

## 両端開口管を用いた低周波音低減技術の研究

(株) 錢高組 正会員 ○ 角田 晋相 安部 剛  
 (株) 錢高組 正会員 笠水上 光博  
 (株) アイ・エヌ・シー・エンジニアリング 石橋 知大 宮崎 哲也  
 (株) アイ・エヌ・シー・エンジニアリング 井上 保雄

### 1. はじめに

一般的に、山岳トンネルの施工においては、発破による騒音対策としてトンネル坑口に防音扉を設置することが多い。しかし、防音扉では、発破に伴う低周波音に対しては十分に低減することは難しく課題となっている。それに対し近年では、共鳴器を利用した低周波音の低減装置が開発され実用化されている<sup>1)</sup>。

そこで、音の共鳴による消音方法として開管の共鳴に着目し、両端が開放された管（両端開口管）を閉塞空間に設置した場合の音圧低減効果について検討した。

ここでは、トンネルの縮尺モデル実験により得られた両端開口管の音圧低減効果について報告する。

### 2. 両端開口管の概要

両端開口管による消音原理は、開管の共鳴を利用し共鳴周波数付近の音圧を低減することである。

図-1 に消音原理を示す。両端から同位相で入射する波は、管内において互いに逆位相となり打ち消し合う。最も効果が期待できるのは、管の長さが 1/2 波長に相当する周波数である。

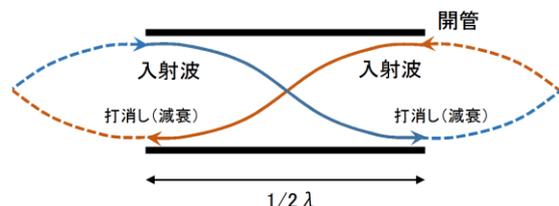


図-1 消音原理の概要

図-2 にトンネル坑内への配置イメージを示す。管はU字形状とし、両端の開口部を閉塞空間内の同一断面上に配置することで、同位相の音圧を管内に入射させて共鳴による音圧低減を図る。

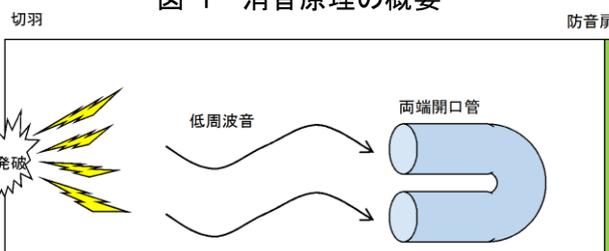


図-2 トンネル坑内の配置イメージ

### 3. 音圧低減効果確認実験

#### 1) 実験概要

両端開口管による音圧低減効果を確認するため、1/5 縮尺のトンネルを模擬した実験空間内で音響実験を実施した。

実験空間を写真-1 に示す。実験空間は、40~100Hz の周波数帯において一次音現場（平面波）が成立するように、直径 3.0m の半円筒（断面積 4.7m<sup>2</sup>）で長さは 6.0m とした。

実験では、表-1 に示す両端開口管を使用し、管の形状や設置本数、開口面積による影響を把握した。管長は、実規模の 16Hz に相当する 80Hz 付近の周波数帯を低減する長さとした。

実験は、実験空間の端部に設置したスピーカからピンクノイズを発生させて行い、他端側の空間内部において音圧を計測した。

#### 2) 実験結果

図-3 に管がない場合と φ 300mm の両端開口管 4 本（写真-2）を配置した場合の音圧計測結果を示す。



写真-1 実験空間

表-1 両端開口管の仕様

断面形状		材質	使用本数 (本)
形状	寸法		
円形	φ 300	塩ビ(VU)	2~4
	φ 200	塩ビ(VU)	2~9
	φ 65	塩ビ(VU)	4~20
矩形	□450*450	鋼製型枠	1~2
	□450*300	鋼製型枠	1~2
	□300*300	鋼製型枠	1~3

キーワード 発破音、山岳トンネル、共鳴器

連絡先 〒102-8678 東京都千代田区一番町 31 (株) 錢高組 TEL:03-5210-2440 FAX:03-5210-2461

両端開口管を配置することで、74~89Hzの音圧が低減され、開口端補正長を含めた管の長さに対応する周波数において音圧低減のピークとなることが確認できた。

図-4、図-5に設置する管の総開口面積が同一の場合における設置本数と音圧低減効果の比較を示す。ここで、両端開口管による音圧低減効果を定量的に評価するため、低減周波数幅とその周波数幅内における音圧低減量の平均値を指標にとり、断面形状および設置本数の影響について検討した。また、実験空間の断面積に占める管の総開口面積の割合を開口面積比とし0.04と0.16の場合について比較した。

音圧の低減量については、管の本数や開口面積に依存せず、特定の周波数域において概ね10dB以上の音圧を低減できていることが確認できた。

開口面積比が同一の場合、断面形状や設置本数によらず低減周波数幅はほぼ同様であり、開口面積比が大きくなれば低減する周波数の幅が広がる傾向が見られた。

開口面積比と低減周波数幅の関係を図-6に示す。両者には比較的高い相関性があることが確認できた。

以上より、両端開口管による音圧低減効果が期待できる結果が得られたが、対象とする周波数の前後において音圧が増幅する領域が見られる。そこで、管の開口面に抵抗体として通気性のシートを貼付することで粒子速度を低下させて音圧増幅部分の減衰を図った。抵抗体の有無による音圧低減量を図-7に示す。開口部に抵抗体を設けることで音圧の低減効果はやや減少したが音圧の増幅は大幅に抑えることができた。

4. まとめ

閉塞空間内の低周波音対策技術として、両端開口管による音圧低減効果を確認した。今後は、実現場に導入し低減効果を検証していく。

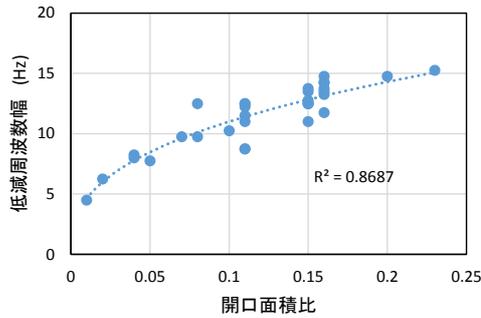


図-6 開口面積比と低減周波数幅の関係

【参考文献】

- 1) 本田他：音響管を用いた発破消音器の開発と現場適用事例、土木学会第67回年次学術講演会、pp123-124、平成24年9月



写真-3 矩形管



写真-4 抵抗体 (シート)



写真-2 実験時の管配置

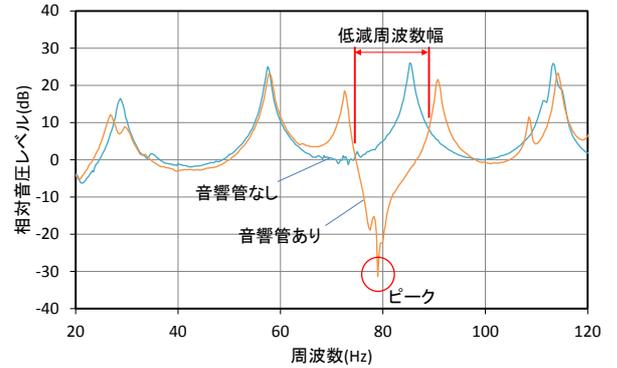


図-3 音圧計測結果

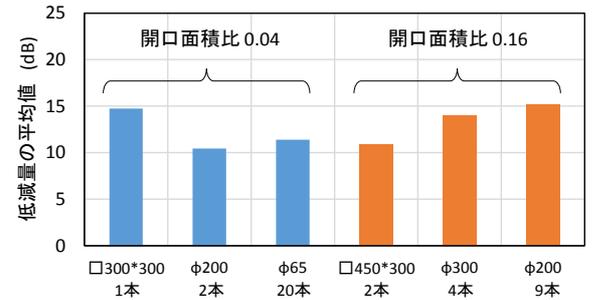


図-4 低減量に対する比較

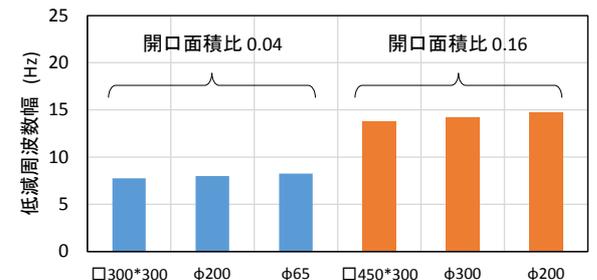


図-5 低減周波数幅に対する比較

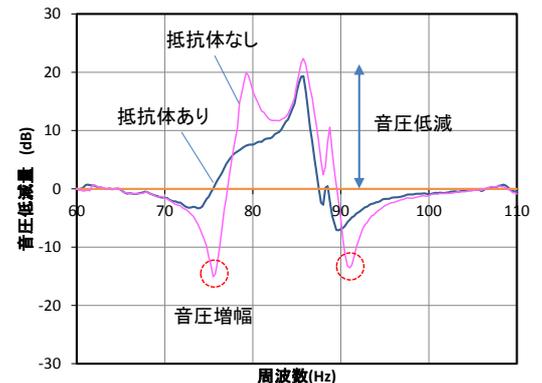


図-7 抵抗体の有無による低減量