

鋼材表面に塗布される摩擦低減剤の膨潤特性

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆
 信州大学大学院 学 ○林 錦華
 日本触媒 (株) 服部 晃, 正 岡本功一

1. はじめに 仮設の土留め工として敷設された H 鋼や鋼矢板は, 施工後一定期間経過すると土と鋼材の表面との摩擦により引抜き撤去が困難になる. 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, 摩擦低減剤の膨潤特性について検討するために, 拘束圧が作用した条件下における摩擦低減剤の膨潤試験を実施した. また, 摩擦低減剤の透水性について検討するために, 膨潤試験後に拘束圧をさらに増加させた圧縮試験も実施した.

2. 試験概要 試験には図-1 および写真-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 $1\mu\text{m}$) に塗布して供試体とした. 塗布厚さは $H_f=0.173\sim 0.2\text{mm}$ 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, 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 $p=-75\text{ kN/m}^2$, 供試体から二重管ビューレットまでの管路内圧力 $u=-95\text{ kN/m}^2$) により 3 時間真空脱気した. そして, 真空圧 $u=-95\text{ kN/m}^2$ を保った状態でセル圧を一旦ゼロに戻し, 供試体に所定の拘束圧 $p'=p-u=p+95\text{ kN/m}^2$ が載荷されるようにセル圧 p を載荷した. そして, バルブ A を閉じてバルブ B を開け (図-1), 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

- 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

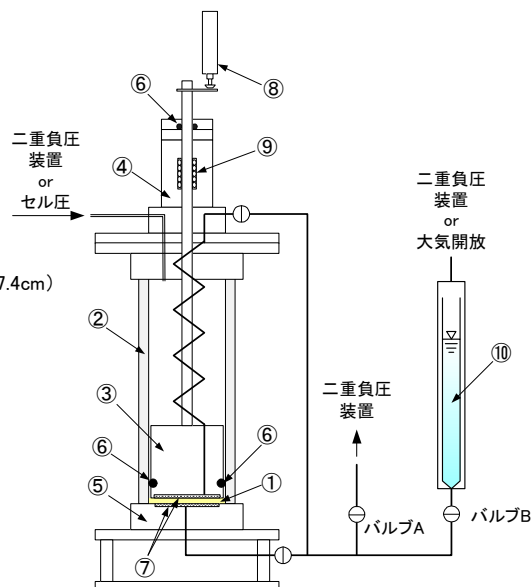


図-1 カラム型膨潤試験装置の概略

した. バルブ B を開けた本過程において, 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が吸水・膨潤する (吸水・膨潤過程). このときの鉛直変位およびビューレット内の水位の時間変化を計測した. さらに, $p'=300\text{ kN/m}^2$ の膨潤試験では, 膨潤後に $p'=400\text{ kN/m}^2$ を載荷したときの圧縮量を測定した. また, $p'=400\text{ kN/m}^2$ の膨潤試験では, 膨潤終了後に, $p'=300\rightarrow 200\text{ kN/m}^2$ と段階的に拘束圧を減少させて膨潤させる試験も実施した.

3. 試験結果および考察 図-2(a)~(d)に吸水・膨潤過程における拘束圧 p' , セル圧 p , 管路内圧力 u , ビューレットから装置内への水の流入量 ΔV , 鉛直変位 S および鉛直ひ

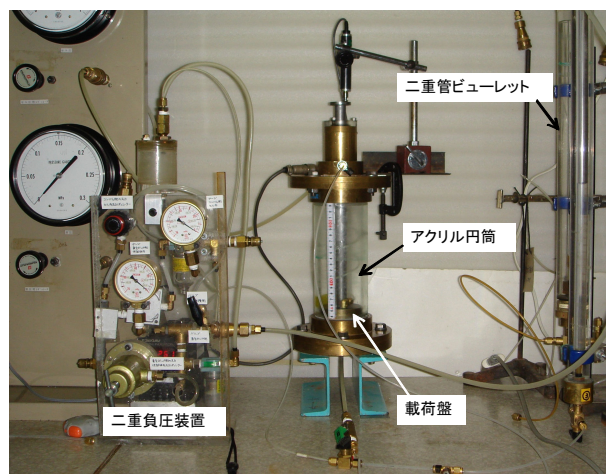


写真-1 試験装置の全景

ずみ ε_v ($=S/H_i$, H_i : 塗布厚さ) の経時変化の一例を示す. ここで, S および ε_v は膨潤を正としている. 図-2(a) に示すように, バルブ B 開放 ($t=0$) 後, 約 10 分程度で $u=0$, $p=300\text{kN/m}^2$ まで制御し, その後一定値が保たれている. 図-2(b) に示すように, ΔV は約 2 分程度まで急激に増加しており, この間の $\Delta V \approx 38\text{cm}^3$ によって管路やポーラストーンの空隙などが水で満たされたと考えられる. 図-2(c), (d) に示すように, 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約 2 分以降において膨潤している. このとき, 図-2(b) の ΔV も同様に 2 分以降は緩やかに増加しており, 摩擦低減剤の膨潤を示している. 本文では, 図-2(c) に示すように, 膨潤終了を $3t$ 時間により決定した. $3t$ 時間は, $p'=200\text{kN/m}^2$ では約 450 分, $p'=300\text{kN/m}^2$ では約 500 分, $p'=400\text{kN/m}^2$ では約 600 分であった.

図-3 に拘束圧と $3t$ 時間における鉛直ひずみの関係を示す. 拘束圧が小さいほど鉛直ひずみは大きく, 摩擦低減剤の膨潤量は大きい. $p'=200\text{kN/m}^2$ では H_i の約 6 倍の 1.2mm 程度まで膨潤している. 拘束圧が増加するほど, 膨潤量は減少し, 膨潤量は, $p'=300\text{kN/m}^2$ では H_i の約 2 倍の 0.4mm 程度, $p'=400\text{kN/m}^2$ では約 0.2 倍の 0.04mm 程度である. 拘束圧がさらに大きくなると膨潤量はゼロに近づく. 膨潤量がゼロである拘束圧を膨潤圧 p_s と定義すると, $p_s=500\text{kN/m}^2$ 程度である. たとえば, 施工後一定期間経過したときの応力状態を K_0 状態と仮定すると, $p'=200\text{kN/m}^2$ の土被り圧は 400kN/m^2 であり, 地下水以下の地盤における深度 50m 程度に相当する. すなわち, 大深度においても摩擦低減剤は膨潤し, 1mm 程度の摩擦低減層を形成できる.

図-3 中には, $p'=300\text{kN/m}^2$ で膨潤させた後に $p'=400\text{kN/m}^2$ を載荷して圧縮した結果 (図中の□) および $p'=400\text{kN/m}^2$ で膨潤させた後に $p'=300 \rightarrow 200\text{kN/m}^2$ と段階的に減少させて膨潤させた結果 (図中の◇) も示した. 載荷した場合の圧縮量は極めて小さく, 一旦吸水ゲル化して膨潤した摩擦低減剤からはほとんど排水されない. したがって, 摩擦低減剤の透水性は極めて小さく, 止水剤としての機能も期待する. また, 除荷した場合は, 直線的に ε_v が増加するが, 膨潤量は $p'=200, 300\text{kN/m}^2$ における最初の吸水による膨潤量 (図中の●) よりも小さい.

4. まとめ 土と鋼材の摩擦低減剤の膨潤試験を実施した. 摩擦低減剤は, 拘束圧が小さい場合において膨潤量が大きく, 拘束圧が大きくなるほど膨潤量が小さくなり, 膨潤量がゼロである膨潤圧は $p_s=500\text{kN/m}^2$ 程度である. 膨潤終了後に拘束圧を増加させても圧縮はほとんど生じないことから, 摩擦低減剤の透水性は極めて小さく, 止水剤としての機能も期待する.

【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, 2006.

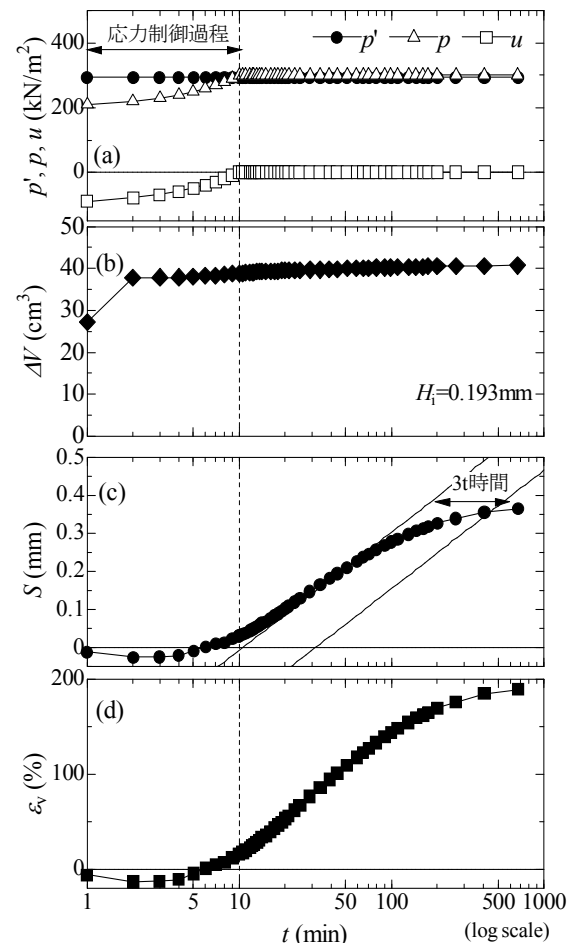


図-2 試験結果の一例 ($p'=300\text{kN/m}^2$)

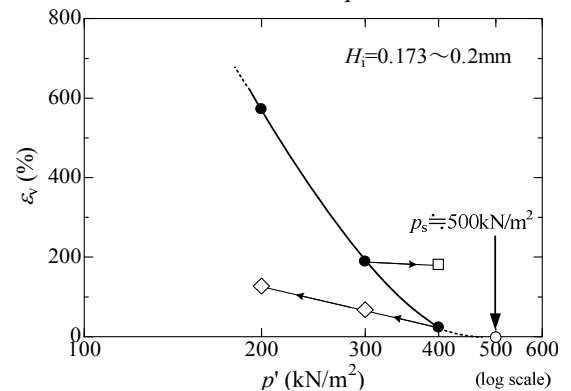


図-3 拘束圧と鉛直ひずみの関係