

III-355

球空洞の押し抜け実験

栃木県土木部 ○上野 寿幸
宇都宮大学工学部 横山 幸清
" 日下部 治
宇都宮大学大学院 堀越 豊司

1. はじめに

杭の先端支持力を評価する方法の一つとして、Vesic(1972)や山口(1973)の、球空洞押し抜け理論がある。Prandtl系の支持力理論では先端支持力が深さに比例するが、実際には必ずしもこの仮定が成り立たないことが指摘されている。簡単なモデルによる模型実験を行って、このことを確かめた。

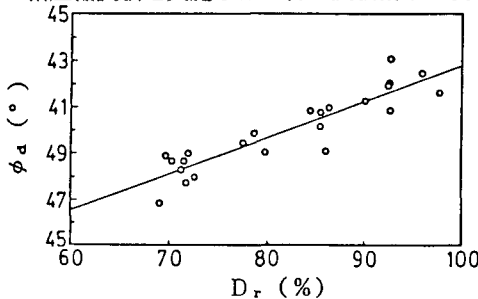
2. 実験

2.1 試料

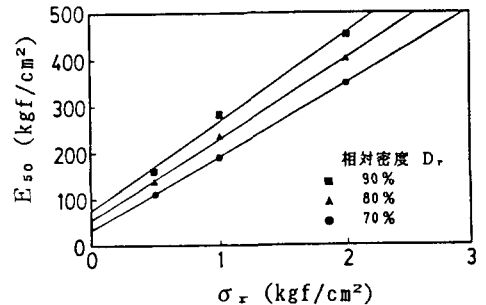
実験に用いた試料は、東京工業大学岸田英明研究室より入手した気乾燥状態の稲城砂で、理論値との検討を行うために一連の物理試験及び三軸圧縮試験を実施した。物理試験結果は表-1にまとめた通りであり、粒径過積曲線からは $D_{10}=0.14\text{mm}$ 、均等係数 $U_o=2.71$ が求められた。三軸圧縮試験供試体は突き固めにより D_r

表-1 砂の物理的性質

比 重	Gs	2.67
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.755 g/cm ³
最小乾燥密度	ρ_{dmin}	1.435 g/cm ³
含 水 比	ω	0.3%以下



(a) 相対密度 D_r と内部摩擦角 ϕ_d の関係



(b) 割線数 E_{so} と側圧 σ_r の関係

図-1

=68~98%の範囲に入よう調整し、側圧を0.5, 1.0, 2.0kgf/cm²の三種類について実施した。一点法により求めた内部摩擦角 ϕ_d と D_r 及び割線係数 E_{so} と側圧の関係を図-1に示す。

2.2 押し抜け実験装置及び手順

押し抜け実験は、円筒形の小型土槽(内径455mm, 高さ391mm)を用いて行った。モデル地盤は、空中落下法により作成したが、予め落下高さと相対密度との関係を求めておき、 $D_r=70\sim90\%$ の範囲となるようにした。押し抜ける空洞の模型としては、軟式のテニスボール(直径 $d=68\text{mm}$)を用い、この中に水を加圧しながら挿入し、挿入体積量(V)、押し抜け圧(P)及び加圧板変位(S)を測定した。実験装置の概要を図-2に示す。土槽中のモデル地盤には加圧板により0.1, 0.3, 0.5, 0.7kgf/cm²の上載圧荷重を加え多少とも地盤中の応力状態に近い状況をつくり出すようにした。

3. 実験結果と考察

図-3は上載圧 σ_v が0.1及び0.7kgf/cm²の場合の挿入体積量 V と押し抜け圧 P との関係であり、相対密度としては異なる三種類を選んで示した。図から明らかに D_r の大きいほうが極限抜け圧(P_u)が大きく、上載圧 σ_v が大きいほうが P_u が大きいことが知られるが、 P_u に至るまでの挿入体積量も σ_v が大

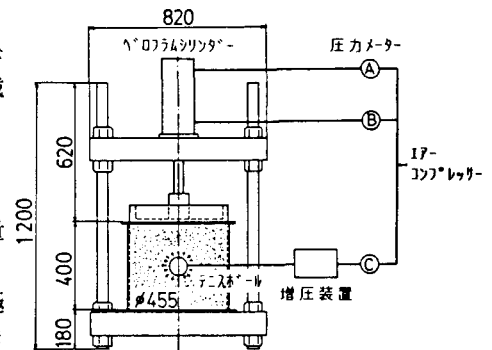


図-2 実験装置

きいほうが大きい。このことは空洞の押し拡げに従う地盤内の体積変化挙動と密接な関係があると思われる。

図-4は、挿入体積量と計測された加圧板での変位量Sから地盤全体の体積の実変化量を ΔV として求め、押し拡げ圧との関係を示したものである。

図によれば、地盤内の体積は上載圧の大きい場合極限押し拡げ圧に至るまで減少し、その減少傾向は相対密度が小さいほど著しい。一方、上載圧が小さい場合、体積はある押し拡げ圧まで減少するものの、極限押し拡げ圧に近づくにつれて、急激に膨張し、最終的には、実体積変化量 ΔV がプラス側に達している。このことが、図-3でみられた極限押し拡げ圧に至る体積変化量の一因であると思われる。

図-5に示すように極限押し拡げ圧と相対密度との関係は、ほぼ直線関係にあると認められるので、この最小二乗直線により、 $D_r=70, 80, 90$ についての P_u を決定して、上載圧 σ_v との関係を描いてみると図-6のようになる。 σ_v は根入れ深さに関係する量と考えられるので、図-6より、極限押し拡げ圧は必ずしも根入れ深さに直線的に増大はしないようで、特に D_r が小さい場合にその傾向が明かである。

押し込み杭の場合杭径の20倍ほどの根入れで支持力値の増大がみられなくなるが、今回の実験では $D_r=70\%$ 程度であると、 $\sigma_v=0.6\sim 0.8\text{kgf/cm}^2$ 程度で、支持力増加が鈍化し始めるようである。

今回実施した実験結果を用いて極限押し拡げ圧に関し、山口の提案式との比較を試みたのが図-7である。計算に用いた値は図-2にから得た。なお、ポアソン比 ν は0.15、 K_0 は $1-\sin\phi_d$ として求めた。これによると理論値は実験値の約2倍程度の値となり、今回のデータに限って言えば σ_v の小さい方の所での対応がよい。このことは σ_v の小さな場合、極限押し拡げ圧時の体積変化量がゼロ

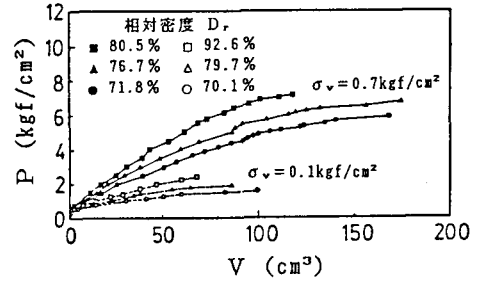


図-3 押し拡げ圧Pと体積挿入量Vの関係

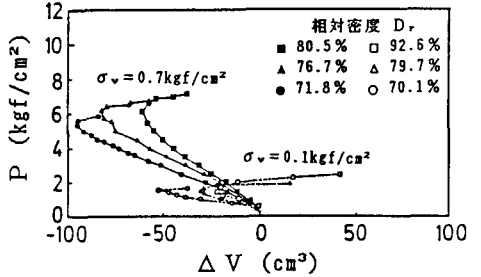


図-4 押し拡げ圧Pと体積変化 ΔV の関係

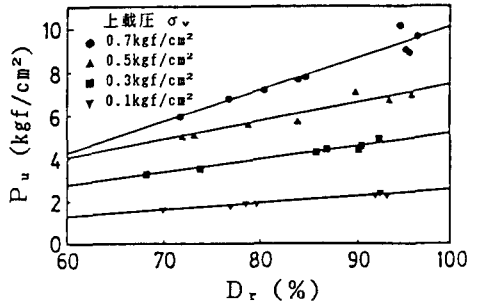


図-5 極限押し拡げ圧 P_u と相対密度 D_r の関係

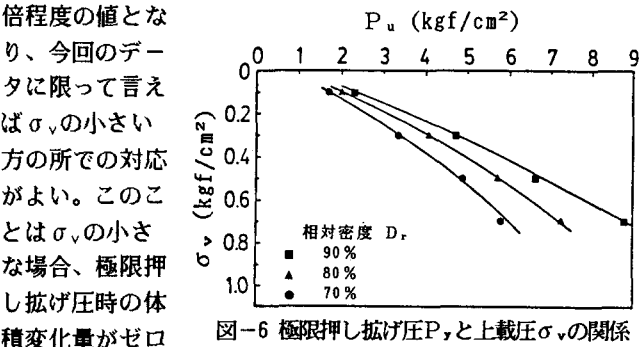


図-6 極限押し拡げ圧 P_u と上載圧 σ_v の関係

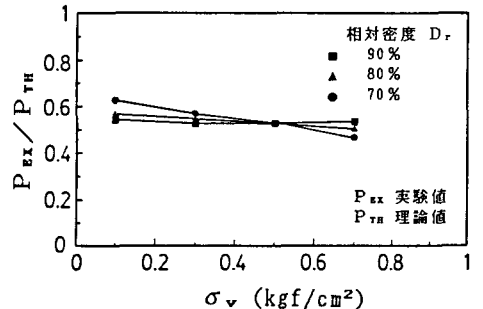


図-7 実験値と理論値の比と上載圧 σ_v の関係

に近く、山口の用いた非圧縮性条件をこの時点では満足していることによるのかも知れない。

参考文献

- 1) Vesić, A.S. (1972): Expansion of Cavities in Infinite Soil Mass, ASCE, Vol. 98 No. SM3, pp. 265-290
- 2) 山口 柏樹 (1973): 無限土中における空洞押し拡げの弾塑性解析と応用, 東工大土木工学科研究報告, No. 15, pp. 1-11