

## 電気比抵抗と混合度合いの関係に関する研究

電気比抵抗 流動化処理 抵抗値 変動係数 改良地盤強度

清水建設(株) 正会員○持田泰秀  
アリス協会 正会員 酒井幸雄  
アリス協会 正会員 前田典彦  
ELF(株) 非会員 岡田元宏

## 1. 概要

浅い地盤改良の流動化処理工法<sup>1)</sup>の中の一つに、エルマッド工法が上げられる。エルマッド工法の特徴は、原地盤を地盤改良土に置換するにあたり、前掘削による原位置の発生土の70%程度を有効利用しながら、セメント系固化材と機械式攪拌によって地盤改良体を形成させるリユース工法である。

この工法の品質管理において、未固化段階における改良体の攪拌混合度の把握に電気比抵抗試験<sup>2,3)</sup>を用いることで、地盤改良中のダマや未改良の程度を電気比抵抗値の改良深さでの変化を把握するなどして、固化する前の迅速な品質管理を行うと共に、電気比抵抗値や変動係数から混合度合いを詳細管理し強度の確保された地盤改良体の形成が可能なことを示す。本論では、実際の電気比抵抗試験結果において、土質の種類と電気比抵抗値及び変動係数の関係、セメント添加量と電気比抵抗の関係、全長コアでの改良体強度の変動係数と電気比抵抗値の変動係数の関係及び管理値との関係について考察を行い、電気比抵抗試験が改良体強度等の管理や評価を行なう一つの方法として有効であることを述べる。

## 2. 土質の種類と電気比抵抗値の関係

今回の適用した事例を表-1に示す。図-2の土質の種類と電気比抵抗値の関係及び図-3の電気比抵抗値とその変動係数の関係の試験箇所は計7箇所、代表土質は関東ローム2箇所、細砂1箇所、砂質シルト2箇所、シルト2箇所を採用した。図-4のセメント添加量と電気比抵抗の関係については、前述の試験箇所の7箇所に、関東ローム1箇所、粘性土4箇所、シルト2箇所を加えた計14箇所を採用した。

図-5の全長コアでの改良体強度と電気比抵抗値の関係では、関東ローム4箇所、砂質シルト3箇所の7箇所を採用した。全試験箇所での地盤改良添加材はセメント系固化材を用い、添加量は190~300(kg/m<sup>3</sup>)の範囲である。

各試験箇所の平均電気比抵抗値と深度分布の関係を図-2に示す。地盤改良土の電気比抵抗値は、深度0.3~4.5(m)の範囲において5~15( $\Omega \cdot m$ )の範囲にある。電気比抵抗値の傾向としては、深度分布にほぼ共通に関東ロームが10~15( $\Omega \cdot m$ )、細砂が約10( $\Omega \cdot m$ )、砂質シルトとシルトが5~10( $\Omega \cdot m$ )の範囲にあることが確認された。これより、土質の種類により電気比抵抗値に違いが生じると共に、その違いはエルマッドの適用される深度4.5m程度の深度では、ほぼ同様に土質による違いが見られた。電気比抵抗値とその変動係数を図-3に示す。土質に共通して電気比抵抗値が大きいと変動係数も大きくなる傾向がある。

## 3. セメント添加量と電気比抵抗の関係

セメント添加量と電気比抵抗値の関係を図-4に示す。セメント添加量と電気比抵抗値の関係については、既往の研究<sup>4)</sup>において、50~300(kg/m<sup>3</sup>)の範囲での添加量と電気比抵抗値の関係を述べている。エルマッドでの改良体は、190~300(kg/m<sup>3</sup>)の範囲のセメント添加量であることから、セメント添加量による電気比抵抗への影響度合いは非常に小さいが、ロームを除く土質において、セメント添加量が増加すると電気比抵抗値が小さくなる傾向が見られる。これは、今回の地盤改良材であるセメントの影響により、イオン濃度が多くなり比抵抗は低くなる傾向と一致する。

## 4. 全長コアでの改良体強度の変動係数と電気比抵抗値の変動係数の関係

全長コアでの改良体強度の変動係数と電気比抵抗値の変動係数を図-5に示す。全長コアでの改良体強度は、硬化後の一軸圧縮強さ(14日材令)を用い変動係数を算出する。電気比抵抗の変動係数については、一軸圧縮強さを計測し

表-1 適用事例

試験箇所	代表土質名	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	考察 図番号
埼玉県川越市今福	関東ローム	280	2,3,4,5
埼玉県所沢市北中	関東ローム	280	2,3,4
長野県飯山市南町	細砂	220	2,3,4
長野県上田市別所温泉	砂質シルト	300	2,3,4,5
山梨県南都留郡川口湖	砂質シルト	200	2,3,4
長野県長野市箱清水	シルト	210	2,3,4
富山県富山市八尾町	シルト	290	2,3,4
埼玉県狭山市	関東ローム	280	4
新潟県長岡市	粘性土	250	4
長野県飯山市	粘性土	230	4
栃木県足利市	粘性土	190	4
富山県砺波市	粘性土	280	4
新潟県長岡市	シルト	260	4
石川県白山市	シルト	250	4
埼玉県所沢市東若狭山	関東ローム	280	5
栃木県宇都宮市板戸町	関東ローム	300	5
東京都調布市国領	関東ローム	260	5
山形県長井市	砂質シルト	270	5
石川県石川郡野々市	砂質シルト	300	5

た箇所の層における電気比抵抗を用いた変動係数とする。

改良体強度の変動係数が大きくなると、電気比抵抗変動係数も大きくなる傾向が見られる。電気比抵抗の変動係数は地盤改良の混合度合いを表し、改良体強度の変動係数は強度のばらつきを示すもので、混合度合いが良いもの程、改良強度のばらつきが少ないものを形成すると考えられる。

また、両者共通の変動係数の管理目標値である30%に対して、適用事例では十分に満足している事が確認された。

### 5. まとめ

- 1) エルマッド工法における土質の種類と電気比抵抗値の関係では、土質の種類により電気比抵抗値に違いが生じる。
- 2) セメント添加量と電気比抵抗値の関係では、セメント添加量による電気比抵抗への影響度合いは非常に小さい。また、ロームを除く土質ではセメント添加量が増加すると電気比抵抗値が小さくなる傾向が見られた。
- 3) エルマッド工法における全長コアでの改良体強度の変動係数と電気比抵抗値の変動係数の関係では、改良体強度の変動係数が大きくなると、電気比抵抗変動係数も大きくなる傾向が見られた。混合度合いが良いもの程、改良強度のばらつきが少ないものを形成すると考えられる。
- 4) エルマッド工法において、改良体強度と電気比抵抗の変動係数は管理目標値である30%に対して十分に満足しており、電気比抵抗試験による管理や評価が有効に機能すると考えられる。

**参考文献**：1)建築基礎のための地盤改良設計指針案、日本建築学会 2006 2)酒井ら、電気比抵抗を用いた品質管理法（その1 地中杭や連続地中壁）、地盤工学会、第42回研究発表会（2007年7月）3)持田ら、電気比抵抗を用いた品質管理法（その2 地盤改良や流動化処理）、地盤工学会、第42回研究発表会(2007年7月)4)田村ら、電気比抵抗による改良体の品質評価に関する現場実験、日本建築学会、構造系論文集第531号(2000年5月)

電気比抵抗値( $\Omega \cdot m$ )

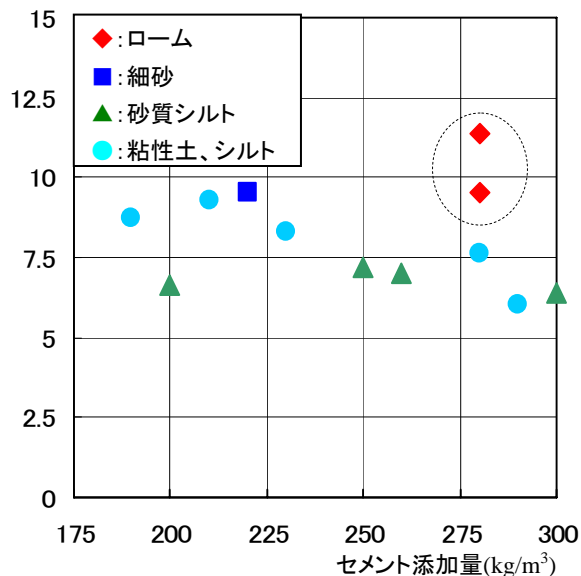


図-4 セメント添加量と電気比抵抗値の関係図

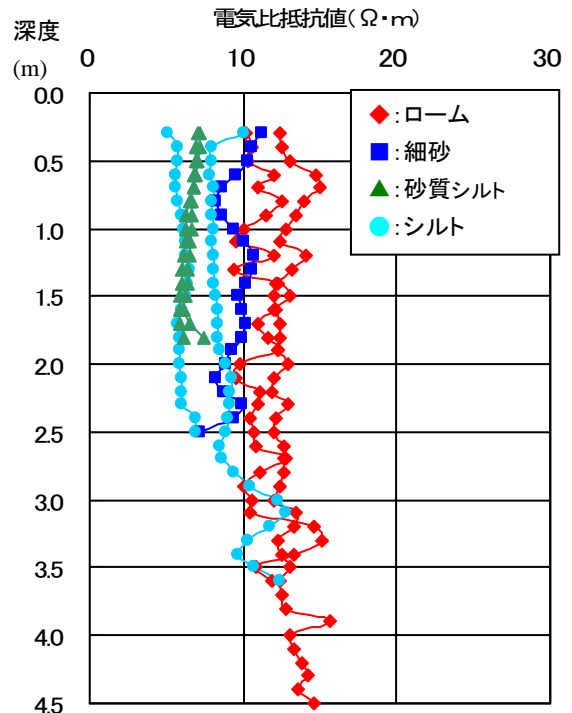


図-2 電気比抵抗値と深度分布図

電気比抵抗の変動係数(%)

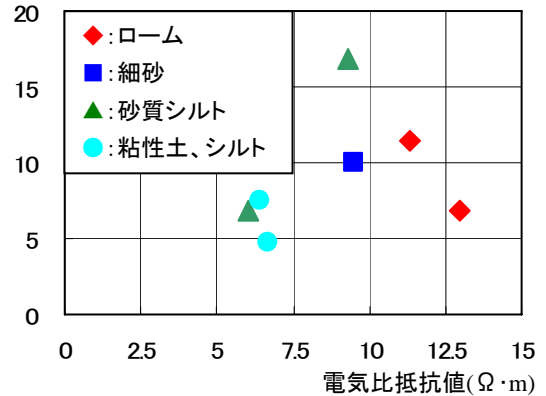


図-3 電気比抵抗の変動係数と電気比抵抗値の関係図

電気比抵抗の変動係数(%)

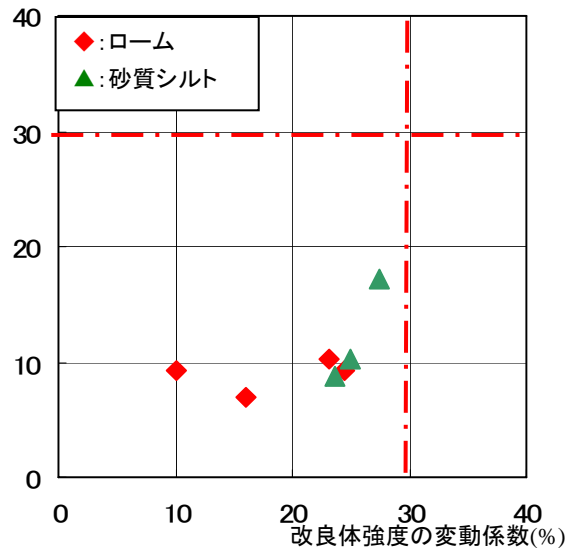


図-5 改良体強度の変動係数と電気比抵抗の変動係数の関係図