

高知県繁藤地区の大規模崩壊について (その1)

—崩壊地の地盤構造の特徴—

中川 鮮・奥西 一夫

A LARGE-SCALE LANDSLIDE AT SHIGETO, KOCHI PREFECTURE

—Part 1. CHARACTERISTICS OF GROUND STRUCTURE ON THE LANDSLIDE—

By *Akira* NAKAGAWA and *Kazuo* OKUNISHI

Synopsis

On July 5th, 1972, a large scale landslide occurred on the slope at the Shigeto section in Kochi Prefecture Shikoku, District. It caused a considerable disaster with loss of 50 human lives, destruction of 11 houses, damage of the National Road No. 32 and the National Railway over a length of 150m.

On the landslide area and environs, following investigations of the geological conditions of the ground structure were carried out:

- (1) The seismic prospecting
- (2) the electrical resistivity prospecting
- (3) the natural radioactivity survey
- (4) the electrical conductivity survey of spring water
- (5) the infiltration test

According to the investigations and additional data of the boring, the geological condition of the landslide area involving fault and fractured rock zone is elucidated. As a cause of occurrence of landslide, the special under ground structure of this area which concentrated the groundwater can be pointed out.

1. はじめに

地すべり、山くずれ等の斜面崩壊の中で、小出¹⁾によって分類された“地すべり性崩壊”は、しばしば大きな災害をひき起こすものとして知られている。その原因は、この種の崩壊が比較的大きな規模の傾斜地を単位として、突発的な速い速度をもつ破壊移動を発生するという機構上の問題と、わが国の地形的条件が、急傾斜面下に集落あるいは交通施設等の立地形成を余議なくしているという現実的な問題とが複合することにある。

本論文で取り扱う崩壊地においても、崩壊発生機構上の自然的要因と集落、交通路線の存在という社会的要因とがからみ合っている。“崩壊”というわが国では斜面の地形発達として当然いつかは起こるべき自然現象が、社会的条件と結合することによって“災害”として大きな問題を発生した一つの例と考えられる。

斜面崩壊による災害の防止対策では、斜面を安定化するという技術的な問題と崩壊発生の場所と時間を技術的に予知して、逃難するという社会的な問題として受けとめ処置するなど、いくつかの方法論をもって対処しなければならない。しかし、現在では防止対策の方法論の確立は不完全な状況にあり、今後の研究によ

る成果にまつしかないが、今回の崩壊現地の状態は調査・研究を実施するうえにいくつかの好条件を備えていたと考えられ、災害復旧対策工事で平行して種々な実験測定を実施してきた。これらの調査は、1972年7月5日の災害発生数日後踏査によって開始して、1976年11月中旬までいろいろな方法によって継続してきた。その間現地とわれわれの研究所とが距離的に遠く離れていることが原因として、中断状態になったこともあったが、これまでに得られた調査結果をまとめて報告することとした。論文の内容をその1とその2の2編に分け、その1においては、崩壊の発生状況と、崩壊が発生した斜面とその周辺の地盤構造について、各種の実験結果をふまえて述べ、その他地質的環境について調べた結果を記載した。その2においては、地盤調査の結果に基づき、降雨と地下水の挙動についてきわめて重要な問題のあることが判明したので、崩壊斜面における水文上の各種調査を継続実施し、その結果を考察し述べた。

2. 崩壊発生状況

崩壊発生現場は高知県香美郡土佐山田町繁藤地区で Fig. 1 に示した場所である。発生日時は1972年7月5日午前10時55分頃である(大崩壊)。同地区は、吉野川水系穴内川左岸にあり、斜面下に国道32号、国鉄土讃線がある。

崩壊発生前の降雨状況は、Fig. 2 に示したように崩壊発生前日の7月4日午後より梅雨前線による豪雨が降り



Fig. 1. Location of the Shigetō landslide area in Shikoku district.

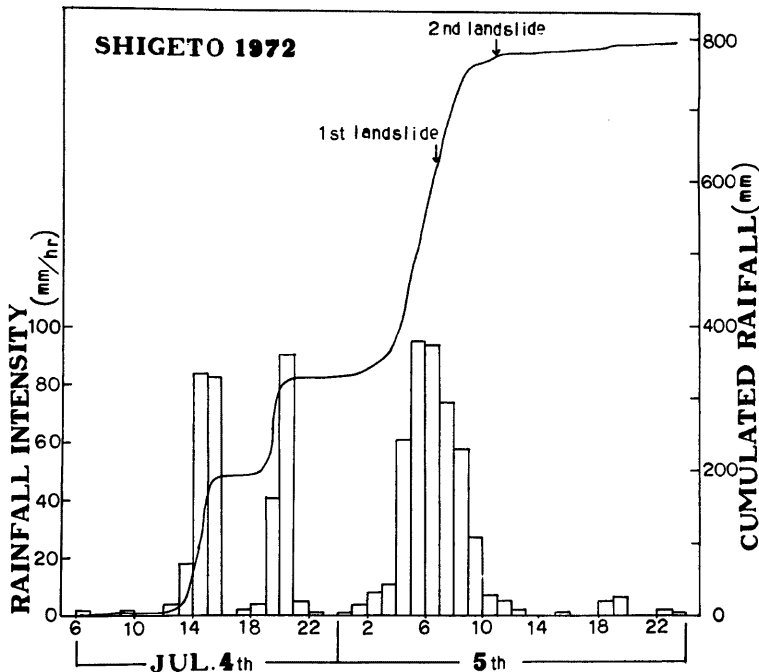


Fig. 2. Rainfall intensity (mm/hr) and cumulative rainfall curve in the Shigetō region.

始め、翌5日の崩壊が発生した10時55分頃までに776.5mmの累積雨量が記録され、特に、5日午前5時～6時には95.5mm/hrの降雨があり、降雨強度では5日午前4時から9時までが最も激しかったことがわかる。この降雨記録は崩壊現場より約1.5km離れた天坪地区で観測されたものであるが、この繁藤、天坪地区は以前より雨が多く、降雨分布に特徴があり異常に降雨が集中することが経験的に知られていた。この付近は地形的な条件にも集中豪雨発生の原因があると推測される。

崩壊は、5日午前6時45分に民家裏の斜面下部に幅約10m、高さ約10mの小崩壊が発生し（第1次崩壊）作業中の人が1名生き埋めになり、その後、消防団の救出作業が開始された。第1次崩壊が発生した数時間前より降雨は激しく降っており、10時55分頃に再度大崩壊が発生し（第2次崩壊）、死者及び行方不明者60名、重軽傷8名、民家全壊10戸、半壊3戸、国道約150m、鉄道約150m（繁藤駅構内）を崩土で破壊、停車中の列車2両が崩土によって穴内川まで転落、1両は圧壊した。

崩壊規模は幅約140m、斜面長約150m、道路（国道32号）より上部の比高約80mで、崩壊土量約10万 m^3 と見積られた。崩土の先端は約125m流動し、穴内川対岸斜面を幾分かあがって停止した。国道、鉄道の路面上に停止した崩土は、斜面より滑落する運動中に、あまり乱されることなく、斜面上の杉、雑木等の立木が傾いた状態で止まっているものもあった。これらの状況から考えると、崩壊面は基盤岩上の風化土を主体として、一部基岩を伴ない、土層構造をかなり維持した状態で滑動したといえる。

崩壊面を観察した結果次のような点が明らかになった。崩壊斜面に向って、中央部よりやや左側部は凹状になっており、上部にある湧水点より湧出する水が溝状に流下していた（Photo. 1及びPhoto. 2参照）。斜面中央部には凸型の基岩が残されていた。崩壊斜面内の湧水は斜面に向って左側部に2ヶ所、右側部に5ヶ所あったが、特に右側部には、露出している基岩中の小クラックから、少量の地下水がしみ出している所が無数に認められた。中央部やや左側上部の湧水点で湧出量が最も多く認められた。Photo. 1およびPhoto. 2中で、白くみえるのが湧出水が流下しているところで、SPが湧水点である。この湧出水の流下する溝状部分が、崩壊斜面中で最も深く削られており、斜面長も長い。また、第1次崩壊の発生場所は、この溝状の

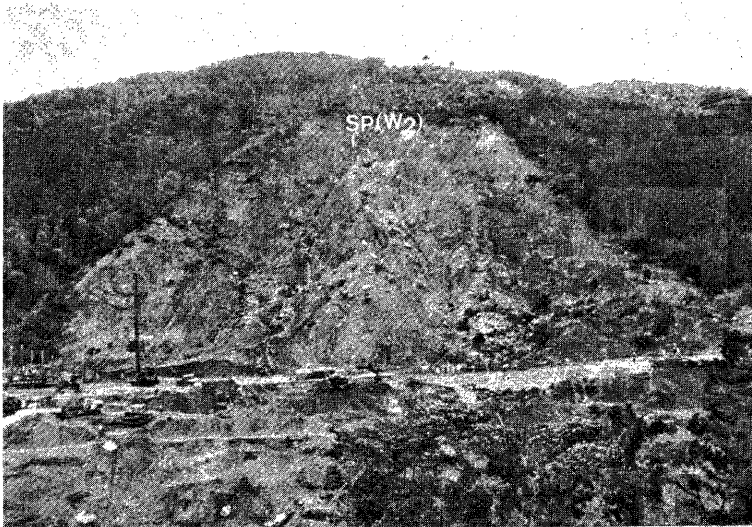


Photo. 1. A general view of the landslide area. SP: the main spring of discharge (W_2).

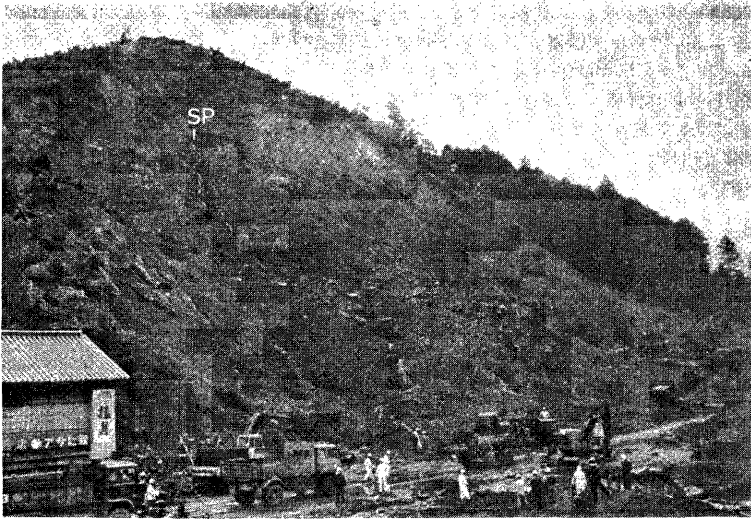


Photo. 2. A close up of the landslide area and the position of the main spring (SP) in the slope.

斜面下部にあたり、今回の斜面崩壊発生において重要な部分と考えられる。湧水点 SP は崩壊後においても、絶えまなく湧水しており、湧水状況は降雨に相関的な応答を示していた。冬期になると湧水量はきわめて少なくなるが全く無くなることはない。

3. 崩壊地の地質

崩壊発生直後に観察した崩壊斜面内の削はく面の形状は、Photo. 1 および Photo. 2 にみられるような、

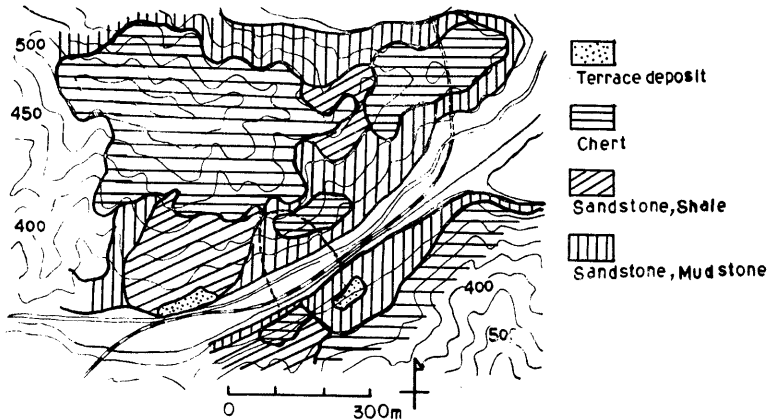


Fig. 3. (a) Geological map of the Shigeto landslide area and its environs.

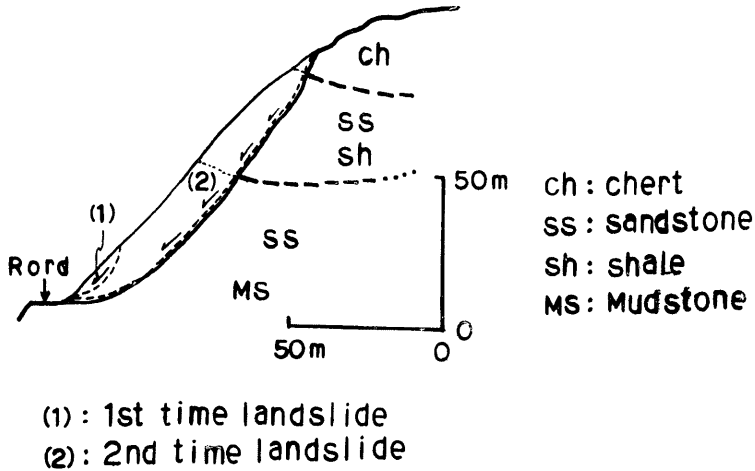


Fig. 3 (b). Geological profile of the slope in the Shigeto landslide area.

きわめて凹凸に富んだものであった。そのことは、地盤の構成状態が複雑であることを意味しているが、その性質を規制しているものとして地質構造を考慮する必要がある。そこで崩壊斜面内およびその周辺部において観察調査した結果について述べる。

崩壊が発生した繁藤地区とその周辺部一帯の地質に関する調査結果は河合²⁾によって詳しく報告されており、崩壊発生に関する地質上の問題点が指摘されている。それらも参考にして、今回の崩壊地を中心に調査を行なった結果を Fig. 3 (a), (b), (c) に示した。崩壊地周辺部一帯は秩父帯に属し、地層の状態は変成作用をうけて変質、脆弱化しており、古い時代の断層が多く観察される。崩壊斜面が形成した山腹は、最上部にチャートがキャップ・ロック状のっており、その下部に砂岩、頁岩、泥岩等の互層が分布している。地層面は過去の地殻運動と変成作用をうけて複雑に乱れていて一定していない。また、片理面がかなり顕著に発達していて、風化に対する抵抗力が少ないことが、崩壊斜面内における地山の状態をみても判る。

崩壊斜面内の観察によると断層破砕帯が存在しており、その規模、位置、状態から考えてみて、今回の崩壊発生に対して、きわめて重要な関係にあるので、詳しい調査を実施した。踏査によって判明した点について述べると、著しく地質が変質している断層破砕帯は、斜面内において約 8~12m の幅をもっている。断層面で測定した走向、傾斜は、N 20° W, 40°N となっており、斜面との関係は Fig. 3 (c) に示したように深い角度で交じわっている。崩壊斜面内における断層破砕帯の状況を Photo. 3 に、断層面の状況を Photo. 4 に示した。断層面には粘性土を挟在しており、幅約 80cm のところがあり、付近に湧水点が認められる (SP 地点)。この湧水点は今回の崩壊直後において最大の湧水量を示し、その後の長期観測において量的に増減変化は示すが、渇水期においても全く湧水が止まることはなかった。

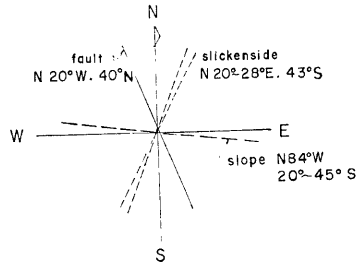


Fig. 3 (c). Strike and dip of the fault in the landslide area.



Photo. 3. The fracture zone in the landslide area.

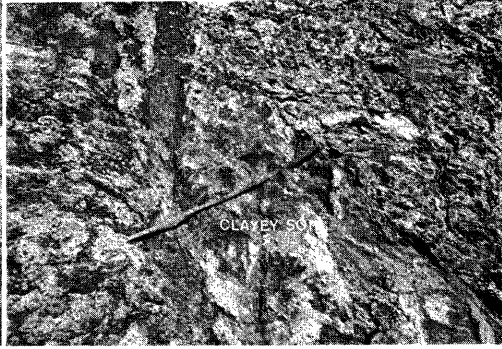


Photo. 4. Clayey soil (about 80cm width) in the fault.



Photo. 5. Weathered chert in the landslide area.

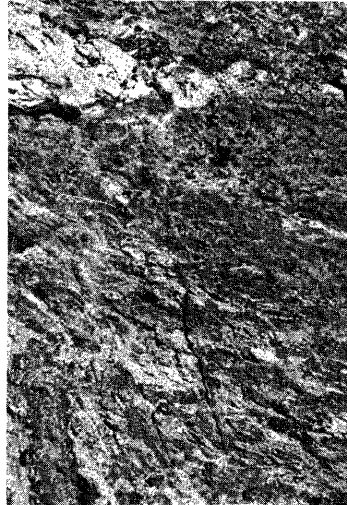


Photo. 6. Shale and the broken chert in the fracture zone at west side from the fault.



Photo. 7. Weathered sandstone in the landslide area.



Photo. 8. A upper soil layer on the east side area of the landslide.

崩壊斜面内で、中央部の向って右上の場所に分布しているチャートは、断層に近い位置では圧砕されて、**Photo. 5** に示したように割れ目の多い状態になっている。断層から遠ざかるにつれて、割れ目の間隔が広くなり、約 1~2m となっている状態が観察される。

断層破砕帯内では、**Photo. 6** に認められるように、場所によっては、チャートの礫（径約 0.8~1.2m）をまき込んでいる。しかし、マトリックスとなっている砂岩、泥岩等（やや凝灰質を帯びている）の互層は圧砕をうけており、部分的に粘土化しているところもある。断層破砕帯は崩壊斜面のほぼ中央上部に存在するが、斜面に向って左側（西側）に離れると、岩石の圧砕が減少し、**Photo. 7** に示したように岩質状を呈するようになる。しかし、写真にみられるように、2~3cm 幅の小クラックが無数に認められる。

以上は基岩内において観察される状態であるが、崩壊斜面側部で観察される表土の状況を **Photo. 8** に示した。**Photo. 8** は崩壊斜面の向って右側上部にみられる表土層の露頭であるが、表土約 1m はクリープの痕跡が認められる崩土層である。その下部には風化のすすんだ軟弱な土層が形成している。土層の構造は次第に深くなるにつれて、褶曲作用をこうむった地層パターンが幾分認められるが、風化作用によって連続状態は明瞭でない。

4. 地盤構造

4.1 各種探査結果

崩壊斜面の地盤構造を調べる目的で、(1)簡易弾性波探査、(2)電気比抵抗探査、(3)自然放射能探査、(4)湧水等の水質調査、(5)浸透能調査を実施した。崩壊斜面は、表層地盤が崩土となって滑落してしまい、基盤が露出した状態になっており、復旧工事により斜面を階段状に切り取り不安定な部分は除かれた。工事がある程度進んだ状態のとき基盤の状態を詳しく知るために上記の各種調査を行なった。

(1) 簡易弾性波探査

崩壊斜面の上半分の位置において、弾性波速度の分布を調べる目的で島ら³⁾によって、対策工事で階段状

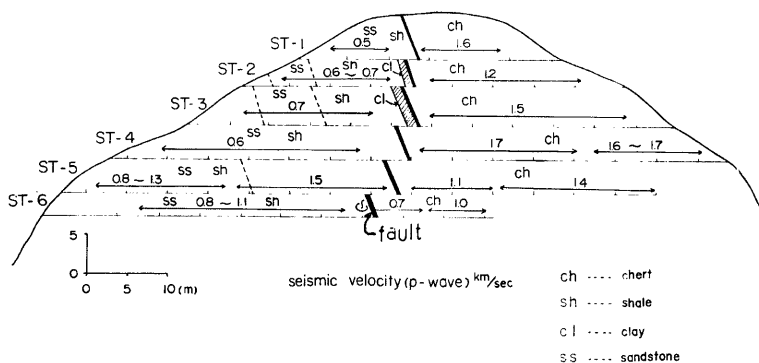
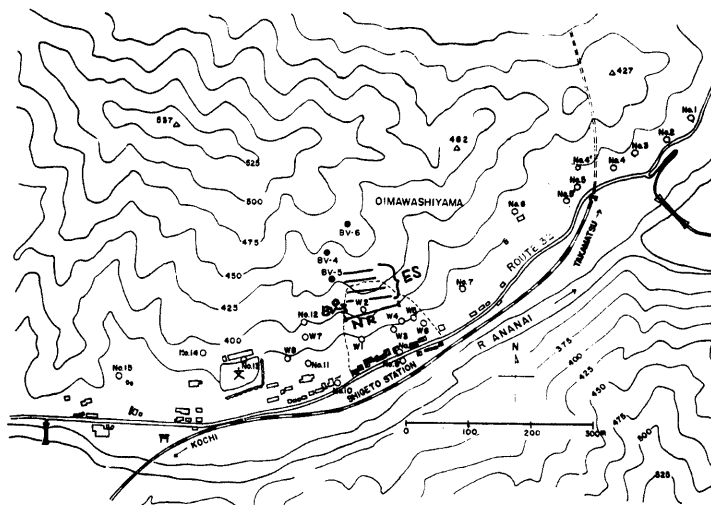


Fig. 4. Distribution of the seismic velocity (P-wave) on the ground surface in the landslide area.



survey point

- o : electrical conductivity
- ES : electrical survey
- NR : natural radioactive

Fig. 5. Locations of obserational points in the Shigeto landslide area and environs.

に切り取られたテラス部分に、探査線を6本設定して測定した。使用した機器は応用地質調査事務所社製のPS-5型サイスマロググラフである。換振器を1m間隔に配列し、木製カケヤによって起振点を打撃して、ピジグラフに波形記録として測定し、各場所におけるP波速度を調べた。Fig. 4にP波速度の計測結果を示した。Fig. 4によるとチャート(chert)の分布する部分がP波速度が速く、最も速いところで1.7km/secとなっている。砂岩(sandstone)、頁岩(shale)の互層分布する部分ではP波速度が遅く、最も遅いところで0.5km/secとなっている。これらの結果は、それぞれの岩石が新鮮な状態時に示す固有の弾性波速度ではなく、基盤といえどもきわめて風化が進んだ状態における弾性波速度を表わしている。肉眼観察により、チャートは大割れ(約1m)の礫になっており、多くのクラックが発生している。砂岩、頁岩の互層する部分は礫状化における割れが著しく細かくなっている。

(2) 電気比抵抗探査

電気探査は水平探査法によって、地盤の比抵抗分布を調べた。測点を4m間隔に設け、各測点において電極間距離を0.5, 1.0, 2.0, 3.0の4通りに配置し測定した。使用した測定器は横河電機社製のMODEL 3244型大地比抵抗測定器である。測線はFig. 5に示したように、崩壊斜面内の階段エステップに対し平行状に設定した。ST. 2, ST. 4は崩壊斜面内で、上部より2段目、4段目にそれぞれ設定した。これらの測線は、崩壊斜面内で確認された断層(fault)を中心に挟むように決めたものであるが、SP. 1, ST. 0は断層の延長が推定される位置を中心として設定した。測定結果をFig. 6に示した。探査による特徴は測線SP. 1の崩壊斜面外では表土が載って電極間距離2.0, 3.0mでは全測点9点において200Ω-m前後となっている(断層付近で少し低い)。しかし、測線ST. 2, ST. 4ではチャートの分布するところで、きわめて比抵抗値が高くなっており、使用した測定器の最大測定範囲(300Ω)を超えてしまう。したがって、地下3m位までの表層にはクラック中に水の存在は考えられない。断層を境界として斜面に向かって左側の部分には砂岩、頁岩が互層しているが、きわめて変成、風化の作用を被っており比抵抗値が15~110Ω-mと低く、軟弱な地盤構成であることが推定される。地盤中の含水は、チャート分布帯に比較して多いことを示している。

(3) 自然放射能探査

自然放射能探査はFig. 5に示した位置でおこなった。測線は崩壊斜面内で最も断層が明瞭に認められる位置を通るように設定した。使用した測定器は日本無線医理学研究所社製のGMサーベイ・メーター-Aloka TGS-101 C型で、記録は東亜電波社製のペンレコーダーに波形記録としてとった。測定結果をFig. 7に示した。測定値は断層の部分で得られたものが高くなっており約 20×10^{-3} mR/hrであった。これは頁岩の分布する場所の約2倍の値であり、チャートの分布する場所の約3倍強の値である。断層の存在する位置で測定値が高いということは、自然放射能が地下深部より放出される場合に断層部分が通路となっていると考えられる。今回の崩壊斜面内における断層面付近に

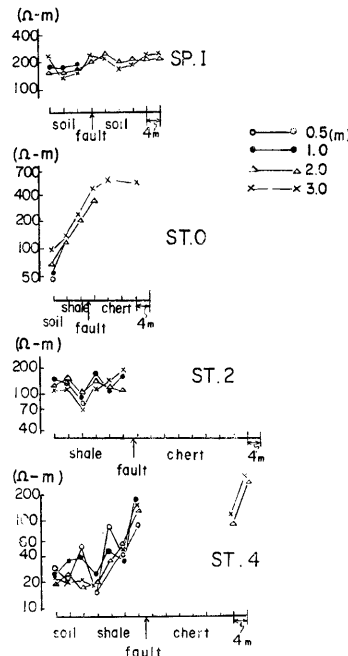


Fig. 6. Apparent resistivity for different electrode spacing in resistivity prospecting.

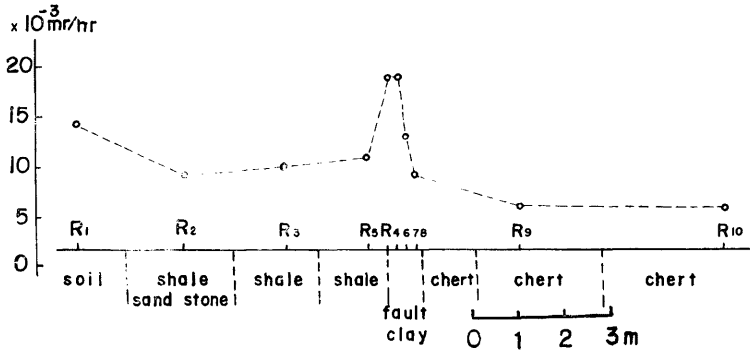


Fig. 7. Results of the natural radioactivity survey on the near fault.

において測定値のきわめて高い結果は、この断層が深い地下部分に連続しているものと推定される。この測線の位置において、断層破砕帯は幅約 8m となっているが、測定値の高く検出される位置はきわめて幅が狭く、わずか 20cm 離れた R₄, R₆ 地点のみである。R₆ 地点から 20cm 離れた R₇ 地点においては約 7×10^{-3} mR/hr の値だけ R₅ の値より低く、さらに 20cm 離れた R₈ 地点での値は約 10×10^{-3} mR/hr も低く検出された。自然放射能の測定は崩壊斜面内において実施したのみで、周辺地域における実測値と断層破砕帯の部分とを比較できない。しかし、波形記録の振幅からみて、R₄, R₆ 地点の高い測定値がノイズなどの影響によるものでないことはあきらかである。

(4) 湧水等の水質調査

水質調査として崩壊斜面内に湧出している地下水と、周辺地域に分布している湧水、沢水などの関連性を検討するために、各地点において水の電気伝導度と温度の測定を実施した。測定地点は Fig. 5 にプロットしたところである。使用した測定器は東亜電波社製のポータブル型電気伝導度計である。崩壊発生後に崩壊斜面内に観察された湧水量を考へてみるに、その量を涵養維持するにはかなり広範囲の集水域を想定しなければならない。その基本的な調査として崩壊斜面内および周辺部の湧水地点等で、1972年7月15日から同年12月3日までに3回の測定を行なった。測定結果を Table 1, Table 2 に示した。Table 1 の W₇, W₈ は

Table 1 Values of electrical conductivity and temperature on the Shigeto landslide and its environs at July 15, 1972.

number	electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	temperature ($^{\circ}\text{C}$)	discharge (l/min)	situation
W ₁	17.1	26.0	75.0	inside of landslide
W ₂	38.0	22.0	240.0	〃
W ₃	26.0	20.0	20.0	〃
W ₄	17.8	26.5	7.5	〃
W ₅	13.5	25.5	12.5	〃
W ₆	16.0	25.5	5.0	〃
W ₇	38.0	15.0	—	outside of landslide
W ₈	42.0	19.0	—	〃

Table 2 Values of electrical conductivity and temperature on the Shigeto landslide and its environs at 1972.

number	electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		temperature ($^{\circ}\text{C}$)		situation
	Aug. 31	Dec. 3	Aug. 31	Dec. 3	
No. 1	15.0	—	33.0	—	outside of landslide
No. 2	26.0	13.2	24.0	7.0	〃
No. 3	38.0	13.5	19.0	7.5	〃
No. 4	36.0	18.0	17.0	13.8	〃
No. 4'	—	35.0	—	12.5	〃
No. 5	50.0	25.0	22.0	14.0	water of pond
No. 5'	—	13.0	—	8.0	outside of landslide
No. 6	14.2	10.8	17.0	9.2	〃
No. 7	33.0	33.0	17.5	12.8	〃
No. 8	90.0	70.0	17.2	15.5	inside of landslide
No. 9	140.0	145.0	17.7	9.2	〃
No. 10	26.0	—	19.0	—	outside of landslide
No. 11	85.0	90.0	24.8	13.8	lateral borehole
No. 12	28.0	38.0	21.0	11.2	〃
No. 13	90.0	68.0	24.0	11.5	water works
No. 14	55.0	50.0	27.2	7.5	outside of landslide
No. 15	28.0	50.0	20.3	9.0	〃

崩壊斜面外において測定したものである。測定値を比較してみると W_2 の $38.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ と W_7 , W_8 の 38.0 , $42.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ の値が高くなっている。雨水の電気伝導度は特別な物質の混入がない限り $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下のことが多いので、前記3地点以外のものは、地表あるいは地中においてあまり長時間滞留していなかったと考えられる。しかし、 W_2 は湧水でありながら、 W_7 , W_8 の横ボーリングから排水されているものと測定値のオーダーが同じである。したがって、 W_2 の湧水は、湧出点付近に浸透した地下水ではなく、かなり深部から流出しているものと考えられる。湧出量も $240.0 \text{ l}/\text{min}$ と他の地点における湧出量に比較して多いので、集水域が広いことがわかる。

Table 2 の No. 8, No. 9 は崩壊斜面内の湧水点からの地下水を測定した結果であるが、No. 9 は斜面内を距離 $50\sim 60\text{m}$ 流下したものを、斜面下部において復旧工専用の導水管で集水され、かなり人為的な条件が加わっており、国道付近にあるなど自然状態とは考えがたいものである。しかし、No. 8 は同じ水を湧水点の近くで測定したもので、かなり自然状態に近いものと考えられる。また水温についてみると、8月31日に 17.2°C 12月3日に 15.5°C と地下水流出として妥当な値となっている。No. 8 の電気伝導度 $90.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (8月31日), $70.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (12月3日) はNo. 11 の $85.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (8月31日), $90.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (12月3日) と共に高い値となっている。No. 11 は横ボーリングからの排水であるため、地中深部からのものと考えられる。このことは7月15日に測定した **Table 1** のものと同じ傾向を示す結果である。

(5) 浸透能調査

崩壊斜面の内外地点において地表の浸透能を測定した。使用した測定器はマスグレープ型浸透計で限界測定範囲が最大 $150\text{mm}/\text{hr}$ のものである。**Fig. 8** に測定結果を示した。崩壊斜面内の断層破砕帯中粘板岩質の位置で測定したものを F-1, 断層面に挟在している粘性土の位置で測定したものを F-3 で示した。この2地点における浸透能は低いものであるが、その他、崩壊地内および周辺部において測定した結果は、使用

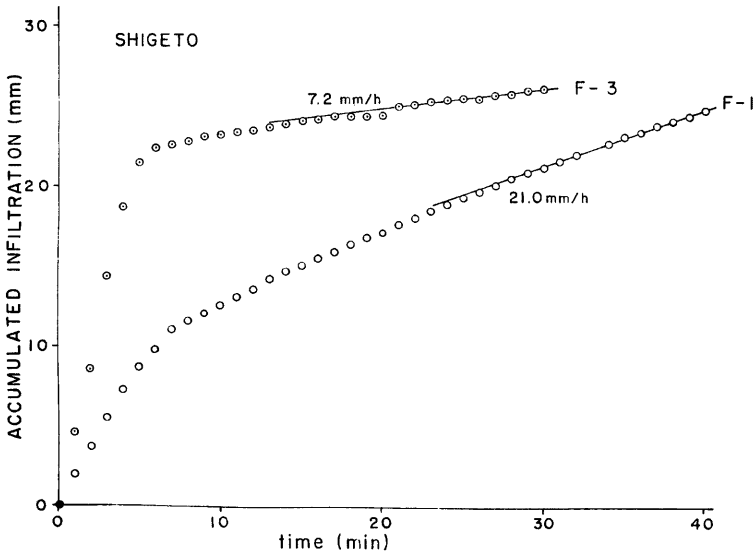


Fig. 8. Results of the infiltration test on the rocky ground surface.

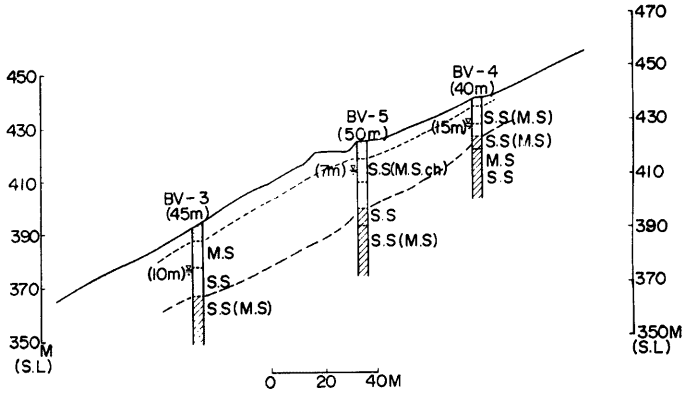
した浸透計の 150mm/hr という測定限界を越える高い浸透能を示すために計測できなかった。断層面の粘性土の浸透能では 7.2mm/hr ときわめて低く、難透水性となっている。

4.2 地下構造調査結果

崩壊発生前に斜面を構成していた表層は崩土となって滑落したので、その構成状態を推定するために、崩壊斜面周辺部に高知県によって施工されたボーリング調査資料⁴⁾を参考にして、地下構造を検討してみた。Fig. 9 (a), (b) に示した断面図はボーリング資料を整理したもので、崩壊斜面の向って左上部の場所である。ボーリング孔 BV-4, BV-5 は崩壊斜面内で確認された断層破砕帯の延長方向にあたる部分である。地下構造はボーリングコアの観察記録から3層に分類することができ、第1層(表土層)、第2層(強風化層)、第3層(弱風化層)となっている。各ボーリング孔における地下水位は、通常第2層中に形成しているが、降雨によって水位上昇が激しく、各孔の最大変動幅を図中にカッコ内に示した。尾根にある BV-6 においては実に水位変動幅が 17m もあるなど、崩壊斜面周辺部における地下水面の変動幅がきわめて激しいことがわかる。Fig. 9 (a), (b) の断面図および、崩壊斜面内の削はく部の状況から考えてみて、斜面の向って左側では第2層の強風化層中にスベリ面が形成し、右側部では第2層と第3層の境界にスベリ面が形成したと推定できる。

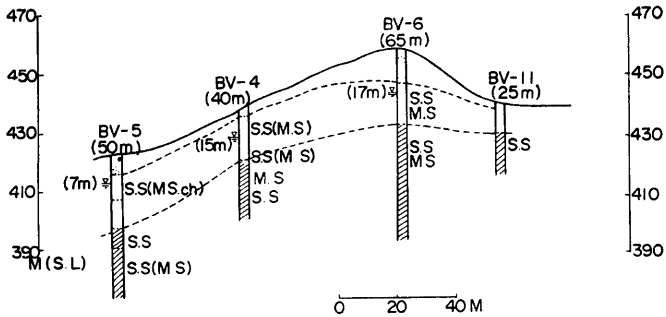
5. 考 察

今回の崩壊発生は、最大時間雨量 95.5mm/hr、崩壊発生頃までの連続雨量 776.5mm/hr が記録され斜面下部に住んでいた人々の話によると、崩壊前に斜面の各所において湧水が認められた。崩壊後におけるボーリング孔水位の観測結果から推定して、崩壊前には斜面内の地下部において、多量の地下水が滞水したと思われる。崩壊10日後における斜面内に形成した主要の湧水点 (Fig. 5 の W₂) で 240.0 l/min の湧出量を観測したが、これだけの水量を涵養するためには広範な集水域が必要となり、そのような集水現象を示す地



S.S.: sand stone M.S.: mud stone ch: chert

Fig. 9 (a). The lateral cross section of the landslide area as a result of the borehole data.



S.S.: sand stone M.S.: mud stone ch: chert

Fig. 9 (b). The longitudinal cross section of the landslide area as a result of the borehole data.

下水系はきわめて特異なものである。崩壊斜面内に確認された断面破砕帯は、特に断面面に挟在する粘性土により難透水性の“壁”を斜面に対して深い角度で斜交する形で存在しており、浸透能が高い斜面上部に浸透した浅層地下水を集水し、 W_2 地点へ導水する効果を持っている。 W_2 地点の湧水は、断面面にそって形成しており、難透水性の粘性土が遮水壁となっていて、地下水流動を規制していると考えられる。地下水の浸透域となっている斜面上部にはチャートが分布しているが、P 波速度 1.7km/sec、電気比抵抗分布からみて滞水性がなく、浸透能 150mm/hr 以上などきわめて浸透条件がよく、10年程前に樹木の伐採がおこなわれ雨水の蒸発散作用の低下など、湧水点 W_2 への供給が活発であることが推定される。自然放射能測定

によると、断層面ではきわめて高い値が検出されており、断層面の地下水通路が地下深部から連続していることを示唆している。崩壊斜面周辺部の地質構造は過去の衝上断層による痕跡が各所で観察されるが、地山の弱化は深部にも達していると思われる。

崩壊斜面は後背地の追回山の支尾根となっており、地形的には凸型で比高約 100m の急傾斜地である。表層の風化帯は発達しており、地表の形状とは異った集水的地下水系により、地下水が豊富に供給されていた。しかし斜面地下部より地下水が順調に排出されておれば、崩壊発生に結びつく地下水滞りは起りにくいが、なんらかの原因で、地下水系の水径が、遮断されることがあれば、地下水の貯留が起り、斜面地下部から水圧がかかり崩壊に結びつくことが考えられる。

6. お わ り に

崩壊斜面において、長期間にわたる調査は今までにあまりなく、対策工事の施工のためにおこなう短期間の調査が多い。今回の調査は1972年7月5日直後の踏査を初めとして、途中における中断はあったが、比較的長く観測を行なうことができた。本調査研究をすすめるにあたり高知県森林土木課、中央林業事務所治山課、土佐山田町繁藤支所、国鉄繁藤駅ならびに地元の方々には援助と協力を受けた。また、この研究をおこなうために、文部省科学研究費補助金による援助を受け、神戸大学工学部長田中茂教授、京大防災研究所島通保教授には研究上で適切な指導を受けた。その他、多くの方々により協力、助言を受けた。ここに以上の方々に対し深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 小出 博：日本の地すべり，東洋経済新報社，1955.
- 2) 河合正虎：高知県土佐山田町「繁藤地区」の地質学的特性，地質ニュース，第252号，1975，pp. 1-11.
- 3) 島 通保・中川 鮮・奥西一夫・竹内篤雄：繁藤地区の地すべり性崩壊について，文部省自然災害科学総合研究報告書，1973，pp. 167-173.
- 4) 高知県農林部：繁藤地区測量試験事業報告書（昭和47年度，48年度，49年度），1972，1973，1974.