

連続ベルトコンベア対応型トンネル発破低周波音消音器の開発と現場適用結果

(株)大林組 正会員 ○本田 泰大 渡辺 充敏 秋山 剛史
保科 孝雄 伊藤 哲 木梨 秀雄

1. はじめに

トンネル工事の発破音は、衝撃的で非常に大きなエネルギーを発生し、可聴音から低周波音まで広範囲に及ぶ特徴がある。従来の発破騒音対策にはコンクリート製や砂充填式等の防音扉があり、これらは可聴音の対策には有効であるが、低周波音を低減するには扉を複数枚設置したり、重量を大きくする等が必要で、コストや工程面に課題がある。既報の通り、筆者らは音響管を用いて20~63 Hz帯域の低周波音を約15~20 dB低減するトンネル発破低周波音消音器¹⁾を開発し、さらに低周波音以外の騒音(ここでは簡単のため100 Hz以上の音を普通騒音と称する)を低減する普通騒音消音器を加えた広帯域型トンネル発破消音器²⁾について報告した。本報では今回新たに開発した、消音器内部にずり出し用の連続ベルトコンベアを通しながらも既往の消音器と同様に発破音を低減出来る連続ベルトコンベア対応型消音器(以降ベルコン対応型消音器と略)の概要および山岳トンネル現場での適用事例についてのべる。

2. 連続ベルトコンベア対応型トンネル発破消音器の概要

既往の広帯域型トンネル発破消音器は、音響管により発破音と逆位相の反射音を発生させ発破音を低減する低周波音消音器と、ダクト内部に設置した吸音材により普通騒音を低減する普通騒音消音器により構成される²⁾。低周波音消音器の中央には発破音の通り道となる車両通行用開口があり、同開口部の左右に設置された音響管群により従来の防音扉では低減するのが困難だった低周波音を大幅に低減する。一方、ベルトコンベアは、切羽までの動線を確認するため、車両通行用開口以外に設置する必要がある。そのため、写真-1に示すように低周波音消音器内部をベルトコンベアが貫通する形状とした。ベルトコンベア用開口は消音機構を持たず発破音の伝搬経路となるため、その影響が最小限となるように断面寸法を0.7 m×1.2 mまで絞った。また、同開口により低周波音消音器の音響管の形状が変化するため、数値解析により断面形状を再設計した。

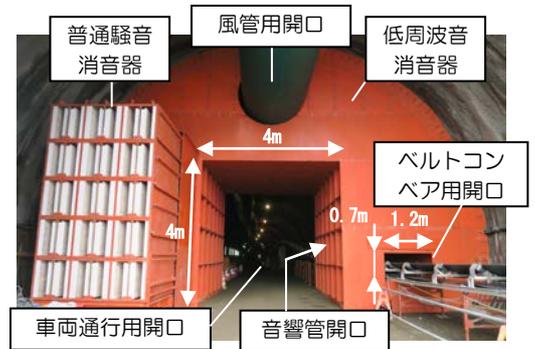


写真-1 連続ベルトコンベア対応型トンネル発破消音器

3. 数値解析による断面形状検討

低周波音消音器の内部には共鳴周波数の異なる数十本の音響管が存在する。各管の共鳴周波数は対象周波数(20~63 Hz帯域)の範囲内に分散配置するよう設計しており、共鳴周波数は管の断面寸法、深さや折り曲げ方により変化する。図-1の赤線で示すように消音器内の音響管形状はベルトコンベア用開口により変化するため、共鳴周波数が既往の消音器と一致するように2次元境界要素法により検討した。図-1に数値解析結果の一例を示す。20 Hzにおける解析結果でありコンター内の各線は

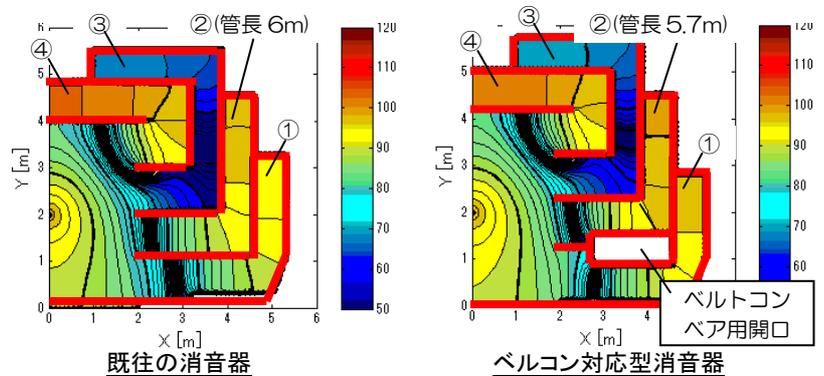


図-1 低周波音消音器横断面における音圧レベル分布解析結果の一例(赤線は断面の境界位置、①~④は音響管の番号を示す)

により検討した。図-1に数値解析結果の一例を示す。20 Hzにおける解析結果でありコンター内の各線は

キーワード トンネル, 発破音, 低周波音, 消音器, 広帯域, 吸音材

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 環境技術研究部 TEL042-495-1014

2 dB の変化を表している。この図の場合は線の間隔が狭い箇所ほど音圧レベルが急激に小さくなることを表す。②の音響管の長さは既往の消音器とベルコン対応型消音器とで異なるが、いずれの音響管も開口付近で音圧レベルが急激に小さくなり共鳴状態にある、すなわち共鳴周波数が一致していることがわかる。同様に周波数、音響管形状を変化させながら解析を行い、各形状における共鳴周波数を確認しベルコン対応型消音器の断面形状を決定した。

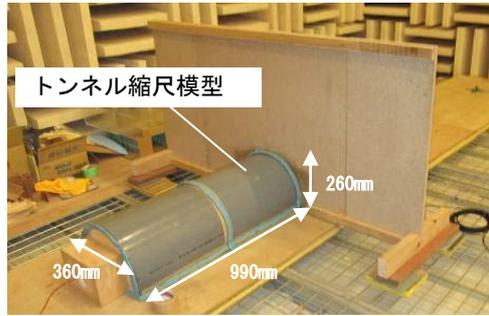


写真-2 トンネルの縮尺模型写真

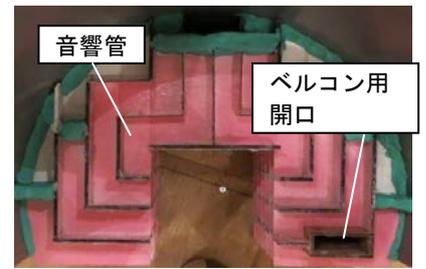


写真-3 ベルコン対応型消音器模型写真

4. 縮尺模型実験による低減効果確認

ベルコン対応型消音器が既往の消音器と同様の低減効果を持つか確認するため、発破音を模擬した衝撃性の音源を用いた 1/32 縮尺の音響模型実験を実施した。写真-2 に示すトンネルの縮尺模型に、既往の消音器とベルコン対応型消音器それぞれの縮尺模型(写真-3)を挿入し、消音器有無による挿入損失を低減効果として測定した。図-2 に模型実験における低減効果の測定結果を示す。低周波音消音器の対象周波数である 20~63 Hz 帯域を見ると、既往の消音器は約 12~20 dB なのに対しベルコン対応型消音器は約 11~18 dB と同程度の低減効果があることを確認した。なお、既往の消音器の場合、実物大消音器の方が縮尺模型よりも低減効果が 5 dB 程大きいですが、ベルコン対応型消音器の場合も同様に実物大の方が縮尺模型よりも低減効果が大きいと考えられる。

5. 実現場設置時の民家位置での騒音測定結果

現在掘削中のトンネル現場にベルコン対応型消音器を設置し、民家付近の測定点で騒音を測定した。坑口から民家位置までの距離は約 200 m、測定時の薬量は約 40 kg、掘削長は約 400 m である。同様の条件下で測定した既往の消音器設置現場の測定結果と比較した図を図-3 に示す。赤線で示すベルコン対応型消音器と青線で示す既往の消音器設置時の測定結果は概略一致しており、消音器により同程度の低減効果が得られていると推察される。

6. まとめ

連続ベルトコンベア対応型低周波音消音器の開発にあたり、数値解析により断面形状を再設計し、縮尺模型実験で低減効果を確認、現場で効果の検証を実施した。低周波音消音器の一部にベルトコンベア用開口を設けたが、模型実験により対象周波数(20~63 Hz 帯域)で既往の消音器と同程度の低減効果が得られることを確認した。また、実現場にベルコン対応型消音器を設置し民家位置で測定した騒音測定結果は既往の消音器設置時と概略一致し、消音器により同程度の低減効果が得られていると推察される。

参考文献

- 1) 諏訪菌和彦, 本田泰大, 西野俊論, 松野徹, 伊藤哲, 三村聡, “音響管を用いた発破消音器の開発と現場適用事例”, 土木学会全国大会講演論文 pp. 123-124, 2012, 9月.
- 2) 山下信一, 本田泰大, 渡辺充敏, 荒川晃士, 木梨秀雄, 伊藤哲, 中村亮, “広帯域型トンネル発破消音器の開発と現場適用結果”, 土木学会全国大会講演論文 pp. 825-826, 2013, 9月.

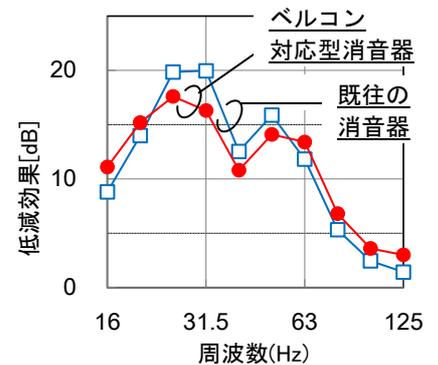


図-2 低周波音消音器の低減効果(縮尺模型)

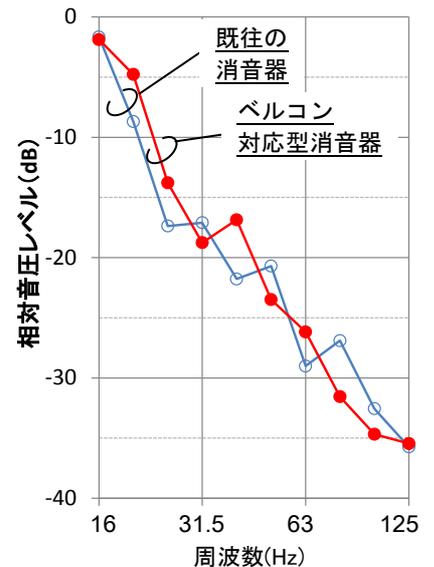


図-3 消音器設置時の民家位置での発破音測定結果