

動電現象を利用した袋詰脱水処理の排水促進技術

技術研究所 佐伯 博之
 技術本部 土木技術第二部 杉本 昌由
 技術本部 土木技術第二部 高橋 勇

1. はじめに

袋詰脱水処理工法は、ジオテキスタイル製の袋材に浚渫土等の高含水比の泥土を充填し、脱水による含水比低下と細粒分やそれらに吸着する有害物質の流出防止および処理土量の減量化を図る技術である。さらに脱水後の袋体は、袋の張力を活かし、それらを積重することで盛土材や埋戻し材として利用する工法である。

同工法の脱水機構は、袋体の単体自重もしくは積重ねた上載荷重による自然・圧密排水である。土工材料として機能(強度・変形抵抗性)するためにはある程度の脱水期間を必要とする。そこで、脱水期間を短縮させて、土工材料として力学的に要求される物性を早期に実現させることは、施工速度の向上による次工程への円滑な移行とそれに伴うコストダウン効果を期待することができる。

本研究では、袋体の圧密促進工法開発の1手法として電気浸透・泳動技術に着目、その効果を確認するための試験を実施し、当該技術の適用性について検討した。

2. 試験目的

本試験の目的は、

- ①袋詰脱水処理工法に対する電気的手法の効果の検討
 - ②電気装置導入の検討
 - ③電気的手法による圧密効果の定量的把握
- の3点である。

3. 試験内容

(1) 荷電レベルの事前確認試験

袋体の荷電試験において「荷電レベルの設定値」を決定するため、ビーカー内の試料土に5cmの間隔を開け電極を挿入し、土粒子沈降状況を観測することにより、電位勾配と間隙比変化の関係を整理確認した。試験は、直流電流の電位勾配を0.0, 0.6, 1.0, 2.0V/cmの4種類として、試験開始後24時間まで計測することとした。使用器具は2,000ccビーカーと長方形(10cm×15cm)の電極および直流電源装置である。

(2) 袋体の荷電試験

荷電レベルの事前確認試験結果(4. (1) 参照)から荷電レベルを0.0, 1.0, 2.0V/cmと設定し、袋体への荷電試験を実施した。試験体は、表-1に示す3ケースで実施した。

表-1 袋体試験ケースと試験内容

	電圧	試験内容
No.1	0.0V(0.0V/cm)	荷電なし
No.2	12V(1.0V/cm)	袋体上面(陰極) 袋体下面(陽極)
No.3	12V(2.0V/cm)	袋体外面(陰極) 袋体内中央(陽極)

電極には軟銅線(φ2mm)を使用し、これを図-1、写真-1のように袋材に密着させて直流電源装置により荷電する方法によった。測定は、試験開始後1, 2, 3, 4, 5, 24時間、その後24時間毎に10日間継続した。

(3) 使用材料

袋材: 70cm×100cm/ポリエステル(名称: T-300)

V=100%用(充填量 V=60リットル)

土質: 砂礫質粘性土[CsGS] (図-2 参照)

$G_s = 2.668 / w_{ini} = 47.5\%$

$C_c = 0.35 / p_c = 12.4 \text{ kN/m}^2$

※試験時の試料土含水比は実施工時の作業性を考慮してw=70%に調整した。

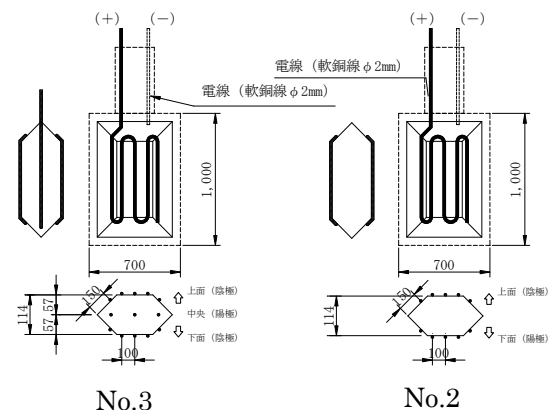


図-1 袋体の荷電試験電極設置図

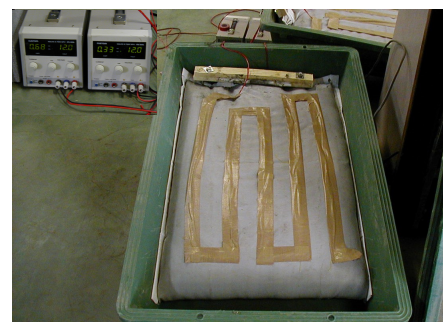


写真-1 袋体の荷電試験状況

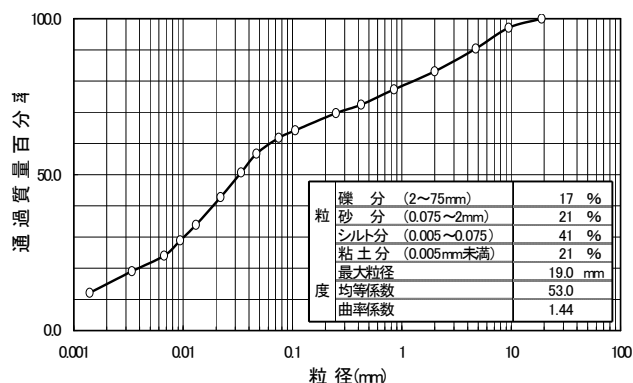


図-2 土質材料の粒径過積曲線

4. 試験結果

(1) 荷電レベルの事前確認試験

図-3 に示すように、ピーカー試験から電位勾配と沈降速度には明確な相関があることがわかる。また、2.0V/cm では他の電位勾配と比較して初期の間隙比の減少量が大きい結果を得た。試験状況を観察したところ、電位勾配が大きい場合は、荷電初期に電極板に土粒子が吸着する様子が確認された。なお、無荷電の場合は経時的な間隙比減少がほとんどなく、荷電時には電位勾配に関わらず同程度の速さで推移する結果となった。

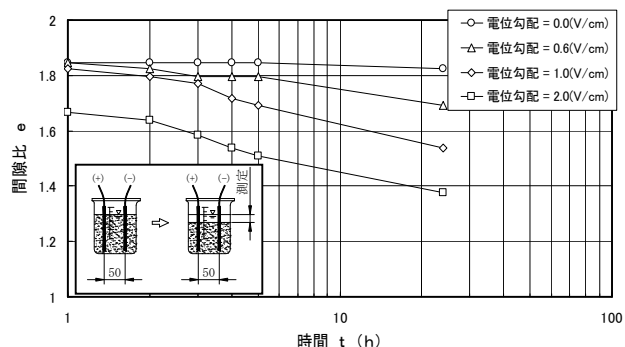


図-3 荷電レベル(ピーカー)試験結果

(2) 袋体の荷電試験

袋体への電気浸透技術の導入により、次のような結果を得た。

1) 脱水時間の短縮効果

図-4 から電位勾配が大きいほど脱水の促進に効果を発揮することがわかる。一方、荷電効果は時間の経過とともに低下し、無荷電の結果に漸近していく様子も見て取れた。別途実施した室内圧密試験によると、圧密降伏応力 $p_c=12.4\text{kN/m}^2$ に相当する間隙比は $e=1.472$ であり、袋体試験では 0.0V/cm 条件下で 60 時間、2.0V/cm 条件下では 34 時間を要している。この結果から荷電することで 26 時間短縮することが可能となり、約 43%の脱水時間短縮効果があった。

2) 荷電装置設置方法

本試験の No.2 と No.3 を比べると No.3 の方が電位勾配がより高いため脱水効果が高かった。電極設置位置が袋体中央の場合、外側に設置するより電極間距離が半分になるため同じ電圧をかけても電位勾配が 1.0V/cm から 2.0V/cm の 2 倍になりより有効であ

った。このように荷電装置を設置する位置によって同じ電圧をかけても効果の違いがある。

3) 圧密・脱水効果の確認

図-4 は、間隙比(e)と時間(t)の関係を $e \sim \sqrt{t}$ で表したものである。これより、最終的な間隙比の減少量は $e=1.26 \sim 1.21$ 程度となり、電圧勾配が大きいほど圧密もしくは脱水が促進されていると考えられるが、荷電時間の経過と共に荷電効果低下していることがわかる。また、図中の曲線に関して試験初期の勾配を見ると、荷電している No.2, 3 が同程度で No.1 より大きい。一方、時間の経過とともに曲線勾配は緩やかになり、No.3→No.2→No.1 の順で勾配が収束していく。さらに、No.1 と No.2 は最終的に同じ間隙比レベルに漸近していく。

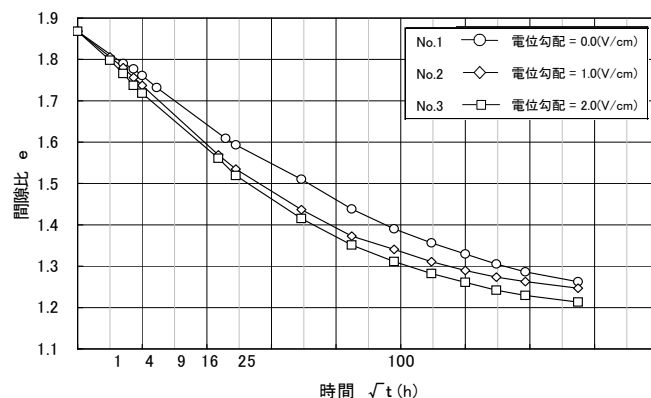


図-4 袋体の脱水試験結果

5. まとめ

今回の研究成果から袋詰脱水処理工法への電気浸透・泳動技術の導入効果は大変高いことが実証された。実用化に向けて以下のことが言える。①約 43%の脱水処理時間の短縮効果があったことから、袋詰充填開始から搬出・積上(盛土やのり面保護など)までの脱水期間を大きく短縮することが可能となった。特に今後需要が予想される都市河川の浚渫現場の様に脱水養生ヤードがほとんどなく早期脱水・運搬搬出が必要な場所の場合、この電気脱水手法を活用することは大変有効である。次に②荷電装置導入方法として a)「袋素材織り込み方式」:電極(電線等)を袋の素材に直接織り込む方法、b)「外巻き荷電シート方式」:予め電線を内装した荷電シートを荷電装置として準備し、充填完了した袋体に巻付もしくは覆う等して、これに直流電流を流す方法等が考えられる。コストと耐久性の面から「外巻き荷電シート方式」は、より有効であると思われる。さらに③汚染土壌対策として、従来の袋詰脱水処理工法は間隙水のイオン化した環境汚染物質に対しては封じ込め効果が少なかった。

今回の電気泳動技術を利用することで、重金属汚染土の袋詰脱水処理工法への適用性がより有効になった。適用方法としては a)脱水過程で汚染物質を強制的に溶出、b)充填過程で汚染物質を袋内に定着させる方法の 2 つのことが可能になる。今後、実用化に向け、実工事レベルでの袋体実証実験を実施しながら安全性、経済性を追求していく所存である。

Key words: 袋詰脱水処理工法, 脱水促進, 電気浸透, 電気泳動, イオン化, 環境汚染物質