

超高強度繊維補強コンクリートPC床版を用いた 床版架替え工事について

遠山 直樹¹

¹飯田国道事務所 管理第二課 (〒395-0024 長野県飯田市東栄町3350) .

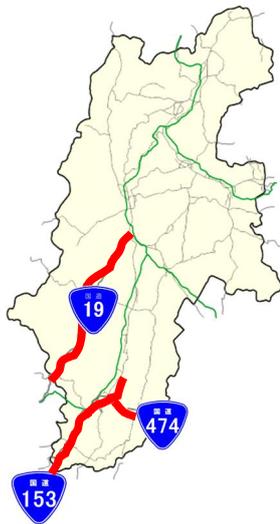
我が国の道路インフラは高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化し維持管理や更新コストの増加が見込まれている。また、道路橋示方書の改訂に伴い、老朽化した橋梁と同規格での更新ができないケースも散見されている。飯田国道事務所管内も例外でなく、さらに管理区間全てが寒冷地域（一部積雪寒冷地域）となっており、冬季は凍結防止剤を散布するため、道路構造物にはより厳しい環境下となっている。損傷の劣化速度も速く、また補修後の再劣化も確認されている。この状況を踏まえ、本論文では試行工事として実施した国道153号萱の橋における超高強度繊維補強コンクリートを用いたPC床版の架替え工事について説明する。

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、同規格での更新、寒冷地域、床版の架替え

1. 飯田国道事務所が管理する橋梁の状況

(1) 飯田国道事務所の床版の損傷状況

飯田国道事務所が管理する路線と延長は、国道19号 L=85. 1km, 国道153号 L=49. 1km, 国道474号 L=19. 9 kmである。(図-1参照)



飯田国道事務所管内は山間部を通過する区間が多く、厳しい地形条件にある。また、管理区間全てが寒冷地域（一部は積雪寒冷地域）となっており、冬季は積雪、路面凍結による事故防止のため、事務所全体で年間2,500 t前後の凍結防止剤散布を行っている。

そのため、橋梁をはじめとした構造物にはより厳しい環境下となっており、損傷の発生箇所も多い。

管理路線内には橋梁が356橋存在し、2023年度末時点で124橋が架設50年以上を経過した橋梁となっている。また、10年後には管理する橋梁数の約6割にあたる207橋が架設後50年以上になる。

定期点検2巡目が完了した2023年度末時点で65橋が健全度Ⅲ判定となっており、そのうち鋼橋は134橋中48橋が健全度Ⅲ判定となっている。さらに約半数の24橋が床版の損傷で健全度Ⅲとなっている。(表-1参照)

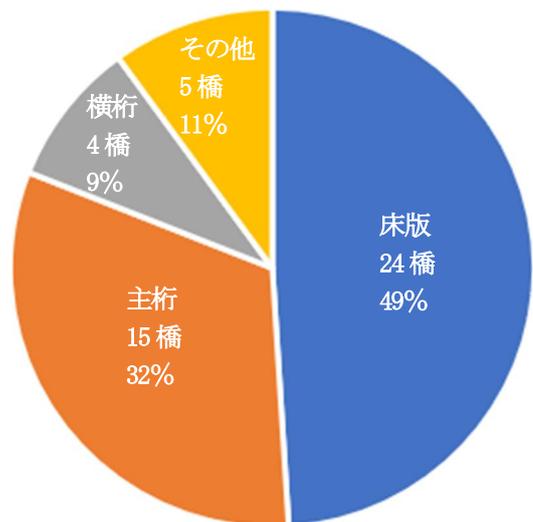
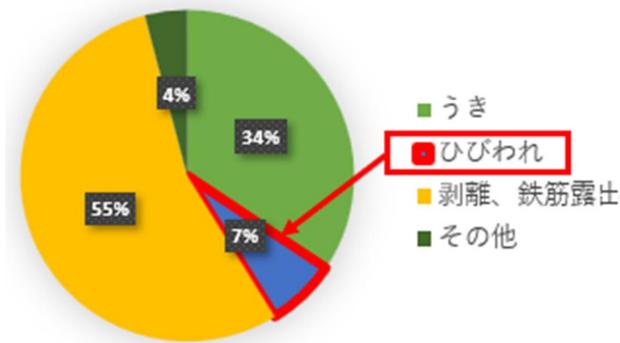


表-1 Ⅲ判定の損傷割合

また、中部地方整備局管内で比較してみても、飯田国道事務所は全体の橋梁損傷に対する床版損傷の占める割合が多いことがわかる。（表-2参照）

中部地方整備局



飯田国道事務所

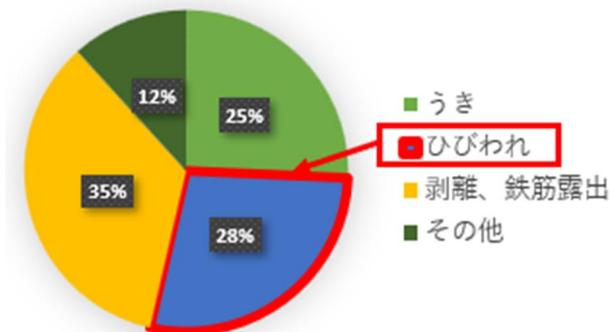


表-2 中部地方整備局全体とのコンクリート床版損傷発生率比較

(2) 床版の損傷として考えられる要因

萱の橋のある国道153号は、危険物積載車両が中央自動車道の恵那山トンネルを通行できないため、名古屋市と飯田市の間で物資を運搬する大型車両が通行する路線となると同時に、その立地特性から考えられる「凍結防止剤散布に伴う塩害」、「冬季の寒暖差により繰り返し発生する凍結融解」や「縦断勾配が大きい橋梁」（表-3参照）に加え、構造的な問題として、現行基準に満たない「床版厚」、「活荷重規定前の橋梁」や「桁間隔の広さ」（表-4参照）など、その複数が同時に混在し発生することが要因であると思われる。

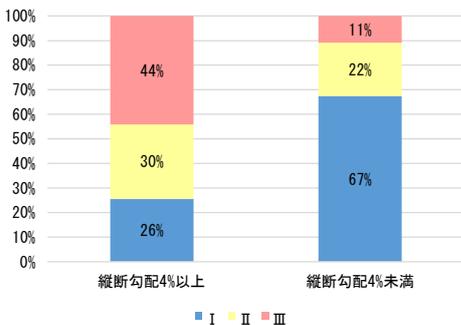


表-3 管内の床版ひびわれと縦断勾配の相関

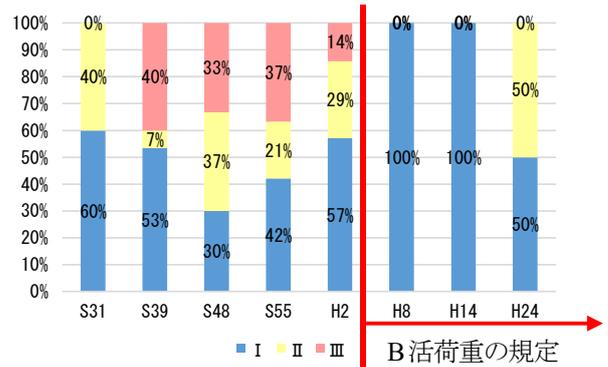


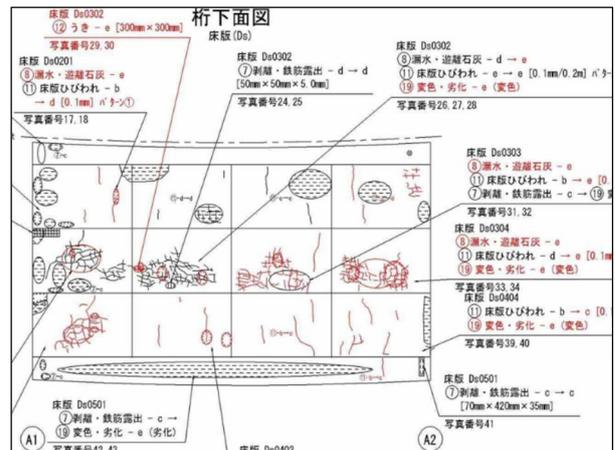
表-4 管内の床版ひびわれと基準書の相関

(3) 萱の橋の状況と損傷要因

萱の橋は1978年に建設された単純非合成鉄桁橋で、橋長18.7m、総幅員が10.75m、縦断勾配が5.3%、既設の床版はRC構造で架設後47年が経過している。

適用示方書は1972年の道路橋示方書となっており、設計荷重はTL-20である。

令和元年に実施した橋梁定期点検では、床版に錆汁を含む遊離石灰、変色及び角落ちを伴う二方向ひびわれ（幅0.2mm）が発生し前回の定期点検と比較した場合、図-2に赤書で示すとおり新規の床版劣化が多数確認され、床版の損傷が進行していることがわかった。（図-2参照）



凡例

| | |
|------|---|
| ひびわれ | 〰 |
| 剥離 | 〇 |
| 鉄筋露出 | 〇 |
| 遊離石灰 | 〇 |
| 漏水 | 〇 |
| うき | 〇 |
| その他 | 〇 |

| | |
|----|-----------------------------|
| 赤色 | 前回点検時から進行した損傷 新たに見つかった損傷 |
| 青色 | 前回点検時以降に補修した損傷 |
| 黒色 | 前回点検時から進行していない損傷 |

図-2 2019年度実施した橋梁定期点検時の床版損傷図

床版の損傷が進行した要因としては、「凍結防止剤散布に伴う塩害」、「冬季に繰り返し発生する凍結融解」「4%以上の縦断勾配」、現行基準に満たない「床版厚」、「活荷重規定前の橋梁」などが複合的に発生したためと考えられる。

2. 超高強度繊維補強コンクリートについて

(1) 道路橋鉄筋コンクリート床版における課題

高度経済成長期に集中的に整備された橋梁が急速に劣化し、各地で交通荷重や水の影響によるコンクリート製床版の劣化による路面の変状や床版のひびわれ、土砂化、抜け落ち等が発生した。1994年の道路橋示方書改訂により、耐久性を考慮して床版厚が増加し、そのため床版重量の増加に伴い、桁補強が必要となる状況もあった。実際に劣化した床版の補修工事を行う際、長期にわたり交通規制を伴う場合もあった。

また、補修工事を実施した橋梁でも、工事の際に原因の除去が十分にできておらず、再劣化する事例が生じていた。そのため、劣化が進行している道路橋のコンクリート製床版について、早急に適切な措置を行う必要があり、疲労や水の影響を受けにくく、高耐久性を有する技術として開発されている高強度繊維補強コンクリートを用いた床版技術を積極的に活用するため、求める性能確認の方法を整備する必要が生じた、(図-3参照)

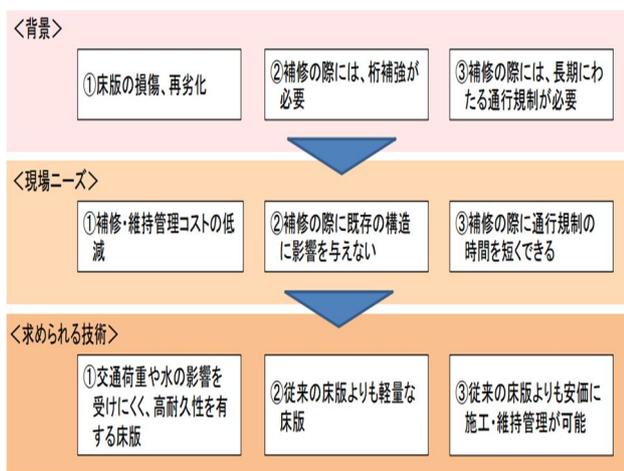


図-3 道路橋床版における新技術開発の経緯

(2) 特長

超高強度繊維補強コンクリートは、セメント、ポゾラン材等の反応性微粉末を使用した無機系複合材(図-4参照)と鋼繊維(図-5参照)水、減水剤を混合したものである。



図-4 無機系複合材



図-5 鋼繊維

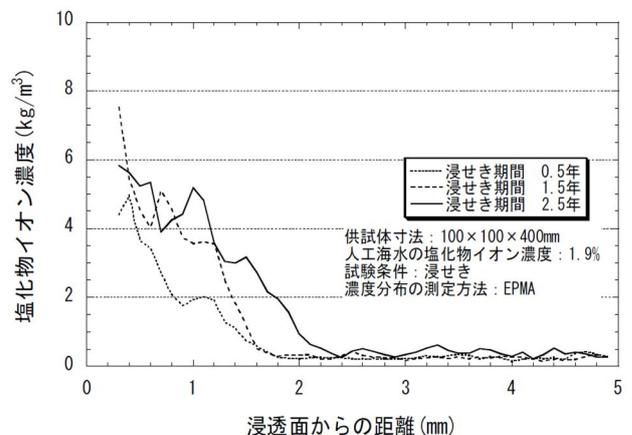
圧縮強度180N/mm²以上と超高強度でありながら優れた流

動性を持つ。(図-6参照)



図-6 フロー試験状況

また、セメントおよび混和剤が多いため、硬化体が非常に緻密で外部からの酸素や水、塩化物イオンなどの劣化因子を通しにくいことから耐久性に優れ、また、混入



した鋼繊維により高い靱性ならびに環境耐久性を有する材料である。(表-5参照)

表-5 人口海水による浸せき後の塩化物イオン濃度分布

実際に今回の萱の橋では、既設床版の厚さ20cmを現行の道路橋示方書に適合させて更新すると、構造計算の結果床版厚が22cm必要となり、路面高が2cmあがるとともに床版の死荷重増による上下部工の補強が必要になるため超高強度繊維補強コンクリートの特徴を活かし、本橋梁の条件では床版厚を15cm(標準部)まで薄くすることが可能となり、路面高を変えることなく、かつ、上下部工の補強を不要とすることが出来た。(図-7参照)

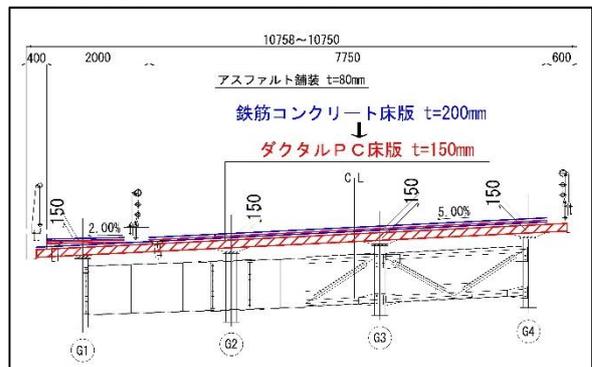


図-7 萱の橋断面図

(3) 適用基準について

これまでの超高強度繊維補強コンクリートに関する指針としては、2004年に土木学会より「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」が示されていた。

しかし、道路橋示方書では、規定される要求事項の引用範囲は、繊維補強コンクリート床版の適用に際して確認すべき事項を必要な最小限としており、それ以外の規定は引用記載を省略していた。そのため、要求性能等の確認方法がなく、床版架替え検討時の比較検討の技術とすること自体が困難であった。

3. 153号萱の橋における施工

(1) 試行工事

超高強度繊維補強コンクリートを用いた床版技術は、国土交通省道路局が開催した第3回「道路技術懇談会」において「繊維補強コンクリート床版技術」として新技術導入促進計画に位置付けられた。（図-8 参照）

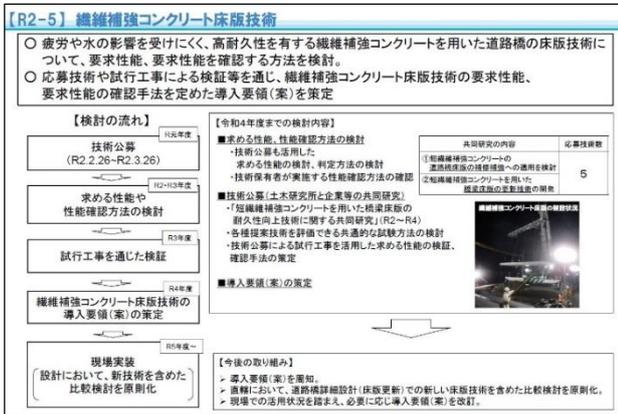


図-8 道路技術懇談会資料（抜粋）

そこで、土木研究所と民間企業等の共同研究「短繊維補強コンクリートを用いた橋梁床版の耐久性向上技術に関する共同研究」での検討事例等も参考に「道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル（案）」1)（以下「性能確認マニュアル（案）」という。）が令和5年4月に策定されている。萱の橋では性能確認マニュアル（案）の適用性を検証するために、試行工事を行うこととなった。

(2) 施工における課題

既設床版撤去後に主桁上フランジ高さが完成図と異なり一定ではなかった。そのため、施工の際、その高さの違いを1本ずつ全てのボルトで調整しながら架設を行った。（図-9、10参照）



図-9 超高強度繊維補強コンクリート床版仮設状況



図-10 高さ調整ボルトによる床版設置高さ調整状況

また、萱の橋では切り廻し道路を確保することが出来たため、全面通行止めによる床版架替え工事が出来たが、当事務所が管理する路線は片側1車線の山間部の厳しい地形にある。そのため、切り廻し道路の確保で大規模な工事が必要になる場合や、切り廻し道路の設置が出来ない場合、超高強度繊維補強コンクリート床版での床版架替え工事が困難になる橋梁もあると思われる。（図-11）



図-11 切り廻し道路を確保しての施工状況

7. まとめ

本技術は、高強度であることに伴う部材厚の低減やそれによる軽量化が図れ、高緻密であることによる水分をはじめ塩化物イオン等の浸透に対する高い抵抗性があり耐久性が確保され、鋼繊維の効果によるひび割れの抑制効果に優れ高い靱性を有するなどの特徴もある。この特長は、当事務所のコンクリート床版の損傷要因に対して有効な対策であるとともに、積雪寒冷地域における凍害にも効果が期待され、メンテナンスにおいても有効と考えているが、材料は高価である。しかし、今回の萱の橋のように床版の死荷重増により上下部工の補強が必要となる場合や、今後のメンテナンス費用も含めたトータルコストでの比較を行う場合、優位になると考えるため、橋梁全体で検討することが重要である。

施工については全面通行止めすることなく、片側交互規制でも施工出来れば施工面における活用の可能性が広がると思われる。また、萱の橋は塩害、凍害など構造物には厳しい環境に架橋されている。維持管理においては、定期点検時に行う近接目視に加え、実現場における塩害、凍害に対する調査を継続して行うため、現場でテストピースを保管し、定期的に試験を行いながらデータの蓄積を図り、中長期的に超高強度繊維補強コンクリート床版の効果検証を行っていく。

これまで超高強度繊維補強コンクリートは、道路橋示方書に要求性能等の確認方法がなく、床版架替え検討時の比較検討の技術とすること自体難しかったものの、性能確認マニュアル（案）により確認方法が明確化され、選択肢の1つとすることが可能となった。

今後、この技術が多くの道路橋で使用され、少しでも安価となるとともに、技術自体の向上が図られ、施工面でも使いやすい技術となることを期待する。（図-12 参照）



図-12 床版架替え工事完了

謝辞：本論文の作成にあたり、ダクタルPC床版に関する資料提供をいただきました大成建設株式会社様、また施工に関する資料提供をいただきました吉川建設株式会社様に深く感謝を申し上げます。また、論文の内容につきまして多くのご指導を賜りました管理第二課をはじめとする飯田国道事務所の皆様にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課 近畿地方整備局道路管理課：道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル（案）令和5年4月，36p，国土交通省，2023
- 2) コンクリート委員会超高強度繊維補強コンクリート研究小委員会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），216p，土木学会，2004