

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

高吸水性ポリマー 遮水性 ポリマー混合土

早稲田大学 学生会員 ○伊藤 雅通
 早稲田大学 学生会員 佐藤 諒
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 中村 淳
 AWARD 研究会 正会員 下坂 賢二
 AWARD 研究会 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注目されている。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施工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、従来の山留め壁で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、地盤に地下水が存在する場合にはその流れを阻害する可能性がある。これにより、地下水流の上流側では地下水位が上昇し、ゆるい砂地盤では液状化の危険性が増加し、地下施設の浮上や漏水や、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、井戸水の枯渇などの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山留め壁施工時には遮水性を有するが、施工後には透水性の壁にする安定液の透水性能について報告する。特に本稿では、土粒子質量に対する高吸水性ポリマーの添加量変化と加圧がポリマー混合土の透水性へ与える影響について実験的に確認した。

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。高吸水性ポリマーは、カルボキシル基(-COOH)を有する電解質ポリマー、または多くのヒドロキシル基(-OH)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。

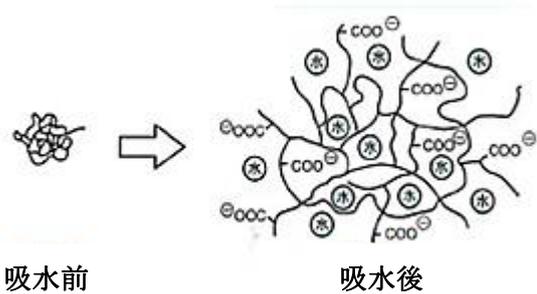


図1. ポリマーの吸水概念¹⁾

3. ポリマー混合土の遮水性向上

3.1 実験概要

ポリマー混合土の遮水性へのポリマー添加量及び圧力の影響について調査するため、透水試験を行った。なお、ポリマー混合土の配合条件は表1に示すとおりである。また本実験では珪砂5号を用い、その性状を図2,表2に示した。

表1 ポリマー混合土の配合条件

供試体番号		1	2	3	4	5
土粒子密度	ρ_s (g/cm ³)	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
土粒子体積	V_s (cm ³)	546.37	447.43	378.83	289.92	197.31
土粒子質量	m_s (g/cm ³)	1420.57	1163.32	984.95	753.80	513.01
ポリマーの吸水倍率	α (g/g)	410	410	410	410	410
ポリマーの粒径	D (cm)	0.0035	0.0035	0.004	0.004	0.004
ポリマーの比重	G	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
吸水前ポリマー添加量	m_p (g)	1.057	1.299	1.466	1.883	1.909
吸水後ポリマー質量	(g)	433.5	532.5	601.2	690.1	782.8
ポリマー添加率	R_p (%)	0.074	0.112	0.149	0.223	0.372
ポリマー充填率	F_p (%)	100	150	200	300	500

ポリマー添加率 R_p , 充填率 F_p は以下のように定義する。

$$R_p = \frac{m_p}{m_s} \times 100$$

$$F_p = \frac{V_p}{V_{Vmax}} = \frac{\frac{m_p}{G\rho_w} + \frac{(\alpha-1)m_p}{\rho_w}}{V_{Vmax}} = \frac{m_p + G(\alpha-1)m_p}{G\rho_w V_{Vmax}}$$

ここに、 V_{Vmax} :最大間隙体積(cm³)

上記の配合において、ポリマー充填率は吸水後ポリマー体積と土粒子の間隙体積との割合である。吸水後ポリマー体積と土粒子の最大間隙体積が等しくなる場合が 100%である。

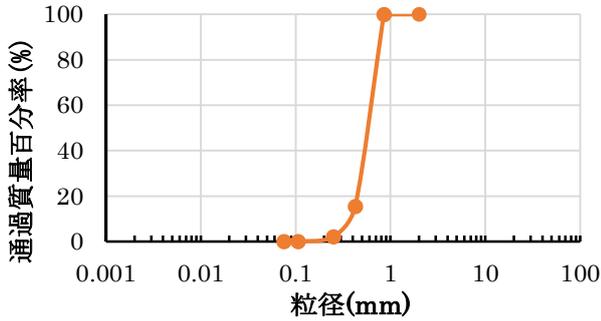


図2 珪砂5号の粒径加積曲線

表2 珪砂5号の性状

60%粒径 D_{60} (mm)	0.58
20%粒径 D_{20} (mm)	0.43
10%粒径 D_{10} (mm)	0.37
均等係数 U_c	1.57

Creager による透水係数の推定によると、この試料の透水係数は 5.28cm/s である。

3.2 実験手順

図3に示す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 (表1) に従い、ポリマー混合土を作成する。
2. 作成したポリマー混合土を供試体高さが 10.5cm になるように円筒内に投入する。
3. 供試体上端に、粗砂 (珪砂2号) を約 2cm の高さになるよう投入する。
4. 供試体上部に水を 2100cm³ 注入し、セル上部から空気 (40,100,200kPa) で加圧する。
5. 下端からの流失水量を、電子ばかりにて一定時間毎に測定する。

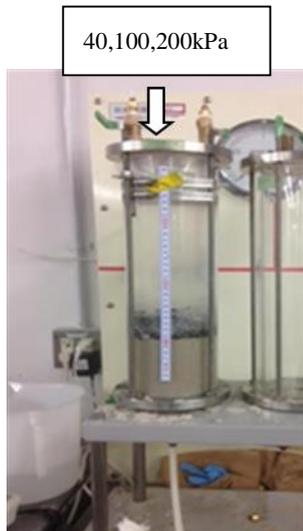


図3. 透水試験装置

3.3 実験結果

実験結果から得られた透水係数を表3にまとめ、比較した。また、ポリマー充填率と透水係数の関係について図4に示した。図4より以下のことが分かる。

表3 透水係数のまとめ

透水係数 (cm/s)	充填率(%)				
	100	150	200	300	500
40kPa	1.70E-06	8.12E-07	1.37E-07	7.27E-08	1.03E-07
100kPa	3.04E-06	4.70E-07	5.18E-08	4.31E-08	4.60E-08
200kPa	4.90E-06	1.72E-06	7.62E-08	4.34E-08	4.59E-08

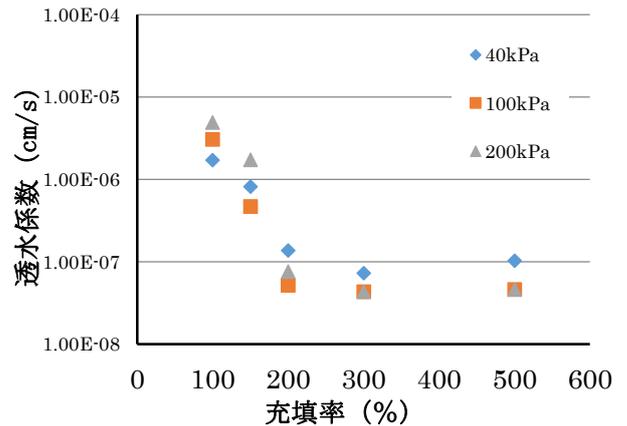


図4 充填率と透水係数の関係

- ① 40kPa,100kPa,200kPa のいずれの場合においても、ポリマー充填率 300%までは透水係数の減少が見られた。
- ② また、いずれの場合においても、加圧条件による透水係数の大きな差は見られない。

4. まとめ

充填率が高くなると、高圧下においても高い遮水性を有することから、地盤深くにおいても遮水壁を構築することが可能であると考えられる。

今後は以下について検討する予定である

- ①最適充填率
- ②充填率と強度の関係

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

- 1) 三洋化成工業株式会社：サンフレッシュアクアパール,pp.1, 2014.
- 2) 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.