

高性能繊維補強モルタルを適用した鋼床版補強構造の検討

(株) IHI 正会員 ○塩永 亮介
 (株) IHI インフラシステム 非会員 中村 善彦
 太平洋マテリアル (株) 非会員 中島 裕
 北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦

1. はじめに

都市高速に多く採用されている鋼床版橋では、供用後 30 年も経たない間に過酷な重交通の走行疲労によって U リブの溶接部からの疲労亀裂が進展し、路面の陥没等を引き起こす事象が顕在化している¹⁾。これらを未然に防ぐ疲労損傷対策として、鋼床版上に鋼繊維補強コンクリート (SFRC) を 50~80mm で増厚する工法が開発され既に実用化されている²⁾ものの、①規制時間内での施工量増加の要請や②鋼床版と増厚材の長期的な一体性確保などの技術的課題が依然残されている。

そこで本研究では、増厚材に用いる材料に速硬性を有する高性能繊維補強モルタル (HPFRM) を適用するとともに、両者の一体化には機械的なずれ止めを用いた構造を提案し、曲げ載荷試験によってそれらの性能を実験的に検証した。

2. 高性能繊維補強モルタルの特性

増厚材に適用する HPFRM の材料開発においては、RC 部材等への補強材として著者らが開発した配合³⁾をベースに、橋面勾配に対応できるように流動性をやや下げ、また規制時間内で必要強度を確保できるような速硬性を持たせた特性を付加させることを目的とした。なお本材料は、高強度・高弾性であることから補強厚を 40mm まで低減できる。さらに、長さ 13mm、直径 0.16mm の鋼繊維を 1.0vol.% で混入しているため、ひび割れ抑制の効果を有するとともに破損時のモルタル片飛散防止の役割も果たしている。

流動性の目標値として、JIS R 5201 に基づくフロー試験 (図-1)において、落下打撃 0 打で 110~140mm, 15 打で 140~220mm とし、同時に鋼繊維の分散性を目視で確認した。強度発現性の目標値としては、材齢 3 時間での圧縮強度を 24 N/mm² 以上、材齢 28 日で 80 N/mm² 以上とした。これら性能を達成するために、既往の HPFRM 配合をベースに別途開発された速硬性混和材⁴⁾を添加し、その添加量をパラメータとした配合試験を実施した。初期の強度発現は、環境温度に大きく影響されることから、5~30℃の条件で適切なセッター添加量を把握し、図-2 に示すようにいずれの温度条件でも強度発現性を満足することを確認した。

鋼繊維 [L/φ=13/0.16mm]



図-1 HPFRM のフロー試験(0 打, 122mm)

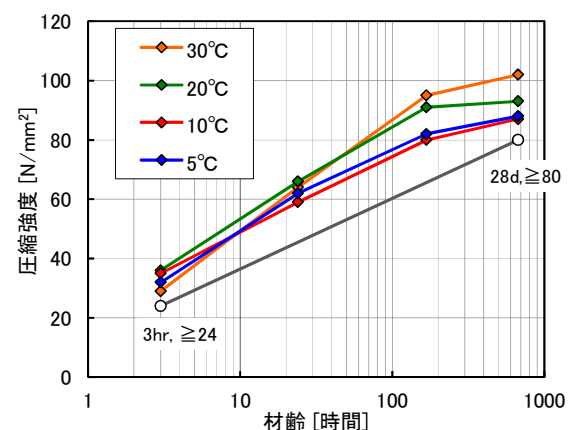


図-2 速硬性 HPFRM の強度発現性

3. 鋼床版補強構造の曲げ載荷試験

3.1 実験概要

補強性能を確認する実験として図-3 に示すようなデッキプレート (SM400 材: 幅 400mm, 厚さ 12mm) 上に、各種ずれ止めを介して、増厚材に HPFRM を 40mm として一体化させた試験体の 3 点曲げ試験を実施した。

キーワード 鋼床版, 繊維補強モルタル, 速硬性, ずれ止め, 載荷試験

連絡先 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1 番地 (株) IHI 基盤技術研究所 TEL: 045-759-2864

また比較用として、増厚材に SFRC ($\sigma_{c,28}=40\text{ N/mm}^2, V_f=1.25\text{ vol\%}$) を厚さ 50mm で補強したケースも実施した。適用したずれ止め構造の一覧を表-1 に示す。従来のエポキシ系接着剤や小径スタッド ($\phi 9.5\times 40\text{ mm}$) に対して、本研究では $\phi 16$ のネジボルトにフランジ付きナットを取り付ける構造をベースに、デッキプレートへの接合をスタッド、六角ボルト、皿ボルトと変えた 3 種類を検討した。

3.2 実験結果

載荷試験における荷重とたわみの関係を図-4 に示す。またグラフには、デッキプレート 12 mm と HPFRM 40mm (もしくは SFRC 50 mm) とを合成梁とした場合の荷重-たわみの理論値も示した。

各ケースとも鋼床版の許容たわみ ($L/400=4.0\text{ mm}$) まで十分に一体化が図れていたが、小径スタッドでは約 60kN でスタッド基部がせん断破断し、エポキシ接着剤では約 74kN で界面の接着剤もしくはモルタル表層が剥離破壊した。一方、HPFRM で補強したケースは、曲げ剛性が補強厚を薄くした影響で下がるものの、高い曲げ耐力と十分な一体性を有し、ネジスタッドおよび皿ボルトのケースでは最大荷重が 90kN 近くまで達した。また破壊性状もずれ止め周辺の HPFRM コーン破壊 (図-4 右) であり、ずれ止め単体としても十分なせん断耐力を有していることを把握した。なお、六角ボルトの耐力が他より低い要因としては、鋼板の削孔径とボルト径のクリアランス ($\approx 0.5\text{ mm}$) が、せん断ずれを早期に発生させたためと考えられる。

4. おわりに

本研究では、鋼床版の補強構造に関して、増厚材に適用する HPFRM の速硬性を付加する配合改良を行うとともに、ネジスタッドおよび皿ボルトを活用したずれ止め部材として適用性した補強構造の曲げ耐力および破壊形態を把握した。今後の課題として、繰り返し荷重下における疲労耐久性の検討のほか、負曲げ領域におけるひび割れ幅の評価も検討していく。

参考文献

- 1) 三木千尋, 菅沼久忠, 富澤雅幸, 町田文孝: 鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp.57-69, 2005.01
- 2) 児玉 孝喜, 一瀬 八洋, 加形 護, 大田 孝二, 新延 泰生: 実橋における鋼床版 SFRC 舗装によるひずみ低減効果, 土木学会構造工学論文集, Vol.56A, pp.1249-1258, 2010.03
- 3) 塩永亮介, 佐藤靖彦, J.C. Walraven: 高性能繊維補強モルタルを適用した RC 部材の一軸引張挙動に関する研究, 土木学会論文集, Vol.66, No.4, pp.366-379, 2010.10
- 4) 北條泰秀, 中島裕, 立川則久: 速硬性混和材「Facet」を用いたコンクリートの基本性状と製造方法, 太平洋セメント研究報告, 第 157 号, pp.41-55, 2009

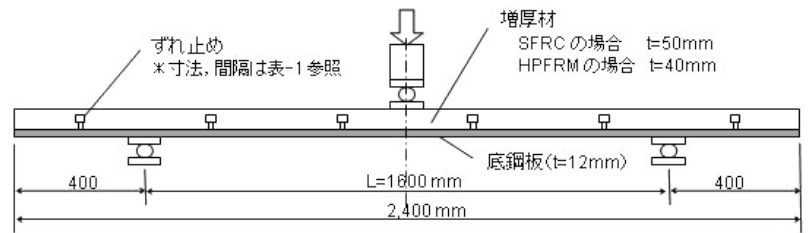


図-3 鋼床版補強構造の曲げ載荷試験

表-1 ずれ止めの種類と特徴

従来の補強構造		本研究で提案する補強構造		
SFRC (t=50mm)		HPFRM (t=40mm)		
小径スタッド [$\phi 9.5\times 40$] @250mm	エポキシ系 接着剤	六角ボルト [$\phi 16\times 35$] 6 本@400mm	ネジスタッド [$\phi 16\times 25$] 6 本@400mm	皿ボルト [$\phi 16\times 25$] 6 本@400mm

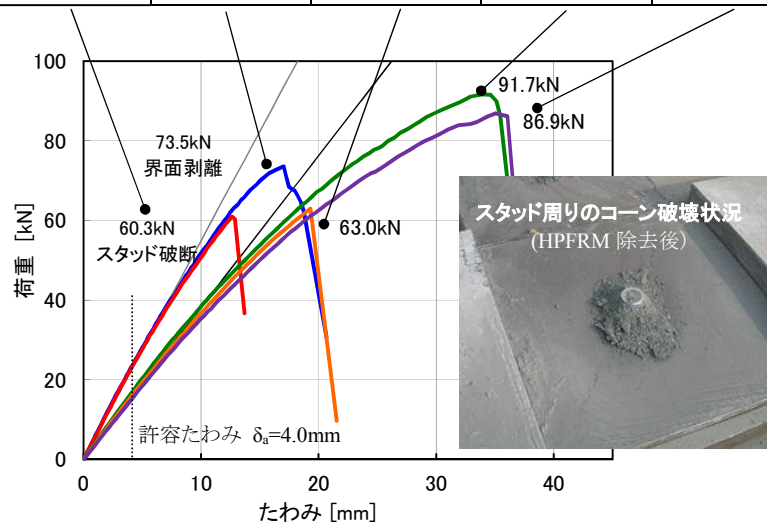


図-4 曲げ載荷試験による荷重-たわみ関係