

二次元模型地盤を用いた高吸水性ポリマーの地盤注入特性および遮水性能について

早稲田大学 学生会員 ○北村 真歩
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 廣瀬 雅弥
 早稲田大学 学生会員 水原 祐哉

1. はじめに

本研究では、既往の高吸水性ポリマー(以下、ポリマー)による掘削用安定液¹⁾の技術を応用し、施工後に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。ポリマーは水と混合攪拌させると吸水膨潤し、分離材によって離水する性質を持つ。ポリマーを吸水膨潤させたポリマー溶液を地盤に注入すると、土粒子の間隙内でポリマー粒子が目詰まりを起こし、遮水性を有したポリマー改良土を得ることができる。また、改良土に分離材を注入すると、ポリマーが離水して、遮水性能を失う。この改良土を山留め壁の一部に適用することで、地下水流動阻害問題を解消する山留め壁の造成が期待できる。

本稿では、一次元模型地盤におけるポリマー溶液注入実験結果²⁾を踏まえ、二次元模型地盤に対するポリマー溶液の注入・改良土の透水試験を行い、実地盤に近い条件および実施工に近い方法で注入特性と遮水性能を確認することを目的とする。

2. 実験概要

一次元注入実験では、土粒子の間隙径に対しポリマー粒径が小さいほうが、注入範囲が増加するという傾向が得られた。本実験では、使用硅砂の粒径を変化させた二次元模型地盤を Case1・Case2 の二通り作成して、ポリマー溶液の注入実験、注入後の改良土から採取したサンプルの透水試験を行い、土粒子の粒径が注入特性および遮水性能に及ぼす影響を二次元注入実験において確認した。さらに Case2 では離水試験を行い離水の進行の様子を確かめた。

3. 実験方法および条件

内径 90cm、高さ 10cm の二次元土槽に硅砂を詰め、土槽中心にある注入パイプから所定の圧力でポリマー溶液を注入して注入実験を実施する。図-1 に実験装置の概略を示す。ポリマー溶液の注入実験条件を表-1 に、改良土サンプルの透水試験条件を表-2 に示す。Case2 では、Case1 よりも粒径の大きい硅砂を用いることで、土粒子の間隙径を変化させている。また、ポリマーには地盤建設用ポリマー剤の GEOSAP を使用している。

表-1 ポリマー溶液注入実験条件

	ポリマー溶液物性					模型地盤物性							注入条件
	吸水ポリマー剤	吸水倍率 Q	自由水率 η (%)	ポリマー粒径 (吸水後) (mm)	粘度 (60rpm) (P)	硅砂	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	相対密度 Dr (%)	平均粒径 D ₅₀ (mm)	15%粒径 D ₁₅ (mm)	有効注入圧 P (kPa)
Case1	GEOSAP	20	70	0.0966	3.24	5号	2.62	1.55	0.689	40.7	0.49	0.35	300
Case2	GEOSAP	20	70	0.0966	3.24	4号	2.64	1.64	0.599	60.4	0.73	0.54	300

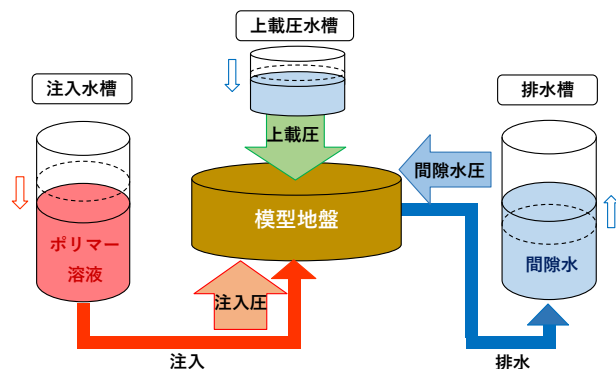


図-1 実験装置概略図

表-2 定水位三軸透水試験条件

	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)	セル圧 (kPa)	水頭差 h (cm)	動水勾配 i
Case1	5.09	5.00	19.63	100	320	1020	200
Case2	5.14	5.00	19.63	50	310	510	99

実験手順は以下の通りである。①二次元土槽内に水中落下法により、飽和した硅砂の模型地盤を作成する。②排水槽に水を入れ、模型地盤に間隙水圧 10kPa を加圧する。③上載圧水槽に水を入れ、模型地盤に水圧によって上載圧 320kPa を徐々に載荷する。④注入水槽にポリマー溶液を入れ、注入圧 310kPa(有効注入圧 300kPa)で注入実験を開始する。⑤排水槽の水位変化から求めた注入量に、収束が見られた時点で注入を止め、土槽を解体し注入状態を観察する。⑥改良土から供試体を採取して定水位三軸透水試験を行う。ただし、Case2 に関しては土槽解体前に分離材として塩化カルシウム水溶液を注入し、離水試験を行う。

キーワード 高吸水性ポリマー、山留め壁、注入工法、遮水性

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学赤木研究室 TEL 03-5286-3405

4. 実験結果

[ポリマー溶液注入実験]

Case1 および Case2 の模型地盤上方から観察した注入状態を図-2、図-3に示す。Case1 では、ポリマー溶液を着色したため注入範囲は赤く示されている。一方で、Case2 では間隙水を着色したため白い部分が注入範囲であるが、ポリマー溶液の注入後に着色した分離材を注入し離水試験を実施したため、離水が脈状に進行した様子も確認できる。

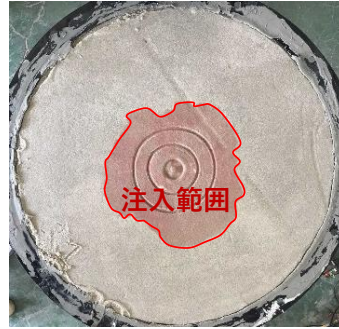


図-2 Case1 注入状態

図-3 Case2 注入状態

図-4 に注入過程における経過時間と推定注入直径の関係を示す。ここでの推定注入直径とは、ポリマー溶液の注入が真円状に広がったと仮定した場合の注入範囲の直径を、注入量と模型地盤の間隙比から算出したものである。また、ポリマー溶液は固化しないため、Case1 では 25 時間、Case2 では 65 時間という長時間にわたる注入実験が可能である。図-4 より、Case1 よりも Case2 のほうが、注入範囲が大きいということが定量的に確認できる。以上より、ポリマー粒径に対し土粒子の間隙径が大きいほうが、注入性が高いといえる。

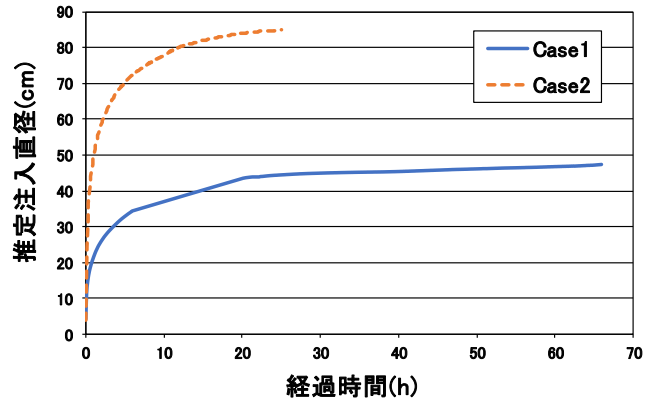


図-4 経過時間と推定注入直径の関係

[透水試験]

注入実験で得られた改良土サンプルの定水位三軸透水試験結果を Case1・Case2 それぞれについて表-3、図-5に示す。Case1 では、ポリマー溶液の注入範囲から採取した 4 つのサンプル全てにおいて 10^{-9} (cm)オーダーの良好な遮水性能が確認された。一方で、Case2 の改良土サンプルでは透水試験開始から 80 分までは遮水性を保っていたが、時間が経過するにつれて透水量が急激に増加するという現象が発生していた。これは、粒径が大きい硅砂 4 号の間隙を、注入により充填されたポリマー粒子が変形および流動可能であるため、透水試験中に徐々に押し流されて水みちが発生したためだと考えられる。

表-3 Case1 改良土サンプル透水試験結果

サンプルNo.	1	2	3	4
透水時間T (h)	95.6			
透水量Q (cm ³)	7.49	13.1	13.8	5.5
透水係数k (cm/s)	4.90×10^{-9}	8.56×10^{-9}	8.98×10^{-9}	3.60×10^{-9}

一方別途、改良土の強熱減量試験を実施し、間隙中をポリマー粒子が占める割合である填充率³⁾を算出した結果、Case1 では、60%~70%程度あったのに対し、Case2 では、50%~60%であり 10%ほど低かった。以上のことから、ポリマー粒径と地盤粒径との比に相当するグラウタビリティおよび填充率の観点から、遮水性能の検討が必要であると考えられる。

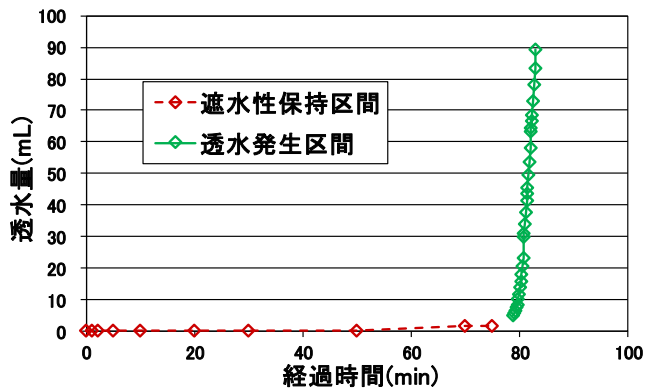


図-5 Case2 改良土サンプル透水試験結果

5. まとめ

二次元模型地盤において、ポリマー粒径に対して土粒子の間隙径を大きくすることで、ポリマー溶液の注入範囲が増加するという傾向が得られた。一方で、間隙の填充率が低下し遮水性能が損なわれることも確認された。間隙が十分にポリマー粒子で充填されていない場合、時間の経過とともにポリマー粒子が押し流され、遮水性能が低下する可能性が高まると考えられる。そのため、今後の課題として、改良土に対して長期的な透水試験を実施し、グラウタビリティおよび填充率の観点から遮水特性を正確に把握する必要がある。

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), 安藤・間(株)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(株), 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。

《参考文献》

- 1)岩崎光紀 他「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 回年次学術講演会』, pp467-469
- 2)水原祐哉 他「一次元模型地盤を用いた高吸水性ポリマーの地盤注入特性に関する研究」, 『土木学会第 73 回年次学術講演会』(投稿中)
- 3)廣瀬雅弥 他「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』(投稿中)