

報告

超速硬高靱性繊維補強コンクリートを用いた 増厚オーバーレイによる橋面コンクリート舗装の適用事例

渡邊 宗幸*, 古城 誠*, 植野 芳彦**, 橋本 雅行***, 梶尾 聡****, 橋 吉宏*****

* (株) トクヤマ セメント開発グループ (〒299-0268 千葉県袖ヶ浦市南袖 10)

** 富山市 政策参与 (〒930-8510 富山件富山市新桜町 7-38)

*** (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

****博 (工), 太平洋セメント (株) 中央研究所 (〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2)

***** 博 (工), 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) (〒920-0025 金沢市駅西本町 3-7-1)

橋面コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて、道路橋床版の耐荷性・疲労耐久性の向上による長寿命化が見込まれる。本報告では、富山市内の新屋橋に増厚オーバーレイによる超速硬高靱性繊維補強コンクリートの橋面コンクリート舗装を適用して、路面調査および FWD によるたわみ測定を行った。その結果、既設舗装と同等の横断勾配と高い平坦性を確保すると共に、たわみ量が 30%程度低下して、床版剛性の向上を確認した。

キーワード：橋面コンクリート舗装，床版剛性，FWD，超速硬高靱性繊維補強コンクリート

1. はじめに

我が国において社会インフラの維持管理費用の縮減は喫緊の課題である。コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて施工費が割高であるものの、高耐久で LCC の観点で優位であると共に、道路橋床版の耐荷性・疲労耐久性の向上による長寿命化が見込まれる。土木学会鋼構造委員会「道路橋床版の点検診断の高度化と長寿命化技術に関する小委員会」（以下、委員会）では、特に地方部の中小橋梁への橋面コンクリート舗装の適用を検討してきた。

本稿は、委員会において試行された富山市内の新屋橋における橋面コンクリート舗装の試験施工について、施工の概要と、施工前後の路面調査および FWD (Falling Weight Deflectometer) によるたわみ測定の結果について報告するものである。

2. 施工概要

道路橋床版の長寿命化を目的とした橋面コンクリート舗装の適用性を検討することを目的とし、富山市建設部橋りょう保全対策課の協力のもと、供用中の新屋橋において橋面コンクリート舗装の試験施工を実施した。試験施工は、事前調査および橋梁の耐荷力照査、施工計画の立案を行った上で、施工前後に路面調査を行って、

所定の走行性能を確保しているか検討すると共に、FWD によるたわみ量測定を行い、橋面コンクリート舗装の適用による床版の補強効果を確認した。

2.1 施工箇所

新屋橋は、富山市内を流れる神通川近傍の牛ヶ首用水に架橋する橋長 18.0m、幅員 6.1m、床版支間 2.15m、床版厚 17cm の単純活荷重合成 H 桁橋で 1968 年に建設された橋梁である。新屋橋の概況を写真-1 に示す。施工前に新屋橋の状況を確認すると、既設コンクリート舗装面は橋梁前後の舗装面よりも低く、アスファルト舗装による擦付けが施されていた。事前調査の結果、既設 RC 床版は概ね健全であることが確認されたが、耐荷性・疲労耐久性の向上による床版の長寿命化を目的に橋面コンクリート舗装を適用することにした。なお、既設橋梁の耐荷力照査の結果から増厚施工する場合は 30mm が限度であると判断されたため、新屋橋では、アスファルト舗装による擦付け舗装を撤去し、増厚オーバーレイ工法による橋面コンクリート舗装を適用した。

2.2 超速硬高靱性繊維補強コンクリート

適用するコンクリートとしては、委員会において検討した各種の橋面コンクリート舗装の中から、超速硬高靱性繊維補強コンクリートを選定した。超速硬高靱性繊維補強コンクリートは、小径粗骨材（最大寸法 13mm）を



写真-1 新屋橋の概況

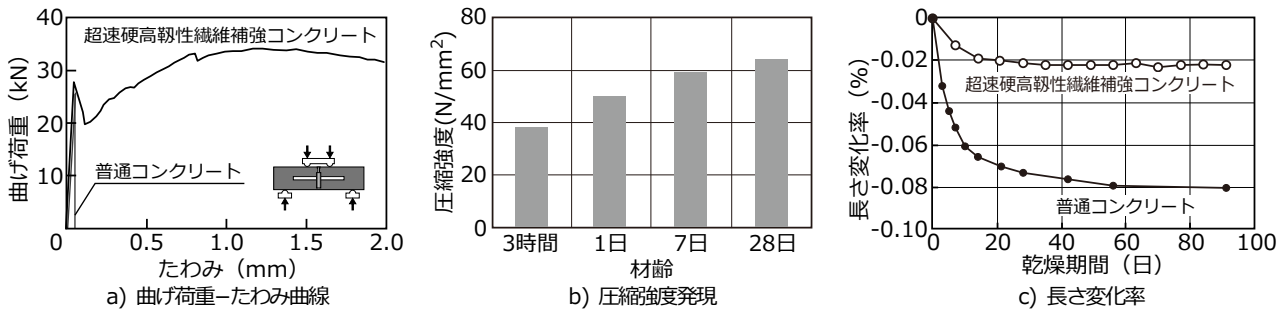


図-1 超速硬高靱性繊維補強コンクリートの特性

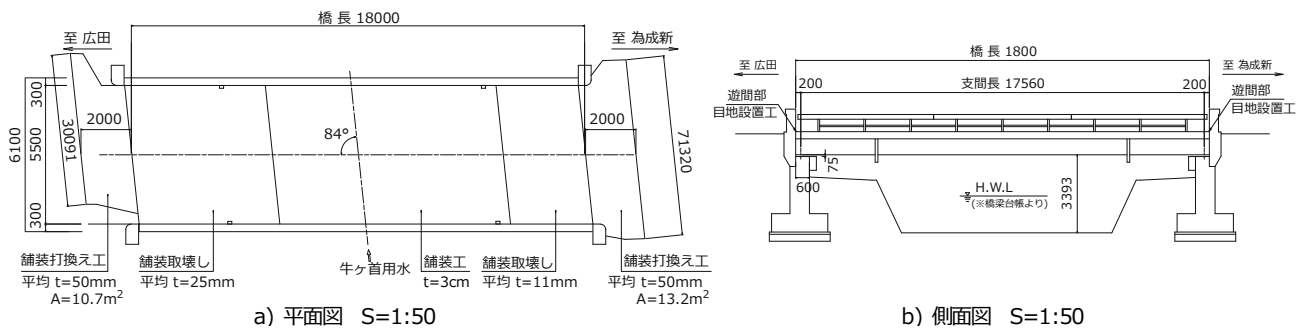


図-2 施工一般図

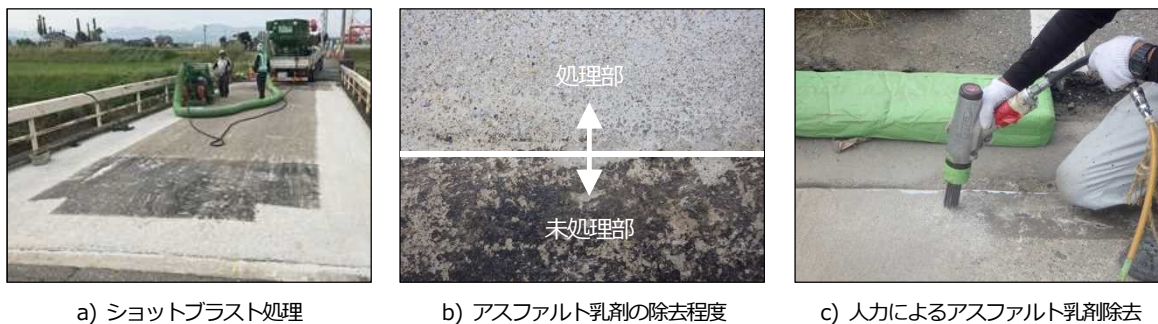


写真-2 ショットブラスト処理の状況

採用して薄層施工を可能とし、図-1に示す通り、曲げたわみ硬化特性を有する繊維補強コンクリートで、3時間で24N/mm²以上の圧縮強度を発現する早期開放性や、乾燥収縮が小さく既設RC床版との長期的な一体性が期待できることなどを特長とする。

2.3 施工

図-2に施工一般図を示す。施工は、既設RC床版が健全であることから、アスファルト舗装による擦付け舗装

を撤去した後、既設コンクリート舗装は切削せず、床版上に投射密度150 kg/m²でスチールショットブラスト処理を行った。ショットブラスト処理の状況を写真-2に示す。アスファルト舗装による擦付け舗装を撤去した際、既設コンクリート舗装面に付着しているアスファルト乳剤が部分的に除去しきれなかったため、高速多針タガネを用いて人力にて除去した。

また、超速硬高靱性繊維補強コンクリートは、その物質浸透抵抗性が十分に確認できていなかったことから、



写真-3 接着材の塗布状況



a) 繊維投入



b) 排出

写真-4 繊維の投入状況およびコンクリートの排出状況

表-1 コンクリートの計量値

W/B %	繊維混入率 vol%	計量値 (kg/バッチ)					練上り量
		モルタル	粗骨材	水	遅延剤	PP繊維	
35.9	2.5	285.8	151.7	38.0	0.53	4.55	約 200 L



a) 敷き均し



b) 締固め



c) 仕上げ

写真-5 敷き均し, 締固めおよび仕上げ状況

接着材による防水性や物質浸透抵抗性が確保できるよう床版上に接着材を全面塗布した。接着材の塗布状況を写真-3に示す。

コンクリートの製造は、車載式小型現場練り装置を使用し、粗骨材、モルタルの順で計量ミキサーに投入して30秒空練りした後、遅延剤を溶解させた練混ぜ水を投入して60秒練混ぜた。その後、計量ミキサーにポリプロピレン繊維を投入後、さらに120秒練混ぜを行い排出した。繊維の投入状況およびコンクリートの排出状況を写真-4に、コンクリートの計量値を表-1に示す。

製造したコンクリートは人力で敷き均した後、移動式締固め装置で締め固めた。その後、被膜養生剤をジョウロで散布しながらコテ押し、箒目を付けて表面を仕上げた。敷き均し、締固めおよび仕上げ状況を写真-5に示す。

なお、既設コンクリート舗装には、逆お椀型の排水勾配が施されていたため、橋面コンクリート舗装では、横断勾配を2%程度確保し、午前と午後(2019年10月7日)とに分けて半断面ずつ打設した。

3. 評価方法

3.1 路面調査

所定の走行性能を確保していることを確認すること、



図-3 調査位置図 (路面調査)

施工前後の走行性能の変化を確認することを目的に路面調査を実施した。調査位置を図-3に示す。新屋橋は、片側1車線の比較的幅員の狭い橋梁であり、通行車両は中央ライン付近を走行すると予想されたため、幅員の中央付近に調査位置を設けた。調査項目は、目視および打音によるひび割れ・はく離・浮き、測線NおよびSにおけるマルチロードプロファイラ(MRP)による平坦性、測線W, CおよびEのMRPによる横断勾配・わだち掘れ、測点1~6におけるサンドパッチング法による表面粗さ、同じく測点1~6における振り子式スキッドレジスタンススタスタおよび回転式すべり抵抗測定器(DFスタスタ)によるすべり抵抗の5項目とした。

3.2 補強効果

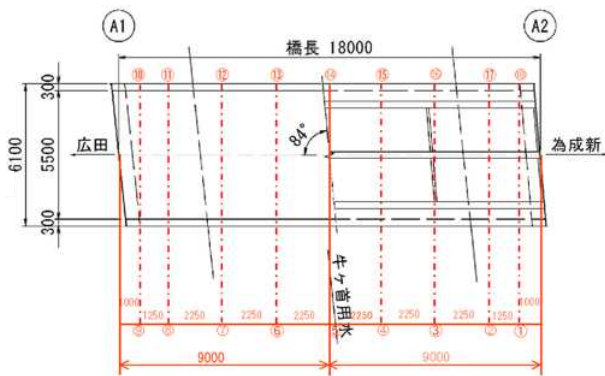
床版の補強効果は、施工前の既設コンクリート舗装路面と施工後の橋面コンクリート舗装路面において、衝撃荷重を49kNとし、橋軸直角方向に5箇所の変位センサーを配置して、FWDによるたわみ量測定を行って確認した。なお、両端の変位センサーを縦桁の直上に設置することで、縦桁のたわみ量を差引いて両縦桁の中央地点のたわみ量を算出することとした。計測位置を図-4に示す。

4. 評価結果

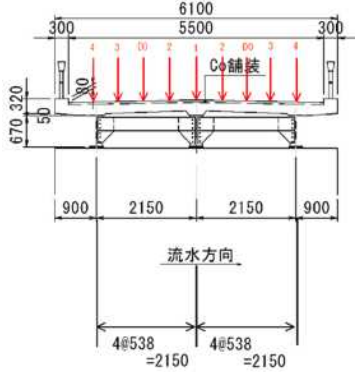
4.1 路面調査

(1) ひび割れ・はく離・浮き

アスファルト舗装による擦付け舗装を撤去した際、既設コンクリート舗装上に長さ700mm程度のひび割れが



a) 路面計測位置



b) 縦桁計測位置

図-4 計測位置図 (FWD)

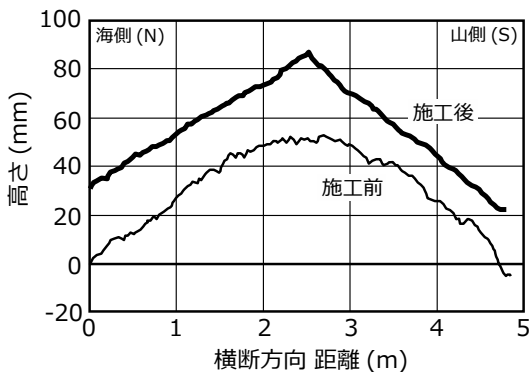


図-6 施工前後の横断プロファイル (測線C)

確認されたものの、その他の箇所にはひび割れはなく、はく離や浮きもないため、比較的健全な状態であることを確認している。なお、施工後の橋面コンクリート舗装には、ひび割れ・はく離・浮きは確認されていない。

(2) 平坦性

平坦性の調査結果を図-5に示す。平坦性は、測定延長が短いため参考値として計測した。施工前の既設コンクリート舗装の平坦性に比べて、橋面コンクリート舗装のそれは0.9mm小さく、平坦性が改善している。

(3) 横断勾配・わだち掘れ

測線Cにおける施工前後の横断プロファイルを図-6に、各測線の横断プロファイルから求めた施工前後の横断勾配を図-7に示す。施工前の既設コンクリート舗装面の横断プロファイルを見る限り、明確なわだち掘れは生じていない。新屋橋は、大型車両の走行が少ないことや、幅員が5.5mと狭く、二車線道路とはいえない。このため、走行車両は、対向車両がなければほぼ道路の中央付近を走行するものと想定され、走行位置が不明瞭であることに起因して、明確なわだち掘れが生じていないものと考えられる。また、既設コンクリート舗装面の横断勾配は約2%であるが、施工後の橋面コンクリート舗装面のそれもほぼ同じ勾配であることを確認できる。今後、追跡調査を予定しているが、今回の調査結果を初期値として、タイヤ走行によるすり減りを確認していくことに

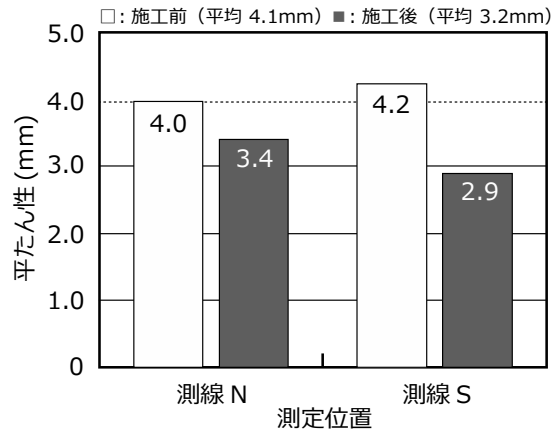


図-5 平坦性の調査結果

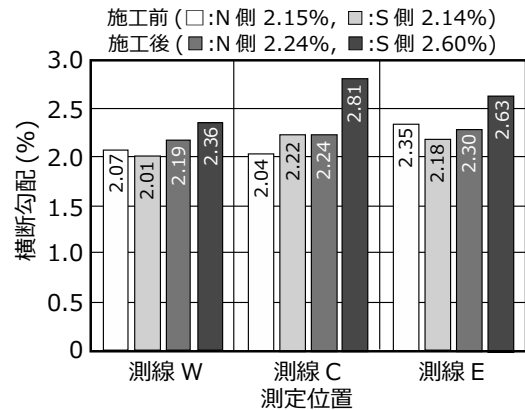


図-7 施工前後の横断勾配

したい。

(4) 表面粗さ

表面粗さの調査結果を図-8に示す。測点ごとに変動はあるものの、施工前の既設コンクリート舗装の表面粗さが1.29mm、施工後の橋面コンクリート舗装のそれが0.43mmとなっている。橋面コンクリート舗装の出来形としては、既設コンクリート舗装と比較して表面粗さが0.8mm程度低下しており、比較的凹凸の少ない路面に仕上がっていると判断できる。

(5) すべり抵抗

振り式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗値(BPN)の測定結果を図-9に示す。BPNは、舗装調査・試験法便覧における補正式¹⁾を用いて温度補正を行った結果である。舗装設計施工指針では、BPNによる評価適用例として、「舗装材料のすべり抵抗性に関して湿潤路面で歩行者や自転車がすべりやすさを感じない抵抗値の目標としてBPNで40以上とすることがある。」とされており²⁾、地方自治体などで準用されている。車道部のすべり抵抗値は、NEXCO規格においてBPNで60以上(暫定運用値)とされており³⁾、維持修繕で舗装を切削オーバーレイした後の管理に準用されている。新屋橋におけるBPNは、施工の前後にかかわらず、いずれの測点においても60以上で、歩道および車道として必要とされるすべり抵抗が確保されている。施工前後の比較では、施工前よりややBPNが低下しているが、ほぼ同等のすべり抵抗であるとみなせるレベルである。

DFテストによる動的摩擦係数の測定結果を図-10に示す。NEXCO規格では、動的摩擦係数による評価適用例として、アスファルト混合物の種類で異なるものの、新設の管理基準値は80km/hの条件で0.25以上もしくは0.35以上が設定されている³⁾。また、道路維持修繕要綱によると、アスファルト舗装およびコンクリート舗装に対する維持修繕要否判断の目標値の1つとして、すべり抵抗測定車によるすべり摩擦係数0.25を示している⁴⁾。この目標値の条件は、自動車専用道路では80km/h、一般道路では60km/h、路面は湿潤状態である。すべり摩擦係数と動的摩擦係数の相関性については、舗装調査・試験法便覧に速度が40km/hおよび60km/hでは相関性が認められており、式(1)および式(2)に示す関係式が示されている。

$$\mu_{DFT} = 1.143 \mu_{FMV} - 0.124 \quad [\text{速度 } 40\text{km/h}] \quad (1)$$

$$\mu_{DFT} = 0.878 \mu_{FMV} - 0.101 \quad [\text{速度 } 60\text{km/h}] \quad (2)$$

ここに、 μ_{DFT} : DFテストによる動的摩擦係数

μ_{FMV} : すべり抵抗測定車によるすべり摩擦係数

式(1)および式(2)を用いて求めたすべり摩擦係数を表-2に示す。施工前後にかかわらず、動的摩擦係数は0.25を超え、これらを換算したすべり摩擦係数も0.25を超えていることから、新屋橋に適用した橋面コンクリート舗装は、適切なすべり抵抗が確保されていると判断できる。なお、施工前の既設コンクリート舗装の摩擦係数

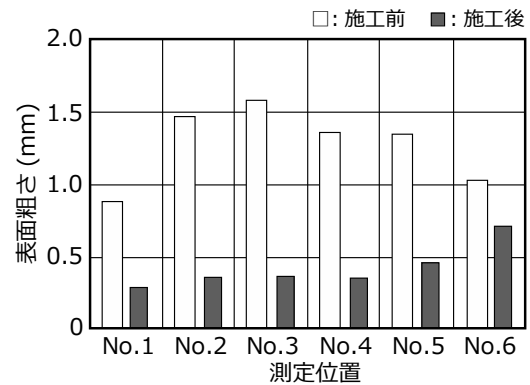


図-8 表面粗さの調査結果

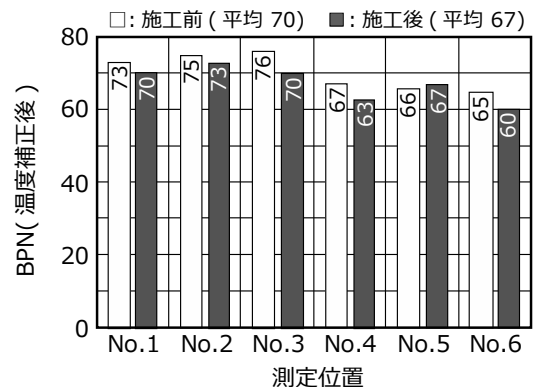
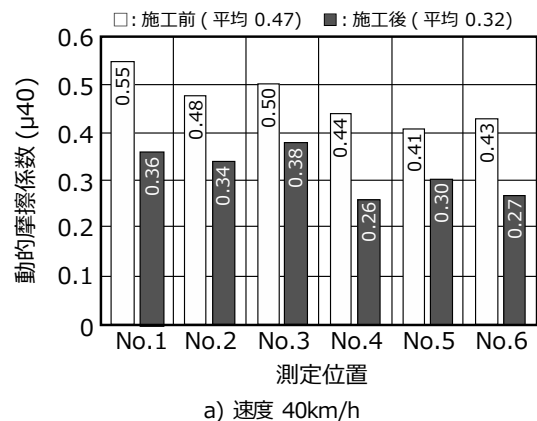
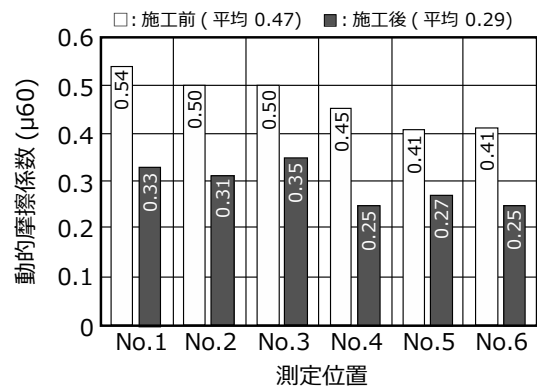


図-9 すべり抵抗値 (BPN) の測定結果



a) 速度 40km/h



b) 速度 60km/h

図-10 動摩擦係数の測定結果

に比べて、施工後の橋面コンクリート舗装のそれらは、いずれも低い値に推移している。

表-2 すべり摩擦係数

項目	速度 40km/h		速度 60km/h	
	動的摩擦係数 μ_{40}	すべり摩擦係数	動的摩擦係数 μ_{60}	すべり摩擦係数
施工前	0.47	0.52	0.47	0.65
施工後	0.32	0.39	0.29	0.45

4.2 補強効果

FWD によるたわみ量測定状況を写真-6 に、たわみ量測定結果を図-11 に示す。施工前の既設コンクリート舗装面でのたわみ量が 0.08~0.13mm であるのに対し、施工後の橋面コンクリート舗装面におけるそれが 0.06~0.09mm とたわみ量が減少し、30%程度低下している。本調査結果では、繊維補強による効果は明確でないが、少なくとも橋面コンクリート舗装の増厚オーバーレイによる既設 RC 床版の剛性の向上が確認できる。

5. まとめ

供用中の新屋橋における本試験施工では、橋面コンクリート舗装の適用性を検討することを目的に、増厚オーバーレイ工法により超速硬高靱性繊維補強コンクリートを施工して、施工後の路面調査および橋面コンクリート舗装による床版の補強効果を確認するための FWD 調査を実施した。本試験施工によって得られた知見をまとめると以下の通りである。

- (1) 超速硬高靱性繊維補強コンクリートの施工および施工後の路面調査では、計画通りに施工ができ、特に初期ひび割れも生じることなく、施工前の状態より平坦性の改善も確認され、すべり抵抗性も実用上問題のないことを確認できた。
- (2) 橋面コンクリート舗装による床版の補強効果を確認するための FWD 調査では、施工前のたわみ量が 0.08~0.13mm、施工後のたわみ量が 0.06~0.09mm となり、たわみ量の減少が確認された。また、施工前後のたわみ低下率は概ね 30%程度で、橋面コンクリート舗装の増厚施工により床版剛性が向上したと判断できた。

以上のことから、超速硬型高靱性繊維補強コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装は、実橋梁で適用できる橋面コンクリート舗装技術のひとつであり、道路橋床版の長寿命化に寄与することができる技術であると考えられる。供用 2 ヶ月後の概観を写真-7 に示す。今後、追跡調査を行い、供用性を確認する予定としている。

なお、新屋橋における橋面コンクリート舗装適用後の既設 RC 床版の耐荷性や疲労耐久性の向上については、以下の文献で検討しており、本報告と併せて参照されたい。



写真-6 FWDによるたわみ量測定状況

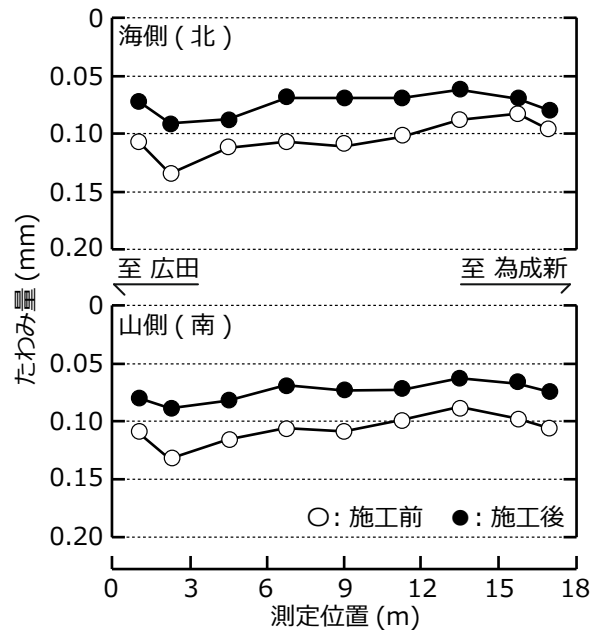


図-11 たわみ量測定結果



写真-7 新屋橋の橋面コンクリート舗装 (供用2ヶ月)

安井 亨ら：橋面コンクリート舗装の増厚オーバーレイ工法における耐力検討事例，土木学会鋼構造委員会，第11回道路橋床版シンポジウム論文報告集，2020.10

参考文献

- 1) 日本道路協会：舗装調査 試験法便覧，2019.3
- 2) 日本道路協会：舗装設計施工指針，2006.2
- 3) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：舗装施工管理要領，2017.7
- 4) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，1978.7

(2020年7月17日受付)