

海底斜面の地震時安定性評価に関する遠心载荷実験の再現解析

日本大学 学生会員 ○齋藤 和寿

日本大学 正会員 仙頭 紀明 中村 晋

1. はじめに

地震起因の海底地すべりに起因する津波の高さは崩壊土塊の規模や崩壊速度の影響を受けることが知られている。津波の高さを精度良く予測するためには海底斜面の地震時安定性の評価精度を検証することが重要である。仙頭ら¹⁾は図-1に示す静水压作用状態にある粘土斜面模型を傾斜させた擬似動的遠心载荷実験(90G場)を行い、発生したすべり面(図-2)は臨界円よりも浅い位置に発生すること(図-3)、水压によりすべりが発生する震度が異なることを示した。ここでは2種類の構成則を用いた有限差分法による解析を実施し、すべり面の形成過程に及ぼす水压の影響、構成則の適用性の評価を目的とした。あわせて追加実施した法肩にクラック設けた実験と解析の結果も示し、法肩クラックの影響を評価した。

2. 解析条件

解析には有限差分法による解析コード「FLAC」を用いた。構成則はモールクーロンモデル、修正カムクレイモデルを用いた。各モデルのパラメータを表-1に示す。モールクーロンモデルの解析パラメータは、図-4に示す三軸圧縮試験及び模型地盤のベーンせん断試験の結果をもとに設定した。修正カムクレイモデルについては、三軸圧縮試験(CU)と圧密試験をもとに設定した。解析ケースを表-2に示す。水深の大小、法肩クラックの有無、構成則の違いにより8ケースの解析を実施した。水深の大小は水深に応じた静水压相当の分布荷重を斜面地表面に沿って与えることで考慮した。法肩クラックは図-3に示すように法肩中央位置に長さ50mm(実物換算4.5m)のクラックを設けた。解析ではすべり・剥離を考慮できるジョイント要素によりモデル化した。

3. 解析結果

図-5に解析結果の変位ベクトルを比較したCase1(水深45m, 法肩クラック無し)の例を示す。いずれの解析もすべりが発生した傾斜角は4度であり、実験で得られた11~12度と比べて小さい。変位ベクトルとして、モールクーロンモデルは実験結果と近い傾向を示し、修正カムクレイモデルは深い位置の地盤も変形した。表-2には解析結果と実験結果の比較をまとめて示す。実験では水深が大きくなると破壊傾斜角が約2度大きくなったが、解析では変化は見られなかった。土のせん断強度は有効応力の原理に基づいて定義されているため、水深が変化しても土の有効応力

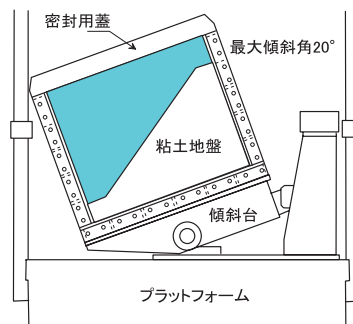


図-1 遠心载荷実験の概要

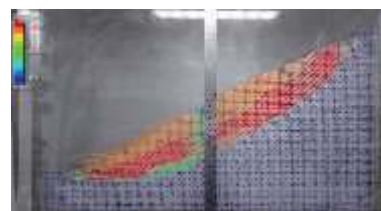
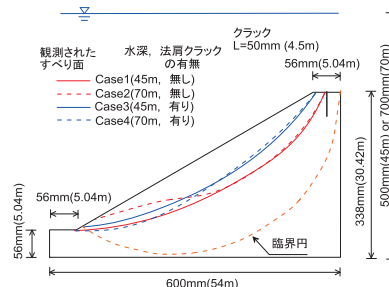
図-2 実験例 Case1
(傾斜角 11.7~11.8度)

図-3 観測されたすべり面

表-1 解析パラメーター一覧

モールクーロン	修正カムクレイ
$C = 10 \text{ (kPa)}$	$\lambda = 0.13$ $M = 0.9$
$\phi = 25 (^{\circ})$	$\kappa = 0.019$ $\nu_{\lambda} = 2.8$
$\nu = 0.499$	$\nu = 0.300$ $p_l = 1 \text{ (kPa)}$

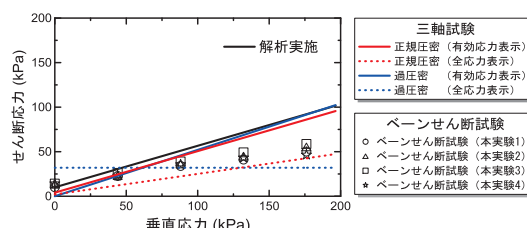


図-4 解析に用いた粘性土の強度特

キーワード 海底地すべり, 粘土, 非線形解析, 遠心実験, 地震作用

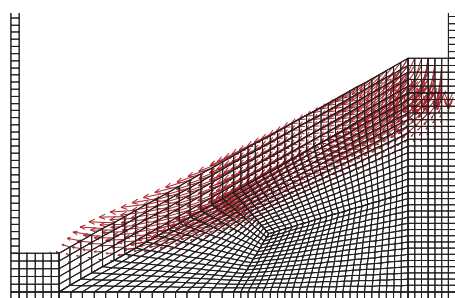
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部 TEL 024-956-8710

は変化しないことからこの結果は妥当である。実験で差異が生じた原因については、初期応力の設定等の影響が考えられる。さらに、斜面模型の作製方法に起因して斜面内の地盤が過圧密状態にあり、すべり面周辺地盤の変形に伴う正のダイレイタンスの発生による強度増加が生じていた可能性があり、実験と解析による破壊が生じた傾斜角の差異は、その効果を解析で過小に評価していた可能性がある。図-6 には、すべり破壊時のせん断ひずみコンターを示す。せん断ひずみが集中する位置をすべり面とみなし、図-3 に示したすべり面の実験結果と比較すると、すべり面位置はモール・クーロンモデルが実験結果とより近いことが分かった。クラック有りの実験結果は、無しと比べて法肩からより浅い位置に表れているが、解析結果にこの違いはあらわれていない。

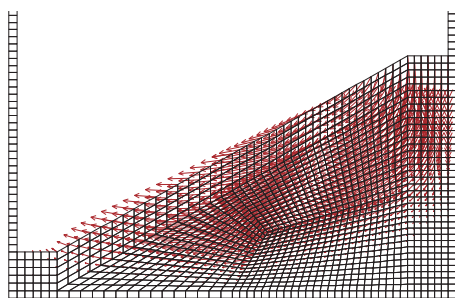
4. 結論

本研究では、2 種類の構成則を用いて解析を実施し、実験と比較することですべり面の形成に及ぼす水圧の影響及び構成則の適用性評価を行った。その結果以下のことが明らかになった。

- 1) 解析では水深の増大に伴う破壊傾斜角の変化は確認されなかった。
- 2) すべりはモール・クーロンモデルでは浅い位置に、修正カムクレイモデルでは深い位置に発生し、モール・クーロンモデルの方がより実験に近い結果となった。
- 3) 法肩クラックの有無による全体の破壊傾向に差は見られなかった。



(a) Case1-m (傾斜角4度)



(a) Case1-c (傾斜角4度)

図-5 解析結果の比較 (変位ベクト)

表-2 検討ケースと結果

ケース	水深 (m)	解析モデル	法肩 クラック	破壊傾斜角 (度) 解析	破壊傾斜角 (度) 実験	破壊 モード
Case1-m	45	モールクーロン	無し	4	11~12	①
Case2-m	70			4	13~14	
Case1-c	45	修正カムクレイ		4	11~12	②
Case2-c	70			4	13~14	
Case3-m	45	モールクーロン	有り	4	10~11	③
Case4-m	70			4	13~14	
Case3-c	45	修正カムクレイ		4	10~11	④
Case4-c	70			4	13~14	

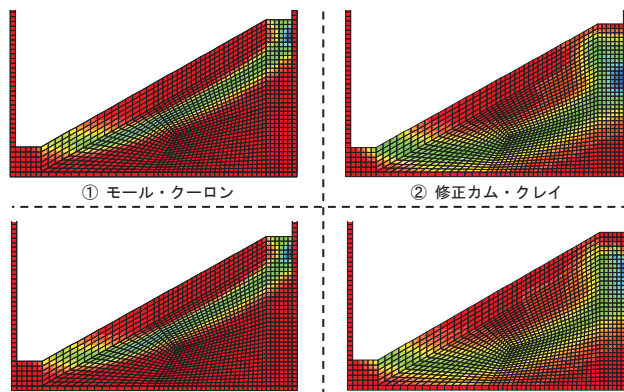


図-6 破壊モード (せん断ひずみコンター) の比較

謝辞

本研究は原子力規制庁からの委託業務「平成 29 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」により実施した一部である。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、土木学会論文誌 B, Vol73, No.2, pp.306-311, 2017.