

Ⅲ - A 229

実効雨量の半減期の決定に関する試み

中部大学工学部 正会員○杉井俊夫

中部大学工学部 正会員 山田公夫

岐阜大学工学部 フェロー 宇野尚雄

1. まえがき

先行降雨を考慮するため実効雨量の考え方が用いられるが、実効雨量を用いるに当たり、半減期をいくつに設定するか常に問題となる。そこで本研究は、将来半減期を決める際に重要となる半減期が斜面の様々な要因とどのような関係があるかを明らかにする以前に、数値実験をもとに実効雨量の適切な半減期について検討するものである。なお、実効雨量（ R_w ）とは、時間雨量に累積していく連続雨量に、遠い過去の時間雨量ほどその効果は小さいとして低減係数を乗じて、新しい雨量を重視した時間雨量の総和のことである。

$$R_w = \sum_{i=1}^n a_i R_i = a_1 R_1 + a_2 R_2 + \cdots + a_i R_i \quad (1)$$

$a_i = 0.5^{T_i}$ （ここに、 a_i ：低減係数 T_i ：半減期 R_i ：時間雨量）

2. 数値実験の概要と適切な実効雨量

今回、数値実験を用いて降雨により斜面を崩壊させた。数値実験によるメリットは、正確な崩壊時刻が得られることや、同一斜面を異なる降雨で崩壊させることができる点にある。まず、愛知、岐阜、長野のアメダスのデータ（1975～1985年）から7,8,9日目（144～216時間）を基準として降雨災害の起こりそうなデータを10日間を1区切りとし半減期3,6,9,12,24,48,96時間の実効雨量を算出した。全55個のデータから、5つのタイプに分類し、設定した斜面を崩壊させることとした。数値実験では、差分法による飽和・不飽和浸透流の解析²⁾を用い、透水力を考慮した安定解析を行うことにより図-1のように想定した斜面を崩壊させることを試み

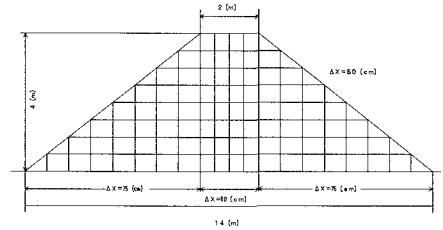


図-1 斜面モデル

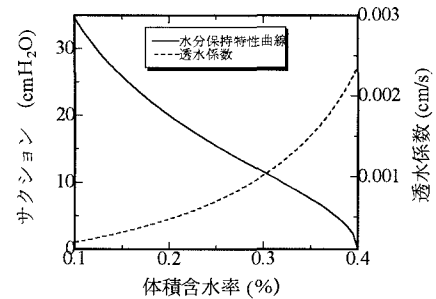


図-2 浸透特性

る。安定計算は透水力を考慮した Bishop 法で行い、このとき、全重量・間隙水圧法により最小安全率³⁾を求めた。なお今回、過去の実データを参考としており、浸潤による粘着力、内部摩擦角の低下は考慮してなく、一定とした（ $\phi=21.8^\circ$, $c=0.2\text{kgf/cm}^2$ 、浸透特性は図-2）。

数値実験の結果の一例を図-3に示す。今回崩壊が発生した実効雨量を「限界実効雨量」として半減期の決定について鈴木⁴⁾の考えを参考に次の3つの点から考えることにした。

1) 限界実効雨量に達する以前に壊れず、限界値に達すると必ず崩壊する条件（的中率）。（的中率は限りなく100%に近くなければならない。）

2) 限界実効雨量到達後、崩壊時の実効雨量誤差及び時間的誤差（空振り率）は小さいほうが望ましい。（式(2)）

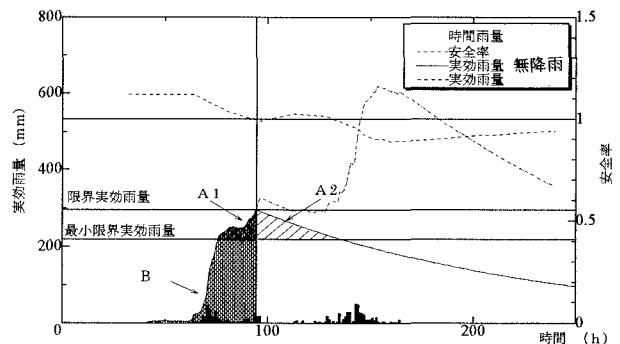


図-3 実効雨量と安全率（数値実験結果）

キーワード：斜面安定、実効雨量、半減期、数値実験

*〒487-8501 春日井市松本町1200 TEL0568-51-1111 FAX 0568-52-0134

**〒501-11 岐阜市柳戸1-1 TEL058-230-1111 FAX 058-230-1891

3) 実効雨量の欠点でもある降雨停止後の実効雨量の減少が少ないため規制解除ができないなどの問題がある。そこで降雨停止後の規制解除を考えた(崩壊後の超過率)は小さいほうが望ましいとした。(式(3))

第3)項を検討する上で、崩壊後、降雨が連続する場合に問題が生じるため、崩壊後は無降雨として実効雨量(図—3の実効雨量 無効雨)を用いている。また、2),3)の指標を図—3中の記号を用いて式(2),(3)に示した。

$$AR_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (A_{1i} / B_{1i})}{N} \quad (2)$$

$$AR_2 = \frac{\sum_{i=1}^N (A_{2i} / B_{2i})}{N} \quad (3)$$

以上のことをふまえて比較検討することで半減期の最適化を測っていく。

3. 半減期の決定

数値実験により求められた崩壊時間から、5つの降雨パターンについて限界実効雨量を決定する。まず半減期ごとに5つのパターンの中で最も小さい限界値を最小限界実効雨量とする。半減期3, 6時間においては、5つの降雨の中で2つが最小限界実効雨量に達しても崩壊しなかったための中率60%となり、的中率100%を割っているため半減期3時間、半減期6時間は不適としそれ以降の半減期9時間以降について検討する(図—4)。次に最小限界実効雨量と崩壊時の実効雨量の差が小さいほど最適と考え、空振り率を算出しグラフにしたものが図—5である。グラフから半減期9.6時間が最適となるが、半減期が大きくなるほど先行降雨が重視され、空振り率は減少することが推察される。一方、崩壊後の超過率を測ったのが図—6である。単調関数とならず、最適値が存在することが分かる。次に、1), 2), 3)の考え方を総合して示したのが図—7である。これより、的中率が100%を満たし、空振り率が最も小さく、また崩壊後の超過率も最も小さい($AR_1 + AR_2$ の最小値を取る)半減期24時間が最適であると判断される。

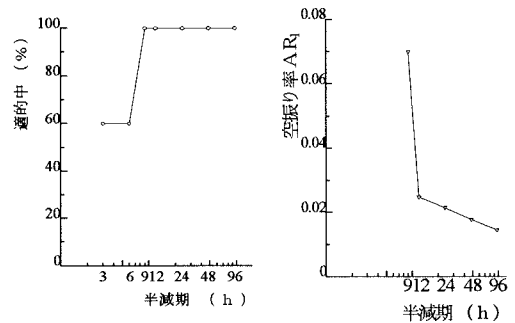
4. あとがき

本研究で得られたことを以下にまとめる。

- 1) 半減期を決定する場合の基本的な指標(的中率、空振り率、降雨終了後の超過率)を示した。
 - 2) 半減期が大きくなると実効雨量は単調増加型となり、的中率が上昇し、小さいと逆になる。
 - 3) 降雨停止後の超過率は規制解除に大きく関係するが、半減期に対し単調関数とならず最小値が存在する。
 - 4) 今回の斜面の設定と同一斜面において、有効な半減期は24時間であることが得られた。
- 今後、斜面条件の違いによる半減期への影響について調べていく予定である。

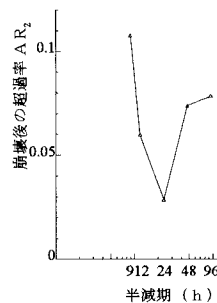
【参考文献】

- 1) 気象協会：アメダス降雨量データ、1976-1988
- 2) 杉井俊夫・宇野尚雄・亀井雄介：浸透解析における降雨浸透の取り扱い方について、不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム, pp.147-150, 1993.
- 3) 宇野尚雄・田中進・杉井俊夫：洪水時の堤防の安定性変化、不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム, pp.285-292, 1987.
- 4) 鈴木雅一：降雨モニターによる斜面崩壊発生時の予測(レビュー)、地すべり学会関西支部シンポジウム“地すべり・崩壊斜面の予測予知”論文集 1991
- 5) 杉井俊夫・山田公夫・宇野尚雄：斜面要因にみあう有効雨量の算定、地盤学会「降雨と地震から危険斜面を守る地盤工学に関するシンポジウム」1997.

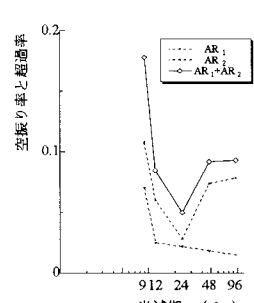


図—4 適中率

図—5 空振り率



図—6 崩壊後の超過率



図—7 総合的な半減期評価