

六甲山系における過去の豪雨・地震災害による崩壊地の土砂移動に関する研究

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦, 神野忠広
 国土交通省国土技術政策総合研究所 内田太郎
 アジア航測株式会社 ○山口和也, 船越和也, 中島達也
 岡野和行, 細見温子
 京都大学大学院農学研究科 水山高久

1. はじめに

六甲山系においては、これまで豪雨や地震などにより斜面崩壊が多発し、崩壊土砂等の流出により繰り返し土砂災害が発生してきた。平成7年兵庫県南部地震においても多くの崩壊の発生が確認されており、これらの崩壊土砂は、現在も山腹や溪床に残存している可能性があるが、その量や移動形態について、詳細な調査は行われていない。

このため、崩壊生産土砂の残存量および移動形態について調査を行うとともに、最新の航空レーザ測量データ（以下「LPデータ」とする）を用い、溪床に堆積する土砂の量を把握する手法について検討を行った。

2. 崩壊土砂の移動に関する検討

2.1. 調査・検討手法

(1) 机上調査・現地調査の実施

兵庫県南部地震で発生した2,353箇所の崩壊のうち、278箇所について崩壊残土量、礫径等の調査を実施した。また、地震による崩壊の特性を把握するため、比較対象として昭和42年の豪雨による崩壊56箇所についても同様の調査を実施した。

(2) 土砂移動実態の把握

過去の崩壊調査結果および本業務の調査結果より、崩壊残土率（現地で確認した残土量／崩壊生産土量）について把握を行った。また、調査結果とLPデータをもとに、崩壊残土率と地形量等との関係性、土砂移動特性について解析を行った。

2.2. 結果および考察

(1) 崩壊残土率と土砂移動特性

六甲山系全域の土砂量でみると、崩壊残土率は、豪雨による崩壊が19%、地震による崩壊が42%であった。また、箇所別では、残土率が20%を超える箇所は、豪雨で全体の22%、地震では75%であり、地震による崩壊は崩壊土砂が残存しやすいことが確認された（図1参照）。

崩壊残土率と地形量等との関係性については、地震による崩壊では規模が大きいほど崩土が流出し易く、豪雨による崩壊では規模が大きいほど崩土は残存し易い傾向が確認された（図2参照）。これは、地震による崩壊崩土は含水率が低く、崩土に含まれる水の多寡に依存する流動性の大小より、崩壊規模による位置エネルギーの大小が移動距離に影響を与えるためと考えられる。また、溪床までの距離と斜面勾配が同条件の崩壊を比較したところ、崩壊残土が溪床へ到達していた箇所は、到達しなかった箇所と比較して集水面積が大きい傾向が見られた（図3参照）。

以上より、地震による崩壊残土は、発生直後の移動特性は崩壊生産土量に関係している可能性が高く、その後の二次移動特性は崩壊箇所の集水面積に関係している可能性が高いと考えられる。

(2) 崩壊残土の評価

崩壊規模と残土率の関係性をもとに、六甲山系全域における崩壊残土量を推定したところ、崩壊生産土量746,740m³に対し、推定崩壊残土量は179,090m³となった。また、残土量は溪流毎に差異があり、砂防計画で取り扱われている崩壊可能土砂量に対し、推定崩壊残土量が25%を超える溪流が確認された。

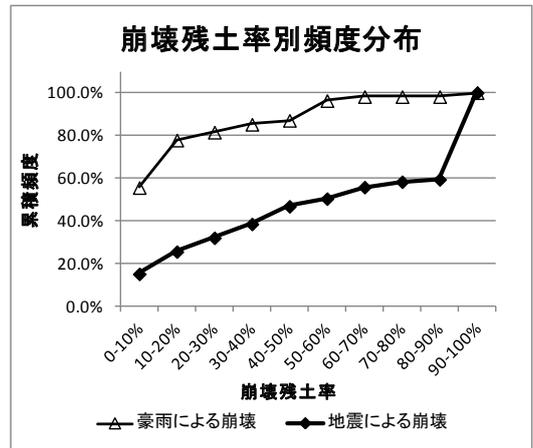
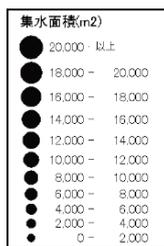


図1 残土率別頻度分布

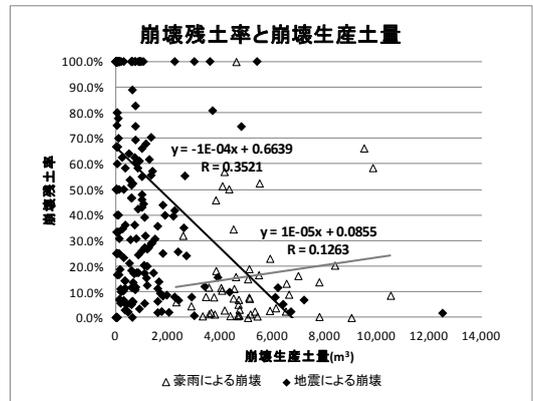


図2 崩壊残土率と崩壊生産土量

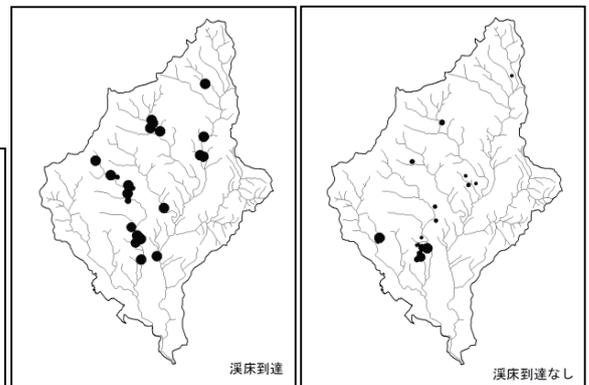


図3 溪床到達と集水面積の関係(住吉川水系)

3. 溪床堆積土砂量推定に関する検討

3.1. 調査・検討手法

1次から5次谷を有する住吉川、宇治川、既設堰堤の影響が少ない3つの土石流危険渓流を対象に、既往の溪床堆積物調査箇所でも再度現地調査を実施し、あわせて弾性波探査と河床材料調査を実施した。現地調査結果から溪岸部の勾配変化点を把握し、溪床幅を把握するとともに、弾性波探査結果とボーリング調査結果から伝播速度が1km/s未満の速度層が溪床堆積物であると判断し、溪床堆積土砂量を把握した。

これらの結果とLPデータをもとに溪床堆積土砂量と地形量の関係について検討した。

3.2. 結果および考察

(1) 溪床堆積幅の推定

LPデータを用いて地形量分布図（地上開度，地下開度，尾根谷度，ラプラシアン，曲率）を作成した。現地確認した河道断面の両岸位置で上記の地形量を読み取り，谷次数ごとの平均値を算定した（表1参照）。谷次数ごとに得られた両岸位置の地形量の平均値を閾値として，上記断面上の各点の地形量の値から溪床堆積幅を推定した。推定した溪床堆積幅と現地で確認した溪床堆積幅を比較した結果，地下開度を用いた推定結果で高い相関が得られた（図4参照）。

妙法寺川流域を対象に地下開度の閾値を用いて地下開度分布から溪床堆積物の分布を推定した（図5参照）。この結果を見ると，かなり精度よく溪床堆積物を抽出できることが可能と考えられた。

(2) 溪床堆積深の推定

弾性波探査による堆積深と地形量等との関係と比較したところ，集水面積0.2km²を境界値として，大小2つのグループに分けると，それぞれのグループで溪床堆積幅と弾性波探査による堆積深との間に相関がみられた（図6参照）。

上記の相関から以下の溪床堆積深の推定式を得た。

$$D_e = 0.1672B_d + 0.647 \quad (A < 0.2\text{km}^2)$$

$$D_e = 0.0852B_d \quad (A \geq 0.2\text{km}^2)$$

ここで，D_e:溪床堆積深，B_d:溪床堆積幅，A:集水面積である。

今回の検討結果を適用する際には，図6の実線部分を適用範囲とするのが基本と考えられる。特に溪床堆積幅が大きくなる箇所では，水量との関係について今後検討を進める必要があると考えられる。また，過去の災害実績等との関係についても検討を進め，上限値の適用性等についても検討を進める必要があると考えられる。

4. おわりに

六甲山系における過去の崩壊地278箇所を対象に調査を行い，崩壊規模と残土率の関係をもとに六甲山系全域における崩壊残土量を推定した。その結果，崩壊残土量は溪流毎に差異があり，崩壊可能土砂量の25%に相当する流域もあることが明らかとなった。溪床堆積土砂量については，LPデータから算出した地下開度により効率よく溪床堆積幅が推定できることが確認され，溪床堆積幅から溪床堆積深を推定することが可能と考えられた。ただし，今回の検討は花崗岩地域の31箇所と限られた断面における検討結果であるため，今後は検証データの増加による精度の向上や地質による違い等について検討を進める必要がある。

表1 谷次数別の溪岸部の地形量平均値

	地上開度	地下開度	尾根谷度	曲率	ラプラシアン
1次谷	60.4	85.1	-12.4	0.050	0.233
2次谷	56.9	84.2	-13.7	0.059	0.343
3次谷	63.4	86.2	-11.4	0.040	0.288
4次谷	59.4	86.1	-13.3	0.029	0.628
平均	60.0	85.4	-12.7	0.045	0.365

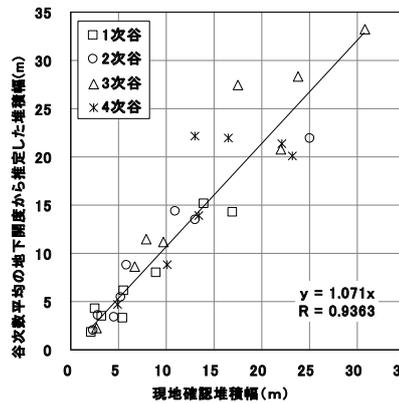


図4 溪床堆積幅推定結果

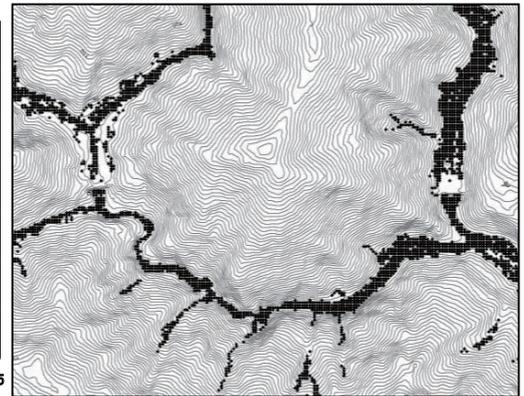


図5 溪床堆積物抽出結果

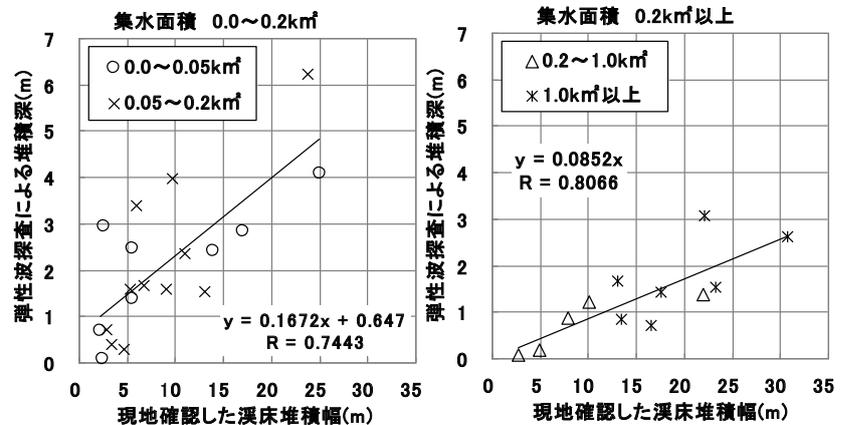


図6 溪床堆積幅と溪床堆積深の関係