

独立行政法人森林総合研究所 ○落合博貴・三森利昭

1. はじめに

吉松ら(1988)によれば、豪雨時に直線状斜面で発生した崩壊のうち、約55%が斜面上部、約31%が斜面中部において生じ、斜面下部においては約14%であった。山地斜面の中上部で8割以上の崩壊が発生する原因について、三森ら(1995)は室内の人工降雨実験を行い、一般に土層厚が小さいといわれる斜面中上部において、はじめに飽和域が発生することを挙げている。しかしながら、山地斜面中上部で発生する崩壊のすべてが流下して渓流に流れ込まないのに比べ、斜面下部において特に渓流に接して発生する渓岸崩壊の場合は、崩壊土砂が直接渓流に流入するため、件数の割に下流への影響が大きいといえる。また、渓岸崩壊は治山・砂防ダムの築設によるいわゆる山脚固定効果により発生が抑止されるとされているものの、その発生メカニズムの検討を含めその効果についての定量的な評価の事例は少ない。そこで過去の豪雨時の崩壊発生事例の検討により渓岸崩壊と山腹崩壊の発生の実態を検討し、モデル解析により渓岸崩壊の発生メカニズムと渓床堆積による影響について検討を行った。

2. 渓岸崩壊および山腹崩壊の発生の実態

渓岸に発生する崩壊地と山腹崩壊の地形因子の相違を把握するため、平成7年7月豪雨災害(建設省土木研究所砂防部、1995)における姫川の右岸側の土谷川、中谷川をはじめとする流域における崩壊の規模(長さ、幅)と遷急線までの距離を地形図上の崩壊地データ・空中写真(長野県資料)から読みとて整理した。その結果、崩壊地を渓流に接して発生した渓岸崩壊(234カ所、47%)と山腹で発生した山腹崩壊(266カ所、53%)に分け、崩壊地自身の勾配と崩壊上部の遷急線までの勾配との関係を見ると、渓岸崩壊と山腹崩壊との間に違いが見られた(図-1)。渓岸崩壊では法尻の侵食・水位上昇による斜面の不安定化という崩壊様式を反映して崩壊斜面の方がそれより上方の遷急線までの山腹勾配に比べ小さい傾向があった。これに対し、山腹崩壊においては、および遷急線付近の土層厚の小さい箇所における豪雨時の飽和域の発生を反映した崩壊様式のため、2つの勾配の相関は高かった。

また、渓岸崩壊と山腹崩壊について、それぞれ崩壊地の長さと遷急線までの長さの比を算出してその頻度分布を求めた(図-2)。山腹崩壊では崩壊が遷急線の直下から発生しているため崩壊長と斜面長の比が1に近いところに集中している。これに対し渓岸崩壊においては、その比が1近くに集中することなく広い範囲に分布していた。

渓岸崩壊は渓流に直接崩壊土砂を供給するため、下流への土砂流出量に与える影響が大きい。これに対し山腹崩壊は、流動化により土石流化した土砂が渓流に直接流入した場合を除き斜面の途中に土砂が一時堆積し短期的には直接渓流に流入せず下流への影響は渓岸崩壊にくらべ小さい。

3. 渓岸崩壊と渓床堆積による山脚固定効果の検討

渓岸崩壊の発生と治山・砂防ダムによるいわゆる山脚固定の効果を評価するため、モデル斜面を用いた数値解析を行い効果の検証を試みた。

3.1 解析の手順

- 1) 渓岸斜面と山脚固定すなわち渓床堆積を反映させた2次元斜面の数値モデルを作成する。ここでは斜面勾配30度、土層深3m、水平長50mの直線斜面を想定した。この2種類の斜面を要素分割し、最大降雨強度64mm/hの降雨を与え、その斜面内の土壤水分応答の時刻歴を飽和不飽和浸透解析(坪山ら、1989)により求めた。
- 2) もとめられた土壤水分応答の時刻歴を用い、所与の斜面に対して簡易ビショップ法による繰り返し斜面安定解析により最小安全率の円弧の位置と大きさを探査し、安全率の時刻歴を計算した(三森ら、1990)。

3.2 解析結果

飽和不飽和浸透解析および斜面安定解析による降雨時の安全率の推移を示した(図-3)。図の上部に斜面に与えた降雨の時刻歴を、下部に自然斜面・渓床堆積斜面(高水位時および低水位時)の安全率の時刻歴を示した。自然斜面においては1回目の降雨において安全率1を下まわり、2回目の降雨でさらに低下した。渓床堆積斜面では、高水位・低水位の場

合とも1回目の降雨では安全率が1を下まわらず2回目の降雨で初めて1以下となった。渓床堆積斜面と自然斜面の降雨時の最小安全率と、その時のすべり円弧の状況を示した(図-4)。堆積の無い斜面では末端のいわゆる押さえ盛土効果が無いため、円弧半径の大きいすべりが発生しているのに比べ、渓床堆積斜面では堆積土砂による押さえ効果により、すべり円弧が斜面末端を通りその半径も小さい傾向を示している。すなわち、自然斜面においては末端の押さえ効果がないため無限長斜面の崩壊に近い崩壊形態となっているのに対し、渓床堆積斜面においては斜面末端の押さえ効果のため、すべり円弧が小さくなり安全率も自然斜面に比べ大きくなると判断される。この際、渓床土砂内の水位の高低の影響はあまり大きくなかった。

4. まとめ。

治山・砂防ダム等により山脚が未固定の渓岸斜面においては渓流水による斜面末端の侵食が起こりやすく斜面の押さえ効果が期待できず、崩壊は斜面末端を含む半径の大きいものになると考えられる。さらにその上部斜面においては、崩壊が上方に拡大しやすく、最終的には遷急線まで達する場合が考えられる。また、堆積により山脚が固定された斜面では、斜面末端の押さえ盛土効果のため非固定斜面に比べ崩壊が発生しにくいことが示された。ただし、今回の解析においては直線斜面のみを想定しており、また堆積の高さの違いおよび堆積中の水位変動について詳細な検討を加えておらず、今後の研究を要する。

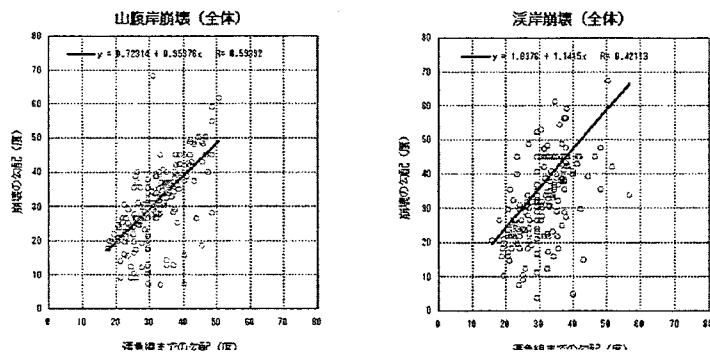


図-1 崩壊地の勾配と遷急線までの山腹斜面勾配の比較

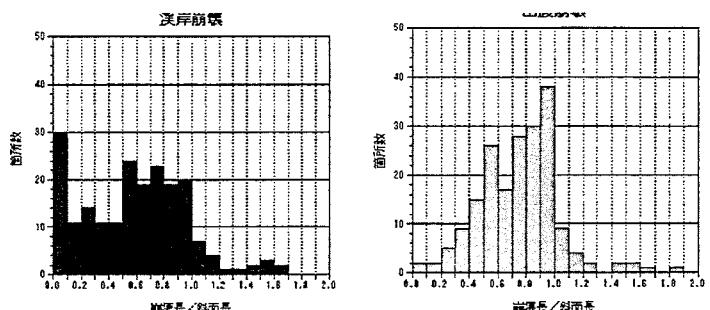


図-2 崩壊長／山腹斜面長の比較

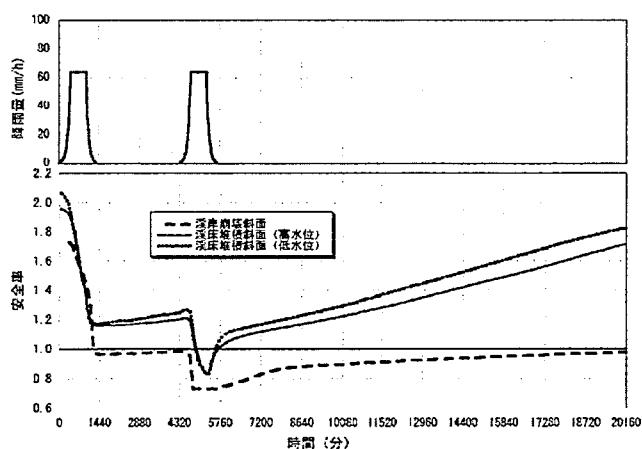


図-3 モデル解析による豪雨時の安全率の推移

<参考文献>

建設省土木研究所砂防部(1995):平成7年7月11日～12

日長野県・新潟県豪雨による土砂災害(速報), 砂防学会誌, Vol.48, No.3, p42-47. 三森利昭・大倉陽一・落合博貴・北原曜(1995):降雨を原因とする斜面崩壊に土層厚が及ぼす影響, 砂防学会誌, Vol.48, No.1, p12-23. 三森利昭・坪山良夫(1990):浸透現象を考慮した斜面安定解析法に関する研究, 砂防学会誌, Vol.43, No.4, p14-21. 坪山良夫・三森利昭 (1989):有限要素法による林地斜面浸透流の数値実験, 水文水資源学会誌, Vol.2, No.2, p49-56. 吉松弘行・三井宏人・大浦二朗(1988):がけ崩れ災害の実態, 土木研究所資料No. 2583.

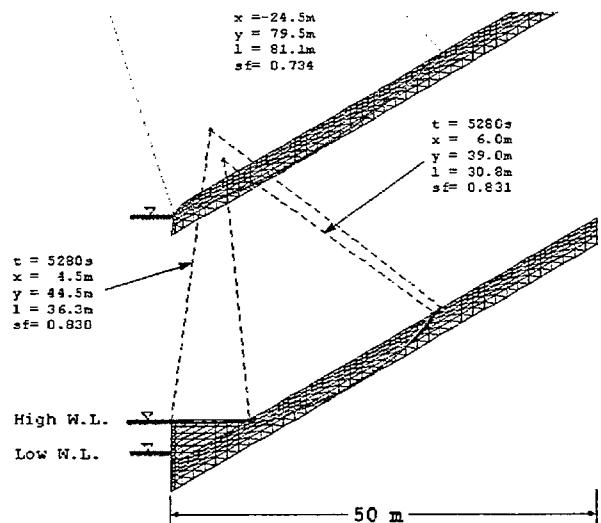


図-4 渓床堆積の有無による最小安全率と円弧の違い