【資　料】

直交異方性版の曲げモーメント影響線

足　立　　洪*

1. 曲げモーメント

記　号　B_x：x 方向の版の曲げ剛度　$\alpha=\dfrac{n\pi}{l}\sqrt[4]{\dfrac{B_x}{B_y}}$

B_y：y　　〃

l：版のスパン　　$\beta=\dfrac{n\pi}{\sqrt{2}\,l}\sqrt[4]{\dfrac{B_x}{B_y}}$

$2b$：版の幅

$2H=4C+\nu_y B_x+\nu_x B_y$　　$a=n\pi/l$

$2C$：版のよじり剛度　　$n=1,2,3,$

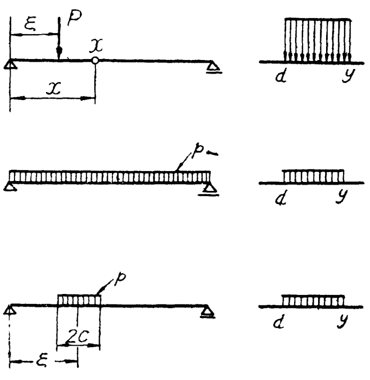
ν_x，ν_y：ポアソン比（ただし以下では 0 と仮定する）

$\kappa=H/\sqrt{B_xB_y}$，m_x：x 方向単位幅曲げモーメント，橋軸に直角方向の線荷重，または等分布荷重が 図—1 のように載荷されている版の点(x, d)の曲げモーメントは

$$m_x=B_x\sum_n\frac{a^2K}{\alpha}\Big[f(y)\Big]_d^y\sin ax\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

で与えられる。

図—1



B_xa^2K/α の値は（図—1）

1）集中荷重（橋軸に直角方向の線荷重）のとき：

$2Pl/(n\pi)^2\times\sin a\xi$

2）全スパン等分布荷重：$4Pl^2/(n\pi)^3$

3）等分布荷重：$4Pl^2/(n\pi)^3\times\sin a\xi\sin ac$

以下与えている図表では版幅の中央と端の 2 カ所についてのみ求めているが，この場合に計算の便を考えて y は図表のようにとつている。また（1）式を次のように変換した方が通常の計算には便利である。すなわち

$$\Big[f(y)\Big]_d^y=f_c-\phi(y)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

とおく。f, ϕ は無次元量，版幅の中央については $f_c=0.5$，端で $f_c=1.0$ である。従つて考えている点（版の中央とか端）から y まで単位荷重が載荷されたときの曲げモーメントは

1）集中荷重

$$m_x=f_cM_0-\frac{2l}{\pi^2}\sum_n\frac{\phi(y)}{n^2}\sin a\xi\sin ax$$

M_0 は単純桁における曲げモーメント影響線である

2）等分布荷重：1）と同様にして

$$m_x=f_cM_0-\frac{4l^2}{\pi^3}\sum_n\frac{\phi(y)}{n^3}\sin ax\qquad n=1,\ 3,\ 5$$

$$m_x=f_cM_0-\frac{4l^2}{\pi^3}\sum_n\frac{\phi(y)}{n^3}\sin a\xi\sin ac\ \sin ax$$

2. 適用法

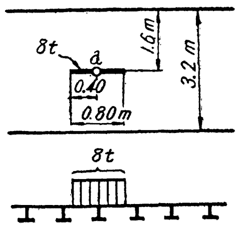
$\phi(y)$ の値を図示しているが $f(y)$ が必要なときは (2) 式からただちに求まる。矩形版の場合 ϕ は y/b と $2b\beta$ あるいは $2b\alpha$ の関数としている。βy の値は必ずしも必要でないが図表をくわしくするためと，この線が水平になつている部分では帯状版として扱つてよいということのため βy の値も入れている。帯状版の場合は βy (αy) の関数としている。$\kappa=0$ の $\kappa=1$ 場合のみ求めているが $0<\kappa<1$ の場合は Ch. Massonnet の近似式によれば $\kappa=0$ と $\kappa=1$ の場合の ϕ（それぞれ ϕ_0 と ϕ_1）を用いて次の式で補間する。

$$\phi=\phi_0+(\phi_1-\phi_0)\sqrt{\kappa}$$

3. 計算例

例 1. 鋼床版の曲げモーメント（図—2） 断面値は次のとおりとする。$b\to\infty$，$\kappa=0.3$，$l=3.2$ m，$B_x=832$ t-m/m　$B_y=432$ t-m/m　$(B_x/B_y)^{1/4}=1.18$。

図—2



$P=8$ t が幅 0.8 m に等分布しているとき a 点の曲げモーメントを求める。

$$\beta=\frac{n\pi}{\sqrt{2}\,l}\sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}=n\frac{3.14}{1.414}\times1.18=0.819\,n\,(1/m)$$

$y=0.8/2=0.4\,m$　　$\beta y=0.328\,n$

$\alpha=0.819\times1.141\,n=1.157\,n$

ϕ の値を 図—7，10 より読んで計算する。

* 准員，東京都技師，建設局道路部橋梁課

n	1	3	5	7	Σ
βy	0.328	0.984	1.64	2.30	
αy	0.463	1.39	2.32	3.24	
ϕ_0	0.340	0.105	-0.005	-0.033	
ϕ_1	0.389	0.211	0.107	0.050	
$\phi_1-\phi_0$	0.049	0.106	0.112	0.083	
$\sqrt{\kappa}(\phi_1-\phi_0)$	0.027	0.058	0.061	0.045	
ϕ	0.367	0.163	0.056	0.012	
ϕ/n^2	0.367	0.018	0.002	0.000	0.387

ただし $\sin a\xi \sin ax=1$（n が奇数のとき）

$=0$（n が偶数のとき）

$\therefore\ m_x=0.5\times3.2/4-2\times3.2\times0.387/\pi^2$

$=0.149\,\mathrm{m}$　　$2\times0.149=0.298\,\mathrm{m}$

荷重　$p=8/0.8=10\,\mathrm{t/m}$

a 点の単位幅当りの曲げモーメントは

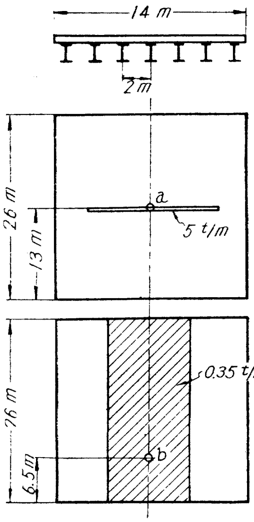
$m_x=10\cdot0.298=2.98\,\mathrm{t\text{-}m/m}$

幅 0.5 m に作用する曲げモーメントは近似的に

$M_x=0.5\ \ 2.98=1.49\,\mathrm{t\text{-}m}$

例　2．主桁並列の合成桁（図―3）　$\kappa=0$ とする。断面値は $2b=14\,\mathrm{m}$，$l=26\,\mathrm{m}$，$B_x=104.6\,\mathrm{t\text{-}m}$，$B_y=1.026\,\mathrm{t\text{-}m}$，$(B_x/B_y)^{1/4}=3.18$，$\beta=0.272\,n$，$2\beta b=0.272\times14\,n=3.80\,n$

図―3



1）図のような線荷重の載るとき，a 点の最大曲げモーメントを求める。$n=1$ で $2\beta b=3.80$，$n=3$ で $2\beta b=11.4$ であるから図―5 から見ると $n=1$ のときが支配的である。ϕ の最小値は $\phi=-0.02$

$\therefore\ m_x=0.5\times6.5-2\times26\times0.1013(-0.02)$

$=3.35\,\mathrm{m}$

a 点の最大曲げモーメントは $2\times5\times3.35=33.5\,\mathrm{t\text{-}m/m}$

主桁 1 本にかかる曲げモーメントは近似的に

$2\times33.5=67.0\,\mathrm{t\text{-}m}$

2）$0.35\,\mathrm{t/m^2}$ の等分布荷重が図のようにのるとき b 点の曲げモーメントを求める。

$y=5.5/2=2.75\,\mathrm{m}$，$y/b=2.75/7=0.393$

$\beta y=0.748\,n$　$\sin ax=\sin n\pi/4$

図―5 より

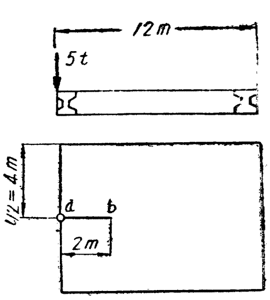
n	1	3	Σ
$2\beta b$	3.80		
βy		2.25	
ϕ	0.142	-0.034	
n^3	1	27	
$\sin ax$	0.707	0.707	
$\phi\sin ax/n^3$	0.100	-0.001	0.099

$\therefore\ m_x=0.5\times3/32\times26^2-4\times26^2\times1/\pi^3\times0.099=23.1\,\mathrm{m}$

求める曲げモーメント$=2\times23.1\times0.35=16.2\,\mathrm{t\text{-}m/m}$

例　3．PC スラブ橋（図―4）図のように P が $l/2$ 点に載荷されているとき $l/2$ 断面の a から b までの断面に作用する曲げモーメントと荷重分配率を求める。

図―4



$\kappa=1$ とする。断面値は $B_x=12.8\,\mathrm{t\text{-}m}$，$B_y=7.28\,\mathrm{t\text{-}m}$，$(B_x/B_y)^{1/4}=1.15$，$\alpha=0.452\,n$，$2\alpha b=5.42\,n$　$\alpha y=0.904\,n$，$y/2b=0.167$，

図―9 より

n	1	3	5	7	Σ
dy	0.904	2.71	4.52	6.33	
ϕ	0.530	0.123	0.027		
n^2	1	9	25	49	
ϕ/n^2	0.530	0.014	0.001		0.545

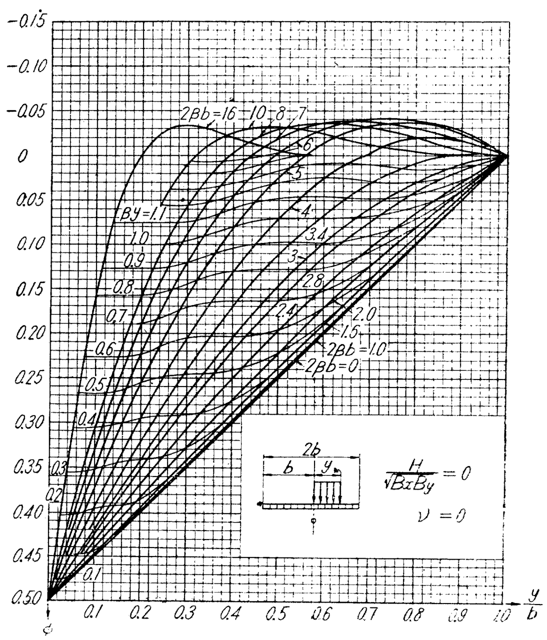
$\therefore\ m_x=1.0\times2-16\ \ 0.1013\times0.545=1.12\,\mathrm{m}$

荷重は 5 t であるから，$M_x=5\ \ 1.12=5.60\,\mathrm{t\text{-}m}$

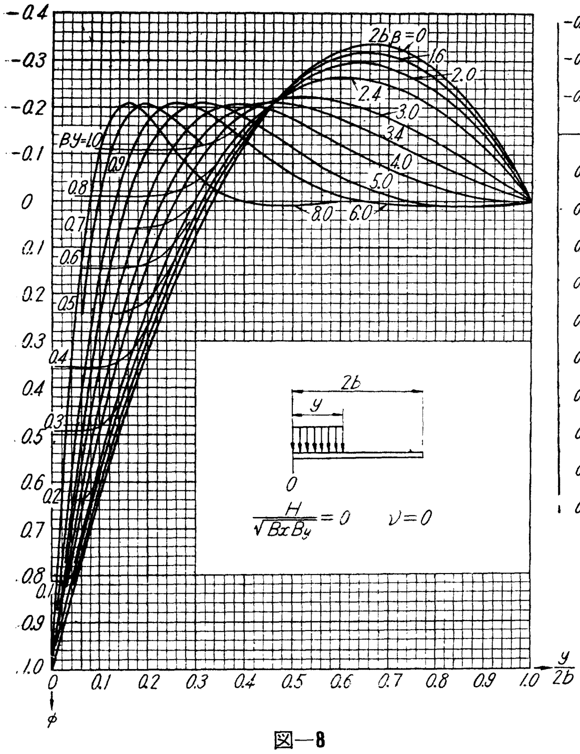
荷重分配率$=5.60/5\times2=0.56$

また 例　3 のように荷重分配率を求めることもできる。

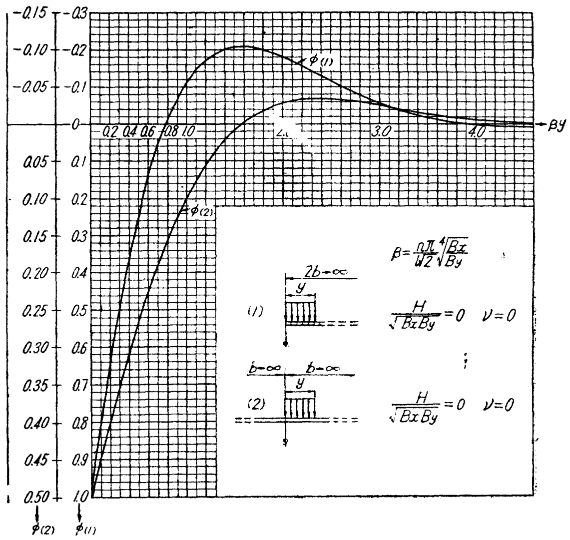
図―5



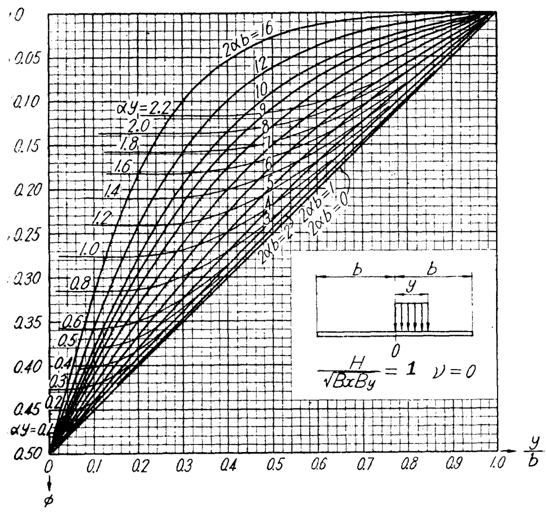
図—6



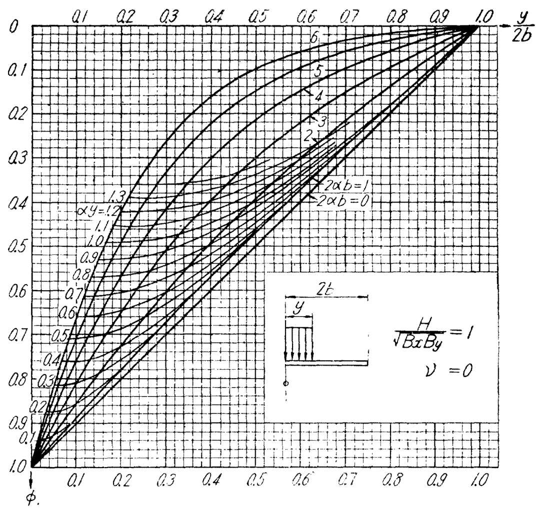
図—7



図—8



図—9



曲げモーメントは級数の和として各項の値を与えているから，格子桁の計算をする場合にも簡単な変換により応用できる。

図—10