

1. 熱水変質による風化岩すべりの事例

株式会社ナイバ ○山本和彦 石井秀明 長野恒一
筒井信博 岩本 晃

1. はじめに

四国における地すべり災害は、発生事例の数から見ても三波川帯～みかぶ帯～秩父帯の地質帯に集中しており、香川県の位置する領家帯では比較的少ない。ここでは事例数は少ないものの、筆者が経験した領家帯の熱水変質作用による風化岩すべりについて、花崗岩と和泉層群の事例を報告する。

2. 切土中に発生した花崗岩のすべり

香川県東部の長尾断層近傍の丘陵地において、付替道路の建設中に2個所の切土のり面ですべりが発生した。

2-1. 事例1：流れ目の粘土細脈と半花崗岩の分布によるすべり

切土勾配1:1.5で発生した地すべりの規模は、幅約30m、長さ約25m、厚さ約3mであった。現地踏査によると周辺には、縞状に変質したマサが露出し、その中に硬質な半花崗岩が岩脈状に分布していた。その岩質境界を含む小断層沿いには幅数10cm以下の熱水変質による粘土細脈が流れ目に形成されていた。ここではボーリング調査（2本）とX線回折（粘土細脈）を行った。

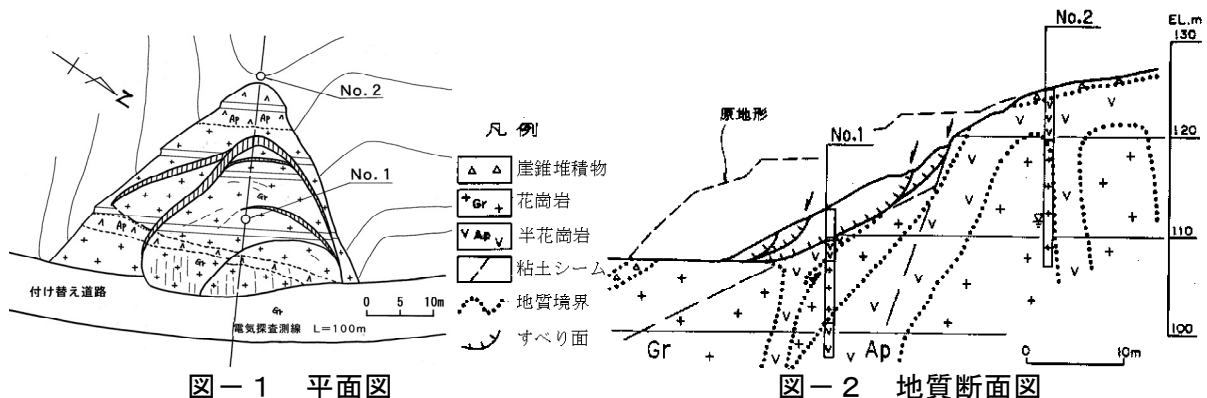


図-1 平面図

図-2 地質断面図

2-2. 事例2：強変質した断層沿いのすべり

付替道路は、地すべりの安定を図るため頭部排土を兼ねた計画であった。地すべり土塊の下部に断層が斜面に対して鋭角に斜交して分布していたため、切土のり面では断層沿いに最大幅50m規模の地すべりが数回発生した。断層破碎帯には白色粘土化する強変質帯が形成されていた。

2-3. 地すべり機構

(1) 地すべりの素因

①熱水変質による花崗岩が脆弱化。②せん断強度の小さいスメクタイトを含む粘土細脈や断層が流れ目状に存在。③崩壊頭部を規制する半花崗岩の存在等が考えられる。

An example of weathering-rock slide due to hydrothermal-alteration
Kazuhiko Yamamoto, Hideaki Ishii, Tsuneiti Nagano,
Tsutsui Nobuhiro, Akira Iwamoto (Naiba Co, Ltd)

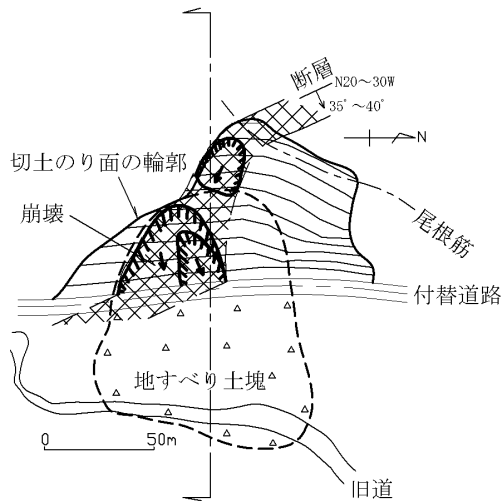


図-3 平面図

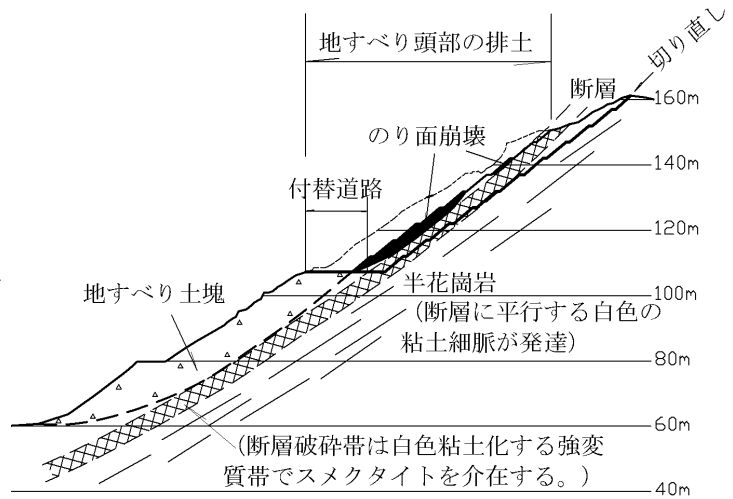


図-4 地質断面図

2) 地すべりの誘因

①切土による応力解放と斜面バランスの変化。②降雨時の浸透水による粘土細脈や強変質帯の強度低下等である

2-4. 対策工

のり面復旧工法は、切り直しにより移動土塊を除去して背後に残るのり面を補強する工法とし、受圧版とアンカー工による逆巻き工法が採用された。

3. 既設のり面で発生した和泉層群のすべり

讃岐山脈北麓の田中断層の近傍において、施工後約5年を経過した切土のり面ですべりが発生した。現地踏査からすべりの範囲を特定し、ボーリング調査と孔内傾斜計観測からすべり面を決定した。

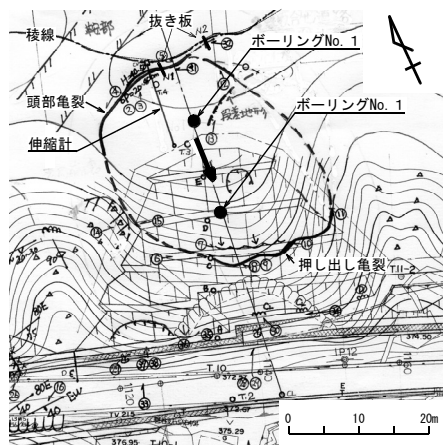


図-5 平面図

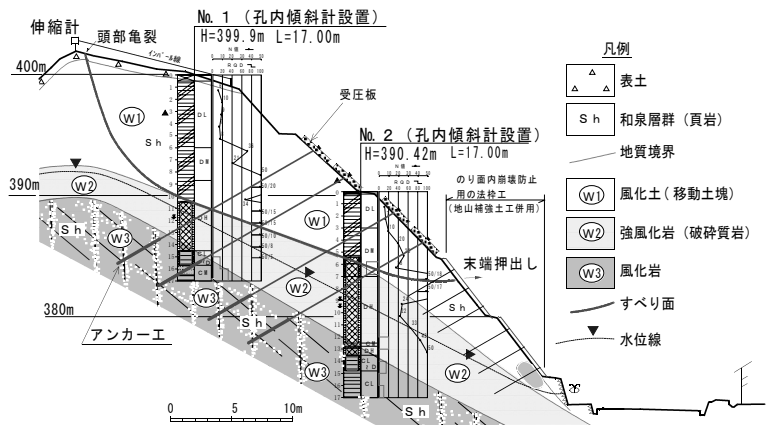


図-6 地質断面図

3-1. 流れ盤構造と熱水変質作用

調査地は、稜線が東西に連なる標高約400mの丸みを帯びた丘陵地であり、この付近では稜線南側の谷部に沿って道路が通過している。調査地の地質は、和泉層群の頁岩を主体とし砂岩を介在する。層理面の走向はほぼ東西を示し、約40°で南へ傾斜し、切土のり面は流れ盤斜面となる。近傍にある他の道路切土面や宅地切土面では、厚い風化帯中に白色粘土帯を多く介在し、露頭状況から熱水変質作用による岩盤の劣化が進んでいるものと評価した。

3-2. のり面の変状

のり面は、高さ5mで勾配1:0.8が2段、勾配1:1.0が3段、計5段（高さ約25m）ののり面からなる。最下段には高さ約3mのブロック積み擁壁が施され、道路を挟み人家が1軒あった。

頭部亀裂はのり肩から10数mの稜線付近、末端の押し出し亀裂は上から4段目ののり面の小段付近に確認し、幅約25m、長さ約30m規模の地すべり範囲を特定した。すべりの方向は、のり面に直交せず東へ約25°程度偏心している。これは元地形の尾根芯方向で層理面の傾斜方向に一致する。

3-3. ボーリング調査と粘土分析

地盤伸縮計を設置するまでの間、抜き板により動態観測を約1日間行い、ほとんど動きのないことを確認した。その後、地盤伸縮計による観測を行った。ボーリング調査は地すべりブロック内に2本配置し、併せて孔内傾斜計の計測管を挿入した。また、ボーリングコアを用いて地すべり粘土のX線回折を行った。

3-4. 地すべり機構

表層部に褐色系の頁岩の風化土（W1）が厚さ5~10mで分布し、その下位に粘土シームを密に介在する原岩色の強風化岩（W2）、さらに割れ目の多い風化岩（W3）が分布する。孔内傾斜計観測により移動速度は0.3mm/月と極めて小さいものの、W1とW2の境界部でせん断変位を確認し、すべり面形状は2円弧1直線に近似できる。

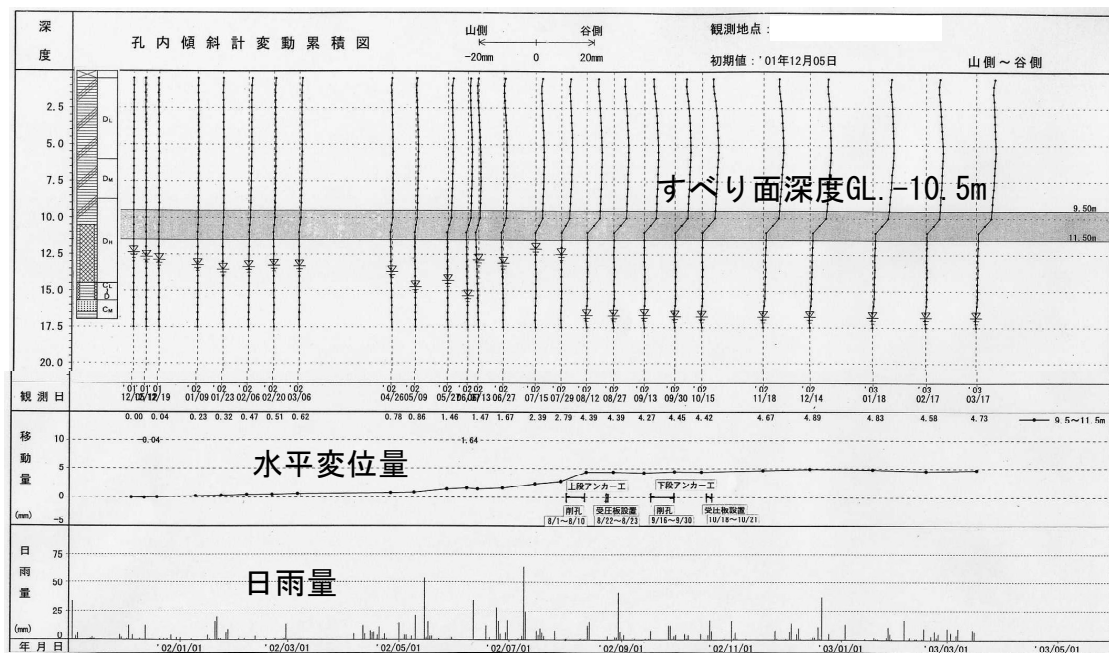


図-7 孔内傾斜計の変動累積図 (No. 1地点)

(1) 地すべりの素因

①層理面がのり面に対して流れ盤構造をなしていること。②粘土シームにせん断強度の小さい膨潤性粘土鉱物（イロト・ヌクタイト混合層）を微量含有していること。③さらに熱水変質作用に関連して厚い風化帯が形成されたと。④元地形が地震時に地すべりや崩壊が発生しやすい尾根地形をなしていること考えられる。

(2) 地すべりの誘因

①豪雨時に地下水位(間隙水圧)が上昇したこと。②切土による応力解放で雨水が浸透しや

すくなり、粘土シームの強度低下が起きている可能性がある。また、斜面裾部の切土により斜面全体の安定度の低下が考えられる。③平成12年10月の鳥取西部地震（M7.3）と平成13年3月の芸予地震（M6.4）による地震動（いずれも震度Ⅳ）の影響も考えられる。

3-5. 動態観測による対策工

対策工として排土工とアンカー工について検討し、施工性・経済性・環境性からアンカー工を採用した。対策工は孔内傾斜計と地盤伸縮計による動態観測を行いながら無事完了した。

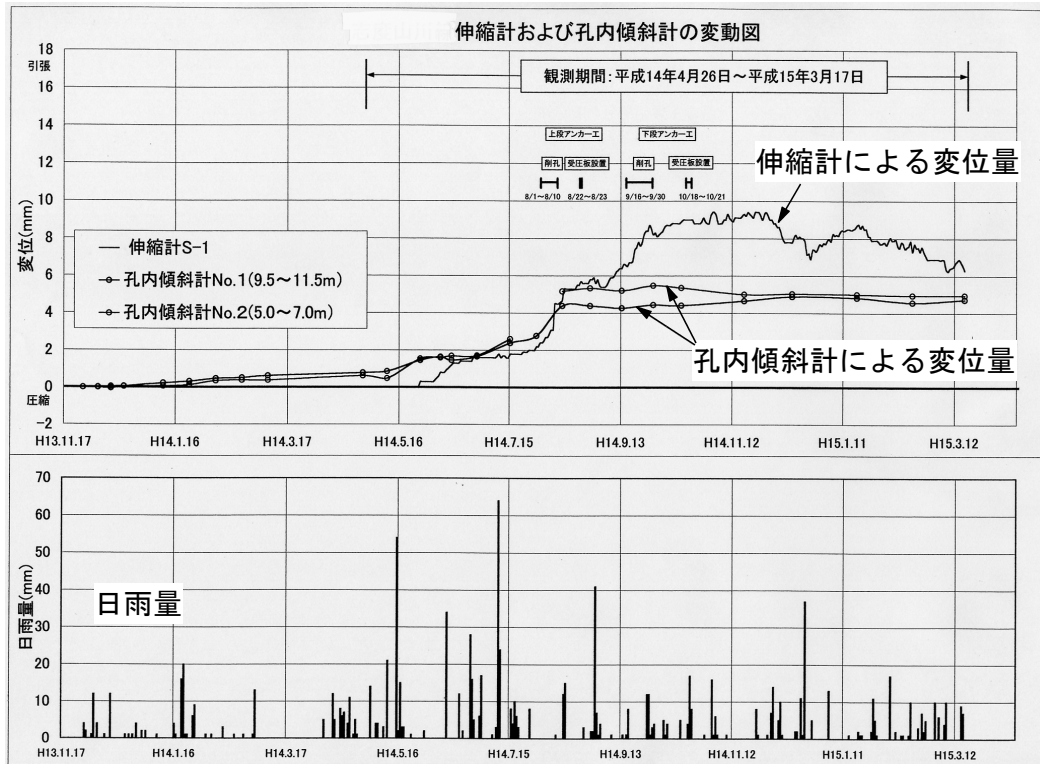


図-8 孔内傾斜計と地盤伸縮計による地すべり変動図

4. まとめ

石井他¹⁾ (1998)は長尾断層沿いの熱水変質帯を紹介し、渡辺他²⁾ (2002)は讃岐山脈北麓における断層系に沿う熱水変質作用を指摘している。長谷川他 (2005)は平成16年台風23号により、さぬき市寒川町（梅檀川上流）の花崗岩地帯で発生した大規模崩壊³⁾（幅約50m，奥行き30m，すべり層厚約10m）の原因として、熱水変質による粘土化⁴⁾を指摘している。

このように香川県内では花崗岩類・和泉層群を問わず、熱水変質作用による岩盤劣化が崩壊の素因となる。主要な断層や貫入岩が存在する周囲では、熱水変質の観点から調査を行い、斜面の安定性評価を行う必要がある。

《引用・参考文献》

- 1) 石井秀明・筒井信博・山本和彦(1998)：長尾断層沿いの熱水変質帯と崩壊のり面の調査事例
平成10年度研究発表会 日本応用地質学会中国四国支部 p1-4,
- 2) 渡辺弘樹・田中秀実・長谷川修一(2002)：讃岐山脈北麓断層系に沿う中期中新世熱水変質作用
平成14年度研究発表会 日本応用地質学会 p31-32
- 3) 長谷川修一・山中稔・向谷光彦・林宏年(2005)：平成16年台風15, 21, 23号による香川県内の土砂災害
2004年四国地域連続台風による土砂災害 (社)地盤工学会 p52
- 4) 長谷川修一(2005)：斜面災害と地質 落石と豪雨災害の斜面災害に関する講習会 (社)地盤工学会