

中央復建コンサルタンツ(株)

○山口 直紀

〃

近藤 哲也

大阪工業大学

堀川都志雄

大阪市立大学工学部

園田恵一郎

1. はしがき：地下鉄ラーメンのRC上床版に高速道路の橋脚が建設される場合、床版には大きな鉛直荷重が柱を介して作用する、特に地震時では水平荷重や橋脚高さに比例する曲げ荷重も付加される。この床版の厚さは通常の寸法に比べ約40%程度厚くなっており、版厚/スパン（＝側壁中心と柱列中心との間隔）比が大きいディープスラブとして取り扱わねばならない。従来、床版は主筋方向の曲げモーメントに着目した有効幅を用いて設計されているが、薄板理論に基づいて算出されているために、大きな版厚/スパン比を有する床版に適用することは問題があると思われる。著者らは厚板理論（3次元理論）により床版厚/スパン比が大きい場合の曲げ有効幅を提案し、コンクリート標準示方書による値と比較検討した^{1,2)}。しかしながら、実際の構造物においては橋脚基部の剛性が高いため、床版に作用する力は一様に分布せず、むしろ床版上面の鉛直変位が橋脚部内で一定となるような分布荷重が作用していると推察される。本研究では、床版のある範囲で様な変位を与える鉛直力の算定に際して、作用する分布力を小さな面積を持つ柱状ブロックの集合と考え、ブロック中心における物理量をブロックの代表値とするいわゆる選点法を用いることによって床版に発生する断面力を求め、一様分布状に作用する鉛直荷重の下での値^{1,2)}とを比較検討する。

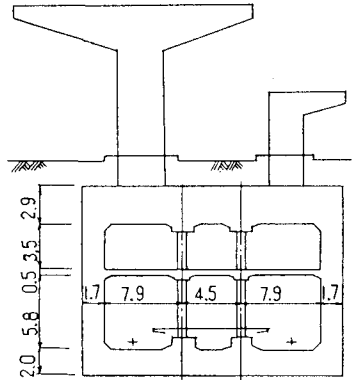


図-1 地下鉄断面図

2. 解析方法：橋脚から伝達される鉛直荷重の分布を図-2のように等間隔で分割される柱状のブロックで置換える。

橋脚のx, y方向の幅をu, v、また分割数をM, Nとすれば、柱状ブロックのk番目の荷重強度 p_k による任意点 (x_i, y_i) の床版上面のたわみは周辺単純支持厚板に対して、次のように示される。

$$W_{ik} = \frac{1}{2\mu} \sum_m \sum_n (1-\nu) \frac{\tan \zeta}{D_p} - \frac{ct\zeta}{D_m} p_k \sin \alpha_m x_i \sin \beta_n y_i \quad (1)$$

$$\text{ここで、} p_k = \frac{16P_k}{ab\alpha_m\beta_n} \sin \frac{\alpha_m u}{M} \sin \frac{\beta_n v}{N} \sin \alpha_m \zeta \sin \beta_n \zeta$$

μ ：せん断弾性係数

$$\alpha_m = m\pi/a, \beta_n = n\pi/b, r^2 = \alpha_m^2 + \beta_n^2, \zeta = rh/2, \tan \zeta = 1/ct\zeta = \tanh \zeta$$

$$D_p = \zeta(\tan \zeta + ct\zeta) - 1, D_m = \zeta(ct\zeta - \tan \zeta) - 1 \quad \nu: \text{ポアソン比}$$

$M \times N$ 個の柱状荷重による (x_i, y_i) 点のたわみは、式(1)のたわみを

k に関して総和することにより得られる。すなわち、 $W_i = \sum_k W_{ik} = (2)$ となる。今、橋脚領域での床版状面のたわみを δ_0 とし、任意点 (x_i, y_i) を柱状ブロックの中心点に一致させれば、荷重強度 p_k の弾性方程式は次のように得られる。

$$\begin{bmatrix} A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_i \\ P_{MN} \end{bmatrix} = 2\mu \begin{bmatrix} \delta_0 \\ \delta_0 \end{bmatrix} \quad (3) \quad \text{断面力は力} P \text{ で表すことができる。}$$

$$\sum_k p_k (u/M + v/N) = P \quad (4)$$

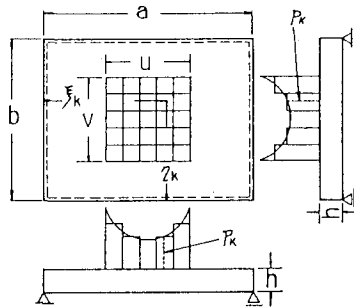


図-2 柱状ブロック

次に、床版が固定辺すなわち側壁の曲げ拘束を考慮する場合を取扱う。図-3に示すような線荷重の反力 R_1, R_2 を床版の下面から作用させて、側壁前面での床版のたわみを零にさせる。側壁中心と前面の距離 $t/2$ が小さければ、近似的に固定辺が形成されることになる。本研究では荷重点近傍の断面力に着目しているの、固定辺の近似の割合が断面力に与える影響は少ないと思われる。反力 R_j ($j=1, 2$)と荷重 p_k による $y=C_1$ ($1=1, 2$)の線上での床版下面のたわみはそれぞれ次式で与えられる。

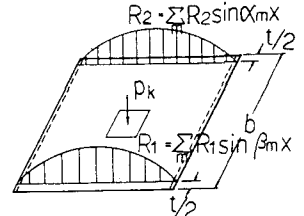


図-3 床版に作用する力 (t:側壁厚さ)

$$W_{1j} = \frac{1}{2\mu} \sum_{m=1}^{\infty} \bar{R}_j (1-\nu) \left[\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{t_n^2}{D_p} - \frac{t_n^2}{D_m} \right) \sin \beta_n C_j \right] \sin \beta_n C_1 \sin \alpha_m x, \quad W_{2k} = \frac{1}{2\mu} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (1-\nu) \left(\frac{t_n^2}{D_p} + \frac{t_n^2}{D_m} \right) \bar{P}_k \sin \beta_n C_1 \sin \alpha_m x.$$

(5), 2

ここに、 $C_1=t/2$, $C_2=b-t/2$, R_j ($j=1, 2$): 反力 R_j のフーリエ係数

式(5)、(6)を x の如何に係わらず成立させれば、反力 R_j ($j=1, 2$)が荷重強度 p_k ($k=1, M \times N$)に対して計算される。従って、反力 R_j ($j=1, 2$)を考慮して、前述の操作を繰返せば固定辺を有する場合でも容易に解析出来る。

3. 数値計算例：図-4に示すはば一方向板と見なせる辺長比が1:5の床版を例に取上げる。 $y=0$, b の辺が単純支持(S,S)または固定(Fix)の場合についての結果を以下に示す。なお、採用した数値は $a/b=5$, ポアソン比 $=1/6$ であり、橋脚の中心位置を床版の中央点に一致させ選点の数は $M=N=10$ である。橋脚の幅 $u/b=v/b=0.2$ で、床版厚 h/b が0.2~0.4に変化する場合の床版中央点($x/a=y/b=0.5$)での主筋および配筋筋方向の曲げモーメントを表-1に示す。

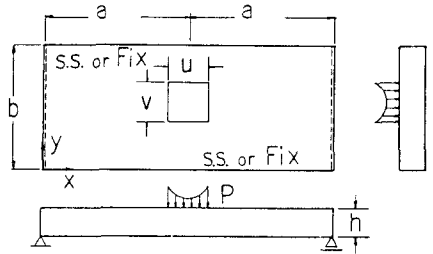


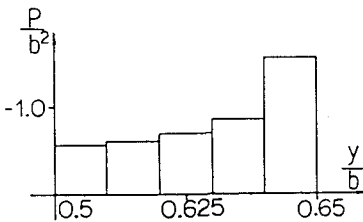
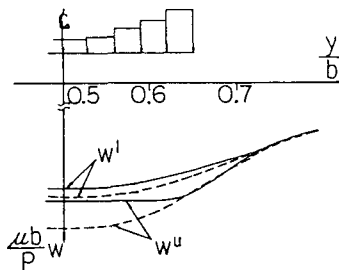
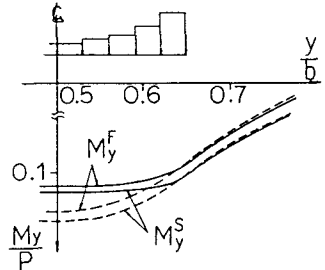
図-4 解析モデル

 表-1 版厚/スパン比の変化による断面力の値 ($x/a=y/b=0.5, u/b=v/b=0.2$)

h/b =	単 純 支 持			固 定		
	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
My/P	0.208 (0.246)	0.227 (0.256)	0.238 (0.267)	0.196 (0.220)	0.218 (0.245)	0.233 (0.263)
Mx/P	0.144 (0.180)	0.161 (0.190)	0.172 (0.203)	0.143 (0.169)	0.158 (0.186)	0.171 (0.201)

注)
()内の数値は
一様分布荷重時
の結果である。

橋脚からの伝達力の分布を図-5、橋脚近傍のたわみと主筋方向の曲げモーメントをそれぞれ図-6、7に示す。図中、破線は一様分布する時の値であり、添字 u , l は床版の上・下面、 s , c は単純支持・固定を表す。


 図-5 $x/b=2.635$ にそう伝達力の分布 (単純支持)

 図-6 $x/b=2.5$ のたわみ (単純支持)

 図-7 $x/b=2.5$ の M_y (固定)