

トンネル爆破掘削時の共鳴器型消音器を用いた低周波音の低減（効果検証）

西日本高速道路(株)九州支社長崎高速道路事務所 正会員 浦川 信行

鉄建建設(株) 正会員 ○植村 義幸 宇田 誠 中澤 真司

鉄建建設(株)九州支店 田辺 洋一

1. はじめに

トンネル工事の爆破掘削に伴う低周波騒音の低減を目的とした検討はこれまで多くの研究機関でなされている^{1)～4)}等。今回、ヘルムホルツ共鳴器の原理を用いた消音器（以下、共鳴器型消音器、と記す）に着目して開発を行うこととし、縮尺模型実験及び実物大の現場実証を行ったのでその一部を報告する。

2. 模型実験概要

共鳴器型消音器は、トンネル内に設置することでトンネルの一部に二重管構造を構成し、トンネル本体と消音器間の空洞部を共鳴空間として利用する。消音器の壁や天井部分に孔やスリット状の開口を設けることで吸音による減音効果を得ようとするものである。

模型実験はトンネル本体を想定した 1/20 縮尺模型を用い、切羽部に設置した音源スピーカより、オクターブバンドの定常音を発生させ、坑口より 250mm 離れた受音点で、共鳴器型消音器設置前後の 10 秒間の等価音圧レベルを計測した（図-1、写真-1）。等価音圧レベルの測定は、スピーカからの音源出力レベルを一定とし、ケース 1：トンネル本体のみ、ケース 2：トンネル本体＋消音器（孔なし）、ケース 3：トンネル本体＋消音器（孔あり）で行った。なお、消音器は図-1 に示す POS1 の位置とし、測定対象周波数範囲は 63Hz～2kHz（実大換算 3.15Hz～100Hz）とした。

3. 模型実験結果

図-2 に各ケースの等価音圧レベルを示す。また、ケ



写真-1 実験状況

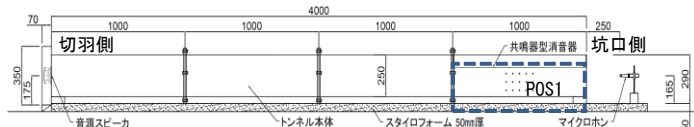


図-1 トンネル模型

ース 1 の等価音圧レベルからケース 2 及びケース 3 の等価音圧レベルを差し引いて求めた値を共鳴器型消音器の設置による減音効果として図-3 に、ケース 3 の消音器設置による減音効果からケース 2 の消音器設置による減音効果を差し引いて求めた値を共鳴器型消音器の吸音による減音効果として図-4 に示す。なお、図の横軸は実大換算値を表している。

図-2 及び図-3 より、共鳴器型消音器の設置による減音効果は、消音器の孔の有無に関わらず、5Hz～12Hz の周波数域で約 10dB 以上表れており、トンネル内の部分的な断面形状の変化が減音に効果を及ぼすことを確認した。次に、図-4 より、共鳴器型消音器の吸音による減音効果は、8Hz 付近で約 7dB、10Hz～12Hz の周波数域で最大で約 10dB であることが認められた。

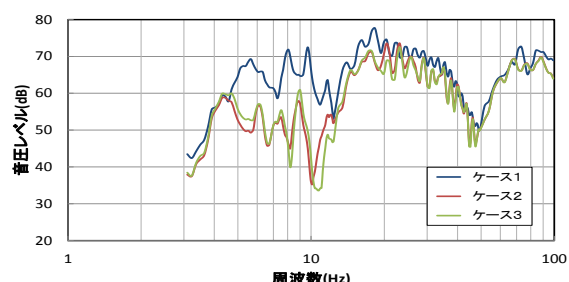


図-2 等価音圧レベル測定結果

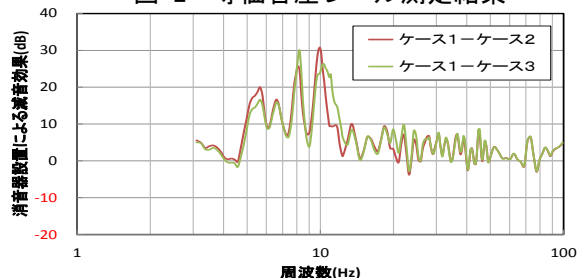


図-3 消音器の設置による減音効果

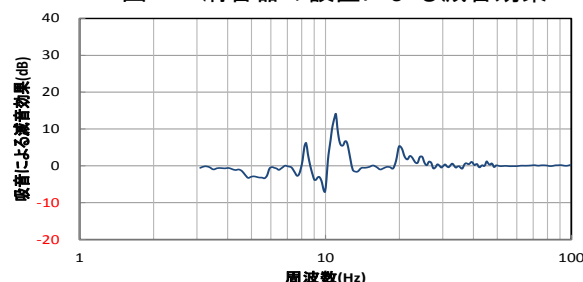


図-4 消音器の吸音による減音効果

キーワード トンネル、爆破掘削、低周波音、ヘルムホルツ共鳴器、環境対策

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3 鉄建建設(株)土木本部 トンネル技術部 TEL:03-3221-2298

4. 現場実証概要

現場実証は、長崎自動車道 中里トンネル工事において次の理由で採用した。中里トンネルは長崎県長崎市東町～同市中里町に位置し、長崎自動車道（長崎苅塚 IC～長崎多良見 IC 間）の 4 車線化事業で新設する延長 1,507m の 2 車断面の山岳トンネルである。掘削側となる終点坑口周辺には多くの家屋が近接しており（図-5）、住民の生活環境を最優先とした環境対策を実施している⁵⁾。その中で、騒音・振動対策として、防音扉の設置や制御発破等を行いながら施工を進めていたものの、掘削延長が約 800m を超えてもなお、近隣住民から爆破掘削時の建具のガタツキや家屋の揺れ等、低周波音が原因と思われる苦情が寄せられた。そのため、一時期、夜間の爆破時間制限を設け、施工を行っていた。事業スピードを落とすことなく、更なる改善を図るべく、本共鳴器型消音器を現場にて採用することとした。



図-5 終点側坑口周辺の住環境

中里トンネルにおける共鳴器型消音器は、消音器の切羽側妻壁と側壁及び天井は鉄骨下地を組立てて一部に共鳴吸音用の開口 $\phi 200\text{mm}$ を設けた厚さ 8mm のフレキシブルボードを張り付け、坑口側妻壁は防音扉を利用して、全長約 20m の消音器を設置した（写真-2）。トンネル切羽と共鳴器型消音器の離隔は約 820m で施工を再開した。

5. 現場実証結果

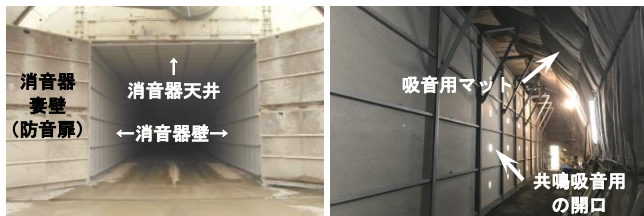


写真-2 共鳴器型消音器設置状況

図-6 に消音器設置前後の爆破掘削時の低周波音を示す。防音扉の外側 5m 地点で各 10 データ測定し、エネルギー平均した値である。図-6 より共鳴器型消音器の爆破による低周波音の低減効果は 3.15Hz 帯域～8Hz 帯域で約 3dB、12.5Hz 帯域以上で 4dB 以上であり、エネ

ルギー量としては当該周波数域で設置前の 1/2 程度に低減している。これにより低周波音の低減効果を確認した。実際、現場実証後、近隣住民の方に爆破掘削時の状況についてヒアリングを行ったところ、建具のガタツキがなくなった、爆破に気づかなくなった等、改善された意見が寄せられ、体感でも期待する周波数域で共鳴器型消音器の効果を確認することができた。

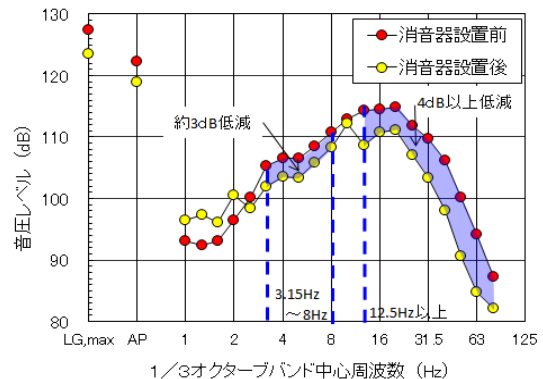


図-6 音圧レベル測定結果

6. まとめ

今回の縮尺模型実験及び実現場での実証で得られた知見を以下 3 点に示す。

- (1) 共鳴器型消音器設置による断面形状の部分的な変化及び放射面積の縮小により、消音器の孔の有無によらず、騒音の低減効果が得られる。
- (2) 模型実験の共鳴器型消音器の場合、吸音による減音効果は、10Hz～12Hz 付近で最大約 10dB である。
- (3) 現場実証では、低周波音の低減効果は 3.15Hz 帯域～8Hz 帯域で約 3dB、12.5Hz 帯域以上で 4dB 以上であり、エネルギー量としては当該周波数域で設置前の 1/2 以上に低減された。

今後も環境配慮に対応すべく、共鳴器型消音器の更なる機能向上に向けて検討を進めていく予定である。

最後に、共鳴器型消音器の製作、設置に至るまでにご協力頂いた関係者のすべての皆様に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 本田他：音響管を用いた消音器によるトンネル爆破音の低減対策，日本音響学会騒音振動研究会 N-2012-29, 2012. 6
- 2) 増田他：防音壁と簡易設置型吸音体によるトンネル爆破低周波音低減システム，トンネルと地下，第 46 巻 11 号，p. 43～50, 2015 年 11 月
- 3) 阿部他：再生ドラム缶を活用したトンネル爆破超低周波音低減装置，土木学会第 72 回年次学術講演会，VI-224, H29. 9
- 4) 石根他：トンネル爆破超低周波音消音装置の消音効果，土木学会第 72 回年次学術講演会，VI-227, H29. 9
- 5) 舟橋他：多段式非火薬岩盤破砕剤を併用した硬質岩盤のトンネル掘削とその効果，土木学会第 72 回年次学術講演会，VI-195, H29. 9