

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

株式会社フジタ

正会員

○阿部 将幸

株式会社フジタ

正会員

野間 達也

株式会社フジタ

小谷朋央貴

株式会社フジタ

漆戸 幸雄

1. 目的

山岳トンネル工事において発破掘削時に生じる大音圧の発破音には全周波数帯域の音が含まれているが、低周波音は坑内距離減衰や坑口防音扉による遮音効果が期待できないため、近隣住宅の建具やサッシを振動させるなどの住環境を悪化させる恐れがある。そこで筆者らは、防音扉では遮ることの難しい超低周波音をトンネル内部で減衰させる吸音装置「ドラムサイレンサー」(以降、DS)を開発した。本報では、開発したDSの吸音特性、及び山岳トンネル工事現場への適用事例と低周波音の低減効果について報告する。

2. ドラムサイレンサーの概要

開発したDSの概要を図1に示す。本体には軽量かつ耐久性に優れた再生オープンヘッドドラム缶(580 mmφ、h=890 mm)を採用し、外形を円筒形状とすることで発破時の大音圧による本体のたわみを抑制し、吸音性能の低下が生じにくい構造とした。天板部分にスリット開口(60×300 mm)を設け、空気層側開口に通気性膜(ポリエステル製不織布)を取付けた木製共鳴箱(320×380×228 mm)を組込んでいる。総重量は約 28kg であり、超低周波音を対象としたヘルムホルツ型吸音構造でありながら小型・軽量化を実現し、比較的断面積の小さなトンネルや、設置スペースの確保が難しい初期の掘削段階から適用可能であること、作業員一人でも移動や設置が可能であることを特徴としている。

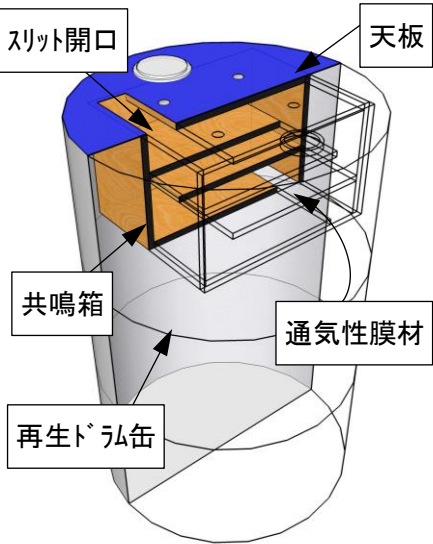


図1 DSの概要

3. 縮尺模型による垂直入射吸音率測定

DSの吸音特性を検証するため、約 1/6 縮尺の模型を作成し垂直入射吸音率の測定を行った。音響管端部に天板開口+共鳴箱(以降、共鳴ユニット)の縮尺模型を取付け、剛壁ピストンにより背後空気層厚を調整することで、音響管内にDSの吸音構造を再現した(図2、写真1)。縮尺模型寸法、及び共鳴周波数を表1に示す。

測定はJIS A 1405-2 に準拠して行い、共鳴ユニットの音響抵抗、及び通気性膜による抵抗付加の効果を検討した。

表1 縮尺模型寸法と共鳴周波数

	実大寸法	縮尺寸法
内径(mm)	567	100
高さ(mm)	890	157
開口寸法(mm)	60×300	11×53
回廊長さ(mm)	900	159
共鳴周波数(Hz)	15.9	90.2

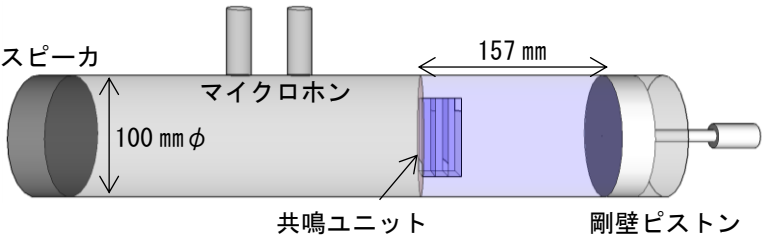


図2 垂直入射吸音率の測定概要

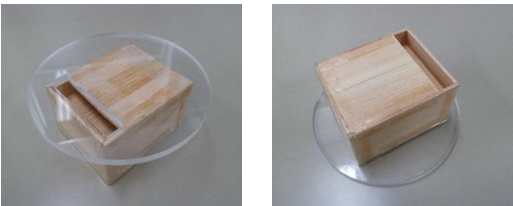


写真1 共鳴ユニットの縮尺模型

キーワード トンネル、発破、超低周波音、ヘルムホルツ吸音、再生ドラム缶

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ建設本部建築 EC TEL046-250-7095

測定した縮尺模型の比音響インピーダンス比 Z 、垂直入射吸音率 α を図3、図4に示す。通気性膜による抵抗付加が無い場合(CASE-1)、共鳴周波数(90Hz)付近の音響抵抗 r が0.4、ピーク吸音率は0.8程度であるのに対し、通気性膜を取付けることでピーク吸音率や帯域が増大することを確認した(CASE-2、3)。また、通気性膜を空気層側開口に取付ける方が音響抵抗 r は1に近づき、より高いピーク吸音率を示すことが分かった(CASE-2)。

4. 現場適用実験

以上の検討を踏まえて作成した200体のDSをトンネル坑内へ設置し、発破超低周波音の低減効果検証実験を行った。DSの設置位置、受音点位置を図5、6に、設置状況を写真2に示す。P1～P2間の音圧レベル差をそれぞれ3回測定し、DS設置前後で比較することで低減量を求めた。マイクロホン高さはGL+1.5mとし、測定量は1/3オクターブバンド音圧レベルの最大値、時間重み特性はSlowとした。

図7に、DS設置による低周波音の低減量を示す。坑内の片側に200体設置したCASE-1における低減量は、DSの共鳴周波数(16Hz帯域)で概ね5dB以上、最大7.7dBの効果が見られている。また、両側に100体ずつ設置したCASE-2においても、共鳴周波数付近で最大7.4dB程度と、設置方法によらず同程度の効果が確認できた。

5. まとめ

トンネル発破音対策として、再生ドラム缶を活用した超低周波音吸音装置を開発し、縮尺模型実験による吸音特性計測と、実現場適用実験による低周波音の低減効果を確認した。

DSは、天板開口面積やドラム缶内容積を変更することで吸音特性を調整することができ、防音扉の遮音欠損(共振周波数)に合わせた設計を行うことで効果を最大化することができる。今後も、小型・軽量の利点を活かし、山岳トンネル工事に積極的に適用していきたい。

参考文献

- 1) Teruo Iwase, Satoshi Sugie, Masayuki Abe, Hiroyasu Kurono, Shinya Nishimura, Yasuaki Okada and Koichi Yoshihisa : Modeling and verification of perforated plate structure for high sound absorption at low frequency with extending parts behind holes into shallow air space, in15_546.pdf in internoise proceedings Flash Memory, 2015
- 2) 阪上 公博, 柏谷 旭彦, 森本 政之, 高田 重隆, "防音扉による低周波音の遮音特性に関する基礎的研究", 神戸大学大学院工学研究科紀要, 2009

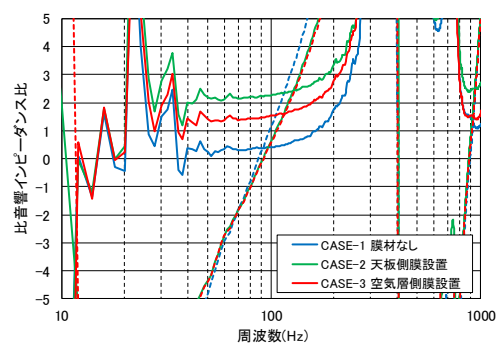


図3 比音響インピーダンス比

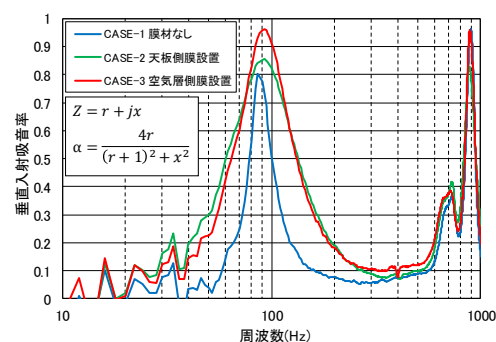


図4 垂直入射吸音率

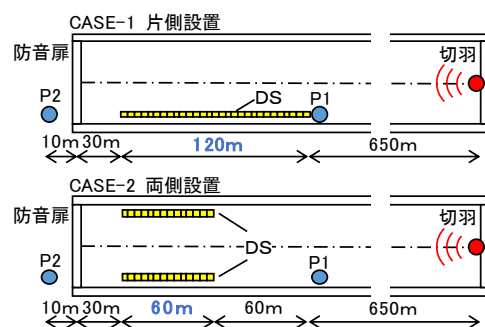


図5 DS設置位置、測定点

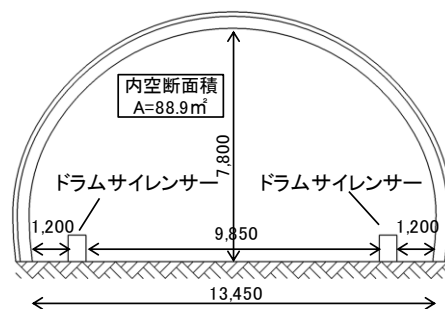


図6 トンネル断面図(CASE-2)

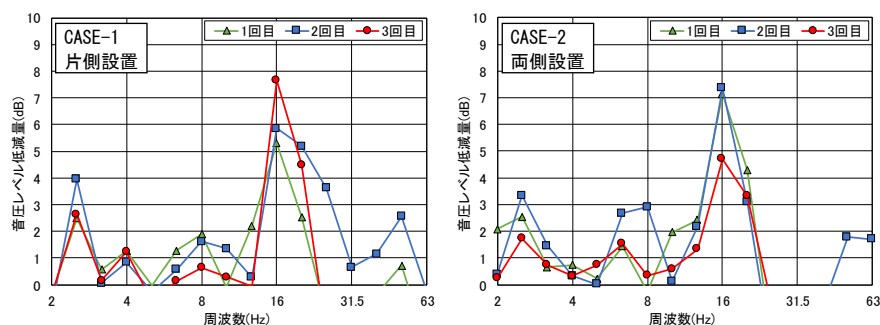


図7 DSの設置効果

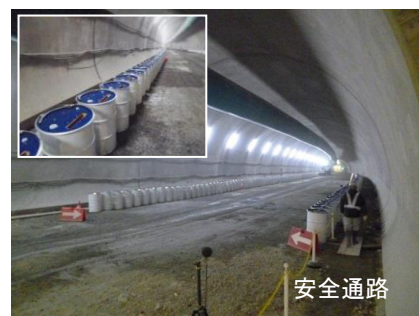


写真2 DS設置状況(CASE-2)