

異剛性二重矢板壁構造物の静的挙動

九州大学工学部○正 北川 正一

九州共立大学工学部 正 鳥野 清

九州大学工学部 正 麻生 稔彦 堤 一

川崎製鉄(株) 正 金子 忠男 水谷 太作

1. はじめに

二重矢板壁構造物は2列に打設された鋼矢板の頭部をタイロッドで連結した後、矢板間に土砂を中詰めして壁体とした構造物である。これまでの研究においては矢板と中詰土の相互作用の力学モデルが提案され、2列の矢板の剛性が等しいという仮定のもとに解析が行われている(沢口¹⁾、大堀ら²⁾)。しかし、実際の構造物では2列の矢板剛性が異なる方が合理的である場合も考えられる。その点をふまえ、この力学モデルに対し異剛性の場合にも適用できる解法を導出し、実構造物を参考にした構造モデルに対して解析を行ったので報告する。

2. 基本方程式とその解

図-1に解析対象となる構造物の概要を示す。考察する力学モデルは、構造物のある高さにおける単位奥行きあたりの断面に働く水平力のつり合いに注目したもので、これより次のような本構造物の挙動を決定する基本式が得られる。矢板の変位を y_1 、 y_2 、鉛直方向の座標パラメータを x とすると、

$$(EI)_1 \frac{d^4 y_1}{dx^4} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{BG}{2} \left(\frac{d^2 y_1}{dx^2} + \frac{d^2 y_2}{dx^2} \right) - \frac{2E_s}{B} (y_1 - y_2) \right\} + p_1 \quad (1)$$

$$(EI)_2 \frac{d^4 y_2}{dx^4} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{BG}{2} \left(\frac{d^2 y_1}{dx^2} + \frac{d^2 y_2}{dx^2} \right) + \frac{2E_s}{B} (y_1 - y_2) \right\} + p_2$$

ここで、

$(EI)_i$: 矢板曲げ剛性 B : 間隔 p_i : 荷重 ($i=1, 2$)

G : 中詰土の圧縮弾性係数 E_s : 中詰土のせん断弾性係数
荷重として頭部集中荷重または台形分布荷重および線型のな
地盤反力を考えれば、(1)式は連立4階常微分方程式であり、
以下のように解を表示することができる。

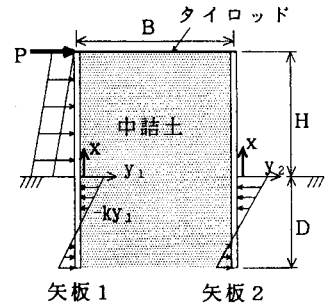


図-1 解析モデル

$$\begin{pmatrix} w(x) \\ v(x) \end{pmatrix} = \exp \left[x \begin{pmatrix} OA \\ EO \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} w(0) \\ v(0) \end{pmatrix} + \int_0^x \exp \left[(x-\xi) \begin{pmatrix} OA \\ EO \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} C(\xi) \\ O \end{pmatrix} d\xi \quad (0 \leq x \leq H), \quad \begin{pmatrix} w(x) \\ v(x) \end{pmatrix} = \exp \left[x \begin{pmatrix} OA \\ EO \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} w(0) \\ v(0) \end{pmatrix} \quad (-D \leq x \leq 0) \quad (2)$$

ただし、

$$A = \begin{pmatrix} ((EI)_1 \ 0 \\ 0 \ (EI)_2) \\ O \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} BG \begin{pmatrix} 11 \\ 11 \end{pmatrix} & E_s \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix} & O \end{pmatrix}, \quad \bar{A} = \begin{pmatrix} ((EI)_1 \ 0 \\ 0 \ (EI)_2) \\ O \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} BG \begin{pmatrix} 11 \\ 11 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} E_s/B-k & E_s/B \\ E_s/B & E_s/B-k \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix} & O \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} p_1/(EI)_1 \\ p_2/(EI)_2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} d^2 y_1 / dx^2 \\ y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}, \quad w = \frac{d}{dx} u, \quad E: \text{単位行列}, \quad k: \text{地盤反力係数}$$

また、積分定数の決定は境界条件による。境界条件としては、

矢板上端($x=H$)において：ヒンジ結合(曲げモーメントが0)または剛結(たわみ角が0)

およびせん断力のつり合い

地盤面($x=0$)において：連続の条件

矢板下端($x=-D$)において：拘束力は微小であると考え曲げモーメントおよびせん断力が0を用いた。

3. 計算結果

解析解(2)を実際の計算に都合のよい形に整理し、計算機を用いて数値計算を行った。等剛性の場合については水平載荷試験についての資料があり、実験値と計算値の比較を行った。試験は頭部剛結の二重矢板に対するもので、矢板頭部を油圧ジャッキで1 m当たり36tの載荷を行っている。図-2に曲げモーメントの比較結果を示すが、よい一致を見ている。そこで、この物性値を用いて直接荷重が作用する矢板1の剛性(EI)₁を矢板2の剛性(EI)₂の2、4、8倍として計算を行った。

(EI)₁=4(EI)₂とした場合の結果を図-3に示す。荷重作用側の矢板1の剛性が大きくなると矢板2の変位(y_2)の方が矢板1の変位(y_1)に比べ小さくなっている。とくに地盤内部での差が大きくなっており、 y_1 については矢板下端における変位が大きくなる傾向が見られた。また、曲げモーメントに関しては、(EI)₁を大きくしていったときの矢板1のモーメント M_1 と矢板2のモーメント M_2 を比較すると、矢板1の荷重分担率が大きくなり M_2 の値が低下している。さらにモーメントの分布形状にも明瞭な差異が認められる。この結果は基本方程式の厳密解により明らかにされたものである。さらに試験による検証が必要ではあると思われるが、従来の手法では必要性は認識されていながらも対象としえなかった場合についての結果であり、今後の研究に手がかりを与えるものと考えられる。

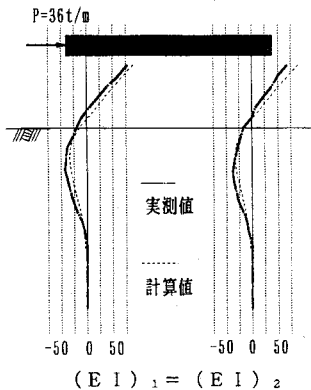


図-2 曲げモーメントの比較

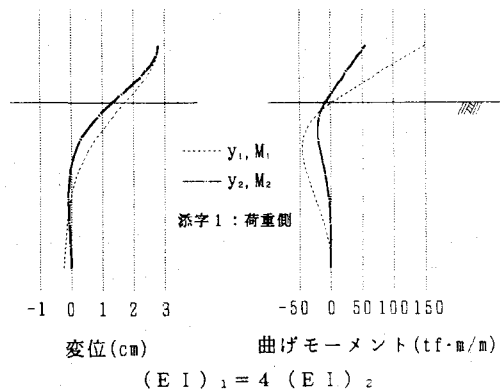


図-3 解析結果

4. 結論

今回提案した解析法により、異剛性二重矢板壁構造物に対してその挙動をある程度解明することができると考えられる。今後の課題として中詰土や地盤の非線形性の取扱い等、検討すべき課題は少なくないと思われるが、計算結果には等剛性の場合とは異なった現象も捉えられており、二重矢板壁構造物の変形挙動解析について本解析法が異剛性の場合に有効であることを示すことができた。

(参考文献)

- 1) Sawaguchi, M: Lateral Behavior of a Double Sheet Pile Wall Structure, Soiles and Foundations, vol. 14, No. 1, 1974
- 2) 大堀, 莊司, 上田, 原, 川井, 塩田: 二重矢板式構造物の弾塑性解析, 川崎製鉄技報, 15(1983)3
- 3) 柳生, 藤原: 頭部剛結二重矢板式締切堤の水平載荷試験及び解析について, 埋立と浚渫, '89, No. 145