

剛体ばねモデルを用いたすべり解析

佐賀大学理工学部 学○渋谷 朗洋 正 荒牧 軍治
正 古賀 勝喜 正 佐々木 広光

1. はじめに

自然界に存在する斜面の安定解析は、土質工学の重要な問題である。一般に斜面すべり問題は、斜面が滑り落ちるか否かの極限状態を論じる極限平衡法が用いられ、多くの解析法が提案され、実用設計に使用されている。著者らが用いた剛体ばねモデル(RBSM)¹⁾は川井によって提案された極限解析法で、金属材料、地盤岩盤問題等の安全性の解析に用いられて大きな成果を挙げている。本計算法は有限要素法と同様に、現場の複雑な状況に容易に対応が可能な汎用性の高い計算法で、一般的な極限すべり解析法では計算が困難な杭等の構造物を含む系への拡張も可能である。

今回、佐賀大学土木工学科鬼塚研究室が行った斜面の遠心力模型実験のデータ²⁾を提供いただき、剛体ばねモデルで行った解析結果との比較検討を行ったので報告する。

表-1 有明粘土の物性値

弾性係数	$E = 27.3(\text{kgf/cm}^2)$
ポアソン比	$\nu = 0.49$
単位体積重量	$\gamma = 0.001388(\text{kgf/cm}^3)$
内部摩擦角	$\phi = 0$
せん断強さ(一軸)	$C = 0.052(\text{kgf/cm}^2)$
せん断強さ(三軸)	$C = 0.125(\text{kgf/cm}^2)$

2. 実験結果

実験は、有明粘土を用いて斜面を形成し、遠心加速度を加えることにより、何倍の自重で斜面にすべり面が発生するかを求めたものである。実験に用いた有明粘土の物性値は表-1の通りである。せん断強さCは一軸圧縮試験と三軸圧縮試験の結果で2.4倍ほどの違いがある。図-1に示す実験が遠心力試験によるすべり発生位置である。すべりは100Gの遠心力をかけたときに発生している。すべり線はきれいな円弧を示し、円弧すべり計算法の妥当性を示している。図-1には分割法を用いて求められた実験すべり線における安全率及び臨界すべり線位置(破線及び一点鎖線)の安全率も示している。

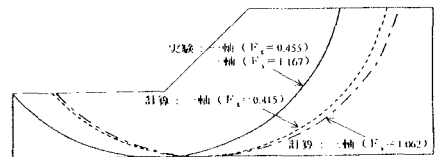


図-1 遠心模型実験データ

3. 剛体ばねモデルによる解析

RBSMモデルを用いた解析では、実験で得られたすべり線に対応したモデル1(図-2)と臨界すべり円及び実験すべり円の両方に対応したモデル2(図-3)の二種類のモデルを用いて計算を行った。解析にはモール・クーロンの降伏基準を用い、実験で得られた表-1に示す物性値を使用した。解析においては、単位体積重量 γ を増加させることにより、遠心力試験と同様の状況を作ることができる。自重を次第に増加していくと解が不安定となりすべり破壊の状況を示す。その破壊状況を示す最小の重力加速度とすべりを発生させた実験時の加速度100Gとの比をモデル解析における安全率と考えることにする。

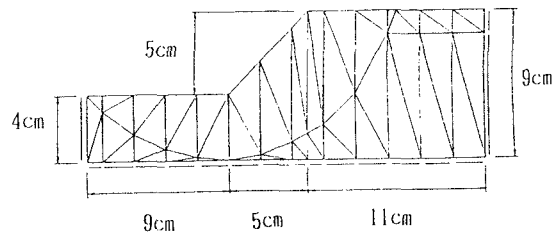


図-2 モデル1

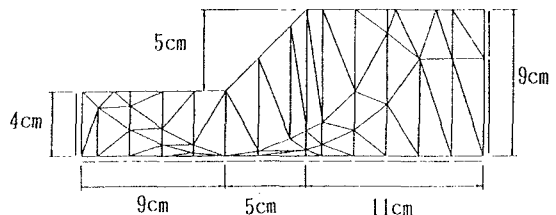


図-3 モデル2

4. 解析結果及び考察

モデル1, モデル2の結果をそれぞれ図-4, 図-5に示す。図中に示した太線は、破壊的なすべりが生じたときの降伏ばねの位置である。一軸と三軸それぞれのせん断強さ C を用いて解析を行っているが、降伏状況は双方とも同じである。すべりが発生し解析が不可能になる最小の重力加速度の値を表-2の加速度の項に示す。一軸せん断強さと三軸せん断強さの比が2.40倍なので、解析により得られた重力加速度の比もほぼ2.40倍となる。遠心力試験結果に近い結果を得たのは、分割法の場合と同様三軸圧縮試験より得られたせん断強さの値を用いた場合である。またモデル2においては分割法により得られる臨界円の方ですべりが発生し、安全率の大きさも遠心力試験で得られるすべり線にその場合の安全率よりも小さくなる。図-6, 図-7は縦軸に重力加速度の大きさを、横軸に図-4, 図-5の印を打った要素の重心の移動量を図示したものである。この時のせん断強さは三軸試験の値を使用した。RBSMでは、鉛直、水平、回転の3つの変位量が計算できるが、ここでは鉛直と水平変位を合成したものを移動量としている。変形曲線は弾性から急激に降伏破壊にいたる弾塑性的な挙動を示している。

以上の解析結果から、RBSMモデルを用いた解析が、遠心力実験による円弧すべりを相当の精度で解析できることが明らかになった。このモデルは杭、連続壁、ジオテキスタイル等の補強構造と地盤との連成問題への拡張も容易に行える。現在、拡張の作業を継続中である。

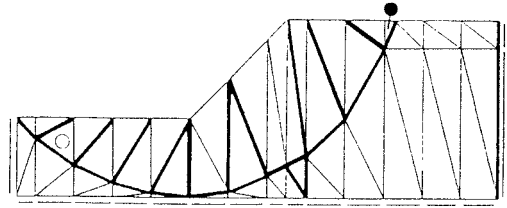


図-4 最終的な降伏状況 1

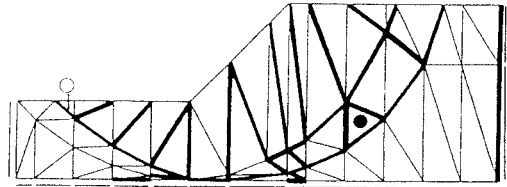


図-5 最終的な降伏状況 2

表-2 加速度と安全率

		加速度	安全率	安全率(分割法)
モデル1	一軸	50.620G	0.506	0.455
	三軸	121.683G	1.217	1.167
モデル2	一軸	47.950G	0.480	0.415
	三軸	115.265G	1.153	1.062

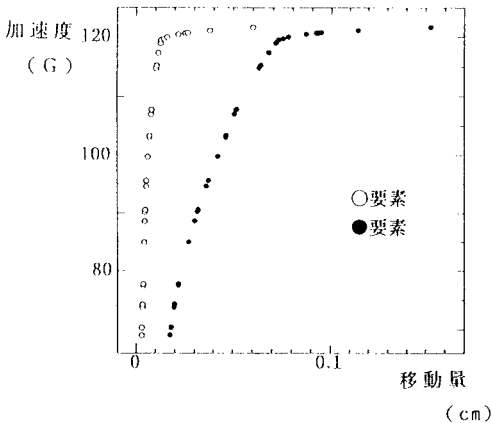


図-6 重心移動量 1

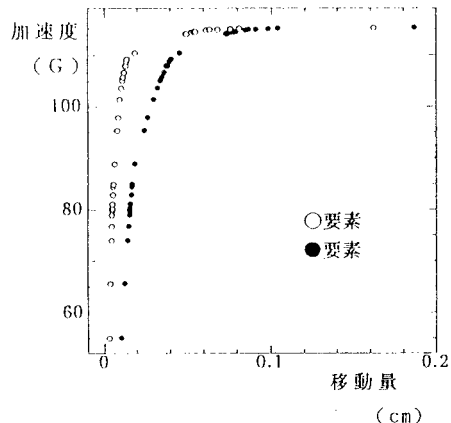


図-7 重心移動量 2

5. 参考文献

- 1) 川井忠彦・竹内則雄：コンピュータによる極限解析法シリーズ2 離散化極限解析プログラミング、培風館
- 2) 山本 一春：遠心力模型実験による有明粘土斜面の破壊挙動に関する研究、H6年佐賀大学修士論文