

Moduł

Belka żelbetowa

Eurokod

PN-EN

Spis treści

211.	BELKA ŻELBETOWA EUROKOD PN-EN	3
211.1.	WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
211.1.1.	<i>Opis programu</i>	<i>3</i>
211.1.2.	<i>Zakres programu.....</i>	<i>3</i>
211.1.3.	<i>Opis podstawowych funkcji programu</i>	<i>3</i>
211.2.	TYPY PRZEKROJÓW PRĘTÓW.....	4
211.3.	STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI (ULS)	4
211.3.1.	<i>Założenia materiałowe</i>	<i>4</i>
211.3.2.	<i>Wymiarowanie na zginanie</i>	<i>5</i>
211.3.3.	<i>Układ zbrojenia podłużnego w przekroju</i>	<i>5</i>
211.3.4.	<i>Wymiarowanie na ścinanie</i>	<i>6</i>
211.4.	STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI (SLS).....	6
211.4.1.	<i>Rysy prostopadłe</i>	<i>6</i>
211.4.2.	<i>Rysy ukośne.....</i>	<i>6</i>
211.4.3.	<i>Ugięcie w stanie zarysowanym.....</i>	<i>6</i>
211.5.	PUNKTY NIECIĄGŁOŚCI BELKI	7
211.6.	ZALECENIA PRZY WYMIAROWANIU	7
211.7.	WPROWADZENIE DANYCH.....	7
211.7.1.	<i>Utworzenie nowego projektu belki</i>	<i>7</i>
211.7.2.	<i>Zakładka „Geometria”</i>	<i>8</i>
211.7.3.	<i>Zakładka „Przekroje”</i>	<i>8</i>
211.7.4.	<i>Okno „Przekroje”</i>	<i>9</i>
211.7.5.	<i>Zakładka „Przeguby”</i>	<i>10</i>
211.7.6.	<i>Zakładka „Grupy obciążeń”</i>	<i>10</i>
211.7.7.	<i>Zakładka „Obciążenia”</i>	<i>11</i>
211.7.8.	<i>Zakładka „Wymiarowanie”</i>	<i>12</i>
211.7.9.	<i>Kombinacje obciążeń</i>	<i>13</i>
211.7.10.	<i>Pulpit graficzny programu</i>	<i>14</i>
211.7.11.	<i>Okno 3D.....</i>	<i>15</i>
211.7.12.	<i>Drzewo projektu</i>	<i>16</i>
211.7.13.	<i>Obliczenia belki.....</i>	<i>16</i>
211.8.	WYNIKI	17
211.9.	PRZYKŁADOWY RAPORT	18

211. Belka żelbetowa Eurokod PN-EN

211.1. Wiadomości ogólne

211.1.1. Opis programu

Program **Belka żelbetowa Eurokod PN-EN** przeznaczony jest do obliczeń statycznych i wymiarowania żelbetowych belek ciągłych. Moduł może prowadzić obliczenia statyczne samodzielnie i niezależnie lub przejmować wyniki obliczeń z modułu **Rama 2D**, w celu przeprowadzenia dalszego wymiarowania elementów. 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 wymiarowania belek wykonany został w oparciu o normę **PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2: wrzesień 2008 „Projektowanie konstrukcji z betonu”**. Wymiarowanie zbrojenia wykonano z uwzględnieniem następujących stanów granicznych i warunków użytkowych:

- dla zbrojenia na zginanie
- stan graniczny nośności z uwagi na obwiednię momentów gnących,
- stan graniczny użytkowania z uwagi na dopuszczalną szerokość rozwarcia rys prostopadłych do osi elementu (opcjonalnie),
- warunków konstrukcyjnych uwzględniających minimalną wielkość zbrojenia w przekroju,
- dla zbrojenia na ścinanie
- stan graniczny nośności z uwagi na obwiednię sił tnących,
- warunków konstrukcyjnych uwzględniających rozstaw strzemion oraz minimalny stopień zbrojenia strzemionami.

Dodatkowo określane jest ugięcie poszczególnych przęseł belki w stanie zarysowanym.

211.1.2. Zakres programu

Program oblicza belki ciągłe o praktycznie dowolnej liczbie przęseł (max 100). Dla każdego przęsła minimum w 121 punktach obliczane są wielkości sił. Programem „Belka żelbetowa PN-EN” można obliczać elementy o stosunku rozpiętości obliczeniowej do wysokości belki $\frac{L_0}{h} \geq 4$.

Dla belek wysokich (belek ścian, $\frac{L_0}{h} < 4$) obowiązują obliczenia na podstawie teorii tarcz.

211.1.3. Opis podstawowych funkcji programu

211.1.3.1 Obliczenia 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 wartości charakterystyczne potrzebne do obliczeń stanów granicznych użytkowania, podawane są dla wartości charakterystycznych, otrzymanych przez podzielenie wielkości obliczeniowych przez średni współczynnik obciążenia o wartości 1.37.

211.1.3.2 Wymiarowanie

Norma „**PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2: wrzesień 2008**” zwana dalej „normą” jest obszernym zbiorem przepisów i wymagań dotyczących projektowania konstrukcji żelbetowych. Tak jak i pozostałe Eurokody jest napisana na zasadzie poradnika, a nie jest natomiast zbiorem gotowych procedur obliczeniowych. Utrudnia to korzystanie z jej zapisów i pozostawia dużą swobodę projektantowi, na którym ciąży końcowa odpowiedzialność.

Reguły zawarte w niniejszej normie w zakresie konstrukcji prętowych dotyczące obliczeń i konstruowania elementów są ważne dla:

- Betonów klasy od C12 do C90
- Stali zbrojeniowej żelbetonowej o granicy plastyczności z zakresu $f_{yk} = 400$ do 600 MPa

211.2. Typy przekrojów prętów

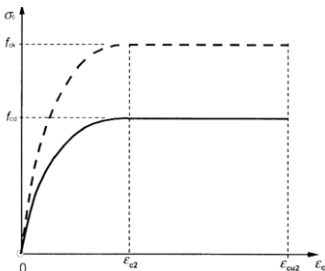
Program wymiaruje następujące typy przekrojów prętów:

- Prostokątne
- Okrągłe
- Kątowe
- Ceowe
- Teowe
- Dwuteowe
- Zetowe

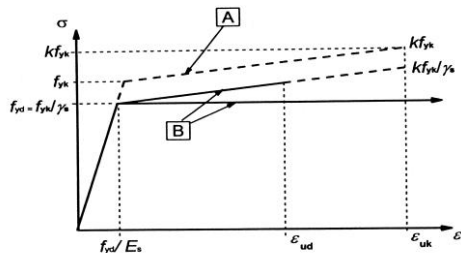
211.3. Stan graniczny nośności (ULS)

211.3.1. Założenia materiałowe

Zależność naprężenie-odkształcenie dla modelu betonu przyjęta w programie ma charakter paraboliczno-prostokątny zdefiniowany w pkt. 3.1.7 normy. Model stali zastosowany w programie ma cechy sprężysto-plastycznego o poziomej zależności w zakresie plastycznym (wykres **B** z poziomą „półką” plastyczną).



Model materiałowy betonu



Model materiałowy stali

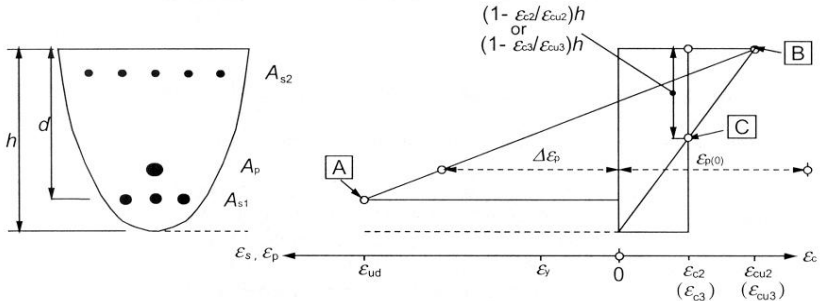
Zależność naprężenie-odkształcenie dla betonu:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \text{ dla } 0 \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{c2}|$$

$$\sigma_c = f_{cd} \text{ dla } |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{c2}|$$

211.3.2. Wymiarowanie na zginanie

Wymiarowanie zbrojenia w tym stanie obciążenia odbywa się w zadanych przez użytkownika strefach na długości przęsła. W pierwszym etapie rozmieszczane są pręty konstrukcyjne, które muszą wystąpić ze względu na kształt przekroju. Następnie zbrojenie zostaje uzupełniane, aż do momentu zapewnienia odpowiedniej nośności przekroju przy uwzględnieniu dopuszczonych przez normę rozkładów odkształceń przekroju.



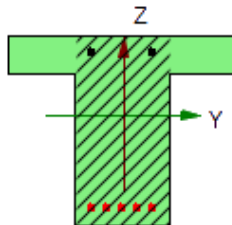
Możliwe rozkłady odkształceń w stanie granicznej nośności

211.3.3. Układ zbrojenia podłużnego w przekroju

Program podczas wymiarowania automatycznie rozmieszcza pręty zbrojeniowe na obszarze przekroju, biorąc pod uwagę minimalny rozstaw prętów zdefiniowany w pkt. 8.1.2 normy – $\max(\max \text{średnica pręta}, 20\text{mm})$. Jeżeli z powyższego warunku wynika, że nie ma możliwości dołożenia pręta w wymaganym miejscu, program przerywa obliczenia i informuje użytkownika stosownym komunikatem.

Pręty konstrukcyjne (oznaczone kolorem czarnym) wymagane ze względu na kształt przekroju i założenia do wymiarowania, są umieszczane na początku obliczeń i jeżeli występuje taka potrzeba są automatycznie zamieniane na pręty „główne” (oznaczone kolorem czerwonym). Wszystkie pręty (wraz z ich dokładnym umiejscowieniem) są brane pod uwagę w obliczeniach.

W programie dostępne jest opcja pozwalająca wymusić umieszczanie zbrojenia jedynie w części przekroju zdefiniowanej przez szerokość b_w i wysokość h . Przekrój betonu pozostaje jednak niezmienny i jako taki jest uwzględniany w obliczeniach (oczywiście przekrój jest redukowany o pole strefy rozciąganej)



Obliczenia prowadzone są tak jak i dla zbrojenia podłużnego w ściśle określonych strefach, które równomiernie dzielą element wzdłuż długości na części. Ich liczba jest definiowana przez użytkownika i jest niezależna od podziału na strefy obliczeń zbrojenia podłużnego. Wartość jej określa się na zakładce **wymiarowanie**.

211.3.4. Wymiarowanie na ścinanie

Zbrojenie w poszczególnych strefach jest dobierane na podstawie ekstremalnych wartości sił występujących na długości strefy z odpowiedniej obwiedni.

Obliczenia prowadzone są na podstawie modelu analogii kratownicowej przy ograniczeniu kąta pochylenia θ krzywulców betonowych względem osi podłużnej elementu do zakresu: $1 \leq \cot(\theta) \leq 2$. Strzemiiona mogą występować jedynie w układzie prostopadłym do osi podłużnej elementu ($\alpha = 90^\circ$) oraz nie uwzględnia się w obliczeniach prętów odgiętych.

W pierwszym etapie pełnego toku obliczeń sprawdzeniu poddawane jest miążdżenie betonu od obciążeń ścinających ze wzoru:

$$\frac{V_{EdZ}}{V_{RdZ,max}} \leq 1.0$$

gdzie:

V_{EdZ} – obliczeniowa siła ścinająca w osi Z

$V_{RdZ,max}$ – nośność elementu na ścinanie w kierunku Z, zdeterminowana przez naprężenia ściskające w krzywulcach betonowych

Następnym krokiem jest obliczenie rozstawu strzemion od obciążeń ścinających. Ostatecznie zostaje sprawdzony komplet warunków normowych dotyczących minimalnych i maksymalnych pól oraz rozstawów zbrojenia.

211.4. Stan graniczny użyteczności (SLS)

Wszystkie obliczenia oparte są o średnią wytrzymałość betonu na rozciąganie (f_{ctm}) oraz efektywny moduł sprężystości betonu $E_{c,eff}$ uwzględniający efekty pełzania.

211.4.1. Rysy prostopadłe

Obliczenie szerokości rozwarcia rys prostopadłych do osi podłużnej elementu wykonuje się w kierunku działania obciążenia z ewentualnym dozbrajaniem stref o przekroczonym rozwarcium.

Przy obliczeniach zapamiętywany jest spadek sztywności elementu na skutek zarysowania - EJ_{CR} i jest on wykorzystywany do obliczeń ugięcia w stanie zarysowanym.

211.4.2. Rysy ukośne

Ze względu na sprawdzenie spełnienia warunków podanych w punktach 9.2.2, 9.2.3, 9.3.2 i 9.4.4.3 normy zgodnie z zapisem w pkt. 7.3.3.5 obliczenie rys ukośnych jest pominięte.

211.4.3. Ugięcie w stanie zarysowanym

Pierwszym etapem jest ustalanie wartości i rozkładu ugięć na długości elementu dla obciążeń charakterystycznych. Ugięcia liczone są dla zdefiniowanej przez użytkownika listy grup obciążeń. Obliczenia ugięć w stanie zarysowanym dokonuje się poprzez zastosowanie wzoru:

$$u_{cr,z} = \zeta_z \cdot u_{cr,max,z} + (1 - \zeta_z) \cdot u_{el,z}$$

gdzie:

ζ – współczynnik rozdziału

$u_{cr,max}$ – maksymalne ugięcie elementu o zastępczej sztywności najbardziej zarysowanego przekroju ($EJ_{CR,min}$)

u_{el} – ugięcie elementu w stanie sprężystym

Wartość tak otrzymanego, maksymalnego ugięcia porównywana jest z ugięciem dopuszczalnym, określonym przez użytkownika w parametrach typu elementu.

Uwaga:

Wielkość ugięcia w stanie zarysowanym można ograniczyć poprzez zmniejszenie dopuszczalnej szerokości rozwarcia rys. Spowoduje to dołożenie dodatkowego zbrojenia w miejscach najbardziej zarysowanego przekroju, a co za tym idzie zmniejszy się pole części zarysowanej przekroju. Wynikiem tego będzie wzrost sztywności elementu i zmniejszenie ugięcia w stanie zarysowanym.

211.5. Punkty nieciągłości belki

Program umożliwia wprowadzenie na długości belki punktów nieciągłości w postaci przegubów (moment gnący $M_{sd}=0$). Punkty te uwzględniane są przy obliczaniu statyki belki, natomiast ze względu na wątpliwą możliwość ich prawidłowego wykonstruowania w modelu żelbetowym, zostaną pominięte przy szkicowaniu zbrojenia (zachowana jest ciągłość zbrojenia w tych miejscach).

211.6. Zalecenia przy wymiarowaniu

Przy wymiarowaniu belek zaleca się wykonanie kilku obliczeń dla różnych średnic zbrojenia głównego (pierwszy wybór na „ślepo”, drugi i ewentualnie następne na podstawie ilości przyjętych przez program wkładek i różnic w momentach). Zaleca się stosowanie zbrojenia konstrukcyjnego w postaci wkładek 10 lub 12 mm, odpowiednio do wielkości średnic zbrojenia górnego i dolnego. Podczas kolejnych obliczeń należy monitorować szacunkową ilość stali na zginani i ścinanie, w celu optymalnego doboru wariantu zbrojenia. Pierwsze przeliczenie wykonać bez doboru zbrojenia na podstawie rys prostopadłych do osi belki w celu oszacowania wielkości ewentualnego przekroczenia rys.

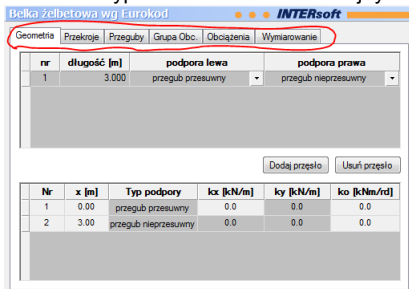
211.7. Wprowadzenie danych

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.

211.7.1. Utworzenie 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 – belkę, nadajemy jej oznaczenie (pozycję lub nazwę) i zatwierdzamy wybór kliknięciem przycisku OK. Po uruchomieniu modułu „Belka żelbetowa” pojawia się okno **Belka** wyposażone w siedem kolejnych zakładek:



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

Aby Włączyć/wyłączyć okienko dialogowe *Belka* Naciśnij przycisk , lub z menu **WIDOK** wybierz polecenie **Okno do wprowadzania danych**.

211.7.2. Zakładka „Geometria”

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

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

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)

Dodaj przęsło: Opcja dodaje kolejne przęsło.

Usuń przęsło: Opcja usuwa zaznaczone przęsło.

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

W dolnej części zakładki umieszczono tabelę pozwalającą na definiowanie podpór sprężystych.

Numer podpory: [-] Generowany automatycznie kolejny numer podpory liczony od lewej do prawej. {kolejna liczba całkowita}

x: [m] Lokalizacja podpory w układzie lokalnym przęsła. {x >=0}

Typ podpory: [-] Automatycznie generowany symbol typu podpory: {podpora przesuwana,
podpora nieprzesuwana,
<zamocowanie,>
<podpora teleskopowa,>
<wolny koniec>}

kx: [kN/m] Wartość sprężystości w kierunku x. {kx > =0}

ky: [kN/m] Wartość sprężystości w kierunku y. {ky >= 0}

ko: [kNm/rad] Wartość sprężystości na obrót {ko > =0}

Wartość sprężystości podpory równa „0” oznacza że dana podpora jest sztywna.

211.7.3. Zakładka „Przekroje”

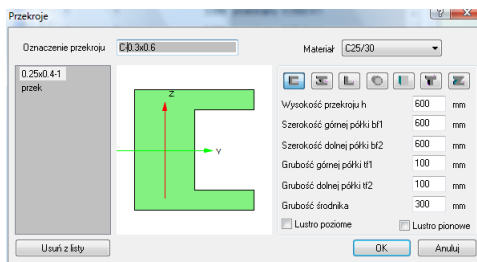
nr	nr przęsła	długość [m]	typ przekroju
1	1	3,000	prostokątny 0.25x0.4-1
2	2	3,000	prostokątny 0.25x0.4-1
3	3	3,000	prostokątny 0.25x0.4-1
4	4	3,000	prostokątny 0.25x0.4-1

Tu definiowane są dane dotyczące lokalizacji, typu i wielkości przekroju poprzecznego belki.

Numer:	[-]	Generowany automatycznie kolejny numer przekroju (domyślnie liczba typów przekrojów równa się liczbie przęseł).	{kolejna liczba całkowita}
Numer przęsła:	[-]	Generowany automatycznie kolejny numer przęsła.	{kolejna liczba całkowita}
Długość:	[m]	Długość odcinka przęsła przypisana do danego typu przekroju (domyślnie długość odcinka pokrywa się z długością przęsła).	{Długość > 0}
Typ przekroju:	[-]	Wybierany z listy typ i wielkość przekroju. Opcja podzieli pozwala zawsze podzielić wybrany odcinek belki na dwa mniejsze, którym możemy przypisać różne typy przekroju (długość pierwszego odcinka wpisujemy w oknie dialogowym).	
Podziel:	[-]		

W przypadku, gdy chcemy edytować, dodać nowy typ przekroju stajemy kursorem nad polem wyboru typu przekroju i naciskamy prawy klawisz myszy. Pojawi się wówczas nowe menu zawierające następujące elementy: **Edycja**, **Nowy**. Wywołanie któregośkolwiek polecenia uruchamia nowe okno dialogowe **Przekroje**.

211.7.4. Okno „Przekroje”



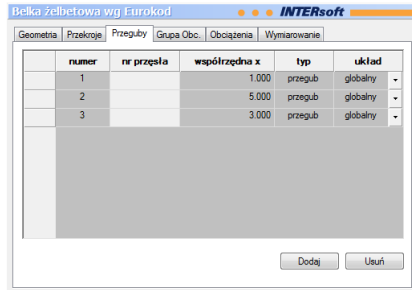
Okno dialogowe „Przekroje” wywołujemy z pod zakładki „Przekrój” przez ustawienie kursora nad polem wyboru typu przekroju i kliknięcie prawym klawiszem myszki opcji „Edytuj” lub „Nowy”. Okno to można również wywołać bezpośrednio z paska narzędziowego klikając

ikonę .

W lewej części okna widoczne są typy przekrojów zapisane aktualnie w projekcie.

W oknie tym definiowany jest również materiał – klasa betonu, który jest jednolity dla całej belki. Dowolność kształtowania przekroju zwiększają opcje luster, poziomego i pionowego.

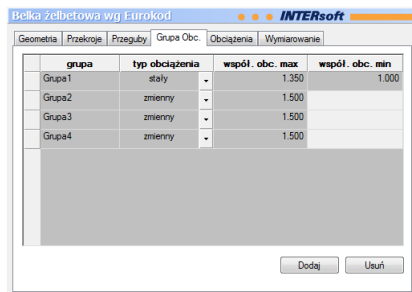
211.7.5. Zakładka „Przeguby”



Zakładka „Przeguby” pozwala na wprowadzanie punktów nieciągłości belki w postaci przegubów momentowych.

- Numer:** [-] Generowany automatycznie kolejny numer punktu nieciągłości. {kolejna liczba całkowita}
- <Numer przęsła:>** [-] Kolejny numer przęsła (tylko w przy wprowadzaniu danych w układzie lokalnym) {kolejna liczba całkowita}
- Współrzędna x:** [m] Odległość punktu nieciągłości (przegubu):
dla układu globalnego od początku belki {Długość > 0}
dla układu lokalnego od lewej podpory (końca belki)
- Typ:** [-] Typ punktu nieciągłości. {przegub}
- Układ:** [-] Rodzaj układu współrzędnych. {globalny, lokalny}
- Dodaj:** Opcja dodaje punkt nieciągłości.
- Usuń:** Opcja usuwa zaznaczony punkt nieciągłości.

211.7.6. Zakładka „Grupy obciążeń”



W tej zakładce definiowane są poszczególne grupy obciążeń.

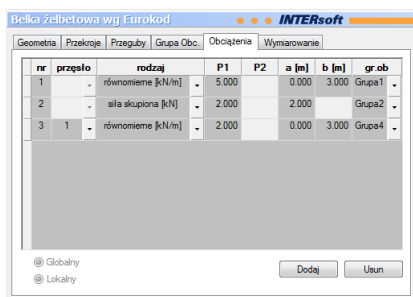
Grupa obciążeń – jest to zespół wspólnie występujących obciążeń (mogą być różnego rodzaju – np. skupione i ciągłe), mających jednakowy charakter działania (stały lub zmienny) i do których przypisane są takie same współczynniki obciążenia.

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 dla obc. stałego i zmiennego.	
Współ. obc.-min	[-]	Minimalny współczynnik obciążenia tylko dla obc. stałego.	

Domyślnie wartości współczynników obciążenia wynoszą 1.0.

W przypadku występowania tylko jednego współczynnika dla obc. stałego, wartości obu współczynników należy ustawić na tę samą wartość.

211.7.7. Zakładka „Obciążenia”



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}
P1:	[kN]	Wartość siły skupionej .	{dodatnia w dół}
P1:	[kN/m ²]	Wartość obciążenia równomiernego.	{dodatnie w dół}
P1, P2:	[kN/m ²]	Wartości obciążenia trapezowego.	{dodatnie w dół}
P1:	[kNm]	Wartość momentu skupionego.	{moment gnący dodatni zgodnie ze wskazówkami zegara}
a, b:	[m]	Współrzędne położenia poszczególnych	{a > 0}

sił odpowiednio w układzie globalnym $\{b > 0\}$
lub lokalnym:

a – współrzędna położenia siły skupionej lub początku obciążenia ciągłego,

b – współrzędna końca przyłożenia obciążenia ciągłego

Gr. ob. [-] Przepisanie obciążenia do odpowiedniej wcześniej zdefiniowanej grupy obciążeń.

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. 211.7.13**).

211.7.8. Zakładka „Wymiarowanie”

The screenshot shows the 'Wymiarowanie' (Dimensioning) tab in the 'Belka żelbetowa wg Eurokod' software. The window contains several input fields and dropdown menus for defining reinforcement parameters. Key parameters visible include:

- Środek ciężkości zbrojenia:** Definiowany, Środek ciężkości zbrojenia a0 = 32 mm
- Klasa ekspozycji:** XC1
- Klasa konstrukcji:** S4
- Pręty podłużne:** 12
- Średnica prętów konstrukcyjnych:** 12
- Granica plastyczności stali:** 500 MPa
- Strzemiona:** cot(1-2), 2
- Granica plastyczności stali:** 500 MPa
- Średnica strzemion:** 6
- Ilość strzemion:** 2
- Ilość stref z różnym zbr. głównym:** 3
- Ilość stref z różnym zbr.:** 3
- Graniczna wart. szer. nysy prostopadłej:** 0.3 mm
- Graniczna wart. ugięcia (w stanie):** 250

W zakładce podane są parametry wymiarowania belki.

Środek ciężkości zbrojenia [mm] Określa odległość środka ciężkości zbrojenia przy krawędzi do najbliższej powierzchni betonu. $\{1.5 \cdot \Phi_g < 100\}$

Domyślnie jest wyliczana na podstawie klas ekspozycji i konstrukcji oraz średnicy prętów zbrojeniowych i strzemion. Zaznaczenia pola **Definiowany** pozwala na wpisanie własnej wartości

Klasa ekspozycji Lista określa środowisko pracy elementu

- X0
- XC1
- XC2/XC3
- XC4
- XD1/XS1
- XD2/XS2
- XD3/XS3

Klasa konstrukcji Parametr dotyczący projektowania z określoną niezawodnością. Klasy od S1 do S6

Pręty podłużne

Średnica prętów głównych [mm] Definiuje średnicę prętów wymaganych obliczeniowo $\{8-32\}$

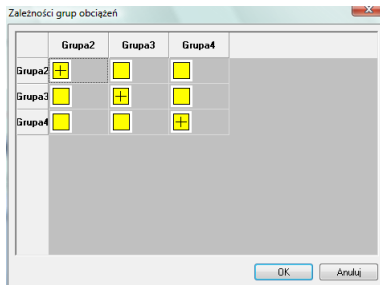
Średnica prętów konstrukcyjnych	[mm]	Definiuje średnicę prętów konstrukcyjnych również uwzględnianych w obliczeniach	{8-32}
Granica plastyczności stali	[MPa]	Określa charakterystyczną granicę plastyczności stali prętów podłużnych zarówno głównych jak i konstrukcyjnych	{190-600} EN dopuszcza {400-600}
Strzemiona			
cot(θ)		Definiuje nachylenie krzyżulców betonowych względem osi podłużnej elementu	{1-2}
Granica plastyczności stali	[MPa]	Określa charakterystyczną granicę plastyczności dla stali zbrojenia poprzecznego	{190-600} EN dopuszcza {400-600}
Średnica strzemion	[mm]	Definiuje średnicę prętów zbrojenia poprzecznego	{4-8}
Ilość cięć strzemion		Określa kształt zbrojenia na ścinanie (ile pojedynczych ramion strzemion będzie zastosowane w jednym przekroju)	{1-10}
Zbrojenie tylko w głównej części przekroju		Opcja rozmieszczania zbrojenia jedynie w części przekroju zdefiniowanej przez wysokość h i szerokość b	
Ilość stref z różnym zbrojeniem głównym		Określa liczbę jednakowych podziałów na długości elementu z jednakowym zbrojeniem podłużnym	{1-10}
Ilość stref z różnym zbrojeniem poprzecznym		Określa liczbę jednakowych podziałów na długości elementu z jednakowym zbrojeniem poprzecznym. Opcja „auto” powoduje podział na strefy o długości $L_s = L_{prześla}/H_{przekroju} * \cot \theta$	{1-10} i auto
Dobór zbrojenia ze względu na zarysowanie		Włączenie wymusza dozbrajanie elementu ze względu na przekroczenie rozwarcia rysy prostopadłych.	
Graniczna wartość szerokości rysy prostopadłej	[mm]	Określa dopuszczalną szerokość rozwarcia rysy prostopadłej w elemencie.	{ > 0}
Graniczne wartość ugięcia (w stanie zarysowanym)		Określa dopuszczalne ugięcie elementu z uwzględnieniem spadku sztywności na skutek zarysowania	{250-500}

Korzystając z zakładki można również włączyć lub wyłączyć opcję doboru zbrojenia głównego ze względu na nie przekroczenie szerokości rozwarcia rysy prostopadłych do osi elementu.

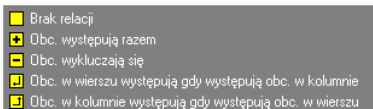
211.7.9. Kombinacje obciążeń



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

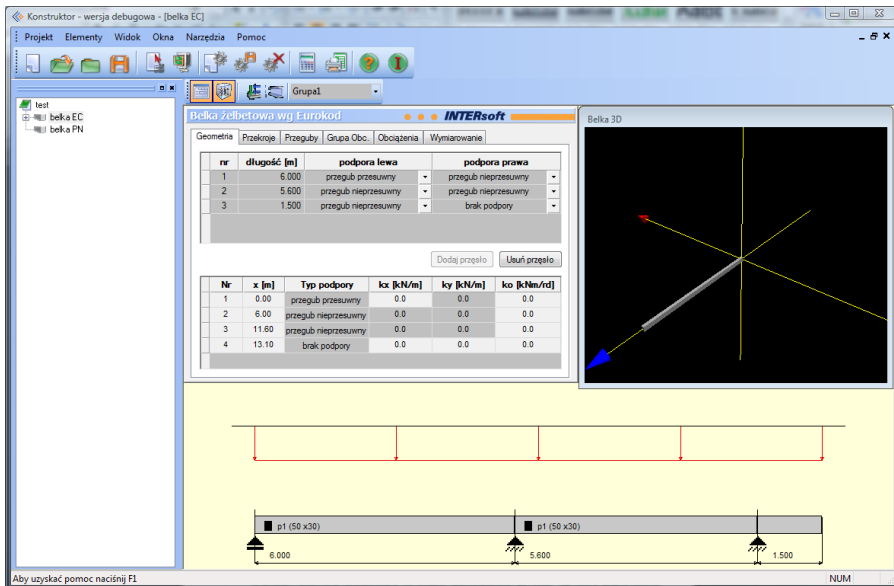


Po wprowadzeniu wszystkich obciążeń i grup obciążeń, program w wyniku obliczeń statycznych tworzy obwiednię M; T (momentów i sił tnących), przy czym domyślnie przyjmuje, że wszystkie obciążenia stałe występują zawsze, natomiast wszystkie obciążenia zmienne są niezależne od siebie. Chcąc zmienić relacje między grupami obciążeń zmiennych musimy wywołać okno dialogowe **Definicje zależności obciążeń** wciskając ikonkę **Zależności obciążeń (obwiednia)**. 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 (poprzez kliknięcie na). Program umożliwia wprowadzenie następujących relacji grup obciążenia zmiennego:




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

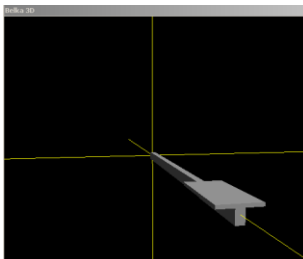
211.7.10. Pulpit graficzny programu



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.

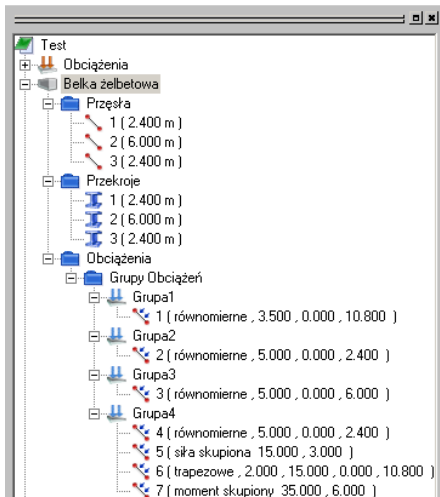
211.7.11. Okno 3D

Aby włączyć/wyłączyć okno widoku 3D należy wcisnąć przycisk , lub z menu **WIDOK** wybrać polecenie **Widok 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.

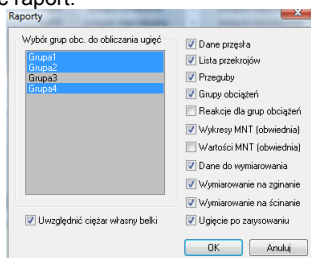
211.7.12. Drzewo projektu



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. W przypadku przekazywania danych do wymiarowania z modułu Rama 2D do programu Belka żelbetowa, okno wykorzystywane jest do przeciągania danych z wyników do wymiarowania w ramie dla określonego przęta do modułu wymiarującego belki.

211.7.13. Obliczenia belki

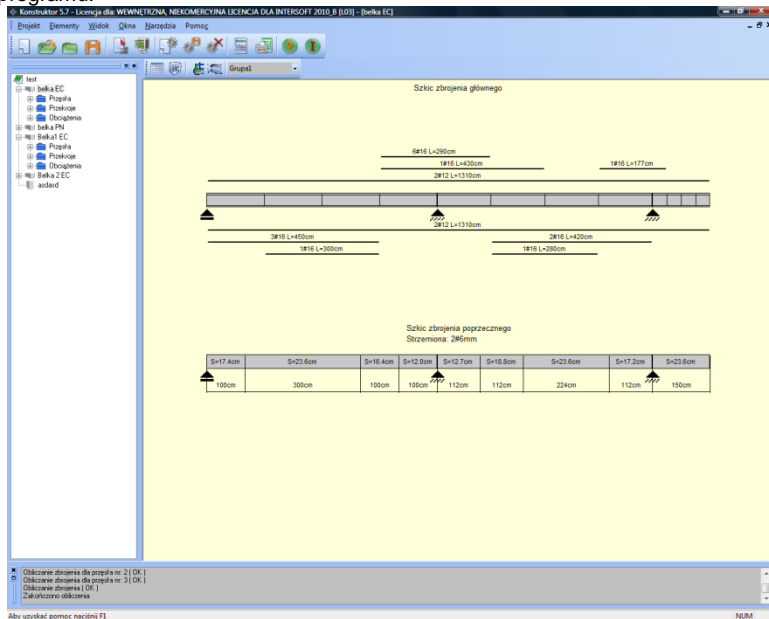
Po uruchomieniu obliczeń belki pojawia się zakładka **Raporty**, w której możemy zdecydować jakie dane i wyniki ma zawierać raport.



Zaznaczenie dowolnej z wyżej wymienionych opcji powoduje poszerzenie raportu o odpowiednie dane lub wyniki oraz czy program ma automatycznie uwzględniać w obliczeniach ciężar własny belki. 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 zarysowanym (program do liczenia ugięć bierze sumę obciążeń charakterystycznych z tych grup). Przy zaznaczeniu opcji **Uwzględnienie ciężaru własnego belki** przypadek ten jest automatycznie dodawany przy liczeniu ugięcia w stanie zarysowanym (gdy nie zaznaczymy innych grup program poda ugięcie tylko od ciężaru własnego).

211.8. Wyniki

Wyniki obliczeń statycznych i wymiarowania tworzone są w postaci plików raportu (format „html”) zlokalizowanych w katalogu projektu (podkatalog Raporty), które można przejrzeć w przeglądarce raportów. Dodatkowo szkice zbrojenia pokazane są w głównym oknie programu.



Wywołanie przeglądarki w górnym pasku narzędziowym następuje poprzez (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 żelbetowa**” można podzielić na trzy osobne i niezależne grupy:

- Dane dotyczące geometrii układu i obciążeń;
- dane dotyczące pręseł, 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 wymiarowania belki w postaci:

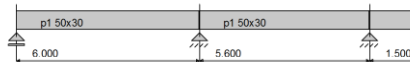
- parametry do wymiarowania belki.
- szkic zbrojenia podłużnego belki
- wielkości wyliczonego i przyjętego przekroju zbrojenia górnego i dolnego belki,
- przyjętej ilości prętów zbrojenia głównego i konstrukcyjnego górą i dołem belki,
- szacunkowego ciężaru przyjętego zbrojenia na zginanie,
- szerokości rozwarcia rys prostopadłych do osi elementu górą i dołem belki obliczanych od obciążeń charakterystycznych dla przyjętego przez program zbrojenia,
- szkic zbrojenia poprzecznego

- wielkości przyjętego zbrojenia na ścinanie (strzemion i prętów odgiętych) na odcinkach obliczeniowych i konstrukcyjnych,
- szacunkowego ciężaru zbrojenia na ścinanie,
- wielkości ugięcia belki w stanie zarysowanym liczone dla obciążeń charakterystycznych oraz dla określonej przez użytkownika kombinacji grup obciążeń,
- szkicu zbrojenia na zginanie i ścinanie dla poszczególnych przęseł (opcjonalnie).
- W tabelach wyników zbrojenia na zginanie, ścinanie i rys podawane są zawsze wielkości odpowiednich sił wewnętrznych (momentów, sił tnących i momentów charakterystycznych) dla których wyliczono zbrojenie lub rysy w danym przekroju belki.

211.9. Przykładowy raport

bez

Geometria układu



Lista przęseł

Nr.przęsła	Długość [m]	Podpora lewa	Podpora prawa
1	6.00	przegubowo przesuwna	przegubowo nieprzesuwna
2	5.60	przegubowo nieprzesuwna	przegubowo nieprzesuwna
3	1.50	przegubowo nieprzesuwna	brak

Lista przekrojów

Nr.przekroju	Nr.przęsła	Długość [m]	Typ
1	1	6.00	p1 50x30
2	2	5.60	p1 50x30
3	3	1.50	p1 50x30

Lista typów przekrojów

Nazwa	h [m]	b [m]	b _{eff1} [m]	b _{eff2} [m]	h _{f1} [m]	h _{f2} [m]
p1 50x30	0.50	0.00	0.30	1.00	0.00	0.00

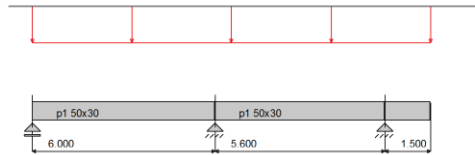
Lista podpór

Nr podpory	Nr Węzła	Kier. X	Kier. Y	Obrót	Sprężystość (kier.X) [kN/m]	Sprężystość (kier.Y) [kN/m]	Sprężystość (obrot) [kNm/rad]
1	1	-	sztynwe	sztynwe	-	0.00	-

211-Belka żelbetowa Eurokod PN-EN

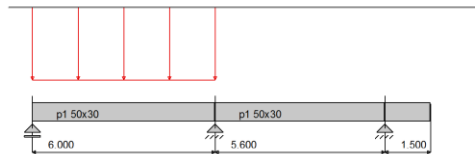
2	2	sztywne	sztywne	-	0.00	0.00	-
3	3	sztywne	sztywne	-	0.00	0.00	-

Lista obciążeń Grupa1

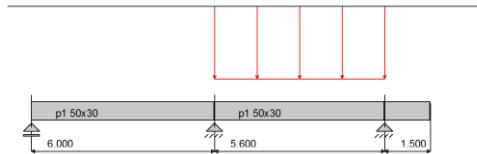


Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P ₁	P ₂	a [m]	b [m]
1		równomierne	10.00	-	0.00	13.10

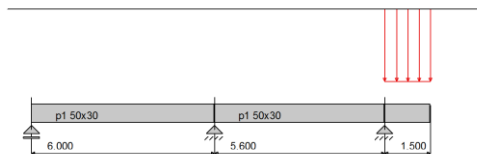
Lista obciążeń Grupa2



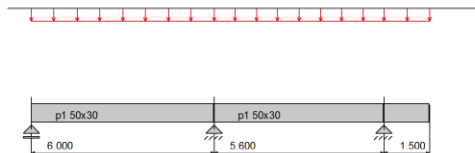
Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P ₁	P ₂	a [m]	b [m]
2	1	równomierne	20.00	-	0.00	6.00

Lista obciążeń Grupa3

Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P_1	P_2	a [m]	b [m]
3	2	równomierne	20.00	-	0.00	5.60

Lista obciążeń Grupa4

Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P_1	P_2	a [m]	b [m]
4	3	równomierne	20.00	-	0.00	1.50

Lista obciążeń Ciężar Własny

Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P ₁	P ₂	a [m]	b [m]
12		równomierne	3.75	-	0.00	3.00
13		równomierne	3.75	-	3.00	6.00
14		równomierne	3.75	-	6.00	8.80
15		równomierne	3.75	-	8.80	11.60
16		równomierne	3.75	-	11.60	12.35
17		równomierne	3.75	-	12.35	13.10

Reakcje - Grupa1

Nr Podpory	R _x [kN]	R _y [kN]	M _z [kNm]
1	0.00	23.42	0.00
2	0.00	69.62	0.00
3	0.00	37.96	0.00

Reakcje - Grupa2

Nr Podpory	R _x [kN]	R _y [kN]	M _z [kNm]
1	0.00	52.24	0.00
2	0.00	76.07	0.00
3	0.00	-8.31	0.00

Reakcje - Grupa3

Nr Podpory	R _x [kN]	R _y [kN]	M _z [kNm]
1	0.00	-6.31	0.00
2	0.00	69.07	0.00
3	0.00	49.24	0.00

Reakcje - Grupa4

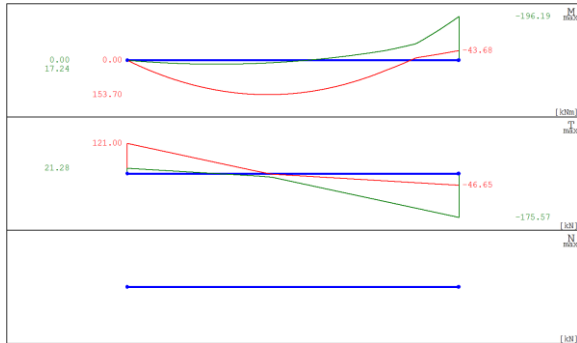
211-Belka żelbetowa Eurokod PN-EN

Nr Podpory	R _x [kN]	R _y [kN]	M _z [kNm]
1	0.00	0.91	0.00
2	0.00	-5.89	0.00
3	0.00	34.99	0.00

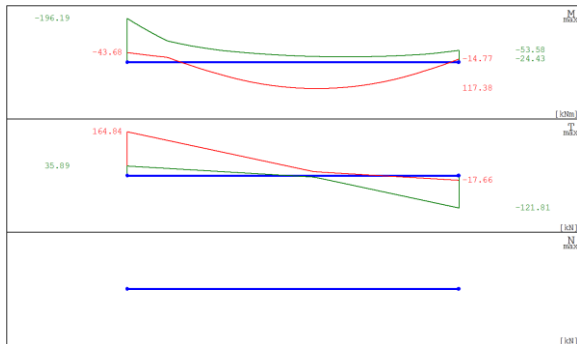
Reakcje - Ciężar Własny

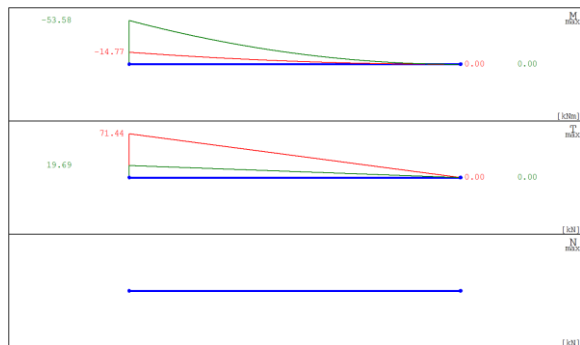
Nr Podpory	R _x [kN]	R _y [kN]	M _z [kNm]
1	0.00	8.78	0.00
2	0.00	26.11	0.00
3	0.00	14.23	0.00

Wykresy MNT dla przęsła nr 1



Wykresy MNT dla przęsła nr 2



Wykresy MNT dla przęsła nr 3**Dane do wymiarowania**

Klasa betonu

C25/30

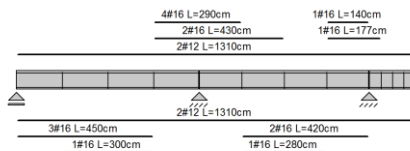
Parametry zbrojenia	
Środek ciężkości zbrojenia	$a_0=30$
Klasa ekspozycji	XC1
Klasa konstrukcji	S4

Pręty podłużne	
Średnica prętów głównych	16mm
Średnica prętów konstrukcyjnych	12mm
Granica plastyczności stali	500.00MPa

Parametry strzemion	
$\cot\theta$	2.00
Granica plastyczności stali	500.00
Średnica strzemion	6
Ilość cięć strzemion	2
Zbrojenie tylko w głównej części przekroju	TAK
Ilość stref z różnym zbrojeniem głównym	4
Ilość stref z różnym zbrojeniem poprzecznym	auto

Stan graniczny użytkowania	
Dobór zbrojenia ze względu na zarysowanie	NIE
Graniczna wartość szerokości rysy prostopadłej	0.30mm
Graniczna wartość ugięcia (w stanie zarysowanym)	L/250.00

Szkic zbrojenia głównego. Uwaga: Rysunek nie uwzględnia zakotwień i zakładów prętów.

**Wyniki dla stref zbrojenia głównego:****Strefa nr: 1**

Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.50	-127.92	0.00	3	6.03	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7
Z* [mm]	-220	-220	220	220	220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefy nr: 2, 3

Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.50	-153.70	-4.76	4	8.04	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Z* [mm]	-220	-220	220	220	220	220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	84	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefa nr: 4

Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.50	-62.28	196.19	6	12.06	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z* [mm]	-220	-220	220	220	-220	-220	-183	-220	-220	-220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-84	84	120	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Wyniki dla stref zbrojenia głównego:**Strefa nr: 1**

Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.40	-38.00	196.19	6	12.06	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z* [mm]	-220	-220	220	220	-220	-220	-183	-220	-220	-220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-84	84	120	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefa nr: 2

Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.40	-112.65	60.03	5	10.05	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z* [mm]	-220	-220	220	220	-220	-220	220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-48	48	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefa nr: 3



Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.40	-117.38	29.56	3	6.03	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7
Z* [mm]	-220	-220	220	220	220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-48	0.00	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefa nr: 4



Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
1.40	-93.56	53.58	4	8.04	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Z* [mm]	-220	-220	220	220	-220	-220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-48	48	-48	48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Wyniki dla stref zbrojenia głównego:

Strefa nr: 1



Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
0.38	8.31	53.58	1	2.01	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5
Z* [mm]	-220	-220	220	220	-220
Y* [mm]	-120	120	-120	120	-48

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Strefy nr: 2, 3, 4



Ls [m]	M _{max} [kNm]	M _{min} [kNm]	l _{pg}	A _{sg} [cm ²]	l _{pk}	A _{sk} [cm ²]
0.38	3.69	30.14	0	0.00	4	4.52

Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4
Z* [mm]	-220	-220	220	220
Y* [mm]	-120	120	-120	120

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Szkic zbrojenia poprzecznego

Strzemiiona: 2#6mm, rozstaw [cm], długość stref [cm]

17.2	23.6	16.3	11.8	12.6	18.7	23.6	17.1	23.6
100	300	100	100	112	112	224	112	150

Wyniki dla stref zbrojenia poprzecznego

Strefa nr:	Ls [m]	T [kN]	s [cm]	As [cm ² /m]
1	0.55	121.00	17.19	13.16
2, 3, 4	0.55	80.32	23.56	9.60
5	0.55	127.95	16.26	13.91
6	0.55	175.57	11.85	19.09

Wyniki dla stref zbrojenia poprzecznego

Strefa nr:	Ls [m]	T [kN]	s [cm]	As [cm ² /m]
1	0.51	164.84	12.62	17.93
2	0.51	111.50	18.65	12.13
3, 4	0.51	66.24	23.56	9.60
5	0.51	121.81	17.08	13.25

Wyniki dla stref zbrojenia poprzecznego

Strefa nr:	Ls [m]	T [kN]	s [cm]	As [cm ² /m]
1	0.14	71.44	23.56	9.60

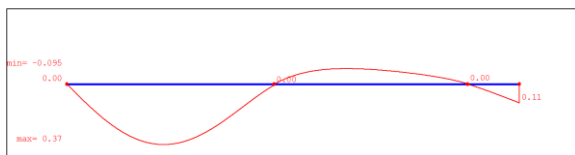
Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:

CiężarWłasny

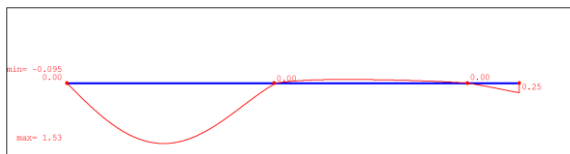
Grupa1

Grupa2

Grupa4

Ugięcie w stanie sprężystym**Tabela ugięć sprężystych belki**

Nr podpory	Przem. podpory y _{max} [cm]	Nr przęsła	Odległość x [m]	Ugięcie max y _{max} [cm]
Podpora nr 1	0.000	Przęsło nr 1	2.80	0.366
Podpora nr 2	0.000	Przęsło nr 2	2.05	-0.095
Podpora nr 3	0.000	Przęsło nr 3 (wspornik)	1.50	0.114

Ugięcie w stanie zarysowanym**Tabela ugięć rzeczywistych belki**

Nr podpory	Przem. podpory y_{max} [cm]	Nr przęsła	Odległość x [m]	Ugięcie max y_{max} [cm]
Podpora nr 1	0.000	Przęsło nr 1	2.80	1.534
Podpora nr 2	0.000	Przęsło nr 2	2.05	-0.095
Podpora nr 3	0.000	Przęsło nr 3 (wspornik)	1.50	0.247

x [m]	Nr strefy zginania	M_y [kNm]	$w_{ky}+w_{kz}$ [mm]	lp	E_d/R_d
1.50	1	-93.37	0.13	0	0.42
2.55	2	-112.19	0.11	0	0.38
3.00	3	-108.52	0.11	0	0.36
4.50	4	-45.46	0.42	0	1.42
6.00	4	143.21	0.15	0	0.50

x [m]	Nr strefy zginania	M_y [kNm]	$w_{ky}+w_{kz}$ [mm]	lp	E_d/R_d
0.00	1	143.21	0.15	0	0.50
1.40	2	43.82	0.10	0	0.33
2.80	2	-82.92	0.11	0	0.35
3.22	3	-85.68	0.11	0	0.38
4.20	4	-68.29	0.13	0	0.43
5.60	4	39.11	0.09	0	0.30

x [m]	Nr strefy zginania	M_y [kNm]	$w_{ky}+w_{kz}$ [mm]	lp	E_d/R_d
0.00	1	39.11	0.17	0	0.57