

2000年7月神津島近海地震における 斜面崩壊の事例分析

大友敬三¹・酒井俊朗²・橋本宏一³

¹正会員 (財) 電力中央研究所 我孫子研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

²正会員 東京電力(株) 原子力技術部 (〒100-0011 東京都内幸町 1-1-3)

³非会員 (株) シー・アール・エス (〒270-1176 千葉県我孫子市柴崎台 2-11-23)

航空写真測量を利用して神津島における斜面崩壊事例を調査し、地震力による斜面崩壊の規模に関する定量的データの提供を目的とした分析を行った。全崩壊箇所数は約 1200 箇所に及んでおり、得られたデータを分析した結果、1) 今回の斜面崩壊はごく浅い表層部分で生じており、また、45° 以上の急斜面で多く発生していることから重力性崩壊としての性格を有すること、2) 崩壊面積と流出距離については、傾斜度 40° ~60° の範囲において最大崩壊面積または最大流出距離が発生する傾向になること、3) 流出距離と崩壊面積の間には比例的な関係があること、4) 最大流出距離のしきい値を 50m とした場合の超過確率は約 5% となること、などを明らかとした。

Key Words : earthquake hazard, Kozu-shima island, slope failure, case history, aerial photograph survey

1. はじめに

2000年7月1日午後4時1分神津島の東方5kmで発生したM6.4(震源深さ15km)の地震は、本島において震度6弱を記録し、斜面崩壊を中心とする大規模災害をもたらした¹⁾。次いで台風3号が通過した後の7月9日午前3時57分頃、新島と神津島近海でM6.0(震源深さ10km)の地震が再び発生し、神津島においてやはり震度6弱を記録した。この時も台風の降雨の影響と重なって斜面崩壊をもたらした。神津島全体が火山島で急傾斜斜面を多く含むことから、これらの地震による被害の大きな特徴として斜面崩壊を挙げることできよう。本報では、神津島における斜面崩壊事例調査に基づき、地震力による斜面はいかなる規模で崩壊するのか、崩壊の規模はどれほどか、といった点に関する定量的データの提供を目的としている。

2. 調査の方法

本調査の手法は地震前・後の航空写真を利用した航空写真測量に基づいている。7月1日と7月9日の二時点で震度6弱地震が発生したので、これらの時点を区切って時系列的に斜面崩壊の分布状況を把握することとした。すなわち、神津島の南西端(神

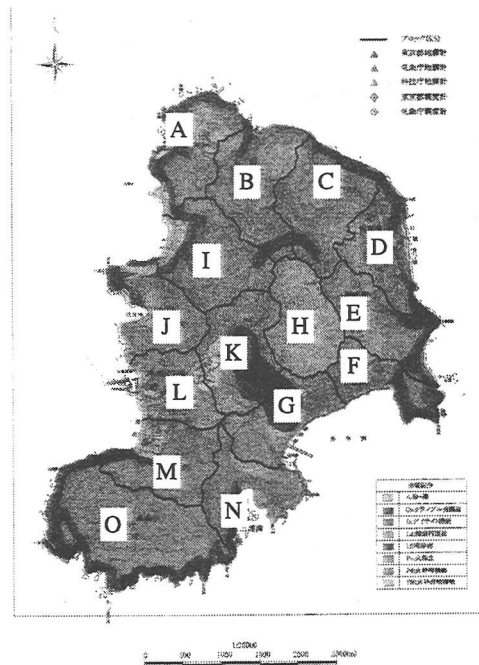


図-1 神津島全図と調査のためのブロック分割

津島空港の西部)を除くほぼ全島を対象として、①7月1日地震以前、②7月1日地震後、③7月9日地震後の三時点に分けて、航空写真を用いて斜面崩壊状況を詳細に調査した。取得したデータは、崩壊地の水平面積、崩壊面積、傾斜度、流出距離(斜面

法尻から崩壊方向への崩土の流下距離)などの斜面崩壊に伴う地盤変状データである。データ整理の都合上、全島を図-1に示すように15(A~O)のブロックに区分した。

3. 調査結果とその分析

神津島の地質は火山岩と火山砕屑物で構成されている。島のほぼ中央部には、天上山(標高574m)がそびえており、本山は西暦838年に噴火した。このため、島の大部分は火砕堆積物、火砕流堆積物、などで覆われていることが神津島の地質面での特徴である。これらの、いわゆる火山砕屑物は未固結なため、以下で説明する斜面崩壊の素因となっている。

斜面崩壊の全体像を示すと図-2のようになる。全崩壊箇所数は1197箇所、そのうち崩壊に伴って崩土堆積が生じた箇所は446箇所となっている。つまり、崩壊地のうちの約40%相当に法尻からの流出が伴ったことになる。また、崩壊地面積がブロック面積に占める割合は図-3に示すとおりである。ブロックGで0.17程度と突出している。これは、このブロックには元々大きな崩壊地が存在しており、それが今回の地震によりさらに拡大したためである。これを除けば、各ブロックともに崩壊地面積はブロック面積の約5%程度となっている。

神津島における斜面崩壊の典型例は図-4に示すとおりである。これは島北部の返す浜と長浜付近における海岸崖の発生事例²⁾である。崩壊はごく表層部で生じており、表層剥落型の崩壊³⁾といえよう。このような崩壊パターンは、地表付近の土砂や火砕砕屑物などに代表される可動性物質の移動によってもたらされたものと判断できる。

駆動外力の観点から見た斜面の崩壊機構には、水の作用と重力の作用が挙げられる。前者、後者はそれぞれ流動性崩壊、重力性崩壊と呼ばれる⁴⁾。このうち、落石があること、傾斜度が45°以上である崩壊は地震力による重力性破壊として区別できる(後述するように、今回の崩壊地の傾斜度は45°以上の場合が大勢を占めている)。したがって、今回の崩壊は重力性崩壊と見なすことができよう。

図-5および図-6にAブロックを例にした地質区分および傾斜角度ごとの崩壊地頻度をそれぞれ示す。地質区分としては、溶岩円頂丘と火砕流堆積物が卓越している。また、傾斜角度としては、40°~60°の間に崩壊が集中していることがわかる。

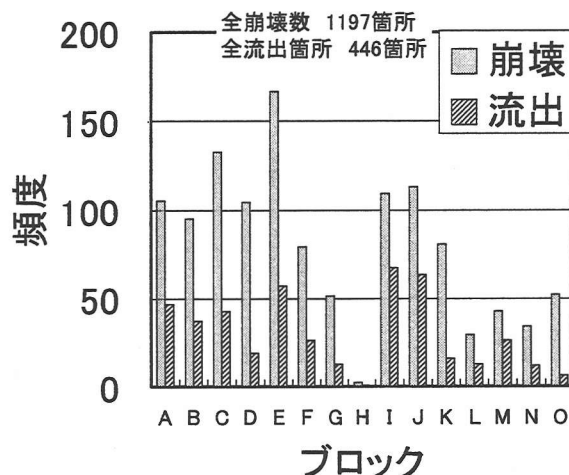


図-2 ブロック別の崩壊発生ならびに流出頻度

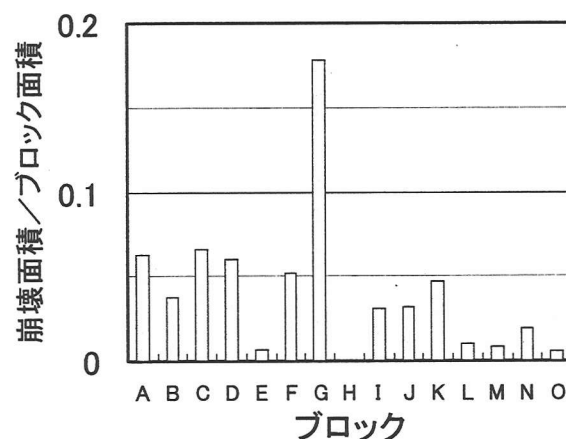


図-3 崩壊面積とブロック面積の割合



図-4 斜面崩壊の発生事例²⁾

崩壊規模を示す指標として、崩壊領域の崩壊面積と流出距離を取り上げた。これらの指標を地質区分ごとに区別して、傾斜度あるいは崩壊面積との相関性を検討した。Aブロックを対象とした流出距離と傾斜度の関係を図-7に示す。ブロック内の最大流出距離は約50mとなっている。溶岩円頂丘、火砕流堆積物で生じていることになる。概略的には、傾斜度40°~60°の間に最大流出距離が発生している傾向になる。このことは、この範囲の傾斜斜面では未固結の可動性物質が元々失われていることによる。

次に同様にしてAブロックにおける流出距離と崩壊面積の関係を分析した。図-8に示すように、この分析においても、地質区分ごとに整理した。流出距離は崩壊面積の対数に対して比例的に増加していることがわかる。これは、崩壊の規模が大きいほど、土砂の流出エネルギーが大きくなることを反映したものと考えられる。もともと斜面崩壊の規模が大きければ、堆積量も多くなることは直感的に理解できる。しかしながら、今回の分析により、その関係を定量化することができたといえる。

さて、防災の観点からは、斜面崩壊に伴う流出がどの範囲に及ぶものかを把握することが重要となろう。すなわち、斜面崩壊の二次的災害を避けるのに必要な法尻からの最小離間距離の評価である。地震時斜面安定評価に関連して、斜面法尻からの離間距離に対して目安値を与えるものとして、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601⁵⁾が挙げられる。これによれば、斜面法尻から原子炉建屋までの距離が約50m以上とされている。以下ではこのような目安値(JEAG目安値と称す)を参考として、今回の地震による斜面崩壊の規模を評価する。

全ブロックの最大流出距離を調べると、図-9に示すとおりとなった。大多数のブロックで最大流出距離は50mを越えている。次に、図-10のように全流出距離を対象として累積度数分布を調べた。この結果より、流出距離50mの超過確率は約5%と見積もられる。流出距離が50m以上のケースも認められる。しかし、斜面崩壊は土砂の移動を伴う不安定現象といえる。このため、個々の事例を詳細に調べることと並んで統計的に斜面崩壊の規模を評価しておくことも重要と考えられる。すなわち、ここで示した結果は、斜面崩壊による二次的な影響を受けずに済む周辺斜面法尻と各種構造物の離間距離を評価する上で参考となろう。

なお、流出を伴った場合の斜面高さの最大値は約220mであった。この場合の斜面高さは等高線の傾斜変換点をゼロとして計測されたものである。

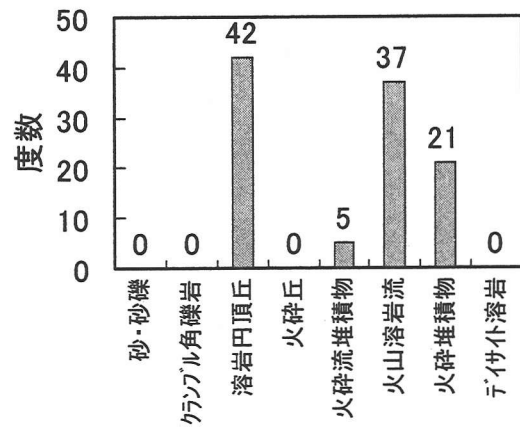


図-5 Aブロックにおける地質区分ごとの崩壊発生頻度

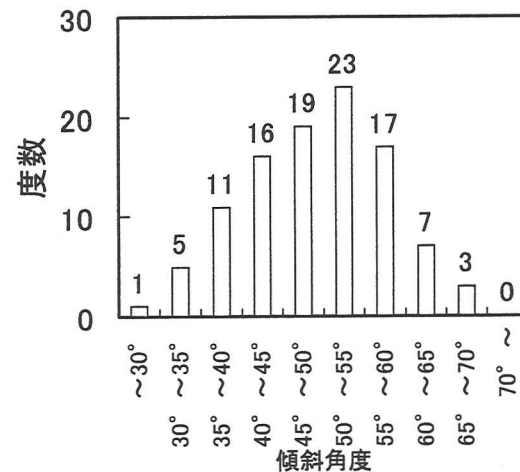


図-6 Aブロックにおける傾斜角度ごとの崩壊発生頻度

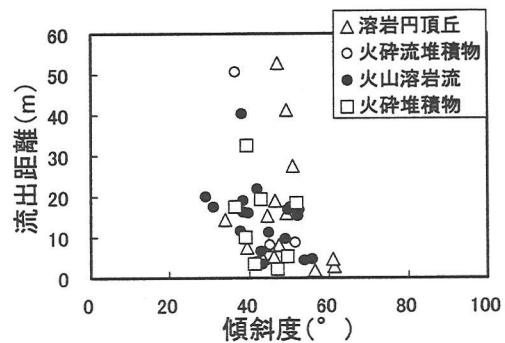


図-7 Aブロックにおける流出距離と傾斜角度の関係

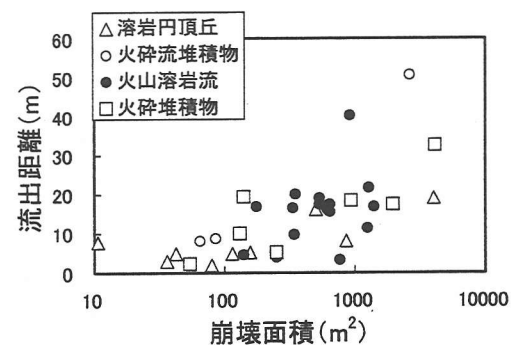


図-8 Aブロックにおける流出距離と崩壊面積の関係

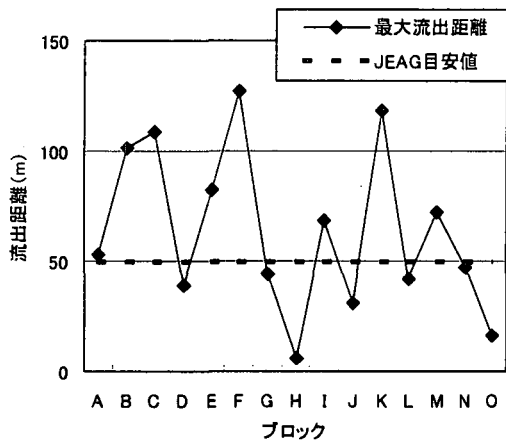


図-9 各ブロックにおける最大流出距離

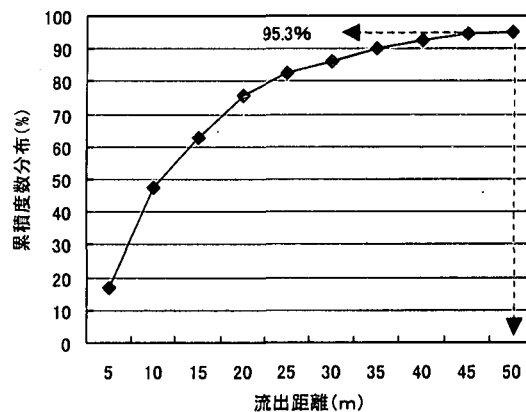


図-10 流出距離の累積度数分布

4. まとめ

航空写真測量を利用して神津島における斜面崩壊事例を調査し、地震力による斜面崩壊の規模に関する定量的データの提供を目的とした分析を行った。この結果をまとめると以下ようになる：1) 今回の斜面崩壊はごく浅い表層部分で生じており、また、45°以上の急斜面で多く発生しているから重力性崩壊としての性格を有する。2) 崩壊面積と流出距離については、傾斜度40°～60°の範囲において最大崩壊面積または最大流出距離が発生する傾向になる。3) 流出距離と崩壊面積の間には比例的な関係がある。4) 最大流出距離のしきい値を50mとした場合の超過確率は約5%となる。

謝辞：本研究は電力9社と日本原子力発電(株)ならびに電源開発(株)による電力共通研究の一部として実施した。本研究の関係各位に謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 清野純史, 宮島昌克, 橋本隆雄, 木村智博：(社)土木学会 神津島近海地震(200/7/1, 7/9)緊急調査団報告, <http://quake.kuciv.kyoto-u.ac.jp/EEC/index.html>.
- 2) (株)八州：神津島地震災害写真撮影, <http://www.hasshu.co.jp/news/kouzushima>.
- 3) 古川公毅：新島・神津島近海の群発地震による道路・急傾斜地等の被害と復旧, 土木学会誌, Vol. 86, No. 4, pp. 63-66, 2001.
- 4) 建設省土木研究所：航空写真による崩壊調査法, 1976.
- 5) (社)日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601, 1987.

(2001. 5. 25 受付)