

CS 6-10〔Ⅳ〕 降雨時の合理的な運転規制方法の研究

東日本旅客鉄道（株）安全研究所 正会員 ○奈良利孝、川名英二

1. はじめに

降雨による斜面災害から列車の安全を確保するために、ハード対策として、斜面の防災強度を向上させるため、のり面防護工等の設備強化を図っている。またソフト対策として、沿線に配備した雨量計（線路延長約10Km毎に1箇所）の観測値により、一定の基準値を越えると運転規制（列車の抑止や徐行運転等の手続）を行っている。現在、規制値は時間雨量と連続雨量の組合せが採用されており、経験的に一般的な降雨に対しては最も有効な災害予知手法とされている。しかし、この方法では十分に予知できない災害事例が発生しており、時間雨量・連続雨量の定義及び組合せ方法に関して改善すべき課題が指摘される。そこで、降雨に対してより合理的な運転規制について検討を行った。

2. 雨量指標

合理的な運転規制を検討するにあたり、最初に着目したのが雨量指標である。現在、当社で運転規制に用いている雨量指標は時間雨量、連続雨量（在来線）、24時間雨量（新幹線）である。ここで時間雨量は任意時刻に対して、1時間前からその時刻までの降雨量合計、連続雨量は任意時刻に対して、降雨が12時間以上の中断を伴わずにその時刻まで継続した期間の降雨量合計、また24時間雨量は任意時刻に対して、その前24時間の降雨量合計をいう。

現行の雨量指標による運転規制は、「ひと雨の定義に起因する不合理」、「新幹線と在来線とで異なる雨量指標」、「降りやみ後の適合度が劣る」等の課題がある。雨量指標に関する解決策として、「先行雨の影響を正當に評価できる指標」、「斜面変状事例と整合がよい指標」を選定した。その結果、新たな雨量指標として実効雨量（過去の降雨パルスの現時刻での貯留量を、降雨が発生してから経過時間に応じて減減して合計することによって求める降雨量）を選定し、具体的な検討を進めることにした。

図1に現行の雨量規制図を、また図2に実効雨量による雨量規制のイメージ図を示す。

今回の実効雨量の計算式は、次式による。 $R_{Et} = R_t + \alpha R_{Et-1}$ （ t 時の実効雨量）

$$= R_t + \alpha R_{t-1} + \alpha^2 R_{t-2} + \cdots + \alpha^i R_{t-i}$$

但し、 R_{Et} ：実効雨量、 R_t ： t 時の時間雨量、 R_{t-i} ： j 時間前の時間雨量、 α ：減少係数($0 < \alpha < 1$)

3. 実効雨量を用いた運転規制のシミュレーション

実際の降雨データを基に、実効雨量による運転規制が実施されたときのシミュレーションを行った。その一例を図3に示す。ここで、 m は先の実効雨量計算式の減少係数に対応する半減時間で、例えば $m=12$ hの場合は、減少係数 α は、 $\alpha^{12}=0.5$ から、 $\alpha=0.5^{1/12}=0.943874\cdots$ となる。図3から、実際の規制時間と実効雨量のピーク付近が合致しており、実効雨量が危険度指標として妥当なことが判明した。従って、適切な基準値と半減時間を定めることによって、実効雨量による運転規制が可能であると考えられる。

4. 安全基準実効雨量の策定方法

現行の運転規制基準値は、各雨量計の担当区域毎に定められている。従って、災害非発生区間においては、不必要な運転規制を最小限にするための検討が必要である。そこで、鉄道沿線90箇所の過年度アメダス降雨データ（実際は降水量データであるため、降雪地区は冬期間のデータは削除した）により、年最大実効雨量、実効雨量階級別出現頻度及び基準実効雨量超過時間数を求めた。アメダスデータは正時間雨量で、実効雨量の計算は最大15年分の降雨データより、最初の降雨から連続的に演算して各時刻における実効雨量を求めた。これにより得られた実効雨量値は、アメダス1ポイントにつき年間8,760個、最大15年分で131,400個となる。これらのうち、図4に基準実効雨量超過時間数図の一例を示す。（図中の m は半減時間）

図4から、ある基準実効雨量を超過する年間の総時間数が判り、現行の線区別防災強度と対応させること等により、安全基準実効雨量が設定することができる。今回、実効雨量半減時間については6, 12, 24, 48時間の4ケースについて、現行の規制時間等と対比することによって、12時間或いは24時間が妥当であることが判明した。

5. 鉄道防災情報システムへの組み込みの検討

現在稼働している鉄道防災情報システムより得られる降雨データから実効雨量を算定し、表示するシステムについては、プロトタイプを試作した。今後、実効雨量による基準値の設定をすることにより、現行のシステムに組み入れることは可能となる。

6. おわりに

本研究は降雨時の運転規制に用いる指標として、より合理的な実効雨量に置き換えるためのものである。今後さらに、降雨量と土中間隙水圧との相関解析による力学的な妥当性の検証、防災強度に応じた実効雨量基準値の設定、モデル線区での試行等により、実用的な運転規制手法を策定すべく検討を行っていきたい。

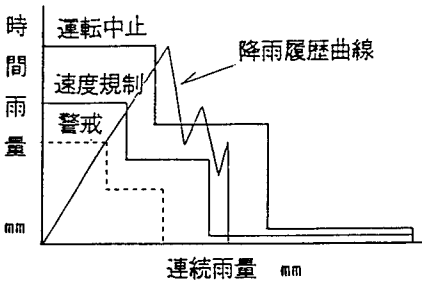


図1 現行の雨量規制図

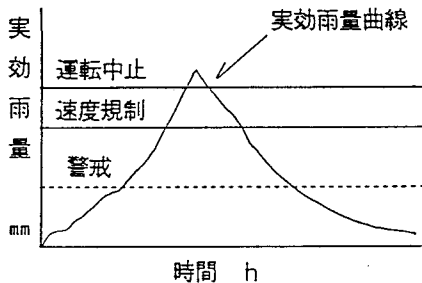


図2 実効雨量による雨量規制のイメージ図

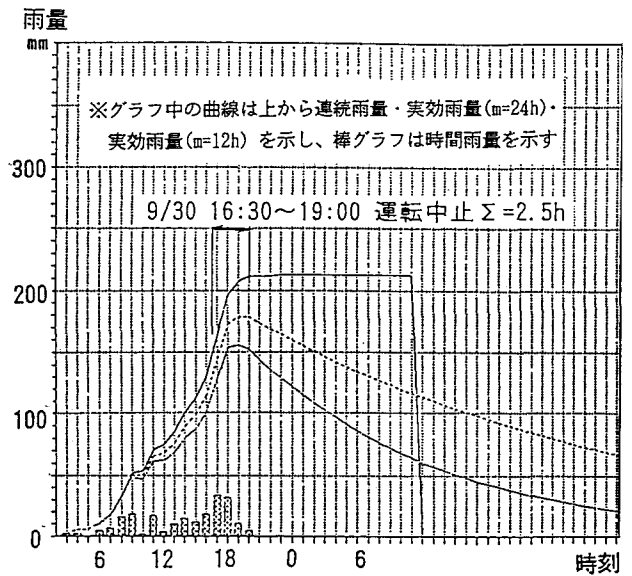


図3 実効雨量の運転規制シミュレーション
(1990.9.30. 内房線館山)

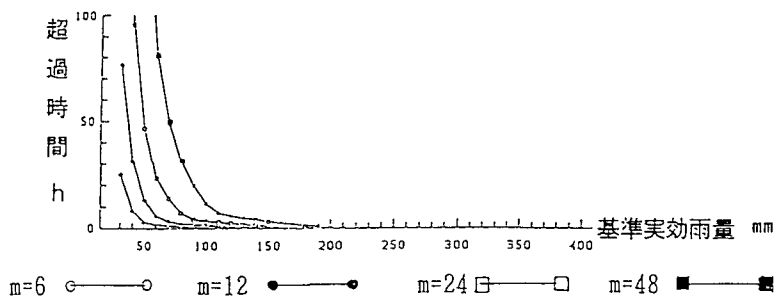


図4 基準実効雨量超過時間数図（1976～1990年の年平均、総武本線佐倉）