

住友金属工業 正員 山川 純雄

住友金属工業 正員 ○後藤 芳頭

1. まえがき

鋼管矢板基礎の強度，剛性を適正に評価し，実設計に用いうる程度の比較的簡単な解析モデルの提案と，基礎体の剛性に大きな役割をする頂板の力学特性解明へのアプローチの一手法について報告する。

2. 現在までの解析モデル

今までの解析例としては，A；設計指針，B；三次元連続体の軸対称構造物に関する有限要素法，C；頂板を剛体，矢板をはり，継手を深さ方向にピンとしたモデル等を用いて解析されている。モデルAでは継手効率 μ を考えることにより，基礎を一本のはりに置換している。このため D/L （基礎直径／矢板長）の大きな基礎には適用できないし，頂板による結合効果も考慮されていない。このようにモデルAは非常に簡単である反面，実状に合致しない。Bでは，基礎形状，モデル化に制限がある。Cでは継手を深さ方向に結合したために，矢板の本数の2倍に相当する多元連立微分方程式となり，特に矢板数の多い基礎の解析は容易でない。このように現在のものは実用的なモデルとはいえない。

2-2. 本解析モデルによる解析

本モデルでは次の仮定を導入する。①頂板は剛体，②矢板継手の結合効果無視，③地盤は分布ばねに置換し群杭効果無視。④よりモデルCの連成微分方程式は独立し，⑤より基礎体の自由度は6となる。本モデルは多柱基礎のモデルと類似のもので，矢板を杭群として解析することになる。解析の基本式は次のようになる。

$$\bar{F}_Z = [K_Z] V_0 \text{---(1)} \quad V_0^T = (V_{01}, V_{02}, V_{03}, \theta_{01}, \theta_{02}, \theta_{03}) \text{---(2)}$$

ここに V_0 は頂板上の特定点（原点）での変位6成分で V_{0i} は座標方向変位， θ_{0i} は回転変位を表す。 $[K_Z]$ は 6×6 の基礎体の剛性マトリックスである。また $\bar{F}_Z$ は外力ベクトルである。これらの具体的意味は下式に示す。

$$\bar{F}_Z = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k^T [L^*] \text{---(3)} \quad [K_Z] = \sum_{k=1}^n [L^*]^T [\bar{K}^*] [L^*] V_0 \text{---(4)} \quad [\bar{K}^*] = [R^*] [K_k^*] ([K_k^*] - [K_k^*]) [K_k^*] [R^*]^T \text{---(5)}$$

$$[K^*] = \begin{bmatrix} [K^*]_1 & 0 \\ 0 & [K^*]_1 \end{bmatrix} \text{---(6)} \quad [K^*]_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta^i & \sin \theta^i \\ -\sin \theta^i & \cos \theta^i \end{bmatrix} \text{---(7)} \quad [K^*] = \begin{bmatrix} K_{11}, K_{12} \\ K_{21}, K_{22} \end{bmatrix} \quad \bar{F}^T = (F_1, F_2, F_3, M_1, M_2, M_3) \text{---(8)}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_2 \\ 1 & 0 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{---(10)} \quad [K_s] = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & B_1 \\ A_2 & 0 & B_2 \\ 0 & K_c & 0 \\ 0 & B_2 & C_2 \\ B_1 & 0 & C_1 \\ 0 & 0 & \frac{l}{GJ} \end{bmatrix} \text{---(11)}$$

$$\left. \begin{aligned} A &= 1/2EI\beta^2 \Delta \cdot (e^{4\beta l} - 4e^{2\beta l} - 1) \\ B &= 1/2EI\beta^2 \Delta \cdot \{e^{4\beta l} + 2e^{2\beta l} (2\beta^2 l^2 - 1) + 1\} \\ C &= 1/EI\beta \Delta \cdot (e^{4\beta l} + 4e^{2\beta l} - 1) \\ K_c &= A_s \cdot A \cdot E \cdot k_v / (A \cdot k_v \cdot l + A_s \cdot E) \end{aligned} \right\} \text{---(12a-d)}$$

A_s ；矢板の純断面積， A ；矢板の先端閉塞面積， l ；矢板の土中の長さ， n ；矢板数， $n f$ ；載荷点数， k_v ；土の鉛直ばね定数， $(*)$ 三次元棒理論による剛性マトリックス

2-3. 実験値との比較および考察

このモデル解析を阪神公団による土の効果を無視した基礎体だけの気中実験および，土の効果を考慮した土中実験に適用してみた。図2～図5に示すようにいずれも比較的良く実状に一致している。一方モデルAによれば解の精度が悪い上に，頂板の拘束力も解析できない。図5からは頂板と矢板との結合部は応力が集中し，この部分の補強が重要であることがわかる。

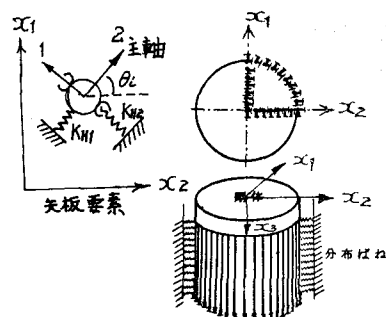


図1 本解析モデル

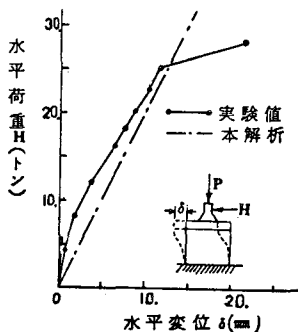


図2 空中実験における水平変位との比較

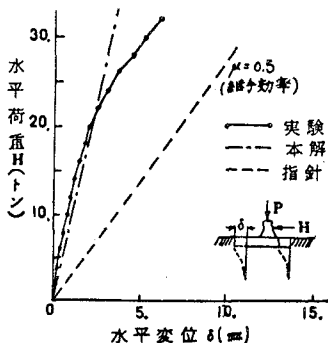


図3 土中実験における水平変位との比較

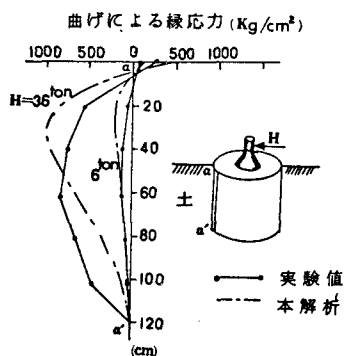


図4 曲げ応力分布

3. コンクリート頂板の力学特性

R/Cスラブとして、矢板および地盤の影響を無視した設計が提案されている。ここでは、矢板、地盤剛性を考慮した解析をおこなう。

3-1. 解析モデルおよび解析

ここでは図1のモデルにおける頂板を板におきかえる。円形基礎に限

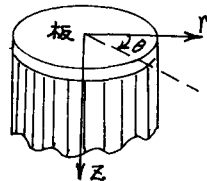


図6 座標系

定し、図6に示す円筒座標 (r, θ, z) を用い板および鉄筋の変位を求めれば次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{板の変位;} \quad & \begin{cases} \bar{v}_r = \bar{v}_{0r} - z \partial \bar{v}_{0z} / \partial r, \quad \bar{v}_z = \bar{v}_{0z} \\ \bar{v}_\theta = \bar{v}_{0\theta} + r \partial \bar{v}_{0z} / \partial \theta \end{cases} \quad (13a-c) \\ \text{鉄筋の変位;} \quad & \begin{cases} \bar{v}_r = \bar{v}_0 \frac{z-z_i}{\theta-\theta_i}, \quad \bar{v}_z = \bar{v}_0 \frac{z-z_i}{\theta-\theta_i} \\ \bar{v}_\theta = \bar{v}_0 \frac{z-z_i}{\theta-\theta_i} \end{cases} \quad (14a-c) \end{aligned}$$

簡単のため、変位モードを次のように仮定しエネルギー法で近似解を求める。

$$\bar{v}_{0z} = \alpha_i \bar{v}_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (15)$$

α_i は未定係数である。この場合頂板を剛体と仮定した場合と同様に基本方程式が求まるが、剛体の場合と異って剛体変位の6自由度の他に曲げによる自由度(n)だけ未知数が多くなる。

3-2. 鉛直荷重に対する力学特性

簡単な例として、最も重要な鉛直荷重が頂板中央に作用した場合について解析した。図7に示す種々の円形基礎について地盤水平ばね定数KHをパラメータとして頂板厚(T)と中央の鉛直曲げ変位(δv)との関係を計算した。これによればT/Ro(頂板厚/頂板半径)が0.3以上になればKH、形状によらず頂板は十分剛とみなせ、断面力分布も一定値に収束する。

4. むすび

本解析モデルによれば、比較的簡単に基礎体が解析できるとともに、実状と比較的良好に一致しており、設計などの実用計算モデルとしては適していると思われる。また頂板の力学特性の基本的事項も明らかとなった。最後に実験データを使わせていただいた阪神公団に謝意を表します。

参考文献(1) 矢板基礎研究委員会; 矢板基礎の施工指針, (2) 能町, 沢田; 鋼管杭によるセル型基礎の応力解析について, 第12回道路会議, 昭和50年, (3) 阪神公団, 鋼管杭協会; 矢板式基礎の模型実験, 昭和51年 (4) 岡原; 矢板式基礎の構造特性(第3報), 土木技術資料18-1, 1976

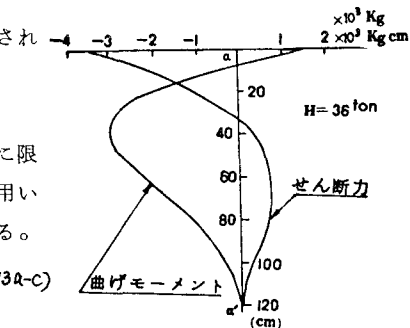


図5 断面力分布

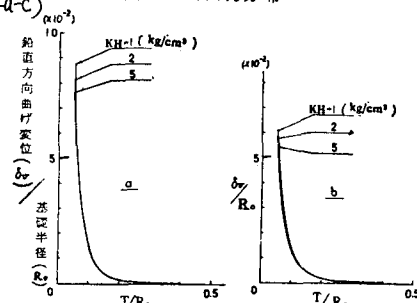


図7 頂板剛性に及ぼすTとKHの影響

	R ₀ (cm)	基礎寸法	基礎寸法
a	646	42	76.2" x 10.9" x 2700
b	454	24	91.4" x 1.27" x 2857
c	1225	67	91.4" x 1.4" x 3960
d	196	19	50.8" x 1.27" x 1100

