

薬液注入改良土の透水係数と一軸圧縮強さに関する考察

日本推進建設 (株) 正会員 ○紙谷 恵介
 大阪工業大学 正会員 日置 和昭

1. はじめに

本研究では、実施工機（注入方法は、二重管ストレーナー単相式とした）による試験施工を実施し、薬液注入改良土のサンプリングを試みた。また、サンプリングした供試体を用いて変水位透水試験ならびに一軸圧縮試験を実施し、薬液注入改良土の透水係数と一軸圧縮強さについて種々の考察を行った。

2. 実施工機による試験施工

試験施工に用いた試料は、市販の珪砂5号、珪砂6号、珪砂7号の3種類である。試料の諸性質を表-1に示す。次に、試験施工で用いたドラム缶の概要図と注入位置を図-1に示す。ドラム缶は、直径50cm、高さ70cmで、注入中に水と薬液が十分に置換できるよう、ドラム缶の側部および底部に無数の穴を設けた。試験施工の基本的な流れは、以下に示すとおりである。

- 1) 乾燥試料をほぼ飽和状態となるように予め含水調整を行った後、相対密度が $D_r=50\%$ となるように10層締固め法により均質に詰めた。
- 2) 主剤として3号珪酸ソーダ、硬化剤としてMGロックスーパーG緩結硬化剤を用い、これらの薬液をゲルタイムが3~7分となるように配合し、グラウトミキサーで十分に攪拌を行った後、注入率40%で薬液を注入した。薬液の注入には、グラウトポンプを用い、供試体内に8.0L/minで定量注入した。注入中の圧力管理には、流量計を用い、注入圧が0.3MPa以下であることを確認しながら注入した。
- 3) 塩化ビニル円筒を所定の長さ（一軸圧縮試験用は $h=30\text{cm}$ 、変水位透水試験用は $h=15\text{cm}$ ）に調整した後、セットハンマーによる打撃法により、極力振動を与えないよう十分注意しながら所定の深度まで挿入した。
- 4) 塩化ビニル円筒の挿入後、塩化ビニル円筒内の供試体が十分に固結していることを確認した後、塩化ビニル円筒を引き抜き、試料のサンプリングを行った（図-2参照）。
- 5) サンプリングした供試体は1~2時間以内に脱型し、恒温恒湿機（温度 $20\pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度90%以上）にて、変水位透水試験用の供試体（ $h=10\text{cm}$ 、 $\phi=10\text{cm}$ ）は28日間、また一軸圧縮試験用の供試体（ $h=10\text{cm}$ 、 $\phi=5\text{cm}$ ）は7日間養生させた。
- 6) 変水位透水試験用の供試体を用いて、柔壁型装置による変水位透水試験を実施した。また、一軸圧縮試験用の供試体を用いて、一軸圧縮試験を実施した。

表-1 試料の諸性質

	珪砂5号	珪砂6号	珪砂7号
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.670	2.704	2.695
砂分 (%)	100.0	100.0	100.0
シルト分 (%)	0.0	0.0	0.0
粘土分 (%)	0.0	0.0	0.0
均等係数 U_c	1.58	2.32	1.74
曲率係数 U'_c	0.91	1.70	0.96
最大間隙比 e_{max}	1.049	1.106	1.303
最小間隙比 e_{min}	0.744	0.701	0.851
透水係数 $k(\text{m/s})$	1.02×10^{-3}	1.01×10^{-4}	4.44×10^{-5}
内部摩擦角 $\phi(^\circ)$	42.4	43.6	44.4

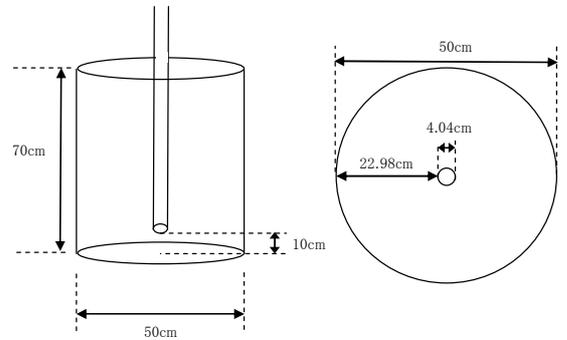


図-1 ドラム缶の概要図と注入位置

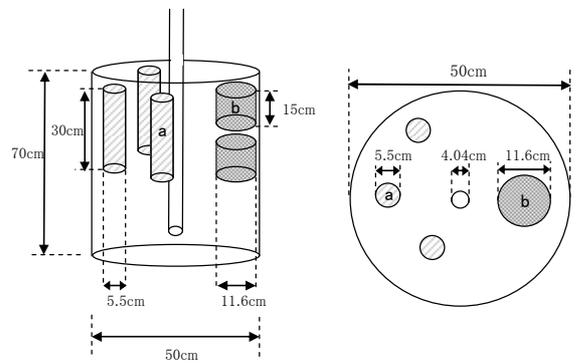


図-2 サンプリング位置の概要図

キーワード 薬液注入 透水係数 一軸圧縮強さ

連絡先 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-12-40 日本推進建設(株) TEL 06-6384-4591

表-2 変水位透水試験結果

	薬液注入前	薬液注入後		
		セル圧 (50kPa) のみ	セル圧 (50kPa) + グリース	セル圧 (50kPa) + シリコンシール材
珪砂5号	1.02×10^{-3} m/s	—————	3.7×10^{-9} m/s	1.8×10^{-8} m/s
珪砂6号	1.01×10^{-4} m/s	3.1×10^{-7} m/s	—————	3.4×10^{-9} m/s

3. 薬液注入改良土の透水係数

変水位透水試験は、セル圧のみでは、柔壁型装置でも側壁漏れを生じることが懸念されたことから、供試体側面とメンブレンとの間にグリース、あるいはシリコンシール材を塗布したケースについても実施した。変水位透水試験の結果一覧を表-2に示す。まず、珪砂6号に着目すると、セル圧のみ(50kPa)の場合の透水係数 k は、 $k=3.1 \times 10^{-7}$ m/s となっており、通常設計に用いる二重管ストレーナー単相式の k とほぼ同値を示した。しかし、供試体側面とメンブレンとの間にシリコンシール材を塗布した場合の k は、 $k=3.4 \times 10^{-9}$ m/s となっており、セル圧のみの場合と比較し、2 オーダー小さい値となった。このことから、薬液注入改良土を対象に、柔壁型装置による変水位透水試験を実施する場合、セル圧のみでは不十分であり、側壁漏れ対策として、シリコンシール材等の塗布が必要であると考えられる。また、シリコンシール材等の対策を施すことにより、薬液注入改良土の k は、通常設計に用いる k よりも2 オーダー程度小さく見込める可能性があるものと推察される。次に、供試体側面とメンブレンとの間にシリコンシール材を塗布した場合の珪砂5号に着目すると、珪砂6号よりも1 オーダー大きい k となっており、両者ともに薬液注入前と比較し、5 オーダーの低減効果が認められる。また、シリコンシール材を塗布した場合とグリースを塗布した場合の k について比較すると、グリースを塗布した場合の方が1 オーダー小さい値となっており、薬液注入改良土を対象とする場合には、グリースの方が側壁漏れ対策として有効であるものと推察される。

4. 薬液注入改良土の一軸圧縮強さ

母材毎の応力～ひずみ曲線を比較したものが図-3である。薬液注入改良土の一軸圧縮強さ q_u は、珪砂5号、珪砂6号、珪砂7号の順に大きくなり、破壊ひずみは、珪砂5号、珪砂6号、珪砂7号の順に小さくなっている。表-1に示したように、母材の k が大きい改良土ほど、 q_u は大きい傾向にあることから、薬液注入改良土の q_u には、薬液注入の“し易さ”が大きく影響するものと推察される。

薬液注入改良土の変形係数 E_{50} と q_u の関係を図-4に示す。 q_u が大きい試料ほど、 E_{50} は大きくなっており、薬液注入改良土の E_{50} と q_u の関係は、母材の違いにかかわらず、 $E_{50} \approx 40q_u$ で表されることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では、実施工機による試験施工を実施し、薬液注入改良土の透水係数と一軸圧縮強さについて種々の考察を行った。今後は、さらにデータの蓄積を図り、薬液注入工法の改良効果について考察を深める予定である。

参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会：地盤改良効果の予測と実際，pp.265～312，2000.

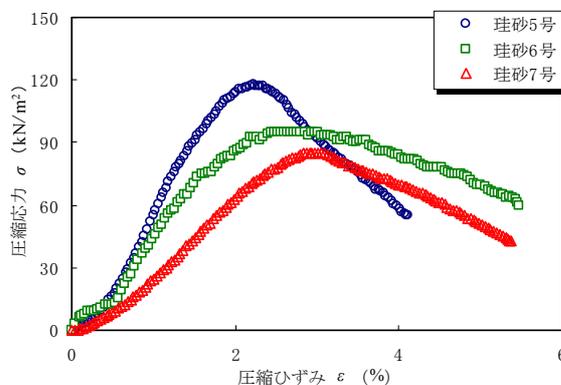


図-3 母材毎の応力～ひずみ曲線

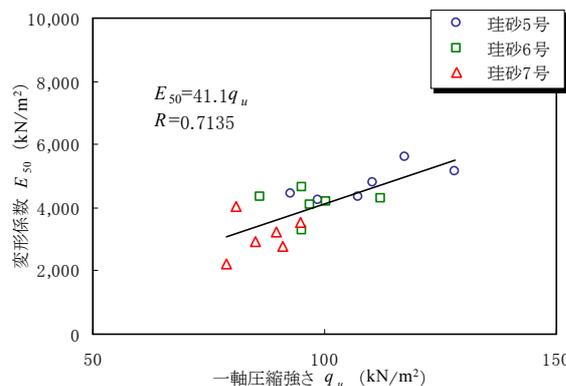


図-4 変形係数と一軸圧縮強さの関係