

風化玄武岩に起因する油谷地域地すべり挙動について

大原資生*・島 徹史**・村田秀一***・松田 博***・安福規之***

Landslide in Yuya Area due to the Weathered Basalt

Sukeo O-HARA, Hiromi SHIMA, Hidekazu MURATA, Hiroshi MATSUDA
and Noriyuki YASUFUKU

Abstract

It is well known that landslides have frequently occurred since 1972 heavy rainfalls, bringing disasters to the inhabitants in Yuya area where the weathered basalt is distributed. The cost of landslide prevention works is now estimated to have reached a billion yen per year. It is necessary to investigate the landslide mechanism in detail from the geotechnical and geological standpoints for the purpose of the establishment of the prediction of landslide and the rational landslide work.

This paper describes the characteristics of landslide and the motion mechanism of landslide at basalt distributed area. It was proved that there is an interesting relationship between the displacement and the amount of rainfall, and that the drainage well with horizontal drillings and the surface water drainage channel should be used as the prevention works for landslide control after consideration of the place and the depth of talus deposits.

特に活発な白木・白木西地区の地すべり挙動を明らかにしようとしたものである。

1. ま え が き

山口県油谷湾地域は、古くから地すべり多発地として知られ、毎年かなりの被害を受けている。特に昭和47年の集中豪雨以来地すべりが頻発するようになり関係諸機関あわせて年10数億円もの対策事業費が投じられてきているが、なお地すべり指定地10箇所、危険地100箇所以上を抱えており、合理的な防災技術と災害予知技術の確立が強く望まれている。現在、対策工として集中井、横穴ボーリングによる地下水排除工を中心として排土工、杭抑止工などが適宜組合わされて適用されているが、技術的・経済的観点からみて問題のある工法が採用されているケースも少なくない。

合理的な防災技術の適用と地すべり予知技術を確立するためには、地すべり発生機構を解明する基礎的研究とともに、土質工学ならびに地形・地質学の両面から地すべりの挙動を詳細に把握する必要がある。

本研究はこのような観点から、近年地すべり活動の

2. 地すべり地域の地形・地質特性

油谷湾地域の地質は、向津具半島域とその対岸域で異なっている。地すべりは向津具半島域に限られているので、地質学的な背景は地すべりにとって見逃せない要因の一つである。油谷湾をはさんで向津具半島側では、白亜系や古第三紀に噴出した安山岩もみられるが、基本的には第三紀層の砂岩・頁岩の互相を基盤にして、その上部に第四紀洪積世に噴出した玄武岩が広く分布している。一方、地すべりのみられない半島対岸域では、標高100m程度に段丘状の第三紀層が分布し、その下位は白亜系の流紋岩類から成っている。地質学的な観点からみれば、第三紀層をおおっている玄武岩の存在が地すべり発生に重要な役割りを果している。

地形の特色として、向津具半島北岸は海食によって高い断崖となっているのに対し、南側の海岸線は屈曲に富み複雑な地形を形成している。玄武岩が露出している所では、比較的平坦な熔岩台地が形成されているが、第三紀層が分布する所では、ところどころ地すべ

* 土木工学科

** 資源工学科

*** 建設工学科

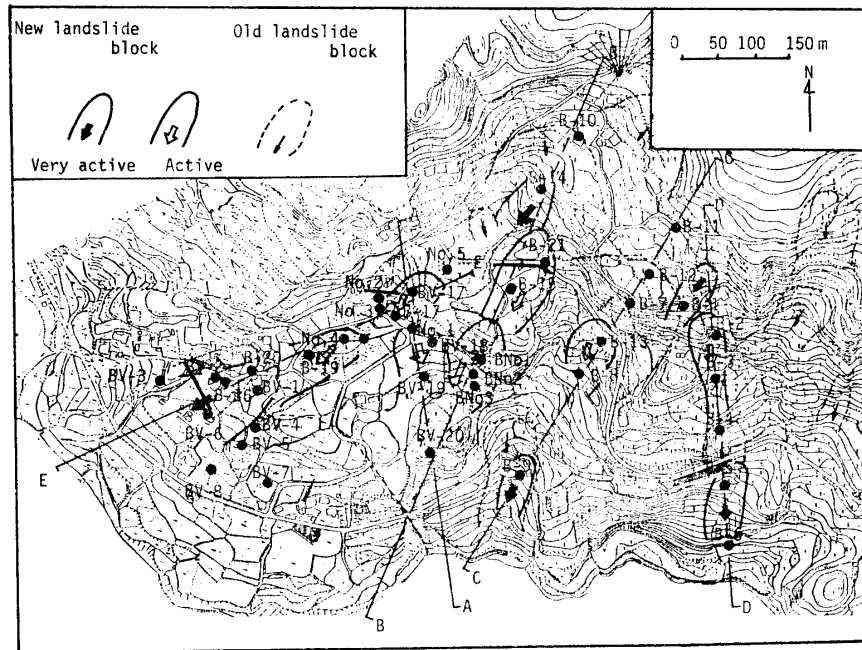


Fig. 1 Landslide blocks and location of boring at Shiraki

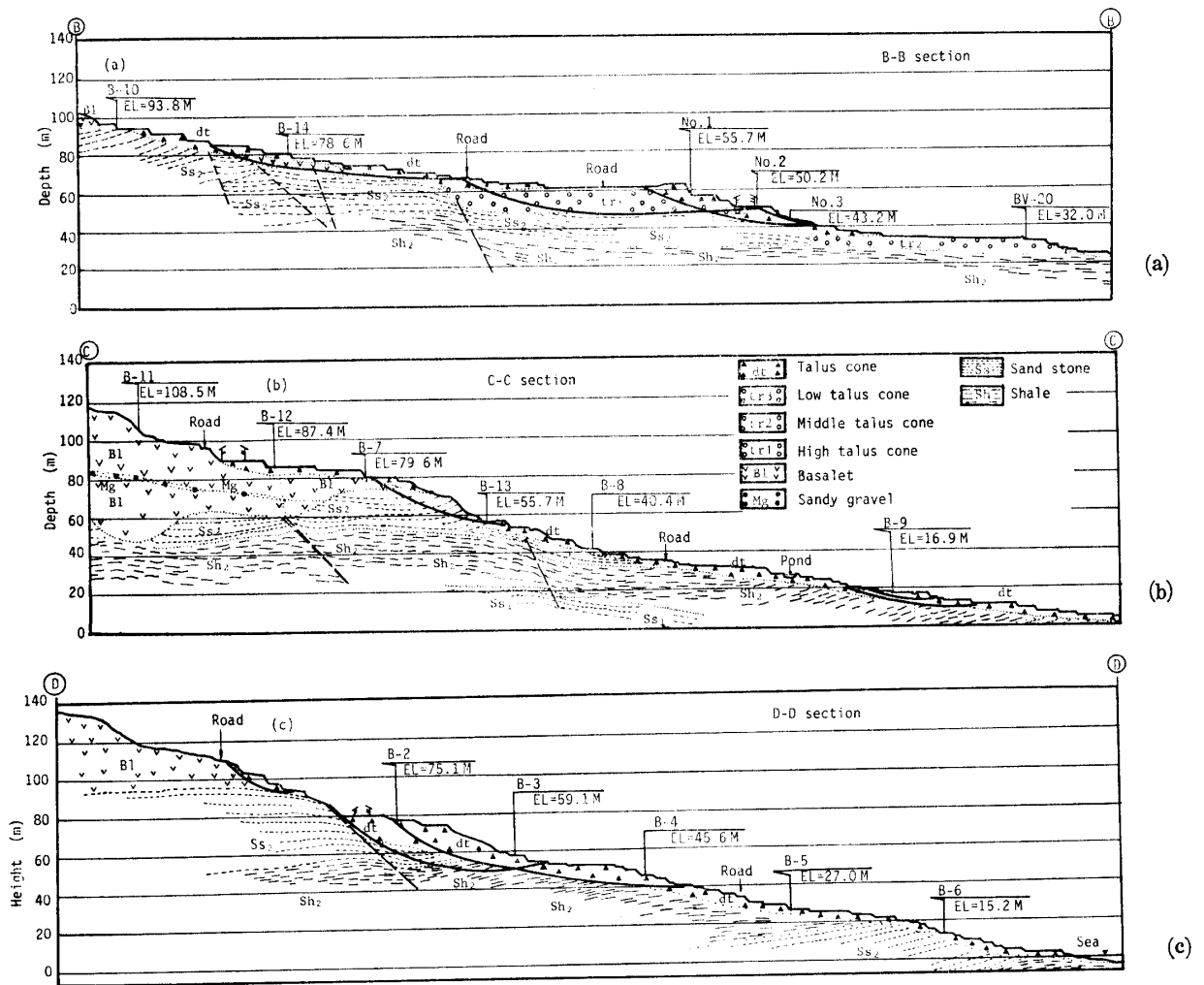


Fig. 2 Typical longitudinal section

りの履歴を示す緩斜面状の平坦地となり、この平坦地を利用して田畑とされている。また、この地方は干ばつ常襲地のため、1500個以上の溜池が存在し、地すべり崩土中に開かれた水田用水として使用されている。いずれにしても、半島内の斜面は、極めて緩やかな勾配を保っていて、地形的な視点から地すべりの発生を予見することは難しい。

3. 調査方法と結果

3.1 調査方法

近年特に地すべり活動が活発である白木および白木西地区において、10数本のボーリング調査を実施し土質断面を把握すると共に、既設のボーリング孔も利用して、孔内傾斜計6個所、地下水位計17個所、パイプ歪計6個所、孔内微流速測定5個所および電気伝導水温測定5個所で、昭和58年6月から9月までの間観測した。調査したボーリング孔の位置は、Fig. 1に示した。また、考察においては以上の調査および観測結果の他、過去の動態観測結果^{1),2)}も参照した。

3.2 結果と考察

3.2.1 地すべりの特徴

白木および白木西地区で確認された地すべりブロックを Fig. 1 に示した。現在活発な地すべり挙動を示すブロックが6個所、緩慢な地すべり挙動を示すブロックが6個所存在するが、他に過去地すべりの発生した所が数個所認められる。

そこで、本地区の代表的な地すべり地を含む測線 B-B'、C-C' および D-D' に沿う土質縦断面図をそれぞれ、Fig. 2(a) (b) (c) に示す。また、パイプ歪計、孔内傾斜計による動態観測結果から推定されるすべり線

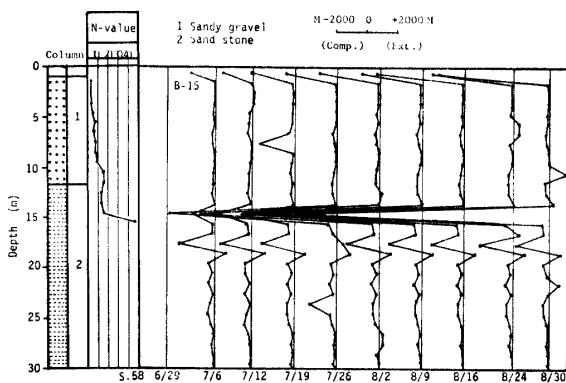


Fig. 3 Analytic result from the measurement by strain gauge pipe

の位置も同図に記入してある。なお、パイプ歪計による測定例を Fig. 3 に示したが、すべり面の位置に関しては明瞭に判定できる。しかしながら、移動量を知るには孔内傾斜計によらなければならない。

本地区の地すべりブロックは、Fig. 1 あるいは Fig. 2 から判定されるように、1ブロックの長さが100~150m、幅60~70mのものが多いが、特色としてこれらのブロックが連鎖的に連なっていることが挙げられる。また、地すべりは、砂岩や頁岩の上位に堆積する崖錐堆積層において生じており、すべり面の傾斜角は10度以下と極めて緩やかである。

3.2.2 地すべり移動量と降雨量の関係

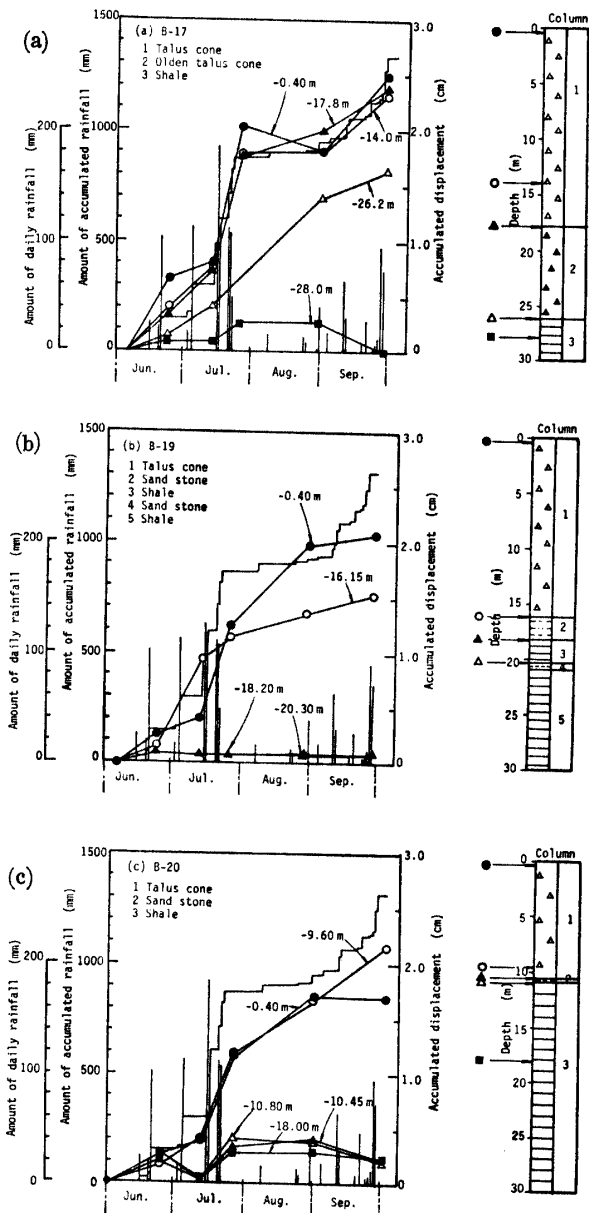


Fig. 4 Accumulated displacement with rainfalls

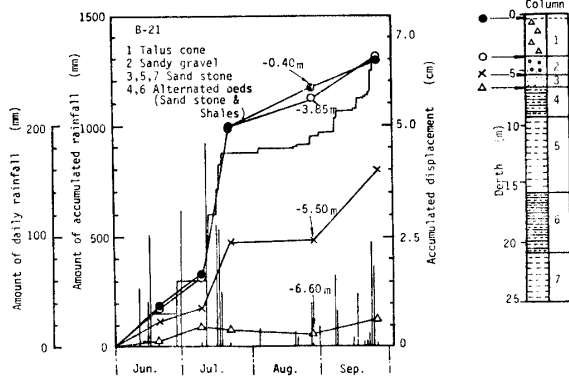


Fig. 5 Accumulated displacement with rainfalls at B-21

測線 E-E' の地すべり地において、ボーリング孔 17, 19, 20の孔内傾斜により求めた深さ方向の地すべり移動量と降雨量の記録を整理したものが Fig. 4, また、ボーリング孔21について同様の関係が Fig. 5 である。これらの記録から、地すべりの累積移動量は累積降雨量の変化と類似した傾向を示すことが分る。また、顕著な移動を示す領域は、測線 E-E' においては頁岩上の崖錐層、ボーリング21地点においては砂岩上の崖錐層である。なお特記すべきことは、地すべりの移動は降雨終了後速やかに完了していることである。

油谷地域は、標高 80~100m にかけて玄武岩が砂岩・頁岩の上に分布し、場所によっては玄武岩と基盤の間に向津具礫層を含むことも多い。また、玄武岩は風化が進み、長年月にわたって崖錐堆積層を併給していたことは明らかである。したがって、地すべりを起こしている地層は、これらの風化玄武岩の崖錐堆積層であり、深い所では厚さ30mに及んでいる所もある。いずれにしても、砂岩あるいは頁岩の上部がすべり面となり地すべりを発生しているケースがほとんどであ

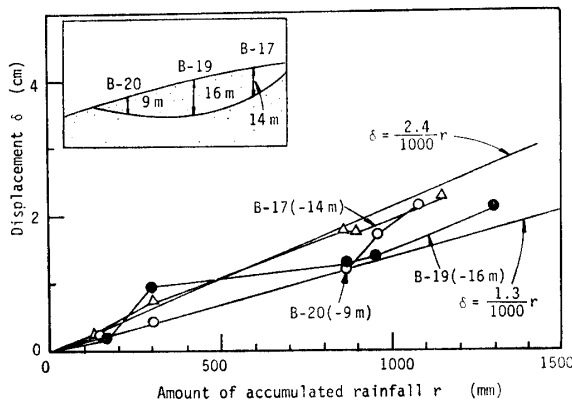


Fig. 6 Relation between displacement and amount of accumulated rainfall

る。

Fig. 6 は、B-17, B-19 および B-20 におけるほぼすべり面での移動量と累積降雨量の関係である。なお、地表面における移動量もほぼこれらの移動量と同じと考えて差支えない。これから、地すべりの移動量は累積降雨量にほぼ比例すること、また、地すべりブロックの頭部 (B-17), 中頭部 (B-19) および脚部 (B-20) における移動量は、ほぼ同じであることが分る。なお、図中に示した式の分子は、累積降雨量 1000 mm あたりの移動量 (cm) を表わしている。つぎに、同じ地すべり地において一連続降雨強度に対する移動量を調べたのが Fig. 7 であるが、ほぼ降雨強度に比例し

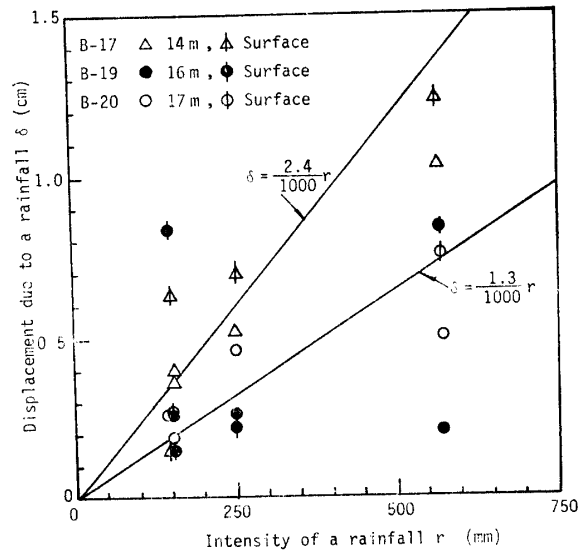


Fig. 7 Relation between displacement and the intensity of a rainfall

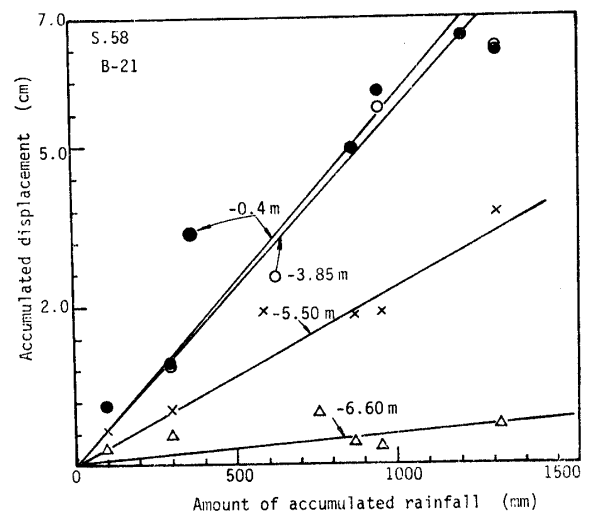


Fig. 8 Relation between displacement and amount of accumulated rainfall at B-21

て変位が進行していることが伺える。Fig 8 は、B-21 地点における深度別の移動量と累積降雨量の関係である。この地点でのすべり面は、Fig 5 から明らかなように深度 5.5m と推定されるが、この場合も同様、各深度の移動量は累積降雨量に比例している。また、Fig. 8 に示した結果は、6月から9月の期間に限られており、この地域の年間総降雨量が約 2000 mm であることを考慮すれば、地表部の年間累積移動量は約 10 cm にもなることが推定される。以上述べたように、この地区の地すべり移動量は、降雨量とほぼ比例関係にあることが判明した。

そこで、地下水位と降雨量の関係を調査したが、降雨に伴って必ずしも地下水位が変化しないケースも多いことが分った。地下水位の変化は、基盤の傾斜角、崖錐層の厚さや透水性および後背地の条件に支配されると思われるので、まだ十分な考察を加えることはできないが、比較的水位移動の激しい B-3, B-8 および B-15 地点の水位変化量と一連続降雨強度の関係を Fig. 9 に示す。図から、B-8 地点は降雨に敏感に対応

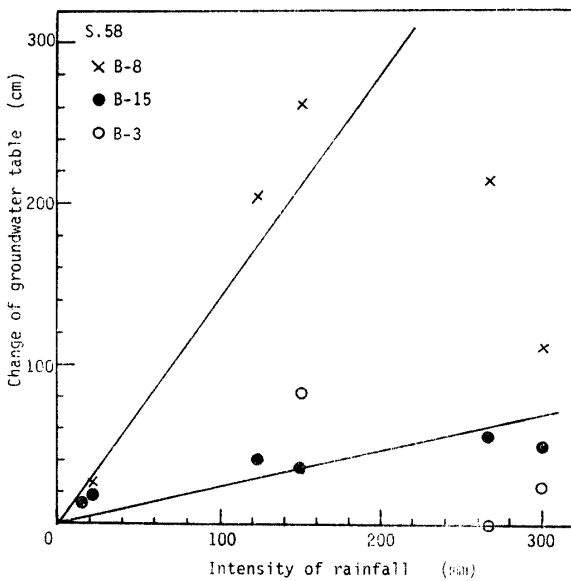


Fig. 9 Relation between change of groundwater table and the intensity of a rainfall

し、150 mm 降雨に対し 2 m 以上の水位上昇を示すことが分るが、崖錐層の厚さが B-8 地点とほぼ同じく 7 m である B-3 あるいは B-15 地点においては、150 mm 降雨に対し約 40 cm の変化を示すだけである。なお、Fig. 9 に示した地点は、いずれも現在地すべり活動が活発であることに鑑み、地下水位の変動は地すべり機構と密接な関係にあると考えられるが、詳細な

検討は今後同一地点での観測資料を蓄積してから行う予定である。

3.2.3 地すべり形態の分類とそのすべり機構

以上の調査および考察結果を踏まえて、本地域の地すべり形態の分類とそのメカニズムについて考えてみる。地すべり形態は、(a)崖錐層地すべり、(b)風化玄武岩層地すべり、(c)岩盤地すべりに分類することができるが、白木・白木西地区においては崖錐層地すべりが多い。また、深度方向の移動特性に着目すれば、表層すべり、大規模孤状すべり、深層すべりに類型化できる。

i) 崖錐層の地すべり 厚さ 5~30m の風化玄武岩の崖錐層の堆積する基盤(砂岩・頁岩)の勾配が緩やかであるため、降雨により地下水位の上昇が起こり易く、かつこの崖錐層には中腹部の砂礫層からの水供給も豊富であり、地下水の滞水を極めて容易にしている。したがって、砂岩・頁岩の上層部の粘土化が促進されており、すべりが生じているものと判定される。

ii) 風化玄武岩層地すべり 比較的標高の高い所にみられ、崖錐層地すべりブロックの頭部に位置する場合が多い。風化玄武岩層の下位にある比較的薄い崖錐層は、通常においては崖錐層への水供給源の役割を果し、崖錐層の安定性には危険側の要因とみなされるが、玄武岩層の安定に対しては自然の排水層となり安全側の要因となっている。しかしながら、崖錐層は薄いのである降雨量以上になると排水能力を上回り、風化玄武岩層の水位は上昇することになる。結果として、玄武岩が露出している斜面端との間に大きな水頭差を誘発し、風化玄武岩斜面部の力学的不安定を生じ、かつ玄武岩層の粘土化を招きすべりを発生すると考えられる。また、崖錐層にすべりが発生すれば、盛え盛土的效果が消失し、玄武岩層の安定は著しく低下すると判定される。いずれにせよ、このようなすべりが一旦生じると、逐次山頂に向ってすべりは進行している傾向が見受けられる。

iii) 岩盤地すべり 向津具半島では、標高 20~30 m の所に海岸浸食崖があること、地すべりの動態観測において僅かではあるが基盤の変位を伴う場合があること、および基盤の傾斜角などから判定し、砂岩・頁岩層におよぶ潜在的なすべり面の存在が考えられる。すなわち、基盤がまだ固結度の低い砂層や泥層であった時代に密度の大きな玄武岩をかぶり、かつ海水面の変動に伴い、現在の基盤内にかなり大規模なすべりを生じ、今日潜在的なすべり面として存在している可能性がある。しかし、深層に及ぶボーリング調査を実施し

ていないので、今後の検討課題としたい。

3.2.4 地すべりの軽減対策

Fig. 10 は、白木西地区の B-3 における過去 4 年間

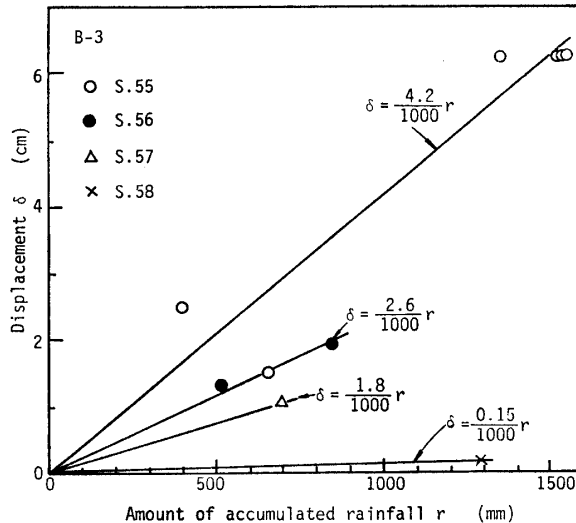


Fig. 10 Surface displacement with rainfall at B-3

の地すべり移動量と降雨量の関係である。昭和55年6月～9月に1500mmの雨量に対し約6cmの変位、昭和56年900mmに対し約2cm、昭和57年700mmに対し1cm、そして昭和58年1300mmに対し数mmの変位を示しているように、年毎に地すべりが緩慢になってきた。当地区においては、昭和56年以来表流水の排水路の整備が進んだこと、および集水井を設置したことが、地すべりを緩慢にしたと考えている。しかしながら、このブロックの隣接地区では、Fig 1に示したように新たな地すべり地が形成されている。

いずれにせよ、油谷地域の地すべりは、降雨と極めて良い相関にあることが判明したので、地すべりの軽減対策工としては、集水井工と表面水の排水工が最も有効と考えられる。しかし、これまで施工された集水井の効果は、有効な場合とそうでない場合とがある。崖錐層の厚い場所、及び地すべり地の脚部における集水井工による効果はほとんど期待できないと判定せざるを得ないので、集水井の場所選定は重要である。そこで、地すべりの軽減する範囲を崖錐層の薄い領域に

限定することも一方法となろう。また、抑止工として、すべりの発生が予測される斜面頭部における杭挿入工が効果的と考えられるが、この効果に対する解析的な検証は今後行う予定である。

4. ま と め

風化玄武岩に起因する油谷地域、特に白木地区の地すべりについて調査・観測を実施した結果、次のような知見が得られた。

1) 地すべりは、砂岩・頁岩上に堆積する崖堆層と風化玄武岩層に発生している。また、地すべりブロックの長さは約150m、幅70m程のものが、連鎖的に連なっている。

2) 地すべりの移動量は、年間3～10cmで、降雨量にほぼ比例すること、移動は降雨後数日内で完了することが明らかになった。

3) 地すべり形態を類型化し、それぞれの地すべり機構を、地形・地質・動態観測結果に基づいて解明した。

4) 地すべり活動は、降雨量と相関性が高いことが判明したので、地すべり対策工としてまず集水井工と表面水の排水工が有効であることを提案した。

本研究は、文部省科学研究費 自然災害 特別 研究費 (研究代表者 大原資生) の補助を受けて実施したものであることを付記する。さらに、調査するにあたり、山口県砂防課と山口県長門土木事務所の関係者の方々および当時卒論生洞和典君の協力を受けた。また、応用地質調査事務所の久永喜代志氏には貴重な御意見をいただいた。以上の方々に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 山口県長門土木事務所：昭和56年度白木地区地すべり対策工事に伴う調査委託報告書 (応用地質調査事務所) (昭56.12.)
- 2) 山口県長門土木事務所：昭和7年度白木地区地すべり対策に伴う調査委託報告書 (応用地質調査事務所) (昭57.10.)

(昭和59年4月14日 受理)