

地すべり地の傾斜計観測

高 田 離 次 ・ 小 西 利 史

OBSERVATION OF INCLINOMETERS AT LANDSLIDE AREA

By Yuji TAKADA, Toshifumi KONISHI

Synopsis

In order to know the nature of variations of the surface inclination at the landslide areas which were classified into creep type when its occurred, the water-tube type inclinometers where were set at the suitable site were used.

In this paper, the observational results on the small scale surface ground tilt at Kamenose, Muraoka and Myoban landslide areas were reported and some discussion were made.

1. 序

地すべり地の地表面に設置して、地中内部の変動を測定できるものに地盤傾斜計がある。わが国における地すべり調査に傾斜計は殆んど地すべり地で用いられ資料が集積されている割には、えられた傾斜計の資料で解明できる地すべり現象はその一部分である。これは傾斜計の基礎資料—例えば伸縮量・移動量との関係を検討できる資料—が不足しているために、研究が進んでいないことを示すもので、したがって傾斜計に関する研究は僅かである¹⁾。

傾斜計による解析の限界性を検討するために室内実験が行えれば好都合であるが、不可能の現状では、地盤変動量と移動量とを地すべり地で観測し、資料を得ることが必要である。筆者らは、ある地すべり地で地盤傾斜量の長期観測中に、地すべりが発生し傾斜変動の様子を知ることができた。幸いにも表面移動量の測定行がわかれたので、両者の変動量を比較検討する機会を得た。

今回は、傾斜変動量と移動形態との関係・傾斜量の測定間隔および傾斜変動量で示される地盤特性について検討したので報告する。

2. 観 測

傾斜計によつて資料を得た地すべり地は、主として亀の瀬地すべり地である。当地すべり地は、昭和36年頃から地すべり地の一部に移動が生じていたが、昭和42年2月中旬に亀裂が発見され、次第に亀裂が拡大するとともに、上部の陥没・末端部の隆起が見られるようになって、6月上旬までの最大水平移動量は10mを超えた²⁾。この移動より前から、傾斜計の観測網が地すべり地全域に敷かれ、大和工事事務所の各位の協力をえて、観測を続けていた。

地すべり発生当時測定を行っていた測点は計14ヶ所である。Fig. 1に各々の傾斜計の場所を示し、その後発達したクラックの位置を記入した。

傾斜計は地すべり地で最も多く使用している水泡管式を使い、その精度は $1.8'' \pm 0.02''$ である。測定は連続測定できないので、測定間隔が問題となったが、ほぼ7日に1回の割で行った。なお傾斜計の設置は一般に行われている方法³⁾で行い、特に配慮はしなかった。

亀の瀬地すべりの場合 Figs. 2, 3 は各々の傾斜計の N-S, E-W 成分の測定値を記入したものである。この期間の水平移動量は場所によって相当の差があるので割愛するが、地すべり周辺で観測した亀裂拡大の様

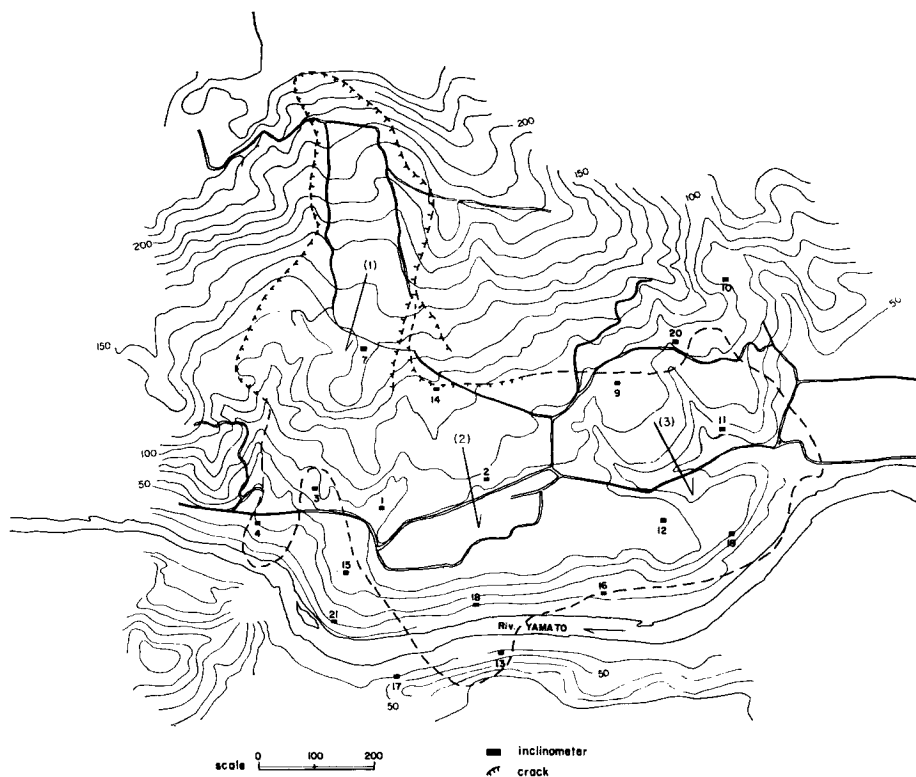


Fig. 1 The position map of inclinometers at Kamenose landslide area and its topograph.

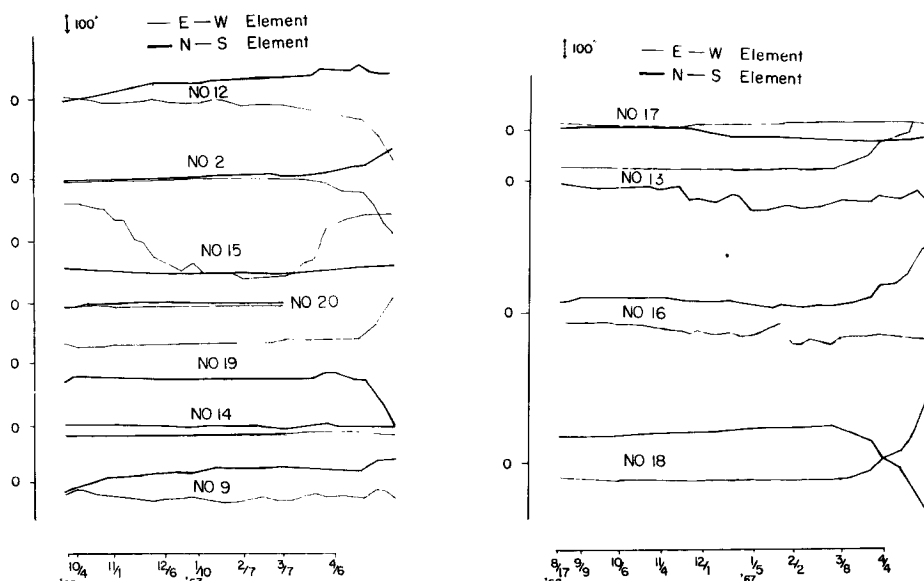


Fig. 2 The variations of the observed inclinometers between August, 1964 and April, 1965.

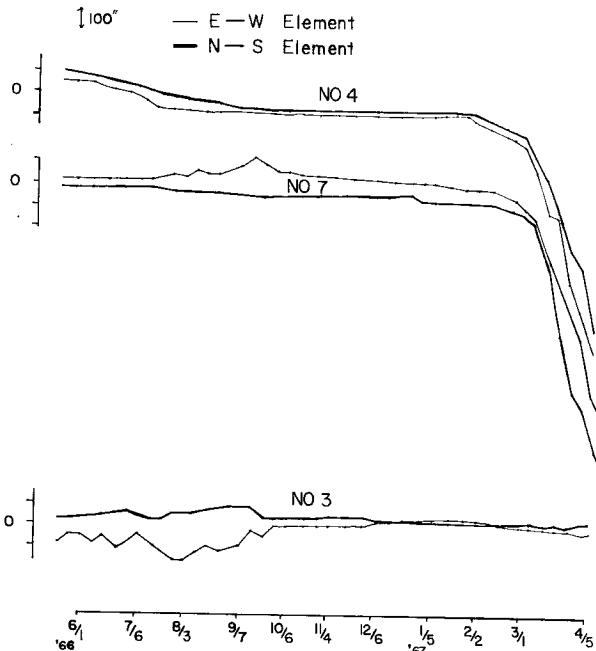


Fig. 3 The variations of the observed inclinometers at No. 4 and No. 7 during from August, 1964 to April, 1965.

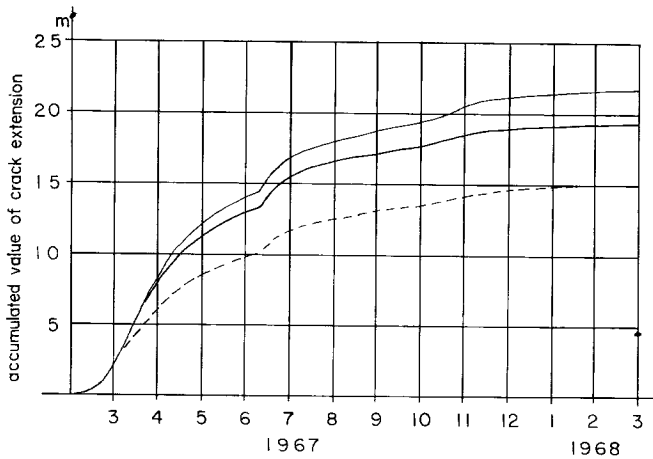


Fig. 4 The accumulated values of extension crack at Kamenose, Indslide area.

子 (Fig. 4) で、およその移動が推定できる。傾斜の変化が、2月中旬の亀裂発生以前にすでに生じている場所と現われていない場所とがある。地すべり移動は Fig. 1 の矢印に記した番号の順序で拡大したことから、土塊移動に従って傾斜変化も生じていることがうかがえる。例えば、地すべり地内で最も早く移動が生じた No. 4・7 の場所では、傾斜変化も2月から生じており、最も遅く移動した No. 19 の場所では傾斜変化は4月10日より見られる。

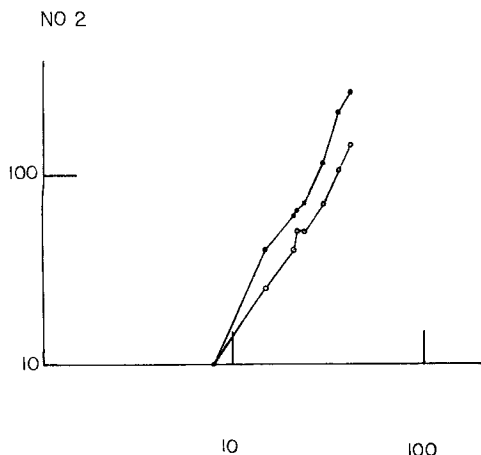


Fig. 5 The variation of the No. 2 inclinometer at Kamenose landslide area.

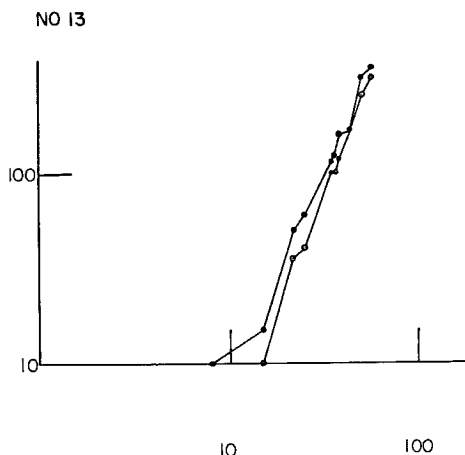


Fig. 6 The variation of the No. 13 inclinometer at Kamenose landslide area.

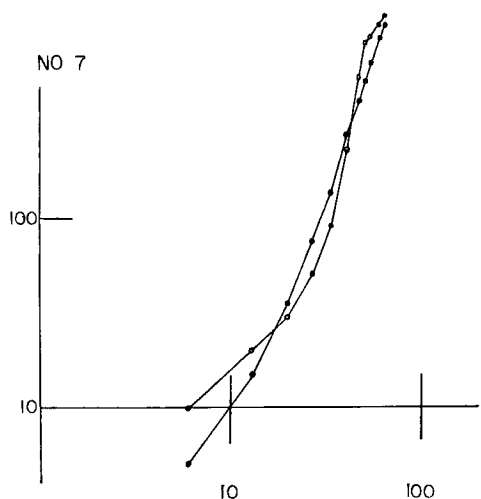


Fig. 7 The variation of the No. 7 inclinometer at Kamenose landslide area.

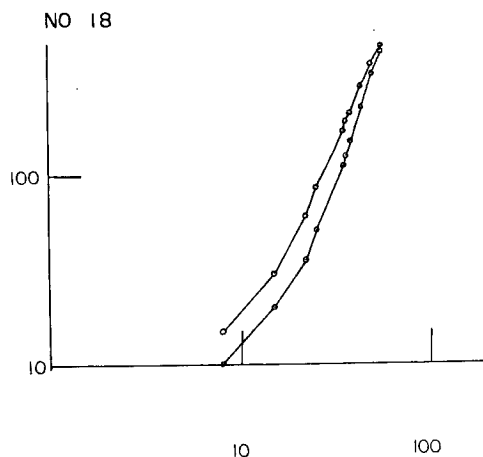


Fig. 8 The variation of the No. 18 inclinometer at Kamenose landslide area.

各測点のうち地表面移動が認められた測点について、その傾斜変化量の性質を調べるために、 $5''/\text{日}$ 以上の変動が生じた日を基準日として、測定日数を横軸に、傾斜量を縦軸に取り、両対数に目盛つた。この場合 N-S と E-W 夫々の上り下がりがあるので、傾斜量の絶対値を取つた。その一部を **Figs. 5~8** に示す。No. 2 は水平移動の少い場所、No. 7 は移動が激しく且つ亀裂をともなった移動の中心部であった。また No. 13 は地すべり末端部で隆起を生じた場所にあたり、No. 18 は斜面背後の押出しの影響で崩壊を生じた場所であった。これらの図を見ると、移動形態は異っているにも拘らず、ほぼ一様な直線で示される。また移動地域内で得られた傾斜計の変化を一つの図にまとめると、**Fig. 9** となり表面移動量の多少にはあまり関係ないようである。

他の地すべり地の場合 傾斜計を伸縮計がほぼ同一地点に設置されており、且つ土塊移動が生じた時に

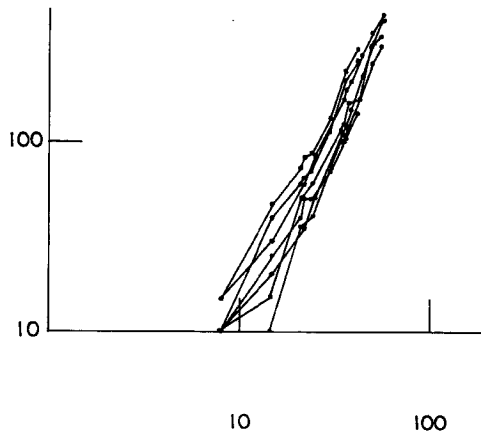


Fig. 9 The inclined variations which were observed by inclinometer at landslide areas.

両者とも測定された資料は非常に少い。幸い2ヶ所の地すべり地ではほぼ満足できる資料がえられた⁴⁾⁵⁾、その1つは表面移動量が5cm位のクリープ型の移動形態をもつ地すべり地の資料で、他の1つは温泉型で移動量が3cm程度のときに得られたものである。

クリープ型地すべり地でえられた、水平移動量(伸縮計の測定値)と傾斜量の変化を夫々Figs. 10・11に示す。この地すべり地では、昭和40年1月5日より伸縮量の増加がみられ、3月～4月に大きな水平移動が認められる。この時の傾斜変動量は、昭和39年12月より一定傾向をもって、序々に大きくなっている。この傾動について、1月5日を基準日にして、傾動変化図を、また温泉型地すべり(伸縮計の図は割愛する)に

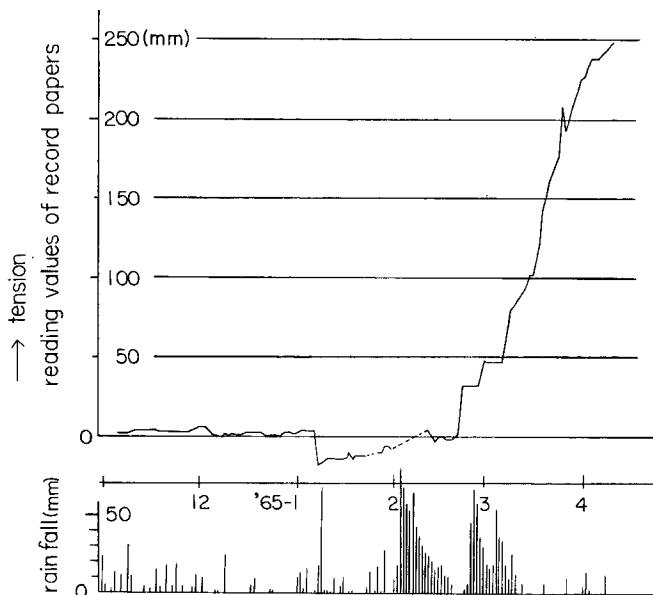


Fig. 10 The record of the extenso-meter at Muraoka landslide area.

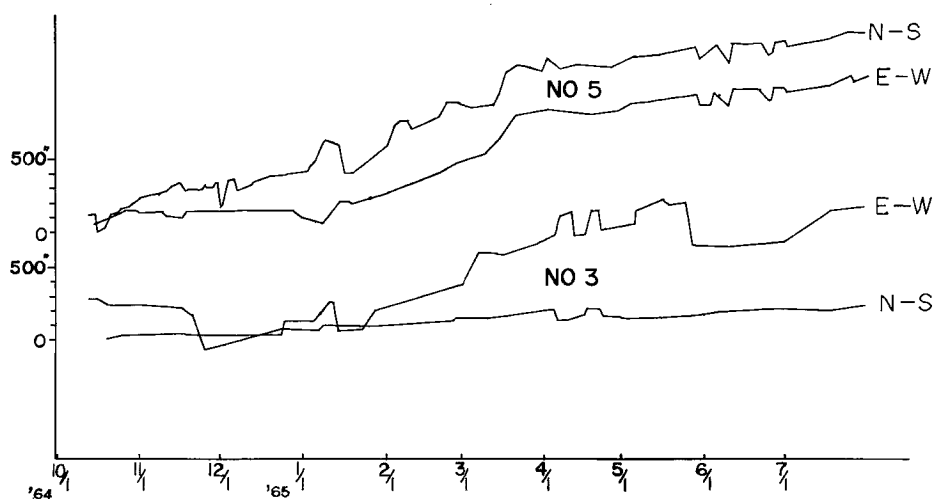


Fig. 11 The records of the inclinometer of No. 3 and No. 5.

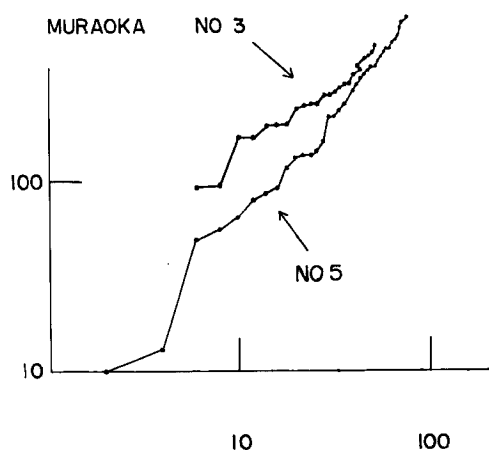


Fig. 12 The variations of the No. 3 and No. 5 inclinometers during occurred the soil displacement at Muraoka landslide area (after Uchida).

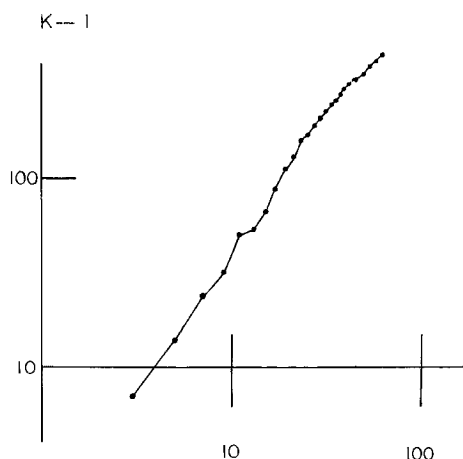


Fig. 13 The variation of the inclinometer which as measured at hot spring type landslide (after Oita Pref.).

については、傾動を生じた日を基準日として傾動変化図を夫々作った (Figs. 12, 13)。

Fig. 12 の No. 5 の傾斜計は、伸縮計下方約 30 m にあり且つ地すべりの末端部に位置する。No. 3 は伸縮計の付近で、上部亀裂のやや下方に設置されたものである。一方温泉型地すべりで、測定された K-1 の傾斜計は亀裂を挟んだ伸縮計より地すべり下方 30 m に設置されており、地すべり末端部にあたる。No. 5 と K-1 の傾動はよく類似しているが、No. 3 はや異った形態を示す。

3. 検 討

亀ノ瀬地すべり地の傾斜計観測資料を基に、その他 2 ケ所の地すべり地でえられた傾斜料の資料も含めて

検討を加えるが、得られた資料はすべてクリープ型の地すべり地のものであり、クリープ型としての傾動特性に法則性があることが期待された。

そこで、地すべり移動が生じたこれら3ヶ所の地すべり地で得られた傾斜変動量をまとめると、Fig. 14の如く示される。即ち異った移動量・場所にも拘らず、図に示した2つの直線にかこまれた範囲内で傾斜変動が描ける事は、傾動を生じている土地が直接に移動量を測らなくても判定できる可能性を示している。今この2つの直線を $l = A \cdot n^b$ l : 傾斜量 (秒)

n : 測定日数

で表わすとし、夫々の直線について、 A , b の常数を求めて、 A , b の間係を図示すると Fig. 15 の直線で示

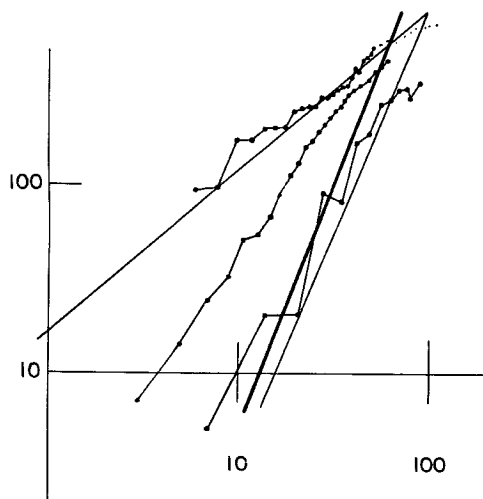


Fig. 14 The distribution of varied inclinometers which measured at occurring soil movement at landslide area.

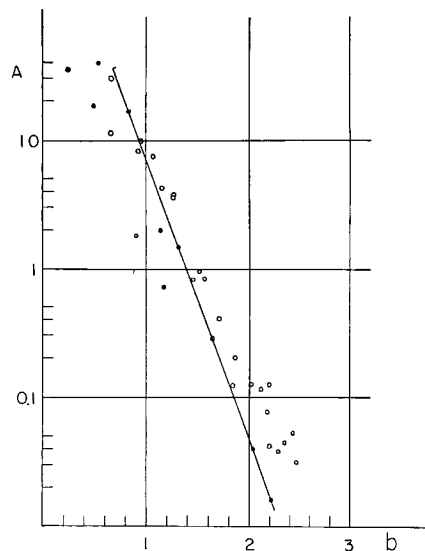


Fig. 15 The relationship between A and b constant
○ mark shows the A and b values which were calculated at soil movement area
● mark shows the A and b values which were calculated at unmoved area.

Table 1

No.	Period	A	b	No.	Period	A	b
Kamenose No. 4	41 5/18~ 9/14	0.70	4.2	No. 2	42 3/24~ 4/25	1.64	0.294
"	"	1.18	0.740	"	"	2.18	0.079
"	42 1/26~ 4/ 7	1.72	0.413	No. 12	42 1/17~ 2/25	0.92	1.81
"	"	1.56	0.975	K- 2	43 2/27~ 3/10	3.86	0.054
No. 7	42 2/ 2~ 4/ 7	2.12	0.111	"	"	1.15	2.180
"	"	2.35	0.045	K- 4	43 1/20~ 2/25	2.65	20.6
No. 13	42 2/28~ 4/25	2.12	0.071	K- 1	42 8/ 1~10/ 2	1.26	2.65
No. 16	42 2/28~ 4/25	2.20	0.042	K-11	43 2/15~ 3/10	0.561	41.1
No. 18	42 2/28~ 4/25	2.47	0.031	K- 9	42 8/ 1~10/26	0.261	36.5
"	"	2.29	0.040	"	42 8/11~10/26	1.87	0.206
No. 15	41 9/27~12/27	1.84	0.125				

されるら、各地点で測定された傾斜量から夫々 A , b を求めれば、移動による変動かどうかの判定ができると考えられる。3つの地すべり地でえられた傾斜量から、 A と b を求め Table 1 にまとめたが、これを $A \cdot b$ の関係図に記入したのが、Fig. 15 の白と黒の丸である。図中の白丸は、地すべり移動によつて生じた傾斜量と認められたものを示し、黒丸は地すべり移動と判定できない場所の傾斜変動の値である。したがって、移動に併つて生ずる傾斜量の変化は基準直線 (standerd line) の上に記され、 $A \cdot b$ の常数を求めれば判定ができる。

このような手法がすべての地すべり移動形態で得られる傾斜計の資料に適用されうかどうかは疑問であるが、今後更に資料を収集して検討を加えて行きたい。

測定間隔について 亀ノ瀬地すべりにおいては、前述の如く、ほぼ1週間おきに測定を行ったが、一般の地すべり地では1日1回の測定を行うのが常である。そこで、1週間に1回という測定密度で、地表面に生ずる移動現象より前に傾斜変化を把えることができたかどうか、Fig. 2, 3 で検討してみる。ヘアークラックが発見されたのは、2月中旬とされているが、No. 4・7 の傾斜計にはそれ以前に変化が記録できている。1週間に1回という荒つばい観測でも、充分でないにしても前駆現象を把えている、とはいえ傾斜量が増加するに従つて測定回数を増すことが必要である。ここで明らかなことは、通常の観測においては、1週間に2回位で充分であることで、規模の大きく測点の多い地すべり地においては適当と判断される。

測定範囲について 傾斜計の変化は、地盤を構成する地質によって、どの範囲まで代表するものであるか異なる。極端に言えば設置場所だけの局部的傾斜量を計っていることもありうる。面的な拡がりが問題にされる。そこで、亀ノ瀬の資料をもとに検討を加えてみよう。

亀ノ瀬地すべり地内に設置した傾斜計は変動開始時期の差はあっても、例外なく動いており、しかも一定傾向 (N(S) 上り, E(W) 上り) の増加がみられる。No. 7 の場所は水平移動も大きい、亀裂がこの付近に沢山生じた場所であったが、一定方向の変化が得られた。No. 12 は地すべり地内であるが、吾々が測定地点付近を踏査した限りでは、殆んど亀裂がなく、地すべり移動を生じていないと考えられた場所であったが、航空写真測量では 200 mm 以上の移動が認められている。このように地すべり地内ではある範囲の傾動を代表していると考えてよいであろう。No. 3, 9, 14, 17, 20 の夫々の傾斜計は、昭和42年2月以降移動が生じなかった場所であるが、その動きは殆んどない。No. 3, 17 は地すべり末端の隆起部よりそれぞれ 20 m 位しか離れていないが、不動土塊として明瞭に区別される。またクラック上部の No. 14・20 でも4月下旬まで、傾斜変化はみられない。以上の結果から、傾斜計の変動は極限定された局部変動を把えているのではなく、ある広がり (少くとも 30 m 平方) をもった範囲の傾動を現わしているものと考えられる。したがって、傾斜計の設置する場合には、地すべり周辺に密に、地すべり地内には粗に設置するのが効果的であることが明らかになった。

以上の考察をまとめると、流動型地すべり (崩壊にまでは達しないが、移動量はかなりの値となる地すべり移動) での傾斜計による観測資料から、 $l = An^b$ 式の $A \cdot b$ の関係から、移動地域の判定が行いうる可能性が大きいことが解つた。また水泡管式の傾斜計では、測定間隔は、最大限1週間に1回の測定は必要であつて、土塊移動に先立つて、大よそ1ヶ月前より傾斜変動が認められる。また傾斜計で把えられる面的な拡がり、30~50 m 平方の地域を代表しているものと認められ、地すべり範囲の推定に用いる場合には、地すべり周辺に多く設置するのが有効であることが推定された。

今回は傾斜量と移動の関係を、3つの地すべり地の資料に基づいて検討を加えたもので、流動型の地すべり地についても多くの資料を収集して、これら上記の可能性を更に検討を加えたい。また急激な移動を生ずる地すべり地における測定がまだ全く行われていないので、崩壊前後に測定される傾斜変動を検討するまでには至っていない。機会があれば時間的予測が出来るかどうか検討すると共に、伸縮計の解析法と比較して、最終的には傾斜計の利用範囲を究めたい。

終りにあたり、本研究に際し終始御指導を賜った山口真一教授、資料検討で卓見を提示された竹内篤雄助

手，中川鮮助手，ならびに観測の便宜を与えて下さった，当時の建設省大和工事事務所各位，特に高篠香前所長，打萩珠男前専門官の方々に感謝の意を表わします。

参 考 文 献

- 1) 渡 正亮：地すべり調査における水管式傾斜計の利用法，土木技術資料，1，1960，p. 425，
- 2) 大和工事事務所：亀ノ瀬地すべり報告書（その3），1968，3，p. 20，
- 3) 谷口敏雄：地すべり調査と対策 pp. 72 山海堂 昭39，
- 4) 内田辰丸：村岡地すべり防止工事報告，地すべり研究（第11集），1967，pp. 122～145，
- 5) 大分県：明ばん地すべりについて，昭42，7，