

神戸大学都市安全研究センター 沖村 孝
 神戸大学都市安全研究センター 鳥居宣之
 神戸大学大学院自然科学研究科 ○永井久徳

1 はじめに

兵庫県南部地震により六甲山系の山麓部および淡路島において、多くの山腹崩壊や地すべり性崩壊が発生し、その数は六甲山系で747カ所と言われている。しかし、地震の影響はそれにとどまるものではなく、地震後の降雨に伴って崩壊の拡大や新規崩壊が発生している。筆者ら¹⁾は、これまで地形図を用いた地形立地解析により地震後の降雨による斜面崩壊の地形立地条件を明らかにした。その結果、地震後の降雨による斜面崩壊は降雨時に崩壊が起りやすい斜面（凹型斜面、谷型斜面、傾斜30~40°の斜面）以外に、降雨時には本来崩壊は起りにくいが、地震時で崩壊が起りやすい斜面（凸型斜面、尾根型斜面、急傾斜の斜面）でも多くの崩壊が発生しており、地震後の降雨による斜面崩壊は地震によって何らかの影響を受けた斜面がその後の降雨によって崩壊したことがわかった。本報では、兵庫県南部地震後の降雨により発生した神戸市灘区の鶴甲地区および観音寺川地区の崩壊地を対象として、崩壊発生の原因についての考察を行う。

2 対象地の概要

図-1、2に鶴甲地区および観音寺川地区の崩壊地を示す。鶴甲地区における崩壊地は、地震直後には小規模な崩壊が点在していたが、その後、5月18日までの期間中に広範囲にわたり拡大し、さらに、9月5日までの期間中にはその東側に崩壊が拡大、12月22日までの期間中にはその周辺部が拡大したものである。観音寺川地区における崩壊地は1995年6月から10月までの降雨により発生した崩壊である。また、鶴甲地区における崩壊地と比較して非常に規模が小さい崩壊である。

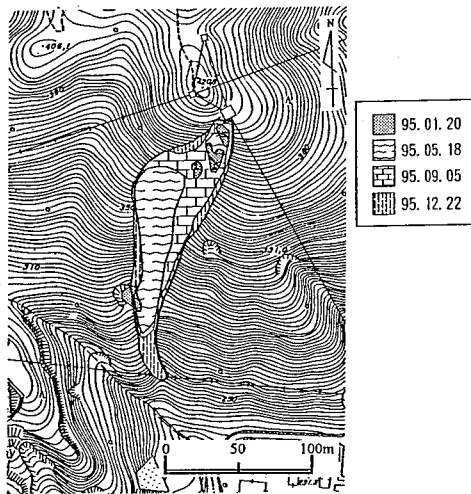


図-1 鶴甲地区における崩壊地

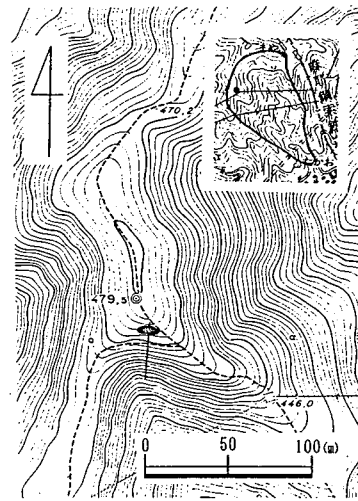


図-2 観音寺川地区における崩壊地

3 崩壊発生の原因

3.1 鶴甲地区における崩壊地

図-3に、鶴甲地区において地震直後から5月18日までの間に崩壊が拡大した斜面の中央部縦断面図を示す。これは崩壊前後に作成されたDTMより求めた。これより、崩壊深は最大3.7m、平均2.0mであり、六甲山系の花崗岩地域における表土層厚は60~100cm²⁾ということから鶴甲地区の崩壊地のすべり面の深さはそれと比較して大きな値であることがわかる。そこで、図-3の斜面においてすべり面の深さH、粘着力c、内部摩擦角φ'を変化させて無限長斜面安定解析式を用いてSensitivity解析を行った。解析に用いた基準値を表-1に示

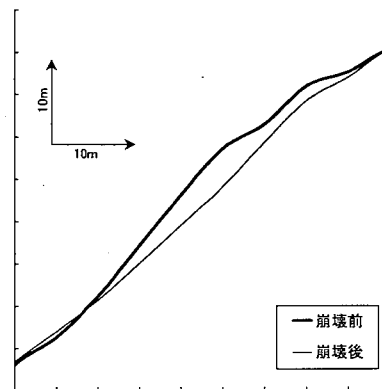


図-3 解析対象断面図

す。また、解析にはかつて六甲山系で測定された土の湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 14.41$ (kN/m³)、土の飽和単位体積重量 $\gamma_{sat} = 18.03$ (kN/m³)、さらに、**図-3**より求めた斜面勾配 $\beta = 44.32^\circ$ を用いた。解析結果を**図-4**に示す。また、Sensitivityを表す曲線において座標軸原点0について接線を引き、この接線の $\Delta X/X$ 軸から測った傾斜角の絶対値を Tangential sensitivity と名付け、これらを比較した結果、 c' が 28° 、 $\tan \phi'$ が 21° 、 H が 32° であり、 H が安全率に及ぼす影響が大きいことがわかる。このことから鶴甲地区において地震後の降雨により崩壊が発生したのは地震によりすべり面が深くなったためであると考えられる。

3.2 観音寺川地区における崩壊地

観音寺川地区では1994年に簡易貫入試験により潜在崩土層厚の分布が求められている。地震前の潜在崩土層厚と今回測定した地震後の潜在崩土層厚の各測点毎の比較を行った結果、平均値では地震後で3.9 cm増加していた。しかし、鶴甲地区の崩壊地の崩壊深に比して浅いことから本試験地内で発生した崩壊は鶴甲地区の崩壊とは発生メカニズムは異なると考えられる。次に、観音寺川地区では地震前後で潜在崩土層厚に大きな変化が見られなかったため、簡易貫入試験により現在の潜在崩土層厚の分布を測定し、その結果を地震前の潜在崩土層厚の分布とすることが可能である。**図-5**はそのようにして得られた潜在崩土層の分布と測量より求めた崩壊前、崩壊後の縦断面図である。**図-5**に示した斜面において、同地区でかつて測定された値である $c' = 3.72$ kPa、 $\phi' = 30^\circ$ 、 $\gamma_t = 15.68$ kN/m³、 $\gamma_{sat} = 17.64$ kN/m³、 $\lambda = 0.3$ 、 $k = 0.2$ m/hr を用い、筆者の一人が提案した地下水位モデルを用いた多平面安定解析³⁾により安全率を求めた。有効降雨強度として6月30日から7月6日までの時間雨量を各時刻に入力した。結果を**図-6**に示す。これより、時間の経過とともに安全率は低下するが最小安全率は1.09であり、崩壊が発生するような雨量ではなかったと考えられる。そこで地震により崩壊地上端にクラックが生じ、降雨時に**図-7**に示すような静水圧が作用したと仮定し、同様の解析を行った。その結果安全率は0.99となり1.0を下回った。以上のことから本試験地において地震後の降雨によって崩壊が発生したのは地震によってクラックが生じたためであると考えられる。今後はクラックが崩壊に及ぼす影響についてさらなる検討を行う予定である

参考文献

- 1) 沖村孝, 鳥居宣之, 永井久徳: 地震後の降雨により発生した斜面崩壊メカニズムの一考察, 建設工学研究所論文報告集, 第40-B号, pp. 97-114, 1998.
- 2) 沖村孝・田中茂: 表土層崩壊の斜面安定解析法に関する研究, 建設工学研究報告書, 第23号, pp. 231-245, 1981.
- 3) 沖村孝: 数値地形モデルによる崩壊発生危険度の予知に関する研究, 昭和59年度文部省研究費自然災害特別研究(2) 研究成果報告, pp. 65-81, 1985.

表-1 Sensitivity解析に用いた基準値

c' (kPa)	$\tan \phi'$	H (m)
8.5	0.44	2.0

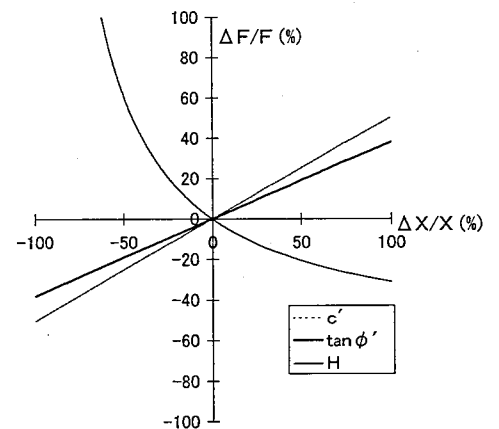


図-4 Sensitivity解析結果

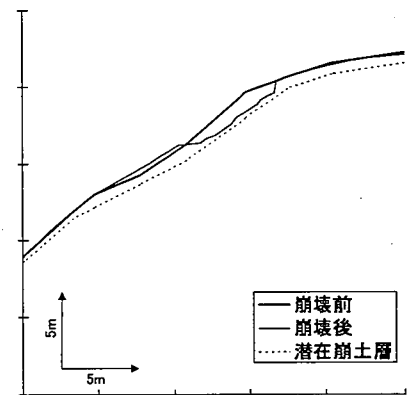


図-5 崩壊前、崩壊後の縦断面図と潜在崩土層の分布

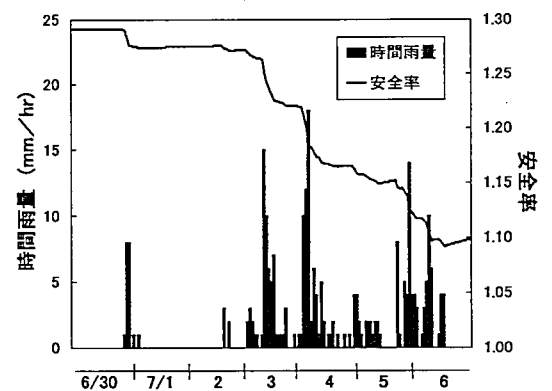


図-6 解析結果

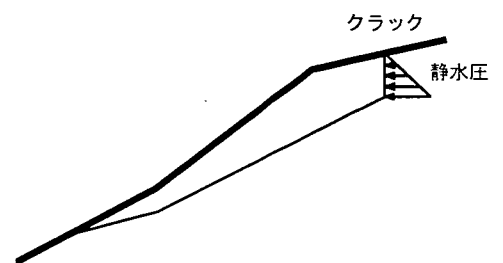


図-7 クラックに作用する静水圧