

岐阜県東濃地方の地すべりについて

山口 真一・高田 雄次
竹内 篤雄・中川 鮮

THE CHARACTERS OF THE LANDSLIDES ON THE TŌNŌ REGION IN GIFU PREFECTURE

By *Shin'ichi* YAMAGUCHI, *Yuji* TAKADA, *Atsuo* TAKEUCHI
and *Akira* NAKAGAWA

Synopsis

On the Tono region in Gifu pref., central Japan, there are many landslides with the phenomenon of the subsidence about the ground. Generally, the subsidence was divided by the faulty line or the vertical faulty plane. These phenomena of the ground transformation were recognized the landslide of a peculiar sort when made study of its a problem on the ground by the geophysical method.

In this paper, the authors argued as a prediction for study of the landslides with another form.

1. 序 論

岐阜県の東濃地方は、いくつかの比較的低い丘陵台地に、陥没現象に端を発して、末端部附近の土塊の隆起および押し出しがみられる地すべりが生じている。これらの現象が認められる地区は、分布については目下調査中であるが、これまでに著者らが調査を行った地区でも3地区あり、他にも何地区か存在すると推察される。

一般に、東濃地方の地すべり現象の特徴は、かなり上部に明確な陥没地が地すべり上部に発生し、斜面下部のいわゆる末端部において顕著な隆起をともなう地盤変動が生じている。

東濃地方の地すべり現象を起している地区は、この地方に埋積している亜炭と珪砂、粘土など陶器原料の採掘場所関係しているとも考えられるが、これらの資源の採掘方法には、トンネル掘り、露天掘りがあり、自然の地層を人為的に乱しているが、地すべり現象との結びつきの点を検討する資料が十分集積されていないので、発生原因に関しては、今後の調査結果をもって論ずることとする。

本論では、これまでの調査が最も進展している、土岐市下石町山神地区において、地盤変動を中心に考察し、地すべり機構についての調査の概要を報告し序報とする。

2. 山神北区地すべりの概要

本地すべりは岐阜県土岐市の中心より南東へ約 20 km 離れた下石町山神地内にあり、県道の恵那駄知多

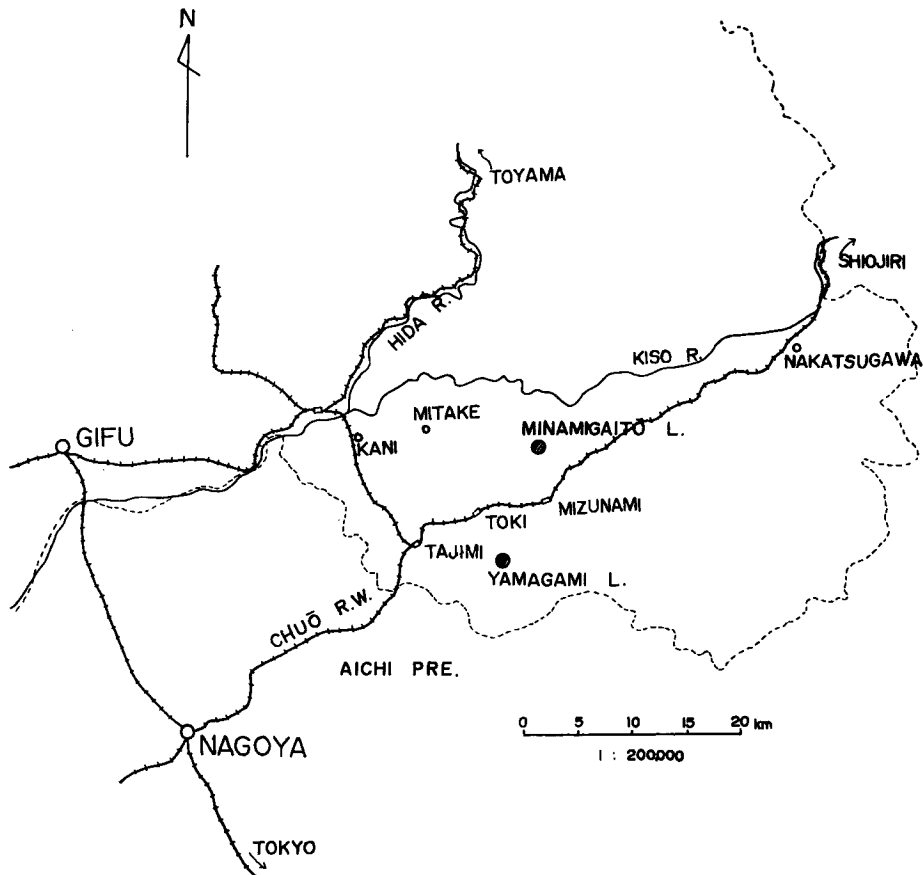


Fig. 1 Rough map in the region of Tono

治見線と東濃鉄道駅知線によって区画された地区である (Fig. 1 参照)。

これまでの本地すべりの活動については、昭和37年に北東斜面上部の台地が陥没し、当時、改修前の下石川が県道と北東斜面間を曲流していたが、その左側に隆起現象が認められた。

昭和40年5月頃、台地頂上部に陥没を生じ、一日最高 10 cm 沈下量があったといわれている。現在では陥没によって形成された断層崖は被陥没部との落差が 6 m にも達している部分もある。陥没部は帯状を形成し、幅 30~40 m で、その延長は約 600 m におよんでいる (Fig. 2 参照)。このような陥没現象の後に北東側斜面下部の隆起と押し出しは活発化して下石川を完全に埋没させ、県道にもその影響の拡大する危険性を生じていた。

その後、43年5月頃に頂上部の陥没帯の沈下量が増大し、派生的に生じていた crack の何箇所かにおいて断層性の上下落差が認められた。これまでに変動を生じていない南西側斜面に、何本かの crack が、およそ等高線方向と平行な向きに生じ、次第に発達して、斜面形を著しく乱した。

現在、地すべり現象が認められる範囲は約 15 ha の面積があり、北東側斜面は県道を越えて、改修工事が施された下石川を左岸より影響をおよぼしている。南西側斜面は東濃鉄道線路付近まで影響があるが、今のところ線路堤までは変動は認められていない。



Fig. 2 Map of Yamagami landslide area

3. 山神地区地すべりの地質

(1) 地質概要について

山神地すべり地は、周囲を花崗岩類の分布する山によって区画された盆地にある。これは土岐構造盆地¹⁾といわれており、その地質は、基盤に古生層及び、これに貫入した花崗岩類 (Granitic rocks) からなり、その上部を不整合に被う中新統 (Miocene), さらにこれを不整合に被う鮮新統 (Pliocene) 及び更新統 (Pleistocene) の各層により構成されている (Fig. 3 及び Table 1 参照)。

本地すべり地の地質構造の状況については、Fig. 3 に示した瑞浪層群 (Mizunami group) の生俵累層 (Oidawara formation) と考えられる凝灰質泥岩が基盤として分布している。この凝灰質泥岩は、本地すべり地周辺南西側の地形的に低い位置に露頭が見られ、表面では風化が著しく亀裂も多く、また、風化による粘土化も見られる。部分的には砂岩の様相を呈している。その走向と傾斜はおおむね、N50°W, 25°W と推定される。この凝灰質泥岩を不整合に覆って瀬戸層群 (Seto group) の土岐口累層 (Tokiguchi formation) と考えられる、礫、砂、粘土 (硅砂、木節を挟む) が広く分布している (Table 1 参照)。

Table 1 Stratigraphic classification of the Toki structural basin By L. Matsuzawa and T. Uemura

Pleistocene	Terrace and talus deposits					
Pliocene	Seto group	Toki formation				
		Tokiguchi formation				
Miocene	Mizunami group	Oidawara formation				
		Shimohida formation				
		Akeyo formation	Yamanouchi member	Kujiri member		Shinano formation
			Togari member	Shizuhora member		
			Tsukiyoshi member			
			Hongo formation			
	Nakamura group	Toki lignite-bearing formation				
	Basement	Granitic rocks and Palaeozoic system				

(2) 山神地すべり地区の地質特性について

本地すべり地内には、多くの crack が走り、大きなところでは、上下差が 6 m にも達しており、また裂開口は、20~30 cm のものが多く、中には 50~60 cm に達するものもある。こうした crack を利用して上部地層の観察を行い、一方では、地すべり地内の北東斜面に水ぬき用のために、建設省が施工した、トレンチの cutting slope と boring-core との対比的検討によって、地すべり地の表層地質について論じる。本地すべり地は台地状の地形を有し表層地質構造は Fig. 3 に示すように、大きく分類して、(a)、礫混り層、(b)、粘土層を挟む砂質あるいは砂層、(c)、基盤岩層の三層に分けられる。この (a)~(c) の三層に関して、各層の特徴をみると、

(a)、本層の礫は 5~50 mm のチャート類、円、亜角礫で、マトリックスは、砂質粘土状、あるいは、シルト質粘土状を呈する loam で層厚は 15~28 m 内外で走向は N50°W 性であり、傾斜は約 20°W と推定される。

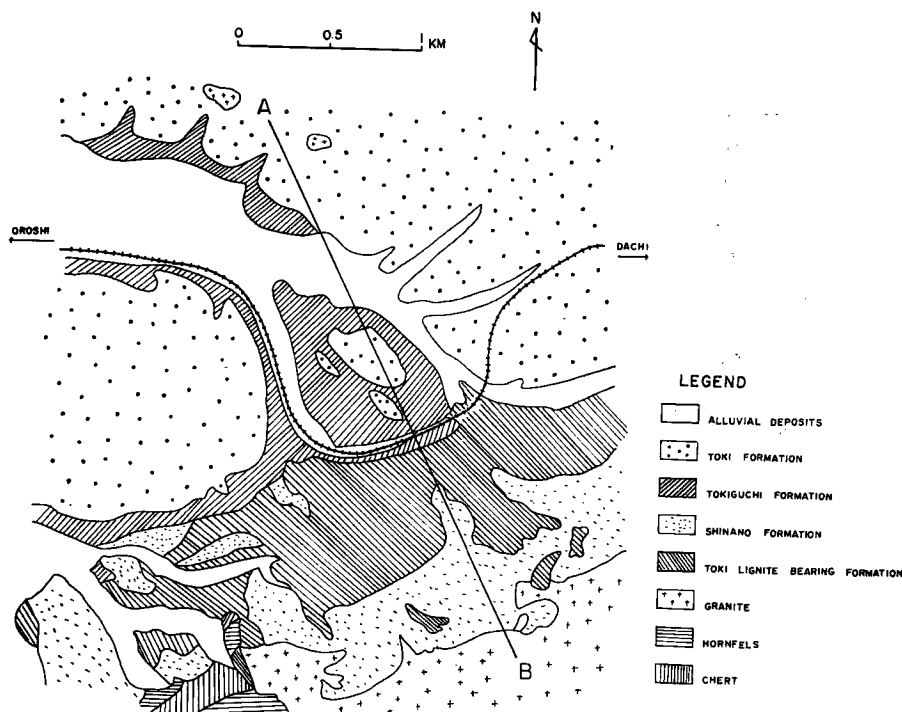


Fig. 3(a) Geologic map of around the Yamagami landslide area



Fig. 3(b) Geologic profile of the A-B line in Fig. 3(a)

(b). 粘土層を挟む珪砂あるいは砂層は、3~9 m の厚さで、場所によって、かなり異っている。この砂層は大部分が珪砂質で、非常に粒度がそろっているのが特徴である。その中に1~2枚の粘土層を挟んでいる。珪砂層は台地頂上部の陥没地の中では薄くなっていることがみられる。

(c). 基盤岩層は本地すべり地の南西側斜面の下部にひろがる谷部で、露頭としてみられるが、凝灰質泥岩、砂岩で、一部に亜炭層を含んでいる。上層部は風化が著しく粘土化している部分もある。この基盤岩の

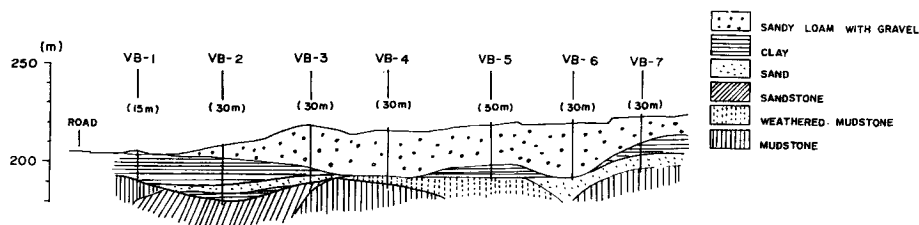


Fig. 4 Geologic profile by the boring-core of the A-B line in Fig. 2

標高を見ると、陥没地帯の中では、低くなっており、断層による影響と考えられる²⁾ (Fig. 3(b), Fig. 4 参照)。

4. 山神地区地すべりの地盤変動について

(1) 地中内部ひずみ計観測による状況

一般に、地すべり地における移動土塊の考察には、地表面の変動状態を調べる傾斜計、伸縮計観測や、杭の移動状況を観測する方法がある。一方地中内部に測定計器を設置する方法もある。本地すべり地において、今回、実施したのは、Fig. 2 に示した B-1～C-8 の地点に掘さくしたボーリング孔を利用し、地中内部ひずみ計³⁾を埋設した。

地中内部ひずみ計は、ボーリング孔に埋設し、地盤変動状況を層状的に解析するのに有効であり、ボーリング地質柱状図との対比的検討も可能である。また、対象とする地すべり地に、何地点か適当に設置することにより、地すべり地の平面的な拡がり形態を解明することができる。この場合、地表面で観察される地すべり現象、地形的状況を対比的に取扱うことが、地中内部ひずみ計による解析を有効なものにする。

本地すべりの地表において観察された現象を、Fig. 2 の平面図を参考にして論ずると、台地頂上部の陥没(帯状に延びる crack によって区割されている)、傾斜面の crack に代表される現象、末端部周辺の隆起と押し出しがある。これら地盤に顕著に表われている変動状態を解明するために、8 地点において地中内部ひずみ計の観測を行った。その結果を Fig. 5, 6 の (a)～(h) に示す。

B-1 地点：本地点は地すべり地内の南西傾斜面に crack が発生している位置で、陥没性の変動は認められないが、斜面下方へ不等速度の地盤移動はあると予測されていた。

観測結果は Fig. 5(a) にひずみ柱状図、Fig. 6(a) にひずみ量経日変化図として示した。

Fig. 5(a) を見ると、測定を開始した昭和42年9月より11月中旬頃までは、深度 7～11m 附近で、土塊がゆっくり動き出しているがその量は大きなものではない。しかし、11月中旬頃より全層において、活発にひずみの増大がみられ、下方への土塊移動が起ったことがわかる。特に 7～9m, 25m 附近の土塊が顕著に動いた様子がわかる。Fig. 6(a) を見るとやはり同時期よりひずみ量の増加が盛んである。B-1 の地中内部ひずみ計は地盤の変動がはげしいために、破壊されて測定不能になった。

地盤変動の傾向は深度 9m 附近にすべり面とみなし得る動きが推定できる。

B-2 地点：本地点は地形的に谷部にあたる、いわゆる地すべりの末端部である。Fig. 5(b) のひずみ柱状図を見ると、10月中旬頃よりひずみ量に変化が生じ始め、深度 15m より上部において、5m 附近を最大量とする谷側への押し出しが顕著である。Fig. 6(b) の経日変化図を見ると、11月中旬に 5～15m で層状的に動いたことがはっきりとわかる。

この場合、5～15m の厚い層をなす移動層が推定でき、地すべり地上部からの地盤変動をきたす影響は、はげしいものである。

B-3 地点：本地点は谷部にあたり、表層は、附近の整地のとき、約 2m ほど盛土をした場所である。昭和43年8月下旬に設置をして、以後観測を行なっている。この附近は、当地すべり地内で、もっとも、地すべり性の動きが遅く生じてきたところである。

Fig. 5(c) によると、深度 7m, 25m 附近にひずみの大きいことがわかる。Fig. 6(c) を見ると 7m, 25m にひずみ量の増大がある、地質柱状図によると、この位置は、7m が砂礫層中に挟まれた、うすい粘土層と砂礫層の境界面で、25m が砂層と泥岩の境界面に当たっている。斜面上部からの押しが、この二層附近を境界とした土塊変動に関係していると推定される。

B-4 地点：本地点も谷部に位置している。しかし、B-3 地点よりは斜面よりである。Fig. 5(d) を見ると9月8日より深度 7m 附近に負のひずみが認められるが、これは 7m より上部層が急にすべり出したことを表わしている。Fig. 6(d) によると、やはり 7m のところで、ひずみ量が急にマイナスになっている。

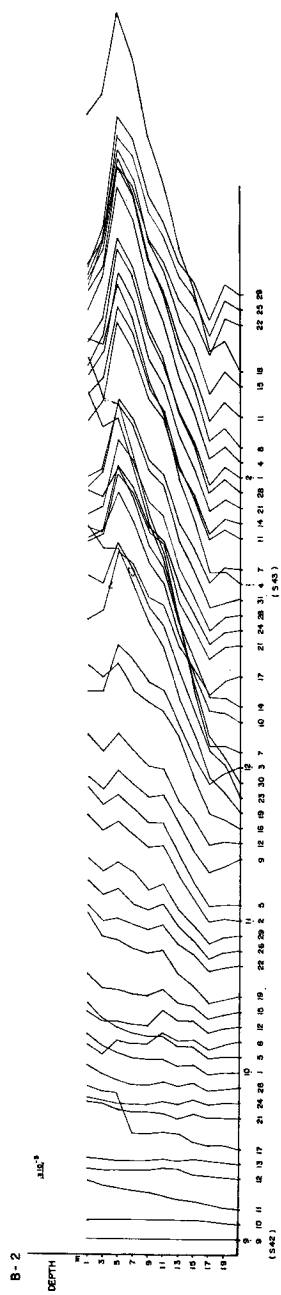


Fig. 5(a) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-1

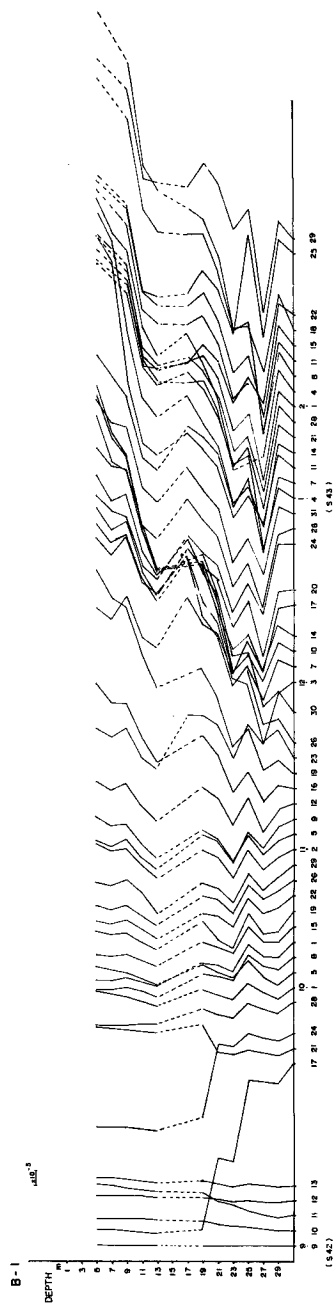


Fig. 5(b) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-2

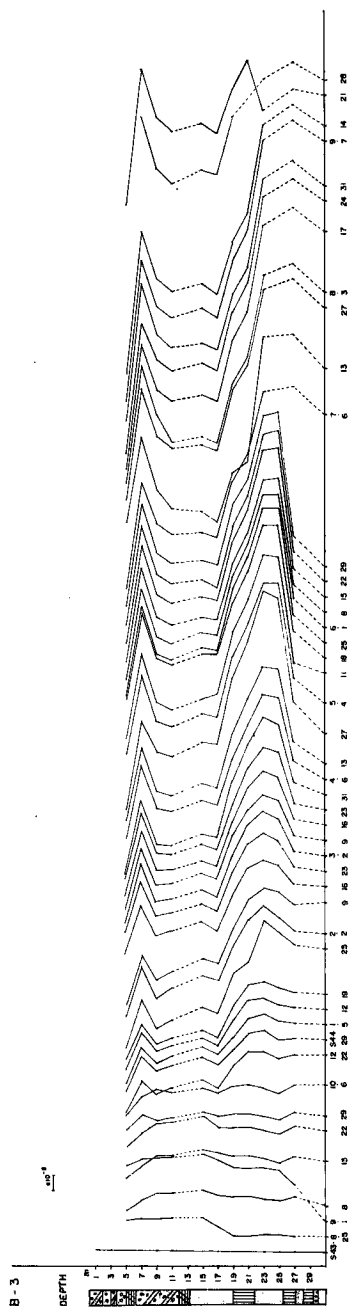


Fig. 5(c) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-3

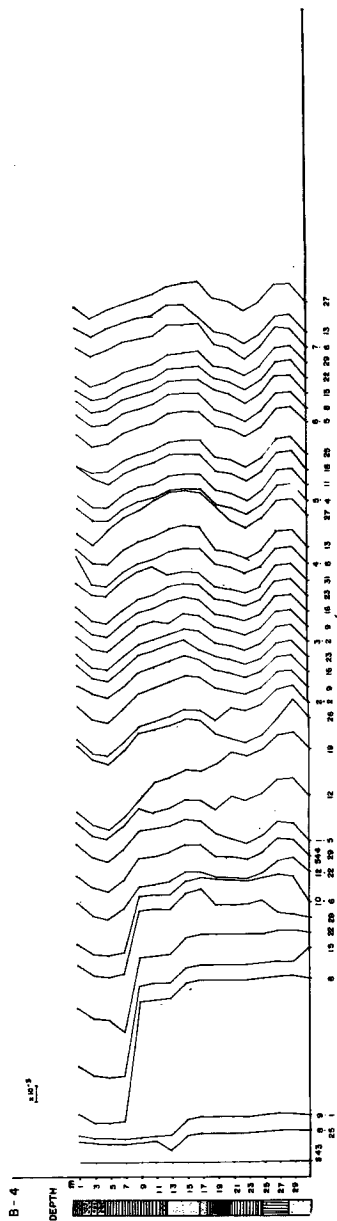
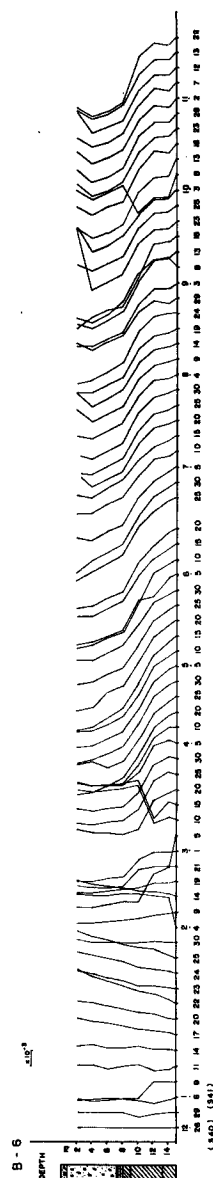
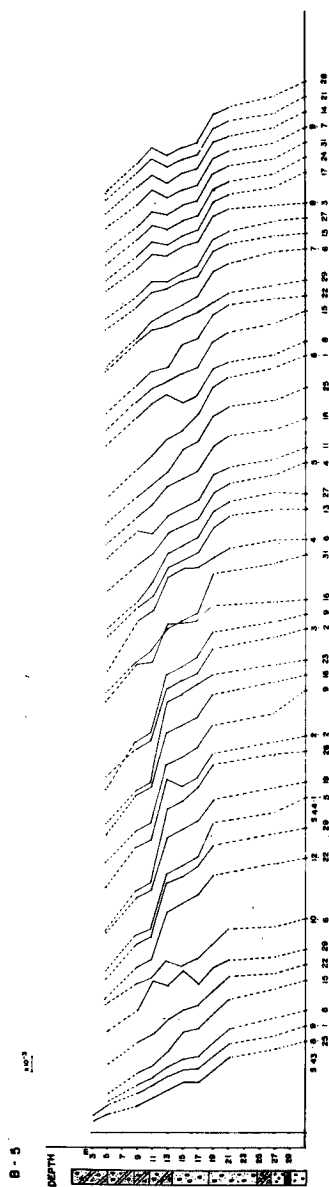


Fig. 5(d) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-4



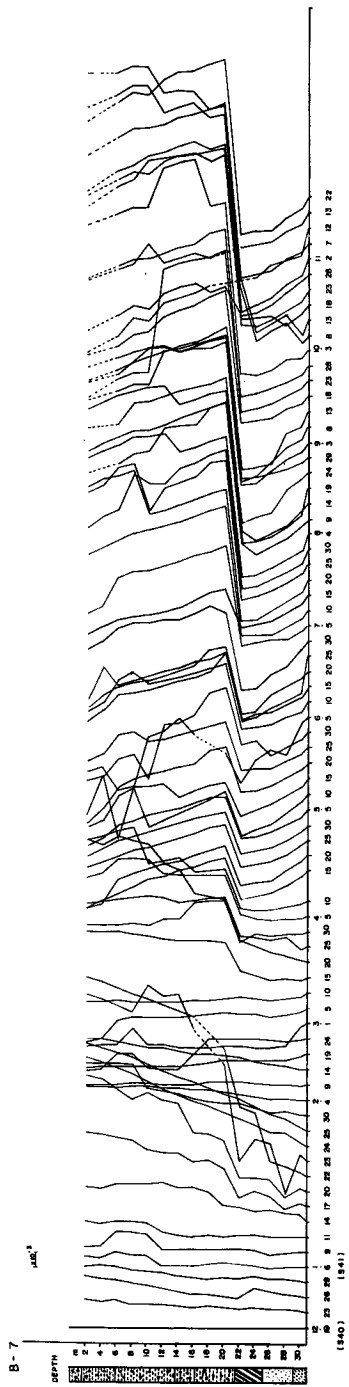


Fig. 5(g) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-7

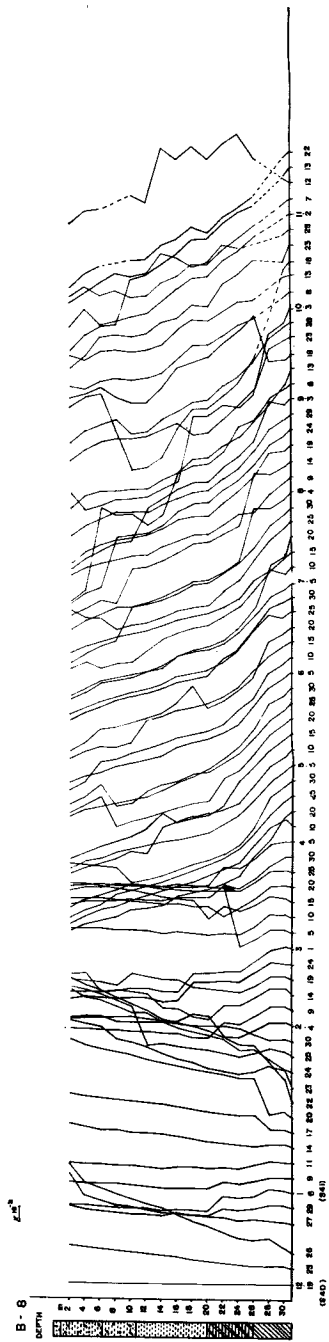


Fig. 5(h) Accumulated strain graph of internal strain meter in the station B-8

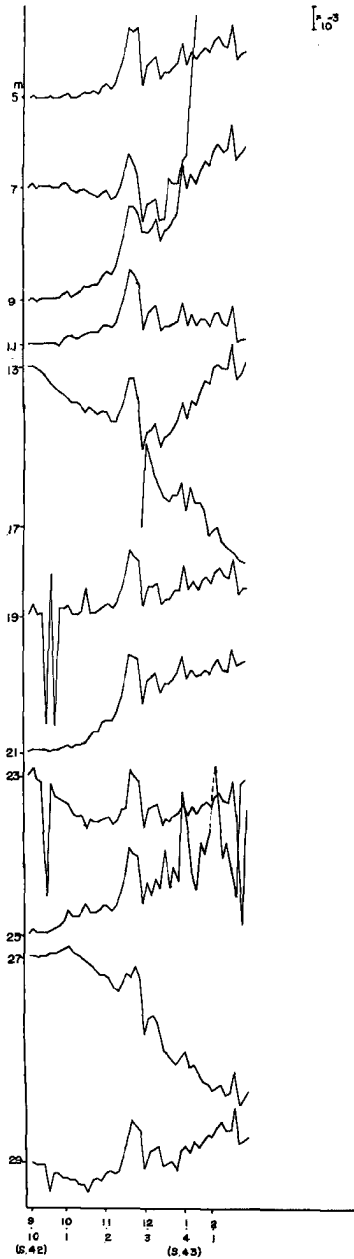


Fig. 6(a) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-1

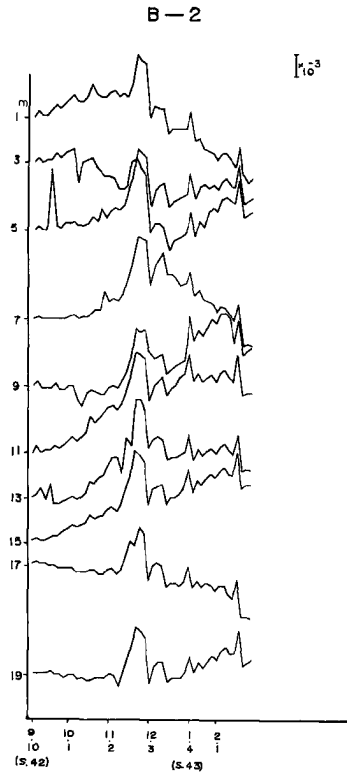


Fig. 6(b) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-2

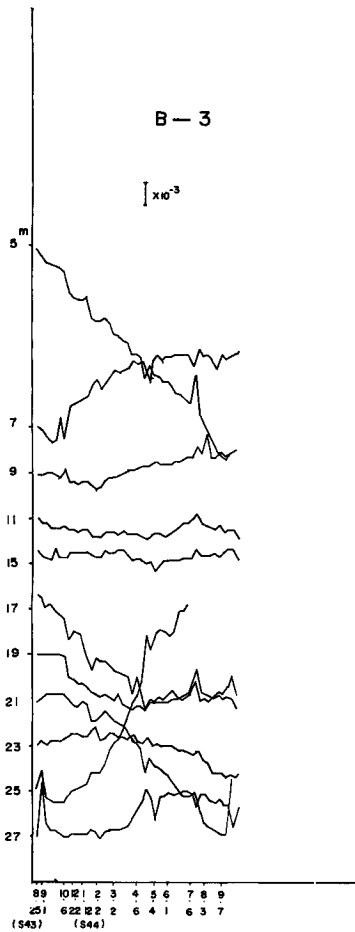


Fig. 6(c) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-3

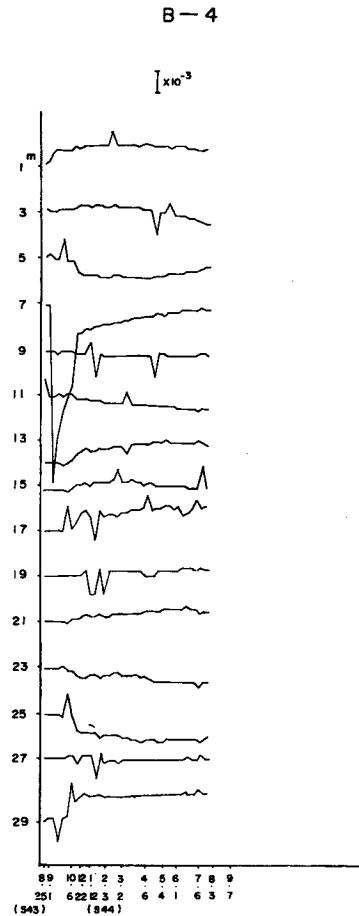


Fig. 6(d) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-4

その後回復を示しているが、層状的には 7 m, 17 m, 25 m 附近に、ひずみの変動がみられる。地質柱状図によると 7 m は粘土層中、17 m は垂炭を挟んだ粘土層の上部にある砂層の下部附近である。25 m は粘土層と泥岩との接触面である。

B-5 地点：本地点は、台地頂上部に位置している。設置した時より、地中内部ひず計の上部、下部において、測定不可能な点が多かった。**Fig. 5(e)** をみると、深度 11 m の位置で変動が認められる。**Fig. 6(e)** でも同じく 11 m の位置で、次第にひずみ量の増加が認められる。土塊はこの附近で動いていることが推定できる。地質柱状図によると、29 m 附近に粘土を挟んでいるが、ほぼ全層が砂礫層となっている。

B-6 地点：本地点は北東斜面末端部にあたる位置である。観測は昭和40年12月より1年間実施した。

Fig. 5(f) を見ると深度 8 m を境にして、上部と下部では異った変動を示している。上部では、土塊が下方へ流動したことを表わしている。地質柱状図で 8 m より下部は泥岩となっている。その上層に粘土層が挟まれているが、これがすべり面を形成していると推定できる。**Fig. 6(f)** の経日変化図によると2月上旬、及び9月上旬より全層的に、ひずみ量の増減が表われている。

B-5

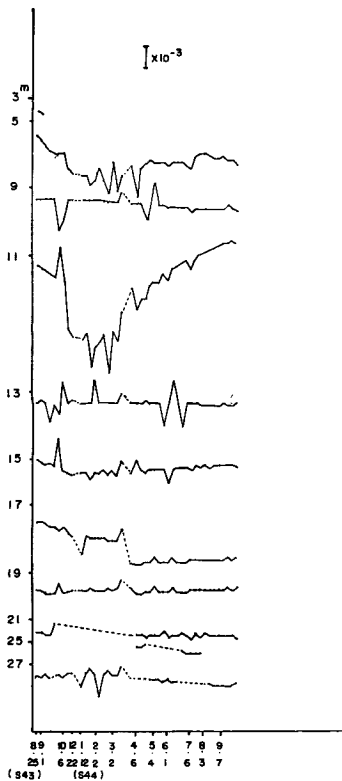


Fig. 6(e) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-5

B-6

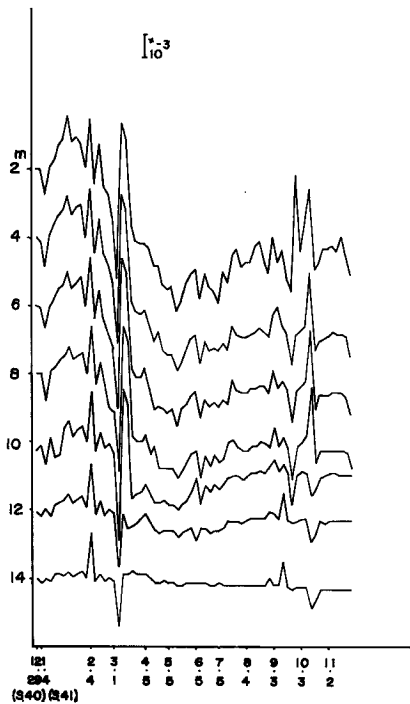


Fig. 6(f) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-6

B-7 地点：本地点は傾斜面の中部に位置している。

Fig. 5(g) を見ると、3月中旬頃より、深度 20 m において変動を開始し、以後ひずみを累積している。地質柱状図を見ると同深度より、やや下部において硬質の粘土層に変っているが、その上面においてすべり面の形成があるものと推定される。

B-8 地点：本地点は台地頂上部の陥没帯に位置している。Fig. 5(h) を見ると深度 26 m 附近に変動がみられる。量的には少ないが、すべり面の形成に近いものであると推定される。地質柱状図によると硬質粘土と風化泥岩の境界面にあたる。また、特徴のある動きとしては、地層の上部より下部へ圧縮したような変動が解析される³⁾。そして、10月下旬より11月上旬にかけて、深度 28 m で測定不可能になったが、26 m 附近の変動のために生じたひずみ計の不調と推察される。Fig. 6(h) によると、30 m を除いた全層ではげしい動きが示されている。

以上、B-1～B-8 の観測結果を示したが、地すべり地内の位置によって、かなり異った変動形式をみることができる。この点については、5. で論ずる。

(2) 伸縮計観測による状況

地表面で地盤の伸縮変動を測定する伸縮計を、ボーリング孔を利用して設置し、地盤の鉛直方向の伸縮変

B-7

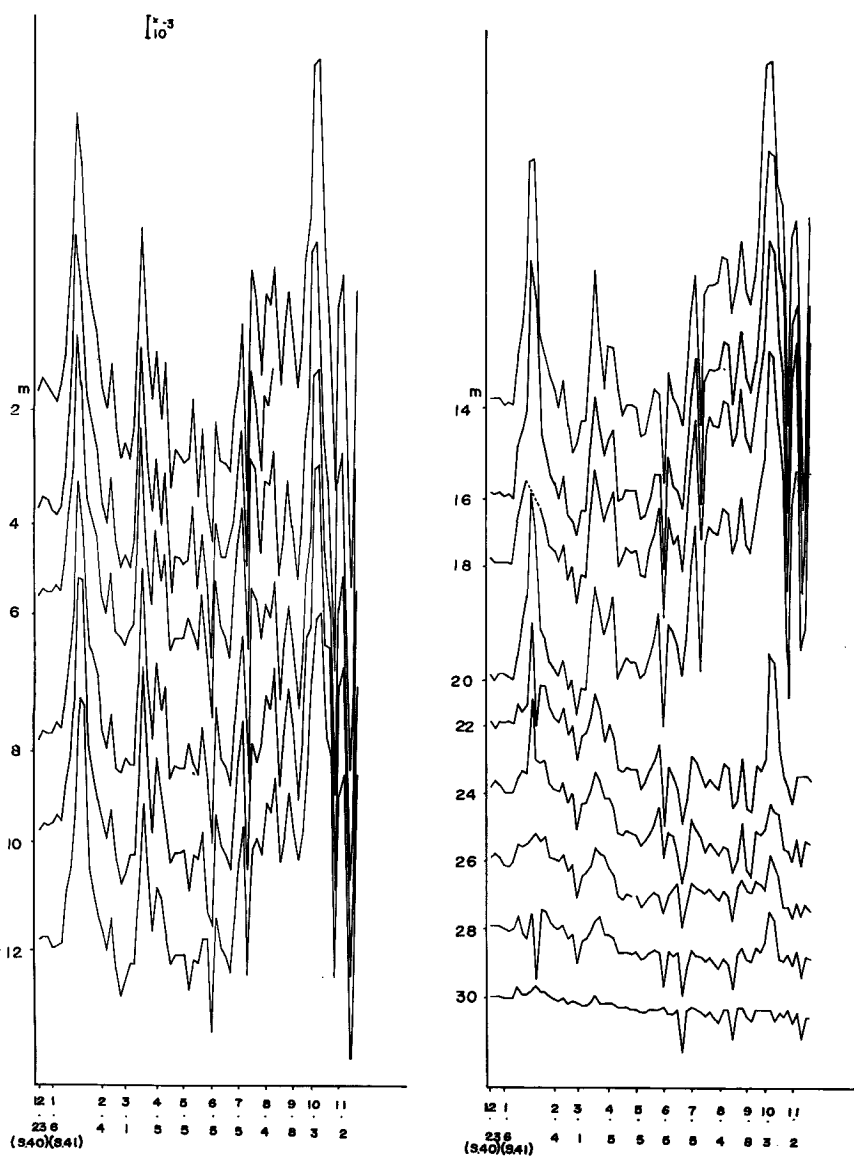


Fig. 6(g) Strain variations of each depth of internal strain gauges B-7

B-8

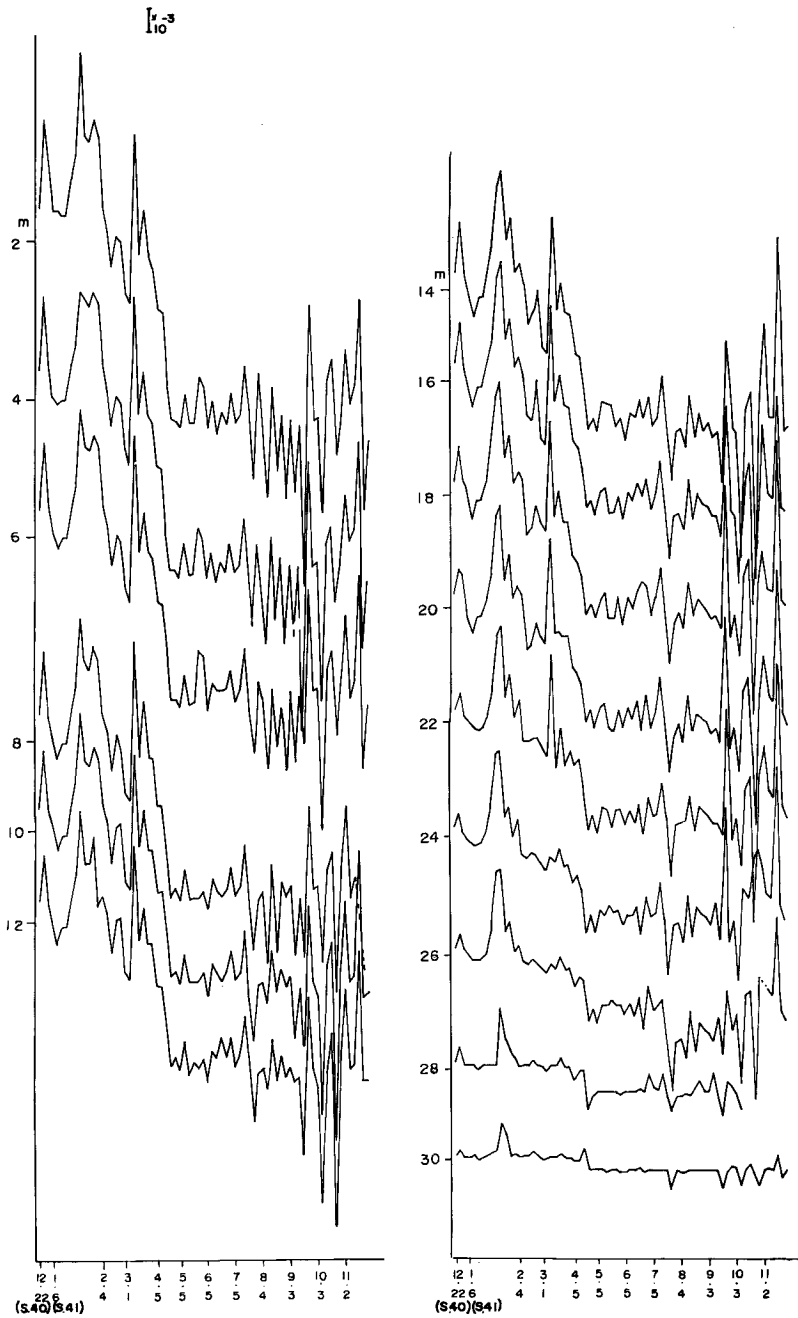


Fig. 6(h) Strain variations of each depth of internal strain gages B-8

動を測定しようと試みた。

この目的は、本地すべり地の台地頂上部に陥没現象を起しているが、この原因となっている地層の確認と、変動の発生時期と降雨とを対比させて検討をしようとするものである。

Fig. 2 に示した陥没帯の中に各々異った深度の5本の垂直ボーリング孔 (A~E) を掘さくし、伸縮計を設置した。伸縮計の設置方法は、測定用ワイヤーにアンカーを結び、ボーリング孔へ降ろし、各層にセメンテーションして固定した (**Table 2** 参照)。

Table 2 The states of the extenso-meter A~E

Number of Boring - hole	depth (m) (Boring - hole)	depth (m) (layer of wire fixed)	Date of settled
A	50	21	Aug. 18th, 1968
B	30	24	"
C	10	10	"
D	46	45	Jun. 13th, 1969
E	15	15	"

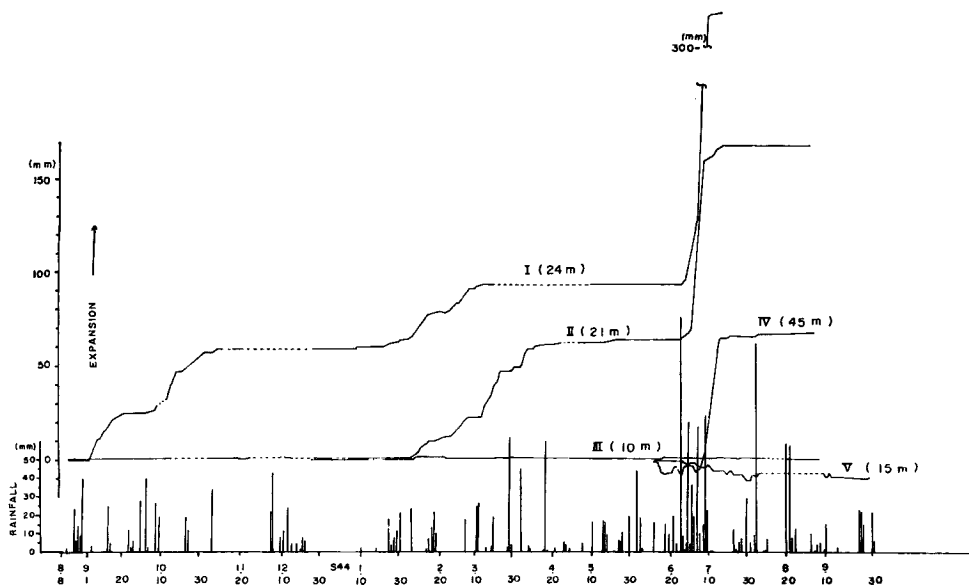


Fig. 7 Graph of relationship between the extenso-meter and precipitation

Fig. 7 に示す伸縮計記録図によると、昭和43年9月2日よりAが伸びている。9月20日頃までに 25 mm の伸びを示している。また10月10日頃より伸び始めて、11月初旬までに 59 mm に達した。その後、昭和44年1月下旬頃より伸び出し 93 mm に達した。6月下旬になって、はげしい伸びが生じ、7月中旬に 300 mm 以上に達して、測定用ワイヤーが切れるに至った。

Bは設置後、昭和44年1月下旬まで伸縮が無く平衡状態にあった。1月下旬より激しく伸び始め、4月までに60 mm に達した。その後Aと同様、6月下旬に急激な伸びを生じ、169 mm を記録した。A、Bとも、伸びる時は降雨に関係しているようである。同時に設置したCは全く伸縮が生じない。

昭和44年6月になってD、Eの伸縮計を設置した。6月下旬の多雨時においてDはA、Bとほとんど同じ傾向を示して、68 mm まで伸びている。しかし、Eは10 mm 前後の縮み量を示しているが、全く伸びには至っていない。

A～Eについて考えてみると、21 m 以深に設置したものは、降雨に関連した伸びの変化を示すが、15 m より浅い位置に設置したものは、ほとんど変化を示さない。

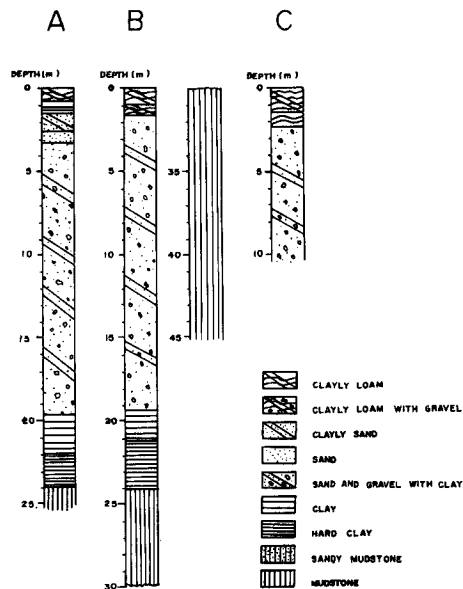


Fig. 8 Geologic profiles of the boring-core A~C.

一方、Fig. 8 のボーリング・コアより得た地質柱状図を見ると 19~20 m の深さにおいて、砂礫層から粘土層に変っている。また、Dは深度 45 m に設置したが、この層は泥岩となっている。

これらの結果より考察できることは、20 m 附近の粘土層が、移動層となっていて、A、B、Dの伸縮計に伸びの応答をしたものか、より深い層に、下部方向へ陥没していくような動きがあったものと推定できる。粘土層を移動層とすれば、ひずみ計に表われたすべり面的な変化量と合致するように考えられる。いずれにしても、上部の砂礫層は、下部よりの変動に関係づけられた動きはあっても、その層自体には陥没現象を説明し得る原因はないと推定できる。

5. ま と め

ここでは、主として表層（地下 30~40 m までの地層）の地盤変動について、伸縮計と地中内部ひずみ計の結果についてのべた。地すべり丘陵地の陥没地帯に設置した上下方向の伸縮計によれば、15 m 以上の深さに固定した計器に伸びが記録されており、15 m までの層では変化が認められていない。このことは、陥没に関与する土塊層が少くとも以上の深部にあることを物語っている。また 45 m の深さに固定点を設けた伸縮計でも伸びが認められることは興味深い。伸縮計による伸びが直接沈下に支配されていると考えれば、

45 m 以深に陥没層または中抜け層を考えねばならない。反面、21~25 附近の横方向へのパイプ変形によって、伸縮計にのびが生じたという考え方もできるが、最近 24 m のパイプ変形を調べたところではこの可能性も考えられる。後者の仮定に従った方が丘陵地面山腹の地すべり現象を説明しやすいことは事実であるが、今後地中内部ひずみ計設置による変形の様子と伸縮量の関係などの調査によって、陥没と地すべりの機構解明をする必要があり、現在計画中である。

本文では、東濃地方の地すべりの特長と考えられる地すべり上部の陥没とその後に生ずる地すべりとの移行機構についての検討を山神地すべり地について行ったが、まだ調査が充分でなく、研究過程の調査報告になったが、今後も調査研究を引続き行う予定であり、成果が上がり次第報告するつもりである。

岐阜県庁砂防課及び多治見土木事務所、土岐市役所建設部の方々に大変御助力を得ました。crack の分布調査には古谷尊彦助手に、現地での諸観測には湊元豪己、小西利史両技官に、図表を作成するのに島田糸子、倉内洋子、新祥子諸氏に大変御世話になりました。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Matsuzawa, I. and Uemura, T.- Geotectonic studies on the Toki Miocene sedimentary basin, central Japan, The Journal of Earth Sciences, Nagoya University, Vol. 15, 1967, 35-79.
- 2) 建設省多治見工事々務所, 昭和40年度山神災害地区地下総合調査報告書, 昭41.3. p. 7.
- 3) 山口真一編, 地すべり調査と対策講座Ⅱ, 「地すべり面の性格とその調査法」昭44.5.