

Podręcznik weryfikacyjny

**Autodesk®
Październik 2008**

Copyright© 2008 Autodesk, Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone

Ta publikacja, ani żadna jej część, nie może być reprodukowana w żadnej formie, żadną metodą i w żadnym celu.

AUTODESK, INC. NIE UDZIELA GWARANCJI ANI REKOJMI, W TYM UMOWNYCH ORAZ WSZELKICH WYNIKAJĄCYCH Z OBOWIĄZUJĄCEGO PRAWA NA UDOSTĘPNIONE PRZEZ AUTODESK MATERIAŁY, ZARÓWNO W ODNIESIENIU DO WAD TYCH MATERIAŁÓW, JAK I PRZYDATNOŚCI DO PRZEZNACZONEGO UŻYTKU I UDOSTĘPNIA JE WYŁĄCZNIE W TAKIM STANIE, W JAKIM SIĘ ZNAJDUJĄ W CHWILI UDOSTĘPNIENIA. W ŻADNYM WYPADKU AUTODESK, INC. NIE PONOSI ODPOWIEDZIALNOŚCI WOBEC OSÓB TRZECICH ZA SZKODY POWSTAŁE W ZWIĄZKU Z ZAKUPEM LUB UŻYWANIEM UDOSTĘPNIONYCH MATERIAŁÓW, W TYM ZA SZKODY WYNIKŁE POŚREDNIO, BĘDĄCE SKUTKIEM UBOCZNYM ORAZ SZKODY NIEBĘDĄCE ZWYKŁYM NASTĘPSTWEM TAKIEGO ZAKUPU LUB UŻYWANIA. WYŁĄCZNĄ ODPOWIEDZIALNOŚĆ, JAKĄ PRZYJMUJE AUTODESK, INC. NIEZALEŻNIE OD FORMY DZIAŁANIA OGRANICZA SIĘ DO WYSOKOŚCI CENY ZAKUPU MATERIAŁÓW, O KTÓRYCH MOWA POWYŻEJ.

Autodesk, Inc. zastrzega sobie prawo do wprowadzania poprawek i udoskonalania produktów stosownie do potrzeb. Publikacja ta opisuje stan produktu w momencie jego wydania i może odbiegać od późniejszych wersji produktu.

Znaki towarowe firmy Autodesk

Następujące znaki są zarejestrowanymi znakami towarowymi firmy Autodesk, Inc. w USA i/lub w innych krajach: Robot, CBS, Spreadsheet Calculator, AutoCAD, Autodesk, Autodesk Inventor, Autodesk (logo) i Revit.

Znaki towarowe innych uprawnionych

Wszystkie pozostałe nazwy znaków firmowych, nazwy produktów lub znaki towarowe należą do ich prawnych właścicieli.

Współpraca programistyczna z innymi podmiotami

ACIS Copyright © 1989–2001 Spatial Corp. Częściowo Copyright © 2002 Autodesk, Inc.

Copyright© 1997 Microsoft Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.

International CorrectSpell™ Spelling Correction System© 1995 to własność Lernout & Hauspie

Speech Products, N.V. Wszelkie prawa zastrzeżone.

InstallShield™ 3.0. Copyright© 1997 InstallShield Software Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Należy zapoznać się z bieżącą dokumentacją PANTONE Color Publications w celu odszukania dokładnego koloru. PANTONE® oraz inne znaki towarowe Pantone, Inc. są wyłączną własnością Pantone, Inc.© Pantone, Inc., 2002

Częściowo Copyright© 1991–1996 Arthur D. Applegate. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Częściowo oprogramowanie bazuje na współpracy z Independent JPEG Group.

Czcionki z biblioteki czcionek Bitstream® Copyright 1992.

Czcionki z Payne Loving Trust© 1996. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Wydrukowany podręcznik oraz system pomocy powstały przy użyciu programu Idiom WorldServer™.

INSTYTUCJE RZĄDOWE

Używanie, powielanie lub ujawnianie podlega ograniczeniom określonym przez Rząd Stanów Zjednoczonych odpowiednio w FAR 12.212 (Commercial Computer Software-Restricted Rights) i DFAR 227.7202 (Rights in Technical Data and Computer Software).

Autodesk Robot Structural Analysis

PODRĘCZNIK WERYFIKACYJNY DLA

POLSKIEJ NORMY WYMIAROWANIA

KONSTRUKCJI STALOWYCH PN-90/B-03200

SPIS TREŚCI

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 1 - Ściskanie osiowe I.....	3
PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 2 - Ściskanie osiowe II.....	8
PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 3 - Ściskanie osiowe pasa kratownicy.....	11
PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 4 - Zginana belka zabezpieczona przed zwichrzeniem.....	14
PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 5 - Zginana belka niezabezpieczona przed zwichrzeniem.....	19
PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 6 - Ściskanie ze zginaniem słupa o przekroju dwuteowym.....	23

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 1 - ŚCISKANIE OSIOWE I

Przykład zaczerpnięty z PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI METALOWYCH
autorstwa Jana Żmudy

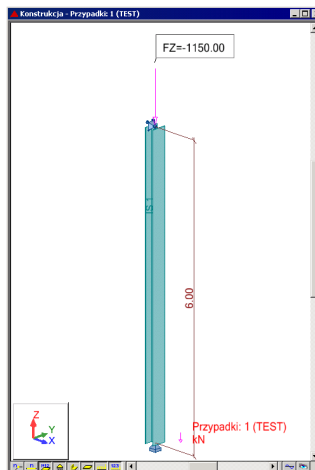
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_1.rtd

TYTUŁ:

Ściskanie osiowe (Przykład 4.4)

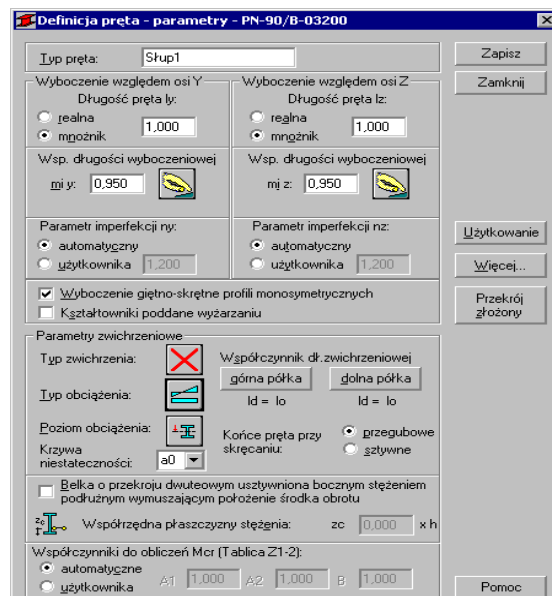
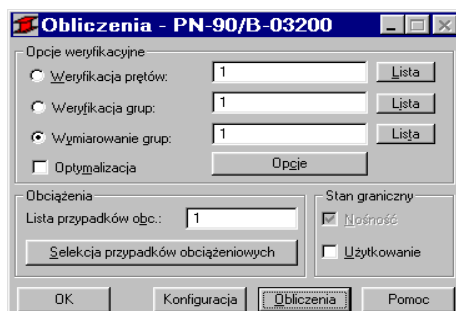
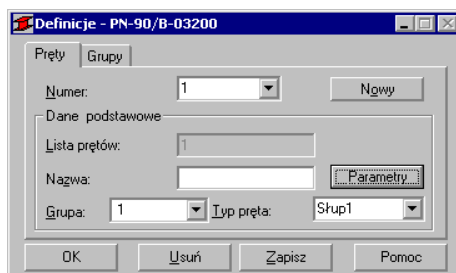
OPIS PROBLEMU:

Zaprojektować trzon słupa obustronnie podpartego przegubowo nieprzesuwnie, o wysokości 6 m, z przekrojem poprzecznym spawanym z blach w kształcie H, ze stali ST3S. Słup obciążony będzie siłą $P = 1150$ kN.

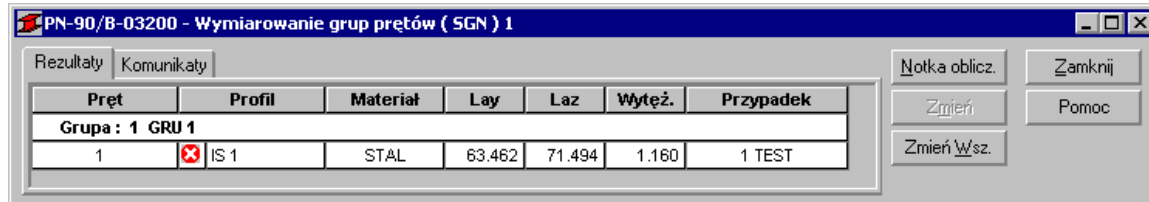


ROZWIĄZANIE:

W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta, wstępnie użyty zostanie gotowy zestaw parametrów, który następnie zostanie zmodyfikowany i zapisany pod nową nazwą. W tym celu należy w oknie DEFINICJE/PREĘTY wybrać z listy *Typ pręta* predefiniowany zestaw parametrów **SŁUP**. Aby go zmodyfikować kliknij w przycisk *Parametry*. Po otwarciu okna DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY wpisz nową nazwę SŁUP1 w polu *Typ pręta*. Zgodnie z przykładem należy przyjąć wartości 0.95 współczynników długości wybozeniowej na obydwu kierunkach wybozenia Y i Z. W tym celu przejdź do pola *Wsp. Długości wybozeniowej mij* i wpisz wartość 0.95. W podobny sposób zdefiniuj współczynnik długości wybozeniowej na kierunku Z. Zapamiętaj nowo zdefiniowany zestaw parametrów pręta 1 wciskając przycisk *Zapisz*.



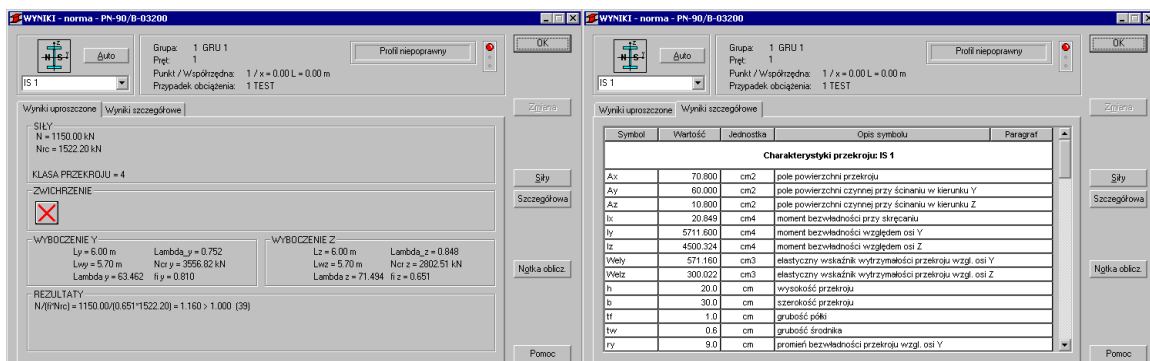
W celu rozpoczęcia obliczeń należy przejść do okna OBLICZENIA. W polu Wymiarowanie grup wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkowania nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchoom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*. Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyężenia, decydujące przypadki obciążeniowe itp.).



Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń. Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:

W przykładzie przyjęto do obliczeń przekrój typu H o wymiarach $H \times B \times t_w \times t_f = 180 \times 300 \times 6 \times 10$ mm. Ponieważ profil jest klasy 4 obliczenia powinny być prowadzone z uwzględnieniem efektu niestateczności lokalnej ścianki (tutaj półki). Od wersji 13.5 Robot posiada możliwość przeprowadzania obliczeń dla profili znajdujących się w stanie **krytycznym** lub **nadkrytycznym**. Domyślnie przyjmowane są obliczenia w stanie krytycznym. Poniżej prezentowane są wyniki obliczeń w stanie krytycznym.



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: [PN-90/B-03200](#)

TYP ANALIZY: [Wymiarowanie grup prętów](#)

GRUPA: 1 GRU 1

PRĘT: 1

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL

$f_d = 215.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa

**PARAMETRY PRZEKROJU:** IS 1

h=20.0 cm			
b=30.0 cm	Ay=60.000 cm ²	Az=10.800 cm ²	Ax=70.800 cm ²
tw=0.6 cm	Iy=5711.600 cm ⁴	Iz=4500.324 cm ⁴	Ix=20.849 cm ⁴
tf=1.0 cm	Wely=571.160 cm ³	Welz=300.022 cm ³	

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

N = 1150.00 kN
 Nrc = 1522.20 kN
 KLASA PRZEKROJU = 4

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:****PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

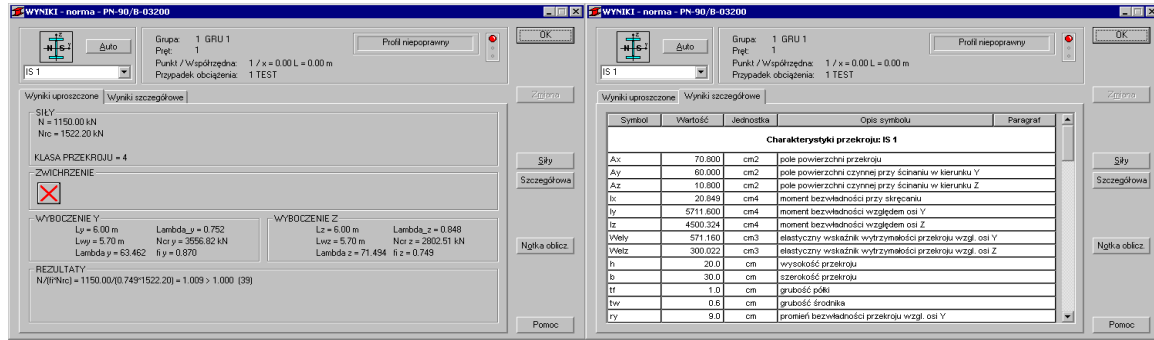
względem osi Y:		względem osi Z:	
Ly = 6.00 m	Lambda_y = 0.752	Lz = 6.00 m	Lambda_z = 0.848
Lwy = 5.70 m	Ncr y = 3556.82 kN	Lwz = 5.70 m	Ncr z = 2802.51 kN
Lambda y = 63.462	fi y = 0.810	Lambda z = 71.494	fi z = 0.651

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N/(f_i \cdot N_{rc}) = 1150.00 / (0.651 \cdot 1522.20) = 1.160 > 1.000$ (39)

Profil niepoprawny !!!

Przekrój słupa należy przekonstruować i powtórzyć obliczenia. Gdyby założyć wykonanie wyżarzania odprężającego słupa, co jest rzadko praktykowane, wtedy współczynnik φ można przyjąć wg krzywej b. Nośność przekroju słupa będzie wtedy zapewniona. W celu weryfikacji pręta poddanego wstępemu wyżarzaniu w oknie dialogowym DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY uaktywnij opcję *Kształtowniki poddane wyżarzaniu*. Następnie zapisz zmodyfikowany zestaw parametrów wciskając klawisz *Zapisz*. Uruchom ponownie obliczenia. Wyniki dla pręta poddanego wyżarzaniu pokazano poniżej.



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Wymiarowanie grup prętów

GRUPA: 1 GRU 1

PRĘT: 1

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL

$f_d = 215.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: IS 1

$h = 20.0$ cm

$b = 30.0$ cm

$tw = 0.6$ cm

$tf = 1.0$ cm

$A_y = 60.000$ cm²

$I_y = 5711.600$ cm⁴

$W_{ely} = 571.160$ cm³

$A_z = 10.800$ cm²

$I_z = 4500.324$ cm⁴

$W_{elz} = 300.022$ cm³

$A_x = 70.800$ cm²

$I_x = 20.849$ cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 1150.00$ kN

$N_{rc} = 1522.20$ kN

KLASA PRZEKROJU = 4



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:

względem osi Y:

$L_y = 6.00$ m

$L_{wy} = 5.70$ m

$\lambda_y = 63.462$

$\lambda_y = 0.752$

$N_{cr y} = 3556.82$ kN

$f_{iy} = 0.870$

względem osi Z:

$L_z = 6.00$ m

$L_{wz} = 5.70$ m

$\lambda_z = 71.494$

$\lambda_z = 0.848$

$N_{cr z} = 2802.51$ kN

$f_{iz} = 0.749$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N / (f_i * N_{rc}) = 1150.00 / (0.749 * 1522.20) = 1.009 > 1.000$ (39)

Profil niepoprawny !!!

PORÓWNANIE WYNIKÓW:

Nośności, warunki normowe	Robot	Książka
<i>Pręt nie poddany wyżarzaniu:</i>		
1.Nośność obliczeniowa pręta przy ściskaniu N_{Rc} [kN]	1522.2	1522.2
2.Współczynnik wyboczeniowy φ_z wzgl. osi z-z	0.651	0.65
3.Warunek sprawdzający [wzór (39) PN-90/B-32000]	1.16	1.16
<i>Pręt poddany wyżarzaniu:</i>		
1.Współczynnik wyboczeniowy φ_z wzgl. osi z-z	0.749	0.747
2.Warunek sprawdzający [wzór (39) PN-90/B-32000]	1.009	1.011

PODSUMOWANIE:

Bardzo dobra zgodność wyników obliczeń Robotą z przykładem książkowym.

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 2 - ŚCISKANIE OSIOWE II

Przykład zaczerpnięty z artykułu "Obliczenia prętów ściskanych osiowo według PN-90/B-3200" J. Augustyn, J. Bródka, J. Laguna .

Artykuł zamieszczono w polskim czasopiśmie dla inżynierów budownictwa
INŻYNIERIA I BUDOWNICTWO No. 1'91

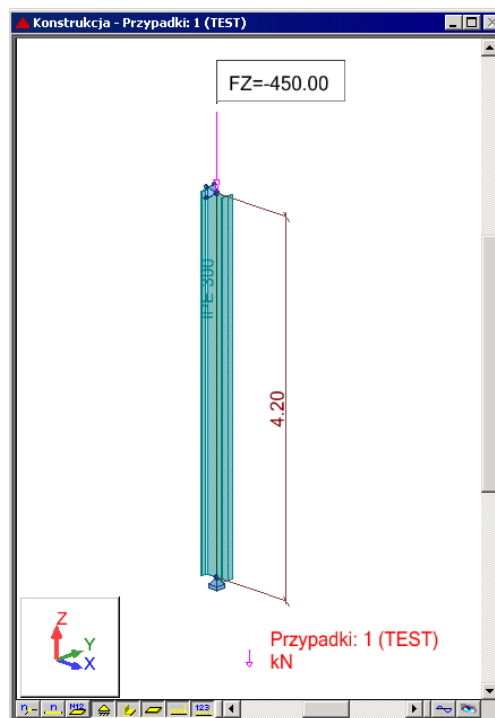
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_2.rtd

TYTUŁ:

Ściskanie osiowe pręta o przekroju klasy 4 (Przykład 1).

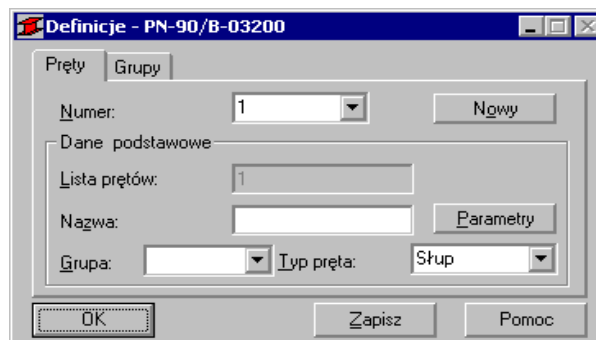
OPIS PROBLEMU:

Przeprowadzić weryfikację słupa wykonanego ze stali 18G2AV poddanego obciążeniu siłą osiową o wartości obliczeniowej $P = 450$ kN. Przyjąć schemat słupa obustronnie przegubowo podpartego w obydwu kierunkach wybożenia. Sugerowany przekrój analizowanego słupa IPE 300.

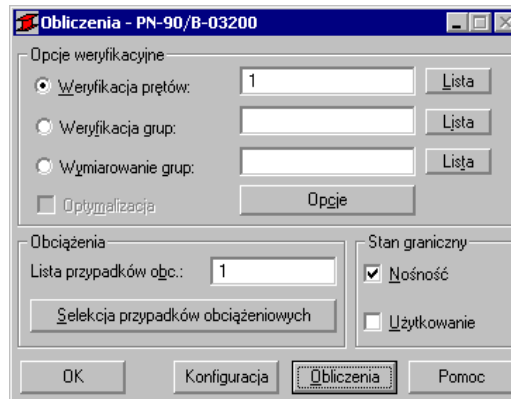


ROZWIĄZANIE:

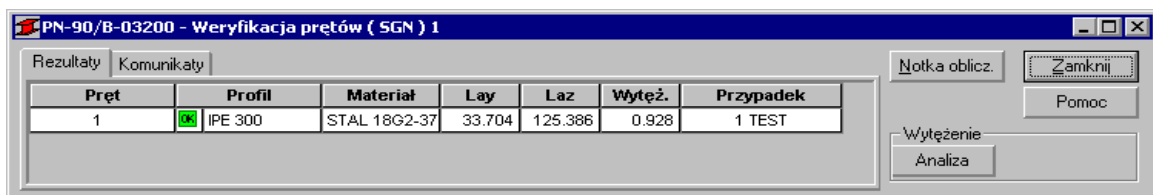
W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta można użyć gotowego zestawu parametrów o nazwie SŁUP. W tym celu w oknie dialogowym DEFINICJE/PRETY wybierz z listy Typ pręta predefiniowany zestaw parametrów SŁUP. Zapisz nową definicję pręta 1 wciskając klawisz Zapisz.



W celu rozpoczęcia obliczeń przejdź do okna dialogowego OBLICZENIA. W polu Weryfikacja prętów wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkownika nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*.

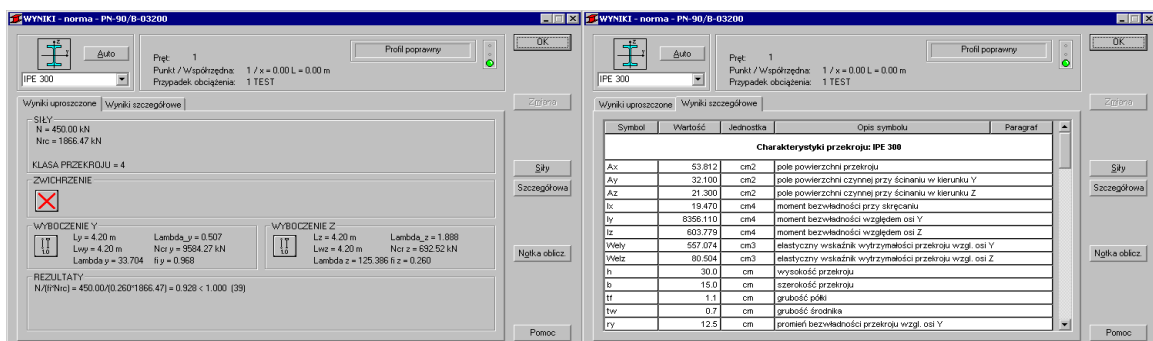


Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyężenia, decydujące przypadki obciążeniowe itp.).



Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń. Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów**GRUPA:****PRĘT:** 1**PUNKT:** 1**WSPÓŁRZĘDNA:** x=0.00 L**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL 18G2-370

fd = 370.00 MPa

E = 205000.00 MPa

**PARAMETRY PRZEKROJU:** IPE 300

h=30.0 cm

b=15.0 cm

tw=0.7 cm

tf=1.1 cm

Ay=32.100 cm²Iy=8356.110 cm⁴Wely=557.074 cm³Az=21.300 cm²Iz=603.779 cm⁴Welz=80.504 cm³Ax=53.812 cm²Ix=19.470 cm⁴**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

N = 450.00 kN

Nrc = 1866.47 kN

KLASA PRZEKROJU = 4

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:****PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi Y:

Ly = 4.20 m

Lwy = 4.20 m

Lambda y = 33.704

Lambda_y = 0.507

Ncr y = 9584.27 kN

fi y = 0.968



względem osi Z:

Lz = 4.20 m

Lwz = 4.20 m

Lambda z = 125.386

Lambda_z = 1.888

Ncr z = 692.52 kN

fi z = 0.260

FORMUŁY WERYFIKACYJNE: $N/(f_i \cdot N_{rc}) = 450.00 / (0.260 \cdot 1866.47) = 0.928 < 1.000$ (39)**Profil poprawny !!!****PORÓWNANIE WYNIKÓW:**

Nośności, warunki normowe	Robot	Artykuł
1. Nośność obliczeniowa pręta przy ściskaniu N_{Rc} [kN]	1866.47	1867
2. Współczynnik wybozczeniowy φ_z wzgl. osi z-z	0.260	0.257
3. Warunek sprawdzający [wzór (39) PN-90/B-32000]	0.928	0.938

PODSUMOWANIE:

Bardzo dobra zgodność wyników obliczeń Robotu z przykładem książkowym.

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 3 - ŚCISKANIE OSIOWE PASA KRATOWNICY

Przykład zaczerpnięty z artykułu "Obliczenia prętów ściskanych osiowo według PN-90/B-3200" J. Augustyn, J. Bródka, J. Laguna.

Artykuł zamieszczono w polskim czasopiśmie dla inżynierów budownictwa
INŻYNIERIA I BUDOWNICTWO No. 1'91

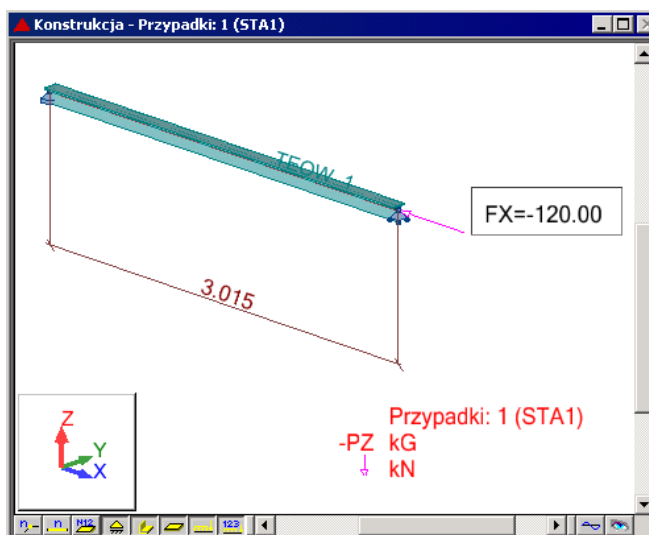
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_3.rtd

TYTUŁ:

Ściskanie osiowe pasa kratownicy wykonanego z teownika spawanego (Przykład 2).

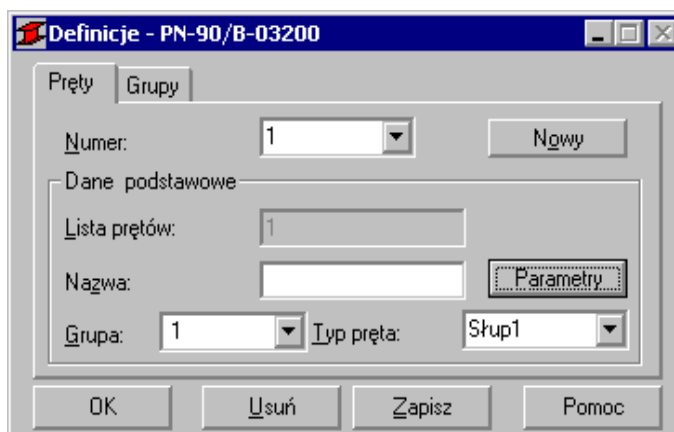
OPIS PROBLEMU:

Przeprowadzić weryfikację górnego pasa kratownicy wykonanego ze stali 18G2A – 305 MPa poddanego obciążeniu siłą osiową o wartości obliczeniowej $P = 120$ kN. Przyjąć schemat pręta obustronnie przegubowo podpartego w obydwu kierunkach wybożenia. Sugerowany przekrój analizowanego słupa to spawany przekrój teowy o wymiarach $h \times b \times t_w \times t_f = 100 \times 100 \times 10 \times 10$ mm.

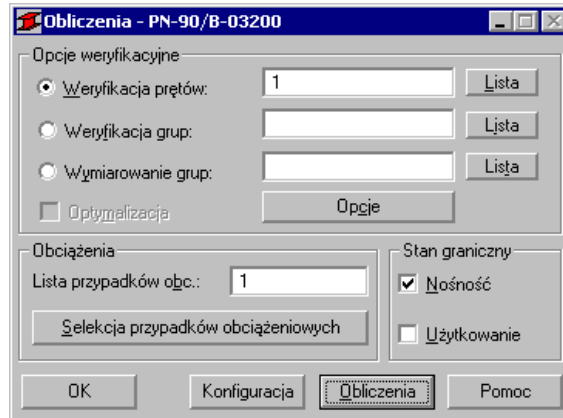


ROZWIĄZANIE:

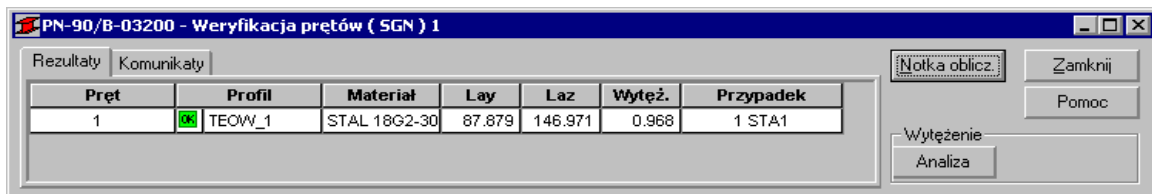
W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta, wstępnie użyty zostanie gotowy zestaw parametrów, który następnie zostanie zmodyfikowany i zapisany pod nową nazwą. W tym celu należy na zakładce DEFINICJE/PRETY wybrać z listy *Typ pręta* predefiniowany zestaw parametrów **SŁUP**. Aby go zmodyfikować kliknij w przycisk *Parametry*. Po otwarciu okna DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY wpisz nową nazwę SŁUP1 w polu *Typ pręta* oraz wyłącz opcję *Wybożenie giętno-skrętne profili monosymetrycznych*. Zapisz nową definicję pręta 1 wciskając klawisz Zapisz.



W celu rozpoczęcia obliczeń przejdź do okna dialogowego OBLICZENIA. W polu Weryfikacja prętów wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkowania nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*.

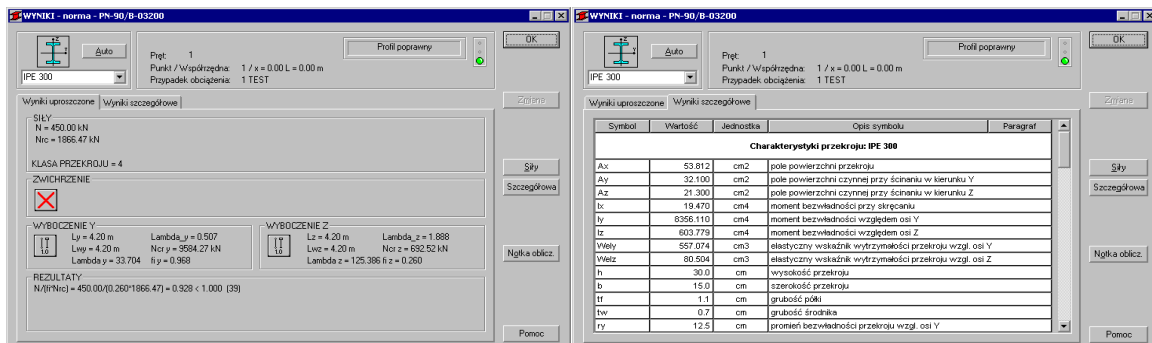


Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyężenia, decydujące przypadki obciążeniowe itp.).



Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń. Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: x=0.00 L

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 STA1

MATERIAŁ: STAL 18G2-305

$f_d = 305.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: TEOW_1

$h = 11.0$ cm

$b = 10.0$ cm

$tw = 1.0$ cm

$tf = 1.0$ cm

$A_y = 10.000$ cm²

$I_y = 235.417$ cm⁴

$W_{ely} = 30.376$ cm³

$A_z = 10.000$ cm²

$I_z = 84.167$ cm⁴

$W_{elz} = 16.833$ cm³

$A_x = 20.000$ cm²

$I_x = 6.247$ cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 120.00$ kN

$N_{rc} = 610.00$ kN

$V_z = 0.23$ kN

KLASA PRZEKROJU = 3

$V_{rz_n} = 173.44$ kN



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:

$L_y = 3.015$ m

$L_{wy} = 3.015$ m

$\lambda_y = 87.879$

$\lambda_{y} = 1.241$

$N_{cr y} = 523.98$ kN

$f_{iy} = 0.440$



względem osi Z:

$L_z = 3.015$ m

$L_{wz} = 3.015$ m

$\lambda_z = 146.971$

$\lambda_{z} = 2.075$

$N_{cr z} = 187.34$ kN

$f_{iz} = 0.203$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N / (f_i \cdot N_{rc}) = 120.00 / (0.203 \cdot 610.00) = 0.968 < 1.000$ (39)

$V_z / V_{rz} = 0.001 < 1.000$ (53)

Profil poprawny !!!

PORÓWNANIE WYNIKÓW:

Nośności, warunki normowe	Robot	Artykuł
1. Nośność obliczeniowa pręta przy ściskaniu N_{Rc} [kN]	610.00	610
2. Współczynnik wybozczeniowy φ_z wzgl. osi z-z	0.203	0.202
3. Warunek sprawdzający [wzór (39) PN-90/B-32000]	0.968	0.974

PODSUMOWANIE:

Bardzo dobra zgodność wyników obliczeń Robotu z przykładem książkowym.

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 4 - ZGINANA BELKA ZABEZPIECZONA PRZED ZWICHRZENIEM

Przykład zaczerpnięty z PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI METALOWYCH
autorstwa Jana Żmudy

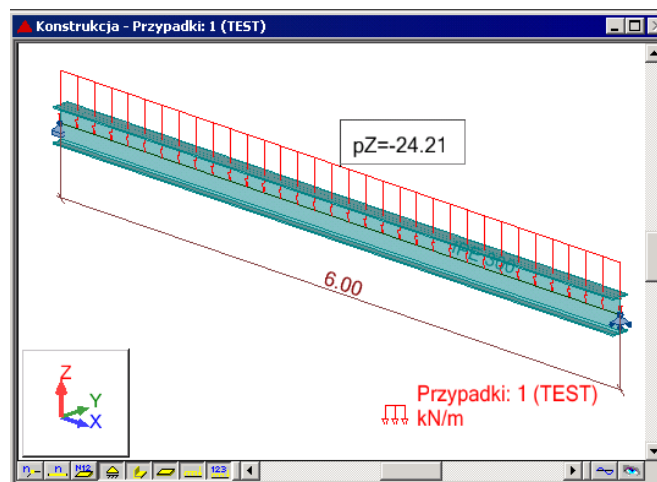
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_4.rtd

TYTUŁ:

Zginana belka wolno podparta w pełni zabezpieczona przed zwichrzeniem (Przykład 5.5).

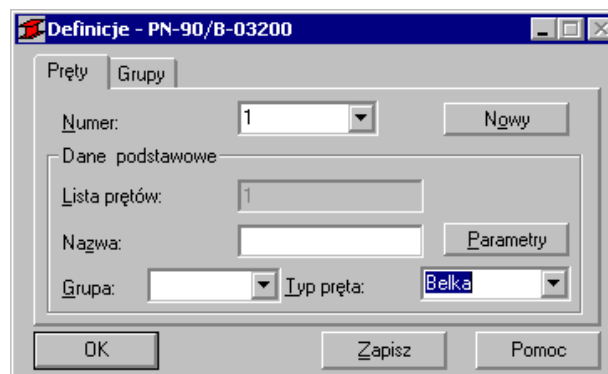
OPIS PROBLEMU:

Zaprojektować ze stali ST3S swobodnie podpartą belkę środkową rusztu stropu kondygnacji powtarzalnej budynku wielokondygnacyjnego. Przyjąć obciążenie obliczeniowe belki w postaci obciążenia równomiernie rozłożonego o wartości 24.21 kN/mb belki. Długość teoretyczna belki $l = 6.0$ m (przekrój IPE 300).



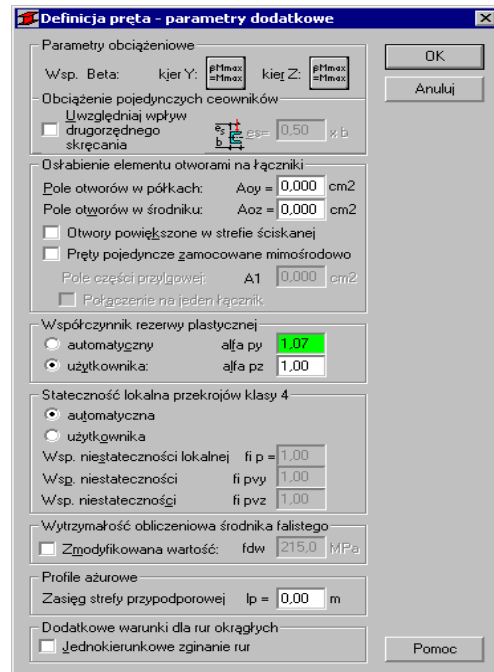
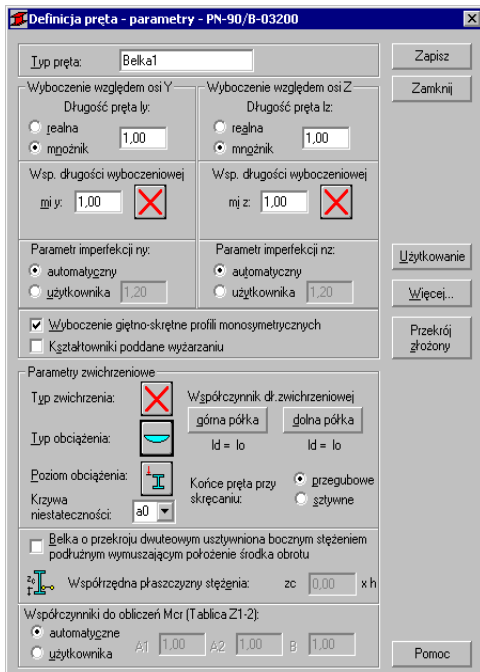
ROZWIĄZANIE:

W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta, wstępnie zostanie użyty gotowy zestaw parametrów, który następnie zostanie zmodyfikowany i zapisany pod nową nazwą. W tym celu należy w oknie DEFINICJE/PRĘTY wybrać z listy *Typ pręta* predefiniowany zestaw parametrów **BELKA**.



W celu modyfikacji parametrów należy kliknąć w przycisk *Parametry*. Po otwarciu okna DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY wpisz nową nazwę BELKA1 w polu *Typ pręta*. Zgodnie z przykładem belka jest zabezpieczona przed zwichrzeniem. Aby program pomijał w obliczeniach wpływ zwichrzenia kliknij button *Typ zwichrzenia*. W dialogu TYP ZWICHRZENIA wybierz ostatnią ikonę (*bez zwichrzenia*) a następnie wciśnij OK. Następnie otwórz okno DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY DODATKOWE klikając w button *Więcej*. Zdefiniuj wartość współczynnika rezerwy plastycznej $\alpha_{py} =$

1.07. Zamknij dialog a następnie zapamiętaj nowo zdefiniowany zestaw parametrów pręta 1 wciskając przycisk *Zapisz*.



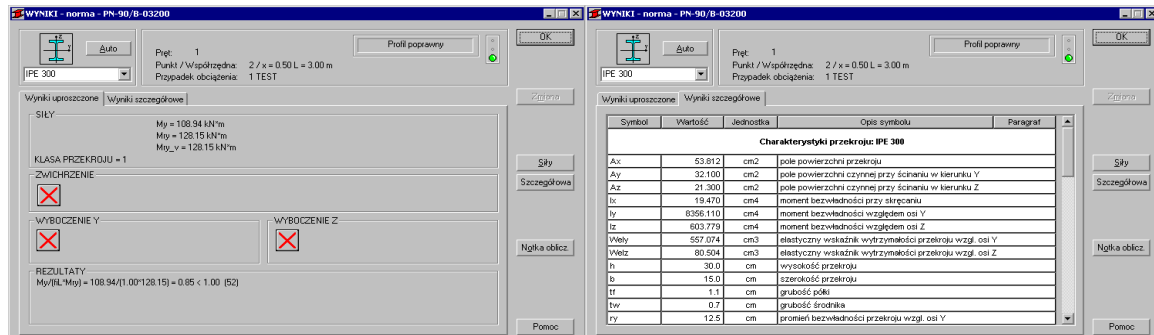
W celu rozpoczęcia obliczeń należy przejść do okna OBLICZENIA. W polu Weryfikacja prętów wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkownika nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*. Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyczerpania, decydujące przypadki obciążeniowe itp.).



Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń. Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:

1. Program wykonuje standardowo sprawdzenie pręta w 3 punktach obliczeniowych tzn. na początku, w środku oraz na końcu pręta. Dla tak zdefiniowanych warunków obliczeniowych największy stopień wyężenia osiągany jest w środku belki gdzie moment zginający osiąga swoją wartość maksymalną. Poniżej zaprezentowano rezultaty tych obliczeń.



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

PRĘT: 1

PUNKT: 2

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.50 L = 3.00 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL St3S-215

$f_d = 215.00 \text{ MPa}$

$E = 205000.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: IPE 300

$h = 30.0 \text{ cm}$

$b = 15.0 \text{ cm}$

$tw = 0.7 \text{ cm}$

$tf = 1.1 \text{ cm}$

$A_y = 32.100 \text{ cm}^2$

$I_y = 8356.110 \text{ cm}^4$

$W_{ely} = 557.074 \text{ cm}^3$

$A_z = 21.300 \text{ cm}^2$

$I_z = 603.779 \text{ cm}^4$

$W_{elz} = 80.504 \text{ cm}^3$

$A_x = 53.812 \text{ cm}^2$

$I_x = 19.470 \text{ cm}^4$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$M_y = 108.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ry} = 128.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ryv} = 128.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:



PARAMETRY WYBOCZENIOWE:

względem osi Y:



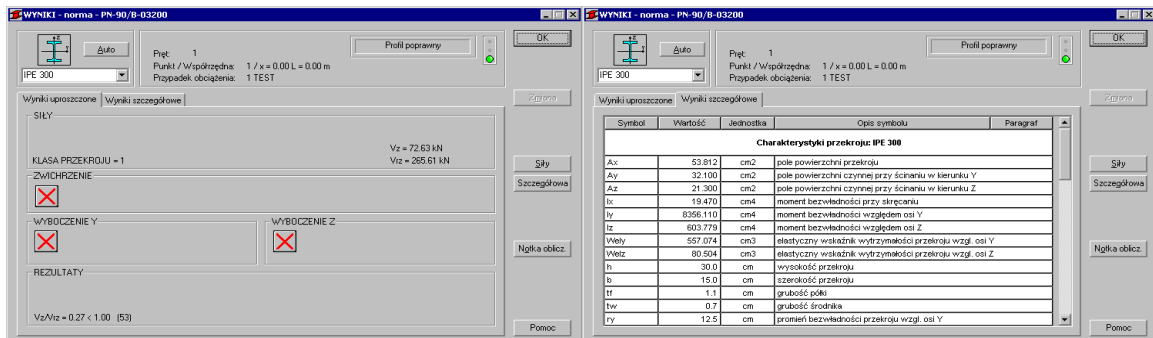
względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$M_y / (f_d \cdot M_{ry}) = 108.94 / (1.00 \cdot 128.15) = 0.85 < 1.00 \quad (52)$

Profil poprawny !!!

2. W celu sprawdzenia wyężenia pręta na podporach gdzie siły ścinające osiągają swoje wartości maksymalne należy zażądać, aby program sprawdził belkę tylko w dwóch punktach. Wystarczy w oknie OBLICZENIA wybrać przycisk KONFIGURACJA a następnie w pojawiającym się oknie dialogowym wpisać liczbę 2 w polu *Liczba punktów*. Wyniki obliczeń pokazano poniżej.



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: *PN-90/B-03200*

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL St3S-215

$f_d = 215.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: IPE 300

$h = 30.0$ cm

$b = 15.0$ cm

$tw = 0.7$ cm

$tf = 1.1$ cm

$A_y = 32.100$ cm²

$I_y = 8356.110$ cm⁴

$W_{ely} = 557.074$ cm³

$A_z = 21.300$ cm²

$I_z = 603.779$ cm⁴

$W_{elz} = 80.504$ cm³

$A_x = 53.812$ cm²

$I_x = 19.470$ cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

KLASA PRZEKROJU = 1

$V_z = 72.63$ kN

$V_{rz} = 265.61$ kN



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$V_z/V_{rz} = 0.27 < 1.00$ (53)

Profil poprawny !!!

PORÓWNANIE WYNIKÓW:

Nośności, warunki normowe	Robot	Książka
<i>Analiza pręta w 3 punktach:</i>		
Nośność belki jednokierunkowo zginanej M_{ry} [kNm]	128.15	128.1
Warunek sprawdzający [wzór (52) PN-90/B-32000]	0.85	0.85
<i>Analiza pręta w 2 punktach:</i>		
Nośność obliczeniowa przekroju ścinanego V_{rz} [kN]	265.61	265.6
Warunek sprawdzający [wzór (53) PN-90/B-32000]	1.030	1.011

PODSUMOWANIE:

Pełna zgodność wyników obliczeń Robot'a z przykładem książkowym.

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 5 - ZGINANA BELKA NIEZABEZPIECZONA PRZED ZWICHRZENIEM

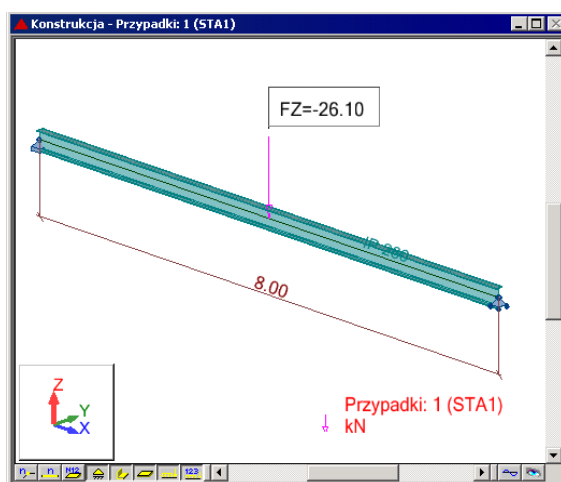
Przykład zaczerpnięty z książki PRZYKŁADY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI STALOWYCH
Z. Boretti, W. Bogucki, S. Gajowniczek, W. Hryniewiecka
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_5.rtd

TYTUŁ:

Zginana belka wolno podparta nie zabezpieczona przed zwichrzeniem (Przykład 3-16).

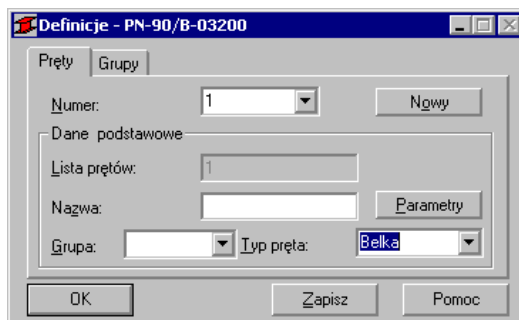
OPIS PROBLEMU:

Przeprowadzić obliczenia belki dwuteowej wykonanej z profilu IP 260 stanowiącej część toru jezdni elektrowciągu. Belka ma rozpiętość 8.0 m i jest obciążona na poziomie pasa dolnego siłą $P = 26.1$ kN. Siła jest przyłożona w środku belki. Belka wykonano ze stali ST3S.

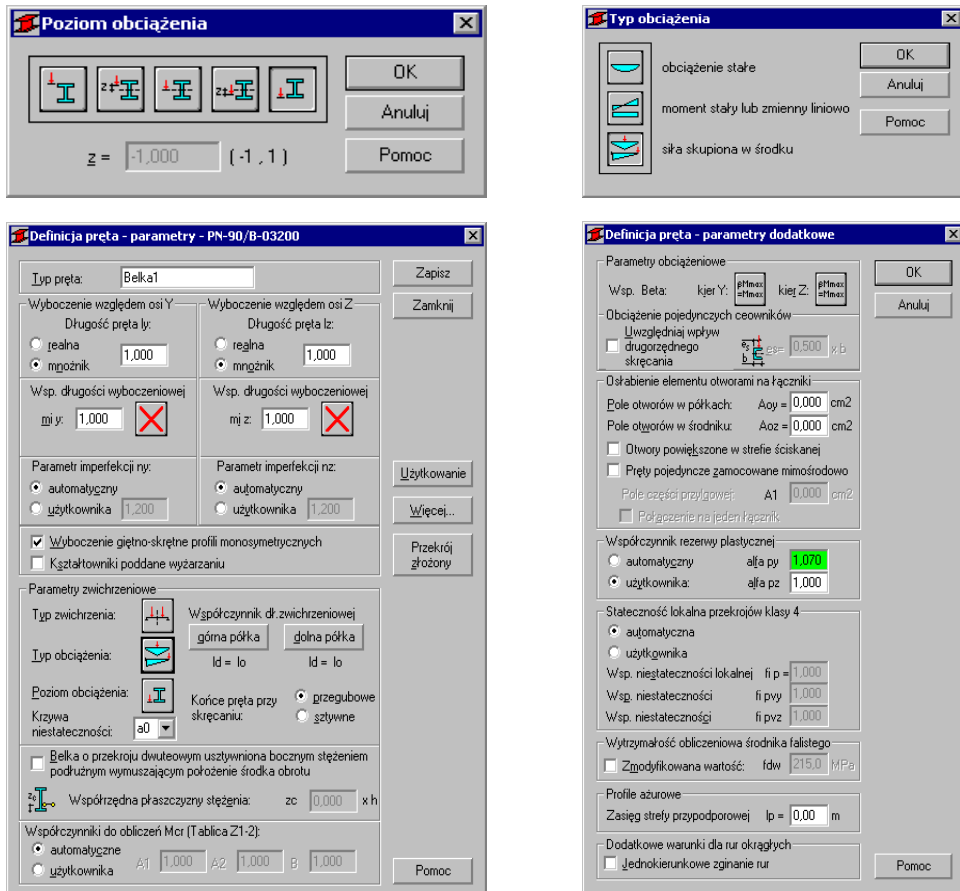


ROZWIĄZANIE:

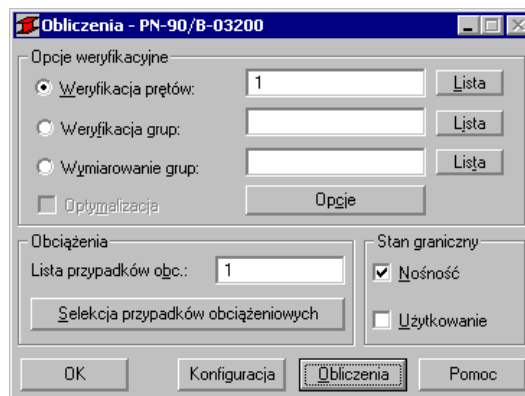
W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta, wstępnie użyty zostanie gotowy zestaw parametrów, który następnie zostanie zmodyfikowany i zapisany pod nową nazwą. W tym celu należy w oknie DEFINICJE/PRĘTY wybrać z listy *Typ pręta* predefiniowany zestaw parametrów **BELKA**.



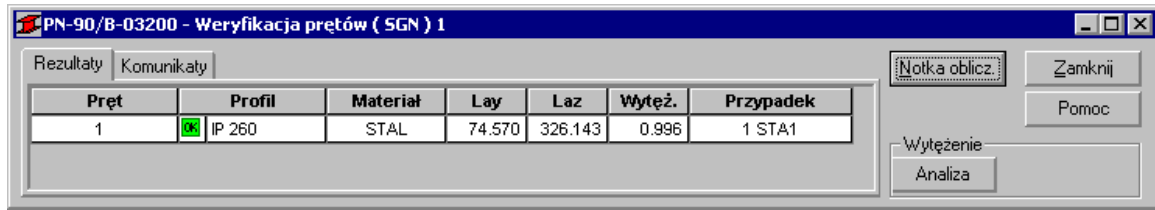
W celu modyfikacji parametrów należy kliknąć w przycisk *Parametry*. Po otwarciu okna DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY wpisz nową nazwę BELKA1 w polu *Typ pręta*. W celu zdefiniowania punktu przyłożenia obciążenia na półce dolnej wybierz ikonę *Poziom obciążenia* a następnie w oknie dialogowym POZIOM OBCIĄŻENIA zaznacz ikonę ostatnią (5). Zamknij okno naciskając OK. Następnie otwórz okno TYP OBCIĄŻENIA klikając w ikonę o tej samej nazwie. Zaznacz 3 ikonę od góry (*siła skupiona w środku*) i kliknij OK. Następnie otwórz okno DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY DODATKOWE klikając w buton *Więcej*. Zdefiniuj wartość współczynnika rezerwy plastycznej na $\alpha_p = 1.07$. Zamknij dialog a następnie zapamiętaj nowo zdefiniowany zestaw parametrów pręta 1 wciskając przycisk *Zapisz*.



W celu rozpoczęcia obliczeń należy przejść do okna dialogowego OBLICZENIA. W polu Weryfikacja prętów wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkowania nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*.

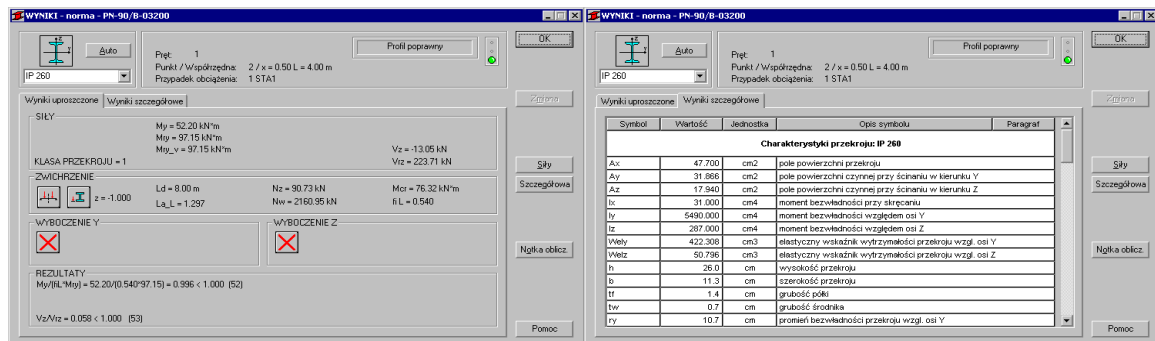


Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyętnienia, decydujące przypadki obciążeniowe itp.). Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń.



Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:



OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1

PUNKT: 2

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.50 L = 4.00 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 STA1

MATERIAŁ: STAL

$f_d = 215.00 \text{ MPa}$

$E = 205000.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: IP 260

$h = 26.0 \text{ cm}$

$b = 11.3 \text{ cm}$

$tw = 0.7 \text{ cm}$

$tf = 1.4 \text{ cm}$

$A_y = 31.866 \text{ cm}^2$

$I_y = 5490.000 \text{ cm}^4$

$W_{ely} = 422.308 \text{ cm}^3$

$A_z = 17.940 \text{ cm}^2$

$I_z = 287.000 \text{ cm}^4$

$W_{elz} = 50.796 \text{ cm}^3$

$A_x = 47.700 \text{ cm}^2$

$I_x = 31.000 \text{ cm}^4$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$M_y = 52.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ry} = 97.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ry_y} = 97.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_z = -13.05 \text{ kN}$

$V_{rz} = 223.71 \text{ kN}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = -1.000$

$L_d = 8.00 \text{ m}$

$La_L = 1.297$

$N_z = 90.73 \text{ kN}$

$N_w = 2160.95 \text{ kN}$

$M_{cr} = 76.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$f_i L = 0.540$

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:

względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$$M_y / (f_{tL} * M_{ry}) = 52.20 / (0.540 * 97.15) = 0.996 < 1.000 \quad (52)$$

$$V_z / V_{rz} = 0.058 < 1.000 \quad (53)$$

Profil poprawny !!!**PORÓWNANIE WYNIKÓW:**

Nośności, warunki normowe	Robot	Książka
Siła krytyczna przy wyboczeniu giętnym N_z [kN]	90.73	91
Siła krytyczna przy wyboczeniu skrętnym N_w [kN]	2160.95	2170
Moment krytyczny przy zwichrzeniu M_{cr} [kNm] wg wzoru (Z1-9)	76.32	76.40
Współczynnik zwichrzeniowy φ_L wg paragrafu 4.5.4	0.540	0.538
Nośność belki jednokierunkowo zginanej M_{ry} [kNm]	97.15	97.10
Warunek sprawdzający [wzór (52) PN-90/B-32000]	0.996	1.000

PODSUMOWANIE:

Bardzo dobra zgodność wyników obliczeń Robot'a z przykładem książkowym.

PRZYKŁAD WERYFIKACYJNY 6 - ŚCISKANIE ZE ZGINANIEM SŁUPA O PRZEKROJU DWUTEOWYM

Przykład zaczerpnięty z PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI METALOWYCH autorstwa Jana Żmudy

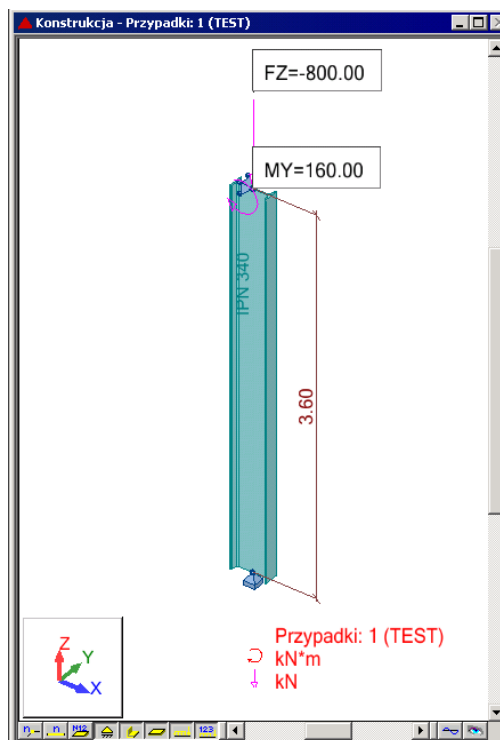
Plik: Podręcznik weryfikacyjny_PN90_przykład_6.rtd

TYTUŁ:

Ściskanie ze zginaniem słupa o przekroju dwuteowym (Przykład 6.1).

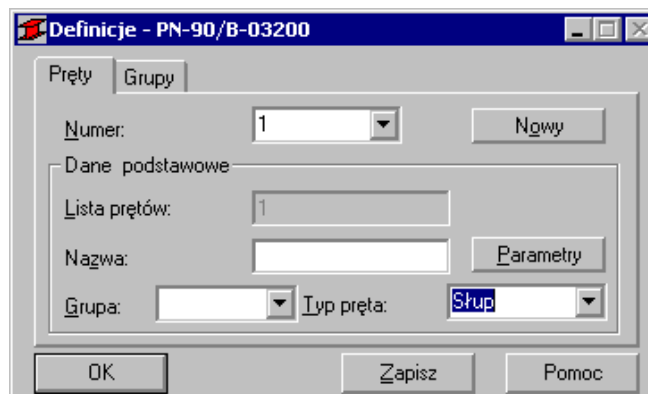
OPIS PROBLEMU:

Słup o przekroju IPN 340 ma wysokość 3.6 m. Jego końce są podparte przegubowo nieprzesuwnie. W połowie wysokości słup dodatkowo usztywniono w kierunku prostopadłym do płaszczyzny zginania. Słup obciążono siłą osiową $P = 800$ kN i momentem $M = 160$ kNm działającym na górnym końcu słupa w płaszczyźnie większej sztywności słupa. Przyjmując stal St3SY, sprawdzić nośność przekroju.

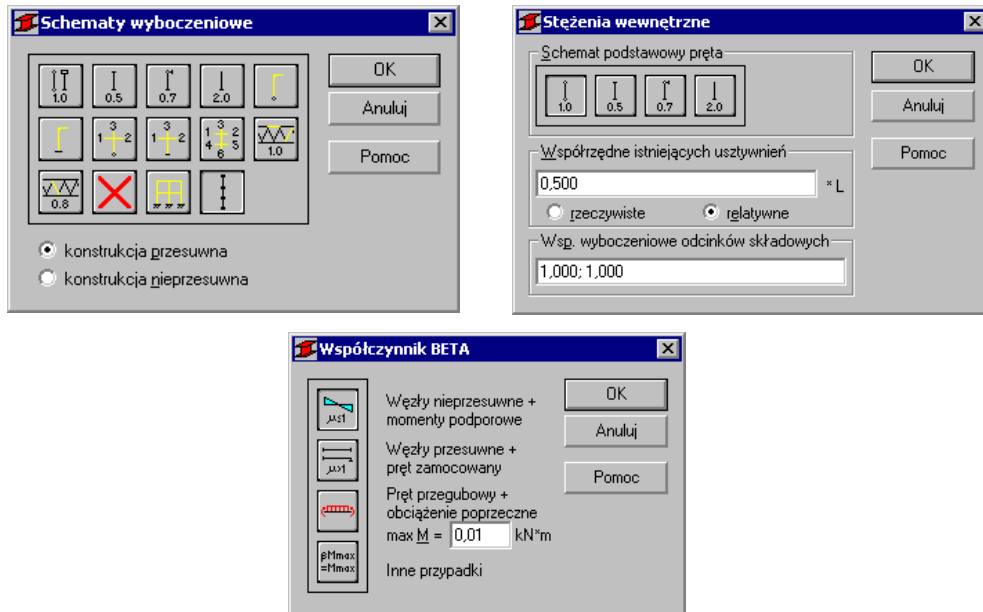


ROZWIĄZANIE:

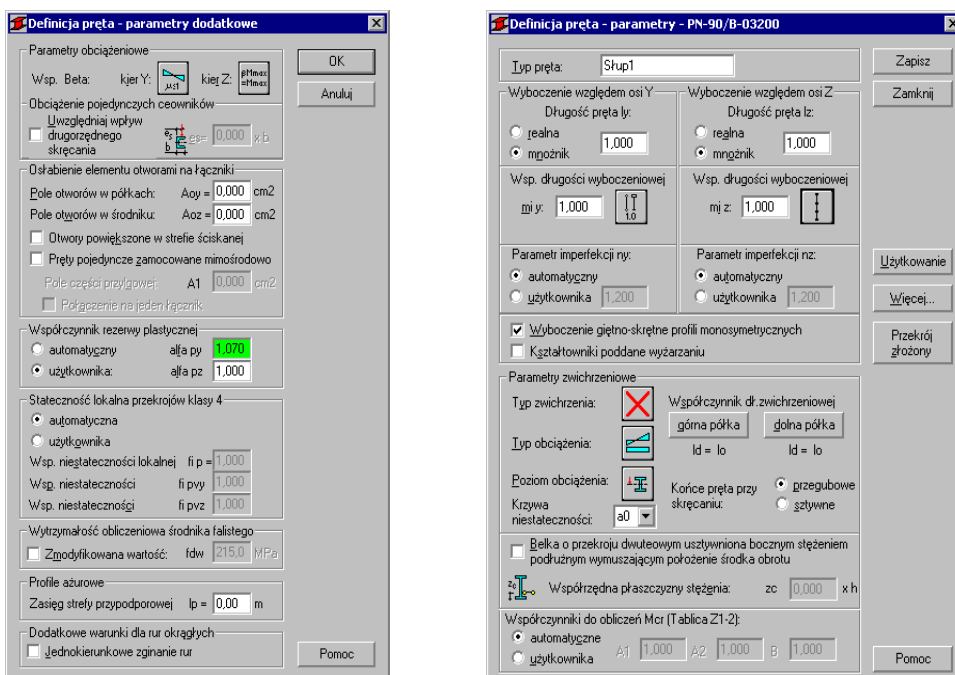
W celu zdefiniowania parametrów dla analizowanego pręta, wstępnie użyty zostanie gotowy zestaw parametrów, który następnie zostanie zmodyfikowany i zapisany pod nową nazwą. W tym celu należy w oknie DEFINICJE/PRĘTY wybrać z listy *Typ pręta* predefiniowany zestaw parametrów **SŁUP**.



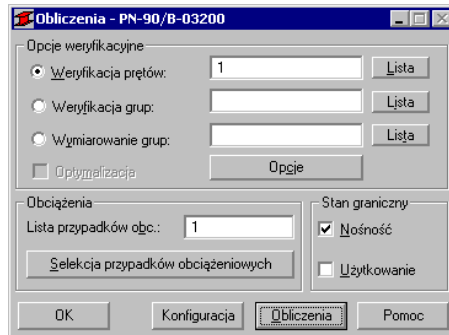
W celu modyfikacji parametrów należy kliknąć w przycisk *Parametry*. Po otwarciu okna DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY wpisz nową nazwę SŁUP1 w polu *Typ pręta*. W celu zdefiniowania dodatkowego stężenia na wybočenje w kierunku Z kliknij w ikonę *Współczynnik długości wybočeníowej – mi z*. W oknie SCHEMATY WYBOCZENIOWE dwukrotnie kliknij w ostatnią ikonę. Po otwarciu okna STĘŻENIA WEWNĘTRZNE wpisz w pole *Współrzędne istniejących usztywnień* relatywną współrzędną **0.5**. W polu *Współczynniki wybočeníowe odcinków składowych* automatycznie zostaną wygenerowane dwa współczynniki dla nowo powstałych dwóch elementów słupa. Zamknij okno klikając OK. Następnie otwórz okno DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY DODATKOWE klikając w buton *Więcej*. Wybierz ikonę *Współczynnik Beta – kierunek Y* w celu zdefiniowania sposobu obliczeń współczynnika zależnego od rozkładu momentów zginających na belce. W oknie WSPÓŁCZYNNIK BETA wybierz ikonę pierwszą (*Węzły nieprzesuwne + momenty podporowe*) i zatwierdź naciskając OK.



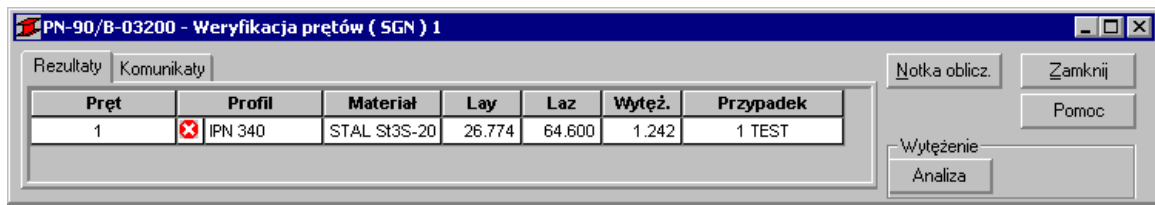
Następnie w oknie DEFINICJA PRĘTA – PARAMETRY DODATKOWE zdefiniuj wartość współczynnika rezerwy plastycznej na $\alpha_{py} = 1.07$. Zamknij dialog a następnie zapamiętaj nowo zdefiniowany zestaw parametrów pręta 1 wciskając przycisk *Zapisz*.



W celu rozpoczęcia obliczeń przejdź na zakładkę OBLICZENIA. W polu Weryfikacja prętów wpisz numer analizowanego pręta 1. W polu *Lista przypadków obciążeniowych* wpisz numer przypadku 1. Ponieważ obliczenia stanu granicznego użytkowania nie będą prowadzone wyłącz opcje *Stan graniczny – Użytkowanie*. Uruchom obliczenia wciskając klawisz *Obliczenia*.



Okno rezultatów skróconych zawiera zestaw najistotniejszych wyników dla analizowanych prętów (np. współczynnik wyężenia, decydujące przypadki obciążeniowe itp.). Kliknięcie w linie z wynikami dla pręta 1 spowoduje otwarcie okna WYNIKI w którym użytkownik może znaleźć wszystkie szczegółowe informacje na temat przyjętych parametrów i przeprowadzonych obliczeń.



Poniżej zamieszczono widok okna WYNIKI z aktywnymi zakładkami *Wyniki uproszczone* i *Wyniki szczegółowe*. Dodatkowo prezentowana jest notka obliczeniowa będąca dokładnym odzwierciedleniem rezultatów prezentowanych na zakładce *Wyniki uproszczone*.

WYNIKI:

Wyniki uproszczone

Sily
 $N = 900.00 \text{ kN}$
 $N_{nc} = 1776.02 \text{ kN}$
 Klasa przekroju = 1

Momenty
 $M_y = 180.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_z = 202.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{y_v} = 202.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z_{\text{Mmax}}} = 88.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Wzrosty
 $V_z = 44.44 \text{ kN}$
 $V_{z_n} = 440.33 \text{ kN}$

WYBODCZENIE Y
 $L_y = 3.60 \text{ m}$
 $L_{wy} = 3.60 \text{ m}$
 $Lambda_y = 0.310$

WYBODCZENIE Z
 $L_z = 3.60 \text{ m}$
 $L_{wz} = 1.80 \text{ m}$
 $Lambda_z = 0.748$

Współczynniki wyężenia
 $N/(N_{nc}) = 0.555 < 1.000$ (39)
 $N/(M_y/N_{cy} + M_z/M_{cz}) = 0.450 + 0.792 = 1.242 < 1.000$ (54)
 $N/(V_z) = 0.101 < 1.000$ (56)

Wyniki szczegółowe

Symbol	Wartość	Jednostka	Opis symbolu	Paragraf
Charakterystyki przekroju: IPN 340				
Ax	86.635	cm ²	pole powierzchni przekroju	
Ay	50.142	cm ²	pole powierzchni czynnej przy ścinaniu w kierunku Y	
Az	41.480	cm ²	pole powierzchni czynnej przy ścinaniu w kierunku Z	
Ix	92.900	cm ⁴	moment bezwładności przy ścinaniu	
Iy	15862.500	cm ⁴	moment bezwładności względem osi Y	
Iz	672.632	cm ⁴	moment bezwładności względem osi Z	
Wx _{el}	921.324	cm ³	elastyczny wskaźnik wytrzymałości przekroju wzgl. osi Y	
Wz _{el}	98.194	cm ³	elastyczny wskaźnik wytrzymałości przekroju wzgl. osi Z	
h	34.0	cm	wysokość przekroju	
b	13.7	cm	szerokość przekroju	
t _f	1.8	cm	grubość płoki	
t _w	1.2	cm	grubość środnika	
r _y	13.4	cm	promień bezwładności przekroju wzgl. osi Y	

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1

PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA: x = 1.00 L = 3.60 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1 TEST

MATERIAŁ: STAL St3S-205

fd = 205.00 MPa

E = 205000.00 MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: IPN 340

h=34.0 cm

b=13.7 cm

tw=1.2 cm

tf=1.8 cm

Ay=50.142 cm²

Iy=15662.500 cm⁴

Wely=921.324 cm³

Az=41.480 cm²

Iz=672.632 cm⁴

Welz=98.194 cm³

Ax=86.635 cm²

Ix=92.900 cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

N = 800.00 kN

My = -160.00 kN*m

Nrc = 1776.02 kN

Mry = 202.09 kN*m

Mry_v = 202.09 kN*m

Vz = -44.44 kN

KLASA PRZEKROJU = 1 By*Mymax = -88.00 kN*m

Vrz_n = 440.33 kN



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:

Ly = 3.60 m

Lwy = 3.60 m

Lambda_y = 26.774

Lambda_y = 0.310

Ncr_y = 24451.74 kN

fi_y = 0.995



względem osi Z:

Lz = 3.60 m

Lwz = 1.80 m

Lambda_z = 64.600

Lambda_z = 0.748

Ncr_z = 4200.36 kN

fi_z = 0.812

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N/(fi*Nrc) = 0.555 < 1.000(39)$; $N/(fi_y*Nrc)+By*Mymax/(fiL*Mry) = 0.888 < 1.000 - \Delta y = 0.977 (58)$

$N/Nrc+My/(fiL*Mry) = 0.450 + 0.792 = 1.242 > 1.000 (54)$

$Vz/Vrz_n = 0.101 < 1.000 (56)$

Profil niepoprawny !!!

Konieczne jest ponowne przeliczenie belki np. z nowym mocniejszym profilem.

PORÓWNANIE WYNIKÓW:

Nośności, warunki normowe	Robot	Książka
1. Nośność obliczeniowa pręta przy ściskaniu N_{Rc} [kN]	1776.02	1775
2. Współczynnik wyboyczeniowy ϕ_v wzgl. osi y-y	0.995	0.996
3. Nośność obliczeniowa pręta przy zginaniu M_{Ry} [kN]	202.09	202.5
4. Warunek sprawdzający [wzór (58) PN-90/B-32000]	0.888	0.88
5. Warunek sprawdzający [wzór (54) PN-90/B-32000]	1.242	1.24

PODSUMOWANIE:

Bardzo dobra zgodność wyników obliczeń Robot'a z przykładem książkowym.