

降雨パターンの斜面の破壊確率に及ぼす影響について

名古屋大学 正会員 松尾 稔

名古屋大学 学生会員 桑原 正彦

名古屋大学 学生会員 ○上野 誠

1. はじめに；斜面崩壊と降雨との間に強い相関がある。筆者らは、特に土の強度係数 C 、 ϕ が含水比の上昇によ、て低下するため抵抗モーメントが減じ、自重の増大が起動モーメントを増大させて、斜面の安定を悪化させていることに着目して斜面崩壊予測のための一連の研究を行な、ており、その一部はすでに報告した。本報告は前回の報告を踏まえ、時雨量分布を2つのパターンに分け、さらに地盤条件をも変えることにより、これらの条件を組合わせて斜面安定に危険を及ぼす要因の効果を安全率 F_s 、破壊確率 P_f の経時的変化を基準にして検討したものである。なお、用いた試料はツルト質砂で比重 $G_s=2.68$ 、最大乾燥密度 $(\gamma_d)_{max}=1.94\%$ 、最適含水比 $w_{opt}=11.9\%$ 、透水係数 $K=7.18 \times 10^{-6}$ である。

2. 降雨条件と地盤条件；降雨条件は累積雨量 $\Sigma R=515\text{mm}$ 、最大時雨量 $(R)_{max}=70\text{mm}$ 、雨量強度のピークが最初にあらわれる分布A(図1(a))、最後にあらわれる分布B(図2(a))とし、降雨経続時間は16時間とした。地盤条件はゆるい場合初期固けき比1.2、自然斜面の固けき比から0.8とした。以上の条件のもと文献1)に示した方法でセン断試験、降雨浸透実験、安定解析を行、た。固けき比を一定にした一面セン断試験の結果を回帰分析すると強度係数の平均値 $\bar{C}$ 、 $\bar{\phi}$ と含水比の関係は次式に示すようになった。

$$\begin{aligned} e=1.0 \text{ の場合 } \quad \bar{C} &= 0.042 \times w^2 - 0.157 \times w + 1.751 & \bar{\phi} &= -0.493 \times w + 38.381 & \bar{C}: \text{度} \\ & & & & \bar{\phi}: \text{度} \\ e=0.8 \text{ の場合 } \quad \bar{C} &= -0.015 \times w^2 + 0.332 \times w - 0.455 & \bar{\phi} &= -0.541 \times w + 34.480 & \bar{C}: \text{度} \\ & & & & \bar{\phi}: \text{度} \end{aligned}$$

$\bar{\phi}$ は直線、 $\bar{C}$ は二次曲線で近似できた。強度係数はいずれも含水比が上昇するにつれて低下する。 $\bar{\phi}$ の含水比の上昇による低下は $\bar{C}$ ほど大きくない。安定解析に際し、強度係数 C 、 ϕ は平均値の廻りにばらつくと考え、過去のセン断試験結果から粘着力の変動係数 $V_c=0.3335$ 、内部摩擦角のそれと $V_\phi=0.1884$ とした。浸透実験は高さ1m、内径40cmの透水パイプに試料を採取時の自然含水比6%に調整し、所定の固けき比に締固めた。降雨は市販のノズルを2個組合わせることにより、降雨強度を調節した。浸透時の土中の含水比の経時的変化は土壌水分計で計測した。また、透水パイプ下端のコックを閉鎖することにより、1mの深さに基盤がある場合とない場合の含水比分布の差、地下水形成過程をも調べられるようにした。

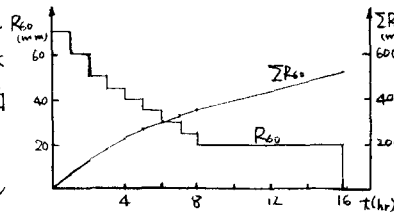
3. 降雨パターンと含水比分布；降雨浸透実験による深さ方向の含水比分布の経時的変化の結果を述べる。i)初期固けき比1.2の場合；きわめてゆるいので、浸透により水締めされ、浸透実験後は固けき比1.0となった。この場合、降雨分布、下端のコックの閉鎖に影響されず空気と水との置換がすみやかに行なわれるため、浸潤線は5時間前後で底部に達する。降雨分布Aで下端閉塞の例を図1(b)に示す。下端閉塞の場合、開放時より下端における含水比が2～5%高く、20%で飽和度で60%近い。この部分の土は泥状化していた。ii)初期固けき比0.8の場合；水締め効果はあらわれなかった。浸潤線の進行は下端に達するまで5～9時間かかり、固けき比1.2の場合と比較すると遅い。降雨分布AはBの場合より浸潤線進行に時間がかかっており、いずれも空気と水との置換が困難なためであろう。

降雨分布Bで下端開放の例を図2(b)に示す。含水比の深さ方向の分布は降雨分布、下端のコックの開閉の条件によらず15%程度に漸近的に増加してくる。

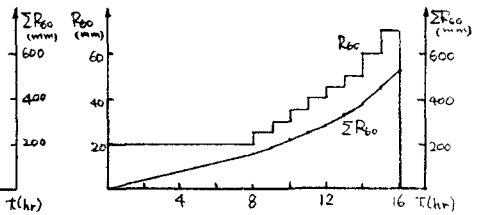
4 降雨パターンと F_s

$R_p \sim t$ 関係；傾斜45°で表層が地表面に平行な斜面上記の各条件について円弧スベリ面法によるシミュレーションを行ない

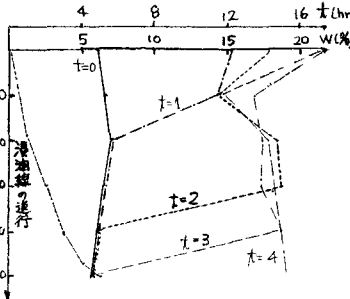
F_s , P_R と時間との関係を検討した。i)初期間げき比1.2の場合；水締め効果で間げき比が1.0に低下しているの、このときの強度係数を安定解析に用いた。降雨分布Aで



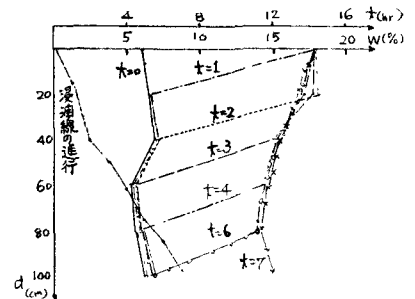
(a) $R_p, \Sigma R_p \sim t$ 関係



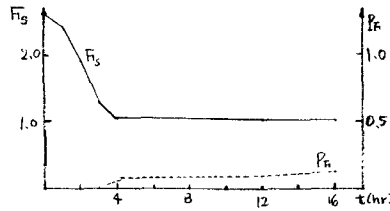
(b) $R_p, \Sigma R_p \sim t$ 関係



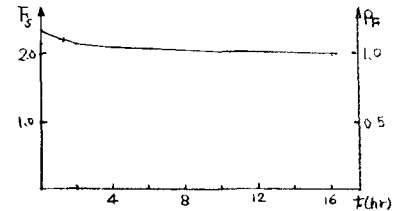
(c) $W \sim d$ 関係と浸透線の進行



(b) $W \sim d$ 関係と浸透線の進行



(d) $F_s, P_R \sim t$ 関係
図1 $c_i=1.2, W_i=6\%$ 下端閉塞



(c) $F_s, P_R \sim t$ 関係
図2 $c_i=0.8, W_i=6\%$ 下端開放

下端閉塞の例を図1(c)に示す。このとき、深さ20～30cmの所に空気が滞留し、含水比の上昇が押えられるので強度の低下がなく、自重が増えないので危険な安全率の低下と

示さない。浸透が進んで地下水面が形成されるようになるときわめて危険になる。降雨分布Bの場合6時間ぐらい経過したとき急激に安全率が低下する。下端開放の場合も降雨分布Bのとき初期安全率2.5から1.1と6時間経過後に急激に低下する。ii)初期間げき比0.8の場合；降雨分布Bで下端開放の例を図2(c)に示す。深さ1mの表層についての解析では安全率が2程度あり破壊確率はでてこない。降雨分布Bの場合がやや安全率が低い。他の条件の実験、解析結果は講演時に報告したい。

5. まとめと今後の課題；本報告で得られた結果をまとめると、i)降雨分布BがAより危険である。過去の崩壊事例でもB型が多く、この事実を強度の面から推定することができよう。ii)地盤がゆるいときは浸透線の進行がはやく、危険な状態になりやすいことがわかる。iii)地下水面の形成されるような降雨のときが最も危険である。以上の解析には粒度をそろえた試料の試験結果を用いており、強度係数のばらつきは自然斜面のそれと比べるとかなり小さいと言えよう。従って、解析結果は F_s 1前後で大きく破壊確率が変化し、 F_s が1.1ではほとんど0となる。しかし、自然斜面の強度のばらつきを考慮して解析すれば破壊確率は存在していよう。今後は実際の斜面の強度を調査し、ばらつきの程度を明らかにしたい。また、降雨の効果、地盤の効果をもより明確にしてゆきたい。

参考文献；1)松尾桑原・上野「斜面の破壊確率に及ぼす含水比変化の影響について」第30回年次学術講演会Ⅲ105