

鋼材表面に塗布した摩擦低減剤の拘束圧下における膨潤特性

矢板壁, 膨潤, 拘束圧

信州大学工学部 国際会員 ○梅崎健夫, 国際会員 河村 隆
 信州大学大学院 学生会員 林 錦華
 日本触媒 (株) 正会員 岡本功一, 非会員 服部 晃

1.はじめに 仮設の土留め工として敷設された鋼材 (H 鋼や鋼矢板) は, 土と鋼材の表面との摩擦により引抜き撤去が困難である. そのため, 鋼材の表面に特殊バインダー樹脂と吸水性ポリマーを有機溶剤に分散させたものを塗布して土と鋼材の摩擦低減剤とする工法が開発されている^{1)~2)}. 著者ら³⁾は, 摩擦低減剤を塗布した鋼材を土中に挿入した際に, 摩擦低減剤が地盤内の間隙水を吸水して膨潤した場合を想定した一面せん断試験を実施し, 土と摩擦低減剤を塗布した鋼材の接触面における摩擦角は $\delta=2.4\sim 3.5^\circ$ と極めて小さく, 土の種類が異なる場合においてもほぼ同程度の値となることを明らかにしている. 本文では, カラム型膨潤試験⁴⁾を実施し, 拘束圧を受けた条件下における摩擦低減材の膨潤特性について検討した. さらに, 間隙水圧の変動や上載荷重の増加・減少などを考慮するために, 膨潤後に拘束圧を変化させた場合の圧縮・再膨潤特性についても検討した.

2. 試験概要 試験には図-1 に示すカラム型膨潤試験装置を用いた. 摩擦低減剤をろ紙 (厚さ 0.21mm, 保留粒子径 1 μ m) に塗布して供試体とした. 塗布厚さは $H_i=0.173\sim 0.200$ mm である. 摩擦低減剤を塗布したろ紙を下部盤に, 塗布していないろ紙を載荷盤にシリコン系充填剤 (バスコーク) により接着した. 管路に通水して摩擦低減剤を吸水・膨潤させるために, 図-2 に示すような操作を行った. まず, バルブ A を開けてバルブ B を閉じた状態で, 二重負圧法 (セル圧 $p=-75$ kN/m², 供試体から二重管ビューレットまでの管路内圧力 $u=-95$ kN/m²) により 3 時間真空脱気した. 次に, 真空圧 $u=-95$ kN/m² を保った状態でセル圧を一旦ゼロに戻し, 所定の有効拘束圧 $p'=p-u=p+95$ kN/m² ($=46.5, 93.0, 186, 279, 372$ kN/m²) となるように供試体にセル圧 p を载荷した. そして, バルブ A を閉じてバルブ B を開け, p' を一定を保ちながら $u=0$ になるまで u と p を段階的に増加させた. $u=0$ となった後に, 二重管ビューレットを大気開放した. バルブ B を開けることにより, ビューレット内の水が管路を通じて載荷盤および下部盤から流入し摩擦低減剤を吸水・膨潤させた (吸水・膨潤過程). このときの鉛直変位の経時変化を計測した. さらに, 膨潤後に拘束圧のみを段階的に増加・減少させることにより圧縮・再膨潤させた (圧縮・再膨潤過程).

- ① 開閉バルブ
- ① ろ紙, 供試体
- ② アクリル円筒 (内径75mm, 高さ27.4cm)
- ③ 載荷盤
- ④ 上部盤
- ⑤ 下部盤
- ⑥ Oリング
- ⑦ ポーラスストーン
- ⑧ 変位計
- ⑨ ベアリング
- ⑩ 二重管ビューレット

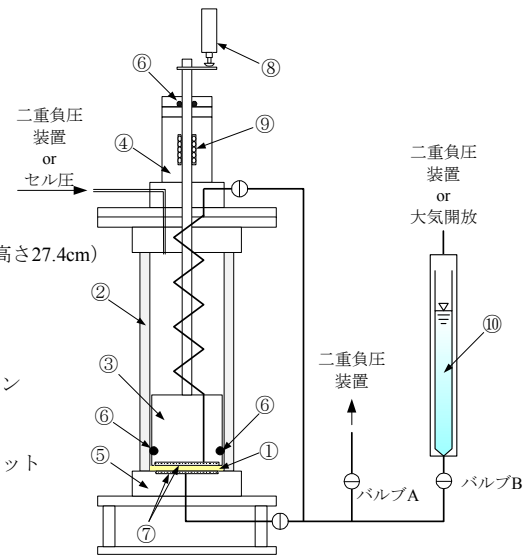


図-1 カラム型膨潤試験装置の概略

3. 試験結果および考察 図-3 (a) ~ (c) に吸水・膨潤過程, 圧縮および再膨潤過程における有効拘束圧 p' , セル圧 p , 管路内圧力 u および鉛直ひずみ $\epsilon_v (=S/H_i, S: 鉛直変位, H_i: 塗布厚さ)$ の経時変化の一例を示す. ここで, ϵ_v は膨潤を正としている. 図-3 (a-1) に示すように, バルブ B 開放 ($t=0$) 後, 約 10 分間程度で $u=0, p=279$ kN/m² まで制御され, その後一定値が保たれている. セル圧の増加によって摩擦低減剤は一旦圧縮するが, 管路が水で満たされたと考えられる約 2 分以降において膨潤している. 膨潤に伴う鉛直ひずみの変化は, 粘性土の圧密・膨潤曲線に類似した形状である. その後の拘束圧のみを減少・増加させた再膨潤および圧縮過程においても, 図-3 (b-2), (c-2) に示すように同様の曲線が得られている. 本研究では, 各過程における膨潤量, 圧縮量および再膨潤量を, 図に示すように 3t 時間により決定した.

図-4 に拘束圧と吸水・膨潤過程における鉛直ひずみの関係を示す.

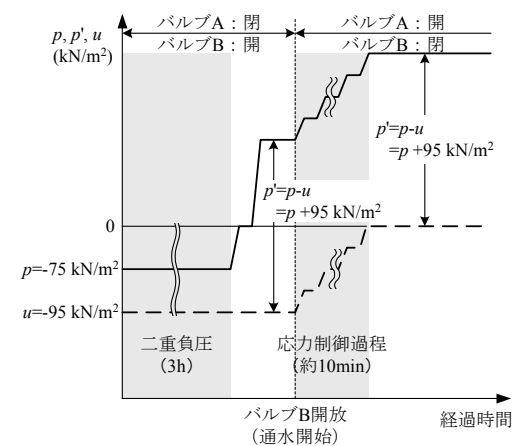


図-2 試験手順 (吸水・膨潤過程)

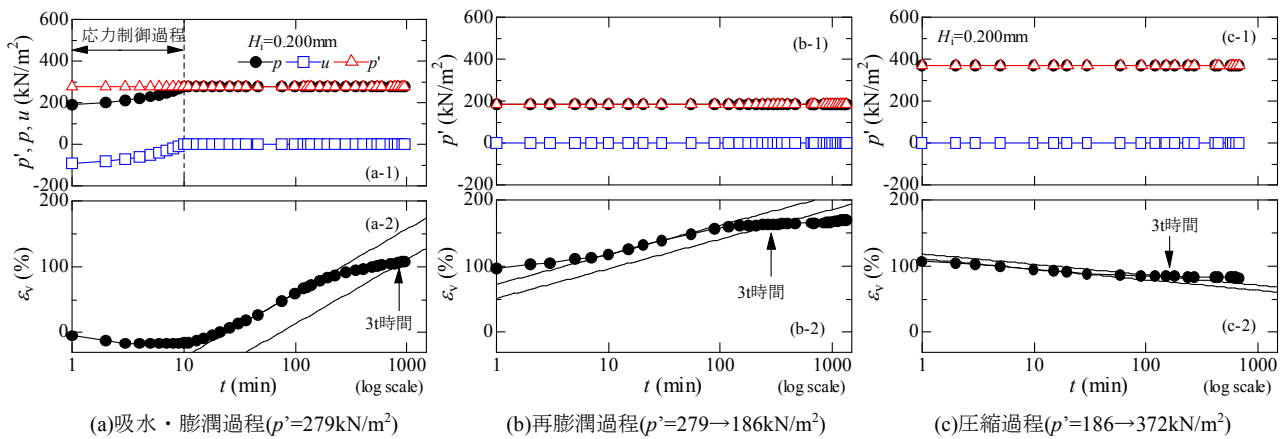


図-3 試験結果の一例

拘束圧が大きいくほど鉛直ひずみ（膨潤量）が小さくなる。両者の関係は概略直線で近似できる。膨潤量がゼロである拘束圧を膨潤圧 p_s' と定義すると、 $p_s' = 400 \text{ kN/m}^2$ 程度である。なお、摩擦低減剤に含まれる吸水性ポリマーはそれ自身の100倍以上の質量の水を吸水するため、特殊バインダー樹脂および有機溶剤と混合していることを考慮しても、拘束圧が作用していない状態 ($p' = 0$) においては数千%程度に吸水・膨潤すると考えられる。

図-5 に、図-4 の近似直線に基づいて、吸水・膨潤した摩擦低減層の厚さを試算した値と地表面からの深度の関係を示す。このとき、施工後一定期間経過した場合を想定して、地盤内の応力状態は K_0 状態 ($K_0 = 0.5$) であり、地下水面は地表面と一致 (G.W.L. = 0m) し地盤は飽和状態 ($S_r = 100\%$) であると仮定し、土の湿潤密度 ρ_w を $1.4 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ まで変化させた。深度 20m 程度以浅においては 1.5mm 程度以上、50m 程度の大深度においても 1mm 程度の厚さの摩擦低減層が確保される。

図-6 に圧縮・再膨潤過程の結果を示す。圧縮・再膨潤過程における鉛直ひずみと拘束圧の関係は、弾性的ではあるが一義的な関係は認められず、図中の色塗りの範囲に示すようなヒステリシスループを描く。実際の地盤内において施工後一定期間経過した場合を想定すれば、ループの幅はこの関係よりも小さくなると考えられる。

4. まとめ 摩擦低減剤の膨潤試験を実施した。得られた主な知見は、以下の通りである。①拘束圧が大きくなるほど摩擦低減剤の膨潤量は小さくなり、両者の関係は概略直線で近似できる。②摩擦低減剤の塗布厚さを 0.2mm とした場合、20m 程度以浅において 1.5mm 程度以上の摩擦低減層が確保される。③圧縮・再膨潤過程における膨潤量と拘束圧の関係は、弾性的ではあるが一義的な関係は認められず、ヒステリシスループを描く。

【参考文献】1) フリクションカッター施工編, 株式会社日本触媒, 2005. 2) 白井 豊, 岡本 功一: 揖斐川伊曾島水門改築工事 (摩擦低減塗料を用いた大深度仮設基礎杭の引抜き撤去), 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.1253-1254, 2007. 3) 梅崎 健夫, 河村 隆, 林 錦華, 服部 晃, 岡本 功一: 土と摩擦低減剤を塗布した鋼材の接触面における摩擦特性, 第 43 回地盤工学研究発表会, pp.1411-1412, 2008. 4) 梅崎 健夫, 河村 隆, 林 錦華, 服部 晃, 岡本 功一: 鋼材表面に塗布される摩擦低減剤の膨潤特性, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会, pp.225-226, 2008.

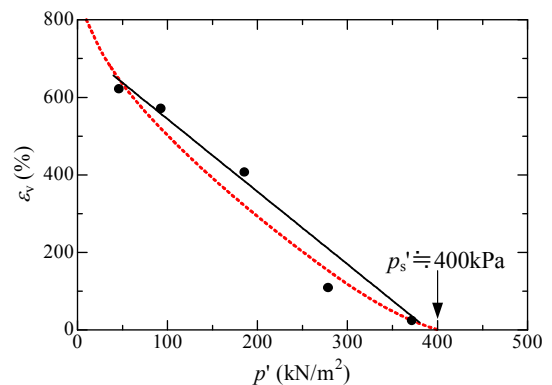


図-4 拘束圧と鉛直ひずみの関係 (吸水・膨潤過程)

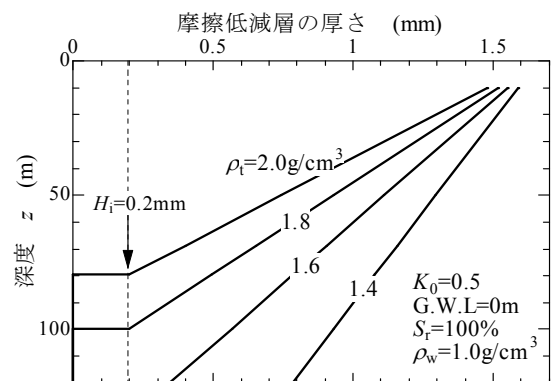


図-5 摩擦低減層厚の試算

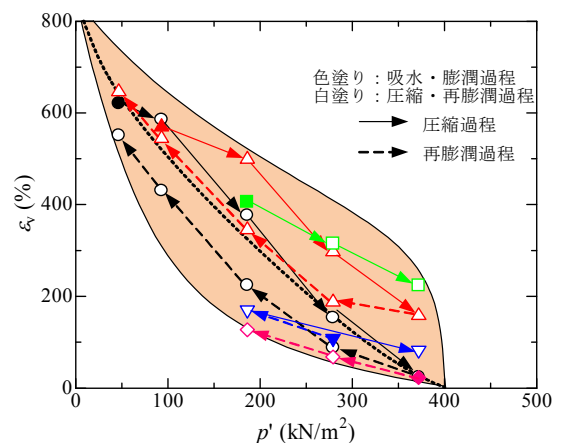


図-6 圧縮・再膨潤過程における拘束圧と鉛直ひずみの関係