

Temat 6: Ruszty statycznie wyznaczalne i niewyznaczalne

Typowe zadanie:

Dane: plan (widok z góry) rusztu, podpory, obciążenie

Do zrobienia: podział rusztu (plan) na część pierwszorzędną (I) i drugorzędną (II) * schematy (podpory + obciążenie), linie ugięcia, wykresy momentów i reakcje belek typu I i II (widziane z boku) * deformacja całości rusztu (aksonometria) * wykres momentów zginających i reakcje (aksonometria, konstrukcja rozbita na części I i II, część II umieszczona powyżej I)

Obciążenie: ciągłe równomierne o tej samej intensywności, skierowane do dołu, działające na wszystkie lub tylko wskazane elementy rusztu. Belki (lub ich odcinki) obciążone są pogrubione w planie rusztu. Jeśli wszystkie belki są pogrubione, to wszystkie mają równomierne obciążenie.

Ruszt: płaski, dwuwymiarowy układ prostych, prostopadłych belek obciążonych poprzecznie. Rozważać będziemy ruszty pełniące rolę stropu: położone poziomo i obciążone pionowo w dół. Podpory rusztu są przegubowe (oznaczenie w planie - kropka, w aksonometrii trójkąt) lub utwierdzone (oznaczenie w planie i w aksonometrii – jak utwierdzenie). Podpory mogą wystąpić w węzłach (punktach przecięcia belek) rusztu lub/i między węzłami. Belki są wysokie i wąskie, np. stalowe dwuteowniki lub kraty. Pracują zatem tylko na zginanie w płaszczyźnie pionowej. Nie pracują na skręcanie. Tak pracujące belki mogą stanowić dodatkowe podparcie pionowe dla belek prostopadłych. Podparcie to jest przegubowe - zmniejsza ruchy pionowe, ale nie hamuje obrotów.

Pierwszorzędna (I) i drugorzędna (II) część rusztu: Część (lub całość) która bezpośrednio przenosi obciążenie na podpory jest pierwszorzędna (typu I). Część ta występuje zawsze. Może być obciążona wprost (obciążeniem równomiernym), lub pośrednio - dźwigając na sobie część drugorzędną (II) - reakcjami belek typu II. Może też mieć oba rodzaje obciążeń jednocześnie. Belka typu I musi stać na co najmniej dwóch podporach. Cały ruszt jest typu I, jeśli wszystkie węzły są podparte lub jeśli we wszystkich węzłach niepodpartych krzyżują się takie same belki z dwóch kierunków (takie węzły przemieszczają się tak samo w przypadku obu krzyżujących się belek). Drugorzędna część rusztu (II) opiera się na części pierwszorzędnej (I) oraz, być może, na podporach. Część drugorzędna może nie wystąpić. Jest zawsze obciążona. Belka jest typu II jeśli nie ma swoich podpór, ale spoczywa na co najmniej dwóch belkach prostopadłych, leżących na podporach. Jeśli każda z belek w obu kierunkach ma co najmniej dwie podpory, to każda z nich może być typu I lub II w zależności od liczby i rozmieszczenia podpór, długości przęseł między podporami, obciążenia oraz kombinacji tych czynników. Jak już wspomniano, jeśli wszystkie węzły są poparte, to wszystkie belki są typu I. Załóżmy zatem, że niektóre węzły nie są podparte i gdy rozpatrujemy niezależnie belki krzyżujące się w węzle, to ich przemieszczenia są w tą samą stronę (zazwyczaj oba do dołu), ale są o różnych wielkościach. Jeśli belki w obu kierunkach są identyczne, ale jedno z nich są obciążone (ciągłe, w naszych zadaniach) a drugie nie, to belki obciążone są typu II, a nie obciążone typu I (ich obciążeniem są skupione reakcje belek II). Jeśli belki w obu kierunkach mają identyczne schematy i obciążenie, ale różne długości - z zachowaniem proporcji przęseł - to belki dłuższe są typu II, a krótsze typu I. Jeśli długości i obciążenia belek prostopadłych są takie same, ale schematy podparcia różne, to belki sztywniejsze (mniej uginające się w węzłach) są typu I, a belki mniej sztywne typu II. Na przykład prostopadłe do siebie wspornik i belka swobodnie podparta, mające wspólny węzeł na końcu wspornika i w połowie belki swobodnie podpartej, są różnej sztywności: wspornik jest mniej sztywny (typ II), a belka swobodnie podparta bardziej sztywna (typ I). Belka obustronnie utwierdzona jest sztywniejsza od belki jednostronnie utwierdzonej (wspornika) i od belki podpartej swobodnie. Jeśli sztywniejszemu schematowi podparcia towarzyszy mniejsza długość, to oczywiście taka belka będzie typu I, a belki prostopadłe - o mniej sztywnym podparciu i większej długości - będą typu II. Jest tak, gdyż mniejsza długość oznacza większą sztywność na zginanie, co dodaje się do efektu sztywniejszego schematu podparcia. Zakładamy, że ugięcia belek drugorzędnych i ich wykresy momentów są takie jak dla belek o wszystkich podporach na tym samym poziomie (odpowiada to sytuacji, gdy przemieszczenia niepodpartych węzłów krzyżujących się belek znacznie się różnią, gdy te belki rozpatrujemy niezależnie).

Schematy belek I i II (widziane z boku): belki I opierają się na zwykłych (przegubowych, oznaczenie - trójkąt) podporach rusztu widocznych na jego planie. Belki I przenoszą zadane w planie rusztu obciążenie ciągłe (do dołu) oraz siły skupione (do dołu lub góry) od belek II. Belki II mają zwykle podpory zadane w planie rusztu oraz dodatkowe podpory przegubowe (oznaczenie: trójkąt wypełniony) w miejscach przecięcia z belkami I. Obciążenie belek II jest wyłącznie ciągłe, skierowane do dołu, zadane w planie rusztu. Praca belek I i II w ruszcie, tj. linie ugięcia, wykresy momentów zginających i reakcje, jest analogiczna do pracy belek rozpatrywanych w poprzednich tematach. Nowe jest oddziaływanie belek II na belki I i wzajemnie. Belki II stanowią dla belek I skupione obciążenie (oznaczenie: strzałka zakończona wypełnionym trójkątem), a belki I stanowią dla belek II dodatkowe podparcie (reakcje tych podpór też oznaczamy za pomocą strzałek zakończonych wypełnionym trójkątem). Trzeba też pamiętać, że będąc belkami, te dodatkowe podpory w odróżnieniu od zwykłych podpór (np. na słupach czy ścianach) uginają się.

Deformacja rusztu w aksonometrii: jest przeniesieniem linii ugięć belek widzianych płasko (z boku) na rysunek przestrzenny. Trzeba tu najpierw nanieść deformację belek I, które stanowią podpory dla belek II, a potem położenie (przemieszczone wskutek ruchu belek I) i deformację belek II.

Wykresy momentów i reakcje w aksonetrii: stanowią przeniesienie wykresów płaskich na rysunek przestrzenny. Dla czytelności należy szkielec rusztu narysować dwukrotnie, jeden nad drugim. Na części górnej należy nanieść wykresy momentów belek II, reakcje podpór belek II (zwykle strzałki) oraz reakcje belek I na belki II (strzałki zakończone wypełnionymi trójkątami). Na części dolnej umieszczamy wykresy momentów belek I, reakcje podpór tych belek (zwykle strzałki) oraz reakcje belek II na belki I (strzałki wypełnione). Zgodnie z zasadą wzajemności reakcji, reakcje belek I na belki II są równe co do wielkości i przeciwnie skierowane do reakcji belek II na belki I.