

ハイブリッド有機繊維補強コンクリートを用いた、中小橋梁の長寿命化対策

中央区 青木 勉
同上 高田 真一郎
株式会社 NIPPO ○鈴木 隆広

1. はじめに

我が国では13年後に道路橋梁の50%が建設後50年を経過する、橋の大量高齢化時代が到来する。これに伴い、老朽化による通行止めや通行規制を防ぎ、道路というインフラを健全な状態で維持していくことが求められている。本文は建設後80年以上経過した橋梁に対して、現状の健全性の評価に基づき、長寿命化を目的とした床版補強工法を検討し、採用に至るまでの経緯を報告するものである。

2. 柳橋（東京都中央区）

東京都中央区にある柳橋は、隅田川に流入する神田川の河口付近の中央区と台東区の境に架かる橋で、関東大震災で被災した旧柳橋に換わり、昭和4年（1929年）に架け替えられたのが現在の柳橋である。永代橋のデザインを取り入れたタイド・アーチ橋で、現在では数少ない復興橋梁であるとともに、土木遺産としても貴重な橋となっている。この橋を今後も健全な状態で供用していくためには、道路橋として構造上重要な床版部分の健全性を定量的に評価し、適切な補強工法を施すことが求められた。

3. 既設床版の現況と補修履歴

過年度の調査結果を表-1に、過去の補修履歴を図-1に示す。

表-1 過年度の調査結果

調査年	調査項目	調査結果
S.60	床版の状態	ひび割れ少、剥離・鉄筋露出多
	ひび割れの状態	漏水・遊離石灰あるが、ひびは浅く貫通なし
	ひび割れの原因	かぶり不足に伴うコンクリート中性化による鉄筋腐食
	圧縮強度(シュミットハンマー法)	14.91MPa~17.26MPa(経過年数相当の材齢補正後)
H.22	床版下面の状態	床版下面補強として施されたFRP樹脂の剥離・劣化・滞水

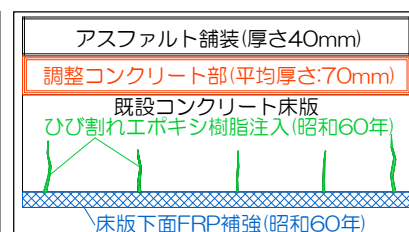


図-1 過去の補修履歴

4. 既設床版の健全度を把握するための調査

調査は、既設床版の現状を把握し、補修・補強対策の基礎資料を得る目的で実施した。

調査項目、調査方法および調査結果を表-2に示す。

表-2 調査項目、調査方法および調査結果

調査項目	調査方法	調査結果			
舗装表面の状況	目視調査	一部に橋軸方向のひび割れと局部的に亀甲状に進行したひび割れ			
調整コンクリートの浮き	目視、打診調査	舗装と同じ形状のひび割れと開削した範囲で調整コンクリートの浮きを確認			
鉄筋腐食度※)	削孔、目視	表面錆び程度で断面欠損に至るものではない			
床版コンクリートの物性	切取供試体採取 ・圧縮強度 ・静弾性係数 ・中性化深さ	供試体NO	圧縮強度(MPa)	静弾性係数(MPa)	中性化深さ(mm)
		NO.1	36.7	26,100	0.2
		NO.2	40.2	25,500	0.2
		NO.3	43.6	33,300	0.6
		NO.4	44.3	29,700	0.0

※) 鉄筋位置探査および切取供試体採取時は、電磁波レーダーを利用して鉄筋位置を特定した。

調査結果から、既設床版コンクリートにはひび割れの発生が推測されるものの、物性等については問題ない値が得られ、コンクリートの中性化に伴う鉄筋腐食の可能性も無いと推察された。また、竣工当初の調整コンクリートと床版との界面で付着が低下していることが、切取供試体から確認された。

5. 長寿命化対策の工法選択

長寿命化対策として当初は床版を取り替える工法も検討したが、長期間の通行規制に伴う一般車両への影響や調査から把握した既設コンクリート床版の状態も考慮し、作業に伴う通行規制を最小限にすることが可能な既設コンクリート床版を補強する工法を選択した。

6. 補強方法

6. 1 ひび割れ補強

既設コンクリート床版のひび割れ部分は、目視できないような微細なひび割れに対しても浸透性と接着力が高く、施工性にも優れる高浸透型塗布系接着剤を用いて補強する方法を選定した。

6. 2 長寿命化に向けた床版剛性回復

床版の剛性回復については、既設床版との付着性に優れ、ひび割れ抑制効果も高い繊維補強コンクリートによる上面増厚工法を採用し、補強厚さは既設床版上面から表層1層(4cm)を除く平均70mmとした。さらに、既設床版コンクリートとの付着力を高めかつ防水性も向上させるため、高耐久型エポキシ系接着剤を、増厚面全面に塗布する構造とした。また、将来における表層のメンテナンスも考慮し、増厚コンクリートに使用する補強繊維は一般的な鋼繊維ではなく、ハイブリッド有機繊維を選定した。ハイブリッド有機繊維補強超速硬コンクリートの配合を表-3に、有機繊維の物性を表-4に示す。

表-3 ハイブリッド有機繊維補強コンクリート配合表

有機繊維 添加量 vol (%)	Gmax (mm)	SL (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m ³)					MT	JS
					W	C	S	G	繊維		
ビニロン 1.0	13	6.5±1.5	38.8	53.5	175	451	876	800	13.0	1.3	0.6
アラミト 0.3									4.17		

表-4 各有機繊維の物性値

種類	繊維径 (mm)	長さ (mm)	密度 (kg/cm ³)	破断強度 (MPa)	引張弾性率 (MPa)	破断伸び (%)
ビニロン繊維	0.66	30	1.30	900	23	7
アラミト繊維	0.50	30	1.39	3410	74	4.5

7. 舗装のメンテナンス性

将来当該舗装の更新を行う際、路面切削作業によって増厚コンクリートの補強繊維が毛羽立つ状況が予想され(写真-1)、繊維が毛羽立った状態は増厚コンクリートと表層のアスファルト混合物との付着強度に影響することが試験施工にて確認されている。そこで、補強繊維を有機繊維にすることで写真-2 および 3 に示すように、毛羽だった場合でも加熱するだけで容易に処理することが可能となる。



写真-1 補強繊維の毛羽立ち



写真-2 有機繊維の毛羽立ち



写真-3 加熱処理後の有機繊維

8. 漏水・滞水対策

床版補強後の漏水対策として、防水効果の高い改質型の塗膜系防水材料を増厚コンクリート上面・端部導水帯に沿って地覆まで立ち上げる形状で防水層を設置する形状とした。

滞水対策として横断勾配流末付近の地覆端部に沿って導水管を配置し、膨張ジョイント付近の水抜きパイプに接続する形状とした。漏水・滞水対策断面を図-2に示す。

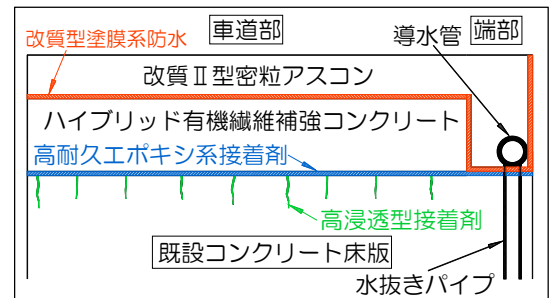


図-2 漏水・滞水対策断面

9. コンクリートフィニッシャ

増厚コンクリートの打設には、都市環境や制約の多い場所に対応できるよう、オフレール式の低騒音型コンパクトフィニッシャを使用することとした。このオフレール式低騒音コンパクトフィニッシャの特長を表-5に、の増厚用コンクリートフィニッシャの従来機を写真-4に、オフレール式低騒音コンパクトフィニッシャを写真-5に示す。

表-5 オフレール式低騒音コンパクトフィニッシャの特長

特長	従来機との比較
作業騒音低減	従来機と比較して、7～11dBの騒音低減効果
レールの設置が不要	ウルトカタイヤによる自走式
4tトラックで運搬が可能	従来機の1/10の重量で、軽量かつコンパクト
大型クレーンの作業が不要	運搬する4tトラックで積卸しが可能（写真-6）
打設するコンクリートの接着引張強度の確保	従来機と同等以上の性能を確保
シンプルな構造で壊れにくい	故障時でも速やかな対応が可能



写真-4 増厚用コンクリートフィニッシャ



写真-5 低騒音型コンパクトフィニッシャ



写真-6 4tトラックによる積卸し

10. 長寿命化対策工事

作業は、通行車両への影響を最小限にするため、週末の24時間規制内で、既設舗装版の撤去、床版研掃工、ひび割れ補強、床版補強、防水から表層まで完結する工程とした。工事概要を表-8に、ひび割れ補強状況を写真-7に、高耐久 Epoxy 接着剤の塗布状況を写真-8に、繊維補強コンクリートの打設状況を写真-9示す。また、床版補強工における品質管理試験結果を表-9に示す。

表-8 工事概要

工事名	橋梁長寿命化工事（柳橋・三吉橋）
工事場所	東京都中央区東日本橋二丁目27番先～台東区一丁目1番地先
工期	平成24年11月17日～平成25年3月15日
施工面積	221 m^2
工種と施工日数	床版補強工および車道舗装工他付帯工を1日（24時間連続規制による作業）

表-9 床版補強工における品質管理試験結果

試験項目	確認項目	規格	試験結果
圧縮強度試験	補強コンクリートの圧縮強度（材齢3時間）	24MPa以上	平均27.3MPa
付着強度試験	補強コンクリートの付着力確認（4時間養生後）	1MPa以上	平均1.46MPa
ナット引張試験	Epoxy 接着剤の可使時間	—	75min



写真-7 ひび割れ補強状況

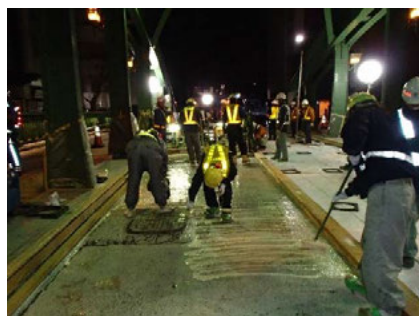


写真-8 Epoxy 樹脂塗布状況

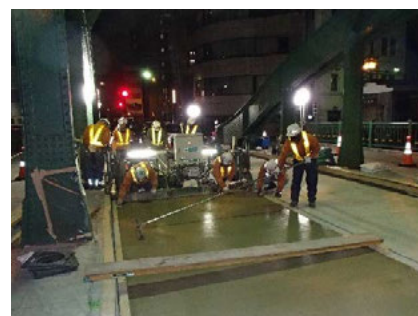


写真-9 補強コンクリート打設状況

11. 終わりに

本工法の適用には、既設コンクリート床版がある程度健全な状態を維持していることが前提であり、適用の検討に当たっては既設床版の計画的な調査と定量的な評価が必要となる。コンクリート床版の損傷機構における中期までが一般的にはその適用可能なレベルといえるが、中期よりも疲労が進んだ場合の適用効果についても、今後は検証する余地があると考えます。

予防保全の観点から、中小橋梁に対する長寿命化対策のニーズが高まる中、本工法は従来の増厚技術では適用困難であった都市環境など、様々な制約を受ける橋梁においても適用可能な床版補強工法であり、80年以上経過した柳橋に対する適用事例が、今後の中小橋梁の長寿命化対策促進の足架かりになると考える。

以上