

二重防音扉を利用したトンネル発破時の低周波音低減に関する研究 その3 共鳴器型吸音体を設置した二重防音扉の遮音性能の数値計算

大成建設	建築技術研究所	正会員	○増田 潔
大成建設	建築技術研究所	非会員	山口 晃治
大成建設	建築技術研究所	正会員	田中ひかり
大成建設	土木本部	正会員	須藤 敏明
大成建設	横浜支店	正会員	八木 直人

1. はじめに

前報^{1)~2)}の結果を踏まえ、山岳トンネル工事現場の二重防音扉間に低周波音低減用に作成したヘルムホルツ共鳴器型吸音体²⁾(以後、レゾネータブロックと呼ぶ)を設置した場合の効果を予測するために、時間領域有限差分法(FDTD法)により数値計算を実施した結果について報告する。

2. FDTD法による音場解析と計算モデル

FDTD法による音場解析³⁾では、音波の波動伝搬について、オイラー方程式と連続の式を空間および時間領域において有限差分近似することにより、音圧と粒子速度を時間ステップごとに計算していく。今回のFDTD法による音場解析における境界条件には、壁面の表面インピーダンスにより境界の粒子速度を更新する方法⁴⁾を用いた。

計算モデルは、実在する山岳トンネル工事現場に合わせて、二重防音扉が設置されている状況を反映したものを作成した(図1)。空間は50mmの3次元格子で離散化した。また、時間ステップは0.08msとし、計算時間は4sとした。尚、扉については、今回は剛性を考慮せず、質量のみを与えた。

さらに、文献2)の小型タイプおよびコンテナタイプを図2に示すように配置したモデルを作成した。尚、3次元格子のサイズが50mmのため、ヘルムホルツ共鳴器のネック部の断面形状は100mm×100mmの正方形とし、共鳴周波数が等しくなるようにネック長さを調整した。また、ネック端部に取り付ける膜の流れ抵抗は、ネックの管壁等の抵抗も含め、結果的に同様の吸音率が得られるような値を設定した。

音源は切羽側の空間に平面波として与えた。具体的には、切羽側にガウス分布型関数³⁾によって音圧を面的に与えて平面波音源としている。音源の周波数特性を図3に示す。実際の発破は切羽の複数の点に対し、

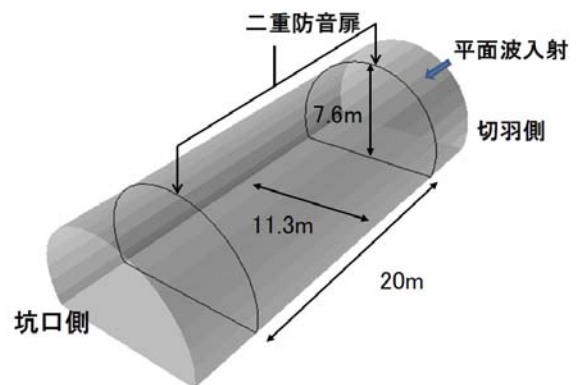


図1 山岳トンネル工事現場の計算モデル

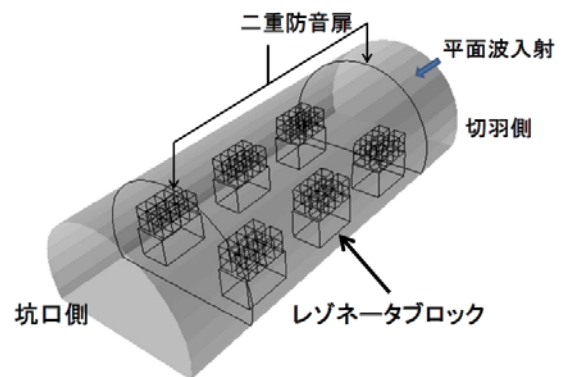


図2 レゾネータブロックを配置した計算モデル

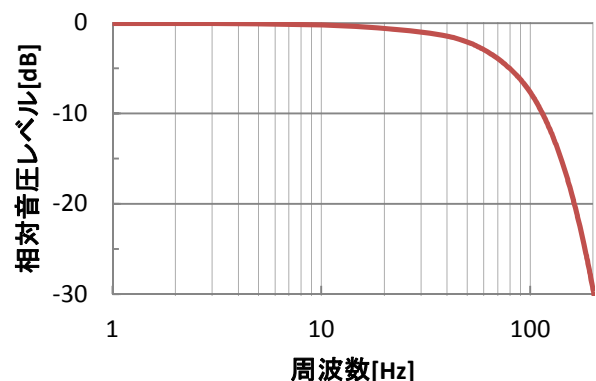


図3 音源周波数特性

キーワード トンネル、発破音、二重防音扉、ヘルムホルツ共鳴器

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設㈱技術センター 建築技術研究所 TEL045-814-7240

時間差をおいて行われるが、今回問題とする周波数帯域では、ほぼ波面が揃うと仮定した。また、音源から坑口側と反対側に向かう波面が二重防音扉側には反射してこないように、終端に有限の幅をもつ仮想的な境界層 (Conventional PML)⁵⁾ を設定した。

3. 計算結果と考察

計算結果は、時間波形として得られるが、各格子点における全時間応答についてフーリエ解析を行い、パワースペクトルを算出した。

図4に二重防音扉のみの場合の周波数 17 Hz における音圧分布測定結果を示す。文献1)の図7に示した二重扉間の音圧分布測定結果と同様に、定在波が生じる様子が計算されている。

図5にレゾネータブロックを二重防音扉間に配置した場合の 17 Hz における計算結果を示す。図4で見られたような定在波は目立たなくなり、坑外側の音圧が図4の計算結果に比べ 15 dB 程度低減されていることが分かる。

坑外側の扉から 1 m の距離に受音点を複数設定し、それらのエネルギー平均値を 1/3 オクターブバンド音圧レベルとして計算し、レゾネータブロックを設置することで低減される量を遮音性能上昇量と定義して図6に示す。レゾネータブロックの共鳴周波数が存在する 16 Hz 帯域で約 12 dB と高い遮音性能上昇量が得られている。一方、8 Hz では、上昇量がマイナス、すなわち増幅する結果となった。

4. おわりに

従来の二重防音扉間にヘルムホルツ共鳴器型吸音体を設置することで、低周波音に対する遮音性能を向上させられることを数値計算により示した。

参考文献

- 1) 須藤 他：二重防音扉を利用したトンネル発破時の低周波音低減に関する研究 その1, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, 2014.9
- 2) 田中 他：二重防音扉を利用したトンネル発破時の低周波音低減に関する研究 その2, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, 2014.9
- 3) 坂本慎一, 横田孝俊：FDTD 法による音場解析とその応用, 日本音響学会講演論文集, pp.1233-1236, 2006.3.
- 4) 鹿野洋, 坂本慎一：FDTD 法における反射境界面の扱い方, 日本音響学会講演論文集, pp.1253-1254, 2011.3.
- 5) 坂本慎一：音波の進行方向に適応した PML 無反射境界, 日本音響学会講演論文集, pp.909-910, 2005.9.

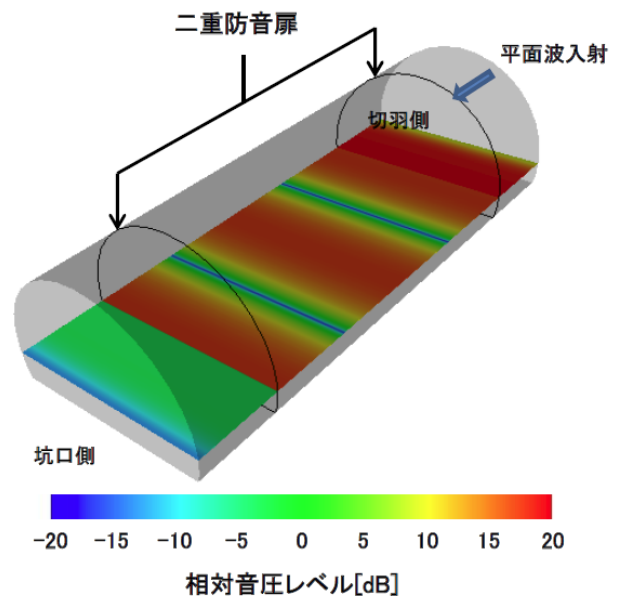


図4 二重防音扉のみの場合の計算結果 (17 Hz)

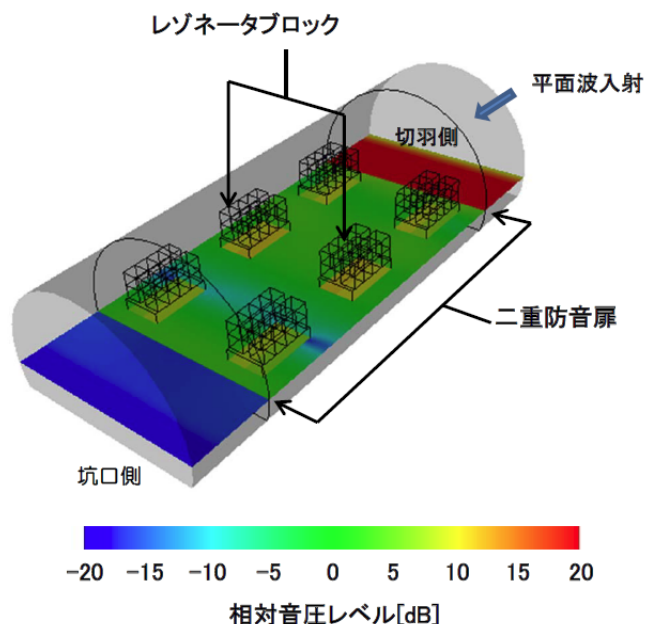


図5 レゾネータブロックを設置した場合の計算結果

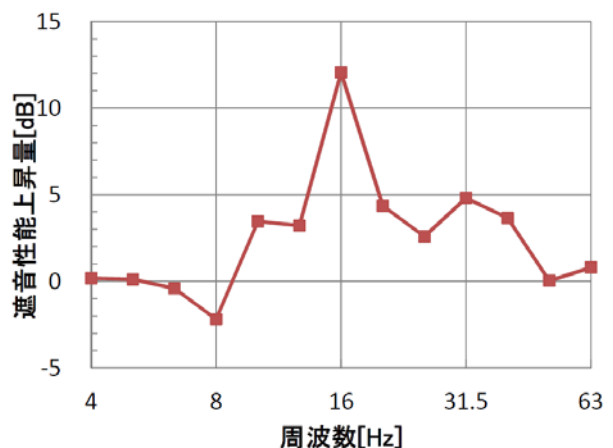


図6 レゾネータブロック設置による遮音性能上昇量