



LLENTABHALLEN Sp. z o.o., Gdańsk, ul. Budowlanych 8  
tel. +58 769 79 00 fax. +58 769 79 99

Nr projektu: **PL1324**

Data: październik 2008

<b>Obiekt:</b>	BUDYNEK TECHNICZNY NR A
<b>Adres:</b>	80-298 Gdańsk, ul. Słowackiego 200 dz. nr 40/29, 40/19, 40/10
<b>Nazwa opracowania:</b>	Projekt architektoniczno-budowlany hali typu S4HR1-30.6 o konstrukcji stalowej w lekkiej obudowie z blach trapezowych. Część konstrukcyjna.
<b>Inwestor:</b>	Port Lotniczy Gdańsk Sp. z o.o.

Stanowisko	Imię i nazwisko nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Mikołaj Szczeciński	
Sprawdzający	mgr inż. Andrzej Bzowski	
Opracował	mgr inż. Wojciech Kazana mgr inż. Mikołaj Szczeciński	

**OŚWIADCZENIE**

My wyżej podpisani oświadczamy, że niniejszy projekt budowlany sporządzono zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.



## Zawartość opracowania:

	strona
1. <u>Opis techniczny-konstrukcyjny</u> .....	1.1-1.4
2. <u>Obliczenia statyczne i wymiarowanie</u>	
2.1. Schemat obciążeń ram. ....	2.1.1
2.2. Obliczenie obciążeń działających na ramy. ....	2.2.1-2.2.9
2.3. Obliczenia kotew fundamentowych	
2.3.1. słupy ram.....	2.3.1.1-2.3.1.8
2.3.2. słupy ściany wewnętrznej .....	2.3.2.1-2.3.2.4
2.3.3. słupy ściany szczytowej .....	2.3.3.1-2.3.3.4
2.4. Obliczenia nośności elementów konstrukcyjnych ram	
2.4.1. C-17/48/100/48/17x2 .....	2.4.A.1-2.4.A.8
2.4.2. C-17/75/100/75/17x2 .....	2.4.B.1-2.4.B.8
2.4.3. C-19/77/100/77/19x3 .....	2.4.D.1-2.4.D.8
2.4.4. C-33/78/100/78/33x4 .....	2.4.E.1-2.4.E.8
2.4.5. H-42/119/110/119/42x4.....	2.4.I.1-2.4.I.9
2.4.6. H-43/120/112/120/43x5 .....	2.4.J.1-2.4.J.9
2.5. Obliczenia nośności słupów .....	2.5.1-2.5.11
3. Załączniki	
kopie uprawnień budowlanych i zaświadczeń o przynależności do Izby Inżynierów	
4. <u>Rysunki:</u>	
4.1. A-PL1324-1- rev.B - .....	Rzut, elewacje, przekrój, skala 1:100
4.2. A-PL1324-2 - .....	Schematy konstrukcyjne, przekroje, skala 1:100
4.3. G-PL1324-1- rev.B - .....	Wytyczne do projektu fundamentów, skala 1:100



## OPIS TECHNICZNY - KONSTRUKCYJNY

### 1. Dane ogólne.

Typ więzara: S4HR1-30.6

Projektowana hala jest obiektem parterowym, jednobryłowym, wchodzącym w skład dwubryłowego, tworzącego w rzucie kształt litery „T” BUDYNKU A. Pomiędzy częściami realizowanymi w technologii Llentabhallen, znajduje się łącznik wykonany w technologii tradycyjnej. Projektowana część nr PL1324 posiada dach dwuspadowy o nachyleniu połaci 1:16 ( $4^\circ$ ). Zewnętrzne wymiary prostokątnego rzutu poziomego wynoszą 30610x72507mm, zlokalizowane w osiach  $H \div R/7 \div 19$ . Wysokość wewnętrzna projektowanej części w świetle od poziomu posadowienia słupów wynosi 5.3 m. Całkowita wysokość zewnętrzna projektowanej części wynosi 6.40 m przy okapie oraz 7.40 m w kalenicy (wysokości od poziomu posadowienia słupów).

Przyjęto obciążenie charakterystyczne śniegiem  $s_k=1.20 \text{ kN/m}^2$ , co odpowiada 3 strefie obciążenia śniegiem zgodnie z Polską Normą PN-EN 1991-1-3 "Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływanie ogólne - Obciążenie śniegiem". Przyjęto wartość charakterystycznego ciśnienia prędkości wiatru  $q_k=350 \text{ Pa}$ , co odpowiada II strefie obciążenia wiatrem, zgodnie z Polską Normą PN-77/B-02011 "Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem." Powyższe wielkości obciążeń odpowiadają lokalizacji budynku - Gdańsk. Oprócz obciążenia ciężarem własnym, śniegiem i wiatrem przyjęto możliwość dodatkowego obciążenia  $0.1 \text{ kN/m}^2$ .

Elementy konstrukcyjne gięte na zimno wykonane ze stali S350GD ( $F_y=350 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_u=420 \text{ N/mm}^2$ ) i S420MC ( $F_y=420 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_u=480 \text{ N/mm}^2$ ) wg PN-EN 10147 oraz PN-EN 10149:2. Wszystkie połączenia elementów konstrukcyjnych wykonane za pomocą śrub stalowych ocynkowanych M12 klasy 8.8.

Zabezpieczenie antykorozyjne - do produkcji wszystkich elementów konstrukcyjnych stosuje się blachę stalową ocynkowaną ogniowo - Z 450 (dla elementów o grubości  $\geq 3 \text{ mm}$ ) i Z 280 (dla elementów o grubości  $< 3 \text{ mm}$ ) wg PN-EN 10147.

Elementy konstrukcyjne i blachy pokrycia dachu, ścian i sufitu mają przygotowane w wytwórni otwory do połączeń.

UWAGA: montaż konstrukcji wykonywany jest przez przedstawicieli wytwórcy.

### 2. Opis przyjętych rozwiązań.

2.1. Konstrukcję nośną projektowanej części stanowią poprzeczne ramy stalowe dwunawowe, z ryglem stalowym kratowym dwuspadowym, o nachyleniu pasa górnego 1:16 ( $4^\circ$ ) i poziomym pasie dolnym. Słupy ram połączone węzłami sztywnymi z ryglem oraz przegubowo z fundamentem. Rozpiętość osiowa ram  $2 \times 14930 \text{ mm}$ , a rozstaw osiowy ram  $7695+7905+7 \times 7800 \text{ mm}$ .

Słupy ram wykonane z profili giętych na zimno C-360x4 mm.

Rygiel kratowy wysokości 0.5 m przy okapie. Pasy rygli z profili giętych na zimno H-110x4 i H-112x5. Krzyżulce rygli z profili giętych na zimno C-100x4, C-100x3 i C-100x2.

**Uwaga:** jeżeli istnieje ryzyko uderzenia słupów przez poruszające się pojazdy należy zastosować osobne zabezpieczenia (poza zakresem Llentabhallen) – słupy nie są liczone na uderzenia.

- 2.2. Płatwie stalowe jako belki ciągle z zetowników giętych na zimno Z-250, w rozstawie 1350-1500 mm (w rzucie). W osi H płatwie stalowe zamocowane w sposób przegubowy do wieńca żelbetowego.
- 2.3. Rygle ścian z zetowników giętych na zimno Z-150, w rozstawie 600-1500 mm.
- 2.4. Siły poziome podłużne, działające na budynek są przejmowane przez płatwie stalowe i przekazywane na wieńiec żelbetowy ściany wykonanej w technologii tradycyjnej zlokalizowanej w osi H. Projekt i wykonanie ściany poza zakresem LLentabhallen.
- 2.5. Ściana wewnętrzna nośna zlokalizowana w osi I – słupy stalowe z ceowników giętych na zimno C-250x3mm, belka z ceowników giętych na zimno C-250x6mm.
- 2.6. Konstrukcję ścian szczytowych stanowią słupy stalowe z ceowników giętych na zimno C-250x3 mm.
- 2.7. Ściany zewnętrzne z blachy stalowej ocynkowanej i lakierowanej, trapezowej o wysokości profilu 45 mm grubości 0.5 mm, zamocowanej do rygli blachowkrętami ze stali nierdzewnej, z podkładkami. Izolację termiczną ścian zewnętrznych stanowi warstwa płyt z wełny szklanej o grubości 150 mm, co zapewnia współczynnik przenikania ciepła  $U_c \approx 0.26$  W/m<sup>2</sup>K. Strona zewnętrzna izolacji pokryta materiałem wiatroizolacyjnym, od strony wewnętrznej izolacja paroszczelna - folia plastikowa. Od wewnątrz ściany wyłożone blachą stalową ocynkowaną i lakierowaną trapezową o wysokości profilu 18 mm grubości 0.5 mm. W osi H, na styku z częścią wykonaną w technologii tradycyjnej, brak ściany szczytowej.
- 2.8. Dach z blachy stalowej ocynkowanej i lakierowanej trapezowej, o wysokości profilu 46 mm grubości 0.65 mm, zamocowanej do płatwi blachowkrętami ze stali nierdzewnej z podkładkami samowulkanizującymi. Izolację termiczną dachu stanowi warstwa wełny szklanej o grubości 200 mm, co zapewnia współczynnik przenikania ciepła  $U_c \approx 0.23$  W/m<sup>2</sup>K. Od strony wewnętrznej izolacji termicznej – izolacja paroszczelna – folia plastikowa. Sufit od strony wewnętrznej wyłożony jest blachą stalową ocynkowaną i lakierowaną trapezową o wysokości profilu 46 mm grubości 0.65 mm.
- 2.9. Hala wyposażona jest w:
- okna Alu, system aluminiowy Yawal  
o wym. 4.8x1.2m 4 szt.
  - drzwi zewnętrzne Alu, aluminiowe izolowane, pełne,  
o wym. zewn. ościeży 11x21 dm 1 szt.
  - bramy stalowe izolowane typu Hormann,  
dwa panele przeszklone,  
o wym. w świetle otworu 7.0x4.5 m 12 szt.
  - bramy stalowe izolowane typu Hormann,  
dwa panele przeszklone + drzwi w bramie,  
o wym. w świetle otworu 7.0x4.5 m 4 szt.
  - bramy stalowe izolowane typu Hormann,  
w całości przeszklone + drzwi w bramie,  
o wym. w świetle otworu 7.0x4.5 m 2 szt.
- 2.10. Rury spustowe o średnicy 100 mm i rynny o średnicy 150 mm, z dwóch stron hali, wykonane z blachy stalowej ocynkowanej, krytej PCV.

### 3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe.

Niniejszy projekt nie dotyczy zagadnień zabezpieczenia przeciwpożarowego obiektu. Ewentualna konieczność zabezpieczeń poza zakresem Llentabhallen.

### 4. Częściowa informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

Niniejsze opracowanie nie obejmuje całości inwestycji, a dotyczy jedynie konstrukcji stalowej hali z obudową. Z tego względu przedstawiono tu zagadnienia bezpośrednio związane z zakresem Llentabhallen stanowiące część informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia wymaganej przepisami.

4.1. Wskazania dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji robót budowlanych, określające skalę i rodzaje zagrożeń oraz miejsce i czas ich wystąpienia. W czasie wykonywania robót budowlano-montażowych należy przestrzegać przepisów zawartych w:

- Rozporządzeniu Ministra Budownictwa Infrastruktury z dnia 28 lutego 2003 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych. (Dz. U. 2003 nr 47 poz. 401),
- Rozporządzeniu Ministra Pracy i polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 roku w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy ( Dz. U. nr 129 poz. 844 z 1997 r.),

a w szczególności:

- w rejonie pracy żurawia i zestawu hydraulicznego nie mogą przebywać osoby nie będące pracownikami budowy,
- bezwzględnie przestrzegać noszenia kasków na budowie,
- w obrębie placu budowy, a w szczególności w rejonie pracy żurawia, umieścić tablice informacyjno-ostrzegawcze o tematyce BHP,
- wszelkie otwory i krawędzie dachu zabezpieczyć barierkami ochronnymi, pracownikom pracującym na wysokości bezwzględnie nakazać pracę w szelkach bezpieczeństwa podpiętych do konstrukcji w sposób zabezpieczający przed upadkiem z wysokości,
- przebywanie w strefie montażu osób postronnych jest niedozwolone.

4.2. Wskazanie sposobu prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych.

Pracownicy winni być przeszkoleni w zakresie przeszkolenia wstępnego BHP oraz każdorazowo przy zmianie stanowiska pracy.

Każdy pracownik powinien posiadać aktualne badania lekarskie ze szczególnym uwzględnieniem pracy na wysokości.

4.3. Wskazanie środków technicznych i organizacyjnych zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie w tym zapewniających bezpieczną i sprawną komunikację, umożliwiającą szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń.

- Teren budowy obejmować będzie obrys fundamentu i przylegający do niego pas montażowo-transportowy o szerokości 2m.
- Drogi utwardzone - do placu budowy prowadzić będzie tymczasowa droga zakończona placem manewrowym.
- Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – ochrona przeciwporażeniowa na placu budowy jest zapewniona przez zastosowanie: ochrony przed dotykiem

bezpośrednim (ochrona podstawowa), ochrony przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa). Ochrona przed dotykiem bezpośrednim jest zapewniana poprzez: stosowanie izolacji podstawowej, stosowanie obudów ochrony co najmniej IP44.

- Podczas prac montażowych przy użyciu żurawia i zestawu hydraulicznego bezwzględnie wyznaczyć strefę montażu i wydzielić ją w widoczny sposób.
- Ochrona przeciwpożarowa – podstawowe zabezpieczenie warunków BHP i ochrony p/poż w zakresie robót przy montażu hali.

## 5. Fundament.

Słupy oparte na stopach żelbetowych. Cokoły stóp wykonane z betonu klasy min. **C30/37**.

Podstawy słupów stalowych mocowane do cokołów stóp fundamentowych kotwami wklejanymi HILTI HVU-HAS M20 i M16.

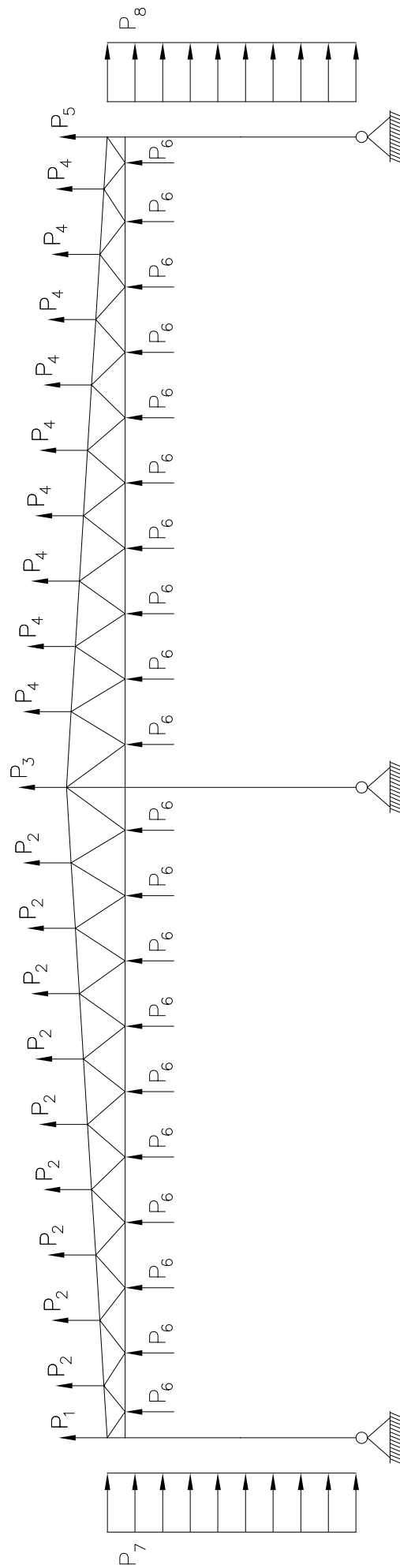
Możliwe jest zastosowanie fundamentu innego niż stopy fundamentowe (np. ławy, płyta itp.).

W takim wypadku część fundamentu w strefie pracy kotew wklejanych należy wykonać z jednolitego betonu klasy min. **C30/37**.

Szczegółowe rozwiązanie posadowienia budynku pozostawia się projektantowi adaptującemu projekt do warunków gruntowych.



### Oznaczenia przyjęte przy zebraniu obciążeń





## Obliczenie obciążenia na ramę - PL1324-M1.1 Port Lotniczy

Obciążenia obliczono i zebrano wg PN-EN 1990:2004, PN-EN1991-1-1:2004, PN-EN 1991-1-3:2005, PN-77/B-02011.

Rama obciążona jest ciężarem własnym, ciężarem obudowy, obciążeniem dodatkowym, śniegiem i wiatrem.

Wszystkie obciążenia oprócz ciężaru własnego przekazywane są na ramę jako siły skupione za pośrednictwem płatwi i rygli. Obciążenie wiatrem słupów przyjęto jako ciągłe równomiernie rozłożone.

Dla budynku dwuspadowego przyjęto, że parcie i ssanie wiatru działa pionowo co jest przybliżeniem po stronie bezpiecznej.

Ze względu na nierównomierne obciążenie poszczególnych ram przyjęto rozstaw zastępczy ram:  $l_w := 8.2\text{ m}$ ,

Odpowiada to maksymalnej reakcji podporowej płatwi od obciążenia jednostkowego obliczanej jako belka ciągła.

Kąt nachylenia połaci dachu:  $\alpha := \frac{1}{16}$      $\alpha := \text{atan}(\alpha)$      $\alpha = 3.58^\circ$

Rozstaw płatwii:  $ccZ := 1.5\text{ m}$

Typ izolacji dachu:  $tid := 5$     grubość izolacji:  $di := 200\text{ mm}$

Przyjęto wzór 6.10b wg PN-EN 1990:2004,  $\xi := 0.85$

### 1. Obciążenia od ciężarów własnych obudowy.

Przyjęto ciężary własne materiałów wg danych producenta.

1.1. Na pas górny:  $\begin{pmatrix} g_{g,0k} \\ g_{g,0} \end{pmatrix} :=$

LP	Warstwa		$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	$g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.076	1.35	0.103
2	platew Z-70	0.02 kN/m	0.011	1.35	0.015
3	wełna szklana 12 kg/m <sup>3</sup>	200 mm	0.024	1.35	0.032
4	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.070	1.35	0.095
5	platew Z-250	0.09 kN/m	0.060	1.35	0.081
6	stężenia i łączniki		0.010	1.35	0.014
	<b>Suma</b>		<b>0.251</b>		<b>0.339</b>

(tid di ccZ)

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{ m}$  ,  $l_w = 8.2\text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{g,k} := g_{g,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_{g,k} = 3.091\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_g := \xi \cdot g_{g,0} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_g = 3.547\text{ kN}$

1.2. Na pas dolny:  $\begin{pmatrix} g_{d,0k} \\ g_{d,0} \end{pmatrix} :=$

LP	Warstwa		$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	$g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
	<b>Suma</b>		<b>0.000</b>		<b>0.000</b>

(tid di ccZ)

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{ m}$  ,  $l_w = 8.2\text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{d,k} := g_{d,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_{d,k} = 0.000\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_d := \xi \cdot g_{d,0} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_d = 0.000\text{ kN}$

## 2. Obciążenia dodatkowe

Przyjęto możliwość dodatkowego obciążenia:

$$g := 0.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_G := 1.35$$

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{m}$  ,  $l_w = 8.2\text{m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{\text{dod.k}} := g \cdot ccZ \cdot l_w$   $G_{\text{dod.k}} = 1.23 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_{\text{dod}} := \xi \cdot g \cdot ccZ \cdot l_w \cdot \gamma_G$   $G_{\text{dod}} = 1.41 \text{ kN}$

na pas dolny:

na pas górny:

Dla izolacji dachu typ 2:  $G_{\text{dod.dol.k}} := \begin{cases} G_{\text{dod.k}} & \text{if } \text{tid} = 2 \\ 0 \cdot \text{kN} & \text{otherwise} \end{cases}$   $G_{\text{dod.gor.k}} := \begin{cases} 0 \cdot \text{kN} & \text{if } \text{tid} = 2 \\ G_{\text{dod.k}} & \text{otherwise} \end{cases}$

Dla pozostałych typów:

$$G_{\text{dod.gor.d}} := G_{\text{dod.gor.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.dol.d}} := G_{\text{dod.dol.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.gor.d}} = 1.41 \text{ kN} \quad G_{\text{dod.dol.d}} = 0.00 \text{ kN}$$

## 3. Obciążenie śniegiem.

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:

$$s_k := 1.2 \cdot \text{kPa}$$

(3 strefa)

$$\gamma_Q := 1.5$$

Współczynnik kształtu dachu:  $\mu_1 := 0.8$

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

Współczynnik termiczny:  $C_t := 1.0$  (dla dachu o  $U < 1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{m}$

obciążenie charakterystyczne:  $S := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot ccZ \cdot l_w$   $S = 11.81 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $S_d := S \cdot \gamma_Q$   $S_d = 17.71 \text{ kN}$

## 4. Obciążenie wiatrem.

Wartość charakterystycznego ciśnienia prędkości:

$$q_k := 0.35 \cdot \text{kPa}$$

(II strefa)

$$\gamma_f := 1.5$$

Współczynnik ekspozycji:  $C_e := 1.0$  (teren A,  $H < 10 \text{ m}$ )

Współczynnik działania porywów wiatru:  $\beta := 1.8$  (budowla niepodatna na dynam. działanie wiatru).

Obc. charakteryst. (bez uwzgl. współcz. aerodynamicznego C):  $p_k := q_k \cdot C_e \cdot \beta$   $p_k = 0.63 \text{ kPa}$

Obc. obliczeniowe (bez uwzgl. współcz. aerodynamicznego C):  $p := p_k \cdot \gamma_f$   $p = 0.94 \text{ kPa}$

Obc. charakterystyczne z uwzgl. współcz. aerodynamicznego - BUDYNEK ZAMKNIĘTY:

Na ścianę nawietrzną A:  $C := 0.7$   $p_A := p_k \cdot C \cdot l_w$   $p_A = 3.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę zawietrzną B:  $C := 0.4$   $p_B := p_k \cdot C \cdot l_w$   $p_B = 2.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę boczną:  $C := 0.5$   $p_C := p_k \cdot C \cdot l_w$   $p_C = 2.58 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na węzeł pasa górnego co  $ccZ = 1.5\text{m}$  ,  $l_w = 8.2\text{m}$

Na połąć nawietrzną:  $C := 0.9$   $p_2 := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_2 = 6.97 \text{ kN}$

Na połąć zawietrzną:  $C := 0.4$   $p_4 := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_4 = 3.1 \text{ kN}$

## 5. Kombinacje obciążeń.

Przyjęto zwroty sił jako dodatnie w górę i w prawo. Przyjęto oś x poziomą i oś y pionową. Ciężar własny elementów konstrukcyjnych (prętów) uwzględniany jest bezpośrednio przez program obliczający siły wewnętrzne. Dla kombinacji z samym wiatrem (ssanie) przyjmuje się zmniejszony ciężar własny stali ( $\times 0.9$ ), a dla pozostałych kombinacji powiększony ( $\times 1.15$ ) co można traktować jako odpowiednie współczynniki  $\gamma_G$ . Przyjęto wzór 6.10b PN-EN 1990:2004.

Współczynniki częściowe dla oddziaływań: stałych  $\gamma_G := 1.35$ ,  $\gamma_{G,inf} := 0.9$ , zmiennych  $\gamma_Q := 1.5$ .

Współczynniki dla wartości kombinacyjnej oddziaływań zmiennych: dla śniegu  $\psi_{0,s} := 0.5$ , dla wiatru  $\psi_{0,w} := 0.6$

### 5.1. Kombinacja 1 - ciężar własny obudowy + obc. dodatkowe + obc. równomierne śniegiem.

$$\begin{aligned} P_{1,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) - \gamma_Q \cdot S & P_{1,4} &:= P_{1,2} & P_{1,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \\ P_{1,7} &:= 0 \cdot kN & P_{1,8} &:= 0 \cdot kN \end{aligned}$$

### 5.2. Kombinacja 2 - ciężar własny obudowy + wiatr z lewej strony.

$$\begin{aligned} P_{2,2} &:= \gamma_Q \cdot P_2 - \gamma_{G,inf} \cdot G_{g,k} & P_{2,4} &:= \gamma_Q \cdot P_4 - \gamma_{G,inf} \cdot G_{g,k} & P_{2,6} &:= -\gamma_{G,inf} \cdot G_{d,k} \\ P_{2,7} &:= \gamma_Q \cdot P_A & P_{2,8} &:= \gamma_Q \cdot P_B \end{aligned}$$

### 5.3. Kombinacja 3 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (równomierne) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$\begin{aligned} P_{3,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_2 & P_{3,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_4 \\ P_{3,7} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_A & P_{3,8} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_B & P_{3,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \end{aligned}$$

### 5.4. Kombinacja 4 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (równomierne).

$$\begin{aligned} P_{4,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) + \gamma_Q \cdot P_2 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S & P_{4,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) + \gamma_Q \cdot P_4 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{4,7} &:= \gamma_Q \cdot P_A & P_{4,8} &:= \gamma_Q \cdot P_B & P_{4,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \end{aligned}$$

### 5.5. Kombinacja 5 - ciężar własny obudowy + wiatr na ścianę szczytową.

$$\begin{aligned} P_{5,2} &:= \gamma_Q \cdot P_2 - \gamma_{G,inf} \cdot G_{g,k} & P_{5,4} &:= P_{5,2} & P_{5,6} &:= -\gamma_{G,inf} \cdot G_{d,k} \\ P_{5,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_C & P_{5,8} &:= \gamma_Q \cdot P_C \end{aligned}$$

### 5.6. Kombinacja 6 - ciężar własny obudowy + obc. dodatkowe + obc. nierównomierne śniegiem (większy z lewej).

$$\begin{aligned} P_{6,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) - \gamma_Q \cdot S & P_{6,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - 0.5 \cdot \gamma_Q \cdot S & P_{6,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \\ P_{6,7} &:= 0 \cdot kN & P_{6,8} &:= 0 \cdot kN \end{aligned}$$

### 5.7. Kombinacja 7 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z lewej) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$\begin{aligned} P_{7,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_2 & P_{7,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_4 \\ P_{7,7} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_A & P_{7,8} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_B & P_{7,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \end{aligned}$$

### 5.8. Kombinacja 8 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z lewej).

$$\begin{aligned} P_{8,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{g,k} + G_{dod.gor,k}) + \gamma_Q \cdot P_2 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S & P_{8,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_4 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S \\ P_{8,7} &:= \gamma_Q \cdot P_A & P_{8,8} &:= \gamma_Q \cdot P_B & P_{8,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G (G_{d,k} + G_{dod.dol,k}) \end{aligned}$$

5.9. Kombinacja 9 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z prawej) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$P_{9,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_2$$

$$P_{9,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_4$$

$$P_{9,7} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_A$$

$$P_{9,8} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_B$$

$$P_{9,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

5.10. Kombinacja 10 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z prawej).

$$P_{10,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_2 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S$$

$$P_{10,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) + \gamma_Q \cdot P_4 - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S$$

$$P_{10,7} := \gamma_Q \cdot P_A$$

$$P_{10,8} := \gamma_Q \cdot P_B$$

$$P_{10,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

$$i := 1..10 \quad P_{i,1} := 0.9 \cdot P_{i,2} \quad P_{i,3} := 0.6 \cdot (P_{i,2} + P_{i,4}) \quad P_{i,5} := 0.9 \cdot P_{i,4}$$

Kombinacja:	P1 [kN]	P2 [kN]	P3 [kN]	P4 [kN]	P5 [kN]	P6 [kN]	P7 [kN/m]	P8 [kN/m]
1	-20.40	-22.67	-27.20	-22.67	-20.40	0.00	0.00	0.00
2	6.91	7.68	5.73	1.87	1.68	0.00	5.42	3.10
3	-14.75	-16.39	-21.77	-19.88	-17.89	0.00	3.25	1.86
4	-3.02	-3.35	-7.51	-9.17	-8.25	0.00	5.42	3.10
5	6.91	7.68	9.21	7.68	6.91	0.00	-3.87	3.87
6	-20.40	-22.67	-21.04	-12.40	-11.16	0.00	0.00	0.00
7	-14.75	-16.39	-15.60	-9.61	-8.65	0.00	3.25	1.86
8	-3.02	-3.35	-4.01	-3.33	-2.99	0.00	5.42	3.10
9	-5.51	-6.13	-15.60	-19.88	-17.89	0.00	3.25	1.86
10	2.24	2.49	-4.01	-9.17	-8.25	0.00	5.42	3.10

P

## Obliczenie obciążenia na ramę - PL1324-M1.2 Port Lotniczy

Obciążenia obliczono i zebrano wg PN-EN 1990:2004, PN-EN1991-1-1:2004, PN-EN 1991-1-3:2005, PN-77/B-02011.

Rama obciążona jest ciężarem własnym, ciężarem obudowy, obciążeniem dodatkowym, śniegiem i wiatrem.

Wszystkie obciążenia oprócz ciężaru własnego przekazywane są na ramę jako siły skupione za pośrednictwem płatwi i rygli. Obciążenie wiatrem słupów przyjęto jako ciągłe równomiernie rozłożone.

Dla budynku dwuspadowego przyjęto, że parcie i ssanie wiatru działa pionowo co jest przybliżeniem po stronie bezpiecznej.

Ze względu na nierównomierne obciążenie poszczególnych ram przyjęto rozstaw zastępczy ram:  $l_w := 8.2\text{ m}$ ,

Odpowiada to maksymalnej reakcji podporowej płatwi od obciążenia jednostkowego obliczanej jako belka ciągła.

Kąt nachylenia połaci dachu:  $\alpha := \frac{1}{16}$      $\alpha := \text{atan}(\alpha)$      $\alpha = 3.58^\circ$     Rozstaw płatwii:  $ccZ := 1.5\text{ m}$

Typ izolacji dachu:  $t_{id} := 5$     grubość izolacji:  $d_i := 200\text{ mm}$

Przyjęto wzór 6.10b wg PN-EN 1990:2004,  $\xi := 0.85$

### 1. Obciążenia od ciężarów własnych obudowy.

Przyjęto ciężary własne materiałów wg danych producenta.

1.1. Na pas górny:  $\begin{pmatrix} g_{g,0k} \\ g_{g,0} \end{pmatrix} :=$

LP	Warstwa		$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	$g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.076	1.35	0.103
2	platew Z-70	0.02 kN/m	0.011	1.35	0.015
3	wełna szklana 12 kg/m <sup>3</sup>	200 mm	0.024	1.35	0.032
4	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.070	1.35	0.095
5	platew Z-250	0.09 kN/m	0.060	1.35	0.081
6	stężenia i łączniki		0.010	1.35	0.014
	<b>Suma</b>		<b>0.251</b>		<b>0.339</b>

( $t_{id}$   $d_i$   $ccZ$ )

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{ m}$  ,  $l_w = 8.2\text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{g,k} := g_{g,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_{g,k} = 3.091\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_g := \xi \cdot g_{g,0} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_g = 3.547\text{ kN}$

1.2. Na pas dolny:  $\begin{pmatrix} g_{d,0k} \\ g_{d,0} \end{pmatrix} :=$

LP	Warstwa		$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	$g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
	<b>Suma</b>		<b>0.000</b>		<b>0.000</b>

( $t_{id}$   $d_i$   $ccZ$ )

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{ m}$  ,  $l_w = 8.2\text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{d,k} := g_{d,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_{d,k} = 0.000\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_d := \xi \cdot g_{d,0} \cdot ccZ \cdot l_w$      $G_d = 0.000\text{ kN}$

## 2. Obciążenia dodatkowe

Przyjęto możliwość dodatkowego obciążenia:

$$g := 0.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_G := 1.35$$

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{m}$ ,  $l_w = 8.2\text{m}$

obciążenie charakterystyczne:  $G_{\text{dod.k}} := g \cdot ccZ \cdot l_w$   $G_{\text{dod.k}} = 1.23\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $G_{\text{dod}} := \xi \cdot g \cdot ccZ \cdot l_w \cdot \gamma_G$   $G_{\text{dod}} = 1.41\text{ kN}$

na pas dolny:

na pas górny:

Dla izolacji dachu typ 2:  $G_{\text{dod.dol.k}} := \begin{cases} G_{\text{dod.k}} & \text{if } \text{tid} = 2 \\ 0 \cdot \text{kN} & \text{otherwise} \end{cases}$   $G_{\text{dod.gor.k}} := \begin{cases} 0 \cdot \text{kN} & \text{if } \text{tid} = 2 \\ G_{\text{dod.k}} & \text{otherwise} \end{cases}$

Dla pozostałych typów:

$$G_{\text{dod.gor.d}} := G_{\text{dod.gor.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.dol.d}} := G_{\text{dod.dol.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.gor.d}} = 1.41\text{ kN} \quad G_{\text{dod.dol.d}} = 0.00\text{ kN}$$

## 3. Obciążenie śniegiem.

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:  $s_k := 1.2 \cdot \text{kPa}$  (3 strefa)  $\gamma_Q := 1.5$

Współczynnik kształtu dachu:  $\mu_1 := 0.8$

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

Współczynnik termiczny:  $C_t := 1.0$  (dla dachu o  $U < 1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

Na węzeł co  $ccZ = 1.5\text{m}$

obciążenie charakterystyczne:  $S := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot ccZ \cdot l_w$   $S = 11.81\text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe:  $S_d := S \cdot \gamma_Q$   $S_d = 17.71\text{ kN}$

## 4. Obciążenie wiatrem.

Wartość charakterystycznego ciśnienia prędkości:  $q_k := 0.35 \cdot \text{kPa}$  (I strefa)  $\gamma_f := 1.5$

Współczynnik ekspozycji:  $C_e := 1.0$  (teren A,  $H < 10\text{m}$ )

Współczynnik działania porywów wiatru:  $\beta := 1.8$  (budowla niepodatna na dynam. działanie wiatru).

Obc. charakteryst. (bez uwzgl. współcz. aerodynamicznego C):  $p_k := q_k \cdot C_e \cdot \beta$   $p_k = 0.63\text{ kPa}$

Obc. obliczeniowe (bez uwzgl. współcz. aerodynamicznego C):  $p := p_k \cdot \gamma_f$   $p = 0.94\text{ kPa}$

Obc. charakterystyczne z uwzgl. współcz. aerodynamicznego - BUDYNEK OTWARTY:

Wiatr z lewej strony:

Na ścianę nawietrzną A:  $C := 0$   $P_{AL} := p_k \cdot C \cdot l_w$   $P_{AL} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę zawietrzną B:  $C := 1.1$   $P_{BL} := p_k \cdot C \cdot l_w$   $P_{BL} = 5.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Wiatr z prawej strony:

Na ścianę nawietrzną B:  $C := 1.1$   $P_{BP} := p_k \cdot C \cdot l_w$   $P_{BP} = 5.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę zawietrzną A:  $C := 0$   $P_{AP} := p_k \cdot C \cdot l_w$   $P_{AP} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Wiatr od szczytu

Na ścianę boczną:  $C := 0$   $P_C := p_k \cdot C \cdot l_w$   $P_C = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na połać:  $C := 0.4$   $P_{2C} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $P_{2C} = 3.1\text{ kN}$



Na węzeł pasa górnego co  $ccZ = 1.5m$  ,  $l_w = 8.2m$

Wiatr z lewej strony:

Na połac nawietrzną:  $C := 1.6$   $p_{2L} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_{2L} = 12.4 \text{ kN}$

Na połac zawietrzną:  $C := 1.1$   $p_{4L} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_{4L} = 8.52 \text{ kN}$

Wiatr z prawej strony:

Na połac nawietrzną:  $C := 0.5$   $p_{4P} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_{4P} = 3.87 \text{ kN}$

Na połac zawietrzną:  $C := 0$   $p_{2P} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$   $p_{2P} = 0 \text{ kN}$

## 5. Kombinacje obciążeń.

Przyjęto zwroty sił jako dodatnie w górę i w prawo. Przyjęto oś x poziomą i oś y pionową. Ciężar własny elementów konstrukcyjnych (prętów) uwzględniany jest bezpośrednio przez program obliczający siły wewnętrzne. Dla kombinacji z samym wiatrem (ssanie) przyjmuje się zmniejszony ciężar własny stali ( $\times 0.9$ ), a dla pozostałych kombinacji powiększony ( $\times 1.15$ ) co można traktować jako odpowiednie współczynniki  $\gamma_G$ . Przyjęto wzór 6.10b PN-EN 1990:2004.

Współczynniki częściowe dla oddziaływań: stałych  $\gamma_G := 1.35$ ,  $\gamma_{G,inf} := 0.9$ , zmiennych  $\gamma_Q := 1.5$ .

Współczynniki dla wartości kombinacyjnej oddziaływań zmiennych: dla śniegu  $\psi_{0,s} := 0.5$ , dla wiatru  $\psi_{0,w} := 0.6$

### 5.11. Kombinacja 11 - ciężar własny obudowy + wiatr z lewej strony.

$$P_{11,2} := \gamma_Q \cdot p_{2L} - \gamma_{G,inf} \cdot G_{g,k} \quad P_{11,4} := \gamma_Q \cdot p_{4L} - \gamma_{G,inf} \cdot G_{g,k} \quad P_{11,6} := -\gamma_{G,inf} \cdot G_{d,k}$$

$$P_{11,7} := \gamma_Q \cdot p_{AL} \quad P_{11,8} := \gamma_Q \cdot p_{BL}$$

### 5.12. Kombinacja 12 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (równomierne) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$P_{12,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{2L} \quad P_{12,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{4L}$$

$$P_{12,7} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{AL} \quad P_{12,8} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{BL} \quad P_{12,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

### 5.13. Kombinacja 13 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (równomierne).

$$P_{13,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) + \gamma_Q \cdot p_{2L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \quad P_{13,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) + \gamma_Q \cdot p_{4L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S$$

$$P_{13,7} := \gamma_Q \cdot p_{AL} \quad P_{13,8} := \gamma_Q \cdot p_{BL} \quad P_{13,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

### 5.14. Kombinacja 14 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z lewej) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$P_{14,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{2L} \quad P_{14,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{4L}$$

$$P_{14,7} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{AL} \quad P_{14,8} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{BL} \quad P_{14,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

### 5.15. Kombinacja 15 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierny większy z lewej).

$$P_{15,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) + \gamma_Q \cdot p_{2L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \quad P_{15,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot p_{4L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S$$

$$P_{15,7} := \gamma_Q \cdot p_{AL} \quad P_{15,8} := \gamma_Q \cdot p_{BL} \quad P_{15,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

### 5.16. Kombinacja 16 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z prawej) + towarzyszący wiatr z lewej strony.

$$P_{16,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{2L} \quad P_{16,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod,gor,k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{4L}$$

$$P_{16,7} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{AL} \quad P_{16,8} := \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{BL} \quad P_{16,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod,dol,k})$$

5.17. Kombinacja 17 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z lewej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z prawej).

$$\begin{aligned} P_{17,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_{2L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S & P_{17,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{4L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{17,7} &:= \gamma_Q \cdot P_{AL} & P_{17,8} &:= \gamma_Q \cdot P_{BL} & P_{17,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.18. Kombinacja 18 - ciężar własny obudowy + wiatr z prawej strony.

$$\begin{aligned} P_{18,2} &:= \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_G \cdot \inf \cdot G_{g,k} & P_{18,4} &:= \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_G \cdot \inf \cdot G_{g,k} & P_{18,6} &:= -\gamma_G \cdot \inf \cdot G_{d,k} \\ P_{18,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{18,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} \end{aligned}$$

5.19. Kombinacja 19 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (równomierne) + towarzyszący wiatr z prawej strony.

$$\begin{aligned} P_{19,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2P} & P_{19,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4P} \\ P_{19,7} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AP} & P_{19,8} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BP} & P_{19,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.20. Kombinacja 20 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z prawej strony + towarzyszący śnieg (równomierne).

$$\begin{aligned} P_{20,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S & P_{20,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{20,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{20,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} & P_{20,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.21. Kombinacja 21 - ciężar własny obudowy + obc. dodatkowe + obc. nierównomierne śniegiem (większy z prawej).

$$\begin{aligned} P_{21,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - 0.5 \cdot \gamma_Q \cdot S & P_{21,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S \\ P_{21,7} &:= 0 \cdot kN & P_{21,8} &:= 0 \cdot kN & P_{21,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.22. Kombinacja 22 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z prawej) + towarzyszący wiatr z prawej strony.

$$\begin{aligned} P_{22,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2P} & P_{22,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4P} \\ P_{22,7} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AP} & P_{22,8} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BP} & P_{22,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.23. Kombinacja 23 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z prawej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z prawej).

$$\begin{aligned} P_{23,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S & P_{23,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{23,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{23,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} & P_{23,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.24. Kombinacja 24 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + śnieg (nierównomierny większy z lewej) + towarzyszący wiatr z prawej strony.

$$\begin{aligned} P_{24,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2P} & P_{24,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4P} \\ P_{24,7} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AP} & P_{24,8} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BP} & P_{24,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.25. Kombinacja 25 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z prawej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z lewej).

$$\begin{aligned} P_{25,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S & P_{25,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S \\ P_{25,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{25,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} & P_{25,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

$$i := 11..25 \quad P_{i,1} := 0.9 \cdot P_{i,2} \quad P_{i,3} := 0.6 \cdot (P_{i,2} + P_{i,4}) \quad P_{i,5} := 0.9 \cdot P_{i,4}$$

Kombinacije	P1[kN]	P2[kN]	P3[kN]	P4[kN]	P5[kN]	P6[kN]	P7[kN/m]	P8[kN/m]
11	14.23	15.82	15.49	10.00	9.00	0.00	0.00	8.52
12	-10.36	-11.51	-15.91	-15.00	-13.50	0.00	0.00	5.11
13	4.30	4.78	2.25	-1.03	-0.93	0.00	0.00	8.52
14	-10.36	-11.51	-9.75	-4.73	-4.26	0.00	0.00	5.11
15	4.30	4.78	5.76	4.81	4.33	0.00	0.00	8.52
16	-1.12	-1.24	-9.75	-15.00	-13.50	0.00	0.00	5.11
17	9.56	10.62	5.76	-1.03	-0.93	0.00	0.00	8.52
18	-2.50	-2.78	0.15	3.03	2.73	0.00	0.00	-8.52
19	-20.40	-22.67	-25.11	-19.18	-17.27	0.00	0.00	-5.11
20	-12.43	-13.81	-13.09	-8.00	-7.20	0.00	0.00	-8.52
21	-11.16	-12.40	-21.04	-22.67	-20.40	0.00	0.00	0.00
22	-11.16	-12.40	-18.95	-19.18	-17.27	0.00	0.00	-5.11
23	-7.18	-7.98	-9.59	-8.00	-7.20	0.00	0.00	-8.52
24	-20.40	-22.67	-18.95	-8.92	-8.02	0.00	0.00	-5.11
25	-12.43	-13.81	-9.59	-2.16	-1.95	0.00	0.00	-8.52

P



## Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1324-Port Lotniczy -stopy środkowych słupów ram nośnych

### 1. Dane wyjściowe.

#### 1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 8.4 \cdot \text{kN}$$

Siła pionowa wrywająca:

$$N_0 := 150.2 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

$$F_0 := 0.0 \cdot \text{kN} \quad \beta := 0.^\circ$$

#### 1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 37$$

#### 1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 200 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 300 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1, 5 \dots 261 \quad c_{1,i} := 39 + i$$

$$c_{2,i} := c_{1,i}$$

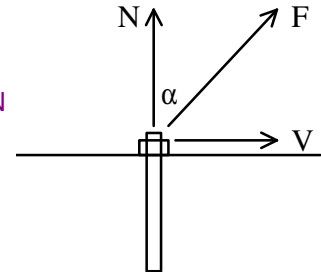
$$c_{3,i} := c_{1,i} + s_1$$

$$c_{4,i} := c_{1,i} + s_1$$

#### 1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

Siła pionowa wrywająca:  $N := 0.25 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta)) \quad N = 37.55 \text{ kN}$

Siła pozioma:  $V := 0.25 \cdot \sqrt{V_0^2 + (F_0 \cdot \sin(\beta))^2} \quad V = 2.1 \text{ kN}$



#### 1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

$$\alpha := \text{if} \left( N = 0, \frac{\pi}{2}, \text{atan} \left( \frac{V}{N} \right) \right) \quad \alpha := \frac{\alpha}{^\circ} \quad \alpha = 3.2$$

#### 1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

$$F_d := \sqrt{N^2 + V^2} \quad F_d = 37.61 \text{ kN}$$

## 2. Obliczenie nośności kotew Hilti:

HSA M16, HVU-HAS M16, HVU-HAS M20:

### 2.1. Dane kotwy

#### 2.1.1. Nominalna głębokość zakotwienia:

$$h_{nom.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.2. Aktualna głębokość zakotwienia:

$$h_{act.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C20} := 340 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.3. Nośności kotwy (wartości obliczeniowe):

na wrywanie:

$$N_{30.C20} := 41.9 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.E16} := 19.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.C16} := 25.1 \cdot \text{kN}$$

na ścinanie:

$$V_{30.E16} := 19.9 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C16} := 23.4 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C20} := 36.6 \cdot \text{kN}$$

przy obciążeniu złożonym:

$$F_{30\alpha.E16} := N_{30.E16} - (N_{30.E16} - V_{30.E16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.E16} = 19.51 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 25.04 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 41.71 \text{ kN}$$

## 2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

### 2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 1.1$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 1.14$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 1.14$$

### 2.2.2. Wpływ głębokości zakotwienia:

$$f_{T.E16} := 1.00 \quad f_{T.C16} := \frac{h_{act.C16}}{h_{nom.C16}} \quad f_{T.C20} := \frac{h_{act.C20}}{h_{nom.C20}}$$

### 2.2.3. Wpływ odległości między kotwami:

$$s_{min.E16} := 0.9 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{min.E16} = 85.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{cr.E16} = 209 \text{ mm}$$

$$f_{A.E16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.E16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.E16}, 0.31 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.E16}} + 0.32, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.E16} = 0.95$$

$$s_{min.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{min.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C16} := 1.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{cr.C16} = 187.5 \text{ mm}$$

$$f_{A.C16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C16} = 1.00$$

$$s_{min.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{min.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C20} := 1.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{cr.C20} = 255 \text{ mm}$$

$$f_{A.C20} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C20} = 0.82$$

### 2.2.4. Wpływ odległości od krawędzi:

dla siły normalnej:

$$c_{Nmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Nmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Ncr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RN.E16,j,i} := \left( c_{j,i} < c_{Nmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.E16}, 0.27 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}} + 0.4, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Nmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C16} := 1.3 \cdot h_{act.C16}$$

$$c_{Ncr.C16} = 162.5 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C16}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C16}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Nmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C20} := 1.3 \cdot h_{act.C20}$$

$$c_{Ncr.C20} = 442 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C20}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C20}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

dla siły tnącej:

$$c_{Vmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vcr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RV.E16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.E16}, 0.45 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C16} := 1.0 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vcr.C16} = 125 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C16}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C20} := 1.0 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vcr.C20} = 170 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C20}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C20}}, 1 \right) \right)$$

$$f_{R.0.E16_{j,i}} := f_{RN.E16_{j,i}} - \left( f_{RN.E16_{j,i}} - f_{RV.E16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.E16_i} := \prod_j f_{R.0.E16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C16_{j,i}} := f_{RN.C16_{j,i}} - \left( f_{RN.C16_{j,i}} - f_{RV.C16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C16_i} := \prod_j f_{R.0.C16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C20_{j,i}} := f_{RN.C20_{j,i}} - \left( f_{RN.C20_{j,i}} - f_{RV.C20_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C20_i} := \prod_j f_{R.0.C20_{j,i}}$$

#### 2.2.5. Globalny współczynnik wpływu

$$f_{G.E16_i} := f_{B.E16} \cdot f_{T.E16} \cdot f_{A.E16} \cdot f_{R.E16_i}$$

$$f_{G.C16_i} := f_{B.C16} \cdot f_{T.C16} \cdot f_{A.C16} \cdot f_{R.C16_i}$$

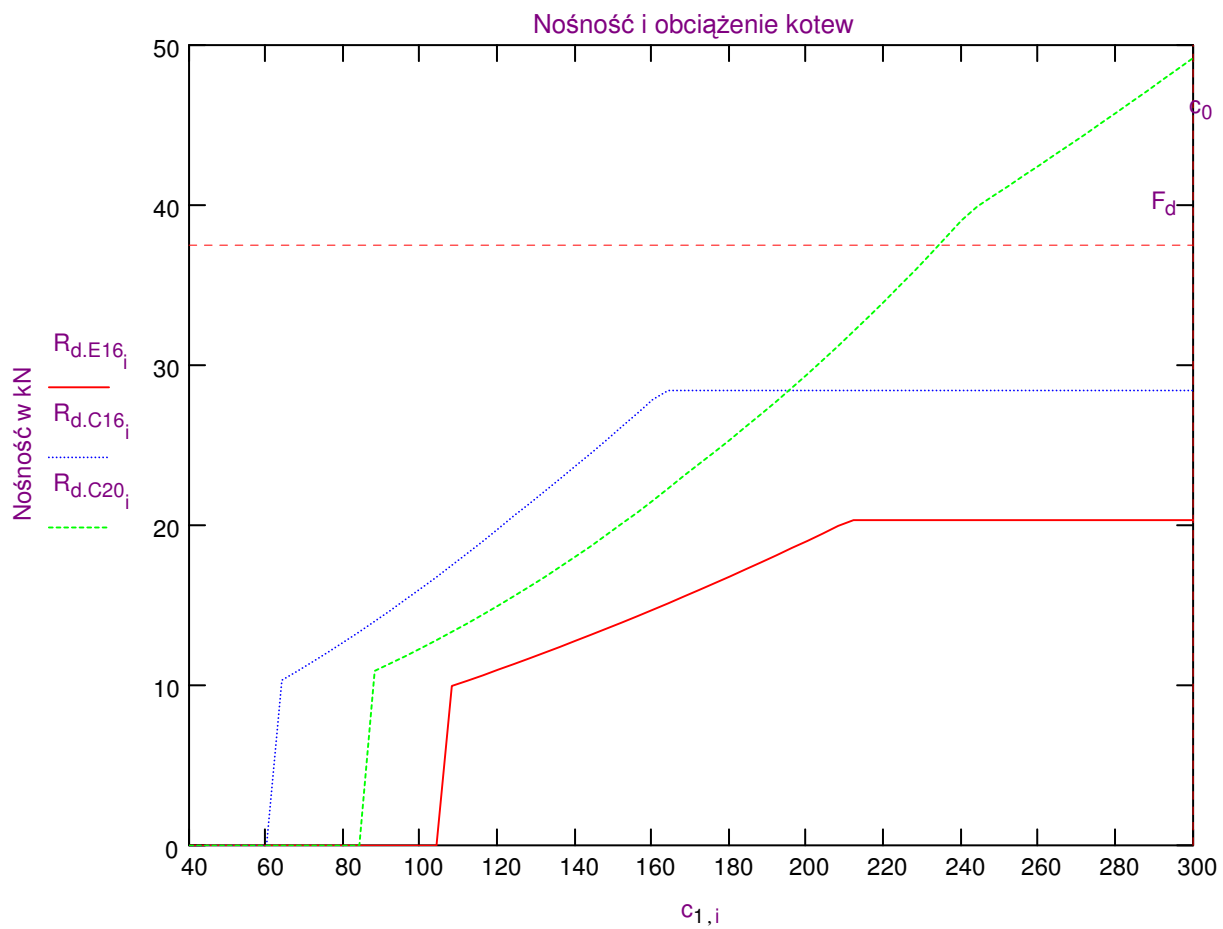
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

## 2.3. Nośność kotwy:

$$R_{d,E16_i} := F_{30\alpha} \cdot E16 \cdot f_{G,E16_i}$$

$$R_{d,C16_i} := F_{30\alpha} \cdot C16 \cdot f_{G,C16_i}$$

$$R_{d,C20_i} := F_{30\alpha} \cdot C20 \cdot f_{G,C20_i}$$



$F_d = 37.61 \text{ kN}$

$c_0 = 300 \text{ mm}$

Przyjęto 4 kotwy klejone M20



## Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1324-Port Lotniczy -stopy skrajnych słupów ram nośnych

### 1. Dane wyjściowe.

#### 1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 16.70 \cdot \text{kN}$$

Siła pionowa wrywająca:

$$N_0 := 73.50 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

$$F_0 := 0.0 \cdot \text{kN}$$

$$\beta := 0.^\circ$$

#### 1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 37$$

#### 1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 200 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 200 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1, 5 \dots 261 \quad c_{1,i} := 39 + i$$

$$c_{2,i} := c_{1,i}$$

$$c_{3,i} := 150$$

$$c_{4,i} := c_{1,i} + s_1$$

#### 1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

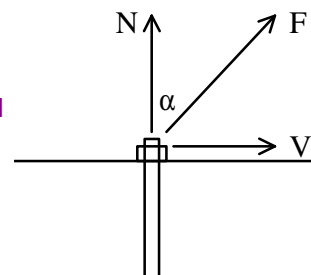
$$\text{Siła pionowa wrywająca: } N := 0.25 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta))$$

$$N = 18.38 \text{ kN}$$

Siła pozioma:

$$V := 0.25 \cdot \sqrt{V_0^2 + (F_0 \cdot \sin(\beta))^2}$$

$$V = 4.17 \text{ kN}$$



#### 1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

$$\alpha := \text{if} \left( N = 0, \frac{\pi}{2}, \text{atan} \left( \frac{V}{N} \right) \right)$$

$$\alpha := \frac{\alpha}{^\circ}$$

$$\alpha = 12.8$$

#### 1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

$$F_d := \sqrt{N^2 + V^2}$$

$$F_d = 18.84 \text{ kN}$$

## 2. Obliczenie nośności kotew Hilti:

HSA M16, HVU-HAS M16, HVU-HAS M20:

### 2.1. Dane kotwy

#### 2.1.1. Nominalna głębokość zakotwienia:

$$h_{nom.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.2. Aktualna głębokość zakotwienia:

$$h_{act.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.3. Nośności kotwy (wartości obliczeniowe):

na wrywanie:

$$N_{30.C20} := 41.9 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.E16} := 19.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.C16} := 25.1 \cdot \text{kN}$$

na ścinanie:

$$V_{30.E16} := 19.9 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C16} := 23.4 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C20} := 36.6 \cdot \text{kN}$$

przy obciążeniu złożonym:

$$F_{30\alpha.E16} := N_{30.E16} - (N_{30.E16} - V_{30.E16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.E16} = 19.56 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 24.86 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 41.15 \text{ kN}$$

## 2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

### 2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 1.09$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 1.12$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 1.12$$

### 2.2.2. Wpływ głębokości zakotwienia:

$$f_{T.E16} := 1.00 \quad f_{T.C16} := \frac{h_{act.C16}}{h_{nom.C16}} \quad f_{T.C20} := \frac{h_{act.C20}}{h_{nom.C20}}$$

### 2.2.3. Wpływ odległości między kotwami:

$$s_{min.E16} := 0.9 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{min.E16} = 85.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{cr.E16} = 209 \text{ mm}$$

$$f_{A.E16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.E16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.E16}, 0.31 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.E16}} + 0.32, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.E16} = 0.95$$

$$s_{min.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{min.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C16} := 1.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{cr.C16} = 187.5 \text{ mm}$$

$$f_{A.C16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C16} = 1.00$$

$$s_{min.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{min.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C20} := 1.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{cr.C20} = 255 \text{ mm}$$

$$f_{A.C20} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C20} = 0.82$$

### 2.2.4. Wpływ odległości od krawędzi:

dla siły normalnej:

$$c_{Nmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Nmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Ncr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RN.E16,j,i} := \left( c_{j,i} < c_{Nmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.E16}, 0.27 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}} + 0.4, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Nmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C16} := 1.3 \cdot h_{act.C16}$$

$$c_{Ncr.C16} = 162.5 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C16}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C16}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Nmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C20} := 1.3 \cdot h_{act.C20}$$

$$c_{Ncr.C20} = 221 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C20}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C20}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

dla siły tnącej:

$$c_{Vmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vcr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RV.E16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.E16}, 0.45 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C16} := 1.0 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vcr.C16} = 125 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C16}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C20} := 1.0 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vcr.C20} = 170 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C20}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C20}}, 1 \right) \right)$$

$$f_{R.0.E16_{j,i}} := f_{RN.E16_{j,i}} - \left( f_{RN.E16_{j,i}} - f_{RV.E16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.E16_i} := \prod_j f_{R.0.E16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C16_{j,i}} := f_{RN.C16_{j,i}} - \left( f_{RN.C16_{j,i}} - f_{RV.C16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C16_i} := \prod_j f_{R.0.C16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C20_{j,i}} := f_{RN.C20_{j,i}} - \left( f_{RN.C20_{j,i}} - f_{RV.C20_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C20_i} := \prod_j f_{R.0.C20_{j,i}}$$

#### 2.2.5. Globalny współczynnik wpływu

$$f_{G.E16_i} := f_{B.E16} \cdot f_{T.E16} \cdot f_{A.E16} \cdot f_{R.E16_i}$$

$$f_{G.C16_i} := f_{B.C16} \cdot f_{T.C16} \cdot f_{A.C16} \cdot f_{R.C16_i}$$

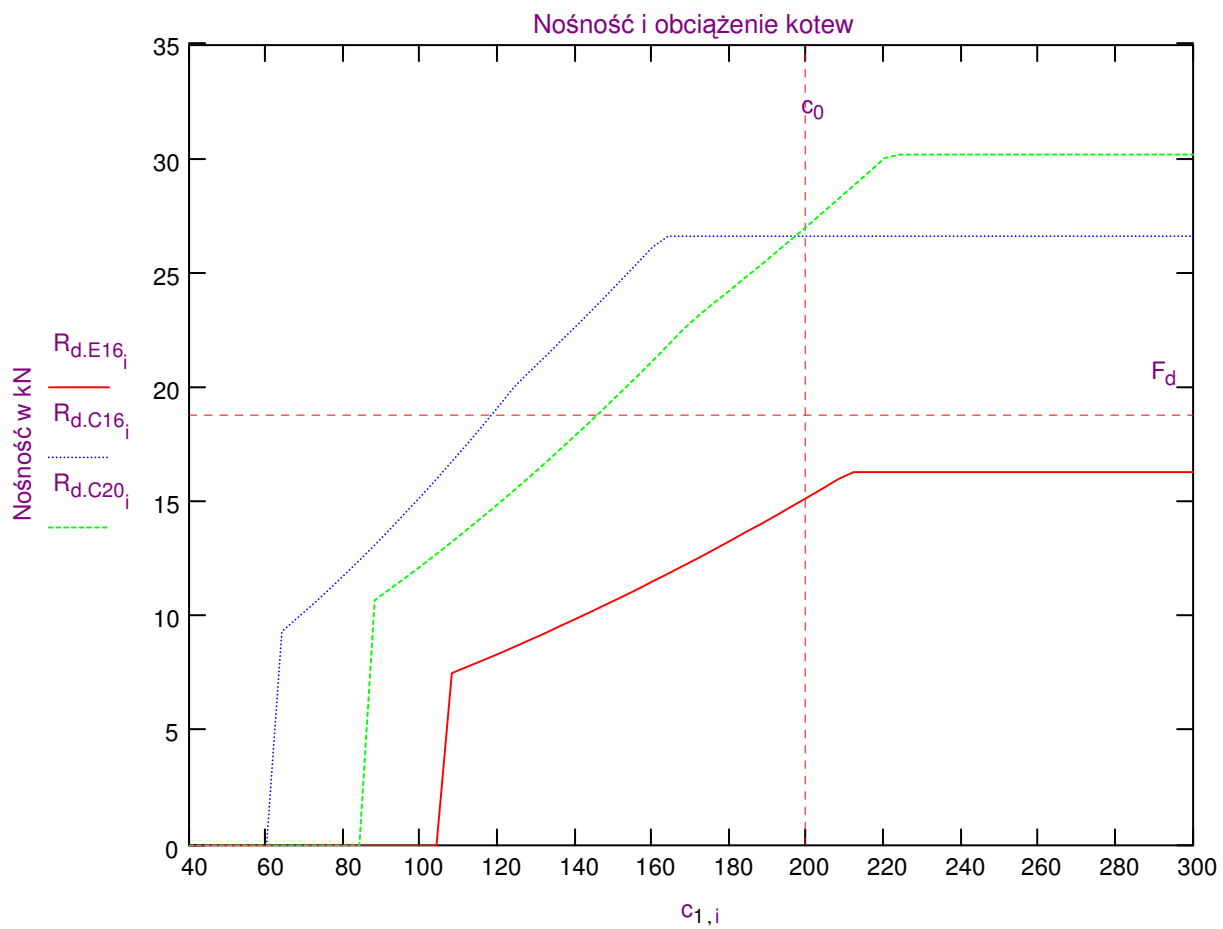
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

## 2.3. Nośność kotwy:

$$R_{d,E16_i} := F_{30\alpha} \cdot E16_i \cdot f_{G,E16_i}$$

$$R_{d,C16_i} := F_{30\alpha} \cdot C16_i \cdot f_{G,C16_i}$$

$$R_{d,C20_i} := F_{30\alpha} \cdot C20_i \cdot f_{G,C20_i}$$



$$F_d = 18.84 \text{ kN}$$

$$c_0 = 200 \text{ mm}$$

Przyjęto 4 kotwy klejone M20

## Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1324-Port Lotniczy -stopy słupów ściany wewnętrznej

### 1. Dane wyjściowe.

#### 1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 29.60 \cdot \text{kN}$$

Siła pionowa wrywająca:

$$N_0 := 61.0 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

$$F_0 := 24.6 \cdot \text{kN} \quad \beta := 37^\circ$$

#### 1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 37$$

#### 1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 150 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 200 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1, 5 \dots 261 \quad c_{1,i} := 39 + i$$

$$c_{2,i} := c_{1,i}$$

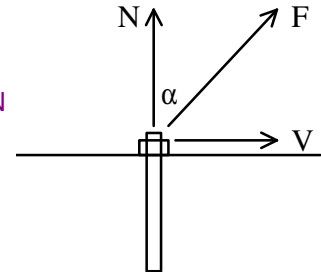
$$c_{3,i} := c_{1,i} + s_1$$

$$c_{4,i} := c_{1,i} + s_1$$

#### 1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

Siła pionowa wrywająca:  $N := 0.25 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta)) \quad N = 20.16 \text{ kN}$

Siła pozioma:  $V := 0.25 \cdot \sqrt{V_0^2 + (F_0 \cdot \sin(\beta))^2} \quad V = 8.27 \text{ kN}$



#### 1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

$$\alpha := \text{if} \left( N = 0, \frac{\pi}{2}, \text{atan} \left( \frac{V}{N} \right) \right) \quad \alpha := \frac{\alpha}{^\circ} \quad \alpha = 22.31$$

#### 1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

$$F_d := \sqrt{N^2 + V^2} \quad F_d = 21.79 \text{ kN}$$

## 2. Obliczenie nośności kotew Hilti:

HSA M16, HVU-HAS M16, HVU-HAS M20:

### 2.1. Dane kotwy

#### 2.1.1. Nominalna głębokość zakotwienia:

$$h_{nom.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.2. Aktualna głębokość zakotwienia:

$$h_{act.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.3. Nośności kotwy (wartości obliczeniowe):

na wrywanie:

$$N_{30.C20} := 41.9 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.E16} := 19.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.C16} := 25.1 \cdot \text{kN}$$

na ścinanie:

$$V_{30.E16} := 19.9 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C16} := 23.4 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C20} := 36.6 \cdot \text{kN}$$

przy obciążeniu złożonym:

$$F_{30\alpha.E16} := N_{30.E16} - (N_{30.E16} - V_{30.E16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.E16} = 19.6 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 24.68 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 40.59 \text{ kN}$$

## 2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

### 2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 1.08$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 1.11$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 1.11$$

### 2.2.2. Wpływ głębokości zakotwienia:

$$f_{T.E16} := 1.00 \quad f_{T.C16} := \frac{h_{act.C16}}{h_{nom.C16}} \quad f_{T.C20} := \frac{h_{act.C20}}{h_{nom.C20}}$$

### 2.2.3. Wpływ odległości między kotwami:

$$s_{min.E16} := 0.9 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{min.E16} = 85.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{cr.E16} = 209 \text{ mm}$$

$$f_{A.E16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.E16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.E16}, 0.31 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.E16}} + 0.32, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.E16} = 0.66$$

$$s_{min.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{min.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C16} := 1.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{cr.C16} = 187.5 \text{ mm}$$

$$f_{A.C16} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C16} = 0.83$$

$$s_{min.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{min.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C20} := 1.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{cr.C20} = 255 \text{ mm}$$

$$f_{A.C20} := \left( \text{if} \left( s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \right)^2 \quad f_{A.C20} = 0.66$$

### 2.2.4. Wpływ odległości od krawędzi:

dla siły normalnej:

$$c_{Nmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Nmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Ncr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RN.E16,j,i} := \left( c_{j,i} < c_{Nmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.E16}, 0.27 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}} + 0.4, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Nmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C16} := 1.3 \cdot h_{act.C16}$$

$$c_{Ncr.C16} = 162.5 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C16}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C16}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Nmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C20} := 1.3 \cdot h_{act.C20}$$

$$c_{Ncr.C20} = 221 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C20}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C20}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

dla siły tnącej:

$$c_{Vmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vcr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RV.E16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.E16}, 0.45 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C16} := 1.0 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vcr.C16} = 125 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C16}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C20} := 1.0 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vcr.C20} = 170 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C20}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C20}}, 1 \right) \right)$$

$$f_{R.0.E16_{j,i}} := f_{RN.E16_{j,i}} - \left( f_{RN.E16_{j,i}} - f_{RV.E16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.E16_i} := \prod_j f_{R.0.E16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C16_{j,i}} := f_{RN.C16_{j,i}} - \left( f_{RN.C16_{j,i}} - f_{RV.C16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C16_i} := \prod_j f_{R.0.C16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C20_{j,i}} := f_{RN.C20_{j,i}} - \left( f_{RN.C20_{j,i}} - f_{RV.C20_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C20_i} := \prod_j f_{R.0.C20_{j,i}}$$

#### 2.2.5. Globalny współczynnik wpływu

$$f_{G.E16_i} := f_{B.E16} \cdot f_{T.E16} \cdot f_{A.E16} \cdot f_{R.E16_i}$$

$$f_{G.C16_i} := f_{B.C16} \cdot f_{T.C16} \cdot f_{A.C16} \cdot f_{R.C16_i}$$

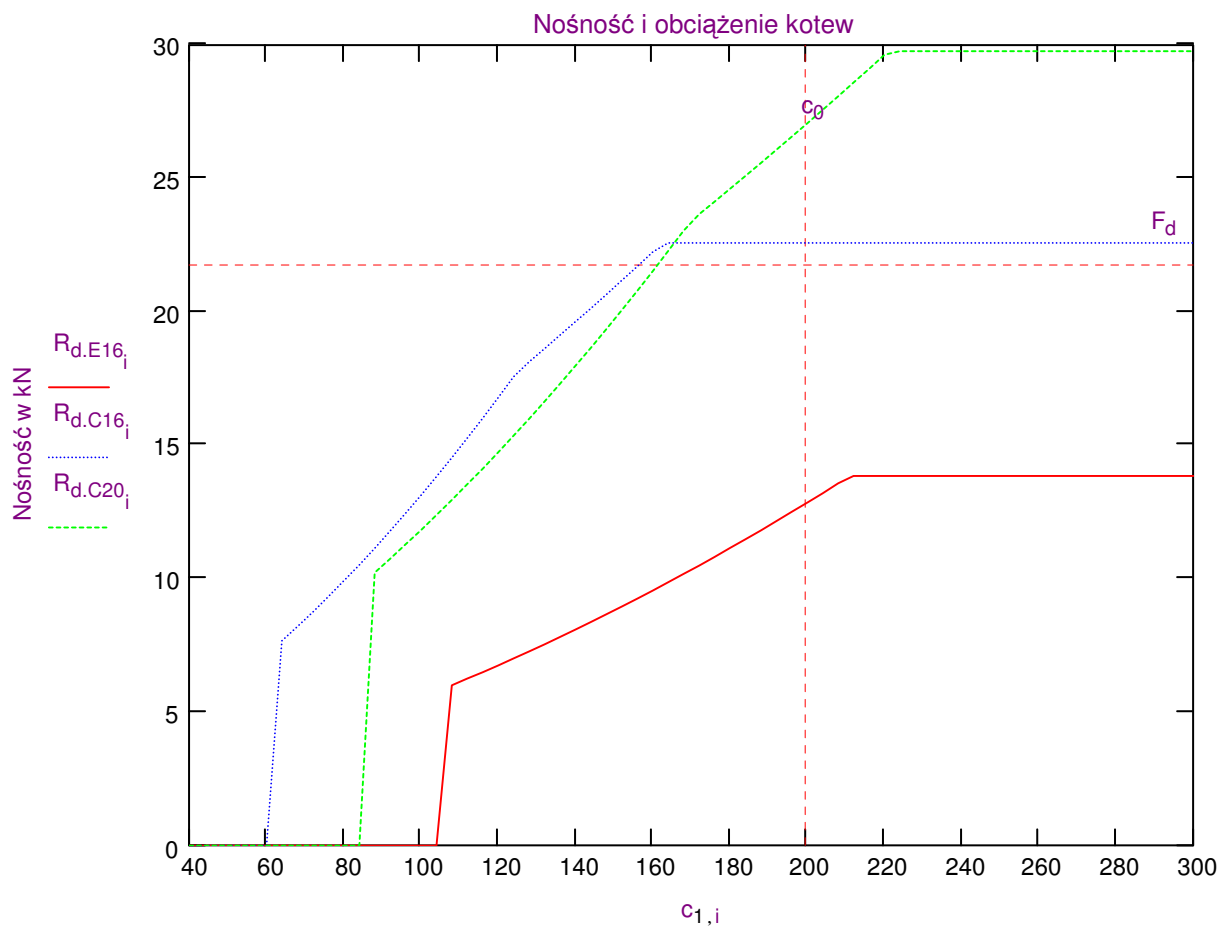
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

## 2.3. Nośność kotwy:

$$R_{d,E16_i} := F_{30\alpha} \cdot E16_i \cdot f_{G,E16_i}$$

$$R_{d,C16_i} := F_{30\alpha} \cdot C16_i \cdot f_{G,C16_i}$$

$$R_{d,C20_i} := F_{30\alpha} \cdot C20_i \cdot f_{G,C20_i}$$



$$F_d = 21.79 \text{ kN}$$

$$c_0 = 200 \text{ mm}$$

Przyjęto 4 kotwy klejone M20



## Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1324-Port Lotniczy - stopy słupów ściany szczytowej

### 1. Dane wyjściowe.

#### 1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 32.4 \cdot \text{kN}$$

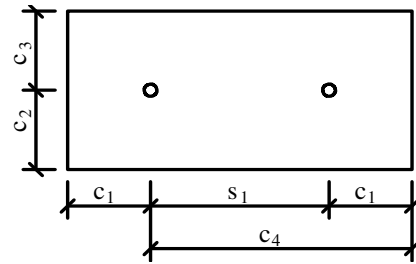
Siła pionowa wrywająca:

$$N_0 := 0 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

$$F_0 := 0 \cdot \text{kN}$$

$$\beta := 0^\circ$$



#### 1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 37$$

#### 1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 200 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 180 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1, 5 \dots 261$$

$$c_{1,i} := 39 + i$$

$$c_{2,i} := c_{1,i}$$

$$c_{3,i} := c_{1,i}$$

$$c_{4,i} := c_{1,i} + s_1$$

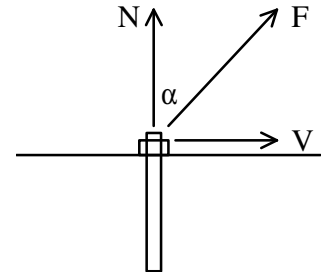
#### 1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

Siła pionowa wrywająca:  $N := 0.5 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta))$

$$N = 0 \text{ kN}$$

Siła pozioma:  $V := 0.5 \cdot \sqrt{V_0^2 + (F_0 \cdot \sin(\beta))^2}$

$$V = 16.2 \text{ kN}$$



#### 1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

$$\alpha := \text{if} \left( N = 0, \frac{\pi}{2}, \text{atan} \left( \frac{V}{N} \right) \right)$$

$$\alpha := \frac{\alpha}{^\circ}$$

$$\alpha = 90$$

#### 1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

$$F_d := \sqrt{N^2 + V^2}$$

$$F_d = 16.2 \text{ kN}$$

## 2. Obliczenie nośności kotew Hilti:

HSA M16, HVU-HAS M16, HVU-HAS M20:

### 2.1. Dane kotwy

#### 2.1.1. Nominalna głębokość zakotwienia:

$$h_{nom.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{nom.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.2. Aktualna głębokość zakotwienia:

$$h_{act.E16} := 95 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C16} := 125 \cdot \text{mm}$$

$$h_{act.C20} := 170 \cdot \text{mm}$$

#### 2.1.3. Nośności kotwy (wartości obliczeniowe):

na wrywanie:

$$N_{30.E16} := 19.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.C16} := 25.1 \cdot \text{kN}$$

$$N_{30.C20} := 41.9 \cdot \text{kN}$$

na ścinanie:

$$V_{30.E16} := 19.9 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C16} := 23.4 \cdot \text{kN}$$

$$V_{30.C20} := 36.6 \cdot \text{kN}$$

przy obciążeniu złożonym:

$$F_{30\alpha.E16} := N_{30.E16} - (N_{30.E16} - V_{30.E16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.E16} = 19.9 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 23.4 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 36.6 \text{ kN}$$

## 2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

### 2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 1$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 1$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 1$$

### 2.2.2. Wpływ głębokości zakotwienia:

$$f_{T.E16} := 1.00 \quad f_{T.C16} := \frac{h_{act.C16}}{h_{nom.C16}} \quad f_{T.C20} := \frac{h_{act.C20}}{h_{nom.C20}}$$

### 2.2.3. Wpływ odległości między kotwami:

$$s_{min.E16} := 0.9 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{min.E16} = 85.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad s_{cr.E16} = 209 \text{ mm}$$

$$f_{A.E16} := \text{if} \left( s_1 < s_{min.E16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.E16}, 0.31 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.E16}} + 0.32, 1 \right) \right) \quad f_{A.E16} = 0.97$$

$$s_{min.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{min.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C16} := 1.5 \cdot h_{nom.C16} \quad s_{cr.C16} = 187.5 \text{ mm}$$

$$f_{A.C16} := \text{if} \left( s_1 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C16} = 1.00$$

$$s_{min.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{min.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$s_{cr.C20} := 1.5 \cdot h_{nom.C20} \quad s_{cr.C20} = 255 \text{ mm}$$

$$f_{A.C20} := \text{if} \left( s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left( s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C20} = 0.90$$

### 2.2.4. Wpływ odległości od krawędzi:

dla siły normalnej:

$$c_{Nmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Nmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16} \quad c_{Ncr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RN.E16,j,i} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.E16}, 0.27 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}} + 0.4, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Nmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C16} := 1.3 \cdot h_{act.C16}$$

$$c_{Ncr.C16} = 162.5 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C16}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C16}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

$$c_{Nmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Nmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Ncr.C20} := 1.3 \cdot h_{act.C20}$$

$$c_{Ncr.C20} = 221 \text{ mm}$$

$$f_{RN.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Nmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Ncr.C20}, 0.5 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{act.C20}} + 0.35, 1 \right) \right)$$

dla siły tnącej:

$$c_{Vmin.E16} := 1.1 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vmin.E16} = 104.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.E16} := 2.2 \cdot h_{nom.E16}$$

$$c_{Vcr.E16} = 209.0 \text{ mm}$$

$$f_{RV.E16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.E16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.E16}, 0.45 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.E16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C16} := 0.5 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vmin.C16} = 62.5 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C16} := 1.0 \cdot h_{nom.C16}$$

$$c_{Vcr.C16} = 125 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C16_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C16}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C16}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C16}}, 1 \right) \right)$$

$$c_{Vmin.C20} := 0.5 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vmin.C20} = 85 \text{ mm}$$

$$c_{Vcr.C20} := 1.0 \cdot h_{nom.C20}$$

$$c_{Vcr.C20} = 170 \text{ mm}$$

$$f_{RV.C20_{j,i}} := \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vmin.C20}, 0, \text{if} \left( c_{j,i} < c_{Vcr.C20}, 1.0 \cdot \frac{c_{j,i}}{h_{nom.C20}}, 1 \right) \right)$$

$$f_{R.0.E16_{j,i}} := f_{RN.E16_{j,i}} - \left( f_{RN.E16_{j,i}} - f_{RV.E16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.E16_i} := \prod_j f_{R.0.E16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C16_{j,i}} := f_{RN.C16_{j,i}} - \left( f_{RN.C16_{j,i}} - f_{RV.C16_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C16_i} := \prod_j f_{R.0.C16_{j,i}}$$

$$f_{R.0.C20_{j,i}} := f_{RN.C20_{j,i}} - \left( f_{RN.C20_{j,i}} - f_{RV.C20_{j,i}} \right) \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$f_{R.C20_i} := \prod_j f_{R.0.C20_{j,i}}$$

## 2.2.5. Globalny współczynnik wpływu

$$f_{G.E16_i} := f_{B.E16} \cdot f_{T.E16} \cdot f_{A.E16} \cdot f_{R.E16_i}$$

$$f_{G.C16_i} := f_{B.C16} \cdot f_{T.C16} \cdot f_{A.C16} \cdot f_{R.C16_i}$$

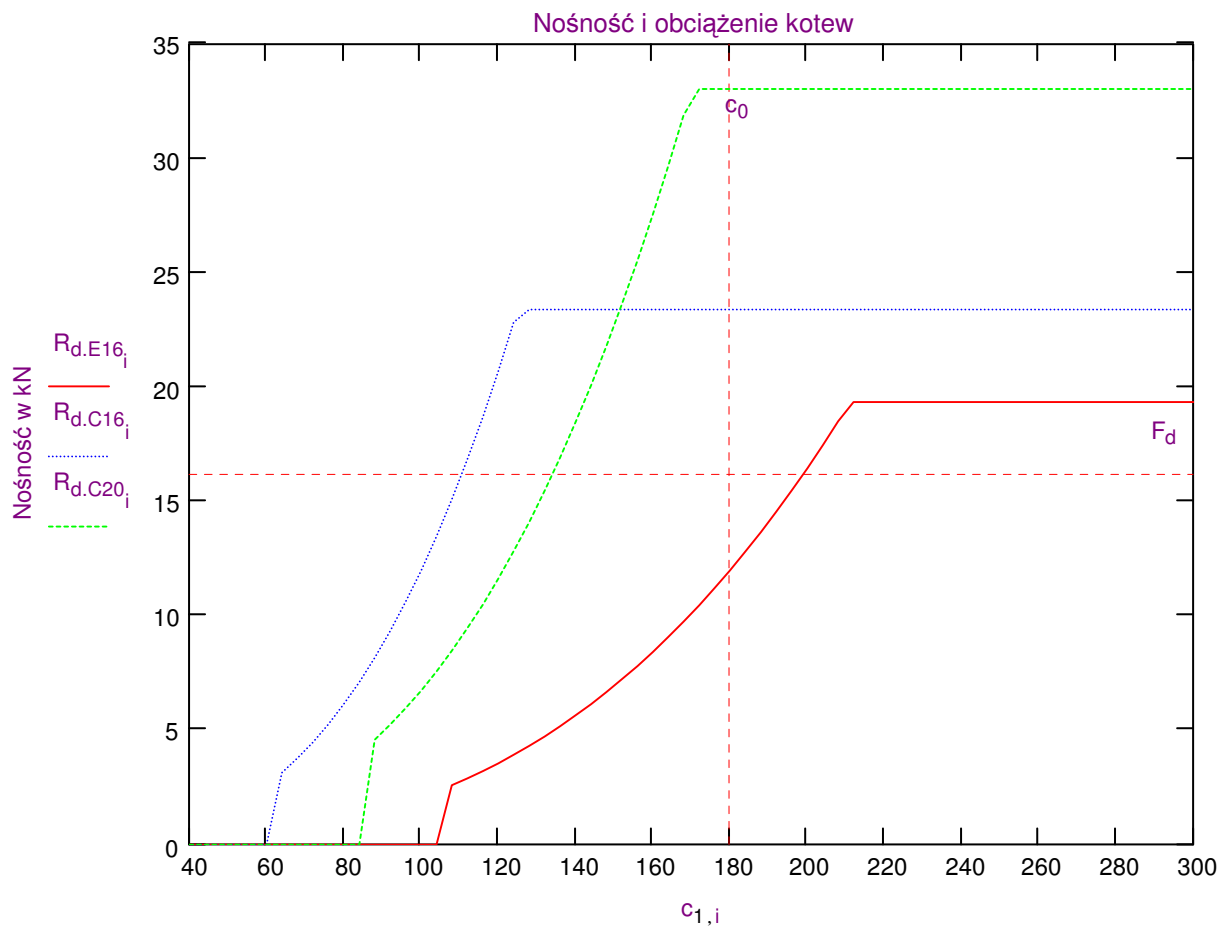
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

## 2.3. Nośność kotwy:

$$R_{d.E16_i} := F_{30\alpha.E16} \cdot f_{G.E16_i}$$

$$R_{d.C16_i} := F_{30\alpha.C16} \cdot f_{G.C16_i}$$

$R_{d.C20_i} := F_{30\alpha.C20} \cdot f_{G.C20_i}$



$$F_d = 16.2 \text{ kN}$$

$$c_0 = 180 \text{ mm}$$

**Przyjęto 2 kotwy klejone M 16.**

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 48 \text{ mm}$$

$$c = 17 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$r_i := 2 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$E := 210000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.08 \times 10^4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$g_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad g_p = 0.03 \frac{kN}{m}$$

$$A_g := h \cdot t + 2 \cdot t \cdot b - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 444 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$k := h + 2 \cdot (b + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left[ r_i + \frac{t}{2} \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_i}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_i + t) \right]$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3}{12} - \frac{(h - 2 \cdot c)^3 \cdot t}{12}$$

$$I_y = 7.08 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$e_1 := \frac{1}{2} \cdot t \cdot \frac{(t \cdot h + 2 \cdot b^2 + 4 \cdot c \cdot b - 2 \cdot c \cdot t - 4 \cdot b \cdot t)}{A_g}$$

$$k = 214.7 \text{ mm}$$

$$e_1 = 17.16 \text{ mm}$$

$$I_z := 2 \cdot \left[ \frac{(c - t)^3}{12} + (c - t) \cdot t \cdot \left( b - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{t \cdot b^3}{12} + b \cdot t \cdot \left( \frac{b}{2} - e_1 \right)^2 \right] + \frac{(h - 2 \cdot t)^3}{12} + (h - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2$$

$$I_z = 1.49 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_y := 2 \cdot \frac{I_y}{h}$$

$$W_y = 1.42 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z1} = 8710.81 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{b - e_1}$$

$$W_{z2} = 4847.82 \text{ mm}^3$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$i_y = 39.93 \text{ mm}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_g}}$$

$$i_z = 18.35 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{(h - t)^3 + 2 \cdot (b - t)^3 + 2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{3}$$

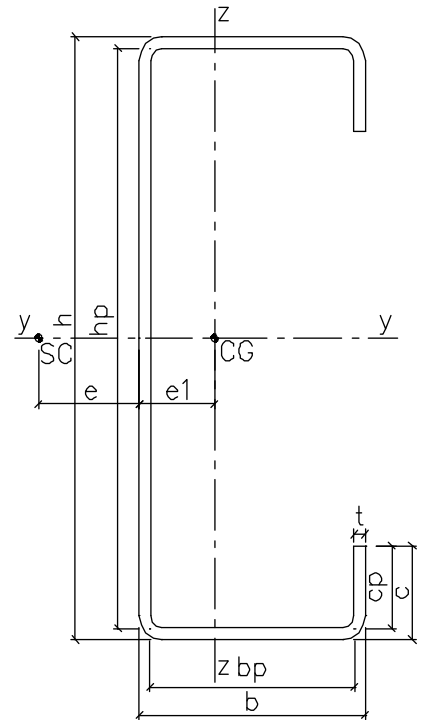
$$I_T = 592 \text{ mm}^4$$

$$e_\omega := \frac{(h - t)^2 \cdot (b - t)^2 \cdot t}{I_y} \cdot \left[ 0.25 + 0.5 \cdot \frac{c - \frac{t}{2}}{(b - t)} - 0.67 \cdot \frac{\left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{(h - t)^2 \cdot (b - t)} \right]$$

$$e := e_\omega - \frac{t}{2}$$

$$e = 22.98 \text{ mm}$$

$$I_\omega := \frac{(b - t)^2 \cdot t}{6} \cdot \left[ 4 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3 + 6 \cdot (h - t) \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^2 + 3 \cdot (h - t)^2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) + (h - t)^2 \cdot b \right] - I_y \cdot e_\omega^2 \quad I_\omega = 3.61 \times 10^8 \text{ mm}^6$$



$$b = 48 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g} \quad f_{ya} = 367.66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{t,Rd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{t,Rd} = 148.4 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 1.03$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.47$$

$$b_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \left[ \text{if} \left[ \frac{c_p}{b_p} < 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{b_p} - 0.35 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right] \right]$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.46$$

$$c_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{b_{ceff}}{2} + c_{ceff} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{ceff} \cdot t \cdot \frac{c_{ceff}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{ceff}^3 \cdot t}{12} + c_{ceff} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{ceff}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_c := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{b_p^3}{3} + \frac{h_p \cdot b_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_c \cdot I_s \cdot E}}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.86$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.89$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.88$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.88$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.88$$

$$A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$A_{ceff} := (b_{ceff} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{ceff} \cdot t + 2 \cdot A_{seff} \quad A_{ceff} = 379.93 \text{ mm}^2 \quad f_y := \text{if}(A_{ceff} = A_g, f_{ya}, f_{yb}) \quad f_y = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 120.89 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z wg 5.8

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.69 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := (h - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1h} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.113 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1c} := \frac{2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1c} := \text{if}(V_{bRd1c} < V_{pIRd1c}, V_{bRd1c}, V_{pIRd1c})$$

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8): } V_{wRd1} = 47.76 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y wg 5.8

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.32 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := 2(b - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{2 \cdot (b - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg (5.8): } V_{wRd2} = 33.80 \text{ kN}$$

$$b = 48 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym wg 6.2.2

$$\beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} \quad \alpha := 0.34$$

$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm} \dots 5400 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_y}$$

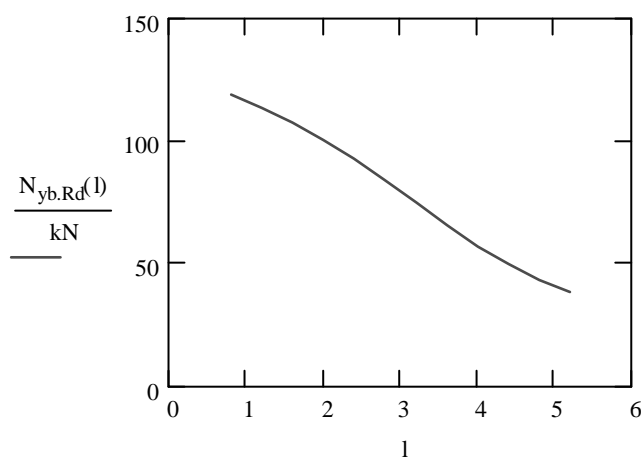
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{yb.Rd(1)} := \chi(1) \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{yb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.99	119.13
1.2	0.94	113.78
1.6	0.89	107.86
2	0.84	101.07
2.4	0.77	93.19
2.8	0.7	84.34
3.2	0.62	75.01
3.6	0.55	65.89
4	0.48	57.53
4.4	0.42	50.2
4.8	0.36	43.92
5.2	0.32	38.6



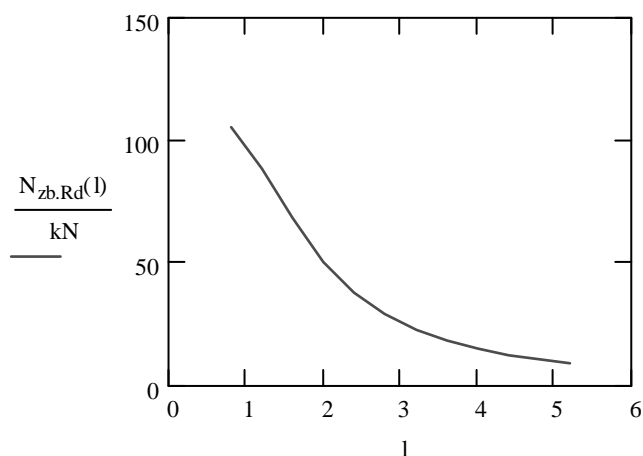
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_z}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{zb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.87	105.58
1.2	0.73	88.61
1.6	0.57	68.52
2	0.42	51.01
2.4	0.32	38.32
2.8	0.24	29.49
3.2	0.19	23.28
3.6	0.16	18.8
4	0.13	15.48
4.4	0.11	12.96
4.8	0.09	11
5.2	0.08	9.45





$$b = 48 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$k_{\sigma} := 23.9 \quad \psi := -1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}}$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] \quad h_{\text{beff}} = 100 \text{ mm}$$

$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + h_p)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 1.68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.89$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.9$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.9$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.9$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.9$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi$$

$$e_{y\text{beff}} := \frac{A_g \cdot \frac{h}{2} - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \frac{t}{2} - (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot e_s - \left[ (h - h_{\text{beff}}) \cdot \left( 0.3 \cdot h_p + \frac{h - h_p}{2} \right) \cdot t \right] - \left[ (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} \right) \right]}{A_g - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t - (A_s - A_{\text{seff}}) - (h - h_{\text{beff}}) \cdot t - (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t}$$

$$e_{y\text{beff}} = 50.81 \text{ mm}$$

$$A := \left[ I_y + A_g \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{(b - b_{\text{ceff}}) \cdot t^3}{12} + (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$B := \left[ \frac{(c - c_{\text{ceff}})^3 \cdot t}{12} + (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left[ e_{y\text{beff}} - \left( c - \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} \right) \right]^2 \right]$$

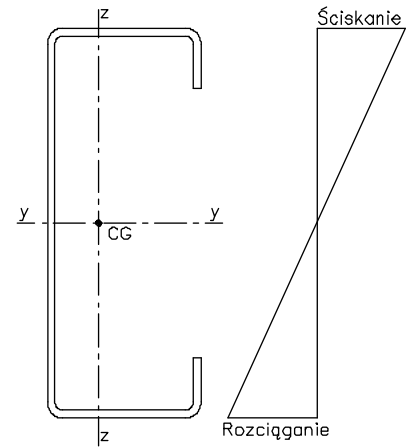
$$C := \left[ \frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

$$D := \left[ I_s \cdot (1 - \chi) + (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot (e_{y\text{beff}} - e_s)^2 \right] \quad I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

$$I_{y\text{beff}} = 6.913 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}} \quad M_{y\text{cRd}} := W_{y\text{beff}} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{y\text{cRd}} = 4.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$b = 48 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.557 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 14.34$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.25$$

$$b_c := \frac{b}{2} + \frac{b_p}{2} - e_1$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \cdot \left( e_1 + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) - 2 \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} \right)}{A_g - 2 \cdot t \cdot (\Delta b + \Delta c)} \quad \Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{bef1}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - 2 \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{12} + \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right]$$

$$W_{z\text{ef1}} := \frac{I_{z\text{bef1}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{bef1}} = 1.49 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef1}} = 4847.82 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef1}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1: } M_{1z\text{cRd}} = 1.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik ściskany wg 4

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.8 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 46.78$$

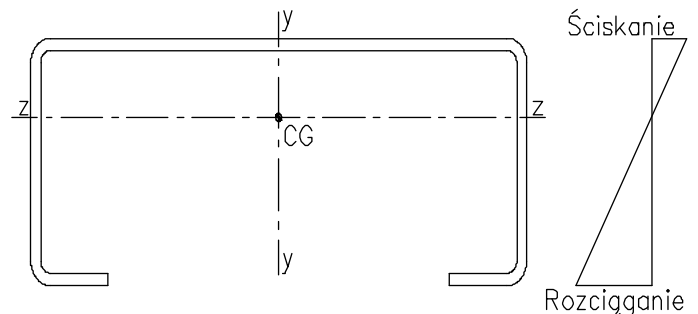
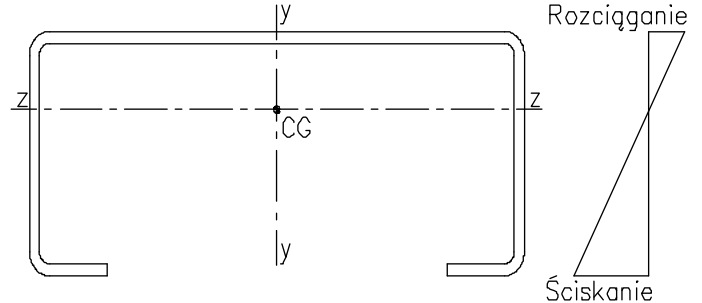
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.14$$

$$b_c := e_1 - \frac{b - b_p}{2}$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}}$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.23$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] \quad \Delta h := h - h_{\text{beff}}$$



$$e_{1ef} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \left( e_1 - b_{e2} - \frac{\Delta b}{2} \right) - \Delta h \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{A_g - 2 \cdot t \cdot \Delta b - t \cdot \Delta h} \quad \Delta e_1 := e_{1ef} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left( e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 1.49 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 4847.82 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 1.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 100 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 147 \text{ mm}$

$$R_{wRd1} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9:  $R_{wRd1} = 20.75 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd2} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd2} = 12.9 \text{ kN}$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 200 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 147 \text{ mm}$

$$R_{wRd3} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9:  $R_{wRd3} = 28.44 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd4} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd4} = 17.2 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.1 \quad \gamma_{M1} = 1.1$$

$$M_{ycRd} = 4.33 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 1.54 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 1.54 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 47.76 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 33.80 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 20.75 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 12.90 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 28.44 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 17.20 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 120.89 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

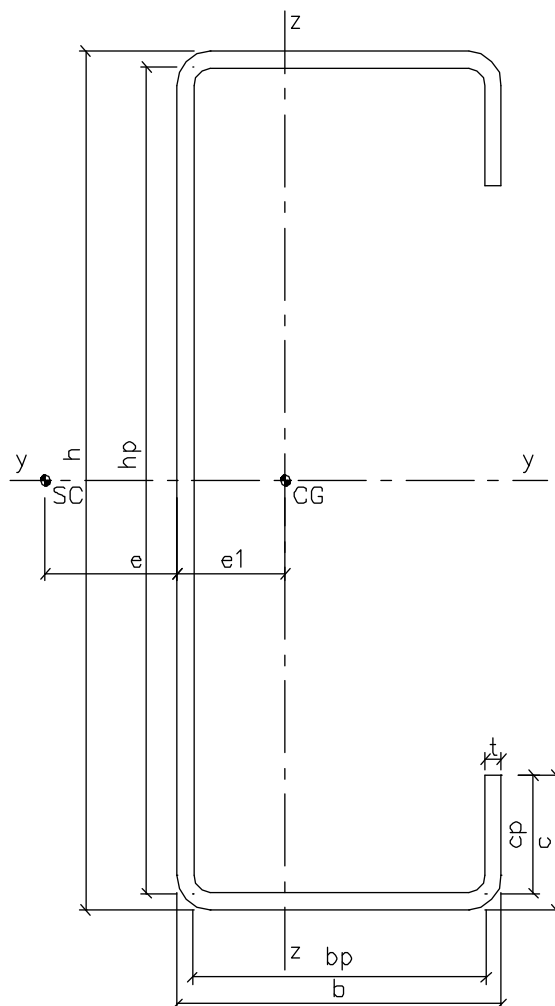
$$N_{t,Rd} = 148.40 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 800\cdot\text{mm}, 1200\cdot\text{mm} \dots 10400\cdot\text{mm}$$

$$l = \quad N_{zb,Rd}(l) = \quad N_{yb,Rd}(l) =$$

l =	$N_{zb,Rd}(l) =$	$N_{yb,Rd}(l) =$
0.8 m	105.58 kN	119.13 kN
1.2	88.61	113.78
1.6	68.52	107.86
2.0	51.01	101.07
2.4	38.32	93.19
2.8	29.49	84.34
3.2	23.28	75.01
3.6	18.80	65.89
4.0	15.48	57.53
4.4	12.96	50.20
4.8	11.00	43.92
5.2	9.45	38.60
5.6	8.21	34.10
6.0	7.20	30.29
6.4	6.36	27.06
6.8	5.66	24.29
7.2	5.07	21.92
7.6	4.57	19.87
8.0	4.13	18.09
8.4	3.76	16.54
8.8	3.44	15.17
9.2	3.15	13.96
9.6	2.90	12.90
10.0	2.68	11.94
10.4	2.48	11.09



$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 48 \text{ mm}$$

$$c = 17 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$A_g = 444 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 17.16 \text{ mm}$$

$$e = 22.98 \text{ mm}$$

$$I_y = 7.08 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1.42 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 1.49 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 8710.81 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4847.82 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 18.35 \text{ mm}$$

$$i_y = 39.93 \text{ mm}$$

$$I_T = 592.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 3.61 \times 10^8 \text{ mm}^6$$

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$c = 17 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$r_i := 2 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$E := 210000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.08 \times 10^4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$g_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad g_p = 0.04 \frac{kN}{m}$$

$$A_g := h \cdot t + 2 \cdot t \cdot b - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 552 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$k := h + 2 \cdot (b + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left[ r_i + \frac{t}{2} \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_i}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_i + t) \right]$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3}{12} - \frac{(h - 2 \cdot c)^3 \cdot t}{12}$$

$$I_y = 9.67 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$e_1 := \frac{1}{2} \cdot t \cdot \frac{(t \cdot h + 2 \cdot b^2 + 4 \cdot c \cdot b - 2 \cdot c \cdot t - 4 \cdot b \cdot t)}{A_g}$$

$$k = 268.7 \text{ mm}$$

$$e_1 = 28.77 \text{ mm}$$

$$I_z := 2 \cdot \left[ \frac{(c - t)^3}{12} + (c - t) \cdot t \cdot \left( b - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{t \cdot b^3}{12} + b \cdot t \cdot \left( \frac{b}{2} - e_1 \right)^2 \right] + \frac{(h - 2 \cdot t)^3}{12} + (h - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2$$

$$I_z = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_y := 2 \cdot \frac{I_y}{h}$$

$$W_y = 1.93 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z1} = 1.51 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{b - e_1}$$

$$W_{z2} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$i_y = 41.86 \text{ mm}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_g}}$$

$$i_z = 28.05 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{(h - t)^3 + 2 \cdot (b - t)^3 + 2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{3}$$

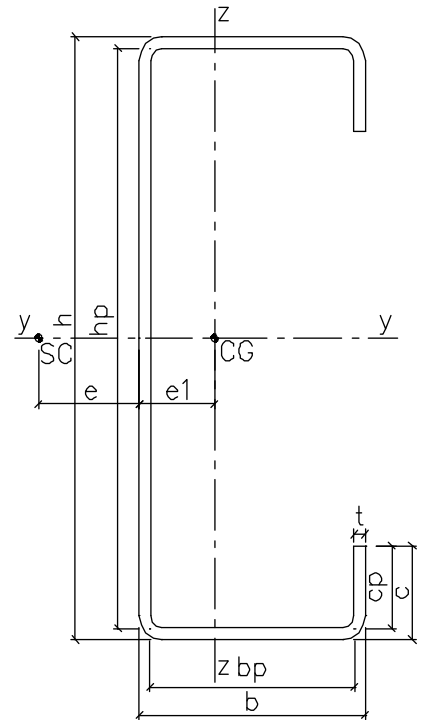
$$I_T = 736 \text{ mm}^4$$

$$e_\omega := \frac{(h - t)^2 \cdot (b - t)^2 \cdot t}{I_y} \cdot \left[ 0.25 + 0.5 \cdot \frac{c - \frac{t}{2}}{(b - t)} - 0.67 \cdot \frac{\left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{(h - t)^2 \cdot (b - t)} \right]$$

$$e := e_\omega - \frac{t}{2}$$

$$e = 36.63 \text{ mm}$$

$$I_\omega := \frac{(b - t)^2 \cdot t}{6} \cdot \left[ 4 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3 + 6 \cdot (h - t) \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^2 + 3 \cdot (h - t)^2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) + (h - t)^2 \cdot b \right] - I_y \cdot e_\omega^2 \quad I_\omega = 1.02 \times 10^9 \text{ mm}^6$$



$$b = 75 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g} \quad f_{ya} = 364.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{t,Rd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{t,Rd} = 182.8 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 1.03$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.76$$

$$b_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \left[ \text{if} \left[ \frac{c_p}{b_p} < 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{b_p} - 0.35 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right] \right]$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.46$$

$$c_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{b_{ceff}}{2} + c_{ceff} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{ceff} \cdot t \cdot \frac{c_{ceff}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{ceff}^3 \cdot t}{12} + c_{ceff} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{ceff}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_c := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{b_p^3}{3} + \frac{h_p \cdot b_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_c \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.62$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.8$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.72$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.76$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.74$$

$$A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$A_{ceff} := (b_{ceff} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{ceff} \cdot t + 2 \cdot A_{seff} \quad A_{ceff} = 433.83 \text{ mm}^2 \quad f_y := \text{if}(A_{ceff} = A_g, f_{ya}, f_{yb}) \quad f_y = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 138.04 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z wg 5.8

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.69 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := (h - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1h} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.113 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1c} := \frac{2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1c} := \text{if}(V_{bRd1c} < V_{pIRd1c}, V_{bRd1c}, V_{pIRd1c})$$

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8): } V_{wRd1} = 47.76 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y wg 5.8

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.52 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := 2(b - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{2 \cdot (b - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg (5.8): } V_{wRd2} = 53.64 \text{ kN}$$

$$b = 75 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym wg 6.2.2

$$\beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} \quad \alpha := 0.34$$

$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm} \dots 5400 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_y}$$

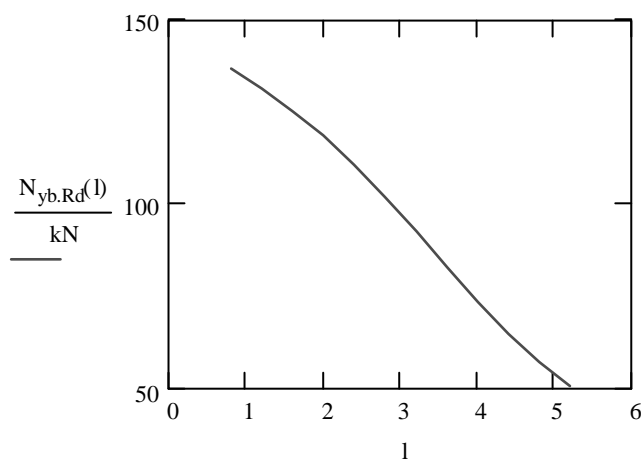
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{yb.Rd(1)} := \chi(1) \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{yb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.99	137.05
1.2	0.95	131.54
1.6	0.91	125.58
2	0.86	118.88
2.4	0.81	111.2
2.8	0.74	102.48
3.2	0.67	92.98
3.6	0.6	83.23
4	0.53	73.82
4.4	0.47	65.19
4.8	0.42	57.55
5.2	0.37	50.92



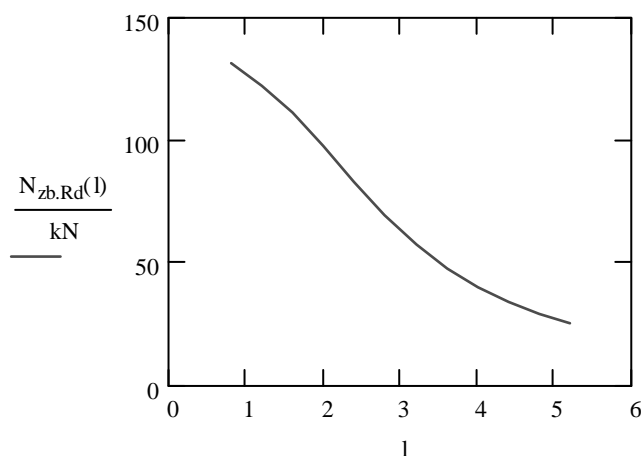
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_z}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{zb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.95	131.62
1.2	0.89	122.49
1.6	0.81	111.45
2	0.71	98.17
2.4	0.61	83.67
2.8	0.51	69.85
3.2	0.42	57.99
3.6	0.35	48.35
4	0.29	40.67
4.4	0.25	34.56
4.8	0.21	29.67
5.2	0.19	25.71





$$b = 75 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$k_{\sigma} := 23.9 \quad \psi := -1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}}$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] \quad h_{\text{beff}} = 100 \text{ mm}$$

$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + h_p)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 0.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.68$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.81$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.76$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.78$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.77$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi$$

$$e_{y\text{beff}} := \frac{A_g \cdot \frac{h}{2} - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \frac{t}{2} - (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot e_s - \left[ (h - h_{\text{beff}}) \cdot \left( 0.3 \cdot h_p + \frac{h - h_p}{2} \right) \cdot t \right] - \left[ (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} \right) \right]}{A_g - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t - (A_s - A_{\text{seff}}) - (h - h_{\text{beff}}) \cdot t - (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t}$$

$$e_{y\text{beff}} = 52.99 \text{ mm}$$

$$A := \left[ I_y + A_g \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{(b - b_{\text{ceff}}) \cdot t^3}{12} + (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$B := \left[ \frac{(c - c_{\text{ceff}})^3 \cdot t}{12} + (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left[ e_{y\text{beff}} - \left( c - \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} \right) \right]^2 \right]$$

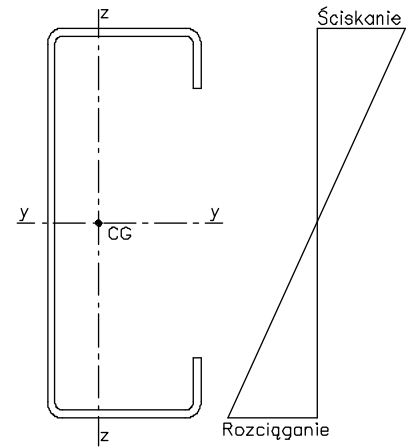
$$C := \left[ \frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

$$D := \left[ I_s \cdot (1 - \chi) + (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot (e_{y\text{beff}} - e_s)^2 \right] \quad I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

$$I_{y\text{beff}} = 8.891 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}} \quad M_{y\text{cRd}} := W_{y\text{beff}} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{y\text{cRd}} = 5.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$b = 75 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 17 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.622 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 15.51$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.39$$

$$b_c := \frac{b}{2} + \frac{b_p}{2} - e_1$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \cdot \left( e_1 + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) - 2 \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} \right)}{A_g - 2 \cdot t \cdot (\Delta b + \Delta c)} \quad \Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{bef1}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - 2 \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{12} + \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right]$$

$$W_{z\text{ef1}} := \frac{I_{z\text{bef1}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{bef1}} = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef1}} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef1}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1: } M_{1z\text{cRd}} = 2.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik ściskany wg 4

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.61 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 40.63$$

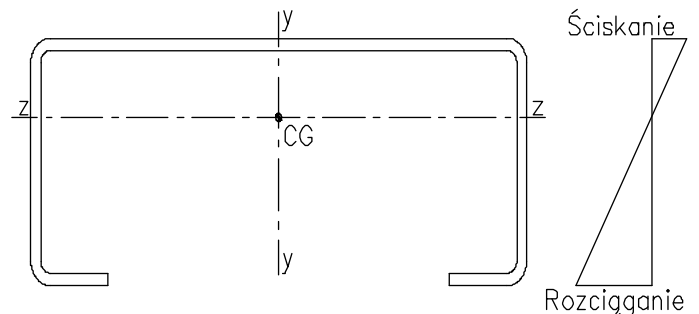
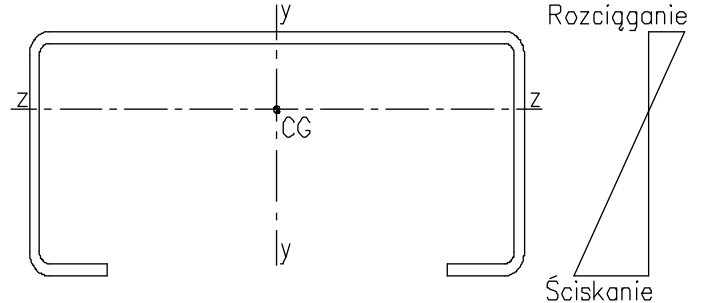
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.24$$

$$b_c := e_1 - \frac{b - b_p}{2}$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}}$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.26$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right) \right] \quad \Delta h := h - h_{\text{beff}}$$



$$e_{1ef} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \left( e_1 - b_{e2} - \frac{\Delta b}{2} \right) - \Delta h \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{A_g - 2 \cdot t \cdot \Delta b - t \cdot \Delta h} \quad \Delta e_1 := e_{1ef} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left( e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 100 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 147 \text{ mm}$

$$R_{wRd1} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9:  $R_{wRd1} = 20.75 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd2} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd2} = 12.9 \text{ kN}$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 200 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 147 \text{ mm}$

$$R_{wRd3} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9:  $R_{wRd3} = 28.44 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd4} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd4} = 17.2 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.1 \quad \gamma_{M1} = 1.1$$

$$M_{ycRd} = 5.34 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 47.76 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 53.64 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 20.75 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 12.90 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 28.44 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 17.20 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 138.04 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

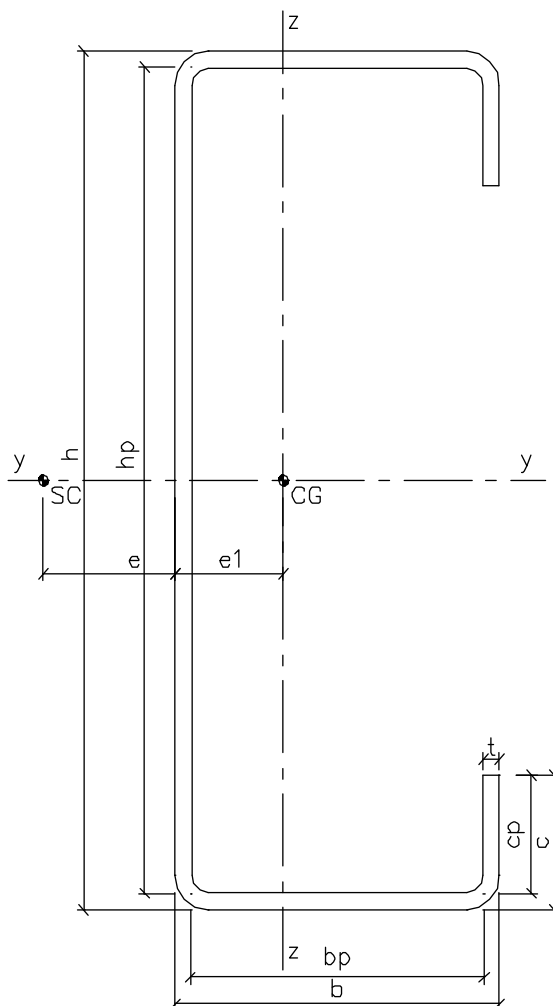
$$N_{t,Rd} = 182.76 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 800\cdot\text{mm}, 1200\cdot\text{mm} \dots 10400\cdot\text{mm}$$

$$l = \quad N_{zb,Rd}(l) = \quad N_{yb,Rd}(l) =$$

l =	m	$N_{zb,Rd}(l)$ =	$N_{yb,Rd}(l)$ =
0.8		131.62	137.05
1.2		122.49	131.54
1.6		111.45	125.58
2.0		98.17	118.88
2.4		83.67	111.20
2.8		69.85	102.48
3.2		57.99	92.98
3.6		48.35	83.23
4.0		40.67	73.82
4.4		34.56	65.19
4.8		29.67	57.55
5.2		25.71	50.92
5.6		22.48	45.21
6.0		19.80	40.32
6.4		17.58	36.13
6.8		15.70	32.52
7.2		14.10	29.40
7.6		12.74	26.69
8.0		11.56	24.33
8.4		10.54	22.27
8.8		9.65	20.45
9.2		8.86	18.84
9.6		8.17	17.41
10.0		7.56	16.13
10.4		7.01	14.99



$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$c = 17 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$A_g = 552 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 28.77 \text{ mm}$$

$$e = 36.63 \text{ mm}$$

$$I_y = 9.67 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1.93 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 1.51 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 28.05 \text{ mm}$$

$$i_y = 41.86 \text{ mm}$$

$$I_T = 736.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 1.02 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 77 \text{ mm}$$

$$c = 19 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$r_i := 3 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$E := 210000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.08 \times 10^4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad \xi_p = 0.07 \frac{kN}{m}$$

$$A_g := h \cdot t + 2 \cdot t \cdot b - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 840 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$k := h + 2 \cdot (b + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left[ r_i + \frac{t}{2} \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_i}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_i + t) \right]$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3}{12} - \frac{(h - 2 \cdot c)^3 \cdot t}{12}$$

$$I_y = 1.44 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e_1 := \frac{1}{2} \cdot t \cdot \frac{(t \cdot h + 2 \cdot b^2 + 4 \cdot c \cdot b - 2 \cdot c \cdot t - 4 \cdot b \cdot t)}{A_g}$$

$$k = 269.0 \text{ mm}$$

$$e_1 = 30.31 \text{ mm}$$

$$I_z := 2 \cdot \left[ \frac{(c - t)^3}{12} + (c - t) \cdot t \cdot \left( b - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{t \cdot b^3}{12} + b \cdot t \cdot \left( \frac{b}{2} - e_1 \right)^2 \right] + \frac{(h - 2 \cdot t)^3}{12} + (h - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2$$

$$I_z = 6.9 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_y := 2 \cdot \frac{I_y}{h}$$

$$W_y = 2.89 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z1} = 2.28 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{b - e_1}$$

$$W_{z2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$i_y = 41.44 \text{ mm}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_g}}$$

$$i_z = 28.65 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{(h - t)^3 + 2 \cdot (b - t)^3 + 2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{3}$$

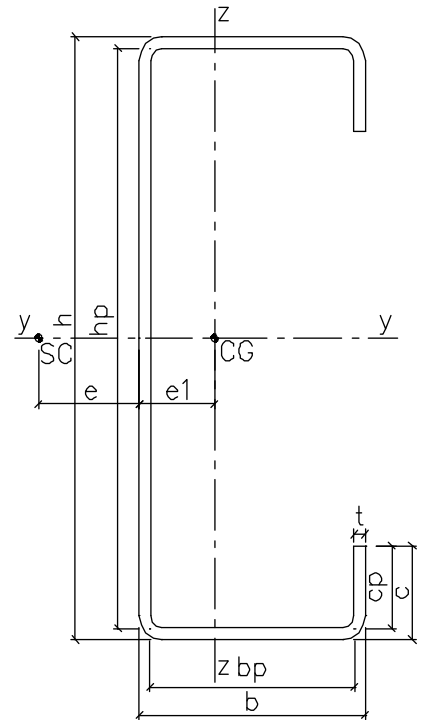
$$I_T = 2520 \text{ mm}^4$$

$$e_\omega := \frac{(h - t)^2 \cdot (b - t)^2 \cdot t}{I_y} \cdot \left[ 0.25 + 0.5 \cdot \frac{c - \frac{t}{2}}{(b - t)} - 0.67 \cdot \frac{\left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{(h - t)^2 \cdot (b - t)} \right]$$

$$e := e_\omega - \frac{t}{2}$$

$$e = 37.4 \text{ mm}$$

$$I_\omega := \frac{(b - t)^2 \cdot t}{6} \cdot \left[ 4 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3 + 6 \cdot (h - t) \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^2 + 3 \cdot (h - t)^2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) + (h - t)^2 \cdot b \right] - I_y \cdot e_\omega^2 \quad I_\omega = 1.7 \times 10^9 \text{ mm}^6$$



$$b = 77 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 19 \text{ mm} \quad t = 3 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g}$$

$$f_{ya} = 371 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{t,Rd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{t,Rd} = 283.3 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.68$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.51$$

$$b_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \left[ \text{if} \left[ \frac{c_p}{b_p} < 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{b_p} - 0.35 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right] \right]$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.33$$

$$c_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{b_{ceff}}{2} + c_{ceff} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{ceff} \cdot t \cdot \frac{c_{ceff}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{ceff}^3 \cdot t}{12} + c_{ceff} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{ceff}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_c := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{b_p^3}{3} + \frac{h_p \cdot b_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_c \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.8$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.85$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.84$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.84$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.84$$

$$A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$A_{ceff} := (b_{ceff} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{ceff} \cdot t + 2 \cdot A_{seff} \quad A_{ceff} = 787.52 \text{ mm}^2 \quad f_y := \text{if}(A_{ceff} = A_g, f_{ya}, f_{yb}) \quad f_y = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 250.57 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z wg 5.8

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.46 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := (h - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1h} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.082 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1c} := \frac{2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1c} := \text{if}(V_{bRd1c} < V_{pIRd1c}, V_{bRd1c}, V_{pIRd1c})$$

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c}$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8):  $V_{wRd1} = 72.75 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y wg 5.8

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.35 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := 2(b - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{2 \cdot (b - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg (5.8):  $V_{wRd2} = 81.56 \text{ kN}$

$$b = 77 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 19 \text{ mm} \quad t = 3 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym wg 6.2.2

$$\beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} \quad \alpha := 0.34$$

$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm} \dots 5400 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_y}$$

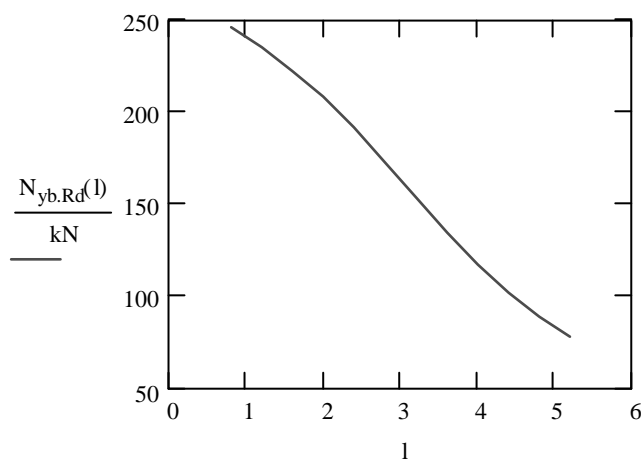
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{yb.Rd}(1) := \chi(1) \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{yb.Rd}(1)}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.98	246.75
1.2	0.94	235.54
1.6	0.89	223.13
2	0.83	208.84
2.4	0.77	192.26
2.8	0.69	173.67
3.2	0.62	154.15
3.6	0.54	135.17
4	0.47	117.86
4.4	0.41	102.74
4.8	0.36	89.81
5.2	0.31	78.88



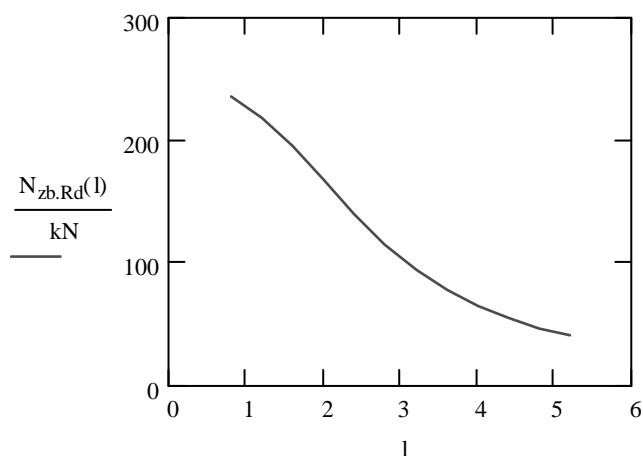
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\lambda(1) := \frac{1}{i_z}$$

$$\phi(1) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(1) - 0.2) + \lambda_r(1)^2 \right]$$

$$\chi_a(1) := \frac{1}{\phi(1) + \left( \phi(1)^2 - \lambda_r(1)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(1) := \begin{cases} \chi_a(1) & \text{if } \chi_a(1) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

l =	$\chi(1) =$	$\frac{N_{zb.Rd}(1)}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.94	236.79
1.2	0.87	218.52
1.6	0.78	196.01
2	0.68	169.17
2.4	0.56	141.13
2.8	0.46	115.85
3.2	0.38	95.09
3.6	0.31	78.71
4	0.26	65.88
4.4	0.22	55.8
4.8	0.19	47.78
5.2	0.16	41.33





$$b = 77 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 19 \text{ mm} \quad t = 3 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$k_{\sigma} := 23.9 \quad \psi := -1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}}$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] \quad h_{\text{beff}} = 100 \text{ mm}$$

$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + h_p)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 1.85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.83$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.87$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.86$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.86$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.86$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi$$

$$e_{y\text{beff}} := \frac{A_g \cdot \frac{h}{2} - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \frac{t}{2} - (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot e_s - \left[ (h - h_{\text{beff}}) \cdot \left( 0.3 \cdot h_p + \frac{h - h_p}{2} \right) \cdot t \right] - \left[ (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} \right) \right]}{A_g - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t - (A_s - A_{\text{seff}}) - (h - h_{\text{beff}}) \cdot t - (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t}$$

$$e_{y\text{beff}} = 51.27 \text{ mm}$$

$$A := \left[ I_y + A_g \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{(b - b_{\text{ceff}}) \cdot t^3}{12} + (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$B := \left[ \frac{(c - c_{\text{ceff}})^3 \cdot t}{12} + (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left[ e_{y\text{beff}} - \left( c - \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} \right) \right]^2 \right]$$

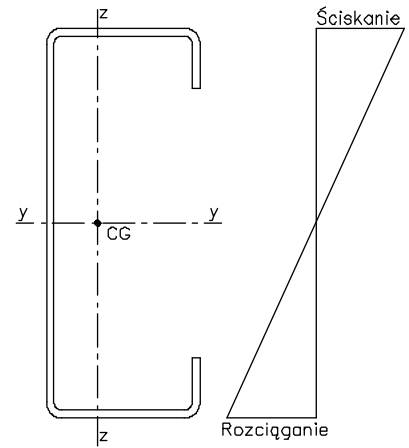
$$C := \left[ \frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

$$D := \left[ I_s \cdot (1 - \chi) + (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot (e_{y\text{beff}} - e_s)^2 \right] \quad I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

$$I_{y\text{beff}} = 1.394 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}} \quad M_{y\text{cRd}} := W_{y\text{beff}} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{y\text{cRd}} = 8.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$b = 77 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 19 \text{ mm} \quad t = 3 \text{ mm} \quad f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik rozciągany wg 4

$$\Psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \Psi = -0.649 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \Psi + 9.78 \cdot \Psi^2$$

$$k_\sigma = 16.01$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.26$$

$$b_c := \frac{b}{2} + \frac{b_p}{2} - e_1$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \cdot \left( e_1 + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) - 2 \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} \right)}{A_g - 2 \cdot t \cdot (\Delta b + \Delta c)} \quad \Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{bef1}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - 2 \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{12} + \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right]$$

$$W_{z\text{ef1}} := \frac{I_{z\text{bef1}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{bef1}} = 6.90 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef1}} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef1}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1: } M_{1z\text{cRd}} = 4.70 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik ściskany wg 4

$$\Psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \Psi = -1.54 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \Psi)^2 \quad k_\sigma = 38.6$$

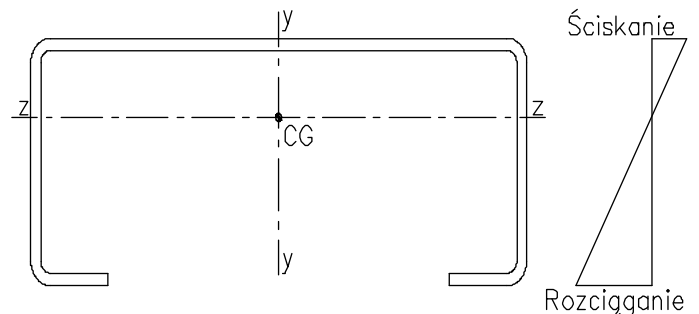
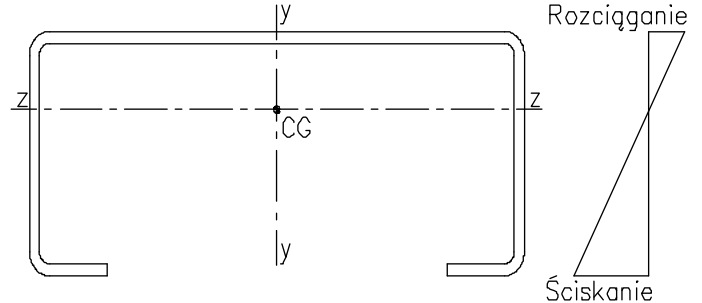
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.16$$

$$b_c := e_1 - \frac{b - b_p}{2}$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}}$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.18$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right) \right] \quad \Delta h := h - h_{\text{beff}}$$



$$e_{1ef} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \left( e_1 - b_{e2} - \frac{\Delta b}{2} \right) - \Delta h \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{A_g - 2 \cdot t \cdot \Delta b - t \cdot \Delta h} \quad \Delta e_1 := e_{1ef} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left( e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 6.90 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 100 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 145.5 \text{ mm}$

$$R_{wRd1} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9:  $R_{wRd1} = 43.71 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd2} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd2} = 26.67 \text{ kN}$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{N}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 200 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 145.5 \text{ mm}$

$$R_{wRd3} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9:  $R_{wRd3} = 52.57 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd4} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd4} = 33.34 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.1 \quad \gamma_{M1} = 1.1$$

$$M_{ycRd} = 8.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{IzcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 72.75 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 81.56 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 43.71 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 26.67 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 52.57 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 33.34 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 250.57 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

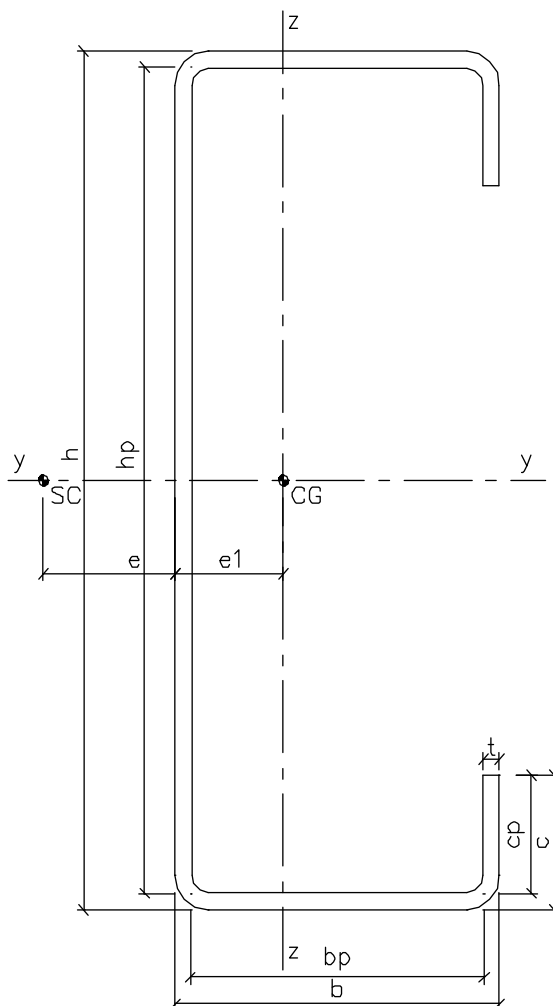
$$N_{t,Rd} = 283.31 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 800\cdot\text{mm}, 1200\cdot\text{mm} \dots 10400\cdot\text{mm}$$

$$l = \quad N_{zb,Rd}(l) = \quad N_{yb,Rd}(l) =$$

l =	N <sub>zb,Rd</sub> (l) =	N <sub>yb,Rd</sub> (l) =
0.8 m	236.79 kN	246.75 kN
1.2	218.52	235.54
1.6	196.01	223.13
2.0	169.17	208.84
2.4	141.13	192.26
2.8	115.85	173.67
3.2	95.09	154.15
3.6	78.71	135.17
4.0	65.88	117.86
4.4	55.80	102.74
4.8	47.78	89.81
5.2	41.33	78.88
5.6	36.08	69.66
6.0	31.76	61.87
6.4	28.16	55.25
6.8	25.13	49.59
7.2	22.57	44.74
7.6	20.37	40.55
8.0	18.48	36.92
8.4	16.84	33.74
8.8	15.41	30.95
9.2	14.15	28.49
9.6	13.04	26.30
10.0	12.06	24.36
10.4	11.18	22.63



$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 77 \text{ mm}$$

$$c = 19 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$A_g = 840 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 30.31 \text{ mm}$$

$$e = 37.40 \text{ mm}$$

$$I_y = 1.44 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 2.89 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 6.90 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 2.28 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 28.65 \text{ mm}$$

$$i_y = 41.44 \text{ mm}$$

$$I_T = 2520.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 1.70 \times 10^9 \text{ mm}^6$$



$$b = 78 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 33 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g} \quad f_{ya} = 441.96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{t,Rd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{t,Rd} = 491.8 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.54$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.41$$

$$b_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \left[ \text{if} \left[ \frac{c_p}{b_p} < 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{b_p} - 0.35 \right)^3 \right] \right] \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.43$$

$$c_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{b_{ceff}}{2} + c_{ceff} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{ceff} \cdot t \cdot \frac{c_{ceff}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{ceff}^3 \cdot t}{12} + c_{ceff} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{ceff}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_C := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{b_p^3}{3} + \frac{h_p \cdot b_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_C \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.92$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.92$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.92$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.92$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.92$$

$$A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$A_{ceff} := (b_{ceff} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{ceff} \cdot t + 2 \cdot A_{seff} \quad A_{ceff} = 1182.66 \text{ mm}^2 \quad f_y := \text{if}(A_{ceff} = A_g, f_{ya}, f_{yb}) \quad f_y = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 451.56 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z wg 5.8

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.37 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := (h - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1h} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.12 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1c} := \frac{2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1c} := \text{if}(V_{bRd1c} < V_{pIRd1c}, V_{bRd1c}, V_{pIRd1c})$$

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c}$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8):  $V_{wRd1} = 139.32 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y wg 5.8

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.29 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := 2(b - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{2 \cdot (b - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg (5.8):  $V_{wRd2} = 130.50 \text{ kN}$

$$b = 78 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 33 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym wg 6.2.2

$$\beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} \quad \alpha := 0.34$$

$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm} \dots 5400 \cdot \text{mm}$$

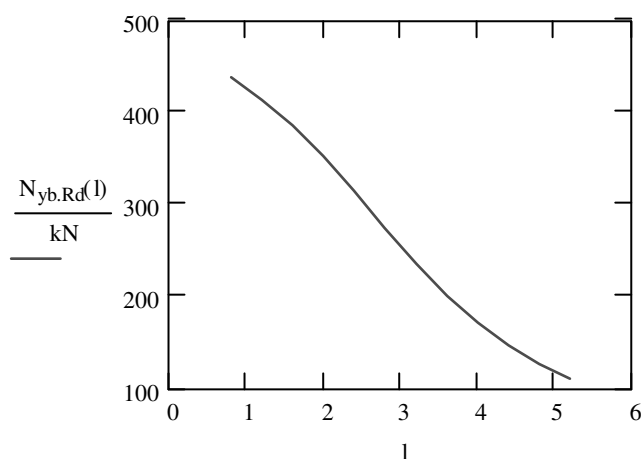
$$\lambda(l) := \frac{1}{i_y}$$

$$\lambda_r(l) := \frac{\lambda(l)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\phi(l) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(l) - 0.2) + \lambda_r(l)^2 \right] \quad \chi_a(l) := \frac{1}{\phi(l) + \left( \phi(l)^2 - \lambda_r(l)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(l) := \begin{cases} \chi_a(l) & \text{if } \chi_a(l) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{yb.Rd}(l) := \chi(l) \cdot N_{c.Rd}$$

$l =$	$\chi(l) =$	$\frac{N_{yb.Rd}(l)}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.97	438.51
1.2	0.92	414.33
1.6	0.86	386.46
2	0.78	353.35
2.4	0.7	315.13
2.8	0.61	274.49
3.2	0.52	235.43
3.6	0.44	200.82
4	0.38	171.55
4.4	0.33	147.34
4.8	0.28	127.45
5.2	0.25	111.07



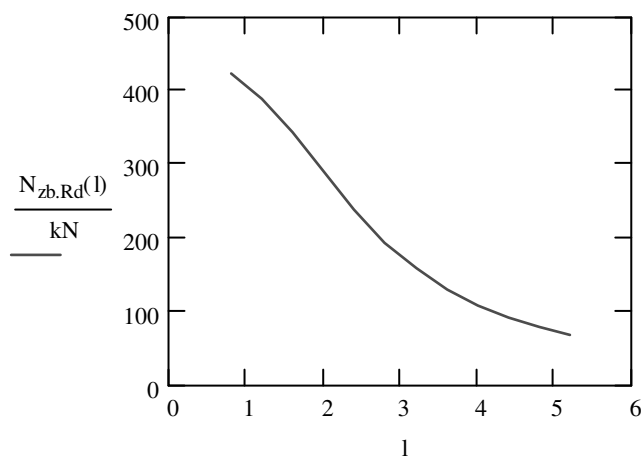
$$\lambda_r(l) := \frac{\lambda(l)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\lambda(l) := \frac{1}{i_z}$$

$$\phi(l) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(l) - 0.2) + \lambda_r(l)^2 \right] \quad \chi_a(l) := \frac{1}{\phi(l) + \left( \phi(l)^2 - \lambda_r(l)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(l) := \begin{cases} \chi_a(l) & \text{if } \chi_a(l) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{zb.Rd}(l) := \chi(l) \cdot N_{c.Rd}$$

$l =$	$\chi(l) =$	$\frac{N_{zb.Rd}(l)}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.94	423.41
1.2	0.86	387.76
1.6	0.76	343.26
2	0.64	291
2.4	0.53	238.67
2.8	0.43	193.54
3.2	0.35	157.63
3.6	0.29	129.82
4	0.24	108.31
4.4	0.2	91.52
4.8	0.17	78.24
5.2	0.15	67.6





$$b = 78 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 33 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$k_{\sigma} := 23.9 \quad \psi := -1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}}$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] h_{\text{beff}} = 100 \text{ mm}$$

$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + h_p)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 4.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.93$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.93$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.93$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.93$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.93$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi$$

$$e_{y\text{beff}} := \frac{A_g \cdot \frac{h}{2} - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \frac{t}{2} - (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot e_s - \left[ (h - h_{\text{beff}}) \cdot \left( 0.3 \cdot h_p + \frac{h - h_p}{2} \right) \cdot t \right] - \left[ (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} \right) \right]}{A_g - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t - (A_s - A_{\text{seff}}) - (h - h_{\text{beff}}) \cdot t - (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t}$$

$$e_{y\text{beff}} = 50.62 \text{ mm}$$

$$A := \left[ I_y + A_g \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{(b - b_{\text{ceff}}) \cdot t^3}{12} + (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$B := \left[ \frac{(c - c_{\text{ceff}})^3 \cdot t}{12} + (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left[ e_{y\text{beff}} - \left( c - \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} \right) \right]^2 \right]$$

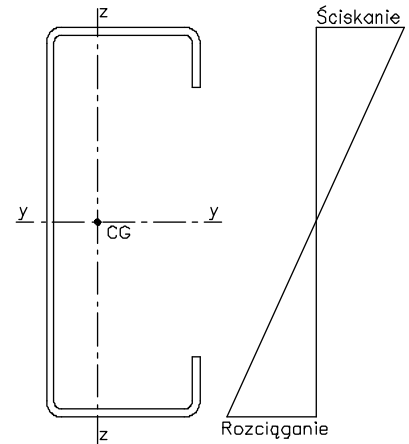
$$C := \left[ \frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

$$D := \left[ I_s \cdot (1 - \chi) + (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot (e_{y\text{beff}} - e_s)^2 \right] \quad I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

$$I_{y\text{beff}} = 1.912 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}} \quad M_{y\text{cRd}} := W_{y\text{beff}} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{y\text{cRd}} = 14.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$b = 78 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 33 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.809 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 19.31$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.19$$

$$b_c := \frac{b}{2} + \frac{b_p}{2} - e_1$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{eff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \left( e_1 + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) - 2 \Delta c \cdot t \left( b - \frac{t}{2} \right)}{A_g - 2 \cdot t \cdot (\Delta b + \Delta c)} \quad \Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left( I_z + A_g \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - 2 \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{12} + \Delta c \cdot t \left( b - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right]$$

$$W_{z\text{efl}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{befl}} = 1.12 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{efl}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1: } M_{1z\text{cRd}} = 9.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik ściskany wg 4

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.24 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi) \quad k_\sigma = 29.89$$

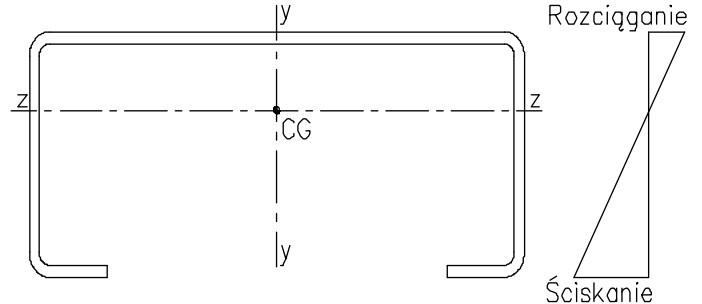
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.15$$

$$b_c := e_1 - \frac{b - b_p}{2}$$

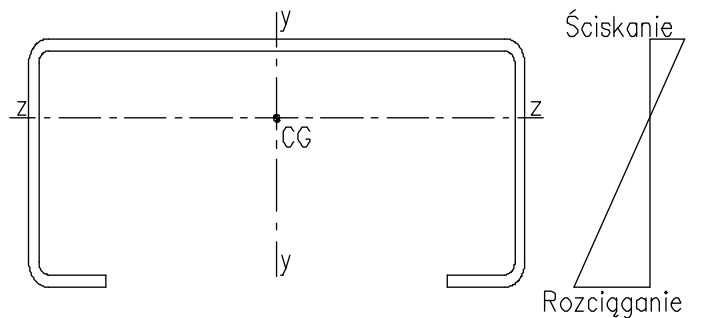
$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}}$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.18$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right) \right] \quad \Delta h := h - h_{\text{beff}}$$



Rozciąganie  
Ściskanie



Ściskanie  
Rozciąganie

$$e_{1ef} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \left( e_1 - b_{e2} - \frac{\Delta b}{2} \right) - \Delta h \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{A_g - 2 \cdot t \cdot \Delta b - t \cdot \Delta h} \quad \Delta e_1 := e_{1ef} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left( e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 1.12 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 2.59 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 9.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 100 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 144 \text{ mm}$

$$R_{wRd1} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9:  $R_{wRd1} = 83.02 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd2} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd2} = 47.55 \text{ kN}$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 200 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5 (h - t) = 144 \text{ mm}$

$$R_{wRd3} := \text{if} \left[ \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9:  $R_{wRd3} = 95.38 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd4} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd4} = 57.06 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.1 \quad \gamma_{M1} = 1.1$$

$$M_{ycRd} = 14.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 9.90 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 9.90 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 139.32 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 130.50 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 83.02 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 47.55 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 95.38 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 57.06 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na średnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 451.56 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

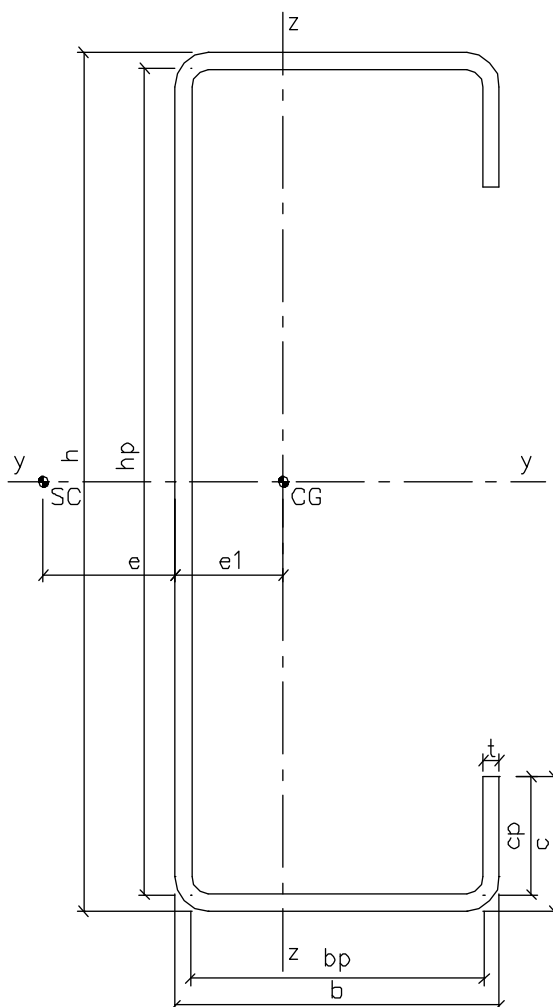
$$N_{t,Rd} = 491.78 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 800\text{-mm}, 1200\text{-mm} \dots 10400\text{-mm}$$

$$l = \quad N_{zb,Rd}(l) = \quad N_{yb,Rd}(l) =$$

l =	m	$N_{zb,Rd}(l) =$ kN	$N_{yb,Rd}(l) =$ kN
0.8		423.41	438.51
1.2		387.76	414.33
1.6		343.26	386.46
2.0		291.00	353.35
2.4		238.67	315.13
2.8		193.54	274.49
3.2		157.63	235.43
3.6		129.82	200.82
4.0		108.31	171.55
4.4		91.52	147.34
4.8		78.24	127.45
5.2		67.60	111.07
5.6		58.96	97.51
6.0		51.86	86.21
6.4		45.95	76.71
6.8		40.99	68.67
7.2		36.79	61.81
7.6		33.20	55.91
8.0		30.11	50.81
8.4		27.43	46.37
8.8		25.09	42.49
9.2		23.04	39.07
9.6		21.23	36.04
10.0		19.62	33.35
10.4		18.19	30.95



$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 78 \text{ mm}$$

$$c = 33 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$A_g = 1224 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 34.89 \text{ mm}$$

$$e = 42.66 \text{ mm}$$

$$I_y = 1.94 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 3.89 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 1.12 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 3.20 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 2.59 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 30.22 \text{ mm}$$

$$i_y = 39.86 \text{ mm}$$

$$I_T = 6528.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 4.33 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$h = 119 \text{ mm}$$

$$c = 42 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$r_i := 5 \cdot \text{mm}$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.0769 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$k := b + 2 \cdot (h + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left[ r_i + \frac{t}{2} \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_i}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_i + t) \right]$$

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g}$$

$$e_1 := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left( h - \frac{t}{2} \right) + h \cdot 2 \cdot t \cdot \frac{h}{2}}{A_g}$$

$$I_z := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t^3}{12} + (b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{(2 \cdot c - 2 \cdot t) \cdot t^3}{12} + (2 \cdot c - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( h - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{h^3 \cdot 2 \cdot t}{12} + h \cdot 2 \cdot t \cdot \left( \frac{h}{2} - e_1 \right)^2$$

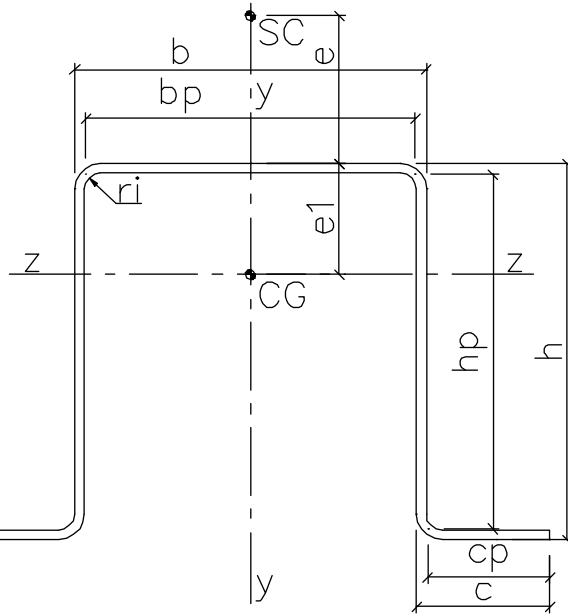
$$I_y := \frac{(c - t)^3 \cdot t}{12} \cdot 2 + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left[ \frac{b}{2} + \frac{(c - t)}{2} \right]^2 + \frac{b^3 \cdot h}{12} - \frac{(h - t) \cdot (b - 2 \cdot t)^3}{12}$$

$$e := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \left[ 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 8 \cdot c^3 + 3 \cdot c^2 \cdot (h - t) \right]}{12 \cdot I_y} - \frac{t}{2}$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{h - e_1}$$

$$W_y := \frac{I_y}{\left( \frac{b}{2} \right) - t + c}$$



$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$A_g := b \cdot t + 2 \cdot t \cdot h - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 1664 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$h_p = 110.90 \text{ mm}$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p = 101.90 \text{ mm}$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p = 37.95 \text{ mm}$$

$$k = 400.2 \text{ mm}$$

$$f_{ya} = 436.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 55.91 \text{ mm}$$

$$I_z = 3.46 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 4.73 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 19.37 \text{ mm}$$

$$W_{z1} = 6.18 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 5.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 5.09 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_g}}$$

$$i_z = 45.58 \text{ mm}$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$i_y = 53.32 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{t^3 \cdot [2 \cdot (h - t) + (b + 2 \cdot c - 2 \cdot t)]}{3}$$

$$I_T = 8.875 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$A := (h - t)^2 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot t$$

$$B := 2 \cdot c \cdot [3 \cdot (b - 2 \cdot t)^3 - 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 4 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 24 \cdot c^3]$$

$$D := 3 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)^2$$

$$E_0 := 12 \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 12 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 8 \cdot c^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)]$$

$$F := 2 \cdot (h - t) \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 24 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 56 \cdot c^3]$$

$$I_\omega := \frac{A \cdot (B + F + D)}{E_0}$$

$$I_\omega = 4.979 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$\gamma_{M0} = 1.10$$

$$N_{tRd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{tRd} = 659.78 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.60$$

$$b_{\text{eff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.65$$

$$h_{\text{ceff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \text{if} \left[ \frac{c_p}{h_p} \leq 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{h_p} - 0.35 \right)^{\left( \frac{2}{3} \right)} \right] \right] \quad k_\sigma = 0.50$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.63$$

$$c_{\text{ceff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{\text{ceff}} \cdot t \cdot \frac{c_{\text{ceff}}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{\text{ceff}}^3 \cdot t}{12} + c_{\text{ceff}} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{\text{ceff}}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_c := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{h_p^3}{3} + \frac{b_p \cdot h_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{\text{cr},s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_c \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.838$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.873$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.866$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi \quad I_{\text{seff}} := I_s \cdot \chi$$

$$A_{\text{ceff}} := (b_{\text{eff}} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{\text{ceff}} \cdot t + 2 \cdot A_{\text{seff}}$$

$$f_y := \text{if}(A_{\text{ceff}} = A_g, f_{ya}, f_{yb})$$

$$N_{c,Rd} := \frac{f_y \cdot A_{\text{ceff}}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3:  $N_{c,Rd} = 595.71 \text{ kN}$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi y-y wg 6.2.2

$$l := 1500 \cdot \text{mm}, 2000 \cdot \text{mm}.. 6000 \cdot \text{mm} \quad \lambda_{y(1)} := \frac{l}{i_y} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left( \frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

$$\lambda_{yr(1)} := \frac{\lambda_{y(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{y(1)} := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_{yr(1)} - 0.2) + \lambda_{yr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{ya(1)} := \frac{1}{\phi_{y(1)} + (\phi_{y(1)}^2 - \lambda_{yr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{y(1)} := \begin{cases} \chi_{ya(1)} & \text{if } \chi_{ya(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{yb.Rd(1)} := \chi_{y(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

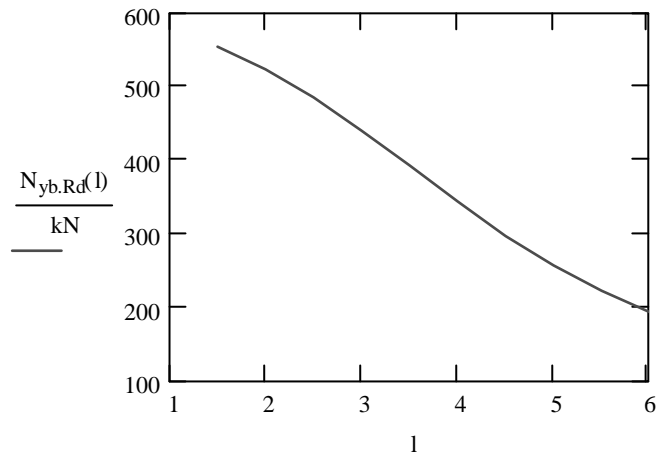
Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi z-z wg 6.2.2

$$\lambda_{z(1)} := \frac{l}{i_z} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left( \frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

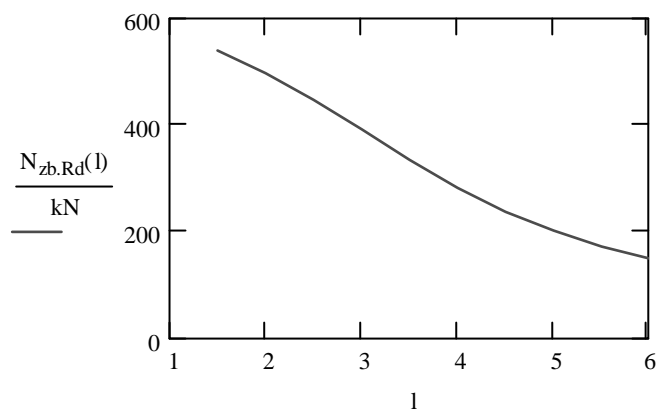
$$\lambda_{zr(1)} := \frac{\lambda_{z(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{z(1)} := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_{zr(1)} - 0.2) + \lambda_{zr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{za(1)} := \frac{1}{\phi_{z(1)} + (\phi_{z(1)}^2 - \lambda_{zr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{z(1)} := \begin{cases} \chi_{za(1)} & \text{if } \chi_{za(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{zb.Rd(1)} := \chi_{z(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi_{y(1)} =$	$\frac{N_{yb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.93	554.54
2.00	0.88	522.19
2.50	0.81	484.39
3.00	0.74	440.47
3.50	0.66	392.02
4.00	0.58	342.86
4.50	0.50	296.90
5.00	0.43	256.42
5.50	0.37	221.96
6.00	0.32	193.05



l =	$\chi_{z(1)} =$	$\frac{N_{zb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.90	538.64
2.00	0.83	497.19
2.50	0.75	447.46
3.00	0.66	391.09
3.50	0.56	333.85
4.00	0.47	281.71
4.50	0.40	237.49
5.00	0.34	201.24
5.50	0.29	171.88
6.00	0.25	148.08





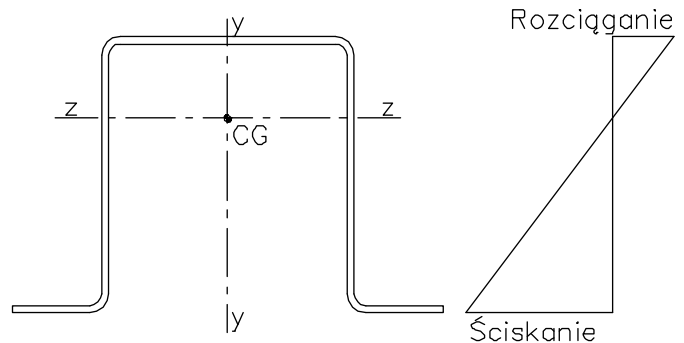
Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{h - e_1} \quad \psi = -0.89 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 21.06$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.28$$

$$h_c := \frac{h}{2} + \frac{h_p}{2} - e_1$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}}$$

$$\Delta h := h_c - h_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - \Delta h \cdot t \cdot 2 \cdot \left( e_1 + h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} \right) - \Delta c \cdot 2 \cdot t \cdot \left( h - \frac{t}{2} \right)}{A_g - \Delta h \cdot t \cdot 2 - \Delta c \cdot t \cdot 2}$$

$$\Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - \left[ \frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \frac{\Delta h \cdot t}{0.5} \cdot \left( h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{6} + \frac{\Delta c \cdot t}{0.5} \cdot \left( h - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right] \quad I_{z\text{befl}} = 3.46 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{h - e_{1\text{ef}}} \quad W_{z\text{ef}} = 5.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

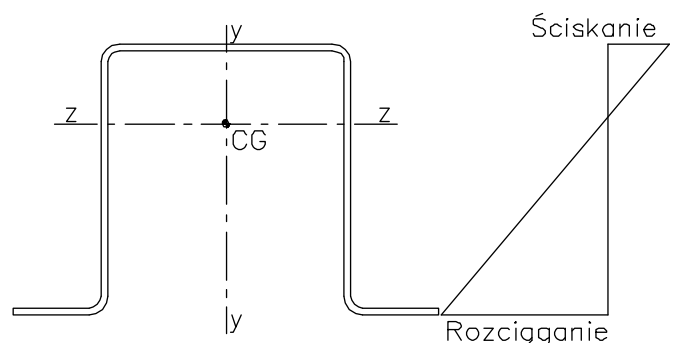
$$M_{1z\text{Rd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środek rozciągany wg 5.4.1:} \quad M_{1z\text{Rd}} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek ściskany wg 4

$$\psi := \frac{h - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.13 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 27.09$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.25$$

$$h_c := e_1 - \frac{h - h_p}{2}$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}} \quad \Delta h := h_c - h_{\text{beff}}$$

$$\psi := \frac{e_1}{h - e_1} \quad \psi = 0.89$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \psi}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.564$$

$$b_{eff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$\Delta b := b - b_{eff}$$

$$e_{1eff} := \frac{A_g e_1 - \Delta b \cdot t \cdot \frac{t}{2} - \Delta h \cdot 2 \cdot t \cdot \left( e_1 - h_{e2} - \frac{\Delta h}{2} \right)}{A_g - \Delta b \cdot t - \Delta h \cdot t \cdot 2} \quad \Delta e_1 := e_{1eff} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \Delta e_1^2 \right) - \left[ \frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \Delta h \cdot t \cdot 2 \cdot \left( \Delta e_1 + h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta b \cdot t^3}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( e_{1eff} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{h - e_{1ef}}$$

$$W_{zef2} = 5.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1:  $M_{2zRd} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$\psi := -1$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.25 \quad b_c := \frac{b_p}{2}$$

$$b_{beff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{beff} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{beff}$$

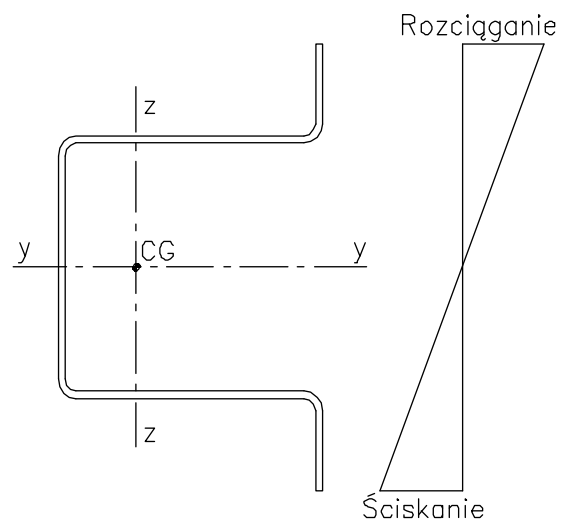
$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_p^2 \cdot (h_p + b_p)}$$

$$\Delta b := b_c - b_{beff}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot I_s \cdot E}}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.86$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.885$$



$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.881$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$b_{tot} := b + 2 \cdot (c - t) \quad I_{seff} := I_s \cdot \chi \quad \Delta I_s := I_s - I_{seff} \quad t_{ceff} := \chi \cdot t \quad A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$\Delta c := c - c_{ceff} \quad \Delta h := h - h_{ceff} \quad \Delta b := b_c - b_{beff} \quad e_y := \frac{b_{tot}}{2} \quad \Delta t := t - t_{ceff} \quad \Delta A_s := A_s - A_{seff}$$

$$e_{yeff} := \frac{A_g \cdot e_y - \left[ \Delta c \cdot t \left( b_{tot} - \frac{\Delta c}{2} \right) \right] - \left[ \Delta h \cdot t \left( b + c - 3 \cdot \frac{t}{2} \right) \right] - \left[ \Delta b \cdot t \left( e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) \right] - \Delta A_s \cdot (c + b - 2t + e_s)}{A_g - (\Delta c + \Delta h + \Delta b) \cdot t - \Delta A_s}$$

$$\Delta e_y := e_y - e_{yeff} \quad a_{\Delta c} := \Delta e_y + \frac{b_{tot}}{2} - \frac{\Delta c}{2} \quad a_{\Delta h} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - \frac{t}{2} \quad a_{\Delta b} := \Delta e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \quad a_{\Delta s} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - t + e_s$$

$$I_{ybeff} := \left( I_y + A_g \cdot \Delta e_y^2 \right) - \left[ \left( \frac{\Delta c^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta c \cdot t \cdot a_{\Delta c}^2 \right] - \left[ \left( \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} \right) + \Delta h \cdot t \cdot a_{\Delta h}^2 \right] - \left[ \left( \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta b \cdot t \cdot a_{\Delta b}^2 \right] - \left( \Delta I_s + \Delta A_s \cdot a_{\Delta s}^2 \right)$$

$$I_{ybeff} = 4.54573 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{yeff} := \frac{I_{ybeff}}{b_{tot} - e_{yeff}} \quad W_{yeff} = 4.80 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{yRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{yeff}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{yRd} = 18.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.44$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := 2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg 5.8:  $V_{wRd1} = 202.81 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.41$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := (b-t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{(b-t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2b} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c-0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.155$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2c} := \frac{2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2c} := \text{if}(V_{bRd2c} < V_{pIRd2c}, V_{bRd2c}, V_{pIRd2c})$$

$$V_{wRd2} := V_{wRd2b} + V_{wRd2c}$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg 5.8:  $V_{wRd2} = 164.01 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.10 \quad \gamma_{M1} = 1.10$$

$$M_{yRd} = 18.32 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{IzRd} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zRd} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd2} = 164.01 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd1} = 202.81 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$N_{c,Rd} = 595.71 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

$$N_{tRd} = 659.78 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 1500\cdot\text{mm}, 2000\cdot\text{mm}.. 16500\cdot\text{mm}$$

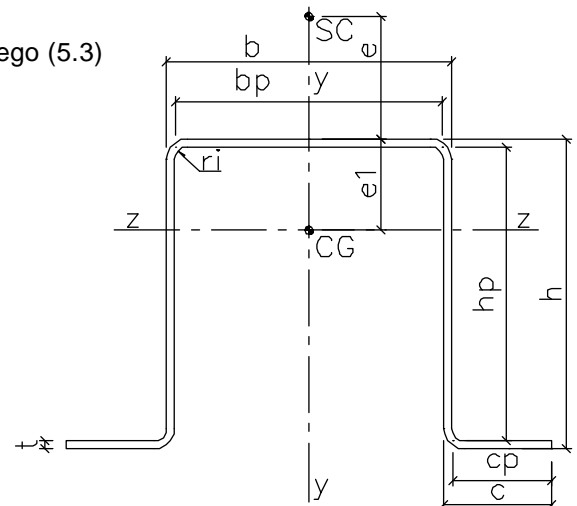
$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

l =		$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
1.5	m	554.54 kN	538.64 kN
2.0		522.19	497.19
2.5		484.39	447.46
3.0		440.47	391.09
3.5		392.02	333.85
4.0		342.86	281.71
4.5		296.90	237.49
5.0		256.42	201.24
5.5		221.96	171.88
6.0		193.05	148.08
6.5		168.93	128.67
7.0		148.76	112.71
7.5		131.83	99.47
8.0		117.53	88.39
8.5		105.36	79.04
9.0		94.95	71.07
9.5		85.98	64.24
10.0		78.21	58.34
10.5		71.43	53.22
11.0		65.48	48.73
11.5		60.25	44.79
12.0		55.61	41.30
12.5		51.48	38.21
13.0		47.80	35.45
13.5		44.49	32.98
14.0		41.51	30.75
14.5		38.83	28.75
15.0		36.39	26.93
15.5		34.18	25.28
16.0		32.16	23.78
16.5		30.31	22.40

$$l := 17000\cdot\text{mm}, 17500\cdot\text{mm}.. 27000\cdot\text{mm}$$

$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

l =		$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
17.0	m	28.62 kN	21.14 kN
17.5		27.07	19.99
18.0		25.64	18.93
18.5		24.32	17.95
19.0		23.09	17.04
19.5		21.96	16.20
20.0		20.91	15.42
20.5		19.94	14.70
21.0		19.03	14.03
21.5		18.18	13.40
22.0		17.38	12.81
22.5		16.64	12.26
23.0		15.94	11.74
23.5		15.29	11.26
24.0		14.68	10.81
24.5		14.10	10.38
25.0		13.55	9.98
25.5		13.04	9.60
26.0		12.56	9.24
26.5		12.10	8.90
27.0		11.66	8.58



$$h = 119 \text{ mm}$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$c = 42 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$A_g = 1664 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 55.91 \text{ mm}$$

$$e = 19.37 \text{ mm}$$

$$I_y = 4.7305 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 5.0865 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 3.4569 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 6.1835 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 5.4791 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 45.58 \text{ mm}$$

$$i_y = 53.32 \text{ mm}$$

$$I_T = 8.8747 \times 10^3 \text{ mm}^4$$



$$b = 112 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$c = 43 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$r_1 := 5 \cdot \text{mm}$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.0769 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$k := b + 2 \cdot (h + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left[ r_1 + \frac{t}{2} \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_1}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_1 + t) \right]$$

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g}$$

$$e_1 := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left( h - \frac{t}{2} \right) + h \cdot 2 \cdot t \cdot \frac{h}{2}}{A_g}$$

$$I_z := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t^3}{12} + (b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{(2 \cdot c - 2 \cdot t) \cdot t^3}{12} + (2 \cdot c - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( h - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{h^3 \cdot 2 \cdot t}{12} + h \cdot 2 \cdot t \cdot \left( \frac{h}{2} - e_1 \right)^2$$

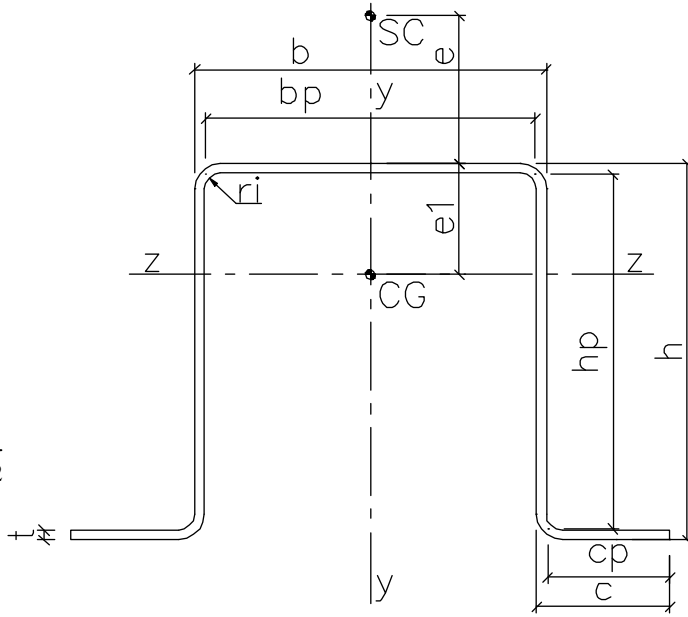
$$I_y := \frac{(c - t)^3 \cdot t}{12} \cdot 2 + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left[ \frac{b}{2} + \frac{(c - t)}{2} \right]^2 + \frac{b^3 \cdot h}{12} - \frac{(h - t) \cdot (b - 2 \cdot t)^3}{12}$$

$$e := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \left[ 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 8 \cdot c^3 + 3 \cdot c^2 \cdot (h - t) \right]}{12 \cdot I_y} - \frac{t}{2}$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{h - e_1}$$

$$W_y := \frac{I_y}{\left( \frac{b}{2} \right) - t + c}$$



$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$A_g := b \cdot t + 2 \cdot t \cdot h - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 2090 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$h_p = 110.61 \text{ mm}$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p = 102.61 \text{ mm}$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p = 38.30 \text{ mm}$$

$$k = 399.6 \text{ mm}$$

$$f_{ya} = 440.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 56.42 \text{ mm}$$

$$I_z = 4.36 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 6.06 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 18.73 \text{ mm}$$

$$W_{z1} = 7.72 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 6.85 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 6.45 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_g}}$$

$$i_z = 45.66 \text{ mm}$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$i_y = 53.86 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{t^3 \cdot [2 \cdot (h - t) + (b + 2 \cdot c - 2 \cdot t)]}{3}$$

$$I_T = 1.742 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A := (h - t)^2 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot t$$

$$B := 2 \cdot c \cdot [3 \cdot (b - 2 \cdot t)^3 - 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 4 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 24 \cdot c^3]$$

$$D := 3 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)^2$$

$$E_0 := 12 \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 12 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 8 \cdot c^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)]$$

$$F := 2 \cdot (h - t) \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 24 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 56 \cdot c^3]$$

$$I_\omega := \frac{A \cdot (B + F + D)}{E_0}$$

$$I_\omega = 6.342 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$\gamma_{M0} = 1.10$$

$$N_{tRd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{tRd} = 836.18 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}}$$

$$\lambda_p(b_p) = 0.48$$

$$b_{eff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}}$$

$$\lambda_p(h_p) = 0.52$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \text{if} \left[ \frac{c_p}{h_p} \leq 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{h_p} - 0.35 \right)^{\left( \frac{2}{3} \right)} \right] \right]$$

$$k_\sigma = 0.50$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}}$$

$$\lambda_p(c_p) = 0.51$$



$$c_{\text{ceff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{\text{ceff}} \cdot t \cdot \frac{c_{\text{ceff}}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{h_{\text{ceff}}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{\text{ceff}}^3 \cdot t}{12} + c_{\text{ceff}} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{\text{ceff}}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_c := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{h_p^3}{3} + \frac{b_p \cdot h_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_c \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.899$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi \quad I_{\text{seff}} := I_s \cdot \chi$$

$$A_{\text{ceff}} := (b_{\text{eff}} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{\text{ceff}} \cdot t + 2 \cdot A_{\text{seff}}$$

$$f_y := \text{if}(A_{\text{ceff}} = A_g, f_{ya}, f_{yb})$$

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{\text{ceff}}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3:  $N_{c.Rd} = 759.57 \text{ kN}$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi y-y wg 6.2.2

$$l := 1500 \cdot \text{mm}, 2000 \cdot \text{mm}.. 6000 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_{y(1)} := \frac{l}{i_y} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left( \frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5}$$

$$\alpha := 0.34$$

$$\beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

$$\lambda_{yr(1)} := \frac{\lambda_{y(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{y(1)} := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_{yr(1)} - 0.2) + \lambda_{yr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{ya(1)} := \frac{1}{\phi_{y(1)} + \left( \phi_{y(1)}^2 - \lambda_{yr(1)}^2 \right)^{0.5}}$$

$$\chi_{y(1)} := \begin{cases} \chi_{ya(1)} & \text{if } \chi_{ya(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{yb.Rd(1)} := \chi_{y(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi z-z wg 6.2.2

$$\lambda_{z(1)} := \frac{l}{i_z} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left( \frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5}$$

$$\alpha := 0.34$$

$$\beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

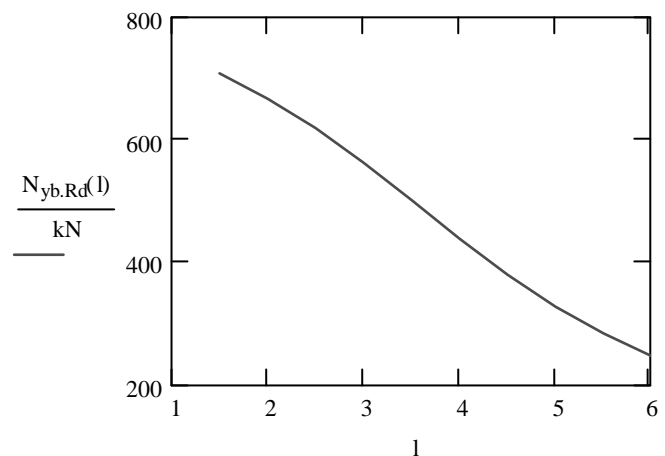
$$\lambda_{zr(1)} := \frac{\lambda_{z(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{z(1)} := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_{zr(1)} - 0.2) + \lambda_{zr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{za(1)} := \frac{1}{\phi_{z(1)} + \left( \phi_{z(1)}^2 - \lambda_{zr(1)}^2 \right)^{0.5}}$$

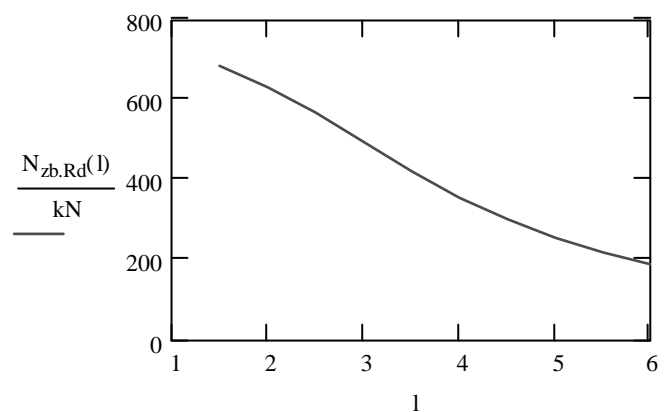
$$\chi_{z(1)} := \begin{cases} \chi_{za(1)} & \text{if } \chi_{za(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{zb.Rd(1)} := \chi_{z(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi_{y(1)} =$	$\frac{N_{yb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.93	707.37
2.00	0.88	666.28
2.50	0.81	618.30
3.00	0.74	562.54
3.50	0.66	500.98
4.00	0.58	438.42
4.50	0.50	379.85
5.00	0.43	328.18
5.50	0.37	284.14
6.00	0.33	247.19



l =	$\chi_{z(1)} =$	$\frac{N_{zb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.90	685.97
2.00	0.83	632.62
2.50	0.75	568.58
3.00	0.65	496.12
3.50	0.56	422.85
4.00	0.47	356.38
4.50	0.40	300.19
5.00	0.33	254.23
5.50	0.29	217.05
6.00	0.25	186.94



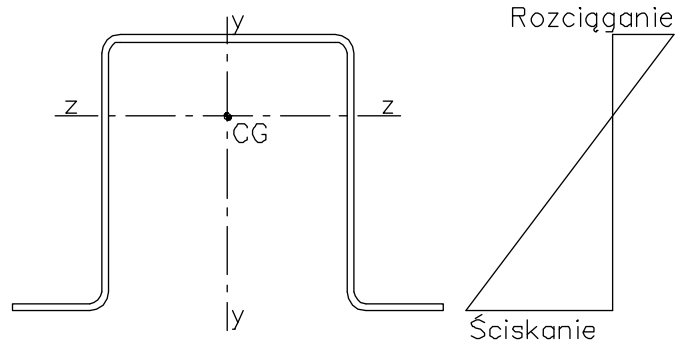
Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{h - e_1} \quad \psi = -0.89 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 21.10$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.23$$

$$h_c := \frac{h}{2} + \frac{h_p}{2} - e_1$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}}$$

$$\Delta h := h_c - h_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - \Delta h \cdot t \cdot 2 \cdot \left( e_1 + h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} \right) - \Delta c \cdot 2 \cdot t \cdot \left( h - \frac{t}{2} \right)}{A_g - \Delta h \cdot t \cdot 2 - \Delta c \cdot t \cdot 2}$$

$$\Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - \left[ \frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \frac{\Delta h \cdot t}{0.5} \cdot \left( h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{6} + \frac{\Delta c \cdot t}{0.5} \cdot \left( h - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right] \quad I_{z\text{befl}} = 4.36 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{h - e_{1\text{ef}}} \quad W_{z\text{ef}} = 6.85 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

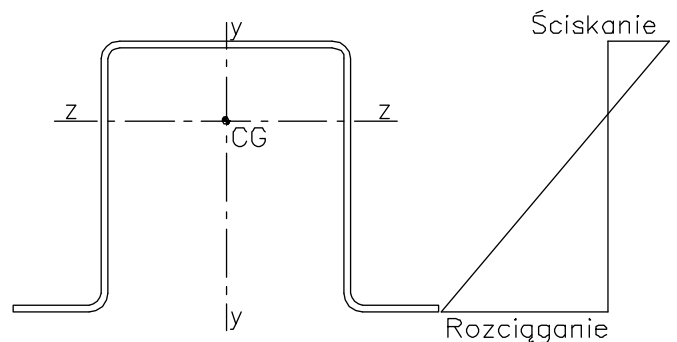
$$M_{1z\text{Rd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środek rozciągany wg 5.4.1:} \quad M_{1z\text{Rd}} = 26.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek ściskany wg 4

$$\psi := \frac{h - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.13 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 27.05$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.20$$

$$h_c := e_1 - \frac{h - h_p}{2}$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}} \quad \Delta h := h_c - h_{\text{beff}}$$

$$\psi := \frac{e_1}{h - e_1} \quad \psi = 0.89$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \psi}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.455$$

$$b_{eff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$\Delta b := b - b_{eff}$$

$$e_{1eff} := \frac{A_g e_1 - \Delta b \cdot t \cdot \frac{t}{2} - \Delta h \cdot 2 \cdot t \cdot \left( e_1 - h_{e2} - \frac{\Delta h}{2} \right)}{A_g - \Delta b \cdot t - \Delta h \cdot t \cdot 2} \quad \Delta e_1 := e_{1eff} - e_1$$

$$I_{zbef2} := \left( I_z + A_g \Delta e_1^2 \right) - \left[ \frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \Delta h \cdot t \cdot 2 \cdot \left( \Delta e_1 + h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta b \cdot t^3}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( e_{1eff} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{h - e_{1ef}}$$

$$W_{zef2} = 6.85 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1:  $M_{2zRd} = 26.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$\psi := -1$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.20 \quad b_c := \frac{b_p}{2}$$

$$b_{beff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{beff} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{beff}$$

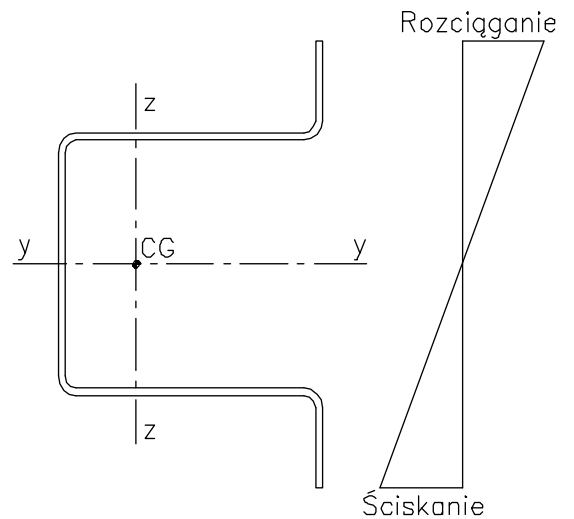
$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_p^2 \cdot (h_p + b_p)}$$

$$\Delta b := b_c - b_{beff}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot I_s \cdot E}}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.897$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.91$$



$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.908$$

$$b_{tot} := b + 2 \cdot (c - t) \quad I_{seff} := I_s \cdot \chi \quad \Delta I_s := I_s - I_{seff} \quad t_{ceff} := \chi \cdot t \quad A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$\Delta c := c - c_{ceff} \quad \Delta h := h - h_{ceff} \quad \Delta b := b_c - b_{beff} \quad e_y := \frac{b_{tot}}{2} \quad \Delta t := t - t_{ceff} \quad \Delta A_s := A_s - A_{seff}$$

$$e_{yeff} := \frac{A_g \cdot e_y - \left[ \Delta c \cdot t \left( b_{tot} - \frac{\Delta c}{2} \right) \right] - \left[ \Delta h \cdot t \left( b + c - 3 \cdot \frac{t}{2} \right) \right] - \left[ \Delta b \cdot t \left( e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) \right] - \Delta A_s \cdot (c + b - 2t + e_s)}{A_g - (\Delta c + \Delta h + \Delta b) \cdot t - \Delta A_s}$$

$$\Delta e_y := e_y - e_{yeff} \quad a_{\Delta c} := \Delta e_y + \frac{b_{tot}}{2} - \frac{\Delta c}{2} \quad a_{\Delta h} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - \frac{t}{2} \quad a_{\Delta b} := \Delta e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \quad a_{\Delta s} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - t + e_s$$

$$I_{ybeff} := \left( I_y + A_g \cdot \Delta e_y^2 \right) - \left[ \left( \frac{\Delta c^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta c \cdot t \cdot a_{\Delta c}^2 \right] - \left[ \left( \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} \right) + \Delta h \cdot t \cdot a_{\Delta h}^2 \right] - \left[ \left( \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta b \cdot t \cdot a_{\Delta b}^2 \right] - \left( \Delta I_s + \Delta A_s \cdot a_{\Delta s}^2 \right)$$

$$I_{ybeff} = 5.88023 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{yeff} := \frac{I_{ybeff}}{b_{tot} - e_{yeff}} \quad W_{yeff} = 6.17 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{yRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{yeff}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:  $M_{yRd} = 23.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.36$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := 2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg 5.8:  $V_{wRd1} = 253.51 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.33$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := (b-t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{(b-t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2b} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c-0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.125$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2c} := \frac{2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2c} := \text{if}(V_{bRd2c} < V_{pIRd2c}, V_{bRd2c}, V_{pIRd2c})$$

$$V_{wRd2} := V_{wRd2b} + V_{wRd2c}$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg 5.8:  $V_{wRd2} = 207.22 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.10 \quad \gamma_{M1} = 1.10$$

$$M_{yRd} = 23.55 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{IzRd} = 26.17 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zRd} = 26.17 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd2} = 207.22 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd1} = 253.51 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$N_{c,Rd} = 759.57 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

$$N_{tRd} = 836.18 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 1500\cdot\text{mm}, 2000\cdot\text{mm}.. 16500\cdot\text{mm}$$

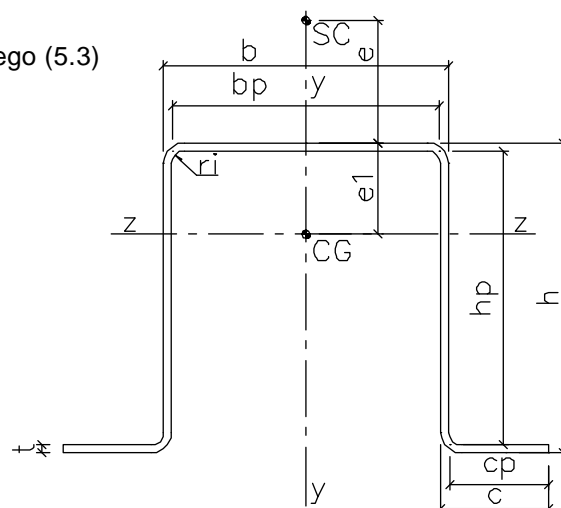
$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

l =	$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
1.5 m	707.37 kN	685.97 kN
2.0	666.28	632.62
2.5	618.30	568.58
3.0	562.54	496.12
3.5	500.98	422.85
4.0	438.42	356.38
4.5	379.85	300.19
5.0	328.18	254.23
5.5	284.14	217.05
6.0	247.19	186.94
6.5	216.33	162.40
7.0	190.53	142.24
7.5	168.85	125.52
8.0	150.54	111.53
8.5	134.97	99.72
9.0	121.64	89.66
9.5	110.15	81.04
10.0	100.19	73.60
10.5	91.51	67.13
11.0	83.90	61.47
11.5	77.19	56.49
12.0	71.25	52.09
12.5	65.96	48.19
13.0	61.24	44.71
13.5	57.00	41.59
14.0	53.19	38.78
14.5	49.75	36.25
15.0	46.63	33.96
15.5	43.79	31.88
16.0	41.21	29.98
16.5	38.84	28.25

$$l := 17000\cdot\text{mm}, 17500\cdot\text{mm}.. 27000\cdot\text{mm}$$

$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

l =	$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
17.0 m	36.67 kN	26.66 kN
17.5	34.68	25.21
18.0	32.85	23.87
18.5	31.16	22.63
19.0	29.59	21.49
19.5	28.14	20.43
20.0	26.80	19.45
20.5	25.55	18.53
21.0	24.38	17.68
21.5	23.29	16.89
22.0	22.27	16.15
22.5	21.32	15.46
23.0	20.43	14.81
23.5	19.59	14.20
24.0	18.81	13.63
24.5	18.07	13.09
25.0	17.37	12.58
25.5	16.71	12.10
26.0	16.09	11.65
26.5	15.50	11.22
27.0	14.95	10.82



$$h = 120 \text{ mm}$$

$$b = 112 \text{ mm}$$

$$c = 43 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$A_g = 2090 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 56.42 \text{ mm}$$

$$e = 18.73 \text{ mm}$$

$$I_y = 6.0626 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 6.4496 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 4.3577 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 7.7232 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 6.8542 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 45.66 \text{ mm}$$

$$i_y = 53.86 \text{ mm}$$

$$I_T = 1.7417 \times 10^4 \text{ mm}^4$$





$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$h = 360 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$c = 36 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$r_i := 5 \cdot \text{mm}$$

$$A_g := h \cdot t + 2 \cdot t \cdot b - 4 \cdot t^2 + 2 \cdot c \cdot t$$

$$A_g = 2464 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$k := h + 2 \cdot (b + c) + 4 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \left( r_i + \frac{t}{2} \right) \cdot \left( 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left( \frac{r_i}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_i + t)$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3}{12} - \frac{(h - 2 \cdot c)^3 \cdot t}{12}$$

$$e_1 := \frac{1}{2} \cdot t \cdot \frac{(t \cdot h + 2 \cdot b^2 + 4 \cdot c \cdot b - 2 \cdot c \cdot t - 4 \cdot b \cdot t)}{A_g}$$

$$I_z := 2 \cdot \left[ \frac{(c - t) \cdot t^3}{12} + (c - t) \cdot t \cdot \left( b - e_1 - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{t \cdot b^3}{12} + b \cdot t \cdot \left( \frac{b}{2} - e_1 \right)^2 \right] + \frac{(h - 2 \cdot t) \cdot t^3}{12} + (h - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \left( e_1 - \frac{t}{2} \right)^2$$

$$W_y := 2 \cdot \frac{I_y}{h}$$

$$W_{z1} := \frac{I_z}{e_1}$$

$$W_{z2} := \frac{I_z}{b - e_1}$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \quad i_y = 137.32 \text{ mm}$$

$$I_T := \frac{(h - t) \cdot t^3 + 2 \cdot (b - t) \cdot t^3 + 2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t^3}{3}$$

$$e_\omega := \frac{(h - t)^2 \cdot (b - t)^2 \cdot t}{I_y} \cdot \left[ 0.25 + 0.5 \cdot \frac{c - \frac{t}{2}}{(b - t)} - 0.67 \cdot \frac{\left( c - \frac{t}{2} \right)^3}{(h - t)^2 \cdot (b - t)} \right]$$

$$I_\omega := \frac{(b - t)^2 \cdot t}{6} \cdot \left[ 4 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^3 + 6 \cdot (h - t) \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right)^2 + 3 \cdot (h - t)^2 \cdot \left( c - \frac{t}{2} \right) + (h - t)^2 \cdot b \right] - I_y \cdot e_\omega^2$$

$$N := \text{newton}$$

$$kN := 1000 \cdot N$$

$$E := 210000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yb} = 420 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

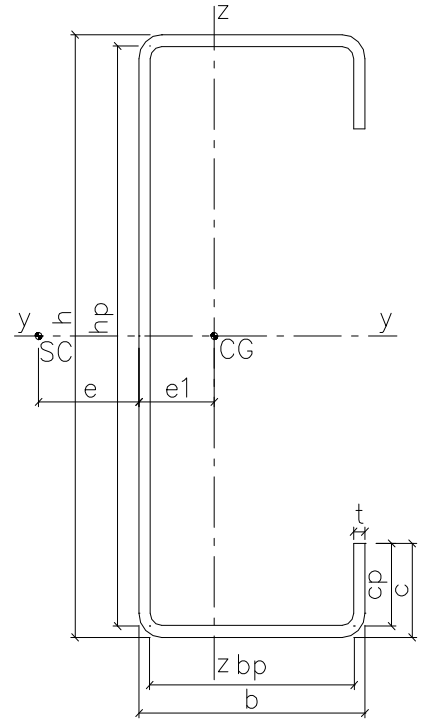
$$f_{tu} = 480 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = 8.08 \times 10^4 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad \xi_p = 0.19 \cdot \frac{kN}{m}$$



$$I_y = 4.65 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$k = 600.2 \text{ mm}$$

$$e_1 = 27.56 \text{ mm}$$

$$I_z = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 2.58 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{z1} = 1.18 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 36.38 \text{ mm}$$

$$I_T = 1.31 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$e := e_\omega - \frac{t}{2}$$

$$e = 40.73 \text{ mm}$$

$$I_\omega = 8.86 \times 10^{10} \text{ mm}^6$$

$$b = 100 \text{ mm} \quad h = 360 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2

$$f_{ya} := f_{yb} + \frac{(f_u - f_{yb}) \cdot 7 \cdot 4 \cdot t^2}{A_g}$$

$$f_{ya} = 430.91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} = 1.1$$

$$N_{t,Rd} := \frac{f_{ya} \cdot A_g}{\gamma_{M0}}$$

Nośność na rozciąganie osiowe wg 5.2:  $N_{t,Rd} = 965.2 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 2.07$$

$$h_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right]$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.54$$

$$b_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_p + (b - b_p) \right] \right]$$

$$k_\sigma := \left[ \text{if} \left[ \frac{c_p}{b_p} < 0.35, 0.5, \left[ 0.5 + 0.83 \cdot \left( \frac{c_p}{b_p} - 0.35 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right] \right]$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.53$$

$$c_{ceff} := \text{if} \left[ \lambda_p(c_p) \leq 0.673, c, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(c_p)}}{\lambda_p(c_p)} \cdot c_p + (c - c_p) \right] \right]$$

$$A_s := \left( \frac{b_{ceff}}{2} + c_{ceff} - t \right) \cdot t$$

$$e_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + c_{ceff} \cdot t \cdot \frac{c_{ceff}}{2}}{A_s}$$

$$I_s := \frac{\left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t^3}{12} + \left( \frac{b_{ceff}}{2} - t \right) \cdot t \cdot \left( e_s - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{c_{ceff}^3 \cdot t}{12} + c_{ceff} \cdot t \cdot \left( \frac{c_{ceff}}{2} - e_s \right)^2$$

$$K_C := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left( \frac{b_p^3}{3} + \frac{h_p \cdot b_p^2}{2} \right)}$$

$$\sigma_{cr,s} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_C \cdot I_s} \cdot E}{A_s}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.75$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.83$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.81$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.82$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left( \phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.81$$

$$A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$A_{ceff} := (b_{ceff} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{ceff} \cdot t + 2 \cdot A_{seff} \quad A_{ceff} = 1541.26 \text{ mm}^2 \quad f_y := \text{if}(A_{ceff} = A_g, f_{ya}, f_{yb}) \quad f_y = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 588.48 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z wg 5.8

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 1.38 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := (h - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1h} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.132 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1c} := 2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1c} := \frac{2 \left( c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1c} := \text{if}(V_{bRd1c} < V_{pIRd1c}, V_{bRd1c}, V_{pIRd1c})$$

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8): } V_{wRd1} = 249.47 \text{ kN}$$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y wg 5.8

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.37 \quad f_{bv} := \text{if} \left[ \lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left( \frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2b} := 2(b - t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2b} := \frac{2 \cdot (b - t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg (5.8): } V_{wRd2} = 169.30 \text{ kN}$$

$$b = 100 \text{ mm} \quad h = 360 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym wg 6.2.2

$$\beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} \quad \alpha := 0.34$$

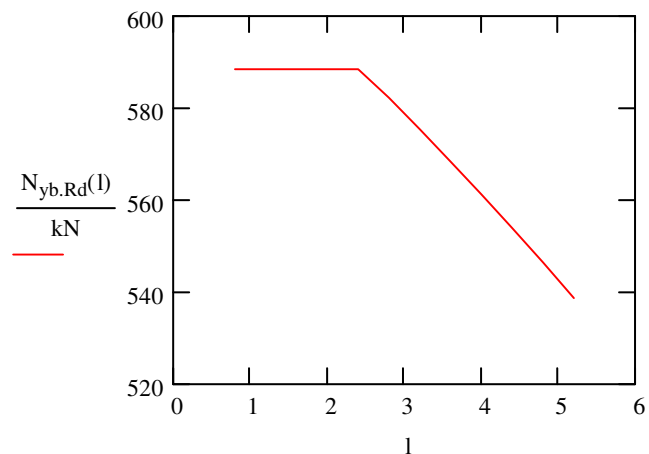
$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm}.. 5400 \cdot \text{mm} \quad \lambda(l) := \frac{l}{i_y}$$

$$\lambda_r(l) := \frac{\lambda(l)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

$$\phi(l) := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r(l) - 0.2) + \lambda_r(l)^2 \right] \quad \chi_a(l) := \frac{1}{\phi(l) + \left( \phi(l)^2 - \lambda_r(l)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(l) := \begin{cases} \chi_a(l) & \text{if } \chi_a(l) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

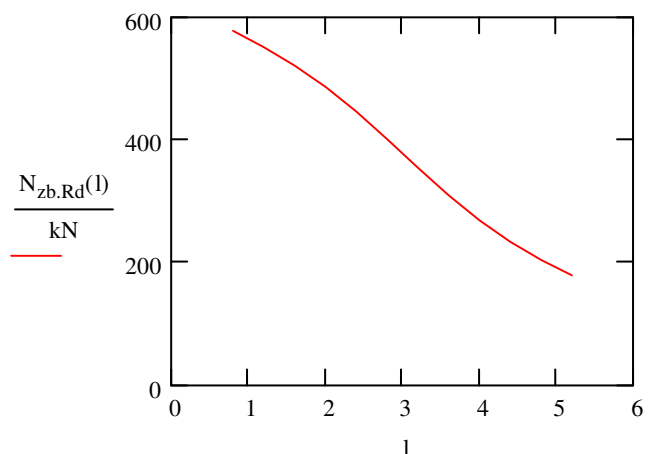
$$N_{yb.Rd(l)} := \chi(l) \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi(l) =$	$\frac{N_{yb.Rd(l)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	1	588.48
1.2	1	588.48
1.6	1	588.48
2	1	588.48
2.4	1	588.48
2.8	0.99	582.3
3.2	0.98	575.4
3.6	0.97	568.4
4	0.95	561.27
4.4	0.94	553.97
4.8	0.93	546.48
5.2	0.92	538.74



$$\lambda_r(l) := \frac{\lambda(l)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \lambda(l) := \frac{l}{i_z} \quad \chi_a(l) := \frac{1}{\phi(l) + \left( \phi(l)^2 - \lambda_r(l)^2 \right)^{0.5}} \quad \chi(l) := \begin{cases} \chi_a(l) & \text{if } \chi_a(l) < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

l =	$\chi(l) =$	$\frac{N_{zb.Rd(l)}}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.98	578.53
1.2	0.94	551.58
1.6	0.89	521.62
2	0.83	486.95
2.4	0.76	446.71
2.8	0.68	401.75
3.2	0.6	355
3.6	0.53	310.08
4	0.46	269.56
4.4	0.4	234.44
4.8	0.35	204.61
5.2	0.31	179.5



$$b = 100 \text{ mm} \quad h = 360 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$k_\sigma := 23.9$$

$$\psi := -1$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}}$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] h_{\text{beff}} = 315.77 \text{ mm}$$

$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + h_p)}$$

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} K_b = 0.99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.8$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.85$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

$$A_{\text{seff}} := A_s \cdot \chi$$

$$e_{y\text{beff}} := \frac{A_g \cdot \frac{h}{2} - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \frac{t}{2} - (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot e_s - \left[ (h - h_{\text{beff}}) \cdot \left( 0.3 \cdot h_p + \frac{h - h_p}{2} \right) \cdot t \right] - \left[ (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} + c_{\text{ceff}} \right) \right]}{A_g - (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t - (A_s - A_{\text{seff}}) - (h - h_{\text{beff}}) \cdot t - (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t}$$

$$e_{y\text{beff}} = 189.48 \text{ mm}$$

$$A := \left[ I_y + A_g \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{h}{2} \right)^2 \right] - \left[ \frac{(b - b_{\text{ceff}}) \cdot t^3}{12} + (b - b_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left( e_{y\text{beff}} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$B := \left[ \frac{(c - c_{\text{ceff}})^3 \cdot t}{12} + (c - c_{\text{ceff}}) \cdot t \cdot \left[ e_{y\text{beff}} - \left( c - \frac{c - c_{\text{ceff}}}{2} \right) \right]^2 \right]$$

$$C := \left[ \frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left( \frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

$$D := \left[ I_s \cdot (1 - \chi) + (A_s - A_{\text{seff}}) \cdot (e_{y\text{beff}} - e_s)^2 \right]$$

$$I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

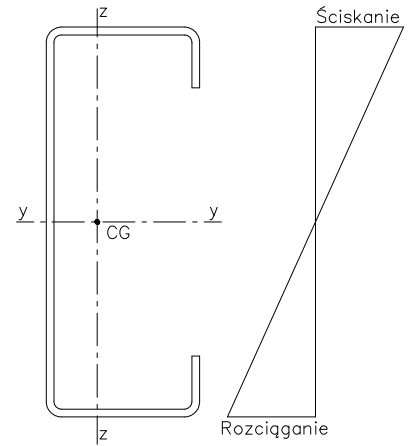
$$I_{y\text{beff}} = 4.341 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}}$$

$$M_{y\text{cRd}} := W_{y\text{beff}} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1:

$$M_{y\text{cRd}} = 87.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$b = 100 \text{ mm} \quad h = 360 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.380 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 11.62$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.32$$

$$b_c := \frac{b}{2} + \frac{b_p}{2} - e_1$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{eff}}$$

$$e_{1\text{ef}} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \cdot \left( e_1 + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) - 2 \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} \right)}{A_g - 2 \cdot t \cdot (\Delta b + \Delta c)} \quad \Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - 2 \left[ \frac{\Delta c \cdot t^3}{12} + \Delta c \cdot t \cdot \left( b - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right]$$

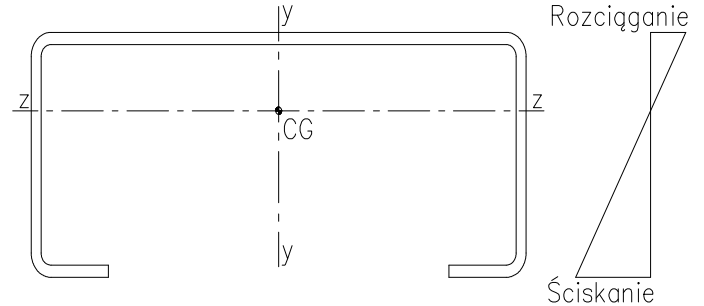
$$W_{z\text{efl}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{befl}} = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{efl}} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{efl}}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1:

$$M_{1z\text{cRd}} = 17.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środnik ściskany wg 4

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -2.63 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 78.74$$

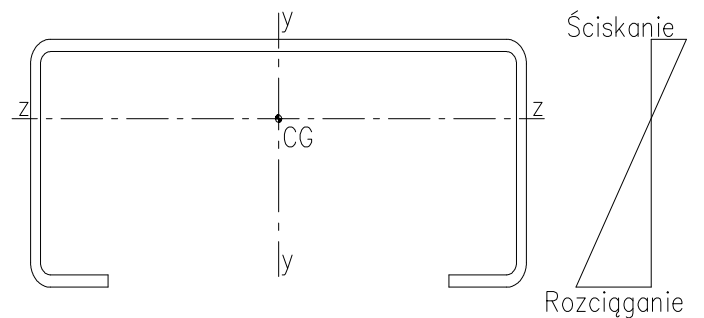
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.12$$

$$b_c := e_1 - \frac{b - b_p}{2}$$

$$b_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(b_p) \leq 0.673, b_c, \left( \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(b_p)}}{\lambda_p(b_p)} \cdot b_c \right) \right] \quad b_{e1} := 0.4 \cdot b_{\text{beff}} \quad b_{e2} := 0.6 \cdot b_{\text{beff}} \quad \Delta b := b_c - b_{\text{beff}}$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.29$$

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[ \lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[ \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] \quad \Delta h := h - h_{\text{beff}}$$



$$e_{1ef} := \frac{A_g \cdot e_1 - 2 \cdot \Delta b \cdot t \cdot \left( e_1 - b_{e2} - \frac{\Delta b}{2} \right) - \Delta h \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{A_g - 2 \cdot t \cdot \Delta b - t \cdot \Delta h} \quad \Delta e_1 := e_{1ef} - e_1$$

$$I_{zbf2} := \left( I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[ \frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left( b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \cdot \left( e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbf2} = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbf2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 100 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5(h - t) = 534 \text{ mm}$

$$R_{wRd1} := \text{if} \left( \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm wg 5.9:  $R_{wRd1} = 74.21 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd2} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd2} = 40.02 \text{ kN}$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9

$$k_R := \frac{f_{yb}}{228 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \quad s_s := 200 \text{ mm}$$

$$k_1 := 1.33 - 0.33 \cdot k_R \quad k_2 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.15 - \frac{0.15 \cdot r_i}{t} \right) \quad k_3 := 1.0 \quad k_4 := 1.22 - 0.22 \cdot k_R \quad k_5 := \text{if} \left( \frac{r_i}{t} < 1, 1, 1.06 - \frac{0.06 \cdot r_i}{t} \right)$$

Dla podpory > 1.5h od końca  $1.5(h - t) = 534 \text{ mm}$

$$R_{wRd3} := \text{if} \left( \frac{s_s}{t} > 60, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{49.5t} \right) \left( 0.75 + 0.011 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}, k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \left( 14.7 - \frac{h}{t \cdot 49.5} \right) \cdot \left[ 1 + 0.007 \cdot \left( \frac{s_s}{t} \right) \right] \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} \right]$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm wg 5.9:  $R_{wRd3} = 85.26 \text{ kN}$

Dla podpory przy końcu

$$R_{wRd4} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \left( 9.04 - \frac{h}{t \cdot 60} \right) \cdot \left( 1 + 0.01 \frac{s_s}{t} \right) \cdot t^2 \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu wg 5.9:  $R_{wRd4} = 48.02 \text{ kN}$

**Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3**

$$\gamma_{M0} = 1.1 \quad \gamma_{M1} = 1.1$$

$$M_{ycRd} = 87.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 249.47 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 169.30 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 74.21 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 40.02 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 85.26 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 48.02 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

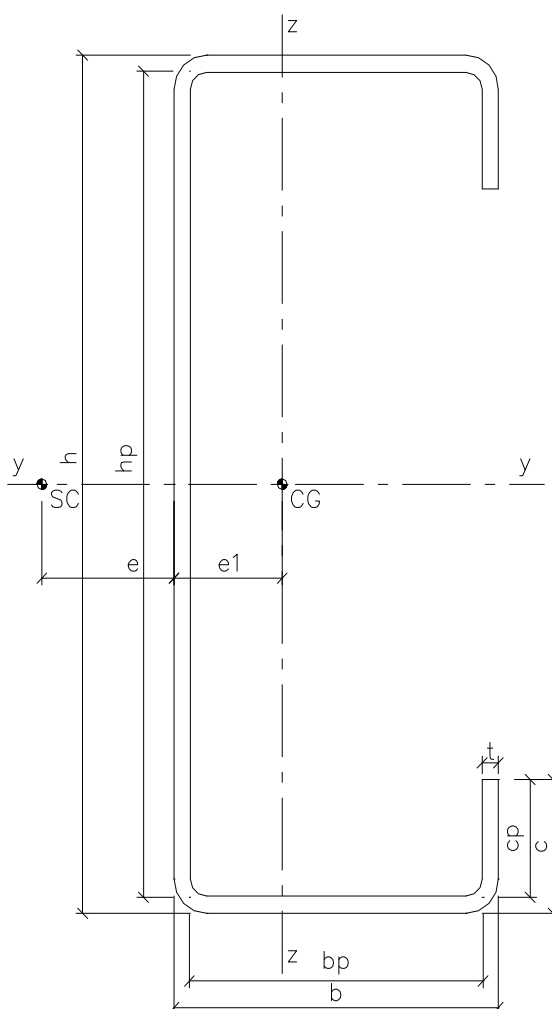
$$N_{c,Rd} = 588.48 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

$$N_{t,Rd} = 965.24 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

 $l := 800\cdot\text{mm}, 1200\cdot\text{mm}.. 10400\cdot\text{mm}$ 
 $l = \quad N_{zb,Rd}(l) = \quad N_{yb,Rd}(l) =$ 

$l$ m	$N_{zb,Rd}(l)$ kN	$N_{yb,Rd}(l)$ kN
0.8	578.53	588.48
1.2	551.58	588.48
1.6	521.62	588.48
2.0	486.95	588.48
2.4	446.71	588.48
2.8	401.75	582.30
3.2	355.00	575.40
3.6	310.08	568.40
4.0	269.56	561.27
4.4	234.44	553.97
4.8	204.61	546.48
5.2	179.50	538.74
5.6	158.37	530.74
6.0	140.55	522.44
6.4	125.44	513.80
6.8	112.56	504.81
7.2	101.51	495.43
7.6	91.98	485.67
8.0	83.71	475.50
8.4	76.49	464.93
8.8	70.15	453.97
9.2	64.56	442.65
9.6	59.61	430.99
10.0	55.20	419.06
10.4	51.26	406.90



$$h = 360 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$c = 36 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$A_g = 2464 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 27.56 \text{ mm}$$

$$e = 40.73 \text{ mm}$$

$$I_y = 4.65 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 2.58 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 1.18 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4.50 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 36.38 \text{ mm}$$

$$i_y = 137.32 \text{ mm}$$

$$I_T = 1.31 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 8.86 \times 10^{10} \text{ mm}^6$$



Słup dwugąłziowy

$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

$$d := 100 \cdot \text{mm} \quad c = 36 \text{ mm}$$

$$cc := 1500 \cdot \text{mm} \quad \text{Odstęp między przewiązkami}$$

$$f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{gg} := 2 \cdot A_g$$

$$A_{gg} = 4.928 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_{zz} := 2 \cdot \left[ I_z + A_g \cdot \left( e_1 + \frac{d}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_{zz} = 3.62 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{yy} := 2 \cdot I_y$$

$$I_{yy} = 9.29 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{yy} := 2 \cdot W_y$$

$$W_{yy} = 5.16 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{zz} := \frac{I_{zz}}{b + \frac{d}{2}}$$

$$W_{zz} = 2.41 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_{yy} := \sqrt{\frac{I_{yy}}{A_{gg}}}$$

$$i_{yy} = 137.32 \text{ mm}$$

$$i_{zz} := \sqrt{\frac{I_{zz}}{A_{gg}}}$$

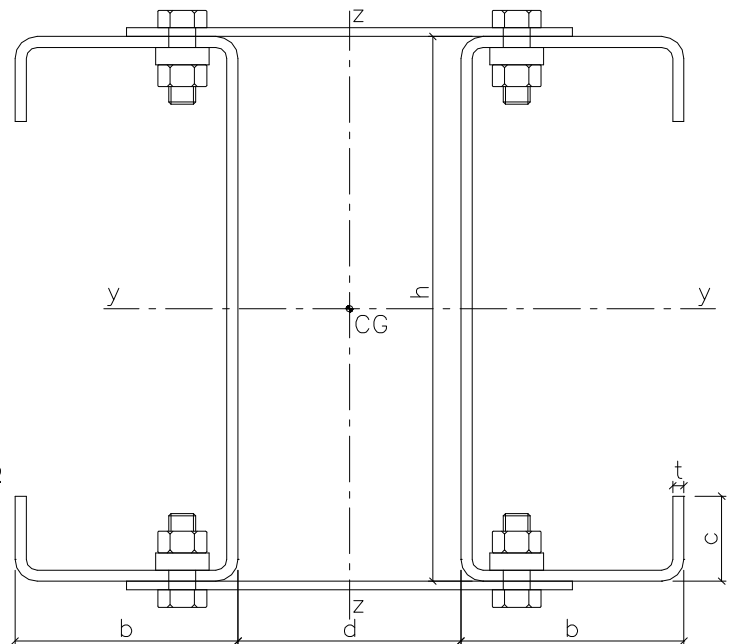
$$i_{zz} = 85.67 \text{ mm}$$

$$I_{TT} := 2 \cdot I_T$$

$$I_{TT} = 2.62827 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{\omega\omega} := 2 \cdot I_{\omega}$$

$$I_{\omega\omega} = 1.77206 \times 10^{11} \text{ mm}^6$$



$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Słup dwugąłzowy

$$L := 5.3 \text{ m}$$

$$M_{y,1Sd} := 96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Siły wewnętrzne z obliczeń statycznych.  
Kombinacja 24 - słup skrajny.

$$L_y := 2 \cdot L$$

Długość wyboczeniowa y-y

$$M_{y,2Sd} := -0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$L_z := 1 \cdot L + 0.42 \cdot \text{m} \quad \text{Długość wyboczeniowa z-z}$$

$$N_{Sd} := 114 \cdot \text{kN}$$

$$i_{\max} := 20 \quad i := 0..i_{\max} \quad x_i := i \cdot \frac{L}{i_{\max}}$$

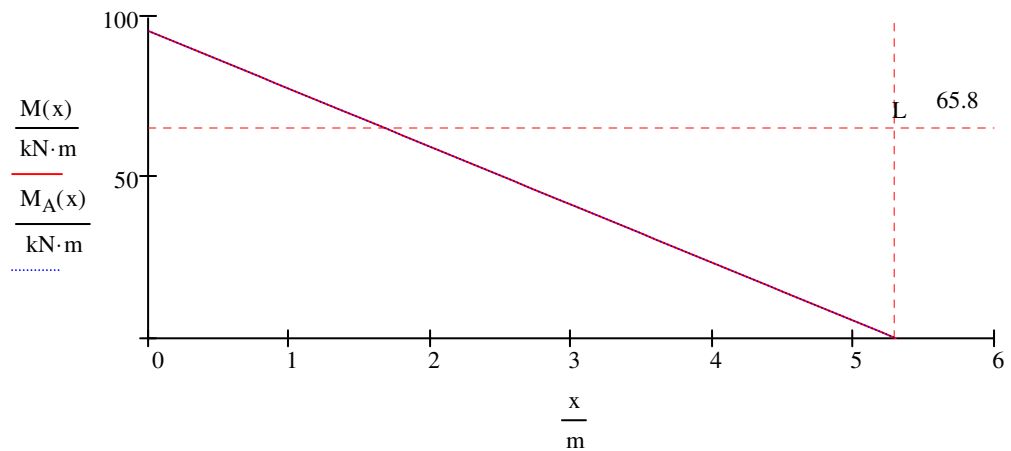
$$q := 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$T := \frac{1}{L} \cdot \left( q \cdot \frac{L^2}{2} - M_{y,1Sd} + M_{y,2Sd} \right)$$

$$T = -18.11 \text{ kN}$$

$$M(x) := (M_{y,1Sd} + T \cdot x) - q \cdot x \cdot \left( L - \frac{x}{2} \right)$$

$$M_A(x) := M_{y,1Sd} - \frac{M_{y,1Sd} - M_{y,2Sd}}{L} \cdot x$$



$$Z_i := M(x_i)$$

$$M_{\min} := \min(Z)$$

$$M_{\min} = -1.46 \times 10^{-14} \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_Q(x) := |M_A(x) - M(x)|$$

$$Z_i := M_Q(x_i)$$

$$M_Q := \max(Z)$$

$$M_Q = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta M := \text{if}(M_{\min} < 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}, M_{\max} - M_{\min}, M_{\max})$$

$$\Delta M = 96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Sd,max} := \max(|M_{\max}|, |M_{\min}|)$$

$$M_{y,Sd,max} = 96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zginanie ze ściskaniem bez wyboczenia globalnego (5.6)

$$M_{yy,cRd} := 2 \cdot M_{ycRd}$$

$$M_{yy,cRd} = 174.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Sd,max}}{M_{yy,cRd}} = 0.646 < 1.00$$

Zginanie ze ściskaniem z wyboczeniem globalnym (6.5.1)

$$\psi := \frac{M_{y,2Sd}}{M_{y,1Sd}} \quad \psi = 0$$

$$\beta_{M,\psi} := 1.8 - 0.7 \cdot \psi \quad \beta_{M,\psi} = 1.8$$

$$\beta_{M,Q} := 1.3$$

$$\beta_M := \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} \cdot (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$$

$$\beta_M = 1.8$$

$$\beta_A = 0.626$$

$$\alpha := 0.21$$

$$\lambda := \frac{L_y}{i_{yy}}$$

$$\lambda_r := \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A}$$

$$\phi := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2 \right]$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}}$$

$$\chi = 0.75$$

$$N_{yy,bRd} := \chi \cdot 2 \cdot N_{c,Rd}$$

$$N_{yy,bRd} = 887.37 \text{ kN}$$

$$\mu := \lambda_r \cdot (2 \cdot \beta_M - 4)$$

$$\mu := \text{if}(\mu > 0.9, 0.9, \mu)$$

$$\mu = -0.35$$

$$\kappa_y := 1 - \frac{\mu \cdot N_{Sd}}{N_{yy,bRd} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$\kappa_y := \text{if}(\kappa_y > 1.5, 1.5, \kappa_y)$$

$$\kappa_y = 1.041$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{yy,bRd}} + \frac{\kappa_y \cdot M_{y,Sd,max}}{M_{yy,cRd}} = 0.699 < 1.00$$

$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zginanie ze ściskaniem ze zwirzeniem (6.5.2)

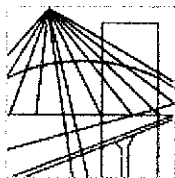
$$\begin{aligned} L_{LT} &:= L & k_w &:= 1.0 & k &:= 1 & C_1 &:= 1.88 - 1.4 \cdot \psi + 0.52 \cdot \psi^2 & C_1 &= 1.88 \\ M_{cr} &:= \frac{C_1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{zz}}{L_{LT}^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_{\omega\omega}}{I_{zz}} + \frac{L_{LT}^2 \cdot G \cdot I_{TT}}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{zz}}} & M_{cr} &= 378.61 \text{ kN} \cdot \text{m} & \alpha &:= 0.34 \\ \lambda_{LT} &:= \sqrt{\frac{2 \cdot f_{yb} \cdot W_{ybeff}}{M_{cr}}} & \lambda_{LT} &= 0.713 & \phi_{LT} &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + (\lambda_{LT}^2)\right] & \phi_{LT} &= 0.81 \\ \chi_{LT} &:= \text{if} \left( \lambda_{LT} \leq 0.4, 1, \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \right) & \chi_{LT} &= 0.842 \\ \mu_{LT} &:= 0.15 \cdot \lambda_{LT} \cdot \beta_M - 0.15 & \mu_{LT} &:= \text{if} (\mu_{LT} > 0.9, 0.9, \mu_{LT}) & \mu_{LT} &= 0.043 \\ \lambda &:= \frac{L_z}{i_{zz}} & \lambda_r &:= \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} & \phi &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2\right] & \chi_{zz} &:= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}} & \chi_{zz} &= 0.754 \\ N_{zz.bRd} &:= \chi_{zz} \cdot 2 \cdot N_{c.Rd} & N_{zz.bRd} &= 887.1 \text{ kN} \\ \kappa_{LT} &:= 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{zz} \cdot f_{yb} \cdot 2 \cdot A_{ceff}} & \kappa_{LT} &:= \text{if} (\kappa_{LT} > 1.0, 1.0, \kappa_{LT}) & \kappa_{LT} &= 0.995 \\ \frac{N_{Sd}}{N_{zz.bRd}} + \frac{\kappa_{LT} \cdot M_{y.Sd.max}}{\chi_{LT} \cdot M_{yy.cRd}} &= 0.777 & & < 1.00 \end{aligned}$$

Pojedyncza gałąź.

Zginanie ze ściskaniem ze zwirzeniem (6.5.2)

$$\begin{aligned} k &:= 1.0 & k_w &:= 1.0 & \psi &:= \frac{L - cc}{L} & \psi &= 0.717 & C_1 &:= 1.88 - 1.4 \cdot \psi + 0.52 \cdot \psi^2 & C_1 &= 1.144 \\ M_{cr} &:= \frac{C_1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_z}{cc^2} \cdot \sqrt{\frac{I_{\omega\omega}}{I_z} + \frac{cc^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} & M_{cr} &= 569.96 \text{ kN} \cdot \text{m} & \lambda_{LT} &:= \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot W_{ybeff}}{M_{cr}}} & \lambda_{LT} &= 0.411 \\ \phi_{LT} &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2\right] \\ \chi_{LT} &:= \text{if} \left( \lambda_{LT} \leq 0.4, 1, \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \right) & \mu_{LT} &:= 0.15 \cdot \lambda_{LT} \cdot \beta_M - 0.15 \\ \mu_{LT} &:= \text{if} (\mu_{LT} > 0.9, 0.9, \mu_{LT}) & \mu_{LT} &= -0.039 & \chi_{LT} &= 0.950 \\ \lambda &:= \frac{cc}{i_z} & \lambda_r &:= \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} & \phi &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2\right] & \chi_z &:= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}} & \chi_{zz} &= 0.754 \\ \kappa_{LT} &:= 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot \frac{N_{Sd}}{2}}{\chi_z \cdot f_{yb} \cdot A_{ceff}} & \kappa_{LT} &:= \text{if} (\kappa_{LT} > 1.0, 1.0, \kappa_{LT}) & \kappa_{LT} &= 1.00 \\ \frac{\frac{N_{Sd}}{2}}{\chi_z \cdot N_{c.Rd}} + \frac{\kappa_{LT} \cdot \frac{M_{y.Sd.max}}{2}}{\chi_{LT} \cdot M_{ycRd}} &= 0.685 & & < 1.00 \end{aligned}$$





**WARMIŃSKO-MAZURSKA  
OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA**  
10-532 Olsztyn, Plac Konsulatu Polskiego 1

WAM/OKK/U/95/06

Olsztyn, dnia 14 grudnia 2006 r.

## **DECYZJA**

Na podstawie 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, ze zm./, art. 12 ust. 3, art.13 ust.1 pkt 1 i 2, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane /tekst jednolity Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118/, § 6 ust. 1 i 2, § 11 ust.1 pkt 1, § 15, § 17 ust. 1 pkt 1 i 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578/ oraz art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego /t.j. Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz.1071 ze zm./

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna  
nadaje**

**Panu Mikołajowi Pawłowi Szczekiemu**  
magistrowi inżynierowi budownictwa  
ur. dnia 09 września 1975 r. w Brodnicy

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**

**Nr ewid. WAM/ 0073/PWOK/06**

**DO PROJEKTOWANIA I KIEROWANIA ROBOTAMI BUDOWLANYMI  
BEZ OGRANICZEŃ  
W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ**

### **UZASADNIENIE**

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

**Pouczenie :**

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 w/w ustawy Prawo budowlane – podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis, w drodze decyzji, do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, potwierdzony zaświadczeniem wydanym przez tę izbę, z określonym w nim terminem ważności.
2. Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Olsztynie, w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.



**Skład orzekający OKK:**

1. mgr inż. Andrzej Stasiorowski

2. inż. Janusz Palmowski

3. mgr inż. Elżbieta Lasmanowicz

**Pan Mikołaj Paweł Szczecki upoważniony jest :**

**I.** Na podstawie art.12 ust.1 pkt 1 i 2, art. 13 ust. 3 i 4 ustawy Prawo budowlane, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:

- a) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- b) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
- c) kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
- d) wykonywania nadzoru inwestorskiego,
- e) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

**II.** Na podstawie § 17 ust. 1 pkt 1 i 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578/ uprawnienia niniejsze uprawnniają w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń do projektowania i kierowania robotami budowlanymi związanymi z obiektem budowlanym w zakresie :

- a) sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
- b) kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji obiektu oraz do architektury obiektu.

**III.** Na podstawie § 15 w/w rozporządzenia, niniejsze uprawnienia do projektowania w specjalności konstrukcyjno-budowlanej uprawnniają do sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, z zakresie tej specjalności.

Otrzymuje:

1. Pan Mikołaj Paweł Szczecki  
82-300 Elbląg, ul. Robotnicza 160/64
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

**PRZEWODNICZĄCY**  
**OKRĘGOWEJ KOMISJI KWALIFIKACYJNEJ**

*mgr inż. Andrzej Stasiński*

POMORSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

## Z A Ś W I A D C Z E N I E

Pan(i) **Szczecki Mikołaj Paweł**  
81-581 Gdynia ul. Nowodworcowa 14a/8a

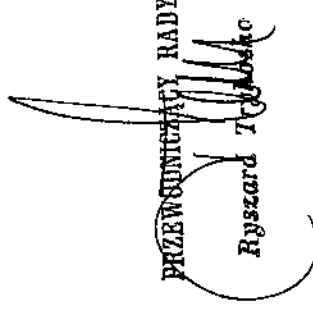
jest członkiem

**Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa**

o numerze ewidencyjnym POM/BO/0022/07  
i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne  
od dnia 2008-05-01 do 2008-10-31

Gdańsk 2008-04-24 r.

POMORSKA OKRĘGOWA  
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
80-840 Gdańsk, ul. Świętojańska 4...44  
(\*) Tel. (0-58) 324-89-77  
Fax (0-58) 301-44-98

PRZEWODNICZĄCY RADY  
  
Ryszard Trzasko





Olsztyn, 24 maja 2001 r.

GPBK.II.7131/21/01

## DECYZJA

Na podstawie art. 13 ust.1 pkt 1 i art. 14 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane /tekst jednolity Dz.U. z 2000 r. Nr 106, poz.1126 ze zm./, § 4 ust. 2 i § 9 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz.U. z 1995 r. Nr 8 poz.38/ oraz dokumentów stwierdzających posiadanie wymaganego przygotowania zawodowego i pozytywnego wyniku egzaminu na uprawnienia budowlane

n a d a j ę

**Panu ANDRZEJOWI BZOWSKIEMU**  
magistrowi inżynierowi budownictwa  
ur. 10 marca 1972 r. w Olsztynie

## UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Nr ewid. 67/01/OL

### DO PROJEKTOWANIA BEZ OGRANICZEŃ W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ

Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń stanowią również podstawę do sprawdzania projektów budowlanych w specjalności objętej tymi uprawnieniami.

Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia, za pośrednictwem Wojewody Warmińsko – Mazurskiego.

#### Otrzymuje :

1. Pan Andrzej Bzowski  
10-455 Olsztyn  
ul. Kard. S. Wyszyńskiego 8/29
2. Główny Urząd Nadzoru Budowlanego
3. a/a



Z up. WOJEWODY  
*Małgorzata Staszewska*  
DYREKTOR WYDZIAŁU  
Gospodarki Przestrzennej, Architektury,  
Budownictwa i Komunikacji



POMORSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

## **ZAŚWIADCZENIE**

Pan(i) **Bzowski Andrzej**  
81-097 Gdynia ul.Skarbka 66/8

jest członkiem

**Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa**  
o numerze ewidencyjnym POM/BO/0531/01  
i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne  
od dnia 2008-01-01 do 2008-12-31

Gdańsk 2007-12-27 r.

POMORSKA OKRĘGOWA  
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
80-840 Gdańsk, ul. Świętojańska 43, 44  
(3) Tel. (0-58) 324-89-77  
Fax (0-58) 301-44-98

PRZEWODNICZĄCY RADY

*Ryszard Tokosko*