

## IV-157

## モデル線区による斜面崩壊予知のための実効雨量指標の検討

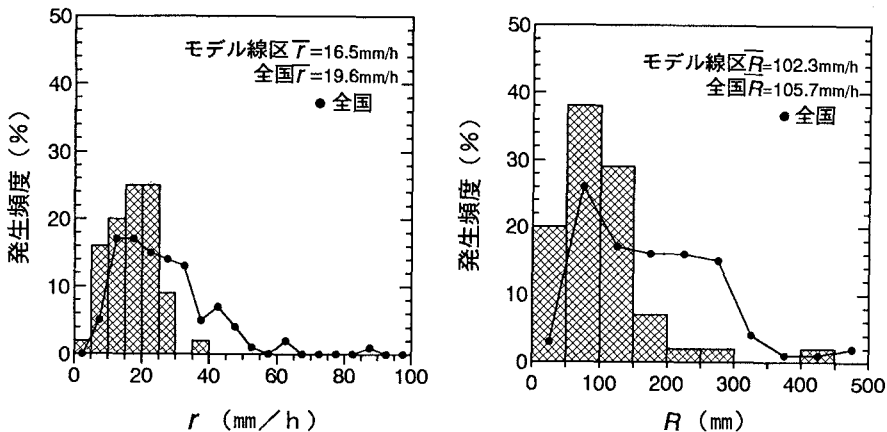
（財）鉄道総合技術研究所 正員 村石 尚，正員 杉山友康  
西日本旅客鉄道株式会社 正員 香川清治，正員 国広敏彦

## 1. はじめに

梅雨時期や台風時期に鉄道沿線で毎年のように降雨に起因して発生する斜面災害は、その都度列車運行の障害となり、安全で安定した輸送に大きな影響を与えている。このような災害に対して現在JR各社では時間雨量と連続雨量による運転規制を行って安全な輸送の確保に努めている。しかし、地形や地質等の条件によっては、この雨量指標ではカバーできない災害が発生する線区もあり規制雨量を下げる等の措置によって対処している。このように現行の雨量指標が適応しにくい地域がある理由のひとつに、12時間の中断があった場合はそれ以前の降雨は連続雨量としてカウントしないという割り切った考え方に基づいている点がある。先行降雨で地盤がかなり含水状態にある場合、12時間雨が降らなかったというだけで、このように割り切って除外してしまった先行降雨が現実には斜面の不安定性に無関係とはいえないことも十分にありうる。そこで、先行雨量を考慮した雨量指標のひとつである「実効雨量」をとりあげ、あるモデル線区の切取災害事例をもとに検証した。

## 2. 災害発生時の雨量

対象とした線区の災害発生時の時間雨量  $r$  (mm/h)、連続雨量  $R$  (mm) の頻度分布を図1に示す。図には同時に全国の鉄道沿線の切取災害における両者の頻度も示している。対象とした線区においては、それぞれの最頻値が  $15 \leq r < 20$ 、 $50 \leq R < 100$  と全国の崩壊事例と一致してはいるものの、最頻値以上の雨量で崩壊する例が全国の事例と比較して少ないことがわかる。また、平均値からみても対象とした線区の沿線の斜面は、全国に比較して少ない雨量で崩壊しやすい傾向にあるといえる。

図1 時間雨量  $r$ 、連続雨量  $R$  と発生頻度の関係

## 3. 実効雨量の計算

実効雨量は次式を用いておこなった。

$$R_e = r_0 + \alpha r_1 + \alpha^2 r_2 + \cdots + \alpha^{n-1} r_{n-1} + \alpha^n r_n \cdots \cdots (1)$$

ここに、 $R_e$ : 実効雨量、 $r_0$ : 当該時刻の雨量、 $r_n$ :  $n$  時間前の雨量、 $n$ : 経過時間、 $\alpha$ : 減少係数 ( $0 < \alpha < 1$ )  
式(1)は、過去の降雨の効果は時間とともに  $\alpha$  の割合で減少し、現在の状態は過去の降雨の総和であるとしたものである。減少係数  $\alpha$  は一般的には半減期  $M$  (時間) というパラメーターによって

$$\alpha = 0.5^{1/M} \dots\dots\dots (2)$$

で示される。本来、ある特定の斜面の実効雨量を計算する場合、減少係数 $\alpha$ あるいは半減期 $M$ は斜面を構成する土質や構造によって変化するものである。ここでは、対象とした線区はほぼ同一な地形・地質であり、半減期 $M$ はひとつに固定できるという前提で以下の検証を行った。式(1)における経過時間 $n$ は一週間前までとし $n=168$ 時間とし、半減期 $M$ については、どの程度の半減期が最も適合度がよいかを判断するため、 $M=6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48$ 時間の8通り選定し比較計算した。計算によって得られた各半減期での発生時の実効雨量の平均値 $R_c$ とその標準偏差 $\sigma$ を図2に示す。半減期が長くなるにつれて発生時の実効雨量が大きくなり、その標準偏差も大きくなる傾向を示す。ここで、発生時の実効雨量を精度よく予測できる半減期を判断する指標として変動係数( $\sigma/R_c$ )を用いる。図3は半減期 $M$ と変動係数( $\sigma/R_c$ )との関係を示したものである。これによると、半減期 $M=24$ 時間の場合に最も変動係数が小さく精度が高いことを示している。対象とした線区では半減期 $M=24$ 時間が最も適した値であることがわかった。

#### 4. 災害発生限界値の検討

ここで半減期 $M=24$ 時間として、災害発生時の実効雨量に着目して、対象線区の災害発生限界値の検討を行う。ある限界値を仮定し、限界値に対してそれを超える時間を超過時間 $t$ とし、これと $t=0$ となる災害事例、すなわち限界値に満たない実効雨量で崩壊した事例を全データで除した見逃し率 $P$ を仮定した限界値別に示したものが図4である。これより限界値を高くすれば見逃し率 $P$ は高くなる反面、平均超過時間 $\bar{t}$ は短くなる。このように限界値と超過時間の関係は相反する関係にあり、実際の列車運行管理に実効雨量を適用する場合はこの点を十分考慮するとともに災害発生時以外の降雨についても分析を行って最適な限界値を決定する必要がある。

#### 5. あとがき

今回の分析は、ある線区を対象として災害発生時の実効雨量のみに着目したものである。今後は、本検討結果を基礎として多くの線区での分析や災害発生時以外の降雨でも同様の分析を行い、より合理的な災害発生雨量指標の検討を進めたい。

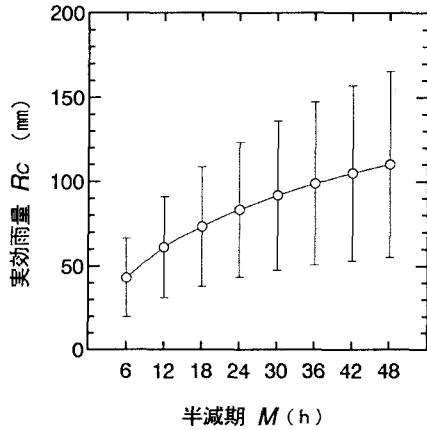


図2 半減期と崩壊時実効雨量値の関係

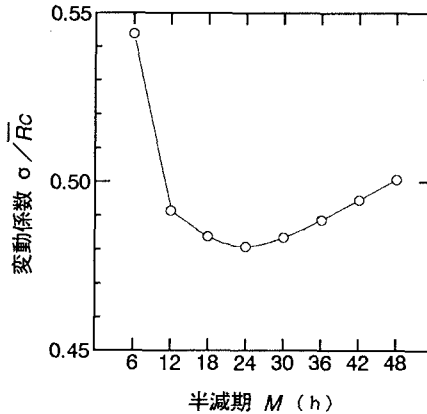


図3 半減期と変動係数の関係

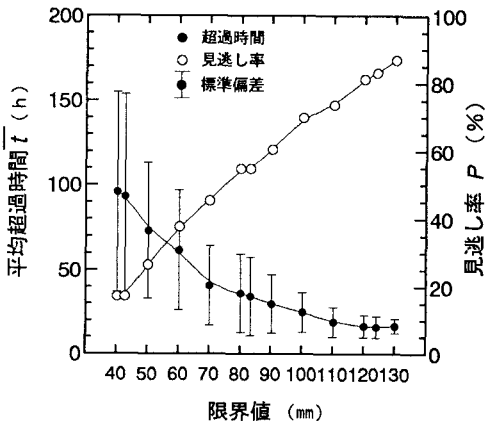


図4 平均超過時間 $\bar{t}$ と見逃し率 $P$ の関係