

1. はじめに

筆者らは間隙率と比抵抗との密接な関係を使用して、飽和砂試料の間隙率計測について検討を行い、静的な状態および加振による液状化に至る過程での間隙率の変化挙動を計測する装置およびシステムを開発し、本方法の有効性を室内実験において示した^{1)~3)}。砂の間隙比によって定義される相対密度は室内液状化試験において、液状化挙動を整理する重要なパラメータとして使用されている。一方で、原位置砂地盤において、定義に従って相対密度を求めることが困難なため、標準貫入試験から得られたN値を用いて、MeyerhofによるN値と相対密度との関係から原位置での相対密度を推定する手法が一般的に使用されている。

本報告では、原位置で測定された比抵抗の測定値から飽和砂地盤の相対密度を求める方法について、その考え方を述べる。

2. 間隙率と比抵抗との関係

岩石や土が水で飽和している場合、次のような Archie の法則が成立することが知られている⁴⁾。

$$F = j_t / j_w = a n^{-m}$$

ここに、 j_t は岩石や土の比抵抗、 j_w は間隙水の比抵抗、 n は間隙率であり、 a や m は実験で定められる定数である。 F はフォーメーションファクタと呼ばれ、間隙率の変化に応じて、岩石や土の比抵抗が変化することが分かる。図1は茂木ら⁴⁾により、豊浦砂を含むクリンサンドに対して室内実験で求められた関係である。このような関係を使用して、筆者らは飽和砂試料の間隙率、液状化実験において飽和砂試料が液状化に至る過程での間隙率の変化および液状化状態が終了して飽和砂試料の剛性が回復するまでの一連の液状化過程での間隙率変化を図2のような装置を用いて計測した⁵⁾。

比抵抗値から間隙率が求められれば、間隙比が算出でき、その砂の最大間隙比及び最小間隙比を用いて、相対密度へ変換することが可能である。

図3、図4はそのような手順で得られた、600gal, 5Hz, 4s で加振された飽和砂試料の加振中と加振後の比抵抗変化と相対密度変化を示したものである。横軸は時間(s)、縦軸はアクリル円筒容器上面からの深度(cm)である。この結果についての考察は参考文献5)を参照されたい。

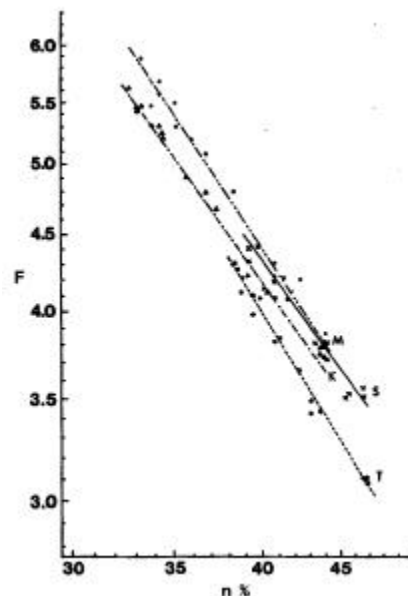


図1 フォーメーションファクタと間隙率との関係

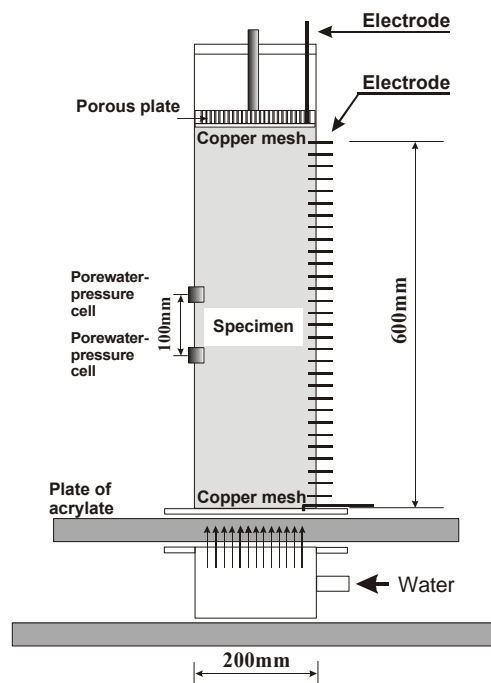


図2 飽和砂試料の比抵抗計測用実験装置

Key words: 液状化、比抵抗、相対密度、原位置

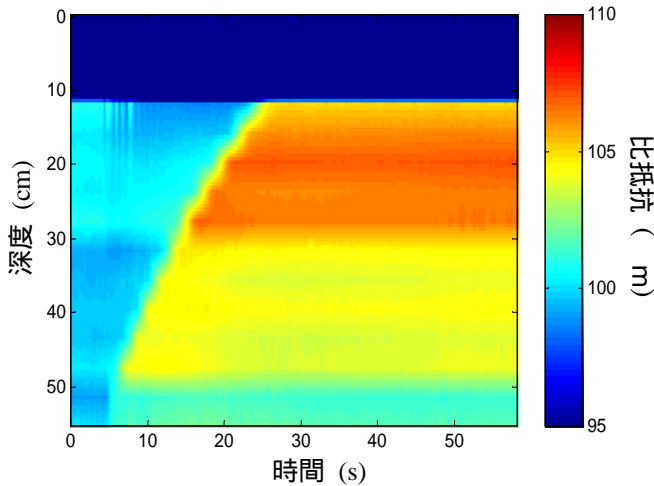


図3 比抵抗変化
(600gal,5Hz,4s)

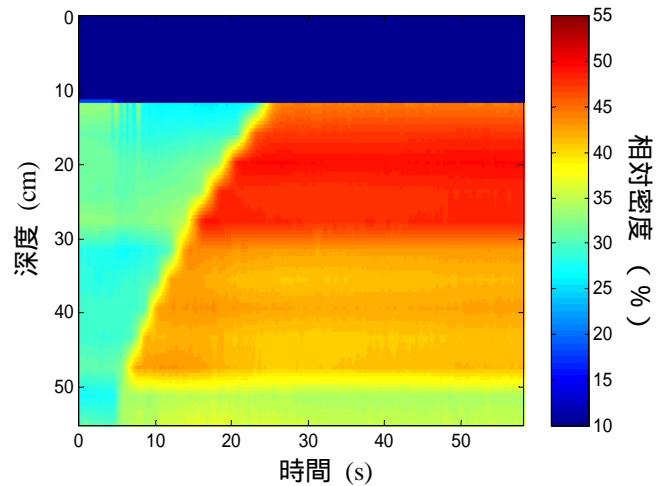


図4 相対密度変化
(600gal,5Hz,4s)

3. 原位置飽和砂地盤の相対密度計測方法

比抵抗値から間隙率を求め、間隙比へ換算し、相対密度を求める上記の手順を原位置飽和砂地盤へ適用することを考える。本方法を適用するに当たって、以下のことを行う必要がある。

(1)原位置での砂飽和地盤の比抵抗値の測定

原位置での比抵抗を測定する方法として、比抵抗探査、比抵抗トモグラフィ、比抵抗検層、貫入試験などが挙げられる^{6),7)}。は地表面に電極を多点配置し、広範囲に地下の比抵抗断面を得ることが可能である。は地表面とボ-リング孔を利用し、電極で囲まれた領域の比抵抗断面をインバ-ジョンにより求める方法である。はボ-リング孔を利用する方法であり、電極配置により、ノルマル法やラテラル法がある。ノルマル法において電極間隔を平均的な地層厚より短くとることにより、地層内の比抵抗値を計測することができる。はロッドを静的または動的に砂地盤に貫入させることにより、種々の物理量(間隙水圧など)を測定する方法が開発されているが、その中で比抵抗を測定する方法も開発されている⁷⁾。

(2)原位置での地下水の比抵抗値の測定

孔井内でサンプリングされた地下水を、市販の導電率計を使用することによって容易に測定可能である。

(3)フォ-メ-ションファクタと間隙率との関係の測定

原位置砂地盤の砂をサンプリングする。原位置の地下水を使用して飽和砂試料を作製し、間隙率を変化させて、砂試料の比抵抗を計測することによってフォ-メ-ションファクタと間隙率との関係を得る。

(4)砂の最大間隙比と最小間隙比の測定

以上の結果をもとに、原位置での砂飽和地盤の比抵抗値を相対密度に変換することが可能となる。

原位置での砂飽和地盤の比抵抗値の測定方法には上記のように種々の方法が考えられるが、それぞれ得られる比抵抗値の平均的な空間距離や測定方法に起因する感度などに十分注意して使い分ける必要がある。

また、室内における液状化強度試験の場合にも、原位置で測定された比抵抗値に試料の比抵抗値を合わせるように調整することによって、原位置での砂地盤の間隙率に合わせてた試験が可能となり、不攪乱試料を用いる必要がなくなることから、安価な試験が実施できると考えられる。

本方法の有効性の確認の確認のためには、今後不攪乱試料を用いた室内試験やN値との整合性などについて検討が必要である。

参考文献：

- 1)茂木 透・佐々宏一:砂のセン断特性及び透水性と比抵抗,水曜会誌,Vol.20,No.1,pp.439-445,1983.
- 2)国松 直・神宮司元治:液状化過程における比抵抗変化挙動,土木学会第53回年次学術講演会講演概要集,第3部(A),pp.146-147,1998.
- 3)神宮司元治・国松 直・泉 博允・望月智也:均一土槽実験試料の作製方法及び比抵抗を用いたその評価方法,第1回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム,pp.71-74,2000.
- 4)神宮司元治・国松 直:比抵抗による液状化現象の計測とその評価,物理探査,第52巻,第5号,pp.439-445,1999.
- 5)神宮司元治・国松 直:比抵抗を用いた液状化現象の可視化,平成12年度土木学会年講,2000.
- 6)例えば,物理探査ハンドブック,第5,13,15章,物理探査学会,1998.
- 7)Alulmoli,K.,Arulanandan,K. and Seed,H.B. :New Method for Evaluating Liquefaction Potential, Journal Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.111, No.1, pp.95-114, 1985.