

جداول لنگر، نیروی برشی و عکس‌العمل تکیه‌گاهی حداکثر برای پلهای ساده

نوشته: دکتر مجید صادق‌آذر، استادیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

چکیده:

جداول لنگر، نیروی برشی و عکس‌العمل تکیه‌گاهی حداکثر برای پلهای ساده و برای دهانه‌های ۲ الی ۲۵۰ متری با انتخاب بارگذاری براساس دستور فنی وزارت راه و ترابری [۱] ارائه می‌گردد و طرز استفاده از جداول نشان داده می‌شود.

۱- مقدمه:

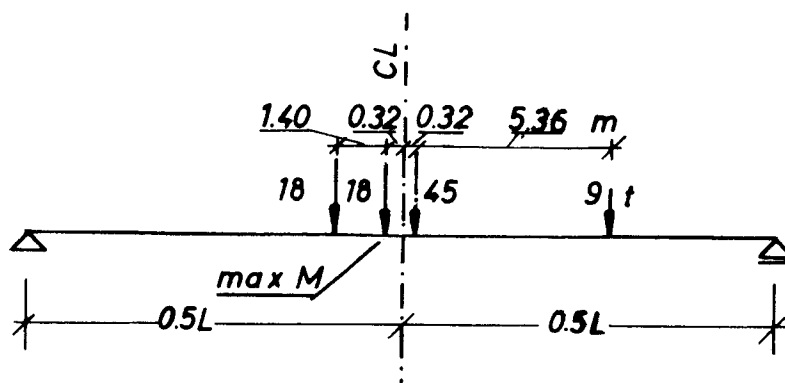
جداولی که در زیر تدوین می‌شوند کار محاسباتی مهندس طراح را کاسته و در انتخاب دهانه اقتصادی پل به او کمک می‌کنند. این جداول لنگر و نیروی برشی و عکس‌العمل تکیه‌گاهی حداکثر برای پلهای ساده با دهانه از ۲ الی ۲۵۰ متری را ارائه می‌دهند. بارگذاری پلهای براساس دستور فنی شماره ۱۱ وزارت راه و ترابری انتخاب شده است. کاربرد جداول، و همچنین اطلاعات مختصری در مورد پخش بارها در عرض پل، به کمک یک مثال نشان داده می‌شود.

۲- بارگذاری^۳

بارگذاری برای یک خط عبور در سه حالت به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

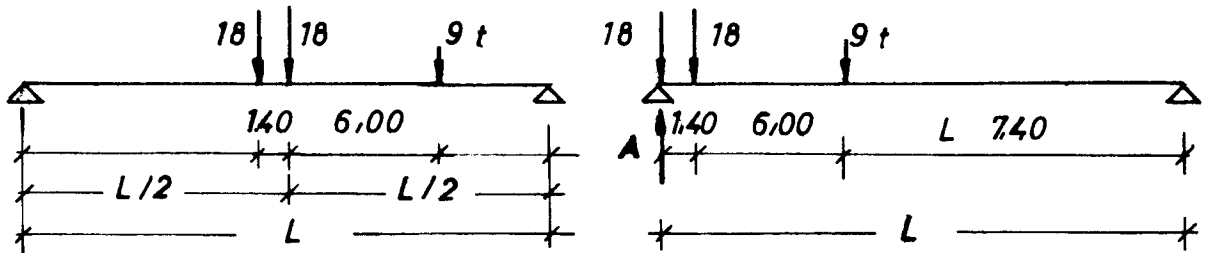
۱-۲- برش و لنگر حداکثر برای یک کامیون ۴۵ تنی در روی پل

برای بدست آوردن لنگر حداکثر M که زیر محور وسطی کامیون می‌باشد این محور وسطی را برای دهانه‌های کوچکتر از ۱۱/۳۶ متر در وسط دهانه پل قرار داده (شکل ۳) و برای دهانه‌های بزرگتر از ۱۱/۳۶ متر آن را به فاصله ۳۲ سانتیمتر از وسط دهانه پل (شکل ۱) قرار می‌دهیم. فاصله ۳۲ سانتیمتر عبارت از نصف فاصله مرکز ثقل بار تمام محورهای کامیون از محور وسطی می‌باشد. برش حداکثر Q موقعی بدست می‌آید که محور عقبی کامیون روی تکیه‌گاه قرار گیرد (شکل ۳) و مقدار آن مساوی عکس‌العمل تکیه‌گاهی A می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت کامیون ۴۵ تنی برای لنگر حداکثر و برای ۱۱/۳۶ متر

- ۱- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۵۸/۱۰/۱۲
 ۲- جداول و همچنین بخشی از این مقاله در پایان نامه مطالعات اختصاصی آقایان مهندس عبدالمجید سمساریلر و مهندس احمد عشق‌آبادی زیر نظر این جانب تدوین شده‌اند که بدین وسیله از زحمات این آقایان تشکر می‌نمایم.
 (بقیه پاورقی صفحه بعد)



شکل ۳- موقعیت کامیون ۴۵ تنی برای برش حداکثر
 شکل ۲- موقعیت کامیون ۴۵ تنی برای لنگر حداکثر و
 برای $L \leq 11/36$ متر

M و Q طبق بخش ۲-۱۲ دستور فنی فوق الذکر باید با ضریب ضربه $c = (1 + \frac{6}{10+L})$ تشدید شوند. مقدار حداکثر c برابر ۱/۳۰ می باشد. روابط بدست آمده برای M در تن متر و A=Q در تن بشرح زیر می باشد:

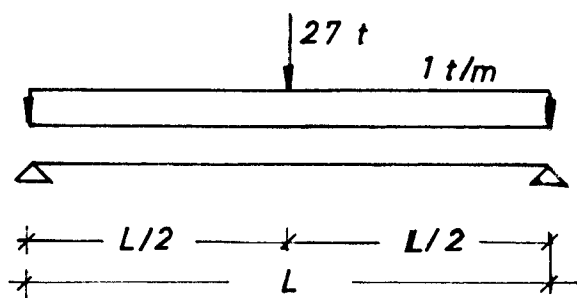
$M = 4/5 L (1/30)$	برای $L \geq 2/80$ متر:
$M = (9L - 12/6) (1/30)$	برای $L \geq 2/80$
$M = (9L - 12/6) (1 + \frac{6}{10+L})$	برای $L \geq 10/00$
	برای $L > 11/36$
$M = (11/25 L + \frac{4/608}{L} - 39/6) (1 + \frac{6}{10+L})$	
$Q=A = (36 - \frac{25/2}{L}) (1/30)$	برای $L \geq 7/40$ متر:
	برای $L \geq 7/40$
$Q=A = (45 - \frac{91/80}{L}) (1/30)$	
	برای $L \geq 10/00$
$Q=A = (45 - \frac{91/80}{L}) (1 + \frac{6}{10+L})$	

۲-۲- برش و لنگر حداکثر برای وزن معادل (بار گسترده به علاوه یک بار منفرد)

بر اساس بند ۲-۲ دستور فنی وزارت راه، میتوان بار کامیون را برای هر خط عبور (۳/۵ متر پهنا) به یک بار یکنواخت معادل، برابر یک تن بر متر طول به علاوه یک بار منفرد ۲۷ تنی برای محاسبه لنگر حداکثر (شکل ۴)، و یا به همان باریکنواخت به علاوه یک بار منفرد ۳۱ تنی برای محاسبه برش حداکثر (شکل ۵) تبدیل کرد. لنگر و برش حداکثر در این حالت هم باید با ضریب ضربه تشدید شوند و روابط حاصله بشرح زیر می باشند:

(دنباله پاورقی صفحه قبل)

۳- چون در زمان تدوین این جداول، هنوز بارگذاری کامیون ۹۰ تنی بوسیله وزارت راه و ترابری ابلاغ نشده بود، بارگذاری نامبرده در این جداول منظور نشده است.



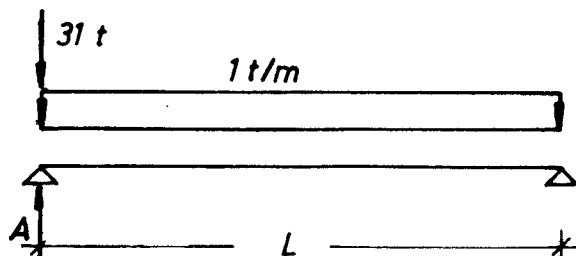
شکل ۴- موقعیت بار یکنواخت به علاوه بار منفرد برای لنگر حداکثر

$$M = (6/75 L + 0/125 L^2) (1/30)$$

$$M = (6/75 L + 0/125 L^2) (1 + \frac{6}{10+L})$$

$$A=Q = (31 + 0/5 L) (1/30)$$

$$A=Q = (31 + 0/5 L) (1 + \frac{6}{10+L})$$



شکل ۵- موقعیت بار یکنواخت به علاوه بار منفرد برای برش حداکثر

برای $L \geq 10/00$ متر:

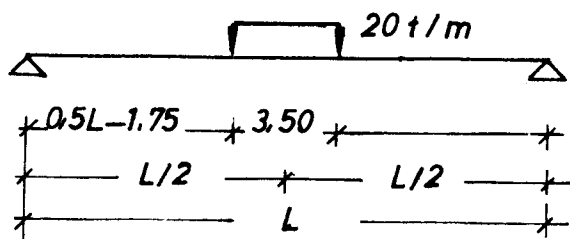
برای $L \geq 10/00$ متر:

برای $L > 10/00$ متر:

برای $L \geq 10/00$ متر:

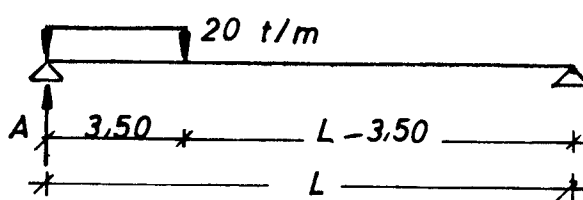
۳-۲- برش و لنگر حداکثر برای بار غیر عادی تانک ارتشی

برای بار غیر عادی که ممکن است از روی پل بگذرد می توان ، بر اساس بند ۲-۱۳ دستور فنی ، یک تانک ارتشی به وزن ۷۰ تن را در جهت طولی در نظر گرفت . طول سطحی از جاده که با تانک در تماس است مساوی ۳/۵۰ متر می باشد . یعنی تانک در طول ۳/۵ متر باری معادل ۲۰ تن در هر متر (مجموع بار دو چرخ تانک) بر روی پل وارد می سازد . برای بدست آوردن لنگر حداکثر M که در وسط پل می باشد تانک در وسط پل (شکل ۶) قرار داده می شود . برش حداکثر موقعی بدست می آید که انتهای چرخ تانک بر تکیه گاه (شکل ۷) قرار گیرد . M و Q در این حالت احتیاج به تشدید با ضریب ضربه ندارند .



شکل ۶- موقعیت تانک ارتشی برای لنگر حداکثر

$$M = 2/5 L^2$$



شکل ۷- موقعیت تانک ارتشی برای برش حداکثر

روابط بدست آمده بشرح زیر میباشند:

برای $L \geq 3/50$ متر:

$$M = 17/5 L - 30/625$$

$$A=Q = 10 L$$

$$A=Q = 70 - \frac{122/50}{L}$$

برای $L \geq 3/50$ متر:

برای $L \geq 3/50$ متر:

برای $L \geq 3/50$ متر:

۳- پخش عرضی بارها

اگر پل از شاهتیرهای متعدد طولی ST و تیرهای عرضی T تشکیل یافته باشد (شکل a ۸). پخش بارهای وارده در عرض پل، بر روی شاهتیر بر اساس تئوری شبکه ها صورت می گیرد. روشهای عملی و جداول و منحنی های متعددی در این مورد وجود دارند که بعضی از آنها در مراجع [۲] الی [۷] ذکر شده اند. با استفاده از این مراجع میتوان سهم بار تیر مورد نظر را بدست آورد.

۴- تعیین لنگر و برش حداکثر با استفاده از جداول پیوست

اگر سهم بارتیر مورد نظر از تاثیر کلیه بارهای وارده در تمامی عرض پل بوده و P مساوی بارکل یک خط عبور باشد لنگر و برش حداکثر این تیر با استفاده از جداول پیوست عبارتند از:

$$M = \left(\text{مقدار لنگر از جدول} \right) \times \frac{R}{P} \quad \text{و} \quad A=Q = \left(\text{مقدار نیروی برشی از} \right) \times \frac{R}{P}$$

پیوست جدول پیوست

۵- مثال:

شکل ۸ یک پل ساده از نوع بتنی فولادی به طول ۲۰ متر و به عرض ۹/۵ متر با دو خط عبور را نشان می دهد. پل از ۵ شاهتیر ST و ۴ تیر عرضی T تشکیل یافته است. با فرض اینکه تیرهای عرضی به اندازه کافی سخت هستند می توان پخش بار را از رابطه کوربن Courbon بدست آورد. و این پخش برای تیر شماره ۱ در شکل c ۸ رسم شده است. لنگر و نیروی برش شاهتیر ۱ تحت بارگذاریهای مختلف به شرح زیر می باشد:

الف - کامیون ۴۵ تنی (شکل c ۸)

شکل c ۸ خط تاثیر پخش عرضی بار برای تیر شماره ۱ را به کمک رابطه کوربن نشان می دهد. دو کامیون ۴۵ تنی بر اساس دستور فنی شماره ۱۱ پهلوی هم قرار داده می شوند. (شکل a ۸).

$$R_1 = \frac{P}{2} (0/565 + 0/365 + 0/235 + 0/035) = 0/6P$$

در رابطه فوق P مساوی بار دو چرخ عقبی کامیون می باشد.

از جداول ضمیمه لنگر و برش حداکثر برای کامیون ۴۵ تنی بدست می آید:

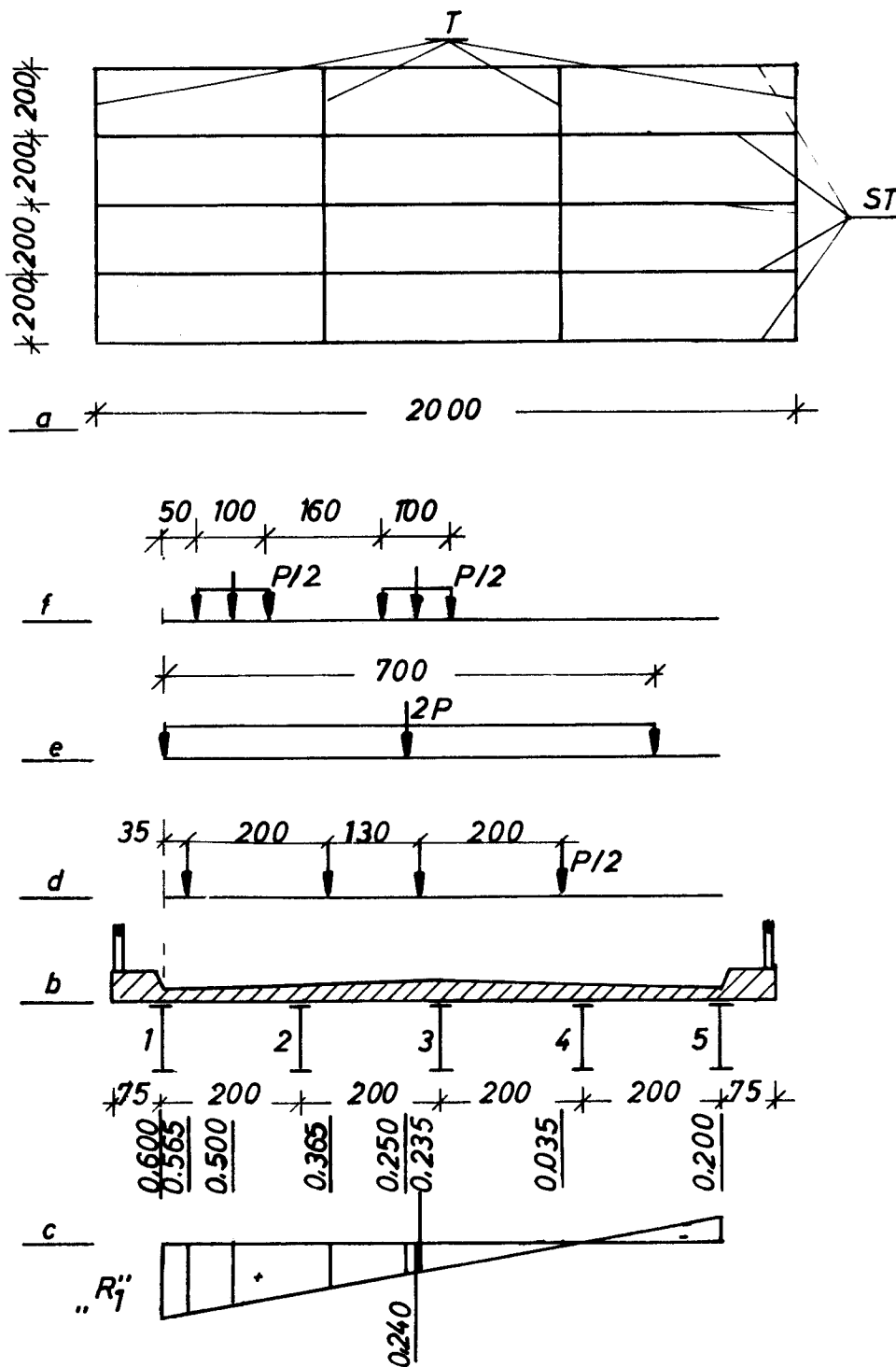
$$M = 222/76 \frac{R_1}{P} = 222/76 \times 0/6 = 133/49 \text{ tm}$$

$$A=Q = 48/49 \frac{R_1}{P} = 48/49 \times 0/6 = 29/09$$

ب - بار گسترده به علاوه یک بار منفرد معادل (وزن معادل) در دو خط عبور (شکل c ۸).

$$R_1 = 0/25 \times 2P = 0/50 P$$

$$M = 222/0 \frac{R_1}{P} = 222/0 \times 0/50 = 111/0 \text{ tm}$$



شکل ۸ - پل مرکب بتنی فولادی بدهانه ۲۰ متر، a: طرح تیر ریزی، b: سطح مقطع، c: خط تاءثیر پخش بار جانی برای تیر ۱ بر اساس Courbon، d: موقعیت دو کامیون ۴۵ تنی در عرض پل برای R_1 حداکثر، e: موقعیت بار یکنواخت و بار منفرد در عرض پل برای R_1 حداکثر، و f: موقعیت تانک ارتشی در عرض پل برای R_1 حداکثر.

طول دهانه	برش و لنکر حداکثر برای بار کارمیون ۴۵ تنی	برش و لنکر حداکثر برای بار گسترده به علاوه یک بار منفرد	برش و لنکر حداکثر برای بار تانک ارتشی			
(متر)	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q
2,00	11,70	30,42	18,20	10,00	20,00	30,00
3,00	18,72	35,88	27,79	22,50	30,00	30,00
4,00	30,42	38,61	37,70	39,38	39,38	39,38
5,00	42,12	40,25	47,94	56,88	45,40	45,40
6,00	53,82	41,34	58,50	74,38	49,58	49,58
7,00	65,52	42,12	69,39	91,88	52,50	52,50
8,00	77,22	43,57	80,60	109,38	54,69	54,69
9,00	88,92	45,24	92,14	126,88	56,39	56,39
10,00	100,62	46,57	104,00	144,38	57,75	57,75
11,00	111,09	47,13	114,91	161,88	58,86	58,86
12,00	121,91	47,54	126,00	179,38	59,79	59,79
13,00	134,92	47,84	137,28	196,88	60,58	60,58
14,00	147,79	48,05	148,75	214,38	61,25	61,25
15,00	160,53	48,21	160,43	231,88	61,83	61,83
16,00	173,15	48,32	172,31	249,38	62,34	62,34
17,00	185,68	48,40	184,40	266,88	62,79	62,79
18,00	198,12	48,45	196,71	284,38	63,19	63,19
19,00	210,47	48,48	209,25	301,88	63,55	63,55
20,00	222,76	48,49	222,00	319,38	63,88	63,88
21,00	234,97	48,49	234,98	336,88	64,17	64,17
22,00	247,30	48,48	248,19	354,38	64,43	64,43
23,00	259,24	48,46	261,62	371,88	64,67	64,67
24,00	271,29	48,44	275,29	381,38	64,90	64,90
25,00	283,30	48,41	289,20	406,88	65,10	65,10
26,00	295,26	48,38	303,33	424,38	65,29	65,29
27,00	307,19	48,35	317,71	441,88	65,46	65,46
28,00	319,06	48,31	332,32	459,38	65,63	65,63
29,00	330,93	48,27	347,16	476,88	65,78	65,78
30,00	342,77	48,23	362,25	494,38	65,92	65,92
32,00	366,33	48,15	392,14	529,38	66,17	66,17
34,00	389,82	48,07	425,00	564,38	66,40	66,40
36,00	413,22	47,99	457,83	599,38	66,60	66,60

طول دهانه	برش و لنکر حداکثر برای بار کارمیون ۴۵ تنی	برش و لنکر حداکثر برای بار گسترده به علاوه یک بار منفرد	برش و لنکر حداکثر برای بار تانک ارتشی			
(متر)	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q	لنکر (تن متر) M	برش (تن) A=Q
38,00	436,53	47,91	491,63	56,25	634,38	66,78
40,00	459,78	47,83	526,40	57,12	669,38	66,94
42,00	482,97	47,75	562,15	58,00	704,38	67,08
44,00	506,12	47,68	598,89	58,89	739,38	67,22
46,00	529,21	47,61	636,61	59,79	774,38	67,34
48,00	552,27	47,54	675,31	60,69	809,38	67,45
50,00	575,29	47,48	715,00	61,60	844,38	67,55
55,00	632,70	47,33	818,15	66,23	931,88	67,77
60,00	689,94	47,20	928,28	68,25	1019,38	67,96
65,00	747,05	47,07	1044,22	68,58	1106,88	68,12
70,00	803,26	46,97	1166,37	70,95	1194,38	68,25
75,00	860,97	46,87	1294,74	73,34	1281,88	68,37
80,00	917,82	46,78	1429,33	75,73	1369,38	68,47
85,00	974,60	46,69	1570,15	78,14	1456,88	68,56
90,00	1031,32	46,52	1717,20	80,56	1544,38	68,64
95,00	1088,01	46,55	1870,48	82,99	1631,88	68,71
100,00	1144,65	46,49	2029,99	85,42	1719,38	68,78
110,00	1257,85	46,37	2367,75	90,30	1894,38	68,89
120,00	1370,92	46,28	2730,46	95,20	2069,38	68,98
130,00	1483,92	46,19	3118,14	100,11	2244,38	69,06
140,00	1596,85	46,12	3530,80	105,04	2419,38	69,13
150,00	1709,73	46,05	3968,44	109,98	2594,38	69,18
160,00	1822,56	45,99	4431,05	114,92	2769,38	69,23
170,00	1935,36	45,94	4918,66	119,87	2944,38	69,28
180,00	2048,13	45,89	5431,26	124,82	3119,38	69,32
190,00	2160,86	45,85	5968,85	129,78	3294,38	69,36
200,00	2273,57	45,81	6531,43	134,73	3469,38	69,39
210,00	2386,27	45,78	7118,99	139,71	3644,38	69,42
220,00	2498,95	45,75	7731,56	144,68	3819,38	69,44
230,00	2611,62	45,72	8369,12	149,65	3994,38	69,47
240,00	2724,26	45,69	9031,67	154,62	4169,38	69,49
250,00	2836,90	45,66	9719,22	159,60	4244,38	69,51

$$A=Q = 49/2 \frac{R_1}{P} = 49/2 \times 0/50 = 24/6 \text{ t}$$

ج - بار غیر عادی تانک ارتشی (فقط در یک خط عبور) (شکل ۸f)

$$R_1 = \frac{P}{2} (0/50 + 0/24) = 0/37P$$

$$M = 319/38 \times 0/37 = 118/17 \text{ tm}$$

$$A=Q = 63/88 \times 0/37 = 23/64 \text{ t}$$

د - لنگر و برش حداکثر برای طراحی جدول شماره ۱ - لنگر و برش حداکثر

تانک ارتشی	وزن معادل	کامیون ۴۵ تنی	
۱۱۸/۱۷	۱۱۱/۰۰	۱۳۳/۴۹	لنگر در tm
۲۳/۶۴	۲۴/۶۰	۲۹/۰۹	برش در t

از جدول شماره ۱ لنگر و برش طراحی برای شاهتیر شماره ۱ بدست میآیند:

$$M = 133/49 \text{ tm}$$

$$A=Q = 29/09 \text{ t}$$

فهرست منابع

۱ - ضمیمه دستور فنی شماره ۱۱ وزارت راه و ترابری

- [2] Sattler K. "Lehrbuch der Statik, Theorie und ihre Anwendung." Band II, Teil A. Berlin, Heidelberg, New York, 1975, Springer.
- [3] Bares, R. Massonnet, c.le calcul des grillages de poutres et dalles orthotropes, Paris, 1966 Dunod.
- [4] Guyon, M.Y. "Calcul des ponts larges a poutres multiples solidarisees par des entretoises" Ann. Pont et chauss. (1946) 553-612.
- [5] Leonhardt, F. Andrae, W.: "Die vereinfachte Traegerrostberechnung"; 1950, Hoffmann.
- [6] Homberg, H. "Einflussflaechen fuer Traegerroste"; 1949.
- [7] Cusens, A.R. Pama, R.P. "Bridge deck analysis"; London, New York, 1975, Wiley.
- [8] Rowe, R.E., "Supplement to concrete Bridge Design" London, New York, 1962, Wiley.