

アクティブノイズコントロールによる発破騒音低減の試み

ハザマ 土木事業本部 正会員 ○稲葉 秀雄
 ハザマ 大阪支店 正会員 福田 雅司
 ハザマ 技術研究所 上田 泰孝

1. はじめに

山岳トンネル工事では、発破騒音の低減が課題となることが多い。発破騒音の低減対策としては、一般的に防音扉や防音シェルターなど、いわゆる受動騒音制御(Passive Noise Control, 以下 PNC とする)が用いられる。

一方、デジタル技術の進歩により、能動騒音制御(Active Noise Control, 以下 ANC とする)技術が発達し、さまざまな分野で実用化されるようになってきている。ANC には、PNC では低減しきれない低周波騒音の低減効果が期待できる。

そこで、ダクト形状の ANC 装置を試作し、発破騒音低減に対する ANC の適用性を確認した。

2. ANC ダクトの室内実験

(1) ANC ダクトの概要

ダクト形状の ANC 装置(以下 ANC ダクトとする)を試作し、室内実験で性能を確認した(図-1、写真-1)。

ANC ダクトの概要を以下に示す。

- ・ダクトとして、内部で音が反響しにくく、また、内面の凹凸に消音効果が期待できるコルゲートパイプ(高密度ポリエチレン製、内面凹凸型)を使用した。
- ・ダクトのサイズは、対象とする周波数や現場への適用方法などを考慮し、内径 1.0m、長さ 5.0m とした。
- ・ダクトの内側には、吸音材として $t=25\text{mm}$ のグラスウール(密度 40kg/m^3)を貼り付けた。
- ・消音用スピーカには、 $\phi 25\text{cm}$ の密閉型を採用した。
- ・ANC の制御方法はフィードフォワード制御である。

(2) ANC ダクトの性能(室内試験結果)

当社技術研究所の半無響室にて室内実験(写真-1)を行い、ANC ダクトの基本的な性能を確認した。

トンネル坑内で録音した発破音を音源とした場合の実験結果を図-2 に示す。騒音レベルは、音源側で 98dBA、ダクト出口 80dBA で、その差の約 18dBA が騒音低減効果である。

ANC ダクトによる周波数帯域毎の騒音低減効果を図-3 に示す。ダクトのみ(ANC を行わない状態)の低減効果(水色の部分)と、ANC による低減効果(桃色の部分)を区別して表示した。

ダクトのみによる低減効果は最大 31.6dB (500Hz)、ANC による低減効果は最大 16.0dB (125Hz)、合計では最大 32.4dB (500Hz)の低減効果が確認された。また、ダクトのみによる低減効果が 250～1000Hz 付近で大きいのに対し、ANC による低減効果は 125Hz 以下の低周波数帯域で大きいことが確認された。

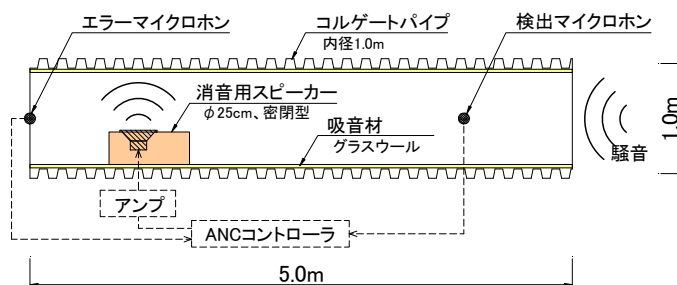


図-1 ANC ダクトの概要図(室内実験用)



写真-1 ANC ダクト(室内実験)

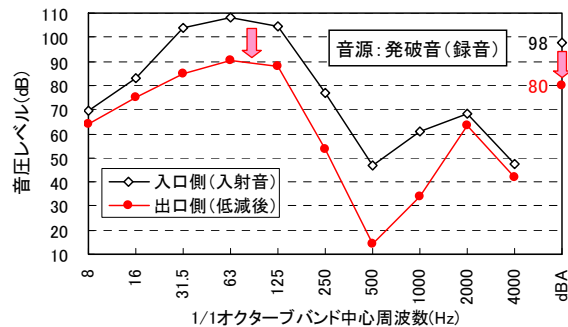


図-2 室内実験結果

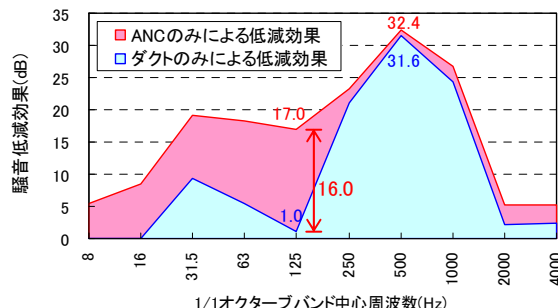


図-3 ANC ダクトによる騒音低減効果

キーワード 発破騒音、アクティブノイズコントロール、ANC、ダクト、防音扉

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門 2-2-5 ハザマ 土木事業本部 TEL.03-3588-5771

3. ANC ダクトの現場実験

(1) 実験概要

ANC ダクトをトンネルの発破騒音低減に適用する方法としては、10 本前後の ANC ダクトをトンネル軸方向に並列に並べた装置を考案し、室内模型実験を進めた。このような装置を実際に現場に適用するためには、実際の発破音に対する ANC ダクトの適用性や性能を確認することが必要である。しかし、その確認の方法が大きな課題であった。

そこで、実際の山岳トンネル施工現場に設置されている防音扉を利用し、下記のような方法で現場実験を行った。

- ・防音扉の風管通過用開口部に ANC ダクトをはめ込み、防音扉の両側で騒音測定を行うことにより、発破騒音の低減効果を確認することとした(図-4、写真-2)。
- ・ANC ダクトは、現場の風管径に合わせて内径 1.1m(外径 1.3m)とした。長さは 5.4m で、主な使用材料は室内実験用のものとはほぼ同様である。
- ・発破時(騒音測定時)には風管内の送風は停止しているが、発破時以外は ANC ダクトを風管の一部として使用する。そのため、消音用スピーカがダクト内に突出しないように、コルゲートパイプを加工した。また、吸音材が風圧で剥がれないような対策をした(写真-3)。
- ・ANC ダクト設置位置(防音扉の位置)は、切羽から約 200m、坑口まで約 80m であった。
- ・火薬使用量は 1 発破当たり 16.2～59.2kg であった。

(2) 実験結果

現場実験結果の一例を図-5 に示す。防音扉の切羽側では、最大で 136dB(80Hz)が測定された。このような発破騒音の音圧レベルに対して、消音用スピーカの出力が不足し、これに起因して、制御システムが正常に作動せず、ANC の効果を確認することはできなかった。

坑口側では、中央部(②)よりもダクト部(③)で低周波数帯域の音圧レベルが高い。これは、風管通過用開口部から発破騒音が漏れているためと考えられる。したがって、今回の実験のような形で ANC ダクトを活用すれば、防音扉の騒音低減効果が向上する可能性もあると考えられる。

4. 今後の課題と見通し

トンネル坑口での発破音の音圧レベルは、低周波数帯域で 130dB を上回る。これに対し、一般的なスピーカで発生させることができる音圧レベルは 110～120dB が限界である。ANC により発破騒音を低減するためには、大音圧の低周波音を発生できるスピーカを開発する必要があることが確認できた。

室内実験では、ANC が発破音のような非定常音にも有効であることが確認された。一般的に用いられている PNC と ANC を上手く組み合わせて、発破騒音を効率よく低減する方法を検討する余地はあると考えられる。

今後は、ANC ダクトの小型化を図り、発破以外の工事騒音低減に適用する方法も検討していく予定である。

参考文献

- 1) 日本音響学会編、音響テクノロジーシリーズ 9 「アクティブノイズコントロール」、2006 年 7 月発行

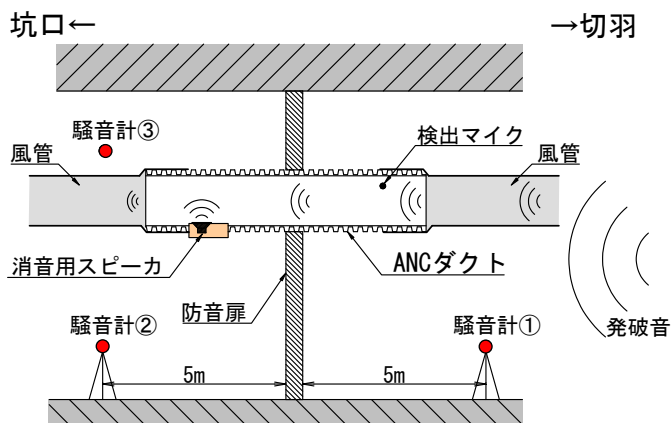


図-4 ANC ダクト現場適用実験の概要図

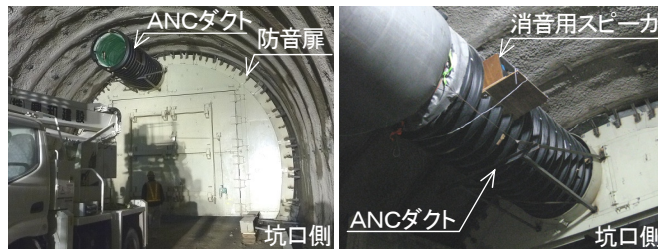


写真-2 ANC ダクト設置状況(現場適用実験)

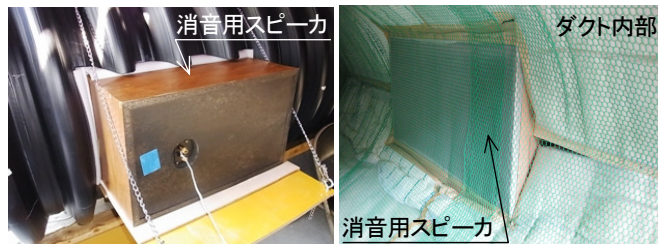


写真-3 ANC ダクト(現場適用実験時の工夫)

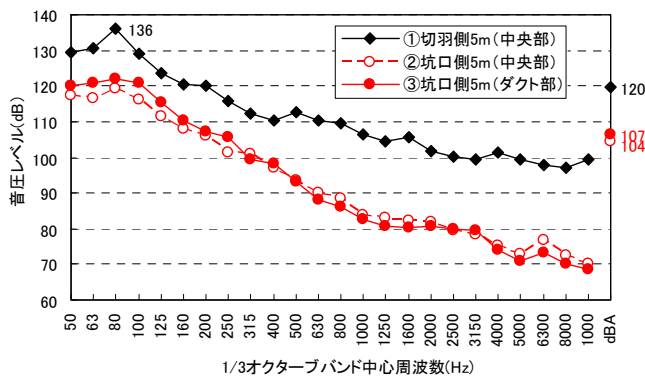


図-5 測定結果の一例