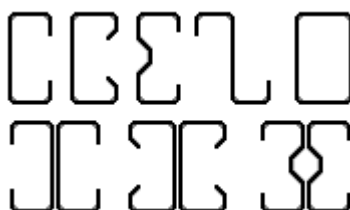


CProf E

(Cienkościenne Profile wg Eurokodów)

Wymiarowanie budowlanych konstrukcji stalowych z kształowników cienkościennych

PRZYKŁADY



wersja 2.3.3

KOTEX
Krzysztof Kociatkiewicz
ul. Królowej Marysieńki 26c
02-954 Warszawa
tel. +48 602 664 904
tel. (22) 642 61 39
e-mail: kociatkiewicz@kotex.waw.pl

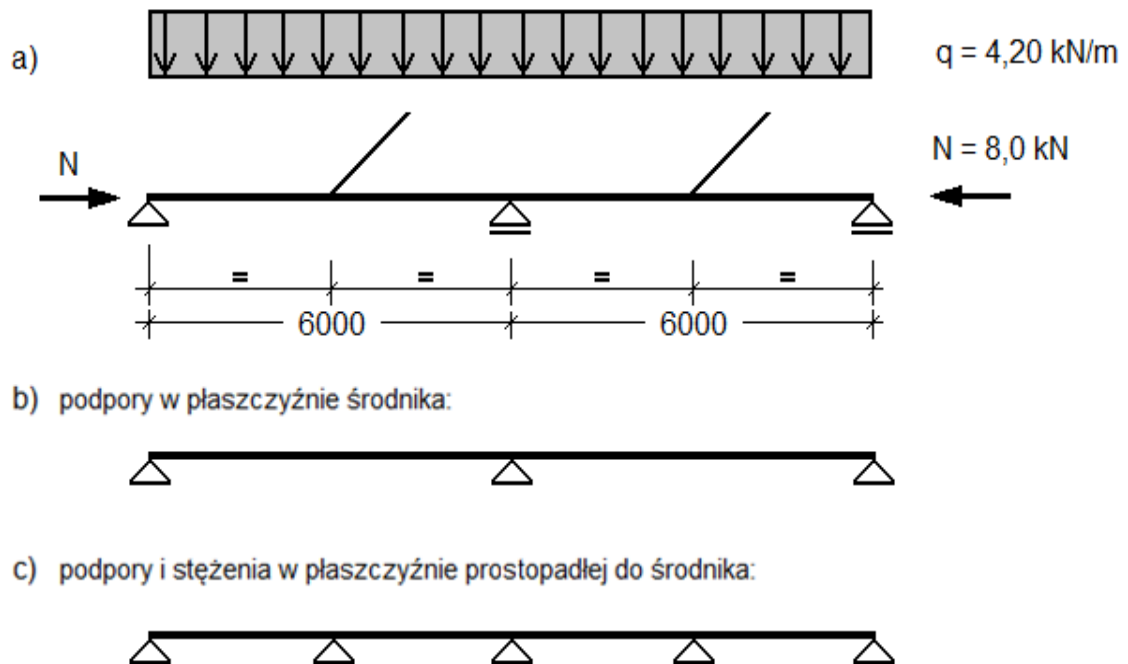
Rafał Garncarek
ul. Komety 10
Józefosław
05-500 Piaseczno
tel./fax. (22) 750 93 91
tel. + 48 692 930 949
e-mail: mr.garncarek@neostrada.pl

Uwaga wstępna

Niektóre przykłady pochodzą ze starszych wersji programu, ale nie ma to wpływu na merytoryczną wartość przykładów. Jedynie Przykład 6 pochodzi z wersji 2.3 programu.

Przykład 1

Belka dwuprzęsłowa Z300x 65/75 x 2.5 ze stali S350GD



Rys. P.1 Zadanie



Rys. P.2 Wykres momentów zginających

Wprowadzanie danych zaczynamy od zakładki **Dane ogólne**:

- Z list rozwijanych wybieramy typ przekroju Z oraz gatunek stali S 350GD.
- Zaznaczamy pozostałe opcje: Język wyników - Polski, warunek $\sigma_{\max} = f_{yb}$, Walcowanie, Wszystkie promienie w przekroju są jednakowe. *W większości zadań te opcje pozostaną bez zmian.*
- Liczbę schematów obciążenia określamy na 2 – w jednym przebiegu programu sprawdzimy dodatkowo ewentualny efekt działania siły podłużnej.

Na zakładce **Geometria przekroju** określamy wymiary przekroju poprzecznego: $h = 300$, $b_1 = 65$, $b_2 = 75$, $r = 4$, $t = 3$, $c_z = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 0^\circ$ (odgięcie 90°).

Na zakładce **Geometria elementu** podajemy długość 6000 mm, współczynnik $\mu_y = 1.0$

- W ramce **Zamocowanie elementu** wybieramy **Poprzez środek**, tym samym opcja **Sprawdź nośność na podporze** staje się nieaktywna.
- Zaznaczamy opcję „Są stężenia ...”.
- Dla odcinka pomiędzy stężeniami podajemy $\mu_z = 1.0$
- Rozstaw stężeń: 3000 mm.

- Z listy rozwijanej wybieramy 1 stężenie w przęśle belki dwuprzęsłowej – program wyświetli współczynniki: -0.1070 dla obc. ciągłego i 0.0000 dla obc. skupionego, w dalszych obliczeniach będzie uwzględniona tylko pierwsza wartość.

Na zakładce **Momenty zginające** dla obu schematów wprowadzamy identyczne informacje:

- Z list rozwijanych wybieramy wzór B
- Jako M_{y1} deklarujemy 0.0 kNm (*lewa podpora belki*)
- Jako M_{y2} deklarujemy 18.9 kNm (*podpora pośrednia*)
- Jako M_{ys} deklarujemy -10.6 kNm (*moment przęsłowy*)
- Zaznaczamy opcję obciążenia ciągłego.
- Jako $M_{z,max}$ deklarujemy 0

Na zakładce **Momenty M_y pomiędzy stężeniami** dla obu schematów wszystkie pola są nieaktywne.

Na zakładce **Siły** dla pierwszego schematu wprowadzamy $N = -8.0$ kN (*ściskanie, więc wartość ujemna*), $V_z = 15.8$ kN

- dla drugiego schematu $N = 0.0$ i $V_z = 15.8$ kN.

Klikamy przycisk **Akceptacja przekroju**, a po zaakceptowaniu okna z właściwościami przekroju uruchamiamy obliczenia.

Pojawia się okno **Obciążenie miarodajne (zastępcze)**:


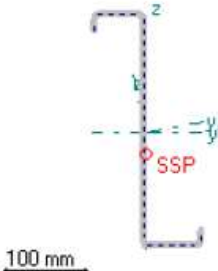
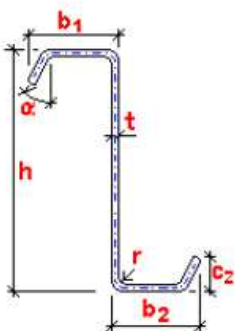
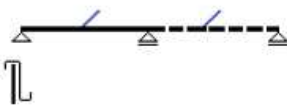
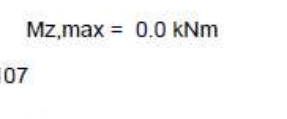
Dla obu schematów podajemy $q_z = -4.2$ kN/m (*obciążenie grawitacyjne, więc kierunek przeciwny do zwrotu osi z*) oraz mimośród $e = 0$ mm (*obciążenie grawitacyjne zwykle przykładane jest w płaszczyźnie środka, obciążenie antygravitacyjne w połowie szerokości górnej półki - por. Przykład 2*).


Dwukrotnie (dla każdego przypadku obciążeń) pojawia się okno do określenia współczynnika k_c lub Momentu krytycznego M_{cr} .


Za każdym razem w górnej ramce zaznaczamy „Korzystam z opcji”, a w dolnej: „jedno stężenie $k_c = 0.800$ ”. Wartość 0.800 pojawi się informacyjnie w nieaktywnym polu k_c w ramce „Zwichrzenie”. Modyfikacja tej wartości jest możliwa po wybraniu w górnej ramce opcji „Podam współczynnik...”.

Otrzymane wyniki przedstawione są na następnych trzech stronach.

Dla „utrwalenia” wyników na papierze można skorzystać z drukarki. Dla zapamiętania wyników w formie elektronicznej można skorzystać z przycisku „EMF”. Jest to format graficzny dość powszechnie rozpoznawany. Jednak jakość rysunku uzależniona jest w dużym stopniu od rozdzielczości ekranu (wyniki załączone do niniejszego dokumentu zostały przekształcone z formatu EMF na bardziej oszczędny objętościowo format PNG, za pomocą darmowego programu IrfanView. Użyliśmy stopnia kompresji 4). Drugim sposobem zapisu elektronicznego jest skorzystanie z programu udającego drukarkę, a zapisującego na dysku plik w formacie PDF (PDF Creator, novaPDF, doPDF i podobne). Z uwagi na różnice pomiędzy drukarkami wyniki mogą zająć różną liczbę stron.

	Broszura Przykład 1 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	05-01-16 16:53 CProf E ver. 2.3.3
		$h = 300.0 \text{ mm}$ $b1 = 65.0 \text{ mm}$ $b2 = 75.0 \text{ mm}$ $cz = 22.0 \text{ mm}$ $t = 3.00 \text{ mm}$ $r = 4.0 \text{ mm}$ $\alpha = 0.0^\circ$
PARAMETRY PRZĘKROJU: Pole przekroju $A = 13.88 \text{ cm}^2$ Moment bezwładności $I_y = 1\,712.27 \text{ cm}^4$ Moment bezwładności $I_z = 109.64 \text{ cm}^4$ Biegunowy moment bezwładności $I_{y_z} = -300.02 \text{ cm}^4$ Wycinkowy moment bezwładności $I_{y_z} = 18\,029.19 \text{ cm}^6$ Moment bezwładności skręcania swobodnego $IT = 0.42 \text{ cm}^4$ Środek ścinania (SSP) $y_o = 0.93 \text{ mm}$ $z_o = -27.91 \text{ mm}$ Promienie bezwładności: $i_u = 112.83 \text{ mm}$ $i_v = 19.97 \text{ mm}$ Parametry pasa: - pas górny Pole przekroju $A_{zfg} = 411.5 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zfg} = 24.37 \text{ cm}^4$ Parametry pasa: - pas dolny Pole przekroju $A_{zfd} = 441.5 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zfd} = 34.47 \text{ cm}^4$		
STAL: S350GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). $f_{yb} = 350.0$ $f_{ya} = 362.7 \text{ MPa}$ Profil formowany przez walcowanie. Pas górny nie stężony tarczą		
GEOMETRIA ELEMENTU: $L = 6\,000 \text{ mm}$ $\mu_y = 1.00$ $\mu_z = 1.00$ Stężenia przeciw zwichrzeniu w rozstawie 3 000 mm Schemat bocznego podparcia pasa jak na szkicu Element podparty poprzez środnik. Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.		
SIŁY WEWNĘTRZNE (2 schematy)		
1. $N = -8.0 \text{ kN}$ (ściskanie) $V_z = 15.8 \text{ kN}$ Moment zginający M_y (rozkład wg wzorca B) - obciążenie ciągłe $M1y = 0.0 \text{ kNm}$ $M2y = 18.9 \text{ kNm}$ $Msy = -10.6 \text{ kNm}$ Obciążenie miarodajne $qz = -4.20 \text{ kN/m}$ z mimośrodem $e = 0.00 \text{ mm}$ Mnożnik dla obliczenia momentu zginającego pasy - obciążenie ciągłe -0.107		$M_{z,max} = 0.0 \text{ kNm}$
Wartości pomocnicze Momenty skorygowane: $M_{y,skoryg} = 18.90 \text{ kNm}$ $M_{z,skoryg} = 0.00 \text{ kNm}$ $C_{m y} = 0.55$ $C_{m z} = 1.00$ $k_c = 0.800$ (określony przez użytkownika) $V_{b,Rd} = 107.0 \text{ kN}$ $\bar{\lambda}_y = 0.543$ $\bar{\lambda}_{z1} = 1.602$ $\bar{\lambda}_{z2} = 1.395$ $\Phi_y = 0.706$ $\Phi_{z1} = 2.022$ $\Phi_{z2} = 1.677$ $\chi_y = 0.865$ $\chi_{z1} = 0.307$ $\chi_{z2} = 0.384$ $\bar{\lambda}_t = 1.116$ $\Phi_{LT} = 1.279$ $\chi_{LT} = 0.526$ $k_{yy} = 0.554$ $k_{yzg} = 1.054$ $k_{yzd} = 1.043$ Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$		$M_{z,max} = 0.0 \text{ kNm}$
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

	Broszura Przykład 1 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	05-01-16 16:53 CProf E ver. 2.3.3
<p>Obciążenie miarodajne $qz = -4.20 \text{ kN/m}$ z mimośrodem $e = 0.00 \text{ mm}$ Mnożnik dla obliczenia momentu zginającego pasy - obciążenie ciągłe -0.107 <u>Wartości pomocnicze</u> Momenty skorygowane: $M_{y,skoryg} = 18.90 \text{ kNm}$ $M_{z,skoryg} = 0.00 \text{ kNm}$ $C_{m,y} = 0.55$ $C_{m,z} = 1.00$ $k_c = 0.800$ (określony przez użytkownika) $V_{b,Rd} = 107.0 \text{ kN}$ $\lambda_T = 1.116$ $\Phi_{LT} = 1.279$ $\chi_{LT} = 0.526$ Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$</p> <p>WYNIKI:</p> <p>SCHEMAT 1: Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny $\sigma_{\max,Ed,g} = \left \frac{N}{A_{\text{eff}}} + \frac{M_y}{W_{\text{eff},y,g}} \right + \left \frac{M_{fz,g}}{W_{fz,g}} \right =$ $= -8.00 \cdot 10^3 / 830.2 + 18.900 \cdot 10^6 / 111956 + (-0.33 + 0.00 - 0.00) \cdot 10^6 / 6125 = 212.8 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 212.8 / 362.7 \cdot (1 - 0.00) = 0.59 < 1$ Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny $\sigma_{\max,Ed,d} = \left \frac{N}{A_{\text{eff}}} - \frac{M_y}{W_{\text{eff},y,d}} \right + \left \frac{M_{fz,d}}{W_{fz,d}} \right =$ $= -8.00 \cdot 10^3 / 830.2 - 18.900 \cdot 10^6 / 114366 + (-0.50 + 0.00 - 0.00) \cdot 10^6 / 7579 = 241.2 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 241.2 / 350.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.69 < 1$ Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 15\,800 / 107\,041.3 = 0.15 < 1$ Wykorzystanie nośności elementu W płaszczyźnie środka (xz): $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + k_{yz,d} \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -8.00 \cdot 10^3 / (0.865 \cdot 290561.8) + 0.554 \cdot 18.90 \cdot 10^3 / (0.526 \cdot 40028) + 1.043 \cdot -0.50 \cdot 10^3 / 2653 = 0.73 < 1$ W płaszczyźnie pasa dolnego: $\frac{ N }{\chi_{zd} N_{Rd}} + \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -8.00 \cdot 10^3 / (0.384 \cdot 290561.8) + 18.90 \cdot 10^3 / (0.526 \cdot 40028) + -0.50 \cdot 10^3 / 2653 = 1.16 > 1!$</p> <p>SCHEMAT 2: Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny $\sigma_{\max,Ed,g} = \left \frac{N}{A_{\text{eff}}} + \frac{M_y}{W_{\text{eff},y,g}} \right + \left \frac{M_{fz,g}}{W_{fz,g}} \right =$ $= 0.00 \cdot 10^3 / 1387.7 + 18.900 \cdot 10^6 / 111956 + (-0.33 + 0.00 + 0.00) \cdot 10^6 / 6125 = 222.2 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 222.2 / 362.7 \cdot (1 - 0.00) = 0.61 < 1$ Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny $\sigma_{\max,Ed,d} = \left \frac{N}{A_{\text{eff}}} - \frac{M_y}{W_{\text{eff},y,d}} \right + \left \frac{M_{fz,d}}{W_{fz,d}} \right =$</p>		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

	Broszura Przykład 1	05-01-16 16:53
	Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	CProf E ver. 2.3.3
$= 0.00 \cdot 10^3 / 1387.7 - 18.900 \cdot 10^6 / 114366 + (-0.50 + 0.00 + 0.00) \cdot 10^6 / 7579 = 231.3 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 231.3 / 350.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.66 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 15\,800 / 107\,041.3 = 0.15 < 1$</p> <p>Wykorzystanie nośności elementu</p> <p>Na zwichrzenie: $\frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} = 18\,900\,000.0 / (0.526 \cdot 40028130) = 0.90 < 1$</p> <p style="text-align: right;">braku ściskania wyniki nentu upraszczają się.</p>		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

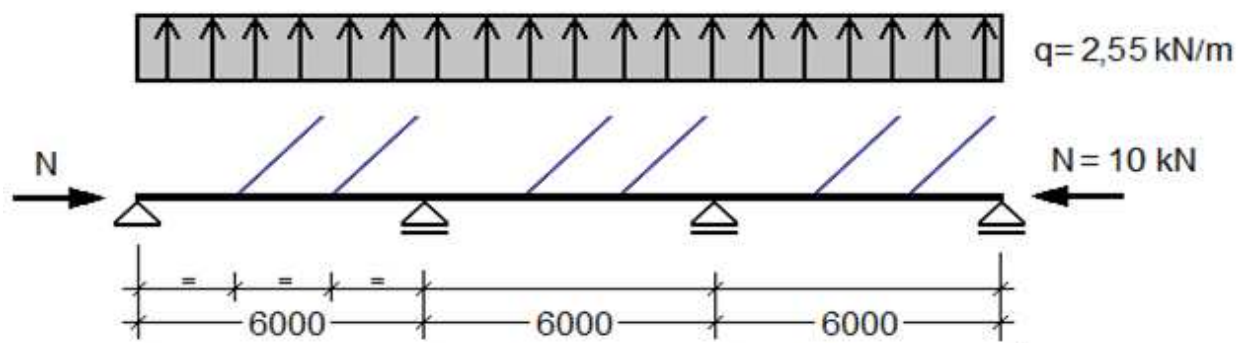
Jak wynika z zadania proponowana płatew nie spełnia kryteriów nośności (stateczności). Zachęcamy do wykonania kilku wariantów tego przykładu – za pomocą przycisku „wróć” (por. p. 6 i rys. 6.1 broszury):

- ze stężeniami rozstawionymi co 2000 mm (opcja 2 stężenie w przęśle belki dwuprzęsłowej, mniejsza wartość momentu M_{y2} , sugerowana wartość $k_c = 0.902$)
- bez stężeń poprzecznych
- z obciążeniem mieszanym, np. $q_z = -1.5 \text{ kN/m}$ i siłą skupioną $Q_z = -10 \text{ kN}$
- z profilem o grubości 2.5 mm
- z profilem nieco wyższym i nieco niższymi
- z zastąpieniem profilu Z profilem C.

Przykład 2

Skrajne przęsło trójpłaszczyznowej płatwi C250x60x2.5 ze stali S320GD, obciążonej ssaniem wiatru, bez uwzględnienia stężenia górnego pasa pokryciem dachowym.

Stężenia górnego pasa poszyciem dachowym zwykle nie uwzględnia się w przypadku pokrycia płytami warstwowymi, które z uwagi na sposób ich mocowania do płatwi nie zapewniają dostatecznej sztywności układu.

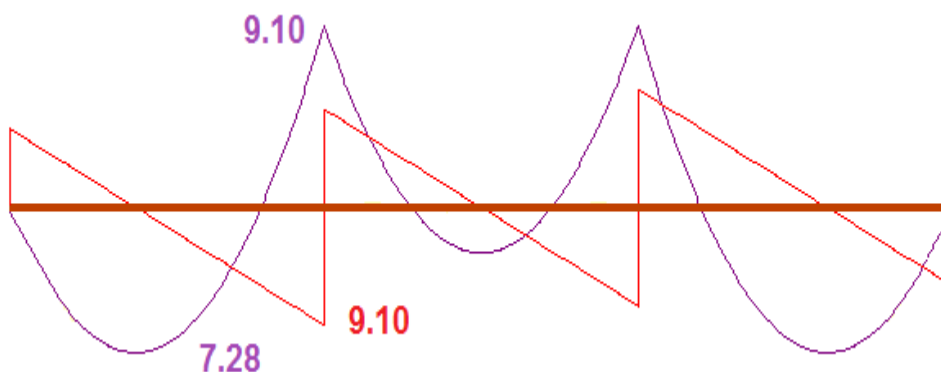


Podpory w płaszczyźnie środka jak na szkicu powyżej.

Podpory w płaszczyźnie prostopadłej do środka:



Wykresy momentów zginających i sił poprzecznych:





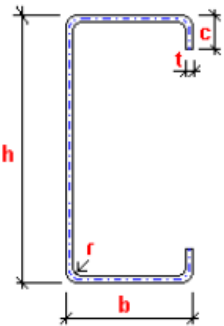
Przebieg wprowadzenia danych podobny jak w Przykładzie 1. Poniżej omówione są tylko punkty zdecydowanie różniące się:


Na zakładce **Geometria elementu** z listy rozwijalnej wybieramy "2 stężenia w przęśle belki dwuprzęsłowej".

Warto zauważyć, że wybór "2 stężenia w belce trójprzęsłowej" zaowocowałby tymi samymi współczynnikami, a przy wprowadzeniu takich samych momentów zginających i opisu obciążeń (q_z) otrzymalibyśmy identyczne wyniki wykorzystania nośności.

W oknie **Obciążenia miarodajne (zastępcze)** podajemy $q_z = 2.55 \text{ kN/m}$ (wartość dodatnia, bo ssanie wiatru jest skierowane zgodnie z osią z). Mimośród względem osi środka dla obciążenia przyłożonego w połowie szerokości pasa górnego wynosi $62.0 / 2 - 2.5 / 2 = 29.75 \text{ mm}$, zostanie zaokrąglony przez program do 29.7 mm.

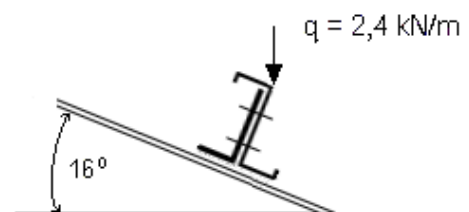
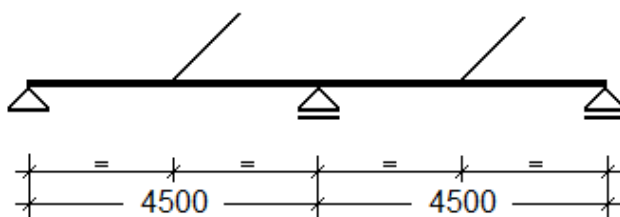
Otrzymane wyniki przedstawione są na następnych dwóch stronach.

	Broszura Przykład 2 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	07-01-16 09:54 CProf E ver. 2.3.3
		$h = 250.0 \text{ mm}$ $b = 62.0 \text{ mm}$ $c = 20.0 \text{ mm}$ $t = 2.50 \text{ mm}$ $r = 6.0 \text{ mm}$
PARAMETRY PRZĘKROJU:		
Pole przekroju $A = 9.79 \text{ cm}^2$ Moment bezwładności $I_y = 845.75 \text{ cm}^4$ Moment bezwładności $I_z = 43.95 \text{ cm}^4$ Biegunowy moment bezwładności $I_{yy} = 0.00 \text{ cm}^4$ Wycinkowy moment bezwładności $J_{yy} = 5\,333.84 \text{ cm}^6$ Moment bezwładności skręcania swobodnego $IT = 0.20 \text{ cm}^4$ Środek ścinania (SSP) $y_o = -38.02 \text{ mm}$ $z_o = 0.00 \text{ mm}$ Promienie bezwładności: $i_y = 92.95 \text{ mm}$ $i_z = 21.19 \text{ mm}$		
<u>Parametry pasa:</u>		
Pole przekroju $A_{zf} = 303.8 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zf} = 16.28 \text{ cm}^4$		
STAL: S320GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). $f_{yb} = 320.0$ $f_{ya} = 332.5 \text{ MPa}$		
Profil formowany przez walcowanie.		
Pas górny nie stężony tarczą		
GEOMETRIA ELEMENTU:		
$L = 6\,000 \text{ mm}$ $\mu_y = 1.00$ $\mu_z = 1.00$		
Stężenia przeciw zwichrzeniu w rozstawie 2 000 mm		
Schemat bocznego podparcia pasa jak na szkicu		
Element podparty poprzez środnik.		
Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.		
SIŁY WEWNĘTRZNE:		
$N = -10.0 \text{ kN}$ (ściskanie) $V_z = 9.1 \text{ kN}$		
Moment zginający M_y (rozkład wg wzorca B) - obciążenie ciągłe		
$M1y = 0.0 \text{ kNm}$ $M2y = -9.1 \text{ kNm}$ $Msy = 7.3 \text{ kNm}$ $Mz, \max = 0.0 \text{ kNm}$		
Obciążenie miarodajne $qz = 2.55 \text{ kN/m}$ z mimośrodem $e = 29.70 \text{ mm}$		
Mnożnik dla obliczenia momentu zginającego pasy - obciążenie ciągłe -0.106		
<u>Wartości pomocnicze</u>		
Momenty skorygowane:: $M_{y, \text{skoryg}} = -9.10 \text{ kNm}$ $M_{z, \text{skoryg}} = -0.06 \text{ kNm}$		
$C_{my} = 0.74$ $C_{mz} = 1.00$ $k_c = 0.902$ (określony przez użytkownika) $V_{b, Rd} = 71.1 \text{ kN}$		
$\bar{\lambda}_y = 0.634$ $\bar{\lambda}_z = 1.074$		
$\Phi_y = 0.775$ $\Phi_z = 1.225$		
$\chi_y = 0.820$ $\chi_z = 0.551$		
$\bar{\lambda}_f = 0.968$ $\Phi_{LT} = 1.099$ $\chi_{LT} = 0.617$		
$k_{yy} = 0.759$ $k_{yz} = 1.056$		
Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$		
WYNIKI:		
SCHEMAT 1:		
Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny		
$\rho = 0$ ponieważ $V_z / V_{b, Rd} < 0.5$		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

	Broszura Przykład 2 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	07-01-16 09:54 CProf E ver. 2.3.3
$\sigma_{\max,Ed,g} = \left \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M_y}{W_{eff,y,g}} \right + \left \frac{M_{fz,g}}{W_{fz}} \right =$ $= -10.00 \cdot 10^3 / 611.3 - 9.100 \cdot 10^6 / 67249 + (-0.23 - 0.03) \cdot 10^6 / 4368 = 212.1 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 212.1 / 320.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.66 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny</p> $\sigma_{\max,Ed,d} = \left \frac{N}{A_{eff}} - \frac{M_y}{W_{eff,y,d}} \right + \left \frac{M_{fz,d}}{W_{fz}} \right =$ $= -10.00 \cdot 10^3 / 611.3 + 9.100 \cdot 10^6 / 68051 + (0.23 - 0.03) \cdot 10^6 / 4368 = 164.4 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 164.4 / 332.5 \cdot (1 - 0.00) = 0.49 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 9\,100 / 71\,077.1 = 0.13 < 1$</p> <p>Wykorzystanie nośności elementu</p> <p>W płaszczyźnie środka (xz): $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,g}} + k_{yz,g} \frac{ M_{fz,g} }{M_{Rd,z,g}} =$</p> $= -10.00 \cdot 10^3 / (0.820 \cdot 195621.5) + 0.759 \cdot 9.10 \cdot 10^3 / (0.617 \cdot 21520) + 1.056 \cdot -0.26 \cdot 10^3 / 1398 = 0.78 < 1$ <p>W płaszczyźnie pasa górnego: $\frac{ N }{\chi_{zg} N_{Rd}} + \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,g}} + \frac{ M_{fz,g} }{M_{Rd,z,g}} =$</p> $= -10.00 \cdot 10^3 / (0.551 \cdot 195621.5) + 9.10 \cdot 10^3 / (0.617 \cdot 21520) + -0.26 \cdot 10^3 / 1398 = 0.97 < 1$ <p>WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych</p>		

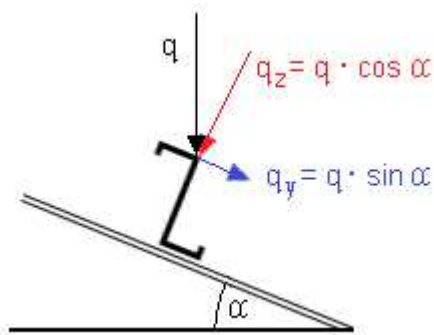
Przykład 3

Platew dwuprzęsłowa, z profilu Z 250x65/75x1.75, ze stali S320GD, ułożona na krokwiach o nachyleniu 16° . Krokwie w rozstawie 4.5 m. Siła ściskająca 7.5 kN. Pozostałe dane jak na szkicu.



Po uruchomieniu programu i zadeklarowaniu geometrii z okna **Właściwości przekroju** odczytujemy położenie środka ścinania SSP. W tym przypadku $y_0 = 0.99$, $z_0 = -22.92$ mm, oraz odległość górnych włókien profilu od osi obojętnej $z_{\max} = 128.0$ mm. Oczywiście można też doprowadzić obliczenia do końca, dla jakiegokolwiek obciążenia i odczytać te współrzędne z wyników, lub też zatrzymać obliczenia do czasu wykonania obliczeń pomocniczych.

Teraz należy wykonać ręcznie obliczenia pomocnicze:



- Rozkład obciążenia grawitacyjnego na składowe równoległe do osi y i z przekroju

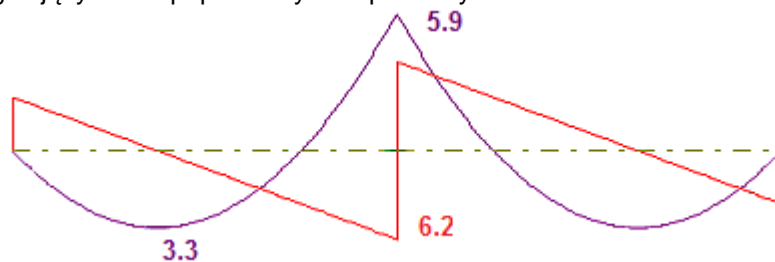
$$q_z = q \cos(16) = -2.4 * 0.9613 = -2.31 \text{ kN/m}$$

$$q_y = q \sin(16) = -2.4 * 0.2756 = -0.66 \text{ kN/m}$$

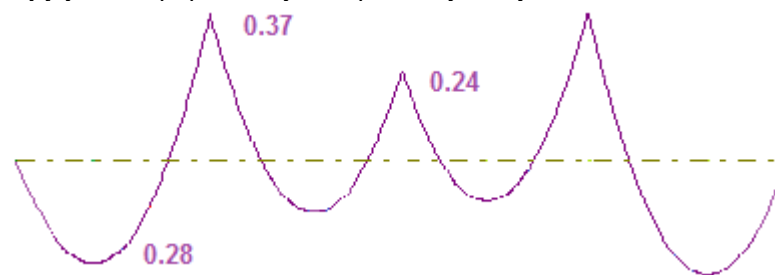
Obciążenie q_z traktujemy analogicznie jak w przykładzie 1. Obciążenie q_y wywołuje w płatwi zginanie, a wskutek przyłożenia tego obciążenia do górnego pasa płatwi powoduje jej skręcanie. Efekt sił poprzecznych od obciążenia q_y jest pomijalny.

- Statyka płatwi (momenty zginające i siły tnące):

szkic momentów zginających i sił poprzecznych w płaszczyźnie xz:

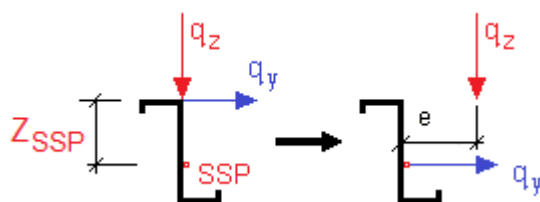


szkic momentów zginających i sił poprzecznych w płaszczyźnie yz:



Ponieważ w rozpatrywanym przypadku przekrojem krytycznym jest niewątpliwie przekrój nad podporą pośrednią na zakładce **Momenty zginające** podajemy $M_z = 0.24$, co program zaokrągli do wartości 0.2 kNm.

- Efekt skręcania



Jak wynika ze szkicu moment skręcający od obciążenia q_z można określić następująco:

$$M_x = q_y * z_{SSP} = -0.66 * (-128.0 - 22.9) = 99.59 \text{ kNmm/m}$$

(zgodnie ze szkicem jest to moment zgodny z ruchem wskazówek zegara, czyli wartość dodatnia).

Moment ten można zrealizować przez zwiększenie mimośrodów na którym działa obciążenie q_z .

$$\Delta e = M_x / q_z = 99.59 / (-2.31) = -43.1 \text{ mm}$$

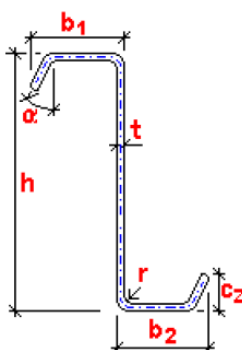
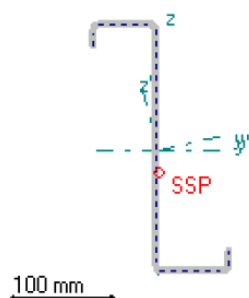
W rozpatrywanym zadaniu obciążenie q_z przyłożone jest w płaszczyźnie środka, zatem mimośród obciążenia q_y równy 0 zwiększony o -43.1 mm wynosi -43.1 mm i tę wartość należy wstawić w oknie **Obciążenie miarodajne (zastępcze)**.

**Broszura****Przykład 3**

Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy
Program Copyrights: KOTEX - Warszawa

08-01-16 09:16

CProf E ver. 2.3.3



h = 250.0 mm
b1 = 65.0 mm
b2 = 75.0 mm
cz = 21.0 mm
t = 1.75 mm
r = 4.0 mm
 $\alpha = 0.0^\circ$

PARAMETRY PRZESZKROJU:

Pole przekroju $A = 7.29 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności $I_y = 659.50 \text{ cm}^4$
Moment bezwładności $I_z = 66.85 \text{ cm}^4$
Biegunowy moment bezwładności $I_{yz} = -149.86 \text{ cm}^4$
Wycinkowy moment bezwładności $J_0 = 7410.65 \text{ cm}^6$
Moment bezwładności skręcania swobodnego $I_T = 0.07 \text{ cm}^4$
Środek ścinania (SSP) $y_0 = 0.99 \text{ mm}$ $z_0 = -22.78 \text{ mm}$
Promienie bezwładności: $i_u = 97.65 \text{ mm}$ $i_v = 20.66 \text{ mm}$

Parametry pasa: - pas górny

Pole przekroju $A_{zfg} = 225.5 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zfg} = 13.95 \text{ cm}^4$

Parametry pasa: - pas dolny

Pole przekroju $A_{zfd} = 243.0 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zfd} = 19.61 \text{ cm}^4$

STAL: S320GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). $f_{yb} = 320.0$ $f_{ya} = 328.2 \text{ MPa}$

Profil formowany przez walcowanie.

Pas górny nie stężony tarczą

GEOMETRIA ELEMENTU:

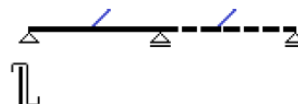
L = 4500 mm $\mu_y = 1.00$
 $\mu_z = 1.00$

Stężenia przeciw zwichrzeniu w rozstawie 2250 mm

Schemat bocznego podparcia pasa jak na szkicu

Element podparty poprzez środkik.

Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.

**SIŁY WEWNĘTRZNE:**

N = -7.5 kN (ściskanie) $V_z = 6.2 \text{ kN}$

Moment zginający My (rozkład wg wzorca B) - obciążenie ciągłe

$M1y = 0.0 \text{ kNm}$ $M2y = 5.9 \text{ kNm}$ $Msy = -3.3 \text{ kNm}$

$M_{z,max} = 0.2 \text{ kNm}$

Obciążenie miarodajne $qz = -2.31 \text{ kN/m}$ z mimośrodem $e = -43.10 \text{ mm}$

Mnożnik dla obliczenia momentu zginającego pasy - obciążenie ciągłe -0.107

Wartości pomocnicze

Momenty skorygowane: $M_{y,skoryg} = 5.92 \text{ kNm}$ $M_{z,skoryg} = 0.25 \text{ kNm}$

$C_{my} = 0.55$ $C_{mz} = 1.00$ $k_c = 0.800$ (określony przez użytkownika) $V_{b,Rd} = 34.8 \text{ kN}$

$\bar{\lambda}_y = 0.417$ $\bar{\lambda}_{z1} = 1.124$ $\bar{\lambda}_{z2} = 0.984$

$\Phi_y = 0.624$ $\Phi_{z1} = 1.289$ $\Phi_{z2} = 1.118$

$\chi_y = 0.919$ $\chi_{z1} = 0.521$ $\chi_{z2} = 0.607$


$\bar{\lambda}_T = 0.787$ $\Phi_{LT} = 0.910$ $\chi_{LT} = 0.732$

$k_{yy} = 0.557$ $k_{yzg} = 1.073$ $k_{ygd} = 1.062$

Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$

WYNIKI:

WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych

	Broszura Przykład 3 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	08-01-16 09:16 CProf E ver. 2.3.3
<p>SCHEMAT 1:</p> <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny</p> $\sigma_{\max,Ed,g} = \left \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M_y}{W_{eff,y,g}} \right + \left \frac{M_{fz,g}}{W_{fz,g}} \right =$ $= -7.50 \cdot 10^3 / 367.4 + 5.920 \cdot 10^6 / 50168 + (-0.13 - 0.22 + 0.10) \cdot 10^6 / 3588 = 168.2 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 168.2 / 328.2 \cdot (1 - 0.00) = 0.51 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny</p> $\sigma_{\max,Ed,d} = \left \frac{N}{A_{eff}} - \frac{M_y}{W_{eff,y,d}} \right + \left \frac{M_{fz,d}}{W_{fz,d}} \right =$ $= -7.50 \cdot 10^3 / 367.4 - 5.920 \cdot 10^6 / 42221 + (-0.20 + 0.22 + 0.15) \cdot 10^6 / 4418 = 197.3 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 197.3 / 320.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.62 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 6\,200 / 34\,827.8 = 0.18 < 1$</p> <p>Wykorzystanie nośności elementu</p> <p>W płaszczyźnie środka (xz):</p> $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + k_{yz,d} \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -7.50 \cdot 10^3 / (0.919 \cdot 117577.5) + 0.557 \cdot 5.92 \cdot 10^3 / (0.732 \cdot 13511) + 1.062 \cdot 0.16 \cdot 10^3 / 1414 = 0.52 < 1$ <p>W płaszczyźnie pasa dolnego:</p> $\frac{ N }{\chi_{zd} N_{Rd}} + \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -7.50 \cdot 10^3 / (0.607 \cdot 117577.5) + 5.92 \cdot 10^3 / (0.732 \cdot 13511) + 0.16 \cdot 10^3 / 1414 = 0.82 < 1$		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

Przykład 4

Swobodnie podparta belka jednoprzęsłowa o przekroju RHS 220x140x1.25 ze stali S280GD. Obciążenie belki rozłożone równomiernie. Rozpiętość przęsła 3.25 m. W połowie rozpiętości belka usztywniona jest stężeniem bocznym. Element połączony z konstrukcją poprzez środnik. Maksymalny moment zginający 6.1 kNm. Maksymalna siła poprzeczna 4.5 kN. Siła podłużna ściskająca -10kN. Obciążenie boczne w wysokości 10% obciążenia poziomego.

Jak zwykle wprowadzanie danych zaczynamy od zakładki **Dane ogólne**: Z list rozwijanych wybieramy typ przekroju: Rura prostokątna (RHS) oraz stal: S280 GD.

Na zakładce **Geometria przekroju** podajemy wymiary profilu, na zakładce **Geometria elementu** deklarujemy podparcie przez środnik, długość 3250 mm., $\mu_y = 1.0$. pola do wprowadzenia stężeń są nieaktywne, więc redukujemy długość wyboyczeniowa w płaszczyźnie xy, wprowadzając $\mu_z = 0.5$

Na zakładce **Momenty zginające** wybieramy z listy typ wykresu C, oraz podajemy $M_{y,1} = 0$. $M_{y,2} = 0$ oraz $M_{y,s} = 6.1$ oraz zaznaczamy charakter obciążenia "CIĄGŁE" i na koniec na zakładce **Siły** deklarujemy $N = -10 \text{ kN}$ i $V_z = 4.5 \text{ kN}$.

W trakcie obliczeń pojawia się okno z pytaniem o **Momenty M_z** : wprowadzamy $M_{z,1} = 0$, $M_{z,2} = 0$, $M_{z,s} = 0.61 \text{ kNm}$ i zaznaczamy obciążenie "CIĄGŁE".

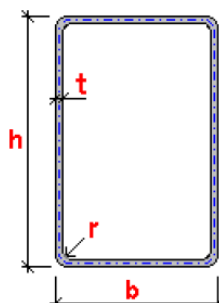
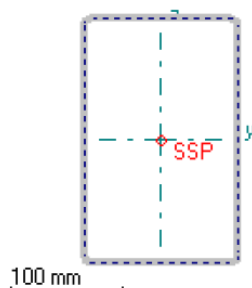
Otrzymane wyniki przedstawione są poniżej:

**Broszura****Przykład 4**

Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy
Program Copyrights: KOTEX - Warszawa

08-01-16 20:30

CProf E ver. 2.3.3



h = 220.0 mm
b = 140.0 mm
t = 1.25 mm
r = 5.0 mm

PARAMETRY PRZESZKROJU:

Pole przekroju $A = 8.82 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności $I_y = 618.34 \text{ cm}^4$
Moment bezwładności $I_z = 312.89 \text{ cm}^4$
Biegunowy moment bezwładności $I_{yz} = 0.00 \text{ cm}^4$
Wycinkowy moment bezwładności $J_w = 0.00 \text{ cm}^6$
Moment bezwładności skręcania swobodnego $IT = 651.86 \text{ cm}^4$
Środek ścinania (SSP) $y_o = 0.00 \text{ mm}$ $z_o = 0.00 \text{ mm}$
Promienie bezwładności: $i_y = 83.75 \text{ mm}$ $i_z = 59.57 \text{ mm}$

STAL: S280GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). $f_{yb} = 280.0$ $f_{ya} = 284.0 \text{ MPa}$

Profil formowany przez walcowanie.

Pas górny nie stężony tarczą

GEOMETRIA ELEMENTU:

L = 3 250 mm $\mu_y = 1.00$
 $\mu_z = 0.50$

Element podparty poprzez środknik.

Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.

SIŁY WEWNĘTRZNE:

N = - 10.0 kN (ściskanie) $V_z = 4.5 \text{ kN}$
Moment zginający M_y (rozkład wg wzorca C) - obciążenie ciągłe
 $M1y = 0.0 \text{ kNm}$ $M2y = 0.0 \text{ kNm}$ $Msy = - 6.1 \text{ kNm}$
Moment zginający M_z (rozkład wg wzorca C) - obciążenie ciągłe
 $M1z = 0.0 \text{ kNm}$ $M2z = 0.0 \text{ kNm}$ $Msz = 0.6 \text{ kNm}$
Wartości pomocnicze

Momenty skorygowane: $M_{y,skoryg} = - 6.10 \text{ kNm}$

$M_{z,skoryg} = 0.60 \text{ kNm}$

$C_{m y} = 0.95$ $C_{m z} = 0.95$ $M_{Cr} = 1138.73 \text{ kNm}$

Wartość niższa niż
w przykładzie 5

$V_{b,Rd} = 33.2 \text{ kN}$

$\bar{\lambda}_y = 0.264$

$\bar{\lambda}_z = 0.185$

$\Phi_y = 0.546$

$\Phi_z = 0.515$

$\chi_y = 0.977$

$\chi_z = 1.000$

$\bar{\lambda}_{LT} = 0.085$ $\Phi_{LT} = 0.484$ $\chi_{LT} = 1.000$

$k_{yy} = 0.968$ $k_{yz} = 0.963$ $k_{zy} = 0.775$

$k_{zz} = 0.963$

Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$


WYNIKI:**SCHEMAT 1:**

Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny

$$\sigma_{\max,Ed,1} = \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M_y}{W_{eff,y,1}} + \frac{M_z}{W_{eff,z}} =$$

$$= (-10.00 \cdot 10^3 / 301.6) + (-6.10 \cdot 10^6 / 29709) - (0.60 \cdot 10^6 / 36958) = -254.7 \text{ MPa}$$

WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych

	Broszura Przykład 4 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	08-01-16 20:30 CProf E ver. 2.3.3
<p> $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 254.7 / 280.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.91 < 1$ Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny $\sigma_{\max,Ed,2} = \frac{N}{A_{eff}} - \frac{M_y}{W_{eff,y,2}} + \frac{M_z}{W_{eff,z}} =$ $= (-10.00 \cdot 10^3 / 301.6) - (-6.10 \cdot 10^6 / 50557) + (0.60 \cdot 10^6 / 36958) = 103.7 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 103.7 / 284.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.37 < 1$ Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 4\,500 / 33\,243.3 = 0.14 < 1$ Wykorzystanie nośności elementu w płaszczyźnie xz $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{ M_z }{M_{z,Rd}} =$ $= 10.00 / (0.98 \cdot 84.46) + 0.968 \cdot 6.10 / (1.00 \cdot 8.32) + 0.963 \cdot 0.60 / 10.35 = 0.89 < 1$ Wykorzystanie nośności elementu w płaszczyźnie yz $\frac{ N }{\chi_z N_{Rd}} + k_{zy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{ M_z }{M_{z,Rd}} =$ $= 10.00 / (1.00 \cdot 84.46) + 0.775 \cdot 6.10 / (1.00 \cdot 8.32) + 0.963 \cdot 0.60 / 10.35 = 0.74 < 1$ </p>		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

Przykład 5


Zadanie analogiczne do Przykładu 4, lecz z zamocowaniem elementu poprzez półkę. Szerokość oparcia 100 mm, Odległość końca elementu od krawędzi podpory 100 mm. Reakcja podpory 4.5 kN. Z uwagi na docisk na podporze grubość blachy profilu zwiększona w porównaniu do Przykładu 4 do $t = 1.50 \text{ mm}$.

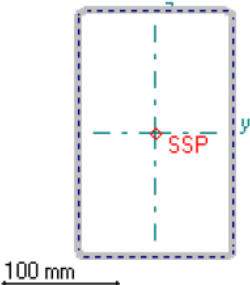
W odróżnieniu od przykładu 4 na zakładce **Geometria elementu** w ramce **Zamocowanie elementu** wybieramy Podparcie przez półkę i zaznaczamy opcję **Sprawdź nośność na podporze**.

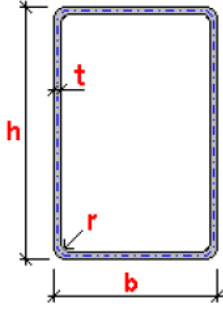
Informacje o podporze wprowadzamy w trakcie obliczeń, gdy pojawi się okno podobne do przedstawionego na rys. 5.7 Broszury.

Z uwagi na symetrię sprawdzenia nośności na podporze dokonano tylko dla jednego końca elementu.

Wyniki przedstawione są i omówione na następnych stronach.

	<div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> Broszura Przykład 5 </div> <div style="padding-top: 5px;"> Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa </div>	08-01-16 21:18 CProf E ver. 2.3.3
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------






h = 220.0 mm
b = 140.0 mm
t = 1.50 mm
r = 5.0 mm

PARAMETRY PRZEKROJU:
 Pole przekroju A = 10.56 cm²
 Moment bezwładności I_y = 738.72 cm⁴
 Moment bezwładności I_z = 373.47 cm⁴
 Biegunowy moment bezwładności I_{yz} = 0.00 cm⁴
 Wycinkowy moment bezwładności J_w = 0.00 cm⁶
 Moment bezwładności skręcania swobodnego IT = 778.91 cm⁴
 Środek ścinania (SSP) y₀ = 0.00 mm z₀ = 0.00 mm
 Promienie bezwładności: i_y = 83.63 mm i_z = 59.46 mm
STAL: S280GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). f_{yb} = 280.0 f_{ya} = 284.8 MPa
 Profil formowany przez walcowanie.
 Pas górny nie stężony tarczą
GEOMETRIA ELEMENTU:
 L = 3 250 mm μ_y = 1.00
 μ_z = 0.50
Element podparty poprzez półkę
 Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.

SIŁY WEWNĘTRZNE:
 N = - 10.0 kN (ściskanie) V_z = 4.5 kN
 Moment zginający My (rozkład wg wzorca C) - obciążenie ciągłe
 M1y = 0.0 kNm M2y = 0.0 kNm Msy = - 6.1 kNm
 Moment zginający Mz (rozkład wg wzorca C) - obciążenie ciągłe
 M1z = 0.0 kNm M2z = 0.0 kNm Msz = 0.6 kNm
 Podpora 1A Podpora skrajna
 Siły na podporze: F_{Ed} = 4.50 kN M_{y,Ed} = 0.00 kNm Długość podparcia s_s = 100.0 mm
 Odległość od końca elementu c = 100.0 mm




Wartości pomocnicze
 Momenty skorygowane: M_{y,skoryg} = - 6.10 kNm M_{z,skoryg} = 0.60 kNm
 C_{my} = 0.95 C_{mz} = 0.95 M_{Cr} = 1359.94 kNm V_{b,Rd} = 36.3 kN
 λ_y = 0.287 λ_z = 0.202
 Φ_y = 0.556 Φ_z = 0.521
 χ_y = 0.969 χ_z = 0.999
 λ_{LT} = 0.093 Φ_{LT} = 0.486 χ_{LT} = 1.000
 k_{yy} = 0.964 k_{yz} = 0.960 k_{zy} = 0.771 k_{zz} = 0.960
 Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem ρ = 0.00
 Podpora 1A Kategoria podparcia 1
 Efektywna długość strefy docisku: 10.0 mm

WYNIKI:

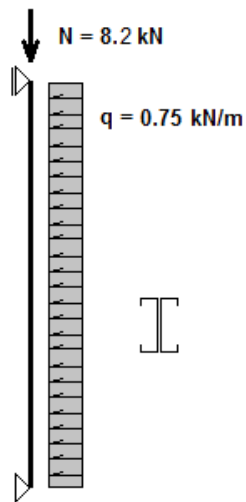
Pomimo zadeklarowania szerokości podparcia 100 mm do obliczeń przyjęte zostało tylko 10 mm

WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych

	Broszura Przykład 5 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	08-01-16 21:18 CProf E ver. 2.3.3
<p>SCHEMAT 1:</p> <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny</p> $\sigma_{\max,Ed,1} = \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M_y}{W_{eff,y,1}} + \frac{M_z}{W_{eff,z}} =$ $= (-10.00 \cdot 10^3 / 425.3) + (-6.10 \cdot 10^6 / 41564) - (0.60 \cdot 10^6 / 46042) = -183.3 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 183.3 / 280.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.65 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny</p> $\sigma_{\max,Ed,2} = \frac{N}{A_{eff}} - \frac{M_y}{W_{eff,y,2}} + \frac{M_z}{W_{eff,z}} =$ $= (-10.00 \cdot 10^3 / 425.3) - (-6.10 \cdot 10^6 / 61425) + (0.60 \cdot 10^6 / 46042) = 88.8 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{ya} \cdot (1 - \rho)} = 88.8 / 284.8 \cdot (1 - 0.00) = 0.31 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 4\,500 / 36\,307.3 = 0.12 < 1$</p> <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - na podporze 1A</p> $\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0.00 / 11.64 = 0.000 < 1 \quad \frac{F_{Ed}}{\sum R_{w,Rd}} = 4.50 / 2 \cdot 2.36 = 0.952 < 1$ $\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{\sum R_{w,Rd}} = 0.000 + 0.952 = 0.95 < 1.25$ <p>Wykorzystanie nośności elementu w płaszczyźnie xz</p> $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{ M_z }{M_{z,Rd}} =$ $= 10.00 / (0.97 \cdot 119.07) + 0.964 \cdot 6.10 / (1.00 \cdot 11.64) + 0.960 \cdot 0.60 / 12.89 = 0.64 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności elementu w płaszczyźnie yz</p> $\frac{ N }{\chi_z N_{Rd}} + k_{zy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{ M_z }{M_{z,Rd}} =$ $= 10.00 / (1.00 \cdot 119.07) + 0.771 \cdot 6.10 / (1.00 \cdot 11.64) + 0.960 \cdot 0.60 / 12.89 = 0.53 < 1$ <div data-bbox="1050 1048 1278 1115" style="border: 1px solid blue; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 20px;"> łożadniki ! </div>		

Proszę spróbować przedłużyć element poza podporę i zobaczyć jak poprawi się szerokość podparcia i nośność poprzeczna łożadników $R_{w,Rd}$.

Przykład 6



Słupek obudowy złożony z dwóch ceowników 4-ro giętych o wymiarach 150x40x15x1.2 mm. Promień wewnętrzny naroży 3 mm. Stal S350 GD. Wysokość słupka 3.5 m. Podparcie końców słupka przegubowe. Obciążenie: siła osiowa 8.2 kN oraz obciążenie ciągłe, osiowe, 0.75 kN/m. Oba ceowniki tworzące słupek są ze sobą sztywno związane, np. przez spawanie lub zgrzewanie. Pomijamy usztywnienie pasów blachą obudowy oraz redukujemy grubość blachy o warstwy powłoki (łącznie 0.04 mm).

Obliczenia uzupełniające : Grubość rdzenia blachy $t = 1.20 - 0.04 = 1.16 \text{ mm}$

Max. siła poprzeczna $V_y = 0.75 \cdot 3.5 / 2 = 1.31 \text{ kN}$.

Max. moment zginający $M_y = 0.75 \cdot 3.5^2 / 8 = 1.14 \text{ kNm}$

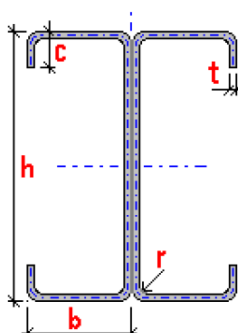
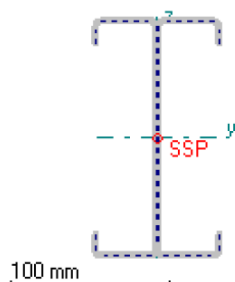


Broszura Przykład 6

Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy
Program Copyrights: KOTEX - Warszawa

08-01-16 09:56

CProf E ver. 2.3.3



h = 150.0 mm
b = 40.0 mm
c = 15.0 mm
t = 1.16 mm
r = 3.0 mm

PARAMETRY PRZĘKROJU:

Pole przekroju $A = 5.78 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności $I_y = 185.87 \text{ cm}^4$
Moment bezwładności $I_z = 18.76 \text{ cm}^4$
Biegunowy moment bezwładności $I_{yz} = 0.00 \text{ cm}^4$
Wycinkowy moment bezwładności $J_{\omega} = 825.39 \text{ cm}^6$
Moment bezwładności skręcania swobodnego IT = 0.03 cm^4
Środek ścinania (SSP) $y_o = 0.00 \text{ mm}$ $z_o = 0.00 \text{ mm}$
Promienie bezwładności: $i_y = 56.70 \text{ mm}$ $i_z = 18.01 \text{ mm}$

Parametry pasa:

Pole przekroju $A_{zf} = 185.5 \text{ mm}^2$ Moment bezwładności $J_{zf} = 9.37 \text{ cm}^4$

STAL: S350GD+...- wg PN-EN 10326 (E = 210 GPa). $f_{yb} = 350.0$ $f_{ya} = 359.1 \text{ MPa}$

Profil formowany przez walcowanie.

Pas górny nie stężony tarczą

GEOMETRIA ELEMENTU:

L = 3 500 mm $\mu_y = 1.00$
 $\mu_z = 1.00$

Nie ma stężeń przeciw zwężeniu.

Schemat bocznego podparcia pasa jak na szkicu

Element podparty poprzez półkę.

Siły wewnętrzne wg teorii I lub II rzędu.

SIŁY WEWNĘTRZNE:

N = - 8.2 kN (ściskanie) $V_z = 1.3 \text{ kN}$

Moment zginający M_y (rozkład wg wzorca C) - obciążenie ciągłe

$M1y = 0.0 \text{ kNm}$ $M2y = 0.0 \text{ kNm}$ $Msy = 1.1 \text{ kNm}$

$M_{z,max} = 0.0 \text{ kNm}$

Obciążenie miarodajne $qz = 0.75 \text{ kN/m}$ z mimośrodem $e = 0.00 \text{ mm}$

Mnożnik dla obliczenia momentu zginającego pasy - obciążenie ciągłe -0.107

Wartości pomocnicze

Momenty skorygowane: $M_{y,skoryg} = 1.14 \text{ kNm}$

$M_{z,skoryg} = 0.00 \text{ kNm}$

$C_{my} = 0.95$ $C_{mz} = 1.00$ $k_c = 0.940$ (określony przez użytkownika) $V_{b,Rd} = 24.7 \text{ kN}$

$\bar{\lambda}_y = 0.596$

$\bar{\lambda}_z = 2.024$

$\Phi_y = 0.719$

$\Phi_z = 2.859$

$\chi_y = 0.891$

$\chi_z = 0.205$

$\bar{\lambda}_T = 1.903$

$\Phi_{LT} = 2.600$

$\chi_{LT} = 0.229$

$k_{yy} = 0.978$

$k_{yz} = 1.215$


Współczynnik interakcji zginania ze ścinaniem $\rho = 0.00$

WYNIKI:

SCHEMAT 1:

Wykorzystanie nośności przekroju: - pas górny

WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych

	Broszura Przykład 6 Licencja dla To jest miejsce na nazwę Twojej firmy Program Copyrights: KOTEX - Warszawa	08-01-16 09:56 CProf E ver. 2.3.3
$\sigma_{\max,Ed,g} = \left \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M_y}{W_{eff,y,g}} \right + \left \frac{M_{fz,g}}{W_{fz}} \right =$ $= -8.20 \cdot 10^3 / 319.1 + 1.140 \cdot 10^6 / 24729 + (0.00 + 0.00) \cdot 10^6 / 2376 = 20.4 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,g}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 20.4 / 350.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.06 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju: - pas dolny</p> $\sigma_{\max,Ed,d} = \left \frac{N}{A_{eff}} - \frac{M_y}{W_{eff,y,d}} \right + \left \frac{M_{fz,d}}{W_{fz}} \right =$ $= -8.20 \cdot 10^3 / 319.1 - 1.140 \cdot 10^6 / 21848 + (0.00 + 0.00) \cdot 10^6 / 2376 = 77.9 \text{ MPa}$ $\frac{\sigma_{\max,Ed,d}}{f_{yb} \cdot (1 - \rho)} = 77.9 / 350.0 \cdot (1 - 0.00) = 0.22 < 1$ <p>Wykorzystanie nośności przekroju na ścinanie: $V_{Ed,z} / V_{w,Rd,z} = 1300 / 24650.5 = 0.05 < 1$</p> <p>Wykorzystanie nośności elementu</p> <p>W płaszczyźnie środka (xz):</p> $\frac{ N }{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + k_{yz,d} \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -8.20 \cdot 10^3 / (0.891 \cdot 111694.8) + 0.978 \cdot 1.14 \cdot 10^3 / (0.229 \cdot 7647) + 1.215 \cdot 0.00 \cdot 10^3 / 851 = 0.72 < 1$ <p>W płaszczyźnie pasa dolnego:</p> $\frac{ N }{\chi_{zd} N_{Rd}} + \frac{ M_y }{\chi_{LT} M_{Rd,y,d}} + \frac{ M_{fz,d} }{M_{Rd,z,d}} =$ $= -8.20 \cdot 10^3 / (0.205 \cdot 111694.8) + 1.14 \cdot 10^3 / (0.229 \cdot 7647) + 0.00 \cdot 10^3 / 851 = 1.01 > 1$		
WYMIAROWANIE WG PN-EN 1993-1-3 (Eurokod 3, Część 1.3) i norm związanych		

Niewielka siła poprzeczna 1.3 kN << 24.7 kN uzasadnia rezygnację ze sprawdzania nośności poprzecznej środka.

Przekroczenie nośności elementu w płaszczyźnie pasa dolnego o 1% można uznać za dopuszczalne z uwagi na pominięcie usztywnienia pasów słupka blachą obudowy.