

走行車両の音響反射によるトンネル覆工コンクリートの振動計測

明石工業高等専門学校 正会員 ○鍋島 康之

1. はじめに

わが国では高度成長期に道路整備が急激に進み、2010年代には建設後50年以上経過した道路施設が急増している。特にトンネルについては2012年笹子トンネル天井板落下事故以来、一斉点検が実施されるなど、維持管理・補修・修繕が重要な問題となっている。

本研究では、図1に示すようにトンネル内を車両が走行する際に発生する音響を覆工コンクリートが反射する際の振動を計測し、劣化程度を判断できるか検討している。今回は実際のトンネル内において車両走行時に覆工コンクリートがどのような振動をしているかについて実測を行った結果を報告する。

2. 調査方法

兵庫県下の国道9号線にある2箇所のトンネルにおいて車両が走行時に発する音響を覆工コンクリートが反射する際に発生する振動をレーザードップラー振動計（写真1, Laser Doppler Vibrometer, 以下LDV）で計測した。計測を行ったトンネルの覆工コンクリートは写真2に示すような亀裂が確認できた。劣化の程度が進行するほど、健全な箇所と異なる振動挙動を示すことが考えられる。レーザを照射した点が振動している場合、反射光はドップラー効果により周波数に変化が生じる。LDVはその変化を感知することで正確な振動の速度と変位を検出できる。橋梁分野では、鋼箱桁橋の補強前後の常時微動比較¹⁾や斜張橋の健全度評価²⁾にも用いられている。今回使用したLDVは μm レベルの微小な変動を遠距離から非接触で測定できるシステム（ポリテックジャパン（株）RSV-150、仕様は表1参照）である。LDVによる振動計測は車両が接近し、通過するまでの10秒間の振動を計測した。振動計測と同時に車両走行時の騒音レベルについても騒音計で測定した。なお今回の振動計測は写真3に示すようにトンネル内の歩道部分から覆工コンクリートの振動を計測した。

3. 計測結果

図2はトンネル内で計測した騒音レベルを示している。今回の計測は日中に実施したため、完全な静穏時における騒音レベルを計測できなかったが、車両が走行していない時間に測定した騒音レベルの平均値は73.6dBであった。車両走行時の騒音は85dB以上であり、95dBを超える値も記録した。今

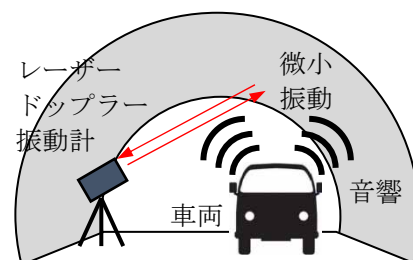


図1 音響による覆工コンクリートの振動



写真1 レーザードップラー振動計



写真2 覆工コンクリートの状況



写真3 トンネル内計測状況

キーワード 覆工コンクリート、音響反射、レーザードップラー振動計、劣化

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校 TEL: 078-946-6170

回の実測結果では、大型車両の通過時に最大値が記録されたわけではなく、普通乗用車の騒音（最大値）とあまり差が見られなかった。この結果から、トンネル内は車両走行時には非常に高い騒音が発生していることが確認できた。次に、車両総工事に発する音響による覆工コンクリートの振動計測結果の一例を図3、4に示す。LDVを用いているため、測定結果は速度で示している。今回は写真2に示したような覆工コンクリートに亀裂が発生している箇所の周辺部1点を測定するシングルポイント計測を実施した。なお図3の振動を計測した際の騒音レベル（最大値）は93.1dBで、図4の場合は91.7dBであった。図3では車両が測定箇所へ近づく際に大きな振動がパルス的に生じている（図3の赤色矢印）ことがわかる。図4でも同じく車両が接近する際にパルス状の振動（図4の赤色矢印）が生じている。しかしながら、図3では車両通過時および通過後にもパルス状の振動（図3の青色矢印）が見られたが、図4では車両通過時にはその様な振動は確認できなかった。今回の計測では、走行車両の車種（大型車両、普通乗用車）、速度、台数（単独、複数走行）など走行車両に関する詳細なデータを収集していなかったため、どのような走行状況で覆工コンクリートが振動しているのか検討できなかった。また、車両の走行音にはエンジン音・排気音だけでなく、タイヤと舗装の走行音も含まれ、舗装表面の粗度に影響するところが多い。

4. まとめ

本研究では、車両が走行時に発する音響によるトンネル覆工コンクリートの振動挙動を計測した。その結果、亀裂周辺部では車両走行時にパルス状の振動が生じていることが確認できた。

今後は、トンネルの劣化程度や断面形状により覆工コンクリートの振動特性が異なると考えられるため、劣化程度や断面形状が異なるトンネルにおいて挙動を比較検討する予定である。

【謝辞】

国道9号線のトンネル覆工コンクリートの振動計測は国土交通省近畿地方整備局のご協力により実現したものである。また、レーザードップラー振動計はポリテックジャパン(株)から借用した。ここに記して関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

1) 宮下, 石井, 藤野, 庄司, 関: レーザー計測を用いた鋼鉄道橋の高速走行により発生する局部振動の把握と列車速度の影響, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.2, pp.277~296, 2007. 2) 玉田, 宮下, 石崎: 健全度評価のための斜張橋ケーブルの振動計測, 土木学会第65回年次学術講演会, 第I部門, pp.1071~1702, 2010.

表1 レーザードップラー振動計の仕様

レーザー波長	照準 532nm (緑色) 測定 1550nm (不可視)
レーザー出力	10mW
安全クラス	II
計測可能距離	50m
速度分解能	使用レンジにより変化, 最大スケール 0.1m/sec の 場合, 1 μ m/sec
計測可能周波数帯	0 - 25Hz

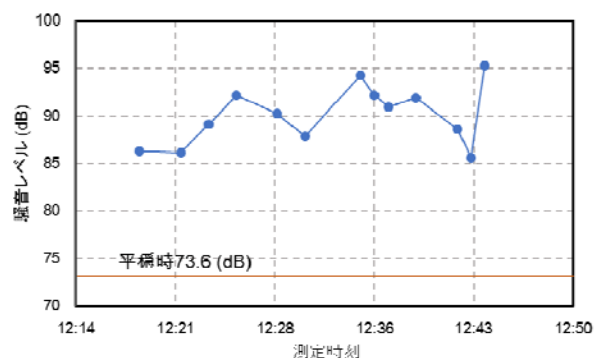


図2 騒音レベル実測値

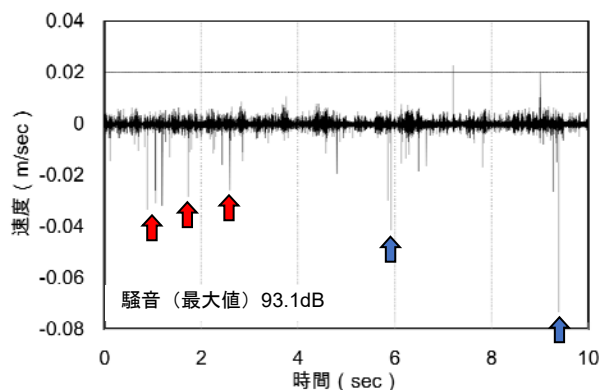


図3 振動実測値 (その1)

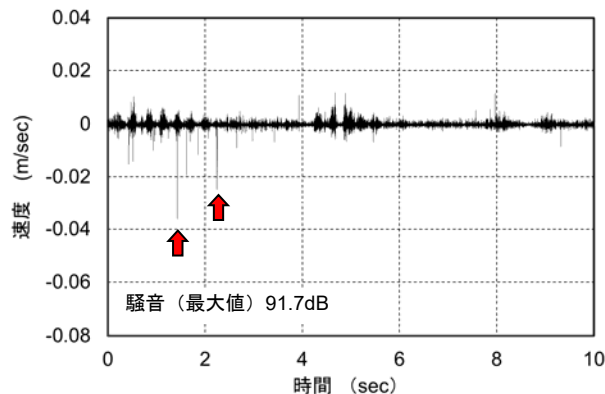


図4 振動実測値 (その2)