

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 学生会員○中村 淳
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
戸田建設㈱ 正会員 下坂 賢二
前田建設㈱ 正会員 安井 利彰

1. はじめに

従来の山留め壁は、止水性の高いシートパイルやSMWにより構築されるため、地下水流を阻害する場合がある。これにより、山留め壁の上流側では地下水位が上昇し、ゆるい砂地盤での液状化、地下施設の浮上・漏水および植生への悪影響が懸念される。一方、下流側では、地下水位の低下により、地盤沈下、井戸枯れなどが懸念される。

筆者らは、場所打ち杭施工時の孔壁保護に、高吸水性ポリマー¹⁾を使用した安定液(ポリマー安定液)を適用し、使用後に離水剤添加により土粒子と水とを分離することで、産廃量の低減を実現している²⁾。この高吸水性ポリマーを地盤と混合して山留め壁の一部に適用することで、施工時の遮水性確保に加え、施工後の離水作用(離水剤添加)による透水回復性を期待している。

本稿では、3種類の珪砂(珪砂3号: D₁₅=0.98mm, 5号: D₁₅=0.43mm, 7号: D₁₅=0.13mm)に3種類のポリマー(ポリマーA, B, C)を添加し、作製したポリマー混合土の遮水性および透水性回復性を確認した結果を報告する。

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。

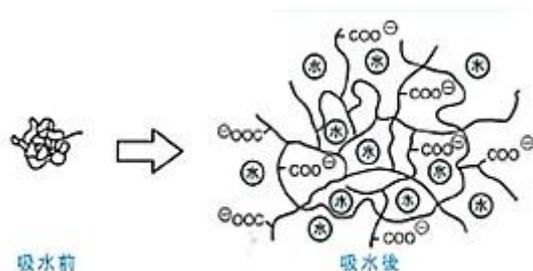


図-1 ポリマーの吸水概念¹⁾

3. ポリマー混合土の遮水性・透水回復性の把握

3.1 実験概要

図2に示すような空気圧を利用した加圧式透水試験により、ポリマー混合土の遮水性と透水回復性を実験的に確認した。表-1にポリマー混合土の配合一覧を示す。吸水後のポリマー粒径は、ポリマーA, B, Cの順番で大きい。なお、ポリマーCは、ポリマーBの吸水倍率を調整して粒径を小さくしたものである。

表-1 ポリマー混合土の配合一覧

ポリマー 珪砂	A			B			C		
	珪砂3号	珪砂5号	珪砂7号	珪砂3号	珪砂5号	珪砂7号	珪砂3号	珪砂5号	珪砂7号
土粒子密度 ρ _s (g/cm ³)	2.65	2.60	2.62	2.65	2.60	2.62	2.65	2.60	2.62
土粒子体積 V _p (cm ³)	408.48	447.43	408.78	408.48	447.43	408.78	408.48	447.43	408.78
土粒子質量 m _p (g)	1077.17	1183.32	1071.01	1077.17	1183.32	1071.01	1077.17	1183.32	1071.01
ポリマー吸水倍率 α (g/g)	388.4	388.4	388.4	410.0	410.0	410.0	150.0	150.0	150.0
ポリマーの吸水前粒径 (cm)	0.043	0.043	0.043	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
ポリマーの吸水後粒径 (cm)	0.313	0.313	0.313	0.0280	0.0280	0.0280	0.0188	0.0188	0.0188
ポリマーの比量 G	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
土粒子質量 m _s (g)	1.484	1.378	1.478	1.399	1.299	1.393	3.827	3.554	3.812
吸水前ポリマー添加量 m _p (g)	574	533	571	573	532.5	571	574	533	572
水添加量 (g)	572.03	531.16	589.73	572.09	531.2	589.79	570.23	529.49	587.93
ポリマー充填率 F _p (%)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
混合土湿潤密度 ρ _s (g/cm ³)	1.885	1.731	1.878	1.885	1.731	1.878	1.888	1.732	1.877
珪砂とポリマーの粒径比	3.13	1.37	0.42	37.89	18.54	5.00	52.70	23.12	6.99

表-1に示すポリマー充填率 F_p および粒径比の定義を以下に示す。

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

$$\text{粒径比} = \frac{D_{15}}{\text{吸水後ポリマー粒径}}$$

- ρ_s: 土粒子密度(g/cm³)
- ρ_w: 水密度(g/cm³)
- G: ポリマー比重
- m_p: ポリマー質量(g)
- α: ポリマー吸水倍率(g/g)
- V: 供試体体積(cm³)
- D₁₅: 試料砂15%粒径

ここに、V_p: 吸水後ポリマー体積(cm³)、
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 F_p とは土粒子間隙体積に占める吸水後ポリマー体積の割合である。土粒子間隙体積を吸水後ポリマーで完全に充填する場合をポリマー充填率 F_p=100%とする。

3.2 試験手順

試験手順は以下に示すとおりである。

i) 遮水性確認試験

1. 配合条件 (表-1) に従い、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供試体高さが 10cm になるように円筒内に投入する。
3. 供試体上端に、フィルター材として粗砂 (珪砂 2 号) を約 2cm の厚さになるよう投入する。
4. 供試体上部に水道水を 2000cm³ 注入し、円筒上部から 40kPa の空気圧 (水頭差 20m、ポリマー混合土壁厚 0.5m 相当) を加える。
5. 供試体下端からの流出水量を、電子天秤を用いて一定時間毎に測定する。

ii) 透水性回復試験

供試体の準備手順は上記 1~3 と同様である。それ以降の手順を以下 4~7 に示す。

4. 供試体上部に 0.3% 濃度 CaCl₂ 水溶液を 2000cm³ 注入し、円筒上部から 40kPa の空気圧を加える。
5. 供試体下端からの流出水量を、電子天秤を用いて一定時間毎に測定する。
6. 0.3% 濃度 CaCl₂ 水溶液の通水完了後、供試体上部に水道水を 2000cm³ 注入し、円筒上部から 40kPa の空気圧を加える。
7. 供試体下端からの流出水量を、電子天秤を用いて一定時間毎に測定する。

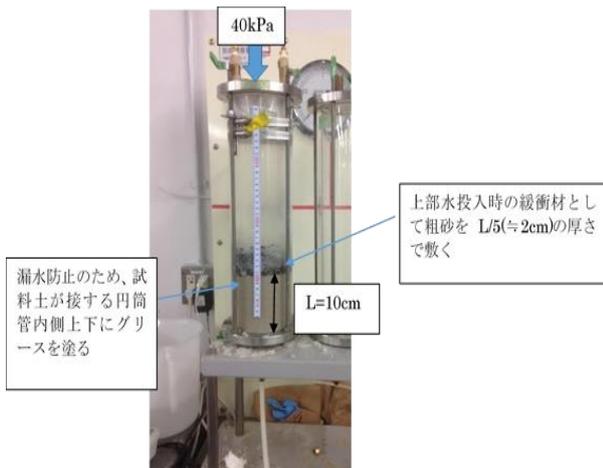


図-2 加圧式透水試験装置

4. ポリマー混合土の遮水性向上と透水性の回復

i) 透水性回復確認試験結果

図-3 より、珪砂 3 号、5 号を用いたポリマー混合土の透水係数は $k = 1.0 \times 10^{-6}(\text{cm/s})$ のオーダーまで低下している。ポリマー種類に着目すると、粒径比が大きくなるほど透水係数が小さくなる傾向が確認できた。これは珪砂の間隙径に対してポリマー径が小さい方が、間隙を充填しやすいため、遮水性が向上したと考えられる。

ii) 透水性回復確認試験結果

図-3 より、0.3% 濃度 CaCl₂ 水溶液添加による離水後のポリマー混合土の透水係数はいずれも $k = 1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-4}(\text{cm/s})$ 程度まで回復している。使用したポリマーの種類によって、離水後の透水係数に差があり、ポリマー C、B、A の順に透水性の回復率が高いという結果となった。

これは、粒径比が大きいくほど、ポリマー混合土の間隙中に占めるポリマー粒子数が多くなるため、ポリマーの離水作用による透水性回復がより顕著に行われたからではないかと考えられる。

ただ、珪砂 3 号を用いたポリマー混合土は珪砂 5 号、7 号を用いたケースと比べて透水性の回復が小さい。これは珪砂 3 号は間隙径が大きいため、離水後のポリマーが間隙から抜け出して供試体下端のろ紙部へ移動し、ろ紙が目詰まりを起こしたことが原因と考えられる。

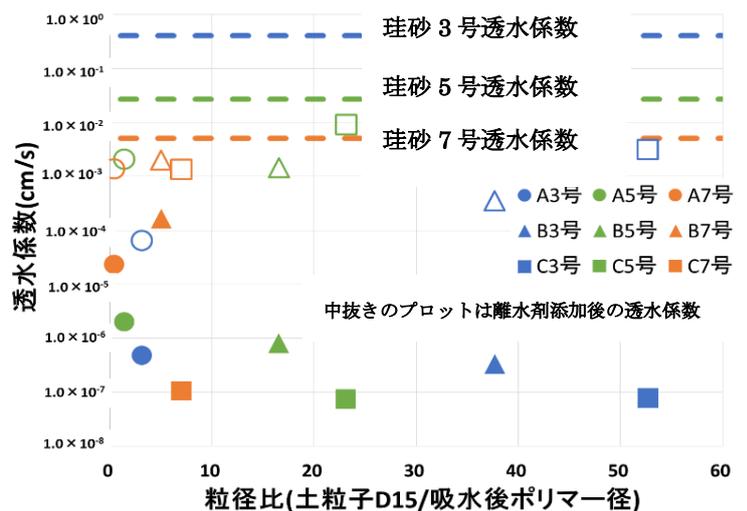


図-3 粒径比がポリマー混合土の透水性に及ぼす影響

5. まとめ

本実験で得られた成果を要約すると以下の通りである。

- 1) 粒径比の調整により、ポリマー混合土の遮水性を制御できる可能性を確認した。
- 2) 珪砂やポリマーの性状によっても異なるが、離水後に 2~5 オーダー程度の透水回復性が確認でき、地下水流保全への貢献が期待できる。

今後の検討項目を以下に示す。

- ① 施工方法の検討および施工方法と整合した室内試験の実施。
- ② 遮水性の長期的挙動および力学特性の把握

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。

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