

高吸水性ポリマーの浸透注入および改良土の透水性回復

高吸水性ポリマー 浸透注入 透水性

早稲田大学 学生会員 ○廣瀬 雅弥  
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一

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ような大深度地下利用に伴う掘削工事において、山留め壁の構築が不可欠である。しかし、従来多用されているソイルセメント地中連続壁は高い遮水性能を有するが、永久構造物であるため、施工完了後に地下水流動阻害の原因となる恐れがある。

本研究は、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溶液(以降、ポリマー溶液)による地盤掘削技術を応用することで、遮水性と透水回復性を兼ね備えた山留め壁の構築を目標としている。特に、地盤中にポリマー溶液を浸透注入して遮水壁を造成、また工事の完了後、遮水壁が不要になった時点で離水剤(塩化カルシウム等)の水溶液を改良壁体中に注入し、吸水したポリマー(以降、ポリマー粒)から水を分離(以降、離水)させて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、食紅で着色した水道水(以降、着色水)で飽和した珪砂5号(以降、珪砂)の模擬地盤に吸水倍率が異なる2種類のポリマー溶液を注入した供試体の性状と遮水性、さらに離水後の透水性について報告する。

2. 高吸水性ポリマーの浸透注入

2.1 試験概要

ポリマー溶液は吸水倍率によって、その粘性、およびポリマー粒の硬度が異なる。そのため、図-1の容器中の模擬地盤に吸水倍率が異なるポリマー溶液を200kPa および 300kPa の注入圧で注入を試みた。ポリマー溶液の物性を表-1に、模擬地盤の物性を表-2に示す。注入終了後、供試体を脱型し、注入状況を確認した。

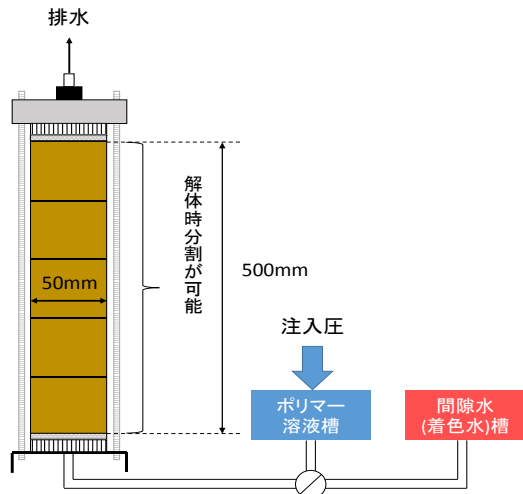


図-1 試験装置概略図

表-1 ポリマー溶液の物性

ポリマー溶液		A	B
ポリマー吸水倍率	(g/g)	150	410
ポリマーの吸水前粒径	D <sub>b</sub> (mm)	0.035	0.035
ポリマーの吸水後粒径	D <sub>a</sub> (mm)	0.186	0.260

表-2 模擬地盤の物性

使用砂	乾燥密度 ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	間隙比 e	平均粒径 D <sub>50</sub> (mm)
珪砂5号	1.57	0.65	0.56

吸水倍率は下式で求めている。

$$\text{吸水倍率} = \frac{\text{吸水した水の質量(g)}}{\text{吸水前ポリマー質量(g)}}$$

吸水後粒径はポリマー粒を球形と仮定し、下式で求めている。

$$\text{吸水後粒径} D_a (\text{mm}) = \text{吸水前粒径} D_b (\text{mm}) \times (\text{吸水倍率})^{\frac{1}{3}}$$

2.2 試験手順

- ① 容器中に空中落下法で珪砂の模擬地盤を作成する。
- ② ポリマー溶液槽にポリマー溶液を、間隙水槽に着色水を入れる。
- ③ 容器下端より着色水を水頭差により注入し、珪砂を飽和させる。
- ④ ポリマー溶液槽に所定の注入圧を加え、容器下端より、ポリマー溶液を48時間程度注入する。
- ⑤ 注入後、脱型し注入状態を観察する。

2.3 試験結果

注入後の各供試体の状態を模式的に表したものを図-2に示す。また、図-3は脱型後の供試体の状況を示している。

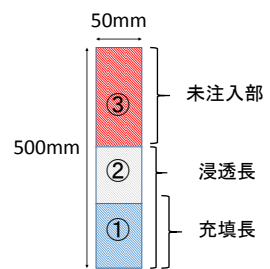


図-2 供試体断面の模式図

図-3 脱型後供試体

図-2で、区間①は自立可能であり、区間②は自重で変形が生じる範囲を示している。この区間①、②は着色水(赤色)が完全に置換され、本来の珪砂の色調を呈している。また、区間①は粘性が高いポリマー溶液で置換され、区間②では水で飽和した珪砂に近い状態であった。一方、区間③は自重で完全に崩壊する範囲であり、着色水の色調を呈し、ポリマー溶液が浸透していない。

図-3はポリマー溶液Aを300kPaの圧力で注入した供試体の脱型した状態である。全長50cmの供試体が前述の区間①～③で分離している。なお、図中の○数字は図-2に対応している。

ポリマー粒は周囲の水(溶媒)とポリマー粒内部のイオ

ン濃度差から生じる浸透圧が表面の半透膜に作用して平衡状態を保っている。一方、ポリマー溶液が砂粒子中を浸透していく過程で、砂粒子と接触し、ポリマー粒に摩擦力が働く。この摩擦力によってポリマー粒の半透膜の一部が損傷し、吸水した水が離水するものと考えられ、離水がほとんど生じていない区間①と離水が進行した区間②および未置換の区間③に分かれたものと考えられる。また、区間①で遮水機能が生じた結果ポリマー溶液の浸透性が低下し、未注入部の区間③が残ったものと言える。

図-2 で示した浸透長と充填長を 図-4 に示す。

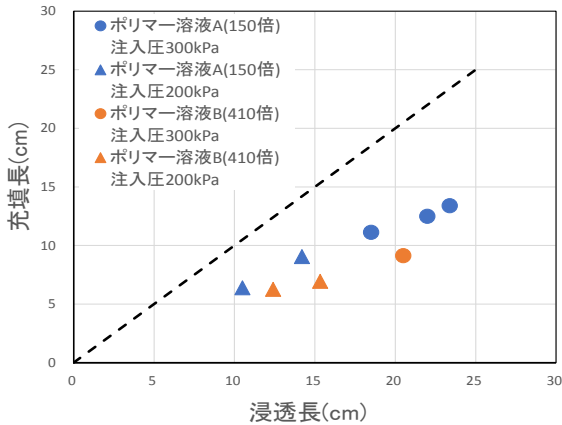


図-4 浸透長と充填長の関係

図-4 より、同一吸水倍率では注入圧 300kPa の充填長が大きく、同一注入圧ではポリマー溶液 A の充填長が大きい。これは、吸水倍率が低いポリマー溶液 A はポリマー粒の半透膜が厚く、離水に対し抵抗を持つためと考えられる。

以上の結果から、遮水性能を発揮する区間①を得るためには、より小さい吸水倍率のポリマー溶液を高圧で注入する方法が有効であると言える。

### 3. 遮水性能および透水性回復

#### 3.1 試験概要

2. で作製した 4 ケースの供試体の区間①に対して、三軸透水試験を実施した。透水試験後に、塩化カルシウム水溶液(以降、塩カル水溶液)を注入してポリマーの離水作用による透水性の回復を確認した。なお、試験装置の概要を 図-5 に示す。

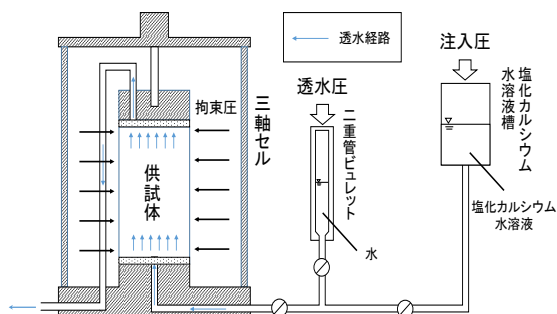


図-5 試験装置概略図

#### 3.2 試験手順

①供試体の脱型後、区間①を切出し、ゴムスリーブで覆い三軸セル内にセットする。

#### [遮水性確認]

②側圧を 300kPa とし、二重管ビュレットを用いて 40kPa の透水圧を加え、24 時間程度透水量を測定する。

#### [透水性回復確認]

③管路内の水を塩カル水溶液に交換する。

④塩カル水溶液槽から 40kPa の注入圧を加え、排水量を測定する。

### 3.3 試験結果

透水試験の結果、透水量はいずれも 0cm<sup>3</sup> であり、遮水性を確認した。透水性回復後の透水係数を 図-6 に示す。図中には未改良の珪砂の透水係数も併記している。

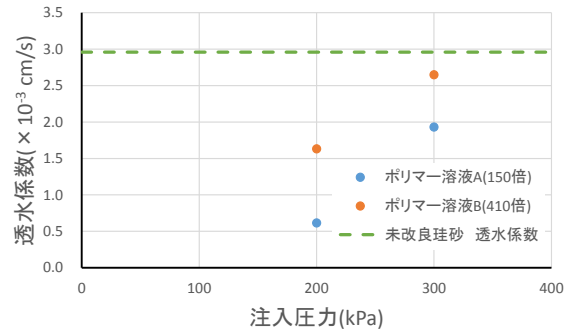


図-6 透水性回復後の透水係数

いずれのケースも、透水係数が 10<sup>-3</sup>(cm/s) のオーダー程度まで回復した。図-6 より、回復後の透水係数は同一吸水倍率では注入圧 300kPa の方が大きく、同一注入圧力では吸水倍率が小さいポリマー溶液 A に比して、吸水倍率の大きいポリマー溶液 B の方が大きい。理由として、注入圧が高いときは注入速度が速く、ポリマー粒の半透膜が大きな摩擦力を受けるため、また、吸水倍率の大きいポリマー溶液 B はポリマー粒の半透膜が薄く、離水に対し抵抗が低いため、塩化カル水溶液注入時の離水作用を顕著に受けたと考えられる。

### 4. まとめおよび今後の課題

吸水倍率が小さいポリマー溶液 A は注入時の離水に対する抵抗を持ち、ポリマー溶液 A を高圧で注入することでより充填長を得られた。一方、同一注入圧では吸水倍率の大きいポリマー溶液 B の方が透水性の回復後の透水係数が高い。透水係数はいずれも 10<sup>-3</sup>(cm/s) のオーダー程度まで回復していたため、遮水性を考慮し、充填長を得るために吸水倍率が小さい、高強度のポリマー溶液を高圧で注入することが好ましいと言える。

現状では、改良土の品質管理法が課題であり、解決策としてイオンクロマトグラフィーおよび強熱減量試験による改良土のポリマー含有量調査を検討している。

本研究は、AWARD-Pmr 工法共同研究会(前田建設工業㈱、(株)安藤・間、(株)地域地盤環境研究所、戸田建設㈱、西松建設㈱、日特建設㈱、(有)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：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