

高吸水性ポリマーを用いたポリマー混合土の遮水性向上と透水性の回復

高吸水性ポリマー 遮水性 ポリマー混合土

早稲田大学大学院	学生会員	○中村 淳
早稲田大学	国際会員	赤木 寛一
戸田建設(株)	正会員	下坂 賢二
マグマ(有)	国際会員	近藤 義正

1. はじめに

近年、中央リニア新幹線、外郭環状道路などを始めとして、大深度地下を利用した大規模プロジェクトが目白押しである。これらの大深度地下利用にあたっては、トンネル施工時のシールド機の発進、到達立坑、鉄道駅部やジャンクション等の道路接続設備建設のために地下掘削用の山留め壁構築が不可欠である。しかしながら、これらの山留め壁は止水性の高いシートパイルやSMWにより構築されるために、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ことになる。地下水流の上流側では、地下水位が上昇してゆるい砂地盤では液状化の危険性が増したり、地下施設の浮上や漏水が生じたり、植生への悪影響が生じることになる。一方、地下水流の下流側では、地下水位の低下により、地盤沈下が生じたり、井戸水が枯渇したりして環境への重大な悪影響を与えることになる。

本研究では、既往の高吸水性ポリマーによる掘削用安定液の技術を応用しSMW山留め壁の主要構成材である土と高吸水性ポリマーを混合混練し山留め壁を構築することにより、山留め壁施工時には十分な遮水性を有するが、山留め壁施工後には分離剤(CaCl₂)の添加により高吸水性ポリマーと水を分離し原地盤の透水性の回復をさせることにより、地下水流に悪影響を及ぼさない山留め壁の設計、施工法(Award-Pmr 工法)の開発状況について報告する。特に本稿では、十分な山留め機能を有するために土と高吸水性ポリマーを混合混練したポリマー混合土の遮水性を確認するとともに、透水性の回復を検討するために、先述したポリマー混合土に分離剤であるCaCl₂溶液を添加した際の透水性回復状況を実験的に確認した。

2. 高吸水性ポリマーの概要

高吸水性ポリマーとは、自重の100倍以上の水を吸収し、多少の力を加えても、外に水が排出されないポリマーのことをいう。この高吸水性ポリマーは、カルボキシル基を有する電解質ポリマー、または多くのヒドロキシル基を有する親水性ポリマーをわずかに架橋することによってつくられる。これより、架橋構造を持つポリマーの中に水が入ると水とポリマーが強く結合するため、遮水性を有するとされている。また、高吸水性ポリマーは2価の陽イオン物質を添加すると、構成している架橋構造が破壊され、水を溶出するという性質を有している。

高吸水性ポリマーが水に触れるとカルボキシル基がイオン化し、親水性が高くなった分子鎖が水に溶け込もうと広がる。この流れが吸水反応のメカニズムである。同時に、イオン濃度差によって生じる浸透圧で分子鎖間に水が入り、分子鎖が広がり、図1のように広げた魚網の網目の一つひとつに水が取り込まれた状態となる。このように、水に溶けようとして分子鎖が広がる作用と、架橋構造によって分子鎖の広がりを制限する作用によって吸水力が発現する。

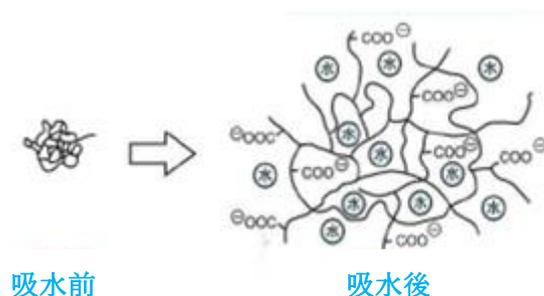


図1. ポリマーの吸水概念

3. ポリマー混合土の遮水性向上と透水性の回復

3.1 実験概要

ポリマー混合土の遮水性向上と透水性の回復を実験的に調査するために、定水位透水試験を行った。なお、配合条件は表 1 に示すとおりである。

表 1. ポリマー混合土の配合条件

	サンプルA	サンプルB	サンプルC	サンプルD
土粒子質量(g)	1353.12	1353.12	1353.12	1353.12
珪砂5号の最大間隙比	0.793	0.793	0.793	0.793
間隙体積(cm ³)	412.7	412.7	412.7	412.7
ポリマーの吸水倍率(g/g)	429.6	316.4	386.4	306.6
ポリマー吸水前の体積(cm ³)	2.24×10 ⁻⁸	2.24×10 ⁻⁸	4.16×10 ⁻⁵	4.16×10 ⁻⁵
ポリマー吸水後の体積(cm ³)	9.64×10 ⁻⁶	7.10×10 ⁻⁶	0.0161	0.0128
吸水前ポリマー添加量(g)	1.25	1.7	1.39	1.75
吸水後ポリマー添加量(g)	536.5	536.5	536.5	536.5

上記の配合において添加するポリマー量は、緩詰め土の土粒子(珪砂 5 号)の間隙量と等しくなるように設定している。

図 2 に示すような、円筒セルを利用した透水試験装置を用いて実験を行なった。実験手順は以下のとおりである。

1. 配合条件に従って、ポリマー混合土を作製する。
2. 作製したポリマー混合土を約 12cm の高さになるように円筒に投入し、ポリマーが潰れないように目標密度となるように締め固める。
3. 供試体上端にろ紙を敷き、その上に粗砂を約 2cm の高さとなるように投入する。
4. 円筒に水を高さ 35cm まで注入し、セル上部に空気圧 40kPa を供給する。
5. 下端から流出する浸透水量を、電子ばかりにて 1 秒ごと測定する。
6. ポリマー混合土に CaCl₂ 溶液を十分に透水させた後、4～5 の手順を繰り返す。

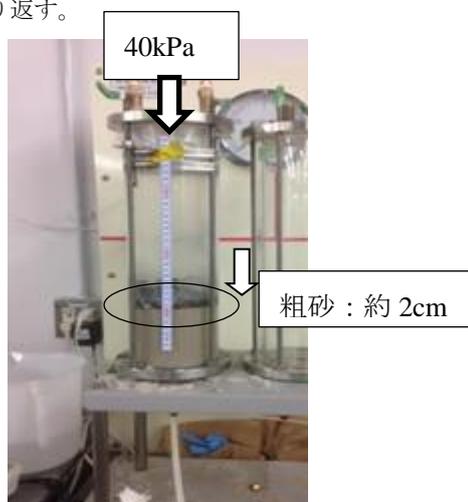


図 2. 透水試験装置

3.2 実験結果

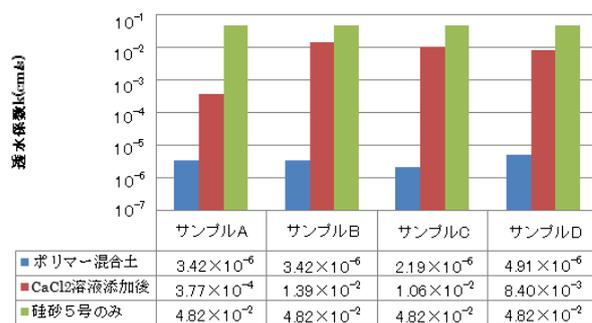


図 3. 透水試験結果のまとめ

珪砂 5 号の透水係数とポリマー混合土の透水係数を比較すると、4 種すべてのポリマーにおいてポリマー混合土の透水係数は 10⁻⁶(cm/s) のオーダーまで低下している。

ポリマー混合土の透水係数と CaCl₂ 溶液添加による離水後の試料土の透水係数を比較すると、サンプル A では 10⁻⁴(cm/s)、サンプル B,C,D ではいずれも 10⁻²(cm/s) 程度まで透水係数が回復していることを確認した。現状では、ポリマー混合土の基礎的な物性評価に過ぎないが、ポリマー混合土により山留め壁としての遮水性と離水後の透水性の要求性能を満たすことが期待される。

4. まとめ

- 1) 土と高吸水性ポリマーを混合混練したポリマー混合土の遮水性は高く、ポリマー混合土は山留め壁に期待される性能を有している。
- 2) 各種ポリマー混合土に CaCl₂ 溶液を添加することで、珪砂 5 号のみの場合とほぼ同等な透水性を回復することから、地下水流保全に寄与しうると考えられる。

なお、今回の透水実験では便宜的に 40(kPa) の圧力差を用いたが、より高い圧力差におけるポリマー混合土の遮水性に関する検討を今後の課題と考えている。

本研究は、地下水流保全型山留め壁(Award-Pmr)工法研究開発プロジェクト(戸田建設, 安藤ハザマ, 前田建設工業, 西松建設, 地域地盤環境研究所, 日特建設, ミヤマ工業, 日本ベース, 太洋基礎工業, マグマ)の支援により得られた成果である。記して、謝意を表する。

参考文献

請川、浅野、下坂：特殊吸水性ポリマーによる地盤掘削技術の開発、戸田建設技術研究報告第 39 号、2013