

# 木製屋外構造物の劣化調査と維持管理技術の開発

—設置後約30年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価—

奥原祐司・柴田直明<sup>\*1</sup>・吉田孝久・山口健太・今井信・山内仁人<sup>\*2</sup>

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30年経過の状態を20年経過時と同様に調査し、次の結果を得た。(1)20年経過時の調査には確認できなかった遮音壁最上段の部材に局所的な腐朽が見られた。(2)音響性能試験は、現状のままでは遮音壁の設置基準（25dB/400Hz・30dB/1000Hz）を満たさなかったが、隙間対策を講じれば基準を満たした。(3)曲げ強度試験は、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が、20年経過時と比較すると強度性能は低下していた。

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、中日本高速道路株が定めた遮音性能等<sup>1,2)</sup>を満たすカラマツ製遮音壁（以下、遮音壁という）を開発した。

そして、1985年度末（工期：1985年【昭和60年】11月12日～1986年3月15日）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及び図-1）<sup>3)</sup>。



写真-1 1985年度末に設置されたカラマツ製遮音壁

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-2）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の傾斜を付けられており、また、防腐処理はPF3の加圧注入を行っている（インサイジング処理はなし）。

遮音壁の基本単位となる遮音板（図-3）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型鋼の下部にコンクリート製遮音板を2～3枚入れ、その上に遮音板を5枚ずつ設置したものを1スパンとして遮音壁とした（図-4）。

今回は、設置後約20年を経過した遮音壁の性能評価<sup>4)</sup>に基づき、設置後約30年を経過した遮音壁の劣化度等を調査したので、その結果を報告する。

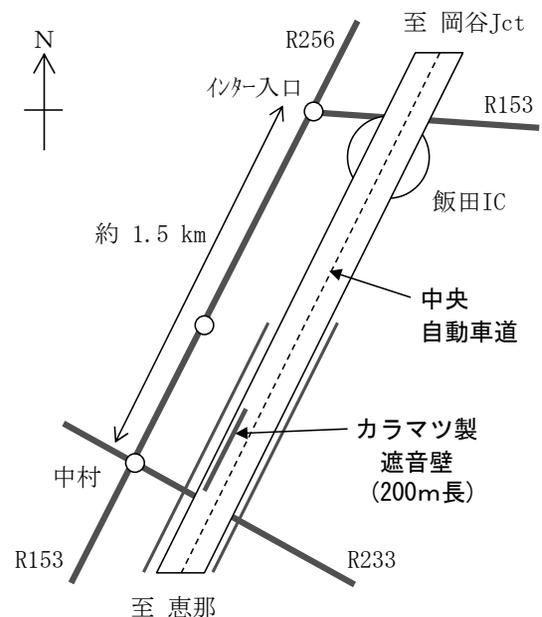


図-1 1985年度末に設置されたカラマツ製遮音壁

\*1 元林業総合センター木材部 \*2 現上伊那地域振興局林務課

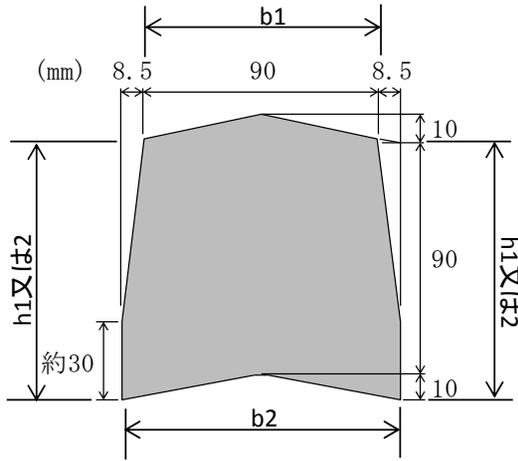


図-2 カラマツ製部材の断面図



写真-2 30年経過した遮音壁の交換

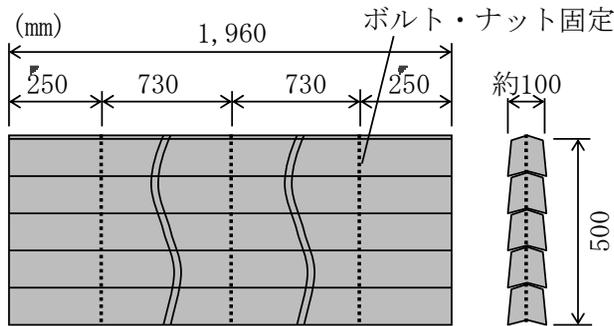


図-3 カラマツ製遮音板

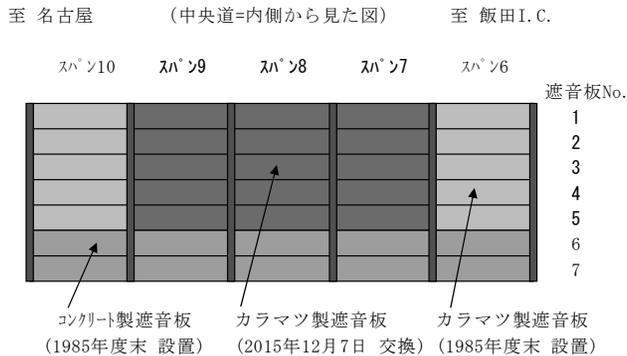


図-4 カラマツ製遮音壁

## 2 試験方法

### 2.1 供試材

遮音壁の一部を2015年(平成27年)12月7日に交換(図-1及び写真-2)し、その交換した遮音壁3スパン分の計15枚(木製部材で75本)の遮音板と2016年(平成28年)6月に3枚(木製部材で15本)の遮音板の合計で遮音板18枚(木製部材で90本)を供試材とした。また、撤去後は直ぐに音響性能試験を実施し、屋内での養生後に強度試験を行った。

### 2.2 音響性能

埼玉県草加市の一般財団法人建材試験センターへ供試材を運搬し、同第1音響試験棟の残響室の開口部に遮音壁のH鋼支柱を模した鋼製枠を介して取付け(付図-1~5)、JIS A 1416(2000)に規定された音響透過損失測定を実施した。なお、開口部の寸法がL:3680mm・H:2730mmであったため、同試験に供した遮音板は10枚分(50本)で、うち半数は部材長を1625mmにカットして使用した。(図-5)なお、9-1及び8-1の最上段は7-4の部材を各1本使用した。

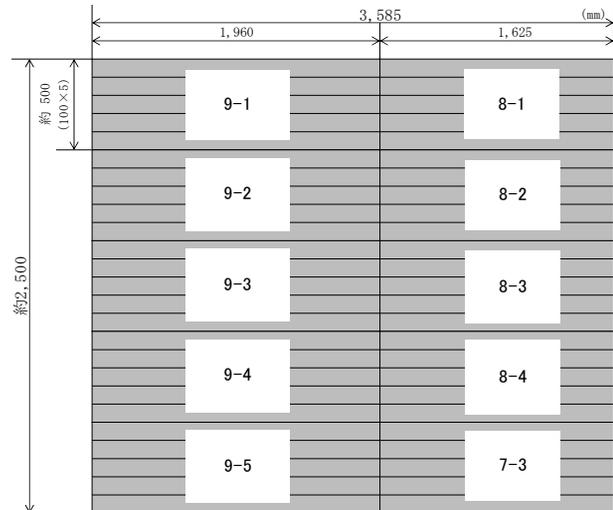


図-5 遮音板の設置状況

音響透過損失の測定は、①運搬した遮音板をそのまま重ねて実施、②ボルト穴を広げて5枚の遮音板を径12mmの通しボルトで一体化した後実施、③通しボルトによる緊結に加え木製部材の接合部の隙間を全て粘土詰めした後の計3回とした。

## 2.3 強度性能

残りの 13 枚分の遮音板を解体し、木製部材 65 本を得た。これらについて、部材の断面は図-2 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 10~15 cm 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  $2 \times 4(\text{面}) \times 2(\text{両端}) = 16$  であった (写真-3)。



写真-3 ピロディン測定状況

静的曲げ試験は、スパン 1,875mm の 3 等分点 4 点荷重方式で実施した。ここで、スパンは施工現場における H 型鋼の縁間距離とした。荷重方向は高速道路側の側面荷重をイメージし、図-2 の状態から 90° 回転させた状態で下部支点上にセットした。部材を原形のままで供試するため、下部支点や上部荷重点には先端角の異なる複数枚の木製クサビを差し込み、荷重時における部材の安定を図った (写真-4)。曲げ強さ (MOE) とみかけの曲げヤング係数 (MOR) の算出に当たっては部材の断面を長方形とみなし、各部材の実測値 (図-2) から幅  $= (h_1+h_2)/2$ 、高さ  $= (b_1+b_2)/2$  とした。MOE の算出に当たっては、最大荷重 (Pmax) の約 1/10 と 4/10 に相当する荷重データと、それぞれの変位データを用いた。静的曲げ試験後に部材の中央部から含水率の試験片を採取し、劣化状況をスキャナーで記録した後に全乾法による含水率を測定した。

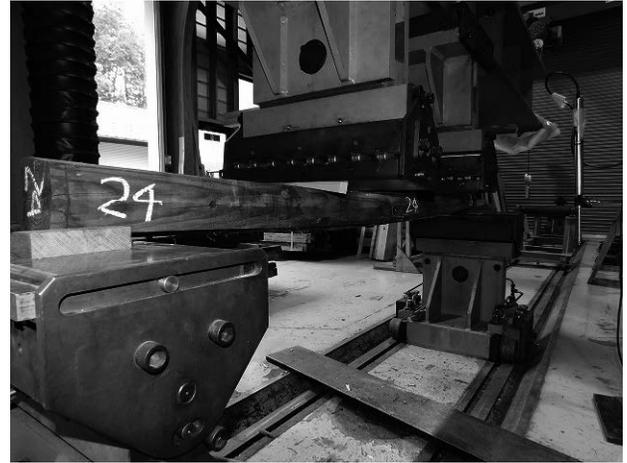


写真-4 静的曲げ試験の状況

## 3 試験の結果

### 3.1 目視及び非破壊試験

設置後約 30 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 20 年経過時と同様に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。

また、遮音板単位で腐朽状況を確認すると 5 本の部材の内、最上段の部材が著しく腐朽しており、その下にある 4 本の部材は、ほとんどが腐朽しているようには見えなかった (写真-5)。



写真-5 劣化状況

なお、(独)森林総合研究所が提唱する 6 段階評価<sup>5)</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。しかし、遮音壁の最上段にある遮音板の一番上の木製部材の一部には被害度 3 (2 の状態のうえに部分的に激しい腐朽または虫害) もあった (写真-6)。



写真-6 遮音壁最上段の部材の劣化状況

交換して持ち帰った遮音板を観察すると、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、最上段以外の遮音板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-7)。



写真-7 遮音板の断面

遮音板を解体して得た部材 65 本の非破壊試験の結果の概要を表-1 に、20 年経過時の同測定結果を表-2 に示す。木製部材の中央部の平均寸法は、図-2 の b1 が 86.50 mm, b2 が 104.53mm, h1 が 98.29

mm, h2 が 98.25 mm で、いずれも断面寸法は割れを含んだものである。

また、20 年経過時と比較すると寸法及び曲がり等については、ほとんど変化は無かったが、重量及び密度は減少していた。これは、一部の部材が腐朽していることが影響していると考えられる。

なお、計測にあたり、供試材を屋内で約 1 年 8 ヶ月間養生を行い、平衡含水率状態に達した後の値とみなし得る。

表-1 30 年経過の木製部材の形状変化 (n=65)

	幅(b1) mm	幅(b2) mm	高さ(h1) mm	高さ(h2) mm	重量 (g)
平均	86.50	104.53	98.29	98.25	9,137
最大値	89.81	109.90	104.23	106.05	11,459
最小値	79.91	100.40	89.40	92.95	6,726
標準偏差	1.54	2.24	3.04	2.66	976

	長さ (mm)	密度 (Kg/m <sup>3</sup> )	曲がり (mm)	縦反り (mm)	ねじれ (mm)
平均	1,957	497	3.3	2.0	14.5
最大値	1,960	590	22	13	40
最小値	1,949	382	0	0	0
標準偏差	1.5	48	4.0	2.5	8.1

表-2 20 年経過の木製部材の形状変化 (n=50)

	幅(b1) mm	幅(b2) mm	高さ(h1) mm	高さ(h2) mm	重量 (g)
平均	87.01	104.42	97.00	97.46	9,221
最大値	94.88	109.60	103.76	104.08	10,919
最小値	83.79	99.17	90.45	91.47	7,059
標準偏差	2.29	2.55	2.70	2.89	770

	長さ (mm)	密度 (Kg/m <sup>3</sup> )	曲がり (mm)	縦反り (mm)	ねじれ (mm)
平均	1,957	506	3.8	2.0	12.6
最大値	1,961	590	19	9	36
最小値	1,908	392	0	0	0
標準偏差	7.4	43	3.9	2.2	9.9

ピロディンによる打ち込み深さを表-3 に示す。20 年経過時のピロディンの平均打ち込み深さは、12.2 mm (標準偏差 1.5) に対して 30 年経過時は、11.5 mm (標準偏差 1.7) となり、大きな変化は見られなかった。

表-3 30 年経過のピロディン打ち込み深さ (n=260)

	b1面 (mm)	h1又はh2面 (mm)	b2面 (mm)	h1又はh2面 (mm)	平均
平均	11.4	11.8	10.9	11.7	11.5
最大値	22	19	20	23	15.8
最小値	4	6	5	4	7.1
標準偏差	2.6	2.4	2.3	3.0	1.7

### 3.2 音響性能

30年経過の音響透過損失の測定結果を図-6に、設置時及び20年経過時の同測定結果を図-7<sup>6)</sup>を示す。

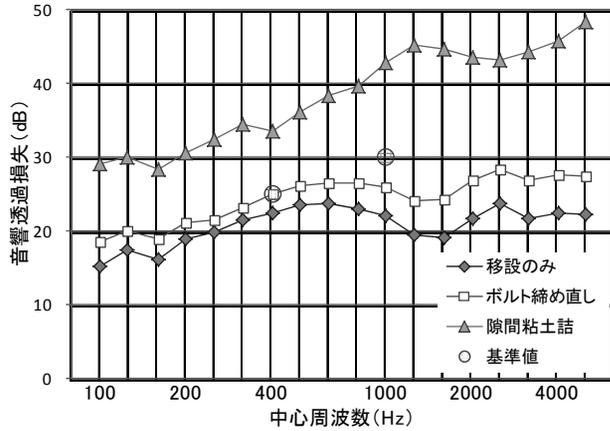


図-6 30年経過の音響透過損失試験結果

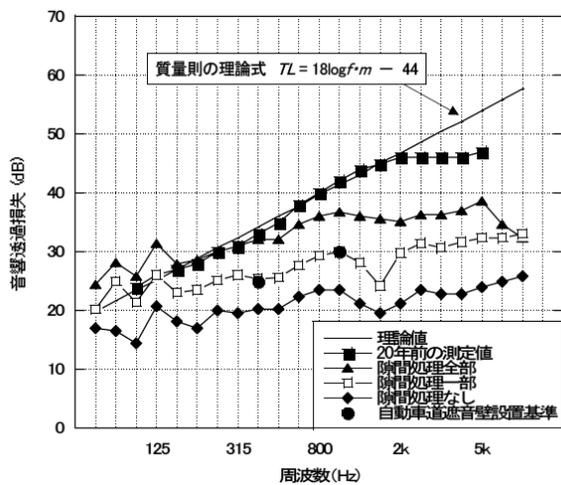


図-7 20年経過の音響透過損失試験結果

ボルト穴等からの雨水の侵入・直射日光の暴露等、最も設置条件が厳しい最上段の部材を除き、交換した大半の木製部材では写真-8のように顕著な劣化は認められなかった。

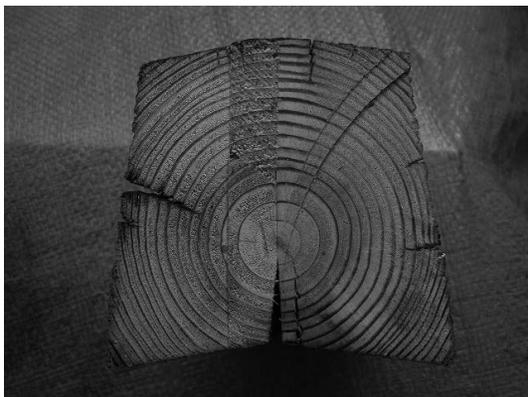


写真-8 部材の断面

一方、ボルトは腐食(写真-9)が著しく、その締め直し等は困難で、交換作業時に部材間の隙間が拡大した可能性も考えられ、隙間処理(シーリング)等を行わなかった場合(写真-10)は、遮音壁の設置基準(25dB/400Hz・30dB/1000Hz)を満たさなかった。

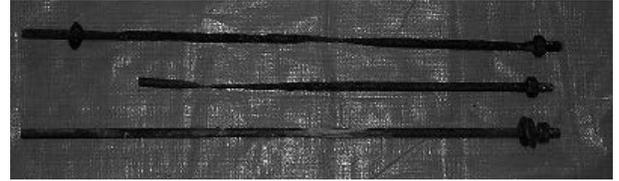


写真-9 ボルト等の腐食状況

しかし、通しボルトへの交換に加え隙間を全て粘土で塞いだ場合(写真-11)は、同基準値を満たし、各周波数の測定値も20年経過時と顕著な差は認められず、前回測定時から今回の測定までに木製部材の劣化が特に進んだとは考えにくかった。

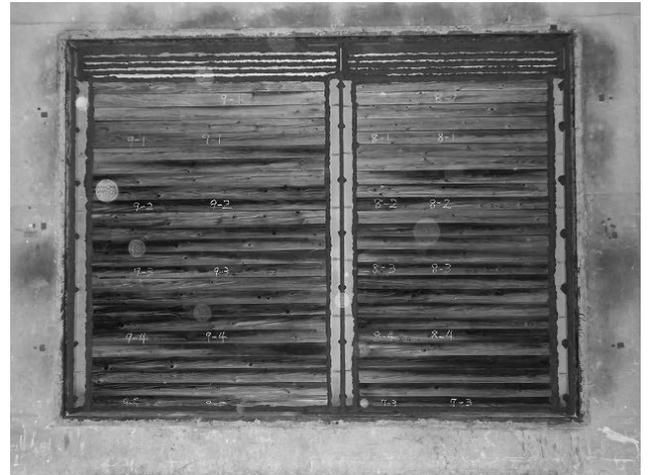


写真-10 移設のみの遮音壁



写真-11 シーリング処理した遮音壁

以上のとおり設置時の値とも遜色が無かったことから、部材の形状及び接合方法の改良によって隙間が生じにくい構造ならば、カラマツ製遮音壁の遮音性能を30年以上維持できる可能性が示された。併せて、設置現場で部材の狂い等により隙間が生じたとしても、その隙間をシーリング剤等により塞げば、初期の遮音性能を回復できる可能性も示すことができたのではないかと考える。

### 3.3 強度性能

30年経過時の静的曲げ試験の結果を表-4に、20年経過時の静的曲げ試験の結果を表-5示す。

表-4 30年経過の木材部材の曲げ強度性能(n=65)

	MOR (kN/mm <sup>2</sup> )	MOE (kN/mm <sup>2</sup> )	Pmax (kN)
平均	28.8	8.42	14.13
最大	48.3	14.35	24.26
最小	14.4	5.10	7.23
標準偏差	8.3	1.81	4.00

表-5 20年経過の木材部材の曲げ強度性能(n=50)

	MOR (kN/mm <sup>2</sup> )	MOE (kN/mm <sup>2</sup> )	Pmax (kN)
平均	40.5	11.00	19.23
最大	66.5	14.37	30.28
最小	20.0	8.18	9.37
標準偏差	10.9	1.47	5.20

曲げ強さ(MOR)、みかけの曲げヤング係数(MOE)、最大荷重(Pmax)は、20年経過時よりも低い数値となった。しかし、中日本高速道路(株)の風荷重基準である「150kgf/m<sup>2</sup>(約1.5kN/m<sup>2</sup>)の風荷重」に耐える要求性能基準については、全試験体中で最小の最大荷重の7.2kNから算出される強度でも36.8kN/m<sup>2</sup>と十分に満足していた。

また、MOEとMORの関係を図-8に示す。30年経過と20年経過のMOEについて、統計的な差をスチューデントのt検定(両側検定)によって確認したところ、p<0.05を統計的に差があると判断した。更に、30年経過と20年経過のMORについて、統計的な差をウェルチのt検定(両側検定)によって確認したところ、p<0.05を統計的に差があると判断した。なお、密度とMORの関係を図-9に示す。

部材の重さは、20年経過の平均重量9.221kg(表

-2)に対して30年経過の平均重量9.137kg(表-1)と84g軽くなっていたが、全乾法による平均含水率は12.78%だった(表-6)。

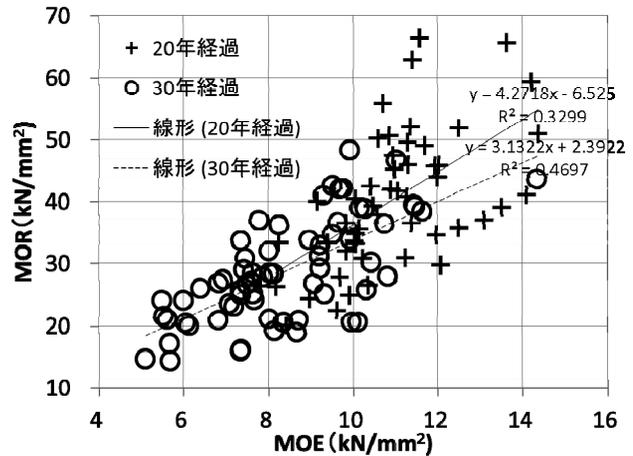


図-8 20及び30年経過のMOEとMORの関係

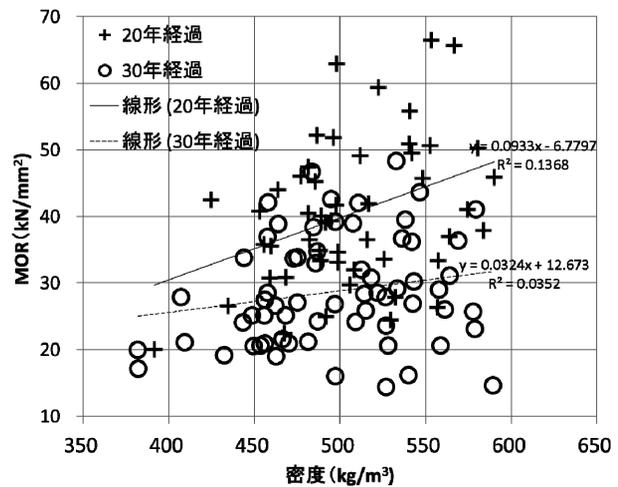


図-9 20及び30年経過の密度とMORの関係

表-6 30年経過の木材部材の全乾法含水率(n=65)

	乾燥前重量 (g)	乾燥後重量 (g)	含水率 (%)
平均	146.03	129.50	12.78
最大値	201.18	179.26	19.88
最小値	73.43	64.73	10.12
標準偏差	21.58	19.24	1.25

## 4 結言

本試験は、遮音壁が設置されている環境等に恵まれた面もあり、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ことから更なる長スパン化によるコストダウンも可能である。

今後は、断面形状等を工夫することで、長期間の使用であっても遮音壁の設置基準を満足出来れば、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、平成 27 年度信州の木先進的利用加速化事業「県産材による高性能・低コスト木製遮音板開発事業」（2015 年度、事業実施主体：県産材販路開拓協議会）の一部として実施した。遮音板の交換では中日本総則道路株式会社名古屋支社飯田保全・サービスセンター各位、また、音響性能試験では、一般財団法人建材試験センター中央試験所環境グループ各位のご高配を賜った。その他、関係各位のご協力に、厚く御礼を申し上げます。

## 引用文献

- 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, pp. 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), pp. 17-22
- 4) 柴田直明・吉野安里・橋爪丈夫・戸田堅一郎 (2010) 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ー設置後約 20 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価ー, 長野県林業総合センター 研究報告第 24 号, pp. 213-227
- 5) 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) p. 786
- 6) 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]

## 参考文献等

- 1) 柴田直明 (2013) : 長野県内における木製遮音壁の開発と施工ー1985 年度試験施工 200m と

- 2012 年度新設 48mー, 木材保存 39(5)
- 2) 柴田直明 (2014) : 長野県内のカラマツ製遮音壁ー1985 年度試験施工は、わが国の高速走路で第 1 号ー, 平成 26 年度長野県林業総合センター研究成果発表会
- 3) 山内仁人 (2016) : 長野県における木材の土木利用と維持管理の取り組み, 木材保存 42 (2), pp. 106-111
- 4) 山内仁人・柴田直明・丸山浩・宮崎正毅・藤本隆史 (2016) : 第 66 回日本木材学会大会要旨集, p. 234
- 5) 柴田直明 (2016) : 長野県林業総合センター技術情報 151, pp. 20-27
- 6) 山内仁人 (2017) : 設置後約 30 年経過したカラマツ製遮音壁の諸性能, 日本木材保存協会第 32 回年次大会研究発表論文集, pp. 72-75

付表-1 カラマツ製遮音壁部材の非破壊試験時における諸データ(30年経過時)

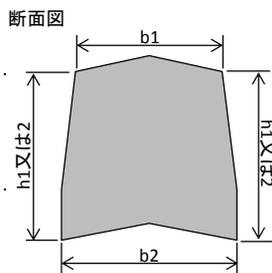
試験体 No.	幅(b1) mm	幅(b2) mm	平均幅 mm	高さ(h1) mm	高さ(h2) mm	平均高さ mm	重量 (g)	長さ (mm)	密度 (Kg/m <sup>3</sup> )	
<b>平均</b>	<b>86.50</b>	<b>104.53</b>	<b>95.52</b>	<b>98.29</b>	<b>98.25</b>	<b>98.27</b>	<b>9,137</b>	<b>1,957</b>	<b>497</b>	
<b>最大値</b>	<b>89.81</b>	<b>109.90</b>	<b>98.24</b>	<b>104.23</b>	<b>106.05</b>	<b>103.48</b>	<b>11,459</b>	<b>1,960</b>	<b>590</b>	
<b>最小値</b>	<b>79.91</b>	<b>100.40</b>	<b>91.62</b>	<b>89.40</b>	<b>92.95</b>	<b>91.50</b>	<b>6,726</b>	<b>1,949</b>	<b>382</b>	
<b>標準偏差</b>	<b>1.54</b>	<b>2.24</b>	<b>1.53</b>	<b>3.04</b>	<b>2.66</b>	<b>2.35</b>	<b>975.96</b>	<b>1.47</b>	<b>48</b>	
<b>個数</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	
1	86.19	105.55	95.87	97.00	97.93	97.47	8,378	1,957	458	
2	86.87	108.67	97.77	94.32	97.52	95.92	8,515	1,957	464	
3	86.48	105.59	96.04	97.68	101.34	99.51	8,085	1,956	433	
4	86.45	102.53	94.49	97.06	103.81	100.44	8,700	1,957	468	
5	7-5	86.53	101.95	94.24	98.29	101.90	9,711	1,953	527	
6	87.18	103.88	95.53	98.54	99.79	99.17	10,929	1,957	590	
7	86.89	102.11	94.50	98.79	95.30	97.05	9,481	1,957	528	
8	86.58	104.55	95.57	99.53	100.01	99.77	8,287	1,957	444	
9	86.60	104.25	95.43	101.38	96.87	99.13	8,441	1,957	456	
10	8-5	88.03	102.88	95.46	93.02	97.02	8,055	1,957	454	
11	86.48	101.52	94.00	104.23	98.02	101.13	8,516	1,957	458	
12	86.92	109.56	98.24	94.04	96.49	95.27	8,703	1,957	475	
13	86.87	106.75	96.81	98.54	99.01	98.78	8,539	1,957	456	
14	87.00	107.25	97.13	99.72	99.13	99.43	8,499	1,957	450	
15	86.32	102.36	94.34	95.97	99.26	97.62	8,683	1,958	482	
16	84.88	103.44	94.16	89.40	93.60	91.50	6,866	1,957	407	
17	87.05	104.58	95.82	99.80	101.69	100.75	10,239	1,957	542	
18	86.83	105.66	96.25	100.45	100.53	100.49	9,406	1,957	497	
19	86.63	103.18	94.91	99.51	101.80	100.66	9,613	1,957	514	
20	84.56	101.91	93.24	101.55	95.44	98.50	10,138	1,957	564	
21	79.91	103.33	91.62	98.90	97.70	98.30	8,963	1,954	509	
22	87.99	106.02	97.01	99.81	99.97	99.89	9,431	1,957	497	
23	88.55	105.81	97.18	99.44	98.23	98.84	8,891	1,957	473	
24	87.69	107.15	97.42	97.61	95.71	96.66	9,496	1,957	515	
25	87.27	102.80	95.04	97.40	94.13	95.77	9,121	1,955	513	
26	82.65	102.27	92.46	98.62	99.64	99.13	8,300	1,957	463	
27	87.00	105.50	96.25	100.89	100.74	100.82	10,600	1,955	559	
28	87.56	104.57	96.07	100.06	102.42	101.24	10,315	1,955	543	
29	86.87	107.64	97.26	98.08	97.06	97.57	9,901	1,956	533	
30	86.78	106.18	96.48	100.45	100.51	100.48	10,641	1,955	561	
31	85.64	103.08	94.36	103.17	98.67	100.92	10,111	1,955	543	
32	87.39	102.47	94.93	101.57	100.93	101.25	10,860	1,955	578	
33	87.70	107.86	97.78	104.23	102.72	103.48	11,459	1,957	579	
34	89.10	107.17	98.14	100.54	101.01	100.78	10,202	1,957	527	
35	89.81	104.97	97.39	99.14	97.20	98.17	10,121	1,960	540	
36	85.85	105.29	95.57	91.07	94.94	93.01	8,259	1,955	475	
37	88.50	105.11	96.81	95.61	96.26	95.94	8,476	1,957	466	
38	88.21	105.12	96.67	97.21	95.61	96.41	9,453	1,957	518	
39	89.14	105.53	97.34	97.76	96.37	97.07	10,318	1,957	558	
40	88.35	104.47	96.41	97.06	96.01	96.54	9,955	1,957	547	
41	9-1-1	86.30	101.72	94.01	96.89	94.54	95.72	6,726	1,956	382
42	9-1-2	83.99	102.39	93.19	101.02	97.72	99.37	8,257	1,955	456
43	9-1-3	85.87	105.96	95.92	100.45	98.11	99.28	9,224	1,957	495
44	9-1-4	86.83	106.34	96.59	98.14	99.81	98.98	8,297	1,957	444
45	9-1-5	84.40	103.13	93.77	103.38	99.99	101.69	10,044	1,957	538
46	9-2-1	87.87	104.73	96.30	97.08	97.03	97.06	9,344	1,957	511
47	9-2-2	86.49	107.71	97.10	98.39	96.01	97.20	8,990	1,957	487
48	9-2-3	86.35	102.35	94.35	102.06	97.74	99.90	9,830	1,957	533
49	9-2-4	86.47	107.33	96.90	99.46	100.62	100.04	7,247	1,957	382
50	9-2-5	85.44	100.69	93.07	99.90	106.05	102.98	7,669	1,955	409
51	9-3-1	84.77	107.56	96.17	94.54	96.76	95.65	8,047	1,949	449
52	9-3-2	85.19	102.44	93.82	97.43	100.01	98.72	9,026	1,959	497
53	9-3-3	87.46	100.40	93.93	97.22	95.95	96.59	9,011	1,957	508
54	9-3-4	85.03	105.73	95.38	100.43	97.99	99.21	8,476	1,957	458
55	9-3-5	85.73	103.86	94.80	94.05	98.06	96.06	8,659	1,957	486
56	9-4-1	85.60	101.74	93.67	93.84	100.65	97.25	8,390	1,958	470
57	9-4-2	87.04	104.92	95.98	99.58	97.32	98.45	8,545	1,955	463
58	9-4-3	86.04	103.15	94.60	93.76	99.38	96.57	8,712	1,958	487
59	9-4-4	85.09	109.90	97.50	94.86	93.66	94.26	8,713	1,957	484
60	9-4-5	85.42	101.46	93.44	94.76	100.23	97.50	9,393	1,957	527
61	9-5-1	86.12	104.75	95.44	98.38	97.42	97.90	10,405	1,957	569
62	9-5-2	87.03	107.61	97.32	93.69	92.95	93.32	9,276	1,957	522
63	9-5-3	87.75	103.01	95.38	100.97	96.96	98.97	10,715	1,959	579
64	9-5-4	87.36	104.02	95.69	97.20	93.50	95.35	8,638	1,957	484
65	9-5-5	83.75	100.88	92.32	103.73	95.33	99.53	9,643	1,957	536

付表-2 カラマツ製遮音壁部材の曲げ強度時における諸データ(30年経過時)

試験体 No.	Y1 mm	Y2 mm	P1 mm	P2 mm	MOR (kN/mm <sup>2</sup> )	MOE (kN/mm <sup>2</sup> )	Pmax (kN)
<b>平均</b>	<b>2.62</b>	<b>10.45</b>	<b>1.41</b>	<b>5.65</b>	<b>28.77</b>	<b>8.42</b>	<b>14.13</b>
<b>最大値</b>	<b>4.45</b>	<b>14.36</b>	<b>2.43</b>	<b>9.70</b>	<b>48.30</b>	<b>14.35</b>	<b>24.26</b>
<b>最小値</b>	<b>0.66</b>	<b>6.04</b>	<b>0.72</b>	<b>2.89</b>	<b>14.37</b>	<b>5.10</b>	<b>7.23</b>
<b>標準偏差</b>	<b>0.82</b>	<b>2.24</b>	<b>0.40</b>	<b>1.60</b>	<b>8.26</b>	<b>1.81</b>	<b>4.00</b>
<b>個数</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>
1	3.63	13.56	2.05	8.18	42.1	9.77	20.46
2	2.87	11.71	1.86	7.46	38.9	10.30	18.65
3	1.54	6.83	0.97	3.88	19.1	8.15	9.69
4	1.92	7.95	1.28	5.11	25.1	9.32	12.77
5 7-5	1.82	7.49	0.72	2.89	14.4	5.69	7.23
6	2.12	8.61	0.73	2.93	14.6	5.10	7.32
7	1.51	6.28	0.98	3.90	20.6	9.98	9.76
8	2.13	10.61	1.71	6.85	33.8	8.97	17.14
9	1.95	9.41	1.26	5.03	25.1	7.63	12.57
10 8-5	2.33	8.15	0.95	3.78	20.6	8.36	9.46
11	3.23	13.76	1.89	7.58	36.9	7.79	18.94
12	2.91	11.3	1.29	5.14	27.0	7.60	12.85
13	3.16	10.14	1.06	4.22	20.9	6.82	10.55
14	0.74	8.39	1.05	4.20	20.5	6.06	10.51
15	0.66	6.73	1.01	4.06	21.2	8.02	10.14
16	3.29	11.96	1.17	4.68	27.8	7.88	11.70
17	3.98	13.75	1.88	7.50	36.2	8.25	18.75
18	2.28	8.88	1.39	5.55	26.8	9.07	13.88
19	2.5	10.28	1.45	5.82	28.3	8.13	14.54
20	1.43	9.14	1.50	6.01	31.1	9.21	15.02
21	3.23	13.28	1.14	4.55	24.1	5.48	11.38
22	1.34	6.23	0.82	3.30	16.0	7.35	8.25
23	3.68	14.07	1.70	6.81	33.6	7.36	17.03
24	1.88	7.7	1.25	5.01	25.8	10.31	12.53
25	2.46	11.8	1.49	5.94	32.0	8.03	14.86
26	2.06	7.01	0.92	3.67	19.0	8.67	9.18
27	1.51	6.04	1.07	4.30	20.6	10.13	10.75
28	2.8	11.53	1.41	5.65	26.9	6.83	14.12
29	2.89	10.17	1.44	5.76	29.2	9.23	14.41
30	2.79	11.88	1.35	5.41	26.0	6.40	13.53
31	1.08	7.52	1.55	6.19	30.2	10.43	15.48
32	2.96	10.71	1.33	5.32	25.6	7.34	13.31
33	3.12	10.1	1.29	5.16	23.1	7.18	12.90
34	1.87	9.3	1.25	5.02	23.6	7.08	12.54
35	3.01	8.04	0.81	3.24	16.2	7.36	8.10
36	2.66	10.88	1.49	5.96	33.8	9.93	14.91
37	3.74	12.84	1.02	4.09	21.5	5.54	10.22
38	3.76	13.36	1.47	5.89	30.7	7.46	14.73
39	2.27	11.3	1.42	5.68	29.0	7.44	14.19
40	2.33	9.4	2.09	8.36	43.6	14.35	20.89
41 9-1-1	2.86	9.95	0.79	3.14	17.1	5.66	7.86
42 9-1-2	2.49	11.41	1.35	5.38	27.4	6.95	13.45
43 9-1-3	3.22	13.33	2.15	8.58	42.5	9.52	21.45
44 9-1-4	2.98	12.09	1.22	4.86	24.1	6.00	12.15
45 9-1-5	2.35	9.98	2.04	8.17	39.5	11.44	20.43
46 9-2-1	4.06	14.09	2.03	8.13	42.0	9.69	20.31
47 9-2-2	4.45	12.89	1.70	6.80	34.8	9.52	17.01
48 9-2-3	3.42	14.36	2.43	9.70	48.3	9.93	24.26
49 9-2-4	2.52	9.82	1.03	4.12	19.9	6.13	10.30
50 9-2-5	2.48	10.65	1.11	4.43	21.0	5.62	11.08
51 9-3-1	2.55	10.56	1.18	4.71	25.1	7.36	11.78
52 9-3-2	2.2	9.97	1.91	7.64	39.2	11.47	19.10
53 9-3-3	2.92	11.81	1.82	7.27	38.9	10.18	18.18
54 9-3-4	2.72	10.74	1.43	5.70	28.5	8.04	14.26
55 9-3-5	2.84	11.18	1.54	6.14	32.9	9.23	15.35
56 9-4-1	1.48	7.02	0.99	3.95	20.9	8.72	9.88
57 9-4-2	2.91	11	1.32	5.28	26.6	7.50	13.20
58 9-4-3	2.01	9.35	1.14	4.56	24.2	7.67	11.39
59 9-4-4	3.1	10.96	1.77	7.09	38.4	11.64	17.73
60 9-4-5	2.47	8.41	1.32	5.29	27.9	10.82	13.21
61 9-5-1	2.15	9.92	1.77	7.10	36.4	10.74	17.74
62 9-5-2	3.63	12.61	1.29	5.15	28.5	7.63	12.87
63 9-5-3	4.13	14.13	2.04	8.17	41.0	9.31	20.43
64 9-5-4	3.83	13.81	2.17	8.67	46.7	11.03	21.67
65 9-5-5	2.87	11.44	1.79	7.15	36.6	9.65	17.87

付表-3 30年経過時のカラマツ製遮音壁部材の非破壊試験におけるピロディン打ち込み深さ(mm)

試験体 No.	b1面			h1又はh2面					b2面			h1又はh2面				平均	最大値	最小値	標準偏 差		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					16	
<b>平均</b>	<b>11.41</b>			<b>11.82</b>					<b>10.93</b>			<b>11.65</b>				<b>11.45</b>	<b>15.11</b>	<b>8.29</b>	<b>1.88</b>		
<b>最大値</b>	<b>22</b>			<b>19</b>					<b>20</b>			<b>23</b>				<b>15.81</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>3.59</b>		
<b>最小値</b>	<b>4</b>			<b>6</b>					<b>5</b>			<b>4</b>				<b>7.13</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0.99</b>		
<b>標準偏差</b>	<b>2.63</b>			<b>2.36</b>					<b>2.32</b>			<b>2.97</b>				<b>1.71</b>	<b>2.54</b>	<b>1.80</b>	<b>0.58</b>		
<b>個数</b>	<b>260</b>			<b>260</b>					<b>260</b>			<b>260</b>				<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>		
1	13	15	13	15	11	13	13	15	14	12	12	14	13	12	18	12	13.44	18	11	1.66	
2	11	11	12	12	10	10	12	10	11	14	12	11	11	11	12	12	11.38	14	10	0.99	
3	8	9	15	15	14	9	14	15	12	15	13	11	15	12	17	13	12.94	17	8	2.51	
4	7	12	13	12	13	12	13	17	15	15	16	13	18	14	10	10	13.13	18	7	2.69	
5	7-5	9	11	10	5	10	8	12	9	9	11	11	10	9	9	8	9.38	12	5	1.58	
6	7	8	10	10	8	9	11	8	8	9	9	5	7	8	6	13	8.50	13	5	1.87	
7	8	11	8	10	10	10	13	10	7	10	11	10	6	8	14	10	9.75	14	6	1.98	
8	10	10	14	13	14	11	14	12	11	10	12	12	9	11	14	14	11.94	14	9	1.68	
9	14	14	9	9	11	10	15	13	11	8	14	13	13	13	13	12	12.00	15	8	2.03	
10	8-5	11	13	14	13	9	13	13	11	10	10	7	10	12	13	13	11.56	14	7	1.87	
11	9	11	11	12	7	9	14	9	9	7	11	11	13	14	15	17	11.19	17	7	2.77	
12	10	12	14	14	15	14	14	14	13	9	11	12	10	12	14	15	12.69	15	9	1.83	
13	11	10	14	14	7	11	13	15	9	11	15	14	7	11	15	15	12.00	15	7	2.69	
14	13	14	15	17	13	11	15	17	18	12	16	13	12	13	15	14	14.25	18	11	1.95	
15	10	11	15	13	13	10	12	12	13	16	12	14	15	10	13	15	12.75	16	10	1.85	
16	22	11	16	14	10	12	14	14	12	8	13	10	10	8	15	14	12.69	22	8	3.35	
17	18	11	12	12	14	11	15	17	12	11	14	14	11	11	15	15	13.31	18	11	2.20	
18	12	16	14	13	11	10	14	11	15	13	12	15	11	14	16	15	13.25	16	10	1.85	
19	9	12	13	12	10	9	12	12	10	10	12	12	9	11	12	11	11.00	13	9	1.27	
20	6	6	10	9	8	6	12	12	7	5	9	9	5	4	10	11	8.06	12	4	2.49	
21	6	9	5	4	10	10	8	10	5	7	7	10	6	5	5	7	7.13	10	4	2.06	
22	10	13	11	10	15	10	10	12	12	10	10	10	14	11	12	13	11.44	15	10	1.58	
23	10	12	14	12	13	10	13	12	12	11	15	12	13	13	13	15	12.50	15	10	1.41	
24	9	15	13	11	15	15	9	8	13	15	10	10	15	11	10	12	11.94	15	8	2.44	
25	9	9	13	10	10	9	9	10	8	8	9	8	7	9	11	9	9.25	13	7	1.35	
26	12	14	8	12	15	11	15	8	13	9	12	8	10	9	11	10	11.06	15	8	2.30	
27	10	10	10	9	11	8	11	10	12	8	10	10	10	8	9	12	9.88	12	8	1.22	
28	18	14	12	14	15	13	11	11	12	13	11	9	12	15	11	16	12.94	18	9	2.22	
29	12	11	13	12	12	15	11	11	10	14	9	12	15	15	15	13	12.50	15	9	1.84	
30	10	10	7	8	11	10	8	7	10	8	9	9	7	10	5	9	8.63	11	5	1.54	
31	9	12	8	14	10	8	9	8	10	10	9	9	10	9	8	8	9.44	14	8	1.58	
32	8	9	9	12	13	11	12	11	12	11	12	10	15	15	12	12	11.50	15	8	1.87	
33	11	10	12	10	13	13	9	9	10	12	10	12	13	16	8	16	11.50	16	8	2.26	
34	16	14	10	14	14	15	8	14	15	20	13	12	14	20	23	15	14.81	23	8	3.59	
35	13	11	10	10	9	12	10	13	10	9	11	10	12	17	13	14	11.50	17	9	2.06	
36	12	14	9	11	15	13	9	9	10	12	8	8	11	11	9	9	10.63	15	8	2.06	
37	12	9	15	13	14	13	16	12	10	13	12	11	12	13	10	13	12.38	16	9	1.76	
38	12	15	14	10	10	12	13	10	10	12	8	10	11	7	12	14	11.25	15	7	2.11	
39	9	10	10	8	10	12	15	13	8	10	10	14	11	8	10	10	10.50	15	8	2.00	
40	10	11	11	9	12	10	12	10	9	9	10	10	10	11	11	9	10.19	12	9	1.01	
41	9-1-1	17	22	16	18	13	16	13	16	12	15	13	15	14	21	13	19	15.81	22	12	2.88
42	9-1-2	8	8	13	11	9	19	11	11	11	10	8	14	9	12	20	12	11.63	20	8	3.44
43	9-1-3	8	9	10	9	11	8	10	10	6	8	6	12	8	11	10	11	9.19	12	6	1.70
44	9-1-4	12	11	11	13	10	11	14	11	10	11	12	12	8	13	12	15	11.63	15	8	1.62
45	9-1-5	9	11	10	12	9	13	15	10	11	11	11	9	11	11	9	10.63	15	8	1.69	
46	9-2-1	9	10	12	14	9	9	12	12	8	7	9	8	8	9	10	10	9.75	14	7	1.82
47	9-2-2	10	12	12	10	13	12	15	12	12	11	12	11	10	10	10	13	11.56	15	10	1.37
48	9-2-3	7	8	9	8	10	7	11	10	8	8	10	10	8	10	10	10	9.00	11	7	1.22
49	9-2-4	10	11	10	19	15	14	17	17	12	15	16	14	17	18	14	14	14.56	19	10	2.67
50	9-2-5	15	15	12	14	15	15	11	12	12	9	15	15	12	14	16	12	13.38	16	9	1.90
51	9-3-1	13	14	13	14	14	13	15	13	13	15	12	12	12	15	14	15	13.56	15	12	1.06
52	9-3-2	12	11	11	11	12	13	13	13	12	12	10	10	12	12	10	12	11.63	13	10	0.99
53	9-3-3	12	12	15	14	14	14	14	14	10	12	13	11	13	12	13	12	12.81	15	10	1.29
54	9-3-4	12	11	12	12	13	14	11	10	12	12	10	10	11	13	10	10	11.44	14	10	1.22
55	9-3-5	10	10	11	12	13	12	13	12	12	7	11	13	8	10	10	12	11.00	13	7	1.70
56	9-4-1	12	12	11	10	12	11	13	12	12	11	12	8	10	12	12	14	11.50	14	8	1.32
57	9-4-2	14	14	12	13	15	13	13	15	11	13	12	15	15	15	13	13	13.50	15	11	1.22
58	9-4-3	9	7	9	10	10	11	10	10	10	9	9	8	9	13	12	13	9.94	13	7	1.60
59	9-4-4	12	12	11	11	13	14	12	12	11	10	12	11	10	11	12	10	11.50	14	10	1.06
60	9-4-5	11	10	13	8	12	10	15	10	10	12	10	11	10	11	12	11	11.00	15	8	1.54
61	9-5-1	10	12	8	7	7	8	9	7	10	10	9	9	5	10	6	8	8.44	12	5	1.73
62	9-5-2	13	15	11	13	13	18	12	12	13	12	11	11	13	17	10	11	12.81	18	10	2.13
63	9-5-3	10	13	7	9	13	15	10	10	6	10	9	10	8	7	9	8	9.63	15	6	2.32
64	9-5-4	10	15	12	11	13	13	13	13	10	10	12	11	10	9	10	13	11.56	15	9	1.62
65	9-5-5	11	10	11	11	14	10	14	10	10	9	9	10	10	14	10	10	10.81	14	9	1.63



展開図

打ち込みNo.		打ち込みNo.
3,4	b1	1,2
7,8	h1 or h2	5,6
11,12	b2	9,10
15,16	h1 or h2	13,14

付表-4 カラマツ製遮音壁部材の曲り・縦反り・ねじれ(30年経過時)

試験体 No.	±		ABS		ABS	
	曲がり (mm)	縦反り (mm)	縦反り (mm)	ねじれ (mm)	ねじれ (mm)	
<b>平均</b>	<b>3.34</b>	<b>-0.14</b>	<b>2.02</b>	<b>14.32</b>	<b>14.54</b>	
<b>最大値</b>	<b>22.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>40.00</b>	<b>40.00</b>	
<b>最小値</b>	<b>0.00</b>	<b>-9.00</b>	<b>0.00</b>	<b>-7.00</b>	<b>0.00</b>	
<b>標準偏差</b>	<b>3.97</b>	<b>3.20</b>	<b>2.48</b>	<b>8.50</b>	<b>8.13</b>	
<b>個数</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	
1	5	3	3	17	17	
2	0	0	0	29	29	
3	0	-3	3	21	21	
4	3	0	0	2	2	
5	7-5	22	-6	6	17	17
6	16	-3	3	5	5	
7	3	0	0	8	8	
8	5	0	0	7	7	
9	0	0	0	20	20	
10	8-5	0	0	0	20	20
11	6	0	0	21	21	
12	0	0	0	20	20	
13	3	0	0	10	10	
14	9	0	0	11	11	
15	0	0	0	4	4	
16	3	2	2	19	19	
17	0	0	0	18	18	
18	0	0	0	4	4	
19	0	0	0	20	20	
20	5	-3	3	10	10	
21	0	2	2	23	23	
22	3	0	0	16	16	
23	2	2	2	10	10	
24	4	-3	3	20	20	
25	4	-9	9	8	8	
26	7	0	0	14	14	
27	2	0	0	20	20	
28	0	0	0	20	20	
29	0	-3	3	19	19	
30	12	-6	6	22	22	
31	4	6	6	5	5	
32	2	2	2	6	6	
33	2	2	2	16	16	
34	3	0	0	17	17	
35	4	0	0	0	0	
36	0	3	3	3	3	
37	2	0	0	7	7	
38	0	0	0	10	10	
39	3	0	0	5	5	
40	0	-3	3	0	0	
41	9-1-1	2	2	2	20	20
42	9-1-2	7	3	3	15	15
43	9-1-3	13	13	13	-7	7
44	9-1-4	4	-5	5	22	22
45	9-1-5	0	0	0	26	26
46	9-2-1	0	-4	4	22	22
47	9-2-2	9	2	2	20	20
48	9-2-3	3	2	2	3	3
49	9-2-4	0	-2	2	7	7
50	9-2-5	2	0	0	26	26
51	9-3-1	4	-1	1	28	28
52	9-3-2	0	0	0	11	11
53	9-3-3	5	-3	3	17	17
54	9-3-4	4	-2	2	13	13
55	9-3-5	3	-2	2	14	14
56	9-4-1	2	5	5	8	8
57	9-4-2	2	7	7	18	18
58	9-4-3	3	5	5	40	40
59	9-4-4	3	-2	2	18	18
60	9-4-5	2	0	0	13	13
61	9-5-1	5	0	0	4	4
62	9-5-2	3	-2	2	30	30
63	9-5-3	2	-2	2	15	15
64	9-5-4	3	-2	2	17	17
65	9-5-5	2	-4	4	7	7

付表-5 カラマツ製遮音壁の音響透過損失測定データ  
 ① カラマツ理論値  
 ② カラマツ製遮音壁 (30年前の施工時)

③ カラマツ製遮音壁 (スキマ有)



室内温度: 10.0°C  
 室内湿度: 53%

63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1000Hz	1250Hz	1600Hz	2000Hz	2500Hz	3150Hz	4000Hz	5000Hz	6300Hz	8000Hz
		15.2	17.5	16.1	18.8	19.8	21.5	22.5	23.5	23.7	23.0	22.0	19.5	19.0	21.7	23.7	21.7	22.4	22.3		

〔dB〕  
 隙間有  
 =シール無し

④ カラマツ製遮音壁 (スキマ一部有)



室内温度: 10.6°C  
 室内湿度: 55%

63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1000Hz	1250Hz	1600Hz	2000Hz	2500Hz	3150Hz	4000Hz	5000Hz	6300Hz	8000Hz
		18.6	20.0	18.8	21.1	21.4	23.1	25.0	26.1	26.4	26.4	25.9	24.1	24.3	26.9	28.3	26.9	27.6	27.4		

〔dB〕  
 隙間一部有  
 =大きな隙間のみシール

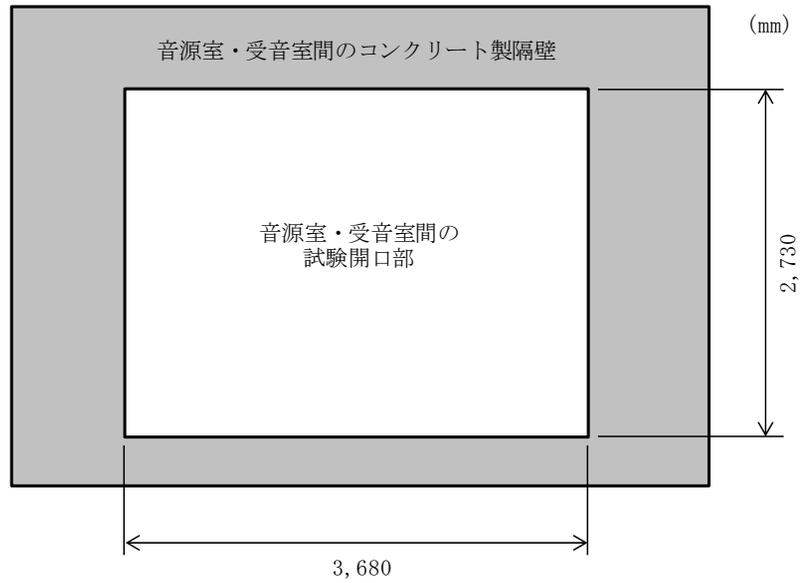
⑤ カラマツ製遮音壁 (スキマ無)



室内温度: 11.9°C  
 室内湿度: 70%

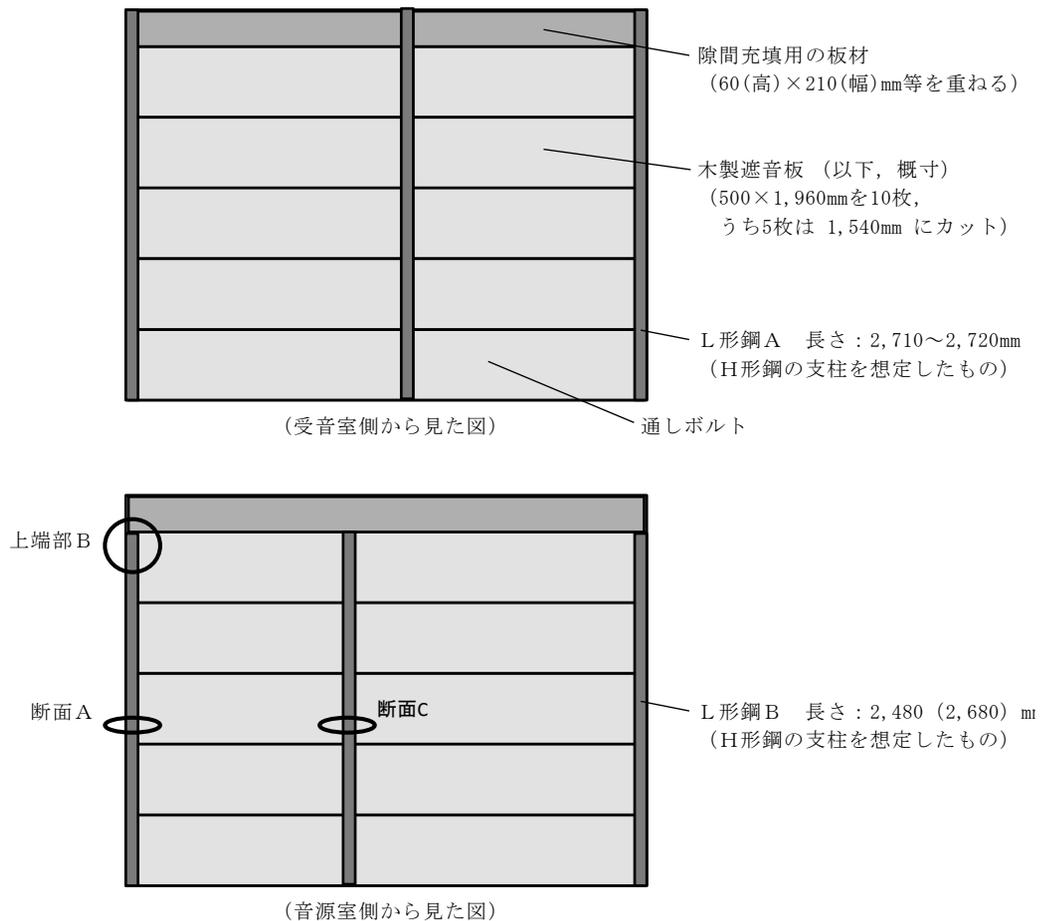
63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1000Hz	1250Hz	1600Hz	2000Hz	2500Hz	3150Hz	4000Hz	5000Hz	6300Hz	8000Hz
		29.0	30.1	28.3	30.5	32.5	34.5	33.6	36.2	38.4	39.6	42.8	45.2	44.6	43.6	43.2	44.2	45.8	48.3		

〔dB〕  
 隙間無し  
 =すべての隙間をシール

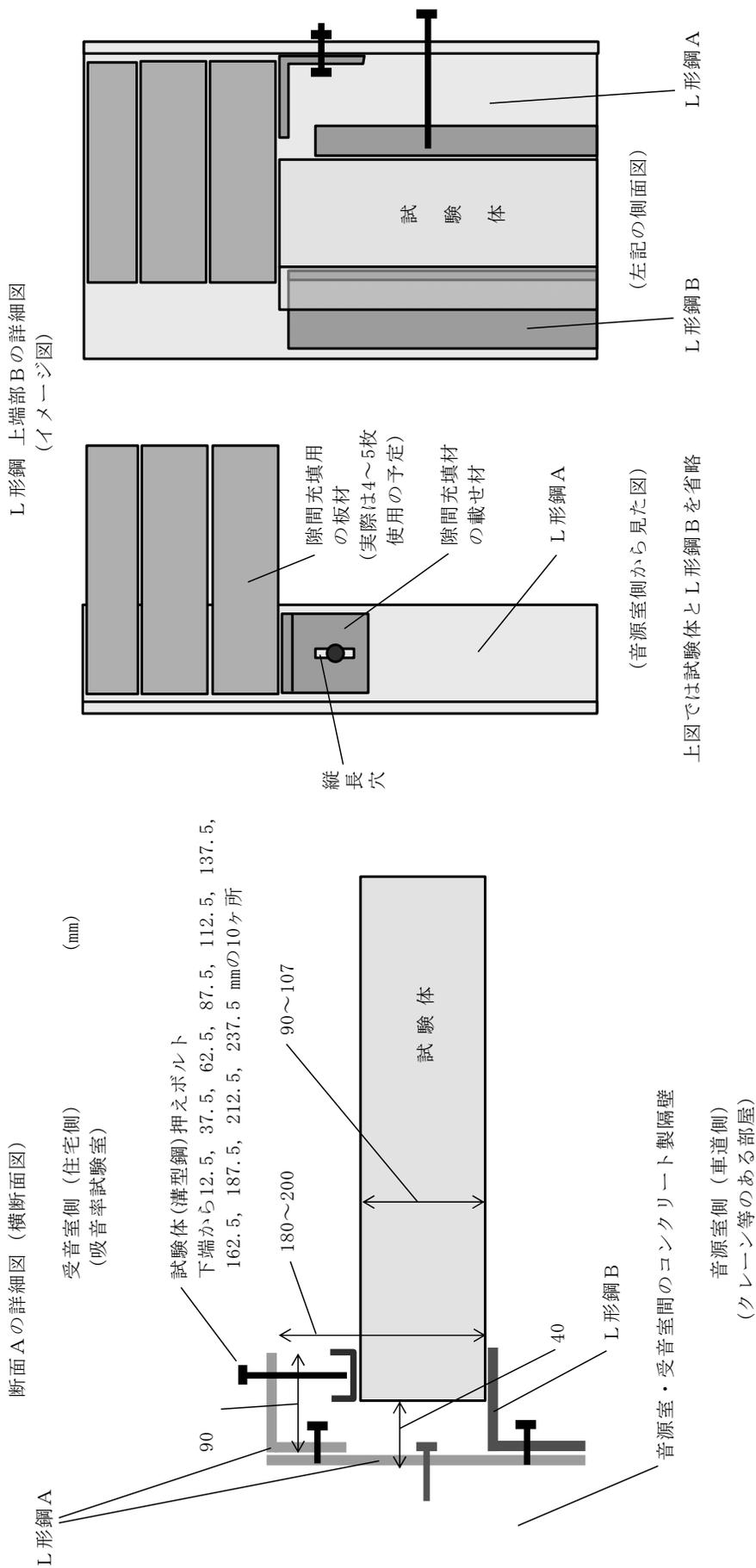


付図-1 試験開口部の概要

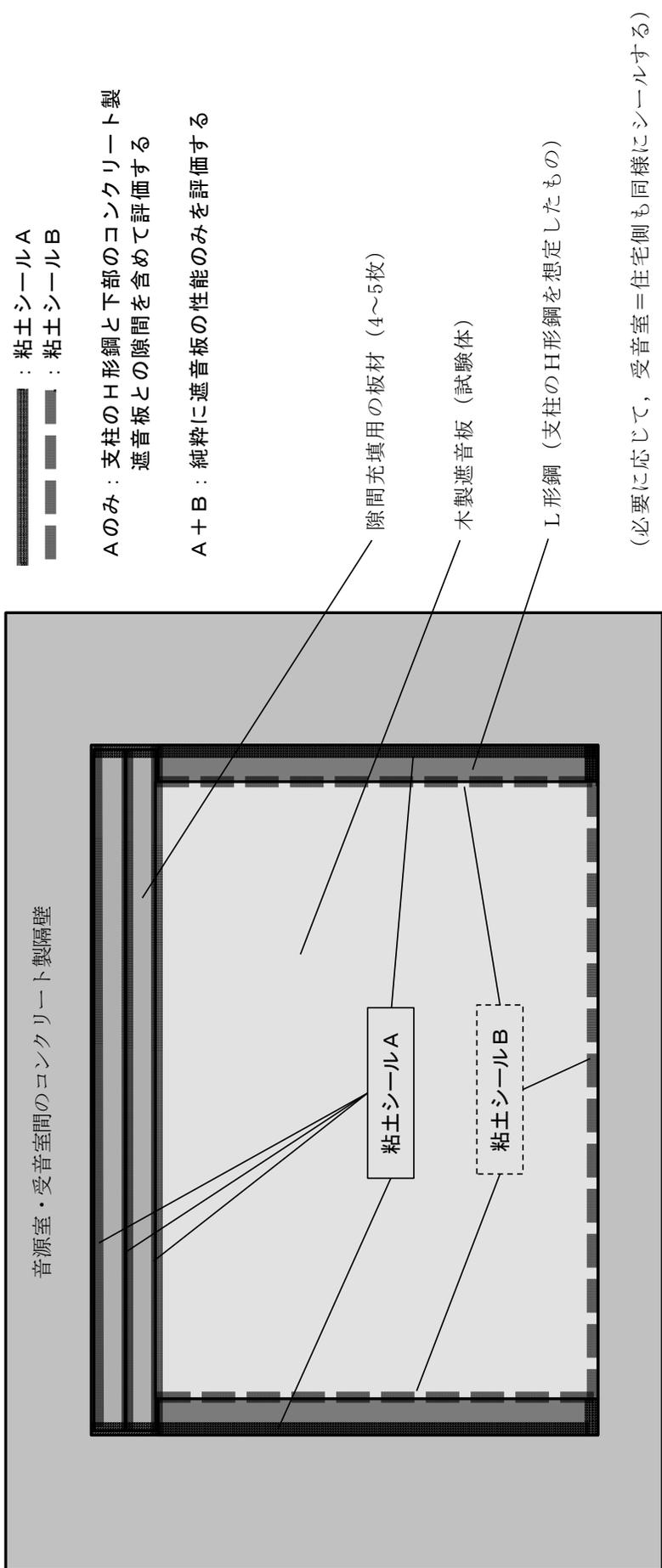
(注) 音響透過損失試験時には、  
クレーン等のある残響室が音源室＝自動車の車道側  
クレーン等のない残響室が受音室＝自動車の住宅側



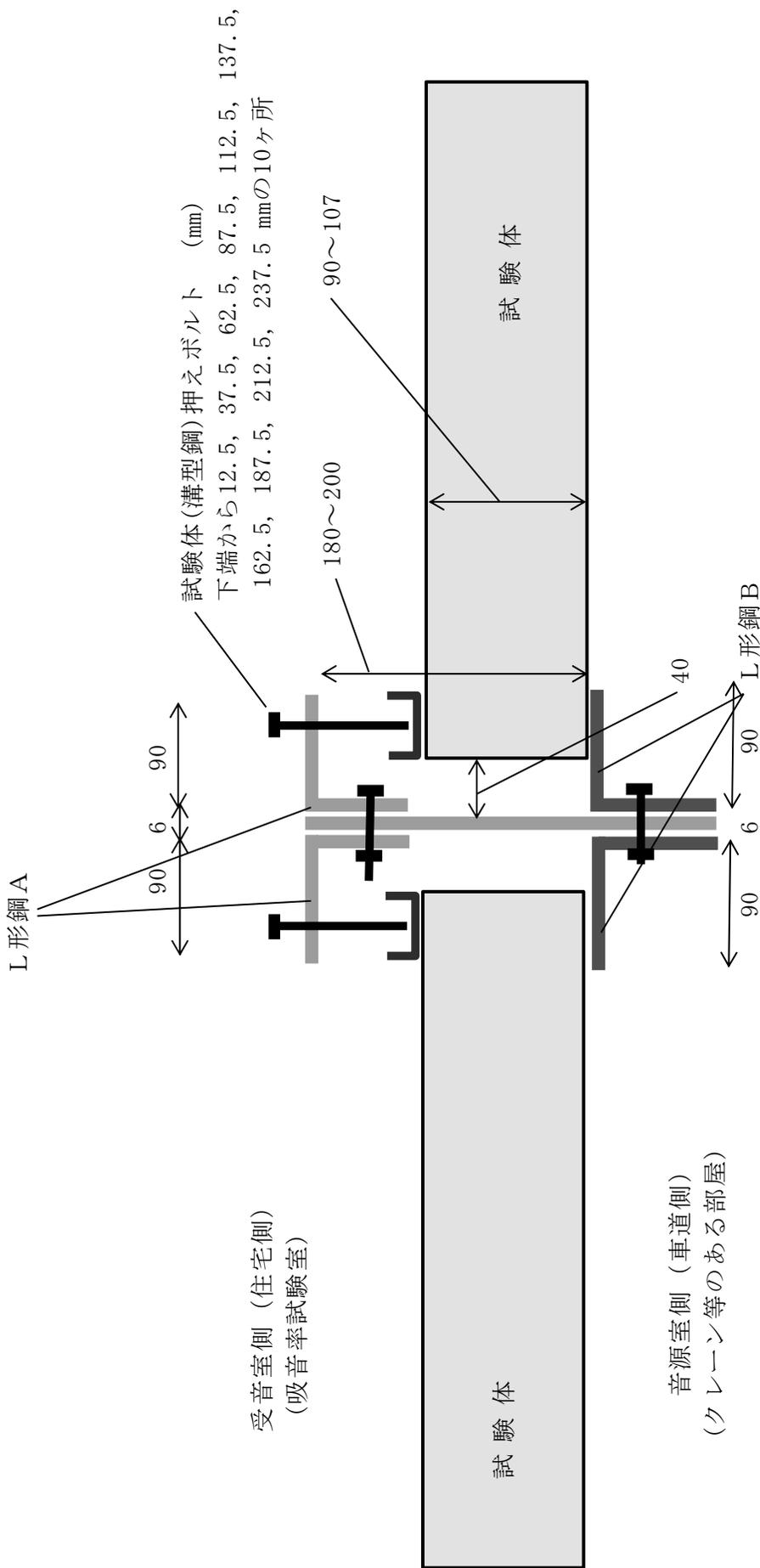
付図-2 試験開口部への試験体設置の概要



付図-3 断面A及びBの詳細図



付図-4 粘土によるシール方法 (音源室＝車道側から見た図)



付図-5 断面Cの詳細図 (横断面図)