



Oprogramowanie dla Architektury,
Inżynierii i Budownictwa



CYPECAD

Podręcznik do obliczeń

Projektowanie, obliczanie i wymiarowanie konstrukcji żelbetonowych, stalowych, drewnianych i aluminiowych składających się ze: słupów, ścian usztywniających i ścian; belek betonowych, stalowych i zespolonych; stropów z belek (ogólnych, zbrojonych, sprężonych, in situ, stalowych i azurowych), płyt kanałowych, płyt zespolonych, stropów kasetonowych i płyt pełnych; fundamentów płytowych, stóp i ław fundamentowych, oczepów pali; zintegrowanych projektów CYPE 3D (profile stalowe, aluminiowe i drewniane) z 6 stopniami swobody w węźle, w tym wymiarowanie i optymalizacja przekrojów.





1	Obliczenia	4
1.1	Opis zagadnień do rozwiązania	4
1.2	Analiza przeprowadzana przez program.....	4
1.3	Dyskretyzacja konstrukcji.....	5
1.3.1	Uwzględnienie wymiarów węzłów.....	10
1.3.2	Obwiednie sił na podporach	12
1.4	Opcje obliczeniowe	15
1.4.1	Redystrybucje uwzględniane przez program.....	15
1.4.2	Sztywności uwzględniane przez program	18
1.4.3	Współczynniki sztywności skrętnej.....	19
1.4.4	Współczynniki sztywności osiowej.....	19
1.4.5	Momenty minimalne	19
1.4.6	Inne opcje	20
1.5	Rozważane obciążenia.....	27
1.5.1	Obciążenia pionowe	27
1.5.2	Obciążenia poziome	29
1.6	Zastosowane materiały	37
1.6.1	Beton na fundamenty, stropy, słupy i ściany	37
1.6.2	Stal zbrojeniowa.....	37
1.6.3	Stal na słupy stalowe, belki stalowe i płyty kotwiące ..	38
1.6.4	Materiały zintegrowanych konstrukcji 3D	38
1.7	Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	39
1.7.1	Metoda obliczeniowa	39
1.7.2	Materiały	39
1.7.3	Obciążenia	39
1.8	Kombinacje.....	39
1.8.1	Stany graniczne nośności	40
1.9	Wprowadzanie danych	42
1.9.1	Dane ogólne projektu.....	42
1.9.2	Obciążenia. Grupy	45
1.9.3	Obciążenie wiatrem.....	46
1.9.4	Obciążenie sejsmiczne	46
1.9.5	Odporność ogniowa	46
1.9.6	Dodatkowe przypadki obciążeń (obciążenia wyjątkowe).....	46



1.9.7	Stany graniczne (kombinacje)	47
1.9.8	Dane ogólne pięter/grup, słupów, prętów startowych słupów i ścian usztywniających.....	47
1.9.9	Dane stropów	50
1.9.10	Obciążenia. Belki pochyłe. Krzyżulce stężające	65
1.9.11	Schody	65
1.10	Obliczenia konstrukcji.....	65
1.11	Wyniki.....	67
1.11.1	Konsultowanie danych na ekranie	67
1.11.2	Drukowanie raportów	73
1.11.3	Generowanie rysunków	75
1.12	Weryfikacja i wymiarowanie elementów	76
1.12.1	Belki poziome i pochyłe	77
1.12.2	Belki pochyłe.....	84
1.12.3	Belki stalowe.....	85
1.12.4	Żelbetowe słupy, ściany usztywniające i ściany	85
1.12.5	Stropy jednokierunkowe.....	89

1 Obliczenia

1.1 Opis zagadnień do rozwiązania

CYPECAD został zaprojektowany do przeprowadzania analizy sił i projektowania konstrukcji żelbetowych i stalowych, które stanowią podparcie dla stropów belkowych (z belek zwykłych, zbrojonych, sprężonych, in situ, stalowych i o ażurowym środniku), płyt kanałowych, płyt zespolonych, stropów kasetonowych i stropów monolitycznych w budynkach poddanych obciążeniom pionowym i poziomym. Belki podpierające strop mogą być żelbetowe, stalowe lub zespolone (stal i beton). Podpory mogą stanowić żelbetowe lub stalowe słupy, żelbetowe ściany usztywniające, ściany żelbetowe, z bocznymi obciążeniami lub bez nich, lub ściany murowane (zwykłe lub z bloczków betonowych). Fundamenty mogą składać się ze stóp i ław fundamentowych lub z oczepów pali, jak również mogą być wykonane z płyt fundamentowych. Fundamenty mogą być zaprojektowane niezależnie od reszty konstrukcji poprzez proste wprowadzenie starterów słupów. Można również wprowadzić schody żelbetowe oparte na płytach stropowych.

Korzystając z programu, można uzyskać rysunki techniczne konstrukcji, które zawierają wymiary i zbrojenie belek, słupów, ścian usztywniających i ścian, za pomocą plotera, drukarki i/lub plików DXF/DWG lub PDF, a także wyniki obliczeń i raporty obliczeniowe. Jeśli została zakupiona licencja CYPE 3D, można wprowadzać zintegrowane konstrukcje 3D, używając prętów stalowych, drewnianych i aluminiowych.

1.2 Analiza przeprowadzana przez program

Analiza sił jest przeprowadzana za pomocą przestrzennej analizy 3D z wykorzystaniem macierzy sztywności tworzących wszystkie elementy definiujące konstrukcję: słupy, żelbetowe ściany usztywniające, belki i stropy.

Ustanowiono zgodność odkształceń we wszystkich węzłach, biorąc pod uwagę 6 stopni swobody, oraz założono nieodkształcalność płaszczyzny każdego piętra, aby zasymulować sztywne zachowanie stropu, zapobiegając tym samym względnym przemieszczeniom między węzłami (sztywna diafragma). W związku z tym każde piętro może obracać się i poruszać tylko jako całość (3 stopnie swobody).

Uwzględnienie sztywnej diafragmy dla każdej niezależnej strefy kondygnacji stosuje się także w przypadku wprowadzania belek, a nie stropów. Wyjątkiem od tej zasady są belki swobodne, które zostały odłączone od sztywnej diafragmy przez użytkownika, oraz ściany, które nie stykają się ze stropami (od wersji 2012.a). Więcej informacji na ten temat można znaleźć w **rozdziale 13 „Sztywna diafragma”** w dalszej części tego podręcznika.

Jeśli na tej samej kondygnacji znajdują się niezależne strefy, każda z nich jest traktowana jako odrębna część pod względem nieodkształcalności takiej strefy, a wpływ innej strefy nie będzie brany pod uwagę. Dlatego poszczególne kondygnacje zachowują się jak niezależne nieodkształcalne płaszczyzny. Niepołączony słup jest traktowany jako niezależna strefa.

Dla wszystkich stanów obciążenia przeprowadzane są obliczenia statyczne (z wyjątkiem sytuacji, gdy rozważane są oddziaływania dynamiczne spowodowane trzęsieniami ziemi, w którym to przypadku przeprowadzana jest spektralna analiza modalna) i zakłada się liniowe zachowanie materiałów, a zatem obliczenia pierwszego rzędu w celu uzyskania przemieszczeń i sił wewnętrznych.

Zintegrowane konstrukcje 3D mają zawsze 6 stopni swobody w każdym węźle.

Schody również mają 6 stopni swobody, są rozpatrywane oddzielnie, a ich reakcje są przekazywane na konstrukcję główną.

1.3 Dyskretyzacja konstrukcji

Konstrukcja jest dyskretyzowana na elementy prętowe, siatki prętów i węzłów oraz trójkątne elementy skończone w następujący sposób:

- **Słupy**

Są pionowymi prętami umieszczonymi pomiędzy poszczególnymi kondygnacjami, z węzłem w punkcie początkowym na fundamencie lub na innym elemencie, takim jak belka lub strop, oraz z węzłem na skrzyżowaniu każdej kondygnacji. Ich osią jest oś przekroju poprzecznego. Uwzględniane są mimośrodowość wynikające ze zmiany wymiarów w zależności od poszczególnych kondygnacji.

Długość pręta to wysokość lub odległość w świetle od powierzchni innych elementów kondygnacji początkowej i końcowej.

- **Belki**

Są definiowane na rzucie z góry, poprzez umieszczanie węzłów w miejscach przecięcia się z powierzchniami elementów podporowych (takich jak słupy, ściany usztywniające lub ściany), a także w punktach przecięcia z elementami stropów lub z innymi belkami. W ten sposób węzły są tworzone wzdłuż osi i na końcach, a także na zakończeniach wsporników lub wolnych końców albo w kontakcie z innymi elementami stropu. Domyślnie mają one trzy stopnie swobody, zachowując założenie sztywnej diafragmy między wszystkimi elementami kondygnacji. Na przykład belka ciągła oparta na kilku słupach, nawet jeśli nie ma zdefiniowanego stropu, zachowuje hipotezę sztywnej diafragmy. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w **rozdziale 13 „Sztywna diafragma”** w dalszej części tego podręcznika.

Dostępne typy belek to belki żelbetowe, stalowe, zespolone i drewniane, o przekrojach poprzecznych wybieranych z biblioteki. Belki są dyskretyzowane jako pręty, których oś pokrywa się z płaszczyzną środkową przechodzącą przez środek środka pionowego i na wysokości ich środka ciężkości.

Symulacja oparcia na ścianie. Zdefiniowano trzy typy belek (o różnych wiązaniach zewnętrznych), symulując ich oparcie na ścianie. To oparcie jest dyskretyzowane jako szereg podpór pokrywających się z węzłami dyskretyzacji wzdłuż oparcia na ścianie, których sztywność uległa znacznemu zwiększeniu (x100). Przypomina to bardzo sztywną belkę ciągłą na podporach o krótkich przęsłach. Rodzaje oparcia są następujące:

- **Utwierdzenie.** Uniemożliwione przemieszczenia i obroty we wszystkich kierunkach
- **Przegub.** Uniemożliwione przemieszczenia, z możliwością swobodnego obrotu.
- **Przegub z możliwością swobodnego przemieszczania w poziomie.** Uniemożliwione przemieszczenia pionowe, ale swobodne przemieszczenia poziome i obrót.

Należy zwrócić uwagę na wpływ, jaki tego typu podpory mogą mieć na inne elementy konstrukcji. Gdy ruch pionowy jest uniemożliwiony, a wszystkie elementy konstrukcyjne są oparte na tych podporach lub są z nimi połączone, napotykają na ograniczenie uniemożliwiające ruch pionowy. Jest to szczególnie ważne w przypadku słupów, które będąc zdefiniowane z połączeniem zewnętrznym, stykają się z tego typu podporami, przez co obciążenie słupów jest zawieszane na podporach i nie jest przenoszone na fundament, co może nawet spowodować ujemne wartości reakcji, reprezentujące ciężar zawieszzonego słupa lub część obciążenia zawieszzonego na oparciu na ścianie.

Szczególnie w przypadku połączenia przegubowego z możliwością przesuwu, gdy belka jest ciągła lub znajduje się na przedłużeniu osi oparcia na ścianie, powstaje efekt utwierdzenia przez ciągłość w górnej części oparcia na ścianie, co można zaobserwować, otrzymując wykresy momentów i sprawdzając, czy na krawędzi występują momenty ujemne. W praktyce należy sprawdzić, czy rzeczywiste warunki na budowie odzwierciedlają lub mogą pozwolić na takie warunki utwierdzenia, które należy zapewnić podczas realizacji projektu.

Jeśli belka nie znajduje się na przedłużeniu, tj. posiada pewne odchylenie od osi, efekt ten przestaje występować i połączenie zachowuje się jak przegub.

Jeśli belka ma ciągłość, a chce się uniknąć jej utwierdzenia, na końcu belki przy podporze należy umieścić przegub.

Dla tego typu podpór nie jest możliwe poznanie reakcji.

- **Belki fundamentowe**

Są to „pływające” belki podparte na sprężystym gruncie, zdyskretyzowane w węzłach i prętach. Do węzłów przypisywana jest stała sprężystości zdefiniowana na podstawie współczynnika reakcji podłoża. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Płyty i belki fundamentowe**” niniejszego podręcznika.

- **Belki pochyłe**

Są to pręty pomiędzy dwoma punktami, które mogą znajdować się na tym samym poziomie lub piętrze, lub na różnych poziomach i które tworzą dwa węzły na tych skrzyżowaniach. Gdy belka pochyła łączy dwie niezależne strefy, nie powoduje to efektu nieodkształcalności płaszczyzny przy sztywnym zachowaniu, ponieważ mają one 6 stopni swobody bez ograniczeń.

- **Krótkie wsporniki**

Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Krótkie wsporniki**” w dalszej części tego podręcznika.

- **Stropy belkowe**

Belki stropowe to pręty definiowane w pustych panelach między wieńcami, podciągami lub ścianami, które tworzą węzły na odpowiednich przecięciach krawędzi i osi elementów, którą przecinają. Można zdefiniować podwójne i potrójne belki stropowe. Geometria, którą przyjmuje każda belka stropowa, jest określana w odpowiednim oknie danych stropu. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Stropy jednokierunkowe belkowe**” niniejszego podręcznika.

- **Stropy z płyt kanałowych**

Są to jednokierunkowe stropy zdyskretyzowane za pomocą prętów w rozstawie co 40 cm. Właściwości geometryczne i ich parametry wytrzymałościowe definiuje się w oknie charakterystyki stropu, co może wprowadzić użytkownik, tworząc bibliotekę stropów z płyt kanałowych.

Można je obliczyć w przybliżeniu w zależności od procesu konstrukcyjnego, modyfikując utwierdzenie krawędzi, stosując uproszczoną metodę.

- **Pełne płyty**

Dyskretyzacja paneli stropów z płyt pełnych jest przeprowadzana za pomocą siatek elementów prętowych o maksymalnym rozmiarze 25 cm. Przeprowadzana jest kondensacja statyczna (metoda dokładna) wszystkich stopni swobody. Uwzględnia się odkształcenia ścinające i zachowuje założenie sztywnej diafragmy. Uwzględnia się sztywność skrętną elementów.

- **Stropy zespolone**

Są to stropy jednokierunkowe z prętami co 40 cm. Składają się one z płyty betonowej i blachy trapezowej, która służy jako szalunek dla tej pierwszej. Blacha może być wykorzystywana na dwa sposoby: jedynie jako szalunek tracony lub jako blacha współpracująca (zachowanie zespolone). Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Płyty zespolone**” w niniejszym podręczniku.

- **Płyty fundamentowe**

Są to pełne płyty „pływające”, których dyskretyzacja przebiega identycznie jak w przypadku zwykłych płyt stropowych, ze sprężynami, których stała jest definiowana na podstawie współczynnika reakcji podłoża. Każdy panel może mieć różne współczynniki. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Płyty i belki fundamentowe**” niniejszego podręcznika.

- **Stropy kasetonowe**

Stropy kasetonowe są dyskretyzowane za pomocą siatek elementów prętowych, których rozmiar wynosi jedną trzecią zdefiniowanego rozstawu żeber strefy odchudzonej i których moment bezwładności przy zginaniu jest (zarówno w strefie pełnej, jak i odchudzonej) o połowę mniejszy niż w strefie pełnej, a moment bezwładności przy skręcaniu jest dwa razy większy niż moment bezwładności przy zginaniu.

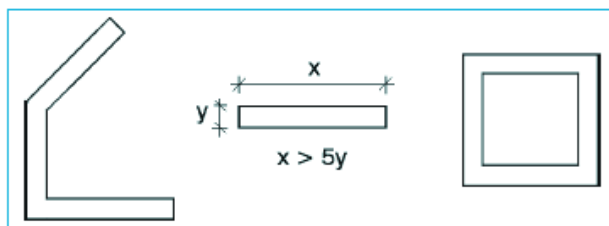
Rozmiar siatki jest niezmienny zarówno w strefie odchudzonej, jak i pełnej, przyjmując w każdej strefie średnie momenty bezwładności wskazane powyżej. Uwzględnia się odkształcenia ścinające i utrzymuje się hipotezę sztywnej diafragmy. Uwzględnia się sztywność skrętną elementów.

- **Ściany usztywniające**

Są to pionowe elementy o dowolnym przekroju poprzecznym składające się z wielu prostokątów pomiędzy każdym piętrem i zdefiniowane przez początkowy i końcowy poziom. Wymiary każdego boku mają stałą wysokość, jednak ich grubości mogą być zmieniane.

W przypadku ścian usztywniających, jeden z wymiarów poprzecznych każdego boku musi być co najmniej pięciokrotnie większy od drugiego wymiaru. Jeśli warunek ten nie zostanie spełniony, dyskretyzacja ściany jako elementu skończonego nie jest właściwa, przez co może ona zostać uznana za słup i potraktowana jako element liniowy.

Zarówno belki, jak i stropy łączą się ze ścianami wzdłuż ich boków w dowolnym położeniu i kierunku za pomocą belki o szerokości równej grubości odcinka i stałej głębokości 25 cm. Węzły nie pokrywają się z węzłami belki.



Rysunek 1 Przykłady ścian usztywniających

- **Ściany żelbetowe, ściany murowane i ściany ze zbrojonych bloczków betonowych**

Są to pionowe elementy o dowolnym przekroju poprzecznym składające się z wielu prostokątów pomiędzy każdym piętrem i zdefiniowane przez początkowy i końcowy poziom. Wymiary każdego boku mogą być różne na każdej kondygnacji, a ich grubość może być zmniejszana na każdej kondygnacji.

W przypadku ścian jeden z wymiarów poprzecznych każdego boku musi być co najmniej pięciokrotnie większy od drugiego wymiaru. Jeśli warunek ten nie zostanie spełniony, ich dyskretyzacja jako elementów skończonych nie jest właściwa, przez co mogą one zostać uznane za słupy i potraktowane jako elementy liniowe.

Zarówno belki, jak i stropy mogą być połączone z bokami ścian w dowolnym położeniu i kierunku. Wszystkie generowane węzły odpowiadają jednemu z węzłów trójkątnej siatki elementów skończonych ściany.

Dyskretyzacja odbywa się za pomocą elementów skończonych, dzięki czemu ściana przypomina grubą trójwymiarową płytę, uwzględniającą odkształcenia spowodowane ścinaniem. Składają się one z sześciu węzłów, w wierzchołkach i w środkowych punktach boków, a każdy z nich ma sześć stopni swobody. Ściana jest dyskretyzowana za pomocą trójkątnej siatki dostosowanej do wymiarów ściany, jej geometrii, otworów i bardziej wyrafinowanej siatki w strefach krytycznych, co powoduje zmniejszenie rozmiaru elementów w kątach, krawędziach i miejscach nietypowych.

Ściany, które nie stykają się z żadnymi stropami, nie są traktowane jako sztywne diafragmy na poziomie tego stropu. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Sztywna diafragma**” niniejszego podręcznika.

- **Schody**

Schody są dyskretyzowane przy użyciu grubopowłokowych trójkątnych elementów skończonych, zarówno dla odcinków pochyłych, jak i poziomych. Podpory początkowe i końcowe są dyskretyzowane jako symulacja stropu za pomocą belki o podwyższonej sztywności, a podpory pośrednie za pomocą podpór sprężystych symulujących rzeczywiste ściany murowane lub ściagi. Rozważane przypadki obciążeń to tylko te odpowiadające obciążeniom grawitacyjnym, obciążeniom stałym i zmiennym.

Po przeprowadzeniu obliczeń (w sposób niezależny) uzyskuje się reakcje. Są one integrowane z podporami i asymilowane do obciążeń liniowych, które są przykładane do pozostałej części konstrukcji w miejscu połączeń. Pozostała część konstrukcji jest obliczana z uwzględnieniem tych reakcji. Wymiarowanie schodów nie zostało uwzględnione w globalnej analizie z powodu znacznego wpływu sił poziomych na nie.

1.3.1 *Uwzględnienie wymiarów węzłów*

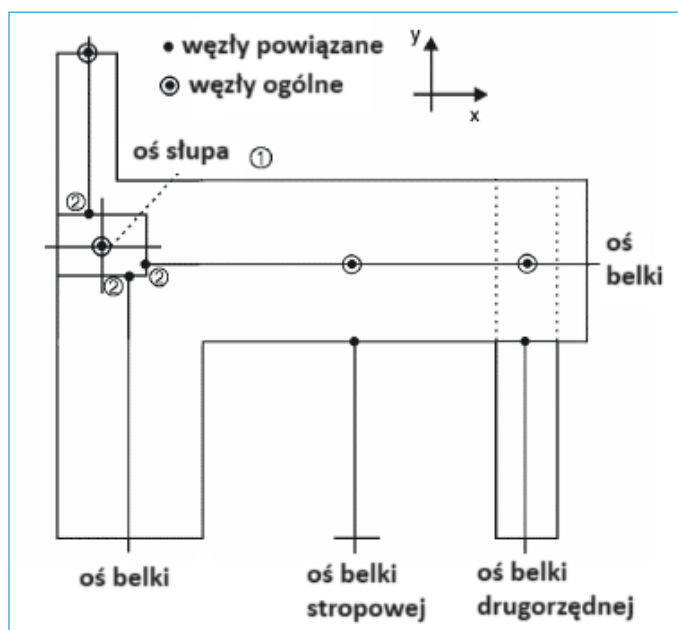
Tworzony jest zestaw węzłów ogólnych o skończonym wymiarze na osiach słupów i na przecięciu elementów stropów z osiami belek. Każdy węzeł ogólny ma jeden lub więcej węzłów z nim powiązanych. Węzły powiązane są tworzone w miejscach przecięcia elementów stropów z powierzchniami belek i słupów oraz w miejscach przecięcia osi belek z powierzchniami słupów.

Ponieważ są one powiązane ze sobą poprzez zgodność odkształceń przy założeniu odkształcenia płaskiego, można rozwiązać ogólną macierz sztywności oraz sztywności powiązanych i uzyskać przemieszczenia i siły we wszystkich elementach.

Jako przykład, przedstawia się dyskretyzację na poniższym schemacie (Rys. 1.2). Każdy węzeł o skończonym wymiarze może mieć kilka powiązanych węzłów lub nie mieć ich wcale, ale zawsze musi mieć węzeł ogólny.

Ponieważ program uwzględnia rozmiar słupa i zakłada liniowe zachowanie podporowe, z płaskim odkształceniem i nieskończoną sztywnością, brana jest pod uwagę zgodność odkształceń.

Pręty zdefiniowane między osią słupa a jego krawędziami są uważane za nieskończenie sztywne.



Rysunek 2. Dyskretyzacja konstrukcji

Przyjmuje się δ_{z1} , θ_{x1} , θ_{y1} za przemieszczenia słupa 1; δ_{z2} , θ_{x2} , θ_{y2} za przemieszczenia punktu 2, który jest punktem przecięcia osi belki z powierzchnią słupa; A_x i A_y za współrzędne względne punktu 2 względem punktu 1 (Rysunek 2).

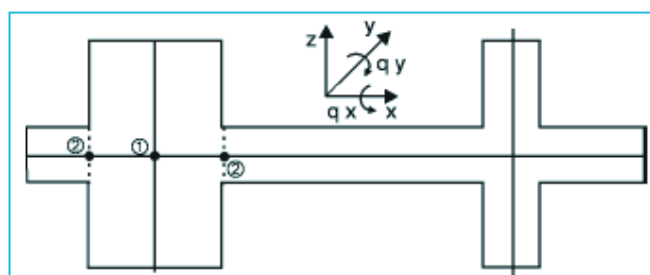
Spełnione są następujące warunki:

$$\delta_{z2} = \delta_{z1} - A_x \cdot \theta_{y1} + A_y \cdot \theta_{x1}$$

$$\theta_{x2} = \theta_{x1}$$

$$\theta_{y2} = \theta_{y1}$$

Rozmiar belek jest uwzględniany w ten sam sposób, biorąc pod uwagę ich płaski stan odkształcenia.



Rysunek 3

Model konstrukcyjny zdefiniowany przez program reaguje na dane wprowadzone przez użytkownika, dlatego należy zwrócić szczególną uwagę, aby wprowadzona geometria była zgodna z wybranym typem elementu i jego dostosowaniem do warunków rzeczywistych.

W szczególności zwraca się uwagę na te elementy, które w obliczeniach są traktowane jako elementy liniowe (słupy, belki, belki stropowe), ale w rzeczywistości tak nie jest, co powoduje powstanie elementów, których zachowanie jest dwuwymiarowe lub trójwymiarowe, przez co kryteria obliczeń i doboru zbrojenia nie są dostosowane do rzeczywistego wymiarowania tych elementów.

Jako przykład możemy przytoczyć przypadek krótkich wsporników, belek-ścian i płyt, sytuacji, które mogą wystąpić w belkach lub płytach, które w rzeczywistości są belkami, lub słupów czy krótkich ścian usztywniających, które nie spełniają ograniczeń geometrycznych między ich wymiarami podłużnymi i poprzecznymi. W takich sytuacjach użytkownik powinien dokonać niezbędnych późniejszych korekt ręcznych, aby wyniki modelu teoretycznego zostały dostosowane do realiów fizycznych.

1.3.2 Obwiednie sił na podporach

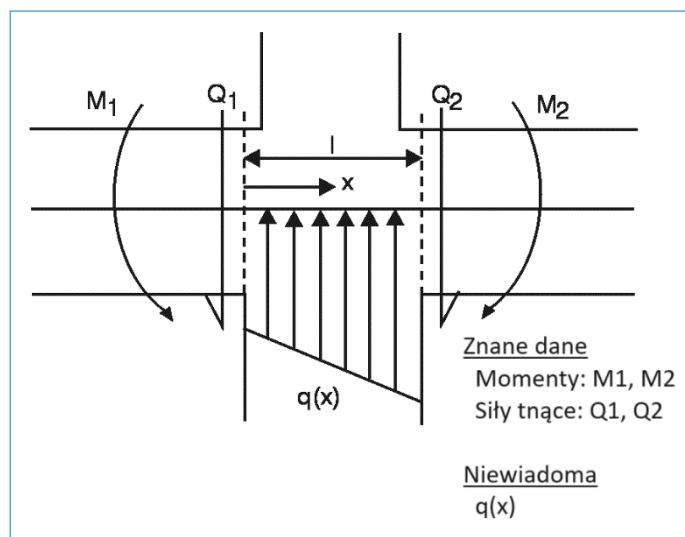
Jeśli spojrzeć na publikację CEB-FIP Model Code z 1990 r., która stanowiła inspirację dla norm europejskich, artykuł 5.2.3.2. określa efektywną rozpiętość obliczeniową w następujący sposób:

„Zazwyczaj rozpiętość l musi być wprowadzana jako odległość między sąsiednimi osiami podpór. Gdy reakcje znajdują się w znacznej odległości od osi podpory, efektywna rozpiętość musi zostać obliczona z uwzględnieniem rzeczywistego położenia przekroju podpory.

W ogólnej analizie ram, gdy wartość l_{ef} jest mniejsza niż odległość między osiami słupów, wymiary połączeń powinny zostać uwzględnione poprzez wprowadzenie sztywnych elementów między osią środkową słupa a przekrojem końcowym belki”.

Jako że reakcja w podporze jest mimośrodowa, ponieważ siła osiowa i moment są zwykle przenoszone na podporę, uwzględnienie rozmiaru węzłów jest przyjmowane poprzez wprowadzenie sztywnych elementów między osią podpory a końcem belki, co znajduje odzwierciedlenie w poniższych rozważaniach.

W obrębie podpory zakłada się odpowiedź liniową jako reakcję obciążeń przenoszonych przez rygiel i obciążeń przyłożonych w węzle, przenoszonych przez pozostałą część konstrukcji.



Rysunek 4

Wiadomo, że:

$$Q = \frac{dM}{dx} \quad q = \frac{dQ}{dx}$$

Równania momentu odpowiadają, ogólnie rzecz biorąc, wykresowi paraboli sześcienniej w postaci:

$$M = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

Siła tnąca jest jego pochodną:

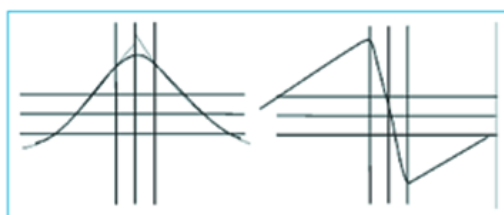
$$Q = 3ax^2 + 2bx + c$$

Zakładając następujące warunki:

$$\begin{aligned} x = 0 & \quad Q = Q_1 = c \\ x = 0 & \quad M = M_1 = d \\ x = l & \quad Q = Q_2 = 3al^2 + 2bl + c \\ x = l & \quad M = M_2 = al^3 + bl^2 + cl + d \end{aligned}$$

uzyskuje się układ czterech równań z czterema niewiadomymi, który można rozwiązać w prosty sposób.

Wykresy sił są następujące:



Rysunek 5

Wykres momentu zginającego, wykres siły tnącej

Rozważania te zostały już omówione przez różnych autorów (Branson, 1977) i, w skrócie, są one związane z kontrowersjami dotyczącymi rozpiętości obliczeniowej i rozpiętości w świetle oraz sposobem ich uwzględnienia przez różne normy, a także momentem obliczeniowym do osi lub do powierzchni podpór.

Konstrukcja jest idealizowana poprzez zastosowanie elementów liniowych o długości zależnej od rzeczywistej geometrii konstrukcji. Z tego względu należy wziąć pod uwagę rozmiar słupów.

Należy pamiętać, że aby uznać element za liniowy, belka lub słup musi mieć rozpiętość, lub długość elementu większą niż jedna trzecia jego średniej głębokości i większą niż czterokrotność jego średniej szerokości.

Eurokod 2 pozwala na redukcję momentów na podporach; redukcja zależy od wartości reakcji i szerokości podpory:

$$\Delta M = \frac{\text{reakcja} \cdot \text{szerokość podpory}}{8}$$

W zależności od tego, czy są one wykonane z jednego elementu na podporach, moment obliczeniowy można przyjąć jako moment obliczeniowy powierzchni podpory i nie mniejszy niż 65% momentu podporowego, przy założeniu idealnego stałego połączenia na powierzchniach podpór sztywnych.

W tym kontekście warto wspomnieć o argentyńskich normach: C.I.R.S.O.C., które są oparte na niemieckich normach D.I.N., które pozwalają na paraboliczne zaokrąglenie wykresów sił w zależności od rozmiaru podpór.

W obrębie podpory uważa się, że wysokość belek wzrasta liniowo, zgodnie z nachyleniem 1:3, aż do osi podpory. Uwzględniając wielkość węzłów, paraboliczne zaokrąglenie wykresu momentów i wzrost wysokości elementu w obrębie podpory, uzyskuje się oszczędność zbrojenia podłużnego belek ze względu na zginanie, ponieważ maksymalny stopień

zbrojenia występuje pomiędzy powierzchnią i osią podpory, najczęściej przy powierzchni, w zależności od wprowadzonej geometrii.

W przypadku belki opartej na podłużnej podporze, takiej jak ściana usztywniająca lub ściana zwykła, wykresy momentów zostaną przeciągnięte od powierzchni podpory na długość jednej wysokości przekroju poprzecznego belki, a zbrojenie zostanie wymiarowane na tę długość i nie będzie wykraczać poza wymagany zakres. Nawet w przypadku gdy belka jest szersza niż podpora, belka i jej zbrojenie zostaną przerwane po przekroczeniu wartości oparcia na ścianie wynoszącą wspomnianą jedną wysokość.

1.4 Opcje obliczeniowe

Istnieje możliwość zdefiniowania szerokiego zakresu parametrów konstrukcyjnych o dużym znaczeniu dla uzyskiwania wartości sił wewnętrznych i wymiarowania elementów. Biorąc pod uwagę dużą liczbę dostępnych opcji, zaleca się wcześniejsze zapoznanie się z pomocą dla każdej opcji.

W zakładce **Wprowadzanie belek > Projekt** znajdują się opcje ogólne, opcje dla belek, stropów, obliczanie połączeń; w opcji **Projekt > Dane ogólne > ikona Według pozycji** (znajdująca się po prawej stronie Stal: Pręty) znajdują się tabele zbrojenia i poszczególne opcje dla każdego elementu. Najważniejsze z nich wymieniono poniżej.

1.4.1 *Redystrybucje uwzględniane przez program*

Współczynniki redystrybucji momentu ujemnego

Dopuszczalna jest redystrybucja momentów ujemnych w belkach i belkach stropowych do 30%. Ten parametr może być opcjonalnie ustawiony przez użytkownika, niemniej jednak zaleca się przyjęcie wartości 15% dla belek i 25% dla belek stropowych (wartość domyślna). Redystrybucja ta jest przeprowadzana po zakończeniu obliczeń.

Uwzględnienie określonej redystrybucji momentów zginających wymaga zastosowania droższego, ale bardziej bezpiecznego i łatwiejszego w rozmieszczeniu zbrojenia. Zbyt duża redystrybucja może jednak prowadzić do nadmiernych ugięć i zarysowań, co jest nieodpowiednie w przypadku ścian działowych.

W przypadku belek redystrybucja wynosząca 15% przynosi ogólnie akceptowalne wyniki i można ją uznać za optymalną. W przypadku stropów zaleca się redystrybucję na poziomie 25%, co odpowiada w przybliżeniu wyrównaniu momentów ujemnych i dodatnich.

Redystrybucja momentów jest przeprowadzana przy uwzględnieniu ujemnych momentów na krawędziach podpory, a dla słupów na ich powierzchniach czołowych, co ma wpływ na rozpiętość w świetle. Określane są nowe wartości momentów wewnątrz podpory na

podstawie momentów redystrybuowanych do powierzchni czołowej oraz uwzględniając zaokrąglenia wynikające z wykresów sił wewnętrznych wskazanych w poprzedniej sekcji.

W przypadku belek i stropów belkowych, oprócz redystrybucji, użytkownik może zdefiniować minimalne momenty dodatnie i ujemne określone w normie.

Współczynnik zamocowania dla ostatniego piętra

Opcjonalnie momenty ujemne mogą być redystrybuowane na styku głowicy ostatniego odcinka słupa z końcem belki; wartość ta wynosi od 0 (przegub) do 1 (utwierdzenie), chociaż zaleca się 0.3 jako wartość pośrednią (jest to wartość domyślna).

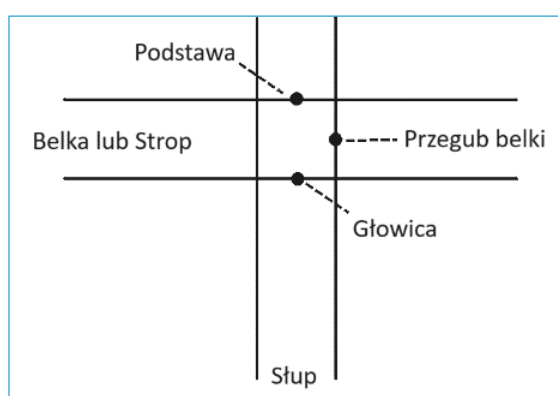
Program wykonuje interpolację liniową między macierzami sztywności prętów obustronnie utwierdzonych i utwierdzonych-przegubowych, co ma wpływ na wyrażenia EI/L macierzy ostatniego odcinka słupa:

$$K_{ostateczny} = \alpha \cdot K_{utwierdzony-utwierdzony} + (1 - \alpha) \cdot K_{utwierdzony-przegubowy}$$

Gdzie α jest wartością wprowadzonego współczynnika.

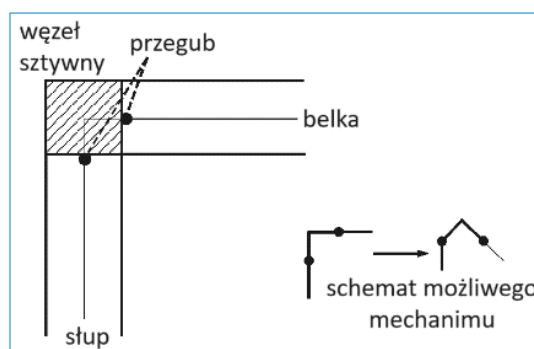
Współczynniki zamocowania głowicy i podstawy słupa, krawędzi stropów, belek i ścian; przeguby na końcach belek

Możliwe jest również zdefiniowanie współczynnika zamocowania dla każdego odcinka słupa, dla jego głowicy i/lub podstawy w połączeniu (0 = przegub; 1 = utwierdzenie) (wartość domyślna). Współczynniki głowicy ostatniego odcinka słupa są przez nie mnożone. Ten przegub plastyczny jest fizycznie uwzględniany w miejscu połączenia głowicy lub podstawy z belką, lub stropem typu płytowego, lub kasetonowego, który styka się z węzłem.



Rysunek 6

Na końcach belki i przy głowicy ostatniego odcinka słupa z bardzo niskimi współczynnikami i przegubowym połączeniu z belką mogą wystąpić absurdalne wyniki, a nawet mechanizmy, ponieważ współistnieją dwa przeguby połączone sztywnymi odcinkami.



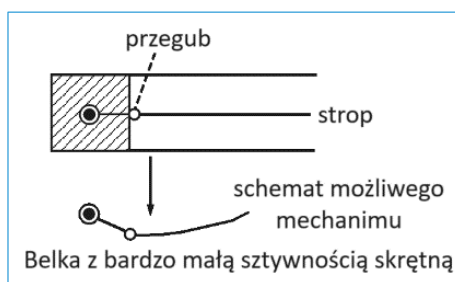
Rysunek 7

W przypadku płyt, stropów jednokierunkowych i stropów kasetonowych można zdefiniować zmienny współczynnik zamocowania dla wszystkich krawędzi stanowiących podporę, który może wynosić od 0 do 1 (wartość domyślna).

Można również zdefiniować zmienny współczynnik zamocowania w zakresie od 0 do 1 (wartość domyślna) dla krawędzi belek, w podobny sposób jak dla stropów, przy czym można go określić dla jednej lub większej liczby krawędzi dla każdej belki.

Gdy współczynniki zamocowania są definiowane jednocześnie dla stropów i krawędzi belek, oba są mnożone w celu uzyskania wynikowego współczynnika, który zostanie zastosowany do każdej krawędzi.

Zdefiniowany przegub plastyczny występuje na krawędzi stropu i krawędzi podporowej w belkach i ścianach, nie występuje on natomiast na krawędziach stykających się ze słupami i ścianami usztywniającymi, ponieważ tam zawsze przyjmuje się występowanie utwierdzenia. Pomiędzy krawędzią podpory a osią zdefiniowany jest sztywny pręt, więc zawsze występuje moment w osi podpory wytwarzany przez siłę tnącą na krawędzi, ze względu na jej odległość od osi. Ten moment zginający staje się momentem skręcającym, jeśli nie ma ciągłości zbrojenia z innymi sąsiednimi panelami. Opcji tej należy używać ostrożnie, ponieważ jeśli krawędź panelu jest połączona przegubowo z belką, a belka ma znacznie zredukowaną sztywność skrętną, nie będąc jednocześnie mechanizmem, może to dać absurdalne wyniki dla przemieszczeń panelu na krawędzi, a tym samym dla obliczonych sił.



Rysunek 8

Możliwe jest również zdefiniowanie dla końców belek. Występują one fizycznie na powierzchni podpory, niezależnie od tego, czy jest to słup, ściana, ściana usztywniająca czy podpora na ścianie.

Te redystrybucje są uwzględniane w obliczeniach i mają wpływ na końcowe przemieszczenia i siły wewnętrzne uzyskane w obliczeniach.

1.4.2 Sztywności uwzględniane przez program

Aby uzyskać wyrazy macierzy sztywności, bierze się pod uwagę przekrój brutto wszystkich elementów betonowych.

W celu obliczenia wyrazów macierzy sztywności wyróżnia się następujące wartości:

EI/L: Sztywność giętna

GJ/L: Sztywność skrętna

EA/L: Sztywność podłużna (na ściskanie/rozciąganie osiowe)

i stosuje się współczynniki wskazane w poniższej tabeli:

Element	(EI _y)	(EI _z)	(GJ)	(EA)
Słupy	P.B.	P.B.	P.B. · x	P.B. · wsp. sztywności podłużnej
Belki pochyłe	P.B.	P.B.	P.B. · x	P.B.
Belki stalowe lub betonowe	P.B.	∞	P.B. · x	∞
Belki stropowe	P.B.	∞	P.B. · x	∞
Wieńce obwodowe	P.B. · 10 ⁻¹⁵	∞	P.B. · x	∞
Oparcie i utwierdzenie w ścianie	P.B. · 10 ²	∞	P.B. · x	∞
Ściany i ściany usztywniające	P.B.	P.B.	E.P.	P.B. · wsp. sztywności podłużnej
Płyty i stropy kasetonowe	P.B.	∞	P.B. · x	∞
Płyty kanałowe i płyty zespolone	P.B..	∞	P.B. · x	∞

P.B.: Przekrój brutto element betonowego

∞: Nie bierze się pod uwagę z powodu względnej nieodkształcalności na rzucie z góry

x: Współczynnik redukcji sztywności skrętnej

E.P.: Skończony element płaski

1.4.3 *Współczynniki sztywności skrętnej*

Istnieje opcja umożliwiająca zdefiniowanie współczynnika redukcyjnego sztywności skrętnej (x). Opcja ta nie ma zastosowania do kształtowników stalowych. Gdy wymiar elementu jest mniejszy lub równy wartości zdefiniowanej dla prętów krótkich, zostanie przyjęta wartość zdefiniowana w opcjach. Przekrój brutto (P.B.) będzie brany pod uwagę w przypadku skręcania GJ oraz gdy jest to wymagane do osiągnięcia równowagi konstrukcji.

Możesz to sprawdzić w zakładce „Wprowadzanie belek”: **Projekt > Opcje ogólne > Współczynniki redukcyjne sztywności skrętnej** dla wartości domyślnych.

1.4.4 *Współczynniki sztywności osiowej*

Program uwzględnia skrócenie spowodowane siłą osiową w słupach, ścianach i żelbetowych ścianach usztywniających, na które ma wpływ współczynnik sztywności podłużnej zmieniający się w zakresie od 1 do 99.99, co pozwala na symulację wpływu procesu budowy konstrukcji i jego wpływu na końcowe siły wewnętrzne i przemieszczenia. Zalecana wartość wynosi od 2 do 3, przy czym 2 jest wartością domyślną.

1.4.5 *Momenty minimalne*

Belki mogą przenieść moment minimalny, który jest częścią zakładanego momentu izostaticznego $pl^2/8$. Ten minimalny moment można zdefiniować zarówno dla momentów ujemnych, jak i dodatnich w postaci pl^2/x , gdzie x jest liczbą całkowitą większą niż 8. Domyślną wartością jest 0, co oznacza, że nie są one przykładane.

Zaleca się umieścić zbrojenie zdolne do przeniesienia momentu ujemnego $pl^2/32$ oraz momentu dodatniego $pl^2/20$. Te minimalne momenty mogą być brane pod uwagę dla całej konstrukcji lub tylko dla jej części i mogą być różne dla każdej belki. Każda norma zwykle wskazuje wartości minimalne.

Analogicznie można zdefiniować minimalne momenty dla stropów belkowych i płyt kanałowych. Można je zdefiniować dla całego projektu lub dla poszczególnych paneli i/lub różnych wartości. Wartość $1/2$ momentu statycznego ($=wl^2/16$ dla obciążenia równomiernego) jest właściwa dla momentów dodatnich i ujemnych. Zaleca się, aby użytkownik zapoznał się z **Opcjami**.

Obwiednie momentów zostaną przesunięte tak, aby były zgodne z tymi minimalnymi momentami, a następnie zostanie zastosowana rozważana redystrybucja wartości ujemnych.

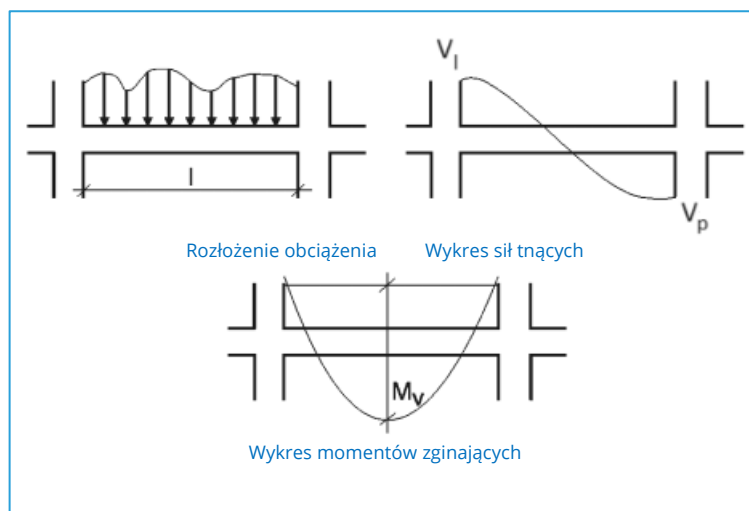
Wartość równoważna przyłożonego obciążenia liniowego wynosi:

$$p = \frac{V_l + V_p}{l}$$

Jeśli uwzględniono moment minimalny (+), należy sprawdzić, czy

$$M_v \geq \frac{pl^2}{8}$$

Jeśli przyłożony moment minimalny jest mniejszy niż moment projektowy, przyjmuje się większy z nich.



Rysunek 9

Należy zauważyć, że te rozważania będą prawidłowe w przypadku obciążeń liniowych i w sposób przybliżony w przypadku obciążeń skupionych.

1.4.6 Inne opcje

Poniżej znajdują się opcje, o których jeszcze nie wspomniano, a które mają wpływ na analizę.

Słupy

- **Rozmieszczenie prętów pionowych** (maksymalne długości, łączenie krótkich odcinków, zakłady pośrednie). Maksymalna długość pręta (domyślnie 8 m) wymaga wykonania zakładów, jeśli jakikolwiek odcinek przekracza tę wartość.

Maksymalna długość połączenia krótkich odcinków (domyślnie 4 m) jest aktywowana w przypadku niewielkich wysokości między kondygnacjami. W takim przypadku odcinki są łączone, a pośrednie zakłady na poziomie kondygnacji są eliminowane, aż do osiągnięcia wskazanej długości, ale bez jej przekraczania. Proces ten jest stosowany od góry do dołu słupa, pod warunkiem, że zbrojenie jest identyczne.

W przypadku słupów odłączonych można uniknąć występowania zakładów na każdym piętrze, poprzez prowadzenie zbrojenia bez zakładów aż do następnego piętra lub poprzez stosowanie zakładów na poziomie wszystkich pięter, nawet jeśli żadna belka nie dochodzi do słupa na tym piętrze, pod warunkiem, że zbrojenie jest identyczne.

- **Cięcie prętów startowych ostatniego odcinka (przy głowicy).** Ta opcja powoduje cięcie prętów słupów na szczycie ostatniego przęsła słupa. Opcja ma wpływ tylko na rysunki i pomiary prętów słupów na końcu ostatniej kondygnacji, aby ułatwić betonowanie.
Nie są dla niej przeprowadzane obliczenia, więc należy ją stosować ostrożnie. Bardziej zalecane jest zminimalizowanie współczynnika zamocowania na najwyższej kondygnacji, jednocześnie aktywując redukcję długości zakotwienia na najwyższej kondygnacji. Mimo to możliwe jest, że w wyniku obliczeń może być konieczne zagięcie końców o dużych średnicach. Opcja ta eliminuje taką konieczność.
- **Redukcja długości zakotwienia w słupach.** Opcja redukcji długości zakotwienia zbrojenia na poziomie prętów startowych na kondygnacjach pośrednich (domyślnie dezaktywowana) i na ostatniej kondygnacji (domyślnie aktywowana) może być aktywowana lub nie. Wartość redukcji zależy od zależności rzeczywistego naprężenia w zbrojeniu do maksymalnego naprężenia. W takim przypadku może się zdarzyć, że w słupach posiadających zbrojenie o tej samej średnicy, w wyniku obliczeń pręty startowe będą miały różne długości, a zatem nie będzie można ich ze sobą zrównać. Jeśli takie rozwiązanie nie jest pożądane, należy dezaktywować tę opcję, nawet jeśli na najwyższej kondygnacji zostaną uzyskane nieco większe haki.
- **Kryteria symetrii zbrojenia.** W tabelach zbrojenia można zdefiniować zbrojenie różne lub jednakowe na powierzchniach X i na powierzchniach Y. Podczas obliczeń przeprowadzane są weryfikacje i zaznaczana jest pierwsza sekwencja zbrojenia z tabeli, która spełnia wymogi dla wszystkich kombinacji obliczeniowych. Wybierana jest również pierwsza sekwencja, która ma symetryczne zbrojenie na czterech powierzchniach. Jeśli stopnie zbrojenia są obliczane w obu przypadkach i są porównywane pod względem różnicy procentowej, wybrane zostanie takie zbrojenie, które spełnia kryterium zaznaczone w % różnicy opcji (domyślnie 0%, tj. nie jest symetryczne). Jeśli pożądana jest symetria, należy ustawić wysoką wartość, np. 300.

- **Kryteria ciągłości prętów zbrojeniowych.** Słupy są obliczane, odcinek po odcinku (dla poszczególnych kondygnacji), od góry do dołu i zwykle, jeśli wstępne wymiarowanie zostało przeprowadzone prawidłowo, zbrojenie zwiększa się w miarę przechodzenia na niższe kondygnacje. Jednak nie zawsze tak jest, ponieważ wyniki obliczeń są uzyskiwane na podstawie działających sił i wymiarów słupów. Za pomocą tej opcji można wymusić utrzymanie stałego stopnia zbrojenia, średnicy prętów w narożnikach i na powierzchniach, a także liczby prętów. Zbrojenie jest stosowane od najwyższej lub przedostatniej kondygnacji do niższych kondygnacji, co daje wyniki z mniejszą liczbą nieciągłości.

Program domyślnie zadaje ciągłość stopnia zbrojenia i średnicy prętów narożnych od przedostatniej kondygnacji.

- **Otulina.** Odległość od zewnętrznej powierzchni do pierwszego pręta zbrojeniowego, czyli strzemion (wartość domyślna zależy od wybranej normy).
- **Rozmieszczenie profili metalowych.** Użytkownik może się zdecydować na zmniejszenie wprowadzonego profilu, jeśli jest to możliwe, lub zachowanie go i przeprowadzenie dla niego weryfikacji. Należy pamiętać, że obliczenia naprężeń są przeprowadzane dla wprowadzonego profilu, więc jeśli moment bezwładności ulega dużej zmianie, zaleca się ponowne obliczenie konstrukcji, aby uwzględnić tę zmianę. W wyniku obliczeń wybierany jest profil najkorzystniejszy pod względem ekonomicznym.
- **Przejścia spowodowane przez zmiany wymiarów.** Gdy zmniejszenie przekroju słupa z jednej kondygnacji na drugą jest znaczne, konieczne jest zagięcie zbrojenia pionowego, którego nachylenie musi być ograniczone. Gdy te warunki geometryczne zostaną przekroczone, konieczne jest przecięcie i zakotwienie zbrojenia dolnego odcinka oraz umieszczenie prętów startowych dla górnego odcinka. Kąt zagięcia zależy od grubości stropu lub belek dochodzących do słupa.
- **Zaokrąglanie długości prętów.** Pręty są zwykle cięte tak, aby ich długość była wielokrotnością wartości (wartość domyślna 5 cm), aby ułatwić pracę na miejscu budowy.
- **Kreskowanie słupów i ścian usztywniających.** Są to symbole, które pozwalają na graficzne rozróżnienie, czy dany słup zaczyna się, czy przechodzi przez piętro, czy też się kończy. Użytkownik może wybrać, które z nich zostaną zastosowane.
- **Zakłady w centralnej strefie przęsła.** W strefach sejsmicznych zakłady prętów są przesuwane do centralnej strefy przęsła, z dala od strefy maksymalnych sił wewnętrznych. Domyślnie opcja ta jest wyłączona, jednak zaleca się jej włączenie w miejscach o wysokiej aktywności sejsmicznej.

- **Zakłady w ścianach i ścianach usztywniających.** Weryfikowane jest, czy zbrojenie w miejscu zakładu jest ściskane, czy rozciągane, stosując współczynnik amplifikacji dla długości zakładu, w zależności od rozstawu prętów.
- **Wymagany współczynnik zgodności dla ścian i ścian usztywniających.** Zbrojenie fragmentu ściany lub ekranu może powodować naprężenia szczytowe, które wpływają niekorzystnie na zbrojenie, jeśli użytkownik wymaga zgodności w 100%. Opcja ta dopuszcza możliwość niższego % zgodności lub alternatywnie modyfikacji zbrojenia i sprawdzenia jego współczynnika zgodności. Podczas obliczeń zbrojenie jest dobierane w taki sposób, aby współczynnik zgodności wynosił co najmniej 90% (co jest wartością domyślną). Zawsze zaleca się sprawdzenie tej wartości. W przypadku, gdy jest ona mniejsza niż 100%, należy dowiedzieć się, w których miejscach nie jest ona zgodna i dlaczego, a także czy wymagane jest dodatkowe lokalne zbrojenie.
- **Rozmieszczenie strzemion.** Zaleca się umieścić strzemiona w miejscu styku ze stropem lub z belką (domyślnie opcja ta jest aktywna), jak i w głowicy i u podstawy słupa, na określonej wysokości i w gęstszym rozstawie niż dla reszty słupa (domyślnie opcja ta jest nieaktywna). Zaleca się aktywację tej opcji w strefach sejsmicznych.
- **Opcje starterów słupów**
- **Minimalne stopnie zbrojenia**
- **Opcje krótkich wsporników**

Belki

Poniżej znajdują się opcje dotyczące belek.

- Symetryczne zbrojenie na moment ujemny w belkach jednoprzęsłowych
- Różnica procentowa dla symetrii zbrojenia na moment ujemny
- Kryteria rozmieszczenia haków
- Haki na końcu wyrównania
- Minimalna długość strzemion
- Symetria zbrojenia strzemionami
- Strzemiona o różnych średnicach w belce
- Długość zakotwienia przy zamknięciu strzemion
- Gięcie strzemion w kształcie litery U

- Rozmieszczenie wielokrotnych strzemion
- Zbrojenie belek prefabrykowanych
- Strzemiona belek sprężonych
- Wyszczególnienie zbrojenia belek sejsmicznych
- Otuliny (górne, dolne i boczne)
- Otuliny (górne, dolne i boczne) w belkach fundamentowych
- Właściwości prefabrykowanych belek zbrojonych*
- Właściwości prefabrykowanych belek sprężonych
- Ocena błędów
- Numeracja ram
- Numeracja belek
- Uwzględnienie zbrojenia montażowego
- Łączenie zbrojenia montażowego we wspornikach
- Obwiednia sił tnących (wykres ciągły lub nieciągły)*
- Zbrojenie na ścinanie (rozmieszczenie zbrojenia przypowierzchniowego, przekrój z weryfikacją ścinania)*
- Wybór strzemion*
- Powstawanie rys*
- Minimalne stopnie zbrojenia w belkach fundamentowych
- Zbrojenie belek wbudowanych w ścianach i wieńców

Stropy z płyt pełnych, zespolonych i stropy kasetonowe

- Zbrojenie płyt i stropów kasetonowych
- Minimalne stopnie zbrojenia
- Zmniejszenie intensywności zbrojenia
- Zbrojenie na skręcanie
- Minimalne długości zbrojenia

- Dla płyt: odległość od krawędzi płyty do środka pręta
- Dla stropów kasetonowych: odległość od krawędzi stropu do środka pręta
- Wyszczególnienie zbrojenia głównego na rysunkach (domyślnie ta opcja jest wyłączona). Gdy ta opcja jest wyłączona, nie wyszczególnia się go, nie rysuje, ani nie jest ono mierzone.
- Zaokrąglanie długości prętów
- Konstruktywne haki w płytach
- Kryteria rozmieszczenia i numeracji w płytach
- Zbrojenie płyt prostokątnych
- Otuliny fundamentów
- Otuliny w belkach stropowych, płytach kanałowych i płytach zespolonych.

Schody

- Zrównanie ze sobą zbrojenia
- Pręty startowe u podstawy i końca schodów (w miejscu połączenia ze stropem)
- Położenie zbrojenia
- Otulina
- Długość zakotwienia w stropie
- Wysokość fundamentu

Ogólne opcje belek i stropów

- Ogólne opcje rysowania*
- Maksymalna długość cięcia pręta*
- Straty stali w pomiarach
- Minimalne stopnie zbrojenia na moment ujemny stropów jednokierunkowych
- Minimalne stopnie zbrojenia na moment ujemny płyt kanałowych
- Zbrojenie w stropach zwykłych

- Zbrojenie w płytach kanałowych
- Minimalne momenty do przeniesienia przez zbrojenie w stropach i belkach
- Zbrojenie dźwigarów (belek)
- Współczynnik redukcyjny sztywności giętej w stropach jednokierunkowych
- Uwzględnienie zbrojenia na skręcanie w belkach
- Opcje dla belek stalowych i belek stropowych
- Wartości graniczne ugięcia dla belek, belek stropowych, płyt kanałowych i płyt zespolonych
- Ugięcie czynne i całkowite długotrwałe - Proces konstrukcyjny
- Ścinanie w stropach jednokierunkowych „in situ”.
- Współczynniki wybozeniowe w belkach pochyłych
- Współczynniki wybozeniowe w krzyżulcach stężających

Stopy, ławy fundamentowe i oczepy pali

- Opcje ogólne i szczegółowe

Belki centrujące i belki łączące stopy fundamentowe

- Opcje ogólne i szczegółowe

Rysunek

- Konfiguracja warstw, rozmiaru tekstu i grubości pióra dla rysunków*

Opcje bez oznaczenia (*) są opcjami zapisywanymi i zachowanymi wraz z projektem. Opcje oznaczone symbolem (*) mają charakter ogólny, więc jeśli którakolwiek z nich zostanie zmieniona i obliczenia zostaną powtórzone, wyniki mogą się różnić.

Aby odzyskać domyślne opcje, należy wykonać „pustą” instalację, bez istniejącego katalogu USR. W ten sposób zostaną zainstalowane wszystkie domyślne opcje i tabele. Niektóre opcje zawierają przycisk oferujący instalację ustawień domyślnych, co pozwala na ich bezpośrednie odzyskanie bez konieczności wykonywania „pustej” instalacji.

1.5 Rozważane obciążenia

1.5.1 Obciążenia pionowe

Obciążenia stałe

Ciężar własny elementów żelbetowych, obliczony objętościowo na podstawie ich przekroju brutto i pomnożony przez 2.5 (ciężar właściwy żelbetu w systemie MKS) dla słupów, ścian usztywniających, ścian, belek i płyt.

Ciężar własny stropu jest definiowany przez użytkownika podczas wyboru typu stropu, który może być różny dla poszczególnych pięter lub paneli, w zależności od wybranego typu. W płytach pełnych wartość ta powinna być równa wysokości stropu $h \cdot 2.5$, podobnie jak w lokalnie zwiększonych grubościach stropu w strefach przysłupowych w stropach kasetonowych. W obszarach odchudzonych stropów kasetonowych, a także w stropach jednokierunkowych, powinna to być wartość wskazana przez użytkownika w wybranej karcie charakterystyki stropu. W przypadku stropów jednokierunkowych wartość ciężaru na metr kwadratowy jest mnożona przez odległość międzyosiową, co daje obciążenie liniowe przyłożone do poszczególnych belek. W przypadku płyt i stropów kasetonowych do każdego węzła przykładana jest wartość iloczynu ciężaru i powierzchni odpowiadającej każdemu węzłowi.

Ciężar własny

Szacuje się, że jest on równomiernie rozłożony na kondygnacji. Składają się na niego elementy wykończenia podłóg i ścianki działowe (choć te ostatnie można uznać za obciążenie zmienne, jeśli ich położenie lub występowanie zmienia się w czasie).

Ciężar własny elementów konstrukcyjnych oraz elementów niekonstrukcyjnych składają się na **Obciążenia stałe**. Są one automatycznie przykładane do prętów konstrukcji.

Obciążenia zmienne (obciążenia użytkowe)

Zakłada się równomierne rozłożenie obciążenia użytkowego na kondygnacji. Jest ono przykładane „automatycznie” do prętów konstrukcji tworzących piętra każdej grupy.

Dodatkowe przypadki obciążeń (obciążenia wyjątkowe)

Jak już wcześniej wspomniano, **CYPECAD** „automatycznie” generuje przypadki obciążeń, takie jak: **Obciążenie stałe** (na które składa się ciężar własny elementów konstrukcyjnych i ciężar własny wprowadzony w każdej grupie na wszystkich kondygnacjach), **Obciążenie**

użytkowe (zdefiniowane w każdej grupie dla całej powierzchni kondygnacji), **Obciążenie wiatrem** (generowane automatycznie dla każdego kierunku X, Y w zależności od wybranej normy i zdefiniowanych długości elewacji) oraz **Obciążenie sejsmiczne** (zależne od wybranej normy).

Możliwe jest dodanie dodatkowych przypadków obciążeń do tych wygenerowanych automatycznie, które w poprzednich wersjach były nazywane **Obciążeniami wyjątkowymi**, zarówno do przypadków **Obciążeń stałych**, jak i **Obciążeń użytkowych**, niezależnie od tego, czy są to obciążenia skupione, liniowe, czy powierzchniowe.

W ten sposób możliwe jest tworzenie dodatkowych przypadków obciążeń o różnym charakterze (stałe, użytkowe, wiatrem, śniegiem i sejsmiczne) i łączenie ich z tymi już utworzonymi automatycznie i ze sobą nawzajem (nie ma kompatybilności z automatycznymi obciążeniami wiatrowymi i sejsmicznymi).

Możliwe jest również zdefiniowanie dodatkowych przypadków obciążeń związanych z Parciem gruntu i Obciążeniami wyjątkowymi.

W każdym przypadku obciążeń można utworzyć różne układy obciążeń, tworząc zestawy, które z kolei można ze sobą łączyć, ustalając możliwość ich jednoczesnego działania, poprzez przypisanie jako kompatybilne, niekompatybilne i jednoczesne.

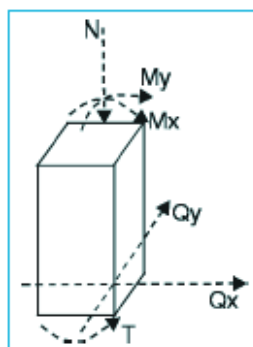
Podczas tworzenia dodatkowych przypadków obciążeń można określić, czy mogą być one ze sobą łączone.

Po zdefiniowaniu wszystkich przypadków obciążeń, rozmieszczenia obciążeń, jednoczesności i trybach kombinacji (oraz w zależności od norm definiujących oddziaływanie, użyte materiały i kategorie użytkowania budynku) automatycznie generowane są wszystkie kombinacje dla wszystkich Stanów Granicznych, zarówno pod kątem zmęczenia materiału, naprężeń w gruncie przy fundamencie, jak i przemieszczenia węzłów. Możliwe jest również sprawdzenie odporności ogniowej.

To wszystko jest konfigurowane w opcji *Oddziaływania* w *Danych ogólnych* projektu. Znajduje to również zastosowanie w zintegrowanych konstrukcjach 3D.

Obciążenia pionowe słupów

Można zdefiniować obciążenia (N, M_x, M_y, Q_x, Q_y, T) działające w górnej części dowolnego słupa. Odnoszą się one do osi ogólnych i można je zdefiniować dla dowolnego przypadku obciążenia, niezależnie od tych uzyskanych z analizy. Poniższy schemat wskazuje dodatni kierunek obciążeń:



Rysunek 10

W celu uproszczenia obliczeń, słupy lub startery z przyłożonymi obciążeniami można wprowadzić na płytach fundamentowych lub belkach fundamentowych.

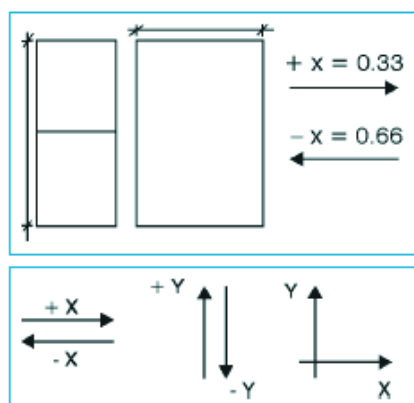
Obciążenia poziome słupów

Można zdefiniować obciążenia skupione na dowolnej wysokości słupa. Mogą one odnosić się do lokalnych osi słupa lub do ogólnych osi konstrukcji.

1.5.2 Obciążenia poziome

Obciążenia wiatrem

Program automatycznie generuje obciążenia poziome dla każdej kondygnacji, zgodnie z wybraną normą, w dwóch ortogonalnych kierunkach X, Y lub tylko w jednym, oraz w obu zwrotach (+X, -X, +Y, -Y). Można zdefiniować współczynnik obciążenia dla każdego kierunku i zwrotu działania wiatru, który jest mnożony przez całkowite ciśnienie wiatru. Jeśli budynek jest wolnostojący, parcie będzie występować po stronie nawietrznej, a ssanie po stronie zawietrznej. Zwykle szacuje się, że parcie wynosi $2/3 = 0.66$, a ssanie $1/3 = 0.33$ całkowitego ciśnienia. Tak więc dla wolnostojącego budynku współczynnik obciążenia wynosi $1 (2/3 + 1/3 = 1)$ dla każdego kierunku. Jeśli budynek jest osłonięty z lewej strony z uwagi na obecność sąsiedniego budynku w kierunku X, wówczas współczynniki wiatru mogą zostać zmodyfikowane w celu odzwierciedlenia tej sytuacji. W takim przypadku przyjmuje się, że $+X = 0.33$, ponieważ ssanie występuje tylko po stronie zawietrznej, a $-X = 0.66$, ponieważ parcie występuje tylko po stronie nawietrznej.



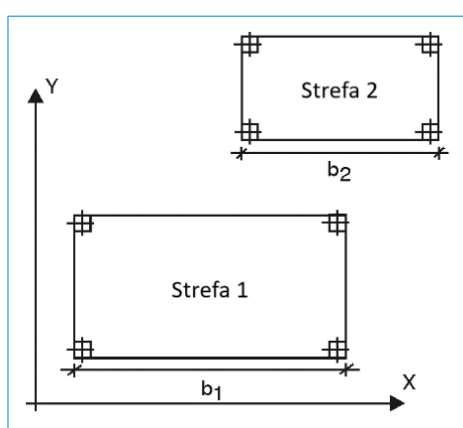
Rysunek 11

Szerokość pasma jest definiowana jako długość elewacji prostopadła do kierunku wiatru. Jest definiowana dla każdej kondygnacji i może się różnić dla każdej z nich. Gdy wiatr działa w kierunku X, należy podać szerokość pasma y, a gdy działa w kierunku Y, szerokość pasma x.

Gdy na tej samej kondygnacji znajdują się oddzielne strefy, całkowite obciążenie rozkłada się proporcjonalnie do szerokości każdej strefy w odniesieniu do całkowitej szerokości B zdefiniowanej dla tej kondygnacji.

Gdzie B jest szerokością pasma zdefiniowaną, gdy wiatr działa w kierunku Y. Wartości b_1 i b_2 są obliczane geometrycznie przez CYPECAD zgodnie ze współrzędnymi skrajnych słupów każdej strefy. W związku z tym szerokości pasma stosowane w każdej strefie będą następujące:

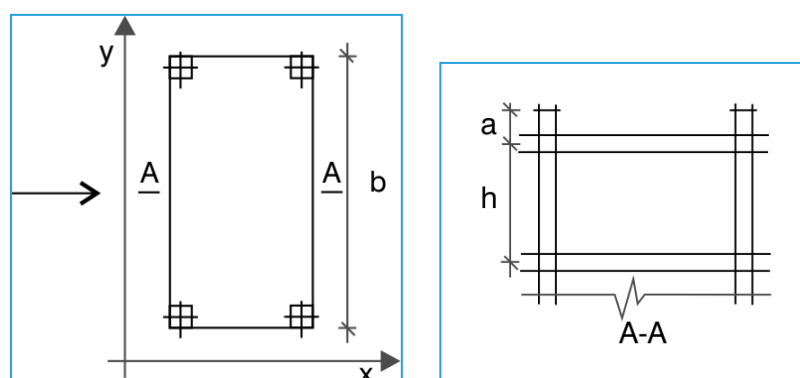
$$B_1 = \frac{b_1}{b_1 + b_2} \cdot B \quad B_2 = \frac{b_2}{b_1 + b_2} \cdot B$$



Rysunek 12

Znając szerokość pasma danej kondygnacji oraz wysokości kondygnacji powyżej i poniżej, można obliczyć powierzchnię narażoną na działanie wiatru. Wystarczy pomnożyć półsumę wysokości kondygnacji przez szerokość pasma. Następnie, mnożąc uzyskaną powierzchnię przez całkowite ciśnienie wiatru na danej wysokości oraz współczynnik obciążenia, otrzymuje się obciążenie wiatrem działające na tę kondygnację w określonym kierunku.

Jeśli na dachu znajdują się balustrady (lub jednolita ściana obwodowa), można to uwzględnić, proporcjonalnie modyfikując szerokość pasma b i używając b' .



Rysunek 13

$$b' = b \cdot \frac{a+h/2}{h/2} = b \cdot \frac{2a+h}{h}$$

Jako ogólną metodę automatycznego obliczania wiatru można wybrać **Metodę ogólną**.

Po zdefiniowaniu kierunków działania wiatru, współczynników obciążenia i szerokości pasm dla poszczególnych kondygnacji należy wybrać krzywą wysokość-ciśnienie. Dostępna jest biblioteka, w której można wybierać istniejące krzywe i tworzyć nowe. W przypadku tych krzywych dla każdej wysokości definiowane jest ciśnienie całkowite, interpolowane dla wysokości pośrednich, co jest niezbędne do obliczenia ciśnienia na wysokości każdego piętra budynku.

Współczynnik kształtu jest definiowany jako współczynnik mnożnikowy, który umożliwia skorygowanie obciążenia wiatrem w zależności od smukłości budynku oraz od jego kształtu, niezależnie od tego, czy jest on na rzucie z góry prostokątny, cylindryczny itp.

Można również zdefiniować **Współczynnik porywów wiatru**. Jest to współczynnik, który zwiększa obciążenie wiatrem, aby uwzględnić położenie geograficzne budynku w odsłoniętych miejscach, takich jak doliny, zbocza itp., które ze względu na ich ekspozycję i wyższe prędkości wiatru powinny być brane pod uwagę.

Całkowite obciążenie wiatrem przyłożone do każdej kondygnacji uzyskuje się jako iloczyn ciśnienia na jej wysokości, odsłoniętej powierzchni, współczynników kształtu i porywów wiatru. Punktem przyłożenia wspomnianego obciążenia wiatrem na każdej kondygnacji jest geometryczny środek kondygnacji określony przez obwód kondygnacji. Wartość obciążenia wiatrem przyłożonego na każdym piętrze można sprawdzić i wyświetlić w raporcie.

Dla każdej zdefiniowanej normy ciśnienie jest obliczane automatycznie, ale wymaga określenia pewnych danych, które można sprawdzić w ramach używanej normy.

W przypadku **Zintegrowanych konstrukcji 3D** obciążenia nie są generowane automatycznie, należy je wprowadzić ręcznie w węzłach i prętach. W przypadku zdefiniowania dodatkowych przypadków obciążeń można utworzyć kombinację z obciążeniami automatycznymi.

Szczególnie ważne jest sprawdzenie kombinatoryki i jej zgodności z przypadkami obciążeń podczas importowania projektu z program CYPE 3D jako zintegrowanej konstrukcji 3D, a w szczególności, jeśli projekt ten miał już istniejące przypadki obciążeń wiatrem wygenerowane przez program Portal frame generator.

Obciążenia sejsmiczne

Szczegółowe informacje na temat obliczeń sejsmicznych przeprowadzanych przez program CYPECAD można znaleźć w podręczniku dostępnym w języku angielskim pod tym linkiem:

<https://learning.cype.com/en/documents/cypecad-calculations-manual>.

Wpływ skręcania

Po przeprowadzeniu obliczeń dynamicznych uzyskuje się moment i całkowitą siłę tnącą spowodowaną oddziaływaniem sejsmicznym na budynek. Dzieląc oba, uzyskuje się mimośród w odniesieniu do środka masy. W zależności od norm dotyczących oddziaływań sejsmicznych w danym kraju mimośród ten jest porównywany z minimalnym mimośrodem określonym w tych normach, a jeśli jest on niższy, tryb rotacyjny lub obrotowy jest zwiększany tak, aby uzyskać co najmniej ten minimalny mimośród.

Jeśli użytkownik zdecydowałby się na analizę trzęsienia ziemi konstrukcji w sposób ogólny (Spektralna analiza modalna), minimalny mimośród uwzględniany przez program wynosi 0.05.

Jest to szczególnie ważne w przypadku konstrukcji symetrycznych.

Ścinanie podstawy

Gdy ścinanie podstawy spowodowane dynamicznym obciążeniem sejsmicznym jest mniejsze niż 80% statycznego ścinania podstawy, proporcja zostanie zwiększona, aby nie była mniejsza niż ta wartość.

Uwzględnienie efektów drugiego rzędu ($P\Delta$)

Opcjonalnie, podczas definiowania przypadków dotyczących obciążenia wiatrem lub trzęsienia ziemi, można rozważyć obliczenie zwiększenia sił wewnętrznych powstających w wyniku działania tych obciążeń poziomych. Zaleca się aktywowanie tej opcji w obliczeniach.

Metoda opiera się na efekcie P-delta wynikającym z przemieszczeń spowodowanych oddziaływaniami poziomymi, w prosty sposób uwzględniając efekty drugiego rzędu na podstawie analizy pierwszego rzędu oraz liniowe zachowanie materiałów, z właściwościami mechanicznymi obliczonymi na podstawie przekrojów brutto materiałów i ich sieciowych modułów sprężystości.

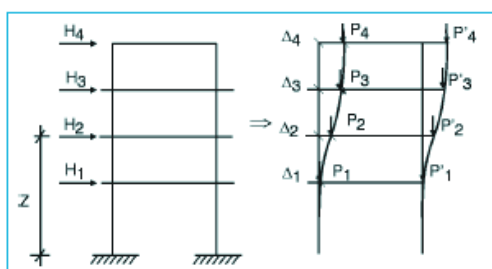
Pod wpływem oddziaływania poziomego na każdej kondygnacji „i” działa siła H_i . Konstrukcja odkształca się, a na każdym poziomie słupa występują przemieszczenia Δ_{ij} . Na każdy słup „j” i na każdym poziomie kondygnacji działa obciążenie o wartości P_{ij} dla każdego przypadku grawitacyjnego, przekazywane przez strop na słup „j” na kondygnacji „i”.

Definiowany jest moment wywracający M_H spowodowany oddziaływaniem poziomym H_i na poziomie z_i w odniesieniu do poziomu 0.00 lub poziomu bez przemieszczeń poziomych, w każdym kierunku jego działania:

$$M_H = \sum H_i \cdot z_j$$

i: Liczba kondygnacji

j: Liczba słupów



Rysunek 14 Oddziaływanie wiatru

Podobnie definiowany jest moment P-delta, $M_{P\Delta}$, wynikający z obciążeń przenoszonych przez stropy na słupy P_{ij} , dla każdego ze zdefiniowanych przypadków grawitacyjnych (k), ze względu na przemieszczenia spowodowane oddziaływaniem poziomym Δ_i .

$$M_{P\Delta k} = \sum_i \sum_j P_{ij} \Delta_i$$

gdzie:

k: Dla każdego przypadku obciążenia grawitacyjnego (ciężar własny, obciążenie zmienne...)

Następujący współczynnik:

$$C_k = \frac{M_{P\Delta k}}{M_{HK}}$$

określa wskaźnik stateczności dla każdego przypadku obciążenia grawitacyjnego i dla każdego kierunku siły poziomej. Jeśli zostanie on obliczony, współczynnik amplifikacji zastosowany do współczynnika bezpieczeństwa zastosowanego przypadku obciążenia można uzyskać dla wszystkich kombinacji, w których działają siły poziome. Wartość ta jest określana jako γ_z i jest obliczana przy użyciu następującego wzoru:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \left(\sum \gamma_{f_{gi}} \cdot C_i + \sum \gamma_{f_{qi}} \cdot C_j \right)}$$

gdzie:

$\gamma_{f_{gi}}$: Współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych przypadku obciążenia „i”

$\gamma_{f_{qi}}$: Współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń zmiennych przypadku obciążenia „j”

γ_z : Współczynnik stateczności globalnej

W celu obliczenia przemieszczeń spowodowanych każdym przypadkiem oddziaływań poziomych należy pamiętać, że przeprowadzono analizę pierwszego rzędu, z przekrojami brutto elementów. Jeśli oblicza się siły wewnętrzne w celu wymiarowania konstrukcji w stanach granicznych nośności, logiczne wydaje się, że obliczenia przemieszczeń powinny być przeprowadzane przy użyciu przekrojów zarysowanych i ujednoliconych, co jest bardzo pracochłonne, biorąc pod uwagę, że implikuje to nieliniowość materiałów, geometrii i stanów obciążenia. Sprawia to, że jest to nieoptyczne z praktycznego punktu widzenia przy użyciu zwykłych sposobów obliczeniowych. Dlatego należy wprowadzić uproszczenie polegające na założeniu zmniejszenia sztywności przekrojów, co pociąga za sobą wzrost przemieszczeń, ponieważ są one odwrotnie proporcjonalne. Program żąda zwiększenia lub

podania „mnożnika przemieszczeń” w celu uwzględnienia wspomnianego zmniejszenia sztywności.

Pod tym względem nie ma jednego kryterium, więc decyzję o przyjęciu takiej lub innej wartości pozostawia się ocenie projektanta w zależności od rodzaju konstrukcji, szacowanego stopnia zarysowania, innych elementów usztywniających, schodów itp.

W Brazylii powszechnie stosuje się współczynnik redukcji modułu sprężystości wzdłużnej wynoszący 0.90 oraz współczynnik redukcji momentu bezwładności przekroju zarysowanego w odniesieniu do momentu bezwładności brutto wynoszącego 0.70. W związku z tym sztywność jest zmniejszana przez te współczynniki:

$$\text{Zredukowana sztywność} = 0.90 \cdot 0.70 \cdot \text{Sztywność przekroju brutto} = 0.63 \cdot \text{Sztywność przekroju brutto}$$

Ponieważ przemieszczenia są odwrotnością sztywności, mnożnik przemieszczeń będzie równy $1 / 0.63 = 1.59$, wartość, którą należy wprowadzić jako dane w programie. Zasadniczo uważa się, że jeśli $\gamma_z > 1.20$, konstrukcja powinna być bardziej usztywniona w tym kierunku, ponieważ konstrukcja jest bardzo odkształcalna i mało stabilna w tym kierunku. Jeśli $\gamma_z < 1.1$, jego wpływ będzie niewielki i praktycznie nieistotny.

W nowej normie NB-1/2000, jako uproszczenie, zaleca się zwiększenie przemieszczeń, mnożąc je przez $1/0.7 = 1.43$ i ograniczenie wartości γ_z do 1.3.

W normie „CEB-FIP Model Code 1990” zastosowano metodę zwiększania momentów, której zaleceniem jest, aby w przypadku braku dokładniejszych obliczeń, zmniejszyć sztywność o 50% lub, innymi słowy, zastosować współczynnik zwiększania przemieszczeń równy $1/0.50 = 2.00$. Przy tym założeniu można uznać, że jeśli $\gamma_z > 1.50$, konstrukcja musi być bardziej usztywniona w tym kierunku, ponieważ jest ona bardzo odkształcalna i mało stateczna w tym kierunku. Nie jest konieczne uwzględnianie efektów drugiego rzędu, jeśli $\gamma_z < 1.1$, chociaż zawsze zalecamy ich aktywację.

W normie ACI-318-95 istnieje wskaźnik stateczności Q dla każdej kondygnacji, a nie dla budynku jako całości, chociaż można ustalić związek ze współczynnikiem stateczności globalnej, jeśli kondygnacje są bardzo podobne:

$$\gamma_z: \text{ globalny współczynnik stateczności} = 1 / (1-Q)$$

Limit w kwestii uznania piętra za nietraslacyjne (nieprzechyłowe), lub co w tym przypadku byłoby limitem dla jego uwzględnienia, lub nie, można przyjmować jako $Q = 0.05$, czyli: $1 / 0.95 = 1.05$.

W tym przypadku należy to obliczyć i uwzględnić za każdym razem, gdy wartość ta zostanie przekroczona, co ostatecznie prowadzi do uwzględniania obliczeń praktycznie przez cały czas i zwiększania sił wewnętrznych za pomocą tej metody.

W kwestii mnożnika przemieszczeń wskazuje się, że z uwagi na tymczasowość i krótki czas trwania oddziaływań poziomych można rozważyć zmniejszenie momentu bezwładności o około 70%. Ponieważ moduł sprężystości jest niższy ($15100 / 19000 = 0.8$), tj. współczynnik zwiększający przemieszczenia wynosi $1 / (0.7 \cdot 0.8) = 1.78$, zgodnie z globalnym współczynnikiem stateczności rozsądne byłoby nieprzekraczanie wartości 1.35.

Można zauważyć, że wzorcowe kryterium normowe jest wskazane, a zarazem łatwe do zapamiętania, oraz zalecane we wszystkich przypadkach:

Mnożnik przemieszczeń = 2

Limit współczynnika stateczności globalnej = 1.5

Z drugiej strony prawdą jest, że w budynkach zawsze występują elementy usztywniające, takie jak elewacje, schody, ściany nośne itp., które zapewniają mniejsze przemieszczenia w przypadku oddziaływań poziomych niż te obliczone. Z tego powodu program pozostawia mnożnik przemieszczeń wynoszący 1.00. Decyzja o jego modyfikacji należy do projektanta, ponieważ nie wszystkie elementy mogą być dyskretyzowane w obliczeniach konstrukcji.

Po zakończeniu obliczeń można sprawdzić obliczone wartości dla każdej z kombinacji w zakładce: **Projekt > Dane ogólne > w zakładce Oddziaływania > „Z oddziaływaniem wiatru” i „Z oddziaływaniem sejsmicznym” > Z efektami drugiego rzędu > Współczynniki nadwyżki** i wydrukować raport z wynikami w opcji Raporty, pokazujący maksymalną wartość współczynnika stateczności globalnej dla każdego z kierunków.

Może się też zdarzyć, że konstrukcja nie będzie stateczna, w którym to przypadku przed zakończeniem obliczeń pojawi się komunikat ostrzegający o wystąpieniu zjawiska globalnej niestateczności. Nastąpi to, gdy wartość γ_z dąży do nieskończoności lub, co jest równoznaczne ze wzorem, staje się zerowa lub ujemna, ponieważ:

$$\sum(\gamma_{fji} \cdot C_i + \gamma_{fqi} \cdot C_j) \geq 1$$

Może być to przeanalizowane pod kątem wiatru i/lub trzęsienia ziemi i jest to zawsze zalecane jako alternatywna metoda obliczania efektów drugiego rzędu, szczególnie w przypadku konstrukcji translacyjnych lub lekko translacyjnych, takich jak większość budynków.

Należy pamiętać, że przypadek obciążenia zmiennego jest rozpatrywany w całości, a ponieważ program nie wykonuje automatycznej redukcji obciążenia zmiennego, zaleca się powtórzenie obliczeń poprzez wcześniejsze zmniejszenie obciążenia zmiennego, co byłoby właściwe tylko dla obliczeń słupów.

W przypadku normy ACI 318, po przeanalizowaniu stateczności budynku, redukcja sztywności dla wymiarowania słupów odbywa się poprzez zastosowanie wzoru wskazanego w załączniku do norm programu.

W takim przypadku i biorąc pod uwagę złożoność obliczania współczynników wyboczeniowych poprzez określenie sztywności pręta na każdym końcu słupa, wystarczająco bezpieczne jest przyjęcie współczynników wyboczeniowych o wartości = 1. Dzięki temu będzie można obliczać fikcyjny lub dodatkowy mimośród drugiego rzędu jako pojedynczy pręt, wraz ze zwiększającym efektem P-delta rozważanej metody. W ten sposób uzyskuje się rozsądne wyniki w zakresie smukłości określonych przez poszczególne normy.

Decyzję w tej kwestii pozostawia się użytkownikowi, ponieważ jest to metoda alternatywna. W razie potrzeby może on zdecydować się na ścisłe stosowanie odpowiednich norm.

1.6 Zastosowane materiały

Wszystkie materiały są wybierane z list w programie. Właściwości materiału są zdefiniowane w pliku. Dane, które należy określić dla każdego przypadku to:

1.6.1 *Beton na fundamenty, stropy, słupy i ściany*

Istnieje plik zawierający listę typów betonu określonych przez ich wytrzymałość charakterystyczną, współczynnik redukcyjny, sieczny moduł sprężystości, współczynnik Poissona $\nu = 0,2$, zdefiniowanych zgodnie z normą.

Beton może być różny dla każdego elementu. Ponadto w słupach może być on różny dla każdej kondygnacji. Wartości te odpowiadają wartościom najczęściej przyjmowanym w normie.

1.6.2 *Stal zbrojeniowa*

Istnieje plik zawierający listę typów stali określonych przez ich granicę plastyczności, współczynnik redukcyjny i moduł sprężystości zdefiniowane zgodnie z normą.

Jest ona zawsze brana pod uwagę ze względu **na położenie i typ elementu**.

Stal może być różna w zależności od tego, od jej przeznaczenia:

Słupy, ściany, ściany usztywniające i krótkie wsporniki

- Pręty (pionowe i poziome)
- Strzemiona

Belki stropowe i fundamentowe

- Zbrojone na moment ujemny
- Zbrojone na moment dodatni
- Zbrojone montażowe
- Zbrojenie przypowierzchniowe
- Strzemiona

Stropy i płyty fundamentowe

- Przebicie i ścinanie
- Zbrojenie górne w płytach
- Zbrojenie dolne w płytach
- Zbrojenie górne w stropach kasetonowych i jednokierunkowych
- Zbrojenie dolne w stropach kasetonowych

Stopy, ławy fundamentowe i oczepy pali

1.6.3 Stal na słupy stalowe, belki stalowe i płyty kotwiące

CYPECAD umożliwia wykorzystanie stalowych belek i słupów, w którym to przypadku należy wskazać rodzaj stali, która ma zostać użyta. Istnieje biblioteka stali, które można wybrać według nazwy. Informacje w niej zawarte nie mogą być modyfikowane przez użytkownika. W tej bibliotece znajdują się moduły sprężystości, granica plastyczności, współczynnik Poissona i wszystkie parametry niezbędne do obliczeń. Można stosować kształtowniki ze stali zimnogiętej, walcowanej czy też kształtowniki spawane. W przypadku płyt kotwiących, w miejscu rozpoczęcia słupa stalowego definiowana jest stal płyt i elementów usztywniających, a także stal i typ śrub kotwiących. Używane rodzaje stali i średnice są wstępnie zdefiniowane w programie i nie można ich zmienić.

Materiały, które będą używane w zintegrowanych konstrukcjach 3D, należy zdefiniować dla każdego pręta, czy to drewnianego, czy stalowego.

1.6.4 Materiały zintegrowanych konstrukcji 3D

Materiały, które zostaną użyte w zintegrowanych konstrukcjach 3D (stal, drewno, aluminium, beton lub materiał ogólny) definiuje się w menu **Projekt > Dane ogólne**.

1.7 Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa są ustalane zgodnie z właściwościami materiałów, które mają zostać użyte, z oddziaływaniami na konstrukcję, a także z metodą obliczeniową, która ma zostać zastosowana, określoną w wybranej normie.

1.7.1 *Metoda obliczeniowa*

Do obliczenia częściowych współczynników bezpieczeństwa stosuje się **Metodę stanów granicznych** lub metodę stosowaną dla poszczególnych wybranych norm.

1.7.2 *Materiały*

Współczynniki redukcji stosowane do używanych materiałów są zdefiniowane dla poszczególnych norm. Można zapoznać się z sekcjami odpowiadającymi każdej normie.

Podczas wyboru materiału wskazywany jest poziom kontroli wykonania (jeśli istnieje), a tym samym wstępnie zdefiniowany współczynnik w pliku powiązany z normą.

1.7.3 *Obciążenia*

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa należy stosować w zależności od poziomu kontroli wykonania i przewidywalnych szkód, określonych w projekcie i wykonanych na miejscu, a także sposobu użytkowania konstrukcji.

Ponadto należy wziąć pod uwagę, czy efekt oddziaływań jest korzystny, czy niekorzystny, a także pochodzenie poszczególnych oddziaływań.

Te wartości mogą się różnić i należy je ustalić dla każdej kombinacji. W tym celu należy odczytać częściowe współczynniki bezpieczeństwa i jednocześnie zdefiniowane w odpowiednim pliku kombinacji, w zależności od liczby przypadków obciążeń dla każdego z prostych przypadków obciążeń, zgodnie z ich pochodzeniem. Plik częściowych współczynników bezpieczeństwa powiązanych z normą nie może być modyfikowany przez użytkownika, chociaż może on definiować własne kombinacje.

1.8 Kombinacje

Po zdefiniowaniu podstawowych prostych przypadków obciążeń uczestniczących w obliczeniach, w zależności od stosowanej normy, konieczne jest sprawdzenie zestawu stanów granicznych, które mogą wymagać weryfikacji równowagi, naprężeń, zniszczenia, zarysowania, odkształceń itp. Wszystko to jest zawarte w obliczeniach stanów granicznych, które mogą również zależeć od zastosowanego materiału. Dla każdego z tych stanów

definiowany jest zestaw kombinacji z odpowiadającymi im częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa, które program generuje automatycznie i które należy wybrać do obliczeń, sprawdzając następujące stany:

- S.G.N. zniszczenia. Beton. Wymiarowanie przekrojów.
- S.G.N. zniszczenia. Beton na fundamenty. Wymiarowanie przekrojów.
- Naprężenia w gruncie. Weryfikacja naprężeń w gruncie.
- Przemieszczenia. Uzyskiwanie maksymalnych przemieszczeń konstrukcji.
- S.G.N. zniszczenia. Stal walcowana i przekroje spawane. Wymiarowanie przekrojów.
- S.G.N. zniszczenia. Stal zimnogięta. Wymiarowanie przekrojów.
- S.G.N. zniszczenia. Drewno. Wymiarowanie przekrojów.
- S.G.N. zniszczenia, Aluminium. Wymiarowanie przekrojów.
- S.G.N – stan graniczny nośności. Również oznaczany U.L.S.

W związku z tym można zdefiniować grupy kombinacji i aktywować stany, które mają być sprawdzane w obliczeniach dla danej aktywnej normy, a także częściowe współczynniki bezpieczeństwa, które mają być stosowane. W normach każdego kraju zwykle uwzględnia się następujące stany, które opisano poniżej.

1.8.1 *Stany graniczne nośności*

Są one definiowane w celu weryfikacji i zaprojektowania przekrojów. Zazwyczaj wskazuje się wspomniane wcześniej grupy kombinacji dla betonu, stali walcowanej, stali spawanej, stali zimnogiętej, drewna i aluminium. Nie są one uwzględniane w normach wykorzystujących naprężenia dopuszczalne.

1.8.1.1 *Sytuacje obliczeniowe*

Dla poszczególnych sytuacji obliczeniowych kombinacje oddziaływań zostaną określone zgodnie z następującymi kryteriami:

Sytuacje niesejsmiczne

- Ze współczynnikami kombinacji

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Qi} \psi_{ai} Q_{ki}$$

- Bez współczynników kombinacji

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Sytuacje sejsmiczne

- Ze współczynnikami kombinacji

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{ai} Q_{ki}$$

- Bez współczynników kombinacji

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

gdzie:

G_k : Obciążenie stałe

Q_k : Obciążenie zmienne

A_E : Obciążenie sejsmiczne

γ_G : Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych

γ_{Q1} : Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla wiodących obciążeń zmiennych

γ_{Qi} : Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla towarzyszących obciążeń stałych

($i > 1$) dla niesejsmicznych sytuacji projektowych

($i \geq 1$) dla sejsmicznych sytuacji projektowych

γ_A : Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń sejsmicznych

ψ_{p1} : Współczynnik dla wartości kombinacyjnej wiodącego obciążenia zmiennego

ψ_{a1} : Współczynnik dla wartości kombinacyjnej towarzyszącego obciążenia zmiennego

($i > 1$) dla niesejsmicznych sytuacji projektowych

($i \geq 1$) dla sejsmicznych sytuacji projektowych

1.9 Wprowadzanie danych

Dane, które należy wprowadzić w celu przeprowadzenia obliczeń projektu, są następujące:

1.9.1 *Dane ogólne projektu*

Dane zawarte w punktach od 3 do 6 są wybierane z listy materiałów.

1. Normy dotyczące betonu, stali (zimnogiętej i walcowanej), drewna, aluminium, ścian murowanych i płyt zespolonych.
2. Opis projektu (2 wiersze).
3. Beton w stropach.
4. Beton w fundamentach, dane fundamentów.
5. Beton w słupach i ścianach usztywniających. Może być inny dla każdego piętra.
6. Beton w ścianach. Może być inny dla każdego piętra.

6.1. Ogólne właściwości ścian murowanych:

Moduł sprężystości E

Moduł ścinania G

Ciężar właściwy

Naprężenie obliczeniowe przy ściskaniu

Naprężenie obliczeniowe przy rozciąganiu

Uwzględnienie sztywności na ścinanie

W przypadku bloczków betonowych wybiera się zaprawę i wytrzymałość muru oraz stal na zbrojenie spoin ściennych.

7. Stal na zbrojenie dodatkowe w elementach żelbetowych

7.1. W słupach, ścianach usztywniających i krótkich wspornikach:

Pręty pionowe

Strzemiona

Program posiada dwie zakładki: jedną dla stropów i drugą dla fundamentów

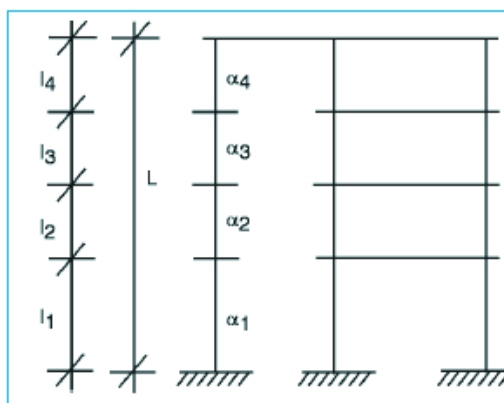
7.2. Dla belek:

Zbrojenie na moment ujemny (dolne zbrojenie dodatkowe w belkach fundamentowych)

- Zbrojenie na moment dodatni (górne zbrojenie dodatkowe w belkach fundamentowych)
- Zbrojenie montażowe (dolne zbrojenie w belkach fundamentowych)
- Zbrojenie przypowierzchniowe (na powierzchniach bocznych)
- Strzemiona
- 7.3. Dla stropów
 - Zbrojenie na przebicie i ścinanie
 - Zbrojenie na moment ujemny w płytach pełnych (górne w fundamencie)
 - Zbrojenie na moment dodatni w płytach pełnych (dolne w fundamencie)
 - Zbrojenie na moment ujemny w stropach kasetonowych, pogrubionych strefach przysłupowych i stropach jednokierunkowych
 - Zbrojenie na moment dodatni w stropach kasetonowych, pogrubionych strefach przysłupowych i „in situ”
- 8. Stal w kształtownikach na belki i słupy metalowe
 - 8.1. Stal zimnogięta
 - 8.2. Stal walcowana na gorąco
- 9. Oddziaływania wiatru
- 10. Oddziaływania sejsmiczne
- 11. Weryfikacja odporności ogniowej
- 12. Dodatkowe przypadki obciążeń (obciążenia wyjątkowe).
- 13. Stany graniczne (kombinacje)
 - 13.1. Beton
 - 13.2. Fundamenty
 - 13.3. Stal zimnogięta
 - 13.4. Stal walcowana
 - 13.5. Drewno
 - 13.6. Aluminium
 - 13.7. Naprężenia w gruncie
 - 13.8. Przemieszczenia
- 14. Współczynniki wybożenia dla każdego piętra w każdym kierunku
 - 14.1. Słupy betonowe
 - 14.2. Słupy stalowe

Współczynniki te można zdefiniować niezależnie dla każdego piętra i każdego słupa. Program domyślnie przyjmuje wartość $\alpha = 1$ (zwaną również β), a jeśli użytkownik uzna to za konieczne, może ją zmienić ze względu na typ konstrukcji i połączenia słupa z belkami i stropem w obu kierunkach.

Należy zwrócić uwagę na następujący przypadek (Rysunek 15), przedstawiający analizę wartości współczynnika wybożenia dla słupa, który nie będąc utwierdzony na kilku kolejnych kondygnacjach, może ulec wybożeniu na całej swojej wysokości:



Rysunek 15

Gdy słupek jest odłączony w obu kierunkach i na kilku kolejnych kondygnacjach, jest on wymiarowany niezależnie w każdym odcinku pomiędzy stropami, więc dla celów smukłości i obliczenia długości wybożeniowej „ l_0 ”, program przyjmie maksymalną wartość „ α ” wszystkich kolejnych odłączonych odcinków, pomnożoną przez długość całkowitą = sumę wszystkich długości.

$$\alpha = \text{MAX}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \dots)$$

$$l = \sum l_i = (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \dots)$$

Wiadomo, że $l_0 = \alpha \cdot l$ (dla obu lokalnych kierunków X i Y słupa, z odpowiadającą im wartością).

Gdy słupek zostanie odłączony w jednym kierunku na kilku kolejnych piętrach, program przyjmie dla każdego odcinka, na każdym piętrze „ i ” wartość $l_0 = \alpha_i \cdot l_i$, nie wiedząc o fakcie odłączenia.

Dlatego, jeśli odłączenie ma być skuteczne w kierunku, w którym zostało zadane, należy uzyskać wartość każdego „ α_i ”, tak aby α było odpowiadającą wartością dla całego odłączonego odcinka „ l ”.

Wartość każdego odcinka „ i ” będzie wynosić:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^n l_j}{l_i}$$

W bieżącym przykładzie $\alpha_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_3} \cdot \alpha$

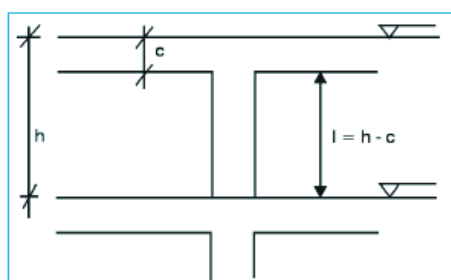
Dlatego, podczas obliczania przez program długości wyboconej kondygnacji 3., jest obliczane:

$$l_{03} = \alpha_3 \cdot l_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_3} \cdot \alpha \cdot l_3 =$$

$$= (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \cdot \alpha = \alpha \cdot l$$

co zgadza się z wartością wskazaną dla całego odłączonego odcinka, nawet jeśli obliczenia będą przeprowadzane dla każdego piętra, co jest prawidłowe, ale zawsze będą one przeprowadzane dla długości $\alpha \cdot l$.

Wysokość brana pod uwagę przy obliczeniach wyboconienia to wysokość słupa w świetle, tj. wysokość kondygnacji pomniejszona o wysokość belki lub stropu o największej wysokości przy słupie.



Rysunek 16

Ostateczna wartość „a” dla słupa jest iloczynem „a” stropu i „a” odcinka.

Decyzję o zmianie wartości „a” w każdym z kierunków lokalnych osi słupów pozostawia się projektantowi, ponieważ poszczególne normy zasadniczo nie określają sposobu wyznaczania tych współczynników, z wyjątkiem ram, a ponieważ zachowanie przestrzenne konstrukcji nie odpowiada trybom wyboconienia ramy, lepiej jest nie podawać tych wartości w niedokładny sposób.

1.9.2 Obciążenia. Grupy

Ta sekcja obejmuje uwzględnienie lub nie oddziaływań poziomych, wiatru i/lub trzęsienia ziemi oraz norm, które należy zastosować dla każdego przypadku. Program wewnętrznie wybiera kombinatorykę dla każdego stanu granicznego.

Podobnie dobierane są częściowe współczynniki bezpieczeństwa z uwzględnieniem zastosowanych materiałów i występujących oddziaływań. Ponadto wybierane są dodatkowe przypadki obciążeń i do każdego z nich przypisywane jest ich pochodzenie.

Należy również wskazać całkowity ciężar własny i obciążenia użytkowe każdej kondygnacji, wskazując je w danych każdej grupy. Ciężar własny stropu jest wskazywany w pliku zawierającym jego opis.

1.9.3 *Obciążenie wiatrem*

Należy wybrać normę, która ma zostać zastosowana. Więcej informacji na ten temat znajduje się w sekcji odpowiadającej stosowanym normom.

1.9.4 *Obciążenie sejsmiczne*

Jeśli występują obciążenia sejsmiczne, dane będą zgodne z wyborem obowiązujących norm. Więcej informacji na ten temat znajduje się w sekcji odpowiadającej stosowanym normom.

Uwaga: *Należy pamiętać, że w dodatkowych przypadkach obciążenia można zdefiniować obciążenia związane z przypadkami obciążenia wiatrem lub sejsmicznymi, jeśli nie zostały one wcześniej wygenerowane automatycznie.*

1.9.5 *Odporność ogniowa*

Dla każdej grupy i elementu konstrukcyjnego określa się powłokę ochronną (jeśli występuje), wymaganą odporność ogniową i to, czy strop spełnia funkcję podziału na przedziały.

1.9.6 *Dodatkowe przypadki obciążeń (obciążenia wyjątkowe)*

Dodatkowe przypadki obciążeń (obciążenia wyjątkowe) mogą być definiowane automatycznie i różnią się od tych zdefiniowanych ogólnie:

- Obciążenia stałe (ciężar własny stropów + ciężary własne) = (obciążenie stałe)
- Obciążenia użytkowe zdefiniowane w danych grup (obciążenie zmienne)
- Obciążenia wiatrem zgodnie z normą (wiatr)
- Obciążenia sejsmiczne zgodnie z normą (trzęsienie ziemi)

Jeśli chcesz zdefiniować obciążenia (skupione, liniowe lub powierzchniowe), które są uwzględnione w tych ogólnych przypadkach obciążeń, należy je najpierw utworzyć. Domyślnie zawsze definiowane jest obciążenie stałe i obciążenie użytkowe.

Jeśli chcesz utworzyć przypadek obciążenia z naprzemiennością obciążeń zmiennych, tj. niedziałających jednocześnie w jakiejś kombinacji, należy zdefiniować tyle dodatkowych przypadków obciążenia, ile niezależnych obciążeń bierzesz pod uwagę. Można również użyć układów obciążeń w ramach każdego przypadku obciążenia.

Kombinacje są generowane automatycznie na podstawie zdefiniowanych przypadków obciążeń i możliwości ich łączenia.

Podczas wprowadzania tych obciążeń wyjątkowych, niezależnie czy są to obciążenia liniowe, skupione czy powierzchniowe, należy pamiętać o wybraniu przypadku obciążenia, z którym ma być powiązane dane obciążenie, tj. do którego przypadku obciążenia należy.

1.9.7 *Stany graniczne (kombinacje)*

Wybierana jest grupa odpowiadająca każdemu stanowi, który jest obliczany.

- Beton
- Fundamenty
- Stal zimnogięta
- Stal walcowana
- Drewno
- Aluminium
- Naprężenia w gruncie
- Przemieszczenia

1.9.8 *Dane ogólne pięter/grup, słupów, prętów startowych słupów i ścian usztywniających*

Dostępne w zakładce: **Wprowadzanie słupów**

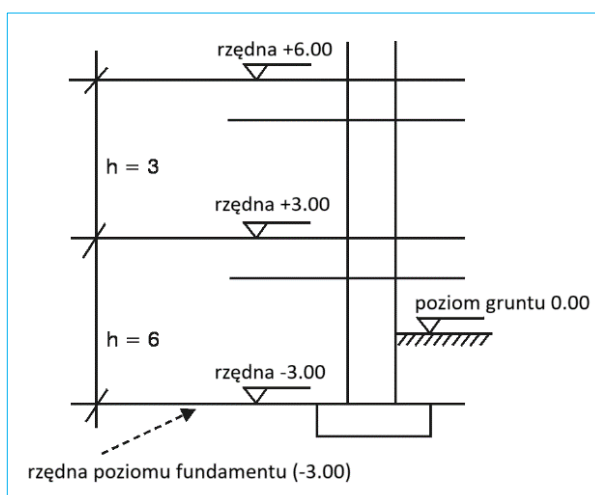
1.9.8.1 *Piętra/grupy*

Dane, które należy wprowadzić, zawierają:

- Nazwy grup, obciążenia stałe i zmienne

- Poziom fundamentu, nazwa piętra i wysokości między piętrami.

Podczas wskazywania wysokości (h) pięter, definiowana jest różnica między górnymi poziomami (lub górną średnią płaszczyzną odniesienia) stropów. Wysokości są obliczane przez program na podstawie wskazanych danych.



Rysunek 17

1.9.8.2 Słupy

Należy zdefiniować geometrię słupów na rzucie z góry i z przodu, wskazując:

1. Typ słupa (betonowy lub metalowy).
2. Przekrój słupa na każdym piętrze.
3. Odniesienie.
4. Kąt obrotu.
5. Początek słupa w fundamencie (z wiązaniem zewnętrznym) lub oparcie słupa (bez wiązania zewnętrznego) i informacja, do którego piętra sięga. Jeśli słup rozpoczyna się w belce lub płycie fundamentowej, należy go zdefiniować bez wiązania zewnętrznego.
6. Współczynniki zamocowania w górnej i dolnej części słupa.
7. Współczynniki wyboczenia na każdej kondygnacji i w obu lokalnych kierunkach x , y (patrz: Projekt > Dane ogólne).
8. Jeśli słup jest wykonany ze stali, należy wskazać typ i serię z wybranej biblioteki profili.
9. Różnica poziomów i wysokość podpory, jeśli istnieje, oraz uwzględnienie prętów startowych w widoku montażowym.

1.9.8.3 Startery słupów

Możliwe jest zdefiniowanie tylko początku (startera) słupa, o zerowej wysokości, dzięki czemu można obliczyć elementy fundamentu, po prostu definiując ich obciążenia głowicy słupa.

1.9.8.4 Żelbetowe ściany usztywniające

Najpierw definiowana jest lista standardowych ścian usztywniających, zawierająca informacje takie jak:

- Nazwa
- Grupa początkowa i końcowa
- Boki i wierzchołki
- Grubości na każdym piętrze po lewej i prawej stronie osi bocznej

Pierwszym zdefiniowanym wierzchołkiem jest stały punkt wstawiania, choć można zmieniać jego położenie. Następnie, podczas definiowania ścian usztywniających, należy wybrać:

- Rodzaj ściany usztywniającej
- Odniesienie
- Kąt

Ściany usztywniające mają taką samą geometrię na rzucie z góry. Mogą jedynie mieć zmienną grubość na wysokości. Nie mogą być oparte na słupach ani nie mogą stanowić oparcia dla słupów. Mają stałą geometrię i spełniają funkcję poziomego usztywnienia budynku.

1.9.8.5 Obciążenia poziome słupów

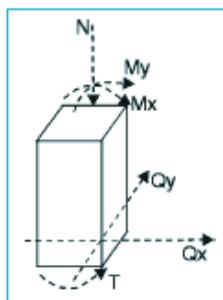
Definiowane są typ obciążenia, natura przypadku obciążenia i punkt przyłożenia.

Istnieje możliwość zdefiniowania obciążeń poziomych słupów o następujących właściwościach:

- Rodzaje obciążeń: skupione, równomiernie rozłożone i pasmowe.
- Natura przypadku obciążenia: zdefiniowane w projekcie (ciężar własny, obciążenie zmienne, wiatr, trzęsienie ziemi).
- Punkt przyłożenia: na dowolnym poziomie słupa.
- Kierunek: na osiach lokalnych lub ogólnych, według X lub Y.

1.9.8.6 Obciążenia pionowe słupów

W górnej części dowolnego słupa, na najwyższej kondygnacji (tam, gdzie słup się kończy), można zdefiniować obciążenia (N , M_x , M_y , Q_x , Q_y , T). Odnoszą się one do osi ogólnych, dla dowolnego przypadku obciążenia, oprócz tych uzyskanych z obliczeń, zgodnie z następującą konwencją znaków:



Rysunek 18

Istnieją także inne dane, użytkownik może sprawdzać i modyfikować, takie jak wiązania podpór, współczynniki zamocowania i wybożenia.

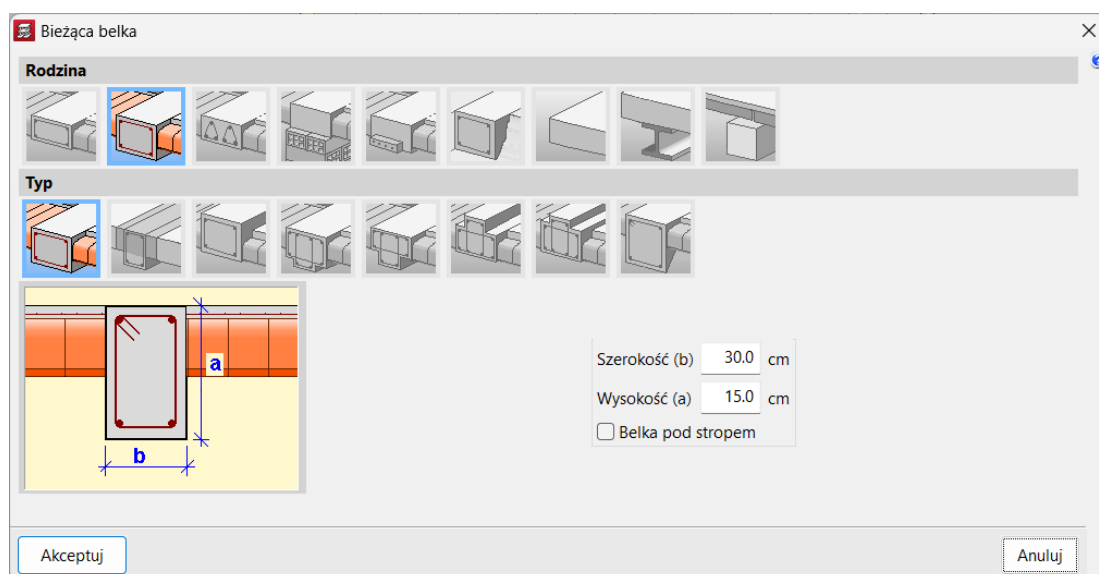
1.9.9 Dane stropów

Dostępne w zakładce: **Wprowadzanie stropów.**

W każdej grupie należy określić w formie graficznej geometrię rzutu z góry, dzięki czemu na ekranie zostaną wyświetlone słupy i ściany usztywniające. Logiczna kolejność wprowadzania danych jest następująca:

1.9.9.1 Belki, oparcie na ścianie i belki fundamentowe

Wybierany jest typ belki i wprowadzane są jej wymiary.



Rysunek 19

Możliwe jest zdefiniowanie współczynnika **zamocowania na krawędziach** belek. Wartość ta waha się od 0 (przegub) do 1 (utwierdzenie). Współczynnik ten będzie miał wpływ na każdy strop łączący się z krawędzią belki.

Istnieje również możliwość wprowadzania **przegubów** na końcach dowolnego odcinka belki, na jej połączeniu ze słupami, ścianami usztywniającymi lub innymi belkami.

Jeśli belka jest belką fundamentową, wymagany jest współczynnik reakcji podłoża i dopuszczalne naprężenie gruntu.

Jeśli belka jest belką zespoloną, zapoznaj się z treścią rozdziału „**Belki zespolone**” niniejszego podręcznika.

1.9.9.2 Ściany

Można zdefiniować dwa rodzaje ścian:

Ściany żelbetowe. Są to ściany z betonu zbrojonego, które mogą, ale nie muszą być poddawane poziomemu parciu gruntu.

Ściany murowane. Są to ściany z cegieł lub bloczków betonowych, które przejmują i przenoszą obciążenia, ale nie przenoszą parcia bocznego.

Należy wskazać następujące dane:

- Piętro początkowe
- Piętro końcowe
- Średnia grubość na każdym piętrze (po lewej i po prawej stronie)

- Parcie gruntu (tylko w przypadku ścian piwnic) ze wskazaniem:
 - Przypadek parcia
 - Gęstość pozorną
 - Gęstość objętościowa z uwzględnieniem wyporu wody
 - Kąt stoku naturalnego
 - Kąt tarcia wewnętrznego
 - Obciążenie naziomu (jeśli występuje)
- Belka lub oparcie na fundamencie
 - Belka fundamentowa (bez wiązań zewnętrznych)
 - Ława fundamentowa (bez wiązań zewnętrznych)
 - Z wiązaniami zewnętrznymi (z lub bez stopy/ławy fundamentowej)
 - Belka bez wiązań zewnętrznych

W razie potrzeby należy podać dane stopy/ławy fundamentowej:

- Dopuszczalne naprężenia gruntu
- Współczynnik reakcji podłoża. Domyślnie podawana jest wysoka wartość = 100,000 kN/m³, ponieważ w przypadku słupów z wiązaniem zewnętrznym może wystąpić osiadanie różnicowe, co nie byłoby prawdziwe w przypadku późniejszego przeprowadzenia obliczeń stóp fundamentowych słupów. Jeśli cały fundament jest pływający, należy podać współczynnik reakcji podłoża odpowiadający rodzajowi gruntu i wymiarom fundamentów. Nie należy umieszczać podpór z wiązaniem zewnętrznym i bez wiązania zewnętrznego, ponieważ spowoduje to wyświetlenie ostrzeżenia.

1.9.9.3 Rodzaje stropów

Strop jest definiowany przez nazwę i zestaw danych:

Stropy jednokierunkowe

Dostępne są różne rodzaje stropów belkowych:

- Belki betonowe (geometria ogólna)
- Belki zbrojone
- Belki sprężone

- Belki wykonywane na miejscu
- Belki metalowe
- Belki typu „Joist”
- Belki zbrojone i sprężone mogą:
 - Pochodzić od producenta: dane udostępnia producent. Te dane nie mogą być edytowane.
 - Pochodzić z biblioteki: biblioteka zawiera dane udostępnione przez producentów i użytkowników, korzystających z programu „The floor slab file editor” utworzonego przez CYPE. Program jest dostępny dla każdego użytkownika.
 - Posiadać właściwości geometryczne dostarczone przez użytkownika, przy czym wszystkie te dane można edytować. Dla celów ugięcia można obliczyć belkę ze zbrojeniem lub sprężeniem.
- Definiowane według typu belki: Zależą od momentu granicznego belki, przy czym typ belki może być wizualizowany zamiast momentów zginających. Wartość jest podawana w dNm, na metr szerokości, dla belki z zastosowanym współczynnikiem bezpieczeństwa.

Każdy panel może mieć przypisany inny typ stropu, a jego położenie na rzucie z góry może być prostopadłe do belek, równoległe do belek lub przechodzić przez dwa określone punkty.

Można uzyskać występowanie ciągłości lub jej brak pomiędzy belkami sąsiadujących paneli (z wyjątkiem belek metalowych i „joist”, które są zawsze obustronnie podparte). Poprzez kopiowanie paneli uzyskuje się ciągłość między nimi. Zmieniając punkt wstawienia między belkami, można wyeliminować ciągłość między sąsiednimi panelami, pod warunkiem, że odległość między końcami belek sąsiednich paneli jest większa niż długość **krótkiego pręta** (wartość domyślna 0.20 m, można ją zmienić w opcji **Współczynniki redukcji sztywności skrętnej**). Ten sam efekt ciągłości występuje, gdy na przedłużeniu belki występuje inna belka lub wymiana w rozstawie osiowym mniejszym niż długość krótkiego pręta.

Po zdefiniowaniu grupy można skopiować inną poprzednio zdefiniowaną grupę i wprowadzić niezbędne modyfikacje.

W opcji „**Panele > Zarządzanie panelami > Dane panelu**” można zdefiniować różnice poziomów między panelami na potrzeby rysunków i wyszczególnienia zbrojenia stropów i belek, wpływając na wysokość podporowych elementów konstrukcyjnych, które przechodzą przez belkę przy zmianie poziomu. Należy używać tej funkcji ostrożnie, ponieważ program

nie oblicza zginania poprzecznego w belce, dlatego zalecamy zapoznanie się ze szczegółami konstrukcyjnymi i ręczne sprawdzenie strzemion i zakotwienia zbrojenia poprzecznego w belce.

Można sprawdzić i zmodyfikować minimalne momenty ujemne i dodatnie dla belek. Ważne jest, aby je sprawdzić i prawidłowo przypisać.

Można wprowadzić belkę podwójną, potrójną itd. W takim przypadku zostanie przyjęty zdefiniowany ciężar, który jest ograniczony do belki potrójnej. W tej sytuacji wprowadzany jest równoległy pręt lub belka w odległości równej szerokości belki określonej w karcie technicznej stropu.

Można zdefiniować współczynnik zamocowania na krawędziach lub końcach belek (0 = przegub, 1 = utwierdzenie, co jest wartością domyślną) dla każdego panelu z osobna.

Płyty zespolone

Należy zapoznać się z treścią rozdziału „***Płyty zespolone***” w niniejszego podręcznika obliczeń.

Płyty kanałowe

Aby zdefiniować rozjaśnioną płytę, konieczne jest wprowadzenie jej danych geometrycznych i właściwości mechanicznych.

Dane zawarte w karcie charakterystyk mogą pochodzić z autoryzacji producenta do użytku lub można wprowadzić wartości dla konkretnej płyty, lub stropu, który ma być prefabrykowany lub wykonywany na miejscu. Wymagane są pewne dane, które wymagają doprecyzowania:

- **Kod.** Aby zidentyfikować kartę pomocą ośmiu cyfr.
- **Opis.** Jest to nazwa płyty.
- **Całkowita wysokość stropu.** Jest to całkowita grubość płyty i warstwy ściskanej, jeśli występuje.
- **Szerokość płyty.** Jest to szerokość płyty lub odległość w osiach stropu belkowo-pustakowego.
- **Grubość ściskanej warstwy.** Jeśli występuje, jest to grubość warstwy ściskanej.
- **Minimalna szerokość płyty.** Jest to najmniejsza wartość, którą można uzyskać przez wzdłużne cięcie standardowej płyty, co wynika z wymiarów panelu, gdy dochodzi on do krawędzi. Zazwyczaj jest to specjalna płyta o szerokości mniejszej niż standardowa

plyta. Szerokość uzyskana tej ostatniej specjalnej płyty zawiera się pomiędzy standardową wartością lub szerokością płyty a tą minimalną szerokością.

- **Minimalna i maksymalna głębokość oparcia.** Gdy płyta jest ułożona pod skosem w stosunku do normalnej do podpory, na każdej krawędzi płyty głębokość oparcia jest inna i może oscylować między wartością minimalną i maksymalną. Jeśli wartość maksymalna zostanie przekroczona, płyta zostanie sfazowana.
- **Boczna głębokość oparcia.** Wartość bocznego zachodzenia płyty na podporę równoległą lub nieznacznie odchyloną od kierunku wzdłużnego płyty.
- **Ciężar własny.** Jest to ciężar na metr kwadratowy kompletnego stropu.
- **Objętość betonu.** Jest to objętość betonu wypełniającego szczeliny, połączenia między płytami i warstwę ścisną, jeśli taka występuje. Domyślnie przyjmowana jest objętość warstwy ścisanej.
- **Beton płyty.** Są to dane informacyjne, dzięki którym można dowiedzieć się, z jakich materiałów obliczono parametry wytrzymałościowe przekroju.
- **Beton warstwy i połączeń.** Tak samo, jak powyżej.
- **Stal prętów przenoszących moment ujemny.** Tak samo, jak powyżej

Poniżej przedstawiono dane wytrzymałościowe przekroju:

1. **Zginanie stropu momentem dodatnim.** Są to dane płyty z betonem wypełniającym złącza i warstwą ścisną, jeśli ta występuje.
 - Moment graniczny. Jest to maksymalny przenoszony moment (graniczny).
 - Moment rysujący. Do obliczania ugięcia metodą **Bransona**.
 - Całkowita sztywność zespolonego przekroju płyta-beton jest wykorzystywana do utworzenia macierzy sztywności prętów, za pomocą których dyskretyzowany jest strop.
 - Sztywność przekroju zarysowanego do obliczania ugięcia metodą **Bransona**.
 - Moment użytkowy. Moment przenoszony zgodnie z klasą w betonie sprężonym, która nie jest taka sama jak warunki środowiskowe, w jakich znajduje się konstrukcja. Równoważność jest następująca:

Środowisko I = Klasa III (konstrukcje wewnątrz budynków lub w środowisku zewnętrznym o niskiej wilgotności)

Środowisko II = Klasa II (konstrukcje w normalnym, nieagresywnym środowisku zewnętrznym, lub w kontakcie z normalną wodą, lub gruntem zwykłym)

Środowisko III = Klasa I (konstrukcje w agresywnych obszarach przemysłowych, lub morskich, lub w kontakcie z agresywnym gruntem, lub słońcą czy lekko kwaśną wodą)

Zgodnie z typem środowiska zdefiniowanym dla płyty, moment użytkowy wynikający z obliczeń jest porównywany z momentem wynikającym z karty technicznej i, jeśli jest niższy, spełniony jest warunek zgodności. W przeciwnym razie w tabeli wyszukiwana jest płyta spełniająca wymogi, a jeśli to nie nastąpi, na końcu obliczeń wyświetlany jest komunikat.

- Nośność na ścinanie. Maksymalna wartość ścinania, jaką może przenieść cały przekrój. Dokonuje się rozróżnienia w zależności od tego, czy moment obliczeniowy jest większy, czy mniejszy od momentu dekompresji (M_g), co powoduje powstanie dwóch kolumn danych. Moment dekompresji odpowiada klasie II, więc dodatni moment użytkowy jest porównywany z momentem z tabeli, wybierając odpowiednią kolumnę.

2. Zginanie stropu momentem ujemny

- Średnica / Średnica / Rozstaw: wskazane są dwie kolumny średnic, co pozwala na kombinację dwóch różnych średnic dla danego rozstawu. Dla tej wartości stopnia zbrojenia rozłożonego w strefie momentów ujemnych, w każdym wierszu podane są właściwości mechaniczne przekroju.
- Moment graniczny przekroju ogólnego. Jest to ujemny moment przenoszony przez przekrój dla danego zbrojenia.
- Moment rysujący. Do obliczania ugięcia metodą **Bransona**
- Całkowita sztywność. Do obliczania ugięcia metodą **Bransona**
- Sztywność przekroju zarysowanego. Do obliczania ugięcia metodą **Bransona**
- Nośność na ścinanie. Ścinanie przenoszone przez przekrój dla danego zbrojenia

Na podstawie obliczonego zbrojenia znana jest wartość ścinania przenoszonego przez płytę, które jest porównywane ze ścinaniem obliczeniowym.

Jeśli nie zostały spełnione wymogi, na końcu obliczeń wyświetlany jest komunikat, a na ekranie i na rysunku wyświetla się „NIEWYS” w miejscu płyty. Jeśli w karcie nie ma żadnych wartości, nie jest przeprowadzana weryfikacja ścinania.

Zastosowany proces obliczeniowy

Gdy znany jest maksymalny dodatni moment obliczeniowy M_d , w kolumnie zginania płyty momentem dodatnim, M_{ULT} , poszukiwana jest wartość momentu większa niż wartość obliczeniowa. Jednocześnie, w zależności od środowiska zdefiniowanego dla panelu,

przeprowadzane jest wyszukiwanie w kolumnie M. SER. (1, 2 lub 3) dysponując wartością momentu użytkowego (uzyskanego za pomocą kombinacji przemieszczeń) i są one ze sobą porównywane, aż do znalezienia wartości, która jest zgodna. Wybierany jest typ płyty, który spełnia oba warunki. Jeśli nie jest to możliwe, wyświetlany jest komunikat ostrzegający, że wykracza ona poza zakres tabel.

W ten sam sposób, w przypadku płyty wybranej z uwagi na zginanie i typ środowiska, w kolumnie ścinania, dla dodatniego i ujemnego zginania stropu weryfikowane jest, czy wartość obliczeniowa ścinania jest mniejsza niż nośność stropu. Jeśli tak nie jest, wyświetlane jest ostrzeżenie.

Długości prętów są określane zgodnie z obwiednią momentu, a minimalne długości są definiowane w opcjach.

Obwiednie są uzyskiwane zgodnie z działającymi siłami, rozważaną redystrybucją i minimalnymi przyłożonymi momentami.

Jeśli nie zdefiniowano danych niezbędnych do uzyskania ugięcia, typu środowiska lub ścinania, wówczas ta weryfikacja nie jest przeprowadzana.

W sekcji „**Dane panelu**” można wybrać środowisko, współczynniki zamocowania na krawędziach oraz minimalne momenty dla każdego typu przęsła, końcowego, pośredniego, odizolowanego lub wspornikowego.

Proces konstrukcyjny

Możesz wybrać obliczenia uwzględniając zastosowanie stempli lub samonośność konstrukcji.

A. Ze stemplami

Obliczenia wykonywane przez program, gdy rozważamy zachowanie ciągłości, z wartością współczynnika zamocowania na krawędziach = 1, są obliczeniami statycznymi z uwzględnieniem obciążenia całkowitego = obciążenia stałego + obciążenia zmiennego. Jest to równoważne z budową stropu na stemplach, po usunięciu których strop jest poddawany wspomnianemu obciążeniu całkowitemu.

W tych obliczeniach momenty ujemne są zwykle większe niż momenty dodatnie.

B. Bez stempli

Stropy z lekkich płyt prefabrykowanych są zwykle konstruowane bez stempli, tak więc końcowy stan sił wewnętrznych składa się z dwóch stanów:

1. Płyta poddana ciężarowi własnemu stropu, p , wykres sił wewnętrznych izostatycznych ($M=pl^2/8$).

2. Strop ciągły poddany dodatkowemu obciążeniu, przyłożonemu po wykonaniu stropu. Obciążenie to składa się z ciężaru własnego i obciążenia użytkowego.

Superpozycja obu stanów prowadzi do uzyskania sił wewnętrznych, które w większości przypadków powodują więcej momentów dodatnich niż ujemnych.

W obecnej wersji programu nie przeprowadza się obliczeń dwóch faz, więc jeśli strop ma być zbudowany bez użycia stempli (przypadek B), możliwe jest uzyskanie, w dość przybliżony sposób, wyników zgodnych z oczekiwaniami, poprzez modyfikację współczynników zamocowania paneli na ciągłości.

Orientacyjnie, wartość współczynnika zamocowania, który należy przypisać do paneli, zależy od stosunku ciężaru własnego stropu do całkowitego obciążenia, przy założeniu równomiernego stanu obciążenia.

Wartość współczynnika zamocowania będzie wynosić:

$$\text{Wsp.zamoc.} = 1 - (\text{c.włas.stropu.} / \text{obciąż.calk})$$

Na przykład, dla stropu o masie 400 kg/m^2 , posadzce o masie 100 kg/m^2 i obciążenia zmiennego o masie 500 kg/m^2 , otrzymamy:

ciężar własny stropu = 400

obciążenie całkowite = $400 + 100 + 500 = 1000$

wsp.zamoc. = $1 - (400/1000) = 1 - 0.4 = 0.6$

Współczynnik zamocowania wynoszący 0.6 zostałby przypisany do paneli ciągłych. Program przypisuje go automatycznie do każdego panelu z lekkich płyt, gdy aktywowane są obliczenia dla konstrukcji samonośnych.

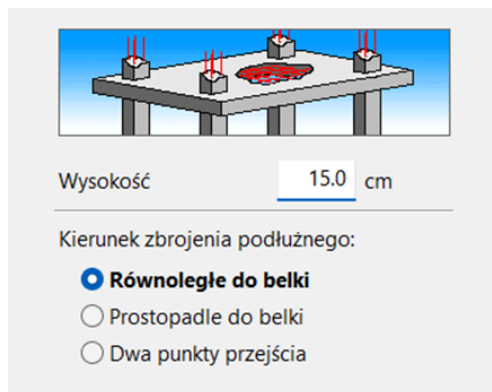
W każdym przypadku zaleca się skonsultowanie z producentem procesu konstrukcyjnego i zwrócenie się do niego o poradę w zakresie obliczeń, sprawdzając, czy strop w pierwszej fazie, poddany ciężarowi własnemu i zmiennemu obciążeniu występującemu w czasie wznoszenia konstrukcji (zwykle 100 kg/m^2), wytrzyma w fazie konstrukcyjnej.

Ugięcie jest obliczane, wykorzystując właściwości mechaniczne wskazane w karcie stropu, a także wartości z wykresu momentów uśrednionego stanu końcowego, dla którego można sprawdzić wartości zależne od limitów ugięcia ustalonych w opcjach dla płyt kanałowych.

Stropy z płyt pełnych

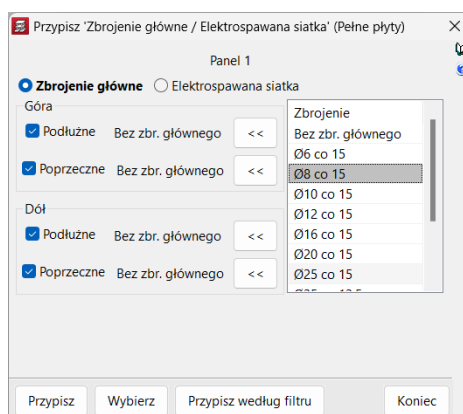
Definiowane są grubość stropu i kierunek zbrojenia. Każdy panel może mieć inną grubość. Do każdego panelu z płyty pełnej można zastosować współczynnik zamocowania w miejscu połączenia krawędzi stropu z belkami, na których jest oparty. Współczynnik ten może przyjmować wartości od 0 (przegub) do 1 (utwierdzenie), a także wartości pośrednie

(częściowe utwierdzenie). Możliwe jest zdefiniowanie różnic poziomu między panelami, przyjmując takie same założenia, jak w przypadku stropów jednokierunkowych.



Rysunek 20

Można zdefiniować zbrojenie główne w każdym kierunku, górnym i dolnym. Zostanie ono uwzględnione w obliczeniach i wymiarowaniu zbrojenia. **Panele > Przypisz zbrojenie główne / Elektrospawana siatka.**



Rysunek 21

Bardzo ważne: Jeśli chcesz rozmieścić zbrojenie główne, pamiętaj, że istnieje opcja obliczeń o nazwie **Wyszczególnij zbrojenie główne**. Znajduje się ona w: **Projekt > Dane ogólne > Stal-Pręty-Według pozycji > Suwak** (czwarty od dołu) > **Wyszczególnij zbrojenie główne na rysunkach**. Jeśli ta opcja nie zostanie aktywowana, zbrojenie główne nie zostanie wyświetlone, a widoczne będą tylko pręty zbrojenia. W związku z tym nie będzie ono uwzględnione w zestawieniach ani w tabelach zestawczych rysunków. Ponadto należy zwrócić szczególną uwagę podczas generowania rysunków, aby zostało odnotowane, że zbrojenie istnieje i jest uwzględniane w obliczeniach, a zatem musi zostać umieszczone. Sprawdź rysunki i podaj niezbędne szczegóły, aby wskazać długości zakładów i obszary, w których można je wykonać.

Jeśli aktywujesz tę opcję, możesz wyświetlić zbrojenie podstawowe jak każde inne zbrojenie, edytować je i modyfikować. Dolne zbrojenie główne jest zawsze ciągłe, zachodząc na siebie w obszarach maksymalnego momentu ujemnego. Górne zbrojenie główne nie jest ciągłe. Jest ono umieszczane tylko tam, gdzie jest to konieczne. W płytach fundamentowych pozycje są odwrócone. Zbrojenie zostanie zwymiarowane w zestawieniach i naniesione na rysunki jako dodatkowe zbrojenie.

Można również wskazać kierunek rozmieszczenia zbrojenia.

Płyty pełne mogą być płytami fundamentowymi. W takim przypadku należy podać ich grubość, współczynnik reakcji podłoża i dopuszczalne naprężenia. Zbrojenie główne w płytach fundamentowych jest określone zgodnie z minimalnym stopniem zbrojenia zdefiniowanym automatycznie w opcjach dla płyt.

Stropy kasetonowe

Stropy kasetonowe składają się z paneli, w których można rozróżnić dwie strefy: odchudzoną i pełną.


Strefę odchudzoną należy najpierw zdefiniować, wybierając ją z biblioteki typowych i edytowalnych stropów lub tworząc nową. Strefa odchudzona może składać się z kasetonów odzyskiwanych lub traconych. Po wybraniu typu kasetonu należy wprowadzić odpowiednie dane (Rysunek 22 i Rysunek 23).

- Nazwa opisowa (Odniesienie)
- Całkowita wysokość
- Grubość warstwy ściskanej
- Liczba elementów tworzących blok odchudzony
- Geometria przekroju poprzecznego: odległość w osiach lub odległość między żebrami, która może być taka sama lub różna w X i Y, oraz szerokość żebra, która może być różna w X i Y, oraz szerokość żebra.
- Ciężar własny stropu (orientacyjnie, w zależności od obszaru odchudzonego).
- Objętość betonu m^3/m^2 (orientacyjnie)

Należy pamiętać, że podczas wprowadzania danych dokonywane jest oszacowanie całkowitego ciężaru, ponieważ program początkowo pokazuje objętość i orientacyjny ciężar betonu do wypełnienia żeber, warstwy ściskanej i rodzaj materiału wybranego domyślnie (beton). Jeżeli nie jest tak w Twoim przypadku, wprowadź ten, który uznasz za odpowiedni. W przypadku kasetonów odzyskiwanych, program oszacuje tylko beton wypełniający.

Strop 'Strop z kasetonów traconych'

Odniesienie: Str. kas. trac. 03

Materiał: Liczba elementów: 

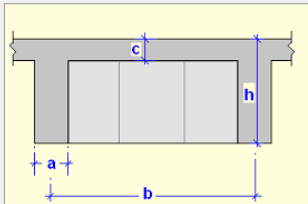
Dane geometryczne: Takie same w X i Y Różne w X i Y

Całkowita wysokość (h): 30.0 cm

Ściskana warstwa (c): 5.0 cm

Odległość w osiach (b): 82.0 cm

Szerokość żebra (a): 12.0 cm



Objętość betonu: 0.117 m³/m²

Ciężar własny: 4.33 kN/m²

Akceptuj Anuluj

Rysunek 22

Strop 'Strop z kasetonów odzyskiwanych'

Odniesienie: Str. kas. odzysk 02

Dostępne jest pół pustaka

Dane geometryczne: Takie same w X i Y Różne w X i Y

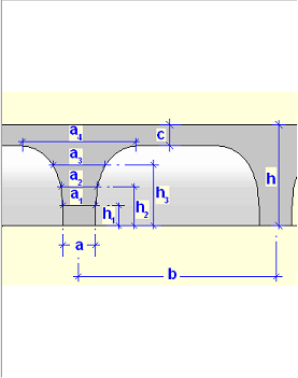
Całkowita wysokość (h): 30.0 cm

Ściskana warstwa (c): 5.0 cm

Odległość w osiach (b): 82.0 cm

Szerokość żebra (a): 12.0 cm

Wysokości (cm)		Szerokości (cm)	
h - c	25.0	a4	12.0
h3	0.0	a3	12.0
h2	0.0	a2	12.0
h1	0.0	a1	12.0



Objętość betonu: 0.117 m³/m²

Ciężar własny: 2.87 kN/m²

Akceptuj Anuluj

Rysunek 23

Po wprowadzeniu tych danych należy również wskazać dla panelu punkt przejścia siatki, który może być różny. Kierunek żeber może być dowolny. Możliwe jest zdefiniowanie różnic poziomów między panelami, z takimi samymi założeniami, jak w przypadku stropów jednokierunkowych.

Można zdefiniować siatkę zbrojenia głównego, rozciągającą się w obu kierunkach, górną i/lub dolną, która jest brana pod uwagę przy wymiarowaniu zbrojenia.

Bardzo ważne: Jeśli chcesz rozmieścić zbrojenie główne, pamiętaj, że istnieje opcja obliczeń o nazwie **Wyszczególnij zbrojenie główne**. Znajduje się ona w: **Projekt > Dane ogólne > Stal-Pręty-Według pozycji > Suwak (czwarty od dołu) > Wyszczególnij zbrojenie główne na rysunkach**. Jeśli ta opcja nie zostanie aktywowana, zbrojenie główne nie zostanie wyświetlone, a widoczne będą tylko pręty zbrojenia. W związku z tym nie będzie ono uwzględnione w zestawieniach ani w tabelach zestawczych rysunków. Ponadto należy zwrócić szczególną uwagę podczas generowania rysunków, aby zostało odnotowane, że zbrojenie istnieje i jest uwzględniane w obliczeniach, a zatem musi zostać umieszczone. Sprawdź rysunki i podaj niezbędne szczegóły, aby wskazać długości zakładów i obszary, w których można je wykonać.

Jeśli aktywujesz tę opcję, możesz wyświetlić zbrojenie podstawowe jak każde inne zbrojenie, edytować je i modyfikować. Dolne zbrojenie główne jest zawsze ciągłe, zachodząc na siebie w obszarach maksymalnego momentu ujemnego. Górne zbrojenie główne nie jest ciągłe. Jest ono umieszczane tylko tam, gdzie jest to konieczne. W płytach fundamentowych pozycje są odwrócone. Zbrojenie zostanie zwymiarowane w zestawieniach i naniesione na rysunki jako dodatkowe zbrojenie.

Każdy panel może mieć przypisany inny typ stropu. W przypadku, gdy belki dzielące panele są płaskie, program przyjmie dla nich wysokość grubszego stropu, po obu jej stronach. W przypadku podciągów wystająca część pod stropem jest mierzona od większej wysokości. Można zastosować współczynnik zamocowania dla krawędzi panelu, w zakresie od 0 (przegub) do 1 (utwierdzenie).

Pełne strefy lub strefy o zwiększonych grubościach mogą być generowane automatycznie dla słupów, lub w dowolnym obszarze panelu, przyjmując tę samą grubość, co panel odchudzony, w którym się znajdują. Ich wysokość można zmodyfikować tak, aby ich dolna powierzchnia znajdowała się poniżej odchudzonej strefy stropu.

Gdy lokalnie zwiększone grubości są generowane w sposób automatyczny, wymiary w każdym kierunku są dostosowywane do 1/6 odległości od rozważanego słupa do najbliższego słupa, zgodnie z kątem widzenia 40°. W przypadku, gdy żaden inny słup nie

jest „widoczny” (np. słupy krawędziowe), przyjmowana jest taka sama wartość, jak ta uzyskana dla przeciwnego zwrotu tego samego kierunku. Granice strefy lokalnie zwiększonej grubości 2.5 – 5 krotnie większe od jej wysokości. Istnieje opcja automatycznego konfigurowania lokalnie zwiększonych grubości, z możliwością zmiany parametrów (W zakładce „Wprowadzanie belek”: **Panele > Lokalnie zwiększone grubości przysłupowe > Konfiguracja generacji lokalnie zwiększonych grubości**).

Gdy są generowane ręcznie, można wprowadzić strefy pełne, zawsze dostosowując je do liczby stref odchudzonych. Nie należy używać tej opcji do symulowania belek. W takim przypadku należy zdefiniować belki. Ponadto zawsze należy korzystać z tej opcji dla wolnych krawędzi. Lokalnie zwiększone grubości zawsze mają zbrojenie główne między żebrami, które jest uwzględniane i odejmowane przy obliczaniu zbrojenia żeber. Nie jest ono mierzone i nie można go wskazać, dlatego należy zachować szczególną ostrożność podczas rewizji rysunków, dołączyć legendę wskazującą na jego istnienie oraz odpowiednie szczegóły konstrukcyjne dotyczące jego umieszczenia na budowie.

Podczas drukowania rysunków rzutu kondygnacji program zawsze umieszcza tabelę informacyjną wskazującą zbrojenie główne żeber i lokalnie zwiększonych grubości, nawet jeśli pręty nie są wyświetlane ani wyszczególniane.

Opcjonalnie można narysować kasetony przewidziane dla odchudzonej strefy.

Predefiniowane zbrojenie

Można zdefiniować zbrojenie w dowolnym położeniu i kierunku, które zostanie odjęte od dodatkowego zbrojenia w jego obszarze działania.

Otwory

Panele, w których nie wprowadzono żadnych paneli stropu, są puste i są oznaczone znakiem zapytania; w celu wprowadzenia otworu użytkownik musi usunąć panel, co jest równoznaczne z wprowadzeniem otworu, który zostanie oznaczony dwiema skrzyżowanymi liniami przerywanymi.

Ponadto można wprowadzać otwory prostokątne w istniejących panelach płyt pełnych lub panelach stropów kasetonowych.

Belki, które znajdują się między dwoma otworami lub między otworem a obwodem zewnętrznym, w przypadku gdy zostały zdefiniowane jako płaskie i nie mają stropu boczego, nie mają zdefiniowanej wysokości, dlatego należy je zastąpić typem belki o wysokości większej niż strop, wskazując jej wymiary.

Jeśli przy rozważanym typ belki znajdują się pustaki o niższej wysokości, po stronie, gdzie znajduje się otwór, nie zostaną one wzięte pod uwagę, a program wyświetli ostrzeżenie, że dane są niepoprawne.

Jeśli na piętrze z dowolnej grupy występuje niezależna strefa składająca się z zamkniętego obwodu belek, wewnątrz którego znajduje się otwór, wówczas założenie o względnej sztywności lub nieodkształcalności piętra zostaje zachowane dla wszystkich zastosowań, nawet jeśli wewnątrz obwodu belek nie znajduje się strop.

Dlatego też, jeśli występują obciążenia poziome, nie zostaną uzyskane prawidłowe wyniki. W takiej sytuacji zaleca się stosowanie belek pochyłych lub swobodnych, odłączonych, zdefiniowanych w tej samej grupie, ponieważ są one elementami o 6 stopniach swobody i nie uwzględniają założenia o nieodkształcalności piętra.

Jeśli zdefiniowano ściany piwnic z parciem gruntu oraz panele belek równoległych do tych ścian, ich sztywność musi być wystarczająca, aby zachowywały się one jak sztywna diafragma. Wymaga to zastosowania wypełnienia betonem i odpowiednich szczegółów konstrukcyjnych, czego program nie wykona automatycznie.

*Jeśli używana wersja programu jest wcześniejsza niż v.2012.a, a obok ściany znajdują się panele z pustymi otworami i swobodne belki prostopadłe do ściany, należy je zastąpić belkami pochyłymi, aby były wymiarowane pod kątem zginania ze ściskaniem, ponieważ normalne belki i stropy są wymiarowane tylko pod kątem prostego zginania. Jeśli posiadana wersja jest równa lub wyższa niż v.2012.a, należy zapoznać się z rozdziałem „**Sztywna diafragma**” niniejszego podręcznika.*

Istnieje również możliwość tworzenia zintegrowanych konstrukcji 3D pomiędzy niezależnymi strefami.

Fundamenty

W przypadku słupów i ścian usztywniających „z wiązaniem zewnętrznym” u ich podstawy można zdefiniować stopy fundamentowe i oczepy pali, a pomiędzy tymi elementami fundamentowymi: belki centrujące oraz belki łączące stopy fundamentowe, które mogą również łączyć ławy fundamentowe znajdujące się pod ścianami.

Prostokątne stopy fundamentowe są obliczane jako sztywna bryła i pozwalają na umieszczenie na nich kilku słupów i/lub ścian usztywniających. Oczepy pali również, zgodnie z typologią określoną dla rozwiązanych przypadków.

Belki centrujące są zdefiniowane do przenoszenia momentów przekazywanych na stopę/ławę fundamentową lub oczep pali, na które oddziałują. Wiele belek może przenosić momenty w danym kierunku, w którym to przypadku zostaną one rozłożone proporcjonalnie do ich poszczególnych sztywności.

1.9.10 Obciążenia. Belki pochyłe. Krzyżulce stężące

Oprócz ogólnych obciążeń powierzchniowych możliwe jest wprowadzanie obciążeń skupionych, liniowych i powierzchniowych. Wszystkie z nich są wprowadzane graficznie na ekranie i mogą być wyświetlane w celu zapoznania się z nimi lub modyfikacji w dowolnym momencie.

Każdy typ obciążenia ma schemat graficzny ułatwiający jego identyfikację, a także inny kolor, jeśli należą one do różnych przypadków obciążeń.

W przypadku **belek pochyłych** należy wskazać ich wymiary, a także obciążenia, które mogą na nie oddziaływać (skupione, liniowe, pasmowe, trójkątne, ...), oraz skąd dokąd przebiegają (grupa początkowa i końcowa). Mają one zawsze 6 stopni swobody. Mogą być betonowe prostokątne lub metalowe. Mogą być obustronnie utwierdzone lub obustronnie przegubowe. Krzyżulce stężące to belki pochyłe tworzące krzyż między dwoma podporami i między dwoma piętrami; są to zawsze profile metalowe.

1.9.11 Schody

Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Schody**” niniejszego podręcznika.

1.10 Obliczenia konstrukcji

Po wprowadzeniu wszystkich danych można przystąpić do obliczania konstrukcji. Podczas tego procesu pojawiają się komunikaty informacyjne dotyczące aktualnej fazy obliczeniowej. W przypadku wystąpienia danych niezgodnych z obliczeniami wyświetlane są również komunikaty o błędach.

Pierwszą fazą programu będzie wygenerowanie struktur geometrycznych wszystkich elementów, tworzących macierz sztywności konstrukcji. Jeśli program wykryje nieprawidłowe dane, wyświetli komunikaty o błędach i zatrzyma proces. Faza ta może być wykonywana niezależnie dla jednej grupy lub dla całego projektu.

Druga faza polega na odwróceniu macierzy sztywności metodami frontalnymi. W przypadku, gdy jest ona osobliwa, zostanie wyemitowany komunikat ostrzegający o mechanizmie, jeśli wykryje on taką sytuację w dowolnym elemencie lub części konstrukcji. W takim przypadku proces zostaje zatrzymany.

W trzeciej fazie uzyskiwane są przemieszczenia dla wszystkich zdefiniowanych przypadków obciążenia. Zostanie wyświetlony komunikat informujący o nadmiernych przemieszczeniach w tych punktach konstrukcji, które przekraczają określoną wartość, czy

to z powodu nieprawidłowego projektu konstrukcji, czy z powodu sztywności skrętnych zdefiniowanych w jakimkolwiek elemencie.

Jeśli występują problemy z globalną statecznością, należy dokonać sprawdzenia konstrukcji po uwzględnieniu efektów drugiego rzędu.

Czwarta faza polega na uzyskaniu kombinacji i obwiedni wszystkich zdefiniowanych kombinacji dla każdego z elementów: belek, stropów, słupów itp. oraz dla każdego stanu granicznego.

W piątej i ostatniej fazie następuje wymiarowanie i zbrojenie wszystkich zdefiniowanych elementów zgodnie z występującymi kombinacjami i obwiedniami, geometrią, materiałami i tabelami zbrojenia. Jeśli w jakimkolwiek elemencie przekroczone zostaną limity normowe, wyświetlany jest komunikat. Program kontynuuje działanie do końca, generując raport. Zaleca się sprawdzenie komunikatów o błędach we wszystkich elementach.

Jeśli utworzono jedną lub więcej zintegrowanych konstrukcji 3D, należy pamiętać, że można je przetwarzać indywidualnie i niezależnie od grup pięter. Zaleca się wykonanie tego oraz zwymiarowanie wprowadzonych profili. Dzięki temu, gdy cała konstrukcja jest przetwarzana całościowo, w tym też zdefiniowane zintegrowane konstrukcje 3D, można uzyskać bliższe rozwiązanie wszystkich profili.

Możliwe jest, że w wielu przypadkach, zwłaszcza w przypadku słupów i belek stalowych oraz zintegrowanych konstrukcji 3D z profilami stalowymi, konieczna będzie zmiana profili przed obliczeniami, a znaczne zmiany ich bezwładności spowodują konieczność powtórzenia obliczeń.

Jest to bardzo powszechne w przypadku konstrukcji metalowych i nie powinno niepokoić użytkownika. Zwykle wykonuje się kilka powtórzeń, aż wszystkie przekroje będą wystarczająco dokładnie dobrane w ostatnim procesie obliczeniowym, który jest uznawany za ostateczny. Zwykle dzieje się tak z wyjątkiem żelbetu, ze względu na fakt, że dla żelbetu wykorzystuje się przekroje brutto, a jeśli przekroje nie różnią się lub różnią się tylko nieznacznie, zwykle są przyjmowane bez zmian.

Odnosnie do obliczeń uwzględniających **schody**, należy wziąć pod uwagę, że schody są obliczane niezależnie, uzyskując reakcje w miejscu połączenia ze stropem w ich dolnej części, w ich górnej części i na podporach pośrednich, przekształcając je w równomierne obciążenia liniowe przyłożone do konstrukcji w odpowiednich przypadkach obciążenia stałego i zmiennego. Za pomocą tych obciążeń wstępnych obliczany jest cały projekt CYPECAD. Nie przeprowadza się zintegrowanych obliczeń, ponieważ ich udział i wpływ na konstrukcję w przypadku oddziaływań poziomych jest tak duży, że można by uzyskać wyniki, których nie oczekuje się w zwykłej praktyce projektowania konstrukcji, gdzie tradycyjnie stosuje się tylko ich reakcje i nie integruje się ich.

Po zakończeniu obliczeń można sprawdzić wszystkie błędy i problemy napotkane podczas obliczeń dla różnych elementów. Można je wyświetlić na ekranie lub wydrukować w pliku, lub na drukarce, w zależności od typu błędu. Inne błędy należy sprawdzić dla każdego elementu, słupa, belki, płyty itp. i, jak zawsze, należy sprawdzić wyniki.

1.11 Wyniki

Po zakończeniu obliczeń można wyświetlić wyniki na ekranie, uzyskać zestawienia w plikach tekstowych lub wydrukować je na drukarce i skopiować projekt do dowolnej jednostki.

Elementy fundamentowe zdefiniowane jako posiadające „wiązaną zewnętrzną”: stopy/ławy fundamentowe, oczepy pali, belki centrujące i belki łączące stopy fundamentowe mogą być obliczane równocześnie lub na późniejszym etapie. Wszystkie te elementy fundamentowe mogą być edytowane, modyfikowane, ponownie wymiarowane lub weryfikowane niezależnie od reszty konstrukcji.

1.11.1 *Konsultowanie danych na ekranie*

Poniższe dane można sprawdzić w dowolnym momencie.

1.11.1.1 *Ogólne dane projektu*

Wygodnym rozwiązaniem jest przeglądanie wprowadzonych danych: danych słupów, danych grup (obciążenia użytkowe, ciężar własny), wysokości kondygnacji, oddziaływań wiatrowych i sejsmicznych, zastosowanych materiałów, opcji, tabel zbrojenia itp. Opcje zawarte w tej sekcji są zapisywane wraz z projektem, podobnie jak tabele zbrojenia przekształcone w „Tabele specjalne”. Zaleca się ich zapisanie na nośniku magnetycznym i późniejsze przeliczenie w po pewnym czasie, w razie potrzeby. Jeśli tego nie zrobisz i zmienisz opcje lub tabele, możesz uzyskać inne wyniki.

Jeśli dane te zostaną zmodyfikowane, należy ponownie przeprowadzić obliczenia projektu. Jeśli zostaną one uznane za prawidłowe, można kontynuować przeglądanie wyników. Możliwa jest zmiana opcji i tabel oraz ponowne zazbrojenie konstrukcji w celu uzyskania nowego wyniku.

1.11.1.2 *Wyniki dla belek normalnych i fundamentowych*

Wszystkie dane dotyczące belek są dostępne do wglądu:

- Ugięcie czynne i inne ugięcia, stosunek ugięcia do rozpiętości, uwzględnienie momentów minimalnych.

- Obwiednie belek z uwzględnieniem trzęsienia ziemi i bez niego, z uwzględnieniem momentów zginających, sił tnących i momentów skręcających. Wszystko to można zmierzyć graficznie i numerycznie.
- Zbrojenie belek, z uwzględnieniem liczby prętów, średnicy, długości oraz strzemion wraz z ich długościami. Wyniki te można modyfikować. Można zapoznać się z wymaganymi i obliczonymi obszarami zbrojenia górnego i dolnego, zarówno podłużnego, jak i poprzecznego.
- Błędy w belkach: nadmierne ugięcie, rozstaw prętów, długości zakotwień, ścisane zbrojenie i ścisanie ukośne spowodowane przez ścinanie i/lub skręcanie oraz wszystkie dane dotyczące nieodpowiedniego wymiarowania lub zbrojenia. Można przypisać oznaczenia kolorystyczne, aby ocenić ich znaczenie.
- Współczynnik zamocowania na krawędziach belek.
- Zwymiarowane profile belek stalowych i profile z serii profili spełniające wymogi. W przypadku zespolonych belek stalowych uzyskuje się również wymiarowanie śrub łączących.

Istnieje możliwość modyfikacji przekroju belek. Jeśli wymiary belek uległy zmianie, można zastosować opcję „**Ponownie dobierz zbrojenie**”, aby uzyskać nowe zbrojenie z takimi samymi siłami wewnętrznymi, jak w początkowych obliczeniach. W takim przypadku należy ponownie sprawdzić błędy.

Możliwe jest ponowne dobranie zbrojenia jedynie ram, które zmieniły wymiary, zachowując te, w których zmieniono tylko zbrojenie, lub ponowne dobranie zbrojenia wszystkich ram, w którym to przypadku zbrojenie jest obliczane dla wszystkich belek, które uległy zmianie.

Możliwe jest zablokowanie zbrojenia i jego weryfikacja w kolejnych obliczeniach.

Jeśli zmienne wymiarów były duże, zaleca się ponowne obliczenie projektu.

Jeśli uznasz to za stosowne, możesz na własne ryzyko skorygować zbrojenie belek. Program wyświetla kolorowe oznaczenie w celu weryfikacji jego zgodności. W przypadku zmiany wymiarów w Błędach, należy przeanalizować możliwość ponownego dobrania zbrojenia.

1.11.1.3 Obciążenia

Można wyświetlić graficznie wartości wszystkich wprowadzonych obciążeń: skupionych, liniowych i powierzchniowych. Każdy zestaw obciążeń powiązanych z różnymi przypadkami

ma inne oznaczenie kolorystyczne. W ten sposób można sprawdzić, czy dane są poprawne. Jeśli obciążenia zostaną zmodyfikowane, należy ponownie przeprowadzić obliczenia.

1.11.1.4 Wyniki dla stropów jednokierunkowych

W przypadku stropów jednokierunkowych można zapoznać się z następującymi danymi:

- Obwiednie momentów i sił tnących w linii trasowania belek (z zastosowanym współczynnikiem bezpieczeństwa i wartościami dla poszczególnych belek).
- Zbrojenie na moment ujemny w belkach. Uwzględnia się liczbę prętów, ich średnicę i długość.
- Momenty zginające i ścinające na końcach, zwiększone na metr szerokości, dla belek.

Można ujednoczyć momenty i siły tnące belek oraz pręty zbrojenia na moment ujemny, w zależności od wartości średnich, różnic procentowych lub wartości maksymalnych. Wszystkie powyższe wartości można zmodyfikować w celu uzyskania rysunków wedle wyboru projektanta. Więcej informacji na temat danych i wyników można znaleźć w rozdziale „**Stropy jednokierunkowe**” w niniejszym podręczniku.

1.11.1.5 Wyniki dla płyt zespolonych

Więcej informacji na ten temat można znaleźć w rozdziale „**Płyty zespolone**” w niniejszym podręczniku.

1.11.1.6 Wyniki dla płyt kanałowych

Można skonsultować się z następującymi danymi:

- Obwiednie momentu i sił tnących wybranego pasma panelu uśrednione na metr szerokości.
- Wybrany typ płyty kanałowej
- Górne zbrojenie na moment ujemny w podporach, z oznaczeniem według widoków, liczby prętów, średnicy, rozstawu i długości prętów.
- Informacje o ugięciu.
- Błędy obliczeniowe wynikające z momentu, ścinania, ugięcia lub środowiska.

Możliwa jest zmiana typu płyty, jak również zbrojenia na moment ujemny.

1.11.1.7 Wyniki dla stropów z płyt pełnych, stropów kasetonowych i płyt fundamentowych

Dane wprowadzonych paneli stropów są następujące.

- Zdefiniowane zbrojenie podstawowe i, w razie potrzeby, zmodyfikowane przez obliczenia.
- Siatka elementów dyskretyzowanych (zobacz Model 3D).
- Wykres obwiedni obszarów zbrojenia wymaganych na metr szerokości, dla zdefiniowanych kierunków zbrojenia, górnego i dolnego.
- Przemieszczenia w mm. Według przypadku obciążenia dla dowolnego węzła.
- Siły wewnętrzne według przypadku obciążenia dla dowolnego węzła oraz stopień zbrojenia wymagany na podstawie obliczeń dla poszczególnych kierunków zbrojenia. Metodą obliczeniową stosowaną do uzyskania sił obliczeniowych jest znana na całym świecie metoda Wooda, która jest niezbędna do prawidłowego uwzględnienia momentów dodatnich i ujemnych i momentów skręcających.
- Maksymalne przemieszczenie przypadające na poszczególne panele i przypadek obciążenia. Nie należy mylić z ugięciami. W przypadku płyt fundamentowych wskazuje się osiadanie. Jeśli jest ono dodatnie, występuje podniesienie, a obliczenia nie byłyby prawidłowe, zgodnie z zastosowanym założeniem.
- Konsultacja zbrojenia uzyskanego w dowolnym kierunku podłużnym, poprzecznym, górnym i dolnym oraz zdefiniowanego zbrojenia głównego, jeśli takie istnieje.
- Weryfikacja i zbrojenie, w stosownych przypadkach, na przebiecie i ścinanie stref pełnych i żeber strefy odchudzonej.
- Wyrównanie prętów zbrojenia w dowolnym kierunku do maksymalnych wartości pod względem stopnia zbrojenia i długości.
- Modyfikacja zbrojenia podłużnego w dowolnym kierunku, w stosownych przypadkach, pod względem liczby prętów, średnic, rozstawu, długości i haków.
- Nadmierne naprężenia w płytach fundamentowych.
- Izowartości i izolinie sił wewnętrznych, przemieszczeń i stopni zbrojenia.

Jeżeli wprowadzono linie gięcia przed przeprowadzeniem obliczeń, należy zapewnić minimalne długości zbrojenia i punkty wyznaczające zakłady zbrojenia na moment dodatni, jeśli ma to zastosowanie, zgodnie z tym, co zostało wprowadzone w opcji minimalnych

długości płyt i stropów kasetonowych. Zaleca się wykonanie tego wprowadzenia przed rozpoczęciem obliczeń, ponieważ jeśli zostanie to zrobione później, długości zakładów będą konstrukcyjne (30 cm) i nie zostaną ponownie obliczone.

Wszystkie te modyfikacje są wprowadzane na ekranie i według preferencji użytkownika.

Możliwe jest ponowne zbrojenie płyt i stropów kasetonowych, po zakończeniu pierwszych obliczeń. Wystarczy wykonać opcję „**Ponownie dobierz zbrojenie**” (wprowadzając linię wyrównania), aby uzyskać nowe zbrojenie z siłami wewnętrznymi początkowych obliczeń.

1.11.1.8 Wyniki dla słupów

Możliwe jest zapoznanie się ze zbrojeniem słupów oraz zmiana ich wymiarów w celu uzyskania nowego zbrojenia. Istnieje także możliwość modyfikacji ich zbrojenia. Dodatkowo dostępna jest opcja zapoznania się z siłami wewnętrznymi według przypadku obciążenia (siły osiowe, momenty, siły tnące i moment skręcający) w dowolnym punkcie dowolnej kondygnacji na całej wysokości słupa, a także zwizualizowania wykresów sił wewnętrznych.

Istnieje również możliwość zapoznania się z najbardziej niekorzystnymi siłami wewnętrznymi (z zastosowanym współczynnikiem bezpieczeństwa) dowolnego odcinka, które to wyznaczają umieszczane zbrojenie. Należy pamiętać, że dla zweryfikowanego zbrojenia może istnieć kilka najbardziej niekorzystnych kombinacji, tj. takich, które spełniają warunki danego zbrojenia, ale nie są zgodne ze zbrojeniem jedną pozycję niższym. Ponadto można zapoznać się z wykresami odkształceń i naprężeń betonu oraz stali dla linii prostej prostopadłej do osi obojętnej. Można również zapoznać się z momentami wynikającymi ze zwiększenia spowodowanego przypadkową mimośrodowością i mimośrodowością drugiego rzędu (wyboczenie), które są zaznaczone na kolor czerwony, w dolnej części tabeli najbardziej niekorzystnych sił wewnętrznych.

Jeśli słup nie spełnia warunków zgodności, pojawi się skrót informujący o tego przyczynie. Np. **NSz = nadmierny stopień zbrojenia**, w przypadku przekroczenia maksymalnych wartości granicznych normy, chociaż w tym przypadku zbrojenie jest pozostawione.

Mogą pojawić się też inne komunikaty, z którymi należy się zapoznać.

Jeśli zbrojenie lub wymiary zostaną zmodyfikowane i nie będą spełnione warunki zgodności, po lewej stronie pojawi się znak wskazujący, że zostały przekroczone wartości graniczne lub maksymalne stopnie zbrojenia.

Jeśli zmiany są znaczące, zdecydowanie zaleca się ponowne przeprowadzenie obliczeń projektu, ponieważ sztywności uległy zmianie.

Po zapoznaniu się z danymi, kolejnym krokiem jest uzyskanie wyników graficznych.

Jeśli występują słupy o niewystarczającym przekroju, nie zostaną one narysowane ani zwymiarowane.

Opcja **Tabela słupów** umożliwia grupowanie słupów. Te, które nie spełniają warunków zgodności, będą wyświetlane na **czerwono**.

Możliwe jest zablokowanie danego zbrojenia i zachowanie go, a w późniejszych obliczeniach zweryfikowanie jego zgodności.

1.11.1.9 Wyniki żelbetowych ścian usztywniających, żelbetowych ścian zwykłych i ścian murowanych.

Można zapoznać się z wykresami naprężeń normalnych i stycznych na całej wysokości ściany usztywniającej lub ściany zwykłej, dla każdej obliczonej kombinacji, a także z wykresami przemieszczeń dla określonych przypadków obciążeń. Wykresy izowartości przedstawione są w kolorze i skalowane zgodnie z wartościami proporcji, ze wskazanymi wartościami minimalnymi i maksymalnymi.

Istnieje możliwość zapoznania się ze zbrojeniem oraz jego modyfikacji według uznania projektanta, jak również grubości. W przypadku wystąpienia jakichkolwiek niezgodności zostaną one zaznaczone z kolorem czerwonym. Dodatkowo dostępna jest opcja ponownego doboru zbrojenia.

Dostępny jest zakodowany tekst informacyjny z komunikatami wyjaśniającymi stan projektu.

Można również zapoznać się ze współczynnikiem zgodności wyrażonym w % ułożonego zbrojenia, oraz ze strefami, które należy zazbroić, jeśli takie istnieją.

Można wyświetlić najbardziej niekorzystne siły wewnętrzne odcinka i siły wewnętrzne według przypadku obciążenia wynikowej.

1.11.1.10 Wyniki obliczeń efektów 2. rzędu

Jeśli uwzględniono efekty drugiego rzędu, spowodowane oddziaływaniem wiatru lub sejsmicznym, można zapoznać się z wynikami obliczeń i wyświetlić na ekranie wartości współczynników zwiększających siły wewnętrzne oraz wynikowy współczynnik zwiększający ze względu na oddziaływanie poziome dla każdej uczestniczącej kombinacji. Jest to wyjaśnione podczas wprowadzania danych, po czym można wydrukować raport z wynikami.

1.11.1.11 Wyniki dla wiatru

Można zapoznać się z wartościami obciążenia wiatrem X i obciążenia wiatrem Y dla każdego piętra oraz wydrukować wyniki.

1.11.1.12 Wyniki dla trzęsienia ziemi

Można zapoznać się z wartościami okresu drgań dla każdego rozważanego trybu, współczynnikiem udziału mobilizowanych mas w każdym kierunku oraz współczynnikiem sejsmicznym odpowiadającym wynikowemu spektrum przemieszczeń.

1.11.1.13 Izowartości i izolinie w płytach, stropach kasetonowych i płytach fundamentowych

W tej sekcji, dla płyt pełnych i stropów kasetonowych, można wyświetlić przemieszczenia, siły wewnętrzne i stopnie zbrojenia w cm^2/m dla wszystkich paneli dowolnej grupy.

1.11.1.14 Zdeformowany kształt

Istnieje możliwość wizualizacji w 3D modelu wygenerowanego dla każdego przypadku obciążenia i kombinacji, a także jego animacji.

1.11.2 Drukowanie raportów

Wprowadzone dane i wyniki obliczeń mogą zostać zestawione w formie raportu i wydrukowane na drukarce lub w pliku tekstowym. Można wydrukować następujące dane:

- Zestawienia ogólne. Zawierają one nazwę projektu, grupy, piętra, wysokości, współrzędne oraz wymiary słupów i ich wiązania, ściany usztywniające, dane dotyczące oddziaływań grawitacyjnych, wiatru, trzęsienia ziemi, użyte materiały, poziomy kontroli, wprowadzone stropy, geometrię i ciężar własny.
- Zestawienie kombinacji wykorzystanych w obliczeniach.
- Zestawienie zbrojenia w belkach. Zawierają one obwiednie wymaganej mocy zbrojenia, momentów, sił tnących, momentów skręcających, ułożonego zbrojenia, ugięcia czynnego.
- Zestawienie obwiedni wraz z rysunkami obwiedni momentów, sił tnących i momentów skręcających.
- Zestawienie pomiarów belek.
- Zestawienie etykiet: wyszczególnione widoki zbrojenia belek.

- Zestawienie wymiany. Jest to plik tekstowy zawierający informacje o zbrojeniu belek.
- Zestawienie pomiarów powierzchni i objętości paneli płyt i belek.
- Zestawienie pomiarów belek stropowych według typu i długości.
- Wykaz pomiarów pustaków/kasetonów.
- Wykaz pomiarów zbrojenia belek na moment ujemny.
- Wykaz ilości na metr kwadratowy obiektu.
- Wykaz zbrojenia płyt i stropów kasetonowych.
- Wykaz sił wewnętrznych w belkach pochyłych, z obwiedniami momentów, sił osiowych, sił tnących i umieszczonego zbrojenia.
- Zestawienie słupów i ścian usztywniających, w tym lista prętów zbrojeniowych, sił występujących u ich podstawy, sił według przypadków obciążeń i najbardziej niekorzystnych sił w słupach i ścianach usztywniających.
- Zestawienie przemieszczeń według przypadków obciążeń dla każdego słupa i każdej kondygnacji.
- Zestawienie efektów drugiego rzędu.
- Zestawienie obciążeń wiatrem.
- Zestawienie współczynników udziału trzęsienia ziemi, w tym okres trybów, współczynnik udziału zmobilizowanych mas i wynikowy współczynnik sejsmiczny dla każdego kierunku (analiza dynamiczna).
- Zestawienie maksymalnych przemieszczeń słupów, na każdej kondygnacji dla wszystkich słupów, w najbardziej niekorzystnej kombinacji dla każdego kierunku (nie są towarzyszące).
- Zestawienie maksymalnych odkształceń słupów.
- Zestawienia fundamentów. Można uzyskać listy danych materiałowych, oddziaływań i geometrii stóp/ław fundamentowych, oczepów pali oraz belek centrujących i łączących stopy fundamentowe, a także ich pomiary.

Można również uzyskać listy przeprowadzonych weryfikacji obliczeniowych dla tych elementów fundamentowych.
- Zestawienia krótkich wsporników.
- Zestawienie Zintegrowanych konstrukcji 3D.

- Weryfikacje U.L.S. (stanów granicznych nośności) dla słupów i belek.

Zestawienia stanowią uzupełnienie informacji graficznych, które są dostępne na ekranie, oraz rysunków definiujących geometrię i zbrojenie projektu.

1.11.3 Generowanie rysunków

Rysunki mogą być konfigurowane w różnych formatach, zarówno standardowych, jak i zdefiniowanych przez użytkownika, oraz dostosowywane do różnych rozmiarów papieru. Mogą być drukowane za pomocą różnych urządzeń peryferyjnych, takich jak drukarki, plotery, lub zapisywane w formatach DXF/DWG oraz PDF. Aby proces generowania przebiegł prawidłowo, konieczna jest odpowiednia konfiguracja w systemie Windows oraz instalacja właściwych sterowników.

Na arkuszu można umieścić dowolny typ detalu konstrukcyjnego lub rysunek w formacie DXF lub DWG, a także skorzystać z narzędzi edycyjnych dostępnych w programie, takich jak teksty, linie, łuki czy elementy DXF. Istnieje możliwość dostosowania skali, grubości linii, rozmiaru czcionki, ramki itp., co pozwala na pełną personalizację rysunku, w tym także aktywnego szablonu DXF lub DWG.

Wszystkie elementy są zdefiniowane na warstwach, a dla każdego rysunku można wybrać dowolną liczbę elementów. Zasadniczo dostępne są następujące rodzaje rysunków:

- 1. Szkic tyczenia.** Rysunek i wymiarowanie wszystkich elementów według rzutów kondygnacji i w odniesieniu do osi tyczenia. Opcjonalnie może zawierać powierzchnie i objętości stropów, a także ilości stali w tabeli informacyjnej.
- 2. Rysunki konstrukcji - rzuty z góry.** Geometria wszystkich elementów na rzucie z góry: belki, słupy, ściany usztywniające, ściany zwykłe, panele stropów jednokierunkowych (z zaznaczeniem momentów dodatnich i skrajnych sił tnących w belkach, długości zbrojenia przenoszącego moment ujemny), zbrojenie w płytach pełnych i w stropach kasetonowych. Dostępne jest wyszczególnienie w tabeli zbrojenia głównego w płytach, a także w lokalnie zwiększonych grubościach stropu i żebrach stropów kasetonowych, zbrojenie na przebiecie, strefy pełne i odchudzone. Można umieścić tabelę podsumowującą szczegóły pomiarów i sumy. Można również uzyskać rysunki elementów fundamentowych.
- 3. Wyszczególnienie belek.** Rysunek linii trasowania belek, zawierający nazwę, skalę, wymiary, liczbę prętów zbrojenia, ich średnicę i długości, położenie prętów, strzemiona, ich typ, średnicę i rozstaw. Możliwe jest wyszczególnienie prętów zbrojenia w tabeli zbiorczej wraz z sumą pomiarów.
- 4. Tabela słupów i płyt kotwiących.** Schemat przekrojów słupów, ze wskazaniem ich numeru, położenia, przedziału, na którym rozłożone są strzemiona, typów, średnicy,

długości, profili metalowych. Są pogrupowane według jednakowych typów. Zamieszczana jest również tabela płyt kotwiących u podstawy słupów metalowych, zawierająca wymiary, rodzaje śrub kotwiących oraz geometrię płyt. Rysunki mogą być generowane lub zaznaczone dla poszczególnych pięter, a także mogą obejmować podsumowanie wyników pomiarów.

5. **Wyszczególnienie słupów i ścian usztywniających.** Szczegółowy rysunek zbrojenia słupów i ścian usztywniających, w tym widok z przodu długości i tabela z długościami wszystkich prętów.
6. **Oddziaływania na fundamenty.** Rysunek prętów startowych fundamentu z obciążeniami tych prętów startowych (według przypadków obciążeń), wyrażonymi w osiach ogólnych. Uwzględnia się słupy i ściany usztywniające.
7. **Ściany piwnic i ściany nośne.** Widoki z przodu każdego fragmentu ściany wraz z tabelą zbrojenia dla każdego fragmentu, według poszczególnych kondygnacji, wraz z przybliżonymi pomiarami.
8. **Rozkład obciążeń.** Rysowane są obciążenia wyjątkowe dla przypadków obciążeń dla poszczególnych grup.
9. **Rysunek krótkich wsporników.** Na rysunkach przedstawiane są geometria i zbrojenie.
10. **Izolacje.** Dla płyt i stropów kasetonowych przedstawiane są izolacje.
11. **Konstrukcja 3D.** Jest ona przedstawiana na rysunkach, jeśli użytkownik posiada program CYPE 3D i zostały utworzone zintegrowane konstrukcje 3D.

1.12 Weryfikacja i wymiarowanie elementów

Do wymiarowania przekrojów żelbetowych w stanach granicznych nośności stosuje się metodę paraboli i prostokąta (z siłą osiową i momentami) oraz schemat prostokątny (proste zginanie), z wykresami naprężenie-odkształcenie betonu i dla każdego rodzaju stali, zgodnie z obowiązującymi normami (patrz rozdział: „**Wdrożenie norm**”).

Stosuje się ograniczenia wymagane przez normy dotyczące minimalnych i maksymalnych stopni i intensywności zbrojenia, a także przepisy dotyczące minimalnej liczby prętów zbrojeniowych, minimalnych średnic oraz minimalnych i maksymalnych odległości między nimi. Te limity można przeglądać i modyfikować na ekranie w sekcji **Opcje**. Pozostałe są zapisane w plikach wewnętrznych.

1.12.1 Belki poziome i pochyłe

1.12.1.1 Zbrojenie podłużne na zginanie

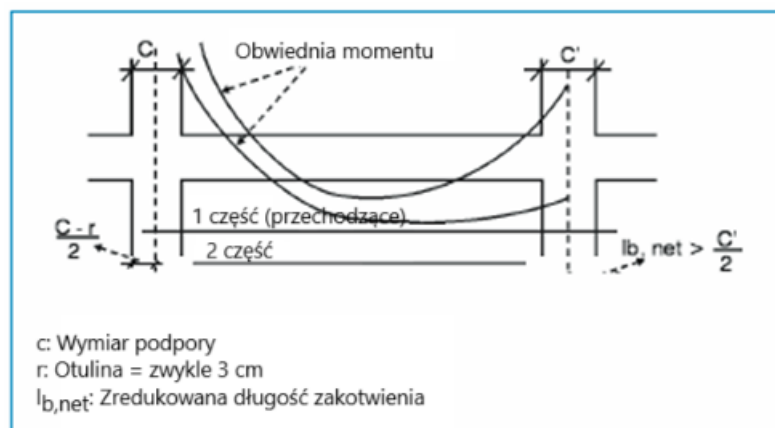
Zbrojenie określa się, wykonując obliczenia zginania prostego w co najmniej 14 punktach każdego przęsła belki, ograniczonego przez elementy stykające się z nią, takie jak belki stropowe, płyty pełne lub stropy kasetonowe. W każdym punkcie, na podstawie obwiedni momentów zginających, określa się wymagane zbrojenie górne i dolne (rozciągane i ściskane w zależności od znaku momentów), a następnie weryfikuje się je zgodnie z minimalnymi stopni i intensywności zbrojenia podanymi w normach, przyjmując wartość większą. Zbrojenie oblicza się zarówno dla obwiedni sejsmicznych, jak i niesejsmicznych, a następnie stosuje się większą z uzyskanych wartości.

Zbrojenie dolne

Znając potrzebną powierzchnię zbrojenia obliczoną we wszystkich punktach, poszukuje się w tabeli zbrojenia na moment dodatni, pierwszej sekwencji zbrojenia wyższej niż ta wymagana. Można stosować pręty zbrojeniowe z maksymalnie trzema długościami cięcia. Tabele zbrojenia są definiowane dla określonej szerokości i wysokości.

Tabele zbrojenia dzielą się na trzy części, z których każda może mieć różną średnicę. Pierwsza część to zbrojenie przechodzące między podporami, zakotwione w sposób konstrukcyjny. Oznacza to, że oś podpory przechodzi do przeciwległej powierzchni z zachowaniem 3 centymetrów, chyba że z przyczyn obliczeniowych (np. gdy zbrojenie na moment dodatni jest blisko podpory lub wymagana jest zbrojenie ściskane w podporach) konieczne jest zakotwienie krótszej długości od osi. Tabele zbrojenia domyślnie zapewniają zbrojenie przechodzące (pierwsza część), którego stopień zbrojenia zawsze przekracza jedną trzecią lub jedną czwartą całkowitego zbrojenia według domyślnych tabel programu. W przypadku modyfikacji tabel należy dążyć do zachowania tej proporcji, pozostawiając decyzję o takich zmianach użytkownikowi.

Druga i trzecia część mogą być krótsze, ale zawsze symetryczne, zgodne z minimalnymi długościami wyrażonymi w wartościach procentowych (d i e na rysunku) rozpiętości przęsła określonego w **Opcjach**.



Rysunek 24

UWAGA: Pierwsza część zawsze przechodzi wartość równą 10 średnicom mierzonym od powierzchni podpory.

Gdy w tabelach zbrojenia nie zostanie znaleziona kombinacja spełniająca wymagania dla wymiarów belki, zastosowane zostaną pręty o średnicy ϕ 25. Program wyświetli komunikat: „Zbrojenie dolne poza zakresem tabeli”.

Zbrojenie górne

Rozróżnia się dwa rodzaje zbrojenia górnego.

Zbrojenie górne (w belkach normalnych, dolne w belkach fundamentowych). Znając wymaganą powierzchnię zbrojenia dla wszystkich obliczonych punktów, w tabeli zbrojenia na moment ujemny poszukiwana jest pierwsza sekwencja zbrojenia wyższa niż wymagana. Można zastosować pręty zbrojeniowe z maksymalnie trzema grupami różnych długości cięcia, dla których w opcjach Zbrojenie belek można określić minimalny % długości dla każdej grupy. Tabele zbrojenia są definiowane dla podanej szerokości i wysokości elementów. Tabele zbrojenia dzielą się na trzy części, z których każda może mieć różną średnicę.

Montażowe: Zbrojenie ciągłe lub konstrukcyjne, podtrzymujące strzemiona. Zbrojenie montażowe ciągłe stosuje się, gdy w warsztacie wykonuje się zbrojenie belek od podpory do podpory, równocześnie ze zbrojeniem na moment dodatni i strzemionami, z pominięciem umieszczenia zbrojenia górnego (lub dolnego w belkach fundamentowych) w podporach, co następuje na miejscu budowy. Opcjonalnie można uznać (lub nie) zbrojenie za współpracujące jako zbrojenie górne. Wtedy, w przypadku konieczności zastosowania górnego zbrojenia ściskanego, zawsze będzie zamieniane ono na współpracujące. Kotwienie tego zbrojenia montażowego jest opcjonalne, w postaci haka lub prostego

przedłużenia, począwszy od miejsca zakończenia lub osi, co zostało wyraźnie pokazane w oknie opcji.

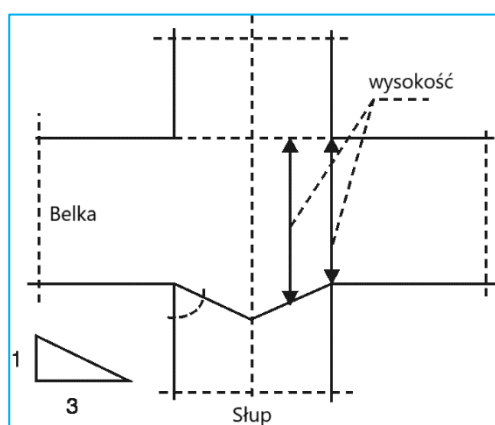
- W przekrojach teowych dodatkowe zbrojenie jest umieszczane w celu podparcia końców strzemion w górnej części przekroju teowego.
- Zbrojenie montażowe podtrzymujące strzemiona jest wykorzystywane do montażu prętów zbrojeniowych „in situ”. Pręty te są umieszczane między końcami górnego zbrojenia, z użyciem prętów o małej średnicy i posiadających konstrukcyjny zakład. Niezbędne jest zbrojenie, które przynajmniej podtrzymuje strzemiona. Może być również stosowane w strefach sejsmicznych, gdzie pożądane jest odsunięcie zakładów od węzłów. Zaleca się zapoznanie się z tym zbrojeniem i wybranie takiego wariantu, który jest zwykle używany.

Gdy w tabelach zbrojenia nie zostanie znalezione zbrojenie spełniające wymagania, zostanie umieszczona wymagana liczba prętów o średnicy 25. Program wyświetli komunikat: „poza zakresie tabeli”, zarówno dla zbrojenia montażowego, jak i dodatkowego.

Gdy długości prętów przenoszących moment ujemny po obu stronach odcinka są ze sobą połączone (patrz: **Opcje**), automatycznie stają się one prętami zbrojenia montażowego współpracującego.

Inne kwestie dotyczące zbrojenia podłużnego

Wewnątrz strefy podporowej zakłada się liniową zmianę wysokości belki (1/3), co prowadzi do zmniejszenia niezbędnego zbrojenia. Wartość ta będzie równa największej wartości uzyskanej pomiędzy powierzchniami podpory, bez konieczności pokrywania się z osią podpory. Najczęściej jednak będzie bliska krawędzi podpory lub będzie znajdować się na tej krawędzi.



Rysunek 25

W przypadku ścian usztywniających i ścian zwykłych, w zależności od szerokości boku, do którego dochodzi belka, oblicza się długość lub rozpiętość obliczeniową równą mniejszej z dwóch wartości:

- Odległość między osiami ścian usztywniających (lub punkt środkowy osi przecinanej belki)
- Rozpiętość w świetle (między powierzchniami) plus dwukrotność wysokości

Dzięki temu kryterium uzyskuje się obwiednie w obrębie ściany usztywniającej i uzyskuje się długość cięcia prętów zbrojeniowych, która nie przekroczy rozpiętości obliczeniowej o więcej niż dwie wysokości.

Jeśli jest konieczne zastosowanie zbrojenia przypowierzchniowego, ze względu na wysokość belki, którą to możliwość określa się w **Opcjach**, zostanie ono rozmieszczone na powierzchniach bocznych z minimalną średnicą i minimalnym rozstawem określonymi zgodnie z normą i jak wskazano w opcjach.

Zbrojenie podłużne na skręcanie

Po dobraniu zbrojenia podłużnego ze względu na zginanie oblicza się zbrojenie potrzebne do przeniesienia skręcania zgodnie z normą, dla każdego przekroju. Jeśli rzeczywiste zbrojenie umieszczone w narożach jest w stanie przenieść ten wzrost obciążeń w porównaniu ze zbrojeniem potrzebnym do przeniesienia zginania, będzie spełniało wymogi. W przeciwnym razie konieczne będzie zwiększenie zbrojenia podłużnego oraz zastosowanie dodatkowego zbrojenia na bocznych powierzchniach, podobnie jak w przypadku zbrojenia przypowierzchniowego. Weryfikacja ściskania ukośnego wywołanego skręcaniem i ścinaniem odbywa się przy użyciu wysokości użytecznej krawędzi podparcia zgodnie ze wzorami poszczególnych norm.

Cięcie prętów zbrojenia podłużnego

Po określeniu obwiedni wymaganych nośności w każdym przekroju, górnej i dolnej, tworzony jest drugi wykres. Dla każdego punktu określane jest przemieszczenie o wysokość użyteczną plus zredukowaną długość netto (= długość zakotwienia · wymagana powierzchnia / powierzchnia rzeczywista) zgodnie z jego położeniem (II = słaba przyczepność, I = dobra przyczepność). Ustalana jest maksymalna długość w danej strefie dla każdej grupy zbrojenia rozmieszczonej w niekorzystnym kierunku lub kierunku, w którym siły maleją. Opcjonalnie te długości mogą zostać dostosowane do minimalnych wartości określonych w zależności od procentu rozpiętości oraz w wielokrotnościach 5 cm. Na końcach, zbrojenie jest kotwione zgodnie z zakończeniem prętów w formie haka, obliczając niezbędną długość pionowej odnogi oraz stosując wartość minimalną, jeśli zostało to określone w opcjach. W podporach pośrednich zbrojenie na moment dodatni

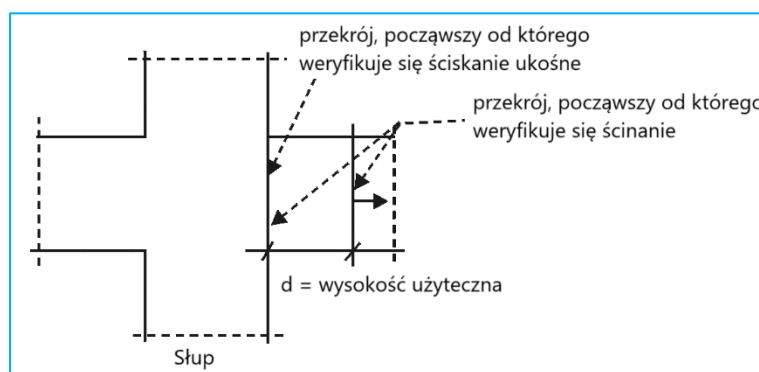
jest kotwione po obu stronach od osi podpory, przy czym wymagane jest minimum dziesięć średnic prętów, licząc od krawędzi podpory (Rysunek 25).

Jeśli maksymalna długość prętów zostanie przekroczona, pręty zostaną ucięte i będą na siebie zachodzić o wartość dwukrotnie większą niż maksymalna długość zakotwienia. W warunkach sejsmicznych istnieje opcja, w której zakotwienie i zachodzenie zbrojenia na siebie przebiega poza obszarem skrępowania przy podporach.

Zbrojenie poprzeczne (Strzemiona)

Podczas wymiarowania na siły tnące przeprowadzana jest weryfikacja ściskania ukośnego przy krawędzi bezpośredniego podparcia. Wymiarowane są również strzemiona, zaczynając od tej krawędzi lub opcjonalnie w odległości od krawędzi podparcia, wyrażonej jako procent wysokości użytecznej (Rysunek 26). W odniesieniu do strzemion, czyli zbrojenia na ścinanie, istnieje możliwość wyboru minimalnych średnic i rozstawów w zależności od wymiarów belki, jak również określenie symetrii w ich rozmieszczeniu oraz zastosowania różnych średnic w zależności od strefy belki. Można zdefiniować strzemiona pojedyncze (zawsze otaczające cały przekrój), podwójne, potrójne, jak również pionowe strzemiona otwarte (pręty łączące). Strzemiona i strzemiona otwarte mogą być rozmieszczone razem, do dwóch lub trzech w tym samym przekroju.

Istnieją tabele definiowane przez użytkownika, w których można zobaczyć, że możliwe jest użycie strzemion i strzemion otwartych, jak wspomniano powyżej.



Rysunek 26

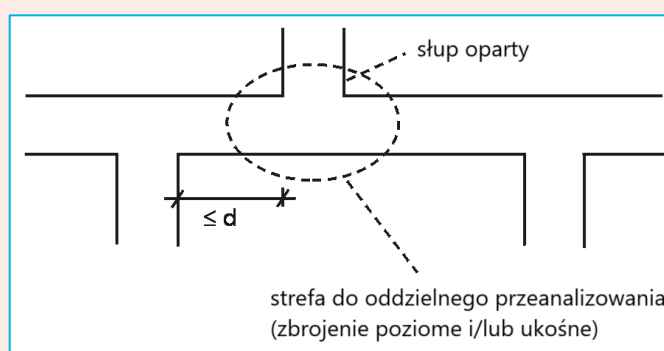
Najpierw określa się minimalne strzemiona zgodnie z normą, w zależności od przekroju belki i tabeli zbrojenia, sprawdzając, jaka długość może pokryć zapotrzebowanie obwiedni sił tnących w strefie centralnej.

W strefach bocznych, po lewej i prawej stronie, umieszcza się wymagane strzemiona aż do podpór, zapewniając ich wymaganą długość plus połowę wysokości użytecznej belki. Sprawdza się, czy te długości są większe niż minimalne wartości określone w **Opcjach**.

Na koniec, jeśli występuje skręcanie, oblicza się niezbędne zbrojenie poprzeczne na skręcanie, ustalając wartości minimalne zgodnie z normą (minimalny rozstaw, strzemiona zamknięte) i dodaje się je do zbrojenia na ścinanie. Ostatecznie powstaje układ strzemion, którego średnice, rozstawy i długość pokrywają sumę obu efektów. Przeprowadza się łączną weryfikację (ściskanie ukośne) naprężeń stycznych od sił tnących i skręcania.

Słupy oparte. Obciążenia blisko podpór. Belki-ściany (o dużej wysokości) i belki szerokie.

W szczególnym przypadku słupów opartych na belkach (bez połączenia zewnętrznego), strzemiona pionowe wymiaruje się na podstawie wartości siły tnącej na krawędzi oparcia tego odcinka. Należy pamiętać, że w przypadku słupów opartych na belkach lub obciążen skupionych blisko podpór, czyli w odległości mniejszej lub równej wysokości użytecznej belki, obciążenie jest przekazywane poprzez pochyłe krzyżulce betonowe (pręty-s) ściskane i rozciągane, co wymaga zastosowania zbrojenia poziomego. Jest to analogiczne do przypadku krótkich wsporników, jednakże kryteria wymiarowania dla tego przypadku nie są uwzględnione w programie. W takim przypadku należy przeprowadzić ręczną weryfikację i dobrać zbrojenie w odcinkach, w których to występuje, zgodnie z wymogami normy oraz uzupełnić rysunki belek o odpowiednie detale. Alternatywnie można zastosować pręty ukośne.



Rysunek 27

Z uwagi na znaczenie tego typu podpór oraz ich podatność na uszkodzenia, niezbędne jest zachowanie szczególnej ostrożności zarówno podczas projektowania, jak i wykonania.

Sprawdza się również, czy rozstaw strzemion spełnia wymagania normy, gdy zbrojenie podłużne jest ściskane, co wpływa zarówno na średnicę, jak i maksymalny rozstaw, w zależności od stopnia ściskania zbrojenia podłużnego.

Należy sprawdzić pręty startowe słupów opartych, weryfikując ich warunki zakotwienia w belce. Zaleca się ograniczenie współczynnika zamocowania w podstawie słupa na pierwszym odcinku prętów startowych, aby uniknąć stosowania prętów o dużych średnicach, co prowadzi do zbyt dużych długości prętów startowych.

W przypadku krótkich odcinków lub belek o podwyższonej wysokości, może zaistnieć sytuacja, gdy rozpiętość jest mniejsza niż dwukrotna wysokość przekroju. W takim przypadku mamy do czynienia z belką o dużej wysokości przekroju lub belką-ścianą, której kryteria wymiarowania nie zostały uwzględnione w programie. Z tego powodu należy ręcznie przeprowadzić weryfikację i zaprojektować zbrojenie w odcinkach, gdzie taka sytuacja występuje.

Może się również zdarzyć, że szerokość belki w jakimś odcinku przekracza dwukrotność jej rozpiętości. W takim przypadku taka belka szeroka nie jest faktycznie belką, lecz elementem płaskim dwuwymiarowym, jak płyta. Należy wówczas przeprowadzić jej dyskretyzację i wprowadzić ją jako płytę, a nie belkę, gdyż zasady wymiarowania są inne dla obu przypadków.

Na koniec, należy pamiętać, że w przypadku belek płaskich, których szerokość przekracza szerokość podpory o więcej niż jedną wysokość, należy przeprowadzić ręczną weryfikację przebiecia, a także weryfikację strzemion na podporze, umieszczając dodatkowe zbrojenie poprzeczne w razie potrzeby. Jeżeli występują obciążenia zawieszane poniżej osi obojętnej przekroju lub obciążenia skupione belek podpartych na innych belkach, konieczne jest ręczne dodanie odpowiedniego zbrojenia do zawieszenia tych obciążeń, gdyż program tego nie uwzględnia.

Weryfikacja belek pod kątem zarysowania

Opcjonalnie można określić limit szerokości zarysowania. Zastosowane wyrażenie odpowiada normie „CEB-FIP Model Code”. Szerokość charakterystyczna jest obliczana jako:

$$W_k = 1.7 \cdot S_m \cdot E_{sm}$$

$$S_m = 2c + 0.2s + K_1 K_2 \frac{\phi A_{c, \text{effective}}}{A_s}$$

$$E_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \frac{K_3}{2.5 K_1} \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \leq 0.4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

gdzie:

c: Otulina zbrojenia na rozciąganie

s: Rozstaw prętów. Jeżeli $s > 15d$, $s = 15\phi$

K_1 : 0.4 (pręty żebrowane)

K_2 : 0.125 (zginanie proste)

A_s : Całkowita powierzchnia prętów w polu efektywnym

$A_{c, \text{effective}}$: Efektywne pole otaczające pręty zbrojeniowe, na wysokości $\frac{1}{4}$ wysokości belki.

σ_s : Naprężenia podczas eksploatacji zbrojenia

σ_{sr} : Naprężenie zbrojenia w momencie powstania rys

E_s : Moduł sprężystości stali

K_3 : 0.5

Ten wzór ma ogólne zastosowanie, z wyjątkiem normy NB-1 i Eurokodu 2, które mają swoje własne wzory.

Jeśli zostanie aktywowana weryfikacja i nie zostanie ona spełniona, pręty zostaną wydłużone lub stopień zbrojenia zostanie zwiększony w celu spełnienia wymagań, co spowoduje wyświetlenie komunikatu ostrzegawczego (nie jest to błąd) o błędach belki.

1.12.2 *Belki pochyłe*

Mogą być wykonane z żelbetu lub stali. Są wymiarowane pod kątem dwukierunkowego zginania ze ściskaniem na podstawie obwiedni momentów zginających i sił osiowych. Ich strzemiona są wymiarowane pod kątem ścinania. Obliczenia obejmują wymiarowanie zbrojenia dla dwóch płaszczyzn równoległych do powierzchni belki. Czyli zarówno dla płaszczyzny pionowej, jak i poziomej.

Przedstawione górne i dolne zbrojenie podłużne stanowi maksimum, czyli obwiednię wszystkich obliczonych przekrojów wzdłuż długości belki pochyłej. W przypadku tego typu belek, na rysunkach jest umieszczane zbrojenie, jednak można je sprawdzić tylko na ekranie. Projektant musi wykonać osobny, szczegółowy rysunek zbrojenia dla miejsc przecięcia węzłów końcowych.

Obwiednia tych sił wewnętrznych może zostać podana w zestawieniu, jeśli użytkownik wymaga przekrojów prętów i analizy węzłów połączeń.

Jeśli belka jest wykonana ze stali, obowiązują kryteria wymiarowania dla słupów stalowych.

1.12.3 *Belki stalowe*

Są wymiarowane zgodnie z wybraną normą i rodzajem stali. Program dla danej serii proponuje optymalny profil. Te belki są wymiarowane pod kątem zginania prostego, ponieważ siła osiowa nie jest brana pod uwagę. Opcjonalnie przeprowadzana jest weryfikacja zwichrzenia dla dolnej półki w belkach pod stropem.

Jako kryteria wymiarowania stosowane są wartości graniczne normy i wartości graniczne ugięcia. Stopień wykorzystania jest wyrażony w % wartości granicznych normy i ugięcia.

Informacje na temat wymiarowania belek zespolonych można znaleźć w rozdziale „**Belki zespolone**”.

Belki ażurowe (Boyd) są modelowane jako belki Vierendeela i są wymiarowane jako stal walcowana zgodnie z odpowiednią normą.

Kompletne zestawienia kontrolne U.L.S. bardzo dobrze ilustrują weryfikacje przeprowadzane przez program.

1.12.4 *Żelbetowe słupy, ściany usztywniające i ściany*

Wymiarowanie słupów betonowych przeprowadza się pod kątem dwukierunkowego zginania ze ściskaniem. Na podstawie wybranej dla projektu tabeli zbrojenia, sekwencyjnie, dla rosnących stopni zbrojenia, przeprowadza się weryfikacje zdefiniowanych układów zbrojenia. Mogą one być symetryczne w dwóch, czterech kierunkach lub z niewielką różnicą procentową między nimi. Weryfikuje się, czy umieszczone zbrojenia spełnia wymogi wszystkich możliwych kombinacji. Program także sprawdza zgodność między siłami wewnętrznymi i odkształceniami oraz weryfikuje, że nie są przekraczane naprężenia w betonie i stali ani ich graniczne odkształcenia.

Uwzględnia się minimalny lub przypadkowy mimośród, a także dodatkowy mimośród związany z wyboczeniem, zgodnie z normą, ograniczając wartość smukłości mechanicznej, zgodnie z zaleceniami normy. Ponieważ stosowane formuły mają ograniczony zakres w odniesieniu do smukłości, w przypadku jej przekroczenia, przekrój uznaje się za niewystarczający (choćby użytkownik może ręcznie wprowadzić zbrojenie) i wyświetlany jest komunikat o nadmiernej smukłości.

W ukrytym pliku i dla poszczególnych norm określa się minimalne i maksymalne wymagania dotyczące ograniczeń stopnia i intensywności zbrojenia, które muszą zostać spełnione podczas wymiarowania zbrojenia. Jeżeli zbrojenie nie spełnia wymagań i przekraczane są maksymalne wartości graniczne, w zestawieniu i na ekranie wyświetlony zostanie komunikat Nadmierny stopień zbrojenia.

W takim przypadku konieczne jest zwiększenie przekroju betonowego. Jeśli w tabelach nie można znaleźć zbrojenia odpowiedniego do obliczeniowych sił, szukane jest zbrojenie obliczane przez program, dopóki zbrojenie nie przestanie mieścić się w jednej warstwie na powierzchni przekroju. W takim przypadku pojawia się komunikat „ZBROJENIE RĘCZNE”. Należy wtedy dodać więcej typów zbrojenia w tabeli i ponownie obliczyć słup, z możliwością przeprowadzenia obliczeń tylko dla słupów bez ponownego obliczania całej konstrukcji. Możliwe jest również zwiększenie przekroju, co automatycznie powoduje ponowne obliczenie przekroju.

Należy pamiętać, że w przypadku dużych zmian wymiarów, wskazane jest ponowne obliczenie całej konstrukcji z powodu zmian sztywności. Średnice i rozstaw strzemion są dobierane zgodnie z normą, wykorzystując wstępnie zdefiniowane typologie, z możliwością modyfikacji przez użytkownika, gdzie rozstaw i średnice są uzależnione od zbrojenia pionowego, co również jest możliwe do modyfikacji.

Dostępne są tabele zbrojenia, w których w zależności od pionowego zbrojenia można określić różne konfiguracje strzemion i prętów łączących w zależności od wymiarów poprzecznych, a tabele mogą być różne w zależności od projektu. Jeśli w tabeli nie zdefiniowano strzemion dla danego przekroju, program dobiera jedynie strzemiona obwodowe.

Przeprowadza się także weryfikację ścinania z powodu ściskania ukośnego oraz weryfikację wytrzymałości na rozciąganie środka w zależności od rozmieszczonego zbrojenia. Jeśli nie spełniono wymagań, pojawia się komunikat ostrzegawczy w kolumnie obok strzemion.

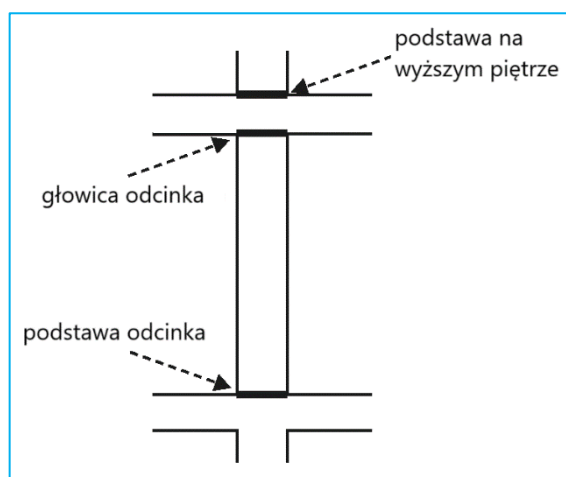
Długości zakładów są obliczane jako długości zakotwienia w pozycji I (dobra przyczepność), w zależności od rodzaju stali, betonu i z uwzględnieniem obciążeń dynamicznych. Opcjonalnie można zastosować redukcję wskazanej długości zakotwienia w zależności od potrzebnego i faktycznego zbrojenia, bez zmniejszania wartości zredukowanej. Długości te są edytowalne i modyfikowalne.

Zakłada się, że słup pracuje głównie na ściskanie, dlatego w przypadku słupów rozciąganych (jak ciągną), konieczne jest ręczne wydłużenie długości zakotwień oraz szczegółowe przeanalizowanie połączeń i zakotwień, ręcznie wykonując odpowiednie szczegóły uzupełniające.

W kwestii zbrojenia pionowego słupa, jego ostatnie i przedostatnie odcinki są zbrojone na podstawie występujących w nich sił. Następnie zbrojenie umieszcza się odcinek po odcinku, od góry ku dołowi, przy czym w każdym niższym odcinku zbrojenie nie może być mniejsze niż w odcinku wyższym, jeśli zostało wybrane odpowiednie kryterium ciągłości prętów w **Opcjach**.

Przekroje, które są poddane weryfikacji w celu ustalenia zbrojenia dla poszczególnych kondygnacji, co obrazuje Rysunek 28: głowica i podstawa odcinka oraz podstawa wyższego odcinka. Jeśli zdefiniowano obciążenia poziome słupów, sprawdzane są przekroje pośrednie, gdyż mogą one wpływać na zwiększenie sił.

W przypadku różnicy poziomów stosuje się tę samą metodologię dla każdego odcinka, na który został podzielony słupek w wyniku różnicy poziomów.



Rysunek 28 Przekroje danego piętra poddawane weryfikacji

W przypadku modyfikacji tabel zbrojenia należy sprawdzić rozmieszczenie strzemion. Jeśli nie zdefiniowano strzemion ani zbrojenia dla przekroju słupa, należy uzupełnić tabele o niezbędne strzemiona i pręty łączące. Należy sprawdzić siły tnące. Przeprowadzana jest weryfikacja rozmieszczonych strzemion, a w przypadku stwierdzenia niezgodności wyświetlany jest komunikat „Qe”, dlatego należy postępować zgodnie z poniższymi instrukcjami, aż do uzyskania zgodności:

- *Zmniejszyć rozstaw strzemion*
- *Zwiększyć średnicę strzemion*
- *Zaproponować inne rozmieszczenie strzemion i/lub prętów łączących. W takim przypadku należy przejść do tabel zbrojenia i ponownie obliczyć słupy.*
- *W niektórych przypadkach należy zwiększyć zbrojenie pionowe*

Użytkownik może wybrać ciągłość zbrojenia lub jego brak, a także zachować średnicę zbrojenia narożnego lub liczbę i średnicę zbrojenia boków.

Ponadto możliwa jest modyfikacja przekroju, tak aby zbrojenie zostało ponownie obliczone, a także modyfikacja zbrojenia pionowego i rodzaju strzemion.

1.12.4.1 Słupy stalowe

Jeśli zdefiniowano słupy stalowe, są one obliczane zgodnie z wybraną normą dla typu stali, walcowanej lub zimnogiętej. Wspomniane powyżej współczynniki wybożenia muszą zostać wprowadzone przez użytkownika. W przypadku przyjęcia kryterium o zachowaniu istniejącego profilu należy pamiętać o sprawdzeniu jego zgodności.

Jeśli natomiast użytkownik zezwoli programowi na umieszczenie wymaganego profile, należy pamiętać, że siły zastosowane do wymiarowania zostały uzyskane przy początkowo wprowadzonym profilu, więc jeśli zmiana była znaczna, zaleca się ponowne obliczenie projektu, ponieważ siły mogą się znacznie różnić.

Na koniec obliczane są płyty kotwiące dla podstaw słupów stalowych, sprawdzając ogólne i lokalne naprężenia w stali, betonie, śrubach, przebicie i wyrwanie.

Jeśli słup jest oparty elemencie innym, niż fundament, należy ręcznie sprawdzić długość śrub i warunki zakotwienia.

Nie należy zapominać o sprawdzeniu tych samych zagadnień na poziomie każdej kondygnacji z belkami lub płytami, ponieważ jest to ważny szczegół konstrukcyjny, który nie został uwzględniony w obliczeniach.

1.12.4.2 Żelbetowe ściany usztywniające i zwykłe

Po określeniu stanu naprężeń oraz po obliczeniu sił, dla każdej kombinacji przeprowadzana jest weryfikacja zbrojenia pionowego i poziomego na każdej powierzchni, a także naprężenia i deformacje występujące w betonie i stali dla zbrojenia określonego w tabelach. Proces zwiększania zbrojenia jest przeprowadzany sekwencyjnie, aż któreś zbrojenie spełni wymagania dla wszystkich kombinacji. Podobnie przeprowadza się weryfikacje także w kierunku poprzecznym, obliczając zbrojenie dodatkowe, jeśli jest to konieczne. Proces ten powtarza się dla każdej powierzchni ściany usztywniającej lub ściany zwykłej.

Zgodnie z obowiązującą normą dokonuje się weryfikacji minimalnych i maksymalnych stopni zbrojenia, minimalnych i maksymalnych rozstawów, a także weryfikacji wymiarów boków (np. szerokość jednego boku przekracza pięciokrotność jego grubości). Jeśli wymagania te nie są spełnione, wyświetlany jest komunikat informacyjny oraz stosuje się ograniczenia przewidziane dla słupów. Weryfikuje się również ograniczenia smukłości dla ścian usztywniających i ścian zwykłych, dla każdego boku, a w przypadku ich przekroczenia program generuje odpowiedni komunikat.

W końcowym etapie można przeglądać na ekranie uzyskane zbrojenie oraz błędy w wymiarowaniu. Jeżeli zmienia się zbrojenie i/lub grubość elementu, przeprowadzana jest ponowna weryfikacja. Program wyświetli odpowiednie komunikaty o błędach w razie ich

wystąpienia. Możliwe jest ponowne przeprowadzenie wymiarowania przekrojów, co skutkuje uzyskaniem nowego zbrojenia i przeprowadzeniem odpowiednich weryfikacji.

Podczas wymiarowania ścian uwzględniono tak zwany Współczynnik zgodności, który domyślnie przyjmuje wartość 90%, ale można go zmodyfikować. W przypadku wskazania niższej wartości (na przykład 80%) i ponownego przeprowadzenia wymiarowania, uzyskuje się nieco niższe zbrojenie i obserwuje się punkty w kolorze czerwonym, które stanowią 20% całkowitej powierzchni ściany, która nie spełnia wymagań dla tego zbrojenia.

Za pomocą polecenia **Wyświetl dodatkowe zbrojenie**, dla każdego czerwonego punktu można zapoznać się z wymaganym zbrojeniem dodatkowym, które w razie potrzeby należy umieścić w tym obszarze. Do projektanta należy decyzja o umieszczeniu zbrojenia, które należy dodać ręcznie do wyników edytowanych na rysunkach.

Istnieje również możliwość bezpośredniej modyfikacji zbrojenia i obliczenia współczynnika zgodności dla nowego zbrojenia.

Gdy zbrojenie nie spełnia wymogów, oprócz komunikatu ostrzegawczego, tekst zmienia kolor na czerwony.

Długości zakładów na każdej kondygnacji mogą być edytowane. Są obliczane z uwzględnieniem różnych długości w zależności od tego, czy są one poddawane rozciąganiu, czy ścisaniu.

1.12.4.3 Ściany murowane

Poddawane są weryfikacji wartości graniczne naprężeń przy ścisaniu i rozciąganiu (10% ścisania) z zastosowaniem współczynnika zgodności wynoszącego 80%. Jeśli nie spełniają one wymagań, w końcowym raporcie obliczeniowym pojawia się ostrzeżenie.

1.12.5 Stropy jednokierunkowe

Obliczenia stropów jednokierunkowych przeprowadza się indywidualnie dla każdej belki poddanej zginaniu prostemu. Otrzymuje się maksymalną wartość momentu dodatniego wyrażoną w kNm na metr szerokości, z odpowiednim współczynnikiem bezpieczeństwa. Możliwe jest wyrównanie wartości momentów zginających według paneli do wartości maksymalnych lub średnich, w zależności od procentowej różnicy między sąsiadującymi belkami, co pozwala na ujednoczenie wartości odpowiadających panelom.

Wartości momentów mogą być wyświetlane według typu, za pomocą nazwy, jeśli dla danego stropu zostały określone dopuszczalne wartości momentów granicznych dla każdego typu. Jeśli wartość z tabeli zostanie przekroczona, program wyświetli komunikat „NIEWYS”. W takim przypadku konieczne jest rozszerzenie tabeli wartości typowych.

Obliczenia momentów ujemnych przeprowadza się również przy zginaniu prostym, a uzyskane wartości ujemne są zgodne z tabelą zbrojenia. Długości prętów spełniają minimalne wymagania określone w Opcjach, a także minimalne stopnie zbrojenia. Można je modyfikować i zrównywać ze sobą, biorąc pod uwagę procentową różnicę długości.

W sytuacjach, gdy konieczne jest zastosowanie zbrojenia ściskanego w strefie momentów ujemnych, usuwa się pustaki aż do miejsca, gdzie to zbrojenie przestaje być wymagane. Jest to zaznaczone na rzucie z góry linią oznaczającą strefę umonolitycznienia między belkami.

Można przeglądać na ekranie obwiednie momentów i sił tnących (z zastosowanym współczynnikiem zwiększającym) dla każdej belki. Na końcach linii trasowania belek, nawet jeśli wartość momentu ujemnego wynosi zero, wymiaruje się zbrojenie na moment przyjmujący wartość procentową maksymalnego momentu dodatniego w przęśle (patrz **Opcje**).

Możliwe jest zdefiniowanie minimalnych momentów dodatnich i ujemnych dla całej konstrukcji lub konkretnego panelu.

Ponieważ dostępna jest wartość momentów dodatnich, nie przeprowadza się weryfikacji, czy istnieje konieczność zastosowania zbrojenia ściskanego w przęśle. Warto pamiętać, że wartość sił tnących na końcach belek, znajdująca się na rysunkach, została zwiększona i jest podawana na metr szerokości.

Dla ugięć przeprowadza się weryfikację zgodnie z normą, w zależności od tego, czy belka jest zbrojona, czy sprężona.

Więcej informacji można znaleźć w rozdziale 2. „**Jednokierunkowe stropy belkowe**” w dalszej części niniejszego podręcznika.

Pełną wersję niniejszego podręcznika do obliczeń można znaleźć w języku angielskim pod poniższym linkiem:

<https://learning.cype.com/en/documents/cypecad-calculations-manual>