

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）

大成建設株式会社 正会員 ○石井 祥旭, 市田 雄行, 大塚 勇

1. はじめに

山岳トンネルでは日常的に坑内変位計測が行われており、地質調査によって得られた地山の変形係数または一軸圧縮強度に基づく限界ひずみにより設定した管理基準値との比較によって、地山の安定性や支保工の健全性・妥当性を評価している。上記の計測管理体制は、管理基準値を超過した時点での対応に留まり、変位増大や支保変状を未然に防止するといった予防の観点では不十分であること、また、事前調査に限りがある中で地山情報の不足に起因する地山物性値の不確かさ、施工時の地山性状の急変や地質脆弱部・不連続面の局所的な出現に伴う地山物性値の再評価の難しさ等が課題として挙げられる。

そこで本稿では、トンネルの安定性を評価する限界ひずみを代替とする指標（管理基準値）について検討し、掘削初期段階の変位から最終的な変位を予測し、掘削段階毎の計測変位と管理基準値との比較により適切な対処が可能な計測管理手法について検討する。

2. トンネル変状事例に関する分析

本章では、過去の文献1)~3)からトンネル施工事例をもとにトンネル変形と支保部材の変状等について調査を行い、支保部材に変状が生じた際のトンネル変形量からトンネル周辺地山の周方向ひずみを推定し、ひずみ量と支保変状発生に特定の関連性が見られるか等について分析を行う。調査対象は、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し、これらの変状発生時のトンネルの変形量、支保パターンや土被り等の施工条件と併せて整理する。

図1~図3に支保変状発生時のひずみとトンネル半径、吹付けコンクリート厚さ、土被りとの関係性について示す。なお、吹付けコンクリート厚さにはトンネル径による影響も含まれているため、ここでは全変状事例の吹付けコンクリート厚さを、トンネル半径5mを基準

とした換算厚さとして求める。分析の結果、いずれのトンネルの半径や吹付けコンクリート厚さ、土被りの条件においても、支保変状時のひずみは1%前後~2%程度の範囲に多く分布することがわかる。したがって、支保構造の安定性を評価する上で、ひずみ1%前後~2%の値は、一つの指標として用いることができる可能性がある。

3. 初期変位と最終変位の関係性に関する検討

本章では、複数の山岳トンネル現場にて計測されたトンネル変位を収集および整理し、初期変位と最終変位の関係性を回帰分析によるアプローチにて推定することで、初期変位の値から最終変位を予測する手法に

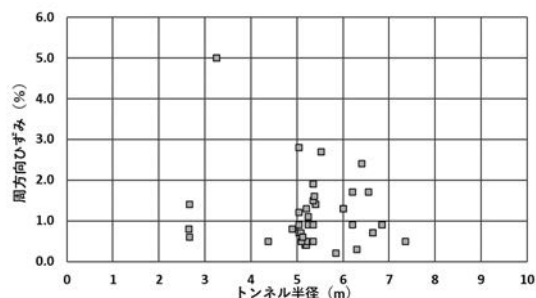


図1 ひずみとトンネル半径の関係

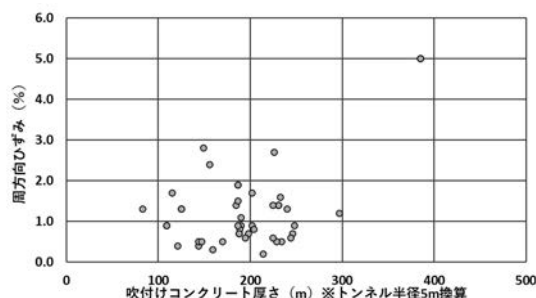


図2 ひずみと吹付けコンクリート厚さの関係

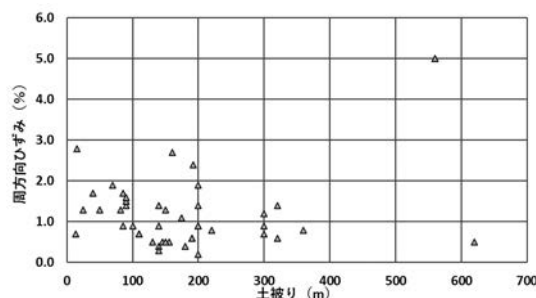


図3 ひずみと土被りの関係

キーワード 山岳トンネル, 計測管理, 管理基準値

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 大成建設株式会社 土木設計部 TEL 03-5381-5296

ついて検討を行う。なお、初期変位は、切羽にて計測初期値取得後から1掘進後、0.5D掘進後、1D掘進後、2D掘進後の変位とし、各時期の天端沈下量および内空変位量をひずみとして評価したものをを用いて回帰分析を行い、初期変位に基づくひずみを「初期ひずみ」、最終変位に基づくひずみを「最終ひずみ」とする。ここで図4に示すように「最終ひずみ/初期ひずみ=係数A」とすると、各施工段階における「係数A」の値は表1のように整理できる。

4. トンネルの計測管理手法の検討

以上の検討を活用したトンネルの新しい計測管理手法について検討する。なお、本手法の主目的は「支保に変状が発生しないように施工管理すること」として、以下に新手法の設定例を示す。

手順1) 許容ひずみの設定

支保変状事例の調査結果に基づき、支保変状発生時のひずみを1.0%とし、ここに安全率1.25を考慮したひずみ0.8%を許容ひずみとする。

手順2) 掘削段階別の管理基準値を設定

表2に示す通り、「係数A」と許容ひずみをもとに、掘削段階別の管理基準値を設定する。

手順3) 管理基準値と計測値の比較

掘削段階毎に設定した管理基準値と計測値との比較を行う。図5は各掘削段階で計測値が管理基準値を下回っていた例であり、図6は0.5D掘進時に計測値が管理基準値を上回り、以後の計測値も同様に管理基準値を超過し、最終的に支保部材に変状が発生した事例である。以上2例の比較より、掘削段階毎の管理基準値を計測値が超過する場合、将来的な支保変状の可能性が高まると考えられることから、超過時点での早期な対応により、変状の発生規模を最小限に抑えることが可能となる。

5. まとめ

本稿では、トンネルの安定性を評価する限界ひずみを代替とする指標（管理基準値）について検討し、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の提案を行った。今後は、あらゆる施工事例に対して新たな管理計測手法を適用した検証を行うと

参考文献

- 1) 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）
- 2) 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）
- 3) 日本トンネル技術協会：施工体験発表会 2000年～2019年（全20巻）

ともに、新たな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検証したい。

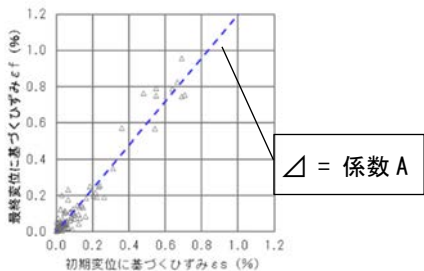


図4 最終ひずみ/初期ひずみ=係数Aの導出例

表1 掘削段階別の「係数A」のまとめ

計測時の切羽離れ	係数A	
	天端沈下量に基づくひずみ	内空変位量に基づくひずみ
1掘進後	3.261	3.166
0.5D掘進後	1.622	1.539
1.0D掘進後	1.292	1.199
2.0D掘進後	1.130	1.062
2.0D以上掘進後	1.000	1.000

表2 掘削段階別の管理基準値

計測時の切羽離れ	許容ひずみ	係数A	トンネル掘削径 (mm)	管理基準値 (m)
1掘進後	0.008	3.166	10,000	25.3
0.5D掘進後	0.008	1.539	10,000	52.0
1.0D掘進後	0.008	1.199	10,000	66.7
2.0D掘進後	0.008	1.062	10,000	75.3
2.0D以上掘進後	0.008	1.000	10,000	80.0

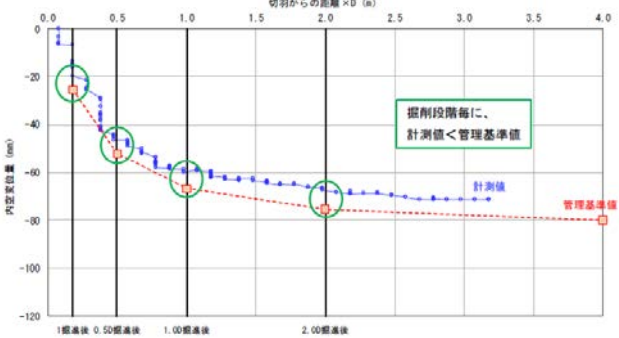


図5 比較例（計測値<管理基準値となる場合）

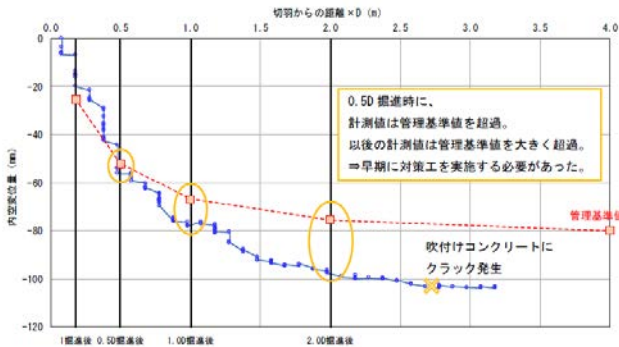


図6 比較例（計測値>管理基準値となる場合）