

粘性土の流動・停止および安定勾配に関する遠心模型実験

東洋建設(株) 正 ○鶴ヶ崎 和 博
同 上 正 三 宅 達 夫
同 上 角 田 紘 子

1. はじめに

浚渫土砂を利用した干潟や浅場の再生や造成事業が近年、活発化している。ただ、粘性土を主体とする流動性に富む土砂を用いる場合に、潮間帯領域の確保や生物の多様性といった観点において、地形の安定化や流動特性の把握は設計・施工上重要である。

著者らはこれまでに、ビーム型遠心装置を用いた粘性土砂の変形や安定勾配に関する実験を行ってきた¹⁾。本報においては、容器境界の影響が小さく、遠心場における水路実験装置としての利用が可能なドラム型遠心装置(写真-1)による流動実験を行い、粘性土の流動・安定性に関して調査するとともに、流動停止後の堆積土砂の断面勾配に関して地すべりモデルとの比較を行って、勾配算定式の適用性について検討した。

2. 試料および実験方法

(1) 試料：実験に使用した試料は表-1に示す神戸市沖の海底粘土である。図-1に液性限界で規準化した含水比とベーンせん断強度の関係を示す。含水比の正規化によって試料の強度が図-1の近似線では表されることがわかる。

(2) 遠心模型実験：図-2に流動実験時の装置平面図を示す。実験の詳細は文献²⁾に譲るが、所定の層厚(13cm)にて土槽内に設置された試料に対して、遠心加速度 45g 場(試料中央部)においてシャッター板を急開し、水路内(水深 20cm)へと試料を流動させるものである。図-3に実験フローを示す。実験は表-2に示す3ケースの含水比の試料にて実施した。

3. 実験結果

写真-2, 3に流動時の状況を示す。ケース1および2については、シャッター板の解放(実測上昇速度 1.1~1.2m/秒)とともに先端部に混濁渦を示しつつ試料はゆっくりとしたスピードで水路内を移動し水路中程で停止した(ケース1, 2とも実測平均速度 6cm/秒)。一方で、ケース3は非常に高速(実測平均速度

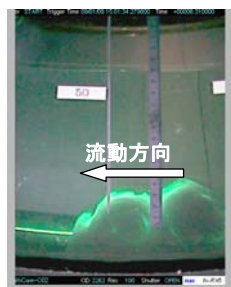


写真-2 流動土砂のフロント(ケース2)

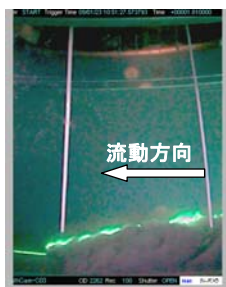


写真-3 流動土砂のフロント(ケース3)



(a)装置外観 (b)実験容器 (直径 2.2m)

写真-1 ドラム型遠心模型実験装置

表-1 試料の特性

土粒子の密度	(g/cm ³)	2.688
粒度組成	砂分 (%)	7.8
	シルト分 (%)	41.3
	粘土分 (%)	50.9
液性限界(LL)	(%)	99.9
塑性限界(PL)	(%)	31.6
塑性指数 IP		68.3

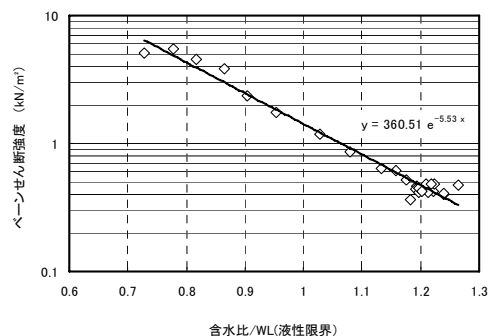


図-1 試料の強度特性

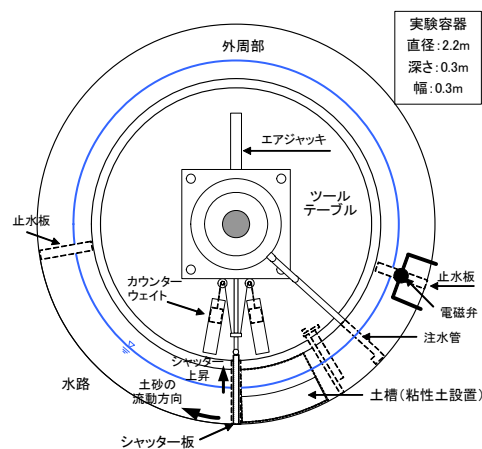


図-2 土砂流動実験時の装置平面図

キーワード：遠心模型実験，土砂流動，安定勾配，地すべり

連絡先：東洋建設 西宮市鳴尾浜 1-25-1 Tel：0798-43-5903 Fax：0798-40-0694

180cm/秒)で水路内を移動するとともに、土砂は水と混濁し、移動中の明確な土砂の把握は困難であった。前報²⁾にも示したように、ケース1、2では骨格を維持した状態で土砂が移動したものの、ケース3については骨格を維持できずに混濁流の形態をとって高速かつ遠方へ移動したことが考えられる。

図-5は、実験後の土砂堆積形状を表したものである。いずれも途中にフラットな部分を有する2段階勾配の形状を呈している。またケース1、2に比べ、ケース3は遠方まで流動していることがわかる。堆積土砂に関して、層厚および流動距離から平均的にそれぞれの断面勾配を算定すると、ケース1で1/12、ケース2で1/21、ケース3で1/69であった。

4. 地すべり安定式による断面勾配の予測

前述のように、試料の含水比状態によって流動形態や断面勾配が大きく異なった結果となったが、ここでは、流動の停止条件について、文献³⁾を参考に地すべりモデルにて検討した。図-5に示す地すべりの形態の1つとしての表層すべりの安定性評価手法を参考にすると、厚さ H で勾配が β である無限長斜面において、地下水面が地表より h_w の深さにあるとき、想定すべり面での各応力の成分は式-1および式-2で表される。

$$\tau = \{\gamma_t h_w + \gamma_{sat}(H - h_w)\} \cos \beta \sin \beta \quad (\text{式-1})$$

$$\sigma' = \{\gamma_t h_w + (\gamma_{sat} - \gamma_w)(H - h_w)\} \cos^2 \beta \quad (\text{式-2})$$

ここで、実験条件から $h_w=0$ である。さらに $\tau = \tau_f / F_s = (c' + \sigma' \tan \phi') / F_s$ であるが、この場合の土層は練返し粘土で構成されており、圧密による強度増加はないものとする、そのせん断強度は粘着力 c' のみの表現となる。すなわち $\phi' = 0$ より、 $\tau = c' / F_s$ となる。以上より、 F_s は(式-3)で表される。

$$F_s = \frac{c'}{\gamma_{sat} H \cos \beta \sin \beta} \quad (\text{式-3})$$

この(式-3)を用いて、図-1に示す試料の強度および実換算した層厚を当てはめると、図-6に示す F_s と断面勾配の関係が得られる。同図において $F_s=1$ で勾配が形成される限界であると仮定すると、ケース1およびケース2は実験結果と比較的良好合う。一方で、ケース3については異なる結果となった。ケース1、2が比較的骨格構造を保ったまま地盤が緩慢に移動する挙動を示したのに対して、ケース3は非常に高速で移動し、固・液混濁流となって遠方まで移動したことによるものと思われる。

参考文献

- 1) 鶴ヶ崎他：泥質干潟の安定勾配に関する遠心模型実験，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，pp.429-430，2009。
- 2) 鶴ヶ崎他：ドラム型遠心装置による粘性土の水中流動実験，第44回地盤工学研究発表会講演概要集，2009，投稿中
- 3) 山口柏樹著：土質力学（全改訂），技報堂出版，pp300-302，1984。

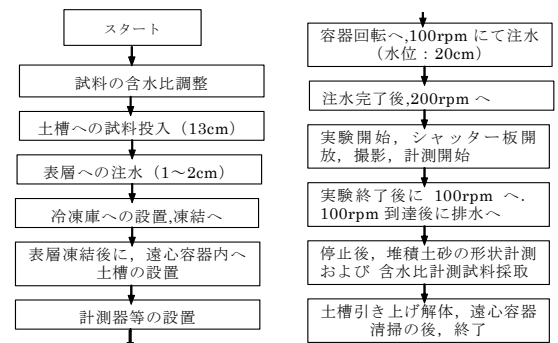


図-3 実験フロー

表-2 実験ケース

実験ケース	初期含水比 (%)	初期層厚 (cm)
ケース1	100	13
ケース2	110	13
ケース3	120	13

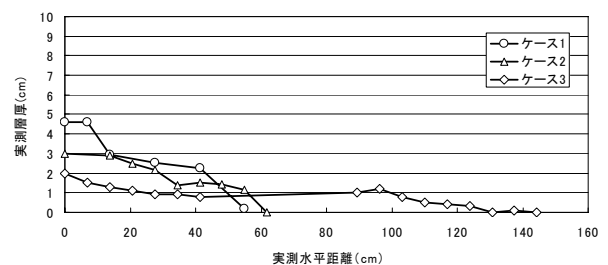


図-4 実験後の土砂の堆積形状

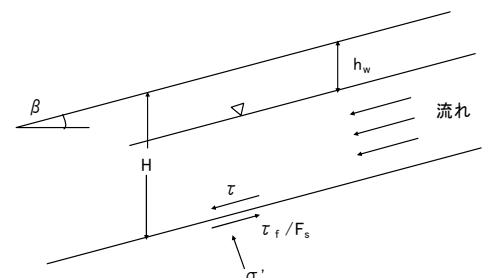


図-5 無限斜面における地すべりモデル

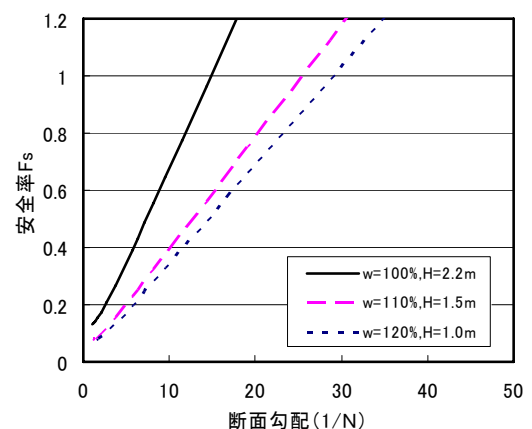


図-6 地すべりモデルから算定される断面勾配