

土と摩擦軽減剤を塗布した鋼材の接触面における摩擦特性 (その2)

周面摩擦, 一面せん断試験, 内部摩擦角

信州大学大学院 国際会員 ○岡本功一 ((株) 日本触媒)
 信州大学工学部 国際会員 梅崎健夫, 国際会員 河村 隆
 信州大学工学部 学生会員 中川一樹
 (株) 日本触媒 国際会員 服部 晃

1. はじめに 仮設の土留め工として敷設された H 鋼や鋼矢板は、引抜き撤去時において土と鋼材の表面との摩擦により表面に土が付着 (写真-1(a)) し、土中に空洞が生じて地盤沈下等の問題が起きる。そこで、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摩擦低減剤とする工法が開発されている^{1), 2)}。摩擦低減剤は、打設後、地下水との接触により吸水膨潤ゲル化し摩擦低減層を形成することで鋼材表面への土の付着を抑制するものである (写真-1(b))。現場での施工実績³⁾はあるものの、摩擦低減剤の詳細な摩擦特性については十分に明らかにされていない。これまでに、表面の滑らかな鋼材と笠岡粘土および豊浦砂を用いて、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土の種類によらずほぼ同じ値となり、非常に小さいことを明らかにしている⁴⁾。

本文では、施工現場においては、鋼材の表面が錆び等で大きな粗度を有している場合があることを考慮して、2種類の耐水サンドペーパーを接着した鋼材に摩擦低減剤を塗布し、土との摩擦特性について検討した。

2. 試験概要 図-1 に示すように、土質試験法 (JIS 0560-2000, JIS 0561-2000) に準拠した一面せん断試験を実施した。試料は笠岡粘土 (土粒子密度 $\rho_s=2.705\text{g/cm}^3$, 液性限界 $w_L=55.2\%$, 塑性限界 $w_P=14.9\%$, 塑性指数 $I_P=40.3$) である。 $2w_L$ で練返して圧密圧力 98kPa で予圧密した試料を直径 60mm , 高さ 10mm に成形して供試体とした。表面を防錆処理されて滑らかな鋼材 (SS400, 厚さ約 9mm) に粗度の異なる2種類の耐水サンドペーパー (100, 320番, 粗度は100番の方が大きい) を両面テープで接着して、鋼材の粗度を模擬した。図-1(b), (d) に示すように、下箱内にサンドペーパーを接着した鋼材を挿入した。このとき、サンドペーパーが下せん断箱の上面から $0.02\sim 0.03\text{mm}$ 程度出るように (図-1(c) 参照), 真ちゅう製のスペーサーおよびステンレス薄板 (厚さ $0.01, 0.02\text{mm}$) を用いて調整した。せん断時に摩擦低減剤と笠岡粘土の接触面が上下せん断箱の隙間 (せん断層) に位置するように、塗布厚 0.1mm の摩擦低減剤を塗布した (図-1(c), (d))。圧密圧力 $\sigma_c=147, 196, 245\text{kPa}$ で 3t 時間圧密した後、隙間設定用スペーサー⁶⁾を引抜くことにより上下せん断箱のすき間を 0.2mm に設定し、水浸箱に純水を十分に注水して1時間程度水浸した。そして、手で定体積条件を制御しながらせん断変位速度 0.2mm/min (せん断時間約 35 分間) で水平変位 7mm までせん断を行った。

3. 試験結果および考察 図-2 に供試体設置時からせん断直前までの摩擦低減剤の厚さの変化を示す。摩擦低減剤が圧密時に粘土からの排水を吸水して膨張する。その後、上下せん断箱の隙間設定後に隙間から吸水ゲル化した摩擦低減剤の一部が漏出するために沈下を生じる。せん断直前の摩擦低減剤の厚さは $0.1\sim 0.16\text{mm}$ 程度であり、粘土と摩擦低減剤の接触面はせん断層内に位置しており、図-1(c), (d) に示すような粘土と摩擦



写真-1 鋼矢板の引抜き

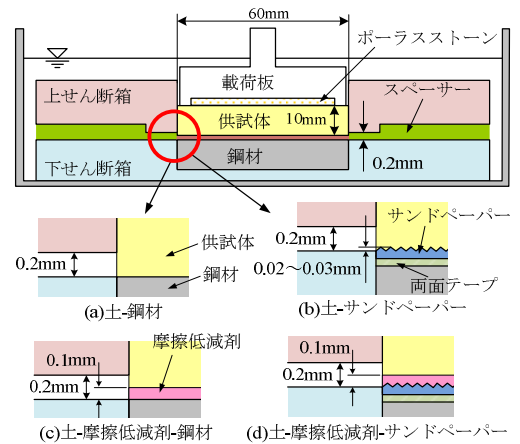


図-1 試験の概略

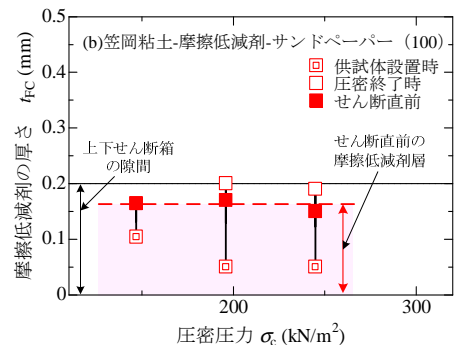
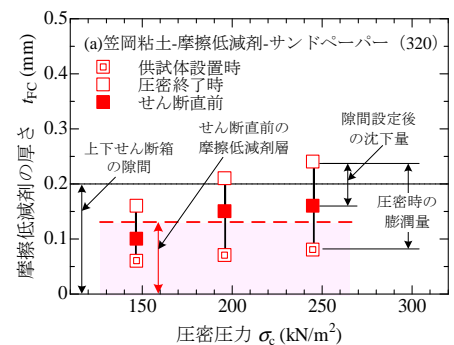


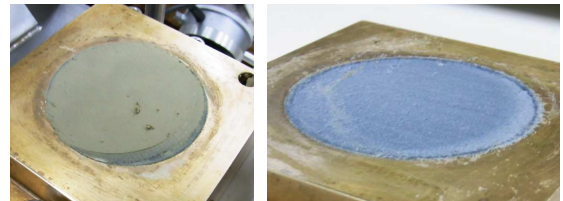
図-2 摩擦低減剤の厚さの変化

Skin friction between soil and steel covered by a chemical agent (Part 2)

K. Okamoto, T. Umezaki, T. Kawamura, K. Nakagawa (Shinshu University) & A. Hattori (Nippon Shokubai Co., Ltd.)

低減剤とサンドペーパーの接触面における摩擦試験であることが確認される。

写真-2に試験後の鋼材の表面の様子を示す。サンドペーパーを接着した場合(写真-2(a))は、土が表面に付着しており供試体を取り除くことができない。この場合の試験は粘土のせん断が生じていると考えられる。一方、摩擦低減剤を塗布した場合(写真-2(b))は、供試体を容易に取り除くことができ、土の付着は皆無である。サンドペーパーの表面には吸水ゲル化した摩擦低減剤が付着しており、その部分でせん断が生じている。



(a)笠岡粘土-サンドペーパー (粘土の付着) (b)笠岡粘土-摩擦低減剤-サンドペーパー (100) (摩擦低減剤)

図-3, 4に応力~ひずみ関係および応力経路の一例を示す。ここで、 τ :せん断応力、 D :せん断変位、 σ_n :垂直応力である。図-4中の破壊線は図-5から求めたものである。図中には、既報の摩擦低減剤の一面せん断試験の結果も示した⁴⁾。笠岡粘土-サンドペーパーの τ - D 関係と応力経路は、笠岡粘土の一面せん断試験の場合とほぼ同様の傾向である。一方、笠岡粘土-鋼材の τ - D 関係は、笠岡粘土および笠岡粘土-サンドペーパーの一面せん断試験と異なり、せん断の開始とともにせん断応力が急激に増加し、笠岡粘土のせん断強度よりも若干小さいピーク値を發揮した後、せん断応力は急激に減少し、一定値に収束する。さらに、サンドペーパーおよび鋼材に摩擦低減剤を塗布した場合は、いずれも摩擦低減剤の場合よりも若干大きい値でほぼ一定となる。

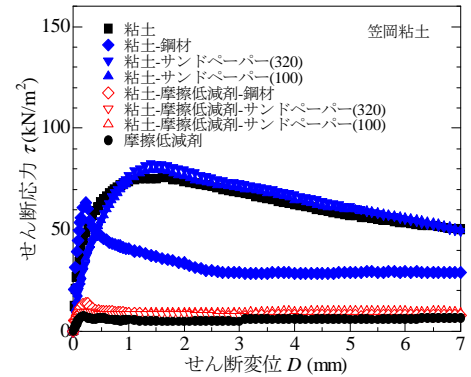


図-3 試験結果の一例 ($\sigma_{n0}=245\text{kN/m}^2$)

図-5に一連の試験から得られた破壊線および内部摩擦角および摩擦角を示す。別途求めた摩擦低減剤の破壊線も示した⁴⁾。いずれも粘着力 $c_1'=0$ であり、原点を通る直線として近似できる。

図-6に一連の試験から得られた内部摩擦角および摩擦角を示す。笠岡粘土の内部摩擦角 ϕ_1 と笠岡粘土-サンドペーパーの摩擦角 δ_1' はほぼ等しく、それぞれ $\phi_1'=29.6^\circ$ ($c_1'=0$)および $\delta_1'=25.2, 26.5^\circ$ ($c_1'=0$)である。笠岡粘土と何も接着していない滑らかな鋼材では、それよりも小さく $\delta_1'=16.1^\circ$ である。摩擦低減剤を塗布した場合の摩擦角は、鋼材表面の粗度に関わらず、 $\delta_1'=2.2\sim 3.5^\circ$ ($c_1'=0$)と極めて小さく、摩擦低減剤の摩擦角 $\delta_1'=1.5^\circ$ ($c_1'=0$)および既報の豊浦砂(相対密度 $D_r=70\sim 86\%$)と摩擦低減剤の摩擦角 $\delta_d=2.4^\circ$ ($c_d=0$)⁴⁾とほぼ同じである。

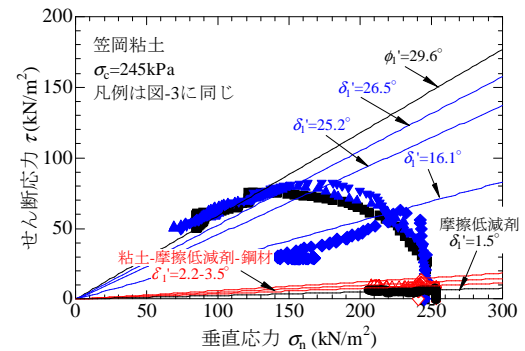


図-4 応力経路の一例 ($\sigma_{n0}=245\text{kN/m}^2$)

4. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。①吸水ゲル化した摩擦低減剤の摩擦角は、 $\delta_1'=1.5^\circ$ ($c_1'=0$)と極めて小さい。②鋼材に塗布した場合の土との接触面における摩擦角は、鋼材の粗度と土の種類によらず、 $\delta_1'=2\sim 4^\circ$ と極めて小さく、土の摩擦角の1/10~1/20程度である。

【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, 服部 晃, 岡本功一, 深田和志, 豊岡義則, 酒井 運雄: 吸水性摩擦低減剤塗布による鋼矢板引抜きに伴う近傍地盤の変状低減効果(その2), 土木学会第65回年次学術講演会(III), pp.905-906, 2010. 4)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. 5)梅崎健夫, 河村 隆, 林 錦華, 岡本功一, 服部 晃: 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, 第44回地盤工学研究発表会, pp.1229-1230, 2009. 6)梅崎健夫, 河村 隆, 伊藤美由紀, 本郷五十鈴: 低垂直応力域における粘土の一面せん断試験方法の検討, 第37回地盤工学研究発表会, pp.217-218, 2002.

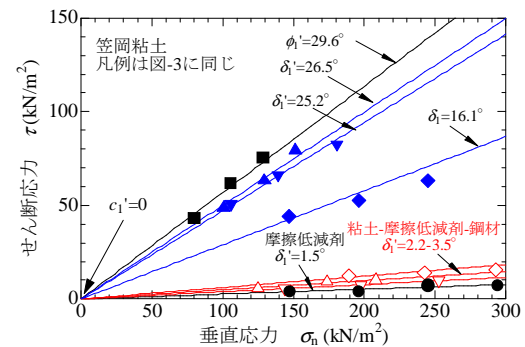


図-5 破壊線

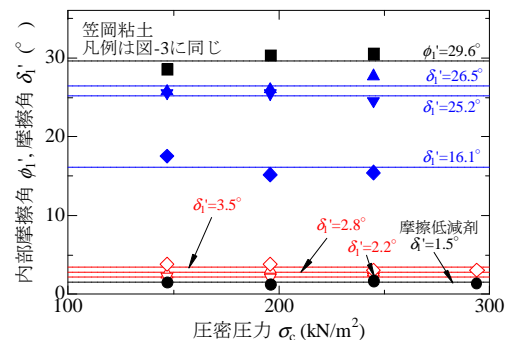


図-6 内部摩擦角および摩擦角