

東北大学工学部 学生員 〇松田隆二

東北大学大学院 学生員 青木美樹

東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

フロックとして沈降・堆積した粘性土が、水流により再び巻き上げられ、洗堀されるメカニズムは、現在までのところほとんど解明されていない。その理由は、粘性土の粒子が微小で、粘着性を持ち、砂粒土のように投入しないことにある。本研究では、機械的、および水理的な粘性土の剪断強度測定、貯水池における現地測定、およびそれらの比較を通して、現地における洗堀条件について検討をした。

2. 実験方法

(i) 現地測定 現地(盛岡市、四十田ダム貯水池)において、堆積粘土のベーン剪断強度試験を行なった。使用したアルミ製ベーンは、 8 cm (直径) $\times$ 3 cm (高さ)、 $6\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 、 $5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 、 $10\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 、 $10\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ の5種類であり、1分間毎回転の速度で剪断した。

(ii) 実験室におけるベーン試験 (i)と同じ機材を使用した。試料は、四十田ダム貯水池に流入し堆積した底泥を用い、よく攪拌して直径 30 cm 、深さ 45 cm の容器に所定の時間、沈殿させた。

(iii) 水路による洗堀実験 実験装置を図-1に示す。水路は断面 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ の矩形管路で、側壁は透明なアクリル板、上、下面はそれぞれ木製、および鉄製である。(無試料時のマンニングの粗度係数測定値は、 $n=0.06$)。水路の中央部に長さ 32 cm の底板可動の堆積容器をとりつけ、深さ方向の強度分布が得られるようにした。底面剪断力は、動水勾配(I_e)、剪断力計およびプレストン管により求め、流量は、下流に取り付けた三角堰で測定した。各方法から求めた剪断力の関係を図-2に示す。 τ_s と τ_m 、 τ_p の間に線形性があり、洗堀実験時の剪断力算定に動水勾配を用いることができる (ρ : 密度、 g : 重力加速度、 R : 径深)。洗堀実験に当っては試料を堆積容器に自然沈降・堆積させた。

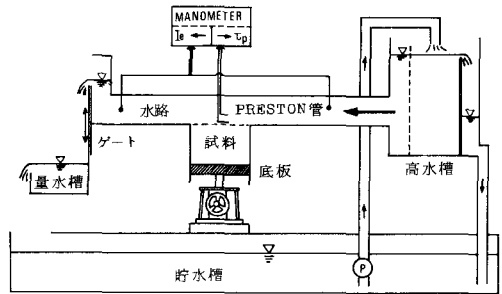


図-1 実験装置

水路で自然沈降した粘性土が洗堀される場合、流速が小さくても表面粒子は単一粒子として輸送されることが観察される。しかし堆積厚に影響を及ぼすほどではない。流速がある段階に達すると粒子の巻き上げがはげしくなり、わずかながら堆積厚の減少が見られる。さらに流速を上げると単一粒子としてでなく、塊としてはぎとられるように洗堀され、堆積厚の減少が顕著となる。ここでは文献(1)に準じて、前者を巻き上げ限界、後者を洗堀限界と定義した。

3. 実測、実験結果および考察

図-3に現地におけるベーン剪断強度分布を示す。筆者らは、先にコーンプレート型粘度計を用いた測定により、沈殿させた粘性土のビンカム降伏値 τ_b が深さ z 方向に指数的に増加しているという結果を得たが²⁾、現地において、自然に沈降・堆積した粘性土のベーン強度 τ_b についても同様な性質があることがわかった。しかし、コーン試験の値は、ベーン

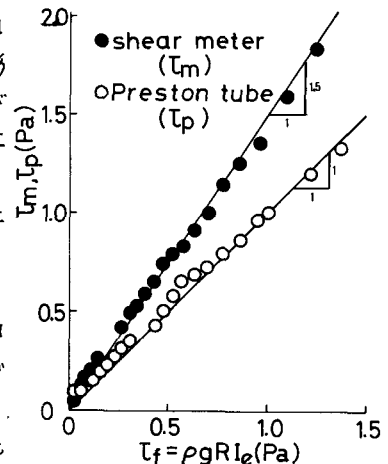


図-2 各方法による剪断力の比較

試験の値にくらべて非常に小さい²⁾。また、現地における剪断強度も測定箇所によって値がかなり違い、その差はげにも及ぶことがある。実験室において、沈降作成した試料の同一深さにおける τ_c の時間的变化の測定により圧密による強度増加がみられることから、実測値の場所ごとの差は主として沈殿時間の差によるものと思われる。図-4に現地と実験室の剪断強度の比較を示す。図にはかなりばらつきがあるが、測定場所ごとではよい対応をしているといえる。これによりバーン実験値から現地の剪断強度を推定する事ができる。さらに τ_c と水路による限界剪断力 τ_{lc} の対応が得られれば、実際に現地での洗堀の条件が推定できる。

次に水路による実験結果を示す。洗堀により試料の表面が変形し、粗度が変化するため、 τ_c (洗堀限界) を計算するには $\tau_c = \rho g R I_{cc}$ (洗堀限界時動水勾配) を用いた。図-5に τ_c の深さ方向の分布を示す。沈殿時間によらず、表面での τ_c は、0.2~0.3 γ であり、ほぼ一定値を示す。沈殿時間が大きいほど深さ方向の強度の増加率が大きい。表面付近では、粒子は圧密の影響を受けず、強度は粘着力のみにより、堆積層内部では圧密により有効応力が時間とともに増加するためであると考えられる。

図-6に τ_c/τ_{cc} の深さ方向の変化を示す。(S:堆積層厚) ここで τ_{cc} は深さ方向に指数関数的に増加していると仮定して、実験値を内挿して求めた。深さが増加するに従い τ_c が τ_{cc} に比べ大きくなっており、含水比の減少とともに τ_c/τ_{cc} が減少するという報告³⁾に対応している。沈殿時間が異なると、表面付近では τ_c/τ_{cc} の差はほとんどなく、ある深さ以上で差が一定になる。前者が粘着力が支配的に働く領域、後者が圧密の支配的領域であると考えられる²⁾。

4. おわりに

問題点、および今後の課題を以下に挙げる。(1)水理実験による限界状態の判定を目視により行なったが、明確な判定基準を設けなければならない。(2)限界状態における洗堀のスケールを詳細に把握する必要がある。さらに、(3)得られた対応関係から、実際の現象を評価するため、それらの関係を定式化する必要がある。最後に、本研究の遂行に当り東北大学工学部 山路弘人技官の多大なる助力を得た。記して感謝の意を表す。

5 参考文献

- 1) 大坪 村岡 高野 オ16回衛生工学研究討論会講演論文集 PP.140~145 1980.1
- 2) 青木 首藤 オ35回年次学術講演会講演概要集 オ2部. PP.314~315 1980.9
- 3) 栗行 楠田 海田. オ15回衛生工学研究討論会講演論文集. PP.21~26 1979.1

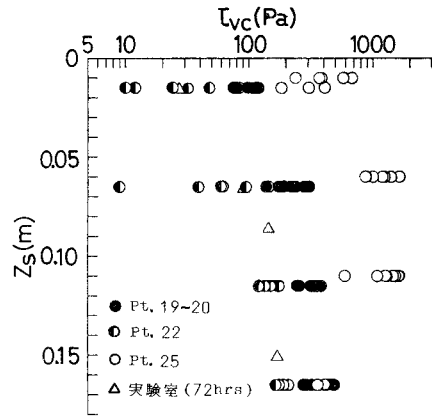


図-3 現地における剪断強度分布 (バーン)

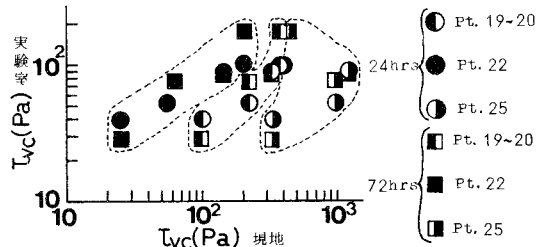


図-4 剪断強度の比較

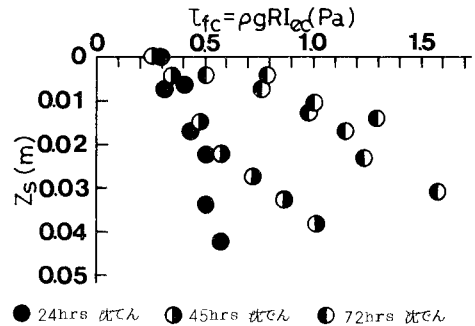


図-5 水流による剪断強度分布

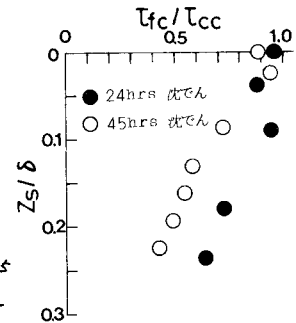


図-6 機械的・水理的強度の比較