

# 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発

## - 設置後約 20 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価 -

柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫・戸田堅一郎

飯田IC南の中央自動車道沿いに1985年度末に試験施工されたカラマツ製遮音壁（200m長）について設置後約20年経過の状態を調査し、次の結果を得た。(1) 木製部材の表面は灰褐色に退色しており、材面には多くの割れが観察され、一部には曲がりやねじれも生じていた。しかし、防腐処理の効果もあり、腐朽は局所的に軽微なものが認められる程度であった。(2) 曲げ強度試験においても顕著な強度低下は認められず、遮音板に求められる「150kgf/m<sup>2</sup>の風荷重に耐える強度性能」は十分に保持されていた。(3) 音響性能試験では、個々の木製部材自体は十分な遮音性能を維持していることが確認された。これらの木製部材に突（さね）加工をするなり接着重ね梁を使用するなりの隙間対策を講ずれば、木製でも十分な遮音性能を維持しつつ、長期の使用に耐え得るものと推測される。

キーワード：カラマツ、遮音壁、劣化度、音響性能、残存強度

### 1 緒言

長野県林業指導所（現 長野県林業総合センター）では、大プロ「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」（1984～1988年度）の一部として、日本道路公団〔現 中日本高速道路(株)〕が定めた遮音性能等<sup>1)</sup>を満たすカラマツ製遮音壁を開発した。

そして、1985年度末には、飯田IC南の中央自動車道沿いに、200mに渡って試験施工を行った（写真-1参照）<sup>2,3)</sup>。

試験施工に用いられたカラマツ製部材は矢羽型の断面（図-1左）を有する心持ち材で、雨水の滞留を防ぐため、上下面には1：5.35の傾斜を付けた。また、防腐処理はPF3の加圧注入を行った。遮音壁の基本単位となる遮音板（図-1右）は、これらの部材5本をボルト3本で固定して作製した。試験施工の現場では、2m間隔に立てられたH型钢の下部にコンクリート製遮音板を2～3枚入れ、その上にカラマツ製遮音板を5枚ずつ設置した。

今回 標記事業の中で設置後約20年を経過したカラマツ製遮音壁の劣化度等を調査したので、その結果を報告する。

### 2 目視調査及び非破壊試験<sup>4-7)</sup>

#### 2.1 調査及び試験の方法

2004年に、試験施工の現場において、主として目視による調査を実施した。この際には(独)森林総合研究所の担当者も同行し、中日本高速道路(株)の担当者の案内で、車道側も含めた全長について

調査した。

2005年の秋に、3スパン分の遮音板 計15枚（木製部材で75本）を交換して持ち帰った。そして、試験棟内に栈積みして保管し、目視等による調査を開始した。なお、新たに設置した遮音壁部材は、中日本高速道路(株)と協議の上、原則としてその仕様を交換部材と同一にした。ただし、部材下面に背割りを追加し、加圧注入する薬液はACQとした。

2006年の夏に、持ち帰った上記の遮音板を用いて、音響性能の測定を実施した〔後述の4参照〕この試験の際に、同一スパンに設置されていた遮音板4枚を所定の長さで鋸断したので、その断面の調査も実施した。

2007年度に、残りの2スパン分の遮音板10枚を解体し、木製部材50本を得た。これらについて、ハンディグレーダHG-2001を用い、縦振動法によるヤング係数Efrを測定した。部材の断面は図-1左の $(b_1+b_2)/2$ と $(h_1+h_2)/2$ からなる長方形と見なし、部材の長さ方向の中央部で測定した値から断面積を概算した。また、各部材の両端から10～15cmの部分を対象とし、ピロディン6J Forestによる打ち込み深さも測定した。ピロディンの打ち込み数は、それぞれの測定位置で1材面当り2としたので、1部材当りでは $2 \times 4$  (面)  $\times 2$  (両端) = 16であった。

#### 2.2 結果と考察

2004、2005年の目視調査では、設置後約20年を経過した木製部材の表面（直射日光・雨等に曝

される面)は灰褐色に退色しており、材面には多くの割れが観察された(写真-2)。また、一部には曲がりやねじれも生じていた。しかし、腐朽は局部的に軽微なものが認められる程度であった。(独)森林総合研究所が提唱する6段階評価<sup>8)</sup>では、ほとんどが被害度0(健全)~被害度1(部分的に軽度の腐朽または虫害)の範囲にあり、ごく一部に被害度2(全面的に軽度の腐朽または虫害)が散在する状態であった。

交換して持ち帰った3スパン分の遮音壁を観察

すると、笠木を兼ねた最上部の木製部材は、いずれも上面の角が丸くなっていた。しかし、遮音板4枚を鋸断して観察した範囲では、内部はほとんどが心材からなっており、ほぼ健全な状態を保っていた(写真-2右)。

持ち帰った遮音壁を解体して得た部材50本の非破壊試験の結果を、表-1(付表-1,3)と図-2,3に示す。木製部材の中央部の平均寸法は、図-1左のb1が87.0mm, b2が104.4mm, h1とh2の全体が97.2mmであった。表-1や図-2,3からも、ほと



写真-1 設置後約20年経過のカラマツ製遮音壁

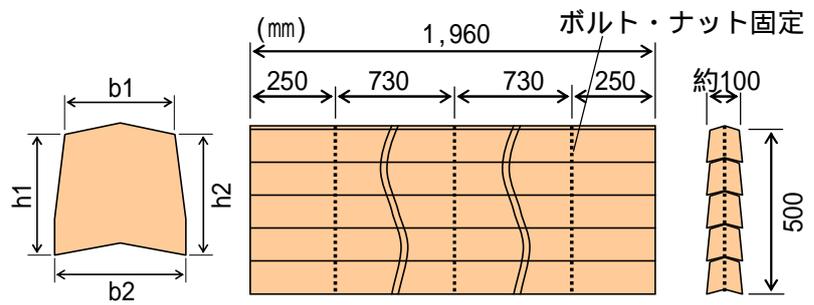


図-1 木製部材の断面寸法(左)と遮音板の概要(右)  
設計図面では b1=90, b2=107, h1=h2=101.6(計算値)mm



写真-2 部材の割れ(左)と最上段の遮音板断面(右)

表-1 木製部材のデータ (n=50)

測定項目	平均値(標準偏差)
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	506 (43)
Efr (kN/mm <sup>2</sup> )	10.98 (1.54)
ピロディンの平均打ち込み深さ (mm)	12.2 (1.5)

部材1本ごとの16測点の平均値。  
図3も同様。

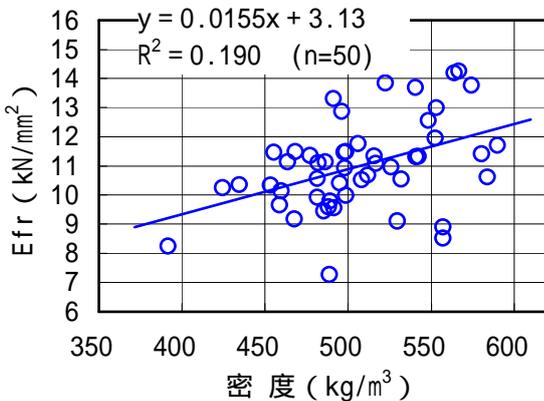


図-2 木製部材の密度とEfr

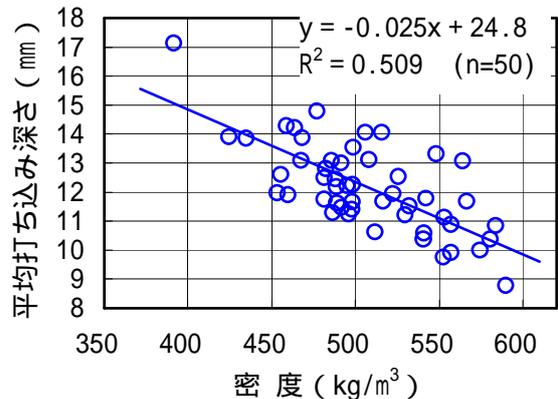


図-3 木製部材の密度とピロディン平均値

んどの部材はほぼ健全な状態であることが示唆される。

本遮音壁が屋外で 20 年間の使用に耐えた主たる要因は、日当たりや風通しがよく、かつ地面から高く離れた位置に設置されていたことにあると思われる。辺材の存在が少なく、かつ防腐処理がされていたことも有利に働いたと思われる。また、らせん木理の影響で材側面の割れが斜めになり、雨水が滞留しにくい傾向にあった(写真-2 左)ことも、多少は関係していたかと思われる。

なお、これらの木製部材を固定していたボルト・ナットはかなり錆びており、ナットは固着して回せない状態であった。また、ボルトの一部は腐食が進んで細くなっていた。

### 3 形状の変化と曲げ強度性能<sup>9-11)</sup>

#### 3.1 試験の方法

供試体は、上記 2.1 で非破壊試験に用いた木製部材 50 本とした。

これらの部材は、現地に設置されていた際と同様の向き(図-1 左の状態)に置き、中央部の寸法 (b1, b2, h1, h2) の他、曲り、縦反り及びねじれを

測定した。「曲り」は試験体の両木口中心を通る水平面内での最大矢高とし、自動車道側での測定値を+で表記した。「縦反り」は同様に垂直面内の最大矢高とし、上側での測定値を+で表記した。「ねじれ」は両下端の3点を同一平面上に置いた際の残り1点の浮き上がり量とし、S螺旋材の乾燥に伴う浮き上がりを+で表記した。

木製部材の曲げ試験は、3等分点4点荷重方式によって実施した。下部支点間距離は、現場設置時のH型鋼の縁間距離に相当する1,875 mmとした。載荷方向は現場設置時の自動車道側の側面からとし、図-1 左の状態から 90°回転させた状態で下部支点上に載せた。下部支点上部荷重点の面と木製部材との隙間には、先端角を変えて作った複数枚の木製クサビを差し込み、試験体のガタツキを抑制した。曲げ試験における MOE や MOR の算出に当たっては、試験体断面を長方形とみなし、幅を図-1 左の (h1+h2)/2、高さを (b1+b2)/2 として概算値を求めた。

#### 3.2 結果と考察

木製部材の寸法、曲り、縦反り、ねじれ及び密度の測定結果を、表-2 (付表-1, 2, 4) に示す。曲

表-2 設置後 20 年を経過した木製部材の形状変化 (n=50)

測定項目	中央部の断面寸法 (mm)				曲り (mm)		縦反り (mm)		ねじれ (mm)		密度 (kg/m <sup>3</sup> )
	b1	b2	h1	h2	±	ABS	±	ABS	±	ABS	
平均	87.01	104.42	97.00	97.46	1.5	3.8	-0.1	2.0	12.3	12.6	506
最大	94.88	109.60	103.76	104.08	19	19	9	9	36	36	590
最小	83.79	99.17	90.45	91.47	-17	0	-9	0	-3	0	392
標準偏差	2.29	2.55	2.70	2.89	5.3	3.9	3.0	2.2	10.3	9.9	43

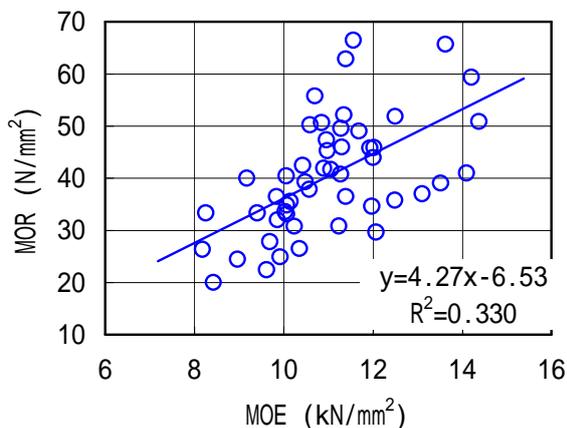


図-4 木製部材の MOE と MOR の関係

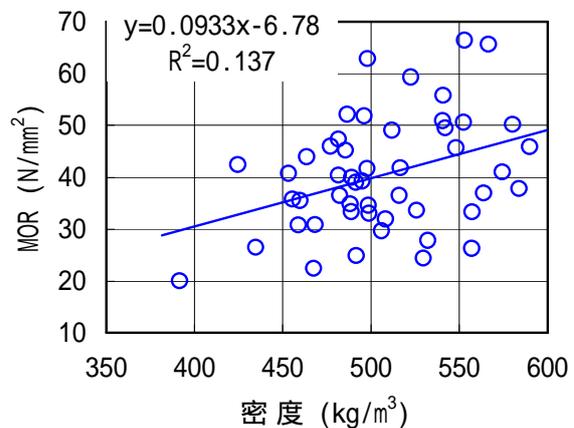


図-5 木製部材の密度と MOR の関係

表-3 木製部材の曲げ強度性能 (n=50)

測定項目	Efr <sup>2)</sup> (kN/mm <sup>2</sup> )	MOE (kN/mm <sup>2</sup> )	Pmax (kN)	MOR (N/mm <sup>2</sup> )
平均	10.98	11.00	19.23	40.5
最大	14.24	14.37	30.28	66.5
最小	7.26	8.18	9.37	20.0
標準偏差	1.54	1.47	5.20	10.9

り・縦反り・ねじれについては、絶対値表記 (ABS) にした場合の集計結果も記した。いずれも、実験棟内で平衡含水率状態に達した後の値とみなし得る。木製部材には収縮や各種の形状変化が生じていたが、1985年当時の蒸気式乾燥技術を考慮に入れると、やむを得ないものと思われる。

曲げ強度試験の結果を、表-3 (付表-1,2) に示す。日本道路公団 [ 現 中日本高速道路 (株) ] の基準<sup>1)</sup>では、遮音板の強度性能として「150 kgf/m<sup>2</sup> (約 1.5 kN/m<sup>2</sup>) の風荷重」に耐えることが求められている。木製部材 1 本当りの側面積は約 0.1 × 1.875 = 0.19 (m<sup>2</sup>) 程度であるため、約 0.3 kN の荷重に耐えればよいことになる。表-3 の Pmax の値より、設置後 20 年を経過した木製部材においても、曲げ強度性能の面では全く問題がないことが確認された。

#### 4 音響性能試験<sup>6,12-14)</sup>

##### 4.1 試験の方法

2005 年の秋に交換して持ち帰った 3 スパン分の遮音板 15 枚 (木製部材で 75 本) の一部を用い、

至 飯田 I.C. (側道=外側から見た図)

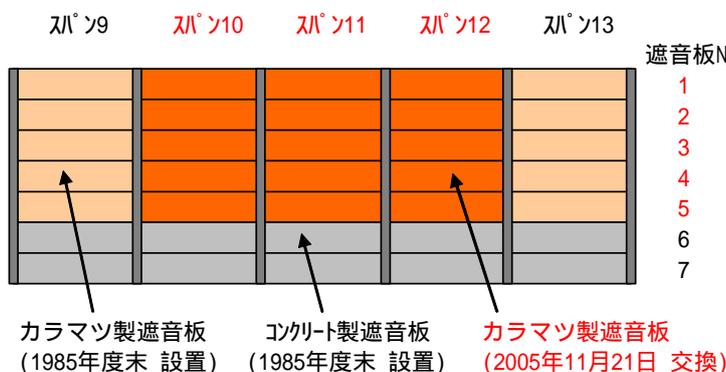


図-6 交換したカラマツ製遮音板の位置

遮音板記号はスパン No. - 遮音板 No. とし、例えば交換部の左上の遮音板を 10-1 と記録した。

また、遮音板を構成する木製部材は上から 1~5 とし、10-1-1~10-1-5 等と記録した。

2006 年 8 月下旬~9 月上旬に (独) 森林総合研究所及び工学院大学と共同で音響性能試験を実施した。

音響透過損失の測定に当たっては、工学院大学工学部建築学科の 2 つの残響試験室 (音源室と受音室) を用い、両室間の開口部 (幅 2.7 × 高さ 3.6 m) に H 型鋼等で枠体を組み、その全面へ試験体 (遮音板) を落とし込んだ (付図-1~5)。比較対象には、新品のコンクリート製遮音板 (断面寸法 90 × 500mm, カタログ値で密度 約 2,380 kg/m<sup>3</sup>) を用いた。

##### 4.2 結果と考察

測定結果を、図-7 及び表-4 (付表-5) に示す。隣室が透けて見えるような大きな隙間を油粘土でシールすると (写真-4 中央)、中日本高速道路 (旧 日本道路公団) が規定する遮音性能を満たした。すべての隙間をシールすると (写真-4 右) 遮音性能はさらに向上し、新品のコンクリート製遮音壁とほぼ同等の性能を示した。

このことは、個々の木製部材自体は十分な遮音性能を維持していたことを示している。これらの木製部材に突 (さね) 加工をするなり接着重ね梁を使用するなりの隙間対策を講ずれば、木製でも十分な遮音性能を維持しつつ、長期の使用に耐え得るものと思われる。

なお、本試験時における木製部材間の隙間は、遮音板の取り外し時 (写真-3) や試験室への設置時に吊り上げているため、施工現場に設置されていた状態よりも拡大していた可能性がある。

また、吸音率は開発時の測定値より若干大きか

至 名古屋



写真-3 カラマツ製遮音板の交換



写真-4 カラマツ製遮音板の音響透過損失の測定（音源室側から見た状態）  
左側から「シールなし」「大きな隙間のみシール」「すべての隙間をシール」の状態

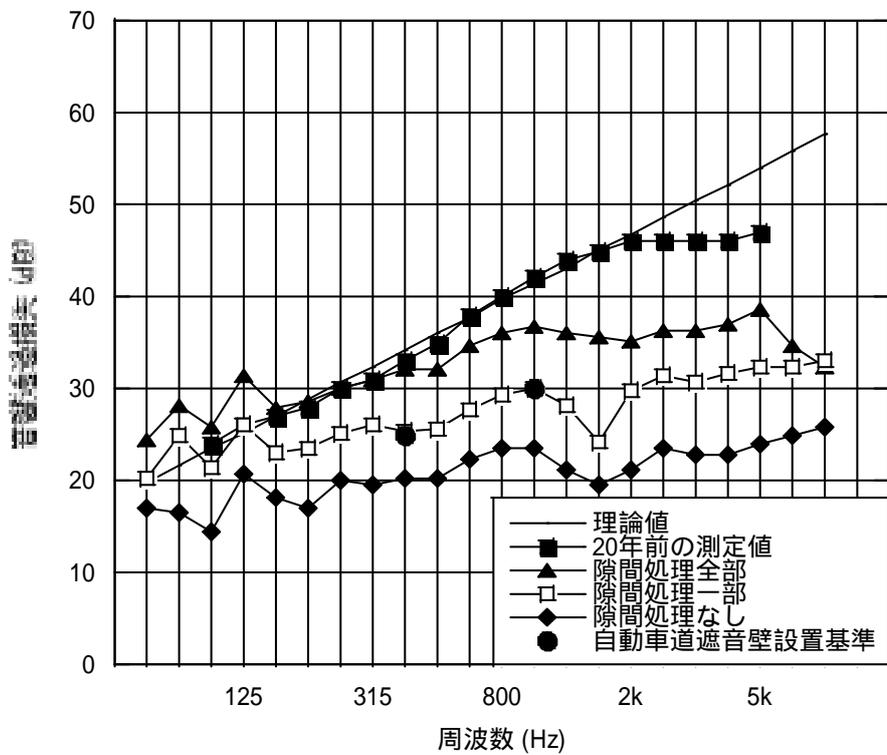


図-7 カラマツ製遮音壁の音響透過損失<sup>13)</sup>

ここで、隙間処理全部 = 全ての隙間をシール，隙間処理一部 = 大きな隙間のみシール，隙間処理なし = シールなし

表-4 音響透過損失の測定結果（単位：dB）<sup>13)</sup>

遮音板とシール条件	400 Hz	1,000 Hz
20年経過のカラマツ製		
シールなし	20.2	23.4
大きな隙間のみシール	25.4	30.0
すべての隙間をシール	32.0	36.8
コンクリート製新品、シールなし	35.1	35.4
中日本高速道路 基準値	25 以上	30 以上

った(付表-6)。測定部材等が異なるため単純な比較はできないが、部材表面における割れや凹凸等の発生により、吸音率が向上したことは十分に推測される。

## 5 結言

本試験の結果は、設置環境等に恵まれた面もあるかとは思われるが、木材の屋外利用の可能性を示す実証データとなった。

遮音壁は要求される強度性能が低いので、さらなる長スパン化も可能である。木材(間伐材)の使用量が多く、軽量のため施工面でも有利である。

現在ではモルダール等、木材の加工機械も発達しているので、断面形状等を多少工夫すれば、遮音壁への木材利用は極めて有望であると思われる。

## 謝辞

本研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発」(2004~2008年度)の一部として実施された。本事業の中核機関は(独)森林総合研究所で、現地調査等において助言・協力を得た。

また、音響性能試験は(独)森林総合研究所 構造利用研究領域(領域長 末吉修三)および工学院大学 工学部 建築学科 塩田研究室(教授 塩田正純)との共同で実施した<sup>13)</sup>。

関係各位に対し、厚く御礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中日本高速道路(株) (2005) 木製遮音壁技術指針(案), 29pp
- 2) 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 (1989) 木製防音壁の試作と性能評価, 長野県林業総合センター研究報告第5号, 39-59
- 3) 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 (1991) 木製防音壁の試作と性能評価, 木材工業 46(1), 17-22
- 4) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2005) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 - 長野県における木製道路施設の調査 -, 長野県林業総合センター 平成 16 年度 業務報告, 98-101
- 5) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2006) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 - 長野県における木製道路施設の調査(2) -, 長野県林業総合センター 平成 17 年度 業務報告, 108-111
- 6) 柴田直明 (2007) カラマツ製遮音壁 - 設置後 20 年経過の現状 -, 長野県林業総合センター 技術情報, No.125, 6-7
- 7) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2008) 設置後 20 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価 (1)20 年経過の現状と非破壊検査の結果, 日本木材学会大会 研究発表要旨集, 76 [CD 版: N18-1400]
- 8) 森林総合研究所監修 (2004) 被害度の区分と内容 (木材工業ハンドブック改訂 4 版, 1221pp, 丸善, 東京) 786
- 9) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2008) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 - 長野県における木製道路施設の調査(4) -, 長野県林業総合センター 平成 19 年度 業務報告, 110-111
- 10) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2009) 設置後 20 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価 (3) 形状の変化と曲げ強度性能, 日本木材学会大会 研究発表要旨集, 156 [CD 版: PN017]
- 11) 柴田直明・吉野安里・戸田堅一郎 (2009) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 - 長野県における木製道路施設の調査 (6) -, 長野県林業総合センター 平成 20 年度 業務報告, 102-103
- 12) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2007) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 - 長野県における木製道路施設の調査(3) -, 長野県林業総合センター 平成 18 年度 業務報告, 98-101
- 13) 末吉修三・塩田正純・坂田淳・柴田直明・吉野安里 (2008) 設置後 20 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価 (2)音響性能, 日本木材学会大会 研究発表要旨集, 76 [CD 版: N18-1415]
- 14) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫 (2008) 設置後 20 年経過のカラマツ製遮音壁の現状と音響性能, 公立林業試験研究機関 研究成果選集, No.5, 75-76