UDC 624.042.3:624.073.12
624.21.095

鉄筋コンクリート単純版の荷重分布有効幅に関する研究

准員 米沢 博*

ON THE EFFECTIVE WIDTH OF REINFORCED CONCRETE SIMPLE SLAB OVER WHICH A WHEEL LOAD IS DISTRIBUTED.

(JSCE Oct. 1951)

Hiroshi Yonezawa C.E. Assoc. Member

Synopsis In the provisions about the effective width of reinforced concrete slab over which a wheel load is distributed, there are large differences between Japanese and American specifications, and the former's provisions include many questionable points. Thereupon author has calculated the bending moment of the rectangular plate of infinite length with simply supported edges under load distributed over rectangular portion, and induced the new formula and diagram of effective width. As a result it has been obvious that Japanese provisions must be made better and the ratio of distribution reinforcement to main reinforcement should be reinvestigated.

1. まえがき

わが国の鋼道路橋設計示方書（1939）の第 24 条において，鉄筋コンクリート床版について，いわゆる荷重分布有効幅一以下単に有効幅と呼ぶ一が示されている。これを米国の道路橋標準示方書（Standard Specifications for Highway Bridges Adopted by The American Association of State Highway Officials, Fifth Edition, 1949)[1] 一以下米国の示方書と略称する一の鉄筋コンクリート床版設計の条項と比較すると，かなりの相違が認められる。

米国の示方書は集中荷重による薄板の応力に関する理論的研究一主として H.M. Westergaard による一に取材して，応力計算の正確を期するとともに，設計々算の迅速を計るために簡易化に重点をおいて，諸規定の条項が記述されており，わが国の示方書の学ぶべきところも少くない。

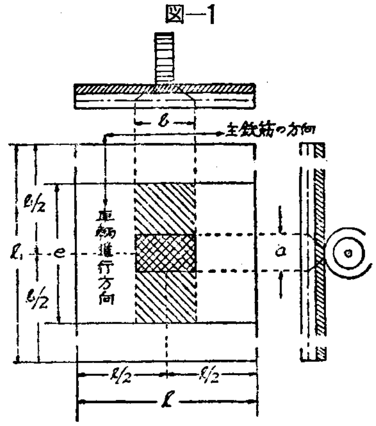
床版の有効幅に関する米国の示方書の基礎となつている H.M. Westergaard の研究は，集中荷重の分布については，わが国の示方書の規定と異なつているので，そのまゝ取り入れることはできない。従つてわが国の輪荷重の矩形分布に関する規定に従い，米国の示方書を参照しつゝ，薄板の曲げに関する理論的計算に基いて，わが国の規定の改正に関する資料を求めたいと思う。本文では単純版に関する研究を述べ，以下続いて片持版，連続版について輪荷重分布有効幅の研究を発表し，御批判を仰ぎたい。

*文部教官，京都大学助手，工学部土木工学教室

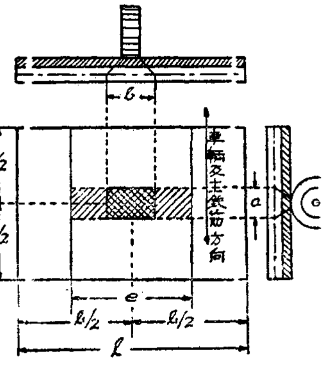
2. わが国の現行規定

わが国の示方書第 24 条によれば，曲げモーメントについて，主鉄筋が車輛進行の方向に直角なる場合，（図一1）及び平行なる場合（図一2）に対して，単純版

図一1



図一2



または連続版では，それぞれ $e=0.7l+a\leqq200+a(\leqq l_1)$ 及び $e=0.7l+b\leqq200+b(\leqq l_1)$（単位cm）となつている。道路協会発行の本示方書の解説(1940)によれば，この式は F. Bleich, Theorie und Berechnung der eiserne Brücken, s. 345. によつた近似式であるとしている。

また東大平井敦教授の鋼橋 I においても F. Bleich 流の説明を引用しておられる。これは剛結された辺間の距離 a なる剛結辺の無限に長い帯状版の中央に集中荷重が作用した場合，これが直径 $0.1a$ の円上に分布するものとして，荷重の作用点の応力を求め，これを中央に集中荷重を受ける固定梁中央断面の応力と比較して，$e=0.63a$ が得られるので，橋梁工事に現われる版では安全のためこれに近い値として $e=2a/3$ とするのである。さらに荷重の接触幅の影響は有効幅をそれだけ増すことによつて考察するとしている[2]。たゞしこの 2/3 の係数を 1939 年の改正において 0.7 に改め*

*ている。

さてこゝで最も疑問となるのは，集中荷重の分布が直径 $0.1a$ の円でなくて，矩形である場合は，接触幅の影響をいかにとるか，また相対する 2 辺固定の無限版に対して導かれた結果を，安全のためと称して単純版あるいは連続版に対してそのまゝ適用してよいかどうか，むしろこれらに対しては適当な値を与えるべきでないか，の 2 点であると思う。著者はこの点に鑑みて以下の研究を行い，新らしい計算公式及び計算表を提案したいと考え，取りあえず単純版の曲げモーメントに対する研究を発表する次第である。

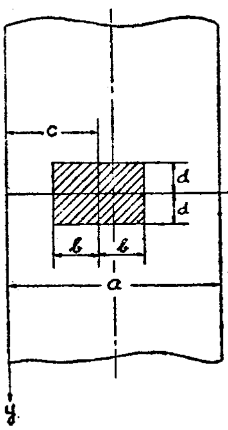
3. 無限版 (Rectangular Plate of Infinite Length with Simply Supported Edges) の曲げモーメント[3]

a) まず第 1 に図—3 のように相対する 2 辺で単純支持された無限版が部分的に等分布荷重を載せている場合について求めよう。この場合には

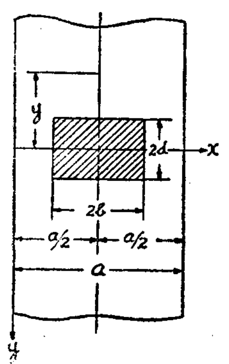
$$\left.\begin{aligned}(M_x)_{y=0}&=\frac{2qa^2}{\pi^2}\Sigma\frac{1}{m^2}\sin\frac{m\pi c}{a}\sin\frac{m\pi b}{a}\sin\frac{m\pi x}{a}\left[\frac{2}{m\pi}-\left\{\frac{2}{m\pi}+(1-\nu)\frac{d}{a}\right\}\exp\left(-\frac{m\pi d}{a}\right)\right]\\(M_y)_{y=0}&=\frac{2qa^2}{\pi^2}\Sigma\frac{1}{m^2}\sin\frac{m\pi c}{a}\sin\frac{m\pi b}{a}\sin\frac{m\pi x}{a}\left[\frac{2\nu}{m\pi}-\left\{\frac{2\nu}{m\pi}-(1-\nu)\frac{d}{a}\right\}\exp\left(-\frac{m\pi d}{a}\right)\right]\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(1)$$

上式において $c/a=1/2$ とすれば，荷重が中心に関して対称の位置にある場合の $y=0$ 上の曲げモーメント

図—3



図—4



が得られる。更に $x/a=1/2$, $c/a=1/2$ とすれば，図—4 のような対称荷重の場合の版の中心 ($x=a/2$, $y=0$) の曲げモーメント M_x, M_y が得られる。これを $2b/a=\alpha$, $2d/a=\beta$ として表わし，α, β の種々の値に対する M_x/P, M_y/P を求めると，表—1，2 のようになる。たゞし P＝全荷重$=4qbd=q\alpha\beta a^2$ である。なおポアソン比 ν は 0, 0.15 の 2 通りに対して求めてあるが[4]，$\nu=0.15$ とする方がより大きな値を与えるので，以下においては専ら $\nu=0.15$ の場合を計算するものとする。

表—1 図—4 の荷重状態における版の中心における M_x/P

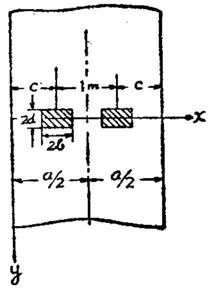
ν	β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0	0.1	0.2695	0.2219	0.1925	0.1702	0.1536	0.1378
	0.2	0.2532	0.2138	0.1885	0.1675	0.1510	0.1359
	0.3	0.2384	0.2070	0.1833	0.1636	0.1478	0.1339
	0.4	0.2229	0.1971	0.1775	0.1602	0.1446	0.1314
	0.5	0.2095	0.1881	0.1704	0.1544	0.1416	0.1281
0.15	0.1	0.3019	0.2573	0.2175	0.1925	0.1714	0.1550
	0.2	0.2756	0.2365	0.2077	0.1857	0.1666	0.1510
	0.3	0.2547	0.2236	0.1986	0.1790	0.1616	0.1468
	0.4	0.2361	0.2110	0.1893	0.1722	0.1562	0.1429
	0.5	0.2209	0.2002	0.1812	0.1653	0.1506	0.1377

表—2 図—4 の荷重状態における版の中心における M_y/P

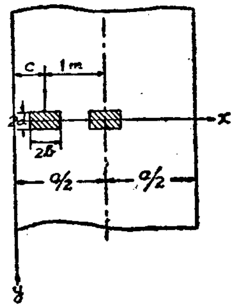
ν	β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0	0.1	0.1855	0.1743	0.1567	0.1419	0.1293	0.1182
	0.2	0.1449	0.1373	0.1281	0.1185	0.1086	0.1009
	0.3	0.1142	0.1111	0.1056	0.0993	0.0924	0.0861
	0.4	0.0927	0.0912	0.0875	0.0833	0.0786	0.0735
	0.5	0.0774	0.0760	0.0736	0.0704	0.0668	0.0627
0.15	0.1	0.2287	0.2097	0.1851	0.1682	0.1528	0.1381
	0.2	0.1814	0.1697	0.1560	0.1436	0.1321	0.1211
	0.3	0.1486	0.1425	0.1328	0.1236	0.1148	0.1062
	0.4	0.1256	0.1211	0.1142	0.1071	0.1002	0.0932
	0.5	0.1062	0.1047	0.0958	0.0933	0.0879	0.0821

註 $\alpha=2b/a$, $\beta=2d/a$

図—5



図—6



b) 図—3 の荷重状態において，c/a に種々の値を与えて $x/a=1/2$ とし，これに **a)** の計算値を組合せると，図—5, 6 のような荷重状態における版中心 ($x=a/2$, $y=0$) の M_x, M_y が得られる。

c) 図—3 の荷重状態について，$y \geqq d$ の部分に対する曲げモーメントの公式は

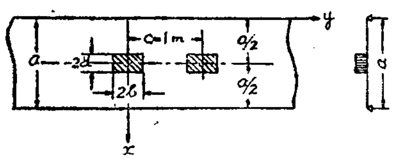
$$\left.\begin{aligned} M_x&=\frac{qa^2}{\pi^2}\Sigma\frac{1}{m^2}\sin\frac{m\pi c}{a}\sin\frac{m\pi b}{a}\sin\frac{m\pi x}{a}\cdot f(m,\nu,y/a,d/a)\\ M_y&=\frac{qa^2}{\pi^2}\Sigma\frac{1}{m^2}\sin\frac{m\pi c}{a}\sin\frac{m\pi b}{a}\sin\frac{m\pi x}{a}\cdot g(m,\nu,y/a,d/a)\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(2)$$

たゞし

$$\left.\begin{aligned} f&=\left\{\frac{2}{m\pi}+(1-\nu)\left(\frac{y}{a}-\frac{d}{a}\right)\right\}\exp\left\{-m\pi\left(\frac{y}{a}-\frac{d}{a}\right)\right\}-\left\{\frac{2}{m\pi}+(1-\nu)\left(\frac{y}{a}+\frac{d}{a}\right)\right\}\exp\left\{-m\pi\left(\frac{y}{a}+\frac{d}{a}\right)\right\}\\ g&=\left\{\frac{2\nu}{m\pi}-(1-\nu)\left(\frac{y}{a}-\frac{d}{a}\right)\right\}\exp\left\{-m\pi\left(\frac{y}{a}-\frac{d}{a}\right)\right\}-\left\{\frac{2\nu}{m\pi}-(1-\nu)\left(\frac{y}{a}+\frac{d}{a}\right)\right\}\exp\left\{-m\pi\left(\frac{y}{a}+\frac{d}{a}\right)\right\}\end{aligned}\right\}(3)$$

上式において $c/a=x/a=1/2$ とし，d/a, b/a, y/a に種々の値を与えると，図—4 の如く版の中心にある対称荷重による中心線上の任意の点の M_x, M_y が得られる。これと表—1 を組合せると，図—7 の荷重状態における版中心 ($x=a/2$, $y=0$) の M_x, M_y が求められる。

図—7



4. 荷重分布有効幅の算定

さて以上に計算したのは薄板の曲げ理論に基く計算であつて，実際にはもつと簡単な計算法が必要となる。従つてこゝに有効幅なる計算法が生れてくる。以下 2, 3 の場合について有効幅を求めよう。以下すべて $\nu=0.15$ の場合を計算してある。

a) 主鉄筋が車輛進行の方向に直角である場合，たゞしスパンが大して大きくない場合，これは1輪のみがスパン中点に載荷せられ，他の輪荷重が全然のらない場合すなわち図—4 の場合を指す。現在の自動車荷重によれば，このスパンは約 2.0 m 以下となる。まずスパン a の無限版の中央に作用する $2b\times2d$ の矩形に分布した荷重を集中荷重と考えて，この中点の断面の曲げモーメント M_x を次のようにおく。

表—3 図—4 の荷重状態におけるe/a（式(4)による）

β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6.
0.1	0.828	0.991	1.149	1.297	1.459	1.613
0.2	0.907	0.057	1.204	1.346	1.501	1.656
0.3	0.982	1.118	1.259	1.397	1.547	1.703
0.4	1.059	1.185	1.321	1.452	1.501	1.749
0.5	1.132	1.249	1.380	1.512	1.660	1.816

表—4 図—4 の荷重状態におけるe/a（式(5)による）

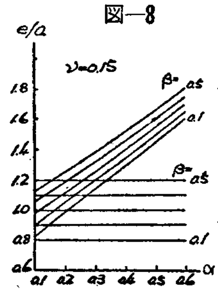
β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.1	0.758	0.831	0.851	0.874	0.892	0.892
0.2	0.658	0.718	0.751	0.773	0.793	0.802
0.3	0.583	0.637	0.669	0.690	0.710	0.723
0.4	0.532	0.574	0.603	0.622	0.642	0.650
0.5	0.490	0.521	0.545	0.564	0.584	0.596

註 $\alpha=2c/a$, $\beta=2d/a$

$$M_x=Pa/4e \quad \therefore\ e/a=P/4M_x\cdots\cdots(4)$$

こゝに e は有効幅であつて，表—1 の $\nu=0.15$ の場合の値を用いて上式より e/a を計算すれば，表—3 及び図—8 に示すようになる。また集中荷重とせず，幅 $2b$ の間に分布する荷重とすると，

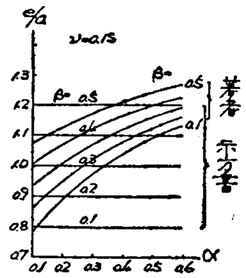
図—8



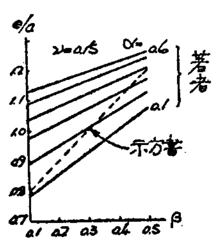
$$M_x=Pa(1-\alpha/2)/4e$$
$$\therefore\ e/a=P(1-\alpha/2)/4M_x\cdots\cdots(5)$$

この e/a を表—4 及び図—9 (a), (b) に示す。

図—9 (a)



図—9 (b)



なおわが国の示方書では，図—1 の載荷状態に対して，上と同様の表わし方をすれば，$e/a=0.7+\beta$ となり，これを図—8, 9 (a) に記入すると水平線，図—9 (b) では斜点線となつて，実際と著しく相違することがわかる。

すなわち図—1 における e/l を F. Bleich 流に，従つてわが国の規定のごとく表わすのは無理であつて，a, b すなわち α, β 双方の函数とすべきである。また単純版に対するわが国の規定は F. Bleich 流に安全側として一般に e の値を小さくとり，従つて曲げモーメントの値を大きくとりすぎている。

さて図—4 の符号を用いて e/a が α, β 双方の函数とすれば，これを簡単な式で表わすことは困難であるが，強いて現行有効幅の公式のごとく表わそうとすれば，図—1 の符号を用いて

$e=0.6l+0.5a+1.6b,\quad M=Pl/4e$ ……………(6)

となる。この有効幅公式は図—8 とほとんど一致する。式 (6) が $l\leqq 2.0\,\mathrm{m}$ に対する新らしい有効幅の公式であつて，これによつて計算すると，1方向版のスパン方向のより正しい曲げモーメントが得られる。なお表—4 よりさらに別の有効幅の公式ができるが，これを用いて式(5)の曲げモーメントの式によつて計算すれば，同様の結果が得られることになる。また簡単のために $M=Pl/4e$ によつて計算すると，安全側の値が得られることになる。

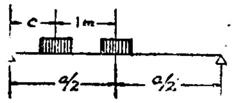
b) 主鉄筋が車輛の進行方向に直角である場合，たゞしスパンが a) の場合より大きい場合， 現行の規定では $e=0.7l+a\leqq 200+a$ (単位cm) であるから，$l>2.86\,\mathrm{m}$ となつてもすべて $e=200+a$ でおさえられることになる。上述の公式は $l\fallingdotseq 2.0\,\mathrm{m}$ まで適用できるものであるから，これ以上のスパンではどんなになるか調べよう。さて $l>2.0\mathrm{m}$ となれば，図—5 及び図—6 の2通りの荷重配置が考えられるが，同一スパンでは図—6 の方が版の中心 $(x=a/2,\ y=0)$ により大きい曲げモーメントを生ずるから，図—6 に対して計算を進めよう。この場合2車線以上とし，$a/2-c\fallingdotseq 1.0\mathrm{m}$ として，$c/a=0.15,\ 0.20,\ 0.25$ とすれば，$a=2.86,\ 3.33,\ 4.00\mathrm{m}$ となる。(もし1車線ならば図—6 の 1m の代りに 1.75m とすればよい。従つて a が大となつてくる。)この場合の版中心の曲げモーメントは表—5 に示す通りである。もつとも $c/a=0.25$ すなわち $a=4.0\mathrm{m}$ の場合は中心線より 1.75m はなれて更に1輪載り得るが，これによる影響は小さいものとして省略してある。

表—5 図—6 の荷重分布における版中心の M_x/P

c/a	β ╲ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.15	0.10	0.3455	0.3200	0.2962	0.2771	0.2633
	0.15	0.3333	0.3114	0.2891	0.2727	0.2582
	0.20	0.3205	0.3004	0.2830	0.2675	0.2547
	β ╲ α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
0.20	0.05	0.4045	0.3769	0.3445	0.3157	0.2972
	0.10	0.3875	0.3625	0.3375	0.3132	0.2942
	0.15	0.3664	0.3503	0.3295	0.3086	0.2896
	0.20	0.3534	0.3386	0.3187	0.3000	0.2853
	β ╲ α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
0.25	0.05	0.4304	0.3960	0.3618	0.3360	0.3196
	0.10	0.4118	0.3810	0.3553	0.3336	0.3162
	0.15	0.3891	0.3690	0.3477	0.3256	0.3108
	0.20	0.3765	0.3571	0.3375	0.3203	0.3064

註 $\alpha=2b/a$　$\beta=2d/a$

図—10



この場合の有効幅を求めるに当つて，$M=Pa/4e$ とおくことは少し乱暴すぎるので，図—10 の単純梁を考えて次のようにおく。

$$M_x=Pa\{1+(2c/a)-(\alpha/2)\}/4e$$

$$\therefore\ e/a=P\{1+(2c/a)-(\alpha/2)\}/4M_x \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

この e/a を表—6 に示してある。これより3つの場合の平均をとつて大略を示すと，図—11 のようになる。

前と同様に図—1 の符号を用いて公式を求めると次のようである。

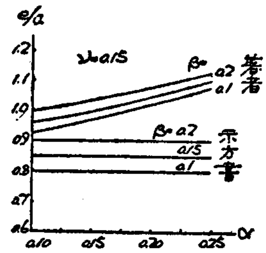
$$e=0.8l+0.4a+0.95b,\quad M=Pl\{1+(2c/l)-(b/2l)\}/4e \quad \cdots\cdots\cdots (8)$$

表—6 図—6 の荷重状態における e/a (式(7)による)

c/a	β ╲ α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.15	0.10		0.905	0.957	1.013	1.060	1.092
	0.15		0.938	0.984	1.041	1.077	1.114
	0.20		0.975	1.019	1.060	1.098	1.129
0.20	0.05	0.851	0.896	0.962	1.030	1.072	
	0.10	0.887	0.931	0.982	1.038	1.083	
	0.15	0.938	0.964	1.005	1.053	1.101	
	0.20	0.973	0.997	1.039	1.083	1.171	
0.25	0.05	0.857	0.915	0.985	1.042	1.076	
	0.10	0.896	0.951	1.003	1.049	1.087	
	0.15	0.948	0.982	1.025	1.075	1.106	
	0.20	0.979	1.015	1.056	1.093	1.122	

註 $\alpha=2b/a$，$\beta=2d/a$

図—11



なお現行規定を図—11に水平線として併記してあるが，実際より著しく小さくなつており，従つて曲げモーメントが過大に計算されていることになる。

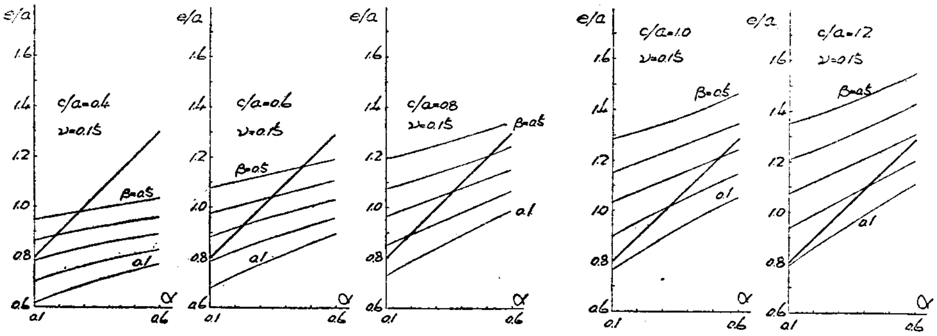
c) 主鉄筋が車輛進行の方向に平行な場合 これは床版が横桁により直接支持せられ，縦桁を欠く場合に相当する。2車線以上の場合を考えよう。図—7 の荷重配置に対し[5]，$c/a=0.4(a-2.5\mathrm{m}),\ 0.6(1.67\mathrm{m}),\ 0.8(1.25\mathrm{m}),\ 1.0(1.0\mathrm{m})$ 及び $1.2(0.83\mathrm{m})$ (後の2つの場合は実際には稀であろう) の5つの場合に対して，版中心の曲げモーメント M_x 及び有効幅の図として，表—7 及び 図—12 を得る。これらより有効幅の公式を求めることは一般的に困難であるから，この場合は表—7 より直接曲げモーメントを求めるか，あるいは図—12 より有効幅を求めて式(4)の曲げモーメントの式によつて計算する方がよい。

表—7 図—7 の荷重状態における版中心の M_x/P

c/a	β ╲ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.4	0.1	0.4077	0.3821	0.3625	0.3456	0.3328	0.3232
	0.2	0.3562	0.3410	0.3292	0.3181	0.3096	0.3013
	0.3	0.3184	0.3091	0.3009	0.2930	0.2874	0.2805
	0.4	0.2893	0.2830	0.2770	0.2713	0.2657	0.2600
	0.5	0.2635	0.2591	0.2546	0.2500	0.2454	0.2410
	0.6	0.2418	0.2381	0.2343	0.2310	0.2265	0.2225
0.6	0.1	0.3694	0.3435	0.3233	0.3056	0.2917	0.2799
	0.2	0.3188	0.3034	0.2912	0.2795	0.2699	0.2602
	0.3	0.2825	0.2731	0.2646	0.2561	0.2492	0.2426
	0.4	0.2554	0.2489	0.2428	0.2368	0.2309	0.2251
	0.5	0.2317	0.2272	0.2227	0.2181	0.2134	0.2091
	0.6	0.2123	0.2086	0.2048	0.2023	0.1972	0.1935
0.8	0.1	0.3444	0.3184	0.2979	0.2797	0.2556	0.2531
	0.2	0.2943	0.2787	0.2663	0.2543	0.2443	0.2340
	0.3	0.2585	0.2490	0.2403	0.2316	0.2243	0.2171
	0.4	0.2323	0.2258	0.2195	0.2133	0.2071	0.2010
	0.5	0.2097	0.2051	0.2005	0.1957	0.1908	0.1862
	0.6	0.1920	0.1877	0.1839	0.1801	0.1758	0.1720
1.0	0.1	0.3281	0.3020	0.2815	0.2633	0.2487	0.2360
	0.2	0.2702	0.2676	0.2500	0.2379	0.2276	0.2170
	0.3	0.2419	0.2333	0.2245	0.2156	0.2081	0.2005
	0.4	0.2172	0.2105	0.2041	0.1977	0.1914	0.1849
	0.5	0.1951	0.1905	0.1858	0.1808	0.1757	0.1708
	0.6	0.1776	0.1738	0.1698	0.1663	0.1616	0.1570
1.2	0.1	0.3179	0.2916	0.2710	0.2527	0.2378	0.2249
	0.2	0.2681	0.2523	0.2397	0.2274	0.2169	0.2061
	0.3	0.2330	0.2237	0.2144	0.2053	0.1976	0.1899
	0.4	0.2075	0.2077	0.1943	0.1878	0.1812	0.1746
	0.5	0.1858	0.1811	0.1763	0.1712	0.1659	0.1609
	0.6	0.1688	0.1650	0.1608	0.1572	0.1523	0.1480

註 $\alpha=2b/a$，$\beta=2d/a$

図—12



5. 配力鉄筋

土木学会鉄筋コンクリート標準示方書（1949）19章第1節の1方向版の項に，「1方向版では主鉄筋に直角の方向に配力鉄筋を配置しなければならない。版の単位幅当りの配力鉄筋の断面積は，その部分における単位幅当りの引張主鉄筋断面積の 1/4 以上とし，…」とある。さてこゝではこの 1/4 について吟味したいと思う。

表—8 図—4 の荷重状態における版中心のM_y/M_x

β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.1	0.787	0.892	0.977	1.039	1.094	1.129
0.2	0.862	0.951	1.023	1.077	1.126	1.159
0.3	0.933	1.007	1.070	1.118	1.160	1.192
0.4	1.006	1.067	1.123	1.162	1.201	1.224
0.5	1.075	1.124	1.173	1.210	1.245	1.271

註 $\alpha=2b/a$. $\beta=2d/a$

表—9 図—6 の荷重状態における版中心のM_y/M_x

c/a	β \ α	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300
0.15	0.100		0.798	0.829	0.861	0.874	0.877
	0.150		0.743	0.773	0.802	0.820	0.832
	0.703		0.703	0.733	0.781	0.774	0.786
0.20	0.050	0.852	0.882	0.908	0.935	0.938	
	0.100	0.785	0.806	0.835	0.869	0.880	
	0.150	0.739	0.754	0.789	0.804	0.829	
	0.200	0.693	0.709	0.741	0.764	0.782	
0.25	0.050	0.852	0.889	0.917	0.937	0.938	
	0.100	0.756	0.816	0.845	0.872	0.882	
	0.150	0.742	0.765	0.794	0.821	0.839	
	0.200	0.698	0.721	0.751	0.771	0.787	

註 $\alpha=2b/a$. $\beta=2d/a$

表—10 図—7 の荷重状態におけるM_y/M_x

c/a	β \ α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.4	0.1	0.565	0.480	0.421	0.382	0.354	0.337
	0.2	0.581	0.502	0.449	0.401	0.369	0.350
	0.3	0.588	0.514	0.457	0.414	0.379	0.361
	0.4	0.590	0.519	0.464	0.422	0.391	0.373
	0.5	0.591	0.525	0.472	0.431	0.402	0.382
	0.6	0.591	0.526	0.477	0.437	0.409	0.390
0.6	0.1	0.589	0.496	0.427	0.379	0.341	0.313
	0.2	0.607	0.520	0.454	0.399	0.355	0.323
	0.3	0.617	0.532	0.464	0.410	0.364	0.331
	0.4	0.617	0.536	0.470	0.416	0.371	0.338
	0.5	0.617	0.539	0.475	0.422	0.379	0.343
	0.6	0.617	0.537	0.477	0.423	0.382	0.347
0.8	0.1	0.628	0.530	0.457	0.405	0.363	0.330
	0.2	0.649	0.557	0.489	0.429	0.379	0.341
	0.3	0.668	0.578	0.503	0.442	0.390	0.349
	0.4	0.673	0.584	0.510	0.449	0.397	0.357
	0.5	0.674	0.589	0.518	0.456	0.405	0.361
	0.6	0.674	0.588	0.520	0.460	0.410	0.366
1.0	0.1	0.666	0.566	0.491	0.438	0.394	0.359
	0.2	0.699	0.603	0.529	0.466	0.412	0.373
	0.3	0.723	0.625	0.546	0.483	0.427	0.384
	0.4	0.729	0.636	0.558	0.493	0.437	0.393
	0.5	0.735	0.644	0.567	0.503	0.447	0.399
	0.6	0.735	0.645	0.573	0.507	0.454	0.406
1.2	0.1	0.728	0.596	0.520	0.467	0.423	0.388
	0.2	0.747	0.639	0.563	0.500	0.446	0.405
	0.3	0.763	0.666	0.583	0.520	0.463	0.418
	0.4	0.776	0.680	0.600	0.532	0.475	0.430
	0.5	0.786	0.692	0.613	0.545	0.488	0.438
	0.6	0.780	0.695	0.620	0.551	0.496	0.445

註 $\alpha=2b/a$. $\beta=2d/a$

版の中心（$x=a/2$, $y=0$）における M_y/M_x の値を，図—4 の荷重状態に対して 表—8，図—6 の荷重状態に対して表—9，図—7 の荷重状態に対して表—10 にそれぞれ示してある。この比は予想以上に大きいことが一見わかる。しかしながら鉄筋コンクリート床版では死荷重の影響が相当大きいので，上の値をそのまゝ用いることができない。次の計算例によれば，死荷重の相当大きい普通に使用されている厚さの床版でも，M_y/M_x の値は約 50% 以上となつている。（表—11 参照）従つて配力鉄筋は主鉄筋の 25% 以上の規定はやゝ小さすぎると思う。この点米国の示方書が 50% 以下と規定している[6]のは当を得ていると思う。しかしながら M_y/P の表を完備しておいて，正しい M_y/M_x によつて配力鉄筋を求めるのが好ましいと思う[7]。

6. 計算例

以上述べたところを主鉄筋が車輛の進行方向に直角な場合について具体的に数字をあげて説明しよう。鋪装厚さ 3-10cm，重量 2 800kg/cm³; 床版 13～20cm，重量 2 400kg/m³; 輪荷重は第1種自動車荷重の後輪1輪として 5.2t，床版のスパンは 1.60m，1.80m，2.0m，2.86m，3.33m 及び 4.00m の6種とする。前3者が図—4 の荷重状態に，後3者が図—6 の荷重状態に対応する。表—11 はポアソン比 $\nu=0$，0.15 の2つの場合に対し 4.の a)及び b)に述べたところより M_l，M_d 及び M_y/M_x を求めたものである。表—12 は理論的計算による M_x，現行の有効幅の規定より求めた M_x を示したものである。現行の規定によれば，スパン

表—11

M	ν \ l	1.60m	1.80m	2.00m	2.86m	3.33m	4.00m
M_{xl}	0	812-717	871-762	915-801	1272-1151	1408-1311	1578-1440
M_{yl}	0.	544-420	598-452	636-496	996-832	1141-981	1252-1138
M_{xl}	0.15	901-779	966-829	1031-876	1425-1288	1592-1454	1780-1647
M_{yl}	0.15	668-527	721-567	778-615	1191-1007	1359-1178	1532-1363
M_{xd}		127-243	160-308	198-380	361-693	549-1053	792-1520
M_{yd}	0.	0	0	0	0	0	0
M_{yd}	0.15	19-35	23-46	30-57	54-104	83-158	119-223
M_x	0.	939-960	1031-1071	1113-1181	1633-1844	1957-2364	2370-2960
M_x	0.15	1027-1022	1126-1137	1229-1256	1786-1981	2141-2506	2572-3167
M_y	0.	544-420	596-452	636-496	996-832	1141-981	1282-1138
M_y	0.15	687-564	745-613	808-672	1245-1111	1442-1336	1551-1591
M_y/M_x	0.	0.58-0.44	0.58-0.42	0.57-0.42	0.61-0.45	0.58-0.42	0.54-0.38
M_y/M_x	0.15	0.67-0.55	0.66-0.54	0.66-0.54	0.70-0.56	0.67-0.53	0.64-0.50

表—12 (単位 M-kg, e-m)

	ν	l=1.60m	1.80m	2.00m	2.86m	3.33m	4.00m	備考
Mxl	0	812-717	871-762	915-801	1272-1151	1408-1311	1578-1440	著者
Mxl	0.15	901-779	966-829	1031-876	1425-1288	1592-1450	1790-1697	
e	—	1.51-1.72	1.65-1.86	1.79-2.00	2.39-2.60	2.39-2.60	2.39-2.60	示方書(1939)による
Mxl		1071-861	1139-936	1194-1001	1826-1629	2342-2153	3070-2770	

2.0m までは理論値より約 15% 大，それ以上では逐次大きくなつて 4.0m では約 70% 大となつてくる。*

*従つて従来の計算では曲げモーメントを大きく，すなわち極端に安全側にとり，また配力鉄筋を小さくとりすぎていたことになる。なお輪荷重の分布を鋪装迄とし，床版の厚さの 1/2 を考えない場合の値を表—13に示してある。

表—13 輪荷重の分布を床版表面迄として，現行示方書及び著者の計算による曲げモーメントの比較 (単位 M-kg, e-m)

	ν	l=1.60m	1.80m	2.00m	2.86m	3.33m	4.00m	備考
Mxl	0	925～822	988～863	993～931	1362～1274	1508～1399	1659～1581	著者
Mxl	0.15	1 040～894	1 102～962	1 113～1 024	1 544～1 420	1 700～1 581	1 862～1 784	
e		1.38～1.52	1.52～1.66	1.66～1.80	2.26～2.40	2.26～2.40	2.26～2.40	示方書によるたゞし aのとり方が異る，
Mx		1 236～1 061	1 293～1 128	1 339～1 184	1 974～1 820	2 516～2 327	3 279～3 055	

7. むすび

以上は1方向鉄筋コンクリート版について，薄板の曲げ理論による理論的計算を基にして，現行の曲げモーメントに対する単純版の有効幅計算の規定の欠点を指摘し，配力鉄筋についても，それの主鉄筋に対する比について，現行の鉄筋コンクリート標準示方書の値の小さすぎることを指摘したつもりである。たゞ以上は単純版に関する規定を考察したにとゞまり，片持版，連続版についてはつゞいて述べるつもりである。

なお有効幅の公式は現行の輪荷重の矩形分布に従えば，簡単に表わすことはむづかしく，むしろ表—1,2,5,7 の如き計算表を完備して，これにより直ちに曲げモーメントを求めるのが得策であると思う。

更に現行規定は $e \leqq l_1$ (l_1 は橋梁の縦方向における支点またはこれに類似するものを設けた距離) によつて e の上限を定めているが，1方向版ならば $l_1 > 2l$ の場合が普通であり，通常この規定に抵触する場合はほとんどないので，省いてさしつかえないと思う。

鋼橋の自重において，床版自重の占める割合は相当大きく，これの設計の適正化が肝要であることは当然である。また床版のスパンを大にして縦桁または主桁を減ずるためには，床版の設計は更に合理化されなければならない[8]。この意味で本文がなんらかの参考になれば幸である。

附記　本研究は京都大学教授小西博士の御示唆に基ずいて，成岡助教授の御指導のもとに行つたものである。こゝに附記して感謝の意を表する次第である。

註

1) これについては京大教授小西博士が土木学会誌 35 巻 10,11 号(昭.25.10,11)月に紹介しておられる。

2) 計算については，原著又は邦訳ブライヒ鋼橋の理論と計算下巻，362 頁を参照されたい。

3) S. Timoshenko, Theory of Plates and Shells (1940), pp167～174.

4) コンクリートの ν は 1/6～1/12 とされており，一般にこのような計算では，ν=0 あるいは 0.15 とするのが普通である。

5) 荷重配置上からは更に多数の輪荷重が載り得るが，($x=a/2$, $y=0$) より離れるに従つてその影響は急激に小さくなるので，最も近接している2つのみを考えている。

6) 米国の示方書はこの比を $100/\sqrt{e}$, 最大50% (e は有効幅，単位呎) としている。しかし H.M. Westergaard の論文をみても，この比は相当大きいと思う。

7) しかし配力鉄筋の量が大きくなると，むしろ $l_1 \leqq 2l$ として2方向版とする方が得策であろう。

8) F. Dischinger 教授は大支間桁橋の自重を減ずるためには主桁の数を減ずべきだとし，スパン 12m までの2方向版は実現可能であると述べている。(Bautechnik, Nov. 5, 1937)

(昭.26.7.5)