

上仰木地すべり地について

山口真一・高田雄次・竹内篤雄・古谷尊彦

SOME CHARACTERISTICS OF THE KAMIÖGI LANDSLIDE AREA

By Shinichi YAMAGUCHI, Yuji TAKADA, Atsuo TAKEUCHI
Takahiko FURUYA

Synopsis

The investigation of the internal strain, the geologic and geomorphic survey, and the groundwater survey including electric survey were performed on Kamiögi landslide area. Summarily, the results of the present survey indicate that landslide characteristic of the Kamiögi landslide area are as follows:

- 1) The Kamiögi landslide area consists of the numerous earth-falls.
- 2) The earth-falls were occurred approximately 190m in height where was the boundary between the siltstone layer of the bedrock and it's covered gravel layers.
- 3) Those earth-falls were related with the water from among the gravel layers.
- 4) The occurrence of the earth-fall is situated on the changing portion of the double-curved slope.

滋賀県滋賀郡堅田町上仰木地すべり地は敦賀—大津地すべり帯¹⁾に属し、滋賀丘陵の中央より南南西によった、高度約 200 m の位置に発生した崩壊性地すべり^{*1}である。滋賀丘陵はまだ完全に丘陵化しておらず、湖岸段丘が丘陵に移行する地形形成の過程にある。地質は古琵琶湖層²⁾からなる。古琵琶湖層は透水性のきわめて良好な礫層を挟在し、それが優秀な地下水層を形成³⁾し、地すべりの素因として、地質的・水文的条件をそなえている。

昨年来当地域において、地すべりの特性を究明するため、いくつかの調査観測を行なってきた。一応の成果が得られたのでここに報告して御批判を得たい。

1. 調査方法

次のような地球物理学的・地文学的方法で地形・地質・地下水の調査をおこない、現在地すべり活動が活発であるといわれる地区で、地中内部歪計・水管式傾斜計を設置し、計器観測を行なった。

地下水調査は揚水試験・地温分布・電気検層・電気伝導度の変化測定による地下水調査および水位観測を行なった。地形・地質調査はボーリング資料と現地踏査により、また L—10 型大地比抵抗測定器による地下探査も並行しておこない、各調査について後にそれぞれ述べるような結果を得た。

2. 素因としての地形・地質の特徴

高谷⁴⁾によると上仰木地すべり地の位置する滋賀丘陵には、鮮新—洪積統の古琵琶湖層群が殆んど全域にわたり分布し、西部にそれをおおいまたは切って第四系の新旧 2 種類の扇状地堆積物がある^{*2}。

古琵琶湖層は厚さ約 500 m で、シルト層を主体とし、砂層・粘土層からなり、それらの間に数層の凝灰岩の薄層を挟在している。古琵琶湖層をおおう扇状地堆積物は比叡山麓にそって発達し、現在は滋賀丘陵西部

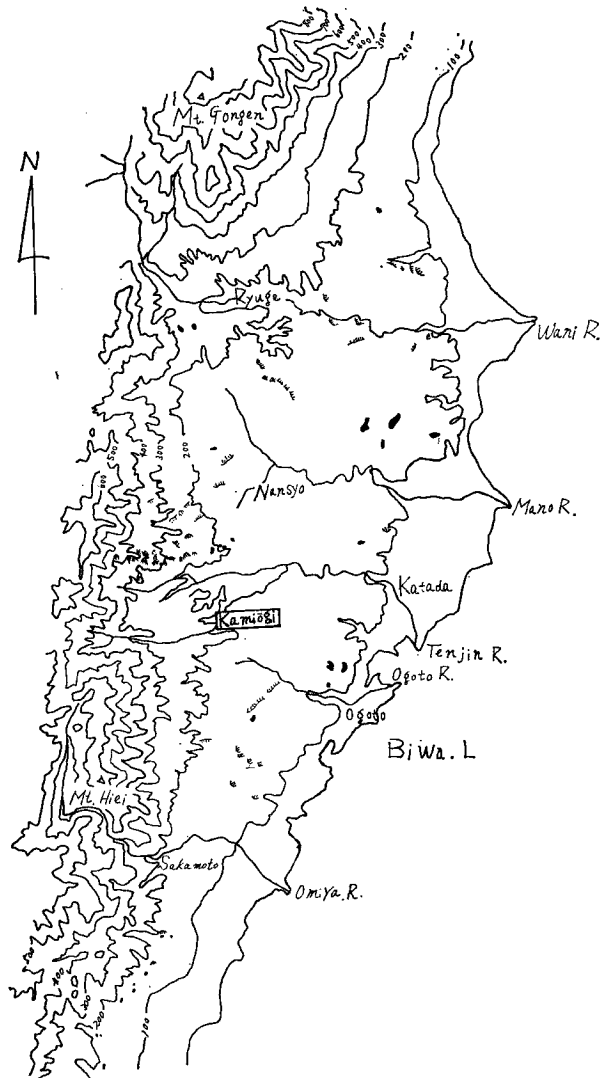


Fig. 1 Index map

の丘陵頂を構成している。局部的には 10 m をこえる。上仰木付近では 240~190m に分布する。扇状地堆積物は主として花崗岩礫からなり、Redsoil-formation により強く影響されている。扇状地堆積物は新旧 2 種類あって、これら 2 種の堆積物は和邇川流域以外ではほとんど区分できない。

地質構造は比叡山脚部に南北にはる 2 本の断層線と滋賀丘陵の東端を切る南北性の推定断層が存在し、後者の推定断層の西側にはほぼ平行に背斜軸が認められる。これら断層・褶曲とも第四紀に活動したことが知られ、滋賀丘陵成立に関係している。

上仰木部落付近の地質は Fig. 2, Fig. 3 および Fig. 4 に示したボーリング資料と現地踏査によると、深さ約 25 m まで粘土層をはさむ砂礫層で、約 25 m 以深ではシルト層に変る。砂礫層の層相は 10 m 付近までは褐色～暗灰色の乱堆積砂礫層で、13 m 付近に約 50 cm の泥炭層があって、この付近の上部と下

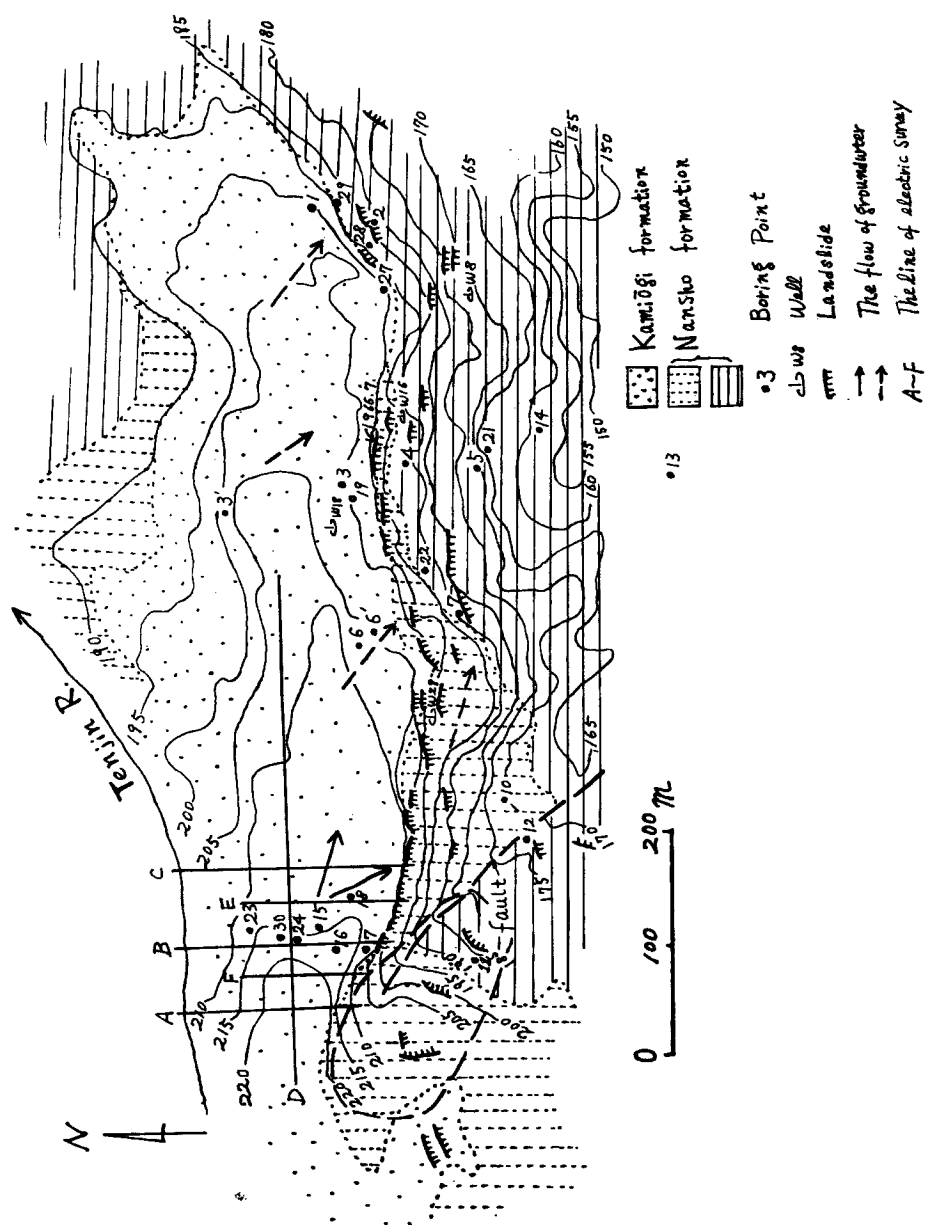


Fig. 2 Distribution of landslide

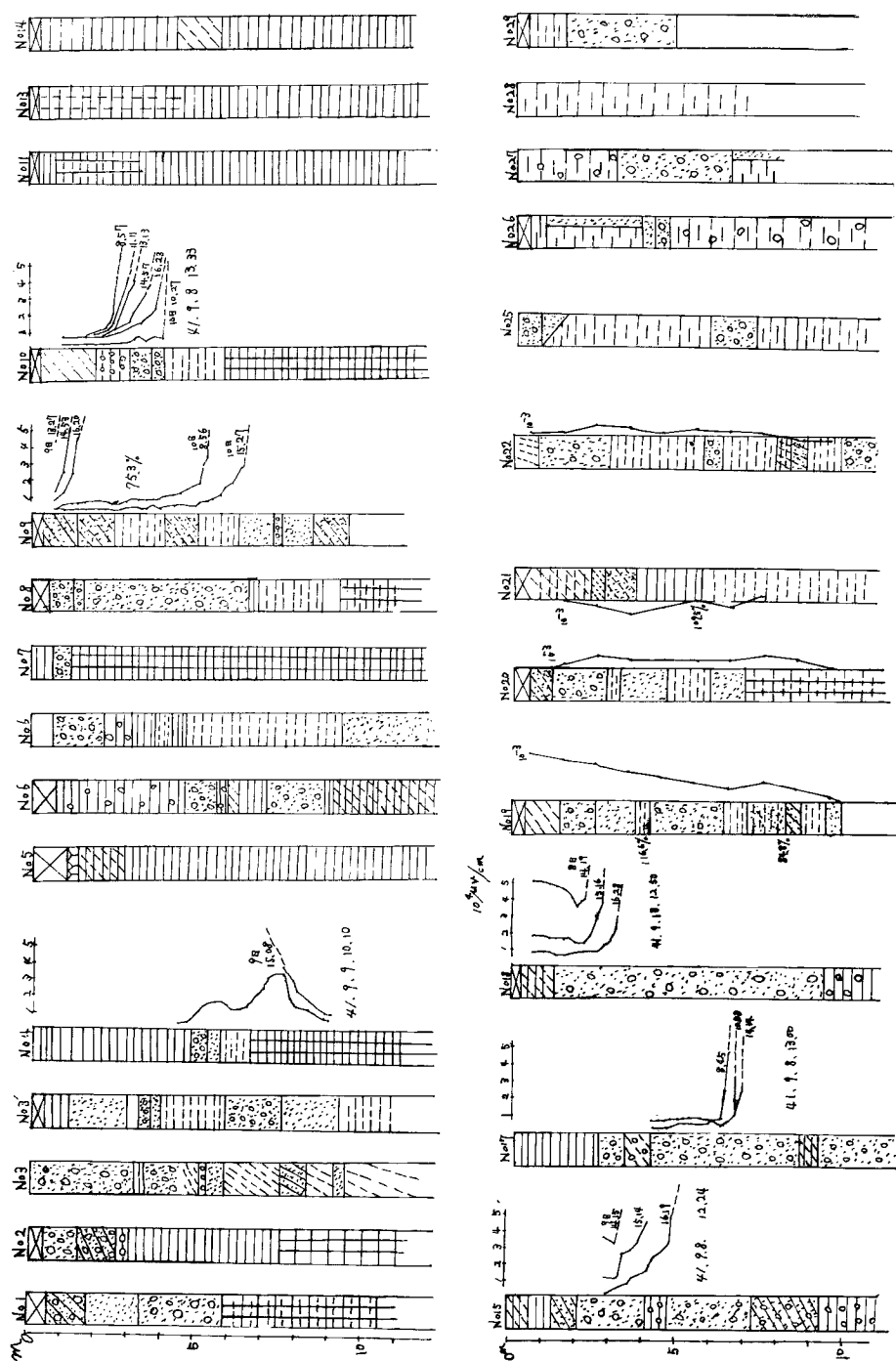


Fig. 3 Columnar section

部では水平層理が発達し、シルト質～粗粒の淘汰のよい砂層がある*3。それ以下シルト層までは部分的に青灰色を呈する粘土層をはさむ砂礫層から構成されている。

雄琴川に面する斜面*4の地質は急斜面の部分が主として扇状地堆積物からなり、ゆるやかな斜面の部分が粘土層の堆積物を主とし、ボーリング資料では台地上のボーリングコアで見られない腐植物をふくむ堆積物が多い。

上仰木部落をのせる台地はほぼ旧扇状地の堆積面を示し、その北と南側は雄琴川と天神川によって切られ、特に雄琴川支流の河床との比高は約 50 m あって、天神川のそれとは約 30 m と、差が著しい。したがってその斜面も雄琴川に面しては急な斜面、天神川に面しては上仰木の台地より一段低い平坦面をへて河床に達するという、異った形態を示す。

微地形は 190 m 等高線付近まで 45° 以上の直線の急斜面を形成しており、それ以下は稍凸形の 45° 以下の比較的ゆるやかな斜面からなり、2つの異った斜面の組合わせからなる。Fig. 2 の No. 8 より西側ではこの斜面の関係は認められず、45° 以上の単一の斜面からなる。

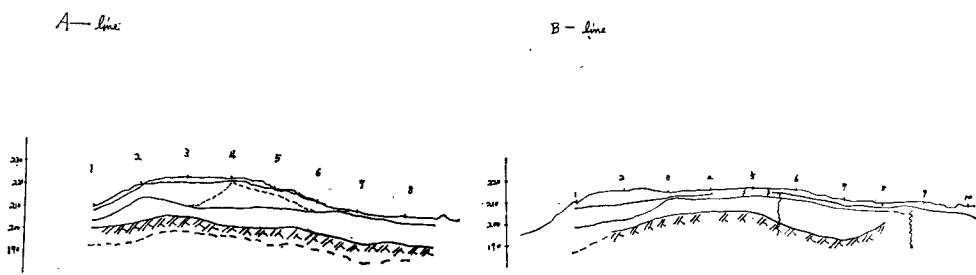
3. 崩壊地の分布

これまでに判明している過去の当地域に発生した崩壊地の分布を **Fig. 3** に示した。**Fig. 3** から明らかに雄琴川に面する斜面、特に台地縁の急崖部の 210~190 m 等高線の間にほとんどが集中して発生している。天神川に面してはまったく認められない。崩壊規模は小さく小崩壊の群発である。

4. 計器觀測測定結果

4.1. 電氣探查

Fig. 4 に示す測線にそって四極法による電気探査を行なった^{*5}。解析結果は比抵抗値の垂直変化から Fig. 5 に示されるような 3 層構造を示す推定断面を得ることができた。断面から基岩と考えられる層は 20 m より少し深い所に予想される。Fig. 6 にみられる $a=2\text{ m}$, $a=5\text{ m}$, $a=10\text{ m}$, $a=16\text{ m}$, $a=20\text{ m}$, $a=30\text{ m}$ の各見掛け比抵抗値の分布が得られた。これらによると 20 m と 30 m の深度では $20\text{ k}\Omega\text{-cm}$ より低い値の分布が支配的で、滞水の良さを暗示している。



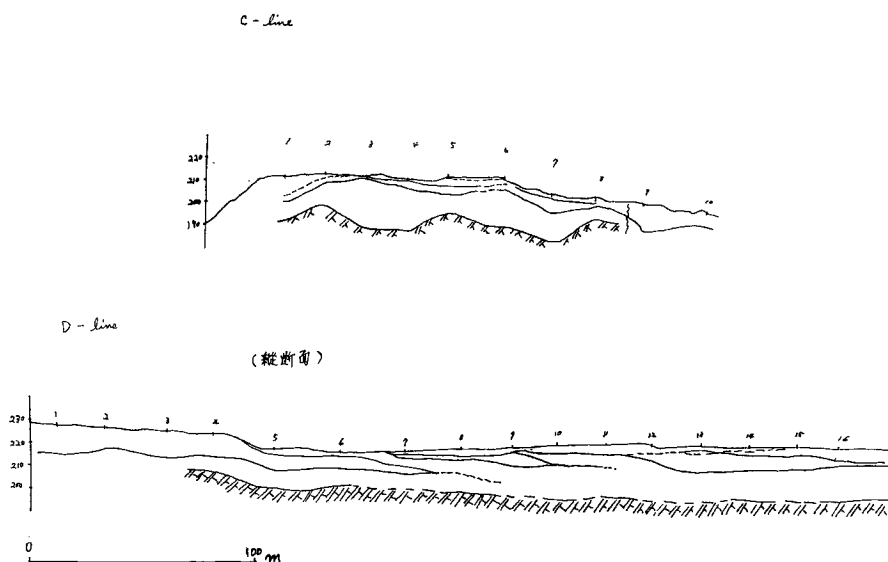


Fig. 5 Assumed diagram of underground profile by electric survey

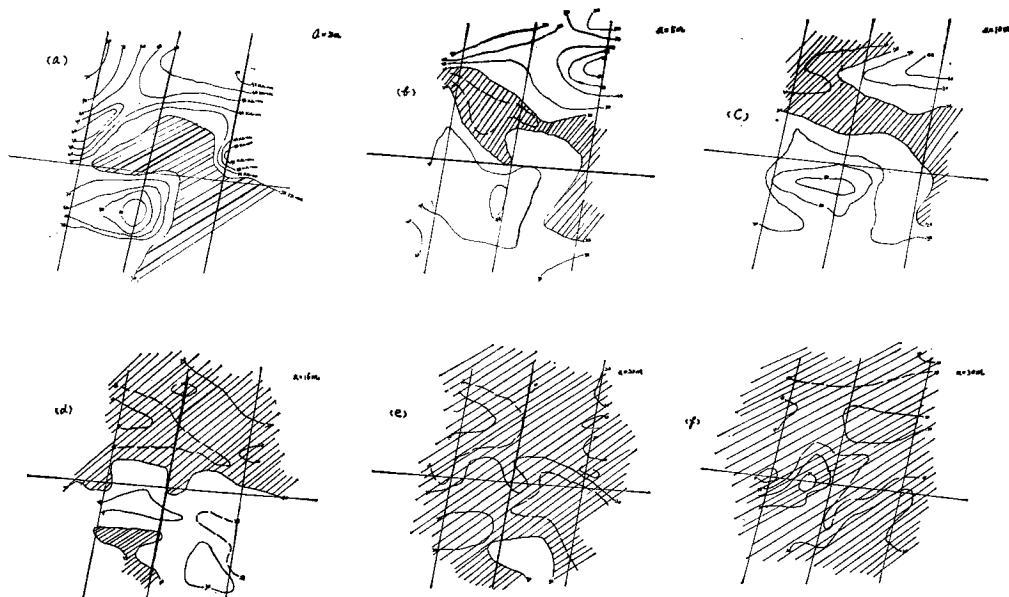


Fig. 6 Distribution of apparent resistivity

4.2. 電気検層

電気検層はボーリング孔 No.30 を利用して行なった (Fig. 4)。本孔は 30 m の深さがあり、地質との対比に好都合な資料が得られた。電氣的に抵抗値が大きいことは空隙率が大いいか、または硬い岩盤であるということを前提にして考えると、比抵抗値の変化から 25 m 以下のシルト層以下では比抵抗値が低く、地下水の滞水のよさを示している。25 m 以浅で、周囲の地質状況を考慮して比抵抗値の変化をみると、25 m 以下の比抵抗値で全体に高く、少くとも一応透水性があると考えられる。次の深さのところは特に比抵抗値の変化が大きく、即ち空隙が多いと考えられ、透水性のよい地層とされる (4 m 以浅, 10~11 m, 15~17 m, 19~20 m, 25~26 m)。ボーリングコアの地質資料と対比すると、25 m 以上の透水性のある地層は砂礫とシルト質物質の互層から構成され、透水性の悪い地層はシルト層となっている。これらの関係は Fig. 4 に明示される。

4.3. 地中内部歪計

地中内部歪計は深度 10 m のものをボーリング孔 No.19, 20, 21, 22 に埋設した (Fig. 2)。No.19 は台地縁の高度 198 m に、No.20 と No.22 は急崖部の高度 191 m と 193 m に、No.21 は高度 164 m のやや緩かになった斜面の部分に、それぞれ位置する。

昨年度⁶⁾および本年度の観測値の解析結果から、次のことがわかった (Fig. 3 19~22)*⁶⁾。

No.19: 昨年10月ごろまでは 6.5 m 付近にひずみが認められ、すべり面らしき傾向が認められた。しかし、ひずみが顕著でなくすべっているという明確な判定はできなかった。

No.20: No.19 と同様 6.5 m 付近にひずみの増加傾向が認められる。

No.21: 3.5 m 付近にかなりのひずみが認められ、すべり面はこの深さ付近と考えられる。ひずみは No.19, 20, 22 のひずみ柱状図と異った側に現われている*⁷⁾。

No.22: 1.5 m と 4.5 m の深さにわずかなひずみがあらわれているが、すべり面と断定できるほどの資

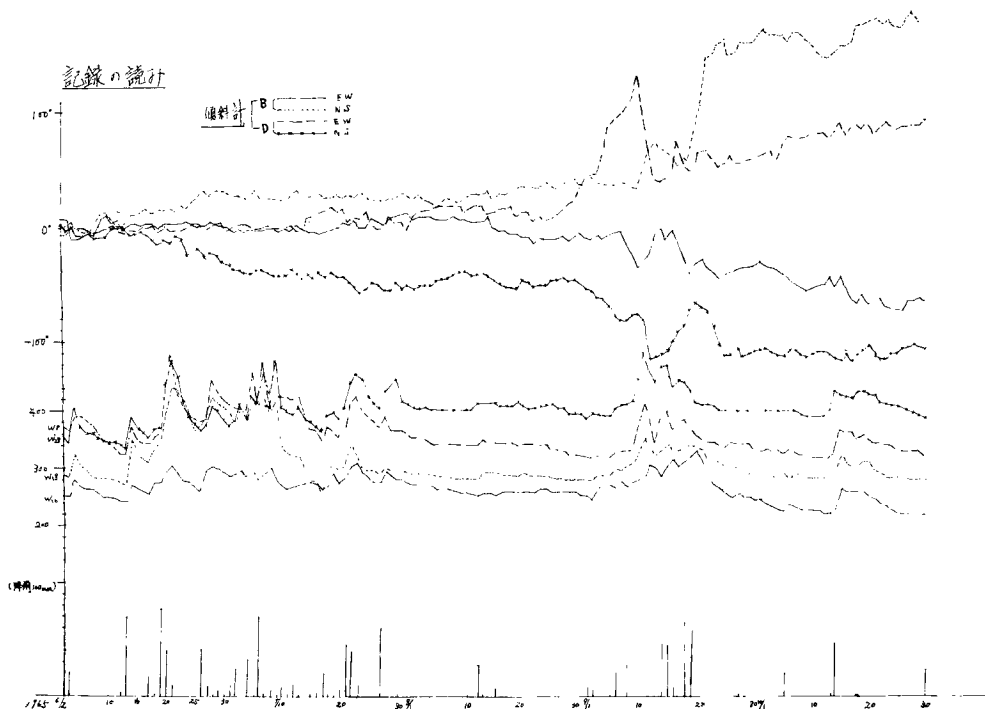


Fig. 7 Relation among tilt-meter, rainfall and groundwater level

料となっていない。

一般に No.19~22 とも、6.5m 以浅の部分でわずかなひずみが認められ、土塊の大きな移動は認められていない。

4.4. 傾斜計

高度 180 m(A), 195m(B), 204m(D) とそれぞれ急崖部*⁸ に設置し、1965年6月より11月まで観測し、その資料が得られている。結果は梅雨期には殆んど変化が認められていなかったが、9月中旬に降った集中的降雨により、各傾斜計ともかなり明瞭に変化があらわれている。特にBにおいて変動が大きい (Fig. 7)*⁹。なお、Fig. 7 では (A) の資料をのぞいてある。

5. 地下水調査について

5.1. 井水位

当地すべり地には既設の井戸が多く、井水位等高線を描くのに好都合であった。井水位等高線図にさらにアンケート調査によって得た旱天時と降雨による水位変化の有無を記入し、Fig. 8 を作製した。

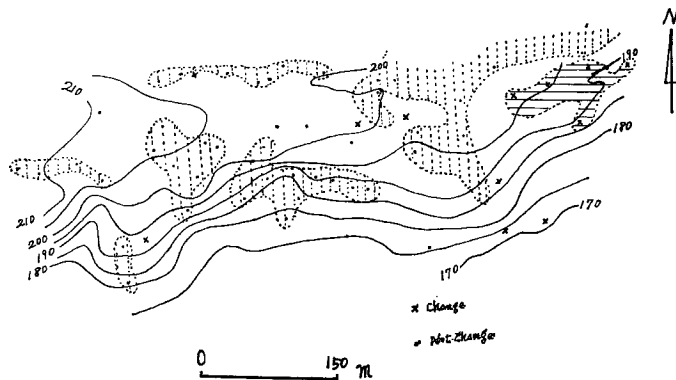


Fig. 8-a Distribution of groundwater level change by rainfall effect

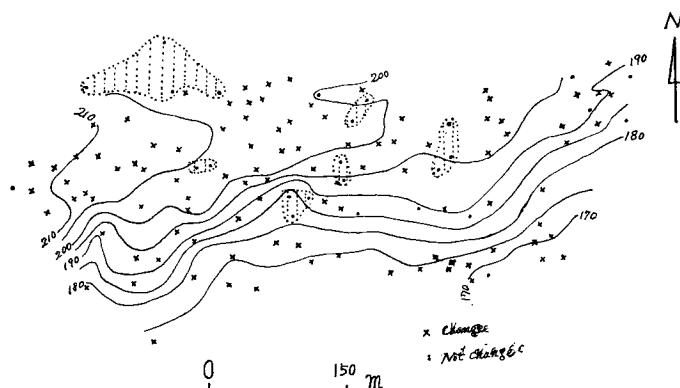


Fig. 8-b Distribution of groundwater level change by rainfall effect

Fig. 8 と a (旱天時), b (降雨時) を比較してみると明らかなように、一部をのぞき大部分の井戸水は旱天時に水位変化を認めず、この地区が滞水の良いことを示している。Fig. 8 b からは降雨によって水位が増加することがわかる。井水位面は台地崖端部で等高線とほぼ一致して急になっている。このことは台地の地下水が崖端部へ漏水することを暗示する。降雨水によっても井水位の変化しない地帯は地下水の流れがほとんどない地帯と考える。

4 個所の井戸で連続的の井水位変化観測を行なった結果は Fig. 7 W₈, W₁₆, W₁₈, W₂₈ に示される。

5.2. 透水層調査

既設のボーリング孔 No. 4, 9, 10, 15, 17, 18 を利用し、それに食塩を投入し、その希釈度の変化を電気伝導度計でとらえて、地下水流と地質の関係をみた。得られた結果は Fig. 3, No. 4, 9, 10, 15, 17, 18 にそれぞれ示され、透水のよい部分はほとんど砂礫層となっている。しかしボーリング孔が浅く、ごく上部の地下水の流動しかとらえることができず、滞水層全体の地下水流動をとらえることができなかった。

5.3. 地下水追跡・地温調査・揚水試験^{*10}

地下水流の動向を知るためにこれらの諸調査を行なった。結果は Fig. 8 a, b の地下水の分布状態も考慮して Fig. 2 に矢印であらわした。大きな傾向としては台地上より雄琴川に面する斜面に向けて流れる傾向が認められる。

本年度9月から10月にかけて行なった揚水試験の結果は Fig. 9 に示した。試験した地区では10m 付近と 25m 付近では異った傾向があるが、大きく分けて台地上を流れようとする傾向と崖端部へ流れようとする傾向が認められる。

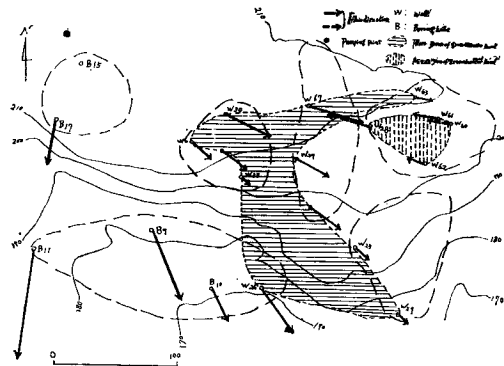


Fig. 9 Flow pattern by pumping test

6. 歪計・傾斜計と地下水との関係

歪計によるひずみの出現と降雨・地下水位の上昇との関係はひずみ量そのものが小さく記録にはみとめられない。この関係についてはここでは省略する。

傾斜計の観測は1965年6月より11月にわたって行なった。この時期は梅雨期と台風のシーズンをはさんでおり、地すべり発生との関係の深い期間である。Fig. 7 に示したように、地表傾斜の変動が傾斜計に表われたのは9月中旬の集中豪雨の時である。Fig. 7 でみられるように地下水位との比較では6月・7月の梅雨期の一般的水位上昇時より、8月の水位低下期を経て、台風23, 24号の通過による集中的降雨によって急激な水位上昇とその急激な下降の時に地表傾斜の変動が現われている。地下水位の急激な上昇と急激な下降は梅雨期にも3回ほどあり、わずかではあるが、地表傾斜の変動が認められる。

7. 地形・地質・地下水と崩壊個所との関係

上仰木地区 1/1,000 地形図から投射断面を描き、それに井水位と崩壊個所^{*11}を記入して Fig. 10 を得た。これから一般的傾向をみると、急崖部と崩壊個所と地下水(井水位の高度分布)とがほぼ一致する傾向を示している。ボーリング孔 No. 30 のシルト層の深度をこの台地一般のシルト層の深さと仮定して高度を読むとほぼ 190 m 等高線に一致する。地形的には 45° 以上の直線の斜面と 30° 以下の斜面の変換点である。先に述べた電気検層の結果では 25 m 以上で透水性があり、25 m 以下では認められていず、地下水の流れも 25 m 以上の部分に集中している。すでに述べた地下水の計器観測や揚水試験の結果は地下水流が雄琴川に面する斜面に向っており、雄琴川に面する斜面に地下水流出を暗示している。事実 190 m 付近でしばしば地下水の滲みだしが認められ、計器観測・揚水試験の結果とよくあう。

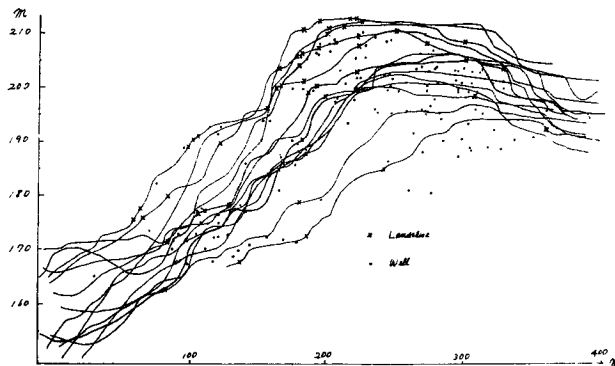


Fig. 10 Relation among Landslide, well and slope

本年7月に生じた崩壊地は地形と地質と地下水との関係を端的に示した具体例である。その時、上部は砂礫と褐色の粘土質充填物質で、下部は青灰色のシルト層からなり、砂礫層とシルト層との間から地下水の流出が認められた。

以上に述べた地形・地質・地下水の関係は Fig. 11 に模式的に描かれる。Fig. 11 からわかるように 190 m 付近より上部斜面は現在活発な侵蝕作用の行なわれている部分で、それ以下の部分は一次的堆積地域を形成しており、将来厚い崩土層の形成が考えられ、厚い崩土層の堆積は斜面の安定をやぶる結果となる。ここでは地すべりの素因を形成しつつあるといえる。

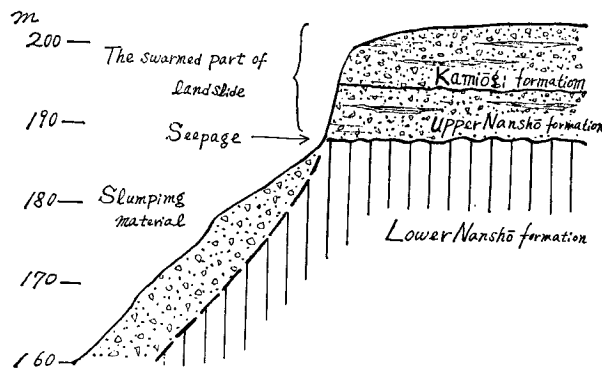


Fig. 11 Schematic profile

8. ま と め

上仰木地すべり地の地形的・地質的・水文的条件とそれらの相互の関係について述べた。要約すると次のようになる。

- 1) 上仰木地すべり地は小崩壊が慢性的に発生するいわゆる崩壊性地すべりである。
- 2) 崩壊は高度 190 m 付近のシルト層と砂礫層の境界に発生しており、砂礫層中の Cap water が関係している。
- 3) 崩壊発生の地形的位置は 45° 以上の急な直線的斜面と緩かな 45° 以下の異った 2つの斜面の変換点、特にそれより上位の 45° 以上の台地縁斜面である。(文責古谷)

謝 辞

本調査の資料集収に際して湊元豪已教務員に負うところが大きい。また現地調査の際お世話になった滋賀県耕地課の各位、今津県事務所の各位、ならびに地元の方々に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 農地地すべり調査グループ (1960) : 日本における地すべりの 2, 3 の問題——とくに地質と土地利用の問題を中心として——地球科学, No. 47, pp.12—24.
- 2) 池辺展生 (1933) : 琵琶湖西方の古琵琶湖層, 地球 Vol. 20, No. 2, pp.1—20.
- 3) 酒井軍次郎 (1965) : 地下水学 p. 59 朝倉書店
- 4) TAKAYA, Y (1963) : Stratigraphy of the Poleo-Biwa Group and the Paleogeography of Lake Biwa with Special Reference to the Origin of the Endermic Species in Lake Biwa. Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series B, Vol. XXX, No. 2 Geology and Mineralogy pp.81—119.
- 5) 前掲 2)
- 6) 上仰木地区地すべり調査報告書 昭和40年度防災協会
 - * 1 ここでは過去何回かにわたって慢性的に発生した斜面崩壊に対して崩壊性地すべりと呼ぶことにする。
 - * 2 以下地質は主に高谷によってのべる。
 - * 3 旧期の汀線付近の堆積物と考えられる。
 - * 4 斜面形については後述する。
 - * 5 当初は測線を全面にはる予定だったが人家が多い地区ではそれがはたせなかった。
 - * 6 昨年度からの累加値の最終ひずみ柱状図で記してある。
 - * 7 この原因についてはまだ不明。測定ミスによるものと思う。
 - * 8 前述の 45° 以上の直線的斜面の部分に相当する。
 - * 9 6の項で詳述する。
 - * 10 40年度報告書による。明治以前のものはまったくわからず、ほとんどが昭和に入ってから以後発生したものである。
 - * 11 記録と聞きとりと現地踏査により作製した。