

75 兵庫県南部地震による山地崩壊の概要

林野庁森林総合研究所 ○落合博貴・北原 曜・三森利昭

1. はじめに

1995年1月17日5時46分、淡路島北部を震源とするマグニチュード7.2（気象庁発表）の地震により兵庫県の南部に200箇所を越す斜面崩壊・地すべりが発生した。崩壊・地すべりは津名郡一宮町を南西端とし、神戸市西宮市を経て宝塚市を東北端とするほぼ長さ50km幅20kmにおよぶ帯状の地域に分布していた（図-1）。この分布は今回活動したとされる野島断層から北東に延び有馬高槻構造線にいたる断層系の分布とほぼ一致している。震央からの崩壊地点までの距離の最大は約40kmで、Keeferによる過去の地震による崩壊・地すべりの解析結果⁵⁾と比較すると、非常に狭い範囲に分布していた（図-2）。また、発生箇所数も少ない傾向が見られる。これは、今回の地震の深度が10~20kmと浅かったこと、および冬期間で地震時の地下水分が乾燥状態にあったためと考えられる。土砂災害の種類は基岩上の表層土の崩壊と落石が主体で、地下水の影響が考えられるいわゆる流動すべりは西宮市に2箇所と少なかった。今回、表層崩壊と落石の代表的な事例につき概況を調査したので報告する。

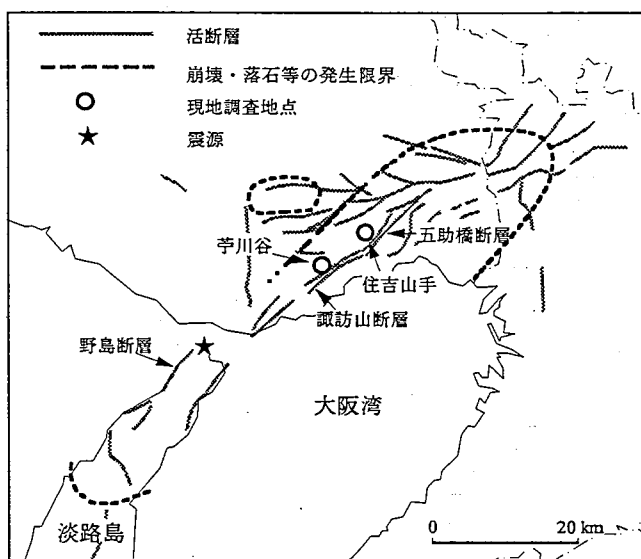


図-1 崩壊・落石と活断層の分布

2. 表層崩壊・落石の状況

五助橋断層の北側に位置する神戸市東灘区住吉山手において、隣り合った2箇所の2箇所の沢状斜面で表層崩壊が発生した（図-3）。崩壊面積はそれぞれ約0.5haであった。この地域の地質は、六甲山の主な地質である六甲花崗岩と呼ばれる白亜紀後期から古第三紀の黒雲母花崗岩でありしている。崩壊したのは表層に堆積したいわゆるマサと呼ばれる風化花崗岩で根系を含む数十cmの厚さの層であった。表層の厚さを斜面調査用簡易貫入試験機で測定した結果、Nc値50の深さは斜面の下部で約50cm、斜面上の尾根で約150cmであり尾根部で深い傾向を示した（図-4）。崩壊

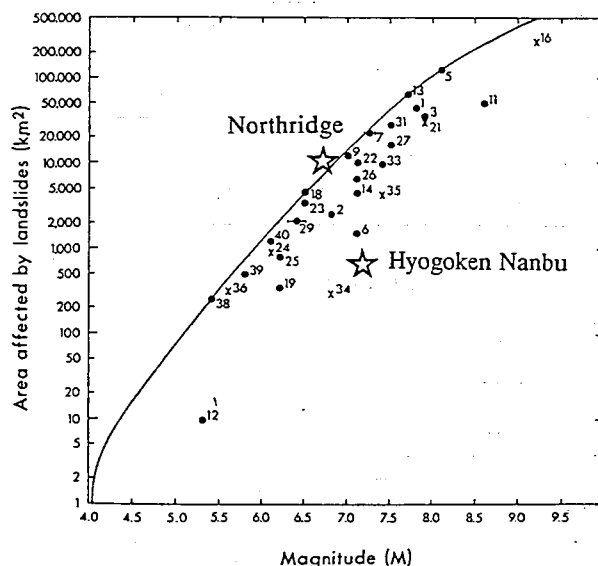


図-2 地震のマグニチュードと土砂災害の発生限界（Keefer⁶⁾の図に加筆）

はやせ尾根の頂上直下の約40度の部分から発生し、地表の植生を巻き込んで谷底の緩傾斜部に堆積した。崩壊土砂量は合わせて2000m³から3000m³の範囲と考えられる。

崩壊面のせん断強度を推定するため、試料の大きさ20×20cm厚さ10cmの現場一面せん断試験を行った。試料は崩壊した尾根直下から採取し、上載荷重を3種類について、飽和状態でせん断速度

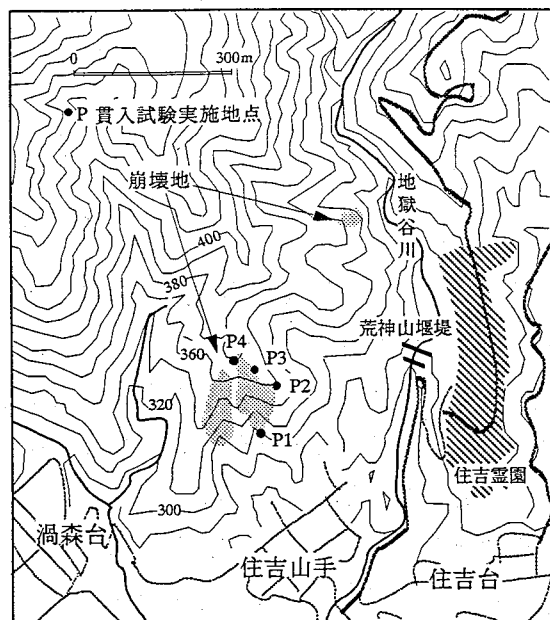


図-3 住吉山手地区の概況と崩壊地

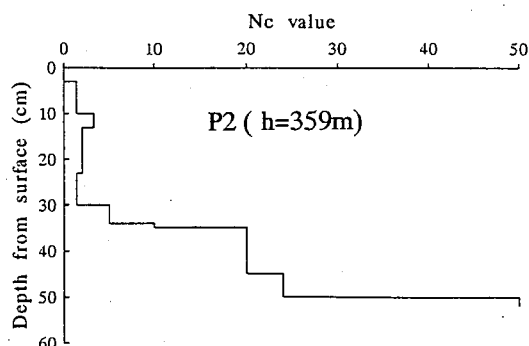
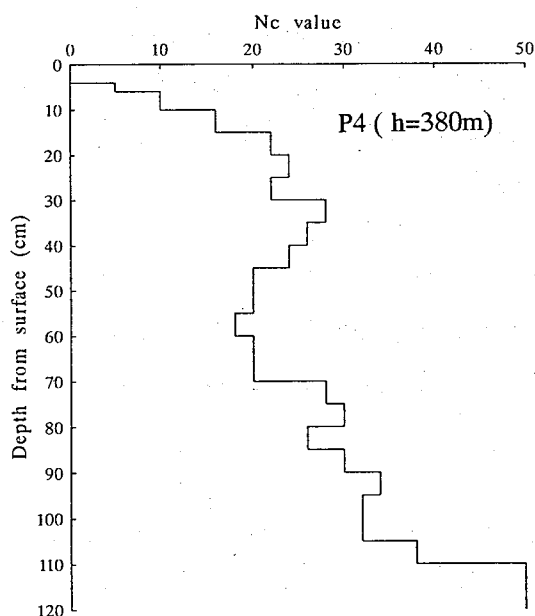
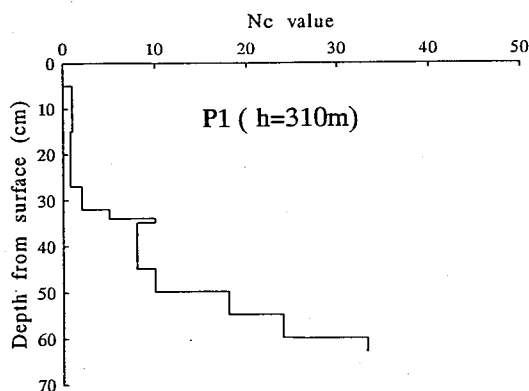
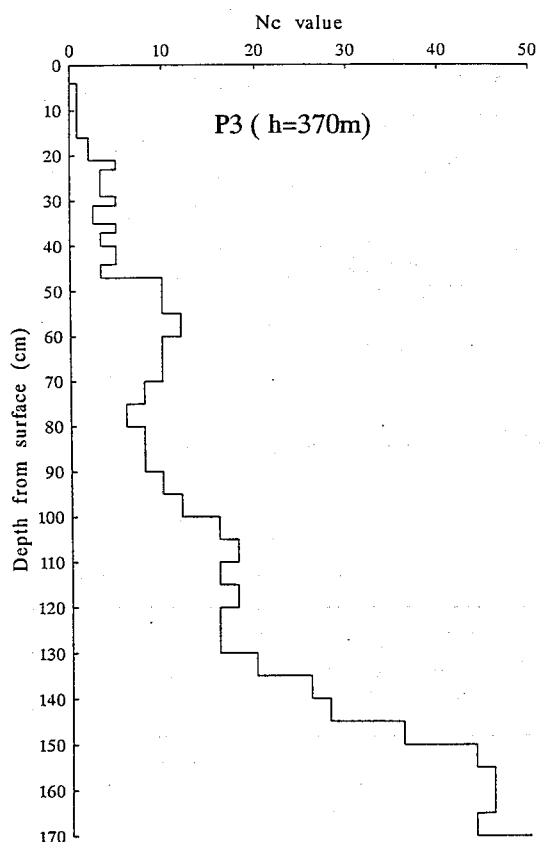


図-4 住吉山手地区における簡易貫入試験による地表からの深さと貫入値Ncとの関係

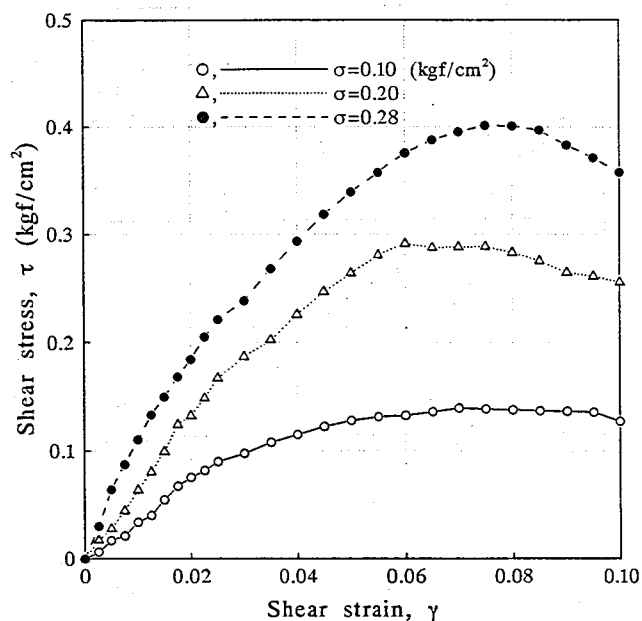


図-5 せん断ひずみ γ とせん断応力 τ

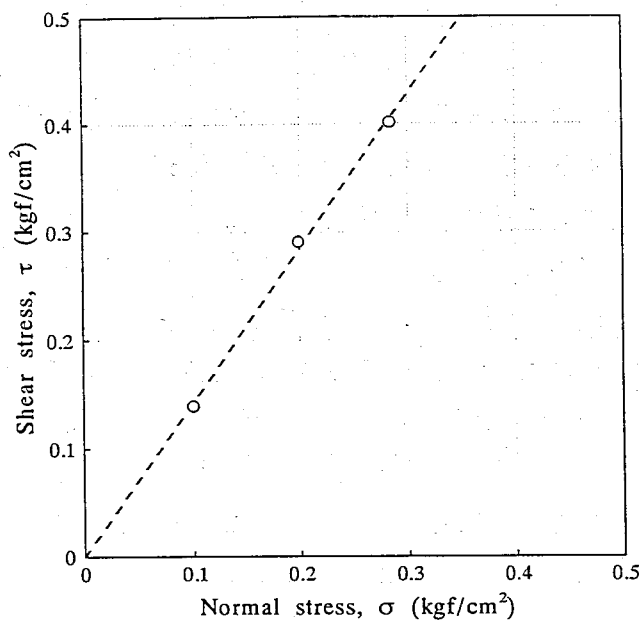


図-6 せん断応力の最大値と上載荷重 σ

1mm/minの定圧力せん断を行った。3回の試験について、せん断ひずみ γ とせん断応力 τ との関係を図-5に示す。それぞれのせん断応力の最大値と上載荷重 σ の関係を図-6に示す。その結果、粘着力はほぼ0で内部摩擦角は約54度であった。この値は丸井が六甲山系宇治川流域で行った現場一面せん断試験の20~30cm深の値と同様であり、このような大きな値を示す原因として根系の影響が指摘されている⁹⁾。今回は、せん断試験の回数が少なくさらに試験を行う予定である。また、他の場所についても強度定数を求め検討する必要がある。

本地区の斜面崩壊は、1993年7月12日北海道奥尻島奥尻地区のやせ尾根で発生した表層崩壊³⁾と類似しており、尾根地形で増幅された地震動により表層付近でせん断破壊が生じ崩壊したと考えられる。また、崩壊した土砂の状況から、崩壊発生への地下水の影響は無かったと判断された。そこで、崩壊時の最大水平加速度を推定するため、せん断試験により得られた強度定数を用いて地震時の斜面安定解析を

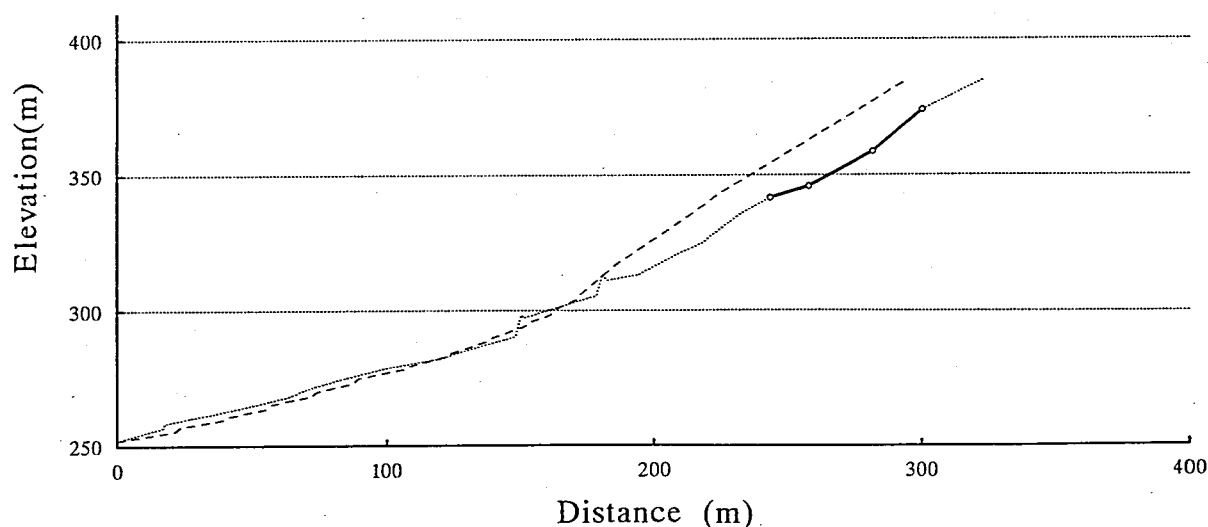


図-7 崩壊地の縦断測量の結果と斜面安定解析位置

行った。兵庫県六甲治山事務所が崩壊発生後に行った2カ所の沢の縦断測量の結果から崩壊位置を推定した(図-7)。土層の厚さの違いの影響を評価するため、40cm、60cm、80cmの3種類の土層厚についてそれぞれ解析を行った。安定解析手法はスペンサー法を用い、地震力として水平方向の加速度 α_{max} を導入した。解析の結果を図-8に示す。それによれば、水平方向の加速度 α_{max} が0の時、安定係数は約2.7で α_{max} が500galの安定係数はほぼ1.0となり崩壊が発生すると考えられる。また、土層の厚さは安定解析の結果にほとんど影響していない。この結果は、ただ1カ所の崩壊についての結果であり、今後ほかの斜面についても同様の解析を行い、今回の地震により発生した斜面崩壊の発生機構について検討を加える予定である。

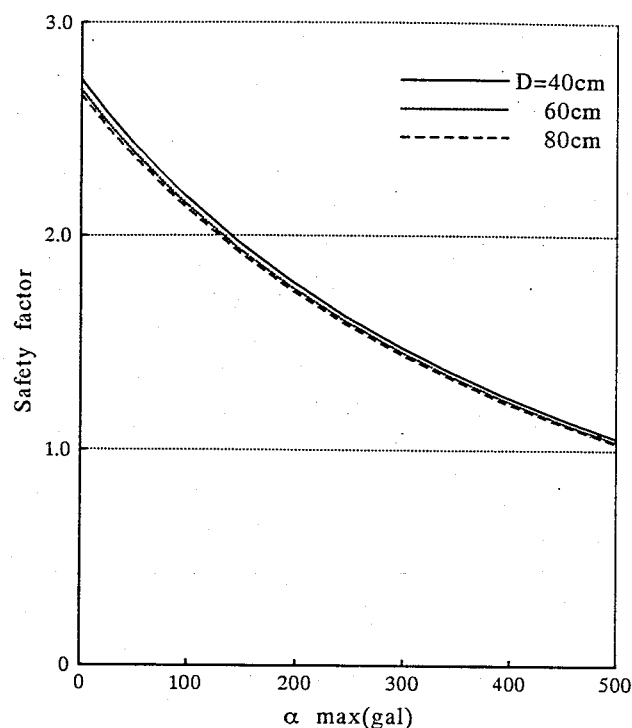


図-8 地震時の斜面安定解析の結果

今回、表層崩壊とともに顕著にみられたのが落石である。諏訪山断層の北側に位置する神戸市中央区葺合町芋川谷流域では比較的規模の大きい落石が発生した。落石は、芋川谷流域の標高555mのピークの南側の斜面で発生し、崩壊面積は合計で約2.5haと推定される。落石は、傾斜50度以上の節理の発達した花崗岩の斜面が部分的にトップリングを起こすような形で崩壊しており、崩壊斜面の基部には崩れた岩塊が堆積し崖錘を形成している。この崖錘表面の傾斜は約35度であった。

3. まとめ

地震時に発生する斜面崩壊・地すべりについて、Harpら⁴⁾は、1976年のグアテマラ地震(マグニチュード7.5)後の調査において、崩壊発生に関わりの深い要因として固結度の低い火山性の土質、特に軽石、の存在、震央からの距離などと併に、地形による地震動の増幅の影響を挙げている。また、芥川ら³⁾は、わが国における地震による斜面災害の特徴として崩壊が稜線付近から始まっていることを指摘している。このような地形による地震動の増幅と崩壊発生との関係はこれまで多く指摘されてきたところであるが、定量的な把握はあまりされてこなかった。今回、発生した崩壊の分布は、地形との関係が顕著でありこの関係を明らかにするため今後詳細な解析を行う予定である。

参考文献

- (1) 芥川真知・吉中龍之進・安江朝光(1980): 地震災害と地形・地質, 4・山地における事例を中心にして, 土と基礎, 28(6), p. 95 - 102.
- (2) 福田藤雄・落合博貴(1992): 平成5年北海道南西部沖地震によって奥尻島に発生した斜面崩壊, 新砂防46(3), p. 62-63.
- (3) 斎藤正美ら(1995): 北海道南西沖地震にともなう奥尻島の斜面崩壊の特徴と土砂滞留、新砂防47(6)、印刷中。
- (4) Harp, E. L., R. C. Wilson, and G.F. Wiczorek(1981): Landslide from the February 4, 1976, Guatemala Earthquake, Geological Survey Professional Paper 1204-A, p. 1-35.
- (5) Keefer, D. K. (1984): Landslides Caused by Earthquakes, Geological Society of America Bulletin, v. 95, p. 406-421.
- (6) 丸井英明(1981): 自然斜面における表層崩壊の研究(京都大学学位論文)