

平成 24 年度
地域材供給倍増事業
(農林水産省補助事業)

地域木材産業等連携支援事業
(文化用品等市場開拓型)

実施報告書

和光コンクリート工業株式会社

平成 25 年 3 月

地域木材産業等連携支援事業（文化用品等市場開拓型）
実施報告書

目 次

はじめに

（報告書要旨）

1．事業実施の概要.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 目的.....	1
1.3 実施方法.....	2
2．ビームの設計、仕様書策定.....	4
2.1 木材強度の検討.....	4
2.2 保存処理の検討.....	9
2.3 仕様書の作成.....	13
3．PR 資料作成.....	16
4．総括.....	17
5．今後.....	18
参考文献.....	19
付属資料 A 木製防護柵用ビーム特記仕様書（案）.....	20
付属資料 B PR 資料（Q&A 集）.....	43
付属資料 C 第 1 回準備会議事録.....	47
付属資料 D 第 2 回準備会議事録.....	48
付属資料 E 第 1 回委員会議事録.....	50
付属資料 F 第 2 回委員会議事録.....	53
付属資料 G 第 3 回委員会議事録.....	56
付属資料 H 第 1 回ビーム仕様 WG 議事録.....	60
付属資料 I 第 2 回ビーム仕様 WG 議事録.....	62
付属資料 J 第 3 回ビーム仕様 WG 議事録.....	64

はじめに

農林水産省の補助事業「地域材供給倍増事業」の対象として、本木製ガードレール事業が昨年度に引き続き、今年度も採択されたことに対し、農林水産省に感謝申し上げる次第である。今年度の事業は、ガードレールの発注側となる地元宮崎県県土整備部から、「今後は10年間メンテフリーのものでなければ使用できない。何か支障が出た場合には受注者責任で保証してほしい」との予期していなかった条件が付与されたため、性能発注に応えられる品質計画書が提供可能な団体・企業、そして、それを評価して組合せる設計実務に詳しい専門家に検討委員会メンバーとして参画をお願いした。

筆者、検討委員会メンバー、並びに事務局は、宮崎県が昨年度とは一変して性能発注へ移行したことで課せられた厳しい与条件に一丸となって対応した。その活動結果を記した報告書は、性能規定化の流れに沿ったものであり、設計・製作マニュアルに近い内容にまとめられた。製品仕様は、衝突実験で合格した仕様を基本に、ビームの強度品質と保存処理の性能レベルとの組合せで決められることになった。コストも要求品質に連動することになった。

これからのものづくりでは、性能規定化が一層進むと予想される中、それを前提に活動した検討委員会が作成した報告書は、スギビームを取り巻く日進月歩の新商品・技術の登場を予感させ、そうしたものを取り込むことでさらなるコストダウンにつながる新たな可能性を拓くと期待される。

一連の性能規定化を支えたのは、各委員から提供された最新のデータや貴重な情報であった。事務局も直近の基準や規格類を精力的に収集し、委員会やワーキンググループに配付して情報の共有化に尽力した結果、委員会討議にも無駄が無かった。本事業は、筆者にとっても、性能を担保するものが数字であるということを改めて認識する機会となった。これを機に、木製ガードレールの更なる合理性が追求可能になることで、その市場性が高まり、全国的な普及につながることを願っている。

ここに、関係者各位に厚く御礼を申し上げます。次第である。

宮崎県木材利用技術センター 所長
木製ガードレールの普及に関する検討委員会委員長
飯村 豊

木製ガードレールの普及に関する検討委員会

(順不同・敬称略)

委員長： 飯村 豊 宮崎県木材利用技術センター 所長
委員： 安藤 和彦 (財)土木研究センター 道路研究部長
加藤 英雄 (独)森林総合研究所 材料接合研究室 主任研究員
武田 義昭 宮崎県環境森林部 山村・木材振興課 みやざきスギ活用推進室長
永田 宣行 宮崎県県土整備部 道路保全課長
中澤 隆雄 宮崎大学名誉教授
原田 美弘 宮崎県木材協同組合連合会 副会長

(オブザーバー)

肥後 明人 株式会社コシイプレザービング 取締役

チーム仕様に関する WG メンバー

飯村 豊 (前出)
原田 美弘 (前出)
肥後 明人 (前出)
奥村 泉 南那珂森林組合 日南事業所 事業部長

事務局

金丸 和生 和光コンクリート工業株式会社 代表取締役
川島 満成 和光コンクリート工業株式会社 常務取締役
張 日紅 和光コンクリート工業株式会社 製品開発チームリーダー

報告書要旨

- 1 . 木製ガードレールの学識経験者、実務経験者、利用予定者、素材生産者からなる委員会を開催し、以下の点について検討した。（事前打合せ 2 回、検討委員会 3 回）
 - 1) ビームの設計、仕様書策定
 - 2) Q&A集のようなPR資料作成
- 2 . 木製ガードレールについて以下の調査及び分析を行った。
 - 1) 木製ガードレール用ビーム設計に必要な調査または実証試験
 - 2) Q&A集等の木製ガードレール拡販に必要なPR資料作成に際して必要な調査または実証試験
- 3 . 宮崎県産スギ材を木製ガードレール用ビームとして安定供給していくために必要な連携体制の構築を検討した。この検討には、宮崎県外との連携の可能性も含めた。
- 4 . 宮崎県産スギ材を木製ガードレール用ビームとして安定供給して行くための地域材供給計画を策定した。
- 5 . 本事業での取組み、成果等（検討経過、連携体制、供給計画等）をまとめた報告書を作成した。また、この報告書を当社のHPで公表することとした。

1. 事業実施の概要

1.1 背景

森林・林業再生プランに掲げる「10年後の木材自給率50%以上」という目標を達成し、木材の利用拡大による森林の適切な整備や地球温暖化防止への貢献を実現するためには、「公共建築物等木材利用促進法」の推進により住宅のみに依存しない木材の需要構造を作るとともに、木材製品や木質バイオマスへの地域材利用を促進するための実需を拡大させる必要がある。

このため農林水産省は家具、建具、公園資材、土木資材等の新たな地域材市場の開拓に向けた水平連携等木材産業活性化への活動等を支援している。そこで、この地域材の市場拡大のために木製ガードレールを提案することとした。

車両用木製ガードレールは平成6年頃に開発され林道等で利用されるようになった。その後、平成10年の防護柵設置基準改定により仕様規定が性能規定へと変更され、木製ガードレールも一定の性能を満足すれば防護柵設置基準をクリアする可能性が出てきた。この結果、平成23年9月までに12タイプの車両用木製ガードレールが防護柵設置基準をクリアした。

しかしながら、日本国内の防護柵総延長約170,000kmの内、国内の林道、地方道、国道に設置された木製ガードレールは過去14年間の総設置延長が120km程度であり、防護柵の設置総延長に占める割合は僅か0.07%である。一方、日本と同時期に開発をスタートさせたEUでの木製ガードレール普及は日本の状況と大きく異なっている。フランスで開発された木製ガードレールの年間設置延長は300kmであり、フランス国内の防護柵年間設置総延長の15%を占めている。この他、イタリアやスペインなどのEU各国でも積極的に木製ガードレールを採用している。また、北米、南米およびオーストラリアなどの国々でも設置が始まっており、更に東南アジアや中国、韓国においても試験的な設置が始まっている。

平成23年度の事業において、木製ガードレールを使ってみたいというニーズがある反面、コストと同程度の問題として耐久性に関する不安が多いこと、木製ガードレールの需要喚起のため、以下の作業を実施する必要があることが分かった。

- a. 安心して使用できる木製ガードレール用ビームを設計し、仕様書を作成する。
- b. 道路管理者が木製ガードレールの使用を検討する際、不安と感ずる事柄（特に耐久性等）を解り易く解説したQ&A集などのPR資料を作成する。

このような背景を踏まえ、当事業では、ソフト面から木製ガードレールの理解を深めて国産木材の利用拡大に繋げるとともに、地域材を安定供給するために必要な連携体制等の構築に取り組んできた。

1.2 目的

本事業では、平成24年度地域材供給倍増事業（農林水産省補助事業）に基づく国産木材の利用拡大に寄与するため、次を目標とした。

- 1) 利用者が安心して使用できる木製防護柵用ビームを設計し、性能発注できる仕様書を策定すること。
- 2) 道路管理者が木製防護柵を使用する際に不安と感ずる事項を分かり易く解説したQ&A集のような木製ガードレール拡販に必要なPR資料を作成すること。

1.3 実施方法

本事業では、「木製ガードレールの普及に関する検討委員会の開催」「木製ガードレールの普及拡大に関する調査・試験の実施」「木製ガードレール用ビーム供給に関する新たな連携体制構築」「木製ガードレール用ビーム供給に関する計画作成」「木製ガードレール用ビーム供給に関する事業報告書の作成・公表」の5項目を実施した。(表 1.3.1)

なお、それぞれの実施内容は次の通りである。

1) 木製ガードレールの普及に関する検討委員会の開催

木製ガードレールの有識者、利用予定者、素材生産者等からなる委員会を開催し次を検討した。

a. 仕様書の策定

- b. 道路管理者が木製防護柵を使用する際に不安と感じる事項を分かり易く解説した Q&A 集のような木製ガードレール拡販に必要な PR 資料の作成

2) 木製ガードレールの普及拡大に関する調査・試験の実施

木製ガードレール用ビーム設計及び PR 資料作成に必要な次の調査及び実証試験を行った。

a. 腐朽ビームの調査(強度、浸潤度等)

- b. 耐久性の高かったビームの処理を行った保存処理メーカーへの聞き取り調査

c. ポリウレア樹脂塗膜の耐候性調査

3) 木製ガードレール用ビーム供給に関する新たな連携体制構築

供給、加工、保存処理などに関わる有識者でワーキンググループ(WG)を構成し、木製ガードレール用ビームとして改善すべき問題点を確認し、ビームの耐久性向上に関する仕様や大径材・芯去材への対応などを検討した。

4) 木製ガードレール用ビームとして宮崎県産スギ材を安定供給するための計画を策定した。

5) 本事業の成果等をまとめた報告書を作成・配布し、更に当社 HP においても公表した。また、ビーム仕様書(案)を作成し、当社 HP 上に於いて公表した。

表 1.3.1 本事業の主要活動の実施概要

実施日	主要活動(参加者)	内容
平成 24 年 6 月 14 日	検討委員会の準備会 (飯村、金丸)	委員長就任要請及び委員候補の確認 委員会での検討内容確認
平成 24 年 9 月 11 日	検討委員会及び準備会 (飯村、肥後、金丸、川島、張)	委員候補の決定 委員会での検討内容確認 委員会日程の検討
平成 24 年 9 月 24 日 ~ 25 日	ポリウレア樹脂に関する 調査(川島)	ポリウレア樹脂による木材ビーム耐久性向上の可能性調査
平成 24 年 10 月 4 日	高千穂バイパス、基幹林道 阿蘇東部線木製防護柵腐 朽調査(川島、張)	設置後 9 年から 15 年ほど経過した木製ガードレール用ビームの腐朽調査を実施

平成 24 年 10 月 11 日	第 1 回委員会 (委員会メンバー)	委員会設置趣意説明 平成 23 年度事業実施報告説明 ビーム腐朽調査実施報告 仕様書検討 Q&A 集検討
平成 24 年 10 月 22 日	第 1 回ビーム WG (飯村、肥後、金丸、川島)	WG 設置主旨 検討課題整理
平成 24 年 11 月 2 日	九州木材工業間取り調査 (金丸、川島)	阿蘇東部線に納品された木製ビームの保存処理仕様確認
平成 24 年 12 月 4 日	第 2 回ビーム WG (飯村、原田、肥後、奥村、 金丸、川島)	第 1 回 WG 議事録確認 仕様書への JAS、AQ 認定適用可能性検討 ガードレール用ビームへの芯去り材適用可能性検討
平成 24 年 12 月 5 日 ~ 平成 25 年 2 月 4 日	高千穂バイパス腐朽ビーム 試料採取、被害度、強度確認試験	平成 24 年 10 月 4 日の調査に於いて被害度 3 以上と診断されたビームを採取し、保存薬剤の残存状況やビームの曲げ強度確認用の資料とした。
平成 24 年 12 月 12 日	第 2 回委員会 (委員会メンバー)	第 1 回委員会議事録内容確認 第 1 回、第 2 回ビーム WG 報告 ビーム仕様書たたき台検討 ・木材強度基準検討 ・高千穂バイパス腐朽ビーム調査中間報告 Q&A 特性要因図検討
平成 24 年 12 月 11 日 ~ 平成 25 年 1 月 8 日	ポリウレタ樹脂コーティング材耐候性試験 (木材利用技術センター)	ポリウレタ樹脂をコーティングした材料片(塗膜厚 0.5mm / 1.0mm)を用いた促進耐候性試験(JIS K 5600-7-7)を行った。
平成 25 年 1 月 19 日	第 3 回ビーム WG (飯村、金丸、川島、張)	ビーム仕様書たたき台検討 ・木材強度基準検討 ・メンテナンスについて Q&A 検討
平成 25 年 2 月 5 日	第 3 回委員会 (委員会メンバー)	第 2 回委員会議事録内容確認 第 3 回ビーム WG 報告 ビーム仕様書たたき台検討 ・木材強度基準検討 ・高千穂バイパス腐朽ビーム調査報告 Q&A 集検討

2. ビームの設計、仕様書策定

平成 23 年度の事業で、木製防護柵用ビームは土木用資材として一般的に販売されている他の製品とは異なり、性能設計・性能発注が可能な環境とは言い難いことが分かった。

そこで、特に発注者の不安が大きい、木材の強度と耐久性に直接影響のある保存処理を中心にビームの特記仕様書を作成することとした。

仕様の決定に際しては WG で検討し、その結果を委員会で協議することとした。

保存処理に関する仕様検討のため、過去に施工された木製防護柵ビームの腐朽状況を調査し、ビーム保存処理の違い等調査するとともに、保存処理メーカーへの聞き取り調査を実施した。

木製ビームに使用する木材強度規定を検討するために、過去の実車衝突試験時のデータや静的曲げ試験と衝撃曲げ試験のデータ等を調査・整理した。

更に、製材に関する JAS、AQ 認定規格等を調査し、仕様書への適合可能性を検討した。

2.1 木材強度の検討

a) 委員会での検討

委員会にて過去の強度データを整理し、防護柵種別 C 種用 φ180mm ビームに使用する木材強度を確保できる木材の等級を推定した。

また、木製防護柵用ビームに使用する木材の等級を製材 JAS の等級に関連することが仕様書を策定する上で合理的かつ経済的であることを確認した。



写真 2.1.1 委員会実施状況

表 2.1.1 木製防護柵用ビームとしての強度を満足すると推定される木材の強度及び JAS の等級区分

樹種	衝突時 曲げ荷重 (kN)	静的試験時		JAS の等級区分	
		曲げ荷重 (kN)	曲げ応力 (N/mm ²)	機械等級 (N/mm ²)	目視等級 (N/mm ²)
スギ	47	23.0	18.1	E50 以上 (24.0)	甲種構造材 3 級以上 (22.2)
カラマツ		30.3	23.8	E90 以上 (30.6)	甲種構造材 2 級以上 (25.8)



写真 2.1.2 WG による検討状況

発注者側からは可能な限り機械等級での出荷を希望する意見が出されたが、現状では対応が難しいことが判明し、目視等級での基準も併記した。

b) 調査及び分析

○上下 2 本のスギ材とカラマツ材の $\phi 180\text{mm}$ ビームを用いた種別 C 木製防護柵に関する過去の実車衝突試験時のデータや、スギ材とカラマツ材の静的曲げ試験と衝撃曲げ試験のデータ等を調査・整理し、木製ガードレール用ビームに必要な木材強度を推定した。(参考文献(7)～(9))

平成 19 年度に実施した林野庁補助事業の実車衝突試験データによれば、木製防護柵ビームに発生した最大ひずみは、スギが 5030μ 、カラマツが 3050μ だった。なお、この最大ひずみが発生した部材に破断は見られなかったことから、衝突時の破壊荷重は更に高いと推察できる。

また、この試験では衝突時に発生するビームのひずみを測定するとともに、事前にビームのヤング係数を縦振動法により測定している。ここで、最大ひずみが発生したビーム記号と縦振動法のヤング係数 E_{fr-L} については、スギの場合、記号 S29、 $E_{fr-L} : 7.40\text{kN/mm}^2$ 、カラマツの場合、記号 K61、 $E_{fr-L} : 11.67\text{kN/mm}^2$ であった。

これらの値から、 $\sigma = E \cdot \epsilon$ により応力換算すると、スギが 37.2N/mm^2 、カラマツが 35.6N/mm^2 であった。これらの応力をスパン $l : 1800\text{mm}$ 、直径 $d : 180\text{mm}$ の円形断面で荷重換算すると、曲げ荷重 $= 4M / l$ 、ただし、 $M = \sigma \cdot Z$ 、 $Z = d^3 / 32$ により、衝突時の曲げ荷重として、スギで 47kN 、カラマツで 45kN が得られる。

衝突安全性を確保する上で必要な木製防護柵ビームに求められる曲げ荷重は、樹種に依らず 47kN と設定できる。ただし、ここで設定した曲げ荷重 47kN という条件は、衝突試験時に発生したひずみから算出した値であるから、通常の品質管理として実施する静的試験の曲げ荷重にこの設定荷重を換算する必要がある。

ひずみ速度依存性の考慮(参考文献(7)～(8)とそのデータに基づき整理)

衝突試験時に設定した曲げ荷重を静的試験時の曲げ荷重に換算する方法の一つとして、ひずみ速度依存性の考慮がある。要旨 1 と 2 で実施したひずみ速度は、表 2.1.2 の通りであった。また、スギおよびカラマツともひずみ速度と曲げ荷重との間に正の相関が認められ、スギについては 1 式、カラマツにつ

いては2式の回帰式が得られている。得られた回帰式の傾きを比較すると、スギの方がカラマツよりも大きかったことから、スギの方がカラマツよりも速度依存性が高いと考えられ、これが樹種特性の可能性として考えられる。

$$1 \text{ 式: 曲げ荷重 (kN)} = 2.24 \text{ Ln (ひずみ速度(s}^{-1}\text{))} + 85.09 \text{ (スギ)}$$

$$2 \text{ 式: 曲げ荷重 (kN)} = 1.55 \text{ Ln (ひずみ速度(s}^{-1}\text{))} + 93.22 \text{ (カラマツ)}$$

これらの結果に基づき、スギおよびカラマツについて、衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に次のように換算した。

表 2.1.2 スギおよびカラマツの衝撃試験および静的試験のひずみ速度

	スギ			カラマツ		
	衝撃試験 strain rate(s ⁻¹)	静的試験 strain rate(s ⁻¹)	静的/衝撃	衝撃試験 strain rate(s ⁻¹)	静的試験 strain rate(s ⁻¹)	静的/衝撃
最小値	1.16E+00	2.23E-05	1.93E-05	8.25E-01	1.32E-05	1.59E-05
平均値	1.40E+00	2.84E-05	2.02E-05	1.25E+00	2.38E-05	1.90E-05
最大値	1.73E+00	3.88E-05	2.25E-05	1.76E+00	3.64E-05	2.07E-05
標準偏差	1.28E-01	4.03E-06	3.15E-05	2.44E-01	5.37E-06	2.20E-05

【スギの場合】

衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算する上で、ひずみ速度依存性の効果を最小限とするため、静的のひずみ速度に対する衝撃のひずみ速度の比が最も小さい 2.25E-05 とひずみ速度依存性の効果である 1 式の傾き 2.24 を用いることにより、

$$\text{静的試験時の曲げ荷重} = 47 + 2.24 \text{Ln}(2.25\text{E-}05) = 23.0 \text{ kN} \cdots (1)$$

となる。

これを次式によりスパン 1800mm、直径 180mm の円形断面で応力換算すると、
 曲げ応力 = M / Z、ただし、M = Pl / 4、Z = d³ / 32 により、
 静的試験時の曲げ応力としては、18.1N/mm² が得られる。

【カラマツの場合】

衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算する上で、ひずみ速度依存性の効果を最小限とするため、静的のひずみ速度に対する衝撃のひずみ速度の比が最も小さい 2.07E-05 とひずみ速度依存性の効果である 2 式の傾き 1.55 を用いることにより、

$$\text{静的試験時の曲げ荷重} = 47 + 1.55 \text{Ln}(2.07\text{E-}05) = 30.3 \text{ kN} \cdots (2)$$

となる。

これを次式によりスパン 1800mm、直径 180mm の円形断面で応力換算すると、
 曲げ応力 = M / Z、ただし、M = Pl / 4、Z = d³ / 32 により、
 静的試験時の曲げ応力としては、23.8N/mm² が得られる。

○表面美観を無視して強度性能のみに限定すれば、腐朽後の木材断面を仮定して木材の基準強度を定めることも可能であることが分かった。

例) スギビームの円周 5mm が 10 年後に腐朽することを想定して応力計算を行うとすると、直径 180mm を直径 170mm に置き換えて計算を実施すれば良い。

スギの静的試験時の曲げ荷重 = 23.0kN

$$M = Pl / 4 = 23.0 \times 1000 \times 1800 / 4 = 10350000$$

$$Z = d^3 / 32 = 3.14 \times 170^3 / 32 = 482088$$

$$\text{曲げ応力} = M / Z = 10350000 / 482088 = 21.5 \text{ N/mm}^2 \text{ となる。}$$

○施工現場から持ち帰った目視等級による被害度 3 以上の腐朽ビームを用いた強度試験を実施した。



写真 2.1.3 腐朽ビームによる曲げ試験実施状況

表 2.1.3 腐朽ビームの曲げ破壊荷重平均値 (kN)

ビーム	被害度 3	被害度 4	被害度 5
φ180mm	34.6	29.8	-



写真 2.1.4 腐朽ビームによる静的曲げヤング係数測定 (左) たて振動ヤング率測定 (右) 実施状況

図 2.1.1 φ180 腐朽ビームの曲げ破壊荷重度数分布（左） 曲げ破壊荷重分布（右）

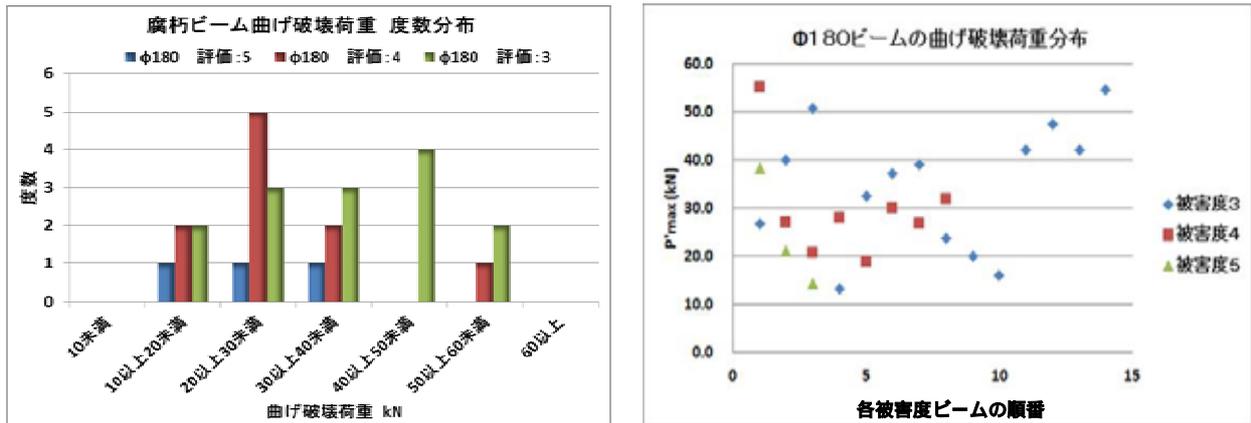
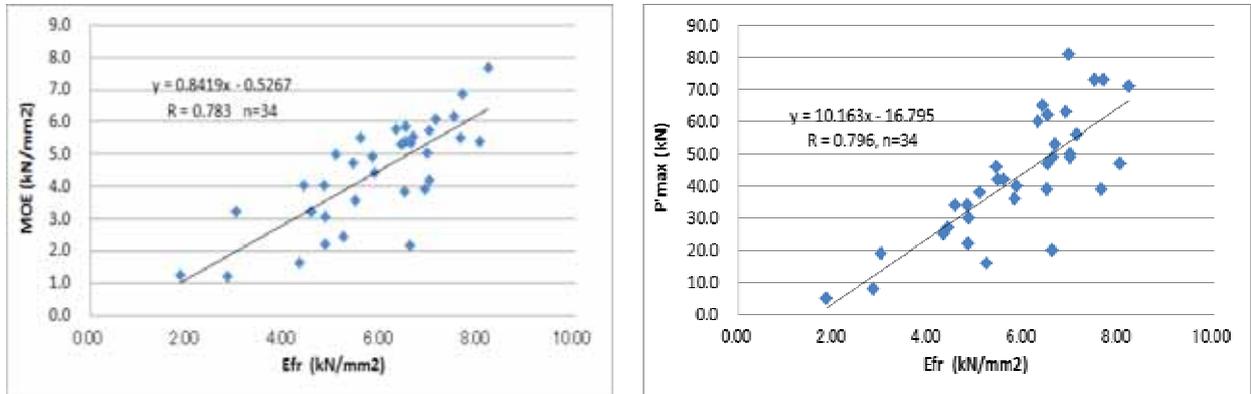


図 2.1.2 「曲げヤング係数」と「たて振動ヤング係数」との関係



c) 連携体制の構築

木材強度確定に際して、土木研究センター、森林総合研究所、木材利用技術センターとの連携体制を構築することができた。

また、木材の強度等級に関して、現在の目視等級から、将来的には機械等級に移行できる連携先を確保する必要があることが分かった。

d) 地域材供給計画

スギ材はカラマツ材に比べて粘りがあって仕事量も多いため、衝撃緩衝機能が必要な木製防護柵材料やその他の土木資材に適している事が再確認できた。

このことはスギ材の供給量の多い宮崎県にとって有効な情報と考えられる。

また、機械等級による木材強度表示によって、土木資材として性能設計・性能発注への移行が可能となり、宮崎県スギ材の安定供給に繋がると考えられる。

e) 報告書の作成・公表

木製防護柵ビーム用木材強度の検討については、実車衝突試験、衝撃試験、静的試験を繋げた考え方であるため、学会等での発表を検討したい。

2.2 保存処理の検討

a) 委員会での検討

製材 JAS の表示が可能な保存処理工場若しくは AQ 認定工場での保存処理ができることを特記仕様書に書き込むこととした。

その際の保存処理区分は JAS 規格の K4 若しくは AQ 認定の 1 級にすることとした。

b) 調査及び分析

施工現場から持ち帰った目視等級による被害度 3 以上の腐朽ビームを用いた浸潤度調査により、腐朽しているビームは浸潤度のバラツキが大きく、保存処理の実施管理が不十分であった可能性が分かった。また、性能保証期間 10 年と仮定した場合、保存処理区分 K3 では木製防護柵用ビームとしての耐久性が不十分と判断した。



写真 2.2.1 腐朽ビームによる浸潤度測定用試験体（左）、試薬塗布状況（右）

- ・試験片は、各試料ビーム長さの中央付近で 5mm 以上の長さの試験片を 1 枚ずつ採取した。
- ・C 保存薬剤は UAZ【LC-350（水酸化第二銅・シプロキサール・リグニンスルホン酸塩）】であったため、クロムアゾール S0.5g 及び酢酸ナトリウム 5g を水 500ml に溶解したものを試験片に塗布又は噴霧することにより浸潤部を濃緑色に呈色させた。
- ・写真 2.2.2～2.2.4 に示したように、辺材部分の呈色面積の割合は試験体によってバラツキが大きく、保存処理の品質管理が不十分ではないかと推測できる。浸潤度の測定結果は概ね 20%～90%の間にある。



写真 2.2.2 浸潤度測定試験体（被害度 3）



写真 2.2.3 浸潤度測定試験体（被害度 4）



(注：浸潤度測定試験体は、曲げ試験実施後のビーム中央付近を切断して採取したため、施工現場での腐朽状況以上に断面欠損しているものがある。)

写真 2.2.4 浸潤度測定試験体（被害度 5）

○設置後 15 年経過して健全な状態を保っている木製ガードレールビームの保存処理を行ったメーカーの聞き取り調査を実施し、次の意見を得た。

- ・施工箇所が高所で気温が低いことも性状が良い理由と考えられる。
- ・保存薬液をどれだけ含浸させたか、設置後の干割れを如何に防ぐかがポイント。
- ・ガードレール用ビームに現況の製材 JAS(丸棒)をそのまま当てはめるのは難しいのではないか。
- ・防腐に関する JAS 認証工場や AQ 認定工場での保存処理を実施し、JAS や AQ 認定証の提示や、保存薬剤の注入証明等の提示で十分ではないか。
- ・形状安定剤等を用いた保存処理方法で、耐久性がありながら JAS や AQ に合致しない方法もある。



2.2.5 聞き取り調査実施状況

○建築に関する最新の基準等を調査して、外構部分で使用される木製部材の保存処理は K4 と規定されている事が分かった。(木造計画・設計基準 平成 23 年度 監修 国土交通省大臣官房官庁営繕部) 従って、仕様書においては木製防護柵に使用するビームの保存処理は区分 K4 で実施することが好ましいことが分かった。

○保存処理が確実に実施されていたかの判断は 10 年程度経過した後となるため、保存処理の実施について、JAS や AQ 等の第三者による認定制度を利用した品質確認が重要であることが分かった。

○樹脂塗布による強度と美観に関する耐久性向上について可能性のあることが分かった。

・木製ガードレール用ビームは従来から加圧含浸タイプの防腐処理が行われてきた。しかし、その防腐効果は木材の乾燥や防腐処理の方法で大きく変動し、不適切な処理方法を行った木材の耐久性は大きく劣る結果となっている。

・従来の加圧含浸タイプの保存処理に変わる木材の処理について、同様の効果が期待できるポリウレア樹脂被覆による方法の可能性と耐久性について調査実験を行った。

・ポリウレア樹脂は、ポリイソシアネートとポリアミンの2液を反応させたもので、有機溶剤を使用しないため環境にやさしい樹脂であること、硬化反応が早く、塗布後数時間ですべての反応が終わるため塗装後の養生時間の短縮が期待できることが判った。

・樹脂の伸び性能は非常に大きく、300%以上の膨張でもひび割れや破断がない。そのため木材の乾湿による体積変化にも十分対応できることが予想される。処分時の処理方法についても埋め立や焼却が可能で有害物質の発生はない。

・紫外線劣化についても非常に安定で、表面の変色を除けば長期間劣化しないことが判った。実際、開発国のアメリカでは屋外遊具について保険会社が40年間保証していることも判明した。

・以上の調査から、ポリウレア樹脂本来の優れた機能、耐久性が確認できたため、供試体に被覆した木材の耐久性について実験を行うこととした。

・供試体はガードレール用木材と同じ杉材で作成、大きさは150mm×70mm×10mmとし、被覆厚さ0.5mm、1.0mmの2種類のポリウレア樹脂被覆を施した試験体を製作した。

・試験は宮崎県木材利用技術センターで行い、木材の耐久性試験として行われる促進耐候性試験 JIS K 5600 - 7 - 7、および評価項目の JASS 18 M - 307 により行った。



写真 2.2.6 試験前（左：1mm 右：0.5mm） 写真 2.2.7 試験後（左：1mm 右：0.5mm）
（写真 2.2.7 の写真中央は、変色確認用の紫外線が当たっていない試験体裏面）



写真 2.2.8 試験等成績書

試験の結果、被覆厚さ 0.5mm、1.0 mm とともに「ふくれ、割れ、剥がれ」は無く、この試験では耐久性に問題は無かった。唯一、樹脂の表面の変色が観察された。

c) 連携体制の構築

保存処理に関する JAS 認定工場や AQ 認定工場との連携、更にはそれらの規格を検討する団体等との連携も必要になってくると思われる。

d) 地域材供給計画

宮崎県内には保存処理に関する JAS 認定工場があるため、保存処理区分 K4 の保存処理を施した木材防護柵ビームやその他の木製土木資材に JAS マークを表示し、発注先に安心感を与えることが宮崎県スギ材の安定供給に繋がると考えられる。

e) 報告書の作成・公表

JIS A 5001 (加圧注入) や AQ 認証以外の方法による木材耐久性向上について、新たな連携の可能性のあることを PR したい。

2.3 仕様書の作成

a) 委員会での検討

3回の委員会を通して、発注者が特記仕様書を作成する際の検討資料となり得る特記仕様の内容を検討し、仕様書案の作成を進めた。

この仕様書の中には、木材強度決定根拠や木製ガードレールの設置検討箇所に関する資料も含めることとした。

結果、2.1 木材強度の検討及び2.2 保存処理の検討に基づいた「木製防護柵用ビーム特記仕様書(案)」(付属資料A)を完成させた。

b) 調査及び分析

景観型鋼製ガードパイプの価格調査を行い、当初種別Bのみであったものが種別AやCもラインナップに追加され、種別Cの景観型ガードパイプと木製防護柵を比較するとその価格差は2倍となっていることが分かった。(過去の木製防護柵等における景観型ガードパイプの価格はB種が対象となっていた。)

○防護柵として最も一般的なものは「たわみ性防護柵」の中のガードレールである。日本道路協会編「防護柵設置基準・同解説(平成10年度版)」では、その色彩は白を標準とすると規定されていたため、写真2.3.1のような白いガードレールが一般的であった。その後、平成16年度の防護柵設置基準・同解説の改定により、車両用防護柵の色彩は景観に配慮した適切な色彩を用いることとなり、色彩の検討にあたっては、景観に配慮した防護柵整備ガイドラインを参考にすると良いとの記述に変更され、景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインにおいては、防護柵の色彩の基本的な考え方として、塗装面が比較的大きい防護柵(ガードレール形式の車両用防護柵等)の場合は、グレーベージュ(薄灰茶色)とダークブラウン(こげ茶色)のいずれかから選定することを基本とするとの考え方が示されたことにより写真2.3.2のようなダークブラウンに塗装されたガードレールが一般的になった。



写真 2.3.1 ガードレール(白)



写真 2.3.2 ガードレール(ダークブラウン)

○景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインにおいては、防護柵の色彩の基本的な考え方以外にも透過性への配慮や人との親和性に配慮したデザイン、材質といったポイントでの留意事項等も記載されており、これらの要素にも対応可能であり、車両用防護柵性能確認試験に合格したものが写真2.3.3(二連)、写真2.3.4(三連)の景観タイプの防護柵(景観ガードパイプ)であり、木製防護柵である。



写真 2.3.3 景観ガードパイプ（二連）



写真 2.3.4 景観ガードパイプ（三連）

○木製防護柵は通常のガードレールと比較して価格は4倍程度である。使用目的や使用形態を考慮すると、木製防護柵と価格比較を実施する鋼製防護柵としては景観ガードパイプが挙げられる。木製防護柵と景観ガードパイプと比較することによってその価格差は1.7倍～1.9倍程度にまで狭まるものの、自治体によっては景観ガードパイプを使用したことのないところもあり、木製防護柵が高価なものというイメージは払拭できていない。（写真 2.3.3 が Gp-Cp-3E3：8,900 円 / m、写真 2.3.4 が Gp-Cp-3E4：9,790 円 / m 建設物価 2012 年 9 月号 P233）

従って、木製防護柵の設置を検討する場合には、景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインの記述に沿ったマスタープランを策定し、景観的な配慮が特に必要な地域・道路において実施することが重要である。

ガイドラインでは景観的な配慮が特に必要な地域・道路として以下の地域や道路が示されている。

景観的な配慮が特に必要な地域・道路

地域の中心地区等において街の骨格を形成する道路、地域にとってシンボルとなる道路、多くの人
が集まる地域

歴史的価値の高い施設周辺、もしくは歴史的街並みが形成されている地域

遠景、中景、近景を問わず、山岳や景勝地等が望め、眺望に優れた道路

道路周辺の空間に広がりがあり（海岸、湖沼、田園等）道路空間と周辺空間を分断することが好
ましくない道路

その他、地域の人にとって特別な意味のある地域・道路

またガイドラインには人との親和性等に配慮したデザイン、材質として次のポイントがあげられてい
る。

○温もりを感じさせたいような地域や、木造の歴史的建造物の周辺、木造の伝統建築物が集積してい
る街並み、緑の多い地域などにおいては、木製の防護柵を用いることも考える。

すでに木製防護柵が施工されている箇所は、概ねガイドラインで示されているような場所であった。
以上のことから、木製防護柵のメリットを整理し、木製防護柵を設置検討する場所等についても仕様
書案に入れる必要があると判断した。

また、自治体によっては景観型ガードパイプの使用実績が無く、木製ガードレールとダークブラウン等に着色されたガードレールとの価格比較となる可能性もあることから、木製ガードレールのコストダウン検討も必要であることが再確認された。

「木製防護柵用ビーム特記仕様書（案）」の参考資料2 木製防護柵の設置検討箇所が木製ガードレール拡販に必要な PR 資料の一部となることを期待している。



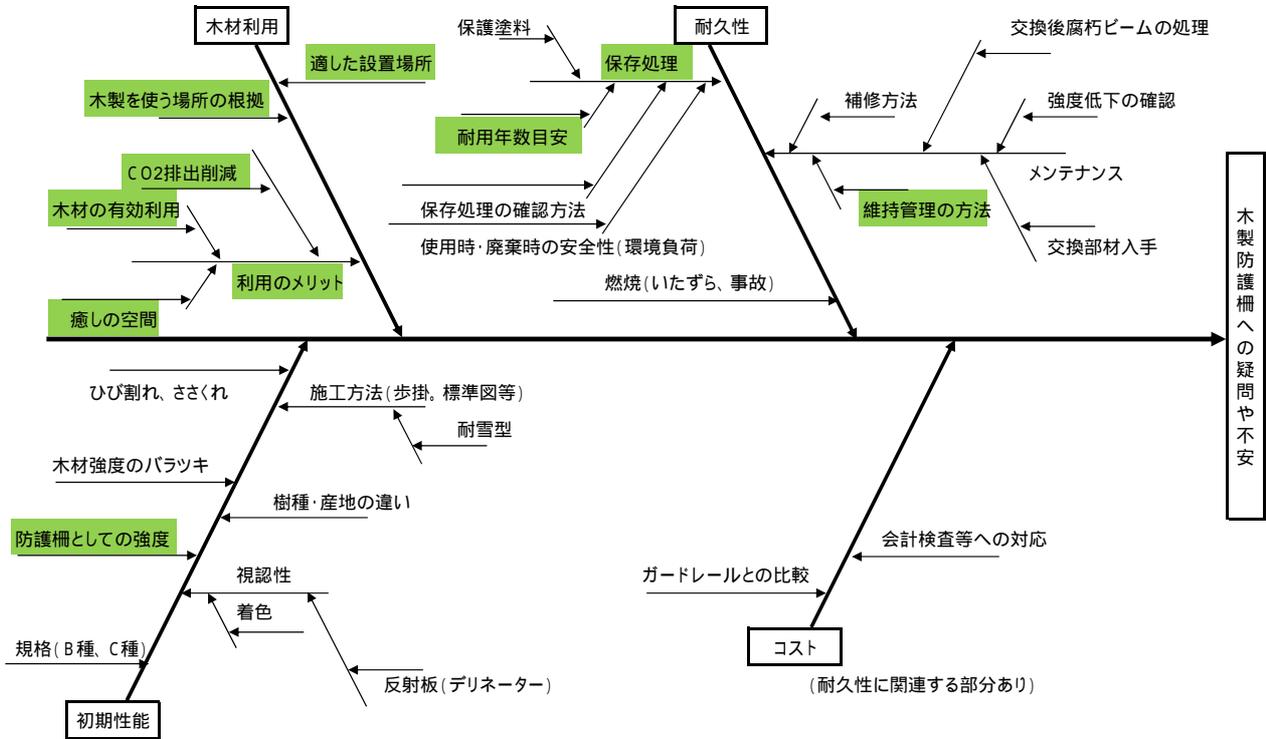
写真 2.3.5 木製防護柵設置現場写真

3 . PR 資料作成

木製防護柵に関する特性要因図を作成し、その要因図を基に Q&A 集の作成を進めた。

特性要因図(木製防護柵への疑問や不安)

2013年2月5日



付属資料に示す通り Q&A を作成することができた。

4. 総括

1) 委員会成果

木製防護柵の特記仕様書(案)及びQ&A集を作成することができた。このことが木製防護柵の市場拡大に関するソフト面でのバックアップに繋がるものと期待している。

2) 調査研究成果

○設置後10年経過した現場の木製ビーム腐朽調査及び腐朽ビームを回収して実施した浸潤度検査から、保存処理の重要性を再確認することができた。

○設置後10年経過した現場から回収した腐朽ビームの強度試験から、美観上の問題はあるものの、防護柵用ビームとしての強度はある程度確保できていることを確認した。

○腐朽ビームの調査結果より、目視による劣化診断結果とビームの曲げ強度、縦振動ヤング係数などの物性との関係を調べることができた。

これらの成果を仕様書の維持管理に関する根拠とすることができた。

3) 連携体制構築について

○木材強度確定に際して、土木研究センター、森林総合研究所、木材利用技術センターとの連携体制の必要性を再確認した。また、木製防護柵の拡販のためにも、土木研究センター、森林総合研究所、木材利用技術センターとの連携体制の維持が必要であることを再確認した。

○木材の強度等級に関して、現在の目視等級から将来的には機械等級に移行できる連携先を確保する必要のあることが分かった。

○宮崎県内には保存処理に関するJAS認定工場があるため、保存処理区分K4の保存処理を施した木材防護柵ビームやその他の木製土木資材にJASマークを表示し、発注先に安心感を与えることが宮崎県スギ材の安定供給に繋がることが分かった。

4) 地域材供給計画について

スギ材はカラマツ材に比べて粘りがあって仕事量も多いために、衝撃緩衝機能が必要な木製防護柵材料やその他の土木資材に適している事が再確認できた。

このことはスギ材の供給量の多い宮崎県にとって有効な情報と考えられる。

また、機械等級による木材強度表示によって、土木資材として性能設計・性能発注への移行が可能となり、宮崎県スギ材の安定供給に繋がると考えられる。

平成23年度事業において鋼製ガードレール市場の3%(年間100km 6480m³)を10年後のシェアとする目標に向け、第1ステージ(1年目~3年目)、第2ステージ(4年目~6年目)、最終ステージ(7年目~10年目)に分けて検討したが、第1及び第2ステージには具体的な目標値の設定がなかった。そこで第1ステージの目標シェアを0.1%、第2ステージを1%とした。今回の事業で木製防護柵ビームの特記仕様書(案)及びQ&A集のようなPR資料を作成したことで、第1ステージ目標(鋼製ガードレール市場の0.1%(年間3.3km 216m³))の達成の可能性が出てきた。

5 . 今後

- ・防護柵種別 C 対応の木製防護柵について、可能であれば更なるコストダウンの検討が必要である。
- ・防護柵種別 B 対応 200 ビームの強度特性について、検討を加えていく必要がある。
- ・強度確保と同様に、今後は美観維持の手法についても検討して行く必要がある。
- ・木製防護柵以外の土木資材として木材を利用していくため、その土木資材に要求される強度と木材の基準強度の関連性を明確にしていく必要がある。
- ・各種木材の静的強度特性と動的強度特性との関係および種別 B 対応木製防護柵の実車衝突試験実施時のゆげ荷重データを調査するとともに、製材の JAS と関連付けられている木材の基準強度の算定根拠等についても調査する必要がある。
- ・機械等級によるビーム強度の明確化によって発注者に安心して使用してもらう必要があるため、対応可能な供給先との連携構築を模索する必要がある。
- ・JAS マーク表示が可能な木製防護柵ビームの供給先との連携が必要である。
- ・樹脂塗布による木材ビームの強度と美観に関する耐久性向上の可能性について、引き続き検討する必要がある。
- ・木製防護柵ビーム等の木製土木資材に関する第三者による品質保証としての JAS マークを積極的に活用することによって、土木資材に関する JAS マーク制度同様の信頼を確保できると考えられ、このことが宮崎県スギ材の安定供給に繋がると考えられる。
- ・木製防護柵のコストダウンに対する要望が根強いいため、可能な限りコストダウンを実現するためのシステムを産官学が連携して構築する必要がある。
- ・発注者側より、10 年間のメンテナンスフリーを要望する声があるため、その要求に応えられるような耐久性確保の検討を実施する必要がある。
- ・発注者側からは木製ガードレールのコスト差を埋めるための各種制度整備が望まれており、その対応をお願いしたい。
- ・Q&A 集作成に関する委員会の席上、環境省の指導で木製防護柵が使いにくいという報告がなされた。木製防護柵拡販のために環境省の考え方を調査し、必要であれば木製防護柵の PR を実施し、環境省からも木製防護柵の利用推進を図ってもらえるよう努力する必要がある。

参考文献

- 1 . 製材の日本農林規格 [2007 年 8 月 農林水産省]
- 2 . わかりやすい JAS 製材品の生産・利用マニュアル [2007 年 3 月 全国木材組合連合会]
- 3 . JIS A 9002:2012 木質材料の加圧式保存処理方法
- 4 . JIS K 1570:2010 木材保存剤
- 5 . 「木製防護柵・遮音壁の耐久設計と維持管理指針(案)」 [2010 年 2 月 森林総合研究所]
- 6 . 優良木質建材等の品質性能評価基準 [2012 年 日本住宅・木材技術センター]
- 7 . 横梁にスギ・カラマツを用いた木製防護柵の強度特性 [2008 年 10 月]
 - (1) 試験の概要と静的曲げ強度特性
長野県林業総合センター○柴田直明
日本防腐工業組合(株)ザイエンス 北田正司
森林総合研究所 長尾博文、加藤英雄、井道裕史
和光コンクリート 張日紅
 - (2) 衝撃曲げ強度特性
森林総合研究所 ○加藤英雄、長尾博文、井道裕史
長野県林業総合センター 柴田直明
和光コンクリート 張日紅
 - (3) 実車衝突試験
和光コンクリート ○張日紅、金丸和生
森林総合研究所 加藤英雄、長尾博文、神谷文夫
(財)土木研究センター 安藤和彦
八千代エンジニアリング(株) 渡辺仁
- 8 . 木造計画・設計基準 [2011 年 公共建築協会]
- 9 . 景観に配慮した防護柵のガイドライン [2004 年 5 月 国土技術研究センター]
- 10 . ウッド Gr ビーム加工及び防腐処理仕様書 [2005 年 2 月 日本木製防護柵協会]

付属資料 A 木製防護柵用ビーム特記仕様書（案）

木製防護柵用ビーム特記仕様書（案）

木製ガードレールの普及に関する検討委員会

平成 2 5 年 3 月

目 次

第1章 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 用語の定義	1
1.4 引用規格	1
第2章 ビーム用木材の品質	2
2.1 ビーム用木材の樹種	2
2.2 ビーム用木材の径	2
2.3 ビーム用木材の強度	2
2.4 ビーム用木材の材面の品質	3
第3章 ビーム用木材の加工	5
3.1 加工	5
3.2 加工後の寸法許容差及び検査	5
第4章 ビームの保存処理	6
4.1 総則	6
4.2 乾燥	6
4.3 加圧注入処理	6
4.3.1 保存薬剤の種類	6
4.3.2 浸潤度及び吸収量に関する性能区分	7
4.3.3 注入処理	8
4.4 養生	9
4.5 工程管理	9
4.6 試験	9
4.7 保護含浸塗料	10
第5章 ビームの品質確認	11
5.1 総則	11
5.2 工場検査	11
5.3 品質確認	11
第6章 木製防護柵の維持管理	13
6.1 点検	13
6.1.1 日常点検	13
6.2 劣化診断	13
6.2.1 目視診断	13
6.2.2 触診及び打音診断	14
6.2.3 補修と交換	15
参考資料1 ビーム強度について	16
参考資料2 木製防護柵の設置検討箇所	22

第1章 総則

1.1 目的

本特記仕様書（案）は、発注者が安心して使用できる木製防護柵用ビームの品質特性等を明確にし、発注者が自ら作成する性能設計・性能発注が可能な特記仕様書の基礎資料として提供することにより、国産木材の利用拡大に資することを目的とする。

【解説】

国の基準を満足した木製防護柵が市場で見られるようになって約10年が経過する。しかし、木製防護柵用ビームを一般的な土木用資材同様に性能規定・性能発注する場合、参考とする特記仕様書事例は少なく、発注者の不安要因となっていた。

そこで、過去に実施された木製防護柵性能評価試験より得られた木製ビームに作用する荷重データ及び静的荷重と動的荷重の強度特性、木製防護柵の耐久設計に関する指針（案）、更には製材に関する日本農林規格等に基づき、総合的に判断した本特記仕様書（案）を策定した。

1.2 適用範囲

本特記仕様書（案）は、金属などの補強材を用いず、木材のみで機能するよう設計された防護柵用ビームについて規定する。

【解説】

- 1) 日本の木製防護柵は、構造的にみてビーム（横梁）に木材が使用されている。
- 2) 「防護柵の設置基準・同解説（社団法人 日本道路協会）」に定める車両用防護柵性能確認試験を実施した木製防護柵は平成23年9月現在12種類ある。そして、これらのビームには木材のみを使用したものほか、木材と鋼材を組み合わせたものがある。
- 3) ビームに用いる主要樹種は基本的に当該地域の特徴を生かしたものとなっており、地域によりスギ、カラマツ、ヒノキ、カラマツ集成材といった異なる樹種が使われている。
- 4) 金属などの補強材を用いない形式の木製防護柵用ビームには、スギ又はカラマツを円柱加工及び保存処理したものが使用されている。

1.3 用語の定義

(1) 木製防護柵

「防護柵の設置基準・同解説（社団法人 日本道路協会編 平成20年1月改訂版）」に定める車両用防護柵性能確認試験に合格し、構造的にみてビーム（横梁）に木材が使用されている車両用防護柵を指す。

(2) 車両用防護柵

主として進行方向を誤った車両の路外、対向車線又は歩道等への逸脱を防ぐとともに、車両乗員の傷害及び車両の損傷を最小限にとどめて、車両を正常な進行方向に復元させることを目的とした施設を指す。

(3) 木材保存処理（防腐、防蟻処理）

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やシロアリがあげられる。これらの劣化外力から木材を護るために施される処理を指す。

(4) 加圧注入処理

木材保存処理の一つで、木材保存剤を加圧式保存処理方法に従って木質材料の内部に加圧注入する処理を指す。

(5) 構造用製材

製材のうち、針葉樹を材料とするものであって、建築物の構造耐力上主要な部分に使用することを主な目的とするものをいう。

(6) 目視等級区分構造用製材

構造用製材のうち、節、丸身等材の欠点を目視により測定し、等級区分するものをいう。

(7) 甲種構造材

目視等級区分構造用製材のうち、主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するものをいう。

(8) 構造用

甲種構造材のうち、木口の短辺（円形のものにあつては直径）が36mm以上で、木口の長辺（円形のものにあつては直径）が90mm以上のものをいう。

(9) 機械等級区分構造用製材

構造用製材のうち、機械によりヤング係数を測定し、等級区分するものをいう。

1.4 引用規格

本特記仕様書（案）の引用規格を次に示す。

(1) 製材の日本農林規格（JAS規格）

(2) JIS A 9002(2012) 木質材料の加圧式保存処理方法

(3) JIS K 1570(2010) 木材保存剤

(4) 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

(5) わかりやすいJAS製材品の生産・利用マニュアル（社）全国木材組合連合会

(6) 木質構造設計基準・同解説（日本建築学会）

(7) 構造用木材の強度試験法（（財）日本住宅・木材技術センター）

(8) 優良木質建材等の品質性能評価基準（AQ）（（財）日本住宅・木材技術センター）

(9) 木材防腐の手帳 日本木材防腐工業組合

第2章 ビーム用木材の品質

2.1 ビーム用木材の樹種

製材の日本農林規格（以下、JASと記す）の保存処理薬剤浸潤度基準における耐久性樹種区分の「D₁」に該当する針葉樹の中から、木製防護柵を使用する地域において最も流通量の多い樹種を選定する。

【解説】

木製防護柵用ビームに使用される樹種として一般的なものはスギ又はカラマツである。

2.2 ビーム用木材の径

木製防護柵用ビームの直径は主に 200mm と 180mm である。

【解説】

- 1) ビーム用木材の直径は、防護柵の種別 (B 種用、C 種用) により使い分けされている。
- 2) ビーム用木材の直径が 160mm の木製防護柵もある。

2.3 ビーム用木材の強度

(1) 衝突試験時の曲げ荷重を静的試験時の曲げ荷重に換算して木材の静的曲げ応力度を求め、木材の基準強度と比較する。
 (2) 木材の基準強度が木材の静的曲げ応力度よりも大きくなるような木材の等級を設定して強度を確保する。

【解説】

コンクリート製支柱に上下 2 本の 180mm ビームを使用する種別 C 木製防護柵の木材強度の設定方法を例に示す。

1) 静的曲げ応力度の算出

衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算すると次となる。

スギ材 = 23.0kN カラマツ材 = 30.3kN

の中央 1 点荷重、スパン 1800mm、直径 180mm の静的曲げ応力度は次となる。

スギ材 = 18.1N/mm² カラマツ材 = 23.8/mm²

- 2) スギ材の場合、目視等級に対応した基準強度は 3 級が 22.2 N/mm² であり、機械等級に対応した基準強度は E50 が 24.0N/mm² であるため、目視等級 3 級以上若しくは機械等級 E50 以上と規定すれば問題無い。
- 3) カラマツの場合、目視等級に対応した基準強度は 2 級が 25.8 N/mm² であり、機械等級に対応した基準強度は E90 が 30.6N/mm² である。目視等級 2 級以上若しくは機械等級 E90 以上と規定すれば問題無い。
- 4) あらかじめ腐朽による断面欠損を考慮した断面形状にて木材の静的曲げ応力度を求め、ビーム用木材の強度を高め規定することも可能である。

表 2.3.1 針葉樹の構造用製材の目視等級に対応した基準強度 (甲種)

樹種	等級	基準強度 (N/mm ²)			
		Fc (圧縮)	Ft (引張り)	Fb (曲げ)	Fs (せん断)
カラマツ	1 級	23.4	18.0	28.4	2.1
	2 級	20.4	15.6	25.8	
	3 級	18.6	13.8	23.4	
スギ	1 級	21.6	16.2	27.0	1.8
	2 級	20.4	15.6	25.8	
	3 級	18.0	13.8	22.2	

表 2.3.2 針葉樹の構造用製材の機械等級に対応した基準強度

樹種	等級	基準強度 (N/mm ²)			
		Fc (圧縮)	Ft (引張り)	Fb (曲げ)	Fs (せん断)
カラマツ	E50	11.4	8.4	13.8	2.1
	E70	18.0	13.2	22.2	
	E90	24.6	18.6	30.6	
	E110	31.2	23.4	38.4	
	E130	37.8	28.2	46.8	
	E150	44.4	33.0	55.2	
スギ	E50	19.2	14.4	24.0	1.8
	E70	23.4	17.4	29.4	
	E90	28.2	21.0	34.8	
	E110	32.4	24.6	40.8	
	E130	37.2	27.6	46.2	
	E150	41.4	31.2	51.6	

2.4 ビーム用木材の材面の品質

ビーム用木材面の品質の基準は、2.3で設定したビーム用木材の基準強度を確保できる等級に基づいてJASに準じて定め、全数目視確認によって確保する。但し、腐朽があってはならない。また、インサイジングは欠点とみなさない。

【解説】

参考として表 2.4.1 に木材の材面品質に関する JAS の記述を抜粋する。

腐朽については等級によってはある程度の腐朽を許容しているが、ビーム用木材については腐れがないこととした。

インサイジングについては欠点とは見なさないが、日本農林規格においては「曲げ強さ及び曲げヤング係数の低下が概ね 1 割を超えない範囲内とする」との基準を設けている。

表 2.4.1 木材の材面の品質基準

区分	基準			
	目視等級 (構造用製材)			機械等級
	1 級	2 級	3 級	
節 (材面における欠け、きず及び穴を含む。)	径比が 17% 以下であること。	径比が 35% 以下であること。	径比が 53% 以下であること。	径比が 62% 以下であること。
集中節 (材面における欠け、きず及び穴を含む。以下同じ。):	径比が 26% 以下であること。	径比が 53% 以下であること。	径比が 79% 以下であること。	径比が 79% 以下であること。
丸身	10% 以下であること。	20% 以下であること。	30% 以下であること。	30% 以下であること。

貫通割れ（木口）	木口の長辺の寸法以下であること。	木口の長辺の寸法の 1.5 倍以下であること。	木口の長辺の寸法の 2.0 倍以下であること。	木口の長辺の寸法の 2.0 倍以下であること。
貫通割れ（材面）	ないこと。	材長の 1/6 以下であること。	材長の 1/3 以下であること。	材長の 1/3 以下であること。
目まわり	木口の短辺の寸法の 1/2 以下であること。	木口の短辺の寸法の 1/2 以下であること。	-	利用条支障がないこと。
繊維走行の傾斜比	1 : 12 以下であること。	1 : 8 以下であること。	1 : 6 以下であること。	-
平均年輪幅	6mm 以下であること。	8mm 以下であること。	10mm 以下であること。	-
腐 朽	腐れがないこと。（ビーム用についての独自基準）			
曲がり	0.2% 以下であること。	0.5% 以下であること。	0.5% 以下であること。	0.5% 以下であること。
狂い及びその他の欠点	軽微なこと。	顕著でないこと。	利用条支障がないこと。	利用条支障がないこと。

第 3 章 ビーム用木材の加工

3.1 加工

ビーム用木材の加工は、適切な設備を用いて保存処理の前に行う。

【解説】

保存処理を確実なものとするために、加工は保存処理の前に行うこととする。

3.2 加工後の寸法許容差及び検査

(1) ビーム用木材は、保存処理後の寸法が表 3.2.1 の許容差内に収まるように加工する。

表 3.2.1 ビーム寸法の許容差

測定箇所	寸法の許容差（単位 mm）
長さ	± 3
直径	+ 3 , - 1
連結孔幅	± 2
連結孔長さ	± 2
連結孔間隔	± 3

(2) 干割れ防止のための背割れを実施する際は、車両用防護柵性能確認試験実施時のビーム形状を確認の上、背割れを入れる位置、角度、深さについてビーム発注者と協議し決定する。

(3) 寸法検査は、ビームの種類（直径等）ごとに 100 本又はその端数を一組とし、一組から任意に 2 本を抜き取って行い、2 本ともにビーム寸法の許容差以下であればその組全部を合格

とする。この検査で1本でも適合しないときは、その組について全数検査を行い、ビーム寸法の許容差に適合すれば合格とする。

【解説】

ビーム用木材は、保存処理前の乾燥、保存薬液の加圧注入、保存処理実施後の乾燥等すべての工程を終えた時の寸法精度が、表 3.2.1 の許容差を満足するように配慮して加工することが重要である。

第4章 ビームの保存処理

4.1 総則

- (1) 木製防護柵用ビームを木材腐朽菌やシロアリの攻撃から護るため、加圧注入により、木材内部まで木材保存剤で処理することを基本とする。
- (2) 加圧注入処理は、保存処理に係る JAS 認定工場又は AQ 認証工場で行う。

【解説】

- 1) 加圧保存処理は、JIS A 9002「木材の加圧式防腐処理方法」に記載の方法に準じておこなう。
- 2) 木製防護柵用ビームの耐久性を左右する最も重要な要因がビームの保存処理であるため、保存処理に係る JAS 認定工場又は AQ 認証工場であることとした。
- 3) 保存処理に係る JAS 認定工場とは、製材 JAS に示された保存処理に関する性能区分 K4 にて表示可能な工場とする。
- 4) (財)日本住宅・木材技術センターが認証する AQ 認証製品のうち、保存処理材、保存処理材 - 2、屋外製品部材、車両用木製防護柵部材、樹脂処理保存処理材、樹脂処理屋外製品部材に関する認証を取得している工場においても保存処理ができるものとした。なお、その際の性能区分は1種とする。但し、JIS A 9002「木材の加圧式防腐処理方法」や JIS K 1570「木材防腐剤」に合致しない AQ 認証製品の場合には、その耐久性等を十分に検討して使用する必要がある。

4.2 乾燥

乾燥は、保存処理薬剤がビーム用木材の中に確実に浸透し、また長期耐久性が向上するために最も適した方法及び含水率の目標値を実績等から定めて実施、管理する。なお、保存処理の前処理として実施する乾燥により生じた干割れは、ビーム用木材の欠点とは見なさない。

【解説】

- 1) 乾燥度は電気式水分計によって計測し、含水率 30%以下とすることが一般的である。
- 2) ビーム用木材の容積質量によって含水率を測定することもあるが、その際の容積質量はスギの場合 500 kg/m³以下、ヒノキの場合 540kg/m³以下、カラマツの場合 690kg/m³以下を目安とする。
- 3) 乾燥を十分に行うことで保存処理が適切に行われる為、過剰な干割れへの指摘は木製防護柵用ビームの耐久性向上を阻害する恐れがある。よって、本文のような記述とした。

4.3 加圧注入処理

4.3.1 保存薬剤の種類

- (1) 加圧注入に使用する保存薬剤は JIS K 1570「木材防腐剤」及び AQ 認証に規定された対象薬剤の中から耐久性、使用状況、流通状況や環境影響等を考慮して選定する。
- (2) 使用する薬剤は(社)日本木材保存協会の認定品でなければならない。

【解説】

JIS K 1570「木材防腐剤」に規定されている主な薬剤は表 4.3.1 のとおりである。

表 4.3.1 保存薬剤の種類

種類	薬剤名	品質
第四級アンモニウム化合物系	ジデシルジメチルアンモニウムクロリド（以下、DDAC と記す）	AAC-1
第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	N, N-ジデシル-N-メチル-ポリオキシエチル-アンモニウムプロピオネート（以下、DMPAP という）シラフルオルフェン	SAAC
ほう素・第四級アンモニウム化合物系	ほう素, DDAC	BAAC
銅・第四級アンモニウム化合物系	銅, N-アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロリド（以下、BKC という）	ACQ-1
	銅, DDAC	ACQ-2
銅・アゾール化合物系	銅, シプロコナゾール	CUAZ
アゾール・ネオニコチノイド化合物系	シプロコナゾール, イミダクロプリド	AZN
脂肪酸金属塩系	ナフテン酸銅	NCU-E
	ナフテン酸亜鉛	NZN-E
	第三級カルボン酸亜鉛・ベルメトリン	VZN-E
ナフテン酸金属塩系	ナフテン酸銅	NCU-O
	ナフテン酸亜鉛	NZN-O
クレオソート油	クレオソート油	A

4.3.2 浸潤度及び吸収量に関する性能区分

木製防護柵用ビームの保存処理は、JAS に示された保存処理に関する性能区分 K4 に基づく保存薬剤の浸潤度基準及び吸収量基準を満足しなければならない。

【解説】

- 1) 木製防護柵は基本的に屋外に設置されるため、より耐久性の高い性能区分 K4 を採用した。
- 2) K4 は、通常より厳しい腐朽・蟻害のある次の下で高度な耐久性が期待できるものである。
 外気および湿潤環境に常時暴露される場合での設置条件で、一定の耐用を期待する。
 外気または湿潤環境に常時暴露される場合に、非接地で中期の耐久を期待する。
 外気または湿潤環境にしばしば暴露される場合に、接地で長期の耐久を期待する。
- 3) 保存薬剤は、基準吸収量を確保するため、必要な薬液の濃度以上に調整した薬液とする。
- 4) K4 に関する保存薬剤の浸潤度基準を表 4.3.2-1 に、その模式図を図 4.3.2 に示す。

表 4.3.2-1 保存薬剤の湿潤度基準

性能区分	樹種区分	基準	
		辺材部の浸潤度	材面から深さ 10mm までの心材部分の浸潤度
K4	耐久性 D ₁	80%以上	80%以上

図 4.3.2 保存剤の湿潤度基準模式図



5) 性能区分 K4 における保存処理薬剤の吸収量を表 4.3.2-2 に示す。

表 4.3.2-2 保存薬剤の吸収量

化合物系	薬剤名	吸収量 (kg/m ³)
第四級アンモニウム化合物系	DDAC として	9.0
第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	N, DMPAP, シラフルオルフェン	5.0
ほう素・第四級アンモニウム化合物系	ほう素, DDAC	6.4
銅・第四級アンモニウム化合物系	DDAC, 銅, BKC	5.2
銅・アゾール化合物系	銅, シプロコナゾール	2.0
アゾール・ネオニコチノイド化合物系	シプロコナゾール, イミダクロプリド	0.3
脂肪酸金属塩系	銅を主剤としたものは銅として	1.5
	亜鉛を主剤としたものは亜鉛として	4.0
	亜鉛, ペルメトリンを主剤としたものはこれらの化合物として	5.0
ナフテン酸金属塩系	銅を主剤としたものは銅として	1.2
	亜鉛を主剤としたものは亜鉛として	3.2
クレオソート油	クレオソート油	80.0

4.3.3 注入処理

JIS A 9002「木質材料の加圧式保存処理方法」に準じて行う。

【解説】

- 1) 注入処理は、ビーム用木材を注薬缶に入れ、所定の品質を得るために JIS A 9002 に定められた注入処理の条件に沿った圧力で実施する。
- 2) JIS A 9002 の規定に準じない方法で注入処理を行う場合は、(財)日本住宅・木材技術センターがその処理方法を認証しているかどうかを確認する。(注入処理実施後の処理材を AQ 認証しているかどうかを確認する。)

4.4 養生

注入処理後のビーム用木材は、取扱いに支障がないようになるまで乾燥させるか、又は木材保存剤の成分が定着するまで保管する。

【解説】

JIS A 9002「木質材料の加圧式保存処理方法」に準じた扱いとした。

4.5 工程管理

JIS A 9002「木質材料の加圧式保存処理方法」に準じた工程の管理及び記録を保管する。

【解説】

1) 記録の項目は以下の通りとする。

製品基準(名称、性能区分)

ロット番号

形状・寸法及び数量

樹種

注入処理の結果(減圧及び加圧の圧力並びに時間を証明できるチャートなどの記録)

注入処理前の木質材料の含水率(%)又は密度

(木質材料の質量を体積で除したもの kg/m^3)

注入量 (kg/m^3) [(注入処理前後のビーム質量差) ÷ 注入処理前のビーム体積] (ロット)

薬液(種類、濃度)

注入処理終了年月日

2) JIS A 9002の規定に準じない方法で工程管理を行う場合には、(財)日本住宅・木材技術センターが認めた工程管理に即した記録を保管する。

4.6 試験

注入処理後のビームは浸潤度及び吸収量の試験を行う。浸潤度及び吸収量の試験は、JASの別記に規定された試験資料の採取、試験方法、試験結果の判定に従って実施する。

【解説】

参考として製材の日本農林規格の規定を示す。

- 1) 試験片の作成は $1.5 \pm 0.03\text{mm}$ の生長錐を用いて、ビーム長さの中央部付近において、インサイジングまたは割れ等の欠点の影響が最も少ない部分から材面に向かって直角に採取する方法と、ビーム長さの中央部付近において、5mm以上の幅の試験片を切断により採取する方法がある。
なお、生長錐を用いて試験片を採取する長さは、ビーム表面から心材までの深さ以上とする。
- 2) 浸潤度試験にあっては、基準に適合するものの数が表4.6の90%以上の場合、そのロットが合格したとする。70%未満であるときは、ロット不合格とする。70%以上90%未満の場合は、そのロットにおいて再度試験を実施し、基準に適合するものが90%以上の時にそのロットは合格であるとし、90%未満の場合にはロット不合格とする。
- 3) 吸収量試験にあっては、基準に適合する場合には当該試験に合格したものとし、それ以外は不合格とする。(再試験の際には2倍の試料で試験を実施する。)
- 4) 試験結果は実施工場にて保管する。

表 4.6 試験資料の採取規定

処理ビーム本数		試料の数		再試験を行う場合には、左の本数の 2 倍のビームから試料を抜き取るものとする。
		切断	生長錐	
1,000 以下		2	8	
1,001 以上	2,000 以下	3	12	
2,001 以上	3,000 以下	4	16	
3,001 以上	4,000 以下	5	20	
4,001 以上	6,000 以下	6	24	
6,0001 以上	8,000 以下	7	28	
8,0001 以上	10,000 以下	8	32	

4.7 保護含浸塗料

必要に応じて、防腐処理を終えたビームの表面に木材用保護含浸塗料を均一に塗布する。

【解説】

木製ビームの耐久性向上の為に、防腐処理に加えて、保護含浸塗料を塗布することが好ましい。

第 5 章 ビームの品質確認

5.1 総則

木製ガードレール用ビームの品質は、保存処理に関する JAS マーク又は AQ 認証マークにて確認する。

【解説】

品質確認の簡素化のために、保存処理に関する JAS マーク又は AQ 認証マークの確認を有効的に利用することが好ましい。

5.2 工場検査

保存処理に関する JAS 認定工場又は AQ 認証工場においても、閑散期等に年 1 回程度、木製防護柵の関連団体が主催する工場検査を実施し、工程管理実施状況や試験の実施状況並びに各種記録の保管状況等を確認することが好ましい。

【解説】

- 1) 木製防護柵の品質確保のため、年度初めや年度最初の工事発注時点において、木製防護柵の関連団体が主催する工場検査を実施することが好ましい。なお、その際は発注者に立会を依頼し、提出書類簡の素化を図ることがよい。
- 2) 工場検査では、本仕様書 4.1 総則に規定された JAS の維持状況確認、4.5 工程管理及び 4.6 試験に規定された項目の実施状況ならびに実施記録の確認を行うとよい。

5.3 品質確認

品質確認は以下の書類によって行うことを基本とする。なお、納品現場における試験が必要と判断された場合には4.6試験の浸潤度試験を実施する。また、その際の試料片数は発注者と製造社との協議による。

- (1) 木材の強度等級に関する試料(必須)
- (2) 保存処理に関するJASマーク又はAQ認証マーク(必須)
- (3) 防腐・防蟻処理証明書(必須)
- (4) 4.6試験の試験結果記録(必要に応じて)
- (5) 4.5工程管理の工程管理記録(必要に応じて)

【解説】

- 1) JAS規格製材には図5.3のJASマークの表示が義務付けられている。なお、この表示には上記(1)(2)の内容と(3)の内容の一部が含まれている。よって、これをもって品質確認することができる。
- 2) 防腐・防蟻処理証明書は日本木材防腐工業組合様式1002号である。
- 3) 5.2工場検査に発注者が立ち会うことによって、上記(4)と(5)の書類ならびに現場における浸潤度試験を省略することが好ましい。

図 5.3 JAS マーク表示例

樹種名 スギ		
 登録認定機関名：○○○○		
等級		
保存 処理	性能区分	K4
	薬剤名	ACQ - 1
構造材の種類		甲
寸法		180mm × 1.99m
製造業者名 (株) 製材所		

第6章 木製防護柵の維持管理

6.1 点検

6.1.1 日常点検

日常の道路パトロールにおいて木製防護柵の異常の有無を点検する場合は、(社)日本道路協会編「防護柵の設置基準・同解説」に定められた内容に従って実施する。

【解説】

- 1) 木製防護柵の点検内容は、(社)日本道路協会編「防護柵の設置基準・同解説」(第4章 共通事項 4-2 維持管理の第1項)のたわみ性防護柵に示されている。
- 2) 点検内容としては次が挙げられている。
 - 支柱と水平材との固定状況
 - 支柱の沈下、傾斜、わん曲状況、支柱定着分の状況
 - 汚染の程度及び塗装の状況
 - 防護柵の水平材の変形及び破損状況
- 3) 豪雨、地震などの後や車両衝突後には、道路の点検とあわせて木製防護柵の点検を実施することが必要である。
- 4) 点検では、ビーム用木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ポイントとなる。また、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。

6.2 劣化診断

木製防護柵用ビームが当初想定していた設計耐用年数を超えた場合には、木製防護柵としての性能を維持されているか判断するため、年に1回程度の劣化診断を実施する。

6.2.1 目視診断

劣化被害度の目視判定は、(独)森林総合研究所編「劣化度の目視評価方法に関する検討」に基づき行う。

【解説】

「劣化度の目視評価方法に関する検討」に規定の目視評価(6段階評価)を表6.2.1-1に示す。また、目視診断の項目を表6.2.1-2に、被害度と非破壊パラメーター及び最大耐荷力基準の関係を表6.2.1-3に示す。

表 6.2.1-1 劣化度の目視評価

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	全面的に軽微な腐朽または蟻害
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

表 6.2.1-2 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%以内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%以内の範囲で表面の浮き上がりが見られる		
3	外周の 5%以内の範囲でくずれが見られる		
4	外周の 25%以内の範囲でくずれが見られる		
5	外周の 25%を超えた範囲でくずれが見られる		

表 6.2.1-3 被害度と非破壊パラメーター及び最大耐荷力基準の関係

被害度	非破壊パラメーターの基準	最大耐力の基準	
		初期性能に対する性能	要求性能に対する位置づけ
0	変化なし	同等	要求を満たす
1			
2			
3	変化の疑いがある	低下の疑いがある	要求を満足しない疑いあり
4	変化している	低下している	要求を満足しない疑い強い
5	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

6.2.2 触診及び打音診断

触診及び打音診断は、目視診断で劣化の兆候が認められた部分に対し実施する。なお、打音診断は、木槌や金槌、あるいはドライバーなど簡易な道具を用いて行う診断である。

【解説】

1) 触診及び打音診断による判定基準を表 6.2.2 に示す。

表 6.2.2 触診及び打音による判定基準

被害度	診断項目	
	触診	打音
0	柔らかい箇所が無い	鈍い音がしない
1	柔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	柔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	柔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

2) 被害度毎の木製防護柵用ビームの劣化状況写真を次に示す。



6.2.3 補修と交換

木製防護柵用ビームは、車両の衝突等やビーム材の腐朽により防護柵としての機能が発揮できなくなった場合に行うものとし、その判断は次に基づくこととする。なお、車両等の衝突による破損の場合は、破損したビームのみを交換する。

○劣化被害度が「3」を超えたものについては個別に実施する。

【解説】

- 1) 木製防護柵に使用するビーム材交換の作業手順や安全に関する注意点については、木製防護柵の施工マニュアル等を参考にする。
- 2) 木製防護柵に使用するビーム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に基づく定期的な保護塗料の塗布が好ましい。

参考資料1 ビーム強度について

木製車両用防護柵ビームの強度に関する検討

1. 目的

木製車両用防護柵に用いられる木製ビーム（円柱材）の必要強度について、これまでの試験調査結果を基に整理する。

2. 構造

検討対象とする防護柵構造は、和光コンクリート工業株式会社製ウッド Gr（信州3号）種別 C である。樹種は、スギ材、カラマツ材の2種類である。

3. 想定材料強度

当初木製ビームの材料強度としては、曲げ強度 40kN を想定した。これは、橋梁用防護柵上ビームの曲げモーメントから算出した結果を参考に、車両衝突荷重試験に基づき設定したものである。

注：種別 C 橋梁用ビーム型防護柵上ビームの曲げモーメント $M = 17\text{kN} \cdot \text{m}$ を要求されている。信州型 3号のビームの曲げ試験スパン 1.8m であり、荷重 $= M \times 4 / 1.8 = 37.8\text{kN}$ 。

4. 車両衝突荷重

種別 C の木製車両用防護柵に防護柵設置基準に準拠した衝突条件で車両を衝突させ、木製ビームに生じるたわみを計測した結果は以下のとおりである。

スギ材に生じた歪みと、上記の静荷重試験から求めた曲げヤング係数を基に応力を計算した結果、最も大きな歪みが発生したビーム（下ビーム）で、 $33.6\text{N}/\text{mm}^2$ であった。

カラマツ材については、 $31.3\text{N}/\text{mm}^2$ であった。

上記 からスギ材を用いた木製車両用防護柵ビームに作用した衝突荷重を推定すると約 43kN であり、3. で想定した曲げ強度 40kN に対して 1.07 倍になっている。

上記 からカラマツ材を用いた木製車両用防護柵ビームに作用した衝突荷重を推定すると約 40kN であり、3. で想定した曲げ強度 40kN と同等である。

上記の衝突荷重（曲げ応力）が作用しても、木製ビームに破断は見られない。

5. 静的強度と動的強度との関係

木製車両用防護柵の基本的な強度特性と、車両衝突時に木製ビームに作用する衝撃作用を想定した強度特性を把握するため、静荷重試験、動荷重試験を実施した。これらの試験結果に基づいて、ひずみ速度依存性を考慮して、基準強度に置き換えるとともに、それに相当する等級付けを検討する。

5. 1 実車衝突試験データの整理（加工技術協会の要旨3）

加工技術協会で行った実車衝突試験データによれば、木製防護柵ビームに発生した最大ひずみは、スギが 5030μ 、カラマツが 3050μ だった。（ひずみの数値は、下1桁目で四捨五入した）なお、この最大ひずみが発生した部材に破断は生じていなかった。

5.2 静的曲げ試験におけるひずみと荷重との関係（加工技術協会の要旨1）

次に、平成19年度に実施した林野庁補助事業の実車衝突試験データによれば、木製防護柵ビームに発生した最大ひずみは、スギが5030 μ 、カラマツが3050 μ だった。なお、この最大ひずみが発生した部材に破断は見られなかったことから、衝突時の破壊荷重は更に高いと推察できる。また、この試験では衝突時に発生するビームのひずみを測定するとともに、事前にビームのヤング係数を縦振動法により測定している。ここで、最大ひずみが発生したビーム記号と縦振動法のヤング係数 Efr-L については、スギの場合、記号 S29、Efr-L: 7.40kN/mm²、カラマツの場合、記号 K61、Efr-L: 11.67kN/mm² だった。これらの値から、 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ により応力換算すると、スギが 37.2N/mm²、カラマツで 35.6N/mm² だった。これらの応力をスパン l:1800mm、直径 d:180mm の円形断面で荷重換算すると、

曲げ荷重 = $4M/l$ 、ただし、 $M = \sigma \cdot Z$ 、 $Z = d^3 / 32$ により、
衝突時の曲げ荷重として、スギで 47kN、カラマツで 45kN が得られる。

5.3 想定衝撃荷重

衝突試験とは別に、橋梁用防護柵上ビームの曲げモーメントの条件設定を参考にして、木製ビームの想定衝撃荷重を曲げ荷重 40kN とした。これは、種別 C 橋梁用ビーム型防護柵の上ビームの曲げモーメント $M = 17\text{kN} \cdot \text{m}$ と種別 C の木製防護柵ビームの曲げスパン 1.8m により、曲げ荷重 = $M \times 4 / 1.8 = 37.8\text{kN}$ として設定した。

このことと 5.2 の結果から、実車衝突試験において、木製防護柵ビームに発生する曲げ荷重は、最大で 47kN だったといえる。すなわち、衝突安全性を確保する上で必要な木製防護柵ビームに求められる曲げ荷重は、樹種に依らず 47kN と設定できる。

ただし、ここで設定した曲げ荷重 47kN 以上という条件は、衝突試験時に発生したひずみから算出した値であるから、通常の品質管理として実施する静的試験の曲げ荷重にこの設定荷重を換算する必要がある。

5.4 ひずみ速度依存性の考慮（加工技術協会の要旨1、2とそのデータに基づき整理）

衝突試験時に設定した曲げ荷重を静的試験時の曲げ荷重に換算する方法の一つとして、ひずみ速度依存性の考慮がある。要旨1と2で実施したひずみ速度は、表1の通りだった。また、ひずみ速度と曲げ荷重との関係は、図1の通りだった。また、スギおよびカラマツともひずみ速度と曲げ荷重との間に正の相関が認められ、スギについては1式、カラマツについては2式の回帰式が得られている。得られた回帰式の傾きを比較すると、スギの方がカラマツよりも大きかったことから、スギの方がカラマツよりも速度依存性が高いと考えられ、これが樹種特性の可能性として考えられる。

$$1 \text{ 式: 曲げ荷重 (kN) } = 2.24 \text{ Ln (ひずみ速度 (s}^{-1}\text{)) } + 85.09 \text{ (スギ)}$$

$$2 \text{ 式: 曲げ荷重 (kN) } = 1.55 \text{ Ln (ひずみ速度 (s}^{-1}\text{)) } + 93.22 \text{ (カラマツ)}$$

これらの結果に基づき、スギおよびカラマツについて、衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に次のように換算した。

表 1 スギおよびカラマツの衝撃試験および静的試験のひずみ速度

	スギ			カラマツ		
	衝撃試験 strain rate(s ⁻¹)	静的試験 strain rate(s ⁻¹)	静的／衝撃	衝撃試験 strain rate(s ⁻¹)	静的試験 strain rate(s ⁻¹)	静的／衝撃
最小値	1.16E+00	2.23E-05	1.93E-05	8.25E-01	1.32E-05	1.59E-05
平均値	1.40E+00	2.84E-05	2.02E-05	1.25E+00	2.38E-05	1.90E-05
最大値	1.73E+00	3.88E-05	2.25E-05	1.76E+00	3.64E-05	2.07E-05
標準偏差	1.28E-01	4.03E-06	3.15E-05	2.44E-01	5.37E-06	2.20E-05

【スギの場合】

衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算する上で、ひずみ速度依存性の効果を最小限とするため、静的のひずみ速度に対する衝撃のひずみ速度の比が最も小さい 2.25E-05 とひずみ速度依存性の効果である 1 式の傾き 2.24 を用いることにより、

$$\text{静的試験時の曲げ荷重} = 47 + 2.24\text{Ln}(2.25\text{E-}05) = 23.0 \text{ kN} \cdots (1)$$

が得られる。

これを次式によりスパン 1800mm、直径 180mm の円形断面で応力換算すると、

$$\text{曲げ応力} = M / Z、\text{ここで、} M = Pl / 4、Z = d^3 / 32$$

標準条件における静的試験時の曲げ応力として 18.1N/mm² が得られる。

得られた曲げ応力は、スギの目視等級区分甲種構造用製材および機械等級区分構造用製材のすべての等級の基準強度より小さいため、これらの品質基準を満足するスギ円柱材であれば、木製防護柵ビーム（ウッド Gr 用）の部材としての強度を満足すると考えられる。

【カラマツの場合】

衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算する上で、ひずみ速度依存性の効果を最小限とするため、静的のひずみ速度に対する衝撃のひずみ速度の比が最も小さい 2.07E-05 とひずみ速度依存性の効果である 2 式の傾き 1.55 を用いることにより、

$$\text{静的試験時の曲げ荷重} = 47 + 1.55\text{Ln}(2.07\text{E-}05) = 30.3 \text{ kN} \cdots (2)$$

が得られる。

これを次式によりスパン 1800mm、直径 180mm の円形断面で応力換算すると、

$$\text{曲げ応力} = M / Z、$$

$$\text{ここで、} M = Pl / 4、Z = d^3 / 32$$

標準条件における静的試験時の曲げ応力として 23.8N/mm² が得られる。

得られた曲げ応力は、カラマツの目視等級区分甲種構造用製材の 2 級以上および機械等級区分構造用製材の E90 の基準強度より小さかった。これらの結果を踏まえ、目視等級区分であれば、甲種 2 級以上もしくは甲種 3 級ならば機械等級区分の E90 の品質基準を満足するカラマツ円柱材であれば、木製防護柵ビーム（ウッド Gr 用）の部材としての強度を満足すると考えられる。

6 . 結果のまとめ

和光コンクリート工業株式会社製ウッド Gr（信州 3 号）に用いるスギ材、カラマツ材の 2 種類ビームについて衝突試験時の曲げ荷重 47kN を静的試験時の曲げ荷重に換算した結果、次の結果が得られた。

スギ材における静的試験時の曲げ応力は、 18.1N/mm^2 である。この曲げ応力は、スギの目視等級区分甲種構造用製材および機械等級区分構造用製材のすべての等級の基準強度より小さいため、これらの品質基準を満足するスギ円柱材であれば、木製車両用防護柵（ウッド Gr）用ビームの部材としての強度を満足すると考えられる。

カラマツ材における静的試験時の曲げ応力は、 23.8N/mm^2 である。この曲げ応力は、カラマツの目視等級区分甲種構造用製材 2 級以上および機械等級区分構造用製材の E90 の基準強度より小さい。目視の甲種 2 級以上もしくは甲種 3 級ならば機械の E90 の品質基準を満足するカラマツ円柱材であれば、木製車両用防護柵（ウッド Gr）用ビームの部材としての強度を満足すると考えられる。

[参考]

- 1) 横梁にスギ・カラマツを用いた木製防護柵の強度特性 (1) 試験の概要と静的曲げ強度特性 長野県林業総合センター 柴田直明 etc.
- 2) 横梁にスギ・カラマツを用いた木製防護柵の強度特性 (2) 衝撃曲げ強度特性 森林総合研究所 加藤英雄 etc.
- 3) 横梁にスギ・カラマツを用いた木製防護柵の強度特性 (3) 実車衝突試験 和光コンクリート工業(株) 張日紅 etc.

参考資料 2 木製防護柵の設置検討箇所

防護柵として最も一般的なものは「たわみ性防護柵」の中のガードレールである。日本道路協会編「防護柵設置基準・同解説（平成 10 年度版）」では、その色彩は白を標準とすると規定されていたため、写真参 2-1 のような白いガードレールが一般的であった。その後、平成 16 年度の防護柵設置基準・同解説の改定により、車両用防護柵の色彩は景観に配慮した適切な色彩を用いることとなり、色彩の検討にあたっては、景観に配慮した防護柵整備ガイドラインを参考にすると良いとの記述に変更され、景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインにおいては、防護柵の色彩の基本的な考え方として、塗装面が比較的大きい防護柵（ガードレール形式の車両用防護柵等）の場合は、グレーベージュ（薄灰茶色）とダークブラウン（こげ茶色）のいずれかから選定することを基本とするとの考え方が示されたことによって写真参 2-2 のようなダークブラウンに塗装されたガードレールが一般的になった。



写真参 2-1 ガードレール（白）



写真参 2-2 ガードレール（ダークブラウン）

景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインにおいては、防護柵の色彩の基本的な考え方以外にも透過性への配慮や人との親和性に配慮したデザイン、材質といったポイントでの留意事項等も記載されており、これらの要素にも対応可能であり、車両用防護柵性能確認試験に合格したものが写真参 2-3(二連)、写真参 2-4(三連)の景観タイプの防護柵(景観ガードパイプ)であり、木製防護柵である。



写真参 2-3 景観ガードパイプ(二連)



写真参 2-4 景観ガードパイプ(三連)

木製防護柵は通常のガードレールと比較して価格は4倍程度である。使用目的や使用形態を考慮すると、木製防護柵と価格比較を実施する鋼製防護柵としては景観ガードパイプが挙げられる。

木製防護柵と景観ガードパイプと比較することによってその価格差は1.7倍～1.9倍程度にまで狭まるものの、自治体によっては景観ガードパイプを使用していないところもあり、木製防護柵が高価なものというイメージは払拭できていない。(写真参 2-3 が Gp-Cp-3E3 : 8,900 円/m、写真参 2-4 が Gp-Cp-3E4 : 9,790 円/m 建設物価 2012年9月号 P233)

従って、木製防護柵の設置を検討する場合には、景観に配慮した防護柵の整備ガイドラインの記述に沿ったマスタープランを策定し、景観的な配慮が特に必要な地域・道路において実施することが重要である。

ガイドラインでは、景観的な配慮が特に必要な地域・道路として以下の地域や道路が示されている。

景観的な配慮が特に必要な地域・道路

地域の中心地区等において街の骨格を形成する道路、地域にとってシンボルとなる道路、多くの人が集まる地域

歴史的価値の高い施設周辺、もしくは歴史的街並みが形成されている地域

遠景、中景、近景を問わず、山岳や景勝地等が望め、眺望に優れた道路

道路周辺の空間に広がりがあり(海岸、湖沼、田園等)道路空間と周辺空間を分断することが望ましくない道路

その他、地域の人にとって特別な意味のある地域・道路

また、ガイドラインには、人との親和性等に配慮したデザインや材質のポイントとして次があげられている。

○温もりを感じさせたいような地域や木造の歴史的建造物の周辺、木造の伝統建造物が集積している街並み、緑の多い地域などにおいては木製の防護柵を用いることも考える。

以下に木製防護柵が設置された状況を示す。



宮崎県 諸塚村 (全村森林公園)



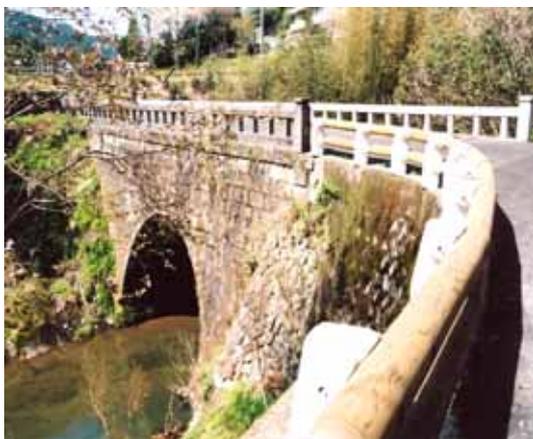
宮崎県 県道 1 号線 小林



宮崎県 県道 1 号線 小林



鳥取県



宮崎県 東郷町 (石橋)



宮崎県 須木



長野県



長野県



長野県



長野県

木製ガードレールは【ドライバーに優しい防護柵】です。
ドライバーの【安全】を守り、ドライバーの【心地よさ】を演出します。



木製ガードレールの安全性確認はどのように実施していますか？



2つの防護柵の性能確認試験を国の試験設備で実施して安全性を確認しています。

つまり大型トラックを衝突させる試験で、防護柵の強度が十分であることを確認し、更に乗用車を衝突させる試験で、ドライバーの安全性が確保できることを確認しています。



ビーム：スギ 大型貨物車

ビーム：スギ 乗用車

ビーム：カラマツ 大型貨物車

ビーム：カラマツ 乗用車

つくば市 国土政策総合研究所内衝突実験施設での衝突実験状況



木製ガードレールの強度は、時間の経過とともに弱くなるのではないですか？

木材は、屋外に置くと時間の経過とともに腐朽などが発生し強度が低下していく恐れがあります。そこで、設置されて10年以上経過した木製ガードレールのビーム（一部または全体に激しい腐朽が見られるものを除く）を使って実車衝突試験を再度実施しました。その結果、大型貨物車を安全に誘導することが確認されました。



木製ガードレールの腐朽の程度は、木製ガードレール用ビーム特記仕様書（案）の点検要領に沿って確認でき、また同仕様書（案）によって維持管理が行えます。

注記）10年以上屋外に設置された木製ガードレールビームのうち、一部または全体に激しい腐朽が見られるのは、設置場所の気象条件等により腐朽度合いは異なりますが、全体の3%程度となっていました。同仕様書（案）では、耐久性向上のため保存処理基準をより厳しくしました。これにより、10年後に一部または全体に激しい腐朽が見られるビームの発生率は1%未満にまで減少するものと考えます。



10年経過後の被害度2程度以下のビームを用いた実車衝突試験実施状況と、試験後のビーム



木製ガードレールを見て、なぜドライバーは「心地よさ」を感じるのでしょうか？



その理由としては次のようなことが考えられます。

木や森と共生してきた日本人は、木への愛着があります。

自然物である木製の防護柵は、周りの自然、景観にマッチします。人の五感に優しいのです。

木は有機物、人も有機物です。人は木に対して違和感が無いのです。

木は鉄に比べて熱伝導率が低く、人が触れたときに夏場は冷たく、冬場は暖かく感じます。

この心地よい肌触りが人に優しいのです。

木材表面のテクスチャー（キメ、質感）が人の目に揺らぎを与え、目が疲れにくくなります。



接触事故などでメンテナンスが軽減されるのは本当でしょうか？



下の写真は接触痕の残った木製ガードレールです。この程度の軽微な接触であれば鋼製のガードレールのように変形することもなく、ビームの取り換えも必要ありません。接触などの軽微な事故が多い道路では、メンテナンスが大幅に軽減されます。



木製ガードレールは【景観と環境に優しい防護柵】です。
 景観に配慮した道作りに最適です。【CO2 排出削減】にも効果的です。



木製ガードレールが CO2 削減に効果的と言われるのはどうして？

木材 1m³当たりの CO2 吸収量は 814kg です。 出展：最新木材工業辞典

木材ガードレール用ビーム（直径 18cm）100m に使用される木材は約 4t の二酸化炭素を貯蔵しています。



間伐により残された木材の成長または新たな植林により CO2 の削減効果が期待できます。

木製ガードレールの主材料である製材を製造するときに排出される CO2 排出量は、鋼板やアルミニウムの排出量と比べて少ないことが分かります。

木製ガードレールは【 CO2 排出量削減】にも効果的と言えるのです。

表 主要建設資材の CO2 排出原単位 (kg-CO2/kg)

出展：建築学会

建設資材	排出量	建設資材	排出量	建設資材	排出量	建設資材	排出量
砂利・石材	0.0003	合成樹脂製品	0.176	セメント	0.235	鉄鋼（鋼板）	0.436
製材	0.0078	板ガラス	0.414	建設用陶磁器	0.114	銅	0.280
合板	0.0487	ガラス繊維	0.579	鉄鋼（棒鋼）	0.173	アルミニウム	1.765



木製ガードレールに適した道路とは？

木製ガードレールは衝突試験で性能が確認されていますので、原則としてどの道路にも設置することができます。ただし、木製ビームが多少太いことや時間の経過とともに色彩やテクスチャーが変化する特徴から、市街地よりは自然景観にマッチするともいわれています。そのため木製ガードレールは、周辺景観に配慮した道路整備を行う場合のツールのひとつにもなっています。



景観に配慮して防護柵を設置する場合、景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン（国土交通省監修）が参考になります。この中で、景観的配慮が特に必要であるとして、次のような地域や道路が示されています。

【景観的な配慮が特に必要な地域・道路】

地域の中心地区等において街の骨格を形成する道路、地域にとってシンボルとなる道路、多くの人が集まる地域

歴史的価値の高い施設周辺、もしくは歴史的街並みが形成されている地域

遠景、中景、近景を問わず、山岳や景勝地等が望め、眺望に優れた道路

道路周辺の空間に広がりがあり（海岸、湖沼、田園等）道路空間と周辺空間を分断することが望ましくない道路

その他、地域の人にとって特別な意味のある地域・道路

また、ガイドラインには次のポイントがあげられています。

【人との親和性等に配慮したデザイン、材質のポイント】

○温もりを感じさせたいような地域や木造の歴史的建造物の周辺、木造の伝統建造物が集積している街並み、緑の多い地域などにおいては木製の防護柵を用いることも考える。

木製ガードレールが設置された現場の写真を示しますので、参考にしてください。

