

農林水産業用資材等農山漁村地域における 国産材の需要開発に関する総合研究

本研究は、国補の大型プロジェクト研究として昭和59～63年にかけて行われたものである。

本研究の研究内容は、大別して「木質系産業用資材等の需要ポテンシャル調査」と「資材の試作と性能評価」に二区分されている。

本報告では、さらに「資材の試作と性能評価」での試作品目が多く、しかも各々単独での研究となったため、一つ一つ別々の報告の形をとった。

木質系産業用資材等の需要ポテンシャル調査では、従来から木材が使用されていた農業用資材の中で、野菜の出荷箱、牛舎、およびリング支柱を取り上げ、代替材との関係で検討した。

資材の試作と性能評価では、カラマツ中小径材を用いた木製防音壁、歩道用木レンガ、木製ストックハウス、野外トイレおよび乳牛用の木製飼槽の5品目について試作検討した。

木製防音壁は、わが国で最初に開発されたものであるが、その形状、コスト、音響性能等開発に当たったの検討と、実際に高速道路へ設置し、実用規模での性能評価を試みている。

歩道用木レンガは、やはりカラマツ間伐小径材の利用拡大をねらって開発されたが、各ブロックを連結することによって、運搬、防腐処理および施工能率を向上させたもので、すでに本県各地に利用され好評を得ている。

木製ストックハウスは、従来からの鋼板製にない木の特性を生かし、さらに日曜大工で組立可能な製品を試作し、その性能評価を行った。

野外トイレについては、公園や広場でのトイレを想定して、木の持つ素朴性を生かして環境にあった好感の持てるものを試作検討した。

乳牛用木製飼槽については、現在用いられているコンクリート製の欠点である酸による腐食や掃除の困難性などを改善する目的で試作した。

木製防音壁の試作と性能評価

武 井 富喜雄
吉 田 孝 久
橋 爪 丈 夫
吉 野 安 里
三 村 典 彦*
奥 村 俊 介

要 旨

カラマツ中小径材を利用して木製防音壁を試作し、その性能評価を試みた。

- ①六角形の断面形をしたAタイプの防音壁は、製造コストが17,270円/㎡と試算されたが、この値は既製防音壁の価格を上回ったため、価格面で問題があり取りやめた。
- ②矢羽形をした単純な断面形を持つBタイプ防音壁を試作した。Aタイプ防音壁よりさらにコスト低下を図ることができた(14,000円/㎡)。遮音性能も公団の仕様に合格した。本タイプが高速道路に試験採用された。
- ③Bタイプ防音壁をさらに改良して、カラマツ中小径材を半割して2本の単体を採材して作ったCタイプ防音壁は、コストも1㎡当り9,065円となり1万円を切ることができた。
- ④遮音性能は、防音壁パネルの単体間及びパネルと支柱間に完全にシールをして、BタイプとCタイプの性能比較を試みたところ、単体の厚さが厚いBタイプの方がいずれの周波数でも遮音性能は大きかったが、現場での標準施工としての性能については、単体間にヤトイのあるCタイプ防音壁の方が遮音性能が高かった。Cタイプ防音壁も日本道路公団の遮音性能の仕様には合格していた。
- ⑤Bタイプ防音壁の試験採用後の結果についてみると、壁体の変形に関しては、割れ、ねじれ、そり、隙間等が一部にみられた。遮音効果に関しては、高い騒音レベルでの遮音効果が大きかった。
- 壁体の燃焼性に関しては、法面火災を想定した場合は問題ないが、車火災を想定した場合は、防音壁の難燃化を検討する必要がある。
- ⑥施工費についてみると、基礎工によっても異なるが、杭基礎工、コンクリート基礎工でみると、コンクリート製を100として、各々、木製では118、127となり、やや高かったが、これはパネルコストと支柱経費によるものと考えられた。
- ⑦木製防音壁の修景効果は、木の持つ「柔らかさ」「暖かさ」「親しみ」が一般ドライバーや沿道住民に対して「好ましい」という印象を与える。

はじめに

本県の特産材といえるカラマツ材は、間伐の促進などにともない、中小径材の生産の増大が見込まれており、今後は量的、質的な面で一層の利用開発が期待されている。

しかし、これら中小径材は材質的にみてやや低質な材料であるため、今日まであまり利用が進まなかったのが現状である。そこで、利用可能性の大きい資材を試作し、その性能評価を行い、さらに合理的生産技術やシステムについて検討を加え、もって利用開発の促進を図るものである。

なお、本研究は、国補の大型プロジェクト研究「農林水産業用資材等農山漁村地域における国産

*現在：信州からまつ工業会

材の需要開発に関する総合研究」によっておこなわれたもので、本県ほか17県が参加している。

1 開発の目的

カラマツ間伐材の中でも、最も需要の少ない末口径13~16cmの中小径材の利用拡大を図る目的で木製の防音壁を開発する。

現在、日本道路公団では、高速道路用防音壁として、コンクリート製とアルミ製の二種類が使われている。コンクリート製は主として音の反射効果を、アルミ製は音の吸音効果を狙っている。

また、この二種は場所による使い分けをしており、万一、防音壁が破損した場合の状況を考えて、破損片が飛び散るような危険性のあるところ、すなわち、高速道路と一般道路が交錯する場所や、民家に危害を及ぼす危険度の高い所などには、アルミ製が使われている。

木製の防音壁を開発する目的は、木製とすることによって、木の持つ音響効果としての遮音性能とドライバーや沿道住民に対する視覚的、感覚的効果を狙うとともに、破損に際しても破片飛散の危険性が少ないことから、どこにでも使用できるといった汎用性をも狙っている。

2 木製防音壁の組立

(1) Aタイプ(六角型)防音壁

ア 素材

カラマツ等中小径材($\phi = 13\text{cm} \sim 16\text{cm}$)を用いる。

イ 製材寸法

厚さ95mmのタイコ挽きか、あるいは135×95mmソマ角挽きとする。

ウ 人工乾燥

高温高湿乾燥により、平均含水率を24%以下に仕上げる。

エ 切削・加工

長さ1960±0mmに鋸断するが、パネル使用ではパネル組立後に長さ決めをおこなう。厚さは90±0mmにプレーナー決めとする。側面はチップソー等による切削とし、鋸マークの付着は可とする。

上下溝は、図-1に示すように、幅24mm深さ20mmとする。両サイドのほぞは97×48mmとする。パネル仕様ではパネル組立後にほぞ付けを行う。

オ 笠木

防音壁最上部の笠木は、図-2に示す寸法に加工する。

カ ヤトイ

ヤトイの寸法は、23×38×1960mmとするが、パネル仕様ではパネル組立後長さ決めをおこなう。

キ 穴開け加工

単体の穴径は $\phi 12\text{mm}$ とし、穴位置は図-4のとおりである。また、六角ボルト固定用にパネルの一番上にくる単体の上溝へ、 $\phi 24\text{mm}$ 深さ5mmの穴を開ける。ヤトイの穴開けは、 $\phi 12\text{mm}$ の穴径とし穴開け位置は図-3のとおりである。特に、穴の中心から中心までの距離は1460±0mmにする。

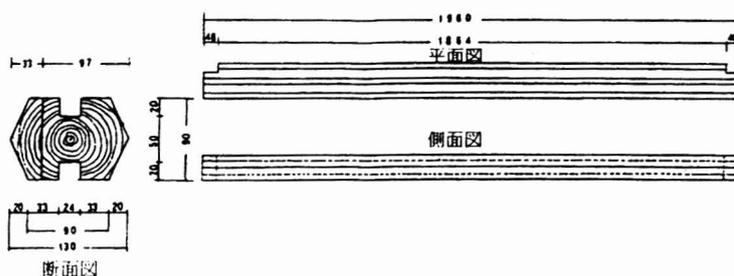


図-1 Aタイプ(六角形)防音壁単体断面形

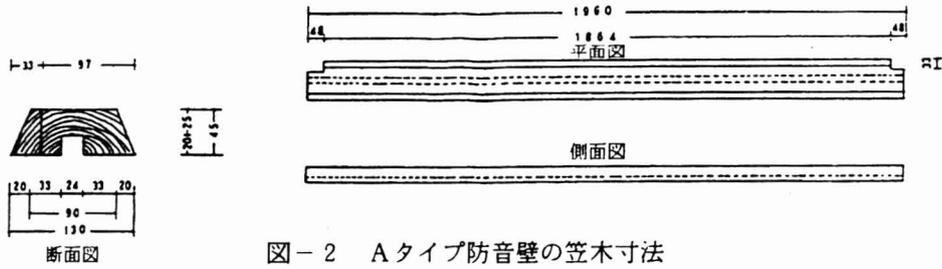


図-2 Aタイプ防音壁の笠木寸法

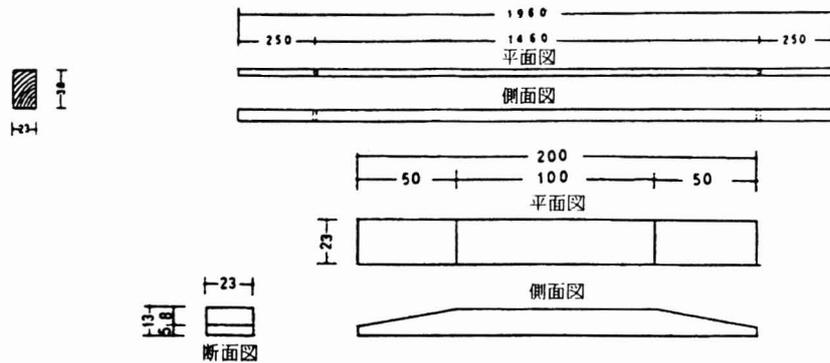


図-3 Aタイプ防音壁のヤトイ及びH型鋼への取り付けクサビ寸法

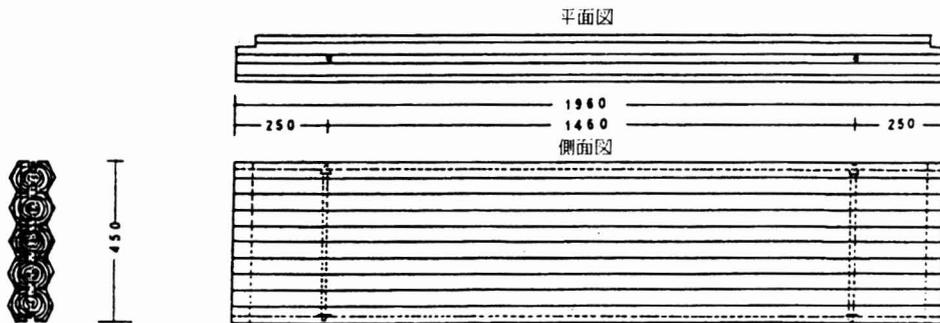


図-4 Aタイプ防音壁組立図

表-1 各タイプ別防音壁パネル構成材料及び寸法

タイプ	単体 本数	ヤトイ	ボルト				丸座金			パネル		
			個数	直径φ	長さ	ネジの 有効長	備考	個数	内径	外径	幅	高さ
六角型	5本	4個	2個	7mm	430mm	45mm以上	片側平 ナット固定	2個	9mm	21.5mm	130mm	450mm
矢羽型	5	-	3	7	485	45mm以上	"	2	9	21.5	107	500
半割型	5	4	3	9	470	45mm以上	"	2	12	25.0	60	500

ク パネル組立

図-4に示すように、各単体を2箇所 bolts 締めとして、幅130×高さ450×長さ1960mmにパネルを組み立てる。

パネル組立ボルトの構造は、直径φ7mm、片側が厚さ3mm、幅20mmの六角ナットのカシメ止めあるいは溶接止めとし、他端はφ20mm、厚さ2mmの丸座金をはさみ、14mmナット締めとし、ネジの有効長さは45mm以上とする。(表-1)

ケ パネル取り付け用クサビ

H型鋼(柱)へのパネルの取り付けに際し、パネルとH型鋼間の隙間へのクサビを図-3に示した。

コ 防腐処理

木材の加圧式防腐処理方法(JIS A 9002-1977)により、防音壁パネル、単体、ヤトイ、およびクサビに対して実施する。薬剤は、クレオソート油(JIS K 2470に規定する)、クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤(JIS K 1554に規定する。以下CCAという)、およびフェノール類・無機フッ化物防腐剤(JIS K 1550に規定する第3種A。以下PF3という)のいずれかを用いる。

処理条件としては、クレオソート油ではJIS A 9002の第一方法による。CCAおよびPF3については、JIS A 9002の第二の方法による。注入量の計算は次式による。

$$\text{注入量} = (\text{注入後の重量kg} - \text{注入前の重量kg}) / \text{素材材積m}^3$$

規定注入量については、JIS A 9002により、クレオソート油は120kg/m³以上、CCAおよびPF3は200kg/m³以上とする。

浸潤度については、クレオソート油処理材でJIS A 9101(加圧式クレオソート油防腐処理木柱)の浸潤度の規定を準用する。なお、辺材部分における浸潤度は20%以上であることにする。CCA、PF3処理材においては、JIS A 9107(加圧式クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤防腐処理木柱)の浸潤度の規定を準用し、辺材部分における浸潤度は85%以上とする。

浸潤度の算定は次式による。

$$\text{浸潤度}(\%) = \text{浸潤長} / \text{辺材長} \times 100$$

サ 検査、合否の判定および表示

クレオソート油処理材の場合はJIS A 9101の検査方法に基づき、CCA、PF3処理材はJIS A 9107の検査方法に基づき、ともに浸潤度で合否の判定を行う。

表示については、JIS A 9101およびJIS A 9107に基づき、注入工場名、処理年月日、木材防腐剤の種類、および検査結果を表示することとする。

(2) Bタイプ(矢羽型)防音壁

ア 素材

タイプAと同じサイズのカラマツ中小径材を用いる。

イ 製材寸法

厚さ117mmのタイコ挽きあるいは117×117mmソマ角挽きとする。また、各材面とも鋸挽面は材幅の60%以上とする。

ウ 人工乾燥

Aタイプと同じとする。

エ 切削・加工

長さは1960±5mmとし、パネル組立後に長さ決めをおこなう。厚さ面は、二面むら取り盤あるいはこれと同等の精度を有する方法で定規面を切削する。この場合の寸法は厚さ107±0mmとする。

この定規面を基準に凸形ヘッド部および凹形下面部の切削を行う。側面は、鋸挽仕上げとし、鋸マークは可とする。(図-5)

オ 穴開け加工

穴径はφ12mmとし、穴位置は図-6のとおりとする。また、パネルの一番上にくる単体の凸形ヘッドの頂点に、φ24mm深さ5mmの穴を開ける。

カ パネル組立

図-6に示すように3箇所ボルト締めとする。
 パネル組立ボルトの構造は、直径φ7mm、片側は厚さ3mm、幅20mmの六角ナットのカシメ止めあるいは溶接止めとし、他端はφ20mm、厚さ2mmの丸座金をはさみ14mmナット締めとし、ネジの有効長さは表-1のとおりとする。

パネル組立は、ヤトイは入れずに単体を5本積層し、幅107×高さ500×長さ1960mmのパネルとする。

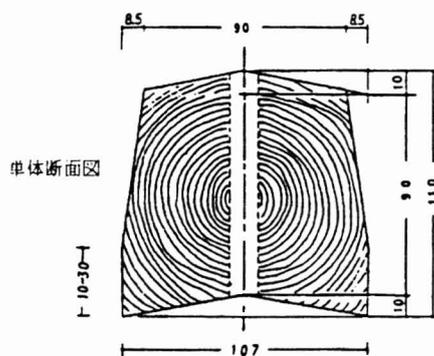


図-5 Bタイプ(矢羽形)防音壁単体断面形

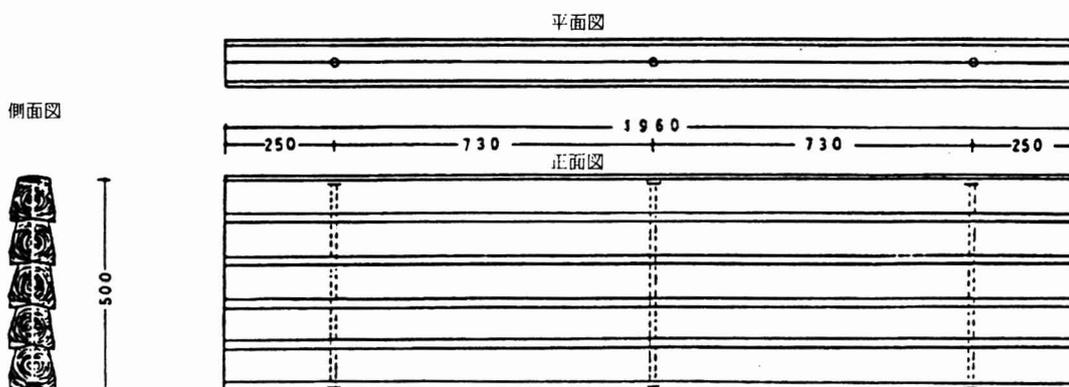


図-6 Bタイプ防音壁組立図

キ 防腐処理

Aタイプ防音壁と同じである。

(3) Cタイプ(半割型)

ア 素材

A, Bタイプと同じ径級の丸太を用いる。

イ 製材寸法

中小径丸太を半割とし、110×70mm角に製材する。

ウ 人工乾燥

高温高湿乾燥により、平均含水率を18%以下とする。

エ 切削・加工

長さは1960±0mmに鋸断する。単体の形状は、図-7に示すが、厚さ60mm、幅100mm、長さ1960mmとする。単体の上下の溝は、幅18mm、深さ15mmとする。

オ ヤトイ

ヤトイは幅18mm、高さ30mm、長さ1960mmとする。

カ 穴開け加工

単体の穴径はφ15mmとし、穴位置は図-8のとおりで、単体両端から100mmの位置および中央の3箇所である。また、パネル組立の場合に下端と上端に当たる単体には、六角ボルト固定用にφ27mm深さ15mmの穴を開ける。ヤトイの穴開けも単体と同様にφ15mmの穴を所定の位置に開ける。

キ パネル組立

図-8に示すように、各単体を3箇所のボルト締めとしてパネルを組み立てる。(図-9参照)
 パネル組立ボルトの構造は、直径φ9mm、片側が厚さ3mm、幅25mmの六角ナットのカシメ止めあ

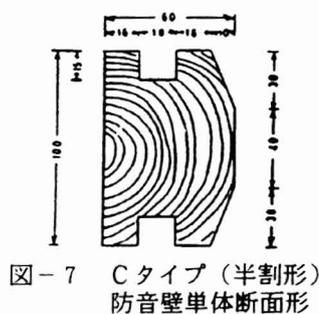


図-7 Cタイプ(半割形)防音壁単体断面形

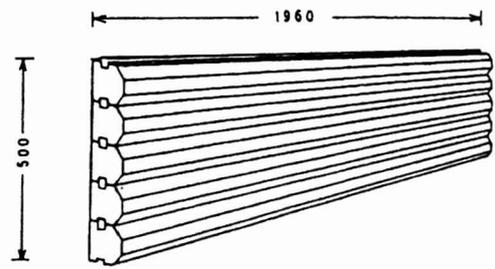


図-9 Cタイプパネル完成図

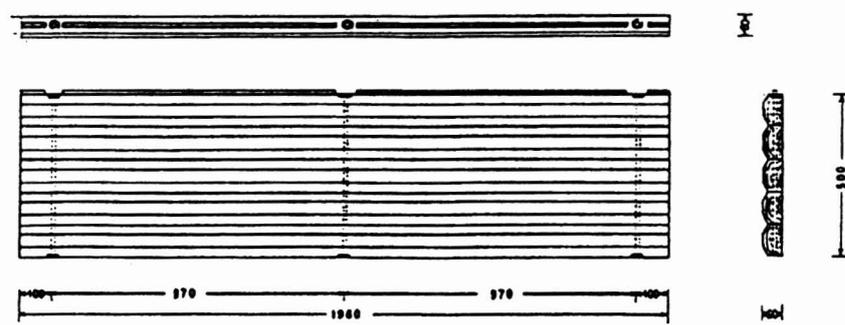


図-8 Cタイプ防音壁組立図

るいは溶接止めとし、他端はφ25mm、厚さ2mmの丸座金をはさみ、14mmナット締めとし、ネジの有効長さは45mm以上とする。ボルトの長さは470mmとする。(表-1参照)

ク 防腐処理

防腐処理としては、キシラモン-E Xを用い、パネル組立て後塗布する。

3 製造コスト

(1) Aタイプ防音壁

Aタイプ防音壁の製造単価内訳を表-2に示した。このタイプは単体5本とヤトイ4本で1㎡の防音壁を構成している。したがって、仕上げ単体寸法に延べ寸をみて、製材寸法を想定し、その体積に製材品価格を掛けて1㎡当りの材料費を計算した。この場合、カラマツ製材品価格を4万円とした。また、ヤトイに対しては材料の品質の良いものと考え8万円として計算した。

人工乾燥は蒸気式乾燥装置でヤニの滲出防止処理と含水率を24%以下に乾燥する経費とした。

加工・組立はモルダ-成形加工を考えずに計算したためやや割高になっている。

防腐処理では、防腐処理工場でのクレオソート油注入処理を考えたため1㎡当り18,000円で計算した。さらに、この工場までの材料運搬費も計上した。

以上の合計が12,336円/㎡となり、さらに工場管理費(15%)、営業管理費(25%)を加算して合計17,270円と試算された。

日本道路公団への木製防音壁採用の要請は、このタイプで進められたが、打ち合せの中でこの価格が最大の問題となり、コスト引き下げが課題となった。そこで、さらにBタイプ防音壁の検討が進められた。

日本道路公団では、さきに述べたコンクリート製とアルミ製の防音壁を採用しているが、価格は設計単価としてコンクリート製が1㎡当り7,400円、アルミ製が14,700円となっている。したがって、価格面からみてもこのタイプは割高であり、価格を検討してほしいとの要望が出された。

(2) Bタイプ防音壁

Aタイプ防音壁で、製造コストに最も影響ある項目として、材料費と加工・組立費があげられた。

表-2 Aタイプ(六角型)防音壁製造単価内訳表

項目	摘要	金額円/m ²
製材	単体	
	9.5×14.0cm×2m×5本 =0.1330m ³ /m ²	
	40,000円/m ³ ×0.1330m ³	5,320
ヤトイ		
	2.3×3.8cm×2m×4本 =0.0070m ³	
	80,000円/cm ³ ×0.0070m ³	560
人工乾燥	10,000円/m ³ ×0.1330m ³	1,330
加工・組立	30,000円/m ³ ×0.099m ³ /m ²	2,970
防腐処理	クレオソート油加圧注入	
	18,000円/m ³ ×0.099m ³ /m ²	1,782
	ヤトイ18,000×0.0070m ³	126
運賃	パネル製造工場から防腐処理 工場までの運賃	248
小計		12,336
工場管理費		1,850
営業管理費		3,084
合計		17,270

表-3 Bタイプ(矢羽型)防音壁製造単価内訳表

項目	摘要	金額円/m ²
製材	11.7×11.7cm×2m =0.1369m ³ /m ²	
	40,000円/m ³ ×0.1369m ³	5,476
人工乾燥	10,000円/m ³ ×0.1369m ³	1,369
加工・組立	20,000円/m ³ ×0.099m ³ /m ²	1,980
防腐処理	18,000円/m ³ ×0.099m ³ /m ²	1,782
運賃	パネル製造工場から防腐処理 工場までの運賃	248
小計		10,855
工場管理費		1,113
営業管理費		2,032
合計		14,000

材料費を小さくするには、単体の体積を小さくしたり、ヤトイをなくしたりすることが必要である。

体積、すなわち単体の断面積の縮小は防音壁としての遮音性能低下の問題もあり、Bタイプでは単体の体積はほぼAタイプと同じにして、ヤトイをなくし、単体の形状を単純な形にして、加工成形とパネル組立経費を削減する方向で検討した。(図-5参照)

検討結果は、表-3に示した。すなわち、ヤトイをなくし加工・組立の経費を削減することによって、1m²当り14,000円となった。

日本道路公団への試験施工としての採用は、このタイプであった。

(3) Cタイプ防音壁

日本道路公団でのBタイプの試験採用に際し、今後の採用に当たっては、価格面でコンクリート製と同じくらいの価格までコストダウンを図ってほしいとの要望が出された。

そこで、Bタイプでは検討されなかった単体の体積を小さくして材料費を小さくすることと、防腐処理コストが高いことから、処理方法を変えて、耐候性のある防腐・防虫薬剤の塗布処理を検討した。

単体の体積を小さくすることに関しては、遮音性能との関連で考えなければならないが、本タイプでは、1本の丸太を半割して2個の単体を採材する方向で検討した。

小径丸太を半割するため、単体の厚さは前の2タイプより薄いものとなり(図-7参照)、壁体の遮音性能は減少するが、少しでも遮音性能を上げるため、Bタイプでは除かれたヤトイを採用することによって、単体間の隙間からの音漏れをなくすようにした。

また、Bタイプの防音壁の試験施工後に指摘された単体の割れ、ねじれ等の変形が木材の含水率の高さが原因になっているものと考え、単体の含水率を平衡含水率に近い18%以下として、できる

だけ壁体の変形を起こさないようにし、遮音性能の向上にも努めた。

本タイプの遮音性能に関しては、性能評価の項で述べるが、本タイプは日本道路公団の遮音性能仕様に合格した。

この防音壁の製造単価は、表-4に示すとおり、1㎡当り9,065円と試算され、1万円を切ることができ、しかもアルミ製防音壁より約6千円ほど安くすることができた。

4 性能評価

(1) 音響性能

吸音率と透過損失についてみると、一般に、壁体に入射する音の強さをIとすれば、図-10のようにそのエネルギーの一部Rが反射し、一部Aが壁体中に吸収され、残りのTが透過すると考えられる¹⁾。すなわち、

$$I = R + A + T$$

このとき、吸音率 α は

$$\alpha = 1 - R/I = (A + T) / I$$

で定義され、反射音以外はすべて吸音と考える。音の透過率 τ は

$$\tau = T / I$$

で定義され、デシベル単位で表して透過損失TLは

$$TL = 10 \cdot \log_{10} (1 / \tau) = 10 \cdot \log_{10} (I / T) \text{ (dB)}$$

で示される。したがって、透過損失を問題にする場合は、このTLの値が大きいほど遮音効果が高いと評価される。

各防音壁の音響性能調査については、実験室レベルでの残響室法吸音率の測定(JIS A 1409)および音響透過損失測定(JIS A 1416)法に準じて行い、屋外での音響透過損失の測定は騒音レベル測定法(JIS Z 8731)に準じて行った。

ア Aタイプ防音壁

本タイプの防音壁については音響性能の測定は実施しなかった。

イ Bタイプ防音壁

(ア) 実験室における音響性能

a 壁体の吸音率の測定と結果

実験室での壁体の音響性能測定は、財団法人「小林理学研究所」(東京都)で実施した。吸音率の測定はJIS A 1409の測定方法によった。すなわち、残響室に試験体を入れた状態と、入れない状態の残響時間を測定し、次式により算出した。

表-4 Cタイプ(半割型)防音壁の製造単価内訳表

項目	摘要	金額円/㎡
製材	単体 (0.16+0.1)×0.07m ×2m×5本 =0.091㎡ 40,000円/㎡×0.091㎡	3,640
	ヤトイ 0.018×0.03×2m×4本 =0.0043㎡ 80,000円/㎡×0.0043㎡	344
人工乾燥	10,000円/㎡×0.091㎡	910
加工・組立	20,000円/㎡×0.06㎡	1,200
防錆処理	キシラモン-E X 0.5ℓ/㎡×1,560円/ℓ	780
	刷毛塗り賃金 10,000円/日・人(100㎡)	100
小計		6,974
工場管理費		697
営業管理費		1,394
合計		9,065

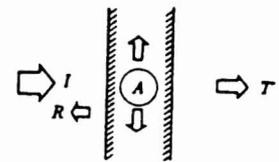


図-10 音の反射・吸収・透過(前川原図)

$$\alpha = 55.3V / CS \cdot (1 / T_1 - 1 / T_2)$$

α : 残響室法吸音率

V : 残響室容積 (m³)

S : 試験体面積 (m²)

T₁ : 試験体を入れた状態における残響時間 (sec)

T₂ : 試験体を入れない状態における残響時間 (sec)

C : 空気中の音速 (m/sec) (C = 331.5 + 0.6 t) t : 空気の温度

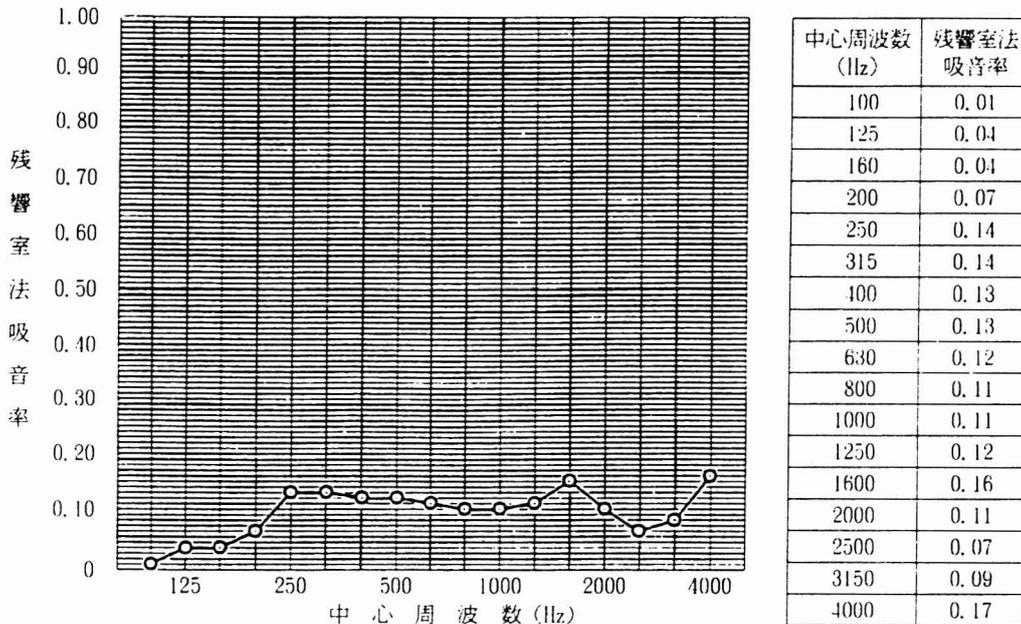


図-11 Bタイプ防音壁の周波数別吸音率

なお、壁体の規格寸法は、高さ500×長さ1960mm、厚さ107mm、面密度55.5kg/m²で、試料面積は9.03m²、剛壁密着で行われた。

測定結果は図-11のとおりである。これで見ると、周波数が250Hzから1250Hzあたりまでは、吸音率はほぼ0.12(12%)ぐらいであり、250Hz以下と2500Hz前後では、吸音率は小さくなる傾向にあった。

これらの数値は、木材の一般的な傾向に比べ³⁾、やや吸音率の値が小さかった。これは、壁体がクレオソート油処理したものであったため、単体表面がクレオソート油で覆われて滑らかとなったことによって、ある程度反射量の増大をもたらし、これが吸音率の低下につながったものと考えられた。

日本道路公団での仕様によると、吸音板としての性能は周波数400Hzで70%以上、1000Hzで80%以上とされているため、本壁体は、吸音板としての性能は持っていないことになる。しかし、コンクリート板と比べれば、はるかに吸音率は高いことから、高速道路で道路側の反射音量はコンクリート板よりも木製の壁体の方が小さいことになり、ドライバーや反対側住民への音響環境は優れているものと考えられる。

b 壁体の透過損失測定と結果

防音壁壁体の音響透過損失測定をJIS A 1416に基づいて先の吸音率測定と同様に、小林理学研

究所で測定した。測定に当たっては、音源側残響室と受音側残響室の間に壁体を設置し、各室それぞれの平均音圧レベル、ならびに受音側残響室の吸音力を測定し、次式によって測定した。

なお、試験体取り付け開口部の寸法は3.0×3.7mであり残響室の壁面の両側にU字型鋼を設置し、開口部のほぼ中央部にH型鋼を設置し、防音壁を落とし込んで音響透過損失を測定した。(図-12参照)

$$TL = D + 10 \cdot \log (S / A)$$

$$D = L_1 - L_2$$

TL : 音響透過損失 (dB)

D : 室間音圧レベル差 (dB)

S : 試験体面積 (m²)

A : 受音側残響室吸音力 (m²)

$$A = (55.3 \cdot V / C) \cdot (1 / T)$$

L₁ : 音源側残響室平均音圧レベル (dB)

L₂ : 受音側残響室平均音圧レベル (dB)

C : 空気中の音速 (m/sec)

V : 受音側残響室容積 (m³)

T : 受音側残響室残響時間 (sec)

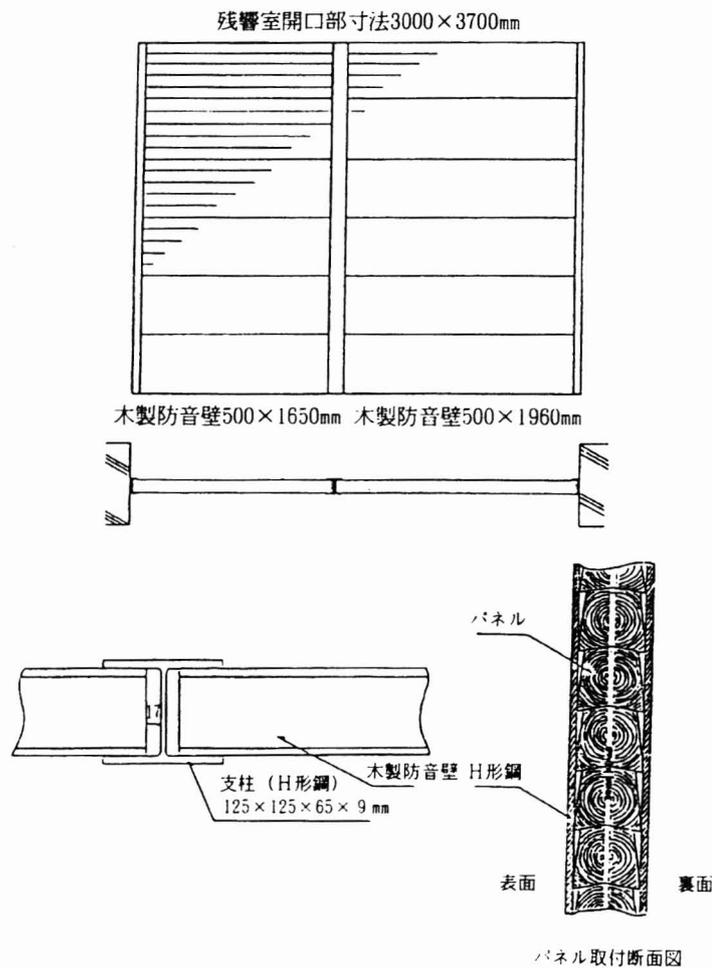


図-12 Bタイプ防音壁の音響透過損失測定のための壁体取付図

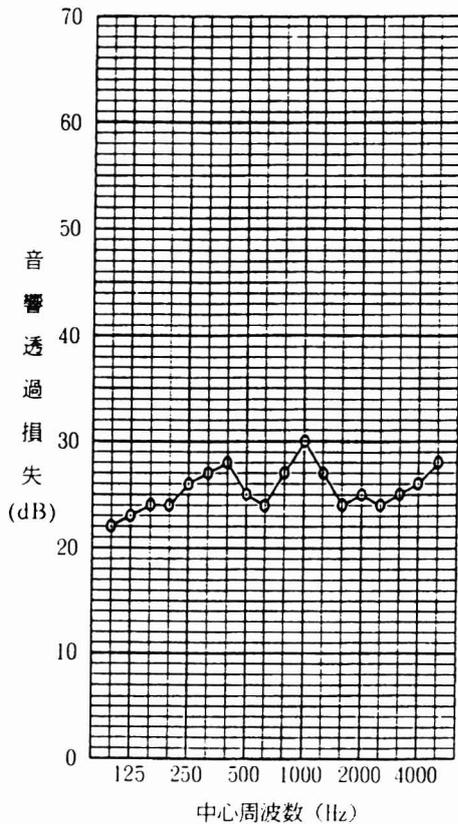


図-13 Bタイプ防音壁の周波数別音響透過損失
(現場標準施工仕様)

中心周波数 (Hz)	音響透過損失 (dB)
100	22
125	23
160	24
200	24
250	26
315	27
400	28
500	25
630	24
800	27
1000	30
1250	27
1600	24
2000	25
2500	24
3150	25
4000	26
5000	28

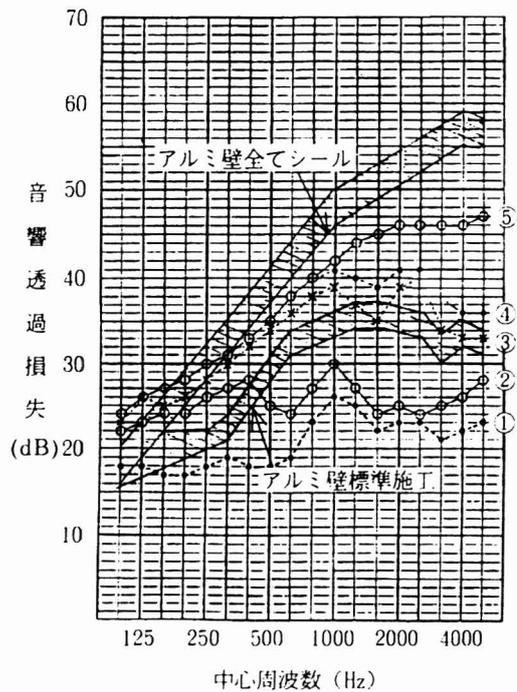


図-14 Bタイプ防音壁とアルミ製防音壁のシール方法別音響透過損失

- ① 残響室壁体とU型鋼との隙間にシール
- ② 標準施工
- ③ ②にH型鋼と防音壁体との隙間にシール
- ④ ③にさらにパネル内単体の隙間にシール
- ⑤ 全ての隙間にシール

音響透過損失の測定に際しては、さまざまな部分の隙間からの音響透過が考えられるため、いろいろな設定条件下での音響透過測定を実施した。

まず、考えられる隙間としては、U型鋼と残響室壁との隙間、H型鋼と防音壁体との隙間、防音壁体の単体間の隙間とパネル間の隙間などである。そこで、以下に述べる5条件を考えた。すなわち、①残響室壁体とU型鋼との隙間のみパテによりシールするもの、②さらに、①にプラスしてU型鋼と防音壁体との隙間をパテによりシールするもの(標準施工)、③さらに、②にプラスH型鋼と防音壁体との隙間をパテによりシールするもの、④さらに、③にプラス防音壁パネル内の単体間の隙間にパテするもの、⑤全ての隙間にパテを実施し完全シールするものの5条件である。

音響透過損失測定結果は次の通りであった。

まず、標準施工での透過損失についてみると、測定結果は、図-13に示すとおりで、周波数100~400Hzの低周波数域では周波数が高くなると透過損失も大きくなる傾向にあるが、それ以上の周波数域では、周波数1000Hzでやや高い透過損失となっているものの、それ以外ではほぼ25dBの透過損失となっている。

日本道路公団の音響透過損失の仕様では、周波数400Hzで25dB以上、1000Hzで30dB以上となっているが、この標準施工での透過損失値は、仕様ぎりぎりの数値であった。他の条件での透過損失測定結果は、図-14に一括示した。図にみられるように、明らかに各隙間へのシール数を増やすに連れて透過損失値は大きくなっており、また、標準施工より透過損失の値は格段に大きくなっている。

したがって、実際の施工に当たって、H型鋼と防音壁壁体との隙間にシールをする施工を考える

ことが、防音性能を向上させる大きなポイントとなる。

図-14はアルミ製防音壁の透過損失値も示している。さきに述べた木製防音壁で③に該当するH型鋼と防音壁体との隙間をシールする工法だと、アルミ製防音壁標準施工よりも遮音性能が高いことがわかる。とくに、周波数125Hz~400Hzまでの低周波数域での遮音性能は、H型鋼と壁体間の隙間へのシールが十分に行われていれば、木製防音壁の方が優れているといえる。

(イ) 屋外での音響性能

国道を通過するさまざまな種類の車の出す騒音について、木製防音壁の遮音性能調査を実施した。

室内の遮音性能については、その測定において、ある決められたバンドノイズ (band noiseたとえば、1/3オクターブバンドで125, 160, 200, 250など5000Hzまで) で測定したが、屋外での騒音は、周波数の音が複雑なノイズとなっているため、この測定が実用規模での壁体の性能測定と位置付けることができる。

a 測定の方法

旧長野県林業指導所構内は、ちょうど国道19号線に面していたため、国道に沿って、図-15に示すように壁体を設置し、その背後に騒音計を1台配置して壁体を通過する騒音を測定する方法を取った。

①騒音計は、音響測機(株)製、普通騒音計OS-11(レベルレコーダー ORL-22)を用い、騒音計の側部あるいは後部からの音が入らないよう、30mm厚の発砲スチロール板を全面に張った百葉箱の中に設置し、騒音は前方のみから入るようにした。騒音計が1台であったため、防音壁の無い場合の騒音測定値と防音壁設置の場合の騒音測定値との差をその壁体の遮音性能とした。

②今回測定に用いた防音壁は、このBタイプの木製防音壁の他に、高速道路で実際に使われているアルミ製防音壁も用い比較検討した。

③測定日数は、防音壁無しでの測定は5日間で、アルミ製防音壁では8日間、Bタイプ防音壁で7日間であった。

④一日の騒音の測定時間は、夕方18時から翌朝7時までの13時間であって、昼間の時間帯は、人の声や他の機械の騒音が入りやすいため測定をしなかった。

⑤騒音の記録は騒音計の記録用紙に記録する方法を取った。

⑥騒音の記録の解析は、記録用紙から50秒毎の騒音レベル(dB)を読み取り、夕方の18時から

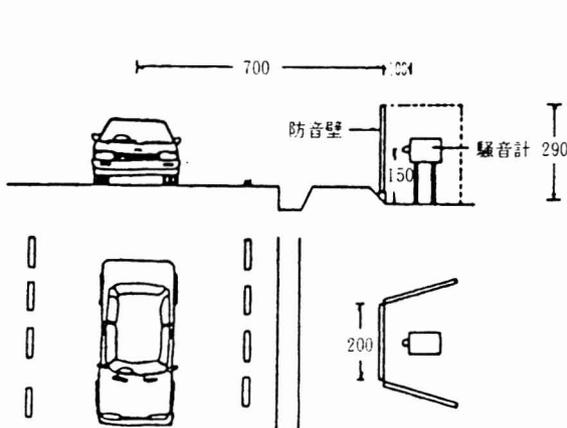


図-15 屋外での防音壁遮音性能測定計器配置図

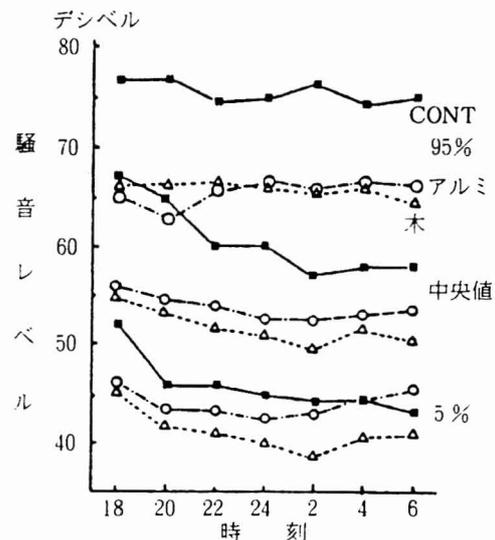


図-16 防音壁種類別の騒音レベル別遮音状況

1時間毎に、JIS Z 8731の「騒音レベル測定法」によって、これら騒音レベルの累積度数分布をつくり、騒音レベルの中央値 (A), 95%レンジの上限値 (B), 5%レンジの下限値 (C) を求めた。

なお、各壁体毎にこれらの値を測定日数で除して平均値を求め、各時間帯の代表値とした。

b 測定結果及び考察

上記測定結果を、表-5及び図-16に示した。

①騒音レベルの違いと遮音効果をみると、いずれの防音壁も騒音レベルが異なっても遮音効果は認められるが、とくに、騒音レベルが上限値(高い騒音レベル)での遮音効果の方が、下限値(低い騒音レベル)での効果より大きかった。

②壁体材料間の騒音レベルの違いと遮音効果についてみると、上限値での騒音レベルでは、アルミ製と木製間に差がみられないが、下限値での低い騒音レベルでは差がみられ、Bタイプの木製防音壁の方が、アルミ製防音壁より遮音効果が大きいことがわかった。(表-6)

なお、中央値での騒音レベルでは、両者間には差がみられなかった。

③まとめとして、木製防音壁は防音壁としての遮音性能は十分認められ、しかも、アルミ製防音壁より低騒音域での遮音効果が大きいことがわかった。

ウ Cタイプ防音壁

(ア) 実験室における音響性能

a 壁体の吸音率の測定と結果

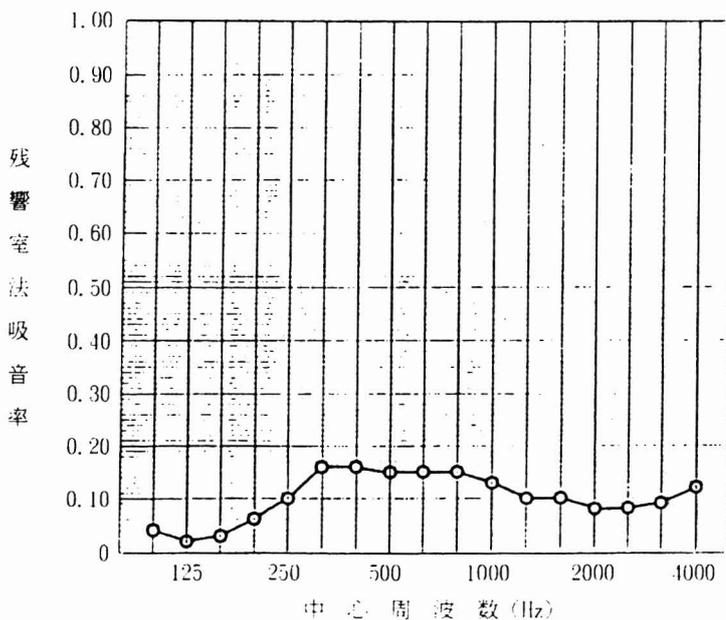


図-17 Cタイプ防音壁の周波数別吸音率

表-5 防音壁材料の指定時刻別騒音レベル(デシベル)

時刻	中央値		5%		95%	
	CONT	アルミ 木	CONT	アルミ 木	CONT	アルミ 木
18-19	66.9	56.2 55.3	52.0	46.2 45.6	76.6	65.0 65.7
20-21	65.1	54.5 53.4	45.8	43.4 42.0	76.9	62.8 66.2
22-23	60.2	53.8 51.7	45.9	43.4 41.1	74.4	65.7 66.8
24-1	60.2	52.5 50.8	45.1	42.5 40.1	74.9	66.6 66.4
2-3	56.8	52.5 49.4	44.7	43.2 38.5	76.4	65.8 65.8
4-5	57.9	52.9 51.6	44.5	44.8 40.7	74.2	66.5 66.0
6-7	57.8	53.5 50.4	43.5	45.8 40.9	74.9	66.3 64.8
平均値	60.7	53.7 51.8	45.9	44.2 41.3	75.5	65.5 66.0

表-6 各騒音レベル別騒音平均値の差の検定

騒音レベル	中央値		5%		95%	
	アルミ	木	アルミ	木	アルミ	木
Cont	**	**	-	**	**	**
アルミ		-		**		-

(注) ** 1%有意水準で有意差があることを示す
- 有意差がないことをしめす

実験室での壁体の音響性能測定は、Bタイプ防音壁と同様、財団法人「小林理学研究所」(東京都)で実施した。

測定方法は全く同じ方法によったが、壁体の規格寸法は、高さ500×長さ1960mm、厚さ60mm、面密度27.0kg/m²、試料面積10.6m²であった。

測定結果は図-17のとおりであり、周波数と吸音率との関係は、ほぼBタイプ防音壁と同じ様な傾向を取ったが、Bタイプに比べ(図-11参照)、周波数250Hz以下の低周波数域では吸音率はわずかに(1~3%)小さく、250~1000Hzでは、2~4%大きかった。さらに、それ以上の高周波数域では、4000Hzでの測定値を除きほぼ同様な値であった。したがって、このような違いは、防音壁体の厚さの違いではなく、むしろ、前のBタイプで指摘したように壁体表面の状態(Bタイプではクレオソート油防腐処理による壁体表面の平滑化が原因と考えられる)の違いによるものと考えら

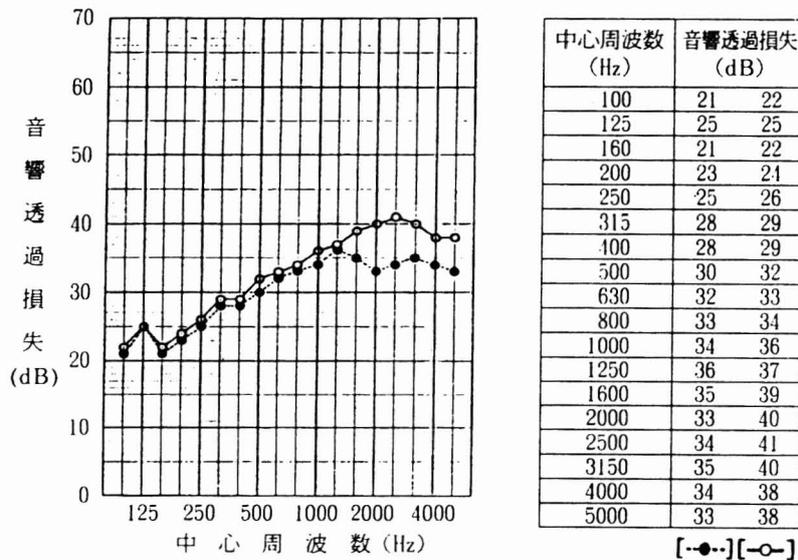


図-18 Cタイプ(半割形)防音壁の周波数別音響透過損失

- ① 支柱とパネル間の隙間をシール(標準施工) (●)
- ② 標準施工にさらにパネル相互間の隙間シール (○)

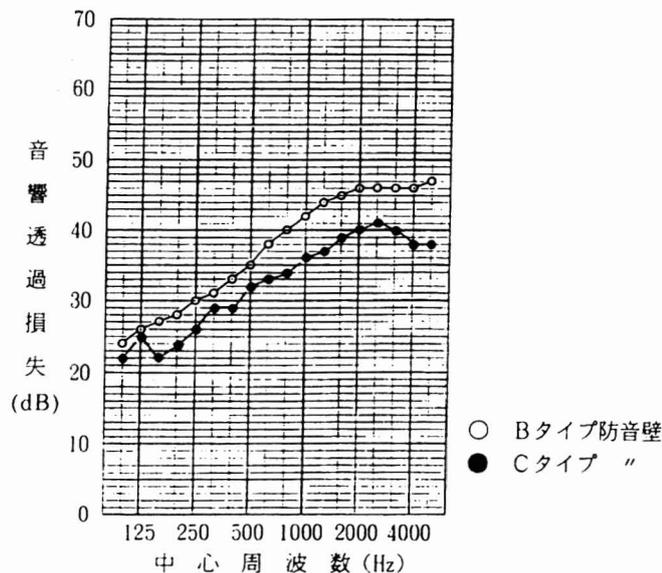


図-19 Bタイプ防音壁とCタイプ防音壁の遮音性能の比較(完全シールによる)

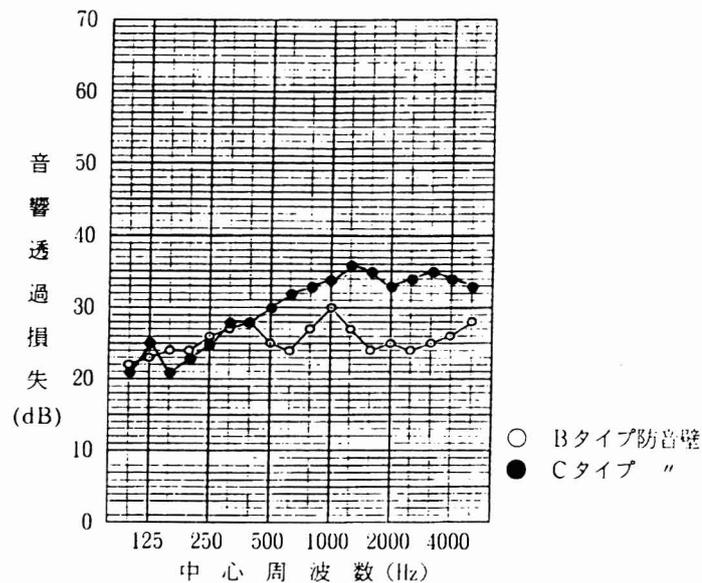


図-20 Bタイプ防音壁とCタイプ防音壁の遮音性能の比較
(標準施工による)

れる。

太田ら³⁾によると、スギ3mm厚さの板目板では周波数250Hzで6%、500Hzで9%、1000Hzで2%、2000Hzで2%、4000Hzで1%の吸音率があることを示しているが、防音壁は板と違って凹凸があるため、この値より高い吸音率となったものと思われる。

b 壁体の透過損失測定と結果

Bタイプ防音壁と同様の測定方法にて実施した。今回は、取り付け部分の隙間へのシールの方法を2種類の方法、すなわち、①支柱とパネル間の隙間を粘土でシールする(現場施工と同様仕様)、②支柱とパネル間及びパネル相互間の隙間を粘土でシールする(完全シール)、の2種類の取り付け方法による透過損失の測定を行った。

結果は、図-18の通りであり、両者とも周波数が高くなるにしたがい透過損失(dB)も大きくなるが、①では1250Hzの周波数、②では2500Hzの周波数での透過損失を最高に、それ以上高い周波数域では減少傾向にあり、また、常に現場施工仕様の①の方が遮音性能は低い。

しかし、両者とも、日本道路公団の防音壁透過損失に関する仕様(400Hzで25dB以上、1000Hzで30dB以上)には、合格している。

各周波数における両者間の透過損失の差をみると、低周波域から周波数1250Hzまでの範囲ではその差が0~2dBで、あまり差が無いけれども周波数1250Hz以上では、その差が4~7dBと大きかった。

すなわち、壁体間の隙間は低周波数域ではあまり問題にならないが、高周波数域では大きく遮音性能に影響を与えていることがわかる。

Bタイプ防音壁と、ほぼその半割での薄型Cタイプ防音壁との遮音性能について比較すると、単なる壁体の厚さによる性能差は、完全シールによる透過損失を比較すればよい。

図-19は、両者の関係を周波数との関係で示したもので、明らかに単体の厚いBタイプの矢羽形防音壁の方がいずれの周波数でも遮音性能は大きい。その差は、100Hz~500Hzの範囲では1~4dB、630Hz以上では5~9dBとなって、比較的周波数の高いところでは性能差が大きかった。

支柱と壁体との隙間のみシールする現場標準施工での遮音性能の比較では、図-20に示すよう

に、単体の薄いCタイプ防音壁の方が一部の低周波数域を除き遮音性能が高い結果となった。これは、壁体における単体間の隙間があるかないかに影響されているようで、Bタイプは単体の山と谷を重ね合わせたただけであったのに比べ、Cタイプの薄型はヤトイによって各単体間の密着性を良くしてあり、ほとんど隙間がみられないようになっていたためであろう。なお、低周波数域でのCタイプの性能が低いのは、隙間によることよりもむしろ壁体そのものの厚さの差によっているものと考えられる。

これらのことから、防音壁は薄くても各単体間の接合さえしっかりしてあれば、十分な遮音性能を得ることができるものと考えられる。

大塚ら⁴⁾は、スギ、ヒノキの間伐材を利用した正角パネル(100mm正角および50mm正割)を試作し、遮音性能を測定した。それによると、シーリングをしなかった100mm厚正角パネルとシーリングをした同じ厚さの正角パネルとでは、透過損失に相当な差を生じた。

(イ) 屋外での音響性能

Bタイプと同様、旧長野県林業指導所構内の同じ場所にて測定を実施した。

a 測定の方法

機器の配置は図-21に示したように今回は2台の騒音計を配置し、1台は前回と同様、壁体背後に、もう一方は壁体なしの騒音を捕らえるように配置した。

騒音計は、2台とも前回用いたメーカーの機種と同じものを用い、使用にあたっては、あらかじめ双方の測定値に差が無いよう調整して使用した。

①今回測定に用いたCタイプ防音壁の他に、既製のコンクリート製防音壁及びアルミ製防音壁についても測定した。

②測定は晴天の日を選び、各防音壁について10日間の測定を実施した。

③一日の測定時間帯は前回と同様、夕方の18時から翌朝の7時までとした。

④騒音の記録及び解析は前回のBタイプの時と同じ方法によった。

b 測定結果及び考察

前記測定結果を図-22及び表-7に示した。

①騒音の経時変化(壁体あり、無しによる)をみると(図-22)、いずれの防音壁においても夕方から真夜中(12時辺り)まで騒音レベルが高く、朝方では低い騒音レベルとなっている。

②各防音壁の遮音性能について、前回と同様、騒音レベルの上限値(高い騒音レベル)、騒音レベルの中央値、及び騒音レベルの下限値(低い騒音レベル)を求め、防音壁間の比較を行えば、表-

表-7 防音壁の種類と騒音レベル別遮音量(dB)

種類・音域	低(5%)	中(50%)	高(95%)	
木製(無)	46.8	62.5	77.3	
	(有)	45.7	56.0	66.9
	(差)	1.1	6.5	10.4
アルミ製(無)	46.3	59.9	75.5	
	(有)	44.8	54.9	66.8
	(差)	1.5	5.0	8.7
コンクリート製(無)	46.6	59.5	75.1	
	(有)	44.3	54.7	66.9
	(差)	2.3	4.8	8.2

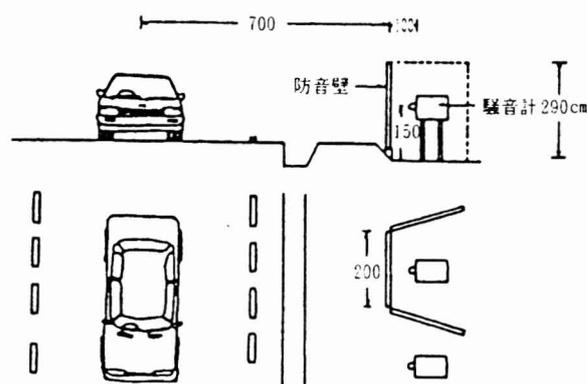


図-21 屋外での防音壁遮音性能測定計器配置図

7に示すように、今回の半割薄型木製防音壁でも十分遮音性能は高く、むしろ、表にみられるように騒音レベルが中、高での遮音量をみると、既製のコンクリート製やアルミ製防音壁を上回っていた。

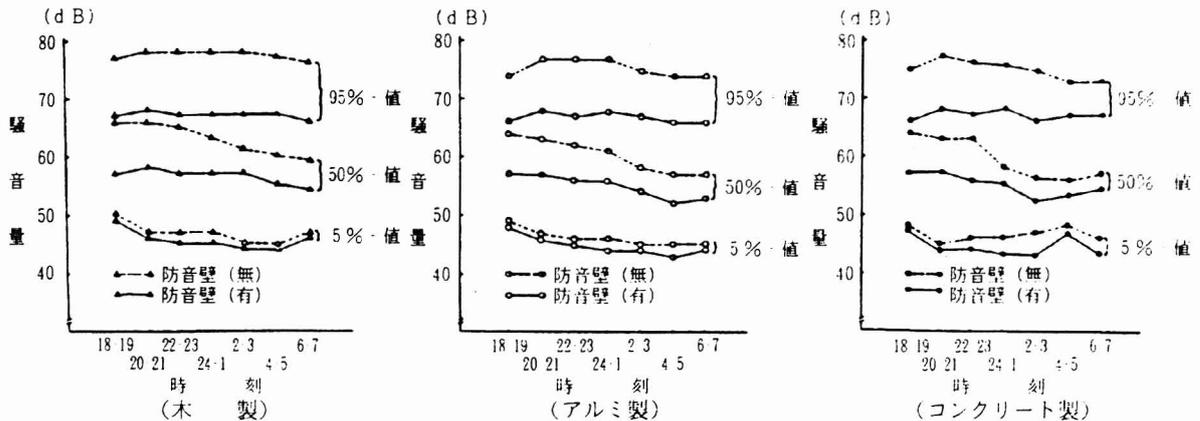


図-22 防音壁種類別の騒音レベル別遮音状況

前回のBタイプでのアルミ製防音壁との比較では、下限値では木製の方がやや効果が大いものの上限值では差がみられなかったが、今回のCタイプ防音壁は上限値でも差がみられ、たとえ単体が薄くても、単体間に隙間の無い防音壁だと、既製防音壁の遮音性能と変わりがないか、あるいは性能が上位にあるとも考えられる。

5 高速道路への試験施工の結果

(1) 防音壁の設置

日本道路公団名古屋管理局は、昭和60年(1985)11月12日～昭和61年3月15日までの工期で、Bタイプ防音壁の設置工事を行った。その概要は次の通りである²⁾。

ア 設置箇所

長野県飯田市中村、中央自動車道上り線252.58kmポイント～252.78kmポイントまでの(L=200m)区間(写真-1)

イ 構造寸法

①遮音壁工事タイプを次の2種とする。

II-A (H=3m) L=168m

II-D (H=3m) L=32m

II-Aタイプは基礎工事がコンクリート連続基礎(W1300mm×H500mm×L)によるものであり、II-Dタイプは鋼管杭基礎(STKφ406.4mm×t9mm×ℓ4000mm/本)によるものである。なお、II-Aタイプはコンクリート基礎の上に2枚のコンクリート防音壁パネルを積み重ね、その上に木製防音壁パネル5枚を設置したものであり、II-Dタイプは鋼管杭基礎の上に3枚のコンクリート製防音壁を積み重ね、その上に5枚の木製防音壁を設置したものである。(図-23参照)

②支柱間隔は2mである。

③木製防音壁パネルのサイズはW100mm×H500mm×L1960mmである。

(2) 防音壁設置に伴う遮音効果

日本道路公団は、防音壁設置前後の騒音測定を、設置前は昭和61年1月29日午前11時から1月30日午前11時までの24時間、設置後は、昭和61年3月4日午前11時から5日午前11時までの24時間にわたって、壁背後0m、2.5m、6m、25m、50mの5箇所及び壁体前部(防音壁反対側)の路肩

部、及び路肩から7mの2箇所で行った。

測定値は、騒音レベルの中央値(L50)、5%レンジの下限值(ここではL95)および、95%レベルの上限値(ここではL5)にまとめ表-8及び図-24に示した。

防音壁体背後での測定結果をみると、L5で設置前後での差が最も大きく、次いでL50で、最も差が小さかったのがL95であった。

この結果をみると筆者らが測定した屋外での測定結果(前記Bタイプ防音壁)とは、まったく同様の結果となり、高い騒音レベルで最も高い遮音効果が認められ、低い騒音レベルではあまり効果がみとめられないといった結果となった。また、距離にともなう遮音効果をみると、高い騒音レベル(L5)で、防音壁から遠ざかるに従い遮音効果は減少し、壁体直後では15.3dBの差があったものが50m地点では5.0dBとなっていた。

そのほかの騒音レベルでは距離による差は認められないようであった。

壁体前部での騒音測定値は、いずれの騒音レベルでも防音壁設置後の騒音の方が設置前の騒音測定値より大きかった。各騒音レベルについてみると、設置前後で最もその差が大きかったのが低い騒音レベル(L95)であり、ほとんど差の認められなかったのが高い騒音レベル(L5)であった。このことは、防音壁の前部(設置場所の反対側)での騒音は、低い騒音ほど壁体による反射によって高まっているものと考えられることができる。

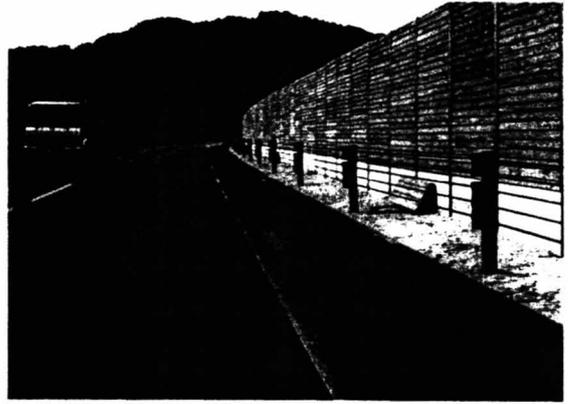


写真-1 中央自動車道上り線(飯田市中村)に設置された木製防音壁

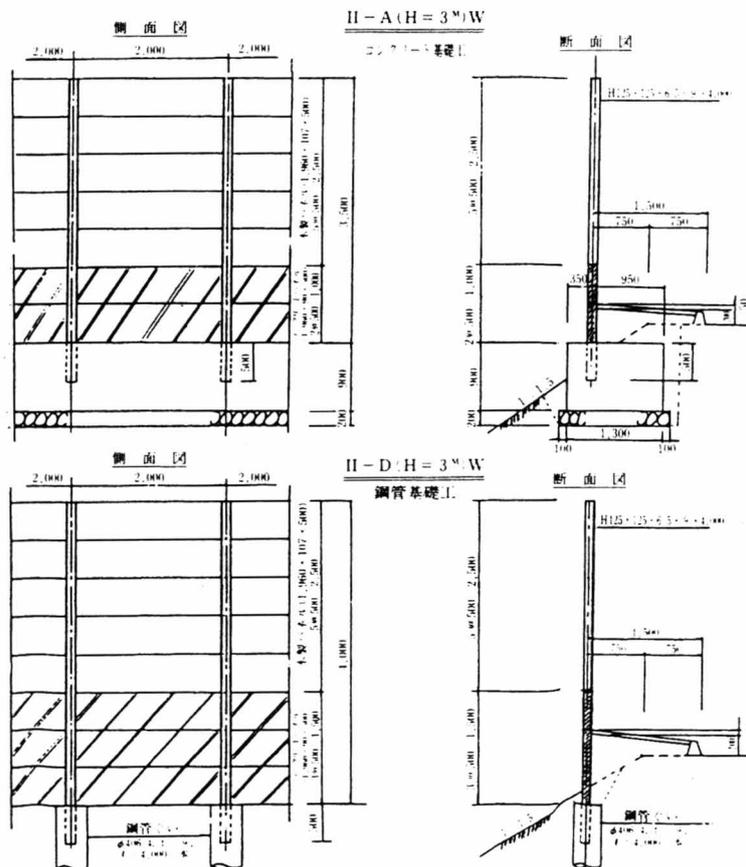


図-23 木製防音壁(Bタイプ防音壁)設置工事基礎工タイプ別詳細図(日本道路公団)

(3) 防音壁体の燃焼性

コンクリート製やアルミ製防音壁と違って、木製防音壁にとっての課題の1つに耐火性がある。

とくに、タバコの投げ捨てによって法面火災から防音壁に引火し、さらに民家に延焼する事態が心配されるとして、日本道路公団では、法面枯草に火災が発生し、防音壁に延焼する状況を観察した。

実験は、

①法面からの延焼を想定して、1:1.8勾配の法面の頂部に、幅4m×高さ1mの防音壁を設置し、法面には、横幅4m×縦幅3.5m内に燃焼用の藁2束を敷き詰め、これに点火・延焼性をみるもの

②自動車等の車両火災からの延焼を想定して、①での防音壁の裏面最下部にガソリン0.6ℓ入りの火皿をおき、これに点火して防音壁体への延焼性をみるものの2種の実験が行われた。

結果をみると、①の実験では、材の可燃性分解ガスが炎となって燃焼したが、種火(藁)が燃え尽きると共に消え、材の表面が深さ約5mm黒く焦げ、火種に近い部分が燃焼し炭化した。

地上20cm(単体2本分)までの部分は、温度が約250℃~320℃となったことから、無炎着火状態にあったものと考えられ、地上70cm付近では表面が炭化した部分がみられず、温度は約200℃程度で引火点には達していない

日平均騒音値(dB)

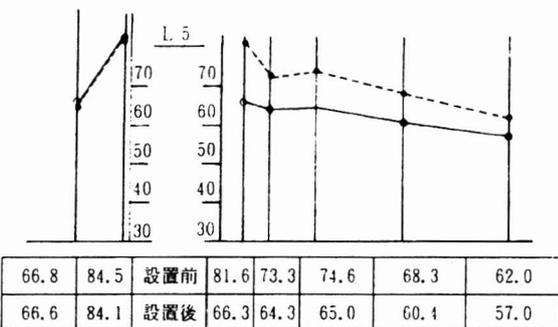
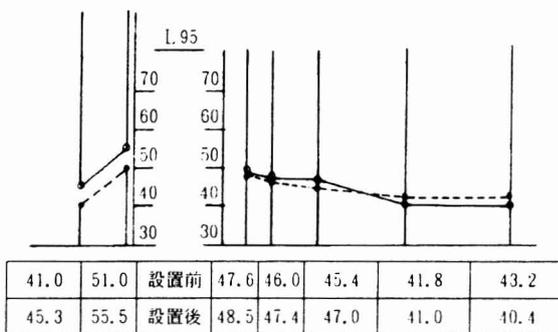
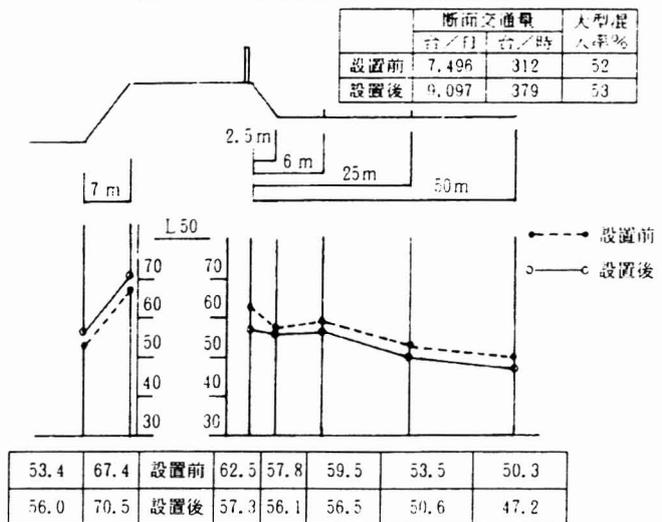


図-24 木製防音壁設置前後の騒音レベル別騒音測定値(日本道路公団)

表-8 防音壁設置前後の騒音測定結果(日本道路公団)

	測定日	測定延べ時間(hr)	測定位置	交通量		騒音値(ホン)		
				日平均交通量	大型車混入率	L5	L50	L95
設置前	S61.1.29 11:00 ~1.30 11:00	24	上り線 252.7kp 本線路肩より6m	7,496	52%	74.6	59.5	45.4
設置後	S61.3.4 11:00 ~3.5 11:00	24	同上	9,097	53%	65.0	56.5	47.0
差						△9.6	△3.0	⊕1.6

(注)測定値は1時間ごとの測定データを取りまとめたもの

ものと考えられた。

実験②では、火力の強い部分(地上20~40cm)で、火種着火後2分程度で発火点に達し、徐々に上部へ燃焼して行った。火皿へ点火後30分でも火種に近い壁体の3本目及び4本目は、炎を上げて燃え続けた。最も燃えのひどかったものをみると側部は表面より1.5cmの深さまで炭化し、単体の底部は深さ2.0cmまで炭化していた。

以上から、法面火災の場合は、壁体表面にわずかな炭化は生じるものの、壁体自身が発火点までは達しないものと考えられ、壁体下部にコンクリートパネル等を設置すれば、さらに木製防音壁への延焼の可能性は少ないものと考えられた。

本線上の車両火災の場合では、この結果からみる限り、防音壁への延焼の可能性が懸念された。したがって、壁体の難燃化が今後の問題点となろう。

(4) 施工後における壁体の変形

日本道路公団では、現場施工後3カ月経過の時点での壁体の変形について調査した。その結果の概要を記述する。

ア 単体の割れ

割れの発生が多発し、幅6mm、深さは26mm~45mm程度に及んでいた。中には、単体部材の中心部にも達した割れもみられた。

これは、直射日光を受ける単体表面と、単体内部との含水率差によるものと考えられた。

イ ねじれ、そり

ねじれ、そりの状態は様でなく、1パネル当り3箇所ボルト固定にもかかわらず、縦断的な上下のそり、横断的な左右のそりが生じ、いわば単体自身で方向性の無い変形を起こしていた。変形量は1cm~2cm/2m程度であった。

ウ 単体間の隙間

単体間に隙間の発生がみられ、部分的には約1cm程度であった。

パネルと支柱間にも隙間が生じている部分があった。

以上の結果から、割れの発生は壁体の耐久性の問題を含んでおり、ねじれ、そり等による単体間及びパネルと支柱間の隙間は、遮音性能に対する持続性の問題があることを指摘された。

改善点として考えられる点は、単体の含水率をできるだけ下げること(少なくとも平衡含水率以下)、単体の固定に関して、ボルト穴位置の改善とヤトイ等による単体間の隙間の防止を考えることが上げられた。これらのことは、Cタイプ防音壁に際して検討された。

(5) 修景効果

日本道路公団の報告書では次のように報告されている。

木製防音壁は、木の持つ「柔らかさ」「暖かさ」「親しみ」等、人間に視覚的、感覚的に与える特徴を有することで、一般ドライバー及び沿道住民に対して「好ましい」という印象を与える。また、地域の特産物はみんなに知られており、高速道路においても通過地域のローカル色を取り入れ利用することが可能である。

そのような意味で、今後、木製防音壁に対しては、素材を生かした(丸太)施工方法の検討や支柱(H型鋼)の改良、あるいはパネル表面を薄く「焦がす」ことにより質感を強めるといったことなどが考えられる。

(6) 施工性及び施工費

ア 施工性

報告書によると、木製防音壁は重量がアルミ製防音壁と同程度であり、かつ、単体部材を工場にてパネル化が可能なことから、現場でのパネル設置は従来の設置能力と比較し、同程度かあるいは優れている。特に、RC板と比べ重量が軽いことから、取扱いが容易であった。

さらに、施工精度については、製品誤差を規定していなかったため、現地施工時に、天端の通りが凹凸になって現れ、手直し等の必要が生じた。

この点に関しては、製品誤差の規定を設ける必要がある。

イ 施工費

①パネル長さが2 mであるため、支柱及び基礎杭等が他の防音壁と比べ割高となる。

②支柱(H型鋼)については、他の防音壁に使われている固定金具取り付け用加工費(工場間接費)が不用となった。

③施工タイプ別及び防音壁別の工費比較を試みた。基礎工事が杭基礎であるⅡ-Dタイプとコンクリート基礎であるⅡ-Aタイプとでは、明らかにどの防音壁もⅡ-Aタイプの方が工費が高かった。たとえば、コンクリート製で約12,700円/m、アルミ製で約12,800円/m、木製で約8,800円/mの差がみられた。なお、パネル1 m²の価格は、コンクリート製で7,300円、アルミ製で14,500円、木製で10,000円で計算された。

各防音壁の施工費の比較では、Ⅱ-Dタイプでみると、コンクリート製を0円(100)として、アルミ製が+20,490円/m(131)、木製で+17,770円/m(127)となった。

さらに、Ⅱ-Aタイプ基礎では、コンクリート製を0(100)円とすれば、アルミ製で+20,570円/m(126)、木製で+13,840円/m(118)となった。

以上から、木製はコンクリート製に比べやや割高ではあるが、これは、主として1 m²当りのパネルの価格差と支柱経費の違いによるものと考えられた。

引用文献

- 1) 前川純一：建築音響，p 8～9，共立出版，1978
- 2) 日本道路公団名古屋管理局：木製遮音壁試験施工結果報告書，p 1～21，及び「添付資料」p 1～24，1986
- 3) 太田正光，岡野健：木材の性質あれこれ－第6回，木材と音－，p 90～94，建築士と実務，1984
- 4) 大塚定男，岩本信行，波多野卓：間伐材を利用したログパネルの防音効果，p 137～140，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，1986