

III-393

砂地盤中球空洞近傍のひずみ測定

宇都宮大学 学生員 ○倉知 禎直
 宇都宮大学 正会員 横山 幸満
 広島大学 正会員 日下部 治

1. はじめに

筆者らが行ってきた砂中の空洞押し拡げ実験¹⁾を弾塑性体の理論解析値の比較を行う上での問題は、ひずみの評価が問題であった。そのためには精度の高いひずみ分布の測定が必要であることを痛感してきた。本研究は、X線を用いて砂地盤内の球空洞を押し拡げることによって空洞周辺のひずみ分布を明らかにすることを目的として行ったものである。

2. 実験概要

実験に使用した試料は稲城砂で物理的性質を表-1に示す。高さ50cm, 幅60cm, 厚さ30cmの加圧土層を用い、上載圧はサーチャージバッグを用いて地盤全体に載荷した。X線撮影をするため、土層の前にX線照射装置を配置し、安全のため装置全体を鉛製のX線遮蔽ボックス内に納めた(図-1)。X線撮影の条件は、管電圧(200kv, 5mA), 照射時間(15分), 照射距離(70cm), フィルム(FUJI X-RAY FILM), 現像時間(6分)としている。実験は形状比(短径:長径)1:1の球を使用し、上載圧を1.0, 2.0, 3.0kgf/cm²の3種類に変えて行った。実験方法は、水を注入したゴム球を砂地盤の底面から25cmの位置に設置し、模型地盤のは、ポアリング容器を用いて相対密度75%前後になるように落下高さを調節して作成した。X線撮影を行うために砂地盤内にターゲットとなる鉛玉(直径4mm)を空洞の周りに縦横1cm間隔で20層配置した。押し拡げ実験は増圧装置を使用して空洞内を加圧し、その時の押し拡げ圧と水の体積挿入量を測定した。また押し拡げ圧5.0kgf/cm²ごとにX線撮影を行い、ターゲットの移動を追跡した。このX線写真よりデジタイザーでターゲットの位置を読み取り、球空洞の押し拡げりによる地盤の変位を求めた。

表-1 試料の物理特性

比重 Gs	2.67
最大密度 γ_{max}	1.755 (gf/cm ³)
最小密度 γ_{min}	1.435 (gf/cm ³)

X線遮蔽ボックス

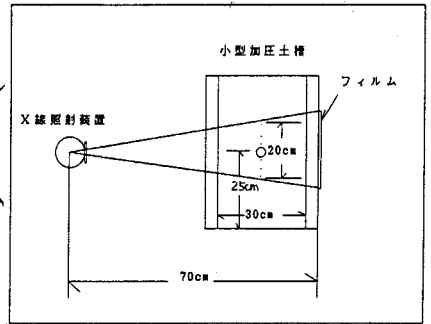


図-1 実験システム

3. 実験結果と考察

図-2は、押し拡げ圧pと水の体積挿入量Vとの関係であるが、上載圧が低いほど体積挿入量は多くなる。次に実験値から求めた極限押し拡げ圧と上載圧の関係を図-3に示した。実験値と山口²⁾, Vesic³⁾, Carter⁴⁾の理論式

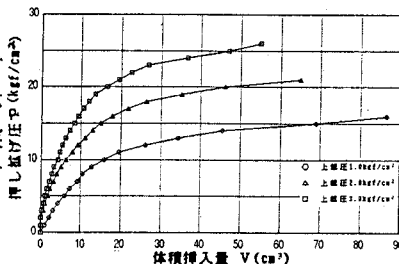


図-2. 押し拡げ圧p-体積挿入量Vの関係

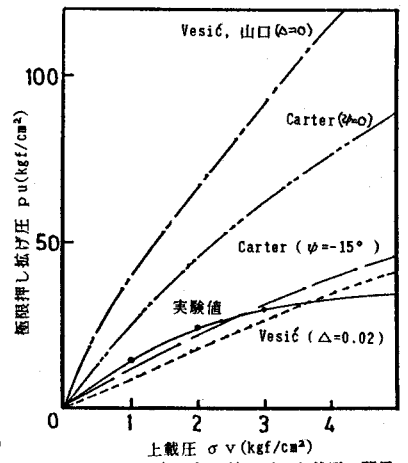


図-3 極限押し拡げ圧と上載圧の関係

$$\text{Vesic: } P_u = P_0 F_0, F_0 = \frac{3(1+\sin\phi) [Irr]^{4\sin\phi/3(1+\sin\phi)}}{3-\sin\phi}, Irr = \frac{Ir}{1+\Delta Ir}, Ir = \frac{E}{2P_0(1+\nu)\tan\phi}$$

($\phi = 40^\circ$, $\nu = 0.15$, $E = 1500 \text{ kgf/cm}^2$, $\Delta = \text{塑性域内の体積ひずみ}$)

$$\text{Carter: } \frac{2G}{P_0} = \frac{N-1}{N+2} \left[T \left(\frac{P_u}{P_0} \right)^T - Z \left(\frac{P_u}{P_0} \right) \right]$$

($\phi = 40^\circ$, $\nu = 0.15$, $E = 1500 \text{ kgf/cm}^2$, ダイレイタンスー角 ψ , $G = E/2(1+\nu)$)

の極限押し上げ圧を比較すると $\Delta = 0$, $\psi = 0$ と仮定した理論値は実験値の約2~3倍の値を示す $\Delta = 0.02$ でVesic、 $\psi = -15^\circ$ でCarterの理論値が実験値と等しくなる。図-4はデジタイザの読みから各ターゲット変位と球中心からターゲットまでの距離の関係を示したものである。最小自乗法により変位 u と中心間距離 r の回帰曲線を求めると

$$u \propto r^n \quad n = -1.891 \sim -1.556$$

のようになる。上式から体積ひずみ ϵ_v を計算した結果を図-5, 6に示す。球空洞周辺に大きく体積ひずみが生じていることがわかり理論値に代入した体積ひずみ0.02と空洞周辺での体積ひずみがほぼ同じ値を示している。これは上載圧が 1.0 kgf/cm^2 のときのひずみ分布であるが、他の上載圧でも同様なひずみ分布を示す。

4. まとめ

- ・ 空洞押し上げ実験から得られた極限押し上げ圧を、理論的に説明する体積ひずみと、X線撮影から実測された空洞周辺での体積ひずみとほぼ同じ値を示していることがわかった。また上載圧の違い($\sigma_v = 1 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$)によるひずみの値には差がないことがわかった。
- ・ 砂地盤内の球空洞の極限押し上げ圧、塑性域半径比を理論的に算定するには、土質諸係数の決定が大きな問題である。その中でも体積ひずみの決定が結果に敏感である。

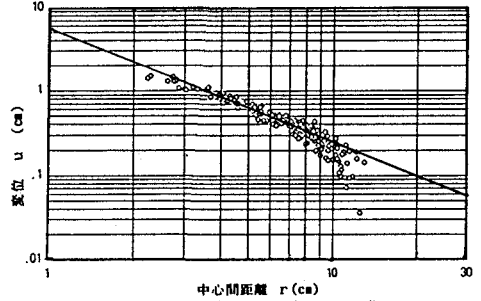


図-4 変位と中心間距離の関係

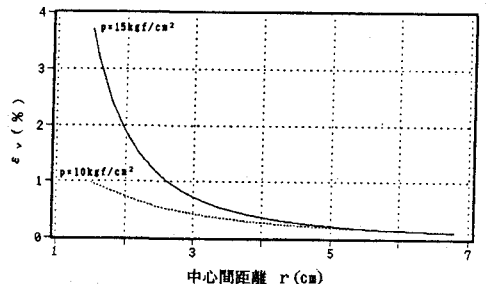


図-5 ϵ_v と中心間距離の関係(上載圧 1.0 kgf/cm^2)

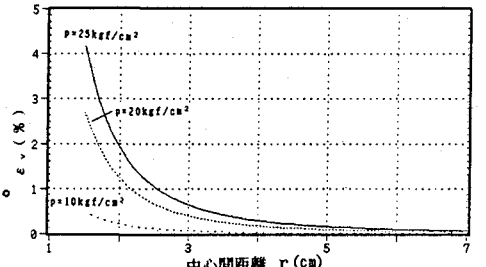


図-6 ϵ_v と中心間距離の関係(上載圧 3.0 kgf/cm^2)

【参考文献】

- 1) 堀越、網川、横山、日下部 : 砂地盤中の球空洞押し上げ実験, 第23回土質工学研究発表会, pp.1355-1358, 1988.
- 2) A.S.Vesic : Expansion of Cavities in Infinite Soil Mass, Proc. Vol.198, No. SM3, pp.265-290, 1972.
- 3) 山口 柏樹 : 無限土中における空洞押し上げの弾塑性解析と応用, 東工大, 土木工学科研究報告 No.15, 12月, pp.1-11, 1973.
- 4) J.P.Carter, J.R.Booker & S.K.Yeung : Cavity expansion in cohesive frictional soils, Geotechnique 36, No.3, pp.349-358, 1986.