

**Temat 2: Ramy trójprzegubowe****Typowe zadanie**

Dane: schemat ramy i obciążenie. Szukane: kierunki reakcji całkowitych \* wartości składowych pionowych i poziomych reakcji \* wykresy ramion reakcji \* wykres momentów na konstrukcji (z wartościami charakterystycznymi) \* konstrukcja lekka, o zmiennej grubości, betonowa, zbrojona.

Rysunki: na kwadratowej siatce o boku  $L$ .

**Rama trójprzegubowa**: składa się z dwóch jednakowych prętów (zakładamy symetrię) podpartych przegubowo-nieprzesuwnie i połączonych ze sobą przegubem na osi symetrii. Przegub łączący nie może leżeć na linii prostej łączącej przeguby podporowe: układ byłby chwilowo geometrycznie zmienny, tj. podatny na małe ruchy przegubu środkowego prostopadle do linii łączącej przeguby podporowe. Przyjmujemy obciążenie pionowe, skierowane do dołu (grawitacyjne), zachowujące symetrię ramy. Z powodu symetrii ramę trójprzegubową można podzielić na dwie półramy, zastępując przegub łączący obie części podporą przegubową nieprzesuwającą w kierunku poziomym i przesuwającą w kierunku pionowym. Półrama może też być samodzielną konstrukcją. Rama trójprzegubowa i półrama są nieprzeszywnione, statycznie wyznaczalne. Dalej omawiane będą półramy, gdyż rozwiązanie dla ramy jest prostym złożeniem rozwiązań uzyskanych dla półram. Półrama może być stojąca lub wisząca. Pręt półramy może być: prosty, łamany, krzywy, kombinowany (np. łamany w części i krzywy w innej części). Kierunki reakcji całkowitych: reakcja podpory przesuwnej w pionie jest zawsze pozioma (oznaczenie:  $H$ ). W szczególnym przypadku może być zerowa, lecz na ogół jest niezerowa. Reakcja podpory nieprzesuwnej (oznaczenie:  $R$ ) jest zawsze niezerowa, skierowana do góry, na ogół ukośnie. Reakcja  $R$  przechodzi przez punkt przecięcia reakcji poziomej ( $H$ ) podpory przesuwnej i wypadkowej ( $W$ ) obciążenia półramy; jest to warunek równowagi trzech sił w jednej płaszczyźnie. Reakcja pozioma  $H$  podpory przesuwnej pionowo jest równa i skierowana przeciwnie do składowej poziomej reakcji  $R$  (też oznaczonej  $H$ ); wymaga tego równowaga pozioma. Wartości składowych pionowych i poziomych reakcji: składowa pionowa ( $V$ ) reakcji  $R$  jest równa wypadkowej ( $W$ ) obciążenia półramy i skierowana zawsze do góry (dla obciążenia do dołu). Składową poziomą ( $H$ ) reakcji  $R$  znajdujemy, znając reakcję pionową  $V$  i kierunek reakcji całkowitej  $R$ , z proporcji trójkąta o bokach  $V$ ,  $H$ ,  $R$ . Jeśli kierunek  $R$  jest jednakowo nachylony do pionu i poziomu to  $H=V$ . Jeśli  $R$  pokonuje w pionie 2 oczka siatki a w poziomie jedno to  $H=V/2$ . Jeśli  $R$  pokonuje w pionie 3 oczka a w poziomie 2, to  $H=2/3V$ . Jeśli  $R$  pokonuje w pionie 2 oczka a w poziomie 3, to  $H=3/2V$ . Jeśli linia  $R$  jest pionowa, to  $H=0$ . Dzieje się tak, gdy wypadkowa obciążenia przechodzi przez podporę nieprzesuwającą. Reakcje poziome obu podpór półramy są sobie równe co do wartości ( $H$ ), lecz przeciwnie skierowane. Wykresy ramion reakcji: rysujemy prostopadle do linii działania reakcji, od tej linii do przecięcia z linią konstrukcji. Ponieważ moment jest równy sile pomnożonej przez ramię, wykres zmienności ramienia pokazuje jak zmienia się moment zginający pochodzący od stałej siły. Na ogół wykres ten nie leży jednak po rozciąganej stronie konstrukcji. Wykres ramienia reakcji  $R$  rysujemy na części ramy od podpory nieprzesuwnej do najbliższego obciążenia. Podobnie wykres ramienia reakcji poziomej  $H$  podpory przesuwnej rysujemy od tej podpory do najbliższego obciążenia. Jeżeli obciążenie zaczyna się na podporze, wykresu ramienia  $H$  nie rysujemy, gdyż nie jest to jedyna działająca na danym odcinku siła i potrzebne byłoby dodawanie wykresów momentów. W niniejszym temacie rozpatrujemy zadania, w których dodawanie wykresów jest zbędne. Wykres momentów na konstrukcji rysujemy, jak zwykle, po stronie rozciąganej. Wykresy ramion mówią jak zmienia się moment wzdłuż pręta w okolicy podpór. Trzeba jednak sprawdzić czy wykresy te leżą po stronie rozciąganej, a jeśli nie

to przenieść je na właściwą stronę. Jeśli obciążenie półramy stanowi jedna siła, to wykresy ramion reakcji obu podpór spotykają się pod tą siłą i obejmują całą ramę. Jeśli obciążeniem są dwie siły, to wykres momentów sporządzamy najpierw na dwóch odcinkach, od każdej podpory do najbliższej siły, na których mamy wykresy ramion reakcji. Środkową część wykresu momentów, pomiędzy siłami obciążenia, otrzymujemy przez połączenie dwóch części znalezionych uprzednio. W przypadku obciążenia ciągłego zakładamy dla prostoty, że obciążona część półramy jest prosta i pozioma, a obciążenie zaczyna się na podporze przesuwnej pionowo. Na części obciążonej wykres momentów jest taki jak na prostym poziomym wsporniku z identycznym obciążeniem: jest to parabola położona u góry ramy, z zerem na podporze, gdzie obciążenie się zaczyna. W odróżnieniu od zwykłego wspornika obciążonego poprzecznie jest tu siła podłużna wywołana reakcją poziomą, ale na prostym poziomym pręcie siła ta nie zmienia momentu zginającego. Poza częścią obciążoną obowiązuje wykres momentów otrzymany z wykresu ramienia reakcji R. W miejscu spotkania oba wykresy mają identyczną wartość - nie ma tam skoku. Wartości charakterystyczne momentu obliczamy w miejscach załamania ramy, pod siłami skupionymi i na końcu obciążenia ciągłego. Wartość w danym punkcie jest równa sumie wszystkich sił pionowych i poziomych pomnożonych przez ich ramiona względem danego punktu, leżących na prawo (lub lewo) od danego punktu. Wybieramy tę stronę, po której jest mniej sił, a więc mniej składników sumy. Konstrukcja lekka ma grubość zmieniającą się tak jak wykres momentów. Jeśli zadana była rama, to rysujemy jej całą konstrukcję, dwie symetryczne połówki połączone przegubem w środku, a nie zastępczą półramę służącą do rozwiązania zadania. W miejscach zerowego momentu konstrukcja ma grubość małą, ale niezerową w celu zachowania geometrycznej niezmienności oraz przeniesienia sił podłużnych i poprzecznych. Konstrukcja jest betonowa, zbrojona po stronie rozciąganej. Poprzecznie do zbrojenia rysujemy faliste rysy w betonie.