

地すべり末端部における川越え隆起現象について

— (1) —

山口 真一・竹内 篤雄

ON THE SPECIFIC UPHEAVAL PHENOMENON AT THE TIP PART OF THE LANDSLIDE AREA —(1)—

By Shinichi YAMAGUCHI, Atsuo TAKEUCHI

Synopsis

Upheaval phenomenon at the tip part of landslide is not so rare. But the upheaval at the opposite side of the river which runs at the tip part of landslide seems to suggest the factore of cause of the landslide.

Accordingly, for the purpose of making clear the phenomenon, the study was carried out.

In beginning, the electric survey was carried out at some landslide areas which had the specific upheaval phenomenon.

As the result of the investigation, the next facts were revealed:

- (1) The difference of the apparent resistivity between the upheaval area and the non upheaval area was caused by the occurence time of the upheaval phenomenon.
- (2) The difference of the apparent resistivity between the upheaval area and the non upheaval area was caused by the geological factor.

1. 序

地すべり土塊の移動機構に関しては、最近特に地球物理学的調査方法を駆使することにより、その全貌が明らかにされつつある。

筆者等も数多くの地すべり地において、その地すべり土塊の移動機構を解明するために種々の調査を行って来ているが、これら各地すべり地の調査結果を整理してみた所、一つの興味ある現象が存在することに気付いた。

筆者等が調査した地すべり地においては、一般に地すべり末端部が、河川で止っており、河川流により末端部を侵蝕されている場合が多い。今回興味を抱いた現象は、地すべり末端部が、その末端部に存在する河川で止っておらずに、その河川個所を隆起させて更らに地すべり地対岸をも隆起させている現象である。このような隆起現象を“地すべり末端部の川越え隆起現象”と名付けた。この現象は、今日まで地すべり工事関係者、及び研究者の間に於ても殆んど注意されておらず、地すべり本体の調査資料に較べて、その資料は皆無に等しい。そこで、筆者等は、この川越え隆起という特殊な地すべり現象に注目し、この川越え隆起現象の意味するところのものを捉えようと試みた。

現在まで調査した所によると、川越え隆起現象を示している地すべり地は、4ヶ所存在する。その地すべり地は次の如くである。

- 1 矢津地すべり地：新潟県栃尾市北荷項地内

- 2 少林山地すべり地：群馬県高崎市鼻高町及び藤塚町地内
- 3 亀ノ瀬地すべり地：大阪府柏原市峠地内
- 4 長者地すべり地：高知県高岡郡仁淀村長者地内

上記の他にも2, 3ヶ所川越え隆起現象を示す地すべり地があるということであるが、まだ確認はしていない。以上4ヶ所の地すべり地においてはいずれも明確な隆起現象を地すべり対岸に見ることが出来る。これら各地すべり地において隆起現象を起している部分についての調査が行われている箇所は、国道が隆起し、交通に支障を来たしている高崎市内の少林山地すべり地と柏原市内の亀ノ瀬地すべり地の2ヶ所のみで、他の長者地すべり地と、矢津地すべり地については隆起現象を起している部分についての調査は全く行われていない状態であった。そこで今回は地すべり現象としては特殊な現象である川越え隆起現象を解明するために行なわれる調査の一環として、川越え隆起を起している地区を含めた一帯において、電気探査を実施し、同現象を起している地帯とその周辺との間に、電気的性質の違いがあるかどうか調査した。

その結果、川越え隆起現象を起している各地すべり地に各々異った電気的性質が存在していることが判明した。

2. 亀ノ瀬地すべり

2-1 亀ノ瀬地すべりについて

亀ノ瀬地すべりについては古来より多くの報告書、論文が公にされている。1)~7) この地すべりの存在する大阪府柏原市峠は大阪府と奈良県の境界ともなっており、大和川の neck ともなっており、交通上重要な地点である。今回調査対象地区となった地すべり地対岸の隆起部は昭和6年~7年にかけての峠地区地すべり活動の際に初めて隆起を起し、昭和7年1月15日から5月31日にかけて通算累積隆起量が16mにも達している (Fig. 2)。その後昭和26年の清水谷地区の小規模な地すべりの時には殆んど隆起せずに小康状態を保っていた。昭和42年2月に清水谷地区地すべりの北方に頂点をもった Fig. 1 に示した地区に新しい地すべりが発生し、その後その活動は旧峠地区地すべり地にも及び、一時は関係者を緊張させたが、4月以後は小休止状態にある。しかし、ここに注目すべき事があった。昭和7年の地すべり活動の時に隆起し

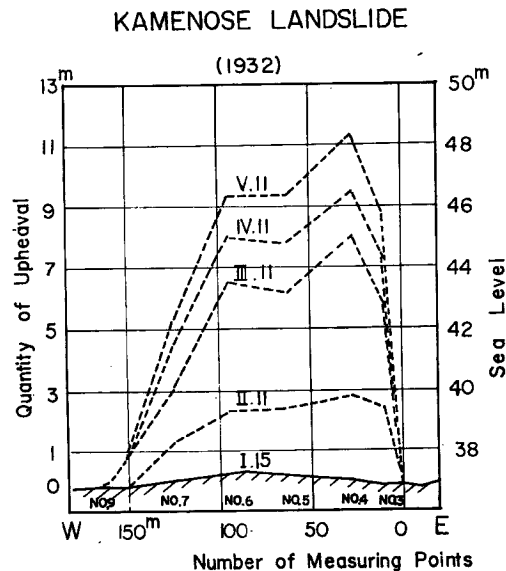


Fig. 2 Upheaval quantity graph of the upheaval area (1932).

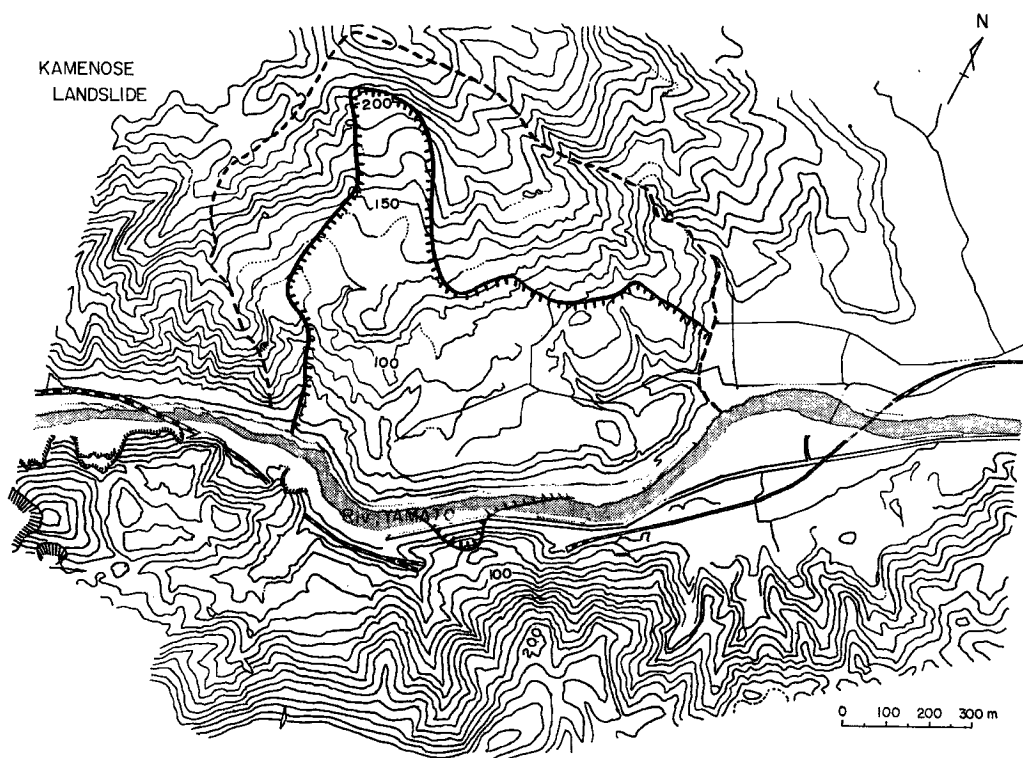


Fig. 1 Topographical map of the Kamenose Landslide Area.

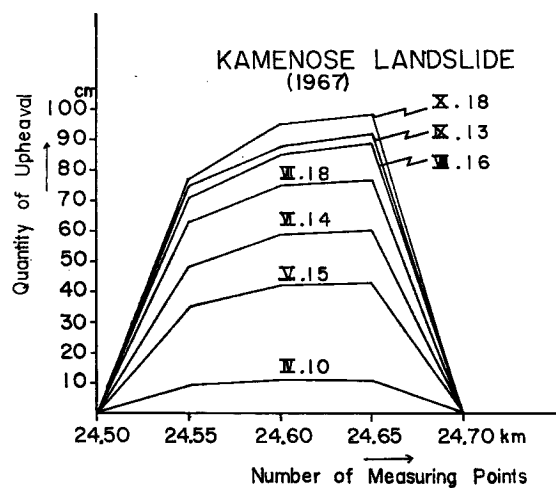


Fig. 3 Upheaval quantity graph of the upheaval area (1967).

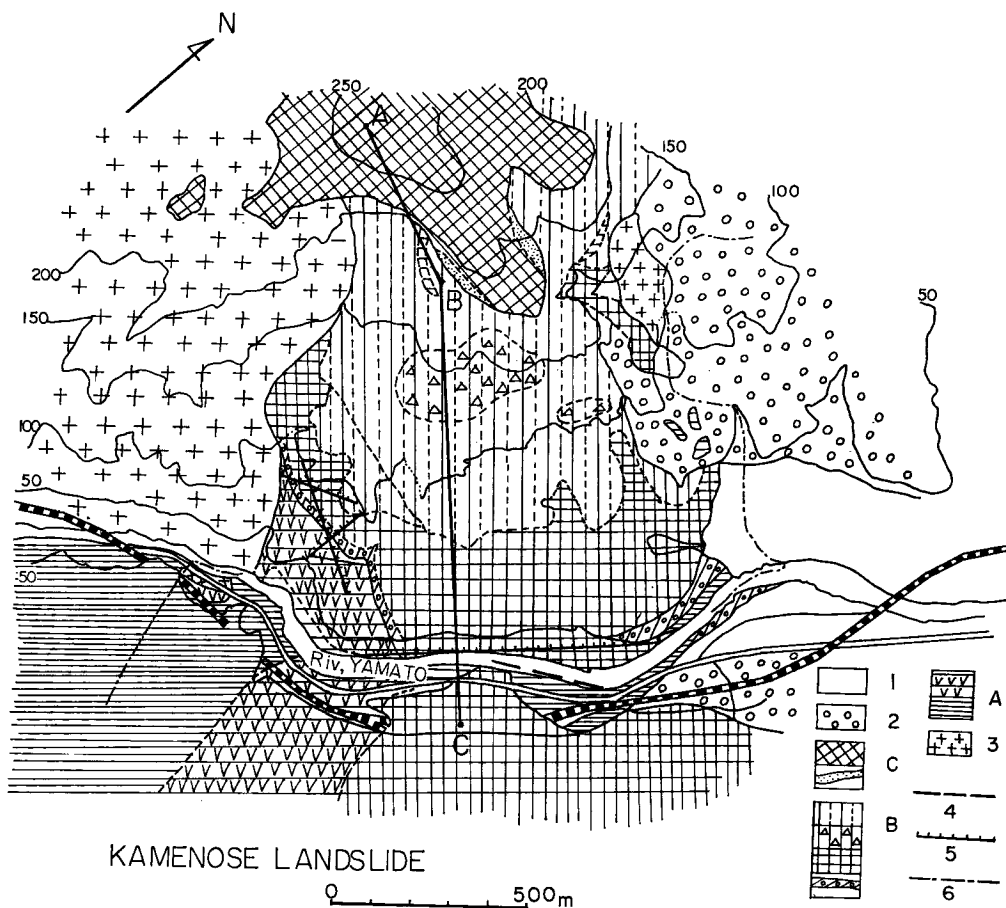


Fig. 4 (a) Geological map of the Kamenose Landslide Area

1 alluvial layer, 2 Osaka formation, 3 granite, 4 presumed fault,
5 measuring line of seismic prospecting, 6 border line of prefecture
A-B-C show the location of profile.

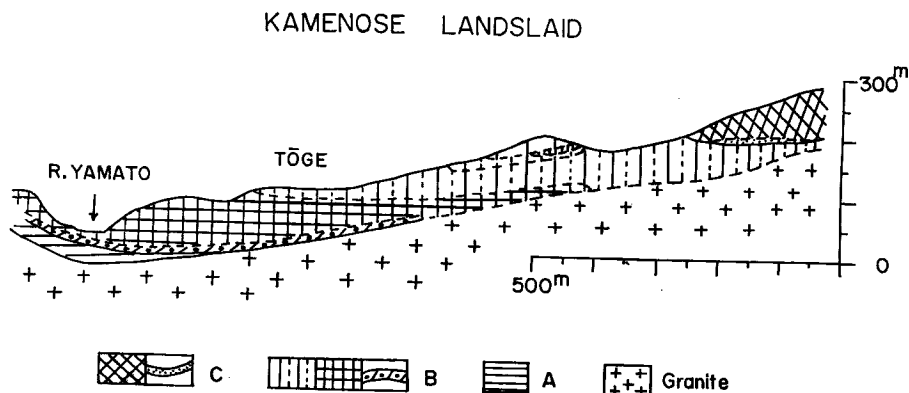


Fig. 4 (b) Geological profile of the Kamenose Landslide Area.

た所と同じ所が、隆起しはじめたのである。

その隆起状態は Fig. 3 に示されている如く昭和42年10月18日現在 1m で未満であるが、一時は交通制限をしたほどであった。今回の隆起活動は藤田⁹⁾ により詳しく調べられているが、その地質図を見ると、Fig. 4 (a, b) に示すごとく今回の隆起現象は前回隆起したものの復活であり、花崗岩類及び、A層を基岩として、B層がA層の上に対岸の地すべり土塊の土圧によりせり上げられたが如き様相を呈している。このことは、高篠、弓削田⁹⁾ の報告によって裏付けられている。つまり隆起部は水平移動を起しており、下流側で 70 cm, 上流側で 30 cm も南方にある明神山にめり込んだ恰好となっており、明神山中腹に設置した伸縮計の記録がいつも縮みを示しているという。

2-2 調査方法

上記したような地すべり活動期に電気探査三極法による水平探査を隆起部及びその周辺において実施した場合どのような結果が得られるかは大変興味あることである。

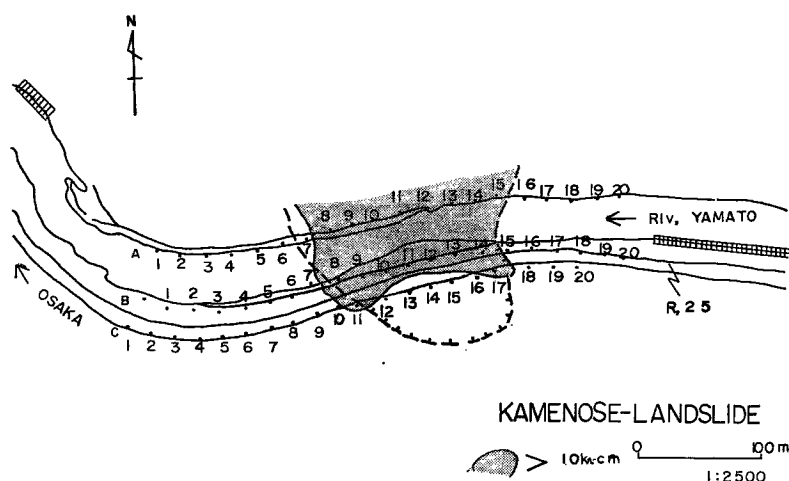


Fig. 5 Location of the measuring points of electric survey.

Fig. 5 に示す如く、大和川の右岸、左岸及び、国道25号線の左側に各々隆起現象を起している地区を含めて3測線を設け、各測線共測線長は 300 m であり、測点は 15 m 間隔に20点計60点を設けた。遠方電極は下流約 300 m にある亀ノ瀬橋の見張り小屋付近に差し込み電極間隔 a を 2 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m に変化させてその電気見掛け比抵抗値を測定した。

2-3 調査結果

測線名は Fig. 5 に示した如く右岸に設けた測線をA、左岸河床に設けたものをB、国道25号線左岸に設けたものをCとし、測点番号は各測線共大和川下流より上流に向い1から20までとした。

三極法にて測定したものを同深法による解析と、各測線毎の見掛け比抵抗値をグラフに示す解析とを行ったので、同深法による解析結果より述べる。

各電極間隔における見掛け比抵抗値を各測点を記入した平面図に書き入れて、その値の分布状況をまとめたものが、Fig. 6 である。これは見掛け比抵抗値 $10 \text{ k}\Omega\text{-cm}$ 以上を示す測点の分布を見たものであるが、この分布図によると、その分布状況が川越え隆起現象を起している範囲と殆んど完全に一致していることを示している。電極間隔 2~10 m ではその分布は明神山方面まで伸びており、広い範囲がもまれていることを示しているのに対し、電極間隔 15~20 m ではその分布はA、B測線にかぎられているが、相当深部までもまれていることも示されている。

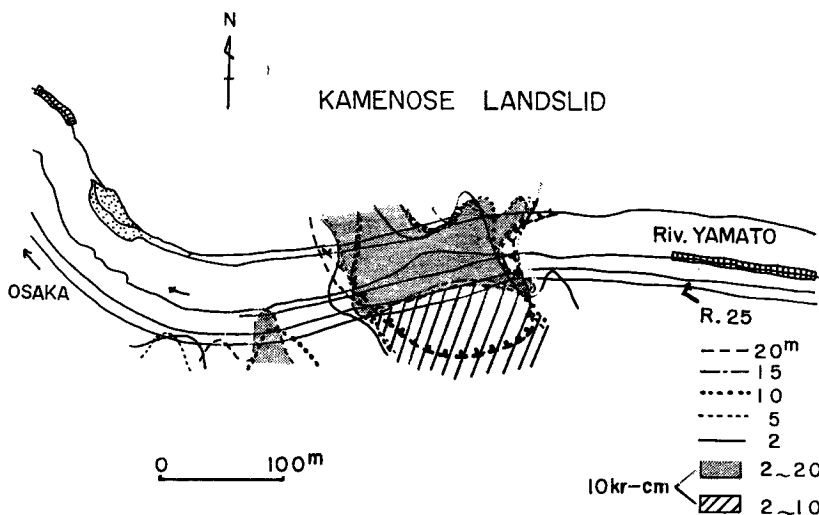


Fig. 6 Horizontal distribution of the apparent resistivity.

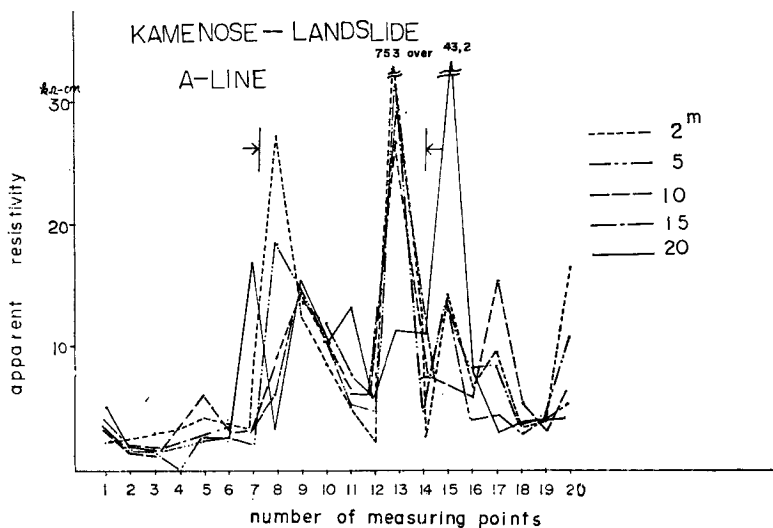


Fig. 7 Graph of the apparent resistivity at A line.

次に各測線毎の見掛け比抵抗値をグラフに表わしたものを見る。

A 測線 (Fig. 7) : 各電極間隔毎の見掛け比抵抗値をグラフに示してあるが、矢印をした所が隆起部と非隆起部との境界である。これを見ると、各電極間隔の見掛け比抵抗値はいづれも、隆起部、非隆起部の境界付近で極大値を示している。電極間隔 $a=2, 5$ m のグラフでは測点8と測点13に極大を有し、 $a=10, 15$ m では測点9と測点13、 $a=20$ m では測点7、9と測点15に極大値を有している。又測点13、14の方が測点7、8の方より高い見掛け比抵抗値を示している。

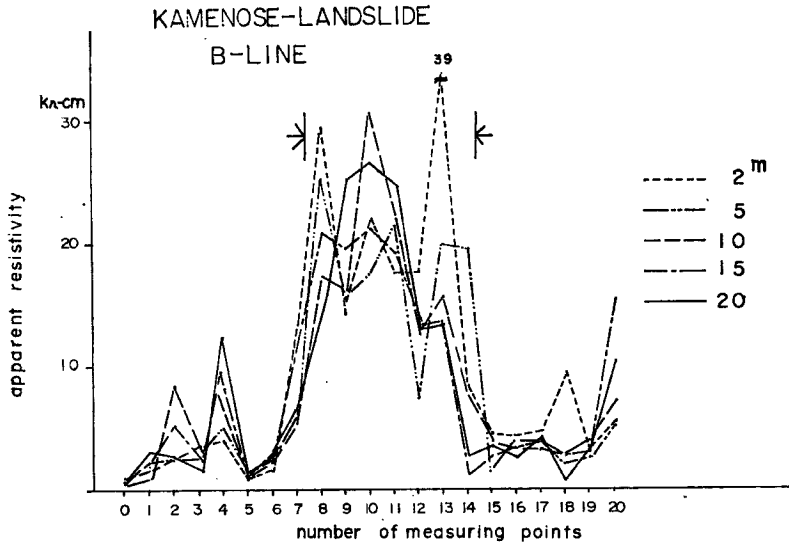


Fig. 8 Graph of the apparent resistivity at B line.

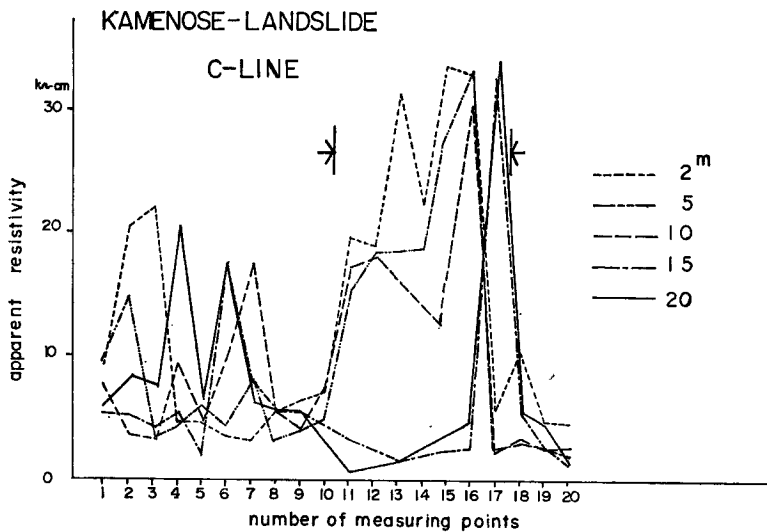


Fig. 9 Graph of the apparent resistivity at C line.

B測線 (Fig. 8)：矢印をした所が隆起部・非隆起部の境界である。A測線でははっきりした極大値が非隆起部と隆起部の境に見られたが、B測線では、隆起区間全体が高見掛け比抵抗値を示している。このことはB測線下は隆起区間全体にわたりもまれていることを意味している。

C測線 (Fig. 9)：これを見ると、隆起部全体が高見掛け比抵抗値を示していることが、B測線と異なることは電極間隔が大きい所 ($a=15, 20$ m) では測点18にのみ極大値が存在しており、 $a=5\sim10$ m では隆起部全体に高見掛け比抵抗値が存在している。このことは、深部 ($a=15$ m 以深) では測点18では非隆起部

と隆起部との境は、はっきりしているが、その他の部分は非隆起部と同様に低見掛け比抵抗値を示しており、あまりもまれていないことを示している。つまりC測線では浅部のみがもまれており、深部は一部を除いては殆んどもまれていないと考えられる。

2-4 電気探査結果と諸要素との対比

以上電気探査三極法による解析結果について述べたので、この結果と他の要素（地質、移動現象観測結果）とを対比して見る。

亀ノ瀬地すべり地の地質については古来より多くの調査がなされており、報告書も多く公表されている。最近では藤田⁹⁾によりかなり詳しく調査されている。それによるとこの付近の地質は Fig. 4 a の如くであり、その断面図は Fig. 4 b の如くである。隆起現象を起している付近の地質は平面的には、明神山火山岩（A層）である安山岩熔岩の上をドロコロ火山岩の安山岩熔岩（B層）が覆っていて、隆起現象を起している所はB層であり、両側の非隆起部はA層が存在する。又断面図によると最下部に領家花崗岩類があり、その上にA層の明神山火山岩の安山岩熔岩がある。これを覆ってB層に属する礫岩があり、この上に隆起を起していると考えられるドロコロ火山岩の安山岩熔岩が存在する。隆起部におけるB層の層厚は約 20 m である。

一方1967年4月ごろからの国道25号線及び、大和川河床の隆起に関しては、高篠、弓削田⁹⁾により詳しく観測されている。

これによると、隆起量は1967年10月18日現在国道25号線で 100 cm、左岸河床で 90 cm、右岸距離標で 115 cm にも及んでいる。又国道25号線の観測結果によると、Fig. 3 に示すごとく下流側より上流側の方が 20 cm も余計に隆起していることが示されている。

一方隆起部の水平移動量を見ると、下流側のクラックで 70 cm、上流側で 30 cm も明神山方向（南）にめり込んだ恰好となっており、明神山中腹に設置された伸縮計もこれを裏付けるかの如く、かなりの縮み量が観測されている。つまり水平移動と垂直移動とより考えると、この隆起現象を起している土塊は明神山にせり上がっていることになる。

これらの諸調査結果に基づいて電気探査結果について考察してみる。

電気探査の調査結果によるとA測線では隆起部と非隆起部との境界がはっきりしており、この部分がひどく破碎されていることを示している。大和川対岸のB測線に移ると隆起部全体が高見掛け比抵抗値を示しており全体的に破碎されていることを示している。又C測線を見ると、 $a=2\sim 10$ m では全体的に破碎されていることを示しており、 $a=15\sim 20$ m では、上流側の隆起部と非隆起部の境が明確に示されているのみである。

したがって、隆起量のはげしい上流側のA層とB層との接触部では、破碎度のはげしく、電気的にも高見掛け比抵抗値が示されている。一方下流側の隆起部も同じ地質状態にあるが、上流側に比べて隆起量が少なく観測されており、これが、電気的には上流側よりも高見掛け比抵抗値が低く測定される結果となっている。又隆起部では、B測線つまり対岸からの地すべりの土圧により押し上げられていると考えられる所で、深部まで破碎されているためか $a=20$ m においてもなお高見掛け比抵抗値を示している。C測線では、A層の上ののっているB層が薄いためか、 $a=10$ m までしか高見掛け比抵抗値は測定されておらず、これより深部では、あまり強く破碎されていないことを示していると考えられる。このように活動中の地すべり末端部の川越え隆起部では、その隆起状況と地質構造とがある程度一致しており、更らにこれらと電気探査による調査結果とが非常にうまく合致することが明らかになった。

3. 少林山地すべり地

亀ノ瀬地すべり地の川越え隆起現象を起している所において電気探査三極法による調査を行った所、非常によい結果を得たので、同じような隆起現象を起している少林山、矢津、長者の各地すべり地においても同様な調査を実施して見たので、その結果をのべる。

3-1 少林山地すべり地について

少林山地すべり地については、これまでに多くの調査がなされており、その報告書も出されている^{10)~14)}。少林山地すべり地は高崎市の西方約 4km 国道18号線が碓氷川の北岸に沿って西にのびるあたり、高崎市鼻高町と藤塚町にまたがり、その面積は 50 ha に達している。少林山地すべり地は大きくわけて三つのブロックより構成されており赤岩地区、寺沢地区、藤塚地区と区別されている。(Fig. 10) 今回の調査対象となったのは寺沢地区の地すべり土塊の移動により隆起現象を起している碓氷川河床及び国道18号線の存在する藤塚地区である。この付近の地質は Fig. 11 (a), (b) に示されている如く基盤として中新世高崎層群の板鼻層があり、礫岩、砂岩、泥岩の互層であり、この地層はおおむね N50°W, N20°E の方向に傾斜を有している。この板鼻層をおおって安山岩質の第四紀凝灰角礫岩が存在する。この地層は安山岩角礫、火山灰、浮石で構成されており、この岩石はところにより礫の含有度、固結の度合いを異にし、風化の程度もかなり異

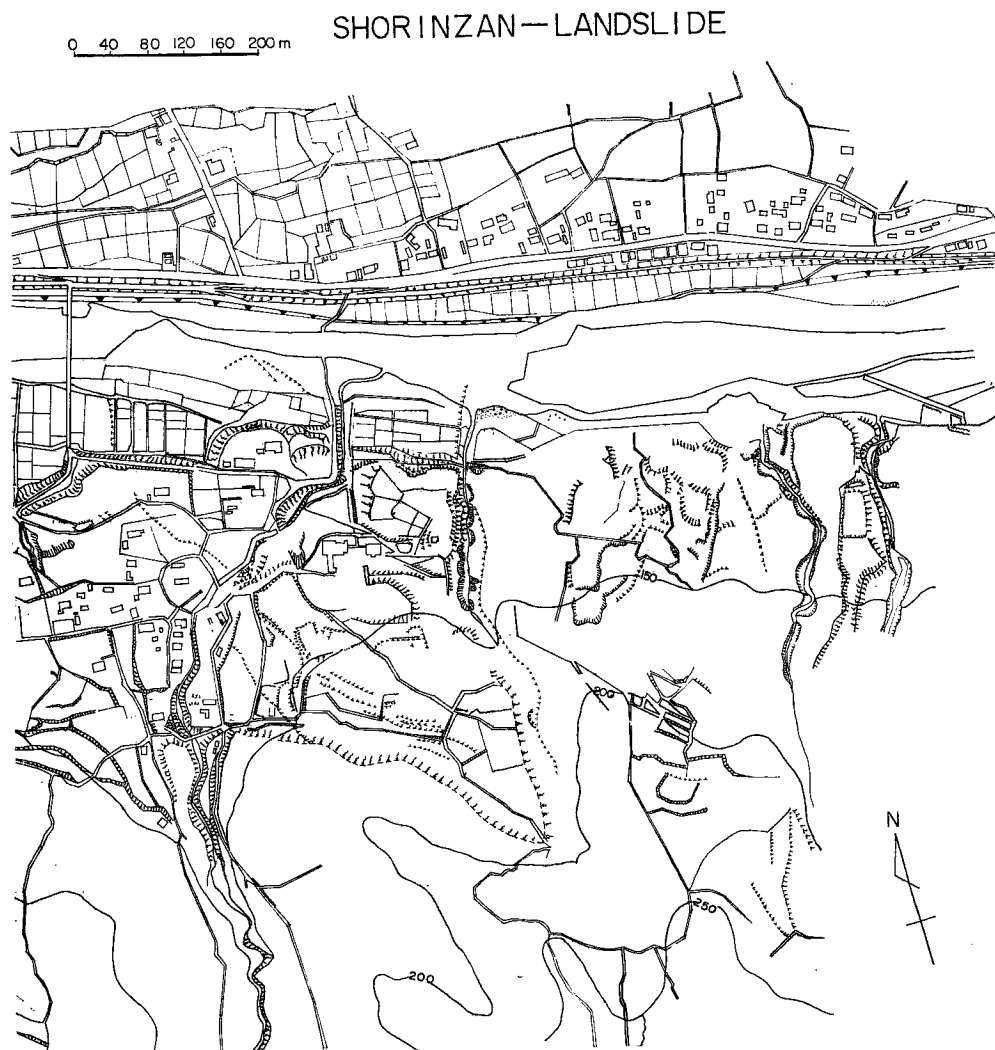


Fig. 10 Topographical map of the Shorinzan Landslide Area

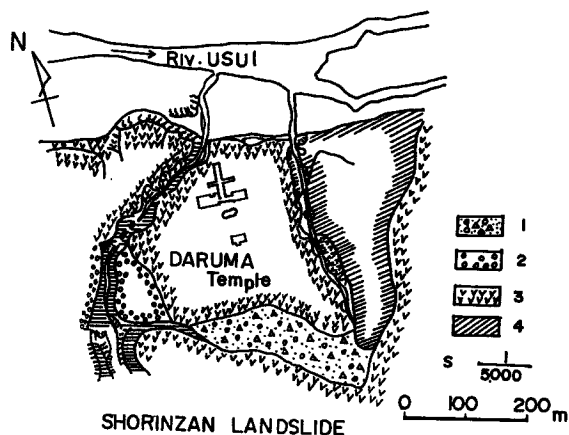


Fig. 11 (a) Geological map of the Shorinzan Landslide Area.
 1 deposit by old landslide, 2 gravel layer, 3 breccia tuff,
 4 alternate layer of sandstone, mudstone, and conglomerate.

SHORINZAN — LANDSLIDE

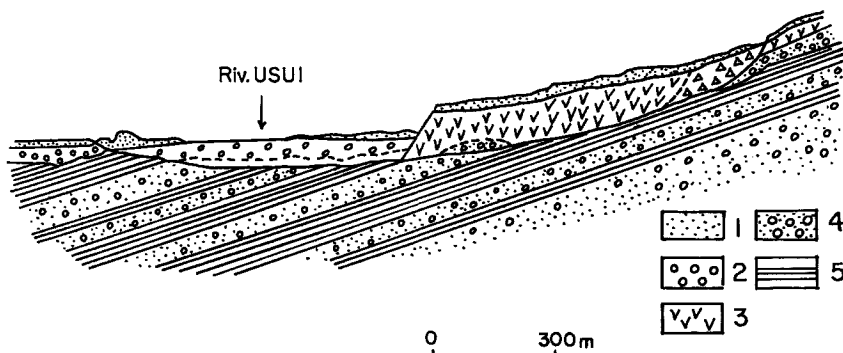


Fig. 11 (b) Geological profile of the Shorinzan Landslide Area
 1 top soil, 2 gravel layer, 3 breccia tuff, 4 conglomerate, 5 mudstone.

っている。藤塚地区の隆起現象は昭和35年5月に寺沢地区の地すべり活動が活発になって来ると同時に起りはじめ昭和36年7月現在長さ 300 m にわたり最高 3.5 m も隆起している。(Fig. 12)

しかも下流側より上流側の隆起活動の方が激しい。地質的にこの隆起現象を起しているのは、板鼻層の上に乗っている第四紀凝灰角礫岩であろうと予測されており、これが寺沢地区地すべり土塊の土圧に押されて Fig. 11 (b) に示されている基盤にそって活動しているものと考えられる。

3-2 調査方法

このような状況下に隆起している地区において電気探査三極法による水平探査を行った場合、亀ノ瀬地すべり地と同様な結果が得られるかどうか興味ある所である。

そこで当地すべり地において Fig. 13 に示すように碓氷川の右岸側に C, D, F の3測線、左岸側に河

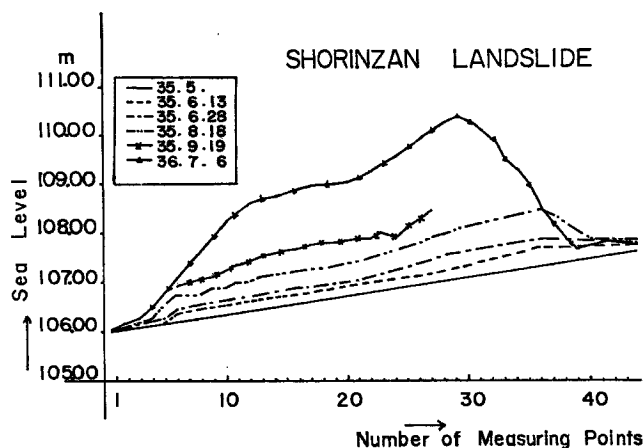


Fig. 12 Up heaval quantity graph of the upheaval area (1960)

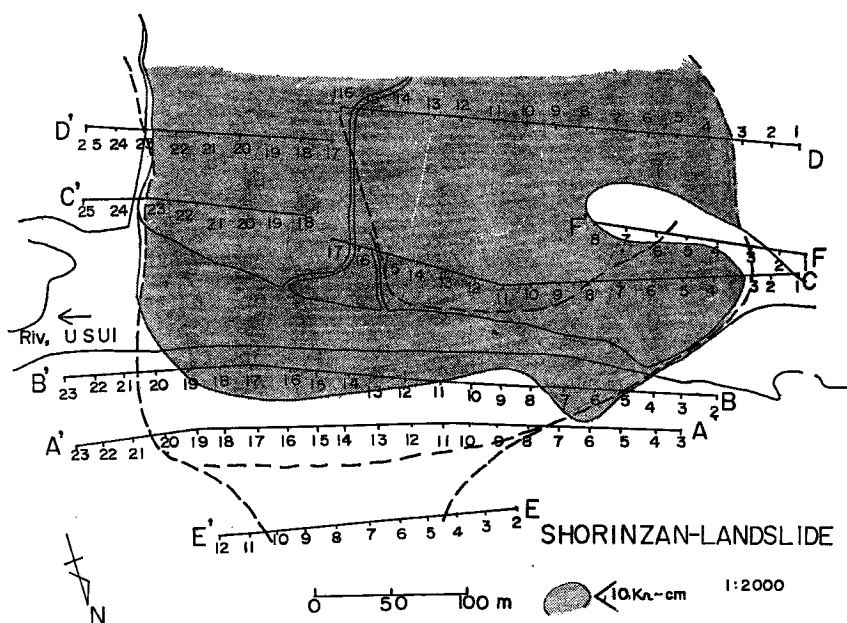


Fig. 13 Location of the measuring points of electric survey.

床，堤防，非隆起部に各1測線づつ，B，A，E測線を設けてあり，測点は上流側より下流側に向けて番号を設けてある。測点間隔は20mで総計112点である。測定方法は碓氷川上流方向に遠方電極を300m張り，電極間隔(a)を2m，5m，10m，15mに変化させてその電気見掛け比抵抗値を測定した。

3-3 調査結果

三極法にて測定した資料を同深法による解析と各測線毎の見掛け比抵抗値をグラフに表現する解析とを行ったので，同深法による解析結果より述べる。

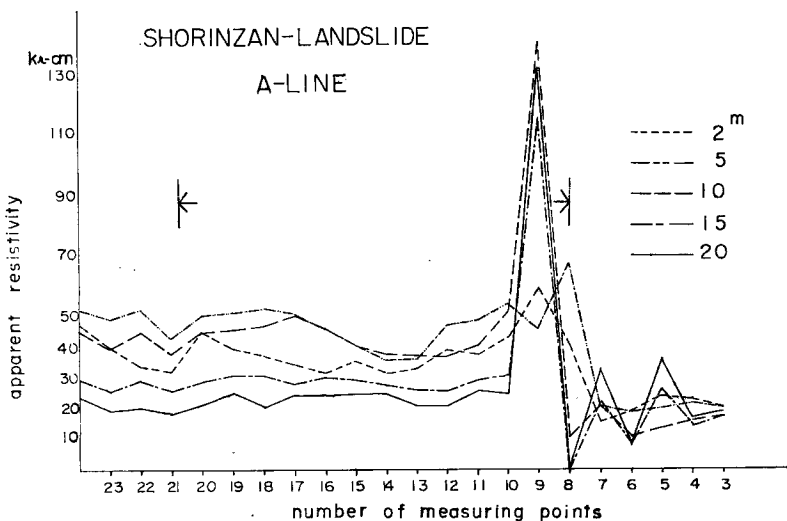


Fig. 14 Graph of the apparent resistivity at A line.

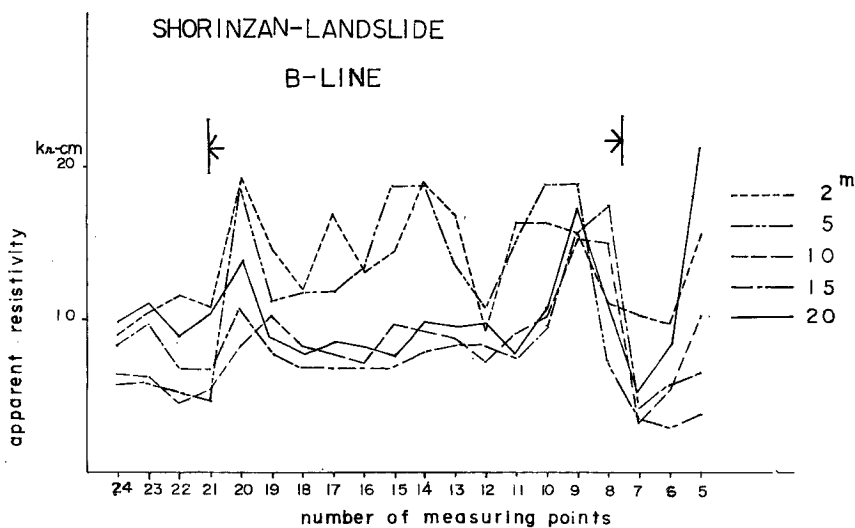


Fig. 15 Graph of the apparent resistivity at B line.

各電極間隔における見掛け比抵抗値を各測点を記入した平面図に書き入れ、その値の分布状況をまとめ、見掛け比抵抗値が $10 \text{ k}\Omega\text{-cm}$ 以下を示す測点の分布を示したものが Fig. 13 である。これを見ると、川越え隆起現象を示している範囲（破線にかこまれた所）と、低見掛け比抵抗値の分布状況とが一致していることが示されている。

次に各測点毎の見掛け比抵抗値をグラフに表わしたものを見る。(Fig. 14 ~ Fig. 19) これらのグラフによると、非隆起部との間にいづれもかなりはっきりとした電気的性質の異なりが示されている。碓氷川右岸の地すべり本体にあるD測線では下流側で非隆起部と隆起部との境では鋭い peak がその見掛け比抵抗値に

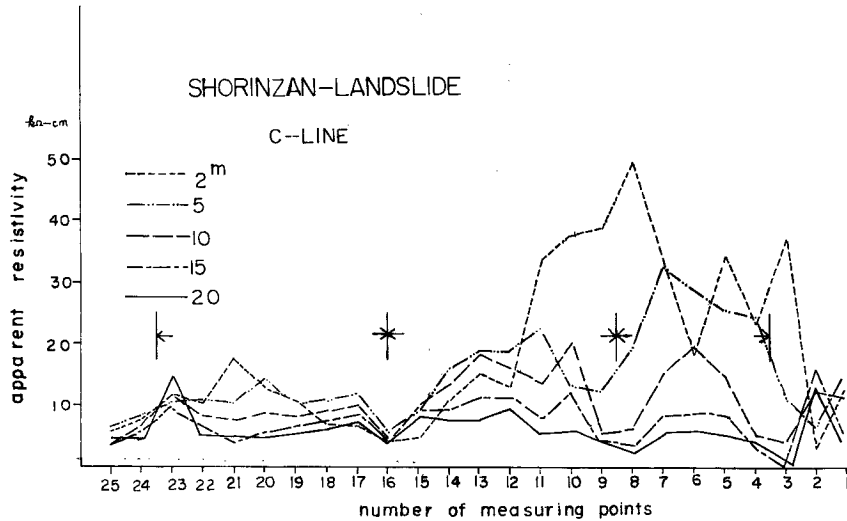


Fig. 16 Graph of the apparent resistivity at C line.

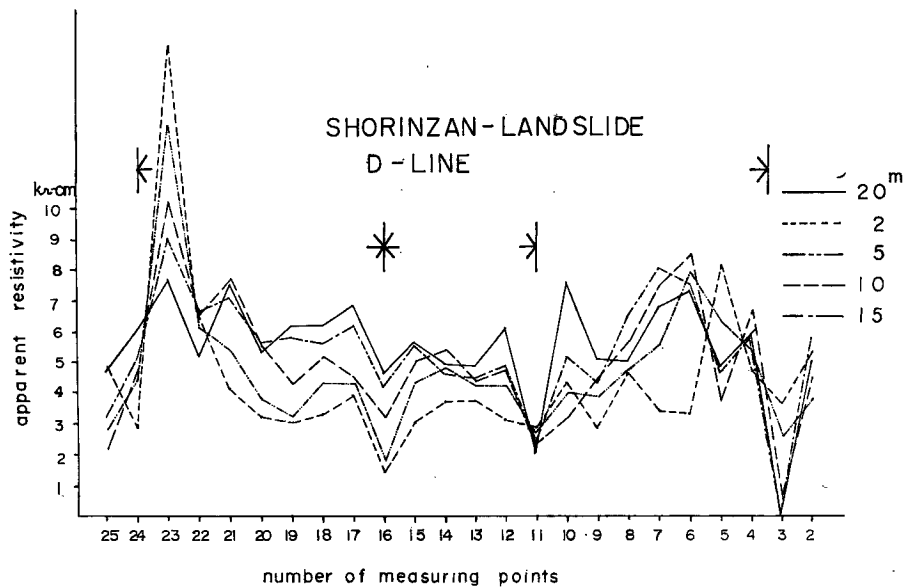


Fig. 17 Graph of the apparent resistivity at D line.

見られるのに対して、C、B測線は隆起部全体がその周囲に比べてやや高い見掛け比抵抗値を示している。A測線では、下流側では、非隆起部と隆起部との境では見掛け比抵抗値にはあまりはっきりした相異はないが、逆に上流側ではこの境で見掛け比抵抗値において非常にはっきりした peak が示されている。

D測線ではかなり深部まで破碎されていることが示されているが、C、F、B、A、E 測線では $\sigma=10$ m くらいまでがかなりもまれていることが示されている。

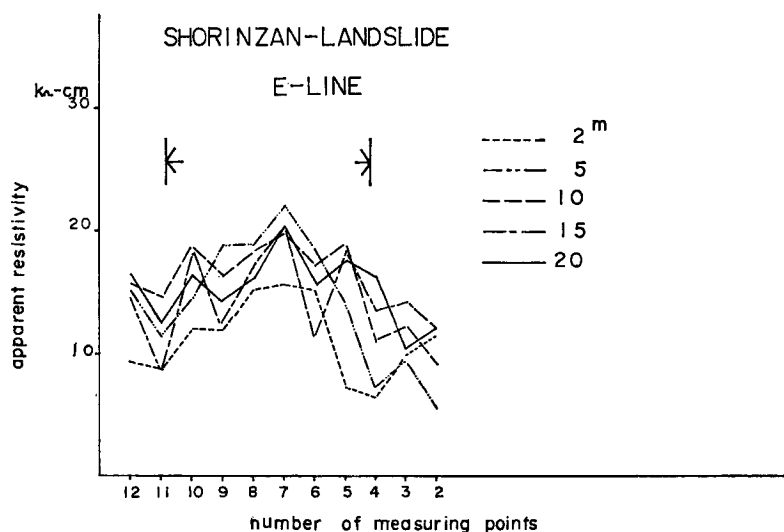


Fig. 18 Graph of the apparent resistivity at E line.

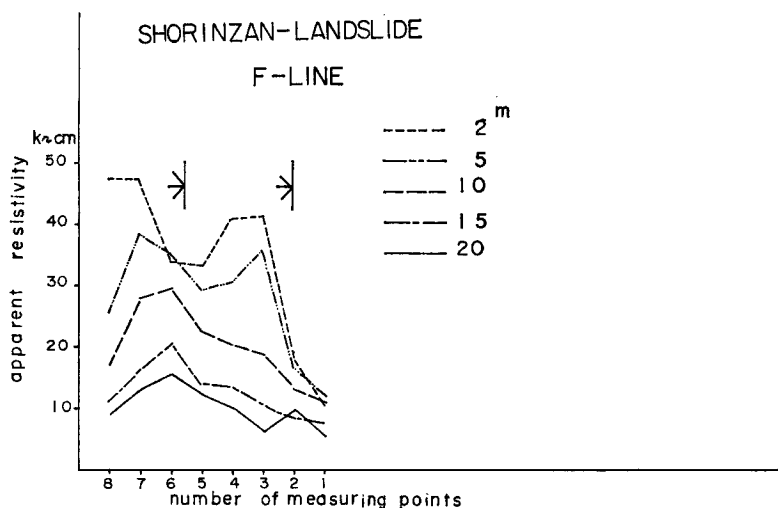


Fig. 19 Graph of the apparent resistivity at F line.

3-4 電気探査結果と他諸要素との対比

電気探査結果と地質図、隆起量観測結果とを対比させて見ると次のことがわかる。

D測線は地すべり本体である粘土化された凝灰角礫岩の上に設けてあるために見掛け比抵抗値は他の測線に比べて低く測定されているのに対して、B, C, A, E, Fの各測線ではいづれも河床砂礫層上に設けてあるために見掛け比抵抗値がD測線の測定値に比べて5～6倍高くなっている。Fig. 12に示した隆起量のグラフを見ると、上流側の方がより多く隆起しているが、これはA測線の結果を見ると見掛け比抵抗値が非

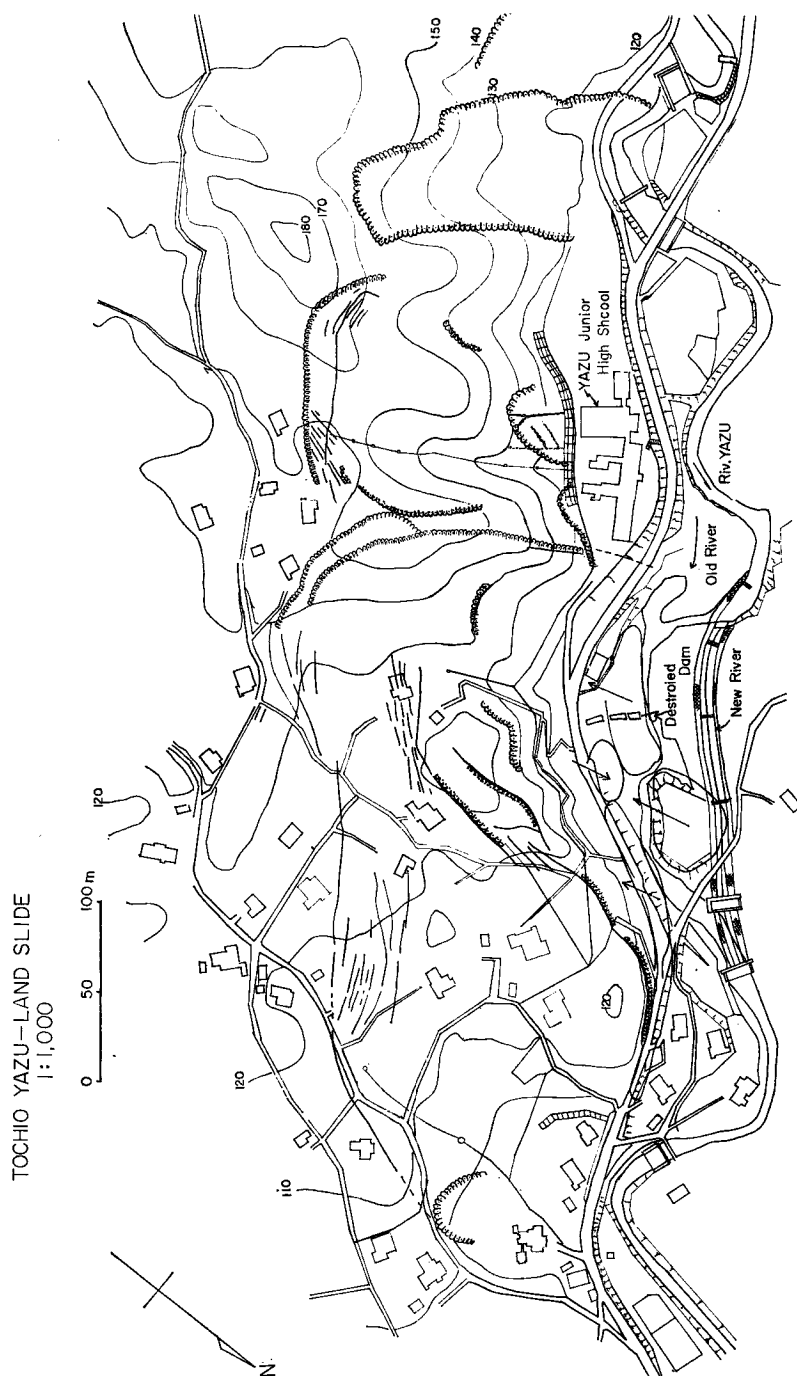


Fig. 20 Topographical map of the Yazu Landslide Area.

常に鋭い peak を示している。つまり、この部分が破碎されていることを示している。又 A, B, C, F においては、 $a=15\text{ m}$ 以下は割合低い見掛け比抵抗値を示しているが、これは隆起をしている砂礫層の層厚が、ボーリング柱状図によると、 $10\text{ m}\sim 20\text{ m}$ であり、それ以下では基盤と目されている第三紀板鼻層が存在しているためと考えられる。

4. 矢津地すべり地

4-1 矢津地すべり地について

矢津地すべり地については県砂防課の手による 2, 3 の調査報告書 (15), (16) と地質調査所による調査があるのみである。栃尾市南方約 4 km の北荷項地内にあり、移動面積は 21.7 ha である。この地すべりは昭和37年4月の融雪時に突然 8 ha にわたる地すべりが起り、矢津川堤防の破壊や人家に被害を及ぼしている。応急防止工事を施工したが移動が止まず、昭和38年4月の融雪期にまた地すべりが極度に活発になった。この際に矢津川河床及び、地すべり対岸が隆起したという。隆起量その他の資料はこの部分において全く調査がなされていないために不明であるが、地元民の話では、下流側が最も多く隆起しており、その量は約 5 m に達したという。このために矢津川は閉塞され、河床にあった砂防堰堤は持ち上げられて寸断破壊されてしまった。現在は北西側に新河川を切開して流水させている。(Fig. 20) この付近の地質は全般に椎谷層(第三紀)とそれを不整合におおって崩積土層が存在している。椎谷層は特に砂岩が発達しており、ボーリング結果によると 40 m までは全て砂岩となっており、 $45\sim 50\text{ m}$ で椎谷層に属する泥岩が出ている。又崩積土も殆んどが砂により形成されている。

4-2 調査方法

上記した如く砂岩中に生じた地すべり地で川越え隆起している地帯において電気探査三極法を行った場合どのような結果がでるか、これを知るために Fig. 21 に示した如く地すべり本体用水路沿いにA測線、隆起、陥没している道路にB測線、隆起した旧河道にC測線、旧河川中にD測線、新河川の北西側にE測線を各々設けた。測点は 20 m 間隔に設け、総計65点において測定した。電極間隔は $a=2\text{ m}, 5\text{ m}, 10\text{ m}, 15\text{ m}, 20\text{ m}$ である。遠方電極は矢津川上流 300 m の所に設けた。

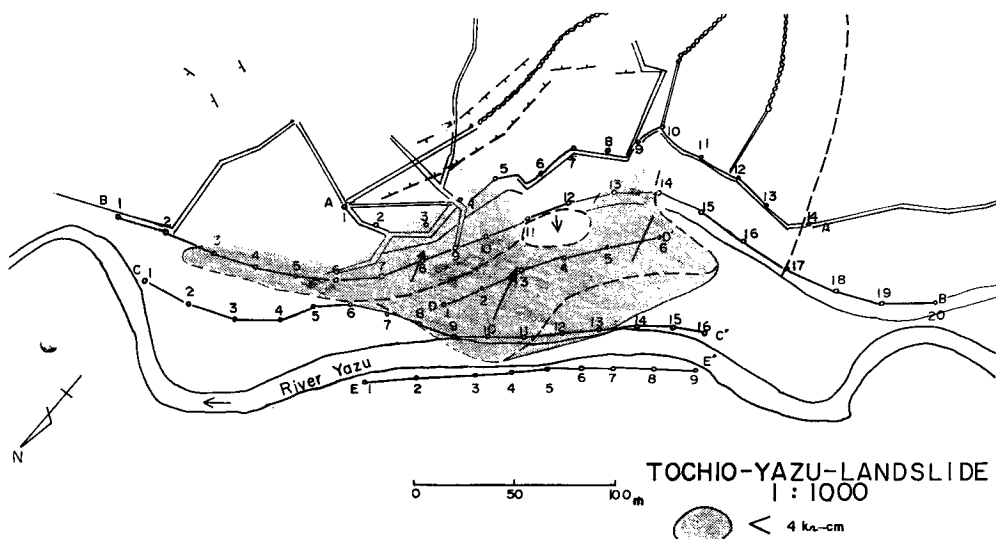


Fig. 21 Location of the measuring points of leectric survey.

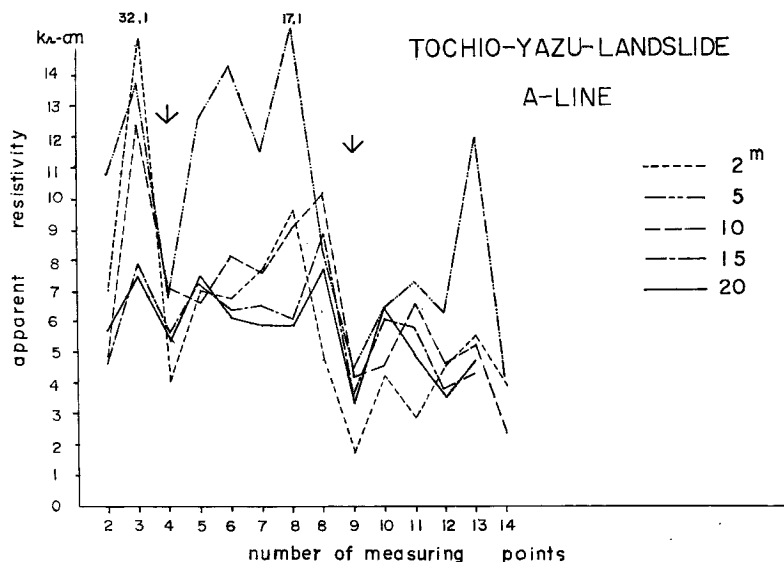


Fig. 22 Graph of the apparent resistivity at A line.

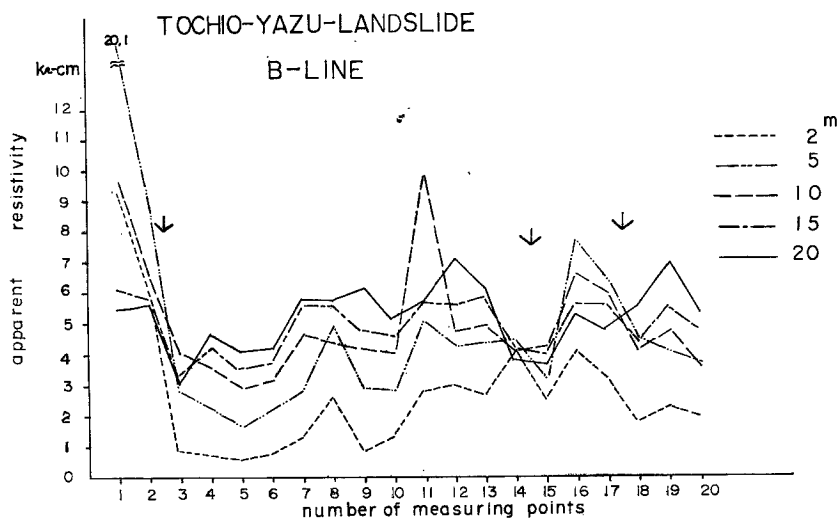


Fig. 23 Graph of the apparent resistivity at B line.

4-3 調査結果

三極法にて測定した資料を同深法による解析と各測点毎の見掛け比抵抗値をグラフに表現する解析を行ったので、同深法による解析結果により述べる。

各電極間隔毎の見掛け比抵抗値を測点を記入した平面図に書き入れ、その分布状況を見るものである。当地すべり地の資料をもとにして、この作業を行った結果、Fig. 21 に示す如く隆起部（破線に囲まれた部

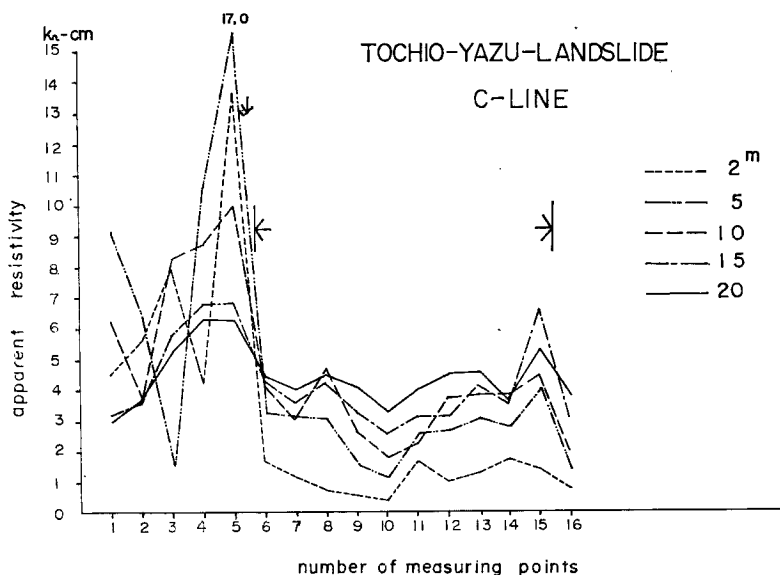


Fig. 24 Graph of the apparent resistivity at C line.

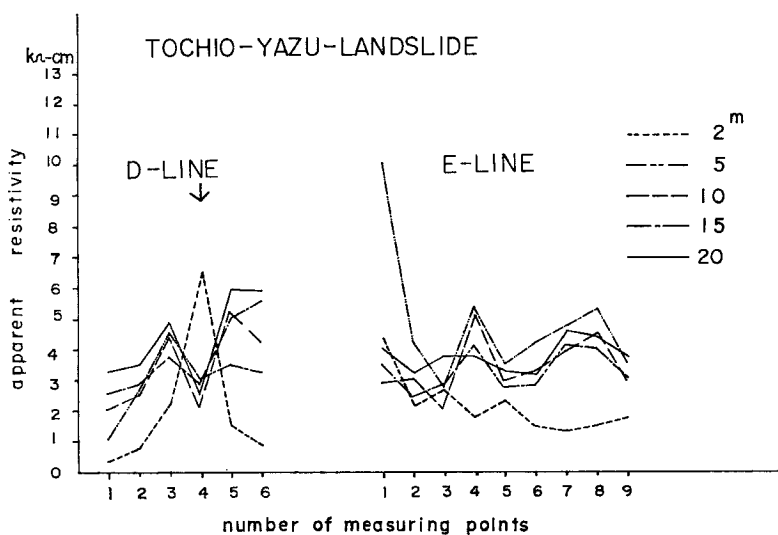


Fig. 25 Graph of the apparent resistivity at D & E lines.

分) とほぼ一致するように $k\Omega\text{-cm}$ 以下の低見掛け比抵抗値を示す地区が存在することがわかった。又隆起部の中に道路が長さ 30 m にわたり 50 cm くらい陥没した所があるが、そこは高見掛け比抵抗値を示しているのが興味あるところである。

次に各測線毎の見掛け比抵抗値のグラフを見よう。(Fig. 22~25) いずれも非隆起と隆起部との境にはっきりとした電氣的な相異がみられるが、特に一番隆起の激しいC測線においては下流側の激しく隆起してい

る所に鋭い peak が示されており、しかも $a=10$ m 以浅に非常にもまれた所があることが示されている。 $a=15$ m 以深においても巾広くもまれているようである。一方道路が隆起している B 測線においても下流側に鋭い peak があり、上流側の境界付近 13, 14 測点には凹型の peak がある。A 測線は地すべり本体中にあるが、測点 9, 10 では隆起現象が表われているかの如く凹型の peak が存在している。現在不動地となっている E 測線では各深度における見掛け比抵抗値の変化は殆んど見られない。

4-4 電気探査結果と他要素との対比

地すべり地全般に砂岩が分布している場合、隆起現象を起している部分とその周囲との間に電気的性質において相異があるかどうかを調べた所、隆起量の多寡及び土塊の破碎の強弱により見掛け比抵抗値において、高低の相異が出ていることが判明した。又非隆起部と隆起部との境では凸型 peak 又は凹型 peak が存在するが、他の部分では非隆起部、隆起部においてはあまり見掛け比抵抗値の間に差がないことが示されている。

5. 長者地すべり地

5-1 長者地すべり地について

長者地すべり地は高知市の西南西約 40 km の所にあり、北陸地方の第三紀層地すべりと異なり、古生層地すべりであり古生層粘板岩の間に挟まれた蛇紋岩境界層の地すべりとしては、我が国でも代表的なものの一つと考えられているもので、高知大学、京都大学の手によりかなり詳しく調査されて来ており、今日まで数多くの調査報告書、論文が出されている¹⁷⁻²¹⁾。この地すべりは村誌²²⁾によると延暦年間に大規模に発生しており、その後幾たびか大地すべりをくりかえして来ていることが示されている。

この数回の大地すべりの際に長者川を隆起させ、さらに対岸の山にせり上った地すべり土塊が現在でもそのまま残されている。

長者川に地すべりのたびに何度かその流路をかえていることは現地を見ても明らかである。明治時代に入ってから、明治19年に大地すべりが発生しており、これにより長者川の流路が、現在の所にかえられている。その後は明治23年に大きく動いており、それ以来毎年平均 1 m 以上の移動を示している。

現在流動している地すべりの巾は 100~200 m、地すべり方向の延長は約 950 m、標高差 230 m で、地すべり面積は約 14.3 ha である。(Fig. 26)

5-2 調査方法

上記した如く約千年前の地すべりで隆起した個所が、その周囲と電気的にどのような違いを見せるかを調査するために Fig. 28 に示した如く、地すべり本体に C 測線、地すべり対岸の隆起部に B、A の 2 測線を設けて、電気探査三極法を行った。測点は 20 m 間隔に設け、上流側より下流側に番号を付した。測点総計は 74 点で、電極間隔 (a) は 2 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m で測定した。遠方電極は長者川上流 300 m の所に設けた。

5-3 調査結果

三極法にて測定した資料を同深法による解析と各測線毎の見掛け比抵抗値をグラフに表現する解析を行ったので、同深法による解析結果より述べる。

各電極間隔毎の見掛け比抵抗値を各測点に記入した平面図に書き入れ、その分布状況を見るものであり、当地すべりの調査資料をもとにして、この作業を行った結果、Fig. 28 に示す如く隆起部と一致するように、 $k\Omega\text{-cm}$ 以下の低見掛け比抵抗値を示す地区が存在することがわかった。

次に各測線毎の見掛け比抵抗値のグラフを見ると次の事がわかる。(Fig. 29~31) いづれのグラフにおいても非隆起部と隆起部の境界でははっきりとした電気的性質の相異を示していることが、亀ノ瀬、矢津、少林山等の各地すべり地でも調査結果と異なることは、非隆起部の方が隆起部より見掛け比抵抗値が高いということである。これは今までの調査結果とは全く逆の現象であり興味ある点である。A 測線の測点 17~13 の間は旧河床そのものであり、隆起した所ではないために高見掛け比抵抗値が測定されているものと考えられる。



Fig. 26 Topographical map of the Chōja Landslide Area.

5-4 電気探査結果と他諸要素との対比

古い時代に隆起した部分と非隆起部との電氣的相異がはっきり存在することが明らかにされたので、この調査結果とこの付近の地質状況とを対比させるために、この地すべり地及びその周辺の地質について簡単にのべる。

長者地すべり地及びその周辺の地質に関しては、^{17), 21)} 桝木^{17), 21)} がかなり詳しく調査しているので、その地質

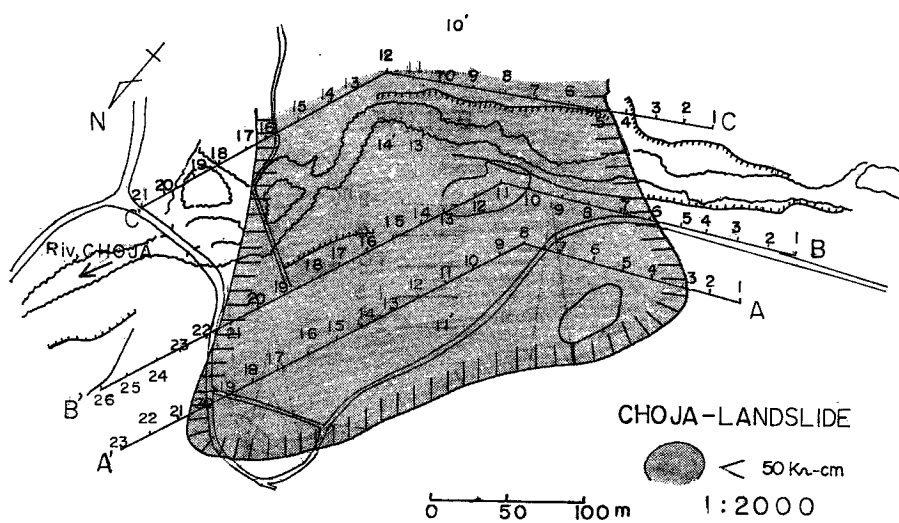


Fig. 28 Location of the measuring points of electric survey.

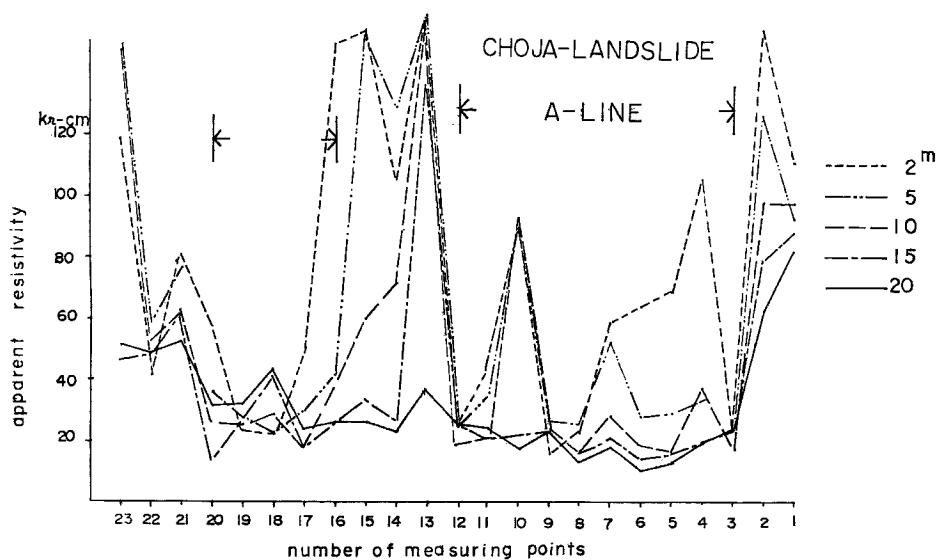


Fig. 29 Graph of the apparent resistivity at A line.

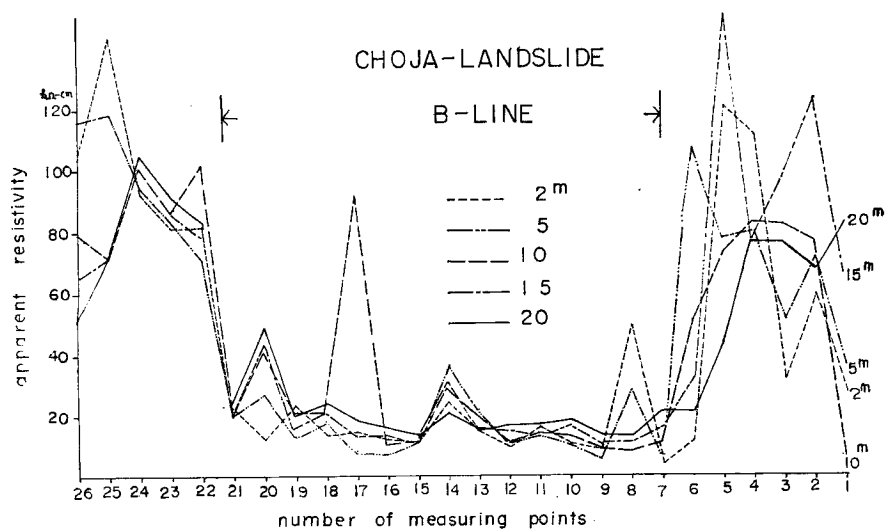


Fig. 30 Graph of the apparent resistivity at B line.

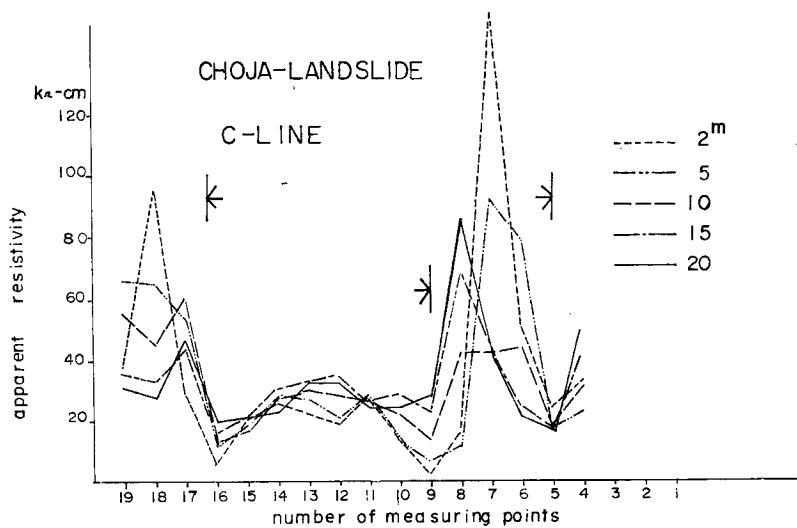


Fig. 31 Graph of the apparent resistivity at C line.

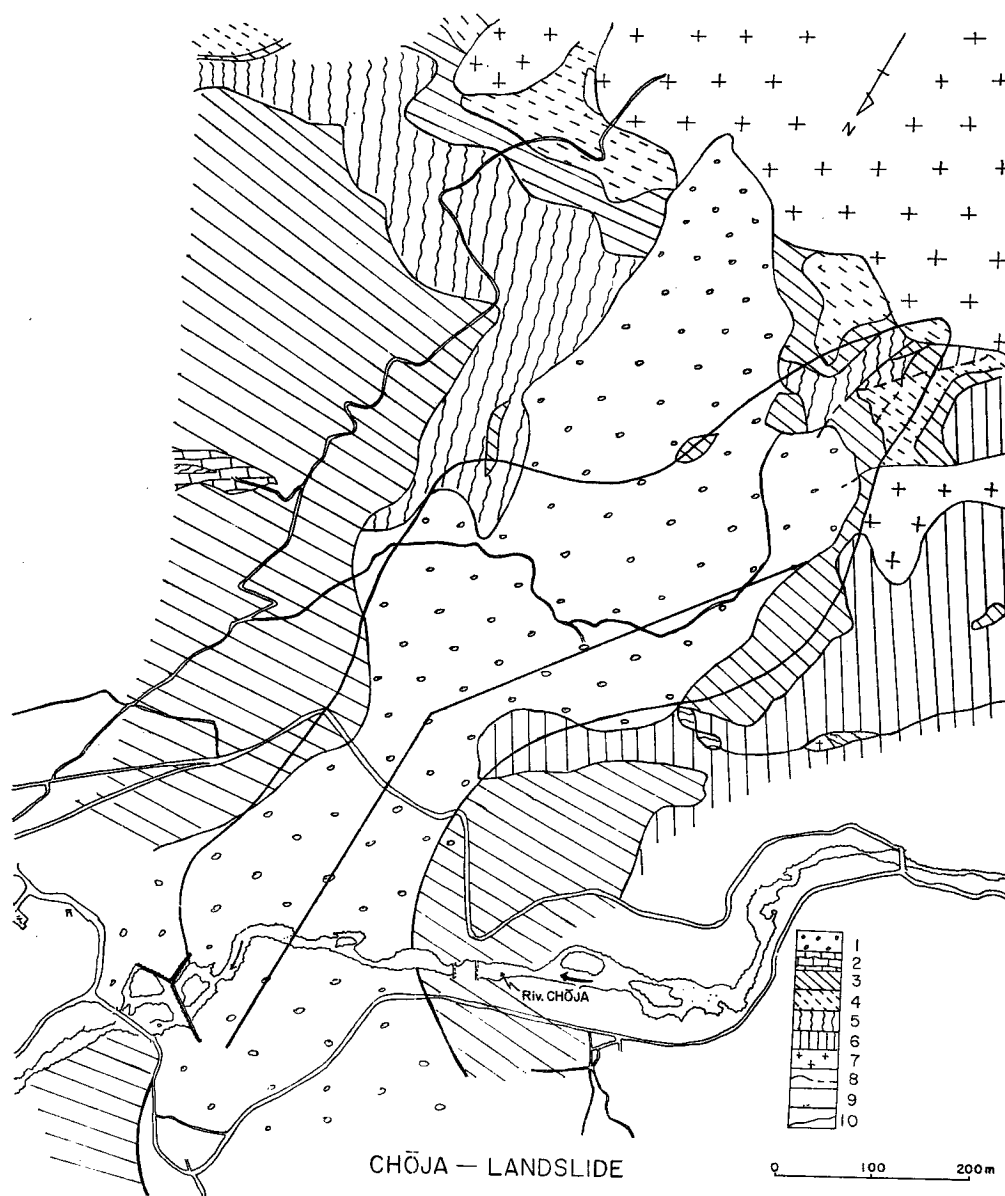


Fig. 27 (a) Geological map of the Chōja Landslide Area.

- 1 landslide deposit, 2 limestone, 3 clay slate, 4 sandstone,
 5 serpentine, 6 diabase tuff, 7 Mitaki igneous rock, 8 fault,
 9 acidic tuff, 10 border line of geology.

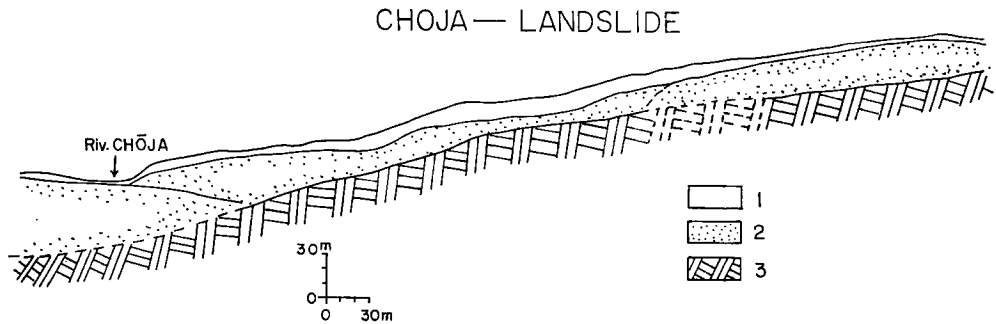


Fig. 27 (b) Geological profile of the Chōja Landslide Area

1 top soil, 2 landslide deposit, 3 bed rock (clay slate).

図を見ると次の如くなっている。(Fig. 27 (a, b)) 隆起部のみにかぎり見ると、平面的には、隆起部には、蛇紋岩と粘板岩との風化粘土化されたものが分布しており非隆起部には粘板岩の硬質岩が存在している。断面図的には最下部に粘板岩が存在し、その上に旧地すべりの崩土である蛇紋岩と粘板岩との風化粘土化されたものの固結されたものが存在している。この上に比較的新しい年代の地すべり土塊(蛇紋岩と粘板岩の風化粘土化されたもの)が載っていると考えられている。そこでこれらの結果と、電気探査結果とを対比させてみると、各測線の非隆起部において高見掛け比抵抗値が測定されているが、これは、硬い粘板岩によるものであり、隆起部の低見掛け比抵抗値は粘土化された蛇紋岩と粘板岩によるものであると考えられる。非隆起部と隆起部との見掛け比抵抗値の相異が前述した亀ノ瀬、矢津、少林山の地すべり地に見られた傾向と逆になっている原因としては、隆起の年代の古さと、それに伴う隆起と破碎されていた岩の風化粘土化の進行によるものと考えられる。

6. 総 括

川越え隆起現象を示している4つの地すべり地において、電気探査三極法による水平探査を行った結果及び各地すべり地について電気探査結果と他諸要素との対比を簡単に行ったので、これらを総括的にまとめる。

地すべり末端部の川越え隆起現象を起している各地すべり地について、電気探査結果、地質、隆起現象に関する状況等をまとめると次の如くなる。

地すべり地名	隆起部の地質	その周囲の地質	隆 起 部	電探結果 非隆起部	電探結果 両者の境界	隆起年代	現 在 の 隆起状況
亀 ノ 瀬	ドロコロ安山岩	明神山安山岩	高	低		昭 6 42	活 発
少 林 山	砂 礫 層	砂 礫 層	普	普	高	昭 35	微 小
矢 津	砂 岩	砂 岩	普	普	高	昭 38	〃
長 者	粘板岩, 蛇紋岩 の粘土風化した もの	粘 板 岩	低	高		約1000 年前	な し

この Table 1 と、各地すべり地で得られた見掛け比抵抗値のグラフとにより、地すべり末端部の川越え隆起に関しては次の分類ができると考えられる。

(1) A型グラフ：これは非隆起部に較べて隆起部の見掛け比抵抗値の方が高い値を示す型で、現在活発に隆起中である場合。(例：亀ノ瀬地すべり地)

(2) B型グラフ：これは非隆起部と隆起部との見掛け比抵抗値の差があまりなく、両者の境界面においてのみ見掛け比抵抗値の著しい上昇又は下降が見られる型である。現在の活動は微小か又は殆んど隆起活動を行っていない場合。(例：少林山、矢津地すべり地)

(3) C型グラフ：これは非隆起部に較べて隆起部の見掛け比抵抗値の方が低い値を示す型で、これは古い時代の地すべり活動の際に隆起した末端部土塊が、種々の条件により風化粘土化されたために周囲の非隆起部の見掛け比抵抗値より低くなったと考える場合。(例：長者地すべり地)

上記の如く隆起した時期と見掛け比抵抗値のグラフの型とを対比させると、隆起した直後はいづれも岩が著しく破碎されるために、非隆起部に較べて高い見掛け比抵抗値を示し(A型)、隆起活動がある程度おさまって、隆起土塊内に風化粘土化が進行しはじめると、その値は徐々に低下し、その過程において非隆起部と隆起部との境界のみが高い値を示すことも考えられる(B型)、隆起土塊の風化粘土化がより進行すると隆起部周辺より低い見掛け比抵抗値を示すようになる(C型)、という推論を下してもよいのではないかと思う。

一方見掛け比抵抗値のグラフと地質(平面的分布におけるもの)とを対比すると次の如く分類できる。

(1) 非隆起部と隆起部とが異った地質により構成されている場合：この場合は亀ノ瀬、長者地すべり地にその例を見る如く、非隆起部と隆起部とは異った見掛け比抵抗値がえられており、その地質構成により凸型又は凹型のグラフが得られている。

(2) 非隆起部と隆起部とが同一地質により構成されている場合：

この場合は少林山、矢津地すべり地にその例を見ることが出来、非隆起部と隆起部とは同一地質のためにあまり異った見掛け比抵抗値を示さずに、両者の境界付近にのみ鋭い peak 値を示している。

以上2種類の分類法においては、両者が混合された状態で表現される場合が多いと考えられるが、その際は、その地すべり地において種々の調査を行うと共に、隆起現象の歴史などを調査することにより、そのグラフが何を示しているのかを読みとる必要がある。

今回調査した各地すべり地末端部の川越え隆起現象を地下構造により検討すると、次の2つに分類することができる。

(1) 地すべり地対岸に硬堅な地山があり、地すべり本体の土圧により隆起させられた土塊がその地山にせり上がる場合：亀ノ瀬、長者地すべり地がその例である。

(2) 地すべり末端部の基盤の型に左右されて隆起したもので地すべり対岸には別に地すべり本体の土圧により隆起した土塊を支えるものがない場合：少林山、矢津地すべり地がその例である。

7. 結 語

地すべり現象の中でも特異な現象とされている地すべり末端部の川越え隆起現象の原因を探究すると共にその隆起現象の意味するところを究明することを目的とした調査の一環として電気探査を行い、川越え隆起部と非隆起部との間に電気的性質に相異点が存在するか否かを調査した。その結果両者の間には種々な型でその相違点が存在することが判明すると共に、その電気的性質の相異の原因が隆起現象の活動の歴史の違い及び、非隆起部と隆起部を構成している地質の違いに存在するらしいことがわかった。そこで今後はこの研究成果を足掛りとして、地すべり本体と隆起部との力学的関係を求め、隆起現象の地すべり活動に占めている役割を追求して見たい。

8. 謝 辞

川越え隆起現象に関する調査、資料収集に当っては高知大学教授栃木博士をはじめ、近畿地方建設局大和

工事々務所, 新潟県砂防課, 同長岡土木事務所栃尾分所, 群馬県砂防課, 同高崎土木出張所, 高知県砂防課, 同越智土木出張所の方々に大変御世話になると共に高知県仁淀郡公民館長難波誠一氏には長者地すべりに関する貴重な資料を頂いたことを記し謝意を表します。

最後に同論文を作製するに当っては各現場での調査に当っては, 古谷尊彦助手, 湊元豪已技官, 小西利史技能補佐員, 大学院学生佐々恭二君の各氏の手をわずらわした。

図面書き, 資料整理等において, 島田糸子氏, 黒江良子氏, 新祥子氏の手をわずらわしたことを記し, 上記諸氏に心より謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 高田昭: 大和川筋亀ノ瀬地にりに関する調査, 土木試験所報告23号, 昭和7年7月.
- 2) 松山基範: 河内堅上地に運動観測の結果について, 地球, 17巻5号, 1932.
- 3) 原口九万: 最近の大和川筋地にりの調査報告.
- 4) 近畿地方建設局: 亀ノ瀬地にり調査報告書(1963)
- 5) " " その2(1965)
- 6) 高田理夫: 亀ノ瀬地域の地すべりについて, 地すべり, Vol. 1, No.2, 1964.
- 7) 中世古幸次郎: 亀ノ瀬地にり, 日本地質学会第72年々会地質見学案内書(1965)
- 8) 藤田崇: 亀ノ瀬地すべり(3)地すべり Vol. 4, No.1, 1967, 8.
- 9) 高篠香: 弓削田英男: 亀ノ瀬新地すべりの概要, 地すべり Vol. 4, No.1, 1967, 8.
- 10) 木崎喜雄: 少林山付近の地質について, 地すべり研究第6集(1962)
- 11) 曾山親俊: 少林山地すべりの概要について, 地すべり研究第6集(1962)
- 12) 松島光義: 少林山地すべり対策について, 地すべり研究第6集(1962)
- 13) 高崎土木出張所: 少林山地すべりについて及び付属資料, 1961.9.
- 14) 矢沢隆資: 少林山地すべりの経過と現況, 地すべり Vol. 1, No.2, 1964, 9.
- 15) 奥村義郎: 矢津中学校(栃尾市荷頂)地すべり調査報告, S.39.9.7(ガリ)
- 16) " : その2 S.39.12.3(〃)
- 17) 栃木省二: 高知県長者地すべりについて, 昭和40年度地すべり学会発表要旨.
- 18) 防災研究協会: 高知県長者川地区地すべり調査報告書, 1965.3.
- 19) 山口真一, 竹内篤雄: 長者地すべり地調査報告書(1965.4)
- 20) " " (1964)
- 21) 栃木省二: 長者地すべり調査について, 建設 Vol. 9, No.2, 1966, 3.
- 22) 難波誠一: 仁淀村長者郷土誌, 1963.9.