

鋼道路橋の鉄筋コンクリート張出板の 曲げモーメントの計算について

中 川 建 治*
成 岡 昌 夫**

1. はしがき

わが国の鋼道路橋の鉄筋コンクリート床板は、鋼道路橋設計示方書に示されている実用公式によって、曲げモーメントを計算し、設計されている。しかし、片持板に対する計算式については、若干、疑問がある。すなわちこの計算式は、正しい意味での片持板（一端辺が固定の板）に対しては用いてよいが、普通の鋼プレートガーダー道路橋の縁桁から張出している床板に対して適用することは、誤っている。なぜならば、この張出板と実用公式がえられている片持板とは、その境界条件が異なっているからである。

すなわち、示方書で計算の対象としているのは、一辺が自由、その対辺が固定の片持板であるが、実際のプレートガーダー道路橋では、多くの主桁に支えられた連続板から、なお、張出部が出ており、この張出板は、決して、片持板ではない。板構造でなく、はり構造の場合には、張出ばりを有する連続ばりの張出部に荷重の作用する場合、張出部については、片持ばりと同様に扱うことができる。しかし、板構造の場合には、こんなに簡単にうまくゆくものではない。

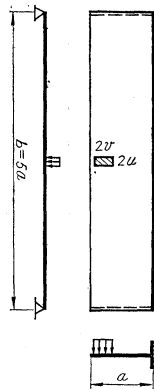
この見地から、鋼プレートガーダー道路橋鉄筋コンクリート張出板の曲げモーメントを計算する実用公式を求めよう。

2. 解析の対象とした張出板

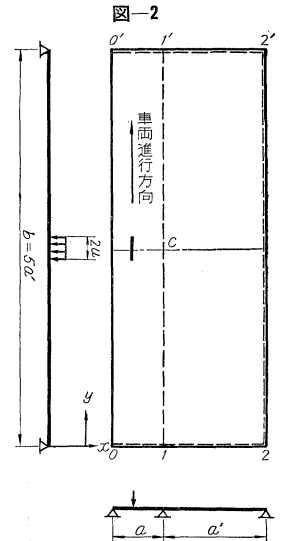
現行示方書は、片持板の曲げモーメントの計算にあたって、無限片持板のかわりに、図-1 に示すような、相対する2辺で単純支持され、ほかの相対する2辺で自由、および、固定である矩形板をとり、辺長比を1:5としている。また、輪荷重の分布は、舗装厚を考慮して、 $2u \times 2v = 45 \times 75$ cm としている。

ここで解析の対象とすべきものは、さきに述べたように、3本以上の主桁で支えられた連続板からの張

図-1 現行示方書の片持板の計算式の対象とした矩形板



出板であるが、このようなものは解析がきわめて困難であるので、実用的に、図-2 のように、2本の主桁で支えられた板からの張出板を対象とすることにす。この場合、主桁2本で支えられる矩形板の辺長比を1:5とし、張出長さは短スパンの1/2とした。板の支持条件は、辺012, 0'1'2', 22'上で単純支持、辺00'上で自由とし、桁11', 22'は曲げ剛性が無限大でたわまないものとする。従って、板は辺22'で単純支持、辺11'でたわまないで連続しているものとする。



荷重は張出板上のもののみを考慮するものとする。

3. 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合の張出板の解析法

著者の一人（成岡）の提案したたわみ角法式を用いるものとする。

a) 辺00'に端辺モーメントが作用しないから、

$$M_{10,m} = \frac{D \cdot \beta_m}{c_0^2 - s_0^2} \left[\frac{c_0^2 - s_0^2}{c_0} \theta_{1,m} + \beta_m j_0' \delta_{0,m} \right] + H_{M,10,m} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$V_{01,m} = -\frac{D \cdot \beta_m}{c_0^2 - s_0^2} \left[j_0' \theta_{1,m} + \beta_m h_0'' \delta_{0,m} \right] + H'_{R,01,m} \quad \dots \dots \dots (2)$$

b) 辺22'に端辺モーメントが作用しないから、

$$M_{12,m} = \frac{D \cdot \beta_m}{c_1^2 - s_1^2} \left[\frac{c_1^2 - s_1^2}{c_1} \theta_{1,m} \right] \quad \dots \dots \dots (3)$$

支持辺11'上では釣合条件 $\Sigma M = 0$ が成立しなければならないから、

$$D \cdot \beta_m \left[\left(\frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1} \right) \theta_{1,m} + \beta_m \frac{j_0'}{c_0^2 - s_0^2} \delta_{0,m} \right] + H_{M,10,m} = 0$$

また、自由辺上では、境界条件から $V_{01} = 0$ でなければならないから

$$D \cdot \beta_m \left[-\frac{j_0'}{c_0^2 - s_0^2} \theta_{1,m} + \beta_m \cdot \frac{h_0''}{c_0^2 - s_0^2} \delta_{0,m} \right] + \frac{1}{\beta_m} H'_{R,01,m} = 0$$

* 正員 京都大学大学院工学研究科修士課程学生、土木工学専攻
** 正員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

この2式を解いて、 $\theta_{1,m}$ と $\delta_{0,m}$ を求め、基本式(1)に代入して、 $M_{10,m}$ の値を求める。辺1-1'上の板の曲げモーメントの値は

$$M_1 = -M_{10} = -\sum M_{10,m} \cdot \sin(m\pi y/b)$$

となる。もし、辺1-1'の中点cでの値を求めるには、 $y=b/2$ とにおいて、

$$M_{c,x} = -\sum M_{10,m} \cdot \sin(m\pi/2)$$

となる。

線荷重の位置を $a/10$ ずつ変えて、その都度、 $H_{M,10}$ 、 $m_j H'_{R,01,m}$ の値を表より求めて、 $M_{10,m}$ の値を計算する。

a すなわち、張出部の長さを、 $a=1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$ mとした場合、板の中央、 $y=b/2$ 線上にある $2u=45$ cm 中に分布する線荷重 (総荷重 $P=2u \times q=45q$) によって生ずる M_1 の値を、影響線の形で求めると、図-3、表-1 のようである。

図-3 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合、 $y=b/2$ 線上の線荷重による $M_{c,x}$ の影響線

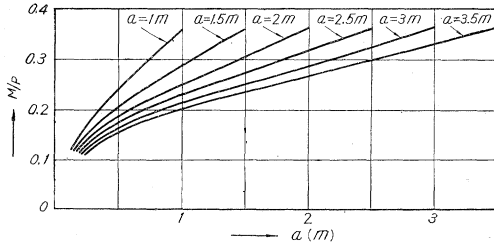


表-1 主鉄筋が車両進行方向と直角な場合の $M_{c,x}$ の影響線の縦距

$a \setminus x$	0	$0.2a$	$0.4a$	$0.6a$	$0.8a$	$1.0a$
1.00	0.3612	0.3137	0.2669	0.2183	0.1529	0.
1.25	3634	3160	2701	2237	1625	0.
1.50	3642	3173	2718	2268	1683	0.
1.75	3650	3182	2730	2289	1722	0.
2.00	3659	3199	2747	2309	1757	0.
2.50	3660	3190	2741	2318	1786	0.
3.00	3667	3201	2754	2332	1804	0.
3.50	3656	3193	2741	2330	1810	0.

備考: x は自由辺よりはかるものとする。

4. 主鉄筋が車両進行方向に直角な張出板の曲げモーメントの計算

図-3において、 $M_{c,x}$ の影響線が求められたから、図-4のように載る実際の輪荷重 $2u \times 2v=45 \times 75$ cm によって生ずる $M_{c,x}$ の値は、影響線の縦距を積分することによって求められる。輪荷重を、現行示方書の第8条に従って載荷すると、図-5、および、表-2のようになる。 $a > 2.25$ mの場合には、2輪載荷となる。

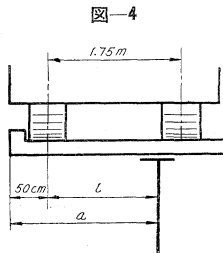
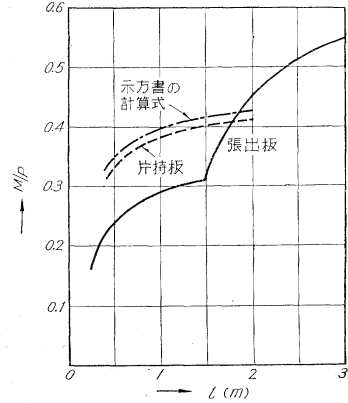


図-5 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合張出板の曲げモーメントの値



5. 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合の有効巾の公式

現行示方書18条に与えられている実用公式に準じて、 $e = \frac{Pl \text{ あるいは } \{Pl + P(l-1.75)\}}{M}$ (片持りとしての値) / M (張出板としての値)

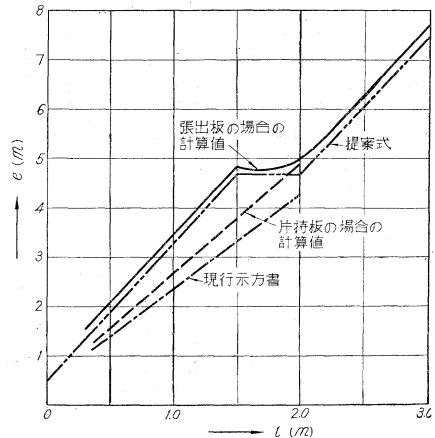
を計算すれば、表-2、図-6のようになる。比較のために、現行示方書の値をも示す。現行示方書は、 $a < 2.5$

表-2 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合の張出板の曲げモーメント、および、有効巾の値

a	l	曲げモーメント (単位 P)		有効巾 (m)		現行示方書
		張出板	片持板	張出板	片持板	
1.00	0.50	0.239	0.331	2.10	1.51	1.40
1.25	0.75	0.272	0.367	2.76	2.04	1.90
1.50	1.00	0.290	0.385	3.45	2.60	2.40
1.75	1.25	0.302		4.14		2.90
2.00	1.50	0.312		4.81		3.40
2.50	2.00	(0.318) 0.453	0.415	4.97	4.82	
3.00	2.50	(0.329) 0.514		6.32		
3.50	3.00	(0.332) 0.553		7.69		

() 内の値は1両のみによる値を示す。

図-6 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合の有効巾の値



$m(l < 2.0\text{ m})$ まで規定しているが、 $a > 2.25\text{ m}$ の場合にも二輪を考えずに、一輪のみを考えている。

現行示方書は、 $0 \leq l \leq 2$ に対して、 $e = 2l + 0.4$ なる公式を与えているが、張出板の曲げモーメントは、片持板のそれより小さいので、 e の値を大きくしてよい。改正案として、次式を提案したい。

$$l \leq 1.50 \text{ に対して、} e = 2.80l + 0.50$$

$$1.50 \leq l \leq 2.00 \text{ に対して、} e = 4.70$$

$$2.0 \leq l \leq 3.50 \text{ に対して、} e = 2.80l - 1.10$$

この値は、図-6に併記してある。

6. 主鉄筋が車両の進行方向に平行な場合の張出板の曲げモーメント、および有効巾

解析の対象とする板は、さきの場合と同様なものとし、荷重としては、2両を考慮する。

まず、図-7のような、軸方向に平行な、断続する線荷重4個分を考え、 $P = 4 \cdot 2u \cdot p = 4 \cdot 75 \cdot p = 1$ による、辺11'の中央断面cの曲げモーメント $M_{c,x}$ を、さきと同様に求めてみる。これを、 $a = 0.75 \sim 3.5\text{ m}$ の場合について影響線の縦距を求めると、図-8のようである。

図-7

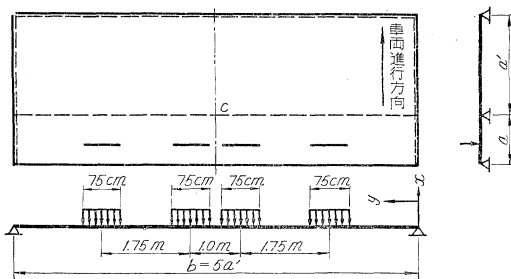
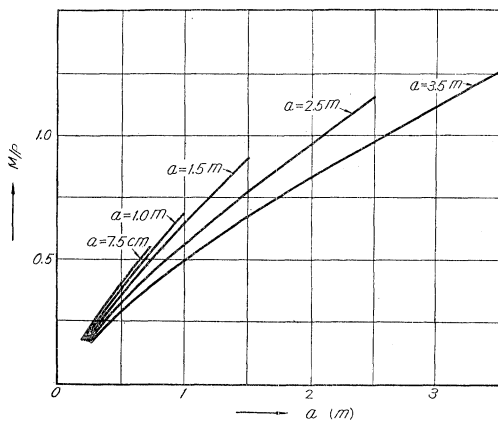


図-8 主鉄筋が車両の進行方向に平行な場合の4個の線荷重による $M_{c,x}$ の影響線



これを基礎にして、図-9のように載る $2u \times 2v = 45 \times 75\text{ cm}$ の分布巾を有する輪荷重に対して計算すると、張出板の最大曲げモーメントとして、図-10、および、表-3が得られる。

図-9

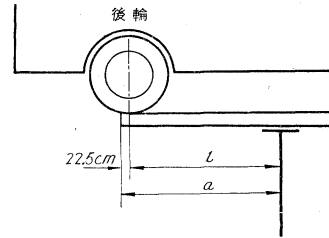


図-10 主鉄筋が車両進行方向に平行な場合の張出板の曲げモーメントの値

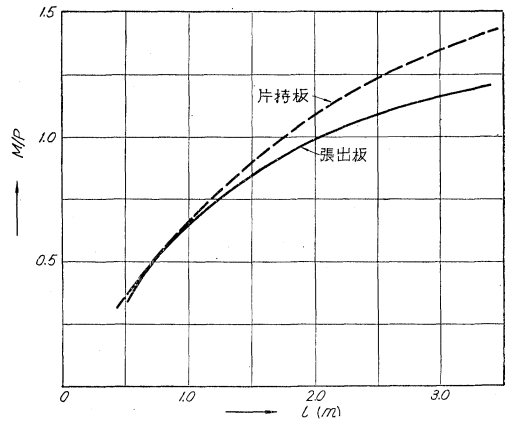


表-3 主鉄筋が車両進行方向と平行な場合の $M_{c,x}$ の影響線の縦距

x	0	$0.2a$	$0.4a$	$0.6a$	$0.8a$	$1.0a$
0.75	0.5383	0.4354	0.3286	0.2151	0.0955	0.
1.00	6912	5657	4359	2941	1439	0.
1.50	9119	7492	5921	4170	2148	0.
2.50	1.1514	9621	7670	5601	3161	0.
3.50	1.2559	1.1060	8594	6409	3721	0.

備考：xは自由辺よりはかるものとする。

現行示方書にならって、

$$e = \frac{Pl \text{ (片持板りとしての曲げモーメント)}}{M \text{ (張出板としての曲げモーメント)}}$$

を求めると、表-4、および、図-11のようになる。

以上の計算から、

主鉄筋が車両の進行方向に平行な場合の有効巾の公式として

$$e = 0.35l + 1.10 \quad l \leq 1.40\text{ m}$$

$$e = 0.6l + 0.75 \quad l \geq 1.40\text{ m}$$

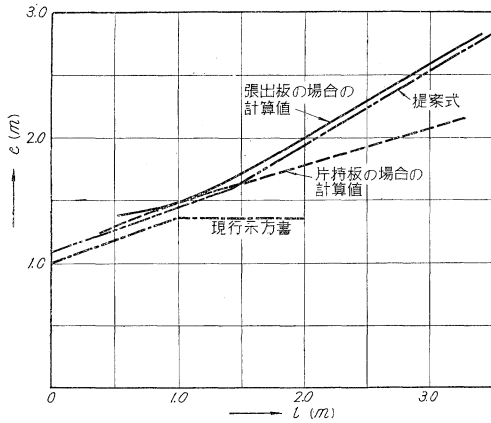
を提案する。

この値は、図-11に併記してある。

表-4 主鉄筋が車両進行方向に平行な場合の張出板の曲げモーメント、および、有効巾の値

a	l	M 張出	M 片持	e 張出	e 改正案
0.75	0.525	0.3802P		1.381	1.284
1.00	0.775	5484	0.731P	1.413	1.373
1.50	1.275	7904		1.613	1.546
2.50	2.275	1.0534	1.230	2.160	2.115
3.50	3.275	1.1929		2.745	2.715

図-11 主鉄筋が車両進行方向に平行な場合の有効巾の値



7. むすび

現行の鋼道路橋設計方書の鉄筋コンクリート床板の曲げモーメント計算の条文には、多くの不備があるが、その一つとして、片持板の曲げモーメントの計算があげ

られよう。実際の橋構造では、片持板構造でなく、張出板構造となっているはずである。この点に注目して、若干の計算を行なったが、次の計算式を提案したい。

張出板の曲げモーメント

主鉄筋が車両進行方向に直角な場合

$$M = -Pl / (2.80l + 0.50) \quad : l \leq 1.50 \text{ m}$$

$$M = -Pl / 4.70 \quad : 1.50 \leq l \leq 1.75 \text{ m}$$

$$M = -\{Pl + P(l - 1.75)\} / 4.70 \quad : 1.75 \leq l \leq 2.00 \text{ m}$$

$$M = -\{Pl + P(l - 1.75)\} / (2.80l - 1.10) \quad : 2.00 \leq l$$

主鉄筋が車両進行方向に平行な場合

$$M = -Pl / (0.35l + 1.10) \quad l \leq 1.40 \text{ m}$$

$$M = -Pl / (0.60l + 0.75) \quad l \geq 1.40 \text{ m}$$

参考文献

- 1) 成岡：土木学会論文集，第4号（昭24.6），p1
- 2) 成岡：平板の構造力学的研究（学位論文）（昭.28）
- 3) 田原・池田：土木研究所報告，97.5（昭32.3）
（原稿受付：1961.8.1）

変形法によるリブ アーチ構造の解法（46巻10号）正誤表

ページ	行	誤	正
19	式(2)上より1行目	$X_1 = [\quad] / [\quad + \frac{I_c}{A} l]$	$X_1 = [\quad] / [\quad + \frac{I_c}{A_c} l]$
20	式(4)上より2 "	$\mathfrak{M}_{zm} = - \dots \dots$	$\mathfrak{M}_{zm} = - \dots \dots$
20	式(5)	$\sum \mathfrak{M}_{zm} + M_{zm} = 0$	$\sum \mathfrak{M}_{zm} + M_{zm} = 0$
20	本文左, 下より9行目	b) $x < 0, y > 0 (\therefore xy > 0 \text{ 平面 II})$	b) $x < 0, y > 0 (\therefore xy < 0 \text{ 平面 II})$
20	式(6)左辺	\mathfrak{M}_{z0}	\mathfrak{M}_{z0}
20	式(6)上より3つ目	$\begin{bmatrix} -a_{03} & -b_{03} & C_{03} \\ \dots \dots \dots \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} a_{03} & -b_{03} & C_{03} \\ \dots \dots \dots \end{bmatrix}$
20	式(7)下より1行目	$C_{0i} = \frac{6EI_{0i}}{l_{0i}^2} \sin \phi_{0i}$	$C_{0i} = \frac{6EI_{0i}}{l_{0i}^2} \sin \phi_{0i}$
	"	$\bar{c}_{0i} = \dots \dots \dots$	$\bar{c}_{0i} = \dots \dots \dots$
20	式(8)上より1行目	$+ [-\sum_{xy>0} (b_{0i}) + \sum_{xy<0} (b_{0i})] v_0 +$	$+ [[-\sum_{xy>0} (b_{0i}) + \sum_{xy<0} (b_{0i})] v_0 +$
21	本文左, 上より7行目	…) を縦に、まず、	…) を、縦にまず、
21	本文右,	作業法—1	作業法—1
21	作業法—1	$\frac{7}{8} \sum \mathfrak{M}_z + M_z = 0 \quad \frac{v}{\theta}$	$\frac{7}{8} \sum \mathfrak{M}_z + M_z = 0 \quad \frac{u}{\theta}$
21	本文右, 下より7行目	各パネル segment	各パネル (segment)
21	本文右, 下より1行目	$(\sum_{x>0} \bar{c} - \sum_{x<0} \bar{c})$	$(\sum_{x>0} \bar{c} - \sum_{x<0} \bar{c})$
21	表—1 (3~4の行)	0.59076	2.59076
22	図—4 (b)	a_{ij}	\bar{a}_{ij}
22	図—4 (e)	c_{ij}	\bar{c}_{ij}
22	表—2, 右辺 (下より6行目)	(ブランク)	P_{y0} (を入れる)
23	表—3, P_y の行, v の列	(a)	(\bar{a})
23	本文右, 下より7行目	, せん断力の影響を作成した。	, せん断力の影響線を作成した。
24	図—6 (b)	(起拱点)	(拱頂点)
30	式(6)第一式左辺	$\begin{bmatrix} \mathfrak{M}_{y0} \\ \mathfrak{M}_{z0} \\ \mathfrak{M}_{z0} + d_{01}\theta_{01} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \mathfrak{M}_{y0} \\ \mathfrak{M}_{z0} \\ \mathfrak{M}_{z0} + d_{01}\theta_{01} \end{bmatrix}$