

Moduł

Belka stalowa

Spis treści

410. BELKA STALOWA	3
410.1. WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
410.1.1. Opis programu	3
410.1.2. Zakres programu	3
410.1.3. Opis podstawowych funkcji programu	3
410.1.3.1. Obliczenia statyczne	3
410.1.3.2. Sprawdzanie nośności na zginanie	4
410.1.3.3. Sprawdzanie nośności na ścinanie	4
410.1.3.4. Nośność środka bez żeber w miejscu występowania sił skupionych	4
410.1.3.5. Ugięcia	4
410.1.3.6. Zmiany przekroju	4
410.2. WPROWADZENIE DANYCH	5
410.2.1. Utworzenie nowego projektu belki	5
410.2.2. Zakładka „Geometria”	5
410.2.3. Zakładka „Obciążenia”	7
410.2.4. Zakładka „Nośność”	8
410.2.5. Kombinacje obciążeń	10
410.2.6. Pulpit graficzny programu	11
410.2.7. Okno 3D	11
410.2.8. Drzewo projektu	12
410.2.9. Obliczenia belki	12
410.3. WYNIKI	13
410.4. PRZYKŁAD	14

410. Belka stalowa

410.1. Wiadomości ogólne

410.1.1. Opis programu

Program „Belka stalowa” przeznaczony jest do obliczeń statycznych i sprawdzania nośności stalowych belek ciągłych. Program oblicza siły przekrojowe w belce wykorzystując model metody przemieszczeń w ujęciu macierzowym. W wyniku analizy statycznej otrzymujemy obwiednie sił przekrojowych (momentów i sił tnących) uwzględniającą pełną kombinatorykę dla wszystkich grup obciążeń (z relacjami typu wykluczenie lub występowanie łączne). Algorytm sprawdzania nośności belek wykonany został w oparciu o normę PN-B-03200: 1990. „Konstrukcje stalowe; Obliczenia statyczne i projektowanie”. Warunki nośności są sprawdzane dla każdego przęsła belki dla następujących warunków:

- dla wielkości przekrojowych odpowiadających miejscu występowania maksymalnego momentu zginającego z obwiedni momentów gnących,
- dla wielkości przekrojowych odpowiadających miejscu występowania minimalnego momentu zginającego z obwiedni momentów gnących,
- sprawdzenie nośności przekroju na ścinanie ekstremalną siłą poprzeczną w danym przęśle,
- dla stanu granicznego użytkowania podane jest ekstremalne ugięcie sprężyste dla przęsła

dotąd dodatkowo sprawdzana jest nośność środka belki w przypadku połączeń bezzebrowych

- w miejscu występowania reakcji
- w miejscu przyłożenia sił skupionych do belki.

410.1.2. Zakres programu

Program oblicza belki ciągłe o praktycznie dowolnej liczbie przęseł (max 100). Dla każdego przęsła w 121 punktach obliczane są ekstremalne wartości sił przekrojowych i na podstawie tych wartości są określane ekstremalne wartości momentów zginających i sił tnących służące sprawdzaniu nośności w każdym przęśle. Aktualna wersja programu sprawdza nośność belek wykonanych z dwuteowników walcowanych: I, IPE, HEA, HEB i rodzajów stali: St3, St4, 18G2. Obliczenia można również wykonać dla dowolnego innego rodzaju stali o znanej wytrzymałości obliczeniowej f_d , natomiast przyjęty przekrój belki musi być stały między podporami.

410.1.3. Opis podstawowych funkcji programu

410.1.3.1. Obliczania statyczne

Program oblicza statykę belki ciągłej macierzową metodą przemieszczeń z uwzględnieniem pełnej kombinatoryki po grupach obciążeń. Wyniki mogą być podane dla poszczególnych grup obciążeń oraz dla kombinacji grup obciążeń. W drugim przypadku podawana jest obwiednia sił tnących i momentów w poszczególnych punktach belki. Dla każdej grupy obciążeń należy określić charakter obciążenia (stałe lub zmienne) oraz zdefiniować współczynniki obciążenia.

W przypadku obciążania belki wielkościami obliczeniowymi oba współczynniki obciążenia powinny mieć wartość „1” (ustawienie domyślne). Wyniki w postaci ekstremalnych sił przekrojowych i wartości sił im odpowiadających, podawane są w programie dla obciążeń obliczeniowych (z uwzględnieniem podanych współczynników obciążenia), natomiast dla obliczenia ekstremalnych wartości ugięć są przyjmowane wartości charakterystyczne.

410.1.3.2. Sprawdzenie nośności na zginanie

Algorytm sprawdzania nośności belki na zginanie opracowano w oparciu o normę PN-B-03200: 1990 „Konstrukcje stalowe; Obliczenia statyczne i projektowanie”. Program sprawdza warunki nośności dla każdego przęsła belki z uwzględnieniem możliwości zwichrzenia belki. W przypadku belki z wymuszoną osią obrotu należy podać odległość pomiędzy punktem przecięcia śladu płaszczyzny stężenia z osią środnika, a pasem górnym belki.

- dla momentów maksymalnych z uwzględnieniem warunków podparcia pasa górnego i odległości przyłożenia obciążenia od pasa górnego. Równocześnie jest sprawdzany warunek nośności z uwzględnieniem odpowiadającej siły poprzecznej,
- dla momentów minimalnych z uwzględnieniem warunków podparcia pasa dolnego i odległości przyłożenia obciążenia od pasa górnego. Równocześnie jest sprawdzany warunek nośności z uwzględnieniem odpowiadającej siły poprzecznej.

W celu określenia współczynnika zwichrzenia użytkownik musi podać na końcach przęsła warunki brzegowe w kierunku prostopadłym do płaszczyzny obciążenia, oraz sposób obciążenia pręta zgodnie z tablicą Z1-2 normy PN-B-03200. Współczynnik β przyjęto w kierunku bezpieczeństwa równy jeden.

410.1.3.3. Sprawdzenie nośności na ścinanie

Nośność przęsła belki na ścinanie jest sprawdzana w miejscu występowania ekstremalnej siły poprzecznej. Nośność środnika jest określana ze wzoru (16) normy PN-B-03200.

410.1.3.4. Nośność środnika bez żeber w miejscu występowania sił skupionych

Program sprawdza czy nośność środnika bez żeber poprzecznych jest wystarczająca do przeniesienia sił skupionych. W przypadku gdy nośność nie jest wystarczająca pojawia się komunikat o konieczności zastosowania żeber poprzecznych. Nośność jest sprawdzana w miejscach występowania sił skupionych dla podanej długości strefy docisku pod siłą. W przypadku gdy nad podporą następuje zmiana sztywności belki, przy sprawdzaniu nośności środnika na działanie reakcji, przyjęto punkt przyłożenia podparcia do lewego przęsła belki.

410.1.3.5. Ugięcia

Program dla wybranej przez użytkownika kombinacji grup obciążeń oblicza wielkość ugięcia dla każdego przęsła belki. Ugięcie liczone jest w stanie sprężystym dla wartości charakterystycznych obciążeń. Ekstremalna wartość ugięcia jest porównywana z wartością dopuszczalną podaną przez użytkownika.

410.1.3.6. Zmiany przekroju

Program belka umożliwia wprowadzanie zmian przekroju dla poszczególnych przęseł belki. Własność ta uwzględniana jest w obliczeniach statycznych oraz wymiarowaniu.

Przy zmianie przekroju należy pamiętać, że położenie osi belki nie ulega zmianie. Przy dużych zmianach wysokości przekroju może to spowodować pewne błędy w obliczeniach statycznych.

410.2. Wprowadzenie danych

Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

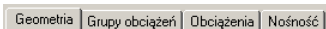
[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególne wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość

410.2.1. Tworzenie nowego projektu belki

Wprowadzenie nowego projektu belki rozpoczynamy od uaktywnienia w pasku narzędziowym górnego menu ekranu opcji **Elementy - Nowy element**. Następnie w oknie dialogowym **Nowy element** zaznaczamy jako typ elementu – Belka stalowa, nadajemy jej oznaczenie (pozycję lub nazwę) i zatwierdzamy wybór kliknięciem przycisku OK. Po uruchomieniu modułu „Belka stalowa” pojawia się okno **Belka stalowa** wyposażone w cztery kolejne zakładki:



Otwieranie okna zakładek (formularzy) można wykonać przez naciśnięcie odpowiedniej ikony na pulpicie:



Ikona wywołująca lub ukrywająca okno zakładek (formularzy).

410.2.2. Zakładka „Geometria”

	długość	podpora lewa	podpora prawa	przekrój
1	5.000	▲	▲	HEA 100
2	4.000	▲	▲	HEA 200
3	5.000	▲	▲	HEA 100

Szerokość strefy docisku nad podporą: mm

W zakładce „Geometria” podawane są podstawowe dane dotyczące kształtu belki.

Numer: [-] Generowany automatycznie {kolejna liczba całkowita}
kolejny numer przęsła.

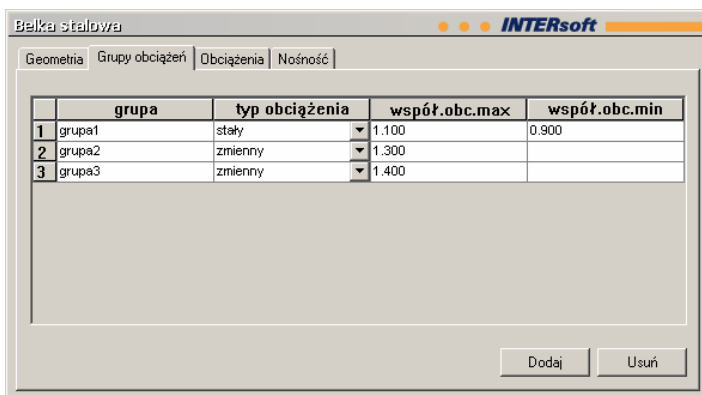
Długość:	[m]	Długość kolejnego przęsła belki.	{Długość > 0} {podpora przesuwana, podpora nieprzesuwana,
Podpora lewa:	[-]	Wybór rodzaju lewej podpory przęsła:	<zamocowanie,> <podpora teleskopowa,> <wolny koniec>}
Podpora prawa:	[-]	Wybór rodzaju prawej podpory przęsła	(typy podpór jak dla lewej podpory)
Przekrój		Wybór typu przekroju dla danego przęsła	Typ przekroju (np. IPE 100)
Szerokość strefy docisku nad podporą	[mm]	Podajemy długość stref docisku dla reakcji w podporach	{Długość > 0 }
Dodaj:		Opcja dodaje kolejne przęsło.	
Usuń:		Opcja usuwa zaznaczone przęsło.	

Opcje podpory ujęte w nawiasy <...> mogą występować jedynie na podporze lewej pierwszego przęsła i na prawej ostatniego przęsła.

Zaznaczenie przęsła przewidzianego do usunięcia wykonujemy przez wskazanie szarego przycisku po lewej stronie numeru przęsła.

W przypadku gdy chcemy dodać typ przekroju stajemy kursorem nad oknem **przekrój** i naciskamy prawy klawisz myszy. Pojawia się wówczas Biblioteka profili stalowych pozwalająca wybrać nowy profil.

Zakładka „Grupy obciążeń”



W tej zakładce definiowane są poszczególne grupy obciążeń.

Grupa obciążeń – jest to zespół wspólnie występujących obciążeń (mogą być różnego rodzaju – np. skupione i ciągłe), mających jednakowy charakter działania (stały lub zmienny) i do których przypisane są takie same współczynniki obciążenia.

- Grupa:** [-] Nazwa kolejnej grupy obciążenia (np. obciążenia stałe, obc. śniegiem itp.).
- Typ obciążenia:** [-] Przypisany grupie charakter działania obciążenia. {stały; zmienny}
- Współ. obc.-max** [-] Maksymalny współczynnik obciążenia.
- Współ. obc.-min** [-] Minimalny współczynnik obciążenia.

Domyślnie wartości współczynników obciążenia wynoszą 1.0.

410.2.3. Zakładka „Obciążenia”

	nr przęsła	rodzaj	P1	P2	a	b	gr.ob	szer.docisku
1	1	trapezowe	10.000	0.000	0.000	5.000	grupa1	0
2	2	równomierne	20.000	0.000	0.000	4.000	grupa2	0
3	3	siła skupiona	30.000	0.000	0.000	5.000	grupa3	100 [mm]
4	1	moment skupio	40.000	0.000	0.000	5.000	grupa1	0

Globalny
 Lokalny

W programie przewidziano dwie podstawowe metody wprowadzania obciążeń:

- w układzie lokalnym (dla danego przęsła)
- w układzie globalnym (dla całej belki)

Przy czym dla obciążeń wprowadzonych w układzie globalnym całej belki, przy zmianie układu na lokalny obciążenia są automatycznie przeliczane na obciążenia przęsłowe (lokalne) i nie ma już powrotu do ich zapisu globalnego. Wyboru układu współrzędnych dokonujemy przez jego zaznaczenie w dolnej części zakładki.

- Numer:** [-] Kolejny numer obciążenia utworzony automatycznie. {kolejna liczba całkowita}
- <Nr przęsła:>** [-] Wybierany z listy numer przęsła (opcja aktywna jedynie w układzie lokalnym). {stały; zmienny}
- Rodzaj:** [-] Rodzaj obciążenia na belce. {trapezowe, równomierne,

			siła skupiona, moment skupiony {dodatnia w dół}
P1:	[kN]	Wartość siły skupionej .	{dodatnie w dół}
P1:	[kN/m]	Wartość obciążenia równomiernego.	{dodatnie w dół}
P1, P2:	[kN/m]	Wartości obciążenia trapezowego.	{moment gnący dodatni zgodnie ze wskazówkami zegara}
P1:	[kNm]	Wartość momentu skupionego.	
a, b:	[m]	Współrzędne położenia poszczególnych sił odpowiednio w układzie globalnym lub lokalnym.	{a > 0} {b > 0}
Gr. ob.	[-]	Przypisanie obciążenia do odpowiedniej wcześniej zdefiniowanej grupy obciążeń.	
Szer. docisku	[mm]	Długość strefy docisku dla podanej siły skupionej	{ c > 0}
Dodaj:		Opcja dodaje kolejne obciążenie.	
Usuń:		Opcja usuwa zaznaczone obciążenie.	

Obciążenie ciężarem własnym program może uwzględnić automatycznie po zaznaczeniu odpowiedniej opcji w zakładce raporty (pkt. 410.2.10).

410.2.4. Zakładka „Nośność”

W zakładce podane są podstawowe parametry do wymiarowania belki.

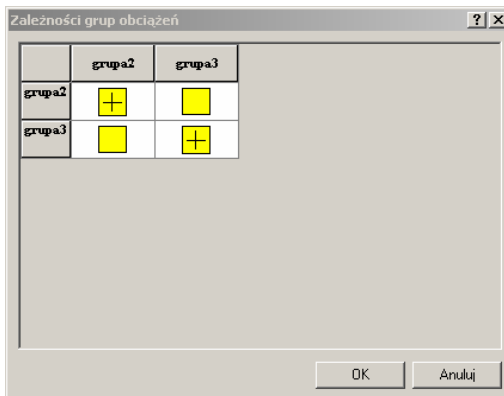
Nr przęsła	[-]	Nr przęsła dla którego dane z zakładki są aktualne	
Klasa stali	[-]	Wybierane z listy oznaczenie klasy	{St3S St4; 18G2;

		stali PN-B-03200: 1990.	18G2AV; fd }
Obciążenie statyczne	[-]	Przełącznik pozwalający stwierdzić czy występujące obciążenia mają charakter statyczny	{tak, nie}
Przęsło zabezpieczone przed zwichrzeniem	[-]	Przełącznik pozwalający stwierdzić czy dane przęsło jest zabezpieczone przed zwichrzeniem	{tak, nie}
Odległość między stężeniami pasa górnego	[m]	Domyślnie jest ustawiona wartość zero.	{ $0 \leq$ odległość \leq długość przęsła}
Odległość między stężeniami pasa dolnego	[m]	Domyślnie jest ustawiona wartość zero.	{ $0 \leq$ odległość \leq długość przęsła}
Odległość przyłożenia obciążenia od pasa górnego	[mm]	Dla obciążenia przyłożonego do górnego pas belki wartość zero.	
Obustronne podparcie		Warunki podparcia na końcach przęsła dla określenia współczynnika zwichrzenia	{w płaszcz. działania obciążenia, w płaszcz. prostopadłej { przegub, utwierdzenie}
Przęsło z wymuszoną osią obrotu	[-]	Przełącznik pozwalający wybrać obliczenie współ. Zwichrzenia dla belki z wymuszoną osią obrotu	{tak, nie }
Odległość osi obrotu od pasa górnego	[mm]	Odległość między pasem górnym a miejscem przecięcia się płaszczyzny wymuszającej obrót z osią pionową przekroju	
Obciążenie belki między stężeniami	[-]	Charakter przebiegu wykresu momentów między stężeniami belki	{moment stały lub zmienny liniowo, obc. równomierne, siła skupiona w środku}
Żebra poprzeczne	[-]	Zdefiniowanie czy belka ma żebra poprzeczne.	{tak, nie}
Rozstaw żeber	[m]	Jeżeli belka posiada żebra poprzeczne należy podać ich rozstaw	{0, długość przęsła}
Ugięcie graniczne	[-]	Parametr określający maksymalną wielkość ugięcia w stosunku do rozpiętości belki	

410.2.5. Kombinacje obciążeń



Wywołanie ikony **Zależności grup obciążeń** – pozwala na ustalenie relacji między grupami obciążeń zmiennych potrzebnymi do obliczeń obwiedni sił wewnętrznych.

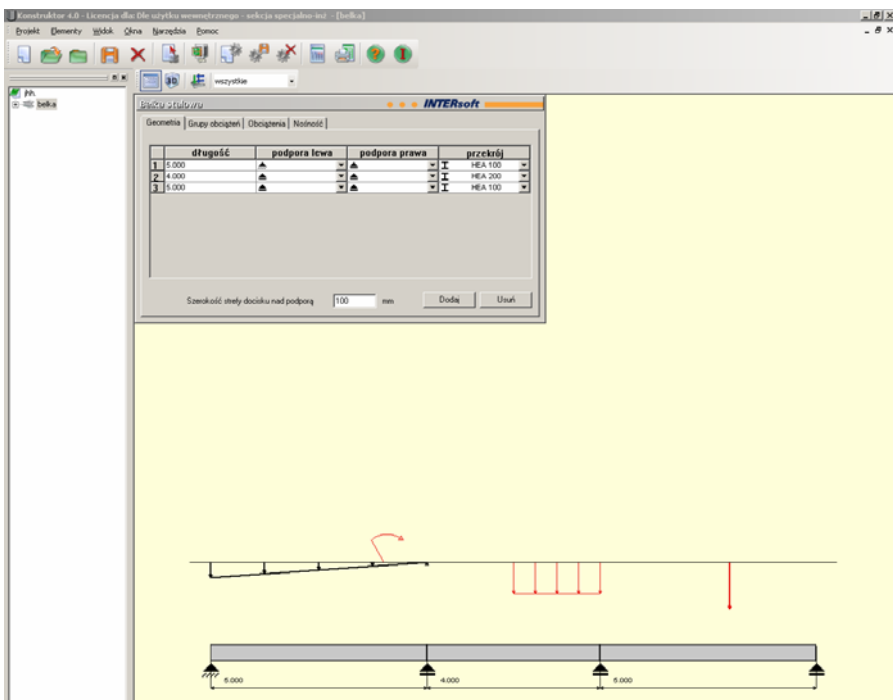


Po wprowadzeniu wszystkich obciążeń i grup obciążeń, program w wyniku obliczeń statycznych tworzy obwiednię M; T (momentów i sił tnących), przy czym domyślnie przyjmuje że wszystkie obciążenia stałe występują zawsze, natomiast wszystkie obciążenia zmienne są niezależne od siebie. Chcąc zmienić relacje między grupami obciążeń zmiennych musimy wywołać okno dialogowe **Definicje zależności obciążeń** wciskając ikonkę **Zależności grup obciążeń**. W górnej części okna w wierszu i kolumnie wypisane są wszystkie grupy obciążeń zmiennych a na przecięciu każdego wiersza i kolumny (z wyjątkiem przekątnej) znajduje się pole edycyjne umożliwiające wprowadzenie właściwej relacji między grupami. Program umożliwia wprowadzenie następujących relacji grup obciążenia zmiennego:

- Brak relacji.
- Obciążenia występują razem.
- Obciążenia wykluczają się.
- Obciążenia w wierszu występują gdy występują obciążenia w kolumnie.
- Obciążenia w kolumnie występują gdy występują obciążenia w wierszu.

Przy wpisywaniu relacji między grupami obciążeń program na bieżąco sprawdza poprawność logiczną zapisu.

410.2.6. Pulpit graficzny programu

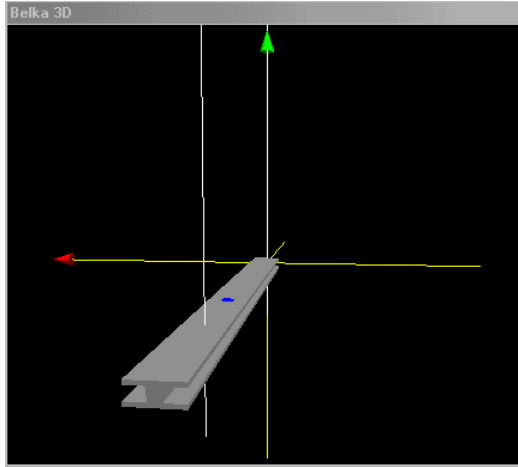


Główną część ekranu (o żółtym kolorze tła) zajmuje pulpit graficzny na którym na bieżąco w postaci graficznej pokazywane są zmiany wprowadzone dla belki. Na belce jednocześnie może być wyświetlana jedna grupa obciążeń lub wszystkie grupy na raz, zmiany dokonujemy ustawiając odpowiednią grupę w okienku dialogowym powyżej pulpitu.

410.2.7. Okno 3D

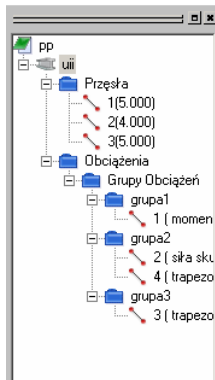


- ikona wywołująca okno 3D



Okno 3D pozwala na przestrzenną wizualizację wprowadzonej belki. Poruszanie myszką przy wciśniętym lewym przycisku pozwala na dowolne obracanie konstrukcji w przestrzeni, natomiast przesuwanie myszki przy wciśniętym prawym klawiszu powoduje zbliżanie i oddalanie konstrukcji.

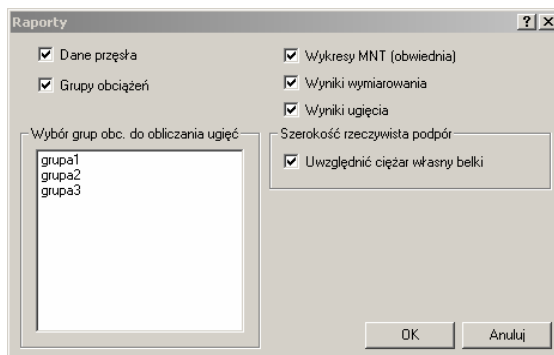
410.2.8. Drzewo projektu



Z lewej strony ekranu widoczne są cały czas poszczególne elementy składające się na belkę w postaci „drzewa” projektu. Pozwalają one na szybkie przełączanie się między poszczególnymi elementami i ich edycję w odpowiednich zakładkach.

410.2.9. Obliczenia belki

Po uruchomieniu obliczeń belki pojawia się zakładka **Raporty** w której możemy zdecydować jakie dane i wyniki ma zawierać raport.



Zaznaczenie dowolnej z wyżej wymienionych opcji powoduje poszerzenie raportu o odpowiednie dane lub wyniki. Na liście z lewej strony zakładki należy przez kliknięcie zaznaczyć grupy obciążeń (grupy zaznaczone są podświetlone na kolor niebieski) dla których ma być określona wielkość ugięcia w stanie sprężystym (program do liczenia ugięć bierze sumę obciążeń charakterystycznych z tych grup). Przy zaznaczeniu opcji **Uwzględnić ciężar własny belki** przypadek ten jest automatycznie dodawany przy liczeniu ugięcia (gdy nie zaznaczymy innych grup program poda ugięcie tylko od ciężaru własnego).

410.3. Wyniki

Wyniki obliczeń statycznych i wymiarowania tworzone są w postaci plików raportu (format „htm”) zlokalizowanych w katalogu projektu (podkatalog Raporty), które można przejrzeć w przeglądarce raportów. Wywołanie przeglądarki w górnym pasku narzędziowym (menu **Narzędzia** → **Przeglądarka raportów**) lub za pomocą odpowiedniej ikony w pasku narzędzi elementu. Pozostałe dane dotyczące obsługi przeglądarki zawiera opis modułu Konstruktor.

Wyniki w programie „**Belka stalowa**” można podzielić na trzy osobne i niezależne grupy:

Dane dotyczące geometrii układu i obciążeń:

- dane dotyczące przęseł, podpór i przegubów
- dane dotyczące przekroju i materiału,
- dane dotyczące obciążeń i grup obciążeń.

Wyniki obliczeń statycznych dla:

- poszczególnych grup obciążeń wyniki reakcji (opcjonalnie),
- obwiedni momentów i sił tnących – wykresy, wartości (opcjonalnie).

Wyniki sprawdzania nośności belki oddzielnie dla każdego przęsła w postaci:

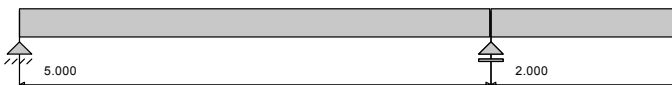
- parametrów ogólnych dotyczących przęsła belki.
- sprawdzanie nośności dla momentu maksymalnego w obrębie przęsła (jeżeli taki występuje):
 - siły wewnętrzne, parametry dotyczące nośności, warunki nośności,
- sprawdzanie nośności dla momentu minimalnego w obrębie przęsła (jeżeli taki występuje):

siły wewnętrzne, parametry dotyczące nośności, warunki nośności,

- warunki nośności na ścinanie dla ekstremalnej siły poprzecznej,
- maksymalne ugięcie w przęśle i stosunek ugięcia do rozpiętości przęsła,
- sprawdzenie nośności środnika bez żeber nad podporami,
- sprawdzenie nośności środnika bez żeber w miejscu występowania sił skupionych.

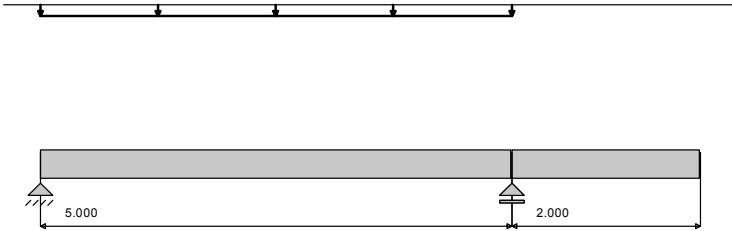
410.4. Przykład

Projekt:	Hala stalowa
Nazwa elementu:	Belka B-21
Autor projektu:	Jan Kowalski

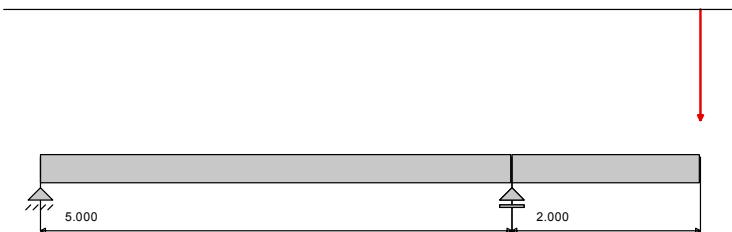


Lista przęseł

Nr przęsła	Długość [m]	Podpora lewa	Podpora prawa	Przekrój
0	5.00	przegubowo nieprzesuwna	przegubowo przesuwna	IPE 400
1	2.00	przegubowo przesuwna	brak	IPE 400

Lista obciążeń grupa1

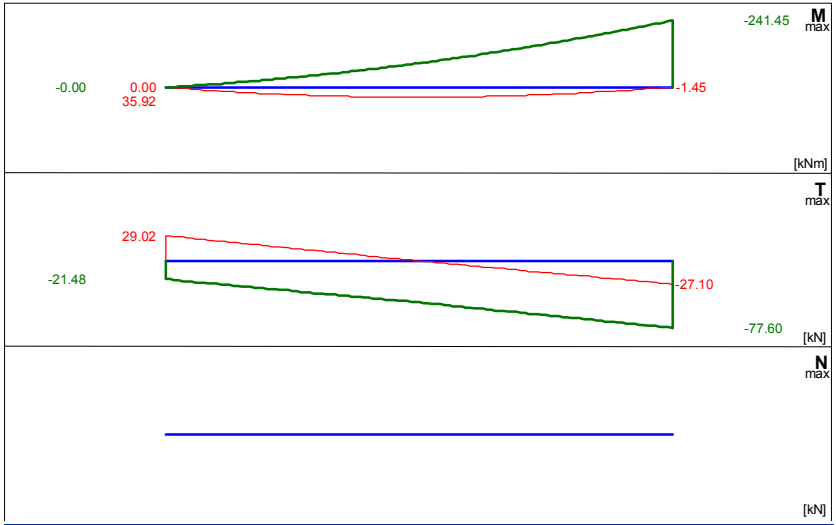
Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P1	P2	a [m]	b [m]
0		równomierne	10.00	1.00	0.00	5.00

Lista obciążeń grupa2

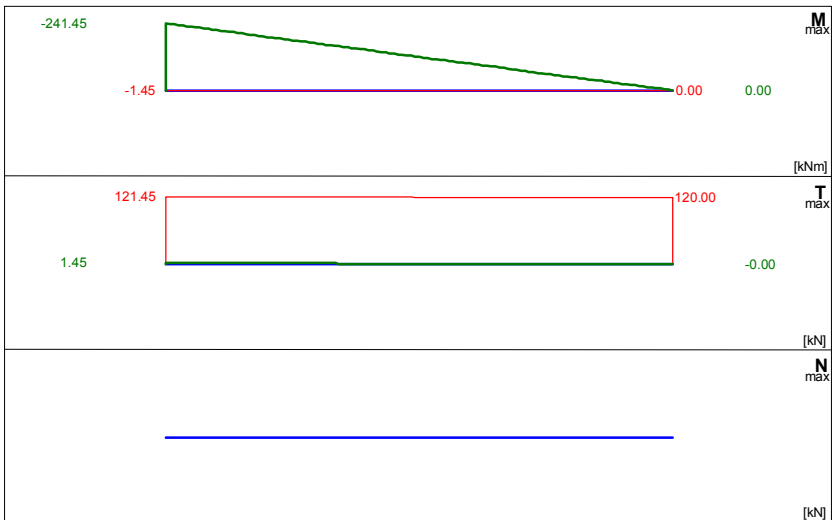
410-Belka stalowa

Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P1	P2	a [m]	b [m]
1		siła	100.00	1.00	7.00	7.00

Wykresy MNT dla przęsła nr 1

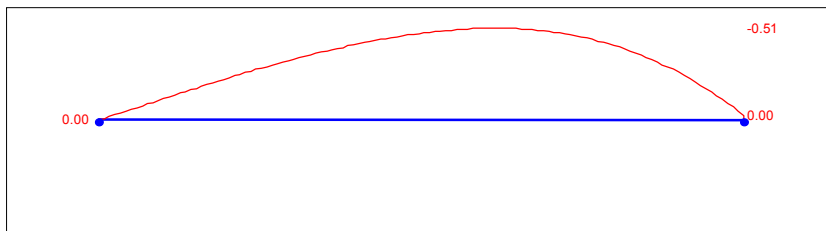


Wykresy MNT dla przęsła nr 2



Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 1

Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
CiężarWłasny
grupa1
grupa2

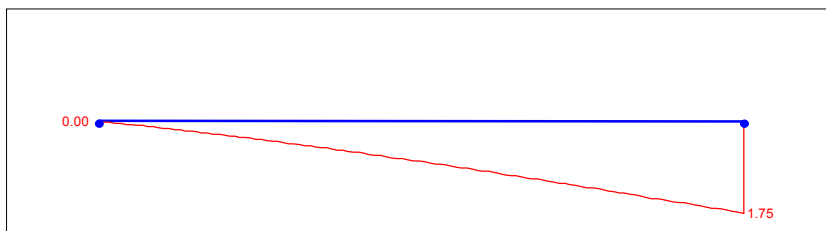


X [m]	0.00	0.42	0.83	1.25	1.67	2.08	2.50	2.92	3.33	3.75
Y [cm]	0.00	-0.10	-0.20	-0.29	-0.37	-0.43	-0.48	-0.51	-0.50	-0.45

X [m]	3.79	4.21	4.63	5.00
Y [cm]	-0.45	-0.35	-0.19	0.00

Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 2

Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
CiężarWłasny
grupa1
grupa2



410-Belka stalowa

X [m]	0.00	0.40	0.80	1.22	1.63	2.00
Y [cm]	0.00	0.27	0.59	0.97	1.38	1.75

Wyniki dla przęsła nr 1

Nr Przęsła 1
Przekrój IPE 400
$A=84.500 \text{ cm}^2$
$J_x=23130.000 \text{ cm}^4$
$W_x=1160.000 \text{ cm}^3$
Klasa przekroju na zginanie = 2
Długość przęsła = 5.000 m
Rozstaw żeber poprzecznych = 0.000

Warunki nośności !

Siły:	$M_{x\max}=35.918 \text{ kNm}$	$V_y=0.199 \text{ kN}$
Nośności:	$M_{R_x}=266.858 \text{ kNm}$	$M_{R_{xv}}=266.858 \text{ kNm}$
	$V_{R_y}=1301.307 \text{ kNm}$	
Odległość między stężeniami pasa górnego: 5.000 m		
Współczynnik zwiczenia: $\phi_L = 0.598$		
$M_x/\phi_L M_{R_x} = 0.225$ $M_x/M_{R_{xv}} = 0.135$		

Siły :	$M_{x\min}=-241.450 \text{ kNm}$	$V_y=-125.603 \text{ kN}$
Nośności:	$M_{R_x}=266.858 \text{ kNm}$	$M_{R_{xv}}=266.858 \text{ kNm}$
	$V_{R_y}=1301.307 \text{ kNm}$	
Odległość między stężeniami pasa dolnego: 5.000 m		
Współczynnik zwiczenia: $\phi_L = 0.598$		
$M_x/\phi_L M_{R_x} = 1.513$ $M_x/M_{R_{xv}} = 0.905$		

Siły: $V_{y \max} = 77.603 \text{ kN}$
--

Nośność: $V_{Ry} = 1301.307$ kN

$V_y/V_{Ry} = 0.060$

Ugięcie: $U_{max} = 5.063$ mm

Nośność: $L/U = 987.643$

Sprawdzenie nośności środka bezżebrowego podpory

Szerokość strefy docisku nad podporami 50.000 mm
--

Nośność środka bezżebrowego nad podporami wystarczająca

Nośność środka pod siłami skupionymi wystarczająca
--

Wyniki dla przęsła nr 2

Nr Przęsła 2

Przekrój IPE 400

$A = 84.500$ cm ²

$J_x = 23130.000$ cm ⁴

$W_x = 1160.000$ cm ³

Klasa przekroju na zginanie = 2

Długość przęsła = 2.000 m

Rozstaw żebier poprzecznych = 0.000

Warunki nośności !

Siły: $M_{xmin} = -241.450$ kNm	$V_y = 121.450$ kN
---------------------------------	--------------------

Nośności: $M_{Rx} = 266.858$ kNm	$M_{Rxy} = 266.858$ kNm
----------------------------------	-------------------------

$V_{Ry} = 1301.307$ kNm

Odległość między stężeniami pasa dolnego 2.000
--

Współczynnik zwiczenia $\phi_L = 0.935$

$M_x/\phi_L M_{Rx} = 0.968$

$M_x/M_{Rxy} = 0.905$

Siły: $V_{y \max} = 121.450 \text{ kN}$

Nośność: $V_{Ry} = 1301.307 \text{ kN}$

$V_y/V_{Ry} = 0.093$

Ugięcie: $U_{\max} = 17.463 \text{ mm}$

Nośność: $L/U = 114.531$

Sprawdzenie nośności środника bezżebrowego podpory

Szerokość strefy docisku nad podporami 50.000 mm
--

Nośność środnika bezżebrowego nad podporami wystarczająca

Nośność środnika pod siłami skupionymi wystarczająca
--