

新潟県栗沢地すべり地調査報告一Ⅱ

佐々恭二・武居有恒・湊元光春

The Second Report of Investigation into Kurisawa Landslide in Niigata Prefecture

Kyoji SASSA, Aritsune TAKEI, Mitsuharu TSUMOTO

目 次

要 旨	68	5. 弾性波探査解析結果の問題点及び解釈	92
1. ま え が き	87	6. 地すべり防止工事への適用	95
2. 調 査 目 的	87	7. お わ り に	95
3. 調 査 地 域 及 び 調 査 方 法	88	引 用 文 献	96
4. 弾性波探査走時曲線解析結果	89	Résume	96

要 旨

第三紀層地すべりの機構をあきらかにし、防止工法ならびにその基礎となる調査方法を確立するため、新潟県新井市に近い栗沢地すべり地をえらび、新潟県土木部の協力によって、昭和47年から長期的な調査を継続的に行なっている。

筆者らがいままでに行なってきた調査・研究ならびに防止工事の経験によれば、個別的な情報を得るための調査については多くの試みが行なわれ、有効な手法が開発されているが、これを適用する地点の選定の基礎となる総合的な判断を行なうための概査が十分でないため、得られた情報が地すべり現象を理解し、また対策を考える上で十分活用しえないという点に問題があった。そこで、まづ有効な概査法の確立から着手することにした。

従来主として用いられている概査法は、踏査による地形・地質調査であるが、三紀層の地すべり地においては、一般に地形変化にとほしく、また地域内の主要部分が水田として利用されている場合が多いため、地質的な特性を推察しうるような露頭が得がたい。そこで、大縮尺の表層地質図にかわるものとして、表層の風化層および二次堆積物をのせている基盤の弾性波速度分布を、弾性波探査法によって求め、これを地質図的に表示したものを基礎として考察することにした。この目的で昭和48年度調査においては3測線1.2kmの調査を行なったが、今回はそれに続く更に広い地域に対し4測線1.7kmの調査を行い、栗沢地すべり地のほぼ全域に対し上記のような表示をすることができた。

その結果、地表の踏査によっては全くその特性を判定できない地域の中に、多数の低速度層の帯（破碎帯と考えられるもの）や崖錐状堆積物とみられる局所的な厚い低速度層及び硬い新鮮な岩盤の地域が複雑にいりまじって分布している状態が図によって示された。

一般に、連続した巾の広い破碎帯では地下水量が豊富であり、また硬い岩盤の地帯を通る破碎

帯では、比較的排水が容易であると推察され、この概査結果だけによっても防止工事の計画にかなり有効な情報が得られるものと考えられるが、さらにこの結果を利用し、適当な個所を選んで代表的な地点に対し詳細な調査を行えば、よりの確な防止対策を決定できるものと考えている。

1. ま え が き

栗沢地すべり地は新井市より東へ約7kmの所にある典型的な三紀層地すべりの一つであり、これに隣接して猿供養寺、筒方、達野等の地すべり地が分布している。そしてこれら地すべり地は筒方地すべりの上部が椎谷層にかかる他すべて寺泊層の上にある。

栗沢地すべり地は筒方、達野と共に明治頃まで石油が産出され、手掘りで深度約200mまで掘さくが行われていた。この地域の油田は被圧されていないため自噴能力がなく、つるべで汲上げられていた。そのため石油生産量が少なくコスト高なので海外からの安価な石油流入と共に生産は中止され、井戸も放棄された。そして表層の地すべり移動によりほとんどの石油井戸の位置は不明になったが、ある井戸は今も存在し、そこから出る低圧の天然ガスは炬燵の暖房等に用いられている。石油井戸を掘った人からの伝聞によれば200m下でも土はやわらかく、また井戸は徐々に変形して空がみえなくなったとの事である。高野は新潟県中頸城郡荻ノ平地すべり地において手掘り石油井戸の鉋夫が地下160mの所にすべり面と認められるものも確認したと述べている¹¹⁾。栗沢地すべり地においても10m前後にあると考えている主移動層の他に荻の平地すべりと同様、かなり深部に移動量の小さい副移動層があるかもしれない。

このような100m以上の深さを持つ地すべりは地すべり機構を考の上で興味ある問題であるが、調査が困難であること、移動量が少く、これに起因する被害が少いこと、そして現在の土木技術では防止工事は不可能であることから、地すべり調査ことに防止工事のための調査の対象にはなり得ない。したがって我々がここで述べるのも地下10m前後にあると考えられる浅い地すべりに対する調査結果である。

栗沢地すべり地における本格的な防止工事は戦後間もなくから始まり、ここ数年は年に砂防課で2～4千万円、これに農地、林務、市町村道補助等で行っている工事費を加えると毎年1億円前後の巨費が投じられている。

工事の主なものは集水井、横孔排水ボーリング、表面排水、暗キョ排水等の排水工事とクイ打工事及び水田・道路の復旧である。防止工事に関する我々の調査の主目的は、排水工事が効率的に行えるように地下水の流路を推定することである。

2. 調 査 目 的

表層の二次推積層、風化層以深はほぼ均質な土層が厚く推積し、明確な地層境界面が存在しない三紀層地すべり地においては地層境界面深度の推定を目的とする弾性波探査はその力を発揮で

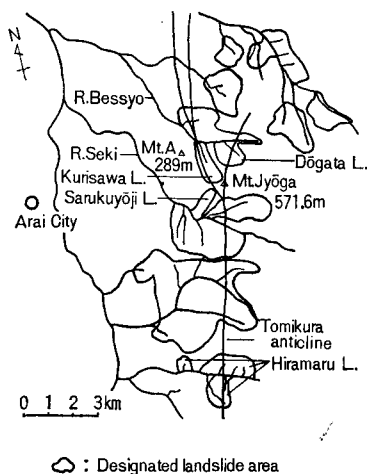


Fig. 1 Location of Kurisawa landslide

きない。そこで弾性波探査の三紀層地すべりに適した用い方として地下深部の地層構造の推定ではなく、表層の二次推積層、風化層の下の比較的浅い所の地層の弾性波速度分布を地質図的に表示することを考えた。

昭和49年度には昭和47、48年度に引き続いてこの浅層の弾性波探査を行った。その目的は次の3点である。

- 1) 昭和47、48年度に浅層の弾性波探査を栗沢地すべり地の概査に適用した結果、その有効性がある程度実証されたので、昭和49年度はこれを受けついで栗沢地すべり地のさらに広い地域に適用し、その有効性、整合性について調べることにする。
- 2) この弾性波探査による概査の結果を今後予定している弾性波探査垂直検査層、地すべり移動量の測定、ボーリング調査、原位置せん断試験など地すべり精査の基礎資料とすること。
- 3) 弾性波探査により地下水流路を推定し、集水井など地すべり排水工事の場所の選定に役立て、逆に工事の結果より浅層弾性波探査の結果の是非を判定すること。

3. 調査地域及び調査方法

昭和47、48年度調査¹⁰⁾においては栗沢地すべり地の全域の中から特に明確な地すべり地形をしていると思われる地域に対して種々の条件を考慮してA、D、Eの3測線(Fig. 2)を設置した結果、この地域にはほぼ地すべりの流れに沿って5本の低速度帯が存在すること、五軒の不動地と呼ばれていた所、及び不動地と考えられている白山神社の所に高速度層が存在すること等を把握した。今年度はさらにこれら低速度帯、高速度ブロックがE測線以下にどのようにつながっているのか、また Fig. 2 の③、④の二つの大きな地すべりの流れはどのように末端部分へつながって行くのかを調べるためにE測線の下側にこれとほぼ同じ長さの測線F、G、Iを設け、さらにG、I測線間が多少広すぎるのでこれを補間する意味と集水井④(Fig. 2)への影響を調べる意味でH測線を両者の間に設けた。測線の長さはF、G測線が568m、I測線436m、H測線126m、合計1698mである。

調査は当初佐々がICを用いて製作した12点の直流アンプと12点式の電磁オシロを用いて実施したが、感度その他に多少問題点があるため、新潟県の6点式弾性波測定器PS-5 1台と京大砂防のPS-5 1台と京大防災研究所のPS-5 1台の計3台を用いて2班に分れて行なった。P.U(受振器)は極く表層の軟弱土による波の吸収と波形のかく乱を防ぐために木杭を打込み、その根元に取付けた。今年度の調査地域は深い水田が多かったために、長さ約1mの長い杭を用いた。

起振は動的コーン貫入試験器を用い、ハンマリングヘッドを地面へつけ、これに30kgの重錘を1.5~2.0mの高さから落下させる方法と、厚さ約2cmの鉄板の上へ20kgの重錘にガイドロッドをつけて落下させる方法を用いた。軟弱な田の畦で起振せねばならない場合は起振力が弱いので、ハンマリングヘッドの下へ木杭をはさむか、鉄板の下へ1mの木杭数本を頭まで打ち込み、その上へ重錘を落下させて起振したが、後者は特に有効であった。ショットマークは巾10mmのリン青銅板2枚を間かくが約3mmになるよう絶縁して重ねたものを重錘の上へ取りつけ、重錘が落下して衝撃を受けた瞬間のみ電流が流れるようにして記録した。この方法によってPS-5附属のショットマーク発生器を用いた場合や、昨年度の重錘とハンマリングヘッドに各々電極をつける場合より容易にそしてきれいなショットマークを得ることができた。

4. 弾性波探査走時曲線解析結果

弾性波探査解析法は荻原の方法を用い、その内容は前報で述べたのでここでは省略する。

Fig. 3, 5~7 は今回行った4測線の弾性波探査定時曲線と、その解析結果による地質推定断面図である。地すべり調査で重要なのは表層の二次堆積物や風化層をはぎとった下の状況であるので Fig. 3~6 より第二層の弾性波速度を平面図にプロットした。(Fig. 2) 前報の A, D, E 測線の結果も Fig. 2 に書き入れた。説明の便宜のために 1.0km/sec 以下の低速度層と 1.0~1.2 km/sec の亜低速度層に番号①, ②……をつけ、Fig. 2, 3, 5~8 に示す。番号は A, D, E 測線からの通し番号とする。

次に Fig. 3, 5~7 の結果について Fig. 2 を参考にしつつ順次検討する。

A) F 測線 (Fig. 3) について

低速度層及び亜低速度層は7個所、高速層 (2.0km/sec 以上) は5個所ある。このうち問題なく低速度層と考えられるものは②①, ②④, ②⑤と②③, ②⑥の左の端の部分である。②⑥は1.2~1.3km/sec

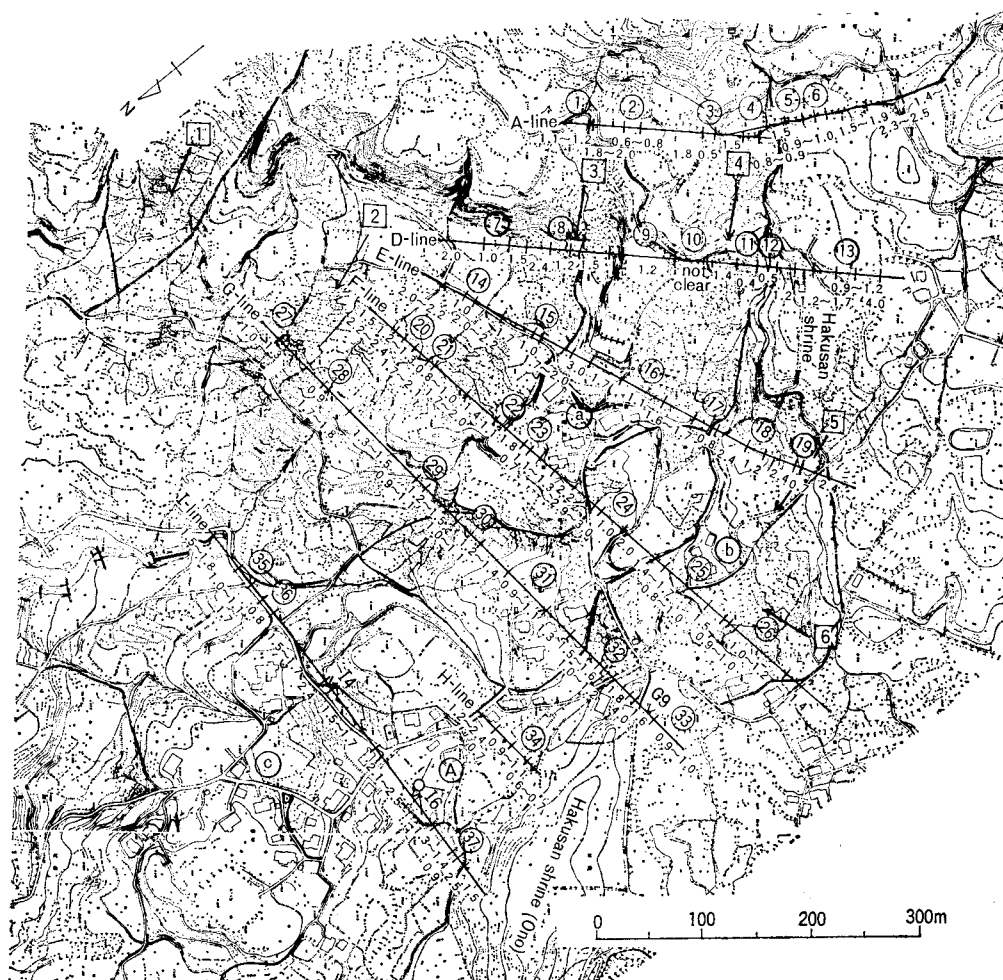


Fig. 2 Seismic exploration lines in Kurisawa landslide

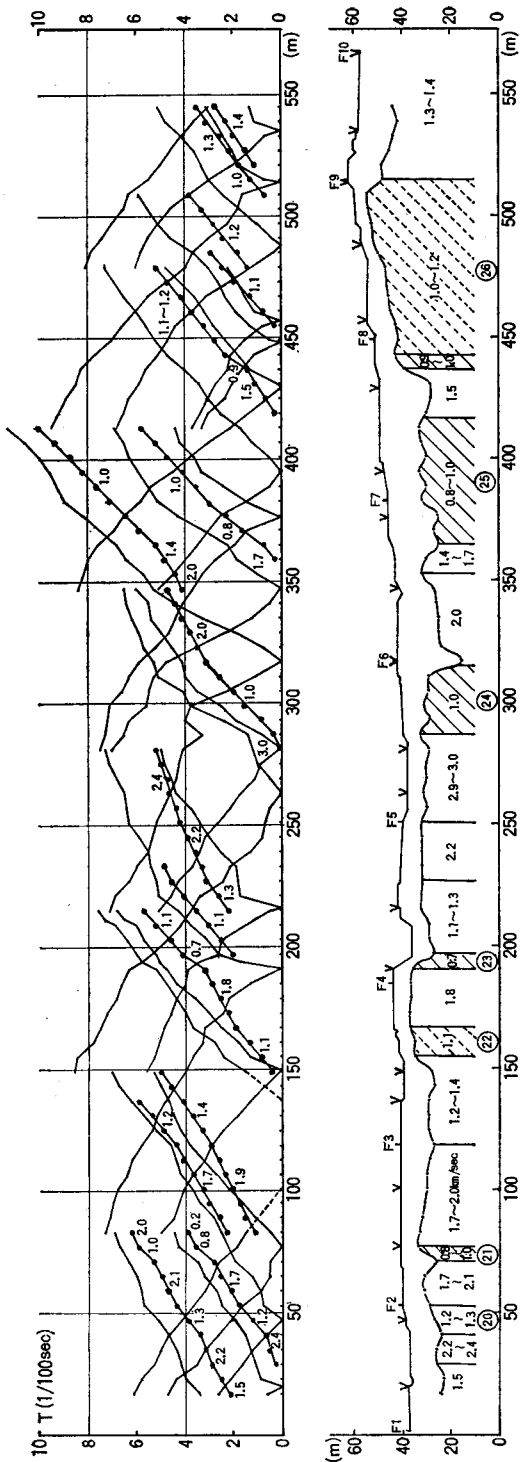


Fig. 3 F-line travel-time curve and estimated geological section

とかなり速く、低速度層でも亜低速度層でもないが、その両側の層(2.2~2.4km/sec及び1.7~2.1 km/sec)に比してかなり低い値を持っており、断層か破碎部と考えられるので低速度層と同じく○印のナンバリングを行った。この破碎部はどこかへつながら破碎帯の一部なのか、localな破碎部分であるか問題のある所であり、次節で検討する。

②①、②②は弾性波速度、巾、位置、地形から考えて各々 Fig. 8 に示す破碎帯の一部であることはほぼ確実と思われる。

②③の左端の部分は急な崖になっており、速度も0.7 km/secと非常に低く、破碎帯または断層と考えられる。この低速度層は Fig. 8 のごとくつながる可能性ももっとも強いと考えられるが、他の可能性もあり次節でさらに検討する。②③の右の部分は1.1~1.3 km/secとかなり高いがその右横が五軒の不動地の末端と思われる2.2~3.0 km/secの非常に硬い岩であり、左側も五軒の不動地の延長と考えられる1.8km/secの比較的高い速度層である。したがってこの部分は不動地にくい込む破碎部であるか、不動地を形づくる基岩がシャープな谷地形をして落ち込み、この部分に1.1~1.3 km/secの土層が推積しているのかもしれない。(Fig. 4 のごとく、シャープな谷地形がある場合は、弾性波が土層の境界面を伝達しないで一谷の底をまわり込む方が遅い一谷を横断するために低速度層として現れる。)

②④は巾も広く、両側の2.0~3.0 km/secの硬い岩盤に割り込んだ大きな破碎帯と考えられ、⑤⑥—⑪⑫—⑰の延長か③④—⑩—⑱の延長と考えられる。

②⑤は巾が広く、速度も0.8~1.0 km/secと低いが両側の層との速度差は少なく、低速度の土層(地すべり等による二次堆積物)

が厚く堆積しているとの見方もできるが、新潟地震の際に⑤⑥—⑪⑫—⑰—②⑤—②③のラインに大きなクラックが入ったとの話なので Fig. 8 のごとくこのラインの一部をなすと考えた方が適当と思われる。

⑳の左端は㉓—㉑—㉒—㉔とつながる可能性もあるが、巾が狭く、両側との速度差も小さいので破碎帯としての確実性は少ない。

㉒の右の中の高い部分は軟弱な深い水田地帯であり、表層はS波速度が非常に小さく、木杭の打ち込み時や重錘落下時の観察より容易に大変形を起す非常に軟弱な土層であった。また下層も1.0~1.2km/secと比較的低い速度の土層が堆積している。この部分は他とのつながりはなく、その巾、左右との速度差、及び踏査の結果より、ほぼ Fig. 2 の㉒の地すべりによる地すべり土塊ではないかと考えている。

B) G 測線 (Fig. 5) について

G 測線には高速度層は少なく大野白山神社の端と思われる G9 の左横のみである。低速度層は7箇所ある。

㉗, ㉘は巾も小さく、㉗~㉘間の土層との速度差も大きくなく、重要な破碎帯とは考えられずまた測線の端であるので、それがどこへつながるかも明確ではない。

㉙は巾が12mと若干大きく、㉑—㉒—㉓—㉔の破碎帯の延長上にあり、この破碎帯の一部をなすことはほぼ確実と考えられる。

㉚は地すべりの動きの激しいと思われる凹状地形の所で、地形図で水田がこまかく分れている所である。これは低速度の土層の堆積または原位置風化層など local な低速度部分とも考えられるが、他の可能性もあり次節でこれについて述べる。

㉛は Fig. 8 のごとく㉑—㉒—㉓—㉔とつづく破碎帯が I4, I6 の硬い岩盤にぶつかって巾広く拡散、消滅したと考えられるが、㉚と共に後に検討する。

㉜は速度もあまり低くなく、両側との差が少なく、巾も6m前後と狭い。前後のつながりも良くないので local な小さな破碎部分のように思える。大野白山神社の山際はかなり勾配があり、地形的には断層があっても良さそうな所であり、そのため従来かなりの排水ボーリングや集水井がなされている。大野白山神社山際に沿って断層があると仮定すれば㉜—㉝の線、又はさらに上から㉑—㉒—㉓—㉔—㉕の線がこれに相当することになるが、その場合でも㉜, ㉝の状態から考えれば、あまり大きいものではないであろう。㉞は㉚と同様、新潟地震の際のクラックと一致しているので、Fig. 8 に示す破碎帯の一部とみて間違いないものと思われる。

C) H 測線 (Fig. 6) について

Fig. 6 を一見して F, G 測線と比べて走時曲線が立上っていることがわかる。左端をのぞきほとんどすべて低速度層であり、それも0.6~0.7 km/secの非常に低い値の所が半ばを占めている。この部分は他とのつながりがなく、また地形的に考えて白山神社から地すべり、山くずれ等によって供給された厚い崖錐堆積物と見るのが適当だろう。

D) I 測線 (Fig. 7) について

Fig. 7 を見ると左端の I1~I3 の部分を除いて走時曲線がすべて寝ていて、F, G, H 測線の地域に比して、一見して硬い地層の地域であることがわかる。

㉞, ㉟は Fig. 8 のごとく㉞が local なもので㉟が㉚へつづく破碎帯とも考えられるが、次節にのべるごとく各々㉚—㉛, ㉜—㉝とつながることも考えられる。

㉟はG測線の㉚の所でのべた如く、㉚~㉛とつづく小さな破碎帯であるか、local な破碎部分と考えられ、むしろ後者の可能性が強いと思われる。㉟右横の高速度層も一応白山神社の山とも、

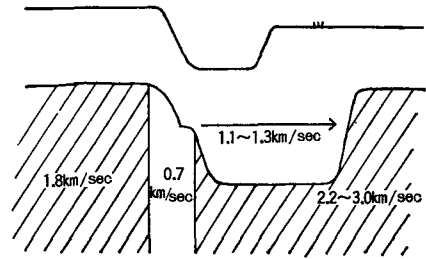


Fig. 4 Path of seismic wave across a sharp valley

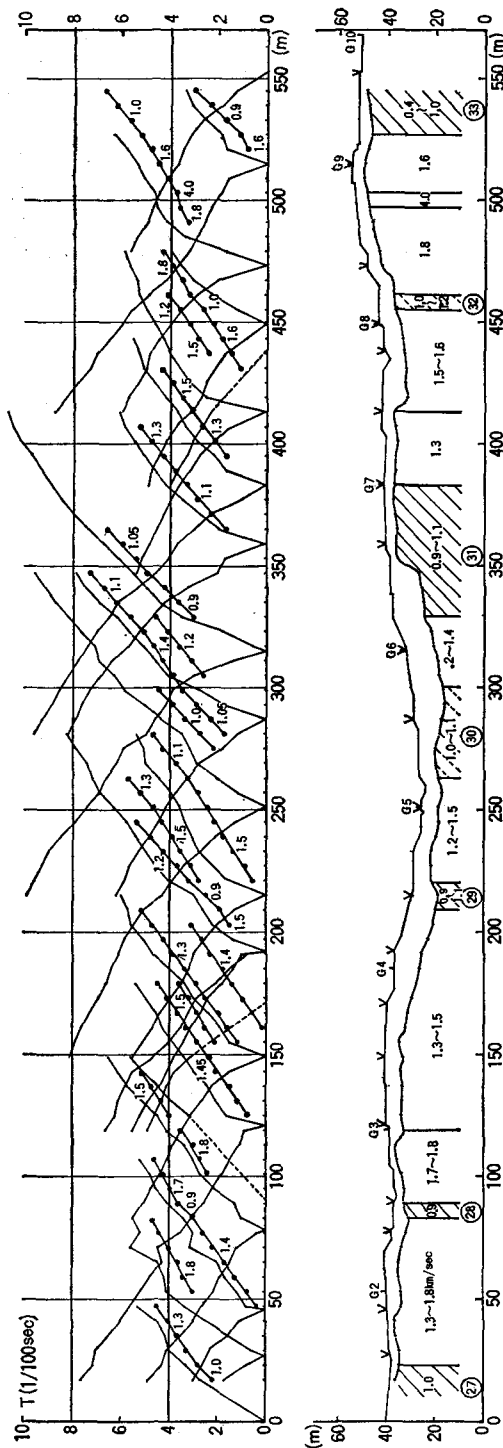


Fig. 5 G-line travel time curve and estimated geological section

I6の基岩とも切れており、大転石、未風化岩塊など局部的なものである可能性が高い。一方I6の所 (Fig. 7の260~356mの間)の高速度層は巾が約90mもあり、かなり大きな岩盤と考えられ、又地形的に考えて、これはI4 (Fig. 7の178~192mの間)の高速度層と Fig. 8のような形でつらなるように見える。I4~I6をつなぐV印の部分に従来より不動地と言われて来た大きな木のある林がある。Fig. 8ではこの大きな岩盤のために⑩—⑭—⑯の破碎帯が消滅したと考えた。この岩盤は次節で述べるごとく富倉背斜軸と一致しているかもしれない。

5. 弾性波探査解析結果の問題点及び解釈

Fig. 8は2次堆積物、風化層よりなる表層の土層をはぎとった下層の弾性波速度値を表示した Fig. 2より、4節で述べた考察により一定の解釈を行い、低速度破碎帯、低速度堆積部 (又は破碎部分)、高速度の基岩の分布状況を平面図に書き込んだものである。次に前節で検討事項として残しておいた問題 (⑳, ㉑, ㉒, ㉓とI4, I6の高速度層)を中心にこの図を検討する。

㉒について：㉑又は④—㉒とつながる Fig. 8点線の破碎帯が存在すれば㉒はこの一部をなすことになり、もし存在しなければ㉒は他の方向のつながりの可能性が考えられないことから局部的な破碎部又は堆積部と考えられる。③又は④—㉒の破碎帯の存在を肯定する材料としては Fig. 8のK2の所で大型動的コーン貫入試験とサンプル採取を行ったところ深さ約4mでN値30~90の良く締ったまじり気のない純白に近い粘土が採取され、これは他の4個所の貫入試験のポイントや地表踏査では見られないものであるのでN値は高いが断層粘土

土であり得ること、そして③—K2の間の表面地形が凹状であることがあげられる。しかし㉒を局部的な破碎部又は低速度の堆積物と考えれば、③—㉒の存在を考えなくても、弾性波測線に表われた低速度部分の説明が付き、K2の粘土も Fig. 2の③の地すべりの側面すべり面に形成さ

れた friction clay と考えることが可能であることから、このデータのみではその存在の有無を判定することは困難であるが、K2 辺りを通り③—⑳に直交する短い弾性波探査を行えば、この破碎帯の有無の確認ができるだろう。

㉓, ㉑, ㉒について： ページ数の関係で図を略したが、Fig. 8 の他に低速度層のつながり方として、⑮—㉒—㉑—㉓、⑳—㉑—㉒—㉓とつながり、㉑を局部的な独立した堆積層とみることが可能である。この場合㉑—㉒—㉓⑮の部分の問題になるが、一つの破碎帯が一部で二本に分れることはあり得ることであり、事実花崗岩中に見られる小規模な net 状の破壊面が一部で二本に分れているのを観察したことがある。ことにこの場合は㉑—㉒間に硬い岩があること、地すべりの流れ、富倉背斜軸もこの辺りで屈曲していると思われることから、破碎帯のこの部分での乱れもあり得ることと思われる。したがって上記二つの中いずれが正しいか確定するには㉑—㉒、㉒—㉑を横断する弾性波測線を設けて調査せねばならない。しかし防止工事のみを考えれば、工事を前二者のいずれにも有効なポイントを選ぶことにより、必ずしもこの破碎帯確認弾性波探査は必要ではない。

I4, I6 の高速度層について： 前節で富倉背斜軸がこの高速度層を通るかもしれないと述べた。Fig 8 の……→のごとく線を引くと、その線上に不動地であり硬い岩があると考えられる白山神社、⑮—㉒—⑰—⑮で囲まれるV印の硬い岩盤、現地での長期間の観察より不動地と考えられている㉒—㉑間、㉑—㉒間の部分、I 測線の高速度層及び Fig. 8 の左下の不動地といわれている部分が並ぶ。地元で上記以外で不動地と考えられている所は白山神社（大野）と㉑の五軒の不動地と呼ばれているところのみなので、上記のラインが何等かの構造線と関連がある可能性が考えられ、その実体の詳細は不明であるが富倉背斜軸と呼ばれる構造線が栗沢地すべり地内をわん曲して通っていると推定されることから、このラインが富倉背斜軸と関連しているのではないかと考えている。

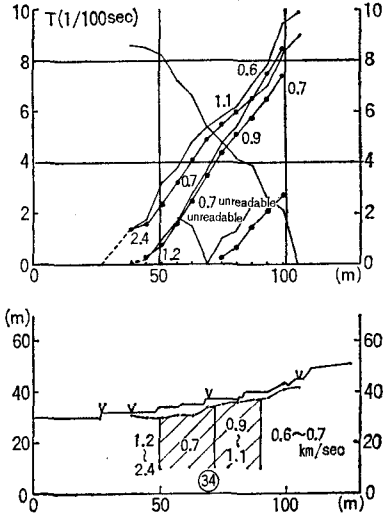


Fig. 6 H-line travel time curve and estimated geological section

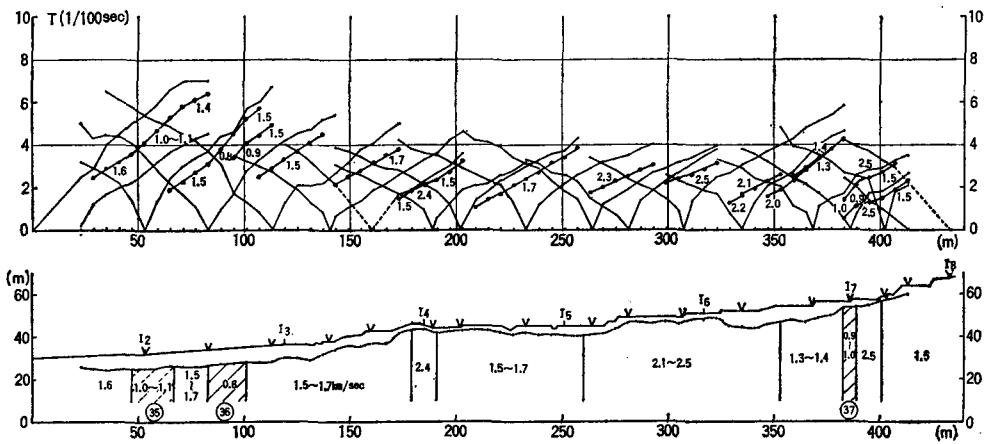


Fig. 7 I-line travel-time curve and estimated geological section

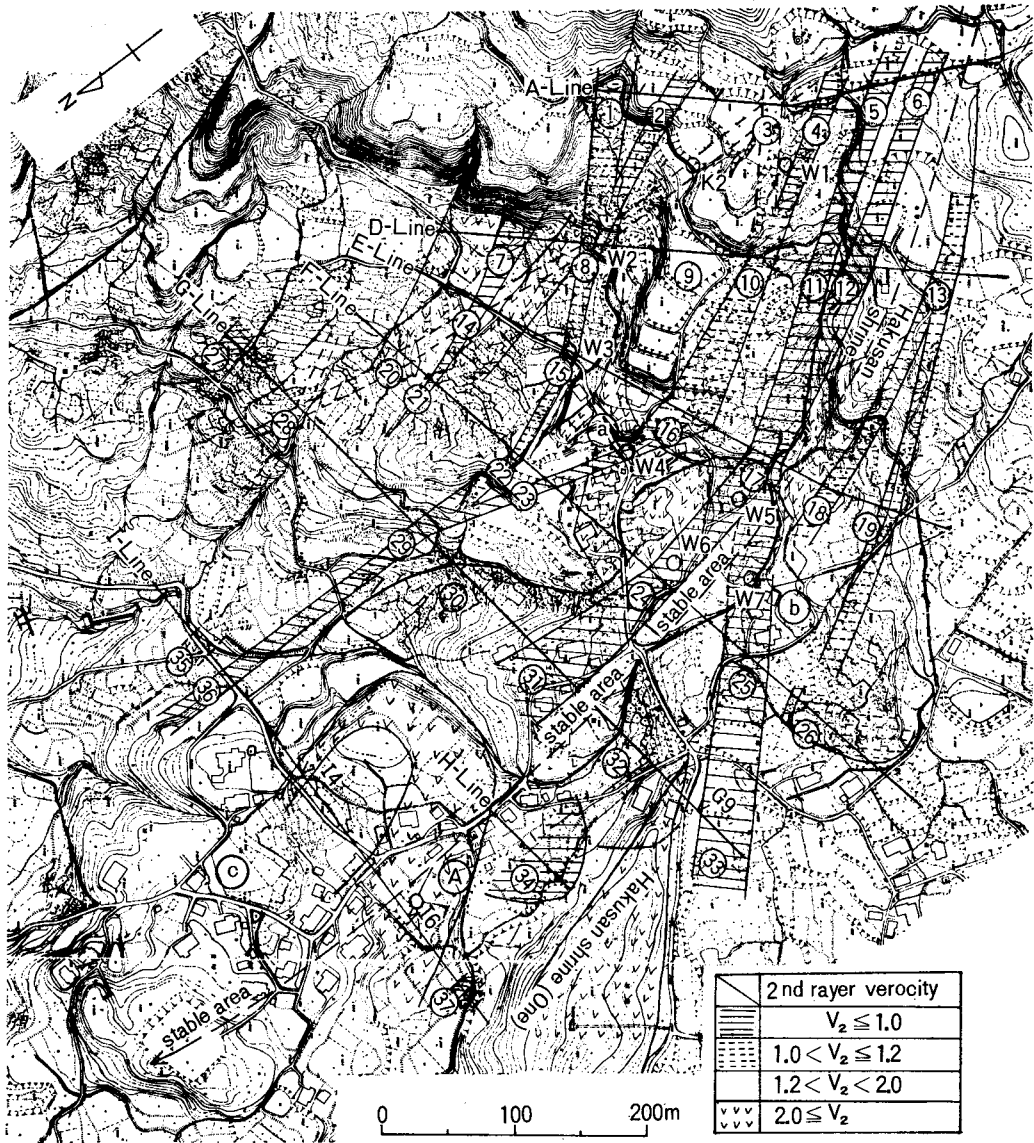


Fig. 8 Distribution of seismic velocity of the second layer

その他について： ⑤の家は非常に傾いて廃屋になった家であるが、これは Fig. 2 の⑤、⑥からの地すべり移動だけでなく、Fig. 8 の⑩—⑬の大きな破碎帯の境界線が家の中央を通っているためと思われる。

④の集小井は前報において集水能力が大きく、集水井の上から水があふれていると述べた。しかしこの集小井はI測線を切る巾広い硬い基岩の上にあり、どの破碎帯も通っていない。したがってあまり多量の水が出るとは考え難い。事実集水井④のその後の調べでは集水量は少なく、前報執筆時に報告された“集水井掘さく後、水があふれている”状態は間もなく解消し、排水ボーリング穴が詰まったか、一時的に土中に滞水していた水が出て来たものと考えられる。現在出ている水及び掘さく後に出たかもしれない水は、④の崖錐内に滞留していた水または Fig. 7 のI測線325~350m間に見られる浅い基岩上の谷地形(義水井④の集水ボーリング4~7本がこれを

横断している。)に流入した浸透水がでて来ていると考えられる。

その他 Fig. 8 において㊸の所の不動と言われている五軒の家がすべて地下3～8mの深さにあると推定される高速度の基岩上の上っていること、この五軒の家では井戸を掘っても水が出ないと言うことは興味深い。また従来不動地とは考えられていないI4, I6の所に浅く(2～4mの深さ)、巾広く安定と考えられる基岩が分布していること、しかしその直ぐ下の㊸の家はかなり傾いていることから、この辺りの移動状況・移動形態がどのようなものであるかも興味の対称となる。

6. 地すべり防止工事への適用

地すべり防止工事としては主として排水工事とクイ打工事が考えられるが、クイ打は移動量測定との関連がうまく、比較的弾性波探査との関連がやすい。(但し、クイ打をする場合、破碎部の上では効果的ではなく、第二層の硬い部分でその上で地すべり移動があれば、その場合はクイ打のポイントとして良好と言える。)したがってここでは排水工事を対象にその位置の選定を行う。

弾性波探査で求めた低速度層が水の多い層であるか否か、また排水しやすいか否かには問題があり、低速度層であっても粘土がつまっていたり排水はまず不可能であり、ヒビの多い岩であれば排水は容易である。しかしヒビの入った岩であるが、粘土がきっちりつまっているか、砂質のものであるか否か、又水の量の多小はボーリングをしなければ分からないので、その確認はボーリングですとして、低速度帯の中から考えられ得るどの低速度帯のつなぎ方に対しても有効であること、一つの集水井で複数の低速度帯をカバーすること、排水の容易な低速度帯を選ぶことを考慮して Fig. 8 のW1～W7のポイントを選定した。W1～W7のうちW1, W2, W5, W6, W7は二つ以上考えられ得る低速度帯が交る所を選んだものである。すなわちW1は㊸, ㊹に向けて集水ボーリングを行うことにより考えられ得る3本の低速度帯をカバーでき、W2, W5, W6, W7も各々㊸, ㊹—㊺と㊸—㊻の2本, ㊼—㊽と㊼—㊾, ㊼—㊿と㊽—㊾—㊿, ㊼—㊾と㊿—㊿の二本をカバーできる。一方W3, W4, W6, W7は水の出やすいのは硬い岩盤の中へ破碎部が貫入し、ヒビの多い岩のある所と考えて選んだものである。(W3もその両側が1.7～2.0 km/sec と比較的高い) またW4は硬い岩の中へ入っていること他に㊿の位置よりも破碎部の巾が狭く、排水ボーリングが水脈に当る確率が高いと考えて選定した。

W1～W7のうち優先順位をつければ、W5, W1, W2が栗沢地すべり地を通る三本の主要な破碎帯を各々おさえていること、W1, W2は地すべりの上部で排水するので排水効果が著しいと考えられること、W5は最大の破碎帯に対するものであり、人家に最も影響が強いと考えられることから重要と考えられる。ボーリング調査でW1, 2, 5で排水しにくいことが分れば、硬い岩の中へ入っているW3, 4, 6, 7から選ばなければならない。弾性波探査のデータより最優先ポイントを一つだけ選ぶとすると規模の大きさ、合流点であること、人家へつながること、硬い岩盤の端にかかりそうであることからW5が適当と思われる。なお集水井からの放射状ボーリングは従来のように平面的に広く分散させる必要はなく、低速度帯をカバーすれば十分と考えられる。

7. おわりに

¹⁰⁾ 前回及び今回の調査によって水田ばかりで地質的に色分けをすることが困難であった栗沢地す

べり地の中を低速度帯、低速度部分、高速度地域、中間地域に分類することができ、かつ破碎帯と考えられる低速度帯の位置から集水井の位置を選定することができた。

今後は昭50年度に行われる集水井の結果により集水井選定の是非を調べ、選定方法についてより詳細な研究が必要であり、又低速度層内の水の有無を調べる方法として現在徳島県善徳地すべり地で試験している放射状電気探査法の研究も有益かもしれない。

弾性波探査水平探査はその構成上、地表面に平行に入っている低速度層の検出には適しておらず、地下構造の垂直分布を調べるには弾性波探査垂直検層が必要である。幸い栗沢地すべり地にはかなりの数のボーリング孔があるので、これらを利用して垂直検層を行い、その結果とボーリングコアを対比させて、ポイントの調査に有効なボーリング調査と平面的な調査に有効な弾性波水平探査のデータを関連づけ、相互に補完させたい。

前報末尾に記したボーリング穴を用いて、土質を選ばずにはほぼ自然状態の土に対し、水平、鉛直二方向のセン断強度を測定する新しい原位置セン断試験機の製作に対して予算的目処がたったので栗沢地すべり地について試験できることを期待している。

最後に調査に御協力いただいた宮崎大学谷口義信氏と国立防災センター森脇寛氏に感謝の意を表します。また調査にあたって御援助していただいた新潟県砂防課、新井砂防工事事務所の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 武居有恒・佐々恭二・日浦啓全：善徳地すべり地における弾性波探査の調査報告，徳島県，(1973年)
- 2) 武居有恒・佐々恭二・田淵 博：善徳地すべり地におけるセン断変位計調査の報告，徳島県，(1973年)
- 3) 武居有恒・佐々恭二・佐藤伸治：善徳地すべり地における土質試験の試験報告，徳島県，(1973年)
- 4) 武居有恒・寺島治男・新村義昭：善徳地すべり地調査報告（粘土鉱物分析），徳島県，(1973年)
- 5) 武居有恒・佐々恭二・今村祐嗣・仲野公章：亀の瀬地すべり地におけるアテ材による地すべり調査報告建設省近畿地方建設局，(1974年)
- 6) 武居有恒・佐々恭二・谷口義信：善徳地すべり地調査報告一Ⅱ，徳島県，(1974年)
- 7) 武居有恒・佐々恭二・小橋澄治・仲野公章：善徳地すべり地調査報告一Ⅲ，徳島県，(1975年)
- 8) 武居有恒・佐々恭二・古谷尊彦：善徳地すべり地における弾性波探査受振器使用地下水検層調査報告，徳島県，(1975年)
- 9) 武居有恒・日浦啓全・佐々恭二：善徳地すべり地における電気探査調査報告一そのⅠ，そのⅡ，徳島県(1975年)
- 10) 佐々恭二・武居有恒・谷口義信：新潟県栗沢地すべり地調査報告，京大演報，(1974年)
- 11) 高野秀夫：地すべりと防止工法，地球出版，p.139，p.182～183，(1960年)

Résumé

In cooperation with Niigata Prefecture a long-range plan was started with the objective of researching into the mechanism of tertiary landslides; their prevention; and possible methods of field investigation. Kurisawa landslide, located near Arai city in Niigata Prefecture, was selected as the experimental area.

According to the experiences which the authors of this paper acquired hitherto from field researches of landslide, the general investigation lags far behind the other investigations in the study, though it is very important because it gives data for selection of places where the other precise investigations and preventive works should be performed. Therefore we started to study on the method of effective general investigation.

The general investigation which has been used so far is a geological and topographical one through traveling. Because there are few outcrops it is not easy to make a geological

map of scale, 1-1000 or 2000 which is needed for landslide investigation, in tertiary landslide areas which are often covered by rice fields. It was, therefore, attempted to depict the distribution of seismic velocity of the second layer beneath the sedimentation and weathered layer like a geological map by using the results of seismic exploration.

The seismic exploration of three lines, 1.2 km was performed in 1973, four lines, 1.7 km in 1974, and the almost area of Kurisawa landslide was covered by seismic exploration. The results proved that there are several low velocity zones, namely crushed zones; some local blocks of low velocity, which are presumed to be deep deposits by landslides etc.; some areas with high velocity, where hard and intact rock exists in the earth, and the other normal areas.

The long and wide crushed zone is a good point for a drainage well or boring in general because ample ground water may flow in it. It is difficult to get drainage from crushed zone full of clay, on the other hand it is easy to get drainage from crushed zone formed of fissured rock. It is not clear in general without any boring whether the crushed zone is full of clay or formed of fissured rock, but the hard rock area which has been cut out by the crushed zone is presumed to be the latter. Therefore it is a good point for drainage, too.

Some points for drainage could be reasonably selected by the above mentioned method using the results of seismic exploration.