

III-121 中空管の水位上昇量に基づく過剰間隙水圧の推定

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 森本 巖
九州工業大学工学部 正会員 安田 進
東京ガス(株) 正会員 塚本 克良
基礎地盤コンサルタンツ(株) 宮崎 剛

1. はじめに

地盤の液状化を迅速に検知することは、地震防災上重要な課題である。液状化の発生は地盤中の間隙水圧上昇量を測定することによって検知できるが、埋設された間隙水圧計の耐用期間が短いため、大地震の際の液状化検知を目的とした場合、間隙水圧計に代わる新しい水圧検知装置が必要となる。筆者らは水圧計に代わって原理が簡単で耐久性に優れたものとして、地中に埋設された中空管の水位上昇量を測定することによって液状化の発生と程度を検知する方法を模型実験¹⁾や現場実験²⁾を通して検討してきた。本報告は、このうち過剰間隙水圧による中空管の水位上昇実験結果を用いて、地盤中の間隙水圧を推定する方法について検討を行った結果をまとめたものである。

2. 水位上昇実験

水位上昇実験は、図-1に示すような土槽に作られたゆるい砂地盤中に先端部に小さな孔を有する中空管を設置し、この模型地盤に土槽下部より水を供給し、地盤中に任意の水圧を発生させることによって生じる中空管の水位上昇量を測定した。地盤材料は珪砂(平均粒径0.30mm, 均等係数2.38, 細粒分含有率3%)である。

この実験は地盤の相対密度, 砂層厚, 管径などを変え、それによる地盤の過剰間隙水圧と水位上昇量の関係への影響を調べた。また水圧の大きさと継続時間の影響を調べるため、図-2のような水圧パターンを作用させて実験を実施した。

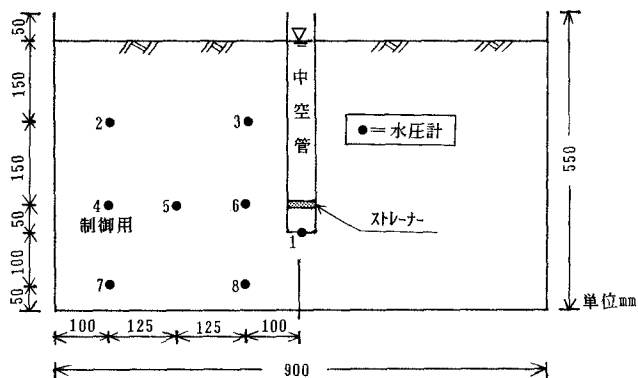


図-1 水位上昇実験の模型地盤及び計測器の配置

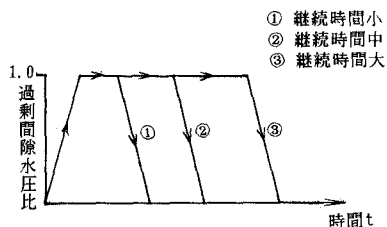


図-2 水圧上昇パターン

3. 過剰間隙水圧の推定方法

地盤から中空管に流入する水の速度はストレーナー部における深度の水平方向の動水勾配に比例する(ダルシーの法則)とすると、中空管に流入する単位時間当たりの水量 q は次のようになる。

$$q = k \cdot i \cdot A \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 k : 透水係数(地盤だけでなく、管への流入抵抗などを含んだもの)、 A : ストレーナーの有孔総面積、 i : 動水勾配、である。中空管に流入した水は管内の水位を上昇させる。単位時間当たり上昇量(上昇速度) V は次式で表せる。

$$V = q / S \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに S は中空管の断面積である。一方、動水勾配 i は地盤の過剰間隙水圧 u と管内水位上昇量に相当する

水圧 $u_p (= \gamma_w \cdot H)$ (γ_w は水の単位体積重量) の差をその距離 L で除したものである。

$$i = \frac{u_s - u_p}{L} = \frac{u_s - \gamma_w \cdot H}{L} \dots\dots\dots (3)$$

$\alpha = k \cdot A / S \cdot L$ とおき、(1)式に(2)、(3)式を代入すると、地盤の過剰間隙水圧 u_s は次式のようにになる。

$$u_s = V / \alpha + \gamma_w \cdot H \dots\dots\dots (4)$$

α は水位上昇実験の前に中空管の上端から水を注入し、管内水位 H と水位変化速度 V 及び地盤の間隙水圧増分 u_s を測定し、これを(4)式に代入することにより求めることができる。

4. 過剰間隙水圧推定結果

(4)式を用いて水位上昇実験における地盤の過剰間隙水圧 u_s を推定した。図-3は注水実験より求められる係数 α の時間変化である。 α の変化が激しいのは(4)式の水位変化速度 V の変動が大きいためである。図-4～図-6は異なった水圧継続パターンでの過剰間隙水圧の推定値と実験値の比較結果であるが、実験条件はそれぞれ異なる。何れの場合も実験値と推定値はよく一致しており、予測方法の妥当性が検証できた。従って事前に中空管の設置地盤において注水試験によって係数 α を求めておけば、地震時の水位上昇量と上昇速度を測定することによって地盤中の過剰間隙水圧を精度良く推定でき、液状化の発生や程度の検知が可能であることがわかった。今後、土質や管径が異なる場合にもこの方法が適用できるのかどうかを模型実験や、すでに実地盤に設置されている水位計による地震観測データを基に検討を進めていきたい。

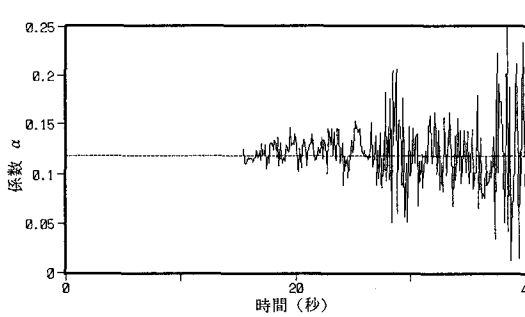


図-3 係数 α の時間変化

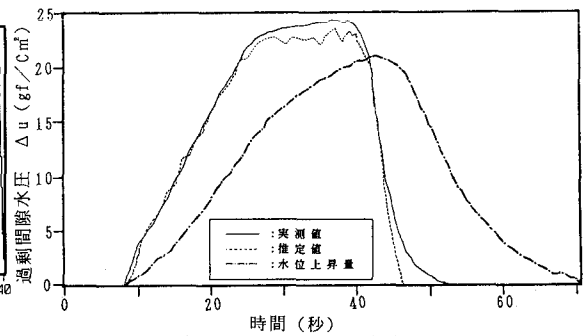


図-4 過剰間隙水圧の推定値と実験値の比較(1)

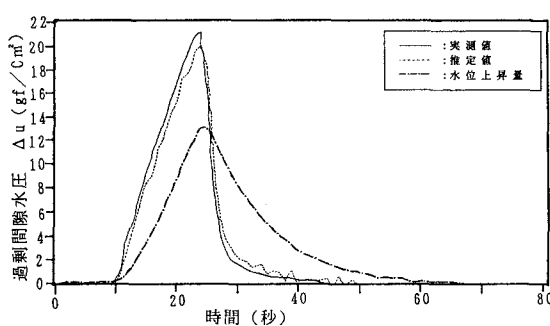


図-5 過剰間隙水圧の推定値と実験値の比較(2)

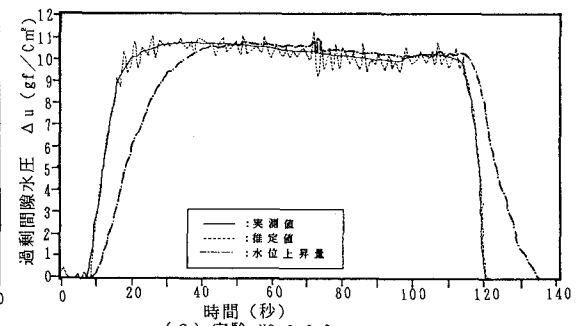


図-6 過剰間隙水圧の推定値と実験値の比較(3)

参考文献 1) 吉原康伸・安田進・清水善久・宮崎剛：水位上昇による過剰間隙水圧推定に関する模型実験，第27回土質工学研究発表会，1992， 2) 清水善久・安田進・森本義・吉原康伸：液状化センサーの液状化検知に関する実規模振動実験，第27回土質工学研究発表会，1992