

共鳴器型消音器の現場適用 —トンネル工事における発破掘削時の低周波音低減技術の開発—

富澤 秀夫*1・石渡 康弘*2・植村 義幸*3

概 要

筆者らは、ヘルムホルツ共鳴器の原理を用いた消音器に着目して検討を進めており、これまでに、1/20 縮尺模型実験を実施して、当該消音器をトンネル内に設置することで低周波音の低減効果が得られることを確認している。今回、発破掘削時の低周波音が原因と思われる意見が寄せられた現場において、共鳴器型消音器を適用し、低周波音の低減効果を検証した。

検証の結果、共鳴器型消音器設置による低周波音の低減効果は G 特性音圧レベルにして 4～5dB 程度得られていること、また、消音器設置後の近隣住民の方々へのヒアリングより、建具のガタツキがなくなったなど低周波音による影響が体感的な面でも改善されたことを確認した。

キーワード：トンネル工事，発破掘削，低周波音，低減効果，共鳴器型消音器

UTILIZATION OF RESONATOR TYPE SILENCERS AT A CONSTRUCTION SITE —DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY ABLE TO REDUCE LOW FREQUENCY NOISE DURING TUNNEL BLASTING EXCAVATION—

Hideo TOMIZAWA *1, Yasuhiro ISHIWATA *2, Yoshiyuki UEMURA *3

Abstract

The authors are currently researching ways of reducing low frequency noise during blasting, focusing on a silencer using the principles of a Helmholtz resonator. The study with a 1/20 model test has so far demonstrated that silencers thus developed, when placed in a tunnel, are able to reduce low frequency noise. For this project, with the resonance type silencers installed at a site of blasting excavation which might generate noise complaints due to low frequency noise, we were able to verify performance for reducing low frequency noise.

The results of verification show that the resonance type silencers thus placed are able to gain a low frequency noise-reducing effect of approximately 4 to 5 dB at G-weighted sound pressure levels. In interviews with neighborhood residents, they reported that there was no more rattling noise from doors and windows – sensory improvement in low frequency noise.

Keywords: tunnel construction, blasting excavation, low frequency noise, noise reduction effect, resonance type silencer

*1 Environmental Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*2 Manager, Environmental Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*3 Manager, Tunnel Group, Tunnel Technology Department, Civil Engineering Division

共鳴器型消音器の現場適用 ートンネル工事における発破掘削時の低周波音低減技術の開発ー

富澤 秀夫*1・石渡 康弘*2・植村 義幸*3

1. はじめに

近年、リニア新幹線等をはじめとして、現場周辺に数多くの住宅が建つ場所でのトンネル構築工事が増加しており、工事に発破掘削が採用される場合は、発破時に生じる低周波音をいかに低減するかが現場周辺の環境保全を図る上で大きな課題となっている。

トンネル工事の発破掘削に伴う低周波音の低減を目的とした検討はこれまでも多くの研究機関でなされているが^{1)～4)}等、筆者らは、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。)に着目して開発を進めており、これまでに、既存技術を用いた共鳴器型消音器を設計し、1/20縮尺模型実験を実施して、当該消音器をトンネル内に設置することにより、低周波音の低減効果が得られることを確認している⁵⁾。

今回、近隣住民より発破による低周波音が原因と思われる意見が寄せられた現場において、共鳴器型消音器を適用し、発破に伴う低周波音の低減効果を検証する機会が得られたのでその結果の一部を報告する。

2. 検証現場の概要

共鳴器型消音器による低周波音の低減効果の検証は、長崎自動車道中里トンネル工事において次の事由で実施した。

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(長崎芒塚 IC

～長崎多良見 IC 間)の4車線化事業で新設される延長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住宅があり(図-1)、近隣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⁶⁾。その中で、騒音・振動対策として、防音扉の設置や発破バルーンの採用、制御発破等を行いながら施工を進めていたが、掘削延長が約800mを超えてもなお、近隣住民より建具のガタツキや家屋の揺れ等、発破掘削時に生じる低周波音が原因と思われる意見が寄せられていた。そのため、更なる改善を図るべく、縮尺模型実験で低周波音の低減効果が認められていた共鳴器型消音器を適用し、発破による低周波音の低減効果を実現場で検証することとした。

3. 共鳴器型消音器の概要

共鳴器型消音器の原理は、図-2に示すように内管の外側に外管を設けて内管と外管の間に気密な空洞をつくり、内管の壁に孔やスリットを設けて空洞部で吸音効果を発生させ、内管を



図-1 終点坑口周辺の状況

*1 建設技術総合センター 研究開発センター 環境グループ

*2 建設技術総合センター 研究開発センター 環境グループ グループリーダー

*3 土木本部 トンネル技術部 トンネルグループ グループリーダー

通る音を低減するものである。

中里トンネルにおける共鳴器型消音器の設置は、写真-1に示す手順，すなわち，①消音器背後に設けられる空洞部での吸音効果の向上を狙い，トンネル覆工面に吸音材に見立てた養生マットを設置し，②鉄骨下地にフレキシブルボード（8mm厚）を貼り付けた部材で，消音器の切羽側妻壁と消音器内管の側壁及び天井を組み立て，③消音器の坑口側妻壁には現場で設置されている防音扉を利用し，約20mの二重管構造をトンネル内に構築した。消音器内管の側壁及び天井に用いたフレキシブルボードには，φ200mmの孔（側壁32孔＋天井12孔＝44孔）を設け，共鳴吸音による減音効果を得る機構とした。なお，消音器の施工は，現場が閉所となったGW中の4日間を利用して行い，トンネル切羽と共鳴器型消音器の離隔は約820mであった。

4. 低周波音の測定

発破掘削時に生じる低周波音の測定は、写真-2に示すように坑口防音扉外側5m点と坑口防音扉外側60m点の2点を対象とし，大音圧低周波騒音計（ACO TYPE6226H）のマイクロホンを取り付けた三脚を各測定点に設置し，共鳴器型消音器の設置前と設置後のそれぞれについて，発破時に生じる音圧レベルの最大値を10データ計測してエネルギー平均値を求めた。

5. 共鳴器型消音器の低周波音低減効果

共鳴器型消音器の低周波音低減効果は，消音器設置前の発破時の音圧レベル最大値のエネルギー平均値から消音器設置後の発破時の音圧レベル最大値のエネルギー平均値を差し引いて求めた。図-3に坑口防音扉外側5m点における低周波音の低減効果を，図-4に坑口防音扉外側60m点における低周波音の低減効果を示す。坑口防音扉外側5m点における発破時の低周

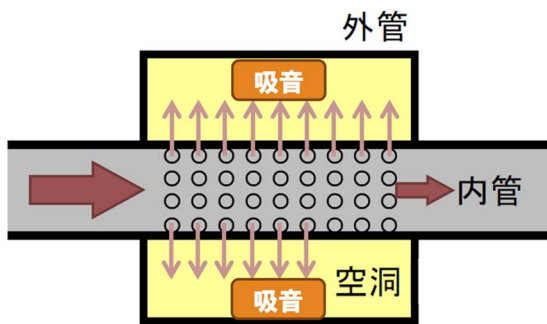


図-2 共鳴器型消音器の原理



坑口防音扉外側5m点 坑口防音扉外側60m点
写真-2 低周波音の測定点

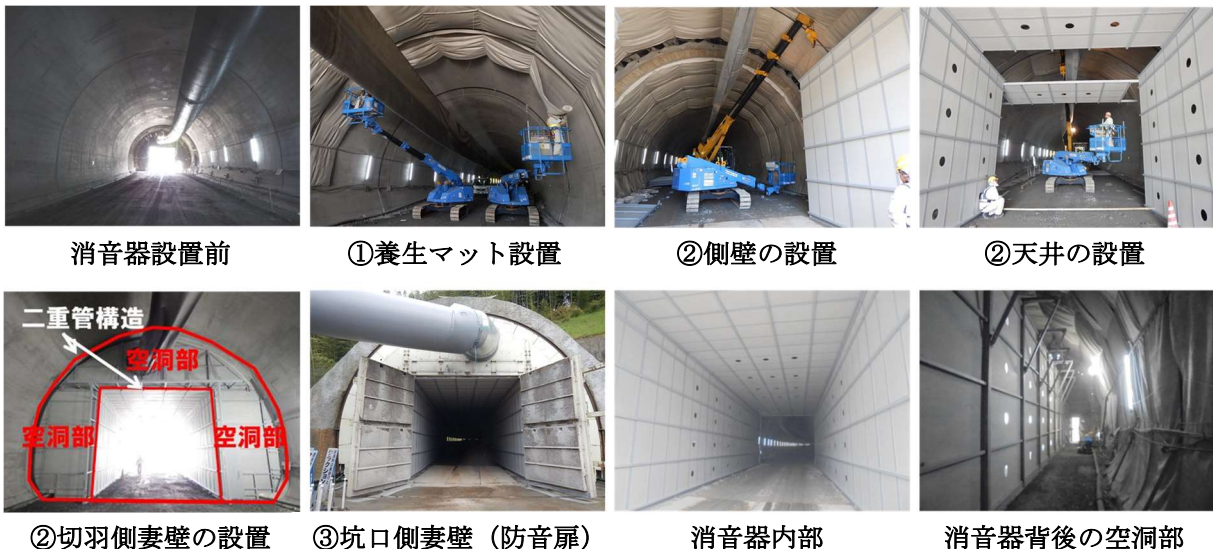


写真-1 共鳴器型消音器の設置状況

波音低減効果は、20Hz 以下の超低周波音の人体感覚補正特性により評価した G 特性音圧レベルにして 4dB 程度、2.5Hz 帯域～8Hz 帯域で約 3dB 程度、12.5Hz 帯域以上で 4dB 以上得られており、音のエネルギー量としては、当該周波数域で消音器設置前の 1/2 程度に低減していることを確認した。また、坑口防音扉外側 60m 点における発破時の低周波音低減効果は、G 特性音圧レベルにして 5dB 程度、2.5Hz 帯域以上の周波数域で概ね 4dB 以上の効果が確認され、坑口防音扉外側 5m 点と同等以上の効果が得られていることを確認した。

トンネル内に共鳴器型消音器を設置した後に近隣住民の方々に発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、発破に気がつかなくなったなど、消音器の設置によって体感的な面でも消音器の効果を確認することができた。

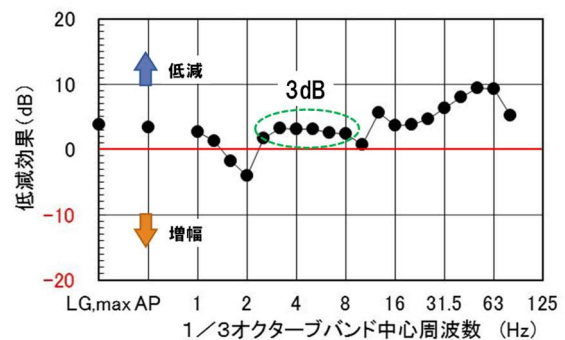
6. まとめ

共鳴器型消音器を実現場へ適用し、発破掘削時に生じる低周波音に対する低減効果を検証した。検証の結果、以下の事項を確認した。

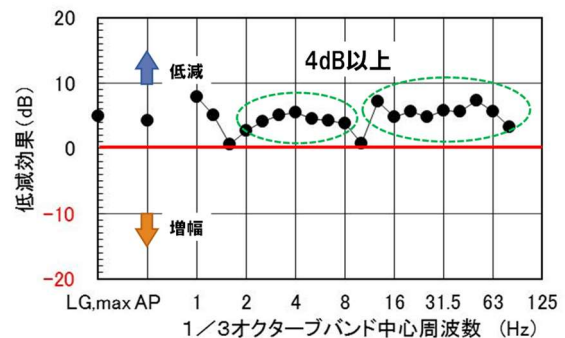
- 1) 坑口防音扉外側 5m 点における発破時の低周波音低減効果は、20Hz 以下の超低周波音の人体感覚補正特性により評価した G 特性音圧レベルにして 4dB 程度、2.5Hz 帯域～8Hz 帯域で約 3dB 程度、12.5Hz 帯域以上で 4dB 以上得られており、音のエネルギー量としては、当該周波数域で消音器設置前の 1/2 程度に低減された。
- 2) 坑口防音扉外側 60m 点における発破時の低周波音低減効果は、G 特性音圧レベルにして 5dB 程度、2.5Hz 帯域以上の周波数域で概ね 4dB 以上の効果が確認され、坑口防音扉外側 5m 点と同等以上の効果が確認された。
- 3) 近隣住民の方々へのヒアリングより、建具のガタツキがなくなった、発破に気がつかなくなったなど、体感的な面でも消音器の効果を確認することができた。

参考文献

- 1) 本田泰大他：音響管を用いた消音器によるトンネル発破音の低減対策，日本音響学会騒音振動研究会，N-2012-29，2012.6
- 2) 増田潔他：防音扉と簡易設置型吸音体によるトンネル発破低周波音低減システム，トンネルと地下，Vol.46，No.11，pp.43-50，2015.11
- 3) 阿部将幸他：再生ドラム缶を活用したトンネル発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-224，2017.9
- 4) 岩根康之他：トンネル発破超低周波音消音装置の消音効果に関する検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，VI-227，2017.9
- 5) 富澤秀夫他：縮尺模型実験による基礎的検討ートンネル工事に伴う低周波騒音低減を目的とした共鳴器型消音器の開発：その 1ー，日本建築学会学術講演梗概集，pp.321-322，2016.8
- 6) 舟橋孝仁他：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，pp.389-390，2017.9



図－3 坑口防音扉外側 5m 点での低減効果



図－4 坑口防音扉外側 60m 点での低減効果