

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ついて

早稲田大学 学生会員 ○水原 祐哉
 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 北村 真歩

1.はじめに

地下掘削用山留壁として多用されるソイルセメント地中連続壁は、工事完了後も永久構造物として残り続ける。そのため、地下水の流動を阻害し、周辺環境に悪影響を及ぼす恐れがある。

本研究は、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の技術を応用した、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。本工法は、吸水膨潤させたポリマーと水の混合液であるポリマー溶液を地盤に注入するため、溶液の注入特性を把握することが必要である。

本稿では、注入材であるポリマー溶液と模型地盤の性状が浸透距離に与える影響について、一次元模型地盤を用いた注入実験の結果より報告する。

2.実験方法および条件

直径 50mm、長さ 500mm の円筒容器に試料砂を詰め、吸水膨潤したポリマーと水の懸濁液(以下、ポリマー溶液)を下端から所定圧力で注入して浸透距離を調べた。図-1 に実験装置の概要を示す。ここで、模型地盤には珪砂 4 号を、ポリマーには地盤建設用ポリマー剤(GEOSAP)を使用している。実験手順は以下の通りである。

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注入を可視化するためにポリマー溶液槽に着色したポリマー溶液を入れ、間隙水槽に水道水を入れる。③容器下端より水道水を水頭差により浸透させる。模型地盤を飽和させる。④ポリマー溶液槽に所定の注入圧を加え、容器下端より、ポリマー溶液を注入する。⑤注入量に収束が見られた時点で停止し、円筒容器から模型地盤部分を脱型後、注入状態を観察する。

各ケースの注入条件および溶液の性状を表-1 に示す。ただし、ここに示される粘度は回転粘度計(回転数 60rpm)で測定した見かけ粘度で、粒径はポリマーが真球状に吸水膨潤すると仮定して、吸水倍率より算出した値である。ポリマーの吸水倍率 Q とは式(1)で定義され、吸水後のポリマーの粒径に影響するパラメーターである。ポリマーは粒子内外のイオン濃度差で生じる浸透圧により吸水膨潤しているため、塩化ナトリウムで溶媒のイオン濃度を調整することで同一のポリマーであっても吸水倍率を操作することができる。また自由水率 η は溶液中でポリマーに吸水されていない水(自由水)の割合で、式(2)で定義される。

$$Q = (\text{吸収した水の質量}) / (\text{ポリマー質量}) \tag{1}$$

$$\eta(\%) = (\text{自由水の質量}) / (\text{ポリマー溶液の質量}) \times 100 \tag{2}$$

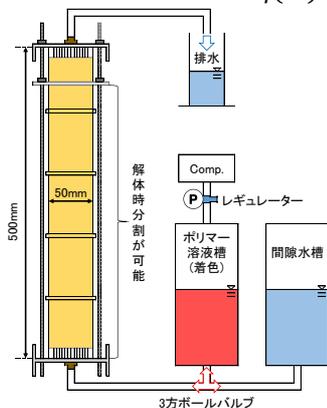


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

Case	A	B	C	D	E	F	G	H
吸水ポリマー剤	G E O S A P							
吸水倍率 Q	20	20	170	80	20	20	20	150
自由水率 η %	70	60	0	35	70	90	90	0
吸水後ポリマー粒径 mm	0.10	0.10	0.19	0.15	0.097	0.097	0.10	0.19
粘 度 μ	2.51	9.43	2.62	2.65	3.09	≤ 0.02	≤ 0.02	3.93
土粒子密度 ρ_s g/cm ³	2.643							
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.746	1.747	1.747	1.747	1.724	1.725	1.725	1.725
間 隙 比 e	0.514	0.513	0.513	0.513	0.533	0.532	0.533	0.532
相 対 密 度 D_r %	106.3	106.7	106.7	106.7	98.69	98.91	98.76	98.87
平均粒径 D_{50} mm	0.73							
15% 粒径 D_{15} mm	0.54							
注 入 圧 P kPa	300			200		300	100	300

キーワード 高吸水性ポリマー, 山留め壁, 注入工法

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

3.実験結果

ポリマー溶液の定圧注入では、ポリマー粒子が土粒子間隙中で目詰まりを起こすことで注入性が低下し収束する。この際、溶液中の自由水が先行して注入されるため、ポリマー粒子が到達した距離と溶液が達した距離が一致しない。そこで、本実験では溶液ではなくポリマー粒子が到達した距離を脱型後の模型地盤部分の触診および、強熱減量試験²⁾によって推定し、充填長として結果を整理した。

(1)粘度による影響

ポリマー溶液の自由水率を高めることにより粘度のみを操作した 3 ケース(F, A, B)で充填長を比較した結果を図-2 に示す(注入圧および吸水後ポリマー粒径は統一)。ただし、ケース F の粘度は今回使用した粘度計の測定限界以下であったため、測定下限値(0.02P)とした。図中のプロットの添え字は実験ケースと対応している。この結果より粘度と充填長に負の相関があることが分かる。

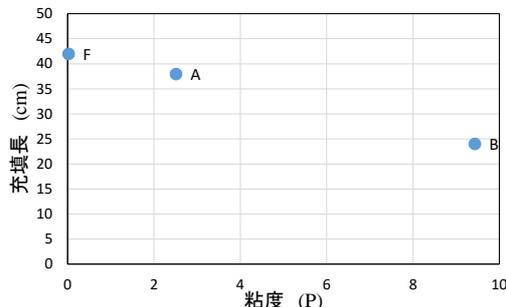


図-2 粘度と充填長の関係

(2)注入圧による影響

ポリマーの粒径を同程度にそろえ、注入圧をそれぞれ 100, 200, 300kPa とした 3 ケース(G, E, F)で充填長を比較した結果を図-3 に示す。この結果より注入圧と充填長に正の相関があることが分かる、ただしケース E は他の 2 ケースに比べて、自由水率が低く粘度が大きいので、他と同程度の粘度であれば、さらに充填長が大きくなることが想定される。

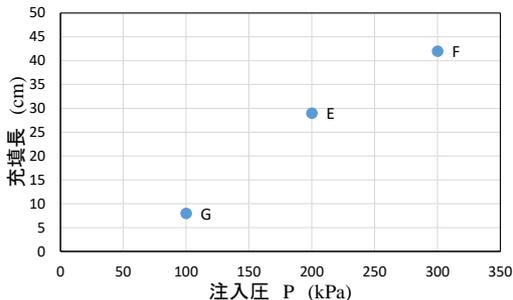


図-3 注入圧と充填長の関係

(3)粒径による影響

注入圧を 300kPa, 粘度を 2~4P 程度にそろえ、吸水倍率を変化させることによって粒子径をかえた 4 ケース(A, D, H, C)で充填長を比較した結果を図-4 に示す。この結果は粒径が小さい粒子の方が遠くまで注入されやすいということを定量的に示しているといえる。

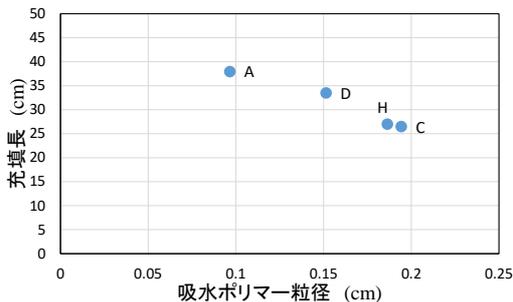


図-4 吸水ポリマー粒径と充填長の関係

4.まとめ

本実験で得られたことは以下の 3 つである。①粘度が小さい方ほど、充填長が大きくなる。②注入圧が大きいほど充填長が大きくなる。③粒子径が小さいほど充填長が大きくなる。

今回の実験では注入対象の地盤の条件を統一して、ポリマー溶液の物性および注入圧力が充填長に与える影響を調べたが、工法の実用化に向けて、今後は地盤の状態が、充填長にどのような影響を与えるかを調べる予定である。

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), (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), (株)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) 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)