

京都大学大学院 工学研究科 学生会員 ○宇野匡範, 正会員 三村 衛, 矢野 隆夫  
 ソイルアンドロックエンジニアリング 技術本部 正会員 吉村 貢

1. はじめに

盛土や堤防といった線状構造物の調査に際し、貫入試験のようなサウンディング系の調査とともに物理探査が幅広く用いられる。サウンディングは深さ方向に詳細な地盤情報が得られるものの、平面的には点情報であるという短所を有している。これに対して物理探査は非破壊で地表面からのアプローチが可能であり、広域の情報を得ることが可能であり、線状構造物の調査に適した調査法といえる。本研究では、物理探査手法の一つで堤防の調査によく用いられる電気探査を念頭に置き、含水比や密度など土の基本的な物性が電気比抵抗にどのような影響を及ぼすかについて解明するため、室内電気比抵抗測定試験装置を開発する。また、この試験装置が土試料の電気比抵抗値を精度良く測定することができ、土質特性と電気比抵抗値の関係を妥当に評価しうるかどうかについて検討する。



写真1 実験装置

2. 試験装置と測定原理

新たに開発した試験装置は、写真1、図1に示すように、内壁に腐食に強いステンレス製の帯状電極を4つ埋め込んである。この試験装置はJIS A1210に規定されている高さ12.7mm、直径100mmの締固め試験用モールドリと同スペックであるため、締固めた試料の電気比抵抗値を直ちに測定することができるというメリットを備えている。底板表面、内壁は絶縁体で構成されており、試料は電極にのみ電氣的に接続するようにしてある。絶縁体には硬質塩化ビニル管(VP100)を用いた。また電極と絶縁体の隙間には脱酸素硬化系のシール材を充填し、隙間ができないように配慮した。4つの電極から出た導線は1つに束ねられモールド上端の隙間から出されている。この4つの電極のうち最上部、最下部の2極は電流を入力するために用い、内側2極は電位差測定を行うために用いた。

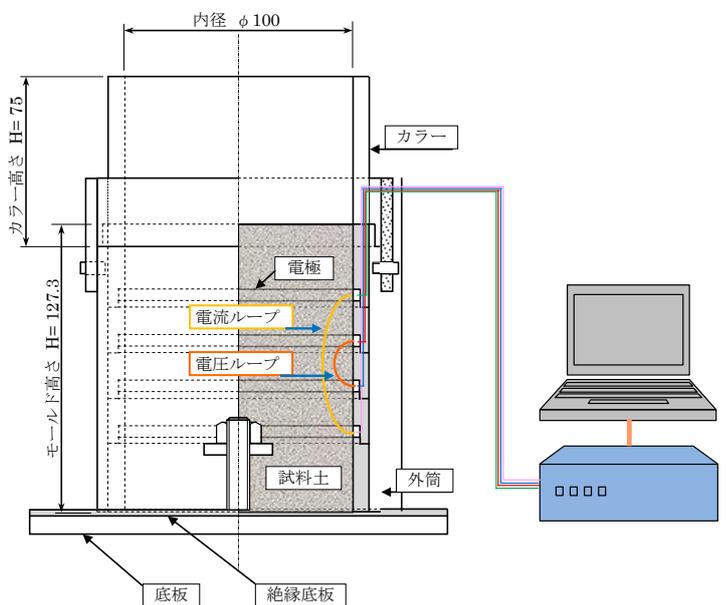


図1 実験装置の概念

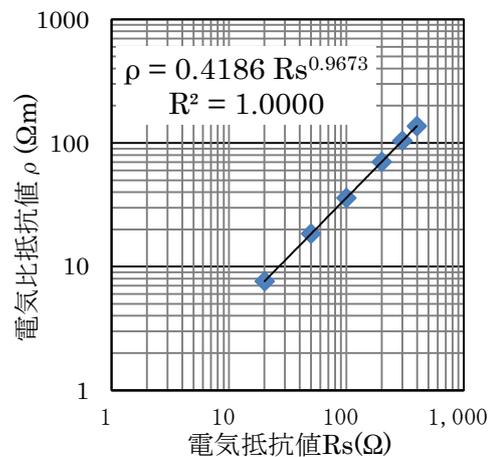


図2 塩化カリウム水溶液による較正試験

測定原理はウェンナー法<sup>2)</sup>に基づいている。ウェンナー法では外側2つは電流入力用、内側2つは電位差計測用として地盤上に等間隔かつ直線状に4つの点電極を配備することにより、均質等方かつ半無限地盤の電気比抵抗値を求めることができる。しかし本装置は、電極が円周配置であり内部の電場構造が複雑であるため、計測される電気比抵抗特性を較正試験に基づいて求めた。電気比抵抗値が既知である塩化カリウム水溶液を用いて行った較正試験結果を図2に示す。実際の試験では、同図に示す較正係数によって土の電気比抵抗を求めた。また、今回電極に点電極ではなく帯電極を用いたのは点電極の時に想定される土粒子と電極の接触のばらつきを軽減するためである。なお、電極の腐食を防ぐため、印加電流には1000Hzの矩形波状の交流を採用した。また、電流の印加、測定はLCRメータにより行い、記録はノートパソコンに行う。

### 3. 試験に用いた試料

土試料は木曽川、紀ノ川、木津川、由良川の河川堤防付近で採取し、9.5mmふるいでふるい、曝気乾燥を行った後、数種類の含水比で調整し、試験試料とした。なお、各試料を粒径区分ごとの質量比に基づいて分類すると木曽川試料は細粒分質砂(SF)、紀ノ川試料は礫まじり細粒分質砂(SF-G)、木津川試料は礫質砂(SG)、由良川試料は細粒分質砂質礫(GFS)である。

### 4. 試験方法

3.で作製した試験試料をJIS A1210のA-c法に従って締固め、電気抵抗値を計測し、図2に示す較正係数に基づいて各試料の電気比抵抗値を求めた。

### 5. 試験結果および考察

図3は1秒間隔で30回測定した時の電気抵抗値を表している。この図は含水比11.43%の木曽川締固め試料に対して求められたものである。平均値は $\mu = 2350.43$ 、標準偏差は $\sigma = 2.30$ であり、ばらつきは十分に小さい。よって今回開発した試験装置は対象の試料に対して一意的に電気比抵抗値を定めることができることがわかる。なお、試料の電気比抵抗値は上記の30回測定の平均値とした。

図4は各試験で得られる土質特性と電気比抵抗値から飽和度と電気比抵抗の関係抽出し横軸に飽和度、縦軸に電気比抵抗値をとり図化したもので

ある。同図から締固めエネルギーが一定のもとでは、飽和度が低いと高比抵抗値を示し、高くなるに従って低下し、100%近くになるとほぼ一定値になることが確認される。しかし、土質特性の違いにより異なった曲線を描いており、土質特性が電気比抵抗値に及ぼす影響について今後検討する必要がある。

## 6. まとめ

電気比抵抗を測定するために新たに開発した試験装置は、土試料に対して確かに一意的に電気比抵抗値を与えることができるということが確認された。また、土質特性は電気比抵抗値に影響を及ぼすことも確認された。本研究は国土交通省河川砂防技術開発公募研究費を用いて実施したものである。記して謝意を表す。

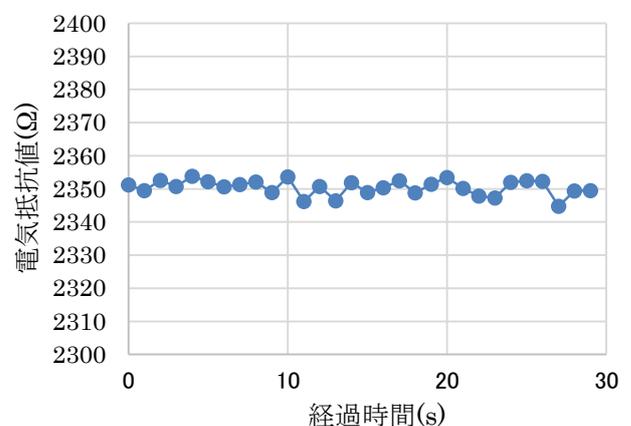


図3 時間経過と電気抵抗値の関係

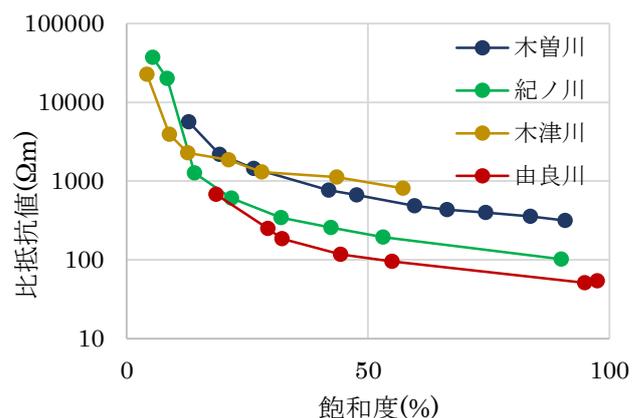


図4 飽和度と比抵抗の関係

## 参考文献

- 1) 社団法人 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 - 二分冊の1, p374.
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 第3編 物理探査・検層 第5章 電気探査, 地盤工学会, pp. 101-102, 2013.