

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および遮水性能について

早稲田大学大学院
早稲田大学大学院
早稲田大学大学院
前田建設工業（株）
（株）安藤・間

学生会員
フェロー会員
学生会員
フェロー会員
正会員

○北村 真歩
赤木 寛一
水原 祐哉
石黒 健
足立 有史

1. はじめに

大規模な線状地下構造物建設においては、山留壁の構築が不可欠であり、従来はシートパイルやソイルセメント地中連続壁によって構築されている。一方、上記の壁体は先端が地盤深くまで達することで滞水層を遮断し、地下水の流動を恒久的に阻害する場合がある。その結果、地下水流の上流では地下水位の上昇に伴い、液状化危険度の上昇、地下施設の浮上や地盤の湿潤化による植生への悪影響を、下流では地下水位の低下による地盤沈下や井戸水の枯渇を誘発する恐れがある。本研究は上記のような既往工法が誘発する地下水流動阻害の解決を目的とするものである。筆者らは、既往の高吸水性ポリマー(以降,ポリマー)と水を混練したポリマー溶液による地盤掘削技術¹⁾を応用し、ポリマー溶液を地盤間隙中に注入することによる遮水性と透水回復性を両立した遮水構造の構築を目標としている。

2. 実験概要

ここでは、図-1に示すように珪砂4号(D60=0.787mm)で作製した一次元的模型地盤(D=5cm,H=50cm)に6つの異なる配合のポリマー溶液(表-1)を300kPaで一定の空気圧を介して注入した際の注入状況・注入後地盤の遮水性に関して調査した。また、ポリマーの燃焼特性に着目して強熱減量試験を実施し、地盤中のポリマーの充填状況についても確認した。注入材であるポリマー溶液は、単位質量あたりのポリマーの吸水量(吸水倍率)と吸水量以上の水を添加した際に生じる余剰水の溶液中の比率(自由水率)によって配合を管理している。本稿では、現場施工の効率性、経済性、品質確保を目的として、①「注入領域が大きいこと」②「注入速度が速いこと」③「使用材料量が少ないこと」④「遮水性能が確保されること」⑤「注入範囲内で充填の均一性が確保されること」⑥「透水試験時にポリマー粒子の抜け出しに対して十分な抵抗を有すること」以上6つの評価指標を満たすポリマー溶液の配合を検討した。

表-1 実験条件

Case名	ポリマー溶液配合			模型地盤物性	
	吸水倍率 Q (g/g)	自由水率 η (%)	粘度 μ (P)	母材	間隙比 e
Case1	20	70	2.30	珪砂 4号	0.532
Case2	100	70	0.10		
Case3	200	70	0.15		
Case4	400	0	0.93		
Case5	400	70	0.21		
Case6	400	90	限界以下		

3. 実験方法および条件

【一次元注入試験】①円筒容器中に空中落下法で珪砂の模型地盤を作製する。
②所定配合のポリマー溶液を混練する。③模型地盤を水道水で飽和させる。
④所定の注入圧(300kPa)を加え、模型地盤下端よりポリマー溶液を注入する。
⑤排水量（≒ポリマー注入量）を時間ごとに計測する。（図-1）

【透水試験】①注入完了後の円筒容器下端に二重管ビュレットを接続する。
②ビュレット上部に空気圧を載荷し、所定の動水勾配に応じた水頭差を供試体に加える。③差圧計を介しビュレット水位を時間ごとに計測し、透水量および透水係数を求める。

【強熱減量試験】模型地盤解体後、高さ方向に5cm間隔で試料を採取し、強熱減量試験を行う。詳細な手順は参考文献²⁾に示す。

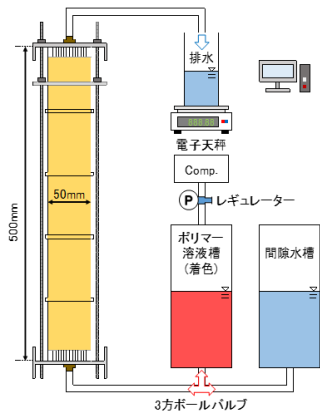


図-1 注入試験模式図

キーワード 高吸水性ポリマー、遮水壁、地盤改良、注入試験、透水試験、強熱減量試験

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 205 号室 TEL 03-5286-3405

4. 実験結果

一次元注入試験時の経過時間と注入量の関係を図-2に示す。ポリマー溶液は固化しないため、間隙内でポリマーが目詰まりした場合には Case1～5 のように注入量が収束する。一方で、ポリマー添加量および粘性が極端に小さい Case6 では、ポリマーが間隙を透過したために注入量が線形的に増加する結果となった。

表-2 に注入試験、25kPa の低水压下での透水試験および強熱減量試験結果を示す。ここでの充填長とは50cm の模型地盤内でポリマーが充填されている長さである。また、注入速度は注入開始から1分間の注入量であり、使用粉体量は注入量が収束するまでに必要であった吸水前のポリマー量である。Case1 は充填長や充填の均一性は良好な値を示しているが、注入速度が遅く使用粉体量が多いため、前述の施工性・経済性の観点から最適配合とはいえない。Case2～5 を比較すると、充填長・透水係数・均一性について同等な結果を示しているため、注入速度が大きく使用粉体量が少ない Case5 を硅砂4号に対する最適配合と決定した。

図-3 は Case5 についてポリマーの抜け出しに対する抵抗性を確認するために 100kPa の高水压下で透水試験結果である。透水初期は $3.39 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ の遮水性を有していたが、10 分ほどで透水量が徐々に増加し、最終的には母材近くの $1.10 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ まで透水性が上昇した。これは、間隙中のポリマーが水压により抜け出し水みちが発生したためだと考えられる。抜け出しに対する抵抗性は工法の適用範囲を決定するために重要であるため、Case5 と同様の配合で透水試験時の圧力を変化させて抜け出しが発生するまでに所要する時間を測定した結果を図-4 に示す。白抜きのプロットは抜け出しが確認されたもので、塗りつぶしたプロットはその時点で遮水性能が維持されていたものである。水压が低くなるほど抜け出しに要する時間が増大する傾向が得られた。

5. まとめ

現場施工の効率性、経済性の観点から Case5 の配合を硅砂4号における最適配合としたが、ポリマーの抜け出しに対する抵抗性は限定的な値となってしまった。しかし、図-4 に示したように硅砂5号ではより良好な抜け出しに対する抵抗性を得られているため、母材粒度の影響が大きいと考えられる。今後は、現場に近い粒度の母材を用いて同様の実験を継続し、本工法の適用範囲の明確化を図っていく所存である。

本研究は、気泡工法研究会 AWARD-Pmr2 工法研究会(前田建設工業(株), 柳安藤・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), ㈱マグマ, ㈱ミヤマ工業)の支援により得られた成果である。記して謝意を表する。

6. 参考文献

- 1) 浅野 均, 赤木 寛一, 下坂 賢二, 近藤 義正: 高吸水性ポリマー材を利用した地盤掘削安定液の基本性状と場所打ち杭工法への適用, 土木学会論文集,(トンネル工学), Vol. 73, No2 pp71～87, 2017.
- 2) 廣瀬雅弥, 赤木寛一: 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, pp679～678

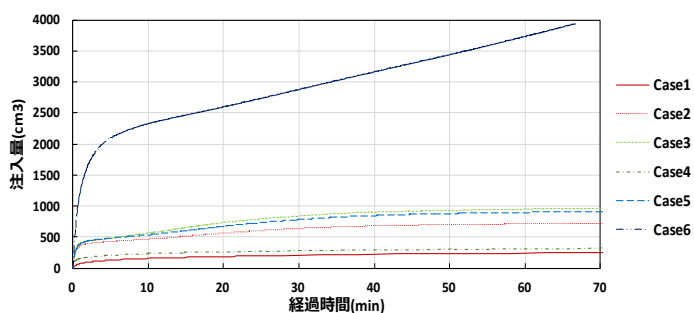


図-2 注入試験結果

表-2 注入・透水(低水压下)・強熱減量試験結果

Case名	充填長 (cm)	注入速度 (cm³/min)	使用粉体量 (g)	透水係数 (cm/s)	ポリマー充填の均一性
Case1	45	75	1.50	2.55×10^{-8}	◎
Case2	30	358	0.35	4.21×10^{-7}	○
Case3	35	406	0.14	5.13×10^{-7}	○
Case4	27	155	0.08	3.24×10^{-8}	○
Case5	31	391	0.08	6.48×10^{-7}	○
Case6	33	1248	—	5.42×10^{-4}	×

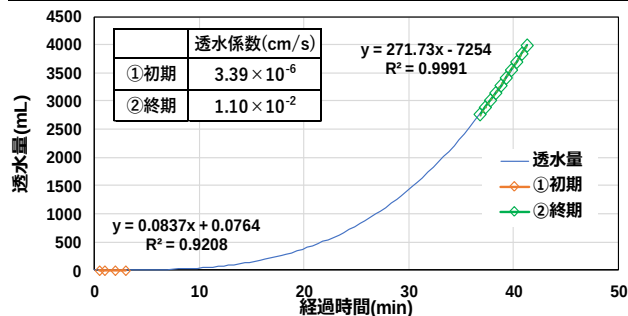


図-3 Case5 における透水試験結果(高水压下)

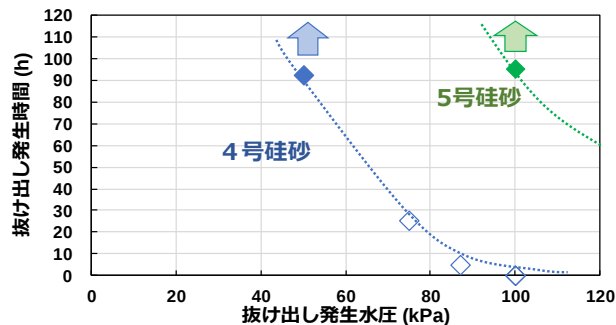


図-4 ポリマーの抜け出しが発生する圧力と時間の関係