

36 結晶片岩地域で発生した表層崩壊の発生原因に関する一考察

高知大学農学部 ○前川 美紀子 平松 晋也
国土交通省四国山地砂防工事(事) 小山内信智

1. はじめに

善徳地すべり地の西側に隣接するとびのす谷 C 支溪(図-1)では、1999 年 6 月 29 日の豪雨により表層崩壊が発生し、崩壊後の現地調査により崩壊地源頭部に形成された数箇所のパイプからの湧水が確認された。このパイプからの湧水は、崩壊発生後から現在(2001 年 3 月)に至るまで停止することなく見られている。本研究は、パイプからの湧水の起源(供給源)やパイプの存在と崩壊との因果関係を考察するとともに、結晶片岩地域で発生する表層崩壊の発生機構を明らかにすることを目的として実施した。

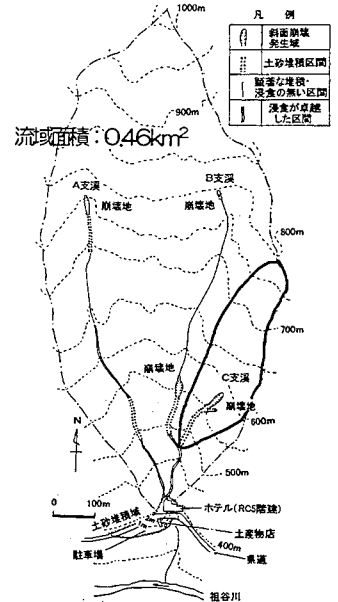


図-1 とびのす谷流域平面図

2. 1999 年 6 月災害時における山腹斜面の安定性の検討

2.1 C 支溪で発生した崩壊の再現計算

崩壊が発生した 1999 年 6 月 29 日の実績降雨波形(善徳雨量観測所:図-5)や現地斜面を代表する地形条件並びに土質諸元を入力条件とし、崩壊の再現計算を実施した。計算対象区間は、図-2 に示す No.1~No.15 地点までの 140m 区間である。

再現計算により得られた最小安全率の縦断変化を図-3 に示す。実績降雨波形を用いた再現計算の結果、No.1~No.15 地点の最小安全率は 1.0 を上回り、計算対象区間全域で崩壊発生に至るまでは至らなかった。

再現計算により得られた計算対象区間内の最大地下水深と崩壊発生限界水深を示す図-4 より、崩壊地源頭部周辺に位置する No.12~No.14 地点で崩壊に至るためには、さらに 0.2~0.4m 程度の地下水深の上昇を必要とすることがわかる。

2.2 崩壊発生に必要な追加降雨量の推定計算

入力降雨を追加することにより崩壊が発生するために必要となる追加降雨量を推定した。推定計算の結果、時間雨量:35mm/hr を計 4 時間(計 140mm : 6 月 29 日の 17:00~20:00)追加した場合にはじめて崩壊発生に至る結果となった。また、推定計算により得られた最小安全率の縦断変化を示す図-4 より、No.6 地点と既往崩壊地源頭部周辺に位置する No.14 地点で崩壊が発生する結果となった。

崩壊地源頭部周辺に位置する No.12, No.13, No.14 地点での推定計算により得られた安全率の経時変化を図-5 に示す。数値計算上崩壊が発生することとなる No.14 地点の安全率は、6 月 29 日 20:46(計算開始から 1,246 分後)に 1.0 を下回り、実際の崩壊時刻(6 月 29 日 20:30(計算開始から 1,230 分後))の 16 分遅れで崩壊が発生する結果となった。

次に、降雨を追加することにより増加した当該地点への流入量を「追加流入量」と定義し、数値計算(再現計算及び推定計算)結果を基に、No.14 地点で崩壊が発生するために必要となる追加流入量を(1)式を用いて求めると、

$$\Delta Q_{in14}^{1246} = (Q_{in14}^{1246} - Q_{in14}^{1246}) \cdot B \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 ΔQ_{in14}^{1246} :追加流入量(m³/hr),
 Q_{in14}^{1246} , Q_{in14}^{1246} :推定計算及び再現計算による崩壊地源頭部(No.14 地点)への崩壊発生時刻である 6 月 29 日 20:46(計算開始から 1,246 分後)時における流入量(m³/hr/m), B:土層内を流下する供給水流(パイプ部へと向かう地下水流)の流路幅

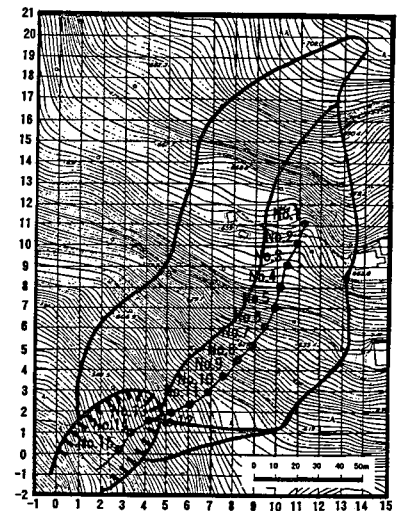


図-2 計算対象区間の設定

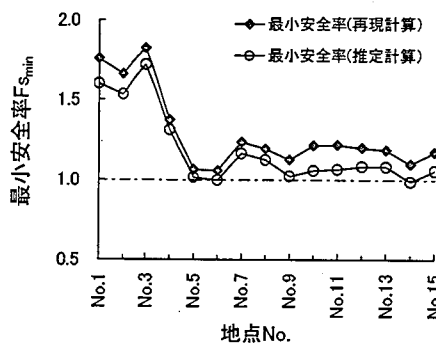


図-3 再現計算と推定計算により得られた最小安全率の縦断変化

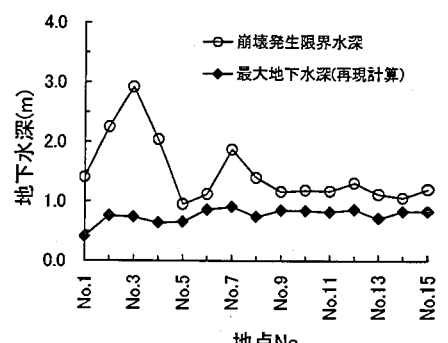


図-4 再現計算により得られた最大地下水の縦断変化

(=1.35mm)である。以上の結果より、1999年6月の崩壊時には、実績降雨量に加えさらに95.8cc/secの水分供給があったものと推測される。

3. パイプからの流出量

C支溪崩壊地源頭部では、崩壊後から現在(2001年3月現在)まで、降雨の有無にかかわらず常にパイプからの湧水が確認されている(図-6)。図-6より、パイプからの流出量は、40~50mm/day以下の降雨に対してはほとんど反応しないことがわかる。無降雨期間が継続する1999年11月20日~2000年1月31日の期間内のパイプからの総流出量は、72.4~176.3cc/secである。この期間内のパイプからの流出量は、降雨の影響をほとんど受けていないと考えられるため、降雨とは無関係に崩壊地源頭部(パイプ部)へと供給される地下水流すなわち基底流出量として位置付けられよう。

図-7は、パイプからの流出高と日雨量(善徳雨量観測所)の経時変化をとりまとめたものである。図-7中には、パイプからの累加流出高及び累加雨量をも併記した。図-7より、1999年8月19日~2000年10月27日までのパイプからの累加流出高と累加雨量は、それぞれ2101.1(mm)、2101.0(mm)を示し、パイプからの流出高と降雨量は概ね一致しているものの、1999年8月19日~2000年7月3日までの320日間にわたり、パイプからの流出高は降雨量を上回っていることがわかる。パイプからの累加流出高と累加雨量との差:ΔHは、1999年10月26日(1999年8月19日から69日目)に最大値:231.0mmを示した。このパイプからの累加流出高と累加雨量との差(231.0mm)を基に、1999年8月19日~10月26日までの計69日間におけるパイプからの総流出量と降雨量との差:ΔQを求めると1,605.1(m³/69day)となり、この値を単位時間(1秒)あたりの流量に変換すると269.2cc/secとなる。これは、降雨の全量が流出されると仮定しても、降雨量以外に最大269.2cc/secもの水量が崩壊地源頭部に形成されたパイプ部から流出していることを意味している。

以上の結果より、とびのす谷C支溪では、降雨以外の崩壊地源頭部(パイプ部)へと向かう供給水源の存在が示唆された。また、このパイプからの湧水の起源としては、とびのす谷に隣接する善徳地すべり地内の地下水であることが推定されよう。

さらに、数値計算により得られた追加流入量(95.8cc/sec)と無降雨期間におけるパイプからの総流出量(72.4~176.3cc/sec)が概ね一致していることより、1999年6月にとびのす谷C支溪で発生した崩壊には、浅層地下水流とも想定される基底流出量(降雨以外の供給水源)の存在が大きく関与していたことが明らかになった。言い換えれば、この崩壊地源頭部へと向かう基底流出が存在しなかったならば、1999年6月29日の豪雨時には崩壊が発生しなかったものと推測されよう。

4. おわりに

本研究により、剥離しやすいといった地質学的特性を有する結晶片岩地域では、土層内を流下する地下水による土砂移動や地下侵食などの影響を受けて、空洞(パイプに代表される)が形成されやすいことが考えられ、流域界を越えて流入してくる水路(water-path)が存在し得る可能性が示唆されよう。

通常、表層崩壊の発生機構を考える場合、対象とする崩壊地が位置する流域内の情報のみを用いて議論されることになる。しかしながら、本研究で対象としたような結晶片岩地域で発生する表層崩壊について議論しようとする場合、流域界の概念にとらわれずさらに広い範囲に目を向ける必要があることが示唆された。

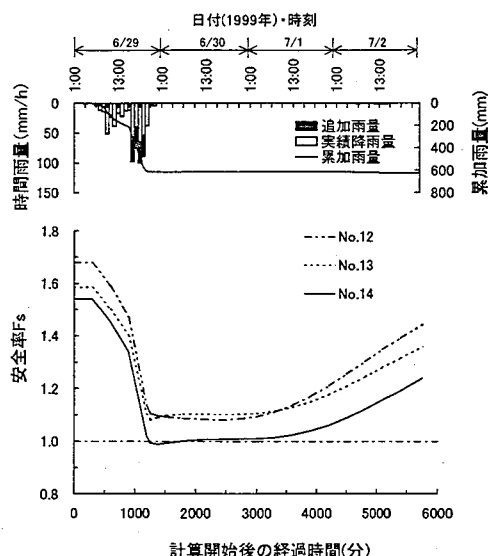


図5 崩壊地源頭部周辺の安全率の経時変化 (追加雨量を付加した推定計算結果)

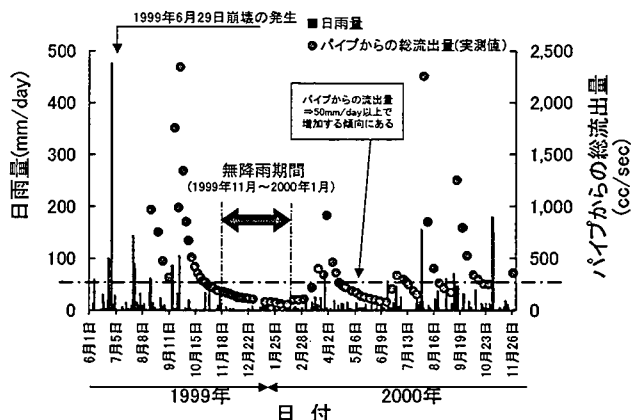


図6 パイプからの総流出量の経時変化

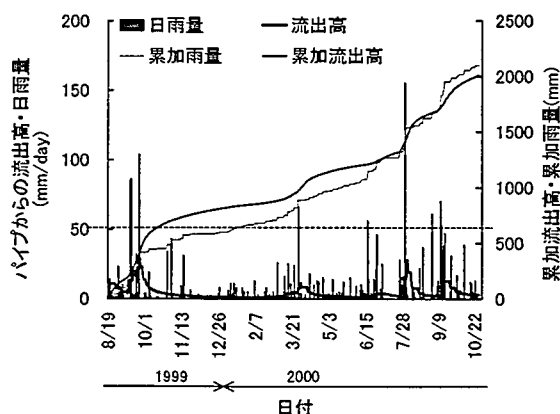


図7 パイプからの流出高と日雨量の経時変化