

Temat 5: Ramy statycznie niewyznaczalne

Typowe zadanie:

Dane: schemat geometryczny ramy, obciążenie i typ konstrukcji

Do zrobienia: linia ugięcia * wykres momentów zginających * reakcje podpór * konstrukcja

Części ramy: rygiel - element prosty lub załamany, poziomy lub pochylony * słup - element prosty pionowy lub pochylony, sztywno połączony z ryglem * podpory słupów- wyłącznie nieprzesuwne - przegubowe lub utwierdzone * przeguby (możliwe, ale nie konieczne): na ryglu 0,1, lub 2 przeguby (w środku lub punktach przegięcia), na słupie 0 lub 1 przegub (wliczając przegub podporowy) * węzły - załamanie rygla (0 lub 1 w ramie), połączenia rygli i słupów (1 lub 2) oraz podpory słupów (1 lub 2): * ściąg - element łączący końce załamanego rygla

Obciążenie: wyłącznie pionowe (grawitacja) * tylko na jednym ryglu (na słupach i na drugim ryglu ramy zamkniętej nie) * ciągłe - na całości lub kawałku rygla * skupione - 1, 2 lub 3 siły * ciągłe i skupione

Rodzaje ram: stojące lub wiszące * otwarte lub zamknięte * bezprzegubowe lub przegubowe: 1, 2 lub 3 przeguby w ramie łącznie w ryglu i na słupach (na słupie maksymalnie jeden przegub, na ryglu prostym 1 lub 2 przeguby * 3, 4 i 5 węzłowe (te ostatnie ze ściągami) - każda z nich może być stojąca lub wisząca, otwarta lub zamknięta, bezprzegubowa lub przegubowa

Rama nieprzesuwna: węzły (podpory i kanty) nie przemieszczają się. W ramach trójwęzłowych nieprzesuwność zapewnia sama geometria – trójkąt jest figurą sztywną. W ramach czterowęzłowych nieprzesuwność zapewnia symetria względem osi pionowej. W ramach pięciowęzłowych (z załamanym ryglem) dodatkowo potrzebny jest ściąg.

Praca ramy ogólnie: proste kawałki ramy między podporami i kantami pracują jak belki zginane - linie ugięcia i wykresy momentów są takie jak w belkach. W odróżnieniu od belek zginanych elementy ramy są dodatkowo ściskane lub rozciągane, ale efekt ten można pominąć jako mały wobec zginania i traktować długości prętów jako stałe. W ściągu jest tylko rozciąganie. Reakcje belek obciążonych pionowo są tylko pionowe. W ramach zawsze wystąpią również reakcje poziome.

Linie ugięcia: są podobne jak w belkach * są ciągłe - bez przerw * nie są gładkie - kanty ramy nie znikają wskutek jej zginania; dodatkowe kanty mogą powstać w przegubach nie pokrywających się z punktami przegięcia (np. środek rygla) * przechodzą przez wszystkie węzły (bo te są nieprzesuwne) - tj. podpory i kanty * podążają za obciążeniem (czyli w dół w środku rygla) * węzły są z reguły obrócone, w kierunku wyznaczonym przez obciążenie * obrót węzła oznacza obrót wszystkich prętów wychodzących z węzła o ten sam kąt (węzeł sztywny obraca się sztywno - bez zmiany kąta między prętami) * na prostym odcinku bez obciążenia poprzecznego może być maksymalnie 1 przegub lub punkt przegięcia * na prostym odcinku obciążonym poprzecznie może być maksymalnie 2 punkty przegięcia i/lub przeguby łącznie (np. 2 przeguby, albo 2 punkty przegięcia, albo 1 przegub i 1 punkt przegięcia) * jeśli przegub jest w środku obciążonego rygla, to nie ma już w ryglu punktu przegięcia w zadaniach symetrycznych * linia ugięcia ramy bezprzegubowej jest identyczna z linią ugięcia ramy przegubowej (1, 2 lub 3 przeguby), jeśli przeguby umieszczone są w punktach przegięcia ramy bezprzegubowej * pręty po dwóch stronach kantu ramy zginają się do siebie lub od siebie; gdyby zgiwały się w tę samą

stronę węzeł nie byłby w równowadze obrotowej.

Wykresy momentów zginających: są na prostych odcinkach ramy identyczne jak w belkach - mają kształt określony wyłącznie przez obciążenie * rysujemy je na ramie, po stronie rozciąganej ramy - stronę tę znajdujemy na linii ugięcia * przeguby i punkty przegięcia linii ugięcia są miejscami zerowymi wykresu momentów * wykresy są ciągłe - w szczególności moment jest identyczny po obu stronach kantu ramy * na odcinkach z dwoma przegubami wykres momentów rysujemy patrząc wyłącznie na obciążenie (linię ugięcia trzeba tu dopasować do wykresu momentów)

Reakcje: momentowe - odczytujemy wprost z wykresu momentów * podłużne (wzdłuż słupów) skierowane są zawsze do góry (powód: obciążenie skierowane do dołu) * poprzeczne (w poprzek słupów) skierowane w stronę kantu wykresu momentów (jak w belkach)

Konstrukcje: są generalnie analogicznie do konstrukcji belek * ściąg jako element rozciągany może być bardzo cienki - rysujemy go na konstrukcji pojedynczą linią * elementy zginane muszą mieć grubość - wyznaczoną przez dwie linie * rysujemy kompletną konstrukcję: ramę, przeguby, ściąg, fundamenty, obciążenie * w konstrukcji kratowej obciążenie ciągłe zastępujemy siłami skupionymi przyłożonymi do węzłów kraty

Rama z rozciąganyimi krzyżulcami: krzyżulce nachylamy tak jak nachylony jest (względem linii ramy, nie względem poziomu) wykres momentów * grubość ramy jest stała.

Rama betonowa zbrojona: zbrojenie umieszczamy po rozciąganej stronie wzdłuż ramy – zgodnie z wykresem momentów * grubość ramy jest stała.

Rama z otworami: duże otwory w miejscach małego nachylenia wykresu momentów (nachylenia względem ramy a nie poziomu), małe otwory w miejscach dużego nachylenia * grubość ramy jest stała.

Rama lekka: zmieniamy grubość ramy zgodnie z wartością bezwzględną wykresu momentów * w punktach przegięcia (zero momentu) zostawiamy pewną małą grubość (by zachować geometryczną niezmiennosc).