

定圧注入下における高吸水性ポリマーの一次元注入特性および遮水特性について

高吸水性ポリマー 遮水性 山留め壁

早稲田大学大学院 学生会員 ○中村 裕貴
早稲田大学大学院 フェロー会員 赤木 寛一

1. 目的

トンネルなどの大規模な線状地下構造物を建設する際には、地下水の処理が重要であり、山留め壁の構築が不可欠である。従来の山留め壁は、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、恒久的に遮水性を有する。この結果、地下水流の上流側では地下水位の上昇に伴い、地下施設の浮上や地盤の湿潤化による植生への悪影響が生じる恐れがある。一方、地下水流の下流側では、地下水位の低下による地盤沈下や井戸水の枯渇が懸念される。本論文では自重の700倍程度の水を吸収する吸水性能と、2価金属イオンの添加により吸水した水を排出する離水性能とを併せ持つ材料である高吸水性ポリマーに着目し、ポリマー溶液を地盤間隙中に注入することで、工事施工中の地下空間の遮水性の確保、および2価金属イオンを含む離水剤添加による施工終了後の地下水流動保全を両立した山留め壁の構築を目標としている。

2. 実験概要

注入試験として、図1に示す7種類の粒度分布の母材に対し、長尺円筒容器(内径 $D=5\text{cm}$, 高さ $H=50\text{cm}$)(以下、円筒容器)に珪砂を空中落下法で投入して作製した模型地盤を用い、 300kPa の空気圧を介して吸水倍率20倍、自由水率90%のポリマー溶液の一次元注入を実施した。その後ポリマー溶液注入後の母材に対し透水試験を実施し改良前後の透水係数の比較を行う。供試体解体後はポリマー分子の燃焼特性を利用した強熱減量試験を実施し、供試体の各高さに含まれるポリマーの含有率を求めた。

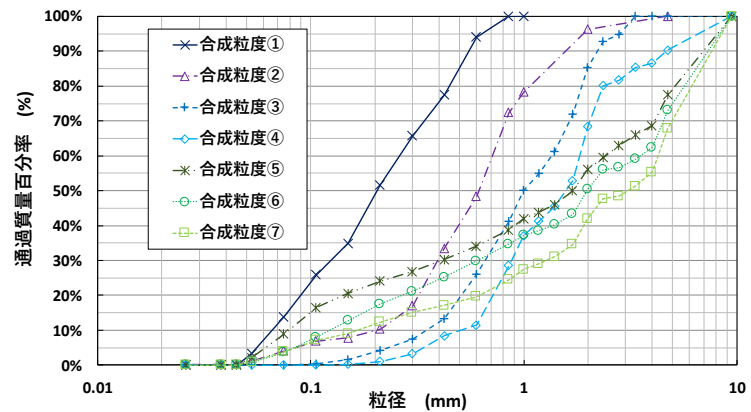


図1 粒度分布

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注入範囲が大きいこと、②遮水性能が確保されること、③注入範囲内で充填の均一性が確保されること、以上3つの観点から改良土を評価した。

3. 実験方法

注入試験及び透水試験に用いた試験装置の模式図を図2に示す。注入試験にてポリマー溶液を注入、透水試験にて注入後の供試体の遮水性を確認、その後の強熱減量試験にて充填域の確認を行う。それぞれの具体的な実験方法の手順について以下で示す。

①内径5cm、高さ50cmの円筒容器に模型地盤を作製する。②模型地盤を水道水で飽和させる。③赤く着色したポリマー溶液を 300kPa で注入する。④注入量が収束した段階で、所定の水頭差(50,75,100kPa)で青く着色した水道水で透水試験を開始する。⑤透水量が急増し抜け出しが発生するまで圧力を上げる。⑥ポリマーの抜け出し発生後、低圧 25kPa 、 50kPa でも再度透水試験を実施する。⑦円筒容器を解体し、観察および強熱減量試験用試料を高さ5cmごとに採取する。⑧強熱減量試験を実施し、ポリマー含有量を測定する。

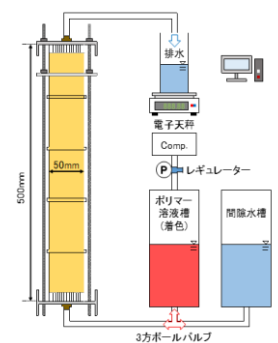


図2 注入試験模式図

4. 実験結果

図3および図4において合成粒度①～⑦の時間と注入量の関係を示す。図3ではポリマー溶液が目詰まりを起こし注入が収束したケース、図4ではポリマー溶液が抜け出してしまい、注入量が線型的に増加したケースを示している。合成粒度

④は合成粒度①～③と、合成粒度⑦は合成粒度⑤、⑥と均等係数が同程度であるが、平均粒径が大きいため間隙径が大きくなり目詰まりが発生しなかったと考えられる。合成粒度④、⑦に関しては、抜け出し発生により遮水性向上が期待できないため透水試験は実施しなかった。

図5にポリマー溶液の注入が収束した合成粒度①、②、③、⑤、⑥の充填長と100kPa下での透水係数を示す。充填長は供試体内にポリマー溶液が充填されている長さのことで、ポリマー溶液を着色したことによる視認および供試体解体後の触診、強熱減量試験結果から判断している。合成粒度①および②は供試体内に十分に充填されておらず、均等係数が同程度の合成粒度③と比較すると平均粒径が小さくポリマーが間隙を透過できなかったと考察できる。しかしながら透水係数は十分小さいのでこれらの改良体は十分な遮水性を有していることが確認できる。

図6に供試体の強熱減量試験結果を示す。ここで、強熱前の土試料の質量に対するポリマー質量の比を含有ポリマー比として定義している。粒度によって間隙径が異なるため含有ポリマー比は絶対的な指標ではなく、粒度ごとのポリマーの供試体内の分布を把握するために用いている。図5に示すように合成粒度①および②は強熱減量試験結果より、充填長が小さく十分な改良範囲を得られなかった。これは合成粒度③と比較して平均粒径が小さく間隙径が小さいため目詰まりの度合いが大きかったことが要因であると考えられる。一方で、合成粒度③、⑤、⑥の充填長は良好な値を示し、また充填長内でポリマーが分布している状況も確認された。

5.まとめ

注入試験結果、透水試験結果、強熱減量試験結果から合成粒度④、⑦ではポリマー溶液の注入が収束せず、合成粒度①及び②ではポリマー溶液の充填長及び均一性が十分でなかった。一方で合成粒度③、⑥、⑦では、注入領域が大きいこと、遮水性能が確保されること、注入範囲内で充填の均一性が確保されることの3点が確認された。本研究の条件下ではポリマー溶液の適用範囲に母材の間隙径が関係していると考えられ、母材の粒度分布を変えることでより詳細な適用範囲を探ることが可能であるだろう。

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

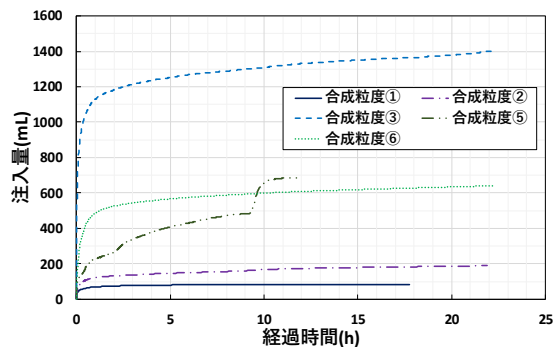


図3 注入試験結果①

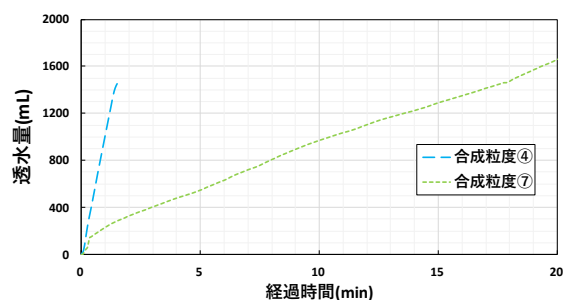


図4 注入試験結果②

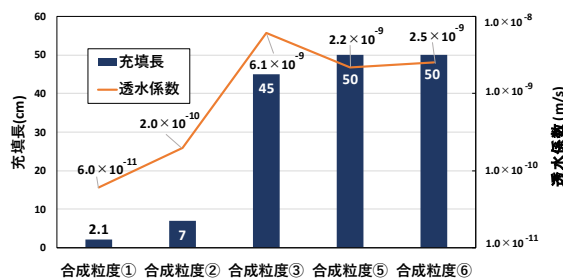


図5 充填長と透水係数の関係

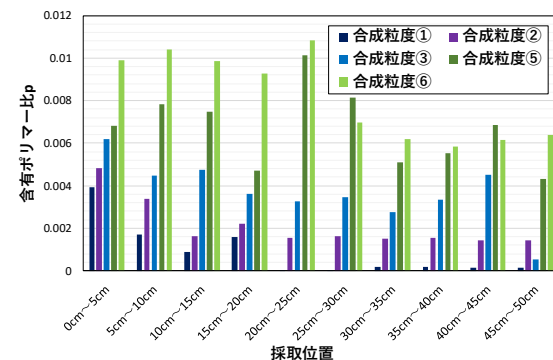


図6 強熱減量試験結果