

# 26 兵庫県南部地震による崩壊の現地調査結果について

建設省近畿地方建設局六甲砂防工事事務所 ○桜井 亘 富田陽子  
 アジア航測(株)関西生産技術部 中 庸充 岡野和行

## 1 はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では六甲山系に多数の崩壊が発生した。そこで建設省六甲砂防工事事務所では、崩壊地の実態を詳細に把握するため1995年11月から1996年3月にかけて六甲山系の直轄22河川を対象にして現地調査を行い、その結果をもとに地震による崩壊の諸元や発生位置の状況について整理した。なお、崩壊規模、崩壊発生位置の整理に際しては、過去の降雨時に発生した崩壊と比較検討することにより、地震による崩壊の特徴を明らかにした。

## 2 現地調査結果

### 2.1 崩壊の分布状況

六甲山系直轄22河川の流域における地震による崩壊は、表-1に示すとおりである。河川流域別の崩壊個数密度をみると、六甲山系南斜面では、石屋川以東の六甲山東部と一ノ谷以西の六甲山系南西部に多く分布し、都賀川～千森川にかけての中央部では崩壊が少ない。このように崩壊の分布に偏りが生じたのは、地震時に発生する崩壊は、急崖部や露頭部など地震動という外力により崩壊し易い斜面がその地域に多数存在していたことのほか、地震動そのものに差があったことなどが考えられる。

### 2.2 崩壊規模

地震による崩壊規模を表す諸量は表-2に示すとおりである。これらの度数分布は、いずれもほぼ最頻値を中心とした滑らかな分布形状を示しており、2つのピークを持つものや均等な分布形状をもつものはない。崩壊幅と斜面長の平均値はほぼ等しく、地震による崩壊は流下方向に対して長い形状ではなく、円あるいは正方形に近い形状をしている。さらに、崩土の流下距離は、乾燥時に発生したことを反映して比較的短く、崩壊部の斜面長と同等な長さにとどまっている。

次に地震による崩壊と降雨による崩壊の規模を比較した。なお比較に際しては、六甲砂防が整理した(1985)、昭和13、36、42年の災害時のサンプル調査により得られた結果(総数2,071個)を用いた。降雨による崩壊の平均規模は、崩壊面積は430㎡、平均崩壊深は1.2m、崩壊土量は670m<sup>3</sup>であり、地震による崩壊と比較すると、それぞれ3.3倍、0.5倍、1.8倍である。崩壊個数の頻度分布により、崩壊規模の特徴を比較する(図-1)。崩壊面積について見ると、地震による崩壊は小規模なものが多く、100㎡未満が2/3を占めている一方、降雨によるものは13,000㎡をはじめ、1,000㎡を超える大規模なものも多い。これは、降雨時には面的な広がりをもつ表層崩壊が多いのに対し、地震時には急崖部での不安定土塊・岩塊の崩落等、小規模かつ部分的な崩壊が中心であったことに起因すると考えられる。

次に崩壊深についてみると、地震による崩壊のものが深い。0.5m未満は3%しか存在せず、降雨時の約25%と比較して対照的である。これは、地震動による露頭崖のブロック状の剥落や不安定岩塊の崩落などの岩崩壊が多く、表層土が滑落する降雨時の崩壊形態と比べて鉛直方向の崩壊深が大きくなったためと考えられる。

### 2.3 崩壊発生位置

斜面勾配別にみると(図-1)、40～50°で最も多く約30%を占めている。また50°～80°での崩壊も多く、10%刻みのレンジでそれぞれ16%を占める。しかし、崩壊規模に関しては斜面勾配の違いによる有意差は認められない。斜面勾配別の崩壊個数頻度で降雨による崩壊と比較してみた(図-1)。その結果、地震、降雨による崩壊とも最頻値は40～50°であるが、その分布状況には違いが見られ、地震時には30～80°の斜面に崩壊が多く発生しているのに対して、降雨時には30～50°に崩壊が集中しており、50°以上の急斜面に発生したものは少ない。これは地震時には急崖部での露岩のトップリングや崩落などの形態が多いことを示すものと考えられる。

表-1 河川流域別の地震による崩壊

河川名	崩壊個数	崩壊面積	崩壊土量	個数密度	面積率	単位面積崩壊土量
	(個)	(㎡)	(㎡)	(個/㎏)	(%)	(㎡/㎏)
夙川	111	6,910	13,560	27.8	0.17	3,390
宮川	17	460	790	18.9	0.05	880
芦屋川	271	22,720	44,700	33.5	0.28	5,520
高橋川	0	0	0	0.0	0.00	0
天上川	13	680	1,380	5.7	0.03	600
住吉川	328	44,380	59,710	30.1	0.41	5,480
石屋川	36	7,170	20,370	21.2	0.42	11,980
都賀川	63	6,780	15,800	8.4	0.09	2,110
西郷川	1	10	10	0.7	0.00	10
新生田川	84	4,830	23,030	7.2	0.04	1,970
宇治川	4	90	940	1.4	0.00	320
新築川	34	3,850	6,560	1.7	0.02	330
妙法寺川	52	6,530	16,970	9.3	0.12	3,030
千森川	7	430	1,890	10.0	0.06	2,700
一の谷川	12	720	3,830	17.1	0.10	5,470
二の谷川	8	120	430	26.7	0.04	1,430
敦盛塚川	0	0	0	0.0	0.00	0
堺川	11	2,190	8,060	47.6	0.95	34,890
船坂川	59	15,500	40,910	13.3	0.35	9,220
有馬川	133	42,220	223,810	15.7	0.50	26,380
有野川	256	23,690	81,610	17.7	0.16	5,630
山田川	185	23,640	66,980	14.8	0.19	5,360
合計	1,685	212,920	631,340	14.0	0.18	5,260

表-2 崩壊諸元

	平均値	最大値	最小値	標準偏差
崩壊幅(m)	12	200	1	12
崩壊斜面長(m)	15	200	1	15
崩壊面積(㎡)	130	5,490	1	280
平均崩壊深(m)	2.4	38.2	0.1	2.4
崩壊土量(㎡)	380	20,000	1	1,160
崩土流下距離(m)	20	300	0	26
崩土平均礫径(cm)	18.4	150.0	0.1	19.8

表-3 地質別、植生別の崩壊諸元(平均値)

	崩壊個数	崩壊面積(㎡)	崩壊深(m)	崩壊土量(㎡)
丹波層群	4	80	1.3	110
有馬層群	158	160	3.7	790
花崗岩類	1,486	120	2.3	330
神戸層群	14	140	1.3	190
大阪層群	3	820	4.3	2,830
高位礫層	1	960	4.8	4,600
中位段丘	18	210	1.7	320
アカマツ林	732	140	2.5	490
常緑広葉樹	344	100	2.7	250
落葉広葉樹	356	120	2.1	250
常緑針葉樹	3	20	1.6	20
植林地	39	90	1.7	150
草地	47	50	1.4	80
裸地	30	350	2.5	1,000
伐採跡地	2	60	0.7	40
混交林	74	110	3.1	640
笹生地	9	40	1.1	50

次に地質別に見ると(表-3),六甲山系の大部分が花崗岩類からなっていることを反映して,全体の88%が花崗岩地域で崩壊が発生している。またこのうち硬質岩崩壊が5割近くを占めている。また,有馬層群における崩壊は,母平均に対して有意差があり,比較的規模が大きいことが認められた。

植生別では(表-3),アカマツ林内での崩壊個数が最も大きい,これは六甲山系の現存植生がアカマツ林が優勢であることを反映しているためである。崩壊規模は,裸地内でのものが最も大きく,常緑針葉樹,草地,笹生地のもが小さい。この植生別の崩壊規模は母平均に対して有意差が認められることにより,植生は崩壊規模を規定する一要因であると考えられる。

方位別には(図-2),南西から東向き斜面で多く,崩壊規模は西向き斜面で大きいという傾向が認められる。標高別には(図-3),400~500mで最も崩壊個数が多く,全体の20%を占める。また,標高が増すに従い崩壊面積,崩壊土量の平均値が大きくなる傾向にある。

### 3 地震断層と崩壊地の関係

地震による地表面での変位量と崩壊現象との関係を,平野ら(1995)による地震断層から崩壊地までの距離を用いて検討した。地震断層から500mピッチの等距離線図を作成し,各階級別の山地面積と崩壊個数を計測し,崩壊個数密度を算出した(図-4)。この結果,地震による崩壊個数密度は地震断層から離れるに従い減少の傾向にあるが,昭和42年7月の降雨による災害時の崩壊個数密度は,地震断層から離れるに従いやや減少しているものの,ほぼ横ばいであり,地震による崩壊とは全く傾向が異なる。このように,地震と降雨という誘因の異なる2つの崩壊現象が,地震断層との間において全く異なる傾向を持つことにより,地震断層は地震による崩壊の誘因を表すものと位置づけることも可能と思われる。そこで,地震による崩壊個数密度を指数曲線に回帰させると次式が得られた。

$$y = a \cdot e^{bx} \quad (1)$$

ここに,  $y$  は崩壊個数密度(個/ $k^2$ ),  $x$  は地震断層からの距離(km),  $a, b$  は回帰係数であり,  $a = 36.996, b = -0.6375$  である。なお,相関比は0.850と比較的良好な関係を持つ。なお,(1)式を地震による崩壊土量の平均値(380  $m^3$ /個)を用い,土量に換算すると次式が得られる。

$$v = c \cdot e^{bx} \quad (2)$$

ここに,  $v$  は地震による単位面積当たりの崩壊土量( $m^3/km$ ),  $x$  は地震断層からの距離,  $c$  は定数であり,  $c = 14.06 \times 10^3$  である。今後,兵庫県南部地震の教訓を活かし,地震による崩壊土量やその発生位置を推定し,砂防計画に取り込んでいくことも必要と考える。

### 4 おわりに

崩壊発生位置に関する考察は,バックグラウンドとして六甲山系全体のカテゴリー別の専有面積を求めさらに詳しく検討していく必要がある。また,現在崩壊拡大は継続しており,今後も引き続き追跡調査の実施を予定している。最後に本検討を進めるにあたり,大阪市立大学の平野昌繁教授には,資料提供等で便宜を図っていただいた。ここに記し感謝する次第である。

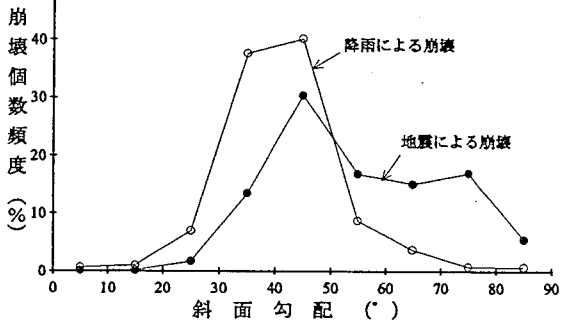
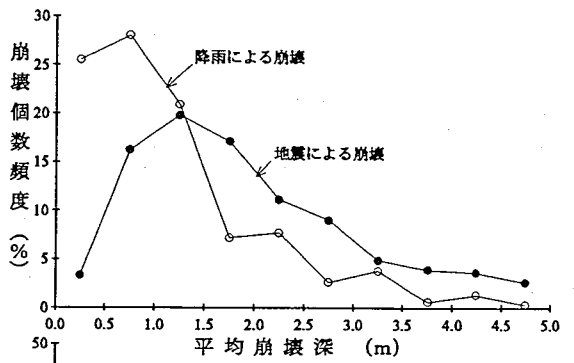
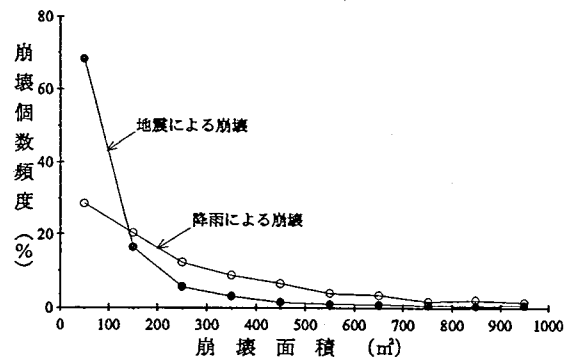


図-1 降雨による崩壊との比較

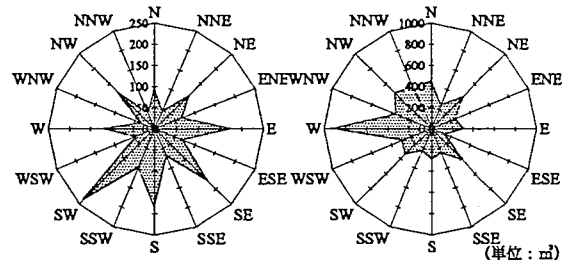


図-2 方位別の崩壊個数(左)と平均崩壊土量(右)

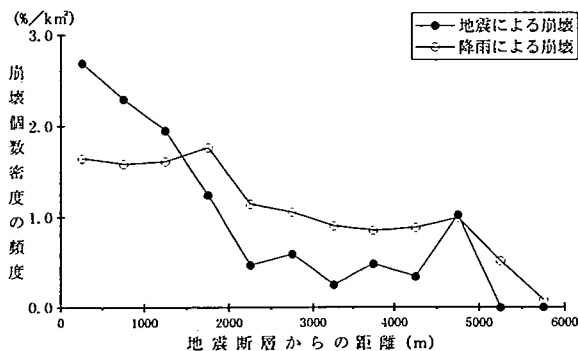


図-4 地震断層からの距離別崩壊個数密度

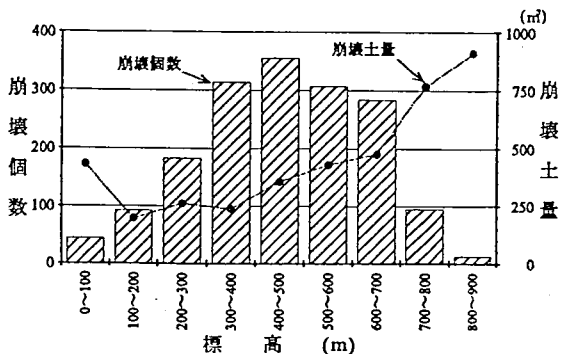


図-3 標高別の崩壊個数と平均崩壊土量