

## OPIS TECHNICZNY

### BUDOWLANO-KONSTRUKCYJNY

#### **TEMAT OPRACOWANIA:**

#### **BUDYNEK SZATNIOWO-MAGAZYNOWY DLA SPORTOWCÓW**

### **1. OPIS OGÓLNY**

#### **1.1. Przedmiot inwestycji**

Przedmiotowy budynek szatniowo-magazynowy zaprojektowano w technologii stalowej:  
fundamenty – płyta fundamentowa żelbetowa monolityczna,  
ściany - z płyty warstwowej z rdzeniem *poliuretanowym*,  
słupy - stalowe, dach jednospadowy.

Budynek szatniowo-magazynowy będzie pełnił rolę zaplecza dla sportowców. Obiekt przewidziany do wykorzystania zarówno przez sportowców drużyny piłkarskiej „Iskra”, jak i również dla uczniów szkoły w trakcie zajęć WF i innych zajęć sportowych pozalekcyjnych. Budynek przewidziany do użytkowania sezonowego dlatego też będzie ogrzewany grzejnikami elektrycznymi załączanymi na gniazda 230V. Na kondygnacji przyziemnej zlokalizowano następujące pomieszczenia: szatnia wraz z łazienką, szatnia z umywalnią dla trenera, toaleta ogólnodostępna dla kibiców dostosowana do potrzeb osób niepełnosprawnych, pomieszczenie porządkowe, magazyn sprzętu piłkarskiego, magazyn do obsługi boiska.

#### **1.2. Podstawy formalno-prawne opracowania**

- Projekt architektoniczny wykonany przez Usługi Projektowe Elżbieta Przywoźna, ul. Kościelna 87,  
07-320 Małkinia Górna
- Obowiązujące Polskie normy i przepisy
- Ustalenia z Inwestorem

#### **1.3. Inwestor**

GMINA ZARĘBY KOŚCIELNE  
ul. Kowalska 14, Zaręby Kościelne  
07-323 Zaręby Kościelne

#### **1.4. Lokalizacja**

Jednostka ewidencyjna: Zaręby Kościelne 141611\_2  
obręb: Zaręby Kościelne nr 0044  
działka ewidencyjna nr 48/2

### 1.5. Ogólna charakterystyka obiektu.

Głównym ustrójem nośnym budynku jest płaski układ ramowy rastawiony wzdłuż budynku o zróżnicowanym rozstawie osi (między 1,95 m - 3,91m), o węzłach sztywnych. Rama zamocowana w rdzeniach stóp żelbetowych w sposób przegubowy.

#### Podstawowe dane obiektu

- długość budynku: 22,60 m
- szerokość budynku: 3,30 m
- największa rozpiętość ramy: 3,91 m
- maksymalna wysokość zabudowy: 3,29 m
- forma i geometria dachu: dach 6° (jeden spadowy betoniarnią)
- Liczba kondygnacji nadziemnych: 1
- Liczba kondygnacji podziemnych: nie ma
- Kategoria obiektu budowlanego: V
- Kategoria geotechniczna: II

Głównymi elementami nośnymi konstrukcji są wewnętrzne ramy płaskie, składające się z rygli dachowych IPE 120 oraz słupów IPE 120 dla wszystkich ram głównych. Zaprojektowano układ rygli RK60x3 i RK80x3 pod montaż obudowy i stolarki drzwiowej i okiennej. Wszystkie profile zaprojektowano ze stali konstrukcyjnej S235JR.

Zamocowanie słupów w fundamentach za pomocą zestawu kotew stalowych z prętów  $\phi 12$  ze stali S355JR.

Na ryglach dachowych zaprojektowano układ płatwii dachowych typu Z 100x68/60x2,0, w układzie uciętym (0,15 L) ze stali S350.

Dach budynku został zaprojektowany, jako jeden spadowy z pochyleniem połaci równym 6°. Sztywność przestrzenną całego układu zapewniają stężenia prętowe RD 12 typu X napinane śrubami rzymskimi, zlokalizowane w połaci dachowej i ściennej.

Obudowę stanowi płyta warstwowa poliuretanowa RUUKI SP2B60PU dla ściany i RUUKI SP2C100/60PU o grubości rdzenia 60mm.

**Stal na obiekt: S235JR – ramy główne, rygle ścienne.**

**S355JR – pręty kotwiące, stężenia prętowe.**

**S350 - płatwie dachowe.**

#### Normy i normatywy:

- a) PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- b) PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcje
- c) PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
- d) PN-EN 1993 Eurokod 3: Oddziaływanie na konstrukcje
- e) PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne

- f) PN-EN 1090-2 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych, Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych
- g) Tablice do projektowania konstrukcji metalowych, Praca zbiorowa, Arkady, Warszawa 2005.

## 2. OPIS SZCZEGÓŁOWY

### Rygle dachowe:

Rygle dachowe zaprojektowano z profili gorącowalcowanych IPE120 stal S235JR. Połączenie rygli z głowicami słupów - niesprężane, za pomocą śrub M10x40 klasy 8,8. Śruby wg normy: PN-EN ISO 4014.

### Słupy główne:

Słupy główne zewnętrzne zaprojektowano z profili gorącowalcowanych IPE 120 stal S235JR, Zaprojektowano zakotwienie słupów do żelbetowej płyty fundamentowej za pomocą zestawu kotew M12, wykonanych ze stali S355JR. Nakrętki do mocowania słupów wg normy: PN-EN-ISO 4032:2004

### Rygle pośrednie obudowy:

W osiach podłużnych zaprojektowano rygle z profili RK80x3 i RK60x3 dla podparcia obudowy w miejscach otworów okiennych i bram. Połączenia słupów z konstrukcją główną, za pomocą śrub M12x45 i M10x110 kl.8.8. Zakotwienie słupów z RK80x3 w sposób przegubowy za pomocą kotew mechanicznych Fischer RG.

### Płatwie dachowe

Na ryglach dachowych zaprojektowano układ płatwii dachowych typu Z 100x68/60x2,0, w układzie uciąglonym (0,15 L) ze stali S350.

***Niedopuszczalne jest pozostawienie płatwi niezamocowanej do pokrycia dachu.***

### Stężenia

Konstrukcje stężono w płaszczyźnie dachu i ścian stężeniami prętowymi RD 12 typu X, ze stali S355JR, napinanymi śrubami rzymskimi M12 kl. 8,8. Mocowanie stężeń do konstrukcji poprzez blachy węzłowe za pomocą śrub M12x40 kl. 8,8

### Obudowa konstrukcji stalowej

Obudowę stanowi płyta warstwowa poliuretanowa dla ściany i stropu o grubości rdzenia 150mm.

### Fundamenty

Projekt fundamentów opracowano na podstawie dostarczonej przez zamawiającego dokumentacji geotechnicznej wraz z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla projektowanej lokalizacji.

Projekt fundamentów opracowano na podstawie dostarczonej przez Inwestora dokumentacji geotechnicznej wraz z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla projektowanej lokalizacji.

Budynek o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym o prostych warunkach gruntowych - grunt mineralny. Posadowienie budynku powyżej najwyższego poziomu wód gruntowych. Przyjęto poziom posadowienia 120cm poniżej projektowanego terenu.

Głębokość przemarzania gruntów dla danej strefy wynosi  $h_z = 1.00\text{m}$ .

Opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego i projektem geotechnicznym - obejmuje działkę 48/2. Projektowany obiekt zaliczony do **I kategorii geotechnicznej**. Warunki gruntowe proste. Wody gruntowe nie występują do głębokości wiercenia.

Wydzielono III warstwy geotechniczne:

Warstwa I – nasyp niekontrolowany od 0 do 1,30 m p.p.t.

Warstwa II – torf od 1,30 do 4,5 m p.p.t.

Warstwa III – piasek średni  $I_D=0,65$  poniżej 4,5 m p.p.t.

Przyjęto fundamentowanie bezpośrednie w postaci płyty żelbetowej pod słupy i ściany budynku. Zastosowano beton B25, zbrojenie główne  $\phi 12$  stal RB500, zbrojenie pomocnicze -  $\phi 8$  stal 34GS/A-III.

Szczegółowe rysunki techniczne przekroju stóp i belki podwalinowej zostaną opracowane w projekcie wykonawczym. Wszelkie roboty ziemne winny być wykonywane w oparciu o projekt wykonawczy.

**UWAGA: Zaleca się posadowienie płyty na conajmniej 50cm warstwie nowego zagęszczonego piasku.**

## 3. WARUNKI WYKONANIA

### *Standardy wykonania*

Konstrukcja klasy EXC2 wg PN-EN 1090-2:2009.

### *Materiały*

-Stal (stal S235JR) zgodnie z EN 10025:2004 Cert. 3,1;

-Beton zgodny z normą PN-EN 206-1:2003

- Cement zgodny z normą PN-EN197-1
- Chemiczne domieszki do betonu muszą spełniać wymagania normy PN-EN 934-2:2002
- Kruszywo zgodne z normą PN-EN 12620:2004
- Woda zasobowa powinna spełniać normę PN-EN 1008:2004
- Stal zbrojeniowa (właściwości mechaniczne stali) klasy od A-0 do A-III powinny spełniać normę PN-81/H-84023 i PN-82/H-93215.

### **Połączenia śrubowe**

Połączenia zwykłe niesprężone wg normy PN-EN-1090-1 z użyciem śrub klasy 8.8 skręcać do odczuwalnego oporu przy użyciu standardowych lub pneumatycznych kluczy. Połączenia sprężane z użyciem śrub klasy 8.8 wg w/w normy. Do połączeń śrubowych należy stosować śruby wg. PN-EN ISO 4014 i nakrętki wg PN-EN ISO 4032 oraz podkładki zgodnie z PN-EN ISO 7089. Długość śruby powinna być taka, aby gwint śruby pracujący na docisk i ścinanie nie wchodził głębiej w otwór łączonej części np; na dwa zwoje. Nakrętka i łeb śruby powinny bezpośrednio lub poprzez podkładki dokładnie przylegać do powierzchni łączonych elementów. Połączenia śrubowe należy sprawdzić i ewentualnie dokręcać po upływie roku eksploatacji obiektu.

### **Połączenia spawane**

Spoiny wykonane wg PN-EN 3834 poziom „3”

Zakres badań nieniszczących spoin (NDT) :

Badania wizualne VT – 100%

Badania dodatkowe (MT, UT) w zakresie zgodnym z pkt. 12.4.2.2 normy PN-EN 1090 lub pkt. 9,4,2b PN-B-06200:2002 tj. 5% ogólnej liczby styków doczołowych, 1% łącznej długości spoin pachwinowych,

Normy wykonania i nadzoru dla spawania: PN-EN ISO 729-2.

### **Tolerancje wykonania**

Wg normy PN-EN 1090 lub PN-B-06200:2002 pkt. 4.7

### **Zabezpieczenia antykorozyjne**

Konstrukcja stalowa przeznaczona pod zabezpieczone poprzez malowanie wg wybranego systemu malarskiego lub cynkowanie ogniowe. Oczyszczenie stali co najmniej Sa 2 1/2 wg PN EN

ISO 8501, całkowicie wolna od rdzy, zgorzeliny, gruntu, czasowej ochrony i wszelkich zanieczyszczeń.

Śruby fundamentowe nie są zabezpieczane przed korozją w strefie zabetonowanej.

### ***Ogólne warunki montażu***

Osie modularne powinny być przeniesione w sposób geodezyjny i potwierdzone przez uprawnionego geodetę w dzienniku budowy. Przed montażem konstrukcji stalowej dokonać odbioru żelbetowych trzonów fundamentowych pod słupy szkieletu stalowego przez uprawnionego geodetę. Montaż elementów stalowych prowadzić w oparciu o projekt techniczny montażu opracowany przez bezpośredniego wykonawcę robót montażowych.

Roboty ziemne należy prowadzić pod nadzorem geotechnicznym; niezbędne jest przeprowadzenie geotechnicznych odbiorów wykopów dla posadowienia fundamentów, a także badania zagęszczenia i nośności nasypów budowlanych. Osie modularne powinny być przeniesione w sposób geodezyjny i potwierdzone przez uprawnionego geodetę w dzienniku budowy.

Przy montażu deskowań należy kontrolować jego dokładność, sprawdzając osiowe ustawienie elementu, pionowe ustawienie elementu, wielkość przesunięć w pionie i poziomie itp. Nie wolno przystępować do montażu konstrukcji hali bez wcześniejszego obsypania i zagęszczenia gruntu wokół podstawy fundamentów. Przed montażem konstrukcji stalowej należy dokonać odbioru żelbetowych trzonów fundamentowych pod słupy szkieletu stalowego przez uprawnionego geodetę. Montaż elementów stalowych należy prowadzić w oparciu o projekt wykonawczy oraz projekt techniczny montażu opracowany przez bezpośredniego wykonawcę robót montażowych.

UWAGA: Montaż powinien być wykonywany zgodnie z projektem konstrukcji i zachowaniem zasad BHP. Dla konstrukcji częściowo zmontowanej należy zastosować środki zapewniające stateczność (stężenia tymczasowe) w każdej fazie montażu.

### ***Uwagi końcowe***

- Wszystkie prace prowadzić pod nadzorem osób posiadających odpowiednie uprawnienia budowlane, zgodnie z obowiązującymi przepisami budowlanymi i BHP oraz z zasadami sztuki budowlanej,
- Wynikłe ewentualnie wątpliwości, nieprzewidziane sytuacje itp. należy zgłosić projektantowi sprawującemu nadzór autorski,

- Wszelkie ewentualnie odstępstwa od założeń projektu wymagają zgody projektanta.

UWAGA: Montaż powinien być wykonywany zgodnie z niniejszym projektem konstrukcji i zachowaniem zasad BHP. Dla konstrukcji częściowo zmontowanej należy zastosować środki zapewniające stateczność (stężenia tymczasowe) w każdej fazie montażu.

#### 4. DOPUSZCZALNE WARTOŚCI GRUBOŚCI POKRYWY ŚNIEŻNEJ

Właściciele, zarządcy i administratorzy budynków są zobowiązani przez prawo budowlane do usuwania z dachów śniegu i lodu.

Dla projektowanego budynku obciążenie śniegiem na połac dachową nie powinno przekraczać:

1,2 kN/m<sup>2</sup> czyli (120 kg/m<sup>2</sup>). - dla strefy wolnej dachu

Dopuszczalne grubości warstw śniegu dla danego obiektu:

Ciężar objętościowy sypkiego śniegu - 2,45kN/m<sup>3</sup>

Ciężar objętościowy lodu - 9,0 kN/m<sup>3</sup>

Dopuszczalna grubość sypkiego śniegu:

- 44 cm dla strefy wolnej dachu

Dopuszczalna grubość zlodowaciałego śniegu (lodu) - 22cm.

Gdy wartości te zostaną przekroczone należy podjąć akcję odśnieżania i bez zwłoki usunąć nadmiar zalegającego śniegu lub lodu na połaci dachowej.

#### 5. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ DLA KONSTRUKCJI STALOWEJ:

5.1 Ciężar własny całej konstrukcji stalowej generuje program Robot Structural Analysis Professional 2016.

5.2 Obciążenie stałe wg PN-EN – 1991-1-1 z późniejszymi zmianami.

- dach:

\*płyta warstwowa (gr rdzenia 60mm).....0,10 kN/m<sup>2</sup>

\*płatwie.....0,10 kN/m<sup>2</sup>

\*stężenia prętowe i tężniki międzypłatwiowe.....0,05 kN/m<sup>2</sup>

Razem:  $0,25 \text{ kN/m}^2$  (wsp. obc. - 1,35)

Obciążenie charakterystyczne:

$$Q_k = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$Q_g = 0,25 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 0,337 \text{ kN/m}^2$$

### 5.3 Technologiczne – zmienne PN-EN – 1991-1-1 z późniejszymi zmianami.

\*obciążenie technologiczne równomiernie rozłożone elementów dachu:

podwieszenie urządzeń oświetleniowych i wentylacyjnych  $0,1 \text{ kN/m}^2$  (wsp. obc. - 1,35)

Obciążenie charakterystyczne:

$$Q_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$Q_g = 0,10 \text{ kN/m}^2 \times 1,35 = 0,135 \text{ kN/m}^2$$

### 5.4 Obciążenie śniegiem: (wg PN-EN- 1991-1-3 z późniejszymi zmianami)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

Dane:

- Strefa obciążenia śniegiem III – Zaręby Kościelne

- A- wysokość nad poziomem morza; A=110m dla Ostrów Mazowiecka

a)  $\mu_i$  – współczynnik kształtu dachu wg rozdz. 5.3.2.

Przy kącie pochylenia połaci dachowej jednospadowej  $\alpha = 11,3^\circ$  (20%), dla nachylenia współczynnik kształtu dachu wynosi:

$$\mu_i = 0,8$$

b)  $C_e$  – współczynnik ekspozycji na podstawie tab. 5.1.

$$C_e = 1,0$$

c)  $C_t$  – współczynnik termiczny wg rozdz. 5.2.p. (8) oraz zał B.

$$C_t = 1,0$$

d)  $S_k$  – wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu wg tablicy NB.1

Ciężar pokrywy śnieżnej na poziomie gruntu dla III strefy klimatycznej

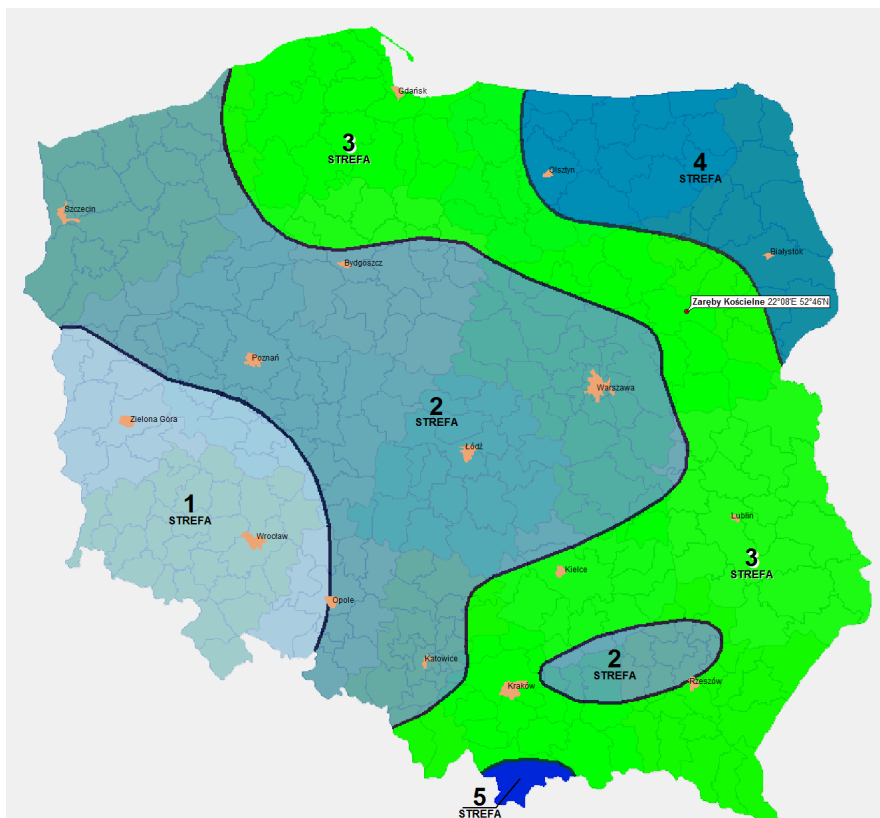
$$S_k = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

Wartości obciążenia śniegiem:

- obciążenie charakterystyczne:  $S_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,20 \text{ kN/m}^2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$

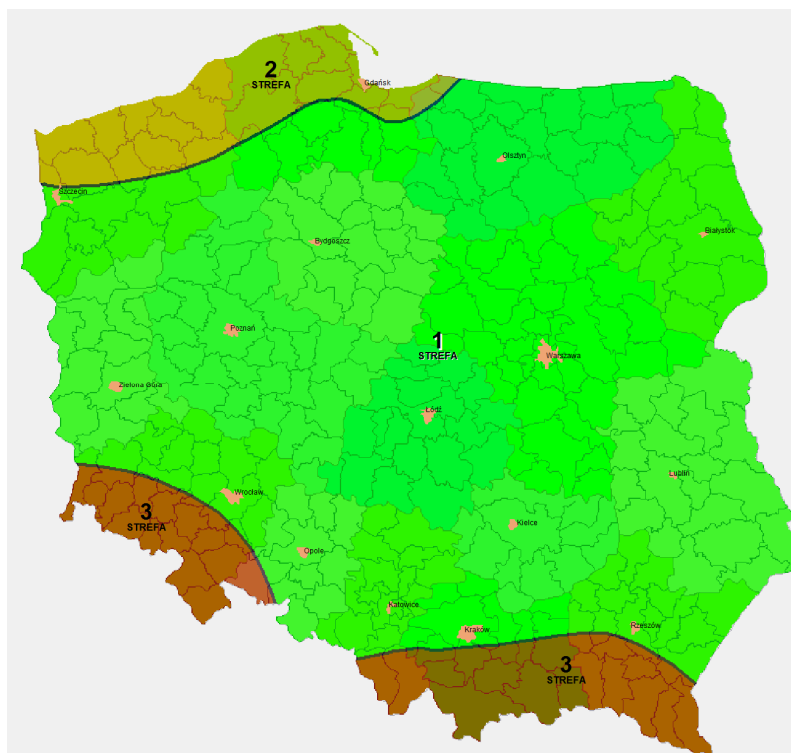
- obciążenie obliczeniowe:  $S_d = 0,96 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 1,44 \text{ kN/m}^2$

1,5 – współczynnik obciążenia



Rys.1 Strefy śniegowe wg PN-EN- 1991-1-3 z późniejszymi zmianami  
(na zielono zaznaczono 3 strefę)

#### 5.5 Obciążenie wiatrem: (wg PN-EN- 1991-1-4 z późniejszymi zmianami)



Rys.2 Strefy obciążenia wiatrem wg PN-EN- 1991-1-3 z późniejszymi zmianami  
(na zielono zaznaczono 1 strefę)

$$w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

Dane:

- Strefa obciążenia wiatrem I – Ostrów Mazowiecka
- A- wysokość nad poziomem morza; A=110m Zaręby Kościelne
- Kategoria terenu: 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)
- Kąt nachylenia dachu dwuspadowego  $\alpha = 11,3^\circ$  (20%),
- Wysokość budynku w kalenicy  $h=11,0m$

a)  $q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b$  – wartość szczytowa ciśnienia prędkości

$$q_p(z_e) = 0,3025[kN/m^2] \times 1,91 = 0,590[kN/m^2]$$

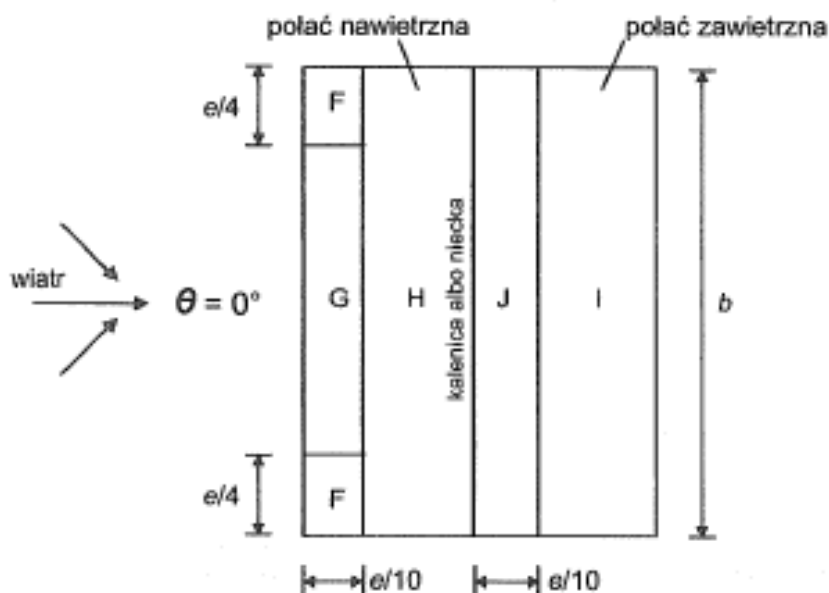
-  $c_e(z_e)$  – współczynnik ekspozycji wg NB.3

$$c_e(z_e) = 1,91$$

-  $q_b$  – wartość bazowa ciśnienia prędkości wg 4.10

$$q_b(z_e) = 302,5[N/m^2] = 0,3025[kN/m^2]$$

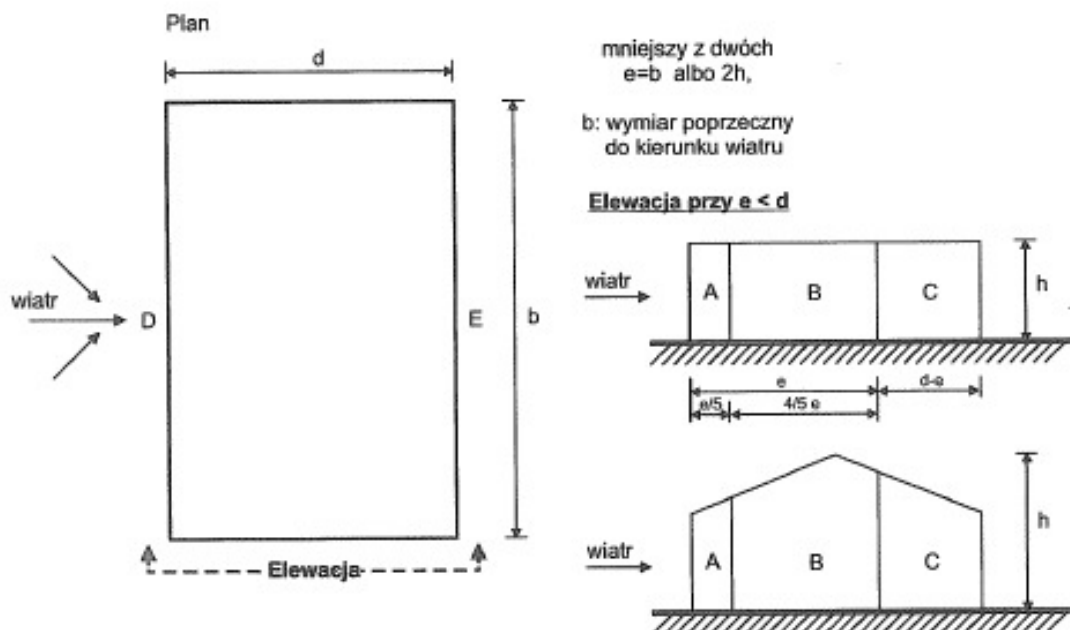
b)  $C_{pe}$  – współczynnik ciśnienia zewnętrznego.



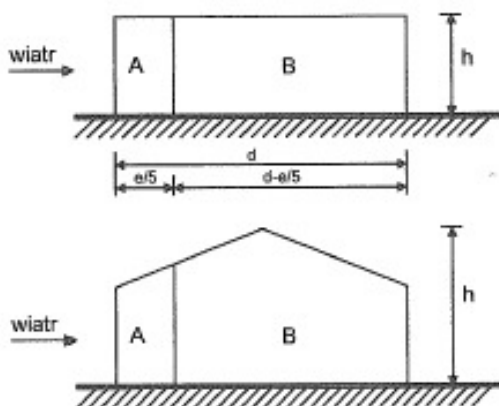
(b) kierunek wiatru  $\theta = 0^\circ$

mniejszy z dwóch  
 $e = b$  albo  $2h$

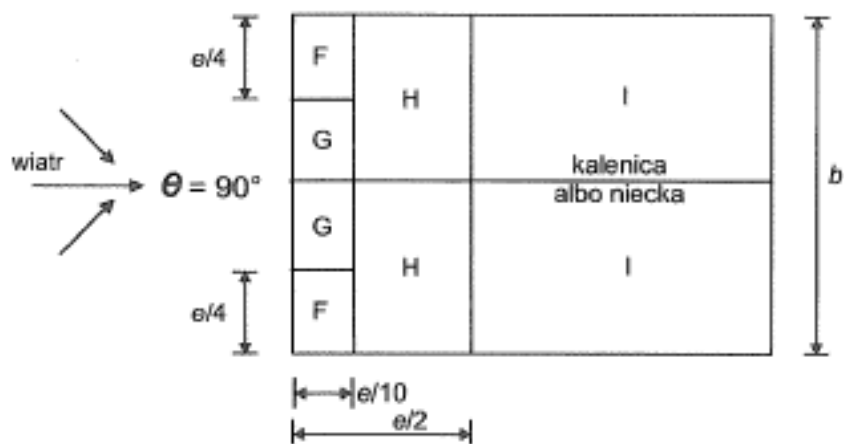
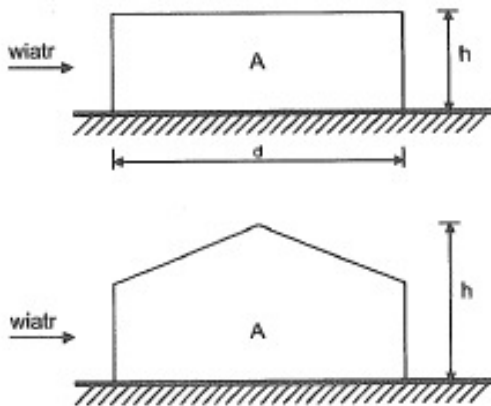
$b$ : wymiar poprzeczny  
do kierunku wiatru



**Elewacja przy  $e \geq d$**



**Elewacja przy  $e \geq 5d$**



(c) kierunek wiatru  $\theta = 90^\circ$

Wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego dla kierunku wiatru ( $\theta=0^\circ$ ):

Pole dla kierunku wiatru ( $\theta=0^\circ$ )					
	połąc nawietrzna			połąc zawietrzna	
Pole	F	G	H	I	J
$C_{pe,10}$	-1,2	-0,95	-0,41	-0,47	-0,56
	ściany				
Pole	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3

Wartości ciśnienia wiatru na powierzchnie zewnętrzne dachu dla kierunku wiatru ( $\theta=0^\circ$ ):

$$w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

	połąc nawietrzna			połąc zawietrzna	
Pole	F	G	H	I	J
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-0,71	-0,56	-0,24	-0,28	-0,33
	ściany				
Pole	A	B	C	D	E
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-0,71	-0,47	-0,29	+0,41	-0,18

Wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego dla kierunku wiatru ( $\theta=90^\circ$ ):

Pole dla kierunku wiatru ( $\theta=90^\circ$ )					
Pole	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,41	-1,3	-0,64	-0,54	
	ściany				
Pole	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3

Wartości ciśnienia wiatru na powierzchnie zewnętrzne dachu dla kierunku wiatru ( $\theta=90^\circ$ ):

$$w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

Pole	F	G	H	I	
w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	-0,83	-0,77	-0,38	-0,32	
	ściany				
Pole	A	B	C	D	E
w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	-0,71	-0,47	-0,29	+0,41	-0,18

Wartości współczynników ciśnienia wewnętrznego:

	parcie	ssanie
$C_{pi}$	0,2	-0,3

Wartości ciśnienia wiatru na powierzchnie wewnętrzne dachu:

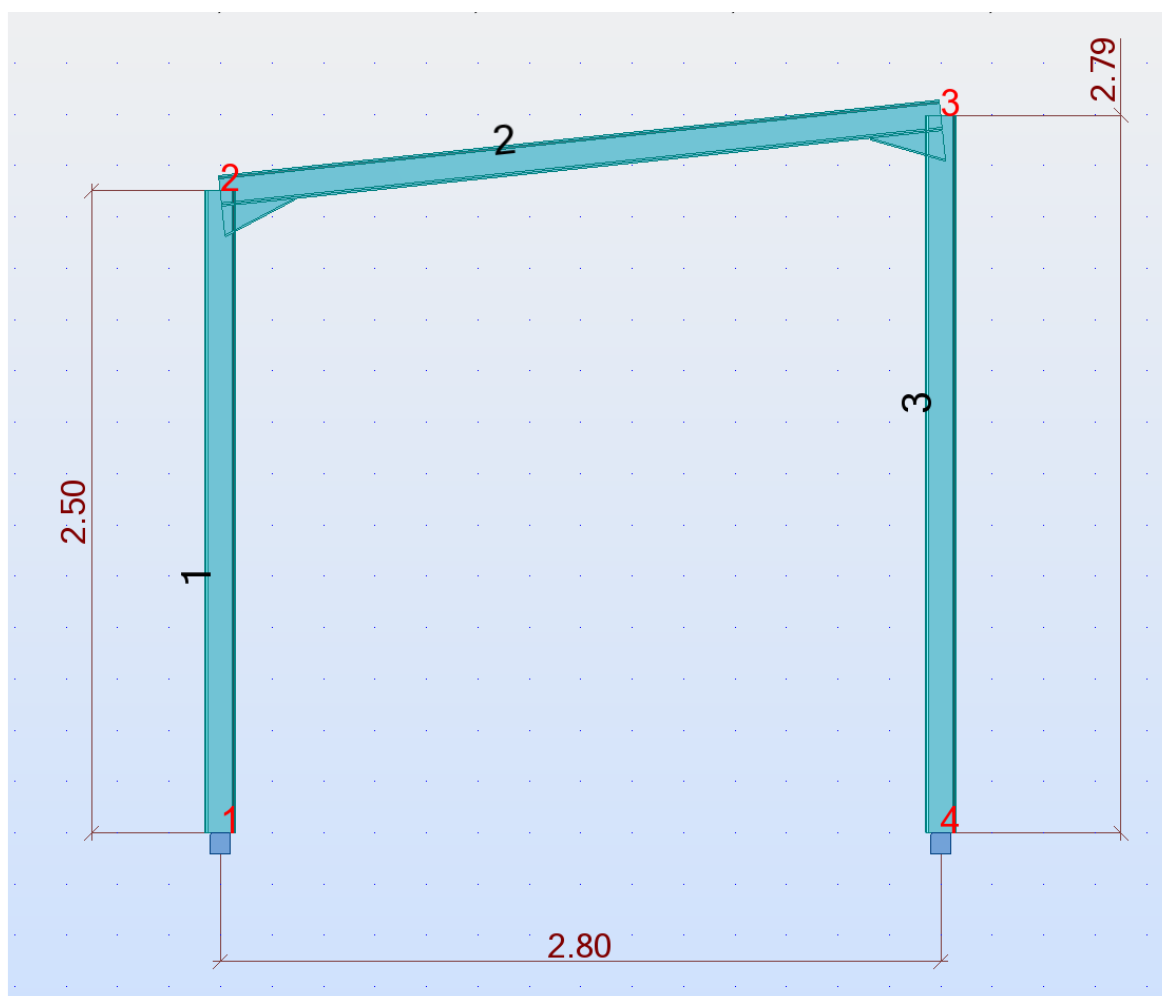
$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

	parcie	ssanie
$w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,120	-0,180

Ciśnienie sumaryczne:  $w_{net} = w_e + w_i$

## 6. Obliczenia statyczne konstrukcji stalowej (rama główna)




### 6.1 Schemat statyczny konstrukcji



Rys.3 Schemat satyczny obliczanej ramy.

Pręty 1 i 4 – HEA 340 (S235JR), Pręty 2 i 3 IPE 360 (S235JR)

## 6.2 WERYFIKACJA PRĘTÓW z WARUNKÓW SGN

Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż.	Przypadek
1	 IPE 120	STAL	50.93	172.58	0.25	11 KOMB5
2	 IPE 120	STAL	52.39	194.11	0.15	11 KOMB5
3	 IPE 120	STAL	56.93	192.89	0.19	10 KOMB4

Rys.4 Wyniki wymiarowania prętów konstrukcji stalowej

## OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 1

**PUNKT:** 1

**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 0.00 L = 0.00 m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 11 KOMB5 1\*1.20+2\*1.35+(4+6)\*1.50

**MATERIAŁ:**

STAL  $f_y = 215.00$  MPa



**PARAMETRY PRZESZKROJU: IPE 120**

h=12.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=6.4 cm

Ay=9.09 cm<sup>2</sup>

Az=6.30 cm<sup>2</sup>

Ax=13.20 cm<sup>2</sup>

tw=0.4 cm

Iy=318.00 cm<sup>4</sup>

Iz=27.70 cm<sup>4</sup>

Ix=1.74 cm<sup>4</sup>

tf=0.6 cm

Wply=60.73 cm<sup>3</sup>

Wplz=13.58 cm<sup>3</sup>

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

N<sub>Ed</sub> = 11.15 kN

M<sub>y,Ed</sub> = 3.03 kN\*m

N<sub>c,Rd</sub> = 283.80 kN

M<sub>y,pl,Rd</sub> = 13.06 kN\*m

N<sub>b,Rd</sub> = 73.00 kN

M<sub>y,c,Rd</sub> = 13.06 kN\*m

M<sub>y,N,Rd</sub> = 13.06 kN\*m

V<sub>z,Ed</sub> = -2.35 kN

V<sub>z,c,Rd</sub> = 78.14 kN

KLASA PRZESZKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi Y:

L<sub>y</sub> = 2.50 m

Lam<sub>y</sub> = 0.53

L<sub>cr,y</sub> = 2.50 m

X<sub>y</sub> = 0.92

Lam<sub>y</sub> = 50.93

k<sub>yy</sub> = 0.91



względem osi Z:

L<sub>z</sub> = 2.50 m

Lam<sub>z</sub> = 1.78

L<sub>cr,z</sub> = 2.50 m

X<sub>z</sub> = 0.26

Lam<sub>z</sub> = 172.58

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

N<sub>Ed</sub>/N<sub>c,Rd</sub> = 0.04 < 1.00 (6.2.4.(1))

M<sub>y,Ed</sub>/M<sub>y,c,Rd</sub> = 0.23 < 1.00 (6.2.5.(1))

V<sub>z,Ed</sub>/V<sub>z,c,Rd</sub> = 0.03 < 1.00 (6.2.6.(1))

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

Lambda<sub>y</sub> = 50.93 < Lambda<sub>max</sub> = 210.00      Lambda<sub>z</sub> = 172.58 < Lambda<sub>max</sub> = 210.00      STABILNY

N<sub>Ed</sub>/(X<sub>y</sub>\*N<sub>Rk</sub>/gM1) + k<sub>yy</sub>\*M<sub>y,Ed</sub>/(XLT\*M<sub>y,Rk</sub>/gM1) = 0.25 < 1.00 (6.3.3.(4))

N<sub>Ed</sub>/(X<sub>z</sub>\*N<sub>Rk</sub>/gM1) + k<sub>zy</sub>\*M<sub>y,Ed</sub>/(XLT\*M<sub>y,Rk</sub>/gM1) = 0.15 < 1.00 (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

## OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 2

**PUNKT:** 3

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.10$   $L = 0.28$  m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 11 KOMB5  $1 \cdot 1.20 + 2 \cdot 1.35 + (4+6) \cdot 1.50$

**MATERIAŁ:**

STAL  $f_y = 215.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU: IPE 120**

$h=12.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=6.4$ cm	$A_y=8.06$ cm <sup>2</sup>	$A_z=4.73$ cm <sup>2</sup>	$A_x=13.20$ cm <sup>2</sup>
$t_w=0.4$ cm	$I_y=318.00$ cm <sup>4</sup>	$I_z=27.70$ cm <sup>4</sup>	$I_x=1.74$ cm <sup>4</sup>
$t_f=0.6$ cm	$W_{ply}=58.53$ cm <sup>3</sup>	$W_{plz}=13.42$ cm <sup>3</sup>	

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{Ed} = 1.53$ kN	$M_{y,Ed} = -1.84$ kN*m	
$N_{c,Rd} = 283.80$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 12.58$ kN*m	
$N_{b,Rd} = 55.63$ kN	$M_{y,c,Rd} = 12.58$ kN*m	$V_{z,Ed} = 3.32$ kN
	$M_{y,N,Rd} = 12.58$ kN*m	$V_{z,c,Rd} = 58.66$ kN
		KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi Y:

$L_y = 2.82$ m	$Lam_y = 0.54$
$L_{cr,y} = 2.82$ m	$X_y = 0.87$
$L_{amy} = 52.39$	$k_{yy} = 0.90$



względem osi Z:

$L_z = 2.82$ m	$Lam_z = 2.00$
$L_{cr,z} = 2.82$ m	$X_z = 0.20$
$L_{amz} = 194.11$	

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$$\begin{aligned} N_{Ed}/N_{c,Rd} &= 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1)) \\ M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} &= 0.15 < 1.00 \quad (6.2.5.(1)) \\ M_{y,Ed}/M_{y,N,Rd} &= 0.15 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2)) \\ V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} &= 0.06 < 1.00 \quad (6.2.6.(1)) \end{aligned}$$

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$$\begin{aligned} \Lambda_{bda,y} &= 52.39 < \Lambda_{bda,max} = 210.00 & \Lambda_{bda,z} &= 194.11 < \Lambda_{bda,max} = 210.00 & \text{STABILNY} \\ N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) &= 0.14 < 1.00 \quad (6.3.3.(4)) \\ N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) &= 0.03 < 1.00 \quad (6.3.3.(4)) \end{aligned}$$

**Profil poprawny !!!**

## OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 3

**PUNKT:** 1

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.00$   $L = 0.00$  m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 10 KOMB4  $1 \cdot 1.20 + 2 \cdot 1.35 + (3+6) \cdot 1.50$

**MATERIAŁ:**

STAL  $f_y = 215.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU: IPE 120**

$h = 12.0$  cm

$b = 6.4$  cm

$t_w = 0.4$  cm

$t_f = 0.6$  cm

$g_{M0} = 1.00$

$A_y = 9.09$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 318.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{ply} = 60.73$  cm<sup>3</sup>

$g_{M1} = 1.00$

$A_z = 6.30$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 27.70$  cm<sup>4</sup>

$W_{plz} = 13.58$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 13.20$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 1.74$  cm<sup>4</sup>

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{Ed} = 8.84$  kN

$N_{c,Rd} = 283.80$  kN

$N_{b,Rd} = 60.06$  kN

$M_{y,Ed} = -2.20$  kN\*m

$M_{y,pl,Rd} = 13.06$  kN\*m

$M_{y,c,Rd} = 13.06$  kN\*m

$M_{y,N,Rd} = 13.06$  kN\*m

$V_{z,Ed} = 1.54$  kN

$V_{z,c,Rd} = 78.14$  kN

KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi Y:

$L_y = 2.79$  m

$L_{cr,y} = 2.79$  m

$L_{my} = 56.93$

$L_{m_y} = 0.59$

$X_y = 0.89$

$k_{yy} = 0.91$



względem osi Z:

$L_z = 2.79$  m

$L_{cr,z} = 2.79$  m

$L_{mz} = 192.89$

$L_{m_z} = 1.99$

$X_z = 0.21$

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.17 < 1.00$  (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.02 < 1.00$  (6.2.6.(1))

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$\lambda_{y} = 56.93 < \lambda_{y,max} = 210.00$   $\lambda_{z} = 192.89 < \lambda_{z,max} = 210.00$  STABILNY

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.19 < 1.00$  (6.3.3.(4))

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.15 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011-Niezarejestrowana

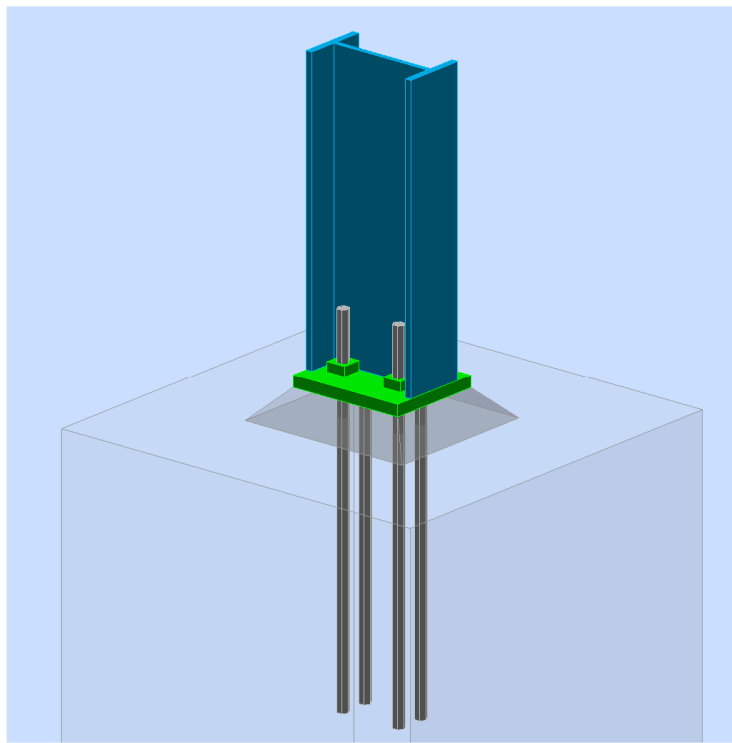
## Obliczenia stóp słupów utwierdzonych

Eurocode 3: PN-EN 1993-1-8:2006/AC:2009 + CEB Design Guide:

Design of fastenings on concrete



Proporcja  
0,78



## 6.3 Ogólne

Nr połączenia: 1  
Nazwa połączenia: Stopa zamocowana  
Węzeł konstrukcji: 4  
Pręty konstrukcji: 3

## 6.4 Geometria

### 6.4.1 Słup

Profil: IPE 120  
Nr pręta: 3

$L_c =$	2,79	[m]	Długość słupa
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Kąt nachylenia
$h_c =$	120	[mm]	Wysokość przekroju słupa
$b_{fc} =$	64	[mm]	Szerokość przekroju słupa
$t_{wc} =$	4	[mm]	Grubość środnika przekroju słupa
$t_{fc} =$	6	[mm]	Grubość półki przekroju słupa
$r_c =$	7	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju słupa
$A_c =$	13,20	[cm <sup>2</sup> ]	Pole przekroju słupa
$I_{yc} =$	318,00	[cm <sup>4</sup> ]	Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał:	STAL		
$f_{yc} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość
$f_{uc} =$	375,00	[MPa]	Granica wytrzymałości materiału

### 6.4.2 Podstawa stopy słupa

$l_{pd} =$  120 [mm] Długość

$l_{pd} =$	120	[mm]	Długość
$b_{pd} =$	100	[mm]	Szerokość
$t_{pd} =$	12	[mm]	Grubość
Materiał: S 235			
$f_{ypd} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość
$f_{upd} =$	340,00	[MPa]	Granica wytrzymałości materiału

### 6.4.3 Zakotwienie

Klasa =	4.6		Klasa kotew
$f_{yb} =$	240,00	[MPa]	Granica plastyczności materiału śruby
$f_{ub} =$	400,00	[MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie
$d =$	12	[mm]	Średnica śruby
$A_b =$	0,84	[cm <sup>2</sup> ]	Czynne pole powierzchni śruby
$n_H =$	2		Ilość kolumn śrub
$n_v =$	2		Ilość rzędów śrub
$e_H =$	64	[mm]	Rozstaw poziomy
$e_v =$	30	[mm]	Rozstaw pionowy

#### Wymiary kotew

$L_1 =$	60	[mm]
$L_2 =$	320	[mm]

#### Podkładka

$l_{wd} =$	20	[mm]	Długość
$b_{wd} =$	20	[mm]	Szerokość
$t_{wd} =$	10	[mm]	Grubość

### 6.4.4 Współczynniki materiałowe

$\gamma_{M0} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
$\gamma_C =$	1,50	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa

### 6.4.5 Stopa fundamentowa

$L =$	400	[mm]	Długość stopy
$B =$	400	[mm]	Szerokość stopy
$H =$	900	[mm]	Wysokość stopy

#### Beton

Klasa BETON

$f_{ck} =$	16,00	[MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie
------------	-------	-------	---

#### Warstwa wyrównawcza

$t_g =$	30	[mm]	Grubość warstwy wyrównawczej (podsypki)
$f_{ck,g} =$	12,00	[MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie
$C_{f,d} =$	0,30		Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem

### 6.4.6 Spoiny

$a_p =$	2	[mm]	Płyta główna stopy słupa
---------	---	------	--------------------------

## 6.5 Obciążenia

Przypadek: 7: KOMB1 1\*1.20+2\*1.35+3\*1.50

$N_{j,Ed} =$	-1,11	[kN]	Siła osiowa
$V_{j,Ed,z} =$	1,54	[kN]	Siła ścinająca
$M_{j,Ed,y} =$	-2,10	[kN*m]	Moment zginający

## 6.6 Rezultaty

### 6.6.1 Strefa ściskana

#### ŚCISKANIE BETONU

$f_{cd} =$	10,67	[MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie
------------	-------	-------	--

EN 1992-1:[3.1.6.(1)]

$f_{cd} = 10,67$ [MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie	EN 1992-1:[3.1.6.(1)]
$f_j = 21,33$ [MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na docisk pod płytą podstawy	[6.2.5.(7)]
$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$		
$c = 22$ [mm]	Dodatkowa szerokość docisku	[6.2.5.(4)]
$b_{eff} = 28$ [mm]	Szerokość efektywna strefy docisku pod półką	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} = 100$ [mm]	Długość efektywna strefy docisku pod półką	[6.2.5.(3)]
$A_{c0} = 28,29$ [cm <sup>2</sup> ]	Powierzchnia kontaktu płyty podstawy z fundamentem	EN 1992-1:[6.7.(3)]
$A_{c1} = 254,65$ [cm <sup>2</sup> ]	Maksymalne obliczeniowe pole rozkładu obciążenia	EN 1992-1:[6.7.(3)]
$F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$		
$A_{c1} = 254,65$ [cm <sup>2</sup> ]	Maksymalne obliczeniowe pole rozkładu obciążenia	EN 1992-1:[6.7.(3)]
$\beta_j = 0,67$	Współczynnik redukcyjny przy ściskaniu	[6.2.5.(7)]
$f_{jd} = \beta_j * F_{rd,u} / (b_{eff} * l_{eff})$		
$f_{jd} = 21,33$ [MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na docisk	[6.2.5.(7)]
$A_{c,n} = 87,27$ [cm <sup>2</sup> ]	Pole powierzchni docisku przy ściskaniu	[6.2.8.2.(1)]
$A_{c,y} = 28,29$ [cm <sup>2</sup> ]	Pole powierzchni docisku przy zginaniu My	[6.2.8.3.(1)]
$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} * f_{jd}$		
$F_{c,Rd,n} = 186,18$ [kN]	Nośność betonu na docisk przy ściskaniu	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} = 60,36$ [kN]	Nośność betonu na docisk przy zginaniu My	[6.2.8.3.(1)]

#### PÓŁKA I ŚRODNIK SŁUPA PRZY ŚCISKANIU

$CL = 1,00$	Klasa przekroju	EN 1993-1-1:[5.5.2]
$W_{pl,y} = 60,73$ [cm <sup>3</sup> ]	Wskaźnik plastyczny przekroju	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{c,Rd,y} = 13,06$ [kN*m]	Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_{f,y} = 114$ [mm]	Odległość między środkami ciężkości półek	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$		
$F_{c,fc,Rd,y} = 114,83$ [kN]	Nośność ściskanej półki i środniczka	[6.2.6.7.(1)]

#### NOŚNOŚCI STOPY W STREFIE ŚCISKANEJ

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$		
$N_{j,Rd} = 186,18$ [kN]	Nośność stopy przy ściskaniu osiowym	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$		
$F_{c,Rd,y} = 60,36$ [kN]	Nośność stopy w strefie ściskanej	[6.2.8.3]

### 6.6.2 Strefa rozciągana

#### ZERWANIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

$A_b = 0,84$ [cm <sup>2</sup> ]	Czynne pole powierzchni śruby	[Tablica 3.4]
$f_{ub} = 400,00$ [MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie	[Tablica 3.4]
$\beta = 0,85$	Współczynnik redukcyjny nośności śruby	[3.6.1.(3)]
$F_{t,Rd,s1} = \beta * 0.9 * f_{ub} * A_b / \gamma_{M2}$		
$F_{t,Rd,s1} = 20,64$ [kN]	Nośność śruby na zerwanie	[Tablica 3.4]
$\gamma_{Ms} = 1,20$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.2]
$f_{yb} = 240,00$ [MPa]	Granica plastyczności materiału śruby	CEB [9.2.2]
$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} * A_b / \gamma_{Ms}$		
$F_{t,Rd,s2} = 16,86$ [kN]	Nośność śruby na zerwanie	CEB [9.2.2]
$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$		
$F_{t,Rd,s} = 16,86$ [kN]	Nośność śruby na zerwanie	

#### WYRWANIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ Z BETONU

$f_{ck} = 16,00$ [MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie	EN 1992-1:[3.1.2]
$f_{ctd} = 0.7 * 0.3 * f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$		
$f_{ctd} = 0,89$ [MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$\eta_1 = 1,00$	Wsp. zależny od warunków betonowania i przyczepności	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$\eta_2 = 1,00$	Wsp. zależny od średnicy kotwi	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$		
$f_{bd} = 2,00$ [MPa]	Dopuszczalna przyczepność obliczeniowa	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$h_{ef} = 320$ [mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$F_{t,Rd,p} = \pi * d * h_{ef} * f_{bd}$		
$F_{t,Rd,p} = 24,13$ [kN]	Nośność obl. ze względu na wrywanie	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

#### WYŁAMANIE STOŻKA BETONU

$h_{ef} = 123$ [mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	CEB [9.2.4]
$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] * f_{ck} * h_{ef}^{1.5}$		

$N_{Rk,c}^0 =$	41,09	[kN]	Nośność charakterystyczna kotwi	CEB [9.2.4]
$S_{cr,N} =$	370	[mm]	Krytyczna szerokość stożka betonu	CEB [9.2.4]
$C_{cr,N} =$	185	[mm]	Krytyczna odległość od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.4]
$A_{c,N0} =$	1736,00	[cm <sup>2</sup> ]	Maksymalne pole powierzchni stożka	CEB [9.2.4]
$A_{c,N} =$	1600,00	[cm <sup>2</sup> ]	Rzeczywiste pole powierzchni stożka	CEB [9.2.4]

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$\psi_{A,N} =$	0,92		Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi	CEB [9.2.4]
----------------	------	--	---	-------------

$c =$	168	[mm]	Minimalna odległość kotwi od krawędzi	CEB [9.2.4]
-------	-----	------	---------------------------------------	-------------

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / C_{cr,N} \leq 1.0$$

$\psi_{s,N} =$	0,97		Wsp. zależny od odległości kotwi od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.4]
----------------	------	--	---	-------------

$\psi_{ec,N} =$	1,00		Wsp. zależny od rozkładu sił rozciągających w kotwiach	CEB [9.2.4]
-----------------	------	--	--	-------------

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} =$	1,00		Wsp. zależny od zagęszczenia zbrojenia fundamentu	CEB [9.2.4]
-----------------	------	--	---	-------------

$\psi_{ucr,N} =$	1,00		Wsp. zależny stopnia zarysowania betonu	CEB [9.2.4]
------------------	------	--	---	-------------

$\gamma_{Mc} =$	2,16		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
-----------------	------	--	---------------------------------------	---------------

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$$

$F_{t,Rd,c} =$	17,05	[kN]	Nośność obliczeniowa kotwi na wyłamanie stożka betonu	EN 1992-1-1:[8.4.2.(2)]
----------------	-------	------	---	-------------------------

## ROZSADZANIE BETONU

$h_{ef} =$	320	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	CEB [9.2.5]
------------	-----	------	-----------------------------------	-------------

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 =$	171,73	[kN]	Nośność obl. ze względu na wrywanie	CEB [9.2.5]
----------------	--------	------	-------------------------------------	-------------

$S_{cr,N} =$	640	[mm]	Krytyczna szerokość stożka betonu	CEB [9.2.5]
--------------	-----	------	-----------------------------------	-------------

$C_{cr,N} =$	320	[mm]	Krytyczna odległość od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.5]
--------------	-----	------	--	-------------

$A_{c,N0} =$	4716,80	[cm <sup>2</sup> ]	Maksymalne pole powierzchni stożka	CEB [9.2.5]
--------------	---------	--------------------	------------------------------------	-------------

$A_{c,N} =$	1600,00	[cm <sup>2</sup> ]	Rzeczywiste pole powierzchni stożka	CEB [9.2.5]
-------------	---------	--------------------	-------------------------------------	-------------

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$\psi_{A,N} =$	0,34		Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi	CEB [9.2.5]
----------------	------	--	---	-------------

$c =$	168	[mm]	Minimalna odległość kotwi od krawędzi	CEB [9.2.5]
-------	-----	------	---------------------------------------	-------------

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / C_{cr,N} \leq 1.0$$

$\psi_{s,N} =$	0,86		Wsp. zależny od odległości kotwi od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.5]
----------------	------	--	---	-------------

$\psi_{ec,N} =$	1,00		Wsp. zależny od rozkładu sił rozciągających w kotwiach	CEB [9.2.5]
-----------------	------	--	--	-------------

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} =$	1,00		Wsp. zależny od zagęszczenia zbrojenia fundamentu	CEB [9.2.5]
-----------------	------	--	---	-------------

$\psi_{ucr,N} =$	1,00		Wsp. zależny stopnia zarysowania betonu	CEB [9.2.5]
------------------	------	--	---	-------------

$$\psi_{h,N} = (h/(2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$\psi_{h,N} =$	1,20		Wsp. zależny od wysokości fundamentu	CEB [9.2.5]
----------------	------	--	--------------------------------------	-------------

$\gamma_{M,sp} =$	2,16		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
-------------------	------	--	---------------------------------------	---------------

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$$

$F_{t,Rd,sp} =$	27,75	[kN]	Nośność obliczeniowa kotwi na rozsadzanie betonu	CEB [9.2.5]
-----------------	-------	------	--	-------------

## NOŚNOŚĆ KOTWI NA ROZCIĄGANIE

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$F_{t,Rd} =$	16,86	[kN]	Nośność kotwi na rozciąganie	
--------------	-------	------	------------------------------	--

## ZGINANIE PŁYTY PODSTAWY

### Zginanie momentem $M_{j,Ed,y}$

$l_{eff,1} =$	66	[mm]	Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.6.5]
---------------	----	------	---	-----------

$l_{eff,2} =$	66	[mm]	Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.6.5]
---------------	----	------	---	-----------

$m =$	11	[mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
-------	----	------	--	-----------

$M_{pl,1,Rd} =$	0,51	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
-----------------	------	--------	--	---------

$M_{pl,2,Rd} =$	0,51	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
-----------------	------	--------	--	---------

$F_{T,1,Rd} =$	182,58	[kN]	Nośność płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------	--------	------	---	---------

$F_{T,2,Rd} =$	59,31	[kN]	Nośność płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------	-------	------	---	---------

$F_{T,3,Rd} =$	33,72	[kN]	Nośność płyty dla 3 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------	-------	------	---	---------

$$F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$$

$F_{t,pl,Rd,y} =$	33,72	[kN]	Nośność płyty przy rozciąganiu	[6.2.4]
-------------------	-------	------	--------------------------------	---------

## NOŚNOŚĆ ŚRODNIAKA SŁUPA PRZY ROZCIĄGANIU

### Zginanie momentem $M_{j,Ed,y}$

$t_{wc} =$	4	[mm]	Grubość efektywna środnika słupa	[6.2.6.3.(8)]
------------	---	------	----------------------------------	---------------

$b_{eff,t,wc} =$	66	[mm]	Szerokość efektywna środnika przy rozciąganiu	[6.2.6.3.(2)]
------------------	----	------	---	---------------

$A_{vc} =$	6,30	[cm <sup>2</sup> ]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
------------	------	--------------------	--------------------------------	------------------------

$t_{wc} = 4$  [mm] Grubość efektywna średnika słupa [6.2.6.3.(8)]  
 $\omega = 0,88$  Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem [6.2.6.3.(4)]

$F_{t,wc,Rd,y} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$   
 $F_{t,wc,Rd,y} = 55,29$  [kN] Nośność średnika słupa [6.2.6.3.(1)]

#### NOŚNOŚCI STOPY W STREFIE ROZCIĄGANIEJ

$F_{T,Rd,y} = \min(F_{t,pl,Rd,y}, F_{t,wc,Rd,y})$   
 $F_{T,Rd,y} = 33,72$  [kN] Nośność stopy w strefie rozciąganej [6.2.8.3]

### 6.6.3 Kontrola nośności połączenia

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	$0,01 < 1,00$	zweryfikowano	(0,01)
$e_y = 1890$ [mm]	Mimośród siły osiowej		[6.2.8.3]
$z_{c,y} = 46$ [mm]	Ramię działania siły $F_{C,Rd,y}$		[6.2.8.1.(2)]
$z_{t,y} = 32$ [mm]	Ramię działania siły $F_{T,Rd,y}$		[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,y} = 2,69$ [kN*m]	Nośność połączenia na zginanie		[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)	$0,78 < 1,00$	zweryfikowano	(0,78)

### 6.6.4 Ścinanie

#### DOCISK ŚRUBY KOTWIĄCEJ DO PŁYTY PODSTAWY

##### Ścinanie siłą $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} = 1,27$  Wsp. położenia śrub w kierunku ścinania [Tablica 3.4]  
 $\alpha_{b,z} = 1,00$  Wsp. do obliczeń nośności  $F_{1,vb,Rd}$  [Tablica 3.4]  
 $k_{1,z} = 1,30$  Wsp. położenia śrub prostopadle do kierunku ścinania [Tablica 3.4]

$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \alpha_{b,z} f_{up} d^* t_p / \gamma_{M2}$   
 $F_{1,vb,Rd,z} = 50,92$  [kN] Nośność śruby kotwiącej na docisk do płyty podstawy [6.2.2.(7)]

##### ŚCIECIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

$\alpha_b = 0,37$  Wsp. do obliczeń nośności  $F_{2,vb,Rd}$  [6.2.2.(7)]  
 $A_{bv} = 1,13$  [cm<sup>2</sup>] Czynne pole powierzchni śruby [6.2.2.(7)]  
 $f_{ub} = 400,00$  [MPa] Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie [6.2.2.(7)]  
 $\gamma_{M2} = 1,25$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [6.2.2.(7)]

$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b f_{ub} A_{bv} / \gamma_{M2}$   
 $F_{2,vb,Rd} = 13,32$  [kN] Nośność śruby na ściecie - bez efektu dźwigni [6.2.2.(7)]

$\alpha_M = 2,00$  Wsp. zależny od zamocowania kotwi w fundamencie CEB [9.3.2.2]

$M_{Rk,s} = 0,01$  [kN\*m] Nośność charakterystyczna kotwi na zginanie CEB [9.3.2.2]

$l_{sm} = 41$  [mm] Długość ramienia dźwigni CEB [9.3.2.2]

$\gamma_{Ms} = 1,20$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa CEB [3.2.3.2]

$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M M_{Rk,s} / (l_{sm} \gamma_{Ms})$   
 $F_{v,Rd,sm} = 0,54$  [kN] Nośność śruby na ściecie - z efektem dźwigni CEB [9.3.1]

#### WYWAŻANIE STOŻKA BETONU

$N_{Rk,c} = 36,83$  [kN] Nośność obl. ze względu na wrywanie CEB [9.2.4]

$k_3 = 2,00$  Wsp. zależny długości zakotwienia CEB [9.3.3]

$\gamma_{Mc} = 2,16$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa CEB [3.2.3.1]

$F_{v,Rd,cp} = k_3 N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$   
 $F_{v,Rd,cp} = 34,10$  [kN] Nośność betonu na wyważanie CEB [9.3.1]

#### ZNISZCZENIE KRAWĘDZI BETONU

##### Ścinanie siłą $V_{j,Ed,z}$

$V_{Rk,c,z}^0 = 99,77$  [kN] Nośność charakterystyczna kotwi CEB [9.3.4.(a)]

$\psi_{A,V,z} = 0,73$  Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi CEB [9.3.4]

$\psi_{h,V,z} = 1,00$  Wsp. zależny od grubości fundamentu CEB [9.3.4.(c)]

$\psi_{s,V,z} = 0,92$  Wsp. wpływu krawędzi równoległych do siły ścinającej CEB [9.3.4.(d)]

$\psi_{ec,V,z} = 1,00$  Wsp. nierównomierności rozkładu siły ścinającej na kotwie CEB [9.3.4.(e)]

$\psi_{\alpha,V,z} = 1,00$  Wsp. zależny od kąta działania siły ścinającej CEB [9.3.4.(f)]

$\psi_{ucr,V,z} = 1,00$  Wsp. zależny od sposobu zbrojenia krawędzi fundamentu CEB [9.3.4.(g)]

$\gamma_{Mc} = 2,16$  Częściowy współczynnik bezpieczeństwa CEB [3.2.3.1]

$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 \psi_{A,V,z} \psi_{h,V,z} \psi_{s,V,z} \psi_{ec,V,z} \psi_{\alpha,V,z} \psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$   
 $F_{v,Rd,c,z} = 31,20$  [kN] Nośność betonu ze wzgl. na zniszczenie krawędzi CEB [9.3.1]

#### POŚLIZG STOPY

$C_{f,d} = 0,30$  Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem [6.2.2.(6)]

$C_{f,d} =$	0,30		Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem	[6.2.2.(6)]
$N_{c,Ed} =$	1,11	[kN]	Siła ściskająca	[6.2.2.(6)]
$F_{t,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$				
$F_{t,Rd} =$	0,33	[kN]	Nośność na poślizg	[6.2.2.(6)]
<b>KONTROLA ŚCINANIA</b>				
$V_{i,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{t,Rd}$				
$V_{i,Rd,z} =$	2,50	[kN]	Nośność połączenia na ścinanie	CEB [9.3.1]
$V_{i,Ed,z} / V_{i,Rd,z} \leq 1,0$			0,62 < 1,00	zweryfikowano (0,62)

## 6.6.5 Spoiny między słupem i płytą podstawy

$\sigma_{\perp} =$	36,86	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	36,86	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{yII} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne równoległe do $V_{i,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$\tau_{zII} =$	2,87	[MPa]	Napężenie styczne równoległe do $V_{i,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\sigma_{\perp} / (f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)			0,14 < 1,00	zweryfikowano (0,14)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$ (4.1)			0,22 < 1,00	zweryfikowano (0,22)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$ (4.1)			0,19 < 1,00	zweryfikowano (0,19)

## 6.6.6 Sztywność połączenia

### Zginanie momentem $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} =$	28	[mm]	Szerokość efektywna strefy docisku pod półką	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} =$	100	[mm]	Długość efektywna strefy docisku pod półką	[6.2.5.(3)]
$k_{13,y} = E_c \cdot \sqrt{(b_{eff} \cdot l_{eff}) / (1.275 \cdot E)}$				
$k_{13,y} =$	6	[mm]	Wsp. sztywności ściskanego betonu	[Tablica 6.11]
$l_{eff} =$	66	[mm]	Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.6.5]
$m =$	11	[mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
$k_{15,y} = 0.425 \cdot l_{eff}^3 \cdot t_p^3 / (m^3)$				
$k_{15,y} =$	35	[mm]	Wsp. sztywności płyty podstawy przy rozciąganiu	[Tablica 6.11]
$L_b =$	154	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	[Tablica 6.11]
$k_{16,y} = 1.6 \cdot A_b / L_b$				
$k_{16,y} =$	1	[mm]	Wsp. sztywności kotwi na rozciąganie	[Tablica 6.11]
$\lambda_{0,y} =$	0,59		Smukłość słupa	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,y} =$	614,77	[kN*m]	Początkowa sztywność obrotowa	[Tablica 6.12]
$S_{j,rig,y} =$	6998,91	[kN*m]	Sztywność połączenia sztywnego	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$			PÓŁ-SZTYWNE	[5.2.2.5.(2)]

## 6.6.7 Najslabszy komponent:

ŚRUBA KOTWIĄCA NA ZRYWANIE

## 6.7 Uwagi

Odległość śruby kotwiącej od trzonu słupa zbyt mała. 13 [mm] < 18 [mm]  
Grubość spoin łączących trzon z płytą zbyt mała. 2 [mm] < 3 [mm]

**Połączenie zgodne z normą**

Proporcja 0,78



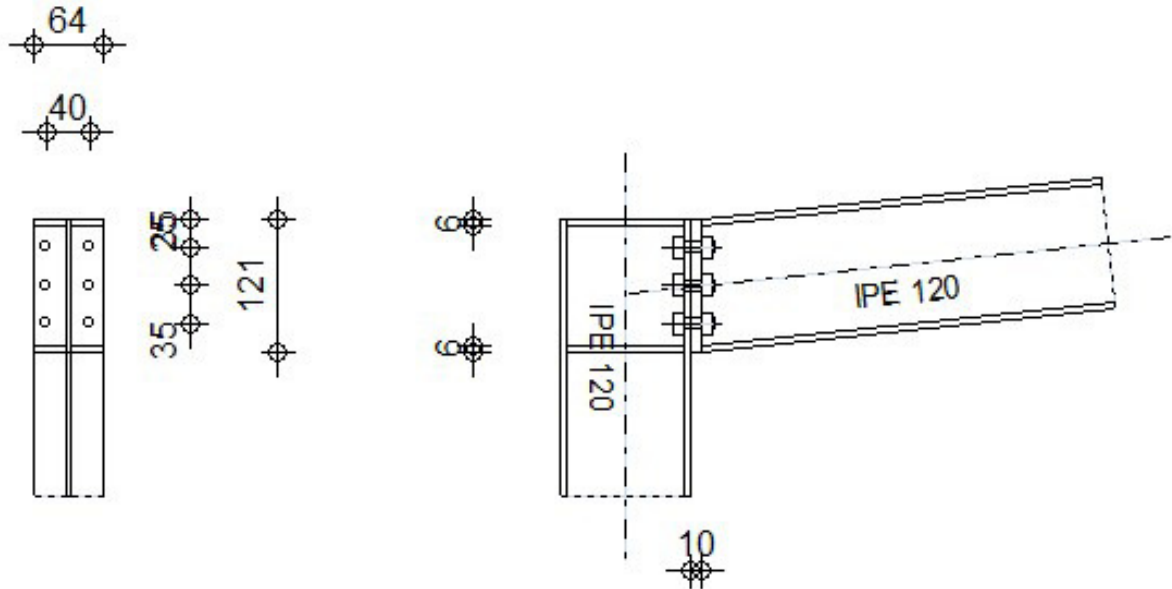
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011-Niezarejestrowana

## Obliczenia połączenia zamocowanego Belka - Słup

PN-EN 1993-1-8:2006/AC:2009



Proporcja  
0,52



## 6.8 Ogólne

Nr połączenia: 2  
Nazwa połączenia: Naroże ramy  
Węzeł konstrukcji: 2  
Pręty konstrukcji: 1, 2

## 6.9 Geometria

### 6.9.1 Słup

Profil: IPE 120  
Nr pręta: 1

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Kąt nachylenia
$h_c =$	120	[mm]	Wysokość przekroju słupa
$b_{fc} =$	64	[mm]	Szerokość przekroju słupa
$t_{wc} =$	4	[mm]	Grubość środnika przekroju słupa
$t_{fc} =$	6	[mm]	Grubość półki przekroju słupa
$r_c =$	7	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju słupa
$A_c =$	13,20	[cm <sup>2</sup> ]	Pole przekroju słupa
$I_{xc} =$	318,00	[cm <sup>4</sup> ]	Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał:	STAL		
$f_{yc} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

### 6.9.2 Belka

Profil: IPE 120  
Nr pręta: 2

$\alpha =$	6,0	[Deg]	Kąt nachylenia
$h_b =$	120	[mm]	Wysokość przekroju belki
$b_f =$	64	[mm]	Szerokość przekroju belki
$t_{wb} =$	4	[mm]	Grubość środnika przekroju belki
$t_{fb} =$	6	[mm]	Grubość półki przekroju belki
$r_b =$	7	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju belki

$\alpha =$	6,0	[Deg]	Kąt nachylenia
$r_b =$	7	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju belki
$A_b =$	13,20	[cm <sup>2</sup> ]	Pole przekroju belki
$I_{xb} =$	318,00	[cm <sup>4</sup> ]	Moment bezwładności przekroju belki
Materiał: STAL			
$f_{yb} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

### 6.9.3 Śruby

$d =$	10	[mm]	Średnica śruby
Klasa =	8.8		Klasa śruby
$F_{tRd} =$	33,41	[kN]	Nośność śruby na rozciąganie
$n_h =$	2		Ilość kolumn śrub
$n_v =$	3		Ilość rzędów śrub
$h_1 =$	25	[mm]	Odległość pierwszej śruby od górnej krawędzi blachy czołowej
Rozstaw poziomy $e_i =$	40	[mm]	
Rozstaw pionowy $p_i =$	35; 35	[mm]	

### 6.9.4 Blacha

$h_p =$	121	[mm]	Wysokość blachy
$b_p =$	64	[mm]	Szerokość blachy
$t_p =$	10	[mm]	Grubość blachy
Materiał: S 235			
$f_{yp} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

### 6.9.5 Żebro słupa

#### Górne

$h_{su} =$	107	[mm]	Wysokość żebra
$b_{su} =$	30	[mm]	Szerokość żebra
$t_{hu} =$	6	[mm]	Grubość żebra
Materiał: S 235			
$f_{ysu} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

#### Dolne

$h_{sd} =$	107	[mm]	Wysokość żebra
$b_{sd} =$	30	[mm]	Szerokość żebra
$t_{hd} =$	6	[mm]	Grubość żebra
Materiał: S 235			
$f_{ysu} =$	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

### 6.9.6 Spoiny pachwinowe

$a_w =$	4	[mm]	Spoina środka
$a_f =$	5	[mm]	Spoina półki
$a_s =$	4	[mm]	Spoina żebra

### 6.9.7 Współczynniki materiałowe

$\gamma_{M0} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]

## 6.10 Obciążenia

#### Stan graniczny nośności

Przypadek: 11: KOMB5 1\*1.20+2\*1.35+(4+6)\*1.50

$M_{b1,Ed} =$	2,84	[kN*m]	Moment zginający w belce prawej
$V_{b1,Ed} =$	-3,96	[kN]	Siła ścinająca w belce prawej
$N_{b1,Ed} =$	-1,17	[kN]	Siła osiowa w belce prawej
$M_{c1,Ed} =$	-2,84	[kN*m]	Moment zginający w słupie dolnym
$V_{c1,Ed} =$	2,35	[kN]	Siła ścinająca w słupie dolnym
$N_{c1,Ed} =$	-10,85	[kN]	Siła osiowa w słupie dolnym

## 6.11 Rezultaty

### 6.11.1 Nośności belki

#### ŚCISKANIE

$A_b = 13,20$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni EN1993-1-1:[6.2.4]

$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$

$N_{cb,Rd} = 283,80$  [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ściskanie EN1993-1-1:[6.2.4]

#### ŚCINANIE

$A_{vb} = 6,30$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$

$V_{cb,Rd} = 78,14$  [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ścinanie EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,05 < 1,00$  **zweryfikowano** (0,05)

#### ZGINANIE - MOMENT PLASTYCZNY (BEZ WZMOCNIEŃ)

$W_{plb} = 60,73$  [cm<sup>3</sup>] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{b,pl,Rd} = 13,06$  [kN\*m] Nośność plastyczna przekroju przy zginaniu (bez wzmocnień) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

#### ZGINANIE NA STYKU Z PŁYTĄ LUB ELEMENTEM ŁĄCZONYM

$W_{pl} = 60,73$  [cm<sup>3</sup>] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5]

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{cb,Rd} = 13,06$  [kN\*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]

#### PÓŁKA I ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU

$M_{cb,Rd} = 13,06$  [kN\*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_f = 114$  [mm] Odległość między środkami ciężkości półek [6.2.6.7.(1)]

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$

$F_{c,fb,Rd} = 114,20$  [kN] Nośność ściskanej półki i środka [6.2.6.7.(1)]

### 6.11.2 Nośności słupa

#### PANEL ŚRODNIKA PRZY ŚCINANIU

$M_{b1,Ed} = 2,84$  [kN\*m] Moment zginający w belce prawej [5.3.(3)]

$M_{b2,Ed} = 0,00$  [kN\*m] Moment zginający w belce lewej [5.3.(3)]

$V_{c1,Ed} = 2,35$  [kN] Siła ścinająca w słupie dolnym [5.3.(3)]

$V_{c2,Ed} = 0,00$  [kN] Siła ścinająca w słupie górnym [5.3.(3)]

$z = 75$  [mm] Ramię dźwigni [6.2.5]

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$

$V_{wp,Ed} = 36,72$  [kN] Siła ścinająca panel środka [5.3.(3)]

$A_{vs} = 6,30$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni przy ścinaniu środka słupa EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$A_{vc} = 6,30$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$d_s = 115$  [mm] Odległość pomiędzy środkami ciężkości żebier [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,fc,Rd} = 0,14$  [kN\*m] Nośność plastyczna półki słupa przy zginaniu [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,stu,Rd} = 0,12$  [kN\*m] Nośność plastyczna górnego żebra poprzecznego przy zginaniu [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,sti,Rd} = 0,12$  [kN\*m] Nośność plastyczna dolnego żebra poprzecznego przy zginaniu [6.2.6.1.(4)]

$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$

$V_{wp,Rd} = 74,87$  [kN] Nośność panelu środka słupa przy ścinaniu [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$   $0,49 < 1,00$  **zweryfikowano** (0,49)

#### ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM DOLNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

$t_{wc} = 4$  [mm] Grubość efektywna środka słupa [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc} = 107$  [mm] Szerokość efektywna środka przy ściskaniu [6.2.6.2.(1)]

$A_{vc} = 6,30$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,76$  Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem [6.2.6.2.(1)]

$k_{wc} = 1,00$  Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających [6.2.6.2.(2)]

$A_s = 3,58$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni żebra usztywniającego środek EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$

$F_{c,wc,Rd1} = 153,90$  [kN] Nośność środka słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

$d_{wc} = 93$  [mm] Wysokość ściskanego środka [6.2.6.2.(1)]

$d_{wc} = 93$  [mm] Wysokość ściskanego środnika [6.2.6.2.(1)]  
 $\lambda_p = 0,69$  Smukłość płytowa elementu [6.2.6.2.(1)]  
 $\rho = 1,00$  Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu [6.2.6.2.(1)]  
 $\lambda_s = 4,88$  Smukłość żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]  
 $\chi_s = 1,00$  Współczynnik wyboczeniowy żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} = 153,90$  [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$$F_{c,wc,Rd,low} = \min(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd} = 153,90$  [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

### ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM GÓRNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

$t_{wc} = 4$  [mm] Grubość efektywna środnika słupa [6.2.6.2.(6)]  
 $b_{eff,c,wc} = 107$  [mm] Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu [6.2.6.2.(1)]  
 $A_{vc} = 6,30$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]  
 $\omega = 0,76$  Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem [6.2.6.2.(1)]  
 $k_{wc} = 1,00$  Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających [6.2.6.2.(2)]  
 $A_s = 3,58$  [cm<sup>2</sup>] Pole powierzchni żebra usztywniającego środnik EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} = 153,90$  [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

$d_{wc} = 93$  [mm] Wysokość ściskanego środnika [6.2.6.2.(1)]  
 $\lambda_p = 0,69$  Smukłość płytowa elementu [6.2.6.2.(1)]  
 $\rho = 1,00$  Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu [6.2.6.2.(1)]  
 $\lambda_s = 4,88$  Smukłość żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]  
 $\chi_s = 1,00$  Współczynnik wyboczeniowy żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} = 153,90$  [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \min(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd,upp} = 153,90$  [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

## 6.11.3 Parametry geometryczne połączenia

### DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PÓŁKA SŁUPA

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	12	–	12	–	35	77	69	69	69	73	55	55	55
2	12	–	12	–	35	77	64	64	64	70	35	35	35
3	12	–	12	–	35	77	69	69	69	73	54	54	54

### DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PŁYTA CZOŁOWA

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	13	–	12	–	35	83	74	74	74	77	58	58	58
2	13	–	12	–	35	83	68	68	68	70	35	35	35
3	13	–	12	–	35	83	68	68	68	77	52	52	52

m – Odległość śruby od środnika

m<sub>x</sub> – Odległość śruby od półki belki

e – Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

e<sub>x</sub> – Odległość śruby od poziomej krawędzi zewnętrznej

p – Odległość między śrubami

l<sub>eff,cp</sub> – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

l<sub>eff,nc</sub> – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

l<sub>eff,1</sub> – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

l<sub>eff,2</sub> – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

l<sub>eff,cp,g</sub> – Długość efektywna dla grupy śrub w kołowym trybie zniszczenia

l<sub>eff,nc,g</sub> – Długość efektywna dla grupy śrub w niekołowym trybie zniszczenia

l<sub>eff,1,g</sub> – Długość efektywna dla grupy śrub dla 1 postaci zniszczenia

l<sub>eff,2,g</sub> – Długość efektywna dla grupy śrub dla 2 postaci zniszczenia

## 6.11.4 Nośność połączenia na ściskanie

$$N_{j,Rd} = \min ( N_{cb,Rd} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp} )$$

$$N_{j,Rd} = 283,80 \quad [kN] \quad \text{Nośność połączenia na ściskanie}$$

[6.2]

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$$

$$0,00 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,00)$$

## 6.11.5 Nośność połączenia na zginanie

$$F_{t,Rd} = 33,41 \quad [kN] \quad \text{Nośność śruby na rozciąganie}$$

[Tablica 3.4]

$$B_{p,Rd} = 53,44 \quad [kN] \quad \text{Nośność śruby na przeciągnięcie łba}$$

[Tablica 3.4]

$F_{t,fc,Rd}$  – nośność półki słupa przy zginaniu

$F_{t,wc,Rd}$  – nośność środka słupa przy rozciąganiu

$F_{t,ep,Rd}$  – nośność zginanej blachy czołowej przy zginaniu

$F_{t,wb,Rd}$  – nośność środka przy rozciąganiu

$$F_{t,fc,Rd} = \min ( F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd} )$$

[6.2.6.4] , [Tab.6.2]

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$$

[6.2.6.3.(1)]

$$F_{t,ep,Rd} = \min ( F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd} )$$

[6.2.6.5] , [Tab.6.2]

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

[6.2.6.8.(1)]

### NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 1

<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub> - Formuła</b>	<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub></b>	<b>Komponent</b>
$F_{t1,Rd} = \min ( F_{t1,Rd,comp} )$	45,34	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(1)} = 45,34$	45,34	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(1)} = 57,35$	57,35	Środek słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(1)} = 63,37$	63,37	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(1)} = 70,38$	70,38	Środek belki - rozciąganie
$B_{p,Rd} = 106,88$	106,88	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/\beta = 74,87$	74,87	Panel środka - ścinanie
$F_{c,wc,Rd} = 153,90$	153,90	Środek słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd} = 114,20$	114,20	Półka belki - ściskanie

### NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 2

<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> - Formuła</b>	<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub></b>	<b>Komponent</b>
$F_{t2,Rd} = \min ( F_{t2,Rd,comp} )$	17,50	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(2)} = 44,38$	44,38	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(2)} = 53,80$	53,80	Środek słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(2)} = 60,69$	60,69	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(2)} = 64,42$	64,42	Środek belki - rozciąganie
$B_{p,Rd} = 106,88$	106,88	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 74,87 - 45,34$	29,53	Panel środka - ścinanie
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 153,90 - 45,34$	108,56	Środek słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 114,20 - 45,34$	68,86	Półka belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 62,84 - 45,34$	17,50	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 69,10 - 45,34$	23,76	Środek słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 102,94 - 45,34$	57,60	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 87,83 - 45,34$	42,49	Środek belki - rozciąganie - grupa

### NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 3

<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub> - Formuła</b>	<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub></b>	<b>Komponent</b>
$F_{t3,Rd} = \min ( F_{t3,Rd,comp} )$	12,03	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(3)} = 45,21$	45,21	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(3)} = 56,89$	56,89	Środek słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(3)} = 60,69$	60,69	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(3)} = 64,42$	64,42	Środek belki - rozciąganie
$B_{p,Rd} = 106,88$	106,88	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 74,87 - 62,84$	12,03	Panel środka - ścinanie
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 153,90 - 62,84$	91,06	Środek słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 114,20 - 62,84$	51,36	Półka belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 62,34 - 17,50$	44,84	Półka słupa - rozciąganie - grupa

<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub> - Formuła</b>	<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub></b>	<b>Komponent</b>
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 68,74 - 17,50$	51,24	Środek słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 100,69 - 62,84$	37,86	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 89,48 - 62,84$	26,65	Środek słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 100,26 - 17,50$	82,76	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 81,88 - 17,50$	64,38	Środek belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 156,58 - 62,84$	93,75	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 136,60 - 62,84$	73,76	Środek belki - rozciąganie - grupa

#### SUMARYCZNE ZESTAWIENIE SIŁ

Nr	$h_j$	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	92	45,34	45,34	57,35	63,37	70,38	66,82	106,88
2	57	17,50	44,38	53,80	60,69	64,42	66,82	106,88
3	22	12,03	45,21	56,89	60,69	64,42	66,82	106,88

#### NOŚNOŚĆ POŁĄCZENIA NA ZGINANIE $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 5,47 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Nośność połączenia na zginanie} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,52 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,52)$$

### 6.11.6 Nośność połączenia na ścinanie

$\alpha_v = 0,60$	Współczynnik do obliczeń $F_{v,Rd}$	[Tablica 3.4]
$F_{v,Rd} = 30,16 \quad [\text{kN}]$	Nośność pojedynczej śruby na ścinanie	[Tablica 3.4]
$F_{t,Rd,max} = 33,41 \quad [\text{kN}]$	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	[Tablica 3.4]
$F_{b,Rd,int} = 38,30 \quad [\text{kN}]$	Nośność wewnętrznej śruby na docisk	[Tablica 3.4]
$F_{b,Rd,ext} = 25,60 \quad [\text{kN}]$	Nośność skrajnej śruby na docisk	[Tablica 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	66,82	-0,39	45,34	23,55	23,16	45,38
2	66,82	-0,39	17,50	9,09	8,70	54,71
3	66,82	-0,39	12,03	6,25	5,86	56,54

$F_{tj,Rd,N}$  – Nośność rzędu śrub przy czystym rozciąganiu

$F_{tj,Ed,N}$  – Siła w rzędzie śrub od siły osiowej

$F_{tj,Rd,M}$  – Nośność rzędu śrub przy czystym zginaniu

$F_{tj,Ed,M}$  – Siła w rzędzie śrub od momentu

$F_{tj,Ed}$  – Maksymalna siła rozciągająca w rzędzie śrub

$F_{vj,Rd}$  – Zredukowana nośność rzędu śrub

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \min(n_h F_{v,Rd} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad [Tablica 3.4]$$

$$V_{j,Rd} = 156,63 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność połączenia na ścinanie} \quad [Tablica 3.4]$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,03 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,03)$$

### 6.11.7 Wytrzymałość spoin

$A_w = 13,34 \quad [\text{cm}^2]$	Pole powierzchni wszystkich spoin	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} = 5,26 \quad [\text{cm}^2]$	Pole powierzchni spoin poziomych	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} = 8,08 \quad [\text{cm}^2]$	Pole powierzchni spoin pionowych	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} = 208,19 \quad [\text{cm}^4]$	Moment bezwładności układu spoin wzgl. osi poz.	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp,max} = \tau_{\perp,max} = -50,59 \quad [\text{MPa}]$	Naprężenie normalne w spoinie	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = -50,59 \quad [\text{MPa}]$	Naprężenia w spoinie pionowej	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{\parallel} = -4,90 \quad [\text{MPa}]$	Naprężenie styczne	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w = 0,80$	Współczynnik korelacji	[4.5.3.2(7)]

$$\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad 101,17 < 340,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,30)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad 99,57 < 340,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,29)$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2} \quad 50,59 < 244,80 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,21)$$

### 6.11.8 Sztywność połączenia

$k_1 =$	$\infty$	Współczynnik sztywności ścinanego panelu środknika słupa	[6.3.2.(1)]
$k_2 =$	$\infty$	Współczynnik sztywności ściskanego środknika słupa	[6.3.2.(1)]
$k_3 =$	$\infty$	Współczynnik sztywności rozciąganego środknika słupa	[6.3.2.(1)]
$t_{wash} =$	3	[mm] Grubość podkładki	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	7	[mm] Wysokość головки śruby	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	10	[mm] Wysokość nakrętki śruby	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	31	[mm] Długość śruby	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	3	[mm] Współczynnik sztywności śrub	[6.3.2.(1)]

#### SZTYWNOŚCI RZĘDÓW ŚRUB

Nr	$h_j$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j} h_j$	$k_{eff,j} h_j^2$
					Suma	1,34	9,83
1	92	2	7	22	1	0,80	7,38
2	57	1	4	13	1	0,35	2,02
3	22	2	7	20	1	0,19	0,43

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_i^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$Z_{eq} = 73 \quad [mm] \quad \text{Zastępcze ramię sił} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$$

$$k_{eq} = 2 \quad [mm] \quad \text{Zastępczy współczynnik sztywności układu śrub} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = 2015,29 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Początkowa sztywność obrotowa} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1,00 \quad \text{Współczynnik sztywności połączenia} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,ini} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 2015,29 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Końcowa sztywność obrotowa} \quad [6.3.1.(4)]$$

#### Klasyfikacja połączenia ze względu na sztywność.

$$S_{j,rig} = 1852,37 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Sztywność połączenia sztywnego} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 115,77 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Sztywność połączenia przegubowego} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \quad \text{SZTYWNE}$$

### 6.11.9 Najslabszy komponent:

PANEL ŚRODNICA SŁUPA PRZY ŚCINANIU

### 6.12 Uwagi

Odległość śruby od krawędzi zbyt mała. 12 [mm] < 13 [mm]

**Połączenie zgodne z normą**

Proporcja 0,52

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011-Niezarejestrowana	
<b>Obliczenia płyty fundamentowej</b>	
PN-EN 1993-1-8:2006/AC:2009	Proporcja <b>0,52</b>

1 Stopa fundamentowa: Fundament70

Ilość: 1

1.1 Dane podstawowe

1.1.1 Założenia

- Obliczenia geotechniczne wg normy : EN 1997-1:2008/AC:2009

- Obliczenia żelbetu wg normy : PN-EN 1992-1-1:2008
- Dobór kształtu : bez ograniczeń

#### 1.1.2 Geometria:

A	= 22,6 (m)	a	= 2,65 (m)
B	= 3,0 (m)	b	= 2,35 (m)
h1	= 0,14 (m)	e <sub>x</sub>	= 0,00 (m)
h2	= 1,45 (m)	e <sub>y</sub>	= 0,00 (m)
h4	= 0,25 (m)		

a' = 25,0 (cm)

b' = 25,0 (cm)

cnom1 = 6,0 (cm)

cnom2 = 6,0 (cm)

Odchyłki otuliny: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

#### 1.1.3 Materiały

- Beton : C30/37; wytrzymałość charakterystyczna = 30,00 MPa  
ciężar objętościowy = 2501,36 (kg/m<sup>3</sup>)  
prostokątny rozkład naprężeń [3.1.7(3)]
- Zbrojenie podłużne : typ A-IIIN (B500SP) wytrzymałość charakterystyczna = 500,00 MPa  
Klasa ciągliwości: C  
gałąź pozioma wykresu naprężenie-odkształcenie
- Zbrojenie poprzeczne : typ A-IIIN (B500SP) wytrzymałość charakterystyczna = 500,00 MPa
- Dodatkowe zbrojenie: : typ A-III (RB400W) wytrzymałość charakterystyczna = 400,00 MPa

#### 1.1.4 Obciążenia:

##### Obciążenia fundamentu:

Przypadek	Natura	Grupa	N (kN)	F <sub>x</sub> (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	M <sub>x</sub> (kN*m)	M <sub>y</sub> (kN*m)
SGN/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05 + 7*0.75			63,48	4,05	3,29	33,28	5,01
SGN/2=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05				62,20	4,05	3,21	32,58
SGN/3=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05 + 5*0.90 + 7*0.75			63,44	6,48	3,30	33,25	7,60
SGN/4=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05 + 5*0.90			62,16	6,48	3,22	32,55	7,60
SGN/5=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05 + 6*0.90 + 7*0.75			63,53	1,56	3,37	33,26	2,43
SGN/6=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 4*1.05 + 6*0.90			62,25	1,56	3,29	32,56	2,43
SGN/7=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 7*0.75				62,95	0,02	3,71	32,91
SGN/8=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05				61,66	0,02	3,63	32,21
SGN/9=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 5*0.90 + 7*0.75			62,91	2,45	3,72	32,88	2,82
SGN/10=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 5*0.90				61,62	2,45	3,64	32,18
SGN/11=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 6*0.90 + 7*0.75			63,00	2,47	3,79	32,89	-2,35
SGN/12=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.05 + 6*0.90				61,72	-2,47	3,71	32,19

SGN/13=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	59,14 4,05 3,01 30,90	5,01
SGN/14=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,85 4,04 2,93 30,20	5,01
SGN/15=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05 + 5*0.90 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	59,10 6,47 3,02 30,87	7,60
SGN/16=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05 + 5*0.90	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,81 6,47 2,94 30,17	7,60
SGN/17=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05 + 6*0.90 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	59,19 1,55 3,09 30,88	2,43
SGN/18=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.05 + 6*0.90	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,91 1,55 3,01 30,18	2,43
SGN/19=1*1.35 + 2*1.35 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	58,60 0,01 3,44 30,53	0,23
SGN/20=1*1.35 + 2*1.35	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,32 0,01 3,36 29,83	0,23
SGN/21=1*1.35 + 2*1.35 + 5*0.90 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	58,56 2,44 3,45 30,50	2,82
SGN/22=1*1.35 + 2*1.35 + 5*0.90	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,28 2,44 3,37 29,80	2,82
SGN/23=1*1.35 + 2*1.35 + 6*0.90 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	58,66 -2,48 3,52 30,51	-2,35
SGN/24=1*1.35 + 2*1.35 + 6*0.90	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	57,37 -2,48 3,44 29,81	-2,35
SGN/25=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.05 + 4*1.05 + 7*0.75	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	48,62 4,05 2,42 25,55	4,95
SGN/26=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.05 + 4*1.05	obliczeniowe(Konstrukcyjne)	----
	47,33 4,05 2,34 24,85	4,95

#### Obciążenia naziomu:

Przypadek Natura Q1  
(kN/m<sup>2</sup>)

## 1.2 Wymiarowanie geotechniczne

### 1.2.1 Założenia

- Współczynnik redukujący kohezję: 0,00
- Fundament gładki prefabrykowany 6.5.3(10)
- Poślizg z uwzględnieniem parcia gruntu: dla kierunków X i Y
- Podejście obliczeniowe: 1

A1 + M1 + R1

$\gamma_{\phi'}$  = 1,00

$\gamma_{c'}$  = 1,00

$\gamma_{cu}$  = 1,00

$\gamma_{qu}$  = 1,00

$\gamma_{\gamma}$  = 1,00

$\gamma_{R,v}$  = 1,00

$\gamma_{R,h}$  = 1,00

A2 + M2 + R1

$\gamma_{\phi'}$  = 1,25

$\gamma_{c'}$  = 1,25

$\gamma_{cu}$  = 1,40

$\gamma_{qu}$  = 1,40

$\gamma_{\gamma}$  = 1,00

$\gamma_{R,v}$  = 1,00

$\gamma_{R,h}$  = 1,00

### 1.2.2 Grunt:

Poziom gruntu:	N <sub>1</sub>	= -0,30 (m)
Poziom trzonu słupa:	N <sub>a</sub>	= 0,00 (m)
Minimalny poziom posadowienia:	N <sub>f</sub>	= -0,50 (m)

#### Piasek drobny

- Poziom gruntu: -0.30 (m)
- Ciężar objętościowy: 1937.46 (kg/m<sup>3</sup>)
- Ciężar właściwy szkieletu: 2702.25 (kg/m<sup>3</sup>)
- Kąt tarcia wewnętrzznego: 29.9 (Deg)
- Kohezja: 0.00 (MPa)

### 1.2.3 Stany graniczne

#### Obliczenia naprężeń

Rodzaj podłoża pod fundamentem: jednorodne

Kombinacja wymiarująca

$$\text{SGN} : \text{SGN}/3 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.05 + 5 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$$

$$\text{N}=63,44 \text{ Mx}=33,25 \text{ My}=7,60 \text{ Fx}=6,48 \text{ Fy}=3,30$$

Współczynniki obciążeniowe: 1.35 \* ciężar fundamentu

1.35 \* ciężar gruntu

Wyniki obliczeń: na poziomie posadowienia fundamentu

Ciężar fundamentu i nadległego gruntu: Gr = 453,70 (kN)

Obciążenie wymiarujące:

$$\text{Nr} = 517,14 \text{ (kN)}$$

$$\text{Mx} = 26,00 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$\text{My} = 21,85 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

#### Metoda obliczeń naprężenia dopuszczalnego: Półempiryczna - limit naprężeń

Mimośród działania obciążenia:

$$|eB| = 0,05 \text{ (m)}$$

$$|eL| = 0,04 \text{ (m)}$$

Wymiary zastępcze fundamentu:

$$B' = B - 2|eB| = 2,25 \text{ (m)}$$

$$L' = L - 2|eL| = 2,57 \text{ (m)}$$

$$q_u = 0.30 \text{ (MPa)}$$

$$p_{le}^* = 0,26 \text{ (MPa)}$$

$$D_e = D_{min} - d = 1,90 \text{ (m)}$$

$$k_p = 1,00$$

$$q'0 = 0,04 \text{ (MPa)}$$

$$q_u = k_p \cdot (p_{le}^*) + q'0 = 0,30 \text{ (MPa)}$$

Naprężenie w gruncie:  $q_{ref} = 0.10 \text{ (MPa)}$

Współczynnik bezpieczeństwa:  $q_{lim} / q_{ref} = 2.951 > 1$

#### Odrywanie

##### Odrywanie w SGN

Kombinacja wymiarująca

$$\text{SGN} : \text{SGN}/7 = 1 \cdot 1.15 + 2 \cdot 1.15 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.50 + 5 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75 \text{ N}=55,07 \quad \text{Mx}=28,94$$

$$\text{My}=9,61 \text{ Fx}=8,21 \text{ Fy}=2,61$$

Współczynniki obciążeniowe: 1.00 \* ciężar fundamentu

1.00 \* ciężar gruntu

Powierzchnia kontaktu:

$$s = 0,05$$

$$s_{lim} = 0,17$$

##### Przesunięcie

Kombinacja wymiarująca

$$\text{SGN} : \text{SGN}/128 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.50$$

$$\text{N}=42,39 \text{ Mx}=22,04 \text{ My}=4,48 \text{ Fx}=4,05 \text{ Fy}=2,51$$

Współczynniki obciążeniowe: 1.00 \* ciężar fundamentu

1.00 \* ciężar gruntu

Ciężar fundamentu i nadległego gruntu: Gr = 336,07 (kN)

#### Obciążenie wymiarujące:

Nr = 378,47 (kN)    Mx = 16,53 (kN\*m)    My = 13,40 (kN\*m)  
Wymiary zastępcze fundamentu:    A<sub>-</sub> = 2,65 (m) B<sub>-</sub> = 2,35 (m)  
Powierzchnia poślizgu:    6,23 (m<sup>2</sup>)  
Współczynnik tarcia fundament - grunt: tan( $\phi_d$ ) = 0,29  
Kohezja:    cu = 0,00 (MPa)  
Uwzględnione parcie gruntu:  
Hx = 4,05 (kN)    Hy = 2,51 (kN)  
Ppx = -40,34 (kN)    Ppy = -45,49 (kN)  
Pax = 4,50 (kN)    Pay = 5,08 (kN)  
Wartość siły poślizgu    Hd = 0,00 (kN)  
Wartość siły zapobiegającej poślizgowi fundamentu:  
- na poziomie posadowienia:    Rd = 109,00 (kN)  
Stateczność na przesunięcie:     $\gamma$

#### Osiadanie średnie

Rodzaj podłoża pod fundamentem: jednorodne

Kombinacja wymiarująca

**SGU : SGU:CHR/5=1\*1.00 + 2\*1.00 + 3\*1.00 + 4\*0.70 + 6\*0.60 + 7\*0.50**

**N=47,84 Mx=25,06 My=1,64 Fx=1,04 Fy=2,57**

Współczynniki obciążeniowe:    1.00 \* ciężar fundamentu

1.00 \* ciężar gruntu

Ciężar fundamentu i nadległego gruntu:    Gr = 336,07 (kN)

Średnie naprężenie od obciążenia wymiarującego:    q = 0,06 (MPa)

Miękkość podłoża gruntowego aktywnie osiadającego:    z = 1,76 (m)

Naprężenie na poziomie z:

- dodatkowe:     $\sigma_{zd}$  = 0,01 (MPa)

- wywołane ciężarem gruntu:     $\sigma_{z\gamma}$  = 0,07 (MPa)

Osiadanie:

- pierwotne    s' = 0,1 (cm)

- wtórne    s'' = 0,0 (cm)

- CAŁKOWITE    S = 0,1 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,0 (cm)

Współczynnik bezpieczeństwa:    89.16 > 1

#### Różnica osiadań

Kombinacja wymiarująca

**SGU : SGU:CHR/23=1\*1.00 + 2\*1.00 + 4\*1.00 + 5\*0.60**

**N=42,94 Mx=22,43 My=6,45 Fx=5,47 Fy=2,09**

Współczynniki obciążeniowe:    1.00 \* ciężar fundamentu

1.00 \* ciężar gruntu

Różnica osiadań:    S = 0,0 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,0 (cm)

Współczynnik bezpieczeństwa:    117.3 > 1

#### Obrót

Wokół osi OX

Kombinacja wymiarująca

**SGN : SGN/1=1\*1.35 + 2\*1.35 + 3\*1.05 + 4\*1.05 + 7\*0.75**

**N=63,48 Mx=33,28 My=5,01 Fx=4,05 Fy=3,29**

Współczynniki obciążeniowe:    1.00 \* ciężar fundamentu

1.00 \* ciężar gruntu

Ciężar fundamentu i nadległego gruntu:    Gr = 336,07 (kN)

Obciążenie wymiarujące:

Nr = 399,55 (kN)    Mx = 26,05 (kN\*m)    My = 13,93 (kN\*m)

Moment stabilizujący:    M<sub>stab</sub> = 476,70 (kN\*m)

Moment obracający:    M<sub>renv</sub> = 33,28 (kN\*m)

Stateczność na obrót:    14.32 > 1

Wokół osi OY

Kombinacja wymiarująca:

$$\text{SGN} : \text{SGN}/96 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.50 + 5 \cdot 0.90$$

$$N=43,18 \text{ Mx}=22,59 \text{ My}=9,59 \text{ Fx}=8,20 \text{ Fy}=1,89$$

Współczynniki obciążeniowe:  $1.00$  \* ciężar fundamentu

$1.00$  \* ciężar gruntu

Ciężar fundamentu i nadległego gruntu:  $Gr = 336,07 \text{ (kN)}$

Obciążenie wymiarujące:

$$N_r = 379,25 \text{ (kN)} \quad M_x = 18,43 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad M_y = 27,62 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

Moment stabilizujący:  $M_{\text{stab}} = 502,51 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$

Moment obracający:  $M_{\text{renv}} = 27,62 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$

Stateczność na obrót:  $18.2 > 1$

### 1.3 Wymiarowanie żelbetowe

#### 1.3.1 Założenia

Środowisko : XC1

• Klasa konstrukcji : S4

#### 1.3.2 Zbrojenie teoretyczne

**Stopa:**

dolne:

$$\text{SGN} : \text{SGN}/77 = 1 \cdot 1.15 + 2 \cdot 1.15 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.50 + 5 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$$

$$N=55,07 \text{ Mx}=28,94 \text{ My}=9,61 \text{ Fx}=8,21 \text{ Fy}=2,61$$

$$M_y = 16,85 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad A_{sX} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\text{SGN} : \text{SGN}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.05 + 7 \cdot 0.75$$

$$N=63,48 \text{ Mx}=33,28 \text{ My}=5,01 \text{ Fx}=4,05 \text{ Fy}=3,29$$

$$M_x = 15,26 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad A_{sY} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

górne:

$$\text{SGN} : \text{SGN}/77 = 1 \cdot 1.15 + 2 \cdot 1.15 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.50 + 5 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$$

$$N=55,07 \text{ Mx}=28,94 \text{ My}=9,61 \text{ Fx}=8,21 \text{ Fy}=2,61$$

$$M_y = 16,85 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad A_{sX} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\text{SGN} : \text{SGN}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.05 + 4 \cdot 1.05 + 7 \cdot 0.75$$

$$N=63,48 \text{ Mx}=33,28 \text{ My}=5,01 \text{ Fx}=4,05 \text{ Fy}=3,29$$

$$M_x = 15,26 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad A_{sY} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 4,22 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

#### 1.3.5 Zbrojenie rzeczywiste

**Dolne:**

Wzdłuż osi X: 9 A-IIIN (B500SP) 12  $l = 22,5 \text{ (m)}$   $e = 1 \cdot -0,99 + 8 \cdot 0,25$

Wzdłuż osi Y: 10 A-IIIN (B500SP) 12  $l = 2,90 \text{ (m)}$   $e = 1 \cdot -1,12 + 9 \cdot 0,25$

**Górne:**

Wzdłuż osi X: 9 A-IIIN (B500SP) 12  $l = 22,5 \text{ (m)}$   $e = 1 \cdot -0,99 + 8 \cdot 0,25$

Wzdłuż osi Y: 10 A-IIIN (B500SP) 12  $l = 2,9 \text{ (m)}$   $e = 1 \cdot -1,12 + 9 \cdot 0,25$

**Projektant:**

mgr inż. Emil Wilanowski

**Sprawdzający:**

inż. Ryszard Wilanowski