

CS-32

RC床版補強へのFRP材構造の適用性研究

三菱重工業 正会員 川上善道, 三菱重工工事 フェロー 勝野壽男
三菱重工工事 萩原 淳, 三菱重工業 鶴岡 誠司, 櫻井 剛

1. はじめに

橋梁補修, 補強工事は多岐に亘るが、中でもRC床版の補強に関する工事が圧倒的に多い。

床版補強に鋼板を用いると自重が増加し、橋脚等の強度に影響を与える可能性があるため、軽量化、施工の省力化を目的にFRPによる補強を検討した。FRP重量は鋼材の1/4程度であり、強度面でも適用可能と思われるが、剛性、耐久性などに関して検討すべき課題は多い。ここでは、FRP補強部材を用いた場合の床版、主桁応力の低減効果を計算し、小型試験を行って、実橋への適用性を検討した。

2. FRP補強方法

床版の下に、井桁に組んだFRP材を取付けて補強する構造を考案した(図-1)。補強材の接合法は以下を想定した。①FRP天板とRC床版の間にはモルタル等を充填して床版荷重を補強材に伝達する。②FRP横桁と鋼主桁はボルト結合する。③主桁上フランジとFRP天板は接着剤で結合して補強効果を上げる。

3. FEM応力解析

FRP補強材, 鋼主桁, コンクリート床版をそれぞれFEMのシェル要素でモデル化して、変形, 応力解析を行った。対象とする橋梁は3径間連続鉄桁とし、スパン30m, 主桁高さ1.6m, 主桁間隔3mである。荷重は、車両重量を想定した20ton/3mの等分布荷重を、主桁間中央に橋軸方向に沿って負荷した。コンクリート床版とFRP天板は上下方向の変位が同一となるように拘束し、相対的なズレは生じるものの、上下に荷重を伝える非合成構造とした。補強効果確認のために、FRP材がある場合と無い場合の2ケースの計算を行った。材料定数, 荷重および境界条件を図-2に示す。

主桁, 床版応力について、FRP補強材がある場合と無い場合

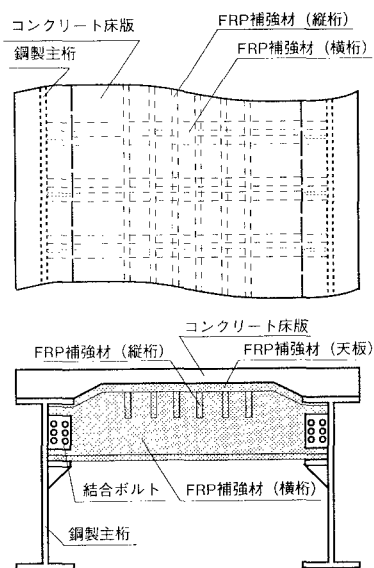


図-1 FRP補強構造

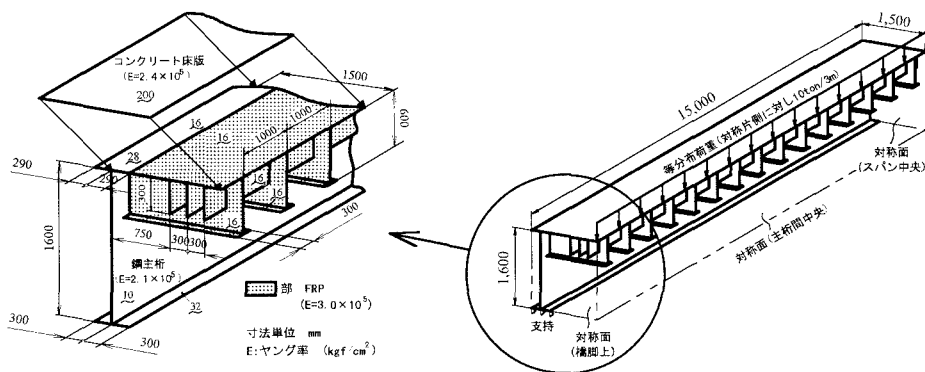


図-2 FEM解析モデルの材料定数, 荷重および境界条件

キーワード: 床版, FRP, 補強

連絡先: 〒231-0812 横浜市中区錦町12 三菱重工・横浜研究所 TEL 045-629-1483 FAX 045-629-1487

を比較して図-3に示す。同図には、FRP構造における引張とせん断の最大応力発生位置も示した。コンクリート床版は、橋脚上、スパン中央ともに約60%の応力低減となり、主桁上フランジは、橋脚上で約15%，スパン中央で約19%の応力低減となった。

FRP構造の発生応力と疲労強度の比較を表-1に示す。引張に対する疲労安全率は10以上あると考えられるが、繊維補強効果が期待出来ないせん断の疲労安全率は1.4程度である。

4. 1/4断面モデル試験

上述の補強効果を確認する目的で、実橋の1/4断面モデルを用いて、繰返し裁荷試験を行った（図-4）。実験では、RC床版と等価な曲げ剛性を有する鋼板を床版として用いた。荷重の増加に伴って床版とFRP構造天板が密着すると、ほぼ前記FEM計算通りの補強効果が得られ、床版の応力は半減した。また、 $N=2 \times 10^6$ 回の荷重繰返し後も、補強効果に変化は無く（図-5）、FRP構造にも疲労き裂等の損傷は見られなかった。

5. まとめ

FRPを用いた橋梁の補強構造を考案（図-1）し、FEM解析と小型試験によって効果を確認した。その結果は、以下の通りである。

- 1) 床版応力はFRP補強によって半減出来る見通しが得られた。
- 2) 荷重繰返し数 $N=10^7$ 回に対するFRP材の疲労強度は、提案したFRP構造に発生する引張、せん断応力に対して、それぞれ10倍、1.4倍の安全率を有する。
- 3) 1/4断面モデルによる繰返し裁荷試験を実施したところ $N=2 \times 10^6$ 回後も、補強効果に変化はなかった。

また、FRPは方向によって強度が著しく異なるため、最適設計のために、繊維方向と応力の関係に注意することが重要である。

なお、本実験に用いたFRPは、旭硝子マテックス（株）殿より御提供頂いた同社製HR165改良型であり、ここに記して感謝の意を表す。

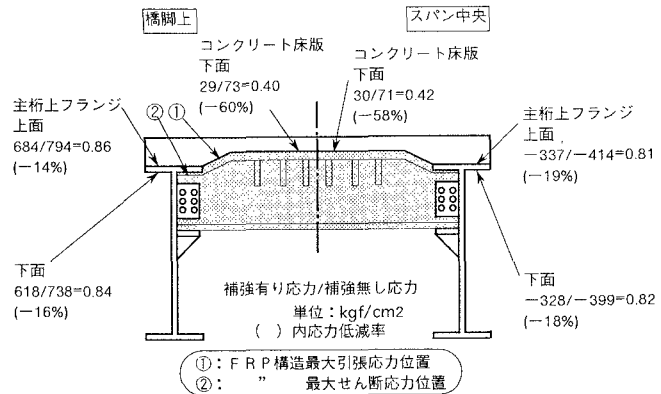


図-3 主桁、床版の応力低減率

表-1 FRP構造の発生応力と疲労強度の関係

	最大発生応力		疲労強度 ($N=10^7$ 回) $\Delta\sigma_w, \Delta\tau_w$ (kgf/cm^2)	安全率 $\Delta\sigma_w/\sigma$ $\Delta\tau_w/\tau$
	位置	σ, τ (kgf/cm^2)		
引張	① 天板（橋脚上）	105	1090 ^{*1)}	10
せん断	② 主桁/FRP 接着部（橋脚上）	71	100 ^{*2)}	1.4

*1) FRP構造設計便覧／（社）強化プラスチック協会より
引張強さ $\sigma_B=3000\text{kgf/cm}^2$ 材のデータであり、HR165改良型
($\sigma_B=6098\text{kgf/cm}^2$) は、さらに疲労強度が高いと考えられる。

*2) 三菱重工実験データ

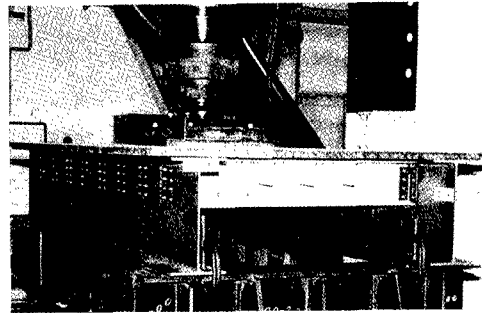


図-4 1/4断面モデル繰返し裁荷試験

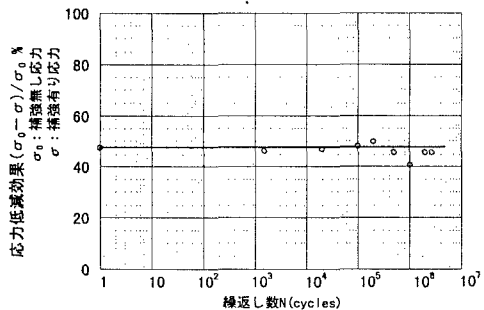


図-5 床版の応力低減効果