

京都大学工学部 学生員 ○御牧考雄

京都大学大学院工学研究科 フェロー 足立紀尚

京都大学大学院工学研究科 正会員 木村亮

京都大学大学院工学研究科 学生員 齋藤雄也

1. はじめに

進行性破壊現象は、局所的なひずみ増加に伴いせん断抵抗がピーク強度から残留強度へと変化し、周辺の地盤にせん断ひずみの増大とせん断抵抗の減少を導き、徐々に周辺地盤を破壊させる挙動である。また、Bjerrum は、進行性破壊に寄与する要因として、斜面傾斜及び静止土圧係数を挙げている¹⁾。そこで、本研究では斜面の傾斜に着目し、遠心载荷装置を用いて斜面崩壊実験を行った。実験中、デジタルカメラを用いて模型地盤を撮影し、変位場及びひずみ場を求め進行性破壊現象のメカニズムについて考察を行った。

2. 実験方法

① 地盤材料

ひずみ軟化挙動を呈する地盤を作製するため、深草粘土に石膏を30%(重量比)混入した合成材料を使用した。一軸圧縮試験結果より得られた合成材料の応力-ひずみ曲線を図-1 に示す。石膏によりセメンテーションが発揮され、この材料はひずみ軟化挙動を呈する事がわかる。

② 実験模型

試料容器は図-2 に示す幅 50cm、深さ 40cm、奥行き 25cm の箱型のものである。上記の合成材料を用い、勾配 5:1(傾斜約 78°)と勾配 $\sqrt{3}:1$ (傾斜 60°)の2種類の斜面を作製する。斜面高さは共に 20cm で、斜面は全体を水浸させている。なお、模型地盤は石膏の固結作用を利用するため予圧密は行わない。

③ 計測方法

地盤前面に 3cm 間隔でターゲットを配置し、遠心载荷装置のアーム下に固定されたデジタルカメラで撮影を行う。図-3 に示すように、試料容器の壁面摩擦を考慮して試料容器の内壁には寒天の膜を張り、その上に 40×50cm の大きさのオブラートシートを張る。ターゲットは、地盤と接する側に粘土粒子を付着させ、そのオブラートの上に貼付する。

④ 破壊実験

遠心加速度は 50G に固定し、斜面が破壊に至るまでデジタルカメラにより模型地盤を撮影し続ける。撮影した画像からターゲットの変位及び各要素のひずみを求める。

3. 実験結果及び考察

遠心加速度 50G でのプロトタイプ換算した斜面高さは 10m である。

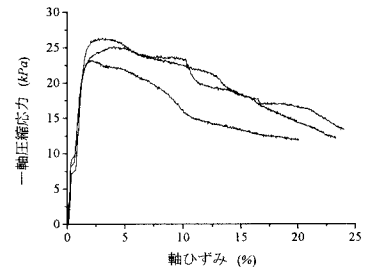


図-1 応力-ひずみ曲線

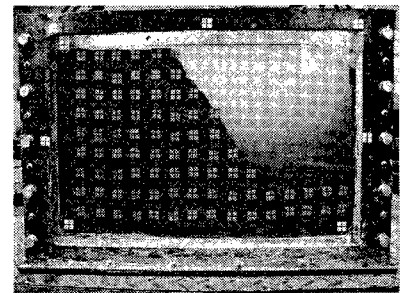
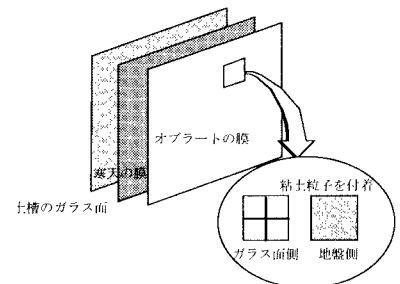
図-2 実験模型のセットアップ
(勾配 $\sqrt{3}:1$ の斜面)

図-3 壁面摩擦とターゲット

① 破壊について

勾配 5:1 の斜面は 50G 到達 13 分後(プロトタイプ換算:22.6 日後)に一瞬のうちに破壊した。破壊後の写真を図-4 に示す。右に模式図も示した。これより、のり先から地表面に向かって明確なすべり面が確認できる。また、勾配 $\sqrt{3}:1$ の斜面は 50G を 13 時間(プロトタイプ換算:3 年 8 ヶ月)維持したが、すべり面は形成されず斜面破壊には至らなかった。

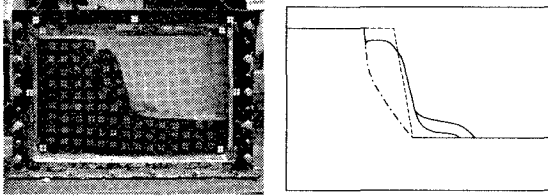


図-4 斜面崩壊後 (勾配 5:1 の斜面)

② 変位の対比

斜面各部の変位を図-5 に示す。50G 到達直後、二つの斜面は、共に圧密が起きている事がわかる。勾配 5:1 の斜面は、破壊に至る直前まで大きな変形をともなわず、13 分後に一瞬にしてすべり面が形成され、斜面が急激に破壊していることがわかる。また、すべり面近傍の点は破壊前後で大きな変位がないことから、局所的な変形の進行によりせん断帯が形成されたことがわかる。これらより勾配 5:1 の斜面は進行性破壊の様相を呈していると考えられる。斜面破壊に至るまでに地盤が圧密してしまうことと、斜面破壊との関係については今後の検討課題としたい。

一方、勾配 $\sqrt{3}:1$ の斜面は、各部の変位からもわかるように 50G 到達後 1 時間で急激に圧密が起り、その後も徐々に圧密が進行している。各部での変位の相違はみられなかった。

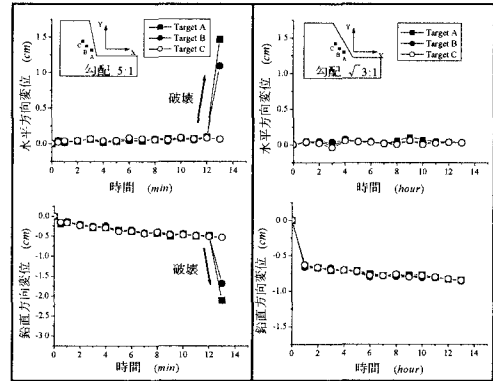


図-5 斜面各部の変位
(左が勾配 5:1, 右が勾配 $\sqrt{3}:1$)

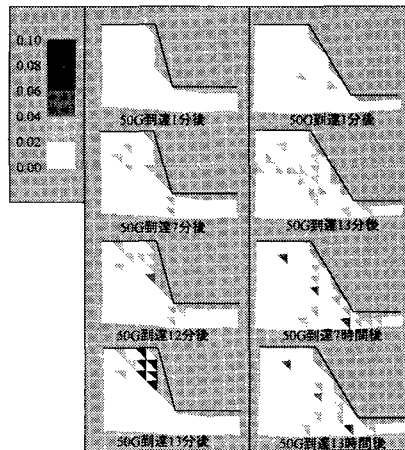


図-6 せん断ひずみの分布
(左が勾配 5:1, 右が勾配 $\sqrt{3}:1$)

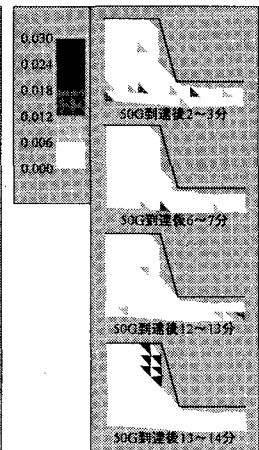


図-7 ひずみの増分
(勾配 5:1 の斜面)

③ せん断ひずみの対比

図-6 にせん断ひずみの分布図を示す。勾配 5:1 の斜面は崩壊直前にせん断ひずみがのり先部分に局所的に発生するのにに対し、勾配 $\sqrt{3}:1$ の斜面は実験開始から実験終了まで広範囲に分布している。ここで、図-7 に勾配 5:1 の斜面のひずみ速度(1 分間の増加量)の分布を示す。この図から、载荷直後は圧密だけが進行し、崩壊直前にひずみが増大することがわかる。小さな変形量及び変形範囲で斜面は破壊している。これらのことから勾配 5:1 の斜面は、進行性破壊の様相を呈しているといえる。

4. まとめ

- ① デジタルカメラを使用して斜面が崩壊に至るまでの挙動をとらえることができた。
- ② 進行性破壊のメカニズムを把握することができた。

参考文献：1) Bjerrum, J.: Progressive failure in slopes of over consolidated plastic clays and clay shale, Proc. ASCE, Vol.93, No.SM5, Sep., 1967.