

26983

B.P. im. Ł.

53736
537435

Doświadczenia Menscha ze słupami owijanymi z wkładką żeliwną.

Napisał

Maksymilian Thullie i Alfons Chmielowiec.

Amerykanin L. I. Mensch poddał w r. 1916 w Pittsburgu doświadczeniu 16 słupów żelbetowych owijanych z wkładką żeliwną, tudzież dwa słupy żeliwne. Doświadczenia te opisał w Proceedings, Am. Concrete Inst. 1917 p. 22. Wyniki tych doświadczeń podaje tablica 1, wyjęta z Transactions of the American Society of Civil Engineers (vol. LXXXVI — 1923 str. 1101), przeliczona na miary metryczne (patrz Tab. 1 str. 2).

Z ostatnich dwu doświadczeń tej tablicy, t. j. L. p. 17 i 18 można obliczyć wytrzymałość żeliwa, użytego w doświadczeniach. Rury żeliwne 249 cm wysokie o średnicy zewnętrznej $d = 15.2$ cm, grubości $\delta = 1.9$ cm okazały wytrzymałość: jedna 2742 kg/cm², druga 3079 kg/cm² czyli średnio 2910.5 kg/cm². Ponieważ przekrój rur żeliwnych $F_s = 79.5$ cm², moment bezwładności $I_s = 1710$ cm⁴,

promień bezwładności $\alpha = \sqrt{\frac{1710}{79.5}} = 4.64$ cm, przeto licząc $l_0 =$

$0.7 \cdot 249 = 174$ cm, otrzymamy dla $\frac{l_0}{\alpha} = \frac{174}{4.64} = 37.6$ współczynnik

Tetmajera $\varphi = 0.501$, zatem wytrzymałość żeliwa wynosiła średnio $2910.5 : 0.501 = 5800$ kg/cm². Tablica 2 (patrz str. 3) podaje wytrzymałość słupów, obliczoną według wzorów Thulliego i Empergera dla wymiarów wziętych, względnie obliczonych z tablicy 1. We wzorach tych wstawiono jako wytrzymałość żeliwa wartość 5800 kg/cm², a jako wytrzymałość betonu wartość, podaną w ostatniej

Tablica 1.

L. p.	Wyso- kość słupa m	Uzbrojenie z żelzny		Procent powierzchni przekroju słupa bez skorupy			Obciążenie słupa w tonnach		Najw. ciśnienie kg/cm ²		
		Średnica ze- wnętrzna cm	Grubość cm	Owiniecie	Uzbrojenie podobne z żelaza stwiernego	Uzbro- jenie z żelzny	Beton (rdzeń)	Podczas pierwszej oznaki pęknięcia	Największe przy złamaniu	Słupa średnio	Walcu betono- wego
1	1.85	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	198.0	479.5	765	308
2	1.83	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	352.0	465.4	742	308
3	2.49	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	198.0	426.4	681	262
4	2.49	15.2	1.90	0.61	0.58	10.9	86.5	258.5	467.7	647	262
5	2.49	12.7	2.54	0.65	0.62	11.9	87.0	285.8	421.4	614	282
6	2.49	17.8	1.59	0.79	0.76	14.4	84.9	250.5	419.2	742	282
7	3.05	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	291.9	415.1	660	264
8	3.05	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	283.5	428.2	678	264
9	3.05	15.2	1.90	0.71	1.26	12.7	86.2	352.0	401.4	649	302
10	3.05	15.2	1.90	0.71	1.26	12.7	86.2	330.0	483.5	772	302
11	3.05			0.61	1.08	11.8	87.0	387.4	486.2	667	302
12	3.05			0.61	1.08	11.8	87.0	261.3	453.6	619	302
13	3.66			0.71	0.68	12.7	86.6	332.3	433.2	689	299
14	3.66	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	286.0	414.2	658	274
15	4.27	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	286.0	403.0	643	299
16	4.27	15.2	1.90	0.71	0.68	12.7	86.6	308.0	379.9	599	309
17	2.49	15.2	1.90	—	—	100	—	217.7	217.7	2742	—
18	2.49	15.2	1.90	—	—	100	—	244.9	244.9	3079	—

Tablica 2.

L. p. do- świad- czenia	Obciążenie przy złamaniu		Emperger				Thullie				Thullie poprawiony		$\frac{0.7l}{a}$	$\frac{l}{D}$
	P_{d1}	P_{d2}	P_{11}	P_{12}	P_t	Nadwyżka e_0	P_{11}	P_{21}	P_t	Nadwyżka e_0	P_t	Nadwyżka e_0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	479.5	248	382	630	31.3	261	309	570	18.8	527	+ 9.8	22.2	6	
2	465.4	248	382	630	35.5	261	309	570	23.5	527	+ 13.3	22.2	6	
3	426.4	210	374	584	37.0	224	266	490	15.0	454	+ 6.6	30.4	8.16	
4	467.7	235	374	609	33.0	260	272	532	13.7	468	+ 0.0	29.0	8.16	
5	421.4	241	376	617	46.6	263	254	517	22.6	475	+ 12.8	33.8	10	
6	419.2	209	379	588	40.6	212	288	500	19.4	466	+ 11.2	26.8	10	
7	415.1	212	355	567	36.7	225	232	457	10.0	421	+ 1.4	37.2	10	
8	428.2	212	355	567	32.4	225	232	457	6.8	421	- 1.6	37.2	10	
9?	401.4	258	355	613	51.0	264	288	502	23.5	461	+ 13.5	36.0	10	
10	483.5	258	355	613	26.7	264	238	502	3.8	461	- 4.8	36.0	10	
13	433.2	240	324	564	30.3	252	199	451	4.2	423	- 2.8	44.9	12	
14	414.2	220	324	540	30.5	232	200	432	4.3	395	- 4.6	44.6	12	
15	403.0	240	278	518	28.6	252	170	422	4.7	382	- 5.2	52.1	14	
16	379.9	248	278	526	38.5	260	170	480	13.2	388	+ 2.1	52.1	14	



rubryce tablicy 1. Rubryka ta podaje wytrzymałość na ściskanie walca betonowego, którego wysokość jest dwa razy większa, niż średnica. Ponieważ walec taki, poddany ścisnaniu, łatwiej może ulec ścięciu, aniżeli kostka, przeto wytrzymałość walcowa jest mniejsza niż kostkowa i jest bardziej miarodajna dla oceny wytrzymałości słupa. Wytrzymałość słupa Nr. 9, zestawiona z wytrzymałością słupów Nr. 7, 8 i 10 budzi podejrzenie co do jakiegoś szczególnego błędu w materiale albo doświadczeniu. Jest bowiem aż o 20·5% mniejsza od wytrzymałości słupa Nr. 10 o tych samych wymiarach i tejsamej wytrzymałości walcowej 302 kg/cm², a mniejsza od wytrzymałości słupów Nr. 7 i 8, w których i beton gorszy (264 kg/cm²) i procent uzbrojenia podłużnego mniejszy (0·68 zamiast 1·26). Dlatego należy słup ten wyłączyć od reszty przed wyciąganiem jakichkolwiek wniosków. Słupów Nr. 11 i 12 z wkładką żeliwną I nie uwzględniono w tablicy 2 z powodu braku danych co do sztywności przekroju żeliwa.

Do obliczenia słupów uzwojonych z wkładką żeliwną używa się głównie dwu wzorów: Empergera i Thulliego. Oba wzory opierają się na zasadzie, że udźwig słupa równa się sumie udźwigów betonu, żelaza zlewnego i żeliwa, różnią się zaś sposobem uwzględnienia owinięcia i wybooczenia. Oba wzory można więc napisać w postaci:

$$P = P_1 + P_2$$

przyczem oznacza: P całkowity udźwig słupa, P_1 tę część udźwigu, która przypada na beton i wkładki z żelaza zlewnego, P_2 tę część udźwigu, która przypada na żeliwo.

We wzorze Empergera jest $P_1 = F_1 \tau_1$, gdzie τ_1 = wytrzymałość kostkowa (lepiej walcowa) betonu na ściskanie. Przekrój idealny betonu $F_1 = F_2 + 15 F_3 + 45 F_4$, przyczem F_2 = przekrój rdzenia betonu, F_3 = przekrój wkładek podłużnych z żelaza zlewnego, F_4 = przekrój wkładek podłużnych z żelaza zlewnego, F_5 = idealny przekrój owinięcia, t. j. stosunek objętości żelaza owijającego do długości słupa. $P_2 = F_5 \cdot \alpha \cdot \sigma_s$, przyczem F_5 = przekrój leizny, σ_s = jej wytrzymałość na ściskanie, α = współczynnik zmniejszający na wybooczenie, który w zależności od stosunków $l : D$ i $d : D$ (d = średnica zewnętrzna rury żeliwnej, D = średnica zewnętrzna rdzenia betonu) można znaleźć w tabliczce Empergera w Betonkalender 1925. Otrzymane tymi wzorami wartości P_1 , P_2 i P podają kolumny 3, 4 i 5 tablicy 2. Kolumna 6 podaje w % nad-

wyżkę wytrzymałości słupa, obliczonej wedle powyższych wzorów, ponad wartość, wykazaną doświadczeniem. Nadwyżka ta zmniejszy się o 3 do 5, jeżeli przyjmiemy: $F_i = F_s + 15F_i + 30F_s$.

We wzorze Thulliego $P_1 = 1.5F_s \tau_1 + 2400F_i$,

$$P_2 = F_s \varphi \sigma_s.$$

Spółczynnik „ φ ” należy wziąć z tablic Tetmajera dla żeliwa w zależności od stosunku $\frac{l}{a}$, przy czym

$$a = \sqrt{\frac{I_i}{F_i}}, \quad F_i = F_s + \frac{1}{2}F_i + \frac{1}{30}F_s \text{ i analogicznie}$$

$$I_i = I_s + \frac{1}{2}I_i + \frac{1}{30}I_s,$$

gdzie I_s = moment bezwładności przekroju żeliwa

I_i = „ „ „ „ wkładki podłużnych

I_s = „ „ „ „ rdzenia betonowego,

inne zaś symbole mają znaczenie, opisane powyżej. Kolumny 7 do 9 tablicy 2 podają wartości P_1 , P_2 i P , obliczone wedle powyższych wzorów, a kolumna 10 wyraża w procentach, o ile wartości z wzoru (kolumna 9) są większe niż wartości z doświadczenia (kolumna 2).

Z porównania wyników doświadczeń Menscha z wartościami, jakie dają powyższe wzory wynika, że:

1) wzór Thulliego lepiej odpowiada doświadczeniom, niż wzór Empergera,

2) oba wzory dają wartości udźwigu słupa większe, niż daje doświadczenie. Przyjęcie zatem, że słup się łamie, po wyczerpaniu wytrzymałości wszystkich trzech materiałów jest za korzystne. Należałoby to uwzględnić przez zmniejszenie współczynnika przy $F_s \tau_1$ z wartości 1.5 do wartości 1.25, która to wartość widnieje w przepisach *M.R.P* z r. 1923, a więc liczyć słupy owijane z wkładką żeliwną wedle wzoru:

$$P = 1.25 F_s \tau_1 + 2400 F_i + \varphi \sigma_s F_s.$$

Tym wzorem obliczone wartości udźwigu podaje kolumna 11 tablicy 2. Odchyłki procentowe (kolumna 12) są niewielkie, jeżeli się zważy, że przyjęta za podstawę liczenia wytrzymałość leżny 5800 kg/cm^2 , została obliczona na podstawie doświadczeń Nr. 17 i 18, których wyniki różnią się od siebie o 11.8% ich wartości średniej. Odchyłki obliczono wedle wzoru: $100 \frac{P - P_d}{P_d}$.

¹ Por. Thullie, Teorya Żelbetu 1915 str. 139.

Z porównania wartości P_1 i P_2 w tablicy 2 z wartością udźwigu słupa przy złamaniu okazuje się, jak bardzo zyskuje na wytrzymałości słup żelbetowy uzwojony przez obecność wkładki żeliwnej (por. także ostatnie dwie kolumny tabl. 1), względnie słup z żeliwa przez osłonięcie betonem uzwojonym. Z porównania doświadczeń L. p. 17 i 18 z doświadczeniami L. p. 3 i 4 (tabl. 1) wynika, że słup z żelaza lanego zyskuje na wytrzymałości ok. 100%, jeżeli go osłonimy betonem uzwojonym, zawierającym ok. 10% żelaza zlewne i ok. 800% betonu (nie licząc skorupy, czyli ok. 1000% betonu w ogóle). Innymi słowy przez dodanie do 10 części leizny 1 części żelaza zlewne i 100 części betonu (1 : 10 : 100), otrzymujemy słup około dwa razy wytrzymałszy na osiowe ściskanie (zaś nierównie więcej razy wytrzymały na wstrząśnienia), aniżeli słup z samej leizny. Porównajmy jeszcze obciążenie słupów podczas pierwszej oznaki pęknięcia z obciążeniem przy złamaniu (Tablica 1). Różnice tych wartości w słupach z żeliwa (L. p. 17 i 18) wynoszą zero, natomiast w innych słupach wynoszą od 19 do 59% wartości przy złamaniu (nie licząc słupa L. p. 9, w którym ta różnica = 12%). Stąd wniosek, poparty zresztą wielu innymi doświadczeniami, że kruche żeliwo nabiera cennej własności technicznej, jaką jest sprężystość, jeżeli je osłonimy betonem uzwojonym.

Z doświadczeń Menscha wynika więc, że udźwig słupa żelbetowego uzwojonego z wkładką żeliwną jest równy sumie udźwignów betonu, żelaza i żeliwa, jeżeli udźwig betonu określa wyrażenie $1.25 F_b \tau_b$, i że korzyść z zastosowania tych trzech materiałów do słupów owijanych z wkładką żeliwną jest wielka.

