

M. Lalewicz
1929.

INŻ. P. BUTENKO.

WYKRESY I TABLICE

DO OBLICZENIA
PŁYT I BELEK ŻELBETOWYCH.

WYDANIE II — ROZSZERZONE.

NAKŁADEM FIRMY:
SYNDYKAT TECHNICZNO-BUDOWLANY Sp. z ogr. odp.
WARSZAWA 1928.

TREŚĆ:

	Str.		Str.
I. Uwagi wstępne	1	IV. Określenie przekrojów płyt i belek prostokątnych z pojedynczym uzbrojeniem . . .	
II. Opis wykresów	1	A) Moment M nie jest wiadomy . . .	9
III. Sprawdzenie przekrojów belek i płyt . .		B) „ „ jest wiadomy . . .	10
a) belki prostokątnej lub płyty z pojedynczym uzbrojeniem	5	V. Określenie przekroju płyt żebrowych z pojedynczym uzbrojeniem	11
b) płyty żebrowej z pojedynczym uzbrojeniem	5	VI — VII — VIII — Uwagi co do płyt i belek . .	15
c) belki prostokątnej z podwójnym uzbrojeniem	6	XI. Określenie przekroju płyt i belek prostokątnych podwójnie uzbrojonych	21
d) płyty zwykłej z podwójnym uzbrojeniem	6	X. Określenie przekroju płyt żebrowych podwójnie uzbrojonych	23
e) płyty żebrowej z podwójnym uzbrojeniem	6	XI. Określenie stosunku żelaza do betonu w połączeniu ściskanej	24



BIBLIOTEKA
WYDZ.
ARCHITEKTURY

6303

I. UWAGI WSTĘPNE.

Obliczenie żelbetonowej konstrukcji, jak i każdej innej, składa się z dwóch części: określenia przekroju i obliczenia jego. Obliczenie nie przedstawia teoretycznych trudności, lecz pewne niedogodności powstają na skutek skomplikowanych wzorów. Co zaś się tyczy określenia przekroju—egzystują do tego różne tablice i wzory.

Mamy zamiar do określenia przekroju i na-

stępnego obliczenia dać wykresy, które znacznie upraszczają i ułatwiają pracę. Oprócz tego, wykresy nasze, przedstawiając poglądowo wzajemny stosunek elementów żelbetonowej konstrukcji, dają możliwość ich zbadać i wyciągnąć szereg spostrzeżeń.

Przyjmujemy, że żelazo pracuje na rozciąganie i ściskanie, a beton tylko na ściskanie.

Współczynnik $n = E_e : E_b$ przyjęto równym 15.

II. OPIS WYKRESÓW.

Wykres I

służy do określenia przekroju i obliczenia prostokątnych belek i płyt kiedy moment gnący jest wiadomy.

Za podstawę do wykonania wykresu przyjęto powszechnie znane wzory:

$$h_1 = \beta \sqrt{\frac{100 M}{b}} \dots \dots \dots 1)$$

$$f = \alpha \sqrt{\frac{M b}{100}} \dots \dots \dots 2)$$

Wprowadzamy pod znak pierwiastka 100, żeby β i α miały jednakowe znaczenie tak dla belek, jak i dla płyt.

W tych wzorach

$h_1 = h - a$ —teoretyczna wysokość belki lub płyty w cm.

f —przekrój uzbrojenia rozciąganego w cm^2

M —największy moment gnący w kg cm .

b —teoretyczna szerokość w cm.

β (beton) i α (armatura = uzbrojenie) = współczynniki (współczynniki oznaczamy literami greckimi)

Wykres sporządzono w ten sposób, że na osi poziomej oznaczone są naprężenia betonu w kg . (σ_b); na osi pionowej — naprężenia żelaza w kg . (σ_e); krzywe podają znaczenia współczynników β i α .

Wykres ten podany jest w niektórych podręcznikach.

Ze wzorów 1 i 2 otrzymujemy,—

$$f = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{b h_1}{100} \dots \dots \dots 3)$$

Oznaczamy $\frac{\alpha}{\beta}$ przez δ (dolne żelazo); wówczas

$$f = \delta \frac{b h_1}{100} \dots \dots \dots 4)$$

W ten sposób współczynnik $\delta = \frac{\alpha}{\beta}$ oznacza stosunek procentowy rozciąganego żelaza do teoretycznego przekroju betonu $b h_1$. Na wykresie 1 końce prostych linii wykazują wielkości współczynnika δ .

Wykres II

daje możliwość określenia wysokości płyty (użytecznej i projektowanej) przy danym równomiernym obciążeniu.

Wykres II sporządzono na podstawie następującej:

Wzór 1) dla płyty przy $b=100$ przyjmie wyraz

$$h_1 = \beta \sqrt{M} \dots \dots \dots 5)$$

Zamieniamy M jego znaczeniem dla danego wypadku,

$$M = \frac{(p_0 + 24 h) l^2}{100 m} \dots \dots \dots 6)$$

gdzie p_0 —równomierne obciążenie na m^2 , l —teoretyczna rozpiętość, m —współczynnik zamocowania (przy swobodnym oparciu płyty $m=8$, przy nawpół zamocowanych końcach $m=11$ i t. d.)

Przyjmujemy, że

$$h - h_1 = a = 1 + 0,06 h \dots \dots \dots 7)$$

Wtedy ze wzorów 5, 6 i 7 otrzymamy,—

$$\frac{\beta l}{10 \sqrt{m}} = \frac{0,94 h - 1}{\sqrt{p_0 + 24 h}} \dots \dots \dots 8)$$

Na wykresie II wielkości p_0 oznaczone są na osi poziomej, na osi pionowej z lewej strony — h , z prawej — h_1 ; krzywe podają bezpośrednio wielkość współczynnika ϵ na podstawie wzoru:

$$\epsilon = \frac{0,94 h - 1}{\sqrt{p_0 + 24 h}} \dots \dots \dots 9)$$

Tablica 1.

Jak wskazywaliśmy wyżej, niedogodności przy obliczeniu powstają na skutek skomplikowanych wzorów.

Oprócz tego, wzory zawierają wielkości, do określenia których za pomocą tablic i wykresów byłaby potrzebna znaczna ilość tych ostatnich.

624.012.4 (083.5)

W celu uniknięcia tej niedogodności, w toku rozwoju zastosowanej wyżej metody, gdzie obok z wielkościami (σ_e , σ_b , h i t. d.) znajdują się współczynniki (α , β , ϵ i t. d.), my całkowicie zamieniliśmy w odpowiednich wzorach wielkości — ich stosunkiem a mianowicie,—

$$f = \delta \frac{bh_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

$$\sigma_e = \alpha \sigma_b \dots \dots \dots 11)$$

$$x = \gamma h_1 \dots \dots \dots 12)$$

$$d = \varphi h_1 \dots \dots \dots 13)$$

gdzie: σ_e = naprężenie żelaza na rozciąganie
 σ_b = „ „ betonu na ściskanie
 x = odległość od górnej krawędzi do osi obojętnej.
 d = grubość górnej płyty teowej belki.

Zamiana ta dała możliwość nadać wszystkim wzorom taki wygląd:

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_e = \alpha \sigma_b \dots \dots \dots 11)$$

$$\alpha = \left(\frac{1}{\gamma} - 1 \right) n \dots \dots \dots 15)$$

gdzie współczynniki μ i γ zależą od elementów konstrukcji.

Zanotujemy przy sposobności, że dla prostokątnego jednolitego krawężnika mamy wzór:

$$\sigma = \frac{6 M}{b h^2}$$

który różni się od wzoru 14 tem, że ostatni ma współczynnik μ zamiast 6.

Zgodnie z powyższem, przekształciliśmy odpowiednie wzory dla prostokątnych belek z pojedynczym uzbrojeniem i wyliczyliśmy wartości współczynników γ , μ , α i $\mu\alpha$ przy różnych δ od $\delta = 0,20$ do $\delta = 2,00$

Otrzymane wyniki przedstawione są w tablicy 1, która w ten sposób zawiera stosunek pomiędzy:

$$\delta, \gamma, \mu, \alpha \text{ i } \mu\alpha$$

Tablica daje możliwość rozwiązania zadań dla płyt i prostokątnych belek z pojedynczym uzbrojeniem, jak również i płyt żebrowych z pojedynczym uzbrojeniem, kiedy oś obojętna *nie przecina* żebra.

Wykres III

służy do sprawdzenia przekroju żebrowych płyt z pojedynczym uzbrojeniem.

Wyliczyliśmy wartości współczynników γ , μ i α przy różnych δ i φ dla tego wypadku, kiedy oś obojętna *przecina* żebro.

Wykres III sporządzono w ten sposób, że na osi poziomej oznaczony jest współczynnik μ , na osi pionowej współczynnik α , a linje krzywe podają wartości δ i φ .

Na osi pionowej po prawej stronie znajdują się wielkości γ , które podług wzoru 15) zależą tylko od α .

Kiedy oś obojętna *nie przecina* żebra, współczynnik φ nie ma znaczenia i na podstawie tablicy 1 nakreślona graniczna krzywa linja $\varphi = \gamma$.

W ten sposób wykres III zawiera stosunek pomiędzy

$$\delta, \gamma, \mu, \alpha \text{ i } \varphi$$

dla żebrowych płyt z pojedynczym uzbrojeniem

Wykres IV

daje możliwość określenia przekroju żebrowych płyt z pojedynczym uzbrojeniem.

Ponieważ h_1 niewiadome, trzeba było ten czynnik wyłączyć z powyższych wzorów 10-14. Zamieniwszy we wzorze 14) h_1 przez jego znaczenie we wzorze 13) otrzymamy,—

$$\mu \varphi^2 = \frac{\sigma_b \cdot b d^2}{M} \dots \dots \dots 16)$$

Wykres IV zawiera stosunek pomiędzy

$$\delta, \gamma, \mu \varphi^2, \alpha, \varphi$$

dla tego wypadku, kiedy oś obojętna *przecina* żebro.

Po prawej stronie znajdują się na osi pionowej także γ .

Na wykresie jest podana i graniczna linja dla $\varphi = \gamma$, a w dolnym odstępnie — wielkości μ dla tej linii. W ten sposób linja $\varphi = \gamma$ i na wykresie IV daje nam stosunek pomiędzy współczynnikami

$$\delta, \gamma, \mu, \alpha,$$

kiedy oś obojętna *nie przecina* żebra.

Wykresy V i VI.

Przy uzbrojeniu podwójnym musimy wprowadzić jeszcze dwa oznaczenia — mianowicie:

$$f_1 = \eta \frac{b h_1}{100} \dots \dots \dots 17)$$

$$a_1 = \nu h_1 \dots \dots \dots 18)$$

gdzie f_1 = pole przekroju żelaza ściskanego
 a_1 = odległość środka ciężkości żelaza ściskanego od wierzchu płyty.

Jak wiadomo, mamy przy podwójnym uzbrojeniu, dwa zasadnicze wypadki:

- 1) Belka prostokątna (lub płyta)
- 2) Płyta żebrowa, (belka teowa), w której oś obojętna znajduje się poniżej płyty górnej.

Przekształcając odpowiednie wzory, wyliczyliśmy dla pierwszego wypadku wartości współczynników γ , μ i α przy różnych ν , δ i η , przyczem dla ν brano były trzy wartości: $\nu = 0,0$; $\nu = 0,1$; $\nu = 0,2$;

Dla drugiego zaś wypadku, wyliczone zostały wartości tych samych współczynników γ , μ i α przy $\varphi = 0,15$, dla różnych δ i η oraz $\nu = 0,0$; $\nu = 0,1$;

Otrzymane wyniki przedstawione są na wykresach V i VI.

Wykres V dla belek prostokątnych i płyt składa się z trzech wykresów: V^a , V^b i V^c (dla różnych ν), daje zależność między

$$\delta, \eta, \gamma, \mu, \alpha,$$

przyczem analogicznie jak w wykresie III, μ znajduje się na osi poziomej, α na pionowej z lewej, a γ na pionowej z prawej strony. Krzywe dają wartość δ i η .

Z prawej strony wykres kończy się krzywą dla uzbrojenia pojedynczego ($\eta = 0$), krzywa ta nakreślona

Tablica II dla żelaza okrągłego (waga 7.85).

Średnica w m/m.	Waga 1 m. b.	Okrąg w cm.	Przekrój w cm. ² przy liczbie prętów															Śred. w mm.
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2	0,024	0,63	0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47	2
3	0,055	0,94	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,99	1,06	3
4	0,098	1,26	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,00	1,13	1,26	1,39	1,51	1,64	1,77	1,89	4
5	0,154	1,57	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,76	1,96	2,16	2,36	2,56	2,75	2,95	5
6	0,222	1,89	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55	2,83	3,11	3,39	3,67	3,96	4,24	6
7	0,302	2,20	0,38	0,77	1,16	1,54	1,93	2,31	2,70	3,08	3,47	3,85	4,23	4,62	5,00	5,39	5,77	7
8	0,395	2,51	0,50	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	5,53	6,03	6,54	7,04	7,54	8
9	0,499	2,83	0,64	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72	6,36	7,00	7,64	8,27	8,91	9,54	9
10	0,617	3,14	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,06	7,85	8,64	9,42	10,21	10,99	11,78	10
11	0,746	3,46	0,95	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55	9,50	10,45	11,40	12,35	13,30	14,25	11
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,71	9,04	10,17	11,31	12,44	13,57	14,70	15,83	16,96	12
13	1,042	4,08	1,33	2,66	3,99	5,31	6,64	7,96	9,29	10,62	11,95	13,27	14,60	15,93	17,26	18,59	19,92	13
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86	15,40	16,94	18,48	20,02	21,56	23,10	14
15	1,387	4,71	1,77	3,53	5,30	7,07	8,84	10,60	12,37	14,14	15,90	17,67	19,44	21,21	22,97	24,74	26,51	15
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09	20,10	22,11	24,12	26,14	28,15	30,16	16
17	1,782	5,34	2,27	4,54	6,81	9,08	11,35	13,62	15,89	18,16	20,43	22,70	24,97	27,24	29,51	31,78	34,05	17
18	1,998	5,65	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	27,99	30,54	33,08	35,63	38,17	18
19	2,226	5,97	2,84	5,67	8,51	11,34	14,18	17,01	19,85	22,68	25,52	28,35	31,18	34,02	36,85	39,69	42,52	19
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,56	15,70	18,84	21,98	25,12	28,26	31,41	34,55	37,69	40,83	43,97	47,11	20
21	2,719	6,60	3,46	6,93	10,39	13,85	17,32	20,78	24,24	27,71	31,17	34,64	38,10	41,57	44,03	47,50	51,96	21
22	2,984	6,91	3,80	7,60	11,40	15,20	19,00	22,80	26,60	30,40	34,20	38,01	41,81	45,61	49,41	53,21	57,01	22
23	3,261	7,23	4,15	8,31	12,46	16,62	20,77	24,93	29,08	33,24	37,39	41,55	45,70	49,86	54,01	58,17	62,33	23
24	3,551	7,54	4,52	9,05	13,57	18,09	22,62	27,14	31,66	36,18	40,71	45,24	49,76	54,28	58,81	63,33	67,86	24
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,64	24,55	29,46	34,37	39,28	44,19	49,09	54,00	58,91	63,82	68,73	73,64	25
26	4,168	8,17	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,17	42,48	47,79	53,09	58,40	63,71	69,02	74,33	79,64	26
27	4,495	8,48	5,73	11,46	17,18	22,91	28,64	34,36	40,09	45,82	51,54	57,26	62,98	68,71	74,43	80,16	85,89	27
28	4,834	8,80	6,16	12,32	18,48	24,64	30,79	36,95	43,11	49,27	55,43	61,58	67,74	73,90	80,06	86,21	92,37	28
29	5,185	9,11	6,61	13,21	19,82	26,42	33,03	39,63	46,24	52,84	59,45	66,05	72,65	79,26	85,86	92,47	99,07	29
30	5,549	9,42	7,07	14,14	21,21	28,28	35,35	42,42	49,49	56,56	63,63	70,69	77,76	84,83	91,90	98,97	106,04	30
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,18	40,23	48,27	56,31	64,35	72,39	80,43	88,47	96,51	104,56	112,60	120,65	32
34	7,124	10,68	9,03	18,16	27,24	36,32	45,40	54,48	63,56	72,64	81,72	90,79	99,87	108,95	118,03	127,11	136,19	34
36	7,990	11,31	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,08	71,26	81,44	91,62	101,79	111,95	122,13	132,31	142,49	152,68	36
38	8,903	11,94	11,34	22,68	34,02	45,36	56,70	68,04	79,38	90,72	102,06	113,41	124,75	136,09	147,43	158,77	170,11	38
40	9,865	12,57	12,57	25,14	37,70	50,27	62,83	75,40	87,97	100,54	113,10	125,66	138,22	150,79	163,35	175,92	188,49	40

podług tablicy 1 i jest analogiczna do krzywej $\varphi=\gamma$ na wykresie III.

Wykres VI składa się z dwóch wykresów: VI^a i VI^b, wykresy te dają również zależność między δ , γ , γ , μ i κ , dla płyt żebrowych (belek teowych) przy $\varphi=0,15$,

jeżeli oś obojętna znajduje się poniżej wierzchniej płyty (przecina żebro). Każdy wykres (VI^a i VI^b,) kończy się z prawej strony krzywą dla uzbrojenia pojedynczego (przy $\gamma=0$), przy odpowiednim $\varphi=0,15$.

Krzywe te są analogiczne z odpowiednią krzywą z wykresu III (przy $\varphi=0,15$).

III. SPRAWDZENIE PRZEKROJÓW BELEK I PŁYT.

Zadanie 1.

Sprawdzenie prostokątnej belki lub płyty z pojedynczym uzbrojeniem za pomocą wykresu 1.

Dane M, b, h_1, f . Trzeba określić σ_e i σ_b .

Zadanie te można rozwiązać za pomocą wykresu I lub tablicy 1. W pierwszym wypadku tok rozwiązania będzie następujący:

Ze wzorów 1) i 2) mamy wzory dla współczynników β i α

$$\text{dla belek } \beta = \frac{h_1}{\sqrt{\frac{100 M}{b}}} \dots \dots \dots 19)$$

$$\alpha = \frac{f}{\sqrt{\frac{M b}{100}}} \dots \dots \dots 20)$$

dla płyt, przy $b=100$, mamy

$$\beta = \frac{h_1}{\sqrt{M}} \dots \dots \dots 21)$$

$$\alpha = \frac{f}{\sqrt{M}} \dots \dots \dots 22)$$

Mając α i β , z wykresu I bierzemy bezpośrednio wielkości σ_e i σ_b .

Zadanie 2.

Te same, co i zadanie 1, lecz rozwiązanie jego za pomocą tablicy 1.

Ze wzoru 10) mamy wzór dla δ

$$\text{dla belek } \delta = \frac{100 f}{b h_1} \dots \dots \dots 23)$$

$$\text{dla płyt } \delta = \frac{f}{h_1} \dots \dots \dots 24)$$

Mając δ , bierzemy z tablicy 1 podług δ wielkości μ i κ i określamy

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_e = \kappa \sigma_b \dots \dots \dots 11)$$

Zadanie 3.

Sprawdzenie płyty żebrowej z pojedynczym uzbrojeniem za pomocą wykresu III.

Dane M, h_1, f, d . Trzeba określić σ_e i σ_b .

Na podstawie egzystujących w kraju przepisów zadajemy sobie wielkość b i obliczamy

$$\delta = \frac{100 f}{b h_1} \dots \dots \dots 23)$$

$$\varphi = \frac{d}{h_1} \dots \dots \dots 13)$$

W wykresie III szukamy wielkości μ i κ odpowiadające obliczonym δ i φ .

Jeżeli wielkości te w wykresie są, określamy

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_e = \kappa \sigma_b \dots \dots \dots 11)$$

Jeżeli zaś wielkości tych (μ i κ) w wykresie nie ma, ponieważ punkt przecięcia δ i φ wychodzi wlewo poza linię graniczną $\varphi=\gamma$, to znaczy, że oś obojętna *nie wychodzi* poza granicę płyty górnej.

W tym wypadku współczynnik $\varphi = \frac{d}{h_1}$ nie ma

żadnego znaczenia i zadanie trzeba rozwiązać, jak zadanie 2, t. j. bierzemy *na granicznej linii* obliczone δ i odpowiadające mu wielkości μ i κ . Dalej określamy σ_b i σ_e jak wyżej, podług wzorów 14) i 11).

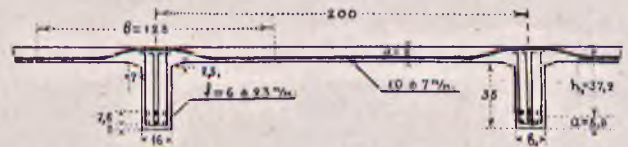
Wiedząc σ_e , określamy odległość pomiędzy środkami ściskania i rozciągania

$$z = \frac{M}{f \sigma_e} \dots \dots \dots 25)$$

i obliczamy naprężenia na ścinanie i na przyczepność.

Przykład liczbowy 1.

Dana jest płyta żebrowa:



Obciążenie = $700 \frac{kg}{m^2}$. Trzeba określić naprężenia

Płyta. Podług tablicy II mamy $f_e = 3,85 \text{ cm}^2$

$$h_1 = h - 1,0 - \frac{0,7}{2} = 8 - 1,0 - 0,35 = 6,65 \text{ cm.}$$

Moment

$$M = \frac{(700 + 24 \times 8) 200^2}{100 \times 14} = 25500 \text{ kg. cm.}$$

Określamy (p. zadanie 2)

$$\delta = \frac{f}{h_1} = \frac{3,85}{6,65} = 0,58$$

Z tablicy 1 mamy przy $\delta = 0,58$ wielkości

$$\mu = 6,65 \text{ i } \kappa = 29,24.$$

Mając μ i κ określamy

$$\sigma_b = \frac{\mu \cdot M}{b h_1^2} = \frac{6,65 \times 25500}{100 \times 6,65^2} = 38,2 \frac{\text{kg.}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_e = \kappa \sigma_b = 29,2 \times 38,2 = 1115 \frac{\text{kg.}}{\text{cm}^2}$$

Belka. Podług tablicy II określamy $f_e = 24,93 \text{ cm}^2$

Bierzemy dla b

$$b = 2 \times 8 \times d = 2 \times 8 \times 8 = 128 \text{ cm.}$$

Wyliczamy jak wskazano w zadaniu 3)

$$a = 2 + \frac{7,6}{2} = 5,8 \text{ cm.}$$

$$h_1 = 43 - 5,8 = 37,2 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{\{700 \times 2 + 2400 [2 \times 0,08 + 0,16 \times 0,35]\} 630^2}{100 \times 8} = 950.880 \text{ kg. cm.}$$

$$\delta = \frac{100 f}{b h_1} = \frac{100 \times 24,93}{128 \times 37,2} = 0,523$$

$$\varphi = \frac{d}{h_1} = \frac{8}{37,2} = 0,215$$

Z wykresu III mamy dla $\delta = 0,523$ i $\varphi = 0,215$

$$\mu = 7,40 ; \kappa = 28,6.$$

Obliczamy

$$\sigma_b = \frac{\mu \cdot M}{b h_1^2} = \frac{7,40 \times 950880}{128 \times 37,2^2} = 39,7 \text{ kg./cm}^2$$

$$\sigma_e = 28,6 \times 39,7 = 1136 \text{ kg./cm}^2$$

Zadanie 4.

Sprawdzenie belek prostokątnych podwójnie uzbrojonych za pomocą wykresu V.

Dane: M, b, h, a i a_1 w cm. , f i f_1 w cm^2 .

Należy określić σ_e i σ_b .

Wyliczamy: $h_1 = h - a$

$$\nu = a_1/h_1 \quad \dots \dots \dots 18)$$

$$\delta = \frac{100 f}{b h_1} \quad \dots \dots \dots 23)$$

$$\eta = \frac{100 f_1}{b h_1} \quad \dots \dots \dots 17)$$

Mając ν, δ i η bierzemy z wykresu V bezpośrednio lub za pomocą interpolacji wartości μ i κ i wyliczamy:

$$\sigma_e = \frac{\mu M}{b h_1^2} \quad \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_e = \kappa \sigma_b \quad \dots \dots \dots 11)$$

Widzimy stąd, że przy pomocy wykresów zadanie sprowadziło się do rozwiązania zupełnie prostych równań.

Zadanie 5.

Sprawdzenie płyt zwykłych podwójnie uzbrojonych za pomocą wykresu V.

Przy $b = 100$ w wyżej wspomnianych wzorach 23 i 17 zajdą następujące zmiany:

$$\delta = \frac{f}{h_1} \text{ i } \eta = \frac{f_1}{h_1}$$

f i f_1 bierzemy teraz oczywiście dla szerokości płyty $= 100 \text{ cm.}$

Zadanie 6.

Sprawdzenie płyt żebrowych podwójnie uzbrojonych za pomocą wykresów V i VI.

Dane: M, b, d, h, a, a_1, f i f_1 .

Określić σ_e i σ_b .

Przy pomocy wykresów V i VI zadanie rozwiązuje się w sposób następujący:

Określamy: $h_1 = h - a$

$$\nu = \frac{a_1}{h_1}$$

$$\delta = \frac{100 f}{b h_1}$$

$$\eta = \frac{100 f_1}{b h_1}$$

$$\varphi = \frac{d}{h_1}$$

Mając ν, δ i η , bierzemy z wykresu V wartości γ, μ i κ (bezpośrednio lub interpolując). Jeżeli $\gamma < \varphi$ to znaczy, że oś obojętna znajduje się w granicach wierzchniej płyty i zadanie rozwiązuje się, jak zadanie 4) t. j. bierzemy znalezione μ i κ i wyliczamy:

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \quad \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_e = \kappa \sigma_b \quad \dots \dots \dots 11)$$

Jeśli zaś $\gamma > \varphi$, to znaczy, że oś obojętna znajduje się poniżej wierzchniej płyty. To dla znalezienia μ i κ należy korzystać, prócz wykresu V, również z wykresu VI.

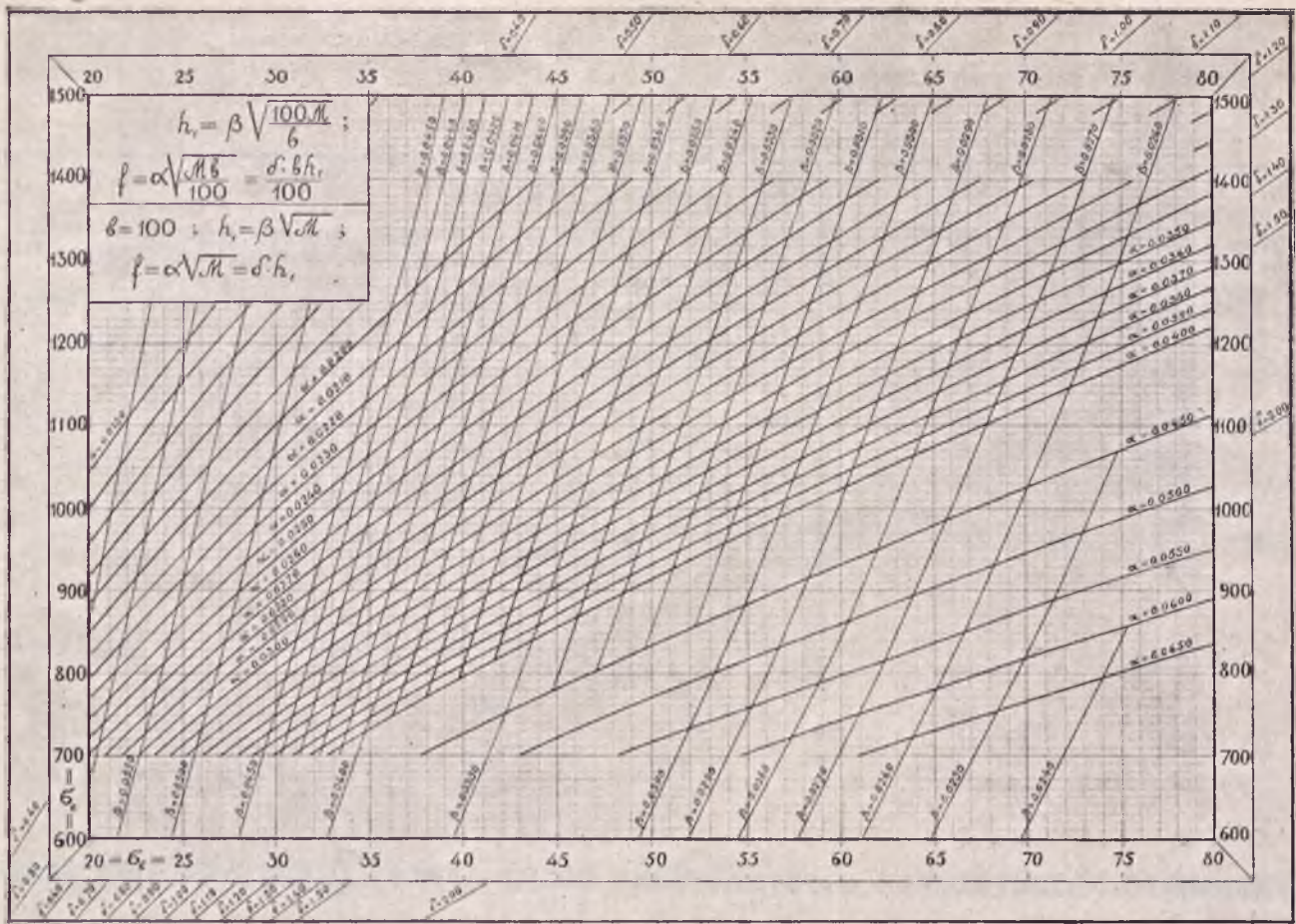
Mając ν, δ i η bierzemy z wykresów V i VI wartości μ i κ .

Faktyczne wartości μ i κ przy założonym φ należy określić drogą interpolacji, przyczem należy brać pod uwagę co następuje:

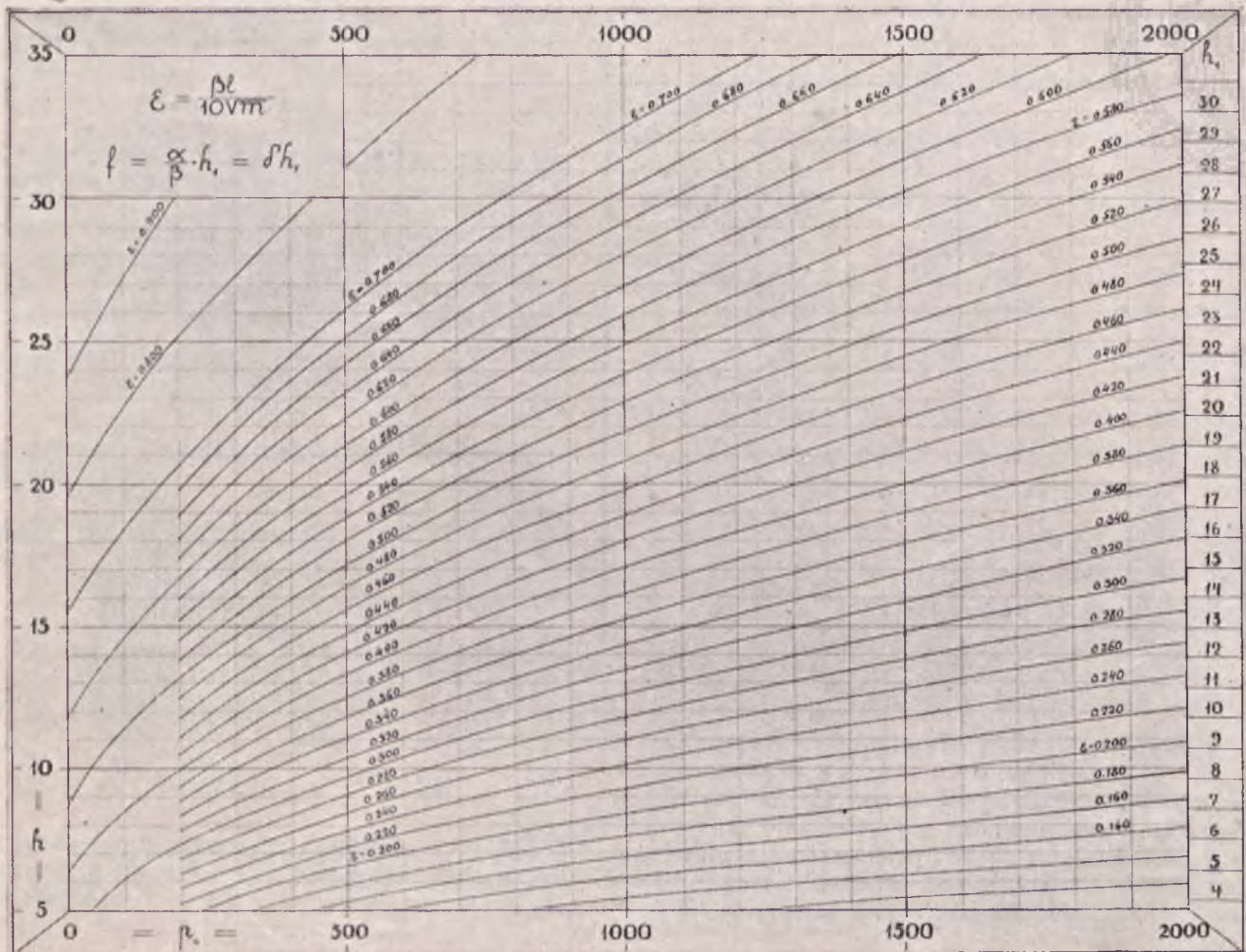
1. Wartości μ i κ znalezione z wykresu V odpowiadają $\varphi = \gamma$.

2. Interpolację między wartościami μ i κ z wykresu V i temiż z wykresu VI, należy przeprowadzić nie w prostej proporcji, lecz opierając się na wykresie III. Mianowicie bierzemy pod uwagę miejsce jakie zajmuje krzywa φ między krzywami $\varphi = \gamma$ i $\varphi = 0,15$.

Poniżej przytaczamy tabliczkę III wskazującą jaką część różnicy (w $\% \%$) należy przy interpolacji dodać dla μ , albo odjąć dla κ od wartości takowych określonych z wykresu V w zależności od wielkości κ i φ .



Wykres I do prostokątnych belek i płyt z pojedynczym uzbrojeniem, kiedy moment gnący jest wiadomy.



Wykres II do określenia przekroju płyt przy równomiernym obciążeniu.

Tablica III

x	φ = γ	Zmiany w ‰ różnicy dla μ i x przy φ =												
		φ = 0.30		φ = 0.25		φ = 0.23		φ = 0.21		φ = 0.19		φ = 0.17		φ = 0.15
		μ	x	μ	x	μ	x	μ	x	μ	x	μ	x	
25	0.37	+ 6	- 8	+21	-25	+29	-35	+40	-50	+56	-67	+76	-86	100
30	0.33	+ 2	- 3	+14	-17	+23	-27	+35	-42	+51	-58	+74	-82	100
35	0.30	0	0	+ 9	-10	+17	-20	+29	-35	+45	-50	+68	-75	100
40	0.27	-	-	+ 5	- 6	+12	-15	+23	-28	+39	-43	+65	-70	100

Określiwszy μ i x, obliczamy jak poprzednio

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h^2} \dots \dots \dots 14)$$

$$\sigma_s = x \sigma_b \dots \dots \dots 11)$$

IV. OKREŚLENIE PRZEKROJÓW PŁYT I BELEK PROSTOKĄTNYCH Z POJEDYŃCZYM UZBROJENIEM.

Celem ułatwienia roboty niżej podajemy cały szereg zadań, dotyczących określenia przekroju płyt i prostokątnych belek.

$l = 100$ cm. przy rozmaitych m . Dla otrzymania ϵ pomnożyć ϵ_0 przez l w metrach.

Tablica IV.

σ_s	σ_b	δ	ϵ_0 dla $l = 100$ przy $m =$					
			2	8	10	11	14	15
750	30	0.75	0.319	0.159	0.143	0.136	0.121	0.117
900	35	0.72	298	149	133	127	113	109
1000	35	0.60	307	154	138	131	116	112
	40	0.75	277	138	124	118	104	101
	45	0.91	252	126	113	108	095	92
1200	35	0.44	324	162	145	138	122	118
	40	0.56	290	145	130	123	109	105
	45	0.68	266	133	119	113	101	097
	50	0.80	244	122	109	104	092	089
	55	0.93	228	114	102	097	086	083
60	1.07	0.213	0.106	0.095	0.091	0.080	0.078	

A) Moment M nie jest wiadomy.

Zadanie 7.

Określenie przekroju płyty przy równomiernym obciążeniu.

Dane: Obciążenie p_0 kg/m²; rozpiętość w świetle l_0 cm.; dopuszczalne naprężenia dla betonu σ_b i dla żelaza σ_s i sposób zamocowania (współczynnik m). Trzeba określić wysokość płyty i uzbrojenie.

Określamy rozpiętość teoretyczną:

$$l = 1.05 l_0$$

Dalej z wykresu I podług danych σ_b i σ_s bierzemy współczynniki β i α .

Obliczamy współczynnik ϵ

$$\epsilon = \frac{\beta l}{10 \sqrt{m}} \dots \dots \dots 8)$$

Podług ϵ i p_0 bierzemy z wykresu II wielkości h i h_1

Pozatem określamy —

$$f = \frac{\alpha}{\beta} h_1 = \delta h_1 \dots \dots \dots 26)$$

W celu ułatwienia pracy, dajemy tabliczkę IV w której umieszczone są dla niektórych najbardziej używanych σ_s i σ_b wielkości $\delta = \alpha/\beta$ oraz współczynnik ϵ_0 dla

Zadanie 8.

Określenie przekroju płyty wspartej na całym swoim obwodzie.

Wiadomo, że w danym wypadku do obliczenia można brać nie cały moment, lecz z pewnym współczynnikiem, zależnym od stosunku boków prostokąta. Jeżeli dane są boki l_1 i l_2 i $l_1 < l_2$, to moment dla mniejszej rozpiętości będzie:

$$\frac{l}{1 + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^4} M_1 = \lambda_1 M_1$$

Wielkości współczynnika λ_1 przy różnych l_1/l_2 podane są niżej w tablicy V.

Tablica V

wielkości współczynników λ_1 i λ_2 przy obliczeniu płyt, wspartych na całym swoim obwodzie

$\frac{l_1}{l_2} =$	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
λ_1	0.939	0.885	0.806	0.709	0.604	0.500
λ_2	0.061	0.115	0.194	0.291	0.396	0.500

Przy równomiernem obciążeniu, żeby otrzymać wskazane znaczenie M — trzeba zamiast p_0 brać $\lambda_1 p_0$ i wtenczas obliczać płytę jak wskazano wyżej w zadaniu 7. Mając h , obliczamy uzbrojenie dla drugiego kierunku l , zgodnie z zadaniem 12).

Zadanie 9.

Określenie przekroju prostokątnej belki przy równomiernem obciążeniu.

Dane: obciążenie p kg. na mtr. bież., rozpiętość w świetle l_0 cm. i dopuszczalne naprężenia σ_b i σ_e . Trzeba określić wysokość i szerokość prostokątnej belki i uzbrojenie.

Bierzemy w przybliżeniu

$$b = 0.03 - 0.04 l$$

pozatem określamy niejaki fiktywne obciążenie na $1 \text{ m.}^2 = p_0$.

$$p_0 = \frac{100 p}{b}$$

Dla tego p_0 określamy h_1 , jak mówiono wyżej przy obliczeniu płyt. (zadanie 7). Jeżeli się okaże, że b nie przekracza $\frac{2}{3} h$, to znaczy, że przekrój belki został dobrany pomyślnie i określamy

$$f = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{b h_1}{100} = \delta \frac{b h_1}{100} \quad \dots \quad 3) \ 4)$$

Zwracamy uwagę że h_1 będzie tem mniejsze czem większe b .

B) Moment M jest wiadomy. Do rozwiązania zadań stosujemy wykres I lub tablicę I.

Zadanie 10.

Określenie przekroju belki lub płyty przy danym momencie gnącym i dopuszczalnych naprężeniach za pomocą wykresu I.

Dane: M, b, σ_e, σ_b . Trzeba określić h_1 i f .

Dla danych σ_e i σ_b z wykresu I bierzemy β i α i obliczamy

$$\text{dla belek: } h_1 = \beta \sqrt{\frac{100 M}{b}} \quad \dots \quad 1)$$

$$f = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{b h_1}{100} \quad \dots \quad 3)$$

$$\text{dla płyt: } h_1 = \beta \sqrt{M} \quad \dots \quad 5)$$

$$f = \alpha \sqrt{M} \quad \dots \quad 27)$$

Zadanie 11 (jednakowe z zad. 10).

Określenie przekroju belki lub płyty przy danym momencie gnącym i dopuszczalnych naprężeniach za pomocą tablicy 1.

Dla danych σ_e i σ_b określamy

$$\mu = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$$

Podług μ , bierzemy z tablicy 1 wielkości μ i δ i obliczamy wysokość h , podług wzoru 28), który otrzymujemy ze wzoru 14).

$$h_1 = \sqrt{\frac{\mu M}{b \sigma_b}} \quad \dots \quad 28)$$

Ilość żelaza określamy podług wzoru

$$\text{dla belek } f = \frac{\delta \cdot b h_1}{100} \quad \dots \quad 10)$$

$$\text{dla płyt } f = \delta h_1 \quad \dots \quad 26)$$

Zadanie 12.

Określenie uzbrojenia belki lub płyty przy danych: momencie gnącym, wysokości i dopuszczalnych naprężeniach za pomocą wykresu I.

Dane: $M, b, h_1, \sigma_e, \sigma_b$. Trzeba określić f .

Mając wielkości M, b i h_1 , wyliczamy β podług wzoru

$$\text{dla belek: } \beta = \frac{h_1}{\sqrt{\frac{100 M}{b}}} \quad \dots \quad 19)$$

$$\text{dla płyt: } \beta = \frac{h_1}{\sqrt{M}} \quad \dots \quad 21)$$

Mając β , w wykresie I znajdziemy dwie wielkości α ; jedną dla β i σ_b , drugą dla β i σ_e ; z tych dwóch wielkości bierzemy większą i pozatem obliczamy

$$\text{dla belek: } f = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{b h_1}{100} \quad \dots \quad 3)$$

$$\text{dla płyt: } f = \alpha \sqrt{M} \quad \dots \quad 27)$$

Zwracamy uwagę, że przy $\frac{\alpha}{\beta} > 0,90$ — możliwe zastosowanie uzbrojenia podwójnego w szczególności dla belek i płyt wyższych. Rozwiązanie zadania w ogólnej formie podane jest niżej w zad. 20).

Zadanie 13.

Określenie wysokości belki lub płyty przy danych: momencie gnącym, uzbrojeniu i dopuszczalnych naprężeniach.

Dane: M, b, f, σ_e i σ_b . Trzeba określić h_1 .
Dla danych M, b i f obliczamy α podług wzoru:

$$\text{dla belek: } \alpha = \frac{f}{\sqrt{\frac{Mb}{100}}} \dots \dots \dots 20)$$

$$\text{dla płyt: } \alpha = \frac{f}{\sqrt{M}} \dots \dots \dots 22)$$

Mając α , w wykresie I znajdujemy dwie wielkości β , jedną dla α i σ_e , drugą dla α i σ_b , bierzemy większą i potem obliczamy h_1 :

$$\text{dla belek } h_1 = \beta \sqrt{\frac{100 M}{b}} \dots \dots \dots 1)$$

$$\text{dla płyt: } h_1 = \beta \sqrt{M} \dots \dots \dots 5)$$

V. OKREŚLENIE PRZEKROJU PŁYT ŻEBROWYCH Z POJEDYŃCZYM UZBROJENIEM.

Jeżeli po obliczeniu wymiarów płyty otrzymamy h więcej 20—25 cm. okaże się celowym zamiast płyty prostokątnej zastosować płytę żebrową.

Zadajemy się odległością pomiędzy osiami belek (nie więcej $\frac{1}{3}$ rozpiętości w świetle) i obliczamy płytę pomiędzy belkami sposobem podanym wyżej. Potem, na podstawie obowiązujących w kraju przepisów, przyjmujemy wielkość b .

Określamy również moment gnący, przyjmując pod uwagę i wagę własną płyty żebrowej, która to waga przyjmuje się równą wadze płyty prostokątnej o grubości 1,3—1,4 d .

Wtenczas zadanie przedstawi się jak następuje:

Zadanie 15.

Dane: M, b, d, σ_e i σ_b . Trzeba określić h i f .
Na podstawie podanego niżej (p. VII.) bierzemy dla σ_e znaczenie największe dopuszczalne, a dla σ_b — możliwie mniejsze, — tak, ażeby α wahało się około 30—40 i obliczamy

$$\alpha = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \dots \dots \dots 11)$$

$$\mu \alpha^2 = \frac{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}{M} \dots \dots \dots 16)$$

Mając α i $\mu \alpha^2$, w wykresie IV szukamy odpowiednie wielkości δ i φ .

Jeżeli w wykresie IV są wielkości δ i φ , odpowiadające określonym α i $\mu \alpha^2$, to za pomocą ich obliczamy

$$h_1 = \frac{d}{\varphi} \dots \dots \dots 35)$$

$$f = \frac{\delta b h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

Zadanie 14.

Określenie największego dopuszczalnego momentu gnącego dla belki lub płyty.

Dane: h_1, f, b, σ_e i σ_b . Określić M .
Mając σ_e i σ_b w wykresie I znajdujemy wielkości α i β i obliczamy:

$$\text{dla belek: } M_1 = \frac{b h_1^2}{100 \beta^2} \dots \dots \dots 30)$$

$$\text{i } M_2 = \frac{100 f^2}{b \alpha^2} \dots \dots \dots 31)$$

$$\text{dla płyt: } M_1 = \left(\frac{h_1}{\beta} \right)^2 \dots \dots \dots 32)$$

$$\text{i } M_2 = \left(\frac{f}{\alpha} \right)^2 \dots \dots \dots 33)$$

Ma się rozumieć, że z dwóch wielkości M trzeba wziąć mniejszą.

Ponieważ naprężenie na ścinanie nie może być większe niż 14 kl/cm² (mimo że 6, min. mamy przy obliczeniu σ_b min. = $\frac{V}{14z} = \frac{V}{14(h_1 - \frac{d}{2})}$

Jeżeli zaś w wykresie IV nie ma odpowiednich wielkości φ i δ , ponieważ punkt przecięcia α i $\mu \alpha^2$ wychodzi poza graniczną linię $\varphi \leq \gamma$ wprawo, to znaczy, że oś obojętna nie wychodzi poza granice płyty górnej.

Wówczas obliczamy płytę żebrową jak prostokątną, t. j.: bierzemy maksymalne dopuszczalne σ_e i rozwiązujemy zadanie, jak zadanie 10 lub 11.

UWAGA. Rozwiązanie zadania dla płyt żebrowych, kiedy wiadomo jest i h_1 , podano niżej w zad. 22.

Mając wielkość f możemy dobrać odpowiednie uzbrojenie i b_1 . Przytem, jak wiadomo, trzeba przyjąć pod uwagę naprężenia na ścinanie (dla b_1) i na przyczepność.

Przyjmując naprężenie na przyczepność równym 4,5 kg/cm². mamy znany wzór:

$$U = \frac{V}{4h} \dots \dots \dots 36)$$

Poniżej chcemy dać drugą wskazówkę dla określenia potrzebnej średnicy prętów.

Mamy wzór,

$$\tau_o = \frac{V}{U \cdot z} \dots \dots \dots 37)$$

gdzie z = odległość pomiędzy środkami ściskania i rozciągania.

Można dowieść, że we wszystkich wypadkach ma rację bytu równanie,

$$M = \sigma_e \cdot f \cdot z \dots \dots \dots 38)$$

$$\text{skąd } z = \frac{M}{\sigma_e \cdot f} \dots \dots \dots 39)$$

Przypuśćmy, że wzięto t prętów średnicy s cm. tak że powierzchnia ich przekroju równa się f ,

a obwód U taki, że naprężenie na przyczepność τ_0 równa się dopuszczalnemu. Wówczas mamy,

$$f = \frac{t \pi s^2}{4} \text{ i } U = t \pi s$$

Stosując wyrazy dla z , f i U do wzoru 37, mamy

$$\tau_0 = \frac{V \cdot \sigma_e \cdot s}{4M}$$

skąd $s_{max} = \frac{4\tau_0 M}{\sigma_e V} \dots \dots \dots 40)$

Przy $\tau_0 = 4,5$ i $\sigma_e = 1200$, mamy

$$s_{max} = \frac{18M}{\sigma_e V} = \frac{M}{66V} \dots \dots \dots 41)$$

W razie obciążenia *równomiernego* wzory upraszczają się.

$$M = \frac{p_1 l^2}{8} \text{ i } V = \frac{p_1 l}{2}, \frac{M}{V} = \frac{l}{4}$$

Po zastosowaniu do wzorów 40 i 41 mamy,

$$s_{max} = \frac{\tau_0}{\sigma_e} l \dots \dots \dots 42)$$

Przy $\tau_0 = 4,5$ i $\sigma_e = 1200$ mamy

$$s_{max} = \frac{l}{265} \dots \dots \dots 43)$$

Jeżeli weźmiemy $s < s_{max}$, to część prętów można zagiąć celem przyjęcia sił ścinających.

Przykład liczbowy II

Trzeba pokryć przestrzeń o rozpiętości $l_0 = 6$ m. przy obciążeniu $p_0 = 700$ kl. na m^2 .

Projektujemy pokrycie z płyt żebrowych.

Odległość między osiami żeber przyjmujemy

$$l = \frac{600}{3} = 200 \text{ cm.}$$

Określimy przekrój płyty środkowej. Zgodnie z przepisami M. R. P. obliczamy płytę przy współczynniku $m = 14^*)$ i naprężenia dopuszczalne przyjmujemy $\sigma_e = 1200$ kg/cm². i $\sigma_b = 40$ kg/cm².

Zadanie rozwiązuje się jak zadanie 7.

Z tablicy IV mamy

$$\delta = 0,56; \epsilon_0 = 0,109$$

wówczas

$$\epsilon = 0,109 \times 2 = 0,218$$

Za pomocą wykresu II przy $\epsilon = 0,218$ i $p_0 = 700$ określamy

$$h_1 = 6,5 \text{ cm; } h = 8,0 \text{ cm.}$$

Obliczamy

$$f = \delta \cdot h_1 = 0,56 \times 6,5 = 3,64 \text{ cm}^2.$$

*) Teraz przepisy M. R. P. dają $m = 15$.

Podług tablicy II bierzemy na 1 m. b. 10 prętów 7 m/m

$$f = 3,85 \text{ cm.}$$

Określamy wysokość płyty na oporze.

Moment będzie

$$M = \frac{(700 + 24 \times 8) 200^2}{100 \times 8} = 44600 \text{ kg.cm.}$$

Uzbrojenie pozostaje

$$f = 3,85 \text{ cm}^2.$$

Potrzebna wysokość h określi się jak w zadaniu 13, przy czym naprężenie dopuszczalne dla betonu można wziąć do 45 kg/cm².

Obliczamy

$$\alpha = \frac{f}{\sqrt{M}} = \frac{3,85}{\sqrt{44600}} = \frac{3,85}{211} = 0,0182$$

Podług wykresu I mamy

$$\text{dla } \alpha = 0,0182 \text{ i } \sigma_e = 1200, \beta = 0,051$$

$$\alpha = 0,0182 \text{ i } \sigma_b = 45, \beta = \text{wychodzi po}$$

za granice wykresu, lecz mniej 0,051.

Określamy

$$h_1 = \beta \sqrt{M} = 0,051 \times 211 = 10,8 \text{ cm.}$$

przyjmujemy

$$h = 13 \text{ cm.}$$

Długość skosu

$$(13-8) 3 = 15 \text{ cm.}$$

Przechodzimy do określenia przekroju płyty żebrowej (zad. 15).

Przyпускаjąc, że oś obojętna przecina żebro, bierzemy naprężenia $\sigma_e = 1200$ kg/cm² i $\sigma_b = 40$ kg/cm² i obliczamy

$$l = 1,05 \times l_0 = 1,05 \times 600 = 630 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{(700 + 24 \times 8 \times 1,3) \times 2 \times 630^2}{100 \times 8} = 942,200 \text{ kg.cm.}$$

$$z = \frac{1200}{40} = 30$$

Zadajemy się b.

Podług przepisów M. R. P., mając I : L = 180:630 = 0,29, można wziąć w obiedwie strony do 0,49 odległości pomiędzy żebrami, lecz nie więcej 8 d. U nas 8 d = 64 cm.

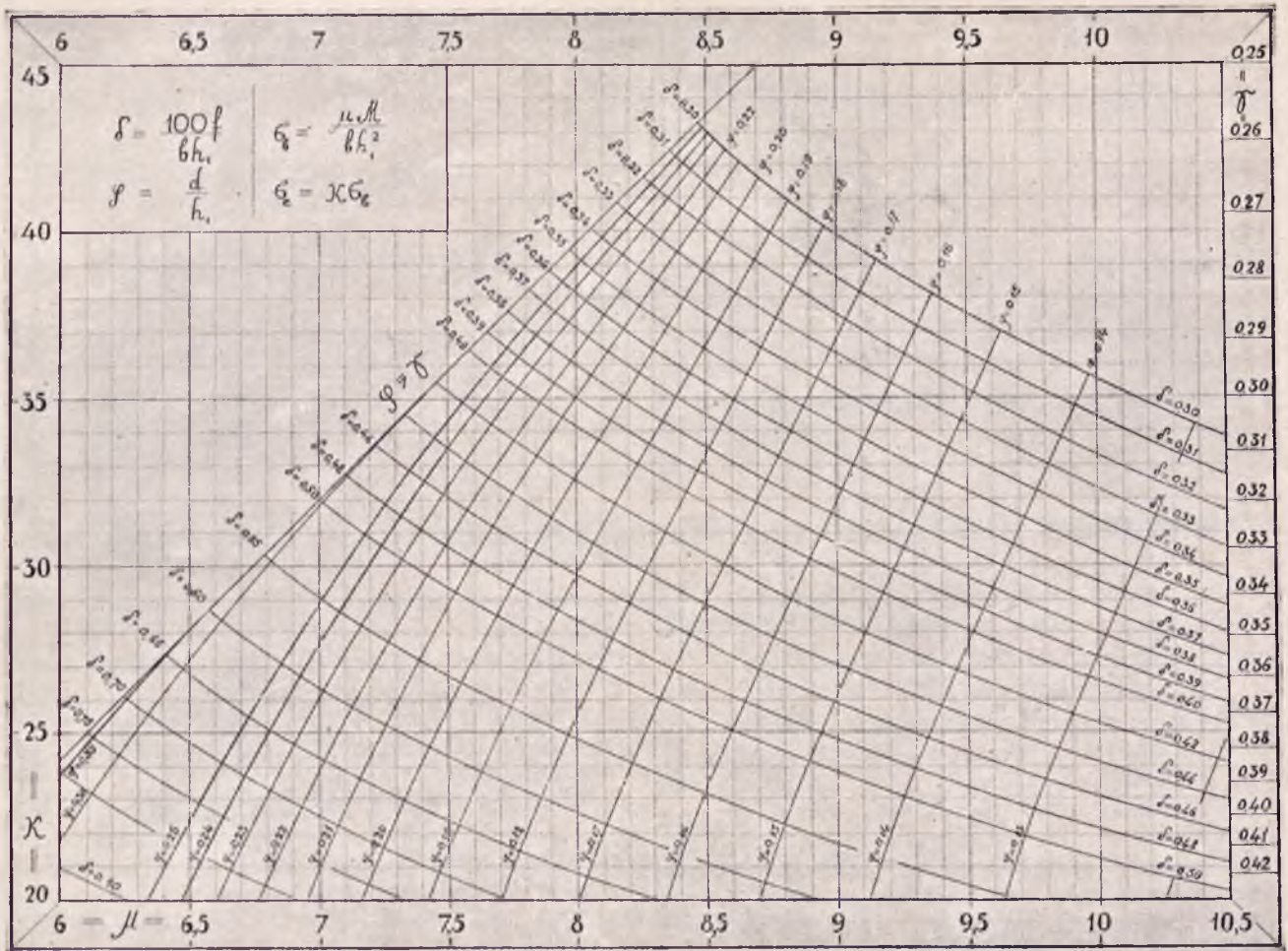
Bierzemy $b = 128$ cm.

wówczas

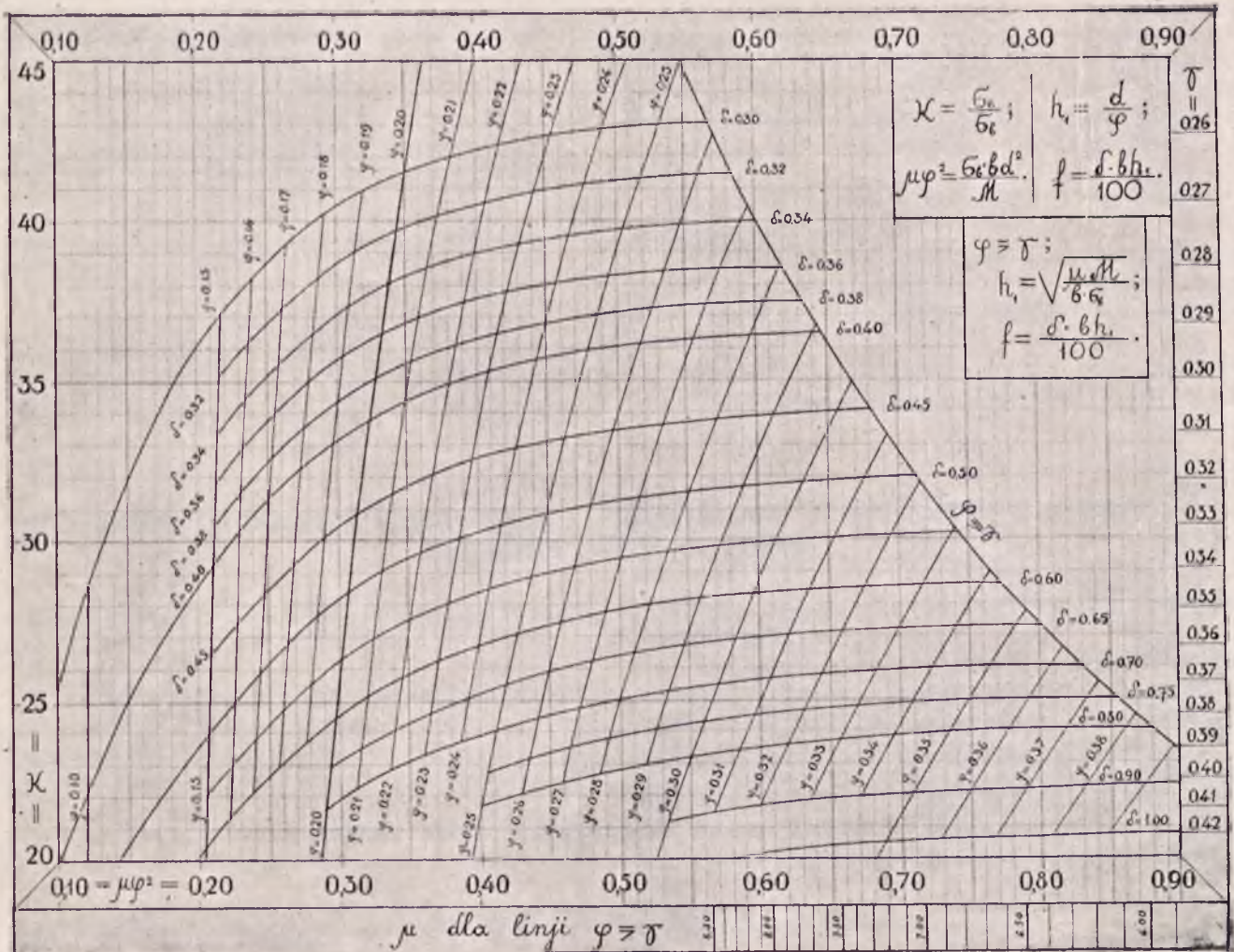
$$\mu \cdot \varphi^2 = \frac{b \cdot \sigma_b \cdot d^2}{M} = \frac{128 \times 40 \times 8^2}{942.200} = 0,348$$

Za pomocą wykresu IV określamy dla $\mu \cdot \varphi^2 = 0,348$ i $z = 30$,

$$\varphi = 0,216 \text{ i } \delta = 0,49$$



Wykres III do sprawdzenia przekroju żebrowych płyt z pojedynczym uzbrojeniem.



Wykres IV do określenia przekroju żebrowych płyt z pojedynczym uzbrojeniem.

i obliczamy

$$h_1 = \frac{d}{\eta} = \frac{8}{0,216} = 37,0 \text{ cm.}$$

$$f = \frac{\delta \cdot b \cdot h_1}{100} = \frac{0,49 \times 128 \times 37}{100} = 23,2 \text{ cm.}^2$$

Największa średnica prętów podług wzoru 42

$$S_{max} = \frac{4,5}{1200} \cdot 630 = 24 \text{ m/m}$$

Podług tablicy II bierzemy 6 prętów $S = 23 \text{ m/m}$ rozlokowując je po trzy w rzędzie

$$f = 24,93 \text{ cm.}_2$$

Najmniejsza szerokość żebra

$$2 \times 1,5 + 2 \times 0,5 + 2 \times 2,5 + 3 \times 2,3 = 15,9 \text{ cm.}$$

$$\text{Bierzemy } b_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{b}{2} = \frac{64}{4} = 16 \text{ cm.}$$

$$\text{Pełna wysokość } h = h_1 + a = 37 + 1,2 + 2,3 + 2,5 = 43,0 \text{ cm.}$$

VI. UWAGI CO DO PŁYT I BEŁEK PROSTOKĄTNYCH Z POJEDYŃCZYM UZBROJENIEM.

Sam wygląd wzorów 1—2 świadczy o tem, że tak h_1 jak i f są proporcjonalne pierwiastkowi kwadratowemu momenta M . To znaczy, że w pewnym przybliżeniu przy równomiernem obciążeniu można uważać te wielkości jako proporcjonalne długości l_0 .

Można także przyjąć, że przy stałej wysokości ilość żelaza w przybliżeniu jest proporcjonalną momentowi M . (Notowałam, że wstawiając można przyjąć zmniejszając h_1 .)

Z określenia wielkości δ (podług tabl. IV), wnioskujemy, że zawartość procentowa uzbrojenia rozciąganego przy normalnych warunkach wynosi od 0,5% do 0,8%.

Żeby otrzymać jeszcze kilka spostrzeżeń, weźmiemy jakąkolwiek płytę obliczoną dla $\sigma_b = 1000$ i $\sigma_s = 40$ i zbadamy jak zmieniają się procentowo h_1 , f , σ_b i σ_s , jeżeli jedno z nich zmniejsza się lub powiększa się o 10%, a drugie pozostają bez zmiany. Wyniki tych obliczeń podane są w tablicy VI.

Tablica VI.

wzajemnych zmian (procentowo) h_1 , f , σ_b i σ_s w płytach i belkach z pojedynczym uzbrojeniem.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_1	-10	+10	0	0	+11	-8	-3	+2	-6	
f	0	0	-10	+10	-8	+6	+15	-12	-6	
σ_b	+16	-12	+4	-3	-10	+10	0	0	+10	
σ_s	+9	-7	+10	-9	0	0	-10	+10	+10	

VII. UWAGI CO DO PŁYT ŻEBROWYCH Z POJEDYŃCZYM UZBROJENIEM, U KTÓRYCH OŚ OBOJĘTNA PRZECINA ŻEBRO.

Jeżeli my dokonamy kilka obliczeń, to możemy zanotować następujące spostrzeżenia:

a) wysokość płyty żebrowej z pojedynczym uzbrojeniem przy $x > d$ zależy prawie wyłącznie od dopuszczalnego naprężenia betonu i zmienia się w stosunku odwrotnie proporcjonalnym jego zmianie.

b) Ilość żelaza zmniejsza się proporcjonalnie zmniejszeniu dopuszczalnego naprężenia betonu, a także

Prawie te same wyniki otrzymamy i dla innych wielkości σ_b i σ_s (np. $\sigma_b = 1200$ i $\sigma_s = 40$ i t. p.)

Tablica daje nam szereg ważnych i potrzebnych wskazówek przy określeniu przekrojów płyt:

1) Jeżeli zmniejszymy jedną z dwóch wielkości h_1 lub f , pozostawiając drugą bez zmiany, to obydwa naprężenia σ_b i σ_s — zwiększą się (działka 2 i 4).

2) Jeżeli dążymy ku temu, ażeby naprężenia nie przekroczyły dopuszczalnych, to zmniejszając h_1 , musimy zwiększyć f i odwrotnie (dz. 8 i 6). Przyczem zmniejszenie h_1 o 1% wywołuje konieczność zwiększenia żelaza o 5% (dz. 8), a zmniejszenie f o 1% wywołuje zwiększenie wysokości płyty o 1,3% (dz. 6).

3) Z powyższego wynika, że zwiększenie żelaza o 5% daje możność zmniejszyć wysokość płyty o 1%.

4) Dla zbadania omawianej sprawy z punktu widzenia ekonomicznego, przyjmiemy, że wartość 1 cm.² przekroju poprzecznego uzbrojenia długości 1 m. b . (0,785 kg.) równa się wartości 1 cm. wysokości płyty wymiaru 1 m.² (0,01 m.³ betonu) i że zawartość procentowa żelaza w płycie wynosi 0,7%. (Przy innych cyfrach podane niżej rezultaty łatwo skorygować).

Po odpowiednich obliczeniach otrzymamy następujące rezultaty:

5) Zmniejszenie naprężenia w betonie najdogodniej można osiągnąć, zwiększając prawie o tyleż % wysokość płyty i zmniejszając prawie o tyleż % ilość żelaza (dz. 6).

6) Zmniejszenie naprężenia w żelazie najłatwiej i najdogodniej osiągnąć, zwiększając ilość żelaza o tyleż % (dz. 5).

zmniejsza się przy zwiększeniu dopuszczalnego naprężenia żelaza.

c) Ponieważ zwiększenie wysokości żebra niema większego znaczenia ekonomicznego, a zmniejszenie ilości żelaza jest pożądane, korzystnym jest brać dla σ_b mniejsze wielkości, przyjmując $\eta = 30 - 40$.

d) Jeżeli chcemy zmniejszyć wysokość płyty żebrowej, określoną podług wskazówek p. c.) trzeba lub powiększyć σ_b do największego dopuszczalnego znaczenia, lub nawet zastosować podwójne uzbrojenie.

VIII. UWAGI CO DO PODWÓJNEGO UZBROJENIA W PROSTOKĄTNYCH BELKACH I PŁYTACH.

Wykres V daje możność wysunięcia szeregu wniosków, które nam będą potrzebne przy określe- niach przekrojów z podwójnym uzbrojeniem. W tym celu rozwiążemy kilka zadań.

Zadanie 16.

Jak zmieniają się naprężenia, jeżeli zamiast pojedynczego uzbrojenia, przyj- miemy podwójne.

Przypuśćmy, że mamy płytę o uzbrojeniu po- jedynczym i $\delta = 1,0$, i przesuniemy część żelaza w sciskaną połąć płyty przyjąwszy $\nu = 0,1$;

Ze wzoru

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 14)$$

widzimy, że przy jednakowych M i h_1 , naprężenie betonu jest proporcjonalne do μ , a ze wzoru 44), który otrzymamy ze wzorów 11) i 14)

$$\sigma_s = \kappa \sigma_b = \frac{\mu \kappa M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 44)$$

widać, że naprężenie żelaza jest proporcjonalne do $\mu \kappa$.

Wykres V daje możność zauważyć jak będą zmieniać się μ i κ podczas przesuwania części że- laza z dołu do góry. W tym celu musimy brać war- tości μ i κ przy różnych δ i η , zaczynając od $\eta = 0$ t. j. uzbrojenia pojedynczego, następnie zmniejszając δ , a zwiększając η , w ten sposób, by suma ich po- zostawała wciąż stała.

Wykonując to na każdym wykresie, widzimy, że zmiany zachodzą według krzywych. Z wykresu V_b mamy np. takie wartości:

dla $\delta=1$ i $\eta=0$ mamy $\mu=5,56$; $\kappa=20,9$; $\mu \kappa=116,2$
 „ „ $=0,7$ „ $=0,3$ „ „ $=5,53$; „ $=28,8$; „ $=159,7$
 „ „ $=0,5$ „ $=0,5$ „ „ $=5,81$; „ $=38,0$; „ $=220,8$

Porównując wartości μ , widzimy, że przy przesunięciach części żelaza, naprężenia ściskające betonu ulegają małej zmianie (w danym wypadku nawet się powiększają). Z porównania zaś $\mu \kappa$ w wierszu 1 i 3, widać, że przesunięcie połowy żelaza do połąć ści- skanej, powoduje zwiększenie naprężeń rozciągają- cych żelaza w stosunku:

$$\frac{220,8}{116,2} = 1,9:$$

to znaczy, że naprężenia rozciągające żelaza zwiększają się mniejwięcej proporcjonalnie do zmniejszenia ilości jego w połąć rozciąganej.

Zadanie 17.

Jak zmieniają się naprężenia, jeżeli do ściskanej połąć wprowadzimy do- datkowo pewną ilość żelaza.

Mamy płytę z uzbrojeniem pojedynczym ($\eta=0$ i $\delta=1$). Odpowiednio znajdziemy z wykresu V

$$\mu = 5,56; \kappa = 20,9; \mu \kappa = 116,2$$

Do połąć ściskanej wprowadzimy dodatkowe żelazo, przyjmując $\nu = 0,1$ w ilości równej połowie żelaza rozciąganego. Wtedy mieć będziemy:

$$\delta = 1,0; \eta = 0,5; \nu = 0,10$$

Z wykresu V_b znajdujemy:

$$\mu = 4,64; \kappa = 24,3; \mu \kappa = 113,1$$

Naprężenie ściskanego betonu zmniejszyło się o

$$\frac{5,56 - 4,64}{5,56} 100 = 17\%$$

Naprężenie rozciąganego żelaza zmniejszyło się o

$$\frac{116,2 - 113,1}{116,2} 100 = 2\%$$

Zadanie 18.

Jak zmieniają się naprężenia przy podnoszeniu uzbrojenia w połąć ści- skanej.

Załóżmy, że w płycie o wysokości $= 25$ cm., podwójnie uzbrojonej symetrycznie, ($\delta = 1,0$; $\eta = 1,0$); podnieśliśmy górne żelazo i a_1 zamiast 5 cm. wy- nosi 2,5 cm.

Początkowo mieliśmy:

$$\nu = 0,2 \quad \delta = 1,0 \quad \eta = 1,0$$

Z wykresu V_c znajdujemy:

$$\mu = 4,59 \quad \kappa = 25,6 \quad \mu \kappa = 116,9$$

Po przesunięciu żelaza mamy:

$$\nu = 0,1 \quad \delta = 1,0 \quad \eta = 1,0$$

Z wykresu V_b otrzymujemy:

$$\mu = 4,00 \quad \kappa = 28,0 \quad \mu \kappa = 112,0$$

Naprężenie betonu zmniejszyło się o:

$$\frac{4,59 - 4,00}{4,59} 100 = 13\%$$

Naprężenie żelaza zmniejszyło się o:

$$\frac{116,9 - 112,0}{116,9} 100 = 4\%$$

Porównując rezultaty zadań 18 i 17 widzimy, że podniesienie żelaza o $\frac{1}{10}$ wysokości płyty wywo- łuje takie same działanie na naprężenie ściskanego betonu, jak wprowadzenie żelaza do połąć ściskanej w dowolnie wielkim stosunku.

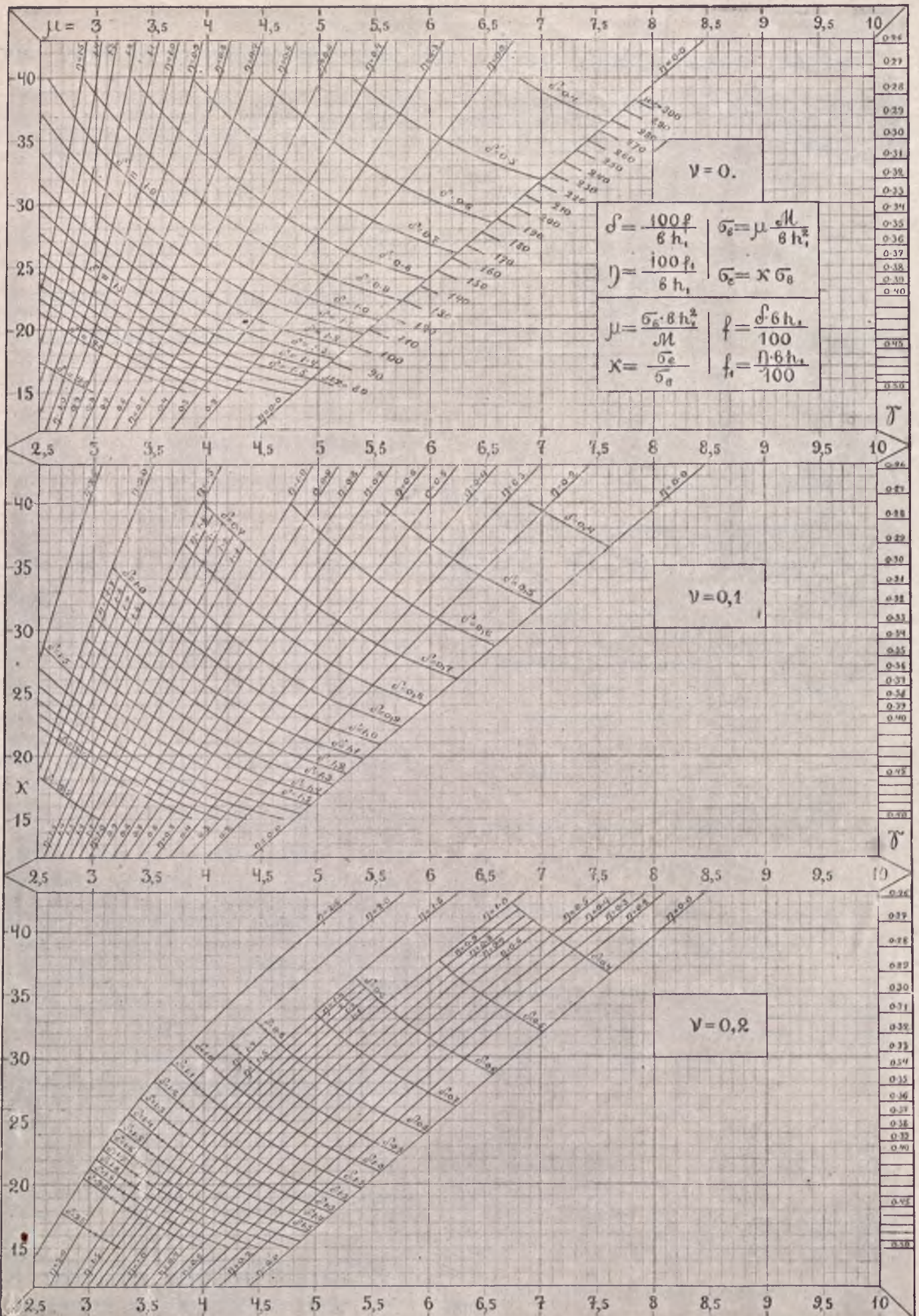
Zadanie 19.

Przy jakich warunkach, mając zało- żone wartości h_1 i a_1 otrzymamy naj- mniejszą ilość żelaza

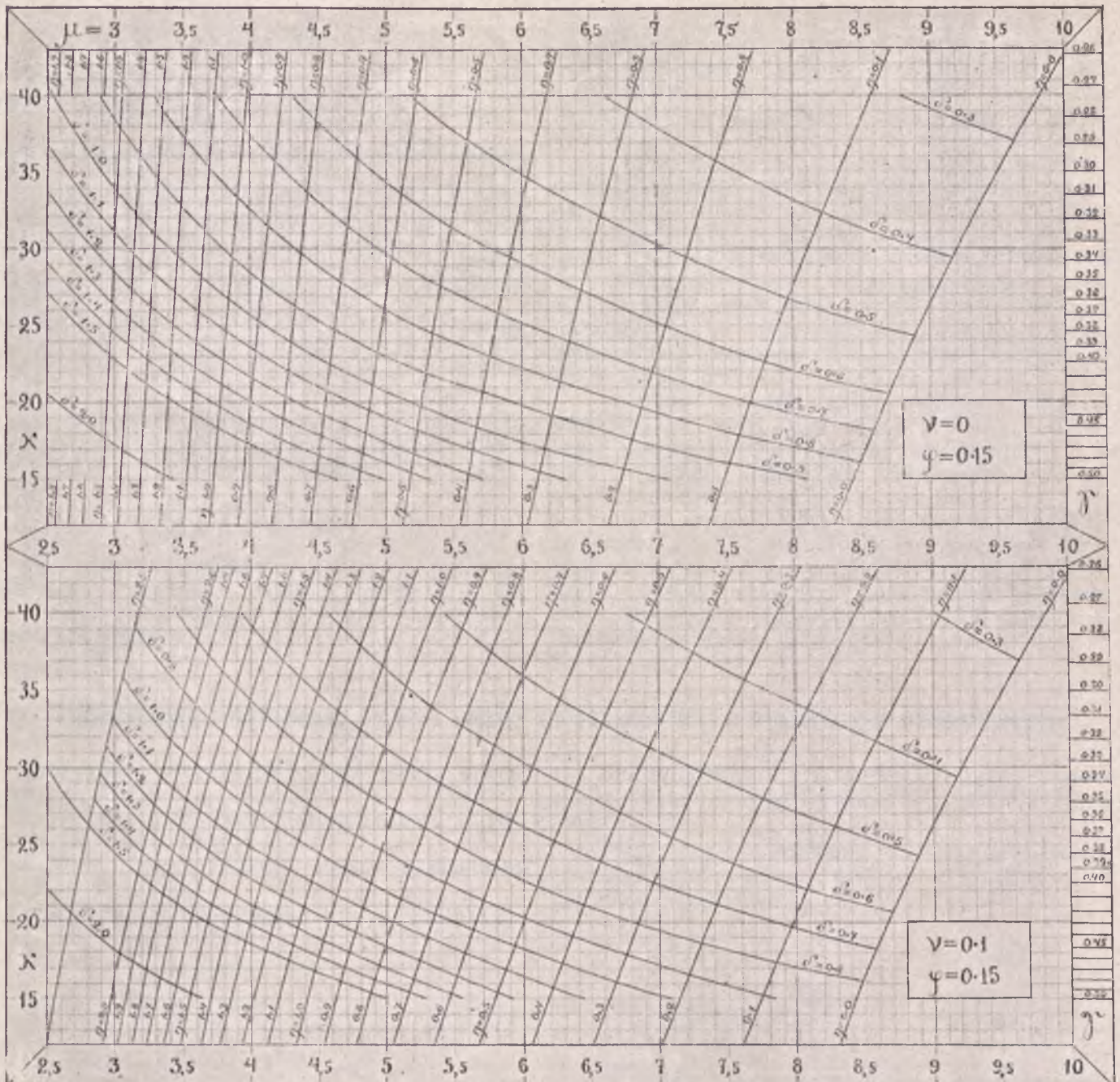
Zadanie te można rozwiązać analitycznie, drogą określenia przy jakiej wartości γ , mając dane μ i ν wielkość $\delta + \eta$ będzie najmniejszą. Mając już γ , okre- ślamy κ .

Wyniki takich obliczeń przedstawione są na tablicy VII.

BIBLIOTEKA
WYDZIAŁ
ARCHITEKTURY



Wykres V do belek prostokątnych i płyt z podwójnym uzbrojeniem oraz do płyt żebrowych z podwójnym uzbrojeniem, kiedy oś obojętna nie przecina żebra.



Wykres VI do płyt żebrowych z podwójnym uzbrojeniem przy $\varphi = 0,15$, kiedy oś obojętna przecina żebro.

Tablica III.

κ	$\varphi = \gamma$	Zmiany w % różnicy dla μ i κ przy $\varphi =$													
		$\varphi = 0.30$		$\varphi = 0.25$		$\varphi = 0.23$		$\varphi = 0.21$		$\varphi = 0.19$		$\varphi = 0.17$		μ i κ	
		μ	κ	μ	κ	μ	κ	μ	κ	μ	κ	μ	κ		
25	0.37	+6	-8	+21	-25	+29	-35	+40	-50	+56	-67	+76	-86	100	
30	0.33	+2	-3	+14	-17	+23	-27	+35	-42	+51	-58	+74	-82	100	
35	0.30	0	0	+9	-10	+17	-20	+29	-35	+45	-50	+68	-75	100	
40	0.27	-	-	+5	-6	+12	-15	+23	-28	+39	-43	+65	-70	100	

Tablica VII.

Wartości wsp. α , dla którego przy danych μ i ν jest najmniejsza ilość żelaza w *podwójnie* uzbrojonych płytach i belkach prostokątnych.

$\mu \setminus \nu$	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
3,0	28,1	26,9	25,7	24,7	23,7	22,7	21,8	20,9	20,0	19,2	18,3
4,0	26,4	25,5	24,7	23,8	22,9	22,1	21,2	20,5	19,7	19,0	18,3
5,0	25,2	24,6	23,9	23,1	22,3	21,6	20,9	20,2	19,5	18,6	18,2
6,0	24,4	23,8	23,2	22,5	21,9	21,2	20,6	20,0	19,3	17,7	18,1

Na wykresach naszych V_a, V_b, V_c , punkty te będą odpowiadać punktom przebiega krzywych, o których mówiliśmy poprzednio w zadaniu 16.

W n i o s k i :

Na podstawie rozwiązanych zadań oraz ogólnego rozpatrzenia wykresów V, można wyprowadzić dla płyt i belek prostokątnych podwójnie uzbrojonych następujące wnioski:

1) Naprężenia ściskanego betonu (μ) zależą przede wszystkim od ogólnej zawartości żelaza ($\delta + \gamma_1$), a bardzo mało zależą od podziału tegoż (na ściskane i rozciągane). Przesunięcie części żelaza do połaci ściskanej może niekiedy zwiększać naprężenia betonu.

2) Naprężenie żelaza rozciąganego ($\mu \alpha$) zależy przede wszystkim od ilości żelaza w połaci rozciąganej. Wprowadzenie dodatkowego żelaza do połaci ściskanej wpływa w głównej mierze na naprężenie samego betonu. *2 tego powodu wszelkimi środkami nie należy*

3) Dla otrzymania najoszczędniejszego przekroju wysokich belek, należy przyjmować $\alpha =$ około 25, niskich belek $\alpha =$ około 18, wykorzystując przytem maksymalne naprężenie betonu (np. przy $\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2$ dla σ_e należy brać 720 – 1000 kg/cm^2)

4) Żelazo w połaci ściskanej należy umieszczać jaknajwyżej. Nawet nieznaczna zmiana położenia jego, wpływa w silnym stopniu na naprężenie betonu i wywołuje konieczność wprowadzenia do połaci ściskanej jeszcze dodatkowego żelaza.

5) Dla wysokich płyt i belek ($\nu = 0,1$) widzimy, że dopóki $\mu > 5,75$ i $\delta < 0,90$, można używać zbrojenia pojedynczego, ponieważ tylko przy $\delta > 0,90$ widzimy zmniejszenie μ przy jednoczesnym zwiększeniu γ_1 . Dla niskich płyt, w których $\nu = 0,2$, pojedyncze uzbrojenie przyjmuje się dopóki $\mu > 5$ i $\delta < 1,40$.

IX. OKREŚLENIE PRZEKROJU PŁYT I BELEK PROSTOKĄTNYCH PODWÓJNIE UZBROJONYCH.

Uzbrojenie podwójne stosuje się głównie w następujących dwóch wypadkach:

1. Kiedy wysokość belki jest ograniczona względami natury konstrukcyjnej.
 2. Kiedy belka podlega działaniu dodatniego i ujemnego momentu.
- Oba wypadki rozpatrujemy na zadaniach 20 i 21.

Zadanie 20.

Dane: M, b, h dla belki prostokątnej. Należy tak dobrać ilość żelaza, aby naprężenia nie były większe od σ_e i σ_b .

Zadanie te jest identyczne z zadaniem 12 lecz rozwiązanie damy tu w ogólnej postaci.

Założmy najpierw, iż uzbrojenie będzie podwójne i naprężenie betonu musi posiadać swą maksymalną wartość.

Ze wzoru:

$$\sigma_b = \frac{\mu M}{b h_1^2} \dots \dots \dots 14)$$

mamy równanie dla określenia μ

$$\mu = \frac{\sigma_b b h_1^2}{M} \dots \dots \dots 45)$$

Zakładamy sobie również

$$\nu = \frac{a_1}{h_1} \dots \dots \dots 18)$$

Prócz tego mamy

$$\alpha = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} \dots \dots \dots 11)$$

Porównujemy te α z wartością α przy otrzymanych μ i ν tablicy VII i bierzemy te z nich, które jest mniejsze.

Mając ν, μ i α , szukamy na wykresie V bezpośrednio lub interpolując, wartości współczynników δ i γ_1 potem wyliczamy

$$f = \frac{\delta b h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

$$f_1 = \frac{\gamma_1 b h_1}{100} \dots \dots \dots 17)$$

Przyczem zająć mogą dwa poszczególne wypadki.

1) Jeżeli γ_1 jest mniejsze od dopuszczalnego w granicy (patrz XI), to należy przy znalezionym μ wziąć na krzywej $\gamma_1 = 0$ wartość δ dla uzbrojenia pojedynczego i wyliczyć:

$$f = \frac{\delta b h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

2) Jeżeli punkt przecięcia μ i α okazał się na prawo od krzywej dla uzbrojenia pojedynczego ($\gamma_1 = 0$) znaczy to, że przy założonej wysokości h_1 nie będzie możliwe całkowite wykorzystanie betonu i należy wtedy wykorzystać całkowicie żelazo, przyczem oczywiście uzbrojenie będzie pojedyncze.

W tym wypadku zadanie rozwiązuje się w sposób następujący:

Określamy:

$$\mu \alpha = \frac{\sigma_e b h_1^2}{M} \dots \dots \dots 46)$$

Po μ bierzemy na krzywej dla uzbrojenia pojedynczego na wykresie Va, lub z tablicy I, wartość δ i wyliczamy:

$$f = \frac{\delta b h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

Można oczywiście zadanie te rozwiązać w tym wypadku tak samo jak zadanie 12.

Przykład liczbowy III do zadania 20.

Dane: $M = 184.000 \text{ kg.cm}$, $b = 20 \text{ cm}$. Wysokość belki prostokątnej nie powinna przekraczać 35 cm. Naprężenia dopuszczalne: $\sigma_c = 1200$ i $\sigma_b = 40$. Określić uzbrojenie.

Ponieważ pręty dolnego uzbrojenia będą zapewne w jednym rzędzie, zakładamy więc $a = 3 \text{ cm}$.

Wtedy

$$h_1 = 35 - 3 = 32 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{\sigma_b b h_1^2}{M} = \frac{40 \cdot 20 \cdot 32^2}{184.000} = 4.40$$

$\mu < 5,75$ zatem przyjmujemy uzbrojenie podwójne.

Zakładamy:

$$a_1 = 3,7 \text{ cm.}$$

$$\nu = \frac{a_1}{h_1} = \frac{3,7}{32} = 0,12$$

Pozatem

$$\alpha = \frac{1200}{40} = 30$$

Na podstawie tablicy VII przy $\mu = 4,4$ i $\nu = 0,12$ mamy $\alpha = 24,3$. Ponieważ jest to dla nas wygodniej przyjmujemy $\alpha = 24,3$.

Z wykresów V_b i V_c dla $\mu = 4,4$ i $\alpha = 24,3$ mamy:

$$\text{przy } \nu = 0,10 \quad \delta = 1,06 \quad \gamma_1 = 0,60$$

$$\text{przy } \nu = 0,20 \quad \delta = 1,10 \quad \gamma_1 = 1,05$$

Drogą interpolacji znajdujemy dla $\nu = 0,12$

$$\delta = 1,07 \quad \gamma_1 = 0,70$$

W dalszym ciągu:

$$f = \frac{1,07 \cdot 20 \cdot 32}{100} = 6,84 \text{ cm.}$$

$$f' = \frac{0,7 \cdot 20 \cdot 32}{100} = 4,48 \text{ cm.}$$

Z tablicy II dobieramy uzbrojenie

dolne — 3 pręty średnicy 17 mm.; $f = 6,81 \text{ cm}^2$

górne — 3 pręty średnicy 14 mm.; $f_1 = 4,62 \text{ cm}^2$.

Zadanie 21.

Dane: $+M_1$ i $-M_2$ przyczem $M_1 > M_2$, należy znaleźć wymiary belki prostokątnej lub płyty, tak by naprężenia nie przekraczały maksymalnych σ_c i σ_b .

Oczywiście iż w danym wypadku należy zastosować uzbrojenie podwójne. Najsamprzód obliczymy belkę (lub płytę) analogicznie jak w zadaniu 10 dla momentu $+M_1$ przy uzbrojeniu pojedynczym.

Dla belki:

$$h_1 = \beta \sqrt{\frac{100 M}{b}} \dots \dots \dots 1)$$

$$f = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{b h_1}{100} \dots \dots \dots 3)$$

Dla płyty:

$$h_1 = \beta \sqrt{M} \dots \dots \dots 5)$$

$$f = \alpha \sqrt{M} \dots \dots \dots 27)$$

Zatem mając wysokość h_1 określamy f_1 dla momentu $-M_2$ analogicznie jak w zadaniu 12. Można w przybliżeniu określić f_1 na tej podstawie, iż przy jednakowej wysokości, zawartość żelaza jest proporcjonalna do momentu t. j. wziąć:

$$f_1 = \frac{M_2}{M_1} f;$$

W rozdziale VIII wykazaliśmy, że naprężenia żelaza rozciąganego ulegają nieznacznym zmianom w razie wprowadzenia uzbrojenia do połąci ściskanej. Uzbrojenie to tylko zmniejsza naprężenie betonu. Dlatego też znalezione f i f_1 , będą bardzo zbliżone do wymaganego uzbrojenia. Wysokość zaś możemy wziąć cokolwiek mniejszą od znalezionej h_1 .

Przykład liczbowy IV do zadania 21.

Dane: $M_1 = 250.000 \text{ kg.cm.}$; $M_2 = -160.000 \text{ kg.cm.}$; $\sigma_c = 1000$; $\sigma_b = 40$.

Należy zaprojektować płytę.

Z wykresu I bierzemy: $\beta = 0,0390$; $\alpha = 0,0292$.

Wyliczamy:

$$h_1 = \beta \sqrt{M} = 0,039 \sqrt{250000} = 19,5 \text{ cm.}$$

$$f = \alpha \sqrt{M} = 14,6 \text{ cm.}^2$$

$$f_1 = \frac{M_2}{M_1} f = \frac{160000}{250000} 14,6 = 9,3 \text{ cm.}^2$$

Bierzemy wysokość $h_1 = 18,3$; $h = 20 \text{ cm}$. uzbrojenie dolne przyjmujemy 11 prętów 13 mm. uzbrojenie górne 7 prętów 13 mm.

X. OKREŚLENIE PRZEKROJÓW PODWÓJNIE UZBROJONYCH PŁYT ŻEBROWYCH.

Uwaga uczyniona na początku IX rozdziału, że podwójnie uzbrojenie używa się w dwóch wypadkach: 1) kiedy wysokość płyty jest ograniczona względami konstrukcyjnymi oraz 2) kiedy na płytę działają zmienne co do znaku momenty, ma również znaczenie dla płyt żebrowych.

Obydwa wspomniane wypadki rozpatrzmy poniżej:

Zadanie 22.

Dane: M, b, d, h , dla płyty żebrowej. Należy dobrać przekrój żelaza i rozmieścić je w ten sposób, by naprężenia nie przekroczyły σ_c i σ_b .

Tak sformułowane zadanie jest zadaniem ogólnym. Możliwe tu jest zastosowanie uzbrojenia pojedynczego lub podwójnego, przyczem oś obojętna może się znajdować w granicach górnej płyty lub też poniżej. Beton i żelazo będą obciążone całkowicie w granicach możliwości lub częściowo.

Wykresy nasze dają możliwość rozwiązać i te zagadnienie szybko i dokładnie.

Zakładamy sobie a i określamy:

$$h_1 = h - a$$

$$\varphi = d/h_1$$

$$\mu = \frac{\sigma_b \cdot b \cdot h_1^2}{M} \dots \dots \dots 45)$$

$$\kappa = \frac{\sigma_c}{\sigma_b} \dots \dots \dots 11)$$

Wziąwszy z wykresu III, IV lub V wartość γ odpowiadającą κ , porównujemy ją z φ .

1. Jeżeli $\gamma < \varphi$, zadanie nasze sprowadza się do zadania 20, z tem tylko omówieniem, że biorąc κ z tablicy VII lub przyjmując uzbrojenie pojedyncze, należy uważać, czy γ (na osi rzędnych z prawej strony) nie będzie większe od φ .

2. Jeżeli $\gamma > \varphi$, t. j. oś obojętna przecina żebro, możliwe że uzbrojenie potrzebne pojedyncze lub podwójne. Dla rozwiązania tego pytania szukamy **na wykresie III** punkt przecięcia określonych wyżej μ i κ . Jeżeli punkt ten znajduje się **wpravo od krzywej odpowiadającej naszemu φ** , to znaczy że uzbrojenie potrzebne **pojedyncze**, przyczem dla σ_c trzeba wziąć **największe** dopuszczalne znaczenie.

Określamy

$$\mu \kappa = \frac{\sigma_c \cdot b \cdot h_1^2}{M} \dots \dots \dots 46)$$

i szukamy w wykresie III na odpowiedniej krzywej φ punkt, dla którego $\mu \kappa$ równa się znalezionemu. Zaznaczamy, że ilość żelaza w tym wypadku mało różni się od ilości żelaza w belce prostokątnej (na 2 — 5% mniej). Z tego powodu można δ wziąć na podstawie określonego wyżej $\mu \kappa$ z wykresu Va lub z tablicy I, jak to robiliśmy w zadaniu 20 p. 2 (a zatem określić dokładniej z wykresu III).

Mając δ , wyliczamy

$$f = \frac{\delta \cdot b \cdot h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

3. Jeżeli punkt przecięcia określonych wyżej μ i κ znajduje się w wykresie III **na lewo od odpowiedniej krzywej φ** , to znaczy, że uzbrojenie powinno być podwójne i zadanie rozwiązuje się przy pomocy wykresów V i VI oraz tablicy VII w sposób następujący:

Zakładamy a_1 i określamy jeszcze:

$$v = \frac{a_1}{h_1}$$

Mając v, μ i κ określamy oddzielnie z wykresu V i z wykresu VI wartości δ i γ_1 . Następnie zgodnie z danym φ i z tablicą III określamy drogą interpolacji wielkości δ (jak dla κ) i γ_1 (jak dla μ) i wyliczamy

*V (który jest prosto
kieruje jedynakom
z wykresami V
i VI) i γ_1*

$$f = \frac{\delta \cdot b \cdot h_1}{100} \dots \dots \dots 10)$$

$$f_1 = \frac{\gamma_1 \cdot b \cdot h_1}{100} \dots \dots \dots 17)$$

Przy określeniu δ i γ_1 z wykresu V przyjmujemy pod uwagę tablicę VII, zaś dla wykresu VI tablica ta nie ma znaczenia. W wykresach VI osiągamy najmniejsze zawartości żelaza przy wartościach na $\kappa = \frac{25 - 30}{35 - 40}$.

Przykład liczbowy V do zadania 22.

Dane: $M=942000$ kg. cm., $b=128$ cm., $d=8$ cm. Naprężenie dopuszczalne $\sigma_c=1200$ kg./cm.² i $\sigma_b=40$ kg./cm.². Należy zaprojektować płytę żebrową o wysokości 35 cm.

Zakładamy $a=6$ cm. i określamy:

$$h_1 = 35 - 6 = 29 \text{ cm.}$$

$$\varphi = \frac{8}{29} = 0,27$$

$$\mu = \frac{\sigma_b \cdot b \cdot h_1^2}{M} = \frac{40 \times 128 \times 29^2}{942000} = 4,57$$

$$\kappa = \frac{1200}{40} = 30$$

Z wykresu III widać, że przy $\kappa=30$ wielkość $\gamma=0,333$, czyli jest większa od φ , również, ponieważ $\mu=4,57$ należy zastosować uzbrojenie podwójne.

Zakładamy $a_1=3$ cm. i określamy:

$$v = \frac{3}{29} = 0,10$$

Z tablicy VII otrzymujemy, że zgodnie z wykresem V najmniejsza ilość żelaza będzie przy $\kappa=25,5$ (przy $v=0,10$ i $\mu=4,57$).

Ponieważ wskazano było wyżej, że najmniejsza ilość żelaza, zgodnie z wykres. VI będzie przy $\kappa = \frac{25 - 30}{35 - 40}$, przyjmujemy zatem $\kappa=25$ i określamy z wykresu V_b

$$\text{przy } \mu=4,57 \text{ i } \kappa=25; \text{ — } \delta=0,98 \text{ i } \gamma_1=0,54$$

z wykresu VI_b

$$\text{przy } \mu=4,57 \text{ i } \kappa=25; \text{ — } \delta=0,97 \text{ i } \gamma_1=1,08$$

Zgodnie z tablicą III różnica przy $\varphi = 0,27$ i $\alpha = 25$ dla γ_1 wyniesie 15%, wyliczamy więc:

$$\delta = 0,98; \gamma_1 = 0,54 + 0,15 (1,08 - 0,54) = 0,62$$

Skąd:

$$f = \frac{\delta b h_1}{100} = \frac{0,98 \times 128 \times 29}{100} = 36,4 \text{ cm.}^2$$

$$f' = \frac{\gamma_1 b h_1}{100} = \frac{0,62 \times 128 \times 29}{100} = 23,1 \text{ cm.}^2$$

Zgodnie z tablicą II bierzemy:

uzbrojenie dolne: 6 prętów średnicy 28 mm.

górne: 3 pręty " " 32 "

Z porównania z przykładem liczbowym II wynika, że zmniejszając wysokość o

$$\frac{43 - 35}{43} 100 = 19\%$$

ilość żelaza musieliśmy zwiększyć o

$$\frac{(36,4 + 23,1) - 24,9}{24,9} 100 = 140\%$$

Stąd należy wyciągnąć wniosek, że tylko w wypadku bezwzględnej konieczności można się zdecydować na zmniejszenie wysokości płyty żebrowej.

Rozpatrzmy drugi wypadek:

Zadanie 23.

Dane: $+M_1$ i $-M_2$ przy czym $M_1 > M_2$. Należy zaprojektować płytę żebrową.

Zadanie te w rzeczywistości składa się z dwóch, ponieważ przy obliczaniu na M_2 powinniśmy brać pod uwagę nie płytę żebrową, lecz przekrój belki prostokątnej o szerokości $= b_1$ t. j. równej szerokości żebra i wysokości h_1 .

Zadanie rozwiązujemy w przybliżeniu. Najpierw obliczamy płytę żebrową z uzbrojeniem pojedynczym na $+M_1$, w sposób wyłożony w zadaniu 15, a następnie obliczamy belkę prostokątną o szerokości b_1 i wysokości h_1 na moment $-M_2$.

XI. OKREŚLENIE STOSUNKU ŻELAZA DO BETONU W POŁĄCI ŚCISKANEJ.

W przepisach pewnych państw jest ustalony stosunek minimalny i maksymalny przekroju żelaza ściskanego do przekroju sciskanego betonu (np. w Rosji 0,8% i 2%).

Matematycznie granice te dla płyt i belek prostokątnych wyrażają się w sposób następujący:

$$f_1 = \frac{0,8 b x}{100} \dots \dots \dots 47)$$

i

$$f_1 = \frac{2 b x}{100} \dots \dots \dots 48)$$

Podstawiając zamiast f' i x ich znaczenia ze wzorów 12 i 17 mamy:

$$\gamma_1 \frac{b h_1}{100} = \frac{0,8 b \gamma h_1}{100} \dots \dots \dots 49)$$

i

$$\gamma_1 \frac{b h_1}{100} = \frac{2 b \gamma h_1}{100} \dots \dots \dots 50)$$

Skąd:

$$\gamma_1/\gamma = 0,8$$

i

$$\gamma_1/\gamma = 2$$

to znaczy, że wogóle stosunek procentowy żelaza ściskanego i betonu ściskanego przy uzbrojeniu podwójnym w płytach i belkach prostokątnych, jak również w płytach żebrowych, w wypadku gdy oś obojętna nie przecina żebra (znajduje się w granicach wierzchniej płyty) — równa się stosunkowi γ_1/γ , który łatwo znaleźć z wykresu V.

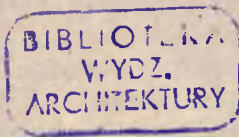
Dla płyt żebrowych w wypadku gdy oś obojętna przecina żebro (znajduje się poniżej wierzchniej płyty), mamy granice:

$$f_1 = \frac{0,8 b d}{100} \dots \dots \dots 51)$$

i

$$f_1 = \frac{2 b d}{100} \dots \dots \dots 52)$$

Podstawiając znaczenie f_1 i d ze wzorów 17 i 13 mamy, iż w danym wypadku, procentowy stosunek żelaza ściskanego do ściskanego betonu, równy jest stosunkowi γ_1/γ . Nasze wykresy V i VI dają możliwość łatwego znalezienia tego stosunku w każdym wypadku.



Str.	Dz.	Wiersz od góry	Wiersz od dołu	Nadrukowano	Poprawić na:
1	pr.	22		rozpiętość,	rozpiętość w cm.;
3	lew.	28		$\sigma = \frac{6M}{bh}$	$\sigma = \frac{6M}{bh^2}$
6	lew.		5	$\sigma_e = \frac{\mu M}{bh_1^2}$	$\sigma_b = \frac{\mu M}{bh_1^2}$
"	pr.		24	$\sigma_e = \frac{\mu M}{bh_1^2}$	$\sigma_b = \frac{\mu M}{bh_1^2}$
11	lew.	3		y	ty
"	"	4		eniu	ieniu
"	"	13		, jedną	β, jedną
"	pr.	24		ną,	ną belkę,
"	"	31		pryczepność	pryczepność.
					Ponieważ naprężenie na ścinanie nie może być więcej niż 14 kl./cm ² , przeto dla b_1 min. mamy przybliżony wzór
					$b_1 \text{ min} = \frac{V}{14z} = \frac{V}{14 \left(h_1 - \frac{d}{2} \right)}$
15	lew.	17		mentowi M .	mentowi M (stosować tę wskazówkę można przy zmniejszeniu M).
"	pr.		5	σ_x	σ_b
21	pr.	10		samego betonu	samego betonu. Z tego powodu wielkość δ prawie nie zależy od v
"	"	25		pejedyńcze	pojedyńcze
23	pr.	14		wielkości δ (jak dla α) i η (jak dla μ)	wielkość δ (która jest prawie jednakowa z wykresów V i VI) i η (jak dla μ).
"	"	15		$f = \frac{bh_1}{100}$	$f = \frac{\delta b h_1}{100}$
"	"	23		$\alpha = 25 - 30$	$\alpha = 35 - 40$
"	"		6	przy $\alpha = 25 - 30$	tylko przy $\alpha = 35 - 40$.



Drukarnia
Zrzeszenia Samorządów Powiatowych
Warszawa, Dobra 28.