摩擦低減剤を塗布した粗度を有する鋼材と土との接触面における摩擦特性

信州大学工学部　学○中川一樹，正　梅崎健夫，正　河村　隆
信州大学大学院　正　岡本功一（(株）日本触媒）
（株）日本触媒　正　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)]．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)**）．これまでに，摩擦低減剤を塗布した鋼材と笠岡(A)粘土および豊浦砂との接触面における摩擦特性[3)]および拘束圧下における膨潤特性について検討している[4)]．

(a)無処理鋼矢板（土の付着）　(b)摩擦低減剤を塗布した鋼矢板

写真-1　鋼矢板の引抜き

本文では，施工現場において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，粗い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

試験には，土質試験法（JIS 0560-2000，JIS 0561-2000）に準拠した一面せん断試験装置を用いた．試料は，笠岡(B)粘土（土粒子密度ρ_s=2.705g/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）に耐水サンドペーパー（100 番）を両面テープで接着して，粗度を有する鋼材を再現した．**図-1** に示すように，下箱内にサンドペーパーを固定した鋼材を挿入し，その上に粘土供試体を設置した．このとき，サンドペーパーが下せん断箱の上面から 0.02～0.03mm 程度出るように（**図-1** 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 0.01，0.02mm）を用いて調整した．せん断時に摩擦低減剤と笠岡(B)粘土の接触面が上下せん断箱の隙間に位置するように，摩擦低減剤の塗布厚は 0.1mm とした．

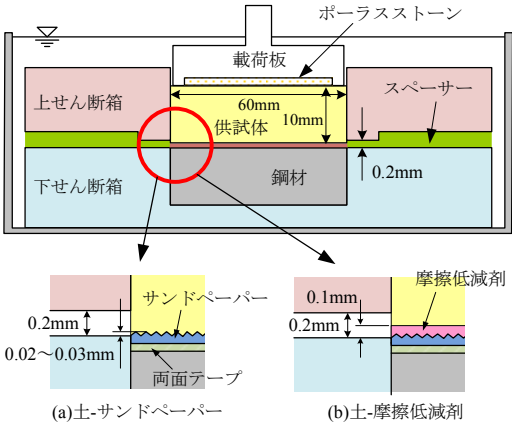

図-1　試験装置の概略

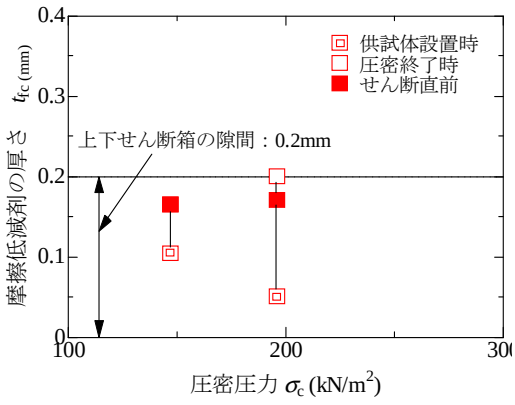

図-2　摩擦低減剤の厚さの変化

なお，摩擦低減剤は吸水することによりゲル状に変化する．圧密圧力σ_c=147，196，245 kPa で 3t 時間圧密した後，隙間設定用スペーサー[5)]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，手動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．なお，笠岡(B)粘土－サンドペーパーの試験も同様に実施した．

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における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ている．摩擦低減剤の厚さは，せん断直前に 0.16mm 程度であり，粘土と摩擦低減剤の接触面はせん断箱の隙間内に位置しており，粘土と摩擦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．

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** 中の破壊線はすべての試験結果から求めたものである．図中には，摩擦低減剤の一面せん断試験の結果も示した [3]．笠岡(B)粘土－サンドペーパーの $\tau-D$ 関係および σ_n-D は，笠岡(B)粘土の一面せん断試験よりも若干大きいピーク値 τ_{max} を示している．これは，**図-4** に示すように，ダイレイタンシー挙動が異なるためである．

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，摩擦角を示す．摩擦低減剤の破壊線も示した [3]．いずれも $c'=0$ であり，原点を通る直線として近似できる．摩擦角 δ_1' については以下に考察する．

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(B)粘土の内部摩擦角 ϕ_1 と笠岡(B)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 $\phi_1'=29.6°$ および $\delta_1'=26.5°$ である．笠岡(B)粘土－摩擦低減剤－サンドペーパーにおける摩擦角（吸水ゲル化後）は，$\delta_1'=2.8°$（$c_1'=0$）と極めて小さく，摩擦低減剤の摩擦角（吸水ゲル化後）$\delta_1'=1.5°$（$c'=0$）とほぼ等しい．

4．まとめ

鋼材の表面に耐水サンドペーパーを接着することにより粗度を有する鋼材を模擬した．一面せん断試験装置を用いて，笠岡(B)粘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について検討した．得られた主な知見は以下の通りである．①サンドペーパー（100 番）と笠岡(B)粘土との摩擦角は 26.5° であり，笠岡(B)粘土の内部摩擦角よりも 3° 小さい程度である．②サンドペーパーに摩擦低減剤を塗布した場合の摩擦角（吸水ゲル化後）は 2.8° 程度と極めて小さい．この値は摩擦低減剤の摩擦角 $\delta_1'=1.5°$（$c'=0$）とほぼ同じであり，摩擦低減剤は鋼材表面に粗度がある場合においても有効に機能する．

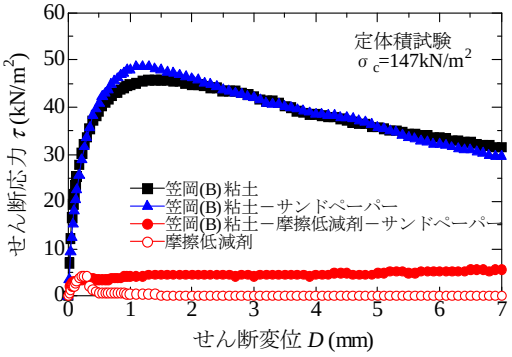

図-3　試験結果の一例（σ_{n0}=145kN/m²）

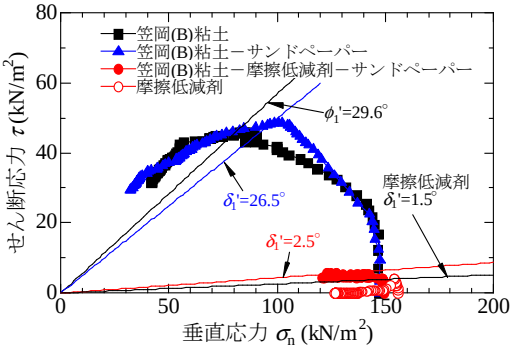

図-4　応力経路の一例（σ_{n0}=145kN/m²）

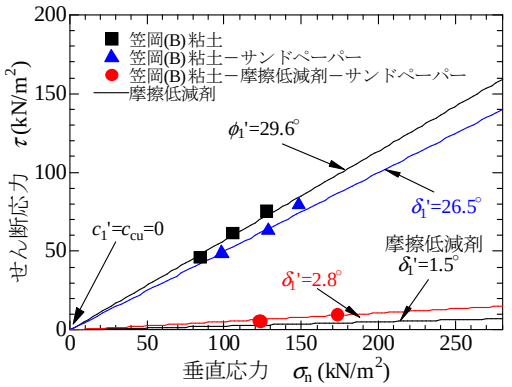

図-5　摩擦低減剤および土と摩擦低減剤の破壊線

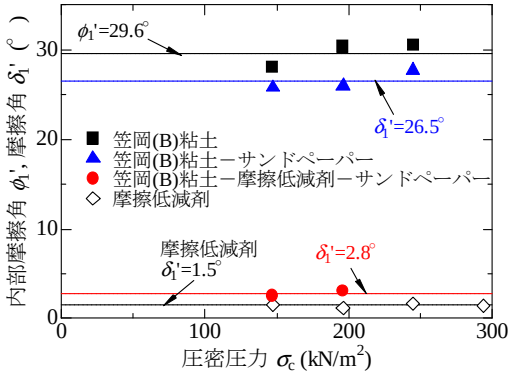

図-6　内部摩擦角および摩擦角

【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：揖斐川伊曽島水門改築工事（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，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. 5)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.