

I-176

円形に配置された鋼管矢板の継手剛性の評価

北海道開発局室蘭開発建設部 正員 大沼秀次
 室蘭工業大学 同 松岡健一, 同 岸徳光
 日本大学 同 能町純雄
 メイセイエンジニアリング(株) 同 小針賢士

1. はじめに 鋼管矢板構造は、施工が容易であり、経済的であるなど、施工上の有利さから、また、外力に対する抵抗性が大きく、水密性とすることも可能なことから、橋梁の基礎など大きな鉛直・水平抵抗を要求される重量構造物の基礎や、仮締切工など施工中、あるいは完成後水密性を要求される基礎などに数多く用いられてきている。

室蘭港に架設される白鳥大橋の建設に当たっても、主塔基礎の施工のため必要となる人工島の築造を鋼管矢板仮締切により行なうことが計画されている。

鋼管矢板構造は、鋼矢板を一体として作用させることによって大きな水平抵抗を持たせるもので、この合成効率の確保のため施工上、継手や頭部の処理に注意が必要であり、また解析上もこの点に関する合理的な処理が必要となる。しかしながら、鋼管矢板構造の設計は、現在のところ矢板の合成効率を考慮して全体的に解析する方法で行なわれており¹⁾、この方法では集中外力や部分的な分布荷重などの局所的な力や地震力などの偏圧に対して十分正確に評価することは困難である。

本研究は、著者らが以前に提案している、鋼管矢板構造の解析理論を用いて²⁾、局所的な外力や地震力などを受ける場合の鋼管矢板の力学的挙動を明らかにし、継手の剛性評価を行なうことを目的としている。

2. 基本微分差分方程式の誘導 鋼管矢板構造の解析に当って、鋼管は曲げ及びびねじりを受ける棒構造とし、継手部は力学的バネを考え矢板相互の力の伝達を行なうものとする。

今、図-1のように円形に配置された鋼管矢板構造を考え、鋼管の中心の変位を u, v, w, θ とすれば

継手部の変位 $u_r^r, u_r^l, v_r^r, v_r^l, w_r^r, w_r^l$ は、

$$\begin{aligned} u_r^r &= (u_r + a\theta_r) \cos\alpha - v_r \sin\alpha, & u_r^l &= (u_r - a\theta_r) \cos\alpha + v_r \sin\alpha, \\ v_r^r &= (u_r + a\theta_r) \sin\alpha + v_r \cos\alpha, & v_r^l &= (a\theta_r - u_r) \sin\alpha + v_r \cos\alpha, \\ w_r^r &= w_r - av_r, & w_r^l &= w_r + av_r. \end{aligned} \quad (1)$$

また、変位差にバネ定数 K_n, K_t, K_s を乗じたものを節点力とみると、その関係は次式の様に表される。

$$P_{r+\frac{1}{2}} = K_n (u_{r+1}^l - u_r^r), \quad T_{r+\frac{1}{2}} = K_t (v_{r+1}^l - v_r^r), \quad S_{r+\frac{1}{2}} = K_s (w_{r+1}^l - w_r^r). \quad (2)$$

図-2を参考にして継手部の節点力と鋼管の変形の関係を示せば

$$EI\ddot{u}_r + KDu_r = N_r + \Delta P_{r-\frac{1}{2}} \cos\alpha + VT_{r-\frac{1}{2}} \sin\alpha, \quad (3)$$

$$EI\ddot{v}_r + Kdv_r = T_r - VP_{r-\frac{1}{2}} \sin\alpha + \Delta T_{r-\frac{1}{2}} \cos\alpha + aVS_{r-\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

$$GJ\ddot{\theta}_r = -M_r - VP_{r-\frac{1}{2}} a \cos\alpha - \Delta T_{r-\frac{1}{2}} a \sin\alpha, \quad (5)$$

$$EA\ddot{w}_r = -P_r - \Delta S_{r-\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

ここに、 N_r, T_r, M_r, P_r は鋼管矢板に作用する外力である。

円形に配置された鋼管矢板構造の解析は、(3)~(6)式を軸方向にフーリエ

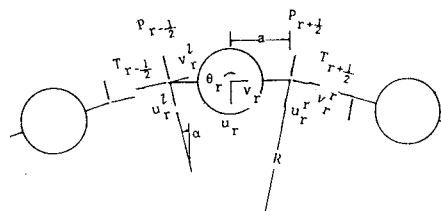


図-1 鋼管矢板モデル

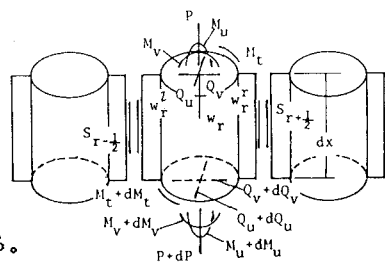


図-2 断面力

変換，円周方向にフーリエ定和変換を行ない，矢板端部の境界条件を満足するように境界未知数を決定することにより求められる。

3. 境界条件 解析例として，鋼管の一部が地盤中に埋込まれ矢板頭部に集中荷重を受ける場合を考えるものとすれば，この時の境界条件は，矢板頭部からの距離を x として

i) 矢板頭部 ($x = 0$) で

$$\begin{aligned} M_u = 0 \quad \therefore \ddot{u}_r(0) = 0, \quad M_v = 0 \quad \therefore \ddot{v}_r(0) = 0, \quad M_t = 0 \quad \therefore \ddot{\theta}_r(0) = 0, \\ P = 0 \quad \therefore \dot{w}_r(0) = 0, \quad Q_u = H \quad \therefore EI \ddot{u}_r(0) = -H, \quad Q_v = 0 \quad \therefore \ddot{v}_r(0) = 0. \end{aligned}$$

ii) 矢板先端部 ($x = l$) で

$$u_r(l) = v_r(l) = w_r(l) = \theta_r(l) = \dot{u}_r(l) = \dot{v}_r(l) = 0.$$

4. 数値解析結果 数値計算例として，現在室蘭港に建設される計画である白鳥大橋の主塔基礎部仮締切人工島鋼管矢板構造のデータを用い解析した。計算に用いた数値は， $l_1 = 16.0\text{m}$ ， $l_2 = 19.0\text{m}$ ，鋼管の外径100cm，肉厚1.4cm， $n = 168$ 本， $k_2 = 1.21\text{kg/cm}^2$ とし

I. $k_1 = 0.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_n = k_t = k_s = 0.0\text{kg/cm}^2$

II. $k_1 = 0.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_n = 100.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_t = 1000.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_s = 0.0\text{kg/cm}^2$

III. $k_1 = 3.2\text{kg/cm}^2$ ， $k_n = k_t = k_s = 0.0\text{kg/cm}^2$

IV. $k_1 = 3.2\text{kg/cm}^2$ ， $k_n = 100.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_t = 100.0\text{kg/cm}^2$ ， $k_s = 0.0\text{kg/cm}^2$

の4種類である。

また，外力は矢板天端に10tの集中力が作用する場合について計算を行なった結果のうち，外力が作用した矢板の半径方向変位と曲げモーメントの値を図-3に示した。

(a)はCase-Iで単杭としての作用であり，天端の変位はかなり大きく，最大曲げモーメントは海座面付近で生じ17.39tmとなっている。(b)はCase-IIを示している。継手の剛性を考えることにより天端の変位は小さくなっているが，曲げモーメントの最大値は矢板天端附近に生じ，この大きさもCase-Iと比べそれ程小さくはない。

(c)は，中詰打設後の状態で，中詰のパネ定数を考慮した場合である。変位，曲げモーメントとも天端附近に集中し，変位は前の2つのCaseと比べかなり小さくなっているが曲げモーメントはそれ程減少していない。(d)はCase-IVのもので，更に継手のパネ定数を考慮したものである。(c)と比べ，変位は2割程度の減少であり曲げモーメントは約3割減少しているが，中詰を考慮しない場合と比べると継手の剛性の効果が曲げモーメントに対して大きく表われていることがわかる。

以上，鋼管矢板構造の定式化を行ない若干の近似計算を行なったが，今後はさらに剛性を変化させて解析を行ない検討を深めたい。

参考文献 1) 日本道路協会編：鋼管矢板基礎設計指針同解説，1982 2) 澤田，能町：継手のヒンジ効果を考慮した井筒型基礎構造の応力解析について，苦小牧工専紀要，第15号，pp.75~94，1980

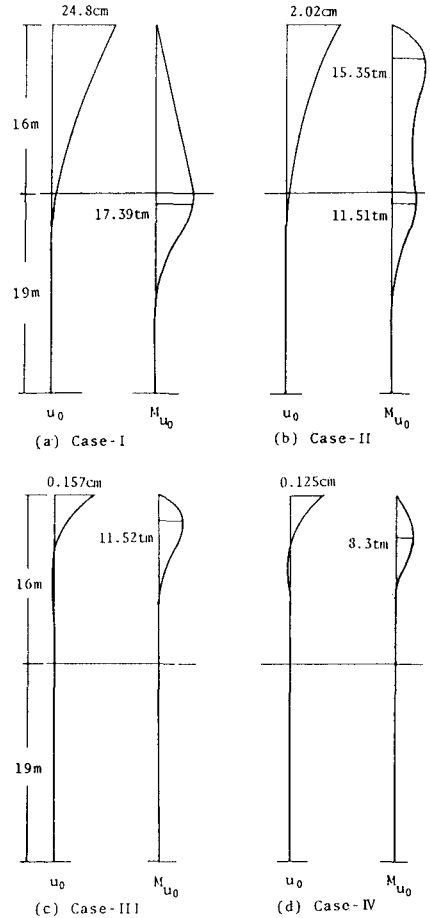


図-3 鋼管矢板の変位及び曲げモーメント分布