

混合攪拌および注入方式による高吸水性ポリマー改良土の遮水性の検討

高吸水性ポリマー 遮水性 改良土

早稲田大学 学生会員 ○小池 拓生
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一 学生会員 廣瀬 雅弥
 学生会員 水原 祐哉 学生会員 北村 真歩
 前田建設工業 石黒 健 安藤ハザマ 足立 有史

1 はじめに

シールド工事の発進・到達立坑構築,地下鉄駅部や地下ジャンクション等の大規模な地下構造物を建設する際には,地下水の処理が重要であり,山留め壁の構築が不可欠である.従来の山留め壁は,恒久的に遮水性を有するため,地下水の流動を阻害し,周辺環境に影響を及ぼす場合がある.

本研究では,既往の高吸水性ポリマー(以降,ポリマー)を吸水膨潤させた吸水ポリマー水溶液(以降,ポリマー溶液)による地盤掘削技術¹⁾を応用し,分離材による透水性回復が可能な山留壁の工法(AWARD-Pmr 工法)の開発を目標としている.特に,工事の完了後,遮水壁が不要になった時点で分離材(塩化カルシウム等)の水溶液を改良壁体中に注入することで透水性の回復を図り,地下水流動阻害の対策となることを期待している.

本稿では,その研究の一環として混合攪拌および注入方式により作成した供試体を用いて,透水試験による遮水性の評価および強熱減量試験によるポリマー含有量の評価を行った結果を報告する.ここで,試料砂には珪砂4号を,ポリマーには地盤建設用ポリマー剤を使用している.また,ポリマーの吸水倍率はすべて80倍に調整している.試料砂及びポリマーに関しては,混合供試体の配合の都合上で,条件を統一している.

2 混合攪拌供試体を用いた実験

2.1 実験概要

填充率²⁾と透水係数の関係を求めるための要素試験として,珪砂とポリマー溶液を混合攪拌することで作成した供試体(以降,混合供試体)を用いた定水位一軸透水試験を実施した.実験では,吸着水を除く,自由水量が溶液中に占める割合に相当する自由水率を操作することで填充率を操作し,填充率と透水係数の関係をもとめた.一つのケースにおいて,比較用に同配合でダミーの供試体を作成し,透水試験を行わずに填充率を求めている.また,透水試験後の供試体に関しても填充率を測定した.ここで,填充率の定義は以下の通りである.

$$\alpha = \frac{V_p}{V_v} \times 100 \dots (1.1)$$

ここに, α :填充率(%), V_p :間隙中に存在するポリマー溶液の体積(cm^3), V_v :間隙体積(cm^3)

後述の実験結果において一部の填充率が0~100%の範囲外になっているが,これは填充率の計算過程においてポリマーの粒径等の誤差が影響しているためと考えられる.

2.2 実験手順

①所定の条件を満たすポリマー溶液を作製する.②所定の珪砂とポリマー溶液を,ミキサーを用いて混合攪拌する.③モールドに所定の質量の改良土を突き固めながら投入し,供試体($\phi=5\text{cm}, h=10\text{cm}$)を2本作成する.④1本目は透水試験を行わず,供試体上端から試料を採取し強熱減量試験を行う.⑤2本目は透水試験を行う.終了後解体し,供試体上端から試料を1セット目と同様に採取し強熱減量試験を行う.⑥透水係数前後の填充率および透水係数等を求める.

2.3 実験条件

表 2.3.1 供試体条件

	目標填充率 α (%)	使用砂	間隙比 e	相対密度 D_r (%)	吸水倍率 Q (g/g)	自由水率 η (%)
Case-0	0	珪砂4号	0.620	62.9	-	-
Case-1	20	珪砂4号	0.620	63.0	80	80
Case-2	40	珪砂4号	0.623	61.7	80	60
Case-3	60	珪砂4号	0.617	64.1	80	40
Case-4	80	珪砂4号	0.629	59.4	80	20
Case-5	100	珪砂4号	0.661	46.1	80	0

表 2.3.2 透水試験条件

	供試体条件			透水条件		
	高さ L (cm)	直径 D (cm)	断面積 A (cm^2)	透水圧力 (kPa)	水頭差 h (cm)	動水勾配 i
低動水勾配透水試験(珪砂単体)	13.58	9.93	77.4	-	6.3	0.46
Case-0~5	7.72	5.20	21.2	30	306	40

2.4 実験結果

図 2.4.1 に経過時間と透水係数の関係,図 2.4.2 に透水試験前後の填充率の変化を示す.ここで,珪砂単体の透水係数は, $1.58 \times 10^{-2} (\text{cm/s})$ であった.(Case-0)

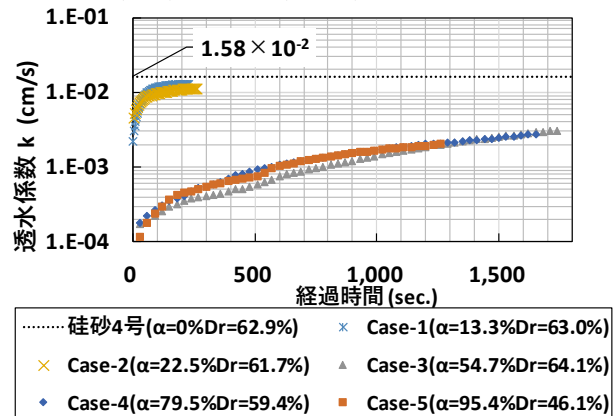


図 2.4.1 時間-透水係数関係

図 2.4.1 より,目標填充率が低い Case1 ($\alpha=20\%$), Case2 ($\alpha=40\%$)は母材である珪砂4号の透水係数近くまで,早期に近づいた.しかし,他の3ケース($\alpha=60, 80, 100$)では,若干ではあるが透水係数の上昇が遅かった.

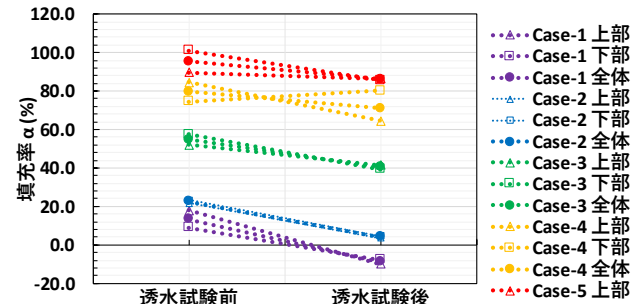


図 2.4.2 透水試験前後の填充率の変化

図 2.4.2 より試験前後で填充率が低下する傾向が見られた。これより、ポリマーの流出により填充率が低下するにしたがって、透水性が増大することが確認できた。

3 注入供試体を用いた実験

3.1 実験概要

2 では、要素試験としてポリマー溶液と珪砂を混合攪拌して均一な供試体を作製し、填充率を変化させて透水係数を求める試験を行っていたが、実施工では注入による施工が想定されている。そこで、混合供試体と注入供試体の性状の差を確認するために、注入実験・透水試験・強熱減量試験を実施して、遮水性および填充率と透水係数の関係を求め両者を比較した。実験には、図 3.1.1 に示す実験装置を用いた。装置中のモールド(φ=5cm,h=50cm)は 10cm 毎に分割可能となっている。

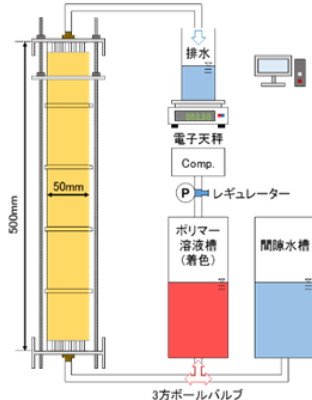


図 3.1.1 注入試験装置図

3.2 実験手順

◇注入試験

- ①高さ 50cm の円筒容器底面に金属メッシュを敷き漏斗を用いて所定量の珪砂を均等につめる。(底面:金属メッシュ, 上面:多孔版,金属メッシュ)
 - ②上下にキャップをはめ、ボルトとナットで固定する。
 - ④間隙水槽側のバルブを開き、珪砂を水道水で飽和させる。このとき、排液容器に繋がるチューブ内も水道水で飽和させる。
 - ⑤バルブを閉じ、ポリマー溶液槽上部からコンプレッサーで所定の空気圧を供給する。
 - ⑥ポリマー溶液側のバルブを開き、ポリマー溶液の注入を開始する
- ◇透水試験

- ①次元注入実験終了後に、50cm 円筒容器を注入孔から最も近いモールド(高さ 10cm)を残して解体する。そして、10cm 円筒容器を二重管ビュレットに接続する。
- ②二重管ビュレットにコンプレッサーから微量の空気圧をかけつつ水槽のバルブを開き、液交換用ペダスタルのコックを開く。
- ③バルブから排出される溶液がポリマー溶液から水道水に変化したところで二重管ビュレット・ペダスタル両方のバルブを閉じる。
- ④二重管ビュレットに所定の空気圧を供給し水槽のコックを開くことで透水試験を開始する。

3.3 実験条件

表 3.3.1 模擬地盤条件および境界条件

	模型地盤の物性値			境界条件	
	使用珪砂	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	間隙比 e	相対密度 D_r (%)	注入圧 (kPa)
Case-G1	珪砂4号	1.64	0.611	66.6	300
Case-G2	珪砂4号	1.62	0.634	57.4	300

表 3.3.2 透水試験条件

	供試体条件			透水条件		
	高さ L (cm)	直径 D (cm)	断面積 A (cm^2)	通水圧力 (kPa)	水頭差 h (cm)	動水勾配 i
Case-G2	9.5	5.2	21.2	30	305.8	32.2

3.4 実験結果

目視観察による透水量および差圧計によりビュレット水位から求めた透水量の時間変化を図 3.4.1 に示す。

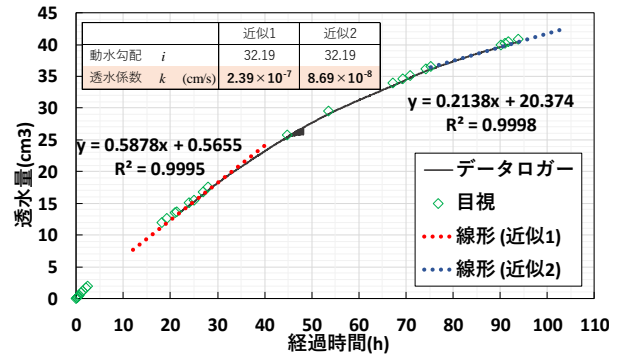


図 3.4.1 透水試験結果

図 3.4.1 より時間の経過と共に透水性が低下し、遮水性能が上昇する状況が確認された。透水開始から約 27 時間後において線形近似した傾きから算出した透水係数および約 87 時間後において同様にして求めた透水係数はそれぞれ $2.39 \times 10^{-7} cm/s$ (近似 1), $8.69 \times 10^{-8} cm/s$ (近似 2)であった。

一方、Case-G1,G2 において、強熱減量より求めた注入孔からの距離と填充率の関係を図 3.4.2 に示す。なお、Case-G1 は注入試験直後、Case-G2 は透水試験後に試料を採取している。

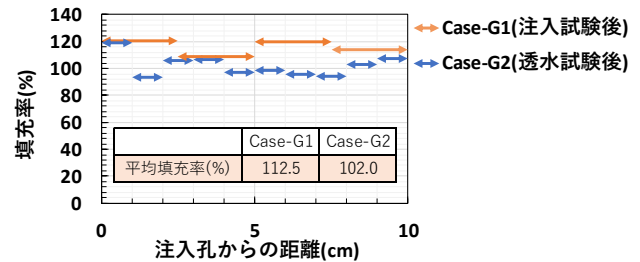


図 3.4.2 強熱減量試験結果

図 3.4.2 より、透水試験を実施していない Case-G1 と比較すると透水試験後に強熱減量試験を実施した Case-G2 のほうが、平均填充率が低下していることが確認された。ここで、透水試験の後半で透水係数が低下しているのは、流出したポリマーが一部濾紙に滞留し、透水を妨げたためと考えられる。以上より、注入供試体は混合攪拌供試体に比べ、非常に遮水性が高いことが確認できた。

4 まとめ

混合攪拌供試体と注入供試体の性状を比較すると、混合供試体に対して注入供試体のほうが填充率も高く、透水係数が小さいことが確認できる。しかし、どちらの供試体も透水時間の経過と共に、ポリマーが押し流されることにより、透水係数が変化している。填充率に関しても、透水前後で填充率が低下していることが確認できた。

以上より、混合攪拌供試体と注入供試体を単純比較することは、困難であり、今後は注入供試体を用いて実施工を想定した実験を継続し、データを蓄積していく予定である。

本研究は、気泡工法研究会 AWARD-Pmr 工法研究会(前田建設工業(株), 榊安藤・間, 榊地域地盤環境研究所, 戸田建設(株), 西松建設(株), 日特建設(株), 南マグマ, 榊ミヤマ工業)の支援により得られた成果である。記して、謝意を表す。

5 参考文献

- 1) 岩崎 光紀：高吸水性ポリマーを添加した地盤掘削用安定液の基本性状，土木学会第 69 回年次学術講演
- 2) 廣瀬 雅弥：強熱減量試験を用いた高吸水性ポリマー改良土の填充率の推定，第 53 回地盤工学研究発表会