【土木学会舗装工学論文集　第７巻　2002 年 12 月】

低騒音舗装と併用する２重Ｙ型遮音壁の開発

島　広志[1]・渡辺敏幸[2]・丸山暉彦[3]

[1]㈱ブリヂストン 研究開発本部（〒187-8531 東京都小平市小川東町3-1-1）
E-mail:shima-h@bridgestone.co.jp
[2]㈱ブリヂストン 工業資材開発本部（〒244-8510 神奈川県横浜市戸塚区柏尾町１）
E-mail:watana-t@bridgestone.co.jp
[3]正会員　工博　長岡技術科学大学教授　環境・建設系（〒940-2188　長岡市上富岡町1603-1）
E-mail:terum@nagaokaut.ac.jp

遮音壁の騒音低減効果は，通常の舗装に比べ，低騒音舗装においては，小さい．これは，両者の騒音低減効果が高い周波数で顕著なためである．本論文においては，低騒音舗装においても大きな騒音低減効果を発揮する遮音壁として，先端がＹ字状に分岐し，さらに，再分岐した形状の２重Ｙ型遮音壁を提案する．境界要素法に基づく計算によれば，本遮音壁は，①遮音壁に沿った音の伝播の抑制，②分岐壁端部における干渉による音圧レベルの低減に基づく回折音の低減の２つの機構により，低い周波数から，大きな騒音低減効果を発揮する．本遮音壁により道路交通騒音に対して同じ高さの通常型遮音壁対比約5dBの騒音低減効果が見込まれることを，計算および実際の道路における測定を通じて確認した．

Key Words : *noise barrier, road traffic noise, low noise pavement, porous asphalt, diffraction, Interference, BEM, visualization*

１．はじめに

近年の交通量の増大と大型車の増加等により道路交通騒音は特に都市部において，深刻な問題となっている．国道43号線における騒音・排気ガスに関する裁判で，平成7年7月に最高裁が道路管理者の責任を認めるなど，道路交通騒音の早急な低減が強く求められている．

道路交通騒音の低減対策は，自動車側での対策と道路側での対策の２つに分かれる．自動車側の騒音対策としては，低騒音車両の開発，タイヤの低騒音化などがある．本論文の対象である道路側の対策としては，音源側の対策であるポーラス・アスファルト舗装，多孔質弾性舗装などの低騒音舗装と，伝播経路への対策である遮音壁，高架裏面吸音板などが挙げられる．

前者の低騒音舗装においては，ポーラス・アスファルト舗装により3dB～5dB[1]，多孔質弾性舗装により5dB～10dB[2]の騒音低減効果があるとされている．後者の遮音壁においては，騒音低減効果は，音源と観測点の幾何学的な配置によるため，舗装のように一律には言えないが，概ね10dB以上の騒音低減効果が見込まれる．

道路交通騒音の早急な対策が求められている現在の状況下では，低騒音舗装と遮音壁を併用した対策が広範囲にわたって行われている．しかし，遮音壁による騒音低減量と低騒音舗装による騒音低減量が，例えば，10dB＋5dBが15dBとならないといった具合に加算的でないとの問題点が指摘されている[3]．

また，遮音壁において，騒音低減効果を大きくするためには，一般的に，遮音壁高さを高くする必要がある．しかし，遮音壁高さを高くすることは，日照，景観，電波障害などの問題につながる．さらに，橋梁部においては上部工の補強などの必要性も発生する．このため，低い高さで，大きな騒音低減効果を有する遮音壁の開発が求められている．

これまでに，藤原・小野は，上端部に吸音体を設置した天端部吸音体[4]を提案し，実用化されている．また，Crombie et alは，遮音壁の上端部をＴ字状，Ｙ字状としたタイプ[5]，更にその上部に吸音材を適用したタイプについて報告している．しかし，その騒音低減効果は，十分なものとは言えない．最近では，大久保・藤原により遮音壁上端部に1/4波長反共鳴管を設置したソフトエッジと呼ぶタイプ[6]，大西ほかによりアクティブノイズコントロールを適用した遮音壁[7]などが報告されており，騒音低減効果の改良がなされているが，実用化には至っていない．

本論文の目的は，低騒音舗装の騒音低減効果と遮音壁の騒音低減効果の関係を明確にし，低騒音舗装において大きな効果を有する新型遮音壁を提案するものである．

２．低騒音舗装と遮音壁

低騒音舗装の騒音低減効果と遮音壁の騒音低減効果が加算性でないことがWattsほかにより報告されている．ここでは，音響学会騒音･振動研究委員会より提案されている新型遮音壁のBEMによる騒音低減効果計算方法[8]に基づいて，これを明確にする．計算の音源としては，同方法に示されている日本音響学会の道路交通騒音予測式ASJ1993で用いられている通常舗装（密粒度アスコン舗装），低騒音舗装（排水性舗装）の周波数特性を用いた．壁なし，高さ5mの直壁に対して，通常舗装と低騒音舗装の２条件について計算を行った．計算モデルを**図-1**に示す．評価点16点を平均した騒音低減効果を**表-1**に示す．通常舗装における，高さ5mの壁の挿入損失は16.9dBであるが，排水性舗装の挿入損失は15.1dBである．即ち，低騒音舗装において，音源では5dB低減されても，遮音壁のある状態では，評価点における騒音低減効果は3dBになる．

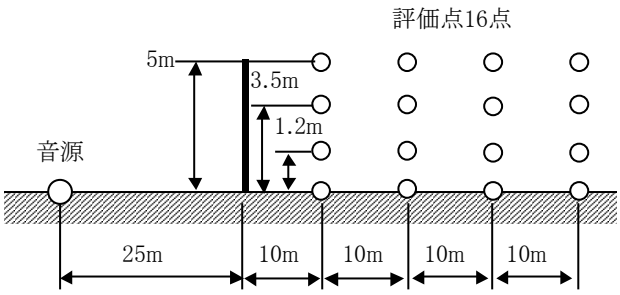

図-1　計算モデル

表-1　低騒音舗装と遮音壁の騒音低減効果(dB)
評価点 16 点平均値

	通常舗装	低騒音舗装	舗装の効果
壁なし	0.0	-4.7	4.7
直壁5m	-16.9	-19.8	2.9
壁の効果	16.9	15.1	

この差が，何によるものか，以下に示す．通常舗装，低騒音舗装それぞれ遮音壁有り無しの条件の20m離れた地表面上の評価点におけるＡ特性音圧レベルの周波数特性を**図-2**に示す．

遮音壁のない状態において，通常舗装（図中●）では，1kHzで最も騒音レベルが大きい．これより，騒音レベルが5 dB以内の範囲の周波数において騒音低減が重要であると考え，これを主要周波数と呼ぶと，通常舗装における主要周波数は，400Hzから4kHzである．これに対して，低騒音舗装のスペクトルを図中■で示すが，その騒音低減効果は800Hz以上の周波数で5dBの騒音低減効果があり，遮音壁のない状態では有効に機能すると言える．

これに対して，遮音壁のある状態においては，通常舗装の場合の周波数特性を図中○で示すが，遮音壁の騒音低減効果は，低騒音舗装と異なり，低い周波数から認められる．しかし，例えば250Hzでは11dBであるのに対して，1kHzでは17dBというように，その騒音低減効果は，舗装と同様に高い周波数で顕著である．

遮音壁が有る状態の通常舗装においては，200Hzから1.6kHzが騒音の主要周波数であり，200Hzから630Hzに対しては低騒音舗装の効果が無いため，全体としての低騒音舗装の効果は減少する．このように，低騒音舗装と遮音壁の騒音低減効果が足し算とならない結果となる．

近年の低騒音舗装の普及が進んでいる状況を考えると，新型遮音壁の開発にあたっては，低騒音舗装の効果の及ばない，200Hz～630Hzの低い周波数で騒音低減効果が大きいことが求められるといえる．

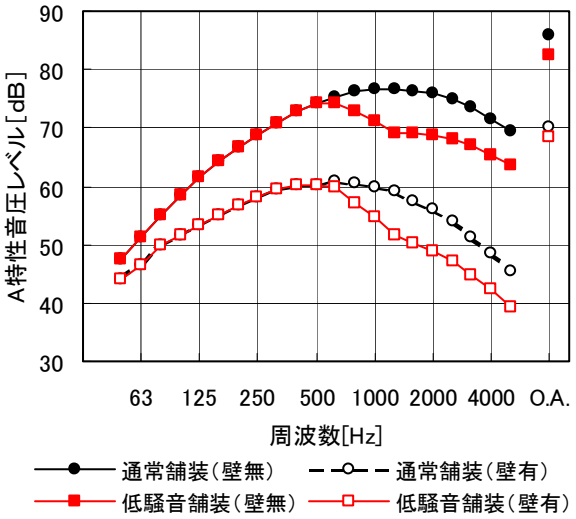

図-2　舗装による遮音壁の効果の違い

３．新型遮音壁の音響特性

(1) Ｙ字型遮音壁の音響特性（計算）

遮音壁高さを高くすること無しに，騒音低減効果を増大する手段として，遮音壁を間隔をおいて設置する２重壁が知られている．しかし，地表面から２重に遮音壁を構築することは，コスト・設置面積などを考えた場合事実上不可能に近い．そこで，２重壁と同様に行路差を確保するために，遮音壁上端部を分岐させて，Ｙ字型，Ｔ字型とした遮音壁が提案されている．構造面などをふまえ，Ｙ字型遮音壁を本検討の出発点とした．

以下にＹ字型遮音壁の音響特性を示すが，音響特性は，２次元境界要素法（BEM）を用いた数値計算により求めた．音響問題に対して，BEMは，要素分割以外の近似が無いため，良好に一致する．境界要素法は，遮音壁のような開領域問題に対しては，有限要素法（FEM）と比較して，要素数（接点数）が少なく，計算量も小さいというメリットがあり，有力な手法といえる．

但し，計算機上の制約から，遮音壁のような波長に比べ対象物が極めて大きな問題を３次元で取り扱

うことは実質上不可能であるため，２次元問題として取り扱った．このため，計算における距離減衰は，実際の３次元の問題とは異なる．しかし，西田・藤塚の検討[9]によれば，遮音壁の回折減衰に関しては，３次元の実験と２次元の計算とが良好に一致する．そこで，距離減衰が等しい，音源と評価点の位置を同じとし，同じ高さの壁対比の騒音低減量の形で評価することとした．

計算に用いたモデルの全体を**図-3**に，遮音壁天端部を**図-4**に示す．壁の厚さは全て100mmとした．境界要素のサイズは，音源，評価点を結んだ線より上部は2cmを基本とし，それより下部は4cmとした．一般に言われている，境界要素法の要素サイズは，波長の1/6以下の条件は満たしている．

計算モデルとして，直壁とＹ字型壁の他に，音源側回折点をＹ字型に一致させた傾斜壁も計算の対象とした．これは，回折点により定まる行路差が回折減衰量に影響すると考えてのものである．

また，計算の全体モデルをこのような形状としたのは，地表面が存在すると反射による干渉の影響が発生するためである．**図-3**中に破線で示す音源より下に位置する範囲は全て完全吸音条件とした．さらに，遮音壁音源側の反射波の干渉による音場の乱れの影響も考えられるため，直壁も含め，**図-4**中に破線で示す遮音壁の音源側は完全吸音条件とした．

図-3に示したＬ字の計算モデルとしたため，音源および評価点を離れた地点に設けることは，計算量の面から困難である．そこで，音源は，壁から5mの地点とした．また，評価点は，地表面の反射が無い状態では，壁の端部から先で周波数特性が大きく変化するとは考えられないため，音源と同じ高さで壁から10m離れた１点を評価点に選定した．

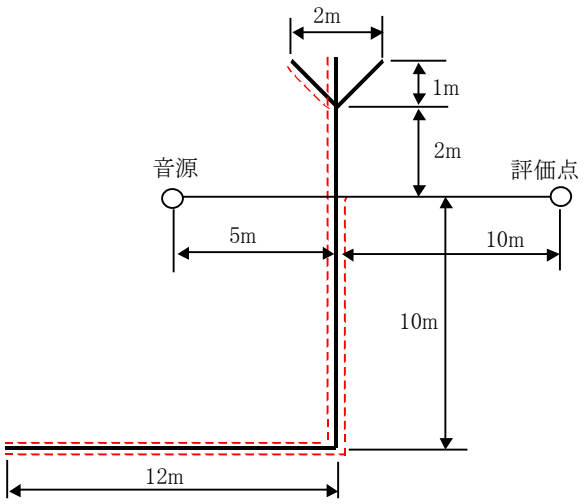

図-3　境界要素法計算モデル（全体）

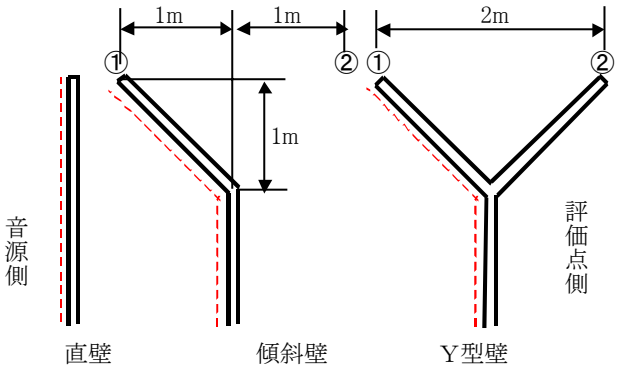

図-4　境界要素法計算モデル（天端部）

Ｙ型壁と傾斜壁の直壁対比の評価点における騒音低減量の周波数特性を，**図-5**に示す．Ｙ型壁では，２重回折となるため，直壁に比べ，周波数が高くなるに従い，回折減衰量は大きくなると考えられる．即ち，直壁対比の低減量は大きくなる．ここで，低い周波数において，150Hz付近で低減量が極小になり，220Hz付近で低減量が極大となることは，興味深い．また，傾斜壁は，直壁に比べ行路差が大きくなるにもかかわらず，直壁対比の低減量が負の値となっており，回折減衰量が小さくなっている．この原因としては，傾斜に伴う遮音壁音源側の音場の変化が考えられる．そこで，以下の検討は，傾斜壁対比の低減量とした．

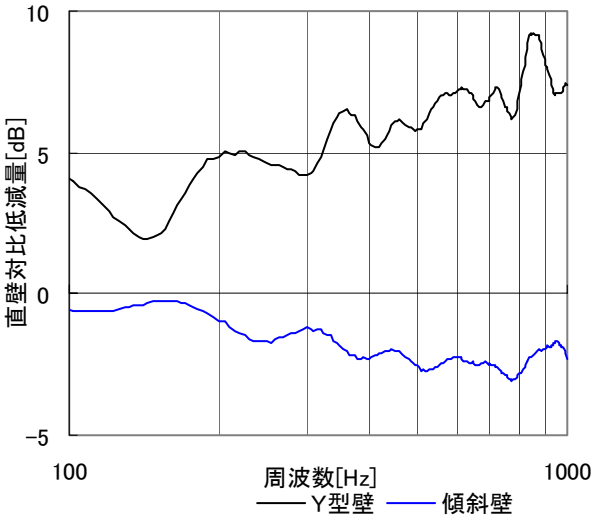

図-5　Ｙ型壁の直壁対比低減量

次に，Ｙ字型の分岐壁端部（**図-4**中①，②）における傾斜壁対比の音圧レベル低減量を**図-6**に示す．反音源側分岐壁端部②において，**図-5**と同様に，220Hz付近に極大値，150Hz付近に極小値が現れる．尾本・藤原の検討[10]により，アクティブ制御遮音壁において回折点の音圧レベルを低減することにより回折音が減少することが知られている．これと同様の現象が発生していると考えられる．また，音源側分岐壁端部①において，極大値と極小値が逆転していることも興味深い．

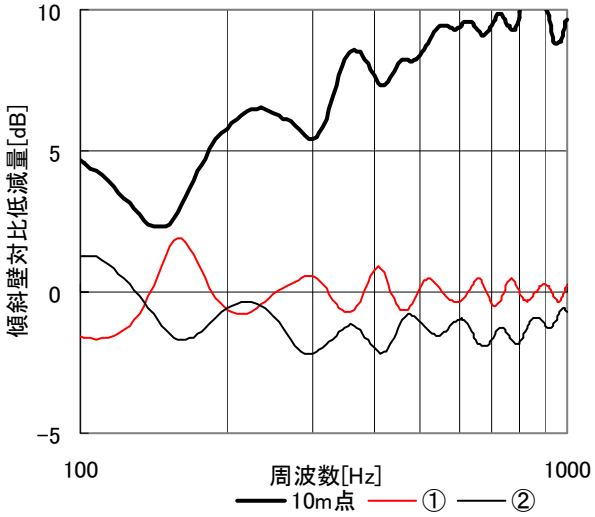

図-6　分岐壁端部の傾斜壁対比低減量

Y字型遮音壁天端部周辺の音圧レベル分布を，評価点において低減量の極大値・極小値の現れた235Hz，147Hzについて，**図-7**に示す．音圧レベルが大きい部分を赤く，小さい部分を青く示している．１色で3dBの範囲を示している．Y型壁において，右側分岐壁に平行に音圧レベルの大きい範囲，音圧レベルの小さい範囲が存在する．これは，端部①側からの直接波と右側分岐壁による反射波との干渉によるものである．さらに詳細に見ると，235Hzでは，分岐点から評価点側分岐壁に沿って，音圧レベルが大ー小ー大ー小と変化し，端部②において音圧レベルが小さくなっている．これに対して，147Hzでは，端部②における音圧レベルは大きくなっている．右側分岐壁に添った形でも，干渉による音圧レベルの大小が生じていることが判る．これが，回折音に影響を与えているといえる．

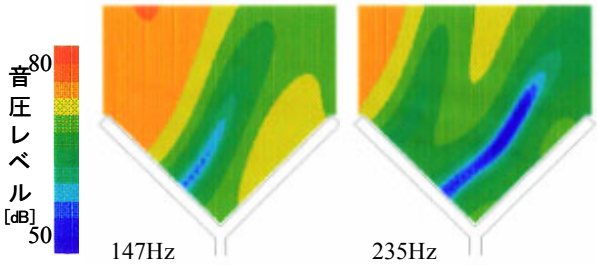

図-7　音圧レベル分布

(2)　２重Ｙ型遮音壁の音響特性（計算）

前節で確認された反音源側の分岐壁端部での音圧レベル低減による回折音低減を，より一層活用するため，Ｙ型遮音壁にさらに再分岐する形で分岐壁を設けた**図-8**に示す形状の遮音壁[11]について，検討を進めた．Ｙ字状部分が２重となっているため，２重Ｙ型遮音壁と名づける．また，トナカイの角のような形状をしているため，トナカイ型遮音壁とも呼ばれている．

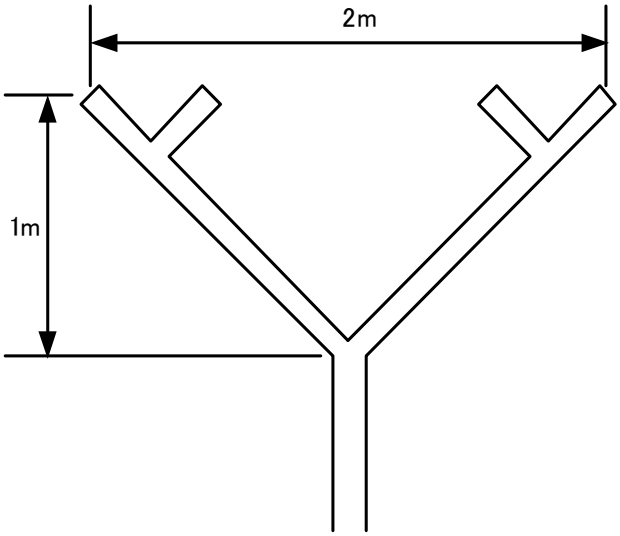

図-8　２重Ｙ型遮音壁形状

２重Ｙ型遮音壁の騒音低減効果を，傾斜壁対比の騒音低減量の形で求め，その周波数特性を，Ｙ型とともに，**図-9**に示す．200Hz～700Hzの範囲で，傾斜壁対比7～14dB の低減効果が確認された．Ｙ型対比でも最大4dB，平均して2dBの低減効果が確認された．220Hz，380Hz，535Hzにおいて，騒音低減効果の極大値が現れる．また，310Hz，480Hzにおいて，極小値が現れる．

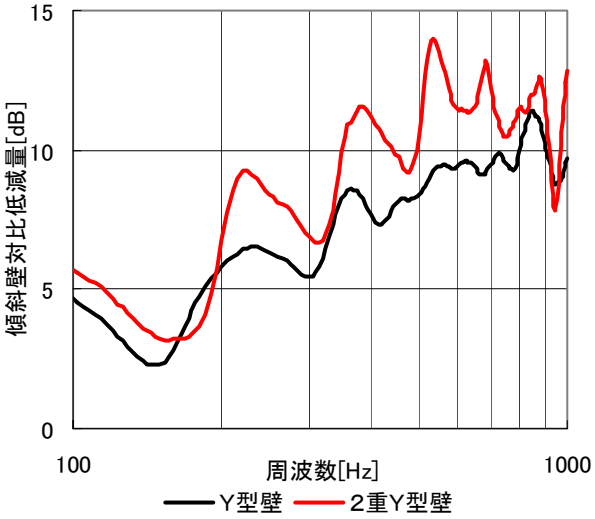

図-9　２重Ｙ型遮音壁の周波数特性

Ｙ型遮音壁と２重Ｙ型遮音壁では，回折点による行路差は同じであり，回折音場の計算に広く用いられる前川チャート[12]に代表される行路差に基づく回折減衰の考え方では，その低減効果の違いは説明できない．そこで，遮音壁周辺の音場の可視化により，その騒音低減機構の確認を行った．

図-10に，250Hzオクターブバンドにおける遮音壁周辺の音響インテンシティベクトル（音響エネルギーの流れ）を示す．Ｙ型遮音壁では，観測点側端部から放射される音は，壁に沿って伝播している．これに対して，２重Ｙ型遮音壁では，再分岐壁が，壁

に沿った音の伝播を抑制している．**図-11**に同じ周波数における音圧レベル分布を示すが，２重Ｙ型の右側の再分岐壁が壁に沿った音の伝播を妨げていることがよく判る．これが，騒音低減機構の一つと言える．

つぎに，騒音低減効果の極大値が現れる220Hz，380Hz，535Hzの遮音壁周辺の音圧レベル分布を**図-12**に，極小値が現れる310Hz，480Hzにおける音圧レベル分布を**図-13**に示す．極大値の現れる周波数では，分岐壁端部において，音圧レベルが低くなっており，そこから先の音圧レベルが小さくなっている．逆に，極小値の現れる周波数では，音圧レベルが高くなっていることが判る．分岐壁端部が回折点となり，その回折点における音圧レベルが，干渉により，減少する場合には回折音も減少し，増大する場合には，回折音も増加すると考えられる．

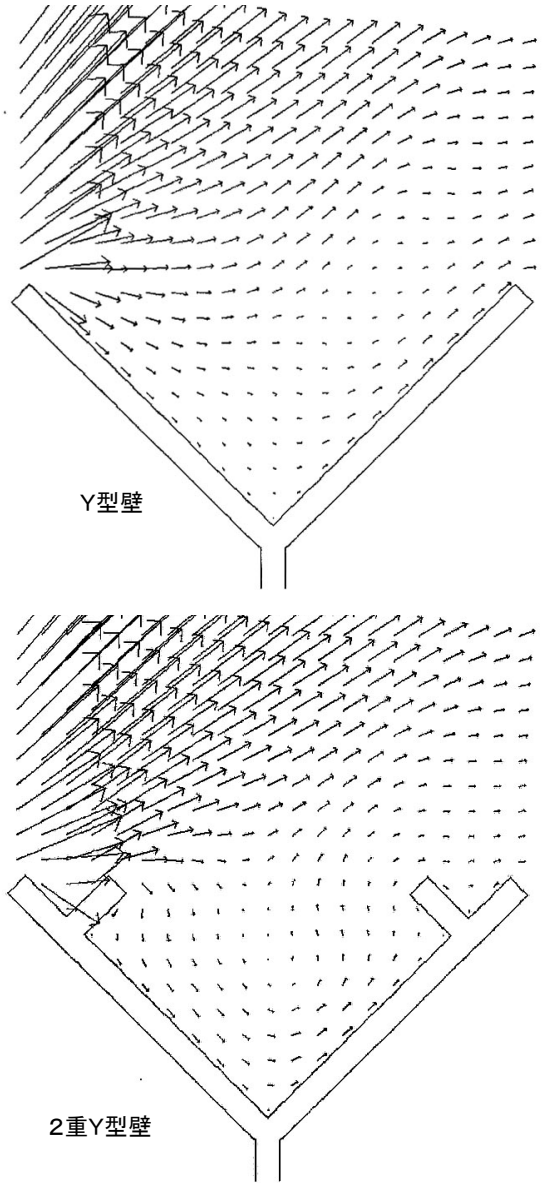

図-10　遮音壁周辺の音響インテンシティベクトル
（250Hzオクターブバンド）

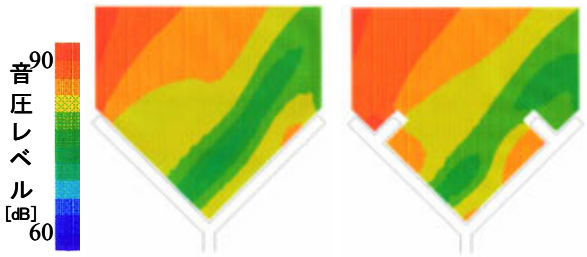

図-11　遮音壁周辺の音圧レベル分布
（250Hzオクターブバンド）

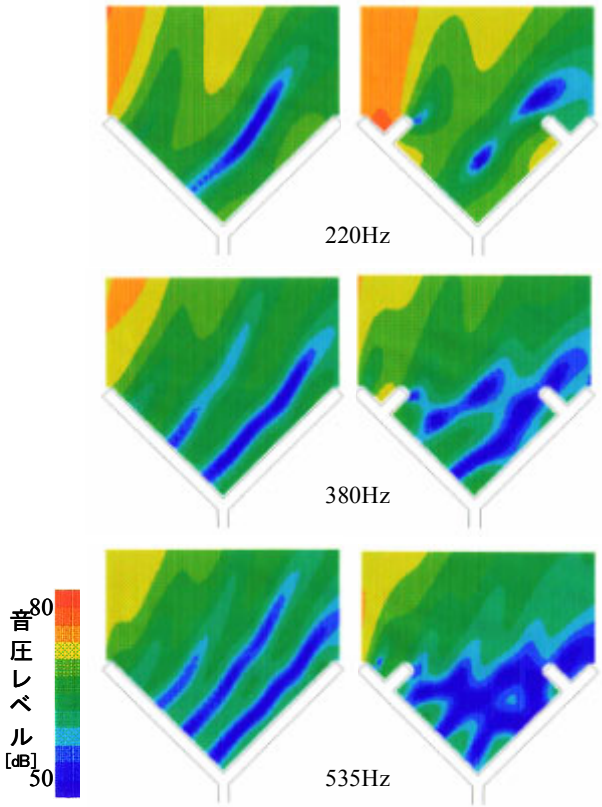

図-12　遮音壁周辺の音圧レベル分布
（低減量極大周波数）

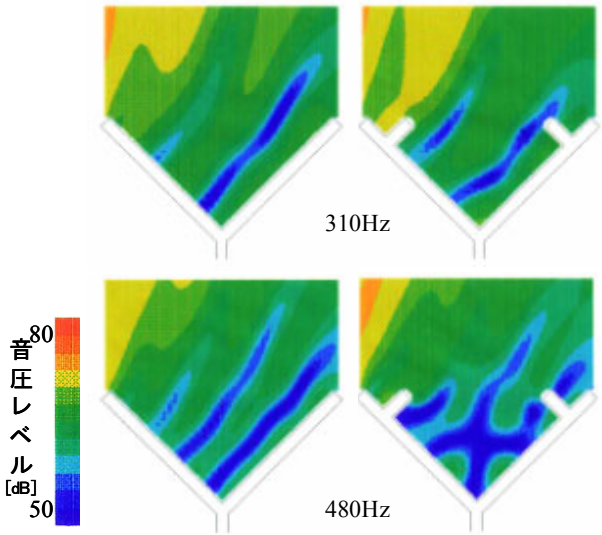

図-13　遮音壁周辺の音圧レベル分布
（低減量極小周波数）

騒音低減のメカニズムとして，傾斜壁による反射波と音源からの直接波との干渉を挙げた．これを裏付けるため，吸音処理により反射波を抑制すれば干渉は発生しないと考え，遮音壁上部に**図-14**に示す①音源側のみ吸音②上部Ｖ型部分吸音③上部Ｖ型部分＋内側５角形部分吸音の３種類の吸音境界（完全吸音Ｚ＝$c_0\rho_0$）を設定し，計算を行った．周波数特性を**図-15**に示す．これによれば，上部Ｖ型部分の吸音は騒音低減効果を全体的に押し上げるが，内部５角形部分吸音では，前節において干渉によると考えた周波数による騒音低減効果の変化がなくなっている．**図-16**および**図-17**に騒音低減効果の大きかった220Hzと380Hzの音圧レベル分布を示すが，前節における干渉による騒音低減の考え方が正しかったことを裏付けている．また，上部Ｖ型部分のみ吸音処理することが効果の面から好ましいことが判明した．

以上により，明らかになった騒音低減機構をまとめると，次の２つである．

・再分岐壁による壁に沿った音波の伝播抑制

・干渉による回折点（分岐壁端部）の音圧レベル低減に伴う回折音低減

その模式図を**図-18**および**図-19**に示す．

図-20に示す音源側及び上部Ｖ字型部分に吸音材を設置したものを，新型遮音壁として提案する．

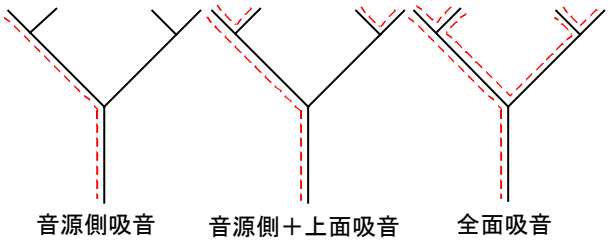

図-14　設定吸音条件

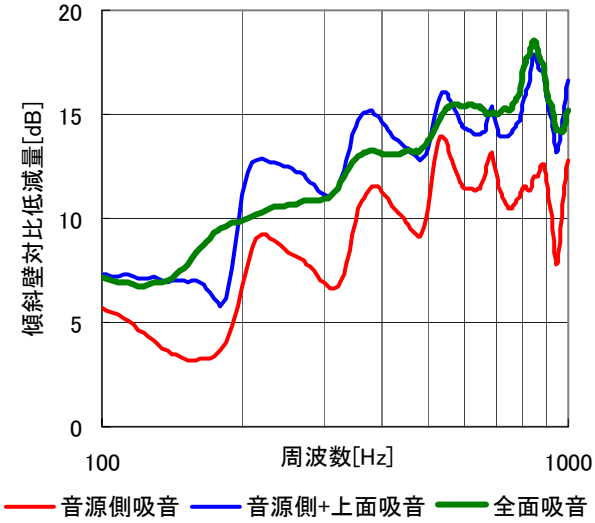

図-15　吸音条件による周波数特性の変化

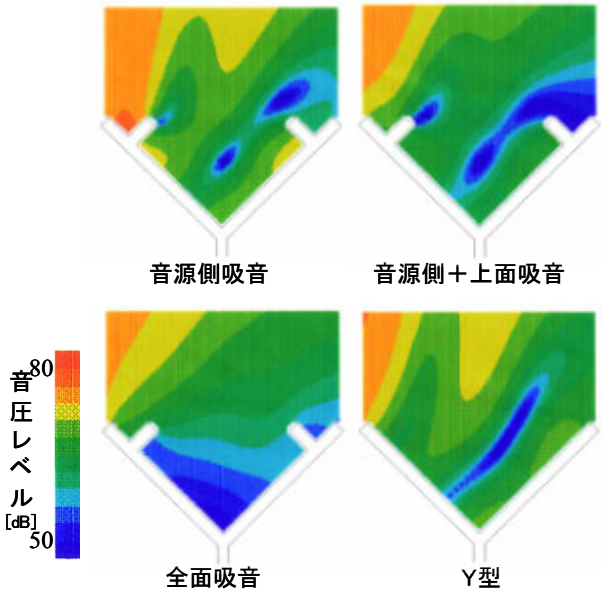

図-16　吸音条件による音圧分布の変化（220Hz）

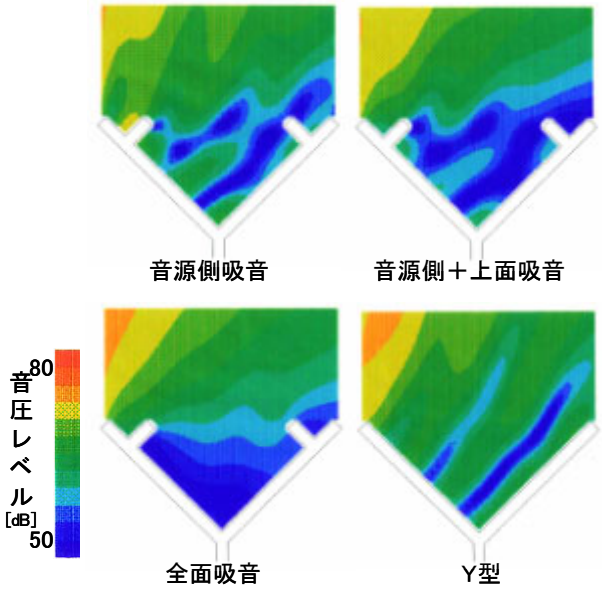

図-17　吸音条件による音圧分布の変化（380Hz）

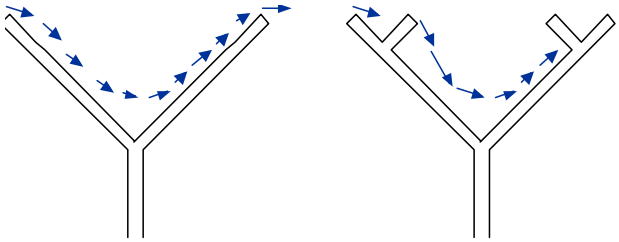

図-18　低減機構Ｉ（壁に沿った伝播音抑制）

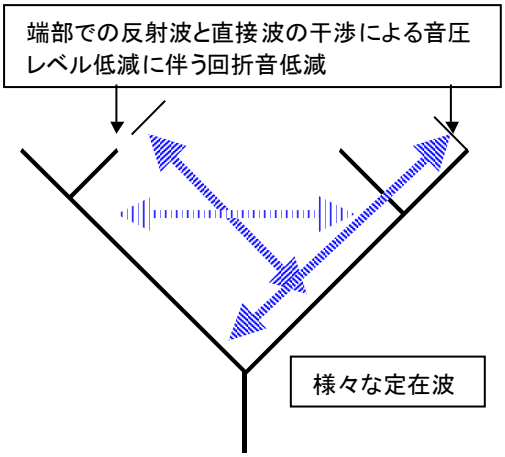

図-19　低減機構Ⅱ
（干渉による回折点の音圧レベル低減）

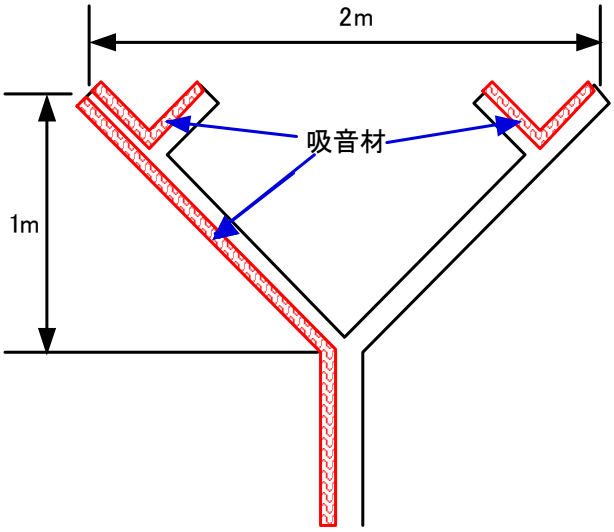

図-20　２重Ｙ型遮音壁

４．新型遮音壁の騒音低減効果

(1) スピーカ試験結果

効果の確認を，実スケールモデルを作成しスピーカ試験により行った．試験は，㈱ブリヂストンのプルービンググラウンド（栃木県黒磯市）において実施した．測定の配置を**図-21**に示す．実験場所の制約により，遮音壁の高さは2.5mとし，施工延長は試験壁の左右端からの回折音の影響が考えると極めて短いが20mとした．なお，測定において，遮音壁の途切れた左右からの回折音の影響を軽減するため，もっとも離れた20m点では，超指向性マイクロホンも併用した．測定の状況を，**写真-1**に示す．

スピーカの位置は，４車線の道路を想定し，壁から，4.5m，7.5m，14m，17.5mの４条件とした．音源として，オクターブバンドノイズを用い，レベルレコーダに出力し，風などの影響を除外するようにした．各条件における各測定点の直壁対比騒音低減量を**表-2**に示す．また，20m点における騒音低減量（超指向性マイクロホン）の周波数特性を**図-22**に示す．目標とする250Hzオクターブバンドから5dB以上の騒音低減効果が確認された．なお，表において，音源が4.5m，7mの壁から5m高さ1.2mの地点の騒音低減効果が小さいが，これは，回折減衰量が極めて大きいために，壁の隙間からの透過音の影響を受けているためと見なされる．

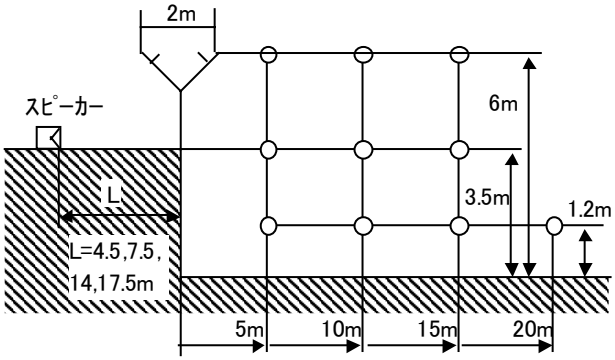

図-21　スピーカ試験の配置

写真-1　スピーカ試験測定状況

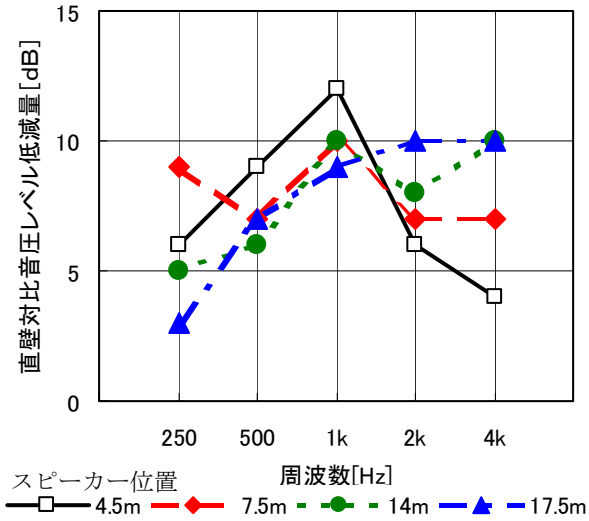

図-22 騒音低減効果の周波数特性
（20m点，超指向性マイクロホンによる測定値）

表-2　騒音低減効果（スピーカ試験結果）

スピーカ位置　4．5m

距離[m]	5			10			15			20
高さ[m]	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2
250Hz	10	10	11	12	9	8	11	8	9	6
500Hz	3	4	2	3	5	2	3	6	2	7
1kHz	7	8	10	9	8	8	11	10	8	8
2kHz	5	5	9	6	6	7	9	8	6	4
4kHz	1	2	6	5	4	4	6	4	5	7

スピーカ位置　7．5m

距離[m]	5			10			15			20
高さ[m]	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2
250Hz	10	7	8	9	8	7	9	10	7	6
500Hz	6	8	9	4	8	6	9	7	5	7
1kHz	5	7	8	8	8	5	6	8	6	8
2kHz	8	7	12	6	8	10	11	10	9	8
4kHz	1	2	9	4	5	6	7	8	8	8

スピーカ位置　14m

距離[m]	5			10			15			20
高さ[m]	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2
250Hz	8	7	5	8	7	3	8	6	4	5
500Hz	11	11	7	10	9	6	7	9	6	7
1kHz	13	14	9	12	12	8	13	11	8	9
2kHz	11	12	10	11	11	7	11	11	7	10
4kHz	4	7	11	8	10	10	11	12	10	11

スピーカ位置　17．5m

距離[m]	5			10			15			20
高さ[m]	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2	3.5	6	1.2
250Hz	7	7	5	7	8	3	7	6	4	3
500Hz	10	11	7	10	9	6	7	8	6	6
1kHz	13	14	9	11	11	8	12	11	8	9
2kHz	13	12	9	10	11	6	11	10	7	10
4kHz	5	7	11	8	10	9	11	11	10	9

(2) 音響学界提案手法による計算結果

低騒音舗装における効果を確認すべく，２章で用いたものと同じ，音響学会騒音･振動研究委員会より提案されている新型遮音壁のBEMによる騒音低減効果計算方法を用いて，計算を行った．計算は，50Hz～5000Hzにおいて行い，道路交通騒音の荷重をかけ，遮音壁の挿入損失を求めた．計算のモデルは，**図-1**に示すものと同じである．なお，音源側壁部はすべて完全反射とした．新型遮音壁の上部の2ヶ所のＶ型部にのみ，流れ抵抗12000kPa厚さ100mmの吸音材を想定し，Delany&Bazley[13]の式より求めた音響インピーダンス境界を設定した．

本遮音壁の騒音低減効果を**表-3**に示す．本計算手法においては，同じ幅の２重壁との対比が求められているため，２重壁の計算結果も併せて示す．16点平均で通常舗装において5.9dB，低騒音舗装においても5.2dBの低減量となった．同じ幅の２重壁と比較しても，2dB以上の効果を示しており，充分な騒音低減効果を有していると考えられる．

また，壁から20m離れた地表面の点のスペクトルを**図-23**に示すが，200Hzから上の周波数で，二重壁と比較しても，騒音低減効果が認められており，当初目標とした低い周波数からの騒音低減効果が得られていることが確認された．

表-3　新型遮音壁の騒音低減効果（計算結果）

		直壁	二重壁	2重Y型
	高さ	5	5	5
	幅		2	2
通常舗装	挿入損失(16点平均	16.9	20.5	22.8
	直壁対比		3.6	5.9
	二重壁対比			2.3
	挿入損失(下部平均	17.3	21.5	24.1
	直壁対比		4.2	6.8
	二重壁対比			2.6
	挿入損失(上部平均	16.4	19.6	21.5
	直壁対比		3.2	5.1
	二重壁対比			1.9
低騒音舗装	挿入損失(16点平均	15.1	18.2	20.3
	直壁対比		3.1	5.2
	二重壁対比			2.1
	挿入損失(下部平均	15.6	19	21.4
	直壁対比		3.4	5.8
	二重壁対比			2.4
	挿入損失(上部平均	14.6	17.4	19.2
	直壁対比		2.8	4.6
	二重壁対比			1.8

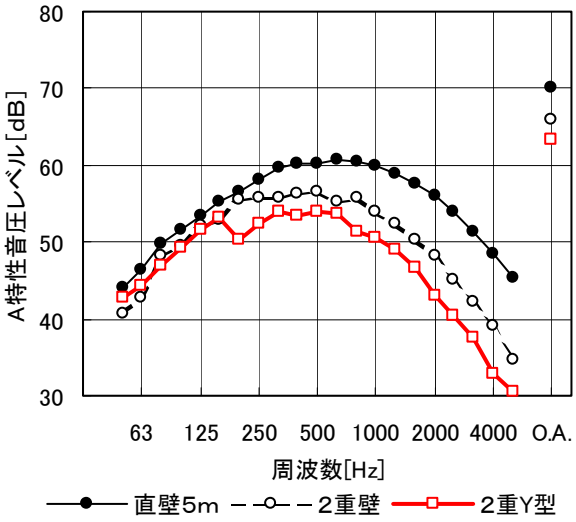

図-23　騒音低減効果の周波数特性
（計算：壁から20m離れた地表面上点）

(3) 実際の道路における騒音低減効果測定結果

続いて，実際の高速道路に試験設置し，騒音低減効果を測定した結果[14]を示す．確認試験は，東名自動車道（厚木IC－秦野中井IC間）の厚木BS（36.6KP～36.8KP）上り線において行った．試験区間の舗装は密粒舗装である．試験区間及びその前後においては，高さ5mの統一型遮音壁がすでに設置されている．すでにある遮音壁と，試験区間（200m）の遮音壁の吸遮音パネル上部２枚（高さ1m）を撤去し，新型遮音壁（高さ1m）を設置することにより，いずれの場合も天端高さは5mとした．

各測定点における騒音低減効果を**図-24**に示す．なお，ここで示した騒音低減効果は，交通量及び風などの影響を取り除いた値である．23m離れた地上1.2mの地点で3.2dB の騒音低減効果が確認された．施工延長200mと短いにもかかわらず80m離れた地点でも2dB近い効果が確認された．試験の関係上，密

粒舗装における効果確認では有るが，本遮音壁の有効性が確認された．

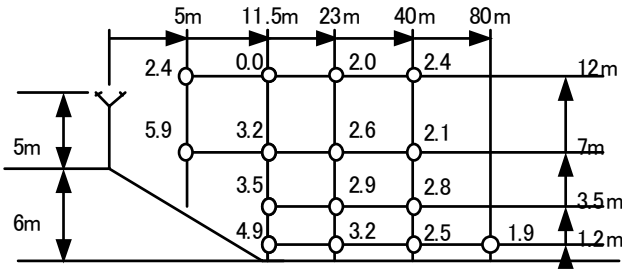

図-24　高速道路における騒音低減効果（単位dB）

以上の効果がどの程度の遮音壁の嵩上げと同等であるか，「シミュレーション騒音予測方法」[15]を用いた計算を行った．天端高さ5mの新型遮音壁と同等の騒音低減効果を発揮するために必要となる統一型遮音壁の設置高さは9.5m～12mに相当する．

５．まとめ

排水性舗装に代表される低騒音舗装においては，遮音壁の騒音低減効果が小さくなることを確認した．これは，低騒音舗装，遮音壁とも，その低減効果が高い周波数において大きいためである．

低騒音舗装においても充分な騒音低減効果を発揮する，先端がＹ字型に分岐し，さらに再分岐する新型遮音壁を提案する．

また，境界要素法（BEM）を用いた計算により，その低減効果を導き，メカニズムを解明した．BEMに基づく音場の可視化が，遮音壁のメカニズム解明に対する有力な手法であることを示した．

本遮音壁は，250Hz程度の低い周波数から騒音低減効果を発揮し，低騒音舗装（排水性舗装）においても道路交通騒音に対して，5dBの騒音低減効果が見込まれることが，確認された．

参考文献

1)Ohnishi.H., Nanri.Y., Takagi.K. and Ishikawa.K. : Change in noise reduction effect of drainage asphalt pavement, Proceedings of Internoise 98, pp.209-212, 1998
2)Meiarashi.S., Ohnishi.H. and Fujiwara.T. : Noise reduction characteristics of porous elastic road surface, Proceedings of Internoise 96, pp.919-922, 1996
3)藤原恭司，小野一則：円筒状エッジをもつ障壁による音波回折，騒音制御工学会技術発表会講論集，pp153-156, 1976
4)Crombie.D.H., Hothersall.D.C. and S.N.Chandler-Wilde : Multiple-edge noise barriers, Applied Acoustics 44, pp.353-367, 1985
5)大久保朝直，藤原恭司：ソフトな円筒エッジを持つ防音壁の遮音性能に関する研究，日本音響学会講演論文集 2-3-8, pp801-802, 1994.10
6)大西慶三，西村正治，大西博文，上坂克己：アクティブソフトエッジ遮音壁の開発，日本音響学会講演論文集 3-6-7, pp.739-740,1997.9
7)Watts.G.R., Chandler-Wilde.S.N., Morgan.P.A., Richardson.I.D. & Ross.C.R. :The combined effects of porous asphalt surfacing and barriers on traffic noise, Proceedings of Internoise 98 pp.3103-3108, 1998
8)騒音・振動研究委員会：新型遮音壁の音響効果の評価方法について，日本音響学会誌54巻4号，pp.333-338, 1998
9)西田公至， 藤塚桂男：障壁周囲の音場と減音量の境界要素解析， 日本機械学会論文集Ｃ編55巻，pp.58-66, 1989
10)尾本章，藤原恭司：防音塀エッジポテンシャルの能動制御，日本音響学会誌47巻，pp.801-808, 1991
11)Shima.H., Watanabe.T., Mizuno.K., Iida.K., Matsumoto.K., Nakasaki.K. : Noise reduction of a multiple edge noise barrier, Proceedings of Internoise 96, pp.791-794, 1996
12)前川純一：有限障壁による騒音の回折，日本音響学会誌31巻，pp1-7, 1965
13)Delany.M.E. and Bazley.E.N. : Acoustical properties of fibrous absorbent materials , Applied Acoustics, 3, pp.105-116, 1970
14)長船寿一，中崎邦夫，渡辺敏幸，島広志，田近輝俊，森本尚弘：分岐型遮音壁による自動車交通騒音の低減に関する調査研究，日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，pp.167-170, 1996
15)佐々木寛・山下充康:道路特殊箇所の騒音の予測方法に関する検討　ーインターチェンジ部周辺ー．日本音響学会誌40巻9号，pp.638-643, 1984

DEVELOPMENT OF DOUBLE Y-SHAPED NOISE BARRIER USED TOGETHER WITH LOW NOISE PAVEMENT

Hiroshi SHIMA, Toshiyuki WATANABE, Teruhiko MARUYAMA

A newly developed double Y-shaped noise barrier, which has large noise reduction effect at low frequencies, is proposed. So far, noise reduction by conventional noise barrier are quite difficult on porous asphalt pavement since they are usually not effective for lower frequencies. The barrier has double Y-shaped structure – so its two branched walls also have a branched wall. The barrier shows as much as 5dB noise reduction on porous asphalt pavement.