

## エッジ効果抑制型防音壁の開発

## DEVELOPMENT OF THE EDGE-EFFECT SUPPRESSION BARRIERS

小林正明\*<sup>1</sup>, 松岡明彦\*<sup>2</sup>, 鈴木信也\*<sup>2</sup>, 小泉穂高\*<sup>3</sup>, 河井康人\*<sup>4</sup>  
*Masaaki KOBAYASHI, Akihiko MATSUOKA, Shinya SUZUKI, Hodaka KOIZUMI and Yasuhito KAWAI*

Because of the negative effect on both landscape and sunshine, high cost of installing and so on, there is a tendency to hesitate to use high noise barrier while it ensure the desired amount of noise attenuation. Kawai demonstrated that the diffracted sound is greatly attenuated by suppressing the particle velocity in the region where edge-effects occur using thin absorbing materials such as cloth having a gradational distribution in impedance by numerical analysis. According to the technique mentioned above, it is possible that noise attenuation increases only by slight improvement at the top of the barrier.

In this study, edge-effect suppression barriers have been put into practical use and effectiveness of the development was demonstrated by full scale experiments.

**Keywords :** *Noise reduction, Noise barrier, Edge-effect, Flow resistance, Construction noise*  
 騒音低減, 防音壁, エッジ効果, 流れ抵抗, 建設工事騒音

## 1. はじめに

自動車, 鉄道, 工場, 設備機器および建設工事等で発生する様々な騒音の低減に利用されている防音壁は, より大きな騒音低減効果が求められる一方で, 景観, 日照, 安全性, 設置にかかる労力とコスト等の観点から, 高さを抑えることが望まれる。

河井は境界積分方程式による理論解析によって, エッジ近傍で粒子速度が非常に大きくなる領域が存在すること(エッジ効果)を示すとともに, 当該領域における粒子速度を抑制することで回折音場に対し, 大きな騒音低減効果が得られることを明らかにした<sup>1)</sup>。この理論に基づけば, 従来の防音壁の先端部に僅かな改良を加えるだけで騒音低減効果を増大させることが可能となる。

既報<sup>2)</sup>では, 上述の理論の有効性を実大実験にて確認するとともに, 建設現場から発生する工事騒音の低減に適用する方法について検証し, 高さを抑えた高性能防音壁の実現が可能であることを示した。

本報では, これらの知見に基づき新たに開発した防音壁先端の粒子速度を抑制するためのパネル(エッジサイレンサー)の騒音低減効果について報告する。

## 2. エッジサイレンサーの騒音低減効果

仮囲いの嵩上げによって得られる騒音低減効果と仮囲いの先端にエッジサイレンサーを設置すること

で得られる騒音低減効果を比較した。

## 2.1 測定概要

無響室内に敷設したベニヤ板上に音源, および, 仮囲い(防音型, 幅 8 m×奥行 4 m×高さ 3 m)を設置し, 音源高さとして仮囲いの先端部の状況を変化させて仮囲い内外の音圧レベルを測定した。また, それぞれの条件について, 粒子速度センサー<sup>3)</sup>を用いて仮囲い先端付近の粒子速度レベル分布を測定した。写真-1 に騒音低減効果の測定状況を示す。なお, エッジ効果の抑制によって得られる騒音低減効果を正確に測定するため, 仮囲いの内側と床面にはグラスウールマット(厚さ 50 mm)を敷設し, 仮囲い内での反射音の発生を抑えた。

## 2.2 音源と測定点

音源と測定点の配置を図-1 に示す。音源には 12 面体スピーカを使用し, 仮囲いから 1 m 離れた位置に設置した。音源の高さは床面から 1.4 m および 2.0 m とした。試験音にはピンクノイズを用い, 測定状況によらず騒音の大きさを一定とした。

## 2.3 エッジサイレンサー

エッジサイレンサーは 1 層の厚みが約 1.6 mm, 流れ抵抗が約 300 Ns/m<sup>3</sup> の多孔質材を空気層は設けずに 3 層重ねたもので, 多孔質材の上部と下部の層数を変化させることで面密度や流れ抵抗を上端に向か

\*1 戸田建設開発センター 博士(工学)

\*2 戸田建設開発センター

\*3 戸田建設開発センター 修士(工学)

\*4 関西大学環境都市工学部 教授・博士(工学)

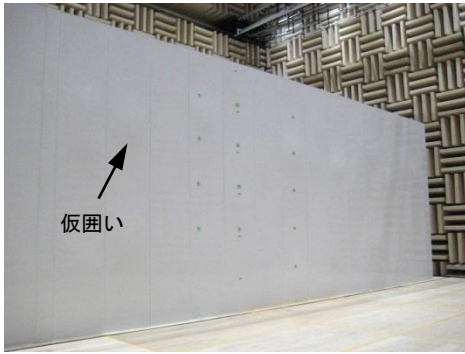
Research and Development Center, TODA CORPORATION, Ph. D.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M. Eng.

Prof., Faculty of Environmental and Urban Eng., Kansai University, Dr. Eng.

(A) エッジサイレンサー 未設置

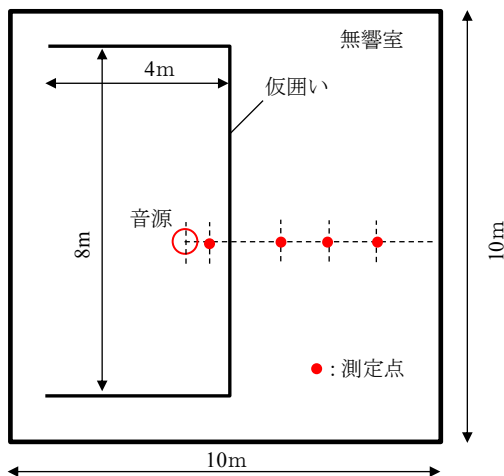


(B) エッジサイレンサー 設置



写真-1 騒音低減効果の測定状況

(A) 平面



(B) 断面

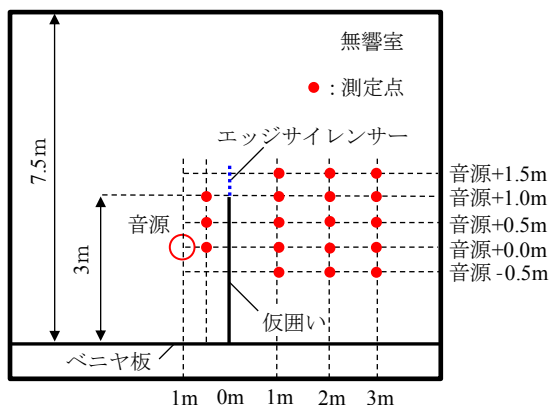


図-1 音源と測定点の位置 (騒音低減効果)

表-1 騒音低減効果の測定条件

条件	音源高さ	仮囲い先端の状況
1	床面+2.0 m	未設置
2	床面+1.4 m	未設置
3	床面+2.0 m	エッジサイレンサー設置

って小さくなるように傾斜(グラデーション)させている。

## 2.4 測定条件

測定は表-1 に示す 3 条件で実施した。条件 2 は音源位置を 0.6 m 下げることにより、条件 1 の仮囲いを 0.6 m 嵩上げした場合と同等の騒音低減効果を得ることを意図したものである。

## 2.5 測定結果

### (1) エッジ効果抑制材付加低減量

仮囲いからの距離、および、音源からの高さが等しい測定点毎に条件 1 と条件 2, 3 の音圧レベル差を算出した。得られた結果は条件 1 で得られる騒音低減効果に対し、仮囲いの嵩上げ、または、エッジサイレンサーを設置することで得られた減音量と変わらず(減音量が大きいほど騒音低減効果が増大したことを意味する)。

図-2 に仮囲いから 3 m 離れた位置、かつ、音源位置と同じ高さで得られた減音量を示す。図-2 より、条件 2, すなわち、仮囲いを 0.6 m 嵩上げすることで得られた減音量は 1~3 dB 程度であり、周波数による明らかな差はみられなかった。これに対し、条件 3, すなわち、仮囲いの先端にエッジサイレンサーを設置することで得られる減音量は周波数によって大きく異なり、最も大きい 250 Hz の減音量は 13 dB、最も小さい 4k Hz の減音量は 4 dB をやや下回る程度であった。いずれの周波数においても条件 2 の減音量が条件 1 を上回っており、仮囲いの先端にエッジサイレンサーを設置することが同一高さの嵩上げよりも騒音低減に有効であることが示された。

図-2 において条件による違いが顕著であった 250 Hz について、減音量の分布結果を表-2 に示す。ここでは背景の濃淡が減音量の程度を表し、濃いほど減音量が大きいことを意味する。表-2 によれば、いずれの測定点においても、条件 3 の減音量が条件 2 を上回っており、全ての測定点において仮囲いの先端にエッジサイレンサーを設置することが仮囲いの嵩上げよりも騒音低減効果に有効であることが示された。

なお、本測定において、エッジサイレンサー設置時に仮囲いから 3 m 離れた位置、かつ、床面から 2 m の高さで得られた各周波数の減音量を仮囲いの嵩上げに換算すると 125~500 Hz は 3 m 以上となり、1k Hz は 2 m、2k Hz は 1 m にそれぞれ相当する。

### (2) 粒子速度レベル分布

条件 1~3 のそれぞれについて、仮囲い先端付近(仮

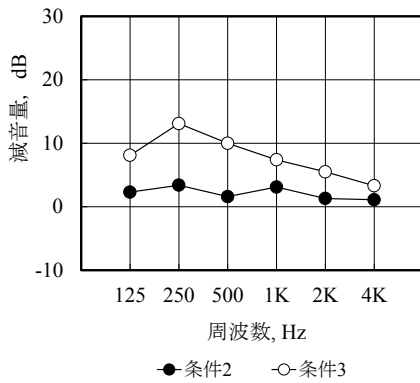


図-2 減音量の周波数特性例  
(仮囲いから 3 m, 音源と同じ高さの測定点)

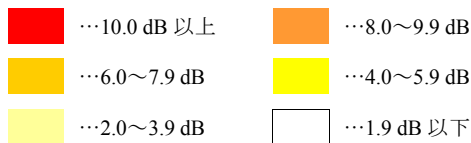
表-2 各条件の減音量 (250 Hz)

(A) 条件 2 の減音量

測定点高さ	仮囲いからの距離, m		
	1	2	3
音源+1.5 m	4.8	4.6	4.3
音源+1.0 m	6.7	5.8	5.6
音源+0.5 m	6.3	5.1	4.0
音源+0.0 m	1.8	3.4	3.4
音源-0.5 m	1.2	-0.4	1.2

(B) 条件 3 の減音量

測定点高さ	仮囲いからの距離, m		
	1	2	3
音源+1.5 m	6.7	6.4	6.7
音源+1.0 m	10.5	9.2	9.5
音源+0.5 m	9.8	10.4	10.3
音源+0.0 m	11.5	12.6	13.1
音源-0.5 m	8.8	10.9	11.2



囲いからの距離 0~2 m, 音源-0.5~+2.0 m の範囲) の粒子速度レベル分布を図-3 に示す. 図-3 によれば, 条件 1 と 2, すなわち, エッジサイレンサーを未設置とし, 音源の高さを変化させた場合には, いずれも仮囲い先端部に粒子速度レベルの大きい領域がみられた. 一方, 仮囲いの先端にエッジサイレンサーを設置した条件 3 では, 仮囲い先端部に粒子速度レベルの大きい領域はみられず, エッジサイレンサーの先端部において粒子速度レベルがやや大きくなる程度であった. すなわち, エッジサイレンサーは一般的な防音壁とは異なり, 防音壁先端部の粒子速度を抑制することで回折音場の騒音低減効果を向上させていることが確認された.

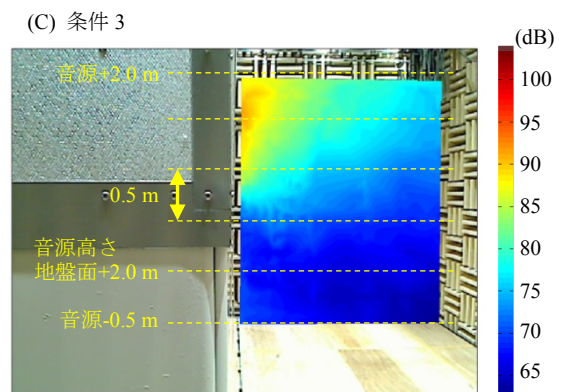
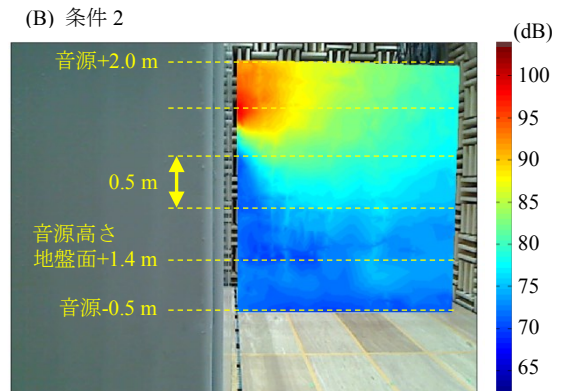
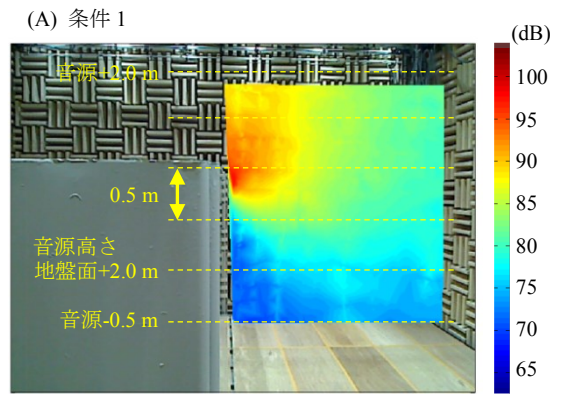


図-3 仮囲い先端部の粒子速度レベル分布 (100~5k Hz)

### 3. 騒音低減効果の経年変化

エッジサイレンサーを屋外に設置し, 設置直後と 3 ヶ月, 6 ヶ月, 10 ヶ月経過時の騒音低減効果を比較した.

#### 3.1 測定概要

周囲に反射物の少ない平坦なアスファルト面上に音源, および, 仮囲い (防音型, 幅 2 m×奥行 2 m×高さ 3 m) を設置した. 仮囲いの先端部にはエッジサイレンサーを設置し, 約 3 ヶ月ごとに仮囲い内外の音圧レベルを測定した. 写真-2 に経年変化の測定状況を示す.

#### 3.2 音源と測定点

音源と測定点の配置を図-4 に示す. 音源には 12 面体スピーカを使用し, 仮囲いの中央に設置した.



写真-2 経年変化の測定状況

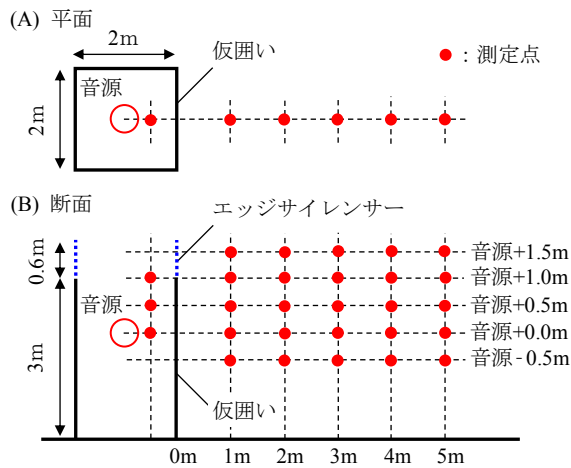


図-4 音源と測定点の位置 (経年変化)

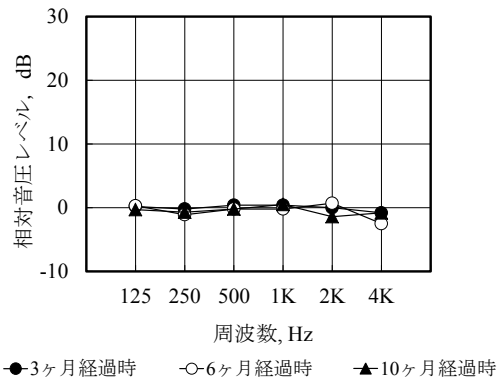


図-5 経年変化の周波数特性例  
(仮囲いから 3 m, 地盤面から 2 m の測定点)

音源の高さは地盤面から 2 m とした。試験音にはピンクノイズを用い、測定状況によらず騒音の大きさを一定とした。

### 3.3 測定結果

各測定点について設置直後の音圧レベルを基準レベルとした相対音圧レベルを算出した (相対音圧レベルが大きいほど騒音低減効果が低下したことを意味する)。

表-3 10ヶ月経過時の相対音圧レベル

(A) 125 Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-0.2	-0.1	0.9	0.2	0.1
地盤面+3.0 m	0.0	-0.2	0.2	0.1	-0.2
地盤面+2.5 m	-0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.1
地盤面+2.0 m	-0.4	-0.3	-0.3	0.4	0.4
地盤面+1.5 m	-0.5	0.4	0.0	0.4	-1.0

(B) 250 Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-0.5	0.0	0.3	0.0	-0.2
地盤面+3.0 m	-0.2	-0.6	-0.1	-0.2	-0.3
地盤面+2.5 m	-0.9	-0.5	-0.3	-0.5	-0.1
地盤面+2.0 m	-0.3	-0.3	-0.7	0.0	0.1
地盤面+1.5 m	-1.3	-0.4	-0.3	-0.1	-0.5

(C) 500 Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-0.9	-0.6	-0.6	-0.9	-0.8
地盤面+3.0 m	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.5
地盤面+2.5 m	-1.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4
地盤面+2.0 m	-2.2	-0.5	-0.2	-0.5	-0.7
地盤面+1.5 m	-0.5	-0.5	0.2	-1.1	-1.8

(D) 1k Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-1.0	-0.8	-0.7	-0.6	-0.2
地盤面+3.0 m	-1.5	-0.3	0.2	-0.2	0.3
地盤面+2.5 m	-1.3	-0.3	0.2	-0.2	-0.6
地盤面+2.0 m	0.2	0.3	0.5	0.4	-0.9
地盤面+1.5 m	-1.0	-0.3	-1.0	-1.2	-0.8

(E) 2k Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-1.8	-1.4	-0.7	-1.3	-0.8
地盤面+3.0 m	-1.1	-1.5	-1.1	-1.3	-1.3
地盤面+2.5 m	-0.2	0.6	-0.9	-0.4	-0.2
地盤面+2.0 m	-2.5	-1.7	-1.4	-1.0	-1.0
地盤面+1.5 m	-2.0	-1.1	-1.5	-1.3	-1.6

(F) 4k Hz

測定点高さ	仮囲いからの距離, m				
	1	2	3	4	5
地盤面+3.5 m	-0.6	-0.8	-0.5	-0.5	0.0
地盤面+3.0 m	-1.3	-1.2	-0.1	-0.1	0.1
地盤面+2.5 m	-1.1	-0.8	-0.4	-1.2	-0.8
地盤面+2.0 m	-0.6	-1.1	-0.8	-1.0	-0.5
地盤面+1.5 m	-0.3	-0.5	-0.1	-0.8	-0.9



(A) 建設工事現場



(B) 屋外設備機器

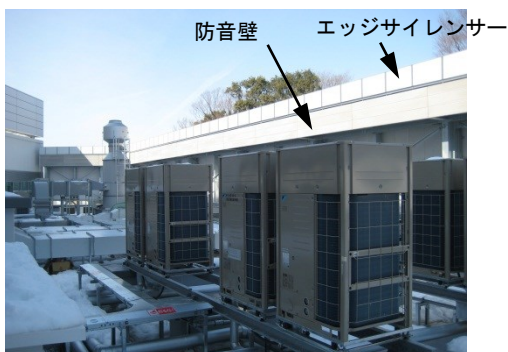


写真-3 エッジサイレンサー適用例

図-5 に仮囲いから 3 m 離れた位置、かつ、地盤面から高さ 2 m の測定点における相対音圧レベルを示す。3 ヶ月、6 ヶ月、10 ヶ月経過時のいずれにおいても 125~4k Hz の全ての周波数帯域で相対音圧レベル

がほぼ 0 dB となり、騒音低減効果はほとんど変化していないことが確認された。

表-3 は 10 ヶ月経過時における各測定点の相対音圧レベルを示したものである。表-3 より、いずれの周波数、測定点においても相対音圧レベルが 1 dB 未満であり、騒音低減効果が設置直後と比較してほとんど変化していないことが確認された。

#### 4. まとめ

本報告では、エッジサイレンサーを仮囲いの先端に設置することで得られる騒音低減効果がエッジサイレンサーと同一高さの嵩上げによって得られる効果を明らかに上回ること、および、エッジサイレンサーを屋外に 10 ヶ月設置した後の騒音低減効果が設置時と殆ど差がないことを確認した。

エッジサイレンサーは既に実際の現場へ適用されており、建設工事現場だけでなく屋外設備機器から発生する騒音の低減対策にも使用されている（写真-3）。今後もエッジサイレンサーの適用範囲の拡大と積極的な展開を図る所存である。

#### 参考文献

- 1) 河井康人, エッジ効果抑制型遮音壁, 日本音響学会誌, 70 巻 2 号, pp.79-84, 2014
- 2) 小林正明, 松岡明彦, 鈴木信也, 河井康人, エッジ効果抑制型防音壁の実用化の検討, 戸田建設技術研究報告, 第 39 号, 2013
- 3) <http://www.toyo.co.jp/microflown>