

第62回

防音壁

鉄道用防音壁

騒音の低減対策は、音源が放射する音響エネルギーを低減する音源対策と、音の伝播経路上の遮蔽物などによって減衰を得る伝播系対策に分けることができます。最初の公共の防音壁は、1960年代においてアメリカ合衆国で道路交通の発展とともに建設されたと言われています¹⁾。鉄道分野においては、防音壁は、騒音、とくに転動音など鉄道車両の下部で発生する音（車両下部音）が鉄道沿線に直接伝播することを防ぐ伝播系対策として広く用いられている手法です。ここでは、鉄道用防音壁に関するこれまでの研究開発と得られた知見を紹介します。

日本において、最初に防音壁が広く採用された分野は鉄道です。東海道新幹線建設時に、高速走行時に発生する騒音低減を目的として、都市部の住宅

密集地を通過する高架橋に高さ1~1.5mのコンクリートブロック造りの防音壁を延長104kmで設置しました^{2,3)}。しかし、新幹線開業当初、高架橋中心からの離れが25m、地上からの高さが1.2mの測定点（地上25m点）における騒音は防音壁が設置されていない区間で80dB（地下鉄車内の騒音に相当）を上回り⁴⁾、また散発的に騒音に対する苦情が生じていました⁵⁾。そこで、当時の国鉄は「新幹線騒音対策研究会」を設けて、とくに静音を要する学校・病院などの周辺地域を対象として騒音防止工事を施工することになりました。その第一号工事となった防音壁は、昭和41（1966）年に静岡県磐田市東部小学校前に総延長300mで建設されました（図1）^{2,3)}。その後、昭和47（1972）年12月に当時の環境庁から「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道騒音対策について」の勧告がなされ、これに対応するため当時の国鉄は

昭和48（1973）年に騒音防止対策の基本計画を運輸大臣に提出し、この計画に基づいて一般区間においても防音壁の設置を行うことになりました⁵⁾。初期の防音壁は、H鋼に遮音材を落とし込む方式（図2）で建設されました。現在では、高架橋と一体となったコンクリート製の防音壁が主に採用されています。防音壁の形状に関しては、直型のものが多く設置されています。また、防音壁の高さは、昭和48（1973）年以前の鉄道技術研究所による試験結果⁴⁾や景観と日照⁶⁾を考慮した検討から、レールレベルから2m程度以下（車両の窓高さ以下）のものが多く建設されました。

防音壁による騒音の低減効果の評価

防音壁による騒音低減効果を試算するために、音源から受音点至る経路

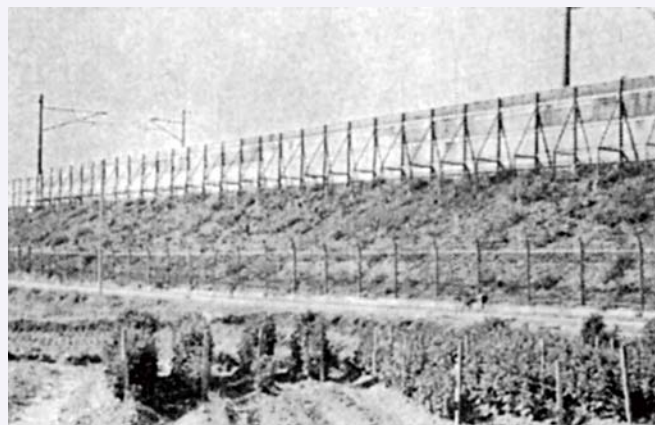


図1 最初に設置された防音壁²⁾

出典：平田貢，防音壁第一号，新線路，鉄道現業社，Vol.34，No.10



図2 H鋼に遮音材を落とし込む方式の直型防音壁



図3 ポリカーボネイト板による防音壁のかさ上げ区間

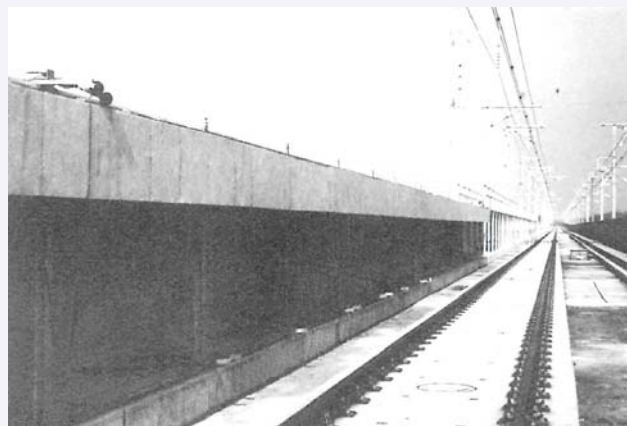


図5 前だけ逆L型防音壁¹⁰⁾

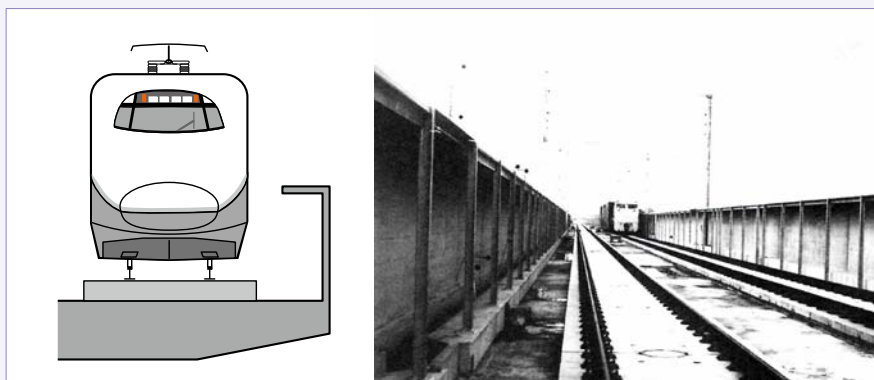


図4 逆L型防音壁¹⁰⁾

長の防音壁の有無による差(経路差)と、点音源、線音源の回折減衰量の関係を示した「前川の実験チャート」,「山下・子安の実験チャート」(☞参照)が広く用いられています。しかし、鉄道の場合、車体断面が幅3m×高さ4m程度で大きく、また車体と防音壁の距離が近いため、車両下部音が防音壁・車体間の狭い空間において多重に反射する現象が発生します。この現象によって音の伝播は複雑になり、防音壁による騒音の低減効果を実験チャートから

簡単に求めることはできません。また、新幹線騒音の場合では、車両下部音のほかに、パンタグラフなど車両上部からの空力音についても考慮して、防音壁による騒音の低減効果を評価する必要があります。防音壁による騒音の低減効果は音源・受音点位置によるため、沿線騒音全体に対する低減効果を簡単には評価することができません⁷⁾。

防音壁のかさ上げ

昭和50(1975)年以後に山陽新幹線および東北新幹線で実施された試験から、高さ2m以上の防音壁による騒音の低減効果が大きいことがわかりましたが、経済性や施工性に関する検討から実用化には至りませんでした⁶⁾。しかし、近年では、沿線環境に配慮して、既設防音壁に対して1m程度のかさ上

げを行うことがあります。ただし、防音壁のかさ上げによって得られる沿線騒音の低減効果は高架橋高さや軌道種別などによって異なります。かさ上げに用いる材料にはポリカーボネイトなどの透明板が用いられること(図3)もあります⁸⁾。また、防音壁を4~5m高さにすると、測定点と反対側の防音壁で反射した音の影響によって沿線騒音の低減量は飽和する傾向にあります。

各種形状防音壁

防音壁は高架橋の張り出し部に設置され、この張り出し部が防音壁の荷重、列車通過ともなう圧力変動や台風など自然風による風圧などで生じる荷重を支えます。しかし、既設の新幹線の高架橋では、これらを考慮した設計が行われていないため、防音壁を高くすることには限界があります⁹⁾。したがって、防音壁高さを大きく変えずに高防音壁と同等以上の性能を持つ防音壁が求められています。

防音壁の形状に関しては、逆L型防音壁(図4)や前だけ逆L型防音壁(図5)などを試験区間に設置し、沿線騒音に対する低減効果の検討が行われました¹⁰⁾。この検討から、逆L型防音壁が山陽新幹線などにおいて実用化され、その後建設された新幹線において

☞「前川の実験チャート」,「山下・子安の実験チャート」

自由空間における音源に対する半無限長障壁による回折減衰量を示したチャートのこと。「前川の実験チャート」は点音源,「山下・子安の実験チャート」は線音源に対応しています。

も広く用いられています。逆L型防音壁は、天板部分が直型防音壁の上端部から線路側へ水平に突き出した形状になっています。この形状は車両下部音を二重回折させる効果や音源側に閉じ込める効果を与え、防音壁による騒音の低減効果を高めます。

表1は、縮尺模型試験により、防音壁の形状と新幹線騒音に対する低減効果を整理したものです¹¹⁾。模型試験は、防音壁の性能を検討するために広く行われている方法の一つであり、音源の性質(周波数特性など)、防音壁の形状、音源・受音点・車体・防音壁の幾何配置などの条件などを比較的容易に再現できる利点があります。表1に示した値は、模型試験において、同一高さの直型防音壁条件とのレベル差を示したものです。防音壁の形状を工夫することによって、直型防音壁を上回る騒音低減効果が得られることがわかります。また、表1から、車両下部音に対して低減効果が高い防音壁は、防音壁先端を分岐させ音の回折が複数回生じる形状や内側傾斜部があり、多重反射した音が外側へ伝播するのを抑える形状を持ちます。また、集電系音

については、受音点からパンタグラフを見通すことができない形状を持つ防音壁の低減効果が大きくなっています。Y型防音壁は車両下部音と集電系音の両方に対して有効な形状になっており、他形状の防音壁よりも沿線騒音に対する低減効果が大きくなります。

防音壁に対する吸音材の貼付

防音壁の内側などに吸音材を貼付することによって、防音壁の低減効果を大きくすることも行われています。図6は、吸音材を貼付した防音壁の一例です¹⁰⁾。吸音材による吸音は、音波が吸音材に入射したとき、音響エネルギーの一部が熱エネルギーに変換されることによって生じます。吸音材料にはグラスウールが一般的に使用されているほか、ロックウールなどの繊維質材、発泡コンクリートなどの多孔質無機材料やポリエステル系繊維なども用いられています。直型防音壁や逆L型防音壁に吸音材を貼付した場合における測定結果から、車両下部音に対する低減効果は2~3dB程度と考えられています⁶⁾。表2は、4つの防音壁形状について

吸音材の貼付位置と車両下部からの音に対する低減効果を整理したものです¹²⁾。表2に示された値は、各防音壁条件において、(1)同一形状での吸音材貼付の有無による比較、(2)直型防音壁(吸音材なし)条件とのレベル差を示したものです。吸音材の貼付面積を広くすること、その貼付位置を防音壁上端付近まで拡張することによって高い低減効果を得られます。これは、防音壁・車体間において音の多重反射を生じる位置に吸音材を貼付することによって、その低減効果が有効的に機能することを示唆しています。

防音壁先端部に設置する防音装置

鉄道騒音を低減するために、さまざまな防音装置がこれまでに開発されてきています。図7は、干渉型防音装置です¹³⁾。この装置は、管路長の異なる複数個の中空通路で構成され、これらの中空通路を音波が通過することによってその位相を制御し、音源からの直接音波との干渉により減音を行うものです。図8には、先端分岐型防音装

表1 各種防音壁の直型防音壁に対する効果¹¹⁾

(新幹線、模型実験による推定値、地上25m点、近接側車両、速度275km/h、防音壁高さ：レールレベル+3m)

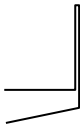


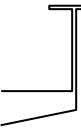
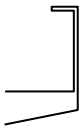

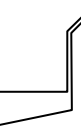
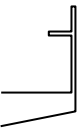
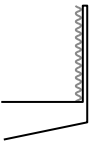
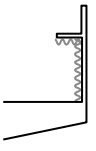
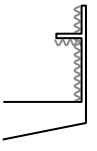
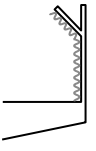
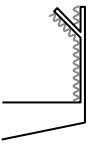
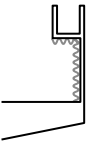
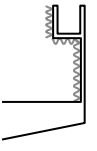
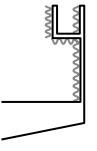
直型防音壁	Y型防音壁	内側傾斜型防音壁	T型防音壁
 車両下部音 -dB 集電系音 -dB 総合音 -dB	 車両下部音 6.3dB 集電系音 3.5dB 総合音 5.2dB	 車両下部音 0.9dB 集電系音 -2.3dB 総合音 -0.3dB	 車両下部音 4.5dB 集電系音 2.5dB 総合音 3.8dB
逆L型防音壁	変形Y型防音壁	外側傾斜型防音壁	逆L+かさ上型防音壁
 車両下部音 3.4dB 集電系音 -0.5dB 総合音 1.8dB	 車両下部音 4.6dB 集電系音 0.5dB 総合音 2.6dB	 車両下部音 1.6dB 集電系音 2.7dB 総合音 1.9dB	 車両下部音 2.2dB 集電系音 0.5dB 総合音 1.4dB



図6 逆L型防音壁内部に吸音材を貼付した事例¹⁰⁾

表2 各種防音壁における吸音材の効果¹²⁾

(新幹線, 模型実験による推定値, 地上25m点, 近接側車両, 速度275km/h, 防音壁高さ: レールレベル+3m)

防音壁条件	直型	逆L+かさ上型		変形Y型		箱形		
防音壁形状と吸音材の位置								
吸音材の効果	4.1dB	3.6dB	4.5dB	3.4dB	3.5dB	2.7dB	4.2dB	4.3dB
直型との差	4.1dB	6.1dB	7.0dB	8.5dB	8.6dB	7.6dB	9.1dB	9.2dB

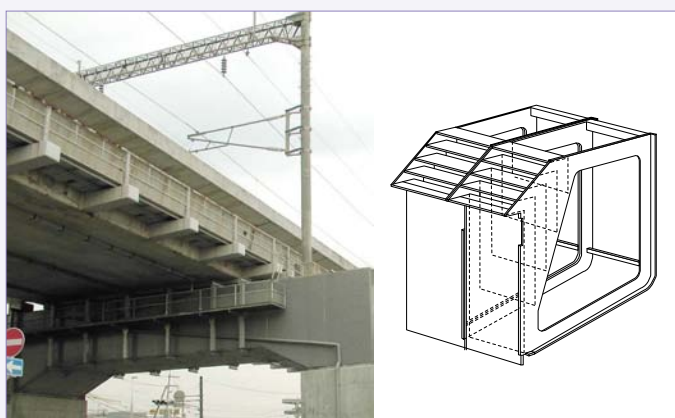


図7 干渉型防音装置¹³⁾



図8 先端分岐型防音装置¹⁴⁾
提供: JR東日本

置を示しました¹⁴⁾。この装置は、その内部にY形などに複雑に分岐した形状を持ち、この複数に枝分かれした先端部での音波の多重回折などによって騒音の低減効果を得る構造になっています。また、図8に示したように、この装置に吸音材を組み合わせたものも提案されています。

おわりに

鉄道用防音壁の性能向上についてこれまでの取り組みや知見について紹介しました。環境問題への意識の高まりにともなって、今後も、防音壁の性能向上に向けた研究開発を行うとともに、コストやメンテナンス面においても優れた防音壁の開発を進める必要があります。

(北川敏樹/環境工学研究部
騒音解析研究室)

文献

- 1) U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook, Final Report, 2000
- 2) 平田真: 防音壁第一号, 新線路, Vol. 34, No. 10, p. 23, 1980
- 3) 山内敏正: 防音壁第一号, 新線路, Vol. 35, No. 5, p. 17, 1981
- 4) 荒井昌昭, 井川敬之助, 塚本京市, 智野貞弥: 鉄道車両の走行による車外騒音の軽減の研究(第1報)実態調査とその検討, No. S1, 鉄道技術研究報告, 1967
- 5) 国土交通省: 日本鉄道史, <http://www.mlit.go.jp/common/000218983.pdf>
- 6) 日本国有鉄道: 新幹線騒音・振動対策の研究開発とその成果 騒音編, 1984
- 7) 森藤良夫, 北川敏樹: 鉄道用防音壁の減音効果について, 鉄道総研報告, Vol. 10, No. 2, pp. 23-28, 1996
- 8) 東京工業大学精密工学研究所編: 静粛工学—快適空間をめざして—, 開発社, pp. 314-323, 1995
- 9) 津田英朗, 宮内政信, 和氣秀晃: 東海道新幹線の騒音対策の取組と今後の課題, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp. 217-220, 2008
- 10) 日本国有鉄道東京第三工務局: 特殊防音壁等に関する減音特性試験, 東三工役52第94号, 1977
- 11) 長倉清, 北川敏樹: 新幹線用防音壁の形状に関する研究, 鉄道総研報告, Vol. 16, No. 12, pp. 17-22, 2002
- 12) 村田香, 長倉清, 北川敏樹, 田中慎一郎: Y型形状をベースにした新幹線用防音壁の遮蔽効果, 鉄道総研報告, Vol. 20, No. 1, pp. 11-16, 2006
- 13) 水野恵一郎: 位相干渉による音波制御装置の騒音対策事例, 騒音制御, Vol. 10, No. 1, pp. 4-6, 1986
- 14) 櫻井一樹, 森圭太郎, 増田達: 防音壁上に設置する新幹線用低減装置の開発, JR East Technical Review, No. 22, pp. 51-56, 2008