

I-486

鋼管矢板中詰築島構造物の動的解析

室蘭工業大学 学生員 磯田 正勝
 室蘭工業大学 正員 松岡 健一, 同 岸 徳光
 日本大学 正員 能町 純雄

1. はじめに 鋼管矢板築島構造物は、方形、小判形または円筒形状に鋼管矢板等を打設し、土砂などを中詰めにした構造物であり、地震力などの水平力に対する安全性の検討が必要となる。

この種の構造物が矢板と中詰の合成構造であることから、中詰自体も外力に対してある程度抵抗すると同時に、中詰の質量は大きな慣性力を持ち矢板に対して外力を与えることになり大きな影響を及ぼすと考えられる。ここでは、地震力をうける鋼管矢板築島構造物の動的応力問題を、中詰をせん断弾性体として鋼管矢板との連成を考慮しながら解析するものである。

2. 中詰の振動方程式 鋼管矢板築島構造物を図-1のようにモデル化する。

ここでは、円筒形の構造を考え、中詰部は水平変位とせん断抵抗のみを考慮するものとし、水平断面内では変位は一様分布するものとする。また外力として地震力を考えるものとし、地盤の入力地震波を u_s とすれば、中詰の水平変位 u は、入力地震波と相対変位 u_0 の和として表される。中詰の振動方程式は、微小部分のつり合いを考慮し、鋼管矢板との接触面の圧力 p を周方向 cosine 分布 $p = p_0 \cos \theta$ として整理すれば

$$\frac{\partial \tau_z}{\partial z} + \frac{p_0}{R} - \rho \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2} (u_0 + u_s) = G \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} + \frac{p_0}{R} - \rho \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2} (u_0 + u_s) = 0 \quad (1)$$

ここで、 ρ は中詰の密度。また、減衰を考慮すれば

$$G \frac{\partial^2 u_0}{\partial z^2} + \xi \frac{\partial^3 u_0}{\partial t \partial z^2} + \frac{p_0}{R} - \rho \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2} (u_0 + u_s) = 0 \quad (2)$$

ξ : 減衰抵抗係数

3. 鋼管矢板の基礎方程式 鋼管矢板構造の座標を、構造の中心から半径方向を x , 円周方向を y , 軸方向を z とし、鋼管矢板の中心でのそれぞれの方向の変位を u , v , w , およびねじり角を θ とする。

鋼管矢板は、St. Venant のねじりまでを考慮したはりとし、継手部は3方向に力学的バネを考え、矢板相互の力の伝達を行なうものとする。継手部の節点力と鋼管の関係を示せば

$$EI \ddot{u}_r + K D u_r = N_r + \Delta P_{r-\frac{1}{2}} \cos \alpha \quad (3)$$

$$+ V T_{r-\frac{1}{2}} \sin \alpha, \quad EI \ddot{v}_r + K d v_r = T_r - \nabla P_{r-\frac{1}{2}} \sin \alpha \quad (4)$$

$$+ \Delta T_{r-\frac{1}{2}} \cos \alpha + a \nabla S_{r-\frac{1}{2}}, \quad G J \ddot{\theta}_r = -M_r - \nabla P_{r-\frac{1}{2}} a \cos \alpha \quad (5)$$

$$- \Delta T_{r-\frac{1}{2}} a \sin \alpha, \quad E A \ddot{w}_r = -P_r - \Delta S_{r-\frac{1}{2}} \quad (6)$$

4. 入力地震波を受ける鋼管矢板中詰構造の解析

ここで入力地震波を調和波動と考えることとすれば

$$u_s = \tilde{u}_s \sin \omega t \quad (7)$$

とおけるのでその他の変位、断面力も

$$f = \tilde{f} \sin \omega t \quad (8)$$

とおくことができる。

ここで鋼管と中詰の境界では、接触応力と変位の間に

$$\tilde{p}_0 = -K b (\tilde{u}_0 + \tilde{u}_1), \text{ 鋼管に対しては } \tilde{p}_1 = 2\pi R \tilde{p}_0 / n \quad (9)$$

の関係があるものとする。ここで、 Kb は一種のバネ定数であり、 u_0 は中詰の x 方向変位、 u_1 は鋼管矢

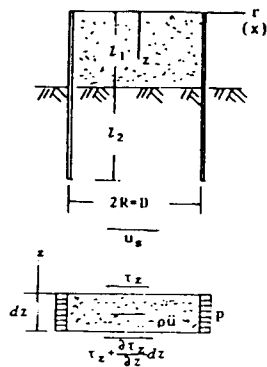


図-1 鋼管矢板人工島

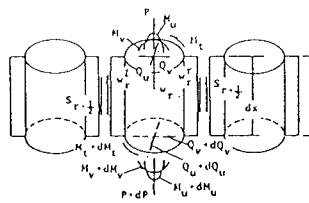


図-2 鋼管に作用する断面力

板($r=0$)の半径方向変位で向きは中心に向う変位を正としている。

また、接触面の応力は、鋼管に対しては、半径方向力しか伝達しないものとする。

減衰を無視して、(7)～(9)を考慮し、式(1)および(3)～(6)を、 z についてフーリエ変換し、円周方向にフーリエ定分変換を行ない解析した。

5. 境界条件 鋼管矢板中詰構造の動的解析は、2. および 3. で述べた解を重ね合わせ、各境界条件を満足するように、未知定数を決定することにより行なわれる。

ここでは、一つの例として、鋼管は地盤中に固定され、矢板頂部をはりで補強した場合について考える。矢板頂部の補強ばりは、鋼管矢板構造断面方向の曲げと軸力のみを考慮するものとする。

この時の境界条件は

1) 鋼管矢板に対して、

i) 矢板頂部($z=0$)では、

$$M_u(0)=0 \therefore \ddot{u}_1(0)=0, M_v(0)=0 \therefore \ddot{v}_1(0)=0, M_t(0)=0 \therefore \dot{\theta}_1(0)=0,$$

$$Q_u(0)=N_r, Q_v(0)=0, P(0)=0 \therefore \dot{w}_1(0)=0$$

N_r : 補強ばりの半径方向力

ii) 矢板先端部($z=l$)では、固定されているとすれば、

$$u_1(l)=v_1(l)=\dot{u}_1(l)=\dot{v}_1(l)=\dot{\theta}_1(l)=w_1(l)=0$$

となる。

2) 中詰に対して、

i) 中詰天端($z=0$)では、

$$\tau_z(0)=0$$

ii) 中詰底部($z=l$)では、

(Case-I) 底部

で地盤に連結されている場合 $u_0(l)=0$, (Case-II) 底部にせん断力がない場合 $\tau_z(l)=0$ となり、これらの条件から境界未知量が決まり、解析することが出来る。

6. 数値解析例 計算に用いる数値は、 $l=17.0$ m, 鋼管の外径 100.0cm, 肉厚 1.4cm, 鋼管の中心から継手までの長さ(a)は 62.64cm, $E=2.1 \times 10^6$ Kg/cm², 鋼管の本数 $n=168$ 本とし、中詰の密度 $\gamma=1.65$ g/cm³, せん断弾性定数 $G=2000.0$ Kg/cm², K_b は中詰が軸対称外圧をうける時の変位を考慮して、 $K_b=2(1+\nu)G/(1-\nu)R=300.0$ Kg/cm² とした。また、継手のバネ定数は、 $K_t=10$ Kn=100.0 Kg/cm², $K_s=10000.0$ Kg/cm², 補強ばりの剛性を $A_b=729.6$ cm², $I_b=1.174 \times 10^6$ cm⁴ とし、入力地震波の加速度を 100 gal とした場合の結果を示す。

図-3 は、変位の応答倍率を示したものである。応答倍率は Case-I の場合は、中詰のみの場合とあまり大きな差がなく、鋼管の効果があまり現われていないことがわかる。

Case-II の場合は、やはり Case-I に比べて大きな応答倍率となり、 $\omega=15$ rad/sec で約 30% 大きくなっている。更に、プリズム要素を用いた 3 次元応答解析の結果も一点鎖線で示した。また、中詰の最大せん断応力の値を図-4 に示した。この場合も鋼管の効果はあまり現われていない。

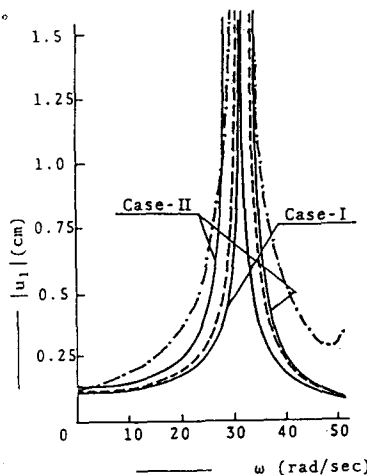


図-3 変位の応答

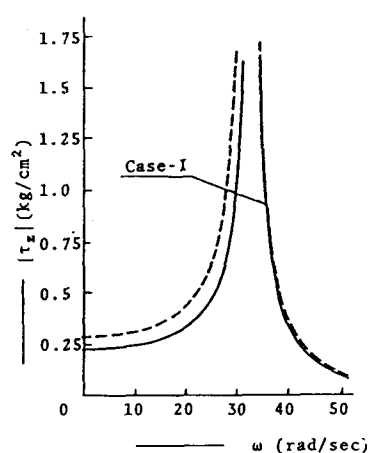


図-4 中詰せん断応力の応答

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