

地すべり崩壊斜面による崩壊予測手法の適用事例

ニタコンサルタント株式会社 ○辻 敦矢, 橋本 昌夫, 荒井 健助

1. はじめに

地すべり活動や道路工事等により変位が発生した斜面に対して、地盤伸縮計による動態観測を行うことが多い。地盤伸縮計では、変動状況を監視するだけでなく、変動量から崩壊時刻を予測する手法が提案されている。一方で崩壊に至るまでの観測データが得られる事例は少ない。

本稿では、地盤伸縮計2箇所と縦型伸縮計1箇所において崩壊に至るまでの観測データが得られた事例を用いて、実崩壊時間と崩壊予測法によって算出された崩壊予測時間との比較を行った。

2. 地質概要

調査箇所である徳島県の地質構造は、中央構造線、御荷鉾構造線、仏像構造線等のほぼ東西に延びる構造線(大断層)により分断され、整然とした帯状構造を呈している。それらは、プレート運動の関わりで形成された変成岩や付加体とその関連地質体で構成され、北から領家帯、三波川帯(御荷部緑色岩類を含む)、秩父累帯、四万十帯に区分されている。

今回の調査箇所は、A地区が四万十帯、B地区およびC地区が三波川帯に属している。

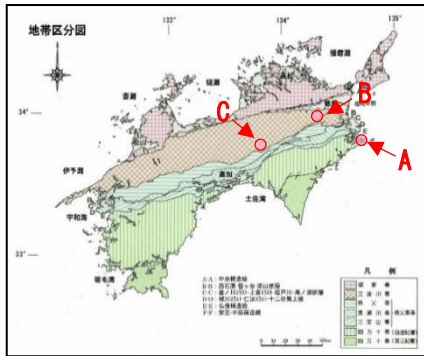


図-1 四国の地帯区分図¹⁾

3. 実崩壊時刻と崩壊予測時刻の比較

崩壊予測手法については、さまざまな手法が提案されているが、実務においては3次クリープに移行すると現場対応等ができない場合が多いため、2次クリープの段階で崩壊予測を行う事が多い。そのため、本稿では参考文献²⁾に準拠し、2次クリープからの概略予測法を適用した。

$$\log_{10} tr = 2.33 - 0.916 \cdot \log_{10} \epsilon \pm 0.59 \dots \text{(式-1)}$$

tr: クリープ破壊時間
 ϵ : ひずみ速度 (10⁻⁴/分)

2 地点に打設された杭間に対してひずみ速度は次式により求められる。

$$\epsilon = (\Delta l / l) / \Delta t \dots \text{(式-2)}$$

l: 杭間の距離(mm)
 Δl : Δt で変化した移動量(mm)
 Δt : Δl の移動に要した時間(分)

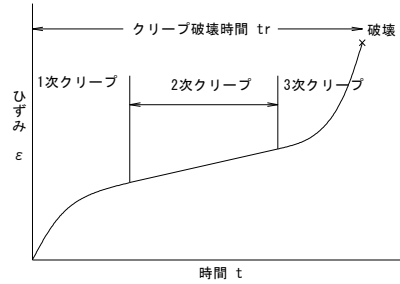


図-2 クリープ曲線模式図³⁾

(1) A地区

豪雨災害により道路に亀裂が生じたため、地盤伸縮計を設置した。観測開始時から変動が確認され、11月1日以降、徐々に変位速度が加速しており、11月29日の豪雨を受けて変位速度が急上昇した。

2次クリープ区間は10月21日16時から10月31日8時に設定し、その時間に移動した量は1.4mmである。

これらの条件で崩壊予測した結果、最短崩壊予測時間は93日16時間後となった。

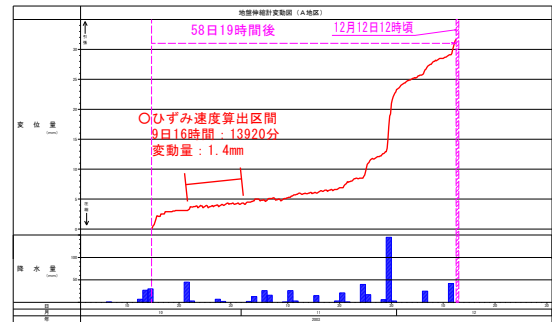


図-3 A地区の地盤伸縮計変動図⁴⁾

(2) B地区

トンネル側道(旧道)の道路改良工事中に地すべり活動が確認されたため、ブロック頭部の滑落崖に地盤伸縮計を設置した。その後、豪雨を受けて6月30日に変位速度が加速し、4日後の7月3日18時頃に斜面が崩壊した。

2次クリープ区間は6月25日15時から6月29日10時に設定し、その時間に移動した量は3.6mmである。

これらの条件で崩壊予測した結果、最短崩壊予測時間は27日後となった。

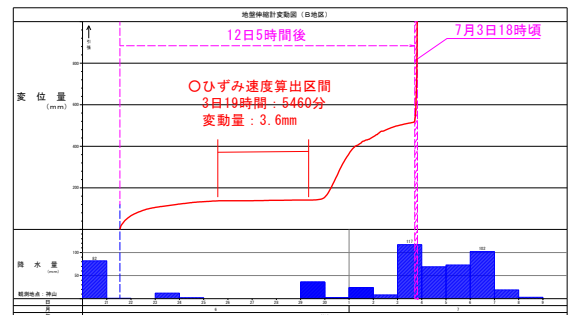


図-4 B地区の地盤伸縮計変動図⁵⁾

(3) C 地区

地すべりブロック末端部の孔内傾斜計観測孔が地すべり活動による孔曲がりで見えなくなった。そのため、縦型伸縮計を設置し、変動量の監視を行った。その後、渇水期においても変位は累積し、令和2年4月17日に地すべりブロック末端部斜面が崩壊した。

2次クリープ区間は1月以降に変位速度がやや加速しているため、12月4日8時から12月31日9時に設定した。当該期間に移動した量は9.5mmである。

これらの条件で崩壊予測した結果、最短崩壊予測時間は195日17時間後となった。

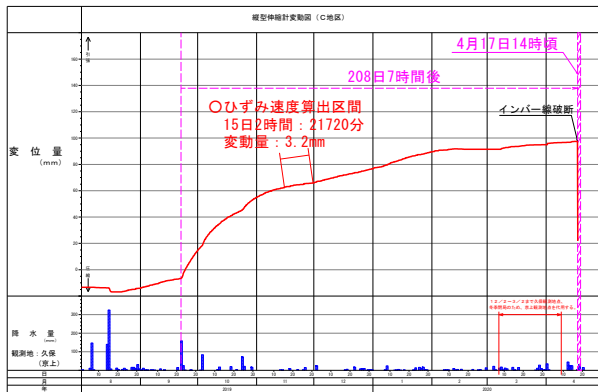


図-5 C地区の縦型伸縮計変動図⁶⁾

表-1に算出条件、崩壊予測時間（最短値）および実崩壊時間を示す。

表-1 崩壊予測結果一覧表

	A地区	B地区	C地区
杭間距離: l (mm)	5000	8000	16000 [*]
移動量: Δl (mm)	1.4	3.6	3.2
時間: Δt	232時間	91時間	362時間
ひずみ速度: ϵ (10 ⁻⁴ /分)	0.00020	0.00078	0.00009
崩壊予測時間(最短値): t_r	93日16時間後	27日後	195日17時間後
実崩壊時間	58日19時間	12日5時間	208日7時間
差	-34日21時間	-14日19時間	+12日14時間

^{*}縦型伸縮計の杭間距離は、ワイヤーの固定点から機械までの距離である。

各地区の崩壊予測時間と実崩壊時間との比較結果は、C地区は崩壊予測時間内で実際に崩壊したが、A地区とB地区では崩壊予測時間より早く崩壊した。

4. まとめ

各地区の現地状況や観測結果から崩壊予測時間と実崩壊時間の差異について述べる。

A地区およびB地区のケースでは、1次クリープと2次クリープが確認されるが、降雨の影響で急速に変位速度が加速している。本稿で使用している崩壊予測式では、クリープによるひずみ速度から破壊時間を求めており、降雨の影響で急速に変位速度が大きくなったため、予測時間より早く崩壊したと考えられる。また、機器の設置時は、既に1次クリープの途中であったため、実崩壊時間が短くなっていた可能性も考えられる。

C地区のケースでは、2次クリープのひずみ速度から崩壊予測時間を算出した結果、実崩壊時間は崩壊予測時間の範囲内であった。この結果から2次クリープの崩壊予測式は縦型伸縮計においても適用できる可能性がある。一方、沈下等による圧縮変位によりひずみ速度が小さくなると崩壊斜面予測時間が長く算出される可能性が考えられる。

今回の事例から2次クリープの概略予測法では、クリープにより崩壊に至る場合は、概ね予測時間範囲内で算出されるが、降雨等の気象条件や変位量の信憑性（正確性）等により崩壊予測時間と実崩壊時間に差異が生じることを確認することができた。

5. おわりに

2次クリープの概略予測法では、式や結果の解釈、気象条件、地質構造などにより、適合している場合とあまり適合していない場合がある⁷⁾。

本稿では一般に地盤伸縮計で使用する崩壊予測法を縦型伸縮計で得られた崩壊事例に適用して実崩壊時間との比較を行うことができた。

今回は崩壊後の事例において崩壊予測を行ったが、実務では地すべり活動が進行中に崩壊予測を行うものである。そのため、使用する崩壊手法について理解しておくことと留意点を把握しておくことが重要である。そうすれば、崩壊予測手法は地すべり活動の現状を把握する1つの方法として有効であると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 四国地方土木地質図編纂委員会編：四国地方土木地質図(1998)、加筆
- 2) 地すべり防止技術指針及び同解説(H20.4)：国土交通省砂防部、独立行政法人土木研究所、p. 76
- 3) 斉藤迪孝・上沢弘(1966):「斜面崩壊時期の予知」地すべり, vol.22, No.2,
- 4) 気象庁アメダス：観測地点「蒲生田」
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index>
(確認日:2024.5.31)
- 5) 徳島県水防情報 神山(国)観測所
<https://www.kasen.pref.tokushima.lg.jp/>
(確認日:2018.7.10)
- 6) 徳島県水防情報 久保観測所(欠測時は同HPの京上観測所を参考)
<https://www.kasen.pref.tokushima.lg.jp/>
(確認日:2020.4.21)
- 7) 斉藤迪孝(1987):「斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用について—崩壊予測の批判に答えて—」地すべり, vol.24, No.1,