

大型模型装置内における斜面安定解析

関西大学工学部 正会員 田中茂
関西電力 (株) 西方卯佐男
神戸大学工学部 正会員 沖村孝
神戸大学大学院 学生員 篠原久雄

1. はじめに

大型模型装置内で発生した崩壊現象を調べるため、有限要素法を用いて解析を行なった。具体的には、非線形弾性モデルを用いて模型斜面が崩壊に至るまでに示した変形プロセス結果を利用して、土槽底面の境界条件の設定方法及び破壊すべり面の位置の推定方法に対する検討を行なった。

2. 実験の概略

実験は実験装置の土槽内に模型斜面を作成し、土槽を約 $1^\circ/3$ 分の速度で傾斜させて斜面を崩壊させた。模型斜面の締め固め規準

としては、 $\gamma_s = 1.51 \text{ g/cm}^3$ 、 $w = 5.3\%$ が用いられた。解析に必要な模型斜面材料の諸物性は、一面せん断試験、三軸試験及び円弧すべりによる解析から表-1のように決めた。ケース①～⑤の実験条件を表-2に示す。

崩壊は一般に最初のり尻にクラックが生じ、その後のり肩にクラックが発生した後起こった。崩壊の発生した土槽傾斜角(以後崩壊土槽傾斜角と称する)を表-3に示す。ケース①～⑤の中央断面でのすべり面の形状を図-1に示す。図-1より、ケース②、③、④を比較した場合のり勾配が大きくなるに従ってすべり面が浅くなっていることがわかる。

3. 解析モデル

この実験結果をシミュレートするため、双曲線で近似した応力-ひずみ関係を用いて非線形弾性計算を行なった。ポアソン比については0.3で一定とした。解析においては底面の境界条件の影響を取りのぞくため節点反力に比例する変位を与える境界を設定した(これをスプリングと呼ぶことにする)。底面の変位は次式

表-1 解析に用いた

模型実験材料の諸物性	
密度	$\gamma_s = 1.59 \text{ g/cm}^3$
粘着力	$c = 0.015 \text{ kgf/cm}^2$
内部摩擦角	$\phi = 40^\circ$
	$R_f = 0.91$
	$K = 570$
	$n = 0.53$
ポアソン比	$\nu = 0.3$

表-2 実験条件一覧表

模型斜面形状					
ケース	幅 (m)	こう配	土層厚 (m)	基礎層厚 (m)	天端幅 (m)
①	3.0	1:1.5	1.5	0.2	2.70
②	2.0			0.5	1.0
③		1:1.2	1.73	0.2	
④		1:1.0	1.5	0.5	2.12
⑤				0.2	2.0

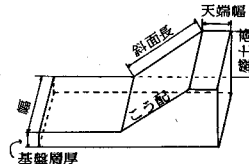


表-3 崩壊土槽傾斜角

ケース	崩壊土槽傾斜角
①	24.2°
②	21.7°
③	22.7°
④	25.1°
⑤	16.1°

注 下図参照

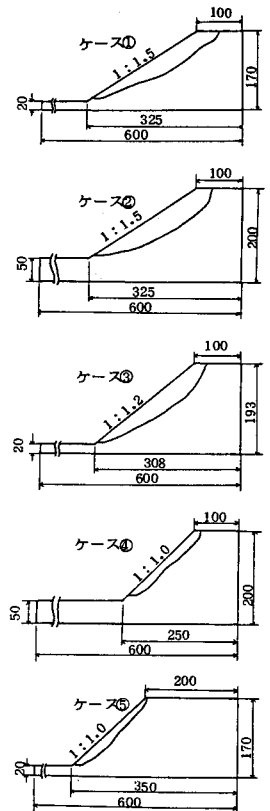
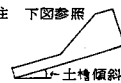


図-1 すべり面の形状
単位cm

Shigeru TANAKA, Usao NISHIKATA, Takashi OKIMURA, Hisao SHINOHARA

で与えられる。

$\delta = k_s \cdot F$ ここで、 δ : 変位 (cm), k_s : 係数 (cm/kgf), F : 節点反力 (kgf)

境界条件はケース②の実験結果から表-4のように決めた。荷重としては自重のみを考慮し、等方、均質とした。また、岡げき水圧の影響は無視した。

4. 解析結果

解析は、まずケース②に対して行なった。ケース②に対しては底面の境界条件が固定、スプリング ($k_s = -0.05 \text{ cm/kgf}$)、スプリング ($k_s = -0.10 \text{ cm/kgf}$) の3つの場合について計算を行なった。この結果得られた地表面変位を図-2に示す。この図よりスプリングの係数は -0.05 cm/kgf とした。一方、破壊に至るまでの変形プロセスを用いて破壊すべり面の位置を推定する手法として、土槽傾斜角 θ の変化に対する相当ひずみ $\bar{\epsilon}$ の変化 $d\bar{\epsilon}/d\theta$ が相対的に大きい所で破壊するものとし、のり屑とのり中腹にそれぞれ鉛直検査断面をとった。のり屑については引張応力によって破壊するものとし、この点と、のり屑、のり中腹で上述した定義より得られる2点を結んだ線を推定すべり面とした。この結果を図-3に示す。この図より、上述した定義により得られる推定すべり面は実測すべり面とほぼ一致することが認められ、ひずみ変化が大きい場所で破壊が生じると考えられる。

このモデルの汎用性を調べるため、他の模型実験結果をシミュレートした。この結果を図-4に示す。これよりケース③、④については推定すべり面と実測すべり面がほぼ同じ位置に現われた。従ってこのモデルでも実験装置内の破壊すべり面の位置の推定が可能になると考えられる。しかし、ケース①、⑤については推定すべり面が実測すべり面より深くなった。これは模型の高さが異なるためその影響がスプリング係数に現われたことが考えられる。これについては今後究明を要する。

参考文献

- 1) Duncan, J.M. and C.Y. Chang; Nonlinear Analysis of Stress and Strain in soils, Proc. ASCE, SMS, 1970, pp. 1629 - 1653

表-4 境界条件

	土槽傾斜角		
	0° ~ 5°	5° ~ 10°	10° ~
底面	固定 (固定)	固定 (スプリング)	固定 (スプリング)
側面1	スライド (スライド)	スライド (スライド)	スライド (スライド)
側面2	スライド (スライド)	フリー (フリー)	フリー (フリー)
側面3	スライド (スライド)	スライド (スプリング)	フリー (フリー)

注 側面1, 2, 3については下図に示す。
() は底面の境界条件がスプリングのとき

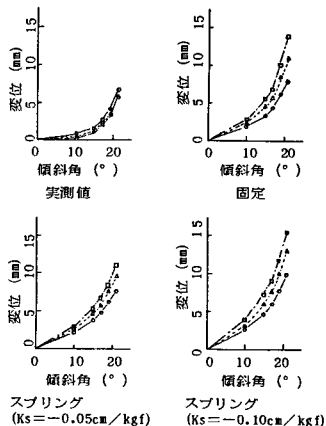
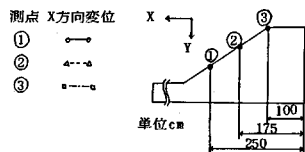
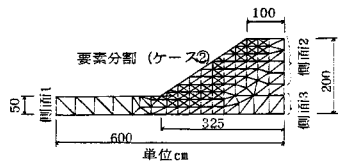


図-2 土槽傾斜角の変化にともなう変位の変化

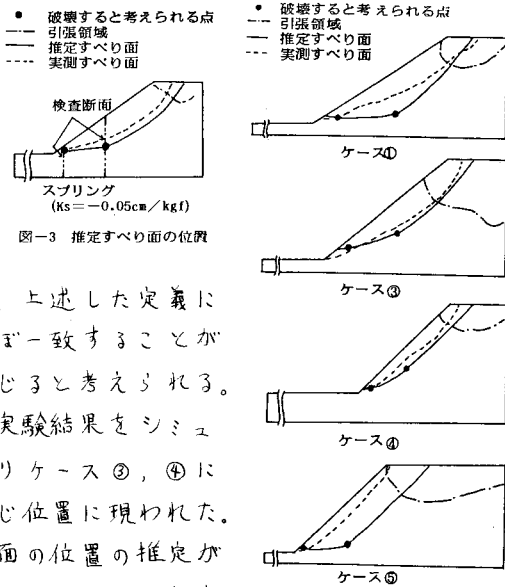


図-3 推定すべり面の位置

図-4 推定すべり面の位置