11	I	63	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,9	0,9	54	27	27
12	I	4	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	4	2	2
13	I	68	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,9	0,8	56	28	28
14	I	4	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	4	2	2
15	I	63	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,9	0,9	54	27	27
16	I	106	320000,000	320000,000	1,0	4,0	1,5	0,6	62	31	31
17	I	6	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	6	3	3
18	I	6	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	6	3	3
19	I	101	320000,000	320000,000	1,0	4,0	1,4	0,6	61	31	31
20	I	36	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,5	1,0	36	18	18
21	I	7	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
22	I	7	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
23	I	38	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,5	1,0	38	19	19
24	I	28	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,4	1,0	28	14	14
25	I	28	320000,000	320000,000	1,0	4,0	0,4	1,0	28	14	14
26	UO	18	320000,000	320000,000	1,0	0,4	0,8	1,0	18		

Przekrój efektywny My-

Obliczenie szerokości efektywnej

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 5.5.2, 5.5.3 oraz EN 1993-1-5, punkt 4.4

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
1	UO	22	320000,000	298251,977	0,9	0,5	0,9	0,9	19		
2	I	27	320000,000	309734,063	1,0	4,1	0,4	1,0	27	13	14
3	I	38	309734,063	271806,057	0,9	4,3	0,5	1,0	38	19	20
4	I	7	271806,057	266400,490	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
5	I	7	266400,490	260994,923	1,0	4,0	0,1	1,0	7	4	4
6	I	36	260994,923	225921,915	0,9	4,3	0,5	1,0	36	17	18
7	I	101	225921,915	170427,778	0,8	4,5	1,3	0,6	65	31	35
8	I	6	172164,025	170427,778	1,0	4,0	0,1	1,0	6	3	3
9	I	6	172164,025	166118,061	1,0	4,1	0,1	1,0	6	3	3
10	I	106	166118,061	107598,948	0,6	4,8	1,3	0,6	68	31	37
11	I	63	107598,948	45417,081	0,4	5,6	0,7	1,0	63	28	36
12	I	4	45417,081	42521,304	0,9	4,1	0,1	1,0	4	2	2
13	I	68	42521,304	-24528,391	-0,6	14,7	0,5	1,0	43	17	26
14	I	4	-24528,391	-27424,168							
15	I	63	-27424,168	-89606,035							
16	I	106	-89606,035	-148125,148							
17	I	6	-148125,148	-154171,112							

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
18	I	6	-152434,865	-154171,112							
19	I	101	-152434,865	-207929,002							
20	I	36	-207929,002	-243002,010							
21	I	7	-243002,010	-248407,577							
22	I	7	-248407,577	-253813,144							
23	I	38	-253813,144	-291741,151							
24	I	28	-278517,139	-291741,151							
25	I	28	-278517,139	-306125,837							
26	UO	18	-307728,019	-314660,853							

Przekrój efektywny Mz-

Obliczenie szerokości efektywnej

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 5.5.2, 5.5.3 oraz EN 1993-1-5, punkt 4.4

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
1	UO	22	-320000,000	-320000,000							
2	I	27	-241689,981	-320000,000							
3	I	38	-241689,981	-241689,981							
4	I	7	-226374,893	-241689,981							
5	I	7	-226374,893	-241689,981							
6	I	36	-241689,981	-241689,981							
7	I	101	19812,197	-241689,981	-12,2	1041,8	0,1	1,0	8	3	5
8	I	6	38299,846	19812,197	0,5	5,2	0,1	1,0	6	3	3
9	I	6	40120,653	38299,846	1,0	4,1	0,1	1,0	6	3	3
10	I	106	315877,269	40120,653	0,1	7,0	1,1	0,8	81	33	48
11	I	63	315877,269	315877,269	1,0	4,0	0,9	0,9	54	27	27
12	I	4	315877,269	306460,829	1,0	4,1	0,1	1,0	4	2	2
13	I	68	306460,829	306460,829	1,0	4,0	0,9	0,8	56	28	28
14	I	4	315877,269	306460,829	1,0	4,1	0,1	1,0	4	2	2
15	I	63	315877,269	315877,269	1,0	4,0	0,9	0,9	54	27	27
16	I	106	315877,269	40120,653	0,1	7,0	1,1	0,8	81	33	48
17	I	6	40120,653	38299,846	1,0	4,1	0,1	1,0	6	3	3
18	I	6	38299,846	19812,197	0,5	5,2	0,1	1,0	6	3	3
19	I	101	19812,197	-241689,981	-12,2	1041,8	0,1	1,0	8	3	5
20	I	36	-241689,981	-241689,981							
21	I	7	-226374,893	-241689,981							
22	I	7	-226374,893	-241689,981							
23	I	38	-241689,981	-241689,981							
24	I	28	-241689,981	-320000,000							
25	I	28	-320000,000	-320000,000							
26	UO	18	-267250,334	-320000,000							

Cechy efektywne						
Powierzchnia efektywna	A_{eff}	1,1134e-03	m^2			
Efektywny geometryczny moment bezwładności powierzchni	$I_{eff,y}$	5,0653e-05	m^4	$I_{eff,z}$	7,2822e-06	m^4

Cechy efektywne						
Moduł przekroju skutecznego	$W_{eff,y}$	1,4914e-04	m^3	$W_{eff,z}$	6,7042e-05	m^3
Przesunięcie środka ciężkości	$e_{N,y}$	3	mm	$e_{N,z}$	7	mm

Sprawdzenie ściskania

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.3 i wzorem (6.2)

Powierzchnia przekroju skutecznego	A_{eff}	1,1134e-03	m^2
Nośność na ściskanie	$N_{c,Rd}$	356,295	kN
Sprawdzenie całkowite		0,01	-

Sprawdzenie momentu zginającego — M_y

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.4 i wzorem (6.4)

Moduł przekroju skutecznego	$W_{eff,y}$	1,4914e-04	m^3
Nośność na zginanie	$M_{c,y,Rd}$	47,725	kNm
Sprawdzenie całkowite		0,00	-

Sprawdzenie momentu zginającego — M_z

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.4 i wzorem (6.4)

Moduł przekroju skutecznego	$W_{eff,z}$	6,7042e-05	m^3
Nośność na zginanie	$M_{c,z,Rd}$	21,453	kNm
Sprawdzenie całkowite		0,66	-

Sprawdzenie dwukierunkowego momentu zginającego

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.4 i wzorem (6.7)

Nośność na zginanie	$M_{c,y,Rd}$	47,725	kNm
Nośność na zginanie	$M_{c,z,Rd}$	21,453	kNm

Sprawdzenie zgodności (6.7) = 0,00 + 0,66 = 0,66 -

Sprawdzenie ścinania — V_y

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.5 i wzorem (6.8)

Bez użebrowania na podporze.

Identyfikacja elementu	l_c [mm]	α [deg]	s_w [mm]	λ_w [-]	f_{bv} [MPa]	$V_{b,Rd,y,i}$ [kN]
1	22	270,00	22	0,20	185,6	0,000
2	27	157,39	27	0,24	185,6	6,425
3	38	90,00	38	0,35	185,6	0,000
4	7	131,73	7	0,07	185,6	0,906
5	7	48,27	7	0,07	185,6	0,906
6	36	90,00	36	0,32	185,6	0,000
7	101	146,01	101	0,91	169,4	17,592

Identyfikacja elementu	l_c [mm]	α [deg]	s_w [mm]	λ_w [-]	f_{bv} [MPa]	$V_{b,Rd,y,i}$ [kN]
8	6	196,61	6	0,06	185,6	1,575
9	6	95,42	6	0,06	185,6	0,015
10	106	146,01	106	0,96	160,7	17,592
11	63	90,00	63	0,57	185,6	0,000
12	4	44,33	4	0,04	185,6	0,599
13	68	90,00	68	0,61	185,6	0,000
14	4	135,67	4	0,04	185,6	0,599
15	63	90,00	63	0,57	185,6	0,000
16	106	33,99	106	0,96	160,7	17,592
17	6	84,58	6	0,06	185,6	0,015
18	6	343,39	6	0,06	185,6	1,575
19	101	33,99	101	0,91	169,4	17,592
20	36	90,00	36	0,32	185,6	0,000
21	7	131,73	7	0,07	185,6	0,906
22	7	48,27	7	0,07	185,6	0,906
23	38	90,00	38	0,35	185,6	0,000
24	28	331,79	28	0,26	185,6	6,133
25	28	90,00	28	0,25	185,6	0,000
26	18	157,39	18	0,16	185,6	4,328

Weryfikacja ścinania			
Nośność przy ścinaniu	$V_{b,Rd,y}$	95,256	kN
Sprawdzenie całkowite		0,07	-

Sprawdzenie momentu skręcającego

Zgodnie z EN 1993-1-3, punkt 6.1.6 i wzorem (6.11a), (6.11b), (6.11c)

Cechy efektywne			
Efektywna powierzchnia przekroju poprzecznego	A_{eff}	1,1134e-03	m^2
Moduł przekroju skutecznego	$W_{eff,y}$	1,4914e-04	m^3
Moduł przekroju skutecznego	$W_{eff,z}$	6,7042e-05	m^3

Sprawdzenie sprężystości			
Indeks włókna	Włókno	14	
Naprężenie bezpośrednie z powodu N_{Ed}	$\sigma_{N,Ed}$	2,2	MPa
Naprężenie bezpośrednie z powodu $M_{y,Ed}$	$\sigma_{My,Ed}$	0,0	MPa
Naprężenie bezpośrednie z powodu $M_{z,Ed}$	$\sigma_{Mz,Ed}$	199,7	MPa
Całkowite naprężenie bezpośrednie	$\sigma_{tot,Ed}$	201,9	MPa
Naprężenie ścinające z powodu $V_{y,Ed}$	$\tau_{Vy,Ed}$	4,8	MPa
Naprężenie ścinające z powodu $V_{z,Ed}$	$\tau_{Vz,Ed}$	0,0	MPa
Naprężenie ścinające ze względu na skręcenie równomierne (St. Venanta)	$\tau_{t,Ed}$	0,6	MPa
Całkowite naprężenie ścinające	$\tau_{tot,Ed}$	5,4	MPa
Suma naprężeń von Misesa	$\sigma_{von\ Mises,Ed}$	202,1	MPa
Sprawdzenie zgodności (naprężenie bezpośrednie)		0,63	-

Sprawdzenie sprężystości			
Sprawdzenie zgodności (naprężenia ścinające)		0,03	-
Sprawdzenie zgodności (naprężenia von Misesa)		0,57	-

Sprawdzenie kombinacji ściskania i zginania

Zgodnie z punktem EN 1993-1-3: 6.1.9 oraz wzór (6.25), (6.26).

e_{Ny}	3	mm
e_{Nz}	7	mm
$\Delta M_{y,Ed}$	-0,008	kNm
$\Delta M_{z,Ed}$	-0,016	kNm
$N_{c,Rd}$	356,295	kN
$M_{cy,Rd,ten}$	53,361	kNm
$M_{cz,Rd,ten}$	24,305	kNm
$M_{cy,Rd,com}$	47,665	kNm
$M_{cz,Rd,com}$	21,453	kNm

Sprawdzenie całkowite (6.25) 0,01 + 0,00 + 0,66 = 0,67 -

Sprawdzenie całkowite (6.26) 0,00 + 0,59 - 0,01 = 0,58 -

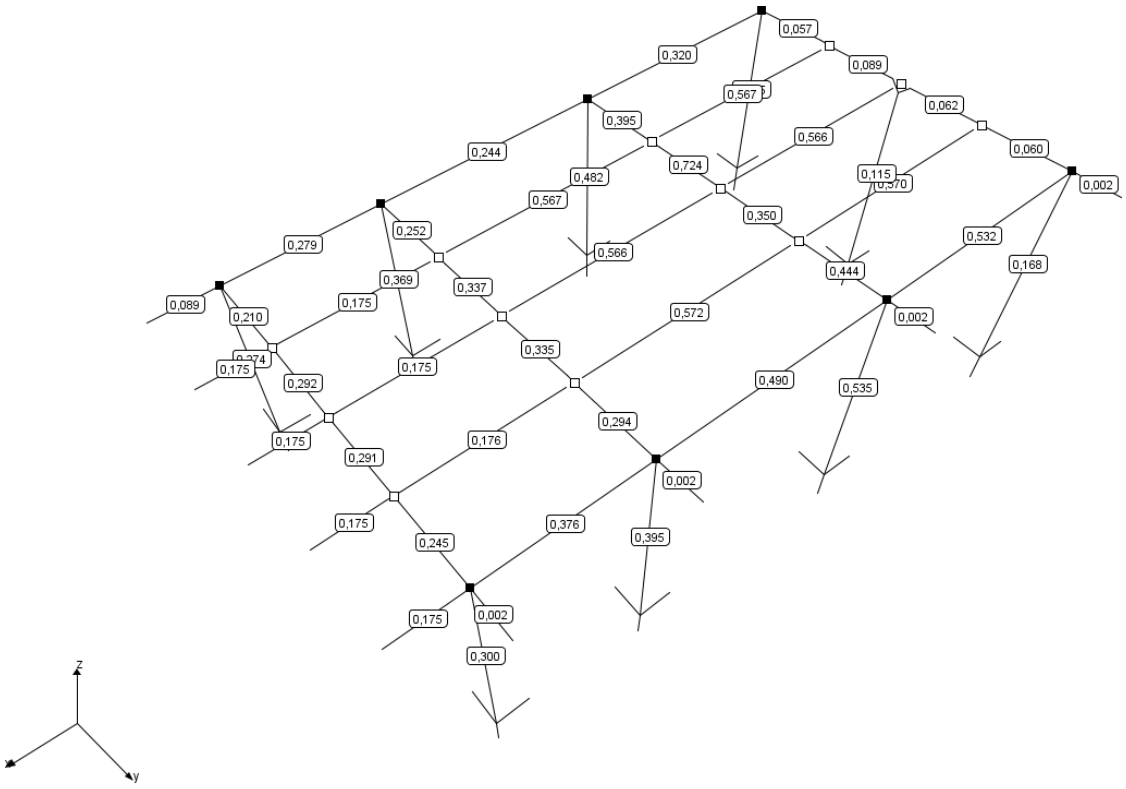
Pręt spełnia warunki sprawdzenia przekroju.

Uwaga : W przypadku tego elementu jest wykonywane tylko sprawdzenie przekroju.

2.1.1. Budynek łącznika

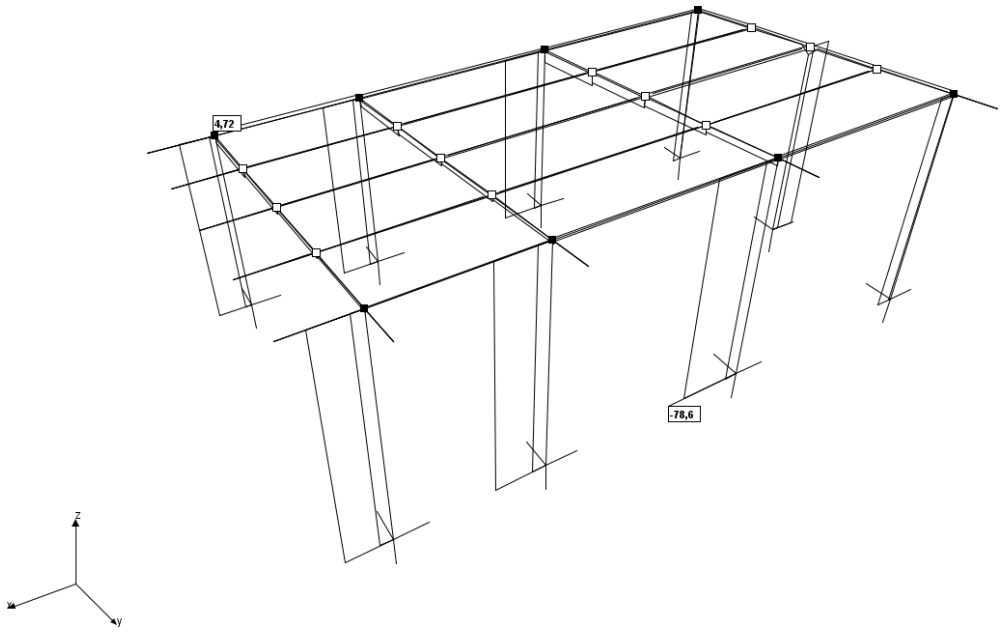
2.1.1.1. Podsumowanie wytężeń

R3D3-Rama 3D - Wymiarowanie

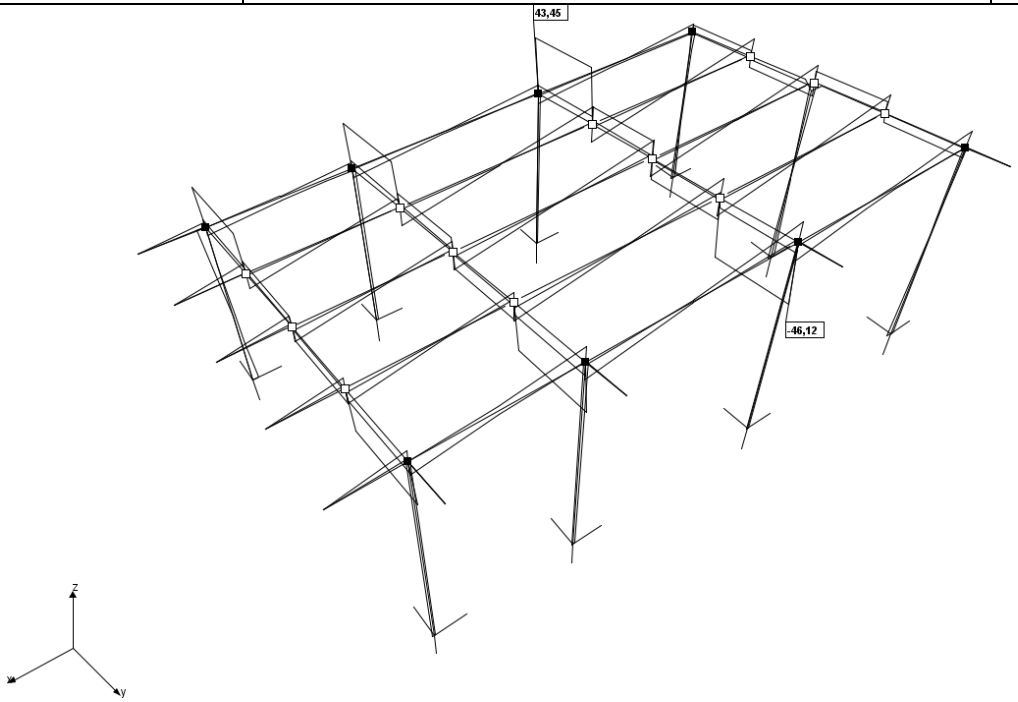


Typ:		
Obwiednia:	sił wewnętrznych i naprężeń	
Stan graniczny nośności:		
Stopień wykorzystania przekroju:	SGN	

R3D3-Rama 3D - Wyniki

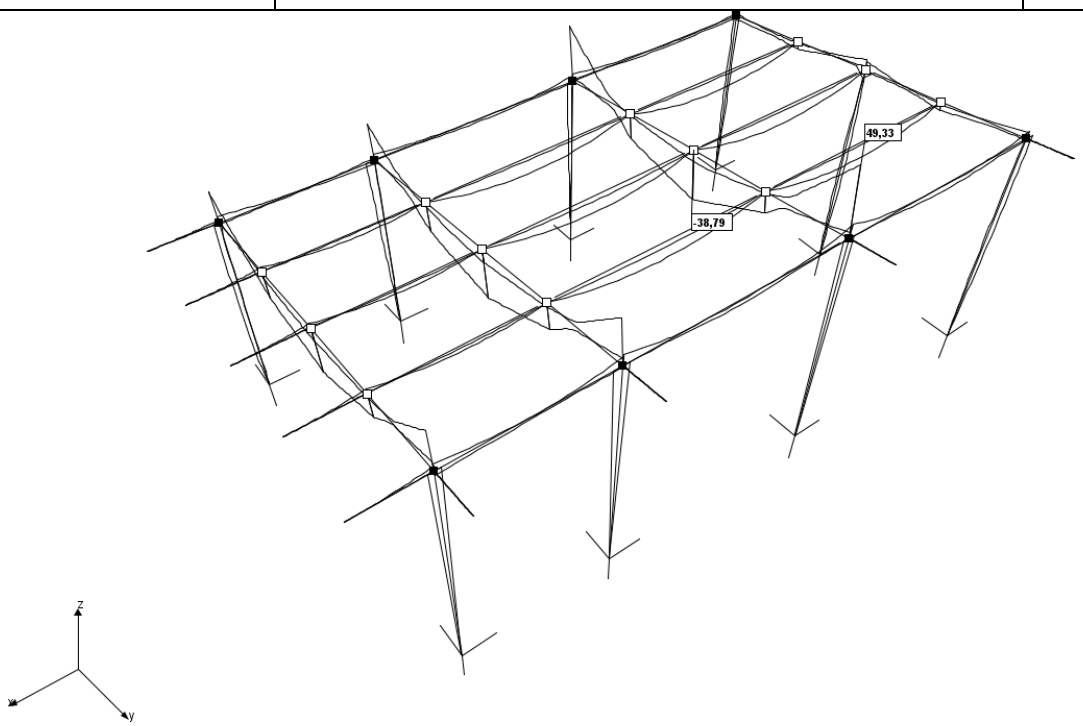


Typ obciążenia:		
Obwiednia		
Rodzaj oddziaływania:		
Siły normalne:	N	[kN]

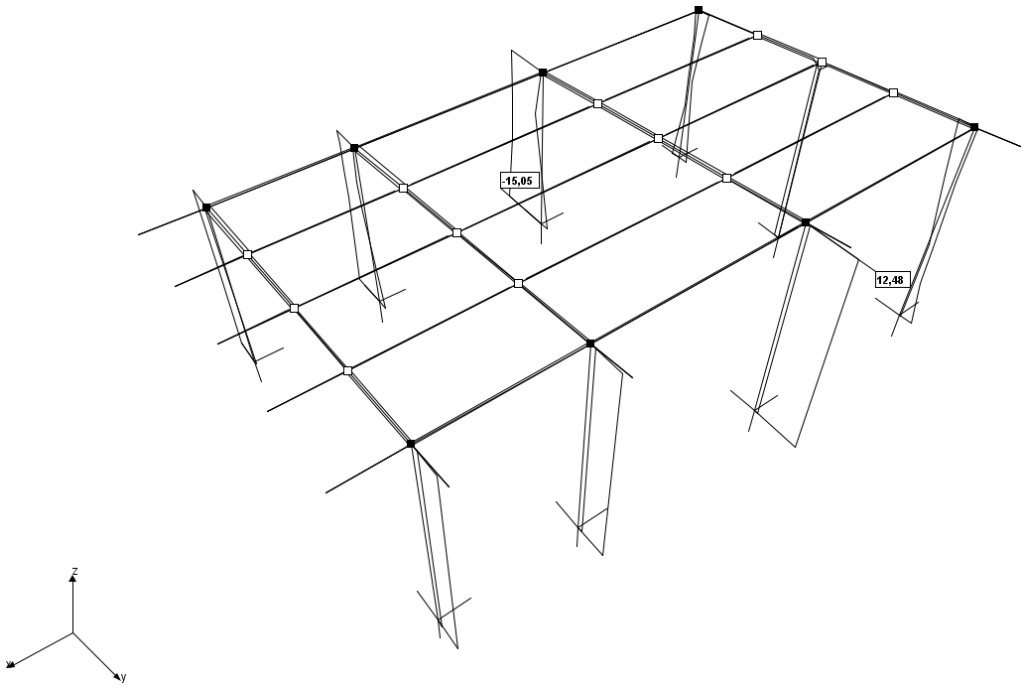


Typ obciążenia:	
Obwiednia	

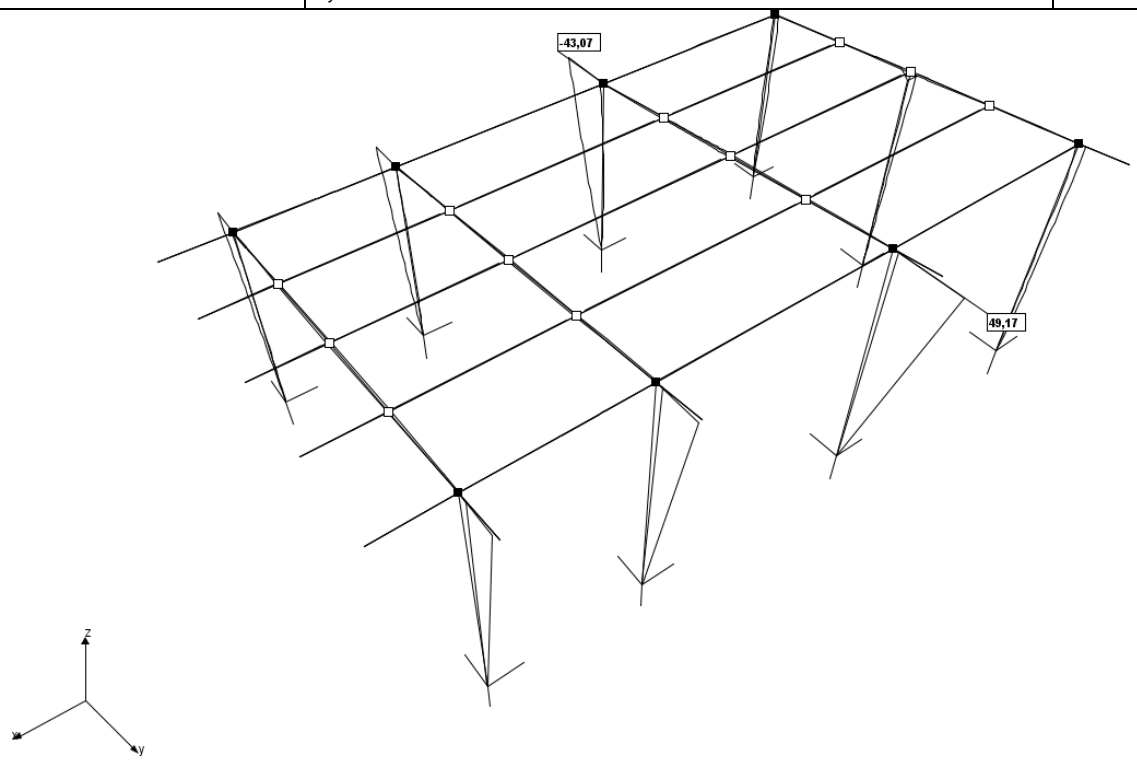
Rodzaj oddziaływania:		
Siły tnące:	T_z	[kN]



Typ obciążenia:		
Obwiednia		
Rodzaj oddziaływania:		
Momenty gnące:	M_y	[kNm]



Typ obciążenia:		
Obwiednia		
Rodzaj oddziaływania:		
Siły tnące:	T_y	[kN]



Typ obciążenia:		
Obwiednia		
Rodzaj oddziaływania:		
Momenty gnące:	M_z	[kNm]

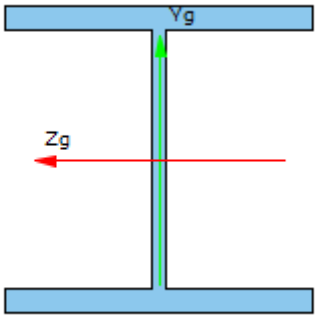
2.1.1.2. Sprawdzenie globalne słupów nośnych

Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:

	Nazwa profilu:	HE 180 B słupy
	Długość pręta:	L = 3.94 m



Gatunek stali:		S235
Granica plastyczności:		f_y = 235.00 MPa
Pole przekroju:		A = 65.26 cm^2
Momenty bezwładności:	J_y = 3831.43 cm^4	J_z = 1362.85 cm^4
Wskaźniki wytrzymałości:	W_y = 425.71 cm^3	W_z = 151.43 cm^3
Plastyczne:	$W_{y,pl}$ = 481.49 cm^3	$W_{z,pl}$ = 231.02 cm^3
Momenty bezwładności na skręcanie:		I_t = 42.16 cm^4

Element prosty, nr pręta: 3

Punkt nr: 0 na pręcie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -78.60 kN $T_y = V_y$ = 0.35 kN $T_z = V_z$ = -12.48 kN

M_y = 0.00 kNm M_z = 0.00 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{65.26 \cdot 235}{1.0} = 1533.55 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{481.45 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.14 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{231.01 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2024.74 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 274.71 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 683.81 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 113.14 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 54.29 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y} \right) = 113.14 - 0.00 \cdot \left(113.14 - 98.31 \right) = 113.14 \left[kNm \right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 54.29 \left[kNm \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 113.14 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 54.29 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{78.60}{1533.55} + \frac{0.00}{113.14} + \frac{0.00}{54.29} = 0.05$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.35}{683.81} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{12.48}{274.71} = 0.05$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{0.00}{54.29} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{0.00}{54.29} = 0.00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}} = \frac{0.00}{54.29} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{0.00}{54.29} = 0.00$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 3.94 [m] $L_{cr,z}$ = 3.94 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 5115.50 [kN] $N_{cr,z}$ = 1819.60 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.55 l_z = 0.92

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 0.86 c_z = 0.59 c_{min} = 0.59

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 1.00 k_{yz} = 1.00 k_{zy} = 1.00 k_{zz} = 1.00

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_{min}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{78.60}{0.59 \cdot 1533.55} \cdot 1.00 = 0.09$$

Element prosty, nr pręta: 3

Punkt nr: 1 na pręcie, położenie: 3.94 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -76.29 kN $T_y = V_y$ = 0.35 kN $T_z = V_z$ = -12.48 kN

M_y = 49.17 kNm M_z = 1.37 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{65.26 \cdot 235}{1.0} = 1533.55 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{481.45 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.14 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{231.01 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2024.74 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 274.71 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 683.81 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 113.14 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 54.29 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}\right) = 113.14 - 0.00 \cdot \left(113.14 - 98.31\right) = 113.14 \left[kNm\right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 113.14 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 54.29 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{76.29}{1533.55} + \frac{49.17}{113.14} + \frac{1.37}{54.29} = 0.51$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.35}{683.81} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{12.48}{274.71} = 0.05$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{49.17}{113.14} + \frac{1.37}{54.29} = 0.46$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{49.17}{113.14} + \frac{1.37}{54.29} = 0.46$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{ny}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}}\right)^2 = \left(\frac{49.17}{113.14}\right)^2 + \left(\frac{1.37}{54.29}\right)^2 = 0.19$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{49.17}{113.14} + \frac{1.37}{54.29} = 0.46$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 3.94 [m] $L_{cr,z}$ = 3.94 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 5115.50 [kN] $N_{cr,z}$ = 1819.60 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.55 l_z = 0.92

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 0.86 c_z = 0.59 c_{min} = 0.59

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 0.61 k_{yz} = 0.60 k_{zy} = 0.98 k_{zz} = 0.99

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_y}\cdot\gamma_{M1}+k_{yy}\cdot\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+k_{yz}\cdot\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{76.29}{0.86\cdot1533.55}\cdot1.00+$$

$$0.61\cdot\frac{49.17}{1.00\cdot113.14}\cdot1.00+0.60\cdot\frac{1.37}{54.29}\cdot1.00=0.34$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_z}\cdot\gamma_{M1}+k_{zy}\cdot\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+k_{zz}\cdot\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{76.29}{0.59\cdot1533.55}\cdot1.00+$$

$$0.98\cdot\frac{49.17}{1.00\cdot113.14}\cdot1.00+0.99\cdot\frac{1.37}{54.29}\cdot1.00=0.53$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 3.28 [m]

Lista grup obciążeń:

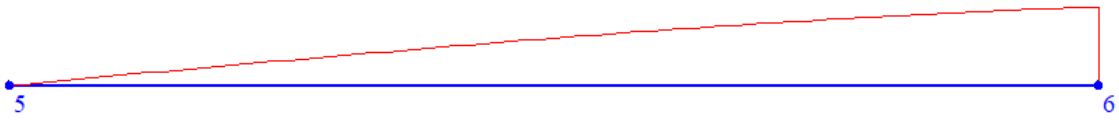
Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny Wiatr 1 Stałe Użytkowe

śnieg 1

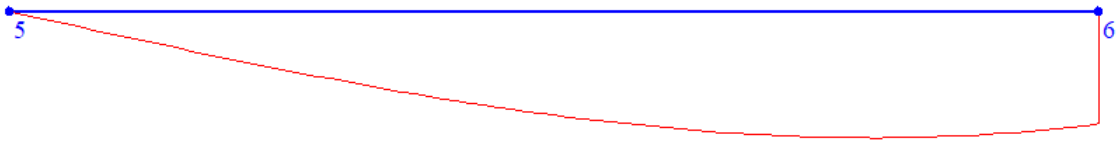
$$u_y=\sum u(i)_y=-0.663\,[cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z=\sum u(i)_z=-1.178\,[cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.663|^2 + |-1.178|^2} = 1.35 \leq 1.576 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

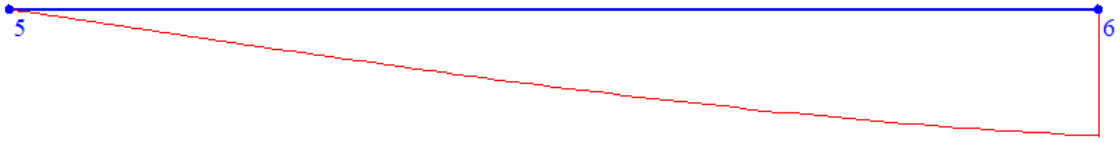
Położenie: x = 3.94 [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny	Stałe	Wiatr 2	Użytkowe
śnieg 1			

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:

$$u_b = u_{bz} = -1.050 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.882 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.258 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|-0.882|^2 + |0.258|^2} = 0.919 \leq 1.576 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

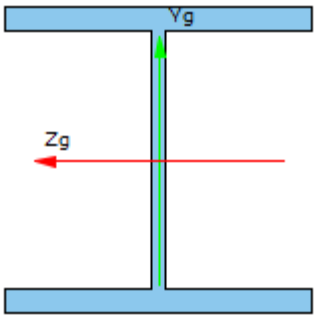
$$\Delta d = |d_n - d| = |0.887 - 0.000| = 0.887 [cm]$$

2.1.1.3. Sprawdzenie globalne dźwigarów stalowych

Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:



Nazwa profilu:	HE 180 B słupy	
Długość pręta:	L = 1.43 m	
Gatunek stali:	S235	
Granica plastyczności:	f_y = 235.00 MPa	
Pole przekroju:	A = 65.26 cm^2	
Momenty bezwładności:	J_y = 3831.43 cm^4	J_z = 1362.85 cm^4
Wskaźniki wytrzymałości:	W_y = 425.71 cm^3	W_z = 151.43 cm^3
Plastyczne:	$W_{y,pl}$ = 481.49 cm^3	$W_{z,pl}$ = 231.02 cm^3
Momenty bezwładności na skręcanie:	I_t = 42.16 cm^4	

Element prosty, nr pręta: 43

Punkt nr: 0 na pręcie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -14.26 kN $T_y = V_y = 13.86$ kN $T_z = V_z = 0.02$ kN

$M_y = 0.02$ kNm $M_z = 19.63$ kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{65.26 \cdot 235}{1.0} = 1533.55 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{481.45 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.14 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{231.01 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2024.74 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 274.71 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 683.81 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 113.14 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 54.29 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}\right) = 113.14 - 0.00 \cdot \left(113.14 - 98.31\right) = 113.14 \left[kNm\right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 113.14 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 54.29 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{14.26}{1533.55} + \frac{0.02}{113.14} + \frac{19.63}{54.29} = 0.37$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{13.86}{683.81} = 0.02$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{0.02}{274.71} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.02}{113.14} + \frac{19.63}{54.29} = 0.36$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.02}{113.14} + \frac{19.63}{54.29} = 0.36$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{ny}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}}\right)^2 = \left(\frac{0.02}{113.14}\right)^2 + \left(\frac{19.63}{54.29}\right)^2 = 0.13$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{0.02}{113.14} + \frac{19.63}{54.29} = 0.36$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 1.43 [m]

$L_{cr,z}$ = 1.43 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 39106.65 [kN]

$N_{cr,z}$ = 13910.36 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.20

l_z = 0.33

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 1.00

c_z = 0.93

c_{min} = 0.93

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d}=1.00$$

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 0.60 k_{yz} = 0.54 k_{zy} = 0.00 k_{zz} = 0.90

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_y}\cdot\gamma_{M1}+k_{yy}\cdot\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+k_{yz}\cdot\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{14.26}{1.00\cdot1533.55}\cdot1.00+$$

$$0.60\cdot\frac{0.02}{1.00\cdot113.14}\cdot1.00+0.54\cdot\frac{19.63}{54.29}\cdot1.00=0.20$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_z}\cdot\gamma_{M1}+k_{zy}\cdot\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+k_{zz}\cdot\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{14.26}{0.93\cdot1533.55}\cdot1.00+$$

$$0.00\cdot\frac{0.02}{1.00\cdot113.14}\cdot1.00+0.90\cdot\frac{19.63}{54.29}\cdot1.00=0.34$$

Element prosty, nr pręta: 43

Punkt nr: 1 na pręcie, położenie: 1.43 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -14.17 kN $T_y = V_y$ = 13.03 kN $T_z = V_z$ = 0.02 kN

M_y = -0.00 kNm M_z = 38.79 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{65.26 \cdot 235}{1.0} = 1533.55 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{481.45 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.14 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{231.01 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2024.74 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 274.71 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 683.81 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 113.14 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 54.29 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}\right) = 113.14 - 0.00 \cdot \left(113.14 - 98.31\right) = 113.14 \left[kNm\right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 54.29 \left[kNm\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 113.14 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 54.29 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{14.17}{1533.55} + \frac{0.00}{113.14} + \frac{38.79}{54.29} = 0.72$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{13.03}{683.81} = 0.02$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{0.02}{274.71} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{38.79}{54.29} = 0.71$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{38.79}{54.29} = 0.71$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}} = \frac{38.79}{54.29} = 0.71$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{0.00}{113.14} + \frac{38.79}{54.29} = 0.71$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 1.43 [m]

$L_{cr,z}$ = 1.43 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 39106.65 [kN]

$N_{cr,z}$ = 13910.36 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.20

l_z = 0.33

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 1.00

c_z = 0.93

c_{min} = 0.93

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 0.60

k_{yz} = 0.54

k_{zy} = 0.00

k_{zz} = 0.90

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{14.17}{1.00 \cdot 1533.55} \cdot 1.00 +$$

$$0.60 \cdot \frac{0.00}{1.00 \cdot 113.14} \cdot 1.00 + 0.54 \cdot \frac{38.79}{54.29} \cdot 1.00 = 0.40$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_z}\cdot\gamma_{M1}+k_{zy}\cdot\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+k_{zz}\cdot\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{14.17}{0.93\cdot 1533.55}\cdot 1.00+$$

$$0.00\cdot\frac{0.00}{1.00\cdot 113.14}\cdot 1.00+0.90\cdot\frac{38.79}{54.29}\cdot 1.00=0.65$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 1.17 [m]

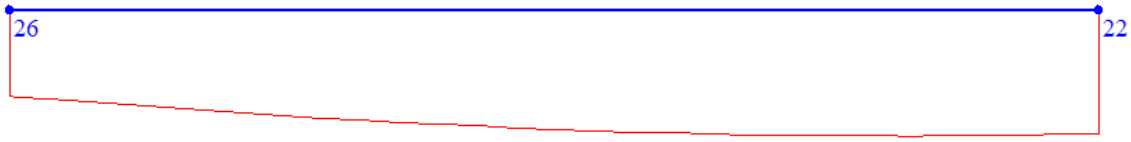
Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny	Wiatr 2	Stałe	Użytkowe
śnieg 1			

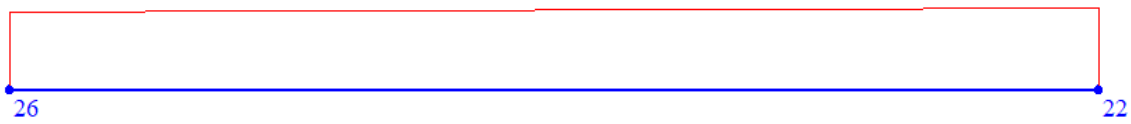
$$u_y=\sum u(i)_y=1.392\,[cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z=\sum u(i)_z=0.004+0.753+0.070+0.017+0.051=0.896\,[cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max}=\sqrt{u_y^2+u_z^2}=\sqrt{|1.392|^2+|0.896|^2}=1.66>0.570\ [cm]$$

Anuluj

Wyniki ugięcia względnego:

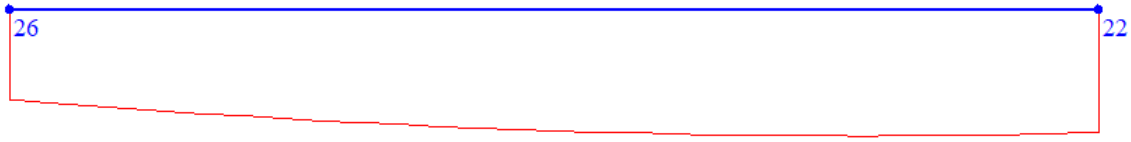
Położenie: x = 1.12 [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny	Stałe	Użytkowe	śnieg 1

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|1.612|^2 + |0.926|^2} = 1.859 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.142 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = -0.036 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|-0.142|^2 + |-0.036|^2} = 0.146 \leq 0.570 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

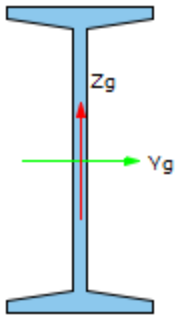
$$\Delta d = |d_n - d| = |1.715 - 1.262| = 0.453\,[cm]$$

2.1.1.4. Sprawdzenie globalne płatwi

Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:



Nazwa profilu:		IPN 140
Długość pręta:		L = 3.60 m
Gatunek stali:		S235
Granica plastyczności:		f_y = 235.00 MPa
Pole przekroju:		A = 17.98 cm^2
Momenty bezwładności:	J_y = 562.56 cm^4	J_z = 33.82 cm^4
Wskaźniki wytrzymałości:	W_y = 80.37 cm^3	W_z = 10.25 cm^3
Plastyczne:	$W_{y,pl}$ = 93.63 cm^3	$W_{z,pl}$ = 17.40 cm^3
Momenty bezwładności na skręcanie:		I_t = 3.70 cm^4

Element prosty, nr pręta: 16

Punkt nr: 0 na pręcie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -0.33 kN $T_y = V_y$ = 0.00 kN $T_z = V_z$ = 13.48 kN

M_y = 0.00 kNm M_z = 0.00 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17.98 \cdot 235}{1.0} = 422.57 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{97.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 22.97 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 17.53 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.84 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 4.66 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 839.95 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 113.96 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 1135.20 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 154.02 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 22.97 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 4.66 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}\right) = 22.97 - 0.00 \cdot \left(22.97 - 17.53\right) = 22.97 \left[kNm\right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 4.66 \left[kNm\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 22.97 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 4.66 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.33}{422.57} + \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.00}{154.02} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{13.48}{113.96} = 0.12$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{Vy}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{Vz}}=\frac{0.00}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}}=\frac{0.00}{4.66}=0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}}=\frac{0.00}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.00$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 3.60 [m]

$L_{cr,z}$ = 3.60 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 899.66 [kN]

$N_{cr,z}$ = 54.09 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.69

l_z = 2.80

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 0.85

c_z = 0.11

c_{min} = 0.11

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 1.00

k_{yz} = 1.00

k_{zy} = 1.00

k_{zz} = 1.00

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}\cdot\chi_{min}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{0.33}{0.11\cdot 422.57}\cdot 1.00=0.01$$

Element prosty, nr pręta: 16

Punkt nr: 1 na pręcie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -0.31 kN

$T_y = V_y$ = 0.00 kN

$T_z = V_z$ = 14.45 kN

M_y = 0.00 kNm

M_z = 0.00 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 | Klasa ścianek środnika = 1 | Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 | Klasa środnika = 1 | Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 | Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17.98 \cdot 235}{1.0} = 422.57 \left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{97.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 22.97 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 17.53 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.84 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 4.66 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 839.95 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 113.96 \left[kN \right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 1135.20 \left[mm^2 \right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 154.02 \left[kN \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 22.97 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 4.66 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y} \right) = 22.97 - 0.00 \cdot \left(22.97 - 17.53 \right) = 22.97 \left[kNm \right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 4.66 \left[kNm \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 22.97 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 4.66 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.31}{422.57} + \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.00}{154.02} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{14.45}{113.96} = 0.13$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{nz}} = \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{0.00}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.00$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 3.60 [m] $L_{cr,z}$ = 3.60 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 899.66 [kN] $N_{cr,z}$ = 54.09 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.69 l_z = 2.80

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 0.85 c_z = 0.11 c_{min} = 0.11

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 1.00 k_{yz} = 1.00 k_{zy} = 1.00 k_{zz} = 1.00

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_{min}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{0.31}{0.11 \cdot 422.57} \cdot 1.00 = 0.01$$

Element prosty, nr pręta: 16

Punkt nr: 2 na pręcie, położenie: 1.80 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 0.24 kN $T_y = V_y = 0.00$ kN $T_z = V_z = 0.00$ kN

$M_y = -3.63$ kNm $M_z = 0.00$ kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17.98 \cdot 235}{1.0} = 422.57 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na rozciąganie

$N_{t,Rd} = 422.57$ [kN]

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{97.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 22.97 \left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 17.53 \left[kNm\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.84 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 4.66 \left[kNm\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 839.95 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 113.96 \left[kN\right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 1135.20 \left[mm^2\right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 154.02 \left[kN\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 22.97 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 4.66 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}\right) = 22.97 - 0.00 \cdot \left(22.97 - 17.53\right) = 22.97 \left[kNm\right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 4.66 \left[kNm\right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 22.97 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 4.66 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}}+\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}}=\frac{0.24}{422.57}+\frac{3.63}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.16$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}}=\frac{0.00}{154.02}=0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}}=\frac{0.00}{113.96}=0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}}=\frac{3.63}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.16$$

$$\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{Vy}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{Vz}}=\frac{3.63}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.16$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{ny}}=\frac{3.63}{22.97}=0.16$$

$$\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}}+\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}\cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}}=\frac{3.63}{22.97}+\frac{0.00}{4.66}=0.16$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g}=1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d}=1.00$$

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 1.00 k_{yz} = 1.00 k_{zy} = 1.00 k_{zz} = 1.00

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT}\cdot M_{y,Rk}}\cdot\gamma_{M1}+\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}\cdot\gamma_{M1}=\frac{3.63}{1.00\cdot 22.97}\cdot 1.00+\frac{0.00}{4.66}\cdot 1.00=0.16$$

Element prosty, nr pręta: 16

Punkt nr: 3 na pręcie, położenie: 1.80 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -0.31 kN $T_y = V_y$ = 0.00 kN $T_z = V_z$ = 0.00 kN

M_y = -13.01 kNm M_z = 0.00 kNm

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd}=\frac{A\cdot f_y}{\gamma_{M0}}=\frac{17.98\cdot 235}{1.0}=422.57\left[kN\right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y}=\frac{W_{pl,y}\cdot f_y}{\gamma_{M0}}=\frac{97.75\cdot 10^{-6}\cdot 235.00}{1.00}=22.97\left[kNm\right]$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 17.53 \left[kNm \right]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.84 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 4.66 \left[kNm \right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 839.95 \left[mm^2 \right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,z,Rd} = 113.96 \left[kN \right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 1135.20 \left[mm^2 \right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C,y,Rd} = 154.02 \left[kN \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$M_{N,y,Rd}$ = 22.97 [kNm]

$M_{N,z,Rd}$ = 4.66 [kNm]

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot \left(M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y} \right) = 22.97 - 0.00 \cdot \left(22.97 - 17.53 \right) = 22.97 \left[kNm \right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 4.66 \left[kNm \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$M_{N,V,Rd,y}$ = 22.97 [kNm] $M_{N,V,Rd,z}$ = 4.66 [kNm]

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.31}{422.57} + \frac{13.01}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.57$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.00}{154.02} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{113.96} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{13.01}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.57$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{13.01}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.57$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{ny}} = \frac{13.01}{22.97} = 0.57$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N,V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N,V,Rd,z}} = \frac{13.01}{22.97} + \frac{0.00}{4.66} = 0.57$$

Długości krytyczne:

$L_{cr,y}$ = 3.60 [m] $L_{cr,z}$ = 3.60 [m]

Siły krytyczne:

$N_{cr,y}$ = 899.66 [kN] $N_{cr,z}$ = 54.09 [kN]

Smukłości względne:

l_y = 0.69 l_z = 2.80

Współczynniki wyboczenia:

c_y = 0.85 c_z = 0.11 c_{min} = 0.11

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

k_{yy} = 0.60 k_{yz} = 0.54 k_{zy} = 1.00 k_{zz} = 0.91

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{0.31}{0.85 \cdot 422.57} \cdot 1.00 +$$

$$0.60 \cdot \frac{13.01}{1.00 \cdot 22.97} \cdot 1.00 + 0.54 \cdot \frac{0.00}{4.66} \cdot 1.00 = 0.34$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{0.31}{0.11 \cdot 422.57} \cdot 1.00 +$$

$$1.00 \cdot \frac{13.01}{1.00 \cdot 22.97} \cdot 1.00 + 0.91 \cdot \frac{0.00}{4.66} \cdot 1.00 = 0.57$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 1.62 [m]

Lista grup obciążeń:

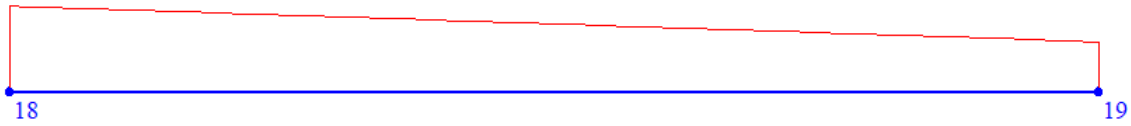
Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny Wiatr 1 Stałe Użytkowe

śnieg 1

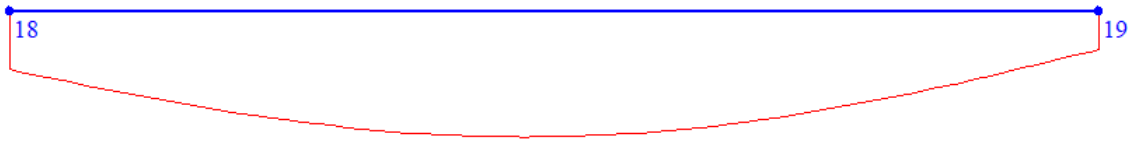
$$u_y = \sum u(i)_y = 0.036 + 0.339 + 0.274 + 0.068 + 0.201 = -0.919 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = -1.657 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.919|^2 + |-1.657|^2} = 1.89 > 1.440 [cm]$$

Anuluj

<u>Wyniki ugięcia względnego:</u>

Położenie: x = 1.71 [m]

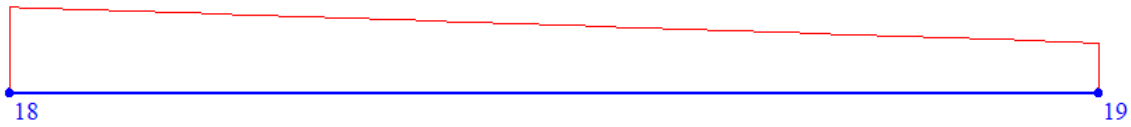
Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

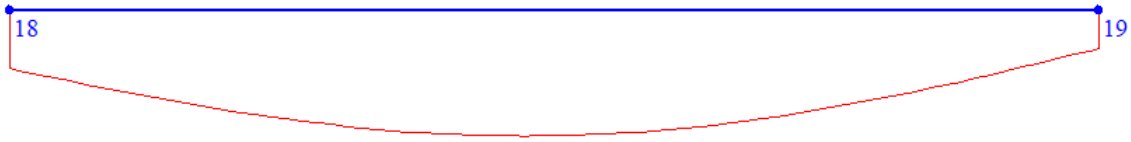
Ciężar własny Stałe Użytkowe śnieg 1

Wiatr 1

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|0.046|^2 + |-0.646|^2} = 0.647\,[cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.107\,[cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 1.014\,[cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|-0.107|^2 + |1.014|^2} = 1.019 \leq 1.440\,[cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.834 - 1.368| = 0.533\,[cm]$$

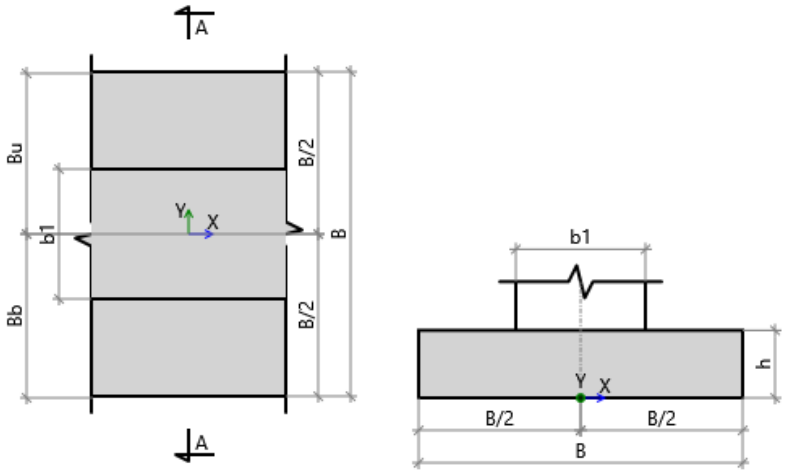
2.2. Posadowienie

2.2.1. Ława fundamentowa podłużna pod przekryciem łukowym

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Nośności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Ława prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 2,50 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,52 m
Przyłożenie obciążenia	b1	= 1,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Weryfikacja nośności gruntu	Krytyczny SGN2	q_{max} / q_{ult} = 93% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN2	H_{yd} / R_{yres} = 99% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN2	M_{xOT} / M_{xres} = 19% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN2	M_{yOT} / M_{yres} = 0% Spełnia
Sprawdzenie wyporu (UPL)	Krytyczny SGN1	$V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

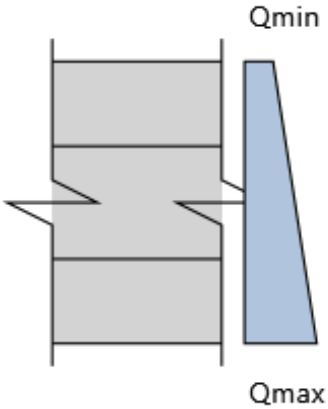
Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V [kN]	H_y [kN]	M_x [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	43,90	0,20	4,00	0,00
SGN2	SGN	73,00	11,70	26,00	5,00

Weryfikacja nośności gruntu

Krytyczny SGN2 q_{max} / q_{ult} = 93% Spełnia



q_{max}= 102,06 kN/m^2

q_{min}= 40,46 kN/m^2

y = 1.5 * B - 3 * e_y = 0,00 m

A = B * L = 2,50 m^2

$$V = V_A + V_B + F = 178{,}14 \text{ kN}$$

$$e_{Ty}=(V_A * e_y + V_B * e_y + M_{yA} + M_{yB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h) / V = 0{,}18 \text{ m}$$

Wypadkowe obciążenie w rdzeniu podstawy fundamentu

$$abs(e_{Ty}) / B < 1/3$$

$$B' = B - 2 * abs(e_{Ty}) = 1{,}00 \text{ m}$$

Nośność gruntu dla warunków z odpływem

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$$N_q = e^{\pi*\tan(\varphi')}*\tan^2(45 + \varphi' / 2) = 5{,}43$$

$$N_c = (N_q - 1) * \operatorname{ctg}(\varphi') = 13{,}36$$

$$N_y = 2 * (N_q - 1) * \tan(\varphi') = 2{,}93$$

$$b_q = b_y = (1 - \alpha * \tan(\varphi'))^2 = 1{,}00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * \tan(\varphi')) = 1{,}00$$

$$s_q = 1 + (B' / L') * \sin(\varphi') = 1{,}15$$

$$s_y = 1 - 0.3 * (B' / L') = 0{,}86$$

$$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1{,}18$$

$$m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] = 1{,}68$$

$$m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] = 1{,}32$$

$$\theta = \operatorname{atan}(H_x / H_y) = 0{,}00$$

$$m = m_L * \cos^2\theta + m_B * \sin^2\theta = 1{,}68$$

$$i_q = [1 - H / (V + A' * c' * \operatorname{ctg}(\varphi'))]^m = 0{,}94$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * \tan(\varphi')) = 0{,}93$$

$$i_y = [1 - H / (V + A' * c' * \operatorname{ctg}(\varphi'))]^{m+1} = 0{,}86$$

$$q' = 22{,}00 \text{ kPa}$$

Dopuszczalne naprężenia w gruncie

$$q_{ultD} = c' * Nc * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0{,}5 * \gamma_i' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 519{,}58 \text{ kN/m}^2$$

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$$b_c = 1 - 2 * \alpha / (\pi + 2) = 1{,}00$$

$$s_c = 1 + 0.2 * (B' / L') = 1{,}09$$

$$i_c = 1 / 2 *[1 + \operatorname{sqrt}(1 - H / (A' * c_u))] = 0{,}94$$

$$q = 22{,}00 \text{ kPa}$$

$$q_{ultUD} = (\pi + 2) * c_u * b_c * s_c * i_c + q = 154{,}40 \text{ kN/m}^2$$

Dopuszczalne naprężenia w gruncie

$$q_{ult} = \min(q_{ultD}, q_{ultUD}) / \gamma_{R,v} = 110{,}28 \text{ kN/m}^2$$

Weryfikacja poślizgu

Krytyczny SGN2 — **H_{yd}/ R_{yres} = 99% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie	$H_{yd} = H_{yA} + H_{yB} + R_{ya} = 11{,}70$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 102{,}80$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 30{,}95$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 11{,}82$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{yres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{yp,d} + R_{d.add} = 11{,}82$ kN

Weryfikacja obrotu

Krytyczny SGN2 — **M_{xOT} / M_{xres} = 19% Spełnia**

$M_{xO} = M_{xA} + M_{xB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h = 32{,}08$ kNm
$M_{xOsoil} = R_{xa} * h_{Ra} = 0{,}00$ kNm

Całkowity moment obracający	$M_{xOT} = M_{xO} + M_{xOsoil} = 32{,}08$ kN
	$M_{xsw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * B/2 = 73{,}63$ kNm
	$M_{xaxial} = (V_{GA} + V_{GB}) * \gamma_{FG.pos}) * (B/2 - e_y) = 91{,}25$ kNm
Całkowity moment utrzymujący	$M_{xres} = M_{xsw} + M_{xaxial} = 164{,}88$ kNm

Krytyczny SGN2 — **M_{yOT} / M_{yres} = 0% Spełnia**

$M_{yO} = M_{yA} + M_{yB} + (H_{xA} + H_{xB}) * h = 0{,}00$ kNm
$M_{yOsoil} = R_{ya} * h_{Ra} = 0{,}00$ kNm

Całkowity moment obracający	$M_{yOT} = M_{yO} + M_{yOsoil} = 0{,}00$ kN
	$M_{ysw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * L/2 = 29{,}45$ kNm
	$M_{yaxial} = (V_{GA} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x1}) + (V_{GB} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x2}) = 36{,}50$ kNm
Całkowity moment utrzymujący	$M_{yres} = M_{ysw} + M_{yaxial} = 65{,}95$ kNm

Sprawdzenie wyporu (UPL)

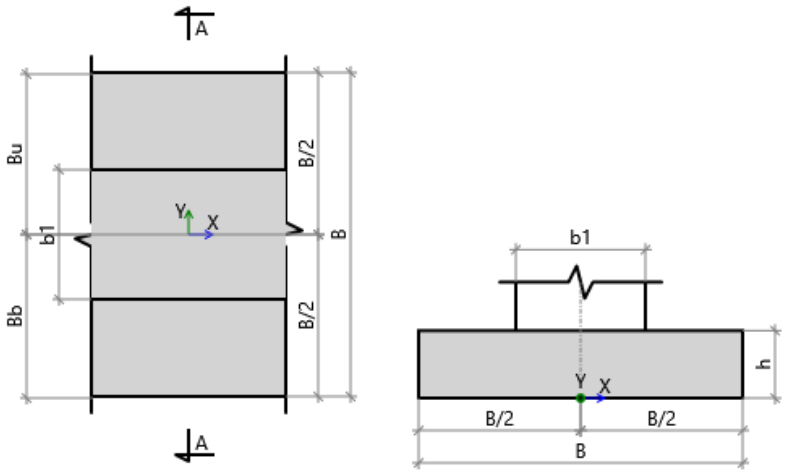
Krytyczny SGN1 — **$V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia**

Stabilizujące oddziaływania pionowe	$G_{stb,d} = V_{G,min} * \gamma_{Gstb} = 53{,}01$ kN
Destabilizujące oddziaływania pionowe	$V_{dst,d} = \max(-V + \gamma_w * \min(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A; \gamma_w * \max(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A) = 0{,}00$ kN

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Użytkowalności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Ława prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 2,50 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,52 m
Przyłożenie obciążenia	b1	= 1,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Weryfikacja osiadania Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 20% Spełnia**

Sprawdzenie różnicy osiadań Krytyczny SGU1 **s_{max} - s_{min} / s_{diff} = 6% Spełnia**

Obciążenia

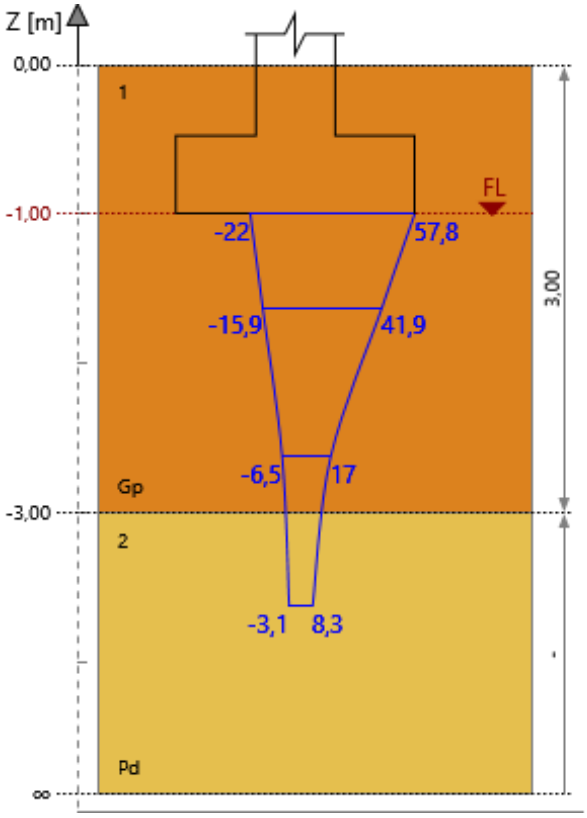
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V [kN]	H_y [kN]	M_x [kNm]	q [kPa]
SGU1	SGU	67,00	8,40	20,00	4,00

Weryfikacja osiadania

Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 20% Spełnia**

Nr	Z [m]	H [m]	σ_{zp} [kN/m^2]	σ'_{zp} [kN/m^2]	σ_{zq} [kN/m^2]	σ_{zsi} [kN/m^2]	σ_{zdi} [kN/m^2]	s_i [mm]
1	-1,00	0,00	22,00	-22,00	79,81	-22,00	57,81	0,00
2	-1,63	1,25	35,75	-15,94	57,84	-15,94	41,89	1,43
3	-2,63	0,75	57,75	-6,46	23,44	-6,46	16,98	0,35
4	-3,63	1,25	76,94	-3,14	11,39	-3,14	8,25	0,20



Natychmiastowe osiadanie	$s_0 = \Sigma(\sigma_{zdi} * h_i / M_{Oi})$ = 1,98 mm
Osiadanie konsolidacyjne	$s_1 = \Sigma(\lambda * \sigma_{zsi} * h_i / M_i)$ = 0,00 mm
Całkowite osiadanie	$s = s_0 + s_1$ = 1,98 mm
Dopuszczalne osiadanie	s_{allow} = 10,00 mm

Sprawdzenie różnicy osiadań

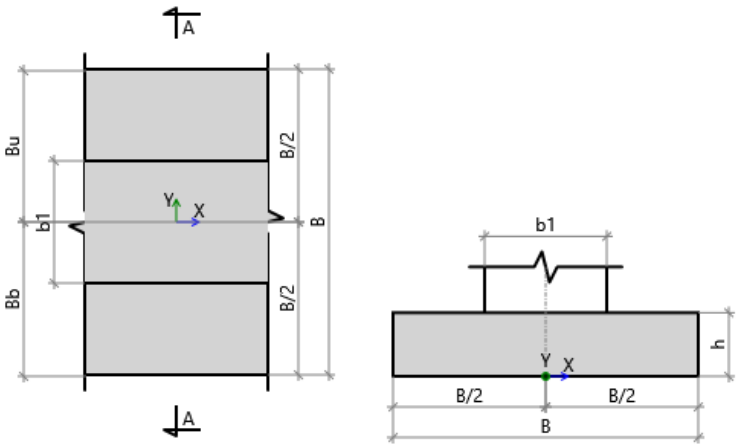
Krytyczny SGU1 $s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 6% Spełnia

Całkowite maksymalne osiadanie	s_{max} = 1,08 mm
Całkowite minimalne osiadanie	s_{min} = 0,46 mm
Dopuszczalna różnica osiadań	s_{diff} = 10,00 mm

Obliczenia dla fundamentu: Zbrojenie 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Ława prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 2,50 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,52 m
Przyłożenie obciążenia	b1	= 1,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu z_{FL} = -1,00 m
Fundament monolityczny

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem Krytyczny SGN2 $A_{s.yreq}$ / $A_{s.yprov}$ = 48% Spełnia
Sprawdzenie ścinania Krytyczny SGN2 V_{Ed} < $V_{Rd.c}$ = 7% Spełnia

Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V [kN]	H_y [kN]	M_x [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	43,90	0,20	4,00	0,00
SGN2	SGN	73,00	11,70	26,00	5,00

Parametry fundamentu

d_{1x} = 0,055 m
d_{1y} = 0,000 m

Beton C30/37

f_{ck} = 30,00 MPa
γ_c = 1,40
f_{cd} = 21,43 MPa

Stal B 500 SP

f_{yk} = 500,00 MPa
γ_s = 1,15
f_{yd} = 434,78 MPa

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem

SGN2 $A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 48% Spełnia

Moment obliczeniowy w kierunku y M_x = 71,71 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y $A_{s.yreg}$ = 2,71 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y $A_{s.yprov}$ = 5,65 cm^2/m

Sprawdzenie ścinania

SGN2 $V_{Ed} < V_{Rd.c}$ = 7% Spełnia

$\beta = 1 + 1.18 * \sqrt{((e_{Tx} / b_u)^2 + (e_{Ty} / l_u)^2)} = 1,22$

$u_1 = \min(4 * \pi * d + 2 * l_1 + 2 * b_1, 2 * (B + L)) = 7,00$ m

Obciążenie netto $V_{Ed} = \beta * V_{Ed,red} / (u_1 * d) = 27,45$ kN

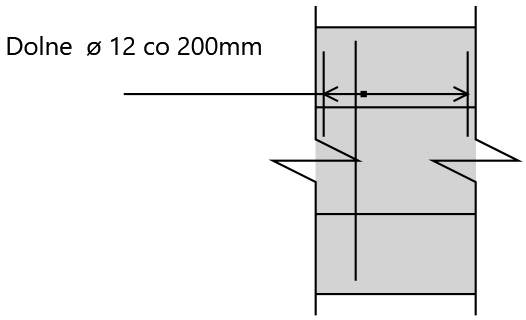
$C_{Rd.c} = 0.18 / \gamma_c = 0,13$

$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}, 2) = 1,66$

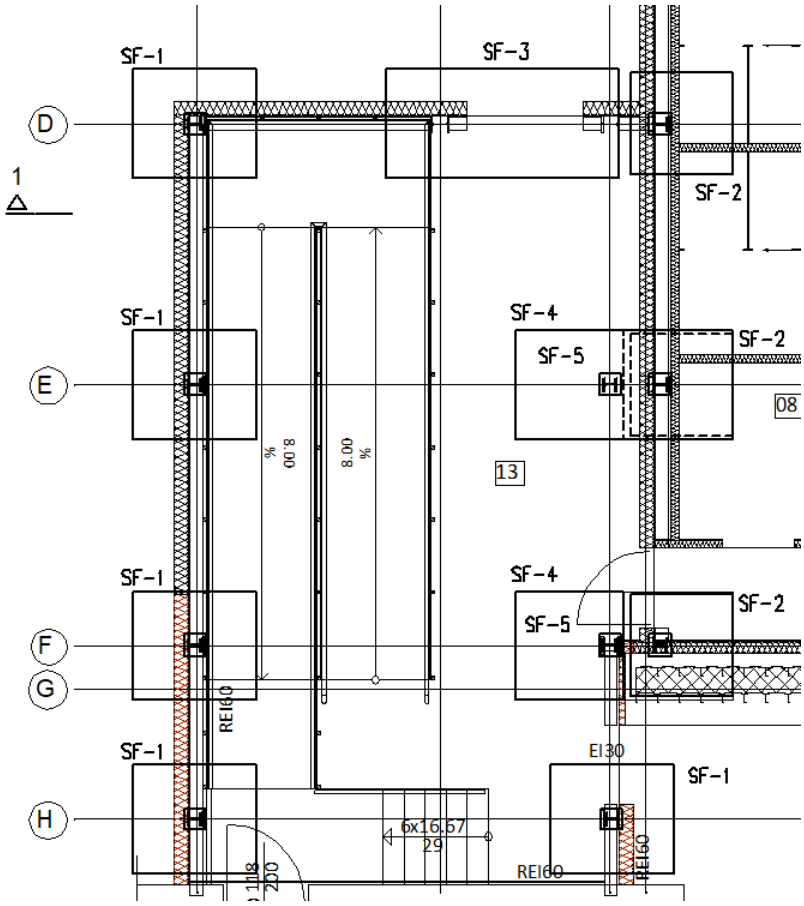
$\rho_L = \min(\sqrt{\rho_x * \rho_y}, 2) = 0,10$ %

$V_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 408,46$ kN

Nośność na przebicie dla obwodu kontrolnego w odległości 2*d od krawędzi słupa $V_{Rd.c} = \min(C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3}, V_{min}) * 2 * d / a = 408,46$ kN



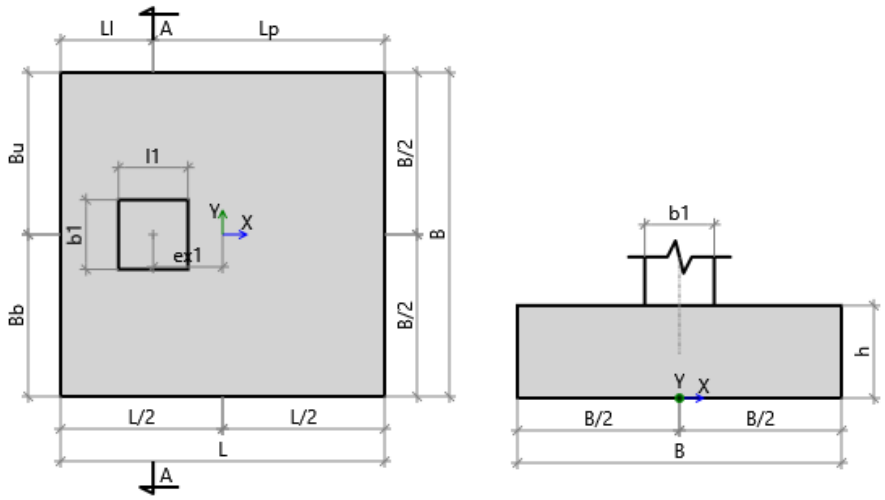
2.2.2. Stopa fundamentowa pod słupami ściany szczytowej hali obciążona mimośrodowo SF-2



Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Nośności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,40 m
Długość fundamentu\	L	= 1,40 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= -0,30 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	0,80	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Weryfikacja nośności gruntu	Krytyczny SGN2	q_{max} / q_{ult} = 41% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN2	H_{xd} / R_{xres} = 78% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN2	H_{yd} / R_{yres} = 0% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN2	M_{xOT} / M_{xres} = 0% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN2	M_{yOT} / M_{yres} = 12% Spełnia

Sprawdzenie wyporu (UPL) Krytyczny SGN2 $V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

Obciążenia

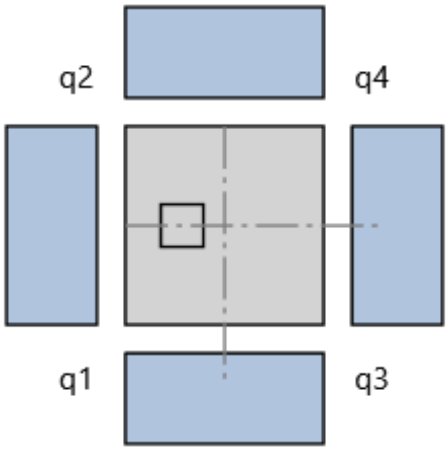
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGN2	SGN	10,00	13,00	0,00	0,00	0,00	5,00

Weryfikacja nośności gruntu

Krytyczny SGN2 q_{max} / q_{ult} = 41% Spełnia

Uwaga! Naprężenia są wyznaczane na podstawie powierzchni efektywnej



q_1= 48,33 kN/m^2

q_2= 48,33 kN/m^2

q_3= 48,33 kN/m^2

q_4= 48,33 kN/m^2

Maksymalne naprężenie q_{max} = 48,33 kN/m^2

Minimalne naprężenie q_{min} = 48,33 kN/m^2

$A = B * L = 1,96$ m^2

$V = V_A + V_B + F = 91,48$ kN

$e_{Tx}=(V_A * e_{x1} + V_B * e_{x2} + M_{xA} + M_{xB} + (H_{xA} + H_{xB}) * H) / V = 0,02$ m

$e_{Ty}=(V_A * e_y + V_B * e_y + M_{yA} + M_{yB} + (H_{yA} + H_{yB}) * H) / V = 0,00$ m

Wypadkowe obciążenie w rdzeniu podstawy fundamentu

$abs(e_{Ty}) / B < 1/3$

$abs(e_{Tx}) / L < 1/3$

$B' = min(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,35$ m

$L' = max(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,40$ m

Nośność gruntu dla warunków z odpływem

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$N_q = e^{\pi*tan(\varphi')}*tan^2(45 + \varphi' / 2) = 5,43$

$N_c = (N_q - 1) * ctg(\varphi') = 13,36$

$N_y = 2 * (N_q - 1) * tan(\varphi') = 2,93$

$b_q = b_y = (1 - \alpha * tan(\varphi'))^2 = 1,00$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 1,00$

$s_q = 1 + (B' / L') * sin(\varphi') = 1,30$

$s_y = 1 - 0.3 * (B' / L') = 0,71$

$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1,37$

$m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] = 1,51$

$m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] = 1,49$

$\theta = atan(H_x / H_y) = 0,00$

$m = m_L * cos^2\theta + m_B * sin^2\theta = 1,49$

$i_q = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^m = 0,92$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 0,90$

$i_y = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^{m+1} = 0,87$

$q' = 22,00$ kPa

Dopuszczalne naprężenia w gruncie

$q_{ultD} = c' * Nc * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma_i' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 582,35$ kN/m^2

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$b_c = 1 - 2 * \alpha / (\pi + 2) = 1,00$

$s_c = 1 + 0.2 * (B' / L') = 1,19$

$i_c = 1 / 2 *[1 + sqrt(1 - H / (A' * c_u))] = 0,93$

$q = 22,00$ kPa

$q_{ultUD} = (\pi + 2) * c_u * b_c * s_c * i_c + q = 163,99$ kN/m^2

Dopuszczalne naprężenia w gruncie $q_{ult} = \min(q_{ultD}, q_{ultUD}) / \gamma_{R,v} = 117,13$ kN/m^2

Weryfikacja poślizgu

Krytyczny SGN2 **H_{xd}/ R_{xres} = 78% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie	$H_{xd} = H_{xA} + H_{xB} + R_{xa} = 13,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 55,47$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 16,70$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 43,02$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{xres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{xp,d} + R_{d.add} = 16,70$ kN

Krytyczny SGN2 **H_{yd}/ R_{yres} = 0% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie	$H_{yd} = H_{yA} + H_{yB} + R_{ya} = 0,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 55,47$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 16,70$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 43,02$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{yres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{yp,d} + R_{d.add} = 16,70$ kN

Weryfikacja obrotu

Krytyczny SGN2 **M_{xOT} / M_{xres} = 0% Spełnia**

$M_{xO} = M_{xA} + M_{xB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h = 0,00$ kNm
$M_{xOsoil} = R_{xa} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający $M_{xOT} = M_{xO} + M_{xOsoil} = 0,00$ kN

$M_{xsw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * B/2 = 31,83$ kNm

$M_{xaxial} = (V_{GA} + V_{GB}) * \gamma_{FG.pos}) * (B/2 - e_y) = 7,00$ kNm

Całkowity moment utrzymujący $M_{xres} = M_{xsw} + M_{xaxial} = 38,83$ kNm

Krytyczny SGN2 **M_{yOT} / M_{yres} = 12% Spełnia**

$M_{yO} = M_{yA} + M_{yB} + (H_{xA} + H_{xB}) * h = 5,20$ kNm
$M_{yOsoil} = R_{ya} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający $M_{yOT} = M_{yO} + M_{yOsoil} = 5,20$ kN

$M_{ysw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * L/2 = 31,83$ kNm

$M_{yaxial} = (V_{GA} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x1}) + (V_{GB} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x2}) = 10,00$ kNm

Całkowity moment utrzymujący	$M_{yres} = M_{ysw} + M_{yaxial}$ = 41,83 kNm

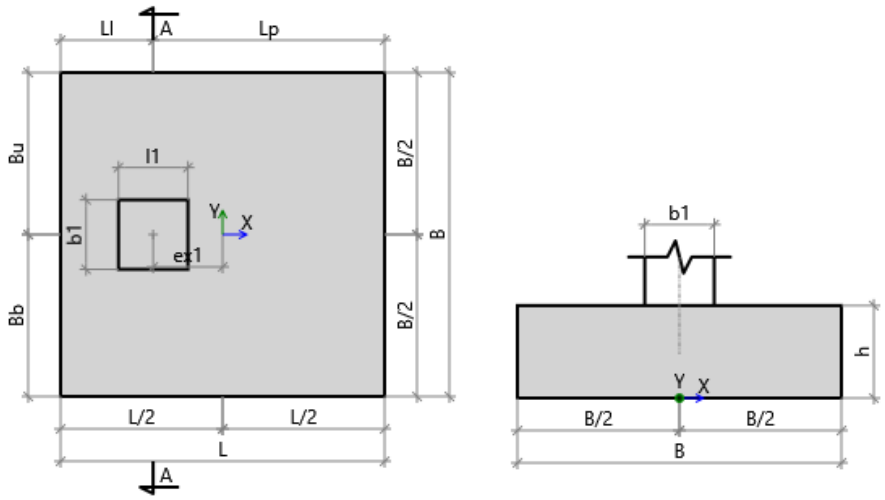
Sprawdzenie wyporu (UPL)

Krytyczny SGN2	**$V_{dst,d} / G_{stb,d}$ = 0% Spełnia**
Stabilizujące oddziaływania pionowe	$G_{stb,d} = V_{G,min} * \gamma_{Gstb}$ = 40,92 kN
Destabilizujące oddziaływania pionowe	$V_{dst,d}$ = max(-V + γ_w * min(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A; γ_w * max(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A) = 0,00 kN

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Użytkowalności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,40 m
Długość fundamentu\	L	= 1,40 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= -0,30 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,05	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu z_{FL} = -1,00 m

Fundament monolityczny

Weryfikacja osiadania Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 11% Spełnia**

Sprawdzenie różnicy osiadań Krytyczny SGU1 **$s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia**

Obciążenia

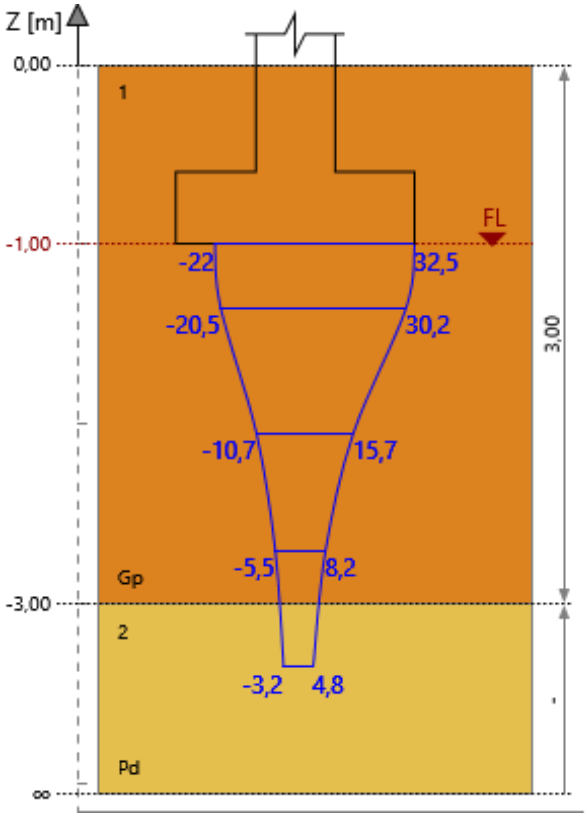
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGU1	SGU	8,00	9,00	0,00	0,00	0,00	4,00

Weryfikacja osiadania

Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 11% Spełnia**

Nr	Z [m]	H [m]	σ_{zp} [kN/m^2]	σ'_{zp} [kN/m^2]	σ_{zq} [kN/m^2]	σ_{zsi} [kN/m^2]	σ_{zdi} [kN/m^2]	s_i [mm]
1	-1,00	0,00	22,00	-22,00	54,49	-22,00	32,49	0,00
2	-1,35	0,70	29,70	-20,46	50,67	-20,46	30,22	0,58
3	-2,05	0,70	45,10	-10,65	26,38	-10,65	15,73	0,30
4	-2,70	0,60	59,40	-5,55	13,74	-5,55	8,19	0,13
5	-3,35	0,70	72,13	-3,25	8,04	-3,25	4,80	0,06



Natychmiastowe osiadanie	$s_0 = \Sigma(\sigma_{zdi} * h_i / M_{Oi}) = 1,08$ mm
Osiadanie konsolidacyjne	$s_1 = \Sigma(\lambda * \sigma_{zsi} * h_i / M_i) = 0,00$ mm
Całkowite osiadanie	$s = s_0 + s_1 = 1,08$ mm
Dopuszczalne osiadanie	$s_{allow} = 10,00$ mm

Sprawdzenie różnicy osiadań

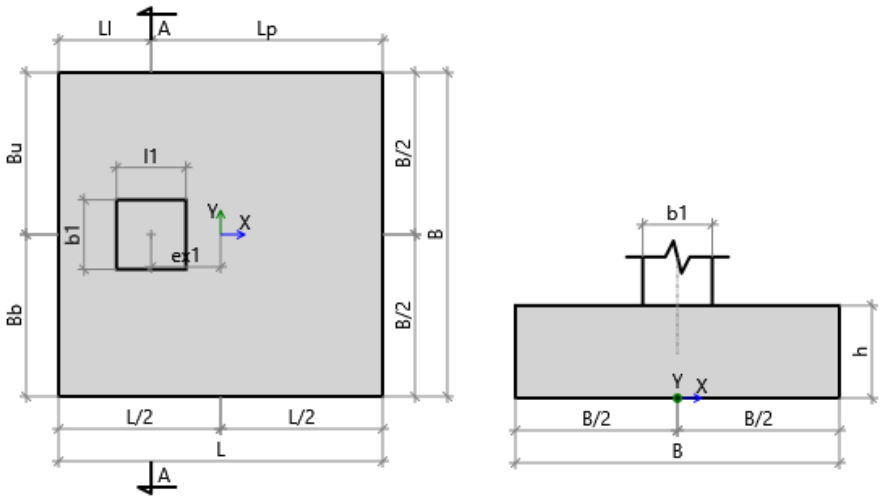
Krytyczny SGU1 $s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia

Całkowite maksymalne osiadanie	$s_{max} = 0,35$ mm
Całkowite minimalne osiadanie	$s_{min} = 0,35$ mm
Dopuszczalna różnica osiadań	$s_{diff} = 10,00$ mm

Obliczenia dla fundamentu: Zbrojenie 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,40 m
Długość fundamentu\	L	= 1,40 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= -0,30 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	0,80	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN2	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 18% Spełnia
Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN2	$A_{s.yreq}$ / $A_{s.yprov}$ = 9% Spełnia
Sprawdzenie przebicia fundamentu	Krytyczny SGN2	V_{Ed} / $V_{Rd.c}$ = 1% & $V_{Ed'}$ / $V_{Rd.c\ max}$ = 1% Spełnia

Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGN2	SGN	10,00	13,00	0,00	0,00	0,00	5,00

Parametry fundamentu

d_{1x} = 0,056 m

d_{1y} = 0,068 m

Beton C30/37

f_{ck} = 30,00 MPa

γ_c = 1,40

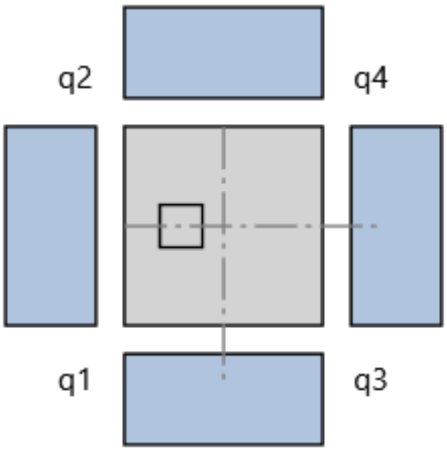
f_{cd} = 21,43 MPa

Stal B 500 SP

f_{yk} = 500,00 MPa

γ_s = 1,15

f_{yd} = 434,78 MPa



Minimalny stopień zbrojenia	ρ_{min}	= 0,12 %
Maxymalny stopień zbrojenia	ρ_{max}	= 4,00 %
Stopień zbrojenia	ρ	= 0,17 %

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem

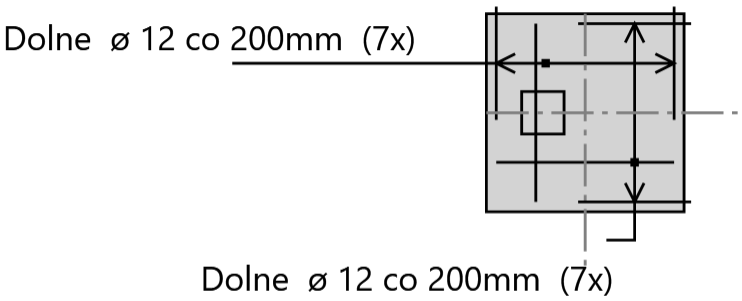
SGN2	**$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 18% Spełnia**	
Moment obliczeniowy w kierunku x	M_y	= 18,04 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xreq}$	= 1,05 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem

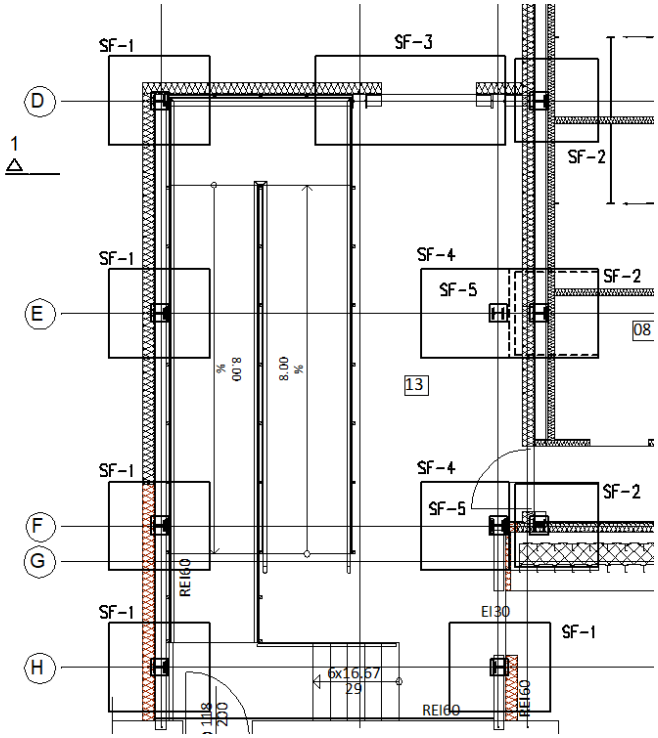
SGN2	**$A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 9% Spełnia**	
Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 7,55 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yreg}$	= 0,48 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yprov}$	= 5,65 cm^2/m

Sprawdzenie przebicia fundamentu

SGN2	**V_{Ed} \ $V_{Rd.c}$ = 1% Spełnia**
	$V_{Ed'}$ \ $V_{Rd.c\ max}$ = 1% Spełnia
	$\beta = 1{,}00$
	$u_1 = \min(2 * \pi * a + 2 * l_1 + 2 * b_1, 2 * (B + L)) = 5{,}45$ m
	$u_0 = 2 * l_1 + 2 * b_1 = 1{,}20$ m
Obciążenie netto	$v_{Ed} = \beta * V_{Ed,red} / (u_1 * d) = 5{,}43$ kPa
	$v_{Ed'} = \beta * V_{Ed,red} / (u_0 * d) = 24{,}65$ kPa
	$C_{Rd.c} = 0.18 / \gamma_c = 0{,}13$
	$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}, 2) = 1{,}77$
	$\rho_L = \min(\sqrt{\rho_x * \rho_y}, 2) = 0{,}17$ %
	$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 451{,}13$ kPa
Nośność na przebicie dla obwodu kontrolnego w odległości 2*d od krawędzi słupa	$v_{Rd.c} = \max(C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3}, V_{min}) * 2 * d / a = 451{,}13$ kPa
	$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250\ MPa) = 0{,}53$
Nośność na przebicie	$v_{Rd.c\ max} = 0.4 * v * f_{cd} = 4525{,}71$ kPa


Dolne ø 12 co 200mm (7x)
Dolne ø 12 co 200mm (7x)

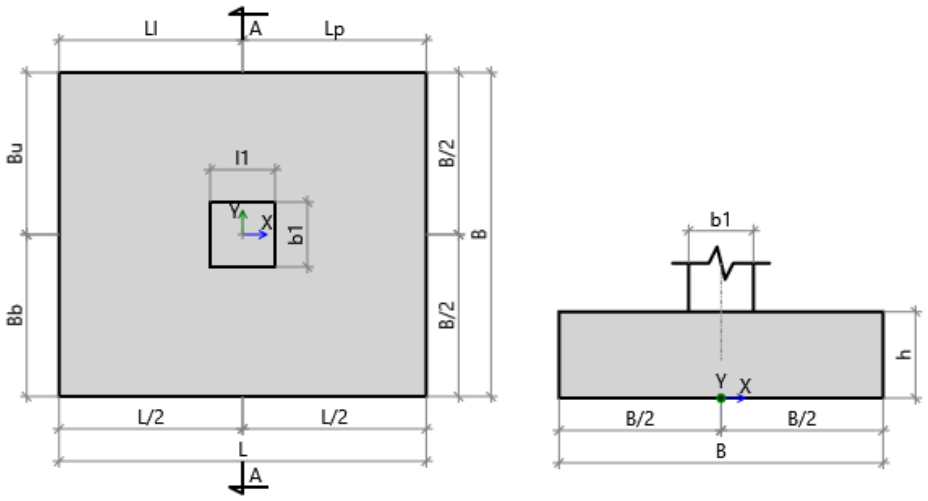
2.2.3. Stopa fundamentowa pod słupami obwodowymi łącznika SF-1



Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Nośności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 1,70 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= 0,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,00	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Weryfikacja nośności gruntu	Krytyczny SGN1	q_{max} / q_{ult} = 92% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{xd} / R_{xres} = 39% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{yd} / R_{yres} = 20% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{xOT} / M_{xres} = 16% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{yOT} / M_{yres} = 27% Spełnia

Sprawdzenie wyporu (UPL) Krytyczny SGN1 $V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

Obciążenia

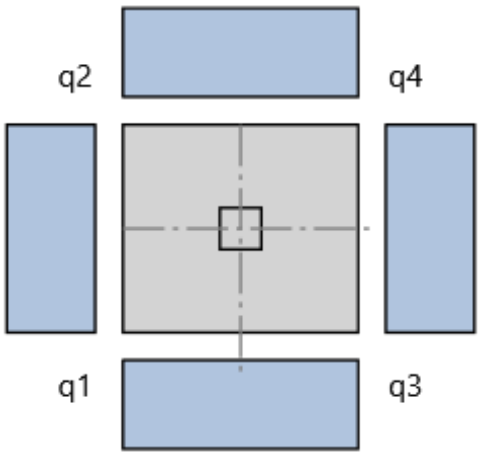
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	80,00	16,00	8,00	13,00	26,00	5,00

Weryfikacja nośności gruntu

Krytyczny SGN1 q_{max} / q_{ult} = 92% Spełnia

Uwaga! Naprężenia są wyznaczane na podstawie powierzchni efektywnej



q_1= 103,80 kN/m^2

q_2= 103,80 kN/m^2

q_3= 103,80 kN/m^2

q_4= 103,80 kN/m^2

Maksymalne naprężenie q_{max} = 103,80 kN/m^2

Minimalne naprężenie q_{min} = 103,80 kN/m^2

$A = B * L = 2,55$ m^2

$V = V_A + V_B + F = 186,00$ kN

$e_{Tx}=(V_A * e_{x1} + V_B * e_{x2} + M_{xA} + M_{xB} + (H_{xA} + H_{xB}) * H) / V = 0,17$ m

$e_{Ty}=(V_A * e_y + V_B * e_y + M_{yA} + M_{yB} + (H_{yA} + H_{yB}) * H) / V = 0,09$ m

Wypadkowe obciążenie w rdzeniu podstawy fundamentu

$abs(e_{Ty}) / B < 1/3$

$abs(e_{Tx}) / L < 1/3$

$B' = min(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,33$ m

$L' = max(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,35$ m

Nośność gruntu dla warunków z odpływem

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$N_q = e^{\pi*tan(\varphi')}*tan^2(45 + \varphi' / 2) = 5,43$

$N_c = (N_q - 1) * ctg(\varphi') = 13,36$

$N_y = 2 * (N_q - 1) * tan(\varphi') = 2,93$

$b_q = b_y = (1 - \alpha * tan(\varphi'))^2 = 1,00$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 1,00$

$s_q = 1 + (B' / L') * sin(\varphi') = 1,31$

$s_y = 1 - 0.3 * (B' / L') = 0,71$

$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1,38$

$m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] = 1,50$

$m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] = 1,50$

$\theta = atan(H_x / H_y) = 1,11$

$m = m_L * cos^2\theta + m_B * sin^2\theta = 1,50$

$i_q = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^m = 0,92$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 0,90$

$i_y = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^{m+1} = 0,87$

$q' = 22,00$ kPa

Dopuszczalne naprężenia w gruncie

$q_{ultD} = c' * Nc * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma_i' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 583,27$ kN/m^2

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$b_c = 1 - 2 * \alpha / (\pi + 2) = 1,00$

$s_c = 1 + 0.2 * (B' / L') = 1,20$

$i_c = 1 / 2 *[1 + sqrt(1 - H / (A' * c_u))] = 0,89$

$q = 22,00$ kPa

$q_{ultUD} = (\pi + 2) * c_u * b_c * s_c * i_c + q = 158,46$ kN/m^2

Dopuszczalne naprężenia w gruncie $q_{ult} = \min(q_{ultD}, q_{ultUD}) / \gamma_{R,v} = 113,19$ kN/m^2

Weryfikacja poślizgu

Krytyczny SGN1 **H_{xd}/ R_{xres} = 39% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie	$H_{xd} = H_{xA} + H_{xB} + R_{xa} = 16,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 139,16$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 41,89$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 40,73$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{xres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{xp,d} + R_{d.add} = 40,73$ kN

Krytyczny SGN1 **H_{yd}/ R_{yres} = 20% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie	$H_{yd} = H_{yA} + H_{yB} + R_{ya} = 8,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 139,16$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 41,89$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 40,73$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{yres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{yp,d} + R_{d.add} = 40,73$ kN

Weryfikacja obrotu

Krytyczny SGN1 **M_{xOT} / M_{xres} = 16% Spełnia**

$M_{xO} = M_{xA} + M_{xB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h = 16,20$ kNm
$M_{xOsoil} = R_{xa} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający	$M_{xOT} = M_{xO} + M_{xOsoil} = 16,20$ kN
	$M_{xsw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * B/2 = 44,37$ kNm
	$M_{xaxial} = (V_{GA} + V_{GB}) * \gamma_{FG.pos}) * (B/2 - e_y) = 60,00$ kNm
Całkowity moment utrzymujący	$M_{xres} = M_{xsw} + M_{xaxial} = 104,37$ kNm

Krytyczny SGN1 **M_{yOT} / M_{yres} = 27% Spełnia**

$M_{yO} = M_{yA} + M_{yB} + (H_{xA} + H_{xB}) * h = 32,40$ kNm
$M_{yOsoil} = R_{ya} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający	$M_{yOT} = M_{yO} + M_{yOsoil} = 32,40$ kN
	$M_{ysw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * L/2 = 50,29$ kNm
	$M_{yaxial} = (V_{GA} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x1}) + (V_{GB} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x2}) = 68,00$ kNm

Całkowity moment utrzymujący $M_{yres} = M_{ysw} + M_{yaxial} = 118,29$ kNm

Sprawdzenie wyporu (UPL)

Krytyczny SGN1 $V_{dst,d} / G_{stb,d} = 0\%$ Spełnia

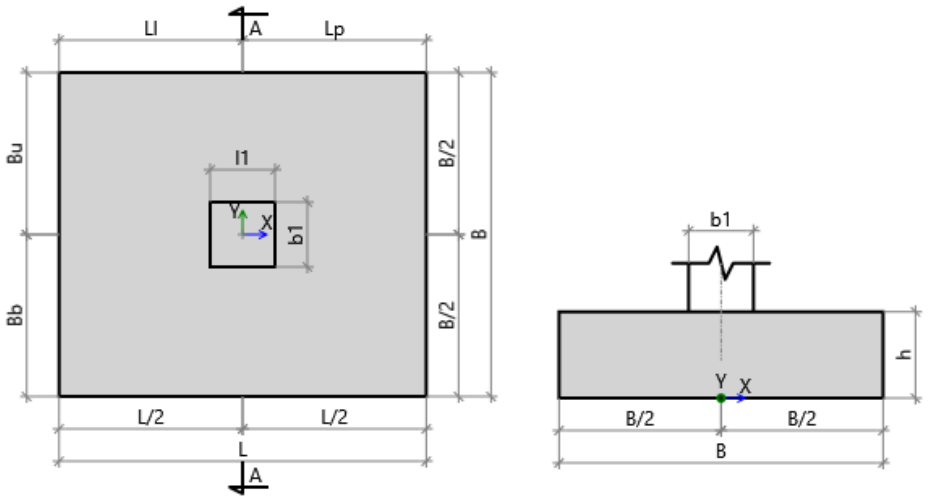
Stabilizujące oddziaływania pionowe $G_{stb,d} = V_{G,min} * \gamma_{Gstb} = 53,24$ kN

Destabilizujące oddziaływania pionowe $V_{dst,d} = \max(-V + \gamma_w * \min(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A; \gamma_w * \max(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A) = 0,00$ kN

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Użytkowalności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 1,70 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= 0,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,00	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu z_{FL} = -1,00 m

Fundament monolityczny

Weryfikacja osiadania Krytyczny SGU2 **s / s_{allow} = 27% Spełnia**

Sprawdzenie różnicy osiadań Krytyczny SGU2 **$s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia**

Obciążenia

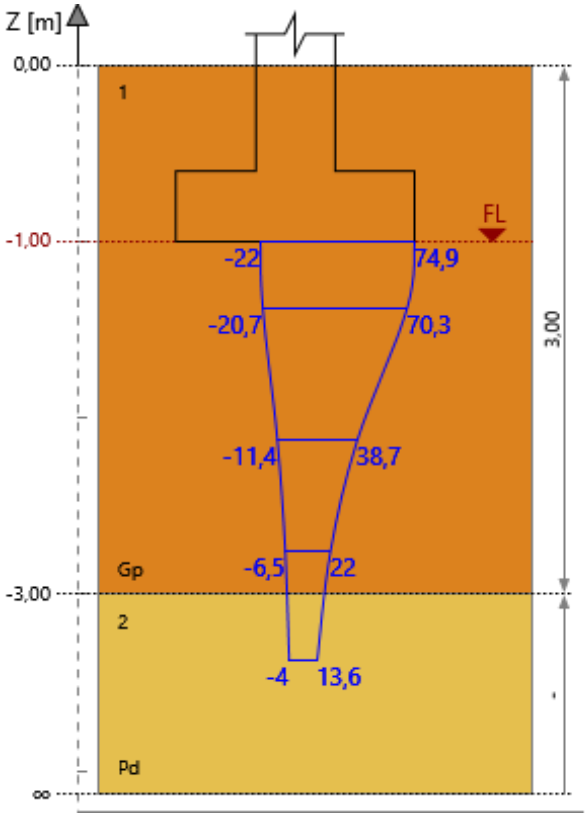
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGU2	SGU	62,00	12,50	6,50	10,00	20,00	4,00

Weryfikacja osiadania

Krytyczny SGU2 **s / s_{allow} = 27% Spełnia**

Nr	Z [m]	H [m]	σ_{zp} [kN/m^2]	σ'_{zp} [kN/m^2]	σ_{zq} [kN/m^2]	σ_{zsi} [kN/m^2]	σ_{zdi} [kN/m^2]	s_i [mm]
1	-1,00	0,00	22,00	-22,00	96,88	-22,00	74,88	0,00
2	-1,38	0,75	30,25	-20,66	90,98	-20,66	70,32	1,44
3	-2,13	0,75	46,75	-11,38	50,11	-11,38	38,73	0,79
4	-2,75	0,50	60,50	-6,47	28,49	-6,47	22,02	0,30
5	-3,38	0,75	72,56	-3,99	17,57	-3,99	13,58	0,19



Natychmiastowe osiadanie	$s_0 = \Sigma(\sigma_{zdi} * h_i / M_{Oi}) = 2,73$ mm
Osiadanie konsolidacyjne	$s_1 = \Sigma(\lambda * \sigma_{zsi} * h_i / M_i) = 0,00$ mm
Całkowite osiadanie	$s = s_0 + s_1 = 2,73$ mm
Dopuszczalne osiadanie	$s_{allow} = 10,00$ mm

Sprawdzenie różnicy osiadań

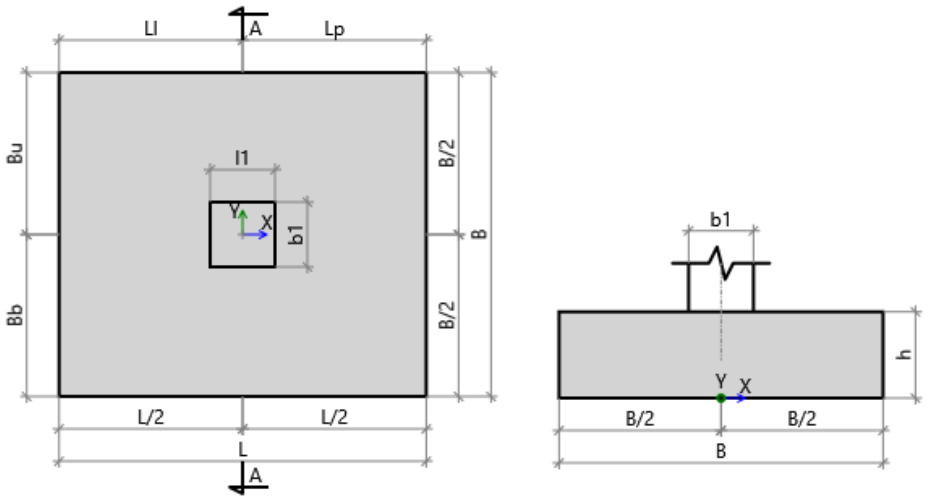
Krytyczny SGU2 $s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia

Całkowite maksymalne osiadanie	$s_{max} = 1,00$ mm
Całkowite minimalne osiadanie	$s_{min} = 1,00$ mm
Dopuszczalna różnica osiadań	$s_{diff} = 10,00$ mm

Obliczenia dla fundamentu: Zbrojenie 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 1,70 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Pozycja słupa	e_{x1}	= 0,00 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,00	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 27% Spełnia
Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.yreq}$ / $A_{s.yprov}$ = 21% Spełnia
Sprawdzenie przebicia fundamentu	Krytyczny SGN1	V_{Ed} / $V_{Rd.c}$ = 13% & $V_{Ed'}$ / $V_{Rd.c\ max}$ = 6% Spełnia

Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	H_{xA} [kN]	H_{yA} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{yA} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	80,00	16,00	8,00	13,00	26,00	5,00

Parametry fundamentu

d_{1x} = 0,056 m

d_{1y} = 0,068 m

Beton C30/37

f_{ck} = 30,00 MPa

γ_c = 1,40

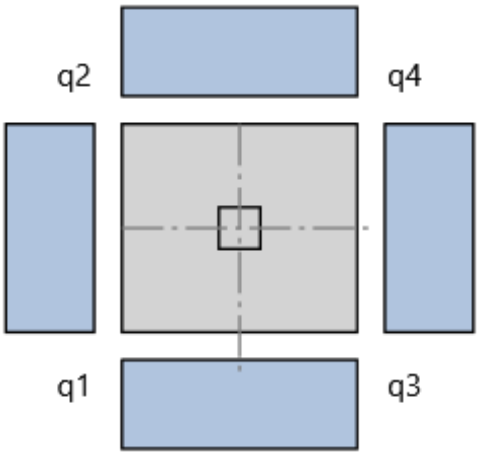
f_{cd} = 21,43 MPa

Stal B 500 SP

f_{yk} = 500,00 MPa

γ_s = 1,15

f_{yd} = 434,78 MPa



Minimalny stopień zbrojenia	ρ_{min}	= 0,12 %
Maxymalny stopień zbrojenia	ρ_{max}	= 4,00 %
Stopień zbrojenia	ρ	= 0,17 %

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem

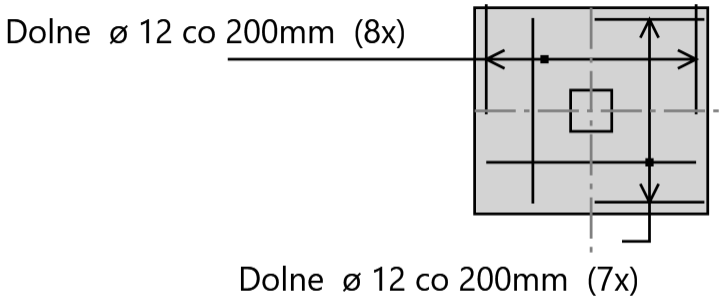
SGN1	**$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 27% Spełnia**	
Moment obliczeniowy w kierunku x	M_y	= 27,97 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xreq}$	= 1,51 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem

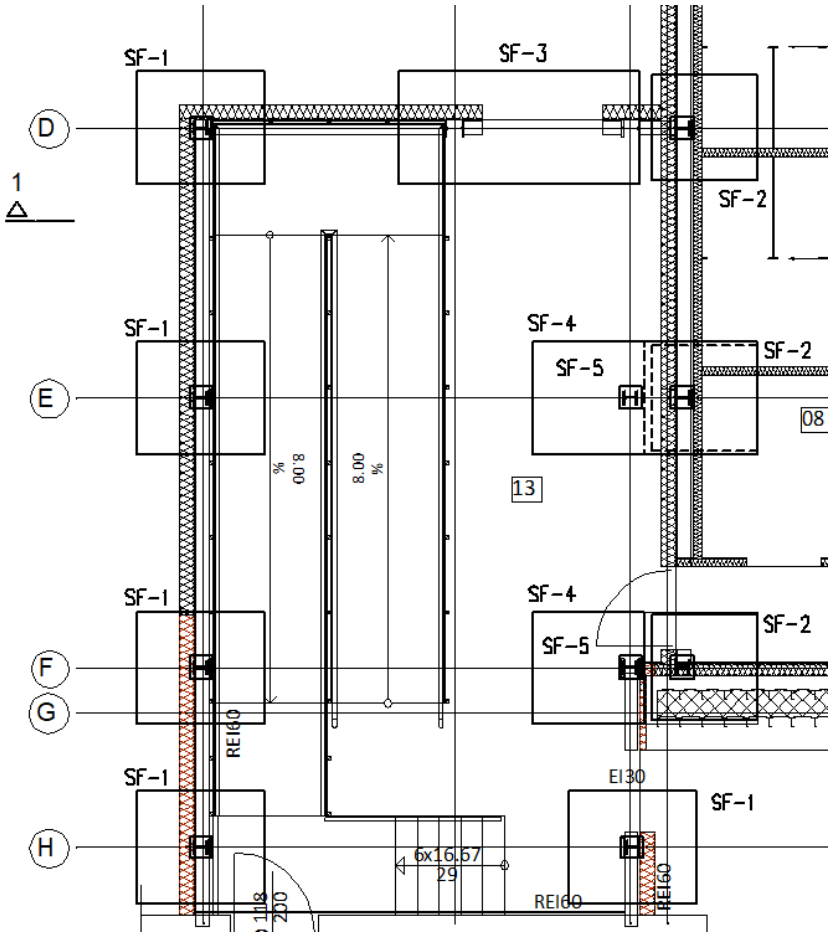
SGN1	**$A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 21% Spełnia**	
Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 23,04 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yreg}$	= 1,21 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yprov}$	= 5,65 cm^2/m

Sprawdzenie przebicia fundamentu

SGN1	**V_{Ed} \ $V_{Rd.c}$ = 13% Spełnia**
	$V_{Ed'}$ \ $V_{Rd.c\ max}$ = 6% Spełnia
	$\beta = 1{,}40$
	$u_1 = \min(2 * \pi * a + 2 * l_1 + 2 * b_1, 2 * (B + L)) = 5{,}45$ m
	$u_0 = 2 * l_1 + 2 * b_1 = 1{,}20$ m
Obciążenie netto	$v_{Ed} = \beta * V_{Ed,red} / (u_1 * d) = 60{,}65$ kPa
	$v_{Ed'} = \beta * V_{Ed,red} / (u_0 * d) = 275{,}33$ kPa
	$C_{Rd.c} = 0.18 / \gamma_c = 0{,}13$
	$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}, 2) = 1{,}77$
	$\rho_L = \min(\sqrt{\rho_x * \rho_y}, 2) = 0{,}17$ %
	$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 451{,}13$ kPa
Nośność na przebicie dla obwodu kontrolnego w odległości 2*d od krawędzi słupa	$v_{Rd.c} = \max(C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3}, V_{min}) * 2 * d / a = 451{,}13$ kPa
	$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250\ MPa) = 0{,}53$
Nośność na przebicie	$v_{Rd.c\ max} = 0.4 * v * f_{cd} = 4525{,}71$ kPa


Dolne ø 12 co 200mm (8x)
Dolne ø 12 co 200mm (7x)

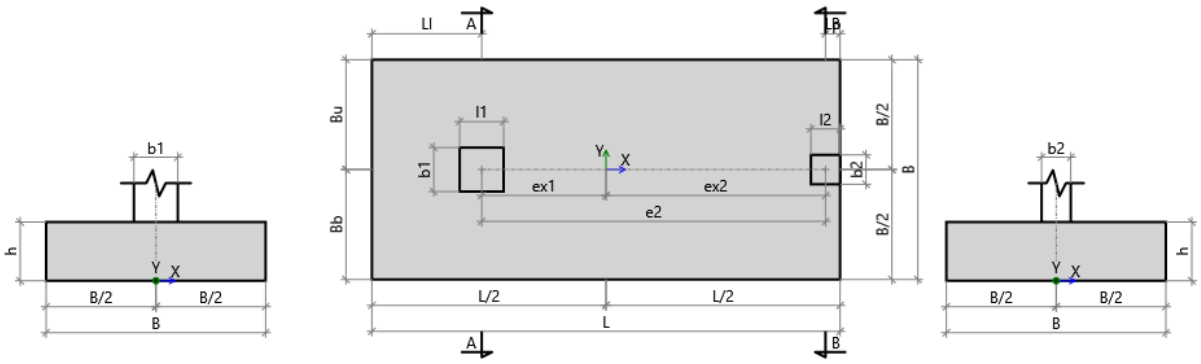
2.2.4. Stopa fundamentowa prostokątna wspólna dla dwóch słupów łącznika SF-3



Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Nośności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,20 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,20 m
	b2	= 0,20 m
Pozycja słupa	e_2	= 2,35 m
	e_{x1}	= -0,85 m
	e_{x2}	= 1,50 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,13	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m	
Fundament	monolityczny	
Weryfikacja nośności gruntu	Krytyczny SGN1	q_{max} / q_{ult} = 54% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{xd} / R_{xres} = 11% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{yd} / R_{yres} = 13% Spełnia

Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{xOT} / M_{xres} = 11% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{yOT} / M_{yres} = 4% Spełnia
Sprawdzenie wyporu (UPL)	Krytyczny SGN1	$V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

Obciążenia

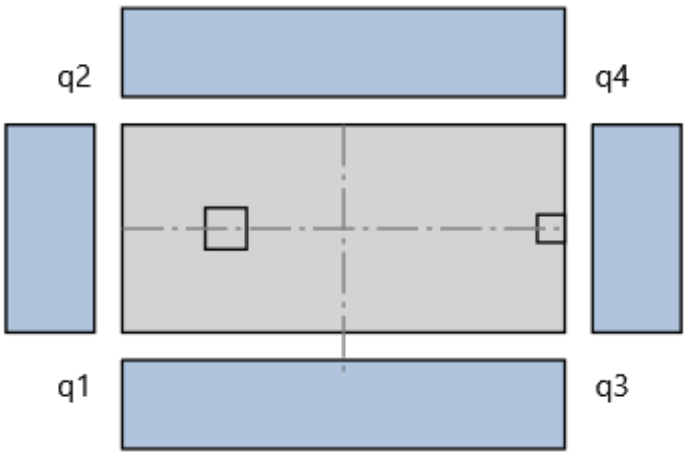
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	39,00	26,00	2,00	3,60	4,00	3,00	6,40	5,00	3,20	5,80	5,00

Weryfikacja nośności gruntu

Krytyczny SGN1 q_{max} / q_{ult} = 54% Spełnia

Uwaga! Naprężenia są wyznaczane na podstawie powierzchni efektywnej



q_1= 61,61 kN/m^2

q_2= 61,61 kN/m^2

q_3= 61,61 kN/m^2

q_4= 61,61 kN/m^2

Maksymalne naprężenie q_{max} = 61,61 kN/m^2

Minimalne naprężenie q_{min} = 61,61 kN/m^2

A = B * L = 4,80 m^2

$V = V_A + V_B + F = 263,32$ kN

$e_{Tx}=(V_A * e_{x1} + V_B * e_{x2} + M_{xA} + M_{xB} + (H_{xA} + H_{xB}) * H) / V = 0,06$ m

$e_{Ty}=(V_A * e_y + V_B * e_y + M_{yA} + M_{yB} + (H_{yA} + H_{yB}) * H) / V = 0,05$ m

Wypadkowe obciążenie w rdzeniu podstawy fundamentu

$abs(e_{Ty}) / B < 1/3$

$abs(e_{Tx}) / L < 1/3$

$B' = min(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,39$ m

$L' = max(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 3,07$ m

Nośność gruntu dla warunków z odpływem

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$N_q = e^{\pi*tan(\varphi')}*tan^2(45 + \varphi' / 2) = 5,43$

$N_c = (N_q - 1) * ctg(\varphi') = 13,36$

$N_y = 2 * (N_q - 1) * tan(\varphi') = 2,93$

$b_q = b_y = (1 - \alpha * tan(\varphi'))^2 = 1,00$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 1,00$

$s_q = 1 + (B' / L') * sin(\varphi') = 1,14$

$s_y = 1 - 0.3 * (B' / L') = 0,86$

$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1,17$

$m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] = 1,69$

$m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] = 1,31$

$\theta = atan(H_x / H_y) = 0,67$

$m = m_L * cos^2\theta + m_B * sin^2\theta = 1,46$

$i_q = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^m = 0,98$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 0,97$

$i_y = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^{m+1} = 0,96$

$q' = 22,00$ kPa

Dopuszczalne naprężenia w gruncie $q_{ultD} = c' * Nc * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma_i' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 552,47$ kN/m^2

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$b_c = 1 - 2 * \alpha / (\pi + 2) = 1,00$

$s_c = 1 + 0.2 * (B' / L') = 1,09$

$i_c = 1 / 2 *[1 + sqrt(1 - H / (A' * c_u))] = 0,98$

$q = 22,00$ kPa

$q_{ultUD} = (\pi + 2) * c_u * b_c * s_c * i_c + q = 159,19$ kN/m^2

Dopuszczalne naprężenia w gruncie $q_{ult} = \min(q_{ultD}, q_{ultUD}) / \gamma_{R,v} = 113,71$ kN/m^2

Weryfikacja poślizgu

Krytyczny SGN1 **H_{xd}/ R_{xres} = 11% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie $H_{xd} = H_{xA} + H_{xB} + R_{xa} = 5,60$ kN

Minimalne pionowe obciążenie $V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 175,46$ kN

Nośność gruntu dla warunków z odpływem $R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 52,82$ kN

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu $R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 97,14$ kN

Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi $R_{xres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{xp,d} + R_{d.add} = 52,82$ kN

Krytyczny SGN1 **H_{yd}/ R_{yres} = 13% Spełnia**

Całkowite poziome obciążenie $H_{yd} = H_{yA} + H_{yB} + R_{ya} = 7,00$ kN

Minimalne pionowe obciążenie $V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 175,46$ kN

Nośność gruntu dla warunków z odpływem $R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 52,82$ kN

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu $R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 97,14$ kN

Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi $R_{yres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{yp,d} + R_{d.add} = 52,82$ kN

Weryfikacja obrotu

Krytyczny SGN1 **M_{xOT} / M_{xres} = 11% Spełnia**

$M_{xO} = M_{xA} + M_{xB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h = 14,20$ kNm
$M_{xOsoil} = R_{xa} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający $M_{xOT} = M_{xO} + M_{xOsoil} = 14,20$ kN

$M_{xsw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * B/2 = 82,84$ kNm

$M_{xaxial} = (V_{GA} + V_{GB}) * \gamma_{FG.pos}) * (B/2 - e_y) = 48,75$ kNm

Całkowity moment utrzymujący $M_{xres} = M_{xsw} + M_{xaxial} = 131,59$ kNm

Krytyczny SGN1 **M_{yOT} / M_{yres} = 4% Spełnia**

$M_{yO} = M_{yA} + M_{yB} + (H_{xA} + H_{xB}) * h = 11,24$ kNm
$M_{yOsoil} = R_{ya} * h_{Ra} = 0,00$ kNm

Całkowity moment obracający $M_{yOT} = M_{yO} + M_{yOsoil} = 11,24$ kN

$M_{ysw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * L/2 = 176,73$ kNm

$M_{yaxial} = (V_{GA} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x1}) + (V_{GB} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x2}) = 98,15$ kNm

Całkowity moment utrzymujący $M_{yres} = M_{ysw} + M_{yaxial} = 274,88$ kNm

Sprawdzenie wyporu (UPL)

Krytyczny SGN1 $V_{dst,d} / G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

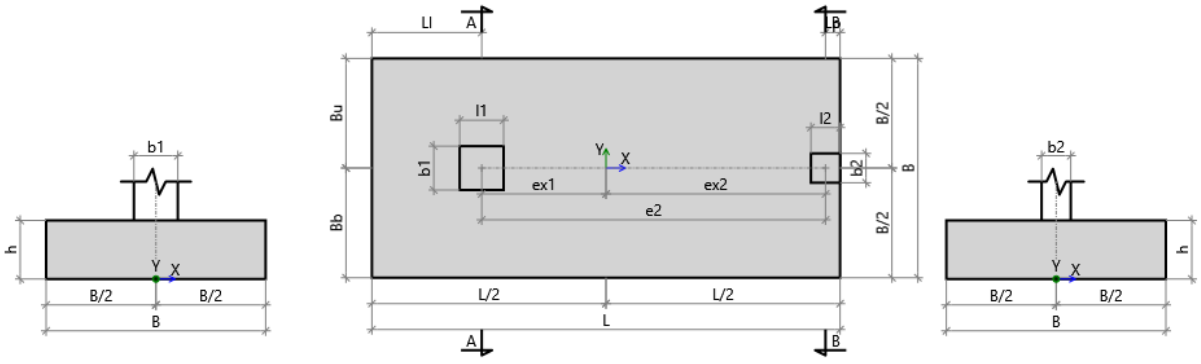
Stabilizujące oddziaływania pionowe $G_{stb,d} = V_{G,min} * \gamma_{Gstb} = 99,41$ kN

Destabilizujące oddziaływania pionowe $V_{dst,d} = \max(-V + \gamma_w * \min(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A; \gamma_w * \max(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A) = 0,00$ kN

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Użytkowalności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,20 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,20 m
	b2	= 0,20 m
Pozycja słupa	e_2	= 2,35 m
	e_{x1}	= -0,85 m

e_{x2} = 1,50 m

e_y = 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,13	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu z_{FL} = -1,00 m

Fundament monolityczny

Weryfikacja osiadania Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 18% Spełnia**

Sprawdzenie różnicy osiadań Krytyczny SGU1 **$s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia**

Obciążenia

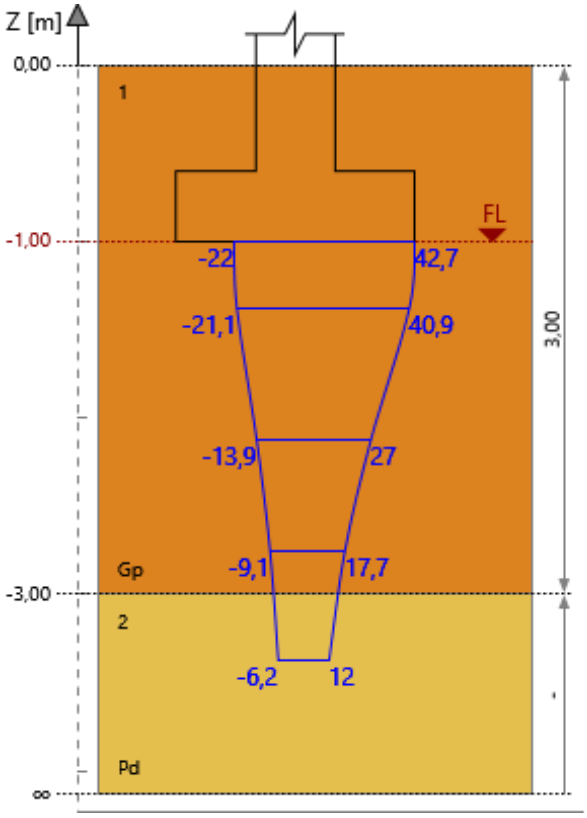
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGU1	SGU	30,00	20,00	1,60	2,80	3,10	2,40	5,00	3,90	2,50	4,50	4,00

Weryfikacja osiadania

Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 18% Spełnia**

Nr	Z [m]	H [m]	σ_{zp} [kN/m^2]	σ'_{zp} [kN/m^2]	σ_{zq} [kN/m^2]	σ_{zsi} [kN/m^2]	σ_{zdi} [kN/m^2]	s_i [mm]
1	-1,00	0,00	22,00	-22,00	64,69	-22,00	42,69	0,00
2	-1,38	0,75	30,25	-21,06	61,91	-21,06	40,86	0,84
3	-2,13	0,75	46,75	-13,89	40,85	-13,89	26,96	0,55
4	-2,75	0,50	60,50	-9,13	26,86	-9,13	17,72	0,24
5	-3,38	0,75	72,56	-6,19	18,19	-6,19	12,00	0,17



Natychmiastowe osiadanie	$s_0 = \Sigma(\sigma_{zdi} * h_i / M_{Oi}) = 1,80$ mm
Osiadanie konsolidacyjne	$s_1 = \Sigma(\lambda * \sigma_{zsi} * h_i / M_i) = 0,00$ mm
Całkowite osiadanie	$s = s_0 + s_1 = 1,80$ mm
Dopuszczalne osiadanie	$s_{allow} = 10,00$ mm

Sprawdzenie różnicy osiadań

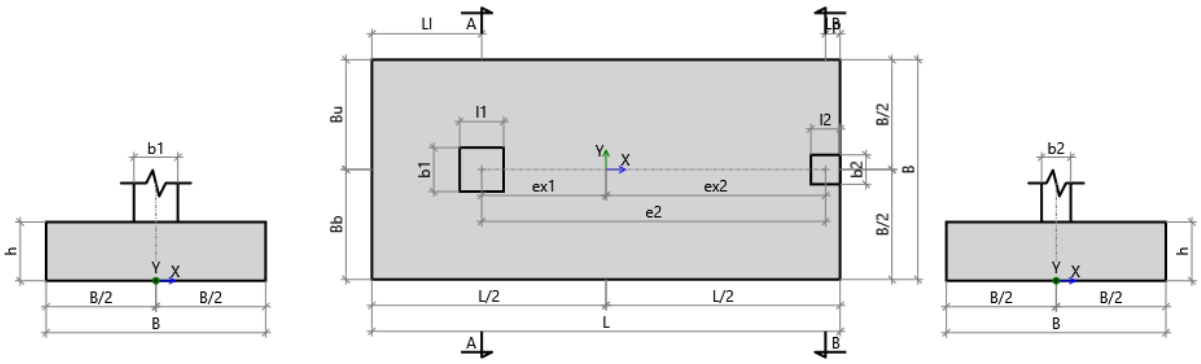
Krytyczny SGU1 $s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia

Całkowite maksymalne osiadanie	$s_{max} = 0,61$ mm
Całkowite minimalne osiadanie	$s_{min} = 0,61$ mm
Dopuszczalna różnica osiadań	$s_{diff} = 10,00$ mm

Obliczenia dla fundamentu: Zbrojenie 2

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,20 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,30 m
	b1	= 0,30 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,20 m
	b2	= 0,20 m
Pozycja słupa	e_2	= 2,35 m
	e_{x1}	= -0,85 m
	e_{x2}	= 1,50 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,13	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m
Fundament	monolityczny

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 12% Spełnia
Zginanie w kierunku x - Zbrojenie górą	Krytyczny SGN1	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 12% Spełnia
Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.yreq}$ / $A_{s.yprov}$ = 19% Spełnia

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie górą Krytyczny SGN1 $A_{s,yreq} / A_{s,yprov}$ = 19% Spełnia

Sprawdzenie przebicia fundamentu Krytyczny SGN1 $V_{Ed} / V_{Rd.c}$ = 6%
& $V_{Ed'} / V_{Rd.c\ max}$ = 3% Spełnia

Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	39,00	26,00	2,00	3,60	4,00	3,00	6,40	5,00	3,20	5,80	5,00

Parametry fundamentu

d_{1x} = 0,056 m

d_{1y} = 0,068 m

Beton C30/37

f_{ck} = 30,00 MPa

γ_c = 1,40

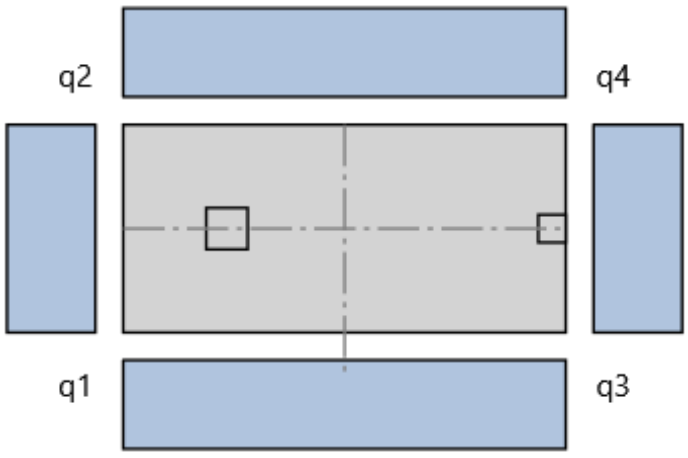
f_{cd} = 21,43 MPa

Stal B 500 SP

f_{yk} = 500,00 MPa

γ_s = 1,15

f_{yd} = 434,78 MPa



Minimalny stopień zbrojenia	ρ_{min}	= 0,12 %
Maxymalny stopień zbrojenia	ρ_{max}	= 4,00 %
Stopień zbrojenia	ρ	= 0,33 %

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem

SGN1 $A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 12% Spełnia

Moment obliczeniowy w kierunku x	M_y	= 12,20 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xreq}$	= 0,66 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie górą

SGN1 $A_{s.xreq}$ < $A_{s.xprov}$ = 12% Spełnia

Obliczeniowy moment między słupami w kierunku x	M_{yneg}	= 6,09 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia górnego w przęśle	$A_{s.xneg.req}$	= 0,57 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia górnego w przęśle	$A_{s.xneg.prov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem

SGN1 $A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 19% Spełnia

Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 38,76 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yreg}$	= 1,06 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie górą

SGN1 $A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 19% Spełnia

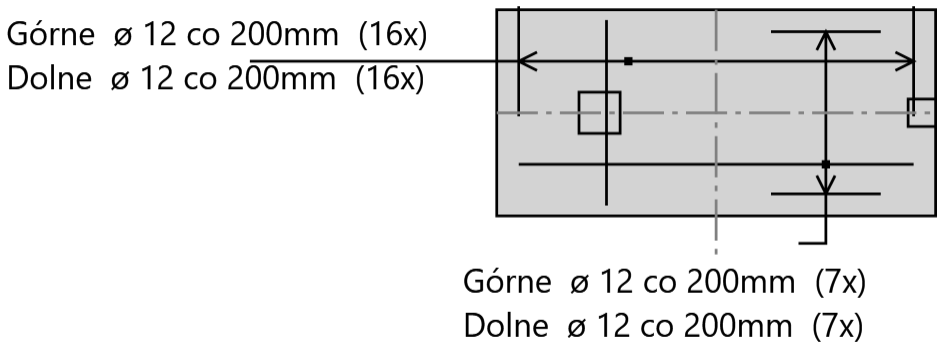
Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 38,76 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yneg.req}$	= 0,98 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yneg.prov}$	= 5,65 cm^2/m

Sprawdzenie przebicia fundamentu

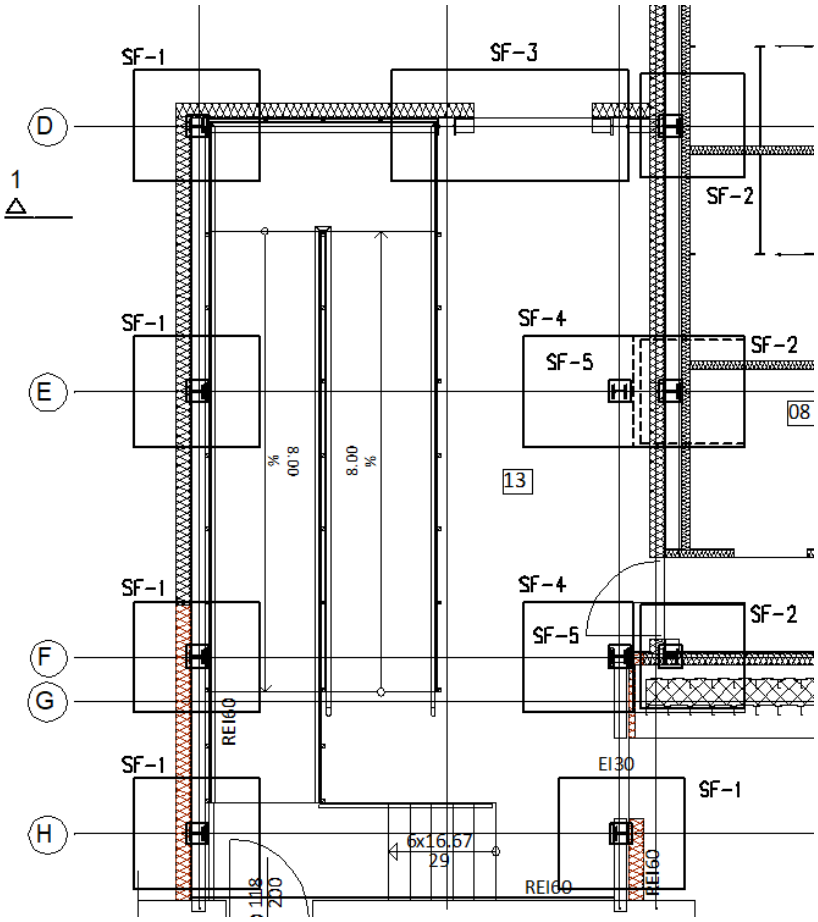
SGN1 V_{Ed} \ $V_{Rd.c}$ = 6% Spełnia

$V_{Ed'}$ \ $V_{Rd.c\ max}$ = 3% Spełnia

	$ß = 1,20$
	$u_1 = \min(2 * \pi * a + 2 * l_1 + 2 * b_1, 2 * (B + L)) = 5,45$ m
	$u_0 = 2 * l_1 + 2 * b_1 = 1,20$ m
Obciążenie netto	$v_{Ed} = ß * V_{Ed,red} / (u_1 * d) = 25,42$ kPa
	$v_{Ed'} = ß * V_{Ed,red} / (u_0 * d) = 115,38$ kPa
	$C_{Rd.c} = 0.18 / \gamma_c = 0,13$
	$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}, 2) = 1,77$
	$\rho_L = \min(\sqrt{\rho_x * \rho_y}, 2) = 0,17$ %
	$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 451,13$ kPa
Nośność na przebicie dla obwodu kontrolnego w odległości 2*d od krawędzi słupa	$v_{Rd.c} = \max(C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3}, V_{min}) * 2 * d / a = 451,13$ kPa
	$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250\ MPa) = 0,53$
Nośność na przebicie	$v_{Rd.c\ max} = 0.4 * v * f_{cd} = 4525,71$ kPa



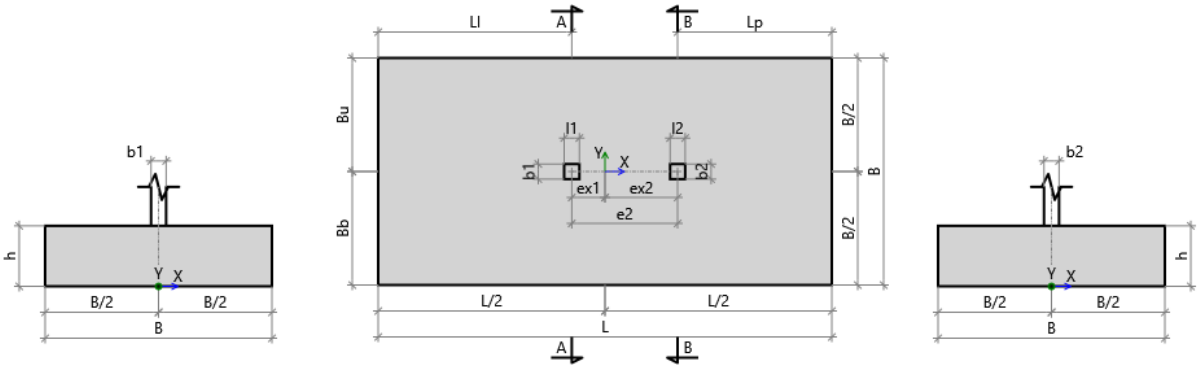
2.2.5. Stopa fundamentowa wspólna dla słupa wewnętrznego łącznika oraz słupa ściany szczytowej hali łukowej zagłębiona SF-4



Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Nośności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,00 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,10 m
	b1	= 0,10 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,10 m
	b2	= 0,10 m
Pozycja słupa	e_2	= 0,70 m
	e_{x1}	= -0,22 m
	e_{x2}	= 0,48 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m	
Fundament	monolityczny	
Weryfikacja nośności gruntu	Krytyczny SGN1	q_{max} / q_{ult} = 73% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{xd} / R_{xres} = 46% Spełnia
Weryfikacja poślizgu	Krytyczny SGN1	H_{yd} / R_{yres} = 3% Spełnia

Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{xOT} / M_{xres} = 3% Spełnia
Weryfikacja obrotu	Krytyczny SGN1	M_{yOT} / M_{yres} = 22% Spełnia
Sprawdzenie wyporu (UPL)	Krytyczny SGN1	$V_{dst,d}$ / $G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

Obciążenia

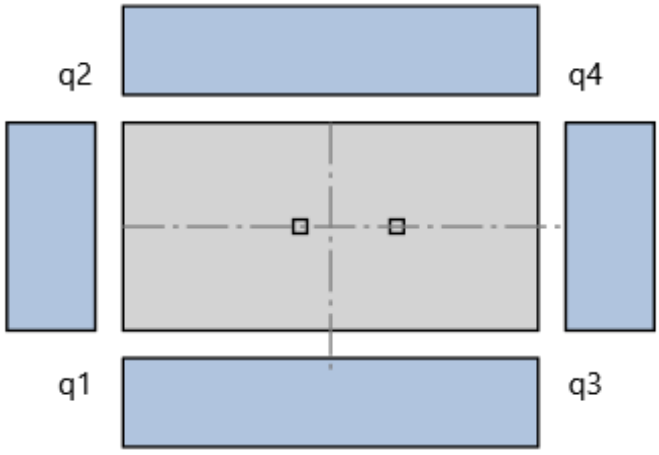
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	5,50	85,00	13,00	14,00	0,00	2,00	0,00	3,20	21,00	22,50	5,00

Weryfikacja nośności gruntu

Krytyczny SGN1 q_{max} / q_{ult} = 73% Spełnia

Uwaga! Naprężenia są wyznaczane na podstawie powierzchni efektywnej



q_1= 80,97 kN/m^2

q_2= 80,97 kN/m^2

q_3= 80,97 kN/m^2

q_4= 80,97 kN/m^2

Maksymalne naprężenie q_{max} = 80,97 kN/m^2

Minimalne naprężenie q_{min} = 80,97 kN/m^2

A = B * L = 4,50 m^2

$V = V_A + V_B + F = 276,42$ kN

$e_{Tx}=(V_A * e_{x1} + V_B * e_{x2} + M_{xA} + M_{xB} + (H_{xA} + H_{xB}) * H) / V = 0,34$ m

$e_{Ty}=(V_A * e_y + V_B * e_y + M_{yA} + M_{yB} + (H_{yA} + H_{yB}) * H) / V = 0,01$ m

Wypadkowe obciążenie w rdzeniu podstawy fundamentu

$abs(e_{Ty}) / B < 1/3$

$abs(e_{Tx}) / L < 1/3$

$B' = min(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 1,47$ m

$L' = max(B - 2 * abs(e_{Ty}), L - 2 * abs(e_{Tx})) = 2,32$ m

Nośność gruntu dla warunków z odpływem

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$N_q = e^{\pi*tan(\varphi')}*tan^2(45 + \varphi' / 2) = 5,43$

$N_c = (N_q - 1) * ctg(\varphi') = 13,36$

$N_y = 2 * (N_q - 1) * tan(\varphi') = 2,93$

$b_q = b_y = (1 - \alpha * tan(\varphi'))^2 = 1,00$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 1,00$

$s_q = 1 + (B' / L') * sin(\varphi') = 1,20$

$s_y = 1 - 0.3 * (B' / L') = 0,81$

$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1,24$

$m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] = 1,61$

$m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] = 1,39$

$\theta = atan(H_x / H_y) = 1,50$

$m = m_L * cos^2\theta + m_B * sin^2\theta = 1,61$

$i_q = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^m = 0,92$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * tan(\varphi')) = 0,90$

$i_y = [1 - H / (V + A' * c' * ctg(\varphi'))]^{m+1} = 0,87$

$q' = 22,00$ kPa

Dopuszczalne naprężenia w gruncie $q_{ultD} = c' * Nc * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma_i' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 539,94$ kN/m^2

Nośność gruntu dla warunków bez odpływu

Warstwa gruntu - Glina piaszczysta

$b_c = 1 - 2 * \alpha / (\pi + 2) = 1,00$

$s_c = 1 + 0.2 * (B' / L') = 1,13$

	$i_c = 1 / 2 *[1 + sqrt(1 - H / (A' * c_u))] = 0,91$
	$q = 22,00$ kPa
	$q_{ultUD} = (\pi + 2) * c_u * b_c * s_c * i_c + q = 154,26$ kN/m^2
Dopuszczalne naprężenia w gruncie	$q_{ult} = \min(q_{ultD}, q_{ultUD}) / \gamma_{R,v} = 110,18$ kN/m^2

Weryfikacja poślizgu

Krytyczny SGN1	**H_{xd}/ R_{xres} = 46% Spełnia**
Całkowite poziome obciążenie	$H_{xd} = H_{xA} + H_{xB} + R_{xa} = 27,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 194,05$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 58,42$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 77,59$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{xres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{xp,d} + R_{d.add} = 58,42$ kN
Krytyczny SGN1	**H_{yd}/ R_{yres} = 3% Spełnia**
Całkowite poziome obciążenie	$H_{yd} = H_{yA} + H_{yB} + R_{ya} = 2,00$ kN
Minimalne pionowe obciążenie	$V_{G,min} = [V_{GA} + V_{GB} + A * (q_{Gsur} + q_{swt} + q_{soil})] * \gamma_{FG.pos} = 194,05$ kN
Nośność gruntu dla warunków z odpływem	$R_{dD} = V_{G,min} * \tan(\delta_k) / \gamma_{R,h} = 58,42$ kN
Nośność gruntu dla warunków bez odpływu	$R_{dUD} = A' * c_u / \gamma_{R,h} = 77,59$ kN
Całkowita siła przeciwstawiająca się poślizgowi	$R_{yres} = \min(R_{dD}, R_{dUD}) + R_{yp,d} + R_{d.add} = 58,42$ kN

Weryfikacja obrotu

Krytyczny SGN1	**M_{xOT} / M_{xres} = 3% Spełnia**
	$M_{xO} = M_{xA} + M_{xB} + (H_{yA} + H_{yB}) * h = 4,00$ kNm $M_{xOsoil} = R_{xa} * h_{Ra} = 0,00$ kNm
Całkowity moment obracający	$M_{xOT} = M_{xO} + M_{xOsoil} = 4,00$ kN
	$M_{xsw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * B/2 = 77,67$ kNm
	$M_{xaxial} = (V_{GA} + V_{GB}) * \gamma_{FG.pos}) * (B/2 - e_y) = 67,88$ kNm
Całkowity moment utrzymujący	$M_{xres} = M_{xsw} + M_{xaxial} = 145,54$ kNm
Krytyczny SGN1	**M_{yOT} / M_{yres} = 22% Spełnia**
	$M_{yO} = M_{yA} + M_{yB} + (H_{xA} + H_{xB}) * h = 54,30$ kNm $M_{yOsoil} = R_{ya} * h_{Ra} = 0,00$ kNm
Całkowity moment obracający	$M_{yOT} = M_{yO} + M_{yOsoil} = 54,30$ kN

$M_{ysw} = A * (q_{swt} + q_{soil}) * \gamma_{FG.pos} * L/2 = 155,33$ kNm

$M_{yaxial} = (V_{GA} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x1}) + (V_{GB} * \gamma_{FG.pos}) * (L/2 - e_{x2}) = 96,16$ kNm

Całkowity moment utrzymujący $M_{yres} = M_{ysw} + M_{yaxial} = 251,49$ kNm

Sprawdzenie wyporu (UPL)

Krytyczny SGN1 $V_{dst,d} / G_{stb,d}$ = 0% Spełnia

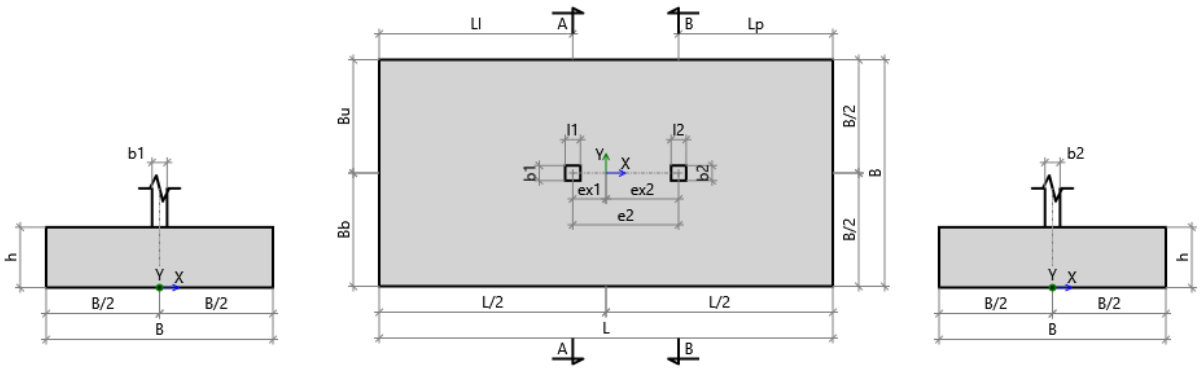
Stabilizujące oddziaływania pionowe $G_{stb,d} = V_{G,min} * \gamma_{Gstb} = 93,20$ kN

Destabilizujące oddziaływania pionowe $V_{dst,d} = \max(-V + \gamma_w * \min(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A; \gamma_w * \max(h_{FL} - h_{WL}, 0) * A) = 0,00$ kN

Obliczenia dla fundamentu: Stan Graniczny Użytkowalności 1

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,00 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,10 m
	b1	= 0,10 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,10 m
	b2	= 0,10 m
Pozycja słupa	e_2	= 0,70 m
	e_{x1}	= -0,22 m

e_{x2} = 0,48 m

e_y = 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu z_{FL} = -1,00 m

Fundament monolityczny

Weryfikacja osiadania Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 26% Spełnia**

Sprawdzenie różnicy osiadań Krytyczny SGU1 **$s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia**

Obciążenia

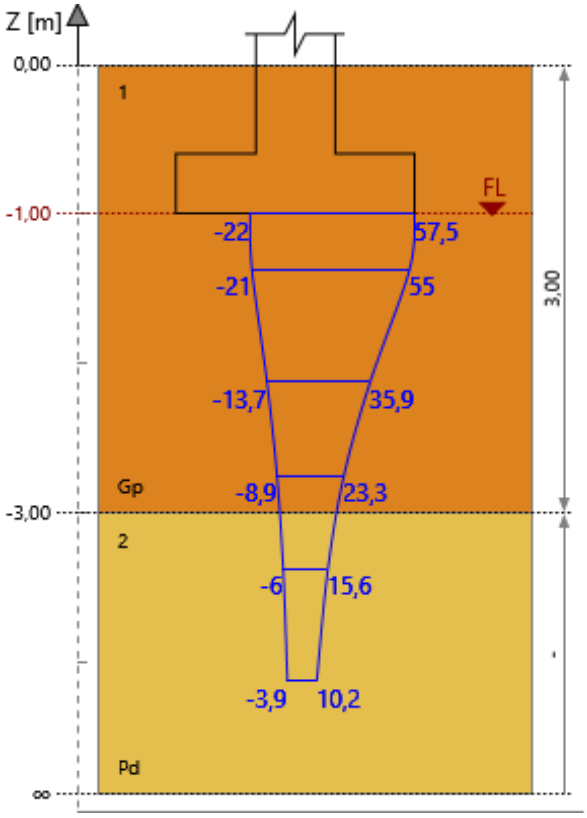
Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGU1	SGU	4,50	66,00	10,00	11,00	0,00	1,60	0,00	2,50	17,00	17,50	4,00

Weryfikacja osiadania

Krytyczny SGU1 **s / s_{allow} = 26% Spełnia**

Nr	Z [m]	H [m]	σ_{zp} [kN/m^2]	σ'_{zp} [kN/m^2]	σ_{zq} [kN/m^2]	σ_{zsi} [kN/m^2]	σ_{zdi} [kN/m^2]	s_i [mm]
1	-1,00	0,00	22,00	-22,00	79,53	-22,00	57,53	0,00
2	-1,38	0,75	30,25	-21,04	76,07	-21,04	55,02	1,13
3	-2,13	0,75	46,75	-13,74	49,66	-13,74	35,92	0,74
4	-2,75	0,50	60,50	-8,91	32,21	-8,91	23,30	0,32
5	-3,38	0,75	72,56	-5,97	21,57	-5,97	15,61	0,22
6	-4,13	0,75	85,69	-3,92	14,16	-3,92	10,24	0,15



Natychmiastowe osiadanie	$s_0 = \Sigma(\sigma_{zdi} * h_i / M_{Oi}) = 2,55$ mm
Osiadanie konsolidacyjne	$s_1 = \Sigma(\lambda * \sigma_{zsi} * h_i / M_i) = 0,00$ mm
Całkowite osiadanie	$s = s_0 + s_1 = 2,55$ mm
Dopuszczalne osiadanie	$s_{allow} = 10,00$ mm

Sprawdzenie różnicy osiadań

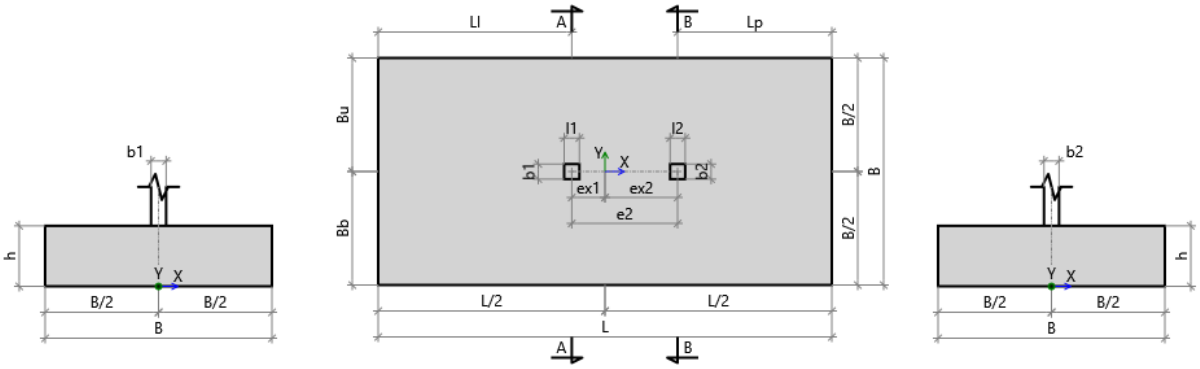
Krytyczny SGU1 $s_{max} - s_{min} / s_{diff}$ = 0% Spełnia

Całkowite maksymalne osiadanie	$s_{max} = 0,82$ mm
Całkowite minimalne osiadanie	$s_{min} = 0,82$ mm
Dopuszczalna różnica osiadań	$s_{diff} = 10,00$ mm

Obliczenia dla fundamentu: Zbrojenie 2

Obliczenia zgodne z normą PN-EN 1997-1:2008

Geometria fundamentu - Stopa prostokątna dla dwóch słupów



Szerokość fundamentu	B	= 1,50 m
Długość fundamentu\	L	= 3,00 m
Wysokość fundamentu	H	= 0,40 m
Wymiary lewego słupa	l1	= 0,10 m
	b1	= 0,10 m
Wymiary prawego słupa	l2	= 0,10 m
	b2	= 0,10 m
Pozycja słupa	e_2	= 0,70 m
	e_{x1}	= -0,22 m
	e_{x2}	= 0,48 m
	e_y	= 0,00 m

Profil gruntu

Nr	Name	Z [m]	H [m]	γ_{soil} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	γ_d [kN/m^3]	φ' [deg]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M_{Oi} [kPa]	M_i [kPa]
1	Glina piaszczysta	0,00	3,00	22,00	26,70	22,00	18,32	25,00	25,00	36570,64	48760,86
2	Piasek drobny	-3,00	1,88	17,50	26,50	17,50	29,94	0,00	0,00	52581,81	65727,27

Poziom posadowienia fundamentu	z_{FL} = -1,00 m	
Fundament	monolityczny	
Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 60% Spełnia
Zginanie w kierunku x - Zbrojenie górą	Krytyczny SGN1	$A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 60% Spełnia
Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem	Krytyczny SGN1	$A_{s.yreq}$ / $A_{s.yprov}$ = 23% Spełnia

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie górą Krytyczny SGN1 $A_{s,yreq} / A_{s,yprov}$ = 23% Spełnia

Sprawdzenie przebicia fundamentu Krytyczny SGN1 $V_{Ed} / V_{Rd.c}$ = 4%
& $V_{Ed'} / V_{Rd.c\ max}$ = 5% Spełnia

Obciążenia

Obciążenia wymiarujące:

Nazwa	Stan graniczny	V_A [kN]	V_B [kN]	H_{xA} [kN]	H_{xB} [kN]	H_{yA} [kN]	H_{yB} [kN]	M_{xA} [kNm]	M_{xB} [kNm]	M_{yA} [kNm]	M_{yB} [kNm]	q [kPa]
SGN1	SGN	5,50	85,00	13,00	14,00	0,00	2,00	0,00	3,20	21,00	22,50	5,00

Parametry fundamentu

d_{1x} = 0,056 m

d_{1y} = 0,068 m

Beton C30/37

f_{ck} = 30,00 MPa

γ_c = 1,40

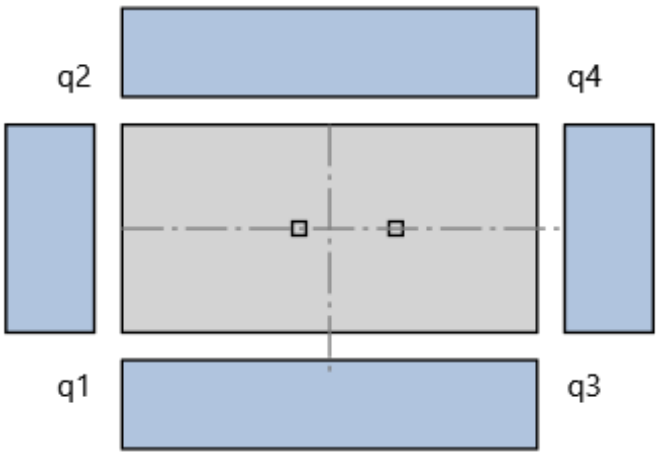
f_{cd} = 21,43 MPa

Stal B 500 SP

f_{yk} = 500,00 MPa

γ_s = 1,15

f_{yd} = 434,78 MPa



Minimalny stopień zbrojenia	ρ_{min}	= 0,12 %
Maxymalny stopień zbrojenia	ρ_{max}	= 4,00 %
Stopień zbrojenia	ρ	= 0,33 %

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie dołem

SGN1 $A_{s.xreq}$ / $A_{s.xprov}$ = 60% Spełnia

Moment obliczeniowy w kierunku x	M_y	= 63,29 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xreq}$	= 3,38 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku x	$A_{s.xprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku x - Zbrojenie górą

SGN1 $A_{s.xreq}$ < $A_{s.xprov}$ = 60% Spełnia

Obliczeniowy moment między słupami w kierunku x	M_{yneg}	= 28,79 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia górnego w przęśle	$A_{s.xneg.req}$	= 3,29 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia górnego w przęśle	$A_{s.xneg.prov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie dołem

SGN1 $A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 23% Spełnia

Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 44,97 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yreg}$	= 1,31 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yprov}$	= 5,65 cm^2/m

Zginanie w kierunku y - Zbrojenie górą

SGN1 $A_{s.yreg}$ / $A_{s.yprov}$ = 23% Spełnia

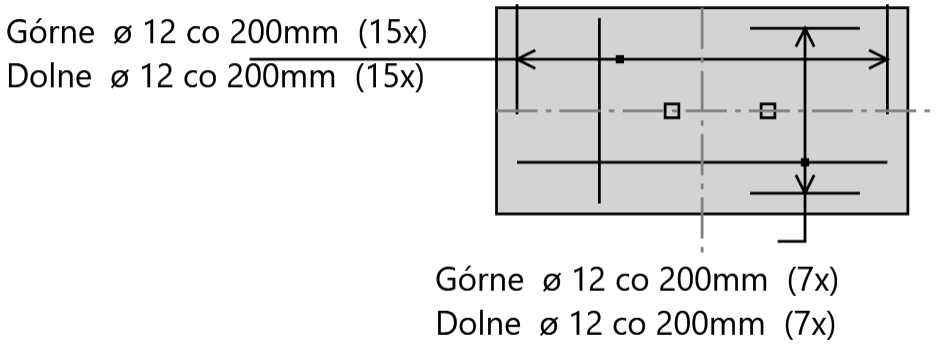
Moment obliczeniowy w kierunku y	M_x	= 44,97 kNm
Teoretyczna powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yneg.req}$	= 1,23 cm^2/m
Przyjęta powierzchnia zbrojenia w kierunku y	$A_{s.yneg.prov}$	= 5,65 cm^2/m

Sprawdzenie przebicia fundamentu

SGN1 V_{Ed} \ $V_{Rd.c}$ = 4% Spełnia

$V_{Ed'}$ \ $V_{Rd.c\ max}$ = 5% Spełnia

	$ß = 5,73$
	$u_1 = \min(2 * \pi * a + 2 * l_1 + 2 * b_1, 2 * (B + L)) = 4,65$ m
	$u_0 = 2 * l_1 + 2 * b_1 = 0,40$ m
Obciążenie netto	$v_{Ed} = ß * V_{Ed,red} / (u_1 * d) = 20,07$ kPa
	$v_{Ed'} = ß * V_{Ed,red} / (u_0 * d) = 233,23$ kPa
	$C_{Rd.c} = 0.18 / \gamma_c = 0,13$
	$k = \min(1 + \text{sqrt}(200 / d), 2) = 1,77$
	$\rho_L = \min(\text{sqrt}(\rho_x * \rho_y), 2) = 0,17$ %
	$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 451,13$ kPa
Nośność na przebicie dla obwodu kontrolnego w odległości 2*d od krawędzi słupa	$v_{Rd.c} = \max(C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3}, V_{min}) * 2 * d / a = 451,13$ kPa
	$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250\text{ MPa}) = 0,53$
Nośność na przebicie	$v_{Rd.c\ max} = 0.4 * v * f_{cd} = 4525,71$ kPa



3. Wnioski końcowe

Inne rozwiązania systemowe oraz konstrukcyjne bezwzględnie muszą być weryfikowane przez Projektanta i Sprawdzającego konstrukcji odpowiedzialnego za niniejsze opracowanie przedmiotowe oraz dokumentację projektową.

IV. Część rysunkowa

- K-01 Rzut fundamentów
- K-02 Rzut zestawczy przyziemia
- K-03 Schemat konstrukcji fundamentów
- K-04 Schemat konstrukcji pochylni
- KS-01 Rysunek wykonawczy słupów ściany szczytowej
- KS-02 Rysunek wykonawczy konstrukcji rygli ściany szczytowej w osi 5
- KS-03 Rzut konstrukcji łącznika
- KS-04 Przekroje konstrukcji łącznika
- KS-05 Rzut konstrukcji kontenerów
- KS-06 Konstrukcja kontenera K-1
- KS-07 Konstrukcja kontenera K-2
- KS-08 Konstrukcja kontenera K-3
- KS-09 Rysunek wykonawczy konstrukcji rygli ściany szczytowej w osi 4