

PODUL PESTE DUNARE
LA
C E R N A V O D A.

Proiectul redactat de serviciul liniei Fetești-Cernavoda.

Introducere.

În numărul nostru din Mai-Iunie anul trecut, am publicat memoriul asupra proiectului Podului peste Dunăre, memoriu pe care d-nu inginer-șef Anghel Saligny, șeful serviciului liniei Fetești-Cernavoda 'l prezentase Direcțiunii generale a Căilor ferate Române.

În acel memoriu se descria și discuta dispozițiunile generale ce au determinat construcțiunea podului precum : numărul deschiderilor, natura infrastructurii și a suprastructurii, sistemul de grinzi admise, intensitatea presiunii vântului, materialul, montagiul etc.

Aceste dispozițiuni dinpreună cu anteproiectul, au fost examinate și admise de o comisiune de inginer instituită în acest scop, și 'n urma acestui examen, serviciul a procedat la redactarea proiectului definitiv pe bazele deja admise.

Proiectul fiind terminat și primit de Ministerul Lucrărilor Publice, care a și fixat licitațiunea pentru ziua de 3/15 Ianuarie 1890, noi facem astăzi o dare de seamă a me-

moriului justificativ, reproducând o bună parte din el și dăm tot odată în atlasul nostru un număr de planșe și din care reese modul de construcție a acestei lucrări gigantice.

Ne vom permite ca în darea noastră de seamă, să intrăm mai în detaliu și sperăm că vom aduce un serviciu colegilor noștri, podul peste Dunăre, prezentându-le un interes deosebit, — căci, în ceea ce privește mărimea deschiderelor, el va fi plasat al doilea pe continent. ¹⁾ Sistemul de grinzi admise, până în prezent au fost puțin întrebuințate, astăzi fac epocă. De asemenea materialul suprastructurii, întrebuințarea oțelului moale în construcțiunea podurilor este cu totul nouă, astăzi chiar mulți constructori esită a-l întrebuința, cu toate că avantajele lui, pentru poduri cu deschideri mari sunt evidente. În fine adâncimele și prin urmare dificultățile fundațiilor, a montagiul etc. considerațiuni ce fac ca astăzi lucrare să fie — la noi cu deosebire — unică în felul său și prin urmare să-i dăm o deosebită importanță.

În plansa No. 1 dăm profilul în lung, planul de situație și secția geologică. așa cum s'au fixat în urma studiilor făcute de serviciul liniei Fetești-Cernavodă în campania anului 1883, admițându-se definitiv traseul în amonte de Cernavodai

Suprastructura podului.

Descripții generale. Suprastructura constă din oțel moale și este suportată de șase pile formând prin urmare cinci deschideri și anume 1 centrală de 196, ₀₀ m, 2 intermediare de 152, ₀₀ m. fie-care și două laterale fie-care de 137, ₀₀ m.

Grinzile principale în număr de două sunt de genul grinzilor continue articulate. Ele se compune din: 1) două

¹⁾ Podul de la Vaur în Franța cu deschidere de 265 m.

grinzi cu console (cantiliver) de 243,00 m. fie-care și din 3 grinzi independente de câte 96,00 m. ele sunt puțin înclinate în planul vertical.

Tălpile inferioare sunt drepte, cele superioare sunt curbe și trei ce le unește este de sistemul triangular dublu.

Depărtarea grinzilor la partea inferioară este de 9,00 m. pentru corpul central a grinzilor cu console, și de 6,00 pentru cele independente, și între 6,00 și 9,00 pe lungimea consolelor.

Grinzile principale sunt legate între ele prin o contra-ventuire transversală dispusă în planul diagonalelor comprimate și o singura contraventuire orizontală dispusă între tălpile inferioare.

Tablierul servește o singură cale, el este construit din traverse metalice și care repauseaza direct pe longerone. Grinzile transversale sunt dispuse între nodurile conrespunzătoare a grinzilor principale.

FORMA, ÎNĂLȚIMEA ȘI DISPOZIȚIA GRINZILOR PRINCIPALE.

Forma. Condițiunea impusă că pe toată lărgimea fluviului, înălțimea între apele mari și suprastructura să fie de 30,00 necesita să se aleagă o linie dreaptă pentru talpa de jos. Conturul tălpei de sus s'au determinat în vederea unui minim de material, adică înălțimile în fie-care punct să fie, pe cât posibil, proporționale momentului incovoiaitor — Cu aste condițiuni sau obținut forma reprezentată prin fig. 1, adică pentru grinda independentă o linie dreaptă jos, și o linie parabolică convexă la partea superioară, și pentru grinda cu console o linie dreaptă jos pe toată lungimea și o linie parabolică concavă în sus pentru console, și o lini eleptică concava iarăși în sus pentru partea centrală.

Înălțimea 1). Pentru grinda independente înălțimea maxima la mijloc este $1/8$ din deschidere adică :

$$\frac{1}{8} L = \frac{96}{8} = 12.{}^m{}_{00}$$

Înălțimea minimă la capăt au fost fixată în vederea posibilității așezarea unei contraventuri transversale și pentru care scop s'au admis 7.50 m.

Pentru grinzile cu console, înălțimile maxime sunt :

Pe puntele de razăm : 31.00 m. pe punctul de razăm corespunzător consolei de 50.00 m. și 24.00 m. pe punctul de razăm corespunzător consolei de 41.00, și care înălțimi corespund cu rezultatele regulelor empirice date de autorii englezi.

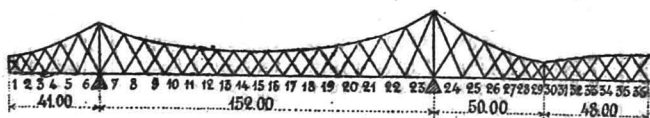
Înălțimile minime la capul consolelor sunt acele a grinzii semiparabolice, adică 7.50 m.; înălțimile intermediare rezultă din forma talpei superioare.

Păreții Grinzilor. Pereți verticali a grinzilor principale sunt constituite de două serii de diagonale, dispusă în sistem triangular.— S'au dat preferința sistemului triangular înaintea celui rectangular, atât din punctul de vedere a cantității de material, cât și din punctul de vedere estetic.— Un alt sistem de treiu mai des decât cel admis ar fi oferit acțiunii vântului suprafeți prea mari.

Inclinarea diagonalelor variază între 13° și 36°, înclinări ce rezultă din înălțimile variabile ale grinzilor, și din condițiunea impusă de estetică, de a nu se altera mult paralelismul diagonalelor, condiție care atrage după dânsa pe acea a inegalității panourilor.

În tabloul următor, explicate prin fig. 1, sunt cuprinse lungimile panourilor, lungimile și înclinările talpei superioare, precum și a diagonalelor.

Fig. 1



Lungimea panourilor lungimea și înclinarea talpei superioare și a diagonalelor

α unghiul talpei cu orizontală

σ unghiul diagonalelor cu verticală

No. de ordine a panoului	Lungimea panourilor		Talpa superioară		DIAGONALE /		DIAGONALE \	
	IN	ALTIME	lungimi	sec. α	lungimi	cosec σ	lungimi	cosec σ
	metre	metre	metre		metre		metre	
		7.50						
1	5.00	8.51	5.100	1.020	9.871	1.974	9.013	1.803
2	5.20	9.83	5.461	1.030	11.169	2.107	10.024	1.891
3	5.90	11.62	6.165	1.045	13.033	2.209	11.464	1.943
4	6.80	14.15	7.255	1.067	15.701	2.309	13.463	1.980
5	8.00	17.89	8.831	1.104	19.599	2.450	16.254	2.032
6	10.00	24.00	11.718	1.172	26.002	2.600	20.495	2.050
7	11.00	18.70	12.210	1.110	21.692	1.972	26.381	2.402
8	9.45	15.64	9.933	1.051	18.282	1.934	20.952	2.217
9	8.80	13.87	8.976	1.020	16.419	1.866	17.962	2.041
10	8.24	12.70	8.322	1.010	15.139	1.836	16.133	1.958
11	7.94	11.85	7.985	1.006	14.264	1.794	14.979	1.887
12	7.84	11.32	7.858	1.002	13.764	1.756	14.208	1.812
13	7.70	11.05	7.704	1.001	13.469	1.749	13.470	1.749
14	7.60	11.02	7.600	1.000	13.386	1.761	13.411	1.764
15	7.60	11.19	7.601	1.000	13.526	1.780	13.378	1.760
16	7.70	11.58	7.701	1.001	13.906	1.806	13.583	1.764
17	7.90	12.08	7.915	1.002	14.433	1.827	14.018	1.773
18	8.34	13.15	8.408	1.008	15.571	1.867	14.672	1.760
19	8.64	14.45	8.737	1.011	16.836	1.948	15.730	1.821
20	9.25	16.28	9.429	1.019	18.724	2.024	17.157	1.854
21	10.05	18.90	10.385	1.033	21.415	2.131	19.135	1.904
22	10.95	22.88	11.650	1.064	25.345	2.315	21.845	1.995
23	13.00	31.00	15.327	1.179	33.615	2.586	26.315	2.024
24	13.00	21.50	16.101	1.239	25.124	1.932	33.631	2.583
25	10.04	16.42	11.252	1.121	19.246	1.917	23.728	2.363
26	8.40	12.78	9.154	1.090	15.293	1.821	18.444	2.196
27	7.00	10.24	7.446	1.064	12.403	1.771	14.571	2.081
28	6.05	8.36	6.344	1.047	10.320	1.703	12.828	2.117
29	5.50	7.50	5.566	1.012	9.300	1.691	10.006	1.819
		7.48						
30	5.10	8.405	5.146	1.015	9.831	1.927	9.464	1.577
31	5.80	9.331	5.837	1.012	10.986	1.893	10.211	1.760
32	6.25	10.173	6.306	1.008	11.936	1.909	11.230	1.760
33	6.30	10.909	6.839	1.005	12.847	1.889	11.233	1.798
34	7.30	11.429	7.318	1.002	13.553	1.856	13.056	1.802
35	7.85	11.870	7.862	1.001	14.230	1.812	13.857	1.765
36	8.00	12.000	8.009	1.001	14.022	1.802	14.314	1.789

Forțe exterioare.

Forțele exterioare care acționează podul sunt 1) greutatea proprie, 2) supraîncărcarea și 3) presiunea vântului.

Greutatea proprie. În privința greutatei proprii, la podul peste Dunăre ca la or ce pod cu deschideri mari, variația pe metru curent fiind mare, nu se putea admite ipoteza obișnuită a uniformității, fără a se expune la erori sensibile, au trebuit dar ca din un ante-proiect să se determine aproximativ greutatea tuturor pieselor suprastructurii și în urmă să le repartizeze la noduri, — și cu aceste date s'au procedat la calcule definitive.

Tabloul de la pag. 494 conține greutatețile proprii care revine fie-cărui nod.

Nodurile No. 1 și 30 sunt însemnate numai greutatei ce le revine ca făcând parte din grinzile cu console, la aste greutateți este a se mai adăoga acele ce revine de la grinda semiparabolică.

Supraîncărcarea. Supraîncărcare admise cu basa de calcul este o supraîncărcare de 3500 kg. pe m. c. și uniform repartisată. Astă cifră s'a stabilit în urma unor calcule, cercetându-se supraîncărcare corespunzătoare deschiderilor, și care ar da momente și forțe forferatoare maxime, echivalente unui tren de marfă compus din 3 mașini (2 cap la cap) și restul din vagoane înainte și în urma mașinelor.

Presiunea vântului. Pentru intensitatea presiunii vântului s'au admis, după cum podul va fi încărcat sau liber 180 kg. sau 270 kg. pe m. p. ¹⁾

Lărgimele și lungimele barelor variind în mod sensibil de la panou, la panou intensității presiunii vântului variază și densa.—Pentru determinarea astor presiuni sau procedat

¹⁾ Considerațiunile care au condus la admiterea astor cifre au fost discutate în memoriu discriptiv, reprodus în Buletinul Societății din Mai-Iunie 1888 și prin urmare credem inutil a mai reveni asupra lor.

Forțe la noduri rezultând din greutatea proprie

No. Nodurilor	Noduri superioare	Noduri inferioare
	tonne	tonne
1	2.241	2.362
2	4.053	6.183
3	4.241	8.590
4	5.897	10.909
5	7.905	16.833
6	12.897	23.565
7	19.077	29.183
8	17.625	28.010
9	12.220	21.225
10	10.257	18.482
11	9.674	16.301
12	9.238	14.493
13	9.189	14.690
14	9.441	15.021
15	9.776	14.744
16	9.996	14.544
17	10.125	14.851
18	9.977	14.907
19	9.178	15.146
20	9.837	16.717
21	11.708	20.482
22	14.127	25.675
23	22.001	36.002
24	26.767	41.742
25	18.749	31.173
26	10.247	19.186
27	7.214	13.827
28	4.932	10.354
29	4.446	6.389
30	2.494	2.731
31	2.000	4.000
32	3.600	7.300
33	4.016	8.034
34	4.350	8.700
35	4.700	9.400
36	5.050	10.100
37	5.283	10.567
38	5.333	10.667

în mod analog ca pentru determinarea greutateilor propriie ce revine la fie-care nod, adică s'au calculat suprafețele solicitate de vânt și presiunile corespunzătoare pentru toate piesele ce se leagă la acelaș nod, și jumătate din suma lor, s'au luat cu presiune la acel nod.

Ca suprafețe expuse la vânt s'au considerat acele văzute în elevație, ținându-se tot-odată cont de grinda și de parapetul al doilea.

Aste din urmă suprafețe au fost introduse în întregime sau numai pe jumătate, după cum distanța între suprafețe similare, era superioară sau inferioară de 6,00 m.

Tabloul de la pg. 496 cuprinde suprafețele suprastructurii ce revin fie-cărui panou, precum și forțele corespunzătoare în cele două ipoteze.

Presiunea vântului pe suprafețele trenului au fost considerate cu forțe mobile uniform repartisate, admitându-se cu suprafața de tren, suprafața unui dreptunghi de 2,50 m. înălțime și a cărui muchie inferioară se găsește la 0,50 m. deasupra căii și cum parapetul, care este pe jumătate plin acopere acest drept-unghi pe o înălțime de 0,80 m (înălțimea parapetului fiind 1,30 m) cea ce revine a scădea din înălțimea drept-unghiului 0,40 m, așa că rămâne ca suprafața solicitată de vânt 2,10 m. p. pe m. c. sau cu presiune pe m. c. :

$$1 \times 2,10 \times 0,180 = 0,378$$

Forțe interioare.

Calcululele forțelor interioare sunt făcute grafic și analitic și considerandu-se grinzele ca static determinate. Grinda cu console are 3 bare supranumerare cea parabolică una ¹⁾, așa că pentru determinarea forțelor interioare în ambele grinzi este nevoie de aplicarea calculului deformațiunilor elastice, și care calcul, serviciul însărcinat cu redactarea proiectului îl rezerva pentru proiectul de construcție pentru care ținându-se cont tot odată și de eforturile secundare, va modifica în consecințe secțiunile barilor.

Forte provenite de actiunea vântului

No. panou- rilor	Suprafete m. p.	F O R Ţ E	
		Ipotesa de 0.180 kg. pe m. p.	Ipotesa de 0.270 kg. pe m. p.
1	21.661	3.899	5.848
2	19.941	3.589	5.384
3	23.590	4.246	6.369
4	28.191	5.074	7.611
5	34.693	6.244	9.367
6	63.331	11.399	17.999
7	77.316	13.917	20.875
8	49.838	8.971	13.456
9	47.116	8.481	12.721
10	41.142	7.405	11.108
11	37.480	6.746	10.120
12	35.646	6.416	9.624
13	31.536	5.676	8.515
14	32.350	5.823	8.734
15	32.350	5.823	8.734
16	33.320	5.997	8.996
17	35.065	6.311	9.466
18	37.208	6.697	10.046
19	40.500	7.290	10.935
20	45.215	8.138	11.398
21	48.726	8.770	13.156
22	59.197	10.655	15.948
23	111.562	20.081	30.121
24	90.268	16.248	24.372
25	44.719	8.049	12.074
26	35.185	6.333	9.499
27	27.492	4.948	7.422
28	21.841	3.931	5.897
29	24.262	4.367	6.550
30	18.140	3.265	4.898
31	16.530	2.975	4.643
32	18.050	3.249	4.873
33	19.400	3.492	5.238
34	20.720	3.730	5.594
35	21.230	3.821	5.752
36	21.310	3.835	5.754
37	21.340	3.841	5.762

Indicăm în rezumat metoda urmată în calculul analitic.

Forțe interioare în tălpi. Talpa inferioară este sollicitată de forțe interioare provenite din greutatea proprie, din supraîncărcare și din presiunea vântului. Talpa superioară nu este sollicitată în mod direct de cât de forțe interioare provenite din greutatea proprie și din supraîncărcare. Contraventuirea în dreptul tălpei superioare lipsind, vântul nu acționează astă talpă de cât într'un mod indirect, adică prin forță interioară ce rezultă din tendința ce are vântul se restoarne grinda.

Eforturile în tălpi din greutatea proprie s'au determinat cu ajutorul relațiunilor cunoscute :

$$S = 1/2 \left(\frac{M_{n-1}}{h_{n-1}} + \frac{M_n}{h_n} \right)$$

pentru talpa inferioară și cu formula

$$S_1 = 1/2 \left(\frac{M_{n-1}}{h_{n-1}} + \frac{M_n}{h_n} \right) \sec \alpha$$

pentru talpa superioară, și în care formele se înseamnă prin M_{n-1} și M_n momentele la extremitățile panoului corespunzător tălpei în cestiune, h_{n-1} și h_n înălțimile grindei în panoul considerat și α unghiul ce semela superioară face cu orizontala.

Eforturile provenite din supraîncărcare s'au determinat de asemenea cu ajutorul formulilor de mai sus în care s'au introdus pentru momente, valorile maxime corespunzătoare încărcărilor pozitive și negative, reprezentată prin fig. 2 și 3, încărcare din fig. 2 dând momentele pozitive maxime și care influențează numai partea centrală a grindei cu console căutând se încovoiaie grinda în jos. fig. 3 reprezintă încărcare pentru momentele maxime negative care are influența atât asupra consolelor cât și asupra corpului central a grindei și căutând se o încovoiaie în sus.

¹⁾ Numărul barelor supranumerare fiind date de relațiunea :

$$n = b - 2p + 3$$

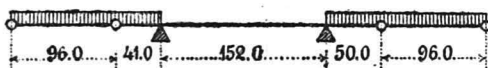
b fiind numărul barilor grinzii p pe acel al nodurilor.

Cât privește grinda semiparabolică s'au considerat după cum și în realitate este, ca o grindă ce reparașază pe două punte de razăm.

Fig. 2



Fig. 3



Forțe interioare provenite din acțiunea vântului. În talpa inferioară forțele interioare provenite din vânt sunt datorite la două genuri de solicitari. O solicitare directă și care se manifestă prin tendința de a încovoia grinda în sens orizontal, și din o solicitare indirectă, provenite din acțiunea vântului la partea superioară a podului și care se manifestă prin tendința de a resturna grinda.

Solicitare directă. Calculul forțelor interioare datorite acestui gen de solicitare au fost făcute în condițiunile următoare :

a) Tălpile inferioare au fost considerate cu tălpile unei grinzi a cărui părete ar fi format de barele contraventurii orizontale și de grinzile transversale.

b) Forțele exterioare ce solicita astă grindă sunt presiunea vântului pe suprafețele suprastructurii și pe suprafețele mobile ale trenului considerate ca uniform repartisate.

c) Direcțiunea vântului putând se varieze din un sens la cel-alt diametralmente opus, tălpile vor fi acționate când la compresiune, când la tensiune.

Forțe interioare ce rezultă din acțiunea vântului, au fost

calculate în acelaș mod ca și cele ce rezultă din greutate proprie saă din supra-încărcare, adică cu relațiune $S = \frac{M}{h}$ pentru partea centrală a grindei cu console și pentru grinda independentă și $S = \frac{M}{h}$ Sec. α ., pentru console.

În aste formule se înțelege prin M momentul în raport cu punctul de întoarcere a tălpei (contraventuirea orizontală după cum se va vedea este construită nu mai pentru rezistentă la tensiune, așa că rămâne de considerat numai un singur moment pentru fie-care talpă și panou),

h. Înălțimea grindei corăspunzătoare punctului de întoarcere, α unghiul tălpei cu axa podului.

Solicitare indirectă. Solicitarea indirectă rezultă din tendința vântului a răsturna grinda și trenul.

Forțele ce provin din asta solicitare sunt :

1) Cuplul vertical care se desvelește în pereții grindi și care neutralizează presiunea vântului pe nodurile superioare.

2) Presiunile suplimentare pe care acțiunea vântului pe tren produce în grinda a doua și care presiuni s'au determinat prin egalarea momentului de răsturnare cu acel al reacțiunilor ce se produc la extremitățile grinziilor transversale.

Forțele interioare în tălpi ce s'au obținut cu datele și cu metodele de mai sus, sunt înscrise în următoarele două tablouri. (pagina 500—504).

CALCULUL ȘI CONSTRUCȚIUNEA TALPILOR

Din tablourile precedente reese că tălpile sunt acționate de forțe interioare ce variază pentru talpa superioară a grindei cu console între 57 și 659 tone, și 73 și 373 pentru cea semiparabolică și pentru talpa inferioară între 108 și 989 tone pentru grinda cu console și 88 și 5818 t. pentru grinda semiparabolică.

Pentru tălpile unei grinzi care sunt solitate de forțe in-

Tabloul general a forțelor

No. panoului	Forțe interioare din greutatea proprie		Forțe interioare din supra-încărcare		Soma forțelor interioare provenite din greutatea proprie și din supra-încărcare	
	Com- presiune	Ten- siune	Com- presiune	Ten- siune	Com- presiune	Ten- siune
	tone	tone	tone	tone	tone	tone
1	—	30.1	—	26.6	—	56.7
2	—	87.6	—	77.1	—	164.7
3	—	139.8	—	122.5	—	262.3
4	—	188.2	—	163.4	—	351.6
5	—	234.1	—	200.0	—	434.1
6	—	282.6	—	233.1	—	515.7
7	—	248.2	40.3	265.3	207.9	513.5
8	—	164.0	117.2	315.4	46.8	479.4
9	—	81.3	192.3	357.9	111.0	439.2
10	—	2.5	263.7	399.2	261.2	401.7
11	68.3	—	328.3	436.4	396.6	368.1
12	128.3	—	382.5	466.8	510.8	338.5
13	173.5	—	422.9	489.5	596.4	316.0
14	199.8	—	446.9	502.5	646.7	302.7
15	205.8	—	452.9	505.8	658.7	300.0
16	191.6	—	442.1	500.5	633.7	308.9
17	159.3	—	416.5	488.6	575.8	329.3
18	109.6	—	375.7	467.6	485.3	358.2
19	45.9	—	318.7	435.1	364.6	389.2
20	—	26.4	255.0	407.3	228.6	433.7
21	—	102.7	184.7	360.6	82.0	463.3
22	—	183.6	112.3	319.0	71.3	502.6
23	—	277.4	40.8	282.8	236.6	560.2
24	—	211.7	—	251.8	—	563.5
25	—	250.4	—	211.3	—	461.7
26	—	203.3	—	175.6	—	378.9
27	—	152.2	—	134.0	—	286.2
28	—	98.1	—	86.2	—	184.3
29	—	33.6	—	29.6	—	63.2
30	38.4	—	33.9	—	72.3	—
31	86.5	—	75.7	—	162.2	—
32	123.6	—	108.1	—	231.7	—
33	151.1	—	132.3	—	283.4	—
34	171.5	—	150.0	—	321.5	—
35	184.6	—	161.5	—	346.1	—
36	190.6	—	166.8	—	357.4	—

interioare în talpa superioară

Forțe interioare provenite din acțiunea vântului		Totalul forțelor interioare		Forțe de consi- derat în calculul secțiunelor	
Com- presiune	Tensiune	Com- presiune	Tensiune	Com- presiune	Tensiune
tone	tone	tone	tone	tone	tone
—	8.9	—	65.6	—	56.7
—	25.9	—	190.6	—	164.7
—	41.7	—	304.0	—	262.3
—	56.3	—	407.9	—	351.6
—	70.1	—	504.2	—	434.1
—	84.8	—	600.5	—	515.7
—	76.5	131.4	590.0	—	513.5
—	55.7	8.9	535.1	—	479.4
—	36.6	74.4	475.8	—	438.2
—	18.8	242.4	420.5	—	401.6
—	2.4	394.2	370.5	396.6	—
10.4	—	521.2	328.1	510.8	—
19.2	—	615.6	296.8	596.4	—
24.9	—	671.6	277.8	646.7	—
26.3	—	685.0	273.7	658.7	—
24.4	—	658.1	284.5	633.7	—
17.9	—	593.7	311.4	575.8	—
7.1	—	492.4	351.1	485.3	—
—	5.6	359.0	394.8	—	389.2
—	21.7	206.9	455.4	—	433.7
—	40.8	41.2	504.1	—	463.3
—	60.0	11.3	562.6	—	502.6
—	84.5	152.1	644.7	—	560.2
—	93.8	—	657.3	—	563.5
—	74.6	—	536.3	—	461.7
—	60.6	—	439.5	—	378.9
—	45.7	—	331.9	—	286.2
—	29.1	—	213.4	—	184.3
—	9.8	—	73.0	—	63.2
8.4	—	80.7	—	72.3	—
22.4	—	184.6	—	162.2	—
33.8	—	265.5	—	231.7	—
40.0	—	323.4	—	283.4	—
44.2	—	365.7	—	321.5	—
47.8	—	393.9	—	346.1	—
48.2	—	405.6	—	357.4	—

Tabloul general a forțelor

No. ponoului	Forțe interioare din greutatea proprie		Forțe interioare din supra-încărcare		Suma forțelor interioare provenite din greutatea proprie și din supra-încărcare	
	Com-presiune	Ten-siune	Com-presiune	Ten-siune	Com-presiune	Ten-siune
	tone	tone	tone	tone	tone	tone
1	29.6	—	26.1	—	55.7	—
2	85.2	—	74.9	—	160.1	—
3	133.8	—	117.2	—	251.0	—
4	176.4	—	153.1	—	329.5	—
5	212.1	—	181.2	—	393.3	—
6	241.1	—	198.9	—	440.0	—
7	223.6	—	239.0	36.3	462.6	187.3
8	156.0	—	300.1	111.5	456.1	44.5
9	79.7	—	350.9	188.5	430.6	108.8
10	2.5	—	395.2	261.1	397.7	258.6
11	—	67.9	433.8	326.3	365.9	394.2
12	—	128.0	465.9	381.7	337.9	509.7
13	—	173.3	489.0	422.5	315.7	595.8
14	—	199.8	502.5	446.9	302.7	646.7
15	—	205.8	505.8	452.9	300.0	658.7
16	—	191.5	500.0	441.7	308.5	633.2
17	—	159.0	487.6	415.7	328.7	574.7
18	—	108.7	464.1	372.7	355.4	481.4
19	—	45.4	430.4	315.2	385.0	360.6
20	25.9	—	399.7	250.2	425.6	224.3
21	99.4	—	349.0	178.8	448.4	79.4
22	172.6	—	299.8	105.5	472.4	67.1
23	235.3	—	239.9	34.6	475.8	200.1
24	231.6	—	203.2	—	454.8	—
25	223.4	—	188.5	—	411.9	—
26	186.5	—	161.1	—	347.6	—
27	143.0	—	125.9	—	268.9	—
28	93.7	—	82.3	—	176.0	—
29	33.2	—	29.2	—	62.4	—
30	—	37.8	—	33.4	—	71.2
31	—	85.4	—	74.7	—	160.1
32	—	122.4	—	107.1	—	229.5
33	—	150.2	—	131.5	—	281.7
34	—	171.2	—	149.6	—	320.8
35	—	184.3	—	162.2	—	345.5
36	—	190.3	—	166.6	—	356.9

interioare în talpa inferioara

Forțe interioare provenite din acțiunea vântului		Totalul forțelor interioare		Forțe interioare de considerat în calcul secțiunelor	
Com- presiune	Tensiune	Com- presiune	Tensiune	Com- presiune	Tensiune
tone	tone	tone	tone	tone	tone
52.5	—	108.2	—	108.2	—
114.7	—	274.8	—	274.8	—
180.1	—	431.1	—	431.1	—
250.5	—	580.0	—	580.0	—
328.0	—	721.3	—	721.3	—
422.9	—	862.9	—	862.9	—
406.6	—	869.2	219.2	869.2	—
323.4	—	779.5	278.9	779.5	—
257.7	—	689.3	149.9	689.3	—
206.4	—	604.1	52.2	604.1	—
165.0	145.1	530.9	539.3	—	539.3
—	142.0	195.9	651.7	—	651.7
—	143.4	172.3	739.2	—	739.2
—	147.7	155.0	794.4	—	794.4
—	149.1	150.9	807.8	—	807.8
—	147.8	160.7	781.0	—	781.0
—	148.5	180.1	723.2	—	723.2
—	150.9	204.5	632.3	—	632.3
196.5	—	581.5	164.1	581.5	—
245.8	—	671.4	21.5	671.4	—
314.1	—	762.5	234.7	762.5	—
404.1	—	876.5	337.0	876.5	—
513.5	—	988.7	312.8	988.7	—
532.9	—	987.7	—	987.7	—
397.5	—	809.4	—	809.4	—
301.1	—	648.6	—	648.7	—
207.1	—	476.0	—	476.0	—
129.8	—	305.8	—	305.8	—
57.8	—	120.2	—	120.2	—
—	16.5	—	87.7	—	87.7
—	62.7	—	223.0	—	223.0
—	108.0	—	337.5	—	337.5
—	147.8	—	429.5	—	429.5
—	182.1	—	502.9	—	502.9
—	207.4	—	553.9	—	553.9
—	223.8	—	580.7	—	580.7

terioare atât de mari și atât de variabile, secțiunea în dublu T este fără îndoială cea care corespunde mai bine.

În adevărastă secțiune este capabilă de o mare suprafață, variațiunile de la un panou la altul se pot face cu ușurință, posedă o mare rezistență la flambagiu, și cu densa se poate ușor lega diagonalele și cele-lante construcțiuni transversale.

Această secțiune s'aă compus din două inimi legate prin patru corniere de un număr variabil de lamele.

Pentru a micșora pe cât posibil presiunea vântului, înălțimea care s'au dat inimilor au fost cea cerută de rezistență la flambagiu a tălpilor, rămâind ca legătura diagonalelor cu tăpile să se facă prin ajutorul plăcilor de îmbinare și care înlocuesc inimile la fiecare nod, (vezi planșa 3, 4 și 5).

Pentru aste considerați s'au admis în grinda cu console pentru talpa superioară două inimi de 600 mm. înălțime și de 15 mm. grosime și pentru cea inferioară două inimi de 700 mm. înălțime și 20 mm. grosime, distanța între dênsele fiind de 800 mm. și în grinda semiparabolică pentru talpa de sus două inimi de 400 mm. înălțime și 12 mm. grosime și pentru cea de jos două inimi de 500 mm. înălțime și 12 grosime, distanța între ele fiind 570 mm.

Cornierele ce leagă inimile de lamela sunt de profilul $100 \times 100 \times 15$ pentru tăpile grindei cu console și pentru talpa de jos a grindei semiparabolice și de profilul $95 \times 95 \times 15$ pentru talpa de sus a acestei din urmă grinzi.

Lărgimea lamelor este pentru grinda cu console în talpa de sus 1100 mm. și pentru cea de jos 1360 mm. eară pentru cea semiparabolică de 790 mm. în talpa de sus și 1114 mm. în cea de jos.

Grosimea lamelor variază între 7 și 16 mm.

În vederea regulilor unei bune nituirii s'au admis că grosimea plăcilor de nituit să nu întrecă de :

$$2,5 d = 2,5 + 25 = 62,5 \text{ mm.}$$

d însemnând diametrul niturilor și care pentru tălpi este de 25 mm.

Figurele 4 și 5 reprezintă tipurile de secțiuni a tălpei de jos și a celei de sus pentru grinda cu console, acela a grindei semiparabolice fiind identice, numai cu reducțiunea dimensiunilor.

Fig. 4

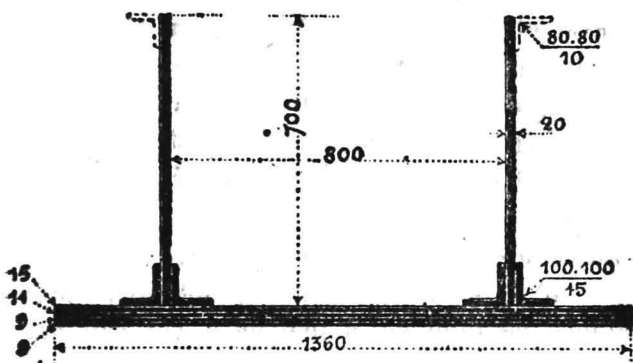
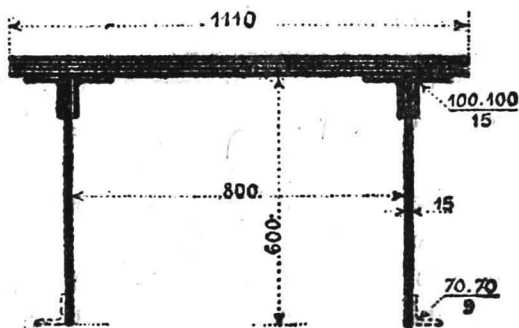


Fig. 5



Metoda care s'au urmat în determinarea secțiunilor din fiecare panou este următoarea :

Secțiunea tălpei inferioare. Se considerăm forța interioară ce lucrează în talpa de jos în panoul 24, acea forță se compune din :

- 1) Forța provenită din greutate proprie . . . —251¹,6
- 2) Forța provenită din supraîncărcare. . . . —203¹,2
- 3) Forța provenită din acțiunea vântului. . . —532¹,9

Forța interioară care trebuie considerată în calculul secțiunii va fi totalul astor trei, adică 987¹,7.

Resistența admisă pe Cm. p. a fost de 1',000 pentru încărcările verticale și de 1',200 pentru forțele provenite din încărcările verticale și din presiunea vântului ¹⁾. Cu alte cuvinte s'au admis că, în caz când o bară va fi solicitată de forțe provenite din încărcări verticale și din presiunea vântului, secțiunea ce trebuie dată barei să fie ast-fel în cât se satisfac forței provenite din încărcările verticale cu o lucrare de 1',000 pe Cm. p., și cu o lucrare de 1',200 pe Cm. p., pentru efortul total.

Resultă că în calcul secțiunilor, lucrarea de 1',000 sau 1',200 pe cm. p., va fi după cum forța interioară provenită din acțiunea vântului va fi mai mică sau mai mare de cât $\frac{1}{5}$ din suma forțelor provenite din încărcările verticale.

Referindu-ne la exemplul nostru, secțiunea utilă ce trebuie să aibă talpa inferioară a panoului 24, în urma celor zise

mai sus este : $\frac{987,7}{1,2} = 824$ cm. p.

Această secțiune s'au compus din :

2 inimi de $700 \times 20 = 280$ cm. p.

4 corniere $100 \times 100 \times 15 = 111$ " "

Total 391

Scăzându-se secțiunea găurilor de nituri egală cu 60 cm. p. se obține ca secțiunii netă 331 cm. p.

Rămâne de acoperit încă 493 cm. p. Lărgimea brută a lamelor tălpei inferioare este după cum s'au zis 1360 mm. scăzându-se șase găuri de nit de 25 mm. diametru rămâne lărgime efectivă 121 cm., ast-fel ca grosimea totală a lamelor va fi de 40,8 mm., grosime cari s'au compus din :

¹⁾ Memoriu asupra proiectului podului peste Dunăre. Buletinul societății Politecnice din Mai și Iunie 1888.

1 lamelă de 15 mm. grosime

1 » » 12 » »

1 » » 11 » »

1 » » 9 » »

Ast-fel că secțiunea brută este 1030, 2 cm. p. și secțiunea utilă 899,7 cm. p. ceea ce corespunde la o lucrare de 1'099 pe cm. p.

Greutatea reală pe m. c. a tălpei în ast panou se obține, adăogând către greutatea secțiunii determinată pe aceea a două corniere de $80 \times 80 \times 10$, care tivesc marginile superioare a inimilor, corniere care n'au fost contate în calcul de mai sus a secțiunii, greutatețile capetelor de nituri etc. ceea ce dă 850 kg. pe m. c.

Momentul maxim produs de această greutate în ponul de 13,00 este :

$$M=1795 \text{ 625 kg. cm.}$$

Centrul de greutate a secțiunii fiind la 62 cm. de la marginea superioară a inimei și momentul de inerție fiind 445 452 cm^4 se obține în fibra cea mai îndepărtată a secțiunii ca lucrare provenită din încovoicare :

$$R = \frac{Mv}{I} = 249 \text{ kg. pe cm. p.}$$

În secțiunea din mijlocul ponoului în cestiune, lucrarea pe cm. p. ce rezultă din greutatea proprie, din supra-încărcare și din vânt, se obține dacă către secțiunea de mai sus se va adăoga și secțiunea celor două corniere de $80 \times 80 \times 10$, ceea ce dă ca secțiune totală :

$$899,7 + 30 + 929,7 \text{ cm. p.}$$

și o lucrare a metalului de :

$$1062 \text{ kg. pe cm}^4.$$

Către aceasta mai adăogând pe acea produsă de încovoicare, avem ca lucrare totală în secțiunea din mijlocul panoului :

$$1062 + 249 = 1311 \text{ kg. pe cm}^2.$$

Lucrare care s'au redus la 1200 kg. pe cm^2 prin aplicarea peste cornierele de $80 \times 80 \times 10$ a unor lamele de

15 mm. grosime și unei alte lamele de 11 mm. grosime de desubtul celor 4 deja existente, obțininduse ast-fel o secțiune definitivă de 1087,8 cm².

Aceasta este metoda care s'au urmat în determinarea secțiunilor tălpilor acăror secțiuni tip le represantă figurele 4 și 5.

CALCULUL SI CONSTRUCTIUNEA TREIULUI

a) *Diagonale*

FORTE INTERIOARE PROVENITE DIN GREUTATEA PROPRIE

Forțele provenite din greutatea proprie au fost calculate cu formula cunoscută :

$$P = 1/2 \left(\frac{M_n}{h_n} - \frac{M_{n-1}}{h_{n-1}} \right) \operatorname{cosec} \sigma$$

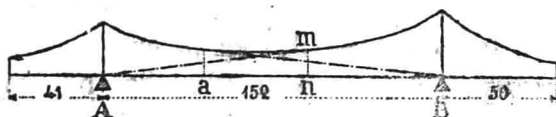
Formula în care însemna : P forță interioară în diagonală, M_n și M_{n-1} momentele la extrămitățile diagonalei, σ unghiul ce face diagonala cu verticala.

Forțe interioare provenite din supra-încărcare. Forțele interioare din supra-încărcare în diagonalele grinzei cu console se obține încărcând grinda în modul următor :

1) *Partea centrală AB a grinzei cu console.* În astă parte puntele de contact a tangentelor duse din puntele A și B (fig. 6) la curba reprezentată prin talpa superioară, devide porțiunea A B în trei segmente : A a, a b și b B și pentru care trebuie încărcat diferit pentru a se obține forțe interioare maxime.

În porțiunile Aa și bB se obține forțe interioare maxime positive când se încarcă întreaga parte centrală lăsând consolele libere.

Fig. 6



Iar forțe interioare maxime, negative, când numai consolele sunt încărcate total iar partea centrală este liberă. Ambele genuri de încărcări sunt indicate prin figurile 7 și 8.

Fig. 7

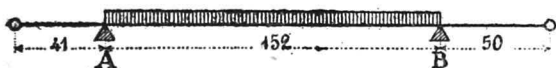
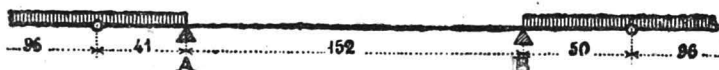
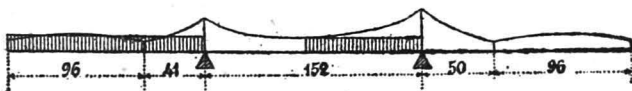


Fig. 8



În porțiunea a b se obține forțe interioare maxime pozitive, încărcând porțiunea A B cu începere de la punctul așa zis de încărcare a panoului corespunzător până la punctul de razam din dreapta și deschiderea totală din stânga după cum se indică în figura 9.

Fig. 9



Forțele interioare maxime negative se obțin prin încărcare complementară celei de sus și dată prin fig. 10.

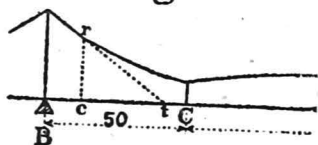
Fig. 10



2) *In console.* Intru cât punctul de întoarcere a unei dia-

gonale se găsește în afară de consola, se va obține un singur gen de încărcare și anume, întreaga grindă independentă dinpreună cu porțiunea consolei până la secțiune (mijlocul panoului) trebuie încărcate. Or ce încărcare la dreapta secțiunii nu are nici un efect asupra diagonalei considerate.

Fig. 11



Pentru panourile pentru care punctul de întoarcere a diagonalei se găsește în interiorul consolei — după cum se indică în figura 11, se va obține două genuri de încărcare și anume:

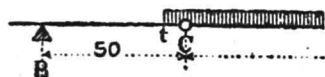
Incărcând grinda independentă complet și consola numai până la punctul de întoarcere, se va obține forțe interioare maximă pozitivă pentru o diagonală și maximă negativă pentru cea-laltă diagonală, din panoul considerat —

Fig. 12



pe când încărcarea de la punctul de întoarcere și până la secțiune va da forțele interioare maxime complementare celor dintâi; figurele 12 și 13 indică genul de încărcare pentru panourile ce aparțin casului al 2-lea.

Fig. 13



Forțele interioare în fie-care diagonală au fost calculate cu formula

$$P = \frac{1}{2} \left(\frac{M n}{h n} - \frac{M n - 1}{h n - 1} \right) \operatorname{cosec} \sigma$$

Formula în care sunt a se da fie-cărui termen aceleaș denominațiuni ca și pentru cazul greutatei proprie.

Forțe interioare produse de vânt. Vântul acționează diagonală prin ceea-ce s'au numit mai sus solicitarea in-

directă — și care s'au calculat separat pentru presiunile vântului pe grindă și pentru presiunile vântului pe suprafețele mobile, și cu aceleași metode indicate la calcul forțelor din greutatea proprie și din supra-încărcare.

Forțele provenite din fie-care gen de încărcare precum și însumarea lor sunt date în următoarele două tablouri.

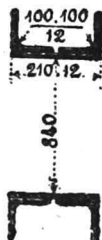
Acelea ale diagonalelor grinzei semiparabolice sunt deduse din încărcările ce dau maximele pozitive și maximele negative pentru fie-care panou.

Construcțiunea diagonalelor.—Secțiunile diagonalelor au fost compuse din două lamele și din patru corniere, figurile 14 și 15 indică tipurile de secțiuni admise.

Fig. 14



Fig. 15



Pentru diagonale întinse cornierele sunt dispuse pe fețele interioare a lamelelor (fig. 14), pentru cele comprimate pe fețele exterioare (fig. 15), așa că diagonalele întinse sunt prinse la fețele interioare ale inimilor tălpilor, pe când cele comprimate la fețele exterioare—construcție motivată prin dispunerea contraventurii transversale și care trebuia pusă în planul diagonalelor comprimate.

Se indicăm metoda care a fost urmată în stabilirea secțiunilor diagonalelor.

Diagonale comprimate. Secțiunea acestor diagonale a fost determinate, avându-se în vedere atât rezistența la compresiune cât și cea la flambagiu.

La diagonale și pentru care forțele interioare provenite din vânt sunt mai mici de cât $\frac{1}{5}$ din forțele provenite din în-

Tabloul general a forțelor

a) **Diag**

No. panourilor	Forțe interioare din greutatea proprie		Forțe interioare din supraincercare		Suma forțelor interioare din greutatea proprie și din supraincercare	
	Compre-siune	Ten-siune	Compre-siune	Tensiune	Compre-siune	Tensiune
	tone	tone	tone	tone	tone	tonc
1	—	58.3	—	51.6	—	109.9
2	—	54.6	—	47.6	—	102.2
3	—	50.5	—	44.5	—	95.0
4	—	45.6	—	37.4	—	83.0
5	—	39.0	—	29.2	—	68.2
6	—	34.9	2.7	20.0	32.2	54.9
7	61.4	—	71.5	67.6	132.9	6.2
8	70.5	—	75.4	51.9	145.9	18.6
9	74.3	—	70.9	44.7	145.2	29.6
10	68.8	—	63.6	37.5	132.4	31.3
11	59.3	—	58.3	33.5	117.6	25.8
12	47.4	—	53.4	35.1	100.8	12.3
13	32.2	—	51.7	37.2	83.9	5.0
14	14.3	—	47.3	39.9	61.6	25.6
15	—	3.8	41.0	43.6	37.2	47.4
16	—	21.9	38.4	49.5	16.5	71.4
17	—	37.4	33.7	52.5	3.7	89.9
18	—	55.6	31.5	54.4	24.1	110.0
19	—	65.3	33.6	59.3	31.7	124.6
20	—	74.3	39.9	70.0	34.4	144.3
21	—	80.5	49.5	78.5	31.0	159.0
22	—	81.9	60.2	84.4	21.7	166.3
23	—	70.7	86.5	89.4	15.8	160.1
24	21.3	—	16.4	12.8	37.7	8.5
25	33.1	—	22.6	—	55.7	—
26	35.6	—	28.3	—	63.9	—
27	40.7	—	34.9	—	75.6	—
28	46.3	—	40.6	—	86.9	—
29	56.2	—	49.4	—	105.6	—
30	49.7	—	43.5	—	93.2	—
31	40.00	—	35.6	—	75.6	—
32	30.70	—	28.5	—	59.2	—
33	22.20	—	23.3	—	45.5	—
34	16.3	—	19.7	—	36.0	—
35	8.3	—	15.5	—	23.8	—
36	3.0	—	12.9	—	15.9	—

interioare in Diagonale

onale /

Forțe interioare provenite din acțiunea vântului		Totalul forțelor interioare		Forțe interioare de considerat in cal- culul secțiunilor	
Compre- siune	Tensiune	Compre- siune	Tensiune	Compre- siune	Tensiune
tone	tone	tone	tone	tone	tone
—	17.7	—	127.6	—	109.9
—	16.4	—	118.6	—	102.2
—	15.3	—	110.3	—	95.0
—	13.7	—	96.7	—	83.0
—	11.5	—	79.7	—	68.2
—	10.9	21.3	65.8	—	54.9
5.4	—	138.3	0.8	132.9	—
15.8	—	161.7	2.8	145.9	—
15.9	—	161.1	13.7	145.2	—
15.1	—	147.5	16.2	132.4	—
14.2	—	131.8	11.6	117.6	—
8.6	—	109.4	3.7	100.8	—
6.9	—	90.8	1.9	83.9	—
3.0	—	64.6	22.6	21.6	—
—	0.4	36.8	47.8	—	47.4
—	3.1	13.4	74.5	—	71.4
—	8.7	5.0	98.6	—	89.9
—	11.3	12.8	121.3	—	100.0
—	14.3	17.4	138.9	—	124.6
—	17.1	17.3	161.4	—	144.3
—	19.3	11.7	178.3	—	159.0
—	18.1	3.6	184.4	—	166.3
—	19.5	3.7	179.6	—	160.1
6.9	—	44.6	1.6	37.7	—
10.5	—	66.2	—	55.7	—
10.2	—	74.1	—	63.9	—
12.4	—	88.0	—	75.6	—
14.0	—	100.9	—	86.9	—
16.5	—	122.1	—	105.6	—
13.1	—	106.3	—	93.2	—
10.6	—	86.1	—	75.6	—
8.2	—	67.3	—	59.2	—
6.1	—	51.6	—	45.5	—
4.7	—	40.7	—	36.0	—
3.1	—	26.9	—	23.8	—
2.3	—	18.3	—	15.9	—

Tabloul general a forțelor

b) **Diag**

No. panourilor	Forțe interioare din greutatea proprie		Forțe interioare din supraîncărcare		Suma forțelor interioare din greutatea proprie și din supraîncărcare	
	Compre-siune	Ten-siune	Compre-siune	Tensiune	Compre-siune	Tensiune
	tone	tone	tone	tone	tone	tone
1	53.3	—	47.1	—	100.4	—
2	49.0	—	42.8	—	91.8	—
3	44.4	—	38.3	—	82.7	—
4	39.1	—	32.0	—	71.1	—
5	32.3	—	24.2	—	56.5	—
6	27.5	—	15.0	2.0	42.5	25.5
7	—	74.8	82.8	87.1	8.0	161.9
8	—	80.8	59.5	86.4	21.3	167.2
9	—	81.3	48.9	77.6	32.4	158.9
10	—	73.3	40.0	67.8	33.3	141.1
11	—	62.3	35.3	61.3	27.0	123.6
12	—	48.9	36.2	55.1	12.7	104.0
13	—	32.2	37.2	51.7	5.0	83.9
14	—	14.3	40.0	47.4	25.7	61.7
15	3.8	—	43.1	40.6	46.9	36.8
16	21.4	—	46.4	38.5	67.8	17.1
17	36.3	—	51.9	32.7	88.2	3.6
18	53.0	—	52.0	30.0	105.0	23.0
19	61.1	—	54.5	31.4	115.6	29.7
20	68.1	—	64.1	37.9	132.2	30.2
21	71.9	—	70.1	44.1	142.0	27.7
22	70.6	—	72.7	51.9	143.3	18.7
23	55.3	—	69.9	68.5	125.2	13.2
24	—	28.4	17.2	22.0	—	50.4
25	—	40.9	—	27.9	—	68.8
26	—	43.0	—	34.2	—	77.2
27	—	47.8	—	40.9	—	88.7
28	—	52.6	—	50.6	—	103.2
29	—	60.4	—	53.1	—	113.5
30	—	40.6	—	35.5	—	76.1
31	—	36.9	—	33.1	—	70.0
32	—	28.3	—	26.2	—	54.5
33	—	21.1	—	22.2	—	43.3
34	—	15.8	—	19.1	—	34.9
35	—	8.0	—	15.1	—	23.1
36	—	2.9	—	12.8	—	15.7

interioare in Diagonale

onale \

Forțe interioare provenite din acțiunea vântului		Totalul forțelor interioare		Forțe interioare de considerat în calculul secțiunilor	
Compre- siune	Tensiune	Compre- siune	Tensiune	Compre- siune	Tensiune
tone	tone	tone	tone	tone	tone
15.7	—	116.1	—	100.4	—
14.7	—	106.5	—	91.8	—
13.5	—	96.2	—	82.7	—
11.8	—	82.9	—	71.1	—
9.5	—	66.0	—	56.5	—
8.6	—	51.3	16.9	42.5	—
—	6.5	1.5	168.4	—	161.9
—	18.1	3.2	185.3	—	167.2
—	17.9	14.5	176.8	—	158.9
—	16.1	17.2	157.2	—	141.1
—	14.9	12.1	138.5	—	123.6
—	8.9	3.8	112.9	—	104.0
—	6.9	1.9	90.8	—	83.9
—	3.0	22.7	64.7	—	61.6
0.44	—	47.3	36.4	46.9	—
3.00	—	70.9	14.1	67.8	—
8.4	—	96.6	4.8	88.2	—
10.6	—	115.6	12.4	105.5	—
13.4	—	129.0	16.3	115.6	—
15.7	—	147.9	14.5	132.2	—
17.2	—	159.2	10.5	142.0	—
15.6	—	158.9	3.1	143.3	—
15.3	—	140.5	2.1	125.2	—
—	9.3	—	59.7	—	50.4
—	12.8	—	81.6	—	68.8
—	11.8	—	89.0	—	77.2
—	14.6	—	103.3	—	88.7
—	17.4	—	120.6	—	103.2
—	17.7	—	131.2	—	113.5
—	12.1	—	88.2	—	76.1
—	9.8	—	79.8	—	70.0
—	7.5	—	62.5	—	54.5
—	5.3	—	48.6	—	43.3
—	4.5	—	39.5	—	34.9
—	3.0	—	26.1	—	23.1
—	2.3	—	18.1	—	15.7

cărcările verticale, rezistența pe cm. p. rămâne 1'.000,— așa că forțele interioare în tone înscrise în tablourile de mai sus, represintă în același timp numărul de cm. p. ce trebuia să i se dea fie-cărei diagonale pentru a rezista la compresiune.

Rezistența la flambagiu a fost calculată cu formula :

$$I = \frac{P l^2 n}{K E}$$

Formula în care înseamnă :

I, momentul de inerție minim ce secțiunea trebuie să aibă în raport cu axele principale a elipsei centrale de inerție, și care pentru cazul diagonalele comprimate coincide cu axa mare a elipsei,—temerea pentru flambagiu fiind numai în planul grindei — căci din cauza marelui înălțimi a secțiunii, în contra flambagiul în un plan perpendicular pe planul grindei este destulă siguranță, momentul de inerție pentru acest plan fiind cu mult superior celui necesar.

P, forța ce lucrează în bara în Kg.

n, coeficientul de siguranță și care s'a admis egal cu 4,5.
E, modulul de elasticitate și admis de 2,000,000 Kg. pe cm. p. ¹⁾, l, lungimea diagonalei între o extremitate și punctul de încrucișare cu cea-laltă diagonală—K, un coeficient care depinde de modul de incastrarea a piesei—și pentru a cărui determinare s'a admis că diagonalaeste ancastrată la un capăt și mobilă în jurul unei axe fixe ce trece prin punctul de încrucișare cu cea-lanta diagonală—ast-fel că se obține $K=19,73$ și formula de mai sus devine :

$$I = P l^2 \frac{1}{44,44 \times 19,73}$$

sau

$$I = 0,00114 P l^2$$

în care trebuie introdus P în kg., l în metri — obținându-se pentru I cm⁴.

¹⁾ Modulul de elasticitate pentru oțelul moale este 220 000 Kg. pe cm. —admițându-se 2,000,000 se obține o siguranță mai mare. Nota Red.

Ca exemplu indicăm calculul secțiunii diagonale comprimate din primul panoul

Forța interioară care solicită astă diagonală este $100^1,4$, secțiunea necesară pentru rezistență la compresiune este deci $100,4$ cm. p. Secțiunea care s'au compus din :

$$\begin{array}{rcl} 2 \text{ lamele de } 210 \times 12 & = & 48,4 \text{ cm. p.} \\ 4 \text{ corniere de } 80 \times 80 \times 12 & = & \underline{71,2} \text{ , } \\ \text{Totalul secțiunii brute} & & 119,6 \text{ , } \end{array}$$

Scăzându-se 4 găuri de nit de 20 mm. diametru rămâne ca secțiune utilă $102,4$ cm. p. și lucrarea pe cm. p. este 980 kg.

Pentru ca diagonalele să reziste la flambagiu, în planul grindei, momentul de inerție a secțiunii trebuie să fie egal sau superior celui dat de formula de mai sus, adică :

$$I = 4,87^2 \times 100400 \times 0,00114 = 2715 \text{ cm}^4$$

momentul de inerție corespunzător aceluși plan de flambagiu este :

$$\begin{array}{rcl} \text{Pentru cele 2 lamele} & = & 1852 \text{ cm}^4 \\ \text{, } \text{ , } \text{ 4 corniere} & = & \underline{3664} \text{ } \\ \text{Momentul de inerție total a secțiunii} & & \\ \text{brute} & = & 5516 \text{ cm}^4 \\ \text{Scăzându-se pentru găurile de nituri.} & = & \underline{670} \text{ } \\ \text{Rămâne ca moment de inerție a sec-} & & \\ \text{țiunii utile} & = & 4846 \text{ cm}^4 \end{array}$$

și care este cu mult superior celui necesar, prin urmare secțiunea admisă corespunde tuturor cerințelor.

În ast mod s'au calculat secțiunile tuturilor diagonalelor comprimate.

Pentru secțiunile diagonalelor întinse, ele au fost determinate ținându-se compt numai de rezistența la tensiune. Lărgimele lor au fost stabilite avându-se în vedere lărgimea diagonalei la compresiune din panoul corespunzător, ast-fel că două diagonale ce se încrucisează, să nu difere în lărgime în mod sensibil.

Treiu Diagonalelor. Treiu care formează pereții laterali ai diagonalelor este de sistemul triangular dublu și care constă din fer plat de 60×10 pentru diagonalele întinse și din acelaș fer plat și din corniere de $60 \times 60 \times 8$ pentru diagonalele comprimate.

Legăturile diagonalelor cu tăpile s'au făcute după cum s'au indicat mai sus prin ajutorul plăcilor de imbinare, și cu nituri de 20 mm. diametru. Modul de imbinare a diagonalelor cu tăpile reese din planșele 3, 4 și 5, unde sunt date atât elevatiile cât și secțiunile prin nodurile 1 și 30, 2 și 3 și nodul 7.

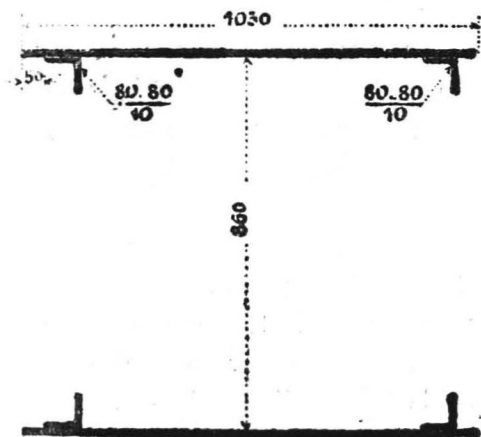
b) Montanți.

Fie-care grindă cu console are patru montanți, doi situați pe pile și alți doi la extremitățile consolelor.

Montanții de la extremitățile consolelor sunt construiți în formă de cutie și în interiorul căruia sunt dispuse aparatele de articulație sau puntele de rază suspendate.

Ei sunt solicitați la tensiune și de o forță egală cu 92,00. Secțiunea admisă pentru acești montanți este indicată în fig 16 și se compune din: două plăci de

Fig. 16



1050 mm. și 10 mm. grosime, formă necesită din dispozițiunile constructive a aparatului de articulație, după cum se vede planșa No. 3 și No. 8, reprezentând nodurile 1 și 30 și aparatele de suspensiune.

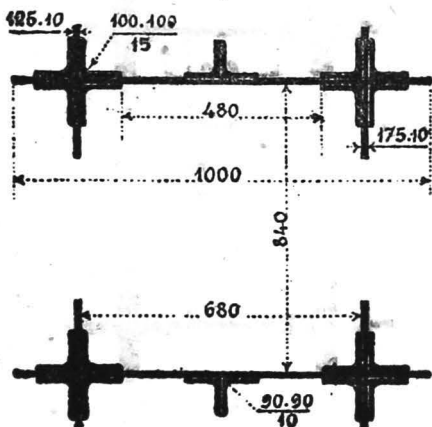
Montanții pe pile înalți de 24^m,00 și 31^m,00, liberi pe toată lungimea lor, sunt solicitați la compresiune și de eforturi considerabile. — Ceea-ce implică, în raport cu cele-lalte bare de treiu, o sporire atât a importanței lor, cât și a dimensiunelor.

Planșa No. 5 indicând construcția nodurilor corespunzător montanțul de 24,00 m. și planșa No. 6 indicând o secțiune transversală prin acel mont arată modul de construcție a astor doi montanți. Pentru calculul secțiunilor lor s'au urmat aceeași metodă ca pentru calculul secțiunilor barelor la compresiune. Pentru montanțul de 31,00^m forța interioară fiind 589'080 (420'338 din greutatea proprie și 168'742 din supra-încărcare). Secțiunea utilă este 589 cm. p

Momentul de inerție necesar este :

$$I=785,275 \text{ cm.}^4$$

Fig. 17



Secțiunea lui s'aŭ compus după cum indică fig. 17 din :

2 inimi	de $1000 \times 15 =$	350	cm. p.
16 corniere	de $100 \times 100 \times 15 =$	444	» »
4 corniere	$90 \times 90 \times 10 =$	68	» »
4 lamele	$125 \times 10 =$	50	» »
4 lamele	$175 \times 10 =$	35	» »
Total . . .		<u>932</u>	cm. p.

Scăzându-se pentru găurile de nituri

$$8 \times 4,5 \times 2 = 72$$

$$4 \times 2,5 \times 2 = 20$$

92

Rămâne pentru secțiunea utilă . . . 840 cm. p.

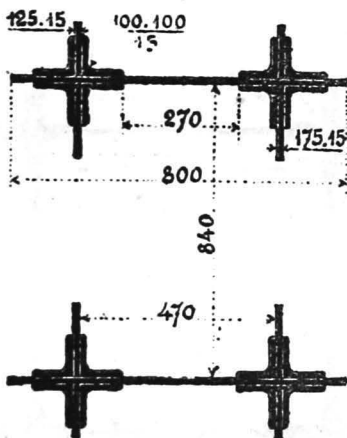
și momentul de inerție al aștei din urmă secțiuni este

$$I = 843498 \text{ cm}^4.$$

Pentru montantul de 24^m00 — forța interioară ce'l solicită este 475'600 (347,791 din greutatea proprie și 127,900 din supra-încărcare). Secțiunea utilă necesară este 475,6 cm. p., momentul de inerție necesar este

$$I = 380004 \text{ cm}^4.$$

Fig. 18



Secțiunea admisă se compune din : (fig. 18)

$$2 \text{ inimi de } 1800 \times 15 = 240 \text{ cm. p.}$$

$$16 \text{ corniere de } 100 \times 100 \times 15 = 444 \text{ , ,}$$

$$8 \text{ lamele de } 125 \times 15 = 150 \text{ , ,}$$

$$\text{Totalul secțiunii brute } \overline{794} \text{ , ,}$$

Scăzându-se găurile de

$$\text{nituri } 8 \times 4,5 \times 2,5 = 90 \text{ cm. p.}$$

$$\text{Rămâne ca secțiune utilă . . . } \overline{704} \text{ cm. p.}$$

Momentul de inerție a secțiunii utile este

$$I = 445974 \text{ cm.}^4$$

CALCULUL SI CONSTRUCTIUNEA CONTRAVENTURILOR

a) *Contraventuirea orizontală*

Contraventuirea orizontală se compune din bare așezate în sistem rectangular dublu, în care barele perpendiculare tălpilor sunt înlocuite prin grinzile transversale. După cum s'aū zis mai sus, contraventuirea orizontală este construită pentru a rezista numai la tensiune, căci din calculele anterioare s'aū văzut că pentru cazul unei contraventuri rigide, din cauza rezistenței la flambagiu, barele ar fi necesitat secțiuni cu mult mai mari (4 până la 5 ori) de cât secțiunile cerute de forțele ce le solicită.

Calculul forțelor interioare ce solicită contraventuirea orizontală se devid în două.

1) Determinarea forțelor produse de acțiunea vântului asupra suprastructurii și,

2) Determinarea forțelor produse de acțiunea vântului asupra tlenului.

S'aū calculat forțele indicate la No. 1. în același mod ca și forțele produse din greutatea proprie și în ipotezele ca

podul ar fi liber sau ar fi încărcat, adică că intensitatea vântului ar fi 270 kg. pe m. p. sau numai 180.

Pentru calculul forțelor indicate la No. 2 ele s'au determinat în aceleași condițiuni ca forțele provenite din supra-încărcare în diagonale.

Din comparațiunile făcute s'au găsit că contraventuirea orizontală este solicitată maxim când podul este încărcat și presiunea vântului ar fi 180 kg. pe m. p. Forțe pe cari noi le dăm în tabloul de la pag. 523.

Cât pentru forțele provenite din acțiunea vântului care solicită grinzi transversale, și care au tendința de ale încovoia în sus, cu alte cuvinte lucrează asupra astor grinzi în un sens opus cu supra-încărcare, și cum ele sunt de mică importanță, au fost cu totul neglijate.

Construcțiunea contraventurii orizontale. Secțiunea barelor contraventurii orizontale se compun din câte două lamele a căror grosimi variază între 10 și 15 mm. și din două corniere.

Lucrarea metalului admis este 1'200 pe cm. p. Legătura contraventurii cu talpa de jos este realizată prin ajutorul unor plăci de îmbinare.

Pentru ca încovăiere contraventurii să fie împedicată sau cel puțin redusă în mod simțitor, barele sunt prinse de longeroane în puntele unde se încrucișază cu dênsele.

În planșa No. 5, se vede modul de atașare a contraventurii, secțiunea orizontale prin talpa de jos la nodul 7, conținând-o.

b) *Contraventuirea transversală.*

Contraventuirea transversală este dispusă în planul montanților și în acel a diagonalelor comprimate. Înălțimile la care se opresce astă contraventuire au fost determinate cu punctul cel mai de jos al ei pentru fie-oare diagonală la compresiune să se găsească la 5",70 d'asupra șinei.

Contraventuirea transversală se compune din două grinzi orizontale și din un treiu de sistemul triangular dublu (vezi planșa 6).

Forțe interioare maxime în contravențiunea orizontală

No. panoului	Forțe interioare resultând din acțiunea vântului pe suprafețele su- prastructurii Tensiune	Forțe inferioare resultând din acțiunea vântului pe suprafețele mobile Tensiune	T O T A L Tensiune
	tone	tone	tone
1	42.9	23.7	66.6
2	45.5	25.0	70.5
3	49.6	27.2	76.8
4	51.1	27.7	78.8
5	57.3	29.6	86.9
6	72.6	40.3	112.9
7	92.2	53.1	145.3
8	66.4	43.4	109.8
9	52.9	37.8	90.7
10	40.1	33.2	73.3
11	30.5	29.4	59.9
12	21.3	26.4	47.7
13	14.7	23.7	37.4
14	7.0	21.5	28.5
15	0.5	20.3	20.8
16	8.3	22.3	30.6
17	16.5	24.7	41.2
18	26.0	27.9	53.9
19	37.4	30.1	67.5
20	48.0	35.2	83.2
21	63.1	41.7	104.8
22	80.1	49.0	129.1
23	117.4	62.1	179.5
24	96.0	47.8	143.8
25	71.1	38.6	109.7
26	62.9	25.6	88.5
27	54.8	30.2	85.0
28	49.4	27.0	76.4
29	45.8	24.9	70.6
30	31.8	21.8	53.6
31	30.1	20.8	50.9
32	26.7	18.6	45.3
33	22.9	16.9	39.8
34	18.1	14.5	32.6
35	12.7	12.0	24.7
36	6.4	9.2	15.6

Calculul forțelor interioare. Forțele exterioare care solicită contraventuirea transversală, au fost determinate în condițiunile următoare:

1) S'a admis că forța ce solicită contraventuirea, este presiunea vântului ce se exercită pe nodul corespunzător a tălpei de sus.

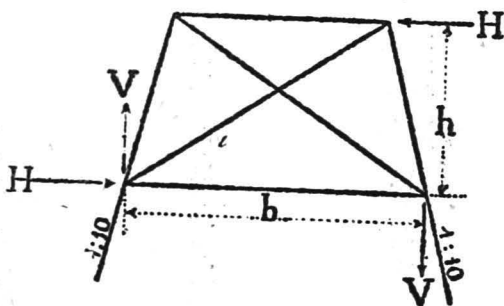
2) S'a admis că diagonalele și montanții la care este fixată contraventuirea, sunt absolutamente rigide în punctele de imbinare cu grinda inferioară a astei contraventuri, ipotesă admisibilă din cauză că forțele ce produc încovăieri în aste punte sunt mici.

3) Echilibrul fie-cărei contraventuri a fost tratat independent de cele-lalte și independent de restul grindei.

În aceste condițiuni, forțele exterioare care solicită contraventuirea, sunt cuplete: HH' și VV' (fig. 19) legate prin relațiunea

$$Vb = Hh$$

Fig. 19



Forțele interioare în bare s'au determinat descompunându-se fie-care contraventuire în sisteme elementare, și construindu-se figurile lor reciproce. Fie-care sistem elementar este acționat de $\frac{1}{2} H$.— H însemnând presiunea vântului la nod.

Secțiunile barelor s'au determinat cu condițiunea ca ele

să reziste la flambagiu și după aceeași metodă de care s'a vorbit la calculul secțiunilor diagonalelor comprimate.

Planșa 6 care reprezintă secțiunea transversală prin montantul de 24^m,00 conține contraventuirea transversală din planul aceluși montant. În mod analog sunt construite contravențiunile pe întreaga lungime a podului,— afară de capul consolelor unde se reduce numai la grinda orizontală după cum se indică în planșele No. 3 și 4.

Calculul și construcțiunea longeroanelor și a grinzilor transversale

a) Longeroanele

Longeroanele sunt construite în formă de grinzi cu părți plini, și legate la extremități de grinzile transversale.

Calculul longeroanelor. Longeroanele s'au considerat ca grinzi independente care repausează la extremitățile lor și s'au determinat momentele de încovăiere sub următoarele greutăți :

1) Greutatea proprie g_1 a longeronului și greutatea tablăului g_2 , ambele constituind greutatea moartă și 2) supraîncărcarea.

Greutatea proprie (g_1) admisă în calcul este aceea dată de formula emperică

$$g_1 = \alpha h \delta + \frac{\beta g l^2}{h R}$$

Formula în care înseamnă : h înălțimea grindei în metri, δ grosimea inimei în mm. l lungimea grindei în m. R lucrarea metalului în kg. pe cm. p , q greutatea totală pe m. c. α și β doi coeficienți care după Winkler au următoarele valori :

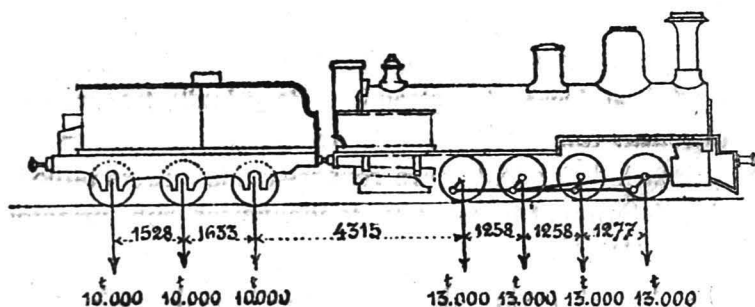
l	α	β
5 ^m ,00	5,42	0,285
10 ^m ,00	5,34	0,256
15 ^m ,00	5,25	0,252

Valorile lui α și β pentru lungimi intermediare, sunt a se determina prin interpolație.

Greutatea proprie a tablierului admis în calcul este de 800 kg pe m. c. și de longeron.

Ca supraîncărcare s'au admis presiunile exercitate de două locomotive ce sunt așezate cap la cap și de timpul reprezentat prin fig. 20 — exercitând presiuni pe osie de 13 t.

Fig. 20



Cu aceste date sau calculat greutatea proprie a longeronelor ce trebuiesc introduse în calcul, momentele încovoitoare produse de aceste greutăți cât și acele produse din supra-încărcare — și rezultatele sunt înscrise în tabloul de la pagina 528.

Secțiunile fie-cărui longeron s'au determinat după formula cunoscută.

$$M = \frac{I R}{v}$$

Formula în care însemna : M momentul încovoitor total, I momentul de inerție a secțiunii admise R, lucrarea metalului și admis de 800 kg pe cm. p., v distanța de la centru de greutate a fibrei cele mai îndepărtate.

Ast-fel pentru longeronul de 13^m,00 momentul încovo-

etor total este 93.555 kg. m. momentul resistent necesar este :

$$\frac{M}{R} = 11.695 \text{ cm.}$$

secțiunea admisă se compune din :

- 1 inimă de 840×10
- 4 corniere de 100×100×16
- 6 lamele de 330×10

și care dau un moment resistent

$$\frac{I}{V} = 11.729$$

Moment de rezistență superior aceluși cerut de momentul încovoelilor.

Lungimile pe care se întind lamelele sunt date de epura distribuției materialului. — În planșa 7 indică modul de construcție a longeronilor.

Pentru a fini cu longeronele, v'om spune că ele sunt legate transversal prin două cadre a căror distanță variază între 2,50 și 3,00.

O contraventurire orizontală era inutilă, tablierul metalic, constituind una destul de puternică.

Depărtarea între niturile care leagă cornierele de inimi au fost determinată cu formula :

$$a = \frac{\pi d^2 R. I}{A. m}$$

formula în care înseamnă — a depărtarea între nituri, d diametrul nitului și egal cu 2 cm., R lucrarea metalului și egal cu 800 kg. pe cm., I momentul de inerție + a grinzei și în raport cu centrul ei de greutate. A forța forfecătoare în kg, m momentul statistic a cornierei în raport cu centrul de greutate a grinzei.

Cu ajutorul acestei formule s'au găsit pentru a valori între 126 și 150 mm

Depărtarea maximă admisă în construcția longeronilor este de 120 mm.

LONGEROANE

Greutățile propriie.—Momente înconvoitoare maxime

Lungimele longeroanelor	Greutățile propriie a longeroanelor	Greutățile tablei rului G,	MOMENTE INCONVĂITOARE MAXIME		
			din greu- tatea proprie $\frac{1}{8}(g_1 + g_2) l^2$	din supra in- cărcare	Total
metre	Kilogr	Kilog.	Kilog. m.	Kilog. m.	Kilog. m.
13.00	305.1	800	23240	70313	93555
11.00	246.5	"	15820	55000	70820
10.00	221.4	"	12762	48438	61200
9.45	207.5	"	11240	45000	56240
9.25	205.5	"	10748	43750	54498
8.10	195.1	"	9632	40938	50570
8.64	195.8	"	9294	39688	48982
8.40	185.6	"	8696	38125	46821
8.24	183.6	"	8352	37188	45540
8.00	176.1	"	7808	35625	43433
7.90	175.7	"	7614	35000	42614
7.60	169.2	"	6996	33125	40125
7.00	155.5	"	5855	29250	35105
6.80	150.7	"	5491	27813	33304
6.06	133.5	"	4287	23000	27287
5.90	129.5	"	4046	21875	25921
5.50	120.3	"	3479	19375	22854
5.30	115.6	"	3216	18125	21341
5.00	100.0	"	2820	16250	19070

a) *Calculul și construcția grinzilor transversale*

Pentru grinzile transversale, ca și pentru longerone s'au admis grinzi cu inimi pline, și legate cu nituri de tăpile inferioare a grinzilor principale.

Lungimea lor este constantă pentru partea centrală a grindei cu console și a semiparabolice, și variază între 5,^m07 și 8,^m07 pe lungimea consolelor.

Din cauza înclinării tăpilor grinzilor principale lungimea unei grinzi transversale variază cu înălțimea; lun-

gimea introdusă în calcul este cea măsurată pe axa neutră.

Calculul grinzilor transversale. Grinzile transversale au fost considerate ca grinzi ce repausează liber la extremităților lor.

Forțele exterioare ce le solicită este. Greutatea proprie, și eforturile transmise de longeroane.

Greutatea proprie admisă în calcul este în acea dată de formula emperică indicată la calculul longeronilor.

Eforturile transmise de longeroane au fost calculate analitic și grafic, și sistemul de încărcări este dat de locomotive a cărei tip e reprezentat în figura 20.

În tabloul de la pagina 530 sunt indicate elementele de calcul pentru fie-care grindă transversală ce intra în construcția podului cât și momentele încovăetoare corespunzătoare.

Construcția grinzilor transversale. Grinzilor transversale li s'au dat o formă poligonală după cum se indică în planșa 6 și 7.

Talpa superioară este dreaptă până la o distanță de 20 cm. dincolo de longeroane înclinându-se la acest punct ca să ajungă la înălțimea inimilor tălpei inferioare a grinzilor principale.

Talpa inferioară a lor este dreaptă pe lungimea dintre lamelele tălpilor inferioare a grinzilor principale, ear pe restul lungimei primesc aceiași înclinare ca și lamele.

Grinzile de la extremitatea consolelor cât și acele de la capătul grinzilor semi-parabolice, au fost construit în un mod deosebit din cauza dispozițiunei razemelor grinzilor independente, și pentru motivul că ele trebuie să reziste la eforturi longitudinale provenite de la acțiunea frânelor.—Secțiunea astor grinzi transversale se compun din două inimi, distanța între dênsele fiind 600 mm. și din 4 corniere dispuse pe fețele exterioare a inimilor. Aste inimi sunt legate între ele în partea mijlocie prin 2

lamele, în vederea dispoziției de atașare a grindei independente și prin un treiu la extremitățile lor.

În planșa 3 și care reprezintă îmbinările de la nodurile 1 și 30 se vede în secțiune grinda transversale de la capet.

(Va urma).



GRINZI TRANSVERSALE

Greutăți proprie. — Momente încovăitoare

No. grinzei transversale	Lungimea grinzilor	Greutatea proprie pe m. c. g ₁	Efortul transmis de longer. R	MOMENT INCOVAITOR		
				Din greutate proprie g ₁	Din efortul R	Total
	metre	kilograme	klgr. cent	klgr. cent.	klgr. cent.	klgr. cent.
1	5.07	135	21323	342	28466	28808
2	5.44	158	24389	584	37071	37655
3	5.82	173	24948	730	42651	43381
4	6.26	201	27440	984	52959	53943
5	6.75	235	30281	1338	65861	67199
6	7.34	292	35512	1966	87715	89681
7	8.07	367	41317	2987	117134	120121
8	8.07	362	40754	2947	115537	118484
9	8.07	321	35417	2613	100407	103020
10	8.07	304	33051	2474	93699	96173
11	8.07	296	32034	2410	90816	93226
12	8.07	291	31407	2369	89038	91407
13	8.07	289	31136	2353	88270	90620
14	8.07	287	30802	2336	87375	87711
15	8.07	285	30617	2321	86799	89120
16	8.07	287	30802	2336	87375	89711
17	8.07	290	31214	2362	88492	91854
18	8.07	297	32102	2413	91009	93422
19	8.07	304	33153	2474	93989	96463
20	8.07	315	34545	2564	97935	100499
21	8.07	336	37639	2735	106006	108741
22	8.07	365	41134	2971	116615	119586
23	8.07	408	47082	3321	132777	136098
24	8.07	442	51359	3598	145603	159201
25	7.29	356	45447	2365	111218	113583
26	6.69	273	37118	1523	79618	81141
27	6.18	220	31409	1050	59363	60413
28	5.76	184	27683	763	46507	47270
29	5.40	164	25920	478	38880	39358
30	5.07	142	22922	359	30668	31027
31	5.37	140	21458	540	32187	32727
32	5.37	146	22971	526	34456	34982
33	5.37	153	24635	551	36948	37499
34	5.37	159	26170	571	39226	39797
35	5.37	165	27667	594	41501	42095
36	5.37	173	29763	623	44645	45268
37	5.37	177	30656	636	45984	46620
38	5.37	179	31234	644	46851	47495