吸水性高分子摩擦低減剤の有効応力に基づく摩擦角（その１）

信州大学大学院　学生会員○古久根　晋太郎
信州大学工学部　正会員　梅崎　健夫，正会員　河村　隆
(株)日本触媒　正会員　岡本　功一，正会員　服部　晃

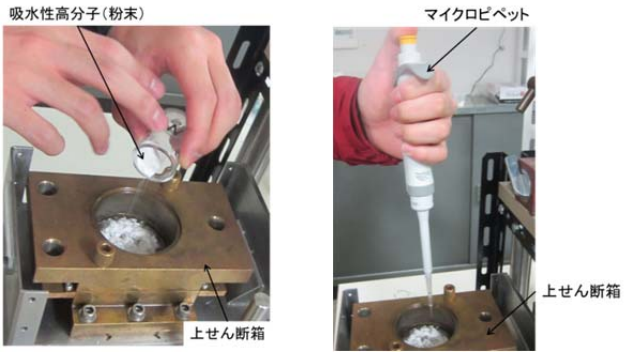
1. はじめに

鋼矢板等の地中埋設体の引抜き撤去において，地盤と埋設体との間の付着力や摩擦力が原因となり，付着した土塊が排出されて，地盤変状を引き起こす問題が生じる．その対策として，吸水性高分子摩擦低減剤（吸水性高分子(平均粒径 50μm)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，地盤中の間隙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ものである．

本文では，吸水膨潤した吸水性高分子の定圧一面せん断試験を実施し，垂直変位を精度良く測定した．その結果から，有効応力に基づき，吸水性高分子の摩擦角を評価・検討した．

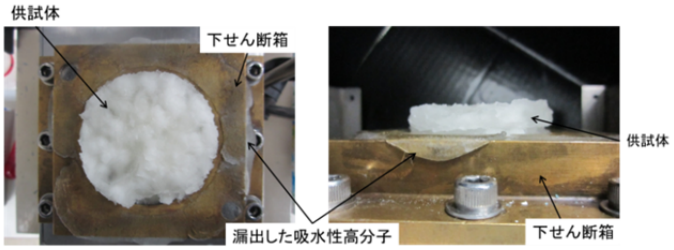
2. 試験概要

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．上下せん断箱の間に隙間設定用スペーサー(厚さ 0.1mm)を設置し，テーパーピンを用いて固定した．吸水性高分子の膨潤倍率を R_a（g/g）=（単位面積あたりの吸水量 m_w＋単位面積あたりの吸水性高分子の質量 m_a）／ m_a として定義し[3)]，R_a=5.0g/g に設定した．鉛直ひずみを精度良く求めるために，給水後の供試体高さ H を 20mm 程度とした．吸水性高分子(粉末)約 1.1g をせん断箱内に均一となるように投入し（**写真-1**(a)），まず純水約 4.5g を注水した．この後，マイクロピペット（GILSON 社，P-10：適用容量 0.0005～0.01g，P-200：0.05～0.2g）を用いて注水量の微調整を行い(**写真-1**(b))，これらの操作を 11 層分繰り返して供試体を作製した．拘束圧 σ_n=100kN/m^2 を載荷し，隙間設定用スペーサーを引き抜いた後，上下せん断箱の隙間から漏出する吸水性高分子の量が減少するまで，約 1 時間圧密を行った．その後，せん断応力 τ の最大値 τ_{max} が発揮されるまで定載荷圧条件下でせん断変位速度 0.2mm/min のせん断を行った．せん断荷重計には，低容量のロードセル(最小目盛り 0.1N)，垂直変位計には，レーザー変位計(最小目盛り 0.001mm)を用いた．



(a) せん断箱への投入　　(b) 注水量の微調整

写真-1 供試体の作製



(a) 上面　　(b) 側面

写真-2 試験後の吸水性高分子(吸水膨潤ゲル)の漏出

3. 結果および考察

写真-2 に試験後に上せん断箱を外した後の吸水性高分子の様子を示す．上下せん断箱の隙間から吸水性高分子が漏出している．

図-1 に圧密過程およびせん断過程の供試体高さの経時変化を示す．スペーサー引抜き時(t=241s)に上下せん断箱の間に隙間（0.1mm）ができることで，

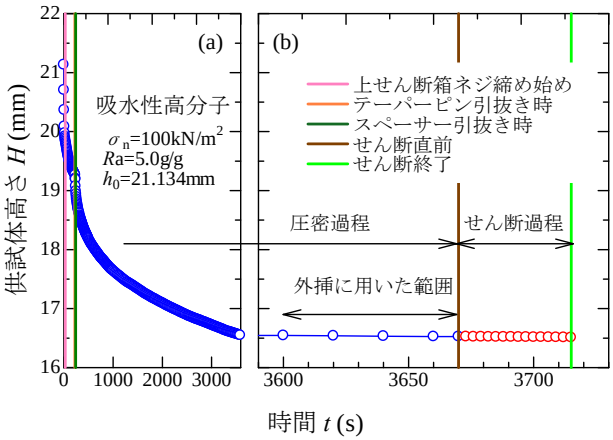


図-1　供試体高さ H の経時変化

吸水性高分子が漏出している（**写真-2**(a)，(b)）．供試体の高さの変化は時間が経つにつれて減少するが，せん断直前においても微小に変化しているため，せん断過程においても拘束圧載荷による吸水性高分子の漏出が生じていると推定できる．

図-2 に τ および垂直変位 Δh とせん断変位 D の関係を示す．τ～D の関係において，τ_{max} は D=0.09mm で発揮されており，その後は緩やかに減少している．Δh～D の関係には，実測値とせん断直前 70 秒間（**図-1** (b)）の H～t 関係の外挿線を示す．これは，**図-1** (b) 中の H と t の関係をせん断過程まで外挿したものである．

図-3 に ε_z～D の関係を示す．供試体の漏出分を除いたせん断に伴う鉛直ひずみを評価するために，実測値から外挿値を差し引いた値を補正値とした．補正後の鉛直ひずみは，せん断中全て 0%＜ ε_z＜0.02%であり，τ_{max} 時においては ε_z=0.01%である．すなわち，せん断過程において，定体積一面せん断試験の条件(ε_z =±0.05%未満)を満たしており，ダイレイタンシーはほとんど生じていない．この時，過剰間隙水圧は発生しておらず，垂直応力は有効応力と評価できる．

図-4 に膨潤倍率 Ra と摩擦角 δ の関係を示す．この図は，既往の研究において，垂直応力を全応力とし，粘着力 c≒0 として算定したものである．本試験により，σ_n'（有効応力），粘着力 c'≒0 として摩擦角を求めたものを同図に併せて示す．両者は一致しており，定体積条件で行った既往の研究と本研究のいずれにおいてもダイレイタンシーは生じず，垂直応力を有効応力として評価できるので，c=c'≒0，δ=δ'≒1°　（Ra≧5g/g）と評価できる．

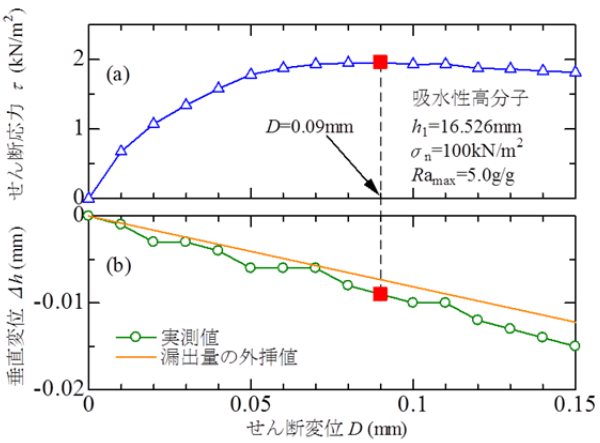


図-2　せん断応力 τ および垂直変位 Δh とせん断変位Dの関係

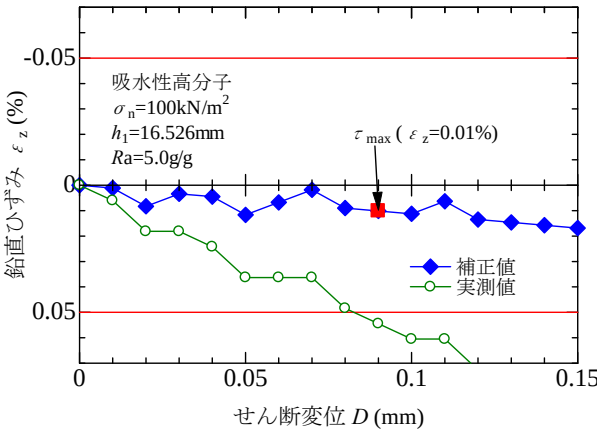


図-3　鉛直ひずみε_zとせん断変位Dの関係

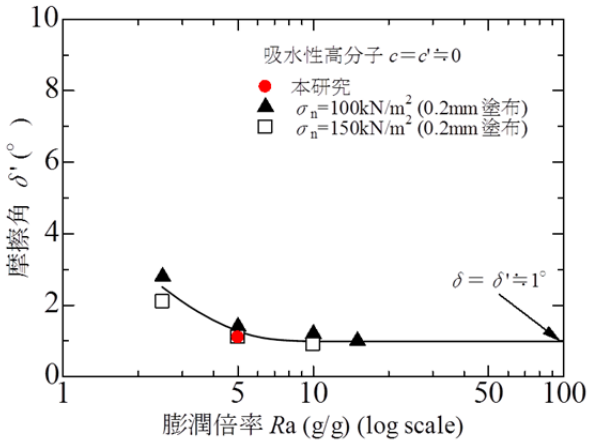


図-4　膨潤倍率 Ra と摩擦角 δ'の関係

4.　まとめ

得られた知見は以下の通りである．定圧一面せん断試験において，せん断に伴って生じた鉛直ひずみは 0%< ε_z<0.02%であり，定体積一面せん断試験の条件である ε_z=±0.05%未満を満たしている．すなわちダイレイタンシーは生じていない．したがって，本試験における垂直応力は有効応力であり，吸水性高分子の摩擦角は有効応力に基づくものとして評価できる．すなわち，c=c'≒0，δ=δ'≒1°　（Ra≧5g/g）であり，分離層として十分機能する．

【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) 梅崎健夫，河村隆，宮木克真，小林優太，岡本功一，服部晃：吸水性高分子摩擦低減材の地盤条件を考慮した膨潤・透水特性，第 50 回地盤工学研究発表会，pp.1483-1484，2015．　4) 梅崎健夫，河村隆，古久根晋太郎，小林優太，岡本功一，服部晃：吸水性高分子摩擦低減剤のせん断抵抗に及ぼす吸水量の影響，第 50 回地盤工学研究発表会，pp.1485-1486，2015．