

23. 抜き板による岩盤地すべりの崩壊予測

株式会社 ナイバ 石井 秀明 ・ 長野 恒一
山本 和彦 ・ 岩本 晃
○ 筒井 信博

1. はじめに

香川県下に広く分布する領家花崗岩類の地すべりとしては、熱水変質帯で発生した切土のり面の崩壊事例があるが、初生的な岩盤地すべりが発生することは極めて珍しい。ここでは、花崗岩丘陵で発生した岩盤地すべりの概要と、抜き板（簡易変位板）を用いて監視しながら、地すべりの崩壊予測を行った事例を紹介する。

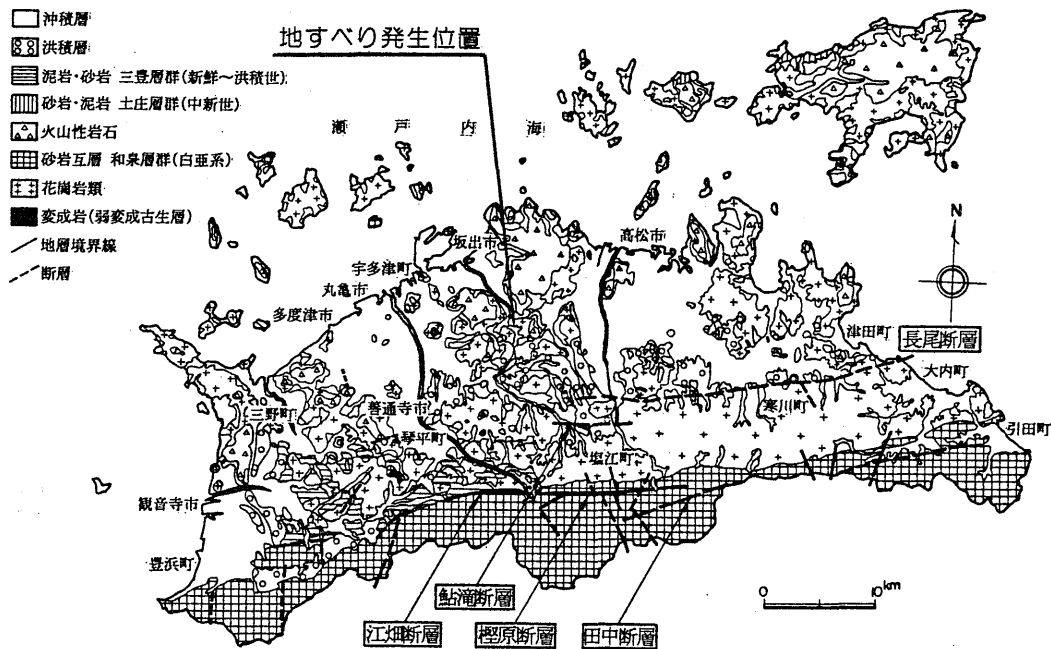


図-1 地すべり発生位置（斉藤・長谷川，1989を簡略化）

2. 地すべりの概要

地すべり発生箇所は、県下では数少ない花崗岩骨材を採取する砕石場である。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（図-2、図-3）。本地すべりは、今年6月下旬に亀裂が発見され、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ている。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。

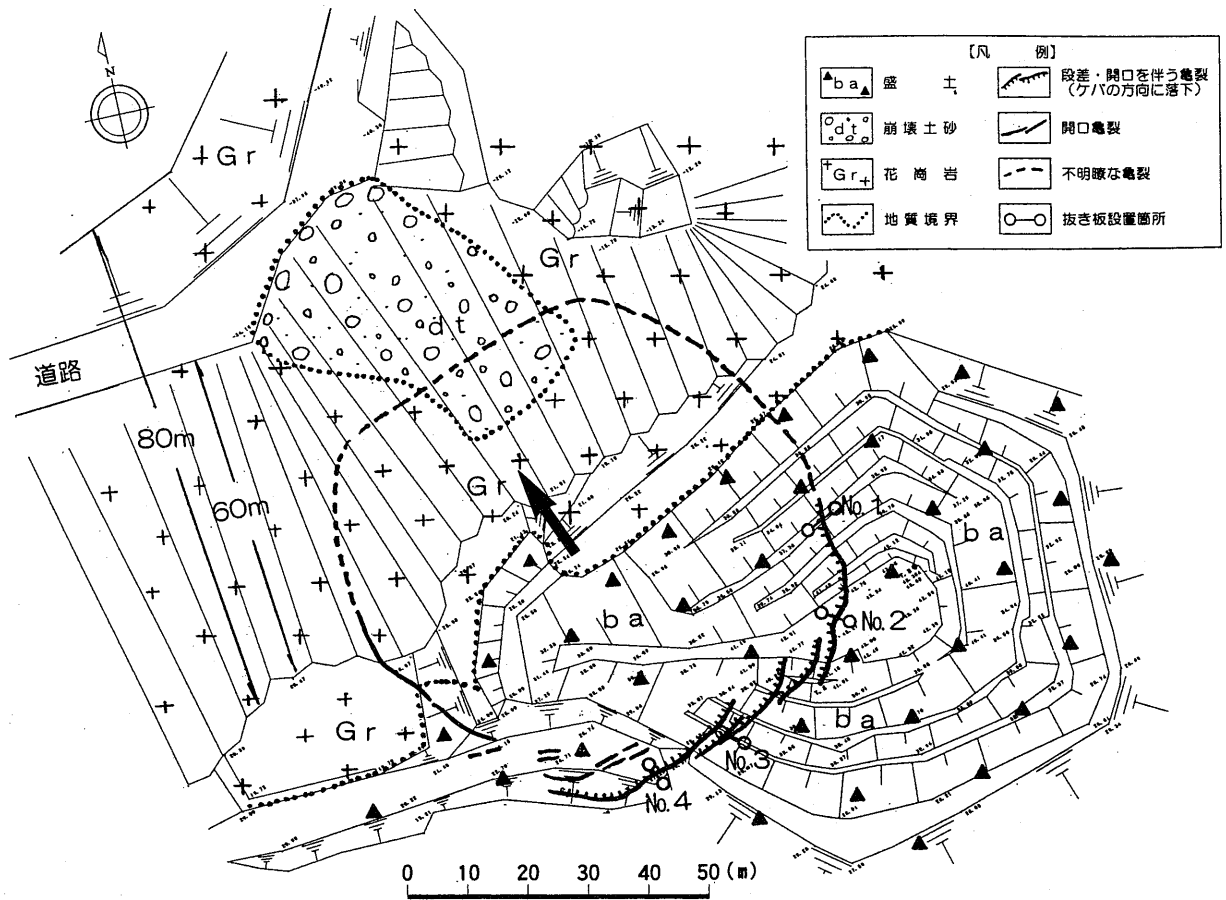


図-2 地質平面図 (崩壊前)

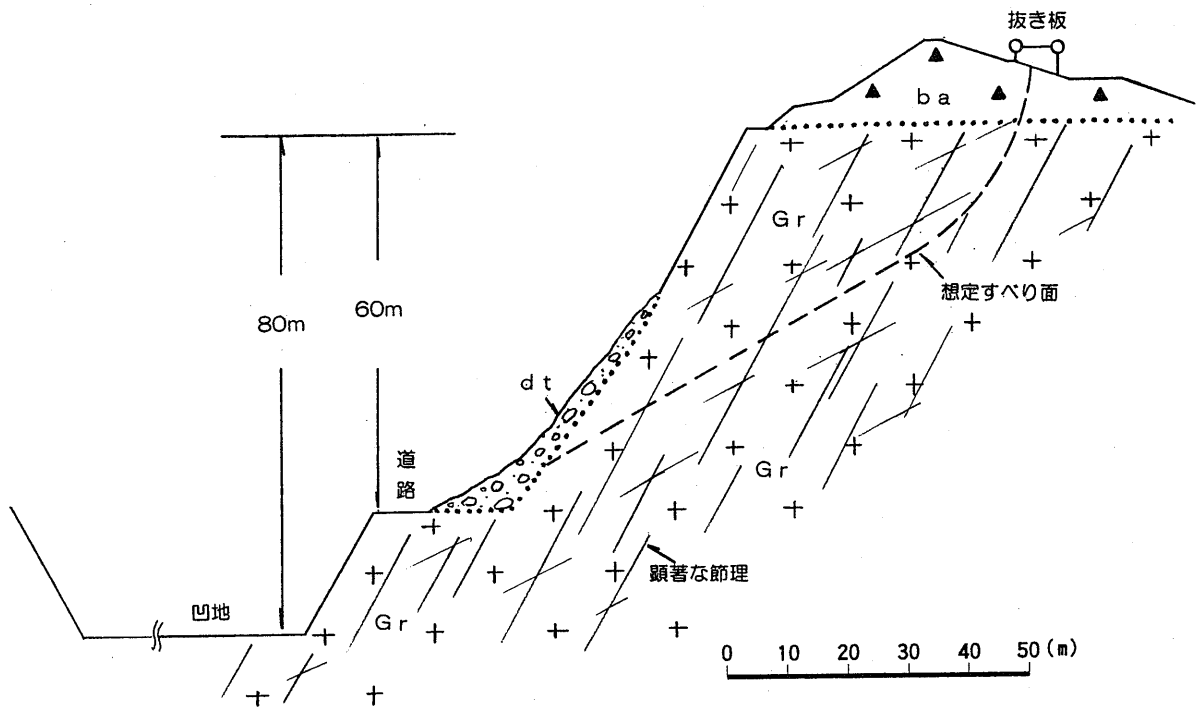


図-3 地質断面図 (崩壊前)

3. 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（図-2，No.1～No.4）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No.4の結果を図-4に示す。

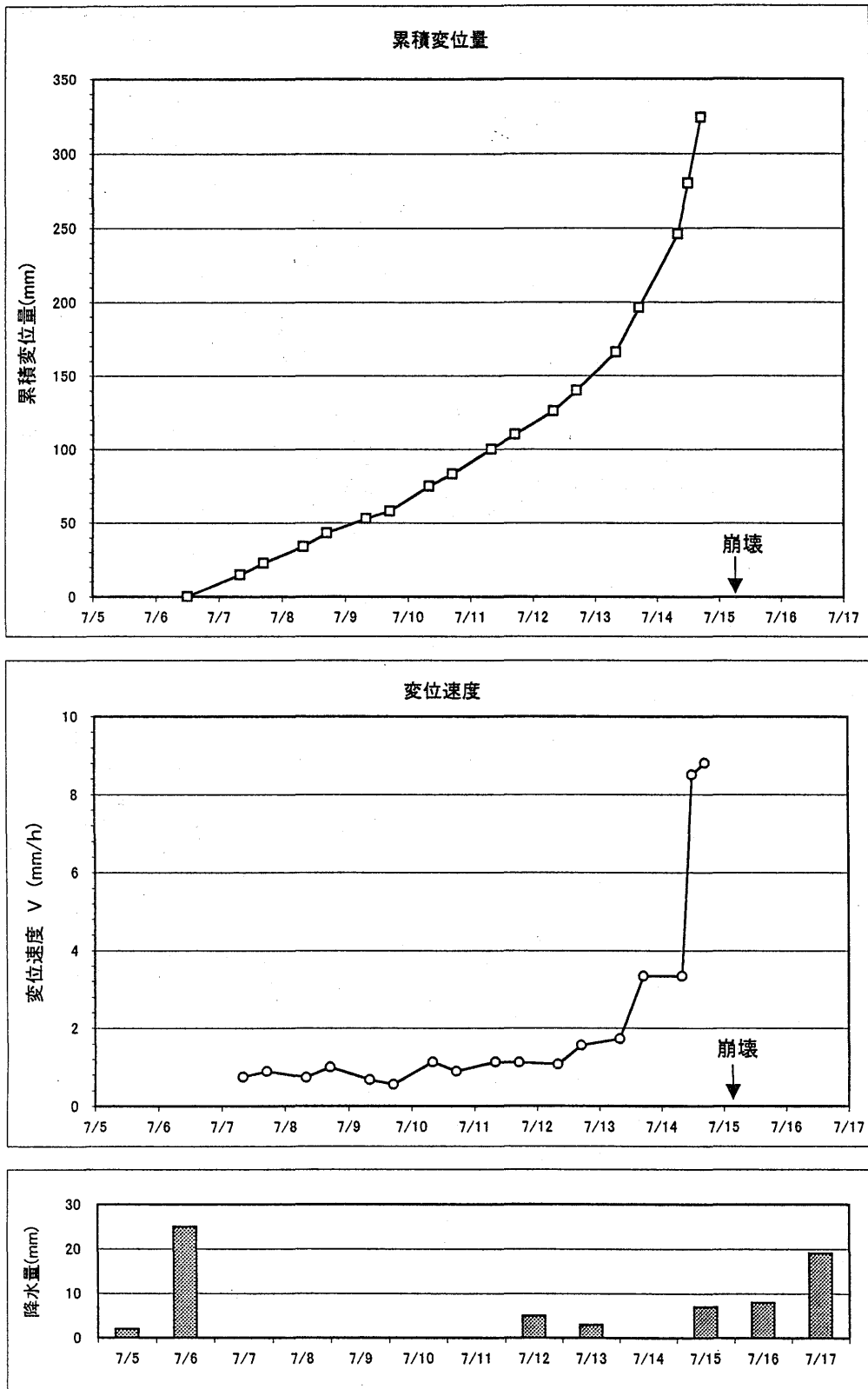


図-4 抜き板による地すべり移動観測結果 (No.4)

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。

土がクリープ破壊する場合の時間とひずみとの関係は、ひずみ速度が漸減する1次クリープ領域、ひずみ速度が定常となる2次クリープ領域、ひずみ速度が増加し破壊に至る3次クリープ領域に区分される。本地すべりは、移動量観測を開始した7月6日にはすでに2次クリープ領域に達しており、13日頃から3次クリープ領域に達したと考えられる。

4. 地すべり崩壊予測

地すべりの移動速度の観測結果から、地すべりの崩壊時期を予測する手法は、斉藤の研究をはじめとして何例か提案されている。本地すべりでは、表-2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。

表-2 崩壊時期の予測モデル(土屋・大村, 1988¹⁾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				
①	斉藤・上沢 (1966)		○		破壊時間	定常ヒズミ 速度	$\log_{10} t_r = 2.33 - 0.916$ $\times \log_{10} \dot{\epsilon} \pm 0.59$ $\dot{\epsilon} = \frac{\Delta \ell}{\ell} \cdot \Delta T$	定常ヒズミから破壊時刻を予測
②	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
③	福園 (1985)			○	移動速度の 逆数	相対時間の 1/($\alpha - 1$)乗	$\frac{1}{V} = \alpha(\alpha - 1)^{1/\alpha - 1}$ $\times (t_r - t)^{1/\alpha - 1}$	崩壊時刻 t_r で 1/V→0の性質 を利用, 視覚 的である
④	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>①の凡例 t_r:破壊余裕時間(分) $\dot{\epsilon}$:ひずみ速度(10⁻⁴/分) ℓ:伸縮計スパン長(mm) ΔT:経過時間(分) $\Delta \ell$:ΔT時間内の移動量(mm)</p> <p>②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>③の凡例 1/V:移動速度の逆数 t:時刻 t_r:崩壊時刻 α:崩壊の形態, 斜面の構成により決まる定数</p> <p>④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>								

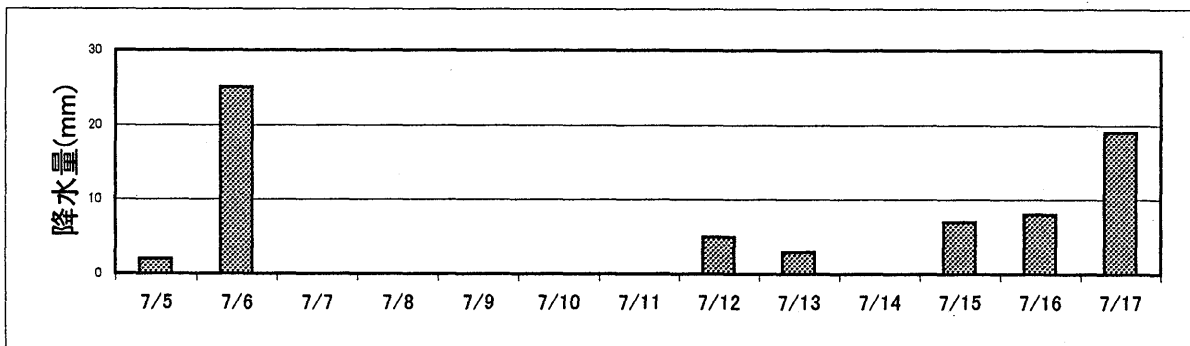
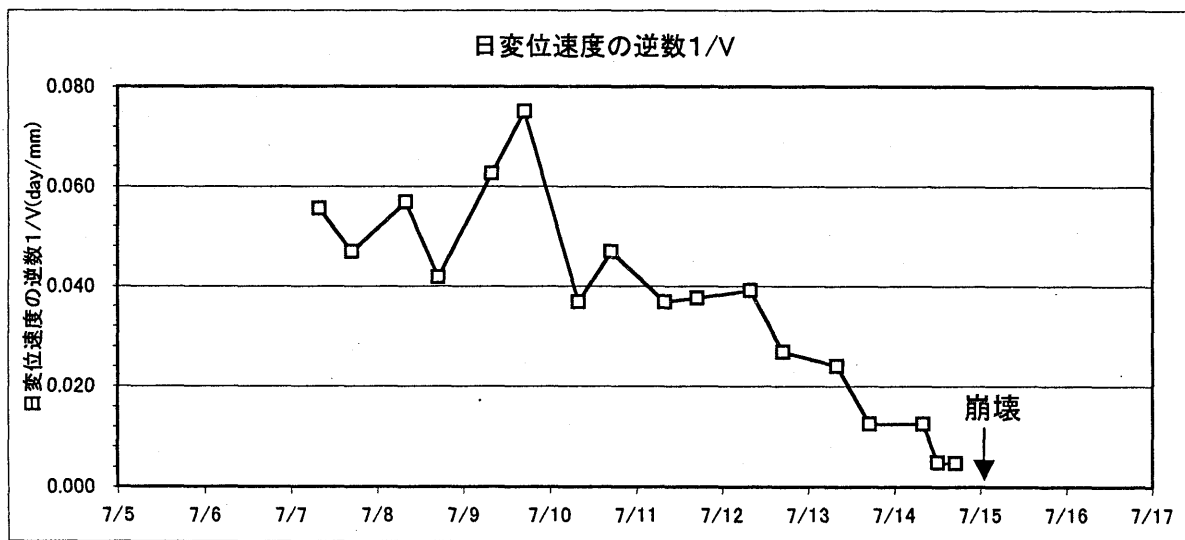
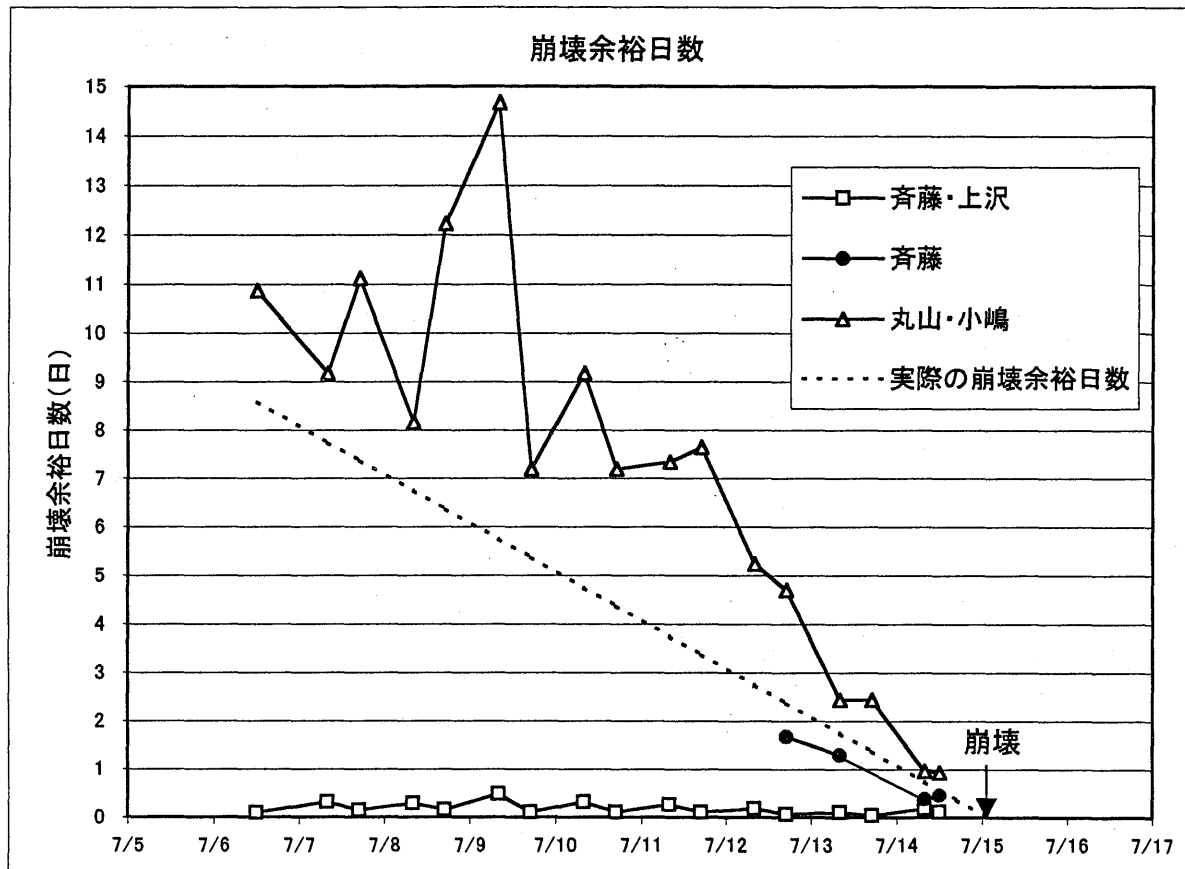


図-5 崩壊時期の予測結果

5. おわりに

斜面移動量の観測中に、経過時間の各時点で現在どのクリープ領域にあるのかを判断することは、困難な場合が多い。したがって、各時点での崩壊余裕時間を算出し、崩壊予測を行う方法が一般的である。

斉藤・上沢(1966)²⁾は、ひずみ速度 ($\Delta l / l$, 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、異なったひずみが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。そして、3次クリープ領域になると、一般に以下のような手法を用いて崩壊予測を行っている。

斉藤(1968)²⁾は、相対変位間隔の等しい3時刻から崩壊時刻を予想しており、図式解法により崩壊時刻を予測することができる。また、丸山・小嶋(1994)³⁾は、日移動量と地すべり斜面長から崩壊余裕時間の予測を提案している。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)⁴⁾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、現地ですべて簡単に作図でき、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、碎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。崩壊直後に設置した地盤伸縮計観測によると、台風11号による豪雨(100mm/日、8月21日)を経験しても顕著な変位は認められず、移動岩塊は現在のところ安定している。

【引用文献】

- 1) 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, No.2, pp.2-26.
- 2) 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, No.626
- 3) 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, No.1, pp.45-51.
- 4) 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, No.2, pp.8-13.