

Teoria belek dwukrotnie wzmacnionych.

Celem niniejszej pracy jest wyprowadzenie wzorów, służących do obliczenia sił wewnętrznych belek dwukrotnie wzmacnionych (oraz podwójnych wiązań wiszących) o najogólniejszym kształcie ¹⁾. Jako kształt zasadniczy przyjąłem wiązanie o dwu słupach nierównoległych i nierównych, a rozmieszczonych w różnych odstępach od osi (fig. 1 a),

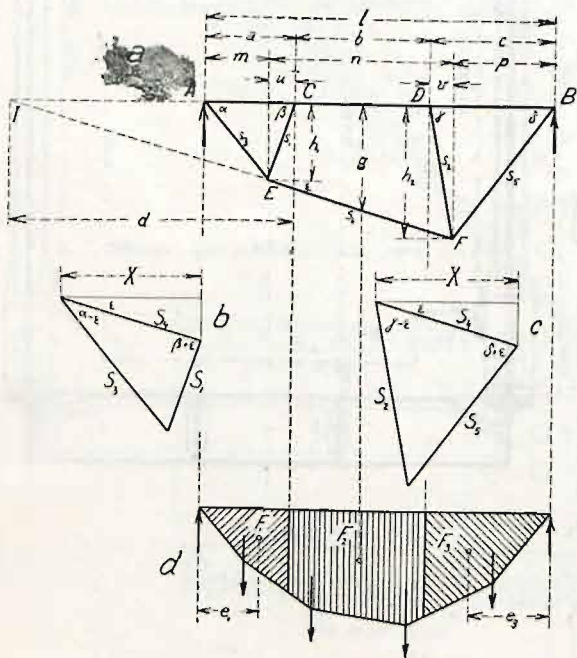


Fig. 1.

zatem system jednokrotnie statycznie niewyznaczalny.

Obliczenie przeprowadzone jest na podstawie prawa o najmniejszości pracy odkształcenia, przy czym jako ilość statycznie niewyznaczalną X przyjęto składową poziomą siły w ścięgnię środkowym EF .

Praca odkształcenia wynosi dla systemu, złożonego z przekroju, narażonego na zginanie i kratownicy:

$$A = \int \frac{M^2 ds}{2 EJ} + \int \frac{N^2 ds}{2 EF} + \int \frac{Q^2 ds}{GkF} + \sum \frac{S^2 s}{2 EF} \quad 1)$$

Opuszczając bardzo nieznaczny wpływ siły poprzecznej, otrzymamy:

$$A = \int \frac{M^2 ds}{2 EJ} + \int \frac{N^2 ds}{EF} + \sum \frac{S^2 s}{2 EF} \quad 2)$$

Dla najmniejszości pracy odkształcenia musi się spełnić równanie:

$$\frac{\partial A}{\partial X} = 0 = \int M \frac{\partial M}{\partial X} \frac{ds}{EJ} + \int N \frac{\partial N}{\partial X} \frac{ds}{EF} + \sum S \frac{\partial S}{\partial X} \frac{s}{EF} \quad 3)$$

W równaniu tem momenty i siły podłużne dadzą się przedstawić wzorami:

$$\left. \begin{aligned} M &= M_0 - M_a X \\ N &= N_0 - N_a X \\ S &= S_0 - S_a X \end{aligned} \right\} \quad 4)$$

M_0, N_0, S_0 oznaczają tutaj momenty i siły podłużne dźwigara zasadniczego statycznie

wyznaczalnego ¹⁾, zaś M_a, N_a, S_a te same ilości mechaniczne dla siły $X=1$.

Z równań 4) otrzymujemy:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial X} &= -M_a \\ \frac{\partial N}{\partial X} &= -N_a \\ \frac{\partial S}{\partial X} &= -S_a \end{aligned} \right\} \quad 4a)$$

Podstawiając wartości 4) i 4 a) w równanie 3), otrzymujemy:

$$-\int M_0 M_a \frac{ds}{EJ} + X \int M_a^2 \frac{ds}{EJ} - \int N_0 N_a \frac{ds}{EF} + X \int N_a^2 \frac{ds}{EF} - \sum S_0 S_a \frac{s}{EF} + X \sum S_a^2 \frac{s}{EF} = 0$$

a stąd:

$$X = \frac{\int M_0 M_a \frac{ds}{EJ} + \int N_0 N_a \frac{ds}{EF} + \sum S_0 S_a \frac{s}{EF}}{\int M_a^2 \frac{ds}{EJ} + \int N_a^2 \frac{ds}{EF} + \sum S_a^2 \frac{s}{EF}} \quad 5)$$

W danym systemie zasadniczym siła podłużna $N_0=0$; stąd odpada zupełnie wyraz $\int N_0 N_a \frac{ds}{EF} = 0$.

Jeśli siły zewnętrzne działają (jak zwykle) bezpośrednio na belkę, to znika również wyraz $\sum S_0 S_a \frac{s}{EF} = 0$.

Wreszcie $N_a=1$, a zatem $\int N_a^2 \frac{ds}{EF} = \frac{l}{EF}$.

Otrzymamy wtedy (dla stałego momentu bezwładności J):

$$X = \frac{\int M^0 M_a ds}{\int M_a^2 ds + \frac{J}{F} l + EJ \sum \frac{S_a s}{EF}} \quad 6)$$

Siły wewnętrzne, występujące w prętach kratownicy, wynoszą:

$$X = S_4 \cos \epsilon = S_4 \frac{n}{s_4}$$

a stąd:

$$S_4 = X \frac{s_4}{n} = \mu_4 X \quad 7)$$

Następnie (fig. 1 b):

$$S_3 = \frac{X \sin(\beta + \epsilon)}{\cos \epsilon \sin(\alpha + \beta)}$$

gdzie:

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{h_1(a-m)}{s_1 s_3} + \frac{m h_1}{s_1 s_3} = \frac{h_1 a}{s_1 s_3}$$

$$\sin(\beta + \epsilon) = \frac{h_1 n}{s_1 s_4} + \frac{(h_2 - h_1) u}{s_1 s_4} = \frac{n h_1 + u(h_2 - h_1)}{s_1 s_4}$$

a stąd:

$$S_3 = X s_3 \frac{n h_1 + u(h_2 - h_1)}{n h_1 a} = \mu_3 X \quad 8)$$

Wreszcie:

$$S_1 = \frac{X \sin(\alpha - \epsilon)}{\cos \epsilon \sin(\alpha + \beta)}$$

$$\sin(\alpha - \epsilon) = \frac{h_1 n}{s_3 s_4} - \frac{m(h_2 - h_1)}{s_3 s_4} = \frac{n h_1 - m(h_2 - h_1)}{s_3 s_4}$$

$$S_1 = X s_1 \frac{n h_1 - m(h_2 - h_1)}{n h_1 a} = \mu_1 X \quad 9)$$

¹⁾ Dla belek takich o najprostszym symetrycznym kształcie podał wzory Müller-Breslau (*Neuere Methoden der Festigkeitslehre*. Wyd. III str. 107). Zajmował się też niemi w *Statik der Baukonstruktionen* (T. II, 2, str. 341). Por. też Dr. M. Thulliego: *Teoria mostów*, Cz. II.

¹⁾ Dźwigarem zasadniczym jest w danym wypadku belka prosta AB o długości l .

Analogicznie otrzymamy (por. fig. 1 c):

$$S_2 = X s_2 \frac{nh_2 + p(h_2 - h_1)}{nh_2 c} = \mu_2 X \quad \dots 10)$$

$$S_3 = X s_3 \frac{nh_2 - w(h_2 - h_1)}{nh_2 c} = \mu_3 X \quad \dots 11)$$

Składowe poziom sił tych wynoszą:

$$S_4^h = X \quad \dots 7 a)$$

$$S_3^h = X \frac{m}{n} \frac{nh_1 + u(h_2 - h_1)}{h_1 a} = v_3 X \quad \dots 8 a)$$

$$S_1^h = X \frac{u}{n} \frac{nh_1 - m(h_2 - h_1)}{h_1 a} = v_1 X \quad \dots 9 a)$$

$$S_2^h = X \frac{w}{n} \frac{nh_2 + p(h_2 - h_1)}{h_2 c} = v_2 X \quad \dots 10 a)$$

$$S_3^h = X \frac{p}{n} \frac{nh_2 - w(h_2 - h_1)}{h_2 c} = v_5 X \quad \dots 11 a)$$

Moment M_a na długości AC wynosi zatem:

$$M_a = S_3^h y = v_3 y$$

a stąd

$$\int_A^C M_0 M_a ds = \int_A^C M_0 v_3 y dx = v_3 \frac{h_1}{m} \int_A^C M_0 x dx.$$

Całka $\int_A^C M_0 x dx$ przedstawia moment statyczny

prostej powierzchni momentów na przestrzeni $A-C$ względem podpory A (fig. 1 d). Niech e_1 będzie odległością środka ciężkości tejże powierzchni (F_1) od A , a otrzymamy:

$$\int_A^C M_0 M_a ds = v_3 \frac{h_1}{m} F_1 e_1 \quad \dots 12)$$

Na przestrzeni CD moment M_a wynosi:

$$M_a = S_4^h y = y$$

a zatem:

$$\int_C^D M_0 M_a ds = \int_C^D M_0 y dx = F_2 g \quad \dots 12 a)$$

gdzie g jest pionową odległością pręta EF od osi belki AB , mierzoną w środku ciężkości odpowiedniej powierzchni momentów.

Dla części DB otrzymamy wreszcie:

$$\int_D^B M_0 M_a ds = v_5 \int_D^B M_0 y dx = v_5 \frac{h_2}{p} F_3 e_3 \quad \dots 12 b)$$

Całka $\int M_a^2 ds$ wynosi dla części AC :

$$\int_A^C M_a^2 ds = \int_A^C (v_3 y)^2 dx = \left(\frac{v_3 h_1}{m}\right)^2 \int_0^a x^2 dx = \left(\frac{v_3 h_1}{m}\right)^2 \frac{a^3}{3} = \frac{a}{3n^2} \{nh_1 + u(h_2 - h_1)\}^2$$

Dla części CD otrzymujemy:

$$\int_C^D M_a^2 ds = \int_C^D y^2 dx = \frac{h_2 - h_1}{n^2} \int_a^{a+b} x^2 dx = \frac{h_2 - h_1}{3n^2} \{(b+d)^2 - b^3\}$$

gdzie:

$$d = \frac{nh_1 + u(h_2 - h_1)}{h_2 - h_1}$$

Wreszcie dla części DB :

$$\int_D^B M_a^2 ds = \left(\frac{v_5 h_2}{p}\right)^2 \int_0^c x^2 dx = \frac{c}{3n^2} \{nh_2 - w(h_2 - h_1)\}^2$$

A zatem na całej długości belki:

$$\int_A^B M_a^2 ds = \frac{1}{3n^2} \left[a \{nh_1 + u(h_2 - h_1)\}^2 + (h_2 - h_1) \{(b+d)^2 - b^3\} + c \{nh_2 - w(h_2 - h_1)\}^2 \right] = \frac{\Phi}{3n^2} \quad \dots 13)$$

Siły wewnętrzne, powstające w prętach kratownicy, pod wpływem siły $X=1$, wynoszą (z wz. 7-11)

$$S_{an} = \mu_n$$

a stąd:

$$\sum \frac{S_a s}{EF} = \sum \frac{\mu^2 s}{EF} \quad \dots 14)$$

(W razie użycia tego samego materiału i przekroju w paru prętach kratownicy, przechodzi dla tych prętów wyraz $\sum \frac{\mu^2 s}{EF}$ w $\frac{1}{EF} \sum \mu^2 s$).

Statycznie niewyznaczalna ilość X da się wyrazić zatem ogólnie wzorem:

$$X = \frac{v_3 \frac{h_1}{m} e_1 F_1 + g F_2 + v_5 \frac{h_2}{p} e_3 F_3}{\frac{\Phi}{3n^2} + \frac{J}{F} l + EJ \sum_1 \frac{\mu^2 s}{EF}} \quad \dots 15)$$

(Dok. n.) Dr. Stefan Władysław Bryła.

O potrzebie zakładania i znaczeniu elektrowni okręgowych.

Napisał Inż. Tadeusz Gajczak.

(Ciąg dalszy).

Techniczna i kupiecka organizacja elektrowni okręgowych.

Dzisiejsza organizacja istniejących elektrowni okręgowych opiera się na doświadczeniach zebranych w ciągu kilku lat ostatnich. Kwestya technicznego wykonania nie przedstawia żadnych trudności, o ile pewne zasadnicze warunki, o których będzie później mowa, zostały zachowane, świadczy zaś o tem liczba istniejących elektrowni okręgowych. Podług statystyki niemieckiej z r. 1909 było w ruchu w Niemczech 125 zakładów okręgowych, w przygotowaniu było dalszych 120 elektrowni. Kraje austriackie pod tym względem pozostają w tyle, jednakże ostatnie lata wykazują szereg wykonanych lub poważnie rozważanych projektów.

Elektrownie okręgowe nie różnią się technicznie od elektrowni zwykłych; każda elektrownia miejska np. może zamienić się w pewnych warunkach na elektrownię okręgową, jeżeli rozprzestrzeniać będzie prąd poza obręb samego miasta.

Charakterystyczną cechą elektrowni okręgowych jest zastosowanie wysokiego napięcia i wielka rozległość sieci przy stosunkowo małej gęstości przyłączeń na kilometr przewodu.

Rodzaj popędowych motorów nie odgrywa bezwzględnie decydującej roli, to znaczy, że można użyć do popędu siły wodnej, pary itd. Oczywiście wybiera się siłę, która w danych warunkach jest najkorzystniejsza.

Od wielkości obszaru opanowanego przez daną elektrownię i od zapotrzebowania prądu zależy