

# 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～

高吸水性ポリマー 遮水壁 透水性

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

### 1. はじめに

大深度地下利用において、地下掘削の際には山留め壁の構築が不可欠である。しかし、従来の山留め壁は剛性が高く恒久的に遮水性を保持するため、地下水流動阻害問題の原因となる恐れがある。

本研究では、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<sup>1)</sup>を応用し、ポリマー溶液を地盤に注入し山留め壁の一部に適用することで、施工時の遮水性の確保および施工後に透水性回復が可能な山留め壁の施工開発を目的としている。

本稿では、一次元注入実験<sup>2)</sup>において注入性の照査を行い、珪砂5号において、最も良好な注入性状が得られた配合のポリマー溶液を、より原地盤に近い二次元模型地盤に注入し、改良後の地盤の物性および遮水性を確認した。

### 2. 二次元模型地盤での注入特性と遮水特性実験

実験の目的は、一次元注入実験結果を踏まえ、より実地盤に近い条件および実施工に近い方法で注入特性や遮水性を確認することである。実地盤に近い条件とは、二次元方向に広がりや有する点や上載圧を載荷できる点である。実施工に近い条件として注入パイプを用いて注入を行う点が挙げられる。

#### 2.1 実験概要

図1に示す二次元模型地盤(土槽内径90cm,高さ10cm)にポリマー溶液を注入した。

図2のように注入時は上載圧を載荷させながら、注入水槽よりポリマー溶液を圧送し、注入に伴い押し出された間隙水を排水槽へ排出させる仕組みとなっている。

また、実験により確認する項目は、注入量、注入領域、ポリマー充填領域、注入領域の遮水性である。

計測は模型地盤内の間隙水圧(4点)、土槽底面の土圧、注入圧力、各水槽の圧力、排水槽の水位(差圧)である。

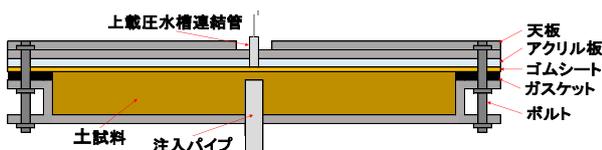


図1 二次元土槽断面図

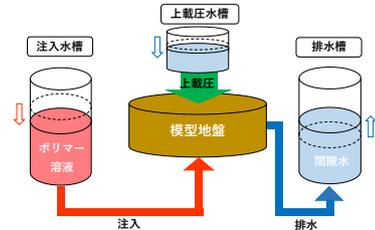


図2 二次元注入実験の概念図

#### 2.2 実験手順

- 1)土槽内で6cmの水深を保ち、水面より20cmの高さから試料砂を落下させる水中落下法により模型地盤を作製した。余盛り高さを3cmとし、余剰分の砂試料は除去した。
- 2)模型地盤内に間隙水圧10kPaを付与した。
- 3)上載圧320kPaを徐々に載荷し、模型地盤を圧密する。
- 4)圧密終了後、注入パイプ内の水をポリマー溶液で置換し、有効注入圧300kPaで注入を開始した。
- 5)注入量の収束を確認した後、土槽を解体し、模型地盤上面の硬度測定(山中式土壤硬度計)及び注入域からサンプリングを行い、定水位三軸透水試験を実施した。

#### 2.3 実験条件

模型地盤の物性値を表1に、ポリマー溶液の配合条件を表2に、実験条件を表3に示す。

表1 模型地盤の物性値

資料	土粒子の密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	15%粒径 $D_{15}$ (mm)	乾燥密度 $\rho_d$ ( $g/cm^3$ )	間隙比 $e$	相対密度 $Dr$ (%)
珪砂5号	2.623	0.35	1.533	0.6891	40.72

使用珪砂の15%粒径とポリマー粒径から求めたグラウタビリティ $G_R$ は3.62であった。

表2 ポリマー溶液配合条件と物性値

吸水倍率 $Q$	自由水率 $\eta$ (%)	吸水後 ポリマー粒径 $G_{50}$ (mm)	粘度 ( $P$ )
20	70	0.097	3.24

ポリマー溶液は一次元注入実験において良好な注入性が得られた配合で作製し、注入域を視覚化するため、食紅で着色した。吸水ポリマー剤にはGEOSAPを用いた。

表3 実験条件

注入圧 (kPa)	間隙水圧 (kPa)	有効注入圧 (kPa)	上載圧 (kPa)
310	10	300	320

## 2.4 実験結果

[注入実験]

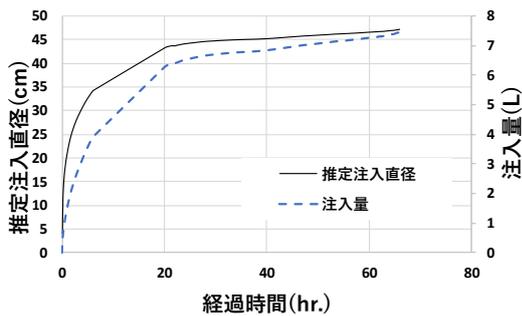


図3 経過時間と注入量,推定注入直径の関係

図3に注入時間と注入量の関係を示す。これより,約65時間で直径47cm程度までポリマー溶液が注入されたと推定される。なお図中には,推定注入直径として間隙がポリマー溶液で充填されているとして注入量より求めた数値も示している。

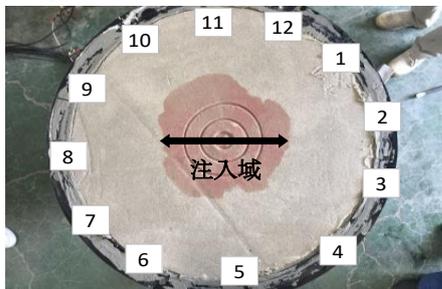


写真2 ポリマー溶液注入後の模型地盤上面

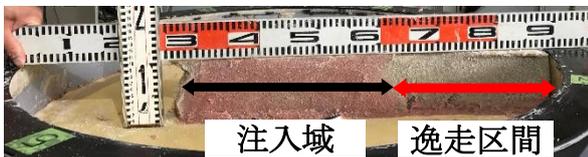


写真3 ポリマー溶液注入後の模型地盤断面

写真2,3は注入終了後の模型地盤の写真である。注入径を上面で実測すると平均45cm程度であった。なお,土槽底面から高さ約1cmの範囲でポリマー溶液の逸走が確認された。触診から,逸走区間にはポリマーが充填しておらず,ポリマー溶液中の自由水が底面を逸走したと考えられる。

[硬度測定]

模型地盤上面の硬度分布を図-3に示す(測定位置は写真2のNo.6-12線上)。なお,中心部は注入パイプの存在のため計測していない。

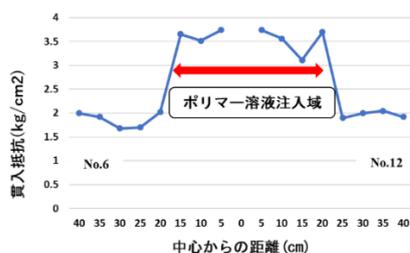


図3 硬度実験結果

図3より,注入パイプ近傍のポリマー溶液注入域が未注入域よりも硬度が高いことが確認された。この結果からポリマー溶液注入域においてポリマーが充填していると考えられる。

[透水試験]

透水試験結果を表4に示す。試験条件は,拘束圧310kPa,背圧0kPa,水頭差は圧力換算で100kPaである。なお,供試体のサンプリング位置を写真3中に示す。注入域の内側部分で2箇所,外側部分で2箇所のサンプルを採取した。

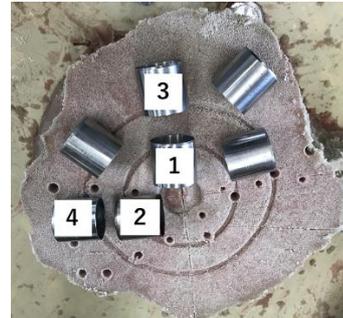


写真3 サンプリング状況

表4 定水位三軸透水試験結果

供試体No.	内側部分		外側部分	
	1	2	3	4
透水係数k (cm/s)	$4.90 \times 10^{-9}$	$8.56 \times 10^{-9}$	$8.98 \times 10^{-9}$	$3.60 \times 10^{-9}$

注入域内の中心部近傍と外縁部ともに同等の透水係数が得られ,注入域全域において十分な遮水性を得られていることが確認された。

### 3. まとめ

ポリマー溶液を二次元模型地盤に注入した結果,直径45cm程度の注入域が得られた。また定水位三軸透水試験より,注入域全域において高い遮水性を有していることが確認された。模型地盤上面の硬度の測定結果から,注入域は硬度が未注入域よりも増加していることが確認され,ポリマーの充填によるものと考えられる。

今後はポリマー溶液の注入直径と $G_R$ ,ポリマー溶液の粘性などの各要因の関係の究明と,ポリマー注入域に対して分離材を注入し,ポリマーを離水させ透水性回復の確認を行ってゆく所存である。

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),榊安藤・間,榊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,榊ミヤマ工業)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「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～」,『第14回地盤工学会関東支部発表会』投稿中