

I-46

群杭計算に及ぼす頂板変形の影響

九州大学工学部 正会員 小坪 清典
九州大学工学部 正会員 島野 清
九州大学工学部 学生員 若原 敏裕
九州大学工学部 正会員 園田 敏矢

1. 要旨 本研究は、前論⁽¹⁾における群杭同群杭効果の理論的解析法を基とし、有限要素法による平板の曲げ理論を用いて、群杭効果に及ぼす頂板変形の影響を求めようとするものである。本研究では、前論⁽¹⁾と同様に、多柱基礎を例とし、その解析法と、数値計算結果の一例を紹介するにとする。

2. 解析上の仮定及び諸条件 本研究における解析上の仮定は、前論⁽¹⁾において、多柱基礎-地盤系を弾性理論を用いて解析した時の条件に加えて、次の通りである。(i) 頂板は、平板のみとし、微小変形理論の仮定を設ける。(ii) 頂板の変形は、群杭の曲げモーメントにより生じるモーメント荷重を受ける剛体変形のみを考える。(iii) 頂板は、一様断面を有する等方性板とする。

3. 解析理論 図1に示すように、各柱の中心軸位置が、頂板の周辺形要素の一点と対応する様に分割を行う。すなわち、地中部分と空中部分に分けて取り扱うことにする。いま、たとえば頂板の*i*点に*i*軸周りの単位モーメント荷重を加える。この時の*i*点と...等の点の*i*軸周りの回転角を $\theta_{i1}^0, \theta_{i2}^0, \dots, \theta_{iN}^0$ 、*i*軸周りの回転角を $\theta_{i1}^0, \theta_{i2}^0, \dots, \theta_{iN}^0$ 等とする。以後、これらのことを頂板の点における回転角の影響係数と呼ぶことにする。各柱に作用する全ての点に関する回転角影響係数が既知であれば、各柱から M_i^x, M_i^y ($i=1, 2, \dots, N$)のモーメント荷重を受けた場合の*i*点の回転角 θ_i^x, θ_i^y は、次式で示され、これは、*N*柱基礎を構成する柱の本数である。

$$\left. \begin{aligned} \theta_i^x &= \sum_{j=1}^N (0_{ij}^{xx} M_j^x + 0_{ij}^{xy} M_j^y) \\ \theta_i^y &= \sum_{j=1}^N (0_{ij}^{yx} M_j^x + 0_{ij}^{yy} M_j^y) \end{aligned} \right\} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

地中部分 ($0 \leq z \leq H$)

$$E_i I_i \frac{d^4}{dz^4} \{ \bar{\zeta}_i^x(z) \} = P_i^x(z) \quad (2)$$

空中部分 ($0 \leq z \leq H$)

$$E_i I_i \frac{d^4}{dz^4} \{ \bar{\zeta}_i^x(z) \} = 0 \quad (3)$$

$$\bar{\zeta}_i^x(z) = \bar{A}_i^x \left(\frac{z}{H} \right)^3 + \bar{B}_i^x \left(\frac{z}{H} \right)^2 + \bar{C}_i^x \left(\frac{z}{H} \right) + \bar{D}_i^x + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n Y_n \sin \frac{n\pi z}{H} \quad (4)$$

$$\bar{\zeta}_i^x(z) = \bar{A}_i^x \left(\frac{z}{H} \right)^3 + \bar{B}_i^x \left(\frac{z}{H} \right)^2 + \bar{C}_i^x \left(\frac{z}{H} \right) + \bar{D}_i^x \quad (z=0, H) \quad (5)$$

の変形の連続条件について考える。いま、頂板の各柱に対応する点の回転角と各柱の回転角の間には、式(4)で示される関係式が存在し、また点モーメントと柱の曲げモーメントの間には、式(1)の関係式が存在する。これらの

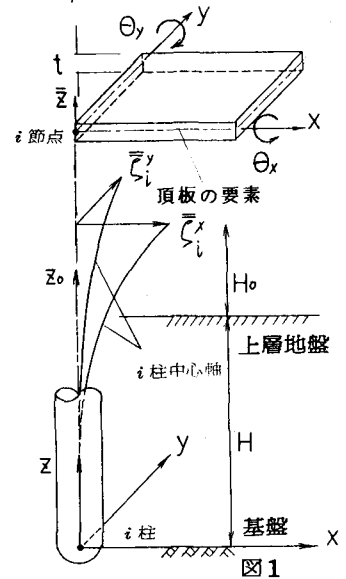


図1

本研究において、多柱基礎を構成する各柱に対応する頂板の点の回転角影響係数は、仮定(ii)~(iii)にしたがう平板曲げ理論の有限要素法により求めた。

次に、柱の変形を考えることにする。柱の変形を最も微分方程式は、式(2)(3)のように表される。ことに式(2)は、柱の曲げ剛性であり、 $P_i^x(z)$ は、前論⁽¹⁾において求めた柱に作用する各柱の曲げ変形に伴う土圧である。各柱の周辺地盤に生じる土力の相互作用は、この $P_i^x(z)$ で考慮されている。詳細は、参考文献(1)(2)に記述されている。

式(2)(3)の一般解は、それぞれ式(4)(5)のように表される。

ここで $\bar{A}_i^x, \bar{B}_i^x$ 等は、各柱の境界条件により定まる未定係数である。各未定係数を決定するには、まず初めに、頂板と柱

$$Q_i^x = -\frac{d}{dz_0} \left\{ \bar{C}_i^x(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \quad Q_i^y = \frac{d}{dz_0} \left\{ \bar{C}_i^y(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} M_i^x &= E_i I_i \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_i^x(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \\ M_i^y &= -E_i I_i \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_i^y(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \end{aligned} \right\} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dz_0} \left\{ \bar{C}_i^x(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} &= \sum_{j=1}^N \left\{ \theta_{ij}^{xx} E_j I_j \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_j^x(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} - \theta_{ij}^{xy} E_j I_j \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_j^y(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \right\} \\ \frac{d}{dz_0} \left\{ \bar{C}_i^y(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} &= \sum_{j=1}^N \left\{ -\theta_{ij}^{yx} E_j I_j \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_j^x(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} + \theta_{ij}^{yy} E_j I_j \frac{d^2}{dz_0^2} \left\{ \bar{C}_j^y(z_0) \right\} \Big|_{z_0=H_0} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

また、地表面 ($z=H, z_0=0$) において柱の変位は連続であるので、変位、回転角、曲げモーメント、せん断力は等しい。さらに、柱上端において、x 方向の変位は 1、y 方向の変位は 0 であり、式(8)で示されるように偏析と各柱の変位は連続である。これらの条件に加えて、前論⁽¹⁾において述べている柱と枕梁が一体となって変位するという条件が存在する。したがって、これから全ての条件式より、 $\bar{A}_i^x, \bar{A}_i^y, \theta_{ij}^{xx}$ 等の各柱に関する未知係数を決定できる。各柱に関する未知係数が求まれば、柱上端におけるせん断力 Q_i^x は、式(9)により求められることができる。また柱の境界条件が多柱基礎と構成する各々の柱の条件と等しい。単柱の上端におけるせん断力を Q_0^x とすると、偏析の変位を考慮した多柱基礎の群杭効果 E_N^x は、前論⁽¹⁾と同様に式(10)で表される。荷重分担率 η_i^x は、式(11)で表される。

$$Q_i^x = -\frac{6}{H^3} E_i I_i \bar{A}_i^x \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (9)$$

$$E_N^x = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i^x}{\sum_{i=1}^N Q_0^x} \quad (10)$$

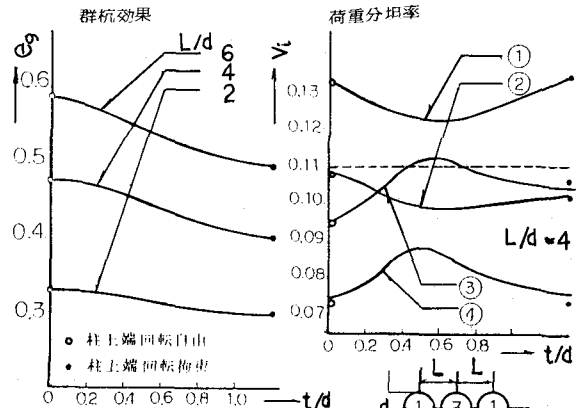
$$\eta_i^x = \frac{Q_i^x}{\sum_{j=1}^N Q_j^x} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

4. 数値計算結果および考察 本解析方法による偏析変位を考慮した群杭効果、荷重分担率の計算結果の一例を図2、図3に示す。数値計算に用いた無次元パラメータは、柱と地盤の相対的剛性の

比 $\alpha_0 (= \pi H \alpha_0^y / E I)$ コンクリート、地盤のせん断弾性係数である。柱中心間距離と柱径の比 L/d 、柱の地中部分の長さ H と柱径の比 H/d 、柱の空中部分の長さ L と柱径の比 L/d 、偏析の厚さ t と柱径の比 t/d 等である。

図2よりわかるように、群杭効果は、 t/d の増大に伴って偏析が柱に比べ剛性になってくるに伴い、柱の上端を回転拘束状態にした場合の値に近づき、 t/d の値が極小な場合は、柱の上端を回転自由状態にした場合の値に近づく。この変化は、 L/d の値が大きくなるほど顕著である。荷重分担率については、やはり群杭効果と同様、 t/d の変化に伴い、柱上端回転自由の値と柱上端回転拘束の値の間を因うるように変化する。荷重分担率について、前列の柱①②と、中列の柱③④では、曲線のカーブは全く反対で、①②柱では下に凸な曲線となり、③④柱では上に凸な曲線となる。

5. 参考文献 (1) 小坪・高西・島野・園田；「多柱基礎の偏析方向群杭効果と荷重分担率」土木学会論文報告集 No. 312, 1981. 3 (2) 小坪・高西；「偏析方向群杭効果の理論的考察」土木学会論文報告集 No. 241, 1975. 9



$H_0/d = 0$ E_p : 同様のヤング率
 $H/d = 25$ E_p : 柱のヤング率
 $\alpha_0 = 0.3 \times 10^{-3}$ $E_p/E_0 = 0.1$

図2

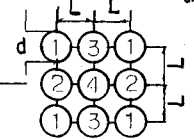


図3