

## 84 地震発生後の山腹斜面の土砂生産危険度変化に関する検討

パシフィックコンサルタンツ(株)  
京都大学農学部  
京都府立大学農学部  
建設省土木研究所

○平松晋也  
水山高久  
石川芳治  
小山内信智・西中 悟

### 1. はじめに

平成7年1月17日に発生した震度7を超える規模の神戸南部地震の影響を被った建設省六甲砂防工事事務所管内の山腹斜面では、土砂の生産・流出形態並びにその絶対量は、地震発生前・後では少なからず変化しているものと考えられる。本研究では、このような地震発生後の2次災害に係る要因の内、特に地震により山腹斜面上に形成された亀裂の存在に着目し、地震発生後の現地踏査結果を踏まえ、斜面の安定性に及ぼす亀裂の影響度の定量的評価を試みた。

### 2. 地震により山腹斜面に発生した亀裂の現況把握

住吉川本川右岸尾根部を通過して山頂へと至る『石切道』沿いに現地踏査を実施し、地震により山腹斜面上に発生した亀裂の現況把握を行った。今回の調査は尾根部を主体とし、踏査範囲が2,500m程度とごく限られたものであったものの、図-1に示すように

合計13箇所の亀裂(石切道沿い:8箇所)が確認された。亀裂の大部分は、斜面に対してほぼ並行に発達し、その平均的な規模は長さ(m):幅(cm):深さ(cm)=10m:35cm:50cmであった。亀裂の多くが斜面に対して平行に発達していることから推測すると、これらの亀裂は地震を誘因として表層土塊が斜面下方へと移動しようとする直前(崩壊の発生にまでは至らなかったものの)に形成されたものと考えられる。

### 3. 亀裂の存在が表層崩壊の発生に及ぼす影響度評価

#### 3.1 調査対象流域

対象流域は、平成7年1月17日の兵庫県南部地震の発生により斜面崩壊が多発した住吉川流域内の小斜面(図-1参照;流域面積:0.55ha)であり、当該斜面内には4箇所(No.119,120,121,122)の亀裂が確認された。

#### 3.2 崩壊発生予測モデル及びモデル上での亀裂の取り扱い

本研究では、かつて筆者らが提示した飽和-不飽和浸透流解析の導入により降雨期間中の斜面内部での雨水の3次元的な流れを追跡し、リアルタイムで斜面の安定性を評価することが可能となる「表層崩壊発生予測モデル」を採用した。シミュレーションを実施するにあたり、モデル上での亀裂の取扱いは、

①雨水は直ちに基岩面へと到達し、地下水深の形成に寄与する。

②亀裂の発生により土層内の空隙量が増加することになるため、有効空隙率( $\lambda$ )や空隙率( $n$ )は、亀裂が存在しない場合にはそれぞれ $\lambda=0.2$ ,  $n=0.41$ を与えているのに対し、亀裂が存在する斜面に対しては、その斜面内に占める亀裂部の占有率(5%~10%程度)を勘案し、 $\lambda=0.23$ ,  $n=0.43$ と設定した。同様に、亀裂斜面での飽和透水係数としては、亀裂が存在しない場合の5倍である $K_s=0.1\text{cm/sec}$ を与えた。

③亀裂の存在により土の粘着( $C$ )力が有効に働く面積が減少するものと考え、現地踏査時に確認された亀裂の規模を考慮し、亀裂が存在する基本要素に対しては、亀裂が存在しない斜面の90%の値を与えたと設定した。

#### 3.3 解析ケース及び計算条件

地震発生後に事務所管内の山腹斜面上に生じた変状の内、亀裂に着目し、地震発生前(亀裂が存在しない場合)と地震発生後(亀裂が存在する場合)の2ケースについて崩壊発生シミュレーションを実施した。

六甲山系に土砂災害をもたらした昭和42年7月豪雨時の神戸海洋気象台における実績降雨波形(図-2参照;連続雨量:371.7mm;最大時間雨量:69.4mm)を採用した。表土層厚は、当該斜面内の4地点に対して実施した土研式簡易貫入試験結果を基に各基本要素毎に40cm~120cmの範囲内で10cm間隔で設定した。

#### 3.4 地下水深の挙動

図-2は対象斜面左岸尾根部の基本要素No.119及び130斜面に設けた亀裂部を例として、その周辺斜面部

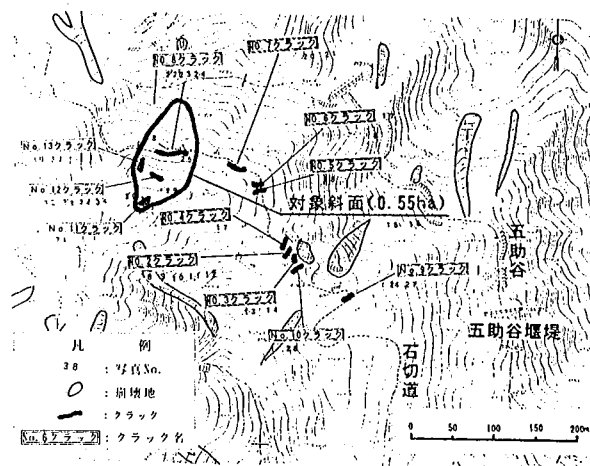


図-1 調査対象流域

における地下水深の挙動をとりまとめたものであり、図-3は亀裂周辺部斜面における地震発生前（亀裂がない場合）と地震発生後（亀裂がある場合）の最大地下水深の関係をとりまとめたものである。これらの結果より、「亀裂を設けた場合、亀裂下流部斜面の地下水深の上昇度合いや最大地下水深は、亀裂を設けなかった場合と比較して大となっている。」ことがわかる。この傾向は、対象斜面内の尾根部に亀裂を設けた場合においてより顕著に認められた。これは、「周辺斜面部への雨水の供給域となる尾根型斜面部においては、降雨の発生に伴い当該斜面基岩部へと雨水が到達すると直ちにその下流部斜面へと流出してしまうため、当該斜面部への唯一雨水の供給域となる亀裂の存在意義は高くなる」ことによるものと推定される。一方、亀裂の上流部に位置する斜面（基本要素No. 141斜面）では、亀裂が存在しない場合の方が地下水深が大となるという傾向が顕著に伺われる。これは、亀裂の存在により下流部斜面では上流部斜面（亀裂部）からの供給水量は増加するものの、逆にその上流部斜面では亀裂部が地下水排除工（集水マス）の役割を担うようになることによるものと推定される。

### 3. 5崩壊発生斜面の出現状況

崩壊発生斜面総数は、亀裂が斜面内に存在しない場合（地震発生前を想定）に25斜面であったのに対し、亀裂を設けた場合（地震発生後を想定）には28斜面と、若干ではあるが3斜面の増加が確認された。対象斜面内に亀裂を設けなかった場合と亀裂を設けた場合の両ケースにおける崩壊発生斜面の分布状況を示す図-4より、流域の下流部までは亀裂の影響が認められないものの、基本要素No. 119, 130斜面並びに基本要素No. 102~105斜面に亀裂を設けなかった場合にはその下流部斜面での崩壊が認められなかったのに対し、亀裂を設けた場合にはそれぞれ崩壊斜面の増加が確認される。具体的には、亀裂を設けることにより、亀裂を設けた基本要素No. 119, 130斜面部下流に位置する基本要素No. 98, 109斜面部で新たに崩壊が発生する結果となり、基本要素No. 102~105斜面の下流に位置している斜面部（亀裂を設けた基本要素No. 104斜面より4斜面下流）においても崩壊が発生する結果となった。以上の結果より、「地震等の影響により発生することが予想される亀裂の存在が斜面の安定性に及ぼす影響は、その直下流部斜面だけではなくさらに下流に位置する斜面部にまで影響を及ぼすことになる。」ことが推定される。

### 4. おわりに

「表層崩壊」は、森林山腹斜面内部への雨水の浸透に伴う土壌水分量の増加や地下水深の上昇によって発生する現象であるため、地下水深の消長に直接的に影響を及ぼすことが確認された【亀裂の存在】は、崩壊現象を議論する上で重要な要因となるものと判断される。本研究では、[既往調査結果の存在状況]、[調査に要する労力や時間的な制約]、[シミュレーションに要する計算時間上の制約]等を考慮し、基本要素の分割幅（本研究では5mを採用した）や、計算入力諸元である土壌物理定数を既往の調査・研究成果を用いて設定したわけであるが、実際の斜面部に点在する亀裂部の斜面に占める割合は僅かであるため、今後はモデル上での亀裂の取り扱い方法を含め、亀裂が存在する斜面（基本要素）での計算入力諸元の設定方法（定量的評価手法）についても詳細な調査や模型実験等により確認する必要がある。

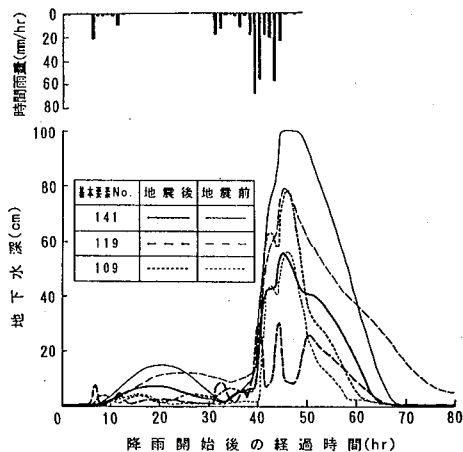


図-2 亀裂周辺斜面部での地下水深の挙動

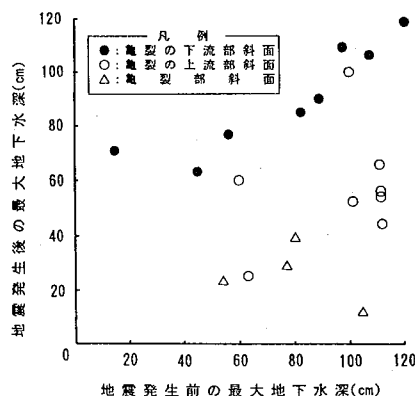


図-3 最大地下水深に及ぼす亀裂の影響

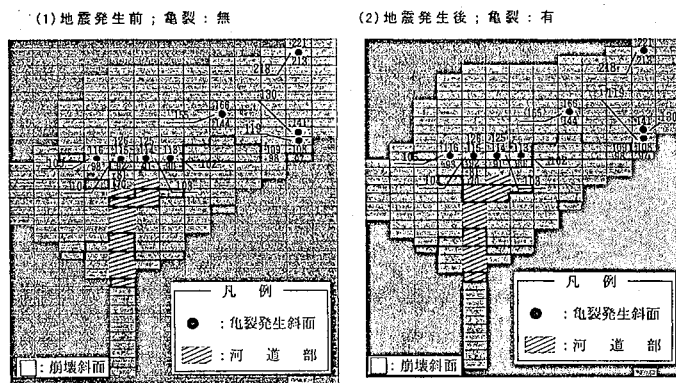


図-4 亀裂の有・無による崩壊発生斜面の分布状況の比較