

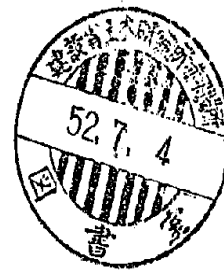
土研資料第1204号

土木研究所資料一二〇四号

土木研究所資料

地すべり実態統計(その三)

地すべり実態統計(その3)



昭和五十二年三月

昭和52年3月

建設省土木研究所

建設省土木研究所
地すべり研究室

序

この10年来、地すべりの調査・防止対策に関する技術の進歩には見るべきものがあって、多種多様の現場計測と解析が行なわれ、地すべりの予知と防止に効果があがっている。

しかし、地すべりはまだ一般土木現場になじみがうすく、地中の見えないものが相手であるという事で、とかく現場技術者から敬遠されがちであることは、10年前とさして変っていない。

このため地すべり調査に際し、ただヤミクモに調査項目を羅列し、地すべり現象の特性も考慮せずに調査を実施する事例も増加しており、調査結果も単に調査のための調査にすぎなかったというような、調査の目的を失していると思われる事例が少なくない。

限りある調査費を有効適切に運用するためにも、地すべり調査はいかにあるべきかを明確にし、地すべり防止工法の選択、配置、設計に利あらしめる必要がある。

このため地すべり調査が誰にでも容易に立案計画できるような基本的な技術指針がかねてから求められていた。当研究室では地すべりの分類と調査・対策基準について、全国の地すべり調査・対策の実例を集計し、指針へのアプローチを目指して検討をつづけてきた。

昭和50年度、51年度のアンケート式実態調査についてはこれまで土木研究所資料(987号・1121号)として、集計結果を報告しているが、今回はこれらを総括し、地すべりの型分類と調査・対策の実態をとりまとめたので御参考に供する次第である。

なお、資料収集については全国地すべりがげ崩れ対策協議会の甚大なる御協力を得た。ここに厚く御礼申しあげる。

昭和52年2月

地すべり研究室長 藤 田 寿 雄

研究員 板 垣 治

目 次

序

1. ま え が き	1
2. 型分類法について	2
3. 型分類上の問題点	3
4. アンケート集計結果	10
1) 型分類による地質状況	10
2) 型分類による地すべり微地形	12
3) 型分類による地すべり平面形状	15
4) 型分類による地すべり規模について	16
5) 型分類によるすべり面について	18
6) 型分類による移動量について	22
7) 型分類による地下水の状態について	23
8) 土質調査について	28
9) 型分類による地すべり安定解析	28
10) 地すべり特徴及び調査に関する型分類結果	30
11) 対 策 工	31
5. 考 察	41
6. 地すべりの型と調査・対策の方針	45
7. 地すべりの型と対策工の方針	50
8. あ と が き	58

1. ま え が き

昭和51年9月、台風17号が西日本一帯に記録的な豪雨をもたらし、随所に地すべり・崩壊・土石流が発生した。山地には、今後の降雨の状態によってはさらに新規に土砂害が発生する恐れのある危険斜面がまだ多く分布しており早急な調査・対策の実施が要請されている。

毎年、このような自然災害に加えて、今日では国土の急速な開発（高速道路、ダム築造等）が山岳地および開発のあり方によっては斜面災害を増大させる結果となっている。このような増大しつつある地すべり災害に対する調査、対策が綿密、かつ計画的になされるようになって、地すべりの実態がかなり明確になって来たとは言え、地すべり現象が地下深部の地下水・地層・すべり面等の状況変化に起因しているため、これですべてが解明出来たとするような調査結果とはならない場合が多く、要因間の相関性を明確にすることが難しい。

従って、これらの現象の表現もまだ定性的な表現が多く、経験に頼らざるを得ないことが多い。このため地すべり解析の一手法としての多くの経験から積みあげられた資料をできるだけ一定基準のもとで集計し、数量化することにより地すべりの実態、特徴を客観的に把握できれば、これにもとづいて地すべりをわかりやすい型に分類することが可能であろうし、この手数をふめば誰にでも容易に調査・対策の方向づけができるような指針を作ることが要望されている。

そこで地すべりの実態がどのような状態にあるかを把握し、解析することがその手始めになると思われ、全国地すべり崖くずれ対策協議会の協力を得て、都道府県で調査・対策を実施している代表的な地すべり箇所を選んで昭和49年度、50年度の2回のアンケート調査による資料の収集を行ない、その集計結果について報告してきたところであるが、今回、更にこの結果をもとに地すべりの型と調査対策について検討し、まとめたので、今後の地すべり対策の上での一つの基礎的資料として参考にしていきたいと思います。

2. 型分類法について

特にこのアンケート調査を実施した理由は、地すべりの実態を把握し、これに基づいて型分類を行なえば、調査・対策の方向づけが容易になるということであった。

型分類については、現在数多くの地すべり技術者及び学者により発表されている。地すべり移動土塊の形態、地すべりの材料、性状、地すべりの地質状況、すべり面の形態などから数多く細部にわたって検討されているが、しかしわかりやすくかつ調査・対策まで含まれた分類法は現在ほとんどないといって良い。

幸いに度による分類法¹⁾(以下渡分類法とする)は、地すべりの土塊の性状を4つの特徴(岩盤地すべり、風化岩地すべり、崩壊土地すべり、粘質土地すべりの各タイプ)に分けて分類し、かつ調査・対策まで含めて検討されたものである。

この分類法は非常にわかりやすく、かつ便利な分類法であるので、特にこの分類法に基づいて今回実施したアンケート調査との対比を行ない整合性を検討した。

3. 型分類上（地すべり移動土塊の質による）の問題点

1) 型分類上の問題点

まずこの被分類つまりこの4つの型分類がどのような根拠に基づいて計画的にかつ合理的に実施される
ことができるかという問題である。

被分類法では地すべりの土塊の性質により次のように分類されている。

地すべり移動土塊の性質	型 分 類
新鮮な岩より成る	岩盤地すべりタイプ
風化岩又は巨レキ混り岩層より成る	風化岩地すべりタイプ
レキ混り土砂より成る	崩壊土塊地すべりタイプ
粘土又はレキ混り粘土	粘質土塊地すべりタイプ

この型分類は次のような地形特徴、運動形態によって分けられている。¹⁾

(1) 岩盤地すべりタイプ

過去に地すべりの発生したことのない、したがって地形的にも地すべり地形を呈しない斜面に発生するもので、多くは新鮮な岩盤より成り、発生すると運動速度が大きく、突発的である。地すべり土塊は一体となって運動し、すべり面が山腹に出ている場合は、多くの場合、滑落する。末端に隆起部を伴うときは運動も比較的小さく（ 2 cm/day 以上）、滑落しないことがある。

頭部に明瞭な滑落崖または帯状の陥没を生じ、そこに地下水は集中する。運動中に次第に頭部が明瞭になって来るが、発生前には頭部が不明瞭である。地形的には凸形斜面に多く発生し、すべり面は平面状で、頭部ではほとんど $70^\circ\sim 90^\circ$ に直立し、ちょうど椅子のような形の地すべり面になる。すべり面粘土も厚さ 2 cm 程度がみられる程度である。運動した距離に比例して土塊を形成する岩盤にキレツが発生し、側面部、末端部および陥没部では稜状化が進み側面部では2次的に浅い地すべりを発生することもある。一般にすべり土塊の厚さが大きく $20\text{ m}\sim 40\text{ m}$ でまれには 100 m 以上のもの（例パイオントダム、トック山）もみられる。わが国では以前は年間2～3例発生する程度で、特に強雨との関連が大きかったが、近年は大規模土工やダム湛水の影響で増加している。長崎県北松浦地区に多く見られる外、結晶片岩地帯や第三紀層にも見られる。新潟県の魚沼層に見られるすべりもこれに似ている。建設省所管のものでは群馬県少林山が、農林省では香川県小豆島肥土山、国鉄では東北本線青森県浅虫が有名である。これの発生機構についてはなお、疑問の点が多く、明瞭ではないが、山の尾根部を横切る断層等の存在がその素因となっていることは十分考えられ、一般に尾根の鞍部が地すべりの境界となることからこのことが示唆される。

土工によって発生する場合は、小規模土工で発生した例は少なく、たいていは大規模土工（数万 m^2 以上の）によるもので、発生前の安全率を 1.00 と仮定すると、 $0.7\sim 0.8$ にこれを下げたときに起っている。すなわち、逆にいえば、安全率が $1.3\sim 1.2$ にあったものが、土工によってバランスを崩したことになる。

対策工としては、頭部のキレツの部分に地下水が集中しているので、応急対策として、長い横ボーリングによって、キレツの下すべり面付近で、地下水を排除すると活動を急速に緩和することができる。恒久対策としてはトンネル排水工や、頭部土塊の排除工が有効であり、末端部での杭挿入工も、運動が緩和

した後の再発防止には非常に有効である。

地形的に地すべり地形を呈さないために、あらかじめ、そこが地すべり危険地であるということを予知することは非常に困難で、熟達した専門家による踏査とボーリング等による精査によってのみ予知ができる。(図-1)

(2) 風化岩地すべり

多くは一度滑動した岩盤型が再発したものである。岩盤型が安定すると、その土塊は周囲の岩盤に較べて、どうしてもキレツが多くなっているため、降雨の滲透が促進されて風化する。このために強風化岩の形式をとる。初生的なものは強風化或いは強変質岩地帯で発生することがある。特に末端部や側面部、陥没帯では巨礫混じり土砂の形態をとる場所もある。地形的には岩盤型のときにできた頭部(台地状部)と滑落崖(たいていは馬蹄形)が明瞭に残るので1/3,000~1/5,000の地形図で予知することができる。運動速度は1.0~2.0cm/dayのものが多く、降雨期や融雪期に激しく、乾期には安定しているものがあり、ある程度断続的である。運動にともなって頭部は次第に2~3個分に分裂して、地すべりのブロック化の徴候が見られるし、冠頂部に新たに岩盤型のすべりを発生して、地すべり地が後退してゆく場合もある。すべり面は末端部では平面状であるが頭部附近では弧状に変化し、円弧と直線の複合した形になっている。末端部と側面部には2次的な崩壊土や粘質土の地すべりを伴うことがある。岩盤型が発生してから風化岩型が再発するまでの期間は、埋木のカーボン法による年代測定によると10,000~20,000年のものも見られ、岩盤型が第四氷河期に発生しているものが見出されている。集中豪雨、異常融雪等の異常気象や中規模の土工が誘因となり易い。

地すべり土塊は強風化岩であるからだいたい褐色系に変色しており、ボーリングを行なうと、すべり面を境にして明瞭に色が変わるので、これによっても、すべり面の分布を確認することができる。土塊の厚さは20m~30mがほとんどで、それ以上の厚さのものはわが国ではほとんど見当たらない。

地下水は頭部(残丘とも呼ばれ2~3に分かれていることが多い)の背後の滑落崖や陥没部直下に集中していることが多いので、この排除が非常に有効であるが、滞水部の透水性が岩盤型よりも悪いので、長い横ボーリングだと本数が多くなるので集水井工法が最も有効かつ経済的である。また地すべり地周辺からのトンネル排水も地すべりのブロック化が十分進んでいない段階では有効である。頭部の土塊排除、末端付近での杭挿入工も有効である。対策工の効果 即効的である。

この型の地すべりは結晶片岩地帯(小出氏の破砕帯地すべり)に最も多く見出されるが、新第三紀層でも頻発する(たとえば新潟県国鉄飯山線の高場山)、また大規模なものとしては大阪府亀ノ瀬峠地区がこの型に属する。能登半島基部の新第三紀層中にもときどき見つけることができる。斜面の安定度は岩盤型より悪く、1.05~1.15である。

(図-2)

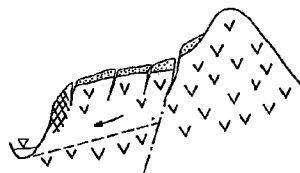


図-1 岩盤地すべり



図-2 風化岩地すべり

(3) 崩積土すべり

最も一般的な地すべりで土塊は主として礫混りの土砂によって構成されている。風化岩型がさらに漸移したものもあるが、崖状の堆積物の場合等は、此が初生的なものになる。頭部は風化岩型よりさらに分かれて、地すべり地全体が、いくつかの階段状斜面に分かれる。上部では巨礫混り土砂や風化岩盤の形態をとるが、末端に至るほど、細粒化して礫混り土砂や粘土状を呈する。運動は次第に断続的になり、5～20年に1回ぐらいの割で発生する。その運動も、ブロックによって異なり、各運動ブロックは相互に関連性を持つ。地形は典型的な地すべり地形となり、すべり面は弧状を呈す。すべり土塊の厚さは10～20mである。地表の乱れが甚だしく、池や沼、湿地、凹地等が各所に見られるようになるので1/5,000～1/10,000の地形図から容易に判読できる。霖雨や融雪等で発生し易く、末端部は粘質土の流動状を呈する場合もある。斜面の安定度はさらに悪く1.03～1.05であり、3%程度安全率を低下させてもすべる可能性がある。多くの運動ブロックに分かれるため、地下水も広範囲に分散しがちであるが、斜面内の台地部の上端付近に集る傾向を持つので、短い横ボーリング(30～50m)や多数の集水井によって安定化を促進することが可能である。頭部が多数あるため頭部の排土工は、他の運動ブロックの活発化を促進する可能性があるので適用の場合は十分注意を要する。杭挿入工も、風化岩に近いものはほど有用で、粘質土型に近づくと適用できない。地表水排除工や暗渠工も有効な工法である。この型の地すべりの代表的なものは長野、新潟両県等の新第三紀層中に広く分布するし、蛇紋岩の地帯でも良く見受けられることができる。(図-3)

(4) 粘質土すべり

土がさらに細粒化すると、地すべり土塊の大部分を礫混りの粘土で形成されるようになる。そうになると、ブロック化はますます進行し、無数の小さい運動ブロックに分割され、複雑な運動を起こし、この運動も断続的になる。地表地形はほとんど一様な緩勾配の斜面となり、すべり面の勾配は地表勾配とはほぼ等しい緩傾斜になり、すべり土塊の厚さも5m～10m程度になる。速度も小さくなって0.5cm/day以下になり、異常気象の場合でも、全土塊が滑落することがなく、その一部の決壊を伴う程度になる。

斜面の安定度は非常に悪く、少量の土工によっても運動が活発化する。地形的には凹形斜面に発生し、運動によって毎地表の状態が変化するので、地元の開込みによっても容易にその分布を探ることができる。風化岩や崩積土の地すべりが滑落した後の斜面に発生することもある。斜面上部には明瞭な台地部を残すこともあり、この場合は、この台地はたいがい礫混り土砂より形成される。運動は流動状で明らかに曲流する場合が見られる。地下水はこの地域内に完全に分散し、毛細管状の小さな網状の地下水によって構成されるので、集水面の広い暗キヨ工等で排除する以外に方法がない。地すべり地域外からの地下水流入を遮断することや、地表水の浸透を防止することも有効な工法であるが、土塊の一部排除や、杭挿入工は適用できない。

対策の効果も遅効的で2～3年後にやっと幾分の効果が表われる程度であるから、重要な構造物等の設置は絶対に避けるべきである。この型の地すべりは、新第三紀層の中や、温泉余土に起因した火山性地す

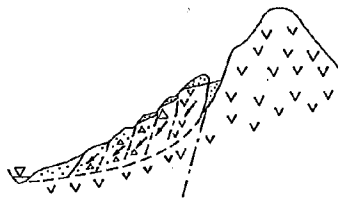


図-3 崩積土すべり

べりにも初生的なものが一部見られる。(図-4)

以上の説明から地すべりの型と地形、運動因子の特徴についてまとめてみると次の表-1 になる。¹⁾

現地踏査によってこれらの要因について観察ができれば一応の型分類が可能となったわけであるが、いざ実地にこの型分類を地すべり区域に適用して見ると地すべり移動土塊の地質の複雑さがかなり影響していることがわかりしばしばタイプ分けに対して困難させることがあった。それはアンケートの設問のありかたにもよるのだが

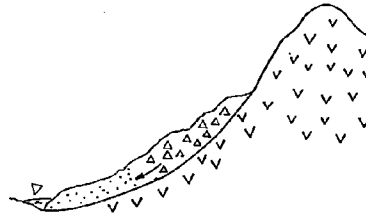


図-4 粘質土地すべり

表-1 地すべりの型分類

分類	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩壊土地すべり	粘質土地すべり
特徴	馬蹄形、角形	馬蹄形、角形	馬蹄形、角形、沢形、ボトルネック形	沢形、ボトルネック形
微地形	凸状尾根地形	凸状台地形、單丘状凹状台地形	多丘状凹状台地形	凹状板地形
すべり面形	椅子型、舟型	椅子型、舟型	階段状、層状	階段状、層状
旧分類名	幼年型	青年型	壮年型	老年型
主な土塊の性質(頭部)	岩盤または弱風化岩	風化岩(キレツが多い)	レキ混じり土砂	巨レキまたはレキ混じり土砂
カ(末端部)	風化岩	巨レキ混じり土砂	レキ混じり土砂、一部粘土化	粘土またはレキ混じり粘土
運動速度	2cm/day以上	1.0~2.0cm/day 程度	0.5~1.0cm/day	0.5cm/day以下
運動の経緯性	短時間突発的	ある程度断続的(数十~数百年に一度)	断続的(5~20年に1回程度)	断続的(1~5年に1回程度)
すべり面の形状	平面すべり(椅子型)	平面すべり(頭部と末端がやや円弧状)	円弧と直線状、末端が流動化	頭部が円弧状だが大部分は流動状
ブロック化	大抵1ブロック	末端、側面に2次的地すべり発生	頭部がいくつかに分断され2~3ブロックになる	全体が多くのブロックに分かれ、相互に関連して運動
予知の難易	非常に困難、綿密な調査と精査を必要とする	1/3,000~1/5,000地形図で予知できるし、空中写真の利用も可能	1/5,000~1/10,000地形図でも確認できる。地元での聞き取りも有用	地元での聞き取りによって予知できるし、非常に容易に確認できる。
一般的な斜面形	一般に台地部があるが不明瞭である。凸型斜面に多く、破面から発生する。	明瞭な段差も、帯状の隆起地と凹地を有す。大きくみれば凹型だが、主要部は凸型	滑溜面を形成し、その下に沼、池等の凹地あり。頭部に緩やかな傾斜あり、凹形斜面に多い。	頭部に不明瞭な凹地を残し大部分は一種な緩斜面、沢形の斜面である。
平均的な安全率	大抵の場合 $F_s > 1.10$ 、一時的にある程度の切土、盛土も可能	$F_s = 1.05 \sim 1.10$ 、一時的に5%程度の安全率を下下させる事は可能	$F_s = 1.03 \sim 1.05$ 、一時的には3%程度安全率を悪化させても安定している。	切土、盛土は不可能。小量の土工でも運動を再発する。
主要な対策工	深層地下水排除、土塊除去、抑止工	深層地下水排除、土塊除去、地表水排除、抑止工	頭部での深層地下水排除、地表水排除、浅層工	頭部での排水井工、末端での浅層地下水、地表水排除、浅流工
対策工の効果	即時的で完全安定化可能	即時的であるが、異状天然現象時に再発の恐れがある。	運動性で対策工施工後1~3年を要す。末端部の安定化が困難	運動性で対策工施工後数年を要し、完全な安定化は困難
主な原因	大規模な土工、斜面の一部の水没、地震、強雨	集中豪雨、異常な融雪や河津欠損、地震、中規模の土工その他	異常な降雨、融雪、台風、集中豪雨、土工、等	森林、融雪、河川侵食、積雪、小規模な土工
主な地質と構造	新層、砂時帯の影響を受けるものが多い。	結晶片岩地帯、新第三紀層に広く分布する。新層、砂時帯の影響あり。	結晶片岩地帯、新第三紀層に広く分布	新第三紀層に最も多く、御前崎砂時帯等の構造線沿いにも一部見られる。

次のような構造のものがあって地すべりタイプを決める場合に地すべりのどこを重点的にとりあげるかによっていずれの型に分類すべきか迷うことがある。結局調査者の主観によっているわけであるが地すべり全域をながめた場合と小ブロックをみた場合とでは差異があるのは当然であり、地すべりの調査対策がどちらかといえば小ブロックをとりやすく、地すべりタイプとこれに応じた調査対策となっているかという点については必ずしも一致しない場合も出てくるということになる。

①地すべり位置の違いによる地すべり移動土塊の質の違い（複合型）

図-5に示したのは地すべり移動土塊の上部土塊が岩盤、風化岩より成り立っているがこの岩盤自身の風化が激しく、このため地すべり末端部へゆくと流動化

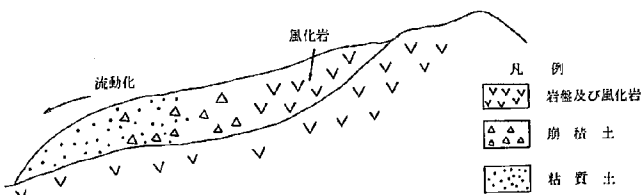


図-5

した粘質土が見られる場合もある。例えば茶臼山地すべり)

渡分類法¹⁾では岩盤地すべりであれば地すべり移動土塊の上部で岩及び風化岩、末端部でも風化岩となっている。風化岩地すべりタイプにおいても上部で風化岩、末端部でも巨レキ混り土砂となっている。

②地すべり移動土塊の質の中間をとる混合型

地すべり移動土塊の性質がそれぞれの型分類の中間をとる場合がある。図-6に示したのは移動土塊の質が粘質土と崩積土の中間にあたる。

③地すべり移動土塊の垂直的な質の違い

図-7に示すように地すべり移動土塊がある場所で垂直的に見ると崩積土と風化岩が見られ、上下関係で極端にかわる場合がある。

④この外、①、②、③をそれぞれ組合せた複雑なタイプのモデル。

これらはいずれも地すべりブロックが1つと想定したものである。実際の地すべりでは地形、地質等の影響をうけかなりブロック化されているはずである。特に今回の地すべり区域についてのアンケート調査は

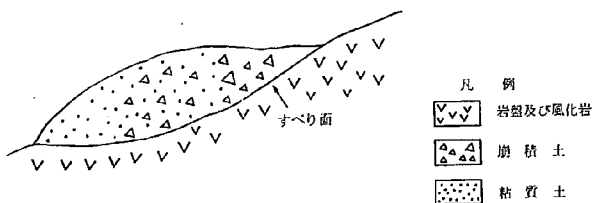


図-6

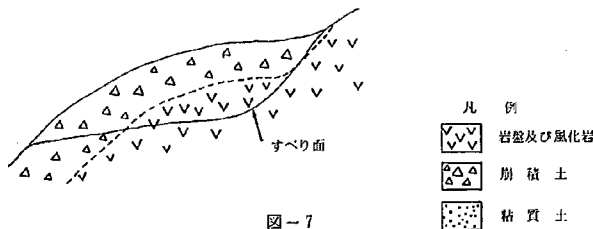
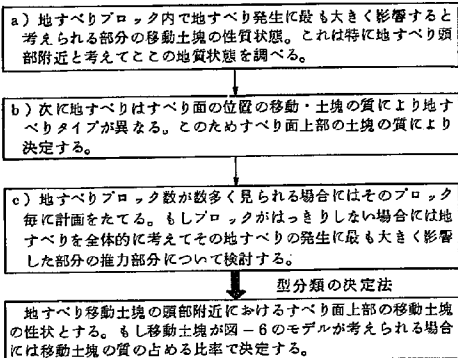


図-7

5 ha 以上の防止区域を対象としているため地すべり全体をみわたした時にどの分類に属するか判断し難いことが多いと想像される。

このためこの型分類法¹⁾をあてはめる場合に際して、アンケートから求められた地すべり区域、地質縦断面図からみなおして右の表のように諸点を追って分類してみた。地すべり型分類の分類基準の参考例として模式図(図-8)に示した。



<岩盤、風化岩地すべりタイプ>



岩盤・風化岩の厚さが薄く崩積土が厚く覆っている。

①



岩盤・風化岩の厚さが厚くほとんど岩で出来上がっている。

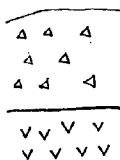
②



崩が重なりあっているが風化岩岩盤等にすべり面があるもの。

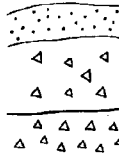
③

<崩積土地すべりタイプ>



崩積土と岩盤との境界(風化岩)

④



崩積土中

⑤



粘質土にくらべ崩積土の比率が多い

⑥

<粘質土地すべりタイプ>



粘質土と岩盤(風化岩)

⑦



粘質土中との境界

⑧



崩積土にくらべ粘質土が多い

⑨

図-8 型分類の分類基準の模式図 (参考例)

2) 調査、対策を考慮した場合の型分類によるアンケート集計結果上の問題点

(1) 今回対象とした地すべりアンケート調査は都道府県の地すべりを対象としたものであり、従ってそれぞれの地すべりの調査、対策においてはその地すべりの活動性、規模及び経済性、地域性を考慮してそれぞれ実施していること。

地すべりの活動が活発であっても地すべりの被害が少ない場合、調査、対策がほとんどなされていないこともあるし、逆に地すべりの活動が活発でなくとも、将来の危険状態を勘案して調査、対策まで密に実施している場合もある。

(2) 又、この対象とした地すべりアンケート調査は地すべり防止区域 5 ha 以上であり、かなり広い区域の防止工事であること。

(3) 前述した問題点を考慮しながらこのアンケート調査を分類したがこの中で岩盤地すべりタイプの例がほとんどなく、このタイプは風化岩地すべりタイプに入れて集計した。又それぞれのタイプ毎の事例が 20～30 例しかなく、定量的な数字の判定については今後多くの事例を集計する必要があると思われる。

又、集計結果にあたってすべり面の位置がはっきりしないためうまく型分類できなかったり、数字記入の誤りと思われる箇所が見られたりした。これらについては筆者が出来るだけ客観的に判断して集計したことを深くお詫びしておきたいと思います。

4. アンケート集計結果

1) 型分類による地質状況

a) 基盤岩の性質

地すべりの発生は地質、地形の素因に最も支配されやすい。岩石は生成年代が新しい場合、その固結度が不十分のため一般に風化に対する抵抗力が小さく、粘土化しやすい傾向がある。又、断層や破碎帯等の地質構造が顕著であればこれ又粘土化しやすい地すべり発生を見る。

このアンケート調査では、地すべり地の基盤岩は堆積岩が一番多く、次いで変成岩、火成岩となっている。生成年代別には新第三紀・古生代・古第三紀・中生代の順となっていた(図-9、図-10参照)。

一般に第三紀層は沖積層に次いで地球上で最も若い時代に出来た地層であり、したがって生成年代が比較的新しいため岩石の固結度が不十分であり、ぜい弱で簡単に粘土化しやすい(図-11)、これは岩石が水を含みやすく地表のみでなく、相当深部まで風化が進むことによる。したがって岩から礫、礫から粘土化の移行がはやいと思われる。逆に中・

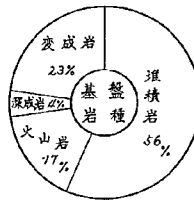


図-9 基盤岩の岩種

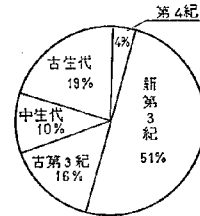


図-10 基盤岩の生成年代

古生層地すべりは岩石が著しく破碎され、ブロック化、粘土化しているが比較的岩石自身の固結度が強いので粘土化しにくい。したがって岩から礫はあるが、礫から粘土化へ移行しにくいと思われる。

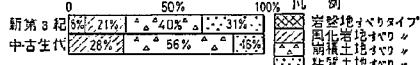


図-11 地すべり移動土塊による型分類

又、岩の種類について見ていると新第三紀層は堆積岩が非常に多いのにくらべ、中・古生層は変成岩が多く見られる。(図-12参照)

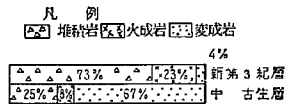


図-12 地すべり基盤岩の特性

地すべり地の中でも最も多いと思われる堆積岩の地質構造を調べてみると(図-13参照)流れ盤が多いのは当然であるが、しかし受け盤でも地すべりが発生している。受け盤だからといって安心するのは非常に危険である。

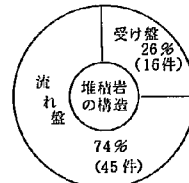


図-13 堆積岩の地質構造

次に型分類から地すべり生成年代、基盤岩地質を見ると次のようになり(図-14参照)この型分類の結果をまとめて見ると次の表-2になると思われる。

b) 移動土塊の性質

地すべりの移動土塊は運動に伴って色々な応力を生じ、それに伴って土塊自身もあるいは破壊してゆく。従って運動の進行と共に岩塊状からレキ状から粘土状へ移行してゆく。しだいに地すべり土塊の質の均一性が失われてゆくことが見られる。(図-15参照)

従って、地すべり土塊を形成する物質は色々あり、必ずといって良い程一種類ではなく複合しているのが普通である。岩や風化岩、巨レキ混り土砂より成る地すべりが全数の約3割を占め、粘質土より成るものは20～30%程度を占め残りをレキ混り土砂が占めており、地すべり土塊が通例考えているよりもそれ程軟弱ではない土塊が多いことがわかる。

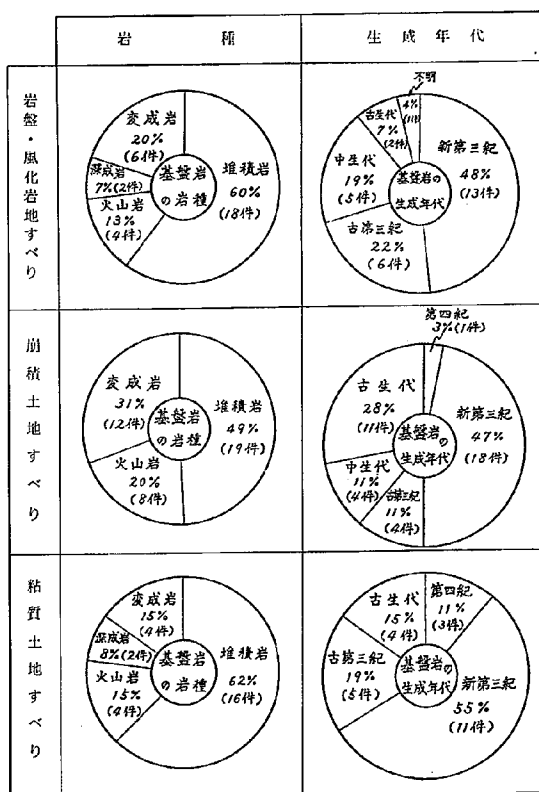


図-14

表-2

特性 型分類	生成時代	基岩地質
岩盤風化岩地すべり	新第三紀	堆積岩
	中生代	變成岩
	古第三紀	
崩積土地すべり	新第三紀	堆積岩
	古生代	變成岩
		火山岩
粘質土地すべり	新第三紀	堆積岩
	古第三紀	

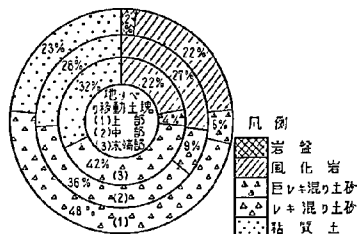


図-15 地すべり移動土塊の特性

2) 型分類による地すべり微地形

(1) 地すべり微地形について

地すべり地形は一種独特の地形を呈しているといわれている。一般の山腹は斜面勾配は上から下へ向かって漸移的にゆるくなるため、等高線がほぼ一定間隔の曲線群を構成するのに対して、地すべり地帯の等高線は地すべり上部の滑落崖、急崖のため等高線間隔が急で縮まり、中央部では、地すべり台地しているため、逆に等高線の間隔が広がり、又末端部では再び縮まる。

この等高線の乱れの状態からさらに6つの型分類をおこなった。(渡分類法)¹⁾

なお6つの型の模式図を図-16に示した。

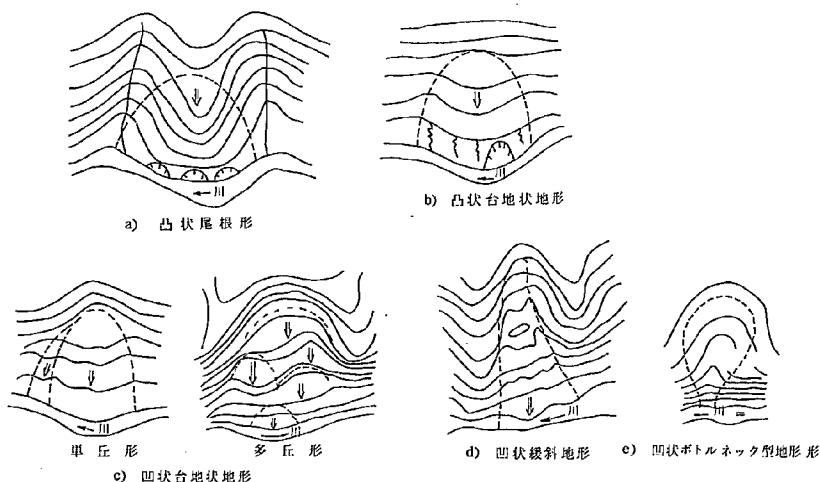


図-16 地すべり地形の模式図

凸状尾根型地形は、地すべり頭部で凸状でかつ中央部も尾根状を呈して見える地形をいい、これは凸状の山腹や尾根先や主尾根から分岐した小尾根部で発生したり、小さな尾根部で起こるものであり、頭部の台地状は小面積である。又土塊の大半が岩盤から成り立っていると思われる。

凸状台地状地形は、地すべり頭部で前記の地形と同様にまだ凸状であるが、中央部で台地状を呈してくる。この台地状地形は広汎で緩斜面となり、一見段丘のように見える地形である。この台地部を形成している土塊の大半は風化した岩から成り立っていると思われる。

凹状台地状地形は地すべり頭部で凹状、中央部で台地状を呈している地形をいい、これが典型的な地すべり地形である。これには頭部と緩傾斜面の形状によって単丘形と多丘形に分かれる。

単丘形の地すべりは地すべり中央部がまだ一つの台地状緩斜面を有し、滑落崖の下に池や沼、湿地を有する場合が多い。台地部を構成する物質は一般に亀裂に富んだ風化岩が巨レキ混り土砂であり、末端部はレキ混りの土砂や粘性土より成り立っていることが多い。

多丘形の地すべりは地すべり頭部がその後の地すべり運動により分丘し、斜面内に多くの小丘を残すも

ので全体に凸凹に富み、多くの地すべりブロックを形成している場合が多い。地すべり土塊は上部で巨レキ又はレキ混り土砂より成り、下部にゆくに従って細粒化してレキ混り土砂粘土となっている。

凹状緩斜面地形は地すべり頭部で凹状、中央部から末端部にかけて緩斜面となった細長い沢状地形である。頭部の台地状部がその後の運動と浸食によりほとんど失われ、場所によっては斜面にはまだ多少の凸凹があるが、しだいに中央部から末端部で地形的に長い一様な緩勾配を持つようになる。

最後に凹状ボトルネック型地形である。地すべり上部で凹状を呈し、中央部から末端部の形がボトルネックの形をしている。又末端部付近に比較的堅固な岩盤等がある。

外国で地すべり発生が多い、クイッククレイや日本では火山性の地すべりに多いとされている。

図-17に地すべり地形の頻度について集計結果を示した。

地すべりは凸状でも凹状でも発生するが、その割合は凹状に多く見られる。これは地すべりが斜面上で完全に終息しない限り運動による土塊変形、風化による劣化等をうけ、絶えず地形変遷があつて凸状から凹状へ至るからであろう。

地すべり地形の型分類による結果を図-18に示したがこの結果から判断することは極めて困難と思われる。これは、地すべり規模が比較的大きいこと、又人工的に道路・家が形成され、地形変化を与えていること、雨水及び豪雨等の表面浸食により沢、谷地形が形成されていること等が考えられる。

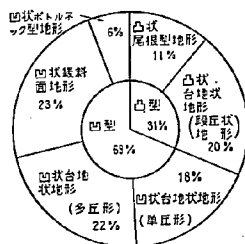
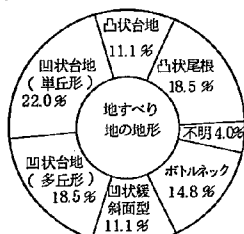
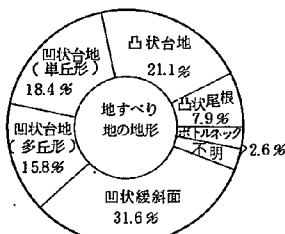


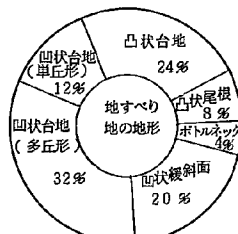
図-17 地すべり地形



風化岩・岩盤地すべりタイプ



崩壊土地すべり



粘質土すべり

図-18 地すべり地形の型分類

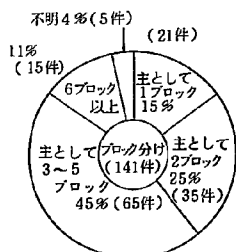


図-19 地すべり地のブロック数

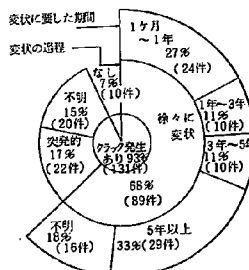


図-20 クラックの発生とその変状過程

上部変状(141件)

あり	なし
82%(116件)	18%(25件)

クラックの発生(116件)

あり	なし
82%(103件)	12%(13件)

主クラック(103件)

あり	なし
64%(66件)	36%(37件)

(a)

中間部の変状(141件)

あり	なし
91%(128件)	9%(13件)

2次3次キレット(128件)

あり	なし
39%(50件)	54%(69件)

隆起(128件)

あり	なし	不明
22%(28件)	47%(60件)	31%(40件)

陥没(128件)

あり	なし	不明
23%(36件)	49%(62件)	23%(30件)

湧水(128件)

あり	なし
66%(84件)	30%(39件)

小崩壊(128件)

あり	なし
69%(88件)	29%(38件)

(c)

側方境界クラック(128件)

あり	なし
38%(48件)	60%(78件)

側方境界クラック位置(48件)

両側	片側
54%	42%

(26件×20件) 不明4%(2件)

中間部クラック(128件)

あり	なし
82%(105件)	16%(20件)

クラックの規則性(105件)

あり	なし
45%(47件)	44%(46件)

クラックの規則性の特徴

82%	39%(件)
-----	--------

その他9%(4件)
地すべり移動方向に平行するものが多い 9%(4件)
地すべり移動方向に直交するものが多い

(b)

末端部変状(141件)

あり	なし
81%(114件)	19%(27件)

末端部隆起(114件)

あり	なし
34%(39件)	65%(74件)

末端部の崩壊

あり	なし
70%(80件)	29%(33件)

湧水

あり	なし
54%(43件)	46%(37件)

末端部クラックの発生

あり	なし
64%(73件)	33%(38件)

末端部クラック方向

26%	63%
(19件)	(46件)

その他11%(8件)
移動方向に直交のものが多い
移動方向に平行のものが多い
末端部の変状

(d)

図-21 地すべり各部の変状

この外、型分類はしていないが地すべり地形全体から次のようなことが言える。

- a) 地すべり防止区域内の地すべりはかなりのブロック数に分かれている。(図-19)
- b) 地すべり各部の変状を見ると、かなり各部で変状で見られる。この変状が地すべりブロック決定に役立つ反面、かなり複雑な様相を呈していることがわかる。(図-21)
- c) クラックの発生過程では、大別して徐々に変状と突発的運動の2つに大別されるが中でも突発的の地すべり運動が約2割も占めている。(図-20)

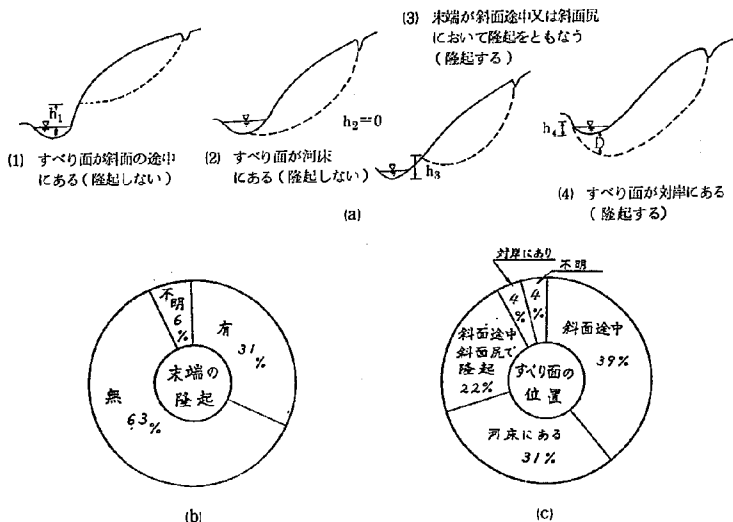


図-22 地すべり末端部について

d) 地すべり末端部の隆起は全体の約3割を占め、そのうち末端部の発生する位置は斜面途中が一番多く約4割、次いで河床にあるのが3割、対岸まで発生したのが数例あった。(図-22)

e) 地すべり地の井戸水の異状状態(図-23)、及び構造物別被害状況について示した(図-24)。

3) 平面形状による型分類

地すべり平面形状を4つのタイプ(馬蹄形、角形、沢型、ボトルネック型)に分けた。馬蹄型は地すべり頭部が半円状の馬蹄のようなもので、尾根部や沢部におこる地すべり地に見られる。

角形は台地状地形に多く見られ、沢型は礫に対して長さの

井戸水の異状(141件)

あり	なし	不明
16%	28(40件)	56%(78件)

(23件)

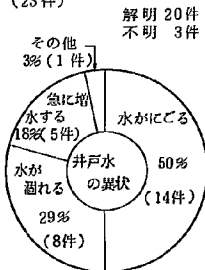


図-23 井戸水の異状

構造物の被害 (141件)

あり	91% (129件)	なし	9% (12件)
----	------------	----	----------

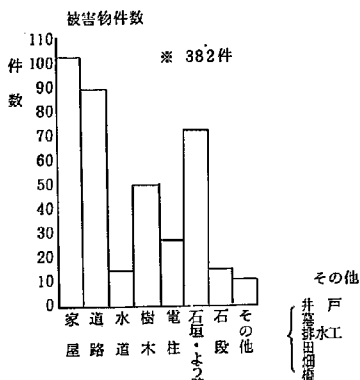


図-24 地すべりによる被害

きいものをいう。

ボトルネック型は丁度ボトルピンのような形をした地すべりである。図-25に模式図を示した。

型分類による平面形状について図-26に示した。馬蹄形はそれぞれのタイプで一番多く次に角型、沢型の順であり必ずしも浸分類法とは一致しない部分があり、これによる型分類も微地形と同様に地すべり移動量の質による(型分類)イメージ作り程度と思われる。

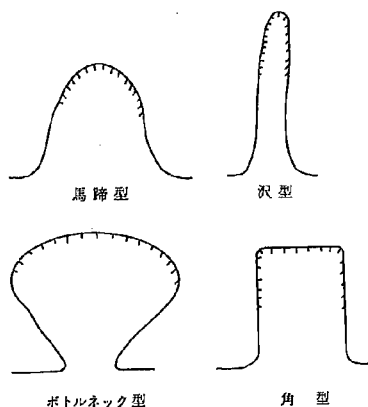
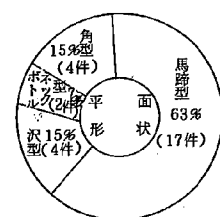
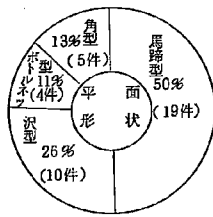


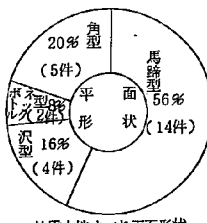
図-25 平面形状の模式図



風化岩一岩盤地すべり平面形状



崩壊土地すべり平面形状



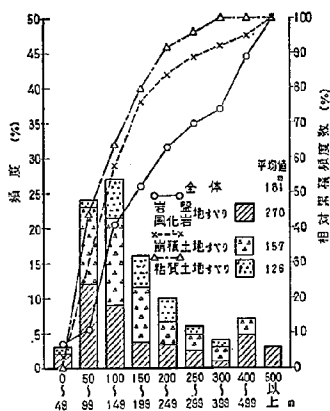
粘質土地すべり平面形状

図-26 型分類による平面形状

4) 型分類による地すべり規模について

地すべり規模について、地すべりの長さ、幅等の決定は非常にむずかしい。1つの理由に地すべりの発生は特に地質、地形等の素因に支配されるため、特定な場所に集中しやすい。集中して発生している地すべり区域では、同じような地質がある程度の範囲で分布しているし、地形も同じようなものをしている場合が多い。

又、現在停止中の地すべりも、長年月経れば地すべり斜面の運動の繰り返して、次第に異なったタイプ



その上この新第三紀地すべりにも図-11で見られたように岩盤・風化岩地すべりタイプが3割近くも占めていることもあげられた。それから図-30で見られるように一般的に地すべりブロックは地すべり上部で急勾配をとり、中間部で緩やかな勾配となり、また末端部にくと急勾配になりやすい傾向がある。又、地すべりブロックが複数に存在している場合とか、地すべり上部が尾根に近い場合（滑落崖は急であるが地すべりの冠頂部より上では逆にゆるやかな勾配をとる）も考えられた。特に今回地すべり規模が比較的大きいめに人工的に道路、家、田畑が形成され地形変化を与えていること、表面浸食により沢、谷地形が形成されている等があげられ、勾配のとり方測定方法の基準のむずかしさもあげられる。

ここでは渡14)により考えられた標準的な地表面縦断形状の模式図を示しておく。これについての型分類は今回実施しなかったが今後これも含めて検討してゆきたいと思います。

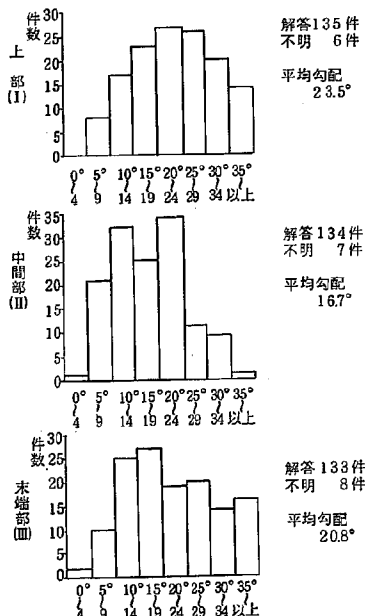


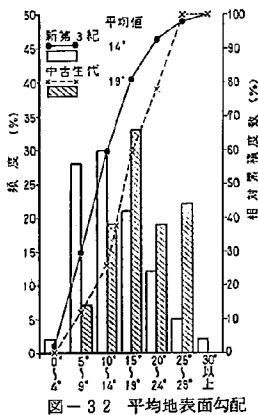
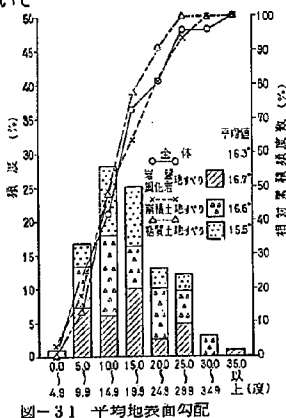
図-30 地表面勾配（上部・中間・末端部）

5) 型分類によるすべり面形状について

(1) すべり面深度について

すべり面深度（地すべり土塊の中央部附近の最大深度とした）の型分類を図-33に示した。これによると岩盤・風化岩地すべり程すべり面深度が深く、粘質土すべり程浅い傾向がある。

新第三紀地すべりと中・古生層地すべりで比較すると平均値では同じ値を示している。



これは新第三紀地すべりにもかなり深度の深い地すべり発生があることを意味している。しかし頻度毎の発生分布割合についてみると中・古生層に深い深度の地すべりが多く見られた。（図-34）

(2) すべり面勾配について

すべり面勾配の型分類を図-35に示した。これによると岩盤・風化岩地すべり程勾配が急であるが逆に粘質土地すべり程緩やかな勾配をとりやすい。

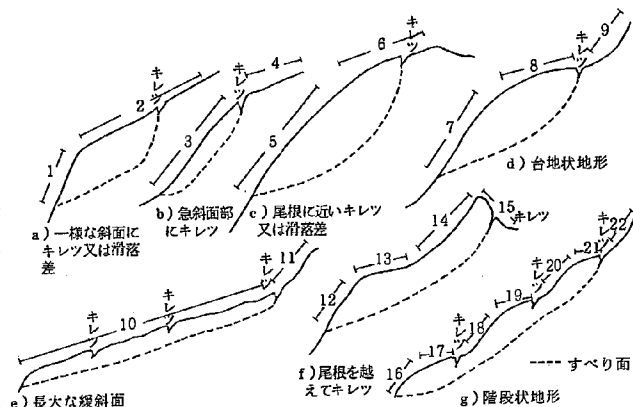
新第三紀層地すべりと中・古生層地すべりのすべり面勾配を比較すると中・古生層程急な勾配のところで地すべりが発生している。

(図-36)

(8) 平均すべり面深度と基盤岩

すべり面深度は堆積岩では深い深度のものから浅い深度のものまで平均的に分布しているが、変成岩になるとかなりすべり面が深い傾向が見られる。(図-37)

これも図-11,12で見られるように堆積岩は変成岩にくらべ岩から粘土の風化移行が速くこのために粘質土地すべりタイプの地すべりが多く見られること及び生成年代差から見ると中・古生層地すべりより新第三紀層に多く見られること等が考え



標準的な地表面縦断形状図

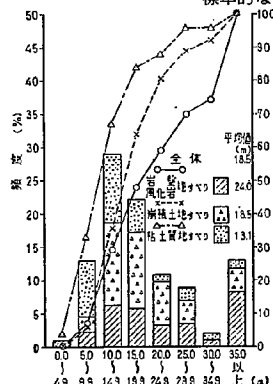


図-33 地すべり面深度

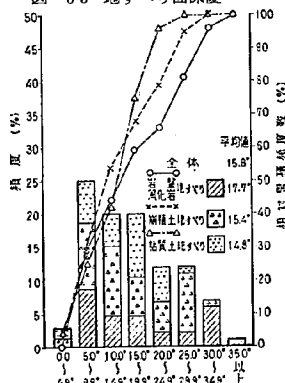


図-35 地すべりすべり面勾配

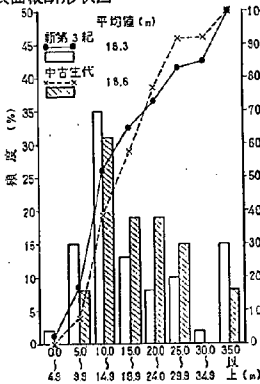


図-34 地すべり面深度

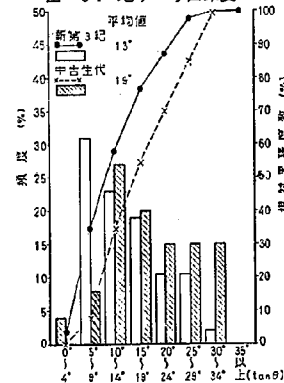


図-36 地すべりすべり面勾配

られる。

これに対して変成岩は中・古生層に多いことがあげられる。

(4) すべり面の縦断形状について

次に地すべり縦断形状を4つのタイプ(椅子型、舟底型、階段型、層状型)に分けた。¹⁾

一般に新鮮な岩盤の中で起こる地すべりのすべり面の形状は直線性に富み、折れ線状の状態をとるが、風化岩になるとやや屈曲部で曲線状を呈し、レキ混り土砂や粘土土塊になると曲線状や弧状を呈することが多いとされている。

椅子型のすべり面を持つ地すべりは、地すべり土塊が岩盤に多いため、地すべり地形も凸状地形に多く見られる。

舟底型のすべり面を持つ地すべりは、椅子型地すべりの下部が圧縮型の隆起部を持つものであり、丁度、舟底のような型をしているものをいう。

階段型のすべり面を持つ地すべりは、土塊がかく乱されてレキ混り土砂又は粘土化したものが多く、すべり面が階段状になっている地すべりをいう。特に後退性の地すべりが逐次発生して上方の斜面まで及ぶとこのようなすべり面を呈するといわれている。

層状型のすべり面をもつ地すべりは、後退性の地すべりで、地すべり再発を繰り返した地すべりのため、土塊もレキ混り粘性土から成り立ち地層に沿って非常に細長いすべり面を有しているものをいう。この型分類に対する模式図を図-38に示した。

渡分類法¹⁾によると岩盤・風化岩地すべりタイプでは椅子型・舟底型、崩壊土すべりタイプでは階段状・層状型、粘質土すべりタイプでも階段型・層状型となっている。今回の結果と比較してみると、どのタイプにも椅子型・舟底型・階段型・層状型の地すべりが見られることがあげられ、はっきりした特徴は困難であった。(図-39)

それは例えば渡分類でも層状型の地すべりについて次のように述べている。

階段型の地すべりの中の後退性の地すべりで同一地層面にすべり面を生じた場合には直線部の非常に長いすべり面形を呈する。此の型のすべり面は実際には図-40の様にいくつもの椅子型すべりの複合とも考えられるのであり、地表の地形はすべり面の形とは異って凹

平均すべり面深度

1. 0 ~ 4 m
2. 5 ~ 9 m
3. 10 ~ 19 m
4. 20 ~ 以上

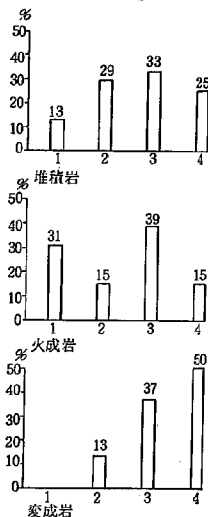


図-37 平均すべり面深度—基盤岩の構成岩石

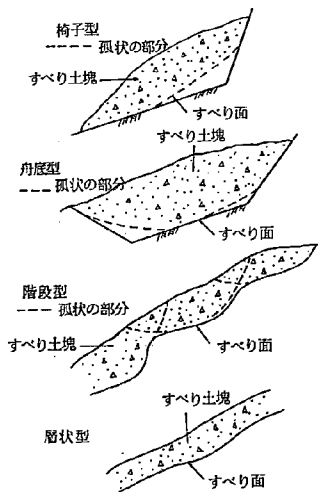


図-38 すべり面縦断形状模式図

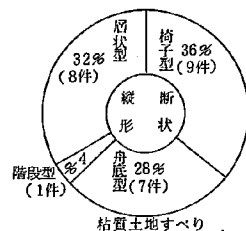
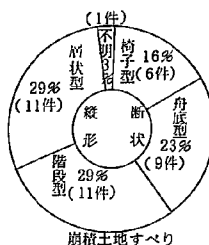
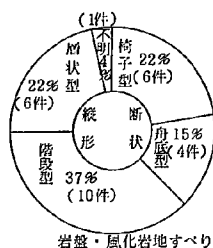


図-39 型分類によるすべり面縦断形状

凸や落差にとんだものが多い。初生の地すべりの場合のすべり面形にはなく、再発を繰返した地すべりに多くみられ、わが国の地すべり地帯の中に多数存在する形である。

このように粘質土地すべりタイプの地すべりを椅子型として捕えていることも考えられるし、又逆に岩盤風化岩地すべりタイプが層状のように連なって発生している場合を層状型として考えられた。

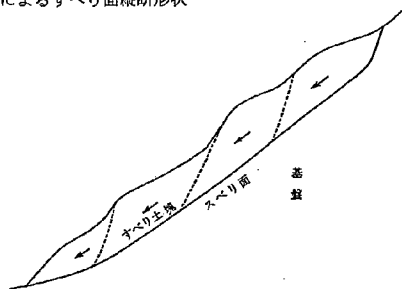


図-40 層状すべり面(粘質土地すべりタイプ)

従ってこの縦断形状による型分類はやや困難な場合を生じており、地すべり移動土塊の質による型分類)も地すべり微地形の判断と同様に地すべり型分類に対するイメージづくり程度と考えられる。

(5) すべり面の位置について

図-41、図-42は地すべりのすべり面位置と崖くずれの土質別の発生頻度を比較したものである。地すべり面形成は、土質地質の変化する層界、特に基盤と崩積土の境界の弱線部に最も多く発生しやすいことがうかがえる。又中には崩積土中、風化基盤中等の同じ地層内にも発生しているのでボーリングの色調・地下水・岩の強度(風化の程度等)を入念に観察する必要がある。

又地すべりは崖くずれと比較して規模が大きいためすべり面も深く特に層などの境界部分に発生するのにくらべ崖くずれはほとんど表土など浅い深度の部分に発生していることがうかがえる。

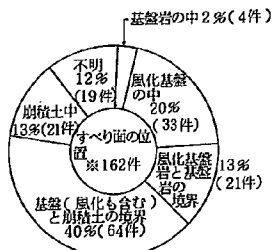


図-41 すべり面の位置

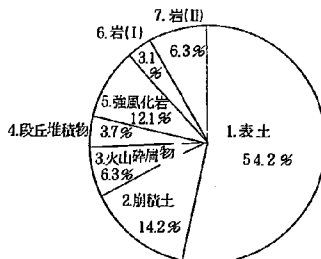


図-42 崖くずれの斜面構成土質

(6) すべり面調査

すべり面調査は踏査による推定を確定する調査でありその調査内容ですべり面の位置、地下水の位置、土塊の地質、地すべり形状等を知る為のもので非常に重要なものである。

まずすべり面の位置調査として地すべり現場では次の6つが良く用いられている。(1)歪計による判定、(2)ボーリングコアによる判定、(3)電気探査、(4)物理探査、(5)ボーリング孔の曲り、(6)視察による斜面変形(踏査)等が考えられるがこの中でも前2者が圧倒的に多かった(図-43)。

(a) 歪計によるすべり面判定

歪計によるすべり面調査は90%実施されているが、このうちすべり面判定可能であったものはこの中で約3割程度である(図-44)。かなり低い精度と思われたが1つの理由に対象とした地すべりの移動量がほとんどないものも含まれていると考えられるがこの外に歪ゲージ間隔も問題があると思われる。図-45にこの歪ゲージ間隔について示した。これによるとどのタイプとも歪ゲージ間隔は2.00mが一番多い。中には岩盤、風化岩地すべりタイプでこの間隔が3.00mもあるものも見られた。

	歪計	頻度(%)	ボーリングコア	頻度(%)
行なった	83	92	66	73
行わない	7	8	24	27
計	90	100	90	100

歪計によるすべり面判定に用いられた総本数	823本
すべり面判定可能本数	267
32% 判定可能	
ボーリングコアによるすべり面判定に用いられた総本数	780本
すべり面判定可能本数	201本
26% 判定可能	

図-43 すべり面調査

特に岩盤・風化岩地すべりタイプ歪ゲージ間隔は密に入れた方がよいといわれているのでボーリングコア、その他のすべり面調査から推測される想定すべり面を考えてその位置ではなるべく密に入れた方がよいと思われる。

(b) ボーリングコアによるすべり面判定

コアによる判定は73%実施されていたがこのうちすべり面判定可能は3割(図-44参照)弱である。すべり面の厚さは非常に薄い場合が多いのでボーリング等で確認できにくいことが多い。従ってコアの色調、強度(風化)等から判定する場合が多いので経験が重要視されよう。

図-44 歪ゲージ間隔

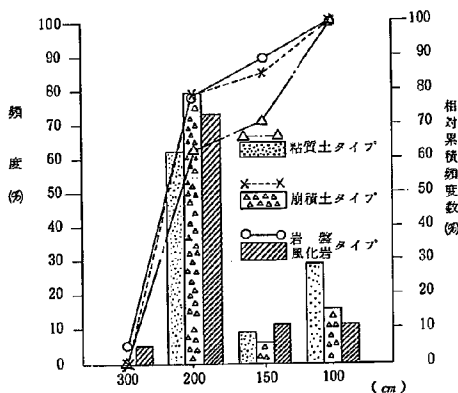


図-45 歪ゲージ間隔

6) 型分類による地すべり移動量について

(1) 地すべり移動速度

図-46の結果より岩盤・風化岩地すべり程移動速度が速く、粘質土、崩積土地すべり程緩やかな運動形態をとりやすい傾向がある。波分類法によれば岩・風化岩地すべりタイプの運動速度は1.0cm/日以上、崩積土地すべりタイプでは0.5~1.0cm/日、粘質土地すべりタイプでは0.5cm/日以下となってい

るがこれを比較して見るとかなり類似していることがうかがえ、この運動速度によるこの型分類もかなり役立つ指標となろう。

(2) 地すべり移動量調査について

地すべりの移動量調査の目的はすべり活動の有無の判定、範囲の確認、地すべりブロックの判別、運動形態、発生機構の解明、危険度の判定等多岐にわたっており、それぞれの目的に適した方法が用いられている。

アンケート調査によると(図-47)地すべり地で用いられた伸縮計、傾斜計は全体のうちの過半数を占めかなりよく用いられていることがわかる。

図-48に型分類からみた結果について示した。それぞれのタイプにおいて主キレツ、副キレツ、末端部、冠頂部のいずれにも設置されているがその中でも主キレツが一番多い。又粘質土すべりタイプになると後退性すべり(斜面上部へ向かって地すべりが波及してゆく地すべり)も考えられ冠頂部に多くもちいられていることがうかがわれる。

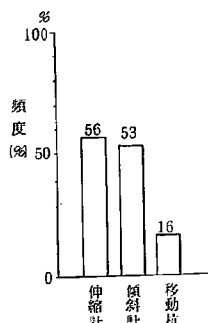


図-47 地表移動量調査

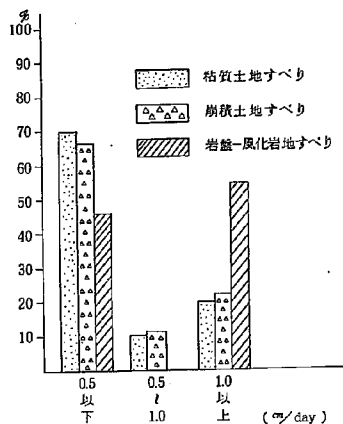


図-46 地すべり移動速度

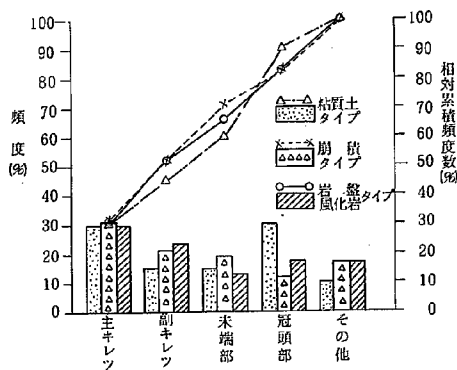


図-48 地表移動量調査(伸縮計設置場所)

傾斜計は地すべりの発生及び可能性又は将来における地すべりの活動性の有無を予知、予測するためによく使用されている計器である。

従って図-49に見られるように地すべり活動範囲の推定としてブロック外特に冠頂部にかなり設けられていることがわかる。

7) 型分類による地下水の状況について

図-50に地すべりの地下水に対する型分類の結果を示す。これによれば岩盤・風化岩地すべりタイプ程地表面より地下水位が深く、逆に粘質土すべりタイプ程浅い傾向が見られる。

図-51には地下水の状態と基盤岩の構成岩について示した。これによると堆積岩は浅い地下水位（地表面からの深度）から深いものまでそれぞれ見られるが変成岩になるとかなり深い地下水位形態をとる。

又、図-52に平均すべり面深度と比較するとすべり面が深い程地下水位の状態も深い傾向を示す。

(1) 地下水位最大変動高

図-53に地下水位最大変動高の型分類を示したが、これによると岩盤・風化岩地すべりタイプ程変動高が大きく、逆に粘質土地すべりタイプ程小さい傾向が見られる。これはそれぞれ土塊の性質の違いによる透水係数及び土塊のキレツ、クラック等の影響と考えられる。

(2) 地下水位最大流速

ここで、述べている値は地下水追跡結果をもとにしたものである。必ずしも型分類を代表としていないかもしれない。（図-54）

地すべり地の最大流速の平均値は $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ が多いと

地下水の状態
1. 浅い（地表より2m程度）
2. 普通（地表より2～5m）
3. 深い（5m以上）

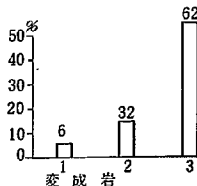
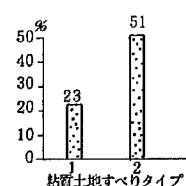
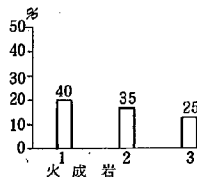
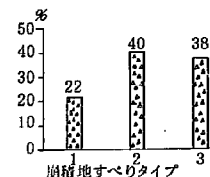
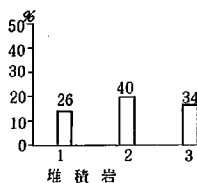
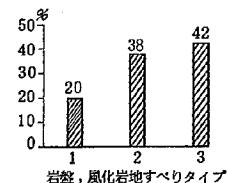


図-50 地下水位の状態—型分類

図-51 地下水位の状態—基盤岩の構成岩石

		件数	頻度 (%)
ブロック内	冠頭部	22	46
	その他	29	60
ブロック外		47	98

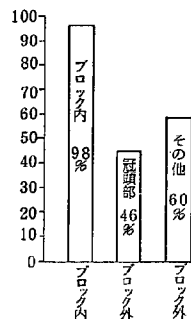


図-49 地表移動量調査（傾斜計）

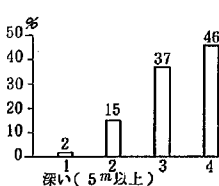
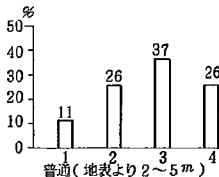
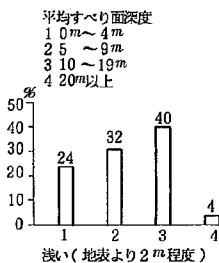


図-52 平均すべり面深度—地下水位の状態

思われる。

事例が少ないことにもよるが岩盤・風化岩地すべりタイプでも流速のおそいものもみられる。一般的にはキレツ、クラックの富んだ岩盤・風化岩地すべりタイプ程地下水流速の速いものが多いと思われる。

(3) 地下水調査

地すべりの発生誘因の重要な要因に地下水がある。降雨、融雪などの滲透したもの、河川、湖沼又は水田、用水路、貯水ダムなどから漏水したもの、地下水として流れて来たものなどがあるが、これらすべてが地すべりに影響するとは限らない。

この中で、直接地すべりを誘発、あるいは助長するおそれのある地下水を判定しなければならない。このためにも、地すべり地における地下水調査はきわめて重要である。

特にすべり面に大きな間隙水圧を発生せしめる地下水包蔵体の分布を見だし、そこから地下水を排水することにより、すべり面に作用する間隙水圧を減少させることができ、しいては最も有効な排水計画ができることになる。現在地下水調査として用いられている方

法について図-55に示した。これによると水位観測(90%)、地下水換層(84%)、地下水追跡(60%)でこの3者が最もよく用いられている。

この外地すべり地内外に分布する地下水を採取し、その成分を分析定量し、成分比によって地下水別の分類をおこない、地下水の分布、つまり地下水の流入、流出経過を追跡したりする水質試験や地すべり地域の地下水包蔵体の透水係数を知ることにより、排水容量が得られ、これにより排水の影響範囲を決定するに用いられる揚水試験、又地温を測定することにより、その温度差を利用して地下水脈を見つける方法

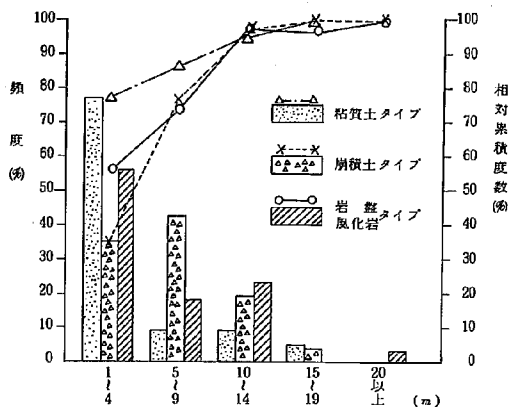


図-53 地下水位最大変動高

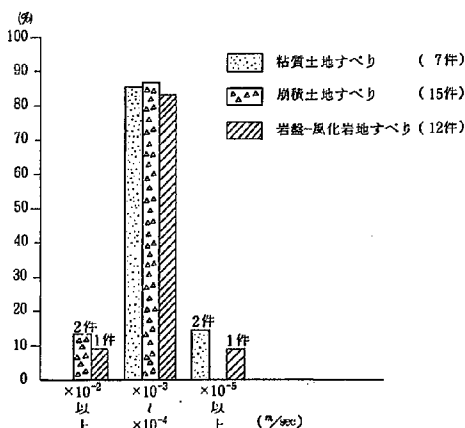


図-54 地下水最大流速

など、地下水に対して種々試みられている。

(a) 水位観測

地すべり面附近の粘土中に発生している間隙水圧を測定して最も有効な排水工法を検討すれば良いわけであるが直接すべり面附近の間隙水圧を測定することは種々問題点がありかなりむずかしい。

これに代わって地下水包蔵体自身の静水圧（水位観測）を観測し、これでもって間隙水圧の代用として斜面安定計算をおこなっている。（図-56）

この水位観測には検尺（53%）、水位計（41%）がよく用いられているようである。

(b) 地下水検層

この地下水検層は地すべり地における地下水の垂直な分布、特に流動状況を把握する目的にもちいられる。横ボーリング工、集水井等の排水工法に関する防止対策を樹立する上で必要不可欠である。

図-57に地すべり地で実施された地下水検層の件数を示す。地すべり地90件のうち76件が実施された。又流動確認された成功率についてはボーリング本数674本のうち流動確認された本数は399本であり、確認率は59%である。

(c) 地下水追跡

地下水の流動状況を調べ、地すべり地の地下水の起源を追求する。つまり地すべり地の地下水の流動状況が推定された時にこえを確認し、かつ地下水の流速を測定するために用いられる。

追跡方法は地すべり地内の滞水層に検出容易な水溶性の薬剤を投与し、この薬剤が検出されるか否かによってその流路を確認し、かつ到達時間によってその平均流速を知るものである。

地すべり地内で実施された件数54件で約60%である。そのうち地下水追跡が成功したのが全体の14%、ほぼ成功したのが65%であり、この2つ合わせると約8割が成功している。又この薬剤の投入位置を見ると地すべり上部が一番多く、次に中間部であった（図-58）。

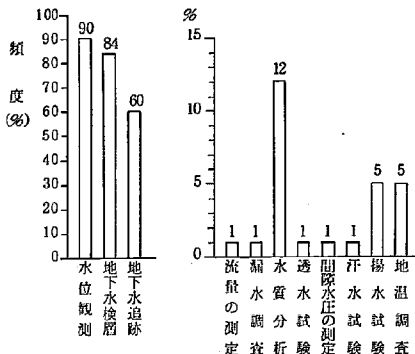


図-55 地下水調査

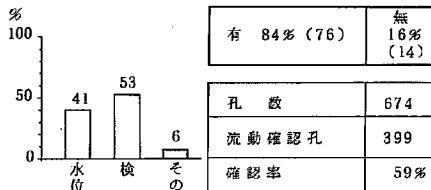


図-56 水位観測

図-57 地下水検層

	件数
行なった	54
行なわない	36
計	90

結果	件数	頻度(%)
成功	7	14
ほぼ成功	31	65
失敗	10	21
計	48	100

投入孔位置	件数	頻度(%)
上部	45	88
中間部	5	10
末端部	1	2
計	51	100

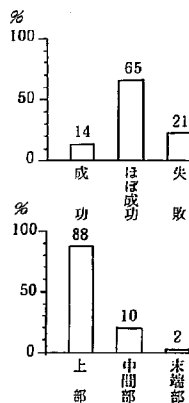


図-58 地下水追跡

図-59追跡剤の種類の結果を示したが、これによると無機薬品の食塩(NaCl)が一番多く39%、硫酸マンガン(MnSO_4)が28%となっている。

又蛍光剤および着色剤であるフレオレッセンソーダが28%用いられている。特にこの3者で全体の95%を占めている。この外重クロム酸ソーダ、塩化カリウム、硫酸アンモニウム等が用いられている。しかし現在では環境問題等でかなりきびしい

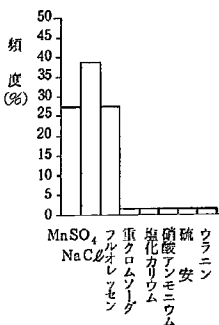


図-59 追 跡 剤

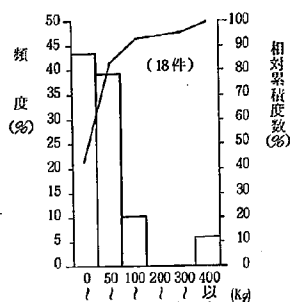


図-60 MnSO_4 投入量

い制約条件が課せられているので使用する場合には注意が必要であろう。

図-60に硫酸マンガンの投入量について調べてみた硫酸マンガンが地下水中に多量に含まれている所は比較的まれである。毒性も少なく検出定量も容易で安価である。投入量も食塩に比べて少なく、

0.1 mg/l まで検出可能であるとされている。投入量が一

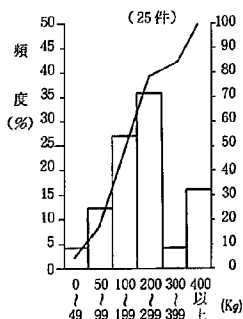


図-61 NaCl 投入量

番多いのは0~49kgで44%, 50~99kgで39% 占めている。100kg以下では83%を占めている。

図-61に食塩の投入量の実態を示した。食塩は毒性がなく、検出定量も容易で安価であるが投入量が多い難点はある。

投入量の一番多いのは200~299kgで36%, 100~199kgで28%, 中には400kg 以上も投入した地すべりが16%もあった。

図-62にフレオレッセンの投入量について示した。普通、試水を試験管に入れ、凸レンズ等で日光を集光してあてると緑色の発光をする。毒性も少ない。定量も容易で0.5 mg/lまで定量できる。投入量も硫酸マンガンより少ない。

投入量の一番多いのが0~4kgで72%, 10~14kgで16%であり、これからみて投入量は2者のうち一番少ないことがわかる。

この地すべり調査も型分類したが明確な特徴が得られなかった。しかし地下水の状態より考えてみると次のようなことがいえると思われる。

岩盤、風化岩地すべりタイプであれば一般に地すべり地内の地下水は地表面より深く、すべり面深度が

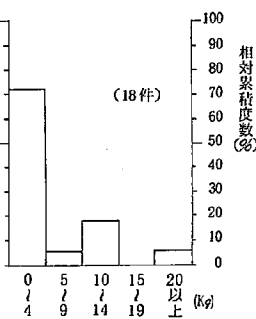


図-62 フレオレッセン投入量

深げれば深い程地下水位も深くなる。又地下水変動も豪雨、降雨状態によってはかなりの変動高が見られ、地下水流速も土塊自身がキレツに富んでいるので速い流速が考えられる。今回の調査ではかなり遅速な流速が大部分であった ($10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$)。

逆に粘質土地すべりタイプになると地すべり地内の地下水も地表より浅く、かつすべり面深度も浅く、地下水変動高も小さい。又、岩盤・風化岩地すべりタイプとくらべ地下水流速もおそい傾向があると思われる。

崩積土地すべりタイプは岩盤・風化岩地すべりタイプと粘質土地すべりタイプの中間型として考えてさしつかえないと思われる。

このように地下水状態から判定すると型分類に対する地下水調査・手法もそれに応じて変えていかねばならないと思われる。

8) 土質試験調査

自然斜面は不均質であり、従って土層も不均質なものとなり合いから形成される。時にはこの不均質な境界面附近に自然の営力によりすべり粘土が形成される。

このすべり粘土が自然斜面の弱線となって、クリープ変形を生じて地すべりの発生を見る。ただ、この地すべり粘土は層厚も薄く、数cm～数十cmのためと地すべり深度が深いため、その粘土の採取困難性及び地すべり地を代表とするような場所の選定及び土質試験の問題(特にすべり面粘土に岩片、レキの混在がある場合)があり土の真のせん断強度を求めにくい場合が多い。

しかしこの土質せん断強度の結果は地すべり安定解析、対策する上で非常に重要な因子であるにもかかわらず、軽視されているクライがあり地道な土質調査、試験を今後期待したい。

図-63に地すべり地の土質試験と図-64にすべり粘土の採取有無及びその採取方法について示した。

9) 型分類による地すべり安定解析

地すべり防止工事の合理的な計画をたてるためには、地すべりが発生する斜面について安定度を検討する必要がある。

地すべりの斜面安定対策量を算出するのに良く用いられるのが斜面安定解析式(F.S)である。

特にこの式に必要な粘着力、内部摩擦角、土塊の単位体積重量等について実態を調べた。

土質試験	件数	頻度%
現位置セン断	12	13
直接セン断	22	24
三軸圧縮	26	29
一軸圧縮	23	26
計	83	

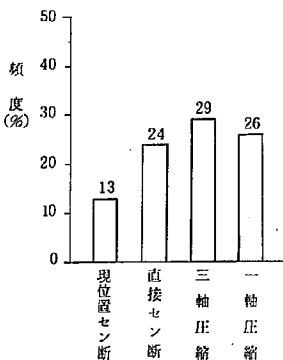


図-63 土質試験

すべり面粘土

有 20 例 (18)	無 80 例 (72)
-------------------	----------------

	件数	頻度%
ボーリングコア	32	36
ウェル、トンネル	2	2
地表面露頭	13	14
その他	1	1
計	48	

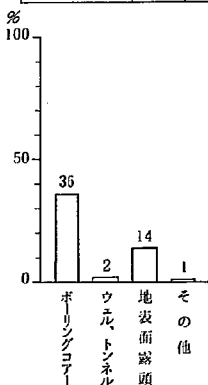


図-64 すべり面粘土及びその採取方法

a) 土塊の単位体積重量 (γ t)

地すべり区域内で採用されている土塊の単位体積重量について図-65 に示したがこれによると $\gamma = 1.8 \sim 1.9 \text{ t/m}^3$ が一番多い。一般的には岩盤・風化岩地すべりに近い程 γ が大きく、逆に粘質土地すべりタイプ程小さい傾向があると思われる。

凡例	型分類	土塊の単位重量 (γ t/m ³)	件数	解答
○—○	岩盤地すべり	1.84	26	1
×—×	崩壊地すべり	1.73	33	5
△—△	粘質土地すべり	1.70	25	0

b) 粘着力

この粘着力を型分類(図-66)から見ると一般にこの粘着力は地すべり土塊の深度に関係し地すべり上載荷重が大きい程、土の粘着力がよく締まり逆に地すべり土塊厚が浅い程、小さい値をとりやすいため地すべり深度の深い岩盤、風化岩地すべり程大きい値をとるべきであるが岩盤・風化岩地すべりの運動は比較的突発的であり地質構造に支配されて発生している。このため地すべり頭部の急崖附近のすべり面の粘着力を無視しているのか、すべり面附近にかなり礫を含んでいるのか又は岩質による影響等も考えられる。図-33 で見られるように岩盤・風化岩地すべりタイプにも浅い深度の地すべりがありこのため小さい値となっていることも考えられる。又新第三紀層地すべりと中・古生層地すべりを比較して見ると中・古生層地すべりの粘着力が大きい値を示す傾向があった。(図-67)

c) 内部摩擦角

内部摩擦角を型分類(図-68)から見るとどのタイプも平均値が同じような値を示していた。実際には岩盤・風化岩地すべりタイプ程すべり面にレキを含んでいる場合が多いし又すべり面勾配もかなり急と

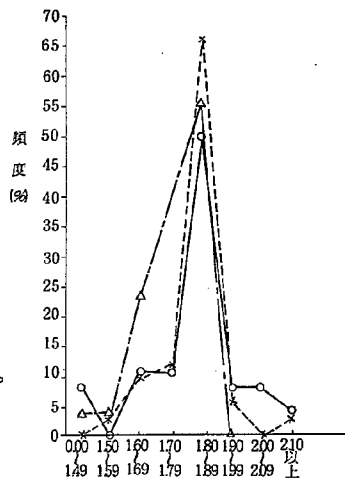


図-65 地すべり安定解析 (土塊の単位重量)

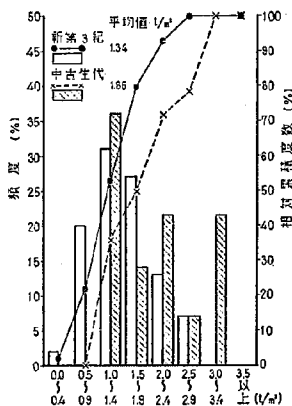
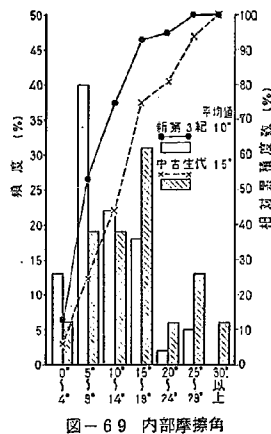
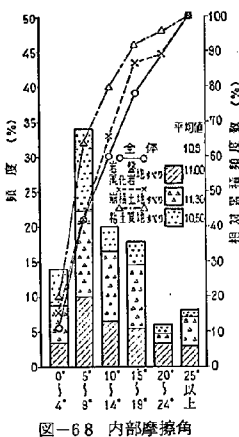


図-67 粘着力

図-66 粘着力

思われるので他の地すべりタイプとくらべて内部摩擦角がかなり大きい値になってくると思われる。

又、現在の一般的な手法として地すべりの深度から粘着力を求めこれから内部摩擦角を算出している。このためこの内部摩擦角もすべり面深度、及びそれに伴う地下水分布状態にも影響される。又図-33でおわかりのように岩盤・風化岩地すべりタイプでも比較的浅いすべり面深度の地すべりがありこの影響も考えられる。又新第三紀層地すべりと中・古生層地すべりについて検討してみると中・古生層地すべりの方がかなり大きい(図-69)



d) 間隙水圧

地すべりすべり面より上部に地下水があれば、その地下水がすべり面に影響を与える地下水と考え、それを間隙水圧として斜面安定解析時に考慮される。

図-70に斜面の安定解析に間隙水圧を考慮したかどうか、又その時の地下水位の状態は一般的にどの値を用いたか調べた。

これによると、考慮するが67%を占め、その時の地下水位の位置は最高水位が一番多く用いられ、73%であった。次に中間水位、最低水位となっていた。

以上のようにこの地すべり安定計算に用いられる常数の決定は地すべり対策工事を決定するのに非常に重要な項目であり、種々型分類をおこなって検討したにもかかわらず明らかになるようなものが得られなかった。従って粘着力及び内部摩擦角もこの型分類から判定することはむずかしかった。

すべり面形状、地下水状態、粘着力の推定(土塊厚さ)、土塊の単位自重の推定等の根拠をはっきりさせ、それぞれのブロック毎に規模、経済性、地すべり活動性より現状の安全率及び将来の計画安全率を設定して対策検討することが現在のところ望ましいと思われる。今後さらにこの単位体積重量、粘着力、内部摩擦角については検討を加えてゆきたい。

間隙水圧 (91件)

考慮し
ない

考慮する 67% (61件)	14% (13件)	不明 19% (17件)
----------------	-----------	--------------

	件数	頻度
1. 最高水位	45	73
2. 中間水位	9	14
3. 最低水位	7	11
4. 間隙水圧測定値	1	2

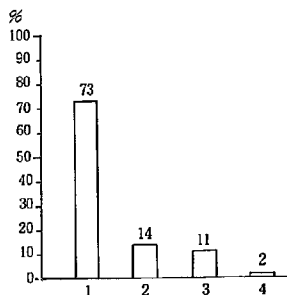


図-70 地すべり安定解析
(間隙水圧)

10) 地すべり特徴及び調査に関する型分類結果

以上今までの型分類から判定された地すべり特徴結果について表-3に示す。

図-71は地すべり全体及びそれに伴うそれぞれの地すべりタイプ毎の調査方法の頻度分布を示した。この頻度分布より次のような仮定を設け、三種類に分け表-4に示した。

◎……最もよく用いられていた調査(それぞれのタイプ毎における頻度割合70%以上とする。)

○……しばしば用いられていた調査(それぞれのタイプ毎における頻度割合40%~70%)

△……場合によっては用いられていた調査(それぞれのタイプ毎における頻度割合の10%~40%)とする。

この結果を見るとタイプ毎における特異な現象はこの分類法では見られず、どのタイプにも同じような割合で調査されていた。このためこれらを勘案して、6章、7章にタイプ毎にのぞましい調査方法について検討し指針を示した。

11) 対策工

2章の型分類上の問題点をすでに述べたが特にこの対策施工の実態は地すべり規模、保全対象の

表-3 地すべり防止区域におけるアンケート調査からの型分類集計結果

		岩盤・風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
生成年代	新第三紀	新第三紀	新第三紀	新第三紀
	中新古第三紀	中新古第三紀	中新古第三紀	中新古第三紀
基岩地質		堆積岩 堆積成岩	堆積岩 堆積成山 堆積火成岩	堆積岩
微地形		判別しにくい	判別しにくい	判別しにくい
平面形状		〃	〃	〃
縦断形状		〃	〃	〃
規模	地すべり幅	大	←	→ 小
	地すべり長	大	←	→ 小
	地すべり面積	大	←	→ 小
	地表面勾配	急	←	→ 緩
	すべり面位置	深	←	→ 浅
模様	すべり面勾配	急	←	→ 緩
	地すべり移動速度	速	←	→ 遅
	地下水水位	深	←	→ 浅
	地下水変動高	大	←	→ 小

表-4 地すべり特徴及び調査に関する型分類結果

		岩盤・風化岩地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘着土地すべりタイプ
調査	現地踏査	◎	◎	◎
	物理探査	○	○	△
	電気探査	△	○	△
	自然放射能探査	—	△	—
	ボーリング調査	◎	◎	◎
	電計観測	◎	◎	◎
	コアによるすべり面調査	◎	◎	◎
	伸縮計	○	○	○
	傾斜計	○	○	○
	移動杭	△	△	△
	地下水観測	◎	◎	◎
	地下水検層	◎	◎	◎
	地下水追跡	○	○	○
	流量測定	—	—	—
対策工	漏水調査	—	—	—
	水質分析	△	△	△
	揚水試験	—	—	—
	一面セー断	—	—	—
	一軸試験	△	△	○
対策工	三軸試験	△	△	○

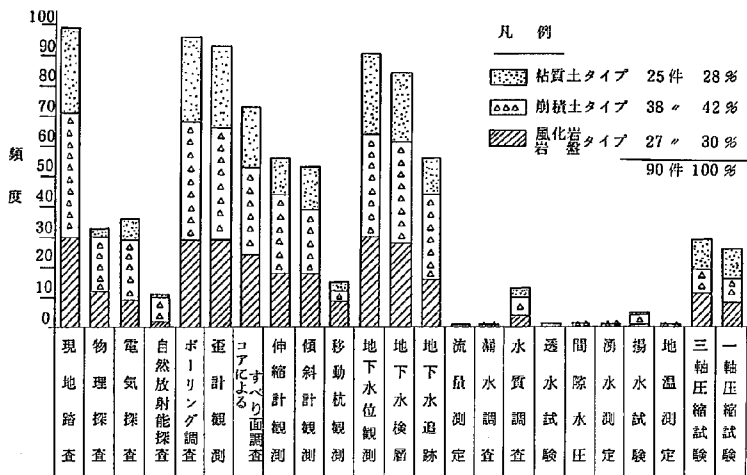


図-71 調査頻度グラフ

重要度、これから地すべりによって生じることが想定される被害等の総合判定のもとで計画されていること。

又このアンケート調査区域が建設省地すべり防止区域内の地すべり地であるため比較的規模の大きい地すべりを対象としたことがうかがえる。従ってこの地すべり対策施工の実態もそれに応じた調査、対策がなされていると思われる。

地すべり対策工には大別して抑制工と抑止工があり、抑制工は地下水とか地形とか自然を改良することによって地すべりを安定化しようとする工法である。

この工法には、地下水、地表水の排除、すべり面土塊の一塊の排除、押え盛土、渓流工（砂防ダム、谷止め、護岸工、水制工等）がこれに含まれ、地すべり自身の体積を変化させることによって、その安定化を測るもので効果は即効性でない場合があるが、長期間の安定化を保証できる。

逆に抑止工は人工の構造物によって地すべり滑動力に抵抗しようとするもので、くい挿入工、よう壁工、アンカー工、シャフト工等がこれに含まれ、抑止工の設計にも相当高い安全率が要求され、将来基盤岩の風化の進行や地震等による応力分布変化等を考えると、万一この抑止工が破壊したときは抑制工の場合とくらべて非常に急激な運動を発生する可能性があり、抑止工のみの対策は危険を伴う場合がある。

したがって抑止工を実施する場合は抑制工と併用して施工した方が望ましい。

図-72に今回もちいた抑制工と抑止及びその併用について示したがこれによると抑止工のみ単独で実施されているのはなかった。

次にこのアンケート調査の中で最も良く用いられている代表的な工種について以下説明する。

(1) 水抜ボーリング

ここでとりあげた水抜ボーリング工は比較的短かいボーリング

抑制工 60% (54件)	抑制工+抑止工 40% (36件)
---------------	-------------------

図-72 抑制工と抑止工の頻度

工法である。

この工法は大量の湧水は期待できないが、降水時の浸透水を排除、又は暗渠工で排除出来ない位置に存在する浅層地下水を排除することを目的としたものである。今回の地すべり区域内の施工割合は約69%であった。良く用いられている本数は0~20本であった。ただしこれは地すべり面積に対して考慮していない。(図-73)

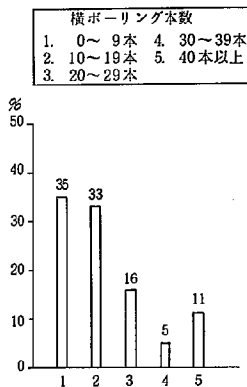


図-73 水抜きボーリング

地すべり地内の地下水分布は地すべり地内で面的な拡がりに分布しているもの、水脈上に分布しているもの、又宙水上になっているもの等が考えられる。これ

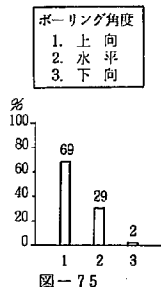


図-75

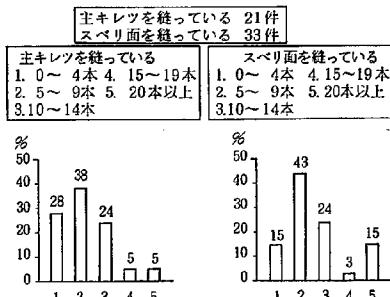


図-74 水抜きボーリング

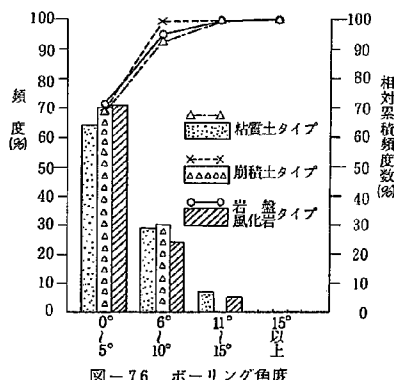


図-76 ボーリング角度

らに対して水抜きボーリングも主キレツの下を縫っているものとスベリ面を縫っているものとがあるが図-74でわかる様にスベリ面を縫っている方が多い。

次にボーリングの角度を図-75に示した。この結果でもわかる様に自然流下を考えた上向き(0~10°以内)が非常に多い。しかし中には下向きボーリングの角度を向けた排水も見られた。

これは被圧地下水が豊富なために使用されたものと思われる。(図-76)

水抜きボーリングの平均長は図-77からわかる様に粘質土すべりより岩盤・風化岩地すべりの方が長くなっている。これは地すべり規模に関係し岩盤・風化岩地すべりタイプ程すべり面深度・面積も大きいので水抜きボーリング長も長くなったものと思われる。

ボーリング口径も(図-78)66%がよく使用されているようであるが、地すべり土壌の性質、性状、

規模等を考えて口径を決定する事が望まれる。

図-79にボーリング施工後の地下水状態の変化について調べた。ボーリングより地下水が出たのは約8割でそのうちわけを見ると、常時地下水が湧水しているのが31%、掘削当時湧水したのが現在止水したもの31%、掘削時のみ湧水20%、全々出ないもの18%あった。

又保孔管の材料は塩ビパイプ、鉄管がほとんどであることがわかる。

維持管理について図-80に示したが、この結果で孔詰りの点検はほとんど実施されていないと言える。

地すべりの誘因の1つに地下水が考えられ、この地下水排除は地すべり対策に非常に有力な手段であり、この地下水を長時間一定の割合で排水するためにもこのボーリング施工後の管理状態が大切である。この維持管理の問題は、施工状態、保孔管の材料の耐久性、施工後の排水に伴った土質による影響などが考えられる。施工後どのくらい経過したら実施すべきか今後の課題であらう。

(2) 集水井

集水井戸は地下水の分布が面的に広範に賦存している地すべり地域内で、集中的な地下水排除を必要とする場合に用いられる。特に地下水の分布が多重構造の場合には深さ方向に数段以上の集水井戸を実施して排水している。

今回の地すべり防止区域内で実施されているのは約62%でありかなり高い比率で施工されていることがわかる。

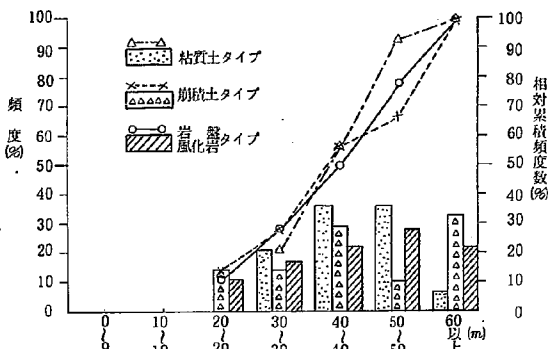


図-77 水抜ボーリング長

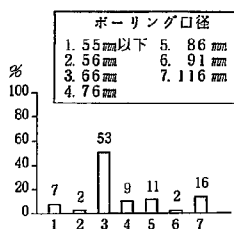


図-78 ボーリング口径

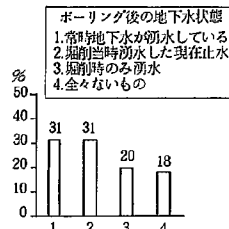


図-79 ボーリング後の地下水状態

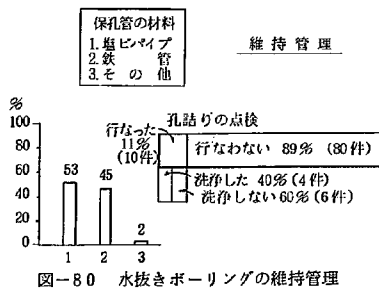


図-80 水抜きボーリングの維持管理

集水井の深度を図-81-(a)に示したが一般に10~25mの深度で施工されているようである。これを型分類してみると岩盤・風化岩地すべり程深く粘質土地すべり程浅い施工である。

これも水抜ボーリングと同じ様に地すべり規模と関係しているのであろう。

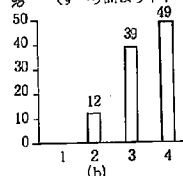
施工間隔、施工位置を図-81(e), (f)に示した。施工間隔位置は約50~100mにかなり多く、施工位置は地すべり頭部に多い。これらは集水井の中のボーリング

排水による影響の問題、湧水

の集まる箇所、特に基盤岩の等

すべり面を切っている 63% (35件)	すべり面を切っていない 27% (15件)	不明 10% (6件)
-------------------------	--------------------------	----------------

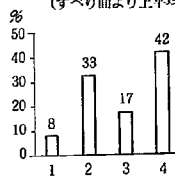
すべり面を切っている
(すべり面より下平均)



(b)

深度(すべり面より)
1. 0~0.9m
2. 1~1.9m
3. 2~2.9m
4. 3m以上

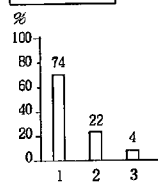
すべり面を切っていない
(すべり面より上平均)



(c)

集水井

施工数(基)
1. 0~2基
2. 3~4基
3. 5~6基



(d)

高線、移動土塊の性質により決定されるであろう。しかしこれに対する理論づけ、裏づけ調査がほとんどなされていなく、経験的な方法で実施されているのが現状である。

集水井の支保工としてライナプレートが多く使用されているが一般に工期が短かく、鉄筋コンクリートの様にコンクリート打設がないと思われる。

又底張もかなり実施され85%も見られた。支保工

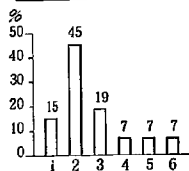
集水井の径の大きさは

3.5mが一番多かった。

これは集水される地下水

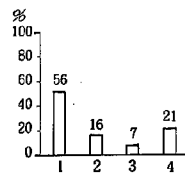
施工間隔

1. 0~49m 4.150~199m
2. 50~99m 5.200~249m
3. 100~149m 6.250m以上



(e)

施工位置
1. 頭部
2. 末端部
3. 冠頂部
4. その他



(f)

底張

ライナープレート 94% (51件)

鉄筋コンクリート 6% (3件)

(g)

行なった 85% (35件)

行かない 15% (6件)

(h)

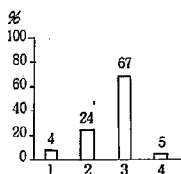
量に関係するが、ただ排除するために細かく計算して決めるより集水井の内部での水平ボーリング孔の穿孔する作業のしやすさの状態により決定されている場合が多いと思われる。

集水井は地下水脈の当たるところでは、周囲に径5cmくらいの孔を適当な間隔であけ地下水を流入させる場合もあるが、さらに集水能を高めるために、必要に応じて集水の内部に地下水検層等により地すべり地下水脈を推定してその水脈ごとに集水ボーリングを設けるのがよく用いられている。

図-8 1(j)を見ると2段に設けた集水ボーリングが一番多くかつ一段当り集水ボーリング本数6~10本を集中的に実施している。

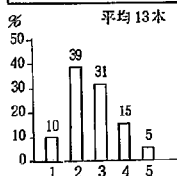
又ボーリング口径も66mm, ボーリング長も50~60mが最も多かった。

径
1. 2.5 m
2. 3.0 m
3. 3.5 m
4. 4.0 m



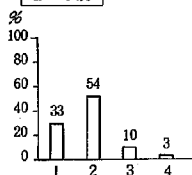
(j)

集水井1基当りの全ボーリング本数	
1. 0~5本	4.16~20本
2. 6~10本	5.21本以上
3. 11~15本	



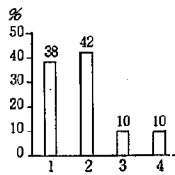
(j)

設置段数
1. 1段
2. 2段
3. 3段
4. 4段



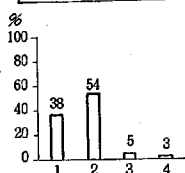
(k)

段数間隔
1. 0~2.9m
2. 3~5.9m
3. 6~8.9m
4. 9~11.9m



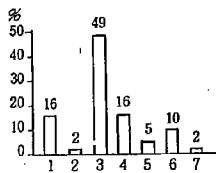
(l)

一段当りの平均本数
1. 0~5本
2. 6~10本
3. 11~15本
4. 16本以上



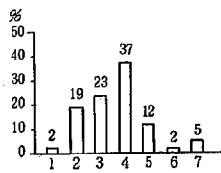
(m)

ボーリング口径	
1. 55mm以下	5. 86 mm
2. 56mm	6. 91 mm
3. 66mm	7. 116 mm
4. 76mm	



(n)

ボーリング平均長	
1. 20~29m	5. 60~69 m
2. 30~39m	6. 70~79 m
3. 40~49m	7. 80~89 m
4. 50~59m	



(o)

(3) 地表水路工

地すべり地域内で地下に浸透した水は、土の含水比を増加させ、その結果、土塊のせん断抵抗力を著しく低下させ、地すべりの誘発や助長の原因となるので地すべりの域外で速やかに排除する必要がある。

今回対象地すべり地内で実施されている地表水路工の割合は約66%であった。

地表水路工は地すべり変状に伴い出来るだけ材料自身が変化しないような剛性な材料を用いた方が地すべり地内への漏水、浸水を防ぐことができる。このため剛性のつよいコンクリートコルゲートがよく使用されているようである。(図-82-(c))

水路巾は比較的小さく0~0.9m以内ものがよく使用されていた。(図-82-(b))ただし水路の断面は計画流量に余裕高を考慮しかつ将来の維持管理を考慮して定める必要がある。

(4) 杭 工

地すべりはあるすべり面に沿って、滑動力が抵抗力により大きい場合に斜面の平衡は破れて発生する。この発生を防ぐには土の強度による抵抗力のほかに杭の抵抗力を付加する(滑動力以上に抵抗力を付加)ことにより地すべり斜面を安定化しようとする方法がある。

杭工は地すべり斜面に鋼管杭又はコンクリート杭を挿入又は打設する。

これにより杭の強さにより抵抗力を増加させ、地すべりを防止する場合と軟弱な土質の地域に杭を打つことにより緊密化させ、この抵抗により地すべりを防止する場合がある。今回地すべり防止区域内で実施された頻度割合は約34%であった。

図-83-(b)に杭挿入用ボーリング口径を示した。この径は杭径によって決められる。今回良く用いられているのは300mm以上が最も多かった。

実際の杭の抑止効果は杭自身の強度によって決まり、地すべり中央部より末端部にかけての杭の

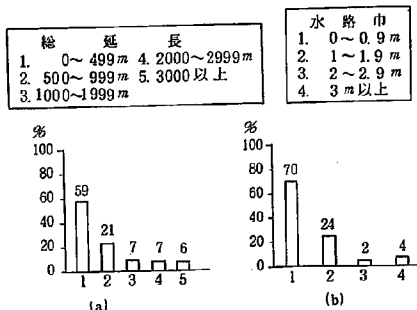


図-82 地表・水路工

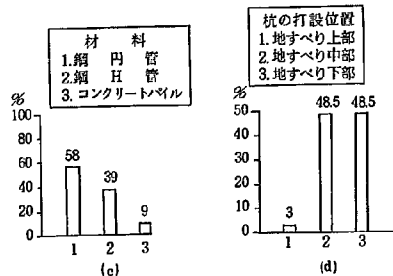
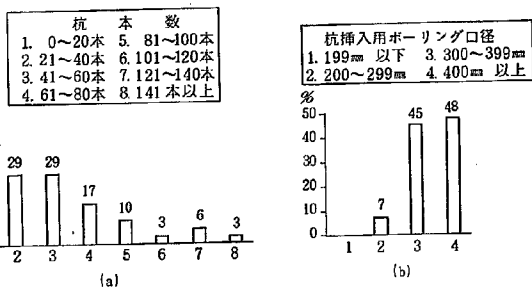


図-83

せん断応力を重視する杭と上部では曲げを考慮する杭が考えられている。⁶⁾

杭の打設間隔は地すべりの中抜け、並びに基礎破壊を起こさせない間隔としなければならないしかつ計画安全率を得るように決定しなければならない。

この間隔も図-83-(e)を見ると1~3m/本が一番多く採用されていた。

杭の頭部連結を実施したのが67%、実施していないのが33%となっている。

図-83-(f)に杭施工後の変形の推移について示した。杭工が破壊した例はなく、杭が変形したのがわずか4%、杭が露出したのが4%である。杭に変化なしが92%である。

図-83-(h)に杭施工後の効果について調べた。これによると地すべり運動が止まったのが68%、運動が緩和された32%となっている。

(5) 地すべり防止区域内でよく用いられた工種の形状・寸法

地すべり防止区域内でよく用いられた工種ごとの平均的な材料の形状寸法について一覧表を表-5に作成した。ただしこの数値は地すべり地内で今回50%以上実施されていた形状寸法である。

表 - 5

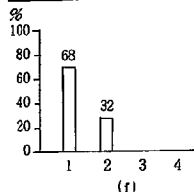
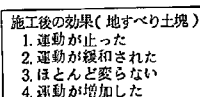
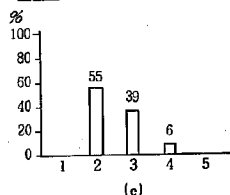
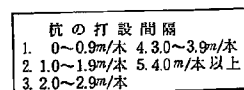
工 法	実施頻度	材 料	径(φ) or 巾(d)	深 度	長さ(L) or 間隔(D)	角 度	施 工 位 置
水抜ボーリング	61%	塩ビパイプ	φ=66%	—	L=40~60m	上向0~5°	—
集 水 井	62%	ライナープレート	φ=3.5%	10~25m	D=50~149m	垂 置	頭 部
地表水路工	66%	コンタリート コルゲート	d=0.9m以下	—	L=500m以内	—	—
杭 工	34%	鋼 円 管	φ=300%以上	有効長 5~9m	D=10~19m	垂 置	地すべり地 中部、下部

形状寸法、施工位置等は地すべり防止区域内の50%以上を対象とする。

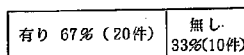
図-84に地すべり地全体及びそれぞれの地すべりタイプ毎の対策施工の頻度分布を示した。この頻度分布を次のように三種類に分けて表-6に示した。

- ◎…………最も良く用いられていた対策工法(地すべりタイプ毎における頻度割合70%以上)
- …………しばしば用いられていた対策工法(地すべりタイプ毎における頻度割合70%~40%)
- △…………場合により用いられる(地すべりタイプ毎における頻度割合40%~10%)

ここでも調査と同様(表-4)にそれぞれの型分類に対する特異な現象はみられず、それぞれの型に対して同じような頻度割合であった。ただこの中でいえることは地すべり防止区域の対策工法として地下水



杭頭部連結工



(g)

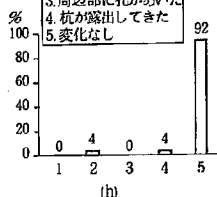
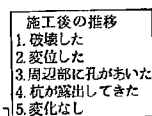


図 - 83

排除を対象とした抑制工法（水抜ボーリング工，集水井工，地表水路工）がどのタイプでもよく用いられている。逆に抑止工法（杭工法，よう壁工）は抑制工法とくらべてかなり使用されている頻度が低い。

これは比較的すべり規模が大きい，移動土塊の運動速度が速い，完成までに施工期間がかなり長い（単年度で終わらない）期間を有することなどの場合にはあまり抑止工法（杭工法）を採用すべきでないと思われる。

又第1回目，第2回目

図-84 型分類による防止工法の集計結果
のアンケート調査結果でも抑止工のみ単独で施工されたのはほとんどなく抑制工との併用として用いられていた。

対策工頻度グラフ

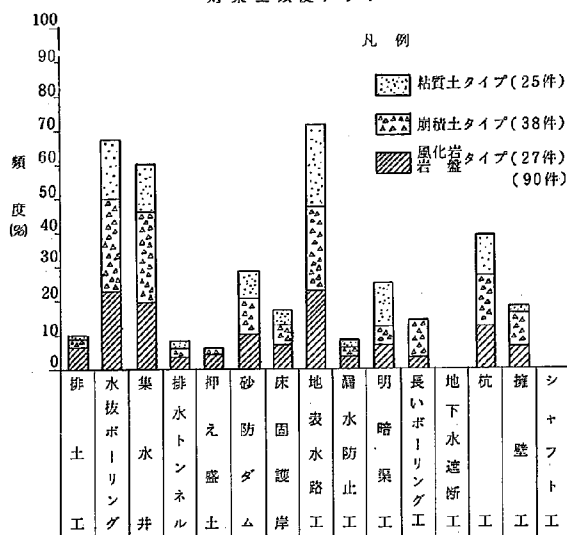


図-84 型分類による防止工法の集計結果

のアンケート調査結果でも抑止工のみ単独で施工されたのはほとんどなく抑制工との併用として用いられていた。

表 - 6

型分類	岩盤・風化岩地すべりタイプ	崩壊土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ
水抜ボーリング	◎	○	○
集水井	◎	○	○
地表水路工	◎	○	◎
明暗渠工	△	△	○
砂防ダム	△	△	△
床固工	△	△	△
排水工	△	-	-
押え盛土	△	-	-
排水トンネル	△	-	-
長いボーリング	△	△	-
杭工	△	△	○
擁壁工	△	△	-
漏水防止工	△	-	-
地下水遮断工	-	-	-
シャフト工	-	-	-

◎最もよく用いられる方法 ○しばしば用いられる方法 △場合により用いられる方法

5. 考 察

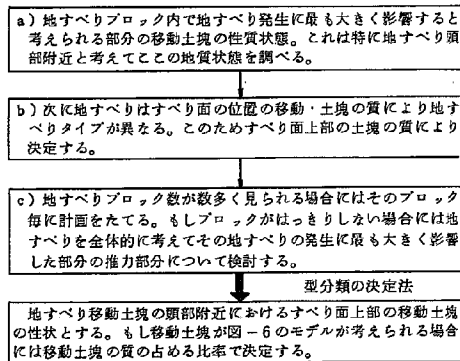
地すべりの型分類については現在多くの地すべり技術者及び学者等により型分類されているがその分類も調査対策工法まで一貫性のある分類法はほとんどない。しかし表-1¹⁾に記載した分類法は調査、対策まで考慮されたわかりやすい型分類であるのでこの分類法を用いて地すべり防止区域の地すべりについて整合性を検討した。

1) 表-1に示された型分類の基本となる分類は地すべり移動土塊の性質により分類されている。一般に地すべり土塊は比較的均一な土塊から成り立っているものは少なく複雑な地質地層を呈している。今回の型分類する場合にもその影響が見られ、表-1の中間型及び複合型が見られた。

このため4つのタイプに型分類する場合には次のような条件を設けて分類した結果かなり表-1と整合性があることが明らかになった。

この4つの型分類をきめる場合の条件とは、すでに2章の型分類の問題点のところでのべたように地すべり土塊の頭部附近におけるすべり面上部の移動土塊の性状としたことであった。

これに基づいて分類してゆくと次のようなことがいえる。



(1) 型分類による地質状況

地すべりの基盤岩は堆積岩が一番多く、次いで変成岩、火成岩の順であった。生成年代別で見ると新第三紀、古生代。古第三紀、中生代の順であった。これを型分類から見ると新第三紀層地すべりは岩盤・風化岩地すべりタイプ、崩壊土すべりタイプ、粘質土すべりタイプと同じような比率割合で発生しているが、中・古生層地すべりになれば圧倒的に崩壊土すべりタイプに多く見られる。

又、このアンケート調査では新第三紀層の岩種は堆積岩が圧倒的に多いのにくらべ中・古生層には変成岩が多かった。一般に新第三紀層は中・古生層とくらべ岩石の固結度が低く、岩石も水を含みやすく地表のみでなく相当地下深部まで風化が進むことになり岩から礫、礫から粘土化へと移行するのが速いと思われる。逆に中・古生層地すべりは岩石が著しく破碎されブロック化、粘土化しているが比較的岩石自身の固結度が強いので粘土化しにくく、従って岩から礫はあるが礫から粘土化への移行形態は少ないと思われる。

又、地すべり移動土塊はその運動に伴って土塊の変形、あるいは破壊してゆきしだいに地すべり土塊の質の均一性が失われてゆく(岩盤地すべりタイプから粘質土すべりタイプへ移行することを意味している)、又受盤でも地すべり発生がかなり見られたし、地すべり末端部が斜面途中でなく、河床の中及び対岸にも見られた。地質構造の影響も考えられる。

このように地すべり地内の基盤岩、その生成年代により土塊の固結度、風化速度及び移動土塊の地すべり位置状態及びその土塊の質の違いが見られボーリング調査等をおこなう場合にはこれらの点を注意してよく観察する必要がある。

(2) 型分類による地形状況

地すべり地形は一種独特の地形を呈している。この地形を等高線より見ると一般に地すべり上部の滑落崖で等高線間隔が急で縮まり、中央部では台地をしているため逆に等高線の間隔が広がり、又末端部で再び縮まる。この等高線の乱れを利用して6つの型分類(図-16)にしたが今回地すべり規模が大きいこと、人工的に道路、家、田畑が形成され地形変化を与えていること、雨水及び豪雨等の表面浸食により谷地形、沢地形が生じていること等が考えられ、この型分類から即座に判断することは困難を伴うことがある。しかし型分類に対する地すべり移動土塊の質の判断イメージとしては役立つと思われる。その外の集計結果では地すべりは凸状でも凹状でも発生し、その割合は凹状地形が7割、凸状が残りの3割近くも占めている。

又地すべり地内には台地、池、沼及び地すべり変状特に滑落崖、クラック、キレツ、末端部の崩壊、押し出し及び構造物の変状がかなり多く見られ(図-21)複雑な地形を呈しているのがうかがえる。地すべり調査、対策上からも踏査はかなり綿密に行うべきであろう。

(3) 型分類による地すべり規模

<岩盤・風化岩地すべり>

このタイプも規模の小さいものから大きいものまで発生するがしかしこれと粘質土地すべりタイプの規模を比較して見ると平均幅で岩盤・風化岩地すべりタイプが約2~3倍、平均長で約1.5~2倍も大きい。最大すべり深度でも粘質土地すべりタイプと比較すると平均値で約2倍近く深いことがうかがえる。平均地表面勾配も岩盤・風化岩地すべり程比較的急勾配をとりやすく粘質土地すべり程緩やかである。

このため岩盤・風化岩地すべりタイプ程ブロック毎における地すべり調査対象範囲を広くとる必要があらう。

<粘質土地すべりタイプ>

初めて発生する地すべりは岩盤、風化岩等から成り立っているが土塊の風化及び運動に伴ってしだいに土塊もレキ状化し最後には粘質土化する。従って地すべり規模も岩盤・風化岩地すべり、崩積土地すべりタイプと比較するとブロック毎の規模は小さいの当然であるがしかしブロック数がかかなり多くなる。対象とする規模の決定には注意が必要であらう。

<崩積土地すべりタイプ>

このタイプは典型的な地すべりであり、他のタイプにくらべかなり多く見られるタイプである。このタイプは岩盤・風化岩タイプと粘質土地すべりタイプの中間的な性質を示すため、地すべり対策、調査もこれらの(前2者)タイプの中間型として考えて良いと思われる。

又、地すべりの勾配を生成年代別で見ると中・古生層地すべりの平均値は約19°、新第三紀層では約14°である。すべり面勾配でも同様なことがいえ新第三紀層で約13°、中・古生層で19°である。又すべり面深度でも中・古生層の地すべり程深い地すべりが多い。又新第三紀層でも中・古生層でも岩盤から粘質土タイプの地すべりも見られる。発生する場所及び生成年代及び移動土塊の性質でかなり地すべり規模を異にすることがわかる。

(4) 型分類によるすべり面状態について

地すべりのすべり面形成位置は地層の変化する層界、特に基盤岩(風化岩も含む)と崩積土の境界層が弱線部となり一番多く発生していた。中には崩積土中、風化基盤岩等の同じ地層の中でも発生している。ボーリング等ですべり面を確認する場合にはその土塊の色調、風化程度及び地下水状態を入念に視察する必要がある。

すべり面深度を基盤岩の岩種別に見ると堆積岩は深い深度(20m以上)の地すべりから浅い(5m以内)の深度のものまで見られるが変成岩になるとかなり深い(20m以上)のものが多く見られる。

型分類から見ると岩盤・風化岩地すべりタイプ程深く最大すべり面深度で見ると平均値で約24m、崩積土地すべりタイプで18.5m、粘質土地すべりタイプで約13mであった。又生成年代別で見ると新第三紀層地すべりにも深い地すべりが見られるが中・古生層の方が新第三紀層にくらべて深い深度の地すべりが多いと思われる。

調査、対策を実施する場合、地域別による生成年代を考え、型分類から岩盤・風化岩地すべり程深く、粘質土地すべりタイプの約2倍の深さがあり、ボーリング調査及び対策工法として垂直に入れる構造物(集水井、杭工等)は地すべりタイプによりかなり深さを異にしなければならないと思われる。

(5) 型分類による地下水状態について

地下水の状態を型分類から見ると岩盤・風化岩地すべりタイプ程地表面からの地下水位置が深く（5 m 以上）逆に粘質土すべりタイプ程浅い地下水位が見られる。

又地すべりすべり面深度が深い程、地下水位の位置も地表面より深い位置にある。これからしても岩盤地すべり程すべり面深度が深いので地下水位も深いことがうかがえる。

地下水位変動高を型分類から見ると岩盤・風化岩地すべりタイプ程地下水位変動高が大きく（中には20 m 以上もある）逆に粘質土すべり程変動高は小さい。

地下水追跡結果より地すべり土塊中の最大流速を見ると地すべり地内の流速は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/sec が多かった。これを型分類すると岩盤・風化岩地すべりタイプでも流速のかなり遅い流速も見られた（ 10^{-5} cm/sec）し、逆にかなり流速も見られた（ 10^0 cm/sec）。

このように地下水の状態も型分類によってかなり調査対策を異にしなければならないと思われる。

例えば水位観測を実施する場合岩盤・風化岩地すべりであればすべり面深度も深し地下水位も深く、かつ地下水位変動高もかなりあることを予想した観測体制をとらねばならない。逆に粘質土すべりタイプでは土塊自体の透水係数が非常に小さいため水位変化はほとんどなくむしろすべり面附近に作用する間隙水圧測定を実施した方が望ましいことが多いと思われる。

(6) 型分類による地すべり移動速度

地すべり移動速度を型分類から見ると岩盤・風化岩地すべり程移動速度が速く（1 cm/day 以上が、一番多い）、逆に粘質土すべりタイプになると（0.5 cm/day 以下が一番多い。これは表-1の渡分類法とかなり類似しており型分類に対する指標としてかなり役立つと思われる。

(7) 型分類による安定解析

この安定解析は地すべり対策工事を決定するのに非常に重要で大切な項目であり、型分類を実施して検討したにもかかわらず明らかな特徴は得られなかった。今回この型分類から粘着力、内部摩擦角を推定することはむずかしく、むしろすべり面調査、土質調査を確立させることによりすべり面形状の推定、地下水の状態、粘着力、土塊の単位体積の重量推定等の根拠をはっきりさせ、それぞれのブロック毎に対する地すべり規模、経済性、地すべり活動性、現状の安全率及び将来の計画安全率を定めて対策検討（河川砂防技術基準等を参考にして）すべきであろう。

地すべりのすべり面は非常に薄くかつ深度が深いために土質試験がむずかしくほとんどなされていないのが現状であり将来との土質試験及びその方法が確立されないかぎり粘着力、内部摩擦角の真の値を決定することはむずかしい。地道なる調査及び試験が望まれる。

(8) 型分類に対する調査及び対策

このアンケート調査における地すべり移動土塊の質による型分類の特徴は地すべりタイプ毎にかなり様相の違いがみられる。この型分類を用いて調査及び対策工の型分類を実施したが必ずしも明確な特徴が得られなかった。特徴が得られなかったのは逆に言えば場あたりに実施計画されていることも考えられた。これについて今後又種々検討を加えてゆきたい。

ただこの調査結果（表-4、表-6）でいえることはこの地すべり防止区域の対策工法として地下水排除を対象とした抑制工法（水抜ボーリング、集水井、地表水路工）がどの地すべりタイプでも良く用いられている。逆に抑止工法（杭工法、よう壁工）は抑制工法にくらべてかなり使用されている頻度が低い。これは地すべり規模がかなり大きいいため抑止力で計算するとかなりの大規模の構造物が必要であること。又移動土塊の運動が速い場合とか完成まで数年間の施工期間が必要である場合などが考えられ抑止工法が採用されにくいと思われる。

たとえ抑止工法が採用されていても抑制工法との併用という形で用いられている。

又、調査においても地すべりの特徴を把握する現地踏査、地すべりの垂直的な規模を調べるすべり面調査及び地下水に関する調査（地下水観測、地下水検層、地下水追跡等）が良く用いられていた。中でもこの地下水については対策工法でかなり用いられていたにもかかわらず定性的表現が多い。地すべり対策工を実施してもその後の事後効果の測定が余りなされていないことにもよると思われる。例えば水抜ボーリング工法を実施した場合、当初ボーリングよりどのくらいの地下水が出て来て、豪雨、降雨等によりどのくらい出てくるのか、又ボーリングの維持管理はどのくらいの期間まで保ち得るかなどの事後効果に関する研究調査が必要と思われた。又地すべり土塊の性状に伴った地下水の性状（透水係数地下水の存続状態）などにより適切な抑止工法、特に施工間隔、その規模等について早急に解決すべき問題であろう。

6. 地すべりの型と調査・対策の方針

これまでも述べてきたように、このアンケート結果から調査対策の基準を直接引き出すことは難かしいことが判った。すなわちアンケートの対象となっている地すべりはそれぞれの府県における代表的な地域でかつ防止対策に着手されているものであるが、その調査・対策の種類・規模等は地すべりの持つ経済性投資効果が考慮された上でなされており、かつまた地すべり防止区域が広大であるが故に、防止対策に着手したといってもそれはごく地すべりの一部に限られたものである。したがって調査・対策の実施の傾向としてはごく通常の手法に頼らざるを得ず、それぞれの地すべりの特色をいかした調査対策となっていないうらみがあり、全般に面的といつてよい。

しかしながら集計の結果は結果として、これまでの趨勢が知られるわけで、一応これを基準としながら、今後の調査対策はどのような方向にむかうべきを示す必要がある。ここではこの集計結果を考慮にいれながら、建設省河川砂防技術基準に経験的要素を加えながら、型分類の特色に応じながら、調査・対策の計画立案の方針の挙動となるよう、表にまとめてみたものである。

1) 地すべりの型分類と調査の方針

アンケートの集計結果によれば地すべりの型分類毎の特色は、平均値をもって示せば次の通りである。もちろん様々な地形地質のものをおしなべて平均してしまうことには問題があり、個々の特性を消してしまうことにはなるが、一応の目安として掲げてみたものである。

調査項目	型分類	岩盤・風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり	備考
地すべり型分類 すべり面 すべり面深度	幅	270 m	157 m	126 m	
	長	338 m	327 m	199 m	
	面積	11.5 ha	6.8 ha	3.3 ha	
	すべり面深度	24 m	18 m	13 m	地すべり土塊の中央部の最大深度とした
地表面勾配		16.7°	16.6°	15.5°	中・古生層地すべり 19° 新第三紀地すべり 14°
すべり面勾配		17.7°	15.4°	14.8°	中・古生層地すべり 19° 新第三紀地すべり 13°
運動速度		2m/day 1.0~2.0 以上 cm/day	0.5~1.0cm/day	0.5cm/day以下	地すべりが発生した場合の運動速度である
地下水位置 (地表面より)		5 m以上(深い)	0~5 m(普通)	0~5 m(浅い)	堆積岩には深い地下水と浅い地下水があるが変成岩は深い地下水が多い。 すべり面深度が浅い程地下水も地表面から浅い
地下水変動		1~14 m 中には20 m以上も変動するものもある	1~9 m	1~4 m	
最大地下水流速 (cm/sec)		$10^{-3} \sim 10^{-4}$ 中には 10^0 cm/sec の地すべり流速も見られた	$10^{-3} \sim 10^{-4}$ 中には 10^0 cm/sec の地下水流速も見られた	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	この結果は地下水追跡結果から判断したものである。実際には岩盤・風化岩地すべりタイプにはかなり速い地下水脈が見られると思われる。
土塊の単位 体積重量 rt(t/m ³)		1.84	1.73	1.70	

型分類 調査項目	岩盤・風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり	備 考
粘着力 (t/m^2)	1.51	1.74	1.47	中・古生層地すべり 1.86 t/m^2 新第三紀地すべり 1.34 t/m^2
内部マサツ角	11°	11.30°	10.5°	中・古生層地すべり 15° 新第三紀地すべり 10°

では、このような型規規模を持つ地すべりの機構を明らかにし、適切な対策工法をたてるためには、どのように調査計画したらよいであろうか。個々の地すべりはそれぞれに特徴があり、必ずしも画一的に調査計画を決めるわけにはいかないのは当然であるが対象地すべりが、ともかくこの型分類にのるものであれば、一応の共通点がみいだされるはずであり、型分類にしたがった調査計画の基準としての線は出し得るであろう。

アンケートの結果を参考にして、これまでの数多い地すべり調査の経験をもとに、考えうる地すべりの型とそれに応じた調査の基本をまとめて次表を作成し、地すべり調査方針の策案としたい。

踏 査

型分類 調査項目	岩盤・風化岩地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
ブロック化	大抵1ブロック又は末端、側面に2次的地すべり発生	頭部がいくつか分割され2〜3ブロックになる	全体が多くのブロックに分かれ相互に関連し合って運動	
地すべり地形確認の難易	1/3000〜1/5000 地形図で予知できる。空中写真の利用も可能、ただし初生的な岩盤地すべりは非常に困難、綿密な踏査と精査を必要とする	1/5000〜1/10000地形図でも確認できる。地元での聞き込みも有用	何回ものすべりをくり返しているので地元での聞き込みによって確認できるし、地形的に乱れた等高線、池沼分布などで容易に判別できる	
微 地 形	凸状尾根地形 (岩 盤) 凸状台地形 (風化岩) 単丘状凹状台地形 (風化岩)	多丘状凹状台地形	凹状緩地形	
一般的な斜面形	一般に台地部があるが不面取である。凸型斜面に多く鞍部から発生する 明瞭な段落ち、帯状の陥没地と台地を有す。大きくみれば凹型だが、主要部は凸型	滑落崖を形成し、その下に沼、湿地等の凹地あり、頭部に幾つかの残丘あり、凹形斜面に多い	頭部に不明瞭な台地を築し大部分は一樣な緩斜面、沢状の斜面である。	
主な土壌の性質 (頭部)	岩盤または弱風化岩 (ケレンが多い)	巨レキまたはレキ混じり土砂	レキ混じり土砂	
主な土壌の性質 (末端部)	風 化 岩	巨レキ混じり土砂	レキ混じり土砂、一部粘土化	

地質調査

型分類 調査項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土タイプ	備 考
主 測 線	岩の層理面が傾斜していることが多いので、中心線を定めるのに注意が必要。	ブロックわけに従いが主測線を定める。	ほとんどの場合主測線は1本でよい。	主測線は地すべり運動ブロックの地質、地質構造、地下水分布、地表変動、すべり面等が具体的に確認でき安定計算を行なって対策の基本計画、基本設計を行なうのに適した位置及び方向に設定しなければならない。
	斜面上部と下部の運動方向が異なる場合、折線又は曲線となっても良い地すべり運動ブロックが2つ以上の場合、主測線も2つ以上とする。			
副 測 線	地すべり運動ブロックが1ブロックの場合で側面キレンがはっきりしている場合はこの調査は省略してさしつかえないが、地層の層理面が傾いている時は、必ず設計ですべりに対する影響を調べる。			副測線は特に地質構造、地下水分布等について補助的に調査する必要がある場合で原則として主測線に平行に設定する。
副測線間の間隔は最大限 50 m とする。				
調査ボーリング	1孔当り 深さ平均 40 m	1孔当り 深さ平均 30 m	1孔当り 深さ平均 20 m	ボーリングの配置と深度と深度長は河川砂防技術基準参照
主測線	ボーリングは主測線に沿って 50 m 程度の間隔で主測線の運動ブロック内で3本以上及び、ブロックの上部斜面内に少なくとも1本以上で計4本以上行う。			
副測線	副測線上でも原則として 50～100 m 間隔程度で必要に応じて行うが、平均 1 測線 2 本程度として地すべりの横断形状を中央部とやや下方部について調査する。			

地下水調査

型分類 調査項目	岩盤・風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり	備 考
水 位 観 測	◎	◎	△(透水係数が小さい) 水位に変動少ない	岩盤地すべり程すべり面 深度も深く地下水位も深 い位置にある。 逆に粘質土タイプは地下 水が浅い。
	少なくとも主測線沿いのボーリング孔では一定期間必ず行うこと。			
地 下 水 追 跡	◎	◎	△(透水係数が小さい) 水位に変動少ない	
	地すべり地外からの流入を確認			
地 下 水 検 査	◎	◎	△(透水係数が小さい) 水位に変動少ない	
	ボーリング調査の金孔について実施			
水 質 分 析	○	○		
電 気 探 査	△	○	○	地下水賦存状態

すべり面調査

型分類 調査項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土すべりタイプ	粘質土すべり	備 考
地 中 歪 計	すべり面は直線状のものが多いので中央部と末端部で確認できればよい。	ブロック毎に動きが異なるので各ブロック3本の挿入が必要。	すべり面は必ずしも直線状ではないが地表面に平行な場合が多い。	地すべり移動量のないところでは測定しても無意味である。従って地すべり頭部の伸縮計との対応、特に地すべり土塊の移動は上部程、移動量が大きく下部ほど移動量が小さい。 すべり面の判断は、ひずみの累積1000μ以上もってすべり面と判断し、累積傾向のないものは如何に測定値の変動が著しくてもすべり面の判定しない。
塩ビパイプ のゲージ間 隔の望まし い間隔	45 cm 程度	70 cm 程度	90 cm 程度	特に岩盤・風化岩地すべりタイプでは間隔をせまくする必要があり、コード数が多くなって設置に困難をきたすので、ある程度のすべり面を想定して限定区間の挿入をすることがある。
ボーリングコア より判断	○	◎ 主測線上3点での確認	○	
すべり面形状	平面すべり（椅子型） 平面すべり（頭部と末端がやや円弧状）	円弧と直線状、末端が流動化	頭部が円弧状だが大部分は流動状	特に崩積土、粘質土すべりには2次地すべりが発生するのでこれに注意すること。
すべり面位置	風化岩中が多い 特に凝灰岩、及び亜炭層を含んでいる場所が多い。	特に基盤岩（風化岩も含む）と崩積土の境界に多い。 中には崩積土中にも見られる。	基盤岩（風化岩も含む）と粘質土との境界、及び粘質土中に見られる。	特に泥質を含んでいる岩種がすべり面となりやすい（泥質片岩、泥岩等）
弾 性 波 探 査	○ 風化岩の深さ及び断層等の弱線を確認する。	◎ 基盤岩と崩積土との境界を確認する。		破碎帯地すべりに多く用いられている。
サウンディング 貫 入 試 験			◎	地すべり深度が浅い場合。

移動量調査

型分類 調査項目		岩盤・風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり	備 考
運動の継続性		短時間突発的 ある程度断続的(数十～数百年に一度)	断続的(50～20年に1回程度)	継続的(1～5年に1回程度)	
地すべり運動が活動している場合	伸縮計	頭部及末端部に設置 ◎	できれば頭部～末端まで通して設置し、ブロック相互の干渉性をみるとよい。 ◎	上部ブロック及下端ブロックを主体に設置	斉藤式によるクリープ予知(設置場所は必ず地すべり頭部のキレツをまたぐ) 計器精度 0.2mm必要
	傾斜計	中央部と頭部キレツの上方斜面にも設置(予知) 最小限2 △	中央部と頭部キレツ上方斜面にも設置 △		
	移動量調査	空中写真の比較 △	見通し測定又は空中写真からの全体ブロックの移動変化 ○	見通し測量が有効、又は格子杭 ○	移動量調査(三角測量、杭の移動量測定) 長期間(季節別、年間別)の観測
地すべり運動が将来活動する可能性(予知)	伸縮計		△	○	
	傾斜計	中央部及上方斜面 ◎	ブロック中央部とその上部ブロック ◎	土塊が小さく分別されているので全般の動きをみるのに不適	

安定解析

型分類	岩盤・風化岩地すべり		崩積土地すべり	粘質土地すべり
調査項目	岩 盤	風 化 岩		
平均的な安全率 (地すべりが停止)	大抵の場合 $F_s > 1.10$	$F_s = 1.10 \sim 1.05$	$F_s = 1.03 \sim 1.05$	$F_s = 1.0 \sim 1.03$
平均的な安全率 (地すべりが運動) $F'_s = F_s \times 0.9$	$F'_s = 1.0$	$F'_s = 1.0 \sim 0.95$	$F'_s = 0.95 \sim 0.93$	$F'_s = 0.9 \sim 0.93$
土 工 量 (掘土)	一時的にある程度の掘土盛土も可能	一時的に5割程度の安全率を低下させることが可能	一時的に3割程度安全率を悪化させても安定	切土、盛土は不可能 少量の土工でも運動を再発する。
対策工の効果	即効的で完全安定化可能	即効的であるが、異状天然現象時に再発の恐れがある。	対策工施工後1～3年を要す、末端部の安定化が困難	遅効性で対策工施工後数年を要し、完全な安定化は困難
主要な対策工	深層地下水排除、土塊除去抑止工	深層地下水排除、土塊除去、地表水排除、抑止工	頭部での深層地下水排除、地表水排除、湧流工	頭部での集水井工、末端での浅層地下水、地表水排除後流工

7. 地すべりの型と対策工の計画方針

調査によって明らかとなった地すべりの規模、機構に応じ、地すべり防止対策が計画されるが、アンケートによる結果を再録すれば下表のような防止工が一般に行なわれている。前述のように防止工は経済性、重要性など地すべりの要素以外に考慮される因子の度合いが強いため、ますます型分類による特色が消され、どの地すべりでも同じような工法となっていることが多い。

すなわち、杭工のような費用の嵩む工法を使った事例を除けばいずれも60%以上の地すべりで実施されている工種が多い。

災害復旧工事のように保全対象が定まってい、そのものの安全度を高めるような場合には杭工の採用が最も多いし、またダム貯水による地すべり防止では押え盛土などが積極的に採用されることから考えて

工 法	実施頻度	材 料	径(ϕ) or 巾(d)	深 度	長さ(L) or 間隔(D)	角 度	施行位置
水抜ボーリング	61%	塩ビパイプ	$\phi=66\%$	—	$L=40\sim60\text{m}$	上高 $0\sim5^\circ$	—
集 水 井	62%	ライナープレート	$\phi=3.5\%$	10~25m	$D=50\sim149\text{m}$	垂 直	頭 部
地表水路工	66%	コンクリート コルゲート	$d=0.9\text{m以下}$	—	$L=500\text{m以内}$	—	—
杭 工	34%	鋼 円 管	$\phi=300\text{mm以上}$	有効量 5~9m	$D=1.0\sim1.9\text{m}$	垂 直	地すべり地 中部、下部

形状寸法施工位置等は地すべり防止区域内の50%以上を対象とした。

みても、計画安全率

の考え方、とりかた

で、防止工の組合わ

せに違いがあらわれ

てくる。

調査の項と同様に

防止項についても型

分類と結びつけて考

えてみたい。

地すべり防止工は

実施したことによっ

てマイナス面があら

われることは少なく、

実施すれば多かれ少

なかれ、地すべり防

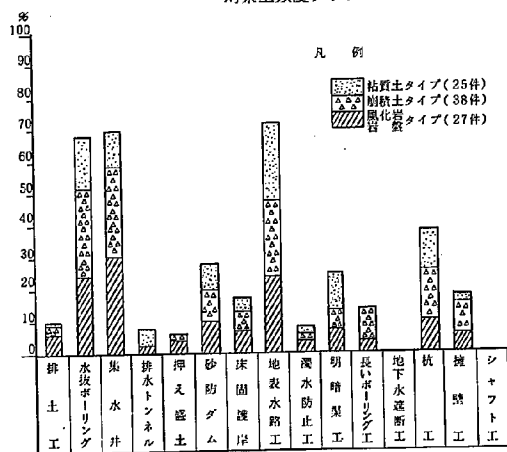
止に働くことは間違

うことであるから、

何でもよいというこ

ともあろうが、型分

型分類による防止工法の集計結果
対策工頻度グラフ



アンケート調査結果によるよく用いられた工程一覧表

型分類 工程	岩盤・風化岩地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ
水抜ボーリング	◎	○	○
集水井	◎	○	○
地表水路工	◎	○	◎
明暗渠工	△	△	○
砂防ダム	△	△	△
床固工	△	△	△
排土工	△	—	—
押え盛土	△	—	—
排水トンネル	△	—	—
長いボーリング	△	—	—
杭工	△	△	○
よう壁工	△	△	—
漏水防止工	△	—	—
地下水遮断工	—	—	—
シャフト工	—	—	—

◎最もよく用いられる ○しばしば用いられる方法 △場合により用いられる方法

あらわれることは少なく、実施すれば多かれ少なかれ、地すべり防止に働くことは間違いないことであるから何でもよいということもあるが、型分類の特色に応じた防止工ならばその効果も増大する。

一般的な地すべり防止工法は下表のようなものが考えられ、実に型分類にわけて考えると以下の如くとなって防止計画の方針を定める上で参考となれば幸いである。

抑制工	— 地表水排除工（水路工、浸透防止工）
	— 地下水排除工
	— 浅層地下水排除工（明きよ工、暗きよ工、横ボーリング、地下水しゃ断工）
	— 深層地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工）
	— 排土工
	— 押え盛土工
	— 河川構造物（えん堤工、床固工、水制工、護岸工）
抑止工	— 杭工
	— シャフト工
	— アンカー工
	— よう壁工

地表水排除工（水路工）

型分類 対策項目	岩盤・風化岩地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 行	地すべり面が深く、岩盤・風化岩であるためクラックが多く、地下水深い（透水係数大きい）ため集水が比較的困難 ◎	表流水の集中流下による末端部の崩壊ガリの防止に有効である。 ◎	表流水が地すべり地内のクラック沿いに流れるのを防止することは地すべり移動防止に有効である。 ◎	地すべり地域内の降水を速やかに集水して地域外に排除するために地域内に水路網を設ける。 また必要に応じて地域外から流入を防止するための水路を設ける。

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
水路幅	集水路・並びに小規模な水路幅は少なくとも50cm程度とする。			
水路断面	集水面積が大きい場合は、その流域の面積より(10ha以上)流量計算をおこない断面を決定する。			
	水路の断面は計画流量に余裕(排水断面の20%以上)を見込む。			

明暗渠工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 行	地すべり運動ブロックが大抵1ブロックであるクラックが多い。 地下水深い(透水性大きい)	地すべりの側面、凹地形に必ず設ける。 ㊦	地下水が浅く、浅い亀裂中を流れるので最も効果がある。 ㊧	地表面及び浅層地下水の集まりやすい凹部や谷部に施工すること。
明暗渠工の1本の長さ	明暗渠工の1本の長さは一般的に20m程度とし、その間隔ごとに集水溝あるいは落差工を利用して集まった地下水を地表の水路に導いて排水する。			

地表水遮断工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 行	地すべり規模が大きすぎる土塊にクラックが発達している。 地下水が深い。	だいたい地下水の深度が10～20mのことが多く、表層部を除けば深層の地下水には不適 △	遮水壁上部の地すべりを活発化させない様注意費用は嵩むが効果はある。 ㊨	この工法は地すべり地域内に他の地域から水脈通って流入する地下水を地すべり地域外に遮水壁を設けて、これを遮断し、併せて地下水排除工を設ける。
遮水位置	①地すべり活動地域外の安定した場所でも透水層の下に存在する地層は透水性の小さい緻密な基盤でなければならない。 ②平面的には地下水の流れを遮断する方向で帯状に設計する。			
遮水壁工法	①鉄矢板工法 ②コンクリート壁等を築造する工法 ③薬液等を注入して遮水壁を設ける工法			
遮水地下水処理	①地すべり地外より横ボーリングにより排水 ②集水井、セミウェル工により排水 ③暗渠等により排水			

横ボーリング工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 行	㊩ 深い地下水が多く、亀裂も深いので有効	㊪ 深い地下水帯に有効 排水管出口の安定処理を必要とする。	透水係数が小さくて集水しにくい。	この工法は明暗渠工で排水出来ない位置に存在する浅層地下水及び深層地下水を排除する。又、土粒子間の地下水を排除することを目的としてでなく、亀裂等の間隙に存在する地下水排除である。

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩壊土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ	備 考
形 状 寸 法	横ボーリング長 20～50 m/本 掘進孔径 直径 65 % 以上 50 m 以上の長尺はできるだけさける。 ボーリング先端でのボーリング間隔は、5～10 m となるよう計画的に施工する。			
施 工 位 置	地すべり頂部付近 (すべり面勾配が急であるため、流速勾配も急である。又、この付近はクラックがよく発達しているため、他の地すべり位置より地下水がよく留まりやすい。)			
	ボーリング間隔は、1箇所の地点から放射状に5～10本施工する。なお出来るだけ地すべり面をつらぬいて(5～10 m以上)長く施工することが望ましい。			被圧地下水の場合は斜下向で設計する場合もある。

集水井工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩壊土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ	備 考
施 工	◎ 上部台地が広いことがあるので集水井の複数設置に有効	◎ 横ボーリング 50 m でほとんどかない地下層が多いので有効	地すべり深度が他の地すべりタイプにくらべて浅い。透水係数が小さいので集水しにくい。	この工法は地下水の分布が面的に広範に賦存している地すべり地域内で集中的な地下水排除を必要とする場合に用いられる。
施 工 位 置	集水井の位置は地下水の集水が可能な範囲で、できるだけ堅固な地盤に設置するように考慮する。			
施 工 間 隔	集水ボーリング(50 m長)を考慮して最大 100 m 程度とする。			
施 工 深 度	集水井の深さは 10～30 m 程度とする。 活動中の地すべり地域内に施工する場合、底部を 2 m 以上地すべり面より深く設計する。休眠中の地すべり地及び地すべり地域外では基盤に 2～3 m 程度貫入させる。			
集水井の底部	底部は底張コンクリートとする。			
材 料	材料は鉄筋コンクリート、鉄筋コンクリートブロック、ライナープレート等がよく使用される。			
集 水 工	- ボーリング長 50 m/本を標準とする。 - 地下水垂直検層で判断できる滞水層ごとに1～数段放射状に施工し、浅層地下水の排除も同時に行う。 - 集水ボーリング工の位置、方向、間隔、本数等については地質及び地下水の排除も同時に行う。 - 集水ボーリング工の位置、方向、間隔、本数等については地質及び地下水調査結果より判断			
排 水 工	集水井の排水は排水ボーリングによって自然排水を行うことを原則とし機械排水はさける。排水口の出口までの距離は 70～90 m を限度とする。排水ボーリングがこれをこえる延長を必要とするときは中継井戸を設ける。			

排水トンネル工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 工	◎ 基盤が安定しており、 掘削が安全なことがよ い。すべり深度が30m を超えるような場合に 行なう。最も有効	◎ 基盤が安定している場 合に採用	透水係数が小さいため 集水しにくい。	この工法は地すべり規模が 大きく、又は厚い場合、或 は運動速度が大きい場合に 用いられ、特に基盤附近の 深層地下水を排除すること を目的とする。
施行位置	安定な地盤に設置する必要がある。 1) 地すべり面下を通る底設トンネル 2) 地すべり地域周辺部に設ける周縁トンネル			
ト ン ネ ル	横断勾配 $\frac{5}{1000}$ 以上 ($\frac{14}{1000}$ 以上となると、ずり運搬に困難を伴う場合が多い。)			
	杭 口	出来るだけ地盤の健康な箇所に設ける。		
	排水断面	一般に径2.0m～2.5m (断面形状矩形、台形、半円形、馬蹄形等がある)		
	材 料 (覆工)	1) 中詰する場合 2) 中詰しない場合		
集 水 工	基盤附近の深層地下水はトンネル内より排水層を直接つらぬいて放射状 に集水ボーリング、又は分岐トンネルを施工し地下水位の低下をはかる。			河川砂防技術基準参照
排 水 工	集水ボーリングによって排除された地下水が再び地盤へ浸透しないよう にトンネルのインバート部分は、水路工と同様な構造物で施工すること が望ましい。			

排 土 工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 工	◎ 土工量が多くなるが背 後斜面が安定している 場合が多い地形的な問 題点をければ有効	◎ 有効であるが背後プロ ックの問題	地すべり土塊の性質が 粘質土であり、地すべ りがブロック化してい ることが多い。小プロ ックに有効であっても 前後のブロック関係で 有効でないこともある ので注意。	この工法は地すべり頭部の 荷重を減じ滑動力を減少さ せることにある。 排土工は特別な場合を除き 頭部の土塊の排除に重点が おかれ、一般に末端部での 排土は行わない。
排土後の 法面保護	排土する場合は、排土する上部に地すべりブロックがあるかないか検討 すること。もし地すべりがあれば排土により地すべりを誘発し、あるいは 拡大する可能性がないか事前に十分調査検討をおこなわなければならない。			
切土法面	排土後の法面については地形に応じた表面排水路と斜面には多くの小段 を設けて、集排水路を設置し、水はけをよくすると共に、法面の浸食や 風化を防止するために樫性又は構造物で法面を被覆しなければならない。 切土法面勾配並びに直高は地質条件等より法面の安定性を事前に調査検 討して定めること。			
	◎軟岩等の場合における切土法面勾配 直高 7～8m ごとに 1:0.5～1:1.2 1.0～2.0m 市の小段 ◎砂質土の場合における切土法面勾配 直高 5m 程度ごとに 1:1.0～1:1.5 1.0～2.0m 市の小段			

押え盛土

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ	備 考
施 工	○ すべり面の末端が斜面 の中段に出ることがあ り、この場合は土量が 極端に増加する。	◎ 下段地すべりを対象に した場合有効。	◎ 下方のすべりが上方を 誘発している場合が多 いので有効な場合が多 い。	この工法は地すべり斜面の 末端部に盛土を行い、斜面 の安定をはかるのである。
押え盛土材料	押え盛土材料はなるべく透水性の良い材料を用い、地下水を遮断しない ように暗渠等を併設することが望ましい。			
盛土高、法勾配	盛土高、法勾配は盛土材料の材質、盛土基礎地盤の特性により定めな ければならない盛土高が高い場合には小段を設ける。 安定解析の上、形状を検討する。			

河川構造物（砂防ダム・床固工）

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ	備 考
施 工	◎ 土砂の堆積による一種の押え盛土工となる。 流水が多い場合、斜面内の地下水位が高まることもあるので脚部での排水 工を必要とする。	◎	◎	この工法は、流水の作用に よる床の低下又は河岸の 侵食により、地すべり土塊 の安定をそこって地すべ り発生誘因となるおそれ のある場合に河岸の保護と 地すべり末端部の安定をは かることを目的とする。
施 工 材 料	地すべり末端部に設ける河川構造物は、出来るだけ剛なものではなく、柔軟な構造とすることが望ましい。			
施 工 位 置	原則として地すべり地盤直下流部で地すべりの影響のない安定な地盤が望ましい。			施工位置が特に地すべり地 域内の場合、大規模な掘削 を行なうと地すべりの誘発 を生じるおそれがあるので 掘削量は最小限度となるよ うな構造物に設計する必要 がある。

よう壁工、わく工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土すべりタイプ	粘質土すべりタイプ	備 考
施 工 位 置 地すべり 末端部	◎	◎	◎	特にこの工法は河川縦侵食 及び地すべり末端部に発生 する2次的地すべり防止に 用いられる。

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 工 方 法	地すべり末端部斜面の地先が崩壊し、次々に上部まで移動するような場合であり、大規模な地すべり抑止にはよう壁工のみではあまり大きな効果は発露することはできない。一般には押え盛土と併用してその土留として用いられる。			
施 工 材 料	原則として剛な構造物をさけ柔軟な構造物が望ましい。			
施 工 方 法	地すべり末端部の基礎掘削や斜面の切取り量が大いいと地すべりを再誘発する恐れある。又、地すべり地内にはかなりの湧水があるのでこの湧水による影響も考慮すること。			

杭 工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
形 状	鋼 管 挿 入			
寸 法	φ 250mm ~ 500mm			
施 工 方 法	◎ 地すべりの形状による。 特に末端部が斜面の中段に出る場合不適	◎ すべりが必ずコンプレッションゾーンとなっているので有効場合が多い。	地すべり土塊の土質強度が弱い場合杭による抑止効果は他のタイプとくらべ効果がうすい。地すべりブロックがブロック化しやすい	セン断杭、曲げ杭の区別判定は河川砂防技術基準参照 又、この工法は直接入家、施設などを守るために小さなブロックの安定を図る場合に用いられやすい。
杭 位 置	1) セン断杭 杭の背面に十分大きな地盤反力が期待できる場合（地すべり土塊の圧縮部でしかもすべり厚の比較的厚い受動破壊の起こらない所） 特にこの杭は背面土圧を考へてあるので杭背面の土塊が移動しないように施工すべきであること。 2) 曲げ杭 地すべり運動ブロックの引張部又は土塊が軟弱で杭背面の土塊の反力が期待できない場合。			
間 隔	1) 前断杭の間隔(D) $D = \frac{Sp}{Pa} \quad Sp = Ap \times fa$ 2) 曲げ杭の間隔(D) $D = \frac{Am \cdot Zs}{\frac{h_0}{3} \cdot Pa \cdot \cos \phi \left(\frac{\beta \cdot h_0}{3} \right)}$ 地すべり移動土塊の性状が粘質土の場合杭間隔を強硬にはなすと中抜けをおこす（4m以内とする）			河川砂防技術基準参照
根 入 長	1) 剪断杭の根入長 杭の全長の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ （第三紀層泥岩、炭灰岩の場合杭の全長の $\frac{1}{2}$ （硬硬な結晶片岩、砂岩、花崗岩等の場合杭の全長の $\frac{1}{2}$ ） 2) 曲げ杭の根入長 $h > \frac{\pi}{\beta} \quad \beta = \sqrt{\frac{Kd}{4EI}}$			基盤地盤の強度により根入長は異なる河川砂防技術基準参照
地すべり 運動状況	1cm/月以下	1cm/月以下	1cm/月以下	地すべり運動が活発な時に杭工を実施するとその杭自身に集中応力をうける。地すべり運動の比較的緩な運動でも短期間に施工すること
抑制工との併用	◎	◎	◎	必ず抑制工と併用して実施した方がよい

シャフト工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
形 状	シャフトの中詰は一般に鉄筋コンクリート			
寸 法	径は一般に1.5～3.5 m			
施 工	◎ 杭工できない規模のも のが多いのでシャフト 工によることが多い。	◎ 大規模な地すべりの場 合用いる。	地すべり土塊の土質強 度が弱いためシャフト 工による効果は他のタ イプとくらべ効果がう すい。 地すべりブロックがブ ロック化しやすい。又 地すべり土塊の中抜け 及び基盤岩の破壊に注 意すること。	
シャフト 工の 設計方法	1) ケーソンとして設計 $\beta L \leq 2$ L = 地すべり面からのシャフトの掘入れ長 $\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4EI}}$ 2) 杭として設計 → 杭工参照 $\beta L = 2$			河川破防技術基準参照
施工位置	前項の杭工位置参照			
間 隔	1) ケーソンとして設計 (1) 曲げモーメント考慮しない → 杭工参照 (2) 曲げモーメント考慮する → 道路橋下部構造設計指針参照 2) 杭として設計 (1) 曲げモーメント考慮しない → 杭工参照 (2) 曲げモーメント考慮する。 → 杭工参照			河川砂防技術基準参照
地すべり運動				地すべり運動が活発な時に シャフト工を実施すると、 そのシャフト自身に集中応 力をうけやすい。 出来るだけ短期間に施工す ること。
地すべり深度	基礎地盤が良好ですべり層厚が20 m 以内(施工が人力掘削より行うため)である。			
抑止工との併用	◎	◎	◎	必ず行なり

アンカー工

型分類 対策項目	岩盤・風化岩 地すべりタイプ	崩積土地すべりタイプ	粘質土地すべりタイプ	備 考
施 工	◎ 基盤及びすべり土塊が 固いので有効	◎ 基盤によって固定に不 安のある場合がある	△ アンカーの表固定がむ ずかしい。	

8. あ と が き

全国地すべり、崖くずれ対策協議会の協力により、地すべりの実態についてアンケート調査したが、いざ集計してとりまとめて見ると色々なところに問題を生じてくる。余りにも地すべりが複雑であるからで、これを誰にでもわかりやすく便利な型分類にすること自体がある面では冒険であるかもしれない。

しかしこの型分類を一覧していただければ、だいたいの型分類に対する地すべりのイメージが浮び、これを基礎にして調査、対策を立案していただければ大きな誤りはないと考える。

これでアンケート調査結果の一応のとりまとめとしたわけであるがまだこの型分類も完全なものではなく、今後地すべりの実態がさらに追求され、調査されることにより視点を変えた型分類が生まれよう。

最後に、このアンケート調査をまとめるにあたっては渡正亮砂防部長の適切な御助言、ならびに中村浩之主任研究員、及び地すべり研究室の方々の御協力をいただいたことに深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 渡正亮、酒井淳行 地すべり地の概査と調査の考え方、土木研究所資料 1003 号
- 2) 渡正亮外 2 名 地すべり斜面崩壊の実態と対策 山海堂
- 3) 地すべりの実態統計(その1) 土木研究所資料 987 号
- 4) 地すべりの実態統計(その2) 土木研究所資料 1121 号
- 5) 河川砂防技術基準
- 6) 地すべり防止施設技術基準(案) 昭和 51 年 3 月 東地地方建設局河川部