

豪雨後の小降雨時における斜面安定性の回復傾向に関する基礎的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○入栄貴

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 布川修

1. はじめに

鉄道では、豪雨時に鉄道運行を規制する措置（以下、運転規制）が実施されている。近年では、気候変動により豪雨の回数や降雨量の増加が想定されていることから、降雨時の運転規制回数や規制時間も増加することが懸念される。また、豪雨後に小降雨が観測されることがあるが、特に過去に経験したことがないような豪雨の場合には、規制解除の判断が難しくなることが推察される。豪雨後に小降雨が連続する場合において運転規制を解除する方針としては、斜面の安定性が回復傾向を示す小降雨量や様子見時間（以下、降りやみと定義）を設定することが挙げられるが、こうした方法を定量的に検討した事例は少ない。そこで本稿では、仮想的な豪雨（先行降雨）後に小降雨を与える斜面安定解析を実施し、小降雨時における斜面安定性の回復傾向に関する基礎的な検討を実施した。

2. 解析概要

(1) 対象区間

解析対象区間は実際に降雨による斜面災害が発生した斜面¹⁾を含む図1に示す区間である。赤線で囲まれた範囲が解析対象範囲であり、崩壊箇所は破線部分に当たる。崩壊箇所は不明瞭ではあるが、集水地形であり、不安定化しやすい箇所と評価できる。



図1 解析対象範囲

(2) 降雨条件

対象区間近傍のアメダスデータより、運転規制に用いられる12時間連続雨量（無降雨が12時間連続しない場合における時間雨量の累積値）の年最大値からガンベル法により再現期間（年）ごとの降雨量を算出した。この結果に基づき、再現期間100年の12時間連続雨量488mmを1時間あたりに平均化した時間雨量40.7mmを12時間与える条件を先行降雨とした。その後の小降雨量は、0, 3, 5, 10mmのそれぞれ時間雨量を24時間一定で与える条件とする。降雨パターンを表1に、図2に降雨パターン2を例として示す。

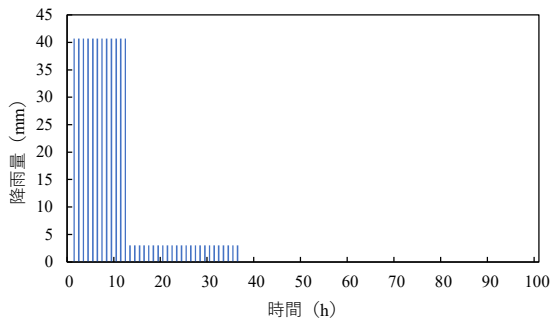


図2 降雨パターン2（小降雨量3mm）

(3) 解析手法

斜面の安定解析には、鉄道総合技術研究所が開発した方法²⁾を使用する。この方法は、斜面表層をメッシュに分割して、このメッシュに一定の層厚をもつ地盤要素を設定する。この要素間の水の収支を計算して飽和度から地下水位を求め、この地下水位を使用した無限長斜面の安定計算により表層崩壊に対する安定性を要素ごとに計算する²⁾。解析に用いるパラメータは既往の研究¹⁾を参考とし、表2のように設定した。

表1 降雨パターン

降雨パターン 番号	先行降雨			小降雨		
	総降雨量 (mm)	降り方	作用時間 (h)	時間雨量 (mm)	降り方	作用時間 (h)
1	488	一定	12	0	一定	24
2	488	一定	12	3	一定	24
3	488	一定	12	5	一定	24
4	488	一定	12	10	一定	24

表2 解析パラメータ

表層厚D(m)	2.5
間隙比e	1.25
土粒子の密度Gs	2.6
透水係数k(cm/s)	0.05
土の粘着力cs (tf/m2)	1.56
土の内部摩擦角φ (度)	30

キーワード 斜面安定, 自然斜面, 豪雨, 小降雨, 運転規制

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地盤防災 TEL042-573-7263

3. 解析結果と考察

図3は、解析対象範囲の要素の中で最小値となる安全率の値の変化を示す。先行降雨が同じため、安全率の低下度合いに小降雨量の違いによる差はみられない。先行降雨終了後から最小安全率の推移傾向に違いが現れ、小降雨量が多いほど、安全率の回復には時間を要している。また、回復過程において安全率1.0が継続している時間帯がみられる。この時の最小安全率の発現地点は過去の崩壊箇所集中していることが確認でき、安全率1.0の継続は崩壊部で水が抜けにくいことを表している。

本稿では、先行降雨後の小降雨量0mmと同程度の安定性となることを降りやみと定義する。解析対象範囲での斜面安定性が回復するまでの時間と小降雨量との関係を図4に示す。安全率1.2に着目すると、小降雨量0mmを基準とした回復時間の差は、小降雨量3mmが5時間、5mmが8時間、10mmが14時間となり、小降雨が多いほど斜面安定性回復に時間を要することがわかる。一方、小降雨0mmと小降雨3mmの回復傾向に着目すると、安全率1.0に回復する時間差は2時間だが、安全率1.2では4時間となり、高い安全率になると回復する時間の差が増加している。このように基準とする安全率を設定することにより降りやみの定義が可能となるが、設定する安全率によって降りやみの小降雨量や様子見時間が異なる可能性がある。

図5は、解析対象範囲で安全率1.2を下回る要素数を基に回復する時間と小降雨との関係を示している。小降雨3mmをみると、要素数が300から200、200から100となる時間はそれぞれ3時間であるが、100から0となる時間は17時間である。この傾向は小降雨で違いはみられない。しかしながら、回復初期で安全率1.2を下回る要素数が多い段階では、小降雨での違いはみられず、回復時間も早い。回復が進むほど、小降雨の差が現れ、回復に要する時間も長くなっている。地形に応じて、小降雨量と関係なく回復する部分と、崩壊部のように小降雨量に依存して回復に時間を要するところがあると考えられる。

4. まとめ

仮定の豪雨後の小降雨量と斜面安定性の回復に要する時間の関係性に着目した検討を実施した。今後、様々な降雨パターンから、先行降雨と小降雨の関係性（特に、雨量と継続時間）を整理することで、斜面安定性の回復傾向を明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) 浅野嘉文, 大木基裕, 舟橋秀鷹, 今井賢一, 布川修, 杉山友康: 広域斜面の降雨時安定性解析モデルを用いた再現解析, 第50回地盤工学研究発表会, 2015
- 2) 浅野嘉文, 川尻峻三, 布川修, 太田直之, 杉山友康, 渡邊諭: 降雨時における斜面表層崩壊を再現する簡易解析モデルの提案, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.4, p.579-595, 2013

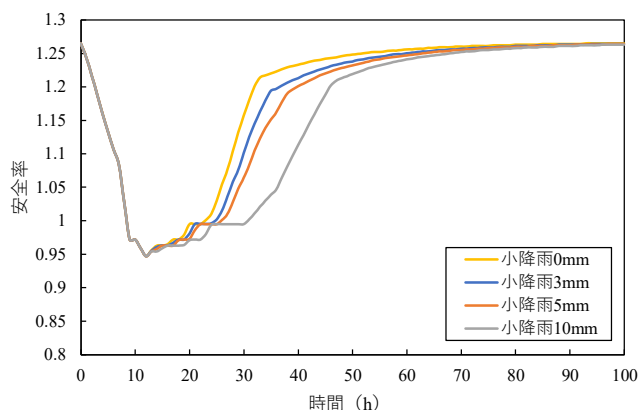


図3 小降雨量で比較した最小安全率

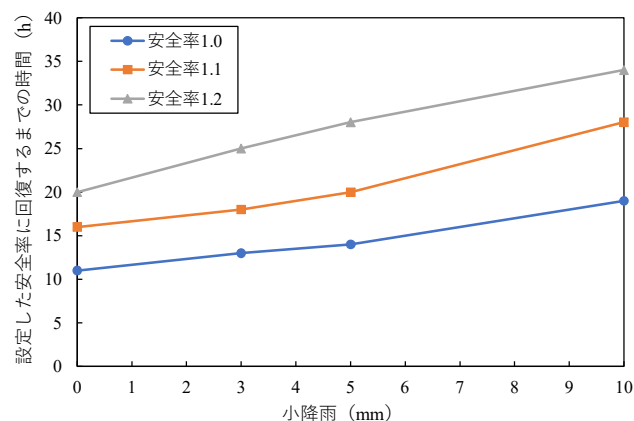


図4 小降雨量と斜面安定性回復時間の関係
(安全率で比較)

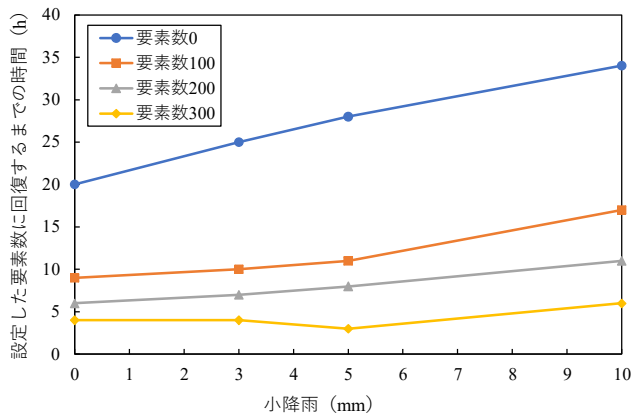


図5 小降雨量と斜面安定性回復時間の関係
(不安定領域で比較)