

平成 22 年 6 月 7 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19560503

研究課題名(和文) 九州地方の臼杵―八代構造線周辺に発生する地すべりの特徴

研究課題名(英文) Characteristics of landslides developed around Usuki-Yatsushiro Tectonic Line in Kyusyu district

研究代表者

岩部 司 (IWABE TSUKASA)

熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・准教授

研究者番号：80213312

研究成果の概要(和文)：九州地方の中央部は臼杵―八代構造線が通過しており、地質や地質構造は複雑である。その影響から本地域では多くの地すべりが発生している。そこで、この周辺にある地すべり地形や地すべり防止指定区域のデータから地質別の地すべりの特性や地すべり形状の特徴を明らかにした。特に、地すべり地形を統計的に調査した結果、地すべり発生率や移動方向が地質毎に異なることや地すべりの変位率に応じて縦断形状のパターンが変化することがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the characteristics of the landslides developed around the Usuki-Yatsushiro Tectonic Line in the Kyushu district. As a result of statistical analysis of the landslide shapes, the incidence and the direction of movement of the sliding unit varied depending on its geology. The pattern of longitudinal profile of landslides changed gradually in proportion to the increase of the displacement ratio.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：地盤工学

キーワード：地すべり，地すべり地形，地質，構造線，GIS

## 1. 研究開始当初の背景

九州地方では、中央構造線が大分県佐賀関半島から熊本県八代地方を北東～南西に通過している。この構造線を境として北側に領家帯、南側に三波川帯、秩父類帯、四万十帯があり、構造線や変成作用の影響を受けて多

くの地すべりが発生している。九州と地質構造が類似している四国地方でも多くの地すべりが発生しているが、四国地方の地すべりは多くの研究がなされており、地質構造帯毎の特徴や、地すべりの発生機構、すべり面を構成する粘土鉱物などの全体像は明らかに

されつつある。

一方、九州地方の地すべりについてはいくつかの特徴的な地すべりが発生している。長崎県松浦半島から佐賀県北西部に見られるキャップロック構造の北松型地すべり、熊本県天草地方の古第三紀層の地すべり、宮崎県日向山地付近や日南市付近の四万十帯で発生している地すべり、大分県津江山地では第三紀の変朽安山岩の地すべりなどがある。これらの地すべりは、当該地域の地質を反映し、その範囲も限られていることから、系統的に調査、研究が行なわれ、特徴が明らかになっているところも多い。しかし、九州地方の構造線に沿った地すべりについての系統的な研究はあまり行われていないのが現状である。

## 2. 研究の目的

白杵一八代構造線付近は、西南日本の代表的な地質帯の西端にあたり、地すべりがどのような地質帯で発生し、どのような特徴を持っているのかを明らかにする必要がある。そこで、本研究では地すべりが多発している大分県中南部地方を中心に、地すべり防止指定区域の対策業務等報告書や(独)防災科学技術研究所発行の地すべり地形データベース、さらに、地すべり地のボーリングコアのX線解析結果より、本地域の地質や地形的背景、粘土鉱物からみた地すべりの特徴を明らかにする。また、間隙水圧の上昇に着目した斜面崩壊の発生機構を検証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 地すべり地の概要

大分県砂防課より地すべり防止指定区域の場所や対策工業務報告書等を入手し、地すべり発生の概要を把握する。また、地すべり指定区域と地質区分の関係を調べることで、素因となる地質的背景を考察する。

### (2) 地すべり地形の特徴

(独)防災科学技術研究所から発行されている地すべり地形データベースおよび産業技術研究所の20万分の1地質図を用いて、GIS解析を行う。ここでは、地すべり地形の長さ、幅、高低差、面積、地すべり地形の傾斜角、移動体傾斜角、傾斜方向、縦断形状などを統計的に整理することで、地質との関係を明らかにする。

### (3) 地すべり地の粘土鉱物

地すべり地のボーリングコアより、すべり面付近の粘土鉱物の種類をX線解析にて同定することで、どのような粘土鉱物が含まれているかを調べる。

(4) 間隙水圧上昇による斜面崩壊の安定解析  
地すべりや斜面崩壊は降雨等により水が地中に浸透することで、間隙水圧が上昇し、すべり面のせん断抵抗力が低下する。ここでは、熊本県水俣市で発生した大雨による斜面崩壊について、不飽和飽和浸透流解析と剛塑性有限要素解析の数値シミュレーションを実施して、解析手法の妥当性と発生機構を考察する。

## 4. 研究成果

### (1) 地すべり地の概要

大分県の地すべり防止指定区域(砂防課管轄)は83箇所あり、地すべりの64%が変成岩類で発生している。変成岩類は県全体では3%しか分布していないことから変成岩類での発生が顕著である。特に佐賀関半島の三波川変成岩類で多く発生している。地すべり発生の素因は、片理面や断層等の地質的な弱面が多く形成されていること、層内には粘土～土砂状に風化した強風化岩が分布していることである。地すべり発生の誘因は、雨水や地表水の浸透に伴う、地すべり土塊の間隙水圧の上昇によるもの、および急崖末端の崩壊や人為的な切土などで斜面が不安定化したことによる。地すべり規模の特徴としては、地すべり長さ、幅ともに300m以下であり、第三紀層地すべりに見られるような大規模な地すべりはあまり発生していない。

### (2) 地すべり地形の特徴

#### ①地すべり発生と地質の関係

対象地域は5万分の1地形図で「大分」、「佐賀関」、「久住」、「犬飼」、「白杵」、「竹田」、「三重町」、「佐伯」の合計8地区である。8地区全体を地質毎に分けて、地質面積と地すべり地形の面積との関係を調査した。地すべり地形は8地区合計で466ヶ所あり、地質区分と地すべり地形数の関係を図1に示す。数の方から秩父帯121ヶ所、三波川変成岩類112ヶ所、四万十帯69ヶ所、大野川層群60ヶ所であった。また、地質に占める地すべり

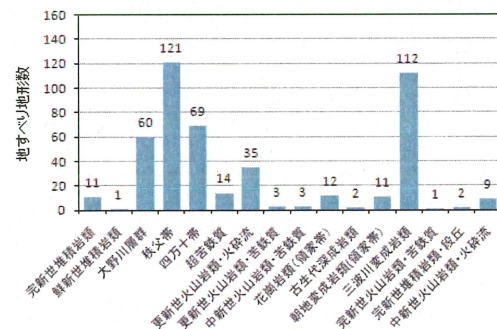


図1 地すべり地形数

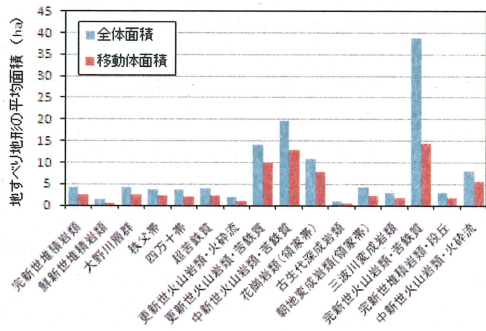


図2 地すべり地形の平均面積

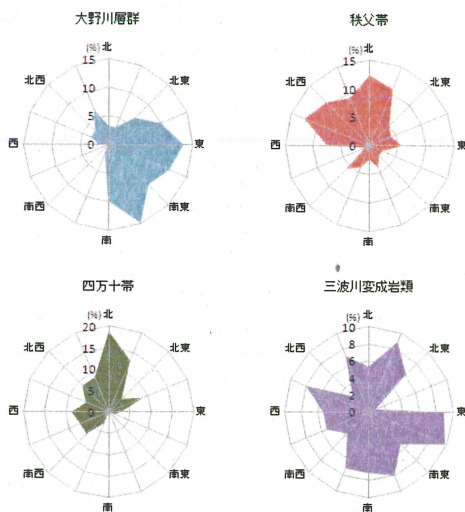


図3 地すべり地形の方向

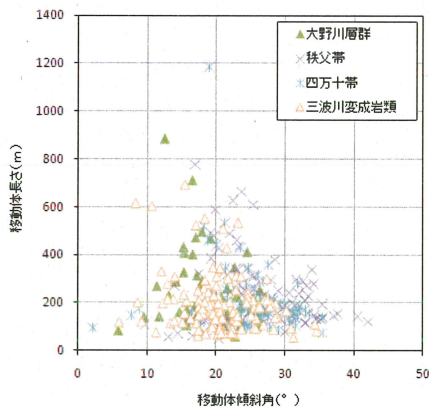


図4 地すべり移動体の傾斜角と長さの関係

地形の面積は、秩父帯 24.8%、三波川変成岩類 18.3%、大野川層群 13.5%、四万十帯 12.2%、領家帯花崗岩類 8.2%となり、特定の地質に地すべり地形が存在していた。

②地すべり地形の形状と方向

地すべり地形の長さや幅、面積等の規模に対する特徴を調べた。そのうち地すべり地形

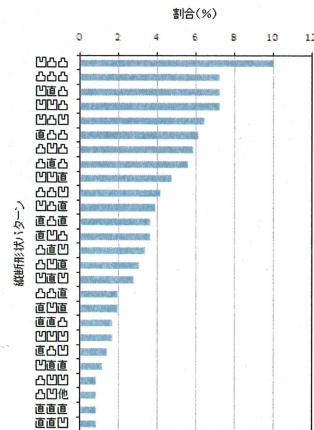


図5 縦断形状パターン

の平均面積を図2に示す。8地区全体の地すべり地形の平均面積は2.46haであった。同様に平均長さは290m、平均幅は163mとなり、規模はあまり大きくない。地質区分でみると、火山岩類(苦鉄質)の地質が地すべり地形数は少ないが規模は大きくなっていった。

地すべり地形の傾斜方向は、図3に示すように、白杵一八代構造線に並行および直角方向となる南東、北西方向を向いており、地質構造の影響を受けた地すべり地形を呈している。周辺の水系は同方向に発達していることから山体の地質構造、つまり流れ盤となったり、断層帯の存在等が主な原因とみることができる。

③地すべり移動体の傾斜角と長さの関係

地すべりは移動を繰り返す度に平坦化して安定化することから、図4に示すように地すべり移動体の傾斜角と長さの関係を明らかにした。傾斜角10~20°で最も移動体は長くなり、傾斜角が大きくなるほど移動体長さの上限が小さくなっている。つまり、傾斜角が急になるほど地すべり土塊の移動距離は短くなり、緩やかであるほど長くなる。

④地すべり地形の縦断形状の特徴

地すべり地形の縦断形状を統一的に比較するために、地すべり地形の最大長さと最大高さをそれぞれ1とする基準化した地すべり縦断面図を作成し、その形状を分類した。代表的な地質である大野川層群、秩父帯、四万十帯、三波川帯の4つの地質区分全体でみると、形状パターンは図5に示すように、末端部・中央部・滑落崖部の形状が、凹・凸凸(10.0%)、凸・凸・凸(7.2%)、凹・直・凸(7.2%)、凹・凹・凸(7.2%)であった。なお、4つの地質区分別にみても、これらのパターンが上位を占めていることから、地質の違いによる縦断形状の違いがあまりみられない。

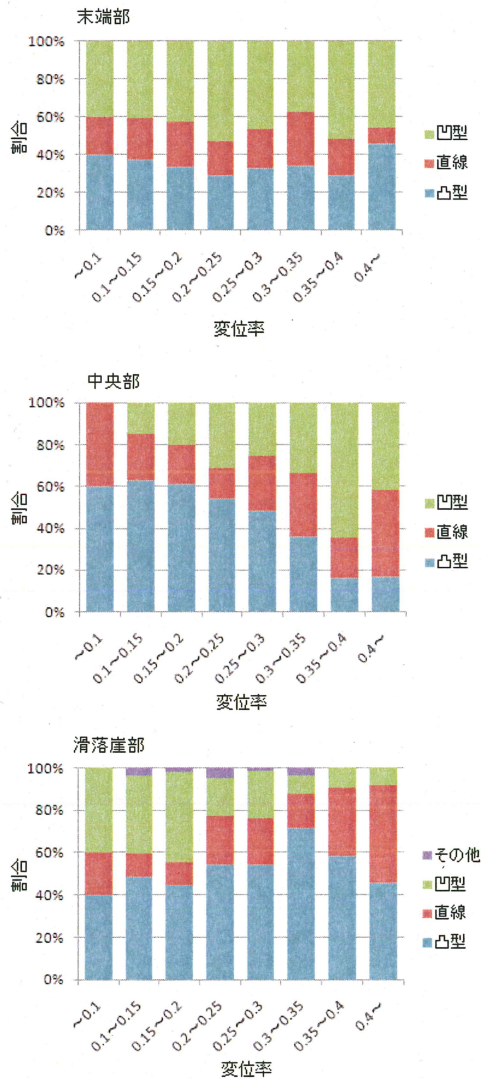


図 6 縦断形状パターン

また、地すべり変位率と縦断形状の変化を調べた結果、図 6 に示すように変位率が大きくなるほど滑落崖部では凹型が減少して直線および凸型に変化し、中央部では凸型が減少し直線および凹型に形状の変化がみられた。末端部については、変位率にともなう縦断形状の変化はあまりなかった。以上のことから、変位率が大きくなる過程において、風化や浸食作用を受けながら縦断形状が徐々に変化していることが確認された。地すべりはある程度の変形が進むと化石化とも言われていることから、縦断形状の変化をみることで、その風化過程を読み取ることができると言える。地すべり地形は地質が異なっても同じような風化過程を辿りながら収束していくと思われる。

- ⑤地すべり地形と地すべり防止指定区域の対応  
(財) 防災科学技術研究所が発行している

地すべり地形データベースを用いて、5 万分 1 地形図上の大分、佐賀関、九重、犬飼、臼杵、竹田、三重町、佐伯の 8 地区の地すべり地形を調べたところ、合計 466 カ所あった。同地区の地すべり防止指定区域は合計 45 箇所であることから、地すべり地形数は、はるかに多い数字である。また、両者が一致する地すべりはわずか 9 箇所 (1.9%) に過ぎなかった。その理由は、地すべり地形の判読精度の問題 (4 万分の 1 の空中写真を使用しているので小さな地すべりの判読ができない) や、地すべり防止指定地域の中には、人為的な土地改変 (宅地造成、道路建設など) により初生すべりが発生したものが多く含まれていることなどが挙げられる。したがって、防災上、将来は個々の地すべり地形に対する安定性について、評価する必要があると言える。

### (3) すべり面の粘土鉱物

三波川変成岩類で発生した中山、大平、2 号辛幸地すべり 3 地区について、ボーリングコアから採取したすべり面付近の粘土の X 線回折を行った。その結果、緑泥石や雲母鉱物のようなせん断強度の小さい粘土鉱物が含まれていた。2 号辛幸地区では、さらにスメクタイト、タルク、アクチノ閃石、カルサイト等もみられた。

同じ臼杵一八代構造線のある熊本県の秩父帯南帯の横手地すべりおよび白亜系堆積岩御船層群の袴野地すべりのすべり面付近の粘土は、横手地すべりでは緑泥石、タルク、アンチゴライト、リザルダイト、袴野地すべりでは緑泥石、雲母鉱物、スメクタイトが確認され、風化して地すべりを発生しやすい粘土鉱物が確認された。

このように、すべり面付近には一般に言われるような、せん断強度の弱い粘土鉱物が生成されており、地すべり発生要因になっている。

### (4) 間隙水圧上昇による斜面崩壊の安定解析

地すべりや斜面崩壊の直接的な原因の多くは、豪雨や融雪期に地中へ水が浸透することにある。そこで、斜面安定性評価の精度向上を目的に、不飽和・飽和浸透流解析と剛塑性有限要素解析を連成させた斜面安定解析を行った。その結果、まず、模型斜面の浸透破壊実験に対して、浸透流解析と斜面安定解析を実施した結果、土構造物の間隙水圧や飽和度分布などの定量的な評価が精度よく実施できれば、斜面の崩壊時刻や破壊形態を精度よく予測できることが確認できた。

次に、2003 年 7 月 20 日未明に発生した熊本県水俣市宝川内集地区の土石流災害の斜面崩壊に対して、数値解析を行った。ここでは、安山岩の風化モデル (柱状節理のような縦方向の割れ目が卓越するような風化岩)

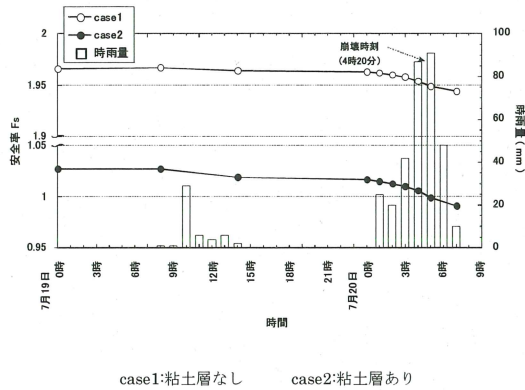


図 7 崩壊時刻付近の安全率の変化

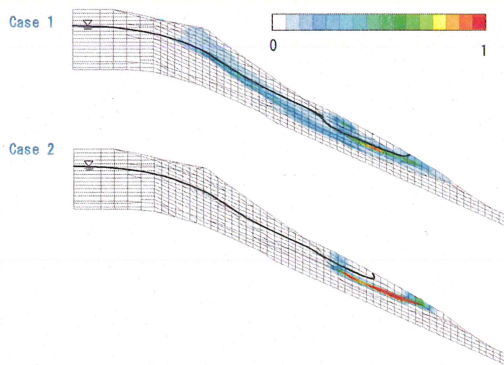


図 8 相対ひずみ速度分布

を透水係数の異方性として表現することで、先行降雨により地下水位が高い状態に保たれ、後期降雨により崩壊に至った経過を説明することができた。さらに、図 7 の崩壊時刻付近の安全率の経時変化と時間雨量の関係をみると、すべり面付近に粘土層が存在しない場合の case1 では粘土層の在る case2 より安全率が大きいことから、粘土層が斜面崩壊に不可欠な要因になっていることが確認された。また、図 8 の相対ひずみ速度分布をみると、case2 では斜面下部の粘土層が大きくなっていることから、崩壊はここで始まり、段階的に斜面上部へ進行した可能性が高いことが示された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 大塚悟, 岩部司, 磯部公一, 堀越俊寛, 7・20 水俣市斜面崩壊の数値解析的考察, 第 4 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 土木学会西部支部, 査読有, 2008, pp.131-136.

[学会発表] (計 3 件)

① 保科隆, 大塚悟, 磯部公一, 岩部司, 2003 年水俣市室川内集地区地すべりの数値解析的検討, 平成 22 年度全国大会第 65 回年次学術講演会, 土木工学会, 2010.09, 北海道大学.

② 岩部司, 臼杵八代構造線周辺の地すべり地形の特徴 -大分県中南部地域について-, 第 18 回 (平成 21 年度) NPO 法人熊本自然災害研究会研究発表会, 2009.11, 水前寺共済会館.

③ 岩部司, 大分県中部の地すべり地形と地質区分, 第 48 回 (平成 21 年度) 日本地すべり学会研究発表会, 2009.08, 新潟大学.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

岩部 司 (IWABE TSUKASA)

熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・准教授

研究者番号: 80213312

##### (2) 研究分担者

##### (3) 連携研究者

大塚 悟 (OHTSUKA SATORU)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号: 40194203

磯部 公一 (ISOBE KOICHI)

長岡技術科学大学・工学部・助教

研究者番号: 70452084