

$$p = p' - 0,7143 g$$

în care :

$$p' = \frac{5040 W}{l^2}$$

I. Ionescu

Inginer

Profesor la Școala de Poduri și Șosele

Comparație

între

**diferitele circulări relative la podurile de C. F. din punctul de vedere
al supraîncărcărilor și travaliului admisibil**

(urmare)

Puteri tăetoare date de diferitele supraîncărcări. În tablourile cari urmează, sînt date pentru puterile tăetoare la extremitățile grinzilor cantități analoge cu cele date mai înainte pentru momentele încovoetoare, luând ca bază tot circulara austriacă din 1887.

Aceste cifre pot servi și pentru compararea puterilor tăetoare în diferitele puncte ale unei grinzi, luând pentru găsirea rapoartelor $\frac{P_n}{P}$, în loc de deschidere, lungimea încărcată. Numai pentru circulara franceză din 1877 aceasta n'ar fi exact și de aceia am mai calculat, pentru această circulară și puterile tăetoare la mijlocul deschiderii precum și raportul ei către puterea tăetoare la mijlocul deschiderii, calculată după circulara austriacă.

Supraincărcările prevăzute în circulări.

Deschiderea în m.	Franța 1877 (la extremitate)		Franța 1877 (la mijloc)		Austria 1887	Franța 1891		Elveția 1892		Elvețiană C.F.R.		Prusia 1903		Austria 1904	
	Puterea tăetoare P_1	Raportul $\frac{P_1}{P}$	Puterea tăetoare P'_1	Raportul $\frac{P'_1}{P}$	Puterea tăetoare P	Puterea tăetoare P_2	Raportul $\frac{P_2}{P}$	Puterea tăetoare P_3	Raportul $\frac{P_3}{P}$	Puterea tăetoare P_4	Raportul $\frac{P_4}{P}$	Puterea tăetoare P_5	Raportul $\frac{P_5}{P}$	Puterea tăetoare P_6	Raportul $\frac{P_6}{P}$
	t.		t.		t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	
1.0	12.0	0.80	—	—	15.0	20.0	1.33	19.20	1.28	20.48	1.36	20.0	1.33	20.00	1.33
1.5	12.0	0.64	—	—	18.75	20.0	1.07	20.74	1.11	21.34	1.14	20.0	1.07	21.07	1.12
2.0	12.0	0.60	—	—	20.0	20.0	1.00	25.51	1.28	27.22	1.36	25.0	1.25	24.50	1.24
2.5	13.75	0.61	—	—	22.5	21.84	0.97	27.75	1.23	29.60	1.32	28.0	1.24	27.04	1.20
5.0	24.50	0.70	—	—	35.0	35.84	1.02	43.92	1.25	46.85	1.34	39.9	1.14	41.10	1.17
10	36.5	0.73	—	—	50.0	48.08	0.96	57.01	1.14	52.29	1.19	58.5	1.17	58.1	1.16
15	42.75	0.67	10.7	0.50	63.75	58.20	0.91	62.0	0.97	65.6	1.02	75.5	1.19	75.2	1.18
20	49.0	0.64	12.2	0.49	76.0	71.8	0.95	75.5	1.00	80.3	1.05	90.4	1.19	95.2	1.25
30	64.5	0.63	16.1	0.51	103.5	97.5	0.94	103.2	1.00	110.0	1.06	126.0	1.22	129.2	1.25
40	82.0	0.66	20.5	0.54	124.0	117.0	0.95	131.2	1.06	140.0	1.13	158.6	1.28	159.7	1.28
50	97.5	0.67	24.5	0.55	140.0	137.3	0.94	157.0	1.08	167.7	1.15	186.9	1.28	187.0	1.28
60	111.0	0.67	27.7	0.53	165.0	151.0	0.92	178.9	1.08	190.8	1.16	213.0	1.28	209.0	1.26
70	122.5	0.69	30.6	0.54	180.0	166.6	0.93	198.3	1.10	211.0	1.17	238.0	1.32	231.0	1.29
80	136.0	0.71	34.0	0.55	192.0	181.4	0.94	216.5	1.13	227.1	1.19	261.0	1.36	252.0	1.31
90	148.5	0.72	37.1	0.55	207.0	196.0	0.95	233.1	1.13	246.9	1.20	285.3	1.38	273.0	1.33
100	160.0	0.73	40.0	0.55	220.0	203.5	0.95	249.1	1.13	263.6	1.20	308.5	1.40	293.0	1.33

Trenurile C. F. R.

Deschiderea in m.	Categ. IV P,P.		Compound		Mixte	
	Puterea tăet. $\frac{P_7}{P}$	Raportul $\frac{P_7}{P}$	Puterea tăet. $\frac{P_8}{P}$	Raportul $\frac{P_8}{P}$	Puterea tăet. $\frac{P_9}{P}$	Raportul $\frac{P_9}{P}$
	t.		t.		t.	
1.0	14.0	0.93	15.0	1.00	15.0	1.00
1.5	15.53	0.83	15.0	0.80	15.0	0.80
2.0	18.0	0.90	16.5	0.82	15.0	0.75
2.5	19.5	0.87	19.2	0.85	16.8	0.74
5.0	31.0	0.88	28.8	0.82	24.6	0.70
10	41.7	0.83	43.0	0.86	38.3	0.76
15	52.7	0.83	56.6	0.89	51.7	0.81
20	64.5	0.85	69.9	0.92	64.1	0.84
30	89.1	0.86	99.5	0.96	91.2	0.88
40	110.3	0.89	124.1	1.00	114.9	0.93
50	129.5	0.89	145.5	1.00	133.6	0.91
60	147.7	0.88	165.1	1.00	152.9	0.92
70	165.0	0.92	183.4	1.02	171.2	0.95
80	182.1	0.96	201.1	1.04	188.9	0.98
90	199.0	0.97	218.9	1.06	209.1	1.02
100	215.5	0.98	235.7	1.07	223.2	1.01

Pentru interpretarea grafică am construit o diagramă analogă cu cea de la momentele încovoetoare (a se vedea planşa).

Tablourile și diagrama ne conduc la aceleași concluziuni, la care am fost conduși când am comparat momentele maxime:

Și aci ca și acolo, materialul nostru rulant nu dă eforturi superioare celor prevăzute de circulara austriacă din 1887, cel puțin pentru deschiderile curente (până la 40^m). De altminterlea îndată ce deschiderea devine ceva mai mare, greutatea permanentă capătă o oare-care importanță; așa că din această cauză la 40^m deschidere spre ex. o sporire de 100% a greutății accidentale produce în defi-

nitiv un spor al travaliului aproximativ de 70%; iar la 100^m deschidere acest spor nu mai e de cât de aprox. 45%¹⁾

De asemeni se poate spune că puterile tăetoare date de trenurile noastre rămân cu mult dedesubtul acelor date de circulara prusiana (1903) și austriacă (1904).

În ceia ce privește influența depărtării între osii, o comparație, între puterile tăetoare date de circulara elvețiană și între cele date de trenul tras de locomotivele noastre Compound, ne arată cât de mare este influența acestui element. De și locomotivele prevăzute de circulara Elvețiană au o greutate de 60^t și tenderele de 26^t față de 65^t și 35^t greutatea locomotivelor Compound — resp. a tenderelor — puterile tăetoare date de trenul elvețian sînt superioare celor date de trenul Compound și anume: la 2^m deschidere cu 23%, la 5^m cu 26%, la 10^m cu 21%, la 15^m cu 10% și la 20^m cu 8%; de aci înainte intervine a treia locomotivă în trenul elvețian și comparația nu se mai poate face²⁾ Mai trebuie să notăm că la calculul puterilor tăetoare date de locomotivele Compound am suprimat bogiul primei locomotive, puind în capul trenului 3 osii de câte 15^t, ceia ce e adevărat numai pentru puterea tăetoare în apropierea reazemului, unde se poate face ipoteza că bogiul a eșit de pe pod. Pentru restul grinzii această ipoteză nu se mai poate face și prin îndepărtarea osiilor de 15^t de secțiunea considerată se reduce apreciabil puterea tăetoare.

Se vede prin urmare, că bogiurile cu roți ușoare pe de o parte pentru momentele încovoetoare se interpun între osiile grele contribuind la micșorarea eforturilor în membre, pe de altă parte dau o ușurare și din punctul de vedere al puterilor tăetoare, aducând deci o micșorare a eforturilor în zăbrele.

¹⁾ Fie în adevăr a efortul provenit din greutatea accidentală și αa acela provenit din greutatea permanentă; efortul total va fi

$$E_1 = a(1 + \alpha)$$

Dacă efortul din greutatea accidentală sporește și devine $a(1 + \beta)$ efortul total devine

$$E_2 = a(1 + \alpha + \beta)$$

Avem atunci

$$\frac{E_2}{E_1} = 1 + \frac{\beta}{1 + \alpha}$$

pentru 40^m valoarea lui α e aprox. 0.47 iar pentru 100^m deschidere $\alpha = 1.16$ aproximativ.

²⁾ Puterile tăetoare după circulara elvețiană sînt luate fără sporul de 2 (1—15) %.

Travaliul admis de diferitele circulări. Din punctul de vedere al travaliului admisibil circulările pot fi despărțite în două: unele, cari prevăd diferite travaliuri după natura pieselor și deschiderea podului; altele, cari pentru determinarea acestui travaliu prevăd formule în cari intră raportul dintre minimul și maximul efortului, pe care-l va suporta piesa. În această din urmă categorie intră circulara franceză din 1891 (pentru deschideri mai mari de 30^m) și cea elvețiană din 1892; aceasta dă formulele :¹⁾

$$t_a = 0.70 \pm 0.20 \frac{A}{B} \quad (\text{pentru fier}).$$

$$\text{și } t_a = 0.80 \pm 0.25 \frac{A}{B} \quad (\text{pentru oțel}).$$

Se știe că formulele de această formă au fost introduse în urma experiențelor lui Wöhler, relative la influența repetării eforturilor; mișcarea pentru adoptarea lor a fost pornită din Germania și tot de acolo a pornit reacțiunea contra lor. În special experiențele lui Bauschinger au servit de bază aceluia, cari au susținut, ca rezultatele experiențelor lui Wöhler—cari se referă la eforturi întrecând limita de elasticitate a materialului—nu se pot aplica la elementele podurilor, cari nu sunt supuse la ast-fel de eforturi.

În discuțiunea, relativă la această chestiune, la congresele de C. F. de la Londra și Paris raportorul M. v. Leber a atacat cu energie aceste formule (numite, după cum se știe, ale lui Wöhler, Weyrauch, Launhardt etc.²⁾ La obiecțiunea delegaților elvețieni în congresul de la Londra, că e probabil că fenomenele, cari se produc după ce limita de elasticitate a fost întrecută, se produc și sub această limită, Leber a răspuns că dacă aceasta s'ar întâmpla ar fi în contradicere cu legile obicinuite ale elasticității și rezistenței; a citat între altele exemplul unui resort, care își pierde elasticitatea mai curând dacă e întins încontinuu, de cât dacă e întins numai din timp în timp și spunea că e greu de conceput ca o grindă supusă în per-

¹⁾ t_a e travaliul admisibil în $\frac{1}{\text{cm}^2}$, A și B eforturile minim și maxim; semnul + se ia când aceste eforturi sînt de acelaș sens, iar semnul — când sînt de sens contrariu.

²⁾ Chestiunea s'a discutat și în America; rezultatul a fost că aceste formule n'au fost admise nici acolo.

manență acțiunii unor forțe să fie în condițiuni mai avantajoase de cât, când forțele și-ar exercita acțiunea lor în mod intermitent. Rezultatele obținute de Wöhler pot fi explicate prin o schimbare moleculară, care se întâmplă, când limita de elasticitate a materialului a fost întrecută.

Ca rezultat practic formulele în chestiune conduc, pentru membrurele și diagonalele de la capetele grinzilor independente la travaliuri aproximativ identice cu cele admise în mod curent; pentru membrurile grinzilor continue, în punctele unde eforturile schimbă semnul, precum și pentru diagonalele de la mijlocul grinzilor dau un travaliu admisibil, care poate fi considerat ca prea mic.

Caracteristic în această privință e, că la congresul de la Paris formulele lui Wöhler n'au mai fost apărate de nimeni, iar circulara prusiană din 1903 și cea austriacă din 1904 nu le admit; așa că putem spune, că aceste formule au acum foarte puțini partizani și că părerea generală e, că diferențele în valorile travaliului admisibil nu trebuie să provie de cât din cauza calității materialului, a coeficientului de siguranță, a eforturilor dinamice,¹⁾ și a eforturilor suplimentare, a căror influență se realizează în calcule.

Circulara franceză din 1877 prevede un travaliu unic (0.6 t/cm^2 pentru fier) ori care ar fi deschiderea podului sau piesa considerată. Aceia din 1891 prevede pentru grinzile principale până la 30^m deschidere un travaliu unic (0.65 t/cm^2 pentru fier și 0.85 t/cm^2 pentru oțel; pentru piesele supuse la eforturi alternative travaliurile sunt 0.4 resp. 0.6 t/cm^2). Peste 30^m deschidere travaliul admisibil poate fi sporit la max. 0.85 t/cm^2 pentru fier și 1.15 t/cm^2 pentru oțel întrebuintând formulele²⁾

$$t_a = 0.6 \pm 0.3 \frac{A}{B} \quad (\text{pentru fier})$$

$$\text{și } t_a = 0.8 \pm 0.4 \frac{A}{B} \quad (\text{pentru oțel}).$$

¹⁾ Pentru a ține cont de eforturile dinamice, circulara elvețiană prevede sporirea eforturilor statice cu $2 (1.15)^0_0$; circulara austriacă le sporește cu 10^0_0 când calea e pe traverse metalice; iar cea prusiană reduce travaliul admisibil, în cazul când calea e așezată pe longeroni fără interpunerea unui material elastic.

²⁾ Cu aceleași notațiuni ca mai sus.

Circulara prusiană din 1903 și cea austriacă din 1887 și 1904 prevăd pentru grinzile principale travaliuri variabile cu deschiderea.

Pentru longeroni și antretoaze circulările austriace prevăd același travaliu ca și pentru grinzile principale de aceeași deschidere cu piesa considerată; iar cea Franceză din 1892 și Prusiană prevăd travaliuri speciale (0.55 t/cm^2 pentru fier și 0.75 t/cm^2 pentru oțel cea dintâi, 0.70 t/cm^2 resp. 0.75 t/cm^2 cea de a doua în cazul construcției obicinuite la noi). În această privință unii sînt de părere, ca la aceste circulări să se reducă travaliul admisibil și în cazul grinzilor principale cu calea direct așezată, luându-se aceiași coeficienți ca pentru longeroni. Cum însă rezultă contrariul din redacția acestor circulări și cum părerile sînt împărțite, în cele ce urmează vom considera că pentru grinzile principale se admite alt travaliu de cât pentru longeroni și antretoaze.

De altmintrelea ar fi un motiv, ca pentru longeroni să se sporească coeficientul de siguranță, de oare ce, în cazul căii la partea inferioară, ei sînt siliți să se lungească în același timp cu membrura inferioară, iar în cazul căii la partea superioară, sînt supuși la o compresiune suplimentară din cauza scurtării membrurei superioare. D-l Rabut spune că nu e rar, ca longeronii să ia $1/2$ din efortul membrurelor ¹⁾

E adevărat că, în acest caz, ar fi rațional să se reducă travaliul admisibil și la diagonale, cari sînt supuse la eforturi suplimentare destul de mari, însă aceasta nu e prevăzut în nici o circulară.

În tablourile următoare sînt date travaliurile admise de circulările considerate, pentru diferite piese și deschideri; ca și până aci pentru a face comparația am luat ca bază circulara Austriacă, la care am raportat celelalte circulări. N'am mai crezut necesar a construi o diagramă pentru interpretarea grafică, variațiunile fiind aci regulate și comparația putându-se face cu ușurință numai cu ajutorul tablourilor.

¹⁾ A se vedea conferința ținută la congresul de mecanică aplicată la Paris (1900).

1^o) fer

Deschiderea în m	Franța 1877		Austria 1887 și 1904	Franța 1891						Elveția 1892						Prusia 1904			
				grinzi principale		antretoaze și longeroni		diagonale la mijloc		grinzi principale		grinzi nituite supuse la încovoare		diagonale la mijloc		grinzi principale		antretoaze și longeroni	
	Travaliul t_1	$\frac{t_1}{t}$		travaliul t	travaliul t_2	$\frac{t_2}{t}$	travaliul t_3	$\frac{t_3}{t}$	travaliul t_4	$\frac{t_4}{t}$	travaliul t_5	$\frac{t_5}{t}$	travaliul t_6	$\frac{t_6}{t}$	travaliul t_7	$\frac{t_7}{t}$	travaliul t_8	$\frac{t_8}{t}$	travaliul t_9
	t/cm ²		t/cm ²	t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²	
1.0	0.60	0.86	0.70	0.05	0.93	0.55	0.79	—	—	0.70	1.00	0.63	0.90	—	—	0.75	1.07	0.70	1.00
5.0	»	0.85	0.71	»	0.92	»	0.77	—	—	0.72	1.02	0.65	0.92	—	—	0.75	1.06	0.70	0.99
10	»	0.83	0.72	»	0.90	»	0.76	—	—	0.73	1.02	0.66	0.92	—	—	0.75	1.04	0.70	0.97
15	»	0.82	0.73	»	0.89	—	—	0.40	0.55	0.74	1.02	0.67	0.92	0.50	0.68	0.76	1.04	—	—
20	»	0.81	0.74	»	0.88	—	—	»	0.54	0.75	1.02	0.68	0.92	»	0.68	0.77	1.04	—	—
30	»	0.79	0.76	0.70	0.92	—	—	»	0.53	0.77	1.02	—	—	»	0.66	0.79	1.04	—	—
40	»	0.77	0.78	0.73	0.93	—	—	»	0.51	0.9	1.01	—	—	»	0.64	0.81	1.04	—	—
50	»	0.75	0.80	0.75	0.94	—	—	»	0.50	0.79	0.99	—	—	»	0.63	0.82	1.02	—	—
60	»	0.74	0.81	0.77	0.95	—	—	»	0.49	0.80	0.98	—	—	»	0.62	0.83	1.02	—	—
70	»	0.73	0.82	0.79	0.96	—	—	»	0.49	0.80	0.97	—	—	»	0.61	0.84	1.02	—	—
80	»	0.75	0.84	0.81	0.96	—	—	»	0.48	0.80	0.95	—	—	»	0.59	0.85	1.01	—	—
90	»	0.70	0.85	0.83	0.97	—	—	»	0.47	0.81	0.95	—	—	»	0.59	0.86	1.01	—	—
100	»	0.70	0.80	0.85	0.99	—	—	»	0.46	0.81	0.94	—	—	»	0.58	0.87	1.01	—	—

2^o) oțel

Deschiderca in m	Austria 1904		Franța 1891				Elveția 1892				Prusia 1904						
	grinzi principale		antretoaze și longeroni		diagonale la mijloc		grinzi principale		grinzi nituite su-puse la încovoere		diagonale la mijloc		grinzi principale		antretoaze și longeroni		
	travaliul t_1	travaliul t_2 $\frac{t_2}{t}$	travaliul t_3 $\frac{t_3}{t}$	travaliul t_4 $\frac{t_4}{t}$	travaliul t_5 $\frac{t_5}{t}$	travaliul t_6 $\frac{t_6}{t}$	travaliul t_7 $\frac{t_7}{t}$	travaliul t_8 $\frac{t_8}{t}$	travaliul t_9 $\frac{t_9}{t}$	travaliul t_{10} $\frac{t_{10}}{t}$	travaliul t_{11} $\frac{t_{11}}{t}$	travaliul t_{12} $\frac{t_{12}}{t}$	travaliul t_{13} $\frac{t_{13}}{t}$	travaliul t_{14} $\frac{t_{14}}{t}$	travaliul t_{15} $\frac{t_{15}}{t}$	travaliul t_{16} $\frac{t_{16}}{t}$	
	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²
1	0.75	0.85	1.13	0.75	1.00	—	—	0.80	1.06	0.72	0.96	—	—	0.80	1.06	0.75	1.00
5	0.77	»	1.10	»	0.97	—	—	0.83	1.08	0.75	0.97	—	—	0.80	1.04	0.75	0.97
10	0.80	»	1.06	»	0.94	—	—	0.84	1.05	0.76	0.95	—	—	0.80	1.00	0.75	0.94
15	0.82	»	1.04	—	—	0.60	0.73	0.85	1.04	0.77	0.94	0.55	0.67	0.82	1.00	—	—
20	0.84	»	1.01	—	—	»	0.71	0.86	1.02	0.78	0.93	»	0.65	0.85	1.01	—	—
30	0.86	0.91	1.06	—	—	»	0.70	0.88	1.02	—	—	»	0.64	0.87	1.01	—	—
40	0.88	0.93	1.00	—	—	»	0.68	0.91	1.04	—	—	»	0.62	0.90	1.02	—	—
50	0.89	0.94	1.06	—	—	»	0.67	0.91	1.02	—	—	»	0.62	0.91	1.02	—	—
60	0.90	0.90	1.06	—	—	»	0.66	0.92	1.02	—	—	»	0.61	0.92	1.02	—	—
70	0.91	0.97	1.06	—	—	»	0.66	0.92	1.01	—	—	»	0.61	0.94	1.03	—	—
80	0.92	0.99	1.03	—	—	»	0.65	0.92	1.00	—	—	»	0.60	0.95	1.03	—	—
90	0.93	1.00	1.08	—	—	»	0.65	0.93	1.00	—	—	»	0.59	0.90	1.03	—	—
100	0.94	1.02	1.08	—	—	»	0.64	0.93	0.99	—	—	»	0.58	0.97	1.03	—	—

Pentru a introduce în aceste tablouri și circularile Franceză din 1891 și Elvețiană ne-am servit de cifrele date de M. v. Leber relativ la raportul dintre eforturile din greutate permanentă și cele din cea accidentală când variază deschiderea. În consecință cifrele respective din tablou sînt numai aproximative și nu se pot aplica de cît, după cum am mai spus, la membrurile grinzilor independente și la diagonalele de la extremitățile acestor grinzi. Pentru diagonalele de la mijlocul grinzilor independente și în unele puncte ale grinzilor continue, eforturile maxim și minim sînt de sens contrariu și egale; pentru acest caz cifrele relative au fost înscrise în o coloană separată.

Din tablouri se vede că în general circulara Prusiană și Elvețiană dau pentru grinziile principale aproximativ aceleași travaliuri ca cea austriacă; că circulara Franceză din 1877 dă travaliuri cu mult inferioare circularii Austriace, iar cea Franceză din 1891 mai mici aprox. cu 7—10% pentru fier și mai mari cu 7—10% aprox. pentru oțel. Pentru cazurile speciale precum longeroni, diagonale la mijloc etc., se obțin diferențe mai mult sau mai puțin mari.

În cazul când piesele sînt supuse la compresiune circularile prevăd să se facă și verificarea la flambaj. Unele lasă la aprecierea inginerilor cum trebuie să se facă această verificare; cea Elvețiană și Prusiană indică și modul de calcul și anume: cea Elvețiană după formulele lui Tetmayer ¹⁾ și cea Prusiană după formula lui Euler cu un coeficient de siguranță 5.

Formula lui Euler ²⁾ a dat și ea naștere la discuții; de și stabilită teoretic prin ajutorul unui raționament de aceeași rigurozitate ca și restul formulelor întrebuintate în rezistența materialelor, s'a pretins vreme îndelungată, că rezultatele ei nu sînt conforme cu prac-

¹⁾ pentru fier (1) $t_a = 0.75 - 0.003 \frac{l}{r}$ sau (2) $t_a = 5000 \left(\frac{r}{l}\right)^2$ pentru oțel

(3) $t_a = 0.80 - 0.003 \frac{r}{l}$ sau (4) $t_a = 5500 \left(\frac{r}{l}\right)^2$ în cari t_a e travaliul admisibil la flambaj în t/cm², l lungimea de flambaj și r raza de girație a secțiunii; formulele (1) și (3) se aplică când $\frac{l}{r} < 110$ iar (2) și (4) când $\frac{l}{r} > 110$.

²⁾ A se vedea articolul D-lui Inginer I. Ionescu din „Buletin“ (Anul XX No. 1) precum și al D-lui Ing. Periețeanu (Anul XX No. 2).

tica și chiar mulți din cei cari o admiteau, nu o întrebunțau de cât pentru anumite valori ale lui $\frac{l}{r}$. Formulele lui Tetmayer au fost date tocmai ca o corijare a formulei lui Euler. Experiențele efectuate ulterior în Germania au făcut ca părerile să se schimbe și această formulă a căpătat o consacrare prin ultima circulară Prusiană.

Se știe că ea se poate pune sub forma:

$$t_a = \frac{\pi^2 E}{n} \left(\frac{r}{l} \right)^2$$

formă sub care devine comparabilă cu formulele lui Tetmayer, ambele dând travaliul admisibil în funcție de $\frac{l}{r}$. Este bine înțeles că toate aceste formule nu se aplică de cât întru cât travaliul dat de ele nu e mai mare de cât travaliul admis la compresiunea simplă.

În tabloul următor s'a înscris atât pentru fier cât și pentru oțel valorile lui t_a calculate când variază $\frac{l}{r}$ după formula lui Euler (circ. Prusiană) sau a lui Tetmayer (circ. Elvețiană). Această din urmă a fost luată ca bază de comparație, la care s'a raportat travaliurile date de prima. Cu rapoartele obținute ca ordonate și cu valorile lui $\frac{l}{r}$ ca abscise s'a trasat diagramele pentru interpretarea grafică.

$\frac{l}{r}$	f i e r					o ț e l				
	Tetmayer	Euler				Tetmayer	Euler			
		travaliul la compresiune simplă *)					travaliul la compresiune simplă *)			
		0.72		0.90			0.77		1.00	
travaliul t	travaliul t_1	$t_1 t$	travaliul t_2	$t_2 t$	travaliul t	travaliul t_1	$t_1 t$	travaliul t_2	$t_2 t$	
	t/cm ²	t/cm ²		t/cm ²		t/cm ²	t/cm ²		t/cm ²	
10	0.72	0.72	1.00	0.90	1.25	0.77	0.77	1.00	1.00	1.30
20	0.69	»	1.04	»	1.30	0.74	»	1.04	»	1.35
30	0.66	»	1.10	»	1.36	0.71	»	1.08	»	1.40
40	0.63	»	1.14	»	1.43	0.68	»	1.13	»	1.47
50	0.60	»	1.20	»	1.50	0.65	»	1.18	»	1.54
60	0.57	»	1.26	»	1.58	0.62	»	1.24	»	1.60
66	0.55	»	1.30	0.90	1.64	0.60	»	1.28	1.00	1.66
70	0.54	»	1.34	0.81	1.50	0.59	»	1.30	0.89	1.51
74	0.53	0.72	1.30	0.72	1.36	0.58	0.77	1.32	0.77	1.32
80	0.51	0.62	1.20	0.62	1.20	0.56	0.68	1.21	0.68	1.21
90	0.48	0.49	1.02	0.49	1.02	0.53	0.54	1.02	0.54	1.02
100	0.45	0.39	0.87	0.39	0.87	0.50	0.43	0.86	0.43	0.86
110	0.42	0.33	0.79	0.33	0.79	0.46	0.36	0.79	0.36	0.79
120	0.35	0.27	»	0.27	»	0.38	0.30	»	0.30	»
130	0.30	0.23	»	0.23	»	0.32	0.26	»	0.26	»
140	0.25	0.20	»	0.20	»	0.28	0.22	»	0.22	»
150	0.22	0.17	»	0.17	»	0.24	0.19	»	0.19	»

Se vede aci că pantru valorile lui $\frac{l}{r}$ mai mici ca 66 flambajul, după formula lui Euler, nu intervine, pe când după formula lui Tetmayer importanța lui devine din ce în ce mai mare. (După cea d'întâi formulă obținem pentru $\frac{l}{r} = 66$ un travaliu cu 65% aprox. mai mare ca după cea de a doua).

Pentru valorile lui $\frac{l}{r}$ coprinse între 66 și 74, flambajul poate sau nu să intervie după formula lui Euler, după valoarea travaliului admis la compresiune simplă.

*) S'a presupus că travaliul admis la compresiune simplă poate varia între 0.72 t/cm² și 0.90 t/cm² pentru fier și 0.77—1.00 t/cm² pentru oțel.

Pentru $\frac{l}{r} > 74$ flambajul intervine după ambele formule și valorile lui t_a după aceia a lui Euler se apropie din ce în ce de acelea date de formulele lui Telmayer; scăderea raportului continuă până la $\frac{l}{r} = 110$ de unde formula lui Euler dă un travaliu admisibil egal cu 0.79 din acel dat de formulele lui Tetmayer.

Rezultă de aci că membrurele calculate după circulara Prusiană vor avea la egalitate de efort secțiuni cu mult mai mici de cât dacă ar fi calculate după circulara Elvețiană (de oare ce știe că pentru membrure valorile lui $\frac{l}{r}$ sunt mici); iar pentru diagonale și contravinturi, când $\frac{l}{r}$ de mai mare ca 100 lucrurile se petrec invers.

Un alt element, care trebuie luat în considerație, e rezistența niturilor; în această privință va trebui să facem o distincție, după cum e vorba de rezistența la forfecare a nitului său de rezistența la compresiune pe peretele găurii.

Din primul punct de vedere toate circularile admit la forfecare un travaliu, care se poate pune sub forma αt_a , — α fiind un coeficient mai mic de cât 1 și t_a travaliul la care lucrează piesa. — Excepțiune fac ambele circulari Austriace, cari admit un travaliu unic (0.60 t/cm² pentru fier și 0.70 t/cm² pentru oțel în cazul forfecării în o singură direcție, iar când forfecarea se poate face în mai multe direcții și la niturile atașelor se admite 0.50 resp. 0.60 t/cm²) Formula $\alpha_0 t_a$ se poate aplica și circularilor Austriace, dacă considerăm pe α variabil cu deschiderea.

Pentru rezistența la compresiune pe peretele găurii se admit formule tot de forma αt_a , luând ca secțiune de introdus în calcul proiecțiunea găurii pe un plan diametral. Și aci ca și la rezistența la forfecare circularile Austriace admit un travaliu constant (1.4 t/cm² pentru fier și 1.6 t/cm² pentru oțel.

În tabloul următor sînt date diferitele valori ale lui α după diferitele circulari.

Circulara		la forfecare				la compresiunea pe peretele găurii	
Franceză 1891		0.80				—	
Elvețiană 1892		0.90				2.70	
Prusiană 1903		0.90				1.80	
Id. atașele longeronilor		0.93				1.80	
deschiderea		fier		oțel		fier	oțel
		o singură direcție	mai multe direcții	o singură direcție	mai multe direcții		
Austriacă 1887 și 1904	1 ^m	0.86	0.71	0.93	0.80	2.00	2.13
	6 ^m			0.90			
	25 ^m	0.80					
	40 ^m			0.80		1.80	
	50 ^m						1.80
	100 ^m	0.70	0.58	0.75	0.64	1.63	1.80

Tabloul e suficient pentru a compara între ele îmbinările calculate după diferitele circulări; într'adevăr îmbinările se calculează în general independent de efort și se cată numai ca niturile să prezente o rezistență egală cu a pieselor îmbinate.

Se vede prin urmare că cea mai defavorabilă din punctul de vedere al rezistenței la forfecare e circulara Franceză din 1891 și în urmă vine circulara Prusiană și Elvețiană. Cea Austriacă ocupă pozițiuni intermediare după deschidere, natura materialului și piesă. În tablou s'a înscris deschiderile, pentru cari circulara Austriacă dă aceleași cifre ca cele lalte circulări.

Din punctul de vedere al rezistenței la compresiune pe peretele găurii putem zice că cea mai defavorabilă e circulara Prusiană, apoi vine cea Austriacă și în urmă circulara Elvețiană. Cea Franceză nu introduce acest element.

(Va urma)

Cristea Niculescu

Inginer la C. F. R.