

花崗岩丘陵地帯で発生した切土に伴う地すべりの調査と崩壊予測

- 熱水変質による風化岩すべりと崩壊性岩盤すべりを例にして -

株式会社 ナイバ 筒井信博
石井秀明
長野恒一
山本和彦

1. はじめに

四国における地すべり災害は、三波川帯～御荷鉾帯～秩父帯に集中しており、香川県の位置する領家花崗岩地帯では比較的少ない。ここでは、香川県下に広く分布する花崗岩丘陵地帯において、切土に伴って発生した熱水変質による風化岩すべりの調査と、抜き板を用いて岩盤すべりの崩壊予測を行った事例を紹介する。

2. 熱水変質による風化岩すべり

香川県東部の長尾断層近傍の丘陵地において、道路建設に伴う切土中に2度にわたって地すべりが発生した。地すべり規模は、幅約30m、長さ約25m、厚さ約5mであった。

(1) 流れ目の粘土細脈と半花崗岩の分布

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。

(2) 高密度電気探査とボーリング調査

熱水変質帯や岩種の分布を精度良く把握するため、一次調査として高密度電気探査を採用し、その比抵抗分布状況を見てボーリング調査を2箇所配置した。併せて粘土細脈についてX線回折を行った。

(3) 地すべり機構

地すべりの素因としては、熱水変質による花崗岩の脆弱化、せん断強度の小さいスメクタイトを含む粘土細脈が流れ目状に存在、崩壊頭部を規制する半花崗岩の存在、などが考えられる。

地すべりの誘因としては、切土による応力解放と斜面バランスの変化、

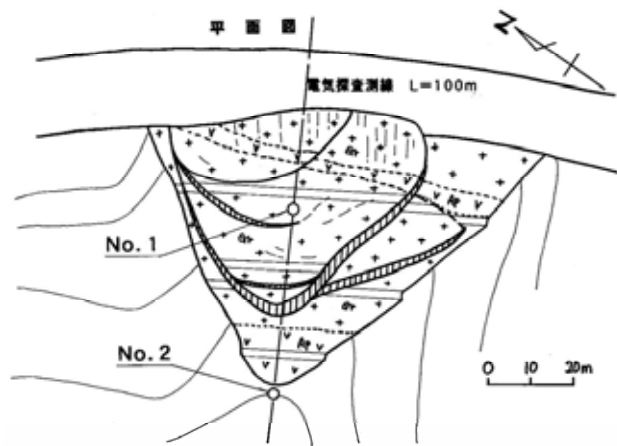


図.1 地質平面（風化岩すべり）

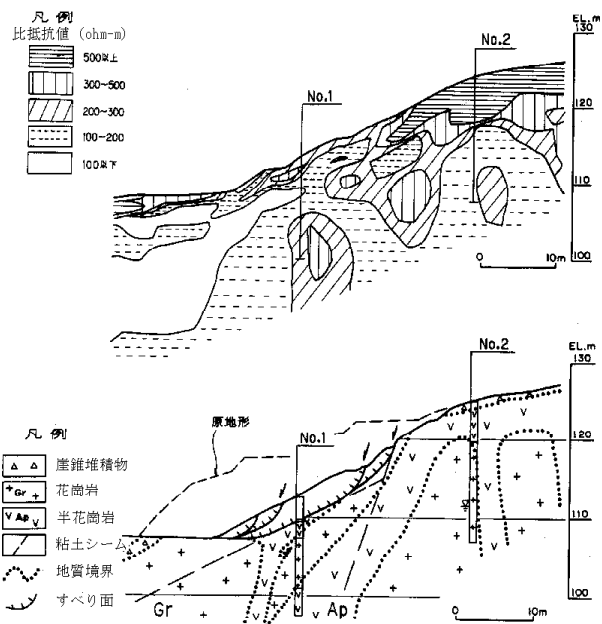


図.2 比抵抗断面と地質断面（風化岩すべり）

降雨時の浸透水による粘土細脈の強度低下、などが考えられる。

(4)対策工

のり面復旧工法は、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が採用された。施工中ののり面観察で地すべり粘土を想定通り確認できた。

(5)まとめ

石井他(1998)¹⁾は長尾断層沿いの熱水変質帯を紹介し、渡辺他(2002)²⁾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。このように香川県内では、熱水変質作用による岩盤劣化が崩壊の素因となっていることから、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。

3. 岩盤すべりの崩壊予測

香川県中部の県下では数少ない花崗岩骨材を採取する砕石場において、崩壊性の岩盤すべりが発生した。本砕石場は、切土により幅300m×150m、深さ80mの凹地(切土勾配約1:

0.6)が形成されており、地すべりは凹地の南側のり面で発生した。本地すべりは、6月下旬に亀裂が見えられ7月15日未明(午前2時頃)に単一ブロックで崩壊し、北北西へ20~30m移動して、のり面途中の道路に停止した。亀裂発生時の現地踏査

によると、地すべり頭部は、落差や開口を伴う亀裂が雁行状に認められ、切土のり面上部にある土捨場の西半部を取り囲むように馬蹄形の亀裂が発生した。また、のり面中央部に不明瞭ではあるが水平な亀裂が遠望でき、これが地すべり末端と考えられる。地すべりの規

模は、幅約70m、長さ70~80mで、深さは30m程度と想定される。

本地すべりは、末端の地形が急峻で、すべり面が直線に近いと予想されたことから、容易に停止せず変位速度が増加しやすいブロックで、崩壊の危険があると判断された。この

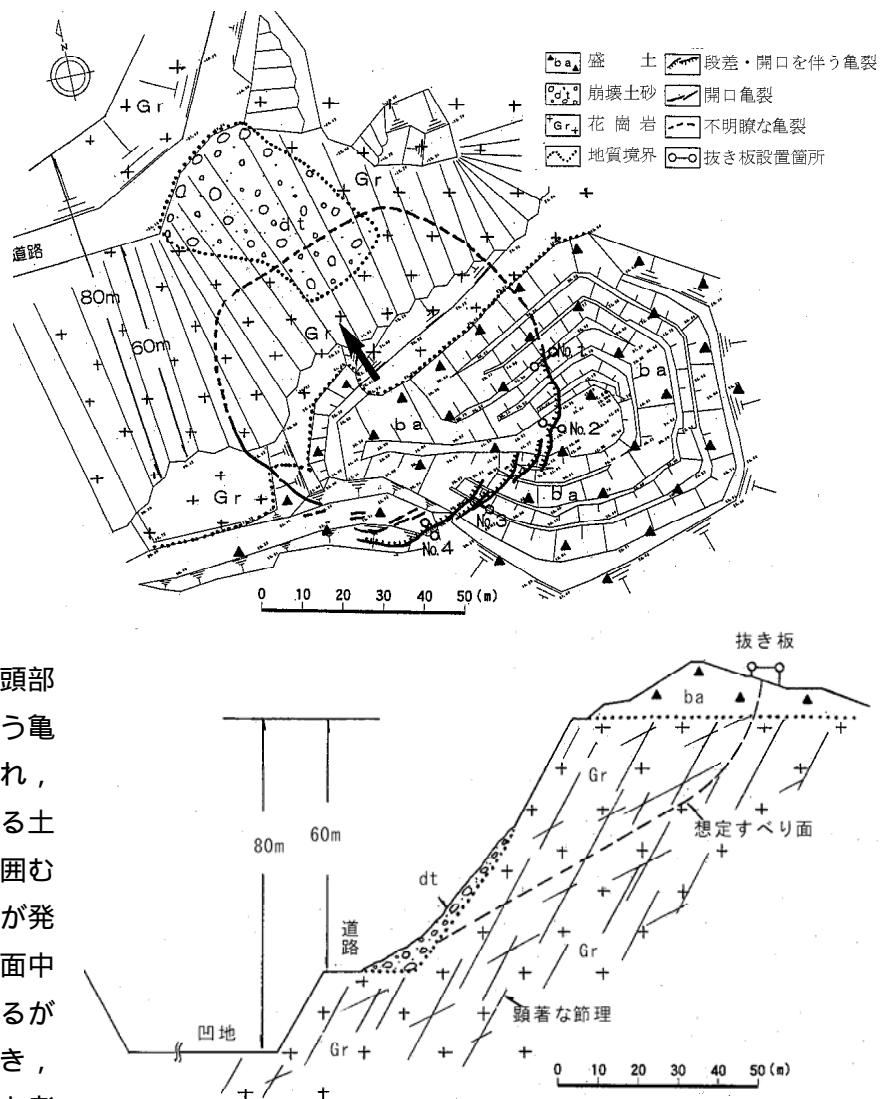


図.3 地質平面と地質断面(岩盤すべり)

ため、凹地周辺での採石作業を中止し、抜き板による地すべりの監視を行った。

(1)地すべり移動観測

地すべり頭部の亀裂を挟んで4箇所
に抜き板を設置し、移動観測を行っ
た。このうち、崩壊直前まで観測でき
た4の結果を図.4に示す。

地すべり変位速度は、観測開始から
7月12日朝まで1mm/時間前後で推移す
るが、それ以降は速度が増大し13日夕
方から14日朝にかけて3.3mm/時間、14
日の昼から夕方にかけて8.5~8.8mm/
時間となり、15日未明に崩壊に至っ
た。

(2)地すべり崩壊予測

本地すべりでは、表.1に示す4つの
提案式を用いて崩壊時期の予測を行
い、その結果を図.5に示した。

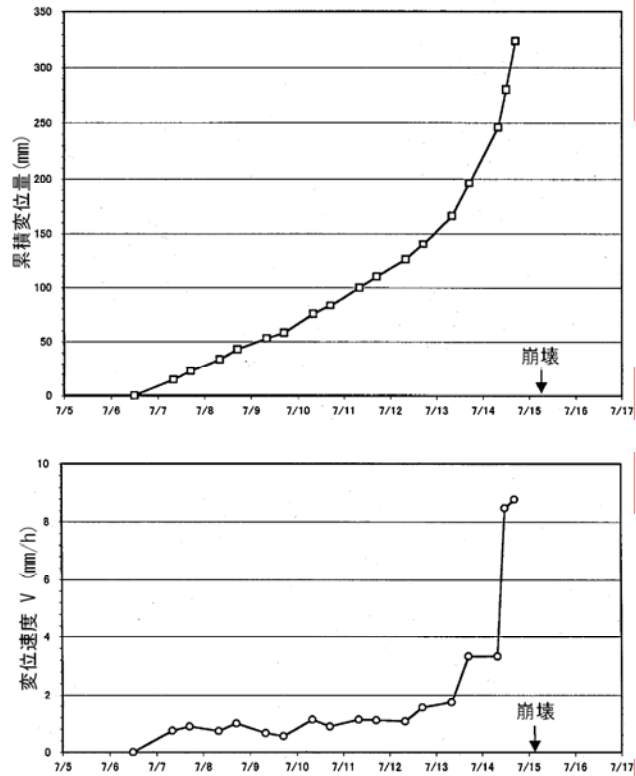


図.4 地すべり移動観測結果 (4)

表.1 崩壊時期の予測モデル(土屋・大村1988³⁾を改作)

| 番号 | 提案者 (提案年) | クリープ領域 | | | 対象項目 | 主要因子 | 提案モデル式 | 適用 |
|--|-----------------|--------|----|----|-------------|------------------|---|---------------------------------|
| | | 1次 | 2次 | 3次 | | | | |
| | 斉藤・上沢 (1966) | | | | 破壊時間 | 定常ヒズミ 速度 | $\log_{10} t_r = 2.33 - 0.916 \times \log_{10} \frac{\ell}{L} \pm 0.59$ $= \frac{\ell}{L} \cdot T$ | 定常ヒズミから破壊時刻を予測 |
| | 斉藤 (1968) | | | | 崩壊時刻 | 3次クリープ 線上の3時刻 | $t_r - t_1 = \frac{\frac{1}{2}(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}(t_3 - t_1)}$ | 相対変位間隔の等しい3時刻から崩壊時刻を予測 |
| | 福園 (1985) | | | | 移動速度 の逆数 | 相対時間の 1/(-1)乗 | $\frac{1}{V} = (-1)^{1/r-1} \times (t_r - t)^{1/r-1}$ | 崩壊時刻 t_r で1/V 0の性質を利用, 視覚的である |
| | 丸山・小嶋 (1994) | | | | 滑落余裕 時間 | 日移動量 | $\log_{10} T_r = \log_{10} a - \log_{10} D$ $a = 0.204L^{1.616}$ | 日移動量と地すべり斜面長から崩壊時刻を予測 |
| <p>の凡例 t_r:破壊余裕時間(分) ℓ:ひずみ速度(10^{-4}/分) L:伸縮計スパン長(mm) T:経過時間(分) ℓ:T時間内の移動量(mm)</p> <p>の凡例 t_r:崩壊時刻 t_1, t_2, t_3:相対変位間隔の等しい3時刻</p> <p>の凡例 $1/V$:移動速度の逆数 t:時刻 t_r:崩壊時刻 r:崩壊の形態, 斜面の構成により決まる定数</p> <p>の凡例 T_r:滑落余裕時間(日) D:日移動量(mm/日) L:地すべり斜面長(m)</p> | | | | | | | | |

(3)まとめ

斉藤・上沢(1966)⁴⁾は、ひずみ速度 (ℓ / L : L は通常10m) を用いて崩壊時間を予測しているが、移動量をひずみに変換すると、同じ移動量であっても伸縮計測定スパン長が異

なる場合は、異なったはずみを得られ矛盾が生じることになる。本地すべりにおいて、斉藤・上沢による予測は、15日の崩壊時刻より逆算した余裕時間と比較して極端に小さい結果が得られた。従来、斉藤・上沢の手法は、2次クリープ領域を対象に用いられるものであり、その観点からすると、本地すべりは、観測開始当初から崩壊時期が近いという判断材料になった。

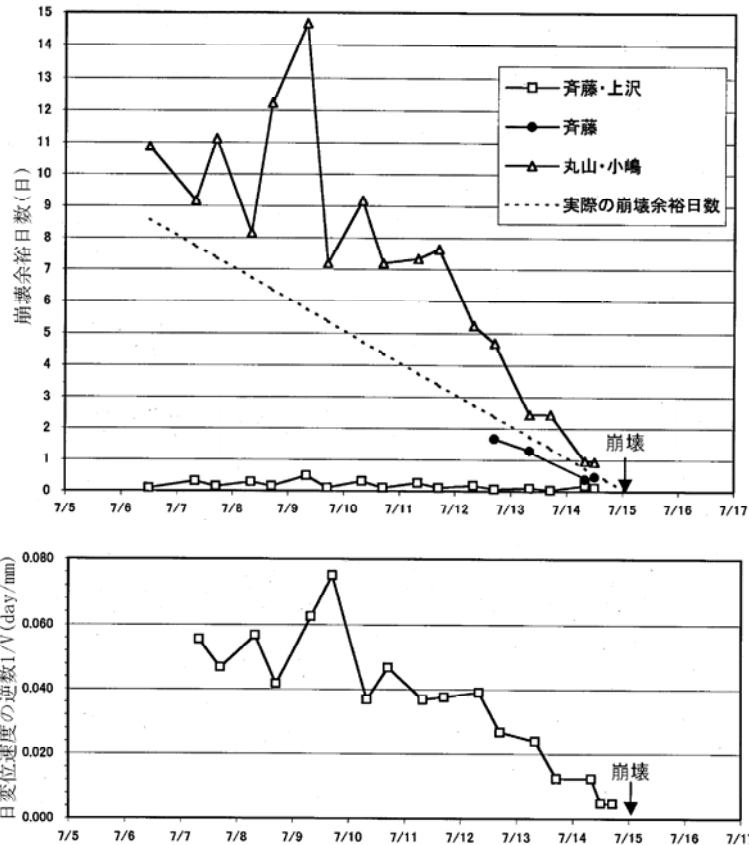


図.5 崩壊時期の予測結果

提案している。本地すべりにおいて、斉藤による崩壊予測はやや危険側、丸山・小嶋による崩壊予測はやや安全側の結果が得られたが、両者とも予測精度は良く、特に3次クリープ領域になるとかなりの精度で崩壊予測を行える。

福園(1985)⁷⁾は、移動速度の逆数(1/V)がゼロに近づくことを利用して崩壊時刻を予測している。これは、現地で誰がでも簡単に作図でき、かつ視覚的であることから、本地すべりの崩壊時刻の予測に大いに有効であった。

本地すべりの素因としては、花崗岩中の流れ盤節理の存在が予想され、誘因としては、土捨場前面ののり面が切土により迫ってきたこと、地すべり頭部に分布する盛土の荷重などが考えられる。本地すべりは、後方への拡大もなく、砕石場内の凹地内に移動したことから、社会的な影響はなかった。

【引用文献】

- 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，pp.1-4.
- 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，pp31-32.
- 3) 土屋智・大村寛(1988)：斜面崩壊時刻の予測式とその力学的特徴に関する考察，地すべり，Vol.25，2，pp.2-26.
- 4) 斉藤迪孝・上沢弘(1966)：斜面崩壊時期の予知，地すべり2(2)，pp.7-12.
- 5) 斉藤迪孝(1968)：斜面崩壊発生予知に関する研究，鉄道技術研究報告，626
- 6) 丸山清輝・小嶋伸一(1994)：移動観測による地すべり斜面の管理基準値，地すべり，Vol.31，1，pp.45-51.
- 7) 福園輝旗(1985)：表面移動速度の逆数を用いた降雨による斜面崩壊発生時刻の予測法，地すべり，Vol.22，2，pp.8-13.