

有明粘土斜面の模型実験と安定解析

佐賀大学 理工学部 正 鬼塚克忠
 " " 正 吉武茂樹
 " " 学 ○山本一春

1. まえがき

有明海周辺部に分布する軟弱な有明粘土の不攪乱試料と人工圧密試料で模型斜面を作成し、遠心力載荷装置を用いて、前回¹⁾と同様の斜面破壊実験を実施した。今回は一軸圧縮強度だけでなく、三軸圧縮CU試験による強度も求め、それぞれの強度を用いて簡便法による安定計算を行った。さらに、斜面の進行性破壊の状況を知るため、三軸圧縮強度を用いてFEM解析を行った。2通りの強度を用いての安定計算およびFEM解析結果と模型実験結果を比較し、考察する。

2. 試料および実験方法

2.1 試料：試料は佐賀県小城郡芦刈町で採取し、その物理的性質は、 $\rho_s = 2.661 \text{ g/cm}^3$ 、細砂分 0.9%、シルト分38.6%、粘土分60.5%、 $W_L = 123\%$ 、 $I_P = 71.0$ 、 $W_n = 154\%$ であった。不攪乱試料は深さ約1.7mの位置で塩ビ円筒モールドを用いて採取し、人工圧密試料は練返して不攪乱試料を採取した地点の土被り圧にはほぼ近い 0.2 kgf/cm^2 の鉛直荷重を約10日間載荷して作成した。作成した人工圧密試料の含水比は127%であった。

2.2 模型実験方法：不攪乱供試体については、事前に遠心力載荷による自重圧密を行ってから、斜面破壊実験を行った。一方、人工圧密供試体については斜面破壊実験のみ行った。これは不攪乱供試体においてのみ、斜面破壊実験中に顕著な脱水現象がみられるためである。また、今回は容器壁面の摩擦除去のため、寒天の代わりに片栗粉をゲル状に溶かしたものを使用した。

3. 実験結果

3.1 一軸圧縮試験および三軸圧縮CU試験結果：不攪乱試料の一軸圧縮試験においてのみピークが現れたが、他の試験ではピークが現れず、ひずみ硬化傾向を示した。各供試体の一軸圧縮試験結果および三軸圧縮CU試験結果を図-1に示す。実線、破線はそれぞれ不攪乱、人工圧密供試体の三軸試験結果であり○は不攪乱供試体、●は人工圧密供試体の一軸圧縮試験結果である。図-1より、不攪乱供試体では一軸圧縮強度と三軸圧縮強度は互いに近い値となっているが、一方人工圧密供試体では著しく異なっていることがわかる。

3.2 斜面破壊実験結果：実験結果を表-1に示す。不攪乱供試体は多数のクラックが生じ、すべり面は確認できなかった。人工圧密供試体はあまり明確ではないが、すべり面が確認できた。表-1における限界斜面高さはTaylorの図表から求めたものである。またこの人工圧密斜面の破壊の進行状況については、まず底部が破壊し、しだいにすべり面が拡大していくのが観察された。

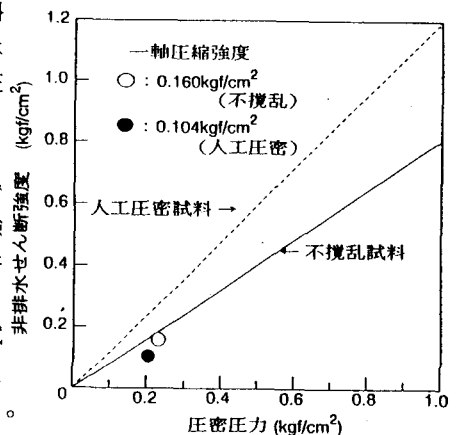


図-1 圧密圧力と非排水せん断強度の関係

表-1 換算斜面高さと限界斜面高さおよび模型斜面の破壊状況

	勾配	破壊加速度	換算斜面高①	*限界斜面高②	*②/①	破壊状況
不攪乱 供試体	45°	—	—	3.87m	—	亀裂多数
	60°	—	—	3.61m	—	—
人工圧密 供試体	45°	100G	5.0m	4.84m	0.968	底部破壊
	60°	90G	4.5m	4.51m	1.002	—

*：三軸圧縮強度を用いて算出したもの。(一軸圧縮強度を用いた場合の限界斜面高さは
 不攪乱供試体：45°…3.41m, 60°…3.18m, 人工圧密供試体：45°…2.13m, 60°…1.99m。)

4. 解析結果

4.1 簡便法による安定計算結果：人工圧密供試体の勾配45°の臨界面およびその安全率を図-2に示す。実線は実験から求めたすべり面の位置、破線、一点鎖線はそれぞれ一軸および三軸圧縮強度を用いた安定計算による臨界面の位置を表す。一軸圧縮強度による安全率は約0.4であるが、三軸圧縮強度による安全率は0.9

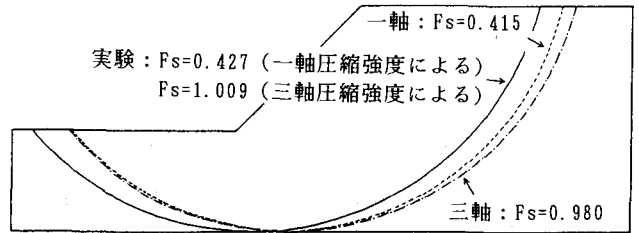


図-2 実験によるすべり面と安定計算による臨界面の位置

～1.0であり、後者による方が実験結果に近いことがわかる。

4.2 FEMによる解析結果：今回使用したFEM²⁾

の解析手順は、①初期変形係数 E_0 、ポアソン比 ν を用い、各要素の最大せん断応力 τ_{max} と最大せん断ひずみ γ_{max} を計算し、②三軸CU試験から得られる軸変位に伴う粘着力の変化(図-3)から各要素の τ_{max} に対応する粘着力 c_r を求め、③求めた c_r を用いて、 $S_L = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)/2}{(\sigma_1 + \sigma_3)/2 + c_r}$ を計算し、 $S_L \geq 1.0$ の要素については新たに E_0 を $E_1 = E_0 / S_L$ に置き換える。④①～③を繰り返し、各要素とも $S_L < 1.0$ となれば終了する。図-2の斜面のひずみの進行状況を図-4に示す。

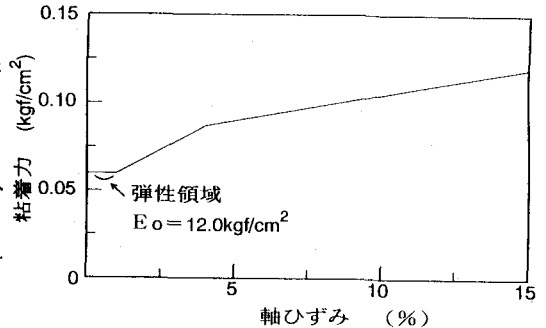


図-3 軸ひずみに伴う粘着力の変化

実曲線は実験で得られたすべり面を表す。この図から、

最初に斜面底部にひずみが生じ、しだいに天端に向かってひずみが進行していることがわかる。

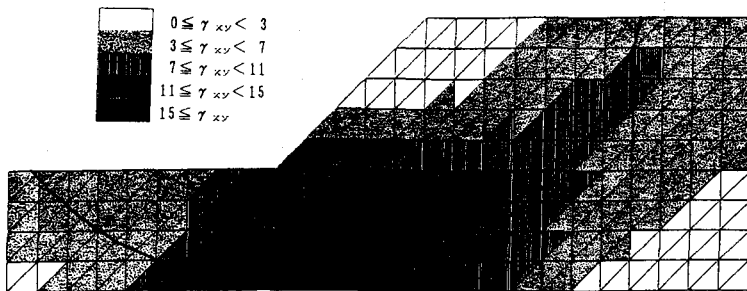


図-4 FEM解析結果

5. まとめ

1) 今回の実験において、不攪乱供試体では多数のクラックが生じてすべり面が観察されず、人工圧密供試体ではすべり面が観察され、前回の実験結果¹⁾と異なった。

2) 一軸圧縮強度と三軸圧縮強度の比較について、不攪乱供試体ではそれらは近かったが、人工圧密供試体では大きく異なり、斜面の安定計算においては三軸圧縮強度を用いた方が安全率が1に近くなった。

3) 斜面破壊の進行状況については、実験では底部で生じたすべり面が徐々に拡大していくのが観察され、FEM解析においても同様の結果が得られた。

参考文献：

- 1) 鬼塚、吉武、山本：有明粘土斜面の遠心力模型実験（第2報），土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.486-487, 1993
- 2) 吉武、鬼塚：せん断変形に伴う強度定数（ c ， ϕ ）の変化を考慮した斜面安定解析，第25回土質工学研究発表会発表講演集，pp.1585-1586, 1993