

労働省産業安全研究所 正会員 ○奥村伸人
同 上 正会員 堀井宣幸

1. まえがき

本研究は、実験より得られた、関東ローム地盤の荷重-沈下特性を検討するために、有限要素法を用いた数値解析を行ったものである。

有限要素解析に必要な、関東ロームの変形・強度特性は、同題(1)で報告した実験によって得たものを用い、初期条件・境界条件は、実験に則したものを与えた。これは、実験と数値解析の両面から研究を進め、互いにその結果の妥当性を検討するためである。

2. 解析条件

解析は、定ひずみ要素を用いた軸対称有限要素法で行っており、地盤を等方等質と仮定している。非線形の弾塑性解析としては、荷重を幾つかのステップに分けて加えていき、段階的に、変位-荷重曲線を追跡していく、増分法を取り入れた。

沈下量の算出・破壊の判定には、今回の実験で求めた結果を用いた。それは、応力-ひずみ関係として

$$E_t = E_i \{1 - b (q - q_3)^2\},$$

$$E_i \approx 140, \quad b = 0.367 \sigma_3^{-0.298}$$

また、モールの破壊規準は

$$\tau = \sigma / (0.8796 + 0.5404 \sigma) + 0.2$$

静止土圧係数は $K = 0.667$ である。

実験では、載荷板に接触する地盤の変位は同一である。そのためプログラムでは節点に作用する外力を増減させ、載荷板に接触する節点の変位が、ほぼ等しく収束するまで、12回の増分ステップごとに反復計算を行なうことにした。このときの初期荷重には、放物線分布荷重を与えた。

要素分割は、図-1に示したものと、リング状載荷板にも対応できるように、さらに細かな分割のもの(図-2)2種類である。

3. 解析結果および考察

今回の実験では、ポアソン比を求められないので、載荷圧-沈下特性に及ぼすポアソン比の影響を見るため、 $\nu = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ の4つの値を仮定して解析を行なってみた。その結果を図-3に示す。これによると、いずれのポアソン

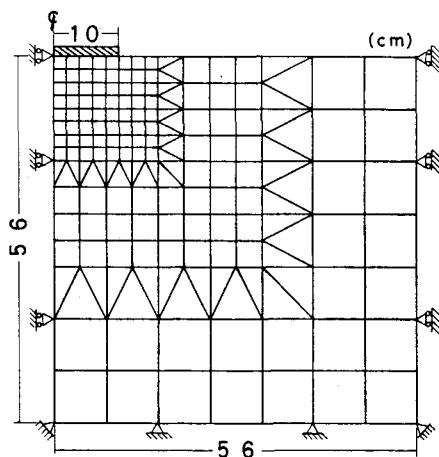


図-1 要素分割図

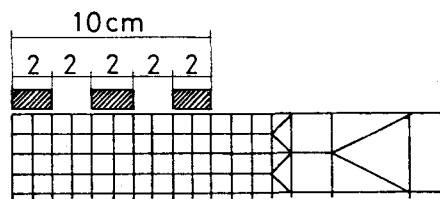


図-2 リング状載荷板

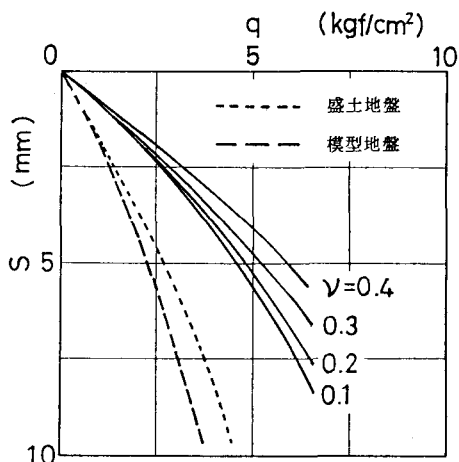


図-3 沈下曲線(ポアソン比での比較)

比でも、実験結果より、沈下量が少ない結果が得られたが、この理由の1つには、荷重の加わる節点は、半径方向に変位しないという境界条件を与えたことが考えられる。この拘束条件により、載荷板直下の地盤の剛性を過大に評価することになり、こうした結果が出たものと考えられる。

載荷圧の増加に伴う破壊域（塑性域）の発達挙動の1例を図-4に示す。これは、 $\nu=0.2$ 、粗い要素分割による解析結果である。まず載荷板の端部下に破壊が発生し、載荷圧の増加に伴い載荷中心軸に近づきながら、下部に広がっていくことわかる。この例では、載荷圧が、4.5kgf/cmに達すると、破壊域は載荷板中心下にまでおよび、そのときの沈下量は4.67mmであった。

地盤内鉛直応力分布の解析結果を図-5に示した。図中のaは載荷板中心軸からの半径方向の距離である。これによると、地盤の浅いところから深いところまで、Boussinesqの理論解にほぼ一致していることがわかった。また、実験結果との比較では、地盤の深い位置では実験結果にかなり一致しているが、浅い位置、とくに載荷板の端部では一致していない。また、この位置に顕著に見られる応力集中は、位置が深くなるにつれ見られなくなる。

図-6に円形載荷板とリング状載荷板の比較による、載荷圧-沈下曲線を示した。同一の載荷圧のもとではリング状載荷板のほうが、沈下量が小さい。また、載荷圧にかえて、載荷重について円形・リングの沈下量を比較すると、2つはほとんど同一の値になり、これは実験と同じ傾向を示している。

4. まとめ

載荷節点が半径方向に拘束される条件の下では、実験より沈下量を少なめに計算する。破壊は応力集中の見られる載荷板端部直下にまず表われ、しだいに載荷板中心軸に近づきながら、下部に広がっていく。有限要素解析の解はBoussinesqの理論解にほぼ一致する。同一の載荷圧のもとでは、リング状載荷板のほうが沈下量が小さい。

<参考文献> 1) Desai/Abel(1972); "マトリックス有限要素法"
 2) Koichi Akai and Hideo Otsuki(1974) "Model Studies on the stress distribution and the Bearing Capacity of soil Ground", JSCE, No. 223
 3) 鬼塚・林・吉武・大石(1979); 締め固めた土の圧縮及び強度異方性について, 土質学会論文報告集 Vol. 19, No. 3

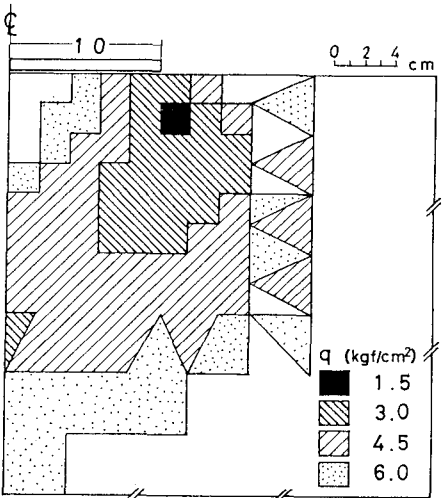


図-4 破壊域の発達挙動

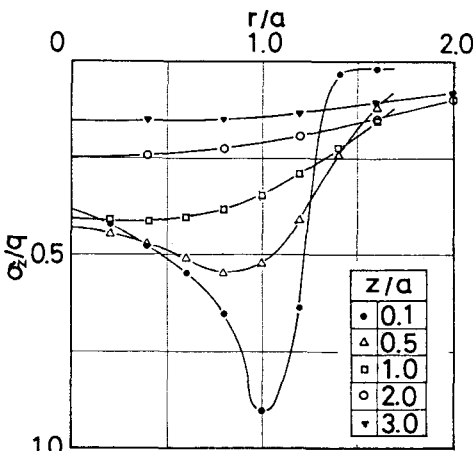


図-5 鉛直方向応力の分布($q=1.5$)

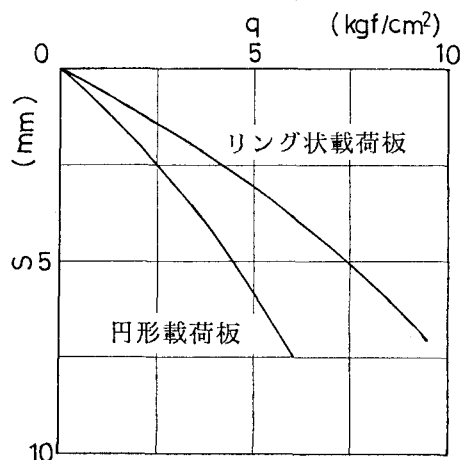


図-6 沈下曲線（載荷板形状での比較）