

有明粘土を用いた模型斜面の破壊実験と安定解析

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

有明粘土は有明海周辺部に広く分布し、極めて軟弱な粘土として知られているが、その粘土を用いた模型斜面の、遠心力破壊実験を既に試みている^{1), 2)}。前回²⁾では不攪乱供試体および人工圧密供試体の破壊実験を行い、それぞれについて一軸圧縮強度を用いて簡便分割法による安定計算を行い、それぞれの実験結果と計算結果を比較した。今回は、前回と同様の破壊実験を実施し、一軸圧縮強度だけでなく、三軸圧縮強度を用いた簡便分割法による安定計算も行う。さらに、FEM解析を行って斜面内のひずみの分布を調べ、実験で求めたすべり面の位置と比較し、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た。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%、 $w_L = 123\%$ 、 $I_p = 71$ 、 $w_n = 154\%$ であった。試料の採取は、地表から深さ約1.5mの位置(土被り圧：0.23kgf/cm²)で行った。不攪乱試料の採取方法および人工圧密試料の作成方法は前回²⁾と同じである。作成した人工圧密試料の平均含水比は127%であった。

2.2 実験方法：一軸圧縮試験、三軸圧縮試験とも、使用した供試体の大きさは直径3.5cm、高さ8.8cmである。三軸圧縮試験については、任意にセル圧を0.25, 0.50, 0.75, 1.00 (kgf/cm²)としてCU試験を実施した。

遠心力模型実験は前回²⁾と同様の方法をとった。

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：図-1に試験結果を示す。ここでは一軸圧縮強度と比較するために、供試体の先行圧力(不攪乱：0.23kgf/cm²、人工圧密：0.20kgf/cm²)に最も近いセル圧=0.25kgf/cm²のCU試験結果のみ示す。この図を見ると両供試体において常に三軸圧縮強度が一軸圧縮強度より大きく、またピークが生じた後、ひずみ

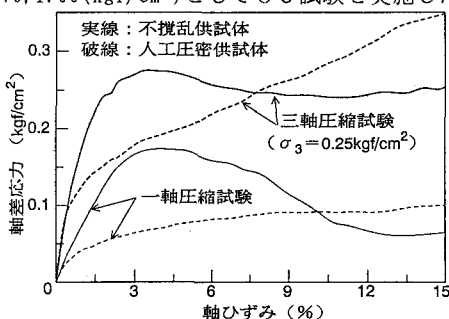


図-1 一軸圧縮試験および三軸圧縮試験結果

が進行するにつれて2つの強度の差が大きくなっている。図-2 圧密圧力とせん断強度の関係

3.2 斜面破壊実験結果：実験結果を表-1に示す。不攪乱斜面では多数の亀裂が生じ、すべり面は現れなかったが、人工圧密斜面ではすべり面が観察できた。表-1において、換算高さは実験から求めた破壊時の斜面高さ、限界高さはTaylorの図表から求めた破壊時の斜面高さを表す。表-1から、三軸強度による限界高さの方が、一軸強度によるそれよりも換算高さに近い。つまり、安定計算では三軸圧縮強度を用いた方が安全率が1に近く、妥当であるといえる。

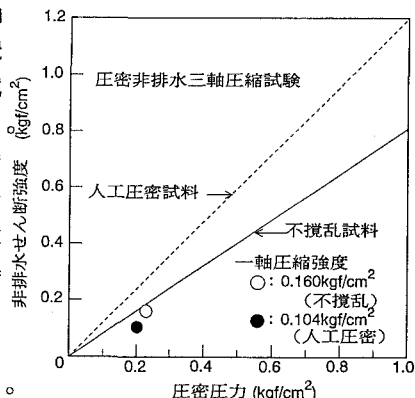


図-2 圧密圧力とせん断強度の関係

4. 安定解析結果

4.1 簡便法による安定計算結果：人工圧密斜面の勾配45°のすべり面と臨界円およびそれらの安全率を図-3に示す。実線は実験で求めたすべり面の位置を表し、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て行った安定計算による臨界円の位置を表す。一軸圧縮強度による安全率は1よりかなり小さいが

三軸圧縮強度による安全率は1に近い。一方臨界円の位置は互いに

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	①換算高さ	②限界高さA	③限界高さB	②/①	③/①	破壊状況
不攪乱斜面	45°	—	3.41m	3.87m	—	亀裂多数
	60°	—	3.18m	3.61m	—	〃
人工圧密斜面	45°	5.0m	2.13m	4.84m	0.426	底部破壊
	60°	4.5m	1.99m	4.51m	0.442	〃
	90°	3.3m	1.46m	3.33m	0.442	斜面先破壊

※限界高さAは一軸圧縮強度を用いて、限界高さBは三軸圧縮強度を用いて算出したもの。実験によるすべり面の位置と若干異なっている。

4.2 FEMによる解析結果：今回用いたFEM³⁾の

解析手順は、①初期変形係数 E_0 、ポアソン比 ν を用いて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、②三軸圧縮試験から求める最大せん断ひずみの進行に伴う粘着力の変化（図-4）から各要素の γ_{max} に対応する粘着力 c を求め、③求めた c を用いて、 $S_L = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)/2}{c}$ を計算し、 $S_L \geq 1$ 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 $S_L < 1$ となれば終了する。今回のこの解析では τ_{max} の大小に関わらず $\phi = 0$ としている。また、図-4は三軸圧縮試験から求めた応力-ひずみ曲線の横軸の軸ひずみを $\gamma_{13} = \epsilon_1 - \epsilon_3$ により最大せん断ひずみに換算し、さらに曲線を幾つかの直線で近似したものである。図-5は、図-3の斜面についてFEM解析で求めた最大せん断ひずみの分布状況であり、図中の太線は実験で求めたすべり面の位置を表す。この図から、斜面底部中央においてひずみが大きいことがわかる。

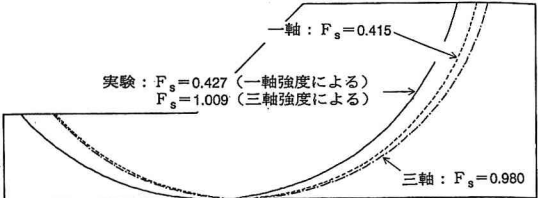


図-3 実験によるすべり面（実線）および安定計算による臨界円（破線、一点鎖線）の位置

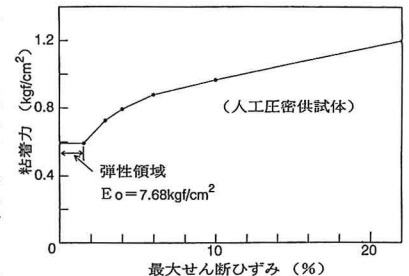


図-4 せん断ひずみの進行に伴う粘着力の変化

5. まとめおよび問題点

1) 今回の斜面破壊実験結果については、人工圧密供試体ではすべり面が観察されたが、不攪乱供試体では多数の亀裂が生じただけで、すべり面は観察できず、前回²⁾の実験結果と異なった。不攪乱供試体において多数の亀裂が生じた理由とし

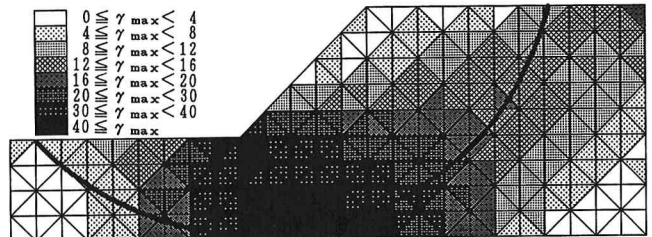


図-5 FEM解析から求めた最大せん断ひずみの分布

ては、前回と今回の試料の物理的性質がほぼ等しいことから、試料採取時における乱れの影響が考えられる

2) 一軸圧縮試験および三軸圧縮試験結果については、両供試体において三軸圧縮強度の方が大きく、また不攪乱供試体において2つの圧縮強度は近かったが、人工圧密供試体では一軸圧縮強度が三軸圧縮強度よりかなり小さかった。人工圧密供試体において、強度に大きな差が生じる理由は不明であり、この解明は今後の課題である。また、斜面の安定計算においては、三軸圧縮強度を用いた方が妥当であるといえる。

3) 斜面破壊の進行状況については、実験では底部から破壊し始め、すべり面が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：遠心力載荷装置による有明粘土斜面の模型実験，土木学会第47回学術講演会講演概要集，pp. 820-821，1992 2) 鬼塚、吉武、山本：有明粘土を用いた切土斜面の遠心力模型実験，土木学会第48回学術講演会講演概要集，pp. 1276-1277，1993 3) 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