WYRAŻENIA ANALITYCZNE I TABLICE
MOMENTÓW BEZWŁADNOŚCI
i
MOMENTÓW WYTRZYMAŁOŚCI
PRZECIĘĆ KSZTAŁTU PODWÓJNEGO T

PRZEZ

Maurycego Hulewicza

Inżyniera, b. ucznia szkoły dróg i mostów w Paryżu, naczelnika wydziału budowli metalicznych przy drodze żelaznej „Grande Ceinture de Paris".

(Dokończenie.)

Wstawiając za h wartości przyjęte w poprzednich tablicach dla momentów wytrzymałości ściany pionowej i kątowników (z wyjątkiem wysokości 0,20 i 0,25, które bardzo rzadko przytrafiają się przy przecięciach z pasami poziomymi), — każde z wyrażeń tablicy XIII da nam szereg spółczynników momentów wytrzymałości zamieszczonych w tablicach XIV i XV.

Tablica XIV obejmuje rozwinięcia sześciu pierwszych wyrażeń tablicy XIII dla kolejnych wysokości różniących się pomiędzy sobą o 0,05 i zawartych w granicach od $2h = 0{,}30^m$ do $2h = 1{,}00^m$. Wysokości te są praktykowane przy budowlach zwyczajnych małych wymiarów, które się najczęściej napotykają, uważaliśmy więc za stosowne obliczyć dla tychże wysokości oprócz wyrażeń ogólnych momentów m_s odpowiadających $a = 1$, szczegółowe wartości tychże, odpowiadające czterem przypadkom szerokości a, które się nam wydały najodpowiedniejszemi dla przyjętych wysokości.

Tablica XIV. Momenty wytrzymałości pasów.

Wysokości	Szerokość pasów	Wartości liczebne m_s skoro grubość pasów c wynosi:					
$2h$	a	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
0,30	1,00	18 025	36 188	54 600	73 347		
	0,25	4 506	9 047	13 650	18 336		
	0,30	5 408	10 856	16 380	22 014		
	0,35	6 309	12 666	19 110	25 681		
	0,40	7 210	14 475	21 814	29 339		
0,35	1,00	21 022	42 164	63 527	85 191		
	0,25	5 255	10 541	15 882	21 298		
	0,30	6 307	12 649	19 058	25 557		
	0,35	7 358	14 757	22 234	29 817		
	0,40	8 409	16 866	25 411	34 076		
0,40	1,00	24 019	48 145	72 470	97 067	122 000	
	0,25	6 005	12 036	18 117	24 267	30 500	
	0,30	7 206	14 443	21 741	29 120	36 600	
	0,35	8 207	16 851	25 364	33 973	42 700	
	0,40	9 608	19 258	28 988	38 827	48 800	
0,45	1,00	27 017	54 131	81 424	108 966	136 818	
	0,25	6 754	13 533	20 356	27 241	34 204	
	0,30	8 105	16 239	24 427	32 691	41 045	
	0,35	9 456	18 946	28 498	38 139	47 886	
	0,40	10 807	21 652	32 570	43 586	54 727	
0,50	1,00	30 015	60 119	90 386	120 883	151 667	218 400
	0,25	7 504	15 030	22 596	30 221	37 917	54 600
	0,30	9 004	18 036	27 116	36 265	45 500	65 520
	0,35	10 505	21 041	31 635	42 309	53 083	76 440
	0,40	12 006	24 048	36 154	48 353	60 667	87 360
0,55	1,00	33 014	66 108	99 354	132 813	166 538	236 244
	0,30	9 904	19 832	29 806	39 844	49 961	70 773
	0,35	11 555	23 138	34 774	46 485	58 288	82 685
	0,40	13 206	26 443	39 742	53 125	66 615	94 498
	0,45	14 856	29 749	44 709	59 766	74 942	106 310
0,60	1,00	36 013	72 100	108 327	144 753	184 429	254 107
	0,30	10 804	21 630	32 498	43 426	54 429	76 232
	0,35	12 605	25 235	37 914	50 664	63 500	89 937
	0,40	14 405	28 840	43 331	57 901	72 572	101 643
	0,45	16 206	32 445	48 747	65 139	81 643	115 348
0,65	1,00	39 012	78 093	117 304	156 701	196 333	271 986
	0,30	11 704	23 428	35 191	47 010	58 900	81 596
	0,35	13 654	27 333	41 056	54 845	68 717	95 195
	0,40	15 605	31 237	46 922	62 680	78 533	108 794
	0,45	17 555	35 142	52 787	70 515	88 350	212 394

Tablica XIV. (ciąg dalszy).

Wysokości $2h$	Szerokość pasów a	Wartości liczebne m_s skoro grubość pasów wynosi:					
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
0,70	1,00	42 011	84 086	126 284	168 656	211 250	254 107
	0,30	12 643	25 226	37 885	50 597	63 375	76 232
	0,35	14 704	29 430	44 199	59 030	73 937	88 937
	0,40	16 804	33 634	50 514	67 462	84 500	101 643
	0,45	18 905	37 839	56 828	75 895	95 062	114 348
0,75	1,00	45 010	90 081	135 267	180 617	226 117	271 986
	0,30	13 503	27 024	40 580	54 185	67 853	81 596
	0,35	15 754	31 528	47 343	63 215	79 162	95 195
	0,40	18 004	36 032	54 107	72 247	90 471	108 794
	0,45	20 254	40 536	60 870	81 279	101 780	122 394
0,80	1,00	48 010	96 076	144 251	192 582	241 111	289 783
	0,30	14 403	28 823	43 275	57 775	72 233	86 935
	0,35	16 804	33 627	50 488	67 404	84 389	101 424
	0,40	19 204	38 430	57 700	77 033	96 444	115 913
	0,45	21 605	43 234	64 913	86 662	108 500	130 402
0,85	1,00	51 009	102 072	153 237	204 551	256 053	307 781
	0,30	15 303	30 622	45 971	61 365	76 816	92 334
	0,35	17 853	35 725	53 633	71 593	89 619	107 723
	0,40	20 404	40 829	61 295	81 820	102 421	123 112
	0,45	22 954	45 932	68 957	92 048	115 224	138 501
0,90	1,00	54 009	108 068	162 225	216 522	271 000	325 694
	0,30	16 203	32 420	48 667	64 957	81 300	97 708
	0,35	18 903	37 824	56 779	75 783	94 850	113 993
	0,40	21 604	43 227	64 890	86 609	108 400	130 278
	0,45	24 304	48 631	73 001	97 435	121 950	146 562
0,95	1,00	57 008	114 065	171 214	228 497	285 952	343 615
	0,30	17 102	34 219	51 364	68 549	85 786	103 084
	0,35	19 953	39 923	59 925	79 974	100 083	120 265
	0,40	22 803	45 626	68 486	91 399	114 381	137 446
	0,45	25 654	51 329	77 046	102 824	128 678	154 627
1,00	1,00	60 008	120 062	180 204	240 474	300 909	361 543
	0,30	18 002	36 019	54 061	72 142	90 273	108 463
	0,35	21 003	42 022	63 071	84 166	105 318	126 540
	0,40	24 003	48 025	72 082	96 190	120 363	144 617
	0,45	27 004	54 028	81 092	108 213	135 409	162 694

Poniższa tablica XV zawiera liczebne wartości spółczynników momentów wytrzymałości pasów poziomych w funkcyi ich szerokości a, to jest wyrażenia $\frac{m_s}{a}$. Spółczynniki te obliczyliśmy dla kolejnych wysokości $2h$ różniących się pomiędzy sobą o $0{,}10^m$ i zawartych pomiędzy $2h = 1{,}00$ i $2h = 10{,}00^m$.

Tablica XV. Momenty wytrzymałości pasów.

Wysokości $2h$	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro grubość pasów c wynosi:					
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
1,00	60 008	120 062	180 204	240 474	300 909	361 543
1,10	66 007	132 056	198 186	264 434	330 833	397 416
1,20	72 007	144 042	216 171	288 400	360 769	433 309
1,30	78 006	154 048	234 159	312 371	390 714	469 215
1,40	84 006	168 044	252 148	336 346	420 667	505 137
1,50	90 005	180 042	270 138	360 324	450 625	541 067
1,60	96 005	192 039	288 130	384 305	480 588	577 005
1,70	102 005	204 037	306 123	408 288	510 556	612 923
1,80	108 004	216 035	324 116	432 272	540 526	618 900
1,90	114 004	228 033	342 110	456 259	570 500	684 855
2,00	120 004	240 031	360 105	480 246	600 476	720 815
2,10	126 004	252 030	378 100	504 335	630 455	756 778
2,20	132 004	264 039	396 096	528 225	660 435	792 744
2,30	138 003	276 027	414 092	552 215	690 417	828 714
2,40	144 003	288 026	432 088	576 206	720 400	864 686
2,50	150 003	300 035	450 084	600 198	750 385	900 659
2.60	156 003	312 024	468 081	624 191	780 270	936 633
2,70	162 003	324 023	486 078	648 184	810 357	972 613
2,80	168 003	336 023	504 075	672 178	840 345	1 008 592
2,90	174 003	348 022	522 073	696 172	870 333	1 044 572
3,00	180 003	360 021	540 071	720 166	900 323	1 080 553
3,10	186 003	372 020	558 068	744 161	930 312	1 116 536
3,20	192 002	384 020	576 066	768 156	960 303	1 152 527
3,30	198 002	396 019	594 064	792 151	990 294	1 188 505
3,40	204 002	408 019	612 062	816 147	1 020 286	1 224 491
3,50	210 002	420 018	630 061	840 143	1 050 278	1 260 477
3,60	216 002	432 018	648 059	864 139	1 080 270	1 296 464
3,70	222 002	444 017	666 057	888 135	1 110 263	1 332 452
3,80	228 002	456 017	684 056	912 132	1 140 255	1 368 441
3,90	234 002	468 016	702 055	936 129	1 170 250	1 404 430
4,00	240 002	480 016	720 053	960 125	1 200 244	1 440 420
4,10	246 002	492 015	738 052	984 122	1 230 238	1 476 409
4,20	252 002	504 015	756 051	1 008 120	1 260 233	1 512 400
4,30	258 002	516 015	774 050	1 032 117	1 290 227	1 548 391
4,40	264 002	528 014	792 048	1 056 114	1 330 222	1 584 382

Tablica XV. (ciąg dalszy).

Wysokości $2h$	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro grubość pasów c wynosi:					
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
4,50	270 002	550 014	810 047	1 080 112	1 350 217	1 620 374
4,60	276 002	552 014	828 046	1 104 109	1 380 213	1 656 367
4,70	282 002	564 013	846 045	1 128 107	1 410 208	1 692 358
4,80	288 002	576 013	864 044	1 152 106	1 440 204	1 728 352
4,90	294 002	588 013	882 043	1 176 103	1 470 200	1 764 344
5,00	300 002	600 013	900 042	1 200 101	1 500 196	1 800 389
5,10	306 002	612 012	918 042	1 224 099	1 530 192	1 836 331
5,20	312 001	624 012	936 041	1 248 097	1 560 189	1 872 325
5,30	318 001	636 012	954 041	1 272 095	1 590 185	1 908 318
5,40	324 001	648 012	972 040	1 296 094	1 620 182	1 944 313
5,50	330 001	660 012	990 040	1 320 092	1 650 179	1 980 309
5,60	336 001	672 011	1 008 039	1 344 090	1 680 175	2 016 302
5,70	342 001	684 011	1 026 038	1 368 089	1 710 172	2 052 297
5,80	348 001	696 011	1 044 037	1 392 087	1 740 169	2 088 291
5,90	354 001	708 011	1 062 036	1 416 086	1 770 167	2 124 287
6,00	360 001	720 011	1 080 036	1 440 085	1 800 164	2 160 282
6,10	366 001	732 010	1 098 035	1 464 083	1 830 161	2 196 278
6,20	372 001	744 010	1 116 035	1 488 081	1 860 159	2 232 273
6,30	378 001	756 010	1 134 034	1 512 080	1 890 156	2 268 269
6,40	384 001	768 010	1 152 034	1 536 079	1 920 154	2 304 265
6,50	390 001	780 010	1 170 033	1 560 078	1 950 152	2 340 261
6,60	396 001	792 010	1 188 033	1 584 077	1 980 150	2 376 257
6,70	402 001	804 009	1 206 032	1 608 075	2 010 147	2 412 253
6,80	408 001	816 009	1 224 032	1 632 074	2 040 145	2 448 249
6,90	414 001	828 009	1 242 031	1 656 073	2 070 143	2 484 246
7,00	420 001	840 009	1 260 031	1 680 072	2 100 141	2 520 242
7,10	426 001	852 009	1 278 030	1 704 071	2 130 139	2 556 239
7,20	432 001	864 009	1 296 030	1 728 070	2 160 137	2 592 236
7,30	438 001	876 009	1 311 029	1 752 069	2 190 135	2 628 233
7,40	444 001	888 009	1 332 029	1 776 068	2 220 133	2 664 230
7,50	450 001	900 008	1 350 029	1 800 067	2 250 132	2 700 227
7,60	456 001	912 008	1 368 028	1 824 057	2 280 130	2 736 224
7,70	462 001	924 008	1 386 028	1 848 066	2 310 128	2 772 221
7,80	468 001	936 008	1 404 028	1 872 065	2 340 127	2 808 218
7.90	474 001	948 008	1 422 027	1 896 064	2 370 125	2 844 215
8,00	480 001	960 008	1 440 027	1 920 063	2 400 132	2 880 212
8,10	486 001	972 008	1 458 026	1 944 062	2 430 122	2 916 210
8,20	492 001	984 008	1 476 026	1 968 062	2 460 121	2 952 207
8,30	498 001	996 008	1 494 026	1 992 061	2 490 119	2 988 205
8,40	504 001	1 008 008	1 512 026	2 016 061	2 520 118	3 024 203

Tablica XV. (ciąg dalszy).

Wysokości	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro grubość pasów c wynosi:					
$2h$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
8,50	510 001	1 020 007	1 530 025	2 040 059	2 550 116	3 060 200
8,60	516 001	1 032 007	1 548 025	2 064 059	2 580 115	3 096 198
8,70	522 001	1 044 007	1 566 025	2 088 058	2 610 114	3 132 196
8,80	528 001	1 056 007	1 584 024	2 112 058	2 640 113	3 168 194
8,90	534 001	1 068 007	1 602 024	2 136 057	2 670 111	3 204 192
9,00	540 001	1 080 007	1 620 024	2 160 057	2 700 110	3 240 190
9,10	546 001	1 092 007	1 638 024	2 184 056	2 730 109	3 276 187
9,20	552 001	1 104 006	1 656 024	2 208 056	2 760 108	3 312 185
9,30	558 001	1 116 006	1 674 023	2 232 055	2 790 107	3 348 183
9,40	564 001	1 128 006	1 692 023	2 256 054	2 820 106	3 384 181
9,50	570 001	1 140 006	1 710 023	2 280 053	2 850 104	3 420 179
9,60	576 001	1 152 006	1 728 023	2 304 053	2 880 103	3 456 178
9,70	582 001	1 164 006	1 746 022	2 328 052	2 910 102	3 492 176
9,80	588 001	1 176 006	1 764 022	2 352 052	2 940 101	3 528 174
9,90	594 001	1 188 006	1 782 022	2 376 051	2 970 100	3 564 172
10,00	600 001	1 200 006	1 800 022	2 400 050	3 000 099	3 600 170

Wysokości	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro $c =$		
$2h$	0,07	0,08	0,09
2,00	841 282	961 896	1 082 676
2,10	883 225	1 009 812	1 136 558
2,20	925 172	1 057 736	1 190 450
2,30	967 124	1 105 665	1 244 351
2,40	1 009 080	1 153 600	1 298 260
2,50	1 051 040	1 201 540	1 352 176
2,60	1 093 001	1 249 484	1 406 098
2,70	1 134 966	1 297 432	1 460 024
2,80	1 176 933	1 345 383	1 513 957
2,90	1 218 903	1 393 339	1 567 893
3,00	1 260 874	1 441 296	1 621 834
3,10	1 302 847	1 489 256	1 675 778
3,20	1 344 820	1 537 220	1 729 725
3,30	1 386 797	1 585 184	1 783 675
3,40	1 428 775	1 633 150	1 837 629

Wysokości	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro $c =$		
$2h$	0,07	0,08	0,09
3,50	1 470 759	1 681 119	1 891 584
3,60	1 512 733	1 729 089	1 945 542
3,70	1 554 714	1 777 061	1 999 503
3,80	1 596 696	1 825 034	2 053 465
3,90	1 638 678	1 873 008	2 107 429
4,00	1 680 662	1 920 984	2 161 395
4,10	1 722 647	1 968 961	2 215 362
4,20	1 764 632	2 016 939	2 269 334
4,30	1 806 618	2 064 918	2 323 302
4,40	1 848 604	2 112 898	2 377 273
4,50	1 890 591	2 160 879	2 431 246
4,60	1 932 579	2 208 860	2 485 220
4,70	1 974 566	2 256 842	2 539 195
4,80	2 016 555	2 304 825	2 593 171
4,90	2 058 544	2 352 809	2 647 148

Tablica XV (ciąg dalszy).

Wysokości	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro $c =$			Wysokości	Wartości liczebne wyrażenia $\frac{m_s}{a}$ skoro $c =$		
$2h$	0,07	0,08	0,09	$2h$	0,07	0,08	0,09
5,00	2 100 533	2 400 793	2 701 126	7,50	3 150 359	3 600 535	4 050 759
5,10	2 142 523	2 448 778	2 755 104	7,60	3 192 354	3 648 525	4 104 749
5,20	2 184 514	2 496 764	2 809 084	7,70	3 234 350	3 696 516	4 158 740
5,30	2 226 505	2 544 750	2 863 064	7,80	3 276 346	3 744 512	4 212 731
5,40	2 268 495	2 592 737	2 917 045	7,90	3 318 341	3 792 508	4 266 722
5,50	2 310 486	2 640 723	2 971 027				
5,60	2 352 478	2 688 711	3 025 009	**8**,00	3 360 337	3 840 502	4 320 713
5,70	2 394 469	2 736 698	3 078 992	8,10	3 402 333	3 888 496	4 374 704
5,80	2 436 462	2 784 687	3 132 985	8,20	3 444 329	3 936 490	4 428 696
5,90	2 478 454	2 832 675	3 186 959	8,30	3 486 325	3 984 484	4 482 687
				8,40	3 528 321	4 032 478	4 536 680
6,00	2 520 447	2 880 667	3 240 943	8,50	3 570 317	4 080 472	4 590 672
6,10	2 560 440	2 928 654	3 294 928	8,60	3 612 314	4 128 467	4 644 665
6,20	2 604 433	2 976 642	3 348 914	8,70	3 654 310	4 176 462	4 498 657
6,30	2 646 426	3 024 631	3 402 900	8,80	3 696 307	4 224 457	4 752 649
6,40	2 688 419	3 072 623	3 456 886	8,90	3 738 303	4 272 452	4 806 642
6,50	2 730 413	3 120 615	3 510 873				
6,60	2 772 407	3 168 606	3 564 860	**9**,00	3 780 300	4 320 447	4 860 635
6,70	2 814 401	3 216 597	3 618 847	9,10	3 822 297	4 368 442	4 914 628
6,80	2 856 395	3 264 588	3 672 836	9,20	3 864 293	4 416 437	4 968 621
6,90	2 898 389	3 312 580	3 726 824	9,30	3 906 290	4 464 432	5 022 615
				9,40	3 948 287	4 512 428	5 076 609
7,00	2 940 384	3 360 572	3 780 812	9,50	3 990 284	4 560 424	5 130 602
7,10	2 982 379	3 408 564	3 834 800	9,60	4 032 281	4 608 420	5 184 596
7,20	3 024 374	3 456 556	3 888 790	9,70	4 074 279	4 656 416	5 238 590
7,30	3 066 369	3 504 548	3 942 779	9,80	4 116 276	4 704 411	5 292 584
7,40	3 108 364	3 552 542	3 996 769	9,90	4 158 273	4 752 407	5 346 578
				10,00	4 200 270	4 800 403	5 400 572

Przykład. Jako zastosowanie podanych przez nas tablic, obliczamy poniżej wytrzymałość belki żelaznej wchodzącej w skład mostu, zaprojektowanego dla drogi żelaznej zbudowanej o dwóch torach.

Długość belki t. j. odległość pomiędzy punktami podparcia . . . . $l = 15,60^{m}$

Obciążenie stałe p', które przypuszczamy jako jednostajnie rozłożone na całej długości belki, wynosi w liczbach okrągłych i na metr bieżący długości. . $p' = 1820^{k}$

Obciążenie przypadkowe p'', również jednostajnie rozłożone, odpowiadające otworowi $15,60^{m}$, wynosi na metr bieżący według ostatniego okólnika Ministra robót publicznych we Francyi (1877) . . . . . . $p'' = 5580^k$

Całkowite zatem obciążenie na 1 metr bieżący belki $p = p' + p''$ wynosi . . . . $= 7400$ kilogramów.

Moment zgięcia. Przypuszczając, że belka spoczywa wolno na dwóch podporach, moment zgięcia w każdym punkcie takowej wyraża się w tym razie przez:

$$M = \frac{px}{2}(l - x):$$

a maximum jego wartości odpowiada połowie otworu t. j. długości $x = \frac{l}{2}$ zatem:

$$M_{max} \frac{l^2}{8} p = 30{,}42 \times 7400 = 225\,108 \text{ kilogrametrom.}$$

Momenty wytrzymałości. Aby przeciwstawić dostateczny opór momentowi zgięcia, przyjęliśmy następujące wymiary dla poprzecznego przecięcia belki:

$e = 0{,}010^m$, $c_3 = 0{,}400^m$ dla kątowników $\frac{90 . 90}{10}$ | $a = 0{,}350^m$, $c = n\,0{,}010^m$ | $2h = 2{,}20^m$

Wychodząc z powyższych danych i stosując ogólne prawidło podane we wstępie do drugiej części tej pracy, otrzymujemy następujące wartości dla momentów wytrzymałości.

Dodając wartości zawarte w tablicach X i XII i odpowiadające przyjętym wymiarom, mieć będziemy najprzód wartości momentu wytrzymałości dla przecięcia złożonego tylko ze ściany pionowej i kątowników, a mianowicie:

dla ściany pionowej złożonej z dwóch pasów $\frac{400}{10}$ $m_a = 35\,927$

dla kątowników $\frac{90 . 90}{10}$ . . . . $m_c = 42\,798$

$M_o = 78\,725$

Mnożąc następnie przez 0,35 spółczynniki momentu m_s odpowiadające wysokości $2{,}20^m$ i dodając je do wartości otrzymanej M_o, pomnożonej poprzednio przez czynnik odpowiedni $\frac{h}{h+c}$, przychodzimy kolejno do następujących wypadków:

Dla przecięcia o jednym pasie $\frac{350}{10}$ z każdej strony ściany pionowej.

Moment ściany pionowej i kątowników $\frac{1{,}10}{1{,}11}$ $M_o = 78\,016$

„ pasa poziomego $0{,}35 \times 132\,004$ $= 46\,201$

$M_1 = 124\,217$

Dla przecięcia z dwoma pasami $\frac{350}{10}$.

Moment ściany pionowej i kątowników $\frac{1,10}{1,12}$ M_o = 77 319

„ dwóch pasów 0,35 × 264 029 = 92 410

M_2 =169 729

Dla przecięcia z trzema pasami $\frac{350}{10}$.

Moment ściany pionowej i kątowników $\frac{1,10}{1,13}$ M_o = 76 635

„ trzech pasów 0,35 × 396 096 =138 674

M_3 =215 309

Dla przecięcia z czterema pasami $\frac{350}{10}$.

Moment ściany pionowej i kątowników $\frac{1,10}{1,14}$ M_o = 75 962

„ czterech pasów 0,35 × 528 114 =184 879

M_4 =260 841

Ostatni wypadek wskazuje, że w połowie długości belki przecięcie z czterema pasami jest dostatecznem, ponieważ moment jego wytrzymałości przewyższa maximum momentu zgięcia. W przecięciu tem, żelazo tak ze względu na rozciąganie jak i na ściskanie pracować będzie z natężeniem niedochodzącem do 6 kilogr. na milimetr kwadr., a przyjętem jako granica, pozostaje więc tylko wyznaczyć długości pasów poziomych, w obec których warunkowi powyższemu stałoby się zadość i we wszystkich innych przecięciach belki.

Wyznaczenie długości pasów poziomych. Szereg powyżej podanych momentów wytrzymałości, służy do wyznaczenia długości, które przyjąć należy dla blach tworzących pasy poziome.

Długości te będą wtedy odpowiednie, gdy rzędne linii obejmującej (enveloppe), przedstawiającej momenty wytrzymałości, w każdym punkcie belki, będą równe lub też większe od rzędnych linii momentów zgięcia.

Ażeby zadość uczynić powyższemu warunkowi, wyznacza się długości cięciw λ zawartych pomiędzy dwoma punktami przecięcia się paraboli momentów z jedną z linii poziomych przedstawiających momenty wytrzymałości M; każda taka długość zwiększona o kilkanaście centymetrów z każdej strony (w celu zapewnienia dobrego przykrycia) stanowi szukaną długość pasa poziomego. Poniżej wskazujemy sposób wyznaczenia długości λ.

Kombinując równanie momentów zgięcia, z wyrażeniami linii momentów wytrzymałości, otrzymujemy w przypadku belki wolno spoczywającej na dwóch podporach, następujące równanie, z którego wyznaczamy odcięte szukanych punktów przecięcia:

$$px^2 - plx - 2M\tau = o$$

Oznaczając przez x_a i x_b pierwiastki tego równania, po rozwiązaniu i uproszczeniu, wyrażamy szukaną długość λ następującym wzorem:

$$\lambda = x_b - x_a = l\sqrt{1 - \frac{M\tau}{M_m}}$$

w którym $M\tau$ przedstawia jeden z momentów wytrzymałości a M_m maximalny moment zgięcia.

Stosując powyższy wzór do szczególnego rozbieranego przez nas przypadku, otrzymamy kolejno następujące długości:

dla 1-go pasa λ = całej długości belki

„ 2-go „ $\lambda = 15{,}60\sqrt{1 - \frac{124217}{225108}} = 10{,}436^m$

„ 3-go „ $\lambda = 15{,}60\sqrt{1 - \frac{169729}{225108}} = 7{,}738^m$

„ 4-go „ $\lambda = 15{,}60\sqrt{1 - \frac{215269}{225108}} = 3{,}244^m$

Podany przez nas sposób postępowania jest prostym i dogodnym, albowiem uwalnia od kreślenia epiuru, który często jest niedokładnym i pozwala oznaczyć długości λ z żądanem przybliżeniem; ostatnia okoliczność jest szczególnie ważną dla belek przy znacznych otworach mostu.

Podobną drogą wyznaczyć można długości pasów dla belek ciągłych; w tym przypadku równania momentów zgięcia są więcej złożone [1]), ale szczegóły rachunków pozostają prawie też same, a odnoszące się do uważanego przęsła k, równanie ogólne jakie rozwiązać, należy przedstawia się w kształcie następującym:

$$p_k x^2 - 2A_k x = 2\,(M_k \pm M\tau) = o.$$

W równaniu tem A_k oznacza natężenie siły rozcinającej (effort tranchant) na podporze k w uważanem przęśle k, M_k moment zgięcia na tejże podporze, p_k ciężar jednostajnie rozłożony na metr bieżący i pokrywający całe przęsło k. Ilości A_k i M_k wyznaczone są w przypuszczeniu, że ciężar przypadkowy, pokrywający pewną liczbę przęseł, wywołuje największe wartości momentu zgięcia w uważanym odcinku przęsła k.

Znak + poprzedzający moment $M\tau$ stosuje się do skrajnych odcinków uważanego przęsła przyległywch podporom, gdzie wartości momentu zgięcia są ujemne, znak zaś — do środkowego odcinka tegoż przęsła, gdzie wartości momentu zgięcia są dodatne.

---

[1]) Równania momentów zgięcia belek ciągłych w funkcyi otworu pierwszego przęsła i ciężarów, znajdzie czytelnik przy końcu naszej pracy ogłoszonej drukiem w tomie VII Pamiętnika Nauk ścisłych z r. 1876; równania jakie podaliśmy, stosują się do belek ciągłych, przy 3 do 8 otworach mostów.

(*Przyp. Aut*).

Wytrzymałość ściany pionowej pełnej.

W przypadku belki o ścianie pionowej pełnej jest rzeczą ważną przekonać się czy grubość e tejże ściany jest dostateczną do zrównoważenia natężenia siły podłużnego przesuwania (glissement longitudinal).

Poniższy wzór, który może być dowiedzionym wychodząc z ogólnej teoryi przesunięć, rozbieranej w mechanice stosowanej, wyraża maximalne natężenie tej siły, w płaszczyznie poziomej przechodzącej przez oś obojętną przecięcia belki; oznaczywszy przez S natężenie tej siły na jednostkę powierzchni, otrzymamy w przypadku ogólnym:

$$S = A \frac{\Omega_1 \; v_2}{e I} \leqslant 5\,000\,000^k.$$

Tablice podane w pierwszej części naszej pracy (od II do VII) ułatwiają wyznaczenie wartości drugiego wyrazu powyższego wyrażenia. ostatni wyraz oznacza granicę, której przekroczyć nie wolno, jeśli chcemy, ażeby belka znajdowała się w dobrych warunkach wytrzymałości.

Powyższy wzór wyprowadzonym został w przypuszczeniu, że przecięcie belki jest jednostajne na całej jej długości; wzór ten może dać jednak wypadki przybliżone i w tym razie, gdy grubość pasów belki jest zmienną: należy wtedy stosować wzór do tej części belki, gdzie wartość siły rozcinającej A jest największą, a do wyrażenia powierzchni Ω wprowadzić wymiary poprzeczne odpowiadające uważanej części belki.