



土砂災害の予知と対策

3. 地すべり(その2)

なか 中 やま 山 やすし 康* しま 島 みち 通 やす 保**

3.1 地すべり地の判定(前号掲載)

3.2 地すべり地の調査

3.2.1 地すべり誘因・素因・対策のための調査

3.2.1.1 地すべりの規模

この講座でとりあげている土砂災害のうち、地すべりは次のような特徴を有する。

- ① 土や軟岩(またはその両者)のせん断破壊が主たる要素となっている災害である。
- ② 多くの場合、時間・位置的にせん断破壊が散発し、全体として観察し得ない程度ゆっくり滑動を続ける。
- ③ 地すべりは模型で実現することができない(土石流は縮尺して再現することが可能である)。

自然斜面・人工斜面を問わず、永続する地すべり滑動はある範囲の規模を有する地塊に限定されると思われる。試みに“Landslides in Japan”に収められている28地区の諸元を拾ってみると、表-3.3のとおりである。

中央値では、長さ560m、幅200~300mとなる。これが代表的地すべりの平均の大きさであり、長さとしては最小で80m(中央値の1/7)、最大で3600m(7倍)の範囲に収まっている。もっとも、これらはいわば「有名地すべり地」であり、統計値としては渡⁴²⁾が報告した長さ334~357mが実態に近い。

地すべり面の深さも同様で、一定値に集中する傾向があり、このため円弧すべりよりも中央部で平面となるすべり面をとりやすい。

次に、地すべり地について行われる調査・試験の概要を紹介する。地すべり調査特有の運動・移動の計測は、まとめて3.2.2で記述されている。

3.2.1.2 地形の調査

標高や傾斜など定量的な情報を得るために地形図が利用される。しかし、等高線間隔より細かい起伏量を読みとったり、き裂や滑落崖・側壁・末端隆起部あるいはゆう水を把握するためには、元の空中写真に戻らなければならない。国土地理院では、全国を縮尺1/8000、1/10000または1/15000でおおむね5年で一巡するよう空中写真の撮影が行われている。地すべり地は、ほとんど1/10000の地域に

表-3.3 代表的な地すべり地域

地 域 名(県名)	長さ(m)	幅(m)	深さ(m)	面積(ha)
鳴 子(宮 城)	200~300	200~300	15	4~9
北一の沢(北海道)	450	300		
湯 の 岱(")	100	130		
松 の 山(新 潟)	3600	2400		427.9
上 平 丸(")	1100	600	4.5	60
小 泊(")	370	100~170		44
猿供養寺(")	1800	500		41
機 織(")	400	200		46
茶 臼 山(長 野)	2000	130~430	7.6	100
奈良尾(")	700	100~200		242
清 水 山(")	2000	400~600		15
由 比(静 岡)	1000	3000		56
亀 の 瀬(大 阪)	800	200~300	32.5	40
平 山(長 崎)	670	800		68.4
鷲 尾 岳(")	1000	240~450		10
五 十 谷(富 山)	1200	200~350		
長 者(高 知)	900	150~300	30	
一 宮(兵 庫)	250	300, 600		
頸 野(徳 島)	250	400		
小 土 山(長 野)	180	200		
牧 内(")	250	150	10~15	
七 曲*** (静 岡)	300	200		
大 湧 谷(神奈川)	800	400		
早 雲 山(")	1200	100		
阿 部 倉(")	80	50	10	
岩 殿 山(山 梨)	100	80		
山 田(沖 縄)	250	150		
高 場 山(新 潟)	100	60		

***伊豆大島近海地震1978により発生

含まれる。

地すべり等防止法第3条によって地すべり防止区域が指定されると、都道府県知事は地すべり防止区域台帳を調査・保管する(同法第26条)。これには、1/2000平面図が求められ(同法施行規則第11条)、通常航空測量が行われる。これらの写真も地形の調査に利用できる。

3.2.1.3 地質の調査

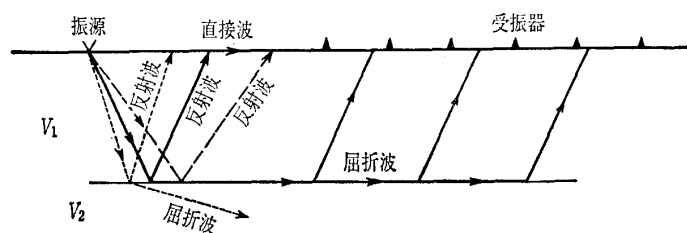
地すべり地を構成している地質について、地層・岩相・構造・断層および滑動による変位ならびに移動地塊を把握するために行われる。

地質踏査は、露頭の観察から始まる。この際、航空機から撮影した空中写真の実体視が有力な手段となる。断層や古い地すべり地形の発見は、これなしには不可能である。地すべりの多発する地方では露頭も動いている疑いを持たねばならない。リモート・センシングは数十mの解像力であるため、マルチスペクトラルな電磁波情報のほか、広域

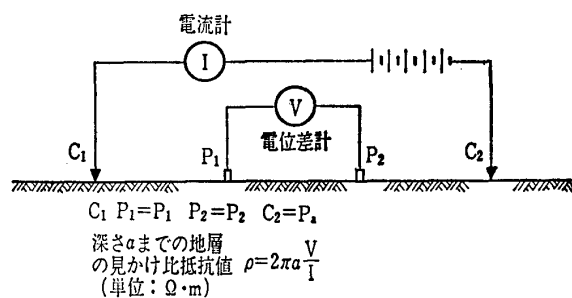
*農林水産省農薬土木試験場 造構第4研究室長

**京都大学教授 防災研究所

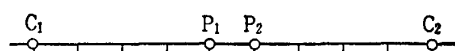
講座



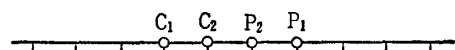
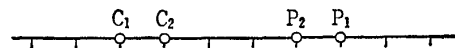
図—3.14 弾性波の伝ば (参考文献4)による



図—3.15 ウェンナーの電極配列

シュランベルジャー法($C_1P_1=P_2C_2=na$)


等間隔CCPP法(エルトラン法)


ダイポール・ダイポール法($C_2P_2=na$)


図—3.16 その他の電極配列 (参考文献5)による

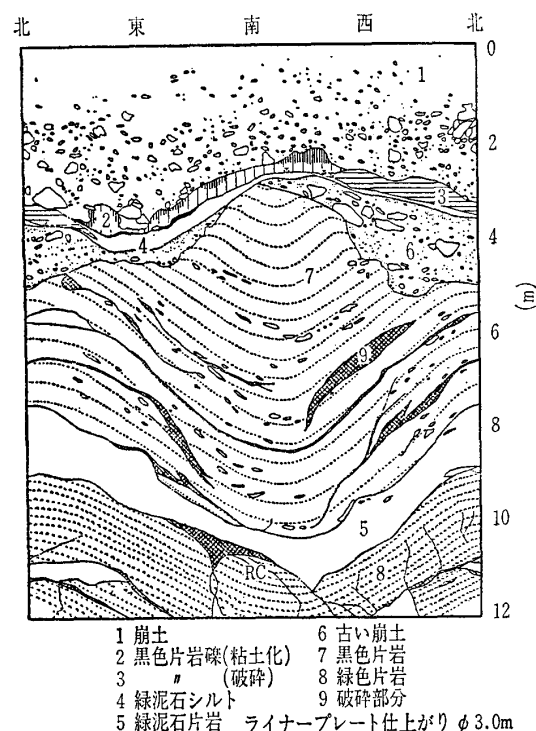
の地すべり分布や特性をエッジ強調画像のリニアメント解析で行う用途が開かれてきた⁴³⁾。

弾性波探査はかなりの地すべり地で行われている。弾性波には縦波(P波)と横波(S波)があり、屈折法と反射法が実施されている。調査例は多いP波の屈折法では、伝ば速度の大小で区分される速度層の構造を求める。

電気的な性質——固有の比抵抗値——が地層ごとに定まっていることから地下の構造を解析するのが電気探査である。4個の電極を地表に配置し、電流 I を流し電圧を測って、見掛けの比抵抗値 $\rho = k \cdot V/I$ を求める。

放射能探査は、断層の発見に有力な手段である。岩中に含まれる放射性同位体が透水性の大きい破碎帯を上昇し、断層粘土やその表層土壌に沈積している。ゲルマ半導体検出器で追うと、断層破碎帯上では1.3～2.0倍の γ 線が検出される。

ボーリング調査は、すべての地すべり地域で採用される手段である。掘削時のコアによって地質を判定することはもちろんであるが、孔壁を使って弾性波速度や比抵抗値の検層が行われる。後述する地下水の調査もある。塩ビ管を挿入して、その後の地下水位や地すべり滑動の計測が続けられる。孔径は66mmが最も多い。



図—3.17 集水井地質展開図 (徳島県木藤地すべり)

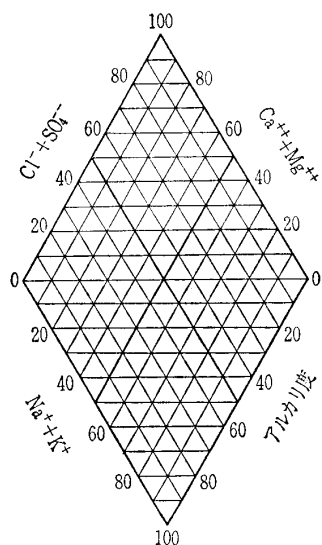
比較的傾斜の緩い地すべり地では、対策工事として集水井(直径3.0～3.5m)が掘られ、集水ボーリングで地下水を集めて排水孔から溪流へ落とすことが行われている。集水井は人力で掘られ、床を0.5m掘り下げると直ちにライナープレートを組み立てて井壁の押し出しを防ぐ。地質調査としては、最も多くの情報が得られる。すべり面の観察も原位置でできるし、不かく乱のブロックサンプリングも可能である。しかし、井壁の地質状況のスケッチを行うには掘削労務が手待ちとなるため、工事費の点でなかなか実行できないことである。徳島県三好郡三加茂町大字毛田の集水井の地質展開図を示しておく。深度3～4mの緑泥石シルトのクリープ変形が地すべりとして観察される。

3.2.1.4 地下水の調査

地すべりは、地下水の問題を抜いて考えることができない。対策工事の多くのものが地下水の影響を除去することを目的としている。このため、調査でも地下水は大きな比重を占める。透水層の分布は地質の調査で把握しておかなければならない。

地下水位または間隙水圧は、最も基礎的な情報である。かつて両者は同じものと考えられていた。透水性の低い粘質土でははっきり区別する必要がある。地下水位は当該帯水層にストレーナーを切ったパイプの中の水位で測り、間隙水圧はその深度に埋設した間隙水圧の示度による。

地下水の通路は、透水層の形状・透水係数と間隙水圧の分布によって支配される。透水係数が同一であれば、間隙水圧の勾配が大きいところが地下水の流路となっている。上水道(簡易水道)が普及する前は、飲雑用井戸で地下水



図—3.18 地下水の菱形成分図

位の観測や揚水試験が行われた。

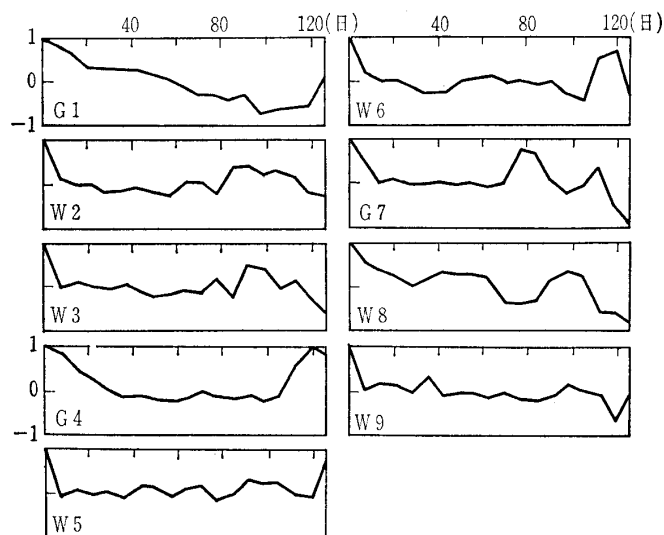
一定の深さの地温を測定して地下水の流路を知ろうとする試みも行われている。流動地下水温と1m深地温との差を利用するもので、冬季または夏季の測定が有効である^{47),48)}。

地表水・地下水について、溪流・ボーリング孔・ゆう水などで採取された試料の水質分析が行われる。電気伝導度、pH、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 SiO_2 などの項目である。これらの特徴から水みちを分類したり、定期測定から滑動の予知を行う試みもある。化学成分については、菱形の成分図で表示される。

地下水の流速については、見掛けの値として透水係数と動水勾配の積が使われてきた（ダルシーの法則）。層状水よりも裂か水の性格の強い地すべり地では必ずしも実態を表していない。そこで色素・食塩・アイソトープをトレーサーとする。測定原理として ①トレーサー到達の距離と所要時間あるいは ②トレーサーの希釈から地下水流速を間接的に知るものがある。

②に分類されるシステムで中村⁴⁹⁾の地下水垂直検層がある。ボーリング孔内に食塩等の電解質を溶かし、孔内水の比抵抗値を当初（通常 $6\sim7\text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ）の $1/10\sim1/20$ まで下げておき、時間とともに回復する経過を測定する。食塩水投入直後（または10分間経過）の値と、10、20、30、60、120、180分後の測定値をボーリング柱状図に並べると、相対的な流速の大小を読みとることができる。これは地下水排除工設計の基礎資料に使われている。

ここでトレーサー以外のアイソトープの利用を述べる。ラドン ^{222}Rn は半減期が3.8日という短いものであるため親核種の存在する土中水・土中気体に検出されるが、大気圏の水や空気には含まれていない。地すべり地塊が圧縮されるとラドン濃度が上昇し、膨張すると濃度が下がる。放射線計数値の自己相関係数を計算すると、地すべり地塊伸縮の周期を知ることができる。長野県大鹿村沢井地すべり



図—3.19 ラドン濃度コレログラム（長野県沢井地すべり）

の土中水W・土中気体Gの計測ではW6で60日（その2倍の120日）、W8で50日（100日）にピークがあり、60日および50日周期が認められた。この2点ではクリープ滑動が続き、建物の被害がある。

3.2.1.5 土質試験

自然含水比、密度、粒度分布、土粒子の比重、コンシテンシーなどは、土の一般的性質を知るうえにも安定計算を行うにも必要なことである。

① 原位置試験

大型一面せん断試験：原位置で直方体（ $20\times20\times30\text{ cm}$ ）に切り残した土塊にせん断箱をかぶせ一定の垂直荷重を加えながら箱の移動部を水平に引く。

一軸試験：円柱型の試料に垂直荷重を加える。

ベーン試験：軟弱かつ流動性の土で可能となる。

現場における力学的な計測を正確に行うのは困難が伴うので、主役は②に移っている。

② 室内試験

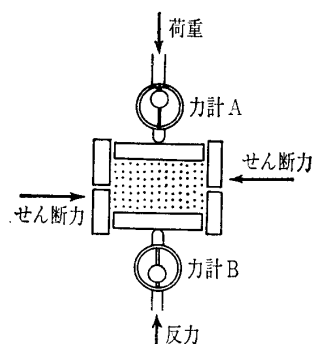
土のせん断強度を求めるために行われる。三軸圧縮試験・一面せん断試験・リングせん断試験がある。リングせん断は円周状の試料による継ぎ目なしの一面せん断である。

③ スレーキング試験

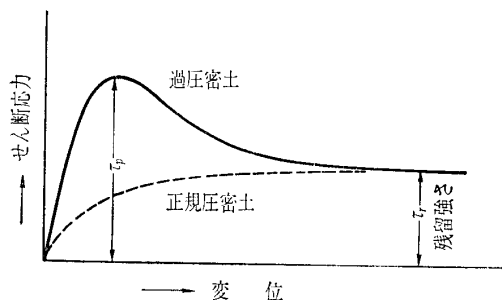
泥岩・蛇紋岩など乾湿を繰り返すと、急速に崩壊して、軟弱な粘土になる。母岩の塊に風乾・浸水を反復してその間の質量の減り方を測る。

土のせん断強度は、三軸圧縮試験で求めるのが普通となっている。しかし、地すべりの調査・研究についていえば、変位を大きくとることのできる一面せん断やリングせん断試験もやはり有力な手法である。三軸圧縮と一面せん断試験で求められる土のせん断強度は必ずしも一致しない。そこで古谷⁵¹⁾は一面せん断試験に改良を試みた。従来、垂直荷重は力計Aを介して試料にかかり、Aの指示する圧力がせん断面に作用するものと考えられていた。反力にも

講 座



図—3.20 改良一面せん断模式図

図—3.21 大変位を受ける土のせん断応力と変位の関係
(参考文献12)による)

力計Bを設けると、Bの指示値はAよりも小さくなる。その差はせん断箱の垂直壁面の摩擦に相当する。試料上面・下面からせん断面までの距離に合わせてAとBの値を配分し、せん断面の垂直荷重とする。このような工夫をすれば、三軸圧縮と一面せん断試験はほぼ同じ結果を出すことができる。

粘質土のひずみ—せん断応力曲線は土の履歴により別の形態をとる⁵²⁾。地すべりのうちでも地層中で初生的に発生した一次すべりは過圧密粘土に、移動層中の二次すべりは正規圧密粘土に対比されている。

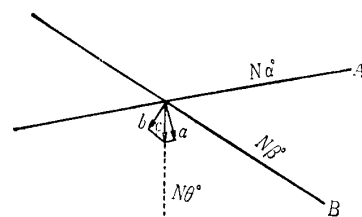
また、地すべり現象は有効応力表示のせん断強度で安定計算が進められる。試験機にかけられる試料はおおむね数十mmの大きさである。地すべりははるかに大きなひろがりを持ち、せん断・休止の反復、排水条件、圧密の進行も位置的・時間的に異なる。地すべりは尺取り虫が斜面をはい下るようなもので、安定計算や安全率について特殊な取り扱いが必要となる。

3.2.2 地すべり運動の計測

地すべり現象は、その原因が地下数mないし、数十mの地山の中のある面に沿って起こる、クリープ的な破壊に伴う、斜面の変形・滑落であるが、その運動形態を明らかにするためには、通常、地表面および地中に各種の計測器を設置して、かなりの長期間にわたって観測を続ける必要がある。現在多くの地すべり地においてよく用いられている、地すべりの運動を計測する方法について説明する。

3.2.2.1 地表面移動の計測

(1) 測量による方法



図—3.22 測量における2測線

一般には、地すべり地外（例えば対岸や側方の地すべり地をはずれた所）の不動点に基準を設け、そこから地すべり地の各点の変動を見通して行う方法が多く用いられている。簡単な測量器で実施できるものとしては、見通し線上に並べた測点の変位を、測線に対して直角方向で測定する方法で、2測線の交点付近では次式によって、その方向と移動の絶対量 c を知ることができる。すなわち、図—3.22のA、B各測線の交点の移動量を、それぞれ a 、 b とすれば、

$$\theta = 90^\circ + \alpha + \tan^{-1} \left\{ \frac{b - a \cos(\beta - \alpha)}{a \sin(\beta - \alpha)} \right\}$$

$$c = \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(\beta - \alpha)}}{\sin(\beta - \alpha)}$$

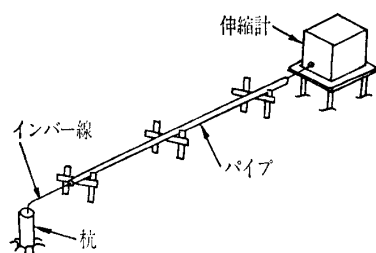
最近高精度の高い光波測量器が開発されて、次第にこれが用いられるようになってきた。これはジオジメーターとも呼ばれ、光を不動地にある発射側と地すべり地内の対象物との間を往復させ、それに要する時間から距離を求めようとする原理の器械である。地すべり地に反射プリズムを取り付ける支柱をメッシュ状に設定しておいて、発射側にある測定器と反射プリズムとの距離の変化を測ることによって、地すべり地全域にわたる地表変動を定量的に知ることができる。測量誤差は $\pm 5 \text{ mm} + 5 \text{ mm/km}$ と高精度であるが、測定器の設定および地すべり地の気象条件の選定には十分な注意をはらう必要がある⁵³⁾。

地すべり活動の活発な地域では、航空写真測量による方法がよい。

(2) 伸縮計による方法

地すべり地においてはしばしば、上部の滑落崖のできる付近には、地表面にひび割れができて、伸びを示す変化が現れ、末端部付近では縮みが現れやすい。2点の間隔の距離の変動を計測して、地表面のひずみから地すべりの変動状態を把握しようとするのが伸縮計である。

一般に伸縮計は、地表の変動の現れやすい場所に、適当な間隔に2本の木杭またはコンクリート杭をしっかりと打ち込むか、掘削した孔に杭を挿入して、その周辺をコンクリートで固めるようにする。その一端にインバー線を固定し、他端の記録部に滑車を通して重り、またはばねで、インバー線を緊張した状態になるように張る。土地に伸び縮みが生ずれば、インバー線が引き出されたり、戻されたりして滑車が回転するが、これに連動するようにしてあるドラムに巻いた記録紙に、伸縮の変動が描けるようになって



図—3.23 伸縮計の設置

いる直視型のものが多く用いられている。インバー線を張るために、重りのほかにばねを使用したものも多いが、ばねの場合、インバー線が記録部から引き出された長さによって、張力に差がでるし、またこれまで市販されているものでは構造上、滑車およびドラムの機構部の摩擦に左右されて、記録紙の取替え等の際に回転したドラムが、回転前の位置に戻らず、記録紙の取替え後数時間は、ドラムの回転の余効が出る場合も多い。記録方式はペンの送り速度の大小で、1日巻、7日巻および1か月巻のものがある。運動の激しい地すべりで、1日巻にして運動の詳細を調べようとする時、上記の余効が障害となる。したがってなるべく、摩擦力に影響されない張力を持たせるような重錘式のもの望ましい。

滑車の回転を電氣的に取り出し、リードで1か所に導いて、遠隔・集中記録するようにしたものを用いられている。計測システムの保守管理が十分に行き届けば、記録紙の取替えの回数を少なくしても、地表面の土塊変動の状態を詳細にとらえることができるから、重要な地すべり地の調査や監視には、今後この方式を取り入れることが望まれる。インバー線を張るには、図—3.23のように、保護パイプの中を通しておかなければならない。

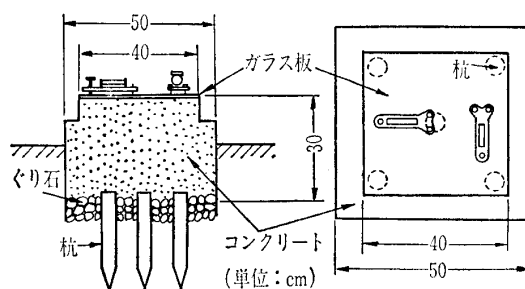
データの解析には、ひずみを計算し、縦軸にひずみをとって経日変化図を描き、ひずみの斜面上の分布を求め、傾斜変動量、すべりの移動量、すべり面の深さ等と総合して機構解析を行う。

(3) 地盤傾斜計による方法

地すべり地における地すべり変動は、地表面の傾斜変化にも現れることは当然予想されるところであるが、これまでの経験では、多用されている水管式傾斜計の感度が比較的良好なこともあって、微小な変動を地すべりのごく初期にとらえることができる。

地盤にはもともと固有の傾斜変動が起こっていることが多く、普通基底変動と呼ばれている。これらは地すべり以外の原因によって起きるものであって、基底変動には回帰性があり、5秒以内であれば地すべりと関係のないものと考えてよい場合が多い。通常各地点に、NS方向とEW方向に2台置くが、傾斜角をそれぞれ α 、 β とすると、このときの傾斜角 θ およびその方向 ϕ は次式によって算出できる。

$$\sin \theta = \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}$$



図—3.24 水管式傾斜計設置台

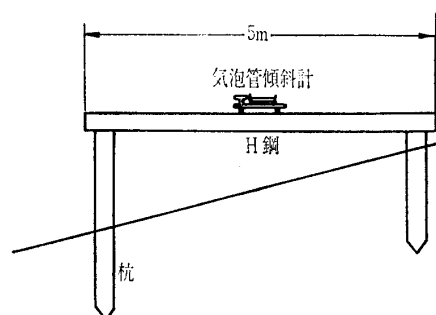
$$\cos \phi = \frac{|\sin \alpha|}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}}$$

地表の傾斜変動を測るのに最もよく用いられるのは、水管式の傾斜計で、通常図—3.24のような50cmの正方形のコンクリート台の上に、NS、EWの2方向に置き、コンクリート台が土地と共に傾けば、傾斜計も傾くが、主脚を回転させて水平に戻す。このときの戻しの角度から、その間に何度地盤が各方向に傾いたかを知る。この式のものでは連続記録をとることができない。後述の孔中傾斜計として使用されている、サーボ機構をもった加速度型の傾斜計は、電氣的記録計によって精度の高い傾斜変動を、広い測定範囲にわたって連続的にとらえることが可能である。ただ高価につくことが難点である。

傾斜計は図—3.24に示されたようなコンクリート台に設置するのが標準になっているが、地すべり地の広さからみれば、点状の狭い範囲の傾きを測っていることになり、設置点の特殊な地盤特性を反映した傾きを測っている場合もある。もう少し広い範囲の広がり傾きを測る方が、地すべり地の全体的な傾動を見るにはよいと思われる。そのための試みとして、図—3.25に示されているような、長さ5m程度のH鋼を両端で、木杭またはコンクリート杭で支え、その上に傾斜計をのせる方式があるが、ノイズ的な比較的短周期の変動を余り反映せず、クラックを境とした陥没の変化も観測できる。

(4) セン断変位計による方法

地すべりの横断方向に関しては、杭を横方向に直線上に並べて、その測量による外にはなされていなかった。杭測量では測量を余り頻繁に行うことは困難であり、変動が



図—3.25 水管式傾斜計の設置台 (H鋼の場合)

講座

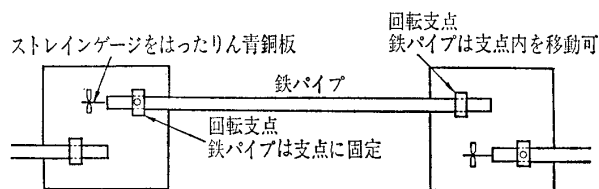


図-3.26 セン断変位計

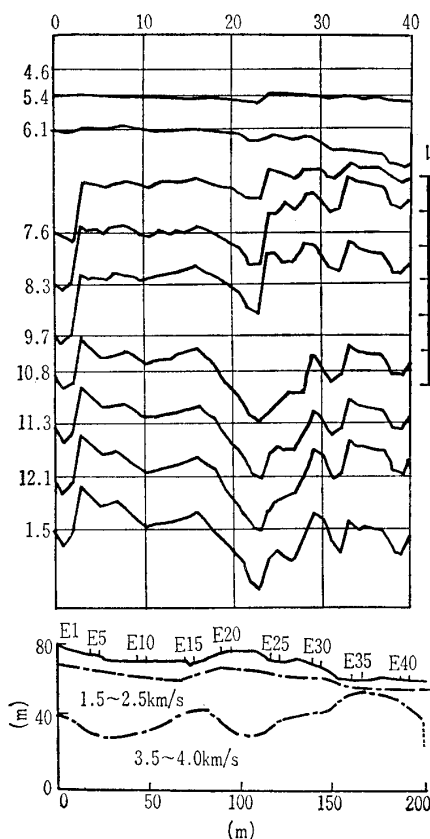


図-3.27(a) 昭和49年度せん断変位計累積移動形状水平動

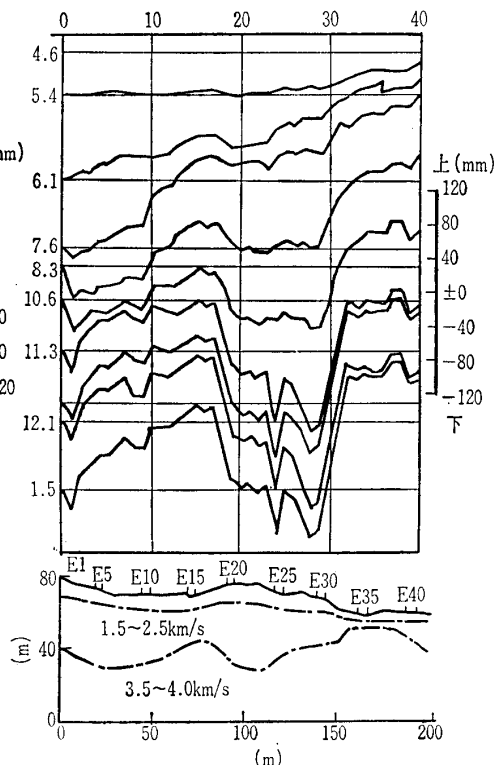


図-3.27(b) 昭和49年度せん断変位計累積移動形状鉛直動

わずかな場合には精度上測定することは無理である。

佐々恭二によって開発されたせん断変位計は横断方向に測線をはり、これに直角の2方向のせん断変位、すなわち鉛直動や水平動のせん断変位および測線方向の伸縮を測ることにより、測定器両端の地盤の相対変動を把握しようとするものである⁵⁴⁾。このせん断変位計の構造はコンクリート杭を5 m間隔に打ち、一方の端に鉄パイプが上下、水平方向に回転可、測線方向に移動可の支点を設け、他端に上下、水平方向に回転可、移動不可の支点を設けて、その支点間に鉄パイプを通す。鉄パイプの端にストレーンゲージをはったりん青銅板を取り付け、これを固定したスリットで挟んである。2点間のせん断変位は鉄パイプの回転に変換されるが、これはゲージのたわみとなるから、静ひずみ指示計で読むか、自記記録させるものである。水平動測定のせん断変位計は図-3.26に示されている。鉛直動測定のものも同様であるが、りん青銅板が水平になっており、通常水平動測定用のセンサー一部に組み込まれている。毎回読みとったデーターは初期値からのひずみ変動量を求め、係

数をかけて変位量を計算する。佐々によって善徳地すべり地で得られた、左の端を基準とした水平および鉛直変動のグラフが図-3.27に示されている。土塊の沈下が見られ、地中における侵食を予想させる。

3.2.2.2 地すべり面における移動の計測

(1) パイプひずみ計による方法

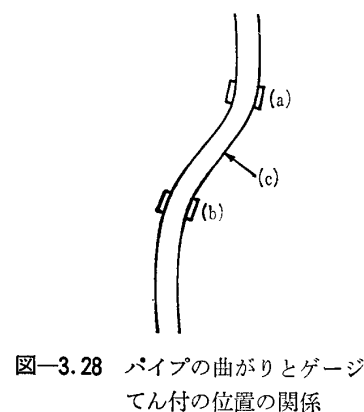


図-3.28 パイプの曲がりとゲージてん付の位置の関係

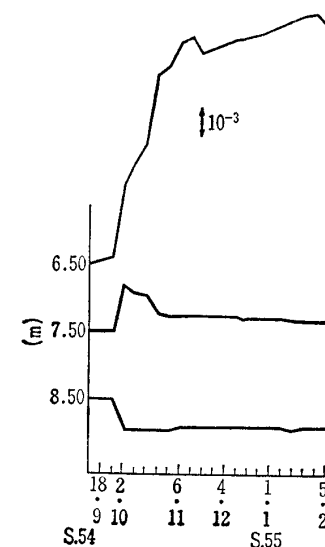


図-3.29 ひずみの経日変化

すべり面計測に現在普通に用いられている方法は、ストレーンゲージを一定間隔に相対して2枚、また4枚てん付された塩化ビニールパイプをボーリング孔内に挿入し、砂などによって間詰を行って、地すべり土塊と一体となってパイプが変形するようにする。すべり面を境とした土塊のずれは、パイプの曲がりに伴う、ストレーンゲージの伸びあるいは縮みとなり、ブリッジ回路をもつ静ひずみ指示計によって測定される。

問題の一つは塩化ビニールパイプに接着されたストレーンゲージのシールで、防水処理加工して、ボーリング孔周辺の水との絶縁を完全にし、なるべく寿命の長いパイプひずみ計を用いるようにする。もう一つの問題点はゲージのてん付間隔である。すべり面の付近ではパイプは通常図-3.28のように曲がるから、(a), (b)の所に符号が反対で絶対値最大のひずみが現れる。パイプの曲がりが比較的長い範

囲か、またはゲージのてん付間隔が小さい場合には、(a)、(b)に近い所にゲージのてん付されている可能性が高いから、すべり面付近のゲージのひずみの経日変化図は図-3.29のようになり、すべり面の深度をはっきりととらえることができる。しかし、すべり面の深度に近い所であっても、(c)の所や、(a)、(b)から離れた深さにゲージがてん付されていると、ひずみの変化は小さなもので、すべり面の存在を確定しにくい。

土塊中のパイプの挙動を理論的および実験的に調べ、妥当ゲージ間隔の問題を検討したものに、中村浩之らのものがある⁵⁵⁾。塩ビパイプを使った場合のストレインゲージの妥当間隔を、粘性土地すべり、崩積土地すべりおよび風化岩地すべりの3種類の地すべり分類について調べ、それぞれ90 cm以下、70 cm以下、45 cm以下であるとしている。

(2) 孔中傾斜計およびひずみ計による方法

現在地すべり調査において広く用いられているパイプひずみ計は、すべり面の深さの決定のみでなく、土塊内部の移動形態についても定性的には知ることができるようになってきた。しかしながら地中の移動形態について、定量的な議論を行おうとするとなお不十分である。またひずみゲージは防湿コーティングされているが、その耐久性にも限度があるため、長期(1年以上)にわたる測定値の信頼性にも問題がある。

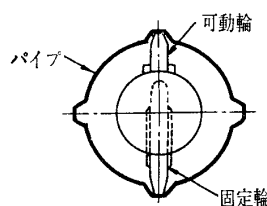


図-3.30 孔中傾斜用ケーシングパイプ

そのため最近では、孔中傾斜計がかなり用いられるようになってきた。サーボ機構をもつ加速度型傾斜計は精度も高く、小型であるから、86 mmのボーリング孔に設置されたケーシングパイプ中において、各深さでのケーシングの直角2方向の傾斜角の変化 α 、 β を測定すれば、各深度における測定間隔での水平変位量は次式で求まる。

$$d = l(\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta)^{1/2}$$

l : 測定間隔

ケーシングパイプには図-3.30のように四つの溝がついており、この溝をガイドとして、孔中傾斜計は地中の任意の深さでの傾斜角を直角2方向について計測する。精度、信頼度ともほぼ満足すべき結果が得られており、

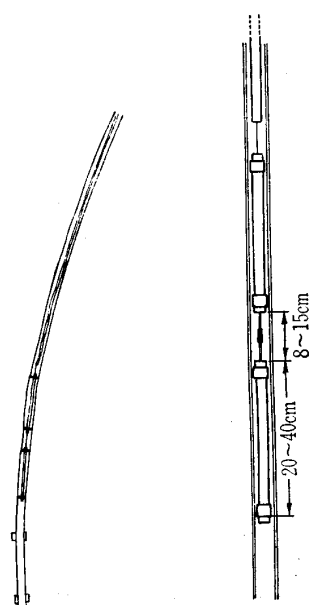


図-3.31 挿入式地中内部ひずみ計

今後多用されることが望ましいが、すべり量が大きくなるとガイドパイプの曲がりが強くなると、センサー部がパイプ中をすべらなくなることは、この測定器の欠点である。

もう一つの孔中式のすべり面の定量的な変動状態を調べる測定器として、筆者によって開発された計測器が図-3.31に示された測定器で、ボーリング孔中に埋設されたパイプの曲がり測定するものである⁵⁶⁾。センサーは上と下の直径20~30 mmの硬質ビニールパイプとその中間にある、上下のパイプに固定されたストレインゲージのてん付された塩ビ板より構成されている。センサーの上のパイプは、金属の板ばねを介して直径20 mmの塩ビパイプのロットに結合され、曲がり測定しようとするパイプに、ロットによって押し込まれる。このひずみ計の特徴は既設のパイプひずみ計のパイプに挿入して、その値をチェックすることができること、および比較的簡単な測定器であるが、すべり量についても定量的な値を得ることができることである。しかし時間間隔のあいた測定では、センサー部の定数を測定しておかねばならない等の難点がある。

(3) 伸縮計

これはすべり面におけるすべり量を計測するために、普通地表面のひずみを測るのに使用されている伸縮計の線を、鉛直にボーリング孔に設置したものである。ボーリング孔はすべり面と予想される面より1 m以上深く掘り、伸縮計の線の先端をすべり面より深部にグラウトで固定する。この線はボーリング孔に設置された塩ビパイプの中を通して置く。線の他端は地表に設置された伸縮計の記録部の滑車を通して重錘で引っばしておく。パイプがすべり面で切断された場合には、地すべりの移動量は伸縮計の伸びに大体等しく現れてくると考えてよい。ただ地盤の沈降が起こっている場合には、伸縮計において、縮みとして現れること

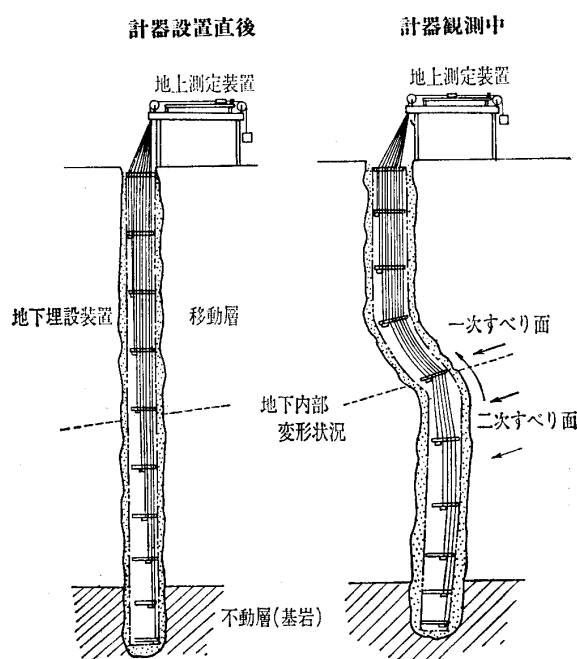


図-3.32 すべり面検出用伸縮計

講座

がある。1本の線が孔底に固定されたこのような方式では、すべり面の深さはわからないが、移動量はかなり正確に推定することはできる。ことにパイプが切断されてパイプひずみ計が不能になった後も、かなり長期間にわたって計測可能な所に特徴がある。

この方式のものもいろいろ改良されて、例えば寺川らによる、固定端を塩ビパイプに1 mごとの深さに設けたものもある⁵⁷⁾。図—3.32に示されているような、各深度に測定板（誘導板）を取り付けた1 mの塩ビ管から構成され、これにステンレス製のワイヤーを固定し、ワイヤーは地上に誘導されている。誘導板には20個以上の穴があけてある。例えば10 mに固定されたワイヤーは10 m以浅は固定されず、誘導板の穴の中に通してあって自由に動くようにしてある。地上部の測定台に滑車とメジャーが設置されている。各深部に先端が固定され、地上に誘導されたワイヤーは重錘によって一定の荷重で引っ張られている。地下内部で土塊が移動すると、1 mごとの塩ビ管ユニットが変形し、それにつれてワイヤーが伸び、その深度以深のワイヤーはすべて同じように伸びることになる。ワイヤーの伸縮量を地上で計測することにより、地すべり面の深度・移動量・土塊の変位速度など、斜面土塊の挙動が解析されるが、現在までのところ、移動量とワイヤーの伸びとの関係は正確には示されていないようである。

参考文献

- 41) 地すべり学会・地すべり対策技術協会：Landslides in Japan, 第3版, 1980.
- 42) 渡 正亮：地すべりの考え方について，土と基礎，Vol. 30, No. 7, pp. 1-4, 1982.
- 43) 今村遼平・瀬戸島政博：変わりゆくリモートセンシング人工衛星データーと土木地質・土質分野での活用，前出42)，No. 5, pp. 63-68, 1982.
- 44) 地質調査所：物理探査のはなし，創立100周年記念，1982.
- 45) 物理探査学会：土木地質調査における比抵抗法電気探査の調査計画に関する要綱，物理探査，Vol. 35, No. 1, pp. 45-64, 1982.
- 46) 岸本良次郎ほか：地すべり面の力学的・物理的特性の研究，結晶片岩地帯地すべり発生機構に関する総合研究報告書，科学技術庁研究調整局，pp. 23-71, 1978.
- 47) 竹内篤雄・島 通保：1 m深地温分布の再現性と地下水流脈探査結果の検証例，物理探査，Vol. 29, No. 6, pp. 11-18, 1976.
- 48) 竹内篤雄・島 通保：兵庫県丸味地すべり地における1 m深地温測定結果について，地すべり，Vol. 16, No. 1, pp. 39-46, 1979.
- 49) 中村浩之：地下水垂直検層，土と基礎，Vol. 30, No. 2, p. 89, 1982.
- 50) 中山 康・木村重彦：長野県大鹿村の地すべりと崩壊，地すべり，Vol. 18, No. 3, pp. 23-30, 1982.
- 51) 古谷 保：直接セン断試験における有効垂直応力の補正法と地すべり粘土のセン断強度測定，農土試技報C20, pp. 17-44, 1980.
- 52) 小川正二：地すべりと土の残留強さ，土と基礎，Vol. 30, No. 9, pp. 57-58, 1982.
- 53) 日本測地学会：測地学の概観，pp. 43-46, 1979.
- 54) 佐々恭二：破碎帯地すべりにおける地すべり横断移動形状の測定結果について，京都大学農学部演習林報告，No. 47, pp. 98-111, 1975.
- 55) 中村浩之：ストレーンゲージによるゲージ間隔に関する考察，地すべり，Vol. 13, No. 2, pp. 21-26, 1976.
- 56) 島 通保：地すべり調査技術，地すべり防止技術研修テキスト，地すべり対策技術協会，pp. VIII 8-12, 1979.
- 57) 寺川俊浩：ワイヤー式多層移動量計による地すべり面付近の土塊挙動の実測，第16回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，pp. 383-384, 1979.

学会発行図書案内

土の試験実習書〔第1回改訂版〕

B 5 判 267ページ、データーシートつき 送料 350円
定価 1,500円 会員特価 1,200円

土の調査実習書〔第1回改訂版〕

B 5 判 約186ページ、データーシートつき 送料 300円
6月発行予定

発行：土 質 工 学 会

東京都千代田区神田淡路町2-23(菅山ビル4階)
〒101 電話 03-251-7661(代)