

損傷を有するトンネルの改築前後の振動計測

日本大学工学部 非会員 ○増子佳汰 非会員 増山博亮
日本大学工学部 正会員 渡邊英彦

1. はじめに

トンネル本体の完成後、数年から十数年後に発生した盤膨れによる変状や経年劣化による変状が報告されている¹⁾。このような変状の有無を調べる点検では近接目視や打音検査などが行われている。一方、橋梁等においては振動計測を用いた劣化度評価が多数行われており、トンネルにおいても常時微動などの振動を用いた手法が報告されている。振動計測の作業は打音検査などに比べ比較的容易であり、目視できない箇所の変状検出も期待できる。本研究では、盤膨れによる変状を有するトンネルにおいて健全部と不健全部そして一部の改築工事終了地点において振動計測を実施し、健全度判定の可能性について検討する。

2. 計測方法

福島県の県南地区にある K トンネルでは完成の 4 年後に盤ぶくれによる路面隆起が発生し、路盤面、アーチ部やインバート部に損傷が生じた¹⁾。このトンネルにおいて、健全部 2 地点 (A,G)、不健全部 4 地点 (B,D,E,F) の計 6 地点を対象に加速度の計測を行った。健全部とは路盤面、アーチ部、インバート部に破損が確認されなかった地点とし、不健全部とはそれらに破損が確認された地点とした。また、不健全部の B 地点では破損インバートの撤去を行い、プレキャストインバートを設置する改築工事が実施されおり、改築工事実施後も振動計測を行った。

振動計測は常時微動と打撃振動（重さ 543g のステンレス球を高さ 50cm から自由落下した場合とシュミットハンマーを用いた場合）の二通りとし、それぞれ図-1 に示すように 3 方向 (X 軸:トンネル軸方向, Y 軸:トンネル横断方向, Z 軸:鉛直方向) で行い、通行車両の少ない夜間に計測した。計測には高感度振動検出器を使用した。計測時間は常時微動では 1 地点当たり 20 秒を 10 回、打撃振動では 5 秒を 10 回で行った。

3. 計測結果と考察

3.1 常時微動の平均スペクトル比

常時微動の波形 10 個のスペクトル比を平均した平均 (H/V) を求めた。その代表例を図-2~4 に示す。図-2 の健全部 G 地点では 10Hz 以上に着目すると増加傾向にあ

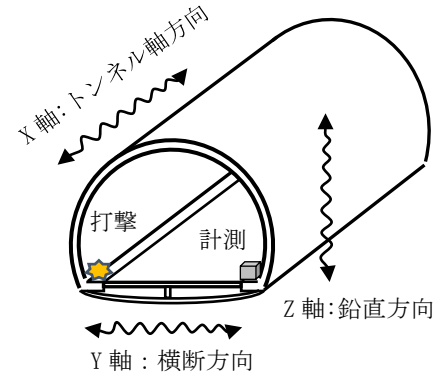


図-1 振動計測方向

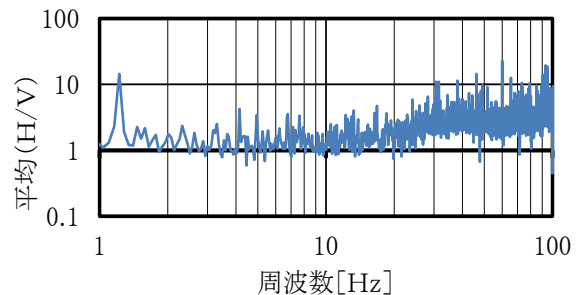


図-2 健全部 (G) 平均 (H/V) (常時微動)

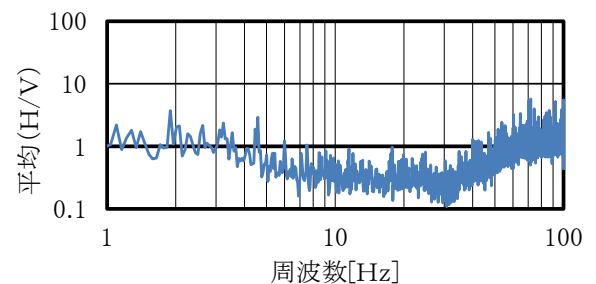


図-3 不健全部 (B) 平均 (H/V) (常時微動)

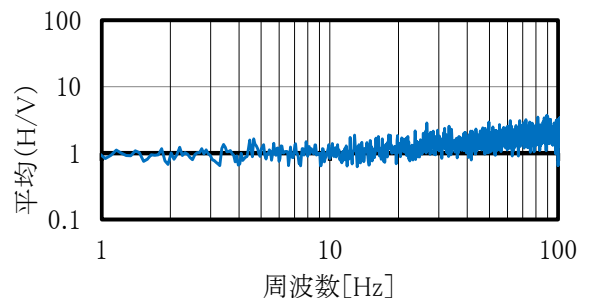


図-4 改築工事後 B 地点 平均 (H/V) (常時微動)

キーワード：損傷トンネル，盤ぶくれ，改築工事，常時微動，打撃振動，

連絡先：〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

り、1より大きな値を示している。図-3の不健全部B地点では周波数が30Hz以上の領域で上昇しているが平均的には1より小さな値を示している。このように健全部と不健全部では異なる傾向を示している。図-4は改築工事实施後のB地点であり、図-3の傾向とは異なり10Hz以上で増加傾向にあり1より大きな値を示している。これは健全部G地点と同様の傾向である。

3.2 打撃振動の最大振幅と波形減衰時間

ステンレス球での打撃による計測波形の一例を図-5に示す。この波形のパラメータとして最大振幅の絶対値を V_{max} とし、この V_{max} から $V_{max}/10$ の値になるまでの時間を波形減衰時間 (ΔT) として求めた。結果を図-6～図-8に示す。健全部(青)と不健全部(赤)を比較すると、計測3方向ともに健全部では V_{max} が大きく、不健全部は小さい傾向を示している。また、この傾向はZ方向でより明らかであった。改築工事を実施したB地点(緑)は3方向ともに健全部に近い領域の値を示している。一方、 ΔT には健全部と不健全部での違いは観察されなかった。また、これらの傾向はシュミットハンマーを用いた場合も同様であった。

4. まとめ

盤膨れによる変状が生じたトンネルにおいて、変状の生じていない健全部分と変状の生じた不健全部分、さらに改築工事を実施した地点について常時微動計測と打撃振動計測（ステンレス球の自由落下とシュミットハンマーによる打撃）を実施した。健全部と不健全部では常時微動の平均スペクトル比 (H/V)、打撃振動での最大振幅 V_{max} に違いが観察された。また、改築工事を実施した地点では健全部と同様な傾向となった。

このように健全部と不健全部では振動波形パラメータに異なる傾向が観察されたことから、トンネルの健全性判定に振動計測は有用と考えられるが、今回対象とした不健全部分は変状がかなり進行した状態であり、変状の初期状態を対象した場合や定量的な評価については今後の課題である。

<参考文献>

1) 渡邊長浩, 吉田祐一, 尾崎裕司, 太田敬一: プレキャストインバートを用いた供用中トンネルの盤膨れ対策-国道289号線甲子トンネル-, トンネルと地下, Vol. 51, pp. 19-30, 2020.

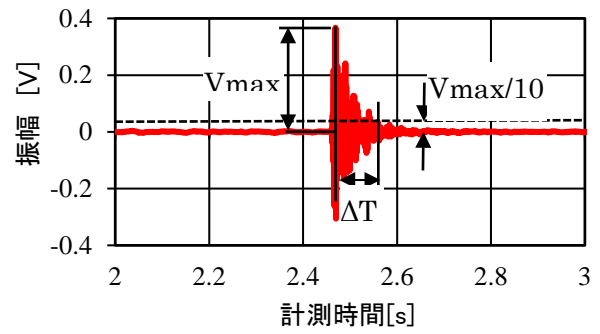


図-5 打撃波形（ステンレス球）

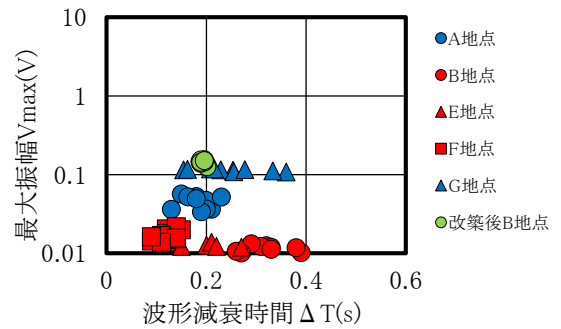


図-6 X方向の V_{max} と ΔT （ステンレス球）

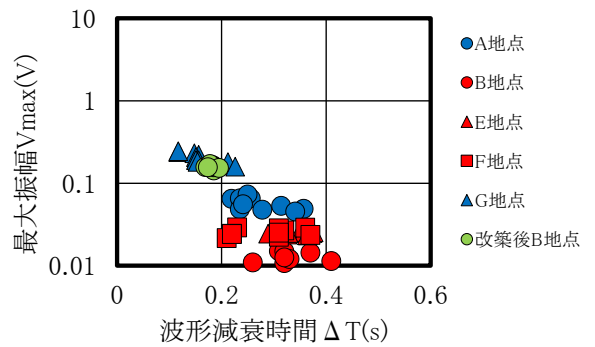


図-7 Y方向の V_{max} と ΔT （ステンレス球）

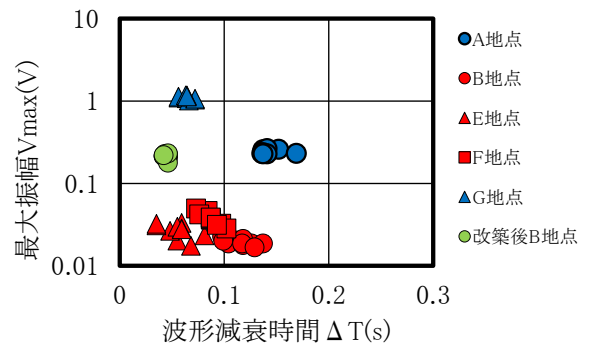


図-8 Z方向の V_{max} と ΔT （ステンレス球）