

# P 3 3 . 福岡県西方沖地震における花崗岩斜面崩壊の特徴

Characteristics of granite slope collapses caused by 2005 Fukuoka-Ken Seiho-Oki Earthquake

○矢野健二(株)ジオテック技術士事務所, 長谷川怜思(八千代エンジニアリング(株)),

東谷謙(サンコーコンサルタント(株)), 日本応用地質学会九州支部地震ワーキンググループ

Kenji Yano, Satoshi Hasegawa, Ken Higasidani, Earthquake Working Group of JSEG Kyushu Branch

## 1. はじめに

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震では、震源に近い玄界島、志賀島で多くの斜面崩壊が発生し、住宅や道路、港湾施設で多くの被害が生じた。

筆者らは地震による斜面崩壊の特徴を記録するためにカルテ方式による調査を行った。その結果を整理し、2003年7月に福岡県で発生した豪雨による山腹崩壊・土石流災害での花崗岩斜面の崩壊形態と比較し、地質構造や地震動との関係を考察する。

## 2. 志賀島・玄界島の概要

### 2. 1 志賀島

#### ・地形概要

志賀島は博多湾の北東に位置し、余震域の南東端にあたる。島は長径約3.5km、短径約2kmの北北西-南南東方向に長い楕円形を示す。その大部分は緩傾斜を示す標高50~150mの小起伏山地~丘陵地である。一方東側海岸のみは海食崖よりなり、急斜面が連続する。低地は島の北西側、南東側の狭い範囲にのみ分布する。

#### ・地質概要

島の大部分は深成岩類により構成されている。深成岩類は中生代白亜紀の中~粗粒の志賀島花崗閃緑岩を主体とし斑レイ岩、閃緑岩およびトータル岩を伴う。これらの深成岩類を覆って、島の北西側や南東側では第四紀の砂層が分布する。

### 2. 2 玄界島

玄界島は福岡市北西方の玄界灘に位置し、本震の震央からみて南東約10kmにあたる。島の形状は長径約3km、最大幅約2kmの北西-南東方向に長い楕円形を示す。島の南側斜面は比較的緩やかなで、集落が形成されている。一方、北側斜面は海岸付近から標高200mの頂上付近まで海食崖よりなり、急斜面が連続する。頂上付近はほぼ平坦な斜面となっている。

#### ・地質概要

島の大部分は白亜紀の花崗閃緑岩と新第三紀の玄武岩より構成される。標高130~140m付近よりも低い位置には花崗閃緑岩が分布しており、それよりも高い頂上付近には花崗閃緑岩を覆って玄武岩が分布する。

## 3. 地震動の概要

福岡県西方沖地震は2005年3月20日午前10時53分頃、福岡市の北西約40km・深さ9kmを震源として発生した。地震の規模はマグニチュード(M)7.0であった。地震の震央は33.9N, 130.2E, M=7.0, モーメントマグニチュード Mw=6.4

~6.6, 地震の最大加速度は福岡市中央区の警固断層上で489gal, 福岡市東区名島で403gal, 中央区天神5丁目276gal, 前原市前原で261gal程度と公表されている。

また、本震発生後から8月現在まで、引き続き余震が発生している(図-1)。余震分布は福岡市東区の志賀島から玄海島の北東約20km付近まで、N55~60W方向に約30km伸びており、深さについては18kmから浅い領域にかけて分布する。

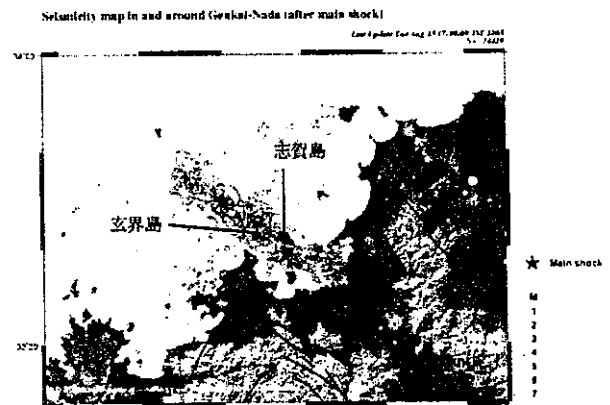


図-1 本震発生後の地震  
(九州大学ウェブサイト, 2005年8月23日アクセス)

## 4. 調査方法

斜面崩壊の特徴を把握・記録することを目的に、志賀島、玄界島それぞれの現地調査をカルテ方式で実施した。豪雨による花崗岩の斜面崩壊形態との比較を行うことを目的としたため、調査は花崗岩斜面で生じた崩壊と対象とした。

カルテは崩壊発生の要因として考えられる項目を挙げて、これらの項目について記録するとともに、写真撮影、スケッチ、崩壊状況の記載を行った。

調査項目は以下のとおりである。

- ・地形的要因: 斜面状況 (傾斜, 高さ, 方位, 形状), 崩壊地状況 (幅, 長さ, 深さ等)
- ・地質土質要因: 地表・地盤の状況, 風化分帯, すべり形態, 不連続面の状況
- ・環境要因: 植生状況 (種類, 樹齢等), 周辺の崩壊履歴, 湧水

なお、風化分帯については以下の基準を用いた。

表-1 花崗岩の風化分帯

風化分帯	野外での特徴	対比
マサB	全般に風化が進み、長石及び有色鉱物は粘土化した状態にある。いわゆる粘土質マサで、軽く握ると塊となる。岩組織は認めにくい。ハンマーのピックが容易に数 cm 貫入する。	DL
マサA	全般に風化進むが、粘土～シルト分はマサBに比べて少ない。いわゆる砂質マサで、軽く手で握っても塊とはならない。岩組織は不明瞭で、ハンマーの軽打で容易に砂状に崩れる。	DM
風化花崗岩B	風化が進んでいるが、マサA、Bに比べてかなり固結した状態で岩組織や節理は明瞭である。いわゆる塊マサ状で、粘土分はほとんどなく、ハンマーで軽打すると砂状に分解し、岩塊とはならない。ピックはほとんど貫入しない。	DH
風化花崗岩A	長石や有色鉱物は風化しているが、岩組織は明瞭である。節理面もはっきりし、岩盤としての性質が強い。岩片は硬く割れ目が多くても、ハンマーの軽打で粉碎できない。	CL
花崗岩	有色鉱物の周辺に弱い風化が認められるが、全般に概ね新鮮な岩盤である。ハンマーの中等度の打撃では容易に割れない。	CM以上

5. 斜面崩壊の特徴

5.1 崩壊の特徴

志賀島では南東部に大規模崩壊が1カ所ある他はいずれも小規模の崩壊である。玄界島では北範部に崩壊が多い傾向が見える。標高の高い玄武岩斜面に崩壊が多く見られる。

①志賀島の大規模崩壊

志賀島の大規模崩壊は斜面走向 N10~N20° W、幅約 350m、高さ約 80m に及ぶ。崩壊頂部では高さ約 10m の滑落崖を形成し、滑落崖より下方の斜面勾配は約 35° ~40° で、崩壊した土砂や岩塊が堆積している。崩壊深度は約 10m、崩壊土量はおおよそ 105,000m³ 程度と見積もられる。崩壊地の平面図及び模式断面図を図-3、4に示す。

滑落崖は、走向 N10~20° W で海側に 70~80° 傾斜する節理

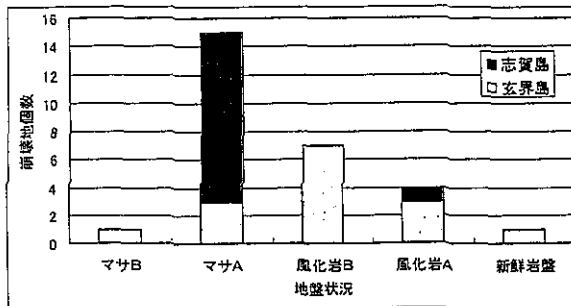


図-5 崩壊地の地盤状況

面に規制されており、風化花崗岩Bが露出している。滑落崖は遷急線直下に生じている。

崩壊物はほとんどが風化花崗岩B~風化花崗岩Aを主体とするが、一部新鮮な岩片も混じる。



図-3 志賀島大規模崩壊地位置図

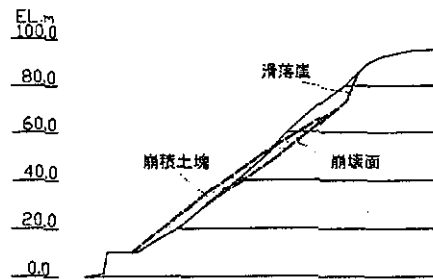


図-4 志賀島大規模崩壊地の模式断面図

②志賀島・玄界島の崩壊地の一般性状

志賀島及び玄界島において、地震により生じた 28 箇所の崩壊地について、その特徴を以下に整理する。

・崩壊地の地盤

地盤状況を図-5に示す。志賀島や玄界島ではマサAや風化花崗岩Bの上面で崩壊している事例が多い。ただし、風化花崗岩Aや花崗岩(新鮮岩盤)で崩壊している事例では、規模が大きく、分離面によりブロック化した岩塊がトップリング崩壊したものである。

なお、崩壊地には湧水痕跡は見られない。

・崩壊深度

崩壊深度を整理し、図-6に示す。

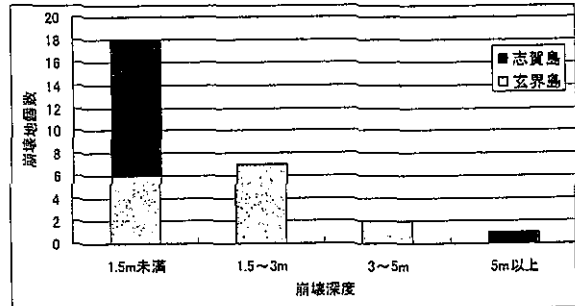


図-6 崩壊深度

崩壊深度は1.5m未満の物が18/28例、3m未満のものを含めると25/28例となり、浅い物が主体である。崩壊深度3m以上は玄界島の2例であるが、これも崩壊深度は3mであるため、崩壊深度が深いと言えるのは志賀島の大規模崩壊地の1例だけである。

・崩壊土量

崩壊土量を整理し、図-7に示す。崩壊土量は500m<sup>3</sup>未満のものが24/28例、100m<sup>3</sup>未満の極小規模のものが18/28例を占める。1,000m<sup>3</sup>を超えるものは、志賀島の大規模崩壊地以外には見られない。

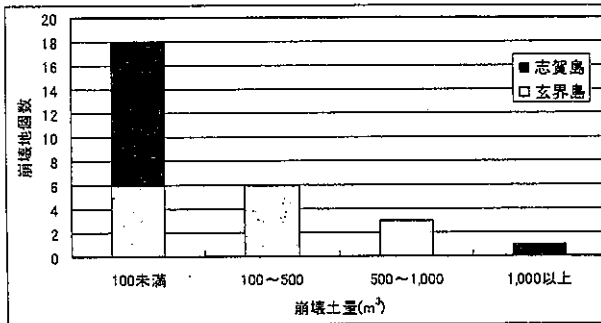


図-7 崩壊土量

・斜面方向、遷急線の有無

図-8に志賀島、玄界島の崩壊斜面の走向方向を整理する。

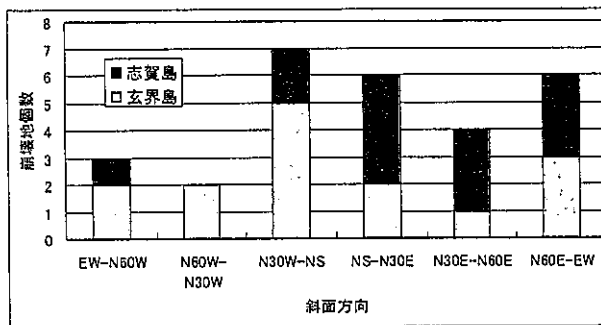


図-8 崩壊斜面の走向方向 (志賀島)

崩壊の発生した斜面方向は、志賀島では概ねNE方向が多く、大規模崩壊地はNNW方向を示す。前者は小起伏山地内の斜面裾部にあたる。一方玄界島ではNW~NNW方向が卓越している。海岸線付近のトップリング崩壊を除けば、全ての崩壊が遷急線より下方斜面で発生している。以上より、志賀島・玄界島に見られる地震による崩壊地の特徴は以下のとおりである。

- ・崩壊深度3m未満、崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の、小規模の崩壊が多い。
- ・マサAや風化岩B上面での崩壊が主体であるが、比較的硬質の岩盤部でもトップリングによる崩壊が起きている。湧水痕跡は見られず、ドライな状態で崩壊している

・遷急線下方斜面での崩壊である。

5.2 降雨時の斜面崩壊との相違点

花崗岩からなる三郡山塊で2003年7月19日の豪雨時に発生した山腹崩壊・土石流災害について、崩壊の特徴が次のようにまとめられている<sup>3)</sup>。

- ①崩壊はマサ化の厚くなる山腹で発生したものが大半で、地形的には遷急線付近やその上方斜面にあたり、湧水痕跡が明瞭なものが多い。
- ②ほとんどの崩壊は風化花崗岩BとマサBの境界付近で発生しており、小規模で浅いものが大半である(マサAは未発達である)。崩壊深度1.5m以下が79/90例、崩壊土量400m<sup>3</sup>以下が74/84例を占める。
- ③1,000m<sup>3</sup>以上の崩壊土量を示すものは5/84例に過ぎず、14,000m<sup>3</sup>の一例を除くと他は3,000m<sup>3</sup>以下である。しかし、これらは断層や変質帯などの弱層が絡んだ地質構造的背景を伴った風化岩崩壊で、マサの崩壊とは明らかに異なる。

以上が豪雨時の花崗岩斜面における崩壊の特徴であり、地震時における花崗岩斜面の崩壊特性とは以下の異同が見られる。

①発生箇所

豪雨時の斜面崩壊は遷急線付近やその上方斜面で発生しているが、地震による崩壊では遷急線より下方斜面での崩壊が主体である

②規模

崩壊深1.5m未満、崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の小規模な崩壊地が多い点は共通する

③崩壊形態

地震による崩壊の場合、マサの崩壊だけでなく、新鮮な硬質岩盤でも崩壊を生じている。これは節理等の不連続面を介したトップリング型の崩壊であり、豪雨時の花崗岩斜面では認められない崩壊である。

④移動距離

地震時の崩壊では湧水痕跡は見られず、山体に水が少ない状態で崩壊が発生したと考えられる。このため、土石流を誘発することはなく、崩壊土は斜面裾部に堆積しており、移動距離は短い。

5.3 斜面崩壊と地質構造、地震動との関係

①玄界島での分離面の方向性

露出のよい海岸露頭で測定した花崗岩の分離面の方向を図-9に示す。ここで見られる分離面は節理面であり、一部は変質脈である。卓越する方向は概ねE-WとNNE-SSWで、高角度傾斜を示すが、バラツキが大きい。崩壊斜面の方向性との間には相関は見いだせない。

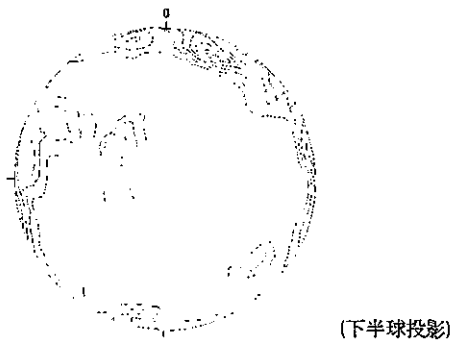


図-9 玄界島海岸露頭での分離面方向分布

### ②志賀島大規模崩壊地周辺の分離面の特徴

大規模崩壊地周辺の露頭で測定した分離面の方向を図-10に示す。

分離面は流理、節理、断層であり、いずれも剥離性に富む。卓越する方向はNE-SW及びNNW-SSEで高角度傾斜である。崩壊斜面では節理面を主体に一部変質脈が認められる。崩壊斜面に見られる分離面の方向はNNW-SSE方向であり、これは崩壊斜面の方向とよく一致している。

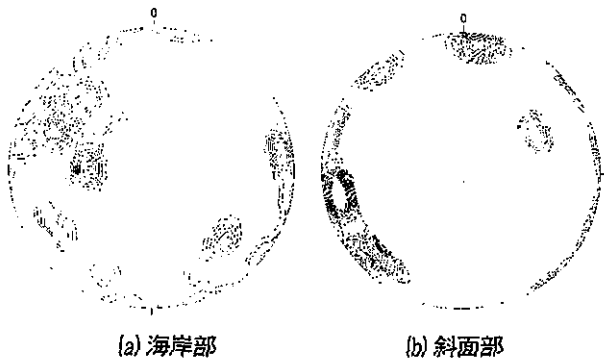


図-10 志賀島海岸部及び崩壊斜面部の分離面分布

### ③地質構造から見た志賀島大規模崩壊地の特性

分離面についてみると、志賀島大規模崩壊地周辺は玄界島とは異なる方向性を有している。さらにその方向は崩壊斜面の方向とも一致し、斜面に対して流れ盤となっている。志賀島の東海岸は勾配40~45°の急勾配斜面をなし、さらに、斜面に対し流れ盤をなす方向の高角度分離面が卓越していることが、大規模崩壊を生じた一つの素因であると考えられる。

### ④崩壊地と地震動との関係

地震の震源地は志賀島・玄界島から見て北西方向に当たる。志賀島での擦痕や墓石倒壊方向はおおよそ震源方向を向いており、実態波の影響が強いとされている<sup>9)</sup>。一方玄界島での電柱・石碑の移動方向はNE方向あるいはNS方向の卓越が見られ、これが最初に到達したS波の振動方向と考えられる。

玄界島では崩壊斜面方向について、ENE-WSW~N-S方向に開放された斜面がやや多く、最初に到達したS波の振動の影響を受けていると考えられる。志賀島では小規模崩壊地はほとんどがNNW-ESE~NNW-SSE方向に開放された斜面であり、実体波の影響を強く受けていると考えられる。一方大規模崩壊

地の斜面はENE方向に解放されている。ここでは実体波の影響というよりも、斜面の地質構造に加えて、最初に到達したS波の震動が強く影響したものと考えられる。

### 6. まとめと斜面对策についての提言

福岡県西方沖地震における花崗岩斜面の崩壊について、今回志賀島で発生した大規模崩壊を中心に、同島及び玄界島の崩壊地の調査を行い、さらに2003年に福岡で発生した豪雨による斜面崩壊事例との比較から、地震時の花崗岩斜面の崩壊特性について整理した。以下にその結果を整理する。

#### ①地震時の花崗岩斜面の崩壊特性

地震時における花崗岩斜面の崩壊は遷急線より下方斜面で発生し、崩壊深1.5m未満、崩壊土量500m<sup>3</sup>未満の小規模な崩壊が多い。風化岩での崩壊が主体だが、新鮮~弱風化岩盤でもトップリング型の崩壊が生じている。湧水痕跡がなく、ドライな状態で崩壊しており、崩積土の移動距離は短い。

#### ②斜面崩壊と地震動、地質構造

玄界島では分離面分布にやや方向性が認められるものの、バラツキも大きく、崩壊面との関係は見いだせない。逆に崩壊斜面の方向は最初に到達したS波の振動方向に概ね一致しており、崩壊の発生に地震の震動が大きく影響していると思われる。

志賀島の大規模崩壊地付近では流れ盤をなす方向の分離面が卓越する。さらに大規模崩壊地の斜面方向はS波振動方向と一致しており、両者が合わさって大規模な崩壊に至ったと考えられる。

#### ③斜面对策についての提言~志賀島大規模崩壊地を例に~

志賀島大規模崩壊地では島を周回する県道が崩壊土砂で埋まり通行できない状態となっている。この県道は生活道路としてだけでなく、観光道路としても重要な道路であり、早期の復旧が必要である。

復旧に際しては、原型復旧を念頭に斜面对策を施すのも1案であるが、闇雲の崩壊地を原型復旧するのではなく、景観を配慮した対策として、海側に迂回路を設けて、斜面をメモリアルパークとしてそのまま保全する案、あるいは不安定土塊を最低限除去し、自然に任せて緑を戻す案などが考えられる。これらの案を考慮して復旧計画を立ててはどうか。

### 引用文献

- 1) 日本応用地質学会九州支部土砂災害ワーキンググループ (2004) : 平成15年7月九州豪雨災害特集-水俣・三郡山塊一, G E T九州日本応用地質学会九州支部会報No.25, 14-40p
- 2) 山中寿朗・小山内康人・渡辺公一郎・田口幸洋・中村盛之 (2005) : 福岡県西方沖地震に伴う福岡都市圏の被害状況調査, 九州大学西部地区自然災害資料センターニュースNo.33, 27-29p