

w kształcie wydłużonej i rozciągniętej litery Z, nachylony do poziomu pod coraz to innym kątem, ale tak, by w rzucie tłowym wszystkie się kryły w miejscu przegubu. Różne nachylenia dlatego, że wypadkowa sił zewnętrznych nie jest pionowa (jak przy mostach kratowych prostych), lecz ukośna o kierunku zależnym od obciążenia. Odległość wiązek wynosiła w kluczu 14 cm (15 cm na wezłowiach), a pręty wchodziły w beton na 90 cm (100 cm na wezłowiach). Po wykonaniu zalewano cementem przeguby połowiczne, by zabezpieczyć żelazo przeciwko wpływowi zewnętrznemu.

Tablica XXVII podaje wszystkie szczegóły konstrukcji; widać tam także żebra odwrócone, użyte jedynie dla stężenia (bez rachunku) co 13 m (największa wysokość żebra 1,0 m).

Koszt przegubu wyniósł 2 fr. na 1 m<sup>2</sup> sklepienia, czyli 2% całości<sup>1)</sup>.

Po tym przykładzie połowicznych przegubów nastąpiły inne. W miejscu kąpielowem Amélie-les-Bains (Pyrénées Orientales) wybudowano (1910 r.) most drogowy żelazno-betonowy o świetle 44 m, a szerokości 6,60 m na tej samej zasadzie. Użycie 3 przegubów dało oszczędność około 24% wobec mostu bezprzegubowego. Koszt przegubów (630 fr) wypadł na 2,59 fr/m<sup>2</sup>, albo 1,29% kosztów całego mostu<sup>2)</sup>.

Podobną oszczędność, bo 23% wobec łuku bezprzegubowego, wykazał projekt mostu tego samego układu o świetle 42 m, który ma niebawem stanąć w Paryżu na bulwarze Mac Donald.

\* \* \*

Panowie! Przedstawiłem Wam w krótkości małą część z dziejów geniuszu ludzkiego. Widzieliśmy, jak w miarę rozwoju teorii z jednej strony, a sztuki budowlanej z drugiej, umysł ludzki zapatrywał się coraz krytyczniej i coraz trzeźwiej na zadania, które ma spełnić dana konstrukcja. Możemy też być pewni, że węzły nitowane sztywne nie przejdą nigdy do historii, ale

<sup>1)</sup> Koszt 1 m<sup>2</sup> wyniósł  $\frac{688724,33 \text{ fr}}{7558,08 \text{ m}^2} = 90,46 \text{ fr}$ ; a jeżeli się uwzględni jeszcze założenia, jakich wymagała ulica i upiększenie bulwaru (połączenie sąsiednich kanałów i bruków, założenie przewodów gazowych, plantacje, kioski itd.), to  $\frac{821001,59 \text{ fr}}{7558,08 \text{ m}^2} = 108,63 \text{ fr/m}^2$ .

<sup>2)</sup> Koszt 1 mb przegubów wyniósł 31,80 fr, koszt całego mostu 49500 fr.

że także i połączenia gibkie zajmą należne sobie miejsce w budownictwie.

Dziwne są drogi geniuszu ludzkości: nieraz schodzi na kręte ścieżki, błądzi często po manowcach, lecz wypadkowa jego usiłowań zmierza stale naprzód, coraz wyżej i wyżej, dążąc do Prawdy i Światła.

### Literatura.

1. Etude d'une disposition d'assemblage destiné à réduire à une valeur négligeable les efforts secondaires qui se produisent dans les treillis à attaches rigides. M. Mesnager. Annales des ponts et chaussées (A. p. ch.) 1896.
2. Longerons en treillis et longerons à arcades. A. Vierendeel. 1897.
3. Expériences sur un joint flexible pour charpentes métalliques rivées et applications. M. Mesnager. A. p. ch. 1898.
4. Note sur les fatigues réelles et les fatigues calculées dans un pont à grandes mailles. M. Mesnager. A. p. ch. 1899.
5. Expériences sur une semi-articulations pour voûter en béton armé. M. Mesnager. A. p. ch. 1907.
6. Voûter en béton armé à semi-articulations. I. Couverture d'une partie du canal Saint-Martin à Paris. II. Pont d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales) et autres applications. M. Mesnager. Le Génie civil 1910.

### Dyskusya.

Dr. M. Marcichowski zwrócił uwagę na tę okoliczność, że wykonanie połączeń przegibnych napotyka zawsze na trudności. Jego zdaniem przeguby są odpowiednio dla mostów sklepionych kamiennych i betonowych, a nie dla żelazno-betonowych, których główną zaletą jest sztywność i charakter monolitu; nadawałyby się raczej do mostów drogowych, które są narażone na mniejsze wstrząśnienia. Przegubów używa się obecnie coraz częściej, nawet w budownictwie (t. zw. tępe przeguby), by ściślej określić położenie linii ciśnienia. Ale trzeba o tem pamiętać, że zyskujemy wprawdzie na materiale, ale z drugiej strony tracimy monolityczność.

Prelegent zaznaczył w odpowiedzi, że przegubów używa się wogóle dla większych budowli, a przy takich główną rolę odgrywa ciężar własny; oszczędność, którą osiągamy dzięki przegubom, jest wcale znaczna i ona to — obok innych względów — przyczynia się głównie do rozpowszechnienia połączeń przegibnych.

## Teorya belek dwukrotnie wzmocnionych.

(Dokończenie).

Jest to wzór najogólniejszy, dający zastosować się do każdego kształtu belki wzmocnionej. Zwykle jednak używamy belek o kształtach prostszych. Wtedy we wzorze powyższym otrzymamy odpowiednie uproszczenia. Parę przypadków rozważymy w dalszym ciągu:

I. Słupy mają równą wysokość, mierzoną pionowo ( $h_1 = h_2 = h$ ).

W tym przypadku upraszczają się następujące wyrazy:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \frac{s_1}{a} \\ \mu_2 &= \frac{s_2}{c} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 16)$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_3 &= \frac{s_3}{a} \\ \mu_4 &= 1 \\ \mu_5 &= \frac{s_5}{a} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 16)$$

Składowe poziome wyrazów tych przedstawia się w postaci:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{u}{a} \\ v_2 &= \frac{w}{c} \\ v_3 &= \frac{m}{a} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 16a)$$

$$\left. \begin{aligned} v_4 &= 1 \\ v_5 &= \frac{p}{c} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 16 a)$$

Następnie:

$$\left. \begin{aligned} \int_A^c M_0 M_a ds &= \frac{h}{a} e_1 F_1 \\ \int_C^D M_0 M_a ds &= h F_2 \\ \int_D^B M_0 M_a ds &= \frac{h}{c} e_3 F_3 \\ \int_A^c M_a^2 ds &= \frac{ah^2}{3} \\ \int_C^D M_a^2 ds &= bh \\ \int_D^B M_a^2 ds &= \frac{ch^2}{3} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 17)$$

Wzór na  $X$  przybierze zatem wartość:

$$X = \frac{h \left( F_1 \frac{e_1}{a} + F_2 + F_3 \frac{e_3}{c} \right)}{\frac{h^2}{3} (a + 3b + c) + \frac{J}{F} l + EJ \sum_1^5 \frac{\mu^2 s}{EF}} \dots \dots \dots 18)$$

II. Słupy mają równą wysokość ( $h_1 = h_2 = h$ ) i są pionowe ( $u = w = 0$ ).

Otrzymujemy tutaj następujące równości:

$$\left. \begin{aligned} a &= m \\ b &= n \\ c &= p \\ s_1 &= s_2 = h \\ \mu_1 &= \frac{h}{a} & \mu_2 &= \frac{h}{c} \\ v_1 &= v_2 = 0 \\ v_3 &= v_4 = v_5 = 1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 19)$$

Wzór ogólny na  $X$  pozostaje ten sam; zmie-

nia się tylko wyraz  $\sum_1^5 \frac{\mu^2 s}{EF}$ , przybierając wartość:

$$\sum_1^5 \frac{\mu^2 s}{EF} = h^3 \left( \frac{1}{E_1 F_1 a^2} + \frac{1}{E_2 F_2 c^2} \right) \dots \dots \dots 20)$$

względnie dla  $E_1 = E_2$  i  $F_1 = F_2$ :

$$\sum_1^5 \frac{\mu^2 s}{EF} = \frac{h^3}{E_1 F_1} \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right) \dots \dots \dots 20 a)$$

III. Belka wzmocniona jest symetryczna.

Prócz wyżej podanych równań spełniają się jeszcze:

$$\left. \begin{aligned} a &= c = (m = p) \\ \mu_1 &= \mu_2 = \frac{h}{a} \\ \mu_3 &= \mu_4 = \frac{s_3}{a} = \frac{s_4}{a} = \frac{s}{a} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 21)$$

Otrzymujemy wtedy:

$$X = \frac{h}{a} \cdot \frac{F_1 e_1 + F_2 a + F_3 e_3}{\frac{h^2}{3} (2a + 3b) + \frac{J}{F} l + EJ \sum_1^5 \frac{\mu^2 s}{EF}} \dots \dots \dots 22)$$

przyjmując:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_2 \\ E_3 &= E_4 = E_5 \\ F_1 &= F_2 \\ F_3 &= F_5 \end{aligned}$$

$$X = \frac{h}{a} \cdot \frac{F_1 e_1 + F_2 a + F_3 e_3}{\frac{h^2}{3} (2a + 3b) + \frac{J}{F} l + \frac{EJ}{a^2} \left( \frac{2h^3}{E_1 F_1} + \frac{2s^3}{E_3 F_3} + \frac{a^2 b}{E_3 F_4} \right)} \dots \dots \dots 23)$$

Wzór ten da się też przedstawić w postaci:

$$X = \frac{3(F_1 e_1 + F_2 a + F_3 e_3)}{K a h (2a + 3b)} \dots \dots \dots 24)$$

gdzie:

$$K = 1 + 3 \frac{J}{F} \frac{l}{h^2 (2a + 3b)} + \frac{3 EJ}{a^2 h^2 (2a + 3b)} \left( \frac{2h_3}{E_1 F_1} + \frac{2s^3}{E_3 F_3} + \frac{a^2 b}{E_3 F_4} \right) \dots \dots \dots 25)$$

Wyznaczwszy  $X$  z wzorów powyższych, można obliczyć z równań 4. momenty i siły podłużne, rzeczywiście występujące.

Przykład.

Belka wzmocniona ma wymiary podane na fig. 2, na którym można też odczytać jej obciążenie.

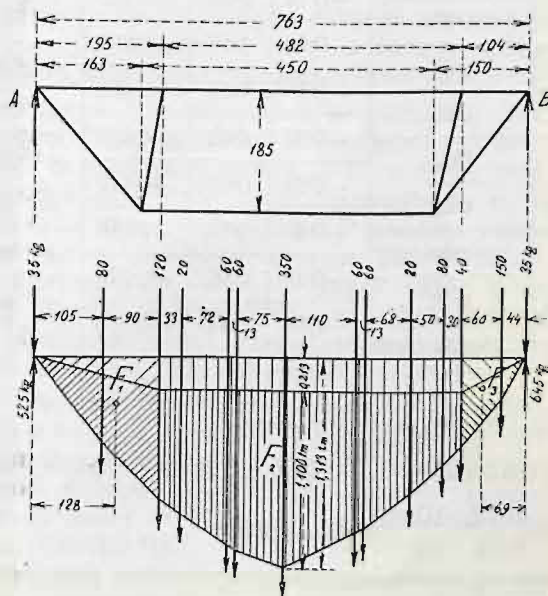


Fig. 2.

zenie. Belka i ściegna 3, 4, 5 są ze stali, słupy 1 i 2 z drzewa. Zatem

$$\begin{aligned} E &= E_3 = E_4 = E_5 = 2150000 \text{ kg/cm}^2 \\ E_1 &= E_2 = 120000 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= 4672 \text{ cm}^4 \\ F_1 &= F_2 = 16 \text{ cm}^2 \\ F_3 &= F_4 = F_5 = 0.14 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Ponieważ  $h_1 = h_2 = h$ , przeto zastosujemy dla obliczenia  $X$  wzór 18, przyczem przyjmie on postać:

$$X = \frac{h \left( F_1 \frac{e_1}{a} + F_2 + F_3 \frac{e_3}{c} \right)}{\frac{h^2}{3} (a + 3b + c) + \frac{J}{F} l + \frac{E J}{E_1 F_1} \sum_1^2 \mu^2 s + \frac{J}{F_3} \sum_3^5 \mu^2 s}$$

Dla danego obciążenia wynoszą znalezione w zwykły sposób oddziaływania:

$$A = 0.525 t \quad B = 0.645 t.$$

Siły poprzeczne i momenty zestawione są w pon. tabliczce 1).

Na podstawie tej tabliczki (lub w znany wykreślny sposób) wykreślamy powierzchnię momentów i otrzymujemy z niej:

$$\begin{aligned} & h \left( F_1 \frac{e_1}{a} + F_2 + F_3 \frac{e_3}{c} \right) = \\ & = 1.85 \left\{ \frac{0.896 \cdot 1.28}{1.95} + 4.82 + \frac{0.307 \cdot 0.69}{1.04} \right\} = \\ & = 1.85 \cdot 5.41 = \approx 10.0 \text{ tm}^2. \end{aligned}$$

1) Wobec tablic i przyrządów rachunkowych, ułatwiających ogromnie robotę, metody wykreślne tracą coraz bardziej znaczenie. To też i w przykładzie niniejszym stosowałem głównie drogi rachunkowe.

Punkt	Ciężar (t)	Sila poprzeczna $Q_0(t)$	Odstęp ciężarów $\lambda$ (m)	$\Delta M_0 = Q_0 \lambda$ (tm)	Moment $M_0$ (tm)
0	+0.525 + 0.085 = +0.49				0
1	0.08	+0.49	1.05	+0.515	+0.515
2	0.12	+0.41	0.90	+0.369	+0.884
3	0.02	+0.29	0.83	+0.095	+0.979
4	0.06	+0.27	0.72	+0.195	+1.174
5	0.06	+0.21	0.18	+0.027	+1.201
6	0.35	+0.15	0.75	+0.113	+1.313
7	0.06	-0.20	1.10	-0.220	+1.093
8	0.06	-0.26	0.13	-0.033	+1.060
9	0.02	-0.32	0.68	-0.218	+0.842
10	0.08	-0.34	0.50	-0.170	+0.672
11	0.04	-0.42	0.30	-0.126	+0.546
12	0.15	-0.46	0.60	-0.276	+0.270
13	-0.035 + 0.645 = +0.61	-0.61	0.44	-0.268	0 <sup>1)</sup>

Dalsze wyrazy wynoszą:  
 $\frac{h^2}{3} (a + 3b + c) = \frac{1.85^2}{3} (1.95 + 3 \cdot 4.64 + 1.04) = 19.3 m^3$   
 $\frac{J}{F} l = \frac{4672}{2.92} \cdot \frac{10^{-8}}{10^{-4}} \cdot 7.63 = 1.2 m^3$

Pręty	$\mu$	$\mu^2$	s (m)	$\mu^2 s$ (m)	$\Sigma \mu^2 s$ (m)
$s_1$	+0.97	0.95	1.90	1.81	8.18
$s_2$	+1.83	3.35	1.90	6.37	
$s_3$	-1.21	1.46	2.40	3.51	
$s_4$	-1.00	1.00	4.50	4.50	
$s_5$	-2.21	4.88	2.30	11.25	
					19.26

A stąd:  
 $\frac{E}{E_1} \frac{J}{F_1} \frac{\Sigma \mu^2 s}{1} = \frac{2150}{120} \cdot \frac{4672 \cdot 10^{-8}}{16 \cdot 10^{-4}} \cdot 8.18 = 3.32 m^3$   
 $\frac{J}{F_3} \frac{\Sigma \mu^2 s}{3} = \frac{4672 \cdot 10^{-8}}{14 \cdot 10^{-6}} \cdot 19.26 = 62.1 m^3$   
 Zatem:  
 $X = \frac{10.0}{19.3 + 1.2 + 3.8 + 62.1} = \frac{10.0}{86.4} = 0.115 t$

<sup>1)</sup> Właściwie otrzymujemy (wskutek niedokładności rachunku nie 0, ale 0.002 tm. Błąd ten jest jednak znikająco mały.

Z wielkości wyrazów mianownika łatwo wnioskować, jaką rolę każdy z nich odgrywa. Przedewszystkiem widać odrazu małe znaczenie wyrazu  $\frac{J}{F} l$ .

Obliczone dla  $X=0.115 t$  momenty, zestawione są w nast. tabliczce:

Punkt	$-X Q_a(t)$	$Q_0(t)$	$Q = Q_0 - X Q_a(t)$	$-M_a X_a (tm)$	$M_0 (tm)$	$M = M_0 - X M_a (tm)$
0	-0.925 <sup>1)</sup> · 0.115 = -0.11	+0.49	+0.38	0	0	0
1	-0.11	+0.41	+0.30	-0.114	+0.515	+0.401
2	0	+0.29	+0.29	-0.213	+0.884	+0.671
3	0	+0.27	+0.27	-0.213	+0.979	+0.766
4	0	+0.21	+0.21	-0.213	+1.174	+0.961
5	0	+0.21	+0.21	-0.213	+1.201	+0.988
6	0	+0.15	+0.15	-0.213	+1.313	+1.100
7	0	-0.20	-0.20	-0.213	+1.093	+0.880
8	0	-0.26	-0.26	-0.213	+1.060	+0.847
9	0	-0.32	-0.32	-0.213	+0.842	+0.629
10	0	-0.34	-0.34	-0.213	+0.672	+0.459
11	+1.73 <sup>2)</sup> · 0.115 = +0.20	-0.46	-0.26	-0.213	+0.546	+0.333
12	+0.20	-0.46	-0.26	-0.091	+0.270	+0.179
13	+0.20	-0.61	-0.41	0	0	0

W niniejszej tabliczce podano i wpływ siły X na siły poprzeczne dla zupełności obrazu:

Siły w prętach kratownicy wynoszą:  
 $S_1 = 0.976 X = 0.113 t$   
 $S_2 = 1.83 X = 0.210 t$   
 $S_3 = 1.21 X = +0.140 t$   
 $S_4 = X = +0.115 t$   
 $S_5 = 2.21 X = +0.256 t$

Z tablic powyższych łatwo odczytać można wpływ wzmocnienia belki. Zmniejszenie największego momentu wynosi przeszło 16%; mianowicie otrzymujemy  $M_{max} = M_6 = 1.100 tm$  wobec  $M_{0max} = M_{06} = 1.313 tm$ . (Por. także fig. 2).

Dr. Stefan Władysław Bryła.

<sup>1)</sup>  $0.976 \frac{h_1}{s_1} = 0.925$ .

<sup>2)</sup>  $1.83 \frac{h_2}{s_2} = 1.73$ .

## O potrzebie zakładania i znaczeniu elektrowni okręgowych.

Napisał Inż. Tadeusz Gajczak.

(Dokończenie).

Szłoby obecnie o stwierdzenie, czy znajdzie się na tę energię zbyt.

Wszelka praca w tym kierunku jest utrudniona wobec braku danych statystycznych o ilo-

ści i rozkładzie zakładów używających napędu motorycznego.

Warto przytoczyć przy tej sposobności dosłownie słowa p. Fr. Bujaka w dziele „Galicya“: