

カラマツ集成材を用いた歩道橋の設計

石川 佳生 金森 勝義
前田 典昭* 堤 拓哉*

Design of Pedestrian Bridges Utilizing Karamatsu Glued Laminated Timber

Yoshio ISHIKAWA Katsuyoshi KANAMORI
Noriaki MAEDA* Takuya TSUTSUMI*

The aim of this study was to design two bridges to be built over rivers in the Hokkaido prefectural forest.

These bridges were to be especially designed with preservative treatment, weathering and maintenance characteristics to improve durability of wood.

It was determined that the main girders, floor deck and so on should be composed of glued laminated timber with preservative treated laminae, which was of then manufhtured at factories existing in Hokkaido.

The main girders, bearing supports and floor deck were designed to resist penetration and Accumulation of rain water.

The floor and railing were designed so as to be replaced or repaired in case of damage or decay.

Keywords: timber bridge, karamatsu, glued lamlnated timber, durability, maintenance

木橋, カラマツ, 集成材, 耐久性, メンテナンス

北海道有林の2か所に架設した歩道橋の設計を行った。

これらの設計にあたっては、耐久性を高めるために、特に木材の防腐処理、雨仕舞、メンテナンスに配慮した。

主桁や床板などに用いた集成材は、防腐処理ラミナを積層接着したものとし、これらの防腐処理や集成材の製造は、すべて北海道内の工場で行った。

主桁、支承部、床板のディテールは、雨仕舞を考慮し、雨水の進入と滞留を抑えるようなものとした。

床板や高欄は、破損または腐朽したときに、容易に交換や修理ができるようにした。

1. はじめに

最近、集成材の製造技術の進歩や木材の防腐処理技術の発達とともに、周囲景観との調和や自然環境との共生という観点から、天然素材である木材が見直されてきている。この動きは橋についても例外

ではなく、最近架設された木橋は400件を超えているといわれている。このうち、構造用大断面集成材を用いたいわゆる近代木橋は、平成7年度には前年比55.6%増の36橋が架けられ、昭和62年度から平成7年度までの累計で129橋となっている。

このように木橋が急増してきた要因の一つとして、新しい設計基準の提示が考えられる。これまで木橋に関する設計基準は、昭和15年に内務省が制定した「木道路橋設計示方書(案)」があるのみであった。しかし、平成7年に(財)日本住宅・木材技術センターによって「木橋設計施工の手引」が作成され、この中で林道橋における構造材料や接合具の強度性能、木材の防腐処理方法、構造設計の指針など、設計施工および管理の全般にわたって対処すべき方法が提示された。

木橋は、鋼橋やコンクリート橋とは異なる特有の課題があり、木材の防腐処理法やメンテナンス技術の開発など、今後解決すべきものも多いといわれている¹⁻⁴⁾。とりわけ、木材および木質材料の防腐処理による木橋の耐久性の向上については、極めて重要な課題となっている。

このような状況を踏まえ、道有林の林道に架ける歩道橋2橋の設計を行った。これらの橋は、岩見沢道有林管理センターから設計依頼を受け、8年度に架設されたものである。本文では、2つの木橋の基本コンセプト、設計概要などについて報告する。

なお、本文の一部は、平成8年度北海道林業技術交流大会(北海道主催、1997年2月、札幌市)⁵⁻⁷⁾と第47回日本木材学会大会(1997年4月、高知市)^{8,9)}で発表したものである。

2. 基本コンセプト

近年、木橋が増加しているのは、設計基準の提示とともに、木材の持つ心理的効果、集成材の製造技術および防腐処理技術の進歩のほかに、木材は環境に優しく、施工や補修が他材料よりも容易であることがあげられている¹⁰⁾。しかし、一般的に木橋に対する発注者のイメージは、他材料の橋と比較して、木材という素材に魅力を感じる一方で、その耐久性や構造部材の品質のばらつきなどに不安を感じているのが現状である。

今回の場合も、耐久性に最も力点を置いた設計を依頼された。その他の主な要望事項として、最近北海道内に架けられた木橋のほとんどが輸入材で造られているという背景から、道内の木材利用を促進し、地域の林業や林産業の活性化を図る目的で、道産カラ

マツ材を使用することを要求された。これらの要望を受けて、道内の防腐工場と集成材工場で製造したカラマツ構造用集成材を用いた木橋の設計を行った。

これらの設計にあたっては、木橋の耐久性を向上させるための3つの要素を基本コンセプトとした(第1図)。



第1図 基本コンセプト

Fig.1. Scheme conception.

2.1 防腐処理材による耐久性の向上

主要構造部材は、品質の安定した材料性能を確保し、部材自体の耐久性向上を図るため、防腐処理を施した構造用集成材とした。

一般に、集成材の防腐処理については、積層接着前のひき板の状態で行う場合と、集成材に仕上げから行う場合に大別される。今回は、難注入性のカラマツ材を用いることから、薬液の注入量がより多く、しかも道内の防腐工場にある注薬缶の利用が可能な前者の方法を採用した。その方法とは、ひき板の4材面にインサイジング処理を施した後、安全性の高い水溶性防腐剤DDACを加圧注入し、接着性能を高めるために被着材面を鉋削してから水平積層接着を行うものである。しかし、加圧注入処理した道産カラマツひき板を対象に、注入量や浸潤度、それらを積層接着した集成材の接着性能について検討した資料がなかったため、類似の研究¹¹⁾を参考にした実験を行い、その結果^{6,9)}を踏まえて設計を行った。上記の方法の採用により、構造用集成材の耐久性向上だけでなく、コスト面においても、集成材を含めた上部工費は、ひき板の防腐処理と集成材の製造を道外工場で行った同規模の木橋の場合に比べて半減した。

2.2 雨仕舞対策による耐久性の向上

部材に防腐処理を施すだけで耐久性の向上を図るのは不十分であり、長期間の雨や紫外線などによる劣化は避けられない。そこで、特に主要構造部材に対し、さらに耐久性を高めるために、次のような対策を講じた。

- ① 主要構造部材の一つである主桁^{けた}の水仕舞対策として、歩道橋の場合は集成材あるいは製材による床板を、すき間をあけずに敷き並べる方法が一般的である。しかし、この方法では床板の水分変化による伸縮の影響が懸念される。そこで、今回の設計では、あらかじめ床板は幅方向にすき間を設けて主桁に取り付けることとしたが、この方法では雨水が床板のそのすき間から直接主桁にかかることになる。したがって、主桁を鋼製の防水カバーで覆い、床板のすき間から落下する雨水はカバーの上を通過して、主桁に直接かからない構造とした。
- ② 床板の主桁への固定方法は、床板の表（路面）側からボルトで取り付けられているものが多く見られる。しかし、この方法では雨水の進入や滞留が起りやすいため、床板の裏側からL型金物を介して、ラグスクリューによって取り付けることとした。
- ③ 横なぐりの雨を想定し、床板は桁を雨水から保護させる^{ひさし}庇の役割を持たせた。床板の主桁側面からの出は300mmとしている。
- ④ 既往の木造橋の耐久性能調査によると、最も腐朽しやすい部位は支承部と報告されている⁹⁾。したがって、支承部には、厚さ25mmのネオプレングムを主桁と橋台の間に敷いた。

2.3 メンテナンスによる耐久性の向上

木橋の架設後に、発注者や管理者がメンテナンス（メンテナンスとは、一般に再塗装やボルトの締め直しなどの定期的な保守・維持管理のための行為をさすが、本文では広義に捉えて、部材交換や修繕なども含めている。）を容易にできるように配慮した。これは、メンテナンスを行うことによ

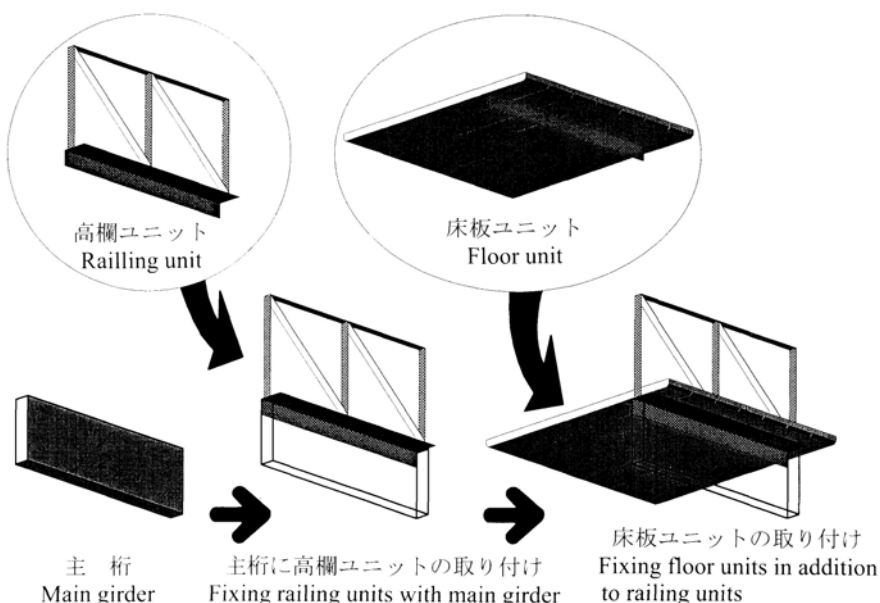
て、木橋の耐久性をより向上させることを意図したものである。今回の設計では、木橋の部位の中で、雨水や紫外線によって劣化しやすい高欄と床板をそれぞれ、破損または腐朽したとき容易に部材交換や修繕ができるようにした。

高欄は所定の長さにユニット化し、その構造材である鋼製フレームに、木ネジでカラマツ材の手すりや支柱などを化粧材として取り付けることとし、それらの部材が腐朽や破損した時には容易に取り外しができるようにした。

主桁と同様の防腐処理を施したカラマツ構造用集成材の床板も所定の長さにユニット化し、その裏側から主桁の防水カバーを兼ねるL型金物を介して、ラグスクリューで取り付けした。そして、現場でユニット化された床板と高欄を重ね合わせて主桁の上に載せ、ボルトでこれらを固定することとした（第2図）。

このように、工場でユニット化された床板と高欄を利用することにより、メンテナンスが容易になるだけでなく、施工性に優れ、部材品質の安定化が期待される。ただし、今回は、規模がそれほど大きくないので、床板のユニット化は行わなかった。なお、床板は、^{まも}摩耗抑制とすべり止めのため、硬い材質のアサダ材をその表面の細かい溝の中に埋め込んだものとした。

このように、設計段階ではメンテナンスの容易さに配慮した設計を行っているが、木橋の耐久性をさ



第2図 高欄ユニットと床板ユニットの主桁への納まり

Fig.2. Detailing of railing units and floor units to main girder.

らに高めるためには、設計段階の配慮のみでなく、メンテナンス作業も極めて重要である。そのためには、定期的な再塗装や部材交換などに対する予算措置に関して、発注者や管理者側の理解が必要である。

3. 設 計

基本コンセプトをもとに設計した2橋は、いずれも単純桁橋である。特に、今回のように橋長の短い場合は、コスト面や施工性から判断して、最も優れた形式といえる。なお、以下の本文では栗沢町^{まんじ}万字地区に架設された管理歩道木橋をA橋、当別町^{かむいじり}神居尻地区「治山の森」に架設された管理歩道木橋をB橋と記す。

2橋に用いた集成材と鋼材の部材仕様を第1表に示す。

3.1 構造計算

構造計算では、架設場所がいずれも多雪地域であるため、積雪量は3m、その積雪荷重は600kgf/cm²とした。固定荷重（自重）と積雪荷重による主桁のたわみの許容値は、橋長の400分の1以下¹³⁾とした。

構造設計の中で、最も厳しい条件であったのが主桁のたわみの許容値であり、この数値によって主桁の断面寸法が算定された。特に、B橋については、車椅子の利用を想定し、主桁にはキャンバー（自重によるたわみを考慮して、製造時にあらかじめつける反り）を設けなかったため、その断面は比較的大きなものとなった。

第1表 部材仕様
Table 1. Specification of members.

		A 橋 Bridge A	B 橋 Bridge B
集成材 Glued laminated timber	品 等 Grade	カラマツ構造用集成材 旧 JAS 1 級 Karamatsu structure laminated timber, JAS · First class	
	主桁の断面寸法 Cross section size of main girder	150 mm × 630 mm	180 mm × 750 mm
	ラミナ厚 Thickness of lamina	約 30 mm About	
	仕上げ Finishing	表面保護着色剤 Wood preservative stain	
	色 Color	ピニー Piny	オリーブ Olive
	インサイジング密度 Density of incising	広い材面:約 4,700 個 / m ² , 狭い材面:約 3,300 個 / m ² Flat surface: About 4,700pieces/ m ² Edge surface: About 3,300pieces/ m ²	
	防腐処理 Preservative treatment	水溶性防腐剤 DDAC の加圧注入 Water-born DDAC preservative by pressure impregnation	
接着剤 Adhesive	レゾルシノール フェノール共縮合型樹脂 Resolcinol-phenol-formaldehyde resin		
鋼 材 Steel	品 質 Quality	一般構造用圧延鋼材 SS400 Rolled steel for general structure	
	防錆処理 Rust-preventing treatment	防錆塗装 Rust-preventing paint	溶融亜鉛メッキ処理 350 g / m ² Zincing

3.2 A橋

この橋は、橋長10.8m、支間長10.74m、有効幅員1.5mであり、栗沢町万字地区の生活環境保全林に、昨年の10月に架設したものである（第3図）。

生活環境保全林は、市街地等の周辺にある各種保安林を対象として、その機能を多目的かつ高度に発揮させるため、森林造成、管理歩道の整備等を総合的に実施することを目的としている。この事業目的に適合させるため、歩道橋を公園内のシンボリックな役割を果たすような色彩と意匠とした。色彩については、彩度の高低により強調性や調和性を表現できるという報告¹⁴⁾を参考にし、周囲の景観よりも彩度の高い配色を施し、強調性を高めた。意匠については、構造形式が単純な桁橋ということで、後述する方杖の配置によって側面に個性を持たせるとともに、

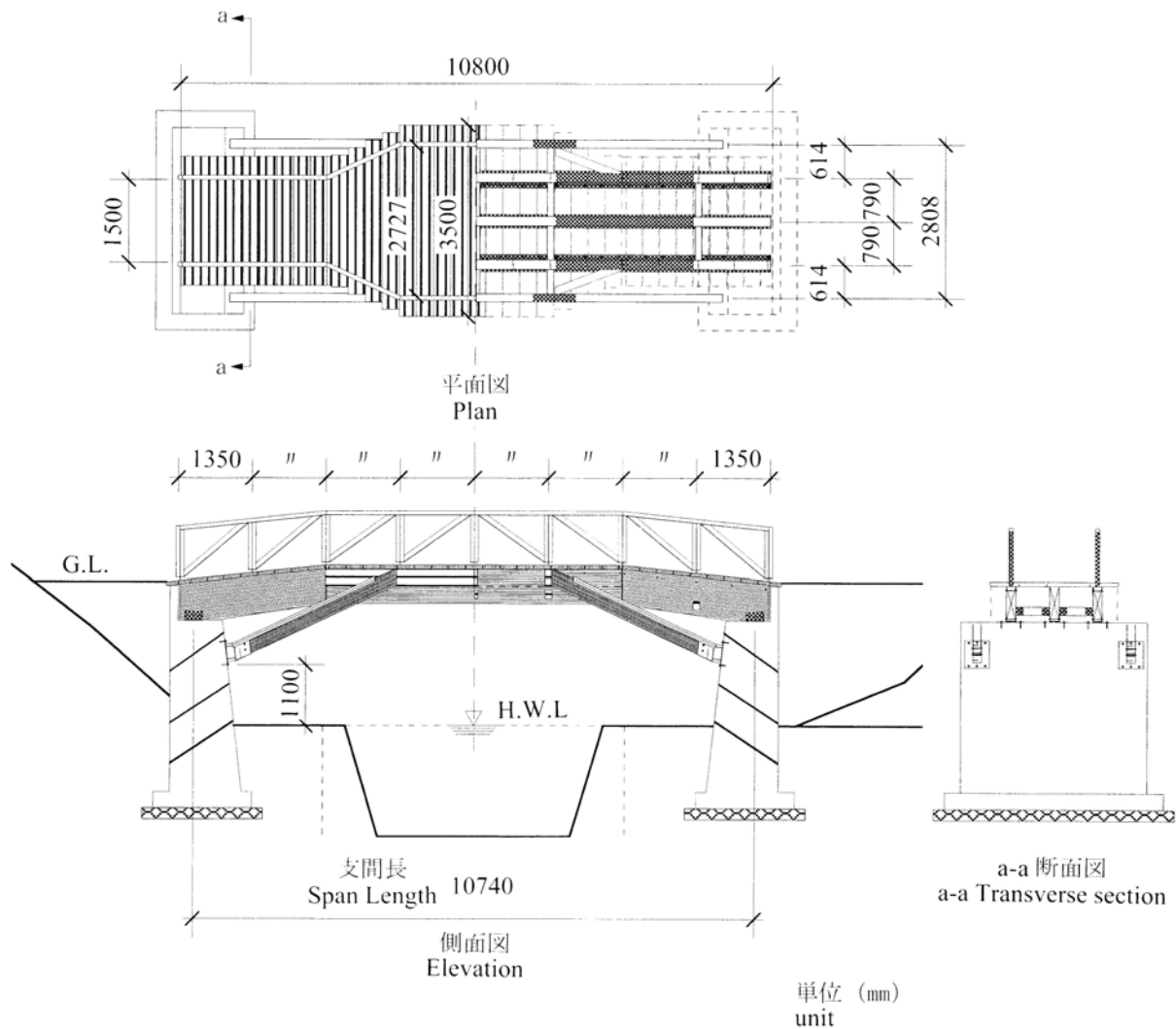
中央部にバルコニーを設けて平面にアクセントを付けた（第4図）。

構造は、3本の主桁を用い、バルコニー部分を片持りの桁で支え、その上に床板を敷き並べたものとした。架設現場は狭くて大型重機が使えないため、主桁は長さ方向に3分割したものを現場で縦接合することとした。主桁には、キャンバーを設け、垂直荷重によるたわみを軽減させた。また、両外側の主桁への荷重負担を軽減させるため、バルコニー部の桁に方杖を配置した。

3.3 B橋

この橋は、橋長11.94m、支間長11.88m、有効幅員1.5mであり、当別町神居尻地区の「治山の森」に、8年の11月に架設したものである（第5図）。

「治山の森」は、北海道民有林治山事業50周年を



記念し、「道民の森」に治山事業の重要性や施設の働きについて広く一般住民の理解を得る場とすることを目的としている。この事業目的に適合させるため



第4図 A橋

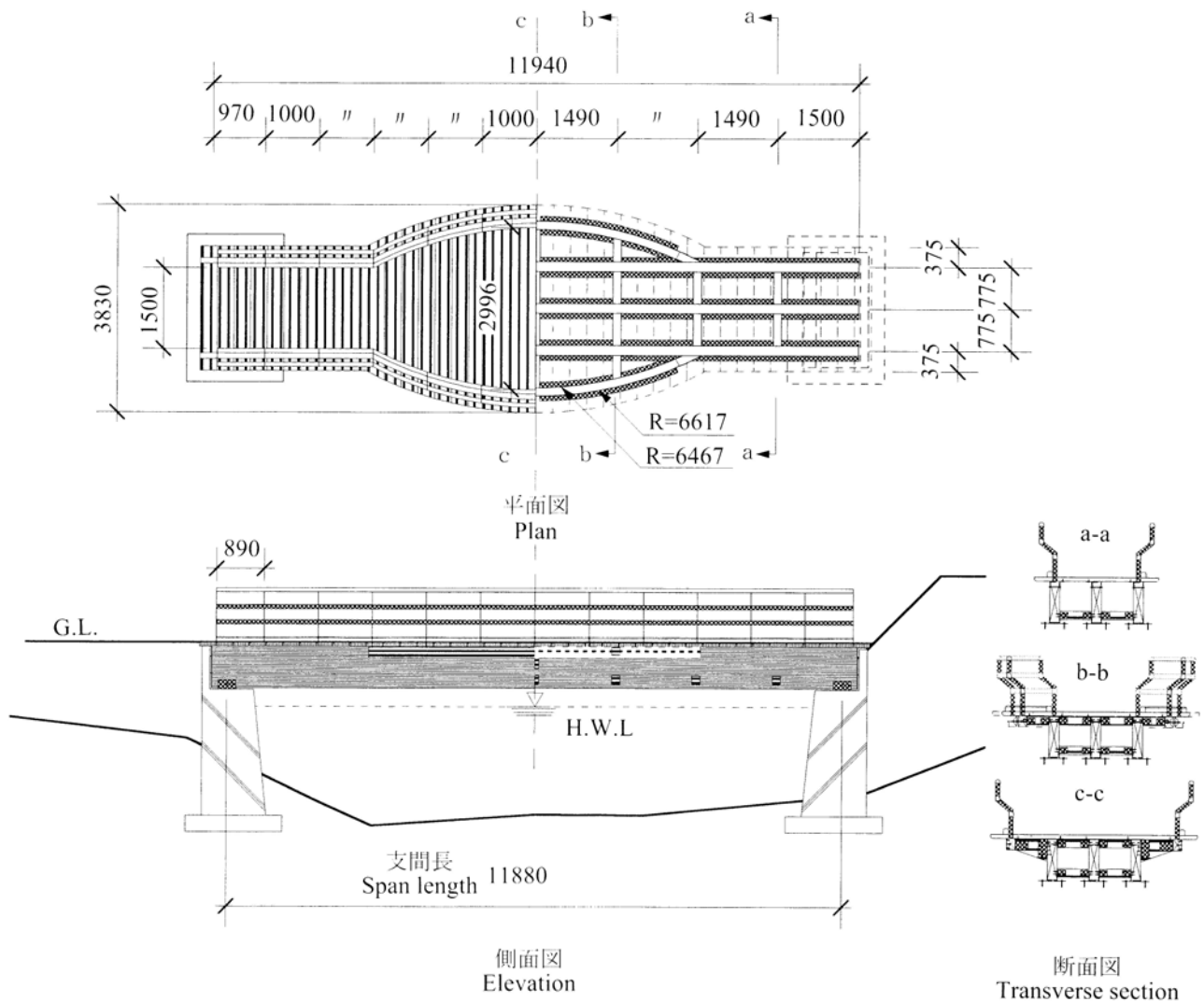
Fig.4. Bridge A.

に、歩道橋自体はあまり目立たせない意匠のものが要望された。そこで、色彩計画については、周囲の景観よりも彩度の低い配色を施し、森林の中にとけ込んでいるような自然調和型のものとした。また、意匠については、平面の意匠性を付与するために、中央部にA橋と同様のバルコニーを設け、その桁にはわん曲集成材を用いることにより、自然と融合した柔らかい曲線美のものとした（第6図）。

また、発注者の要望により、車椅子での通行を考慮し、手が届く範囲に高欄を設けた。そして、その形状はベンチとしての役割を持たせ、利用者が腰掛けられるような意匠とした。

おわりに

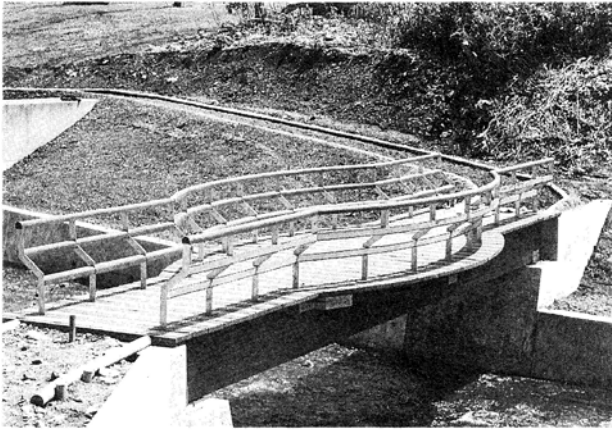
今回の設計で問題となったのは、まず高欄の構造



第5図 設計図 (B橋)

Fig.5. Drawings (Bridge B).

単位 (mm)
unit



第6図 B橋

Fig.6. Bridge B.

材として用いた鋼材の厚さである。当初設計した3.2mm厚では薄すぎて、溶融亜鉛メッキ処理を施すときに、ユニット化した鋼材フレームには十分溶着しないことが分かった。そこで、鋼材の厚さは、4.5mmに変更した。

次に、木橋架設後に問題となったのは、高欄に親柱を設けなかったため、ぐらつきが生じ安定性に欠ける問題が発生した。今後は、他の支柱よりも断面の大きな親柱を設置するか、もしくは主桁への取り付け方法をさらに強固にする必要があった。また、今回の2橋については、意匠上の問題から地覆を設けなかった。しかし、安全面の確保のためには、この設置も必要なため、高欄の補強策とともに、今後の追加工事で対応することとした。

木橋の架設後に行った現地調査では、主桁の防水カバーの効果が顕著に見られ、雨水によると考えられる表面の汚れは、それが無い主桁で構成されているほかの木橋の場合と比較して少なかった。

今後は木橋架設後の木質材料の腐朽状態や使用状況を定期的に調査するとともに、林産試験場開発処理技術である針式インサイジングを活用した高耐久性構造部材の開発とともに、新たな構造形式についても検討する予定である。

謝 辞

今回の木橋の設計・施工にあたり、岩見沢道有林管理センターの前署長波佐氏、前森林保全課長佐藤氏、育林係長長谷氏、同主任伊藤氏、前治山林道係長中山氏、同主任白石氏、サンモク工業(株)開発管

理室長坂田氏、ザイエンス(株)室蘭製造所長本間氏のご指導、ご協力をいただきました。ここに記して深謝します。

文 献

- 1) 牧 勉：土木施工, 38(5), 12-16(1997).
- 2) 小松幸平：木材工業, 49(2), 58-62(1994).
- 3) 小松幸平：同上, 49(3), 112-114(1994).
- 4) Francois W. Kropf: *Proceedings of the National Conference on Wood Transportation Structures*, 321-327, Madison, WI., USA (1996).
- 5) 石川佳生 ほか3名：林業技術研究発表大会論文集(北海道主催), 172-173(1997).
- 6) 金森勝義, 石川佳生：同上, 174-175.
- 7) 堤 拓哉 ほか5名：同上, 176-177.
- 8) 石川佳生 ほか3名：第47回日本木材学会大会研究発表要旨集, p. 538(1997).
- 9) 金森勝義, 石川佳生：同上, p. 593(1997).
- 10) 薄木征三：“近代木橋の時代”, 龍源社(1995)p. 64.
- 11) 鈴木憲太郎：農林水産技術会議事務局研究成果, 296, 36-49(1995).
- 12) 宮武 敦 ほか4名：第46回日本木材学会大会研究発表要旨集, p. 432(1996).
- 13) (財)日本住宅・木材技術センター：“木橋設計施工の手引き”, ぎょうせい(1994)p. 56.
- 14) 市原恒一：農林水産技術会議事務局研究成果, 296, 111-117(1995).

—企画指導部 デザイン科—

*：—性能部 構造性能科—

(原稿受理：1997. 6. 20)