

# 地中内部ひずみ計のモデル実験について

山口真一・高田雄次・竹内篤雄・小西利史

## MODEL EXPERIMENT OF THE INTERNAL STRAIN METER (1)

By *Shinichi* YAMAGUCHI, *Yuji* TAKADA, *Atsuo* TAKEUCHI,  
and *Toshifumi* KONISHI

### Synopsis

Recently, the internal strain meter is very popular apparatus for landslide investigation.

Many landslides had been made clear by this apparatus. But it was little discussed that the relation between the real flexion of the pipe inserted into moving mass and the accumulated strain graph observed by this apparatus.

Accordingly, by making the apparatus which control the flexion of pipe to desired figure, we compared the accumulated strain graph by internal strain meter with the real figure of pipe.

As the result of the experiment, the detailed information could be obtained on the interior movement mechanism of the landslide mass.

## 1. 序 文

地中内部ひずみ計は、今日の地すべり調査において、すべり面深度の確認および地すべり土塊の内部移動機構の解明に当っては不可欠なものとなっている。しかし地中内部ひずみ計の作製方法、測定方法、および資料解析方法並びにその結果の解釈方法等については種々の報告書、論文が公けにされているが<sup>1)~7)</sup>、地中内部ひずみ計を地すべり地内の調査地点に埋設し、長期観測を行って得られた資料をひずみ柱状図として表現した場合、これが実際に地中に埋設されている地中内部ひずみ計のどのような状態を捉らえているのかという問題を取り扱った報告書、論文は見あたらない。現実には、グラフ上に表現されたひずみ柱状図を見ることにより、層すべり、中抜け現象、流動すべり、多層すべり、複合すべり等の諸現象を地中内部ひずみ計が捉らえているものと解釈されている。しかし実際にストレイン・ゲージを貼られたパイプ（一般に塩化ビニールパイプを使用）が上述した諸現象を捉らえているのであろうか、もし上述した諸現象を捉らえているのではないとしたならば、地すべり土塊中で地中内部ひずみ計がどのように変形された時に上述したようなひずみ柱状図が得られるのであろうか。これらの疑問点を解決するために筆者等は地中内部ひずみ計の模型を作製して、その地中内部ひずみ計に人工的に種々の変形（例えば、流動すべり、層すべり、中抜け現象、多層すべり等の地すべり諸現象）を徐々に起させて、その変形過程における地中内部ひずみ計の変形と測定解析されたひずみ柱状図とを対比し、その相関々係を検討してみた。さらにこの模型地中内部ひずみ計を利用して、観測結果より得られたひずみ柱状図と模型地中内部ひずみ計の移動量との関係についても検討してみた。

地中内部ひずみ計の測定に際しては、そのひずみ量は  $10^{-6}$  単位で測定されており、資料解析に当っては  $10^{-4}$  又は  $10^{-5}$  の変化が問題視されている<sup>8), 9), 10)</sup>。この解析の桁については、無ひずみ状態の地中内部ひず

み計のひずみ量の変化がどのくらい存在するものか、又不動地に埋設した地中内部ひずみ計のひずみ量の変動はどのくらい存在するか、更には、地中内部ひずみ計のひずみ量と水温、地温、気温等の諸要素との関係についてもはっきりさせておかないと、解析に必要なはっきりした桁を出すことが出来ない。そこで、単位地中内部ひずみ計を多数作製し、それを不動地に埋設しそのひずみ量の長期観測を行うと共に、単位地中内部ひずみ計のひずみ量と水温、気温等との関係を検討し、地中内部ひずみ計の地すべり現象により生ずるひずみ量の変動以外の noise を的確に把握することに努めた。今回は上記諸実験の初段階を第1報として報告する。なおこの地中内部ひずみ計に関する諸実験をするに当っては、非常勤講師湊元光春博士に多大の御教えを頂くと共に、資料収集に当っては昨年当部門をやめられた四手井陽子氏の手を煩わし、さらに資料整理に当っては、島田糸子、山岡比呂子両氏の手を多く煩わすと共に新祥子氏が図面書きに当ってはおしみなく手を借して下さった。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 地中内部ひずみ計の模型

今回のモデル実験には次の如き地中内部ひずみ計および実験装置を作製した。

地すべり諸現象再現実験装置：地中内部ひずみ計の模型として内径 9 mm、外径 13 mm、長さ 160 cm の塩化ビニールパイプに Fig. 1 に示す如き単位ひずみ計を 15 cm 間隔に10ヶ所貼りつけたものを用いた。単位ひずみ計はペーパーストレインゲージ（共和電業製 K-10-A1 を使用）をパイプの表裏に1枚づつ

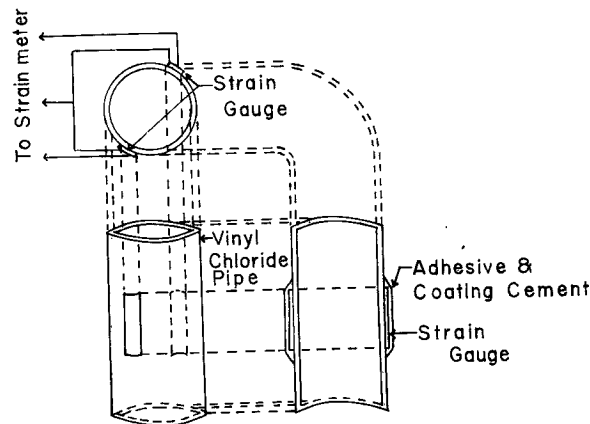
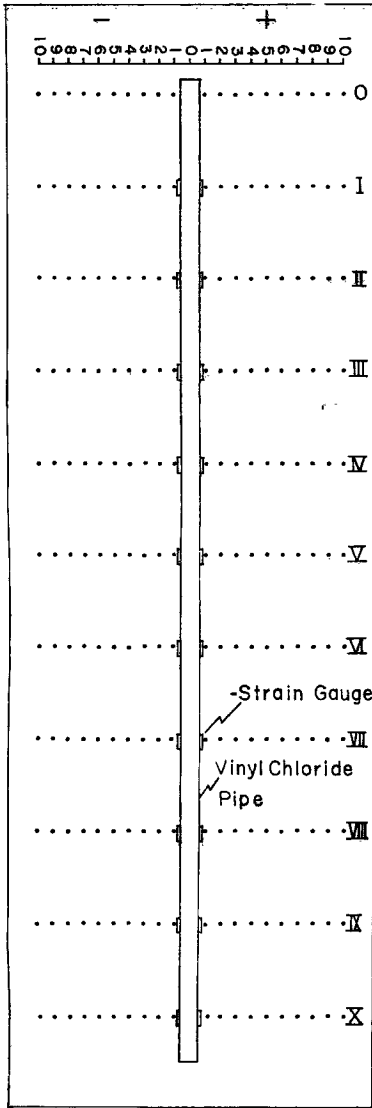


Fig. 1 One section of internal strain meter.

貼り、これよりリード線を出してあり、簡単なゲージ保護として防湿防水剤をゲージおよびリード線裸線に塗布してある。(Fig. 1) この模型地中内部ひずみ計を縦 180 cm、横 60 cm で、縦は 15 cm 間隔に 0 ~ X までと横は 2.5 cm 間隔に -10 ~ +10 までの座標を設けた板の中央に設置した。地中内部ひずみ計を変形させた場合は全てこの座標系を用いて、その変形状況を表現した。模型地中内部ひずみ計実験装置の概要を Fig. 2 に示す。このように設置された地中内部ひずみ計に種々の地すべり現象の変形状況を再現させてそのひずみ量を静ひずみ測定器（新興通信製 P S 7-H 型を使用）で測定した。

地中内部ひずみ計のひずみ量と移動量の関係を知るための実験装置：これは実際に使用している地中内部ひずみ計（外径 42 mm、内径 34 mm の塩化ビニールパイプ）に 10 cm 間隔に 32ヶ所 Fig. 1 に示したような単位ひずみ計を作製して、これを Fig. 3 に示す如き実験台に設置して、その移動量とひずみ量との



model of the internal strain meter

Fig. 2 Pipe controlling apparatus I. の受けたひずみの大きさを最上部まで連続したものとして捉えることができる。

2. 3. 地中内部ひずみ計の noise 調査方法

地中内部ひずみ計の noise を調べるために単位ひずみ計を多数作製して次の如き実験を行った。

不動地中におけるひずみ量の変動状態を調べるために、防災研究所地すべり部門の一角に地下 1.2m の穴を掘り、そこに単位ひずみ計を埋設しそのひずみ変動量を長期観測（1966年5月27日より1967年4月25日、計334日）した。比較のために同一個所に単位ひずみ計を一まわり大きなパイプで保護し、水の入れぬように装備したものを埋設した。地下構造と埋設された単位ひずみ計を Fig. 4a, b に示す。

さらに、単位ひずみ計の無ひずみ状態における諸要素のひずみ量に与える影響を調べるために、一つは乾

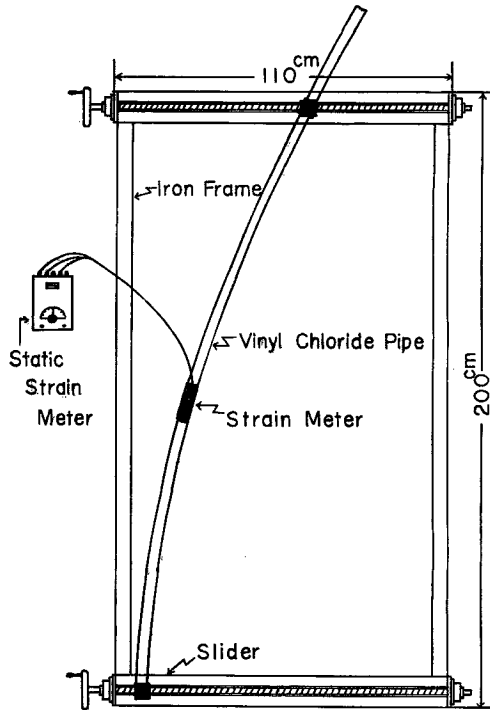


Fig. 3 Pipe controlling apparatus II.

関係を見た。この実験装置により、地中内部ひずみ計は任意の個所を最大 100 cm まで曲げられるようになっている。

2. 2. 測定値解析方法

実際に埋設された地中内部ひずみ計においては、すべてしている方向に貼られているゲージを (+) 側とし、その背面にあるゲージを (-) 側として測定されているので、今回もこの測定方式に従って測定した。初めに変形を与えない場合の各ゲージのひずみ量を測定し、これを基準値として、変形後の各段階におけるひずみ量の測定値との変化量を計算し、その値を模型地中内部ひずみ計の最下部で得られた測定値を基底として順に浅い方へ加算して、一つのひずみ柱状図を作製した。この方法を用いると、最下部のゲージのひずみ変化量を基にして、パイプ

燥炉の中に放置し、気温上昇とひずみ量の変動との関係を調べ、他は水中に放置して水温上昇とひずみ量の変動との関係を調べた。

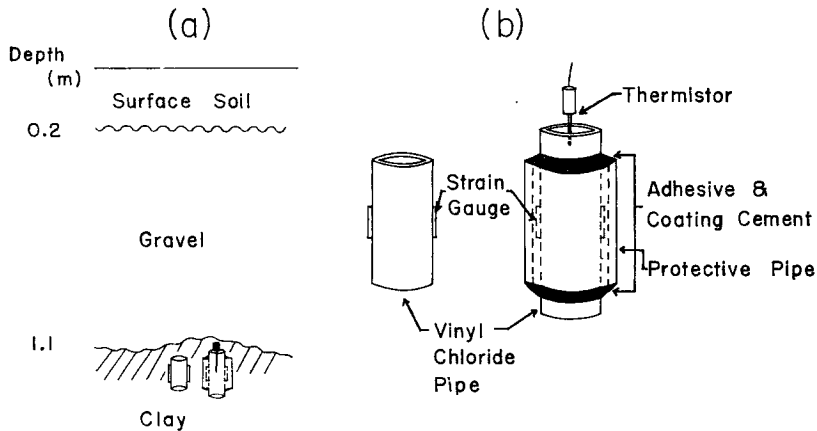


Fig. 4 Pipe controlling apparatus III.

(a) Profile of the underground structure.

(b) Internal strain meter.

### 3. 実験結果および考察

#### 3. 1. 模型地中内部ひずみ計の変形実験

模型地中内部ひずみ計の変形は、各地の地すべり地に埋設された地中内部ひずみ計の測定解析結果においてよく見られる地すべり現象を、基本的な変形から複雑な変形まで次の5段階に分類して行った。

A: 流動すべり

B: 層すべり

C: 多層すべり (各層共、移動時期を同じとする場合) C-i, C-ii,

C': 多層すべり (各層如に移動時期を異にする場合) C-iii,

D: 中抜け現象および複合地すべり現象

A: 流動すべり

基岩上の地すべり土塊が軟弱で流動性に富んでおり、ある地点に力が加わるとその地すべりを形成している土塊が塑性流動を起すような地すべりを想定したもので、模型地中内部ひずみ計のⅧ, Ⅸ, Xを0つまり仮想基岩とし、土塊にかかる主力の位置を浅い層から深い層(座標縦軸の0からⅦまで)まで移動させてゆき、しかも各主力位置ごとにパイプを横軸0から+10まで移動させてパイプの変形状態とひずみ量の変化の様態を見た。その結果の内、代表的なものを Fig. 5 に示す。これを見ると主力部より上は無ひずみ状態であるからひずみ柱状図においては直線となり、主力より下部の流動層は負側に大きく曲げられていることがわかる。

B: 層すべり

基岩上に流動性に富んだ軟弱な地層があり、その上に剛体的に移動する地層が存在しており、この剛体層が移動を開始した場合を想定したもので、前回同様Ⅷ, Ⅸ, Xを仮想基岩とし、表層の剛体層の層厚を種々に変化させた場合のひずみ柱状図の変化状況を見た。その結果の一つを Fig. 6 に示した。これを見ると、剛体移動層の層厚が厚くなるとひずみ柱状図においては、あたかも地すべり土塊が中抜け現象を起している

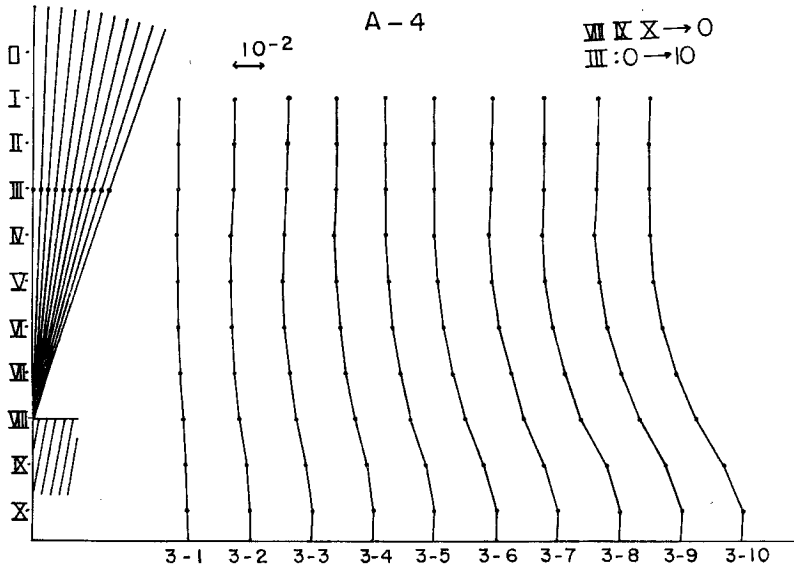


Fig. 5 Fluid type slide.

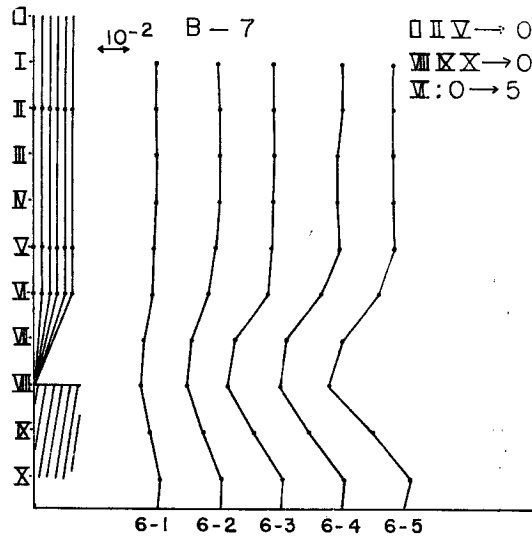


Fig. 6 Rigid type slide.

が如き変状を来たしてくることがわかる。

C：多層すべり（各層共、移動時期を同じとする場合）C-i, C-ii,

基岩上の土塊が二層ないしはそれ以上の層に分離して、その各々が別々な速度で移動を始めた場合を想定したもので、(i)は基岩上に二つの剛体移動層（以後上下移動層とする）が二つの流動移動層に挟まれていて、上部移動層（0, I, II）の方が下部移動層（V, VI）より速い速度で移動している場合であり、(ii)は(i)と同様な地下構造で上部移動層（0, I, II）の方が下部移動層（V, VI）より遅い速度で移

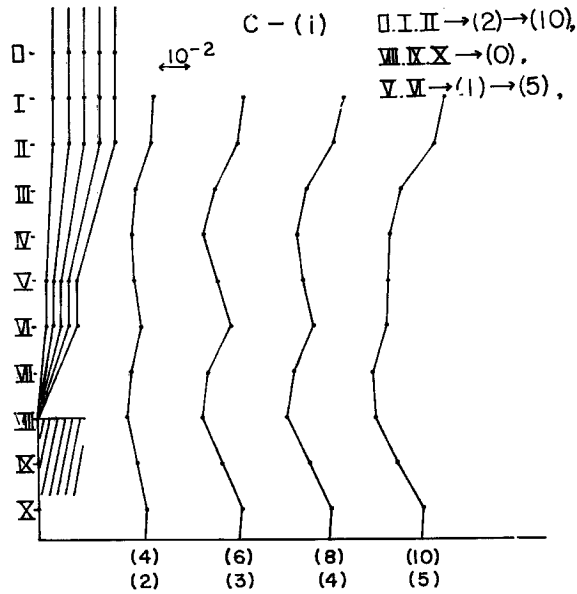


Fig. 7 Multiple sliding layer type (C-i type).

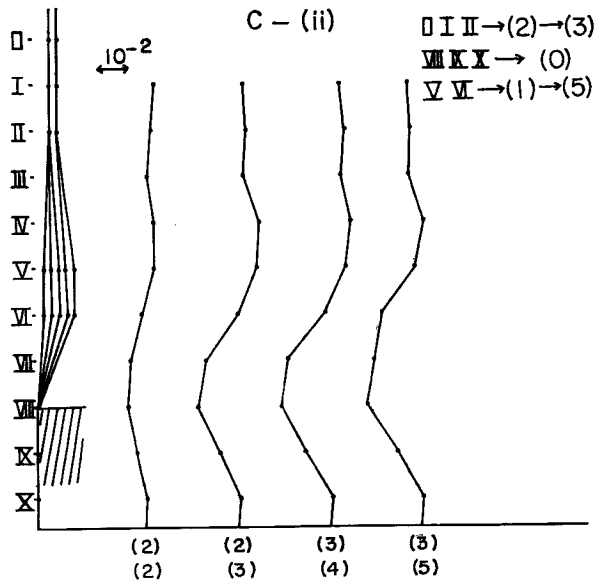


Fig. 8 Multiple sliding layer type (C-ii type).

動している場合である。これらの各変形に対するひずみ柱状図の変化状況を見ると Fig. 7, 8 に示す如き結果が得られた。この結果を見ると、各々層すべりが二つ合成された様なひずみ柱状図が得られている。

C' : 多層地すべり (各層如に移動時期を異にする場合) C-iii

これは基岩上の地層がいくつかに分離しており、その各々が異なった動きをする場合で、上部移動層 (0.

I, II) が 0 から +10 まで徐々に移動し、それに対して下部移動層 (V, VI) が上部移動層の各座標において、各々 0 から +5 まで移動してゆく場合で、上部移動層が始めに移動をして、ある点で移動を停止しておりその後下部移動層が、上部移動層を追って移動し始めるが如き現象を再現させて見た。各変形に対するひずみ柱状図の変化状況を Fig. 9 に示した。これを見ると、中抜け現象を一時期に示す場合、多層すべりの C-i, C-ii 型を示す場合等、種々の現象を表現したひずみ柱状図が得られていることがわかる。

D : 中抜けすべりおよび複合すべり

これは基岩上 (VIII, IX, X) の中間部 (IV, V, VI) が中抜けを起している場合を想定したものであり、その変形とひずみ柱状図の変化状況を Fig. 10 に示した。

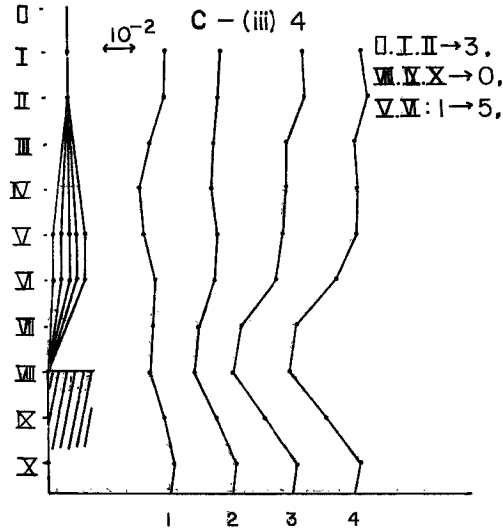


Fig. 9 Multiple sliding layer type (C-iii type).

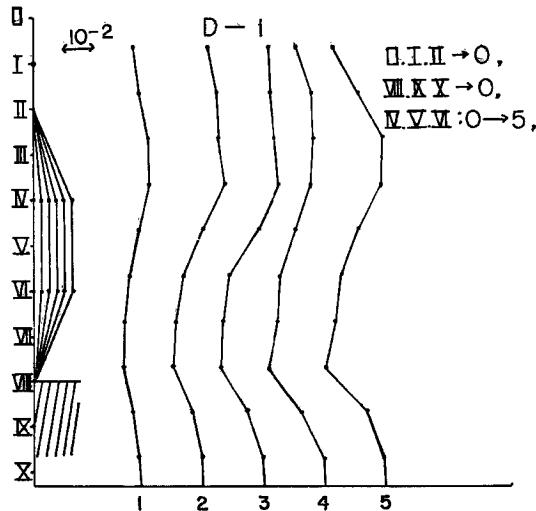


Fig. 10 Protruding type of intermediate layer.

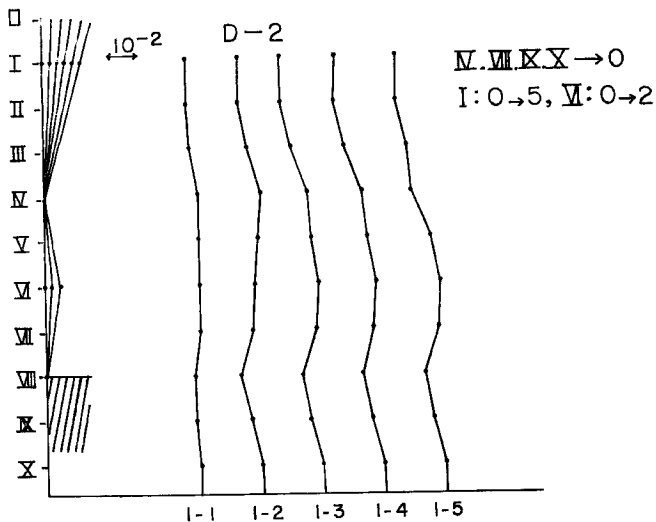
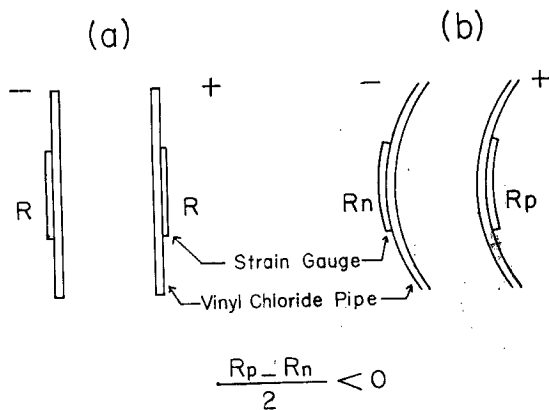


Fig. 11 Mixed type slide.

複合すべり現象の例として、上部移動層(0~Ⅲ)が、流動すべりを起しており、中間移動層Ⅵが中抜けを起している場合を想定したもので、その変形とひずみ柱状図の変化状況をFig. 11 に示した。これを見ると、弱い中抜け現象を示すひずみ柱状図と上部の流動すべりによるひずみ柱状図が合成された形で表現されている。

### 3. 2. 模型地中内部ひずみ計の変形状態とひずみ柱状図との対比

地中内部ひずみ計は2.1の項でも述べたように、塩化ビニールパイプの両側にペーパー・ストレイン・ゲージを貼り付け、それを2ゲージ法で測定して、ひずみ量の変化を読みとろうとするものである。その測定方法は2.2の項で述べた如く地すべり斜面对して谷側、つまり一般に地すべり方向となる側にあるゲージを測定用ゲージ(+)として、山側に貼ってあるゲージを補償用ゲージ(-)としてひずみ量を測定した。であるから、ひずみ計がFig. 12の如く曲ったとすると、+側のゲージは縮むためにひずみ量は小さくなり、-側のゲージは伸びるためにひずみ量は大きくなる。今、これを仮に+側のひずみ量を  $R_p$ 、-側



$$\frac{R_p - R_n}{2} < 0$$

Fig. 12 Flexion of the unit strain meter.



のひずみ量を  $R_n$  とすると、 $R_n > R_p$  であるから、一般のひずみ解析計算法によると、

$$R_p - R_n / 2 < 0$$

$$(\therefore R_n > R_p) \dots\dots\dots (1)$$

となる。したがって、このように一側からの押しの力が存在するならば、ひずみ量計算値は(1)式より負値を示すことになり、この押しの力が地中内部ひずみ計の下部から上部まで存在すると仮定するならば、この負値が下部から上部まで連続して続き2.2項の解析法により基底部よりひずみ量を累積し、ひずみ柱状図を描くならば負側へ傾斜するはずである。(Fig. 13)

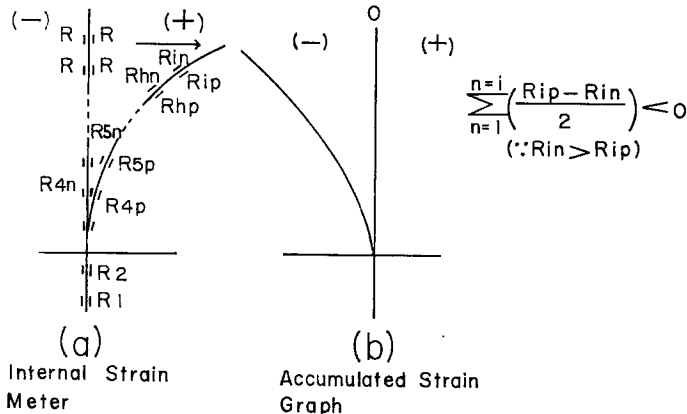


Fig. 13 Flexion of the internal strain meter and its accumulated strain graph.

逆に言えば、ひずみ柱状図において負側へ傾斜しているものがあればそれは地中内部ひずみ計が-側、つまり山側からの押しの力によって谷側へ押し曲げられていることになる。このような観点に立って、今回実験したA～Dまでの各実験結果を眺めて見る。

A 流動すべり

これは基岩上の地層が非常に軟弱であり、ある個所に移動の主力が掛った場合他の部分はそれに引かれて流動し、ごく自然に地中内部ひずみ計が曲がる場合であるから、この場合地中内部ひずみ計は Fig. 14 の如く曲げられる。したがってA, B間のゲージは-側が伸び、B, C間は+側-側共、力が掛っていないためにパイプの変形はなくゲージには伸縮はない。したがって、ひずみ柱状図はA, B間では負側に傾斜し、B, C間はひずみが生じないのでひずみ量0で直線となるはずである。つまりひずみ柱状図は Fig. 14 の如くなる事が予想される。

実験結果 (Fig. 5) を見ると、上述した如きグラフが得られている。但し、仮想基岩がしっかり固定されていなかったために、A, B間の曲がりの影響が基岩下に出て来ている。

B 層すべり

これは基岩上より剛体移動層までの間が軟弱な地層よりなっており、剛体移動層が移動を開始した場合であるから、地中内部ひずみ計は Fig. 15 の如く曲げられている。そこで、A, A'間は-側からの押しによりひずみ測定計算値は負になり、A', B間は剛体移動層によりしめられているためにA', C'の如く曲がる事が出来ずにA', Cに曲げられている。つまりA', B間はB点で+側より押し上げられていることになるのでひずみ測定計算値は正になる。B, C間は力がかからないためにひずみ変化はない。したがって、これをひずみ柱状図に表現すると、横式的には Fig. 15 の如くなる事が予想される。つまり、あたかも中抜け現象をとらえているようなひずみ柱状図が得られることになる。このことから、今日までこのようなひ

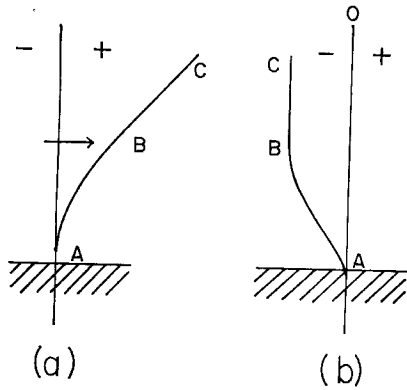


Fig. 14 Model graph of the fluid type slide  
 (a) Flexion of the internal strain meter.  
 (b) Accumulated strain graph.

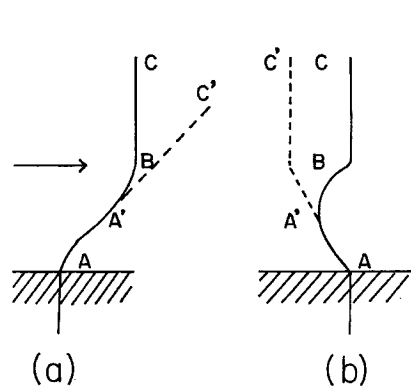


Fig. 15 Model graph of the rigid type slide  
 (a) Flexion of the internal strain meter.  
 (b) Accumulated strain graph.

ずみ柱状図は地すべり現象の内、中抜け現象を捉えていると考えられていたがそうではなく、層すべりを捉えているのではないと思われる。

実験結果では、一例のみを示したが実際に剛体移動層を0-Iから0-VIIまでの各種層厚で実験を行ってみると、剛体移動層の厚さが増加するほど上述の Fig. 15 に示したひずみ柱状図と合致するものが得られることがわかる。

C 多層すべり (各層共、移動時期を同じとする場合) C-i,

これは基岩上の地層が二つの剛体移動層となって移動を開始した場合を考えており、一つは上部移動層が下部移動層より速い速度で移動をしている場合であるから、地中内部ひずみ計は Fig. 16 の如く曲げられている。この場合のひずみ柱状図を考えて見ると、まず AA' 間は負値、A'B 間は無ひずみ状態であるから 0、CC' 間は負値、C'D 間は正值、DE 間は無ひずみで 0 となる。したがって、これらのひずみ量を累積すると、Fig. 16 の如くなると思される。これにおいて、無ひずみ状態にある BC、DE の長さにより (c)、(d) 等のひずみ柱状図の変形が予想される。実験結果 (Fig. 7) を見ると上述の如きグラフが得られており、しかも BC 間の距離の短い場合に当たっていることがわかる。他方 (C-ii) では

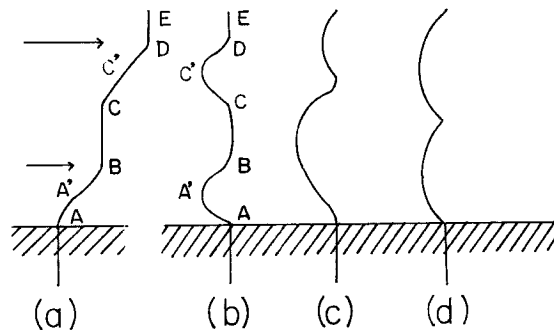


Fig. 16 Model graph of the multiple sliding layer type (C-i type).  
 (a) Flexion of the internal strain meter  
 (b) Accumulated strain graph.

上部移動層が下部移動層より遅い速度で移動している場合は、中央内部ひずみ計は Fig. 17 の如く曲げられている。この場合の各点間におけるひずみの値は、AA' 間は負値、A'B 間は正值、BC 間は無ひずみで 0、CC' 間は正值、C'D 間は負値、DE 間は無ひずみで 0、であるからこれらのひずみ値を基底部より累積すると、Fig. 17 の如くなると思われる。BC 間の距離の長短により (c)、(d) の如き変形されたひずみ柱状図が得られることが予想される。実験結果 (Fig. 8) を見ると、上述の如きグラフが得られており、BC 間の距離の短い場合に相当するものであることがわかる。

#### C' 多層すべり (各層如に移動時期を異にする場合) C—iii

これは基岩上に二つの剛体移動層が存在しており、その各々が異なった動きをする場合で、上部移動層が、0 から +10 まで徐々に移動し、それに対して、下部移動層が上部移動層の各座標ごとに各々 0 から +5 まで移動してくる場合である。つまり上部移動層がはじめにある距離だけ移動し、そこで一旦停止しており、その後下部移動層が上部移動層を追って移動をはじめるが如き場合を想定したのであるから、この間にお

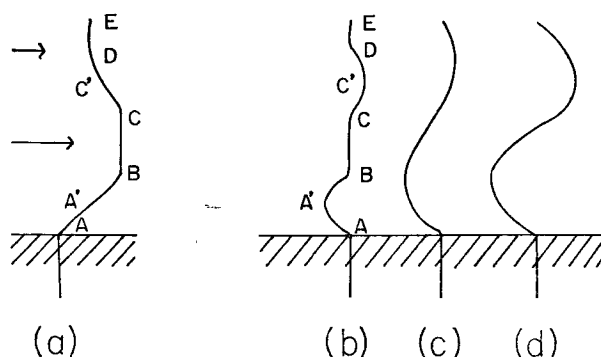


Fig. 17 Model graph of the multiple sliding layer type. (C—ii type).

(a) Flexion of the internal strain meter.

(b) Accumulated strain graph.

る地中内部ひずみ計の変形には、前述した B, C—i, C—ii の各型が表われることになる。したがって、この場合のひずみ柱状図も B, C—i, C—ii 各型のものが得られるはずである。実験結果 (Fig. 9) を見ると、この考えが正しいことが裏づけられるグラフが得られている。

#### D 中抜け現象および複合すべり

これは、上部剛体層が不動で、基岩と上部移動層に挟まれた下部移動層のみが移動を開始した。いわゆる典型的な中抜け現象を起した場合であり、地中内部ひずみ計は Fig. 18 の如く曲っているので、この場合の各点間のひずみ値は AA' が負値、A'B 間は正值、BC 間は無ひずみで 0、CC' 間は正值、C'D 間は負値、DE 間は剛体層内で無ひずみであるから 0 となる。したがってこれを基底部より累積してひずみ柱状図を求めると、Fig. 18 の如くなることが予想される。実験結果 (Fig. 10) を見ると、上述した如きグラフがか得られている。つまり中抜けを起している地すべり地のひずみ柱状図は、逆 S 型に表現されることがわかる。従来典型的な中抜け現象をとらえたひずみ柱状図とされていたものは、B の層すべりで述べた如く層すべりをとらえているのであり、中抜け現象をとらえているのではないことが理解出来た。

複合地すべりの例として、Fig. 19 の如く基岩上で中抜けを起しており、表層は流動すべりを起している場合について考えて見る。各点間におけるひずみ値は、ABC は中抜け型のひずみ柱状図になり、CD 間は流動すべり型のひずみ柱状図となることが考えられるので、これらを合成したもの、つまり Fig. 19 の如きひずみ柱状図になることが考えられる。実験結果 (Fig. 11) を見ると、A 型 (流動すべり) と D 型 (中抜

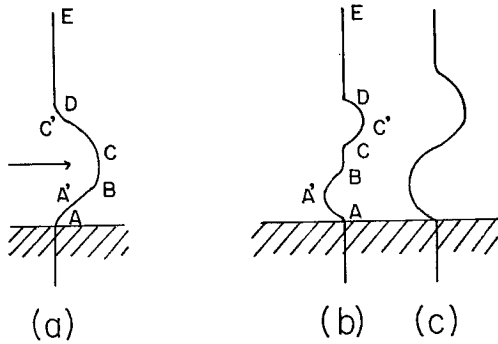


Fig. 18 Model graph of the protruding type of intermediate layer.

- (a) Flexion of the internal strain meter.
- (b) Accumulated strain graph.

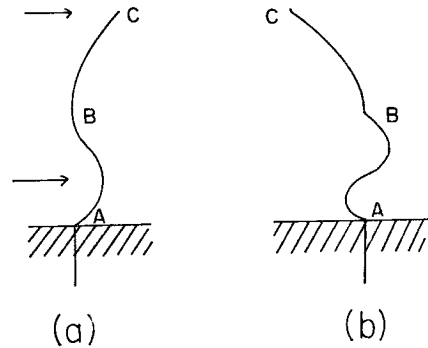


Fig. 19 Model graph of the mixed type slide.

- (a) Flexion of the internal strain meter.
- (b) Accumulated strain graph.

け現象)とが合成されたひずみ柱状図が得られている。

以上模型地中内部ひずみ計を使用し、各種の土壤移動状況を再現させて、そのひずみ柱状図を求め、両者の対比を行って見た。

ここで流動すべり、層すべり、多層すべり、中抜け現象等種々の土壤移動形態が考えられるが、いずれの場合においても基岩のすぐ上ではひずみ計は谷側 (+側) に曲げられており、その場合のひずみは負値となるはずである。実際に地中内部ひずみ計の資料を解析して見ると、ひずみ柱状図において基岩のすぐ上で正側にグラフが曲がる場合が時々ある。これをどう解釈するかが問題であるが、現在考えられる事は、ひずみ柱状図において、グラフが基岩のすぐ上で正側に傾斜するということは、-(1)より山側 (-側) のゲージのひずみ量が谷側 (+側) のそれよりも小さいことを意味している。このような状態に地中内部ひずみ計が曲るためには、基岩と見なされていた地層が、すべっていることが必要である。つまり地中内部ひずみ計が、本当の基岩に埋設されておらず、基岩と見なされていた地層が、その上の地層より速い速度で動いていることになる。Fig. 20 (a) もう一つ考えられることは、ゲージとゲージの間が一般の地中内部ひずみ計では 2m あるために、この間で鋭く曲げられてこの曲げの影響がゲージに表われない場合には、上述の如き現象が表わることが予想される。つまり Fig. 20 (b) において①のゲージは硬い基岩中でひずみ量が出

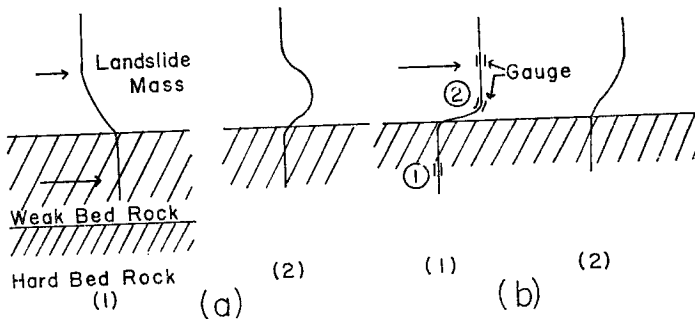


Fig. 20 In case which the accumulated strain graph shows positive only.

- (a) Lower layer moves faster than upper landslide mass.
- (b) Moving layer is too thin.

ないとする。①より 2 m 上にある②はAの曲りの影響をうけずにBの曲がりの影響を受けることになり、ひずみ量では正值と計算される。したがって、ひずみ柱状図に示せば、正側へ傾斜したグラフとなる。このような現象の起ることを防ぐためには、ゲージを貼りつける間隔を現在の 2 m より短くする必要があると思われる。

### 3. 3. 地中内部ひずみ計のひずみ量と移動量の関係

これは、実際に使用している地中内部ひずみ計（外径 42 mm, 内径 35 mm の塩化ビニールパイプ）に 10 cm 間隔に 32ヶ所、ストレイン・ゲージを貼りつけてこれを Fig. 3 の実験台に設置して 2 m の所に変位を与えて、各ゲージのひずみ量を測定した。その結果の内、一般に使用されているゲージの位置、つまり変位を与えている 2 m の点より 1 m 下のゲージのひずみ量と 2 m 地点の変位量との関係を統計的手法を用いて求めて見た。

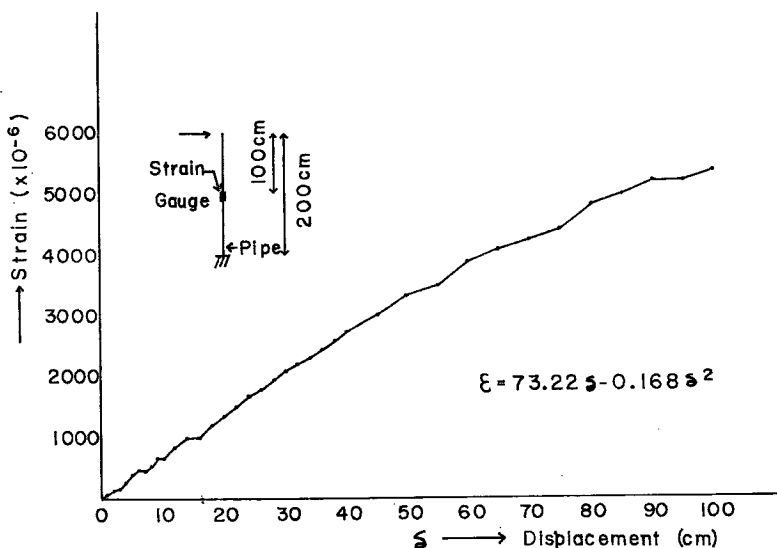


Fig. 21 Relation between the quantity of strain and the deflection of internal strain meter.

移動量とひずみ量との関係をグラフに示したものが、Fig. 21 である。ひずみ量を  $\varepsilon$ 、移動量を  $\delta$  とすると、ひずみ量と移動量との関係は次の (2) 式で与えられる。

$$\varepsilon = 73.22\delta - 0.168\delta^2 \dots\dots\dots (2)$$

但し求められた  $\varepsilon$  を  $\times 10^{-6}$  したものが実際のひずみ量である。

これは外径 42 mm, 内径 34 mm のパイプを用いて  $\varepsilon$  と  $\delta$  との関係を求めたが、今後は種々のパイプでこのような実験式を求め、その意味づけをしてゆきたい。

### 3. 4. 内部ひずみ計の noise について

温度の影響については、湊元<sup>6)</sup>がひずみ計をコンクリート円柱内に挿入して、塩化ビニール管を固定し、ひずみと温度との関係を調べている。これによると、ひずみは温度の影響を受け、しかもその変化が直線的であることを確かめている。地中内部ひずみ計を使用する温度範囲では  $1 \times 10^{-4}$  程度の範囲で変化している。

筆者らが地中に無応力状態で埋設したひずみ計の長期観測の結果を見ると、Fig. 22 に示すごとく、ひずみ量は 334 日間の観測結果では、 $1 \times 10^{-4}$  であり、わずかに発散性がみとめられるにすぎない。これは、高

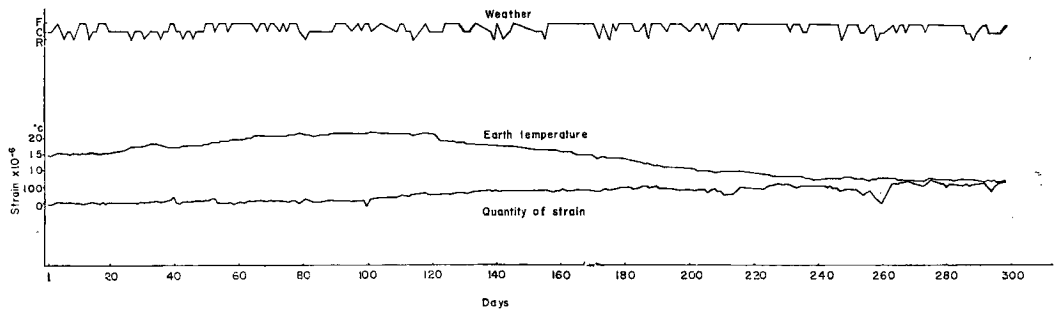


Fig. 22 Diurnal variation of strain internal strain meter at no strain state.

田<sup>2)</sup>によっても確められている。

又水温—ひずみ量の関係も筆者等の実験によると、水温変化範囲  $0\sim 27^{\circ}\text{C}$  に対してひずみ量の変化は  $1\times 10^{-4}$  である。

これらのことを総括して内部ひずみ計の解析をするに当っては、 $10^{-4}$  を基底として累積し、ひずみ柱状図は  $10^{-3}$  以上で描くことが適当ではないかと考える。それ以下の精度で測定解析しても温度、老化度の影響範囲に入ってしまう正確な地すべり活動をとらえることはできない。

#### 4. 結 論

地中内部ひずみ計が実際の地すべり地下でどのように曲っているか、その実体を把握することは、地すべり移動機構を理解するに当ってはどうしても必要なことである。模型地中内部ひずみ計で地すべり地において起ると思われる種々の土塊変形状態を再現させ、その変形とひずみ柱状図とを対比した結果、ひずみ柱状図に表現されている事が土塊のどのような移動状態をとらえているのかを定性的に理解することができた。今回は実際の地中内部ひずみ計の  $1/10\sim 1/20$  の模型で実験したが、次回は実物大の地中内部ひずみ計を、今作製中の実験装置に設置し、今回と同じような実験を行うと共に、これを利用して実際の移動量とひずみ量との関係を定量的に表現できるようにしてゆきたい。

ひずみ計の noise については、ひずみ量と気温、ひずみ量と地温および無ひずみ状態のひずみ計の経日変化量等の資料により  $\max 1\times 10^{-4}$  くらいの変化量があることが判明した。これより考えて、地中内部ひずみ計の資料解析に当っては、 $10^{-4}$  の桁以上で行うことが適当であると判断した。

#### 参 考 文 献

- 1) 山口真一：地中内部ひずみ計その他の観測装置，地すべり研究第8集，1964.
- 2) 高田雄次・ひずみ計の解析について，地すべり研究第11集，1967.
- 3) 高田雄次：地すべり地の内部ひずみ測定について，京大防災年報 No.8, 1965.
- 4) 湊元光春：地下水位変化と地下内部変形の様相について，地すべり研究第8集，1964.
- 5) 湊元光春：第三紀層型地すべりの地下内部構造と変形の様相について(I)，新砂防 Vol.48, 1963. 3.
- 6) 湊元光春：地域物理学的調査法について，地すべり Vol.1, No.1, 1964. 3.
- 7) 竹内篤雄：日本の地すべり地における粘土の粘性係数について，地すべり Vol.3, No.1, 1966. 10.
- 8) 中村和雄，杉本忠勝：抵抗線ひずみ計の使用上における諸問題，材料試験，Vol.2, No.4, 1953. 3.
- 9) Takada. Yuji: Some Problems of the Internal Strain Meter Analysis in a Landslide,

Bulletin of the B. P. R. I. Vol.15, Part 3, 1966. 3.

- 10) 藤田寿雄：地すべり深度推定に利用するひずみゲージの温度影響についての野外実験，地すべり Vol.2, No.2, 1966. 2.
- 11) 青柳鷹之介：ワイヤーストレインゲージ，日刊工業新聞.