

地すべり地の傾斜計観測

高 田 雄 次

OBSERVATION OF THE BULB TYPE TILTMETER IN THE LANDSLIDES

By Yuji TAKADA

Synopsis

In this paper, the author had studied the relationship between variation of tiltmeter and landslide movement observing bulb type tiltmeters, in the creep type landslides. From the results of them, the variation of tiltmeter in landslide is related with the landslide movement of creep type. When we make judge the landslide movement from variation of inclination on the soil surface, it is useful to confer the standard curves that was made by observational facts.

The critical inclination for soil movement, is assumed about $4''/\text{day}$ as N-S and E-W component respectively.

1. はじめに

筆者らは亀の瀬地すべり地において、傾斜計によって観測された傾斜変動量と移動量との関係を検討した結果¹⁾、土塊移動が認められた地域内で観測した傾斜量とそうでない傾斜量は、傾斜変動量の大きいさは勿論、変動継続日数に差があることがわかった。傾斜変動量は $l = An^K$ で表わされ、この式から計算される A, K の値を夫々縦軸と横軸に取って、移動土塊中とそうでない地域の傾斜量から計算されるこれらの値は、異なっていることがみられる。この $A-K$ 直線より下部に点在する傾斜変動量は移動が認められない土塊での変動であって、この $A-K$ 直線を移動限界直線と仮称して、移動限界直線から移動を評価しようと試みた。

今回は新たに傾斜変動量の資料を加えて、移動限界直線の検討から、実際的な移動判定の方法について検討を加えた。

2. 観測・解析

今回の解析に用いた資料はすでに調査報告書として上載されている資料で、直接筆者が観測したものでない。これらの資料はすべて、水泡管式傾斜計で精度は $\pm 0.1''$ である。設置方法も大きな異差はないものであった。これらの測定は1日1回に行なわれており、解析には十分な時間間隔と考えている。

測定された傾斜計の変化図は、Fig. 1 に示すとおり、変動が激しい。この変動の大きい期間について、夫々前報の手法で計算を行なった²⁾。計算された傾斜変動値について、夫々 A, K の値をプロットした図を Fig. 2 に示した。図中の直線は移動限界直線である。図および Table 1 より移動したと判定される傾斜変動量は、日変動量で $4.4''/\text{day}$ 以上にあっており、限界直線で判定された移動に関与した傾斜変動量は伸縮量と比較し、 10^{-4} 程度の動きが認められる場所であった。Fig. 2 中の×印を記したのは Table 1 の計算値であって、この地すべり地は基盤が深く、移動が序々に進行しているところである。したがって移動限界直線からは、1つの例外を除いて満足すべき結果がえられている。このように事例は少いが、傾斜変動量と日数の関係から計算される A, K の値から、移動に関与した傾斜変動量かどうかの判定に役立つことが今回裏付けられたと考えられている。

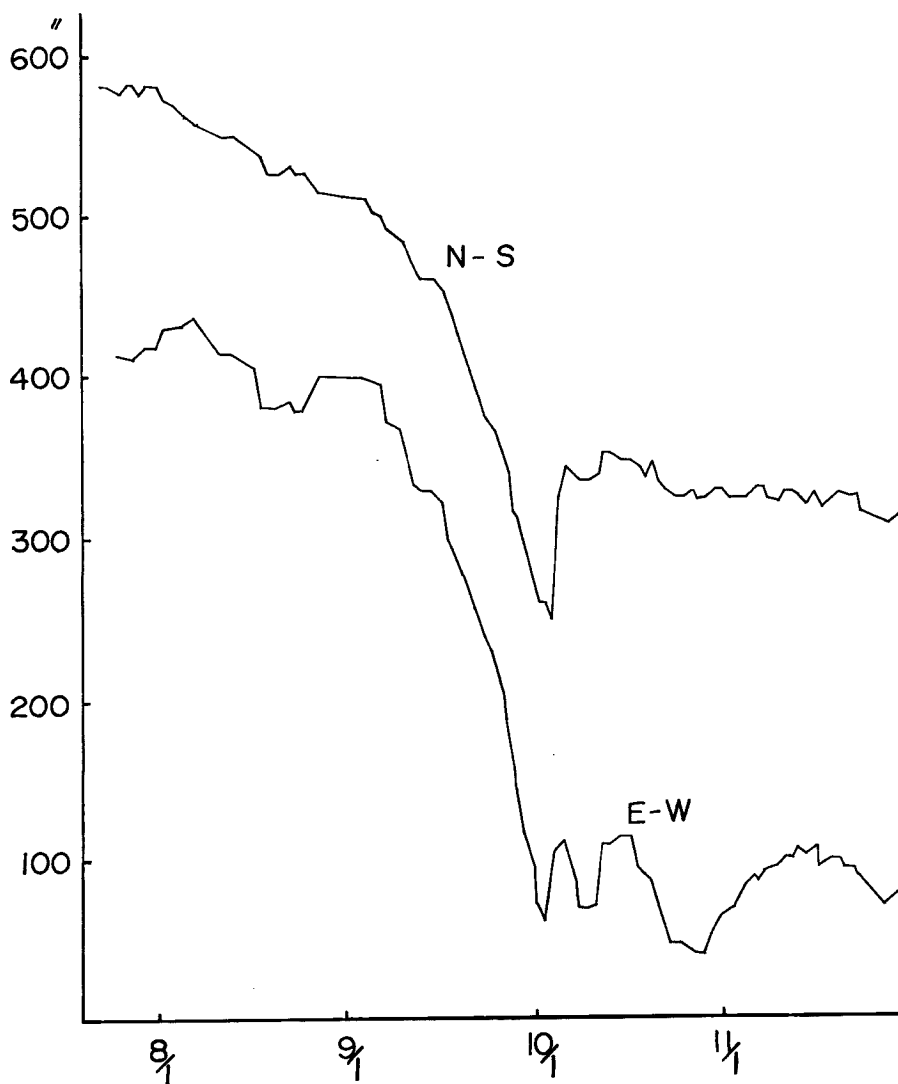


Fig. 1 The inclination of the ground surface measured by tiltmeters.

Table 1 The inclination data used in this analysis.

measuring No.	component	period	A	K	diurnal variation ("/day)
1	N S	4/ 2~ 5/30	0.537	73.2	10.9
2	"	4/10~ 7/20	1.127	2.67	4.5
3	"	5/ 1~ 8/10	0.852	25.7	15.3
4	E W	7/25~ 9/20	0.810	27.0	13.6
5	"	7/25~10/ 1	0.112	59.2	1.96
6	N S	8/ 3~10/ 4	0.901	3.90	2.88
7	"	3/ 8~ 5/26	0.520	52.6	9.23
8	"	3/ 8~ 5/18	0.497	54.5	10.3
9	E W	4/10~ 5/15	0.625	43.8	9.84
10	"	8/ 1~10/ 4	0.889	4.69	5.03
11	"	9/ 6~10/ 4	1.277	4.17	11.1
12	"	7/21~ 8/22	0.709	25.0	6.23
13	N S	"	1.405	3.03	6.23

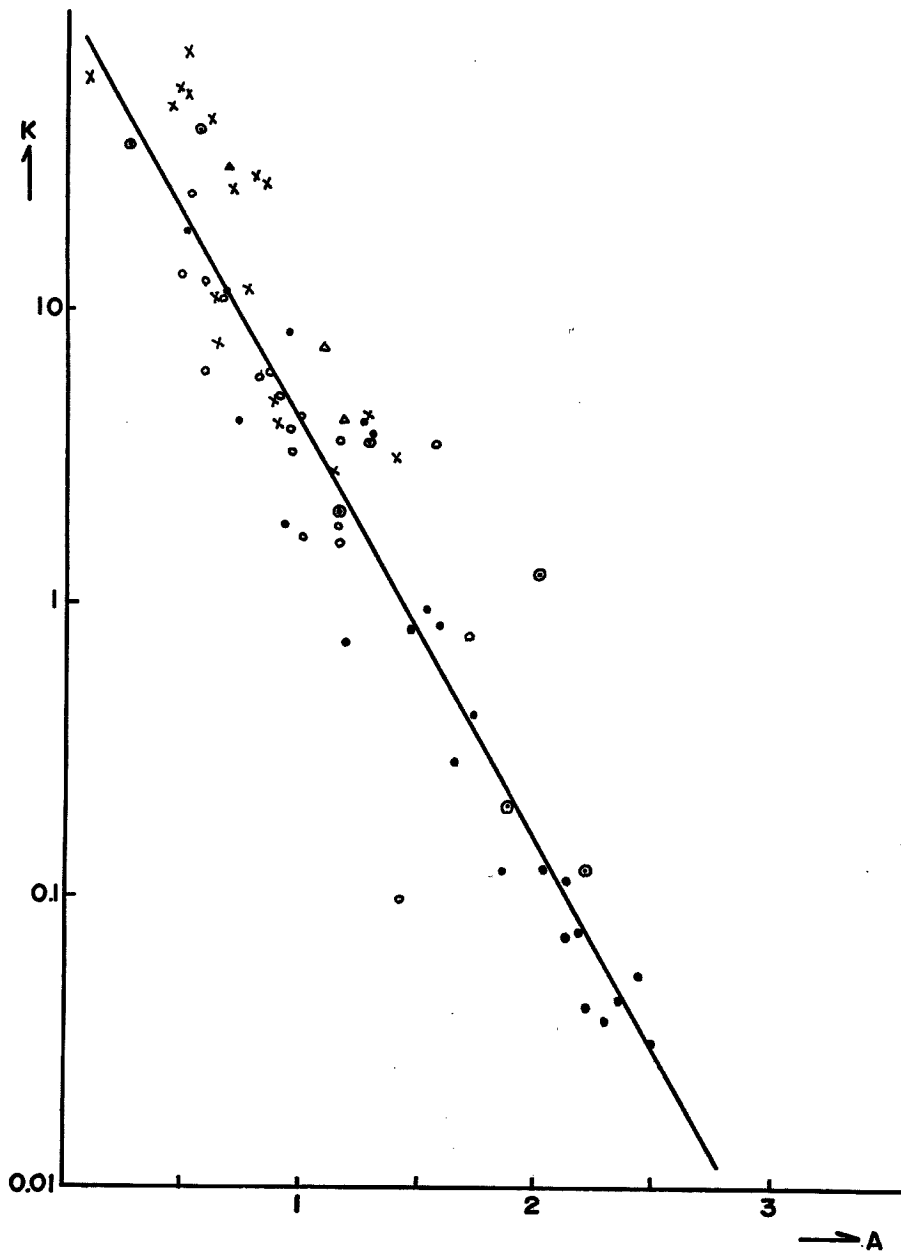


Fig. 2 The A-K relation showing the moved soil at the upper part of the critical displacement line.

地すべりの地での傾斜計による観測の目的の1つは、土塊が動きだす以前にその変化量から予め察知することであり、また吾々の知覚によって移動が明確でない地すべりの周辺の移動の可能性を推定することである。このため傾斜計による微小変化量について予測の方策を明らかにする必要があるが、移動限界方式では日々観測された資料を付加して、次々に計算する必要がある。これらの作業は研究室等で行なうならともかく、現場測定しその場で土塊移動の動静をさぐることは困難である。現場で直ちに役に立つ解析方法という点から、この面倒な計算を1つ1つ行なう移動限界方法は無視され、渡の提唱した基底変動量の概念による判定方が利用されている³⁾。

移動限界直線より A , K の値をみると, $\log A = 2.43 - 0.36K$ で示される。 $\log A > 2.43 - 0.36K$ で示される範囲で傾斜変動が生じているときは、移動に関与するものと考えられる。今 $K=0.4, 0.8, 1.2, 1.6$ について、計算される A および l を変動日数 (n), 傾斜変動量 (l) の関係として両対数に描くと Fig. 3 の如く示される (Fig. 3 に示された直線群を基準直線と呼ぶことにする)。 K が何れの値を取っても、傾斜変動が生じてから約 27 日経過しないと移動土塊かどうかの判定ができないが、観測記録が 30 日以上あればこの判定は充分できる。

渡によれば、 $5 \sim 6''/\text{day}$ を基底変動量とし、この値を移動か不動かの判定にしているが、今回の結果では、 $4''/\text{day}$ が判定の目安になっている。基底変動量として計算した値は傾斜計の N-S, E-W 成分を合成して最大傾斜量で議論しているのに対して、筆者は N-S, E-W 成分の傾斜量そのままの値で議論している

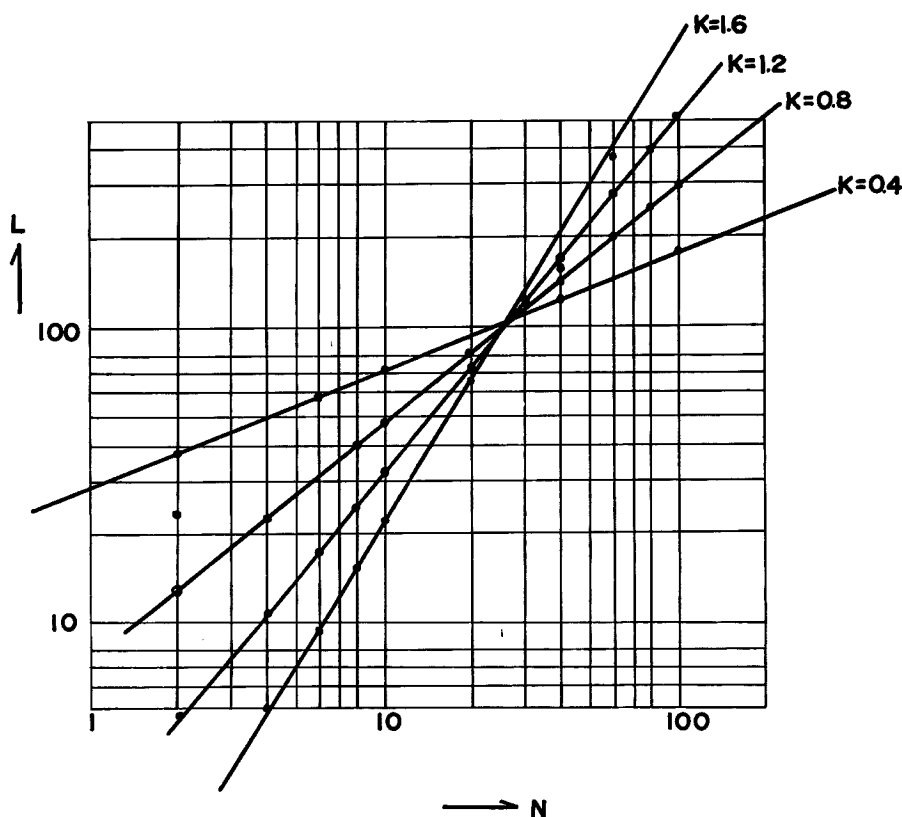


Fig. 3 The standard lines obtained from the relation between surface inclination and its continued terms.

為に、差が生じたものである。今最大土地傾斜量を θ とし、N-S 成分の傾斜量を α 、E-W 成分の傾斜量を β とすると、 $\theta = \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}$

で表される。N-S、E-W 成分の傾斜量が $4''$ とすると N-S、E-W 成分を合成した最大地盤変動は $5.7''$ となり、基底変動量とオーダーが合っている。

3. 問 題 点

今回の議論に用いた傾斜計観測値は、地すべり移動形態からはクリープ型の地すべり地からえられたものであって、崩壊性地すべりのものではない。したがって移動の様子も、土塊の動きが加速されて崩壊に至るのでなくある程度の移動が生じたのち、減少する型の地すべりである。このような地すべり地で得られた資料であるためと思われるが、傾斜量が土塊の動きにつれてある時期大きな変動を生じるものの、その後変化が殆んどないか或いは急激に減ずるような変動が一般に多くみられる。このために傾斜変動量から土塊移動を議論する場合に、或る一定期間（例えば一年）の変動量で検討を加えるのか、又は変動した期間を取って検討するのか明確にしておく必要がある。流動型地すべりについて云えば、基準直線からも理解されたとおり、30 日の変動を 1 つの目安として検討するのが妥当と思われる。

傾斜変動の継続期間が 30 日以上続いた場合だけに限って資料を検討するについて、傾斜変動の形態は設置場所によってもまた、変動を生じた時期によってもかなり異っている。この議論は地すべり形態と関連す

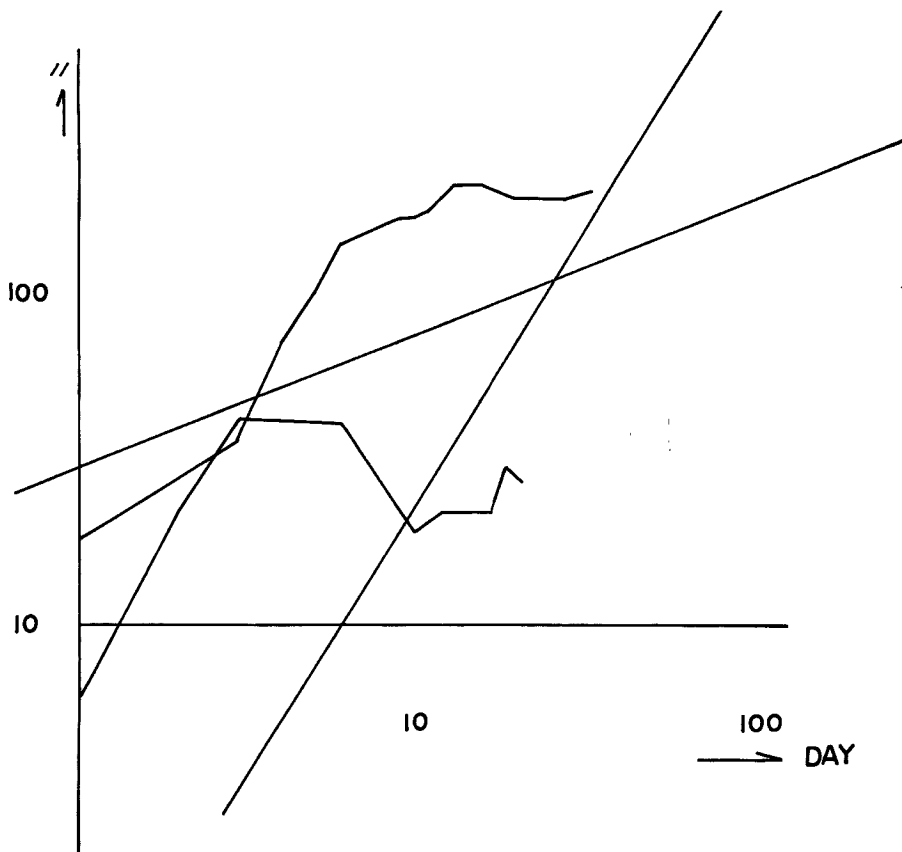


Fig. 4 The estimation figure whether the surface had moved or not by the data gotten from tiltmeters.

るので別の機会に論ずることにするが、変動が生じてから 10 日から 20 日位の間に急激に変化するもののその後はあまり変動量が大きくない場合や変化し始めの時は変化量は少いが加速的に変化量が増す場合が一般的な傾斜変化の様相である。

急激に傾斜量が増加するがその後あまり変化しない事例を Figs. 4, 5 に示すが、急激な変化がなくなっても基準直線からは土塊の移動期間と判定される。Fig. 4 では、傾斜基準日を 10 日ずらしたものを、Fig. 5 では 5 日および 10 日ずらしたものを新しい基準日として夫々グラフに表してある。これをみると、急激に増加した傾斜量も傾斜量に変化し始めた基準日を 5 日乃至 10 日ずらすことによって、基準直線からは土塊移動はないと判定される。Fig. 4 では 24 日間で $30''$ となって全く動いていないものである(ここで数日間に大きな傾斜変化を生ずる値と土塊移動の検討は議論をせず、別の機会に論ずる)。Fig. 5 では変化日数が 30 日であり、これから 5 日と 10 日ずらしたために、基準直線で判定に必要な日数に足りない為にはっきりしないが、その後の変動がないことから $K=0.4$ (Fig. 3) で判定してよいであろう。

傾斜変動が変動の初期はその割合が小さく、次第に増加する例として Fig. 6 に示した。1 は変化が生じた日から終結するまでの 65 日間を示したものであるが、50 日経過後に基準直線より上部に曲線がきて、土塊移動は 50 日から 15 日間という判定になる。今基準日より 35 日目を新たな基準日とすると 2 に示す曲線となり、30 日間は移動したことになる。このような変動の場合、基準日をずらすことによって、正確な移動期間と移動開始日が把握される。

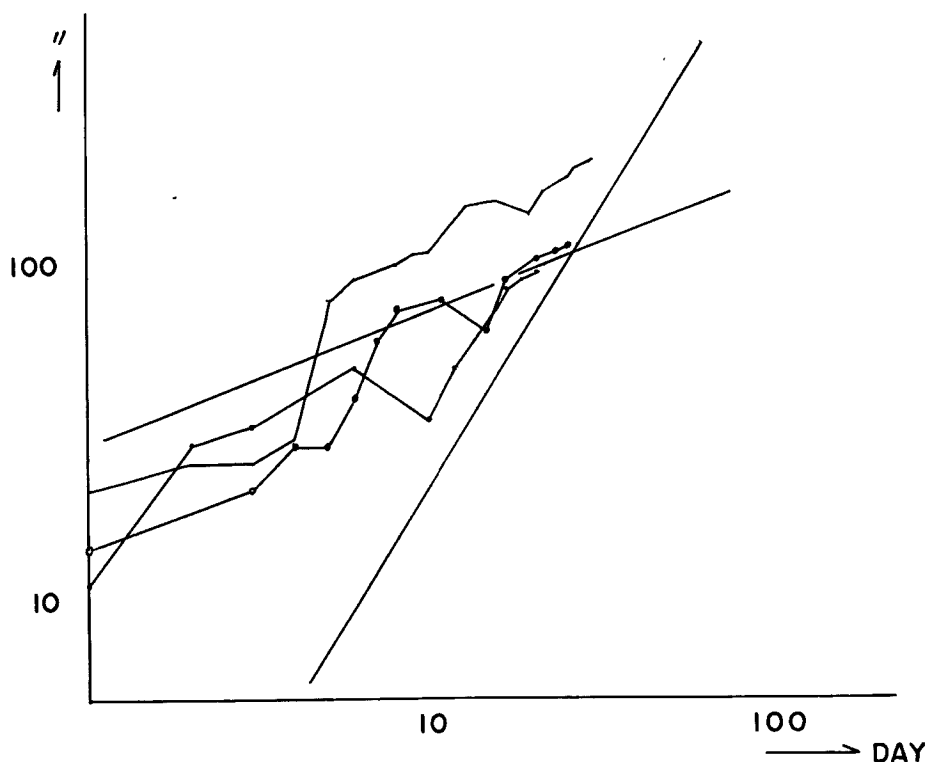


Fig. 5 This figure shows that the surface inclination increasing rapidly at the early days may be related to the occurrence of the soil displacement at the same place of tiltmeter or near, but when changing the reference day of inclination, the surface displacement is not detected from this figure.

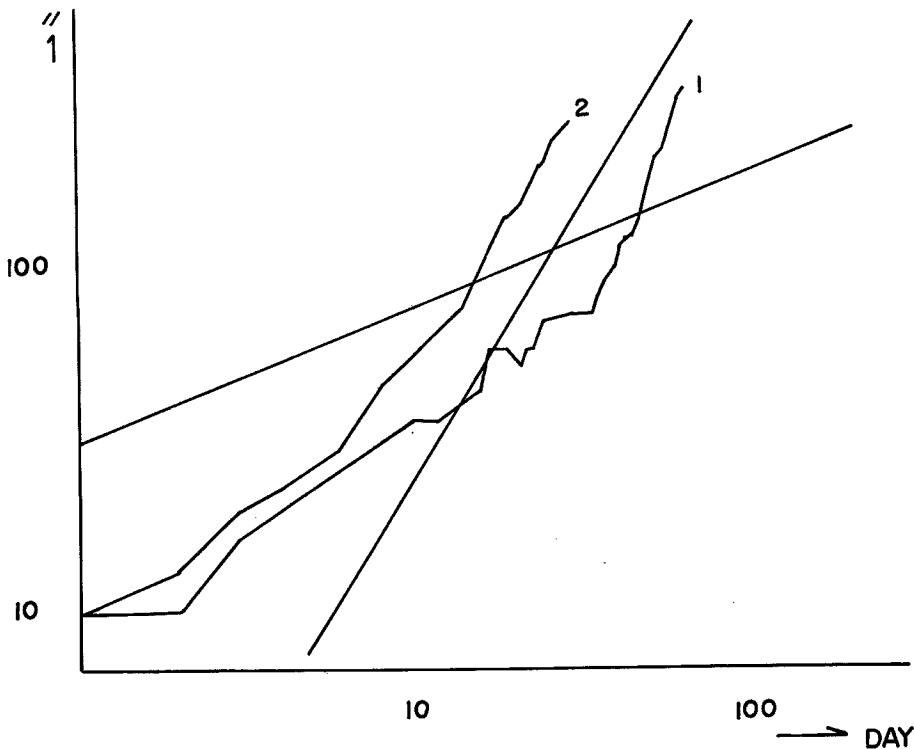


Fig. 6 The estimation of the soil movement ascertained by standard tilt-line.

傾斜変動が始めてから大きく 50 日間で $500''$ 以上に変動する場合もある。このようなときは基準直線によって移動を判定することは非常に容易である。しかし大きな変動があると、基準直線の性質上の傾斜変動（移動）が何時終ったかの判定が困難である。Fig. 7 にその 1 例を示した。この移動が終った時期を正確に把握するため、原変動図について、傾斜変動の基準日を 10 日ずつずらして、点線・破線等で記入した。この傾斜変動は '67 年 3 月 1 日より 5 月上旬までの変動量で、3 月 1 日・3 月 8 日・3 月 21 日・4 月 1 日・4 月 13 日および 23 日を基準日にとって記入したものである。図より 4 月 13 日より 28 日の間傾斜変動が基準直線上にあって、4 月 23 日を基準日としたものは図に示さなかったが基準直線より下になっている。したがって、4 月 23 日頃移動がほぼ終ったものと判断される。これを A, K の移動限界直線にプロットすると Fig. 8 のようにはっきりと移動の停止期間がわかる。

以上傾斜変動の変化の状態によって、基準直線による移動判定の方法をのべて来たが、何れの場合にも共通して云えることは、傾斜変動が生じた日を基準日として図上にプロットして行くが、傾斜変動の状態によって基準日を改定して新たな曲線を描くことにより、傾斜変動から移動を予測しまた移動状況も把握される。この基準日の移動は、10 日間隔が最も妥当なものと思われる。

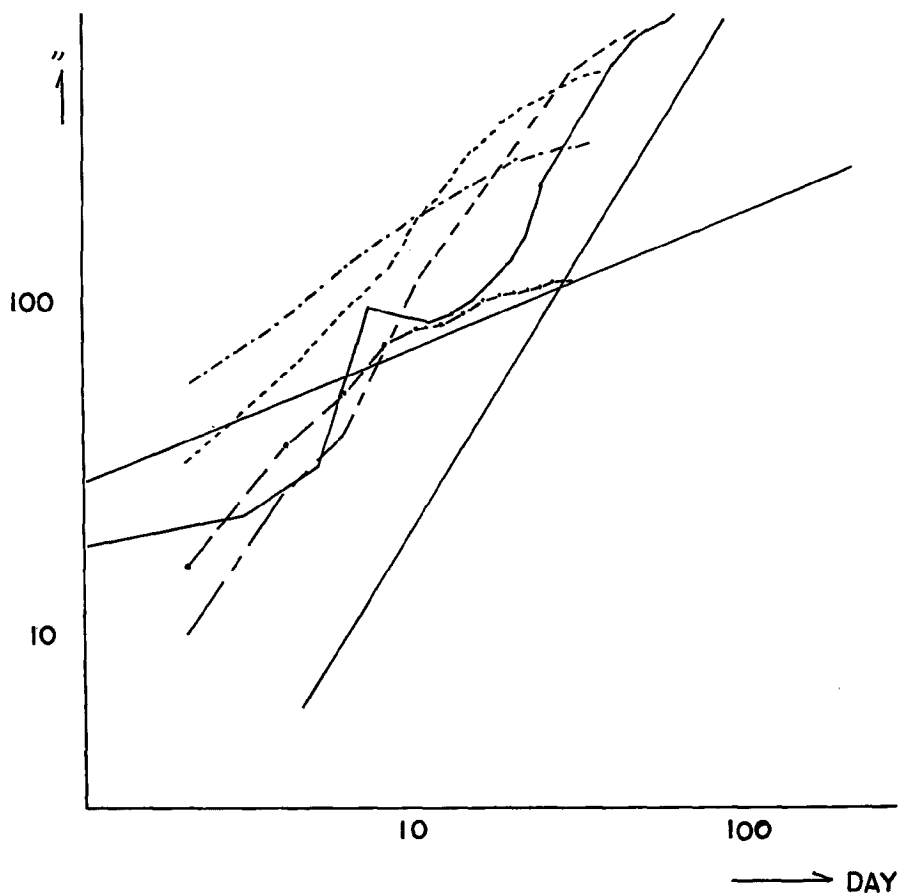


Fig. 7 This figure shows the variation curve of ground surface inclination converges gradually to the standard tilt-line.

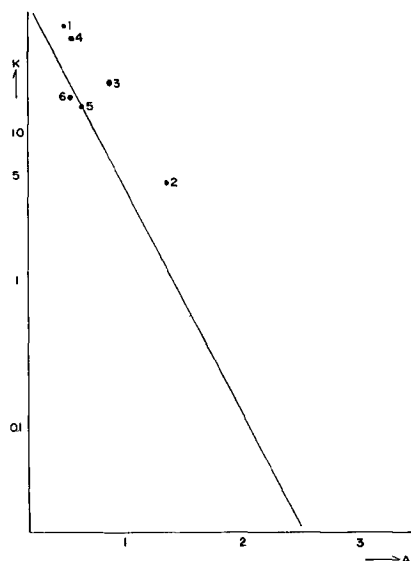


Fig. 8 Each number shows the A-K relation which was calculated by ordinary method. A and K values of each No. 1-No. 6 correspond to the change of the reference day of inclination.

4. ま と め

水泡管式による地すべり地における傾斜計観測によってえられた傾斜変動量と移動との関係について述べて来たが、これはあくまでも経験則であって、理論的な裏付けはない。したがって、筆者の提唱した基準直線については、各地すべり地の観測料資を更に集めて追試する必要がある。しかし、地すべり調査に各地で使われている現状から、1つの指針というよりたたき台にのせて、今後傾斜計解析の発展をさせる意味で小論を書いた。

傾斜計による資料を1つの独立した地すべり解析手段に用いるためには、パイプのひずみ計・伸縮計・移動量などとの相互資料の検討を加えないとむづかしいことであるが、今後の問題として研究を進めたい。

本小論を書くに際して、山口真一教授の適切な助言をえた、ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 福島県：滝坂地すべり，福島県，昭43，p. 25-38.
- 2) 高田雄次・小西利史：地すべり地における傾斜計観測，京都大学防災研究所年報，第13号B，pp. 531-539.
- 3) 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，No. 1，昭35，p. 425.