

III-17

降雨時の斜面安定解析に影響を及ぼす各種要因の感度分析

名古屋大学 工学部 学生員 田中 孝

名古屋大学 工学部 正会員 鈴木 壽

名古屋大学 工学部 正会員 松尾 稔

1. はじめに 集中豪雨時における斜面崩壊は社会的に非常に重要な問題であり、これまでもこの問題に対して数多くの研究が行われてきた。中でも特に、FEMによる飽和-不飽和浸透解析を用いた降雨時の安定解析法は、汎用性の高い計算手法として良く用いられている。しかし、この解析法に入力すべきパラメータ（①透水係数および水分保持曲線、②初期飽和度 S_{r0} 、③飽和度の増加による強度定数の低下、④降雨強度など）は、一般の斜面では容易に知ることはできない。したがって、これらの要因の中で豪雨時の斜面安定に特に影響を与える要因を抽出することは、豪雨時の斜面崩壊予知法を開発する上で重要である。

2. 感度分析に用いた各種要因 斜面の幾何学的形状は図-1に示すような2つのケースを設定した。（a）（b）はともに、斜面高8m、勾配45°で、（b）は深さ4mのところに不透水層があるケースとした。 S_{r0} は地盤内で一様であると仮定し、現場の状況を考慮して30~80%の値を設定した。飽和透水係数 k_{sat} は $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$ cm/sの範囲の値をとった。さらに降雨強度 r は5~10 cm/hourの範囲で極端な集中豪雨の場合も考慮した。

図-2は感度分析に用いた浸透特性曲線のパターンを示している。A~Dは透水係数 k_r （不飽和透水係数/飽和透水係数）と体積含水率 θ の関係を一定とし、水分保持曲線のみを変化させた場合であり、このうちDは水分保持曲線を直線と仮定した場合である。EとFは水分保持曲線を一定とし、 k_r - θ 関係を変化させた場合であり、Fは $k_r=1$ 不飽和透水係数が θ に関係なく常に飽和透水係数に等しいとしている。GとHは水分保持曲線が直線であり、 $k_r=1$ とした場合である。なお強度係数は体積含水率 $\theta=0.3$ （ $S_r=50\%$ ）のとき粘着力 c は3 t/m²で、内部摩擦角 ϕ は、15°であり、 θ の増加とともに c 、 ϕ を低下させた。

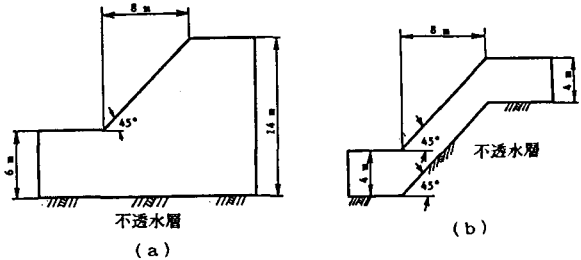


図-1 感度分析を行った斜面

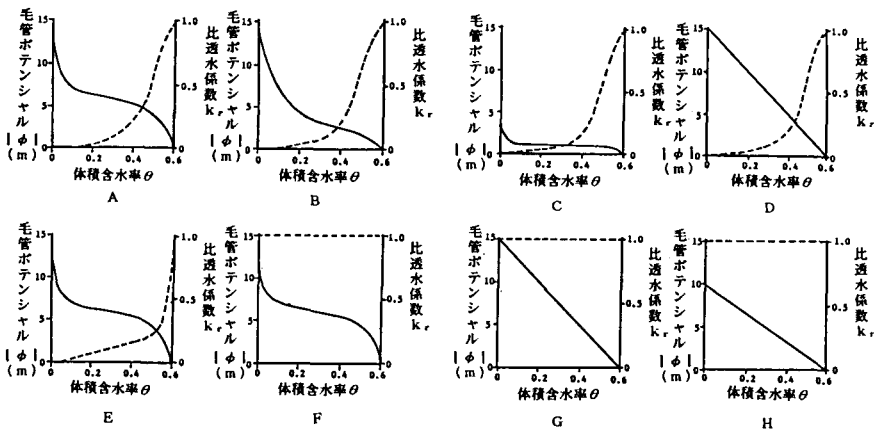


図-2 感度分析に用いた浸透特性曲線

3. 感度分析結果 豪雨時の斜面崩壊予知法

では、何時間後に斜面が崩壊するかということ
を推定することが重要であるので、ある初期状態から降雨の影響によって安全率が低下し、1
となるまでの時間（ t^* ）に影響を及ぼす要因の
感度分析を行う。

図-3（a）（b）はそれぞれ、図-1の
（a）（b）の斜面に対して S_{r0} が t^* に与える
影響を調べたものである。 S_{r0} 以外の各種要因
の値は図中の表に示している。いずれの場合も
 S_{r0} の値が小さくなるにつれて t^* は急増する傾向
にあり、（b）に比べ（a）の方がその傾向は
顕著である。

図-4は降雨強度 r が t^* に与える影響を調べ
たものである。 r が20～40mm/hour間では t^* に大
きく影響しているが、それ以上の降雨では t^* への
影響は小さい。降雨強度によって t^* が小さくなるのは $r=0\sim20$ mm/hourまでのときで、その傾向
は（a）の斜面の方が強い。

図-5は浸透特性曲線が t^* に与える影響を調べ
たものである。初期飽和度が50%の場合（図中
○印）を除けば、一般に浸透特性曲線の影響は小
さく、その傾向は（b）の斜面で顕著である。
 S_{r0} がある程度大きければ、浸透特性曲線の影響
は小さいと言える。さらに（a）の斜面は特に $\theta-k$
 r の関係のみ変化させたもの（E、F）では
あまり影響が見られず、（b）の斜面では水分保持
曲線を変えたもの（B、C、D）だけに影響が
見られる。

4. おわりに 本報告では降雨時の斜面安定解
析に影響を及ぼす各種要因の感度分析を実施した。
その結果、安全率が1となるまでの時間 t^* は初
期飽和度 S_{r0} および降雨強度 r には大きく影響さ
れるが、浸透特性曲線の影響は少ないことがわか
った。

参考文献

1) 松尾・鈴木・井ヶ瀬・梅田：豪雨時の斜面崩
壊に関する事例研究，第22回土質工学研究発表会
講演概要集，1987

ケース No.	記号	飽和透水係数 (cm/s)	降雨強度 (mm/h)	浸透特性 曲線
1	○	1×10^{-4}	2.0	A
2	●	1×10^{-4}	2.0	A
3	□	1×10^{-4}	1.0	A
4	△	1×10^{-4}	2.0	C

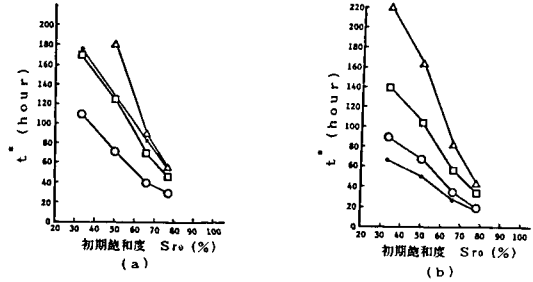


図-3 初期飽和度の影響

ケース No.	記号	初期飽和度 (%)	飽和透水係数 (cm/s)	浸透特性 曲線
1	○	5.0	1×10^{-4}	A
2	●	6.7	1×10^{-4}	A
3	□	6.7	1×10^{-4}	A
4	△	6.7	1×10^{-4}	C

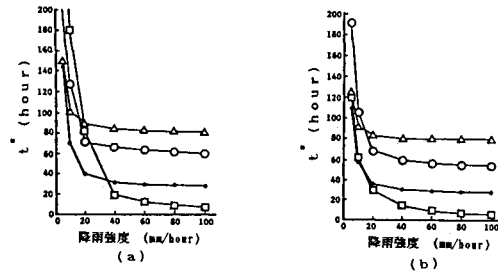


図-4 降雨強度の影響

ケース No.	記号	初期飽和度 (%)	飽和透水係数 (cm/s)	降雨強度 (mm/h)
1	○	5.0	1×10^{-4}	2.0
2	●	6.7	1×10^{-4}	2.0
3	□	6.7	1×10^{-4}	2.0
4	△	6.7	1×10^{-4}	1.0

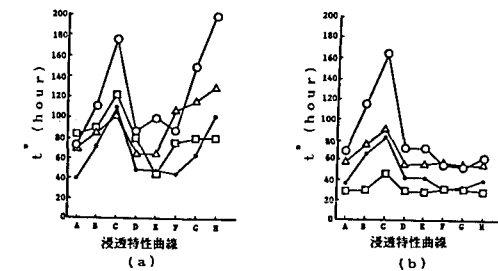


図-5 浸透特性曲線の影響