

## 摩擦低減剤に用いる吸水性高分子の熱劣化における膨潤・透水特性（その1）

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆  
 信州大学工学部 学生会員 〇川上将生  
 (株) ゴウダ 正会員 服部 晃  
 (株) 日本触媒 正会員 岡本功一

**1. はじめに** 鋼矢板を引き抜く際に生じる地盤変状を軽減するために、吸水性高分子（FRC）と接着性高分子を混合した吸水性高分子基材を有機溶剤に分散させたものを鋼矢板の表面に塗布する工法が開発されている<sup>1)2)</sup>。FRCは、打設後、地盤中の地下水との接触により吸水膨潤（ゲル化）して、土と埋設体の間に分離層を形成することで土の付着を抑制する。

本文では、FRCの膨潤・透水特性における長期耐久性を解明するために、FRCの粉末を $T=200^{\circ}\text{C}$ で $t=72$ 時間熱劣化させた試料を用いた試験<sup>3)</sup>（図-1 参照）を実施して、膨潤・透水特性に及ぼす熱劣化の影響について検討した。

**2. 試験の概要** FRCの粉末を高温炉により熱劣化（ $T=200^{\circ}\text{C}$ ,  $t=72$ 時間）させると褐色化し塊状となる。その後、室温（ $T=23^{\circ}\text{C}$ ）に戻して電動粉砕機で30秒間粉砕して試料とした。この劣化試料（粉末）と接着性高分子および有機溶剤を混合し、塗布厚さ $h_0=0.2$ mmとしてろ紙に塗布した後、24時間以上乾燥させたものを供試体として用いた。図-2は熱劣化の状況を初期状態と比較したものである。図-2(a-1), (a-2)は粉末の状態であり、図-2(b-1), (b-2)は塗布後の状態である。供試体をカラム型膨潤・透水試験装置<sup>3)</sup>（図-1）の下部盤に、ろ紙を載荷盤に、それぞれ設置した。そして、6ケースの有効拘束圧 $p'=0\sim 400\text{kPa}$ 、間隙水圧 $u=5\text{kPa}$ を載荷させた状態で吸水膨潤させた。さらに、膨潤試験終了後に載荷盤を固定して、間隙水圧 $u=10, 50, 150, 200\text{kPa}$ における透水試験を行った。膨潤倍率 $R_a$ は、 $R_a(\text{g/g})=(m_a+m_w)/m_a$ として決定した。ここで、 $m_a$ は供試体に含まれる吸水性高分子の質量、 $m_w$ は鉛直変位より算定した吸水量である。

**3. 試験結果および考察** 図-3に熱劣化後のFRCの膨潤試験結果の代表例を示す。膨潤倍率 $R_a$ は、最初は比較的急速に増加するが、増加量は150~300minほどを過ぎると緩やかになり、1440min後には一定値に収束している。

図-4に初期状態と熱劣化後のFRCの膨潤試験結果の一例を比較して示す。 $R_a\sim t$ 曲線の形状は同様であるが、いずれの有効拘束圧 $p'$ においても熱劣化後のFRCの膨潤倍率の方が小さい。

図-5に最大膨潤倍率 $R_{a\text{max}}$ と有効拘束圧 $p'$ の関係を示す。初期状態においては、 $p'=0\text{ kPa}$ のとき $R_{a\text{max}}=33(\text{g/g})$ であり、

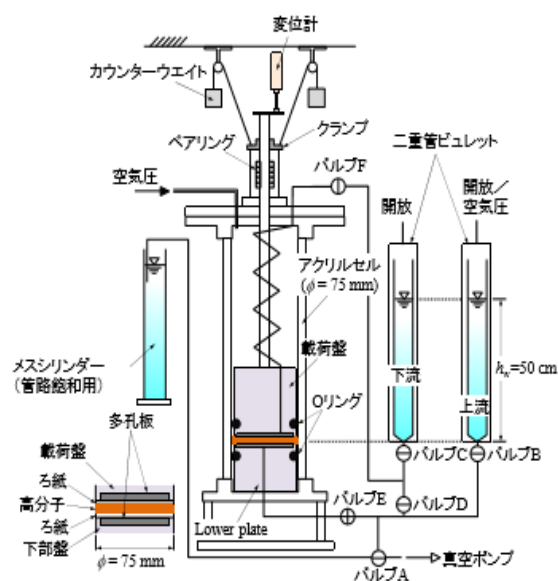


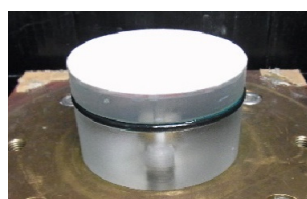
図-1 カラム型膨潤・透水試験装置



(a-1)粉末(初期状態)



(a-2)粉末(熱劣化)



(b-1)塗布後(初期状態)



(b-2)塗布後(熱劣化)

図-2 吸水性高分子の熱劣化状況( $T=200^{\circ}\text{C}$ ,  $t=72\text{h}$ )

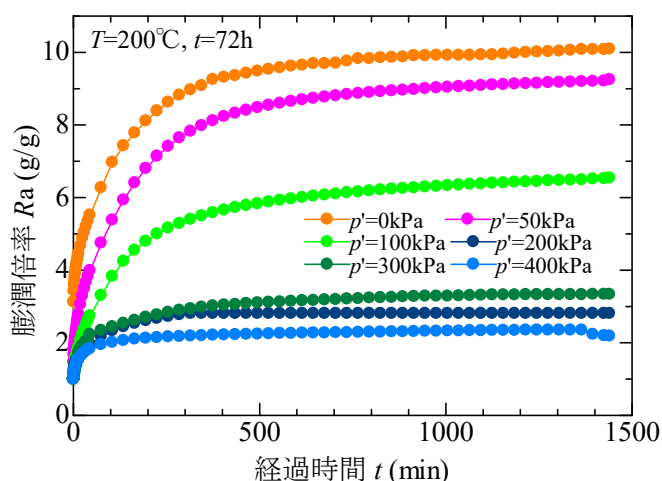


図-3 熱劣化後の FRC の膨潤試験結果 (代表例)

$p'$  の増加に伴い減少し,  $p'=560$  kPa においては膨潤しない.  $p'_{\max}=560$  kPa を最大膨潤圧と定義する<sup>3)</sup>. 一方, 熱劣化後の FRC は  $p'=0$  kPa のとき  $Ra_{\max}=10$  (g/g) と小さくなるが, 最大膨潤圧は同じである. このときの関係も図中の式として評価することができる.

図-6 に最大膨潤倍率  $Ra_{\max}$  と透水係数  $k$  の関係を示す. 初期状態においては,  $k$  は  $Ra_{\max}$  が増加するほど大きくなるが,  $k \approx 10^{-13} \sim 10^{-11}$  (m/s) の範囲であり, 十分な止水性を有する. 一方, 熱劣化後の FRC の  $k$  は初期状態よりも大きくなるが, 劣化後も同じく  $k \approx 10^{-13} \sim 10^{-11}$  (m/s) の範囲であり, 同様に十分な止水性を有する.

**4. まとめ** 得られた知見は以下の通りである.

- ① 熱劣化後の FRC ( $T=200^\circ\text{C}$ ,  $t=72$  時間) の最大膨潤倍率は初期状態よりも小さくなるが, 最大膨潤圧は同じである.  $Ra_{\max}$  と  $p'$  の関係は初期状態と同様の式型で定式化できる.
- ② 熱劣化後の FRC の透水係数は初期状態よりも大きくなるが, 劣化後も同じく  $k \approx 10^{-13} \sim 10^{-11}$  (m/s) の範囲であり, 十分な止水性を有する.

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 21K04251 (研究代表者: 信州大学 梅崎健夫) の助成を受けたものです. 吸水性高分子粉末の熱劣化試料の作製は, 信州大学大学院野崎裕也氏に協力いただきました.

**【参考文献】** 1) 土木用摩擦低減材フリクションカッター, (株) 日本触媒, 2012. 2) 岡本功一, 梅崎健夫, 服部晃: 地中埋設体の付着力および周面摩擦力を低減する吸水性高分子材料の開発, 土木学会論文集 C(地圏工学), 67(4), 407-421, 2011. 3) Umezaki, T., Kawamura, T., Okamoto, K., Hattori, A., Kobayashi, Y.: Swelling properties and coefficient of permeability of friction-reducing polymer for pull-out of temporary sheet piles, Soils and Foundations. 58 (4), 797-807, 2018.

3) Umezaki, T., Kawamura, T., Okamoto, K., Hattori, A., Kobayashi, Y.: Swelling properties and coefficient of permeability of friction-reducing polymer for pull-out of temporary sheet piles, Soils and Foundations. 58 (4), 797-807, 2018.

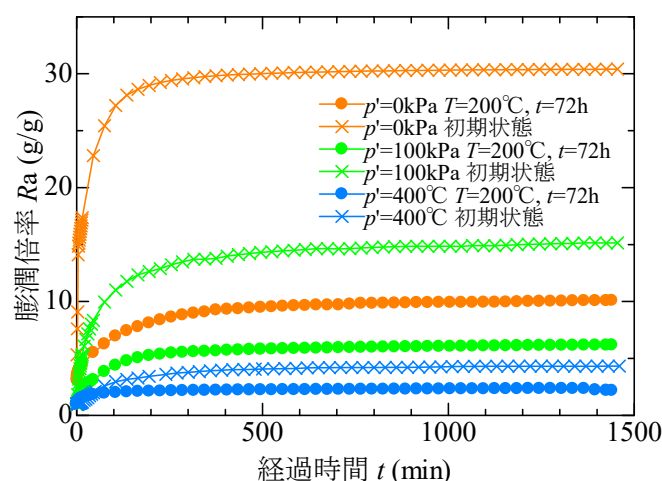


図-4 初期状態と熱劣化後の比較 (一例)

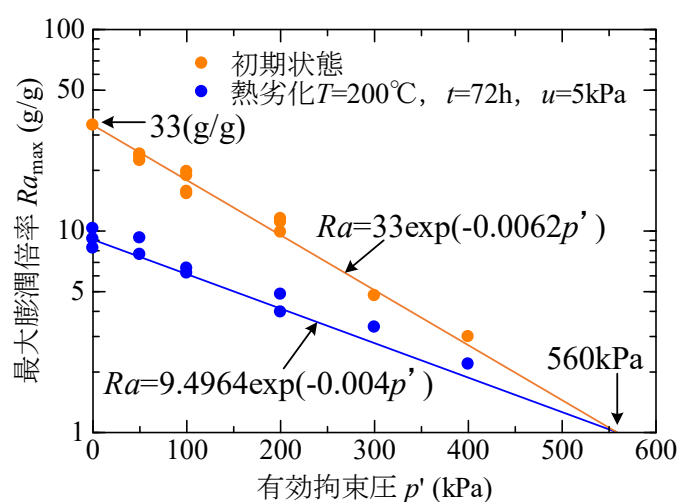


図-5 有効拘束圧と最大膨潤倍率の関係

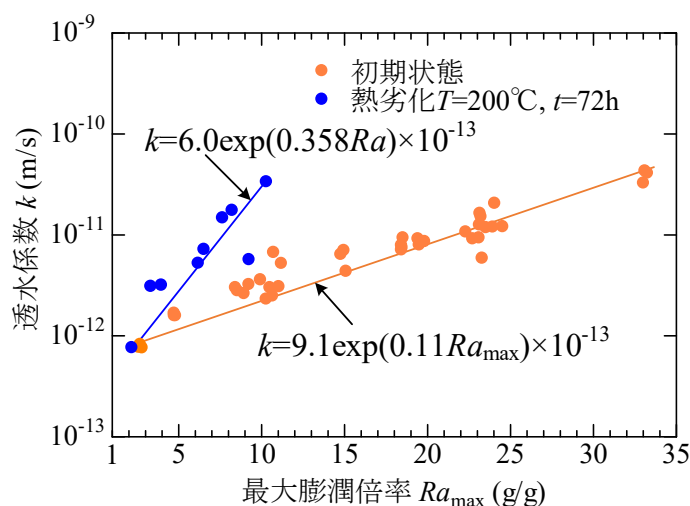


図-6 最大膨潤倍率と透水係数の関係