

P4. 2005年福岡県西方沖地震発生時の玄界島山頂地盤の挙動

Non-tectonic behavior of the top of Genkai Island caused by earthquake vibration of the 2005 Fukuoka-Ken Seiho-Oki Earthquake, Fukuoka Prefecture.

○加藤 靖郎 (川崎地質(株)), 横山 俊治 (高知大学)

Yasuo Katoh (Kawasaki Geological Engineering, Co., Ltd.), Shunji Yokoyama (Kochi Univ.)

1. はじめに

2005 福岡県西方沖地震によって玄界島山頂部で発生した地盤変状には地震性ノンテクトニック断層、崩壊、岩塊の移動などがあげられる。これらの地盤変状は概ね北北東および南南西を向いた水平加速度方位の地震動に規制され¹⁾、地震動性ノンテクトニック断層は水平加速度方位に直交する方向に走り、崩壊は水平加速度方位に崩れ、岩塊は水平加速度方位に移動している。

ここではそれぞれの変状形態を整理しながら、その関連を具体的に検証していく。その結果、玄界島山頂部の地盤全体の挙動を描き出すことを目的としている。

2. 山頂部変状現象の分類

玄界島山頂部は218mの最高地点が島の中央にあり、標高約180m以上の山頂部は、最高地点を取り巻くように山頂平坦面を形成している(図-1)。山頂平坦面の輪郭は標高180~200m付近にある明瞭な遷急線によって縁取られている。山頂平坦面は島全体に広がっているため、島の形と調和的な北西-南東方向に長軸をもつ楕円形をなしている。ただし、島の東南東部は谷が山頂近くまで刻んでおり、それに伴って遷急線も山頂近くまで入り込んでいる。

山頂平坦面を形成している基岩は玄武岩であるが、硬質な玄武岩が露岩している箇所はごく限られており、大半は風化残積土化して植生に覆われている。風化残積土の中には局所的に径1~3m程度の未風化核岩が点在している。

以下で各山頂部変状現象の特徴を整理する。

地震性ノンテクトニック断層

段差のついた開口クラックであり、大半は正断層センスを示し、遷急線側が下がっていることが多い。横ずれ成分はほとんど認められないが、一部で左ずれが観察される¹⁾。

地震性ノンテクトニック断層は遷急線よりも内側の山頂平坦面内を走っているものが多いが、遷急線の近傍で遷急線に平行に走っているものでは、その遷急線に規制されて崩壊が発生している。そこでは地震性ノンテクトニック断層の一部が遷急線より下方の斜面にまで延長されるところもある。以下でそれぞれの断層の異なった特徴を区分して記述する。

平坦面内の地震性ノンテクトニック断層：

比較的直線性が高く、延長方向は北西-南東方向が

主体となる。断層の長さは長いもので約50m、多くは20m前後以下であり、途切れながらも特定方向に連続する。同方向の断層が並列して複数列を形成することもある。端部は遷急線の直下で消滅し、遷急線下方まで延長することはない。10~30cmの幅で開口しているが、開口部の深度は1m以浅と浅く、それ以深は緩みゾーンとなっているようである。つまり表層部とそれ以深では変位量に不連続があるといえる。

遷急線沿いの地震性ノンテクトニック断層：

遷急線より背後にはほとんど分布しない。断続的な連続性を示すものの、全体的には崩壊地を取り巻くような弧状の延長方向を示す。平坦面内の地震性ノンテクトニック断層に比べると落差や開口幅が大きい傾向にあり、開口幅の最大値は110cmであった。

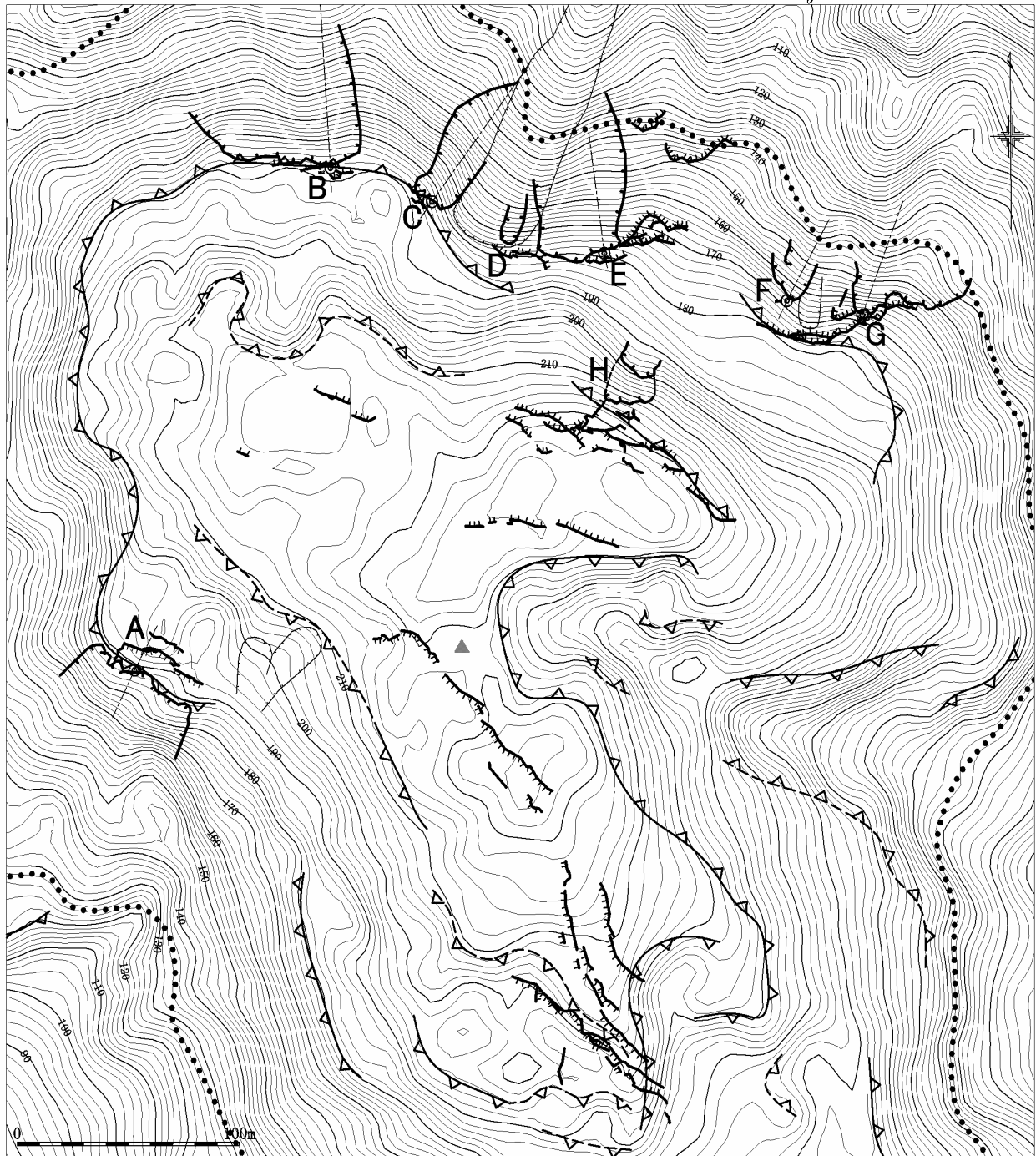
崩壊

山頂平坦面の縁辺に当たる遷急線を頭部としており、深さ2~3m程度のごく表層部のみが崩れ落ちている。北~北東方向に向いた斜面と南西方向に向いた斜面に存在している。崩壊領域の規模を大まかに整理すると、平均して幅は約35m、長さが約45m、勾配は約40~45°である。

崩壊面にはほとんど崩壊物質が残されていないが、発達した植生が保持された移動土塊が崩壊面の途中に残されていることもある。亀裂の発達した風化岩地域であれば、小岩塊に分離して落下し、崩壊面には残っていない。新鮮な岩塊が分布する地域では大きな岩塊として落下し、一部は跳躍した痕跡を残している。崩壊面などにすべり面に相当するようなせん断面は観察できなかった。

岩塊の移動

玄武岩の未風化核岩はその一部が地表に顔を出しているものが大部分であるが、植生をはぎ取ってみると、側方へのずれや、地上への抜け上がり、地中での回転が起こっており、それによって未風化核岩がもとあった部分には空隙が形成され、それとは正反対の側は未風化核岩の移動によって表層が圧縮して盛り上がっている。未風化核岩の地表面上のずれの方向は、概ね地震動の水平加速度方位に一致するが、傾斜地では重力の影響も受けているようである。移動量は数10cm以下である場合がほとんどである。



▲ 三角点 —— 断面

遷急線 (破線は不明瞭) U 崩壊地 U 旧崩壊地 地震性ノンテクトニック断層 (ケバの方が沈下) ● 玄武岩分布域 (推定)

図-1 玄界島山頂部の地震性ノンテクトニック断層と崩壊 (A~H 地点) の分布

3. 各変状現象相互の関係

遷急線沿いでは地震性ノンテクトニック断層と崩壊が近接して存在している。また山頂平坦面では、地震性ノンテクトニック断層と岩塊の変位が重複している箇所がある。それら変状現象相互の関係について以下で記述する。

地震性ノンテクトニック断層-崩壊

崩壊と遷急線沿いの地震性ノンテクトニック断層は、緊密な関係にある。崩壊の冠頂部の背後もしくは側方に、地震性ノンテクトニック断層が分布しているケースが多い (図-2)。一部では崩落崖の側方延長が地震性ノンテクトニック断層と連続している。

崩壊の後方亀裂として直近に地震性ノンテクトニック断層が存在する場合、断層の延長方向は崩壊の冠頂

部の輪郭に調和していることが多い。断層が複数ある場合は、崩壊面側の地塊ほど落ちている。ただし崩壊が遷急線よりも離れた下方斜面に形成されている場合、遷急線との間に断層は未発達であることが多い。

断層が崩壊冠頂部から側方に伸びるケースでは、端部は弧を描きながら次第に斜面傾斜方向へと湾曲していく。側方延長部は、複数列の断層が非直線的に絡み合うように形成されていることが多い。遷急線を頂部にもつ斜面下方に開いた弧状の地震性ノテクトニック断層では、頂部付近を滑落崖とする崩壊が発生している。

これら状況を整理すると、遷急線を頂部にもつ斜面下方に開いた弧状の地震性ノテクトニック断層が形成された直後かやや遅れて（たとえば余震時に）、もっとも地形的に不安定な部分が地震性ノテクトニック断層面に沿って分離・崩壊したものと考えられる。

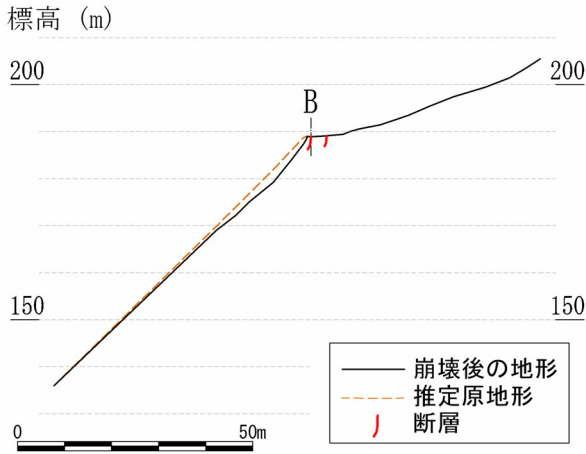


図-2 崩壊地Bにおける地震性ノテクトニック断層と崩壊の関係

地震性ノテクトニック断層-岩塊の移動

山頂平坦面内部の地震性ノテクトニック断層は、比較的直線的に伸びるが、地表に半分程度露出した大きな岩塊のまわりでは、岩塊沿いに延長方向を変化させたり、ずれ動いたりしている状況がしばしば観察される。そのような地震性ノテクトニック断層と岩塊との関係を図-3 に模式図として掲げるとともに、実際に観察される事例を図-4 に示す。以下に模式図の区分を整理する。

- ①岩塊の形状にしたがって周辺を取り巻く。
- ②岩塊に近づくように延長方向を変化させる。
- ③岩塊に当たった地点で消滅する。

①の場合、地震性ノテクトニック断層が岩塊の真下を通ることで、断層が岩塊の周囲に沿って湾曲するものの、地下では直線的に断層は延びている。また岩塊を取り巻くことによって延長方向がずれる場合もある。岩塊がずれ動いている方向は、地震動の水平加速

度方位（北北東-南南西）に調和的である。

②の場合、地震性ノテクトニック断層があたかも岩塊に引きずられるように延長方向を変化させる。図-4 がよい例であり、大局的な方向は断層全般の傾向からはずれることはない。

③の場合、例えば断層の端部などで、断層自体がやや不明瞭になりつつある状況でよく観察される。

また、大きな樹木の周囲でも、①のように断層の延長が湾曲させられるケースがある（図-5）。断層が太い根を切ることができずに、その周囲の強度の低い部分を選択するためと考えられる。

岩塊のほぼ全体が地中に埋没している場合は、地震

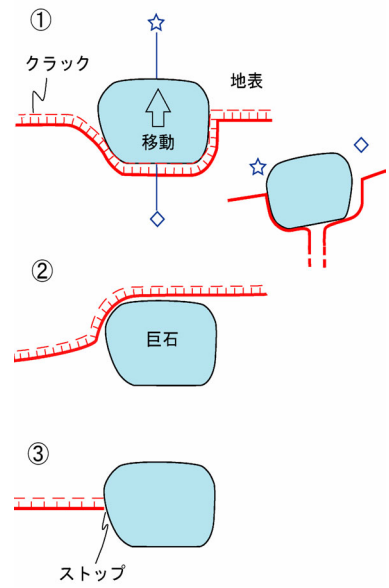


図-3 地震性ノテクトニック断層と岩塊の挙動の模式図

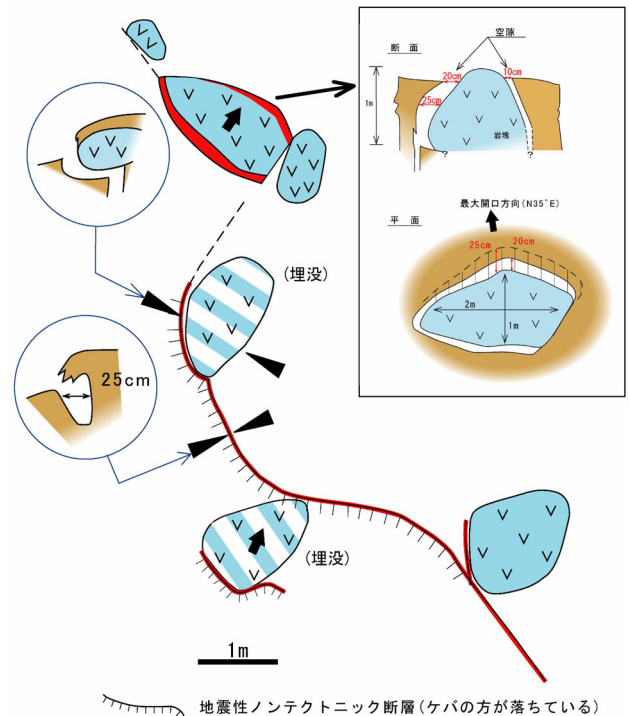


図-4 地震性ノテクトニック断層と岩塊の挙動 (V字ハッチが転石、矢印は転石の移動方向)

性ノンテクトニック断層との関係が地表からわかりにくいですが、図-4 の右上に一例をあげている。ここでは、振動方向に対して岩塊が揺れ動くことで周囲の地盤が圧密されて、岩塊と地盤との間に空隙が形成されている。この場所ではこの空隙と断層とが連続してはなかったが、このような変状が断層形成に影響を与える可能性は指摘できる。

崩壊—岩塊の移動

転石として密集する岩塊が崩壊を規制する状況は確認できていない。ただし、崩壊地 H では多数の転石が密集する場所に地震性ノンテクトニック断層が形成され、その一部が崩壊に至っている。転石群は断層の延長方向を非常に不規則にするなどの影響を与えており、崩壊様式も岩塊の跳躍や落下で特徴づけられる。岩塊が大きければ作用する慣性力も大きくなり、崩壊を起こしやすいとは考えられる。

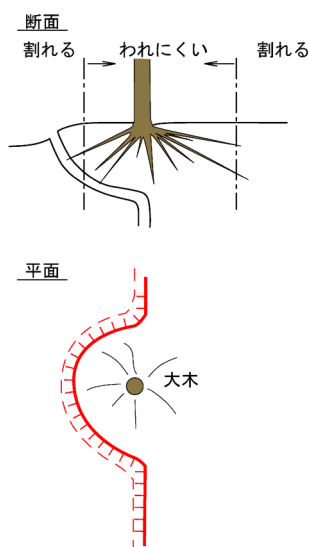


図-4 地震性ノンテクトニック断層が樹木によって変形する状況の模式図

4. 山頂平坦面での地盤の挙動

北北東-南南西方向の水平加速度を有した地震動が山頂部地盤にはたらき、一度の揺れで変状を起こしたケースも考えられるが、地中内の岩塊の挙動などは振動に伴って揺れ動いたことを示している。いずれにしても地震動の水平加速度方位が表層物質に慣性力を与えたことが変状の原因となっていると考えられる。振動方向に地盤表層が引っ張られているのであれば、断層は直交方向に形成されるのであるが、何らかの原因で引張方向と斜交した断層が形成された場合には、横ずれ成分が断層に伴うものと考えられる。

山頂平坦面内の地震性ノンテクトニック断層は地表部の岩塊や木の根にも影響を受けてその延長方向を変化させている。つまり地表部ほど変位が大きく、その変状が深部へ伝播していったものと推定される。断層を横断して掘削したトレンチでもその状況が観察される²⁾。このことは明らかにテクトニックな断層との違い

である。

遷急線沿いでは、遷急線より下部斜面が急な斜面となっていることもあり、物質の移動には重力方向へ作用する力も大きかったはずである。その結果として、遷急線付近で地盤表層が引っ張られて形成された地震性ノンテクトニック断層は、斜面表層部が斜面下方へ移動するのに伴い、断層自体が斜面下方へ湾曲していったと考えられる。その結果としてやや馬蹄形状の形態を形成するとともに、最も移動量が大きかった遷急線部で表層部が引きはがされて、崩落していった。崩壊領域が細かい岩塊からなった地盤であれば、それぞれの岩塊が分離して崩落するが、土壌が形成されており、植物の根などにより側方への固着力が発揮されていれば、薄い表層部があたかもシートのように滑り落ちたと考えられる。

もしも地すべりを起こす地質的要因があれば、地すべりも起きていたと考えられるが、ここでは風化玄武岩という地すべりの要因をほとんどもたない地質であったことから、ごく表層部の崩壊にとどまったと考えられる。また流れ盤状の平板節理の発達も、平板すべりを発生させる要因にはならなかった。

5. おわりに

地震による水平加速度が水平方向の慣性力を地盤に与えることで生じた変状と、それに加えて重力もはたらいた変状が、玄界島の山頂部で明瞭に現れた。ほぼ円錐形をなし、山頂に遷急線を伴う平坦面が存在する玄界島は、地震動による地盤の挙動を考える上で、地盤条件を単純化して考えやすく、地震動の水平加速度方位も取り扱いやすいと考えられる。より研究を進めることで、地震時におけるノンテクトニック構造の解明にも寄与する余地があると考えられる。

文献

- 1) 加藤 靖郎・横山俊治, 2005, 2005年福岡県西方沖地震の水平変動による玄界島頂部の地表変状の方向規制. 日本応用地質学会平成17年度研究発表会, pp. 315-318.
- 2) 加藤 靖郎・横山俊治, 2006, 2005年福岡県西方沖地震による玄界島山頂部の地震性ノンテクトニック断層の断面. (投稿中). 日本地質学会第113年学術大会講演要旨.