

秋田スギ大断面集成材による林道橋（坊川林道第2号橋）の現況及び一部改良について

営林局森林整備課 佐藤 重和
鷹巣営林署土木課 ○濱田 正道

1 はじめに

近年、国民の森林に対する諸要請が高まり、特に水資源のかん養・山地災害の防止機能の発揮、森林レクリエーション的利用など環境資源として森林の保全が強く求められている状況にあります。

また、森林の持つもう一つの機能である木材の持続的な供給については、価格面において安価な外材攻勢とそれに伴う国産材価格の低迷による木材生産活動の停滞の中で、林業従事者の減少と高齢化が社会問題となっております。

このような中で、木材は再生産可能な資源であることや木目の美しさと木の香り等によるやすらぎなど環境の面からも健康にやさしい建築ということで木材に対する価値観が見直しされています。

木材の大断面集成材は、良質な接着材の開発と木目の美しさを表現した流線的な加工等の技術の向上により、スカイドーム・学校等の大型建築物に年々利用度合いが増しています。

秋田県において、昭和60年10月に秋田営林局・秋田県・学識経験者等が参加し、間伐材等木材の需要拡大を図るため「木材需要拡大対策会議」が開催されその一貫として、秋田営林局・鷹巣営林署管内の坊川林道に大断面集成材による林道橋を計画し、秋田大学薄木教授のご指導のもと、昭和62年坊川林道第2号橋を架設しました。

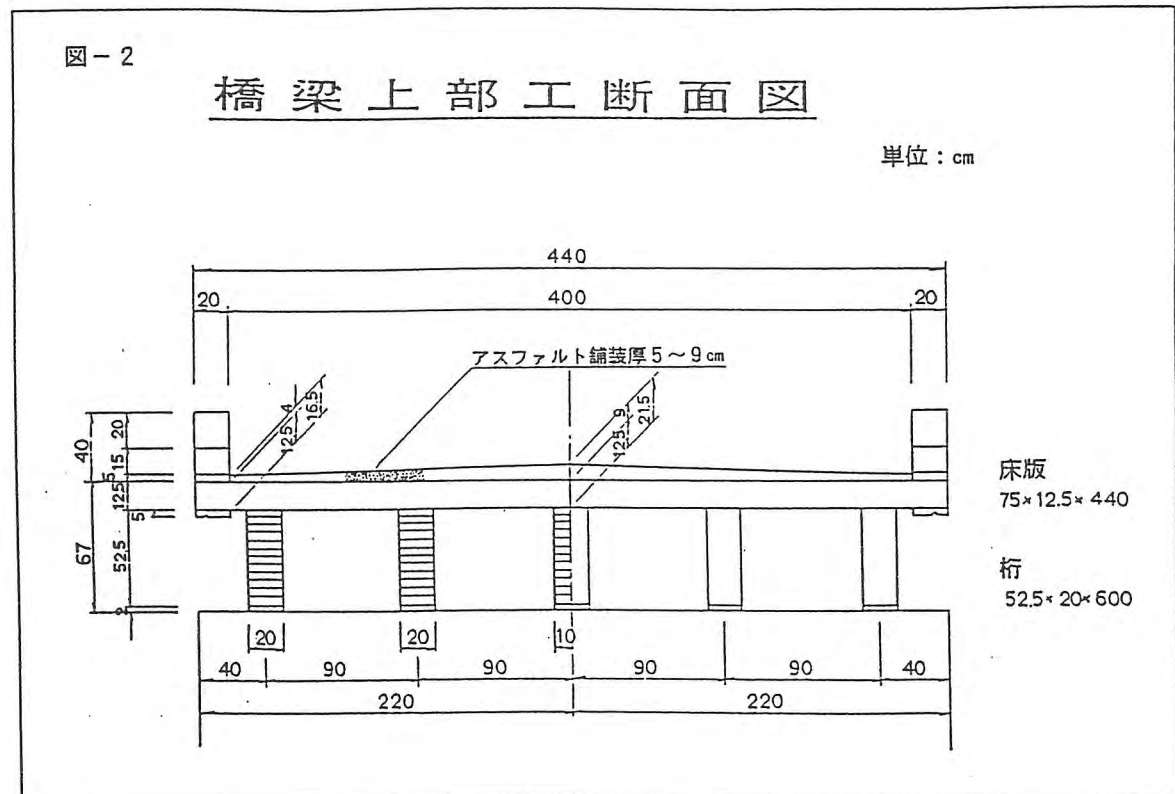
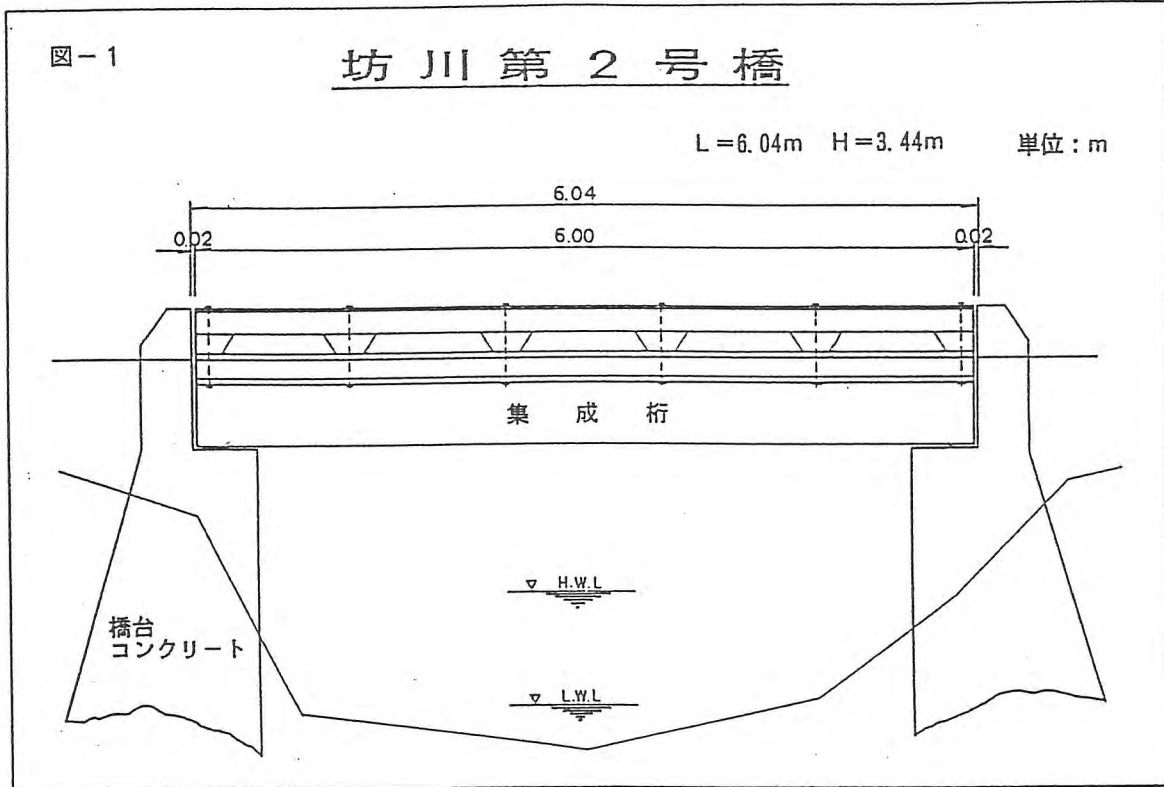
その設計内容については、業務研究発表会で発表したところですが、橋梁架設後10年間経過したのでその現況と橋梁の耐久性の増加を目的とした舗装の改良について報告します。

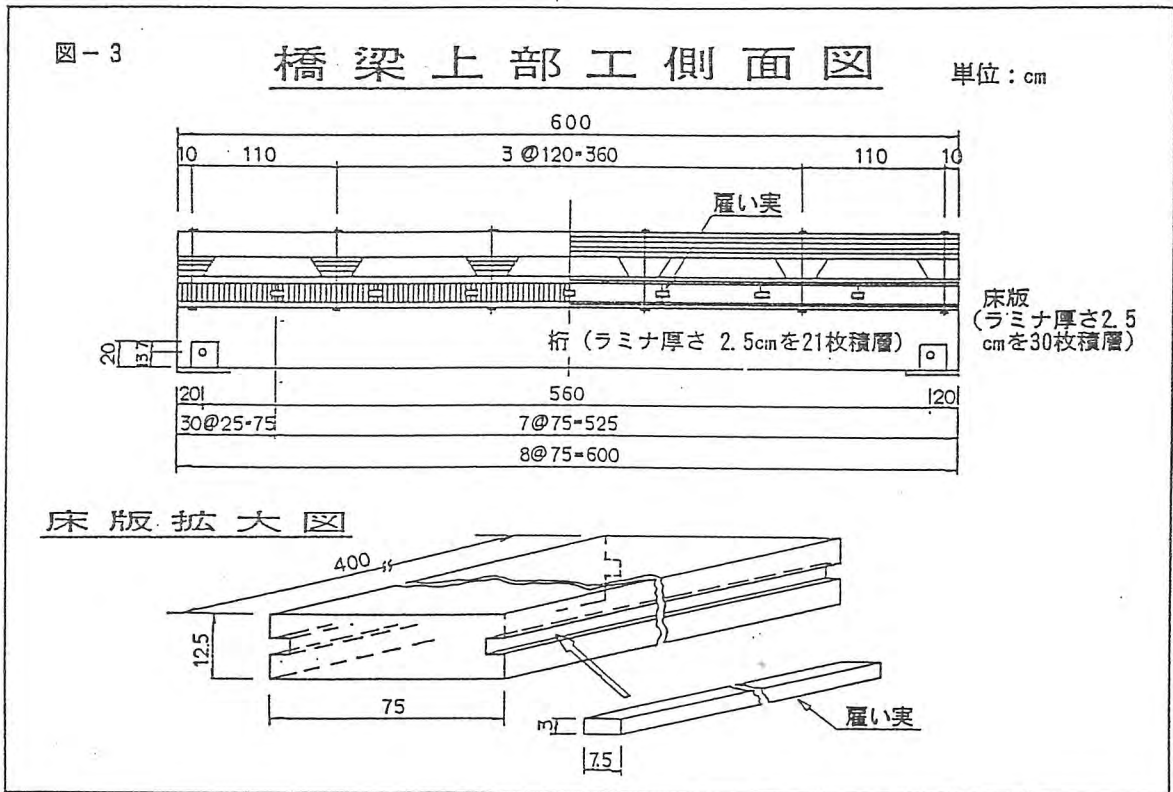
2 坊川林道第2号橋の概況説明

この構造は、秋田スギを用いた大断面集成材によって作られたもので、自動車用の橋梁としては、日本最初のものです。

- (1) 設計荷重 林道2等級橋 (14t)
- (2) 規格 橋長6.04m 桁長 6.00m 支間 5.6m 幅員4.0m
- (3) 下部工 重力式橋台コンクリート H=3.7m
- (4) 上部工の構造
 - ① 大断面集成材 荷重の分散を図るため、鋼材の横桁を採用しています。
(格子桁理論)
 - ② 桁1本の規格 巾 20cm・高さ 52.5cm・長さ 6.0m
(厚さ 2.5cmのラミナ(ひき材)を21枚積層)
キャンバーは、2cm(桁製作時)です。
 - ③ 床版パネル 巾 75cm・高さ 12.5cm・長さ 4.4mを8枚使用しています。
(1枚のパネルは、厚さ 2.5cmのラミナを縦方向に30枚積層したものです)
床版パネルの連結は、床版に溝を掘り雇い実を挿入して一体化を図っています。
 - ④ 桁と床版の連結 桁と床版の連結は、ラグボルトを使用しています。
(ラグボルトの寸法は、径11mm・全長280mm・

- ネジ山差 2.8 mm です)
- ⑤ 舗装 床版上部に細粒度アスコン 13F の舗装を施工
 (5) 防腐措置 CCA 1号を加圧注入をしています。
 CCA 1号は、クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤で、防腐・防虫等に効果があります。





3 坊川林道第2号橋架設後の利用状況

過去10年間の収穫量及び造林・林道事業の利用状況は、次の表(表-1)のとおりです。

(表-1)

年度別	収 穫 量 m ³			造 林 事 業 HA			林道事業 新設延長 m
	N	L	計	新 植	保 育	計	
S 6 2	336	8	344		17.91	17.91	
S 6 3					22.52	22.52	
H 元	3,520	46	3,566	4.07	12.48	16.55	650
H 2	3,774	876	4,650	4.76	14.12	18.88	
H 3	2,304	188	2,492	0.65	18.31	18.06	
H 4	3,270	14	3,284		15.54	15.54	
H 5	7,522	476	7,998	2.35	14.89	17.24	
H 6	2,012	396	2,408	2.99	14.71	17.70	800

H 7	380	38	418	9.09	17.46	26.55	
H 8					38.02	38.02	
計	23,118	2,042	25,160	23.91	185.96	209.87	1,450
年間平均	2,312	204	2,516	2.39	18.59	20.99	145

大型車両の年平均通行量（10t車）

① 林産物の搬出量

収穫量 2,516 m³ 利用率 75% 1台の積載量 10 m³

$$\text{年間通行量} = \frac{2,516 \times 0.75}{10 \text{ m}^3} = 189 \text{ 台}$$

② 林道新設工事の路盤材搬入量

年平均林道新設延長 145 m m当たり 0.9 m³
 単位当たり重量 1.9 t

$$\text{年間通行量} = \frac{145 \times 0.9 \times 1.9}{10 \text{ t} / \text{1台}} = 25 \text{ 台}$$

③ 年間通行量計 214 台

その他、素材生産・造林等の事業の通勤及び山菜採取等の一般車両を加えると相当量の通行があるものと考えられます。

4 追跡調査内容

架設後、10年間経過していることから、次の項目（表-2）について調査することとしました。

（表-2）

調査項目	調査内容
1 腐朽の浸食度合い	1 肉眼による透視調査 2 シュミットハンマー反撥度合いの調査
2 載荷による桁の復元度合い	満載した10tダンプトラックを通行させキャンパー等の復元度合いの調査
3 アスファルト舗装	橋梁架設後まもなく、アスファルト舗装が、床版パネルの継目横断方向に、小さな亀裂が発生したこと、その後年々亀裂の中が大きくなったことからその原因調査とその対策

5 大断面集成材の腐朽の浸食度合いの調査

(1) 肉眼による透視調査

林道橋については、腐朽による浸食が致命的な欠陥となるため、9t荷重設計で橋梁の耐用年数は約10年程度とみられています。

今回の坊川第2号橋は、架設後10年経過していますがCCA1号で加圧防腐処理されていることから、外見上は、腐朽及びセン孔虫害並びに細菌等の浸食は

全くみられませんでした。

(2) シュミットハンマー反撥度合いの調査

一般的には、シュミットハンマーの使用は、コンクリートの圧縮強度の調査に用いられ、木材の反撥度合いに使用することについては問題があるかと思われ
ますが、今後の追跡調査の参考資料として今回特別に調査しました。

その結果、次の表（表-3）のとおりでした。

（表-3）

	桁		床 版	
	底 面	側 面	底 面	側 面
シュミットハンマーの反撥度合い	30 ~ 33	35 ~ 38	29 ~ 31	35 ~ 38

(3) 以上の結果から、防腐及び防虫並びに集成材の硬度から推定して、耐久年数は、30年以上が期待され当初の目的が達成できるものと考えられます。

なお、CCA1号については、薬害化合物のため現在は製造が中止されています。

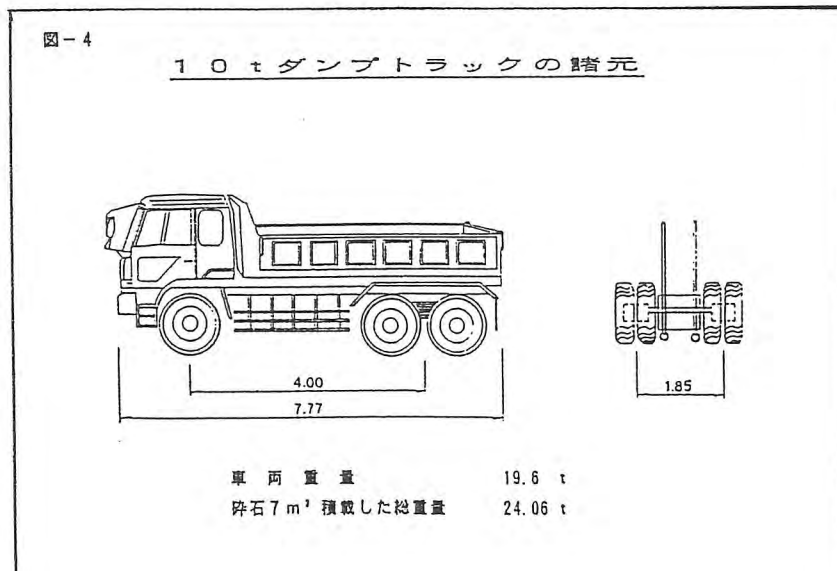
6 載荷による桁の復元度合いの調査

満載した10tダンプトラックを通行させキャンバーの復元度合いについて、次のとおり調査しました。

(1) 10tダンプトラックの諸元（表-4）

（表-4）

車 名 ・ 型 式	車両重量	長 さ	車両幅	車軸間隔	後輪中心の幅
ニッサンディーゼル U-CW530HVD	t 19.600	m 7.77	m 2.49	m 4.00	m 1.85



- (2) 満載した10tダンプトラックの総重量
約7m³の碎石を積載した総重量は、計量した結果 24.060tでした。
- (3) 満載した10tダンプトラックによるたわみ調査
調査方法は、コンベックスの端を各桁毎に橋長の中心に固定し、レベルで測定しました。
後輪の載荷位置は、橋長の中心及び橋長の4分の1の箇所に静止させた場合及び走行させた場合のたわみ量を調査しましたが、ここでは、橋長の中心の位置で測定した数値が大きかったことから、その数値を採用し集約しました。
その結果、次の表(表-5)のとおりでした。

(表-5)

単位：mm

桁の位置及び調査別		載荷及び走行前の調査	後輪幅の中心を橋長のセンターに合せ静止状態で載荷した場合	車輪を左側の地覆(約15cm)に接近させ静止状態で載荷した場合	時速20kmで橋の中央を走行した場合	時速30kmで橋の中央を走行した場合	時速40kmで橋の中央を走行した場合	載荷及び走行後の調査
右端桁のたわみ量	架設当初		3.6					
	今回の調査	0	4.0	1.5				0
右端と中央の中間桁のたわみ量	架設当初		5.2					
	今回の調査	0	5.0	4.0				0
中央桁のたわみ量	架設当初		5.7					
	今回の調査	0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	0
中央と左端の中間桁のたわみ量	架設当初		5.0					
	今回の調査	0	5.0	7.0				0.5
左端桁のたわみ量	架設当初		3.7					
	今回の調査	0	3.5	7.0				0

注：たわみの数値は、各桁の走行前の測定数値を基準にして、高低差を算出しました。

(4) 測定結果の集約

- ◎ 中央桁で、後輪幅の中心を橋長のセンターに合わせ静止状態で載荷した場合の数値より走行させた場合の数値が大きいのは、インパクト荷重の影響と考えられます。
- ◎ 桁の復元度合いは、時速30km以上で走行させた場合が最大で7.0mmのたわみが生じましたが載荷及び走行後の測定数値では、完全に復元されており、この10tダンプトラックの荷重は、比例限界内の荷重となっています。
- ◎ 後輪幅の中心を橋長の中心に合せ静止状態で載荷した場合の中央桁のたわみ量6mmは、架設当初測定した数値5.7mmとほぼ一致しております。

す。
 なお、今回新たに調査した箇所については、今後の追跡調査の参考資料として調査したものです。

7 アスファルト舗装調査

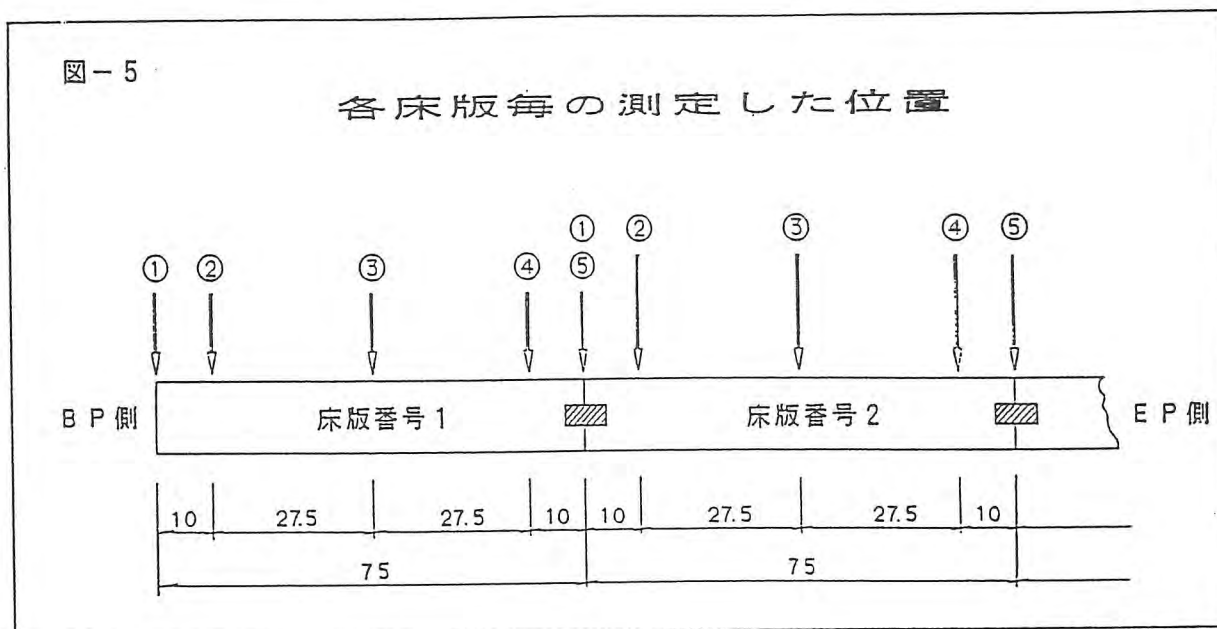
(1) 亀裂の原因調査

亀裂の原因は、当初、各床版の一体化を図るため使用した雇い実の役目が十分発揮されず、通行車両の振動と車輪が各床版に載った場合のたわみの差で生じたものと推定していましたが、アスファルト舗装を取り壊し調査した結果、床版パネルの連結部分が盛り上がり、1mm程度の隙間が見られました。

そのため、中央桁上の床版について、各床版毎の高低差を測定するととしました。

(2) 各床版毎の高低差の調査方法

レベル及びコンベックスを使用し、各床版毎に下図（図-5）の箇所を測定しました。



各床版番号毎に

- ①の箇所は、B P 側の端
- ②の箇所は、B P 側から10cm
- ③の箇所は、床版の中央
- ④の箇所は、E P 側から10cm手前
- ⑤の箇所は、E P 側の端

その結果は、次の表（表-6）のとおりでした。

（表-6）

◎ 床版高の数值は、床版番号1のBP側①の端を基準として高低差を算出しました。
単位：mm

床版番号 位置	床版番号 1					床版番号 2				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
中央桁の 床版高	0	-1	-1	1	3	3	2	3	8	9

床版番号 位置	床版番号 3					床版番号 4				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
中央桁の 床版高	9	8	10	11	12	12	10	11	12	14

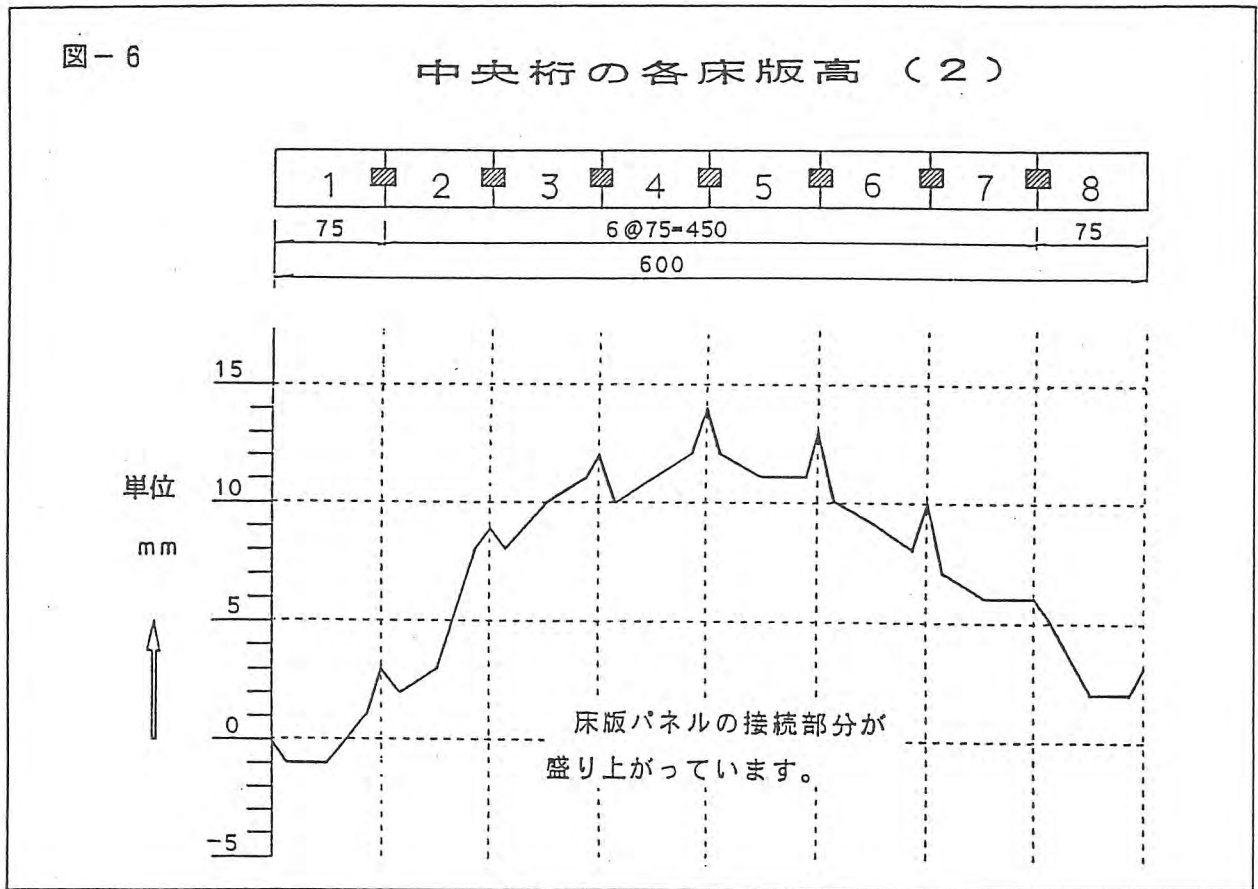
床版番号 位置	床版番号 5					床版番号 6				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
中央桁の 床版高	14	12	11	11	13	13	10	9	8	10

床版番号 位置	床版番号 7					床版番号 8				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
中央桁の 床版高	10	7	6	6	6	6	5	2	2	3

参考：橋長の支点及び中間点の高低差は、橋長左右の支点を平均した場合13mmでした。

架設当初のクリープ変形は6.8mmで設計されていることから、橋梁のキャンバーは、良好な状態を保っているものと認められます。

この数値をグラフに表すと、次の図（図-6）のようになります。

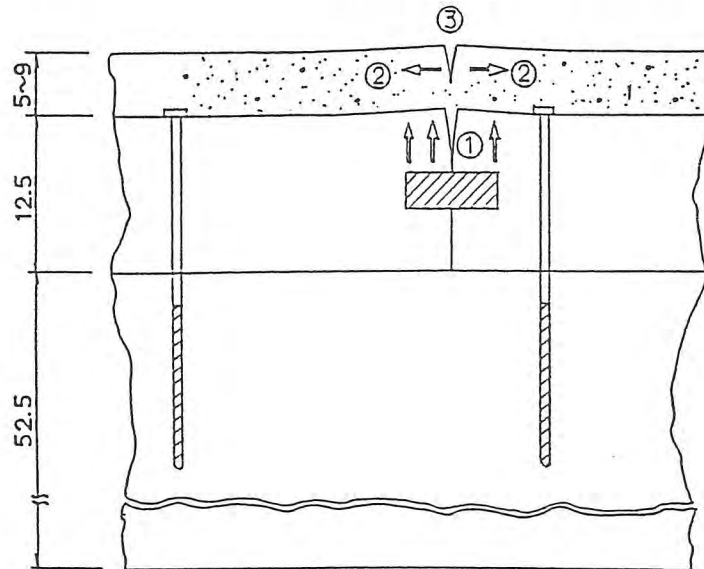


このような調査結果から、アスファルト舗装の亀裂の原因は、床版が膨張してアスファルトを盛り上げたことによるものと判断しましたが、その理由は、

- 1 下図（図-7）のように、十分に乾燥した床版パネルが、タックコートに使用した石油アスファルト乳剤（50%）の水分を吸収したこと。
 - 2 アスファルト舗装の打設時は、140度にもおよぶアスファルトの高温が床版パネルに伝わったこと。
 - 3 架設後、永年にわたり、床版パネルに対して雨水の浸透と積雪の融解・凍結が繰り返されたこと。
- の3点によるものではないかと考えました。

図-7

亀裂の発生原因図



アスファルト乳剤の水分を含んだ床版が①のように盛り上がり
舗装上部に張力②が働いた結果亀裂③が生じた。

8 アスファルト舗装の亀裂防止の対策

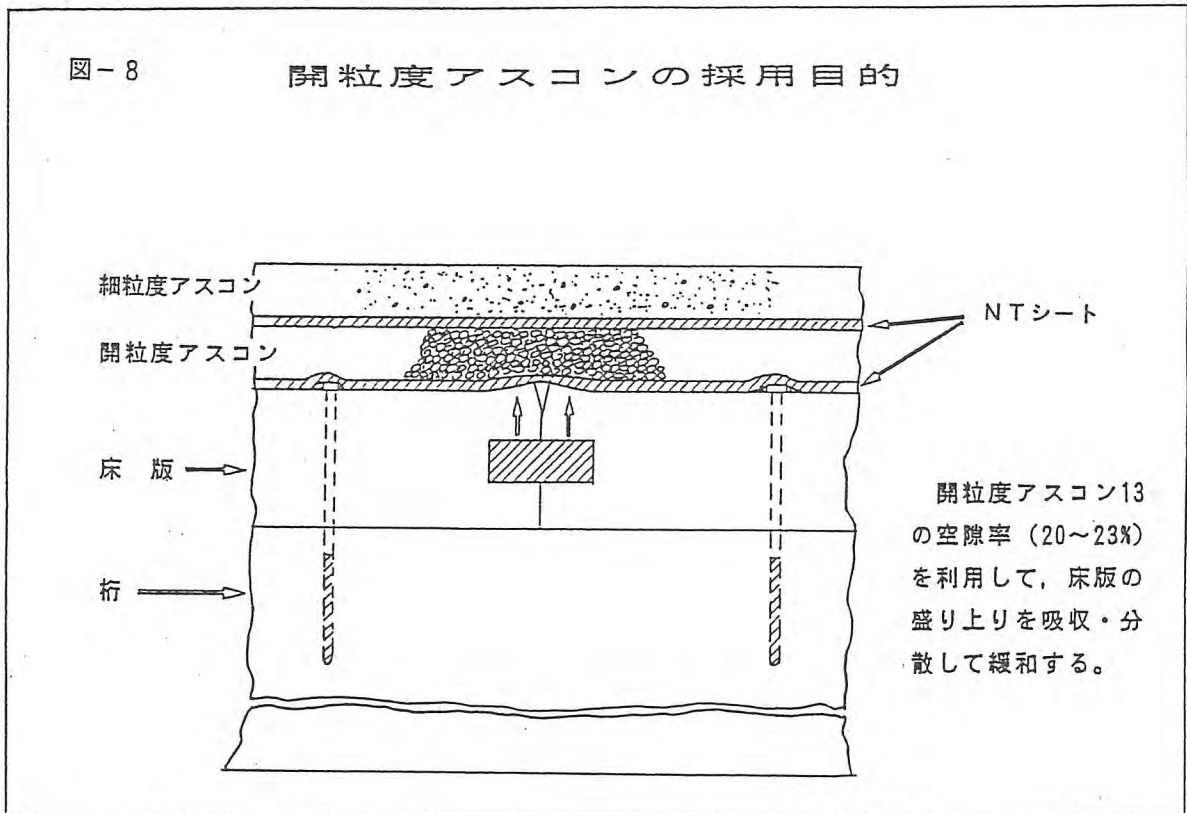
そのため、橋梁の耐久性の向上を目的とした今回の舗装については、次の(表-7)のような対策を行うこととしました。

(表-7)

舗 装 の 亀 裂 防 止 の 対 策
1 アスファルトのひび割れを回避するため、ひび割れの抑制効果が期待できる空隙率の高い開粒度アスコンを基層に用い、また、表層には細粒度アスコンを用いることにしました。
2 石油アスファルト乳剤の水分や雨水、積雪の融解水の床版パネルへの浸透を防ぐため、タックコートとしての石油アスファルト乳剤の使用を今回は取り止めるとともに、新たに、床版パネルと基層及び基層と表層の間に、水分の浸透を防ぐことができ、粘着性の高いNTシートを布設することとしました。
3 さらに、これらの対策を講じて、床版パネルが、万一、膨張した場合に備えて、床版パネルの接触部分にカッターで溝を入れました。

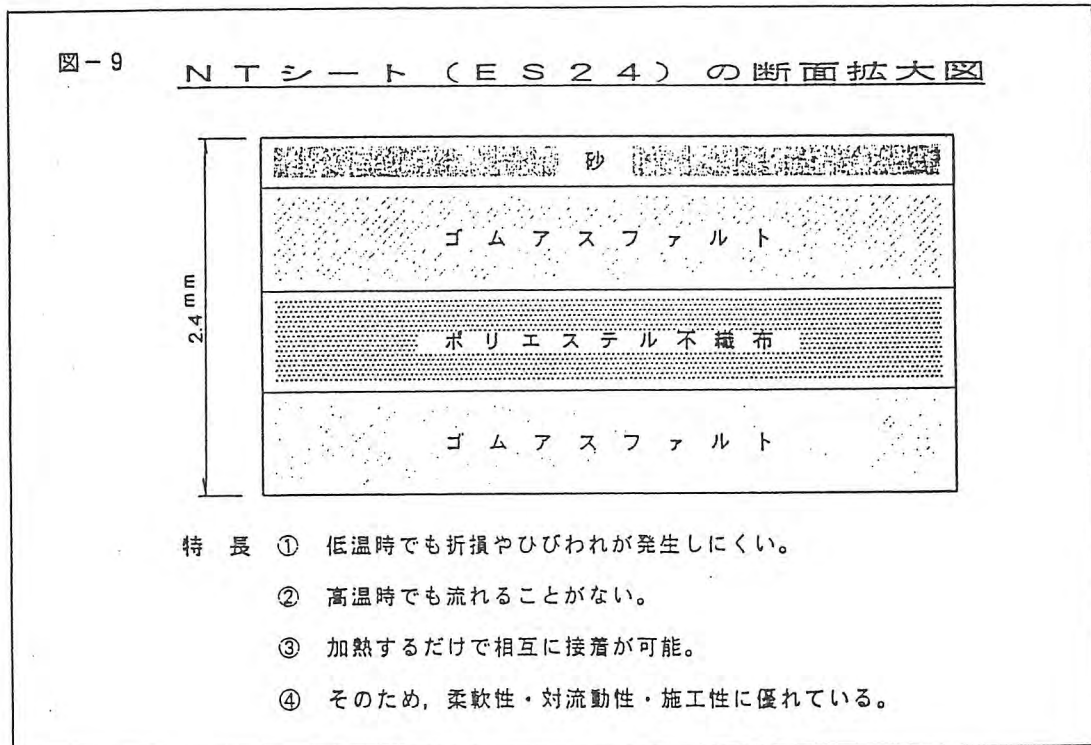
なお、今回の橋梁は、有効幅員が狭いことから車両走行位置が特定の箇所に集中するため、橋面の舗装は流動によるわだち掘れなどの破損が生じやすい傾向にあることから、当初の舗装より厚く施工しました。

※ 開粒度アスコンの採用目的は、次の図（図-8）のとおりです。

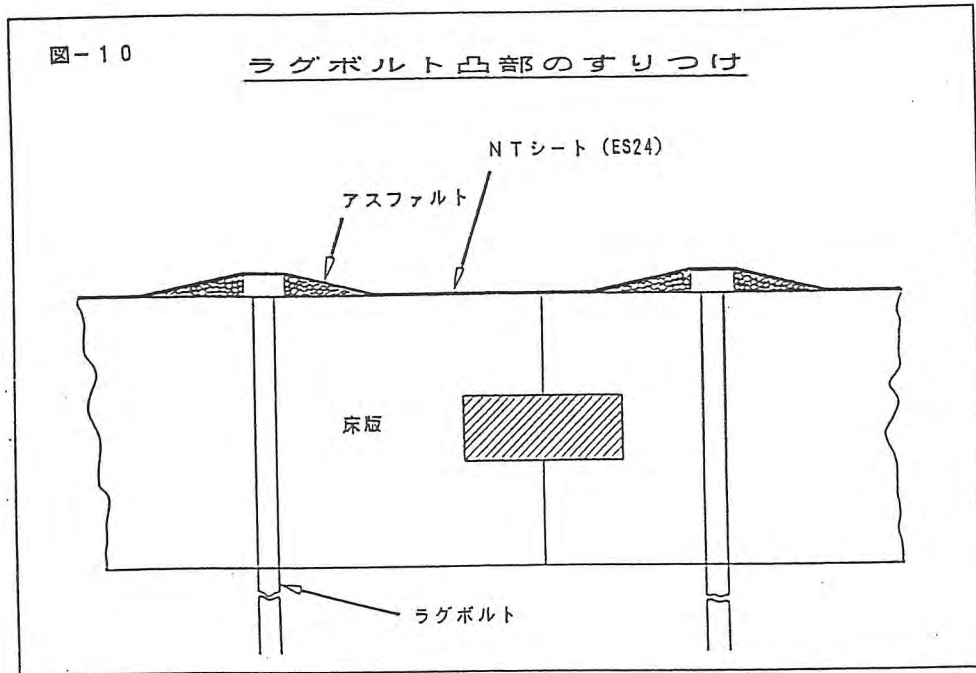


※ NTシート(ES24)は、次の図(図-9)のようなシートです。

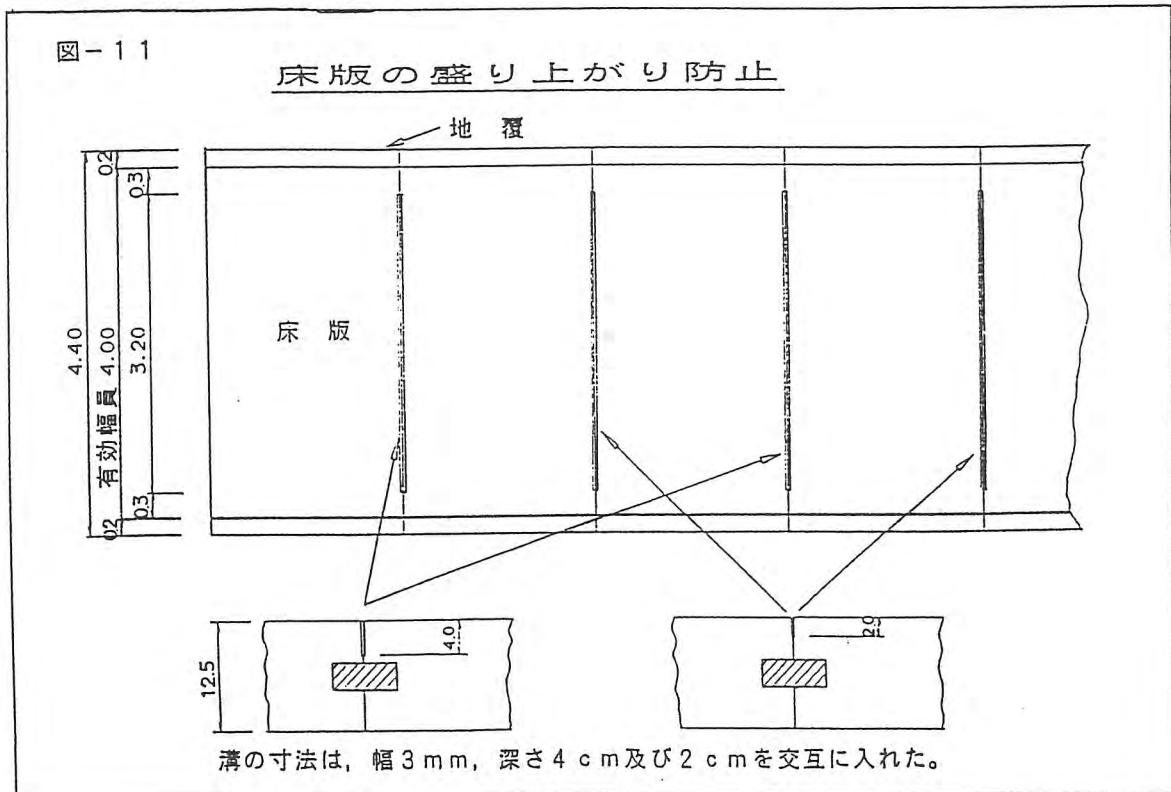
このシートは、ポリエステル不織布の両面に粘着性のあるゴムアスファルトを被覆し、更に、表面に砂をまぶしたもので、厚さは2.4mmです。



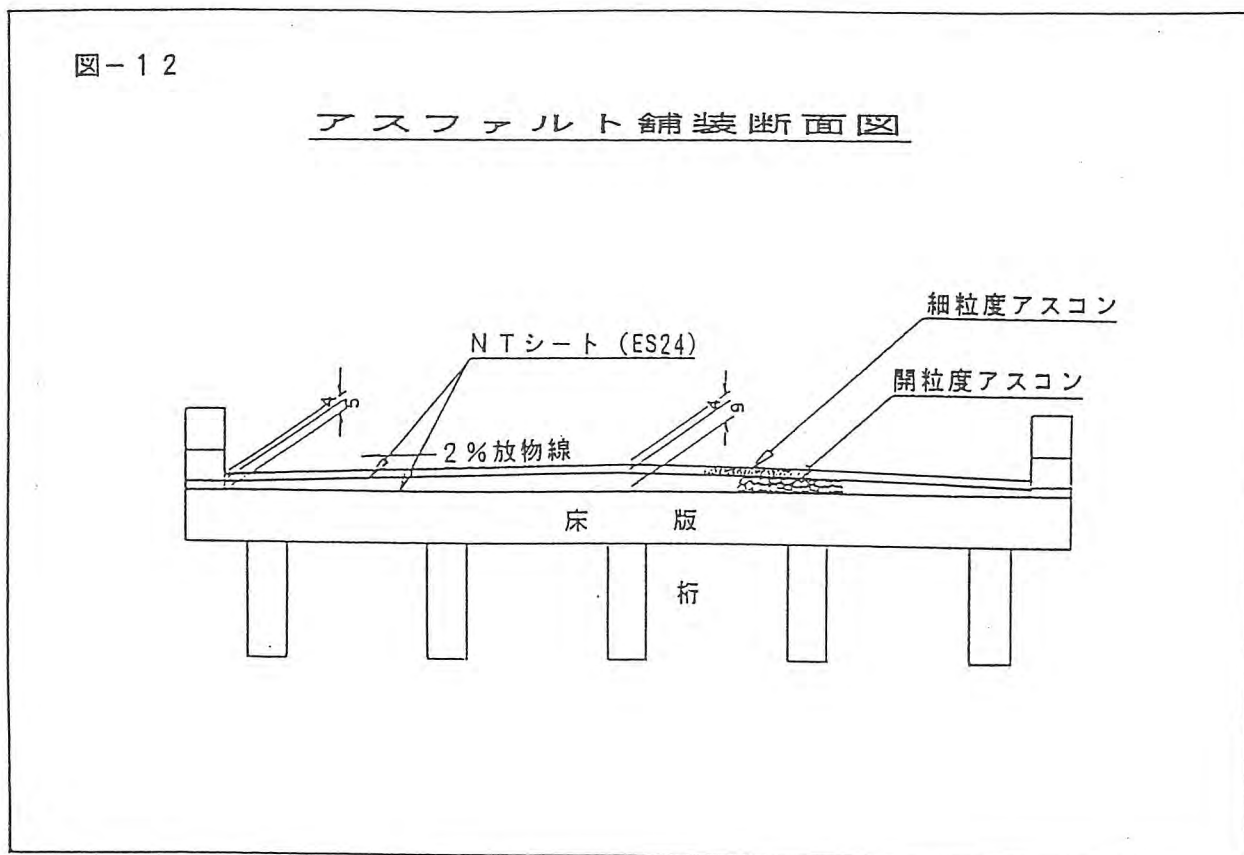
- ※ 床版から突き出ているラグボルトの頭部については、床版とNTシートとの間に隙間が生じないように、次の図（図-10）のように、アスファルトをすりつけ馴染みよくしました。



- ※ 床版の膨張を防止するための溝は、パネルの接続上部へ巾3mm・深さ4cm及び2cmをカッターで、次の図（図-11）のように、交互に入れました。
 なお、深さの違う溝を交互に入れた理由は、今後万一、亀裂が発生した場合に、溝の深さが亀裂にどのような影響を与えるのか経過観察するために行ったものです。



※ これまでの、亀裂防止対策を踏まえ検討した結果、次の図（図-12）のような舗装の断面を決定しました。



9 おわりに

今回の発表は、橋梁架設後10年経過した節目を迎え、大断面集成材の耐久性について経過観察しましたが結果は良好であり、また、アスファルト舗装に改良を加え施工した結果、約3ヵ月経過した現在亀裂等もなく推移していますが、これらについて、今後とも、引き続き経過観察を行ってまいりたいと考えています。

戦後、拡大造林として行われた造林地が、今、間伐時期を迎え大量の間伐材の有効活用及びさらに将来、国産材時代の到来したあかつきには大量の秋田スギが生産されることから、これらの需要拡大が重要な課題になると考えられます。

このため、丈夫で・見た目も美しい集成材のいろいろな分野における利用拡大を図らなければならないと思われます。

集成材は、ひき材（ラミナ）を積層して製作されますが、接着剤及びフィンガージョイントの技術の向上によりひき材の製作に当たっては、木材の欠点である節等を取り除くことにより建築材として使用が可能となり、現在、大館樹海ドーム等大断面集成材による大型建築物が建造されていますが、大断面集成材を利用した橋梁の耐久年数の増加が環境にマッチした木の色合い等と相まって架橋の増加につながることを期待しているところです。