

地すべりと崖崩れの現況とその対策

渡 正 亮*

1. 最近の地すべり発生の特徴

地すべりが災害として目だってきたのは戦後のことである。それまでも主として農村の災害として取り上げられ、特定の地方では対策工事が行なわれてきた。戦前においてこれが社会問題となったのは、昭和7年の大阪府亀ノ瀬で起った大地すべりであろう。この地すべりによって大和川はせき止められ、奈良盆地に溢水する可能性が生じ、国鉄関西線はルート変更を余儀なくされ、国道は通行不能となった。当時としては珍しい機械化土工によって数百万 m³ の土塊排除が行なわれて、河道を新たに付け替えた。

戦後は食糧増産のための農地保全の意味から対策事業が進展し、昭和32年に地すべり等防止法が制定され、主として山村部での対策工事が盛んに行なわれるようになってきた。これらの地すべりは、いわば慢性的ともいえる地すべりで、数年あるいは数十年ごとに運動を繰り返し、これによって家屋や農地、公共施設に被害を与えた。したがって、その対策もその地区の住民の生活を脅かさない程度に運動を抑制することに主眼が置かれ、対策工種も地下水、地表水の排除を中心とし、構造物（杭や擁壁による）による抑止工は補助的に用いられる程度で、まして大規模土工を伴う排土工や押え盛土工は、数例程度行なわれたにすぎない。また、地すべりの予知としての分布調査も、このような慢性的な運動の結果形成された、いわゆる地すべり地形を比較的大きなスケールで読みとり、これと地元からの聞込みや陳情によって判断すれば、その大部分を発見することが可能であった。

ところが昭和36~37年頃からはしだいに違った形の地すべりが社会問題として目だつようになってきた。これは、いままでの地すべり技術者が取り扱ってきた慢性的な運動の繰返し型ではなくて、比較的急激なものである。規模はそれまでの地すべりの面積が平均10~20haという広いものであったのに対し、1~5ha程度の小型のものであり、これが、道路、ダム、新興住宅地等に関連して経済性も高く、したがって対策工も短期間にしかもほとんど完全に安定化することを要求されるよう

になってきた。

この最も代表的な例は昭和36年に静岡県由比で発生した地すべりである。この地すべりは、国鉄東海道線と国道1号線に重大な脅威を与え、百数十万 m³ の排土工とトンネル排水、鋼杭工等、当時としては考へうるすべての工法を駆使して、いわゆる金に糸目をつけずに安定化を図った最初の例であった。

つづいて昭和38年にイタリアのピアベ河流域のパイオントダム貯水池左岸で世界最大級の地すべりが発生した。この地すべりは貯水の影響によるもので、総土量約2億5000万 m³、すべりの厚さ約200mに及ぶもので、その滑落のために貯水池の水が溢れて、下流のロンガローネ部落を潰滅させ、約2000人の死者を出す大惨事をひき起した。

以後、道路、ダム、宅地造成に伴う地すべりの発生件数は鰻上りとなり、その中でも、とくに人為的影響によるものが目だつようになった。これらの地すべり発生の誘因として特異なものは、土工によって発生するものの増加である。ちょうど土工が機械化され、大規模で急速な土工が盛んに行なわれるようになるに従って、それまでの地すべりの知識では、ほとんど考へられていなかったような地形の山腹で、大規模な岩すべりを発生するようになった。この種の地すべりは運動速度が大きく、いっきに滑落する危険性がまことに大きく、しかもその発生の予測が非常に困難である点に特徴がある。その代表的な例は昭和40年の青森県浅川の地すべりで、国道4号線と国鉄東北本線を止めて、経済上重大な影響をもたらした。また、昭和38年、土讃線沿線の地すべりは、同線を数箇月にわたって止めた。なお、工事中のものとしては昭和45年の中央高速道浅利トンネルの地すべり、西名阪道路国分の地すべりなどがある。ダム関係でも昭和30年前後の二瀬、鳴子ダム貯水池の地すべりについて、昭和36年の愛媛県鹿野川ダム、昭和43年の群馬県下久保ダムにそれぞれ相当規模の地すべりが発生し、沿岸の道路、住民に脅威を与えている。

そこで、地すべりの起こり易い地質の地域でダムを建設したり道路を新設または改良する場合には、事前にこの問題について十分調査をして、規模の大きな地すべりのあることがわかった場合はそれらの地点を避けたり、

* 建設省土木研究所 地すべり研究室長

事前に対策工を行なって万全の処置をして臨むようにしている。しかし、最近の土工量の増加等は、いままでの観念をはるかに越えて、一般に地すべりの少ない地域や地形的にみて比較的安定しているとみられる斜面の安定を損う場合とときどきみられる。すなわち、切土等によって斜面の内部応力の分布を大きく変化させたため、その影響が徐々に進行して切土後数年を経てあらわれる場合などである。これは、よく岩盤の地すべりにみられる現象で、今回の中央高速道で発生した岩殿山地すべりはその典型例ともいえよう。このような地すべりの予測はまことに困難であり、その方法の開発には初期応力の分布とその変化を測定する方法や岩盤内の小規模なひずみや亀裂の発生を測定する方法等を確立する必要がある。

2. 崖崩れの実態と予測

崖崩れとは、地すべりと比べてその運動機構はあまり違わないが、一般に規模の小さい急速な滑落現象であり事前はこの滑落を予測することがはなはだしく困難である場合をいう。地質的にはどんな所にも発生する点が地すべりと異なるが、花崗岩地帯、シラス地帯、火山灰堆積地帯（関東ロームのような）に多く、ここに海食、河食が加わって崖を形成している所に発生し易い。崖崩れの発生する斜面は、盛土の場合と異なって、その構成物質が不均質であり、細かくみると薄い粘土層や砂層、亀裂等が多く入り込んでいるため、この面に規制されてすべりを起こし易い。このように細かい不均質さは肉眼

では判定できるが、計器を用いた観測では容易に見いだせないため、予測調査がまことに困難である。崖崩れによる災害は往古よりあったが、その被害を受け易いのは平地の狭い場所に人家等が集中している場合で、以前は漁村や港湾都市に集中する傾向を持っていた。現在でももちろんこの傾向は認められるが、最近は大都市の宅地不足から、郊外の丘陵地等にさかんに造成されたり、道路が新設される場合に立地条件の悪い斜面部にその路線が選定されるため、このような災害が増加しつつある。最近の治水工事や海岸工事の進展により、この数年間河川、海岸等における自然災害による死傷者は激減しているのに対して、崖崩れのみは毎年死傷者が増加する傾向を示し、現在では自然災害による死傷者数の中で第1位（昭和46年は171名）となっている。

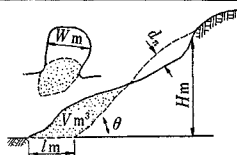
このような崖崩れの実態を明らかにするために、建設省砂防部地すべり対策室と建設省土木研究所が昭和46年度に発生した全国約200例の崖崩れについて実態を調べた。また、昭和46年度の台風25号により千葉県下に大災害をもたらした、合計55名の死者を出したケースについては、土木研究所と千葉県との協力により、同県下で1254例について実態調査を行なった。

全国の実態調査結果は表-1に示すとおりで、この中の一部を図示すると、図-1~4のとおりである。図-1の崖高 H については、大体10~19mのものが最も多く、0~10mのものはこれにつぐ。このことは、最も被害に結びつき易いものは10m以上であって、10m以下のものは実数は多くても、被害に結びつくものは少ない

表-1 崩壊規模の平均値

単 位	H (m)	W (m)	L (m)	θ (度)	d (m)	V (m ³)	L/H
平均 値	19.4	17.1	12.8	46.1	2.1	684	0.71
最大から5%の値	50	40	36	70	5.0	2000	1.50
最大から10%の値	37	30	25	60	4.0	1200	1.25
最大から20%の値	25	20	18	60	2.8	600	1.00
最小から5%の値	6.4	4.5	2.7	30	0.6	22	0.16
最小から10%の値	8	5	3.5	30	0.8	30	0.25
最小から20%の値	9	7	5	35	1.0	54	0.33
平均値以下の個数 (%)	133 (66.3)	145 (71.8)	131 (65.5)	113 (57.3)	149 (73.8)	165 (82.0)	112 (56)
平均値以上の個数 (%)	68 (33.7)	56 (28.2)	68 (34.5)	85 (42.7)	52 (26.2)	36 (18.0)	87 (44)
全体の68% ($\bar{x} \pm \sigma$)	3.1~35.7	~37.2	0.1~25.5	32.1~60.1	0.98~3.6	0~2660	0.23~1.19
全体の95% ($\bar{x} \pm 2\sigma$)	~51.9	~57.1	~38.3	18.0~74.2	~4.9	0~4667	~1.66
全体の99.7% ($\bar{x} \pm 3\sigma$)	~68.2	~77.3	~50.9	4.0~88.2	~6.3	0~6675	~2.14
変異係数 (σ/\bar{x})	0.84	1.17	1.00	0.30	0.57	3.07	0.67
個 数	201	201	199	198	201	201	199
最小値~最大値	4~115	2~200	0.5~85	20~81	0.3~15	7~20000	0.08~2.61

注:



ということになる。また、20m以上の崖になると、このような崖下に住家が建てられる可能性が少ないので、その被害も急激に少なくなるものと考えてよい。要するに、最も対策の必要なのは10~20mの崖であるといえ

よう。次に、崩壊地の幅 W については図-2のとおりで、20m 以下のものが多く、この場合も高さと同様 10~20m のものが最も多い、崩壊斜面の傾斜角 θ は図-3のとおりで、 $40^\circ \sim 49^\circ$ が最大である。なお、それ以上は、ほとんど直線的に減少する。崩壊の厚さ d は図-4のとおり 1.5~1.9m を中心に 1.0~2.4m という薄いものが大部分を占める。土量 V にしても、図-5に示すように 200 m^3 までが過半数を占めるが、1000 m^3 以上の頻度も多いので、相当なばらつきがあるものとみられる。

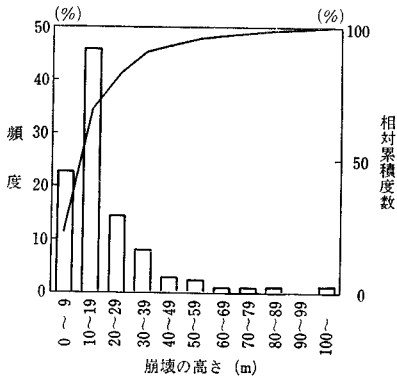


図-1 崩壊の高さ頻度

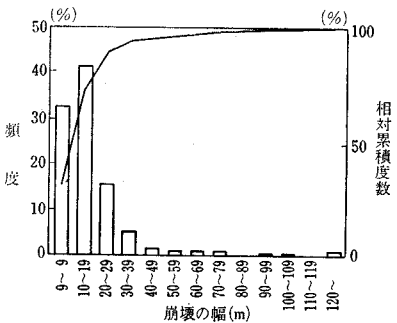


図-2 崩壊の幅頻度

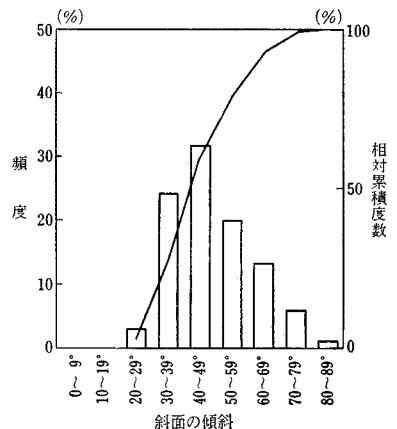


図-3 崩壊の傾斜角頻度

る。すなわち、崖崩れの規模の平均は崖高 10~20m、幅 10~20m、厚さ 1.0~2.0m で土量にすると約 200 m^3 程度ということになる。

次は、崩落土の到達距離 L については、これと崖高 H との比 L/H の頻度を求めてみると図-6のとおり平均 0.67 で、 $L/H=1.00$ までで全体の 70% 程度を占め、 $L/H=2.00$ をとると 99% までが入る。よって、崖高の 2 倍離れていれば、まず安心ということになる。

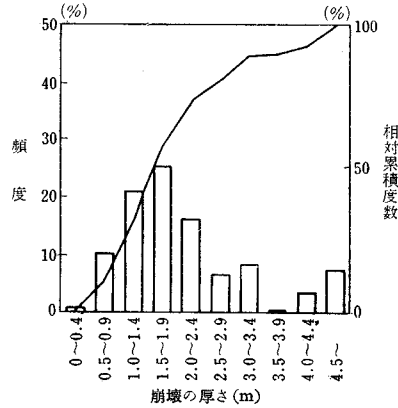


図-4 崩壊の厚さ、頻度

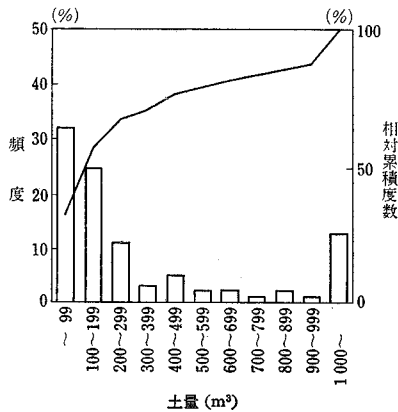


図-5 崩壊土量頻度

次に、崩落物質の地質別の分類をみると表土の滑落が全体の過半数を占め、崩積土、強風化岩(マサを含む)がこれにつぐ。この場合、表土は普通 1~2m の厚さであるが崩積土(崖堆を含む二次堆積土)は 2~3m のものが崩れる。

千葉県の災害の場合には崩壊によって被害を生じた斜面(I)と被害のなかった斜面(II)について別々に調査された。結果は図-7~11に示すとおりで、高さについては前述のとおり被害のなかったもの(II)では 0~10m のものがわずかに 10~20m より頻度が高くなっている。そして、結果は全国 200 例の結果とその傾向がほとんど一致し、 L/H の平均は 0.74 であった。

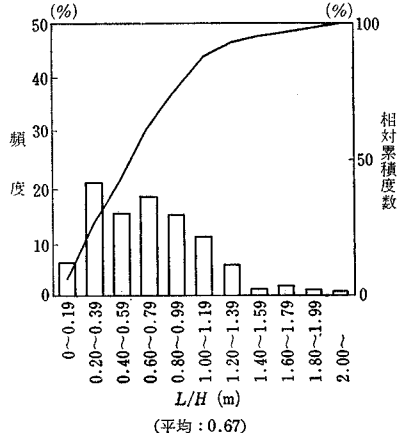


図-6 崩壊土到達距離/高さ、頻度

以上で崖崩れの実態をほぼ推察できると思うが、このような災害をいかにして予測するかという問題になると困難さが増してくる。

地形からみると当然地表水の集まり易い沢

型地形のところは降雨時に崩れ易いといえるわけであるが、前記の実態調査によると、この傾向がほとんど認められず、逆に尾根状斜面でも多く崖崩れを発生している。これらの凸形斜面の地盤調査を二、三行なってみた結果では、地表面下 2~3 m に粘土層があり、その粘土層面の地形が地表地形と逆に沢状になっていた。したがって、崖崩れの危険斜面の予測は、地表地形よりもむしろ地下の不透水層の分布に関連している。しからば、これ

をどのように調べるかが問題となる。わが国の場合、崖は非常に広い面積を持っている。この広大な崖について地盤調査を行なうことは不可能に近い。したがって、さらに簡易な方法を見いだす必要がある。

地表のひずみから崩落を予測する方法は、地すべりでは慣用化されているが、崖崩れは、その規模が小さいため、地表に発生するひずみも小さく(約 1/10~1/100)、その発現期間も短い。したがって、現有の精度 0.2 mm

の伸縮計では不十分であり、さらに高精度のものを開発する必要があるが、地盤自身にも固有の伸縮現象があり、これをいかに消去するかが問題であろう。

3. 地すべり対策と問題点

(1) 中央高速道岩殿山地すべり

昭和 47 年 3 月中旬に発生した岩殿山地すべりは、約 4 か月にわたって中央高速道の交通に障害を与えた。この地すべりは、新第三紀中新世の御坂層の尾根部につくられた高さ約 50 m ののり面を中心として発生した。高速道建設当時、当のり面は 2 回にわたって崩壊し、そのたびごとに勾配をゆるく切り直し、災害発生当時は 1.5 割となっていた。こののり面を含めて、その上部斜面から発生したこの地すべりは、その土塊のおもな部分は角礫凝灰岩を主体とする岩すべりで、末端はのり面の下から 2 段

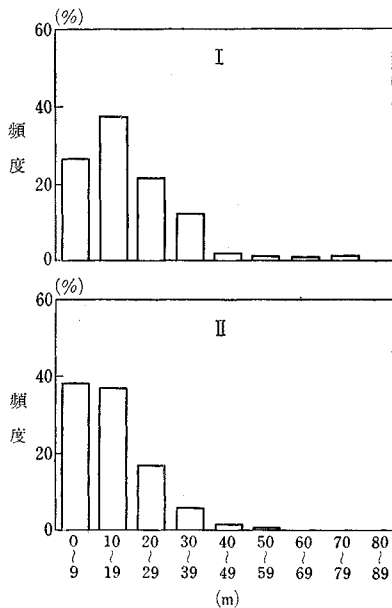


図-7 崩壊の高さ H

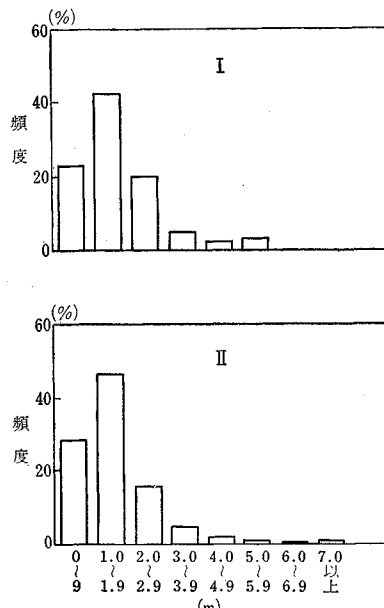


図-9 崩壊の厚さ d

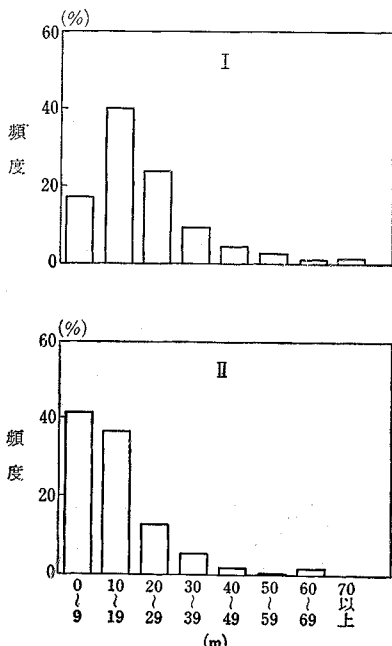


図-8 崩壊の幅 W

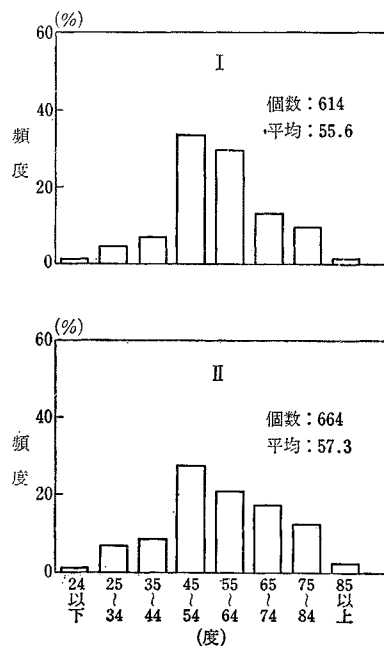


図-10 斜面の傾斜角 θ

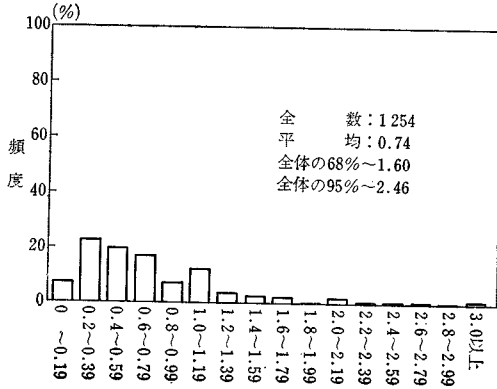


図-11 L/H 頻度 (I+II)

目に隆起として表われ、上端部には高さ約 3 m の段落ちが生じた。このときの運動は 図-12 のとおりで、最大 16 mm/h であった。運動はしだいに鈍化の傾向を示し、昭和 47 年 4 月上旬には 2.5 mm/h に減少した。この間の地形変化を求め、4 月上旬の斜面の安全率を 1.00 と仮定したときの速度と安全率の変化を図示すると 図-13 のとおりである。これによって運動を 0.05 mm/h に下げさせるためには、安全率を約 6~10.5% 上昇させる必要があることがわかった。そこで、とりあえず 7% ほど安全率を上昇させるために末端部に（路面を利用して）押え盛土工を実施したところ、予想以上に効果を表わし、地すべり運動がほとんど停止した。そこで、斜面の土塊を 図-14 のように一部除去し安全率を 20% 上昇させ FS=1.2 とした。末端部に径 4 m のシャフト工を実施して、さらに安全率の上昇をはかり、最後に押え盛土を除去して、7 月末に交通を再開することができた。なお切土を行なうにあたり、さらにその上部斜面についても安定度を検討して、切土による地すべり発生を防止するためのシャフト工も行なった。

この地すべりから得られた問題点としては、

- ① 大規模切土を尾根部で行なうときには、将来の岩盤すべりの有無を検討する必要があること、
- ② 岩すべりは速度が大きくても、安全率は 7% 程度しか低下しておらず、わずかな対策工でも、これを応急的に停止できること、
- ③ すべり面が舟底形をして、末端部に隆起を伴う地すべりの場合は滑落の予測が困難であることと、末端部の崩壊防止がその滑落防止に役立つこと、

以上の 3 点があげられる。

(2) 下久保ダム貯水池周辺の地すべり

下久保ダムは昭和 44 年に水資源開発公団によって利根川右支神流川中流部に設置された 129 m

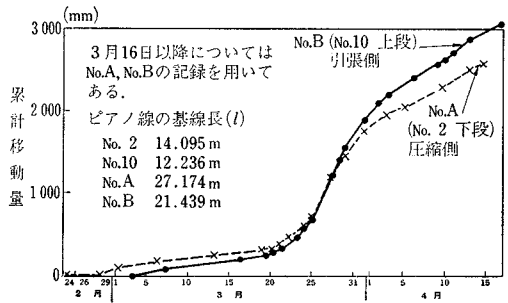


図-12 上段および下段における累計移動量

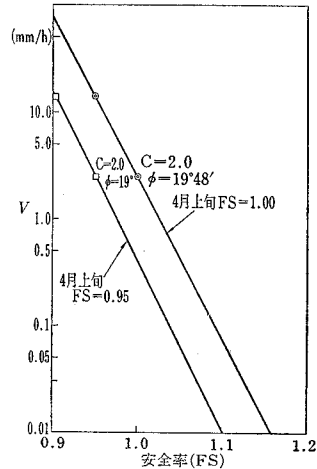


図-13 中央道岩殿山地すべり地点の運動速度と安全率の変化

の重力式ダムである。この地域は御荷鉾構造帯を中心とする結晶片岩、粘板岩が分布しているので、建設当初から地すべり発生の危険を考慮して調査が進められ、図-15 に示すとおり、貯水池内で 10 か所があげられた。これらの地すべりについては、それぞれ湛水前に対策工が実施された。対策工の考え方は貯水位の上昇によって地盤内の間隙水圧の上昇を考え、水位を急激に低下した場合の安全率の変化と、地すべりの形式によって対策工を行なうかどうかを決定し、水位変化で失われる安全率の約 1.5 倍程度の抵抗力をその斜面に対して付加する計画

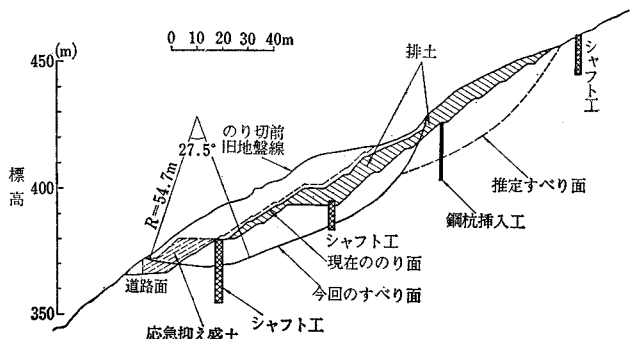


図-14 中央道岩殿山地すべり対策工事、地すべり安定解析図

で実施された。その結果、対策工を施した斜面での地すべりは全然発生しなかった。

湛水後、扇尾、向沢の未調査地で小規模な地すべりが発生したが、ただちに調査を行ない鋼杭挿入工等の対策で安定化した。

ダム湛水の場合の地すべり対策の問題点としては以下の4点が考えられた。

- ① 岩盤内で発生する地すべりの予知が困難である。
- ② 地下水排除工が施工できない場合が多いので、鋼杭等による抑止工に頼らざるを得ない。抑止工のみの対策では永久的な安定を保ちうるかどうか問題がある（構造物の耐久性と地盤内の応力分布の劣化について）。
- ③ 安定計算の際、湛水の影響を常時満水位までとし

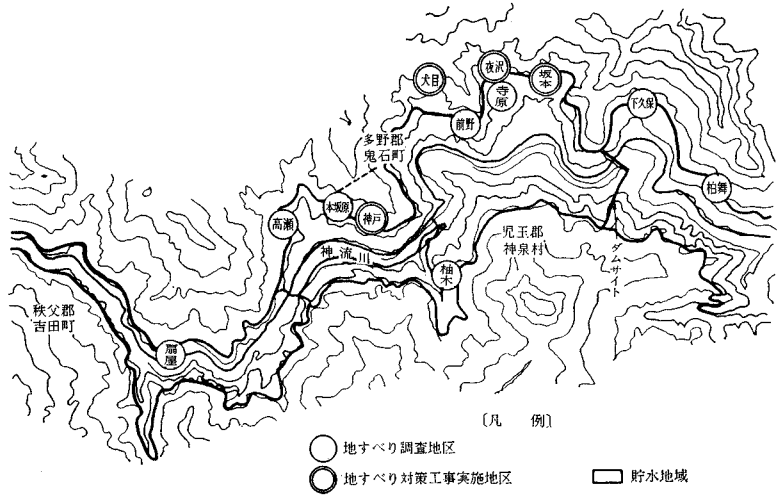


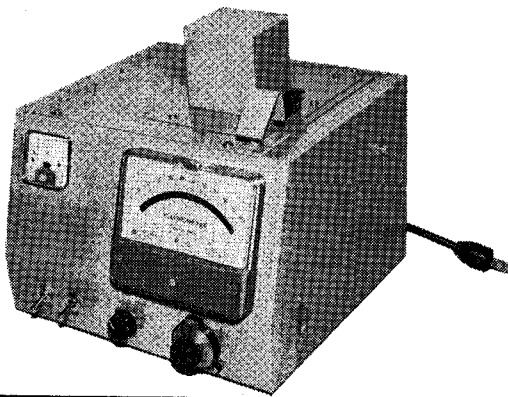
図-15 下久保ダムの地すべり調査、対策工事実施地区

て間隙水圧を決め、水位低下後、その全水圧を残留水圧と考えるために、高い安全率を要求される点。

- ④ 水没斜面内の崩壊が、地すべり発生の誘因となっている場合が多いが、その予測と規模の決定方法。

MIITY 蛍光光度計

地下水の追跡に



特長 現場に持込み可能
小型 (26cm×23cm×22cm)

用途

- 地下水の流れ方向の追跡研究
- ダムの漏水、トンネル及農薬用水の漏水
- 地這り対策
- 岩盤の亀裂の水の関連性研究

納入実績 大学・官庁研究所・各府県砂防耕地、農地建設、治山、其他

東京測器製作所

東京都品川区西大井1丁目5番9号
〒140 電話 東京 03 (772) 6017