

東日本大震災で被災した霞ヶ浦用水施設の効用回復工事について（その2）

強化土エンジニアリング株式会社

正会員 ○佐々木隆光

日本基礎技術株式会社

正会員 岡田 和成

日本基礎技術株式会社

非会員 木下 圭介

独立行政法人水資源機構霞ヶ浦用水管理所

非会員 熊川 憲司

1. はじめに

既設構造物近傍地盤の剛性回復を目的とした地盤改良工事においては、改良後地盤の剛性が大きくなると構造物に過大な応力が作用することが課題であった。本稿で報告する霞ヶ浦用水水路効用回復工事は、管路周囲の埋戻砂の剛性回復として、恒久グラウトによる薬液注入工法を実施したものである。施工に先立ち現地土を用いた室内配合試験を実施し、薬液濃度および薬液充填率を決定した。本稿では、変形係数 (E_{50}) で薬液改良土の配合設計を行い、従来行われている一軸圧縮強さと同様に、安全率 2 が妥当であったことを報告する。また、薬液充填率の設定方法に関して得られた知見を述べる。なお、施工概要の詳細については、同名報文（その 1）¹⁾ を参照されたい。

2. 試験試料および薬液の配合

対象地盤は、主に細粒分礫混じり砂および礫混じり細粒分質砂である。試験試料は 2 種類とし、工法技術マニュアル²⁾ に従い、現場採取土の 2mm ふり通過分とした。図-1 に試験試料の粒径加積曲線を、表-1 に物理特性を示す。

配合試験に使用した薬液は、溶液型恒久グラウトである、活性シリカコロイドを主材とする「パーマロック ASF-II δ」³⁾ であり、シリカ濃度 (SiO_2G) は 4~10% で試験を実施した。

3. 室内配合試験方法

室内配合試験は、室内目標を満足する薬液濃度の決定および、地盤の間隙に対する薬液の充填率の検証を目的として実施した。設計値は $E_{50}=5.148\text{MN/m}^2$ であり、工法技術マニュアルに従い安全率 2 より室内配合試験では $E_{50}=10.296\text{MN/m}^2$ を目標とした。

図-2 に供試体作成装置の模式図を示す。本試験では、拘束圧条件下で浸透注入により作成可能な装置を用いた²⁾。試験試料をモールドに詰め、モールド上部に空圧により拘束圧を付加した。この状態で薬液を浸透注入し、力学試験に用いる供試体を作成した。砂をモールドに詰める際の乾燥密度は事前調査で採取した乱れの少ない試料の値とし、試料 A は 1.520g/cm^3 、試料 B では 1.460g/cm^3 とした。拘束圧下で 4 週間養生したのち、一軸圧縮試験を実施し、試験後の供試体で ICP 発光分光分析により供試体のシリカ含有量 (SiO_2S) を測定した。

4. 室内配合試験結果

(1) 薬液濃度の決定

図-3 に SiO_2G と E_{50} の関係を示す。薬液シリカ濃度が増加に伴い変形係数はほぼ直線的に増加しており、薬液シリカ濃度 6% の変形係数は平均 14.543MN/m^2 であり、室内目標値 10.296MN/m^2

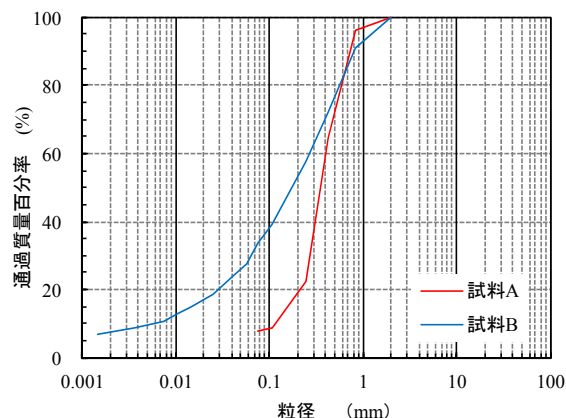


図-1 試験試料の粒径加積曲線

表-1 物理特性

試料名	試料 A	試料 B
分類記号	S-F	SF
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.745	2.693
細粒分 (%)	7.7	33.9
粗粒分 (%)	92.3	66.1
均等係数 U_c	2.88	51.5
SiO_2 含有量 (mg/kg)	1,000	1,900

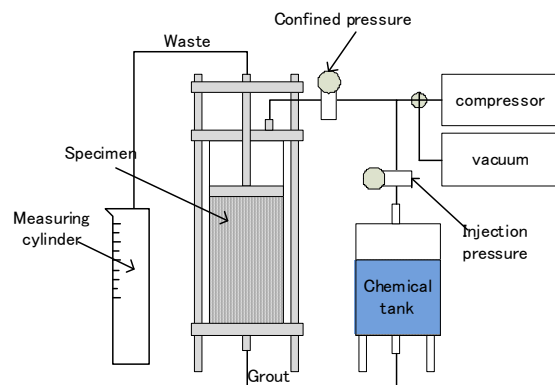


図-2 供試体作製装置

薬液注入、変形係数、充填率、シリカ含有量、安全率

連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 強化土エンジニアリング(株) 研究開発本部 TEL 03-3815-1687

を満足する。

図-4 に薬液シリカ濃度と供試体シリカ含有量の関係を示す。供試体のシリカ含有量は、注入材のシリカ濃度の増加に伴い大きくなる傾向を示し、その割合は砂の種類によって異なる傾向を示した。

(2) 薬液充填率の検証

一般的に注入率は、間隙率の約 90% (充填率) とされている。これは、砂に吸着する水によって完全に間隙を薬液に置換する事が困難なことに由来する。本工事においても、対象地盤は地下水位以下であるため、間隙を完全に薬液に置換する事が困難であるため、実験的に最適な充填率を求めた。

試験は、間隙を水で飽和した供試体に 100~400ml の薬液を浸透注入し、供試体の変形係数とシリカ含有量を測定した。

図-5 に薬液充填率と変形係数の関係を示す。薬液充填率の算出は、図-4 の注入材濃度とシリカ含有量の関係より、換算薬液シリカ濃度を求め、間隙に占める充填部と非充填部と割合から求めた。充填率が低い場合は同一の薬液シリカ濃度でも変形係数が低いことが見てとれる。試験 A の間隙率 44.6% に対する充填率は 90.5% が妥当な数値であると推測され、このとき注入率は 40.4% であり工事仕様書の 40.5% と対応している。

5. 事後調査結果

室内配合試験結果より薬液シリカ濃度 6%, 注入率 40.5% として本施工を実施後、養生期間を経てボーリングにより乱れの少ない試料を採取し、一軸圧縮試験および三軸圧縮試験 (UU) を実施した。

図-6 に深度方向の変形係数の分布を示す。現場改良土の変形係数は平均 7.277MN/m^2 であり、設計強度 5.148MN/m^2 を満足しかつ、適切な範囲内であった。室内配合土と現場改良土の比は 2.0 ($7.227/14.543$) であり、安全率 2 は妥当な数値であった。

6. まとめ

- ・現場改良土の変形係数 (E_{50}) は、平均 7.277MN/m^2 であり、設計強度を満足しかつ、適切な範囲内であった。
- ・薬液注入量を変化させて室内配合試験を実施し、薬液充填率 90.5% が妥当な数値であることを示した。
- ・変形係数 (E_{50}) で薬液改良土の配合設計を行う場合も、一軸圧縮強さと同様に安全率を考慮する必要があるが、本工事の対象土質に対して安全率 2 は妥当な数値であった。

参考文献

- 1) 岡田ら：東日本大震災で被災した震ヶ浦用水施設の効用回復工事について (その 1), 土木学会第 68 回年次学術講演会, 2013.9 (投稿中)
- 2) 地盤注入開発機構：超多点注入工法技術マニュアル, 2012.2
- 3) 地盤注入開発機構：パーマロック ASF-II δ 技術資料, 2012.2

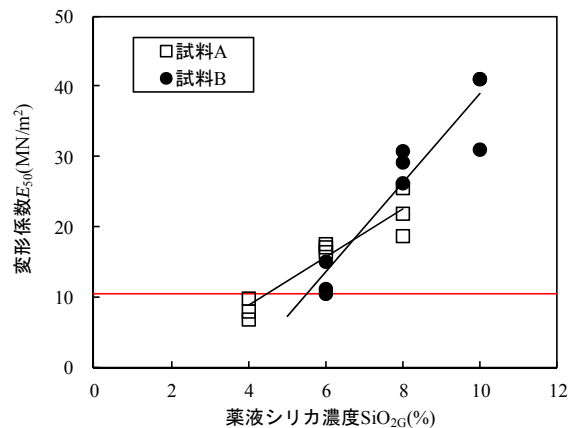


図-3 注入材シリカ濃度と変形係数の関係

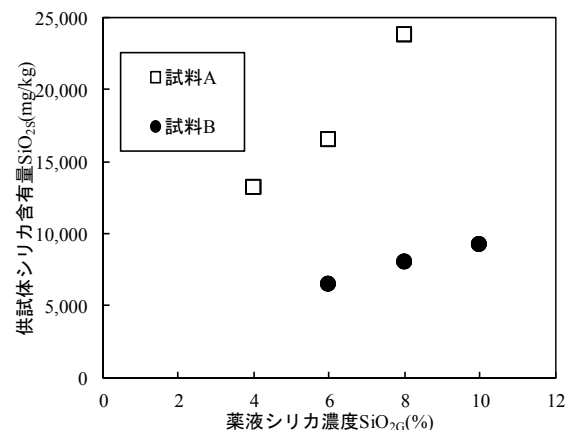


図-4 注入材濃度とシリカ含有量の関係

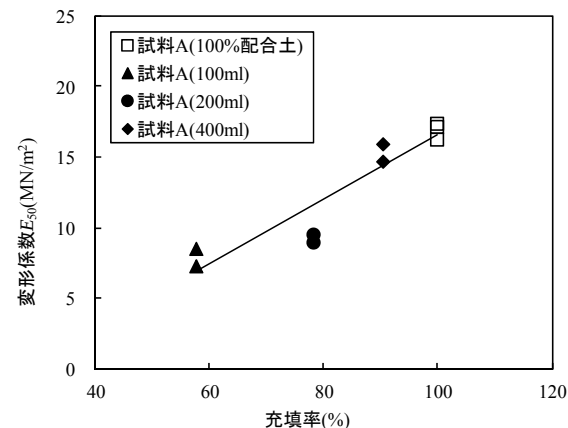


図-5 充填率と変形係数の関係

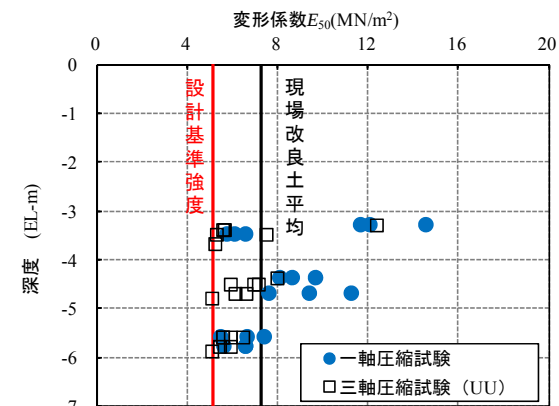


図-6 変形係数の深度分布