

トンネル覆工における温度依存に着目した計測結果の取扱いに関する一考察

中日本高速道路（株）飯田保全・サービスセンター 正会員 ○森瀬 喬士
 中日本高速道路（株）技術本部 高度技術推進部 正会員 海瀬 忍
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） 鎌田 一男 森 裕亮

1. はじめに

飯田保全・サービスセンター管内のトンネルは矢板工法で施工されており、供用から約45年が経過している。恵那山トンネル（図-1）は、建設時、支保工の変形や地山の押出しなどが発生したが、苦労の末に完成に至った。供用後も変状が発生したため、様々な変状対策を繰り返し行っており、現在に至っている（図-2）。過年度の点検において覆工にひび割れが確認されており、補修計画にあたっては、建設時などの背景から地山の变形に伴う変状の可能性も考えられるため、慎重に検討していく必要がある。このため筆者らは、ひび割れ箇所などについて計測を実施している。本稿はひび割れ幅と内空変位の計測結果に関し、温度依存に着目して考察したので報告するものである。

2. 計測項目

計測にあたっては、最初から多くの計測や調査項目を設定するのではなく、変状に応じて段階的に計測や調査を深度化していく必要がある。点検でひび割れが確認された箇所にはひび割れ幅計測を実施し（2017年～）、変状対策として覆工補修が行われてひび割れなどが確認できない箇所については、補修後の状況を把握するため近接調査や内空変位計測を追加（図-3）で行った（2021年～）。温度依存について検証するために坑内温度の計測も計測箇所毎に行った。計測頻度は1回/時間の頻度とし、データロガーを用いて自動計測した。

3. 計測結果と考察

3-1. ひび割れ幅の計測結果と温度依存

筆者らはこれまでに短期間での計測結果をもとに温度依存に関する考察を行った¹⁾が、5年間分の計測結果が得られたため再考察した。ひび割れ幅と坑内温度の経過を図-4に示す。坑内温度が上昇するとひび割れは閉じる傾向がみられ、反対に坑内温度が下降するとひび割れは開く傾向がみられる。坑内温度の影響で覆工コンクリートが収縮膨張を繰り返すことで計測値に影響を及ぼしていると考えられるため、温度依存分を除外して検討する必要がある。

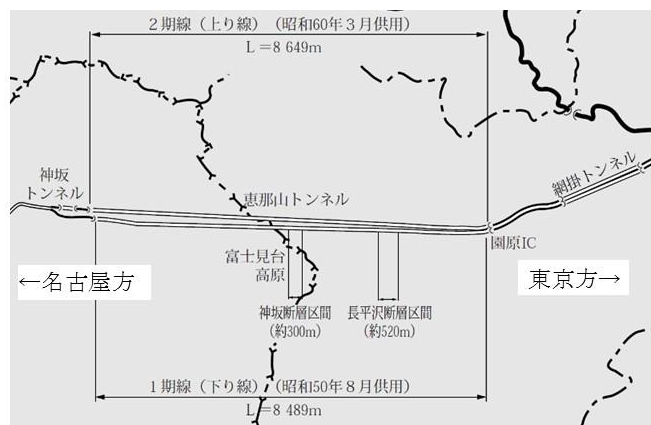


図-1 恵那山トンネル 位置図

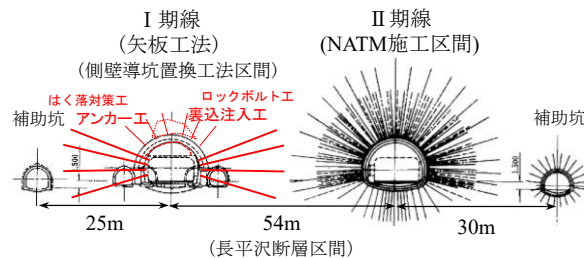


図-2 I期線とII期線の位置関係と供用後の対策



図-3 計測機器の設置状況

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + c \quad \cdots \cdots \text{式(1)}$$

$$S = Y - (a_2 X_2 + c) \quad \cdots \cdots \text{式(2)}$$

ここで、Y: 測定値(ひび割れ幅) [mm]

X_1 : 測定開始からの経過時間 [h]

X_2 : 坑内温度 [°C]

a_1, a_2 : 係数, c : 定数

S: 実変動量(経時変化分)[mm]

キーワード: 計測, ひび割れ幅, 温度依存, 恵那山トンネル

連絡先: 〒395-0151 長野県飯田市北方 856-1 TEL0265-25-7288 FAX0265-25-7873

る。そこで、測定値が式(1)で与えられるものとして、重回帰分析により係数及び定数項を求めることとする。さらに初期値 ($X_i=0$ のとき $Y=0$) を考慮するとともに定数項を温度依存分に含めると、実変動量は測定値から温度依存分を除外した式(2)で得られることとなる。式(2)から推定された実変動量を図-4 に示す。実変動量の勾配はほぼ水平であることがわかる。図-4 の計測箇所は断層区間に位置しているが、ひび割れの進行性が認められないことから、トンネルは安定していると考えられる。しかしながら、覆工に発生するひび割れの開口は、覆工の背面拘束や地山の影響など様々な条件に影響されるため、今後も変状の進行性を監視していくとともに、進行性が確認された場合は詳細調査を実施していくことを考えている。

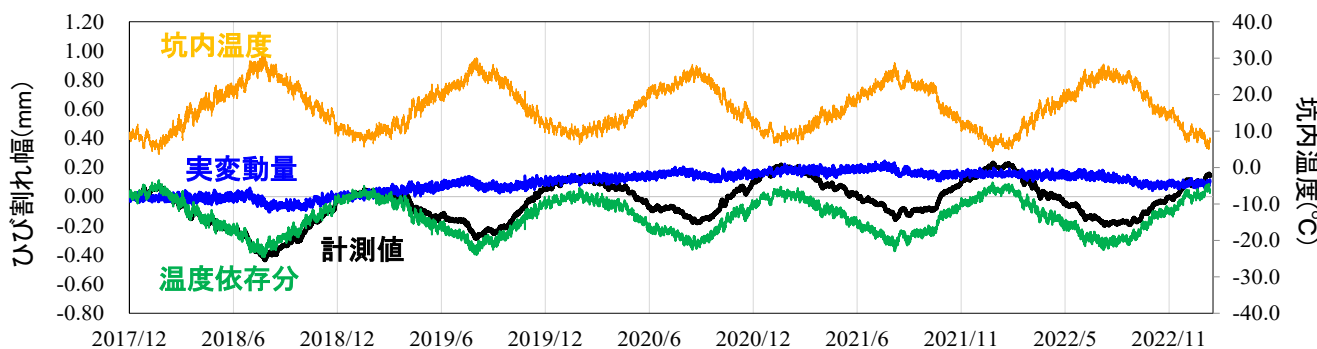


図-4 ひび割れ幅の計測結果（温度依存を考慮）

3-2. 内空断面の計測結果と温度依存

変状対策として覆工補修が実施されてひび割れなどの変状が確認できない箇所については、内空断面の変位計測をすることとした。図-5 に示すように水平方向の計測に加えて、天端沈下や偏圧の傾向を把握できるよう斜め方向にも側線を設定して計測を行った。内空変位と坑内温度の経過を図-6 に示す。水平変位に関しては上半、下半ともに変位と温度に明確な関係性を確認することができない(図-6a, 図-6b)。クラウン部天端の鉛直変位については変位と温度に関係がある可能性が考えられる(図-6c)。いずれにしても計測期間が短いことから3-1に示すような温度依存に関して検証できるよう引き続き計測を進めていくこととしたい。

4. おわりに

長期間の計測結果を分析した結果、トンネル覆工のひび割れ幅は坑内温度の変化に密接に関係するということがわかった。一方で、内空断面の計測結果については計測期間が短いという事もあり、有意な考察をすることは現時点では困難であった。トンネル変状の進行性を把握する場合には、目的の計測項目だけでなく坑内温度も併せて計測し温度依存分を除外して評価することが重要であり、進行性の有無について判断するには計測に期間を要することから、対策工を検討するうえでは計測期間を十分に考慮し計画を立案する必要があるといえる。引き続き安全な高速道路空間を維持できるよう事業を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) 森瀬喬士, 八木弘他: トンネル覆工におけるひび割れ開口量の温度依存に関する一考察, 第75回年次学術講演会, 2020.

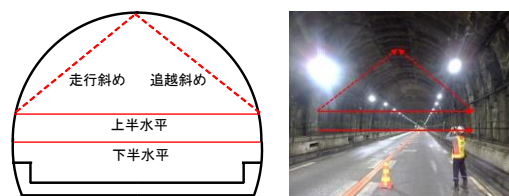


図-5 内空変位側線の設定

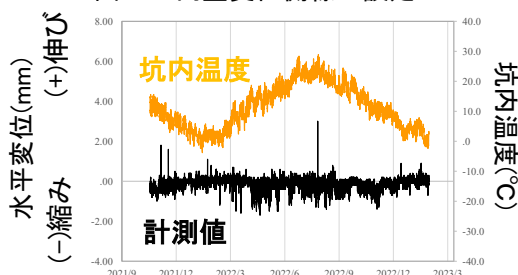


図-6a 上半水平方向の変位

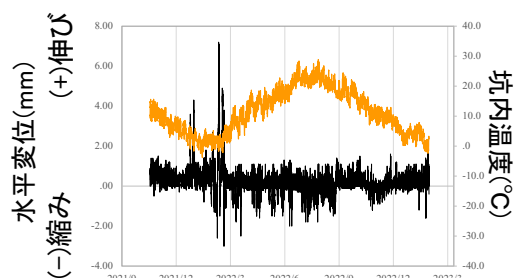


図-6b 下半水平方向の変位

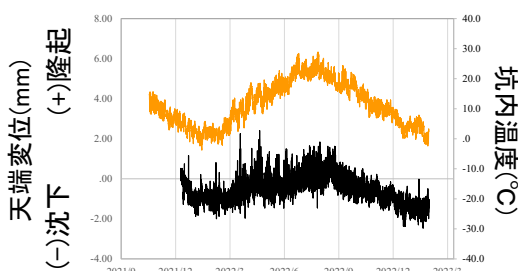


図-6c 天端鉛直方向の変位

図-6 内空変位の計測結果