

S P I S T R E Ś C I

I. WPROWADZENIE	I-1
Przeznaczenie programu	I-2
Wymagania sprzętowe	I-3
Możliwości programu	I-3
Ograniczenia programu	I-6
Instalacja programu w komputerze	I-7
Stosowany układ jednostek	I-7
Znaczenie stosowanych w instrukcji terminów	I-8
Układ odniesienia oraz umowa znakowania	I-9
II. OPIS ELEMENTÓW MODELU KONSTRUKCJI PŁYTOWEJ	II-1
Obszar płytowy	II-1
Żebro	II-3
Słup	II-4
Ściana	II-5
Obciążenie	II-6
Obciążenie rozłożone na powierzchni	II-7
Obciążenie rozłożone liniowe (tzw. nóż)	II-7
Obciążenie skupione	II-8
Temperatura	II-8
III. ELEMENTY STEROWANIA FUNKCJAMI PROGRAMU	III-1
Menu główne	III-1
Okno robocze programu	III-21
Pasek skrótów	III-21
Paski narzędzi	III-24
Panel narzędzi trybów programu	III-28
IV. UŻYTKOWANIE PROGRAMU	IV-1
Wprowadzenie	IV-1
Ogólny schemat użytkowania programu	IV-1
Uruchomienie programu i ustawienia jego parametrów domyślnych	IV-2
Kreowanie modelu konstrukcji PŻS	IV-4
Ustawienia warunków kreowania	IV-4
Narzędzia kreowania obiektów modelu konstrukcji	IV-6
Kreowanie <i>obszarów płytowych</i>	IV-7
Kreowanie <i>żeber</i>	IV-8

Kreowanie <i>stupów</i>	IV-8
Kreowanie <i>ścian</i>	IV-8
Kreowanie <i>obciążeń</i>	IV-9

Generowanie siatki modelu MES IV-15

Prezentacja wyników analizy IV-16

Prezentacja wyników analizy w <i>obszarach płytowych</i>	IV-16
Prezentacja wyników analizy w <i>żebdach</i>	IV-18
Prezentacja wyników analizy w <i>stupach</i>	IV-18
Prezentacja wyników analizy w <i>ścianach</i>	IV-19

Wyznaczanie i projektowanie zbrojenia IV-19

Prezentacja zbrojenia teoretycznego (wymaganego)	IV-20
Projektowanie zbrojenia rzeczywistego	IV-21

Projektowanie stref przebiecia płyty IV-24

Sprawdzanie stanu granicznego użytkowania (SGU) IV-26

Sporządzanie dokumentów (wydruki) IV-27

Przykład "krok po kroku" IV-30

Wprowadzenie	IV-30
Krok 1 - Uruchomienie programu i ustawienia wstępne	IV-31
Krok 2 - Modelowanie konstrukcji stropu	IV-31
Krok 3 - Widok modelu konstrukcji stropu	IV-37
Krok 4 - Zadawanie obciążeń	IV-39
Krok 5 - Generowanie modelu obliczeniowego MES	IV-41
Krok 6 - Analiza statyczno-kinematyczna	IV-42
Krok 7 - Projektowanie zbrojenia dla SGN	IV-46
Krok 8 - Sprawdzenie stref przebiecia	IV-51
Krok 9 - SGU: Ugięcia i stan zarysowania	IV-53
Krok 10 - Sporządzenie dokumentu	IV-53

V. DODATEK V-1

Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002 V-1

Nośność graniczna przekroju belki	V-1
Nośność graniczna płyty	V-7
Stan granicznej użytkowalności płyty/żebra	V-10

Wymiarowanie wg PN-EN 1992-1-1:2005 V-16

Nośność graniczna przekroju belki	V-16
Nośność graniczna płyty	V-24
Stan granicznej użytkowalności płyty/żebra	V-30

Sprężyste podłoże – model Winklera V-36

I. WPROWADZENIE

Program komputerowy **PL-WIN2** jest unowocześnionym następcą - oferowanego przez Biuro Komputerowego Wspomagania Projektowania "CadSiS" od ponad ośmiu lat - programu PL-WIN do analizy statycznej i wymiarowania wg PN konstrukcji płytowo-żebrowo-słupowych stosowanych w budownictwie powszechnym i przemysłowym. Jego nowa edycja posiada zupełnie nowy i unowocześniony interfejs użytkownika oraz została rozszerzona o szereg nowych funkcji i opcji postulowanych przez użytkowników poprzedniej wersji tego programu, między innymi takich jak:

- ✓ operowanie elementami konstrukcyjnymi w miejsce elementów obliczeniowych z automatycznym kreowaniem modelu obliczeniowego konstrukcji,
- ✓ możliwość kreowania modelu obliczeniowego konstrukcji płytowej na podkładzie rysunku importowanego z pliku DXF sporządzonego za pomocą programu typu CAD (np. AutoCAD),
- ✓ możliwość eksportu geometrii modelu obliczeniowego w postaci pliku DXF, który może być bazą rysunku konstrukcyjnego obliczanej w programie konstrukcji,
- ✓ uwzględnianie w modelowaniu schematu obliczeniowego podparć i usztywnień ścianami,
- ✓ sprawdzanie warunków nośności na przebiecie w strefach podparcia płyty słupami,
- ✓ istotnie rozbudowana opcja kreowania zbrojenia rzeczywistego,
- ✓ ulepszony merytorycznie generator modelu MES,
- ✓ zwiększenie możliwości programu w zakresie ilościowym (liczba obszarów płytowych, otworów, żeber, słupów, siatek zbrojenia nie jest formalnie ograniczona, a wielkość zadania pod tym względem zależy od przydzielonej programowi przez system Windows pamięci wirtualnej),
- ✓ trójwymiarowa wizualizacja modelu konstrukcji płytowej oraz wyników obliczeń i wymiarowania.

Program komputerowy - o skrótowej nazwie **PL-WIN2** (PL-WIN wersja 2.x) - przeznaczony jest do użytkowania na komputerach klasy IBM-PC pod kontrolą systemu **Windows** począwszy od wersji NT.

Niniejsze opracowanie (instrukcja użytkownika) nie zawiera szczegółowych opisów toku postępowania odnośnie sterowania programem i operowania jego poszczególnymi opcjami, ponieważ szczegóły te dostępne są w pliku pomocy kontekstowej - dołączonym do programu - a dostępnym poprzez System Pomocy w środowisku Windows. Umożliwia on łatwy, wielofunkcyjny i kontekstowy dostęp do informacji podczas pracy z programem **PL-WIN2**.

Informacje podane w niniejszej instrukcji mają charakter ogólny i mają na celu zapoznanie użytkownika z głównymi właściwościami programu, a dotyczących:

- przeznaczenia programu
- wymagań odnośnie sprzętu komputerowego
- możliwości programu
- ograniczeń ilościowych i merytorycznych
- instalacji programu w komputerze
- układu jednostek
- opisu elementów modelu konstrukcji płytowej-żebrowo-słupowej
- zasad użytkowania programu
- podstaw teoretycznych algorytmów obliczeniowych
- sporządzania wydruków
- przykładów

U W A G I

- Program PL-WIN jest chroniony przed nieuprawnionym kopiowaniem i użytkowaniem za pomocą specjalnego klucza elektronicznego (ang. hardlock) dostarczanego przez autorów wraz z programem.
- Do zabezpieczenia programu stosowane są dwa typy kluczy elektronicznych: typu HASP (LPT) - który powinien być podłączony do dowolnego portu równoległego typu LPT, do którego z reguły podłączona jest drukarka oraz typu HASP (USB) - który powinien być podłączony do dowolnego portu tzw. uniwersalnej magistrali szeregowej USB. Jeśli komputer wyposażony jest w dodatkowe porty równoległe LPT lub szeregowe USB, to zaleca się podłączenie go do jednego z tych portów.
- Jeśli program RM-WIN jest zabezpieczony kluczem HASP (LPT), a inne programy posiadane przez użytkownika wymagają również obecności kluczy elektronicznych w porcie LPT, to klucz dla programu RM-WIN należy połączyć z innymi w szereg.
- Przed podłączaniem lub odłączaniem klucza typu HASP (LPT) należy bezwzględnie wyłączyć zasilanie komputera. Nie jest to wymagane w przypadku klucza typu HASP (USB).
- Dla prawidłowego działania programu RM-WIN konieczna jest stała obecność klucza w komputerze.
- Dostarczony klucz jest niepowtarzalnym układem elektronicznym i należy go chronić przed utratą.

Przeznaczenie programu

PL-WIN2 przeznaczony jest do wspomagania projektowania w zakresie analizy statycznej, kinematycznej i wytrzymałościowej konstrukcji płytowych o dowolnym schemacie statycznym, którego elementami konstrukcyjnymi mogą być:

- ✓ obszary płytowe o dowolnym kształcie konturu i właściwościach materiałowych
- ✓ żebra monolitycznie łączone z obszarami płytowymi

- ✓ słupy podpierające obszary płytowe
- ✓ ściany podpierające obszary płytowe

Ze względu na:

- ⇒ prostotę jego użytkowania w środowisku Windows,
- ⇒ graficzną wizualizację danych i wyników obliczeń,
- ⇒ dużą szybkość wykonywania procedur obliczeniowych,
- ⇒ swobodę tworzenia dokumentacji graficzno-tabelarycznej,
- ⇒ automatyzację większości operacji ekranowych,
- ⇒ pełną ochronę przed dokonywaniem merytorycznie lub logicznie niewłaściwych operacji,

stanowi sprawne, merytorycznie zaawansowane i efektywne narzędzie warsztatu pracy projektanta konstrukcji w zakresie budownictwa ogólnego i przemysłowego.

Wymagania sprzętowe

Program **PL-WIN2** nie wymaga wyposażenia sprzętowego wykraczającego poza wymagania stawiane przez system Windows i może być użytkowany na każdym komputerze typu IBM-PC, który pozwala na poprawne funkcjonowanie systemu Windows w wersjach począwszy od NT.

Dla osiągnięcia zadowalających efektów zalecana jest następująca konfiguracja:

- ✓ procesor PENTIUM z taktowaniem powyżej 1MHz
- ✓ 512 MB pamięci operacyjnej RAM lub więcej
- ✓ karta graficzna obsługująca standard OpenGL (najlepiej z własnym procesorem graficznym)
- ✓ mysz dwuprzyciskowa z rolką przewijania
- ✓ 10 MB wolnego miejsca na dysku sztywnym
- ✓ polskojęzyczny system Microsoft Windows w wersji od NT wzwyż.

Możliwości programu

... w zakresie kształtowania geometrii konstrukcji:

- ✓ kreowanie płyty jako dowolnego zbioru obszarów płytowych, które mogą tworzyć zarówno obszar jednospójny jak i wielospójny (z otworami lub wycięciami),
- ✓ kreowanie modelu konstrukcji na podkładzie rysunku importowanego z pliku w formacie DXF utworzonego w programie typu CAD, np. AutoCAD,
- ✓ generowanie dowolnych kształtów konturów poszczególnych obszarów płytowych za pomocą prostych elementów geometrycznych tj. odcinek prosty, odcinek łukowy, prostokąt, okrąg, z możliwością swobodnego scalania i separowania tych form geometrycznych,
- ✓ dzielenie obszarów płytowych na podobszary, które mają być zróżnicowane pod względem grubości lub właściwości materiałowych,
- ✓ deklarowanie dowolnie rozmieszczonych żeber (podciągów), zarówno jako belek prostych jak i zakrzywionych. W szczególności - w przypadku braku obszarów płytowych - możliwa jest analiza modelu konstrukcji jako ustroju

rusztowego, a więc składającego się tylko z elementów belkowych (żeber, podciągów),

- ✓ deklarowanie dowolnie usytuowanych podparć punktowych (przegubowych oraz w postaci słupów o przekroju prostokątnym lub kołowym, sztywno połączonych z płytą) i liniowych w postaci ścian lub podparć idealizowanych (niepodatnych),
- ✓ swobodne dokonywanie korekty położenia punktów charakterystycznych konturów poszczególnych obszarów płytowych oraz sytuowania podparć.

... w zakresie obciążeń:

- ✓ różne rodzaje obciążeń: **powierzchniowe** – działające na wybrany obszar płytowy, **powierzchniowe** - działające na obszarze dowolnego czworokąta, **liniowe** (nożowe) - o stałej wartości i działające wzdłuż dowolnie usytuowanego na modelu konstrukcji odcinka prostego lub łukowego, **punktowe** (skupione),
- ✓ automatyczne uwzględnianie ciężaru własnego elementów konstrukcji jako odrębnego schematu obciążeń wyznaczanego przez program na podstawie zadeklarowanych przekrojów poprzecznych obszarów płytowych i żeber oraz przypisanych tym elementom rodzajów materiałów,
- ✓ grupowanie poszczególnych obciążeń w merytorycznie odrębne schematy obciążeń dla potrzeb tworzenia ich dowolnych kombinacji,
- ✓ ręczne, automatyczne i półautomatyczne generowanie kombinacji obciążeń,
- ✓ deklarowanie wzajemnych relacji pomiędzy grupami obciążeń w celu wyeliminowania nierealistycznych kombinacji grup obciążeń podczas automatycznego generowania kombinacji,
- ✓ deklarowanie normowych cech poszczególnych grup obciążeń, pozwalające na generowanie kombinacji spełniających wymagania norm obciążeniowych,
- ✓ łatwe modyfikowanie obciążeń za pomocą operacji ekranowych przy użyciu prostych specjalnych uchwytów graficznych,
- ✓ operowanie tzw. **listy obciążeń**, polegające na:
 - zmianie wartości i położenia poszczególnych obciążeń
 - przenoszeniu obciążeń do innych grup
 - usuwanie lub dodawanie nowych obciążeń,

... w zakresie analizy statyczno-kinematycznej:

- ✓ automatyczna generacja siatki elementów skończonych na podstawie zadeklarowanego schematu statycznego konstrukcji płytowej oraz określanego przez użytkownika parametru gęstości generowania z możliwością automatycznego zagęszczania w określonych obszarach i w otoczeniu podparć słupami,
- ✓ wyznaczanie stanu przemieszczeń w modelu konstrukcji płytowej oraz jego wizualizacja w postaci liczbowej, w formie tzw. izolinii, wykresów trójwymiarowych lub wzdłuż - wskazanych przez użytkownika - przekrojów,
- ✓ wyznaczanie stanu sił przekrojowych (momenty zginające M_x , M_y i skręcające M_{xy} oraz przedstawianie ich zarówno w postaci liczbowej, w formie tzw. izolinii, w postaci trójwymiarowych wykresów lub jako wykresów wzdłuż wskazanych przez użytkownika przekrojów,

- ✓ wyznaczanie sił przekrojowych w żebrach,
- ✓ wyznaczanie sił reakcji podpór, zarówno punktowych jak i liniowych.

... w zakresie wymiarowania ustrojów żelbetowych:

- ✓ wyznaczanie wielkości zbrojenia wymaganego wraz z wizualizacją w postaci liczbowej, w formie tzw. izolinii lub wzdłuż - wskazanych przez użytkownika – przekrojów w płycie,
- ✓ deklarowanie zbrojenia siatkami prostokątnymi z automatycznym przycinaniem do obszarów płytowych i określaniem rozstawu wkładek przy zadanej ich średnicy,
- ✓ wyznaczanie wielkości zbrojenia wymaganego (teoretycznego) w żebrach zadeklarowanych jako żelbetowe,
- ✓ wyznaczanie stanu granicznego użytkowania (ugięć) w stanie zarysowania wg PN-B-03264:2002 i PN-EN 1992:2005 zarówno w obszarach płytowych jak i żebrach,
- ✓ wyznaczanie stanu zarysowania wg PN-B-03264:2002 i PN-EN 1992:2005 zarówno w obszarach płytowych z uwzględnieniem zbrojenia rzeczywistego oraz w żebrach dla zbrojenia wymaganego (teoretycznego),
- ✓ sprawdzanie warunków nośności płyty na przebiecie słupami wg PN-B-03264:2002 i PN-EN 1992:2005.

... w zakresie tworzenia dokumentacji zadania:

- ✓ generowanie dokumentu w formie tabelaryczno-graficznej z podziałem na blok danych i blok wyników z możliwością swobodnego wyboru zawartości wydruku oraz eksportu do schowka lub bezpośrednio do edytora MS Word,
- ✓ kopiowanie do schowka zawartości aktywnego okna roboczego dowolnej opcji programu,
- ✓ eksport rysunku do pliku w formacie DXF dowolnie wyselekcjonowanej listy obiektów modelu konstrukcji.

... w zakresie użytkowym:

- ✓ pełna swoboda korzystania z poszczególnych opcji i funkcji programu w trybie interakcyjnym przy jednoczesnej jego ochronie przed próbami wykonywania operacji merytorycznie nielogicznych lub wykraczających poza zakres stosowalności programu,
- ✓ graficzna wizualizacja 2D i 3D wszelkich danych i wyników obliczeń w postaci konwencjonalnych wykresów wybranych wielkości z możliwością określania niektórych parametrów wyświetlania przez użytkownika,
- ✓ możliwość korzystania ze standardowej funkcji „Pomocy” na zasadach oferowanych przez system Windows,
- ✓ zapis zadania i jego odczyt ze wskazanego przez użytkownika katalogu dyskowego.

Ograniczenia programu

Program PL-WIN2 został opracowany z myślą o jego użytkowaniu na komputerach o minimalnej konfiguracji dla jakiej możliwe jest prawidłowe działanie zainstalowanego systemu Windows oraz przy założeniu, że operacje obliczeniowe wykonywane są na danych ulokowanych w pamięci operacyjnej RAM.

Program nie ma formalnych ograniczeń ilościowych odnoszących się do liczby obszarów płytowych, żeber, słupów, siatek zbrojenia obciążeń i innych obiektów modelu konstrukcji. Nie oznacza to, że wielkości te są nieograniczone w ogóle, bowiem wynikają one o ograniczenia pamięci przydzielonej programowi przez system, która wynosi 2GB, włączając w to pamięć zajmowaną przez sam program.

W przypadku zadań (projektów) o dużej liczbie elementów modelu konstrukcji może się zdarzyć, że system zgłosi komunikat o wyczerpaniu pamięci wirtualnej przez program. Wówczas jedynym wyjściem dla dokonania analizy konstrukcji jest podział jej modelu na odrębne zadania.

... w zakresie merytorycznym:

- ✓ płaszczyzny środkowe wszystkich **obszarów płytowych** mogą być usytuowane na różnych poziomach, ale są do siebie równoległe,
- ✓ osie **słupów** modelu konstrukcji są prostopadłe do podpieranych **obszarów płytowych** i mogą być z nią połączone sztywno lub przegubowo,
- ✓ przekroje **słupów** mogą mieć kształt prostokątny lub kołowy (pełny lub rurowy),
- ✓ przekroje **żeber** mają kształt prostokątny odpowiednio o wymiarach H (wysokość - mierzona prostopadłe do płaszczyzny środkowej **obszaru płytowego**, z którym **żebro** jest połączone) i B (szerokość) i są stałe na całej długości **żebra**,
- ✓ osie poszczególnych **żeber** mogą być dowolnie sytuowane względem **obszarów płytowych**, z którymi są połączone, a położenie to jest uwzględniane przy wyznaczaniu efektywnej sztywności **żebra** i współpracującej części płyty w modelu obliczeniowym konstrukcji,
- ✓ niezależnie od położenia osi **żebra** względem powierzchni środkowych **obszarów płytowych** - w obrębie których się ono znajduje - w obliczeniach traktowane jest ono jako w pełni zespolone z tymi **obszarami płytowymi**,
- ✓ **ściany** modelu konstrukcji są prostopadłe do **obszarów płytowych** i mogą być z nimi połączone sztywno lub przegubowo (zawiasowo), a podatność **ścian** jest uwzględniana w obliczeniach zarówno na zginanie (w przypadku połączenia sztywnego) jak i na ściskanie/rozciąganie,
- ✓ wszystkie **obciążenia** mechaniczne działają prostopadłe do płaszczyzny obszarów płytowych,
- ✓ rozkład obciążenia temperaturą w obrębie obszaru płytowego jest stały, a w kierunku prostopadłym do tego obszaru - zmienny liniowo (asymetrycznie względem płaszczyzny środkowej płyty).

Instalacja programu w komputerze

Program PL-WIN2 dostarczany jest na nośniku CD, który zawiera pliki aplikacji oraz program instalacyjny o nazwie **setup.exe**, uruchamiany w środowisku Windows.

Uruchamianie instalatora programu z płyty CD może odbywać się automatycznie - pod warunkiem włączonej opcji "autostart" systemu Windows - lub poprzez uruchomienie z płyty programu instalacyjnego **setup.exe** za pomocą menu **Start/Uruchom** lub z poziomu eksploratora systemu Windows.

System Windows pozwala na przypisanie innej ikony, co pozostaje w gestii użytkownika programu.



PL_WIN

Ikona aplikacji PL-WIN2

Po dokonaniu instalacji katalog główny powinien zawierać:

PROJEKTY	folder dyskowy do archiwizowania plików projektów (zadań),
ARKUSZE	folder dyskowy tzw. arkuszy, czyli plików w formacie RTF, stanowiących wzorce do generowania dokumentów w opcji wydruku programu PL-WIN2,
SHP	folder dyskowy plików czcionek używanych w opisach tekstowych generowanych w widoku modelu konstrukcji w głównym oknie roboczym programu,
pl_win.exe	plik wykonawczy programu PL-WIN2,
pl_win.chm	plik pomocy kontekstowej programu PL-WIN2,

Stosowany układ jednostek

Dla wszystkich wprowadzanych wielkości liczbowych przyjęto następujący, bazowy układ jednostek:

- *wymiar geometryczny* [m],[mm]
- *kąt* [stopnie]
- *obciążenie* [kN], [kN/m], [kN/m²]
- *moment* [kNm]
- *temperatura* [°C]

W podanych wyżej jednostkach zapamiętywane są wszystkie dane określające model konstrukcji płytowej.

Znaczenie stosowanych w instrukcji terminów

Model konstrukcji płytowo-żebrowo-słupowej (w skrócie PŻS) - zbiór elementów konstrukcyjnych kreowane przez użytkownika w trakcie definiowania konstrukcji i wizualizowane w postaci obiektów trójwymiarowych.

Model obliczeniowy (schemat statyczny) konstrukcji - zbiór modeli obliczeniowych poszczególnych elementów konstrukcyjnych stanowiący schemat statyczny konstrukcji na który składają się: dwuwymiarowy model płyty cienkiej, jednowymiarowy model pręta prostego lub zakrzywionego, jednowymiarowe podpory liniowe i bezwymiarowe podpory punktowe.

Model dyskretny (model numeryczny MES) - zbiór elementów skończonych oraz zbiór parametrów węzłowych, którym przypisane są właściwe funkcje bazowe; do każdego węzła modelu przypisany jest wektor parametrów węzłowych o współrzędnych, których interpretacją są: przemieszczenie pionowe w kierunku osi z i kąty obrotu wokół osi x i y .

Globalny układ współrzędnych (GUW) - ustalony i niezmienny, prawoskrętny, kartezjański układ współrzędnych $\{X, Y, Z\}$.

Lokalny układ współrzędnych (LUW) - tymczasowy, prawoskrętny, kartezjański układ współrzędnych pozycjonowany względem globalnego układu współrzędnych w trakcie kreacji modelu konstrukcji.

Płaszczyzna bazowa - płaszczyzna odniesienia względem której określa się położenie pionowe obszarów płytowych i żeber o równaniu w globalnym układzie współrzędnych: $z = 0$,

Obszar płytowy (płyta) - element konstrukcyjny powierzchniowy płaski o stałej grubości i jednorodnych własnościach mechanicznych, którego powierzchnia środkowa jest równoległa do płaszczyzny bazowej; powierzchnia środkowa jest ograniczona zbiorem odcinków prostych i/lub kołowych.

Modelem obliczeniowym jest płyta cienka typu Kirchhoffa liniowo sprężysta. Modelem dyskretnym jest zbiór elementów skończonych płaskich o kształcie czworokąta lub trójkąta.

Żebro - element konstrukcyjny o stałym przekroju prostokątnym i jednorodnych własnościach mechanicznych, którego oś jest zbiorem odcinków prostych i/lub łuków kołowych jest równoległa do płaszczyzny bazowej; terminem *żebro* określa się wszystkie elementy konstrukcyjne o właściwych proporcjach wymiarów, które w zależności od typu konstrukcji inżynierskiej zwykle określa się jako żebro, podciąg, belkę (np. belkę rusztu) lub ławę fundamentową.

Modelem obliczeniowym tego elementu jest pręt cienki liniowo sprężysty o osi pokrywającej się z osią żebra; jeżeli oś pręta zawiera się w obszarze płyty to zakłada się, że pręt będący modelem żebra jest sztywno połączony z płytą niezależnie od wzajemnego pionowego położenia.

Modelem dyskretnym tego elementu jest zbiór elementów skończonych prostoliniowych 3-ciego stopnia,

Ściana - element konstrukcyjny o stałej szerokości i wysokości której płaszczyzna środkowa jest prostopadła do powierzchni bazowej; oś ściany jest zbiorem odcinków prostych i/lub łuków kołowych.

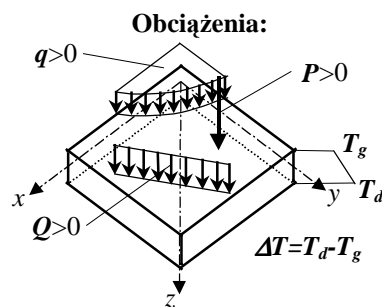
Modelem obliczeniowym tego elementu jest liniowa sprężysta podpora typu Winklera wzdłuż osi ściany; jeżeli oś ściany zawiera się w obszarze płyty to zakłada się, że na osi ściany płyta jest podparta, przy czym rodzaj podparcia zależy od przyjętych parametrów ściany; jeżeli oś ściany przecina oś żebra to wówczas przyjmuje się, że ściana stanowi podporę punktową żebra, której sztywność jest wyznaczana jako suma sztywności liniowej ściany zebranej z efektywnej szerokości podparcia żebra.

Słup - element konstrukcyjny o stałym przekroju prostokątnym lub kołowym i wysokości którego oś jest prostopadła do płaszczyzny bazowej.

Modelem obliczeniowym tego elementu jest punktowa sprężysta podpora typu Winklera; jeżeli słup zawiera się w obszarze płyty lub żebra to zakłada się, że na osi słupa płyta lub żebro jest podparte, przy czym rodzaj podparcia zależy od przyjętych parametrów słupa.

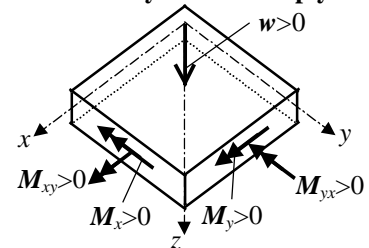
Modelem dyskretnym tego elementu jest bezwymiarowy, punktowy element skończony,

Układ odniesienia oraz umowa znakowania



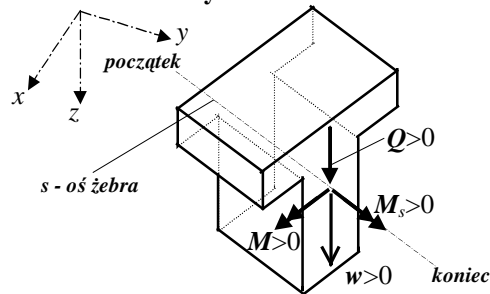
- P - siła skupiona,
 Q - obciążenie rozłożone wzdłuż linii,
 q - obciążenie rozłożone na powierzchni,
 ΔT - różnica temperatury na powierzchniach.

Wielkości wyznaczone w płycie:



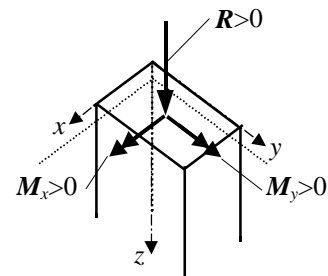
- M_x, M_y - momenty zginające,
 M_{xy}, M_{yx} - momenty skręcające,
 w - ugięcia.

Wielkości wyznaczone w żebdach:



- M - moment zginający,
 M_s - moment skręcający,
 Q - siła poprzeczna,
 w - ugięcie osi żebra.

Oddziaływania płyty na słup:



- M_x, M_y - momenty zginające,
 R - nacisk płyty na słup.

Położenie wszystkich elementów modelu obliczeniowego konstrukcji (płyta, żebra, słupy, ściany, obciążenia) oraz sposób znakowania wielkości (ugięcia, siły wewnętrzne, reakcje) są ściśle związane z przyjętym globalnym, prostokątnym układem współrzędnych (GUW), którego osie są widoczne na ekranie monitora we wszystkich opcjach związanych z kreowaniem modelu konstrukcji.

Powyższe rysunki określają przyjętą umowę znakowania wielkości statycznych i kinematycznych.

II. OPIS ELEMENTÓW MODELU KONSTRUKCJI PŁYTOWEJ

Modelowanie rzeczywistej konstrukcji płytowo-żebrowo-słupowej (w skrócie **PŻS**) podlega w programie PL-WIN2 pewnym ogólnym zasadom, których znajomość jest niezbędna dla poprawnego kreowania zadania (projektu) oraz analizy statycznej i wymiarowania tej konstrukcji.

Przy opracowaniu programu włożono wiele wysiłku, aby model obliczeniowy konstrukcji PŻS w maksymalnym stopniu odzwierciedlał warunki pracy statycznej i kinematycznej rzeczywistej konstrukcji, oczywiście w ramach założeń liniowo-sprężystej teorii płyt cienkich.

Idea realizacyjna programu polega na tym, że w kreowaniu cyfrowego modelu konstrukcji operuje się elementami konstrukcyjnymi, a nie elementami schematu statycznego (obliczeniowego). Schemat statyczny (obliczeniowy) konstrukcji PŻS jest generowany automatycznie przez program.

Elementami modelu konstrukcji PŻS są:

- **obszar płytowy**
- **żebro**
- **słup**
- **ściana (podpora liniowa)**
- **obciążenie**
- **obszar zbrojenia**

Obszar płytowy

Jest płaskim elementem konstrukcji charakteryzujący się kształtem geometrycznym oraz grubością. Kształt geometryczny *obszaru płytowego* jest określony zamkniętym konturem składającym się z odcinków prostych i łukowych. Zakłada się, że wszystkie jego właściwości (grubość, materiał, położenie, parametry wymiarowania zbrojenia, sztywność podłoża sprężystego oraz ewentualne zadane sztywności płytowe) są jednakowe w całym jego obszarze. Powierzchnie środkowe poszczególnych obszarów płytowych mogą być różnie położone względem płaszczyzny kreowania modelu konstrukcji, czyli tzw. *płaszczyzny bazowej*.

Właściwości *obszaru płytowego*:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Obszar płytowy			
grubość	H	[mm]	
położenie	poziom	[m]	Określa położenie powierzchni środkowej <i>obszaru płytowego</i> względem tzw. <i>płaszczyzny bazowej</i> modelu konstrukcji PŻS.
wyrównanie powierzchni środkowej	<ul style="list-style-type: none"> • górnej powierzchni • osi obojętnej • dolnej powierzchni 		Parametr ułatwiający pozycjonowanie <i>obszaru płytowego</i> względem <i>płaszczyzny bazowej</i> , czyli automatyczne pokrywanie płaszczyzny górnej, dolnej lub środkowej <i>obszaru płytowego</i> z <i>płaszczyzną bazową</i> .
Materiał	Bxx (dla PN-B-		Określa klasę betonu przypisanego do ob-

	03264:2002) Cxx/xx (dla PN-EN 1992:2005)		szaru płytowego, na podstawie którego wyznaczane są jego sztywności w modelu obliczeniowym. Właściwości mechaniczne materiału są zakodowane w programie odpowiednio wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005.
Zadana sztywność	Dx, Dy, Dxy, Gxy	[kNm]	Wielkości liczbowe sztywności obszaru płytowego zadawane bezpośrednio w przypadku nietypowego materiału lub anizotropii obszaru płytowego.
podłoże	k	[kN/m ³]	Wielkość liczbową określającą sztywność podłoża, na którym leży obszar płytowy (np. podłoże gruntowe fundamentu płytowego). Wartość zerowa oznacza brak podłoża.
Zbrojenie			
Średnica zbrojenia górnego	D _g	[mm]	
Grubość otuliny zbr. górnego	c _g	[mm]	
Odstęp między wkładkami zbr. górnego	Δc _{g1-2}	[mm]	Jest to odległość w świetle wkładek kierunku "2" od wkładek kierunku "1" siatki zbrojenia górnego. Domyślnie wartość ta wynosi "0", co oznacza, że wkładki obu kierunków stykają się ze sobą.
Średnica zbrojenia dolnego	D _d	[mm]	
Grubość otuliny zbrojenia dolnego	c _d	[mm]	
Odstęp między wkładkami zbr. dolnego	Δc _{d1-2}	[mm]	Jest to odległość w świetle wkładek kierunku "2" od wkładek kierunku "1" siatki zbrojenia dolnego. Domyślnie wartość ta wynosi "0", co oznacza, że wkładki obu kierunków stykają się ze sobą.
Klasa stali zbrojenia	A-xxx		
Kierunek uprzywilejowany	<ul style="list-style-type: none"> • 1 • 2 		Wskazuje kierunek (1 lub 2), wzdłuż którego wkładki zbrojenia siatkami są usytuowane bliżej powierzchni (górnej lub dolnej) bryły obszaru płytowego.
Kąt orientacji siatki zbrojenia	fi	stopnie	Kąt obrócenia kierunku 1 ortogonalnej siatki zbrojenia względem osi x.
Wilgotność	RH	[%]	Wilgotność betonu płyty - parametr reologiczny dla obliczeń SGU.
Czas przyłożenia obciążenia	t ₀₋₂₈	[dzień]	Czas, po którym następuje obciążenie płyty od momentu jej betonowania - parametr reologiczny dla obliczeń SGU.

Żebro

Jest elementem konstrukcji charakteryzujący się przekrojem poprzecznym w kształcie prostokąta, o osi dowolnie usytuowanej na płaszczyźnie równoległej do *płaszczyzny bazowej* modelu konstrukcji PŻS. Zakłada się przy tym, że na odcinkach żebra leżących w obrębie obszarów płytowych żebro jest powiązane z każdym *obszarem płytowym* w sposób sztywny tak, że ma miejsce całkowite zespolenie płyty i żebra. Oś żebra może być usytuowana w dowolnej odległości względem płaszczyzny środkowej obszaru płytowego, a usytuowanie to ma wpływ na sztywność żebra przy generowaniu modelu obliczeniowego.

Właściwości żebra:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Przekrój			
wysokość przekroju	H	[mm]	Całkowita wysokość przekroju żebra. Niezależnie od tego czy bryła żebra styka się z bryłą <i>obszarów płytowych</i> - to żebro jest traktowane jako całkowicie zespolone z tymi <i>obszarami płytowymi</i> .
szerokość przekroju	B	[mm]	
położenie	poziom	[m]	Określa położenie osi <i>żebra</i> względem tzw. <i>płaszczyzny bazowej</i> modelu konstrukcji PŻS.
pozycjonowanie żebra	<ul style="list-style-type: none"> • górnej powierzchni • osi obojętnej • dolnej powierzchni 		Parametr ułatwiający pozycjonowanie <i>żebra</i> względem <i>płaszczyzny bazowej</i> , czyli automatyczne pokrywanie górnej krawędzi, dolnej lub osi <i>żebra</i> z <i>płaszczyzną bazową</i> .
Materiał	Bxx (dla PN-B-03264:2002) Cxx/xx (dla PN-EN 1992:2005)		Określa klasę betonu przypisanego do <i>żebra</i> , na podstawie którego wyznaczane są jego sztywności w modelu obliczeniowym. Właściwości mechaniczne materiału są zakodowane w programie odpowiednio wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005.
Szerokość współpracująca płyty	b,eff	[m]	Efektywna szerokość współpracująca <i>obszaru płytowego</i> , z którym <i>żebro</i> jest połączone. Wielkość ta jest brana pod uwagę przy wyznaczaniu zbrojenia teoretycznego w <i>żebrze</i> w trakcie jego wymiarowania jako elementu żelbetowego.
Zadana sztywność	EJ - sztywność na zginanie GKs - sztywność na skręcanie	[kNm ²]	Wielkości liczbowe sztywności żebra zadawane bezpośrednio w przypadku materiału innego niż beton.
podłoże	k	[kN/m ²]	Wielkość liczbową określającą sztywność podłoża, na którym leży żebro (np. podłoże gruntowe ławy fundamentowej). Wartość

			zerowa oznacza brak podłoża.
Zbrojenie			
Średnica zbr. górnego	D_g	[mm]	
Otulina zbr. górnego	c_g	[mm]	Otulinie zbrojenia górnego na kierunku uprzywilejowanym.
Rozsuniecie wkładek zbrojenia górnego	Δc_{g1-2}	[mm]	Rozsuniecie wkładek zbrojenia górnego na kierunku nieuprzywilejowanym względem wkładek zbrojenia na kierunku uprzywilejowanym.
Średnica zbr. dolnego	D_d	[mm]	
Otulina zbr. dolnego	c_d	[mm]	Otulinie zbrojenia dolnego na kierunku uprzywilejowanym.
Rozsuniecie wkładek zbrojenia dolnego	Δc_{d1-2}	[mm]	Rozsuniecie wkładek zbrojenia dolnego na kierunku nieuprzywilejowanym względem wkładek zbrojenia na kierunku uprzywilejowanym.
Klasa stali	A-xxx		Oznaczenie klasy stali wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005
Wilgotność betonu	RH	[%]	Wilgotność betonu żebra - parametr reologiczny dla obliczeń SGU.
Czas przyłożenia obciążenia	t_{0-28}	[dzień]	Czas, po którym następuje obciążenie żebra od momentu jej betonowania - parametr reologiczny dla obliczeń SGU.

Słup

Jest prostoliniowym elementem schematu *modelu obliczeniowego* konstrukcji PŻS charakteryzujący się przekrojem poprzecznym w kształcie prostokąta lub koła, a jego oś jest prostopadła do *płaszczyzny bazowej* PŻS. Połączenie słupa z *obszarem płytowym* lub *żebrem* może być sztywne lub przegubowe.

Właściwości słupa:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
wysokość przekroju	H / D	[mm]	Wysokość przekroju <i>słupa</i> prostokątnego / Średnica <i>słupa</i> kołowego. Wymiar H przekroju prostokątnego jest kojarzony osią y LUW.
szerokość przekroju	B	[mm]	Wysokość przekroju <i>słupa</i> prostokątnego. Wymiar B przekroju prostokątnego jest kojarzony osią x LUW.
kształt przekroju	<ul style="list-style-type: none"> prostokątny kołowy 		
Wysokość słupa powyżej	L_g	[m]	Wysokość części <i>słupa</i> znajdującej się ponad płytą modelu konstrukcji PŻS. W przypadku monolitycznego połączenia

			<i>stupa</i> z płytą w obliczeniach obok sztywności podłużnej, brana jest pod uwagę sztywność tej części <i>stupa</i> na zginanie.
Wysokość stupa poniżej	Ld	[m]	Wysokość części <i>stupa</i> znajdującej się poniżej płyty modelu konstrukcji PŻS. W przypadku monolitycznego połączenia <i>stupa</i> z płytą w obliczeniach obok sztywności podłużnej, brana jest pod uwagę sztywność tej części <i>stupa</i> na zginanie.
Materiał	Symbol materiału		Określa materiał przypisany do <i>stupa</i> , na postawie którego wyznaczane są jego sztywności w modelu obliczeniowym. Właściwości mechaniczne materiału są zawarte w bibliotece materiałów będącej składnikiem zasobów programu PL-WIN2.
Kąt obrotu wokół osi pion		[°]	Kąt obrócenia wokół osi <i>stupa</i> odnosi się do jego przekroju. Nie ma on znaczenia w przypadku <i>stupa</i> o przekroju kołowym.
Połączenie	<ul style="list-style-type: none"> • przegubowe • sztywne 		Sposób połączenia <i>stupa</i> z płytą. W monolitycznych konstrukcjach PŻS połączenie to należy deklarować jako sztywne.
Zadana sztywność	Kw - sztywność osiowa (wzdłużna) <i>stupa</i> .	[kN/m]	Wielkości liczbowe sztywności <i>stupa</i> zadawane bezpośrednio, które należy zadawać w przypadku materiału innego niż beton.
	Kfi1 - sztywność giętna <i>stupa</i> względem lokalnej osi x przekroju <i>stupa</i> .	[kN/m ²]	
	Kfi2 - sztywność giętna <i>stupa</i> względem lokalnej osi y przekroju <i>stupa</i> .	[kN/m ²]	
Podparcie niepodatne			Określane, gdy z jakichś względów nie należy uwzględniać podatności <i>stupa</i> . Słup traktuje się jako więź idealną.

Ściana

Jest dwuwymiarowym elementem modelu konstrukcji PŻS stanowiącym podporę liniową modelu konstrukcji odzwierciedlającą podparcie ścianami konstrukcji płytowej projektowanej budowli. Zakłada się, że wszystkie właściwości **ściany** (grubość, materiał, wysokość) są jednakowe dla całej ściany. Ściany mogą również pełnić rolę liniowych podpór idealnych (niepodatnych).

Właściwości *ściany*:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Wymiary	B	[mm]	Grubość <i>ściany</i> .
	Wysokość powyżej Lg	[m]	Wysokość części <i>ściany</i> znajdującej się ponad płytą modelu konstrukcji PŻS. W przypadku monolitycznego połączenia <i>ściany</i> z płytą w obliczeniach obok sztywności podłużnej, brana jest pod uwagę sztywność tej części <i>ściany</i> na zginanie.
	Wysokość poniżej Ld	[m]	Wysokość części <i>ściany</i> znajdującej się poniżej płyty modelu konstrukcji PŻS. W przypadku monolitycznego połączenia <i>ściany</i> z płytą w obliczeniach obok sztywności podłużnej, brana jest pod uwagę sztywność tej części <i>ściany</i> na zginanie.
Materiał	Symbol materiału		Określa materiał przypisany do <i>ściany</i> , na podstawie którego wyznaczane są jej parametry sztywności w modelu obliczeniowym. Właściwości mechaniczne materiału są zawarte w bibliotece materiałów będącej składnikiem zasobów programu PL-WIN2.
Połączenie	<ul style="list-style-type: none"> • przegubowe • sztywne 		Określa sposób połączenia <i>ściany</i> z płytą. W przypadku monolitycznych konstrukcji PŻS połączenie to powinno być deklarowane jako sztywne.
Zadana sztywność	Kw - sztywność pionowa <i>ściany</i> . Kfi - sztywność <i>ściany</i> na zginanie.	[kN/m] [kN/m ²]	Wielkości liczbowe sztywności <i>ściany</i> zadawane bezpośrednio w przypadku materiału innego niż beton.
Podparcie niepodatne			Określane, gdy z jakichś względów nie należy uwzględniać podatności <i>ściany</i> , co odpowiada podporze idealnej (przegubowej lub sztywnej)

Obciążenie

Jest obiektem modelu konstrukcji PŻS, który określa oddziaływania mechaniczne i niemechaniczne (temperatura) na konstrukcję PŻS. Program umożliwia zadawanie następujących rodzajów obciążeń:

- ▶ obciążenie rozłożone na powierzchni,
- ▶ obciążenie rozłożone liniowe (tzw. nóż),
- ▶ obciążenie skupione,
- ▶ oddziaływanie temperatury.

Obciążenie rozłożone na powierzchni

Zadawane w $[kN/m^2]$ - deklarowane na dwa sposoby. Pierwszy sposób ogranicza się jedynie do podania wartości tego obciążenia dla całego – wskazanego przez użytkownika - obszaru płytowego. Drugi sposób polega na określeniu czworobocznego lub trójkątnego obszaru rozłożenia obciążenia, a następnie zadaniu jego wartości liczbowych w wierzchołkach obszaru oznaczonych cyframi. Niezależnie od kształtu obszaru wartość obciążenia w dowolnym punkcie obszaru jest wyznaczana przez program przez interpolację liniową wartości zadanych w wierzchołkach konturu obszaru.

Właściwości *obciążenia rozłożonego na powierzchni*:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Wartości	Q Q2 Q3 Q4	$[kN/m^2]$	Wartości intensywności obciążenia rozłożonego w poszczególnych wierzchołkach konturu obszaru oznaczonych cyframi: 1,2,3,4.
Sposób rozłożenia	stałe		W tym sposobie wartość intensywności są jednakowe w całym obszarze obciążenia.
	zmiennie		Wartości intensywności obciążenia w poszczególnych punktach jego obszaru są wyznaczane przez program drogą interpolacji liniowej.
Grupa obciążeń	<i>rozwijalna lista grup</i>		Wybór grupy do której obciążenie musi być przypisane. Ustanawianie (deklarowanie) grup odbywa się w opcji Obciążenie/Grupy obciążeń.
Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	γ_{f1} - współczynnik zwiększający. γ_{f2} - współczynnik zmniejszający.		Dwie wartości współczynników bezpieczeństwa odnoszą się jedynie do obciążeń przypisanych do grupy, której status normowy jest jako "stałe".

Obciążenie rozłożone liniowe (tzw. nóż)

Deklarowane na prostoliniowym lub łukowym odcinku dowolnie usytuowanym w obszarze ustroju płytowego. Położenie tego odcinka może być następnie korygowane przez zmianę położenia jego końców. Intensywność tego rodzaju obciążenia jest stała i zadawana w $[kN/m]$.

Właściwości *obciążenia rozłożonego wzdłuż linii*:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Wartość	Q	$[kN/m]$	
Grupa obciążeń	<i>rozwijalna lista grup</i>		Wybór grupy do której obciążenie musi być przypisane. Ustanawianie (deklarowanie) grup odbywa się w opcji Obciążenie/Grupy obciążeń.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	γ_{f1} - współczynnik zwiększający. γ_{f2} - współczynnik zmniejszający.		Dwie wartości współczynników bezpieczeństwa odnoszą się jedynie do obciążeń przypisanych do grupy, której status normowy jest jako "stałe".
--	---	--	---

Obciążenie skupione

Deklarowane w dowolnie usytuowanym miejscu ustroju płytowego. Położenie tego obciążenia może być następnie korygowane przez zmianę położenia jego punktu przyłożenia. Zadawane w [kN].

Właściwości *obciążenia skupionego*:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Wartość	P	[kN]	
Grupa obciążeń	<i>rozwijalna lista grup</i>		Wybór grupy do której obciążenie musi być przypisane. Ustanawianie (deklarowanie) grup odbywa się w opcji Obciążenie/Grupy obciążeń.
Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	γ_{f1} - współczynnik zwiększający. γ_{f2} - współczynnik zmniejszający.		Dwie wartości współczynników bezpieczeństwa odnoszą się jedynie do obciążeń przypisanych do grupy, której status normowy jest jako "stałe".

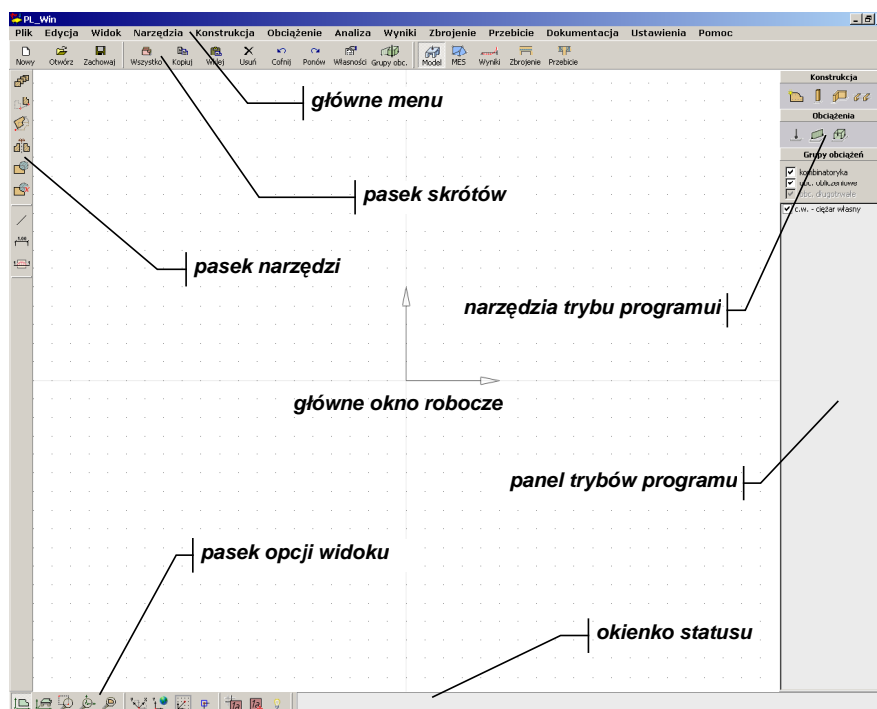
Temperatura

Oddziaływanie temperatury jest obciążeniem niemechanicznym, które jest przypisywane do całego *obszaru płytowego*, jednakowe we wszystkich jego punktach, a wyrażone jako różnica temperatur pomiędzy dolną i górną powierzchnią tego obszaru.

Właściwości obciążenia temperaturą:

właściwość	oznaczenie	wymiar	uwagi
Wartość	ΔT	[°C]	Różnica temperatur pomiędzy dolną i górną powierzchnią płyty w wybranym obszarze płytowym. To oznacza, że dodatnia wartość ΔT powoduje odkształcenie swobodnie podpartej płyty z wypukłością w dół.
Grupa obciążeń	<i>rozwijalna lista grup</i>		Wybór grupy do której obciążenie musi być przypisane. Deklarowanie <i>listy</i> grup odbywa się w opcji Obciążenie/Grupy obciążeń.
Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	γ_{f1} - współczynnik zwiększający. γ_{f2} - współczynnik zmniejszający.		Dwie wartości współczynników bezpieczeństwa odnoszą się jedynie do obciążeń przypisanych do grupy, której status normowy jest jako "stałe".

III. ELEMENTY STEROWANIA FUNKCJAMI PROGRAMU



Rys. 1 - Okno programu PL-WIN2

Ogólne zasady sterowania programem i używania jego opcji są oparte na konwencji typowej dla większości aplikacji systemu Windows. A więc użytkownik, który korzysta z aplikacji dla systemu Windows - po zainstalowaniu programu PL-WIN2 - może bezpośrednio przystąpić do pracy z programem. W tym celu należy załadować program do pamięci komputera (przez podwójne kliknięcie na ikonie PL-WIN2 lub za pośrednictwem eksploratora Windows).

Po załadowaniu programu na ekranie monitora pojawi się główne okno programu (Rys. 1). Do komunikowania się z programem i sterowania jego funkcjami i opcjami służą następujące elementy kontrolne (kontrolki i tzw. formanty):

- menu główne
- okno robocze programu
- pasek skrótów
- paski narzędzi
- panel narzędzi trybów programu
- okna dialogowe

Menu główne

Ulokowane w górnej części okna programu i zapewnia dostęp do poszczególnych jego opcji. Struktura menu odzwierciedla metodykę postępowania związaną z analizą statyczną i wymiarowania ustroju PŻS. W poszczególnych opcjach głównych zgrupowane są opcje, które są merytorycznie powiązane z opcjami głównymi:

Plik	Edycja	Widok	Narzędzia	Konstrukcja	Obciążenie	Analiza	Wyniki	Zbrojenie	Przebiecie	Dokumentacja	Ustawienia	Pomoc
Nowy...	Cofnij	Widok w rzucie	Powiel	Tryb: Model Konstrukcji	Siła	Tryb: Model MES	Tryb: Wyniki	Tryb: Zbrojenie	Tryb: Przebiecie	Linia wymiarowa	Ustawienia opisów F2	O programie
Otwórz...	Ponów	Widok w perspektywie	Przesuń	Płyta	Nóż	Zagęszczacz siatki MES	Dla płyt ►	Obszar zbrojenia	Strefa przebiecia (dowolna)	Linia przekroju	Przyciąganie do obiektów F3	
Zachowaj	Kopiuj Ctrl+C	Powiększ oknem	Obróć	Słup	Pole		Dla żeber ►	Dotnij zbrojenie dla płyty	Strefa przebiecia dla elem.konstr.		Przyciąganie do siatki	
Zachowaj jako...	Wklej Ctrl+V	Pokaż bież. układ wsp.	Symetria	Ściana	Obciążenie na całą płytę		Dla ścian ►	Dla płyt			Lok. układ współrzędnych	
Metryka zadania ...	Usuń Del	Pokaż wszystko	Płyty ►	Żebro	Obciążenie temperaturą		Dla słupów	Dla żeber			Analiza F10	
Otwórz podkład z pliku DXF	Zaznacz wszystko Ctrl+A	Zrzut ekranu do schowka F11	Zbrojenie ►	Linia	Grupy obciążeń		Obciążenia ►	Wymiarowanie			Parametry domyślne	
Eksportuj do pliku DXF	Własności ...	Widoczność typów elementów F4	Rozbij na segmenty	Lista ►	Relacje grup obc.		Prezentacja ►	Prezentacja			Kolorystyka Ctrl+F10	
Drukuj	Lista zaznaczonych obiektów		Scal segmenty		Lista obciążeń			Lista zbrojenia górnego				
Lista ostatnio używanych plików zadań			Zamień na ►					Lista zbrojenia dolnego				
			Rozmieszczanie opisów									
Wyjście												

Struktura głównego menu programu PL-WIN2

O m ó w i e n i e o p c j i m e n u p r o g r a m u

Pliki

Nowy**[Ctrl+N]**

Rozpoczęcie pracy nad nowym zadaniem (projektem). Domyślnie - po uruchomieniu - programu jest gotowy do rozpoczęcia pracy nad nowym zadaniem. W trakcie pracy z programem w dowolnym momencie można rozpocząć pracę nad nowym zadaniem. Wybranie tej opcji powoduje usunięcie z pamięci danych aktualnego zadania i załadowanie pliku ustawień konfiguracji domyślnej. Jeśli aktualne zadanie nie zostało wcześniej zapisane, to pojawi się stosowny komunikat ostrzegający o dokonanych zmianach, które - w przypadku rezygnacji zapisu zadania – będą utracone.

Otwórz ...**[Ctrl+O]**

Pobranie zadania z dyskowego katalogu zadań (projektów). W trakcie pracy z programem, w dowolnym momencie można pobrać z katalogu dyskowego inne zadanie archiwalne. Wybranie tej opcji powoduje usunięcie z pamięci danych aktualnego zadania i załadowanie do pamięci komputera danych zadania pobranego. Jeśli aktualne zadanie nie zostało wcześniej zapisane, to pojawi się stosowny komunikat ostrzegający.

Zachowaj**[Ctrl+S]**

Zapis danych aktualnego zadania do dyskowego katalogu archiwalnego. Każde zadanie zapisywane jest w postaci trzech plików dyskowych o tych samych nazwach, lecz różnych rozszerzeniach, a mianowicie: *nazwa.mpl*, *nazwa.xpl* i *nazwa.spl*. Zapis zadania dokonywany jest pod aktualną jego nazwą i w aktualnym (domyślnym) katalogu dyskowym. Pliki o rozszerzeniach **xpl** i **spl** zawierają wyniki pośrednie analizy MES i nie są niezbędne do odtworzenia modelu konstrukcji PŻS. Są one automatycznie usuwane przez program w momencie dokonania jakiejkolwiek zmiany mającej wpływ na wyniki analizy modelu konstrukcji PŻS. Ich obecność w katalogu archiwalnym zadania sprawia, że po otwarciu zadania w programie **PL-WIN2** wyniki analizy MES są pobierane z tych plików, co pozwala na ominięcie czasochłonnej procedury generowania i rozwiązywania równań MES.

Zachowaj jako ...

Tak jak dla opcji **Zachowaj** lecz z możliwością zmiany nazwy zadania lub archiwalnego katalogu dyskowego.

Metryka zadania ...

Otwarcie okna dialogowego z tzw. *metryką zadania*, która zawiera ogólne (tekstowe) informacje o zadaniu jak: data utworzenia, data aktualizacji, autor projektu, nazwa projektu, pozycja dokumentacji projektu oraz komentarz.

Otwórz podkład**z pliku DXF**

Polecenie to umożliwia pobranie z pamięci zewnętrznej pliku w formacie DXF zawierającego rysunek architektoniczno-konstrukcyjny i umieszczenie tego rysunku w oknie kreowania modelu konstrukcji PŻS jako tzw. podkład ułatwiający kreowanie geometrii modelu konstrukcji na bazie elementów rysunku zawartego w pliku DXF.

Eksportuj do**pliku DXF ...**

Polecenie otwarcia okna dialogowego umożliwiającego zapis geometrii wykreowanego w programie **PL-WIN2** modelu konstrukcji PŻS w pamięci zewnętrznej komputera w formie pliku o formacie DXF, który może być następnie wykorzystany w programie typu CAD do sporządzenia szczegółowego rysunku technicznego konstrukcji PŻS.

Drukuj ...**[Ctrl+P]**

Polecenie otwarcia okna dialogowego Wydruki, za pomocą którego możliwe jest sporządzanie dokumentu (raportu) zadania. Okno wyposażone jest w szereg przełączników i parametrów umożliwiających selektywne określanie zawartości dokumentu zadania przed jego wydrukiem. Dokument na formę tabelaryczno-graficzną z możliwością skalowania tekstu oraz rysunków i może być przeglądany, eksportowany lub drukowany.

Wyjście

Zakończenie pracy z programem **PL-WIN2** (zamknięcie aplikacji).

Edycja**Cofnij**

Polecenie cofnięcia ostatniej operacji związanej z kreowaniem modelu konstrukcji PŻS, które pozwala na przywrócenie stanu modelu po wykonaniu błędnej lub niezamierzonej przez użytkownika operacji. Liczba tych poleceń nie jest z góry ograniczona, a więc może być użyte wielokrotnie.

Ponów

Polecenie ponowienia ostatnio cofniętej operacji związanej z kreowaniem modelu konstrukcji PŻS. Jest przydatna, gdy cofnięcie operacji nie było zamierzone lub nieodpowiednie z punktu widzenia modelowania konstrukcji PŻS.

Kopiuj [Ctrl+C]

Polecenie kopiowania do schowka zaznaczonych obiektów z zamiarem ich późniejszego wklejenia do kreowanego modelu konstrukcji.

Wklej [Ctrl+V]

Polecenie wklejania ze schowka skopiowanych uprzednio obiektów do kreowanego modelu konstrukcji.

Usuń (Del)

Usunięcie zaznaczonego obiektu lub grupy obiektów z kreowanego modelu konstrukcji.

Zaznacz wszystko

[Ctrl+A] Polecenie zaznaczenia wszystkich obiektów kreowanego modelu konstrukcji.

Własności ... Polecenie otwarcia *okienek właściwości* zaznaczonych obiektów modelu konstrukcji z myślą zadawania. Zawartość *okienka właściwości* zależeć będzie od rodzaju zaznaczonych obiektów.

Lista zaznaczonych

obiektów Polecenie otwarcia okna zawierające listę uprzednio zaznaczonych obiektów. Lista ta służy do przeglądania właściwości poszczególnych obiektów.

Widok

Widok w rzucie Polecenie, które powoduje, że model konstrukcji PŻS jest prezentowany w *głównym oknie roboczym* jako rzut płaski (dwuwymiarowy).

Widok

w perspektywie Polecenie, które powoduje, że model konstrukcji PŻS jest prezentowany w *głównym oknie roboczym* w perspektywie (trójwymiarowy).

Powiększ oknem Polecenie, które inicjuje operację powiększenia widoku modelu konstrukcji w *głównym oknie roboczym* za pomocą prostokąta selekcji. Po wybraniu tego polecenia należy w *głównym oknie roboczym* ogarnąć prostokątem selekcji zamierzony obszar modelu konstrukcji, co spowoduje "skadrowanie" widoku do rozmiarów tego prostokąta.

Uwaga: Polecenie nie jest aktywne jeśli model konstrukcji jest wyświetlany w perspektywie.

Pokaż bieżący

układ współrz. Polecenie, które powoduje ukazanie widoku modelu konstrukcji w rzucie płaskim i w taki sposób, że początek globalnego układu współrzędnych jest ulokowany w środku *głównego okna roboczego*.

Pokaż wszystko Polecenie, które powoduje ukazanie widoku modelu konstrukcji w rzucie płaskim w taki sposób, aby wszystkie jego obiekty mieściły się w *głównym oknie roboczym*.

Uwaga: Polecenie nie jest aktywne jeśli model konstrukcji jest wyświetlany w perspektywie.

Zrzut ekranu do

schowka [F11] Polecenie, które powoduje umieszczenie kopii okna roboczego w schowku systemu Windows w postaci tzw. bitmapy. Kopia ta może być następnie "wklejona" do dokumentu tworzonego za pomocą aplikacji, która umożliwia dokonywanie importu bitmapy ze schowka.

Widoczność typów

elementów [F4] Polecenie, które powoduje otwarcie okna wyposażonego w kontrolki (włączniki), służących do określania, które obiekty i elementy widoku mają być widoczne w *głównym oknie roboczym*.

Narzędzia

Powiel	Inicjowanie akcji powielania zaznaczonej grupy obiektów. Po zainicjowaniu akcji należy wpierw zaznaczyć tzw. punkt bazowy, a następnie dokonywać powielania obiektów względem tego punktu. Przerwanie tej akcji można dokonać za pomocą klawisza [Esc] .
Przesuń	Inicjowanie akcji przesuwania zaznaczonej grupy obiektów. Po zainicjowaniu akcji należy wpierw zaznaczyć tzw. punkt bazowy, a następnie dokonywać przesunięcia obiektów względem tego punktu na zamierzoną pozycję i zaakceptować. Przerwanie tej akcji można dokonać za pomocą klawisza [Esc] .
Obróć	Inicjowanie akcji obracania zaznaczonej grupy obiektów. Po zainicjowaniu akcji należy wpierw zaznaczyć tzw. punkt bazowy (punkt obrotu), a następnie dokonać obrócenia obiektu lub grupy obiektów wokół tego punktu na zamierzoną pozycję i zaakceptować. Przerwanie tej akcji można dokonać za pomocą klawisza [Esc] .
Symetria	Inicjowanie akcji powielania obiektu lub grupy obiektów symetrycznych względem oryginału. Polega to na wskazaniu dwóch punktów, które określają oś symetrii, a akcja umieszcza kopię obiektu (obiektów) symetrycznie względem tej osi. Przerwanie tej akcji można dokonać za pomocą klawisza [Esc] .
Płyty ▶	<p>Rozwinięcie grupy opcji służących do operacji geometrycznych na <i>obszarach płytowych</i>:</p> <p>Przesuń na wierzch - operacja powodująca ukazanie w całości (bez przysłaniania innymi obiektami) konturu zaznaczonego <i>obszaru płytowego</i> na widoku płaskim modelu konstrukcji</p> <p>Przesuń pod spód - operacja powodująca przesunięcie konturu <i>obszaru płytowego</i> do tyłu w kolejce rysowania obiektów modelu konstrukcji na widoku płaskim modelu konstrukcji.</p> <p>Dodaj otwory - inicjowanie operacji dodawania otworu w <i>obszarze płytowym</i> modelu konstrukcji.</p> <p>Usuń otwory - inicjowanie operacji usuwania wcześniej naniesionych otworów w <i>obszarach płytowym</i> modelu konstrukcji.</p> <p>Łączenie - operacja łączenia kilku <i>obszarów płytowych</i> modelu konstrukcji w jeden <i>obszar płytowy</i>.</p>

Uwaga: Właściwości obszaru wynikowego (powstałego z połączenia kilku obszarów) są dziedziczone z obszaru, który znajdował się na pierwszym miejscu listy obiektów zaznaczonych (patrz opcja **Edycja/Listy obiektów zaznaczonych**) przed wykonaniem operacji łączenia. Przy selekcji sekwencyjnej będzie to obszar, który został zaznaczony jako pierwszy.

Odejmnowanie - inicjowanie operacji odejmowania obszarów wcześniej naniesionych konturów *obszarów płytowych* modelu konstrukcji. Operacja ta jest użyteczna wówczas, gdy zachodzi potrzeba dokonania wycięć krawędziowych o określonych kształtach w głównym *obszarze płytowym*. Warunkiem pomyślnego wykonania tej operacji jest uprzednie zaznaczenie dwóch naniesionych wcześniej konturów *obszarów*, w stosunku do których ma być zastosowana operacja odejmowania.

Część wspólna - inicjowanie operacji generowania obszaru płytowego jako części wspólnej dwóch wcześniej naniesionych *obszarów płytowych* modelu konstrukcji. Warunkiem pomyślnego wykonania tej operacji jest uprzednie zaznaczenie dwóch naniesionych wcześniej *obszarów*, w stosunku do których ma być zastosowana operacja generowania części wspólnej.

Zbrojenie ►

Rozwinięcie grupy opcji służących do operacji geometrycznych na *obszarach zbrojenia*:

Dotnij zbrojenie płyty - operacja powodująca dopasowanie zaznaczonego *obszaru zbrojenia* do wskazanego *obszaru płytowego*. Jest użyteczna w przypadku, gdy zachodzi konieczność zadania jednej siatki zbrojenia w *obszarze płytowym* o skomplikowanym kształcie konturu. Wówczas wystarczy zadać prostokątny *obszar zbrojenia* w całości ogarniający *obszar płytowy*, a następnie użyć tej operacji w stosunku do obu tych obszarów.

Łączenie - operacja powodująca łączenie dwóch *obszarów zbrojenia* w jeden. Przed wykonaniem tej operacji należy zaznaczyć dwa - wcześniej naniesione - *obszary zbrojenia*. Obowiązuje zasada, że obszar wynikowy dziedziczy właściwości tego *obszaru zbrojenia*, który został wcześniej zaznaczony jako pierwszy.

Odejmnowanie - inicjowanie operacji, która służy do dokonywania redukcji siatek zbrojenia w dwóch wzajemnie nakładających się *obszarach zbrojenia* tak, aby te siatki nie dublowały się. Przed wykonaniem tej operacji należy zaznaczyć dwa - wcześniej naniesione i nakładające się - *obszary zbrojenia*. Obowiązuje zasada, że wynikowy obszar wspólny tych obszarów dziedziczy właściwości tego *obszaru zbrojenia*, który zo-

stał wskazany jako "wycinający" w okienku pomocniczym operacji odejmowania.

Cześć wspólna - inicjowanie operacji, która służy do dokonywania redukcji dwóch - uprzednio zaznaczonych - *obszarów zbrojenia* do jednego obszaru będącego ich częścią wspólną. Przed wykonaniem tej operacji należy zaznaczyć dwa - wcześniej naniesione i nakładające się - *obszary zbrojenia*. Obowiązuje zasada, że wynikowy obszar wspólny tych obszarów dziedziczy właściwości tego *obszaru zbrojenia*, który został wskazany jako pierwszy.


Rozbij na segmenty

Operacja ta działa tylko na złożonych obiektach liniowych modelu konstrukcji (ściany, żebra). Polega na rozłożeniu obiektu złożonego (np. ściany) na geometrycznie proste obiekty (segmenty) w formie odcinków prostych lub łuków. Przed wykonaniem tej operacji należy zaznaczyć taki obiekt lub ich grupę.

Scal segmenty

Operacja ta działa odwrotnie niż operacja **Rozbij na segmenty**, a więc odnosi się tylko do obiektów liniowych modelu konstrukcji (ściany, żebra) i polega na scaleniu łączących się ze sobą obiektów w jeden obiekt złożony. Obowiązuje przy tym zasada, że wynikowy obiekt dziedziczy właściwości tego obiektu, który został zaznaczony jako pierwszy.

Zamień na ...

Operacja ta służy do zamiany dowolnego obiektu geometrycznego złożonego z elementów prostych (segmentów) na wybrany obiekt modelu konstrukcji. Za pomocą narzędzia  możliwe jest kreowanie dowolnie złożonego obiektu geometrycznego złożonego z elementów prostych, który następnie może być przekształcony w jeden z obiektów modelu konstrukcji, a mianowicie:

- płyta** obiekt geometryczny zostanie zamieniony na *obszar płytowy*, pod warunkiem, że zaznaczony obiekt geometryczny jest konturem (linią zamkniętą),
- żebra** obiekt geometryczny, złożony z segmentów, zostanie zamieniony na układ *zeber*, których właściwości należy następnie określić,
- ściany** obiekt geometryczny, złożony z segmentów, zostanie zamieniony na układ *ścian*, których właściwości należy następnie określić,
- słupy** obiekty geometryczne w postaci prostokątów lub okręgów zostają zamienione na *słupy* o przekrojach zgodnych z kształtem tych obiektów. Pozostałe właściwości *słupów* należy następnie okre-

	ślić,
noże	obiekt geometryczny, złożony z segmentów, zostanie zamieniony na układ <i>obciążeń liniowych</i> (tzw. <i>noże</i>), których właściwości należy następnie określić,
pola	obiekt geometryczny zostanie zamieniony na <i>obciążenie obszarowe</i> , pod warunkiem, że uprzednio zaznaczony obiekt geometryczny jest konturem (linią zamkniętą). Pozostałe właściwości <i>obciążenia obszarowego</i> należy następnie określić,
obszar zbrojenia	obiekt geometryczny zostanie zamieniony na <i>obszar zbrojenia</i> , pod warunkiem, że uprzednio zaznaczony obiekt geometryczny jest konturem (linią zamkniętą). Pozostałe właściwości <i>obszaru zbrojenia</i> należy następnie określić,
linie przekrojów	obiekt geometryczny, złożony z segmentów, zostanie zamieniony na układ <i>linii przekrojów</i> przez model konstrukcji. Wzdłuż linii przekrojów program będzie generował wykresy sił przekrojowych i ugięć po analizie modelu konstrukcji.

Rozmieszcz. opisów

Akcja ta powoduje przełączenie interfejsu w tryb ręcznego rozmieszczania opisów obiektów modelu konstrukcji. Opisy poszczególnych obiektów są opatrzone czerwonymi znacznikami, które są uchwytami do ręcznego przeciągania opisów za pomocą myszki na zamierzoną ich pozycję.

Konstrukcja

Płyta	Włączenie trybu kreowania <i>obszaru płytowego</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: - okienko właściwości <i>obszaru płytowego</i> - okienko narzędzi kreowania konturu <i>obszaru płytowego</i> .
Słup	Włączenie trybu kreowania <i>słupa</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: - okienko właściwości <i>słupa</i> - okienko pozycjonowania <i>słupa</i> na modelu konstrukcji.
Ściana	Włączenie trybu kreowania <i>ścian</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: - okienko właściwości <i>ściany</i> - okienko narzędzi kreowania linii <i>ścian</i> .

Żebro	Włączenie trybu kreowania <i>zeber</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: <ul style="list-style-type: none"> - okienko właściwości <i>zebra</i> - okienko narzędzi kreowania osi <i>zeber</i>.
Linia	Włączenie trybu kreowania <i>linii pomocniczych</i> ułatwiających kreowanie obiektów modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się okienka narzędzi służących do kreowania <i>linii pomocniczych</i> .
Lista ▶	Grupa poleceń umożliwiających wyświetlenie okien z listami poszczególnych obiektów modelu konstrukcji, tj. płyt, zeber, słupów, ścian z osobna lub łącznie (elementów konstr.).

Obciążenie

Siła	Włączenie trybu rozmieszczania <i>sił skupionych</i> na modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: <ul style="list-style-type: none"> - okienko właściwości obciążenia dla <i>siły skupionej</i> - okienko do bezpośredniego zadawania współrzędnych punktu przyłożenia <i>siły skupionej</i>.
Nóż	Włączenie trybu rozmieszczania <i>obciążeń liniowych (noży)</i> na modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: <ul style="list-style-type: none"> - okienko właściwości obciążenia dla <i>obciążenia liniowego (noża)</i> - okienko z narzędziami do nanoszenia linii działania <i>obciążeń liniowych</i> na model konstrukcji.
Pole	Włączenie trybu rozmieszczania <i>obciążeń polowych (rozłożonych powierzchniowo)</i> na modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się dwóch okienek: <ul style="list-style-type: none"> - okienko właściwości obciążenia dla <i>obciążenia polowego</i> - okienko z narzędziami do nanoszenia czworobocznego konturu obszaru działania <i>obciążeń polowych</i> na model konstrukcji.
Obciążenie na całą płytę	Inicjowanie operacji zadawania <i>obciążeń polowych (rozłożonych powierzchniowo)</i> na poszczególnych <i>obszarach płytowych</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się okienka właściwości równomiernego <i>obciążenia polowego</i> na <i>obszarze płytowym</i> .
Obciążenie temperaturą	Inicjowanie operacji zadawania <i>obciążeń termicznych</i> na poszczególnych <i>obszarach płytowych</i> modelu konstrukcji. Poleceniu temu towarzyszy pojawienie się okienka właściwości <i>obciążenia termicznego</i> na <i>obszarze płytowym</i> .

Grupy obciążeń Otwarcie okna dialogowego **Grupy obciążeń** dla tworzenia listy *grup obciążeń*, do których przypisywane są poszczególne obciążenia stosownie do ich charakteru normowego.


Relacje grup obciążeń

Otwarcie okna dialogowego **Relacje grup obciążeń** dla określania statusu grup obciążeń oraz warunków tworzenia kombinacji grup obciążeń podczas analizy statycznej i kinematycznej modelu konstrukcji PŻS.

Lista obciążeń Otwarcie okna dialogowego **Zestawienie - obciążenia** dla zbiorczego przeglądania właściwości poszczególnych obciążeń. Lista umożliwia również kojarzenie konkretnych obiektów modelu konstrukcji na jej widoku w głównym oknie programu.

Analiza

Tryb: Model MES


Włączenie trybu kreowania modelu MES, czyli otwarcie okna dialogowego Analiza, którego elementy sterowania służą do określenia parametrów modelu MES oraz uruchamiania procedur obliczeniowych związanych z analizą modelu obliczeniowego. Alternatywą włączenia tego trybu jest przycisk  *pa-ska skrótów* programu.

Zagęszczacz siatki MES

Inicjowanie opcji kreowania obszarów, w których siatka MES ma być dodatkowo zagęszczona. Operacja zagęszczania siatki MES w naniesionych obszarach jej zagęszczania następuje w zakładce Model MES okna dialogowego Analiza, po zaznaczeniu właściwych opcji i użyciu przycisku Zastosuj.

Wyniki

Tryb: Wyniki

Włączenie trybu prezentacji wyników analizy. Jeśli analiza modelu MES nie została wcześniej wykonana, to użycie tego polecenia powoduje otwarcie okna dialogowego Analiza, wymuszając w ten sposób wykonanie obliczeń związanych z analizą modelu MES, a po jej pomyślnym wykonaniu następuje włączenie trybu Wyniki. Alternatywą włączenia tego trybu jest przycisk  *pa-ska skrótów* programu.

Dla płyt ▶

Grupa poleceń trybu Wyniki do wyświetlania wyników analizy dla *obszarów płytowych*; w zależności od wybranego rodzaju wyników:

- ▶ Przemieszczenia **w** - ugięcia w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub dla obwiedni homogenicznego liniowo-sprężystego modelu obliczeniowego konstrukcji PŻS.

Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.

- ▶ Momenty zginające M_x - momenty zginające działające na kierunku X globalnego układu współrzędnych w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.
- ▶ Momenty zginające M_y - momenty zginające działające na kierunku Y globalnego układu współrzędnych w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.
- ▶ Momenty skręcające M_{xy} - momenty skręcające w globalnym układzie współrzędnych XY działające w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.
- ▶ SGU - przemieszczenia w - ugięcia w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń modelu obliczeniowego - wyznaczone z uwzględnieniem redukcji sztywności wywołanej zarysowaniem oraz efektami reologicznymi określanymi wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN-1992:2005. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.
- ▶ SGU - rozwarości rys - wielkość rozwarcia rys w *obszarach płytowych* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń modelu obliczeniowego - wyznaczone wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN-1992:2005. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w różnych formach: numerycznej, w postaci izolinii ~~jako izo-~~linie, wzdłuż zdefiniowanych przekrojów, jako powierzchnia trójwymiarowa.

Uwagi: Wyniki dla SGU (stan graniczny użytkowania) zależą od stanu zbrojenia w poszczególnych obszarach płytowych i mogą być dokonywane dla zbrojenia teoretycznego (wymaganego) lub rzeczywistego (zadanego przez użytkownika w postaci tzw. siatek). Zależy to od stanu włącznika Analiza SGU - ... w oknie dialogowym Ustawienia zadania opcji Ustawienia/Analiza Jeśli ten włącznik jest włączony, to obliczenia w ramach SGU są realizowane w ten spo-

sób, że w obszarach, w których nie ma zbrojenia rzeczywistego brane jest do obliczeń zbrojenie teoretyczne.

- ▶ Wyniki w węźle - opcja umożliwiająca odczytywanie wartości liczbowych aktualnej wielkości kinematycznej (w , w_r , r) lub statycznej (M_x , M_y , M_{xy}) bezpośrednio w poszczególnych węzłach modelu MES. Polega to na zbliżeniu kursora myszy do wybranego węzła siatki MES, co spowoduje wyświetlenie oczekiwanej wartości w okienku Wynik węzeł oraz współrzędnych kursora w okienku Współrzędne.

Dla żeber ▶

Grupa poleceń trybu Wyniki do wyświetlania wyników analizy dla *zeber*; w zależności od wybranego rodzaju wyników:

- ▶ Przemieszczenia w - ugięcia w *zebrach* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub dla obwiedni homogenicznego liniowo-sprężystego modelu obliczeniowego konstrukcji PŻS. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.
- ▶ Momenty zginające M - momenty zginające w *zebrach* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.
- ▶ Siła tnąca T - siła tnąca w *zebrach* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.
- ▶ Momenty skręcające M_s - momenty skręcające w *zebrach* dla aktualnej kombinacji obciążeń lub obwiedni. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.
- ▶ SGU - przemieszczenia w - ugięcia w *zebrach* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń modelu obliczeniowego - wyznaczone z uwzględnieniem redukcji sztywności wywołanej zarysowaniem oraz efektami reologicznymi określanymi wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005.. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.
- ▶ SGU - rozwarości rys - wielkość rozwarcia rys w *zebrach* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń modelu obliczeniowego - wyznaczone wg PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005. Ten rodzaj wyników może być prezentowany w formie wykresu płaskiego lub przestrzennego.

Dla ścian ▶

Grupa poleceń trybu Wyniki do wyświetlania wyników analizy dla *ścian*; w zależności od wybranego rodzaju wyników:

- ▶ Siła N (na jedn. długości) - wyświetlanie rozkładów sił nacisku w [kN/m] wzdłuż poszczególnych *ścian* pochodzących od *ob-*

szarów płytowych podpartych tymi ścianami.

- Moment M (na jedn. długości) - wyświetlanie rozkładów momentów zginających w $[kNm/m]$ wzdłuż poszczególnych *ścian* pochodzących od ich zamocowania w *obszarach płytowych*. Dla *ścian*, które zadeklarowano jako połączone przegubowo z *obszarami płytowymi* wielkość ta nie wystąpi.

Dla słupów ► Polecenie wyświetlania wartości liczbowych wielkości statycznych (**N**, **M_x**, **M_y**) wyznaczonych przez program w połączeniach słupów z *obszarami płytowymi* lub *żebrawami*.

Obciążenia ► Grupa poleceń trybu Wyniki do wyświetlania wyników analizy dla wskazanych wielkości w zależności od wybranego wariantu obciążenia:

- dla wybranych gr. obc. - prezentacja wyników dla wybranej przez użytkownika kombinacji grup obciążeń, którą określa się poprzez włączanie i wyłączanie włączników na liście grup obciążeń w sekcji Obciążenia panelu trybów programu.
- kombinatoryka - wartości maks. - prezentacja wyników wybranej wielkości statycznej lub kinematycznej dla dolnej powierzchni obwiedni tej wielkości.
- kombinatoryka - wartości min. - prezentacja wyników wybranej wielkości statycznej lub kinematycznej dla górnej powierzchni obwiedni tej wielkości.
- obc. obliczeniowe - przełącznik pomiędzy wynikami obliczeń dla obciążeń obliczeniowych i charakterystycznych. Jego włączenie sprawi, że prezentacja wyników będzie odpowiadać obciążeniom obliczeniowym. W przypadku, gdy włączona jest opcja Kombinatoryka w sekcji Obciążenia panelu trybów programu, przełącznik ten jest nieaktywny.
- obc. długotrwałe - przełącznik pomiędzy wynikami obliczeń dla obciążeń długotrwałych lub całkowitych. Jego włączenie sprawi, że prezentacja wyników będzie odpowiadać obciążeniom długotrwałym. W przypadku, gdy włączona jest opcja Kombinatoryka w sekcji Obciążenia panelu trybów programu, przełącznik ten jest nieaktywny.

Prezentacja ► Grupa poleceń trybu Wyniki do określania sposobów prezentacji wyników analizy dla zamierzonych wielkości:

Grupa przełączników:

- wartości - prezentacja wyników analizy dla *obszarów płytowych* w formie liczbowej w węzłach modelu MES z liczbą cyfr znaczących określoną w opcji Ustawienia/Analiza. Wartości liczbowe są lokowane w węzłach modelu MES, a więc może się zdarzyć, że przy większej skali czcionki i dużej gęstości siatki MES nie we wszystkich węzłach będą wyświetlane liczby wyników.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku




sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ izolinie - prezentacja wyników analizy w formie tzw. izolinii, czyli linii łączących punkty modelu *obszarów płytowych*, w których ma miejsce ta sama wartość wyniku.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ przekroje - prezentacja wyników analizy dla *obszarów płytowych* w formie wykresów generowanych przez program wzdłuż linii przekrojów, które zostały wcześniej naniesione na model konstrukcji za pomocą narzędzia  paska narzędzi.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ wykres 3D - prezentacja wyników analizy dla *obszarów płytowych* w formie trójwymiarowych wykresów wybranej wielkości, a generowanych przez program na kanwie siatki MES. Wykresy te mogą być odpowiednio skalowane oraz przesuwane i obracane dla osiągnięcia oczekiwanej ich czytelności.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ pokazuj schemat statyczny - prezentacja wyników analizy, przy której model konstrukcji jest pokazywany w formie *schematu obliczeniowego* (schematu statycznego).

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ bez podkładu - prezentacja wyników analizy, przy której model konstrukcji jest ukazywany bez ewentualnego podkładu pobranego z pliku DXF oraz bez linii pomocniczych.

- ▶ pokazuj siatkę MES - prezentacja wyników analizy, przy której model konstrukcji jest ukazywany wraz siatką MES.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ powiększ czcionkę - powiększanie rozmiaru czcionki użytej do wyświetlania wartości liczbowych wyników analizy.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ pomniejsz czcionkę - zmniejszanie rozmiaru czcionki użytej do wyświetlania wartości liczbowych wyników analizy.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.

- ▶ powiększ wykres - powiększanie skali wykresów wyników analizy.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.


► pomniejsz wykres - zmniejszanie skali wykresów wyników analizy.

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Wyniki panelu trybów programu.


Zbrojenie

Tryb: Zbrojenie Włączenie trybu kreowania zbrojenia *obszarów płytowych* konstrukcji PŻS. Operacji tej towarzyszy udostępnienie kontrolek (na prawym panelu okna głównego programu), które służą do kreowania zbrojenia *obszarów płytowych* w formie ortogonalnych siatek. Alternatywą włączenia tego trybu jest przycisk  paska skrótów programu.

Obszar zbrojenia


Inicjowanie procedury kreowania *obszaru zbrojenia*, czyli nanoszenia na *obszary płytowe* modelu konstrukcji konturów zamkniętych, wewnątrz których projektowane jest zbrojenie w formie siatek. Polega to na odpowiednim użyciu narzędzi geometrycznych (linia, łuk, prostokąt, koło).

Każdemu *obszarowi zbrojenia* przypisywana jest siatka zbrojenia o właściwościach określanych przez użytkownika.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  panelu trybów programu.

Dotnij zbrojenie do płyty

Operacja docinania *obszaru zbrojenia* do zamierzonego *obszaru płytowego*. Jest przydatna w sytuacji, gdy oczekiwane jest, aby określony *obszar płytowy* i *obszar zbrojenia* (siatka) idealnie się pokrywały. Dla pomyślnego wykonania tej operacji konieczne jest uprzednie zaznaczenie tych dwóch obiektów.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  panelu trybów programu.

Dla płyt

Przełączenie głównego okna roboczego na widok zbrojenia dla *obszarów płytowych*.

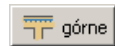
Dla żeber

Przełączenie głównego okna roboczego na widok zbrojenia dla *zeber*.

Wymiarowanie ► Grupa przełączników i włączników służących do prezentacji wyników obliczeń w opcji **Zbrojenie**.

► zbr. górne - prezentacja obliczeniowo wymaganego zbrojenia górnego w *obszarach płytowych* lub *zebrach*.

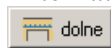
Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Zbrojenie panelu trybów programu.

► zbr. dolne - prezentacja obliczeniowo wymaganego zbrojenia dolnego w *obszarach płytowych* lub *zebrach*

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Zbrojenie panelu trybów programu.

- kierunek 1 - prezentacja obliczeniowo wymaganego zbrojenia w *obszarach płytowych* dla kierunku "1".

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Zbrojenie panelu trybów programu.

- kierunek 2 - prezentacja obliczeniowo wymaganego zbrojenia w *obszarach płytowych* dla kierunku "2".

Alternatywą działania tego przełącznika jest użycie przycisku



sekcji Zbrojenie panelu trybów programu.

Grupa trzech przełączników:

- zbrojenie obliczone dla wyboru prezentacji zbrojenia wymaganego z warunków nośności przekroju płyty oraz podyktowanego wymaganiami konstrukcyjnymi norm.
- zbrojenie brakujące dla wyboru prezentacji zbrojenia brakującego, czyli różnicy pomiędzy zbrojeniem wymaganym a zbrojeniem zadany w formie siatek zbrojenia.
- zbr. wg war. wymiarowania dla wyboru prezentacji zależnej o stanu włączników stowarzyszonych z tym przełącznikiem, a mianowicie:
 - ✓ momenty zginające - włącznik, którego włączenie spowoduje, że wartość **Amz** we wzorze (**) jest równa powierzchni zbrojenia wymaganego obliczeniowo wyłącznie z warunków nośności na momenty zginające.
 - ✓ min. stopień zbrojenia - włącznik, którego włączenie spowoduje, że wartość **Asz** we wzorze (**) jest równa powierzchni zbrojenia wyznaczonej z warunku minimalnego stopnia zbrojenia.
 - ✓ min. liczba wkładek - włącznik, którego włączenie spowoduje, że wartość **Alw** we wzorze (**) jest równa powierzchni zbrojenia wyznaczonej z warunku minimalnej liczby wkładek zbrojenia.

Wartość zbrojenia w poszczególnych węzłach siatki MES dla wybranej strony *obszarów płytowych* (górną/dolną) i wybranego kierunku zbrojenia jest wyznaczana ze wzoru:

$$A = \max\{Amz, Asz, Alw\} - Ap \geq 0, \quad (**)$$

Prezentacja ►

Grupa poleceń aktywnych po zainicjowaniu trybu Zbrojenie, służących do określania sposobów prezentacji wyników obliczeń zbrojenia *obszarów płytowych* i *zeber* dla wybranych wielkości:

- ▶ widok zakresów - przełącznik - stowarzyszony z przełącznikiem widok prętów - którego wybranie spowoduje ukazanie zbrojeniaadanego (w postaci siatek) w formie uproszczonej ograniczonej do zarysu siatki zbrojenia, kierunków wkładek oraz odpowiedniego opisu.
- ▶ widok prętów - przełącznik - stowarzyszony z przełącznikiem widok zakresów - którego wybranie spowoduje ukazanie zbrojeniaadanego (w postaci siatek) w formie pełnej, czyli z widokiem wkładek.
- ▶ liczba prętów [szt/mb] - przełącznik - stowarzyszony z przełącznikiem pole przekroju [cm²/mb] - którego wybranie spowoduje ukazanie mapy zbrojenia wg wzoru (**), której izolinie określają obszary zbrojenia z liczbą wkładek dla wybranej strony *obszarów płytowych* (górnadolna) i wybranego kierunku zbrojenia - przy zadanej średnicy zbrojenia we właściwościach *obszaru płytowego*.
- ▶ pole przekroju [cm²/mb] - przełącznik - stowarzyszony z przełącznikiem liczba prętów [szt/mb] - którego wybranie spowoduje ukazanie mapy zbrojenia wg wzoru (**), której izolinie określają obszary zbrojenia z wymaganym polem powierzchni zbrojenia w cm²/mb dla wybranej strony *obszarów płytowych* (górnadolna) i wybranego kierunku zbrojenia - przy zadanej średnicy zbrojenia we właściwościach *obszaru płytowego*.
- ▶ powiększ czcionkę - powiększanie rozmiaru czcionki użytej do wyświetlania wartości liczbowych wyników obliczeń zbrojenia.
- ▶ pomniejsz czcionkę - zmniejszanie rozmiaru czcionki użytej do wyświetlania wartości liczbowych wyników obliczeń zbrojenia.


Lista zbrojenia górnego

Polecenie służące do ukazania okna dialogowego z listą wszystkich *obszarów zbrojenia* górnego, w kolumnach której zawarte są wszystkie parametry określające właściwości tych obszarów.


Lista zbrojenia dolnego

Polecenie służące do ukazania okna dialogowego z listą wszystkich *obszarów zbrojenia* dolnego, w kolumnach której zawarte są wszystkie parametry określające właściwości tych obszarów.


Przebicie

Tryb: Przebicie Włączenie trybu kreowania *stref przebicia* dla *obszarów płytowych* w miejscach podparcia *stupami* lub przyłożenia *sił skupionych* modelu konstrukcji PŻS. Operacji tej towarzyszy udostępnienie kontrolki (na prawym panelu okna głównego programu), które służą do kreowania stref przebicia. Alternatywą włączenia tego trybu jest przycisk  *paska skrótów* programu.

Strefa przebicia dowolna

Polecenie inicjujące kreowanie dowolnej *strefy przebicia* dla *obszaru płytowego*, którego użycie aktywuje okienko z narzędziami do edycji konturu *strefy przebicia*. *Strefa przebicia* może mieć dowolny kształt, ale z zamkniętym konturem oraz mieścić się w całości w obrębie *obszaru płytowego*, niezależnie od tego, czy w jej położeniu ma miejsce przebicie, czy nie. Po poprawnym naniesieniu konturu *strefy przebicia* pojawi się okienko jej właściwości z normowymi parametrami wymiarowania oraz warunkiem nośności płyty na przebicie w tej strefie. Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  sekcji Przebicie panelu trybów programu.

Strefa przebicia dla elem. konstr.


Polecenie automatycznego generowania *strefy przebicia* w otoczeniu uprzednio zadanych słupów pod obszarami płytowymi. Przed użyciem tego polecenia należy wpierw zaznaczyć słup, dla którego ma być automatycznie wygenerowana strefa przebicia. Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  sekcji Przebicie panelu trybów programu po uprzednim zaznaczeniu zamierzonego słupa na widoku modelu konstrukcji.

Dokumentacja

Linia wymiarowa Polecenie inicjujące edycję linii wymiarowych dla potrzeb tworzenia dokumentu zadania (projektu). Po użyciu tego polecenia udostępniane są okienka z parametrami i narzędziami ułatwiającymi nanoszenie linii wymiarowych na model konstrukcji.


Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  lewego *paska narzędzi* okna głównego programu.

Linia przekroju Polecenie inicjujące edycję linii określających przekroje w obrębie modelu konstrukcji dla potrzeb wyeksponowania wyników analizy wzdłuż linii tych przekrojów dla potrzeb tworzenia dokumentu zadania (projektu). Po użyciu tego polecenia udostępniane są okienka z parametrami i narzędziami ułatwiającymi nanoszenie linii przekrojów na model konstrukcji.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie przycisku  lewego *paska narzędzi* okna głównego programu.

Ustawienia**Opisy [F2]**


Polecenie otwierające okienko, w którym można dokonać parametryzacji etykiet z opisami dla poszczególnych obiektów modelu konstrukcji PŻS.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie klawisza [F2] lub przycisku  *paska opcji widoku* okna głównego programu.

Przyciąganie do obiektów [F3]

Polecenie otwierające okienko, w którym można dokonać wyboru punktów modelu konstrukcji, do których ma mieć miejsce przyciąganie w trakcie wodzenia kursora przy kreowaniu obiektów modelu konstrukcji PŻS.


Alternatywą działania tego polecenia jest użycie klawisza [F3]

lub przycisku  paska opcji widoku okna głównego programu.

Przyciąganie do siatki [F9]

Polecenie otwierające okienko, w którym można dokonać parametryzacji siatki tzw. grida stanowiącego kanwę dla kreowania obiektów modelu konstrukcji PŻS.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie klawisza [F9]

lub przycisku  paska opcji widoku okna głównego programu.

Lokalny układ współrzędnych

Polecenie umożliwiające pozycjonowanie lokalnego układu współrzędnych. W ramach tego polecenia możliwe są opcje:

- ▶ zmień - pozwala na dowolne pozycjonowanie osi układu współrzędnych lokalnych za pomocą zwykłych operacji ekranowych polegających na wodzeniu kursorem myszy do zamierzonego położenia początku układu, a następnie kąta nachylenia osi X tego układu.
- ▶ przywróć globalny - pozwala na bezpośrednie ulokowanie lokalnego układu współrzędnych w układzie globalnym, czyli pokrycie go z układem początkowym, którego położenia nie można zmieniać.

Analiza [F10]

Polecenie otwierające okienko, w którym można dokonać określenia parametrów analizy modelu konstrukcji PŻS uwzględnianych w trakcie jej obliczeń statycznych oraz wymiarowania.

Alternatywą działania tego polecenia jest użycie klawisza [F10].

Kolorystyka

Polecenie otwierające okienko, w którym można dokonać ustawień kolorów dla poszczególnych obiektów modelu konstrukcji PŻS i obiektów pomocniczych oraz rozmiaru czcionek użytych do wyświetlania tekstów i liczb użytych do opisu obiektów wyświetlanych na ekranie i użytych na wydrukach.

Pomoc**O programie**

Polecenie otwierające okienko informacyjne zawierające podstawowe informacje o programie (numer wersji, autorzy, adres Biura "CadSiS", numer klucza HASP, dane użytkownika).

Okno robocze programu

Jest głównym elementem interfejsu programu, w którym dokonywane są wszelkie operacje ekranowe związane z kreowaniem modelu konstrukcji PŻS i prezentacją wyników analizy. Operacje ekranowe mogą być dokonywane za pomocą myszki lub klawiatury, a funkcje z tym związane zależą od wybranego trybu programu. Do podstawowych trybów programu należą:

- Model konstrukcji PŻS
- Model numeryczny MES
- Wyniki analizy
- Zbrojenie
- Przebicie

Niezależnie od trybu programu wizualizacja modelu konstrukcji PŻS oraz prezentacja wyników analizy może odbywać w formie rysunku dwuwymiarowego (płaskiego) lub w formie trójwymiarowej (perspektywa).

Po uruchomieniu programu (załadowaniu do pamięci komputera) w oknie roboczym programu wyświetlane są osie globalnego układu odniesienia oraz tzw. grid, czyli punkty przyciągania kursora w trakcie kreowania obiektów modelu konstrukcji.

Niezależnie od aktualnego trybu programu sposób stopień szczegółowości i forma wizualizacji modelu konstrukcji oraz prezentacji wyników zależy od wyboru opcji za pomocą przycisków i włączników **dolnego paska narzędzi** usytuowanego tuż pod obszarem okna roboczego po jego lewej stronie.

Podstawowymi operacjami wykonywanymi bezpośrednio w oknie roboczym za pomocą myszki i klawiatury są:

- Powiększanie/pomniejszanie widoku (tzw. zoom):
Przez odpowiednie pozycjonowanie kursora i obracanie rolką przewijania myszki. Ten sposób sprawia, że widok jest powiększany lub pomniejszany z jednoczesnym jego centrowaniem w punkcie wskazywanym przez kursor myszki.
Przez jednoczesne wciśnięcie klawisza [**Ctrl**] i prawego przycisku myszki, a następnie ruchami pionowymi kursora. W tym sposobie punktem centrowania widoku jest środek okna roboczego.
- Przesuwanie widoku w obrębie okna roboczego. Odbywa się za pomocą ruchów kursora myszki przy wciśniętej rolce przewijania.

Oprócz tych bezpośrednich operacji - związanych z widokiem - możliwe są również operacje zaawansowane dokonywane przez program za pomocą poleceń opcji Widok głównego menu programu.

Pasek skrótów

Jest ulokowany bezpośrednio pod menu głównym programu i zawiera przyciski, których użycie powoduje bezpośrednie wykonanie przypisanych im poleceń lub przejście programu do zamierzonego trybu. Oto lista tych skrótów:



- inicjowanie programu dla rozpoczęcia nowego zadania (projektu). Jest to stan domyślny ustanawiany w momencie uruchomienia programu i pole-

ga na inicjowaniu wszystkich jego opcji i ustawień zgodnie z zapisanymi wcześniej danymi w plikach konfiguracyjnych *pulpit.cfg* i *grafika.cfg* tworzonych przez program w tej samej lokalizacji, w której został zainstalowany program. Jeśli w momencie użycia tego skrótu został w programie wykreowany jakiś projekt i nie został zachowany, to przed wykonaniem polecenia pojawi się odpowiedni komunikat ostrzegający, co pozwala na uchronienie przed utratą danych tego projektu.

Alternatywą tego skrótu jest kombinacja klawiszy [**Ctrl**]+[**N**].



Otwórz

- otwarcie pliku projektu z pamięci zewnętrznej komputera. Po użyciu tego skrótu pojawi się standardowe (systemowe) okno dialogowe *Otwieranie*, którego wygląd zależy od wersji systemu operacyjnego Windows. Domyślną lokalizacją plików archiwalnych jest folder, do którego został zapisany plik projektu utworzony w poprzedniej sesji. Jeśli w momencie użycia tego skrótu został w programie wykreowany jakiś projekt i nie został zachowany, to przed wykonaniem polecenia pojawi się odpowiedni komunikat ostrzegający, co pozwala na uchronienie przed utratą danych tego projektu.

Alternatywą tego skrótu jest kombinacja klawiszy [**Ctrl**]+[**O**].



Wszytko

- zaznaczanie (selekcja) wszystkich obiektów modelu konstrukcji PŻS. Jego użycie powoduje automatyczne zaznaczenie wszystkich obiektów (*obszarów płytowych, żeber, słupów, ścian, obciążeń*) np. w celu dokonania globalnych zmian właściwości tych obiektów lub dla ich skopiowania do schowka z myślą ich powielenia za pomocą polecenia wklejania.

Alternatywą tego skrótu jest kombinacja klawiszy [**Ctrl**]+[**A**].



Kopiuuj

- kopiowanie (umieszczanie w schowku) uprzednio zaznaczonych obiektów modelu konstrukcji PŻS z zamiarem ich powielenia za pomocą polecenia wklejania.

Alternatywą tego skrótu jest kombinacja klawiszy [**Ctrl**]+[**C**].



Wklej

- wklejanie kolekcji obiektów konstrukcji PŻS (umieszczonej uprzednio w schowku za pomocą skrótu *Kopiuuj*). Po użyciu tego skrótu w oknie roboczym pojawi się zarys (ang. *draft*) wklejanej kolekcji obiektów oraz okienko pozycjonowania kopii tych obiektów na modelu konstrukcji. Rutynowy sposób pozycjonowania wklejanej kolekcji polega na:

1. wstępnym (wizualnym) jej ustawieniu na zamierzonej pozycji kreowanego modelu za pomocą myszki,
2. wyłączeniu ruchu kopii za pomocą klawisza [**Alt**],
3. przeniesieniu kursora do okienka pozycjonowania *Współrzędne* i zadaniu w jego polach edycyjnych zamierzonych wartości współrzędnych i zaakceptowaniu klawiszem [**Enter**].

Alternatywą tego skrótu jest kombinacja klawiszy [**Ctrl**]+[**V**].

Brak reakcji programu na użycie tego skrótu oznacza, że w schowku systemu Windows nie ma umieszczonej kolekcji obiektów do wklejenia. Taka sytuacja może się zdarzyć, gdy po wykonaniu polecenia *Kopiuuj* w innej aplikacji użyto funkcji kopiowania do schowka, co spowodowało

automatyczne usunięcie z niego wszystkich danych (kopii) umieszczonej za pomocą tego polecenia. W takim przypadku należy powtórzyć operację kopiowania do schowka.



- usuwanie uprzednio zaznaczonych obiektów modelu konstrukcji PŻS. Alternatywą tego skrótu jest użycie klawisza [Del].



- cofnięcie ostatnio dokonanej zmiany w modelu konstrukcji PŻS. Liczba cofnięć nie jest ograniczona i może obejmować kilka operacji wstecz w kolejności odwrotnej.



- ponowienie ostatnio dokonanych operacji cofnięcia. Liczba możliwych operacji ponowienia jest zależna od liczby dokonanych wcześniej operacji cofnięcia.



- wyświetlenie okienka właściwości uprzednio zaznaczonych obiektów modelu konstrukcji PŻS.



- wyświetlenie okna dialogowego Grupy obciążeń do kreowania listy grup obciążeń i zarządzania nimi. Wskazane jest, aby przed kreowaniem obciążeń modelu konstrukcji była przygotowana lista grup obciążeń.



- automatyczne przełączenie programu w tryb Model konstrukcji, czyli w stan umożliwiający kreowanie obiektów modelu konstrukcji PŻS, bo tylko w tym trybie możliwe jest kreowanie modelu. Jest to tryb domyślny programu. Z trybem Model konstrukcji związana jest odpowiednia sekcja panelu trybów programu wyposażona w narzędzia służące do kreowania obiektów modelu konstrukcji (patrz: Panel narzędzi trybów programu).



- automatyczne przełączenie programu w tryb Model MES, w którym na podstawie modelu konstrukcji PŻS jest kreowany model obliczeniowy (schemat statyczny) konstrukcji a następnie model dyskretny metody elementów skończonych (MES). W widoku okna roboczego ukazywana jest - automatycznie wygenerowana przez program - siatka MES na podstawie domyślnych parametrów jej generowania. Z trybem Model MES związana jest odpowiednia sekcja panelu trybów programu wyposażona w narzędzia służące do parametryzacji i kreowania siatki MES modelu dyskretnego konstrukcji (patrz: Panel narzędzi trybów programu).



- automatyczne przełączenie programu w tryb Wyniki, czyli w stan umożliwiający prezentację wyników analizy modelu konstrukcji PŻS. Z trybem Wyniki związana jest odpowiednia sekcja panelu trybów programu wyposażona w narzędzia służące do wyboru obiektów modelu konstrukcji oraz formy prezentacji wyników analizy (patrz: Panel narzędzi trybów programu).



- automatyczne przełączenie programu w tryb Zbrojenie, czyli w stan umożliwiający prezentację zbrojenia wymaganego obliczeniowo oraz kreowanie zbrojenia rzeczywistego w postaci siatek zbrojenia.

Z trybem Zbrojenie związana jest odpowiednia sekcja panelu trybów programu wyposażona w narzędzia służące do kreowania siatek zbrojenia *obszarów płytowych* konstrukcji PŻS oraz formy i opcji prezentacji wyników analizy w zakresie zbrojenia (patrz: Panel narzędzi trybów programu).



- automatyczne przełączenie programu w tryb Przebicie, czyli w stan umożliwiający kreowanie stref przebicia w *obszarach płytowych* i określanie ich właściwości normowych oraz prezentację warunków nośności na przebicie.

Z trybem Przebicie związana jest odpowiednia sekcja panelu trybów programu wyposażona w narzędzia służące do kreowania stref przebicia w *obszarach płytowych* konstrukcji PŻS (patrz: Panel narzędzi trybów programu).

Paski narzędzi

Interfejs programu został wyposażony w dwa paski narzędzi, z których jeden (ulożony z lewej strony okna roboczego programu) zawiera przyciski (narzędzia) służące do edycji pomocniczych obiektów geometrycznych, takich jak: linia (prosta lub łuk), linia wymiarowa, linia przekroju przez model konstrukcji, poligon, a także narzędzia usprawniające edycję (kopiowanie, przesuwanie, obracanie, wklejanie, powielanie, wycinanie, symetryzacja) pomocniczych obiektów geometrycznych.

Drugi pasek narzędzi (ulożony pod oknem roboczym) skupia przyciski (narzędzia) do ustawiania opcji widoku modelu konstrukcji w oknie roboczym programu.

Pasek narzędzi obiektów pomocniczych:



narzędzie służące do kopiowania wybranych (zaznaczonych) wcześniej obiektów modelu konstrukcji PŻS lub pomocniczego elementu geometrycznego. Przydatne w sytuacji, gdy model konstrukcji zawiera w sobie powtarzalne fragmenty pod względem geometrycznym oraz mechanicznym. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Zaznaczenie obiektu (lub grupy obiektów) do skopiowania.
2. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko kopiowanie).
3. Określeniu (wskazanie) tzw. punktu bazowego za pomocą myszki lub przez zadanie współrzędnych tego punktu w polach edycyjnych sekcji punkt bazowy okienka kopiowanie. Od tego momentu w widoku modelu konstrukcji ukazywana jest kopia zaznaczonych wcześniej obiektów (elementów) w formie "draft", wodzona wraz z kursorem myszy w obrębie widoku modelu konstrukcji.
4. Wodzeniu kursora myszy dla usytuowania kopii w zamierzonej pozycji i zaakceptowaniu jej lewym przyciskiem myszki lub bezpośrednio przez

zadanie wartości współrzędnych punktu bazowego w polach edycyjnych sekcji punkt docelowy okienka kopiowanie.



narzędzie służące do przesuwania wybranych (zaznaczonych) wcześniej obiektów modelu konstrukcji PŹS lub pomocniczego elementu geometrycznego. Przydatne do korekcji położenia obiektów po dokonaniu zmian ich geometrii. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Zaznaczeniu obiektu (lub grupy obiektów) do przesunięcia.
2. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko przesunięcie).
3. Określeniu (wskazaniu) tzw. punktu bazowego za pomocą myszki lub przez zadanie współrzędnych tego punktu w polach edycyjnych sekcji punkt bazowy okienka przesunięcie. Od tego momentu w widoku modelu konstrukcji ukazywana jest kopia zaznaczonych wcześniej obiektów (elementów) w formie "draft", wodzona wraz z kursorem myszy w obrębie widoku modelu konstrukcji.
4. Wodzeniu kursora myszy dla usytuowania kopii w zamierzonej pozycji i zaakceptowaniu jej lewym przyciskiem myszki lub bezpośrednio przez zadanie wartości współrzędnych punktu bazowego w polach edycyjnych sekcji punkt docelowy okienka przesunięcie.



narzędzie służące do obracania wybranych (zaznaczonych) wcześniej obiektów modelu konstrukcji PŹS lub pomocniczego elementu geometrycznego. Przydatne do korekcji położenia obiektów po dokonaniu zmian ich geometrii.

Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Zaznaczeniu obiektu (lub grupy obiektów) do obrócenia.
2. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko obrót).
3. Określeniu (wskazaniu) tzw. punktu bazowego (punktu obrotu) za pomocą myszki lub przez zadanie współrzędnych tego punktu w polach edycyjnych sekcji punkt bazowy okienka obrót. Od tego momentu w widoku modelu konstrukcji ukazywana jest kopia zaznaczonych wcześniej obiektów (elementów) w formie "draft", wodzona wraz z kursorem myszy w obrębie widoku modelu konstrukcji.
4. Wodzeniu kursora myszy dla osiągnięcia obrotu kopii o zamierzony kąt i zaakceptowaniu jej lewym przyciskiem myszki lub bezpośrednio przez zadanie wartości kąta obrócenia w polu edycyjnym sekcji kąt obrotu okienka obrót.



narzędzie służące do dokonywania symetryzacji wybranych (zaznaczonych) wcześniej obiektów modelu konstrukcji PŹS lub pomocniczego elementu geometrycznego. Przydatne w sytuacji, gdy zachodzi potrzeba skopiowania obiektów, które mają stanowić tzw. odbicie lustrzane obiektów zaznaczonych. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Zaznaczeniu obiektu (lub grupy obiektów) do symetryzacji.
2. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko symetryzacja).
3. Określeniu położenia pierwszego z dwóch punktów osi symetryzacji za pomocą myszki lub przez zadanie współrzędnych tego punktu w polach

edycyjnych sekcji pierwszy punkt na osi symetrii okienka symetryzacja. Po wskazaniu tego punktu ma miejsce wodzenie kopii symetryzowanych obiektów wraz z wodzeniem kursora myszy.

4. Wodzeniu kursora myszy dla wskazania drugiego punktu osi symetryzacji i zaakceptowaniu jego położenia lewym przyciskiem myszki lub bezpośrednio przez zadanie wartości w polu edycyjnym sekcji drugi punkt na osi symetrii okienka symetryzacja, co spowoduje wygenerowanie kopii symetryzowanych obiektów jako ich odbicia lustrzanego.



narzędzie służące do edycji otworów (wycięć) w *obszarach płytowych* modelu konstrukcji. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko kreowania linii konturu dla wycięcia).
2. Edycji (za pomocą narzędzi tego okienka) konturu zamierzonego wycięcia. Po zamknięciu konturu kreowanego wycięcia nastąpi automatyczne wypełnienie (obszaru w nim zawartym) odpowiednim kolorem oznaczającym wycięcie. Wycięciem w *obszarze płytowym* będzie tylko ta część kreowanego obszaru wycięcia, która pokrywa się z *obszarem płytowym*.



narzędzie służące do usuwania otworów (wycięć) z *obszarów płytowych* modelu konstrukcji. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko współrzędne).
2. Wskazaniu kursorem punktu należącego do obszaru zamierzonego otworu i kliknięciu lewym przyciskiem myszy. Jeśli wskazany punkt leży w obrębie otworu, to nastąpi usunięcie tego otworu z modelu konstrukcji.

Uwaga: Usunięciu podlegają tylko wycięcia (otwory) o konturach zamkniętych i całkowicie zawartych w *obszarach płytowych*.



narzędzie służące do edycji linii pomocniczych na modelu konstrukcji. Linie pomocnicze nie są obiektami modelu konstrukcji, a jedynie mogą służyć jako elementy geometryczne ułatwiające kreowanie obiektów modelu konstrukcji. W uzasadnionych przypadkach linie pomocnicze mogą być przekształcane w obiekty modelu konstrukcji (patrz menu: Narzędzia/Zamień na ...). Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Użyciu przycisku tego narzędzia (pojawi się okienko kreowania linii).
2. Edycji dowolnego pomocniczego obiektu geometrycznego (za pomocą narzędzi tego okienka).



narzędzie służące do nanoszenia linii wymiarowych w widoku modelu konstrukcji. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Użyciu przycisku tego narzędzia, co spowoduje pojawienie się okienek kreowania linii wymiarowych. W okienku wymiar należy wpierw wybrać rodzaj linii wymiarowej.
2. Wskazaniu kolejno dwóch punktów (za pomocą myszki lub przez zadanie współrzędnych w okienku współrzędne), między którymi ma być wygenerowana linia wymiarowa.

3. Dokonaniu odsunięcia linii wymiarowej do pozycji zapewniającej należyłą czytelność widoku modelu konstrukcji.

Uwaga: Po zaakceptowaniu położenia linii wymiarowej możliwa jest kontynuacja generowania kolejnych linii wymiarowych (między następnymi punktami modelu konstrukcji) o wspólnej bazie.



narzędzie służące do nanoszenia linii przekrojów w widoku modelu konstrukcji. Linie te stanowią kanwę dla prezentacji wyników analizy modelu konstrukcji PŻS w trybie Wyniki. Zastosowanie tego narzędzia polega na:

1. Użyciu przycisku tego narzędzia, co spowoduje pojawienie się okienka kreowania linii przekroju. W okienku tym należy wpierw wybrać rodzaj (kształt) segmentu linii przekroju.

Uwaga: Linia przekroju może składać się z dowolnej liczby elementarnych segmentów łączących się ze sobą w szereg. W ten sposób można ustawić bazę dla prezentacji wyników wzdłuż dowolnie poprowadzonej linii.

2. Kreowaniu kolejnych segmentów linii przekroju za pomocą myszki lub przez zadawanie współrzędnych (w okienku narzędzi kolejnych węzłów linii przekroju).

Uwaga: Linie przekrojów są numerowane, a ich numery umieszczane są na końcach tych linii.

Pasek narzędzi widoku modelu konstrukcji:



przełącznik widoku modelu konstrukcji w tryb 2D (płaski), który jest trybem domyślnym programu.



przełącznik widoku modelu konstrukcji w tryb 3D (~~płaski~~).



narzędzie do powiększania widoku modelu konstrukcji za pomocą prostokąta selekcji. Zastosowanie tego narzędzia polega na zaznaczeniu prostokątem obszaru okna roboczego, który ma być powiększony.



narzędzie ukazywania położenia lokalnego układu współrzędnych (LUW). Jego użycie powoduje takie ustawienie widoku modelu konstrukcji w oknie roboczym, że początek lokalnego układu współrzędnych znajdzie się dokładnie w środku okna roboczego. Ma to na celu odnajdywanie osi LUW w sytuacji bardziej złożonych konstrukcji PŻS.









narzędzie do globalnego centrowania widoku modelu konstrukcji w oknie roboczym programu. Jego użycie spowoduje dopasowanie widoku modelu konstrukcji do rozmiarów okna roboczego.



narzędzie do pozycjonowania LUW w dowolnym punkcie płaszczyzny kreowania modelu konstrukcji. Po wybraniu tego narzędzia należy najpierw wskazać punkt płaszczyzny kreowania modelu jako początku LUW, a następnie zadaniu kąta nachylenia osi X tego układu.




narzędzie sprowadzenie LUW do położenia globalnego układu współrzędnych (GUW). Użycie tego narzędzia spowoduje pokrycie się tych dwóch układów.

-  narzędzie do otwarcie okna Ustawienie siatki, w którym dokonuje się ustawień parametrów kanwy (grida) płaszczyzny kreowania modelu konstrukcji. Alternatywą użycia tego narzędzia jest użycie klawisza [F9].
-  narzędzie do otwarcie okna Punkty charakterystyczne, w którym dokonuje się ustawień odnośnie punktów obiektów graficznych modelu konstrukcji, do których ma zachodzić przyciąganie kursora kreowania obiektów modelu konstrukcji. Alternatywą użycia tego narzędzia jest użycie klawisza [F3].
-  narzędzie służące do pobrania z pamięci zewnętrznej pliku rysunku w formacie DXF i osadzenia go jako podkładu na płaszczyźnie kreowania modelu konstrukcji. Stwarza to możliwość kreowania modelu konstrukcji na bazie tego rysunku.
-  narzędzie do otwarcie okna Opisy, w którym dokonuje się ustawień odnośnie zawartości opisów umieszczanych w etykietach identyfikacyjnych poszczególnych obiektów modelu konstrukcji. Alternatywą użycia tego narzędzia jest użycie klawisza [F2].
-  narzędzie do pozycjonowania etykiet poszczególnych obiektów modelu konstrukcji. Po jego wybraniu w etykietach pojawiają się czerwone punktu, które pełnią rolę uchwytów do przeciągania etykiet. Narzędzie to pozwala na osiągnięcie lepszej czytelności widoku modelu konstrukcji.
-  narzędzie do otwarcie okna Widoczność, w którym dokonuje się wyboru odnośnie widoczności poszczególnych obiektów modelu konstrukcji. Dzięki temu można doraźnie ukazywać lub ukrywać obiekty modelu konstrukcji w jej widoku. Alternatywą użycia tego narzędzia jest użycie klawisza [F4].


Panel narzędzi trybów programu


Jest ulokowany z prawej strony okna roboczego programu i zawiera przyciski (narzędzia), które służą do sterowania funkcjami programu w poszczególnych jego trybach pracy, a więc zestaw narzędzi tego panelu zmienia się wraz ze zmianą trybu.

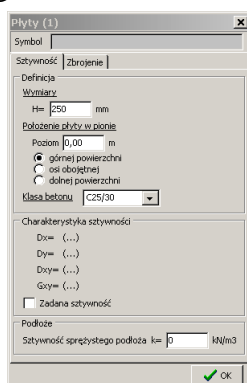
Narzędzia panelu w trybie Model Sekcja Konstrukcja

-  narzędzie służące do kreowania *obszarów płytowych* modelu konstrukcji. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości Płyta (Rys. 2) oraz okno narzędzi edycji linii (konturu *obszaru płytowego*), (Rys. 3).

Za pomocą narzędzi okna edycji linii (konturu *obszaru płytowego*) należy dokonać edycji *obszaru płytowego*, którego kontur (zamknięta linia) może się składać z dowolnej liczby prostych elementów (segmentów), tj. odcinków prostych i łuków. Model konstrukcji PŻS może zawierać dowolną liczbę *obszarów płytowych* o różnych właściwościach geometrycznych i materiałowych.

Jeśli kontur kreowanego *obszaru płytowego* ma co najmniej dwa nie współliniowe segmenty, to program automatycznie zamyka kontur obszaru. W tym celu wystarczy użyć przycisku  okienka narzędzi kreowania linii konturu.

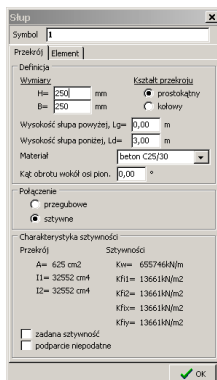
Wyłączenie narzędzia kreowania następuje po użyciu klawisza [Esc] lub przycisku  okienka narzędzi kreowania segmentów konturu. Zamknięcie konturu kreowanego *obszaru płytowego* jest zarazem początkiem kreowania następnego.



Rys. 2

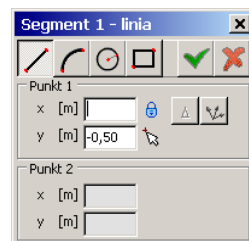
Okno właściwości obszaru płytowego

W momencie zamknięcia konturu *obszaru płytowego* następuje jego wypełnienie odpowiednim (patrz opcja menu: Ustawienia/Kolorystyka) kolorem, a jego właściwości geometryczne (grubość, położenie w pionie) oraz materiałowe są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości *obszaru płytowego* (Rys. 2). Ponadto nowo wykreowany *obszar płytowy* zostaje opatrzony odpowiednią etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy.



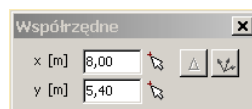
Rys. 4

Okno właściwości słupa



Rys. 3

Okienko narzędzi edycji linii



Rys. 5

Okno współrzędnych kreowanego słupa



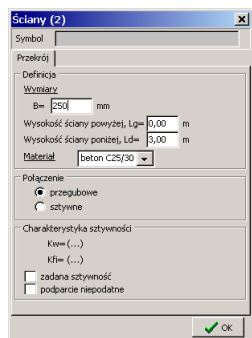
narzędzie służące do kreowania *słupów* modelu konstrukcji. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości *Słup* (Rys. 4) oraz okienko współrzędnych do pozycjonowania *słupa* (Rys. 5) w widoku modelu konstrukcji PŻS.

Za pomocą myszy i okienka współrzędnych należy określić położenie kreowanego *słupa* i zaakceptować kliknięciem lewego przycisku myszy lub klawiszem [Enter] przy bezpośrednim zadawaniu współrzędnych.

W momencie zadania *stupa* następuje wypełnienie jego przekroju odpowiednim (patrz opcja menu: Ustawienia/Kolorystyka) kolorem, a jego właściwości geometryczne (kształt i wymiary przekroju, długości, sposób podparcia) oraz materiałowe są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości *stupa* (Rys. 5). Ponadto nowo wykreowany *stupa* zostaje opatrzony odpowiednią etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy.




narzędzie służące do kreowania *ścian* modelu konstrukcji. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości *Ściana* (Rys. 6) oraz okienko narzędzi edycji linii (osi *ściany*) (Rys. 3).



Rys. 6
Okno właściwości *ściany*

Za pomocą narzędzi okienka edycji linii (osi *ścian*) należy dokonać edycji *ściany*, której oś może się składać z dowolnej liczby prostych elementów (segmentów), tj. odcinków prostych i łuków. Model konstrukcji PŻS może zawierać dowolną liczbę *ścian* o różnych właściwościach geometrycznych i materiałowych.


Akceptacji położenia kreowanej osi *ściany* dokonuje się za pomocą przycisku  okienka narzędzi kreowania linii (osi *ściany*) lub przez użycie przycisku OK okna właściwości *ściany*.

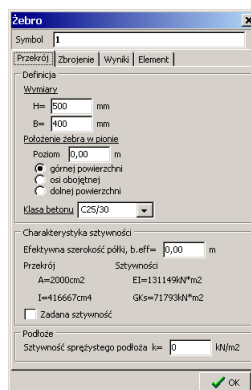
W momencie zaakceptowania położenia osi *ściany* następuje jej narysowanie i wypełnienie odpowiednim kolorem (patrz opcja menu: Ustawienia/Kolorystyka), a jej właściwości geometryczne (grubość, wysokość, sposób podparcia) oraz materiałowe są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości *ściany* (Rys. 6). Ponadto nowo wykreowany *ściana* zostaje opatrzona odpowiednią etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy.



narzędzie służące do kreowania *żeber* modelu konstrukcji. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości *Żebro* (Rys. 7) oraz okienko narzędzi edycji linii (osi *żebra*) (Rys. 3).

Za pomocą narzędzi okienka edycji linii (osi *żeber*) należy dokonać edycji *żebra*, którego oś może się składać z dowolnej liczby prostych elementów (segmentów), tj. odcinków prostych i łuków. Model konstrukcji PŻS może zawierać dowolną liczbę *żeber* o różnych właściwościach geometrycznych i materiałowych.

Akceptacji położenia kreowanej osi *żebra* dokonuje się za pomocą przycisku  okienka narzędzi kreowania linii (osi *żebra*) lub przez użycie przycisku OK okna właściwości *żebra*.



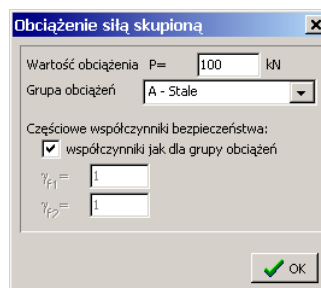
Rys. 7
Okno właściwości *żebra*

W momencie zaakceptowania położenia osi *żebra* następuje jego narysowanie i wypełnienie odpowiednim (patrz opcja menu: Ustawienia/Kolorystyka) kolorem, a jej właściwości geometryczne (wymiary przekroju, położenie w pionie) oraz materiałowe są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości *żebra* (Rys. 7). Ponadto obiekt rysunkowy *żebra* w widoku modelu konstrukcji zostaje opatrzony odpowiednią etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy.

Sekcja Obciążenie



narzędzie służące do zadawania obciążenia w postaci *siły skupionej*. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości Obciążenie siłą skupioną (Rys. 8) oraz okienko współrzędne (Rys. 5).



Rys. 8
Okno właściwości *siły skupionej*

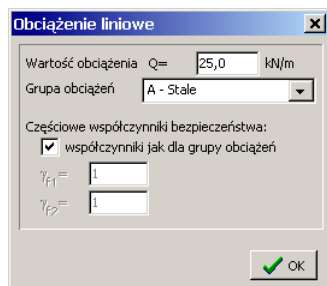
Za pomocą myszy i okienka współrzędne należy określić położenie zadawanej *siły skupionej* i zaakceptować kliknięciem lewego przycisku myszy lub klawiszem [Enter] - przy bezpośrednim zadawaniu współrzędnych.

W momencie zaakceptowania położenia *siły skupionej* następuje jej narysowanie w widoku modelu konstrukcji w postaci przekreślonego kwa-

dratu - w kolorze określonym w opcji menu: Ustawienia/Kolorystyka) - opatrzonego etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy - a właściwości *siły skupionej* (wartość, grupa przynależności, współczynniki obciążeniowe) są takie, jak zostały określone w oknie właściwości *siły skupionej* (Rys. 8).




narzędzie służące do zadawania obciążenia w postaci rozłożonej liniowo (*obciążenie liniowe*, tzw. *nóż*). Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości Obciążenie liniowe (Rys. 9) oraz okienko narzędzi edycji linii (linii *obciążenia liniowego*) (Rys. 3).



Rys. 9
Okno właściwości obciążenia liniowego

Za pomocą myszy i okienka narzędzi edycji linii należy dokonać edycji linii *obciążenia liniowego*, która może być ciągiem prostych segmentów (odcinków prostych i łuków).

Akceptacji położenia kreowanej linii *obciążenia liniowego* dokonuje się za pomocą przycisku  okienka narzędzi kreowania linii lub przez użycie przycisku OK okna właściwości *obciążenia liniowego*.

W momencie zaakceptowania położenia linii *obciążenia liniowego* następuje jego narysowanie w postaci ciągu małych kółek w kolorze określonym w opcji menu: Ustawienia/Kolorystyka) - opatrzonego etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy - a jego właściwości (wartość, grupa przynależności, współczynniki obciążeniowe) są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości obciążenie liniowe (Rys. 9).



narzędzie służące do zadawania obciążenia w postaci rozłożonej na obszarze o kształcie dowolnego czworoboku (*obciążenie powierzchniowe*). Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno właściwości Obciążenie powierzchniowe (Rys. 10) oraz okienko narzędzi edycji linii (konturu obszaru *obciążenia powierzchniowego*), (Rys. 3).

Za pomocą myszy i okienka narzędzi edycji linii należy dokonać edycji linii konturu obszaru (czworoboku lub trójkąta) *obciążenia liniowego*.

Wygenerowanie *obciążenia powierzchniowego* następuje automatycznie przez zamknięcie trójkąta lub w momencie zadania trzeciego boku konturu obszaru obciążenia.

W momencie wygenerowania *obciążenia powierzchniowego* następuje jego narysowanie w widoku modelu konstrukcji w postaci czworoboku lub

trójkąta wypełnionego wzorem w kolorze określonym w opcji menu: Ustawienia/Kolorystyka) - opatrzonego dodatkowo etykietą, której tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy - a jego właściwości (wartości w narożach obszaru, grupa przynależności, współczynniki obciążeniowe) są takie, jak zostały określone za pomocą okna właściwości obciążenie powierzchniowe (Rys. 10). Naroża obszaru obciążenia są opatrzone numerami od 1 do 4 po to, aby możliwe było ich kojarzenie z zadawanymi wartościami w polach edycyjnych Q, Q2, Q3, Q4 okna Obciążenie powierzchniowe.

Rys. 10
Okno właściwości obciążenia powierzchniowego

Uwaga: W przypadku trójkątnego kształtu obszaru *obciążenia powierzchniowego* jego rozkład wzdłuż dowolnej linii prostej jest liniowy, natomiast w przypadku czworoboku - bryła tego obciążenia jest od góry ograniczona tzw. powierzchnią prostokreślną opartą na krawędziach 1-2 i 3-4 tego czworoboku.

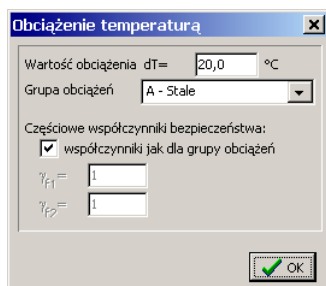
Rys. 11
Okno właściwości obciążenia na całą płytę



narzędzie służące do zadawania obciążenia jako równomiernie rozłożone na całym *obszarze płytowym* (*obciążenie na całą płytę*). Przed wybraniem tego narzędzia należy w widoku modelu konstrukcji zaznaczyć jeden lub więcej *obszarów płytowych*, na które ma być zadane to obciążenie. Wówczas, po włączeniu tego narzędzia w oknie roboczym programu pojawia się okno właściwo-

ści obciążenie na całą płytę (Rys. 11), w którym należy zadać jego właściwości (wartość, grupa przynależności, współczynniki obciążeniowe).

W momencie wygenerowania *obciążenia na całą płytę* w środku *obszaru płytowego* pojawi się etykieta z krótkim opisem, którego tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy - a jego właściwości są takie, jak zostały określone w oknie właściwości obciążenie na całą płytę (Rys. 11).



Rys. 12
Okno właściwości obciążenia temperaturą





narzędzie służące do zadawania *obciążenia temperaturą* jako równomiernie rozłożonej na całym *obszarze płytowym* różnicy temperatur między dolną i górną powierzchnią bryły płyty *obszaru płytowego*. Przed wybraniem tego narzędzia należy wpięrow w widoku modelu konstrukcji zaznaczyć jeden lub więcej *obszarów płytowych*, na które ma być zadane to obciążenie. Wówczas, po włączeniu tego narzędzia w oknie roboczym programu pojawia się okno właściwości obciążenie temperaturą (Rys. 12), w którym należy zadać jego właściwości (wartość, grupa przynależności, współczynniki obciążeniowe).


W momencie wygenerowania *obciążenia temperaturą* w środku *obszaru płytowego* pojawi się etykieta z krótkim opisem, którego tekst zależy od ustawień w opcji menu Ustawienia/Opisy - a jego właściwości są takie, jak zostały określone w oknie właściwości obciążenie na całą płytę (Rys. 11).

Narzędzia panelu w trybie MES

Sekcja Model MES

Spełnia rolę jedynie informacyjną odnośnie modelu MES i zawiera:

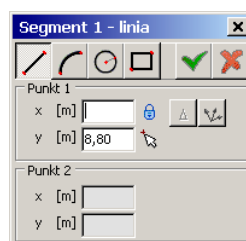
- Liczba el. na dł. boku - główny parametr generacji siatki modelu MES. Jest to liczba stanowiąca o gęstości siatkovania dla potrzeb modelu MES, zadawana przez użytkownika w oknie Analiza otwieranym za pomocą narzędzia  sekcji Siatka (patrz: narzędzie ).
- Liczba węzłów - określa całkowitą liczbę węzłów siatki MES wygenerowanej przez program automatycznie na podstawie parametru Liczba el. na dł. boku. Wszystkie wielkości będące wynikiem analizy modelu MES będą ściśle związane z tymi węzłami. Liczba ta decyduje o rozmiarze zadania (projektu) z punktu widzenia analizy statyczno-kinematycznej i wymiarowania modelu konstrukcji PZS.

Liczba elementów - określa całkowitą liczbę tzw. elementów skończonych siatki MES wygenerowanej przez program automatycznie na podstawie parametru Liczba el. na dł. boku. Procedura automatycznego generowania modelu MES operuje elementami czworobocznymi i trójkątnymi dla obszaru płytowego, elementami liniowymi dla żeber i ścian oraz elementami punktowymi (bezwymiarowymi) dla słupów. W szczególnych sytuacjach siatka MES może być zagęszczana przez użytkownika w strefach, w których pożądane są wyniki o wyższym stopniu dokładności. Do tego służy narzędzie  sekcji Siatka.

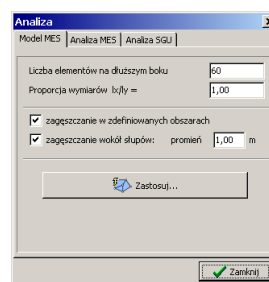
Sekcja Grupy obciążeń



narzędzie służące do kreowania *stref zagęszczania* siatki modelu MES. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okienko narzędzi edycji linii (konturu *strefy zagęszczania*) (Rys. 13).




Rys. 13




Rys. 14

Okno ustawiania parametrów siatki modelu MES

Kreowanie *stref zagęszczania* siatki modelu MES polega na nanoszeniu na ten model konturów tych stref za pomocą narzędzi okienka edycji linii. Kontur *strefy zagęszczania* jest dowolny i może być ciągiem segmentów prostych (linia, łuk). Wykreowane w ten sposób *strefy zagęszczania* siatki modelu MES są w widoku tego modelu przedstawiane obszary o liniach kropkowanych w kolorze niebieskim.

Samo naniesienie *strefy zagęszczania* nie powoduje jeszcze automatycznej regeneracji siatki modelu MES. Dopiero po zakończeniu sesji nanoszenia tych stref należy użyć narzędzia  tej sekcji panelu trybów programu.

Uwaga: Program został wyposażony w funkcję automatycznego generowania stref zagęszczania siatki modelu MES w otoczeniu *stópów*. Dzięki temu użytkownik nie musi kreować *stref zagęszczania* w ich otoczeniu, a jedynie uaktywnić tę funkcję i zadać odpowiednie dla niej parametry (patrz: narzędzie .



narzędzie służące do otwarcia okna właściwości modelu MES. Po wybraniu tego narzędzia w oknie roboczym pojawia się okno Analiza wyposażone w trzy zakładki, których formanty służą do określania parametrów ściśle związanych zarówno z modelem MES jak i jego analizą (**Rys. 14**).

Pierwsza zakładka tego okna udostępnia formanty do zadawania parametrów generowania siatki modelu MES, tj.:

Liczba elementów na dłuższym boku - liczba stanowiąca o gęstości siatkowania dla potrzeb modelu MES, a określająca liczbę podziału na elementy wzdłuż większego z wymiarów gabarytowych modelu konstrukcji, mierzonych wzdłuż osi głównych schematu statycznego. Ośi główne schematu statycznego można w dużym stopniu utożsamiać z osiami głównymi figury będącej geometryczną sumą obszarów płytowych. Schemat statyczny jest transformowany do układu osi głównych schematu statycznego i względem tego układu tworzona jest siatka MES. Wartość liczby elementów na dłuższym boku należy dobierać stosownie do stopnia skomplikowania modelu konstrukcji PŻS oraz wydajności komputera (szybkość procesora, wielkość pamięci RAM). Należy unikać zbyt dużej wartości tej liczby bowiem może się okazać, że model MES nie będzie możliwy do wygenerowania ze względu na wyczerpanie pamięci RAM komputera.

Innym aspektem doboru wartości tego parametru jest sama analiza zadania, bowiem czas jej wykonania będzie wzrastał a kwadratem tego parametru

Realna jego wartość powinna się mieścić w granicach od kilkudziesięciu do kilkuset.

Proporcja wymiarów l_x/l_y - wielkość określająca stopień wydłużenia elementów skończonych przy generowaniu siatki modelu MES, czyli stosunek wymiarów elementu skończonego na kierunkach osi głównych schematu statycznego. Inną wartość tego parametru niż 1,00 należy stosować w szczególnych przypadkach (np. w sytuacji, gdy w modelu konstrukcji występuje dużo obszarów płytowych o wydłużonych kształtach wzdłuż jednego kierunku). Jednak zasadniczo należy unikać zbyt małych i zbyt dużych wartości tego parametru w stosunku do 1,00.


Zagęszczanie w zdefiniowanych obszarach - włącznik, którego włączenie sprawia, że w trakcie generowania siatki MES przez program następuje automatyczne jej zagęszczanie w zadanych wcześniej *strefach zagęszczania*.

Zagęszczanie wokół słupów - włącznik, którego włączenie sprawia, że w trakcie generowania siatki MES przez program następuje automatyczne jej zagęszczanie w strefach otaczających słupy, a zasięg tych stref określa stowarzyszony z tym włącznikiem parametr liczbowy (promień) określający wielkość stref zagęszczania wokół słupów.



Zastosuj- przycisk, którego użycie spowoduje automatyczne wygenerowanie siatki modelu MES zgodnie z zadanymi w tej zakładce parametrami.



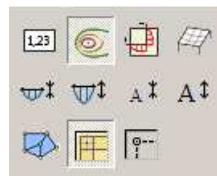
narzędzie służące do automatycznego generowania siatki modelu MES, które należy używać w połączeniu z narzędziem  służącym do nanoszenia dowolnych stref zagęszczania siatki MES.

Narzędzia panelu w trybie Wyniki

Sekcja Wyniki



włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji odnosić się będzie do *obszarów płytowych*. Z włącznikiem tym stowarzyszone są następujące narzędzia:



Rys. 15



włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do ugięć *obszarów płytowych* modelu; Interpretacja tych wyników zależy od ustawień włączników sekcji Grupy obciążeń a forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).



włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do momentów zginających M_x w *obszarach płytowych* modelu; Interpretacja tych wyników zależy od ustawień włączników sekcji Grupy obciążeń a forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).



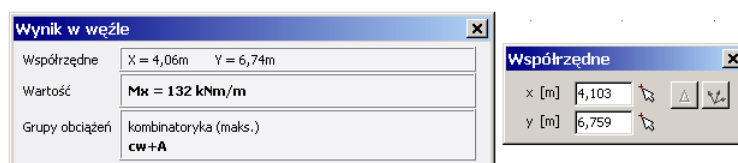
włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do momentów zginających M_y w *obszarach płytowych* modelu; Interpretacja tych wyników zależy od ustawień włączników sekcji Gru-

py obciążeń a forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).

Mxy włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do momentów skręcających M_{xy} w *obszarach płytowych* modelu; Interpretacja tych wyników zależy od ustawień włączników sekcji Grupy obciążeń a forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).

wr włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do ugięcia *obszarów płytowych-żebier* modelu wyznaczonych dla stanu granicznej użyteczności (SGU) wg zasad podanych w normach PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005 dla konstrukcji zarysowanej. Forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).

r włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do szerokości rys w *obszarach płytowych* modelu wyznaczonych wg zasad podanych w normach PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005. Forma prezentacji tych wyników zależy od wyboru przełącznika z grupy ułożonej w dolnej części sekcji Wyniki panelu narzędzi sterowania programem w trybie Wyniki (Rys. 15).













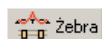
Rys. 16

Odczytywanie wyników obliczeń w dowolnym węźle siatki MES



? włącznik, którego włączenie umożliwia odczytywanie wartości aktualnie prezentowanej wielkości bezpośrednio w węzłach siatki modelu MES. Po jego włączeniu w widoku modelu konstrukcji w oknie roboczym programu pojawia się czerwony punkt podążający za kursorem myszy po węzłach siatki MES, a jednocześnie wyświetlane jest okienko Wynik w węźle z podanymi współrzędnymi wskazywanego węzła, wartością aktualnej wielkości oraz kombinacją grup obciążeń, której ten wynik odpowiada (Rys. 16). Ponadto, ukazuje się również okienko Współrzędne, które umożliwia pozycjonowanie miejsca odczytu wyniku bezpośrednio przez zadanie współrzędnych w układzie globalnym.





Jak wspomniano wcześniej wyniki analizy mogą być prezentowane w różnych formach zależnych od ustawień grupy włączników (Rys. 15), a mianowicie:

-  prezentacja wyników analizy w postaci liczbowej. W widoku modelu konstrukcji wyniki wyświetlane są w węzłach siatki modelu MES jako liczby. Czytelność tej formy prezentacji zależy od doboru wielkości czcionki za pomocą przycisków  i .
-  prezentacja wyników analizy w postaci tzw. izolunii, czyli linii łączących punkty o jednakowej wartości aktualnej wielkości. Użycie tego włącznika ma znaczenie jedynie w odniesieniu do *obszarów płytowych*.
-  prezentacja wyników analizy w przekrojach, czyli jako wykresów wzdłuż naniesionych uprzednio linii za pomocą narzędzia . Użycie tego włącznika ma znaczenie jedynie w odniesieniu do *obszarów płytowych*.
-  prezentacja wyników analizy w widoku trójwymiarowym. Włączenie tego włącznika sprawia, że - niezależnie od wybranej formy prezentacji - wyniki analizy prezentowane są na trójwymiarowo (w perspektywie).
-  ukazanie siatki modelu MES w widoku modelu konstrukcji w trybie prezentacji wyników.
-  ukazanie modelu konstrukcji PŻS w oknie roboczym programu w trybie prezentacji wyników.
-  ukazanie schematu statycznego konstrukcji w oknie roboczym programu w trybie prezentacji wyników, z jednoczesnym ukryciem modelu konstrukcji. Schemat statyczny jest generowany automatycznie przez program na podstawie geometrii obiektów modelu konstrukcji oraz ich właściwości, a pokazanie tego schematu statycznego pozwala użytkownikowi zorientować się jak program przekształca model konstrukcji na model obliczeniowy.



włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji odnosić się będzie do *żeber*. Interpretacja tych wyników zależy od ustawień włączników sekcji Grupy obciążeń. Z włącznikiem tym stowarzyszone są następujące narzędzia:

-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do ugięć *żeber* modelu prezentowanych w formie wykresów wzdłuż osi *żeber*.
-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do momentów zginających M w *zebrach* modelu prezentowanych w formie wykresów wzdłuż osi *żeber*.



-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do sił poprzecznych T w *żebrach* modelu prezentowanych w formie wykresów wzdłuż osi *zeber*.
-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do momentów skręcających Ms w *żebrach* modelu prezentowanych w formie wykresów wzdłuż osi *zeber*.
-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do ugięć *zeber* - traktowanych jako elementy żelbetowe - wyznaczanych dla SGU (stanu granicznego użytkowania) określonych zgodnie z wybraną przez użytkownika normą. Ugięcia prezentowane są w formie wykresów wzdłuż osi *zeber* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń.
-  włącznik, którego włączenie sprawia, że prezentacja wyników analizy ukazywana na modelu konstrukcji odnosi się wyłącznie do rozwarcia rys w *żebrach* - traktowanych jako elementy żelbetowe - wyznaczanych dla SGU (stanu granicznego użytkowania) określonych zgodnie z wybraną przez użytkownika normą. Obraz rozwarcia rys prezentowany jest w formie wykresów wzdłuż osi *zeber* dla aktualnej kombinacji grup obciążeń.

Uwaga: Analiza SGU (ugięć i rozwarcia rys) w *żebrach* jest dokonywana ściśle wg zasad określonych w wybranej normie (PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005) dla głównego zbrojenia teoretycznego, czyli wynikającego z wymagań stawianych przez warunki stanu granicznego nośności wg tych norm.







włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji odnosić się będzie do *słupów*. Prezentacja wyników analizy dla *słupów* sprowadza się do ukazania w widoku modelu konstrukcji wartości liczbowych sił N oraz momentów M_x i M_y działających w połączeniu słupów z *obszarami płytowymi* i *zebrami*. Wielkości te są ukazywane w formie etykiet ulokowanych w pobliżu słupów.



włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji odnosić się będzie do *ścian*. Prezentacja wyników analizy dla *ścian* ma formę wykresów rozkładu nacisku N (przy włączonym włączniku ) *obszarów płytowych* opierających się na *ścianach* lub rozkładu momentów zamocowania *obszarów płytowych* w *ścianach* M (przy włączonym włączniku ).

Uwagi: Wyniki analizy dla reakcji *słupów* i *ścian* zależą od stanu włącznika kombinatoryka sekcji Grupy obciążeń omawianego panelu. Jeśli jest

włączony to wielkości te są prezentowane jako obwiednie, a więc jako ekstrema będące wynikiem wykonania kombinatoryki grup obciążeń (tzw. obwiedni). Jeśli włącznik kombinatoryka jest wyłączony, to wyniki te odpowiadają pojedynczej (określanej przez użytkownika) kombinacji grup obciążeń.

Polepszenia czytelności prezentacji wyników analizy dla *żeber* i *słupów* można dokonać za pomocą przycisków , ,  i .

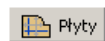
Sekcja Grupy obciążeń

Zawiera grupę włączników służących do określania stanu obciążeń pod kątem oczekiwanych wyników analizy modelu konstrukcji PŻS, a mianowicie:

- Kombinatoryka** włączanie/wyłączanie prezentacji wyników jako obwiedni. Jego włączeniu towarzyszy pojawienie się obok niego przycisku MIN/MAX do przełączania prezentacji wyników między wartościami maksymalnymi (dolna obwiednia) i minimalnymi (górna obwiednia).
- Obc. obliczeniowe** włączanie opcji analizy dla prezentacji jej wyników od obciążeń obliczeniowych, czyli z uwzględnieniem współczynników obciążeniowych.
- Obc. długotrwałe** włączanie opcji analizy dla prezentacji jej wyników pochodzących od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych.
- Lista grup** grupa włączników odpowiadających poszczególnym grupom obciążeń, za pomocą których można deklarować dowolną kombinację grup obciążeń, otrzymując zamierzone wyniki dla tej kombinacji.

Narzędzia panelu w trybie Zbrojenie

Sekcja Zbrojenie



włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji, a związana ściśle ze zbrojeniem teoretycznym (wymaganym), odnosić się będzie do *obszarów płytowych*. Z włącznikiem tym stowarzyszona jest grupa przełączników:



do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie dolne w *obszarach płytowych*.




do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie górne w *obszarach płytowych*.






do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie na kierunku 1 w *obszarach płytowych* (patrz: str.II-1).






do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie na kierunku 2 w *obszarach płytowych* (patrz: str.II-1).


Z włącznikiem  skojarzone są następujące narzędzia do wyboru formy prezentacji wyników obliczeń dla zbrojenia *obszarów płytowych*:


 prezentacja zbrojenia wymaganego w formie mapy, której obszary o określonym kolorze wskazują minimalne (wymagane) zbrojenie (dolne lub górne) na aktualnie wybranym kierunku (1 lub 2) wyrażone jako liczbę wkładek (na 1mb) o zadeklarowanej średnicy - przy włączonym włączniku  lub wyrażone w cm^2/mb - przy włączonym włączniku .

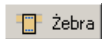
Uwagi: W prawym dolnym narożniku okna roboczego programu, przy tej formie prezentacji, ukazywana jest legenda przypisania kolorów mapy określonej wielkości zbrojenia wymaganego. Niezależnie od tego możliwe jest bezpośrednie odczytanie wyniku w sekcji Stan zbrojenia przez wskazanie kursorem myszy zamierzonego punktu *obszaru płytowego*.


 prezentacja zbrojenia wymaganego w formie alfanumerycznej, czyli jako liczby ujęte w ramkach i ułożone w węzłach siatki modelu MES, a wyrażające liczbę wkładek zbrojenia na 1mb (o zadeklarowanej średnicy) - przy włączonym włączniku  lub określające wymagane zbrojenie w cm^2/mb - przy włączonym włączniku .


W dolnej części sekcji Zbrojenie ułożona jest grupa włączników dodatkowych opcji prezentacji zbrojenia teoretycznego dla *obszarów płytowych*.



 ukazywanie i ukrywanie siatki modelu MES na widoku modelu konstrukcji.

 ukazywanie i ukrywanie siatek zbrojenia zadanego na widoku modelu konstrukcji.

 włącznik, którego włączenie sprawia, że wszelka prezentacja wyników analizy w widoku modelu konstrukcji, a związana ściśle ze zbrojeniem teoretycznym (wymaganym), odnosić się będzie do *żeber*. Z włącznikiem tym stowarzyszona jest grupa przełączników:

 do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie dolne w *żebdach*.

 do przełączenia prezentacji wyników obliczeń na zbrojenie górne w *żebdach*.

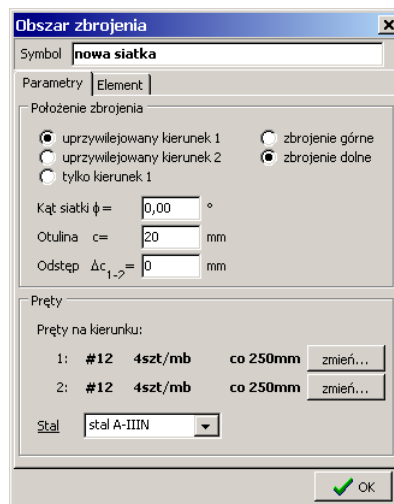
Prezentacja wyników obliczeń zbrojenia wymaganego dla *żeber* ma formę wykresów, których rzędne są odniesione do osi *żeber*, a wartości tych rzędnych zależą od wyboru przycisku;  - dla ukazania wykresu liczby wkładek zbrojenia (dolnego lub górnego) o zadeklarowanej średnicy lub  - dla ukazania wymaganej powierzchni zbrojenia w cm^2 .

Sekcja Definiowanie

Zawiera dwa przyciski będące narzędziami do kreowania siatek zbrojenia w *obszarach płytowych*, a mianowicie:



narzędzie do kreowania siatki zbrojenia. Po jego użyciu w oknie roboczym pojawia się okienko kreowania linii, która w tym przypadku ma być linią zamkniętą, stanowiącą kontur obszaru siatki zbrojenia. Kształt konturu jest dowolny i może składać się z odcinków prostych i łukowych. Po zamknięciu linii konturu obszaru siatki zbrojenia pojawia się okno Obszar zbrojenia, którego formanty służą do określania właściwości siatki zbrojenia (patrz: str. II-1) w tym obszarze (Rys. 17).



Rys. 17
Okno właściwości siatki zbrojenia płyty



narzędzie docinania *obszaru zbrojenia* siatkami do wskazanego *obszaru płytowego*. Narzędzie użyteczne w sytuacji, gdy projektowana siatka zbrojenia ma być ściśle dopasowana do konturu zamierzonego obszaru płytowego. Wykonanie tej operacji polega na jednoczesnym zaznaczeniu *obszaru zbrojenia* oraz *obszaru płytowego*, a następnie użyciu tego narzędzia.

Sekcja Stan zbrojenia

Spełnia rolę informacyjną i zawiera - w formie tekstowej - główne właściwości siatki zbrojenia oraz wielkości; zbrojenia teoretycznego (obliczonego) i zadanego w miejscu wskazanym kursorem myszy.

Narzędzia panelu w trybie Przebicie

Sekcja Przebicie



narzędzie do edycji dowolnej strefy przebicia w *obszarze płytowym*. Po jego włączeniu w oknie roboczym pojawia się okienko narzędzi kreowania linii (Rys. 13), która w tym przypadku stanowi kontur *strefy przebicia* płyty. Kontur *strefy przebicia* musi być zamknięty i wypukły oraz w całości powinien się zawierać w jednym *obszarze płytowym*. Po zamknięciu konturu strefy automatycznie otwierane jest okno Strefa przebicia służące do określania właściwości utworzonej w ten sposób *strefy przebicia* (Rys. 18).

Rys. 18
Okno właściwości strefy przebiecia



narzędzie do automatycznego generowania *stref przebiecia* w *obszarach płytowych* pochodzące od elementów konstrukcji PŻS (słupów). Przed jego użyciem należy zaznaczyć element (słup), dla którego ma być automatycznie wygenerowana *strefa przebiecia*. Jeśli operacja ta będzie możliwa do wykonania, to program automatycznie utworzy obszar strefy przebiecia i wyświetli okno jej właściwości (Rys. 18).

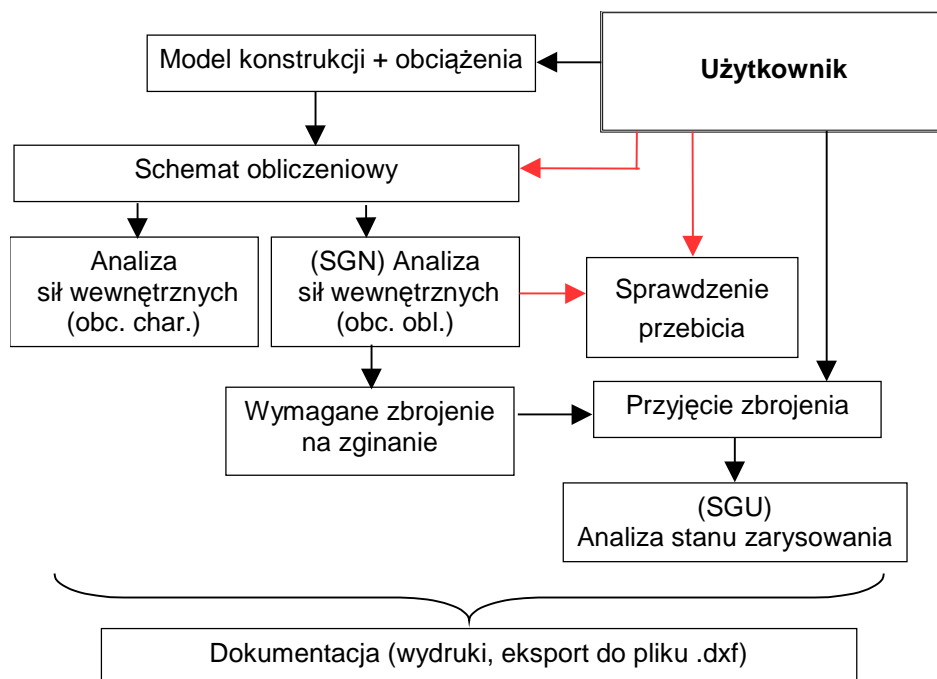
IV. UŻYTKOWANIE PROGRAMU

Wprowadzenie

Program PL-WIN2 służy do obliczania sił wewnętrznych w jednej wydzielonej kondygnacji w układach konstrukcyjnych złożonych z płyt, żeber, słupów i ścian żelbetowych oraz pozwala na wymiarowanie zbrojenia w płytach i żebrach tych konstrukcji jako elementów żelbetowych.

W tej części instrukcji omówiono ogólne zasady działania programu oraz operacje związane z kreowaniem modelu konstrukcji PŻS. Kreowania modelu konstrukcji polega na odpowiednim posługiwaniu się następującymi obiektami konstrukcyjnymi: *obszarem płyty*, *żebrem*, *ścianą*, *słupem*, *obszarem zbrojenia*, *obciążeniami*. W odróżnieniu od poprzedniej wersji programu nie stosuje się elementów niższego rzędu, definiujących geometrię układu. Każdy z wymienionych obiektów konstrukcji posiada swoje właściwości (wymiary, materiały, średnice prętów, otuliny), które zadawane są w oknach właściwości ujmujących te parametry w odpowiednie formanty. Wszystkie właściwości obiektów modelu zapisywane są w pliku tekstowym o rozszerzeniu "mpl", który może być dowolnie lokalizowany w pamięci zewnętrznej komputera.

Ogólny schemat użytkowania programu



Rys. 19
Schemat strategii użytkowania programu

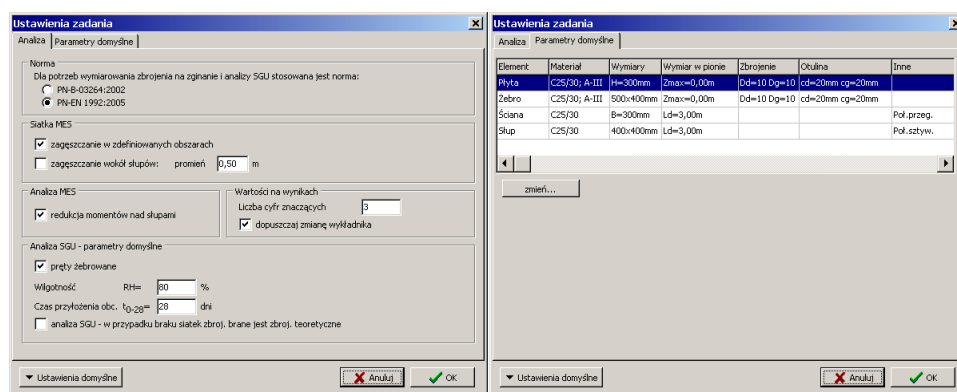
Powyższy schemat nakreśla w sposób ramowy koncepcję użytkowania programu. Sekwencja **A**→**B** na schemacie oznacza, że w pierwszej kolejności należy wykonać etap **A**, aby możliwe było wykonanie etapu **B**.

Uruchomienie programu i ustawienia jego parametrów domyślnych

Po zainstalowaniu programu PL-WIN2, na pulpicie systemu Windows zostaje umieszczona ikona tego programu, jako skrót. Wówczas uruchomienie programu PL-WIN2 dokonuje się za pomocą tego skrótu przez podwójne kliknięcie na ikonie skrótu. Spowoduje to pojawienie się głównego okna programu wraz z elementami jego interfejsu (menu, pasek skrótów, paski narzędzi, panel trybów) - Rys. 1.

W trakcie ładowania programu do pamięci komputera (uruchomienia programu) dokonywane jest inicjowanie jego ustawień początkowych zarówno w odniesieniu do interfejsu programu jak i właściwości kreowanych w nim obiektów modelu konstrukcji oraz innych. Informacje te zawarte są w plikach konfiguracyjnych: **szablon.mpl**, **grafika.cfg** i **pulpit.cfg**, odczytywanych przez program przy jego uruchamianiu.

Zaleca się, aby przez rozpoczęciem kreowania modelu konstrukcji PŻS dokonać ustawień parametrów domyślnych programu mających wpływ na usprawnienie procesu kreowania oraz wyniki analizy zadania. Dokonuje się tego w oknie Ustawienie zadania otwieranym poleceniem menu Ustawienia/Parametry domyślne (Rys. 20).



Rys. 20
Okno parametrów domyślnych zadania

Domyślnie program pobiera wartości parametrów z pliku **szablon.mpl**, w którym zapamiętane są te parametry.

Parametry domyślne programu są ujęte w dwóch zakładkach okna Ustawienie zadania: Analiza, Parametry domyślne.

Zakładka Analiza

W sekcji Norma ujęto grupę dwóch przełączników do wyboru normy, wg której mają być wykonane obliczenia w zakresie wymiarowania elementów żelbetowych (płyty, żebra). Do wyboru są dwie normy: PN-B-03264:2002 lub PN-EN 1992:2005.

W sekcji Siatka MES ujęto:

- włącznik Zagęszczanie w zdefiniowanych obszarach, którego włączenie spowoduje automatyczne zagęszczanie siatki MES w zadanych obszarach przy jej generowaniu. Obszary zagęszczania siatki MES kreowane są w trybie Model MES programu (patrz: str. III-35).
- włącznik zagęszczanie wokół słupów, którego włączenie spowoduje automatyczne zagęszczanie siatki MES w *obszarach płytowych wokół słupów* modelu konstrukcji.
- pole edycyjne promień - stowarzyszone z włącznikiem zagęszczanie wokół słupów do określania zasięgu obszarów zagęszczania siatki MES w otoczeniu słupów.

W sekcji Analiza MES ujęto:

- włącznik redukcja momentów nad słupami, którego włączenie sprawia, że wartości momentów zginających i skręcających w miejscach podparć płyty słupami wyznaczane są wg specjalnego algorytmu prowadzącego do urealnienia wyników obliczeń dla płyty w tych miejscach, jako że w teorii płyt cienkich podparcie punktowe płyty (bo tak jest traktowane podparcie płyty słupem w modelu MES) jest osobliwością i w metodach dyskretnych prowadzi do wyników niemiarodajnych.

W sekcji Wartości na wynikach ujęto:

- pole edycyjne liczba cyfr znaczących - do zadania liczby cyfr znaczących z jaką mają być wyświetlane wartości liczbowe wyników obliczeń.
- włącznik dopuszczaj zmianę wykładnika, którego włączenie sprawi, że wartości liczbowe wyników obliczeń będą mogły być wyświetlane w tzw. formacie zmiennoprzecinkowym w sytuacji, gdy część całkowita wartości liczbowej ma więcej cyfr niż określono to w polu liczba cyfr znaczących.

W sekcji Analiza SGU ujęto:

- włącznik pręty żebrowane
- pole edycyjne Wilgotność
- pole edycyjne Czas przyłożenia obc.

będące parametrami normowymi, które mają wpływ na warunki SGU, których znaczenie nie wymaga bliższych wyjaśnień.

- włącznik analiza SGU - w przypadku braku siatek zbroj..., którego włączenie umożliwia dokonywanie analizy SGU w taki sposób, że w obszarach płytowych, w których jest zadane zbrojenie rzeczywiste (w postaci siatek) do obliczeń brane jest to zbrojenie, natomiast w obszarach pozbawionych zbrojenia rzeczywistego do obliczeń brane jest zbrojenie teoretyczne (wymagane obliczeniowo).

Zakładka Parametry domyślne

Zawiera tabelę ujmującą domyślne parametry poszczególnych obiektów modelu konstrukcji PŻS. Zadawanie parametrów domyślnych poszczególnym obiektom polega w pierw na wskazaniu kursorem myszy obiektu (wiersza tabeli), a następnie użyciu przycisku Zmień, co spowoduje wyświetlenie okna

właściwości dla wybranego obiektu, w który można zadać zamierzone parametry domyślne (patrz: str. II-1).

Po określeniu parametrów domyślnych należy użyć odpowiedniej opcji menu podręcznego rozwijanego za pomocą przycisku Ustawienia domyślne.


Kreowanie modelu konstrukcji PŻS

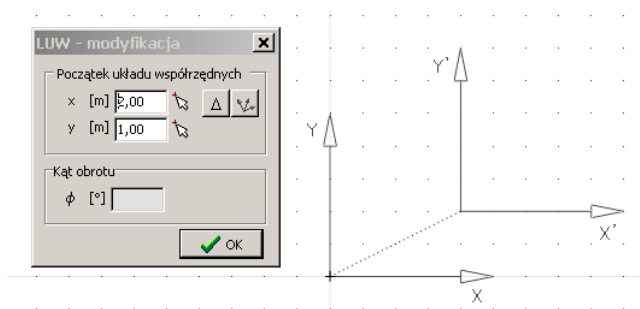
Ustawienia warunków kreowania

Kreowanie modelu konstrukcji może odbywać się zarówno w widoku 2D jak i 3D i w trybie Model programu za pomocą dostępnych w nim narzędzi, funkcji i opcji. Przed przystąpieniem kreowania modelu wskazane jest dokonanie pewnych ustawień, które przyczynią się do ułatwienia kreowania obiektów modelu.

Wszystkie obiekty modelu są osadzone na jednej płaszczyźnie, której elementami są: globalny i lokalny układ odniesienia, raster (ang. grid) oraz ewentualny podkład w postaci rysunku pobranego z pliku DXF (utworzonego w dowolnym programie typu CAD, np. AutoCAD). Wymienione elementy stanowią kanwę dla narzędzi kreowania obiektów modelu konstrukcji.

Ustawienia osi lokalnego układu odniesienia


W dowolnym momencie kreowania modelu możliwe jest dokonanie ustawienia osi lokalnego (kartezjańskiego) układu współrzędnych (LUW). Służy do tego narzędzie  paska dolnego. Po jego wybraniu w oknie roboczym pojawia się ruchomy układ współrzędnych X'Y' (Rys. 21).

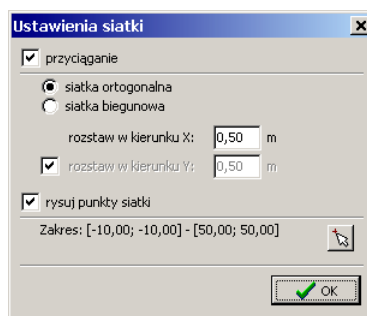


Rys. 21
Ustawianie lokalnego układu współrzędnych

Ustawienie nowego położenia osi LUW polega na zaakceptowaniu wpierw nowego położenia początku LUW, a następnie orientacji osi X' przez wskazanie dowolnego punktu płaszczyzny kreowania, który wraz z punktem początku układu określa nowe położenie osi X'. Operacja ta może być dokonywana za pomocą myszki lub przez zadawanie współrzędnych obu punktów w okienku LUW-modyfikacja.

Ustawienia właściwości siatki rastra (ang. grid)


Dokonuje się w oknie Ustawienie siatki (Rys. 22) otwieranym za pomocą narzędzia  paska dolnego lub klawiszem [F9].

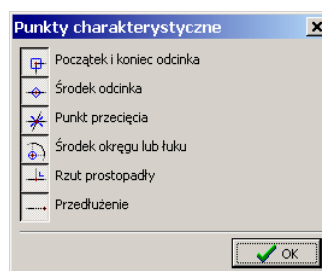


Rys. 22
Ustawianie właściwości rastra

Punkty rastra są wyświetlane w oknie roboczym (przy włączonym włączniku rysuj punkty siatki) w obszarze określonym w sekcji Zakres. Rozmieszczenie tych punktów może być w szyku ortogonalnym lub biegunowym (przełączniki siatka ortogonalna/siatka biegunowa). Gęstość siatki rastra zależy od parametrów rozstaw w kierunku X/rozstaw w kierunku Y - w szyku ortogonalnym oraz rozstaw w kierunku R/rozstaw kątowny - w szyku biegunowym.

Ustawienia przyciągania do obiektów


Dokonyje się w oknie Punkty charakterystyczne (Rys. 23) otwieranym za pomocą narzędzia  paska dolnego lub klawiszem [F3].



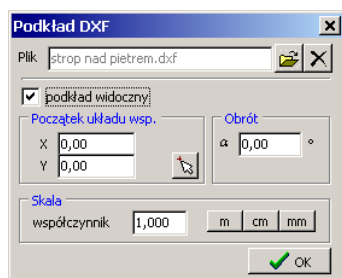
Rys. 23
Ustawianie przyciągania do punktów

Wyszczególnione w tym oknie punkty charakterystyczne - oprócz punktów siatki rastra - stanowią kanwę przyciągania kursora myszy w trakcie edycji obiektów graficznych. Zbliżenie kursora myszy do takiego punktu powoduje przechwycenie kursora edycji linii (mały, czerwony kwadrat) i wyświetlenie współrzędnych tego punktu w okienku narzędzi edycji linii.

Podkład rysunkowy z pliku DXF

Szczególnym ułatwieniem trybu kreowania modelu konstrukcji może być rysunek utworzony w programie typu CAD i zapisany w formacie DXF. W celu pobrania i ułożenia rysunku z pliku DXF należy posłużyć się narzędziem  paska dolnego lub poleceniem Plik/Pobierz podkład z pliku dxf... menu głównego programu, co spowoduje wpierw otwarcie standardowego okna Otwieranie dla odszukania pobrania pliku DXF z pamięci zewnętrznej, a następnie otwarcie

okna Podkład DXF (Rys. 24), w którym należy określić odpowiednie warunki osadzenia rysunku (pozycja, orientacja, skala) w oknie roboczym programu.



Rys. 24
Osadzanie podkładu z pliku DXF

Uwagi: Przy zapisywaniu pliku zadania w pamięci zewnętrznej zapamiętywana jest również nazwa i lokalizacja pliku DXF tak, że przy otwarciu pliku zadania z pliku archiwalnego możliwe było skojarzenie go z plikiem DXF. Brak pliku DXF w zapamiętanej lokalizacji powoduje wyświetlenie komunikatu informującego o tym, co nie ma wpływu na odtworzenie i dalszą modyfikację modelu konstrukcji, a jedynie uniemożliwia dalsze korzystanie z podkładu osadzonego z pliku DXF. Podczas kreowania modelu konstrukcji może być otwarty jeden plik DXF, służący jako podkład.



Z pliku DXF pobierane są takie obiekty geometryczne jak:

- linia, łuk, okrąg, polilinia (obiekt złożony z odc. prostych i łuków) i prosty tekst,
- style tekstów (w programie PL-WIN2 wyświetlane są zarówno czcionki AutoCAD'a typu shp/shx jak też czcionki TrueType),
- warstwy.

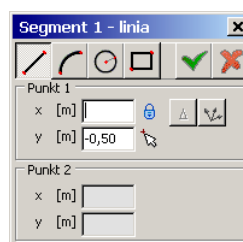
Nie są natomiast rozpoznawane i pobierane takie obiekty jak: elipsa, łuk eliptyczny, splajn, kreskowanie, tekst złożony; a linie przerywane są wyświetlane jako ciągłe.

Obiekty z pliku DXF są traktowane jak elementy liniowe i można je skopiować na okno robocze, wówczas stają się obiektami zadania (projektu) i można je zmieniać oraz konwertować na obiekty modelu konstrukcji.

Narzędzia kreowania obiektów modelu konstrukcji



Wszystkie obiekty modelu posiadające geometrię (poza punktowymi) określone są przy pomocy pewnych linii składających się z odcinków prostych oraz łuków kołowych. Są to: oś żebra i ściany, krawędzie płyty, oś obciążenia liniowego ("noża"), krawędzie obszaru obciążenia rozłożonego. Ich geometrię określa się przy pomocy okna edycji segmentu linii (Rys. 25). Pozwala ono na wprowadzenie: odcinka prostego, łuku (na różne sposoby), okręgu, prostokąta. Zielony przycisk  zatwierdza kreowaną linię, czerwony  ją odrzuca. Wskazanie punktu odbywa się poprzez zadanie współrzędnych punktu z klawiatury lub

kliknięcie lewym przyciskiem myszy po uprzednim naprowadzeniu kursora myszy na zamierzony punkt widoku modelu konstrukcji. Można przy tym skorzystać z ułatwień jakie wynikają z przyciągania kursora edycji linii (mały krzyżyk) do punktów charakterystycznych geometrii projektu (koniec i środek segmentu, środek łuku, punktu przecięcia, rzutu prostokątnego oraz punktu siatki rastra).




Rys. 25
Okno edycji segmentu linii

Przy wprowadzaniu współrzędnych można:


- odnieść się do poprzedniego punktu (przycisk ) ,
- posłużyć się układem biegunowym (przycisk ) ,
- wprowadzić oddzielnie współrzędną X i Y (ustawienie kłódki powoduje zablokowanie danej współrzędnej, co ułatwia skupieniu się nad drugą współrzędną),
- ustanowić chwilowy lokalny układ współrzędnych (patrz: str. IV-4):

Kreowanie obszarów płytowych

Sprowadza się do użycia narzędzia  trybu Model, a następnie - po pojawieniu się okienka narzędzi edycji linii - rysowaniu na płaszczyźnie kreowania modelu konstrukcji kolejnych konturów *obszarów płytowych*, tj. linii zamkniętych. Jeśli kreowany kontur jest poprawny (jego segmenty nie przecinają się wzajemnie), to w momencie jego zamknięcia nastąpi wypełnienie obszaru kolorem obszaru płytowego (opcja Ustawienia/Kolorystyka), a program jest gotowy do kreowania następnego *obszaru płytowego*.


Jednocześnie w oknie roboczym otwarte jest okno właściwości *obszaru płytowego*, którego formanty służą do określenia parametrów geometryczno-materiałowych kreowanego *obszaru płytowego* (patrz str. II-1).

Uwagi: Jeśli w modelowanej konstrukcji PŻS elementy płytowe mają jednakowe właściwości geometryczno-materiałowe, to należy starać się, aby w modelu konstrukcji stanowiły one pojedyncze *obszary płytowe*, czyli należy unikać dzielenia ich na części.

Występujące w elementach płytowych konstrukcji PŻS otwory (wycięcia) modeluje się za pomocą narzędzia  lewego paska narzędzi, a czynność ta jest podobna do kreowania *obszaru płytowego*.

Każdy *obszar płytowy* może być dowolnie pozycjonowany względem płaszczyzny bazowej przez zadanie wielkości geometrycznej poziom lub przez wyrównanie za pomocą grupy przełączników: górnej powierzchni/osi obojętnej/dolnej powierzchni zakładki Szywność okna właściwości *obszaru płytowego*.


Kreowanie żeber

Sprowadza się do użycia narzędzia  trybu Model, a następnie - po pojawieniu się okienka narzędzi edycji linii - rysowaniu na płaszczyźnie kreowania modelu konstrukcji kolejnych osi *zebra*. Oś *zebra* może się składać z dowolnej liczby segmentów (odcinków prostych i łuków).

Jednocześnie w oknie roboczym otwarte jest okno właściwości *zebra*, którego formanty służą do określenia parametrów geometryczno-materiałowych kreowanego *zebra* (patrz str. II-3).

Uwaga: Każde *zebro* może być dowolnie pozycjonowane względem płaszczyzny bazowej przez zadanie wielkości geometrycznej poziom lub przez wyrównanie za pomocą grupy przełączników do: górnej powierzchni/osi obojętnej/dolnej powierzchni zakładki Przekrój okna właściwości *zebra*. Pozycja ta jest istotna, bowiem w obliczeniach związanych z analizą statyczną i wymiarowaniem konstrukcji PŻS *zebra* leżące w *obszarach płytowych* traktowane są jako monolitycznie połączone z płytą, niezależnie od odległości osi *zebra* od płyty. Sztywność giętą przekroju *zebra* współpracującego z płytą w modelu obliczeniowym jest wyznaczana jako sztywność prostokątnego przekroju *zebra* względem powierzchni środkowej płyty. Natomiast podczas wymiarowania *zebra* przyjmuje się przekrój *zebra* powiększony o fragment płyty współpracującej o łącznej szerokości b_{eff} . Zakłada się, że ten parametr normowy zostanie określony przez użytkownika. Natomiast program sam określa położenie *zebra* względem płyty w pionie, korzystając z wartości w polach Poziom i odpowiednio w przekroju umiejscawia tzw. półkę przekroju (część współpracującą płyty). Dla takiego przekroju wyznaczone jest położenie osi obojętnej oraz jego sztywność giętą. Obliczenie tej sztywności jest wykonywane na pododcinkach *zebra*, w trakcie wymiarowania *zebra*. Natomiast w oknie właściwości *zebra* ukazywana jest jedynie charakterystyka części prostokątnej przekroju.


Kreowanie słupów

Sprowadza się do użycia narzędzia  trybu Model, a następnie - po pojawieniu się okienka zadawania współrzędnych - nanoszenia na płaszczyznę kreowania modelu konstrukcji kolejnych *słupów* jako obiektów punktowych.

Jednocześnie w oknie roboczym otwarte jest okno właściwości *słupa*, którego formanty służą do określenia parametrów geometryczno-materiałowych kreowanego *słupa* (patrz str. II-4).

Uwaga: W aktualnej wersji programu *słupy* nie są przedmiotem wymiarowania wg norm jako elementów żelbetowych, a jedynie pełnią rolę podpór punktowych w schemacie statycznym konstrukcji.

Kreowanie ścian

Sprowadza się do użycia narzędzia  trybu Model, a następnie - po pojawieniu się okienka narzędzi edycji linii - rysowaniu na płaszczyźnie kreowania modelu konstrukcji kolejnych osi *ścian*. Oś *ściany* może się składać z dowolnej liczby segmentów (odcinków prostych i łuków).






Jednocześnie w oknie roboczym otwarte jest okno właściwości *ściany*, którego formanty służą do określenia parametrów geometryczno-materiałowych kreowanej *ściany* (patrz str. II-6).

Uwaga: W aktualnej wersji programu *ściany* nie są przedmiotem wymiarowania wg norm jako elementów żelbetowych, a jedynie pełnią rolę podpór liniowych (podatnych lub niepodatnych) w schemacie statycznym konstrukcji PZS.

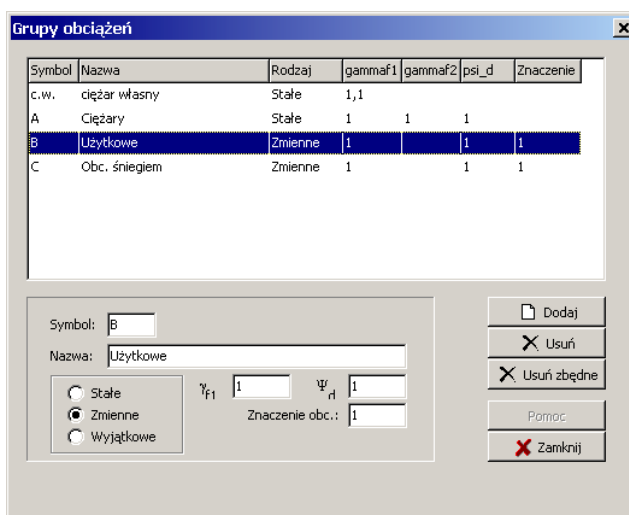
Jeśli ściany mają być wykonane z innego materiału niż beton, to w oknie właściwości ściany należy bezpośrednio zadać jej sztywności K_w i K_{fi} obliczonych na podstawie mechanicznych cech materiału projektowanych ścian.

Kreowanie obciążeń


Zadawanie obciążeń modelu konstrukcji PZS odbywa się w trybie Model, a służą do tego narzędzia sekcji Obciążenia panelu trybów programu. Możliwe jest zadawanie następujących rodzajów obciążeń:

- siła skupiona - ,
- obciążenie rozłożone równomiernie wzdłuż linii - ,
- obciążenie rozłożone na obszarze czworokątnym - ,
- obciążenie rozłożone w całości na obszarze płytowym - ,
- nierównomierne (w kierunku prostopadłym do płaszczyzny kreowanie modelu) oddziaływanie temperatury - .

Przed przystąpieniem do zadawania obciążeń wskazane jest przygotowanie listy grup obciążeń, bowiem pojedyncze obciążenia muszą być przypisywane do tych grup. Tworzenie grup obciążeń podyktowane jest zróżnicowaniem ich charakteru stanowionego przez normy obciążeniowe oraz zawartą w nich metodologią tworzenia kombinacji obciążeń.



Rys. 26
Okno listy grup obciążeń

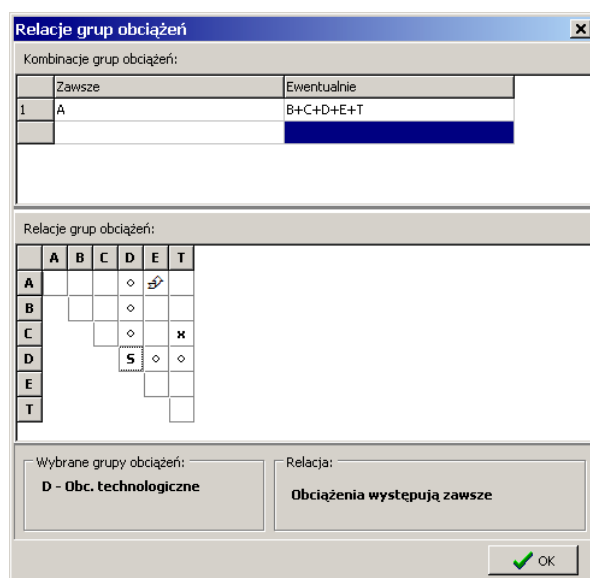
Przygotowanie listy grup obciążeń odbywa się w oknie dialogowym Grupy obciążeń (Rys. 26) otwieranym poleceniem Obciążenia/Grupy obciążeń menu głównego lub bezpośrednio za pomocą skrótów  paska skrótów.

Każdą *grupę obciążeń* charakteryzują:

- jednoliterowy symbol dla generowania literału kombinacji przy prezentacji wyników analizy,
- nazwa grupy nadawana przez użytkownika.
- normowy charakter obciążeń tej grupy (stałe, zmienne, wyjątkowe),
- częściowe współczynniki obciążeń γ_{f1} , (γ_{f2} - dla obciążeń stałych),
- współczynnik części długotrwałej obciążeń zmiennych ψ_d ,
- stopień znaczenia obciążeń grupy, tj. liczba naturalna (1,2,3,...) mająca wpływ na współczynnik redukcji jednoczesności obciążeń przy tworzeniu kombinacji *grup obciążeń*.

Uwaga: Wartości współczynników γ_{f1} , i γ_{f2} określane w trakcie przygotowania listy *grup obciążeń* mają charakter domyślny, bowiem ich ostateczne wartości określane są indywidualnie dla każdego kreowanego pojedynczego obciążenia.

Kombinatoryka grup obciążeń



Relacje grup obciążeń

Kombinacje grup obciążeń:

	Zawsze	Ewentualnie
1 A		B+C+D+E+T

Relacje grup obciążeń:

	A	B	C	D	E	T
A				◊	◊	
B				◊		
C				◊		x
D				S	◊	◊
E						
T						

Wybrane grupy obciążeń:
D - Obc. technologiczne

Relacja:
Obciążenia występują zawsze

OK

Rys. 27

Przy wyznaczaniu obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych, czyli przy wykonywaniu obliczeń z włączonym włącznikiem Kombinatoryka w sekcji Grupy obciążeń panelu trybów programu trybu Wyniki realizowana jest procedura automatycznego generowania kombinacji *grup obciążeń*. Sposób działania tej procedury może być w pełni automatyczny (tryb domyślny) lub półautomatyczny - określany poprzez tzw. klasy kombinacji, których deklaracja odbywa się w oknie **Relacje grup obciążeń** otwieranym poleceniem menu Obciążenia/Relacje gr.obc.(Rys. 27).

Głównymi elementami okna **Relacje grup obciążeń** są:

- *Tabela* Kombinacje grup obciążeń, której wiersze służą do deklarowania tzw. *klas kombinacji* w postaci dwóch łańcuchów znakowych umieszczonych w kolumnach **Zawsze** i **Ewentualnie**. Łańcuchy te mogą zawierać jedynie symbole grup obciążeń oraz znaki „+” i „/”. Użycie znaku „/” między symbolami dwu lub więcej grup obciążeń oznacza generowanie kombinacji, w których występuje tylko jedna z wymienionych w danej sekwencji grup obciążeń (patrz przykłady poniżej).

Domyślnie tabela ta ma jeden wiersz, a łańcuchy w kolumnach **Zawsze** i **Ewentualnie** są inicjowane na podstawie normowych statusów poszczególnych grup obciążeń. Deklarowanie kolejnych *klas kombinacji* polega na dodawaniu kolejnych wierszy tej tabeli i odpowiednim specyfikowaniu reguł w kolumnach **Zawsze** i **Ewentualnie**. Kreowanie kolejnych klas nie jest obowiązkowe i ma sens wówczas, gdy - w związku z dużą liczbą grup obciążeń - czas konieczny do wykonania procedury w pełni automatycznego tworzenia kombinacji dla konkretnego zadania będzie zbyt długi.

Przykłady zasad generowania kombinacji:

1. **Zawsze:** (pusta)

Ewentualnie: **A+B+C+D**

Kombinacje:

1)		5)	D	9)	BC	13)	ABD
2)	A	6)	AB	10)	BD	14)	ACD
3)	B	7)	AC	11)	CD	15)	BCD
4)	C	8)	AD	12)	ABC	16)	ABCD

2. **Zawsze:** **A**

Ewentualnie: **B+C+D**

Kombinacje:

1)	A	5)	ABC
2)	AB	6)	ABD
3)	AC	7)	ACD
4)	AD	8)	ABCD

3. **Zawsze:** (pusta)

Ewentualnie: **A+B+C/D/E**

Kombinacje:

1)		5)	AB	9)	D	13)	E
2)	A	6)	AC	10)	AD	14)	AE
3)	B	7)	BC	11)	BD	15)	BE
4)	C	8)	ABC	12)	ABD	16)	ABE

Sekwencja „**C/D/E**” powoduje generację kombinacji grup obciążeń tak jak dla trzech klas prostych: „**A+B+C**”, „**A+B+D**”, „**A+B+E**”.

4. **Zawsze:** **A/B**

Ewentualnie: **C/D+E**

Kombinacje:

1)	A	5)	AD	9)	BE	13)	BDE
2)	AC	6)	ADE	10)	BCE		

3) AE	7) B	11) BD
4) ACE	8) BC	12) BE

- Tabela relacji grup obciążeń, która służy do określania współzależności (relacji) pomiędzy poszczególnymi grupami obciążeń podyktowanymi specyfiką obciążeń przypisanych do tych grup, co pozwala na pominięcie nierealnych kombinacji w wynikach obliczeń.

W Tabeli relacji można określić następujące współzależności między dwiema dowolnymi grupami obciążeń:

- **wykluczenie** jednoczesnego działania obciążeń (Np. *Wiatr z lewej* - *wiatr z prawej*; *Śnieg* - *temperatura latem*). Symbolem tej relacji jest znak **x**.
- **łączne** działanie obciążeń - obie grupy obciążeń muszą występować w danej kombinacji. Symbolem tej relacji jest znak **+**.
- **warunkowe** występowanie obciążeń - obciążenia jednej grupy mogą występować tylko pod warunkiem występowania obciążeń drugiej grupy (Np. obciążenia poziome pochodzące od suwnicy mogą występować tylko wtedy, gdy występują obciążenia pionowe od suwnicy). Symbolem tej relacji są znaki \Leftarrow , \Uparrow , przy czym obowiązuje zasada, że znak "strzałka" wskazuje grupę podrzędną, a więc tą, która ma być brana do kombinacji warunkowo, czyli wówczas, gdy w danej kombinacji występuje grupa nadrzędna.

Oprócz tego możliwe jest również określenie atrybutu dla pojedynczej, wybranej grupy obciążeń:

- **Obciążenia nie występują** - wykluczenie obciążeń danej grupy z kombinatoryki obciążeń. Symbolem tego atrybutu jest znak **X** (nigdy).
- **Obciążenia występują zawsze** (Np. obciążenia stale działające na ustrój nie będące ciężarem własnym). Symbolem tego atrybutu jest znak **Z** (zawsze).

Tabela relacji grup obciążeń pełni rolę nadrzędną w stosunku do tabeli Kombinacje grup obciążeń. Oznacza to, że jeżeli konkretna kombinacja obciążeń - ustalona na podstawie *klas kombinacji* - nie spełnia relacji grup obciążeń, wówczas nie jest ona brana pod uwagę podczas wyznaczania obwiedni wielkości statycznych.

Uwagi: Przy kreowaniu kombinacji aktualnej grup obciążeń należy mieć na względzie aspekty związane z częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa obciążeń oraz współczynnikami ich części długotrwałej. O tym w jaki sposób wartości obciążeń są brane przy prezentacji wyników obliczeń decydują stany włączników Obc. obliczeniowe i Obc. długotrwałe w sekcji Obciążenia panelu trybów programu trybu Wyniki.

Kombinacje dla obliczeniowych wartości obciążeń

Program **PL-WIN2** wykonuje obliczenia statyczne i kinematyczne dla obliczeniowych wartości obciążeń. Wartości te zależne są od częściowych współczynników bezpieczeństwa oraz od aktualnej kombinacji obciążeń zmiennych.


Ustalanie wartości obliczeniowych obciążeń dokonywane przez program jest w pełni zgodne z normą PN-82/B-02000 i odbywa się na pod-

stawie właściwości określonych dla *grup obciążeń* w oknie dialogowym Grupy obciążeń.

Dla *kombinacji podstawowych* wg PN-82/B-02000 p.4.2.2. współczynniki redukcji jednoczesności obciążeń (ψ_o) ustalane są na podstawie uszeregowania obciążeń zmiennych występujących w danej kombinacji według ich znaczenia. Temu celowi służy właściwość **Znaczenie** nadawana *grupom obciążeń*. Liczba ta jest liczbą naturalną od 1 do 99 i służy jedynie określeniu kolejności obciążeń wg ich znaczenia od najmniejszej liczby do największej. Na podstawie tej kolejności ustalany jest współczynnik redukcji jednoczesności obciążeń. Jeżeli kilka grup obciążeń posiada taką samą liczbę **Znaczenie**, wówczas nadawana jest im ta sama wartość współczynnika ψ_o . W szczególności gdy wszystkie grupy posiadają **Znaczenie** równe **1**, to współczynnik ψ_o dla wszystkich grupy obciążeń wynosi **1,0**.

Zadawanie obciążenia siłą skupioną


Polega na:

1. użyciu narzędzia  trybu Model lub polecenia menu Obciążenia/Siła, co spowoduje pojawienie się okna właściwości Obciążenie siłą skupioną oraz okienka edycji Współrzędne,
2. ułożeniu kursora myszy w zamierzonej pozycji siły (ruchami myszy lub przez zadanie współrzędnych),
3. zaakceptowaniu położenia siły lewym przyciskiem myszy,
4. zadaniu właściwości siły (wartość, grupa, współczynniki obciążeniowe) w oknie Obciążenie siłą skupioną.

Po tych operacjach program pozostaje w trybie zadawania obciążeń skupionych, co umożliwi zadawanie następnej siły. Wyjścia z tego trybu dokonuje się przyciskiem OK okna właściwości.


Zadawanie obciążenia rozłożonego wzdłuż linii (tzw. nóż)

Polega na:

1. użyciu narzędzia  trybu Model lub polecenia menu Obciążenia/Nóż, co spowoduje pojawienie się okna właściwości Obciążenie liniowe oraz okienka narzędzi edycji linii,
2. edycji linii rozkładu obciążenia jako ciągu segmentów prostych (odcinek, łuk),
3. zadaniu właściwości obciążenia (wartość, grupa, współczynniki obciążeniowe) w oknie Obciążenie liniowe.
4. zaakceptowaniu dokonanych operacji przyciskiem OK. okna Obciążenie liniowe.

Zadawanie obciążenia rozłożonego na obszarze czworokątnym

Polega na:

1. użyciu narzędzia  trybu Model lub polecenia menu Obciążenia/Pole, co spowoduje pojawienie się okna właściwości Obciążenie powierzchniowe oraz okienka narzędzi edycji linii,


2. edycji konturu obszaru obciążenia jako trójkąta, czworokąta lub prostokąta,
3. zadaniu właściwości obciążenia (wartości w narożnikach obszaru, grupa, współczynniki obciążeniowe) w oknie Obciążenie powierzchniowe.
4. zaakceptowaniu dokonanych operacji przyciskiem OK. okna Obciążenie powierzchniowe.

Uwagi: Jeśli w trakcie edycji konturu obszaru obciążenia zostanie zaakceptowany trzeci bok tego obszaru, to program automatycznie zamyka ten kontur.

Jeśli obciążenie ma być równomierne, to należy wybrać przełącznik stałe okna właściwości i zadać wartość w polu Q. W przeciwnym razie należy zadać wartości rozkładu obciążenia w polach Q2, Q3, Q4, które są skojarzone z numerami wierzchołków konturu obszaru obciążenia widocznymi na rysunku obciążenia w widoku modelu konstrukcji. Wartość obciążenia w dowolnym punkcie jego obszaru zależy jest funkcją zadanych wartości wierzchołkowych jako rzędna "powierzchni" prostokątnej rozpiętej na wartościach wierzchołkowych. W przypadku obszaru trójkątnego "powierzchnia" ta będzie z zasady płaszczyzną.

Zadawanie obciążenia równomiernego na obszarze płytowym


Polega na:

1. zaznaczeniu dowolnego *obszaru płytowego* lub grupy tych obszarów,
2. użyciu narzędzia  trybu Model lub polecenia menu Obciążenia/Obciążenie na całą płytę, co spowoduje pojawienie się okna właściwości Obciążenie na całą płytę,
3. zadaniu właściwości obciążenia (wartość, grupa, współczynniki obciążeniowe) w oknie Obciążenie na całą płytę.
4. zaakceptowaniu dokonanych operacji przyciskiem OK. okna Obciążenie na całą płytę.

Uwaga: Ten rodzaj obciążenia cechuje jedna wartość, co oznacza, że jest równomierne w całym *obszarze płytowym*.


Zadawanie oddziaływania temperatury na obszarze płytowym

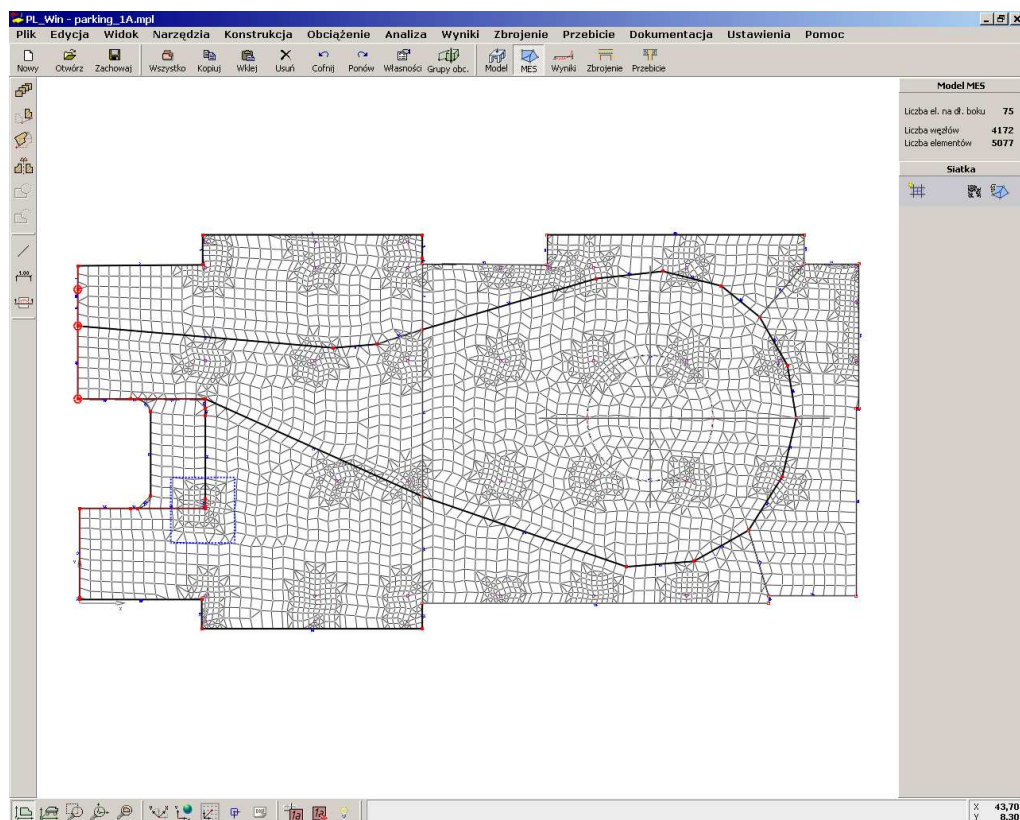
Polega na:

1. zaznaczeniu dowolnego *obszaru płytowego* lub grupy tych obszarów,
2. użyciu narzędzia  trybu Model lub polecenia menu Obciążenia/Obciążenie temperaturą, co spowoduje pojawienie się okna właściwości Obciążenie temperaturą,
3. zadaniu właściwości obciążenia (wartość różnicy temperatur po obu stronach płyty, grupa, współczynniki obciążeniowe) w oknie Obciążenie temperaturą.
4. zaakceptowaniu dokonanych operacji przyciskiem OK. okna Obciążenie temperaturą.


Uwaga: Ten rodzaj obciążenia cechuje jedna wartość, tj. **różnica temperatury między dolną i górną powierzchnią bryły obszaru płytowego**, co oznacza, że jest równomierne w całym *obszarze płytowym*.

Generowanie siatki modelu MES

Przed uzyskaniem jakichkolwiek wyników, związanych z obliczeniami statycznymi i kinematycznymi oraz wymiarowaniem, program musi na podstawie modelu konstrukcji PŻS wykreować model obliczeniowy (schemat statyczny) a następnie przyjąć model dyskretny bazujący na metodzie elementów skończonych (w skrócie MES). Temu aspektowi poświęcony jest tryb **MES** programu inicjowany za pomocą skrótu  paska skrótów, po użyciu którego w oknie roboczym ukazuje się schemat statyczny modelu konstrukcji wraz z wygenerowaną siatką podziału ustroju na elementy skończone (Rys. 28).




Rys. 28
Schemat obliczeniowy modelu konstrukcji w trybie MES

Podział na elementy skończone - czyli tzw. dyskretyzacja modelu obliczeniowego (schematu statycznego) konstrukcji - dokonywany jest przez program automatycznie po uruchomieniu trybu MES ale użytkownik może dokonywać jego modyfikacji poprzez zmianę globalnych parametrów generatora siatki MES dostępnych w zakładce Model MES okna Analiza otwieranego poleceniem menu Analiza/Tryb:model MES lub przez użycie przycisku  (patrz: str. III-35).

W pewnych przypadkach może się okazać, że procedura automatycznego generowania siatki MES nie będzie w stanie dokonać poprawnego podziału schematu statycznego na elementy skończone, np. z powodu niejednoznaczności

modelu konstrukcji co do wzajemnego powiązania jego obiektów. Wówczas należy dokonać odpowiedniej korekty modelu konstrukcji w trybie Model.

Jeśli siatka MES zostanie poprawnie wygenerowana, to można ~~dokonać~~ uruchomić procedurę wykonującą analizę statyczno-kinematyczną modelu obliczeniowego. W tym celu należy użyć przycisku Wykonaj obliczenia w zakładce Analiza MES okna Analiza otwieranego poleceniem menu Analiza/Tryb:model

MES lub przez ponowne użycie skrótu . Przed uruchomieniem analizy należy określić dla jakiego przypadku obciążeń ma ona być wykonana, tj. ustawić przełączniki obc. obliczeniowe/obc. charakterystyczne i włącznik ciężar własny.

Rozwiązanie numeryczne w ujęciu MES w ogólności polega na generowaniu liniowego układu równań, rozwiązania układu równań oraz wyznaczenia statycznych i kinematycznych wielkości w punktach węzłowych siatki MES dla poszczególnych grup obciążeń.


Jeśli model konstrukcji nie jest wykreowany poprawnie (np. brak podpór, nieprawidłowe właściwości obiektów modelu konstrukcji, zbyt duża liczba elementów skończonych), to proces analizy nie zostanie uruchomiony, a na ekranie monitora pojawi się okno komunikatów z informacją o przyczynie.

Czas wykonania analizy (obliczeń) zależy od stopnia dyskretyzacji modelu MES oraz wydajności komputera, ponieważ na ogół proces ten będzie wymagał od kilku do kilkudziesięciu minut, to w trakcie jego trwania wyświetlany jest pasek postępu informujący w [%] o stanie zaawansowania procesu obliczeń, a przycisk Przerwij umożliwia jego ewentualne zaniechanie.


Po pomyślnym wykonaniu analizy program automatycznie przełącza się na tryb Wyniki, w którym dokonuje się prezentacji wyników tej analizy.

Uwaga: Pewien ograniczony wpływ na wartość wyników mogą mieć bardzo wydłużone płytowe elementy skończone, co zwykle wynika ze znacznych dysproporcji między wielkością nominalnego elementu skończonego, a odległością między obiektami modelu.

Prezentacja wyników analizy

Odbywa się w trybie **Wyniki** i umożliwia dokonywanie oceny stanu pracy statycznej i kinematycznej modelu konstrukcji PŻS. Wizualna postać tych wyników zależy od typu obiektu (płyta, żebro, słup, ściana) oraz od wybranej przez użytkownika formy prezentacji za pomocą narzędzi dostępnych na panelu trybów programu. Oprócz tego, dla osiągnięcia należytej czytelności wyników można posłużyć się ustawieniami dokonywanymi w oknie Widoczność otwieranym za pomocą polecenia menu Widok/Widoczność typów elementów lub przyciskiem  dolnego paska narzędzi.






Prezentacja wyników analizy w obszarach płytowych


Dokonuje się przez włączenie włącznika  panelu trybów programu. Wyniki analizy modelu konstrukcji w *obszarach płytowych* obejmują:

- Ugięcia powierzchni środkowych *obszarów płytowych* wyznaczane w sposób klasyczny, czyli przy założeniu jednorodności i izotropii materiału *obszarów płytowych*.
- Momenty zginające M_x w kierunku osi X globalnego układu współrzędnych, czyli wielkość statyczna powodująca zginanie bryły płyty wzdłuż osi X. W przypadku normy PN-EN 1992:2005 wielkość ta jest tzw. **miarodajnym momentem zginającym M_x** dla potrzeb wyznaczania zbrojenia w kierunku X, który jest funkcją momentu zginającego M_x i momentu skręcającego M_{xy} .
- Momenty zginające M_y w kierunku osi Y globalnego układu współrzędnych, czyli wielkość statyczna powodująca zginanie bryły płyty wzdłuż osi Y. W przypadku normy PN-EN 1992:2005 wielkość ta jest tzw. **miarodajnym momentem zginającym M_y** dla potrzeb wyznaczania zbrojenia w kierunku Y, który jest funkcją momentu zginającego M_y i momentu skręcającego M_{xy} .
- Momenty skręcające M_{xy} w układzie globalnym XY, czyli wielkość statyczna powodująca deplanację elementarnego wycinka płyty. W przypadku wyboru normy PN-EN 1992:2005 wielkość ta nie jest prezentowana ponieważ jej działanie zostało uwzględnione w miarodajnych wielkościach M_x i M_y .
- Ugięcia powierzchni środkowych *obszarów płytowych* wyznaczane dla SGU wg zasad określonych w wybranej normie, ~~czyli jak~~ dla elementów żelbetowych z uwzględnieniem ich zarysowania.
- Rozwarcie rys w *obszarach płytowych* wyznaczane dla SGU wg zasad określonych w wybranej normie, czyli jak dla elementów żelbetowych.

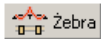
Prezentacja wyników może być dokonywana zarówno w widoku płaskim (2D) jak i trójwymiarowym (3D).

Każdy z wymienionych wyżej rodzajów wyników może być prezentowany na cztery różne sposoby:

- W postaci alfanumerycznej, tj. z wyświetlanymi w węzłach siatki MES wartościami liczbowymi wybranej wielkości ulokowanymi w węzłach siatki MES. Ta forma prezentacji jest preferowana dla widoku 2D, a jej wybór polega na użyciu przycisku  panelu trybów programu. Może się zdarzyć, że nie we wszystkich węzłach pojawi się odpowiadająca im wartość wyniku, bo zależy to od skali widoku oraz wielkości czcionki. W przypadkach wątpliwych zawsze można użyć narzędzia  dla bezpośredniego odczytania zamierzonego wyniku na widoku modelu konstrukcji.
- W postaci tzw. izolinii, czyli krzywych leżących w płaszczyźnie kreowania modelu, które łączą punkty o tej samej wartości wyniku. Ta forma prezentacji uwydatnia strefy *obszarów płytowych* o dużych gradientach wybranej wielkości, a jej wybór polega na użyciu przycisku  panelu trybów programu.
- W postaci wykresów wzdłuż zadanych przez użytkownika przekrojów za pomocą przycisku  lewego paska narzędzi, a jej wybór polega na użyciu przycisku  panelu trybów programu.

- W postaci trójwymiarowych wykresów wybranej wielkości po użyciu przycisku  panelu trybów programu. Ten rodzaj prezentacji automatycznie przełącza model konstrukcji na widok 3D.

Prezentacja wyników analizy w żebrach


Dokonyje się przez włączenie włącznika  panelu trybów programu. Wyniki analizy modelu konstrukcji w *żebrach* obejmują:

- Ugięcia osi *zeber* wyznaczane w sposób klasyczny, czyli przy założeniu jednorodności i izotropii materiału *zeber*.
- Momenty zginające M w przekrojach *zeber*.
- Siły poprzeczne (tnące) T w przekrojach *zeber*.
- Momenty skręcające M_s w przekrojach *zeber*.
- Ugięcia osi *zeber* wyznaczane dla SGU wg zasad określonych w wybranej normie, czyli jak dla belkowych elementów żelbetowych z uwzględnieniem ich zarysowania.
- Rozwarcie rys w *żebrach* wyznaczane dla SGU wg zasad określonych w wybranej normie, czyli jak dla belkowych elementów żelbetowych.

Prezentacja wyników może być dokonywana zarówno w widoku płaskim (2D) jak i trójwymiarowym (3D).

Każdy z wymienionych wyżej rodzajów wyników jest prezentowany w formie wykresu, którego rzędne są odkładane prostopadłe do osi *zeber*.

Prezentacja wyników analizy w słupach


Dokonyje się przez włączenie włącznika  panelu trybów programu. Wyniki analizy modelu konstrukcji w *słupach* sprowadzają się do sił reakcji jako oddziaływań *obszarów płytowych i zeber* na *słupy*, a mianowicie:

- N - siła pionowa działająca na *słup*, a pochodząca z nacisku płyty lub/i *zebra*.
- M_1 - moment zginający w płaszczyźnie o normalnej zgodnej z kierunkiem osi 1 centralnej przekroju *słupa*. Jeśli główne osie centralne przekroju *słupa* pokrywają się z osiami globalnego układu współrzędnych ~~odniesienia~~, to wielkość ta jest oznaczana jako M_x . W przypadku połączenia przegubowego *słupa* z płytą lub *zebrem* wielkość ta jest równa zero.
- M_2 - moment zginający w płaszczyźnie o normalnej zgodnej z kierunkiem osi 2 centralnej przekroju *słupa*. Jeśli główne osie centralne przekroju *słupa* pokrywają się z osiami globalnego układu współrzędnych, to wielkość ta jest oznaczana jako M_y . W przypadku połączenia przegubowego *słupa* z płytą lub *zebrem* wielkość ta jest równa zero.

Prezentacja wyników może być dokonywana zarówno w widoku płaskim (2D) jak i trójwymiarowym (3D).

Wymienione wyżej wyniki dla *słupów* są prezentowane w formie alfanumerycznej ukazywanej jako etykiety ułożone w pobliżu miejsc połączeń *słupów* z płytą lub żebrami.

Prezentacja wyników analizy w ścianach

Dokonywane jest przez włączenie włącznika  ściany panelu trybów programu. Wyniki analizy modelu konstrukcji w *ścianach* sprowadzają się do sił reakcji jako oddziaływań *obszarów płytowych* na *ściany*, a mianowicie:

- N - siła pionowa w [kN/mb] działająca na *ścianę*, a pochodząca z nacisku płyty (reakcja ściany).
- M - moment zginający zamocowania ściany w płycie. W przypadku połączenia przegubowego słupa z płytą lub żebrami wielkość ta jest równa zero.

Prezentacja wyników może być dokonywana zarówno w widoku płaskim (2D) jak i trójwymiarowym (3D).


Każdy z wymienionych wyżej rodzajów wyników jest ukazywany w formie wykresu, którego rzędne są odkładane do osi *ścian*.

Kombinacje obciążeń

Wyniki analizy statycznej oraz wymiarowania obiektów modelu konstrukcji PZS mogą być prezentowane zarówno jako rezultat pełnej kombinatoryki grup obciążeń (obwiednie) lub dla konkretnej kombinacji tych grup. Decyduje o tym stan włączników sekcji Obciążenia panelu trybów programu. Dla ukazania wyników jako obwiedni należy włączyć włącznik Kombinatoryka, z którym stowarzyszony jest przełącznik MAX/MIN dla przełączania wyników pomiędzy wartościami maksymalnymi (obwiednia dolna) i minimalnymi (obwiednia górna). Włącznik Kombinatoryka w stanie wyłączonym pozwala na "ręczne" zadeklarowanie kombinacji grup obciążeń poprzez odpowiednie określenie stanu włączników przy poszczególnych grupach obciążeń.

Wyniki dla SGU (ugięcia - **wr** i zarysowanie - **r**) są wykonywane dla pojedynczej kombinacji grup obciążeń, którą należy określić przed wykonaniem obliczeń dla tej części wyników. Przy czym wyniki te mogą być uzyskane zarówno dla zbrojenia wymaganego (teoretycznego) jak i rzeczywistego (projektowanego). Przyjęto zasadę, że jeśli włącznik Analiza SGU (dostępny w oknie dialogowym Ustawienia zadania otwieranym za pomocą polecenia menu Ustawienia/Analiza lub klawiszem skrótu F10) jest włączony, to przy sprawdzaniu SGU dla *obszarów płytowych* w węzłach modelu MES, które nie leżą w strefach zbrojenia rzeczywistego brane jest do obliczeń zbrojenie teoretyczne. Jeśli natomiast włącznik Analiza SGU jest wyłączony, to w przypadku występowania obszarów nie ogarniętych strefami zbrojenia rzeczywistego analiza SGU nie będzie możliwa, a program zgłosi odpowiedni komunikat.






Wyznaczanie i projektowanie zbrojenia

Odbywa się w trybie Zbrojenie włączanego za pomocą skrótu  Zbrojenie. Tryb ten umożliwia dokonywanie prezentacji wyników obliczeń zbrojenia teoretycznego

oraz kreowanie (deklarowanie) zbrojenia (w postaci siatek ortogonalnych) w *obszarach płytowych*.

Prezentacja zbrojenia teoretycznego (wymaganego)

Może być dokonywana po wykonaniu analizy zadania w trybie Zbrojenie. Jeśli obliczenia w ramach analizy zostały wykonane pomyślnie, to w widoku modelu konstrukcji ukazywane są wyniki wymiarowania zbrojenia w jednej z następujących form:

- jako tzw. mapa zbrojenia wymaganego (przycisk ) , której obszary o tym samym kolorze odpowiadają określonej (wyznaczonej przez program) wystarczającej wielkości zbrojenia teoretycznego. Poszczególne kolory odpowiadają równym wartościom liczbowych ilości zbrojenia w [cm²] (przy włączonym włączniku ) lub w sztukach na [1mb] wkładek zbrojenia o zadanej średnicy (przy włączonym włączniku ) . Domyślną średnicę wkładek oraz otulinę zadaje się we właściwościach każdego konturu. Gradacja kolorów wraz z przypisanymi im wartościami ukazywana jest w prawym dolnym rogu okna roboczego programu.
- alfanumerycznie przez wyświetlenie w węzłach siatki MES ilości zbrojenia teoretycznego w [cm²] (przy włączonym włączniku ) lub w sztukach na [1mb] wkładek zbrojenia o zadanej średnicy (przy włączonym włączniku ) .

Obie formy prezentacji ilości zbrojenia teoretycznego są prezentowane oddzielnie dla górnego/dolnego oraz oddzielnie dla kierunków 1/2 potencjalnego zbrojenia - zgodnie z właściwościami zbrojenia *obszarów płytowych* zadawanymi w zakładce Zbrojenie okna właściwości tego obiektu.

Sekcja Zbrojenie panelu trybów programu wyposażona jest w grupę przełączników wyboru:

zbrojenie obliczone

którego wybór sprawia, że we wszystkich formach prezentacji ukazane będą wyniki dla zbrojenia wymaganego obliczeniowo oraz normowo, czyli teoretycznego i z uwzględnieniem dodatkowych wymagań normowych.

zbrojenie brakujące

którego wybór sprawia, że we wszystkich formach prezentacji ukazane będą wyniki dla zbrojenia brakującego, czyli różnicy między zbrojeniem wymaganym, a zaprojektowanym w postaci siatek zbrojenia.

zbrojenie wg warunków wymiarowania




którego wybór sprawia, że we wszystkich formach prezentacji ukazane będą wyniki dla zbrojenia zależnie od stanów włączników:

- ☐ momenty zginające
- ☐ min. stopień zbrojenia
- ☐ min. liczba wkładek

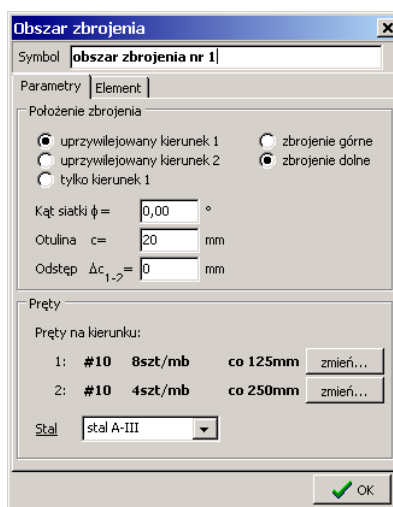
stowarzyszonych z tym przełącznikiem. Prezentowane wartości zbrojenia wyznaczone w poszczególnych węzłach siatki MES dla wybranej strony *obszarów płytowych* (górną/dolną) i wybranego kierunku zbrojenia są wyznaczane wg zasady:

$$A = \max\{A_m, A_s, A_w\} \geq 0, \quad (**)$$

przy czym $A_m=0$ - przy wyłączonym włączniku momenty zginające, $A_s=0$ - przy wyłączonym włączniku min. stopień zbrojenia i $A_w=0$ - przy wyłączonym włączniku min. liczba wkładek. Z powyższego wzoru wynika, że włączenie wszystkich włączników jest analogiczne z wyborem przełącznika zbrojenie obliczone.

W przypadku *zeber* (włącznik ) forma prezentacji zbrojenia teoretycznego sprowadza się do wykresów (wzdłuż osi zeber), których rzędnymi są wielkość zbrojenia w $[cm^2]$ (przy włączonym włączniku ) lub w sztukach na 1mb wkładek zbrojenia o zadanej średnicy (przy włączonym włączniku ). W tym drugim przypadku teoretyczną liczbę wkładek (liczba niecałkowita) program pokazuje linią przerywaną, a liczbę wkładek po zaokrągleniu do całości linią ciągłą (wykres „schodkowy”).

Projektowanie zbrojenia rzeczywistego



Rys. 29
Okno właściwości obszaru zbrojenia rzeczywistego

W aktualnej wersji programu do projektowania zbrojenia *obszarów płytowych* służy obiekt *obszar zbrojenia* stanowiący ortogonalną siatkę wkładek o dwóch kierunkach. Kierunki te oznaczone są jako 1 i 2. Właściwości *obszaru zbrojenia* są określane w oknie właściwości tego obiektu *Obszar zbrojenia* otwieranego po jego wykreowaniu na modelu konstrukcji lub zaznaczeniu istniejącego (Rys. 29).

Właściwości siatki *obszaru zbrojenia* określane w oknie *Obszar zbrojenia*.

Sekcja Położenie zbrojenia

- grupa przełączników:
 - uprzywilejowany kierunek 1 - jego wybranie oznacza, że wkładki równoległe do kierunku 1 będą usytuowane bliżej powierzchni bryły *obszaru płytowego* niż wkładki kierunku 2, czyli bezpośrednio za otuleniem.

- uprzywilejowany kierunek 2 - jego wybranie oznacza, że wkładki równoległe do kierunku 2 będą usytuowane bliżej powierzchni bryły *obszaru płytowego* niż wkładki kierunku 1, czyli bezpośrednio za otuleniem.
- tylko kierunek 1 - jego wybranie oznacza, że siatka *obszaru zbrojenia* będzie miała tylko wkładki równoległe do kierunku 1, który jest automatycznie kierunkiem uprzywilejowanym.
- grupa przełączników:
 - zbrojenie górne - jego wybranie oznacza przypisanie siatki obszaru zbrojenia do górnej powierzchni bryły *obszaru płytowego*.
 - zbrojenie dolne - jego wybranie oznacza przypisanie siatki obszaru zbrojenia do dolnej powierzchni bryły *obszaru płytowego*.
- grupa pól liczbowych:
 - kąt siatki ϕ - do zadania kąta nachylenia wkładek kierunku 1 siatki *obszaru zbrojenia* względem osi X globalnego układu współrzędnych.
 - otulina c - do zadania wielkości otulenia wkładek kierunku uprzywilejowanego.
 - odstęp Δc_{1-2} - do zadania odstępów pomiędzy poziomami wkładek obu kierunków siatki obszaru zbrojenia. W klasycznych siatkach zgrzewanych ta odległość jest równa zero, ale np. przy zbrojeniu stropów typu "filigran" wkładki obu kierunków są na ogół rozstawiane w pionie, czyli nie stykają się ze sobą.

Sekcja Pręty

- pola tekstowe Pręty na kierunku w formacie $\#d \ n \text{ szt/mb}$ co xxx mm informujące o średnicy d , liczbie wkładek n i rozstawie xxx na obu kierunkach, zaopatrzone w przyciski zmień do otwarcia okna Rozmieszczenie prętów dla dokonania zmian tych parametrów (Rys. 30). W oknie tym prezentowana jest tabelka typowych średnic i rozstawów wkładek. Oznaczenia kolorami informują o tym czy dany wariant wystarcza do spełnienia wybranych warunków SGN i normowych warunków konstrukcyjnych: zielony – warunki spełnione, żółty – warunki spełnione, ale z zapasem nośności mniejszym niż 10%, czerwone – warunki niespełnione. Włączenie przycisku „Inne” pozwala wybrać dowolną średnicę i rozstaw wkładek.
- lista Stal do wyboru gatunku stali wkładek siatki *obszaru zbrojenia*.

Do kreowania *obszarów zbrojenia* służą narzędzia (przyciski) sekcji Definiowanie panelu trybów programu, a mianowicie:



do tworzenia nowego *obszaru zbrojenia*. Jego kreowanie polega na narysowaniu na modelu konstrukcji konturu będącego linią zamkniętą złożoną z prostych segmentów (odcinek, łuk) - za pomocą narzędzi pojawiającego się okienka edycji linii. W momencie zamknięcia linii konturu zostaje otwarte okno właściwości *obszaru zbrojenia*, stwarzając w ten sposób możliwość zadawania zamierzonych parametrów siatki *obszaru zbrojenia*.

Jeśli przed użyciem tego narzędzia zostanie zaznaczony (wyróżniony) jakiś *obszar płytowy*, to program automatycznie wygeneruje *obszar zbrojenia* pokrywający się z tym *obszarem płytowym*.



do "docinania" siatki *obszaru zbrojenia* tak, aby przekształcony w ten sposób *obszar zbrojenia* mieścił się w obrębie wskazanego *obszaru płytowego*. Ope-

racja ta wymaga jednoczesnego zaznaczenia *obszaru płytowego* i *obszaru zbrojenia*. Warunkiem powodzenia tej operacji jest istnienie części wspólnej obszarów. Narzędzie to jest przydatne w sytuacjach, gdy po zmianie geometrii *obszarów płytowych* w trybie Model, wykreowane wcześniej w nich *obszary zbrojenia* wychodzą poza te *obszary płytowe*.

średnica [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20	25	liczba [szt/mb]	rozstaw [mm]
2#6	2#8	2#10	2#12	2#14	2#16	2#18	2#20	2#25	2	500	
3#6	3#8	3#10	3#12	3#14	3#16	3#18	3#20	3#25	3	333	
4#6	4#8	4#10	4#12	4#14	4#16	4#18	4#20	4#25	4	250	
5#6	5#8	5#10	5#12	5#14	5#16	5#18	5#20	5#25	5	200	
6#6	6#8	6#10	6#12	6#14	6#16	6#18	6#20	6#25	6	167	
8#6	8#8	8#10	8#12	8#14	8#16	8#18	8#20	8#25	8	125	
9#6	9#8	9#10	9#12	9#14	9#16	9#18	9#20	9#25	9	111	
10#6	10#8	10#10	10#12	10#14	10#16	10#18	10#20	10#25	10	100	
12#6	12#8	12#10	12#12	12#14	12#16	12#18	12#20	12#25	12	83	

inne

Parametry

średnica: 10 mm

liczba: 8 szt/mb

rozstaw: 125 mm

Zbrojenie

przyjęte: 6,28cm²

wymagane: 5,72cm²

min. 4szt/mb

☒ momenty zginające

☒ min. stopień zbrojenia

☒ min. liczba wkładek

OK

Rys. 30
Okno właściwości obszaru zbrojenia rzeczywistego

Uwagi do projektowania zbrojenia rzeczywistego

Zaleca się, aby w pierwszej kolejności nanieść *obszary zbrojenia* w całości pokrywające się z *obszarami płytowymi* modelu konstrukcji i zadać im właściwości (średnice wkładek, liczba i inne) takie, które wynikają z warunków konstrukcyjnych normy oraz spełniają warunki SGN w miejscach o najmniejszym wymaganym zbrojeniu teoretycznym. Następnie należy zadawać dodatkowe (mniejsze) *obszary zbrojenia* w strefach o większej koncentracji zbrojenia wymaganego - kierując się mapą zbrojenia (przy włączonym włączniku zbrojenie brakujące). Mapa jest korygowana w miarę zadawania zbrojenia rzeczywistego w taki sposób, że zanikają strefy kolorowe w miejscach, gdzie zbrojenie rzeczywiste (zadane) spełnia są warunki SGN.

Lokalnie w obszarach płytowych (naroża *obszarów płytowych*, podparcia *stłupami*) mogą wystąpić znaczne wartości zbrojenia teoretycznego do tego stopnia, że projektowanie zbrojenia w tych miejscach w postaci siatek może okazać się technicznie nieuzasadnione. Zbrojenie w tych miejscach należy projektować w powiązaniu z zagadnieniem przebicia płyty i zgodnie z zaleceniami określonymi w wybranej normie, a także zgodnie z uznaną w tym zakresie sztuką inżynierską.

Ilość zbrojenia teoretycznego jest wyznaczana przy założeniu kąta siatki, średnic wkładek i ich otulenia zadawanych w domyślnych parametrach zbrojenia dla danego *obszaru płytowego*. A więc w przypadku, gdy one znacznie odbiegają od właściwości siatek *obszarów zbrojenia* w tych *obszarach płytowych*, to wskazana jest ich odpowiednia korekta, aby program uaktualnił wyniki obliczeń w zakresie zbrojenia teoretycznego.

Obszary zbrojenia mogą się wzajemnie nakładać, wówczas przy wymiarowaniu zbrojenia w konkretnym węźle brane są do obliczeń wszystkie *obszary zbrojenia*, które obejmują ten węzeł.

W sekcji Stan zbrojenia panelu trybów programu prezentowane jest podsumowanie dla wskazanego kursorem myszy węzła. Podane są tam:

- zbrojenie obliczone

As_mz ilość zbrojenia potrzebna ze względu na maksymalne momenty zginające dla obwiedni,

As_sz ilość zbrojenia wynikająca z normowego warunku minimalnego stopnia zbrojenia,

As_lw ilość zbrojenia wynikająca z minimalnej liczby wkładek 4 [szt/mb],

As_t ilość zbrojenia obliczona $As_t = \max\{As_mz, As_sz, As_lw\}$,

#d/xxx c fi domyślna średnica wkładek d [mm], otulina c [mm], kąt siatki fi [°] oraz wynikający z tych wielkości maksymalny rozstaw wkładek xxx [mm] otrzymany dla ilości zbrojenia As_t.

Wielkości As_mz, As_sz i As_lw pokazywane są tylko gdy włączono tryb zbr. wg war. wymiarowania. Każdą z powyższych wielkości można wyzerować odpowiednim polem wyboru na panelu zbrojenia (As_mz=momenty zginające, As_sz=min.stop.zbrojenia, As_lw=min. liczba wkładek).

- zbrojenie zadane

As_p ilość zbrojenia zadana przez użytkownika w *obszarach zbrojenia*,


ro stopień zbrojenia [%] zadanego przez użytkownika

n łączna średnia liczba wkładek na mb.

#d/xxx c fi średnica wkładek d [mm], otulina c [mm], kąt siatki fi [°] oraz przyjęty rozstaw wkładek xxx [mm] dla każdego przyjętego przez użytkownika obszaru zbrojenia we wskazanym węźle.

Wielkości As_p, ro i n dotyczą tylko zbrojenia dolnego lub górnego oraz tylko wybranego kierunku 1 lub 2, w zależności od tego, które przełączniki wybrano w panelu zbrojenia.

Projektowanie stref przebicia płyty

Odbywa się w trybie Przebicie włączanego za pomocą skrót . Tryb ten umożliwia dokonywanie prezentacji wyników obliczeń i projektowanie deklarowanych *stref przebicia* w *obszarach płytowych* wg PN-B-03264:2002, w miejscach ich podparć słupami lub przyłożenia obciążeń skupionych. Warunkiem pełnego projektowania stref przebicia jest wykonanie analizy zadania dla obciążeń obliczeniowych.

Do kreowania *stref przebicia* służą dwa narzędzia:



do deklarowania dowolnej *strefy przebicia* kreowanej przez użytkownika. Użycie tego narzędzia powoduje otwarcie okienka narzędzi edycji linii konturu (obwodu) wewnętrznego *strefy przebicia*, za pomocą których należy wykreować ten kontur w otoczeniu potencjalnego miejsca przebicia w *obszarze płytowym*. Po poprawnym zamknięciu konturu wewnętrznego *strefy* udostępniane jest okno właściwości *Strefa przebicia strefy przebicia* (Rys.

31), w którym udostępniane są formanty do określania parametrów wymiarowania oraz sprawdzania warunków nośności wg PN-B-03264:2002.



do automatycznego generowania *strefy przebiecia* w otoczeniu wskazanego (zaznaczonego) słupa. W tym przypadku bryła *strefy przebiecia* jest generowana automatycznie na podstawie kształtu przekroju słupa, dla którego jest generowana, a następnie pojawia się okno właściwości *strefy przebiecia* (Rys. 31).


Strefa przebiecia wyznaczona jest przez pewien kształt powierzchni ścięć w stanie granicznym zniszczenia. Zadaniem użytkownika jest naniesienie na *obszar płytowy* pewnego konturu wewnętrznego, który na ogół ma kształt podpory przebijającej, ale program umożliwia zadawanie dowolnego kształtu tego konturu. Natomiast obwód zewnętrzny *strefy przebiecia* jest wyznaczany automatycznie, poprzez równoległe odsunięcie obwodu wewnętrznego o wielkość $d \cdot \tan \alpha$ (d - wysokość użyteczna przekroju płyty, α - kąt pod którym następuje ścięcie płyty). Średni obwód jest podstawą wymiarowania nośności betonu na ścinanie w *strefie przebiecia*. Domyślna wartość kąta ścięcia wynosi 45° , ale można ją zmienić jeżeli wymaga tego geometria podpór. Program oblicza niezbędne wartości i sprawdza warunki normowe. Normowy warunek minimum zbrojenia na przebiecie 0,5% w każdym kierunku w $\frac{1}{4}$ strefy podporowej nie jest sprawdzany, a więc należy o to zadbać we własnym zakresie.

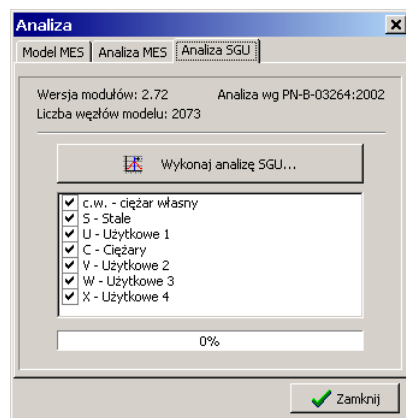
Rys. 31
Okno właściwości *strefy przebiecia*

Wymiarowanie wybranej *strefy przebiecia* sprowadza się do określania parametrów normowych i sprawdzaniu warunków stanu granicznego w oknie Strefa przebiecia, co nie wymaga szerszego wyjaśnienia.

Sprawdzanie stanu granicznego użytkownika (SGU)

Sprawdzanie SGU dla modelu konstrukcji PŻS sprowadza się do wyznaczenia stanu zarysowania *obszarów płytowych* i *zeber* oraz ugięć tych obiektów z uwzględnieniem stanu zarysowania wg zasad określonych w wybranej normie (PN-EN 1992:2005 lub PN-B-03264:2002) oraz dla pojedynczej (konkretnej) kombinacji grup obciążeń określonej przez użytkownika przed poleceniem wykonania obliczeń dla SGU.

Uruchomienia procedury obliczeń dla SGU dokonuje się w zakładce Analiza SGU okna Analiza (w trybie Wyniki) otwieranym przez kliknięcie na przycisku skrótu  (Rys. 32). Przed uruchomieniem procedury za pomocą przycisku Wykonaj analizę SGU... należy najpierw ustalić kombinację grup obciążeń, dla której te obliczenia mają być wykonane, a służy do tego lista włączników z grupami obciążeń.



Rys. 32
Okno analizy - obliczenia dla SGU

Wyniki w zakresie SGU są możliwe do uzyskania zarówno dla zbrojenia teoretycznego jak i rzeczywistego. Decyduje o tym stan włącznika Analiza SGU w zakładce Analiza okna dialogowego Ustawienie zadania (klawisz [F10]), a mianowicie:

1. Jeśli ten włącznik jest wyłączony, to obliczenia dla SGU mogą być przez program wykonane pod warunkiem, że we wszystkich miejscach *obszarów płytowych* (w których zbrojenie jest wymagane ze względu na SGN) zaprojektowane zostało zbrojenie w postaci *obszarów zbrojenia* (siatek). W przeciwnym razie, jeśli w trakcie realizacji obliczeń procedura je wykonująca wykryje węzeł siatki MES, w którym zbrojenie jest wymagane nie ma zbrojenia rzeczywistego (zadanego), to procedura jest przerywana i wyświetlany jest komunikat informujący o takiej sytuacji, a wyniki nie są dostępne.

2. Jeśli ów włącznik jest włączony, to obliczenia dla SGU są realizowane w ten sposób, że w węzłach siatki MES, w których jest zbrojenie rzeczywiste, to jest ono brane do obliczeń, w przeciwnym razie brane jest zbrojenie teoretyczne.

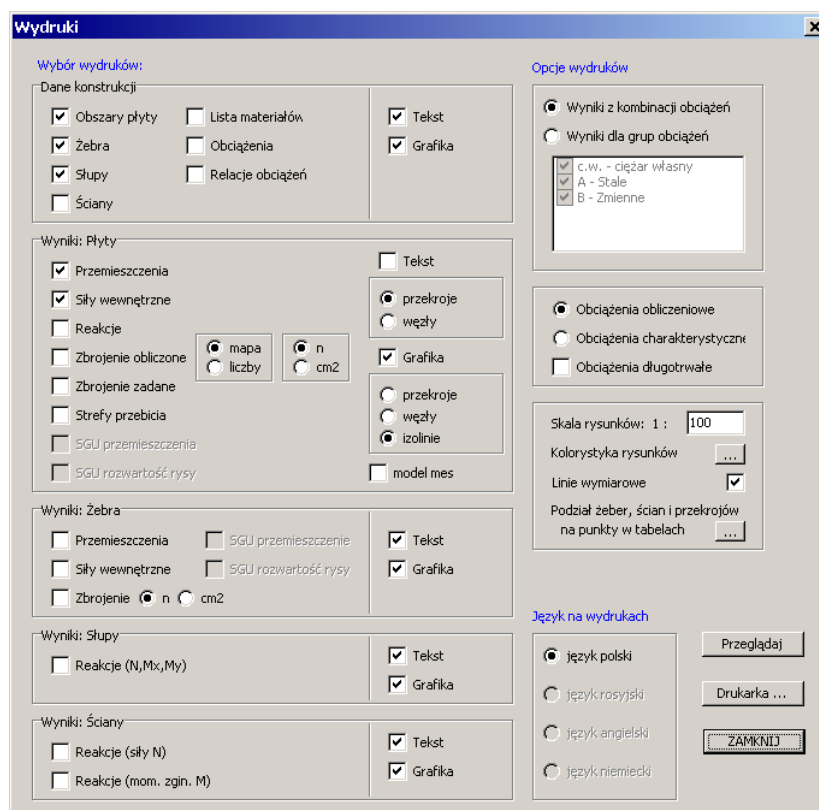
Wielkości ugięć i rozwarcia rys wyznaczane są z uwzględnieniem obciążeń długotrwałych, ale bez uwzględnienia częściowych współczynników bezpieczeństwa. Uwzględniane jest również pełzanie betonu, którego warunki określają parametry RH (wilgotność względna w [%]) i t_{0-28} (czas przyłożenia obciążenia w dniach), zadawane w zakładce Zbrojenie okna właściwości obszaru płytowego.

Jeżeli w danym węźle wystąpiło zarysowanie w dwóch kierunkach to podane jest maksymalne rozwarcie rysy.

Sposób prezentacji wyników analizy w zakresie SGU opisany jest na stronie IV-16.




Sporządzanie dokumentów (wydruki)

Wydruki są jedną z najważniejszych funkcji każdego użytkowego programu komputerowego dlatego dołożono starań aby opcję wydruku programu PL-WIN2 cechowała z jednej strony prostota, a z drugiej elastyczność w redagowaniu zawartości dokumentu.



Rys. 33
Okno opcji redagowania dokumentu

Przed przystąpieniem do sporządzania dokumentu można na modelu konstrukcji dokonać edycji specjalnych obiektów rysunkowych obejmujących:

- Linie przekrojów, wzdłuż których na rysunkach dokumentu będą generowane wykresy żądanych wielkości (przycisk )
- Linie wymiarowe do udokumentowania odległości pomiędzy punktami charakterystycznymi modelu konstrukcji (przycisk )
- Linie pomocnicze, które pełniły rolę osnowy ułatwiającej kreowanie obiektów modelu konstrukcji (przycisk )

Obiekty te mają jedynie charakter informacyjny, a więc nie wpływają w żaden sposób na wyniki analizy zadania i zapamiętywane są wraz z danymi w jego plikach dyskowych.

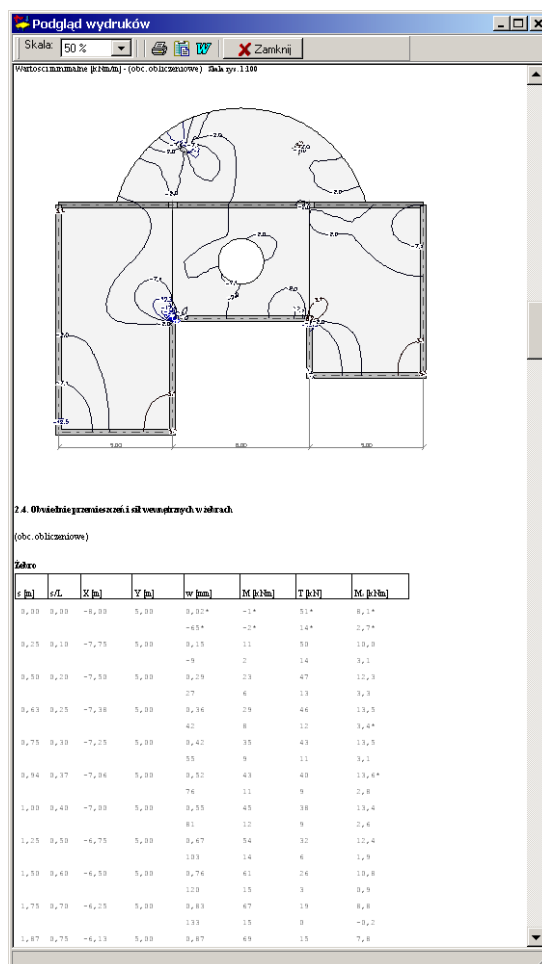
Prezentacja dokumentu ma miejsce w oknie Podgląd wydruku otwieranym za pomocą przycisku Przeglądaj okna Wydruki udostępnianym poleceniem menu Plik/Drukuj... lub klawiszami skrótu [Ctrl]+[P], (Rys. 33). Formanty okna Wydruki służą do określania formy i merytorycznej zawartości dokumentu i są pogrupowane w sekcjach:

Część: Wybór wydruku

- **Dane konstrukcji** ujmująca grupę włączników do określenia zawartości dokumentu w części obejmującej właściwości poszczególnych obiektów modelu konstrukcji. Włączenie włącznika oznacza, że dokument będzie zawierał tabele i rysunki dokumentujące dane (właściwości) obiektów modelu konstrukcji, którym ten włącznik jest przypisany.
- **Wyniki: płyty** ujmująca grupę włączników do określenia zawartości dokumentu w części obejmującej wyniki analizy poszczególnych *obszarów płytowych* modelu konstrukcji. Włączenie włącznika oznacza, że dokument będzie zawierał tabele i rysunki dokumentujące wyniki analizy lub efektów projektowania przypisanych temu włącznikowi.
- **Wyniki: żebra** ujmująca grupę włączników do określenia zawartości dokumentu w części obejmującej wyniki analizy poszczególnych *zeber* modelu konstrukcji. Włączenie włącznika oznacza, że dokument będzie zawierał tabele i rysunki dokumentujące wyniki analizy w części przypisanej temu włącznikowi.
- **Wyniki: słupy** zawierająca włącznik Reakcje, którego włączenie sprawi, że do dokumentu zostanie dołączona tabela prezentująca wyniki analizy w postaci reakcji w *słupach* modelu konstrukcji.
- **Wyniki: ściany** zawierająca włączniki Reakcje których włączenie sprawi, że do dokumentu zostanie dołączona tabela prezentująca wyniki analizy w postaci reakcji w *ścianach* modelu konstrukcji.

Część: Opcje wydruku

- Grupa przełączników Wyniki z kombinacji obciążeń / Wyniki dla grup obciążeń do określenia czy wyniki mają być udokumentowane dla obwiedni, czy dla konkretnej pojedynczej kombinacji grup obciążeń.



Rys. 34
Okno podglądu dokumentu

- Grupa przełączników Obciążenia obliczeniowe / Obciążenia charakterystyczne do określenia dla jakich obciążeń ma być wykonana analiza w części statyczno-kinematycznej.
- Liczbowe pole edycyjne Skala rysunku do zadania skali w jakiej mają być wygenerowane rysunki części graficznej dokumentu.
- Przycisk Kolorystyka rysunków, którego użycie otwiera okno Ustawienia programu w zakładce Wydruk, gdzie można dokonać zamierzonych ustawień formy graficznej obiektów rysunkowych (kolory linii i wypełnień, grubości linii, rozmiary tekstów i td.).
- Przełącznik Linie wymiarowe pozwalający pokazać/ukryć linie wymiarowe na rysunkach,
- Przycisk Podział żeber, ścian i przekrojów na punkty w tabelach pozwalający określić w ilu punktach mają być podane wartości wyników w tabelach dla w/w elementów,
- Przycisk Przeglądaj do otwarcia okna Podgląd wydruków, którego główną

częścią jest okno prezentacji dokumentu (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**). Okno podglądu wydruku jest wyposażone w formanty:

Skala- lista wyboru, która służy do wyboru skali wyświetlania dokumentu (tekstu i rysunków) w jego oknie, co pozwala na odpowiednie dostosowanie jego czytelności stosownie do możliwości monitora i warunków pracy.



- przycisk polecenia bezpośredniego wydruku wyświetlanego dokumentu na drukarce zainstalowanej w systemie Windows,



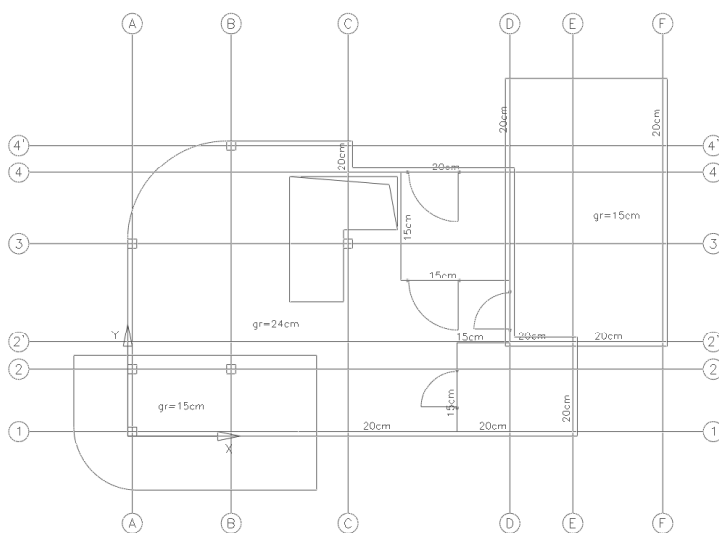
- przycisk polecenia umieszczenia wyświetlanego dokumentu w schowku systemu Windows, czyli eksport dokumentu do schowka, z zamiarem ewentualnego pobrania ze schowka i "wklejenia" do dokumentu redagowanego przy użyciu edytora zdolnego do "wklejania" tekstu w formacie RTF (np. WordPad, Star Office, Open Office, MS Works),



- przycisk polecenia bezpośredniego "wklejenia" wyświetlanego dokumentu do aktywnego dokumentu redagowanego w edytorze MS Word. Warunkiem pomyślnego wykonania tego polecenia jest obecność programu w systemie Windows.

Uwagi: Części graficzne tworzonego przez program dokumentu są rysunkami wektorowymi, co pozwala na ich formatowanie (powiększanie, pomniejszanie, modyfikowanie) bez utraty stopnia ich szczegółowości. Polecenie Przeglądaj uruchamia procedurę przygotowania dokumentu w formacie RTF. W przypadku złożonego zadania wykonanie procedury przygotowania dokumentu może trwać dłuższy czas, a czas oczekiwania zależy od mocy obliczeniowej komputera.

Przykład "krok po kroku"



Rys. 35

Wprowadzenie


Program PL-WIN2 jest w pełni interaktywny, co oznacza, że nie ma sztywno ustalonych ram jego użytkowania, czyli ten sam efekt można osiągnąć w różny sposób. Dlatego opisany tu tok postępowania użycia programu w konwencji "krok po kroku" należy traktować jako jedną z możliwości.

Za przykład posłużyła konstrukcja żelbetowego stropu domku jednorodzinnego, którego rzut architektoniczny przedstawia Rys. 35. Przykład ten został dobrany tak, aby modelowana konstrukcja zawierała wszystkie obiekty jakimi operuje program, a więc *obszary płytowe* (w tym z otworami), *żebra*, *słupy*, *ściany*.

Krok 1 - Uruchomienie programu i ustawienia wstępne

Pierwszym krokiem realizacji projektu w programie PL-WIN2 jest oczywiście jego uruchomienie w systemie, a następnie wybrać tryb: Model (przycisk



paska skrótów) oraz ewentualnie dokonać wstępnych ustawień pod kątem podjętego projektu. Chodzi tu przede wszystkim o ustawienia tzw. siatki kanwy (grida). W tym przypadku należy otworzyć okno Ustawienie siatki za pomocą narzędzia opcji widoku  (patrz: str. IV-4), a w nim:


1. wybrać przełącznik siatka ortogonalna,
2. w polu rozstaw w kierunku X wpisać wartość 0,2,
3. zamknąć okno Ustawienie siatki przyciskiem OK.

Krok 2 - Modelowanie konstrukcji stropu


Sposób bezpośredni (bez użycia podkładu z pliku DXF)

Edycja obszarów płytowych:

Płyta tarasu:


1. włączyć narzędzie  (pojawi się okienko narzędzi edycji linii).
2. w okienku edycji linii zadać współrzędne początku odcinka [4,20; -1,20] i użyć klawisza [Enter],
3. zadać współrzędne końca odcinka [0,20; -1,20] i użyć klawisza [Enter]
4. w okienku edycji wybrać kształt "łuk", a następnie zadać współrzędne [-1,20; 0,20] i użyć klawisza [Enter]
5. w okienku edycji wybrać kształt "odcinek", a następnie zadawać kolejno współrzędne [-1,20; 1,80], [4,20; 1,80], [4,20; -1,20] zatwierdzając klawiszem [Enter], co w efekcie spowoduje zamknięcie linii konturu płyty tarasu,
6. w oknie właściwości Płyta zadać: H=150; wyrównanie do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK.

Płyta nad częścią mieszkalną:

1. włączyć narzędzie  (pojawi się okienko narzędzi edycji linii),
2. wskazać i zatwierdzić kolejno punkty [10,00; 0,00], [3,80; 0,00], [3,80; 1,40], [0,00; 1,40], [0,00; 4,40],
3. w okienku edycji wybrać kształt "łuk", a następnie zatwierdzić punkt [2,20; 6,60],


4. w okienku edycji wybrać kształt "odcinek", a następnie wskazać i zatwierdzać (klikać) kolejno punkty [5,00; 6,60], [5,00; 6,00], [10,00; 6,00], [10,00; 0,00], co w efekcie spowoduje zamknięcie linii konturu płyty nad częścią mieszkalną.
5. w oknie właściwości Płyta zadać: H=240; wyrównanie do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK.

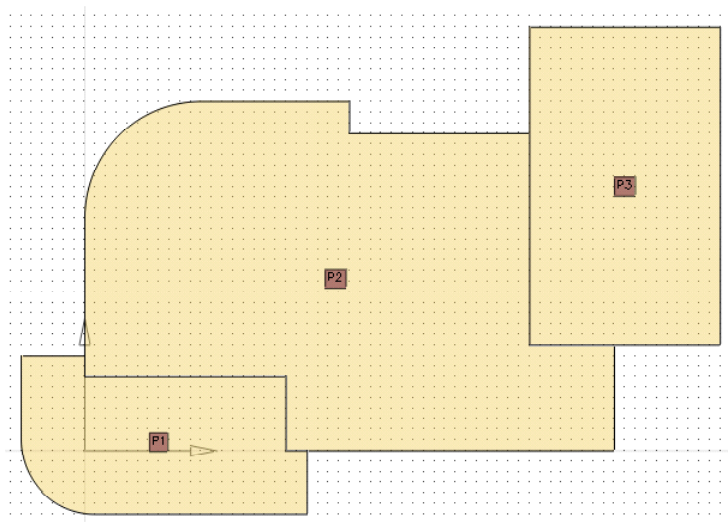
Płyta nad garażem:

1. włączyć narzędzie  (pojawi się okienko narzędzi edycji linii),
2. w okienku edycji wybrać kształt "prostokąt", a następnie kolejno zatwierdzić punkty [8,40; 8,80], [12,00; 2,00], co spowoduje wygenerowanie płyty nad garażem,
3. w oknie właściwości Płyta zadać: H=150; wyrównanie do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK.

Ostateczny efekt powyższych operacji pokazano na Rys. 36. Wykreowane obszary płytowe zachodzą na siebie, a zatem należy rozstrzygnąć jakie właściwości są przypisywane wspólnym polom *obszarów płytowych*. W programie przyjęto zasadę, że własności geometryczno-materiałowe w tych polach wspólnych są dziedziczone z obszaru płytowego leżącego najbardziej na wierzchu. Kolejność nakładania się obszarów płytowych można zmieniać za pomocą polecenia menu Narzędzia/Płyty/Przesuń na (wierzch/spód) po uprzednim zaznaczeniu *obszaru płytowego*, którego kolejność nakładania ma być zmieniona.


Otwór na schody:

1. włączyć narzędzie  (pojawi się okienko narzędzi edycji linii),
2. wskazać i zatwierdzić kolejno punkty [4,80; 3,00], [3,60; 3,00], [3,60; 5,80], [6,00; 5,80], [6,00; 4,60], [4,80; 4,60], [4,80; 3,00], co doprowadzi do zamknięcia konturu linii otworu o narysowanie jego obszaru na modelu stropu.







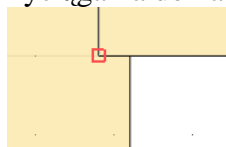
Rys. 36

Edycja słupów:

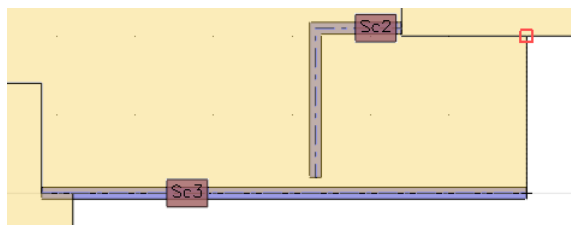
1. włączyć narzędzie  (pojawi się okno właściwości Słup oraz okienko współrzędnych punktu),
2. w oknie Słup zadać: kształt przekroju - prostokątny; H=200; B=200; Lg=0, Ld=3.00; Materiał: beton B30,
3. wskazać punkt [0,10; 4,30] (najlepiej wpisując współrzędne z klawiatury w odpowiednich polach okienka Współrzędne)
4. wskazać i zatwierdzić kolejno punkty [2,30; 6,50], [0,10; 0,10], [0,10; 1,50], [1,90; 1,50], [2,30; 1,50], co spowoduje narysowanie pięciu jednakowych słupów na modelu stropu,
5. w oknie Słup wybrać kształt przekroju - kołowy i zadać wymiar D=200,
6. wskazać i zatwierdzić punkt [4,90; 4,30].

Edycja ścian:

1. włączyć narzędzie  (pojawi się okno właściwości Ściana oraz okienko narzędzi edycji linii),
2. w oknie Ściana zadać: B=150, materiał: beton B30, wysokość ściany poniżej = 3,00,
3. kolejno zadać współrzędne punktów (z klawiatury w okienku edycji linii): [6,10; 5,80], [6,10; 3,50], [8,40; 3,50] i zatwierdzać klawiszem [Enter], a następnie zatwierdzić położenie ściany przyciskiem  okienka edycji linii, pozostając w trybie edycji ścian,
4. kolejno zadać współrzędne punktów (z klawiatury w okienku edycji linii): [8,40; 2,10], [7,30; 2,10], [7,30; 0,20] i zatwierdzać klawiszem [Enter], a następnie zatwierdzić położenie ściany przyciskiem  okienka edycji linii,
5. zamknąć okno Ściana przyciskiem OK.
6. włączyć narzędzie ,
7. w oknie Ściana zadać: B=200, materiał: beton B30, wysokość ściany poniżej = 3,00,
8. zbliżyć kursor myszy do punktu [4,20; 0,00] (co spowoduje wyświetlenie się czerwonego punktu przyciągania do narożnika) i kliknąć,





9. zbliżyć kolejno kursor myszy do punktów [10,00; 0,00], [10,00; 2,00] i klikać,

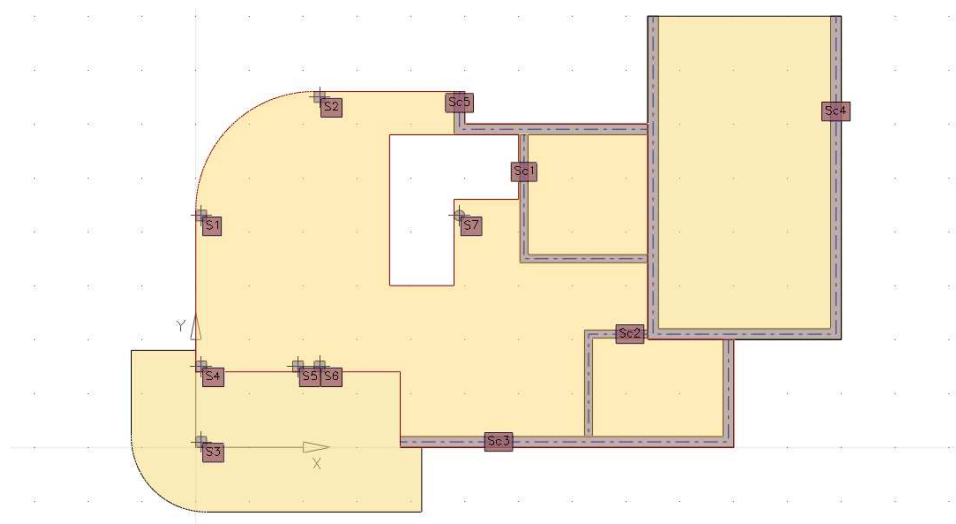


10. zamknąć okno Ściana przyciskiem OK.

Uwaga: Lico utworzonej w ten sposób ściany nie pokrywa się krawędzią płyty, a więc należy ją przesunąć równolegle. W tym celu należy:

11. zaznaczyć utworzoną ścianę nr 3 (kliknąć na niej) tak, aby pojawiły się uchwyty do modyfikacji obiektu,
12. kliknąć na dowolny uchwyt z podwójną strzałką (przesuwanie równoległe), co spowoduje pojawienie się okienka Kopiowanie równoległe, w którym należy wybrać opcję przesunąć cały kształt,
13. w polu **f** zadać wartość 0,10 i zatwierdzić klawiszem [Enter],
14. włączyć ponownie narzędzie ,
15. wykorzystując przyciąganie do narożników płyt kolejno wskazać i zatwierdzić punkty [12,00; 8,80], [12,00; 2,00], [8,40; 2,00], [8,40; 8,80],
16. zaznaczyć utworzoną ścianę nr 4 (kliknąć na niej),
17. kliknąć na dowolny uchwyt z podwójną strzałką (przesuwanie równoległe), co spowoduje pojawienie się okienka Kopiowanie równoległe, w którym należy wybrać opcję przesunąć cały kształt,
18. w polu **f** zadać wartość -0,10 i zatwierdzić klawiszem [Enter],
19. włączyć ponownie narzędzie ,
20. wykorzystując przyciąganie do narożników płyt kolejno wskazać i zatwierdzić punkty [5,00; 6,60], [5,00; 6,00], [8,40; 6,00],
21. zaznaczyć utworzoną ścianę nr 5 (kliknąć na niej),
22. kliknąć na dowolny uchwyt z podwójną strzałką (przesuwanie równoległe), co spowoduje pojawienie się okienka Kopiowanie równoległe, w którym należy wybrać opcję przesunąć cały kształt,
23. w polu **f** zadać wartość -0,10 i zatwierdzić klawiszem [Enter],

Ostateczny efekt operacji od 1 do 23 oraz poprzednich (kreowanie płyt i słupów) pokazano na Rys. 37.




Rys. 37


Sposób pośredni (z użyciem podkładu z pliku DXF)

Uwaga: Podkład z pliku DXF może być wykorzystany w programie PL-WIN2 zarówno na poziomie punktów (jako zbiór dodatkowych punktów grida) jak i na poziomie obiektów rysunkowych, które w programie mogą być bezpośrednio przekształcane w obiekty modelu konstrukcji.

Wczytanie podkładu z pliku DXF:


1. użyć opcji menu Plik/Otwórz podkład z pliku dxf..., co spowoduje otwarcie systemowego okna Otwieranie, w którym należy zlokalizować w pamięci zewnętrznej plik rysunku DXF konstrukcji stropu o nazwie domek.dxf, a następnie dokonać odczytu tego pliku przyciskiem Otwórz tego okna,
2. w ukazanym oknie Podkład DXF zadać zerowe współrzędne dla początku układu współrzędnych osadzenia podkładu, a następnie użyć przycisku  dla uzyskania współczynnika skali = 1,000.

Edycja obszarów płytowych stropu:


1. wykonać wszystkie operacje jak w sposobie bez podkładu DXF z tym, że do lokalizowania punktów wykorzystać mechanizm przechwytywania kursora myszy przez punkty charakterystyczne podkładu,
2. zadać właściwości wykreowanych płyt jak sposobie bez podkładu DXF.
3. za pomocą narzędzia  dokonać edycji otworu na schody wykorzystując punkty rzutu klatki schodowej podkładu DXF.



Edycja słupów stropu:

W podkładzie z pliku DXF przekroje słupów są narysowane jako polilinie, a więc ich edycja jako obiektów modelu stropu może być dokonana bezpośrednio poprzez przekształcenie w sposób następujący:

1. za pomocą funkcji [F4] wyłączyć w widoku modelu obszary płytowe,
2. utrzymując wciśnięty klawisz [Ctrl] zaznaczyć na podkładzie przekroje wszystkich słupów, które będą wyróżniane kolorem czerwonym,
3. użyć narzędzia  lub polecenia menu Narzędzia/Zamień na/Słupy, co spowoduje automatyczne wygenerowanie słupów, których wymiary przekrojów zostaną odczytane z rysunku podkładu i nadane jako właściwości tych obiektów,
4. za pomocą polecenia menu Edycja/Własności... otworzyć okno Słupy i wybrać materiał - beton B30 oraz $L_d=3,00$,
5. zaznaczyć słup przy klatce schodowej i w oknie właściwości zamienić jego kształt na kołowy,
6. za pomocą funkcji [F4] włączyć w widoku modelu obszary płytowe,

Edycja ścian pod stropem:


W podkładzie z pliku DXF brak jest osi ścian, co nie pozwala na bezpośrednie ich wygenerowanie jako obiektów modelu konstrukcji stropu w sposób podobny do tego jaki zastosowano w przypadku słupów. Można jednak nanieść osie ścian modelu na liniach konturów przekrojów ścian, a następnie przesuwać te osie za pomocą uchwyty  na właściwą pozycję. Np. dla edycji ściany na garażem należy:

1. za pomocą funkcji [F4] wyłączyć w widoku modelu obszary płytowe oraz słupy,
2. włączyć narzędzie ,
3. zbliżyć kursor do punktu [8,60; 8,00] tak, aby pojawił się czerwony symbol w lewym górnym narożniku garażu, a następnie kliknąć,
4. zbliżyć kursor do punktu [8,60; 2,20] tak, aby pojawił się czerwony symbol w lewym dolnym narożniku garażu, a następnie kliknąć,
5. zbliżyć kursor do punktu [11,80; 2,20] tak, aby pojawił się czerwony symbol w prawym dolnym narożniku garażu, a następnie kliknąć,
6. zbliżyć kursor do punktu [11,80; 8,00] tak, aby pojawił się czerwony symbol w prawym górnym narożniku garażu, a następnie kliknąć,
7. w oknie właściwości Ściana zadać: H=200; beton: B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK,
8. zaznaczyć ścianę (klikając na niej), a następnie kliknąć na uchwyt , co spowoduje pojawienie się okienka Kopiowanie równoległe, w którym należy wpierw wybrać typ działania przesunąć cały kształt, a w polu f zadać wartość -0,1. Doprowadzi to do pokrycia ściany modelu stropu z przekrojem ściany garażu na podkładzie z pliku DXF.



Pozostałe cztery ściany pod stropem domku można wygenerować w sposób analogiczny tak, aby efekt końcowy był identyczny z tym, który ukazano na Rys. 36.


Uwaga: Znacznie efektywniejszym staje się modelowanie konstrukcji na bazie rysunku z pliku DXF jeśli rysunek ten został odpowiednio przygotowany, tzn. zawiera obiekty rysunkowe (geometryczne), które mogą być bezpośrednio przekształcone na obiekty modelu konstrukcji.

Dla prezentowanego przykładu stropu domku jednorodzinnego został utworzony taki rysunek i zapisany do pliku pod nazwą domek przygotowany.dxf. Poniżej opisano tok postępowania z wykorzystaniem podkładu z tego pliku:

1. uruchomić program PL-WIN2,
2. użyć opcji menu Plik/Otwórz podkład z pliku dxf..., co spowoduje otwarcie systemowego okna Otwieranie, za pomocą którego należy zlokalizować w pamięci zewnętrznej plik rysunku DXF konstrukcji stropu o nazwie domek przygotowany.dxf, a następnie dokonać odczytu tego pliku przyciskiem Otwórz tego okna,
3. w ukazanym oknie Podkład DXF zadać zerowe współrzędne dla początku układu współrzędnych osadzenia podkładu, a następnie użyć przycisku  dla uzyskania współczynnika skali = 1,000.

Edycja obszarów płytowych stropu:

4. zaznaczyć kontur płyty tarasu, a następnie użyć narzędzia , co spowoduje wygenerowanie obszaru dla płyty tarasu,
5. podwójnie kliknąć na obszarze płyty, a w ukazanym oknie właściwości płyty zadać: H=150; wyrównanie - do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK,
6. zaznaczyć kontur płyty nad częścią mieszkalną, a następnie użyć narzędzia , co spowoduje wygenerowanie obszaru dla płyty nad częścią mieszkalną,


7. podwójnie kliknąć na obszarze tej płyty, a w ukazanym oknie właściwości płyty zadać: H=240; wyrównanie - do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK,
8. zaznaczyć kontur płyty nad garażem, a następnie użyć narzędzia , co spowoduje wygenerowanie obszaru dla płyty nad garażem,
9. podwójnie kliknąć na obszarze tej płyty, a w ukazanym oknie właściwości płyty zadać: H=150; wyrównanie - do górnej powierzchni; klasa betonu - B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK,

Edycja słupów pod stropem:


Należy wykonać w sposób identyczny jak w sposobie opartym na podkładzie z pliku domek.dxf (patrz str. IV-32).

Edycja ścian pod stropem:

Plik DXF został tak przygotowany, że bezpośrednio zawiera odcinki osi ścian pod stropem, a więc kreowanie ścian modelu polega na edycji osi ścian na bazie tych odcinków. Np. dla ściany nad garażem należy:


10. za pomocą [F4] wyłączyć w widoku modelu obszary płytowe i słupy,
11. włączyć narzędzie ,
12. wskazać i zatwierdzić lewym przyciskiem myszy kolejno punkty osi ściany garażu wykorzystując przy tym przyciąganie kursora do tych punktów (są to punkty o współrzędnych: [8,50; 6,00], [8,50; 2,10], [11,90; 2,10], [11,90; 8,00]),
13. w oknie właściwości Ściana zadać: H=200; beton: B30; Ld=3,00 i zamknąć to okno przyciskiem OK.


Otwór na schody:

14. na podkładzie z pliku DXF zaznaczyć kontur rzutu otworu na schody, a następnie użyć narzędzia  lewego paska narzędzi,
15. za pomocą funkcji [F4] włączyć w widoku wszystkie obiekty modelu.

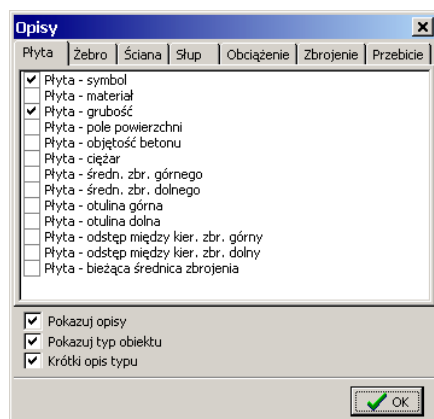
Krok 3 - Widok modelu konstrukcji stropu

Dla uniknięcia niejednoznaczności poszczególne obiekty modelu konstrukcji są na widoku w oknie roboczym zaopatrzone w etykiety zawierające opisy tych obiektów. Zarówno położenie etykiet jak treść opisów może być określana przez użytkownika.


Zmiana położenia etykiet obiektów modelu może być dokonywana w trybie włączanym za pomocą narzędzia  dolnego paska narzędzi widoku. Po włączeniu tego trybu na etykietach wyświetlane są czerwone punkty, które są uchwytami do przesuwania etykiet. Należy kliknąć na tym punkcie, a następnie kursorem myszy (lub zadając konkretne współrzędne w okienku Współrzędne) wskazać nową pozycję tego punktu, a zarazem etykiety. Dzięki temu - zwłaszcza przy dużej liczbie obiektów - można poprawić czytelność widoku modelu.

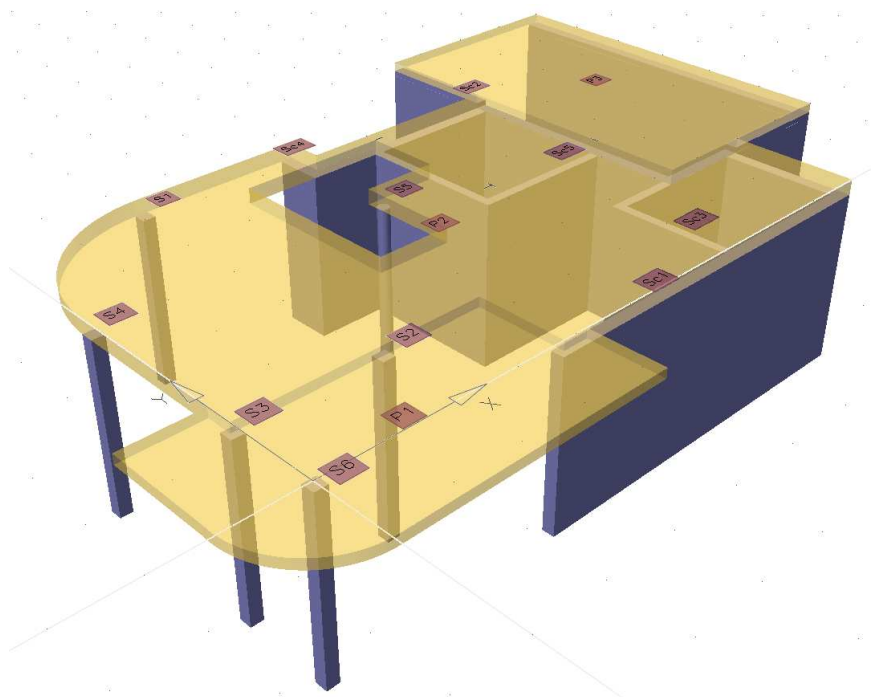
Treść opisów etykiet obiektów jest ustalana w oknie dialogowym Opisy (Rys. 38) otwieranym za pomocą narzędzia  dolnego paska narzędzi widoku lub

wprost klawiszem [F2]. Zawartość opisów etykiet zależy od stanu włączników dla poszczególnych typów obiektów modelu. W szczególności możliwe jest wygaszenie wszystkich etykiet na widoku modelu.





Rys. 38

Widoczność obiektów modelu może być dostosowana za pomocą grupy włączników okna dialogowego Widoczność otwieranego za pomocą narzędzia  dolnego paska narzędzi widoku lub klawiszem [F4].




Rys. 39

Widok 3D modelu (perspektywa) pozwala na wizualną weryfikację modelu pod kątem właściwości związanych z kierunkiem prostopadłym do płaszczyzny


kreowania modelu konstrukcji. Przełączenia widoku modelu do perspektywy dokonuje się za pomocą polecenia menu Widok/Widok w perspektywie lub bezpośrednio narzędziem  dolnego paska narzędzi widoku. Powrót do widoku 2D zapewnia przycisk  tego paska narzędzi. Trójwymiarową prezentację modelu konstrukcji stropu omawianego przykładu przedstawiono na Rys. 39.


Krok 4 - Zadawanie obciążeń

Przygotowanie listy grup obciążeń:

1. użyć skrótu  paska skrótów, co spowoduje otwarcie okna dialogowego Grupy obciążeń,
2. zaznaczyć pozycję listy grup na z domyślną grupą A – Stałe w celu dokonania modyfikacji właściwości tej grupy.
3. w polu **y2** zadać wartość 1,1,
4. użyć przycisku Dodaj (dodana zostanie nowa grupa),
5. w polu Symbol nowej grupy wpisać literę B,
Wielkość litery (duża lub mała) w polu Symbol ma znaczenie. Symbol może mieć tylko jeden znak.
6. w polu Nazwa wpisać Zmienne,
7. z grupy przełączników wybrać opcję Zmienne,
8. w polu **y1** zadać wartość 1,3,
9. zamknąć okno przyciskiem Zamknij.

Obciążenie na całą płytę:


1. zaznaczyć na obszar płyty środkowej (nad pomieszczeniem mieszkalnym),
2. użyć narzędzia  panelu trybu Model - pojawi się okno właściwości Obciążenie na całą płytę,
3. w polu Q okna właściwości wpisać wartość 7,50,
4. z listy Grupa obciążeń wybrać grupę B – Zmienne,
Ponieważ zmieniono grupę, wartości współczynników obciążeń zostały automatycznie przepisane z wybranej grupy obciążeń. Jednak w ogólności współczynniki obciążeniowe y1 i y2 są przypisywane do pojedynczych obciążeń, a więc mogą być inne niż te, które zadano dla grupy obciążeń.
5. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Uwaga: Obciążenia "na całą płytę" na widoku modelu konstrukcji są ukazywane w postaci etykiet, które domyślnie lokowane są w środkach ciężkości obszarów płytowych, ale ich pozycje na widoku modelu konstrukcji mogą być dowolnie zmienione przez użytkownika w trybie wywołanym narzędziem  dolnego paska narzędzi. Kliknięcie na etykiecie tego obciążenia powoduje wyróżnienie (na czerwono) konturu obszaru płytowego, na który zostało zadane. Natomiast podwójne kliknięcie na etykiecie otwiera okno właściwości tego obciążenia, co umożliwia dokonanie zamierzonych zmian.

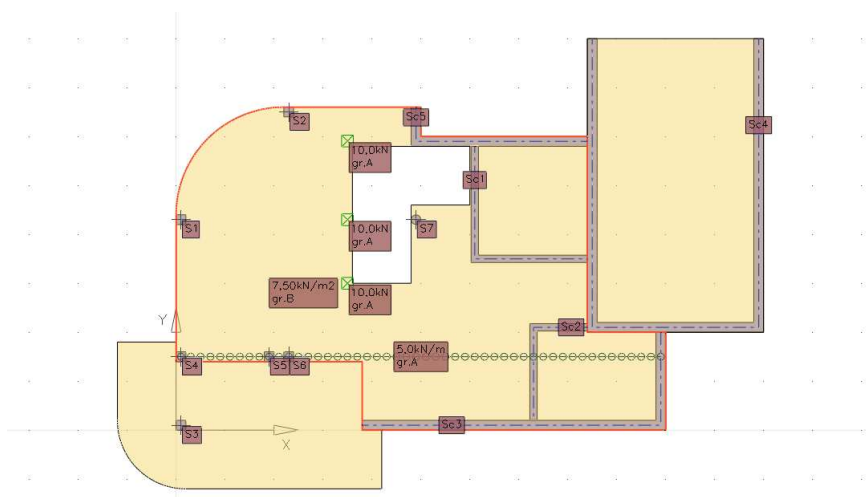
Obciążenie siłami skupionymi:

Założono że siły skupione będą rozmieszczone w odległości 10 cm od krawędzi otworu na schody. Można się tutaj posłużyć lokalnym układem współrzędnych.



Ustawienie lokalnego układu współrzędnych

1. użyć narzędzia  dolnego paska narzędzi - ukaże się okno LUW-modyfikacja,
2. kursorem myszy wskazać lewy dolny narożnik otworu na schody,
3. w polu kąt obrotu okna LUW-modyfikacja zadać wartość 0,0 i zamknąć okno przyciskiem OK. - strzałki osi LUW zostaną przeniesione we wskazane miejsce.


Zadawanie obciążenia



Rys. 40

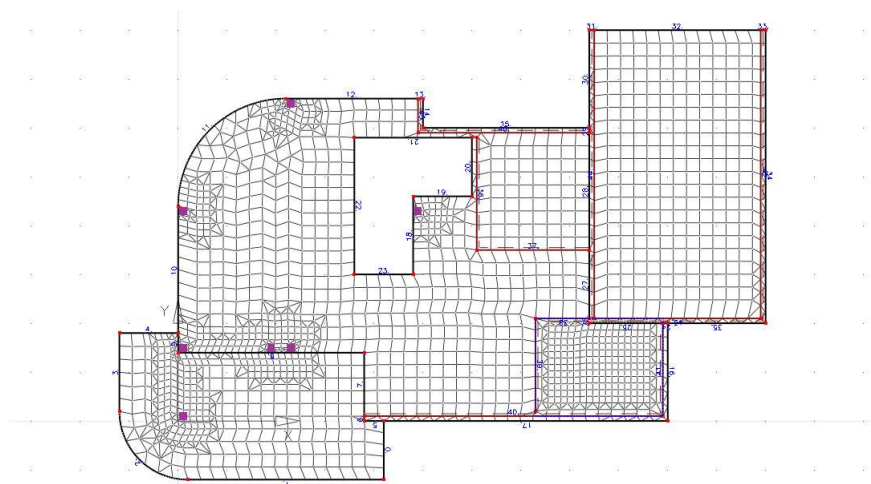
4. użyć narzędzia  panelu trybu Model - ukaże się okno właściwości Obciążenie siłą skupioną,
5. w polu P okna właściwości zadać wartość 10,00,
6. z listy Grupa obciążeń wybrać grupę A – Stałe,
7. w oknie Współrzędne zadać współrzędne [-0,10; 0,00],
8. w polu x okna Współrzędne zadać wartość -0,10, a następnie kliknąć środek słupa przy otworze na schody. W ten sposób współrzędna y punktu przyłożenia drugiej siły skupionej będzie taka sama jak współrzędna y pozycji słupa,
9. w polu x okna Współrzędne zadać wartość -0,10, a następnie kliknąć lewy górny narożnik otworu - zostanie dodana trzecia siła skupiona,
10. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK,
11. powrócić do globalnego układu współrzędnych za pomocą narzędzia  dolnego paska narzędzi,

Obciążenie liniowe (nóż):

1. użyć narzędzia  panelu trybu Model - ukaże się okno właściwości Obciążenie liniowe wraz z okienkiem narzędzi edycji linii,



2. w polu Q okna właściwości zadać wartość 5,00,
 3. z listy Grupa obciążeń wybrać grupę A – Stałe,
 4. kursorem myszy wskazać środek słupa w punkcie [0,10; 1,50] i kliknąć,
 5. skierować kursor myszy poziomo do osi ostatniej, czyli do punktu [9,90; 1,50] i kliknąć,
 6. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.
- Zadane w ten sposób obciążenia pokazano na Rys. 40.

Krok 5 - Generowanie modelu obliczeniowego MES







Rys. 41

Automatyczne generowanie siatki MES:

1. użyć skrótu  paska skrótów, co spowoduje automatyczne wygenerowanie siatki MES - na podstawie wstępnych (domyślnych) ustawień programu w tym zakresie - a w oknie roboczym ukaże się schemat obliczeniowy modelu stropu,
2. włączyć narzędzie  panelu trybu MES - ukaże się okno Analiza z otwartą zakładką Model MES,
3. w polu Liczba elementów na dłuższym boku zadać wartość 30,
4. włączyć opcję zagęszczanie wokół słupów,
5. w polu promień zadać wartość 1,00 i użyć przycisku Zastosuj.
6. zamknąć okno Analiza przyciskiem Zamknij.

Ręczne (dodatkowe) zagęszczanie siatki MES:



7. włączyć narzędzie  panelu trybu MES - ukaże się okienko edycji linii, którym należy wybrać kształt segmentu ,
8. zadać współrzędne [7,30; 2,10] w sekcji punkt 1 okienka i zatwierdzić klawiszem [Enter],

9. zadać współrzędne [9,90; 0,10] w sekcji punkt 2 okienka i zatwierdzić klawiszem [Enter],
10. zamknąć okienko przyciskiem  lub klawiszem [Esc],
11. użyć narzędzia  panelu trybu MES - nastąpi ponowne generowanie siatki MES z dołączeniem zadeklarowanego pola.

Schemat obliczeniowy z wygenerowaną siatką MES dla modelu stropu przy zadanych warunkach generowania pokazany jest na Rys. 41.

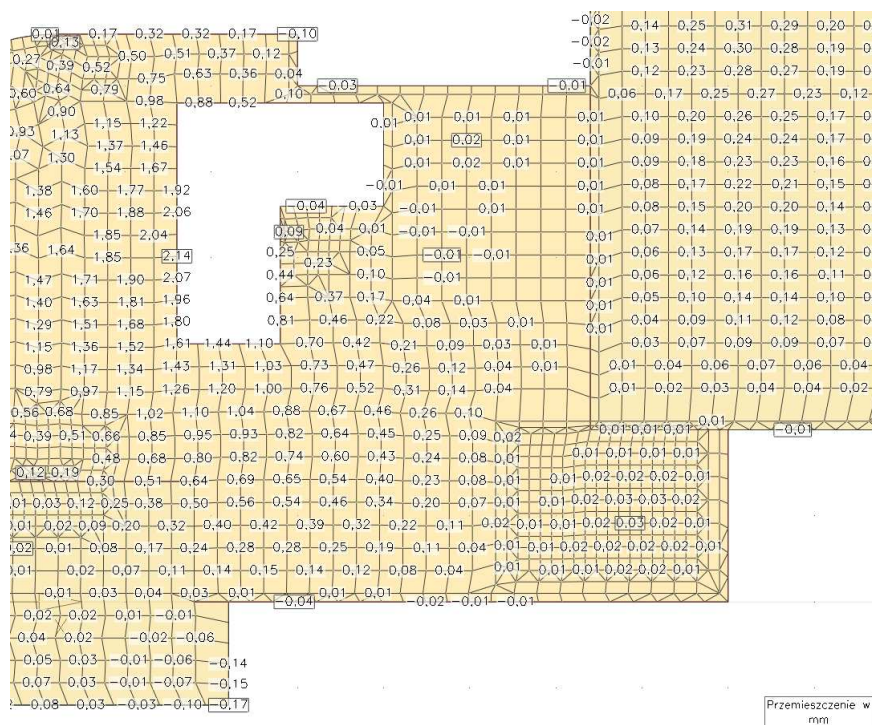
Krok 6 - Analiza statyczno-kinematyczna

Uruchomienie analizy:



1. uaktywnić tryb Wyniki za pomocą skrótu  - pojawi się okno Analiza z otwartą zakładką Analiza MES,
2. w oknie Analiza wybrać opcję obc. obliczeniowe, a następnie użyć przycisku Wykonaj obliczenia,
3. zaczekać na zakończenie procesu obliczeń,
4. sprawdzić czy w sekcji Grupy obciążeń panelu trybów programu włączone są opcje obc. obliczeniowe oraz kombinatoryka,
5. użyć skrótu  aby zachować dane modelu wraz z wynikami obliczeń.



Prezentacja wyników analizy:


Wyniki dla płyty

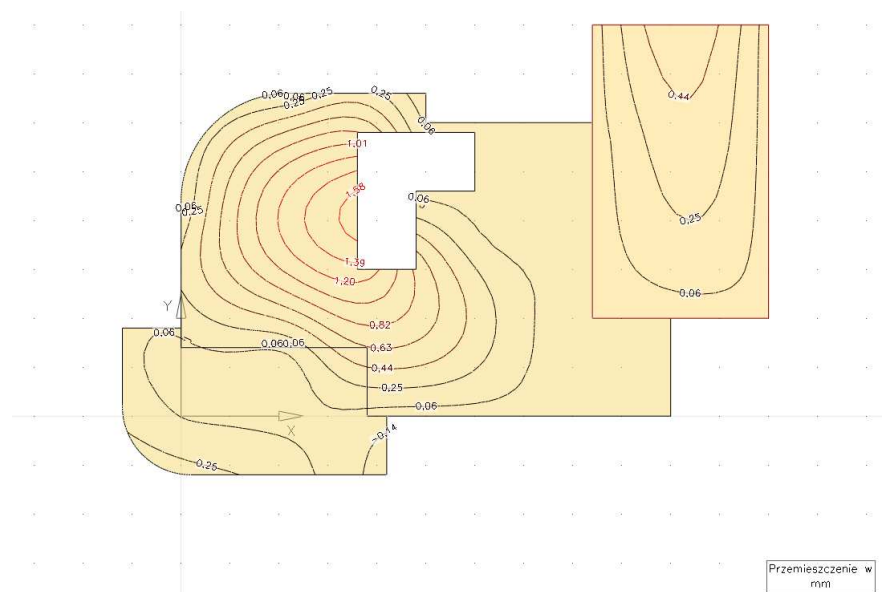


Rys. 42




1. włączyć włącznik  panelu trybów programu,
2. użyć  przycisku panelu trybów programu - wówczas wyniki dla wybranej wielkości (w, Mx, My, Mxy) w oknie roboczym będą prezentowane w formie liczbowej w poszczególnych węzłach modelu MES (patrz Rys. 42).

Uwaga: Wybrana wielkość wynikowa jest wyznaczana w każdym węźle modelu MES, ale to, czy na widoku modelu będą ukazywane one dla wszystkich węzłów zależy od wielkości użytej dla nich czcionki, której wielkość można ustalić za pomocą przycisków  i . Wartości zerowe tych wielkości nie są ukazywane, a wartości ujęte w ramkach oznaczają lokalne ekstrema (minimum lub maksimum).

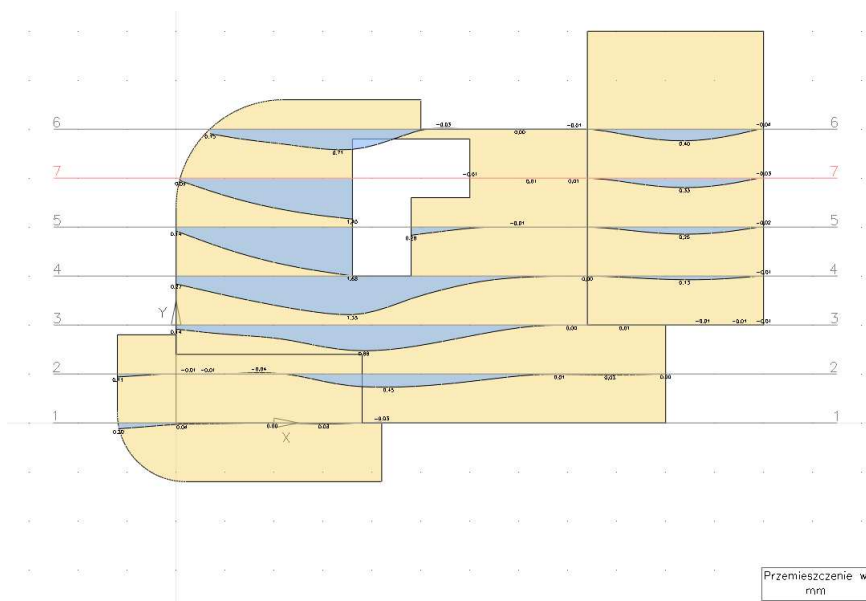
3. użyć  przycisku panelu trybów programu - wówczas wyniki dla wybranej wielkości (w, Mx, My, Mxy) w oknie roboczym będą prezentowane w formie tzw. izolinii, tzn. linii łączących punkty obszarów płytowych o jednakowej wartości liczbowej wybranej wielkości (patrz Rys. 43),







Rys. 43


4. użyć  przycisku panelu trybów programu - wówczas wyniki dla wybranej wielkości (w, Mx, My, Mxy) w oknie roboczym będą prezentowane w formie wykresów wzdłuż zadanych uprzednio linii przekrojów (patrz Rys. 44). W tym celu należy:
 - wybrać narzędzie  lewego paska narzędzi - ukaze się okno Linia przekroju oraz okienko edycji linii,
 - wskazać punkt [-2,50; 0], a następnie punkt [13,50; 0],
 - zamknąć okno Linia przekroju przyciskiem OK,
 - zaznaczyć naniesioną linię przekroju i użyć narzędzia  lewego paska narzędzi,







- wskazać dowolny punkt bazowy (np. początek linii przekroju),
- wskazywać kolejne punkty zmieniając tylko współrzędną y, np. co 1m,
- zamknąć okno Kopiowanie przyciskiem Zamknij..



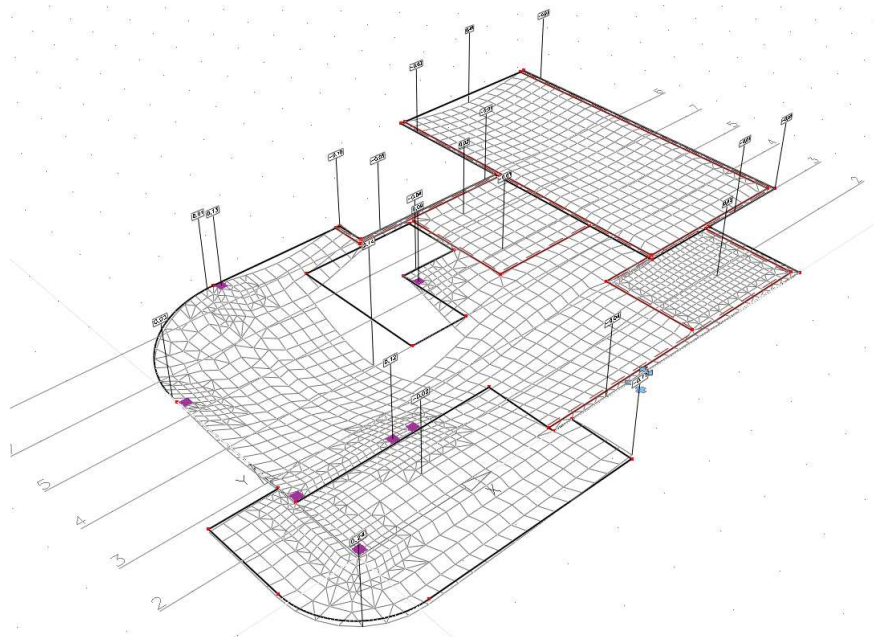
Rys. 44

Uwaga: Linie przekroju mogą być dowolnie nanoszone na model konstrukcji i mogą się składać z dowolnej liczby segmentów w tym również łukowych. Rzędne wykresów wzdłuż przekrojów są odkładane prostopadle do ich linii w widoku 2D, natomiast w widoku 3D są odkładane prostopadle do płaszczyzny kreowania modelu konstrukcji. Zwiększanie skali wykresów dokonuje się za pomocą przycisków  i , a wielkość opisów rzędnych przyciskami  i .

5. użyć  przycisku panelu trybów programu - wówczas wyniki dla wybranej wielkości (w, Mx, My, Mxy) prezentowane będą w widoku 3D, niezależnie od formy ich prezentacji (wartości, izoliny lub przekroje), Rys. 45.


Uwagi: Zwiększanie skali wykresów dokonuje się za pomocą przycisków  i , a wielkość opisów rzędnych przyciskami  i . Jeżeli pełny widok modelu konstrukcji przeszkadza w przeglądaniu wyników, to można zamienić widok modelu na widok schematu za pomocą narzędzia  panelu trybów programu. Powrót do widoku modelu konstrukcji zapewnia narzędzie .

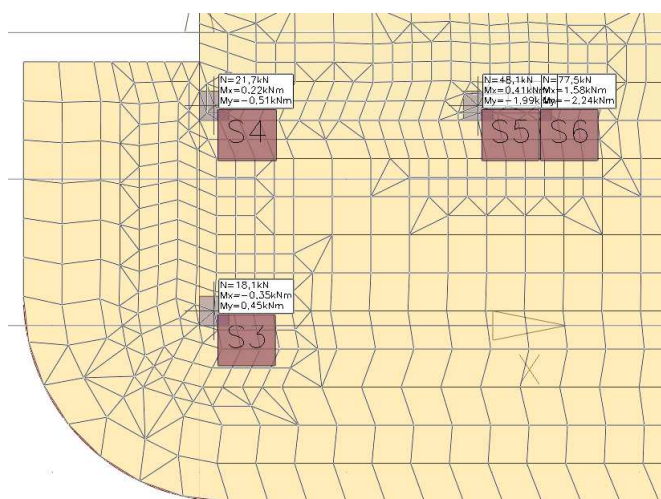
Aby umieścić w schowku systemu kopię okna roboczego programu wystarczy użyć klawisza [F11]. Skopiowany widok można następnie wklejać do edytorów tekstu zdolnych do importu grafiki w formacie lub innych programów graficznych.



Rys. 45


Wyniki dla słupów



W tym celu należy włączyć włącznik  na panelu trybów programu, wówczas w oknie roboczym w pobliżu wszystkich słupów ukażą się etykiety, których część tekstowa zawiera wartości liczbowe sił pionowych i momentów zginających działających w połączeniach tych słupów z obszarami płytowymi, (Rys. 46).

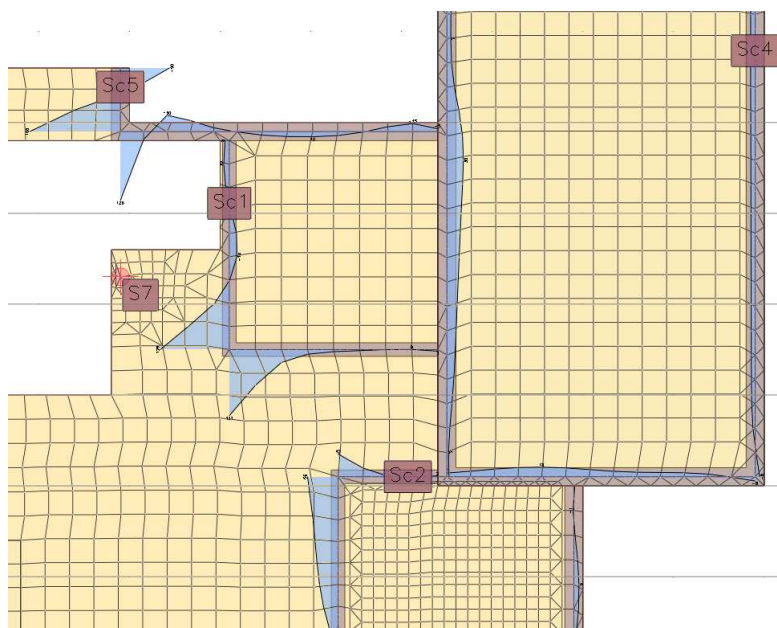


Rys. 46

Wyniki dla ścian

W tym celu należy włączyć włącznik  na panelu trybów programu, wówczas w oknie roboczym wzdłuż ścian ukażą się wykresy sił (przy włączo-

nym włączniku ) lub momentów (przy włączonym włączniku ) rozłożonych działających w połączeniu tych ścian z obszarami płytowymi, (Rys. 47).


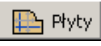




Rys. 47

Uwagi: Dla prezentacji wyników dla konkretnej (ręcznej) kombinacji grup obciążeń należy wyłączyć włącznik Kombinatoryka w sekcji Grupy obciążeń panelu trybów programu, a następnie na liście grup poniżej należy włączać/wyłączać poszczególne grupy obciążeń. Oprócz tego - klikając prawym przyciskiem myszy - można dodatkowo określić, który współczynnik obciążeniowy (γ_1 lub γ_2) dla obciążeń danej grupy ma być uwzględniony w obliczeniach dla kreowanej w ten sposób kombinacji, co dotyczy obciążeń stałych.

Prezentacja wyników dla obciążeń charakterystycznych wymaga wykonania analizy rozszerzonej, a następuje to po wyłączeniu włącznika obc. obliczeniowe.





Krok 7 - Projektowanie zbrojenia dla SGN

1. użyć skrótu ,
2. włączyć włącznik .

Uwagi: Jeżeli wyniki analizy dla obciążeń obliczeniowych są dostępne, to na modelu konstrukcji zostanie przedstawione zbrojenie wymagane (teoretyczne) w postaci mapy obszarów, których kolory odpowiadają ilości potrzebnego zbrojenia jako liczba wkładek o zadeklarowanej średnicy na 1 mb (przy włączonym włączniku ) lub jako pole powierzchni w cm^2 (przy włączonym włączniku )

Dla obu stron płyty (górnej i dolnej) oraz obu kierunków (1 i 2) generowana jest odrębna mapa zbrojenia wymaganego, przy czym liczba wkładek lub powierzchnia zbrojenia wyznaczana jest przez program przy założeniu średnicy zbrojenia i otuliny zadanych w zakładce Zbrojenie okna właściwości dla każdego obszaru płytowego. Klikając podwójnie lewym przyciskiem myszy w obrębie kolejnych *obszarów płytowych* należy sprawdzić, czy wszystkie średnice wkładek domyślnych są ustawione na 10 mm, a otuliny na 20 mm, bowiem takie będą brane przy projektowaniu zbrojenia.



Projektowanie zbrojenia dolnego

3. włączyć włączniki  oraz ,
4. użyć narzędzia  (Nowy obszar zbrojenia) - pojawi się okienko narzędzi edycji linii, w którym należy wybrać narzędzie ,
5. kursorem wskazać lewy górny narożnik płyty nad garażem, czyli punkt [8,40; 8,00] i kliknąć,
6. wskazać prawy dolny narożnik płyty nad garażem, czyli punkt [12,00; 2,00] i kliknąć,

Uwaga: Na obszarze tej płyty przyjmowane jest zbrojenie o parametrach domyślnych, tj. #10/250. Nowo utworzony obiekt (*obszar zbrojenia*) jest od razu zaznaczany, a jego parametry ukazane w otwartym oknie właściwości *obszaru zbrojenia*.

7. jeżeli rozstaw i średnica mają być inne niż #10/250 należy w oknie właściwości *obszaru zbrojenia* użyć przycisków Zmień i w ukazanym oknie Rozmieszczanie prętów ustawić na obu kierunkach zamierzone wartości, a następnie zamknąć oba okna, np. używając dwa razy klawisza [Esc].

Uwaga: Obszar płyty pokryty obszarem zbrojenia, który został był wcześniej wypełniony kolorową mapą, staje się jasno szary. Oznacza to że przyjęte zbrojenie na tym obszarze jest wystarczające. Aby odczytać stan zbrojenia w danym punkcie, należy ułożyć w nim kursor myszy i odczytać dane w sekcji Stan zbrojenia panelu trybów programu.

8. zaznaczyć płytę tarasu (płyta nr 1),
9. użyć narzędzia  - zostanie automatycznie wygenerowany nowy obszar zbrojenia ogarniający cały obszar płyty tarasu,
10. sprawdzić czy rozstaw i średnica utworzonego zbrojenia to #10/250,
11. zamknąć okno właściwości obszaru zbrojenia przyciskiem OK,
12. zaznaczyć nowo dodany obszar zbrojenia, wówczas dostępne stają się czerwone uchwyty do przesuwania opisów,
13. uchwycić kursorem czerwony uchwyt i przesunąć opis na zamierzoną pozycję obszaru zbrojenia,
14. zaznaczyć płytę środkową (nad pomieszczeniem mieszkalnym - nr 2),
15. użyć narzędzia  - zostanie automatycznie wygenerowany nowy obszar zbrojenia ogarniający cały obszar płyty środkowej,

16. w oknie właściwości dla każdego kierunku zmienić parametry siatki zbrojenia na 5#10 (czyli #10 co 200 mm),
17. zamknąć okno właściwości zbrojenia przyciskami OK., a następnie - podobnie jak dla płyty tarasu - skorygować położenie opisów siatki.

Uwagi: Obszary, w których na obwiedni momentów nie występują momenty zginające odpowiedniego znaku (np. dodatnie dla zbrojenia dolnego), traktowane są jako obszary nie wymagające zbrojenia.








W obszarach, w których występują niewielkie momenty zginające odpowiedniego znaku, przyjmowane jest zbrojenie minimalne wynikające z normowego minimalnego stopnia zbrojenia. Dlatego na mapie zbrojenia pojawiają się duże połacie w jednym kolorze.



Stopień zbrojenia odnosi się do wysokości użytecznej przekroju płyty $d=h-a_p$, dlatego płyty grubsze, a także zbrojenie na kierunku uprzywilejowanym mogą wymagać więcej zbrojenia minimalnego (np. płyta nr 2).

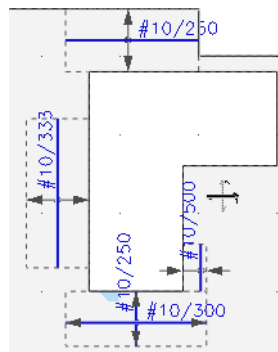
W programie PL-WIN2 nie bierze się pod uwagę aspektów wykonawczych zbrojenia, tzn. podziału zbrojenia na obszary z prętami o jednakowej długości, ani też nie podaje się sposobu ich zakotwienia. Dla celów wymiarowania w programie zaleca się ograniczać liczbę obszarów zbrojenia, dopuszczając ich nieregularne kontury (jak w przypadku płyt nr 1 i 2).

Jednocześnie należy pamiętać, że program przyjmuje domyślnie, iż w całym obszarze zdefiniowanego zbrojenia wkładki spełniają w 100% warunek nośności przy założeniu właściwego normowo zakotwienia. Należy to mieć na uwadze przy sporządzaniu rysunku wykonawczego.

Zadane w ten sposób zbrojenie dolne dla całej płyty spełnia wymogi SGN z wyjątkiem niewielkich obszarów wokół wycięcia na klatkę schodową., co oznacza, że należy te obszary dozbroić. W tym celu:

18. użyć klawisza [F9], a po pojawieniu się okienka Ustawianie siatki zadać wartość 0,10 w polu rozstaw w kierunku X,
19. użyć narzędzia  (Nowy obszar zbrojenia) - pojawi się okienko narzędzi edycji linii, w którym należy wybrać narzędzie ,
20. wskazać punkt [3,30; 3,00], a następnie [5,10; 2,30],
21. w oknie właściwości wybrać opcję uprzywilejowany kierunek 1 i dla tego kierunku użyć przycisku Zmień, a w ukazanym oknie Rozmieszczanie prętów wybrać opcję Inne i zadać w polu rozstaw wartość 300 mm,
22. ponownie użyć narzędzia  oraz wybrać narzędzie ,
23. wskazać punkt [3,30; 6,60], a następnie [5,00; 5,80],
24. w oknie właściwości wybrać opcję tylko kierunek 1 i dla tego kierunku użyć przycisku Zmień, a w ukazanym oknie Rozmieszczanie prętów wybrać 4#10 i zamknąć to okno przyciskiem OK,
25. włączyć włącznik  kier.2,
26. ponownie użyć narzędzia  oraz wybrać narzędzie .





27. wskazać punkt [2,80; 5,20], a następnie [3,60; 3,30],
28. w oknie właściwości zadać w polu Kąt siatki ϕ wartość 90° oraz wybrać opcję tylko kierunek 1 i dla tego kierunku użyć przycisku Zmień, a w ukazanym oknie Rozmieszczanie prętów wybrać 3#10 i zamknąć to okno przyciskiem OK,
29. ponownie użyć narzędzia  oraz wybrać narzędzie ,
30. wskazać punkt [4,80; 3,60], a następnie [5,10; 3,00],
31. w oknie właściwości zadać w polu Kąt siatki ϕ wartość 90° oraz wybrać opcję tylko kierunek 1 i dla tego kierunku użyć przycisku Zmień, a w ukazanym oknie Rozmieszczanie prętów wybrać 2#10 i zamknąć to okno przyciskiem OK.











Rys. 48

Na Rys. 48 pokazano efekt końcowy dozbrojenia płyty w otoczeniu wycięcia na klatkę schodową dla dolnej strony płyty.

Projektowanie zbrojenia górnego

32. włączyć włączniki  oraz ,
33. użyć skrótu  paska skrótów - zostaną zaznaczone wszystkie obiekty modelu stropu domku,
34. użyć narzędzia , którego działanie odniesie się tylko do wszystkich trzech obszarów płytowych stropu, dla których utworzone zostaną domyślne obszary zbrojenia górnego,
35. podwójnie kliknąć na obszarze zbrojenia płyty środkowej, a w oknie właściwości obszaru zbrojenia dla obu kierunków zadać wkładki #10 co 200 mm, czyli 5 szt./mb i zamknąć okno właściwości,
36. na pozostałych obszarach zbrojenia (dla tarasu i garażu) pozostawić ustawienia domyślne, czyli #10/250,




Uwaga: Po zadaniu zbrojenia podstawowego, przełączając przyciski  i  widoczne jest, że brakuje jeszcze zbrojenia w strefie podwójnego słupa (w okolicy punktu [1,90; 1,50]) oraz przy krawędzi otworu na schody.

37. użyć narzędzia  - pojawi się okienko narzędzi edycji linii, w którym należy wybrać narzędzie ,
38. wskazać punkty [1,00; 1,80] i [3,20; 0,40] jako naroża nowo kreowanego obszaru zbrojenia nad dwoma słupami płyty tarasu,
39. dla obu kierunków wybrać rozmieszczenie 5#10 (rozstaw 200 mm), a następnie zamknąć okno właściwości,
40. ponownie użyć narzędzia , a w okienku narzędzi edycji linii wybrać segment ,
41. nanieść kontur oparty na punktach: [4,60; 6,20], [5,00; 6,20], [5,00; 6,00], [5,50; 6,00], [5,50; 5,80], [4,60; 5,80] i [4,60; 6,20], jako narożach nowo kreowanego obszaru zbrojenia przy krawędzi otworu na schody,
42. dla kierunku 1 wybrać rozmieszczenie 5#10 (rozstaw 200 mm), a dla kierunku 2 - 2#10 (rozstaw 500 mm) i zamknąć okno właściwości,
43. ponownie użyć narzędzia , a w okienku narzędzi edycji linii wybrać segment ,
44. wskazać punkty [5,90; 4,00] i [6,40; 3,30] jako naroża nowo kreowanego obszaru zbrojenia nad narożem ściany przy otworze klatki schodowej,
45. dla obu kierunków przyjąć rozmieszczenie 2#10 (rozstaw 500 mm).

Szacunkowa ilość zbrojenia

Jest dostępna w oknie Zestawienie zbrojenia otwieranym za pomocą polecenia menu Zbrojenie/Listą zbrojenia (górnego/dolnego), (Rys. 49).


Na liście podana jest specyfikacja wykreowanych obszarów zbrojenia oraz masa stali, która może posłużyć do oszacowania kosztów zbrojenia. Podana wartość obliczona jest na podstawie następujących wartości: pole powierzchni obszaru, średnice i rozstawy prętów na obu kierunkach oraz gęstość stali 7850 kg/m^3 . Nie uwzględnia się nadadków z tytułu zakotwień wkładek.

Zestawienie - zbrojenie dolne							
 Do Excela...		 Do pliku...		 Wybierz kolumny...			
Symbol	Pręty 1	Pręty 2	Otulina	Kąt Z	Pole powierzchni	Materiał	Masa stali
1	5#10	5#10	20mm	0,00°	24,48m ²	A-III	151kg
2	4#10	4#10	20mm	0,00°	13,54m ²	A-III	67kg
3	5#10	5#10	20mm	0,00°	45,44m ²	A-III	280kg
4	3,33#10	4#10	20mm	0,00°	1,26m ²	A-III	6kg
5	3#10		20mm	0,00°	1,36m ²	A-III	3kg
6	3#10		20mm	90,00°	1,52m ²	A-III	3kg
7	2#10		20mm	90,00°	0,18m ²	A-III	0kg

Rys. 49


Aby wyeksportować dane do innego programu można użyć jednego z przycisków;  Do Excela... lub  Do pliku...

Krok 8 - Sprawdzenie stref przebiecia


Odbywa się w trybie Przebiecie inicjowanym za pomocą skrótu  paska skrótów.

Warunki przebiecia sprawdzane są w strefach przebiecia zdefiniowanych przez użytkownika, przy założeniu że siłą przebijającą jest reakcja słupa/słupów zlokalizowanych w danej strefie. W gestii użytkownika zatem leży właściwe przyjęcie kształtu strefy. Dodatkowo, na styku różnych płyt, stosowane jest uproszczenie polegające na przyjęciu do obliczeń parametrów tylko jednej płyty.


Słup pojedynczy pod płytą tarasową

1. w trybie Przebiecie zaznaczyć słup pod płytą tarasu,
2. użyć narzędzia  tego trybu, co spowoduje automatyczne wygenerowanie obiektu *strefa przebiecia* wokół zaznaczonego słupa. Czarną linią pokazany jest kontur obszaru przebiecia na powierzchni górnej płyty, zaś różową przerywaną linią - na powierzchni dolnej oraz wewnątrz płyty. Jednocześnie pojawia się okno właściwościami utworzonej *strefy przebiecia*, w którym wartość normowego obwodu u_p wyznaczana jest automatycznie.
3. sprawdzić czy z listy Dla płyty wybrano płytę tarasu (nr 1),
4. sprawdzić u dołu okna, czy warunek nośności betonu na przebiecie jest spełniony. W przypadku, gdy beton nie przenosi siły ścinającej, można założyć dodatkowe zbrojenie, włączając włączniki Strzemiona lub/i Pręty odgięte oraz wybierając gatunek i zadając ilość przyjętej stali,
5. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Słup pojedynczy na styku płyt (1 i 2)

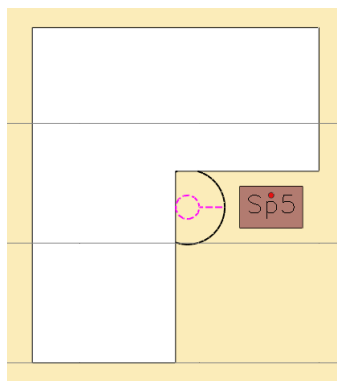
6. zaznaczyć słup znajdujący się powyżej poprzedniego,
7. użyć narzędzia , a z listy Dla płyty wybrać płytę bardziej niekorzystną (cieńszą), która zajmuje większą część obwodu, czyli nr 1 ($H=150$),
8. sprawdzić czy warunek nośności betonu na przebiecie jest spełniony,
9. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Słupy pojedyncze na skraju płyty środkowej

10. zaznaczyć (utrzymując wciśnięty klawisz [Ctrl] słupy położone przy wyokrąglonej krawędzi płyty środkowej,
11. użyć narzędzia , co spowoduje automatyczne utworzenie stref przebiecia dla tych słupów,
12. kliknąć podwójnie na etykiecie Sp3, a po pojawieniu się okna właściwości odpowiadającej tej etykiecie strefy przebiecia, sprawdzić warunek nośności,
13. wykonać to samo dla strefy Sp4,
14. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Słup pojedynczy - zadana strefa przebiecia

Automatyczne utworzenie strefy przebiecia dla słupa kołowego przy krawędzi otworu na klatkę schodową dałoby strefę przebiecia jak na Rys. 50.



Rys. 50

Automatyczne utworzenie strefy przebiecia dla słupa kołowego przy krawędzi otworu na klatkę schodową dałoby strefę przebiecia jak na Rys. 50. Nie jest ona jednak poprawna, ponieważ najbardziej prawdopodobny sposób zniszczenia to zerwanie całego naroża, idąc po liniach prostych od słupa. Dlatego tę strefę należy utworzyć „ręcznie”, a więc:



15. użyć narzędzia - pojawi się okienko narzędzi edycji linii, w którym należy wybrać segment ,
16. pozycjonować kolejno kursor edycji linii w punktach i zatwierdzać: [4,80; 4,60], [4,80; 4,20], [4,90; 4,20],
17. wybrać segment ,
18. sprawdzić czy sposób zadawania łuku jest: początek, styczna, koniec,
19. wskazać i zatwierdzić punkt [5,00; 4,30],
20. wybrać segment ,
21. wskazać i zatwierdzić kolejno punkty [5,00; 4,60] i [4,80; 4,60], co spowoduje zamknięcie konturu strefy przebiecia i wygenerowanie tego obiektu.
22. w otworzonym oknie właściwości strefy przebiecia sprawdzić czy warunek nośności betonu na przebiecie jest spełniony,
23. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Podwójna strefa przebiecia

W przypadku słupów usytuowanych blisko siebie i posiadających reakcję pionową tego samego znaku, należy się spodziewać łącznego przebiecia obydwu słupów. Taka sytuacja ma miejsce dla dwóch słupów położonych przyłączeniu płyty tarasu i środkowej. W tym celu należy:


24. użyć narzędzia - pojawi się okienko narzędzi edycji linii, w którym należy wybrać segment ,
25. zadać prostokąt na punktach [1,80; 1,60] i [2,40; 1,40],
26. z listy Dla płyty okna właściwości wybrać płytę bardziej niekorzystną, czyli nr 1 (H=150),
27. sprawdzić czy na liście słupów obecne są obydwa słupy,
28. sprawdzić czy warunek nośności betonu na przebiecie jest spełniony,
29. zamknąć okno właściwości przyciskiem OK.

Krok 9 - SGU: Ugięcia i stan zarysowania

1. wrócić do trybu Wyniki za pomocą skrótu ,
2. na panelu trybów programu łączyć rodzaj wyniku  (ugięcia w stanie zarysowanym),
3. w oknie Analiza sprawdzić czy włączone są wszystkie grupy obciążeń,
4. użyć przycisku Wykonaj analizę SGU....

Uwagi: W analizie SGU nie ma możliwości uzyskania wyników dla pełnej kombinatoryki obciążeń. Użytkownik powinien zdecydować dla jakiej kombinacji grup obciążeń ma być wyznaczona analiza SGU.

Po wykonaniu analizy SGU jej wyniki stają się dostępne, a użytkownik może wówczas dokonać porównania ugięć wyznaczonych dla klasycznie określanych sztywności płyt i żeber lub dla wyznaczanych wg wybranej normy.




Użycie przycisku  pozwala na prezentację rozwartości rys. Ukazywana jest wartość maksymalna w danym punkcie. W przedstawionym przykładzie zarysowania nie występują, a więc na widoku modelu konstrukcji nie ma żadnej prezentacji.



Krok 10 - Sporządzenie dokumentu

Dokument tworzony przez program ma formę graficzno-tabelaryczną i zawiera zarówno dane jak i wyniki obliczeń.



Oprócz wymaganych danych geometryczno-materiałowych dla dokonania analizy i wymiarowania konstrukcji PZS możliwe jest w programie naniesienie na model konstrukcji dodatkowych elementów graficznych jako uzupełnienie dokumentacji projektu. Do takich elementów należą linie wymiarowe oraz linie przekrojów.

Dodanie linii wymiarowych

1. uaktywnić tryb Model za pomocą skrótu ,
 2. wybrać narzędzie  lewego paska narzędzi - pojawią się okienka Wymiar i Współrzędne,
 3. w okienku Wymiar wybrać opcję poziomy,
 4. wskazać kolejno punkty [-1,20; 0,20] i [0,20; -1,20],
 5. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [0;00; -1,50],
 6. wskazać kolejno punkty [4,20; -1,20], [10,00; 0,00] i [12,00; 2,00],
 7. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.
- Uwaga:** Nanoszenie linii wymiarowej zawsze odbywa się w kolejności: 1-szy punkt, 2-gi punkt, położenie linii wymiarowej, 3-ci punkt, 4-ty punkt, itd.
8. wybrać narzędzie ,
 9. wskazać kolejno punkty [-1,20; 1,80] i [0,00; 4,40],

10. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [0;00; 8,50],
11. wskazać kolejno punkty [2,20; 6,60], [5,00; 6,60], [8,40; 8,00] i [12,00; 8,00],
12. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.
13. wybrać narzędzie ,
14. w okienku Wymiar wybrać opcję pionowy,
15. wskazać kolejno punkty [0,20; -1,20] i [-1,20; 0,20],
16. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [-1;50; 0,00],
17. wskazać kolejno punkty [-1,20; 1,80], [0,00; 4,40], i [2,20; 6,60],
18. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.
19. wybrać narzędzie ,
20. wskazać kolejno punkty [12,00; 8,00] i [12,00; 2,00],
21. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [12;50; 3,00],
22. wskazać kolejno punkty [10,00; 0,00] i [4,20; -1,20],
23. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.

Wymiary otworu na klatkę schodową:

24. wybrać narzędzie ,
25. wskazać kolejno punkty [3,80; 1,40] i [3,60; 3,00],
26. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [3;00; 3,00],
27. wskazać kolejno punkty [4,80; 4,60], [3,60; 5,80] i [3,60; 6,60],
28. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.
29. wybrać narzędzie ,
30. w okienku Wymiar wybrać opcję poziomy,
31. wskazać kolejno punkty [0,00; 1,80] i [3,60; 3,00],
32. określić położenie linii wymiarowej w pionie przez zatwierdzenie punktu [3;50; 2,50],
33. wskazać kolejno punkty [4,80; 3,00] i [6,00; 4,60],
34. zamknąć okienko Wymiar przyciskiem OK.

Dodanie linii przekrojów

Jeżeli w dokumentacji przewiduje się prezentację wyników analizy jako wykresów wzdłuż przekrojów przez obszary płytowe modelu konstrukcji (ugięcia, siły wewnętrzne), to konieczne jest zdefiniowanie tych linii przekrojów. Sposób ich kreowania został opisany przy okazji omawiania **kroku 6 - Analiza statyczno-kinematyczna**.

Ostateczny efekt dodania linii wymiarowych oraz linii przekrojów dla omawianego przykładu pokazany jest na Rys. 51.



Rys. 51

Ustawienie opcji dokumentu

Jeżeli w dokumentacji przewiduje się prezentację wyników analizy jako wykresów wzdłuż przekrojów przez obszary płytowe modelu konstrukcji (ugięcia, siły wewnętrzne), to konieczne jest zdefiniowanie tych linii przekrojów. Sposób ich kreowania został opisany w **kroku 6 - Analiza statyczno-kinematyczna**.




35. użyć polecenia menu programu Plik/Drukuj... lub za pomocą klawiatury [Ctrl]+[P] - otwarte zostanie okno dialogowe Wydruki,
36. w sekcji Dane konstrukcji włączyć następujące włączniki: Obszary płyty, Żebra, Słupy, Ściany, Lista materiałów, Obciążenia oraz Tekst i Grafika,
37. w sekcji Wyniki: Płyty włączyć: Przemieszczenia, Zbr. teoret., mapa, Siatki zbrojeniowe, Strefy przebicia, SGU przemieszczenia oraz Grafika, Izolinie i model mes i wyłączyć włącznik Tekst,
38. w sekcji Wyniki: Słupy włączyć: Reakcje (N,Mx,My) oraz Tekst i Grafika,
39. w sekcji Opcje wydruków wybrać Wyniki z kombinacji obciążeń, obciążenia obliczeniowe, włączyć obciążenia długotrwałe, linie wymiarowe,
40. sprawdzić czy skala rysunku ustawiona jest na 1:100,
41. w sekcji Język wydruku wybrać język polski.

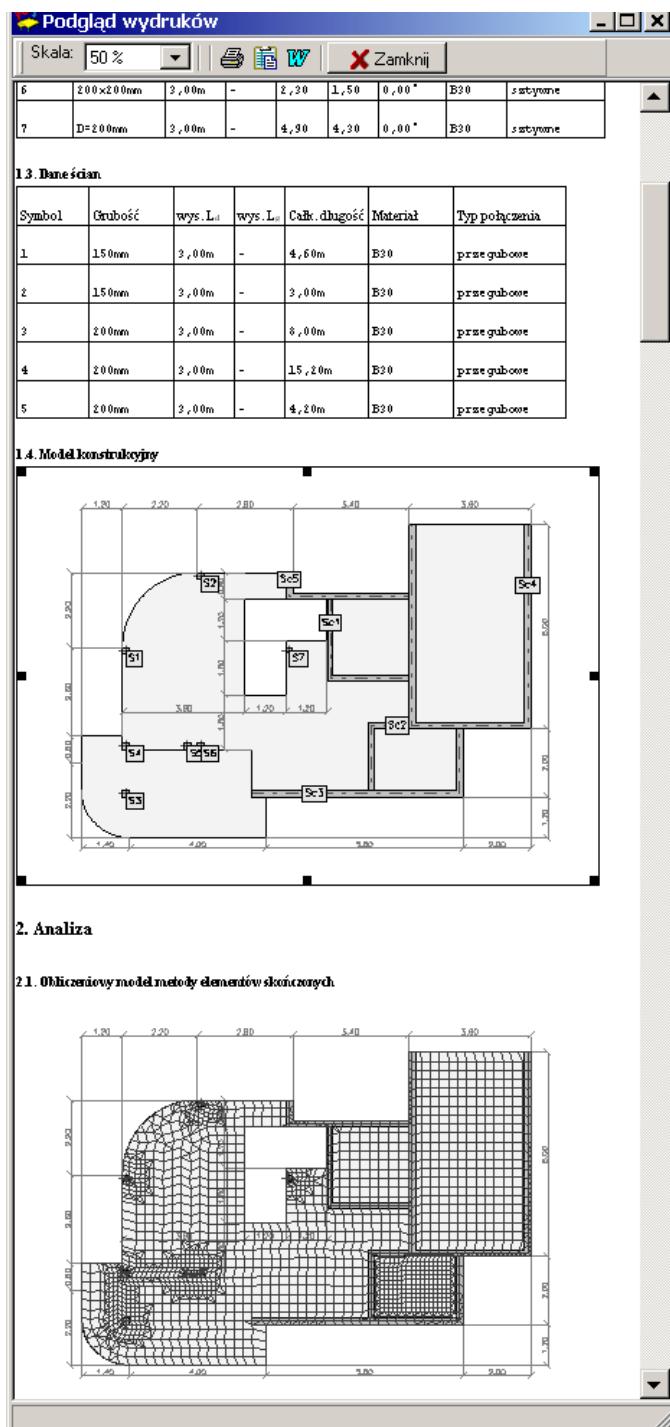
Uwagi: W zakładce Wydruk okna Ustawienia programu, otwieranym za pomocą przycisku Ustawienia, można dobrać kolory, grubości linii oraz wielkość opisów dla poszczególnych obiektów graficznych na rysunkach

Niektóre z opcji wydruku związanych z wynikami analizy mogą być nieaktywne (nieдоступne), co oznacza, że nie zostały wykonane obliczenia w zakresie odpowiadającym tym opcjom.

Podgląd dokumentu

42. użyć przycisku Przeglądaj okna Wydruki,
43. odczekać, aż dokument zostanie wygenerowany - pojawi się okno Podgląd wydruku, a w nim dokument graficzno-tekstowy w formacie RTF

(Rys. 52), który można wydrukować bezpośrednio (przycisk ) , umieścić w schowku system (przycisk ) lub wyeksportować do dokumentu tworzonego w edytorze Word (przycisk ) .



Rys. 52

V. DODATEK

Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002

Nośność graniczna przekroju belki

Założenia

Nośność graniczną przekroju belki żelbetowej wyznaczana jest przy następujących założeniach:

- przekrój pozostaje płaski po deformacji,
- odkształcenia zbrojenia i otaczającego go betonu są takie same,
- pomija się wytrzymałość betonu na rozciąganie,
- zależność naprężenie-odkształcenie $\sigma_c - \epsilon_c$ dla betonu przyjęto w postaci:

$$\sigma_c = 1000\epsilon_c(1 - 250\epsilon_c)f_{cd} \quad \text{dla } 0 \leq \epsilon_c \leq 0.0020$$

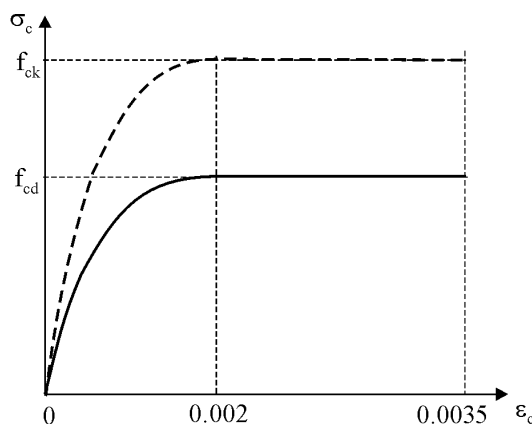
$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{dla } 0.0020 \leq \epsilon_c \leq 0.0035$$

gdzie: f_{cd} – wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie,

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad ([3] \text{ str.22}),$$

f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna po 28 dniach,

γ_c – częściowy wsp. materiałowy: 1,5 w sytuacjach trwałych i zmiennych; 1,3 w sytuacjach wyjątkowych ([3] str.22)



Rys. D-1. Model betonu w zakresie ściskania

Zależność naprężenie-odkształcenie $\sigma - \epsilon$ dla stali zbrojeniowej przyjęto w postaci biliniowej:

$$\sigma = E_s \epsilon \quad \text{dla } \epsilon \leq f_{yd} / E_s$$

$$\sigma = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad \text{dla } \epsilon \geq f_{yd} / E_s$$

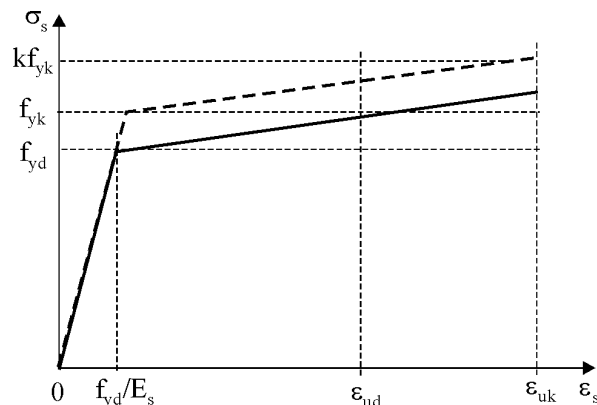
gdzie: $E_s = 200 \text{ GPa}$ – moduł Younga stali,

f_{yk} – charakterystyczna granica plastyczności stali,

f_{yd} – obliczeniowa granica plastyczności stali,

$\gamma_s = 1.15$ – częściowy współczynnik materiałowy.

W dalszym ciągu przyjęto model sprężysto-idealnie-plastyczny, co oznacza przyjęcie $k = 1$.



Rys. D-2. Model stali w zakresie rozciągania

Parametry materiałowe betonu i stali

Parametry materiałowe betonu zgodne z [3] zestawiono w tabeli D-1. Parametry materiałowe stali zestawiono w tabeli D-2.

Wartości parametrów zamieszczone w tablicach zostały zaimplementowane w programie.

Tabela D-1. Parametry materiałowe betonu

Klasa	f_{ck} [MPa]	f_{cd} [MPa]	E_{cm} [GPa]
B15	12	8.0	27
B20	16	10.6	29
B25	20	13.3	30
B30	25	16.7	31
B37	30	20.0	32
B45	35	23.3	34
B50	40	26.7	35
B55	45	30.0	36
B60	50	33.3	37
B65	55	36.7	38
B70	60	40.0	39

Tabela D-2. Parametry materiałowe stali

Klasa	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]
A-0	220	190
A-I	240	210
A-II	355	310
A-III	410	350
A-IIIN	490	420

Nośność przekroju pojedynczo i podwójnie zbrojonego

Wyznacza się nośność przekroju oraz wielkość siły w zbrojeniu w zależności od szerokości strefy ściskanej betonu $\xi = x/d$. Z uwagi na postać funkcji opisują-

cej model betonu obszar zmienności $\xi \in (0, \xi_{gr})$ podzielono na trzy przedziały. Zakłada się, że przekrój ma szerokość jednostkową.

Przy wyznaczaniu nośności przekroju wytrzymałość obliczeniowa w betonie jest mnożone przez współczynnik redukcji wytrzymałości betonu na ściskanie $\alpha=0.85$.

Poniżej przyjęto następujące oznaczenia:

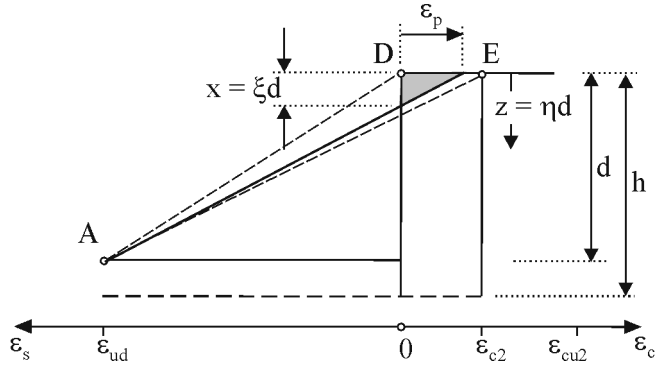
$$\varepsilon_{c2} = 0.0020$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0.0035$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.010$$

a) Analiza dla przedziału 1

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AD do położenia AE.



Rys. D-3

$$\frac{\varepsilon_p}{x} = \frac{\varepsilon_{ud}}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_p(x) = \frac{\varepsilon_{ud}x}{d-x} \quad \text{dla } \varepsilon_p \leq \varepsilon_{c2}$$

Po podstawieniu

$$x = \xi d, \quad z = \eta d,$$

otrzymuje się

$$\varepsilon_p(\xi) = \frac{\varepsilon_{ud}\xi}{1-\xi} \quad \text{dla } \varepsilon_p \leq \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_1 = \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{c2}} = \frac{1}{6}$$

Bieżące odkształcenie i naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_p(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

$$\sigma_c(\eta) = \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}} \right)^2 \right]$$

Wypadkowa siła w betonie

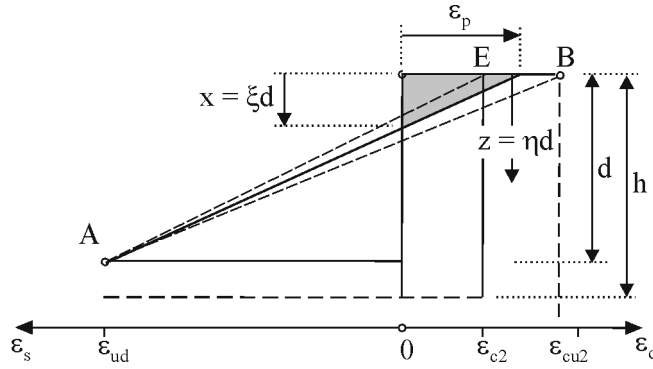
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \int_0^\xi \sigma_c(\eta) d \, d\eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \int_0^\xi \sigma_c(\eta) d^2 (1 - \eta) d\eta$$

b) Analiza dla przedziału 2

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AE do położenia AB



Rys. D-4

$$\frac{\varepsilon_p}{x} = \frac{\varepsilon_{ud}}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_p(x) = \frac{\varepsilon_{ud}x}{d-x} \quad \text{dla } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_p \leq \varepsilon_{cu2}$$

Po podstawieniu $x = \xi d$, $z = \eta d$, otrzymuje się

$$\varepsilon_p(\xi) = \frac{\varepsilon_{ud}\xi}{1-\xi} \quad \text{dla } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_p \leq \varepsilon_{cu2} \Rightarrow \xi_1 = \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{c2}} = \frac{1}{6}; \quad \xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu2}} = \frac{7}{27}$$

Bieżące odkształcenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_p(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

Zasięg odkształceń powyżej $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2}$, stąd wyznaczono ξ_0

$$\varepsilon_c(\xi_0) = \varepsilon_p(1 - \xi_0/\xi) = \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_p}\right)\xi = \frac{\varepsilon_{ud}\xi - \varepsilon_{c2}(1-\xi)}{\varepsilon_{ud}}$$

Bieżące naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ

$$\sigma_c(\eta) = \begin{cases} \alpha f_{cd} & \text{dla } 0 \leq \eta \leq \xi_0 \\ \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}} \right)^2 \right] & \text{dla } \xi_0 \leq \eta \leq \xi_2 \end{cases}$$

Wypadkowa siła w betonie

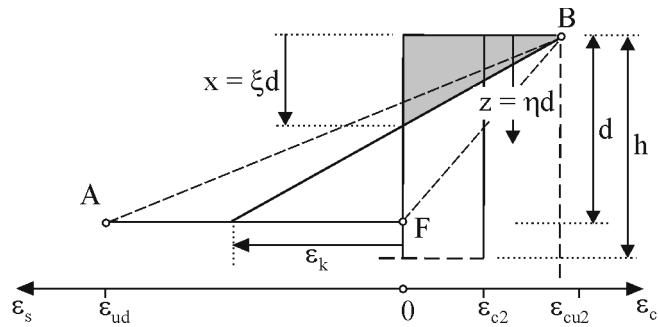
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d \xi_0 + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d \eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d-z) dz = \alpha f_{cd} d^2 \xi_0 (1 - \xi_0/2) + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d^2 (1-\eta) d\eta$$

c) Analiza dla przedziału 3

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AB do położenia FB



Rys. D-5

$$\frac{\varepsilon_{cu2}}{x} = \frac{\varepsilon_k}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_k(x) = \frac{\varepsilon_{cu2}(d-x)}{x} \quad \text{dla } 0 \leq \varepsilon_k \leq \varepsilon_{ud} = 0.010$$

Po podstawieniu $x = \xi d$, $z = \eta d$, otrzymuje się

$$\varepsilon_k(\xi) = \frac{\varepsilon_{cu2}(1-\xi)}{\xi} \quad \text{dla } 0 \leq \varepsilon_k \leq \varepsilon_{ud} \Rightarrow \xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu2}} = \frac{7}{27}$$

Bieżące odkształcenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_{cu2}(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

Zasięg odkształceń powyżej $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2}$, stąd wyznacza się ξ_0

$$\varepsilon_c(\xi_0) = \varepsilon_{cu2}(1 - \xi_0 / \xi) = \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right) \xi$$

Bieżące naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ

$$\sigma_c(\eta) = \begin{cases} \alpha f_{cd} & \text{dla } 0 \leq \eta \leq \xi_0 \\ \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}} \right)^2 \right] & \text{dla } \xi_0 \leq \eta \leq \xi_2 \end{cases}$$

Wypadkowa siła w betonie

$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d\xi_0 + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d\eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego

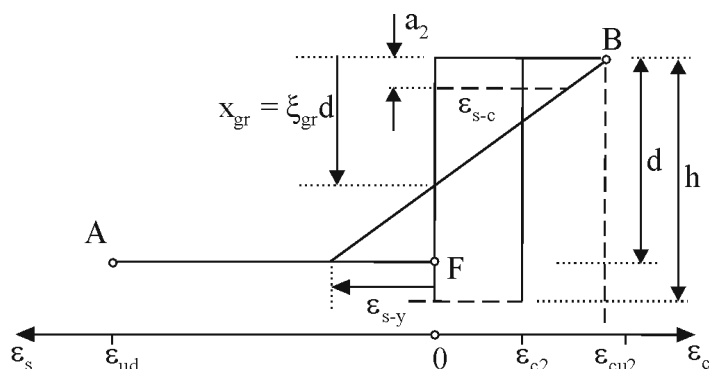
$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \alpha f_{cd} d^2 \xi_0 (1 - \xi_0 / 2) + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d^2 (1 - \eta) d\eta$$

d) Graniczna wartość ξ

Zgodnie z założeniem zbrojenie rozciągane jest uplastycznione, tzn.:

$$\text{dla } z = d \quad \varepsilon_{s-y} = \frac{f_{yd}}{E_s}, \text{ stąd}$$

$$\varepsilon_{s-y} = \varepsilon_k(\xi_{gr}) = \frac{\varepsilon_{cu2}(1 - \xi_{gr})}{\xi_{gr}} \Rightarrow \xi_{gr} = \frac{\varepsilon_{cu2}}{f_{yd}/E_s + \varepsilon_{cu2}}$$



Rys. D-6

Odształcenie na poziomie zbrojenia ściskanego:

$$\frac{\varepsilon_{s-c}}{\varepsilon_{cu2}} = \frac{\xi_{gr}d - a_2}{\xi_{gr}d} \Rightarrow \varepsilon_{s-c} = \varepsilon_{cu2} \left(1 - \frac{a_2}{\xi_{gr}d} \right).$$

Naprężenie w prętach stali ściskanej

$$\sigma_{s-c} = \begin{cases} f_{yd} & \text{dla } \varepsilon_{s-c} > f_{yd}/E_s \\ \varepsilon_{s-c} E_s & \text{dla } \varepsilon_{s-c} \leq f_{yd}/E_s \end{cases}$$

Zakresy granicznych szerokości stref ściskanych oraz momentów i sił granicznych zestawiono w poniższej tabeli D-3.

Tabela D-3. Graniczne wartości dla poszczególnych klas stali

f_{yd} [kPa]	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.78652	0.76923	0.69307	0.66667	0.62500
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.42840	0.42346	0.39931	0.39002	0.37442
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.63670	0.62271	0.56106	0.53968	0.50595

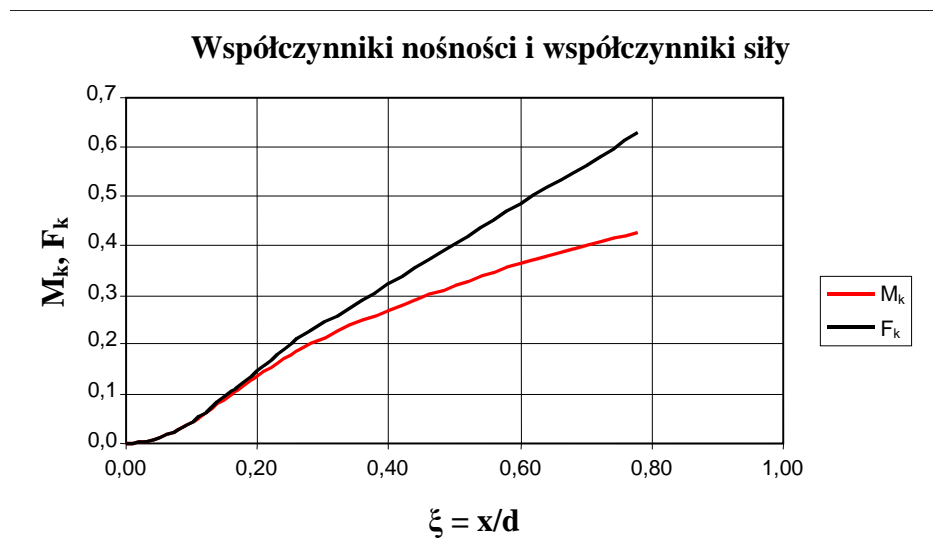
e) Podsumowanie

Nośność przekroju oraz siła w zbrojeniu są funkcją szerokości strefy ściskanej, co zapisano:

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \alpha f_{cd} d^2 M_k(\xi),$$

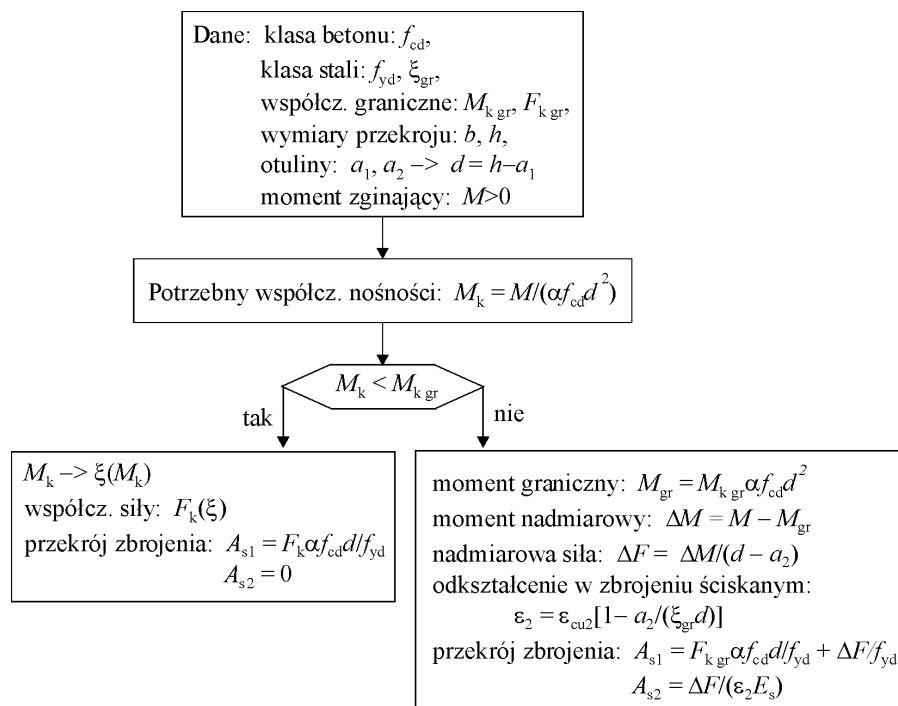
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d F_k(\xi),$$

gdzie $M_k(\xi)$ i $F_k(\xi)$ są bezwymiarowymi współczynnikami nośności i siły w zbrojeniu pokazane na rys. D-7.



Rys. D-7

Kod programu zawiera numeryczne wartości współczynników M_k i F_k jako funkcje ξ . Poniżej pokazany jest algorytm wymiarowania.



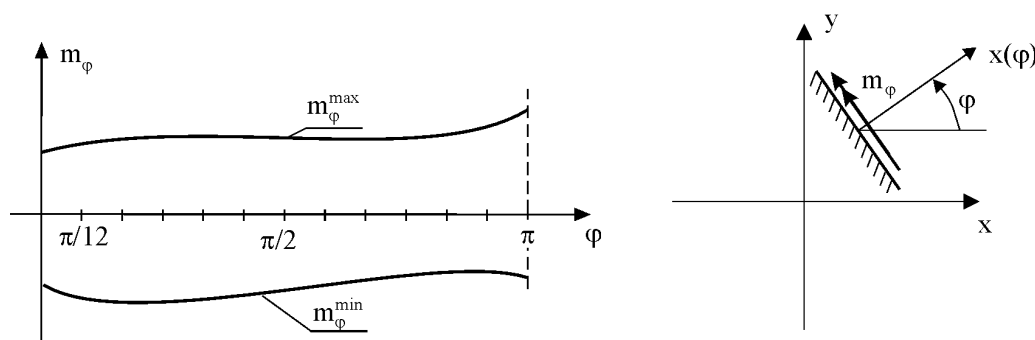
Nośność graniczna płyty

Siły wewnętrzne w płycie

W wyniku analizy statycznej otrzymuje się lokalne wartości sił wewnętrznych w płycie (w każdym węźle modelu dyskretnego MES) w przyjętym układzie globalnym $\{x, y\}$. Korzystając z tensorowych związków transformacyjnych

można otrzymać składowe tensora momentów dla dowolnego obróconego układu współrzędnych.

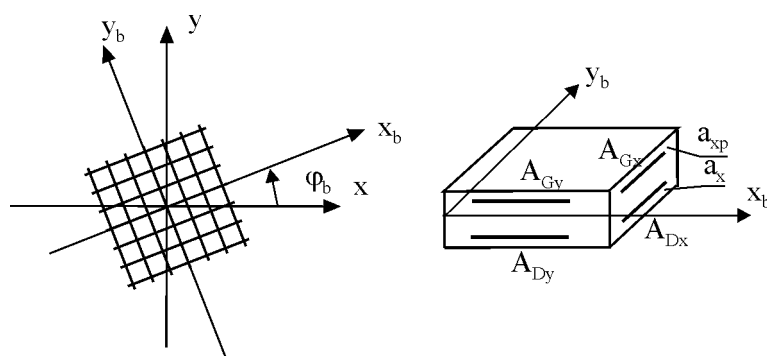
Dla każdej zadanej kombinacji obciążenia wyznaczane są ekstremalne wartości momentów wyznaczone dla globalnego układu współrzędnych $(m_x^{\max}, m_y^{\max}, m_{xy}^{\max})_0$ i $(m_x^{\min}, m_y^{\min}, m_{xy}^{\min})_0$ a ponadto dla układów obróconych względem globalnego o kąty $\varphi = i\pi/12, i = 1, 2, \dots, 11$ stąd otrzymuje się pary ekstremalnych wartości $(m_{\varphi i}^{\max}, m_{\varphi i}^{\min})$ odpowiednio dla każdej orientacji układu współrzędnych. Formalnie program wyznacza dyskretnie rozkłady ekstremalnych momentów zginających jako funkcji kąta φ , jak to pokazano graficznie na rys. D-8.



Rys. D-8. Rozkład momentu zginającego jako funkcji kąta obrotu układu współrzędnych

Tak wyznaczone rozkłady momentów zginających są podstawą wyznaczania powierzchni koniecznego zbrojenia na kierunkach zadanego zbrojenia ortogonalnego.

Algorytm wymiarowania płyty z uwagi na nośność graniczną

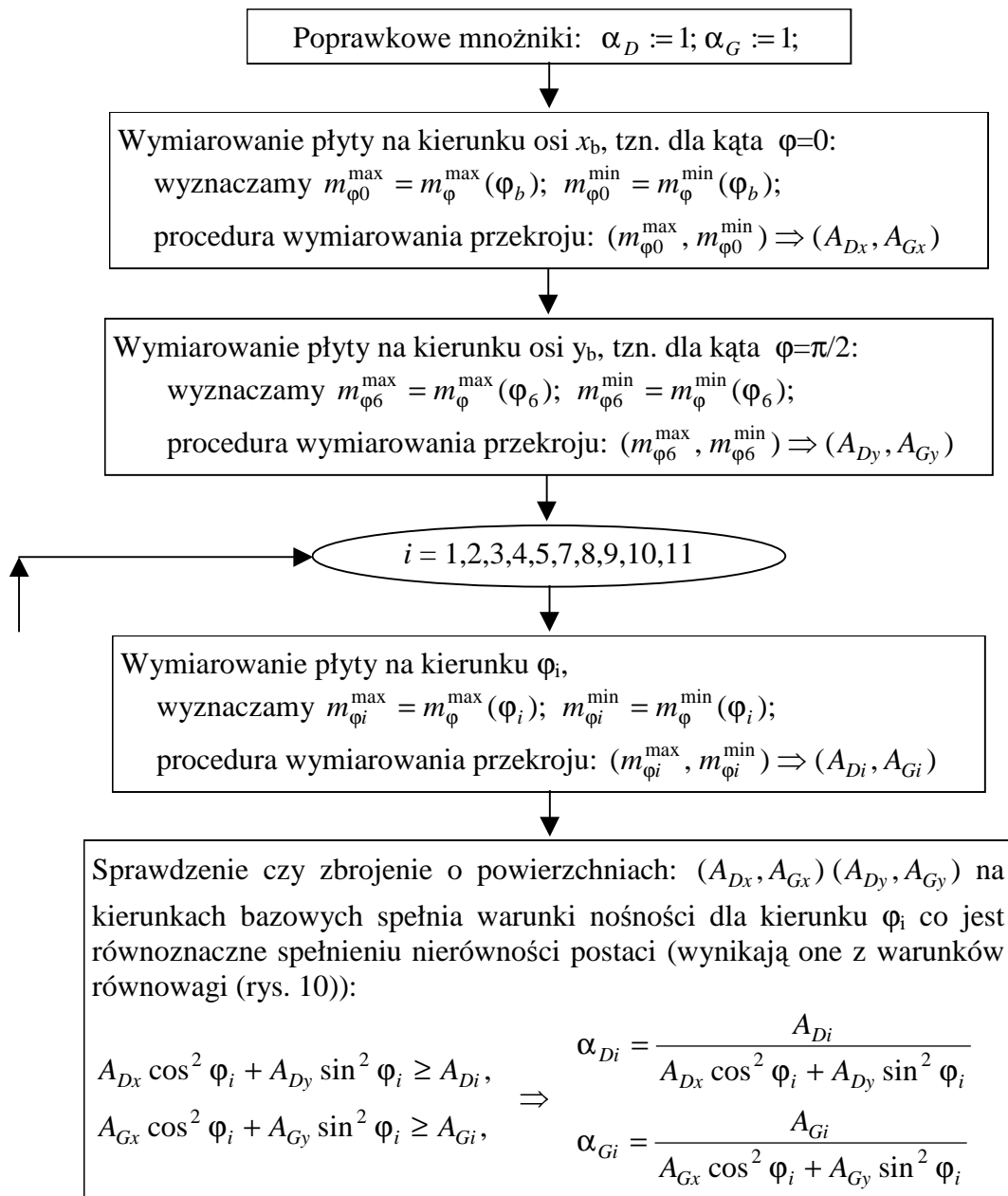


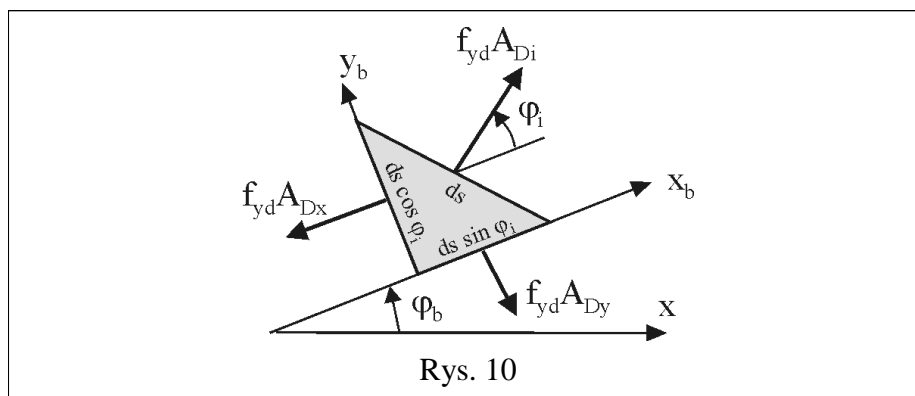
Rys. D-9. Układ zbrojenia w elemencie płytowym

Zakłada się, że w danym punkcie płyty wyznaczony jest rozkład momentów zginających $(m_{\varphi}^{\max}, m_{\varphi}^{\min})$ jak to pokazano na rys. D-8. Dana jest orientacja bazowej siatki zbrojeniowej – dany kąt φ_b oraz parametry siatki zbrojeniowej: położenie środków ciężkości: a_x, a_{xp}, a_y, a_{yp} ; klasa stali: f_{yd}^b (Rys. D-9). Po-

wierzchnie przekroju zbrojenia oznaczono odpowiednio A_{Dx} , A_{Dy} , A_{Gx} , A_{Gy} . Przyjęto oznaczenie kątów $\varphi_i = \varphi_b + i\pi/12$ dla $i = 0, 1, 2, \dots, 11$.

Poniżej podany jest ideowy algorytm wymiarowania płyty dla przyjętych założeń i oznaczeń.





Warunkowe uaktualnianie mnożników α :

jeżeli $\alpha_{Di} > \alpha_D$ wówczas $\alpha_D := \alpha_{Di}$

jeżeli $\alpha_{Gi} > \alpha_G$ wówczas $\alpha_G := \alpha_{Gi}$

$i := i + 1$

Warunkowe zwiększanie powierzchni zbrojenia na kierunkach bazowych:

jeżeli $\alpha_D > 1$ to zwiększenie pow. zbrojenia dolnego:

$$F_{Dx} := F_{Dx} \alpha_D; \quad F_{Dy} := F_{Dy} \alpha_D,$$

jeżeli $\alpha_G > 1$ to zwiększenie pow. zbrojenia górnego:

$$F_{Gx} := F_{Gx} \alpha_G; \quad F_{Gy} := F_{Gy} \alpha_G.$$

STOP

Stan granicznej użyteczności płyty/żebra

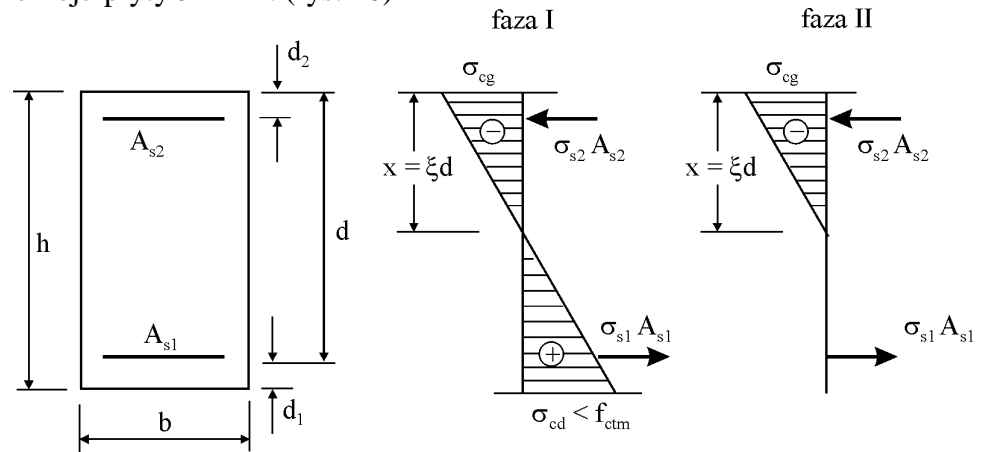
Sztywność przekroju żelbetowego w fazach I i II

Założenia:

- beton i stal są materiałami liniowo-sprężystymi,
- beton charakteryzuje: E_c – moduł styczny Younga w punkcie $\sigma_c=0$, f_{cm} – średnia wytrzymałość na ściskanie, f_{ctm} – średnia wytrzymałość na rozciąganie; stal charakteryzuje: E_s – moduł sprężystości Younga,
- jeżeli w betonie największe naprężenia rozciągające są nie większe niż f_{ctm} , wówczas przekrój znajduje się w fazie I, w przeciwnym przypadku zakłada się, że wystąpi zarysowanie przekroju w obszarze naprężeń rozciągających, przekrój znajduje się w fazie II i w analizie nie uwzględnia się naprężeń rozciągających w betonie,
- rozkład odkształceń po wysokości przekroju jest liniowy,

e) wpływ pełzania betonu uwzględnia się zastępując moduł sprężystości betonu E_c modułem efektywnym $E_{c,eff}$

Przedmiotem analizy jest przekrój prostokątny o szerokości b , w przypadku przekroju płyty $b = 1\text{m}$. (rys. 10)



Rys. D-11. Rozkład naprężeń w przekroju dla fazy I i II

Efektywny moduł Younga uwzględniający wpływy reologiczne wyznacza się ze wzoru

$$E_{c,eff} = \frac{E_c}{1 + \phi(t, t_0)}$$

gdzie:

–wsp. pełzania betonu $\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t - t_0)$

–podstawowy wsp. pełzania $\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$

–wsp. zależny od wpływu względnej wilgotności $\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}}$

– RH – względna wilgotność otaczającego powietrza w %

–wsp. zależny od wpływu wytrzymałości betonu $\beta(f_{cm}) = 16,8 / \sqrt{f_{cm}}$

–wsp. zależny od wieku betonu $\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,20}}$

–miarodajny wymiar przekroju $h_0 = 2 \cdot A_c / u$ [mm] - dla płyty $h_0 = h$ - grubość płyty

–wsp. opisujący rozwój pełzania w czasie $\beta_c(t - t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3}$ dla

$$t \Rightarrow \infty \quad \beta_c \Rightarrow 1$$

Dokonyuje się homogenizacji przekroju sprowadzając go do jednorodnego przekroju betonowego. W tym celu pow. zbrojenia mnoży się przez współcz.

równy ilorazowi modułów Younga stali i betonu. Momenty bezwładności przekroju po homogenizacji są równe:

Przekrój w fazie I

$$x_I = \xi_I d,$$

$$\xi_I = \frac{0,5H^2 + \alpha_1 + D\alpha_2}{H + \alpha_1 + \alpha_2},$$

$$I_I = bd^3 \left[H^3 / 12 + H(0,5H - \xi_I)^2 + \alpha_1(1 - \xi_I)^2 + \alpha_2(\xi_I - D)^2 \right]$$

Przekrój w fazie II

$$x_{II} = \xi_{II} d,$$

$$\xi_{II} = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1,$$

$$I_{II} = bd^3 \left[\xi_{II}^3 / 3 + \alpha_1(1 - \xi_{II})^2 + \alpha_2(\xi_{II} - D)^2 \right]$$

gdzie

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}}, \quad \alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{bd}, \quad \alpha_2 = \alpha_e \frac{A_{s2}}{bd},$$

$$H = \frac{h}{d}, \quad D = \frac{d_2}{d}, \quad A_1 = \alpha_1 + \alpha_2, \quad A_2 = \alpha_1 + D\alpha_2,$$

Moment rysujący jest równy max. momentowi zginającemu w fazie I, tzn. dla stanu, kiedy max. naprężenia rozciągające są równe f_{ctm} (wytrzymałość betonu na rozciąganie)

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} I_I}{(1 - \xi_I) d}$$

Wyróżnia się sztywność przekroju niezarysowanego jeżeli moment zginający jest mniejszy niż moment rysujący, oraz sztywność przekroju zarysowanego w przypadku przeciwnym. Różnica sztywności występuje również, kiedy analizujemy obciążenia krótkotrwałe lub długotrwałe.

Sztywność przekroju dla obciążeń krótkotrwałych wyznacza się ze wzoru

$$B_0 = \begin{cases} E_{cm} I_I & \text{dla } M \leq M_{cr} \\ \frac{E_{cm} I_{II}}{1 - \beta_1 \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 \left(1 - \frac{I_{II}}{I_I} \right)} & \text{dla } M > M_{cr} \end{cases}$$

Sztywność przekroju dla obciążeń długotrwałych wyznacza się ze wzoru

$$B_\infty = \begin{cases} E_{c,eff} I_I & \text{dla } M \leq M_{cr} \\ \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 \left(1 - \frac{I_{II}}{I_I} \right)} & \text{dla } M > M_{cr} \end{cases}$$

gdzie

M – moment zginający w przekroju,

$$\beta_1 = \begin{cases} 1 & \text{dla prętów żebrowanych} \\ & \text{dla prętów gładkich} \\ 0,5 & \end{cases}$$

$$\beta_2 = 0,5$$

Implementacja komputerowa:

- 1) Sztywność płyty i żebra wyznacza się dla każdego elementu skończonego, traktując ją jako stałą dla całego elementu.
- 2) Danymi wejściowymi wyznaczenia sztywności są wartości momentów zginających i momentu skręcającego w ES wyznaczone jako średnie arytmetyczne w węzłach ES. Siły wewnętrzne są superpozycją sił wewnętrznych dla arbitralnie przyjętej kombinacji obciążeń charakterystycznych.
- 3) Sztywność zarysowanego ES płyty wyznacza się w kolejnych krokach:
 - siły wewn. transformuje się do układu lokalnego zbrojenia (x_l, y_l) (dla każdej płyty przyjmuje się domyślną orientację siatek zbrojenia)
 - dla każdego kierunku x_l, y_l wyznacza się sztywności $B_{0,k+d}$, $B_{0,d}$ i $B_{\infty,d}$ co odpowiednio oznacza:

$B_{0,k+d}$ - sztywność B_0 dla momentu zginającego od obc. całkowitych,

$B_{0,d}$ - sztywność B_0 dla momentu zginającego od obc. długotrwałych (określonych przez wsp. ψ),

$B_{\infty,d}$ - sztywność B_{∞} dla momentu zginającego od obc. długotrwałych,

- definiowanie tensorów sztywności ES

$$\mathbf{D}_{0,k+d}^l = \begin{bmatrix} B_{0,k+d}^x & \nu \sqrt{B_{0,k+d}^x B_{0,k+d}^y} & 0 \\ \nu \sqrt{B_{0,k+d}^x B_{0,k+d}^y} & B_{0,k+d}^y & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \sqrt{B_{0,k+d}^x B_{0,k+d}^y} \end{bmatrix},$$

analogicznie $\mathbf{D}_{0,d}^l, \mathbf{D}_{\infty,d}^l$

- retransformacja tensorów sztywności $\mathbf{D}_{0,k+d}^l, \mathbf{D}_{0,d}^l, \mathbf{D}_{\infty,d}^l$ do układu głównego (x, y) otrzymując
- 4) Zarysowane ES płytowe modelowane są jako płyta ortotropowa o parametrach określonych przez tensory $\mathbf{D}_{0,k+d}, \mathbf{D}_{0,d}, \mathbf{D}_{\infty,d}$

Przemieszczenie zarysowanej płyty

Przemieszczenie (ugięcie) płyty wyznacza się jako superpozycja trzech przemieszczeń co zapisano ogólnie

$$a = a_{0,k+d} - a_{0,d} + a_{\infty,d}$$

gdzie

$a_{0,k+d}$ przemieszczenie od obciążenia całkowitego (długotrwałe i krótkotrwałe) wyznaczone dla sztywności $\mathbf{D}_{0,k+d}$,

- $a_{0,d}$ przemieszczenie od obciążenia długotrwałego wyznaczone dla sztywności $D_{0,d}$,
 $a_{\infty,d}$ przemieszczenie od obciążenia długotrwałego wyznaczone dla sztywności $D_{\infty,d}$.

Szerokość rys

Szerokość rysy wyznacza się ze wzoru

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm}$$

gdzie

- 1) współczynnik β należy przyjąć w zależności od wymiarów płyty/żebra

$$\beta = \begin{cases} 1,7 & \text{jeżeli najmniejszy wymiar elementu} > 800 \text{ mm} \\ 1,3 + 0,4(a - 300)/500 & \text{jeżeli najmniejszy wymiar } a \text{ ma wartość pośrednią} \\ 1,3 & \text{jeżeli najmniejszy wymiar elementu} < 300 \text{ mm} \end{cases}$$

- 2) średni rozstaw rys wyznacza się ze wzoru

$$s_{rm} = 50 + 0,25k_1k_2 \frac{\Phi}{\rho_r} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

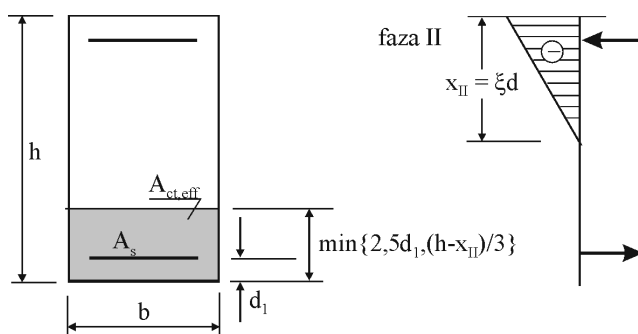
Φ - średnica prętów w [mm]

$$k_1 = \begin{cases} 0,8 & \text{dla prętów żebrowanych} \\ 1,6 & \text{dla prętów gładkich} \end{cases}$$

$k_2 = 0,5$ - dla zginania

$\rho_r = \frac{A_s}{A_{ct,eff}}$ - efektywny stopień zbrojenia,

A_s - pole przekroju zbrojenia zawarte w $A_{ct,eff}$ (rys. 12)



Rys. D-12. Wyznaczanie efektywnego pola otoczenia zbrojenia rozciąganego

Po przekształceniach średni rozstaw rys jest równy

$$s_{rm} = 0,05 + 0,5k_1k_2 \frac{A_{ct,eff}}{\sqrt{n\pi A_s}} \quad [\text{m}]$$

gdzie n - liczba prętów w $A_{ct,eff}$.

średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego wyznacza się ze wzoru

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

gdzie

$$\beta_1 = \begin{cases} 1,0 & \text{dla prętów żebrowanych} \\ 0,5 & \text{dla prętów gładkich} \end{cases}$$

$$\beta_2 = \begin{cases} 1,0 & \text{jednokrotne obc. krótkotrwałe} \\ 0,5 & \text{obc. długotrwałe} \end{cases}$$

$$\sigma_{sr} / \sigma_s = M_{cr} / M$$

Implementacja komputerowa:

- 1) Współczynnik β_2 przyjęto jako wartość ustaloną dla obc. długotrwałych $\beta_2=0,5$.
- 2) Szerokość rysy oblicza się niezależnie dla każdego kierunku głównego (x,y) otrzymując wartości $w_{k,x}$ i $w_{k,y}$. Wartość M jest całkowitym momentem zginającym dla danego kierunku.
- 3) Jako wynik obliczeń podawana jest większa z wartości $w_k = \max\{w_{k,x}, w_{k,y}\}$.

Literatura:

- [1] PN-EN 1922-1-1:2005
- [2] Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych według Eurokodu 2. Praca zbiorowa. DWE Wrocław 2006
- [3] PN-B-03264: 2002

Wymiarowanie wg PN-EN 1992-1-1:2005

Nośność graniczna przekroju belki

Założenia

Nośność graniczną przekroju żelbetowego wyznaczano przy następujących założeniach:

- przekrój pozostaje płaski po deformacji,
- odkształcenia zbrojenia i otaczającego go betonu są takie same,
- pomija się wytrzymałość betonu na rozciąganie,
- zależność naprężenie-odkształcenie $\sigma_c - \epsilon_c$ dla betonu przyjęto w postaci:

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{dla } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{dla } \epsilon_{c2} \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2}$$

gdzie:

f_{cd} – wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C \quad (\text{str.34})$$

f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna (cylindryczna) po 28 dniach

α_{cc} – współczynnik 0,8-1,0 ([1] str.34)

γ_C – częściowy wsp. materiałowy: 1,5 w sytuacjach trwałych i zmiennych; 1,2 w sytuacjach wyjątkowych ([1] str.24),

ϵ_{c2} – odkształcenia odpowiadające max. naprężeniu w ‰

$$\epsilon_{c2} = 2,0 \quad \text{dla } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{c2} = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53} \quad \text{dla } f_{ck} \geq 50 \text{ MPa}$$

ϵ_{cu2} – graniczne odkształcenie betonu w ‰

$$\epsilon_{cu2} = 3,5 \quad \text{dla } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu2} = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4 \quad \text{dla } f_{ck} \geq 50 \text{ MPa}$$

n – wykładnik potęgi

$$n = 2,0 \quad \text{dla } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4 \quad \text{dla } f_{ck} \geq 50 \text{ MPa}$$

Zależność naprężenie-odkształcenie $\sigma - \epsilon$ dla stali zbrojeniowej przyjęto w postaci biliniowej:

$$\sigma = E_s \epsilon \quad \text{dla } \epsilon \leq f_{yd} / E_s$$

$$\sigma = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad \text{dla } \epsilon \geq f_{yd} / E_s$$

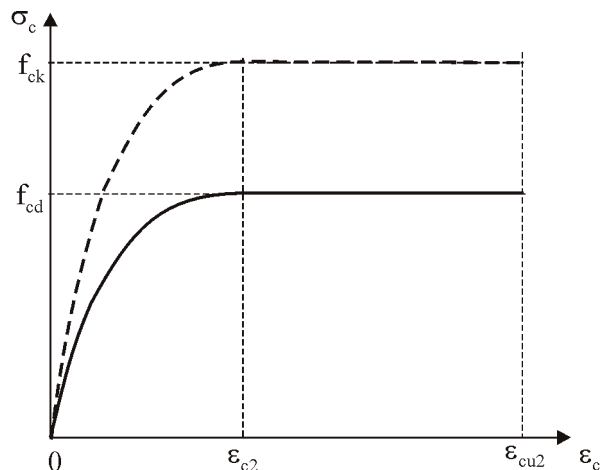
gdzie: $E_s = 200 \text{ GPa}$ – moduł Younga stali,

f_{yk} – charakterystyczna granica plastyczności stali,

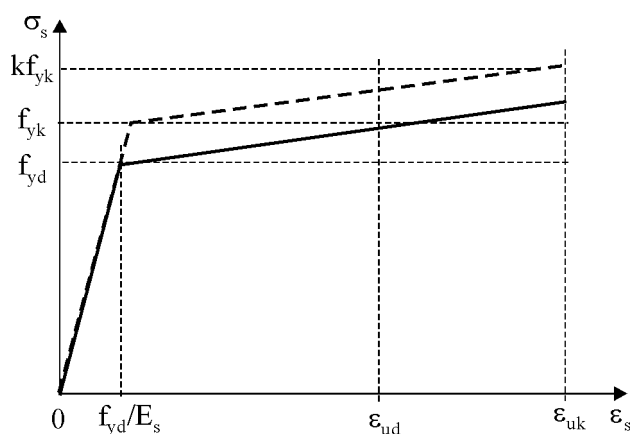
f_{yd} – obliczeniowa granica plastyczności stali,

γ_s – częściowy współcz. materiałowy.

W dalszym ciągu przyjęto model sprężysto idealnie plastyczny, co oznacza przyjęcie $k = 1$.



Rys. D-13. Model betonu w zakresie ściskania



Rys. D-14. Model stali w zakresie rozciągania

Parametry materiałowe betonu i stali

Parametry materiałowe betonu zgodnie z [1] zestawiono w tabeli D-4. Parametry materiałowe stali zestawiono w tabeli D-5.

Wartości parametrów zamieszczone w tabelach zostały zaimplementowane w programie.

Wszystkie pozostałe parametry betonu wyznacza się w zależności od danych zamieszczonych w Tabeli 1, i tak: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C$, gdzie zgodnie z [1]: $\alpha_{cc}=1$; $\gamma_C=1.5$.

Tabela D-4. Parametry materiałowe betonu

Klasa	f_{ck} [MPa]	f_{cm} [MPa]	E_{cm} [GPa]	ϵ_{c2} [‰]	ϵ_{cu2} [‰]	n [-]
C12/15	12	20	27.085	2.00	3.50	2.00
C16/20	16	24	28.608	2.00	3.50	2.00

C20/25	20	28	29.962	2.00	3.50	2.00
C25/30	25	33	31.476	2.00	3.50	2.00
C30/37	30	38	32.837	2.00	3.50	2.00
C35/45	35	43	34.077	2.00	3.50	2.00
C40/50	40	48	35.220	2.00	3.50	2.00
C45/55	45	53	36.283	2.00	3.50	2.00
C50/60	50	58	37.278	2.00	3.50	2.00
C55/67	55	63	38.214	2.20	3.13	1.75
C60/75	60	68	39.100	2.29	2.88	1.59
C70/85	70	78	40.743	2.42	2.66	1.44
C80/95	80	88	42.244	2.52	2.60	1.40
C90/105	90	98	43.631	2.60	2.60	1.40

Tabela D-5. Parametry materiałowe stali

Klasa	f_{yk} MPa]	f_{yd} [MPa]
A-0	220	190
A-I	240	210
A-II	355	310
A-III	410	350
A-IIIN	490	420

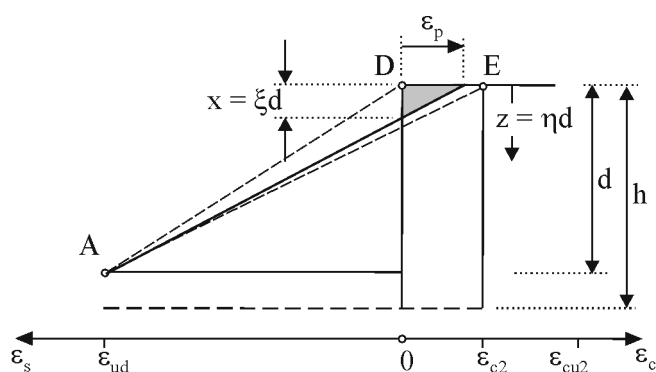
Nośność przekroju pojedynczo i podwójnie zbrojonego

Wyznacza się nośność przekroju oraz wielkość siły w zbrojeniu w zależności od szerokości strefy ściskanej betonu $\xi = x/d$. Z uwagi na postać funkcji opisującej model betonu obszar zmienności $\xi \in (0, \xi_{gr})$ podzielono na trzy przedziały. Zakłada się, że przekrój ma szerokość jednostkową.

Przy wyznaczaniu nośności przekroju wytrzymałość obliczeniowa w betonie jest mnożone przez współczynnik zmniejszający $\alpha=0.85$ wynikający z długo-trwałości obciążeń.

a) Analiza dla przedziału 1

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AD do położenia AE:



Rys. D-15

$$\frac{\varepsilon_p}{x} = \frac{\varepsilon_{ud}}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_p(x) = \frac{\varepsilon_{ud}x}{d-x} \quad \text{dla } \varepsilon_p \leq \varepsilon_{c2}$$

Po podstawieniu $x = \xi d$, $z = \eta d$, otrzymuje się:

$$\varepsilon_p(\xi) = \frac{\varepsilon_{ud}\xi}{1-\xi} \quad \text{dla } \varepsilon_p \leq \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_1 = \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{c2}}$$

Bieżące odkształcenie i naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ :

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_p(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

$$\sigma_c(\eta) = \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right]$$

Wypadkowa siła w betonie:

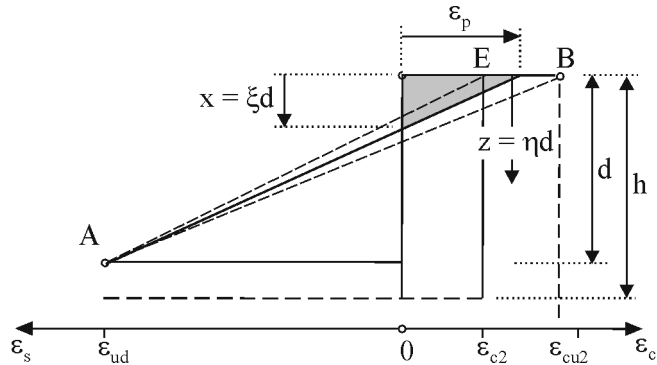
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \int_0^\xi \sigma_c(\eta) d\eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego:

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d-z) dz = \int_0^\xi \sigma_c(\eta) d^2 (1-\eta) d\eta$$

b) Analiza dla przedziału 2

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AE do położenia AB:



Rys. D-16

$$\frac{\varepsilon_p}{x} = \frac{\varepsilon_{ud}}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_p(x) = \frac{\varepsilon_{ud}x}{d-x} \quad \text{dla } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_p \leq \varepsilon_{cu2}$$

Po podstawieniu $x = \xi d$, $z = \eta d$, otrzymuje się:

$$\varepsilon_p(\xi) = \frac{\varepsilon_{ud}\xi}{1-\xi} \quad \text{dla } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_p \leq \varepsilon_{cu2} \Rightarrow \xi_1 = \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{c2}}; \quad \xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu2}}$$

Bieżące odkształcenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ :

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_p(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

Zasięg odkształceń powyżej $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2}$, stąd wyznacza się ξ_0 :

$$\varepsilon_c(\xi_0) = \varepsilon_p(1 - \xi_0/\xi) = \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_p}\right)\xi = \frac{\varepsilon_{ud}\xi - \varepsilon_{c2}(1 - \xi)}{\varepsilon_{ud}}$$

Bieżące naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ :

$$\sigma_c(\eta) = \begin{cases} \alpha f_{cd} & \text{dla } 0 \leq \eta \leq \xi_0 \\ \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}}\right)^n\right] & \text{dla } \xi_0 \leq \eta \leq \xi_2 \end{cases}$$

Wypadkowa siła w betonie:

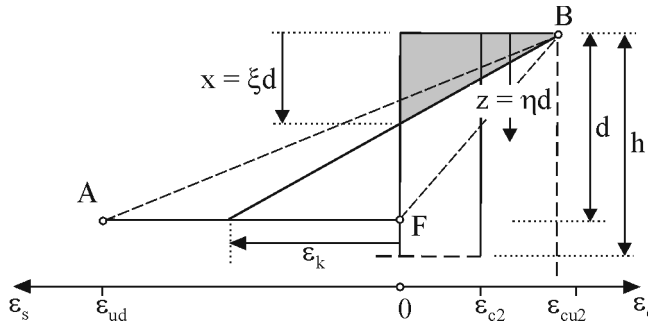
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d \xi_0 + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d \eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego:

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \alpha f_{cd} d^2 \xi_0 (1 - \xi_0/2) + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d^2 (1 - \eta) d \eta$$

c) Analiza dla przedziału 3

Rozkład odkształceń zmienia się od położenia AB do położenia FB:



Rys. D-17

$$\frac{\varepsilon_{cu2}}{x} = \frac{\varepsilon_k}{d - x} \Rightarrow \varepsilon_k(x) = \frac{\varepsilon_{cu2}(d - x)}{x} \quad \text{dla } 0 \leq \varepsilon_k \leq \varepsilon_{ud}$$

Po podstawieniu $x = \xi d$, $z = \eta d$, otrzymuje się:

$$\varepsilon_k(\xi) = \frac{\varepsilon_{cu2}(1 - \xi)}{\xi} \quad \text{dla } 0 \leq \varepsilon_k \leq \varepsilon_{ud} \Rightarrow \xi_2 = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu2}}$$

Bieżące odkształcenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ :

$$\varepsilon_c(\eta) = \varepsilon_{cu2}(1 - \eta/\xi) \quad \text{dla } \eta \leq \xi$$

Zasięg odkształceń powyżej $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2}$, stąd wyznacza się ξ_0 :

$$\varepsilon_c(\xi_0) = \varepsilon_{cu2}(1 - \xi_0/\xi) = \varepsilon_{c2} \Rightarrow \xi_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right)\xi$$

Bieżące naprężenie w strefie ściskanej betonu dla ustalonego ξ :

$$\sigma_c(\eta) = \begin{cases} \alpha f_{cd} & \text{dla } 0 \leq \eta \leq \xi_0 \\ \alpha f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c(\eta)}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] & \text{dla } \xi_0 \leq \eta \leq \xi_2 \end{cases}$$

Wypadkowa siła w betonie:

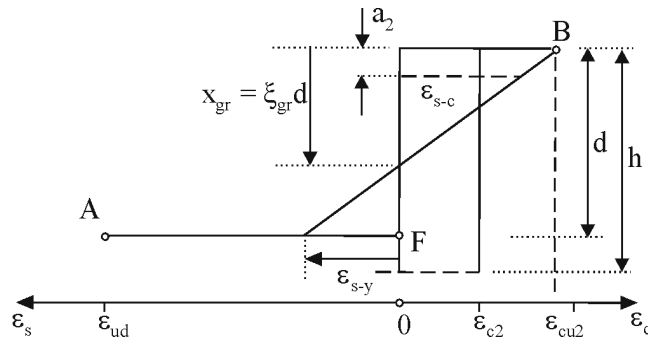
$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d \xi_0 + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d \eta$$

Moment względem zbrojenia rozciąganego:

$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \alpha f_{cd} d^2 \xi_0 (1 - \xi_0 / 2) + \int_{\xi_0}^{\xi} \sigma_c(\eta) d^2 (1 - \eta) d \eta$$

d) Graniczna wartość ξ

Zgodnie z założeniem zbrojenie rozciągane jest uplastycznione, tzn.:



Rys. D-18

dla $z = d$ $\varepsilon_{s-y} = \frac{f_{yd}}{E_s}$ stąd:

$$\varepsilon_{s-y} = \varepsilon_k(\xi_{gr}) = \frac{\varepsilon_{cu2}(1 - \xi_{gr})}{\xi_{gr}} \Rightarrow \xi_{gr} = \frac{\varepsilon_{cu2}}{f_{yd}/E_s + \varepsilon_{cu2}}$$

Odształcenie na poziomie zbrojenia ściskanego:

$$\frac{\varepsilon_{s-c}}{\varepsilon_{cu2}} = \frac{\xi_{gr} d - a_2}{\xi_{gr} d} \Rightarrow \varepsilon_{s-c} = \varepsilon_{cu2} \left(1 - \frac{a_2}{\xi_{gr} d} \right)$$

Naprężenie w prętach stali ściskanej:

$$\sigma_{s-c} = \begin{cases} f_{yd} & \text{dla } \varepsilon_{s-c} > f_{yd}/E_s \\ \varepsilon_{s-c} E_s & \text{dla } \varepsilon_{s-c} \leq f_{yd}/E_s \end{cases}$$

Zakresy granicznych szerokości stref ściskanych oraz momentów i sił granicznych zestawiono w poniższej tabeli D-6.

Tabela D-6. Graniczne wartości dla poszczególnych klas betonu i klas stali

C12/15-C50/60 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.78652	0.76923	0.69307	0.66667	0.62500
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.42840	0.42346	0.39931	0.39002	0.37442
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.63670	0.62271	0.56106	0.53968	0.50595
C55/67 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.76716	0.74880	0.66880	0.64139	0.59847
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.39904	0.39351	0.36711	0.35721	0.34081
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.57108	0.55742	0.49786	0.47746	0.44551
C60/75 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.75196	0.73282	0.65011	0.62203	0.57831
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.37353	0.36768	0.34022	0.33008	0.31348
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.52110	0.50785	0.45053	0.43107	0.40077
C70/80 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.73684	0.71698	0.63183	0.60318	0.55882
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.33954	0.33360	0.30613	0.29614	0.27996
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.46210	0.44965	0.39625	0.37828	0.35046
C80/95 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.73239	0.71233	0.62651	0.59770	0.55319
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.32329	0.31745	0.29057	0.28084	0.26513
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.43662	0.42466	0.37349	0.35632	0.32979
C90/105 f_{yd}	190000	210000	310000	350000	420000
ξ_{gr}	0.73239	0.71233	0.62651	0.59770	0.55319
$M_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.31679	0.31106	0.28465	0.27511	0.25969
$F_{k\ gr}(\xi_{gr})$	0.42723	0.41553	0.36546	0.34866	0.32270

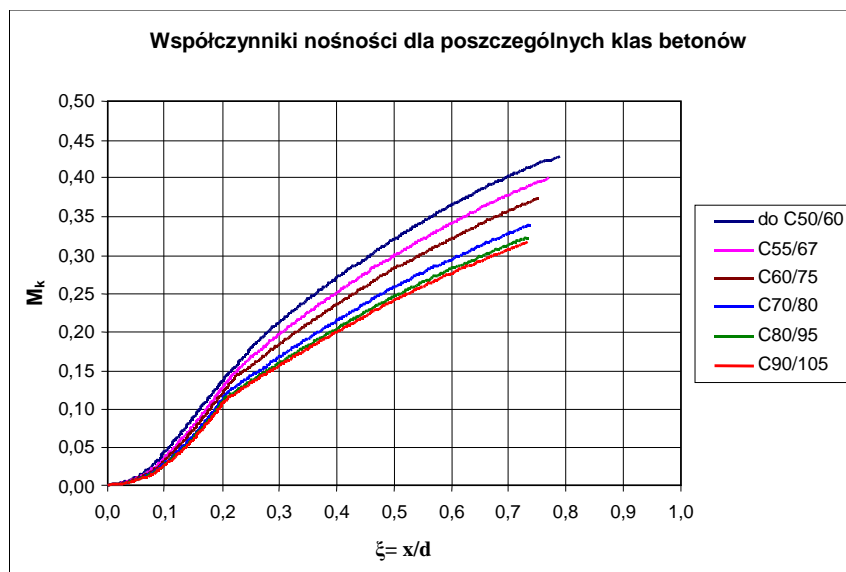
e) Podsumowanie

Nośność przekroju oraz siła w zbrojeniu są funkcją szerokości strefy ściskanej, co zapisano:

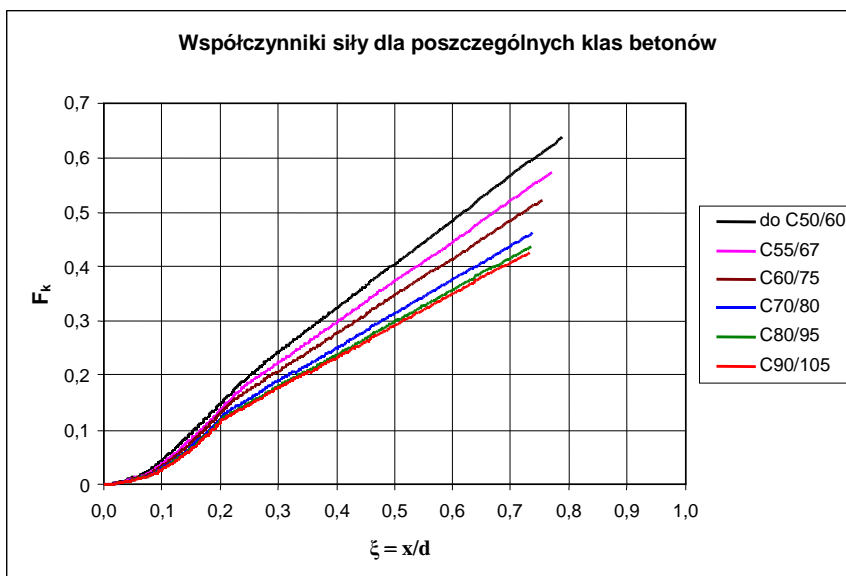
$$M = \int_0^x \sigma_c(\eta) (d - z) dz = \alpha f_{cd} d^2 M_k(\xi),$$

$$F = \int_0^x \sigma_c(z) dz = \alpha f_{cd} d F_k(\xi),$$

gdzie $M_k(\xi)$ i $F_k(\xi)$ są bezwymiarowymi współczynnikami nośności i siły w zbrojeniu pokazane na rys. D-19 i D-20.



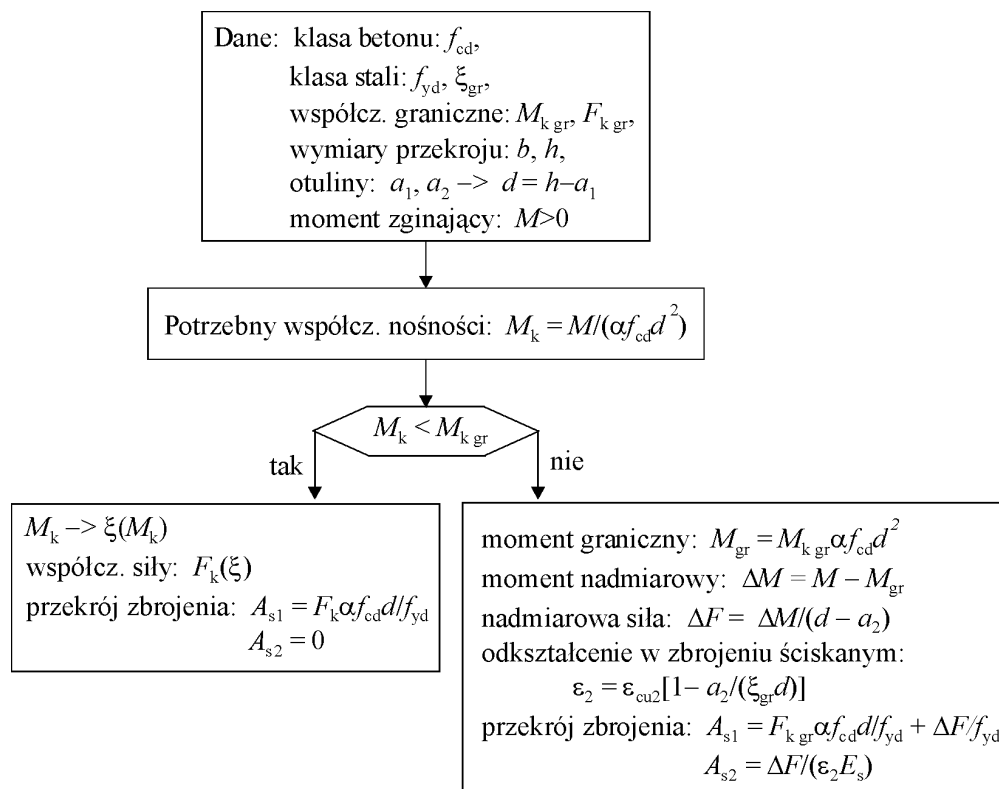
Rys. D-19



Rys. D-20

Kod programu zawiera numeryczne wartości współcz. M_k i F_k jako funkcje ξ dla poszczególnych klas betonu. W tabeli D-7 pokazany jest algorytm wymiarowania.

Tabela D-7. Algorytm wymiarowania:

**Nośność graniczna płyty**

Algorytm wymiarowania płyty bazuje na algorytmie wymiarowania tarczy jako płaskiego zagadnienia. Przyjmuje się dwuwarstwowy model płyty jak to pokazano na rys. D-19. Zakłada się, że zbrojenie jest ułożone ortogonalnie na kierunkach x i y oraz odległość płaszczyzn zbrojenia jest równa z – dla prostoty opisu przyjęto, że na obu kierunkach odległość jest jednakowa.

W dalszym ciągu zakłada się, że każda z tarcz pracuje w płaskim stanie naprężenia. Analizujemy jedną z tarcz obciążoną stanem naprężenia

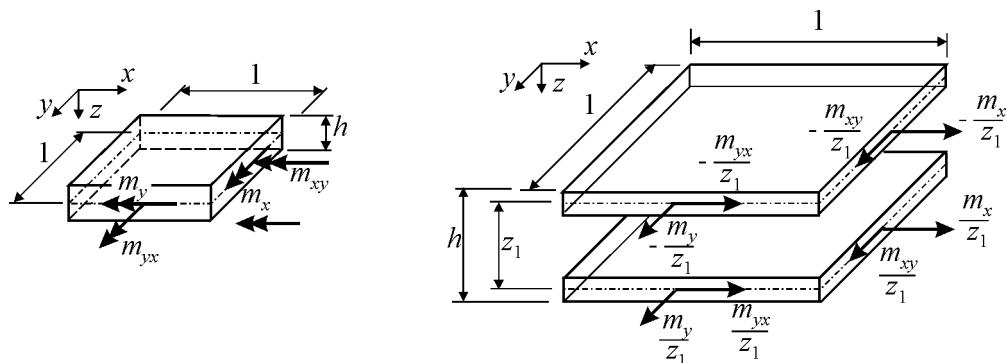
$$\sigma_x = \frac{n_x}{t} = \frac{m_x}{tz}$$

$$\sigma_y = \frac{n_y}{t} = \frac{m_y}{tz}$$

$$\tau_{xy} = \frac{n_{xy}}{t} = \frac{m_{xy}}{tz}$$

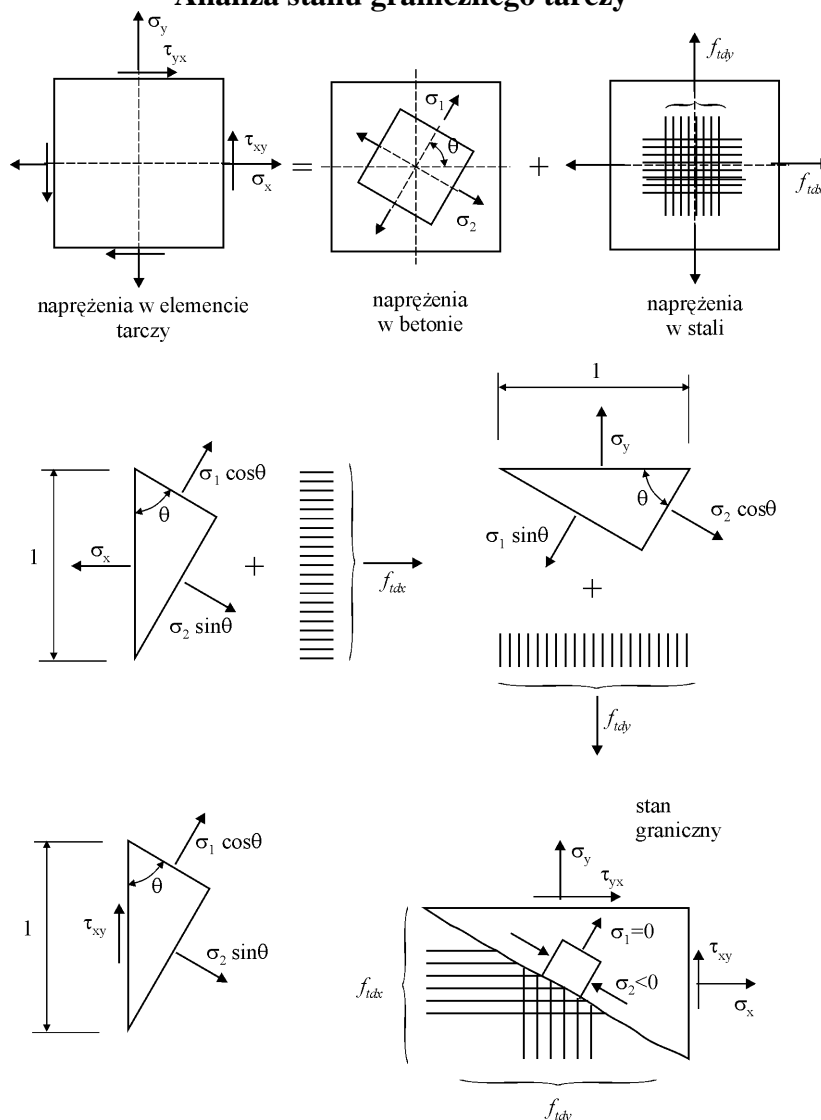
gdzie t jest przyjętą grubością fikcyjnej tarczy.

Gęstość zbrojenia na poszczególnych kierunkach jest równa odpowiednio ρ_x i ρ_y .



Rys. D-21. Dwuwarstwowy model płyty

Analiza stanu granicznego tarczy



Rys. D-22. Stan naprężenia w elemencie tarczowym

Przyjęto następujące założenia:

1. W zbrojeniu występują naprężenia graniczne, które dają uśrednione naprężenia w przekroju:

$$f_{tdx} = f_{yd} \rho_x,$$

$$f_{tdy} = f_{yd} \rho_y$$

gdzie: f_{yd} – obliczeniowa granica plastyczności stali.

2. W betonie występują naprężenia, których wartości główne są równe: σ_1 i σ_2 oraz kier. główny definiuje kąt θ (rys. 10).
3. Spełnione są warunki równowagi
4. W betonie naprężenia ściskające

$$|\sigma_c| \leq \alpha f_{cd}$$

gdzie: f_{cd} – wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie;

α - współczynnik efektywności.

Warunki równowagi

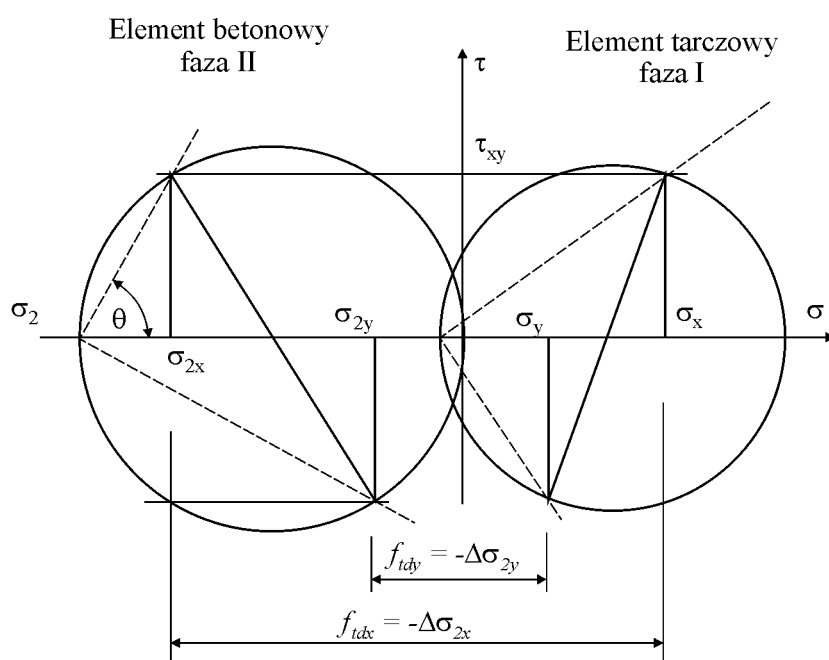
$$\sigma_x = \sigma_1 \cos^2 \theta + \sigma_2 \sin^2 \theta + f_{tdx}$$

$$\sigma_y = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_2 \cos^2 \theta + f_{tdy}$$

$$\tau_{xy} = (\sigma_1 - \sigma_2) \sin \theta \cos \theta$$

Stan równowagi granicznej

Jeżeli $\sigma_1 > 0$ oraz $\sigma_1 > \sigma_2$ wówczas w stanie równowagi granicznej beton ulega zarysowaniu na kier. prostopadłym do σ_1 stąd $\sigma_1 = 0$ i rozkład naprężenia w elemencie betonowym przedstawia rys. D-21.



Rys. D-23. Stan naprężenia w stanie granicznym po zarysowaniu betonu

Warunki równowagi dla $\sigma_1=0$ mają postać:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma_2 \sin^2 \theta + f_{tdx} \\ \sigma_y &= \sigma_2 \cos^2 \theta + f_{tdy} \\ \tau_{xy} &= -\sigma_2 \sin \theta \cos \theta\end{aligned}\quad (**)$$

stąd

$$\begin{aligned}f_{tdx} - \sigma_x &= -\sigma_2 \sin^2 \theta = |\tau_{xy}| \operatorname{tg} \theta \\ f_{tdy} - \sigma_y &= -\sigma_2 \cos^2 \theta = |\tau_{xy}| \operatorname{ctg} \theta\end{aligned}$$

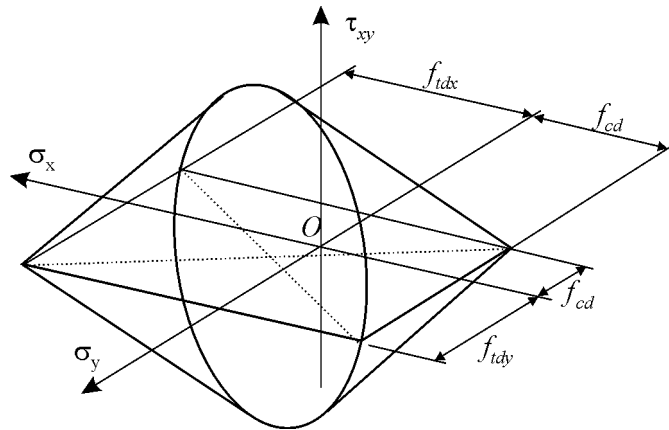
Po wyeliminowaniu kąta θ otrzymujemy pow. graniczną postaci

$$(f_{tdx} - \sigma_x)(f_{tdy} - \sigma_y) = \tau_{xy}^2$$

W przypadku stanu ściskania naprężenia główne nie mogą być większe niż graniczne, stąd

$$(f_{cd} - \sigma_x)(f_{cd} - \sigma_y) = \tau_{xy}^2$$

Reprezentacja graficzna pow. granicznych pokazana jest na rys. D-24.



Rys. D-24. Powierzchnia graniczna zbrojonej ortogonalnie tarczy

Problem optymalnego wymiarowania tarczy

Dane $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$. Należy wyznaczyć f_{tdx}, f_{tdy}, θ .

Układ 3-ch równań (**) zawiera 4 niewiadome i opisuje zagadnienie statycznie niewyznaczalne. Po przekształceniu można kolejno wyznaczyć poszczególne wielkości jako funkcję nieokreślonego kąta θ

$$\sigma_2 = \frac{\tau_{xy}}{\sin \theta \cos \theta},$$

$$f_{tdx} = \sigma_x + \frac{\tau_{xy}}{\sin \theta \cos \theta} \sin^2 \theta = \sigma_x + \tau_{xy} \operatorname{tg} \theta = \sigma_x + \gamma |\tau_{xy}|$$

$$f_{tdy} = \sigma_y + \frac{\tau_{xy}}{\sin \theta \cos \theta} \cos^2 \theta = \sigma_y + \tau_{xy} \operatorname{ctg} \theta = \sigma_y + \gamma^{-1} |\tau_{xy}|$$

Jeżeli przyjąć kryterium minimalnego zbrojenia, tzn. $f_{tdx} + f_{tdy} = \min$, stąd $\gamma = \tan \theta = \cot \theta = 1$ i ostatecznie $\theta = \pi/4$. Wówczas miarodajne naprężenia do wymiarowania zbrojenia są równe

dla $\sigma_x > \sigma_y$ i $\sigma_y \geq -|\tau_{xy}|$ (rys. D-25)

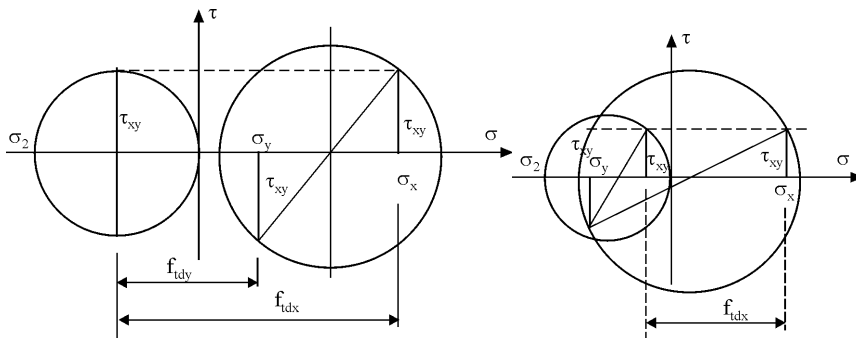
$$f_{tdx} = \sigma_x + |\tau_{xy}|$$

$$f_{tdy} = \sigma_y + |\tau_{xy}|$$

dla $\sigma_x > \sigma_y$ i $\sigma_y < -|\tau_{xy}|$ (rys. D-26)

$$f_{tdx} = \sigma_x - \tau_{xy}^2 / \sigma_y$$

$$f_{tdy} = 0$$



Rys. D-25

Rys. D-26

Stan graniczny elementu płytowego

Analiza stanu granicznego płyty jest analogiczna do analizy stanu granicznego tarczy. Stosując dwuwarstwowy model płyty mamy w tym przypadku do czynienia z dwoma jednoczesnymi zagadnieniami płaskimi - w warstwie górnej i warstwie dolnej.

Założmy, że lokalnie dany jest stan sił wewnętrznych $\{m_x, m_y, m_{xy}\}$ względem układu współrzędnych $\{x, y\}$, który jest zgodny z kierunkami ortogonalnego zbrojenia płyty. Ponieważ naprężenia $\{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}$ w fikcyjnych warstwach są odpowiednio proporcjonalne do sił wewnętrznych z tym samym mnożnikiem, oraz tensory naprężeń i sił wewnętrznych transformują się identycznie, w takim razie na podstawie wcześniejszych wywodów mamy (rys. D-25)

Na rysunku D-28 przedstawiono sytuację, kiedy momenty zginające są dodatnie i wówczas warstwa górna płyty jest ściskana a warstwa dolna rozciągana. Momenty m_{udx} , m_{udy} są miarodajnymi momentami wyznaczania zbrojenia w warstwie dolnej. W ogólnym przypadku może wystąpić sytuacja symetryczna, kiedy momenty w płycie wywołują ściskanie warstwy dolnej a rozciąganie warstwy górnej i wówczas momenty miarodajne są oznaczane odpowiednio m'_{udx} , m'_{udy} . Ogólnie zachodzą relacje:

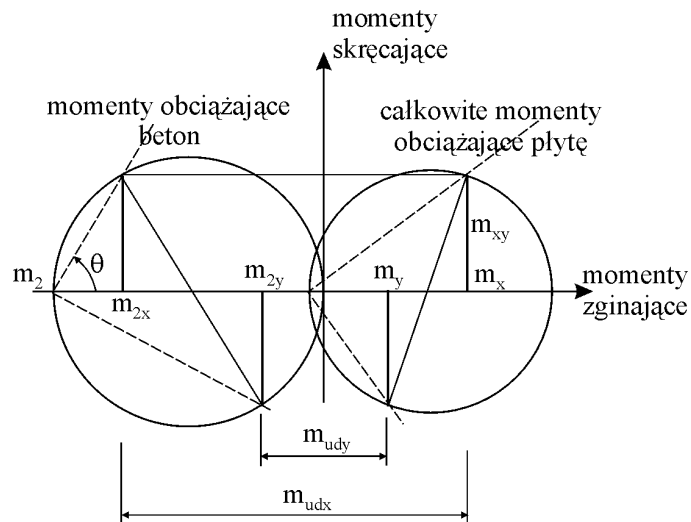
$$m_{udx} = m_x + \gamma |m_{xy}|,$$

$$m_{udy} = m_y + \gamma^{-1} |m_{xy}|,$$

$$m'_{udx} = -m_x + \gamma' |m_{xy}|,$$

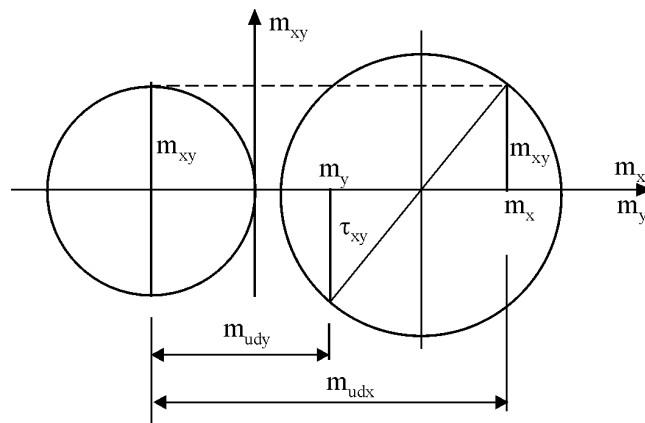
$$m'_{udy} = -m_y + \gamma' |m_{xy}|,$$

gdzie $\gamma = \tan \theta$, $\gamma' = \tan \theta'$, kąty nachylenia rysy w warstwie górnej i dolnej formalnie mogą być różne.



Rys. D-27. Redystrybucja momentów w stanie granicznym płyty

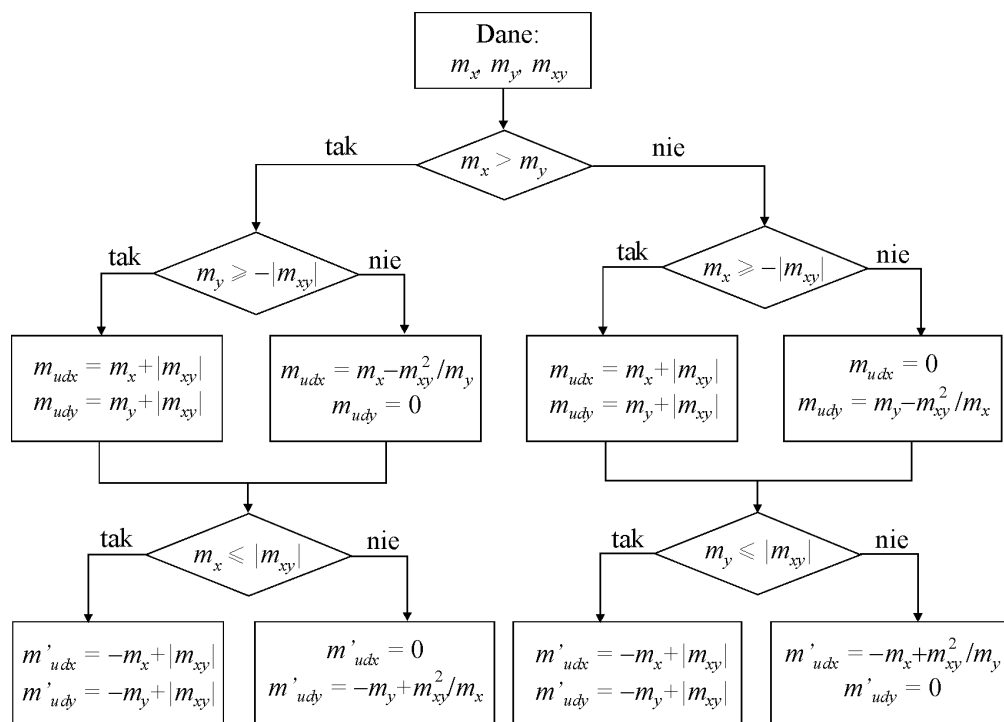
Podobnie jak w przypadku tarczy występuje problem optymalnego doboru kątów θ i θ' . Dla kątów równych $\pi/4$ otrzymuje się najmniejszą sumę zbrojenia na obu ortogonalnych kierunkach. Warunek ten jest w pełni optymalny jedynie w przypadku ustalonego pojedynczego stanu obciążenia. Nie mając innych kryteriów zwykle przyjmuje się $\theta = \theta' = \pi/4$. Przykładowa redystrybucja momentów dla $\theta = \pi/4$ pokazana jest na rys. D-28.



Rys. D-28. Redystrybucja momentów dla zarysowania warstwy pod kątem $\theta = \pi/4$

Algorytm wymiarowania płyty z uwagi na nośność graniczną

Poniżej przedstawiony jest schemat blokowy wyznaczania momentów miarodajnych, które są podstawą wyznaczania zbrojenia w płycie. Każdy z momentów miarodajnych traktuje się jako moment obciążający przekrój prostokątny płyty o szerokości jednostkowej 1m odpowiednio w kierunkach orientacji zbrojenia x i y .



Rys. D-29. Schemat blokowy wyznaczania momentów miarodajnych w płycie

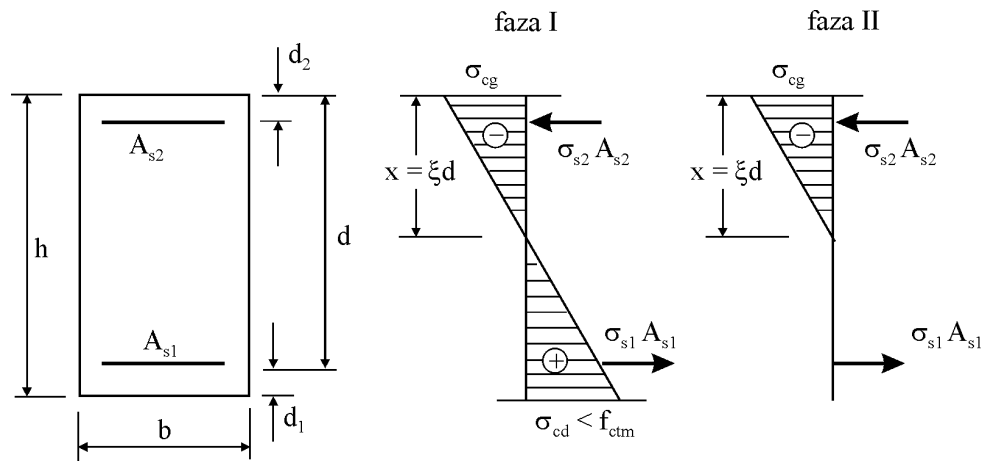
Stan granicznej użyteczności płyty/żebra

Sztywność przekroju żelbetowego w fazach I i II

Założenia:

- beton i stal są materiałami liniowo-sprężystymi,
beton charakteryzuje: E_c – moduł styczny Younga w punkcie $\sigma_c=0$, f_{cm} – średnia wytrzymałość na ściskanie, f_{ctm} – średnia wytrzymałość na rozciąganie; stal charakteryzuje: E_s – moduł sprężystości Younga,
- jeżeli w betonie największe naprężenia rozciągające są nie większe niż f_{ctm} , wówczas przekrój znajduje się w fazie I, w przeciwnym przypadku zakłada się, że wystąpi zarysowanie przekroju w obszarze naprężeń rozciągających, przekrój znajduje się w fazie II i w analizie nie uwzględnia się naprężeń rozciągających w betonie,
- rozkład odkształceń po wysokości przekroju jest liniowy,
- wpływ pełzania betonu uwzględnia się zastępując moduł sprężystości betonu E_c modułem efektywnym $E_{c,eff}$

Analizowany jest przekrój prostokątny o szerokości b , w przypadku przekroju płyty $b = 1\text{m}$. (rys. D-30)



Rys. D-30. Rozkład naprężeń w przekroju dla fazy I i II

Efektywny moduł Younga uwzględniający wpływy reologiczne wyznacza się ze wzoru

$$E_{c,eff} = \frac{E_c}{1 + \phi(t, t_0)}$$

gdzie:

- wsp. pełzania betonu $\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t - t_0)$

- podstawowy wsp. pełzania $\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$

- wsp. zależny od wpływu względnej wilgotności

$$\phi_{RH} = \begin{cases} 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} & \text{dla } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left[1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 & \text{dla } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7}, \quad \alpha_2 = (35 / f_{cm})^{0,2},$$

- RH – względna wilgotność otaczającego powietrza w %

- wsp. zależny od wpływu wytrzymałości betonu $\beta(f_{cm}) = 16,8 / \sqrt{f_{cm}}$

- wsp. zależny od wieku betonu $\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,20}}$

- miarodajny wymiar przekroju $h_0 = 2 \cdot A_c / u$ [mm] - dla płyty $h_0 = h$ - grubość płyty

- wsp. opisujący rozwój pełzania w czasie $\beta_c(t - t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3}$ dla

$$t \Rightarrow \infty \quad \beta_c \Rightarrow 1$$

Dokonuje się homogenizacji przekroju sprowadzając go do jednorodnego przekroju betonowego. W tym celu pow. zbrojenia mnoży się przez współczynnik równy ilorazowi modułów Younga stali i betonu. Momenty bezwładności przekroju po homogenizacji są równe:

- przekrój w fazie I

$$x_I = \xi_I d,$$

$$\xi_I = \frac{0,5H^2 + \alpha_1 + D\alpha_2}{H + \alpha_1 + \alpha_2},$$

$$I_I = bd^3 \left[H^3 / 12 + H(0,5H - \xi_I)^2 + \alpha_1(1 - \xi_I)^2 + \alpha_2(\xi_I - D)^2 \right]$$

- przekrój w fazie II

$$x_{II} = \xi_{II} d,$$

$$\xi_{II} = \sqrt{A_1^2 + 2A_2 - A_1},$$

$$I_{II} = bd^3 \left[\xi_{II}^3 / 3 + \alpha_1(1 - \xi_{II})^2 + \alpha_2(\xi_{II} - D)^2 \right]$$

gdzie

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}}, \quad \alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{bd}, \quad \alpha_2 = \alpha_e \frac{A_{s2}}{bd},$$

$$H = \frac{h}{d}, \quad D = \frac{d_2}{d}, \quad A_1 = \alpha_1 + \alpha_2, \quad A_2 = \alpha_1 + D\alpha_2,$$

Moment rysujący jest równy max. momentowi zginającemu w fazie I, tzn. dla stanu, kiedy max. naprężenia rozciągające są równe f_{ctm} (wytrzymałość betonu na rozciąganie)

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} I_I}{(1 - \xi_I) d}$$

Wyróżnia się sztywność przekroju niezarysowanego $B_I = E_{c,eff} I_I$ oraz sztywność przekroju całkowicie zarysowanego $B_{II} = E_{c,eff} I_{II}$.

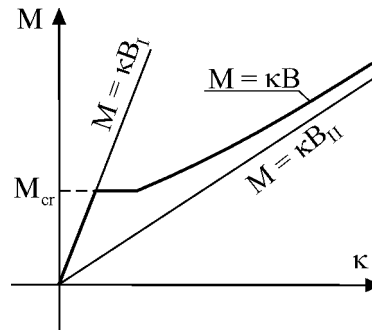
Sztywność przekroju jest zależna od wartości momentu zginającego i przyjmuje wartość pośrednią pomiędzy B_I i B_{II} . Zależność krzywizny jest funkcją momentu M i współcz. ζ (rys. D-31)

$$\kappa = (1 - \zeta) \kappa_I + \zeta \kappa_{II} = (1 - \zeta) \frac{M}{B_I} + \zeta \frac{M}{B_{II}} = \frac{M}{B}$$

gdzie współczynnik ζ jest równy

$$\zeta = \begin{cases} 0 & \text{dla } M \leq M_{cr} \\ 1 - \beta_2 \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 & \text{dla } M > M_{cr} \end{cases}$$

$$\beta_2 = \begin{cases} 1 & \text{dla obciążeń krótkotrwałych} \\ 0,5 & \text{dla obciążeń długotrwałych} \end{cases}$$



Rys. D-31. Związek konstytutywny dla zarysowanego przekroju

Z powyższych związków można wyznaczyć sztywność jako funkcję momentu $M > M_{cr}$

$$B = \left(\frac{1-\zeta}{B_I} + \frac{\zeta}{B_{II}} \right)^{-1} = \left(\frac{1-1+\beta_2(M_{cr}/M)^2}{E_{c,eff} I_I} + \frac{1-\beta_2(M_{cr}/M)^2}{E_{c,eff} I_{II}} \right)^{-1} =$$

$$= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1-\beta_2(M_{cr}/M)^2(1-I_{II}/I_I)}$$

oraz dla $M \leq M_{cr}$ $B = E_{c,eff} I_I$.

Implementacja komputerowa:

- 1) Sztywność płyty i żebra wyznacza się dla każdego elementu skończonego, traktując ją jako stałą dla całego elementu.
- 2) Danymi wejściowymi są wartości momentów zginających i momentu skręcającego w ES wyznaczone jako średnie arytmetyczne w węzłach ES. Siły wewnętrzne są superpozycją sił wewnętrznych dla arbitralnie przyjętej kombinacji obciążeń charakterystycznych. Rozwiązanie otrzymuje się dla sztywności elementów niezarysowanych.
- 3) Sztywność zarysowanego ES płyty wyznacza się w kolejnych krokach:
 - siły wewn. transformuje się do układu lokalnego zbrojenia (x_l, y_l) (dla każdej płyty przyjmuje się domyślną orientację siatek zbrojenia)
 - dla każdego kierunku x_l, y_l wyznacza się sztywności B^x, B^y ,
 - definiowanie tensorów sztywności ES

$$\mathbf{D}^l = \begin{bmatrix} B^x & \nu \sqrt{B^x B^y} & 0 \\ \nu \sqrt{B^x B^y} & B^y & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \sqrt{B^x B^y} \end{bmatrix},$$

- retransformacja tensora sztywności \mathbf{D}^l do układu głównego (x, y) otrzymując tensor \mathbf{D} .

- 4) Zarysowane ES płytowe modelowane są jako płyta ortotropowa o parametrach określonych przez tensory \mathbf{D} .

- 5) Otrzymuje się rozwiązanie dla płyty zarysowanej. Wyznacza się siły wewnętrzne i powtarza się operację od punktu 3 aż do uzyskania wymaganej zbieżności rozwiązania.

Przemieszczenie zarysowanej płyty

Przemieszczenie (ugięcie) płyty jest końcowym rozwiązaniem uzyskanym przy wyznaczaniu sztywności płyty w procesie iteracyjnym.

Szerokość rys

Szerokość rysy wyznacza się ze wzoru

$$w_k = s_{r,\max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

gdzie

ϵ_{sm} - średnie odkształcenie zbrojenia z uwagi na współpracę betonu,

ϵ_{cm} - średnie odkształcenie betonu pomiędzy rysami,

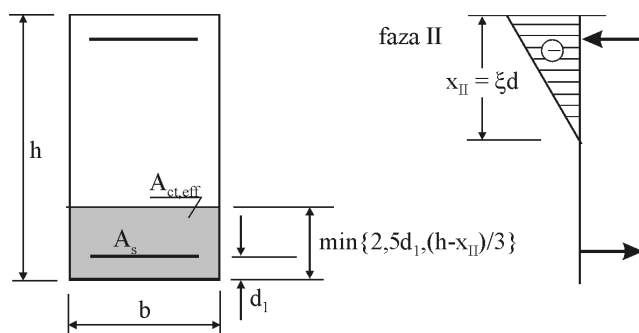
$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

σ_s - naprężenie w zbrojeniu w fazie II,

$$k_t = \begin{cases} 0,6 & \text{dla obc. krótkotrwałych} \\ 0,4 & \text{dla obc. długotrwałych} \end{cases}$$

efektywna wytrzymałość betonu na rozciąganie: $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ jeżeli zarysowanie po 28 dniach,

efektywne pole otoczenia zbrojenia rozciąganego $A_{ct,eff}$ (rys. D-32)



Rys. D-32. Wyznaczanie efektywnego pola otoczenia zbrojenia rozciąganego

A_s - pole przekroju zbrojenia zawarte w $A_{ct,eff}$

$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{ct,eff}}$ - efektywny stopień zbrojenia,

Maksymalny rozstaw rys wyznacza się ze wzoru

$$s_{r,\max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}}$$

gdzie

c - grubość otuliny,
 Φ - średnica zbrojenia,
 $k_2 = 0,5$
 $k_3 = 3,4$
 $k_4 = 0,425$

Implementacja komputerowa:

- 1) Szerokość rysy obliczano niezależnie dla każdego kierunku głównego (x,y) otrzymując wartości $w_{k,x}$ i $w_{k,y}$. Wartość M jest całkowitym momentem zginającym dla danego kierunku.
- 2) Jako wynik obliczeń podawana jest większa z wartości $w_k = \max\{w_{k,x}, w_{k,y}\}$.

Literatura:

- [4] PN-EN 1922-1-1:2005
- [5] Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych według Eurokodu 2. Praca zbiorowa. DWE Wrocław 2006

Sprężyste podłoże – model Winklera

Reakcja sprężystego podłoża gruntowego

Reakcja sprężystego podłoża pod płytą jest równa:

$$r = C w \quad (1)$$

gdzie:

- r – reakcja w $[\text{kN/m}^2]$, jest to intensywność oddziaływania – reakcja podłoża na jednostkę powierzchni,
- w – przemieszczenie płyty w $[\text{m}]$,
- C – współczynnik podatności podłoża w $[\text{kN/m}^3]$.

Jednorodne podłoże gruntowe o grubości H

Przez H rozumie się odległość w pionie od poziomu obciążenia do poziomu poniżej którego można grunt uważać za nieściśliwy.

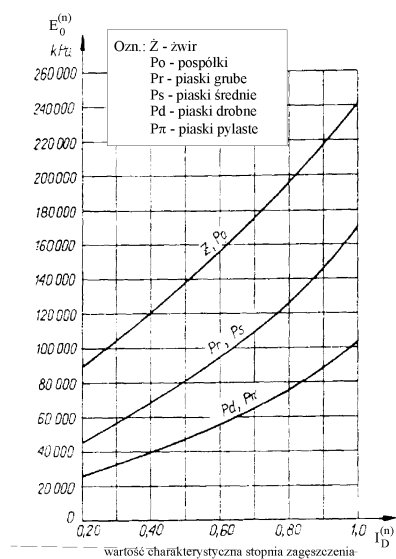
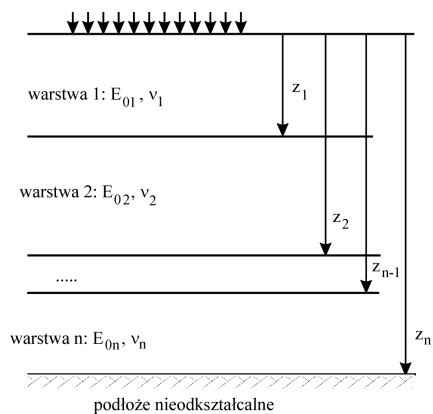
Współczynnik podatności podłoża wyznacza się ze wzoru w $[\text{kN/m}^3]$:

$$C = \frac{E_0}{(1 - \nu^2) B \omega_z} \quad (2)$$

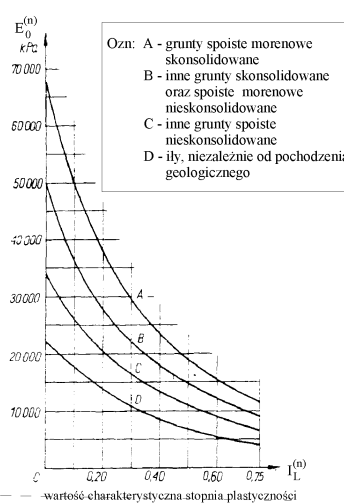
gdzie:

- E_0 – moduł pierwotnego odkształcenia gruntu w $[\text{kPa}]$ (wg normy [2] na rys. 6a i 7a), należy odczytać z Rys. 1 dla gruntów niespoistych i z Rys. 2 dla gruntów spoistych,
- ν – współczynnik Poissona (wg normy [2] w tablicy 3) należy odczytać z TABLICY 1,
- ω_z – współczynnik zależny od stosunku wymiarów konstrukcji L/B oraz stosunku grubości warstwy odkształcalnej podłoża H/B (zgodnie z nomogramem Wiłuna [3] rys. 9.20 lub tablicą 9.8.) należy odczytać z RYS. 3 przyjmując $z=H$,
- B – charakterystyczny wymiar płyty fundamentowej: mniejszy wymiar obrysu prostokątnego płyty, średnica płyty kołowej, szerokość fundamentu ławowego, w $[\text{m}]$,
- L – charakterystyczny wymiar płyty fundamentowej: większy wymiar obrysu prostokątnego płyty, średnica płyty kołowej, długość fundamentu ławowego, w $[\text{m}]$,
- z – dla pojedyncze jednorodnej warstwy $z = H$, w $[\text{m}]$.

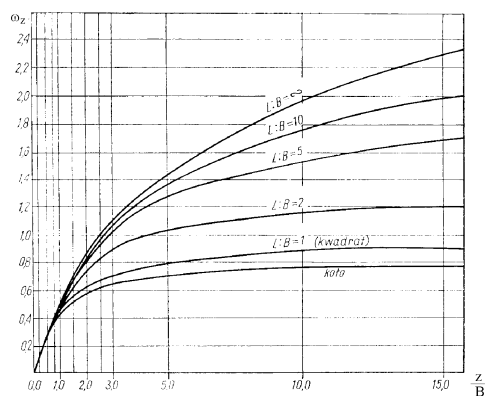
Wielowarstwowe podłoże gruntowe



RYS. 1. Moduł pierwotnego odkształcenia dla gruntów niespoistych (Norma [2] Rys. 6a).



RYS. 2. Moduł pierwotnego odkształcenia dla gruntów spoistych (Norma [2] Rys. 7a.)



RYS. 3. Nomogram do wyznaczania współczynników ω_z (Wilun [3] Rys. 9.20.)

Dane jest podłoże o n warstwach

Współczynnik podatności dla podłoża wyznacza się ze wzoru:

$$\frac{1}{C} = \frac{(1 - \nu_1^2) B \omega_{z1}}{E_{01}} + \frac{(1 - \nu_2^2) B (\omega_{z2} - \omega_{z1})}{E_{02}} + \dots + \frac{(1 - \nu_n^2) B (\omega_{zn} - \omega_{z(n-1)})}{E_{0n}} \quad (3)$$

gdzie:

E_{0i}, ν_i - moduł pierwotnego odkształcenia gruntu i współczynnik Poissona dla warstwy i -tej,

$\omega_{zi} \equiv \omega_z \left(\frac{L}{B}, \frac{z_i}{B} \right)$ - współczynnik zależny od stosunku wymiarów konstrukcji L/B oraz stosunku rzędnej spągu warstwy i -tej podłoża do szerokości płyty (fundamentu) z_i/B .

Żebra na sprężystym podłożu

Zakłada się, że żebro ma szerokość B .

Współczynnik sprężystego podłoża wyznacza się ze wzoru:

$$C_z = C B \quad (4)$$

gdzie

C_z - współczynnik sprężystego podłoża pod żebrem w $[\text{kN/m}^2]$ - jest to reakcja pod żebrem spoczywającym na sprężystym podłożu na jednostkę długości żebra.

C - współczynnik wyznaczony ze wzoru (2) lub (3),

B - szerokość żebra (ławy fundamentowej).

Uwaga: W przypadku płyty uźebrowanej spoczywającej na sprężystym podłożu należy brać pod uwagę jedynie sprężyste podłoże pod płytą. Nie należy uwzględniać dodatkowo sprężystego podłoża pod żebrem, jeżeli jest ono wbudowane w płytę.

TABELA 1. Wartości współczynnika Poissona ν (wg wg normy [2] w tablicy 3)

Typ gruntu	Grunty niespoiste			Grunty spoiste			
	Z, P_0	P_r, P_s	P_d, P_π	A	B	C	D
ν	0,20	0,25	0,30	0,25	0,29	0,32	0,37
<p>Ozn.: Z - żwir P_0 - pospółki P_r - piaski grube P_s - piaski średnie P_d - piaski drobne P_π - piaski pylaste</p> <p>Ozn.: A - grunty spoiste morenowe skonsolidowane B - inne grunty skonsolidowane oraz spoiste morenowe nieskonsolidowane C - inne grunty spoiste nieskonsolidowane D - ropy, niezależnie od pochodzenia geologicznego</p>							

Ograniczenia stosowania modelu Winklera

- 1) Model Winklera daje wystarczająco dokładne wyniki jeżeli grubość warstwy gruntowej H jest mniejsza od 3-krotnej szerokości fundamentu B [1].

- 2) Przy stosowaniu modelu Winklera najlepsze wyniki uzyskuje się gdy grubość warstwy ściśliwej H jest mniejsza od połowy szerokości fundamentu B .
- 3) Obliczenia wykonane przy użyciu modelu Winklera nie budzą większych zastrzeżeń przy gruntach niespoistych (sypkich) i znacznym zawilgoceniu podłoża.
- 4) Wartości liczbowe E_0 ujęte w normie [2] należy traktować jako szacunkowe. Dokładne wartości modułów E_0 można uzyskać jedynie na podstawie badań terenowych stosując na przykład metodę próbnego obciążenia gruntu.

Literatura

- [1] Kobiak J., Stachurski W.: Konstrukcje żelbetowe, t.2., Arkady, Warszawa 1987
- [2] PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [3] Wiłun Z.: Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa 1987.