

土中通電による土と鋼材壁面の摩擦低減効果に関する基礎的研究

前田建設工業(株) 正会員 ○野田 兼司
前田建設工業(株) 正会員 飯島 健

前田建設工業(株) 正会員 石黒 健
前田建設工業(株) 正会員 小口 深志
前田建設工業(株) 正会員 安井 利彰

1. はじめに

土に直流電源を加えると、鋼材と土の摩擦抵抗を低減させる現象が発生することが報告されている¹⁾。そこで筆者らは、ソイルセメント連続壁施工時における芯材挿入の摩擦抵抗低減による施工性の向上と、セメントミルク中の水量低減による排泥抑制の可能性について基礎的研究を行ってきた²⁾。本報では、通電による鋼材の挿入摩擦抵抗低減のメカニズムの解明を目的に行った小型室内実験の結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

通電しながらの鋼材挿入を想定し、一軸圧縮試験用の万能試験機を用い、小型土槽への鋼材の挿入実験を行った。鋼材はアルミ板 (L: 30cm×W: 3cm×t: 0.5cm) を使用した。深さ 10cm, 幅 5cm, 長さ 33cm のアクリル容器中に水粉体比 (水/粘土) 57% の木節粘土をスラリーで充填し、地盤を模擬した。(図-1)

通電による摩擦抵抗の低減効果は、負極側で起こることから、正極側の鋼材はあらかじめ土槽に挿入しておき、通電しながら負極側の鋼材を挿入した。

電極間隔 (負極側鋼材と陽極側鋼材の距離) と加える電圧をパラメータとし、負極側鋼材挿入時の挿入量と挿入抵抗荷重および電流値の変化を測定した。

鋼材挿入速度は、試験中一定 (約 0.5mm/sec) とした。

3. 実験結果

鋼材挿入時の鋼材にかかる荷重 (挿入抵抗荷重) を計測した結果の一例を図-2 (a)(b) に示す。通電しないケース (0V) と 10V, 30V 通電した場合の挿入抵抗荷重と挿入量の関係を各電極間隔 (10cm, 20cm, 30cm) 毎に示している。通電 0V (通電しないケース) に比べ、10V, 30V 通電したケースでは明らかに挿入抵抗荷重は低下しており、また、(a) の電圧 10V のケースでは電極間隔が短いほど、挿入抵抗荷重が小さくなる結果となった。

鋼材の挿入抵抗低減効果を比較するために、

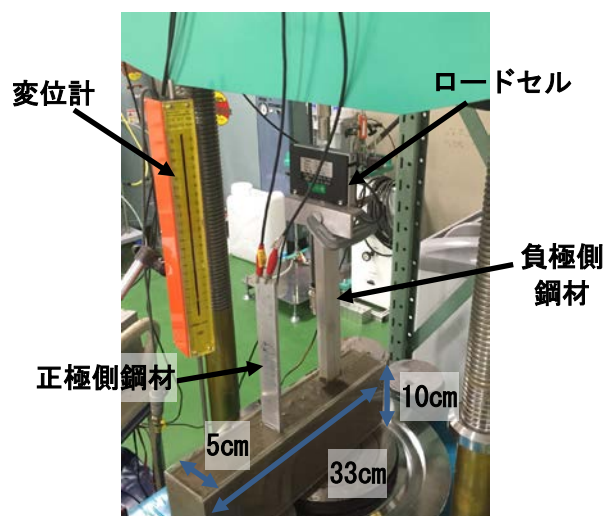
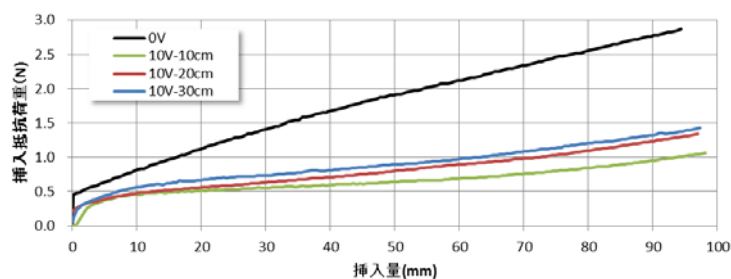
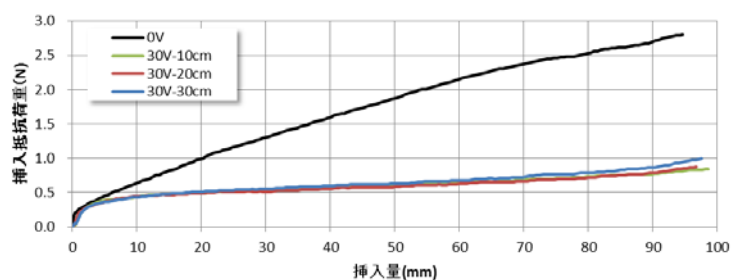


図-1 実験装置の概要



(a) 10V 加電時



(b) 30V 加電時

図-2 実験結果

キーワード 土中通電, 鋼材挿入, 模型実験

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株) TEL 03-3977-2241

鋼材を半分(50mm)挿入した時の挿入抵抗荷重値を付着面積で除した挿入抵抗応力を算出し、通電しないケースで除して低減率を算出した。この低減率と電極間隔との関係を図-3に示す。図には共に通電電圧 10V で負極鋼材の向きを横向きに変えたケース(負極横向), 負極鋼材の形状を H 型にしたケース(負極 H 型)の結果も併記する。通電電圧が 10V の場合は、通電間隔が大きくなるに従い低減率が小さくなるが、30V 通電時には通電間隔による低減率の変化は見られなかった。また、電極形状の違いにより、低減率に差が出る結果が得られた。

$$\text{挿入抵抗低減率 (\%)} = \frac{\text{0V 50mm 挿入時の応力値} - \text{各ケースでの 50mm 挿入時の応力値}}{\text{0V 50mm 挿入時の応力値}}$$

図-3 の実験結果を統一的に評価することを目的として、図-4 を準備した。図は、鋼材の摩擦抵抗が鋼材と土との付着面で発生することから、50mm 挿入時の電流値を付着面積で除した「電流密度」で整理し直したものである。鋼材挿入抵抗応力の低減効果は、電流密度が 6A/m^2 程度までは電流密度に比例して上昇し、それ以上では効果が頭打ちなることが見て取れる。このように電圧、電極間隔・配置・形状等の実験条件の違いに関わらず、電流密度によって実験結果を統一的に評価できると思われる。本結果は、現場への適用にあたって、鋼材の摩擦抵抗低減のための適切な電圧や電流のレンジが存在することを示唆している。

4. 考察

浅川¹⁾は、本現象のメカニズムとして電気浸透および電気分解によるガス発生を示唆している。本実験でもこれらの現象は見られたが、いずれも通電開始後数分から数十分経過後に観察された。一方、図-2 に示したように、鋼材の摩擦低減効果は通電を開始した直後より即時的に発揮されており、これら 2 つ以外に、何らかの要因が存在することが示唆された。森³⁾や小林ら⁴⁾を参照すると、通電の有無に関わらず、粘土粒子は飽和状態下で負に帯電して存在する。鋼材にマイナス電流が流れると、瞬間的に鋼材と負に帯電した土粒子の間にマイナス同士の斥力が発生し、鋼材に接する粘土粒子の接点数や接触面積が減少し、よって付着抵抗が低減するのではないかとと思われる。この斥力が電流値に比例する(ファラデーの法則)ことが図-4 の整理結果を説明しうられるが、現時点では明言し難く、今後の課題である。

今後、地盤条件や模型のサイズを変えた実験を行い、通電による挿入摩擦抵抗低減のメカニズムのさらなる解明を試みる予定である。

参考文献

- 1)浅川美利：電気浸透と電解の原理による土と壁体間摩擦の軽減に関する実験 土木学会論文集第 64 号, 1959
- 2)矢嶋 他：ソイルセメントへの電気浸透現象適用に向けた基礎的研究 第 51 回地盤工学研究発表会, 2016
- 3)森 麟：電氣的逆性土の添加による土の性質の変化について 土木学会誌 38 巻 10 号, 1953
- 4)小林 他：土壌と界面電気現象 3. 界面動電現象とその利用 日本土壌肥科学雑誌 85 巻 3 号, 2014

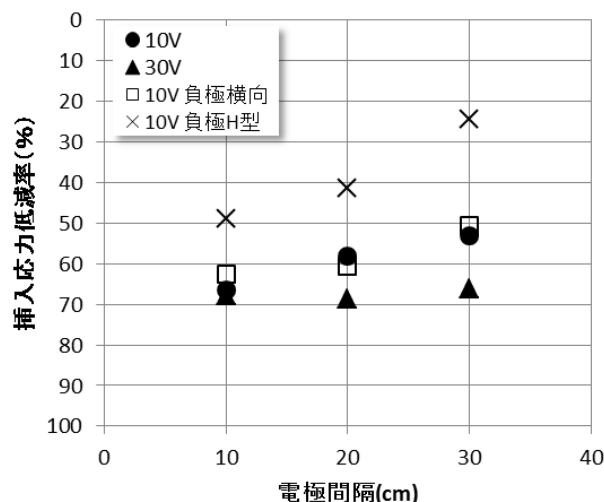


図-3 挿入抵抗低減率と電極間隔との関係

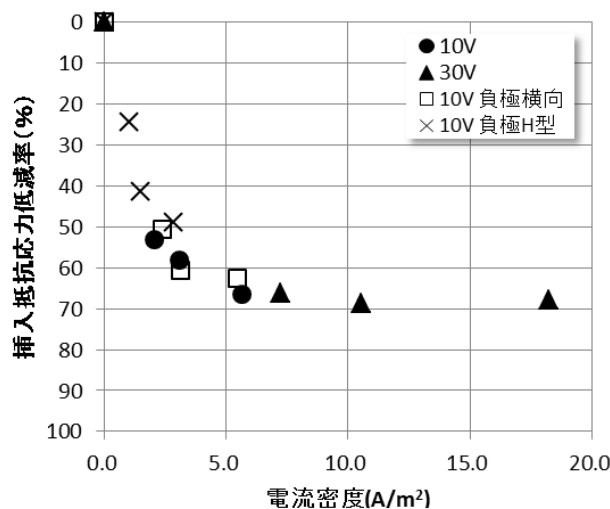


図-4 挿入抵抗低減率と電流密度との関係