

I-A9

炭素繊維強化プラスチックを用いた吊橋の概略設計について

土木研究所 化学研究室 明嵐政司

西崎 到

木嶋 健

1. はじめに

繊維強化プラスチックの構造材料としての適用事例⁽¹⁾は増えつつある。その多くは、繊維強化プラスチックの耐食性に着目したものである。一方、繊維強化プラスチックには、比強度が大きいという特性もあるので、長大橋への適用可能性も有力である。本文では炭素繊維強化プラスチック（以下 CFRP と略す。）を長大橋へ適用するための設計を行った結果を報告するものである。設計に必要な材料特性は、著者らが従来から行ってきた材料耐久性試験等の結果を反映した。比較のために同じ規模及び構造形式の鋼材による長大橋の設計も行った。

2. 方法

基本寸法が図-1のような吊橋を従来の鋼材と CFRP を主要な構造材料とする設計を行った。表-1 にそれぞれの材料特性を示す。図-2 に横断方向の道路構成を示す。図-3 には補剛桁の断面を示す。基本的な設計方法は、「上部工設計基準（本州四国連絡橋公団）」、「明石海峡耐風設計要領（本州四国連絡橋公団）」、「重力式アンカレイジ設計要領（本州四国連絡橋公団）」等を用いた。

表-1 材料特性

	CFRP	鋼材
補剛桁	T800HB 許容応力度 102MPa 弾性率 64GPa	SS400 許容応力度 137.3MPa SM490Y 許容応力度 205.9MPa 弾性率 205.9GPa
主塔	T300 許容応力度 147MPa 弾性率 122GPa	SS400 SM490Y
ケーブル	T300 許容応力度 147MPa 弾性率 122GPa	メインケーブル 許容応力度 980MPa ハンガー 許容応力度 627.2MPa
単位体積重量	15.7kN/m ³	76.9kN/m ³

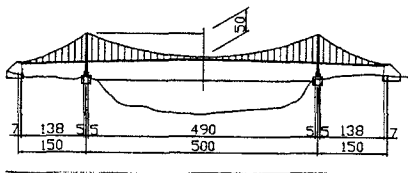


図-1 吊橋の基本形状（単位：m）

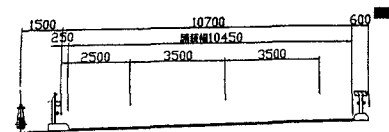


図-2 車道の構成（単位：mm）

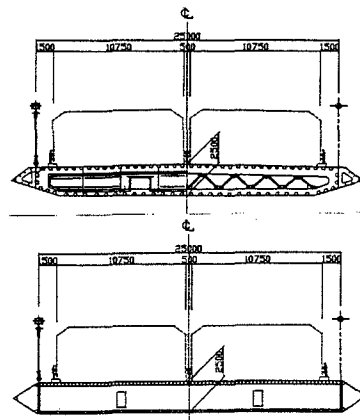


図-3 桁断面（上段：鋼橋、下段：CFRP 橋、単位：mm）

キーワード：FRP、橋梁

連絡先：土木研究所 材料施工部化学研究室、茨城県つくば市旭1、TEL0298-64-2871

3. 結果

上部工の概略設計の結果を表一2に示す。補剛桁の最大曲げモーメント（常時）は、鋼橋に比べると約30%程度大きい。最大曲げモーメント（暴風時）は両者ほぼ同程度となった。水平方向最大変位は鋼橋の約二倍程度となった。活荷重による鉛直たわみは、6m となって、道路橋示方書が定める許容値1.4m を大きく上回っている。ただし、道路構造例に規定されている自動車の走行性に影響を与えるほど大きなものではない。ケーブルの最大張力は、鋼橋の40%程度である。ケーブルの最大張力に対する死荷重の比は63%（鋼橋が76%）程度であった。ケーブルの断面積は鋼橋の25%になる。塔基部最大曲げモーメント（常時、暴風時）はほぼ同じ。塔基部最大軸力は、鋼橋の40%程度であった。CFRP 橋では死荷重の減少に伴うフラッター発生風速の低下が懸念されたが、ねじれ振動数が高くなったために照査風速63km/hを上回るフラッター限界風速が得られた。

表一2 上部工の概略設計結果

	項 目	単 位	CFRP 橋	鋼橋
補剛桁	死荷重強度	(tf/m)	5.72	15.8
	断面積	(m ²)	1.668	0.97
	活荷重時最大たわみ	(m)	6.04	1.56
	鉛直最大たわみ（常時）	(m)	6.44	2.27
	水平最大たわみ（暴風時）	(m)	8.82	4.85
	最大曲げモーメント（常時）	(tf・m)	8324	6504
	最大曲げモーメント（暴風時）	(tf・m)	21,275	22,091
ケーブル	断面積	(m ²)	0.0177	0.0736
	最大張力	(tf)	2820	6966
	死荷重時張力	(tf)	1770	5274
主塔	断面積	(m ²)	0.605	0.775
	最大塔頂変位	(m)	8.3	3.7
	最大塔基部曲げモーメント（常時）	(tf・m)	6149	7156
	最大塔基部曲げモーメント（暴風時）	(tf・m)	5696	6001
	最大塔基部軸力（常時）	(tf)	2666	6983
	最大塔基部軸力（暴風時）	(tf)	2447	5358
振動数	等価質量	(tf/m)	5.8	17.3
	等価極慣性モーメント	(tf・m ² /m)	437.0	1,434.0
	鉛直対称一次 f_v	Hz	0.171	0.206
	ねじれ対称一次 f_θ	Hz	0.883	0.534
	振動数比		5.164	2.592
	フラッター限界風速	(m/s)	123	162

鋼橋の主塔基礎は、最小寸法で形状が決定した。CFRP 橋では、橋軸方向の地震時の支持力により形状が決定した。鋼橋よりも2m 大きくなった。上部工の鉛直反力の低下によって、水平力によって生じる荷重の傾斜や偏心の影響が大きくなったためである。アンカレッジは鋼橋、CFRP 橋ともに構造上必要な寸法つまり最小寸法で形状が決定した。ただし、ケーブル張力が小さく、ストランド数が少ない CFRP 橋の方が、鋼橋よりも小さいアンカレッジとなった。

このような結果になったのは、基礎部分の地盤を CL 級岩とし、比較的堅固な地盤条件を与えたためである。CFRP 橋の死荷重強度は鋼橋の三分の一程度なので、地盤条件が劣悪になるほど基礎工も含めた橋梁下部工は有利になるものと推察される。

参考文献

- (1) 建設省土木研究所他、繊維強化プラスチックの土木構造材料への適用に関する共同研究報告書（I）
一次構造材料としてのFRPの適用事例調査：共同研究報告書 第210号：平成10年10月