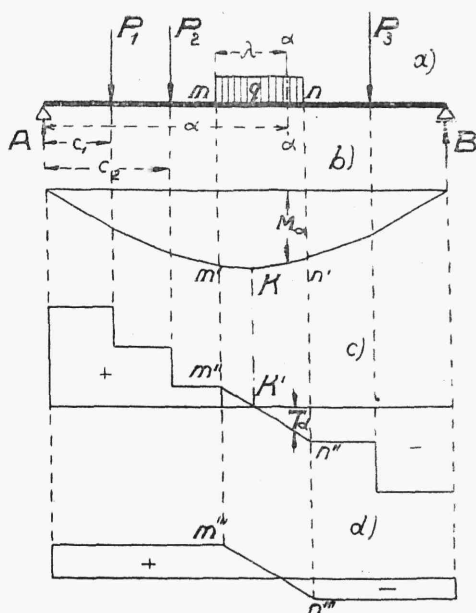


Przypuśćmy, że mamy belkę obciążoną w sposób przedstawiony na rys. 72.



Rys. 72.

Moment zginający na poszczególnych odcinkach belki otrzymuje tu wzory następujące:

Na odcinku między podporą A a siłą P_1 :

$$M_x = A \cdot x \quad (74)$$

Na odcinku między siłami P_1 i P_2 :

$$M_x = A \cdot x - P_1 (x - c_1) \quad (75)$$

Na odcinku $P_2 m$:

$$M_x = A \cdot x - P_1 (x - c_1) - P_2 (x - c_2) \quad (76)$$

Wreszcie, na odcinku mn :

$$M_x = A \cdot x - P_1 (x - c_1) - P_2 (x - c_2) - \frac{q \lambda^2}{2} \quad (77)$$

Litera λ oznacza tu odległość ruchomego przekroju xx od punktu m , początku odcinka obciążonego w sposób równomierny. Z równania (77) wynika, że na odcinku mn wykres momentów będzie miał istotnie kształt paraboliczny. Na odcinkach Am oraz Bn pole momentów będzie ograniczone liniami łamanymi.

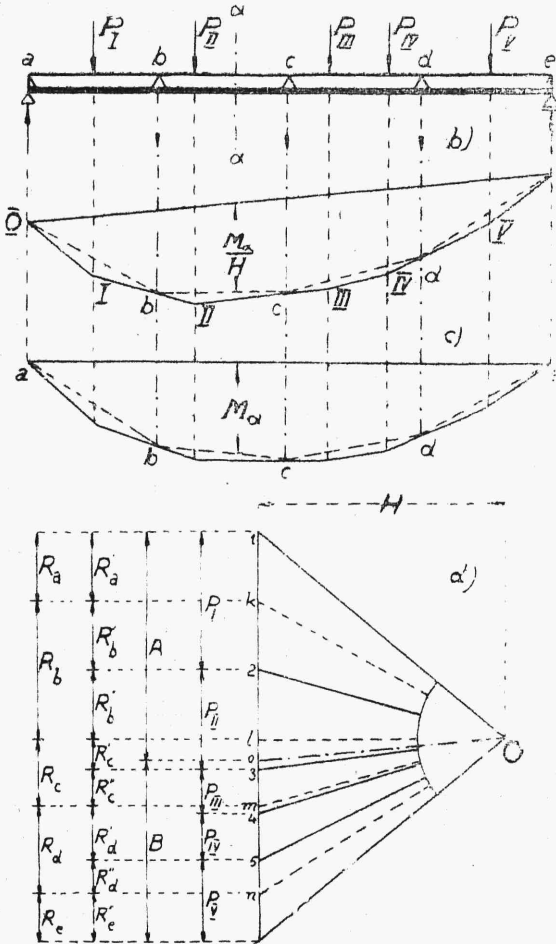
W podobny sposób możemy również uzasadnić, iż wykres sił poprzecznych na odcinku mn ma w danym wypadku kształt linii prostej (rys. 72c). Poza tym, na odcinkach Am i nB wykres ten ma kształt linii schodkowej.

Rys. 72d przedstawia wykres sił poprzecznych w wypadku, gdy belka obciążona jest na odcinku mn w sposób ciągły i równomierny, poza tym zaś jest nieobciążona.

4. Węzłowe obciążenie belek.

Wykresy momentów zginających i sił poprzecznych podane w paragrafie poprzednim ulegają zmianie, o ile siły, działające na belkę, zostały zaczepione do niej nie bezpośrednio, lecz zapomocą belek dodatkowych ab , bc i t. d., mających podpory ustawione na belce głównej (rys. 73).

Ten rodzaj obciążenia nazywa się węzłowym.



Rys. 73.

Rozkładamy ciężar P_I , znajdujący się na belce dodatkowej ab (swobodnie podpartej w punktach a i b) na dwie siły równoległe R'_a i R'_b (rys. 73d), wywołujące częściowe reakcje odpowiednich podpór pośrednich.

Siły R_a, R_b, R_c i t. d. t. j. siły, przypadające na poszczególne podpory pośrednie i wywołujące całkowite reakcje tych podpór, odgrywają tu rolę ciężarów skupionych na belce bezpośrednio obciążonej, wobec czego możemy dla nich zbudować wielobok sznurowy $abcde$ (rys. 73c — linja przerywana).

Aby uniknąć oddzielnego rozkładania sił P na siły R'_a, R'_b, R'_c i t. d. możemy postępować tu i inną drogą. W tym celu budujemy wielobok sznurowy $II III III$ i t. d. bezpośrednio dla sił P_I, P_{II} i t. d (rys. 73 b).

Aby rozłożyć siłę P_I na siły R'_a i R'_b , łączymy (na rys. 73b) punkty \bar{O} i b i na wieloboku sił przeprowadzamy prostą Ok równoległą do \bar{Ob} . W ten sposób otrzymujemy, że $R'_a = 1k$ i $R'_b = k2$. W podobny sposób rozkładamy siłę P_{II} na siły $R''_b = 2l$ i $R'_c = l3$ i t. d.

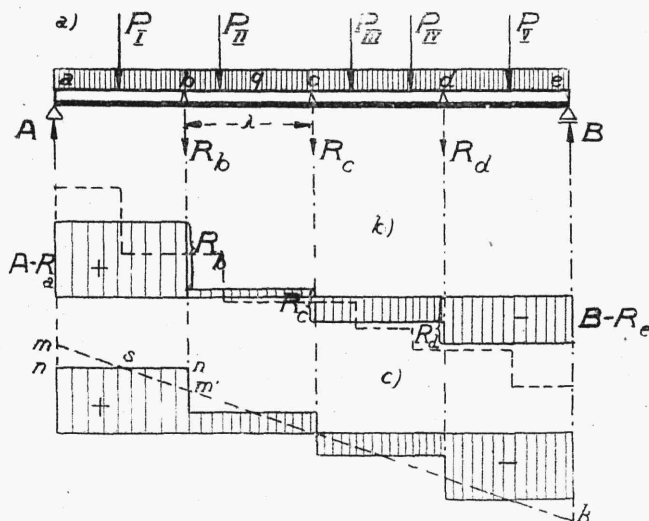
Ponieważ $R'_b + R''_b = R_b$, $R'_c + R''_c = R_c$ i t. d., więc proste $Ok, Ol...$ będą promieniami wieloboku sił, odpowiadającymi bokom \bar{Ob}, bc, cd i t. d. wieloboku sznurowego, przedstawionego na rys. 73b linjami przerywanymi.

Wynika stąd, iż, aby sporządzić wykres momentów dla obciążenia węzłowego, należy wykreślić wielobok sznurowy dla sił zewnętrznych działających na belkę, zrzutować na ten wielobok punkty węzłowe, połączyć rzuty ze sobą i rzędne otrzymanego w ten sposób wieloboku pomnożyć przez H .

Na rys. 73c prostymi przerywanymi wskazany jest sprowadzony do prostej poziomej wykres momentów zginających dla obciążenia węzłowego a pełnymi dla obciążenia bezpośredniego.

Wykres sił poprzecznych dla obciążenia węzłowego i dla ciężarów skupionych sporządzamy w następujący sposób (rys. 74).

Obliczamy działanie ciężarów skupionych P_I i P_{II} i t. d. na poszczególne podpory belek dodatkowych i dla otrzymanych w ten sposób nowych sił skupionych R_b , R_c i t. d. sporządzamy wykres sił poprzecznych. Na wykresie tym (rys. 74b) proste odcinki poziome będą zawarte między punktami, odpowiadającymi sąsiednim podporom dodatkowym.



Rys. 74.

Wykres będzie miał kształt linii schodkowej, której rzędne nad podporami będą odpowiednio równe $A - R_a$ i $B - R_c$. Schodkowa linia przerywana odpowiada na rysunku bezpośredniemu obciążeniu belki przez te same siły P_I , P_{II} i t. d.

Gdy belka jest obciążona węzłowo w sposób ciągły i równomierny, wówczas otrzymujemy dla niej wykres 74c, który tłumaczy się w następujący sposób.

Przy obciążeniu bezpośrednim mielibyśmy tu wykres sił poprzecznych, wyrażający się prostą mk . W danym wypadku działanie obciążenia belki ab przenosimy na podpory a i b . Przy długości przedziału równej λ działanie obciążenia ciągłego na podporę a wyrazi się za pomocą siły $R'_a = \frac{q \lambda}{2}$. O tę wielkość zmniejszy się rzędna wykresu, odpowiadająca

podporze a . Ponieważ dla wszystkich przekrojów belki AB na odcinku ab siła poprzeczna musi zachować jedną i tę samą wartość, więc wykres sił poprzecznych na tym odcinku przybiera kształt prostej nn' równoległej do osi poziomej. Proste nn' i mm' będą się przecinały w punkcie s , odpowiadającym środkowi przedziału ab . W podobny sposób, wskutek działania belki dodatkowej bc , rzędna wykresu, odpowiadająca podporze b , zmniejszy się o $\frac{q \lambda}{2}$ i pozostanie bez zmiany na całej długości przedziału bc . W ten sam sposób rozumujemy i w stosunku do innych węzłów belki.

Reguła sporządzenia wykresu sił poprzecznych przy obciążeniu ciąglem i węzłowym na podstawie wykresu dla sił poprzecznych przy obciążeniu bezpośrednim, polega więc na tem, iż środki poszczególnych przedziałów rzutujemy na ten ostatni wykres i przez otrzymane tą drogą punkty s przeprowadzamy proste poziome do przecięcia się z prostymi pionowymi, przechodzącymi przez odpowiednie węzły.

5. Zależność między momentem zginającym a siłą poprzeczną w danym przekroju belki.

W paragrafie 2 niniejszego rozdziału została umotywowana następująca zależność między momentem zginającym w danym przekroju belki a siłą poprzeczną w tym przekroju (wzór 69):

$$k = \frac{M}{T}$$

gdzie k oznacza odległość punktu zaczepienia siły T od danego przekroju belki.

Ustalamy obecnie drugą zależność między temi samemi wielkościami.

W tym celu bierzemy belkę przedstawioną na rys. 75 i wypisujemy wzory dla momentów M_i oraz M_{i-1} , odpowiadających przekrojom belki pod siłami P_i i P_{i-1} :

$$M_i = A \cdot a_i - \sum_1^{i-1} P \cdot a \quad (78)$$

$$M_{i-1} = A \cdot a_{i-1} - \sum_1^{i-2} P (a - \lambda) \quad (79)$$

Odejmujemy od siebie wzory (78) i (79):

$$M_i - M_{i-1} = A (a_i - a_{i-1}) - \lambda \sum_1^{i-1} P \quad (80)$$