

ガラス繊維強化プラスチックを用いたRC床版の縦桁増設補強対策

中央コンサルタント㈱福岡支店 正会員 ○永田 涼二 正会員 愛敬 圭二
正会員 田中 智行 正会員 杉 辰雄

1. はじめに

本橋は、昭和35年竣工の3径間単純活荷重合成鉄桁橋（橋長 $L=67.0\text{m}$ 、有効幅員 $B=11.8\text{m}$ ）である。本橋は昭和31年の道路橋示方書（以下道示）により活荷重がTL-20で設計されている。調査の結果、床版にひび割れが数多く見受けられ（図-1）、床版厚（現況：170mm）は現行の道示に対して基準（必要床版厚：210mm）を満足していない。また、耐荷力照査結果において床版中央配力筋、支根部主鉄筋に大きな応力度超過が見られた。したがって、RC床版補強が必要と判断し、その補強検討を行った。従来、床版補強対策は、上下面増厚工法、鋼板または炭素繊維シートの接着工法が多く用いられてきたが、これらの工法は補強後の床版変状、および劣化の進行状況の把握が困難になる点が問題点であった。そこで、縦桁増設工法を採用することにより維持管理を容易にし、併せて縦桁に新材料のガラス繊維強化プラスチック（以下GFRP）を用いることで施工性、耐食性、構造的性、床版曲げ応力度の低減、維持管理に優れた床版補強設計（表-1）を行った。

表-1 床版補強工法比較表

	GFRP縦桁増設工法	炭素繊維シート接着工法
概略図		
概算工事費	比率1.16 採用	比率1.00

2. GFRPの特徴

GFRPは樹脂とガラス繊維を組み合わせた複合材料であり、異なる素材の組み合わせによって単独の素材では得られない性能が得られる材料である。GFRPの特徴を以下に示す。

- 1) 単位重量が 19kN/m^3 で軽量である（表-2）。
- 2) 塑性領域がほとんどなく、破断に至るまで弾性である。
- 3) 鋼材に比べると弾性係数が小さい（表-2）。
- 4) 鋼材に比べ耐食性に優れる。

表-2 材料特性の比較

	GFRP材	鋼材
弾性係数	$3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	$2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
引張強度	295 N/mm^2	235 N/mm^2
圧縮強度	235 N/mm^2	235 N/mm^2
せん断強度	34.5 N/mm^2	80 N/mm^2
支圧強度	345 N/mm^2	210 N/mm^2
単位重量	19 kN/m^3	77 kN/m^3
線膨張係数	1.5×10^{-5}	1.2×10^{-5}

3. 解析モデル

補強目的はB活荷重による床版の鉄筋、特に配力筋および支根部主鉄筋に作用する応力度を許容応力度以下に低減することにある。図-2に示すように床版下面にGFRP材の縦桁および横桁を格子状に設置した。

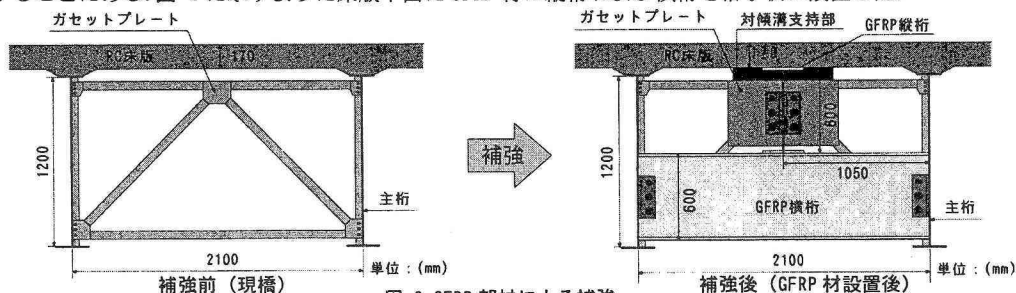


図-2 GFRP部材による補強

構造解析は、主桁、GFRP 桁を以下のようにモデル化した。

- 1) B 活荷重に対しては、床版と GFRP 材の縦桁、横桁が一体構造として抵抗する。
- 2) 構造解析は、床版、主桁、対傾構、GFRP 縦桁、GFRP 横桁からなる全体構造系による有限要素法解析（以下 FEM 解析）を行う。
（図-3）また、GFRP 縦桁と GFRP 横桁の結合部はゴム支承を設置しており、弾性バネでモデル化し、圧縮力のみを伝える。
- 3) B 活荷重の載荷は、床版の補強を目的としているため T 荷重とし、床版の鉄筋、および GFRP 材の縦桁、横桁の応力度（曲げ、せん断）の絶対値が最大となる位置とする。
- 4) 歩道部は現在添架物があり縦桁設置が困難であることや輪荷重の影響は少ないため、今回、補強を行わない。

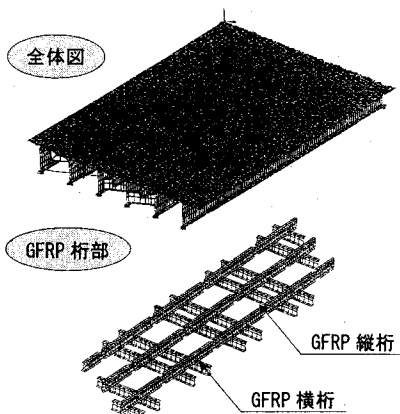


図-3 FEM 解析メッシュ図

4. 解析結果

補強前後における最大応力度を（表-3）、最大応力度を許容値で除したものを（図-4）に示す。

補強前において床版下側主鉄筋、配力筋は応力超過していたが、GFRP 材で補強することにより、床版上側主鉄筋（支点部）は 105.9N/mm^2 から 48.6N/mm^2 （応力度/許容値:76%→35%）、床版下側主鉄筋（支間中央）は 156.6N/mm^2 から 113.2N/mm^2 （応力度/許容値:112%→81%）、配力筋は 219.0N/mm^2 から 137.7N/mm^2 （応力度/許容値:156%→98%）の応力低減効果が得られ、全て許容値を満足した。一方、GFRP 材に発生する曲げ応力度は、10%以下とほとんど発生しないが、せん断応力度は、縦桁で 85%程度、横桁で 50%程度発生していることが明らかとなった。

表-3 床版鉄筋、GFRP の応力度

		床版			GFRP			
		上側主鉄筋	下側主鉄筋	配力筋	縦桁		横桁	
		(支点部)	(支間中央)	(支間中央)	曲げ	せん断	曲げ	せん断
補強前	応力度 N/mm^2	105.9	156.6	219.0	-	-	-	-
	応力度/許容値 %	76%	112%	156%	-	-	-	-
補強後	応力度 N/mm^2	48.6	113.2	137.7	7.8	8.5	3.3	5.3
	応力度/許容値 %	35%	81%	98%	8.5%	85%	3.6%	53%
	許容応力度 N/mm^2	140.0	140.0	140.0	92.0	10.0	92.0	10.0

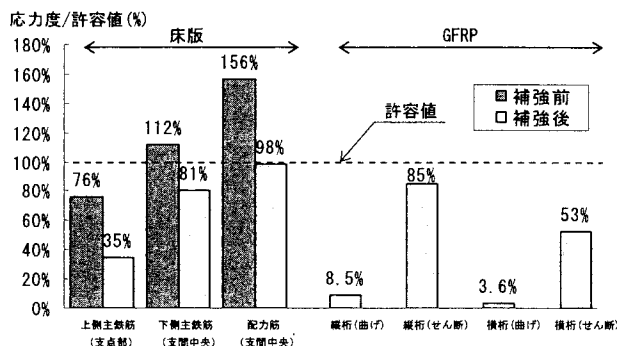


図-4 床版鉄筋、GFRP の応力度/許容値 (%)

5. まとめと今後の課題

GFRP 材を用いた縦桁増設工法の採用により補強前後において、既設 RC 床版の主鉄筋、および配力筋の応力度低減が図られ、補強効果があることが明らかになった。

GFRP 材の重量は鋼材の 1/4 と軽量（GFRP : 19kN/m^3 、鋼材 : 77kN/m^3 ）で重機を必要とせず施工が比較的容易で、錆の発生心配がなく維持管理の面においても優れる。また、本工法は床版下面に補強材の増厚、または接着する工法（床版支間中央部の主鉄筋、配力筋に対する補強）とは異なり床版支点部にも補強効果があり、今後床版補強を行う上で有用な工法といえる。なお、縦桁増設の結果により図には示していないが、既設主桁の補強前後の応力度は、10%程度の応力度低減も認められた。

しかし、本工法の実績は床版補強対策としての事例はなく、まだ明らかにしなければならない課題もいくつか考えられる。以下に今後の課題を記す。

- 1) 補強前後における静的載荷試験による床版・主桁の補強効果の検証。
- 2) 接着剤が固化する以前に発生する振動が及ぼす補強効果への影響。
- 3) 補強後における GFRP 材長期供用および経年劣化による補強効果の確認。

【参考文献】 日野伸一、Basem.A.、太田俊昭ほか：第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集『ガラス繊維補強材を用いた既設橋梁の補強に関する基礎的研究』 平成10年

（社）強化プラスチック協会：FRP構造設計便覧 平成6年9月