

破碎帯地すべり地の地中歪観測の2・3の結果

島 通保・古谷 尊彦・小西 利史

THE OBSERVATION OF INTERNAL STRAIN AT A SHATTERED ZONE TYPE OF LANDSLIDE AREAS

By Michiyasu SHIMA, Takahiko FURUYA, Toshifumi KONISHI

Synopsis

Now the landslide surface and the mechanism of a landslide are commonly discussed, based on surveys by means of the internal strain meter. On case of a shattered zone type of landslide area, however, the data gathered in this method have a strain value of unknown origin and have many things unsolved. This time, therefore, the observation of underground deformation was made with a pipe strain meter of ordinary type and an internal strain meter of insertion type at a shattered zone type of landslide areas; Yakuōji, Kuki and Nishiikawa. It has proved helpful for finding where the landslide surface exists.

1. はじめに

地すべり地で、地中内部歪計（パイプ歪計）を利用して地すべり面の判定や地すべりの運動機構を論ずるようになって久しい（淡元，1963，山口，1964）¹⁾²⁾。近年、四国地方の破碎帯地すべり地でも地中内部歪計が利用され、地すべりの運動機構がしばしば論ぜられている（Takada, Y., 1968, 山口ほか5名, 1969）。しかし、古谷ほか（1973）³⁾はすでに、破碎帯地すべり地においては地質的・地形的にみて予想されないような部分に大きな歪量が検出され、地すべり面判定に問題点の多い事を報告し、破碎帯地すべり地に適した地中内部歪計を工夫するか、あるいは別途に新しい測定器を開発する必要性を述べた。

最近、ボーリング孔に埋設されたパイプにセンサーを挿入して計測する方法が考案され（高田ほか，1971，島ほか，1973）⁴⁾⁵⁾、それらの有用性が論じられている。この2つの方法のうち、高田ほか（1971）の方法は方位計・センサー部分・角柱棒と支え円筒からなり、保護パイプで覆う構造になっており、また、センサーの移動はワイヤーによって行う方式であり、この歪計は特別に設置する必要がある。しかし、島ほか（1973）の方法はセンサー部分とセンサーの挿入に必要なロッドがあれば可能であり、既掘削のボーリング孔のビニールパイプをそのまま利用できる便利さがあり、簡易である。しかし、測定時に1人では測定できないという欠点を伴う。

今回は上記2つの方法のうち、島ほか（1973）の方法を用いて3箇所の破碎帯地すべり地で観測を行なった。挿入型地中内部歪計で地中歪の観測に当って、地上実験で得られた結果から300マイクロストレイン程度以上の値が検出された場合にパイプの曲りがみられ、これが指標になる。以下に得られた結果を報告し、大方の御批判御教示を得たい。

2. 観測結果について

観測を実施した地すべり地は徳島県日和佐町葉王寺の地すべり地、東祖谷山村九鬼の地すべり地、井川町西井川の木工団地に発生した地すべり地である（Fig. 1）。以下に各地すべり地の特徴と観測によって得られた結果について述べる。

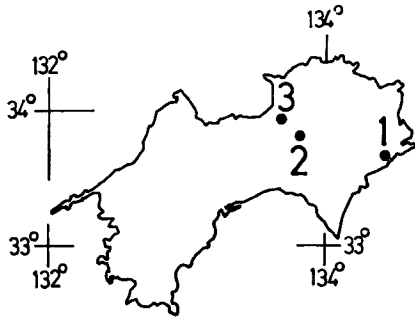


Fig. 1 Index map

1: Yakuoji landslide area, 2: Kuki landslide area, 3: Nishiikawa landslide area

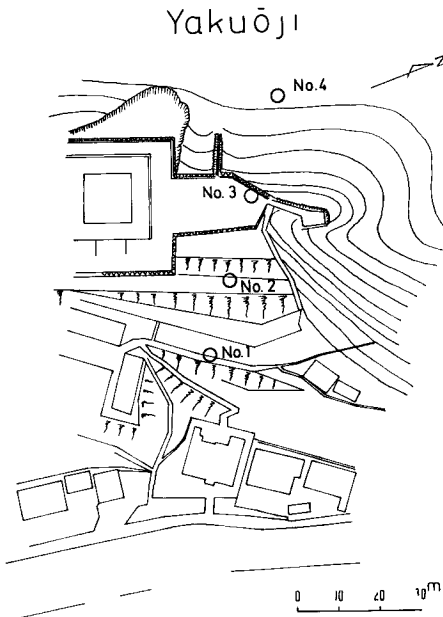


Fig. 2 The topographical map of the Yakuōji landslide area

る。従来のパイプ歪計による結果と一致する深さは3mのみであり、この3mの歪量は観測初期に検出されており、発散傾向は顕著でない。なお、挿入型地中内部歪計で判定できるパイプの曲りはパイプ埋設時から地中に固定されるまでの間に生じた曲りと考えられ（ボーリング孔は孔径60mm~90mm程度であり、塩ビパイプの外径は50mm程度である。また、ボーリングは垂直に掘れているとはかぎらず、若干の曲りを伴っているのが通常である）、今後この曲りについての検証も必要である。

No. 2の挿入型地中内部歪計により観測された地中歪の大きい部分は深さ2m, 12.5m, 18mに認められるが、まだ、いずれも300マイクロストレインに達していない(Fig. 3)。この各深さの従来のパイプ歪計による

2.1 葉王寺の地すべり地

(1) 地すべり地の概要

この地すべり地は徳島県南部の日和佐町市街地西端に位置する海拔高度500m程度の山地東斜面に発生している。地すべりの発生している部分には四国第23番札所葉王寺があり、昭和37年3月27日にこの葉王寺庭内に瑜祇塔の建立の工事が始められ、昭和38年9月20日に竣工している(Fig. 2)。最近この瑜祇塔を建立した部分に地割れの発生が認められ、葉王寺が徳島県南部の主要な観光対象物であることもあって、徳島県土木部による地すべり調査がなされている。

地質は四万十帯の上部白亜紀牟岐層に属する砂岩および砂岩を主とする互層から構成される。ボーリングによる地質調査結果はほとんど砂岩層から構成されており、一部泥岩層をはさむ(Fig. 3)。この砂岩を主とする地層は2m~15m程度の厚さで自然および人工による岩屑性堆積物が被覆している。また、砂岩層に深さ10mにまで達する深層風化が認められ、局部的には25mの深さに岩層破砕が認められる。

(2) 地中内部歪の観測結果

昭和48年度にこの地すべり地で、徳島県がNo. 1~No. 4の4本の地中内部歪計観測を実施している(徳島県, 1973)⁸⁾。挿入型地中内部歪計による観測は昭和49年12月21日にNo. 4について、昭和50年1月8日にNo. 1, No. 2, No. 3についてそれぞれ実施した。それらの結果は整理してFig. 3に示した。Fig. 3は地質柱状図と従来のパイプ歪計による観測結果、挿入型地中内部歪計による測定結果が示されている。

従来のパイプ歪計による観測結果はそれぞれNo. 1: 4m, No. 2: 11m, No. 3: 9mと23m, No. 4: 25mの各深さに地すべり面と判定される歪量の蓄積が認められる(Fig. 3)。挿入型地中内部歪計による結果はNo. 1で深さ3m, 8m, 10m, 14m, 20m, 23mに300マイクロストレインにみえないがわずかな歪量変動が認められる。このうち、14m付近の値がやや大きく、300マイクロストレインよりわずかに小さい程度である。

Yakuōji

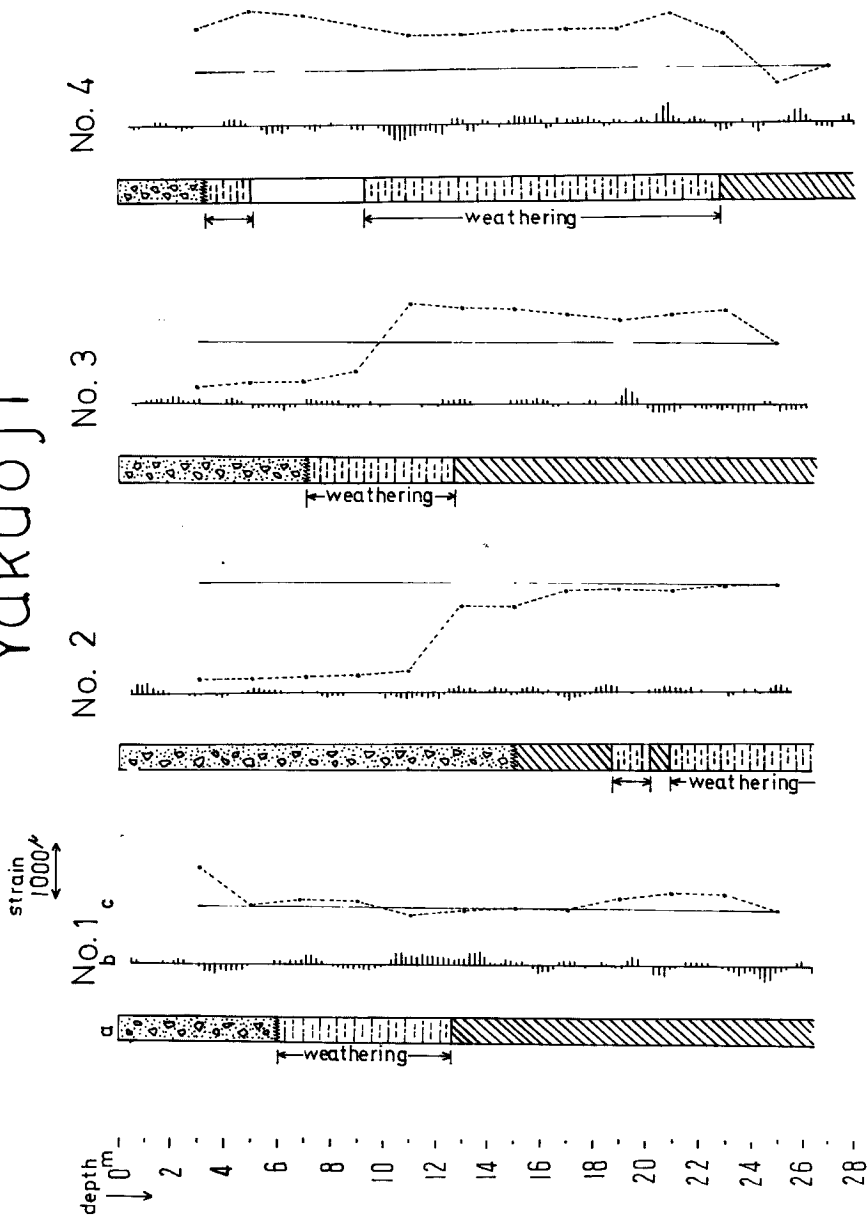


Fig. 3 The relationship among the geological columnar sections, the pillar-shaped graph of accumulated strain and the strain value through the internal strain meter of insertion type
 a : the geological columnar section, b : the strain value through an internal strain meter of insertion type, c : the pillar-shaped graph of accumulated strain

歪量変動は12.5mで対応関係があり、また、発散傾向が示されているが、挿入型地中内部歪計ではまだ300マイクロストレインに達していない。今後の歪量変化によるところが大きい、地すべり面が予想される。

No. 3の挿入型地中内部歪計で得られる地中歪は深さ6m、9.5m付近にやや大きなものが存在する。ことに9.5mの深さは280マイクロストレインに達しており、顕著である。従来のパイプ歪計による歪量増大部は深さ9m付近と23m付近にあるが、挿入型地中内部歪計でみられる地中歪は9.5m付近の深さでみられる。しかし、わずかではあるが、300マイクロストレインを下まわり、明瞭にパイプが変形しているといいたい。

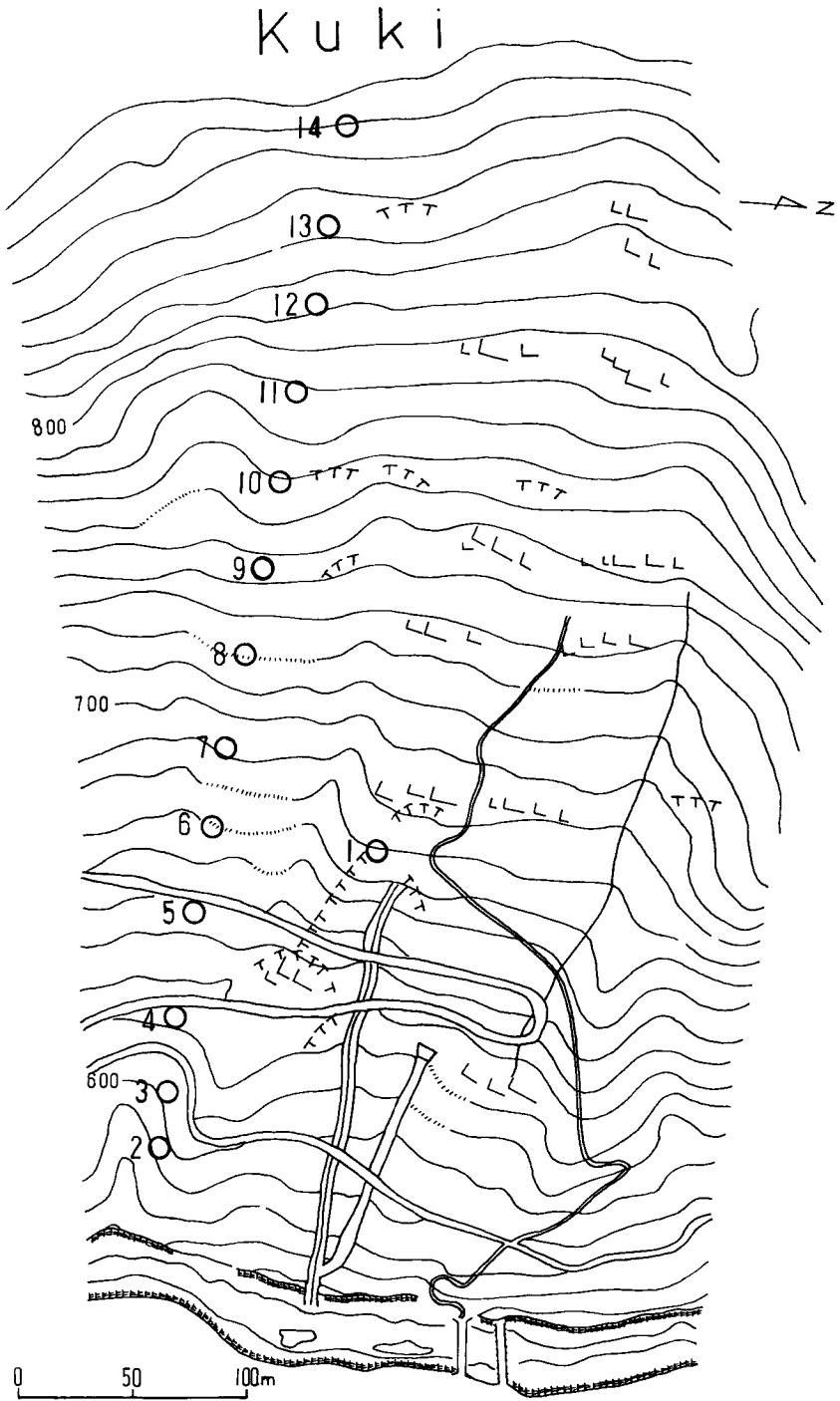


Fig. 4 The topographical map of the Kuki landslide area

このことは従来のパイプ歪計で判断される地すべり面は十分な意味をなしていないと考えられ、その歪量の増大の原因については今後の問題として残る。

No. 4 についての挿入型地中内部歪計による検討は次のようになる。地中歪の大きい部分は 10.5m, 21m, 25m 付近にあり、10.5m と 21m 付近は300マイクロストレインの歪量に達して若干のパイプの曲りが考えられる。一方、従来のパイプ歪計による歪量変動の大きい部分は 3m, 21m, 23m にあり、このうち 23m に発散傾向がみられる。しかし、挿入型地中内部歪計の観測結果では 23m には 300 マイクロストレイン以上の地中歪は認められず、パイプの曲りは考えがたい。これらのことから No. 4 では、現状では地すべり面は存在しないと考えられる。しかし 10.5m と 21m にやや地中歪が大きくなっているから、今後の変化についての観測におうところが大きい。

これらの結果から、薬王寺の地すべり地では従来の地中内部歪計観測結果から判断される地すべり面について疑問があり、従来のパイプ歪計で検出される歪量の増大の原因については今後調査する必要がある。

2.2 九鬼地すべり地

(1) 地すべり地の概要

九鬼地すべり地は吉野川の支流祖谷川上流域に位置する。地形は地すべり地末端が泥質片岩からなる基盤岩から構成され、河床から比高約 10m の急崖を形成し、祖谷川と接している。主要部は祖谷川に接する急崖より上部に緩斜面として広がっている (Fig. 4)。地すべり地南縁は泥質片岩を主とする結晶片岩類からなる急崖や急斜面で境され、西縁、すなわち頂部は海拔高度 950m 付近から上部へやや急になるが、はっきりした崖線は認められない。北縁は小谷によって限られているが、一部が小谷より北部に存在する。

この地すべり地は潜在性地すべり地であったが、昭和38年ごろより地すべり地の下部で顕著な土地変動が認められるに至った。この地すべり地の主要部はその中央部を小谷によって2分されており、今回対象とした地区は2分された南側のブロックと北側のブロックの下部の一部についてである (Fig. 4)。各パイプ歪計の位置は Fig. 4 に示した。

地質は泥質片岩を主とする結晶片岩類からなる基盤岩とこれを被覆する岩屑性堆積物から構成される。岩屑性堆積物は岩塊・岩屑および風化土からなり、堆積構造は崖錐堆積物のそれと類似している。ボーリングによる地質調査の結果、基盤岩と岩屑性堆積物の境界は Fig. 5 のように示される。

(2) 地中内部歪の観測結果

パイプ歪計により観測して得られた資料は Fig. 5 に示される。それによると、地すべり面と判定される深さは No. 1:11m, No. 4:5m, No. 7:7m, No. 8:5m, No. 9:13m, No. 13:27m, No. 14:1m と 7m に認められる。

それらの各深さについての挿入型地中内部歪計によって得られた値は Fig. 5 のようになる。Fig. 5 から明らかなように、No. 1 の深さ 11m は約1100マイクロストレインあって最も明瞭なパイプの曲りが確認される。No. 4 の深さ 5m は 300 マイクロストレイン以上の値はなく、パイプの曲りは存在しない。No. 7 の深さ 7m は約 800 マイクロストレイン存在し、挿入型地中内部歪計でみられる曲りと一致する。No. 8 の深さ 5m については、7m 付近に 1500 マイクロストレインに達する値がみられ、深さにずれがあるが、対応関係がみられる。No. 9 の深さ 13m については挿入型地中内部歪計が深さ 13m より深く挿入されず、埋設されているパイプの切断が確認できる。No. 13 の 27m はほんのわずかな歪量で、他の深さ、例えば深さ 16m, 18m, 19m などとくらべほとんど曲っていない程度である。No. 14 は深さ 1m と 8m にわずかな歪量が認められるにすぎない。なお、挿入型地中内部歪計で各パイプにそれぞれの深さで多少の曲りが認められるが、これはパイプの埋設固定時の最初からの曲りと考えられる。この点についてはパイプの埋設直後からの観測によって明らかにする必要がある。

これら上記の結果は明らかに従来の地中内部歪計のみによる観測で地すべり面を判定した場合と挿入型地中内部歪計で観測した結果が異なり、従って、両者の併用によって地すべり面判定を行えば精度の高い結果が期待できる。九鬼地すべり地では No. 1:11m 付近, No. 5:12m 付近, No. 6:6m 付近, No. 7:7m 付近,

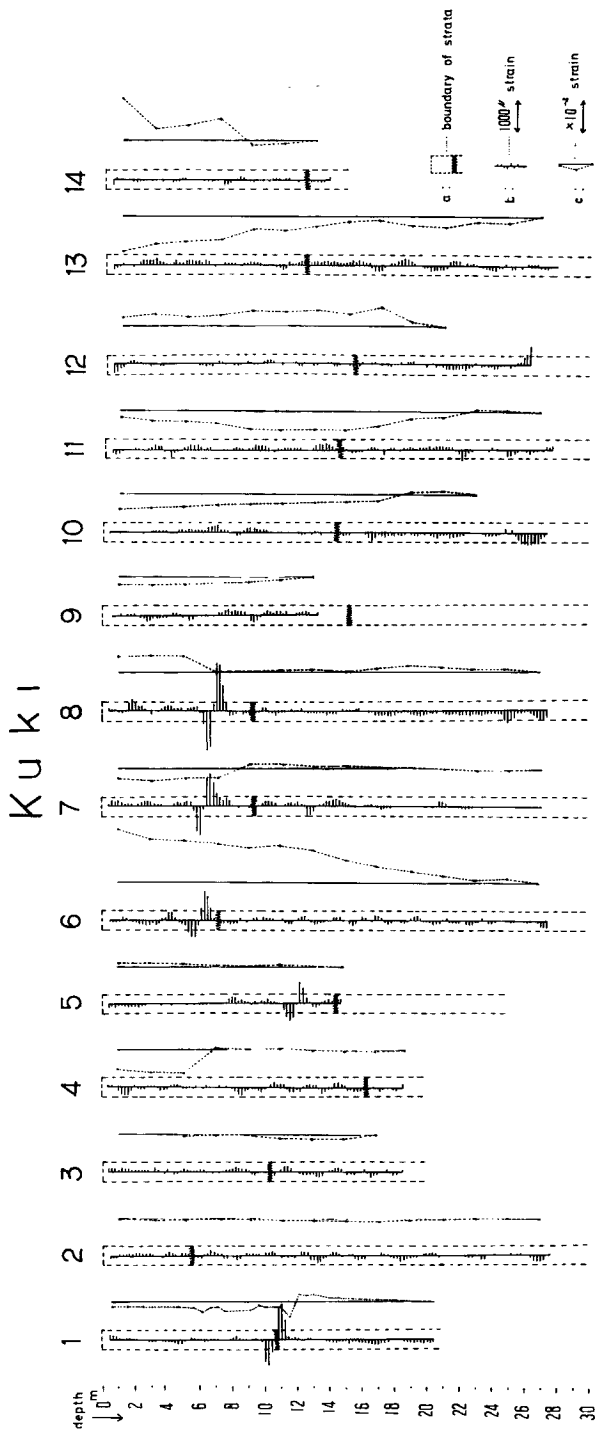


Fig. 5 The relationship among the boundary of strata, the pillar-shaped graph of accumulated strain and the strain value of the internal strain meter of insertion type

No. 8: 7m 付近にそれぞれ地すべり面の存在を確認できる。

2.3 西井川の地すべり地

(1) 地すべり地の概要

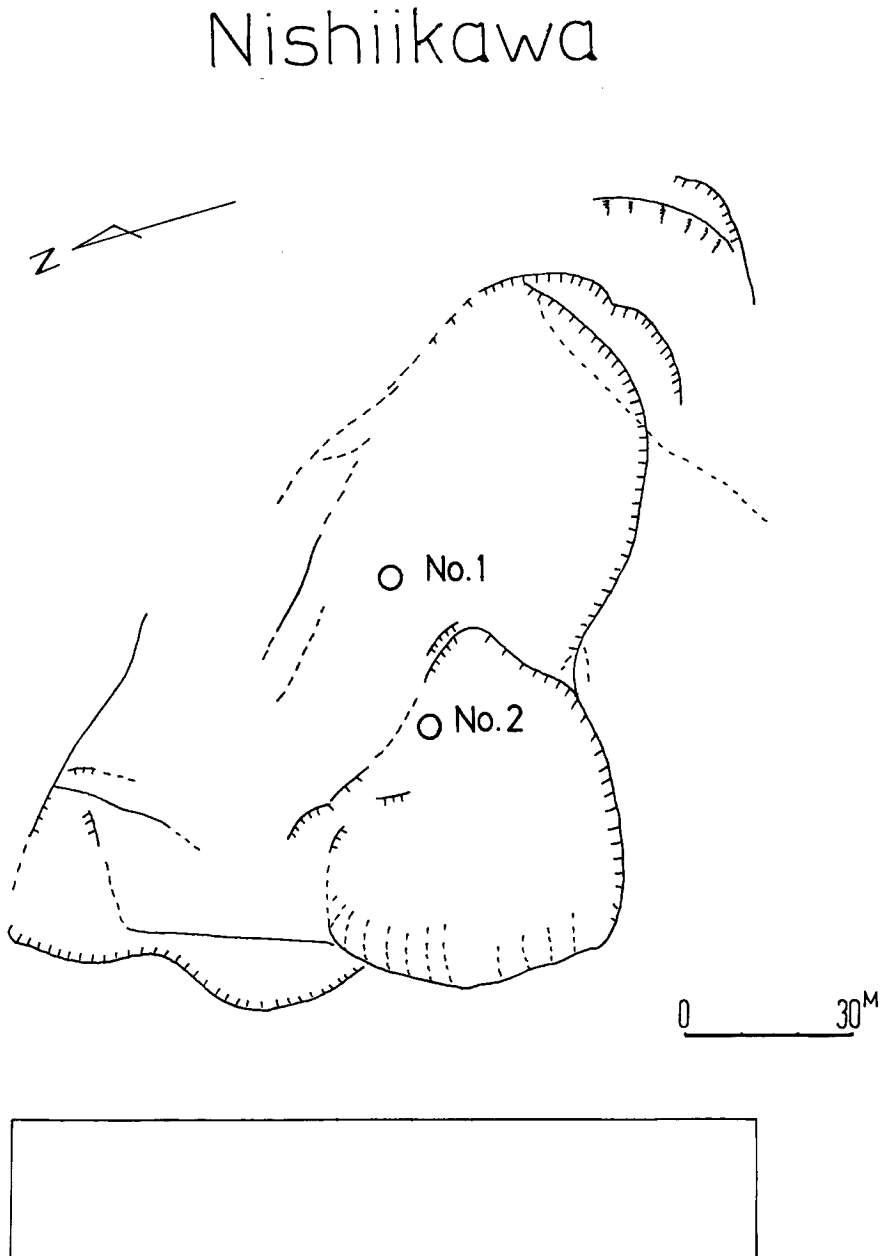


Fig. 6 The outline of the Nishiikawa landslide area

徳島県井川町西井川の諏訪谷の東斜面に木工団地の造成が行なわれ、斜面の切り取りを行なったところ幅100m 長さ170mにわたって地すべりが発生した。この地すべりが発生したのは48年11月下旬ごろのことである。その後、現在に至るまで間欠的に変動をくりかえしている。

地すべり発生地の地形は、山地斜面から派生する小規模で緩らかな尾根である。この位置は海拔高度200m前後の部分に当り、一般的にこの周辺地域ではしばしば風化層の厚い高度である。地質は三波川帯の北縁の部分に当り、塩基性片岩の多い泥質片岩との互層からなる。ボーリングによる地質調査の結果をみると、塩基性片岩、泥質片岩の厚い風化層が認められ、深い所で16m程度まで認められる。しかし、岩屑性堆積物は存在せず、過去に地すべりの経験を経していない。地すべりによる土地変動の概要はFig. 6に示される。

(2) 地中内部歪の観測結果

従来のパイプ歪計は全体で5本埋設してある。このうち、顕著な土地変動のみられるNo. 1とNo. 2について、挿入型地中内部歪計を併用して観測した。No. 1は地すべり地のほぼ中央部に位置し、深さ24mまでであるが、昭和49年6月ごろには12mより深部ですでに切断されており、それより浅い部分の観測になる(Fig. 7)。

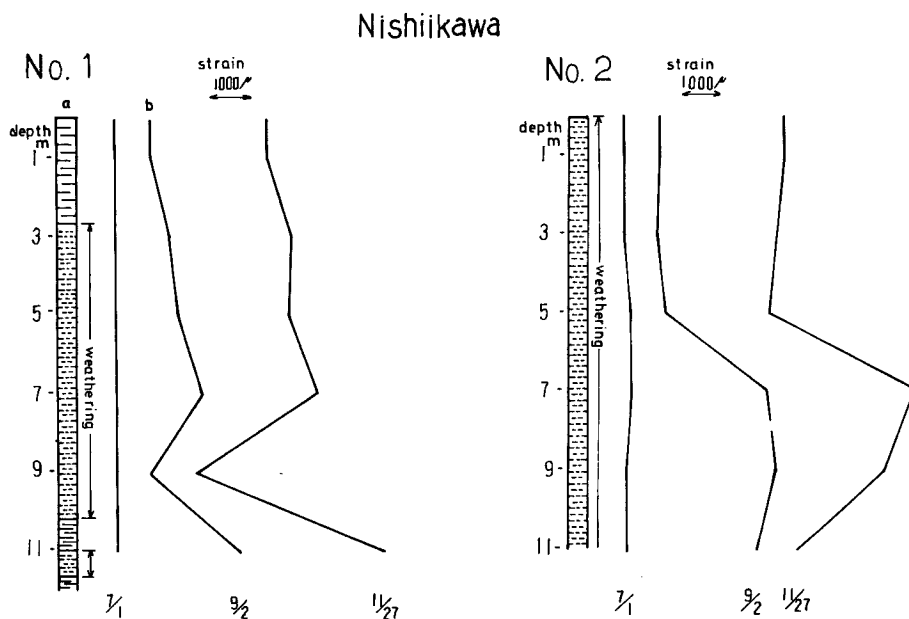


Fig. 7 The relationship between the geological columnar sections and the pillar-shaped graph of accumulated strain
a: the geological columnar section, b: the pillar-shaped graph of accumulated strain

この位置では従来のパイプ歪計の結果からは12mより深くで大きな動きをしていると考えられる(Fig. 7では表現してない)。従って、得られている資料は比較的動きの小さい部分である。No. 2は全体の地すべり土塊の末端で大きく変動している部分にあり、局部的な土地変動として年間2m程度が認められている(伸縮計の観測結果に基づく。資料は省略)。ここでも深さ24mまでパイプは埋設されており、現在は深さ11mより深い部分についてはパイプが切断されていて、11m以深は測定できていない。また、この部分はクラックの分布状態から地すべり地全体の動きと末端部分での変動の2つが存在すると考えられる部分に当る。

従来のパイプ歪計による観測結果はFig. 7のようである。Fig. 7から明らかのように、No. 1の主な地す

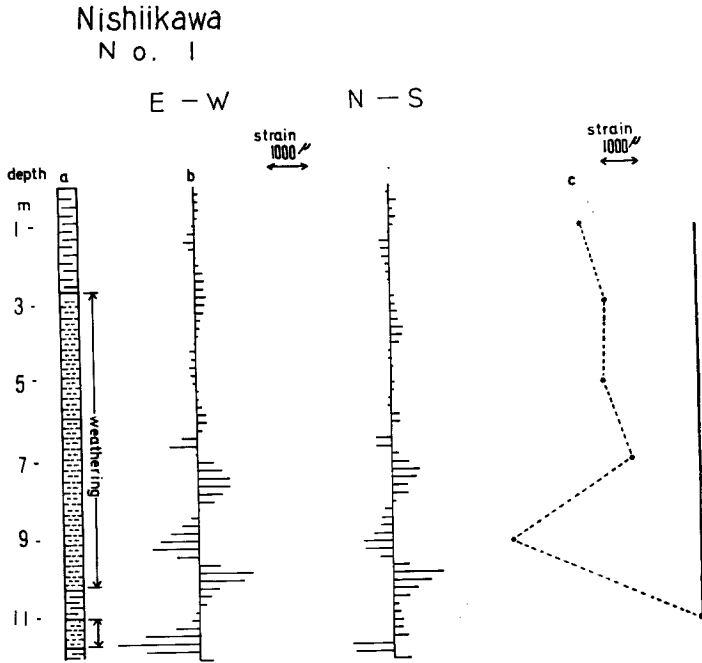


Fig. 8 The relationship among the geological columnar sections, the pillar-shaped graph of accumulated strain and strain value of the strain meter of insertion type
a: the geological columnar section, b: the strain value of the strain meter of insertion type, c: the pillar-shaped graph of accumulated strain

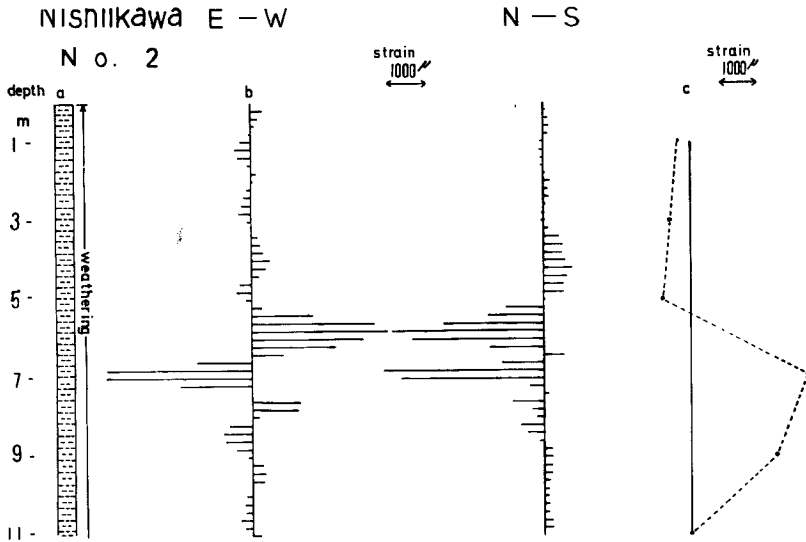


Fig. 9 The relationship among the geological columnar sections, the pillar-shaped graph of accumulated strain and the strain value through the internal strain meter of insertion type
a: the geological columnar section, b: the strain value by through the internal strain meter of insertion type, c: the pillar-shaped graph of accumulated strain

べり面は深さ 7m と 9m 付近にある。挿入型地中内部歪計からはパイプの曲りは深さ 8m, 9m, 10.5m 付近に 300 マイクロストレインをこえる地中歪がみられ (Fig. 8), 顕著な曲りが認められる。この曲りは東西方向で斜面のほぼ最大傾斜方向に当り, パイプ歪計による曲りと実際のパイプの曲りとの間に若干のずれが認められる。これはゲージ間隔の問題が含まれる。南北方向のパイプの曲りは深さ 2.5m, 6m にわずかに認められ, 主要な曲りは 8m, 9.5m, 11.5m に存在する。東西方向との間にもパイプの曲りのずれがある。

No. 2 はパイプ歪計によると深さ 7m と 9m に地すべり面 (土塊変動の大きい部分) がある (Fig. 7)。挿入型地中内部歪計によるパイプの曲りは東西方向については深さ 6.5m 付近に 3,500 マイクロストレインをこえる歪値がみられ大きな曲りが認められる Fig. 9。南北方向は5.5m付近に 4,000 マイクロストレインに達する歪値が検出され, パイプの著しい曲りが存在する。その他の深さに3.5m, 4.5m, 7.5m, 9m, 10mなどの深さに若干の曲りがみられる。このようにパイプ歪計と実際のパイプの曲りの間にはかなりのずれがみられる。これはすでに中村 (浩) ほか (1969) ⁹⁾ が述べたように, 従来のパイプ歪計のゲージ間隔が問題である。また, 東西と南北についてのパイプの曲りは方向が異なるのであるから当然であるが, 若干ずれが認められる。この

Nishiikawa
No. 2

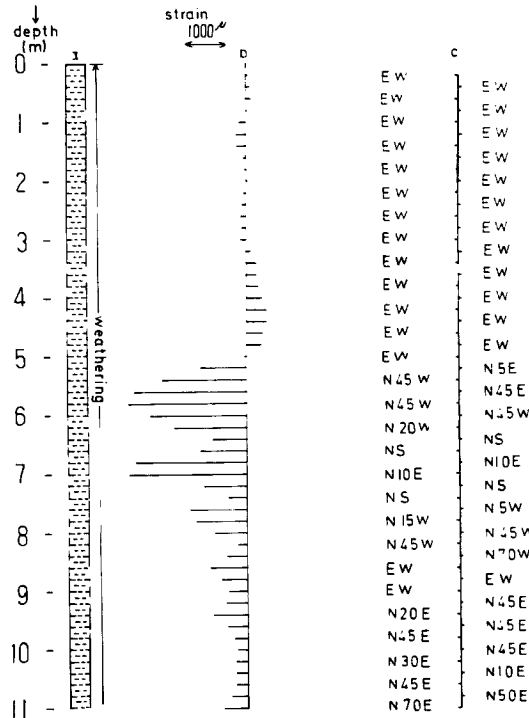


Fig. 10 The relationship among the geological columnar sections, the strain values through the internal strain meter of insertion type and the direction of the bent pipes
a : the geological columnar section, b : the strain value through the internal strain meter of insertion type, c : the direction of the bent pipe

ことは地すべり土塊の動きに重要な意味を有している。

No. 2 の東西方向のパイプの曲りについてはセンサー挿入時に深さ 5m 付近より以深で挿入ロッドにねじれを生じ、パイプの曲りの方向が変じていることが観測される。その結果は Fig. 10 に示したようになる。No. 2 のパイプの曲りは上記のことよりラセン形に変形していると予想される。このような地すべり土塊の変動については高田ほか(1971)が正確な報告はないが三次元的な動きが考えられると述べているのみである。今後地すべり土塊の変動様相観測の1つの問題点となろう。

3. あとがき

従来、破碎帯地すべり地で、パイプ歪計によって観測された地中歪で地すべり面を判定した場合、地質的・地形的に予想される地すべり面とまったくあわないことがしばしばあった。この矛盾を解消するために、今回は島ほか(1974)の方法と従来のパイプ歪計を併用し、破碎帯地すべり地で地中内部歪を観測したところ、一応の成果が得られた。その主な結果は次のようであった。

1) 従来のパイプ歪計で得られた地中歪は必ずしも土地変動によるパイプの曲りを伴っていない。従って地すべり面判定に当っては挿入型地中内部歪計またはそれに類する方法でパイプの曲りを確認する必要がある。葉王寺・九鬼・西井川の各地すべり地で、従来の地中内部歪計と挿入型地中内部歪計を併用して観測した結果は地質的・地形的に予想される地すべり面ともよくあう良好な結果が得られた。

2) 挿入型地中内部歪計で観測される値には孔底付近やパイプの接合部分などでまだ一部信頼のおけないものがみられる。今後の使用上の1つの問題点である。また、この地中内部歪計ではパイプの曲りの方向性などが明らかになり、西井川の地すべり地では明瞭なパイプのよじれを確認した。

謝 辞

地中歪の現地観測に当って御便宜いただいた徳島県砂防課、天真林業 KK. に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 湊元光春：第三紀層型地すべり地下内部構造の変形の様相について (I), 新砂防, No. 48, 1963, pp. 21~27.
- 2) 山口真一：地中内部歪計その他の観測装置について, 地すべり研究, No. 8, 1964, pp. 5~6.
- 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, 全国地すべり対策協議会刊, 1970, p. 77.
- 4) Takada, Y. : A Geophysical Study of Landslides (Mechanism of Landslides), Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University 18, 1968, pp. 59~77.
- 5) 古谷尊彦・湊元豪巳・小西利史：破碎帯地すべり地の地中内部歪計観測の2・3の問題について, 京都大学防災研究所年報 第16号 B, 1973, pp. 177~187.
- 6) 高田雄次・湊元光春：パイプひずみ計について, 京都大学防災研究所年報 第14号 A, 1971, pp. 599~607.
- 7) 島 通保・竹内篤雄：地中内部歪の測定方法について, 地すべり, Vol. 10, No. 2, 1973, pp. 6~17.
- 8) 徳 島 県：地すべり対策工事葉王寺調査ボーリング, 1973.
- 9) 中村浩之・近藤政司・白石一夫：地中内部歪計による地すべりすべり面判定の一考察, 地すべり, Vol. 6, No. 1, 1969, pp. 1~9.