I-136 演算子法による剛体板下の基礎杭の立体解析

信州大学 学生員 ○福岡 孝
学生員 豊吉 幸広
正員 谷本勉之助
正員 夏目正太郎
正員 石川 清志

序文

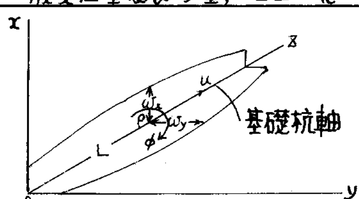
私達は、剛体板下の基礎杭を演算子法によって、立体解析を試みた。この解析は、あくまでも、構造力学的見地からのものである。実際、Footing-Plateは、杭に比べて、重構造物であるので、剛体と見なして差しつかえない。また、杭は、立体骨組として、三次元挙動をなし、杭の地上部分は、一般的な梁として、扱い、一方、地中部分は、Winklerの仮定により支配された弾性梁として扱う。

最終的には、剛体にかかる力量で表わされる ある一つの標準杭の変位量を逐次、他の杭に、漸化していくことにより、すべての杭の物理量が求まる。

以下、解析手順につき、説明する。

[1] 基礎杭

1. 一般変位量及び力量，完全状態ベクトル式



図−1

一般変位量及び力量は、図-1より次式成分で定義される。

$$\mathbb{U}(\rho)=\{u\ \omega_x\ \omega_y\ \phi\ \theta_x\ \theta_y\}_\rho=\mathbb{P}(\rho)\mathbb{X}$$
$$\mathbb{V}(\rho)=\{F\ S_x\ S_y\ T\ M_x\ M_y\}_\rho=\mathbb{Q}(\rho)\mathbb{X} \qquad (1)$$

但し、$\mathbb{X}$は、Eigen-matrix群を表わし、次により示される。

$$\mathbb{X}=\{N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4\}$$

式(1)より、$\mathbb{X}$を消去すると完全状態ベクトル式が得られ次式で示す。

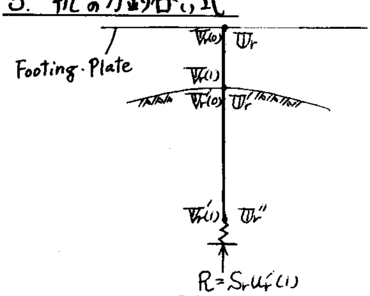
$$\begin{bmatrix}\mathbb{U}(\rho)\\ \mathbb{V}(\rho)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}a(\rho), & b(\rho)\\ \alpha(\rho), & \beta(\rho)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbb{U}(0)\\ \mathbb{U}(l)\end{bmatrix} \qquad (2)$$

2. 出発方程式

本法の出発方程式は、力量を変位量で表わすことにより次のように得られる。

$$\begin{bmatrix}\mathbb{V}(0)\\ \mathbb{V}(l)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\alpha, & \beta\\ \alpha', & \beta'\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbb{U}(0)\\ \mathbb{U}(l)\end{bmatrix},\ 但し\ \begin{bmatrix}\alpha, & \beta\\ \alpha', & \beta'\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\alpha(0), & \beta(0)\\ \alpha(l), & \beta(l)\end{bmatrix} \qquad (3)$$

3. 杭の力釣合い式



図−2

式(3)を考慮して次式の力釣り合い式より、杭の各節点の力量がTop-Node(杭と剛体との接合点)の変位量で表わされ、かつTop-Nodeの力量がその変位量で表わされる。

$$\mathbb{V}_r'(l)=-S_r\mathbb{U}_r'',\qquad \mathbb{V}_r(l)=\mathbb{V}_r'(0)$$
$$\begin{bmatrix}\mathbb{U}'\\ \mathbb{U}''\end{bmatrix}_r=\begin{bmatrix}\mathbb{C}'\\ \mathbb{C}''\end{bmatrix}_r\mathbb{U}_r,\quad \mathbb{V}_r(0)=(\alpha+\beta\mathbb{C}')_r\mathbb{U}_r \qquad (4)$$

但し、S_rはWinklerの仮定による地盤係数マトリックスである。

[2] Footing - Plate (剛体)

1. 変位量及び力量

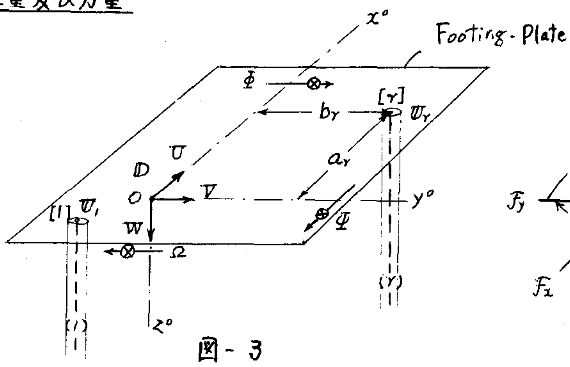


図 - 3

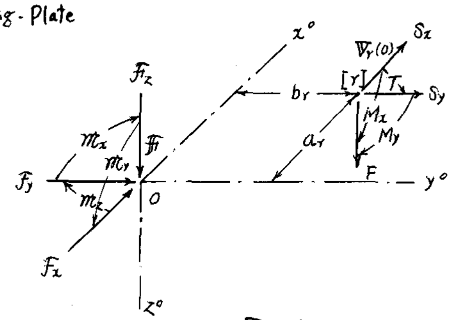


図 - 4.

図-3，4より．変位量及び力量は次式で定義される。

$$\mathbb{D} = \{ \mathbb{U} \ \mathbb{V} \ \mathbb{W} \ \Phi \ \Psi \ \Omega \}$$
$$\mathbb{F} = \{ \mathbb{F}_x \ \mathbb{F}_y \ \mathbb{F}_z \ m_x \ m_y \ m_z \} \qquad (5)$$

Top-Node [r] の変位量は次式により．Top-Node [1] の変位量で表わされる。

$$\mathbb{U}_r = \mathbb{C}_r \mathbb{D} \ , \qquad \mathbb{U}_1 = \mathbb{C}_1 \mathbb{D} \qquad (6)$$
$$\mathbb{U}_r = \mathbb{R}_r \mathbb{U}_1 \qquad \text{但し} \quad \mathbb{R}_r = \mathbb{C}_r \mathbb{C}_1^{-1}$$

2. 力釣合い式 (杭と剛体)

杭と剛体の力釣合い式は．次式で表わされる。

$$\sum_r f_r \mathbb{V}_r(0) + \mathbb{F} = 0 \qquad (7)$$

3. 最終方程式

式(4)，及び(7)を用いて次の最終方程式が．得られる。

$$\mathbb{U}_1 = -\left[\sum_r f (\alpha + \beta c') \mathbb{R}_r \right]^{-1} \mathbb{F} \qquad (8)$$

式(8)で得られる $\mathbb{U}_1$ を逐次．漸化していけば．式(2)のすべての物理量が求まる。

あとがき

本演算子法による変形法では．杭の数によらず．大きなサイズのインバースが．不要となり．最大．6-by-6 のサイズのインバースにより．基礎杭は．コンピュータ解析することが可能となる。

加えて．誤差集積は．ほとんど．なくなり．Single precision でも十分な．精度が．期待できる。

参考文献

谷本勉之助，吉沢孝和 著．詳説マトリクス応用力学 オーム社．

B. Tanimoto "Operational method for continuous beams" 1964. ASCE.

Discussion by N. Yoshizawa and B. Tanimoto "Finite beams on elastic foundation" 1967. ASCE.