

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 ～群馬県に設置された木製遮音壁の評価～

Technology development to make durability design and maintenance indicator of wooden road installations
～ The evaluation of the wood sound barrier in Gunma ～

町田初男・小黑正次・工藤康夫・後藤義臣*

木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のために、県内に設置された既設の木製遮音壁の調査や、耐久性に関する試験を行ったところ次のとおりであった。

- 1 設置後8年経過した木製遮音壁の劣化調査を行ったところ、割れや腐朽は北側よりも南側に多く認められた。また、笠木のある箇所ではほとんど腐朽していないことから、笠木の効果が認められた。
- 2 最上部の耐久性向上の試みとして、防腐薬剤注入後、未乾燥のまま水性木材保護塗料を塗布した試験体は高い耐候性と耐朽性を示した。このことから、乾燥工程を省くことで低コスト化が期待できる。
- 3 木製遮音壁の生物劣化にともなう遮音性能の変化を短期間で把握するため、小試験体を促進劣化させたところ、無処理試験体は21ヶ月で被害度3～4に達したが、防腐処理試験体は試験開始から24ヶ月が経過しても、ほとんど腐朽していないことが判明した。
- 4 簡易な木製遮音壁の劣化調査方法として、デジタルカメラやデジタルビデオカメラで高速道路側から動画撮影を行い、静止面で劣化の把握を試みたところ、640×480ピクセルのデジタルカメラが有効であり、日常点検に使用可能であることが判明した。

キーワード：木製遮音壁、経年劣化、劣化外力、ファンガスセラール試験

I はじめに

群馬県内の北関東自動車道では、平成13年と15年に木製遮音壁がそれぞれ4kmと1km施工されている。平成15年度に日本道路公団の木製遮音壁技術指針が制定され、初期性能を満たせば施工できることとなった¹⁾。しかし、コストが高いことや耐久性能があきらかでないことから、施工実績はとても少なく、群馬県の事例だけで国内の高速道路で施工された木製遮音壁の総延長の6割近くを占めている²⁾。そして、このように施工事例が少ないことから、耐久性能に影響を及ぼす劣化についての知見はほとんど報告されていない³⁾。

また、劣化を早期に発見するために最も重要なことは日常のメンテナンスで、遮音壁についても簡単に記述したものは存在するが⁴⁾、現場にそのまま適用するのはかなり困難であると思われたため、既存の木製遮音壁を対象に劣化調査を行った。

また、木製を含む反射式遮音壁の遮音性能は部材の密度に影響されることから、木材部分の劣化に伴って遮音性能が変化すると考えられる。そこで実際の遮音壁の部材を小さく切り出した試験体を強

*渋川環境森林事務所

制腐朽させ、遮音性能の変化を把握することを目的としてファンガスセラール試験を行った。

さらに、遮音壁の劣化調査は、設置延長が長いことや、盛り土上にあること、高速道路側からの調査は1車線の通行止めを要することなどから、点検を行うだけでかなりの時間とコストが必要となる。そこで、走行車両からの簡易な点検手法を検討した。

なお本研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究「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」によった。

II 材料及び方法

1 遮音壁の経年劣化調査

北関東自動車道の高崎ジャンクションから伊勢崎インターチェンジまでの区間に設置された4種類の木製遮音壁（ログ、枕木、低次加工、テクスチャー）それぞれについて、経年劣化調査を行った。

遮音壁の概要を表-1に示した。ログと枕木の2タイプは笠木がある箇所とない箇所があるが、低次加工とテクスチャーは遮音壁上部が樹脂製であるため、木材の頂部は笠木と同様に覆われている。遮音壁は図-1に示すように、高さ数mの盛り土上に位置し、1ユニットが4mで構成され、延長が数百m～数kmに及ぶことから、作業性を考慮して高速道路側道からの双眼鏡を併用しての目視を1次診断、盛り土に登って鏡による詳細な目視とハンマーによる打診を2次診断とした。高速道路本線側からの調査については、大がかりな通行止めを伴うことや安全を考慮し行わないこととした。



図-1 遮音壁の様子

表-1 遮音壁概要

遮音壁タイプ	調査方位	経過年数	防腐処理	ユニット数	笠木ユニット	植栽ユニット
ログ	北西～北	8	NZN	533	135	88
ログ	南	8	NZN	242	64	73
枕木	南東～南	8	ACQ	263	57	55
低次加工	北	5	CUAZ-2	117	117	15
テクスチャー	北	5	NZN	155	155	62

2 遮音壁最上部部材の高耐久化

最上部部材の高耐久化を図るために、各4体の防腐処理剤注入後のスギとヒノキの未乾燥状態の試験体と、再乾燥を行い含水率が低下した試験体に水性木材保護塗料を塗布し、ウェザーメータによる促進耐候試験及びファンガスセラールによる強制腐朽試験を行った。

促進耐候試験は、スガ試験機製ウェザーメータ WEL-75XS-LHP-BECでカーボンアークによる照射（1時間）、散水（1時間に12分）を行い、色差を測定した。

ファンガスセラール試験⁵⁾は、ポリプロピレン製の幅70cm×長さ100cm×深さ60cmの底に水抜き穴を開けた腐朽槽の中に、林業試験場苗畑の土壌：パーミキュライト：鹿沼土＝5：4：1（容積比）を深さ45cmまで入れ、（株）サイエンス技術開発部において同試験の腐朽槽中で培養した木材腐朽

菌のまん延したスギ辺材 2 × 2 × 10cm の杭を移設して腐朽菌の導入を行った。

培養条件はエスペック（株）製恒温恒湿室 TBR-2HA2TA 中で 27 °C 90%RH の雰囲気下で、土壤水分計の目盛りで 0.0066 ～ 0.04MPa に調節した。

1 ヶ月培養し、土壤表面に菌糸がまん延した状態で、注入後の乾燥条件の異なった状態で木材保護塗料の塗布を行ったスギとヒノキの 3 × 3 × 30cm 試験体を気中に 15 cm 出るようにして埋設した。

測定は一定の期間ごとに取り出して、60 °C のオープン中で恒量になるまで乾燥させ、重量測定と表-2 に示す被害度判定を行った。

表-2 目視被害度の判断基準

目視区分	劣化の様子
0	健全
1	部分的に軽度の腐朽または蟻害が認められる
2	全面的に軽度の腐朽または蟻害が認められる
3	2の状態に加えて部分的に激しい腐朽または蟻害が認められる
4	全面的に激しい腐朽または蟻害が認められる
5	腐朽または蟻害により形がくずれる

(雨宮: 林試研報, 1963)

3 遮音壁小試験体の促進腐朽試験

試験体の概要を表-3 に示した。4 種類の木製遮音壁（ログ、枕木、低次加工、テクスチャー）について、約 40cm × 約 40cm × 10 ～ 12cm（厚さはそれぞれの仕様による）の寸法の遮音壁小試験体を 27 °C 90%RH の恒温恒湿室中の腐朽槽でファンガスセラー試験を行った。防腐処理試験体は 4 種類各 3 体、無処理試験体はログとテクスチャーの 2 種類各 3 体とスギ製材品 2 体の計 7 種類 20 体を試験に供した。

ファンガスセラー試験は、2 と同様に行い、測定は一定の期間ごとに、劣化の進行を止めるために 45 °C 40%RH 中で数日間静置後、20 °C 65%RH 中で恒量になるまで乾燥させ、重量測定、被害度の判定を行った。

表-3 促進劣化試験体の概要

試験体タイプ	防腐処理	試験体数 (体)	初期密度 (kg/m ³)	接合方法
ログ	NZN	3	388	ボルト
テクスチャー	NZN	3	451	ボルト
低次	CuAz2	3	387	ボルト
枕木	ACQ	3	350	接着
ログ	無処理	3	418	ボルト
テクスチャー	無処理	3	441	ボルト
スギ製材品	無処理	2	336	—

4 簡易な劣化調査方法の検討

従来の木製遮音壁の劣化調査方法として、側道を歩いて目視で異常箇所を把握した後に、接近して打診等による調査を行ってきた。これは設置延長が長いと目視で異常箇所を確認するだけでも、かなりの時間を要する。

一方、デジタルカメラやデジタルビデオカメラの画素数は年々増加しており、フルハイビジョンの解像度で撮影できる機器もかなり安価で入手できるようになってきた。

そこで表-4 に示した機材を使用し、高速道路側から動画撮影を行い、静止画で劣化箇所の把握を

試みた。80km/h で左側車線を走行し、助手席と左後方の席から撮影を行った。焦点距離はそれぞれのレンズの最も広角側を使用した。

また、記録を H.264 で行う機種 D において、NEXCO の道路パトロール車で点検を行うことを想定して、より低速度の 50km/h での撮影を試みた。

撮影した動画は QuickTime7.5 で再生してコマ送りで細部の確認を行った。

表-4 使用機材一覧

機種	静止画素数 ($\times 10^6$)	動画画像サイズ (ピクセル)	コマ数 (fps)	記録方式	発売時期
A	4	320×240	15	MotionJPEG	2003
B	7	640×480	30	MotionJPEG	2006
C	10	640×480	30	H.264	2008
D	4	1920×1080	30	H.264	2008

Ⅲ 結果及び考察

1 遮音壁の経年劣化調査

表-5 に最新の劣化調査結果を示した。ログタイプの南側最上部の劣化箇所数が他に比べて多くなっている。また、枕木タイプに中央部の劣化が多く、全体的には最上部の劣化が大部分を占めている。貫通している隙間は枕木タイプのみで発生していた。

表-5 遮音壁劣化調査結果

遮音壁タイプ	調査方位	ユニット 数	腐朽 ユニット	腐朽ユニット内訳				隙間(貫通)
				最上部	最下部	両端部	中央部	
ログ	北西～北	533	28	28	0	0	0	0
ログ	南	242	32	32	0	0	0	0
枕木	南東～南	263	15	6	0	0	9	9
低次加工	北	117	1	0	0	0	1	0
テクスチャー	北	155	0	0	0	0	0	0

図-2 に部位別の劣化の出現数の推移を示した。5年目までは中央部の劣化が大部分を占めているが、6年目以降も中央部の劣化箇所数に大きな変化はみられない。中央部が劣化している箇所では、多くの場合大きく深い乾燥割れが生じていて、そこから水が浸入し、材内部の防腐処理剤未浸潤部分で腐朽を引き起こすが、大きな乾燥割れのない箇所では、材内部の未浸潤部分に水が浸入しないため、劣化箇所が増加しないものと推察される。

一方、最上部は5年目まではあまり劣化していないが、6年目以降劣化箇所数が急激に増加している。日射と雨が直接当たるため、他の部位よりも乾湿繰り返しによる割れが生じやすいことが、劣化箇所の急激な増加に繋がっているものと考えられる。

劣化箇所は年々増加しているが、現時点では大部分で最上部の1本のみが劣化していることから、

劣化材の出現率は遮音壁を構成している1万本以上の材の中では1%以下である。

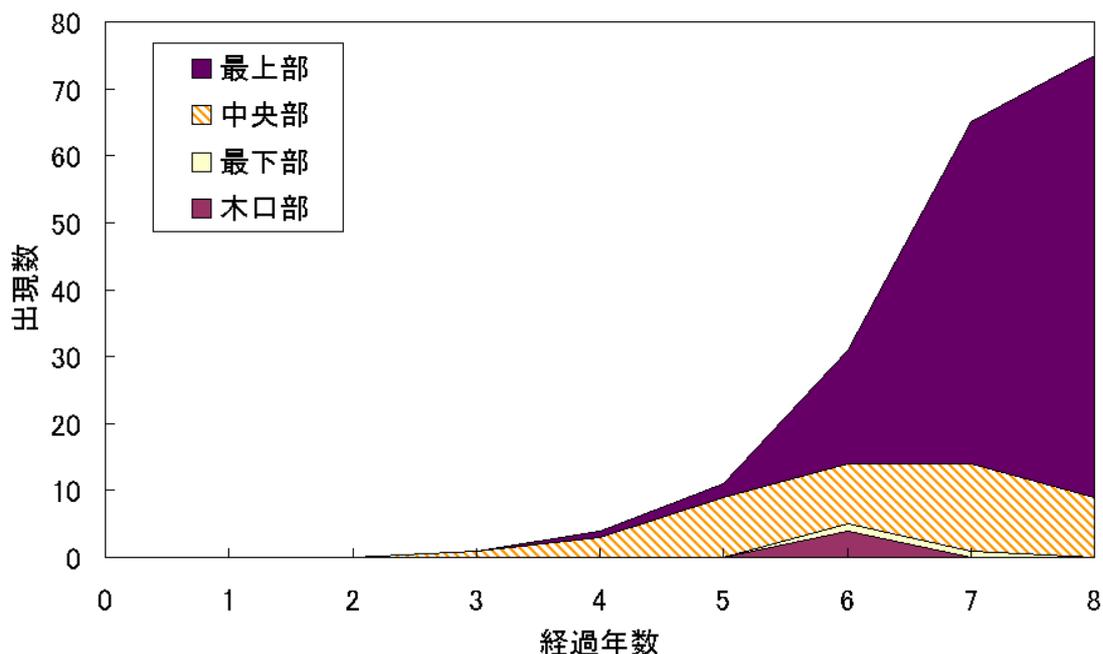


図-2 部位による劣化出現数の推移

図-3に劣化外力の有無による劣化の出現率を示した。遮音壁の頂部に笠木を設置してある場合、劣化ユニットの出現率は0.8%、笠木のないユニットでは9.3%であった。なお、笠木設置ユニットで最上部の劣化は認められず、雨と日射を遮ることで、最も劣化しやすい最上部の劣化を防いでいると推察できる。また、植栽木の枝下に遮音壁がある場合、劣化材の出現率は8.4%で、植栽木がない場合は4.9%であった。

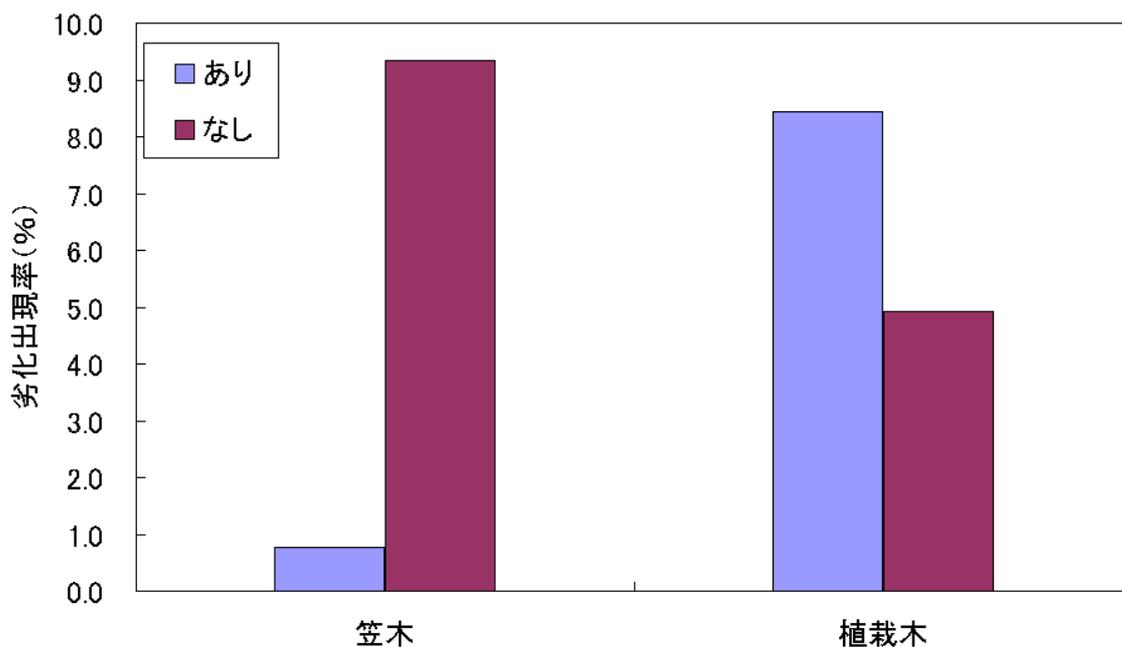


図-3 劣化外力の影響

これらから、木製遮音壁の劣化を遅らせるには、劣化箇所の8割以上を占める最上部の劣化を防ぐことが最も有効で、笠木を設置するとともに、植栽木の枝が遮音壁の上を覆わないように適時剪定するなどの配慮が必要となってくる。

2 遮音壁最上部部材の高耐久化

表-6に薬剤注入後に塗装した材の促進耐候性試験と強制腐朽試験の結果を示した。最上部は、劣化しやすいことから笠木を設置することが最適な耐久設計だと思われるが、設置出来ない場合に少しでも劣化を遅らせることを目的として、注入材に水性木材保護塗料を塗布して試験を行った。

2000時間の促進耐候性試験、12ヶ月の強制腐朽試験ともに、乾燥材に塗布した試験体と未乾燥材に塗布した試験体とで大きな違いは認められなかった。通常木材の塗装には、基材の含水率を15%以下にする必要があるが、水性の木材保護塗料を使用した場合、基材が未乾燥であっても、乾燥材に塗装したものと同程度の耐候性と耐朽性であった。

このことから、防腐薬剤を注入した土木用木材では、注入後の再乾燥工程なしに水性木材保護塗料を塗布でき、コストの低下を見込むことができる。

表-6 最上部用試験体の促進劣化状況

防腐処理	樹種	表面処理	色差				重量減少率(%)	
			500h	1000h	1500h	2000h	6ヶ月	12ヶ月
無処理	スギ	—	13.1	16.9	17.7	19.5	51.0	—
無処理	ヒノキ	—	19.8	22.9	23.3	25.4	21.2	—
CUAZ	スギ	—	8.3	12.1	14.7	21.4	2.0	6.2
CUAZ	ヒノキ	—	8.5	16.7	20.0	26.1	0.7	6.9
CUAZ	スギ	水性乾燥	3.2	2.9	2.9	5.1	-0.5	6.2
CUAZ	ヒノキ	水性乾燥	3.9	5.7	6.6	8.0	-0.4	6.2
CUAZ	スギ	水性未乾燥	3.3	3.9	3.9	7.4	-0.2	5.5
CUAZ	ヒノキ	水性未乾燥	2.7	3.1	3.1	4.8	-0.7	5.4

3 遮音壁小試験体の促進腐朽試験

表-7に防腐処理材24ヶ月、無処理材21ヶ月時点の結果を示した。

防腐処理試験体は、重量減少率が-3~+4%程度と、ほとんど腐朽していないか、初期腐朽程度である。しかし、目視の観察で異常が認められない枕木タイプで重量減少率が3%程度となっていて、材内部で腐朽しているようである。このタイプは、屋外の劣化調査でも同様で、目視ではほとんど異常が認められないにもかかわらず、打診では大きな乾燥割れの内部で腐朽している傾向が認められている。これは、4タイプの中で最も断面寸法が大きいことから、大きな乾燥割れが発生しやすく、乾燥割れから内部へ水が入って薬剤が浸潤していない心材部から腐朽しているものと考えられる。

一方、無処理試験体については、被害度が3~4、重量減少率が12~23%程度で、防腐処理材に比べると、かなり激しく腐朽が進行している。

表-7 強制腐朽試験体の劣化状況

試験体タイプ	防腐処理	試験体数 (体)	経過月数	密度 (kg/m ³)	重量減少率 (%)	被害度
ログ	NZN	3	24	397	-2.5	1.0
テクスチャー	NZN	3	24	459	-1.8	1.0
低次	CuAz2	3	24	390	-0.8	0.0
枕木	ACQ	3	24	338	3.3	0.0
ログ	無処理	3	21	343	17.9	3.7
テクスチャー	無処理	3	21	345	21.7	4.0
スギ製材品	無処理	2	19	287	14.5	3.0

図-4に重量減少率の推移を示した。防腐処理試験体は、18ヶ月までは重量が減少する方向への変化はほとんど認められなかったが、24ヶ月時点ではわずかではあるが重量減少率が増加し、徐々に腐朽が進行しているようである。

一方、無処理試験体では経過月数が増えるに従い重量が減少している。18～21ヶ月の時点で劣化速度が低下しているようではあるが、全体としては試験期間の長期化による腐朽菌の活性の低下はほとんど認められない。

本試験において、無処理試験体が被害度2.5を超えたのは概ね15～18ヶ月程度であり、ほぼ同じ時期に反射型遮音壁に要求される音響透過損失の値400Hz25dB、1000Hz30dBを満たせなくなっている。促進劣化速度が屋外の5～7倍程度とすると、最短で屋外の6年強に相当するが、これは屋外杭試験の接地条件でのスギ心材の耐用年数6年程度とほぼ一致する。

しかし、遮音壁の場合、非接地であることや、最上部が集中的に劣化して下部の部材の劣化は少ないことなどから、無処理のスギ材でも遮音壁全体が劣化する時期はかなり遅くなるものと推察される。

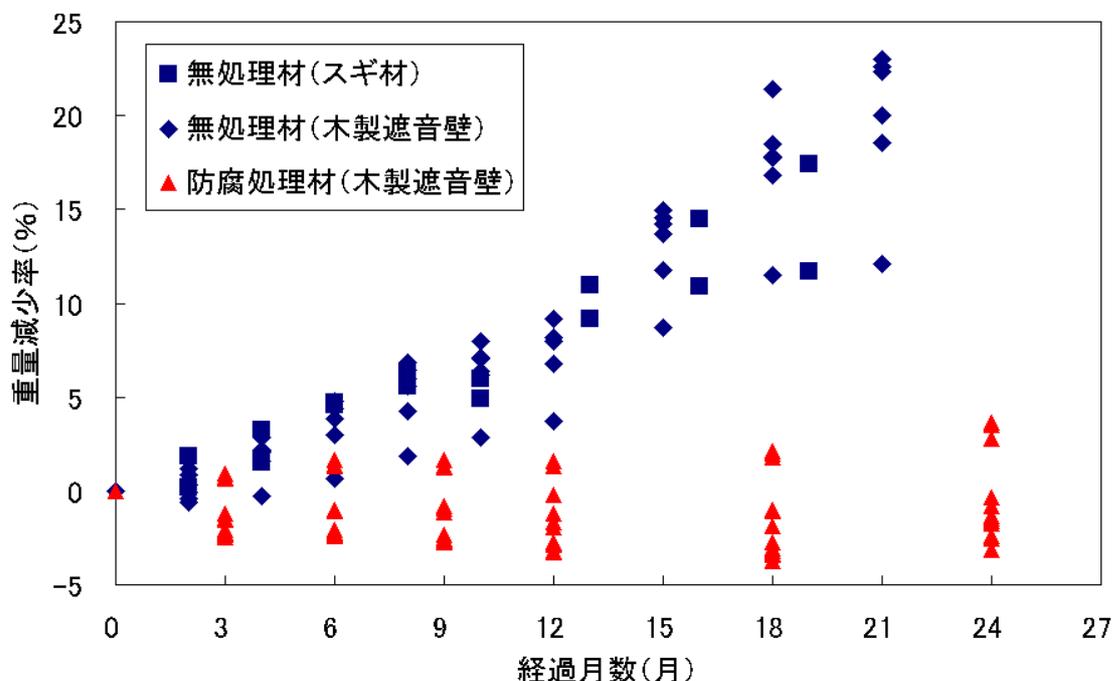


図-4 重量減少率の推移

4 簡易な劣化調査方法の検討

図-5に80km/hで撮影した同一箇所の機種Bと機種Dのコマ送りにした静止画を、表-8に結果を示した。機種Bが機種Dに比べて細部が鮮明に映っていて、横方向のブレも少ない。また、貫通する隙間の箇所では、機種B、C、Dともに隙間の確認はできるが、遮音壁の様子は機種Bの方が細部まで写っている。動画の画像サイズでは最も細かい機種Dよりも、機種Bのほうが、鮮明で横方向のブレも少なかった。

これは、記録方式の違いが影響していると思われる。機種A、BのMotionJPEGは、静止画像ファイルのJPEGを連続して撮影し、連続して表示することで動画を表現する記録方式である⁶⁾。一方、機種C、DのH.264は、演算装置の性能が向上し、より複雑な画像処理が可能になったため、実際に撮影したコマとコマの間に計算によってコマを入れたり、前後何枚かのコマから細部を再現するなどの技術によって動画を表現するため、1枚1枚の静止画はかなり粗くても、動画はきれいな画像になる⁷⁾。そのため、機種Bの方が機種Dに比べると画像サイズが小さいにもかかわらず、静止画ではより細密に表示されている。

このことは、機種Bと機種Cのコマ送りの静止画を比較した図-6で、より明確である。動画の画像サイズは同じ640×480で30fps、撮影時間もほぼ同じ約2分で、ファイル形式がMotionJPEGとH.264と異なっている。この2機種で図-5と同一箇所を撮影したところ、動画は同程度の画質であったが、機種Bが122MBに対して、機種Cでは83MBとファイルサイズは約2/3であった。コマ送りにした静止画の画質は機種Bの方が細部まで確認できた。

一方、貫通する隙間は画素数の少ない機種Aでも確認できたので、こちらの目的であれば機種は問わないのではないかと考えられる。



機種B (640 × 480, MotionJPEG)

機種D (1920 × 1080, H.264)

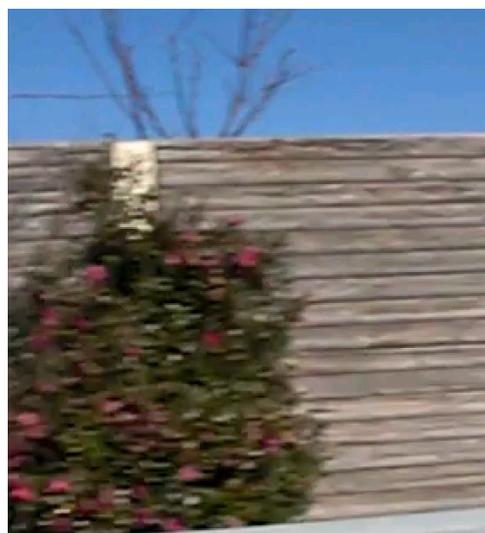
図-5 80km/hで動画撮影した木製遮音壁

表-8 80km/hでの結果

機種	動画画像サイズ (ピクセル)	コマ数 (fps)	記録方式	細部の画質	貫通する隙間
A	320×240	15	MotionJPEG	×	△
B	640×480	30	MotionJPEG	○	○
C	640×480	30	H.264	△	○
D	1920×1080	30	H.264	△	○



機種B (640 × 480, MotionJPEG)



機種C (640 × 480, H.264)

図-6 記録方式の違いが画質に及ぼす影響

また、表-9に機種Dを使用し、より低速で撮影した場合の結果を示した。同じ撮影モードであっても、コマ送りの画質は向上している。一般の車両でなく、NEXCOの道路パトロールカーであれば、50km/h以下で走行して撮影ができるので、H.264でも劣化の把握は可能ではないかと考えられる。

表-9 機種Dで速度を変えた場合

機種	走行速度 (km/h)	動画画像サイズ (ピクセル)	コマ数 (fps)	記録方式	細部の画質
D	80	1920×1080	30	H.264	△
D	50	1920×1080	30	H.264	○

IV おわりに

本研究を通じて、木製遮音壁の耐久設計や維持管理手法に関する様々な知見を得ることができた。現在、研究の成果の取りまとめとともに、森林総合研究所を中心にこれらを盛り込んだ木製道路施設の耐久設計・維持管理指針等を策定している。木製土木・外構施設につきものの不明確な耐用年数と維持管理手法の難しさが需要拡大のボトルネックとなっている現状を本研究とその成果である指針により、少しでも改善できることを期待したい。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、様々なご助言ご協力等をいただいた森林総合研究所加藤英雄主任研究官、末吉修三木質構造居住環境研究室長、長尾博文材料接合研究室長等多くの方々に深謝する。

参考文献

- 1) 木製遮音壁技術指針(案)、JH 日本道路公団 平成 15 年 1 月
- 2) 石田英生：特集 木への逆代替に向けて 木製遮音壁、木材工業 58(11)，559-561，(2003)
- 3) 柴田直明，吉野安里，橋爪丈夫：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、第 58 回日本木材学会大会研究発表要旨集，CD-ROM，(2008)
- 4) 木製外構材のメンテナンスマニュアル改訂版、日本木材保存協会，32-33，平成 20 年 6 月
- 5) JIS K1571 木材保存剤の性能試験方法及び性能基準、日本規格協会、(2004)
- 6) たとえば <http://e-words.jp/w/Motion-JPEG.html>
- 7) たとえば <http://e-words.jp/w/H2E264.html>