

I-462

液状化地盤の過剰間隙水圧消散時における排水量に関する簡易式の提案

大阪ガス 正員 西浦克敏
神戸大学工学部 正員 高田至郎

1 はじめに 液状化地盤の過剰間隙水圧消散過程において、地表面非排水条件のもとで地盤中に排水パイプを設置すれば、水は水圧の高い地盤中から水圧の低い排水パイプへと流れ込む。この時、排水パイプから排水される水量は地盤中に発生した過剰間隙水圧の大きさと関係があるはずであるから、逆に排水パイプからの排水量を知ることによって、地盤中の過剰間隙水圧発生量を知ることができる。これまでに、実験と解析によって排水量を求め、両者を比較し、解析方法の有効性を検証してきたが、本研究では解析で得られた結果より、実際の地盤の液状化時に排水される水量を求める簡易式を誘導する。

2 実験結果と解析結果の比較 上述したように、過剰間隙水圧消散時の排水量に関して実験と解析を行い比較した。実験は $1880 \times 450 \times 670$ (mm)の大きさの土槽を用い、砂地盤の液状化にボイリングを利用し、地盤中に設置した排水パイプからの排水量を測定するものである。解析はBiot理論を用いた2次元有限要素法解析であり、図1に示すような実験土槽を2次元にモデル化した地盤モデルを用いた。透水係数は 2.43×10^{-2} (cm/sec)である。また、実験・解析ともに表1に示す過剰間隙水圧比と上載圧をパラメータとする15ケースについて行った。また解析モデルの相対密度は、CASE1~CASE5は62%、CASE6~CASE15は71%に設定した。これは実験地盤作成時の相対密度である。図2~図4に実験および解析結果を示す。ただし実験結果は○点で、解析結果は●点でプロットした。なお解析結果の排水量は実験土槽と同じ奥行き45cmに換算したものである。

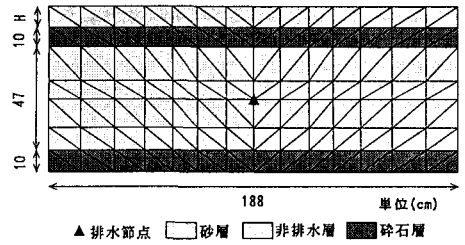


図1 解析モデル

表1 実験・解析ケース

ケース	過剰間隙水圧比	上載圧(gf/cm ²)
CASE1 ~CASE5	0.2~1.0	0
CASE6 ~CASE10	0.2~1.0	15
CASE11~CASE15	0.2~1.0	30

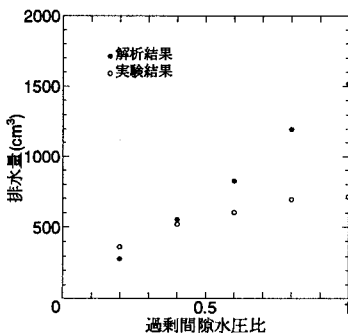


図2 過剰間隙水圧比と排水量 (CASE1~CASE5)

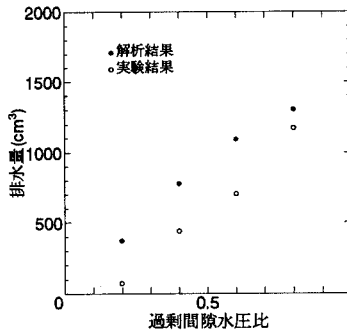


図3 過剰間隙水圧比と排水量 (CASE6~CASE10)

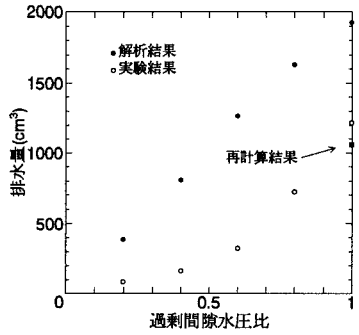


図4 過剰間隙水圧比と排水量 (CASE11~CASE15)

これらの関係を見ると過剰間隙水圧比の増加につれ、排水量も増加していることが分かる。実験結果のCASE6~CASE10のものとCASE11~CASE15のものを比較すると、上載圧の大きいCASE11~CASE15の方が排水量が少ないが、これは地盤の密度の影響であると思われる。解析結果と、実験結果を比べるとCASE6~CASE10に関しては、比較的一致している。CASE1~CASE5では、過剰間隙水圧比が小さいレベルでは一致しているが、過剰間隙水圧比の増加にともなって差が大きくなっている。これは実験において上載圧のないケースでは地表面

の沈下とともに水位が低下し排水量が少なくなったためであると思われる。CASE11～CASE15で解析結果が大きくなったのは実験地盤が地盤作成時よりも密であったためと考え、CASE15を相対密度90%で計算すると図6中の■点のように、実験結果に近い値になった。以上より、地盤モデルに精度のよいものを用いれば、ほぼ妥当な解析結果が得られると思われる。

3 排水量に関する簡易式の誘導 まず、解析より得られた排水量を地盤モデルの面積で割ることによって沈下量を計算し、さらに沈下量の液状化層厚（解析では47cm）に対する比を求めた。この沈下率と過剰間隙水圧比の関係を図5に示す。これらを直線で回帰すると、 $y=0.056x$, $y=0.062x$, $y=0.075x$ の3つの直線が得られた。さらに、これらの直線の傾きを上載厚 σ_v 、相対密度 D_r で表し、以下に示すような沈下率に関する簡易式を誘導した。

$$S = \left\{ (0.0615\sigma_v + 3.476) \frac{1}{D_r} \right\} r \quad (1)$$

S ; 沈下量の液状化層厚に対する比(%)

σ_v ; 上載厚(gf/cm²) D_r ; 相対密度(%)

r ; 過剰間隙水圧比 (重相関係数0.99)

つぎに沈下の影響範囲について考える。解析より、全ケースに関して図6に示すような沈下分布が求められているが、沈下した体積（すなわち排水量）を図7のように体積が同じ三角形で表すと、排水量と中央の沈下量 δ より、影響半径 R が求まる。全ケースの影響範囲 R をまとめると、図8のように上載圧に関係のあることが分かった。ここで影響範囲は以下の式で表される。

$$R = 1.15\sigma_v + 65 \quad (2)$$

R ; 影響範囲(cm) σ_v ; 上載厚(gf/cm²)

式(1)より、沈下量 δ が求められれば、排水量は半径 R 高さ δ の円錐の体積に等しいから、以下の式によって求められる。

$$Q = \frac{\pi R^2 \delta}{3} \quad (3)$$

Q ; 排水量(cm³) δ ; 沈下量(cm)

図9には相対密度を50%とし、液状化層厚が3, 5, 7mの地盤が任意の上載圧に対して、完全液状化時に排水される流量を式(1)～(3)より求めたものを示す。

4 まとめ 実験と解析より、消散時に排水される排水量は過剰間隙水圧比と関係があることが分かった。また、実験結果と解析結果の比較においては、モデル化の際の境界の影響があるが、それを考慮し、かつ精度の高い地盤モデルを用いれば、ほぼ妥当な解析結果が得られると思われる。また、解析で得られた排水量を沈下量に換算し、さらに沈下の影響範囲を定義することによって、液状化発生による過剰間隙水圧消散時の排水量を求める簡易式を提案した。ただし今後より一般的に拡張していくためには、透水係数などの影響についても考えていく必要があると思われる。

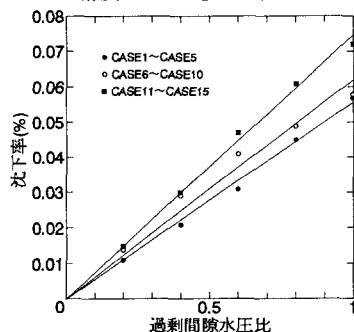


図5 過剰間隙水圧比と沈下率の関係

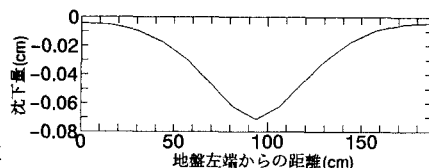


図6 沈下分布(CASE5)

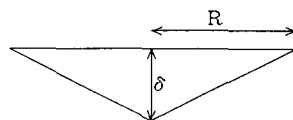


図7 沈下の三角形近似

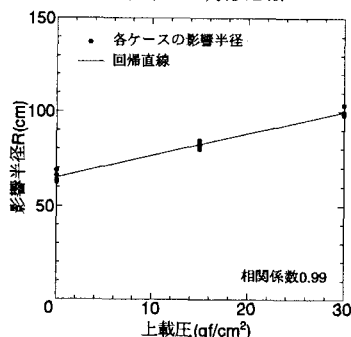


図8 影響範囲と上載圧の関係

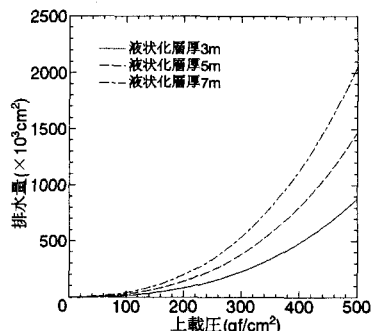


図9 排水量推定結果