高含水比の地盤材料の力学特性の解明

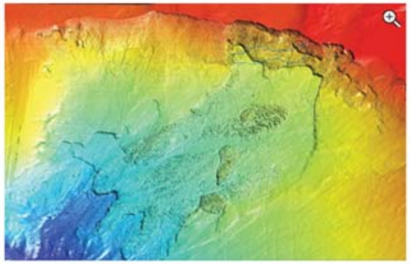
北海道大学
田中洋行

研究の背景

- 岸壁の大水深化，航路の維持・管理
- 大量の浚渫土砂が発生
- 適切な処理の必要性（環境，有効利用）
- 粘性土＋高含水比
  - 通常の土とは異なる(土と水の両方の性質）
  - 粘性（ひずみ速度によって抵抗が変化）
  - 非常に大きなひずみ（変形）
  - レオロジー

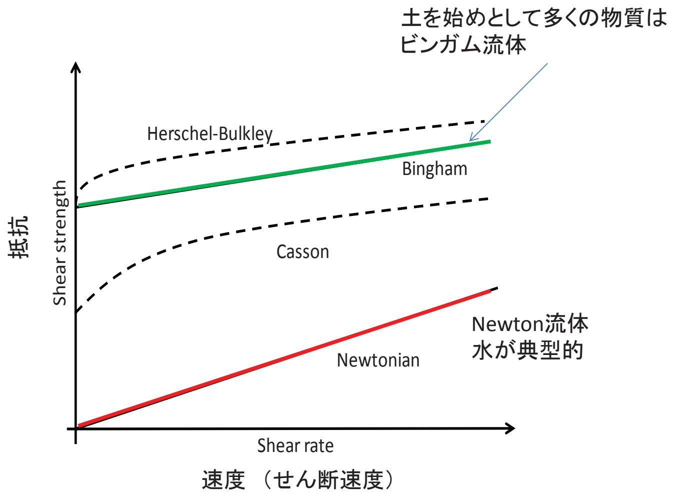
高含水比の土砂の特性 他の分野でも重要

土石流　泥流



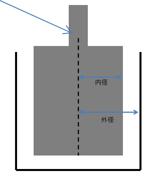
海底地滑り
（Storegga slide)
British Geological Survey より

種々の物質の速度と抵抗の関係



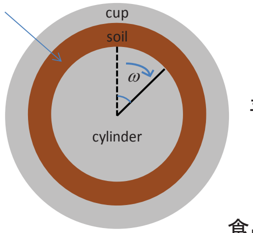
流動特性の求め方
回転粘土計(Viscometer)

回転速度を徐々に増加



断面図

狭い:ひずみを均一にするため



平面図

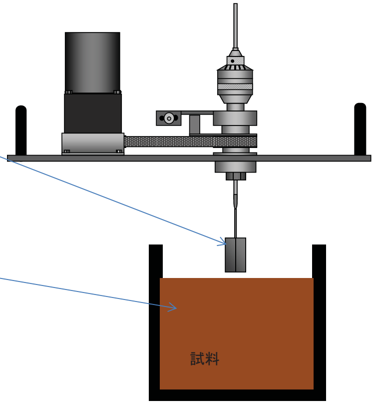
食品，化粧品，オイルなどの多くの産業で多用されている

通常の試験機
(地盤工学で用いられている)

試料が柔らかいので，一軸などの試験は無理

ベーン試験が一般的
一定の回転速度
6° /min

大きな容器
ひずみの概念はない



土木における土のレオロジー特性の研究

土質力学 →

鶴谷，他(1986，1989)

← 流体力学

地盤工学 ↔

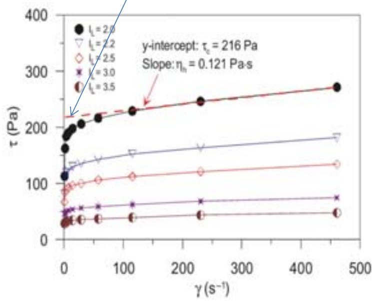
← 河川，海岸工学

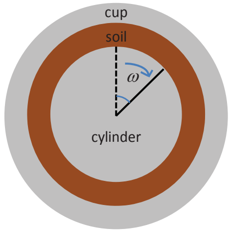
塑性限界　液性限界　水の流れによる土砂の巻きあげ

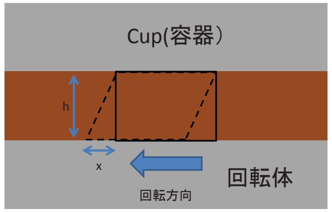
↔ 含水比

回転粘度計のメカニズム

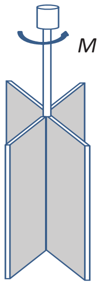
降伏値

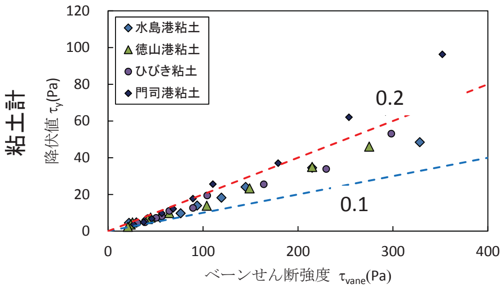






降伏値(粘土計)とベーン強度の比較





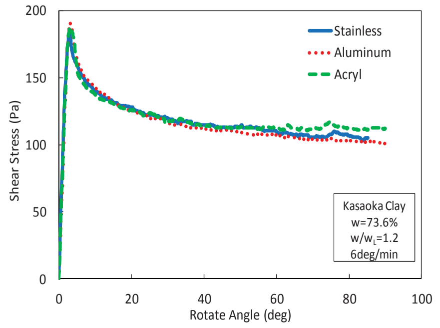
布谷，土田，他 (2012)

回転粘度計得られた降伏値はベーン強度の0.1から0.2

強度の差が生じた原因

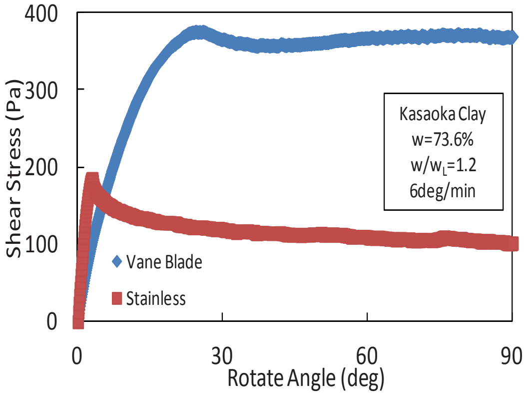
- 回転体の違い？
  - ベーン，円柱
- 拘束条件の違い？
  - 粘土計 容器(隙間が小さい)
  - ベーン なし
- 回転速度の違い？
  - ベーン 6° /min

回転体(円柱)の材質の影響



材質の違いによる影響はなし。

円柱とベーンの違い 6° /minで試験

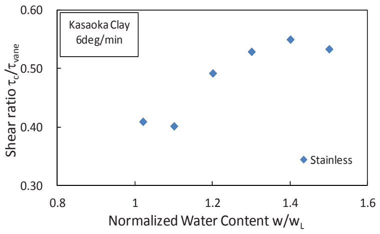


少なくとも，遅い回転速度ではベーンの方が強度が大きくなる

すべり面の様子

ベーン

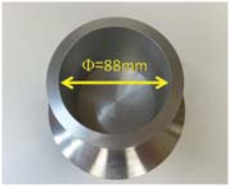
円柱

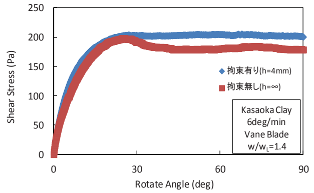


含水比の影響

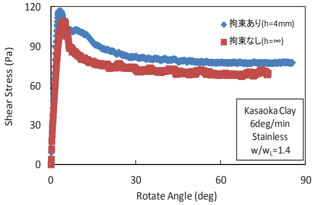
円柱の場合では滑っている

境界条件の影響





ベーン



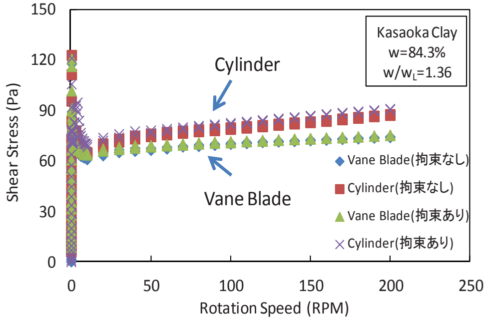
円柱

拘束の影響はほとんどない
円柱の場合，滑っている
この2つを考えると

回転粘度計でひずみが均一という前提は？

回転速度が速くなった場合

回転粘度計で試験

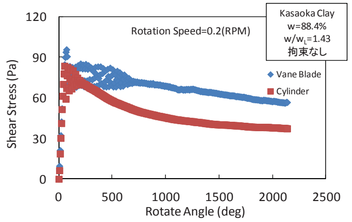


拘束条件は無視できる

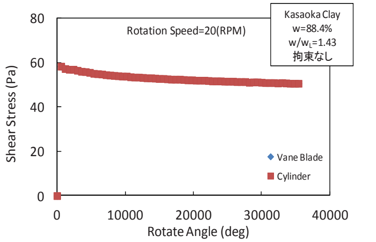
円柱とベーンの強度が逆転する

回転速度の影響

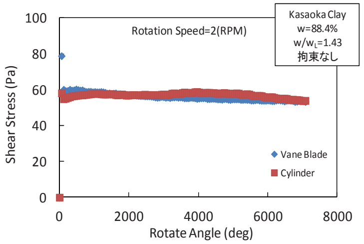
回転粘度計で一定速度



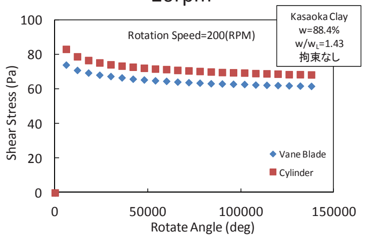
0.2rpm



20rpm



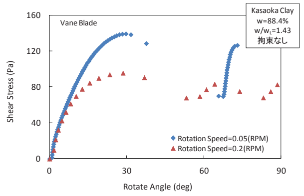
2rpm



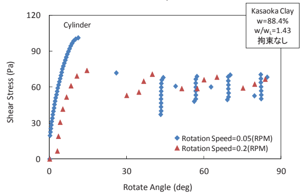
200rpm

低速度での回転粘度計問題点

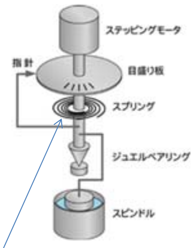
ベーンの回転速度は6°/min　0.017rpm



ベーン



円柱



粘土計の構造

スプリングが非常に柔らかい
強度が発揮するまで，回転角度が必要

結論1

- ベーン強度は回転速度が速くなると強度が大きくなると言われているが，必ずしもそうでない（特に回転数が速くなると）
- 回転粘土計は回転速度が比較的早い状態に適したように作られているので，遅い場合には信頼性に乏しい（特に降伏値を求めるときに注意）
  - 計測機構（スプリングが柔らかい）
  - 強度が発揮するまで，一定の回転角度が必要

結論2

- 回転粘度計からせん断速度を求める仮定（滑りが生じない）は，再検討を要する。
- 従来の方法（回転粘度計）で求めた粘性あるいは降伏値の工学的妥当性は，現象（実現象，模型実験）と数値解析を用いて検証する必要あり。