

支保変状を未然に防止する計測管理手法に関する一提案（その 2）

大成建設株式会社 正会員 ○志村 和宏，市田 雄行，大塚 勇

1. はじめに

本稿では、文献 1)にて提案した、初期変位から将来の支保変状の可能性を予測する新たな計測管理手法を用いて、施工事例に対して適用した結果について報告する。本検証は、文献 1)をもとに、文献 2)~4)および実施中のトンネルで得られた計測値との比較を行う。

2. 文献による計測値との比較

本章では、文献 2)~4)からトンネル施工事例をもとに、変状が確認されたトンネルを選定し、その計測値を用いて、当計測管理手法の検証を行う。検証対象は、①吹付けコンクリートのクラック、剥離の事例、②鋼製支保工の変形、座屈の事例、③ロックボルトの座金の変形、ロックボルトの破断の事例、④上記①~③に伴い支保構造の増強、パターン変更がされた事例とする。検証対象として得られたトンネルは 28 現場の 28 断面であり、これらの計測値を対象に、掘削段階毎に設定した管理基準値について比較検証を行った。

検証結果について、表 1 および図 1 に天端沈下、表 2 および図 2 に内空変位をまとめたものを示す。天端沈下の計測値が取得できたトンネルは 28 断面の内、22 断面であり、管理基準値を超過しているトンネルは、切羽離れ 0.5D 時点で 50%、最終計測時点で 82%という結果となった。また、内空変位の計測値が取得できたトンネルは 28 断面の内、27 断面であり、管理基準値を超過しているトンネルは、切羽離れ 0.5D 時点で 30%、最終計測時点で 67%という結果となった。

天端沈下と内空変位両方の計測値を取得できたトンネル事例の内、管理基準値超過の有無についてまとめたものを表 3 に示す。取得できたトンネルは 28 断面の内、21 断面であり、どちらか一方でも管理基準値を超過しているトンネルは、切羽離れ 0.5D 時点で 62%、最終計測時点で 95%という結果となった。

以上の比較結果より、切羽離れ 0.5D 時点で、半数以上のトンネルにて変状を予見できており、当管理基準値に基づく計測管理手法は、支保変状を未然に予見し防止する点において、有効であるものと評価できる。

表 1 文献との比較結果（天端沈下）

対象28断面中	天端沈下	
	切羽離れ 0.5D	最終 計測時
計測値 $\geq$ 管理基準値	11 (50%)	18 (82%)
計測値<管理基準値	11 (50%)	4 (18%)
計測断面数	22	

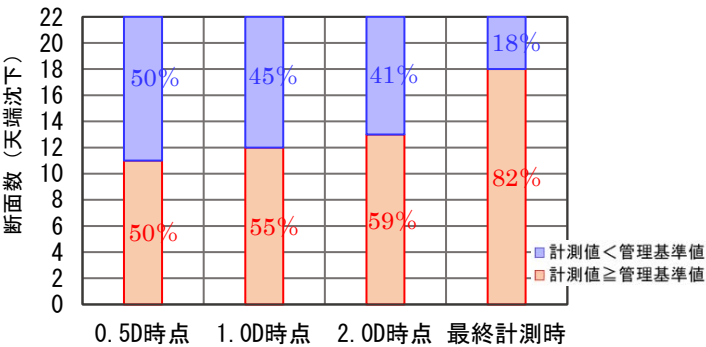


図 1 天端沈下における度数分布

表 2 文献との比較結果（内空変位）

対象28断面中	内空変位	
	切羽離れ 0.5D	最終 計測時
計測値 $\geq$ 管理基準値	8 (30%)	18 (67%)
計測値<管理基準値	19 (70%)	9 (33%)
計測断面数	27	

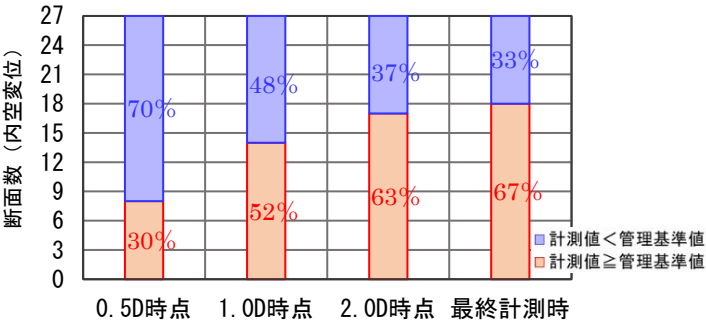


図 2 内空変位における度数分布

表 3 文献との比較結果（天端沈下および内空変位）

対象28断面中	天端沈下および内空変位	
	切羽離れ 0.5D	最終 計測時
計測値 $\geq$ 管理基準値	13 (62%)	20 (95%)
計測値<管理基準値	8 (38%)	1 (5%)
計測断面数	21	

3. 実施中のトンネル変位計測値との比較

本章では、実施中のトンネルから得られた変位計測値を用いて、当計測管理手法の適用性について検証を行う。

3つのトンネルを対象に、変状が確認された計測断面が20断面、変状が確認されなかった計測断面が40断面の計60断面を抽出した。これらの計測値を対象に、管理基準値について比較検証を行った。

比較結果を表4に示す。変状が確認された20断面の内、天端沈下または内空変位のどちらか一方でも管理基準値を超過している断面は60%であった。当計測管理手法にて変状を予見でき、予見精度は60%であるという結果となったが、現手法にて変状を見逃してしまう可能性もあると考えられる。ただし、変状が確認されたものの、管理基準値を超過していない8断面においては、初期変位の傾きが小さい傾向にあることから、計測初期値の取得の遅れやターゲットの設置位置といった計測条件による影響を受けている可能性があると考えられる。一方で、変状が確認されていない40断面の内、70%は管理基準値を超過していないことから、予見精度は高いと評価できる。ただし、管理基準値を超過した30%は、天端沈下量が超過しているケースが多数であることから、安全率の裕度や、回帰分析によって定めた係数Aの相関係数が内空変位よりも天端沈下の方が低いことが少なからず影響しているものと考えられる。

変状が確認され、計測値が管理基準値を超えた12断面における、切羽離れ毎の累積度数分布を図3に示す。12断面の内、切羽離れ0.5Dまでに管理基準値を超える断面は50%、切羽離れ1.0Dまでに管理基準値を超える断面は83.3%となっている。

以上の比較結果より、当管理基準値に基づく計測管理手法は、実施中のトンネル変位計測値においても予見精度は高く、支保変状を未然に予見できる可能性が高いものと評価できる。

4. 事後検証結果

文献および実施中の変位計測値と管理基準値による比較検証を行った結果より、得られた知見および課題点を以下にまとめる。

【得られた知見】

- ・当管理基準値に基づく計測管理手法は、支保変状を未然に防止する点において有効であると評価できる。
- ・本計測管理手法を用いることで、支保変状を未然に予

参考文献

1) 支保変状を未然に防止する計測管理手法に関する一提案 (その1)
2) 日本トンネル技術協会：トンネルと地下 2000年1月号～2017年12月号 (全216巻)
3) 土木学会：トンネル工学研究発表会 論文・報告集 1991年～2020年 (全20巻)
4) 日本トンネル技術協会：施工体験発表会 2000年～2019年 (全20巻)

表4 実施中のトンネル変位計測値との比較結果

対象60断面	天端沈下および内空変位 最終計測時	
	変状有り	変状無し
計測値≥管理基準値	12 (60%)	12 (30%)
計測値<管理基準値	8 (40%)	28 (70%)
断面数	20	40

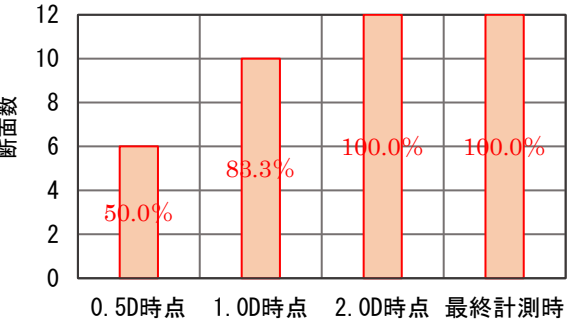


図3 変状のあったトンネル断面の累積度数分布 (計測値≥管理基準値)

見し、かつ変状にタイムリーに対策を講じる、あるいは変状が発生する範囲を最小限に抑えることができる利点がある。

【課題点】

- ・必ずしも当管理基準値が、どのトンネルに対しても適用できるとは限らないため、単回帰分析によって求める係数A (=最終ひずみ/初期ひずみ) について、適用するトンネルとの整合性を確認する必要がある。
- ・現状、天端沈下量の係数Aは、内空変位量の係数Aと比べて、最終ひずみと初期ひずみの相関性が低いいため、さらに多くの計測データを用いることで信頼性を高める必要がある。
- ・係数Aの精度に係るものとして、計測初期値の取得時期やターゲット設置位置等の計測条件が挙げられるが、トンネル現場毎に異なるのが実情であり、計測条件を統一した中で係数Aを再構築する必要がある。

5. まとめ

本稿では、初期変位から将来の支保変状の可能性を予測する新たな計測管理手法について、施工事例に適用した場合の事後検証を行った。今後は、より予見精度を高めるための検討を行うとともに、本計測管理手法を採用した山岳トンネルの計測管理を行い、当手法の妥当性および実用性について更なる検証を実施したい。