



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

Nr projektu: **PL1325**

Data: 10.2008

Obiekt:	BUDYNEK TECHNICZNY B
Adres:	80-298 Gdańsk ul. Słowackiego 200, dz. nr 40/29, 40/19, 40/10
Nazwa opracowania:	Projekt architektoniczno-budowlany hali typu S4HR-16.8 o konstrukcji stalowej w lekkiej obudowie z blach trapezowych. Część konstrukcyjna.
Inwestor:	Port Lotniczy Gdańsk Sp. z o.o.

Stanowisko	Imię i nazwisko nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Szpilewski	
Sprawdzający	mgr inż. Piotr Adel	
Opracował	mgr inż. Anna Pernak mgr inż. Piotr Adel inż. Paweł Chołociński	

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. wariant 1- budynek zamknięty.....	2.2.1.1-2.2.1.4
2.2.2. wariant 2- budynek otwarty.	2.2.2.1-2.2.2.5
2.3. Obliczenia kotew fundamentowych	
2.3.1. słupy ram.....	2.3.1.1-2.3.1.4
2.3.2. słupy ściany szczytowej A	2.3.2.1-2.3.2.4
2.3.3. słupy ściany szczytowej B	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. H-41/118/108/118/41x3	2.4.H.1-2.4.H.9
2.4.5. H-42/119/110/119/42x4.....	2.4.I.1-2.4.I.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-PL1325-1 - Rzut, elewacje, przekrój, skala 1:100	
4.2. A-PL1325-2 - Schematy konstrukcyjne, przekroje, skala 1:100	
4.3. G-PL1325-1 rev.B- Wytyczne do projektu fundamentów, skala 1:100	

OPIS TECHNICZNY - KONSTRUKCYJNY

1. Dane ogólne.

Typ więzara: S4HR-16.8

Projektowana hala jest obiektem parterowym, jednobryłowym, z dachem dwuspadowym o nachyleniu połaci 1:16 (4°). Zewnętrzne wymiary prostokątnego rzutu poziomego wynoszą 16810x20515mm. Wysokość wewnętrzna hali w świetle od poziomu posadowienia słupów wynosi 5.2m. Całkowita wysokość zewnętrzna budynku wynosi 6.2 m przy okapie oraz 6.7 m w kalenicy (wysokości od poziomu posadowienia słupów).

Przyjęto obciążenie charakterystyczne śniegiem $s_k=1.2 \text{ kN/m}^2$, 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 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 hali stanowią poprzeczne ramy stalowe jednonawowe, z ryglem stalowym kratowym dwuspadowym, o nachyleniu pasa górnego 1:16 (4°) i poziomym pasie dolnym. Słupy ram połączone węzłami sztywnymi z ryglem oraz przegubowo z fundamentem. Rozpiętość osiowa ram 16060 mm, a rozstaw osiowy ram 3x4500 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-108x3 i H-110x4. Krzyżulce rygli z profili giętych na zimno 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 ciągłe z zetowników giętych na zimno Z-150, w rozstawie 900-1500 mm (w rzucie).

2.3. Rygle ścian z zetowników giętych na zimno Z-150, w rozstawie 750-1500 mm.

- 2.4. Stężenia połączeniowe i ściennie z płaskowników 50x4 mm przyjęto na krzyż. Siły poziome podłużne, działające na budynek są przejmowane przez stężenia połączeniowe i przekazywane na stężenia pionowe w ścianach podłużnych.
- 2.5. Konstrukcję ścian szczytowych stanowią słupy stalowe z ceowników giętych na zimno C-250x3 mm.
- 2.6. 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 $U_c \approx 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Strona zewnętrzna izolacji pokryta materiałem wiatroizolacyjnym, od strony wewnętrznej izolacja paroszczelna - folia PE. Od wewnątrz ściany wyłożone blachą stalową ocynkowaną i lakierowaną trapezową o wysokości profilu 18 mm grubości 0.5 mm.
- 2.7. 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 płyt z wełny szklanej o grubości 200 mm, co zapewnia współczynnik przenikania ciepła $U_c \approx 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Od strony wewnętrznej izolacji termicznej – izolacja paroszczelna – folia PE. Sufit od strony wewnętrznej wyłożony jest blachą stalową ocynkowaną i lakierowaną trapezową o wysokości profilu 46mm grubości 0.65 mm.
- 2.8. Hala wyposażona jest w:
- drzwi zewnętrzne aluminiowe izolowane typu Alu
o wym. zewn. ościeży 10x21 dm 1 szt.
 - bramy stalowe izolowane typu Hormann
o wym. w świetle otworu 3.5x4.5 m 8 szt.
- 2.9. 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 szybka 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.

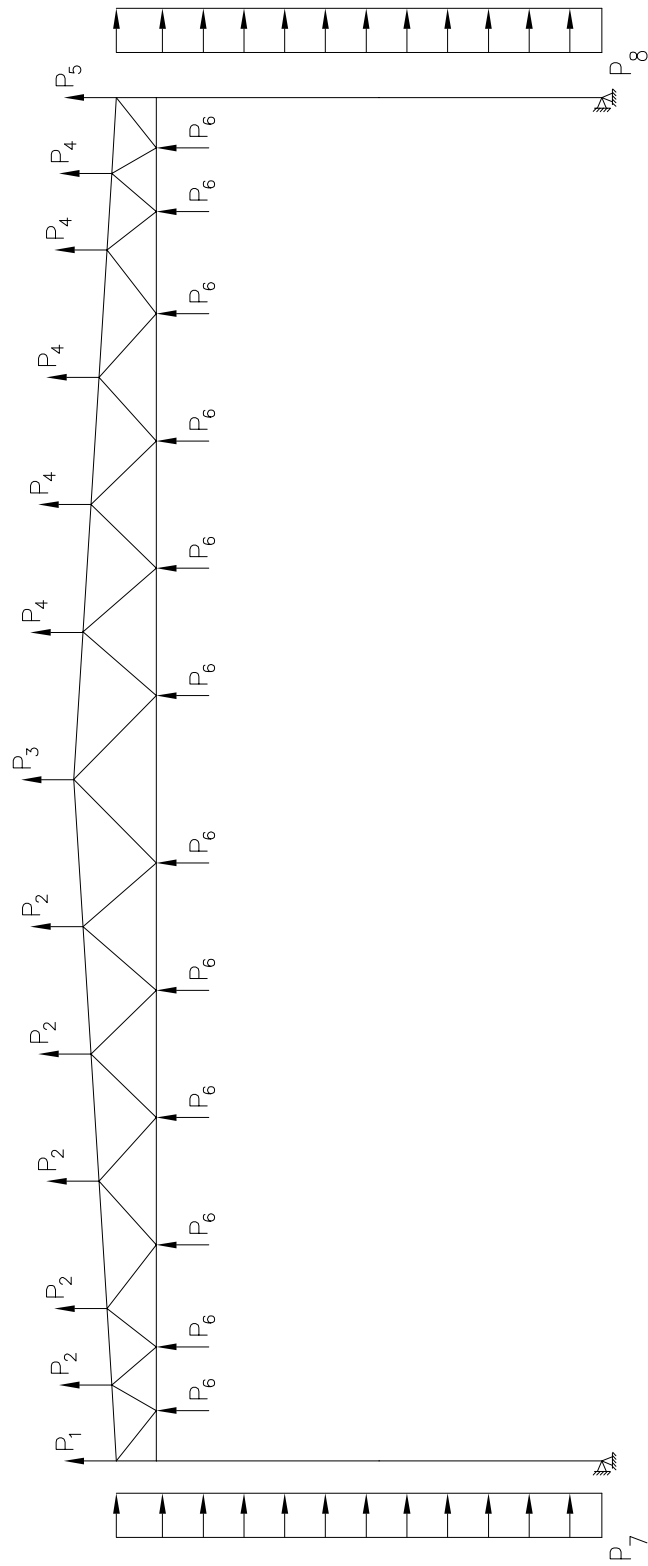
5. Fundament.

Słupy oparte na stopach żelbetowych. Cokoły stóp wykonane z betonu klasy min. C20/25. Podstawy słupów stalowych mocowane do cokołów stóp fundamentowych kotwami wklejanymi HILTI HVU-HAS M20 i M16 oraz kotwami M30 wypuszczonymi z betonu według projektu projektanta fundamentu.

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. C20/25.

Szczegółowe rozwiązanie posadowienia budynku oraz projekt kotew wypuszczanych z fundamentu pozostawia się projektantowi adaptującemu projekt do warunków gruntowych.

Oznaczenia przyjęte przy zebraniu obciążeń na ramy



PL1325

Obliczenie obciążenia na ramę - PL1325 - Port Lotniczy - budynek B wariant 1 -budynek zamknięty.

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: $l_w := 5.4 \text{ m}$,

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: $ccZ := 1.5 \cdot m$

Typ izolacji dachu: $tid := 5$ grubość izolacji: $di := 200 \cdot mm$

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		$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_G	$g \text{ [kN/m}^2\text{]}$
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 ³	200 mm	0.024	1.35	0.032
4	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.070	1.35	0.095
5	platew Z-150	0.05 kN/m	0.033	1.35	0.045
6	stężenia i łączniki		0.010	1.35	0.014
	Suma		0.225		0.303

(tid di ccZ)

Na węzeł co $ccZ = 1.5 \text{ m}$, $l_w = 5.4 \text{ m}$

obciążenie charakterystyczne: $G_{g,k} := g_{g,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$ $G_{g,k} = 1.820 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe: $G_g := \xi \cdot g_{g,0} \cdot ccZ \cdot l_w$ $G_g = 2.088 \text{ kN}$

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

LP	Warstwa		$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_G	$g \text{ [kN/m}^2\text{]}$
	Suma		0.000		0.000

(tid di ccZ)

Na węzeł co $ccZ = 1.5 \text{ m}$, $l_w = 5.4 \text{ m}$

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 $ccZ = 1.5\text{m}$, $l_w = 5.4\text{m}$

obciążenie charakterystyczne: $G_{\text{dod.k}} := g \cdot ccZ \cdot l_w$ $G_{\text{dod.k}} = 0.81 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe: $G_{\text{dod}} := \xi \cdot g \cdot ccZ \cdot l_w \cdot \gamma_G$ $G_{\text{dod}} = 0.93 \text{ kN}$

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:

$$G_{\text{dod.gor.d}} := G_{\text{dod.gor.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.dol.d}} := G_{\text{dod.dol.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.gor.d}} = 0.93 \text{ kN} \quad G_{\text{dod.dol.d}} = 0.00 \text{ kN}$$

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 $U < 1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Na węzeł co $ccZ = 1.5\text{m}$

obciążenie charakterystyczne: $S := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot ccZ \cdot l_w$ $S = 7.78 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe: $S_d := S \cdot \gamma_Q$ $S_d = 11.66 \text{ kN}$

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:

Na ścianę nawietrzną A: $C := 0.7$ $p_A := p_k \cdot C \cdot l_w$ $p_A = 2.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę zawietrzną B: $C := 0.4$ $p_B := p_k \cdot C \cdot l_w$ $p_B = 1.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na ścianę boczną: $C := 0.5$ $p_C := p_k \cdot C \cdot l_w$ $p_C = 1.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Na węzeł pasa górnego co $ccZ = 1.5\text{m}$, $l_w = 5.4\text{m}$

Na połąć nawietrzną: $C := 0.9$ $p_2 := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$ $p_2 = 4.59 \text{ kN}$

Na połąć zawietrzną: $C := 0.4$ $p_4 := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$ $p_4 = 2.04 \text{ kN}$

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 γ_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.

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

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.

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

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

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

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).

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

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

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

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

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

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	-13.21	-14.68	-17.62	-14.68	-13.21	0.00	0.00	0.00
2	4.73	5.25	4.01	1.42	1.28	0.00	3.57	2.04
3	-9.49	-10.55	-14.04	-12.84	-11.56	0.00	2.14	1.22
4	-1.76	-1.96	-4.65	-5.79	-5.21	0.00	3.57	2.04
5	4.73	5.25	6.30	5.25	4.73	0.00	-2.55	2.55
6	-13.21	-14.68	-13.56	-7.92	-7.13	0.00	0.00	0.00
7	-9.49	-10.55	-9.98	-6.08	-5.47	0.00	2.14	1.22
8	-1.76	-1.96	-2.34	-1.94	-1.75	0.00	3.57	2.04
9	-3.41	-3.79	-9.98	-12.84	-11.56	0.00	2.14	1.22
10	1.70	1.88	-2.34	-5.79	-5.21	0.00	3.57	2.04

P

Obliczenie obciążenia na ramę - PL1325 - Port Lotniczy - budynek B wariant 2 - budynek otwarty.

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: $l_w := 5.4 \text{ m}$,

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: $ccZ := 1.5 \cdot m$

Typ izolacji dachu: $tid := 5$ grubość izolacji: $di := 200 \cdot mm$

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		$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_G	$g \text{ [kN/m}^2\text{]}$
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 ³	200 mm	0.024	1.35	0.032
4	blacha trapezowa TP46, 0.65 mm		0.070	1.35	0.095
5	platew Z-150	0.033kN/m	0.033	1.35	0.045
6	stężenia i łączniki		0.010	1.35	0.014
	Suma		0.224		0.303

(tid di ccZ)

Na węzeł co $ccZ = 1.5 \text{ m}$, $l_w = 5.4 \text{ m}$

obciążenie charakterystyczne: $G_{g,k} := g_{g,0k} \cdot ccZ \cdot l_w$ $G_{g,k} = 1.817 \text{ kN}$

obciążenie obliczeniowe: $G_g := \xi \cdot g_{g,0} \cdot ccZ \cdot l_w$ $G_g = 2.085 \text{ kN}$

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

LP	Warstwa		$g_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_G	$g \text{ [kN/m}^2\text{]}$
	Suma		0.000		0.000

(tid di ccZ)

Na węzeł co $ccZ = 1.5 \text{ m}$, $l_w = 5.4 \text{ m}$

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 $ccZ = 1.5 \text{ m}$, $l_w = 5.4 \text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:

$$G_{\text{dod.k}} := g \cdot ccZ \cdot l_w$$

$$G_{\text{dod.k}} = 0.81 \text{ kN}$$

obciążenie obliczeniowe:

$$G_{\text{dod}} := \xi \cdot g \cdot ccZ \cdot l_w \cdot \gamma_G$$

$$G_{\text{dod}} = 0.93 \text{ kN}$$

na pas dolny:

na pas górny:

Dla izolacji dachu typ 2:

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

Dla pozostałych typów:

$$G_{\text{dod.gor.d}} := G_{\text{dod.gor.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.dol.d}} := G_{\text{dod.dol.k}} \cdot \gamma_G \cdot \xi \quad G_{\text{dod.gor.d}} = 0.93 \text{ kN} \quad G_{\text{dod.dol.d}} = 0.00 \text{ kN}$$

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:

$$C_e := 1.0 \quad (\text{teren normalny})$$

Współczynnik termiczny:

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

Na węzeł co $ccZ = 1.5 \text{ m}$

obciążenie charakterystyczne:

$$S := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot ccZ \cdot l_w$$

$$S = 7.78 \text{ kN}$$

obciążenie obliczeniowe:

$$S_d := S \cdot \gamma_Q$$

$$S_d = 11.66 \text{ kN}$$

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:

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:

$$C := 1.1$$

$$P_{BL} := p_k \cdot C \cdot l_w$$

$$P_{BL} = 3.74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wiatr z prawej strony:

Na ścianę nawietrzną B:

$$C := 1.1$$

$$P_{BP} := p_k \cdot C \cdot l_w$$

$$P_{BP} = 3.74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

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:

$$C := 0.4$$

$$P_{2C} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$$

$$P_{2C} = 2.04 \text{ kN}$$

Na węzeł pasa górnego co $ccZ = 1.5\text{ m}$, $l_w = 5.4\text{ m}$

Wiatr z lewej strony:

Na połac nawietrzną: $C := 1.6$ $p_{2L} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$ $p_{2L} = 8.16\text{ kN}$

Na połac zawietrzną: $C := 1.1$ $p_{4L} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$ $p_{4L} = 5.61\text{ kN}$

Wiatr z prawej strony:

Na połac nawietrzną: $C := 0.5$ $p_{4P} := p_k \cdot C \cdot ccZ \cdot l_w$ $p_{4P} = 2.55\text{ kN}$

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 γ_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.

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

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

$$\begin{aligned} S' \cdot P_{2,2} &:= \gamma_Q \cdot p_{2L} - \gamma_{G.inf} \cdot G_{g,k} & P_{2,4} &:= \gamma_Q \cdot p_{4L} - \gamma_{G.inf} \cdot G_{g,k} & P_{2,6} &:= -\gamma_{G.inf} \cdot G_{d,k} \\ P_{2,7} &:= \gamma_Q \cdot p_{aL} & P_{2,8} &:= \gamma_Q \cdot p_{bL} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} P_{9,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2L} & P_{9,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4L} \\ P_{9,7} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AL} & P_{9,8} &:= \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BL} & P_{9,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{10,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P_{2L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S & P_{10,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{4L} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{10,7} &:= \gamma_Q \cdot P_{AL} & P_{10,8} &:= \gamma_Q \cdot P_{BL} & P_{10,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{11,2} &:= \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_{G.inf} \cdot G_{g,k} & P_{11,4} &:= \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_{G.inf} \cdot G_{g,k} & P_{11,6} &:= -\gamma_{G.inf} \cdot G_{d,k} \\ P_{11,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{11,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{12,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2P} & P_{12,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4P} \\ P_{12,7} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AP} & P_{12,8} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BP} & P_{12,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{13,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{2P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S & P_{13,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P_{4P} - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \\ P_{13,7} &:= -\gamma_Q \cdot P_{AP} & P_{13,8} &:= -\gamma_Q \cdot P_{BP} & P_{13,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

5.14. Kombinacja 14 - ciężar własny obudowy + obc. dodatkowe + obc. nierównomierne śniegiem (większy z prawej).

$$\begin{aligned} P_{14,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - 0.5 \cdot \gamma_Q \cdot S & P_{14,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S \\ P_{14,7} &:= 0 \cdot kN & P_{14,8} &:= 0 \cdot kN & P_{14,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{15,2} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{2P} & P_{15,4} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{4P} \\ P_{15,7} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{AP} & P_{15,8} &:= -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P_{BP} & P_{15,6} &:= -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k}) \end{aligned}$$

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

$$P_{16,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P2P - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S \quad P_{16,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P4P - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S$$

$$P_{16,7} := -\gamma_Q \cdot PAP \quad P_{16,8} := -\gamma_Q \cdot PBP \quad P_{16,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k})$$

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

$$P_{17,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) - \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P2P \quad P_{17,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} - \gamma_Q \cdot 0.5 \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot P4P$$

$$P_{17,7} := -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot PAP \quad P_{17,8} := -\gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot PBP \quad P_{17,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k})$$

5.18. Kombinacja 18 - ciężar własny obudowy + obc. dod. + wiatr z prawej strony + towarzyszący śnieg (nierównomierne większy z lewej).

$$P_{18,2} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{g,k} + G_{dod.gor.k}) + \gamma_Q \cdot P2P - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S \quad P_{18,4} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot G_{g,k} + \gamma_Q \cdot P4P - \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot 0.5 \cdot S$$

$$P_{18,7} := -\gamma_Q \cdot PAP \quad P_{18,8} := -\gamma_Q \cdot PBP \quad P_{18,6} := -\xi \cdot \gamma_G \cdot (G_{d,k} + G_{dod.dol.k})$$

$$i := 1..18 \quad P_{i,1} := 0.9 \cdot P_{i,2} \quad P_{i,3} := 0.6 \cdot (P_{i,2} + P_{i,4}) \quad P_{i,5} := 0.9 \cdot P_{i,4}$$

Kombinacja:	P1 [kN]	P2 [kN]	P3 [kN]	P4 [kN]	P5 [kN]	P6 [kN]	P7 [kN/m]	P8 [kN/m]
1	-13.21	-14.68	-17.61	-14.68	-13.21	0.00	0.00	0.00
2	9.55	10.61	10.44	6.78	6.11	0.00	0.00	5.61
3	-6.60	-7.33	-10.17	-9.63	-8.66	0.00	0.00	3.37
4	3.06	3.40	1.78	-0.43	-0.38	0.00	0.00	5.61
5	1.28	1.43	1.71	1.43	1.28	0.00	0.00	0.00
6	-13.21	-14.68	-13.56	-7.92	-7.13	0.00	0.00	0.00
7	-6.60	-7.33	-6.12	-2.87	-2.58	0.00	0.00	3.37
8	3.06	3.40	4.09	3.42	3.08	0.00	0.00	5.61
9	-0.51	-0.57	-6.12	-9.63	-8.66	0.00	0.00	3.37
10	6.52	7.25	4.09	-0.43	-0.38	0.00	0.00	5.61
11	-1.47	-1.64	0.33	2.19	1.97	0.00	0.00	-5.61
12	-13.21	-14.68	-16.24	-12.38	-11.14	0.00	0.00	-3.37
13	-7.96	-8.85	-8.32	-5.02	-4.52	0.00	0.00	-5.61
14	-7.13	-7.92	-13.56	-14.68	-13.21	0.00	0.00	0.00
15	-7.13	-7.92	-12.18	-12.38	-11.14	0.00	0.00	-3.37
16	-4.50	-5.00	-6.01	-5.02	-4.52	0.00	0.00	-5.61
17	-13.21	-14.68	-12.18	-5.62	-5.06	0.00	0.00	-3.37
18	-7.96	-8.85	-6.01	-1.17	-1.06	0.00	0.00	-5.61

P

Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1325 - Port Lotniczy ^{2.3.1.1} - budynek B - stopy słupów w osiach 2, 3, 4.

1. Dane wyjściowe.

1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 19.9 \cdot \text{kN}$$

Siła pionowa wyrywająca:

$$N_0 := 65.7 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

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

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

1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 25$$

1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 260 \cdot \text{mm}$$

$$s_2 := 200 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 150 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

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

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

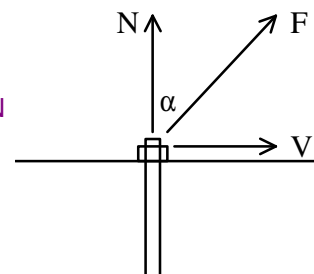
1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

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

$$N = 16.43 \text{ kN}$$

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

$$V = 4.97 \text{ kN}$$



1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

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

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

$$\alpha = 16.85$$

1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

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

$$F_d = 17.16 \text{ kN}$$

2. Obliczenie nośności kotew Hilti:

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

2.1. Dane kotwy

2.1.1. Nominalna głębokość zakotwienia:

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

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

2.1.2. Aktualna głębokość zakotwienia:

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

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

2.1.3. Nośności kotwy (wartości obliczeniowe):

na wyrywanie:

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

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

na ścinanie:

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

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

przy obciążeniu złożonym:

2.3.1.2

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 24.78 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 40.91 \text{ kN}$$

2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 0.94$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 0.92$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 0.92$$

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:

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

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

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

$$f_{A.C16.2} := \text{if} \left(s_2 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left(s_2 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_2}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C16.2} = 1.00$$

$$f_{A.C16} := f_{A.C16.1} \cdot f_{A.C16.2} \quad f_{A.C16} = 1$$

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

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

$$f_{A.C20.1} := \text{if} \left(s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left(s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C20.1} = 1.00$$

$$f_{A.C20.2} := \text{if} \left(s_2 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left(s_2 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_2}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C20.2} = 0.90$$

$$f_{A.C20} := f_{A.C20.1} \cdot f_{A.C20.2} \quad f_{A.C20} = 0.9$$

2.2.4. Wpływ odległości od krawędzi:

dla siły normalnej:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dla siły tnącej:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.5. Globalny współczynnik wpływu

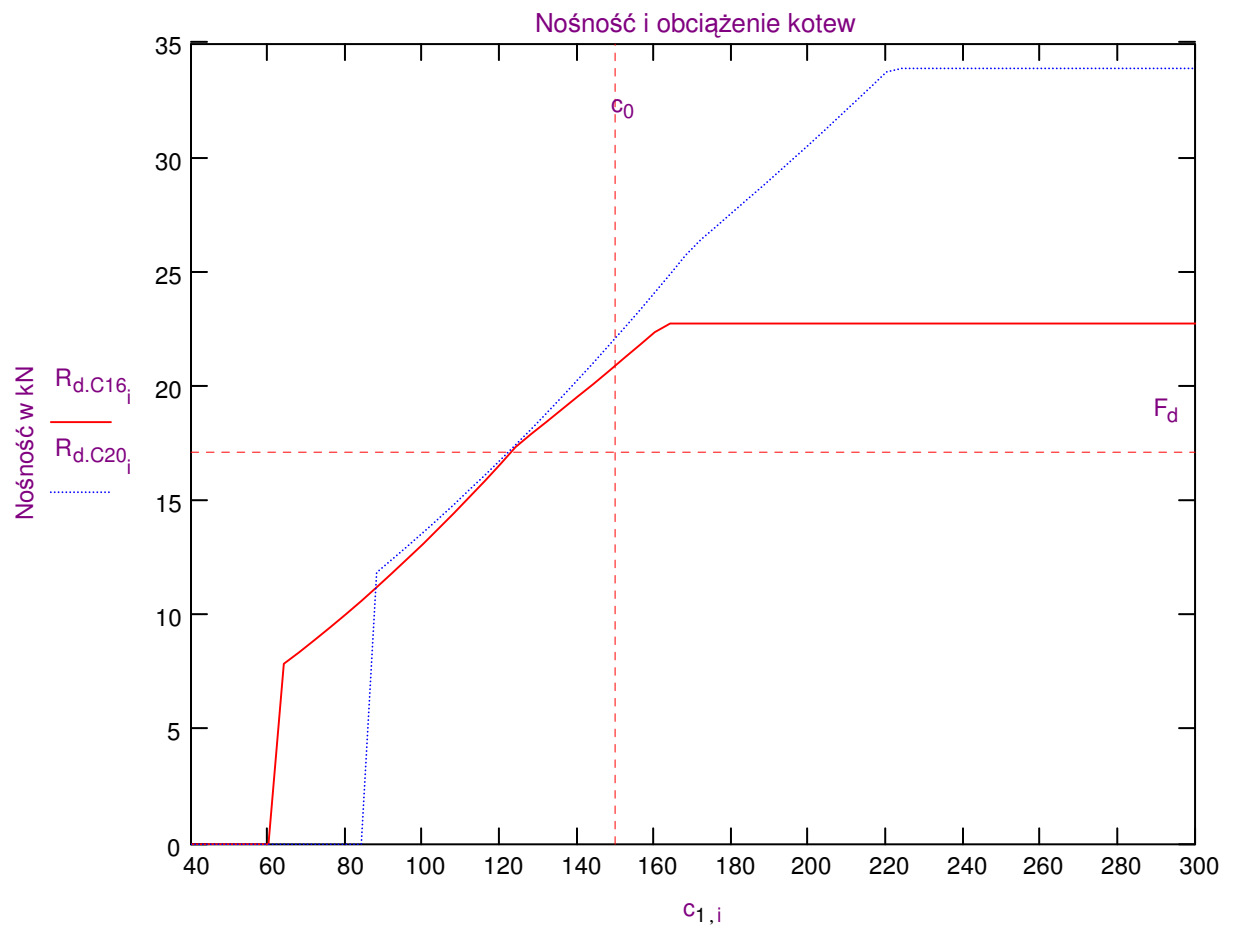
$$f_{G.C16_i} := f_{B.C16} \cdot f_{T.C16} \cdot f_{A.C16} \cdot f_{R.C16_i}$$

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

2.3. Nośność kotwy:

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

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



$$F_d = 17.16 \text{ kN}$$

$$c_0 = 150 \text{ mm}$$

Przyjęto 4 kotwy klejone M20

Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1325 - port Lotniczy - budynek B - stopy słupów sciany szczytowej A

1. Dane wyjściowe.

1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 13 \cdot \text{kN}$$

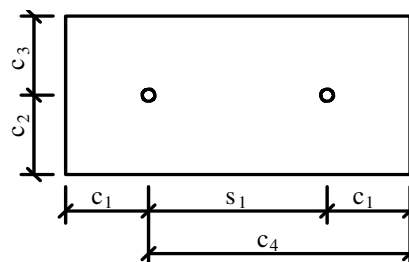
Siła pionowa wrywająca:

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

Siła skośna:

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

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



1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 25$$

1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

$$s_1 := 180 \cdot \text{mm}$$

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 130 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

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

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

1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

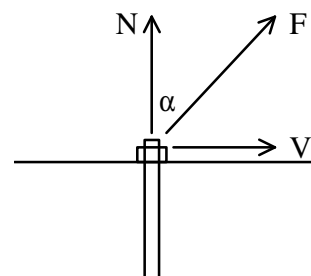
Siła pionowa wrywająca: $N := 0.5 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta))$

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

Siła pozioma:

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

$$V = 6.5 \text{ kN}$$



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):

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

$$F_d = 6.5 \text{ kN}$$

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:

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

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

$$f_{A.E16} := \text{if} \left(s_1 < s_{min.E16}, 0, \text{if} \left(s_1 < s_{cr.E16}, 0.31 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.E16}} + 0.32, 1 \right) \right) \quad f_{A.E16} = 0.91$$

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

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

$$f_{A.C16} := \text{if} \left(s_1 < s_{min.C16}, 0, \text{if} \left(s_1 < s_{cr.C16}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C16}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C16} = 0.98$$

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

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

$$f_{A.C20} := \text{if} \left(s_1 < s_{min.C20}, 0, \text{if} \left(s_1 < s_{cr.C20}, 0.3 \cdot \frac{s_1}{h_{nom.C20}} + 0.55, 1 \right) \right) \quad f_{A.C20} = 0.87$$

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

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

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

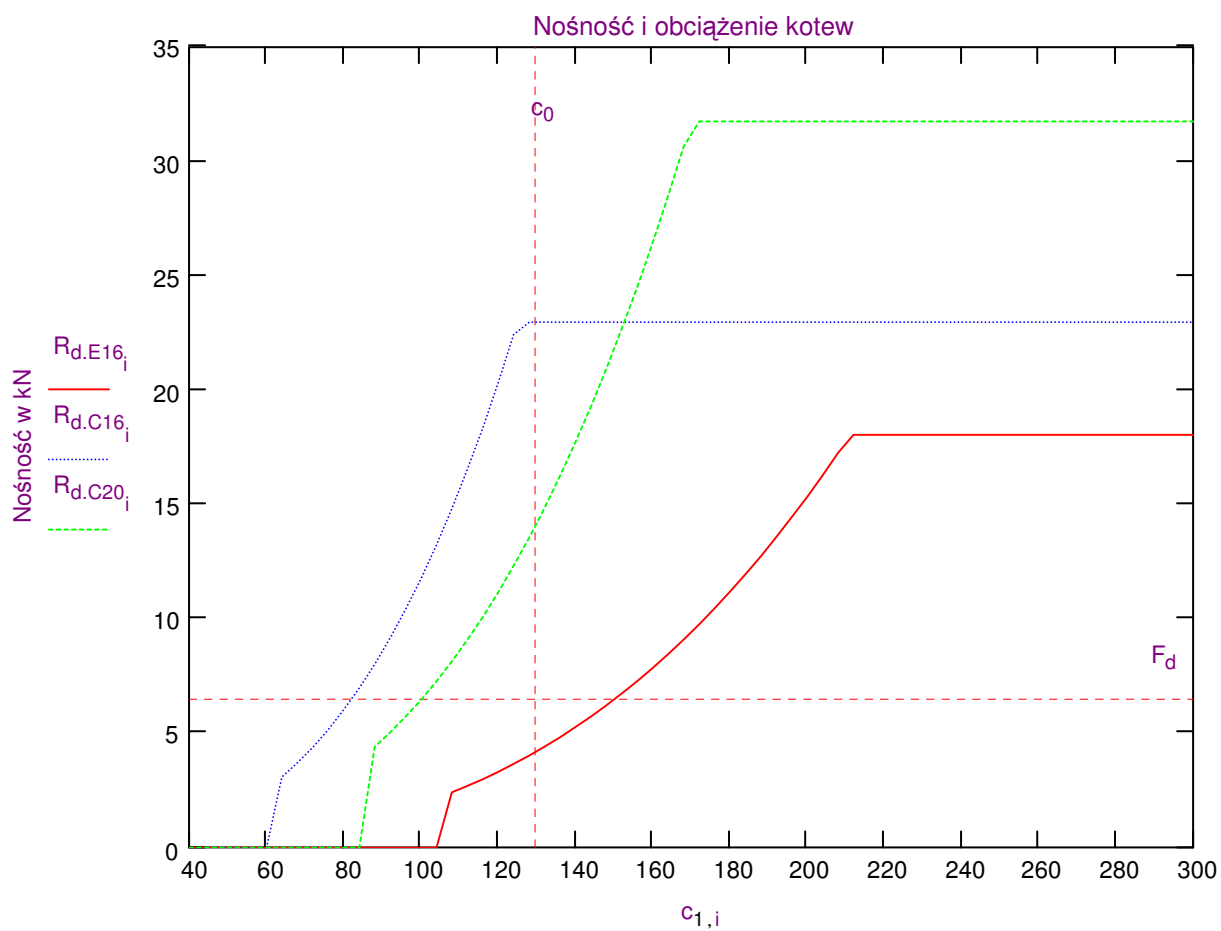
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

2.3. Nośność kotwy:

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

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

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



$$F_d = 6.5 \text{ kN}$$

$$c_0 = 130 \text{ mm}$$

Przyjęto 2 kotwy klejone M 16.

Obliczenie kotew fundamentowych do obiektu PL1325 - Port Lotniczy - budynek B - stopy słupów ściany szczytowej B

1. Dane wyjściowe.

1.1. Siły działające na stopę :

Siła pozioma:

$$V_0 := 25 \cdot \text{kN}$$

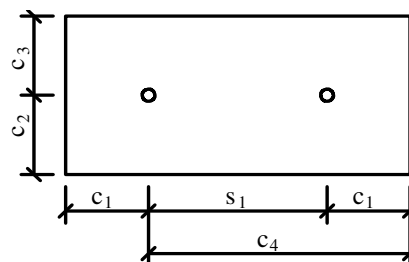
Siła pionowa wrywająca:

$$N_0 := 19 \cdot \text{kN}$$

Siła skośna:

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

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



1.2. Klasa betonu:

$$f_{ccact} := 25$$

1.3. Dane geometryczne:

Odległość między kotwami:

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

Odległości do krawędzi betonu:

$$c_0 := 160 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

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

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

1.4. Siły przypadające na jedną kotwę:

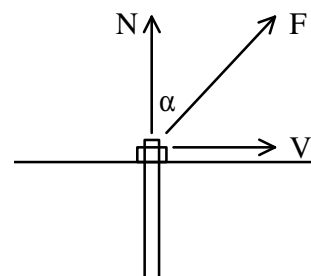
Siła pionowa wrywająca: $N := 0.5 \cdot (N_0 + F_0 \cdot \cos(\beta))$

$$N = 9.5 \cdot \text{kN}$$

Siła pozioma:

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

$$V = 12.5 \cdot \text{kN}$$



1.5. Kąt działania siły wypadkowej:

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

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

$$\alpha = 52.77$$

1.6. Siła wypadkowa (na jedną kotwę):

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

$$F_d = 15.7 \cdot \text{kN}$$

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:

$$F_{30\alpha.E16} := N_{30.E16} - (N_{30.E16} - V_{30.E16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.E16} = 19.73 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C16} := N_{30.C16} - (N_{30.C16} - V_{30.C16}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C16} = 24.1 \text{ kN}$$

$$F_{30\alpha.C20} := N_{30.C20} - (N_{30.C20} - V_{30.C20}) \cdot \frac{\alpha}{90} \quad F_{30\alpha.C20} = 38.79 \text{ kN}$$

2.2. Obliczenie współczynników wpływu.

2.2.1. Wpływ wytrzymałości betonu:

$$f_{B.E16} := 1 + 0.015 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.E16} = 0.97$$

$$f_{B.C16} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C16} = 0.96$$

$$f_{B.C20} := 1 + 0.02 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) \cdot (f_{ccact} - 30) \quad f_{B.C20} = 0.96$$

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

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

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

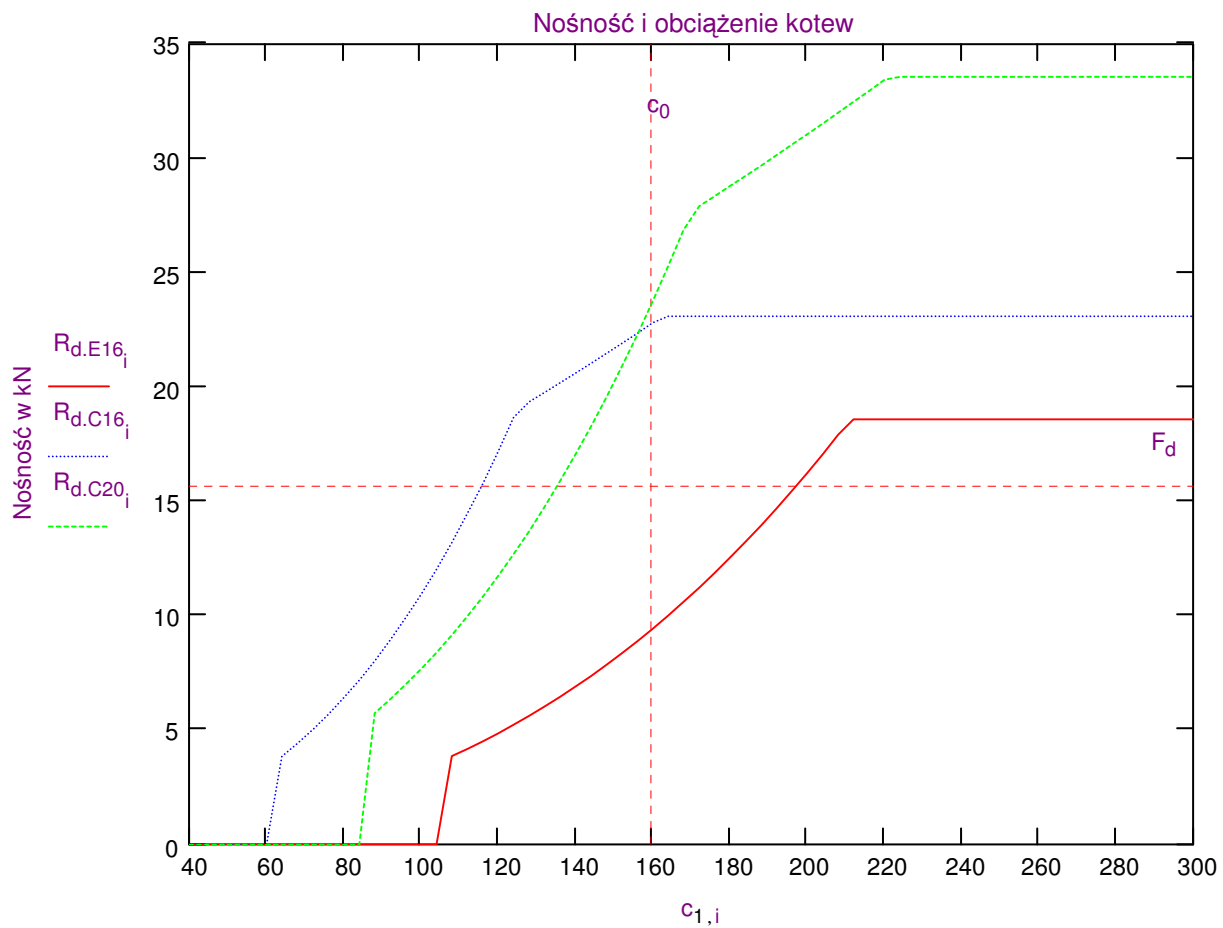
$$f_{G.C20_i} := f_{B.C20} \cdot f_{T.C20} \cdot f_{A.C20} \cdot f_{R.C20_i}$$

2.3. Nośność kotwy:

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

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

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



$$F_d = 15.7 \text{ kN}$$

$$c_0 = 160 \text{ mm}$$

Przyjęto 2 kotwy klejone M 16.

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

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

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

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

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

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

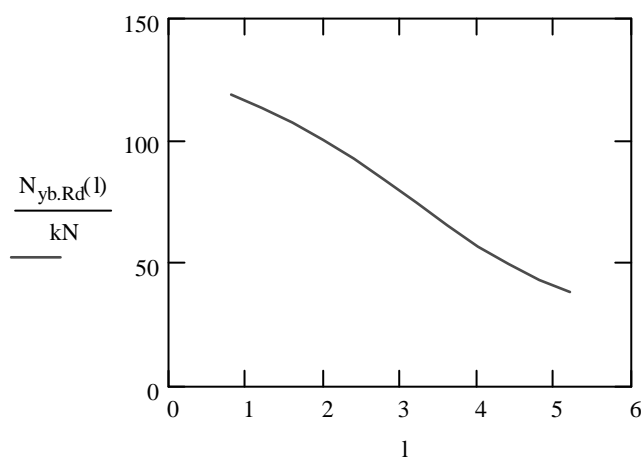
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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



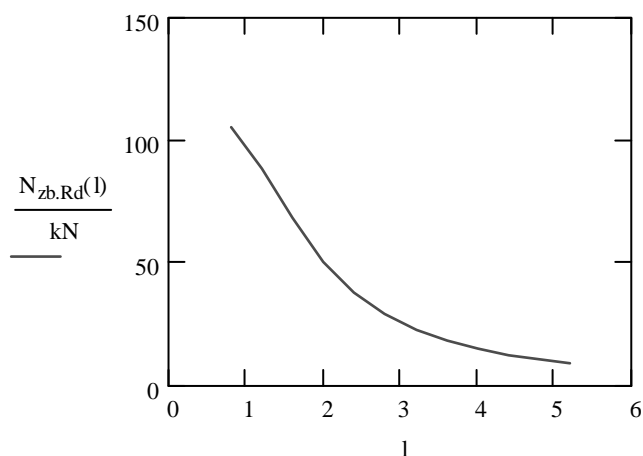
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

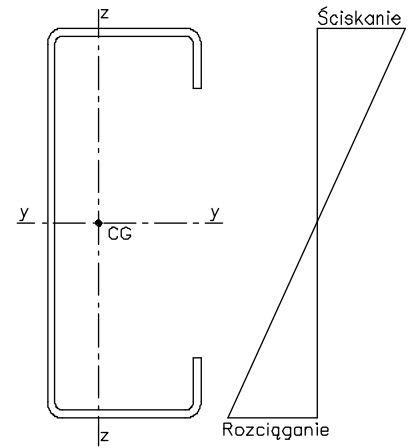
$$C := \left[\frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left(\frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

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

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

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

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

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

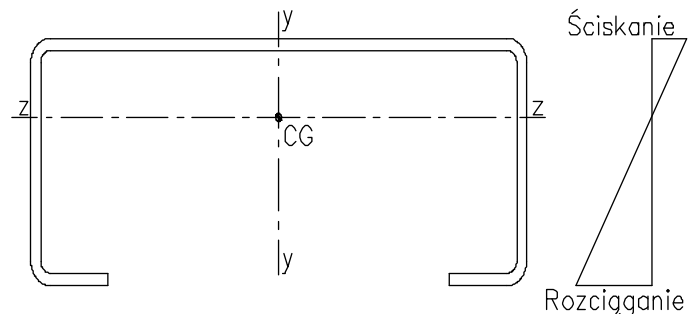
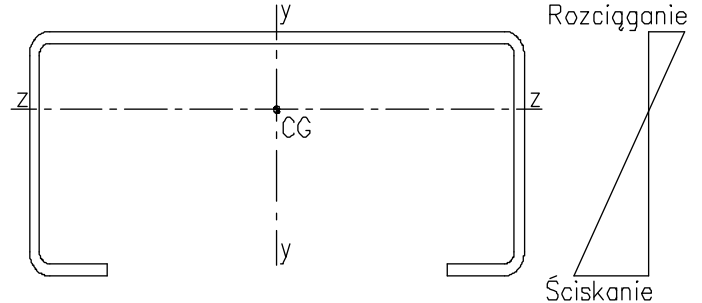
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.14$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

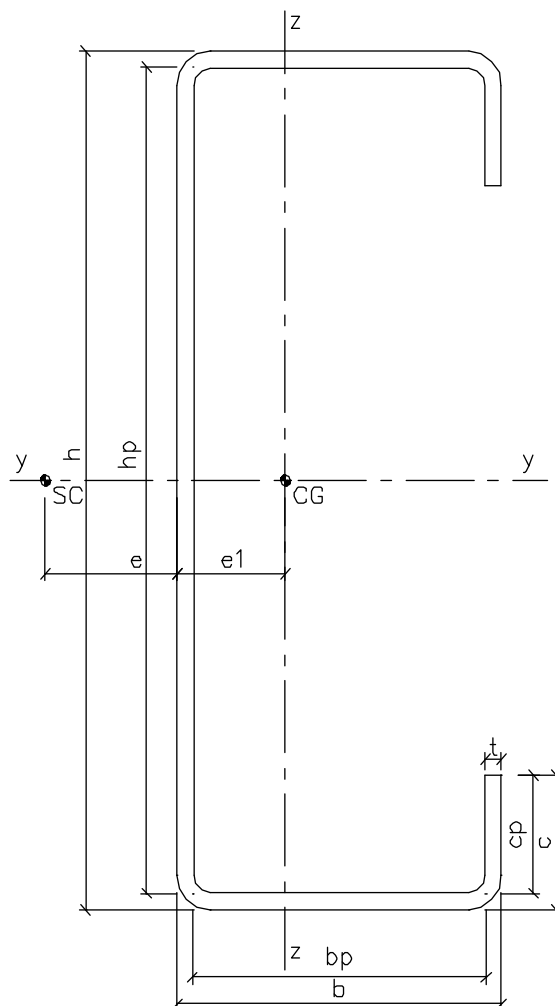
$$N_{t,Rd} = 148.40 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$kN := 1000 \cdot N$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\nu := 0.3$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

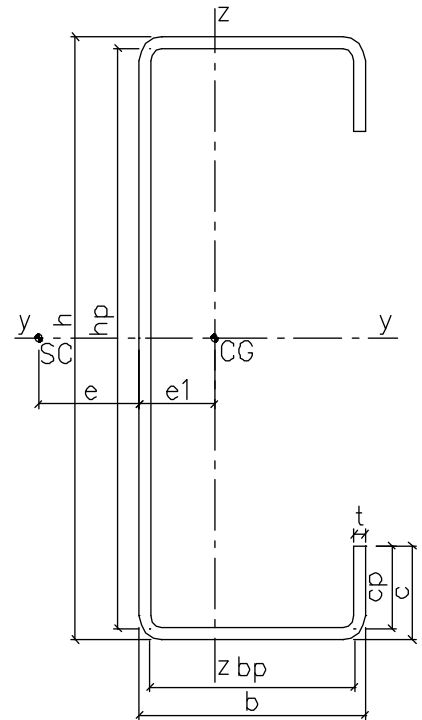
$$I_T = 736 \text{ mm}^4$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

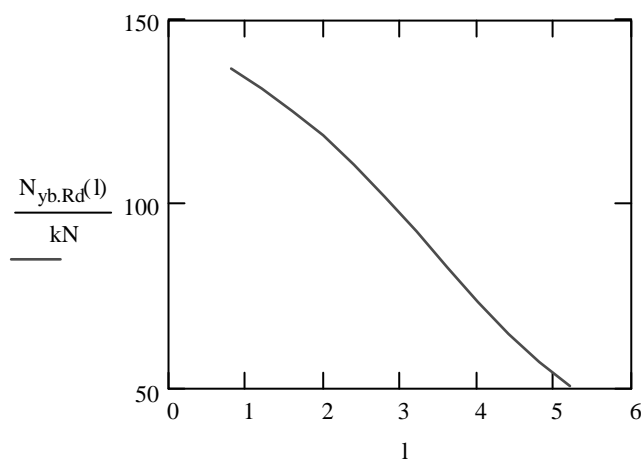
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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



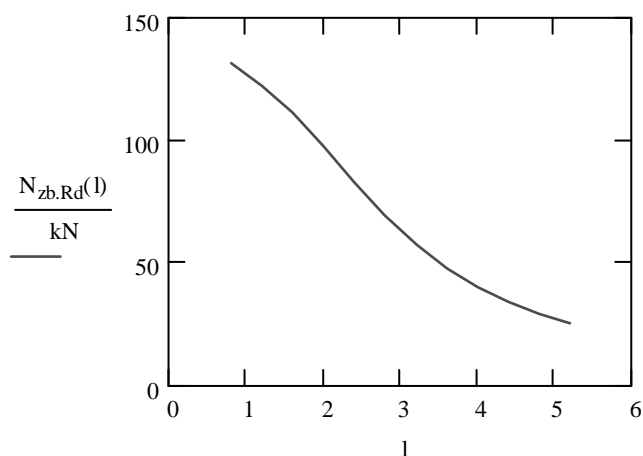
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 0.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.68$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.81$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.76$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.78$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.77$$

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

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

$$e_{y\text{beff}} = 52.99 \text{ mm}$$

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

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

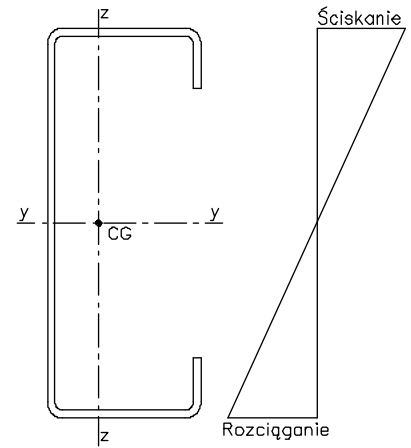
$$C := \left[\frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left(\frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

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

$$I_{y\text{beff}} = 8.891 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

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

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

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.622 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 15.51$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.39$$

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

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

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

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

$$W_{z\text{efl}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{befl}} = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{efl}} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{efl}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik rozciągany wg 5.4.1: } M_{1z\text{cRd}} = 2.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.61 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 40.63$$

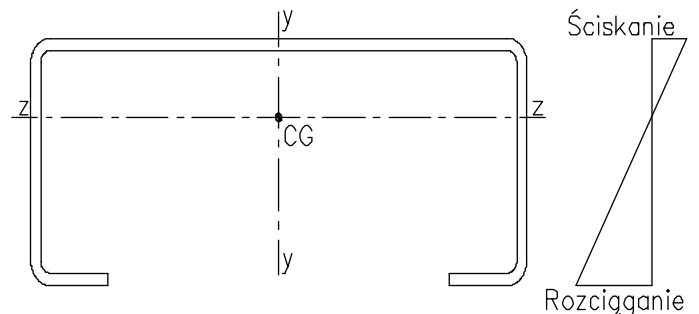
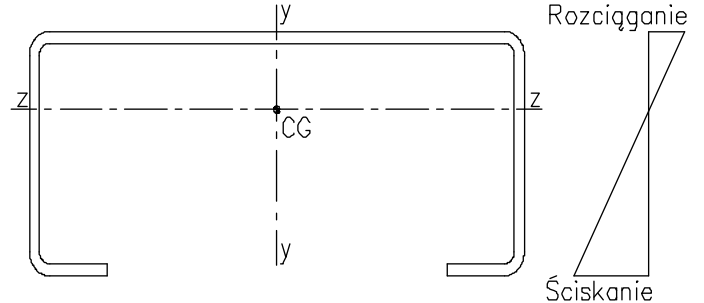
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.24$$

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

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

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.26$$

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



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

$$I_{zbef2} := \left(I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[\frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left(b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left(e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 4.34 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 9396.49 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ycRd} = 5.34 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 2.99 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

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

$$V_{wRd2} = 53.64 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

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

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

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

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

$$N_{c,Rd} = 138.04 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

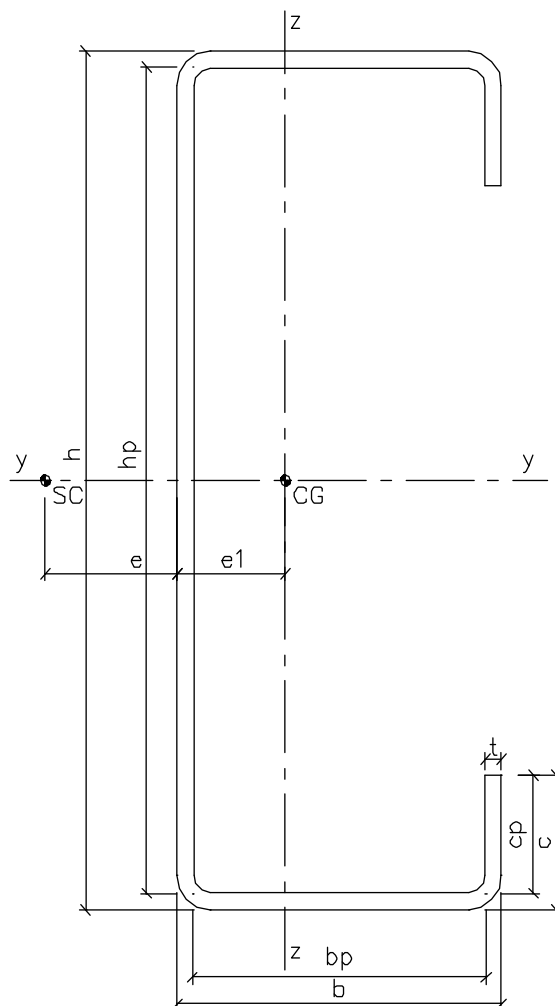
$$N_{t,Rd} = 182.76 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$I_T = 736.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 1.02 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

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

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

$$kN := 1000 \cdot N$$

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

$$b = 77 \text{ mm}$$

$$c = 19 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$r_i := 3 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

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

$$\nu := 0.3$$

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

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

$$\xi_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad \xi_p = 0.07 \frac{kN}{m}$$

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

$$A_g = 840 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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

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

$$I_y = 1.44 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

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

$$k = 269.0 \text{ mm}$$

$$e_1 = 30.31 \text{ mm}$$

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

$$I_z = 6.9 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

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

$$W_y = 2.89 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

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

$$W_{z1} = 2.28 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

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

$$W_{z2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

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

$$i_y = 41.44 \text{ mm}$$

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

$$i_z = 28.65 \text{ mm}$$

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

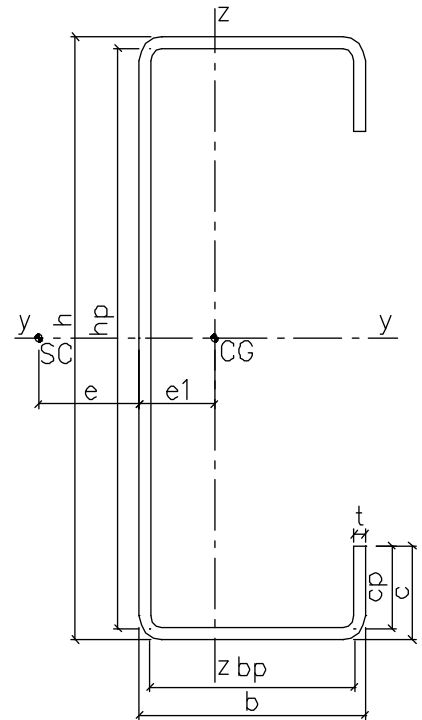
$$I_T = 2520 \text{ mm}^4$$

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

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

$$e = 37.4 \text{ mm}$$

$$I_\omega := \frac{(b - t)^2 \cdot t}{6} \cdot \left[4 \cdot \left(c - \frac{t}{2} \right)^3 + 6 \cdot (h - t) \cdot \left(c - \frac{t}{2} \right)^2 + 3 \cdot (h - t)^2 \cdot \left(c - \frac{t}{2} \right) + (h - t)^2 \cdot b \right] - I_y \cdot e_\omega^2 \quad I_\omega = 1.7 \times 10^9 \text{ mm}^6$$



$$b = 77 \text{ mm} \quad h = 100 \text{ mm} \quad c = 19 \text{ mm} \quad t = 3 \text{ mm}$$

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

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 wybożenia globalnego wg 5.3

$$N_{c.Rd} := \frac{f_y \cdot A_{ceff}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na ściskanie osiowe bez wybożenia globalnego wg 5.3: } N_{c.Rd} = 250.57 \text{ kN}$$

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

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

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

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

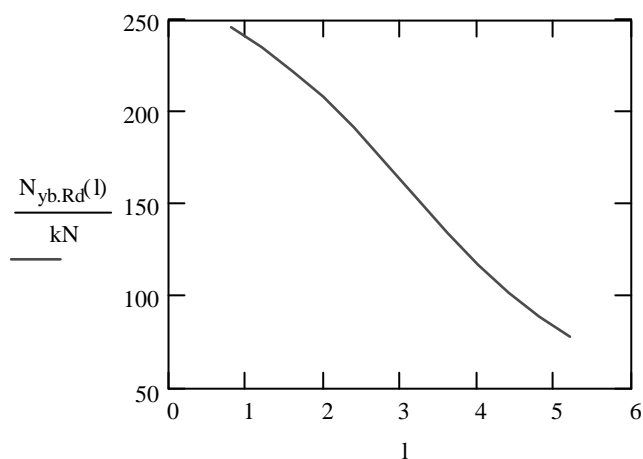
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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



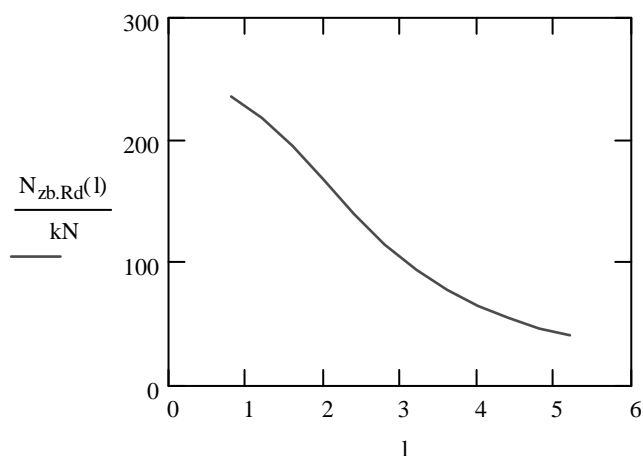
$$\lambda_r(1) := \frac{\lambda(1)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad K_b = 1.85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.83$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr.s}}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.87$$

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

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

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

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

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

$$e_{y\text{beff}} = 51.27 \text{ mm}$$

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

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

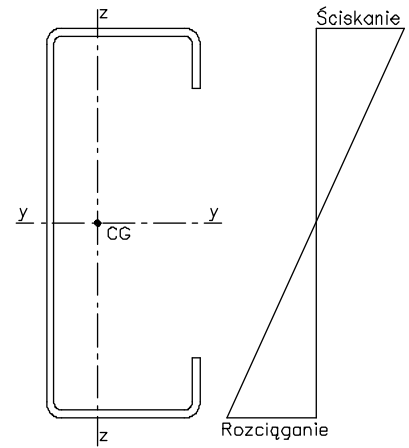
$$C := \left[\frac{(h - h_{\text{beff}})^3 \cdot t}{12} + (h - h_{\text{beff}}) \cdot t \cdot \left(\frac{h - h_{\text{beff}}}{2} + 0.2 \cdot h \right)^2 \right]$$

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

$$I_{y\text{beff}} = 1.394 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

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

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

$$\Psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \Psi = -1.54 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \Psi)^2 \quad k_\sigma = 38.6$$

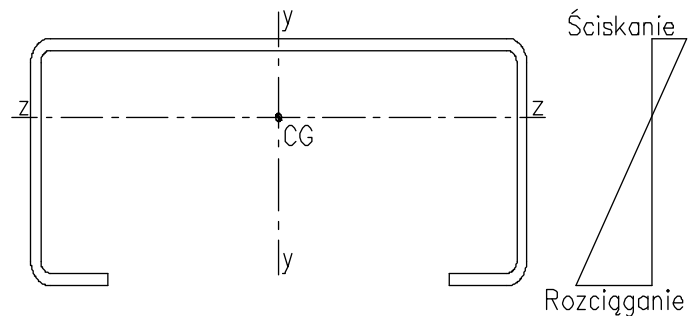
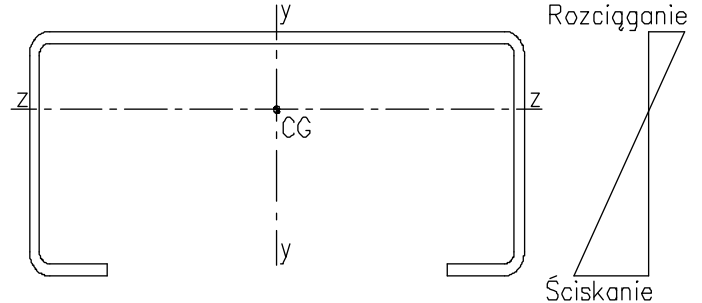
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.16$$

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

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

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.18$$

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



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

$$I_{zbef2} := \left(I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[\frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \left(b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \left(e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 6.90 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ycRd} = 8.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 4.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 72.75 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 81.56 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 43.71 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 26.67 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 52.57 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 33.34 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 250.57 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

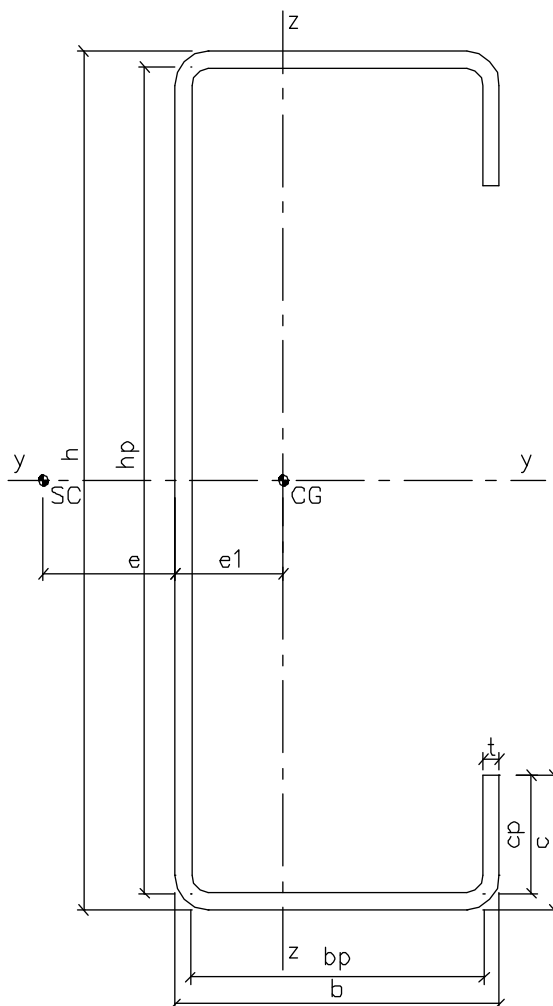
$$N_{t,Rd} = 283.31 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

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 _{zb,Rd} (l) =	N _{yb,Rd} (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



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

$$b = 77 \text{ mm}$$

$$c = 19 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$A_g = 840 \text{ mm}^2$$

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

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

$$e_1 = 30.31 \text{ mm}$$

$$e = 37.40 \text{ mm}$$

$$I_y = 1.44 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 2.89 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 6.90 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 2.28 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 1.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 28.65 \text{ mm}$$

$$i_y = 41.44 \text{ mm}$$

$$I_T = 2520.00 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 1.70 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$b = 108 \text{ mm}$$

$$h = 118 \text{ mm}$$

$$c = 41 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$r_1 := 5 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

$$\nu := 0.3$$

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

$$G = 8.0769 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

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

$$k := b + 2 \cdot (h + c) + 4 \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot \left[r_1 + \frac{t}{2} \cdot \left(0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log \left(\frac{r_1}{t} \right) \right) \right] - 2 \cdot (r_1 + t) \right]$$

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

$$e_1 := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left(h - \frac{t}{2} \right) + h \cdot 2 \cdot t \cdot \frac{h}{2}}{A_g}$$

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

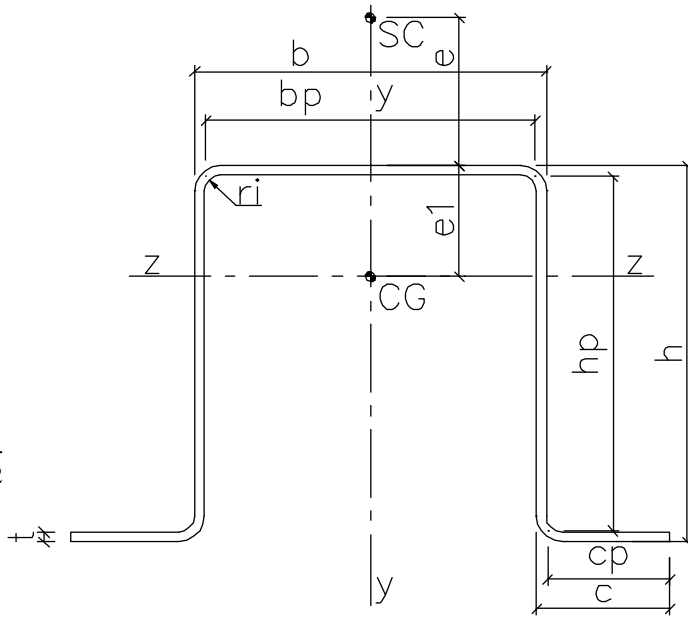
$$I_y := \frac{(c - t)^3 \cdot t}{12} \cdot 2 + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left[\frac{b}{2} + \frac{(c - t)}{2} \right]^2 + \frac{b^3 \cdot h}{12} - \frac{(h - t) \cdot (b - 2 \cdot t)^3}{12}$$

$$e := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \left[6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 8 \cdot c^3 + 3 \cdot c^2 \cdot (h - t) \right]}{12 \cdot I_y} - \frac{t}{2}$$

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

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

$$W_y := \frac{I_y}{\left(\frac{b}{2} \right) - t + c}$$



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

$$kN := 1000 \cdot N$$

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

$$A_g = 1242 \text{ mm}^2$$

$$h_p := h - t - 2 \cdot \left(r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$h_p = 111.19 \text{ mm}$$

$$b_p := b - t - 2 \cdot \left(r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$b_p = 101.19 \text{ mm}$$

$$c_p := c - \frac{t}{2} - \left(r_1 + \frac{t}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$c_p = 37.60 \text{ mm}$$

$$k = 400.6 \text{ mm}$$

$$f_{ya} = 364.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 55.39 \text{ mm}$$

$$I_z = 2.57 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 3.46 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 20.01 \text{ mm}$$

$$W_{z1} = 4.64 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4.11 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 3.76 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z = 45.50 \text{ mm}$$

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

$$i_y = 52.78 \text{ mm}$$

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

$$I_T = 3.726 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$A := (h - t)^2 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot t$$

$$B := 2 \cdot c \cdot [3 \cdot (b - 2 \cdot t)^3 - 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 4 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 24 \cdot c^3]$$

$$D := 3 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)^2$$

$$E_0 := 12 \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 12 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 8 \cdot c^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)]$$

$$F := 2 \cdot (h - t) \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 24 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 56 \cdot c^3]$$

$$I_\omega := \frac{A \cdot (B + F + D)}{E_0}$$

$$I_\omega = 3.668 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

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: $N_{tRd} = 411.22 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ściskaniu osiowym wg 4

$$\psi := 1$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

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

$$\lambda_p(b_p) = 0.72$$

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

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

$$\lambda_p(h_p) = 0.80$$

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

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

$$k_\sigma = 0.50$$

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

$$\lambda_p(c_p) = 0.76$$

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

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

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

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

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

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

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.803$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.855$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.842$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.845$$

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

$$A_{\text{ceff}} := (b_{\text{eff}} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{\text{ceff}} \cdot t + 2 \cdot A_{\text{seff}}$$

$$f_y := \text{if}(A_{\text{ceff}} = A_g, f_{ya}, f_{yb})$$

$$N_{c,Rd} := \frac{f_y \cdot A_{\text{ceff}}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na ściskanie osiowe bez wyboczenia globalnego wg 5.3: $N_{c,Rd} = 340.93 \text{ kN}$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi y-y wg 6.2.2

$$l := 1500 \cdot \text{mm}, 2000 \cdot \text{mm}.. 6000 \cdot \text{mm} \quad \lambda_{y(1)} := \frac{l}{i_y} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left(\frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

$$\lambda_{yr(1)} := \frac{\lambda_{y(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{y(1)} := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_{yr(1)} - 0.2) + \lambda_{yr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{ya(1)} := \frac{1}{\phi_{y(1)} + (\phi_{y(1)}^2 - \lambda_{yr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{y(1)} := \begin{cases} \chi_{ya(1)} & \text{if } \chi_{ya(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{yb.Rd(1)} := \chi_{y(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

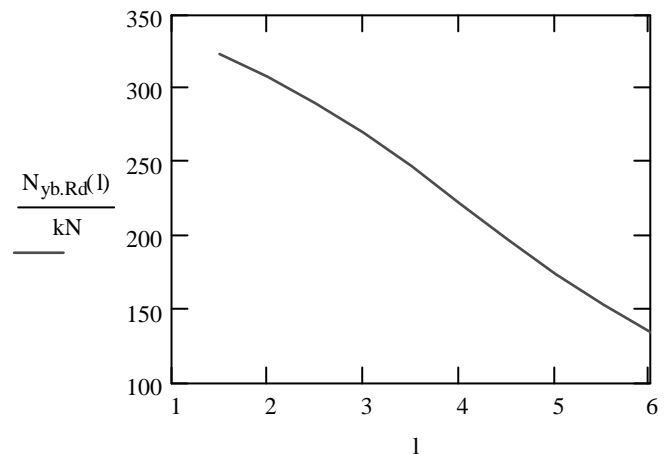
Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi z-z wg 6.2.2

$$\lambda_{z(1)} := \frac{l}{i_z} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left(\frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{\text{ceff}}}{A_g}$$

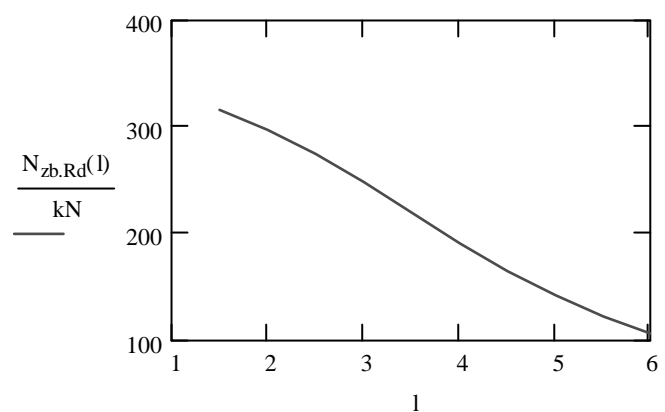
$$\lambda_{zr(1)} := \frac{\lambda_{z(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{z(1)} := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_{zr(1)} - 0.2) + \lambda_{zr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{za(1)} := \frac{1}{\phi_{z(1)} + (\phi_{z(1)}^2 - \lambda_{zr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{z(1)} := \begin{cases} \chi_{za(1)} & \text{if } \chi_{za(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{zb.Rd(1)} := \chi_{z(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi_{y(1)} =$	$\frac{N_{yb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.95	323.24
2.00	0.90	307.73
2.50	0.85	290.13
3.00	0.79	269.85
3.50	0.72	246.90
4.00	0.65	222.18
4.50	0.58	197.28
5.00	0.51	173.79
5.50	0.45	152.66
6.00	0.39	134.22



l =	$\chi_{z(1)} =$	$\frac{N_{zb.Rd(1)}}{\text{kN}} =$
1.50 m	0.93	316.01
2.00	0.87	296.76
2.50	0.80	274.14
3.00	0.73	247.87
3.50	0.64	219.17
4.00	0.56	190.51
4.50	0.48	164.17
5.00	0.41	141.28
5.50	0.36	121.97
6.00	0.31	105.89



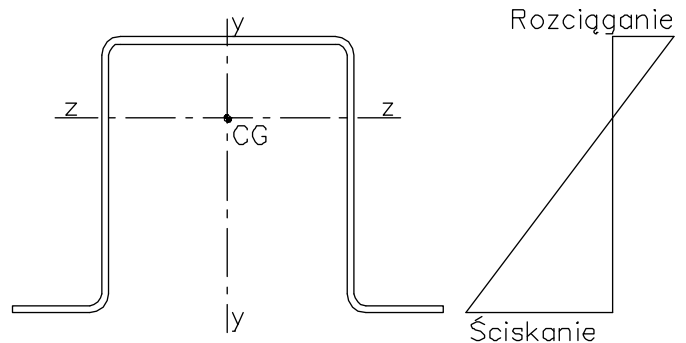
Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{h - e_1} \quad \psi = -0.88 \quad k_{\sigma} := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_{\sigma} = 21.03$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_{\sigma}}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.35$$

$$h_c := \frac{h}{2} + \frac{h_p}{2} - e_1$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[\lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left(\frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}}$$

$$\Delta h := h_c - h_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

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

$$\Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left(I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - \left[\frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \frac{\Delta h \cdot t}{0.5} \cdot \left(h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta c \cdot t^3}{6} + \frac{\Delta c \cdot t}{0.5} \cdot \left(h - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right] \quad I_{z\text{befl}} = 2.52 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{h - e_{1\text{ef}}} \quad W_{z\text{ef}} = 3.97 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

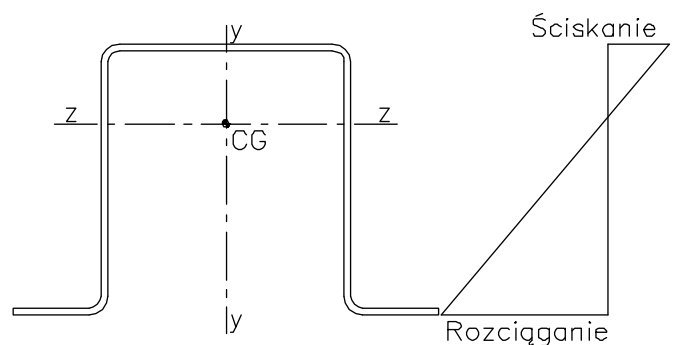
$$M_{1z\text{Rd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środek rozciągany wg 5.4.1:} \quad M_{1z\text{Rd}} = 12.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\psi := \frac{h - e_1}{-e_1} \quad \psi = -1.13 \quad k_{\sigma} := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_{\sigma} = 27.14$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_{\sigma}}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.31$$

$$h_c := e_1 - \frac{h - h_p}{2}$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[\lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left(\frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}} \quad \Delta h := h_c - h_{\text{beff}}$$

$$\psi := \frac{e_1}{h - e_1} \quad \psi = 0.88$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \psi}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.681$$

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

$$\Delta b := b - b_{eff}$$

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

$$I_{zbef2} := \left(I_z + A_g \Delta e_1^2 \right) - \left[\frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \Delta h \cdot t \cdot 2 \cdot \left(\Delta e_1 + h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta b \cdot t^3}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left(e_{1eff} - \frac{t}{2} \right)^2 \right]$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{h - e_{1ef}}$$

$$W_{zef2} = 4.05 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: $M_{2zRd} = 12.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi y-y wg 4

$$\psi := -1$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.30 \quad b_c := \frac{b_p}{2}$$

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

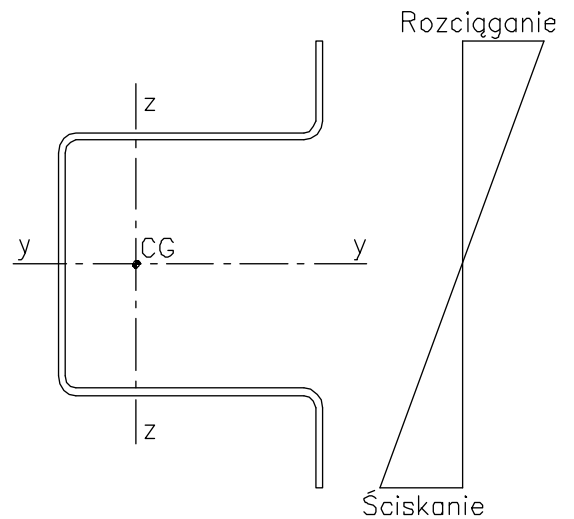
$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_p^2 \cdot (h_p + b_p)}$$

$$\Delta b := b_c - b_{beff}$$

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

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left(\phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.831$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left(\phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.869$$



$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.861$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.862$$

$$b_{tot} := b + 2 \cdot (c - t) \quad I_{seff} := I_s \cdot \chi \quad \Delta I_s := I_s - I_{seff} \quad t_{ceff} := \chi \cdot t \quad A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$\Delta c := c - c_{ceff} \quad \Delta h := h - h_{ceff} \quad \Delta b := b_c - b_{beff} \quad e_y := \frac{b_{tot}}{2} \quad \Delta t := t - t_{ceff} \quad \Delta A_s := A_s - A_{seff}$$

$$e_{yeff} := \frac{A_g \cdot e_y - \left[\Delta c \cdot t \left(b_{tot} - \frac{\Delta c}{2} \right) \right] - \left[\Delta h \cdot t \left(b + c - 3 \cdot \frac{t}{2} \right) \right] - \left[\Delta b \cdot t \left(e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) \right] - \Delta A_s \cdot (c + b - 2t + e_s)}{A_g - (\Delta c + \Delta h + \Delta b) \cdot t - \Delta A_s}$$

$$\Delta e_y := e_y - e_{yeff} \quad a_{\Delta c} := \Delta e_y + \frac{b_{tot}}{2} - \frac{\Delta c}{2} \quad a_{\Delta h} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - \frac{t}{2} \quad a_{\Delta b} := \Delta e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \quad a_{\Delta s} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - t + e_s$$

$$I_{ybeff} := \left(I_y + A_g \cdot \Delta e_y^2 \right) - \left[\left(\frac{\Delta c^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta c \cdot t \cdot a_{\Delta c}^2 \right] - \left[\left(\frac{\Delta h \cdot t^3}{12} \right) + \Delta h \cdot t \cdot a_{\Delta h}^2 \right] - \left[\left(\frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta b \cdot t \cdot a_{\Delta b}^2 \right] - \left(\Delta I_s + \Delta A_s \cdot a_{\Delta s}^2 \right)$$

$$I_{ybeff} = 3.15883 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{yeff} := \frac{I_{ybeff}}{b_{tot} - e_{yeff}} \quad W_{yeff} = 3.30 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{yRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{yeff}}{\gamma_{M1}}$$

Nośność na zginanie względem osi y-y wg 5.4.1: $M_{yRd} = 10.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi z-z

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 0.54$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[\lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left(\frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd1} := 2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd1} := \frac{2 \cdot (h-t) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd1} := \text{if}(V_{bRd1} < V_{pIRd1}, V_{bRd1}, V_{pIRd1})$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg 5.8: $V_{wRd1} = 126.75 \text{ kN}$

Przekrój efektywny przy ścinaniu prostopadłym do osi y-y

$$\lambda_{wb} := 0.346 \cdot \frac{b-t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wb} = 0.49$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[\lambda_{wb} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}}, \left(\frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wb}^2} \right) \right]$$

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

$$V_{wRd2b} := \text{if}(V_{bRd2b} < V_{pIRd2b}, V_{bRd2b}, V_{pIRd2b})$$

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c-0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.186$$

$$f_{bv} := \text{if} \left[\lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left(\frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

$$V_{bRd2c} := 2 \left(c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_{bv}}{\gamma_{M1}} \quad V_{pIRd2c} := \frac{2 \left(c - \frac{t}{2} \right) \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{wRd2c} := \text{if}(V_{bRd2c} < V_{pIRd2c}, V_{bRd2c}, V_{pIRd2c})$$

$$V_{wRd2} := V_{wRd2b} + V_{wRd2c}$$

Nośność na ścinanie prostopadłe do osi y-y wg 5.8: $V_{wRd2} = 101.40 \text{ kN}$

Właściwości przekroju wg ENV 1993-1-3

$$\gamma_{M0} = 1.10 \quad \gamma_{M1} = 1.10$$

$$M_{yRd} = 10.49 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{IzRd} = 12.63 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zRd} = 12.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd2} = 101.40 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd1} = 126.75 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadle do z-z (5.8)}$$

$$N_{c,Rd} = 340.93 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

$$N_{tRd} = 411.22 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 1500\cdot\text{mm}, 2000\cdot\text{mm}.. 16500\cdot\text{mm}$$

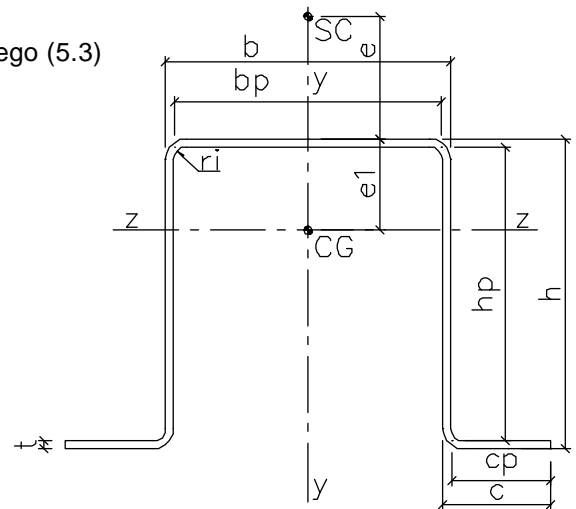
$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

l =		$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
1.5	m	323.24 kN	316.01 kN
2.0		307.73	296.76
2.5		290.13	274.14
3.0		269.85	247.87
3.5		246.90	219.17
4.0		222.18	190.51
4.5		197.28	164.17
5.0		173.79	141.28
5.5		152.66	121.97
6.0		134.22	105.89
6.5		118.39	92.53
7.0		104.88	81.40
7.5		93.37	72.08
8.0		83.54	64.22
8.5		75.11	57.54
9.0		67.85	51.84
9.5		61.56	46.92
10.0		56.08	42.67
10.5		51.29	38.96
11.0		47.08	35.71
11.5		43.36	32.85
12.0		40.06	30.31
12.5		37.11	28.06
13.0		34.48	26.05
13.5		32.12	24.24
14.0		29.99	22.62
14.5		28.06	21.15
15.0		26.31	19.82
15.5		24.72	18.62
16.0		23.27	17.52
16.5		21.94	16.51

$$l := 17000\cdot\text{mm}, 17500\cdot\text{mm}.. 27000\cdot\text{mm}$$

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

l =		$N_{yb,Rd}(l) =$	$N_{zb,Rd}(l) =$
17.0	m	20.73 kN	15.59 kN
17.5		19.61	14.74
18.0		18.58	13.96
18.5		17.62	13.24
19.0		16.74	12.57
19.5		15.93	11.96
20.0		15.17	11.39
20.5		14.46	10.85
21.0		13.81	10.36
21.5		13.19	9.89
22.0		12.62	9.46
22.5		12.08	9.06
23.0		11.58	8.68
23.5		11.10	8.32
24.0		10.66	7.99
24.5		10.24	7.67
25.0		9.85	7.38
25.5		9.48	7.10
26.0		9.13	6.83
26.5		8.79	6.58
27.0		8.48	6.35



$$h = 118 \text{ mm}$$

$$b = 108 \text{ mm}$$

$$c = 41 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$A_g = 1242 \text{ mm}^2$$

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

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

$$e_1 = 55.39 \text{ mm}$$

$$e = 20.01 \text{ mm}$$

$$I_y = 3.4597 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 3.7605 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 2.5713 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 4.6422 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4.1067 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 45.50 \text{ mm}$$

$$i_y = 52.78 \text{ mm}$$

$$I_T = 3.7260 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$h = 119 \text{ mm}$$

$$c = 42 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$r_i := 5 \cdot \text{mm}$$

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

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\nu := 0.3$$

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

$$G = 8.0769 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

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

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

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

$$e_1 := \frac{(b - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \frac{t}{2} + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left(h - \frac{t}{2} \right) + h \cdot 2 \cdot t \cdot \frac{h}{2}}{A_g}$$

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

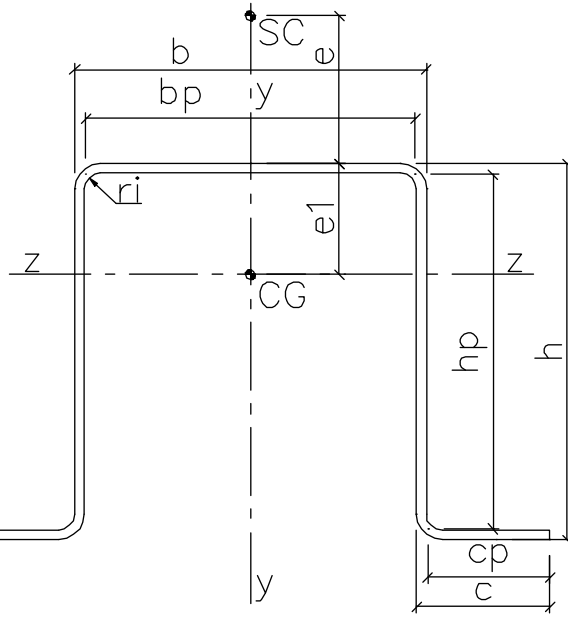
$$I_y := \frac{(c - t)^3 \cdot t}{12} \cdot 2 + (c - t) \cdot t \cdot 2 \cdot \left[\frac{b}{2} + \frac{(c - t)}{2} \right]^2 + \frac{b^3 \cdot h}{12} - \frac{(h - t) \cdot (b - 2 \cdot t)^3}{12}$$

$$e := \frac{(h - t) \cdot t \cdot \left[6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 8 \cdot c^3 + 3 \cdot c^2 \cdot (h - t) \right]}{12 \cdot I_y} - \frac{t}{2}$$

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

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

$$W_y := \frac{I_y}{\left(\frac{b}{2} \right) - t + c}$$



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

$$kN := 1000 \cdot N$$

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

$$A_g = 1664 \text{ mm}^2$$

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

$$h_p = 110.90 \text{ mm}$$

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

$$b_p = 101.90 \text{ mm}$$

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

$$c_p = 37.95 \text{ mm}$$

$$k = 400.2 \text{ mm}$$

$$f_{ya} = 436.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 55.91 \text{ mm}$$

$$I_z = 3.46 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 4.73 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 19.37 \text{ mm}$$

$$W_{z1} = 6.18 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 5.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 5.09 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z = 45.58 \text{ mm}$$

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

$$i_y = 53.32 \text{ mm}$$

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

$$I_T = 8.875 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$A := (h - t)^2 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot t$$

$$B := 2 \cdot c \cdot [3 \cdot (b - 2 \cdot t)^3 - 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 4 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 24 \cdot c^3]$$

$$D := 3 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)^2$$

$$E_0 := 12 \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c + 12 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 8 \cdot c^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (h - t)]$$

$$F := 2 \cdot (h - t) \cdot [(b - 2 \cdot t)^3 + 6 \cdot (b - 2 \cdot t)^2 \cdot c - 24 \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot c^2 + 56 \cdot c^3]$$

$$I_\omega := \frac{A \cdot (B + F + D)}{E_0}$$

$$I_\omega = 4.979 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

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

$$\psi := 1$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.60$$

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

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 4}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.65$$

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

$$k_\sigma := \text{if} \left[\frac{c_p}{h_p} \leq 0.35, 0.5, \left[0.5 + 0.83 \cdot \left(\frac{c_p}{h_p} - 0.35 \right)^{\left(\frac{2}{3} \right)} \right] \right] \quad k_\sigma = 0.50$$

$$\lambda_p(c_p) := \frac{c_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(c_p) = 0.63$$

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

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

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

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

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

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

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.838$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.873$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.866$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{\text{cr},s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.867$$

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

$$A_{\text{ceff}} := (b_{\text{eff}} - 2 \cdot t) \cdot t + h_{\text{ceff}} \cdot t + 2 \cdot A_{\text{seff}}$$

$$f_y := \text{if}(A_{\text{ceff}} = A_g, f_{ya}, f_{yb})$$

$$N_{c,Rd} := \frac{f_y \cdot A_{\text{ceff}}}{\gamma_{M1}}$$

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

$$l := 1500 \cdot \text{mm}, 2000 \cdot \text{mm}.. 6000 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_{y(1)} := \frac{l}{i_y} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left(\frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g}$$

$$\lambda_{yr(1)} := \frac{\lambda_{y(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{y(1)} := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_{yr(1)} - 0.2) + \lambda_{yr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{ya(1)} := \frac{1}{\phi_{y(1)} + (\phi_{y(1)}^2 - \lambda_{yr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{y(1)} := \begin{cases} \chi_{ya(1)} & \text{if } \chi_{ya(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{yb.Rd(1)} := \chi_{y(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

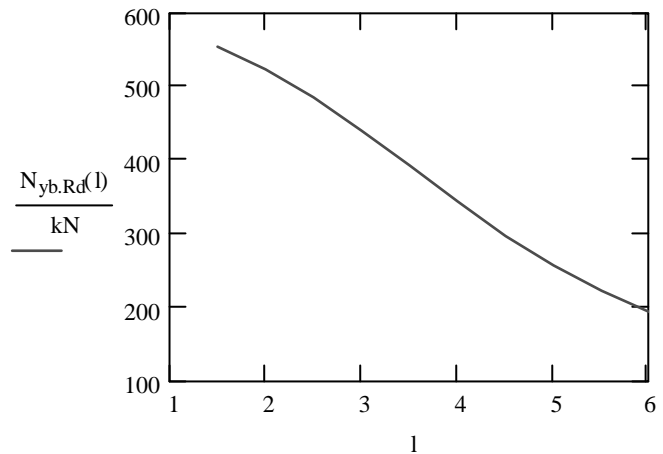
Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym względem osi z-z wg 6.2.2

$$\lambda_{z(1)} := \frac{l}{i_z} \quad \lambda_1 := \pi \cdot \left(\frac{E}{f_{yb}} \right)^{0.5} \quad \alpha := 0.34 \quad \beta_A := \frac{A_{ceff}}{A_g}$$

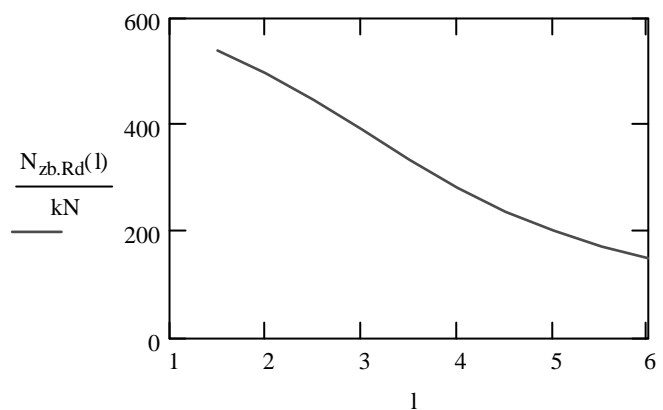
$$\lambda_{zr(1)} := \frac{\lambda_{z(1)}}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} \quad \phi_{z(1)} := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_{zr(1)} - 0.2) + \lambda_{zr(1)}^2 \right]$$

$$\chi_{za(1)} := \frac{1}{\phi_{z(1)} + (\phi_{z(1)}^2 - \lambda_{zr(1)}^2)^{0.5}} \quad \chi_{z(1)} := \begin{cases} \chi_{za(1)} & \text{if } \chi_{za(1)} < 1.0 \\ 1.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad N_{zb.Rd(1)} := \chi_{z(1)} \cdot N_{c.Rd}$$

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



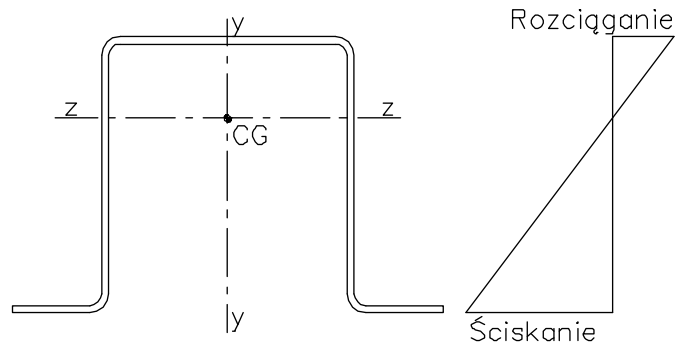
Przekrój efektywny przy zginaniu względem osi z-z, środek rozciągany wg 4

$$\psi := \frac{-e_1}{h - e_1} \quad \psi = -0.89 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 21.06$$

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.28$$

$$h_c := \frac{h}{2} + \frac{h_p}{2} - e_1$$



$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[\lambda_p(h_p) \leq 0.673, h_c, \left(\frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_c \right) \right] \quad h_{e1} := 0.4 \cdot h_{\text{beff}} \quad h_{e2} := 0.6 \cdot h_{\text{beff}}$$

$$\Delta h := h_c - h_{\text{beff}} \quad \Delta c := c - c_{\text{ceff}}$$

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

$$\Delta e_1 := e_{1\text{ef}} - e_1$$

$$I_{z\text{befl}} := \left(I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - \left[\frac{\Delta h^3 \cdot t}{6} + \frac{\Delta h \cdot t}{0.5} \cdot \left(h_{e2} + \frac{\Delta h}{2} - \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta c \cdot t^3}{6} + \frac{\Delta c \cdot t}{0.5} \cdot \left(h - \frac{t}{2} - e_{1\text{ef}} \right)^2 \right] \quad I_{z\text{befl}} = 3.46 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{ef}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{h - e_{1\text{ef}}} \quad W_{z\text{ef}} = 5.48 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

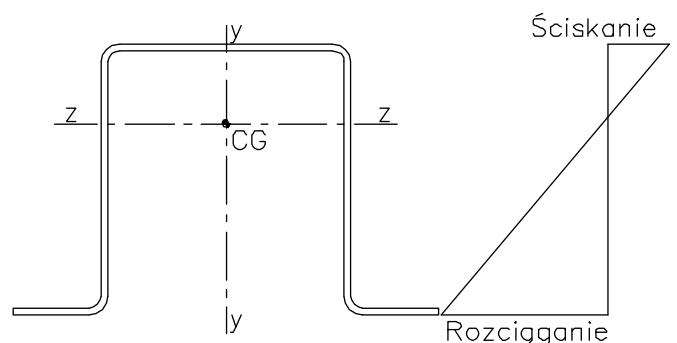
$$M_{1z\text{Rd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{ef}}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środek rozciągany wg 5.4.1:} \quad M_{1z\text{Rd}} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\psi := -1$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot 23.9}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.25 \quad b_c := \frac{b_p}{2}$$

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

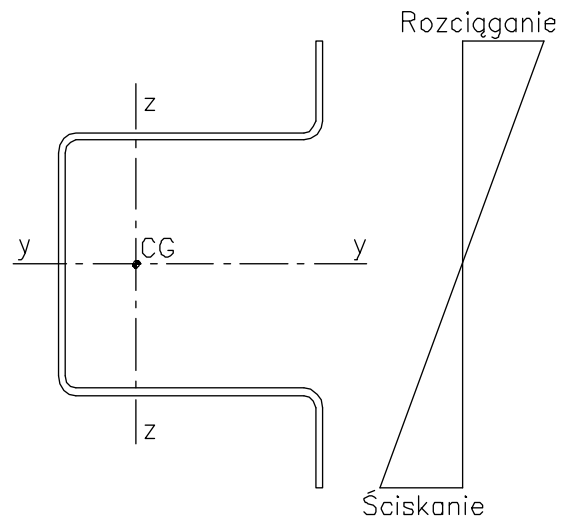
$$K_b := \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_p^2 \cdot (h_p + b_p)}$$

$$\Delta b := b_c - b_{beff}$$

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

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

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr,s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \left(\phi^2 - \lambda_p^2 \right)^{0.5}} \quad \chi = 0.885$$



$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.881$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot \chi}{\sigma_{cr.s}}} \quad \phi := 0.5 \cdot \left[1 + 0.13 \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2 \right] \quad \chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}} \quad \chi = 0.882$$

$$b_{tot} := b + 2 \cdot (c - t) \quad I_{seff} := I_s \cdot \chi \quad \Delta I_s := I_s - I_{seff} \quad t_{ceff} := \chi \cdot t \quad A_{seff} := A_s \cdot \chi$$

$$\Delta c := c - c_{ceff} \quad \Delta h := h - h_{ceff} \quad \Delta b := b_c - b_{beff} \quad e_y := \frac{b_{tot}}{2} \quad \Delta t := t - t_{ceff} \quad \Delta A_s := A_s - A_{seff}$$

$$e_{yeff} := \frac{A_g \cdot e_y - \left[\Delta c \cdot t \left(b_{tot} - \frac{\Delta c}{2} \right) \right] - \left[\Delta h \cdot t \left(b + c - 3 \cdot \frac{t}{2} \right) \right] - \left[\Delta b \cdot t \left(e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \right) \right] - \Delta A_s \cdot (c + b - 2t + e_s)}{A_g - (\Delta c + \Delta h + \Delta b) \cdot t - \Delta A_s}$$

$$\Delta e_y := e_y - e_{yeff} \quad a_{\Delta c} := \Delta e_y + \frac{b_{tot}}{2} - \frac{\Delta c}{2} \quad a_{\Delta h} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - \frac{t}{2} \quad a_{\Delta b} := \Delta e_y + b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} \quad a_{\Delta s} := \Delta e_y + \frac{b}{2} - t + e_s$$

$$I_{ybeff} := \left(I_y + A_g \cdot \Delta e_y^2 \right) - \left[\left(\frac{\Delta c^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta c \cdot t \cdot a_{\Delta c}^2 \right] - \left[\left(\frac{\Delta h \cdot t^3}{12} \right) + \Delta h \cdot t \cdot a_{\Delta h}^2 \right] - \left[\left(\frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} \right) + \Delta b \cdot t \cdot a_{\Delta b}^2 \right] - \left(\Delta I_s + \Delta A_s \cdot a_{\Delta s}^2 \right)$$

$$I_{ybeff} = 4.54573 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{yeff} := \frac{I_{ybeff}}{b_{tot} - e_{yeff}} \quad W_{yeff} = 4.80 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{yRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{yeff}}{\gamma_{M1}}$$

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

$$\gamma_{M0} = 1.10 \quad \gamma_{M1} = 1.10$$

$$M_{yRd} = 18.32 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{IzRd} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zRd} = 20.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, średnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd2} = 164.01 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd1} = 202.81 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do z-z (5.8)}$$

$$N_{c,Rd} = 595.71 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

$$N_{tRd} = 659.78 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

Nośność na ściskanie z wyboczeniem globalnym (6.2.2)

$$l := 1500\cdot\text{mm}, 2000\cdot\text{mm}.. 16500\cdot\text{mm}$$

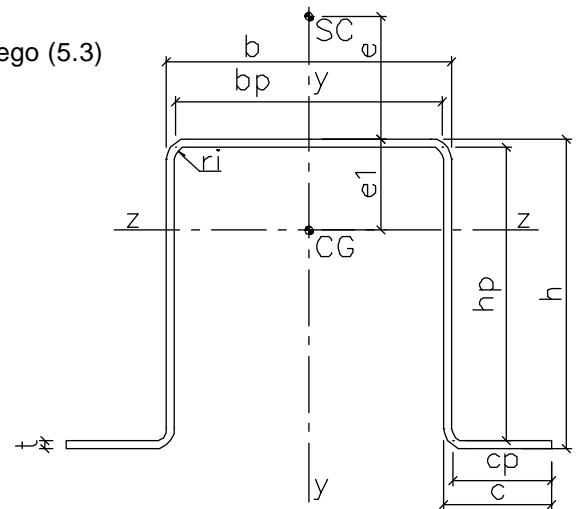
$$l = \quad N_{yb,Rd}(l) = \quad N_{zb,Rd}(l) =$$

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



$$h = 119 \text{ mm}$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$c = 42 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$A_g = 1664 \text{ mm}^2$$

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

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$e_1 = 55.91 \text{ mm}$$

$$e = 19.37 \text{ mm}$$

$$I_y = 4.7305 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 5.0865 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 3.4569 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z1} = 6.1835 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 5.4791 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 45.58 \text{ mm}$$

$$i_y = 53.32 \text{ mm}$$

$$I_T = 8.8747 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

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

$$h = 360 \text{ mm}$$

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

$$c = 36 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$r_i := 5 \cdot \text{mm}$$

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

$$A_g = 2464 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \quad i_y = 137.32 \text{ mm}$$

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

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

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

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

$$kN := 1000 \cdot N$$

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

$$f_{yb} = 420 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

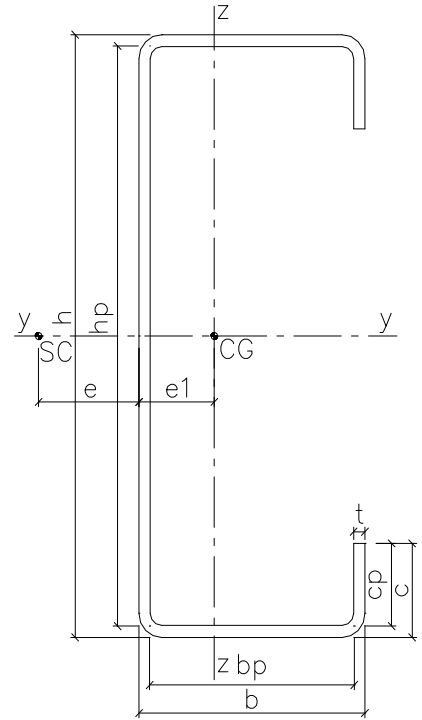
$$f_u = 480 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\nu := 0.3$$

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

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

$$\xi_p := A_g \cdot 78.5 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad \xi_p = 0.19 \cdot \frac{kN}{m}$$



$$I_y = 4.65 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$k = 600.2 \text{ mm}$$

$$e_1 = 27.56 \text{ mm}$$

$$I_z = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 2.58 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{z1} = 1.18 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{z2} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 36.38 \text{ mm}$$

$$I_T = 1.31 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

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

$$e = 40.73 \text{ mm}$$

$$I_\omega = 8.86 \times 10^{10} \text{ mm}^6$$

$$b = 100 \text{ mm} \quad h = 360 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

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

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

$$\lambda_{wh} := 0.346 \cdot \frac{h - t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wh} = 1.38 \quad f_{bv} := \text{if} \left[\lambda_{wh} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}}, \left(\frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wh}^2} \right) \right]$$

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

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

$$\lambda_{wc} := 0.346 \cdot \frac{c - 0.5t}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \lambda_{wc} = 0.132 \quad f_{bv} := \text{if} \left[\lambda_{wc} < 1.40, \frac{0.48 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}}, \left(\frac{0.67 \cdot f_{yb}}{\lambda_{wc}^2} \right) \right]$$

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

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

$$V_{wRd1} := V_{wRd1h} + V_{wRd1c}$$

$$\text{Nośność na ścinanie prostopadłe do osi z-z wg (5.8): } V_{wRd1} = 249.47 \text{ kN}$$

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

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

$$l := 800 \cdot \text{mm}, 1200 \cdot \text{mm}.. 5400 \cdot \text{mm} \quad \lambda(l) := \frac{l}{i_y}$$

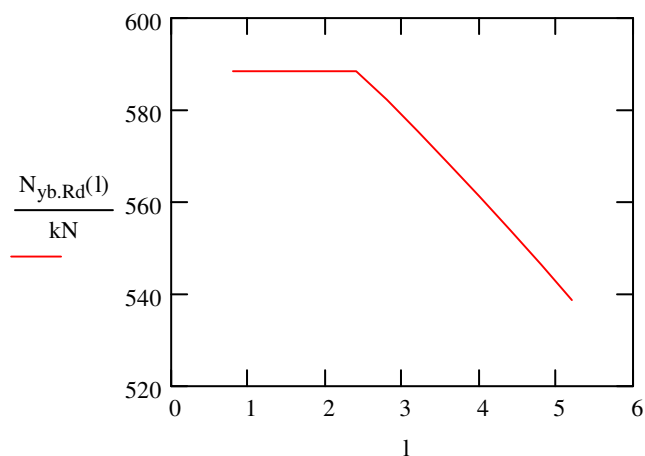
$$\lambda_r(l) := \frac{\lambda(l)}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5}$$

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

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

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

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



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

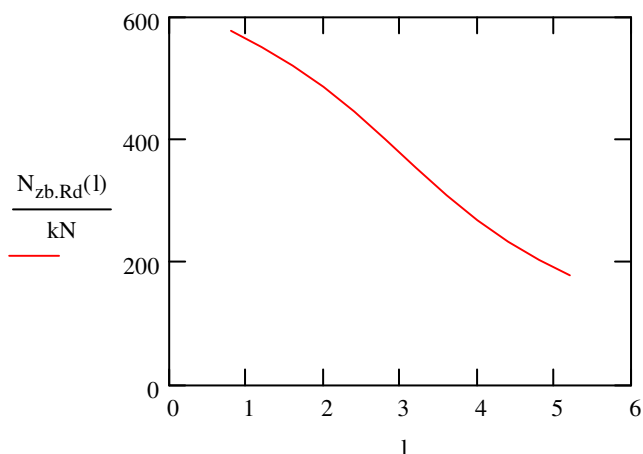
$$\lambda(l) := \frac{l}{i_z}$$

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

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

$$N_{zb.Rd}(l) := \chi(l) \cdot N_{c.Rd}$$

l =	$\chi(l) =$	$\frac{N_{zb.Rd}(l)}{\text{kN}} =$
0.8 m	0.98	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

$$k_\sigma := 23.9$$

$$\psi := -1$$

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

$$h_{\text{beff}} := \text{if} \left[\lambda_p(h_p) \leq 0.673, h, \left[\frac{1 - \frac{0.22}{\lambda_p(h_p)}}{\lambda_p(h_p)} \cdot h_p + (h - h_p) \right] \right] h_{\text{beff}} = 315.77 \text{ mm}$$

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

$$\sigma_{\text{cr.s}} := \frac{2 \cdot \sqrt{K_b \cdot E \cdot I_s}}{A_s} K_b = 0.99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.8$$

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

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.85$$

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

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

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

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

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

$$\chi := \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_p^2)^{0.5}}$$

$$\chi = 0.84$$

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

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

$$e_{y\text{beff}} = 189.48 \text{ mm}$$

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

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

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

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

$$I_{y\text{beff}} := A - B - C - D$$

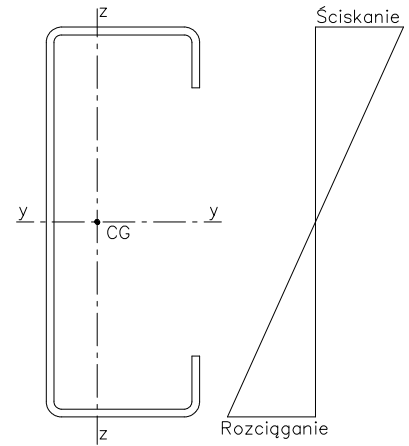
$$I_{y\text{beff}} = 4.341 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{y\text{beff}} := \frac{I_{y\text{beff}}}{e_{y\text{beff}}}$$

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

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

$$\psi := \frac{-e_1}{b - e_1} \quad \psi = -0.380 \quad k_\sigma := 7.81 - 6.29 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 11.62$$

$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.32$$

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

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

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

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

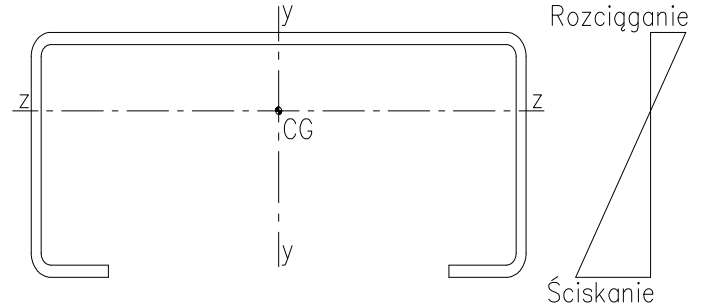
$$W_{z\text{efl}} := \frac{I_{z\text{befl}}}{b - e_{1\text{ef}}} \quad I_{z\text{befl}} = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{z\text{efl}} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{1z\text{cRd}} := f_{yb} \cdot \frac{W_{z\text{efl}}}{\gamma_{M1}}$$

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

$$\psi := \frac{b - e_1}{-e_1} \quad \psi = -2.63 \quad k_\sigma := 5.98 \cdot (1 - \psi)^2 \quad k_\sigma = 78.74$$

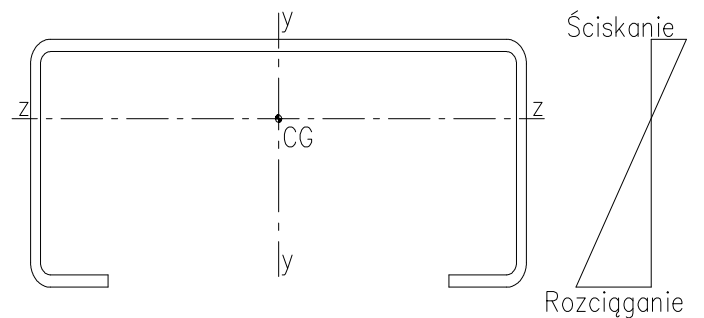
$$\lambda_p(b_p) := \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(b_p) = 0.12$$

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

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

$$\lambda_p(h_p) := \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_{yb} \cdot \frac{e_1}{b - e_1}}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \quad \lambda_p(h_p) = 0.29$$

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



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

$$I_{zbef2} := \left(I_z + A_g \cdot \Delta e_1^2 \right) - 2 \left[\frac{\Delta b^3 \cdot t}{12} + \Delta b \cdot t \cdot \left(b_{e2} + \frac{\Delta b}{2} + \Delta e_1 \right)^2 \right] - \left[\frac{\Delta h \cdot t^3}{12} + \Delta h \cdot t \cdot \left(e_{1ef} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] \quad I_{zbef2} = 3.26 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{zef2} := \frac{I_{zbef2}}{b - e_{1ef}} \quad W_{zef2} = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{2zcRd} := f_{yb} \cdot \frac{W_{zef2}}{\gamma_{M1}} \quad \text{Nośność na zginanie względem osi z-z, środnik ściskany wg 5.4.1: } M_{2zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ycRd} = 87.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie y-y (5.4.1)}$$

$$M_{1zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik rozciągany (5.4.1)}$$

$$M_{2zcRd} = 17.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Nośność na zginanie z-z, środnik ściskany (5.4.1)}$$

$$V_{wRd1} = 249.47 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do y-y (5.8)}$$

$$V_{wRd2} = 169.30 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ścinanie prostopadłe do z-z (5.8)}$$

$$R_{wRd1} = 74.21 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm (5.9)}$$

$$R_{wRd2} = 40.02 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 100mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$R_{wRd3} = 85.26 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm (5.9)}$$

$$R_{wRd4} = 48.02 \text{ kN} \quad \text{Nośność na siłę skupioną na środnik, szerokość podpory 200mm, podpora przy końcu (5.9)}$$

$$N_{c,Rd} = 588.48 \text{ kN} \quad \text{Nośność na ściskanie bez wyboczenia globalnego (5.3)}$$

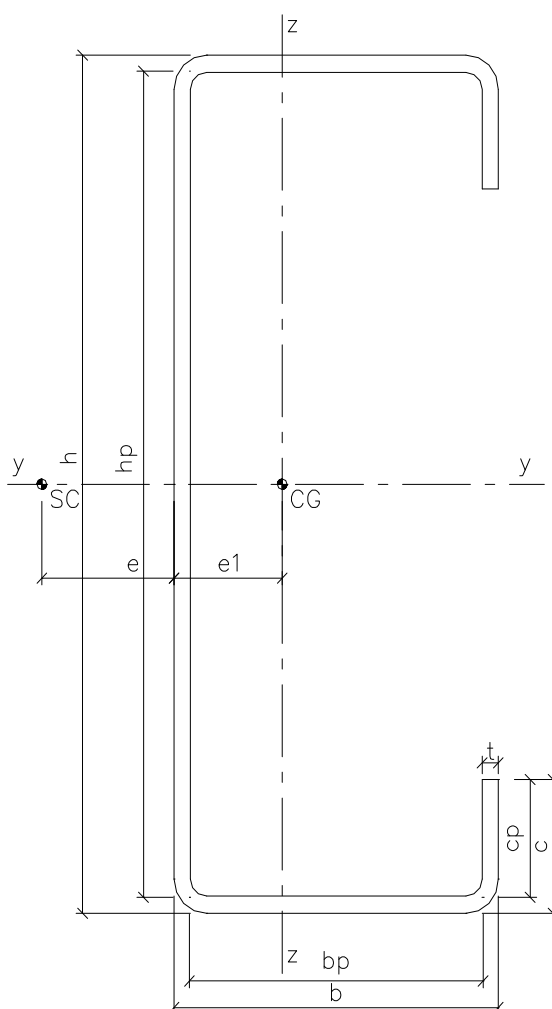
$$N_{t,Rd} = 965.24 \text{ kN} \quad \text{Nośność na rozciąganie (5.2)}$$

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 =		$N_{zb,Rd}(l) =$	$N_{yb,Rd}(l) =$
0.8	m	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 dwugąłzowy

$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

$$d := 100 \cdot \text{mm} \quad c = 36 \text{ mm}$$

$$cc := 1500 \cdot \text{mm} \quad \text{Odstęp między przewiązkami}$$

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

$$f_u = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{gg} := 2 \cdot A_g$$

$$A_{gg} = 4.928 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_{zz} := 2 \cdot \left[I_z + A_g \cdot \left(e_1 + \frac{d}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_{zz} = 3.62 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{yy} := 2 \cdot I_y$$

$$I_{yy} = 9.29 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{yy} := 2 \cdot W_y$$

$$W_{yy} = 5.16 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{zz} := \frac{I_{zz}}{b + \frac{d}{2}}$$

$$W_{zz} = 2.41 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_{yy} := \sqrt{\frac{I_{yy}}{A_{gg}}}$$

$$i_{yy} = 137.32 \text{ mm}$$

$$i_{zz} := \sqrt{\frac{I_{zz}}{A_{gg}}}$$

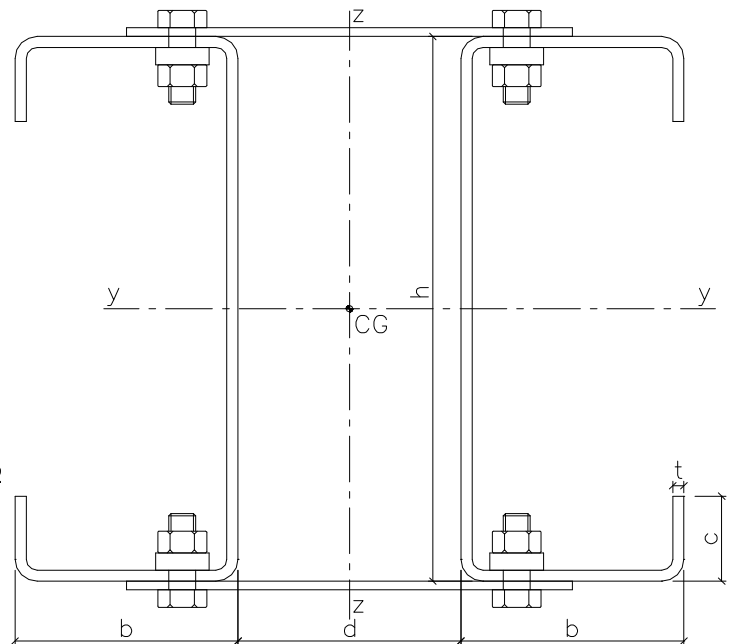
$$i_{zz} = 85.67 \text{ mm}$$

$$I_{TT} := 2 \cdot I_T$$

$$I_{TT} = 2.62827 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{\omega\omega} := 2 \cdot I_{\omega}$$

$$I_{\omega\omega} = 1.77206 \times 10^{11} \text{ mm}^6$$



$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Słup dwugąłzowy

Siły wewnętrzne z obliczeń statycznych.

$$L := 5.25 \text{ m}$$

$$M_{y,1Sd} := 123 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$L_y := 2.2 \cdot L$$

Długość wyboczeniowa y-y

$$M_{y,2Sd} := -0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$L_z := 1 \cdot L + 0.47 \cdot \text{m} \quad \text{Długość wyboczeniowa z-z}$$

$$N_{Sd} := 127 \cdot \text{kN}$$

$$i_{\max} := 20 \quad i := 0..i_{\max} \quad x_i := i \cdot \frac{L}{i_{\max}}$$

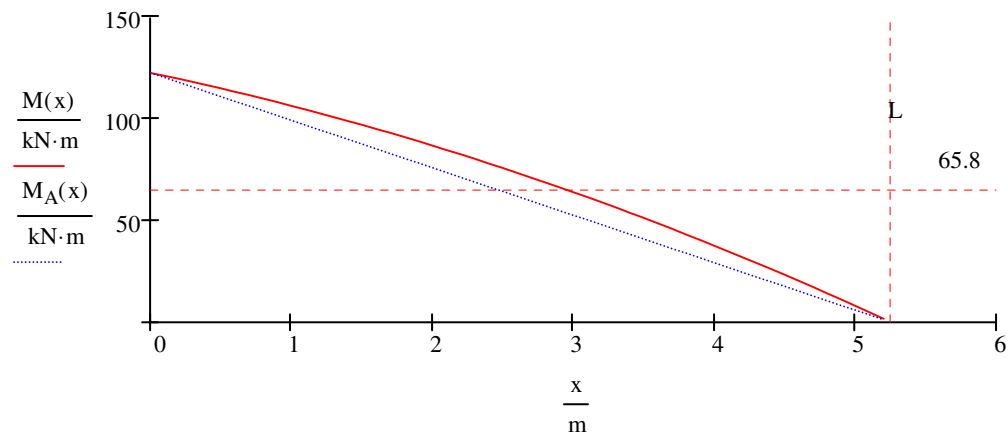
$$q := -3.37 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$T := \frac{1}{L} \cdot \left(q \cdot \frac{L^2}{2} - M_{y,1Sd} + M_{y,2Sd} \right)$$

$$T = -32.27 \text{ kN}$$

$$M(x) := (M_{y,1Sd} + T \cdot x) - q \cdot x \cdot \left(L - \frac{x}{2} \right)$$

$$M_A(x) := M_{y,1Sd} - \frac{M_{y,1Sd} - M_{y,2Sd}}{L} \cdot x$$



$$Z_i := M(x_i) \quad M_{\max} := \max(Z) \quad M_{\max} = 123 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\min} := \min(Z) \quad M_{\min} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_Q(x) := |M_A(x) - M(x)| \quad Z_i := M_Q(x_i) \quad M_Q := \max(Z) \quad M_Q = 11.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta M := \text{if}(M_{\min} < 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}, M_{\max} - M_{\min}, M_{\max}) \quad \Delta M = 123 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Sd,\max} := \max(|M_{\max}|, |M_{\min}|)$$

$$M_{y,Sd,\max} = 123 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zginanie ze ściskaniem bez wyboczenia globalnego (5.6)

$$M_{yy,cRd} := 2 \cdot M_{ycRd} \quad M_{yy,cRd} = 174.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Sd,\max}}{M_{yy,cRd}} = 0.811 < 1.00$$

Zginanie ze ściskaniem z wyboczeniem globalnym (6.5.1)

$$\psi := \frac{M_{y,2Sd}}{M_{y,1Sd}} \quad \psi = 0$$

$$\beta_{M,\psi} := 1.8 - 0.7 \cdot \psi \quad \beta_{M,\psi} = 1.8 \quad \beta_{M,Q} := 1.3$$

$$\beta_M := \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} \cdot (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}) \quad \beta_M = 1.75 \quad \beta_A = 0.626 \quad \alpha := 0.21$$

$$\lambda := \frac{L_y}{i_{yy}} \quad \lambda_r := \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} \quad \phi := 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2] \quad \chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}} \quad \chi = 0.7$$

$$N_{yy,bRd} := \chi \cdot 2 \cdot N_{c,Rd} \quad N_{yy,bRd} = 826.65 \text{ kN}$$

$$\mu := \lambda_r \cdot (2 \cdot \beta_M - 4) \quad \mu := \text{if}(\mu > 0.9, 0.9, \mu) \quad \mu = -0.47 \quad \kappa_y := 1 - \frac{\mu \cdot N_{Sd}}{N_{yy,bRd} \cdot \gamma_{M1}} \quad \kappa_y := \text{if}(\kappa_y > 1.5, 1.5, \kappa_y) \quad \kappa_y = 1.065$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{yy,bRd}} + \frac{\kappa_y \cdot M_{y,Sd,\max}}{M_{yy,cRd}} = 0.903 < 1.00$$

$$h = 360 \text{ mm} \quad b = 100 \text{ mm} \quad c = 36 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm} \quad f_{yb} = 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zginanie ze ściskaniem ze zwirzeniem (6.5.2)

$$\begin{aligned} L_{LT} &:= L & k_w &:= 1.0 & k &:= 1 & C_1 &:= 1.88 - 1.4 \cdot \psi + 0.52 \cdot \psi^2 & C_1 &= 1.88 \\ M_{cr} &:= \frac{C_1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{zz}}{L_{LT}^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_{\omega\omega}}{I_{zz}} + \frac{L_{LT}^2 \cdot G \cdot I_{TT}}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{zz}}} & M_{cr} &= 385.35 \text{ kN} \cdot \text{m} & \alpha &:= 0.34 \\ \lambda_{LT} &:= \sqrt{\frac{2 \cdot f_{yb} \cdot W_{ybeff}}{M_{cr}}} & \lambda_{LT} &= 0.707 & \phi_{LT} &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + (\lambda_{LT}^2)\right] & \phi_{LT} &= 0.8 \\ \chi_{LT} &:= \text{if} \left(\lambda_{LT} \leq 0.4, 1, \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \right) & \chi_{LT} &= 0.845 \\ \mu_{LT} &:= 0.15 \cdot \lambda_{LT} \cdot \beta_M - 0.15 & \mu_{LT} &:= \text{if} (\mu_{LT} > 0.9, 0.9, \mu_{LT}) & \mu_{LT} &= 0.036 \\ \lambda &:= \frac{L_z}{i_{zz}} & \lambda_r &:= \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} & \phi &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2\right] & \chi_{zz} &:= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}} & \chi_{zz} &= 0.754 \\ N_{zz.bRd} &:= \chi_{zz} \cdot 2 \cdot N_{c.Rd} & N_{zz.bRd} &= 887.1 \text{ kN} \\ \kappa_{LT} &:= 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{zz} \cdot f_{yb} \cdot 2 \cdot A_{ceff}} & \kappa_{LT} &:= \text{if} (\kappa_{LT} > 1.0, 1.0, \kappa_{LT}) & \kappa_{LT} &= 0.995 \\ \frac{N_{Sd}}{N_{zz.bRd}} + \frac{\kappa_{LT} \cdot M_{y.Sd.max}}{\chi_{LT} \cdot M_{yy.cRd}} &= 0.972 & & < 1.00 \end{aligned}$$

Pojedyncza gałąź.

Zginanie ze ściskaniem ze zwirzeniem (6.5.2)

$$\begin{aligned} k &:= 1.0 & k_w &:= 1.0 & \psi &:= \frac{L - cc}{L} & \psi &= 0.714 & C_1 &:= 1.88 - 1.4 \cdot \psi + 0.52 \cdot \psi^2 & C_1 &= 1.145 \\ M_{cr} &:= \frac{C_1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_z}{cc^2} \cdot \sqrt{\frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{cc^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} & M_{cr} &= 570.84 \text{ kN} \cdot \text{m} & \lambda_{LT} &:= \sqrt{\frac{f_{yb} \cdot W_{ybeff}}{M_{cr}}} & \lambda_{LT} &= 0.411 \\ \phi_{LT} &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2\right] \\ \chi_{LT} &:= \text{if} \left(\lambda_{LT} \leq 0.4, 1, \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \right) & \mu_{LT} &:= 0.15 \cdot \lambda_{LT} \cdot \beta_M - 0.15 \\ \mu_{LT} &:= \text{if} (\mu_{LT} > 0.9, 0.9, \mu_{LT}) & \mu_{LT} &= -0.042 & \chi_{LT} &= 0.950 \\ \lambda &:= \frac{cc}{i_z} & \lambda_r &:= \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \beta_A^{0.5} & \phi &:= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_r - 0.2) + \lambda_r^2\right] & \chi_z &:= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_r^2}} & \chi_{zz} &= 0.754 \\ \kappa_{LT} &:= 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot \frac{N_{Sd}}{2}}{\chi_z \cdot f_{yb} \cdot A_{ceff}} & \kappa_{LT} &:= \text{if} (\kappa_{LT} > 1.0, 1.0, \kappa_{LT}) & \kappa_{LT} &= 1.00 \\ \frac{\frac{N_{Sd}}{2}}{\chi_z \cdot N_{c.Rd}} + \frac{\kappa_{LT} \cdot \frac{M_{y.Sd.max}}{2}}{\chi_{LT} \cdot M_{ycRd}} &= 0.860 & & < 1.00 \end{aligned}$$

DECYZJA NR 42/98

Na podstawie art. 12 ust. 1, art. 13 i 14 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz.U.Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami) oraz § 4 ust. 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 roku w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. z 1995 roku Nr 8 poz. 38), w związku z art. 104 § 1 i 2 Kodeksu postępowania administracyjnego, po rozpatrzeniu wniosku Pana Michała Szpilewskiego z dnia 31 sierpnia 1998 roku

NADAJĘ

**Panu Michałowi Szpilewskiemu
magistrowi inżynierowi budownictwa
urodzonemu dnia 1 marca 1966 roku w Słupsku**

**UPRAWNIENIA DO PROJEKTOWANIA
I KIEROWANIA ROBOTAMI BUDOWLANymi
BEZ OGRANICZEŃ**

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

Pan Michał Szpilewski jest upoważniony do:

- 1.projektowania w specjalności konstrukcyjno-budowlanej,
- 2.sprawdzania projektów budowlanych,
- 3.sprawowania nadzoru autorskiego,
- 4.kierowania budową i innymi robotami budowlanymi,
- 5.kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzorowania i kontrolowania technicznego wytwarzania tych elementów,
- 6.wykonywania nadzoru inwestorskiego,
- 7.sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

Z zakresu powyższych uprawnień budowlanych wyłącza się obiekty budowlane gospodarki wodnej, morskiej i obiekty budownictwa drogowego.

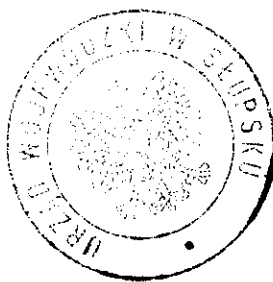
UZASADNIENIE

Na podstawie przeprowadzonego postępowania administracyjnego stwierdzono, że Pan Michał Szpilewski spełnił wszystkie wymagania art. 12 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz.U.Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami), to znaczy:

1. posiada odpowiednie wykształcenie techniczne,
2. odbył wymaganą praktykę zawodową,
3. zdał w dniu 6 października 1998 roku egzamin na uprawnienia budowlane z zastrzeżeniem zawartym w protokole z przeprowadzonego egzaminu, tj. wnioskiem Komisji Egzaminacyjnej d/s uprawnień budowlanych o uznanie egzaminu za zdany i wydanie uprawnień budowlanych w wyłączeniu budowli hydrotechnicznych morskich i melioracyjnych oraz budowli drogowo-mostowych.

W związku z powyższym orzeczono jak w sentencji decyzji.

Od niniejszej decyzji przysługuje odwołanie do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego w terminie 14 dni od daty jej otrzymania, za pośrednictwem Wojewody Słupskiego.



Z up. WOJEWODY

mgr inż. Andrzej Adamski
DYREKTOR WYDZIAŁU
Gospodarki Przestrzennej i Komunikacji

Otrzymują:

1. Pan Michał Szpilewski
ul. Sygietyńskiego 9/7
76-200 Słupsk

2. Główny Inspektor
Nadzoru Budowlanego
ul. Krucza 38/42
00-926 Warszawa

3. a/a

ZAŚWIADCZENIE

Pan(!) **Szpilewski Michał**
76-200 Słupsk ul.Sygietyńskiego 9/7

jest członkiem

Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa
o numerze ewidencyjnym POM/BO/4782/01
i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne
od dnia 2008-01-01 do 2008-12-31

Gdańsk 2008-01-11 r.

POMORSKA OKRĘGOWA
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
80-840 Gdańsk, ul. Świętojańska 43/44
(9) Tel. (0-58) 324-89-77
Fax (0-58) 301-44-98

PRZEWODNICZĄCY RADY

Ryszard Ryśko

DECYZJA NR 43/98

Na podstawie art. 12 ust. 1, art. 13 i 14 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz.U.Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami) oraz § 4 ust. 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przemysłu i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 roku w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. z 1995 roku Nr 8 poz. 38), w związku z art. 104 § 1 i 2 Kodeksu postępowania administracyjnego, po rozpatrzeniu wniosku Pana Piotra Adela z dnia 30 lipca 1998 roku

NADAJĘ

Panu Piotrowi Adela
magistrowi inżynierowi budownictwa
urodzonemu dnia 29 czerwca 1965 roku w Gdańsku

UPRAWNIENIA DO PROJEKTOWANIA
I KIEROWANIA ROBOTAMI BUDOWLANYMI
BEZ OGRANICZEŃ

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

Pan Piotr Adel jest upoważniony do:

1. projektowania w specjalności konstrukcyjno-budowlanej,
2. sprawadzania projektów budowlanych,
3. sprawowania nadzoru autorskiego,
4. kierowania budową i innymi robotami budowlanymi,
5. kierowania wytworzeniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzorowania i kontrolowania technicznego wytwarzania tych elementów,
6. wykonywania nadzoru inwestorskiego,
7. sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

Z zakresu powyższych uprawnień budowlanych wyłącza się obiekty budowlane gospodarki wodnej, morskiej i obiekty budownictwa drogowego.

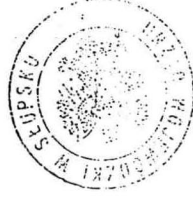
UZASADNIENIE

Na podstawie przeprowadzonego postępowania administracyjnego stwierdzono, że Pan Piotr Adel spełnił wszystkie wymagania art. 12 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz.U.Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami), to znaczy:

1. posiada odpowiednie wykształcenie techniczne,
2. odbył wymaganą praktykę zawodową,
3. zdał w dniu 6 października 1998 roku egzamin na uprawnienia budowlane z zastrzeżeniem zawartym w protokole z przeprowadzonego egzaminu, tj. wnioskiem Komisji Egzaminacyjnej d/s uprawnień budowlanych o uznanie egzaminu za zdany i wydanie uprawnień budowlanych w wyłączeniu budowlanych hydrotechnicznych morskich i melioracyjnych oraz budowlanych drogowo-mostowych.

W związku z powyższym orzeczono jak w sentencji decyzji.

Od niniejszej decyzji przysługuje odwołanie do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego w terminie 14 dni od daty jej otrzymania, za pośrednictwem Wojewody Słupskiego.



Z up. W O J E W O D Y
mgr inż. Andrzej Adamski
DYREKTOR WYDZIAŁU
Gospodarki Przemysłowej i Komunikacji

Otrzymują:

1. Pan Piotr Adel
ul. Sygietyńskiego 9/7
76-200 Słupsk

2. Główny Inspektor
Nadzoru Budowlanego
ul. Krucza 38/42
00-926 Warszawa

3 a/a

POMORSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Z A Ś W I A D C Z E N I E

Pan(i) Adel Piotr
80-178 Gdańsk ul.Lipcowa 37

jest członkiem

Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa
o numerze ewidencyjnym POM/BO/0023/01
i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne
od dnia 2008-01-01 do 2008-12-31

POMORSKA OKRĘGOWA
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
80-840 Gdańsk, ul. Świętojanna 40/44
(a) Tel. (0-58) 324-89-77
Fax (0-58) 301-44-98

Gdańsk 2008-01-02 r.

PRZEWODNICZĄCY RADY

Ryszard Ułkoosko