

# 高吸水性ポリマー溶液の地盤注入特性に関する研究(その1) ～一次元地盤注入におけるグラウタビリティおよび粘性が与える影響～

高吸水性ポリマー 遮水壁 透水性

早稲田大学 学生会員 ○水原 祐哉  
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一  
早稲田大学 学生会員 北村 真歩  
早稲田大学 学生会員 廣瀬 雅弥

## 1. はじめに

地下掘削用山留め壁は、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るため、工事完了後も恒久的に遮水性を有するが、地盤に地下水流が存在する場合にはその流れを阻害する場合がある。

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の技術<sup>1)</sup>を応用し、施工時の遮水性の確保および施工後の透水性回復が可能な山留壁の施工技術の開発を目的としている。

本稿では、その研究の一環として、薬液注入工法で用いられる、懸濁液の注入可否を判断する指標であるグラウタビリティとポリマー溶液が有する粘性の両方を操作して、ポリマー溶液の一次元地盤への注入性について調査した結果を報告する。

## 2. ポリマー溶液の特性

ポリマーの吸水作用は、ポリマー内外のイオン濃度差によって生じる浸透圧によって発揮される。したがってポリマーと混合攪拌させる溶媒の電気伝導率を塩化ナトリウムの添加によって調整することで、ポリマーの質量に対する吸水した水の質量比(以下、吸水倍率)を変化させることができる。ここで、溶媒には水道水に対し塩化ナトリウムを添加した溶液を用いている。溶媒の電気伝導率と吸水倍率の関係を図-1 に示す。吸水膨潤したポリマーの粒径は、吸水前のポリマーの粒径と吸水倍率によって決まり、吸水後のポリマーを真球形で水と密度が等しいと近似すると、次式で求められる。

$$D_a = (Q + 1)^{1/3} \cdot D_b \quad (1)$$

ここに、 $Q$ :吸水倍率、 $D_a$ :吸水後ポリマー粒径、 $D_b$ :吸水前ポリマー粒径

ポリマー質量と吸水倍率の積は、その溶液下でポリマーが吸収できる水量の最大値を表し、それ以上の水と混合攪拌させた場合、ポリマーに吸水されない余剰の水が生じる。これを自由水と定義し、全水量に対する自由水の割合を自由水率として(2)式で定義する。

$$\text{自由水率: } \eta(\%) = (\text{自由水の質量}) / (\text{全水量}) \times 100 \quad (2)$$

ポリマー溶液は非ニュートン流体であり、その粘度は吸水倍率と自由水率によって決まる。自由水率0%における吸水倍率と粘度の関係を図-2 に、吸水倍率80および170倍における自由水率と粘度の関係を図-3 に示す。測定器は共軸二筒型回転式粘度計(PM-2)を用い、回転数60rpmの見掛け粘度で示している。

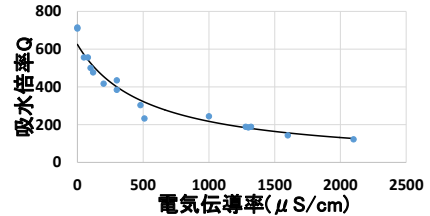


図-1 吸水倍率の逆数と電気伝導率の関係

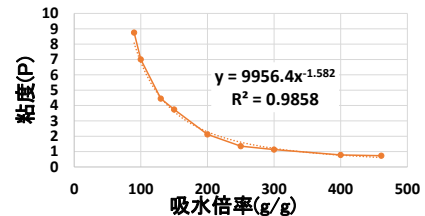


図-2 粘度と吸水倍率の関係(自由水0%)

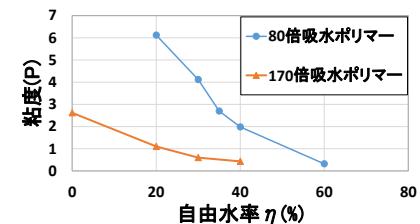


図-3 自由水率と粘度の関係

## 3. ポリマー溶液の一次元注入実験

### 3.1 試験概要

グラウタビリティとポリマー溶液の粘性が注入性に与える影響について確認するために一次元地盤に対して注入実験(以下、一次元注入実験)を試みた。グラウタビリティは注入材(ポリマー)の85%粒径と土の15%粒径の比として(3)式で表される。

$$G_R = D_{15} / G_{85} \quad (3)$$

ここに、 $G_R$ :グラウタビリティ、 $D_{15}$ :土の15%粒径、 $G_{85}$ :注入材の85%粒径

図-4 には実験装置の概要を示す。土試料およびポリマー溶液の物性を変え、間接的にグラウタビリティおよび粘度を操作し計8ケース実験を行った。各ケースの試験条件を表-1 に示す。なお最大圧力300kPaで注入し、注入量に収束が見られるまで実験を続けた。

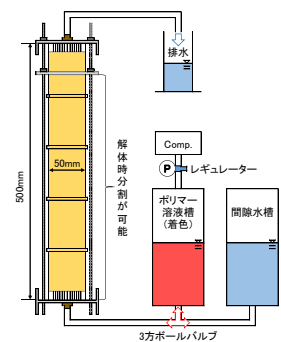


図-4 試験装置概要

表-1 試験条件

Case	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
吸水ポリマー剤	G E O S A P							
吸水倍率 Q	150	150	20	20	20	20	80	170
自由水率 $\eta$ %	20	70	70	60	70	80	35	0
吸水後ポリマー粒径 $G_{50}$ mm	0.19	0.19	0.097	0.097	0.097	0.097	0.15	0.19
粘度 P	1.36	測定限界以下	2.40	9.43	2.51	0.36	2.65	2.62
試料土	珪砂5号			珪砂4号				
土粒子密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.62			2.62				
乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	1.62	1.62	1.62	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
間隙比 e	0.617	0.617	0.618	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
相対密度 $D_r$ %	65.5	65.5	65.4					
平均粒径 $D_{50}$ mm	0.493			0.75				
15% 粒径 $D_{15}$ mm	0.35			0.65				
グラウタビリティ $G_R$	1.88	1.88	3.62	6.73	6.73	6.73	4.30	3.35

3.2 試験手順

- ①円筒容器中(直径 50mm 高さ 500mm)に空中落下法で珪砂の模擬地盤を作製する。
- 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、ポリマー溶液を注入する。
- ⑤注入量に収束が見られた時点で停止し、脱型後注入状態を観察する。

3.3 試験結果

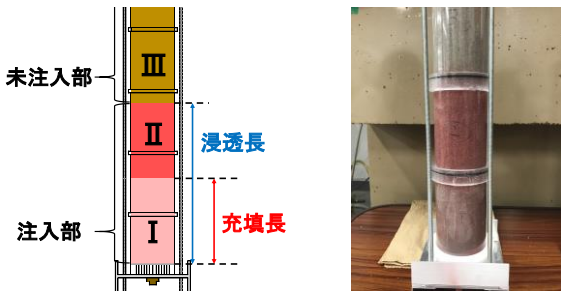


図-5 注入後地盤模式図 写真-1 注入後地盤状況

注入後の模型地盤を模式的に表したものを図-5 に、実際の様子を写真-1 に示す。着色したポリマー溶液に置換された区間(図-5 I - II)において、ポリマーが充填され自立する強度を持つ区間(図-5 I)と、

自立しない区間(図-5 II)があることが確認できた。区間 I - II の長さを浸透長、区間 I の長さを充填長として、各ケースの結果を表-2 に示す。

図-6 では粘度-グラウタビリティ平面上に充填長を縦棒の長さで表した(粘度測定限界以下を0とし図中の数字は充填長を表す)。ほぼ同一の粘

表-2 各ケースの浸透長と充填長

Case	$G_R$	粘度 (P)	浸透長 (cm)	充填長 (cm)
①	1.88	1.36	28.0	11.7
②	1.88	測定限界以下	28.5	4.8
③	3.62	2.39	28.7	13.9
④	6.73	9.43	32.0	24.0
⑤	6.73	2.51	円筒容器通過	38.0
⑥	6.73	0.36	円筒容器通過	29.0
⑦	4.29	2.65	円筒容器通過	33.5
⑧	3.35	2.62	46.0	26.5

度でグラウタビリティを変化させたケース⑤⑦⑧と比較すると、グラウタビリティと充填長の間に正の相関があることが分かる。一方、同一グラウタビリティで粘度を変化させたケース④⑤⑥では、粘度 2.51P のケース⑤が最も充填長が大きいという結果が得られた。

4. まとめおよび今後の課題

充填長で注入を評価した場合、グラウタビリティを大きくし、粘度を適切な値(今回の実験では 2.5P 程度)に設定することがよいと考えられる。しかしながら前述のとおりポリマー溶液は固結せず、目詰まりによる遮水を期待するため、グラウタビリティが大きすぎると吸水ポリマーが水圧により押し流され、十分な遮水性を発揮できない可能性がある。そのため、遮水性能に関しては別途調査する必要がある。

また、今回は一次元地盤での現象を評価したため、より現地盤に近い二次元地盤での再現性を並行して確認している<sup>2)</sup>。

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), (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 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) 北村真歩 他「高吸水性ポリマー溶液の地盤注入特性に関する研究(その 2) ～二次元土槽を用いた地盤注入および遮水性の確認～」、『第 14 回地盤工学会関東支部発表会』投稿中

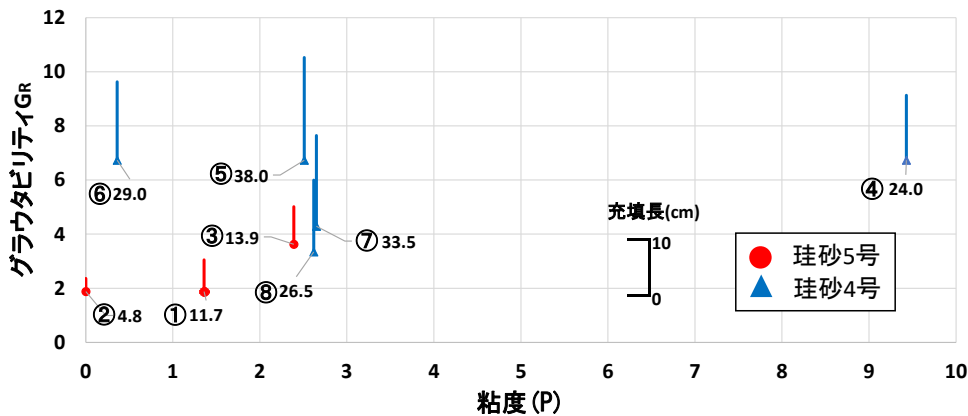


図-6 グ라우タビリティ  $G_R$  および粘度と充填長の関係