

蒲田川流域の地形・地質学的特性に関する研究 (3)

—酸性侵入岩体における崩壊の特性について—

矢野勝正・土屋義人・沢田豊明

STUDIES ON THE GEOMORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL CHARACTERS OF THE GAMATA RIVER BASIN (3)

—On the characters of rapid land slide in acidic intrusive rocks—

By *Katsumasa YANO, Yoshito TSUCHIYA and Toyoaki SAWADA*

Synopsis

Along the middle course of the Gamata River basin, there exists a belt of the acidic intrusive rocks extending from NNE to SSW. This belt is measured as thick as about 500 m, and it is consisted of granite-porphry.

In order to consider the morphological characters of the land slope including the mechanical character of rocks, some statistical diagrams such as the orientation of joint and land surface, size of joint net, compressive strength of rock and yearly variation of size of land slide slopes are proposed.

It was found that the orientation of the dip and strike of the land surface is closely related to those of crack and joint of rocks constituting the surface, and that the size of joint net is also related to the mechanical character of granite-porphry in the land surface.

1. 緒 言

第2報に引き続いて、本文では地質学的立場から、この流域に発生する崩壊に関する研究の1つの調査方法を見出すために、主として蒲田川流域の足洗谷を中心として基礎調査を実施した。その結果、蒲田川流域に発生している崩壊には、崩壊が次第に拡大していく経年変化を示すものと、そうでないものが認められた。この経年変化を示す崩壊地の岩石は、岩種のうえからは同一種に属するものである。従来、この地域においては、旧期のNE—SW方向、つまり飛騨外縁帯の一般的構造方向と、これを切る新期の構造方向、つまり濃飛流紋岩類の進入方向などで示されるNNE—SSWの構造方向が顕著に認められている。ここに述べる経年変化をおこす崩壊では、その配列が後者の構造方向と一致している。

経年変化を示す崩壊はそれを対象とする崩壊の形態学的取扱いが可能であろうという観点から、その特性をあきらかにすることは、今後崩壊の発生を予知するうえに、重要な役割をもつものと考えられる。

このことから崩壊の形態ならびにその内容とする二、三の性質について述べ、このような地質特性をもつ流域における崩壊の研究方法について考察してみたい。

2. 崩壊地の地形・地質学的位置

Fig. 1 に示したように、ここで取り扱う流域には大小多くの崩壊が見られるが、特にここで取りあげた

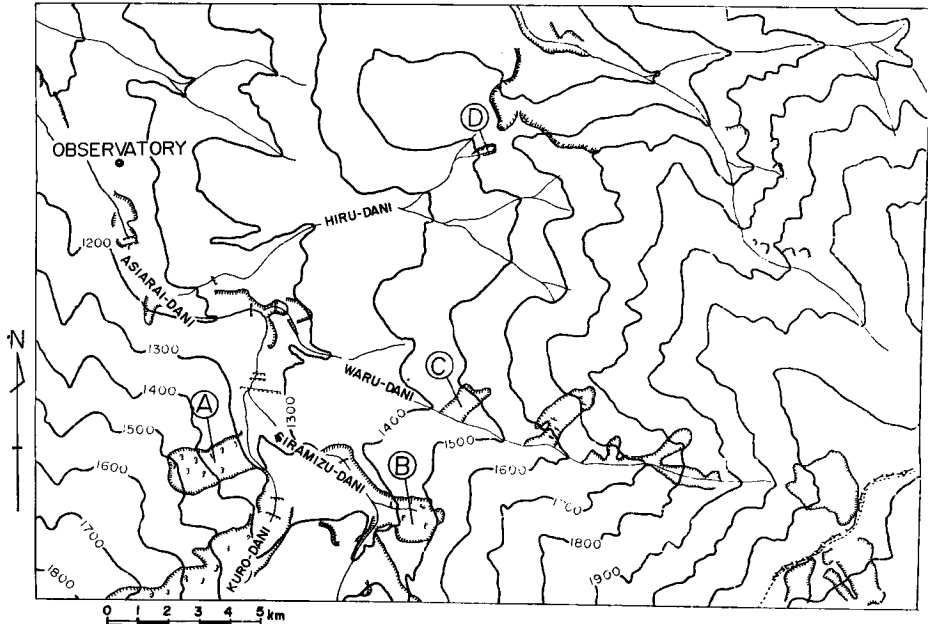


Fig. 1 Location of rapid land slides in the Ashiarai-dani of the Gamata river basin: A; 1st land slide area, B; 2nd land slide area, C; 3rd land slide area, and D; 4th land slide area.

4ヶ所の崩壊は、いずれも経年変化をおこなうことおよび構成岩石のうえから、同一の性質をもっているものである。これらは、南から黒谷(A)、白水谷(B)、割谷(C)およびヒル谷(D)の崩壊である。これらを以後便宜上それぞれ 1, 2, 3 および 4 号崩壊と呼ぶことにする。

これら第 1, 2, 3 および 4 号崩壊を含む流域の地形面の方向を統計的図表に投影した。この図表の作成方法は、つぎのとおりである。まず、地形面構造(S)の投影はS-面に立てた垂線によってなされる。すなわち、いま中心を直交座標系の原点にもつ球を考え、原点をS-面に一致させ、原点においてS-面に立てた垂線が、球に交る点をもってS-面を表わすことができる。この交点は、すべて球面投影法によって、シュミット網の上に表現することができる。この場合、地形面の投影は、すべて北半球についておこなった。また、地形面の方向および傾斜はつぎのようにして求めた。すなわち、縮尺 1/5,000 の地形図に 50 m 間隔で直交する直線を引き、その交点を中心に半径 50 m の円を描き、その円の中心を通る等高線が、円と交る 2 点をむすんだ直線に直交する方向をその面の方向とし、円の中心を通って直交する線上で、円の内側にある等高線の数とその水平距離から傾斜角を求めた。以上の説明からわかるように、この図表は地形面の卓越した方向をより明確にするものである。なお、野外の観察から、地形面の形成に関して、ひび割れの方が内因的要素として考えられるので、地形面と同じ方法で、ひび割れ面の方向を同様な統計的図表に表わしてみた。この場合、ひび割れ面の方向は、各崩壊地において、崩壊の下部と上部の 2ヶ所で測定した。測定は各ひび割れ面について 1 点ずつ行ない、1ヶ所における測定数は約 60~80 点である。第 1, 2, 3 および 4 号崩壊において、地形面とひび割れ面の方向は、統計図表においてもよく一致している。しかし、いずれの崩壊においても、ひび割れ面の方が、 $10\sim 20^\circ$ 位傾斜が急である。つぎに、これらの特性について、それぞれ考察すればつぎのとおりである。

1) 地形面の特性

これらの崩壊地周辺の地形面の統計図表を Fig. 2 に示す。

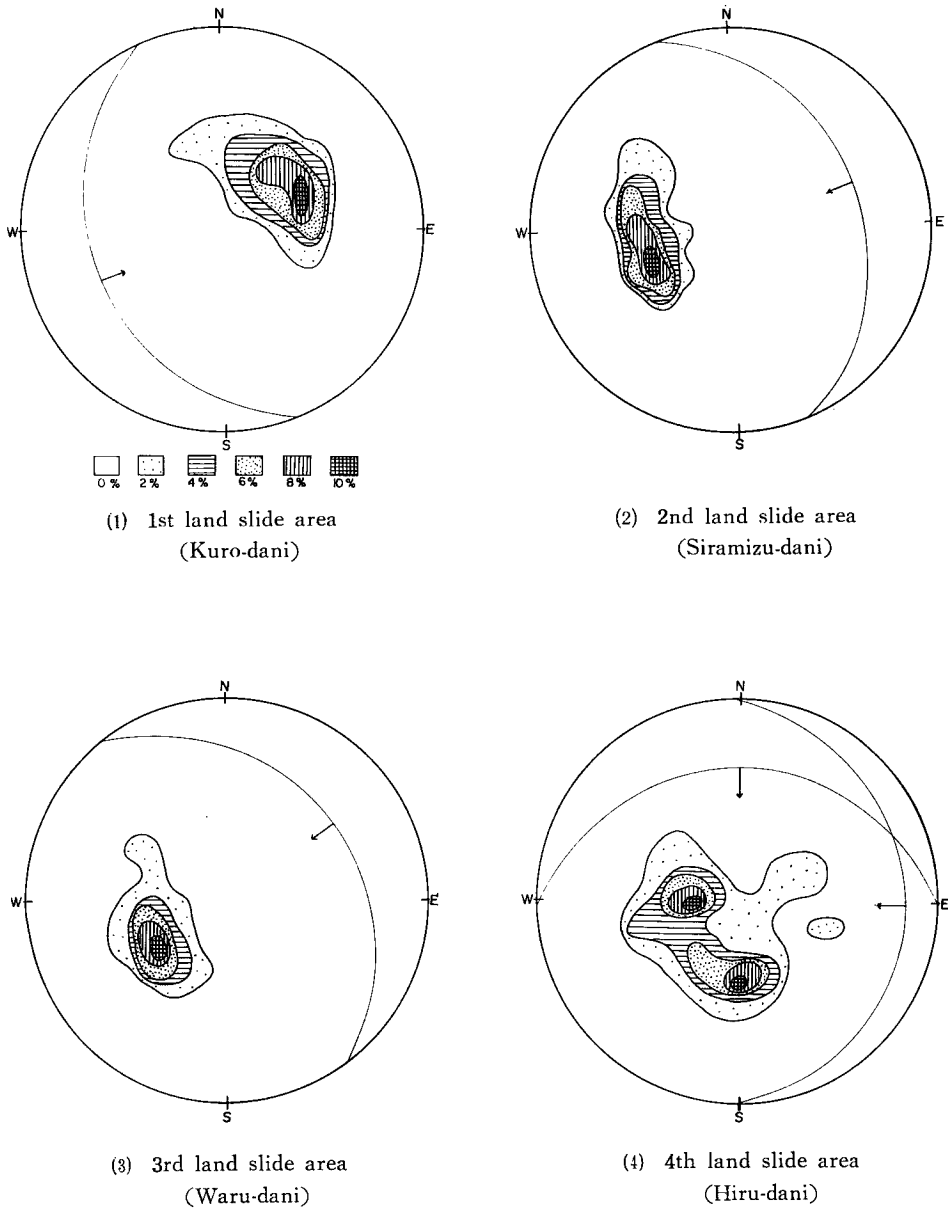
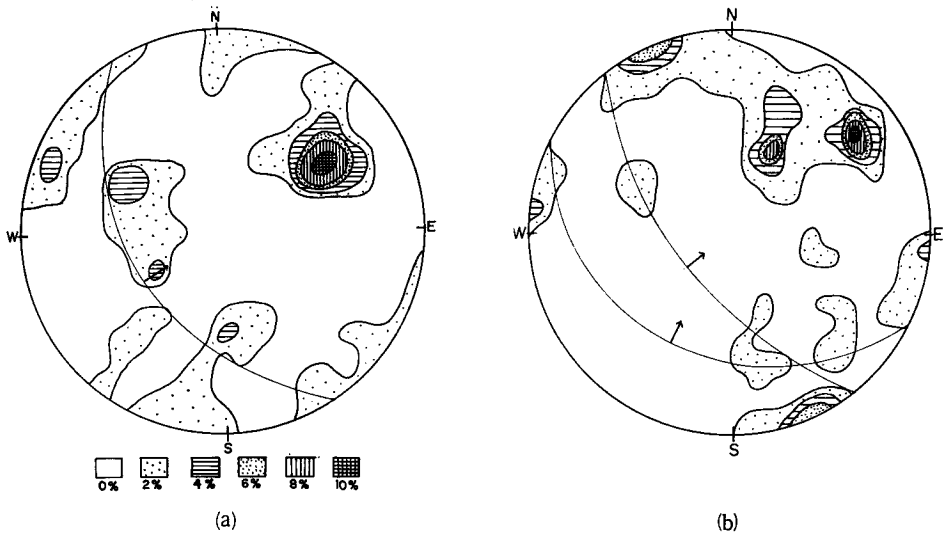
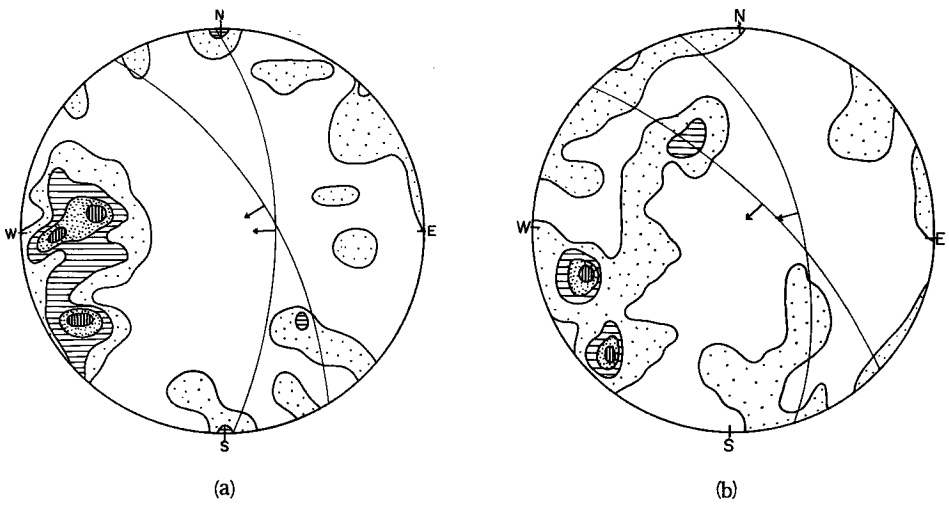


Fig. 2 Orientation diagrams of surfaces near the land slides.

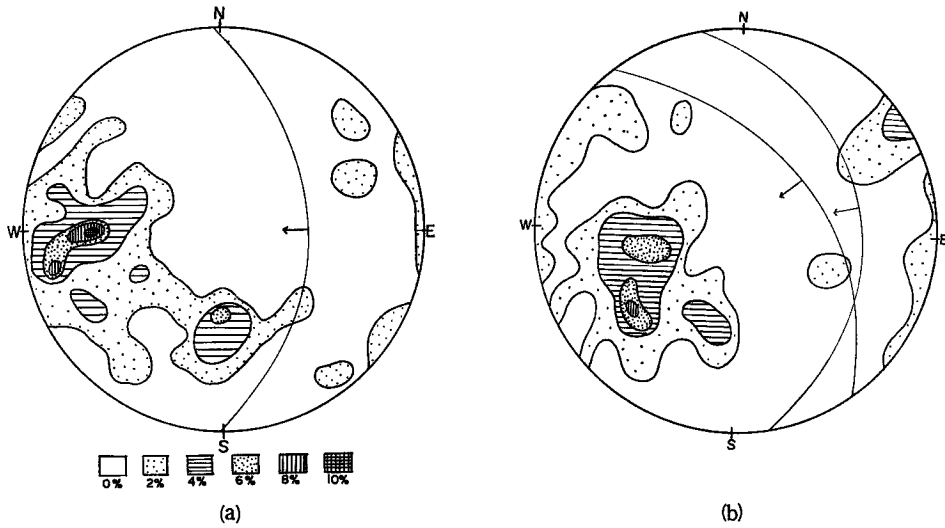


(1) 1st land slide area (Kuro-dani)

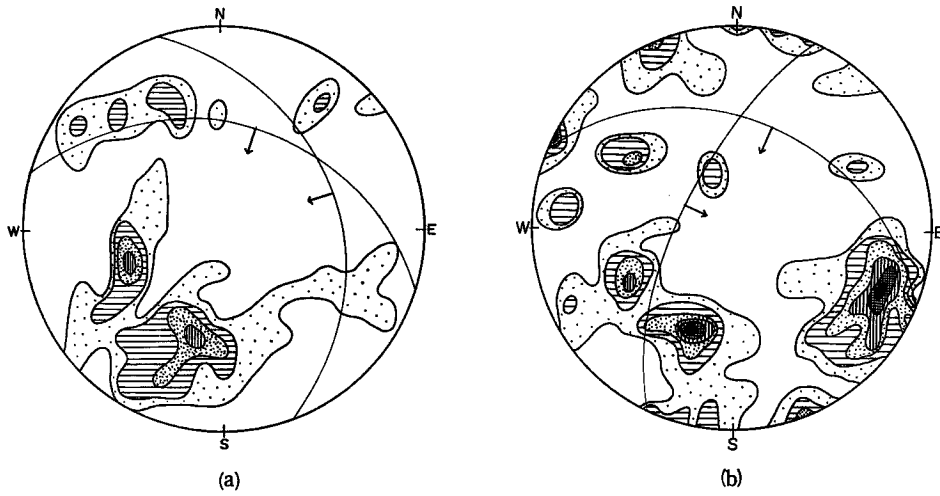


(2) 2nd land slide area (Siramizu-dani)

Fig. 3—1 Orientation diagrams of the joint in the rapid land-slide.
(projecting on Schmidt net)
(a) Upper part of the area.
(b) Lower part of the area.



(3) 3rd land slide area (Waru-dani)



(4) 4th land slide area (Hiru-dani)

Fig. 3—2 Orientation diagrams of joint in rapid land-slides.
(projecting on Schmidt net)

- (a) Upper part of the area.
- (d) Lower part of the area.

まず、第1号崩壊について考察すれば、地形面の極大域は、 $N25^{\circ}E, 37^{\circ}N$ 付近にある。第2号崩壊では、地形面の極大域は $N21^{\circ}W, 35^{\circ}W$ 付近にある。同様に、第3号崩壊については、地形面の極大域は $N37^{\circ}W, 33^{\circ}W$ 付近にある。さらに、第4号崩壊では、地形面の極大域は $N20^{\circ}W, 18^{\circ}W \cdot EW, 33^{\circ}S$ 付近にある。

2) ひび割れ面の特性

これらの崩壊のひび割れ面の統計図表をそれぞれ Fig. 3 に示す。

まず、第1号崩壊についてみると、ひび割れ面の極大域は、下部では $N39^{\circ}W, 67^{\circ}E$ 付近にあり、副極大域は $N63^{\circ}W, 38^{\circ}E \cdot N58^{\circ}E, 85^{\circ}W$ 付近にある。上部では、極大域は $N42^{\circ}W, 55^{\circ}E$ 付近にある。第2号崩壊についてみると、上部におけるひび割れ面の極大域は $N32^{\circ}W, 70^{\circ}W \cdot NS, 70^{\circ}W \cdot N9^{\circ}E, 52^{\circ}W$ 付近にある。また下部での極大域は、 $N45^{\circ}W, 75^{\circ}W \cdot N17^{\circ}W, 65^{\circ}W$ 付近にある。同様に、第3号崩壊については、下部におけるひび割れ面の極大域は $N41^{\circ}W, 55^{\circ}W$ 付近で、その副極大域は $N14^{\circ}W, 35^{\circ}W$ 付近にある。上部においては、極大域は $N5^{\circ}W, 53^{\circ}W$ である。さらに、第4号崩壊では、そのひび割れ面は、下部において極大域は $N69^{\circ}W, 46^{\circ}S \cdot N23^{\circ}E, 69^{\circ}E$ 付近にある。また、上部において極大域は $N72^{\circ}W, 46^{\circ}W \cdot N17^{\circ}W, 43^{\circ}W$ 付近にある。

以上、第1, 2, 3 および4号崩壊の地形面およびそのひび割れ面の方向を総括すると、それぞれ Fig. 4 および Fig. 5 に示すようになる。Fig. 4 において、地形面の走向傾斜の極大域は $N23^{\circ}E, 36^{\circ}W$ 付近にあり、その副極大域は $N21^{\circ}E, 36^{\circ}E$ 付近にある。これは、第2および第3号崩壊では極大域にあり、第1号崩壊では副極大域にあって、地形面の傾斜はたがいに正反対の方向を示すことがわかる。

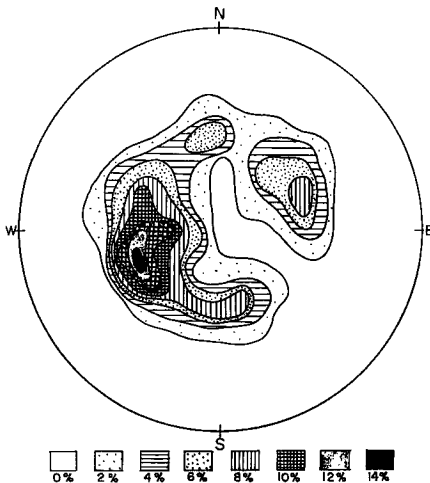


Fig. 4 Orientation diagram of surfaces of four rapid land-slides.

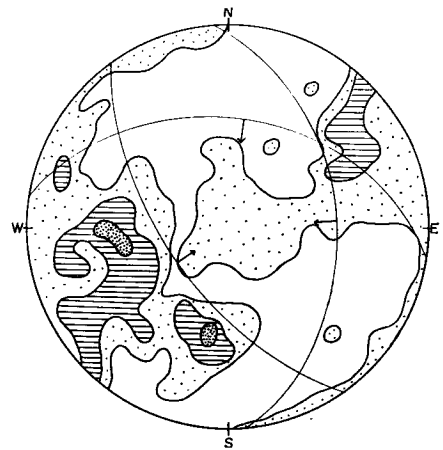


Fig. 5 Orientation diagram of joints in four rapid land-slides.

Fig. 5 において、ひび割れ面の走向傾斜の極大域は $N5^{\circ}W, 46^{\circ}W \cdot N81^{\circ}W, 44^{\circ}S$ 付近にあり、またその副極大域は $N36^{\circ}W, 65^{\circ}E$ 付近である。第1号崩壊におけるひび割れの状態は、Fig. 5 の副極大域に現われている。これに対して第2, 3 および4号崩壊におけるひび割れの状態は、Fig. 5 の極大域に現われている。これらの極大域および副極大域も地形面の場合と同じように相互によく対応して現われている。なお、Figs. 4 および 5 の統計的図表の上で、極大域と副極大域をむすぶ $N68^{\circ}E$ および $N56^{\circ}E$ の方向は、濃飛流紋岩類の進入方向などで示される NEE から SWW の方向に方向にほぼ一致する。

以上のことから、地形の形成には、内的要因として岩石のひび割れの性質が関係しているものと考えられる。地形面やひび割れの状態から、崩壊の一般的特性をみると、つぎのことが認められよう。

- 1) 崩壊地の傾斜は、 30° から 40° にほぼ限られる。
- 2) 崩壊地形面の走向は、すべての崩壊についてほぼ同じである。
- 3) ひび割れの方向が、すべての崩壊についてほぼ等しい。

3. 崩壊の形態とくに崩壊の形態的経年変化

前述したように、巨視的には各崩壊を通じていくつかの共通点が認められた。しかし、個々の崩壊の形態とくに大きさ、深さおよび形状などについては、経年変化量においても、また現在の時点においても、各々の間に共通性といったものは認められない。

各崩壊の形態(崩壊斜面の水平距離)の時間的変化、すなわち経年変化は、過去6回にわたって撮影されたこの流域の航空写真から、ヒル谷流域およびその隣接流域について、溪床より崩壊の先端までの崩壊斜面の水平距離を測定した。なお、1962年測定した1/5,000の地形図によりその航空写真での測定値を補正してFig. 6のような結果を得た。崩壊の経年変化から第1, 2, 3および4号崩壊について考察すれば、いずれも崩壊の進行の各段階における経年変化の割合が等しいように思われることから、これら4つの崩壊は崩壊の規模が異っているが、経年変化の形式が類似しているように思われる。

4. 崩壊の主要因となる岩石の特性

これらの崩壊に形態的共通性が認められないのは、崩壊地を構成する岩石の本質的差から生じたのか、あるいはその崩壊の発展段階のちがいであるものなのかはまったく不明である。

このことに関して、つぎに岩石の結合力の強弱つまりひび割れの性質について述べる。今回、調査をおこなったのは、岩石の圧縮強度およびひび割れの大きさの2つである。

1) 圧縮強度

目には見えない岩石の風化の程度を比較する1つの手段として、比較的その調査が簡単な岩石の圧縮強度を調べてみた。各崩壊地の基盤を形成している岩石の圧縮強度を求めるために、コンクリート・テストハンマー(シュミット)を使用した。測定は崩壊地を構成する岩石の地表露出基盤の強度(固結度)の判定を目的とし、地形的条件が許すかぎり、測定点密度を大きくするようにつとめた。ただ、測定点をどこに選ぶかは、この際考慮しないことにした。シュミットハンマーは、弾力的なはねかえりを測るものであるから、打撃エネルギーに対して、硬度が大きい場合でもひび割れがあれば、圧縮強度が小さい値を示すことが一般的であるので、部分的に圧縮強度が大きてもひび割れの密度の大きさなどから総合的に岩石の固結度を考えれば、圧縮強度の値を岩石の風化の尺度とみなすことができる。したがって、測定されたシュミットハンマーの値を一応その岩石の圧縮強度とした。以上の理由から、崩壊地において無差別に測定点を選定し、1ヶ所において約200点以上の測定をおこなった。

各崩壊地における圧縮強度はFig. 7に示すとおりである。この図から、岩石の変質とくに結合力あるいは固結力の弱化などがもっとも進んだのは、第4号崩壊であることがわかる。また、この種の岩石は変質が進んでいない状態で、圧縮強度は 700 kg/cm^2 以上である。

圧縮強度の各崩壊における特徴は、つぎのとおりである。まず、第1号崩壊においては、圧縮強度450~

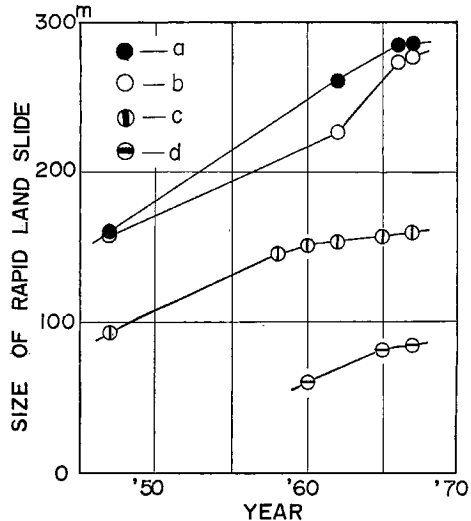


Fig. 6 Yearly variation in size of rapid land slides: a; 1st land slid area, b; 2nd land slid area, c; 3rd land slid area, and d; 4th land slid area.

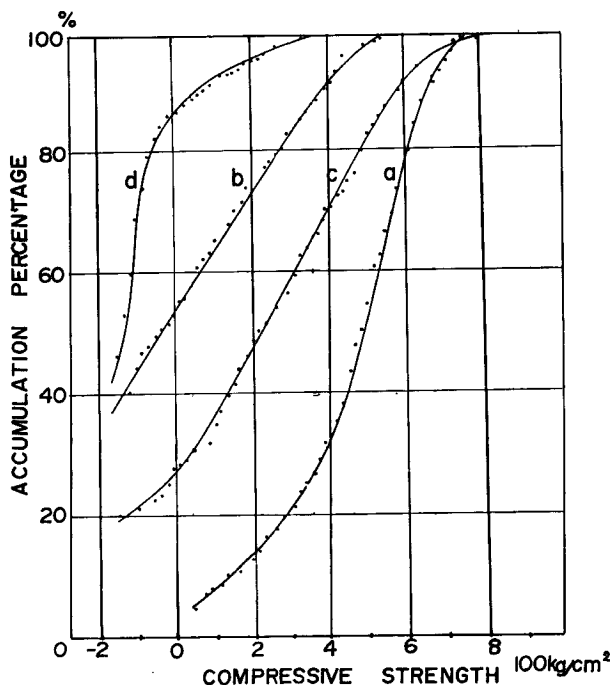


Fig. 7 Compressive strength accumulation curves of granite-porphry in rapid land slide: a; 1st rapid land slide, b; 2nd rapid land slide, c; 3rd rapid land slide, and d; 4th rapid land slide.

650 kg/cm² を示す岩石が比較的多い。したがって、この岩石のひび割れは、一般的に大きく、風化があまり進んでいないと思われる。第2号崩壊においては、圧縮強度 100 kg/cm² 以下を示すものが、全体の約60%を占める。圧縮強度 100~400 kg/cm² が残りの大半を占めている。これらの岩石は風化が著しく、ハンマーで軽くたたくとばらばらにこわれ、真砂土のようにになっている。第3号崩壊においては、圧縮強度 100 kg/cm² 以下のものは、全体の約30%を占め、これに対して圧縮強度 600 kg/cm² 以上のものは、約10%を占める。第2号崩壊に比べて、大体圧縮強度は約 200 kg/cm² 程度大きくなっている。また、第4号崩壊においては、圧縮強度 100 kg/cm² 以下のものは、全体の65%以上になっている。圧縮強度 450 kg/cm² 以上のものは、全体の約10%以下を占めている。この崩壊地の岩石には、こまかいひび割れが著しく発達している。以上の4つの崩壊の中で、この崩壊地の岩石はもっとも変質（風化）が進んでいる。

2) ひび割れ網の大きさ

ひび割れ網の大きさは、潜在するひび割れを含めず形態的にあらわれたもの、すなわち崩壊したものについて測定をおこなった。その結果は Fig. 8 のようになる。この図からも認められるように、ひび割れの大きさは大きい方からそれぞれ第 1, 2, 3 および 4号崩壊の順になる。各崩壊における特徴をまとめると、つぎのようになる。まず、第1号崩壊地におけるひび割れ網は、10 cm から 50 cm のものがもっとも多く、全体の約65%を占め、1 cm 以下の細かいものはほとんどみられない。第2号崩壊地においてはひび割れた網の大きさは、15 cm から 20 cm のものが全体の70%を占めているのに対して、第3号崩壊地においては、0.5 cm から 7 cm のものが全体の約80%を占める。また、第4号崩壊地では、1 cm 以上のものは全体の約10%程度しかなくて、こまかいひび割れ網が密に入っているために、真砂土のようにになっている。

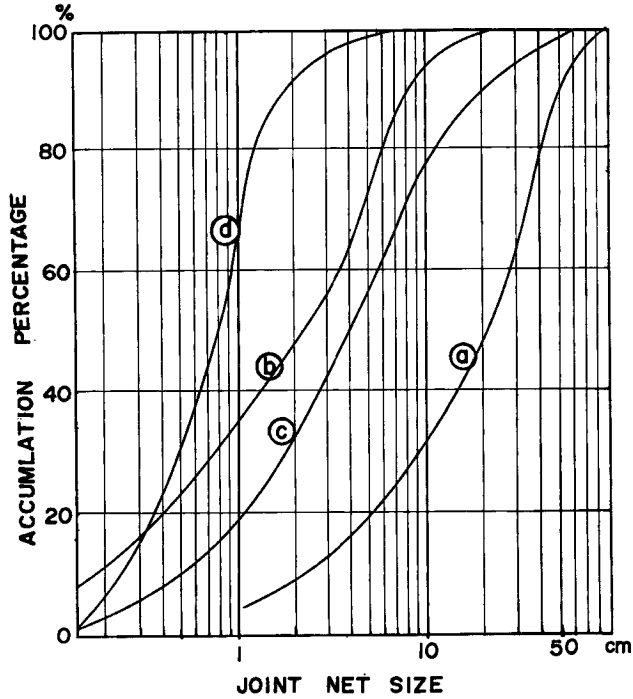


Fig. 8 Joint net size accumulation curves of granite-porphry in rapid land slides: a; 1st rapid land slide, b; 2nd rapid land slide, c; 3rd rapid land slide, and d; 4th rapid land slide.

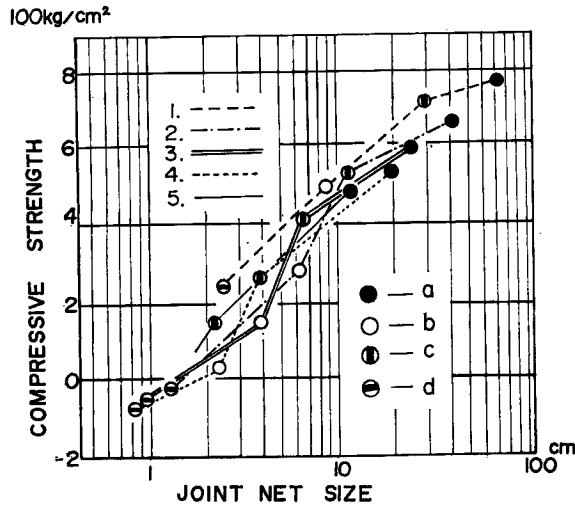


Fig. 9 Relation between compressive strength and joint net size of rocks in rapid land slides: a; 1st rapid land slide, b; 2nd rapid land slide, c; 3rd rapid land slide, and d; 4th rapid land slide. Accumulation percentage: (1); 35%, (2); 50%, (3); 65%, (4); 80%, (5); 95%

3) 圧縮強度とひび割れ網との関係

圧縮強度とひび割れ網の関係を図で示すと Fig. 9 のようになる。この図からも認められるように、ひび割れ網の目の大きさと圧縮強度との間には、ほぼ正比例の関係がみとめられる。

Fig. 9 からは、各崩壊の特性が Fig. 9 の各直線上を右から、第 1, 2, 3 および 4 号崩壊の順に配列し、現在の崩壊の大きさ(長さ)と圧縮強度との関係は Fig. 10 のようになる。しかし、このことから崩壊が大きくなるにつれて圧縮強度が大きくなるということを示してはいない。そのために、崩壊の経年変化を明らかにする場合、形態としての崩壊の大きさの変化だけではなく、崩壊地の岩石の性質、たとえば圧縮強度なども明らかにしなければならない。過去の崩壊の大きさについては、二、三の記録があるが、圧縮強度の経年変化については、明らかではない。しかし、Fig. 10 における関係を大きさの経年変化にむずびつけければ、崩壊が大きくなるにしたがって、圧縮強度が大きくなるということがいえそうである。以上のことから、崩壊が進行しつつある崩壊地の岩石の圧縮強度は一般に大きくなると考えられる。したがって、崩壊地において岩石の固結度が深部に行くにしたがって強くなる一般的傾向から、崩壊が大きくなるにつれ、より深くなり、圧縮強度の大きい岩石が崩壊斜面を形成するという事を考えさせる。しかし、岩石の圧縮強度の弱化(風化)はどの方向から進むものなのか、まったく不明であって今後の調査にまづほかかない。以上述べたことから、崩壊の特性は Fig. 10 の線上を左下から右上に向かって変化するものと考えられる。すなわち、この地域の崩壊を、崩壊の発達段階からみれば、第 1 号崩壊は終期、第 2 および 3 号崩壊は中期、第 4 号崩壊は初期のものと考えられる。

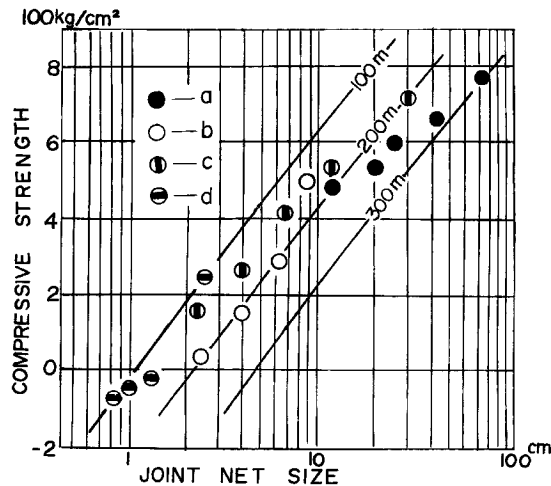


Fig. 10 Relation among compressive strength, joint net size and horizontal distance in rapid land slide slope: a; 1st rapid land slide, b; 2nd rapid land slide, c; 3rd rapid land slide, and d; 4th rapid land slide.

5. 結 語

以上述べたことから、単位崩壊のそれぞれについては、ひび割れ面の方向と地形面とがよく一致し、また、ひび割れ網の大きさと圧縮強度との間に相関関係が認められた。しかし、上記の点で共通する特性をもつ崩壊であっても、それぞれを比較した場合、質的あるいは形態的な点では、単位崩壊ごとに異った性質を示している。

これらの崩壊を構成する岩石は、同一種に属するものであり、かつそれぞれの崩壊についてみれば、崩壊の主體的なあらわれであるひび割れ面や地形面については、共通する性質が顕著に認められることから、形態

的あるいは質的な差異は、それぞれの崩壊が、別々の発達段階にあることを示しているものと考えたい。

いいかえれば、第4号崩壊は、もっとも初期の段階を、1号崩壊はそのもっとも進行した状態を示すものであろう。

最後に、本研究の遂行にあたって有益なご意見をいただいた富山大学教育学部相馬助教授に謝意をあらわすことともに、本調査に熱心に協力していただいた志田技官および滝沢補佐員の労に感謝したい。

なお、本研究は文部省特定研究費による研究成果の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 岡村義彦：山口県徳山市黒髪島花崗岩体の構造，広島大学地学研究報告，第14号，昭40，pp.307～316.