

トンネル発破における超低周波音の低減を目的とした消音器の模型実験

飛島建設 土木事業本部 土木事業統括部 正会員 ○筒井 隆規

飛島建設 土木事業本部 技術研究所 正会員 小林 真人

飛島建設 土木事業本部 技術研究所 正会員 岩根 康之

飛島建設 大阪支店 新大島トンネル作業所 渡邊 博

1. はじめに

トンネル工事の発破作業に伴い発生する低周波音や超低周波音は、窓をがたつかせたり、人間に圧迫感などの生理的、心理的影響を与えたりする¹⁾。一般的な発破音対策として防音扉が広く用いられてきたが、遮音による対策は低い周波数の音に対しては効果的でない。そこで筆者らは、低周波音領域に効果的な対策技術として音響管の共鳴現象を利用した消音器に着目した。音響管に入射した音波は閉端で反射し、開口端では反射波の位相が入射波に対して1/2 波長遅れることから入射波を消音することができる。本報告では、トンネル発破の超低周波音の低減を目的とした消音器の模型実験の結果を報告する。

2. 実験概要

写真1に実験状況を示す。模型の縮尺は1/20とした。トンネル模型にはφ200、L=2.0mの亚克力製の筒を使用した。音響管はφ20mmとφ40mmの2種類のポリ塩化ビニル管を用い、一端を開口、他端を閉口とした。トンネル模型の形状によって生じる3つの卓越周波数を低減対象として音響管の延長を設計した。これらの諸元を表1に示す。

表2に実験の概要を示す。まず、音響管の最適な設置位置を求めるため、トンネル模型内の音圧分布と音響管の設置位置の関係を検討した。つぎに、発破音を想定した0.25秒間隔のパルス音に対する音響管の低減効果を検討した。このとき、音響管の径と面積比が低減効果に与える影響について併せて検討した。なお面積比とは、音響管開口部の断面積のトンネル模型の断面積に対する比率である。

3. 実験結果

3.1. トンネル模型内の音圧分布と音響管の設置位置の関係

ランダムノイズ発生時のトンネル模型内の音圧レベルをスピーカーからトンネル模型の開口部まで10

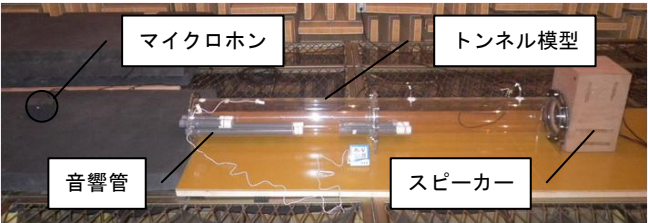


写真1 実験状況

表1 低減対象周波数と音響管の設計延長

模型 (縮尺1/20)			実音換算		
周波数 (Hz)	波長λ (m)	音響管延長 (m)	周波数 (Hz)	波長λ (m)	音響管延長 (m)
132	2.598	0.650	6.6	51.970	12.992
214	1.603	0.401	10.7	32.056	8.014
290	1.183	0.296	14.5	23.655	5.914

表2 実験の概要

検討項目	トンネル模型内の音圧分布と音響管の設置位置の関係	パルス音に対する低減効果
音源	ランダムノイズ	0.25秒間隔のパルス音
対象周波数	132Hz, 214Hz, 290Hz	132Hz
音響管	径	φ 20, φ 40
	面積比	4%, 8%, 12%

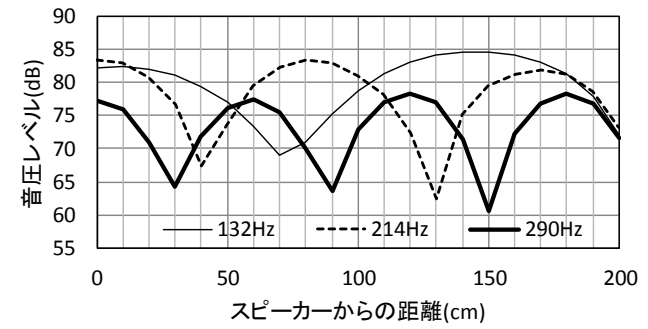


図1 トンネル模型内の音圧分布

cm 間隔で計測した。図1にトンネル模型内の音圧分布を示す。音圧レベルはスピーカー直近で腹となり、各周波数の1/4 波長ごとに節と腹が繰り返し生じていることがわかる。

つぎに、表1に示した音響管をトンネル模型内でスピーカーから開口部まで10 cm間隔で移動させ、ト

キーワード 超低周波音, 音響管, 音圧分布, 設置位置, 径, 面積比

連絡先 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F 飛島建設(株) TEL 044-829-6713

ンネル模型の開口部から1.0m地点での音圧レベルを計測した。図2に音響管の位置による音圧レベルの変化を示す。ここで、音圧レベルが小さいほど音響管による低減効果が大きいといえる。音響管による低減効果は音響管開口部がスピーカー直近に位置するとき大きく、各周波数の1/4波長ごとに低減効果の大きさを繰り返していることがわかる。

図1と図2を比較すると、音響管の低減効果は音響管開口部が音圧分布の腹の位置に来たときに大きくなり、節の位置に来たときに小さくなることわかる。この現象はサイドブランチ型消音器でも同様であり、音圧が最大となる位置に消音器の開口部を設置することが最適とされている²⁾。

3.2. パルス音に対する低減効果

発破音を想定した0.25秒間隔のパルス音に対する音響管の低減効果を検討した。音響管の径をφ20mmとφ40mmの2種類とし、各々の面積比を4%、8%、12%としたときの音圧レベルを計測した。計測位置はトンネル模型から1.0m地点とした。計測結果を図3から図5に示す。図3に着目すると、φ20mmとφ40mmで低減効果が現れた周波数に若干の差が生じたが、音圧レベルの低減量は同程度である。図4、図5についても同様の傾向が確認できる。図3、図4、および図5の音響管設置時の音圧レベルを比較すると、面積比が大きいほど低減効果が大きいことが確認できる。これらの結果から、音響管による低減効果は音響管1本当たりの径にかかわらず全体の面積比に依存することがわかり、これはサイドブランチ型消音器の透過損失の考え方と合致している²⁾。

4. まとめ

トンネル発破の超低周波音を想定し、消音器の低減効果について模型実験により検討した。トンネル模型内には音圧分布が存在し、音圧の腹の位置に音響管の開口部を設置することで高い低減効果が得られることを確認した。実際のトンネルに音響管を適用する際は、トンネル内の音圧分布を事前に調査し音圧が大きい位置に音響管を設置する必要がある。また、音響管による低減効果は音響管1本あたりの径にかかわらず、全体の面積比に依存することが確認された。これより、様々な断面形状の音響管を組合せて設置することが可能である。

本研究で得られた知見をもとに、今後施工中のトンネルにおいて現場検証実験を実施予定である。

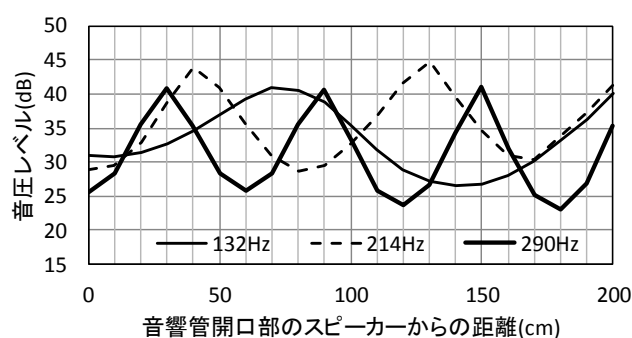


図2 音響管の位置による音圧レベルの変化

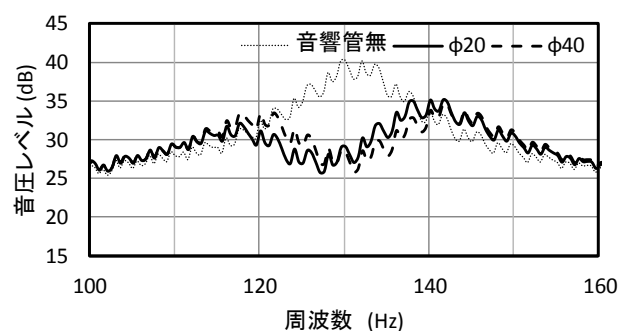


図3 パルス音に対する低減効果（面積比 4%）

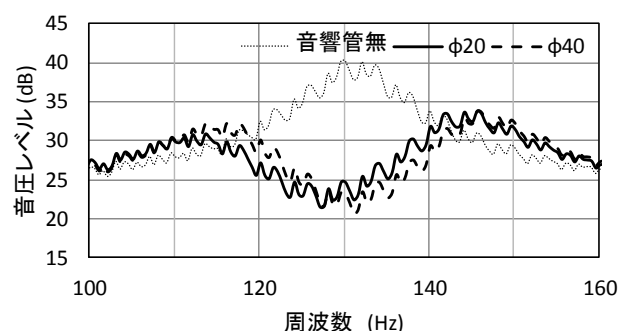


図4 パルス音に対する低減効果（面積比 8%）

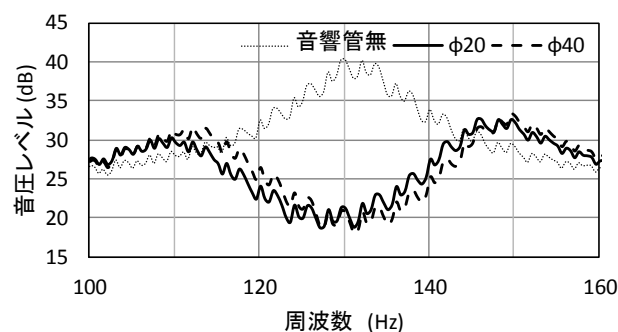


図5 パルス音に対する低減効果（面積比 12%）

参考文献

- 1) 公害防止の技術と法規編集委員会，新・公害防止の技術と法規 2014，(社)産業環境管理協会，2014.
- 2) 日本騒音制御工学会，騒音制御工学ハンドブック，技法堂出版，2001.