

◆ 道路環境特集 ◆

低層遮音壁の騒音低減効果とその設計

鉢嶺清範* 上坂克巳** 大西博文***

1. 低層遮音壁とは

低層遮音壁とは、写真-1に示されるような歩車道の境界に設置される高さ1m程度の低い遮音壁のことである。これは、国道4号東京都足立区南千住に試験施工された低層遮音壁の一例である。

普通、遮音壁というと、高さが3m、5mの背の高い遮音壁を想像する。しかし、このような道路交通騒音対策用として使われている遮音壁は、高速道路など沿道利用のない自動車専用道路に設置する場合には問題ないが、都市内的一般の道路に設置する場合には問題が残る。なぜなら、遮音壁を設置することによって、道路と沿道とのアクセスが制限されたり、歩道上の歩行者に圧迫感を与えること、沿道地域に対して日照障害や電波障害を引き起こしたり、さらには、良好な景観を保つことにも影響を与えててしまう。そこで、これまでの背の高い遮音壁が設置できないのであれば、上記のような沿道への影響が小さい背の低い遮音壁の設置を考えた。

遮音壁は、主に音を遮蔽することによって減音効果を得ていることはよく知られている。たとえ高さ1m程度の低い遮音壁でも、ある程度の減音効果が期待できるはずである。これまでも沿道利用がある道路では、歩車道境界に植樹を行ったり、



写真-1 低層遮音壁 (国道4号東京都足立区南千住)

Noise Reduction Effect of Low-Height Noise Barrier and Its Design

横断防止柵を設置してきた。このような場合、植栽枠やガードパイプを少し工夫して設置することにより、その背後ではある程度の減音効果を得ることができるのはずである。このような考えをもとに、研究を始めたのが高さ1m程度の背の低い遮音壁である。

図-1は、前述の国道4号の低層遮音壁が道路延長方向に設置されている様子を示した平面図である。これを見ると、低層遮音壁は道路延長方向に、途切れることなく連続して設置されていないことがわかる。これは、道路と沿道のアクセスの阻害とならないように、遮音壁の所々に開口部を設けているためである。しかし、このような開口部があれば、当然、そこから音が漏れ、遮音壁の役目を果たせないのではないかと考えられる。背の高い遮音壁では、開口部ができないように連続して設置されていて、このような場合の減音効果は、容易に予測することが可能である。では、低層遮音壁のように、所々に開口部があるような場合、その減音効果をどのように予測・評価するかが問題になる。

もう一つ低層遮音壁の設置例がある。三重県四日市市の国道23号に設置されているものである(写真-2)。

この例と写真-1の例を比較すると、低層遮音壁の形状やデザインが異なっていることに気づく。このようにデザインや構造物の形状、用いられる材料が違っても、低層遮音壁としての減音効果はほとんど変わらないのだろうか。また、低層遮音壁の設置を考えた場合、どのように設計し、どのような

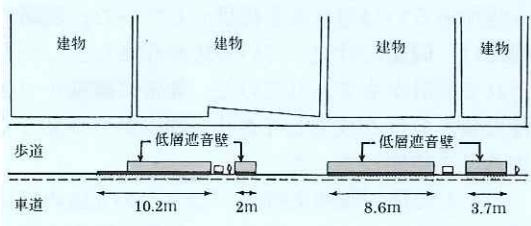


図-1 低層遮音壁 (国道4号東京都足立区南千住) 平面図



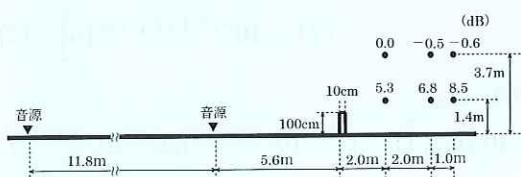
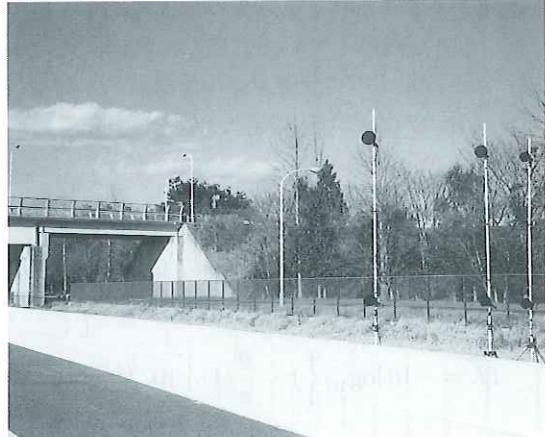
材料を用いて、どのような形状・デザインにしたらよいのであろうか。

このように、現在、低層遮音壁が広く普及していない理由として考えられるのは、高さが低いと、また所々に開口部があると効果がないのではないか、開口部があるような低層遮音壁の減音効果の予測は難しいのではないか、どのように低層遮音壁を設計したらよいのか、という疑問があるからであろう。以下では、これらの疑問点について述べていくことにする。

2. 連続した低層遮音壁の騒音低減効果

低層遮音壁は、奥行きのほとんどないパネルタイプとある程度の奥行きを有する植栽枠タイプに大別できる。ここでは、パネルタイプの低層遮音壁が道路延長方向に連続して設置された場合の減音効果の測定例を紹介する。まず、高さ 0.9m、厚さ 20mm、設置延長 18m の低層遮音壁を、自動車の走行ライン(車両幅中心線)から側方 2.5m の位置に設置し、設置延長中央の遮音壁面から 2m、地上高さ 1.2m の位置において騒音低減量を実測した例¹⁾がある。これによると低層遮音壁の騒音低減量は、ピーク時において、乗用車の場合で 7dB(A)、大型車の場合で 6dB(A)となっている。

また、土木研究所の試験走路において、低層遮音壁(奥行 10cm、高さ 100cm、延長 120m 相当)を設置し減音効果の測定(写真-3)を行った例がある。この測定では、点音源を離散的に配置して騒音レベルを測定した。これより各受音点毎にユ



ニットパターンをもとめ、これを基に各受音点の減音効果を計算している。受音点位置は、図-2 に示す 6 点とし、音源位置は、上下あわせて 6 車線の道路を想定して遮音壁車道側表面よりそれぞれ 5.6m、17.4m の位置、高さは 0.3m である。受音点高さ 1.4m の場合、L₅₀ 相当にして 5~8dB 程度の減音効果があることがわかる。

なお、図-2 の例では受音点の上に実測された減音効果を示している。

どちらの例からも、たとえ高さが低い遮音壁であっても、その背後においては、ある程度の減音効果を得ることができることがわかる。

3. 開口部を有する低層遮音壁の騒音低減効果

3.1 簡易計算法

低層遮音壁の減音効果の予測・評価が困難な主な理由として、低層遮音壁が所々に開口部を有し、評価地点と開口部の位置関係により減音効果が複雑に変化することが挙げられる。

筆者らは、評価地点により騒音レベルが複雑に変化する場合、評価区間全体の平均的な騒音レベル及び減音効果を表す指標として、区間平均等

価騒音レベル ($SA \cdot L_{Aeq}$) 及び区間平均挿入損失 ($SA \cdot IL$) を提案している。また、評価区間の中で、ある特定地点の騒音レベルを評価する必要がある場合は、地点別挿入損失 (IL) を用いて評価することができる。

以下に、低層遮音壁設置前後の L_{Aeq} の差として表される地点別挿入損失 (IL) と、同 $SA \cdot L_{Aeq}$ の差として表される区間平均挿入損失 ($SA \cdot IL$) を求めるための簡易計算式を示す^{2),3)}。

$$IL = -10 \log_{10} \left\{ 1 - \frac{\theta}{\pi} (1 - 10^{-IL_0/10}) (1 - 10^{-TL/10}) \right\} \quad (1)$$

$$SA \cdot IL = -10 \log_{10} \left[10^{-(SA \cdot IL_0)/10} + \{1 - 10^{-(SA \cdot IL_0/10)}\} \alpha \right] \quad (2)$$

$$SA \cdot IL_0 = -10 \log_{10} \left[1 - (1 - 10^{-IL_0/10}) (1 - 10^{-TL/10}) \times \frac{1}{\pi} \left\{ 2 \tan^{-1} \left[\frac{1}{d} \right] - \frac{d}{l} \ln \left[1 + \frac{l^2}{d^2} \right] \right\} \right]$$

ここで、

IL (地点別挿入損失)：沿道の特定地点における遮音壁設置前後の L_{Aeq} の差

$SA \cdot IL$ (区間平均挿入損失)：評価区間ににおける遮音壁設置前後の $SA \cdot L_{Aeq}$ の差

l : 評価区間長

d : 遮音壁の評価点側の側面と評価点(線)の距離

θ : 評価点から遮音壁の評価点側壁面の見込み角の和

α (開口率) : 評価区間長に対する低層遮音壁の未設置区間の延長の割合

TL : パネル材料の透過損失

IL_0 : 無限長の連続した低層遮音壁を仮定した

音源ライン(無限長の直線道路)

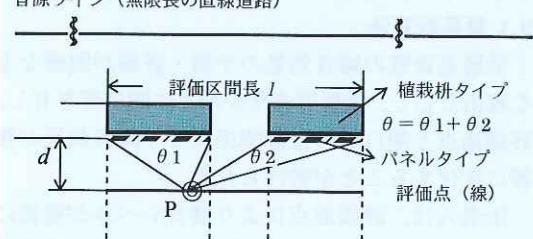


図-3 低層遮音壁の減音効果計算のための模式図³⁾

場合の挿入損失

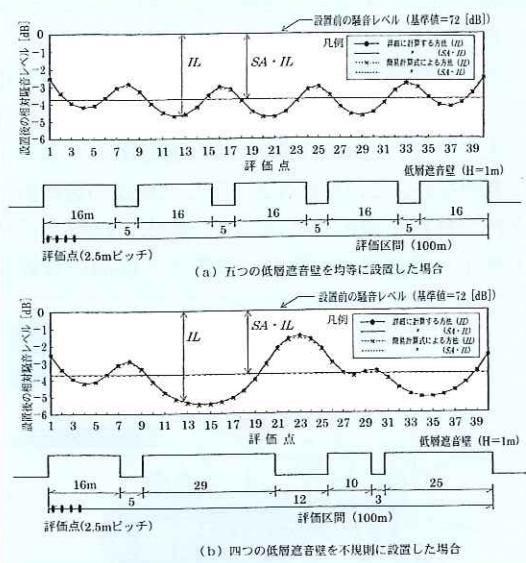
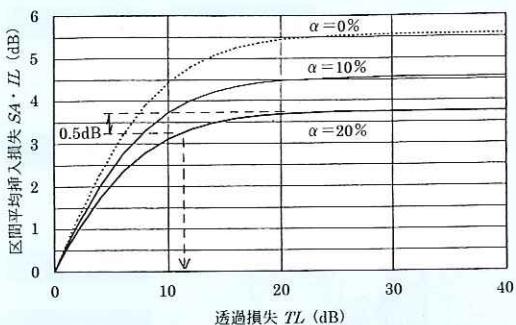
$SA \cdot IL_0$: 評価区間において、有限長の連続した低層遮音壁を仮定した場合の区間平均挿入損失

なお、低層遮音壁の評価区間長 l 等、減音効果計算に用いる変数の定義を図-3に示す。

3.2 予測計算のケーススタディ

図-4(a),(b)に示すように 100m の評価区間に、開口率が 20% のパネルタイプの低層遮音壁が設置されている場合に、遮音壁の数、設置位置が異なる 2 ケースを設定して、(1),(2) 式の妥当性の検証を行った。開口率 20% は、現実の沿道利用のある道路において一般的と考えられる開口率として設定した。評価区間を 40 等分し、各区間の中央の道路端上で、車道面からの高さ 1.4m の位置に 40 の評価地点を設定する。一方、交通条件は、道路交通騒音の予測計算を行う場合の一般的な条件を用いて、近車線側の交通量 1,000 台/h、走行速度 60km/h、大型車混入率 15% と設定し、各評価地点における L_{Aeq} を、日本音響学会提案のエネルギーベース騒音予測法により算出した。開口率が同じで設置位置の異なる (a),(b) の 2 ケースについて、低層遮音壁の上方、側方の回折音の寄与を合成する方法(回折音の伝搬経路を考えて減音効果を詳細に計算する方法、詳しくは参考文献 2,3)を参照)と、見込み角 θ と開口率 α を用いた簡易計算式(式 (1),(2))による方法で計算し、地点別挿入損失(IL)と区間平均挿入損失($SA \cdot IL$)を比較した。図-4 により二つの計算方法の差異を比較すると、(a),(b) どちらのケースにおいても、 IL と $SA \cdot IL$ の 2 つの計算値は、図上で区別ができないほどよく一致している。これより、 IL と $SA \cdot IL$ の算出は、3.1 で示した簡易計算式を用いても実用上問題ないことがわかる。さらに、(a),(b) それぞれの IL と $SA \cdot IL$ を比較すると、両者の IL の分布状況について開口部の位置の違いによる大きな差が認められるが、 $SA \cdot IL$ に関しては、両者の差はほとんど見られない。これは、 $SA \cdot IL$ が低層遮音壁の開口部の位置にかかわらず、開口率によって求められることを示している。

次に、式 (2) を用いて、開口率を 0%、10%、20%とした場合に、遮音壁パネル材料の透過損失と $SA \cdot IL$ の関係を求め、図-5 に示す。これに

図-4 IL と SA・IL の計算結果の比較²⁾図-5 低層遮音壁に許容される透過損失³⁾

よると、SA・IL の減少を 0.5dB 程度に抑えることのできる透過損失は、開口率が 0% で 14dB、20% で 11dB である。この程度の透過損失があれば、低層遮音壁の材料として利用できることがわかる。

なお、パネルタイプを植栽枠タイプに変えることや、歩道境界と中央分離帯にパネルタイプを併設することにより減音効果を高めることができること、及び、簡易計算式による方法と詳細な計算による方法の計算結果は、模型実験による実測値と整合がとれることも明らかになっている^{3),4)}。

4. 低層遮音壁のデザイン

低層遮音壁を設計する場合、その構造は、道路構造、歩道幅員や植樹帯幅及び沿道状況等に応じて低層遮音壁の構造を使い分けることが必要である。

る。低層遮音壁の具体的な構造を検討する際には、減音効果の予測計算の結果により設定された遮音壁の高さ、吸音板の有無、植樹帯幅を踏まえ、低層遮音壁の材料、断面形状、道路延長方向のデザインの工夫を行うことが必要である。

4.1 歩道空間の閉鎖性、圧迫感をやわらげる工夫

歩道幅員が狭い、沿道敷地にゆとりがない、遮音壁が高くなる等の場合、低層遮音壁を設置すると歩道空間は閉鎖的なものとなり、歩行者、沿道住民は、圧迫感を受けることになる。このような場合には、植栽枠タイプではなくパネルタイプの低層遮音壁にする、あるいは低層遮音壁の材料として透光板を採用したりすることにより、歩道空間の閉鎖性や圧迫感をやわらげることを検討する。

4.2 歩道幅員、植樹帯幅の違いへの対応

4.2.1 植樹帯を設置できない場合

歩道幅員が狭い場所は、植樹帯が設置されていない場合がほとんどである。このような場所に低層遮音壁を設置する場合には、既存の横断防止柵やガードパイプ等の替わりに、厚さの薄いパネルタイプを設置するとよい。さらに、このような場所では、歩行者が低層遮音壁を近くで見たり、あるいは、直接触れることになる点に配慮し、低層遮音壁の壁面や天端の処理を工夫する。

4.2.2 植栽がとれる場合

歩道幅員に余裕のある場所では、既存の植樹帶の中に低層遮音壁を設置する、また既存の植樹帶がない場合には、新たに奥行きのある植栽枠タイプの低層遮音壁を設置するとよい。

なお、植樹帯幅が狭い場合(1.0m程度)は、ツタ類や低中木等を植栽するとともに、低層遮音壁の壁面処理を工夫する。

植樹帯幅が広い場合(1.0m程度以上)は、ゆとりある歩道空間を生かし、低中高木の植栽構成を工夫し、変化に富んだ緑量の多い植栽や花壇とするなど、潤いのある空間を整備するとよい。また、ベンチ等を用い、人のたまり空間を整備する工夫も必要である。その他、車道側にも植栽を施すなどドライバーに対して配慮すること可能である。

日照条件が厳しい場合には、植え込まれる植物については、耐陰性のある樹種を選定する、低層遮音壁の壁材料として透光性のあるものを用いる等の工夫も必要である。

4.3 低層遮音壁の断面形状、道路延長方向のデザインの工夫

低層遮音壁の構造について、断面形状及び道路延長方向のデザイン展開を工夫する。

4.3.1 断面形状のデザイン

断面形状は、低層遮音壁のタイプ(パネルタイプ、植栽枠タイプ等)、植栽の構成(配植、樹高、樹種)、透光板との組み合わせ等によりデザインの基調となる各種の断面形状が設定できる。図-6に低層遮音壁の断面形状の例を示す。

4.3.2 道路延長方向のデザイン

低層遮音壁の道路延長方向の展開は、低層遮音壁が設置される植樹帯幅、遮音壁の設置延長、歩道切り下げの頻度、地域特性、各利用者の視点(歩行者、ドライバー、沿道住民等)を考慮して、デザインを工夫する。図-7に低層遮音壁の道路延長方向のデザイン例を示す。

4.4 個別の低層遮音壁に対する工夫

個々の低層遮音壁について、できるかぎり設置延長を長くし開口部を少なくする。やむをえず途中で開口部を設ける場合でも、低層遮音壁同士の

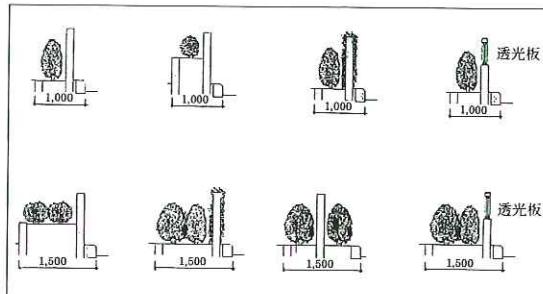


図-6 断面形状の例

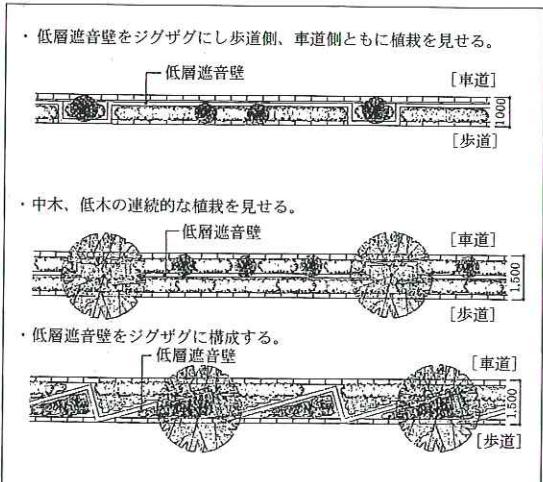
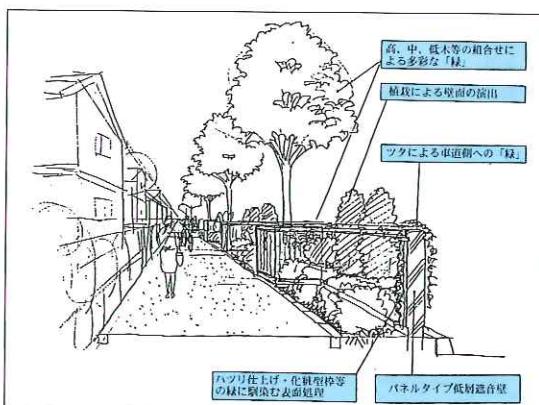


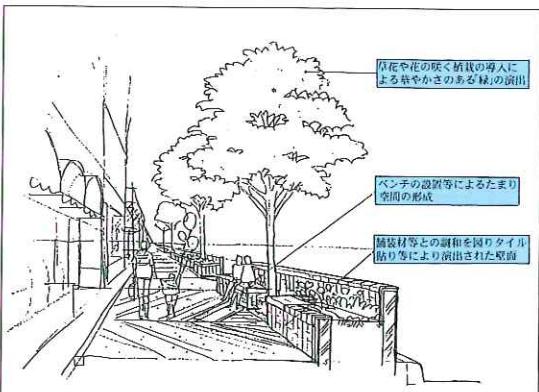
図-7 道路延長方向のデザイン例

間隔を小さくするなど連続性を高める工夫が必要である。

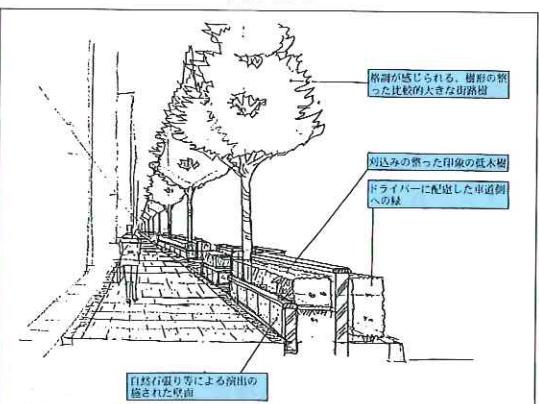
また、低層遮音壁では、背が低く開口部があるために直接届く音があったり、回折減衰がそれほど大きくないため、材料に高い透過損失を求める必要がない。このため3.2で示した程度の透過損失を持つ材料を選択すればよく、幅広い材料、及びデザインの選択が可能で、設置する区間の景観性



(a) 住居系



(b) 商業系



(c) 業務系

図-8 低層遮音壁のイメージ図

を高める工夫を十分に盛り込むことができる。例えば低層遮音壁の材料として木材を使ったり、低層遮音壁の形状を徐々に変化させたり、植え込む樹種やその配置に工夫をこらすことで、遮音壁という無機質なイメージをなくし、親しみやすい沿道環境を演出することができる。

4.5 地域特性に応じた工夫

沿道土地利用や景観等地域特性にふさわしい、適切な低層遮音壁の形状、材質、表面処理、植栽の構成、あるいはたまり空間としての機能等について工夫することが必要である。

図-8 (a), (b), (c) に、住居系、業務系、商業系の土地利用の特性に配慮した低層遮音壁の設置例を示す。

5. 最後に

ここまで述べたように、低層遮音壁の設計にあたっては、その高さ(減音効果)にだけ重点を置いて設計するのではなく、評価(対策)区間の延長、開口率、遮音壁の形状・材質・デザイン等の設定にも配慮して設計することによって、沿道環境の向上を図ることができる。

今後、低層遮音壁の設置を検討する際には、沿道景観と調和した、親しみやすい設計が望まれる。残された課題として、低層遮音壁の減音効果の予測・評価方法のさらなる充実と、良好な沿道環境を作り出すことのできる質の高い景観も含めた設計技術の充実を図っていく必要がある。

参考文献

- 1) 筑井啓介、押野康夫：背の低い遮音壁による自動車騒音低減効果の検討、自動車研究,17巻9号,pp.19-22,1995.
- 2) 上坂克巳、大西博文、鉢嶺清範、千葉隆、高木興一：低層遮音壁による減音効果の予測・評価に関する研究、土木学会環境工学研究論文集,34巻,pp.307-317,1997.
- 3) 上坂克巳、大西博文、鉢嶺清範、石川賢一、高木興一：種々の低層遮音壁による減音効果の予測・評価に関する研究、騒音制御,23巻2号,pp.99-109,1999.
- 4) 鉢嶺清範、上坂克巳、大西博文、石川賢一、高木興一：低層遮音壁による減音効果について～中央分離帯と歩車道境界に併設した場合～、日本音響学会平成11年度春季講演論文集,pp.703-704,1999.

鉢嶺清範*



建設省関東地方建設局
高崎工事事務所
(前 交通環境研究室研究員)
Kiyonori HACHIMINE

上坂克巳**



建設省土木研究所環境部
交通環境研究室主任研究員
Katsumi UESAKA

大西博文***



同 交通環境研究室長
Hirofumi OHNISHI