

III-458 スラブと円筒で構成した基礎の載荷実験と解析(その2:一次元圧縮弾性解析)

熊谷組(元東京理科大学) 正会員 ○用松 利雄
 東京理科大学 正会員 桑野 二郎
 同上 学生会員 森本 明

1. はじめに

スラブと円筒で構成した基礎による支持機構の検討を行う上で、円筒間に拘束された土の取扱方が問題となり、かつ重要なこととなる。そこで本研究では円筒間の土を、基礎底部から受ける地盤反力と、土を拘束する円筒側面での周面摩擦力との相互作用により変形を生ずる、一次元圧縮弾性体としてモデル化する簡単な解析を行い、実験結果との比較を試みた。さらに、この解析手法を用いて土質定数や円筒間隔などが、この基礎の支持力に与える影響について検討を加えた。

2. 解析方法

図1及び図2に示すようなモデルに基づき、以下のようにして円筒間の圧縮量や基礎の沈下量を求める。ここで、図1は円筒間の土の幅をBとし、奥行き方向に一樣な断面を考えた2次元の解析である。また図2のような平面を考えた3次元の解析では、円筒間の土の面積をAとした。

基礎の支持力Pは、基礎外側の円筒1本に働く周面摩擦力T(2次元の解析ではcH、3次元ではcHLとなる)と、基礎底面支持力P₁及びP₂(P₁は円筒間で拘束を受けた土部分、P₂は円筒先端部分の地盤反力)の合計によって表される。円筒と土の周面摩擦力は沈下量に関係なく常に一定の値(ここでは粘着力cとする)とする。P₂については、基礎底面下の变形係数E₂、円筒径D、沈下量X、基礎幅R(図1、2参照)より(1)式のようにして求められる。基礎の沈下量Xから、円筒間の土の圧縮量Yを引いたものをQ点(図1)での沈下量X₁とするとP₁はP₂と同様に(2)式のように求められる。

$$P_2 = \alpha \cdot \frac{E_2}{R} \cdot X \quad \dots (1) \quad P_1 = \beta \cdot \frac{E_2}{R} \cdot X_1 \quad \dots (2)$$

ここでE₂/Rは基礎下端での地盤反力係数、α、βは解析モデルにより変わる係数(後で説明)。また圧縮量Yは、図1のように微小部分dx(xは円筒先端からの距離)を考えると、(3)式のようになりこれを圧縮された部分において積分するとYが得られる。(dYは微小部分の圧縮量)

$$\frac{E_1}{dx} \cdot dy \cdot \beta = (P_1 - f \cdot x) \quad \dots (3)$$

そしてYとX₁=X-Yと(2)式からYとX₁を消去してXとP₁の関係が求められ、基礎全体の荷重-沈下量の関係が求められることになる。ただし、円筒間の土を拘束する周面摩擦力fH(fは単位深さ当りの周面摩擦力)と円筒間の地盤反力P₁との間の大小関係によって条件は異なる。載荷初期段階、すなわちfH>P₁の場合は、fx=P₁となるxより下の部分だけでP₁と周面摩擦力がつりあい、xより上の円筒間の土は圧縮を受ず、(4)式の関係となる。また、載荷量が増加するにともない、圧縮を受ける領域が広がり、P₁=fHとなると基礎の沈下量Xと円筒間の土の沈下量X₁との関係が(4)式から(5)式へと変わることになる。ここでα、β、fは、2次元の

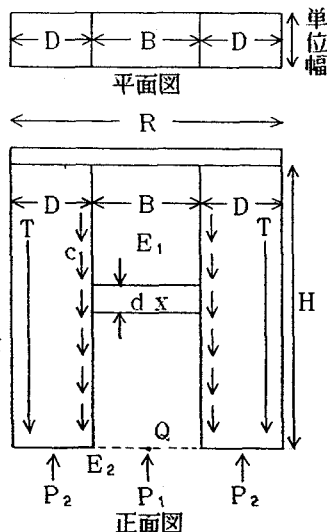
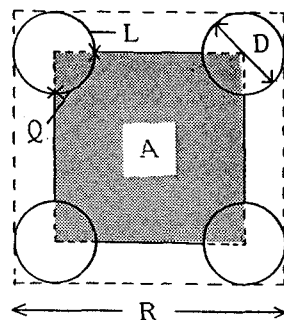


図1 2次元のモデル



L: 円筒外側周面摩擦
 Q: 円筒間の土を拘束する周面摩擦
 図2 3次元のモデル(平面図)

解析の場合 $\alpha = D$, $\beta = B$, $f = 2c$ となり、3次元的な解析の場合 $\alpha = (\pi D^2)/4$, $\beta = A$, $f = 4Q$ とする。

$$X_1 = \frac{-f \cdot E_1 \cdot R^2 + f \cdot E_1 \cdot R^2 \cdot \sqrt{1 + \frac{2E_2^2 \cdot \beta}{f \cdot E_1 \cdot R^2} \cdot X}}{E_2^2 \cdot \beta} \quad \dots (4)$$

$$X_1 = \frac{E_1 \cdot R}{(E_2 \cdot H + E_1 \cdot R)} \cdot \left(X + \frac{f \cdot H^2}{2E_1 \cdot \beta} \right) \quad \dots (5)$$

3. 解析結果及び考察

載荷実験の際に行われた平板載荷試験結果から、沈下量 0.25cm 時の地盤反力係数を求め、その結果より、円筒間の土の変形係数 E_1 と基礎底面下の土の変形係数 E_2 を推定するとそれぞれ $E_1 = 68 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_2 = 192 \text{ kgf/cm}^2$ となった。また載荷実験結果(その1)より、円筒間と土の周面摩擦力は 0.2 kgf/cm^2 となった。これらの値を用いてベタ基礎及び、スラブと円筒で構成した基礎の解析結果と実験結果を比較すると、図3のようになる。なお解析では、基礎外側の周面摩擦力は、沈下量に関係なく常に一定であると仮定しているため、図の点線のように沈下量 0cm のところにおいても支持力を発揮することになる。そこで、沈下量 1cm までは周面摩擦力は沈下量に比例して増加し、その後一定値をとることにした。図を見ると、沈下量 4cm 程度までは、ほぼ実験結果と一致している。また弾性解析であるため、沈下量の増加とともに支持力も単調に増加しているが、実際の地盤のように沈下量が大きくなるに従い変形係数は逆に小さくなるといったことを考慮すれば、荷重-沈下量曲線の傾向をさらに的確に表現できると思われる。

次に、図2で影を付けた部分において円筒間隔を載荷実験と同様の 80cm の他、60cm、100cm とした場合、それが沈下量 5cm 時の基礎底面支持力に与える影響を求めた結果を図4に示す。ここで図の縦軸の根入れ効果とは、同一基礎幅(R)を持つベタ基礎の支持力を 100% としたときのスラブと円筒で構成した基礎の支持力を百分率で示したものである。なおこの解析に用いた土質定数(c、E)を表1に示す。解析結果から、円筒間隔が小さくなるに従い根入れ効果が増加することがわかる。さらに変形係数及び周面摩擦力が共に2倍となったときは根入れ効果は変化せず、変形係数のみ2倍となったときは根入れ効果が小さくなることがわかった。これは円筒間の土を拘束する内側部の周面摩擦力cが根入れ効果に大きく影響を及ぼしたものと考えられる。また2次元的な解析では、3次元的な解析に比べ、スラブと円筒で構成した基礎の支持力を過大評価する傾向にあることがわかった。

なお本研究に当たっては、東京理科大学の福岡正巳教授、藤田圭一教授、今村芳徳講師にご指導いただきました。ここに感謝の意を表します。

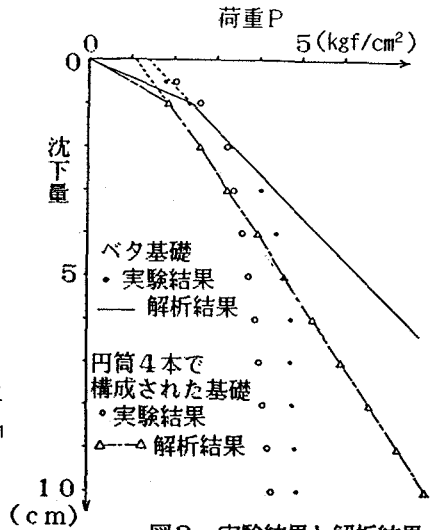


図3 実験結果と解析結果

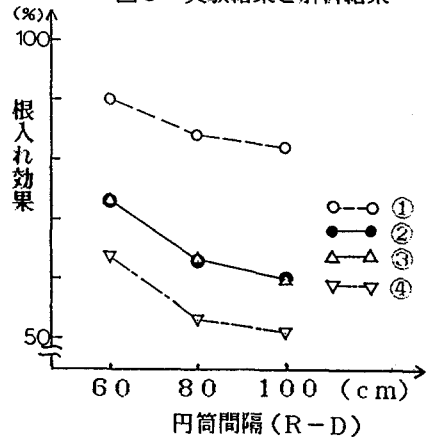


図4 円筒間隔と根入れ効果

表1 解析で用いた土質定数 (単位: kgf/cm²)

	E_1	E_2	c
①	10	10	0.11
②	10	10	0.11
③	23	23	0.25
④	23	23	0.11

①のみ2次元的な解析