

降雨履歴からみた鉄道沿線の切土のり面防護工の耐雨効果

鉄道総研 正員 杉山友康 正員 奈良利孝
国土舘大学 フェロー 岡田勝也

1. はじめに

日本の国土や自然条件は厳しいうえに、設計基準が整備されていない時代に建設された歴史の古いJR在来線では、降雨時に盛土や切土のり面の崩壊が発生し、列車輸送を阻害することがある。このため、あらかじめ降雨に対して弱点となる箇所を抽出して、必要であればのり面防護工を施工してきている。降雨に対して弱点となる箇所を抽出する手法として、筆者ら^{1) 2) 3)}は過去の災害事例を統計的に分析して作成した限界雨量による危険度判定手法を提案してきた。しかしこの方法では、対策が行われていないのり面の限界雨量が得られるもので、のり面防護工を施工した場合の限界雨量は得られない。のり面防護工の効果は、鉄道においては、これを施工した被災例が非常に少ないことから、十分にあると考えられるが、降雨量に換算して耐雨効果を定量化した例は少ない。

このため、筆者ら⁴⁾はまず盛土の防護工の耐雨効果を過去の被災事例と施工箇所の降雨の履歴を分析することによって限界雨量の評価式を修正することを試み、すでに提案した。ここでは、切土のり面の防護工を施工された後に経験した降雨履歴を分析することによって得た耐雨効果について報告する。

2. 限界雨量方式の評価式の概要と防護点の考え方

鉄道沿線の切土のり面の降雨時危険性を判定する手法として、筆者らは式(1),(2)で示す判定手法を提案した。これは、切土のり面の状況を現地調査によって把握し、崩壊形態の判別と崩壊限界雨量を予測するものであり、評価によって図1の実線に示すような連続雨量 R と時間雨量 r の積(ただし、表層崩壊： $R^{0.9}r^{0.2}$ 、深層崩壊： $R^{0.4}r^{0.2}$)で示される限界雨量が得られる。

①崩壊形態の判別

$$Z = -0.115H - 2.992D_s + 0.666W_G + 4.001 \quad \cdots \cdots (1)$$

$1 < Z$ の時 表層崩壊

$-1 \leq Z \leq 1$ の時 表層崩壊または深層崩壊

$Z < -1$ の時 深層崩壊

②崩壊限界雨量の算出

$$[R^m r^n] = a_1(\beta) + a_2(H) + a_3(S_E) + a_4(N_C) + a_5(R_h) + a_6(R_C) + a_7(D_s) + a_8(W_G) + a_9(R_E) + \alpha \quad \cdots \cdots (2)$$

式(1)及び式(2)において、 α は基本点(表層崩壊： $\alpha=45.16$ 、深層崩壊： $\alpha=15.56$)であり、 $a_1 \sim a_9$ は、それぞれのアイテムのカテゴリースコアである。アイテムのうち、 β 、 H は、切土の構造条件でそれぞれのり面勾配、切土高さ、 S_E 、 N_C 、 R_h 、 R_C 、 D_s は、切土の土質・地質条件でそれぞれ表層土質、表層土の強度、基盤の硬度、地質分類、表層土厚さである。また、 W_G 、 R_E はそれぞれ切土上部の地形的な集水状態、切土の経験雨量である。ここで、式(2)は、切土のり面に崩壊防止のための防護工が施工されていない状態での評価式である。防護工によって耐雨性が向上するとすれば、図1の点線で示されるようになり、式(2)の第1項から第9項までを評価によって得られる評価点とすると防護工の効果が β という耐雨性を有するとすれば、式(1)は以下になる。

$$[R^m r^n]_p = (\text{評価点}) + \alpha + \beta \quad \cdots \cdots (3)$$

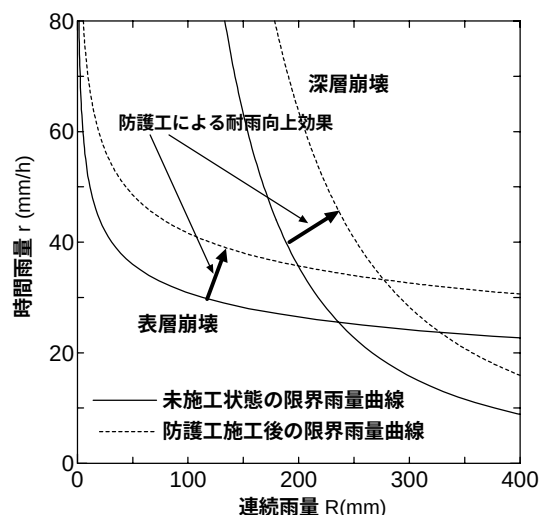


図1 限界雨量曲線

キーワード：切土、のり面防護工、限界雨量、耐雨効果

連絡先：国分寺市光町 2-8-38, TEL 042-573-7263, FAX 042-573-7398

3. 防護工施工後の降雨履歴分析

式(3)に示す防護工施工のり面の耐雨性は、防護工が施工されたり面が崩壊した場合に、直接求めることができる。従って効果 β は、崩壊時の雨量から逆算して得られる限界雨量と式(2)による未施工状態の限界雨量との差で得られる。しかし、鉄道沿線では防護工が施工された切土のり面の崩壊事例は極めて少なく、統計量としてこれを求めることができない。そこで、防護工が施工されてから耐え得た降雨量から間接的に効果 β を求める。すなわち、防護工が施工されてから現在までに経験した降雨量の最大値を限界雨量 $[R^m r^n]_p$ として近似し、未施工状態の限界雨量 $[R^m r^n]$ との差を防護工の効果 β として求める。

深層崩壊の発生が懸念されるとされた切土のり面にコンクリートによる場所打格子枠工が施工された箇所に対して、式(2)から

未施工状態の限界雨量曲線（点線）と施工後の15年間の降雨実績を示すと図2のようになる。ここで、未施工状態での限界雨量（以下評価値と呼ぶ）は $[R^m r^n] = 15.81$ である。施工後には、評価によ

って得られる限界雨量曲線を上回る降雨を何度か経験している。ここで、この間の最高値を防護工を施

工した切土のり面の限界雨量（以下実績値と呼ぶ）として求めると図2の実線のようになり $[R^m r^n]_p = 19.61$ が得られる。従ってこの切土のり面の防護工効果は $\beta = 3.80$ となる。この事例と同様に実際に切土のり面工が施工されたり面106データについて、現地調査に基づいて評価値と実績値を求めると図3のようになる。表層崩壊および深層崩壊共に実績値が評価値を上回っており防護工の効果が認められる。なお、効果 β の平均値と標準偏差は、表層崩壊で34.96、17.51、深層崩壊で4.48、3.45である。

4. おわりに

切土のり面に施工された防護工の耐雨性効果に関して、降雨実績を分析することにより、その効果を調べた。その結果、防護工が施工済みの切土のり面では、筆者らが提案済みの基準から得られる評価値を上回る降雨を経験しており、防護工の効果が十分あることが認められた。今後は、鉄道で多く採用されている防護工の種別を絞り、工種別の効果を定量化する予定である。

〔文献〕

- 1)岡田他：統計的手法による鉄道盛土の降雨災害危険度の評価手法,土木学会論文集, No.448/III-19, 1992.6.
- 2)K.OKADA et.al : Statistical Risk Estimating Method for Rainfall on Surface collapse of A Cut Slope, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.34, No.3, 1994.9
- 3) T.SUGIYAMA et.al : Statistical Rainfall Risk Estimating Method for A Deep Collapse of A Cut Slope, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.35, No.4, 1995.12
- 4)杉山他：鉄道盛土の崩壊限界雨量に及ぼす防護工の効果, 土木学会論文集, No.644/VI-46, 2000.3.

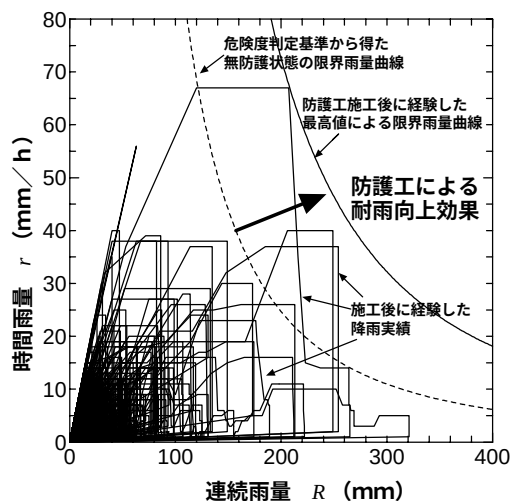
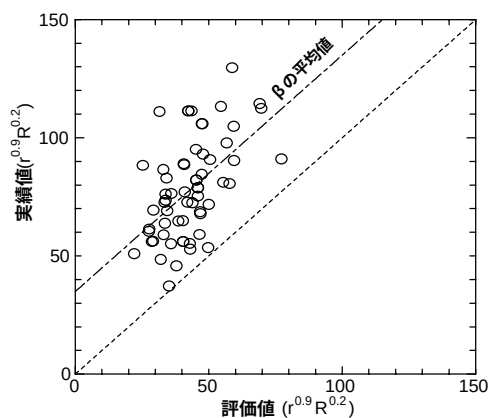
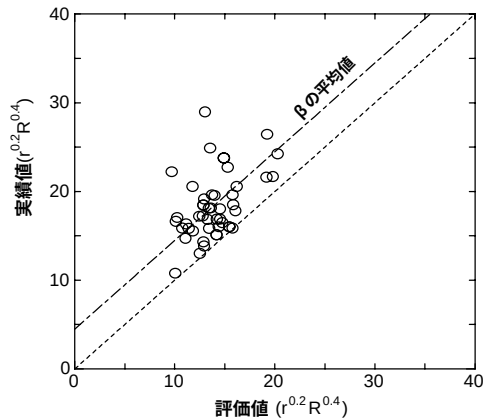


図2 限界雨量曲線と降雨実績



(1)表層崩壊



(2)深層崩壊

図3 防護工効果による限界雨量の向上