

木製防護柵・遮音壁の 耐久設計と維持管理指針（案）



「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」
研究チーム

農林水産省農林水産技術会議事務局
平成16～20年度 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究
課題番号：1678

平成22年2月

はじめに

木材資源を循環的有効利用して大気中の二酸化炭素を固定し、地球環境の改善に貢献するとともに、無機質になりがちな都市・郊外の道路空間を美しくするために、国、地方自治体、民間により木製防護柵や木製遮音壁が開発され、国道や県道への設置が始まっているものの、都道府県や国等の道路管理者にとって必要な維持管理指針が策定されていない。

このため、道路の腐朽環境の調査、既設・新設施設の初期性能・腐朽度・性能劣化度調査、環境と除却に配慮した耐久設計法の開発、日常点検と精密診断法の開発等、指針策定のために必要な技術を開発することを目的として、農林水産技術会議の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」により、平成 16 年度～平成 20 年度の 5 カ年にわたり「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」研究プロジェクトを実施した。

本指針（案）は、同研究の成果を盛り込み作成したものである。作成は、木製防護柵・遮音壁の設計・設置・管理にあたってきた多くの技術者・学者・研究者によっており、その内容は、現時点では一定の高い水準に達していると考えられる。

本指針（案）が有効に活用されることによって、木製防護柵や木製遮音壁の設置の推進と、その維持管理に役立つことを期待する次第である。

なお、本指針（案）は、研究プロジェクトの参加者のみによって作成されていることと、なお改良の余地があるとの判断から（案）を付したままとした。

平成 21 年 3 月

研究プロジェクト主査
森林総合研究所 研究コーディネータ
神谷文夫

本指針（案）は、農林水産省農林水産技術会議事務局「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」（平成16～20年度）「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（課題番号1678）」研究チームにより作成された。

研究チーム（所属等は平成21年3月時）

主査	（独）森林総合研究所 研究コーディネータ	神谷文夫
	（独）森林総合研究所 木材改質研究領域 木材保存研究室	原田寿郎 大村和香子 松永浩史 片岡 厚 桃原郁夫 長尾博文 加藤英雄 井道裕史 原田真樹 末吉修三 森川 岳 青井秀樹 青木謙治 宇京斉一郎
	表面劣化制御担当チーム長	杉本健一
	高耐久化担当チーム長	軽部正彦
	構造利用研究領域 材料接合研究室	久保島吉貴
	木質構造居住環境研究室	渋谷龍也
	構造性能評価担当チーム長	
	接合性能評価担当チーム長	
	木材特性研究領域 物性研究室	
	複合材料研究領域 複合化研究室	
宮崎県木材利用技術センター		有馬孝禮 飯村 豊 上杉 基
長野県林業総合センター		柴田直明 吉野安里
群馬県林業試験場		小黒正次 町田初男
和光コンクリート工業(株)		金丸和生 張 日紅
事務局	（独）森林総合研究所 木材改質研究領域 機能化研究室	木口 実

目 次

はじめに	
研究チーム	
木製防護柵・遮音壁の耐久性の特徴	6

第 1 部 耐久設計

第 1 章 総則	7
1.1 目的	7
1.2 適用範囲	7
第 2 章 耐久設計の考え方	8
2.1 耐久設計の手順	8
2.2 劣化外力	8
2.3 木材保存の方法	9
2.4 目標耐用年数の設定	12
2.5 設計・施行の記録	12
第 3 章 耐久措置の方法	13
3.1 木材の耐久措置	13
3.2 接合部の耐久措置	16
3.3 金属部品の耐久措置	17

第 2 部 維持管理指針

第 1 章 総則	18
1.1 目的	18
1.2 適用範囲	19
第 2 章 維持管理の考え方	20
2.1 点検と診断の手順	20
2.2 補修と交換の判断	20
第 3 章 点検	21
3.1 日常点検	21
3.2 定期点検	22
第 4 章 劣化診断	24
4.1 劣化診断の種類	24
4.2 目視診断	26
4.3 ドライバによる診断	27
4.4 ピロディンによる診断	28
4.5 超音波伝播時間による診断	28
4.6 ヤング係数による診断	28
4.7 その他の診断	29
第 5 章 補修と交換	29
5.1 木製防護柵の補修と交換	29
5.2 木製遮音壁の補修と交換	30

付録 1 設計・点検・交換の実例	・ ・ ・ ・	3 1
1A 長野県におけるカラマツ製遮音壁	・ ・ ・ ・	3 1
1B 長野県における信州型木製ガードレール	・ ・ ・ ・	3 6
1C 群馬県遮音壁	・ ・ ・ ・	4 4
1D 宮崎県ガードレール	・ ・ ・ ・	4 8
付録 2 耐火試験方法	・ ・ ・ ・	5 3
2A 木製遮音壁の耐火試験方法（案）	・ ・ ・ ・	5 3

木製防護柵・遮音壁の耐久性の特徴

木製防護柵や木製遮音壁の評価は関与する人の年齢や経験あるいは分野によって大きく異なることが予想される。木製というだけで拒否する評価もあれば、風致や景観から、あるいは製品製造に関わるエネルギー削減、資源の持続性などから、積極的な使用を評価することもある。

改めていうまでもなく、防護柵や遮音壁は野外に設置され、太陽日射、風雨にさらされる過酷な環境下にある。また木製ということは生物であるが故に腐朽菌やシロアリなどの攻撃の対象になる。木製というだけで拒否する根底にはそれらへの危惧がある。

日射や風雨は物理的な劣化環境といわれるものであり、金属は酸性雨による錆、コンクリートも中性化、温度差による凍結融解、プラスチック、塗料などは紫外線による劣化など木製以上に配慮しなければならない課題も少なくない。一方、木製の場合、腐朽菌やシロアリすなわち生物的な劣化環境への危惧が最も大きい。それはただ単に野外にあるからではなく、腐朽菌やシロアリの生活できる環境であるかどうかである。このようにいずれの材料にしても耐久性、それに関連する維持管理に課題がある。

一方、積極的に木材を利用促進しようという評価は木材が他の資材に比較して圧倒的に製造エネルギーが少ない、すなわち最近では地球温暖化防止対策としてエネルギー使用削減に関わる二酸化炭素放出を抑えようという動きである（省エネルギー効果といわれている）。併せて木材が大気中の二酸化炭素を吸収して太陽エネルギー光合成によって炭素固定貯蔵したもの（炭素貯蔵効果）で二酸化炭素の削減に寄与するというものである。言葉を換えれば再生可能な資源としての資源の持続性の評価である。少々耐久性に問題があったとしても交換が可能で、森林という生産の場、地域の活性化につながる波及の大きさに期待するものもある。とはいうものの、先に述べた腐朽菌やシロアリの生活できる環境であるかどうか、すなわち外周の温湿度変動や雨水によって生じる亀裂や割れ、それに伴う水分進入や停滞が関与している。いずれにしても木材の耐久性、それに関連する維持管理は避けて通れない課題である。

すなわち、重要な点は材料の長寿命化への技術開発はあったにせよ、時間の流れの中で材料の劣化は避けることができないという事実である。したがって構成材料のもつ特性に照らし、どのレベルの耐用年数を期待するか、それに関連する耐久設計（計画）、維持管理をどのように設定するかである。本指針で示されている耐久設計（計画）はこの設計によって作られる木製防護柵・遮音壁がどのような耐久性、耐用年数を有するか示しているわけではない。目標とする耐久性能を満足するために、維持管理、すなわち点検、補修、交換の難易を想定した耐久設計になっている点である。とくに補修・交換という行為こそ、環境保全と資源の持続性と密接に関わりがあり、人為的な技術であるからである。

宮崎県木材利用技術センター
有馬孝禮

第 1 部 耐久設計

第 1 章 総則

1.1 目 的

本耐久設計指針は、木製防護柵及び木製遮音壁を設計する際に、それが設置され地域の温度・湿度・天候等の気象条件や、周辺の地相・植物の有無・池や川の有無などの局地的環境条件を考慮し、期待する耐用年数を確保するための適切な耐久設計を行うことを目的としている。

〔解説〕

構造設計では、外力に対し構造物の抵抗力を上回るように設計することであり、外力と構造物の抵抗力は定量的に評価する手法が確立している。しかし、耐久設計においては、耐久設計という言葉はありながら、劣化外力と経時的に劣化していく性能を定量的に評価する手法は確立しているとは言い難い。しかし、住宅等の建築物と違って、木製防護柵と木製遮音壁は、構造が簡単であり、風雨にさらされる状況も明白である。したがって、本指針では、これまでの経験を基に、耐久設計の基本的な事項を示すこととした。詳細な設計については、対象とする木製防護柵あるいは木製遮音壁の形状や構造毎に設計者の判断に委ねることとする。

1.2 適用範囲

本基準は、木質材料あるいは木質材料と他材料との組み合わせによる防護柵のビーム及び木製遮音壁の耐久設計に適用する。

〔解説〕

木製防護柵のビームと遮音壁には、製材、集成材、LVL 等の木質材料のほか、これらと鋼材等を組み合わせたものがあり、本基準ではこれらを木製防護柵あるいは木製遮音壁と呼び、適用の対象とする。

但し、木製防護柵のビーム及び木製遮音壁の部分が直接地面に接しないものを対象とする。木製のビーム及び壁が直接地面に接するものにあつては、本基準だけでは十分な耐久性が確保できない場合があることに留意する。

第2章 耐久設計の考え方

2.1 耐久設計の手順

耐久設計においては、設置する場所のマクロ・ミクロの環境と耐用年数を考慮する。各部材について、環境と耐用年数に対して適切な防腐・防蟻処置を行う。

防護柵および遮音壁の形状は、できるだけ雨水が浸入・滞留しにくく、かつ、できるだけ乾燥しやすいものであり、さらに検査、補修、交換が容易なものとするのが望ましい。

〔解説〕

マクロ的環境とは、その地域のマクロ的な気象（温度、湿度、天気）であり、例えば、北海道／九州、平地／山岳地などで区分される。ミクロ的な環境とは、沼沢地／草原、森林／都市部などで区分される。これらの環境は劣化外力と密接な関係にあり、劣化外力の強さと耐用年数によって、耐久措置を決定する。

形状に関しては、古からの知恵である笠木などの雨掛かり遮蔽物を設けることで雨水の浸入を防ぐことが重要であり、接合部などの材料の取り合いは侵入した雨水が滞留しないような構成とする。さらに、水抜き・通気機構を設けて部材の乾燥を促すことが望ましい。生物劣化や物理的外力による劣化が生じた場合、早期に検査を行い、劣化の程度に応じて部材の補修や交換を行って必要な性能を確保する必要がある。したがって、防護柵および遮音壁の設計にあたっては、部材の検査、補修、交換に対して配慮することが望ましい。

2.2 劣化外力

屋外に設置した木製道路施設を劣化させる外力には、気象外力として雨水、太陽光、積雪、風、雹、大気汚染物質、大気浮遊物質などが、生物外力として腐朽菌、シロアリ、カビ、藻類などがある。これらの劣化を促進する要因として、気温、降水量、日射量、湿度などの気象環境、施設周辺の植栽、土壌含水率、土壌成分などがある。

これ以外にも、事故的な物理的劣化外力として、車両衝突、接触、火災、人的行為など多岐にわたる。

〔解説〕

劣化を防ぐためには、劣化外力を除去するか、あるいは劣化外力からの保護が重要である。気象外力に対しては、遮音壁などでは笠木の設置が有効である。また、保護塗料によって木材表面に当たる太陽光のエネルギーを低下させるのも効果的である。

一方、生物外力として特に重要なのが、木材の強度低下を引き起こす木材腐朽菌とシロアリである。

木材腐朽菌は、木材細胞壁を分解し資化することで生存に必要なエネルギーを得ている一群の菌の総称で、この菌による攻撃を受けた木材は木材の骨格に相当する細胞壁が分解されるため、その強度を大幅に減ずる。木材腐朽菌が木製防護柵や遮音壁に到達する経路は大きく2つに分けられ、木材腐朽菌の胞子が風によって運ばれ木材に付着する経路と、腐朽材から伸びてきた糸状の細胞（菌糸）が直接新たな木材に到達する経路である。木材腐朽菌の胞子の密度や分布については明らかになっていないが、腐朽材の密度が高いと考えられる森林部等では、空気中に漂っている胞子の密度も高いと予想されることから、腐朽防止に対する備えを十二分に必要がある。また、腐朽材から伸びてきた菌糸が付着することによって始まる腐朽についても、同様の理由で特に森林部等に設置する場合に注意が必要である。なお、こちらの経路による腐朽の伝搬については、木材を地面から離して施工することにより防ぐことが可能である。

一方、シロアリは、王、女王、職蟻、兵蟻等の階級から構成される社会性昆虫で、集団で木材を加害していく特徴を持つ。日本ではほぼ日本全土に生息するヤマトシロアリと千葉県以西・以南の海岸沿いに生息するイエシロアリの2種が代表的な加害種である。これらのシロアリは主に地中を移動しているため、木製防護柵や遮音壁等地上部にある木材を加害する際は、蟻道と呼ばれるシロアリのための特殊な通路を構築し、その中を通して地上部にある木材まで移動し、木材を加害する。シロアリによる食害を受けた木材は、年輪の色の薄い部分のみが失われた特徴的な形状を示す。

2.3 木材保存の方法

美観の保持及び耐久性向上のために、防腐剤等の配合された木材保護塗料などで塗装することが望ましい。また、塗装後は数年に一度の再塗装等メンテナンスが必要である。木材を木材腐朽菌やシロアリの攻撃から護るには、加圧注入処理法により木材内部まで木材保存剤で処理するのが効果的である。

【解説】

木材表面は、経年変化により変色や褪色、汚染などが発生し美観が著しく失われる。特に、木製道路施設は景観を維持するために設置される場合が多いため、腐朽や蟻害などの劣化が生じなくても、表面の汚染感が高くなることで取り替えられてしまうことが多々ある。そのため、木製道路施設には適切な塗装処理とメンテナンスを行うことが望ましい。

塗装に用いる塗料は、日本建築学会建築工事標準仕様書の塗装工事（JASS18-M307）で規定された木材保護塗料により塗装を行う。塗装の耐候性は、塗料が濃色のものほど紫外線遮蔽効果高いので塗装面の劣化が少なくなる傾向がある。

木材を木材腐朽菌やシロアリの攻撃から護るには、木材保存剤を使用するのが効果的である。保存処理法には、加圧注入処理、浸漬処理、塗布・吹き付け処理等があるが、加圧注入が最も効果が高い。

加圧注入処理に使用する木材保存剤については JIS K1570 に規定がある（表 1.2.3-1）ので、そこに記載された木材保存剤を使用する。また、（社）日本木材保存協会でも加圧注入用の木材保存剤を認定しているため、それらの薬剤を選択することも可能である。

*日本木材保存協会が認定している木材保存剤のリストは <http://www.soc.nii.ac.jp/jwpa/> より入手可能。

表 1.2.3-1 JIS K1570 に記載されている木材保存剤

区分	種類	種類の記号	
水溶性木材保存剤	第四級アンモニウム化合物系	1号	AAC-1
		2号	AAC-2
	銅・第四級アンモニウム化合物系	1号	ACQ-1
		2号	ACQ-2
	銅・アゾール化合物系		CUAZ
	ほう素・第四級アンモニウム化合物系		BAAC
	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系		SAAC
アゾール・第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系		AZAAC	
	アゾール・第四級アンモニウム・ネオニコチノイド化合物系		AZNA
乳化性木材保存剤	脂肪酸金属塩系	1号	NCU-E
		2号	NZN-E
		3号	VZN-E
油溶性木材保存剤	ナフテン酸金属塩系	1号	NCU-O
		2号	NZN-O
	アゾール・ネオニコチノイド化合物系		AZN
油性木材保存剤	クレオソート油		A

一方、木質材料の加圧式保存処理の方法については JIS A9002 に記載があるので、処理に際してはそれに則った処理をおこなう。

加圧注入処理材が満足すべき基準としては製材の日本農林規格 (JAS) に規定がある。木製防護柵については性能区分 K4 以上の処理を、木製遮音壁については性能区分 K3 以上の処理をおこなうのが望ましい。同様の認証を (財) 日本住宅・木材技術センター (以下、住木センターという。) でもおこなっているので、住木センターの認証材から上記に相当する保存処理木材を選択しても良い。また、丸太・丸棒については住木センターが屋外製品部材の品質基準を設けているので、それに準じた処理を施された木材を使用する (表 1.2.3-2、1.2.3-3)。

表 1.2.3-2 住木センターによる屋外製品部材の品質基準

指定薬剤

薬 剤 名	有効成分	AQ表示	保存協会登録番号
第四級アンモニウム化合物系	DDAC	AAC-1	A-5056
			A-5216
	DMPAP	AAC-2	A-5373
銅・第四級・アゾール化合物系	ACQ	ACQ	A-5099
銅・アゾール化合物系	Cu・Az・B	CUAZ-1	A-5233
	Cu・Az	CUAZ-2	A-5324
	Cu・Az・L	CUAZ-3	A-5339
ほう素・第四級アンモニウム化合物系	B・DDAC	BAAC	A-5269
			A-5287
第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	S・DMPAP	SAAC	A-5369
アゾール・第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	AZ・E・DMPAP	AZAAC	A-5372
アゾール・第四級アンモニウム・ネオニコチノイド化合物系	Az・N・DDAC	AZNA	A-5325
脂肪酸金属塩系	ナフテン酸銅	Cu	NCU-E
	ナフテン酸亜鉛	Zn	A-5055
			A-5217
バーサチック酸亜鉛	Zn	VZN-E	A-5223
ナフテン酸金属塩系	ナフテン酸亜鉛	Zn	NZN-0
アゾール・ネオニコノイド化合物系	Az・N	AZN	A-5344
プロペタンホス・アゾール化合物系	Az・P	AZP	A-5239
リグニン・銅・ほう素化合物系	Cu・B	LCB	A-5323
クレオソート油	A	A	

注：使用する薬剤は、(社) 日本木材保存協会の認定薬剤等に限る。

表 1.2.3-3 住木センターによる屋外製品部材の品質基準
防腐・防蟻薬剤の浸潤度判定基準

区 分	樹 種	浸 潤 度
I 心材の耐朽性が 大のもの	ヒノキ、ヒバ、ケヤ キ、クリ、ベイヒ、 ベイスギ、ベイヒバ、 レッドウッド、バン キライ、バラウカプ ール、セラングンバ ツ	製材品：辺材部分の80%以上とする。 丸 太：辺材部分の80%以上とする。
II 心材の耐朽性が 中のもの	スギ、カラマツ、ク ヌキ、ミズナラ、ベ イマツ、ダフリカカ ラマツ、ライトレッ ドメランチ、イエロ ーメランチ、クルイ ン、ケンパス	製材品：辺材部分の80%以上、及び表面から10 mm以内に存在する心材部分の80%以上 とする。 丸 太：辺材部分の80%以上、及び表面から10 mm以内に存在する心材部分の80%以上 とする。
III 心材の耐朽性が 小のもの	アカマツ、クロマツ、 トドマツ、エゾマツ、 ベイモミ、ベイツガ、 ラジアタパイン、ス プルース、ターミナ リア、レッドラワン、 アルストニア、プラ イ、ラミン	製材品： ① 狭い材面が50mm以下の製材 木裏から10mm部分の80%以上、木表から 材の厚さの1/2の部分の80%以上とする。 ② 狭い材面が50mmを超え75mm以下の製材 木裏から15mm部分の80%以上、木表から 材の厚さの1/2の部分の80%以上とする。 ③ 狭い材面が75mmを超える製材 木裏から20mm部分の80%以上、木表から 材の厚さの1/2の部分の80%以上とする。 丸 太：表面から30mm部分の80%以上とする。

注：1 新しい樹種については、耐朽性試験の結果に基づきそれぞれ区分する。

2 丸太には丸棒を含む。

2.4 目標耐用年数の設定

木材の使用目的、使用箇所に応じた目標耐年数を設定し、これを満足する耐久化処理をおこなう。耐久化処理は、薬剤処理、塗装処理、構法の工夫、高耐久樹種の心材の使用、メンテナンスなどを適宜組み合わせる。

〔解説〕

木製道路施設では、目標とする耐用年数を設定することで、最適な耐久化処理を行い、メンテナンス計画を立てることができる。耐用年数が決まることで、選定すべき保存薬剤、吸収量、浸潤度、メンテナンス方法などをきめることができる。

目標とする耐用年数は、木材の使用目的、すなわち強度を担保する必要がある木製防護柵として使用するのか、強度を担保する必要がそれほどない木製遮音壁として使用するのか、によって大きく異なる。また、腐朽や蟻害のリスクが高い接地状態での木材の使用を止め、非接地状態で使用することによっても耐用年数を延ばすことができる。一方、木材の耐久性を高めることによっても耐用年数を延ばすことができ、そのための方法として、ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ等耐久性 D1 の樹種のうちこれらと同等の耐久性を有するものに区分される樹種を使用する方法と、加圧注入材を使用する方法、さらには両者を併用する方法がある。

以下耐用年数を 5 年未満、5～10 年、10～20 年、20 年以上に設定する場合の例を示す。

5 年未満

無処理材を接地状態で使用

辺材を含む無処理材を木製防護柵に使用

5～10 年

耐久性がヒノキ・ヒバと同等以上の樹種の心材を木製防護柵に使用

辺材を含む無処理材を木製遮音壁に使用

10～20 年

耐久性がヒノキ・ヒバと同等以上の樹種の心材を木製遮音壁に使用

加圧注入材（K3 相当以上）を木製防護柵に使用

20 年以上

加圧注入材（K3 相当以上）を木製遮音壁に使用

加圧注入材（K4 相当以上）を木製防護柵に使用

なお、加圧注入剤を使用した場合に得られる上記耐用年数は、加圧注入が正しく行われた場合の耐用年数であり、注入不良部がある処理材の耐用年数はこれよりはるかに短くなる。

2.5 設計・施工の記録

木製道路施設においては、部材毎に耐久処理の詳細を記録し、定期的なメンテナンスについても記録しておく。

〔解説〕

部材の耐久化処理やメンテナンスを記録しておくことで、的確な補修や耐用年数の把握が可能となる。また、廃棄時の廃棄方法の選定の際の判断基準となる。

第3章 耐久設計の方法

3.1 木材の耐久措置

木材を腐朽菌およびシロアリからの攻撃から守るためには、構法による方法、高耐久樹種を使用する方法、木材保存剤を使用する方法がある。

〔解説〕

木材保存処理

木材の強度低下を引き起こす劣化外力として、木材腐朽菌およびシロアリがあることを2.2で述べた。木材の耐久措置を考える場合には、これらの劣化外力から木材を護ることが重要であり、そのためには構法による方法、高耐久樹種を使用する方法、木材保存剤を使用する方法がある。一般には、これらを単独又は組み合わせて、耐久性向上を図る。

(1) 構法による高耐久化

木製防護柵や木製遮音壁の構造を工夫し、木材腐朽菌やシロアリが攻撃しにくいものとする方法である。たとえば、遮音壁の上部に笠木を渡し遮音壁への雨掛かりを減らしたり、防護柵の接合部を金属などで覆わず剥き出しにすることで木材の乾燥を早めたりして、木製防護柵や木製遮音壁が常に乾いた状態となるようにすることで、湿った木材を好む腐朽菌の活動を抑え込み、劣化の進行を遅らせることが可能となる。一方、木材を直接地面に打ち込まず、地面から離して設置することにより、地中にあるシロアリや腐朽菌が木材を攻撃するのを防ぐことも可能となる。

ただし、これらの方法は絶対的な方法ではないため、実際は以下に記載する方法と組み合わせて使用する。

(2) 特定の樹種を使用することによる高耐久化

木材の耐久性は、使用する部分が辺材（木材の樹皮に近い比較的色の薄い部分）か心材（木材の中心部に近い比較的色の濃い部分）かによって大きく異なり、耐久性は心材の方が高い。また、心材の耐久性は樹種によっても異なり、ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ等（表1.2.3-3）の耐久性が特に高い。そこで、木材保存剤を使用せずに木製防護柵や木製遮音壁を作る場合には、表1.2.3-3の樹種の心材を使用するのが望ましい。

(3) 木材保存剤による高耐久化

現在広く使用されている間伐材は、その周辺部に耐久性が劣る辺材を有しているものが多い。このような木材を使用する場合には木材保存剤、特に注入処理用の木材保存剤を使用した高耐久化処理が必須となる。以下、木材保存剤を使用した高耐久化法の要点を記す。

前処理：適切な吸収量および浸潤度が得られる含水率となるまで木材を十分乾燥する。木材の含水率を下げれば適切な浸潤度が得られるというわけではないので、使用する木材毎の適切な乾燥方法（天然乾燥・人工乾燥）や乾燥期間・乾燥スケジュール等を予め調べた上で実際の作業を開始する。

木材保存剤：日本工業規格 JIS K1570 に記載された木材保存剤（前述）や（社）日本木材保存協会の認定を受けた注入処理用（「附属書（規程）」を除く）の木材保存剤等を必ず使用する。

注入処理：JIS A9002 に記載された方法に従って注入する。

品質検査：製材の JAS または住木センターが定めた方法に従って検査する。不良品が出た場合には、不良品発生の原因を把握し改善する。

なお、上記保存処理は木材腐朽菌およびシロアリの攻撃から木材を護るためのものであるため、美観向上およびその維持は以下に記す塗装によって担保する。

塗装

エクステリア木材用の塗料には、木材中に浸透する「含浸型塗料」と塗膜をつくる「造膜型塗料」および、ある程度浸透し薄い塗膜をつくる「半造膜型塗料」の3つに分類できる。また、塗料の色調からは「透明系」、着色されているが下地の木理が見える「半透明系」、着色により木理が見えない「着色系」に分けられる。塗装面の耐久性では、一般的に造膜型の方が含浸型より優れている。しかし、メンテナンス性では、含浸型は直に重ね塗りが可能であるのに対して、造膜型は旧塗膜を除去するなど煩雑である。耐候性は塗料の色調により大きく異なり、一般的には着色系、半透明系、透明系の順となる(写真 1.3-3-1)。透明系は1年程度の耐候性しかないので、毎年メンテナンスできる場合以外は避けるべきである。

用途別では、デッキや手すり、ベンチ等使用者が直接触れるもの、あるいは大規模木造建築物のようにメンテナンスが頻繁に要求されるものには含浸型塗料が適しており、住宅外装や看板、標識など意匠性が重要なものは着色系の造膜型塗料が使用される場合がある。デッキ材等の歩行により摩耗が激しい部材には造膜型塗料は適さない。

木材保護塗料の分類と種類

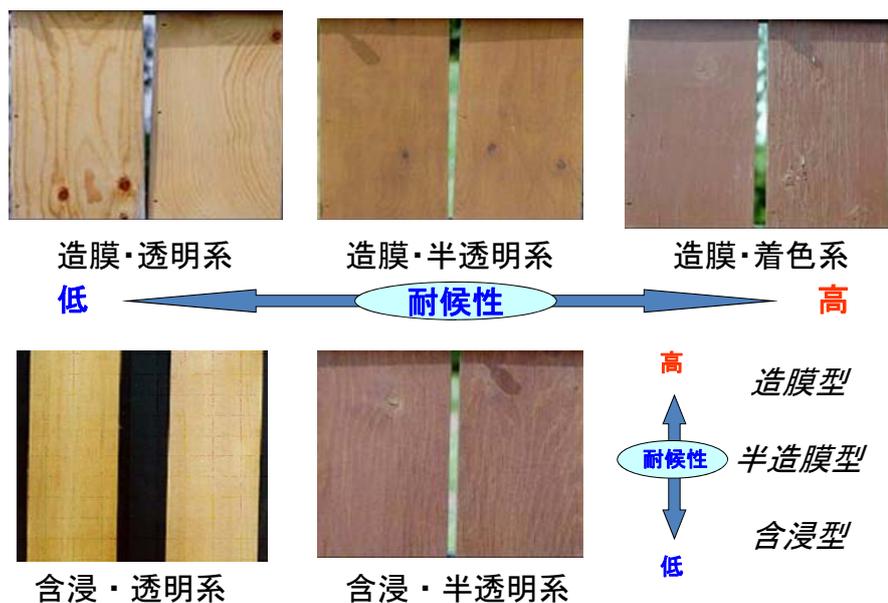


写真 1.3.1-1 木材保護塗料の分類と耐候性

(1) 含浸型塗料

含浸型塗料の特徴は、木材の吸放湿性を維持でき塗膜の剥離がないことである。また、木材中への水の浸透を減少させるので木材の寸法変化が小さくなり、木材の割れや反り、ねじれ等が少なくなる。含浸タイプの塗料で最も一般的なものは、溶剤と展色剤からなるステインに、顔料、防腐剤、撥水剤あるいは紫外線吸収剤等を含有した木材保護着色塗料（木材保護塗料；JASS18 M307 で規定）である。油性の溶剤系が一般的であるが、溶剤が70～80%程度含まれるものが多いため、VOC（揮発性有機化合物）低減のために溶剤量を減らしたハイソリッドタイプや水性のものも製品化されている。展色剤としては、アルキド

樹脂、ウレタン樹脂、乾性油（アマニ油やキリ油）等が用いられる。顔料の添加は、紫外線から木材表面を護るため塗装面の耐久年数を著しく向上させる。

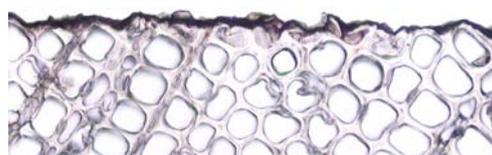
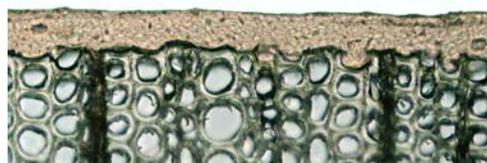
含浸型保護塗料の耐候性は、特に塗布量に大きく依存する。（写真 1.3.3-2、表 1.3.3-1）

（2）造膜型塗料

造膜型塗料の多くは防腐剤等の有効成分が配合されていないので、腐朽菌が生育するような条件下では腐朽の危険性がある。そのため、前処理として表面処理薬剤や淡色系の保護塗料で処理しておくことが重要である。また、レッドウッドやベイスギのような濃色の材に造膜型塗料を塗装する場合は、塗膜を通して出てくる木材の抽出成分を防ぐため油性のプライマー処理が必要である。（写真 1.3.3-2、表 1.3.3-1）

ウレタン樹脂やフッ素樹脂系の塗料は塗膜自体の耐候性が高いが、透明塗膜は紫外線を透過するので塗膜下の木材が短期間で劣化し、塗膜と木材との界面における塗膜の接着力が失われる。

塗料の違いによる塗膜の形成状態



造膜型塗料
(平均塗布量 100~200g/m²)
含浸型塗料
(平均塗布量 50~100g/m²)

写真 1.3.3-2 造膜型塗料と含浸型塗料の塗膜形成状態

表 1.3.3-1 木材保護塗料の特徴

木材保護塗料の分類別における一般的な特徴

分類型	保護塗料種類	特徴	塗装性	耐候性	防腐・防虫性	メンテナンス性	価格
成分による分類	油性系塗料	アルキド樹脂、亜麻仁油系、有機溶剤可溶、木材への高浸透性	仕上がり感良、高VOC	高い	有効成分含有	塗膜形成性による	中程度
	水性系塗料	合成樹脂エマルジョン、アクリル樹脂系、水溶性、速乾性	表面にてかり感、毛羽立ち、低VOC	高い	有効成分含有	塗膜形成性による	中程度
	天然物系塗料	天然系成分、油性系多い	乾燥時間長い、塗膜性能低い	低い	天然物系成分	塗膜形成性による	高い
塗膜形成による分類	造膜型塗料	塗膜形成、吸放湿性低い、防腐・防虫性無い	技術要、下地処理重要	高い	一般に有効成分含まず低い	残存塗膜除去要、煩雑、コスト高	高い
	半造膜型塗料	薄塗膜形成、防腐・防虫性有り、ハインソッドタイプ多い	重ね塗り可能、1回塗りタイプ多い	中程度	有効成分含有	塗膜残存性による	中程度
	含浸型塗料	塗膜形成せず低光沢、吸放湿性保持、防腐・防虫性付与	重ね塗り可能、塗装しやすい	中程度	有効成分含有	再塗装し易い	比較的低い
色調による分類	着色系塗料	木理隠す、木材に紫外線抵抗性付与、耐候性高い	塗装しやすい	高い	成分による	塗膜形成性による	成分による
	半透明系塗料	着色するが木目見える、保護塗料として一般的	塗装しやすいが塗装の継ぎ目目立つ	中程度	成分による	塗膜形成性による	成分による
	透明系塗料	木材の自然な色調や木目を保持するが光劣化防止できない	塗装しやすい	低い	有効成分が光により劣化しやすい	塗膜形成性による	成分による

（3）塗装木材のウェザリング

木材表面は太陽光により光劣化が生じるので、塗装前に木材を長期間屋外に放置してはいけない。塗料中に顔料が添加されている木材保護塗料の場合、顔料は部分的に太陽光をブロックするが、木材表面と塗料とは同時に劣化が進むので屋外暴露により顔料がはがれ

落ちてくる。表面から顔料がなくなってくると、木材の撥水性の低下などにより劣化速度が速くなるので、表面の顔料が脱落して下部の木材基材が見え始めた時期、あるいは木材表面に水をかけたとき水が材中にすばやく浸透したならば再塗装の時期と言える。

塗膜の劣化は美観に著しい劣化をもたらすため、わずかでも塗膜剥離や塗膜割れが生じたら再塗装すべきである。しかし、造膜型塗料の塗膜劣化は塗膜表面においてゆっくりと進行するため、下塗り剤が現れた時点で上塗り剤を塗れば重ね塗りができる場合が多い。これ以上塗膜劣化が進行すると再塗装の際に旧塗膜を剥がす必要がありコストがかかる。

デッキや手すりのような常に風雨に曝されている構造物では、造膜型塗装は水分をトラップさせ木材の接合部等において塗膜が破壊しやすい。また、破壊部分から水が浸入し木材の含水率を増加させ腐朽状態へと導き、塗膜との結合を弱めてさらなる塗膜剥離を引き起こす。軒の出を長くするなど、気象劣化環境から木材を護るように構造的に配慮された物件では、塗料の種類に関わらず塗装面の耐候性の向上が期待できる。

(4) 樹種

塗装性能に影響する木材の性質には、密度、晩材率、寸法安定性、耐朽性等がある。含浸型塗料は、スギやヒノキのような密度の低い樹種では塗料をよく吸収するが、イペやボンゴシのような高密度材ではほとんど浸透しないので頻繁なメンテナンスが要求される。寸法安定性は一般的には密度に反比例するので、造膜型塗料の場合には塗膜耐久性の重要な因子となる。

(5) 含水率

最高の塗装性能を達成するためには、木材の含水率を製品が使用される状態に近い状態（平衡含水率）で塗装すべきである。平衡含水率は我が国では平均約 15% である。しかし、含浸型塗料の場合は塗装後も乾燥が進むため、含水率 20% 程度でも塗装は可能である。

3.2 接合部の耐久措置

接合部の形状は、雨水を木材中あるいは接合部の狭隘深部に呼び込み、導いたりすることが無いように注意深く検討するとともに、付着侵入した水分が滞留すること無く、速やかに排出されるように配慮する。

木材への保存処理は、部材に対する切削加工が全て終わった後に行う。

【解説】

接合部の耐久措置は、先ず構造法を検討し、更にそれを万全のものとするために保存処理を施す。薬剤の加圧注入など、部材に保存処理を施す場合には、定尺長切断や接合用ボルト穴穿孔など、部材への切削加工が全て終わった後に保存処理を行う。保存処理後、設置取り付けの際に軽微な加工をする場合には、同一薬剤のスプレー塗布など、上記保存処理と不整合の生じない方法によって、追加処置を行う。種類の異なる薬剤など、複数の保存処理方法を併用する場合には、それぞれの効果に対して影響を及ぼさないか、混用によって新たな問題が生じないかについて、確認する必要がある。

屋外に長時間曝される木製防護柵・遮音壁は、雨水に含まれていたり、空気中に浮遊したりする塵埃が、結露や水滴、飛沫とともに表面に付着し、それが表面を伝わる水膜とともに下垂部位あるいは間隙に滞留し、通気を遮断し、水分を長時間滞留させるようになる。また、蜂や蟻などの昆虫が、接合部の間隙に営巣し、食害したり、水分を貯め込んだりする。木材腐朽の 4 条件は、養分（木材）、腐朽菌（塵埃中に存在）、水分、温度であるが、このような状況では温暖な時期ともなれば、生物劣化のリスクは飛躍的に高くなるといえる。

雨水の浸入を回避するためや、衝突車両の引っ掛かりを避けるために接合部にカバーを追加する場合があるが、前述する問題につながる間隙を増やすこととなる場合もある。新規設置後は、このような問題が生じていないかについて巡回点検時に状況を確認し、部材交換時などに併せて改良を加えてより良いものを目指すことが望ましい。

木製防護柵および遮音壁は、後年に部材交換することが必至である。このためには、旧部材を簡単に取り外し、新部材を組み合わせて元通りの機能に回復できるためには、接合部あるいは接合部品には高い耐久性が求められるが、接合部が劣化した際にも不要部材のみを破壊して交換部材を取り付けられるように、接合部の形状は単純なものが好ましい。

3.3 金属部分の耐久措置

木製防護柵・遮音壁を構成する金属部品は、目標とする使用期間を通して、機能を維持できるだけの耐久措置を行う。

〔解説〕

一般に、屋外環境での金属部品の耐用期間は木材に比べて長いですが、強酸性等の腐食環境では逆転することもある。

金属部品の耐久性向上法には、ステンレスなど耐食性の高い基材を使う方法の他、鉄に対する亜鉛などのようにイオン化傾向の高い金属で鍍金するなどによる犠牲防食法、塗料や樹脂により防護皮膜を形成する方法などがある。

木材の保存処理法の中には、銅などの金属イオンを含む薬剤を加圧注入などにより木材中に含浸させるものがあるが、犠牲防食法などでは、耐久皮膜の性能を低下させる場合があるので注意が必要である。

金属部品は、木部の交換の際にもそのまま再利用される場合も多く、より性能の高い耐久措置を要求する場合もある。金属部品を再利用しない場合であっても、劣化した木部材を支柱等の繰り返し使用する部材を破損せずに解体取り外しするためには、耐久措置に注目するべきである。

しかしながら、金属部品の耐久措置に対して、目標とする使用期間に比べて過大な性能を持つ耐久措置を講じることは、資源の浪費や過剰コストともいえる。そのため、耐久措置をはじめとする種々の技術については、個々の性能とは別に、総合的な見地から、必要にして十分な仕様を設定することが肝要である。

第2部 維持管理指針

第1章 総則

1.1 目的

本維持管理指針は、日本各地に設置された木製防護柵および木製遮音壁が目標とする耐久性能を満足するために必要な点検、劣化診断、維持管理、記録及び補修と交換の要領を定めることを目的としている。

〔解説〕

木製防護柵

木製防護柵は、偶発性の高い事象を想定して設置されている。したがって、木製防護柵がその機能を十分発揮するためには日常的な点検、維持管理を行うことが重要である。木製防護柵の一般的維持管理要領は、「防護柵の設置基準・同解説（社団法人 日本道路協会 平成16年3月31日改定版）」（以下、防護柵基準という。）に準ずるものとする。

木製防護柵は、車両衝突による断面損傷の他に、鋼製木製防護柵の錆などの腐食に相当する腐朽・虫害などにより強度の低下が生じる。腐朽や虫害による強度の劣化現象は、鋼製木製防護柵における塗装膜の剥離などとは異なり、表面的な観察のみでは評価することができない。

このため、木製防護柵に用いる木質材料の劣化特性に応じた点検の項目、方法および結果の判定基準などを定める必要がある。

木製防護柵が国内で初めて設置されてから既に10年以上が経過したが、その耐久性を確保するため、ここでは必要な点検、維持管理の要領をこれまで得られた耐久性についての調査結果や試験結果、及びそれらの分析結果を基に整理し、維持管理指針として定めている。

なお、本維持管理指針における木製防護柵に用いる木質材料は、たわみ性木製防護柵の横ビーム材として使用されるもので、丸棒に加工してから保存処理を施したスギ材やカラマツ集成材、およびそれらと鋼材とを組み合わせた複合材などを対象としている。

木製遮音壁

木製遮音壁は道路に設置された壁で、道路に起因する自動車交通騒音が道路周辺の環境に及ぼす影響を木製遮音壁を設置することによって低減し、周辺環境に配慮した景観を整備することを目的としている。木製遮音壁の設置基準は、「木製遮音壁技術指針（案）（東日本高速道路株式会社 平成17年10月）」（以下技術指針）にまとめられている。木製遮音壁の維持管理の要領などは、技術指針の第8章「追跡調査」に記述されている。

木製遮音壁は、隙間の発生により遮音性の低下が生じる他に、腐食などにより内部景観や外部景観の損傷が発生する。

したがって、笠木などの雨よけ部材や壁面部の隙間などの状況について、木製遮音壁に用いる木質材料の特性に応じた点検（調査）内容などを定める必要がある。

木製遮音壁が国内で初めて設置されてから、既に20年以上が経過したが、その耐久性を確保するため、ここでは必要な点検、維持管理の要領をこれまで得られた耐久性についての調査結果や試験結果、およびそれらの分析結果を基に整理し、維持管理指針として定めている。

なお、本維持管理指針における木製遮音壁に用いる木質材料は、ログタイプ、枕木タイプ、パネル（遮音板）タイプなどの遮音壁に用いる保存処理を施したスギ材やカラマツ集成材などを対象としている。

維持管理のフロー

木製道路施設の維持管理フローを信州型木製ガードレール維持管理マニュアル等を参考にして図 2.1.1-1 に示す。

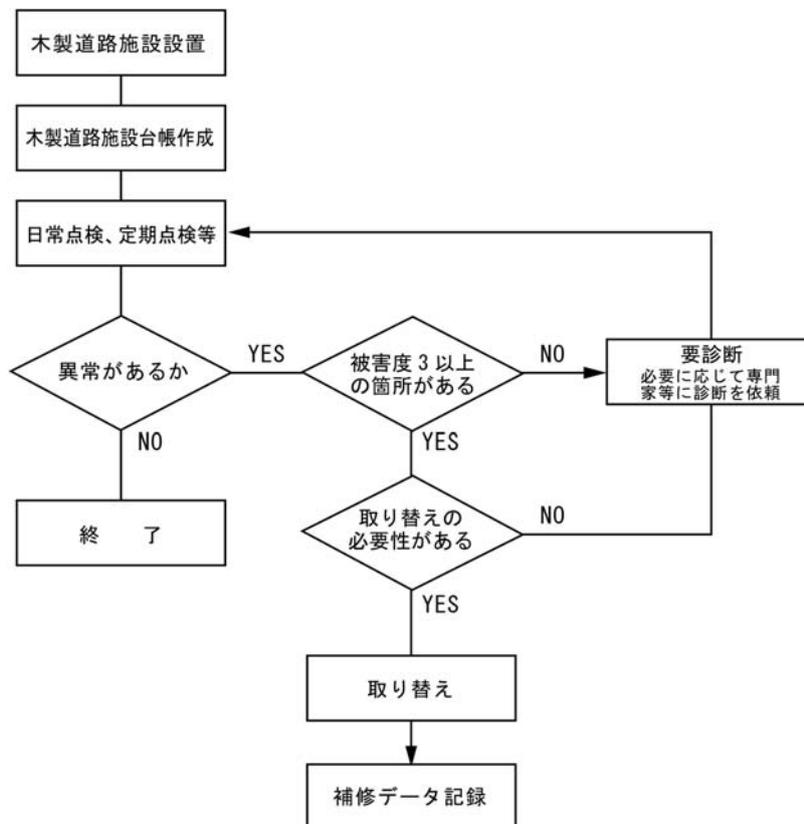


図 2.1.1-1 木製道路施設の維持管理フロー

1.2 適用範囲

本維持管理指針は、木質材料または木質材料と他材料との組合せによる木製防護柵ビームおよび木製木製遮音壁に適用する。

【解説】

木質材料に用いられる木材は、樹種、産地などにより耐久性能、強度性能が異なる。また、耐腐朽・虫害性を向上させるための保存処理の効果もこうした木材の性質によって異ってくる。

このため、本維持管理指針では、一般に調達しやすいスギ材やカラマツ材を対象としている。ただし、ここでは一部の県や企業で作成している木製車両用木製防護柵や木製遮音壁の設置基準に基づく品質を満たすものを対象としている。

第2章 維持管理の考え方

2.1 点検と診断の手順

点検には通常点検と定期点検と臨時点検がある。通常点検は日常的な点検であり、定期点検は設置後の経過期間に応じて時期を定めて行う。臨時点検は、台風・強雨の後など必要に応じて行う。点検は、移動しながらの目視等による。

点検で異常の可能性の兆候が見られた場合は、当該部分についてあるいは必要と思われる区間について劣化診断を行う。

劣化診断には1次診断と2次診断がある。1次診断は目視診断を基本とする。2次診断は、1次診断の結果、目視診断だけでは不十分と考えられる場合、補修あるいは交換の判定が困難な場合など、必要に応じて行う。2次診断は目的と劣化状況に応じて適当な機器を用いて行う。

〔解説〕

点検と診断は同義的に扱われる場合があるが、本指針では、点検はあらかじめ用意された項目について概観することにより異常の有無を判別するものとし、診断は定められた手法に基づいて劣化度や損傷を定量的に評価するものとした。

通常点検は、日常的なパトロールによるものであり、時期については確定しないが少なくとも年1回程度は行うのが望ましい。定期点検は、主として構成部材の推定される劣化傾向を勘案して、設置後の経過年数により時期を定めて行うものである。臨時点検は、台風・強雨の後など必要性が生じた場合に行うものである。

通常点検と定期点検について、信州型木製ガードレール維持管理マニュアル等の時期を参考に記す。

- ・通常点検 少なくとも年1回春季
- ・定期点検 設置から3年、6年、以後は2年に1回

1次診断は、目視診断を基本とする。目視診断では補修・交換の判別がつかない場合は、より詳細な2次診断を行う。2次診断の方法には、ピン打ち込み深さ試験（ピロディン）、超音波測定、穿孔抵抗試験（レジストグラフ）、腐朽には、外観でその程度が観察できるものと、外観からは程度が判別できない内部腐朽とがある。内部腐朽は木材表面の割れが内部まで進行して内部が湿った状態になることによって生じる。超音波測定、穿孔抵抗試験は、このような内部腐朽に対して有効な方法である。

2.2 補修と交換の判断

1次診断あるいは2次診断の結果により、補修または交換を行う。補修または交換の判断は、防護柵・遮音壁の種類・構造によりあらかじめ設定された基準による。

〔解説〕

設置直後の防護柵や遮音壁の性能は、設計あるいは設定された性能に対してある程度の余裕を有していると考えられる。しかし、劣化を生じ始めるとその余裕が減少し、ある時点で所定の性能を下回ることになる。

従って、衝突時の安全性を確保する防護柵については、所定の性能を下回る前に補修あるいは交換を行うべきであり、防護柵の設計時に、その判断基準を設定する。なお、劣化

が生じ始めたが、まだ所定の性能を有している場合には、交換しなくても、防腐・防虫薬剤で処理する補修によって対処することも可能である。

防護柵と違って安全性に直結しない木製遮音壁については、交換を行わなくとも、適切な補修で性能を維持することが可能である。

第3章 点検

3.1 日常点検

日常の道路パトロールにおいて、木製防護柵や木製遮音壁に用いられている木質材料または木質材料と他材料とを組合せた複合材料による横ビーム材などの異常の有無を確認するため、木製防護柵にあつては社団法人 日本道路協会による防護柵基準に定める点検内容、木製遮音壁にあつては東日本高速道路株式会社による木製遮音壁技術指針（案）に定める追跡調査に従って、点検を実施する。

〔解説〕

木製防護柵

木製防護柵の横ビーム材の点検については、「防護柵基準」（第4章 共通事項 4-2 維持管理の第1項）の、たわみ性木製防護柵に示されている。そこでは点検内容として①支柱と水平材との固定状況、②支柱の沈下、傾斜、わん曲状況、支柱定着部の状況、③汚染の程度および塗装の状況、④ガードレール、ガードパイプおよび橋梁用ビーム型木製防護柵などの水平材の変形および破損状況を挙げている。

木製防護柵にあつては、上記に加えて、木製ビーム材の木材劣化特性に応じた色と形状の変化を観察することが点検のポイントとなる。場合によっては触診や打診、さらには機器による診断が必要となることもある。

日常点検の頻度は、少なくとも年1回とする。

点検によって得られた情報は、記録として保存し、木製防護柵の耐久性維持を図るための技術的基礎資料とする。

木製遮音壁

ここでの木製遮音壁の日常点検は、群馬県の木製遮音壁の点検等を参考としている。

日常点検は、木製遮音壁の劣化の兆候や初期の劣化度を把握することなどを目的として行う。点検は、側道を歩きながら目視や双眼鏡、カメラ（三脚）などの道具類を使用して行う場合と、徒歩による点検が行いにくい高速道路本線側などを対象に車による目視や動画機能のついたデジタルカメラ、デジタルビデオカメラなどの道具類を使用して行う場合がある。車両による点検は80km/h以下で、撮影するフレーム内に木製遮音壁の上下端が入るようにして、圧縮率の大きくないMotionJPEG等の形式で640×480ピクセル30fps以上の撮影モードで記録する。記録した動画は、コマ送りで再生し詳細を確認する。

点検時は、最上部を中心に最下部や異種材料との接触部分等を確認する。干割れの周辺の変色やきのこの発生、周囲の部材と比較して著しい変色、水の流れた跡、不自然な変形などに注意する。

点検によって得られた情報は、記録として保存し、木製防護柵の耐久性維持を図るための技術的基礎資料とする。

3.2 定期点検

定期点検は、主に木製防護柵の横ビーム材および木製遮音壁の腐朽状況を点検する目的で実施するもので、定期点検の頻度は設置から3年、6年、以後は2年に1回とし、外観目視点検作業を主体とする。

ただし、点検頻度は、地域性（標高、気温、降雨量、積雪量、周辺環境）、設置方法、経過年数なども考慮して決める。

定期点検等で変状が認められ、詳細な状況把握を必要とする場合には必要に応じて専門家などによる器機を用いた診断を行う。

また天災、火災、車両衝突時には臨時点検を実施する。

〔解説〕

木製防護柵

定期点検は、日常点検により要観察とされた木製防護柵の横ビーム材の腐朽等の劣化度について重点的に行うものとする。点検は、特殊な工具を必要としない点検で、目視・触診・打診検査に基づく。目視検査は、色と形状の変化を観察することが点検のポイントとなる。変化が認められる部分についてはドライバーなどにより触診するか、またはハンマーなどで打診することで劣化の状況を可能な限り把握し、状況次第ではさらに検査機器を用いた診断を実施することになる。

劣化被害度の判定基準は、森林総合研究所が提案している「劣化度の目視評価方法に関する検討」に記述のある6段階評価による。

劣化被害度	状態
0	被害なし
1	部分的に軽度の腐朽または蟻害
2	全面的に軽度の腐朽または蟻害
3	2に加えて部分的に激しい腐朽または蟻害
4	全面的に激しい腐朽または蟻害
5	腐朽または蟻害によって形が崩れる

機器による診断は、測定機器を必要とする計測や各種非破壊試験による診断をいい、具体的には含水率測定、ドリル穿孔試験、打ち込み深さ測定、超音波試験、載荷試験などがある。

本維持管理指針に基づいた点検は、資格を有する診断士（(社)日本木材保存協会が認定する木材劣化診断士）や点検士（木橋技術協会が認定する木橋点検士）をはじめ、各種非破壊試験に精通した専門家により実施されることが望ましい。点検終了後は、木製防護柵の維持管理及びその後の耐久性能維持を図るために、木製防護柵の設置区間、種別、設置年月、形式を識別するための記号を記入できる詳細点検シートを作成するとともに、点検記録、補修・交換の時期、判断基準などを添付し、記録として保管するものとする。

木製遮音壁

ここでの木製遮音壁の定期点検は、群馬県の木製遮音壁の点検等を参考としている。

定期点検は、木製遮音壁の詳細な目視や打診により腐朽や蟻害を早期に発見・対処することによって、木製遮音壁の性能低下に繋がる重大な劣化の進行を防止し、耐用年数を延長するとともに、維持管理コストの低減にも役立つことを目的としている。

点検時は、最上部を中心に最下部や異種材料との接触部分等を目視や打診で確認する。干割れの周辺の変色やきのこの発生、周囲の部材と比較して著しい変色や、水の流れた跡、不自然な変形などについて打診を行い、被害の深さと範囲を確認する。

使用器具には、下水道点検用の鏡（長さ3～4m）、ハンマー（柄の部分を1.5m程度に延長したもの）などの器具を使用する。

木製遮音壁は「木製遮音壁技術指針（案）」において原則として高さ3m以下とされているため、最も劣化しやすい最上部を上から目視で確認するには、下水道点検用の鏡を使用する必要がある。また、通常のハンマーでは最上部には届かないため、市販のステンレスパイプ等を使用して柄を長くする必要がある。

なお、梯子を使用することでこれらは不要となるが、作業効率や安全性の面から梯子の使用は好ましくない。

劣化被害度の判定基準は、森林総合研究所が提案している「劣化度の目視評価方法に関する検討」に記述のある6段階評価による。

劣化被害度	状態
0	被害なし
1	部分的に軽度の腐朽または蟻害
2	全面的に軽度の腐朽または蟻害
3	2に加えて部分的に激しい腐朽または蟻害
4	全面的に激しい腐朽または蟻害
5	腐朽または蟻害によって形が崩れる

記録は、点検シートを用いて行うものとするが、動画から取り出した静止画で、画質のよいものであれば、点検シートに代替することも可能である。

点検シートは、「木製遮音壁技術指針（案）」で示されている「木製遮音壁追跡調査票」を使用するものとする。

コマ送りの確認や動画から静止画を取り出す場合には、コマ送りの操作にキーボードの矢印キーが使用できる **QuickTime** が、操作性がよく使いやすい。

検査機器による診断は、重大な損傷により隙間等の発生が目立つような場合に行うものとし、騒音測定に基づいて遮音性能の評価を行う。

木製遮音壁が設置された周辺の音環境は、JIS Z 8731 に規定されている環境騒音の表示と測定方法により、等価騒音レベルの24時間測定に基づいて評価する。

なお、木製遮音壁が設置された周辺の音環境は、上述の通り、等価騒音レベルの24時間測定に基づいて評価することを基本とするが、側道等の交通騒音、生活音、自然音などの高速道路以外の騒音レベルが低くなる場合、以下の方法によって、木製遮音壁の遮音性能を評価することができる。

木製遮音壁設置端部を境にして、騒音の側路伝搬の影響が少なくなるように十分な距離を置いて、木製遮音壁のある側とない側で、同一時間帯に等価騒音レベルあるいは最大A特性音圧レベルの短時間測定を繰り返す。2カ所の測定値のパワー平均の差を指標として、木製遮音壁の遮音性能の経年劣化の程度を推定する。

また、周辺に設置されているコンクリート製遮音壁で同様の測定を行うことにより上述の指標が得られる場合、木製遮音壁の性能評価の参考値とすることができる。

詳細点検フロー

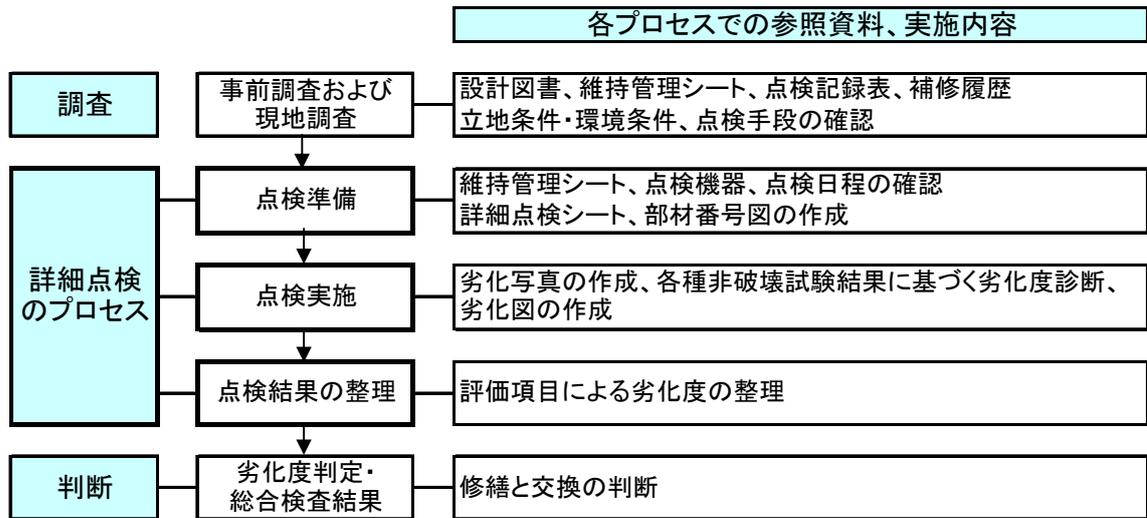


図 2.3.2-1 点検フローの詳細

第4章 劣化診断

4.1 劣化診断の種類

劣化診断には、劣化部位を検出する方法、劣化部位の範囲を判定する方法、部材耐力を推定する方法、部材耐力を確認する方法があり、診断の目的に応じて適切な方法を用いなければならない。

部材交換を前提としない劣化診断には、非破壊あるいは微破壊診断法を用いる。微破壊診断法の種類によっては、破損部位を補修する。

〔解説〕

劣化診断には、劣化部位を検出する方法、劣化部位の範囲を判定する方法、部材耐力を推定する方法、部材耐力を確認する方法がある。診断方法として、目視診断、ドライバによる診断、ピロディンによる診断、超音波伝播速度による診断、ヤング係数による診断、その他の診断がある。方法に用いる器具や機材より、部材に測定痕を残すものと残さないものがあるが、両者とも部材を破壊することはない。ただし、その他の診断で部材耐力を確認する方法では、部材が破壊することもある。

劣化診断の種類には、

- ① 全く影響および痕跡を残さないように行う、非破壊診断法
- ② 供用を続けることを前提としつつも局部的な破壊を許容する、微破壊診断法
- ③ 部材交換を前提とした破壊診断法

がある。

また、それぞれの方法において、

- イ) 劣化部位を検出する方法
- ロ) 劣化部位の範囲を判定する方法
- ハ) 強度物性値を推定する方法
- ニ) 強度物性値を確認する方法

がある。

実績のある幾つかの劣化診断方法についてまとめてみると、下表のようになる（表 2.4.1-1）。

表 2.4.1-1 劣化診断の種類

痕跡	劣化部位		強度物性値	
	検出	範囲を判定	推定	確認
非破壊	触診 打音 含水率	目視 放射線投影 (X線、γ線、ほか) 電磁波レーダー 表面温度分布測定 (サーモグラフィー) サーマルインパクト (サーモグラフィー)	超音波伝播速度	静的曲げ
微破壊	刺診	穿孔スラスト	応力波伝播速度 (FAKKOP) ピン貫入抵抗 (Pylodyn) 穿孔トルク (ResistoGraph、DmP) 木ねじトルク	接合具引抜
破壊		切断面観察		曲げ破壊 (現場／実験室)

4.2 目視診断

目視診断は、次の項目を表 2.4.2-1 に示す各項目について行い、木材の被害度を判定する。

表 2.4.2-1 目視診断項目

被害度	診断項目		
	目視		
	外観	子実体	虫害
0	無し	無し	無し
1	外周の 1%以下の範囲で表面の浮き上がりが見られる	有り	有り
2	外周の 5%以下の範囲で表面の浮き上がりが見られる		
3	外周の 5%以下の範囲でくずれが見られる		
4	外周の 25%以下の範囲でくずれが見られる		
5	外周の 25%以上の範囲でくずれが見られる		

〔解説〕

目視による外観の変状や子実体及び虫害の確認と、次に記述する触診及び木づち等を用いた打音を併用することによって、短時間で木製部材全体の被害度を把握するために実施する。

表 2.4.2-1 は「林業試験場研究報告第 150 号、杭の被害度を評価する方法 浅川実験林苗畑の杭試験 (1)」の被害度を元に、木製道路施設への適用を図った。

下記の表 2.4.2-2 は、被害度と非破壊パラメーター基準の変化及び被害度と最大耐力の変化や要求性能の対応を示したものである。

写真 2.4.2-1 に、被害度毎の木製防護柵ビームの劣化例を示す。

表 2.4.2-2 被害度と非破壊パラメーター及び最大耐力基準の関係

被害度	非破壊パラメーターの基準	最大耐力の基準	
	初期値との比較	初期性能に対する性能	要求性能に対する位置づけ
0	変化無し	同等	要求を満たす
1			
2	変化の疑いがある	定価の疑いがある	要求を足しない疑いがある
3	変化している	低下している	要求を足しない疑いが強い
4	明らかに変化している	明らかに低下している	要求を満たさない
5	極度に変化している	極度に低下している	



写真 2.4.2-1 被害度毎の木製防護柵ビーム劣化例

4.3 ドライバーによる診断

ドライバーや金槌等、簡易な道具を用いておこなう診断で、目視で劣化の兆候が認められた部分に対し実施する。

表 2.4.3-1 触診および打音による判定基準

被害度	診断項目	
	触診	打音
0	軟らかい箇所が無い	鈍い音が生じない
1	軟らかい箇所が材の一部に認められる	鈍い音が外周の 5% 以下の範囲で生じる
2	軟らかい箇所が材表面から浅い位置で連続的に認められる	鈍い音が外周の 25% 以下の範囲で生じる
3	軟らかい箇所が材表面から深い箇所まで認められる	鈍い音が外周の約半分の範囲で生じる
4	触診時に材がくずれる	鈍い音が外周の半分以上の範囲で生じる
5	外観で判断	外観で判断

〔解説〕

目視により異常が認められた箇所について、目視によって得られた判断をより確実にするために実施する。腐朽の場合、木材表面が柔らかくなる場合と木材内部で腐朽が進行する場合とがある。また、蟻害は通常木材内部で進行する。そこで、ドライバーやアイスピックの様な先が尖った道具を木材に突き刺し、木材表面の劣化深さとその広がりを確認する。一方、木材内部の劣化は、木材を木づちやドライバーの柄の部分でたたいて確認する。健全部が締まった音を返すのに対し、腐朽や蟻害を受けた箇所は鈍く虚ろな音を返す。

これらの方法で木材表層および内部の劣化範囲を特定し、上記の表に従って被害度を判定する（表 2.4.3-1）。

4.4 ピロディンによる診断

劣化部位の検出、密度の推定、部材耐力の推定を目的に行う。

〔解説〕

一定のエネルギーでピンを打ち込み、ピンを打ち込んだ深さを測定する。市販品として、ピロディンが代表的で有名である。予め、ピンを打ち込むエネルギーとピンの形状を把握しなければならない。幅の広い割れ、深さが深い割れ、節およびこれらの周辺を避けて、測定するのが望ましい。早材部と晩材部を平均的に測定するため、木材の直交3軸の半径方向に対して平行にピンを打ち込む。木材の直交3軸の半径方向に直角にピンを打ち込むと早材部のみに打ち込む可能性があり、劣化部位との区別ができない。局所的にピンを打ち込んだ穴ができる。密度の推定式として、山下らの実験式がある。部材耐力の推定を行う場合、対象部材に対して1カ所ではなく、複数箇所でも測定するのが望ましい。

4.5 超音波伝播時間による診断

劣化部位の検出、劣化部位の範囲の判定、部材耐力の推定を目的に行う。また、割れの程度を診断するのに用いることもできる。

〔解説〕

超音波の送信部と受信部との最短距離を超音波が伝播する速度を測定する。市販品として、パンジット、ウッドポールテスター、Dr.ウッドなどがある。予め、励起電圧、測定周波数を把握しなければならない。測定は、繊維直角方向で行う。測定端子は、対象部材に密着させなければならない。密着させるため、グリス、ゴムもしくはシリコンカバーを用いるとよい。なお、端子を人手により接触させる場合、接触具合の手応えに注意しなければならない。部材耐力の推定を行う場合、対象部材に対し、1カ所ではなく複数箇所でも測定するのが望ましい。

4.6 ヤング係数による診断

部材耐力の推定を目的に行う。ヤング係数の測定は、静的と動的手法がある。静的手法は、対象物の荷重変形関係からヤング係数を測定する。動的手法は、縦振動またはたわみ振動による固有振動数と密度を測定する。密度が未知のときは、固有振動数のみで行う。

〔解説〕

測定部材は、取付けたままでも取り外して行ってもよい。静的手法でヤング係数を測定する場合、支点のめり込みに注意する。動的手法で部材を取付けたままたわみ振動を測定する場合、部材の末端条件が固有振動数に及ぼす影響は小さいため、測定部材の固定状況を無視して構わない。

4.7 その他の診断

その他の診断として、穿孔抵抗、サーモグラフィー、含水率計、応力波伝播速度による診断がある。穿孔抵抗による診断は、劣化部位の検出、劣化部位の範囲の判定、密度を推定するために行う。サーモグラフィーによる診断は、劣化部位を検出するために行う。含水率計による診断は、劣化部位の検出、劣化部位の範囲の判定に行う。応力波伝播速度による診断は、劣化部位の検出、部材の耐力を推定するために行う。

〔解説〕

穿孔抵抗は測定機専用の切削部品で測定する。市販品として、レジストグラフやマイクロプローブがある。予め、切削部品の形状を把握しなければならない。測定は、繊維直交方向で行う。幅の広い割れ、深さが深い割れ、節およびこれらの周辺を避けて測定するのが望ましい。

サーモグラフィーは、部材表面の温度分布あるいは温度分布の時間変化を測定する。予め、測定装置と測定箇所の測定角度との関係を把握しなければならない。

含水率計は、高周波容量式と電気抵抗式のどちらを用いてもよい。予め、測定に用いた機種や型番を確認しておかなければならない。経時変化を把握するのが目的の場合、違う機種は用いない。

応力波伝播速度は、応力波の発信部と受信部との最短距離を応力波が伝播する速度を測定する。市販品として、ファコップなどがある。予め、端子形状と測定値の補正方法を把握しなければならない。測定は、繊維平行方向で行う。測定端子間の距離は少なくとも1.5 m 以上確保するのが望ましい。

第5章 補修と交換

5.1 木製防護柵の補修と交換

木製防護柵に使用する木製部材の交換は、車両の衝突等や木材の腐朽により防護柵としての機能を発揮できなくなった場合に行う。

車両の衝突等による交換は、破壊した部材を個別に交換する。

木材の腐朽による交換は、以下の基準で行う。

1. 腐朽等により被害度が3を超えたものについて個別に実施する。
2. 路線全体の被害度平均が2.5を超えた場合には、路線全体の交換を実施する。

〔解説〕

木製防護柵に使用する木製部材交換の作業手順や安全に関する注意点については、それぞれの木製防護柵の施工マニュアル等を参考にする。

木製防護柵に使用する木製部材の耐久性向上のために保護塗料等を塗布している場合には保護塗料の性能が維持できる年数での定期的な保護塗料塗布実施が望ましい。

5.2 木製遮音壁の補修と交換

補修及び交換の目的

木製遮音壁部材の補修及び交換は、局所的に劣化が生じたことに対する補修と、遮音性能の低下には至らないが、部材が脱落するなどの安全面での懸念が生じた場合の部分的な交換と、(火災による被害なども含めて) 全面的な劣化が生じ、安全面での懸念に加えて遮音性能が低下した場合のパネル全体の交換の3通りに区分される。

〔解説〕

木製遮音壁は防護柵と異なり、強度的な要求性能に対してかなりの余裕があるため、劣化にともなう強度面での性能低下と、遮音性能の低下は分けて考える必要がある。これらから、比較的初期段階の劣化状況では、劣化の進行を防止したり遅らせたりする処置が必要であり、劣化が進行している状況では安全面や性能低下を考慮した処置が必要となる。

補修及び交換

軽微な劣化の補修

軽微な劣化の補修としては、塗布用やスプレー式の保存剤を塗布することで、腐朽の発生を防止したり遅らせたりすることができる。

局所的に激しい劣化に伴う部材の補修や交換

局所的に激しい劣化により安全面での問題がない場合は、劣化部分を除去したうえで、あて木や樹脂充填により補修を行う。安全面での問題が生じる場合、部材交換を行う。

全面的に激しい劣化に伴うパネル全体の交換

全面的な激しい劣化により、安全面に加え遮音性能の低下が見られる場合、パネル全体の交換を行う。

〔解説〕

木製遮音壁部材は、初期の局所的な劣化では遮音性能および安全面での低下はないため、劣化の進行を止めたり遅らせたりする処置が必要となる。

劣化が進行し局所的に激しい劣化が生じた場合、安全面に問題がある場合は部材の交換となるが、安全面で問題がない場合は補修で対応する。

さらに劣化が進行し全面的な劣化に至った場合は、部材の性能自体も基準を満たさなくなるため、パネルの交換が必要となる。

付録 1 設計・点検・交換の実例

1 A 長野県におけるカラマツ製遮音壁

1 開発・施工の経緯¹⁾

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（当時）が定めた遮音性能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）。

2 遮音壁の仕様¹⁾

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 P F 3 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、2 m 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、その上にカラマツ製遮音板を 5 枚ずつ設置した（写真 1 参照）。

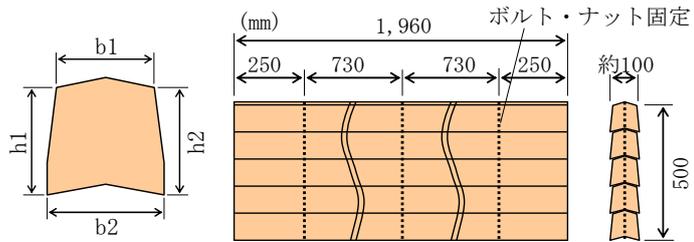


図 1 木製部材の断面寸法（左）と遮音板の概要（右）
設計図面では $b1=90$, $b2=107$, $h1=h2=101.6$ （計算値）mm

3 目視調査及び非破壊試験^{2,3)}

3.1 調査及び試験の方法

2004 年には、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。

2005 年の秋には、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、試験棟内に積み重ねて保管し、目視等による調査を開始した。

2006 年の夏には、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〕。この試験の際には、同一スパンに設置されていた遮音板 4 枚を所定の長さに鋸断したので、その断面の調査も実施した。

2007 年度には、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。これらについては、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 E_{fr} を測定した。部材の断面は、図 1 左の $(b1+b2)/2$ と $(h1+h2)/2$ からなる長方形と見なした。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 材面当たり 2 としたので、1 部材当たりでは 2×4 (面) $\times 2$ (両端) = 16 であった。

3.2 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 1 及び写真 2）。また、一部には曲がりやねじれも生じていた。しかし、腐朽は局所的に軽微なものが認められる程度であった。

交換して持ち帰った 3 スパン分の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、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）。



表1 木製部材の諸データ (n=50)

測定項目	平均値 (標準偏差)
密度 (kg/m ³)	506 (43)
Efr (kN/mm ²)	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。

写真2 部材の割れ(左)と最上段の遮音板断面(右)

図3も同様。

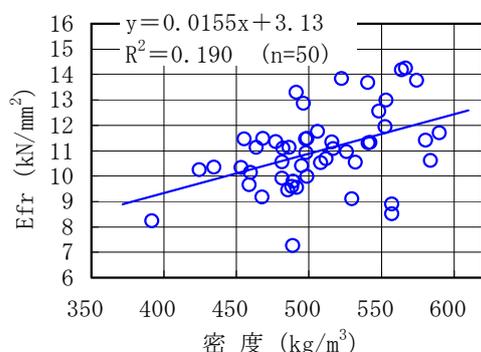


図2 木製部材の密度と Efr

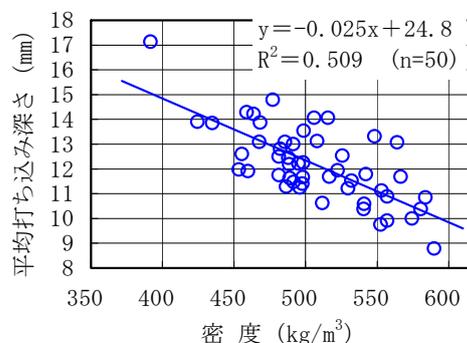


図3 木製部材の密度とピロディン測定値

持ち帰った遮音板を解体して得た部材50本の非破壊試験の結果を、表1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、ほとんどの部材はほぼ健全な状態であることが示唆される。

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。

4 音響性能試験^{3,4)}

4.1 試験の方法

2005年の秋に3スパン分の遮音板15枚（木製部材で75本）を交換して持ち帰り（写真3）、2006年には(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3.6m）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。比較対象には、新品のコンクリート製遮音板（90mm厚）を用いた。

4.2 結果と考察

測定結果の概要を、表2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(株)（旧 日本道路公団）が規定する遮音性能をク

リヤーした。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た。

このことは、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。個々の木製部材に実（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。



写真3 試験用遮音板の取り外し

表2 音響透過損失の測定結果（単位：dB）

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	21	24
大きな隙間のみシール	26	30
すべての隙間をシール	32	37
コンクリート製新品、シールなし		
中日本高速道路 基準値	25 以上	30 以上



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

5 形状の変化と曲げ強度性能⁵⁾

5.1 試験の方法

2005年の秋に持ち帰り、実験棟内に積み重ねて保管していた2スパン分の遮音板10枚を、2007年度末に解体して木製部材50本を得た。

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（ b_1, b_2, h_1, h_2 ）、曲り、縦反り及びねじれを測定した。「曲り」は試験体の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に載せた。下

部支点や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。

5.2 結果と考察

木製部材の寸法、曲り、縦反り及びねじれの測定結果を、表 3 に示す。寸法欄では、h1 が自動車道側の値である。曲り以降については、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。

表 3 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 ²⁾ (kg/m ³)
	b1	b2	h1	h2	±	ABS	±	ABS	±	ABS	
平均	87.01	104.4 2	97.00	97.46	1.5	3.8	-0.1	2.0	12. 3	12.6	506
最大	94.88	109.6 0	103.7 6	104.0 8	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

曲げ試験の結果を、表 4 に示す。一部の部材に局所的な軽微な腐朽が認められた程度であったため、曲げ強度性能の顕著な低下は生じていなかった。MOE と MOR の関係を図 4 に、密度と MOR の関係を図 5 に示す。いずれにおいても、高い相関関係は認められなかった。

表 4 木製部材の曲げ強度性能 (n=50)

測定項目	Efr ²⁾ (kN/m ²)	MOE (kN/m ²)	Pmax (kN)	MOR (N/m ²)
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

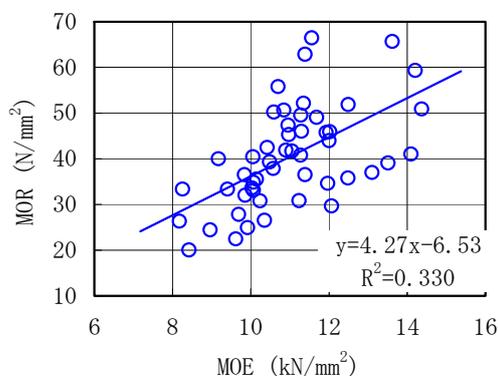


図 4 木製部材の MOE と MOR の関係

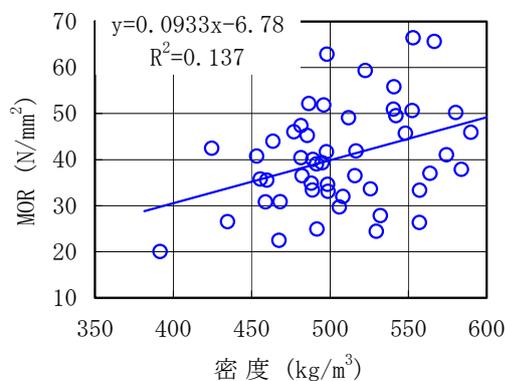


図 5 木製部材の密度と MOR の関係

なお、日本道路公団〔現 中日本高速道路(株)〕の基準^⑥では、遮音板の強度性能として「150 kgf/m²の風荷重」に耐えることが求められている。表4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。

関連資料（太字：本事業の成果報告）

- 1) 武井富喜雄ら：木材工業，46(1)，17-22 (1991)
 - 2) 柴田直明ら：日本木材学会大会 研究発表要旨集，76 [CD版：N18-1400] (2008)
 - 3) 柴田直明ら：公立林業試験研究機関 研究成果選集，No. 5，75-76 (2008)
 - 4) 末吉修三ら：日本木材学会大会 研究発表要旨集，76 [CD版：N18-1415] (2008)
 - 5) 柴田直明ら：日本木材学会大会 研究発表要旨集， [CD版：] (2009)
 - 6) 中日本高速道路(株)：木製遮音壁技術指針(案)，2 及び 14 (2005)
- この他，2004～2008年度 長野県林業総合センター 業務報告等にも記載あり。

1 B 長野県における信州型木製ガードレール

1 開発・施工の経緯¹⁻⁴⁾

長野県では2003年度に「信州型木製ガードレール開発事業」を実施し、県内を中心とした民間企業（企業グループを含む）の開発を支援した。その結果、3タイプが「防護柵設置基準」に定める車両用防護柵の実車衝突試験（路側用C種、支柱：土中埋込型）に合格し、信州型木製ガードレール1～3号型として認定された。

2004年度からは県道等への設置が進み、既に総延長が20 km 余りとなっている。

2 信州型木製ガードレールの標準仕様¹⁻⁴⁾

調査対象とした信州型木製ガードレール1～3号型（写真1）について、本施工当初（2004年度の秋～冬）の標準仕様を示す。

1号型 横梁：φ180 mm スギ円柱加工材の半割りを上下に2本、木材保護塗料（水性）塗布、裏面を断面300×3.2 mm の鋼板で補強、その下に鋼管を配置。

支柱：C種用鋼管、スパン4.0 m

2号型 横梁：カラマツ150 mm 正角（面取り）を上下に2本、外部用水性塗料（透明）塗布、各中央に丸鋼を通して補強。

支柱：C種用鋼管、地上部を同200 mm 正角で被覆、スパン2.0 m

3号型 横梁：φ180 mm カラマツ円柱加工材（斜め下方に背割り）を上下に2本（純木製）、木材保護塗料（油性）塗布。（2004年夏の試験施工時には、AAC加圧注入＋外部用水性塗料（透明）塗布）

支柱：鉄筋コンクリート柱、スパン2.0 m

なお、1号型の円柱加工材を含め、いずれの木製部材も間伐材を利用しているため、心持ち材である。



写真1 信州型木製ガードレール（左：1号型、中央：2号型、右：3号型）

3 設置初期に認められた現象とその対策⁵⁻⁷⁾

3.1 調査の方法

目視調査を中心に、主として施工後2年間の経時変化を観察した。また、種々の現象が報告された場合には、関係者とともに現地調査や検討会を実施した。

3.2 結果と考察

施工後2年間に認められた、横梁木部における種々の現象とその対策（調査・検討結果）について、主たるものを以下に報告する。

(1) 材面割れの発生

2号型の横梁では、その製造過程において、ある程度の人工乾燥（高温処理）を実施している。また、3号型の横梁には背割りが入れている。しかし、1～3号型のすべての横梁において、多くの材面割れが発生した。

間伐材を心持ち材の状態ですぐ屋外使用に供する以上、やむを得ない現象かとも思われる。

なお、後述6の木材腐朽菌の子実体は、主としてこの材面割れから発生した。

(2) カラマツ材からのヤニの滲出

カラマツ製の横梁では、主として水平樹脂道から材表面へのヤニの滲出が認められた。滲出数は、製造過程に人工乾燥工程を伴わない3号型において、やや多いようであった。

観光客が腰掛けたりする駐車場周辺等の横梁については、ヤニの滲出防止のため、製造段階における蒸煮処理等の追加も今後は検討することにした。

(3) 鋼板の膨れ

1号型の横梁では、一部の路線において、裏面の鋼板(2,320 mm 長)が外側へ膨らみ、木材との間に最大で数cm程の隙間が発生する例が散見された(写真2, ボルト間隔: 1,600 または 1,800 mm)。この膨らみは、主として鋼板同士を固定するボルトを緩めた段階でほぼ解消された。

1号型の鋼板のボルト穴は、微調整ができるように、横長に加工されている。木材と鋼材では膨張・収縮が同調しないため、この穴の部分で有効な調整ができるよう、ボルト基部の形状と締め加減を変更した。その結果、同様の膨らみは大幅に減少している。

(4) 透明塗装の塗膜剥離

高原等、日差しが強い所に設置された木製横梁では、設置後半年前後から上部の水平面等で塗膜の劣化(剥離等)が認められるようになった。

現状では低コストの高耐候性透明塗装仕上げは困難であると思われることから、これらの横梁では標準仕様を木材保護塗料(油性)の塗布に切り替えて対応することにした。

(5) カラマツ透明塗装材における暗黒色の斑点の発生

設置後半年以内に、暗黒色の斑点が材表面に散在するようになった。この部分を削り取って実体顕微鏡で観察したところ、表面には菌糸状のものや土粒子の付着が認められた。また、一部の裏面には水平樹脂道の存在も確認された。これらの小片を(独)森林総合研究所へ送付して調査を依頼したところ、カビの可能性が高い、との結論に至った。

この斑点は透明塗装材にのみ認められたものであり、上記(4)によって標準仕様を変更したところ、その後は認められていない。

(6) 乾燥に伴う断面収縮

木製横梁の標準仕様では、一定の許容範囲を示した上で、製造時の断面寸法を規定している。

製造後1~2ヶ月程度で納品している場合には特に問題にならなかったが、半年ほど保管したところ、一部に標準仕様の断面寸法許容範囲以下までの収縮が発生した。

筆者らの別の試験では、未乾燥時にφ120 mm に仕上げたカラマツ円柱加工材を含水率13%程度にまで乾燥させたところ、直径が約4 mm 収縮した。よって、納品先とのトラブルを避けるため、標準仕様の記載方法についても検討が必要であると思われる。

以上の他、木材保護塗料による仕上げ材においても、一部に軽微な塗装の劣化が認められるようになった。塗り替えの必要性の検討も含め、今後とも観察を続けることにした。



写真2 鋼板の膨らみ(応急処置として上下にビニールホースが付けてある)

4 横梁の非破壊検査⁸⁾

4.1 試験の方法

非破壊検査用の機器としては、高周波式含水率計(MOCO-2)、ピロディン、デジタルマイクロプローブ、ハンディグレーダ(以下、HG)、FFTアナライザ(以下、FFT)、異音解析装置(以下、異音解析)及びパンジットを試みた。

ここでは、主としてHG・FFT・異音解

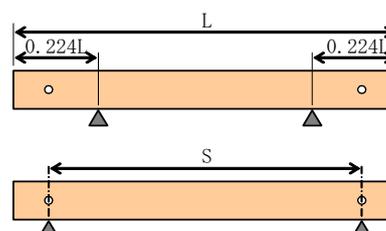


図1 たわみ振動数の測定方法

上: 正規の方法, 下: 支柱固定部間での測定

析によるたわみ振動数と、パンジットによる超音波伝播時間の測定について報告する。

たわみ振動数の測定では、まず横梁の構造（純木製または鋼材との複合体）の影響を検討した。

次いで、たわみ振動数の測定が可能な横梁について、横梁を支柱から取りはずし、支点の位置とたわみ振動数との関係を調べた（図1）。また、同横梁について、支柱へ取り付けるボルトの締め付け程度とたわみ振動数との関係を調査した。なお、HGの設定は丸太、2群(ヒギ)、φ180 mm、長 1,990 mm、比重 0.500、FFTの設定はFREQ 5 kHz、PK FITとした。

超音波伝播時間の測定でも、まずは横梁の構造の影響を検討した。次いで、超音波伝播時間の測定が可能な横梁について、測定方向と伝播時間との関係等を調査した（図2）。

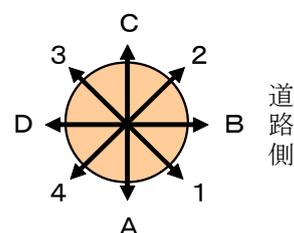


図2 超音波伝播時間の測定方法（横梁の断面図）

4.2 結果と考察

非破壊検査の機器として、高周波式含水率計（MOCO-2）、ピロディン及びデジタルマイクロプローブは、信州型木製ガードレール1～3号型のすべての横梁木部に使用可能であった。

(1) たわみ振動数による点検の可能性

横梁を対象としたHG・FFT・異音解析によるたわみ振動数の測定では、純木製の3号型でのみ、安定した結果が得られた。鋼材との複合型となる2号型横梁では、測定値が大きくばらついた（1号型では測定不可）。そこで、3号型の横梁を対象にして、さらに詳細な検討を行った。

主たるたわみ振動数について支点の位置とたわみ振動数との関係を調べたところ、表1の結果を得た（参考までに、縦振動法の結果も添付）。たわみ振動法では、スパンを正規の寸法にした場合とボルト固定部間とした場合で、振動数に大差はなかった。従って、たわみ振動数の測定は、横梁を支柱に固定したままでも実施可能であると考えられる。

次いで、3号型横梁を支柱に取り付けた状態のまま、固定部のナットの締め具合を変えて測定したところ、表2の結果を得た。ナットの締め具合によってたわみ振動数が変わるため、一定の強さ

表1 支点の位置とたわみ振動数(Hz)※

測定条件	HG	FFT
正規のたわみ振動法 (図1上, L:1,990mm)	756	758
	761	757
	761	757
正規のたわみ振動法 (図1上, L:1,990mm) (支点を紐で吊るす)	—	757
	—	757
	—	757
ボルト固定部での たわみ振動法 (図1下, S:1,580mm)	761	756
	761	756
	761	756
	1254	1256
縦振動法	1259	1256
	1259	1256

※ 試験体：横梁1本、測定数：3回

表2 横梁の固定状態とたわみ振動数(Hz) (測定数：原則2回)

固定状態	横梁 No.2-1			横梁 No.2-2		
	HG	FFT	異音解析	HG	FFT	異音解析
設置状態のまま (ナット固定状態)	791	794	794	781	781	781
	800		794	791		781
ナットを3回転分 緩める	781	780	781	776	770	781
	781	781	781	786	770	781
ナットをはずす	776	770	769	771	768	769
	776	770	769	771	767	769
ナットを手で きつく締める	810	807	806	791	783	794
	815	807	806	795	782	794

に締めた上で測定する必要が確認された。

なお、表1と表2には各測定機器において明確なピークが見られたたわみ振動数を示した。詳細な測定によると1次の振動数は190 Hz程度で、表中の数値は3次の振動数と思われる。

(2) 超音波伝播時間による点検の可能性

横梁を対象としたパンジットによる超音波伝播時間の測定でも、純木製の3号型でのみ、安定した結果が得られた(表3)。複合型となる1・2号型横梁では、測定値が大きくばらついた。

表3 超音波伝播時間※

	横梁断面における測定方向			
	A-C	B-D	1-3	2-4
平均(μS)	86	86	85	88
変動係数(%)	7.9	6.2	5.8	8.4

※ 測定数：12スパン×2本×3ヶ所=72ヶ所

5 自動車の接触痕と横梁の破損⁹⁾

5.1 調査の方法

2006年度以降、目視による調査を継続している。2008年度には、約14km(横梁本数約12千本)について目視調査を行った。

5.2 結果と考察

2008年度までに自動車の接触痕が認められた箇所は、既に数十箇所を数える。この中で、曲げ破壊が認められた横梁は、目視調査で確認したもの(写真-3)と報告を受けたものを併せても、1～2割程度であった。その他はタイヤの接触した黒い跡等が残っていたのみで、強度性能の観点からは交換を要しないものと判断された。

今後さらに調査事例を増やす必要はあるが、自動車が接触しても交換が必要となる横梁は2割以下であるという調査結果は、木製ガードレールの長所として強調できるものと思われる。



写真3 木製横梁への自動車の接触痕と、曲げ破壊による亀裂(矢印)

6 木材腐朽菌の子実体の発生⁹⁻¹¹⁾

6.1 調査の方法

2006年度以降、目視による調査を継続している。特に、2008年度は5月から8月にかけて徒歩での目視調査を行い、計約14km(横梁本数約12千本)について子実体の発生の有無を観察した。

2008年の現地調査ではハンディGPSを携帯し、設置位置の起点・終点と子実体の発生位置を測定した。測定した位置や現地で撮影した写真等の情報は、コンピュータで地図上にプロットしてマッピングを行った。調査項目は、設置後の経過月数、1～3号型等の横梁仕様の別、標高や近隣の河川の有無などの環境条件で、これらの項目毎に子実体の発生率を集計した。

なお、位置測定に使用したハンディGPSは(米国)GARMIN社製GPSmap60CSx(写真4)で平地では誤差精度±3m程度で測位が可能である。また、マッピングにはフリーソフトのカシミール3D ver.8.8.1を使用した。

6.2 結果と考察

設置後2年目から、木材腐朽菌の子実体の発生が確認されるようになった。これらの子実体の写真(一部は実物)を(独)森林総合研究所へ送付して鑑定を依頼したところ、次の5種であった。

- (a)ツノマタタケ、(b)キチリメンタケ、(c)キカイガラタケ、(d)スエヒロタケ、(e)アラゲカワラタケ。

複数の横梁に観察された(a)~(d)を、写真5に示す。

また、2008年度の調査では、13,884m(横梁数11,538本)について観察した。この内、子実体が発見された横梁数は321本で、キカイガラタケ、キチリメンタケ、スエヒロタケ、ツノマタタケの4種が確認された。

横梁の仕様別では、1号型、3号型に子実体が発生し、2号型では子実体の発生は確認されていないが、設置場所の標高等、環境が異なるため一概に比較することは出来ない。

上下段横梁の別では、上段：下段≒3：1で上段の方が多結果となった。



写真4 使用したハンディGPS

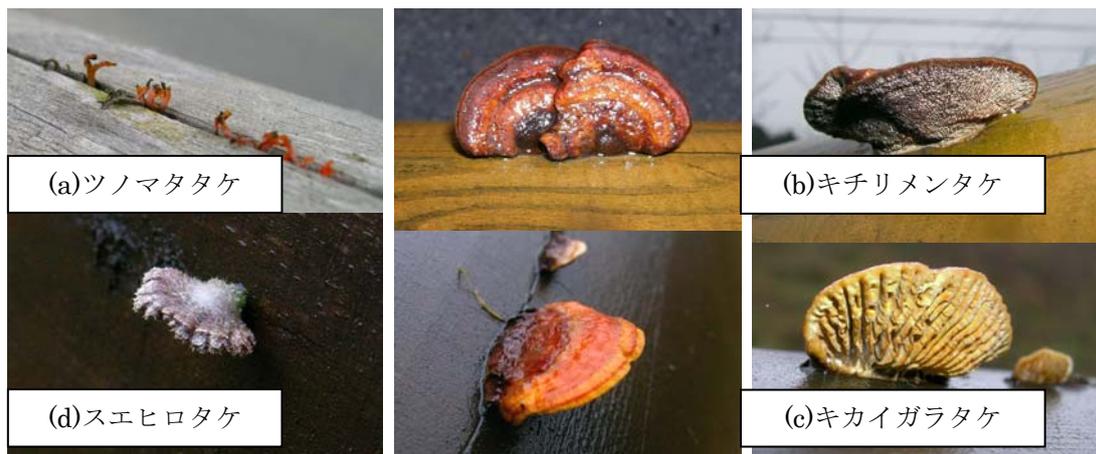


写真5 木製横梁に観察され始めた子実体

設置後経過月数別では40ヶ月程度経過すると子実体の発生率が高くなる傾向があった(図3)。

標高別に見ると、標高が低い場所では子実体の発生率が高い傾向にあり、逆に霧ヶ峰や開田高原など標高の高い場所では子実体は発見されなかった(図4)。

周囲の河川や用水路の有無により比較すると、河川等がある場合の発生率がより高い傾向にあった。

防腐処理の有無と子実体の発生率を見ると、防腐処理を実施した箇所では子実体の発生は極めて少なかった。

また、未認証タイプは防腐処理を実施しており、設置後10年以上が経過しているにもかかわらず表面の子実体の発生数は少なかった(未認証タイプは全て図3の51ヶ月以上に属する)。しかし、一部では内部の腐朽が進んでおり心材部の脆弱化が認められた。

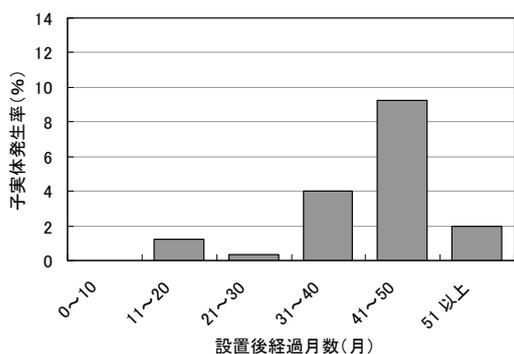


図3 設置後経過月数と子実体の発生率

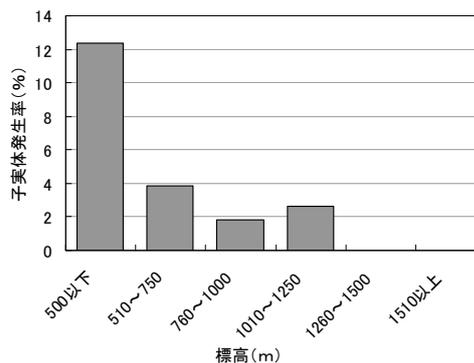


図4 設置場所の標高と子実体の発生率

なお、後述の 7 の試験体を用いて子実体の発生位置を測定したところ、横梁の上部に多く発生していた(図5)。また、曲げ試験後の断面観察でも、腐朽による変色は多くの横梁で上部から進んでいた(写真6)。

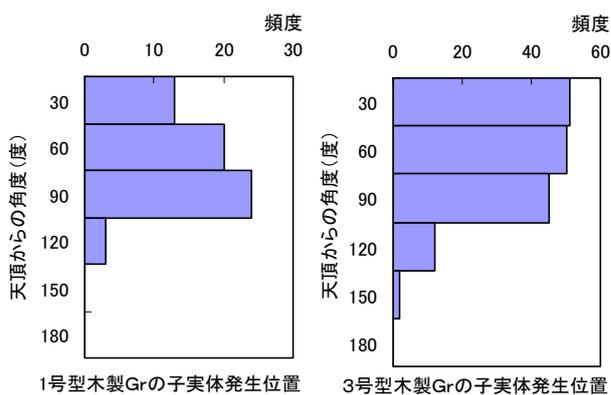


図5 子実体の発生位置

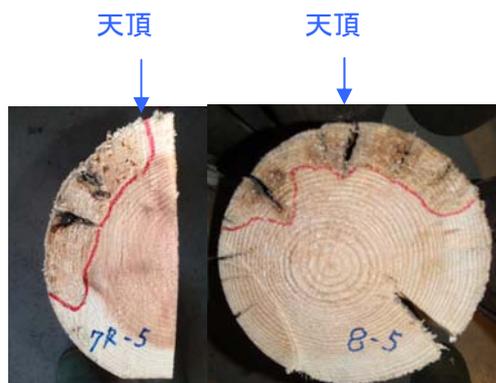


写真6 横梁断面
(左:1号型, 右:3号型)

一般に木材腐朽菌の生育好適環境は温暖・高湿度と言われているが、今回の調査結果もこれに一致する結果となった。木材腐朽菌が好む環境下に木製ガードレールを設置する場合には、子実体の発生を抑えるために防腐処理を施すか、交換サイクルを短くするなどの対策が必要であると考えられる。

7 腐朽と曲げ強度性能の低下¹¹⁾

7.1 試験の方法

試験体は、現地調査において子実体の発生が確認された1号型と3号型とした。

1号型はスギ円柱材の半割材を使用しており、横梁長は4.0mであった。安曇野市で採取した8本は、試験体採取時の設置月数が35ヶ月で、現地調査時の周辺の子実体発生率は10%であった。比較用の試験体は、新品10本とした。

3号型はカラマツ円柱材を使用しており、横梁長は2.0mであった。木曾郡南木曾町で採取した10本は、設置月数が34ヶ月で、子実体発生率は33%であった。比較用の試験体は、新品12本とした。

なお、各試験体とも製造時の防腐処理は行っていない。

静的曲げ試験は、長野県林業総合センターの実大材曲げ試験機 UH-1000kNA を用い、スパン 1,800mm の 3 点曲げ（中央集中荷重）方式で、設置時の車道側から載荷した。1 号型は横梁長が 4.0m であったため、試験条件を揃えるために左右 2.0m ずつに鋸断した。荷重速度は原則として 15mm/min とした。中央たわみは荷重点部分などのめり込み変位が含まれないよう、ヨークに変位計を付けて測定した。

曲げ試験前に試験体毎に子実体の発生位置と大きさを記録し、曲げ試験後に非破壊部分を鋸断して腐朽の範囲を観察した。

7.2 結果と考察

静的曲げ試験結果を図 6、7 と表 4 に示す。新品と設置品は同一ロットではないため単純に比較は出来ないが、平均値で見ると 1 号型と 3 号型の設置品は新品に対し、静的ヤング係数 (MOE) では 98.1%、81.1%、曲げ強さ (MOR) では 88.6%、62.2%、仕事量では 74.7%、43.5%であった。

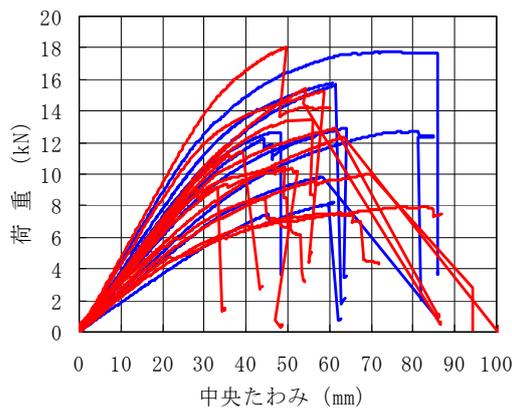


図 6 1 号型の静的曲げ試験における荷重-たわみ曲線（青：新品，赤：設置品）

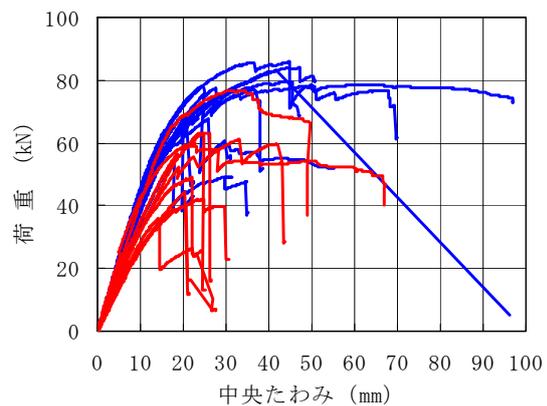


図 7 3 号型の静的曲げ試験における荷重-たわみ曲線（青：新品，赤：設置品）

表4 信州型木製ガードレール横梁（木部）における新品と設置品の曲げ強度特性等

試験体		密度	Efr	MOE	Pmax	MOR	仕事量	含水率 ^{*3}	
		kg/m ³	kN/mm ²	kN/mm ²	kN	N/mm ²	kN・mm	%	
1号型	新品 20体	平均	360	7.24	6.35	13.16	35.1	518	13.4
		最大	414	9.59	8.65	17.76	47.4	969	15.8
		最小	330	4.18	3.56	8.19	21.9	302	10.2
	設置品 15体 ^{*1}	平均	377	6.93	6.23	11.65	31.1	387	11.6
		最大	426	9.80	8.98	18.06	48.2	591	14.4
		最小	331	5.10	4.20	7.53	20.1	165	10.1
3号型	新品 12体	平均	534	11.91	9.68	73.86	58.0	1,979	12.7
		最大	574	13.28	10.96	85.86	67.5	4,057	16.3
		最小	473	10.27	8.29	54.39	42.7	536	8.7
	設置品 10体 ^{*2}	平均	471	9.39	7.85	53.43	42.0	861	7.7
		最大	522	12.64	10.32	76.68	60.3	1,871	12.3
		最小	399	7.30	6.29	34.57	27.2	276	4.3

*1 子実体発生：10体，未発生：5体（1号型はすべて2m長に鋸断した状態での数量）

*2 子実体発生：10体

*3 高周波式含水率計による

今後は、道路管理者と協力して継続的に調査を実施することを予定している。また、交換した横梁の破壊試験を実施することにより、子実体の発生と強度低下の関係を解明することが必要である。

関連資料（太字：本事業の成果報告）

- 1) 柴田直明：木材保存，30(4)，168-173 (2004)
 - 2) 柴田直明ら：日本木材加工技術協会年次大会 講演要旨集，37-38 (2004)
 - 3) 柴田直明ら：公立林業試験研究機関 研究成果選集，No.2，73-74 (2005)
 - 4) 柴田直明：山林，第1456号，32-41 (2005)
 - 5) 柴田直明：木材工業，61(12)，604-607 (2006)
 - 6) 柴田直明ら：日本木材学会大会 研究発表要旨集，139 (2005)
 - 7) 柴田直明ら：日本木材学会 中部支部大会 講演要旨集，16-17 (2006)
 - 8) 柴田直明ら：日本木材加工技術協会 年次大会 講演要旨集，71-72 (2006)
 - 9) 柴田直明ら：日本木材学会 中部支部大会 講演要旨集，20-21 (2007)
 - 10) 戸田堅一郎ら：日本木材学会 中部支部大会 講演要旨集，4-5 (2008)
 - 11) 戸田堅一郎ら：日本木材学会大会 研究発表要旨集， (2009)
- この他，2004～2008年度 長野県林業総合センター 業務報告等にも記載あり。

1 C 群馬県遮音壁

木製遮音壁の設計指針としては旧 JH の「木製遮音壁技術指針（案）」があり、概ねこれと同様であるため、設計上の留意点として下記を加える。

木製遮音壁の設計上の留意点

- 1・最上部は、笠木などの雨よけの部材を設置するか、容易に交換できる構造にするなど、特に耐久性に配慮する必要がある。

解説：

表－1 に 5～8 年経過した遮音壁の劣化調査結果を示した。腐朽箇所 9 割弱が最上部であることは、最上部が最も劣化しやすい部位であることを示している。

表－1 遮音壁劣化調査結果

遮音壁タイプ	調査方位	ユニット数	腐朽箇所	腐朽箇所内訳				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

- 2・接合部は、乾湿繰返しに伴う部材の変形によって部材間を貫通する隙間が生じないような断面形状を考慮するとともに、接合方法についても配慮が必要である。

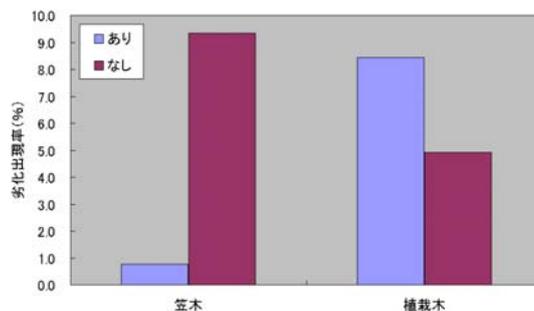
解説：

上の表－1 で貫通する隙間は、ボルトを使用せず接着剤のみで部材を接合している枕木タイプだけで発生している。

- 3・木製遮音壁設置箇所で、樹木の植栽を行う場合、枝が遮音壁の上を覆うような樹種は避けた方が好ましい。

解説：

図－1 に劣化外力の影響による劣化の出現率の違いを示した。笠木の効果とともに、植栽木が耐久設計上好ましくない影響を与えていることを示している。



図－1 劣化外力の影響

図1 劣化外力の影響の出現率（笠木（左）と植栽木（右））

1. 木製遮音壁の点検

1. 1 点検区分及び頻度

点検は、徒歩及び低速で走行する車による目視による日常点検と、徒歩により遮音壁近傍での目視や打診による定期点検、機器を使用した詳細点検に分けられる。

解説：

日常点検は、通常の巡回の際に、目視を主体として行う点検をいう。

定期点検は、定められた時期に目視、触診、打診を主体として行い、点検間隔は2～3年程度とする。

詳細点検は、5年間隔、または日常点検及び定期点検時に重大な損傷や疑わしい事例が確認された場合に、機器等を使用して行う専門的な点検をいう。

1. 2 点検基準

1. 2. 1 日常点検

徒歩による日常点検は、側道を歩きながら目視によって点検を行う。

車による日常点検は、高速道路本線側などの徒歩による点検が行いにくい箇所について目視またはデジタルカメラ等の動画機能を使用し、点検を行う。

解説：

日常点検は、劣化の兆候や初期の劣化の把握等を目的として行う。

点検時は、最上部を中心に最下部や異種材料との接触部分等を確認する。干割れの周辺の変色やきのこの発生、周囲の部材と比較して著しい変色や、水の流れた跡、不自然な変形などに注意する。

また、車両による点検は 80km/h 以下で、撮影するフレーム内に遮音壁の上下端が入るようにして、圧縮率の大きくない MotionJPEG 等の形式で 640×480 ピクセル 30fps 以上の撮影モードで記録する。記録した動画は、コマ送りで再生し詳細を確認する。



動画をコマ送りで確認したもの

撮影条件：Optio M20 使用 MotionJPEG640
×480 ピクセル 30fps

使用ソフト：QuickTime6.0

(1) 使用器具（徒歩）

徒歩による日常点検に使用する道具類を下に示す。

記録用紙、双眼鏡、カメラ、(三脚)

(2) 使用器具（車）

車による日常点検に使用する道具類を下に示す。

記録用紙、動画機能のついたデジタルカメラまたはデジタルビデオカメラ

1. 2. 2 定期点検

定期点検は、定期的に詳細な目視や打診を行い、腐朽または蟻害の被害度の確認を行う。

解説：

定期点検の目的として、詳細な目視や打診により腐朽や蟻害を早期に発見し対処することで、性能低下に繋がる重大な劣化の進行を防止し耐用年数を延長するとともに、維持管理コストの低下にも役立つということがある。

点検時は、最上部を中心に最下部や異種材料との接触部分等を目視や打診で確認する。干割れの周辺の変色やきのこの発生、周囲の部材と比較して著しい変色や、水の流れた跡、不自然な変形などについて打診を行い、被害の深さと範囲を確認する。

(1) 使用器具

定期点検には、下水道点検用の鏡（長さ3～4m）、ハンマー（柄の部分1.5m程度に延長したもの）などの器具を使用する。

解説：

木製遮音壁は「木製遮音壁技術指針(案)」において原則高さ3m以下とされているため、最も劣化しやすい最上部を上から目視で確認するには、下水道点検用の鏡を使用する必要がある。また、通常のハンマーでは最上部には届かないため、市販のステンレスパイプ等を使用して柄を長くする必要がある。

なお、梯子を使用することでこれらは不要となるが、作業効率と安全性からすると梯子は好ましくない。



下水道点検鏡を使用した
最上部の目視での確認



柄を延長したハンマーを使用した打診

(2) 被害度の判定基準

被害度の判定基準は、森林総研の6段階評価とする。

解説：

被害度	状態
0	被害なし
1	部分的に軽度の腐朽または蟻害
2	全面的に軽度の腐朽または蟻害
3	2に加えて部分的に激しい腐朽または蟻害
4	全面的に激しい腐朽または蟻害
5	腐朽または蟻害によって形が崩れる

(3) 記録

記録は、点検シートを用いて行うものとするが、画質のよいものであれば、動画から取り出した静止画での記録も可能である。

解説：

点検シートは、「木製遮音壁技術指針（案）」で示されている「木製遮音壁追跡調査票」を使用するものとする。

コマ送りの確認や動画から静止画を取り出す場合には、コマ送りの操作にキーボードの矢印キーが使用できる QuickTime が、操作性がよく使いやすい。

1. 2. 3 詳細点検

重大な損傷により隙間等の発生が目立つような場合、機器による詳細点検を行うものとし、騒音測定に基づいて遮音性能の評価を行う。

(1) 機器による遮音性能の把握

木製遮音壁が設置された周辺の音環境は、JIS Z 8731 に規定されている環境騒音の表示と測定方法により、等価騒音レベルの24時間測定に基づいて評価する。

解説：木製遮音壁が設置された周辺の音環境は、JIS Z 8731 に規定されている等価騒音レベルの24時間測定に基づいて評価することを基本とする。

ただし、側道等の交通騒音、生活音、自然音などの高速道路以外の騒音レベルが低くなる場合、以下の方法によって、木製遮音壁の遮音性能を評価することができる。

木製遮音壁設置端部を境にして、騒音の側路伝搬の影響が少なくなるように十分な距離を置いて、木製遮音壁のある側とない側で、同一時間帯に等価騒音レベルあるいは最大A特性音圧レベルの短時間測定を繰り返す。2カ所の測定値のパワー平均の差を指標として、木製木製遮音壁の遮音性能の経年劣化の程度を推定する。

また、周辺に設置されているコンクリート製木製遮音壁で同様の測定を行うことにより上述の指標が得られる場合、木製木製遮音壁の性能評価の参考値とすることができる。

1 D 宮崎県ガードレール

1. 目視調査

宮崎県内では、平成6年から平成20年まで林道を中心に総延長 23.8 kmの木製ガードレールを設置された。防護柵としての機能を確認するため、平成14年より木製ガードレールの劣化状況を調査した。調査は「防腐処理木材の野外杭試験方法」(林業試験場(現:森林総合研究所) 研究報告第297号)に準じ、木製ガードレールビームの劣化被害度を評価した。図-1に平成6年から平成8年までに設置された木製ガードレールビーム計1998本の劣化被害度調査結果を示す。

平成6年～平成8年に設置された木製ガードレールビームの劣化調査結果より、設置後5～6年を経過したビームの約10%が劣化被害度3以上であった。

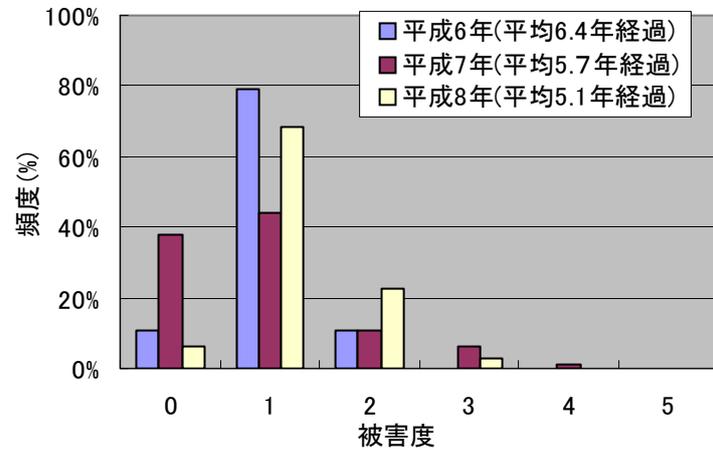


図-1 宮崎県木製ガードレール劣化状況調査結果
(調査:平成14年)

2. 設置後10年経過木製ガードレールの性能確認試験

木製ガードレールの防護柵としての機能を確認するため、設置後約十年間を経過した木製ガードレールからビームを取外し、朽状況の調査を行ったうえ、実車衝突試験による性能評価を実施した。車両用防護柵の性能評価は、主に防護柵の強度などを確認する大型貨物車による衝突試験Aと乗員の安全性などを確認する乗用車による衝突試験Bからとなっているが、経年木製ガードレールの性能確認は、木材の劣化による強度低下が懸念されるため、大型貨物車による衝突試験Aのみを行った。

2. 1 試験概要

本試験では、平成7年に宮崎県ひなもり台県民ふれあいの森に設置した木製ガードレール現場の19ヶ所から、延長24スパンの一区間内の直径180mmスギ材ビーム全数48本およびその区間の前後区間の各3本計54本を対象に性能確認試験を実施した。スギ材ビームは、直径180mm、長さ1970mmの円柱加工体で、加圧注入保存処理にはDAACを用いた。これらのビームの劣化状況を把握するため、ピロディンによる貫入深さおよびビームの縦振動ヤング係数の測定を実施した。54本うちの34本は、静的曲げ試験に用い、残りの20本は実車衝突試験用試験体として再度試験場に設置し、大型貨物車による実車衝突性能確認試験を行った。曲げ試験は、衝突時の防護柵横梁に作用する荷重の実状を考慮し、スパン1.8mでの中央集中荷重荷方式とした。

図-2に実車衝突試験の概要を示す。劣化被害度1又は2と評価された横梁を衝突試験場に新たに設置した支柱に取付けた。試験では、車両用防護柵C種の規定衝撃度相当以上となるように衝突条件を設定した。大型貨物車の走行は、無人運転で別の車によるロープ牽引方式で行われた。車輛の衝突速度および衝突後の車輛の離脱速度は、図-2に示した光電管間の車輛通過時間から求めた。また、衝突時の車輛および防護柵の挙動は、カメラ撮影などによって記録した。

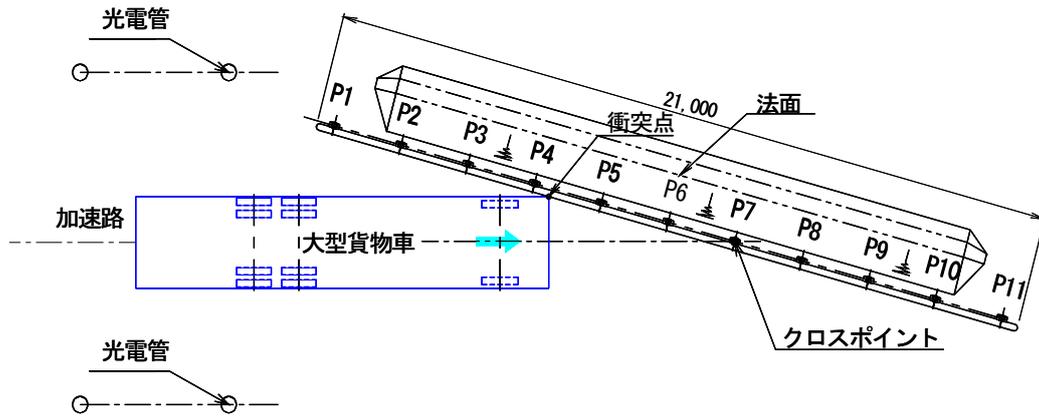


図-2 10年経過木製ガードレール実車衝突試験の概要

2. 2 試験結果

試験に使用した経年ビームの劣化被害度の分布は、1 から 3 の範囲内であり、平均被害度は 1.8 であった。表-1 に経年ビームの曲げ試験結果を示す。ビームの被害度が大きくなるにつれて、曲げ試験時の平均破壊荷重は低くなるが、設置後十年経過した劣化被害度 1 および 2 となったビームは、車両用防護柵としての性能（本試験方法での曲げ破壊荷重が 40kN 以上）を有していることが判明した。

表-1 経年ビームの曲げ破壊荷重 (kN)

劣化被害度	1	2	3
最小破壊荷重	40.0	35.8	24.1
最大破壊荷重	70.7	60.5	55.9
平均	53.5	49.4	40.8
標準偏差	9.6	7.2	9.4

表-2 に経年ビームを用いた木製ガードレールを対象に実施した大型貨物車による実車衝突試験の結果を示す。衝突車両の衝撃度 I_s は下式より求めた。

$$I_s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3.6} \cdot \sin \theta \right)^2 (kJ) = 54.6 (kJ)$$

衝突車両の衝撃度は、車両用防護柵 C 種の衝撃度規定値 45kJ を上回った。設置した木製ガードレールは「防護柵設置基準・同解説」に定められた大型車衝突条件の性能規定項目を全て満足した。写真-1 衝突車両の挙動および防護柵の損傷状況を示す、衝突瞬間の車両の挙動から衝突車両の安全誘導が確認された。木製ガードレールの構成部材は、ビームの割れが数本をあったもの

表-2 実車衝突試験結果

項目	条件	実施結果	備考
車両総重量(t)	25.0	20.10	実測
衝突速度(km/h)	26	31.6	計測
衝突角度	15°	15.4°	軌跡計測
最大進入工程(m)	<1.1	0.0	軌跡計測
車両の挙動	安全に誘導	安全に誘導	目視確認
離脱速度(km/h)	>31.6 60%	× 27.5	画像解析
離脱角度	9°	0°	車輪軌跡

の、飛散しなかった。以上より、設置後十年経過し、劣化被害度が 1 又は 2 と評価された横梁は、車両用防護柵としての強度性能を有していることが確認された。



写真-1 衝突車輛の挙動および経年ビームの損傷状況

3. 維持管理

これまでの調査と性能確認試験の結果より、宮崎県内既設木製ガードレール(ウッドGr)の維持管理に関する考え方をまとめた。

3. 1 木製ガードレールの耐用年数

木製ガードレール(ウッドGr)のRC支柱のコンクリート強度が 30N/mm^2 以上、水セメント比が50%以下と規定しており、土木学会の平成11年版「コンクリート標準示方書・耐久性照査型」に基づいて照査した結果、設置後の長い間(50年間)において、衝突を受けたケースを除いて特別な維持管理措置を取らなくて良い。

木製ガードレールに使用する横梁ビームの耐用年数は、これまでの木製ガードレールの劣化度調査結果および他の野外スギ材の劣化度試験結果より、薬剤はCUAZ又はACQを使用し、ビーム表面に木材用保護含浸塗料を塗布した場合に10年を目標とする。

3. 2 点検区分および頻度

点検は目視検査を中心とする通常点検と、測定器具を使用する定期点検、および地震、台風災害又は事故等の偶発的に行われる臨時点検などで、その頻度は下表による。

表-3 点検頻度

点検区分	頻 度
通常点検	設置から 6ヶ月ごと
定期点検	設置から3年・6年・8年・10年経過時
臨時点検	必要と認められた時

3. 3 点検基準

3. 3. 1 通常点検

目視により下表に示す項目について点検し、木材に異常を認めた場合は表-3の判定基準によって対処する。固定部の緩み等で増し締め等、その場で対処できる際には、速やかに対処する。

表-4 点検基準

項 目	確 認 事 項
線 形	設置された線形に部分的な屈曲などの異常がないか観察する
劣化被害度	劣化や蟻害などの兆候はないか観察する。
干 割 れ	木材ビームを貫通する程度の大きな干割れの発生がないか観察する。
固定部の緩み	固定部の金具に緩み、ぐらつき、等の有無を観察する
その他の損傷	汚物の付着、外観のそん色、部分的破損などの有無を観察する

3. 3. 2 定期点検

1) 定期点検

表-4の項目に基づき、特に木材ビームの劣化等の被害度については打診、または下記

2) の点検器具等を併用して点検を実施する。

2) 点検器具

定期点検に用いる点検器具は、木材の劣化度を的確な判定する性能を備えたものでなければならない。過去の実績として、以下の点検器具による診断を行っている。

- ドライバによる診断、
- ピロディンによる診断
- 超音波伝播速度による診断
- ヤング係数による診断

3) 判定基準

定期点検により、各部材における各項目の判定を総合して、構造的な安全度を下表の判定基準により判定し必要な処置を講じる。

表-5 判定基準
安全度の基準

判定	必要な処置	判断の基準
A	部材の健全度が著しく損なわれ、安全な使用に支障をきたすおそれがあり、ビームの交換が必要である。	状態：被害度2に加え部分的に激しい虫害（劣化被害度：3）
B	ビームの劣化がある程度進んでおり、表面に再塗布処理の必要と認める。	状態：全面的に軽度の虫害又は劣化（劣化被害度：2）
C	要観察 部分的に軽微な損傷（劣化）が認められるものの対策の必要はない、	状態：部分的に軽度の虫害又は劣化（劣化被害度：1）
D	異常なしと認められる。	状態：健全（劣化被害度：0）

3. 3. 3 臨時点検

臨時点検は、地震、台風災害又は事故等により、必要と認められた時に実施する。

3. 3. 4 記録

木製ガードレールの点検結果は記録し保管しなければならない。

3. 4 木製ガードレールの取替

木製ガードレールは次のいずれかの事例に該当する場合に応じてビームまたは支柱あるいは全てを交換する。

- 1) 点検の結果、または偶発的事由により表-3の判定に該当するとき
- 2) 路線全体の劣化被害度平均が2.5を超えた場合には、路線全体の交換を実施する。

付録2 耐火試験方法

2 A 木製遮音壁の耐火試験方法（案）

道路用施設としての木製遮音壁の耐火性能評価は、次に掲げる試験・評価方法により行なう。

1. 総則

- (1) 木製遮音壁の耐火性能試験は、2に規定する試験体を3に規定する方法により実施し、4に規定する判定基準を満足した場合を合格とする。
- (2) 耐火性能試験は、火災の加熱を受けると想定される面について行なうものとする。両側から加熱を受けると想定される遮音壁で、一方の面が他の面と同等以上の耐火性能を有すると明らかに認められる場合は、当該面についての試験を省略することができる。

2. 試験体

- (1) 試験体の材料及び構成は、原則として、実際のものと同じとする。ただし、実際のものに複数の仕様がある場合は、次のイ及びロによるものとする。
 - イ. 溝加工等による欠損に複数の仕様がある場合は、欠損部分の容積の合計が最も大きい仕様を試験体とする。
 - ロ. 表面化粧層の組成・構成に複数の仕様がある場合は、有機化合物量の合計量が最も多い仕様を試験体とする。
- (2) 試験体の材料の寸法、組成及び比重は、管理範囲にあるものとする。また、木質部分の含水率は20%以下とする。
- (3) 試験体の個数は、原則として、加熱面ごとに2体とする。
- (4) 試験体の大きさは、幅は100cm以上、厚み及び高さは実際のものと同じとする。
- (5) 試験体の仕様は、実際のものと同じとする。

3. 試験方法

- (1) 火源は、内法寸法縦16cm×横28cm×深さ8.5cmのステンレス容器に入れた1000gのエタノールとし、そのステンレス容器を試験体下端中央部に置き、点火する。
- (2) 裏面温度の測定は熱電対により行ない、温度の測定は、10秒以内ごとに行なうものとする。熱電対の熱接点は、裏面側に5箇所以上配置するものとする。高温になったと判断される部分が生じた場合には直ちにその部分の温度計測を行なう。
- (3) 裏面での火炎及び火炎が通る亀裂等の発生の有無について目視観察する。
- (4) 試験時間は、火源による加熱終了後も、試験体の燃焼が終了するまで継続する。

4. 判定

耐火試験の結果、各試験体が次の基準を満足する場合に合格とする。

- (1) 試験体の裏面温度の上昇が、最高で180K以下であること。
- (2) 裏面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
- (3) 裏面で10秒を超えて継続する発炎がないこと。
- (4) 火炎が通る亀裂等の損傷を生じないこと
- (5) 火源による加熱終了後、試験体が燃え広がらず、自然に鎮火すること。