過剰間隙水圧を考慮した崩壊土の運動に対する斜面安定解析手法の提案

山口大学大学院	学生会員	○久田裕史
山口大学	非会員	大原幸大
山口大学大学院	正会員	中田幸男
山口大学大学院	正会員	兵動正幸
山口大学大学院	正会員	吉本憲正

#### 1. 序論

近年,豪雨に伴う土砂災害が全国各地で多数発生しており,その要因として主に挙げられるのが降雨によっ て発生した斜面崩壊である.斜面崩壊に対する防災と減災を行うためには斜面崩壊時の土塊(以下崩土と示す) の運動を把握する必要があり,これまでに降雨による模型斜面崩壊実験が数多く行われてきた.例えば,佐々 いは硅砂 7・8 号を用いて実験を行った結果,崩壊によるせん断時に発生する過剰間隙水圧が崩土の運動に起 因していることを解明した.またまさ土と豊浦砂を用いた既往の研究<sup>20</sup>から,試料の違いにより崩土の運動が 異なることがわかっている.しかし,過剰間隙水圧を考慮した上で崩土の運動が評価可能な解析は開発されて いないのが現状である.そこで,斜面崩壊時の条件を入力することにより簡便に崩土の運動を評価できること を目的に,過剰間隙水圧を加味できる斜面安定解析手法を提案し,崩土の運動と過剰間隙水圧の関係性を検討 した.

# 2.提案する斜面安定解析手法

本研究で提案する斜面安定解析手法は Asch et.al<sup>3)</sup>の論 文を参考にしている. この解析は極限平衡法に基づいてお り、各スライスに働く力を図1に示す. また解析フローチ ャートを図2に示し、順に説明する. ①Bishop's 法を用い て F < 1 となるよう粘着力c'と内部摩擦角 $\phi'$ を設定する. ②厚さ m で粘性係数 $\eta$ のすべり面が発生すると仮定する

(図1の太線部分).変位量 $\Delta T_i$ は、ビンガムモデルの式で 速度  $\mathbf{n}$ を算出し、崩壊経過時間 $\Delta t$ を与えることによって 求める.③すべり面におけるせん断変形と応力の関係から、 せん断応力増加分 $\Delta \tau_i$ を求める.④飽和試料の非排水せん 断時に発生する間隙水圧はせん断応力に比例するとし、ス ケンプトンの水圧式で、過剰間隙水圧 $\Delta u_i$ を求める.⑤間 隙水圧比  $\mathbf{r}_{ui}$ は、単位面積当たりの間隙水圧をスライス土 塊の重量で割ることで求めることができる.⑥過剰間隙水 圧とせん断力増加量を踏まえ安全率を再計算する.安全率 F>1の場合解析を終了. $F<1 \cdot \mathbf{r}_{ui}>1$ の場合、すべり面 の液状化と定義し解析を終了する.また、 $F<1 \cdot \mathbf{r}_{ui}<1$ の 場合③に戻り新たな変位量を与え、以上の手順が繰り返さ れる.

解析を行う上で, (a)地盤モデルは図3に示すような円弧 すべり面を有する, (b)斜面は全て飽和状態である, (c)鉛直 方向の応力変化は無視する, (d)表1に示す材料定数が与え られる, という仮定をしている.



図2 解析フローチャート

# 3. 提案法による崩土の運動に与える過剰間隙水圧の影響

図4に崩壊経過時間による各スライスに発生する過剰間 隙水圧を示す.時間の増加によって A=0.4 の場合,正の過 剰間隙水圧が大きくなる.一方,A=-0.4 の場合,負の過 剰間隙水圧が大きくなることが分かる. つまり, A=0.4 の 場合,崩壊が進むと各スライスに働く間隙水圧は増加する のに対して、A=-0.4 の場合、間隙水圧は減少するという ことになる.

図 5 に崩壊経過時間と各スライスの崩壊速度を示す. A の値によらず、時間の増加とともに速度が大きくなること がわかる.ここで、最も崩壊速度の大きいスライス4に着 目して、過剰間隙水圧と崩壊速度の関係性を検討する.

図6にスライス4における各Aの値の崩壊経過時間によ る過剰間隙水圧と崩壊速度の挙動を示す. A=0 の時を基準 とすると、時間の増加による正の過剰間隙水圧が大きくな れば、崩壊速度は大きく、速度上昇率も高くなる.一方で 負の過剰間隙水圧が大きくなれば,崩壊速度は小さく,速 度上昇率も小さくなる.これは、正の過剰間隙水圧がせん 断強さの減少、負の過剰間隙水圧がせん断強さの増加を引 き起こしているからであると考えられる.以上のことから 過剰間隙水圧は崩壊速度の挙動に影響を与えることが分か る.

### 4. 結論

本研究から提案した手法によって解析を行った結果、崩 壊による正の過剰間隙水圧の発生は間隙水圧増加と速度上 昇を引き起こしやすく,一方,負の過剰間隙水圧は間隙水 圧減少と速度低下を引き起こすという結果が得られた. よ って本解析では斜面崩壊発生時の過剰間隙水圧が崩壊速度 に影響を与える結果となった.

# 参考文献

1) Kyoji Sassa and Gonghui Wang : Study on the excess Pore Pressure Generation at Failure and the Resulting Movement of Sandy Slope in Flume Test by Rainfall, Journal of the Japan Landslide Society 37-2,p40-47,2000 2) Hirofumi Hisada : Collapse Behavior of Model-Slope caused by Rainfall, Graduation thesis, 2012 3) Th.W.J.van Asch, J.-P. Malet, L.P.H. van Beek : Influence of landslide geometry and kinematic deformation to describe the liquefaction of landslides : Some theoretical considerations, Engineering Geology 88.p59-69,2006

材料定数 表 1

