

Specjalne działy z konstrukcyj żelbetowych.

I. Wkładki specjalne w konstrukcjach żelbetowych (wkładki wydłużone na zimno).

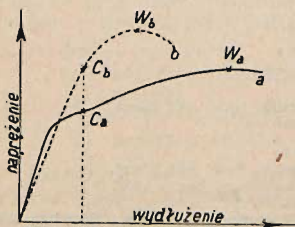
Napisał

dr. inż. Stefan Bryła,

profesor politechniki, Warszawa.

Zginane elementy żelbetowe ulegają zniszczeniu z reguły wskutek wyczerpania nośności uzbrojenia. Następuje to w pobliżu granicy ciastowatości przy wydłużeniu $\varepsilon = 0,4\%$. Wobec tego odpowiadające mu naprężenie przyjęto oznaczać jako granicę ciastowatości dla uzbrojenia.

Pręt żelazny poddany obciążeniu odkształca się wedle krzywej *a* (fig. 284). Jeżeli po przekroczeniu granicy ciastowatości C_a , lecz przed zerwaniem usuniemy obciążenie, a następnie obciążymy pręt ponownie, odkształci się on według krzywej *b*, osiągając wyższą granicę ciastowatości C_b i wytrzymałości W_b . Stosując więc żelazo wydłużone do żelbetu, można przyjmować wyższe niż zwykle naprężenie dopuszczalne w żelazie. Stwierdzono, że najkorzystniejsze jest zwiększenie pierwotnej długości o 6%. Dla żelaza zlewnego o granicy ciastowatości $R_c = 2200-3000 \text{ kg/cm}^2$ nowa podwyższona granica ciastowatości wynosi wtedy z reguły nie mniej niż 3600 kg/cm^2 . Według § 14 przepisów (por. T. II, str. 1447) można wobec tego w zwykłych konstrukcjach budowlanych, uzbrojonych żelazem wydłużonym, dopuszczać naprężenie dop. $k = \frac{3600}{2400} \cdot 1200 = 1800 \text{ kg/cm}^2$. Do takich żelaz należy „stal Isteg”, oraz „siatka jednolita”.



a = stal zwyczajna *c* = granica ciastow.
b = stal wydłużona *w* = • wytrzyma.

Fig. 284.

Stal Isteg (fig. 285) wyrabia się z żelaza okrągłego przez śrubowe skręcenie dwóch prętów o jednakowej średnicy. Skręcanie odbywa się na zimno w specjalnych maszynach. Pręty układają się obok siebie, końce zamocowują w tarczach o stałej odległości wzajemnej i poddaje skręceniu. Ponieważ końce prętów nie mogą się zbliżyć do siebie, przeto skręcone pręty muszą się odpowiednio rozciągnąć i wydłużyć.

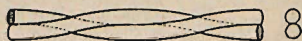


Fig. 285.

Tablica 1. Przekroje stali Isteg.

Ø mm	Ciężar kg/m	Obwód cm	Powierzchnie przekroju 1—10 prętów w cm ²									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,5	0,376	3,45	0,47	0,95	1,42	1,90	2,37	2,85	3,32	3,80	4,27	4,79
6	0,441	3,76	0,57	1,13	1,70	2,26	2,83	3,39	3,96	4,52	5,09	5,66
7	0,604	4,40	0,77	1,54	2,31	3,08	3,85	4,62	5,39	6,16	6,93	7,70
8	0,790	5,02	1,01	2,01	3,02	4,02	5,03	6,03	7,04	8,04	9,04	10,06
9	0,958	5,66	1,27	2,54	3,82	5,09	6,36	7,63	8,90	10,18	11,51	12,72
10	1,232	6,28	1,57	3,14	4,71	6,28	7,85	9,42	10,99	12,56	14,14	15,70
11	1,492	6,92	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50	11,40	13,30	15,20	17,10	19,00
12	1,776	7,54	2,26	4,52	6,78	9,04	11,30	13,57	15,83	18,09	20,36	22,62
13	2,084	8,16	2,65	5,31	7,96	10,62	13,27	15,92	18,58	21,23	23,89	26,54
14	2,416	8,80	3,08	6,16	9,23	12,31	15,39	18,47	21,55	24,63	27,71	30,78
15	2,774	9,42	3,53	7,07	10,60	14,14	17,67	21,20	24,74	28,27	31,81	35,34
16	3,156	10,06	4,02	8,04	12,06	16,08	20,11	24,13	28,15	32,17	36,19	40,22
17	3,564	10,68	4,54	9,08	13,62	18,62	22,70	27,24	31,78	36,32	40,86	45,40
18	3,996	11,30	5,09	10,18	15,27	20,36	25,45	30,54	35,62	40,71	45,80	50,90
19	4,452	11,94	5,67	11,34	17,01	22,68	28,35	34,02	39,69	45,36	51,03	56,70
20	4,932	12,56	6,28	12,57	18,85	25,13	31,42	37,70	43,98	50,26	56,55	62,84

Wydłużenie jest tem większe, im mniejszy jest skok spirali. Powierzchnia przekroju pręta złożonego równa się dokładnie sumie przekrojów prętów składowych. W prętach Isteg skok spirali wynosi około $12,5 d_i$. Przytem zwiększenie granicy ciastowatości wynosi średnio około 40% , a wytrzymałości około 10% . Spółczynnik sprężystości $E = 1\,680\,000 \text{ kg/cm}^2$. Stal Isteg wyrabia się z prętów $5,5-20 \text{ mm}$. W tablicy 1 podana jest waga 1 m b. , obwód i powierzchnia przekroju prętów Isteg.

Ponieważ dla żelaza wydłużonego można stosować naprężenia dop. $1,5$ razy większe niż dla żelaza okrągłego gładkiego, przeto przekrój wypadła około 33% mniejszy. Przyczepność stali Isteg jest większa niż prętów okrągłych dzięki temu że obwód jest większy (dwa pręty zamiast jednego) i dzięki spiralnemu kształtowi prętów. Nawet przy zastosowaniu przekrojów o 33% mniejszych obwód stali Isteg jest o 15% , a przyczepność o około 30% większa niż przy zwykłym uzbrojeniu. Dlatego haki mogą być odpowiednio mniejsze. Wykonywa się je wedle fig. 286. W przekrojach ścisłych stosowanie stali Isteg nie oplaca się. Natomiast w belkach zginanych (części rozciągane) daje ona nieraz znaczną ekonomję w stosunku do prętów zwykłych.

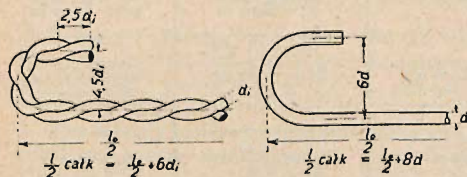


Fig. 286.



Fig. 287.

Siatka jednolita (Ledóchowskiego) (fig. 287) jest wyrabiana ze zwykłej blachy stalowej w specjalnej maszynie, która nacina na blasze równoległe paski w równych odstępach i odgina je kolejno, prostopadłe do powierzchni blachy o kąt wynoszący około 20° . W ten sposób powstaje siatka o rombowych okach. Przy odginaniu paski blachy doznają trwałych wydłużeń, a w konsekwencji podnosi się granica ciastowatości o $35-40\%$ i granica wytrzymałości o $15-20\%$.

Spółczynnik sprężystości siatki wynosi $2\,050\,000 \text{ kg/cm}^2$. Siatkę jednolitą wyrabia się z blachy o grubości $0,5-4,5 \text{ mm}$ w następujących wymiarach: przekątnie oczek $150/400$, $75/200$, $40/115$, $20/62$ i $10/42 \text{ mm}$, szerokość pasków $2,5-10 \text{ mm}$, szerokość arkuszy (mierzona w kierunku dłuższych przekątni) $1,00-2,50 \text{ m}$. W tablicy 2 podane są wymiary siatek stosowanych do żelbetu. Siatka pracuje w kierunku podłużnym oczek, w kierunku poprzecznym nie wykazuje znaczniejszej nośności. Przyczepność siatki jest bardzo duża, gdyż każde skrzyżowanie pasków działa jak kotwa. Osobne zakotwienia końców siatki są wobec tego zbędne. Arkusze łączy się na zakład o długości $30-40 \text{ cm}$. W kierunku poprzecznym nie należy stosować siatek węższych jak 8-paskowe, gdyż siatki wąskie mają mniejszą wytrzymałość. Przekrój obliczeniowy mierzy się w węzłach siatki. Można go obliczyć z rzeczywistej wagi siatki, dzieląc wagę 10 m^2 siatki przez ciężar właściwy stali $7,85 \text{ kg}$.

Przekroje żelbetowe zbrojone żelazem wydłużonym oblicza się według tych samych zasad co przy zwykłym uzbrojeniu, przyjmując także $n = 15$. Tylko naprężenia w żelazie dopuszcza się wyższe. W tablicy 3 podane są współczynniki do obliczenia x , h_1 i F'_z przy naprężeniu w żelazie 1800 kg/cm^2

Tablica 2.

Wymiary siatki jednolitej stosowanej do konstrukcyj żelbetowych.

Nr.	Krótsza przekątna oczka mm	Dłuższa przekątna oczka mm	Szerokość paska mm	Grubość blachy mm	Waga teoret. 1 m ² kg	Przekrój w 1 m b. cm ²
13 a	150	400	10	4	4,14	5,28
13 b	150	400	10	3	3,11	3,96
13	150	400	6	4	2,51	3,20
12	150	400	6	3	1,88	2,40
14	150	400	4 ^{1/2}	3	1,41	1,80
16	150	400	3	3	0,94	1,20
25	150	400	6	2	1,26	1,60
10 a	75	200	10	4	8,35	10,64
10 b	75	200	10	3	6,26	7,98
10	75	200	6	4	5,02	6,40
11	75	200	4 ^{1/2}	4	3,76	4,79
8	75	200	6	3	3,76	4,79
9	75	200	4 ^{1/2}	3	2,83	3,60
15	75	200	3	3	1,88	2,40
26	75	200	6	2	2,52	3,20
27	40	115	10	3	11,78	15,00
23	40	115	6	3	7,07	9,00
21	40	115	4 ^{1/2}	3	5,30	6,75
24	40	115	3	3	3,54	4,50
28	40	115	6	2	4,71	6,00
22	40	115	4 ^{1/2}	1 ^{1/2}	2,66	3,38
6	40	115	3	1 ^{1/2}	1,77	2,25
6 a	40	115	3	2	2,36	3,00

i w betonie od 10—80 kg/cm². Naprężenia w betonie wypadają około 15% wyższe niż przy $k_z = 1200$ kg/cm². Jeżeli jest potrzebne uzbrojenie w strefie ściskanej, to najlepiej stosować przy projektowaniu metodę nadwyżki momentu. Dla danego M , b , h_1 , k_b i k_z obliczamy moment, który może być przyjęty przez przekrój bez uzbrojenia ścisk. $M_0 = \frac{b \cdot h_1^2}{k_z^3}$, odpowiadający mu przekrój żelaza $F'_{z_0} = k_4 b h_1 = k_5 \sqrt{M_0 b}$ i odległość osi obojętnej $x = k_1 h_1$. Wtedy nadwyżka momentu wynosi $\Delta M = M - M_0$, naprężenie w żelazie ściskanem $k'_z = 15 \frac{x - a'}{x} \sigma_b$ przekrój żelaza ściskanego $F'_z =$

$$= \frac{\Delta M}{k'_z (h_1 - a')}$$

a przekrój całkowity żelaza rozciąg. $F_z = F'_{z_0} + \frac{\Delta M}{k'_z (h_1 - a')}$

Tablica 3,

do obliczania przekrojów żelbetowych przy $n = 15$ i $k_z = 1800 \text{ kg/cm}^2$.

kg/cm^2	$x = k_1 h_1$	$h_1 = k_3 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$F_z = k_5 \sqrt{M \cdot b}$
	k_1	k_3	k_5
10	0,077	1,633	0,00035
12	0,091	1,375	42
14	0,104	1,190	48
16	0,118	1,052	55
18	0,130	0,944	62
20	0,143	0,855	68
22	0,155	0,787	75
24	0,167	0,728	81
26	0,178	0,678	87
28	0,189	0,635	93
30	0,200	0,598	0,00100
32	0,211	0,565	106
34	0,221	0,536	112
36	0,231	0,511	118
38	0,241	0,488	124
40	0,250	0,467	130
42	0,259	0,448	136
44	0,268	0,431	141
46	0,277	0,416	147
48	0,286	0,401	153
50	0,294	0,388	159
52	0,302	0,376	164
54	0,310	0,365	170
56	0,318	0,354	175
58	0,326	0,345	181
60	0,333	0,335	186
65	0,351	0,315	200
70	0,368	0,297	213
75	0,385	0,282	226
80	0,400	0,269	239

Siatka szerokopaskowa jest odmianą siatki jednolitej. Wyrabia się ją zazwyczaj z blachy grub. 2 mm o okach 150/400 mm i szerokości pasków 10—20 mm. Siatki te są stosowane do cienkich płyt żelbetowych, wykonywanych systemem fabrycznym (np. parkany, cienkie przekrycia itp.). Szerokie paski siatki zbliżają się raz do jednej, raz do drugiej powierzchni płyty, dzięki czemu siatka wzmacnia płytę dwustronnie i zabezpiecza od uszkodzeń podczas przenoszenia i montażu. Wymiary siatek szerokopaskowych i ustaloną doświadczalnie nośność zbrojonych nimi płyt żelbetowych podaje tablica 4.

Tablica 4.

Nr.	Siatka szerokopaskowa						Moment M dop. $k_2 = 1400 \text{ kg/cm}^2$ kgm	Dop. obciąż. q (wraz z ciężar. własn.) przy		Ciężar własny kg/m^2
	Oczko	Grubość blachy mm	Szerokość paska mm	Przekrój F_2 cm^2	Obciąż. g kg/m^2	Grubość płyty beton. cm		rozpię- tości m	wolnem podpar. $q = \frac{8 M}{l^2}$ kg/m^2	
A ₁₀	150 × 400	2	10	2,66	2,1	3	50,3	2,00	101	162
								1,65	148	222
								1,30	287	356
								1,00	403	605
A ₁₅	150 × 400	2	15	4,00	3,15	4	101,0	2,50	129	194
								2,00	202	303
								1,75	264	396
								1,50	359	538
A ₂₀	150 × 400	2	20	5,32	4,2	5	167,5	2,50	145	218
								2,00	227	340
								1,75	286	445
								1,50	403	605
A ₂₀	150 × 400	2	20	5,32	4,2	6	201,0	3,00	149	223
								2,50	214	321
								2,00	385	502
								1,50	595	883
A ₂₀	150 × 400	2	20	5,32	4,2	6	201,0	3,00	179	268
								2,50	257	386
								2,00	402	603
								1,50	525	788
A ₂₀	150 × 400	2	20	5,32	4,2	6	201,0	1,50	715	1072
								1,75	525	788
								1,50	402	603
								1,50	257	386

Przykład. Dany moment zginający $M = 625 \text{ kg/m}$. Obliczyć wymiary płyty żelbetowej uzbrojonej a) stalą Isteg, b) siatką jednolitą, c) żelazem okrągłym. Naprężenia dopuszczalne dla a) i b) 1800/46, dla c) 1200/40:

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{625} = 25 \qquad \sqrt{M \cdot b} = \sqrt{6250000} = 2500.$$

a) W tablicy 3 dla $k_b = 46$ znajdujemy

$$h_1 = 0,416 \cdot 25 = 10,4 \text{ cm},$$

$$F_z = 0,00147 \cdot 2500 = 3,67 \text{ cm}^2;$$

podług tablicy 1 przyjmujemy stal Isteg 7 ϕ 6 (3,96 cm^2) o wadze $7 \cdot 0,444 = 3,108 \text{ kg}$, grubość płyty $h = 10,4 + 1 + 0,6 = 12 \text{ cm}$.

b) Podług tablicy 2 przyjmujemy siatkę Nr. 9 o okach 75/200 mm, szerokości pasków 4,5 mm, wadze 2,83 kg i przekroju 3,60 cm^2 , zachowując $h = 12 \text{ cm}$, otrzymamy $h_1 = 12 - 1 - 0,45 = 10,55 \text{ cm}$, $k_1 = \frac{10,55}{25} = 0,422$, z tablicy 1 przez interpolację znajdujemy $k_b = 45 \text{ kg/cm}$, potrzebne $F_z = 0,00144 \cdot 2500 = 3,60 \text{ cm}^2$.

c) W tablicy 6, tomu II, str. 1347, znajdujemy dla $k_z = 1200 \text{ kg/cm}^2$, przy $h = 12 \text{ cm}$, $h_1 = 12 - 1 - \frac{0,8}{2} = 10,6 \text{ cm}$, $k_3 = \frac{10,6}{26} = 0,424$.

$$a_b = 38,47 \text{ kg/cm}^2, \quad F_z = 0,521 \cdot 10,6 = 5,53 \text{ cm}^2,$$

przyjmujemy 11 ϕ 8 (5,53 cm^2) o wadze $11 \cdot 0,395 = 4,345 \text{ kg}$.

Oszczędność na wadze żelaza przy zastosowaniu żelaza wydłużonego wynosi w naszym przykładzie:

$$\text{w b) } \frac{4,345 - 2,83}{4,345} \cdot 100 = 34,9\%,$$

$$\text{w a) } \frac{4,345 - 3,108}{4,345} \cdot 100 = 28,5\%,$$

w przykładzie a) oszczędność jest mniejsza, ponieważ w danym wypadku przyjęto z konieczności przekrój większy niż wypadal z obliczenia dla $k_z = 1800 \text{ kg/cm}^2$.

Siatka jednolita pozwala nietylko na większe naprężenia dopuszczalne, ale również w bardzo znacznym stopniu zmniejsza robociznę, zwłaszcza w płytach, rurach, zbiornikach itp. i dlatego stosowanie jej w tych konstrukcjach jest wskazane.

LITERATURA.

- Bryła: Wkładki specjalne w konstrukcjach żelbetowych. Przegląd Techniczny 1935.
 Bukowski: Siatka jednolita, Warszawa 1932.
 Bukowski: Stal Isteg, Przegląd Budowlany 1934.
 Bukowski: Siatki szerokopaskowe, Przegląd Budowlany 1934.
 Saliger: Die Verwendung von Werkstücken im Eisenbeton-Deckenbau, Architektur und Bautechnik 1928.
 Saliger: Die Istegbewehrung im Eisenbetonbau, Wien 1928.
 A. Kirchner: Die Istegdecke, Österr. Ing.- und Architektenverein. 1931.
 Umlauf: Tabellenwerke der Istegdecke.
 Roll: Betonwerkstücke und Betonwaren im Deckenbau. Beton u. Eisen 1930.