

吸水性高分子摩擦低減剤の膨潤・透水特性に及ぼす吸水距離の影響 (その3)

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆
 信州大学大学院 学生会員○古橋 佳
 (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摩擦低減剤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^{1), 2)}. 吸水性高分子摩擦低減剤は、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。しかし、塗布厚（吸水距離）を大きくすると表面のゲル化した層が内部への吸水を阻害（ゲルブロッキング）するため十分に膨潤することができない場合がある。

本文では、吸水性高分子摩擦低減剤の膨潤・透水特性に及ぼす吸水距離の影響について報告する。

2. 試験の概要 供試体として、吸水性高分子基材と有機溶剤を混合したものをろ紙に塗布し、24時間以上乾燥させたものを用いた。塗布厚 h_0 は試験毎に変化させ、両面膨潤試験の場合は塗布厚の半分を初期吸水距離 ($h_i = h_0/2$) とし片面膨潤試験の場合は塗布厚をそのまま初期吸水距離 ($h_i = h_0$) とした。供試体をカラム型膨潤・透水試験装置³⁾ (図-1) の下部盤に、無処理のろ紙を載荷盤に、それぞれ接着し、鉛直方向の有効拘束圧 p' (0~400kPa), 間隙水圧 $u=5$ kPa を載荷させた状態で吸水膨潤させた。膨潤試験終了後、載荷盤を固定して、間隙水圧 $u=10, 50, 150, 200$ kPa における透水試験を行った。

3. 試験結果および考察 図-2 に有効拘束圧と最大膨潤倍率の関係を示す³⁾. 膨潤倍率は次式により求めた。

$$Ra(g/g) = (m_a + m_w) / m_a \quad (1)$$

ここで、 m_w : 鉛直変位より算定した吸水量、 m_a : 供試体に含まれる吸水性高分子の質量である。有効拘束圧の増加に伴って最大膨潤倍率は減少し、両者の関係は図中の(2)式で近似することができる。吸水距離の影響を検討するために、厚さの変化に対する膨潤倍率である Rx (mm/mm) を次式により定義する。

$$Rx \text{ (mm/mm)} = (\Delta h + h_0) / h_0 \quad (3)$$

ここで、 Δh : 厚さの変位、 h_0 : 吸水性高分子摩擦低減剤の塗布厚である。 $Ra(g/g)$ と $Rx(mm/mm)$ の関係は次式で表せる。

$$Rx \text{ (mm/mm)} \div 0.47Ra(g/g) + 0.53 \quad (4)$$

図-3 に膨潤試験結果の一例を示す。初期吸水距離 $h_i = 0.107$ mm の場合、 Rx は吸水開始と同時に、100分程度まで急速に増加し、その後一定値に収束する。1440分の Rx は、図-2 における Ra_{max} に相当する値であ

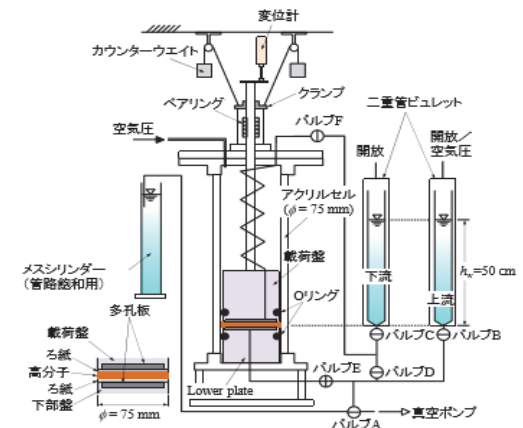


図-1 カラム型膨潤・透水試験

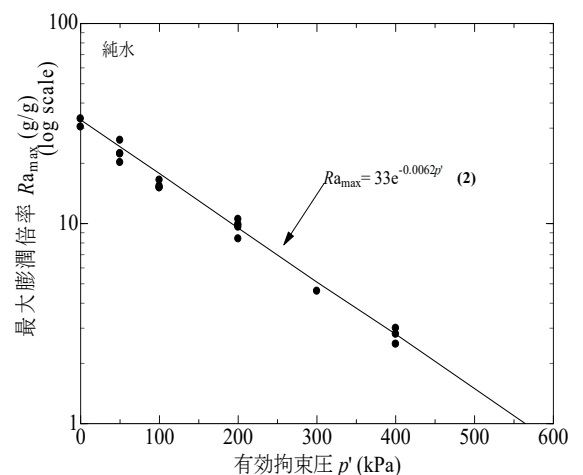


図-2 有効拘束圧と最大膨潤倍率

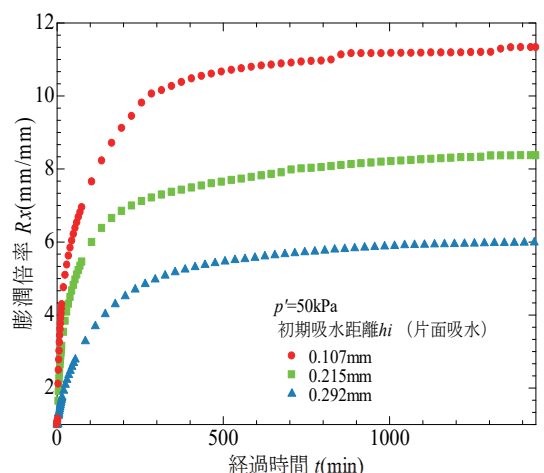


図-3 膨潤試験結果の一例

り, 最大膨潤倍率 $R_{x_{max}}$ と定義する. 一方, $h_i=0.215$, 0.292mm の場合は, 膨潤速度は遅く, いずれも $R_{x_{max}}$ に達していない. 両ケースにおいてはゲルブロッキングが生じている.

図-4 に初期吸水距離 h_i と膨潤倍率 $R_x(\text{mm/mm})$ の関係を示す. 有効拘束圧 $p'=0\sim 100\text{kPa}$ においては, ゲルブロッキングが生じるような初期吸水距離 $h_i=h_i^*$ までは完全膨潤し, $h_i>h_i^*$ になるとゲルブロッキングが生じるため, 均一に膨潤できなくなり, 膨潤倍率 $R_x(\text{mm/mm})$ は減少する. 有効拘束圧 $p'=200, 400\text{kPa}$ においては, 初期吸水距離 h_i によらず, すべて $R_{x_{max}}$ まで均一に膨潤している. 図-4 の膨潤倍率 $R_x(\text{mm/mm})$ を膨潤によって生じる厚さの増分 Δh として整理した結果を図-5 に示す. 有効拘束圧 $p'=0\sim 100\text{kPa}$ において, 初期吸水距離 $h_i=h_i^*$ までは, 均一に完全膨潤するため一定の増加量で Δh は直線的に増加する. しかし, $h_i>h_i^*$ となると, ゲルブロッキングが生じ, 均一に膨潤できないため, h_i が厚くなるにつれて, 増加量は小さくなる. 一方, 有効拘束圧 $p'=200, 400\text{kPa}$ においては初期吸水距離 h_i によらず, 均一に膨潤することができるため, h_i を厚くしても, 一定の増加量で Δh は増加している.

図-6 に最大膨潤倍率 $R_a(\text{g/g})$ と透水係数 k の関係を示す. 図中の(5)式は, ゲルブロッキングが生じないような塗布厚 h_0 における膨潤試験(両面)後の透水試験の結果³⁾である. ゲルブロッキングが生じる場合における $R_a\sim k$ 関係も同じく(5)式により近似することができる. すなわち, 透水係数 k は, ゲルブロッキングの有無によらず, (5)式を用いて評価することができる.

4. まとめ 得られた知見は以下の通りである. ① FRC は有効拘束圧 $p'=0\sim 100\text{kPa}$ の場合, ゲルブロッキングが生じるような初期吸水距離 $h_i=h_i^*$ までは均一に完全膨潤し, $h_i>h_i^*$ となると, ゲルブロッキングが生じ, 均一に膨潤できなくなるため, $R_x(\text{mm/mm})$ は減少する. ② 有効拘束圧 $p'=200, 400\text{kPa}$ の場合, 実施した h_i の範囲においては, 初期吸水距離 h_i に依らずゲルブロッキングは生じず, 膨潤倍率 $R_x(\text{mm/mm})$ は一定値をとる. ③ FRC の透水係数 k は, ゲルブロッキングが生じた場合においても, (5)式を用いて評価することができる.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K04343 (研究代表者: 信州大学 梅崎健夫) の助成を受けたものです.

【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), Vol.67, No.4, pp.407-421, 2011. 3) Takeo Umezaki, Takashi Kawamura, Koichi Okamoto, Akira Hattori, Yuta Kobayashi: Swelling properties and coefficient of permeability of friction-reducing polymer for pull-out of temporary sheet piles, Soils and Foundation Vol.58.(2018) pp797-807.

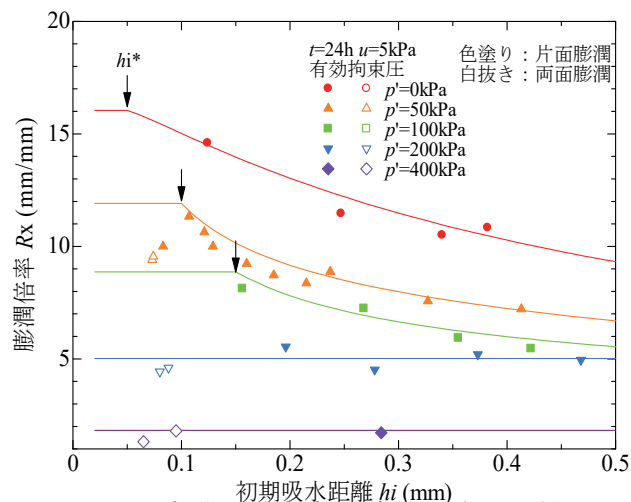


図-4 初期吸水距離と膨潤倍率の関係

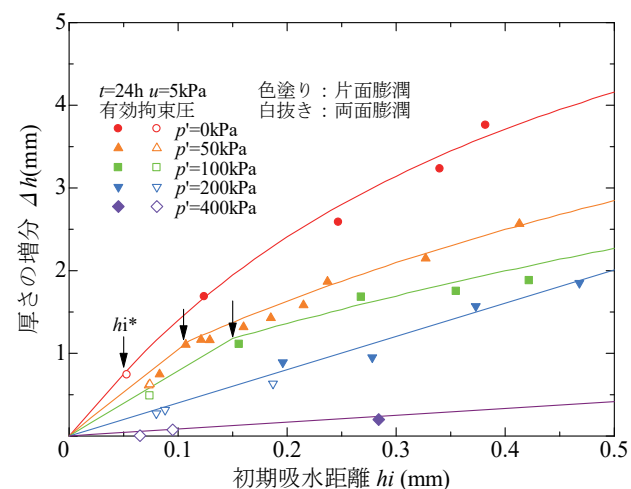


図-5 初期吸水距離と鉛直変位の関係

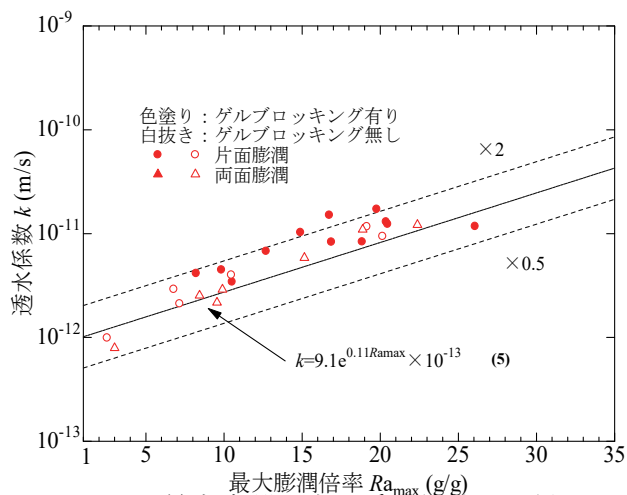


図-6 最大膨潤倍率と透水係数の関係