a gdy wstawimy $l=10\,.\,2$[illegible], $a=2{,}7$, $x=2{,}7\ m$, otrzymamy *najw* $Y=$
$$=\frac{2{,}7\,p}{2}\,\frac{(9-m)^2(m-1)}{10(10-m)-(m-1)}=1{,}35\,\frac{(9-m)^2(m-1)}{10(10-m)-(m-1)}.$$

Nakoniec mamy *najw* $(-V)=-$*najmn* Y. Słup V_5 jest tylko ciągnionym, siła $V_5=2\,S_1 \operatorname{wst}\sigma-G_2=2\,.\,35{,}6,\ 0{,}059-0{,}251=3{,}95\ t$.

Przekroje dla porównania obliczyliśmy także na podstawie wzoru Weyraucha $\tau=900(1\pm\tfrac{1}{2}\zeta)$, przyczem $\zeta=\frac{najmn\,P}{najw\,P}=\frac{P_0+najmn\,P_2}{P_0+najw\,P_1}$, gdyż tu *najmn* P_1 jest ujemnem.

Z porównania przekrojów, obliczonych według obu sposobów, widzimy, że przekroje, obliczone na podstawie naprężenia dopuszczalnego, przyjętego według rozporządzenia polskiego, są za małe.

Na tej podstawie obliczyliśmy następną tabliczkę:

Tabl. XXIII.

Słup	m	*najw* $(-V_p)$	*najw* $(+V_p)$	V_g	V		Przekrój teoretyczny	
					najw	*najmn*	wedle rozporz. polsk.	wedle Weyraucha
		t	t	t	t	t	cm^2	cm^2
1 I	1	0	+2,7	+1,256	+3,96	+1,26	4,2	3,8
2 II	2	−0,84	+2,7	+1,256	+3,96	+0,42	4,2	4,2
3 III	3	−1,43	+2,7	+1,256	+3,96	−0,17	4,2	4,5
4 IV	4	−2,37	+2,7	+1,256	+3,96	−1,11	4,2	5,1
5 V	5	0	+3,95	+1,256	+3,96	+1,26	5,5	5,2

XIV. Odmiany belki parabolicznej.

§. 86. Zasada belki Paulego.

W belce parabolicznej jest siła wewnętrzna w pasach prawie stała, zmienia się tylko według siecz σ. Dla belki osełkowatej i dla $\frac{h}{l}=\frac{1}{8}$ siecz $\sigma=1{,}03$, więc siła zmienia się tylko o 3%. Pauli starał się wynaleść taki kształt belki, aby siły wewnętrzne w pasach były zupełnie stałe. Wtedy może też być przekrój pasów na całą długość belki jednakowym.

Belka taka zwana belką Paulego (n. *der Paulische Träger*, cz. *nosník Pauliho*) musi być przedewszystkiem ze względu na środek belki symetryczną, bo niema powodu, aby lewa strona belki była inną, niż prawa. W belce takiej będą oba pasy w środku poziome, tam musi też być siła wewnętrzna w obu pasach jednakowo wielką, bo $\frac{M}{h}$ jest takie samo dla obu pasów, a $\sigma=\tau=0$. Ponieważ siła wewnętrzna ma być w pasach wszędzie jednaka, więc musi być także w każdym innym przekroju dla obu pasów jednaka, chociaż pasy nie są równoległe. To jest tylko możliwem, gdy $\sigma=\tau$, więc, gdy belka będzie miała kształt osełkowaty, gdyż $-S_1=\frac{M}{h}$ siecz σ może być równe $S_2=\frac{M}{h}$ siecz τ tylko, gdy $\sigma=\tau$.

§. 87. Kształt belki Paulego.

Siły wewnętrzne w pasie otrzymamy w przybliżeniu bez względu na znak według równ. 169) i 170) $S=\frac{M}{h}$ siecz σ. Dla ciężaru jednostajnie ciągłego mamy $M=\frac{1}{2}\,qx(l-x)$, a z rys. 160 siecz $\sigma=\sqrt{1+\mathrm{st}^2\sigma}=\sqrt{1+\left(\frac{dh}{2\,dx}\right)^2}$, zatem $S=\frac{qx(l-x)}{2h}\sqrt{1+\frac{1}{4}\left(\frac{dh}{dx}\right)^2}$. Dla $x=\frac{l}{2}$ jest $S=\frac{ql^2}{8h_1}$, zatem $\frac{ql^2}{8h_1}=\frac{qx(l-x)}{2h}\sqrt{1-\frac{1}{4}\left(\frac{dh}{dx}\right)^2}$, albo

$$\frac{l^2}{4h_1}=\frac{x(l-x)}{h}\sqrt{1-\frac{1}{4}\left(\frac{dh}{dx}\right)^2} \quad . \ . \ . \ . \ . \quad 237)$$

Ponieważ belka ta jest bardzo zbliżoną do belki parabolicznej, więc dla wyznaczenia $\frac{dh}{dx}$ możemy w przybliżeniu przyjąć, jak dla paraboli, $h=\frac{4h_1x(l-x)}{l^2}$, więc $\frac{dh}{dx}=\frac{4h_1}{l^2}(l-2x)$.

Dalej wiemy, że gdy a jest bardzo małą liczbą, wyraz $\sqrt{1+a}$ możemy rozwinąć w szereg i po opuszczeniu dalszych potęg napisać $\sqrt{1+a}=1+\frac{1}{2}a^2$, a zatem

$$\sqrt{1+\frac{1}{4}\left(\frac{dh}{dx}\right)^2}=1+\frac{1}{8}\left(\frac{dh}{dx}\right)^2=1+\frac{2h_1{}^2(l-2x)^2}{l^4}.$$

Wstawiwszy to w równ. 237), otrzymamy

$$\frac{l^2}{4h_1}=\frac{x(l-x)}{h}\left[1+2\frac{h_1{}^2}{l^2}(l-2x)^2\right], \text{ a stąd}$$

$$\mathbf{h=4h_1\frac{x(l-x)}{l^2}\left[1+\frac{2h_1{}^2}{l^2}\left(1-2\frac{x}{l}\right)\right]} \quad . \ . \ . \quad 238)$$

Równ. 238) jest czwartego stopnia i daje h dla tego samego h_1 nieco większe, niż dla paraboli. Siły wewnętrzne najlepiej obliczać według ogólnych sposobów powyżej podanych.

§. 88. Belka paraboliczna niezbieżna.

Oprócz belek parabolicznych zbieżnych (rys. 159), o których dotychczas mówiliśmy, mogą być użyte także belki paraboliczne niezbieżne (rys. 161) (n. *Halbparabelträger*, cz. *nosnik poloparabolický*), których pasy w obu końcach belki nie schodzą się i które już na podporze mają pewną wysokość h_0.

Jeżeli pas dolny jest prosty, to równanie linji pasu górnego jest wtedy:

$$h = h_0 + 4(h_1 - h_0)\frac{x(l-x)}{l^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad 239)$$

Powód, dla czego używamy belek tego kształtu, leży w ustroju mostów. Często potrzebujemy na podporze pewnej wysokości, choćby tylko dla poprzecznic, czasem chcemy mieć większą wysokość belki, aby urządzić górą tężniki.

W porównaniu z równie wysoką belką równoległą potrzebuje belka paraboliczna niezbieżna mniej materjału, więcej jednak, niż belka paraboliczna zbieżna.

Siły wewnętrzne i tu wyznaczać będziemy według ogólnych sposobów, podanych powyżej. Dla porównania podamy tu siły wewnętrzne w pasach i krzyżulcach dla trzech rodzajów belek: równoległej, parabolicznej, zbieżnej i niezbieżnej (rys. 162) o równej wysokości w środku rozpiętości. W belce parabolicznie niezbieżnej jest siła wewnętrzna w pasach dla małego h_0 prawie stałą, dopiero przy podporach nagle spada do zera.

Siła Y w A i C jest taka sama, jak dla belki równoległej. Z punktu A_1' spada tem szybciej, im mniejsze jest h_0.

§. 89. Przykład. Obliczenie sił wewnętrznych dla obciążenia układem ciężarów skupionych.

Ponieważ dla belki parabolicznej niezbieżnej nie dają się uprościć wzory ogólne, więc obliczamy siły wewnętrzne wedle wzorów ogólnych. Przykład, który tu podajemy, będzie więc zarazem przykładem dla belek o pasach dowolnie zakrzywionych.

D a n e. Most kolejowy dwutorowy o rozpiętości 36 *m* i dwu belkach parabolicznych niezbieżnych. Wysokość na podporze $h_0 = 3\,m$, we środku 5 m (tabl. III). Odstęp węzłów 3,6 m. Każdą belkę należy obliczyć dla obciążenia jednego toru pociągiem normalnym polskim. Ciężar własny przyjmujemy według §. 2. $g = 0{,}52\, l^2 + 13\, l + 1800$. Dla $l = 36$ otrzymamy $g = 2942\; kg/m$, a dla jednej belki $\frac{1}{2}\, 2942 = 1471\; kg/m$. Z tego wypada 650 kg/m na pomost, ciężar pokładu wedle tabl. IV. a $g_4 = 336 + 142\, b$, a dla $b = 8{,}5\; m$, $g_4 = 336 + 142 \,.\, 8{,}5 = 1543\; kg$, dla jednej belki 776, okrągło 780, więc ciężar belki głównej wynosi $1471 - \frac{1543}{2} = 700\; kg/m$. Wedle Dirksena wynosi ciężar belek głównych $g_b = 540 + 27\, l = 1512$, więc dla jednej belki 756, przyjmiemy ostatecznie 760 kg/m. Na pasie górnym ciąży więc $g_1 = \frac{1}{2}\, 760\; kg = 0{,}38\; t/m$, a na dolnym $0{,}38 + 0{,}65 + 0{,}78 = + 1{,}81\; t/m$, a ciężary węzłowe są $G_1 = 0{,}38 \,.\, 3{,}6 = 1{,}368\, t = 1{,}37\, t$, $G_2 = 1{,}81 \,.\, 3{,}6 = 6{,}516 = 6{,}52\; t$.

A) Obliczenie:

Wysokości obliczymy z równ. 239) $h = 3 + 4\,(5 - 3)\,\frac{x\,(l - x)}{l^2}$, albo, jeżeli $x = ma = 3{,}6\; m$, $l = na$, $h = 3 + 8\,\frac{m\,(n - m)}{n^2} = 3 + 0{,}08\; m\,(10 - m)$.

Stąd otrzymamy:

dla $m =$ 1	2	3	4	5	
$h =$ 3,72	4,28	4,68	4,92	5,0 m	

1. Pasy. Dla ciężaru własnego otrzymamy oddziaływania $4{,}5\,(1{,}37 + 6{,}52) = 35{,}5\; t$. Moment ze względu na punkt m jest $M_g = 35{,}5\, m\; 3{,}6 + -(m - 1)\, 7{,}89\, \frac{m}{2}\, 3{,}6 = 142\, m - 14{,}2\, m^2 = 14{,}2\, m\; (10 - m)$.

Dla ciężaru ruchomego obliczono *najw M* według §. 20. Ponieważ most jest dwutorowy, to na jedną belkę wypada obciążenie pociągiem na jednym torze, przyczem dla węzła 1 stoi na węźle 2 oś, dla węzła 2 4 oś parowozu, dla węzła 3 i 4 trzecia oś drugiego parowozu. Dla węzła 5. otrzymaliśmy:

$$O_1 = \tfrac{1}{36}\,(40 \,.\, 34{,}5 + 56 \,.\, 26{,}75 + 100 \,.\, 18 + 56 \,.\, 8{,}75 + 32{,}2 = 145{,}3\; t$$
$$M = 145{,}3 \,.\, 18 - 40 \,.\, 16{,}5 - 56 \,.\, 8{,}7 - 60 \,.\, 1{,}5 = 1375\; tm.$$

Dalej mamy $\operatorname{st} \sigma = \frac{h_m - h_{m-1}}{3{,}6} = \frac{1}{3{,}6}\,(3 + 0{,}08\, m\,(10 - m) - 3 + - 0{,}08\,(m - 1)\,(10 - m + 1) = \frac{1}{0{,}9}\,(0{,}22 - 0{,}04\, m)$, $\operatorname{siecz} \sigma = \sqrt{1 + \operatorname{st}^2 \sigma}$.

Siła wewnętrzna $S = \frac{M}{h} \operatorname{siecz} \sigma$, a przekrój $F = \frac{S}{\tau}$, przyczem $\tau = 900$ wedle rozporządzenia polskiego.

Na tej podstawie obliczyliśmy następną tabliczkę:

Tabl. XXIV.

Część pasu	Siła stojąca na węźle	M_p	M_g	M_q	h	$\frac{M_q}{h}$	Siecz σ dla pasu górnego	Siła wewnętrzna S w pasie górnym	Siła wewnętrzna S w pasie dolnym	Przekrój teoretyczny F pasu górnego	Przekrój teoretyczny F pasu dolnego
		tm	tm	tm	m	t		t	t	cm^2	cm^2
A 1		0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
12 i 0 I	2	550	128	678	3,72	182,3	1,020	185,9	182,3	206,6	202,6
23 i I II	4	942	227	1169	4,28	273,1	1,012	276,3	273,1	307,0	303,5
34 i II III	3	1134	298	1432	4,68	306,0	1,006	307,8	306,0	342,0	340,0
45 i III IV	3	1273	341	1614	4,92	328,1	1,002	328,7	328,1	365,2	364,6
IV V	3	1375	355	1730	5,0	346,0	1,000	346,0	346,0	495,6	495,6

2. Przekątnie. Dla ciężaru własnego jest dla przekątni, na prawo spadających, m-tego przedziału $Q_g = 35{,}5-(m-1)\,7{,}89$, M_g obliczyliśmy już poprzednio.

Dla ciężaru ruchomego obliczamy siły poprzeczne na podstawie §. 18, przyczem stawiamy dla pierwszego przedziału drugą oś na prawym węźle, dla innych przedziałów pierwszą oś. W pierwszym wypadku jest $M = O_1\,x - P_1\,e$, a w drugim $M = O_1\,x$.

Według równ. 176) jest $Y = Q - \frac{M}{h}\,\mathrm{st}\,\sigma$, bo $\tau = 0 . h$ i st σ znamy z poprzedniego, mianowicie $h = 3 + 0{,}08\,m\,(10-m)$, $\mathrm{st}\,\sigma = \frac{1}{0{,}9}\,.$ $.(0{,}22 - 0{,}04\,m)$. Nareszcie $D = Y\,\mathrm{siecz}\,\alpha$, przyczem $\mathrm{st}\,\sigma = \frac{3{,}6}{h_{m-1}}$, $\mathrm{siecz}\,\alpha = \sqrt{1+\mathrm{st}^2\,\alpha}$.

Dla przekątni 0,1 otrzymamy $Q_p = \frac{1}{36}\,[100\,(30{,}9 + 12{,}90) + 56]$. $(21{,}65 + 3{,}65) - \frac{20 . 1{,}5}{3{,}6} = 161{,}02 - 8{,}33 = 152{,}7\,t$, dalej wedle poprzedniego $M = 550$, $h = 3{,}72$, $\mathrm{st}\,\sigma = 0{,}2$, więc $\frac{M}{h}\,\mathrm{st}\,\sigma = \frac{550}{3{,}72}\,0{,}2 = 29{,}6$; $Y_p = 152{,}7 - 29{,}6 = 123{,}1$.

Dla przekątni 12 otrzymamy $O_1 = \frac{1}{36}\,[100\,(25{,}8 + 7{,}80) + 56 \times \times 16{,}55 + 14 . 0{,}8) = 110{,}7 = Q_p . M = 119{,}7 . 7{,}2 = 848{,}9$, $h = 4{,}28$, $\mathrm{st}\,\sigma = 0{,}1555$, $\frac{M}{h}\,\mathrm{st}\,\sigma = 30{,}8$, $Y_p = 119{,}7 - 30{,}8 = 88{,}9$.

Aby otrzymać *najm* D, wyznaczmy dla ciężaru ruchomego *najw* $-D$ w ten sam sposób. Dla przekątni IV 5 stawiamy pierwsze koła na 4 i obciążamy lewą stronę belki, wtedy $O_2 = \frac{1}{36}\,(100 . 11{,}4 + + 42 . 2{,}9) = 39{,}4 = -Q$, $M = -39{,}4 . 18 = -709{,}2\,tm$, $h = 5$, $\mathrm{st}\,\sigma = 0{,}022$, więc $\frac{M}{h}\,\mathrm{st}\,\sigma = -3{,}74$, $Y_p = -39{,}4 + 3{,}74 = -35{,}7$.

Tabl. XXV.

Przekątnie	Q_p	M_p	$-\frac{M_p}{h}$ st σ	najw $(-Y_p)$	Y_g	najw $(-Y_q)$	siecz α	najw $(-D)$	Przekrój wedle Weyraucha
	t	tm	tm	t	t	t		t	cm^2
0 1	0	0	0	0	28,6	26,6	1,562	+44,7	270,9
I 2	— 3,5	—100,8	+3,7	+ 0,2	19,3	19,5	1,392	+27,1	172,7
II 3	—11,7	—126,4	+3,0	— 8,7	12,6	+ 3,9	1,307	+ 5,4	130,6
III 4	—22,0	—475,2	+6,4	—15,6	7,0	— 8,6	1,262	—10,9	107,2
IV 5	—39,4	—709,2	+3,1	—36,3	2,3	—34,0	1,239	—42,1	116,1

Tam, gdzie siła zmienia swój znak, a więc dla przekątni III 4 i IV 5 należy obliczać przekrój wedle Weyraucha, przekroje obliczone wedle rozporządzenia są za małe.

Na tej podstawie obliczyliśmy następną tabliczkę:

Tabl. XXVI.

Przekątnie	Q_p	M_p	$-\frac{M_p}{h}$ st σ	Y_p	Q_g	$-\frac{M_g}{h}$ st σ	Y_g	Najw Y_q	siecz α	Najw D	F
	t	tm	t	t	t	t	t	t		t	cm^2
0 1	152,7	550	—29,6	123,1	+35,5	—6,9	+28,6	+151,7	1,562	237,0	263,3
I 2	119,7	848,9	—30,8	88,9	+27,6	—8,3	+19,3	+108,2	1,392	150,6	167,3
II 3	93,5	1009,8	—24,0	69,5	+19,7	—7,1	+12,6	+ 82,6	1,307	107,3	119,1
III 4	69,7	1003,8	—13,5	56,2	+11,8	—4,8	+ 7,0	+ 63,2	1,262	79,8	88,7
IV 5	50,6	910,8	— 4,0	46,6	+ 3,9	—1,6	— 2,3	+ 48,9	1,239	60,6	67,3

3. **Słupy.** Chcąc wyznaczyć siłę wewnętrzną w słupach, przecinamy je ukośnie równolegle do przekątni.

Dla ciężaru własnego otrzymamy więc siłę poprzeczną dla słupa m-tego $Q_g = 35{,}5 - (m-1)\,7{,}89 - 6{,}53 . M_y$, h i st σ znamy już z poprzedniego.

Dla ciężaru ruchomego otrzymamy *najw* $(-V)$ dla m-tego słupa dla tego samego położenia pociągu, co dla przekątni $(m\ m+1$, spadającej na prawo, otrzymamy więc $V = Y = Q - \frac{M}{h}$ st σ, przyczem wartość dla Q jest ta sama, co dla przekątni $(m\ m+1)$, M jest mniejsze o 3,6 Q_p, czyli $M_p = Q_p\, m . 3{,}6$, a h i st σ te same, co dla przekątni $(m-1\ m)$.

Najw $(+V)$ otrzymamy, obciążając lewą stronę belki, dla m-tego słupa, stawiając pierwsze koło na poprzecznicy m-tej, a więc Q_p otrzymamy takie samo, jak dla przekątni $(m\ m+1)$ spadającej na prawo. Otrzymamy $M_p = Q . 3{,}6\,(10-m)$, h i st σ są te same, co dla przekątni $(m-1\ m)$.

Tabl. XXVII.

Słup		Q_v	M_p	$-\frac{M_p}{h}$ st σ	Najw Y_p	Q_g	$-\frac{M_g}{h}$ st σ	Y_g	$-Y_q=$ $=$najw $(-V)$	Q_p	M_p	$-\frac{M_p}{h}$ st σ	Najw $(-Y_p)$	Najw $(+V)$	Teoretyczny przekrój F' dla $t=900$	Teoretyczny przekrój F' wedle Weyraucha
		t	tm	t	t	t	t	t	t	t	tm	tm	t	t	cm^2	cm^2
A	0	152,7	—	—	+152,7	+36,9	0	+36,9	—189,6	—	—	—	—	—36,9	210,7	215,7
1	I	119,7	430,9	—23,2	+ 96,5	+29,0	—6,9	+22,1	—118,6	— 3,5	—113,4	+ 6,1	+ 2,6	—74,7	131,8	134,2
2	II	93,5	673,2	—24,4	+ 69,1	+21,1	—8,3	+12,8	— 81,9	—11,7	—337,0	+12,4	+ 0,7	—13,5	91,0	94,6
3	III	69,7	752,8	—17,9	+ 51,8	+13,2	—7,1	+ 6,1	— 57,9	—22,0	—308,4	+ 7,8	—14,7	+ 8,6	64,6	78,7
4	IV	50,6	725,8	— 9,8	+ 40,8	+ 5,4	—4,8	+ 0,6	— 41,4	—39,4	—851,2	+11,5	—27,9	+27,3	46,0	77,3
5	V	—	—	—	+ 12,1	—	—	+ 1,7	— 13,8	—	—	—	0	+ 1,7	15,3	16,3

Słup 5 V obliczamy osobno. Dla równowagi w węźle V mamy $2\,S \text{ wst } \sigma = G_1 + V$, więc $V = 2\,S \text{ wst } \sigma - G_1$. Zatem $V_g = 2.11{,}0 \text{ wst}\sigma - 1{,}37$, przyczem możemy przyjąć $\text{wst } \sigma = \text{st } \sigma = 0{,}022$, zatem $V_g = 3{,}1 - 1{,}4 = 1{,}7\ t$, zaś dla ciężaru ruchomego jest ciężar węzłowy górny $G_{1p} = 0$, więc $V_p = 2.275\ 0{,}022 = 12{,}1\ t$.

B. Konstrukcja (tabl. III).

1. Pasy. Dla ciężaru ruchomego wyznaczyliśmy momenty zapomocą wieloboku sznurowego. Przyjęliśmy przytem podziałkę I dla długości $\frac{1\ cm}{2\ m}$ dla sił podziałkę II $\frac{1\ cm}{25\ t}$ i odległość biegunową 200 t, zatem dla podziałki III dla momentów będzie $\frac{1\ cm}{2.200\ tm} = \frac{1\ mm}{40\ tm}$.

W tym samym wieloboku sił wykreśliliśmy dla ciężaru własnego ciężary węzłowe i na tej podstawie wielobok sznurowy, poczem dodaliśmy momenty wskutek ciężaru własnego i ruchomego.

Siły wewnętrzne w pasach wyznaczyliśmy według §. 63 *b*) (rys. 102), przyczem zamiast całej odległości biegunowej a, użyliśmy do konstrukcji tylko $\frac{1}{2}\,a$, wskutek czego musimy wyniki, otrzymane dla S, pomnożyć jeszcze przez 2. Jeżeli wykreślimy podziałkę IV, w której 1 cm przedstawia $\frac{2}{0{,}9} = 2{,}22$ razy więcej jednostek, niż podziałka II, a więc, w której $\frac{1\ cm}{25.2{,}22} = \frac{1\ cm}{55{,}5\ cm^2}$, to na niej odczytamy przekroje teoretyczne.

2. Przekątnie. Na rys. 5. wykreśliliśmy wielobok oddziaływania 0 (według §. 18 p. 3) i wyznaczyliśmy największe siły wewnętrzne *najw* D według sposobu Culmanna (§. 73 I) (rys. 131), przypuszczając, że pierwsza lub druga oś parowozu stoi na prawym węźle. Jeżeli druga oś stoi na prawym węźle, np. 1, to pierwsza oś stoi w a, więc $P' = aa_1$, $O_1 = aa_2$. Siła wewnętrzna w O 1 jest wtedy $D_1 = D_1' - D_1''$. W zwykły sposób otrzymamy $D_1' = ab$, zaś D_1'' wyznaczyliśmy na rys. 6 w poczwórnej podziałce, $ed = P'$ i kreśląc $dg // 0\,1$, $eg // 0\,1$. Więc $dg = D_1''$, a według podziałki II $D_1'' = be$. Zatem $D_1 = ab - bc = ac$. Tutaj $ac > 1\ m$ dla wypadku, gdy pierwsza oś stoi na prawym węźle, więc *najw* $D_1 = 1\ m$. Dla innych przekątni otrzymujemy zawsze *najw* D dla położenia pociągu pierwszą osią na prawym węźle. W podobny sposób wyznaczyliśmy *najw* D, stawiając pierwsze koło na lewej poprzecznicy i obciążając lewą stronę.

Dla ciężaru własnego wyznaczyliśmy D na rys. 1 sposobem Zimmermanna (§. 62, rys. 101). M_1 i M_2 mamy już wyznaczone na rys. 4 przy użyciu odległości biegunowej $a = 200\ t$. Tu potrzeba $\frac{M_2}{e}$ i $\frac{M_1}{e}$, gdzie $e = 3{,}6\ m$. Dzielenie to wykonaliśmy na rys. 3, robiąc $Ou = e = 3{,}6\ m$, odcinając na $Ou\,M$ i kreśląc równoległe do mu; odcinki na $O\,m$ przedstawiają $\frac{M}{e}$, zapomocą nich wyznaczyliśmy D_g na rys. 1.

Zmieniwszy podziałkę II w stosunku 1 : 0,9, wykreśliliśmy podziałkę V, na której $\frac{1\,cm}{25 \cdot \frac{1}{0,9}} = \frac{1\,cm}{27,8\,cm^2}$. Odczytywać możemy na niej wprost przekroje teoretyczne.

3. Słupy. Na rysunku 7 wykreśliliśmy raz jeszcze wielobok 0_1, a to dlatego, aby rys. 5 nie uczynić niewyraźnym. Siły *najw* ($-V_g$) wyznaczyliśmy tu także sposobem Culmanna. Tu jednak przecinamy belkę ukośnie, np. dla słupa 3 III w kierunku mm_1 (rys. 1). Najniekorzystniejsze obciążenie jest dla tego słupa, gdy 1 oś stoi na 4, wtedy $0_1 = 44'$ (rys. 7). Kreślimy teraz $4'\,a // A$ IV (rys. 1), a potem $ab // 3$ IV i $4'\,b // $ II III, a $ab =$ *najw* ($-V_p$) w słupie 3 III.

Chcąc wyznaczyć *najw* ($+V_p$), postępujemy podobnie, jak powyżej, kładziemy pierwsze koła na 3. i obciążamy lewą stronę belki. Siła poprzeczna jest $33''$. Kreślimy $3''\,c // B$ III, cd pionową a $3''\,d //$ II III. Siłę w słupie V 5 wyznaczamy na rys. 8 ze sił w częściach przyległych pasu.

Siły V_g wskutek ciężaru własnego wyznaczyliśmy na rys. 1 według Zimmermanna (§. 64 IV sposób).

Na rysunku 9 wyznaczyliśmy oprócz tego siły wewnętrzne, wywołane ciężarem własnym zapomocą planu sił, który wykreśliliśmy według podziałki VI $\frac{1\,cm}{5\,t}$.

XV. Belka Schwedlera.

§. 89. Określenie belki.

W belce parabolicznej pracuje każdy krzyżulec na ciągnienie i ciśnienie, przyczem obie największości są sobie równe. W belce równoległej pracują tylko niektóre krzyżulce środkowe na ciśnienie i na ciągnienie, a ich największości nie są równe. Schwedler obliczył pośredni kształt belki, dla której najmniejszość sił wewnętrznych krzyżulców jest wszędzie równa zeru, więc naprężenie krzyżulców nie zmienia znaku i zastosował go po raz pierwszy w r. 1863 przy moście na Wezerze w Corvey. W ten sposób obejdziemy się bez podwójnych przekątni, używanych czasem w belce parabolicznej i w środkowej części belki równoległej, względnie unikniemy zmiany znaku naprężenia w krzyżulcach, a zarazem *najw* siły wewnętrzne w krzyżulcach będą w pobliżu podpór mniejsze, niż w belce równoległej. A więc kształt pasów musi być taki, aby *najmn* Y dla każdego krzyżulca przy obciążeniu jednostronnem było równe zeru.