

I-A6

FRP 道路橋の断面算定例

東急建設（株） 正会員 伊藤正憲 正会員 大橋潤一 正会員 渡邊 弘子 *1
 建設省土木研究所化学研究室 正会員 木嶋 健 *2
 （社）強化プラスチック協会 小山 達雄 *3

1. はじめに

繊維強化プラスチック（以下、FRP）は、軽量、高引張強度、高耐食性等の優れた性能を有し、航空機、船舶等に多く利用されている。我国の建設分野においてはコンクリート補強材としての利用例が多いが、諸外国では橋梁建設等の構造部材としての利用例の報告が多い¹⁾。そこで、FRP を構造材料として利用する可能性について検討することを目的に同規模の FRP 橋と鋼橋との試設計を行い、使用材料量についての比較を行った。

2. 設計条件

橋長 35m の道路橋を対象とした。構造形式は各材料の施工性および経済性を考慮し、FRP 橋では箱桁橋、鋼橋では非合成 I 桁橋とした。FRP 箱桁には、座屈等防止のための隔壁を橋軸方向 5m 間隔で設けることとした。なお、FRP は、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）および、GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）の二種について検討を行った。設計条件一覧を表 1 に、一般断面図を図 1 に示す。

表 1 設計条件

項目	CFRP 橋	GFRP 橋	鋼橋
使用材料	CFRP	GFRP	鋼材 SM570 他
形式	10 室箱桁		I 桁
荷重	車道部：B 活荷重		歩道部：群集荷重
橋長	35.0m		
幅員	17.8m		
主桁高	1.5m		1.9m
床版	ハニカム構造 FRP (床版厚 5cm)		コンクリート (床版厚 24cm)
舗装	ゴム (舗装厚 3cm)		アスファルト (舗装厚 7cm)
高欄	FRP (中空：スキン厚 5mm)		コンクリート

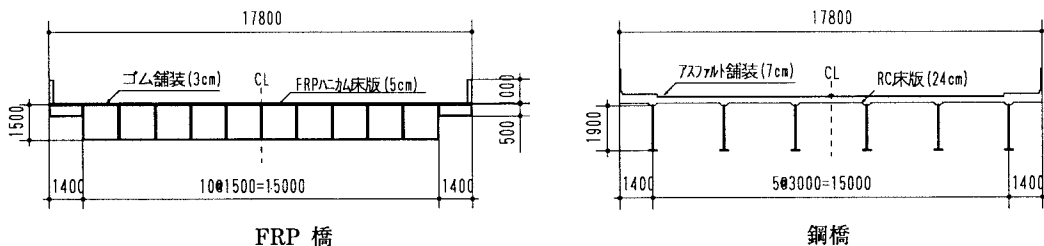


図 1 一般断面図

3. FRP 橋の断面検討

鋼橋との比較に先立ち、FRP 橋の最適断面について桁箱数、桁高、部材厚をパラメータとしたフレーム計算を実施し、圧縮応力、せん断応力およびたわみ量を算出した。ただし、計算にあたっては継手等の詳細部は考慮外とした。また、FRP の材料特性値は、「繊維強化プラスチック引抜材技術マニュアル」²⁾を参考に、安全率を暫定的に 10 と仮定して許容値を設定した（表 2 中に記載）。曲げ弾性率は実験結果³⁾を参考に、CFRP で 85GPa、GFRP で 20GPa とした。

キーワード FRP 構造材料，道路橋，断面算定

連絡先 *1 〒229-1124 相模原市田名字曾根下 3062-1 TEL 042-763-9511 FAX 042-763-9503

*2 〒305-0804 つくば市旭 1 TEL 0298-64-4892 FAX 0298-64-4464

*3 〒104-0061 東京都中央区銀座 2-11-8 TEL 03-3543-1531 FAX 03-3543-1536

CFRP 橋の部材厚をパラメータとした計算結果例を図2に示す。鋼橋の場合、上記設計条件下での最大たわみは 51mm（許容たわみ量 59mm）であり、FRP 橋では高引張強度等の材料特性を活かそうとすると、たわみがかなり大きくなることがわかる。しかし、FRP 橋では許容たわみ量は規定されておらず、また、床版に FRP、舗装にゴムを用いることから、コンクリート舗装の疲労等を考慮するための鋼橋の許容たわみ値を適用することは適切でない。そこで、許容たわみ値については今後の検討課題とすることとし、本稿ではたわみ量に制限は設けず、材料特性を活かす断面について検討を行うこととした。

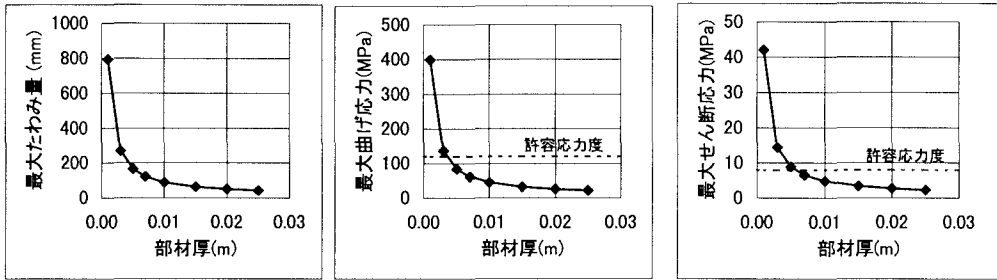


図2 CFRP 橋の部材厚をパラメータとした計算結果

4. FRP 橋と鋼橋の比較

鋼橋の計算は既往の計算例²⁾を参考にした。FRP 橋は断面検討結果より、箱数 10 室、桁高 1.5m の断面を採用することとした。この場合の最小部材厚は、CFRP で 7mm、GFRP で 12mm であり、フランジ厚 32mm、ウェブ厚 9mm の鋼材に比べ遜色ない断面であった。計算結果をまとめて表2に示す。これより、FRP 橋は鋼橋と比べると使用材料量は 1/2～1/4 であることがわかる。FRP 材は鋼材に比べて材料単価が高価であるが使用材料量が少なくすみ、また、FRP 橋では上部工死荷重が鋼橋の約半分であることから、重機・仮設材や下部工構造の低減等によるトータルコストの低減が可能と考えられる。さらに、FRP 橋の維持管理頻度は鋼橋に比べて少なく、ライフサイクルコストを考慮した場合には構造材料として経済的に成立しうる可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

FRP を構造材料として利用する可能性について検討するため、道路橋の試設計を行い鋼橋と比較した。その結果、ライフサイクルコストを考慮した場合には構造材料として経済的に成立しうると考えられる結果となった。今後は、許容たわみ値の設定や部材の接続方法等、設計施工についての詳細な検討が必要と考えられる。

なお、本研究は、建設省土木研究所指定機関公募型共同研究「繊維強化プラスチックの土木構造部材への適用に関する研究」の一環として行った。

表2 断面および使用材料量の比較

項目	鋼	CFRP	GFRP
断面 (mm)	Flg 470×32 Web 1900×9	部材厚 7	部材厚 12
最大たわみ (mm)	51	123	342
許容たわみ(mm)	59	—	—
最大曲げ応力(MPa)	248.8	61.9	40.3
許容曲げ応力(MPa)	255	120	45
最大せん断応力 (MPa)	4.1	6.6	4.3
許容せん断応力 (MPa)	147	8	5
単位体積質量(tf/m ³)	7.85	1.5	1.9
材料量 (tf)	123.7 (100)	32.8 (26.5)	60.3 (48.7)

()内は鋼材量を 100 とした場合の材料量

参考文献 1) たとえば, Bridges are best at SPI, Reinforced Plastics April 1997, Vol.41, No.4, pp.72-78.

2) 繊維強化プラスチック引抜材技術マニュアル, 強化プラスチック協会, 平成8年

3) 繊維強化プラスチックの土木構造部材への適用に関する共同研究資料

4) 山寺徳明ほか: 土木構造物設計計算例シリーズ ①鋼桁橋の設計計算例, 山海堂, 平成5年