

Ⅲ－B 346

地山補強土工法に関する実物大実験（その5）

－施工途中の崩壊したケースの崩壊時間予測に関する検討－

八千代エンジニアリング（株）	正会員	○吉川修一
日本道路公団 試験研究所	正会員	永吉哲哉
同上	正会員	田山 聡
同上	正会員	緒方健治

1. はじめに

地山補強土工法は、地山の変形を前提としているため、変形の増大に伴う地山の崩壊についての検討は、現場の防災上、非常に重要な問題である。崩壊の予測方法として、加速クリープの発生時刻や加速クリープ発生から崩壊までの時間を現場の計測データから事前に予測することができれば、施工管理上有効な判断材料になる。本文では、これらの予測方法を検討するため、日本道路公団において、平成8年度から9年度にかけて行った当工法の実物大実験¹⁾から、施工途中で崩壊したケース1を取り上げた。ケース1の変位の計測データから、加速クリープの発生時刻の判断、また加速クリープ発生時刻から斉藤の式²⁾を用いた崩壊時刻の推定を行い、地山崩壊の予測方法の適用性を検討した。

2. 実物大実験（ケース1）の概要

実物大実験におけるケース1の試験体は図-1に示すとおりである。ケース1は、4段目掘削後（掘削高さH=5m、4段目補強材設置前）に、3段目鉄筋と注入材の付着切れにより崩壊したケースである。崩壊形状は、のり肩から約2.5m付近の天端クラックからのり先付近を通る円弧すべりであった。崩壊の状況は、のり肩部の鉛直変位が急増し、一気に崩壊に至った。また、予兆として4段目掘削面（吹付前）に肌割れが生じていた。

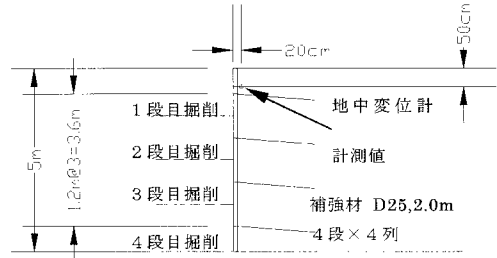


図-1 実物大実験（ケース1）の試験体

3. 加速クリープ発生時間の予測

土がクリープ破壊を起こすまでのみかけのせん断ひずみと経過時間との関係は、ひずみ速度が一定速度で増加する定常クリープ（二次クリープ）と、ひずみ速度が加速度的に増加する加速クリープ（三次クリープ）に区分される³⁾。図-2は、ケース1における4段目掘削途中の地中変位計の水平変位から求めたみかけのせん断ひずみ速度と、1段目掘削開始からの経過時間との関係を示したものである。ここで、みかけのせん断ひずみ速度とは、地中変位計から得られた水平変位の増分を計測の時間間隔で割り、さらに掘削高さHで割ったものである。この図において、Q点はみかけのせん断ひずみ速度が増加に転じた点であり、変位が加速クリープ領域に移行した時点を示している。このときの経過時間は27.75（時）であり、崩壊した点28.11（時）から約22分前であることが分かった。加速クリープ領域のみかけのせん断ひずみ速度は、掘削

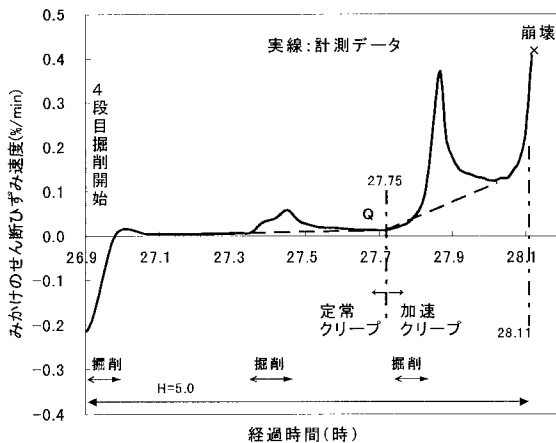


図-2 みかけのせん断ひずみ速度の経時変化

キーワード 地山補強土工法、斉藤の式、加速クリープ、崩壊時間予測

〒153-0061 東京都目黒区中目黒 1-10-21 TEL: 03(3715)7044 FAX: 03(3715)1339
 〒194-0035 東京都町田市忠生 1-4-1 TEL: 0427(91)1621 FAX: 0427(92)8650

による影響で $t=27.8$ （時）付近で急激に増加しており、その後補強土の粘り強さにより減少しているとされる。その結果、全体的な傾向からみると図中の波線のように捉えることができると考えられる。加速クリープ発生時付近における現場観察によると、4段目掘削面（吹付前）の肌割れが生じており、現場計測と目視観察から崩壊兆候の一致がほぼ認められた。

4. 斉藤の式を用いた崩壊時刻の推定

地山に加速クリープが生じたら、変位は加速的に増加し破壊に至る。その間、土は極限状態を保ったまま破壊せず、破壊に到るまでいくらかの時間がある。斉藤²⁾は、地山の変位から崩壊時刻を予測する式を提案し、その妥当性を実証している。以下、斉藤の式を式(1)に示す。 t_r は崩壊時刻、 t_1 は基準となる時刻を示す。 t_2 , t_3 は t_1 よりそれぞれ変位増分 Δl , $2\Delta l$ だけ変位した時点の時刻である。斉藤の式はこの $t_1 \sim t_3$ の3点を用いて崩壊時刻 t_r を予測し

$$t_r - t_1 = \frac{\frac{1}{2}(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}(t_3 - t_1)} \quad (1)$$

ている。すなわち、崩壊までの余裕時間は、経過時間 t_3 の計測後に崩壊時刻を予測するため、 $t_r - t_3$ で表される。今回、 t_1 を加速クリープが生じた時刻27.75（時）とし、 t_2 , t_3 の取り方として変位増分 Δl の感度分析を行った。図-3に $\Delta l=0.8, 2.1, 4.0$ (mm)としたときの崩壊時刻の予測曲線を、表-1に t_1, t_2, t_3, t_r の値を示す。図中の無印の波線は計測データ、印のついた実線は感度分析による崩壊時刻の予測曲線を示している。また、各印は t_1, t_2, t_3, t_r の点を示している。この結果、 $t=27.85$ （時）付近は、掘削の応力解放による変形とクリープ変形が重合しているため変位が急激に増加しており、このときに斉藤の式を適用すると、 $\Delta l=0.8, 2.1$ mmのケースの結果のようにすぐに崩壊してしまう結果となる。 $\Delta l=4.0$ mmと大きくとると、掘削による影響が緩和されクリープ的な状態となり、崩壊時刻によく合うようになる。ただし、 Δl を大きくとることにより、 $t_3=27.92$ （時）から崩壊時刻 t_r までの時間が約7.8分と短く、避難時間を考慮すると Δl をあまり大きくとることができない。また、 Δl を小さくすると計測時間や変位の誤差が結果に大きく影響し、 Δl の選定には注意する必要がある。結論としては、今回、斉藤の式を当工法の崩壊予測に適用する場合、変位増分 Δl を大きくとる程、崩壊時刻の予測値の精度が良くなることがわかった。

表-1 崩壊時刻の予測値(hr)

Δl	4.0(mm)	2.1(mm)	0.8(mm)
t_1	27.75	27.75	27.75
t_2	27.85	27.83	27.80
t_3	27.92	27.86	27.83
t_r	28.05	27.88	27.86

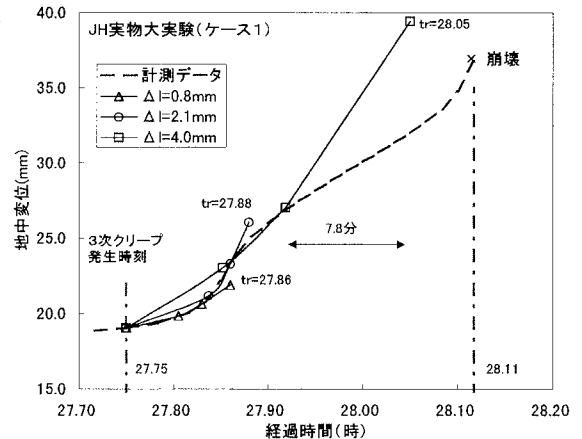


図-3 斉藤の式²⁾を用いた崩壊時刻の予測

5. まとめ

本論文において、実物大実験の崩壊したケースにおける変位の計測データから、加速クリープの発生時刻および加速クリープ発生から崩壊までの時間の予測方法を検討した。本論文によって得られた結論を示すと以下のとおりとなる。1) 加速クリープの発生時刻は、ひずみ速度が加速的に増加する点とすることができ、ケース1においてもその変化点が見られた。2) 現場観察結果から、加速クリープの発生時刻付近では掘削面の肌割れによる崩壊の予兆を知らせる現象を示していた。3) 斉藤の式は、変位増分 Δl を大きくとる程、崩壊時刻の予測値の精度が良くなる。

【参考文献】

- 1) 多田, 永吉, 他: 地山補強土工法に関する実物大実験 (その1, 2), 第52回年講, III-B266, III-B267
- 2) 斉藤迪孝: 第3次クリープによる斜面崩壊時期の予知, 地すべり学会, No.3, vol.4, 1964.4
- 3) 村山朔郎: 土の力学挙動の理論, 技報堂出版