室内ベーンせん断強さと回転速度の関係

東亜建設工業　正会員　○五十嵐　ひろ子
東亜建設工業　正会員　平林　弘
東亜建設工業　正会員　松岡　達也

１．はじめに

室内ベーンせん断試験(LVT)はサンプラー内の試料に対して直接実施できるため，サンプラーからの抜出しに伴う乱れの影響を無視でき，乱さない試料に対するベーンせん断強さ(s_u)を求めることができる試験である．しかし，LVTや原位置ベーンせん断試験(FVT)では回転速度によってs_uが異なり，回転速度が速いほど大きくなるとの指摘がある[1)2)]．一方，s_uは回転速度の影響を受けないという報告もある[3)]．そこで，本稿では再構成試料を対象として異なる回転速度でLVTを実施し，回転速度の違いがs_uおよび鋭敏比(S_t)に及ぼす影響を調べたので報告する．

２．試験方法および試験条件

用いた試料はカオリンと東京湾粘土である．液性限界(w_L)の 2 倍程度の含水比に調整し，十分に練返した試料をφ200mm×H280mmの圧密容器に詰め，圧密応力 100kPaを載荷し再構成試料を作製した．カオリンと東京湾粘土の物理特性を表-1 に示す．塑性指数(I_P)は，東京湾粘土がカオリンの約 2 倍の値である．また，細粒分含有率(F_c)はカオリンが 100%に対し，東京湾粘土は 88.7%と，砂分が 10%程度含まれている．

表-1　物理特性

試料	液性限界 w_L(%)	塑性限界 w_p(%)	塑性指数 I_p	細粒分含有率 F_c(%)
カオリン	69.2	35.5	33.7	100
東京湾粘土	106.5	42.8	63.7	88.7

LVTには，ベーン寸法D20mm×H40mmのベーンブレードを用い，ベーン先端を表面から 80mm貫入し測定を実施した．乱さない試料でs_uを測定後，ベーンを高速で 30 回転させることにより撹乱し，練返した状態でのベーンせん断強さ(s_{ur})を測定した．また，圧密容器から取り出した試料をポリエチレン袋の中に入れ，十分に練り返した後にφ80mm×H90mmのアクリル容器に詰め直してLVTを実施し，s_{ur}を測定した．ここで，回転速度は 3，6，12，18，24 および 36 °/minの 6 速度で実施した．

また，含水比の違いによる回転速度の影響を調べるため，含水比が異なる練返し試料に対し，上記した 6 速度で LVT を実施した．

土のs_uは次式を用いて算出した．

$$s_u = \frac{M_{max}}{\pi(D^2H/2 + D^3/6)}$$

ここで，M_{max}：計測された最大トルク値，D：ベーンブレードの直径，H：ベーンブレードの高さである．

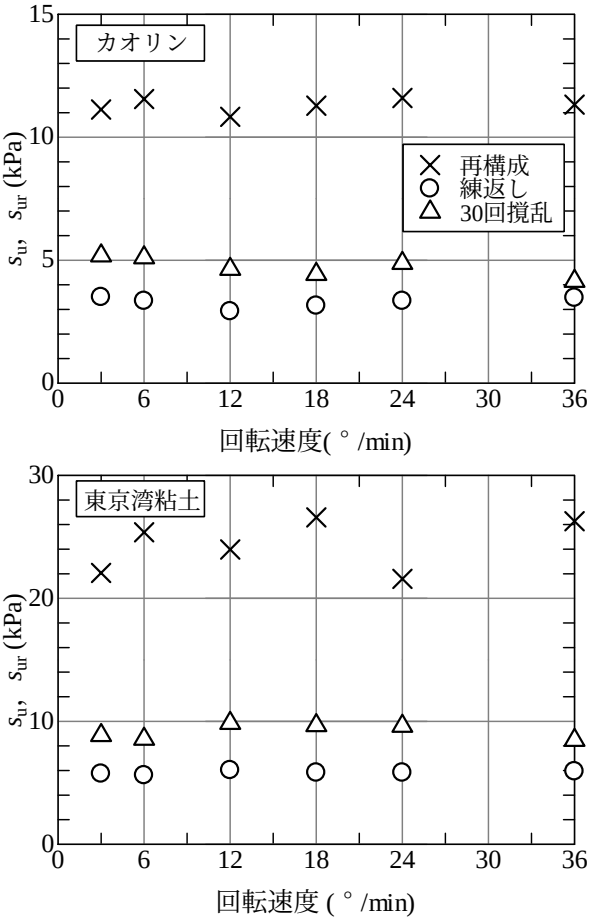

図-1　ベーンせん断強さと回転速度の関係

キーワード　ベーンせん断試験，せん断強さ，鋭敏比
連絡先　〒230-0035　横浜市鶴見区安善町 1-3　東亜建設工業 技術研究開発センター　TEL045-503-3741

３．試験結果および考察

図-1 に再構成試料に対するs_uおよびs_{ur}と回転速度との関係をそれぞれ示す．s_uと 30 回撹乱後および練返し試料に対するs_{ur}は, 回転速度が 3~36 °/min内では回転速度によらず一定となることがわかる．しかし，東京湾粘土のs_uは他のものと比べてばらつきが大きいといえる．この理由として，東京湾粘土は 10%程度の砂分を含んでおり，カオリンと比べて再構成試料の均質性が劣っていることが考えられる．

図-2 にS_tと回転速度との関係を示す．ここで，2 種類の方法にて撹乱して求めたs_{ur}に対するそれぞれのS_tを示す．カオリンと東京湾粘土のどちらも 30 回撹乱後の乱した試料によるS_tに比べ，練返し試料によるS_tの方が大きくなっていることがわかる．このことから，ベーンを高速で回転させるだけではベーンブレード周面の円筒形を乱すだけで，撹乱が十分ではないことが示唆される．

図-3 に異なる含水比の練返し試料から得られたs_{ur}と回転速度との関係を示す. どちらの試料も含水比が高くなるとs_{ur}が小さくなるのがわかる．また，s_{ur}はいずれの含水比状態(I_L=0.3～2.0)でも回転速度によらず一定の値を示す．

図-4 に練返し試料のs_{ur}と液性指数(I_L)との関係を既往の結果[4]と併せて示す．なお，図には回転速度 6 °/minで実施したものを示している. 図より練返し試料から得られたs_{ur}はI_Lの増加とともに減少することがわかる．また，この関係は土によらないものと考えられる．

４．まとめ

カオリンと東京湾粘土の再構成試料に対して回転速度を 3~36 °/min に変化させ LVT を実施し，得られた結果を以下にまとめる．

1. 乱さない試料，30 回撹乱後および練返し試料それぞれでのベーンせん断強さは回転速度が 3~36 °/min 内では回転速度によらず一定の値を示す．
2. 十分に練り返した後の練返し試料に比べ，ベーンを高速で 30 回撹乱後の試料に対する鋭敏比の方が小さくなった．
3. 練返し試料によるs_{ur}はI_Lの増加とともに減少する結果が得られた．

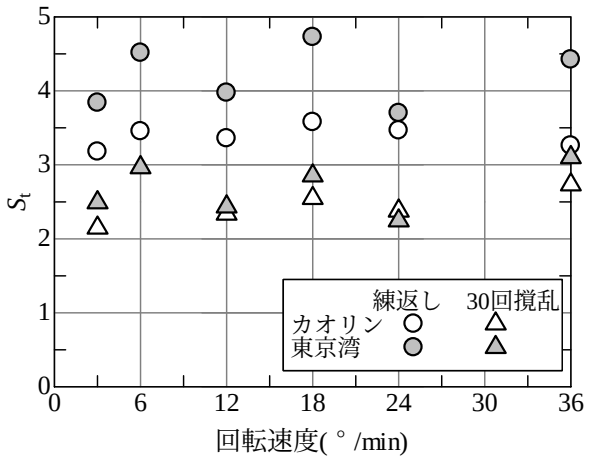

図-2　鋭敏比と回転速度の関係

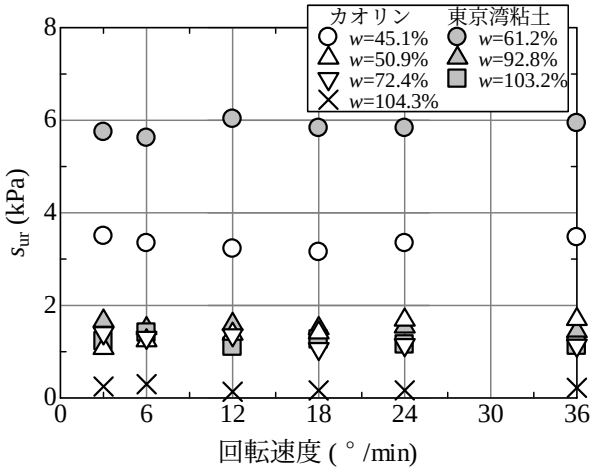

図-3　ベーンせん断強さと回転速度の関係

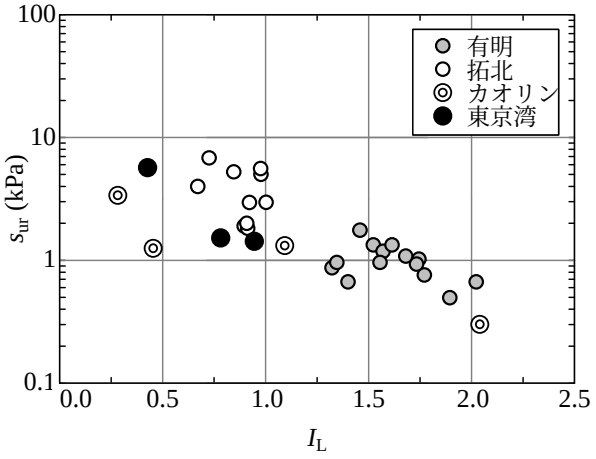

図-4　ベーンせん断強さと液性指数の関係

参考文献：1)西原晃ら：ベーン強度におけるせん断速度の影響と強度異方性，第 25 回土質工学研究発表会，pp. 583-586, 1990　2)森田悠紀雄ら：ベーン試験特性と他試験との比較，ベーンせん断試験に関するシンポジウム，pp. 71-76，1980　3)平林弘ら：原位置ベーンせん断強さに及ぼすベーン回転速度の影響，第 46 回地盤工学研究発表会，投稿中，2011　4)松岡達也ら：ベーンせん断試験による粘性土の鋭敏比に関する考察，第 45 回地盤工学研究発表会，pp.213-214，2010