

遠心載荷実験による水中粘性土斜面の滑動挙動の評価

日本大学工学部 学生会員 ○小室 拓也
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

海底地すべりは津波発生の一因の一つであり、津波の高さは崩壊斜面の土量と関係があることが指摘されている。しかし、海底環境下のような高い水圧条件における斜面安定性評価手法については十分な検証がなされていない。既往の研究¹⁾では、90G 場で行った実験の結果を用いて、修正フェレニウス法が概ね適用できることを明らかにしている。

本研究では、30G の遠心場において同様の実験を実施して、斜面安定性を評価することとした。実験に先立ち、模型地盤のベーンせん断試験結果及び室内土質試験を用いて強度定数を推定し、修正フェレニウス法を用いて予備解析を実施して、模型斜面の勾配と崩壊が生じる震度の関係を事前に評価した。これらの事前解析と実験結果を比較して、修正フェレニウス法を用いた水中粘土斜面の安定性評価への適用性を確認することを目的とする。

2. 実験条件

遠心載荷実験の概要を図-1 に示す。実験は 30G 場で実施した。実験に用いた土槽の内寸は幅 600 mm×深さ 500 mm×奥行 200 mm である。粘性土斜面の概要を図-2 に示す。斜面勾配は事前解析で評価した 30° のケースである。斜面に用いた粘性土の強度特性は、既往の 90G 場の検討では、一面せん断試験により表-1 に示す強度定数を用いた¹⁾。ただし 30G 場では、先行圧密圧力が小さいため、過圧密領域の c_{cu} も小さくなることが考えられる。一方 c_{cu} は、すべり面全体に渡って変化するため平均的な値で評価する必要がある。そこで、表-1 のように 8, 10, 12, 18, 27kPa と変化させて解析を行った。ここで 27kPa は 90G 場との比較のために設定し、それ以外は図-3 に示す模型地盤のベーンせん断強度の分布範囲より仮定した。ベーンせん断実験箇所を図-2 に示す。擬似動的实验では、30G に到達後、傾斜台により土槽を傾けることで、震度(k_h)を与えた。ここで k_h は以下の式で定義される。

$$k_h = \tan \alpha \quad (1)$$

ここで α は傾斜角である。なお、傾斜台で制御できる最大傾斜角は 20° でその時の震度は 0.36 に相当する。

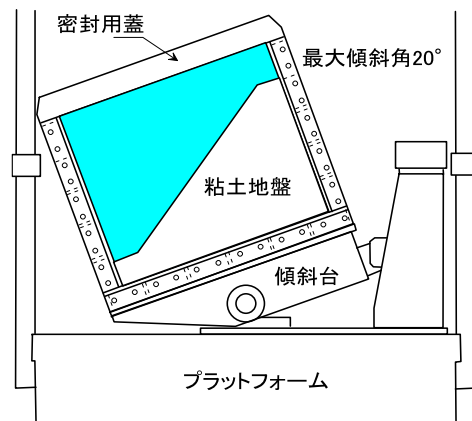


図-1 実験概要

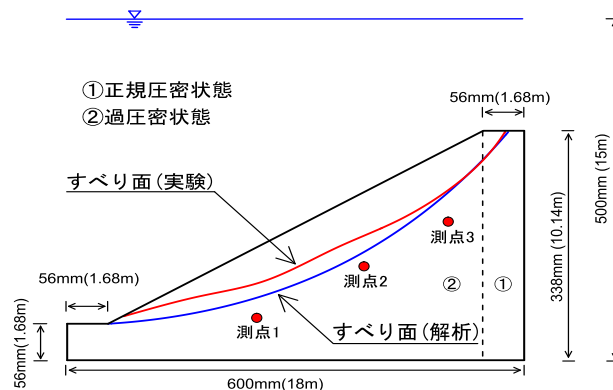


図-2 模型粘性土斜面の概要

表-1 安定解析で用いた粘性土の強度定数

遠心場	①正規圧密		②過圧密	
	c_{cu} (kPa)	ϕ_{cu} (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ_{cu} (°)
90G	2.7	14.4	26.6	7.2
30G	2.7	14.4	8,10,12,18,27	7.2

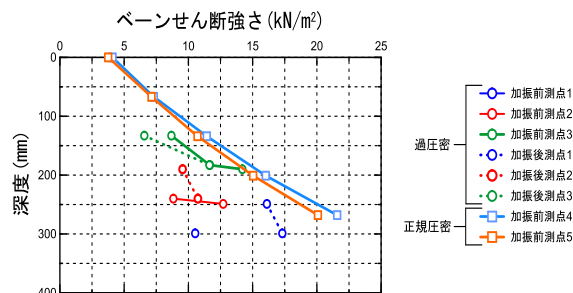


図-3 模型地盤のベーンせん断強さ

キーワード 海底地すべり 修正フェレニウス法 遠心載荷実験

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地, TEL 024-956-8710

3. 事前解析

粘土斜面モデルの斜面勾配(30°, 35°, 40°)を決定するために修正フェレニウス法を用いて事前解析を行った。解析コードは COSTANA.Ver19.1A(富士通 FIP)を使用した。修正フェレニウス法では以下の式で安全率を求める。

$$F_s = \frac{R \sum \{cl + (W - ub) \cos \alpha - k_h W \sin \alpha\} \tan \phi}{\sum (RW \sin \alpha + k_h Wh)} \quad (2)$$

斜面勾配を変えた理由は、傾斜台の制御範囲(0~20°)のなかで崩壊を発生させるためである。図-4に斜面モデルと設定したすべり面を示す。既往の実験¹⁾で生じたすべり面の崩壊形態を参考に、法先を通り法肩に抜ける円弧を仮定とした。図-5、図-6、図-7に斜面勾配 30°, 35°, 40°における傾斜角度と安全率の関係を示す。斜面勾配が 35°, 40°では、 c_{cu} が低めの値をとった場合、低い傾斜角で安全率が 1 を下回ることから、遠心加速度を 30G に上げる過程で、斜面が崩壊する可能性が否定できないと判断した。加えて、斜面勾配 30°のケースでは c_{cu} が 8~18kPa の範囲で傾斜角 20°以内で安全率が 1 を下回ることから、斜面勾配は 30°に決定した。

4. 実験結果と考察

斜面の崩壊状況を図-8に示す。斜面の変形は傾斜角 14°付近から始まり、約 18°を超えて急増した。図-5にその状況を加筆した。その時のすべり面を図-2に示した。以上より粘性土の c_{cu} は、 $c=12\text{kPa}$ 程度であることがわかった。また、事前解析で 30G 場においても修正フェレニウス法により実験結果を概ね説明できたことから、安定性を概ね評価できることがわかった。

謝辞

本研究は原子力規制庁からの委託業務「平成 30 年度原子力施設等防災対策等委託費（海底における斜面の地震時安定評価に関する検討）事業」により実施したものである。記して謝意を示します。

参考文献

1)仙頭紀明、海野寿康、中村晋:海底地盤を模擬した斜面モデルの作製およびその安定性評価、土木学会論文集 B3（海洋開発）、Vol.73、pp.306-311、2017。



図-8 斜面の滑動状況(傾斜角 19° 時)

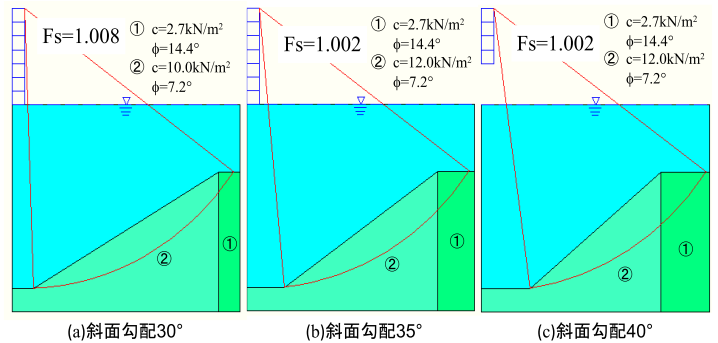


図-4 解析斜面モデルと仮定したすべり面

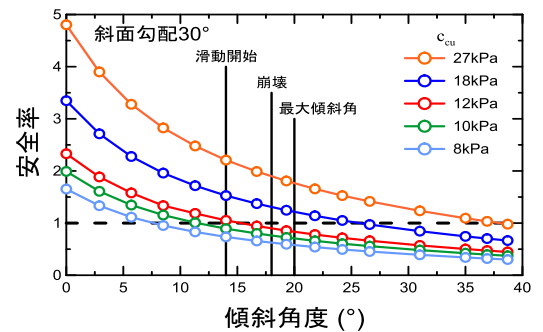


図-5 傾斜角度と安全率の関係
(斜面勾配 30°)

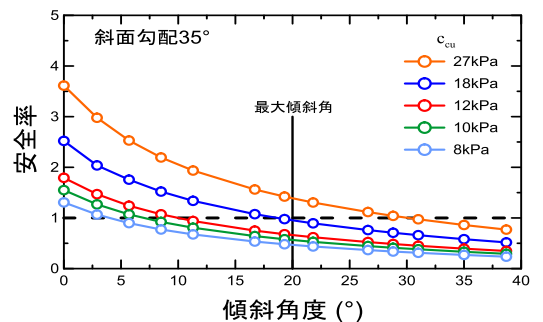


図-6 傾斜角度と安全率の関係
(斜面勾配 35°)

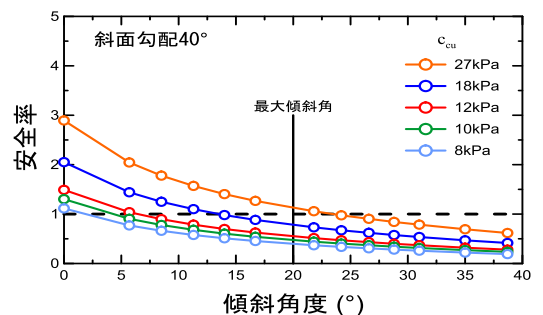


図-7 傾斜角度と安全率の関係
(斜面勾配 40°)