

北海道大学 正員 能町純雄
苫小牧高専 正員 〇澤田知久

1. まえがき

本稿は、橋梁等の基礎構造として、用いられている鋼管を円形に建て込んだ井筒基礎について、すでに発表
した解析方法¹⁾を改良して、構造物に、捩り力が作用した場合の解析を行なったものである。

この場合は構造の接線方向トルクが作用するから構造物に対し、接線方向の変位のみを生じる。本解析において、ヒンズ
は、鋼管の直径の両端に付いているものとし、杭頭は、平面
保持のまま変位すると仮定する。よって載荷力による杭の各
々の変位を節点で取り、軸廻りの回転変位を捩りモーメント
の釣り合いから求める。捩りによる杭の軸ひずみは、抗折モ
ーメントを生ずると考えられるから、よって基本微分方程式
は、杭要素の変位と節点力の関係を、接合点で取る方法によ
り求め、鋼管杭の軸方向に、有限フーリエ変換、それと直交
平面上で、和分変換を行ない、境界条件を満足するように、
境界値を定めて、必要とする、変位と断面力を得る。

2. 一般式の誘導

今、図-1、図-2よりの変位を次の如くに置く。

$$U_r(x) = \sum_l \delta(x) \sin \frac{2\pi l}{R} r \quad (1)$$

$$V_r(x) = \sum_l \delta(x) \cos \frac{2\pi l}{R} r \quad (2)$$

$$U_{r-\frac{1}{2}}(x) = \sum_l \delta(x) \sin \frac{2\pi l}{R} (r - \frac{1}{2}) \quad (3)$$

$$V_{r-\frac{1}{2}}(x) = \sum_l \delta(x) \cos \frac{2\pi l}{R} (r - \frac{1}{2}) \quad (4)$$

曲げより：

$$EI \cdot U_{r-\frac{1}{2}}^{(4)}(x) = P_r, \quad EI \cdot V_{r-\frac{1}{2}}^{(4)}(x) = 0 \quad (5)$$

又、捩りより

$$\sum_{r=1}^n P_r \cdot R + \sum m_r T + k \cdot U_{r-\frac{1}{2}}(x) = T \quad (6)$$

$$m_r T = 2 \cdot a \cdot P_r', \quad k \rightarrow \text{地盤のバネ定数}$$

$$\therefore n \cdot EI R \delta^{(4)}(x) - \frac{n G J}{R} \cdot \delta^{(2)}(x) + k \cdot \delta(x) = T \quad (7)$$

この基本式に x 方向(軸方向)に有限 Fourier-Sine 変換を施し、 $x=0$ (天端)で自由端、 $x=l$ (根元)で固定端とし、整理すると (8) の如く示される。

尚 $\delta(x) = \int_0^l \delta(x) \sin \frac{n\pi}{l} x$, $T = \int_0^l T \sin \frac{n\pi}{l} x$. l : 杭長, n : 杭数 EI : 曲げ剛性
 GJ : 捩り剛性 R : 基礎構造の半径 a : 鋼管の半径 とする。

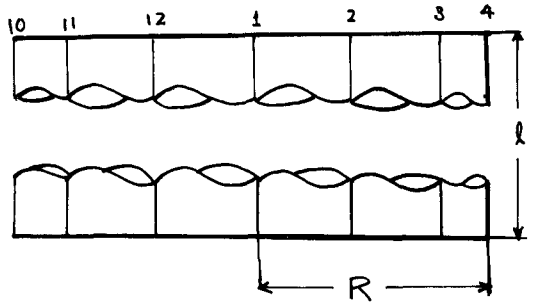


図-1 (軸方向断面図)

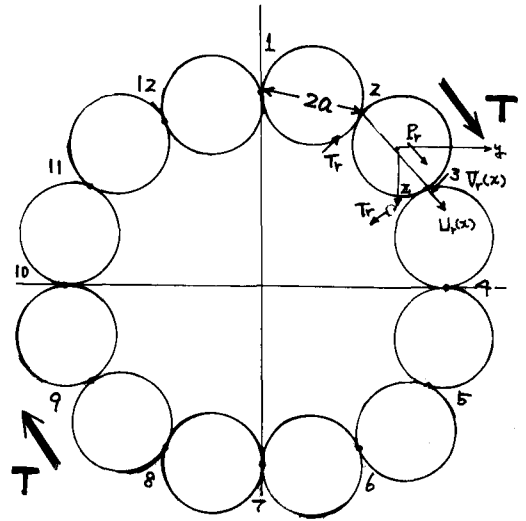


図-2 (軸直角方向断面図)

$$\left\{ n \cdot EIR \left(\frac{m}{l} \right)^4 + \frac{nGJ}{R} \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 \cdot m^2 + k \right\} \hat{\delta}(x) = n \cdot EIR \left(\frac{l}{R} \right) \cdot m(-1)^m \cdot \ddot{\delta}(l) + \left\{ n \cdot EIR \left(\frac{l}{R} \right)^3 \cdot m^3 + \frac{nGJ}{R} \left(\frac{\pi}{l} \right) \cdot m \right\} \delta(0) + \hat{\gamma} \quad (8)$$

よて (8) に有限7/2-Sine 逆変換を施すと (9) とし示される

$$\delta(x) = \frac{1}{2\alpha\beta} \left(\frac{l}{\pi} \right)^2 P(1-\beta) \cdot \ddot{\delta}(l) + \left[Q(\beta) + \frac{1}{2\alpha\beta} \left\{ \frac{GJ}{EIR^2} \left(\frac{l}{\pi} \right)^2 - (\alpha^2\beta^2) \right\} \cdot P(\beta) \right] \cdot \delta(0) + \frac{1}{2(\alpha^2\beta^2)} \left(\frac{l}{\pi} \right)^3 \frac{1}{2\alpha\beta} \frac{T}{n \cdot EIR} \{ \alpha \Xi(\beta, \beta_1) + \beta \Xi(\beta, \beta_1) \} \quad \beta_1 = \frac{\beta}{\alpha} \quad (9)$$

$$\therefore A = \sqrt{\frac{k}{n \cdot EIR} \left(\frac{l}{\pi} \right)^4} \quad B = \frac{GJ}{2EIR^2} \left(\frac{l}{\pi} \right)^2 \quad \alpha = \sqrt{\frac{A+B}{2}} \quad \beta = \sqrt{\frac{A-B}{2}}$$

$$P(\beta) = \frac{\sinh \alpha l \pi (2-\beta) \cdot \sin \beta l \pi - \sinh \alpha l \pi \beta \cdot \sin \beta l \pi (2-\beta)}{\cosh 2\alpha l \pi - \cos 2\beta l \pi} \quad (10)$$

$$Q(\beta) = \frac{\cosh \alpha l \pi (2-\beta) \cdot \cos \beta l \pi - \cosh \alpha l \pi \beta \cdot \cos \beta l \pi (2-\beta)}{\cosh 2\alpha l \pi - \cos 2\beta l \pi} \quad (11)$$

$$\beta > \beta_1 \quad (12)$$

$$\Xi(\beta, \beta_1) = \frac{1}{\cosh 2\alpha l \pi - \cos 2\beta l \pi} \left\{ \sinh \alpha l \pi (2+\beta_1-\beta) \cdot \cos \beta l \pi (\beta_1-\beta) - \sinh \alpha l \pi (2-\beta_1-\beta) \cdot \cos \beta l \pi (\beta+\beta_1) \right. \\ \left. + \sinh \alpha l \pi (\beta-\beta_1) \cdot \cos \beta l \pi (2+\beta_1-\beta) - \sinh \alpha l \pi (\beta+\beta_1) \cdot \cos \beta l \pi (2-\beta_1-\beta) \right\}$$

$$\Xi(\beta, \beta_1) = \frac{1}{\cosh 2\alpha l \pi - \cos 2\beta l \pi} \left\{ \cosh \alpha l \pi (2+\beta_1-\beta) \cdot \sin \beta l \pi (\beta_1-\beta) - \cosh \alpha l \pi (2-\beta_1-\beta) \cdot \sin \beta l \pi (\beta+\beta_1) \right. \\ \left. + \cosh \alpha l \pi (\beta-\beta_1) \cdot \sin \beta l \pi (2+\beta_1-\beta) - \cosh \alpha l \pi (\beta+\beta_1) \cdot \sin \beta l \pi (2-\beta_1-\beta) \right\} \quad (13)$$

3. 境界条件式

剪断力のつり合いと、たわみ角がないということより
(at $x=0$) (at $x=l$)

$$n \cdot EI \cdot \ddot{\delta}(0) \cdot R - n \cdot \frac{GJ}{R} \cdot \dot{\delta}(0) = 0 \quad (14)$$

$$\dot{\delta}(l) = 0 \quad (15)$$

以上の式より境界値を求める。よて、(16)より変位を知る

$$\delta(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \delta(x_i) \cdot \sin \frac{2\pi i}{n} (x - \frac{1}{2}) \quad (16)$$

※ 参考文献

- 1) 能町・澤田：鋼管杭による井筒基礎の応力解析について（土木学会北海道支部論文報告集）（第32号）
- 2) 能町・澤田：鋼管杭によるセル型基礎の応力解析について（第12回道路会議一般論文集）
- 3) S.P. Timoshenko: Theory of plates and shells

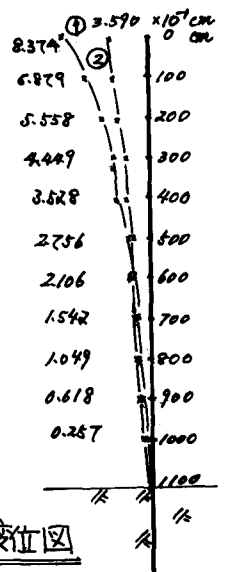
4. 数値計算例

今、鋼管中 60.620m を
 $N=12$ 本、 $l=11$ m
 $k=2.0 \times 10^4$ ㎏/cm の場合
の数値計算例を
示す。

尚他の結果は当日発表
する予定である。

計算には、北海道大学
大型計算機センターの
FACOM-230-75 と
高橋博 HITAC-8250
を使用した。

- ① $\rightarrow k=2.0 \times 10^4$ ㎏/cm
② $\rightarrow 2k$ ㎏/cm



変位図