

斜面基部の侵食による斜面安全率の低下の評価

○福岡大学大学院 学生会員 廣渡幸大
福岡大学 正会員 村上 哲
福岡大学 正会員 西 智美

1. はじめに

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では長時間停滞する線状降水帯の影響により多くの地域で被害が発生した。特に溪流部を中心として斜面崩壊が発生しており、現地では斜面基部に洗掘の形跡が見られることから、従来の降雨による斜面内飽和度の上昇による斜面の不安定化に加え、新たに斜面基部の洗掘による斜面の不安定化の影響が指摘された¹⁾。既往の研究²⁾では、多平面安定解析法³⁾を基に洗掘前後の解析プログラムの作成を行い、その結果として、斜面基部が洗掘されることにより安全率が大幅に減少する斜面の存在が明らかとなった。一方で、洗掘を斜面鉛直方向に発生すると仮定していたため、実際にその様な洗掘が発生するのかという課題が挙げられた。そこで本研究では、被災前の地形から被災後の地形への侵食の過程を侵食率を用いて表し、解析を実施することで安全率と侵食の深さ（以下、侵食深と示す）の関係性について明らかにしていく。

2. 侵食過程及び侵食深の設定方法について

侵食過程の設定については、自然斜面を想定し斜面が連続的に侵食される変化を曲線的に表すことを前提に述べる。まず、図-1 に示すように被災後の最小標高値の断面距離を中央断面距離 x_c とした。その後、 x_c の被災前の標高値から解析斜面方向 2m 上までが侵食されると仮定し、その位置を侵食基準点 x_i, y_i (x_{53}, y_{53}) とした。この時の $x_i \sim x_c$ までの範囲を本研究では、侵食が発生する侵食領域とする。さらに、 x_c の被災前後の標高値の差を求め侵食率 10%、30%、50%、70%、90%の 5 分割にした。 (y_c) の数値は侵食率を示す) 以上より、下記式を用いることで侵食率ごとの侵食係数 a_e を求めることができる。

$$y_i = a_e(x_i - x_c)^2 + y_c \quad (1)$$

ここで x_i は断面距離、 x_c は中央断面距離、 y_i は断面距離 im の被災前標高値、 y_c は中央断面距離の被災前標高値、 a_e は侵食係数である。

最後に、侵食領域内の断面距離 x_i (51m, 52m) を代入することで侵食領域内の標高値 y_i を求めることができ、侵食過程を断面図で表すことが可能となる。以上の結果を用いて解析を行っていく。また、解析斜面方向のみ侵食過程を設定した場合は不自然になるため、解析斜面の逆側についても侵食過程を設定する必要がある。そのため、図-2 に示す様に x_c の被災前標高値の近似値をとる被災後の標高値の断面距離及び被災前標高値の位置を侵食基準点 x_i, y_i (x_{42}, y_{42}) とする。以後は、前述した手順と同様に行い侵食過程を表す。

そして、侵食深の設定については大下⁴⁾の考える侵食深を用いて設定を行う。図-2 に示す様に被災前標高値及び被災後標高値の最小値の差が侵食深となる。本研究では、侵食率が増加するにつれて被災前標高値が減少して

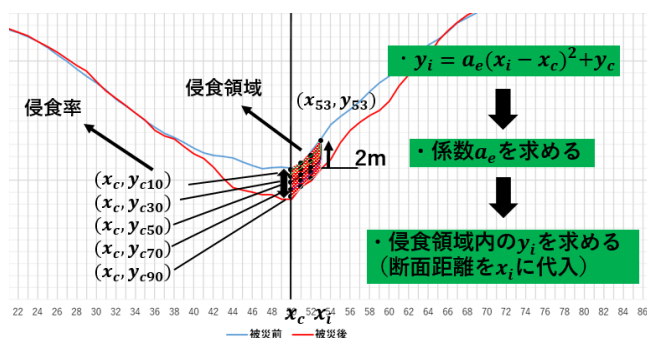


図-1 解析斜面侵食過程の設定

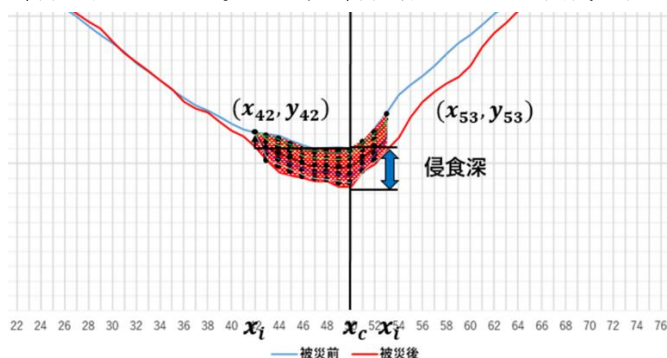


図-2 解析斜面逆側の侵食過程及び侵食深の設定

いきそれに伴い侵食深が減少する。そのため、侵食前の侵食深を基準侵食深と仮定し、侵食率ごとの被災前後の最小標高値の差を求め、基準侵食深から差し引いた値を新たに侵食深として設定した。以上より、侵食率ごとの斜面の解析を行い、安全率と侵食深の比較を行うことでそれぞれの関係性について明らかにしていく。

3. 解析結果

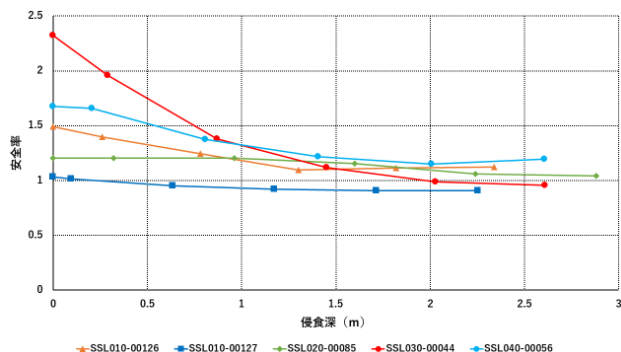


図-3 安全率と侵食深の関係

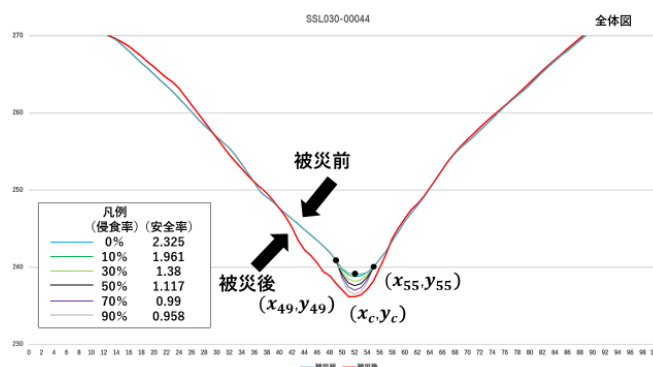


図-4 タイプ A (SSL030-00044)

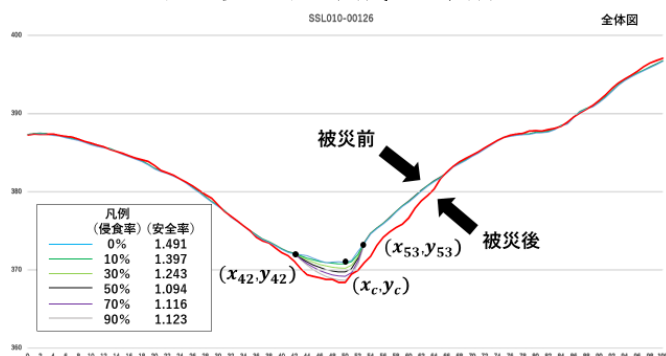


図-5 タイプ B (SSL010-00126)

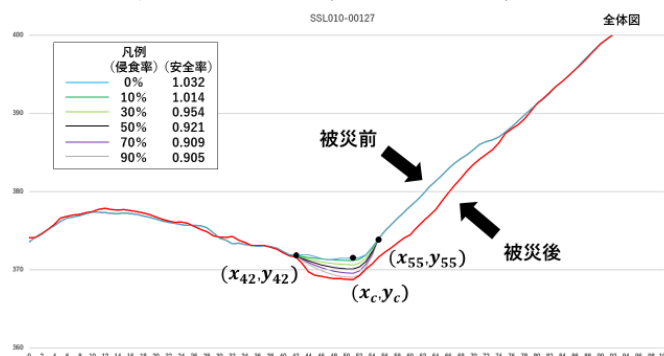


図-6 タイプ C (SSL010-00127)

今回の解析対象断面は、既往の研究²⁾同様に白木谷川とし、安全率の減少傾向を掴むために洗掘後に安全率が1を下回る5断面の解析を実施した。各断面の安全率と侵食深の解析結果を図-3に示す。図-3の各プロットは、左から順番に侵食率0% (洗掘前)、10%、30%、50%、70%、90%を表している。図-3の結果より、侵食深が増加するにつれて安全率が減少傾向にあることがわかる。一方で安全率の減少幅に関しては断面ごとに大きく差があると言える。以上より侵食による影響が大きい順に図-4 タイプ A (SSL030-00044)、図-5 タイプ B (SSL010-00126, SSL040-00056)、図-6 タイプ C (SSL010-00127, SSL020-00085) の3タイプに分類することが出来る。また、タイプ B に関しては一時的に安全率が上昇する場合があるため、上昇時の解析結果及び斜面の形状を確認しプログラムの修正を行う必要があると言える。今後は白木谷川全域の解析を行い、タイプ分類を行うことで侵食による影響を詳細にまとめていく。

まとめ

- ・ 侵食深の増加に伴い安全率は減少していくが、安全率の減少幅は断面によって大きく異なる。
- ・ 安全率と侵食深の関係 (図-3) により、侵食による影響に応じてタイプ分類を行うことが出来る。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 17K20140 および九州建設技術管理協会「建設技術研究開発助成」の助成を受けて実施したものである。また、本研究で利用した LP データは福岡県県土整備部砂防課にご提供いただいたものである。記して謝意を表します。

【参考文献】1) 村上 哲：平成 29 年 7 月九州北部豪雨における河岸・溪岸斜面の崩壊に関する考察, 平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2018 年, pp.389-390. 2) 廣渡 幸大：多平面安定解析法を用いた溪床・溪岸洗掘に起因する斜面崩壊の検討手法, 令和元年度第 54 回地盤工学研究発表会講演概要集, 2019 年, pp.1795-1796. 3) 沖村 孝：山腹表層崩壊発生位置の予知に関する一研究, 土木学会論文報告集第 331 号, 1983 年, pp.113-120. 4) 大下 義人：平成 29 年 7 月九州北部豪雨によって生じた白木谷川溪流の侵食, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 2020. (投稿中)