

床版上面増厚工法用 超速硬型超高性能繊維補強複合材料の機械化施工への開発

大林道路株式会社 フェロー会員 ○加藤敏明 正会員 本間順
株式会社大林組 正会員 富井孝喜 正会員 青木峻二

1. 目的

老朽化が進んでいる道路橋の既設床版において、荷重・台数増加による疲労劣化や凍結防止剤散布による塩害で床版上面のコンクリートの浮き、はく離、土砂化のような複合劣化が生じている。現在、曲げ耐力や押し抜きせん断耐力を向上させるために既設床版上面のはつり撤去を行い、鋼繊維補強コンクリート（以下 SFRC）を増厚する「床版上面増厚工法」が多く採用されている。しかし、SFRC を採用して補修を行うと「打ち継ぎ目からの雨水浸透」や「既設コンクリート界面とのはく離による早期劣化も問題となっている。こうした問題を解決し、かつ既設床版の耐荷性能や疲労耐久性向上を目的として開発した（3 時間で $24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の強度が発現する超速硬型）超高性能繊維補強複合材料（以下超速硬型 UHPFRC）を 2021 年 8 月に人力施工で実橋梁に適用し（写真-1）、機械化施工に向けての課題を明らかにした。これを基に、モービル車とコンクリートフィニッシャーを用いる SFRC と同等の施工面積が施工できる UHPFRC の機械化施工の開発を進め、実橋梁適用に向けて試験施工を繰り返し成果を得た。本報文では機械化施工に向けての課題と解決策を報告する。



写真-1 人力施工状況

2. スティフクリート施工の課題と解決策

橋梁での最初の実施工は、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）専用プラント（バッチ式強制 2 軸ミキサー 0.5 m³仕様）で製造を行い、人力運搬、振動スクリードや電動コテを使用した人力施工であり、以下の課題が明らかとなった。

課題① UFC 専用プラントは時間当りの製造量が少ない。そのため、施工量が大きくなると待機時間に起因する継ぎ目が多く発生して仕上がりの品質に影響することから、時間あたりの製造量を増加させる必要がある。

課題② 超速硬型 UHPFRC の運搬は一輪車でっており、製造量増大に対応できる専用の運搬機械が必要である。

課題③ 製造量が増加した際の施工の品質を確保するためには、専用の敷き均し機械が不可欠である。

現状の製造、運搬、敷き均しでは SFRC による床版上面増厚工法との時間当りの施工量の差が大きいことが問題であり、実橋梁で採用されるには難しいと考えられる。そこで、上記の課題を超速硬型 UHPFRC の機械化施工の開発により解決し、時間当りの施工量を増やすことで、現行の SFRC による床版上面増厚工法に対抗できるようにした。

2-1 専用ミキサーの開発（課題①の解決策）

これまで使用していた UFC 専用プラントは、製造量が 0.5～0.75 m³/h 少なかった。このことから、超速硬型 UHPFRC 専用プラントの開発を 2021 年 8 月により開始した。ミキサーの望ましい製造形態は連続式であるが、粘性の高い超速硬型 UHPFRC をスクルーで攪拌できなかったため、バッチ式強制 2 軸ミキサーの製造で材料を安定供給することから、同方式での開発が進められることとなり、製造プラントは車線規制内での施工を可能とするために、車上プラント（11 tトラック）として計画した。1 バッチあたりの限界数量が 1 m³となるので 1 m³ミキサーを 2 基車載し、1 時間当り製造量の目標を 4 m³以上として超速硬型 UHPFRC 専用プラントの製作を開始し完成は 2023 年 6 月を予定している。

キーワード 大規模更新工事, 床版補修・補強, 上面増厚工法, UHPFRC

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 リニューアル技術部 TEL 03-5769-1332

2-2 専用運搬機械の開発（課題②の解決策）

UFC 専用プラントを使用した人力施工の際は、時間当りの超速硬型 UHPFRC の製造量が少ないため一輪車を使用して材料運搬を行っていた。現在、開発中の超速硬型 UHPFRC 専用プラントの完成により製造量が従来の 5～8 倍程度となるため、専用運搬機械の検討をプラントの開発と同時に開始した。車線規制内の方向転換なども考慮し 2t キャリアダンプの 360° 回転式を採用した（写真-2）。なお、通常のレンタル機であるキャリアダンプでは、材料が荷台へ付着して荷下ろしの微調整ができないなどの不具合が生じた。これを改善するために、キャリアダンプの荷台にフッ素樹脂シートを貼付けたベッセル形状型の箱を設置し、これにより荷台と材料の付着を防止し、荷下ろし時の滑りを良好にすることができ、その微調整も可能となった。1 台当りの積載量も 0.6m^3 程度となるため、製造量 0.5m^3 に 1 台を基本として製造時間と運搬時間により台数を調整した。



写真-2 2t キャリアダンプ 360° 回転

2-3 専用コンクリートフィニッシャーの開発（課題③の解決策）

製造、運搬量を確保する目処がたったことで、これに対応する敷き均し機械が必要となる。そこで、簡易コンクリート舗装で使用しているオフレール式専用機械である自走式コンクリートフィニッシャー（当社開発機械）を改造し、超速硬型 UHPFRC 専用機械とする計画を立案した。当初、現行機械で試験施工を行ったが、超速硬型 UHPFRC の強い粘性により材料の敷き均しに時間を要し、さらに材料の可使時間（40 分）の短さからフィニッシャーのスクリードに材料が最後まで残ってしまうという現象が発生した。この問題を解決すべく、自走式コンクリートフィニッシャーの前面部に曲線をおびた排土板と底板を、材料の横漏れ防止にサイドカバーを設置し、さらに排土板には振動機および板を叩くノッカーを装備した。これらの対策により、材料の持つセルフベリングの性質を生かし、材料が常に排土板後部へ流れるようになった。さらに排土板への材料の付着防止として、キャリアダンプと同様にフッ素樹脂シートを貼り付けて試験施工を行った結果施工性は良好であった。（写真-3）。その結果、 $4\text{m}^3/\text{h}$ の材料供給による連続敷き均しが可能となった。

超速硬型 UHPFRC 専用自走式コンクリートフィニッシャーは、最大で時間当たり最大 6m^3 の施工能力がある。モルタルフローは最低 150 mm まで対応でき、この流動性であれば道路勾配 5% 程度を保持できる。

3. まとめ

橋梁床版上面増厚用の超高性能繊維補強セメント系複合材料「超速硬型 UHPFRC」の機械化施工において試験施工を行った結果から以下のことが確認された。

- ① バッチ式強制 2 軸ミキサー複数台により、車線規制内での製造と供給量（ $4.0\text{m}^3/\text{時間}$ ）が可能。
- ② 超速硬型 UHPFRC 専用運搬機により、車線規制内での連続運搬、円滑な荷下ろしが可能。
- ③ 超速硬型 UHPFRC 専用自走式コンクリートフィニッシャーにより、連続敷き均しとともに平滑性を確保

上記より、SFRC と施工量（ $65.5\text{m}^3/\text{h}$ ）が同等以上となり、また塩化物イオンの拡散係数が極めて小さいことからライフサイクルコスト面でも優位である。

今後発注される大規模修繕工事に対応するために、さらに効率の高い製造設備の開発、その製造能力に合致した運搬および敷き均し機械の開発を行っている。材料開発を含めた単位時間当りの施工数量の増加も視野に入れた総合的な開発を今後も進めて行く予定である。



写真-3 超速硬型 UHPFRC 専用
自走式コンクリートフィニッシャー