

東日交通コンサルタント 正会員 原田博史

〃 〃 白井英夫

〃 〃 前田重行

1. まえがき

鋼製脚柱基礎の定着はアンカーフレーム構造によるものが一般的であり、投げ込み式の基礎はまだ広く用いられていない。投げ込み式の基礎は、経済性、施工性の面からアンカーフレーム構造と比較して有利であるが、応力解析上の不明確な点が多く使用例が少ないのが現状のようである。応力解析により投げ込み式の基礎の応力性状を明確にするには、コンクリートの塑性性を考慮した有限要素法解析によるのが有効であると考えられるが、これによると多大な計算時間と費用がかかり、設計計算法としては一般的でない。

そこで、本研究はコンクリート材料を弾塑性バネと考え、剛体変位法による投げ込み式の基礎の応力簡略計算式を誘導し、有限要素法解析等と比較検討したものである。

2. 簡略計算式の誘導

計算モデルの条件

- 1). 定着部内主要部材は剛体と考える。(図-1)
- 2). コンクリートと定着部内主要部材との力の伝達は垂直バネ(k_n)、せん断バネ(k_s)を通して行うものとする。(図-2)
- 3). バネ k_n , k_s は完全弾塑性バネとする。(図-3)
- 4). 解析は荷重伝達法による繰返し計算とする。

荷重の条件

- 1). 脚柱主部材から定着部へ伝達される力は、鉛直力(N)、水平力(H)、曲げモーメント(M)の3成分とする。

計算式の誘導

力の釣合いは荷重載荷点 σ で仮定し、点 σ の剛体変位を水平変位($\delta_{H\sigma}$)、鉛直変位($\delta_{N\sigma}$)、回転変位($\delta_{\theta\sigma}$)とすると、これらの未知数は点 σ での力の釣合い、 $\sum N_{\sigma} = 0$, $\sum H_{\sigma} = 0$, $\sum M_{\sigma} = 0$ なる条件式(1)を解くことによって得られる。(図-4)

$$[A] \{ \delta \} = \{ P \} \quad (1)$$

$[A]$: 形状とバネによって得られる係数マトリックス

$\{ \delta \}$: 点 σ の剛体変位 $[\delta_{H\sigma} \ \delta_{N\sigma} \ \delta_{\theta\sigma}]^T$

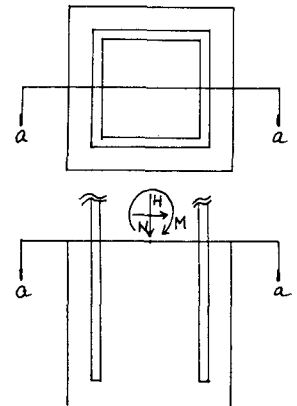
$\{ P \}$: 点 σ の荷重 $[H_T \ N_T \ M_T]^T$

H_T : $H + \Delta H$

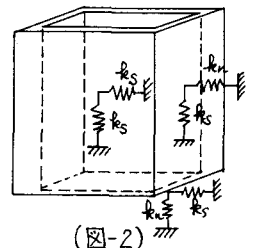
N_T : $N + \Delta N$

M_T : $M + \Delta M$

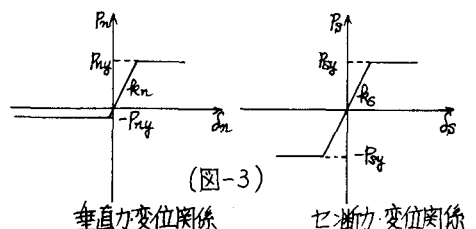
* ΔH , ΔN , ΔM はバネ反力が極限値を越えた場合の補正値



(図-1)



(図-2)



(図-3)

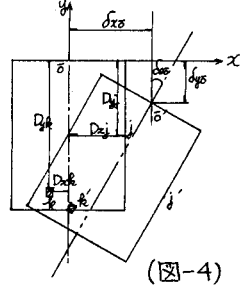
垂直力変位関係

せん断力変位関係

係数マトリックス [A] の作成

係数マトリックス [A] は剛体変位を基本とし荷重載荷点の位置における力の釣合いより得ることができる。今、右図の様に、点 i に外力 H, N, M が作用し微小変位 $\delta x_0, \delta y_0, \delta \theta_0$ が生じて点 i が j に変位したとすると、点 i より D_{xj}, D_{yj} 離れている j 点の変位 $\delta x_j, \delta y_j, \delta \theta_j$ は剛体変位の仮定より

$$\begin{Bmatrix} \delta x_j \\ \delta y_j \\ \delta \theta_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -D_{y0} \\ 0 & 1 & D_{x0} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta x_0 \\ \delta y_0 \\ \delta \theta_0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$



(図-4)

の変位量で点 j へ変位する。(2) 式を簡単に $\delta_j = [H_j] \delta_0$ で表わすと点 k も同様に $\delta_k = [H_k] \delta_0$ の変位量で点 k へ変位する。

ここで、 j 点、 k 点に各々 $[K_j], [K_k]$ なるバネが作用しているならば、 j 点、 k 点に作用するバネ反力は、 $P_j = [K_j] \delta_j = [K_j][H_j] \delta_0$, $P_k = [K_k] \delta_k = [K_k][H_k] \delta_0$ となる。又この反力による点 i の力 P_0 は、 $P_0 = [H_i]^T [K_j] [H_j] \delta_0 + [H_i]^T [K_k] [H_k] \delta_0$ となる。

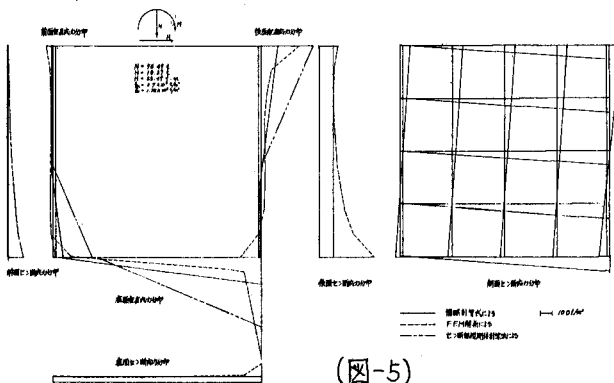
よって点 i における力の釣合いは、外力 P_0 と反力 P_0 の総和で (3) 式の様に表わされる。

$$P_0 = B \left([H_i]^T [K_j] [H_j] ds \cdot \delta_0 + \int [H_k]^T [K_k] [H_k] dA \cdot \delta_0 \right) \quad (3)$$

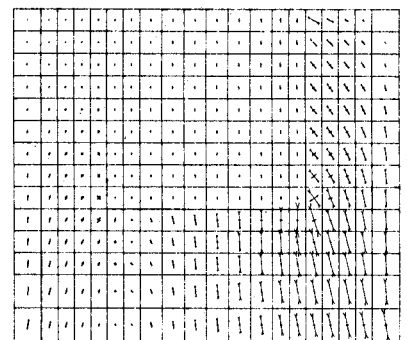
(3) 式の左辺は外力荷重項であり、右辺才1項は境界力、才2項は面内セン断力を表わす。これより(1)式の係数マトリックス [A] は $B \left([H_i]^T [K_j] [H_j] ds + \int [H_k]^T [K_k] [H_k] dA \right)$ となる。

3. 計算例

計算例は外力 $H = 18.37(t)$, $N = 78.49(t)$, $M = 55.49(t \cdot m)$ で形状寸法は主部材厚 $25(mm)$, 箱型断面 $1.8(m) \times 1.8(m)$, 投げ込み長 $1.8(m)$ のものである。各バネ長 k_n は、 $k_n = 2.7 \times 10^6(t/m^2)$, $k_s = 1.35 \times 10^6(t/m^2)$ とし、各バネの極限值 $P_{ny}, -P_{ny}, P_{sy}, -P_{sy}$ は、 $P_{ny} = 2400.0(t/m^2)$, $-P_{ny} = 1.0(t/m^2)$, $P_{sy} = -P_{sy} = 240.0(t/m^2)$ としている。以下に簡略計算式による応力分布と有限要素法解析及びセン断応力を無視した剛体計算法による支圧応力分布と比較図示する。(図-5)



(図-5)



FEM解析による主応力図

4. 考察

投げ込み式の基礎設計法の一段階として簡略計算式により検討を行った。その結果、簡略計算式による計算値はFEM解析及びセン断無視剛体計算法の計算値と比較して若干の差は生じているが、十分設計に適用出来るものであると考えられる。今後、先端の境界条件及び側面のセン断力伝達機構に関する設計法(ジバル等)を確立するために、実験結果等を考慮して、より実用的な式に近づけたい。