

住友金属 正員 山川純雄
住友金属 正員 尾西正之
住友金属 正員 ○後藤芳顕

1 まえがき

水平鋼管矢板は、鋼管矢板を水平に使用したもので、例えば図-1のようなパイプビーム工法において用いられる。この種の構造では、従来、個々の矢板を独立したはりと考えて設計計算がなされてきた。しかしながら、実際は、継手による矢板相互間の荷重分配作用があり、これを考慮した解析が必要であると考えられる。本報告では、まず水平鋼管矢板構造が、各はり材を長さ方向に分布した継手材を介して図-2のごとく直列的に連結したものであることに注目し、さらに解析上の汎用性も考慮して、矢板継手における状態量を図-2の矢印のように、矢板連結方向に伝達する還元法を用いて解析をおこなう。

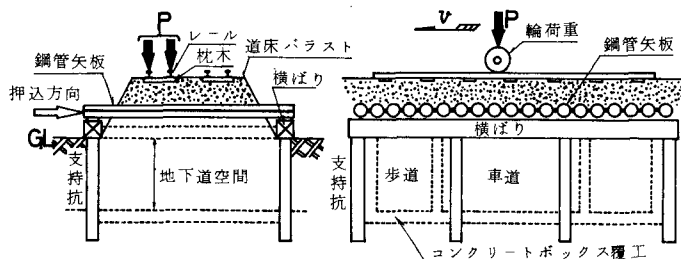


図-1 パイプビーム工法概略

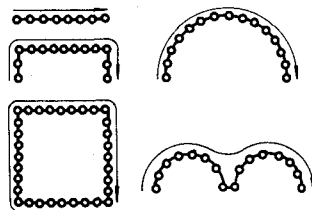


図-2 矢板連結形状と還元法の伝達方向

2 解析方法

2-1 基礎式

解析モデルとして、①鋼管矢板については、三次元の弾性基礎上のはりの理論を適用し、②継手材については、三方向の相対変位成分が対応する三方向の応力成分にそれぞれ独立に比例する線形分布ばねと考える。以上の仮定を導入した解析モデルに関して、図-3に示す座標系、および変位、応力、ばねの各成分を用いて基礎式を表わせば次のようになる。

●鋼管矢板に関する基礎式

$$-E I_y \cdot \ddot{u}_{ox} = q_x^1 - q_x^2 + (\dot{q}_z^2 + \dot{q}_z^1) \cdot R \cdot \cos \theta + k_x \cdot u_{ox} - p_x$$

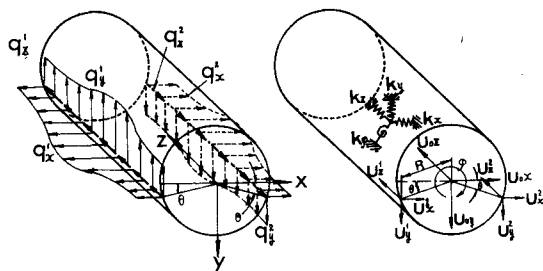
$$-E I_x \cdot \ddot{u}_{oy} = q_y^1 - q_y^2 - (\dot{q}_z^2 - \dot{q}_z^1) \cdot R \cdot \sin \theta + k_y \cdot u_{oy} - p_y$$

$$GJ \cdot \ddot{\varphi} = - (q_y^1 + q_y^2) \cdot R \cdot \cos \theta - (q_x^1 - q_x^2) \cdot R \cdot \sin \theta + k_\varphi \cdot \varphi - m_\varphi$$

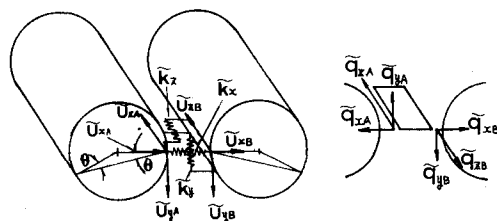
$$EA \cdot \ddot{u}_{oz} = - (q_z^1 - q_z^2) + k_z \cdot u_{oz} - p_z$$

$$\text{-----} (1. a - d)$$

ここに $\cdot$ は $\frac{d}{dz}$ を表わす。



(a) 矢板要素における各成分



(b) 継手要素における各成分

図-3 座標系と各力学成分

●継手に関する基礎式

$$\tilde{q}_x = \tilde{k}_x \cdot (\tilde{u}_{xB} - \tilde{u}_{xA}), \quad \tilde{q}_y = \tilde{k}_y \cdot (\tilde{u}_{yB} - \tilde{u}_{yA}), \quad \tilde{q}_z = -\tilde{k}_z \cdot (\tilde{u}_{zB} - \tilde{u}_{zA}) \quad \text{--- (2. a-c)}$$

2-2 還元法による解析

還元法による解析をおこなうには、一本の鋼管矢板の両端継手間における格間伝達式、および継手における格点伝達式を求める必要がある。まず格間伝達式を式(1)より求めるが、微分方程式を独立に解くため、継手作用力 q_α ($\alpha = x, y, z$) として未定定数 $q_{\alpha i}$ を係数とする既知関数 $\phi_{\alpha i}$ の線形結合で仮定する。

$$q_\alpha = q_{\alpha i} \cdot \phi_{\alpha i}(z) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \text{--- (3)}$$

式(1)なる微分方程式より求める矢板断面中心の変位成分 $u_{0\alpha}$, ϕ を式(4)で表わされるはりの変位場へ代入し、継手の変位成分 (u_α^1, u_α^2) と継手の応力成分 (q_α^1, q_α^2) との関係式に変換する。これから未定定数 $\{q_{\alpha i}\}$ に対応する変位成分 $\{u_{\alpha i}\}$ を計算し、格間伝達式を求めれば式(5)のようになる。

$$u_x = u_{0x} - y \cdot \phi, \quad u_y = u_{0y} + x \cdot \phi, \quad u_z = u_{0z} - x \cdot \dot{u}_{0x} - y \cdot \dot{u}_{0y} \quad \text{--- (4. a-c)}$$

$$\{D\}^2 = [T] \{D\}^1 \quad \text{--- (5)}$$

ここに

$${}^1\{D\} = \{{}^1\{u_{xi}\}, {}^1\{u_{yi}\}, {}^1\{u_{zi}\}, {}^1\{q_{xi}\}, {}^1\{q_{yi}\}, {}^1\{q_{zi}\}, 1\} \quad \text{--- (6)}$$

$${}^1\{q_{\alpha i}\} = \{q_{\alpha 1}, q_{\alpha 2}, \dots, q_{\alpha n}\} \quad \text{--- (7)}, \quad {}^1\{u_{\alpha i}\} = \{u_{\alpha 1}, u_{\alpha 2}, \dots, u_{\alpha n}\} \quad \text{--- (8)}$$

継手における格点伝達式も式(2)と式(3)から次のようになる。

$$\{\tilde{D}\}^B = [P] \{\tilde{D}\}^A \quad \text{--- (9)}$$

ここに $\{\tilde{D}\}$ は継手における成分を用いた状態量ベクトルである。以後は $\{\tilde{D}\}$ なる成分を用いて通常の還元法の計算をおこなう。

3. 計算例

図-4に示す水平鋼管矢板模型実験結果をもとに本解析法の精度を検討した。実験値と計算値との比較、および載荷矢板継手分布せん断力を図-6に示す。これによれば両者は良く一致している。また継手による荷重分配作用を無視した値も図-6(a), (b)に示しているが、これは実状とかけ離れており、従来設計法が必ずしも適当でないことがわかる。

なお、本計算では、継手材に関しては、図-5に示す継手せん断試験から $\tilde{k}_y$ を算定した。また継手作用力 $\tilde{q}_\alpha$ に関しては、鋼管矢板両端支持条件がほぼ単純支持、ねじり固定であることから $\phi_{\alpha i}(z)$ として $\sin \frac{i \cdot \pi \cdot z}{\ell}$ と仮定した。

最後に、本研究中にいろいろ有益な御討議をいただいた国鉄東京第二工事局、西松建設設計部の方々に謝意を表します。

(*) 本講演概要集 I-238 参照

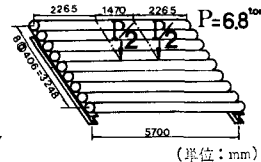


図-4 模型実験概要

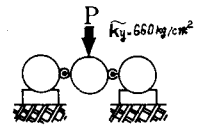
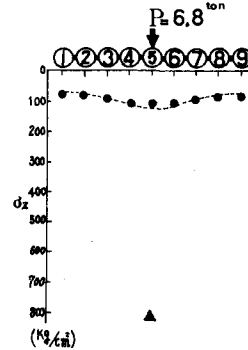
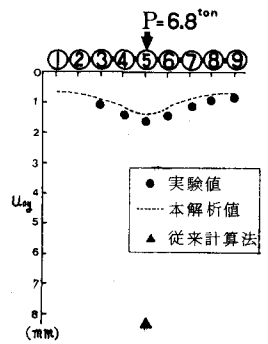


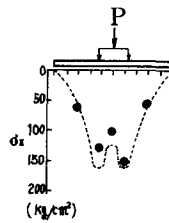
図-5 継手せん断試験



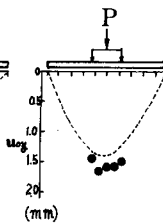
(a) 各矢板中央の縁応力



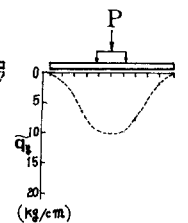
(b) 各矢板中央の変位



(c) 載荷矢板の縁応力分布



(d) 載荷矢板の変位分布



(e) 載荷矢板継手のせん断力分布

図-6 計算例