

V-476

CFRPを外ケーブルに適用したPC橋の 載荷試験及びケーブル張力の長期測定

大成建設 正会員 細谷 学
大成建設 正会員 石川 育

1. はじめに つくでカントリークラブNo.8ホール橋は、橋長111.0m、支間長75.0mの一径間中央ヒンジラーメン橋である（図-1）。本橋梁は、全カンチレバーケーブル（内ケーブル）および全スパンケーブル（外ケーブル）に従来のPC鋼線の代わりにCFRPを適用している。新素材使用量、橋梁規模ともに新素材適用橋梁において世界最大規模である¹⁾。CFRPは、耐腐食性に優れており、外ケーブルとして用いた場合、既存橋梁の補修・補強や塩害を受けるPC構造物に最適な材料だと思われる。これまで、CFRPを外ケーブルとして実橋に適用した事例はなく、橋梁の力学的挙動、外ケーブルの振動および長期の張力変動に関するデータはほとんどない。本研究では、本橋梁の静的および動的載荷試験を実施して、橋梁の挙動や外ケーブルの振動特性および張力変動を把握し、CFRP外ケーブルの有用性について検討する。さらに、6カ月にわたる外ケーブル張力の長期測定を行い、長期的な材料特性を把握する。

2. 試験概要

(1)静的載荷試験 2tトラック4台（総重量19.7tf）を橋梁の中央部に載荷し、そのときの主桁変位を水準測量により測定した。また、同時に外ケーブルの張力をロードセルにより測定した。

(2)動的載荷試験 砂袋（重量20kgf）を橋梁の中央付近で落下させる衝撃加振法を行い、応答変位を測定して、モーダル解析により本橋の振動特性（固有振動数、減衰定数、振動モード）を把握した。同時に常時微動も測定して衝撃加振法の信頼性を確認した。また、外ケーブルハンマリング試験を実施し、外ケーブルに取り付けた加速度計の応答により、外ケーブルの振動特性を把握した。

(3)外ケーブル張力長期測定 外ケーブルに取り付けたロードセルにより、約6カ月間の張力変動を測定した。なお、2種類の外ケーブルの長さとは、それぞれ36.857m（外側ケーブル）、42.359m（内側ケーブル）である。

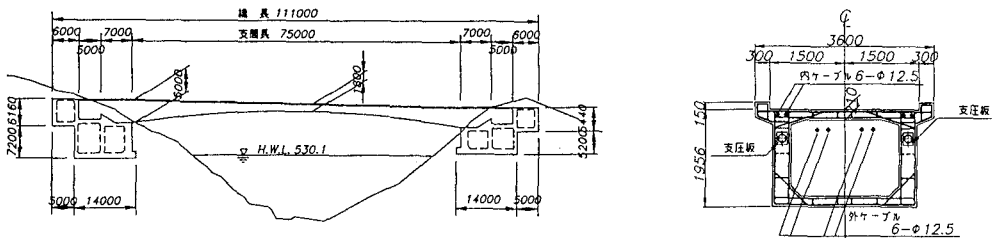


図-1 つくでカントリークラブNo.8ホール橋梁一般図

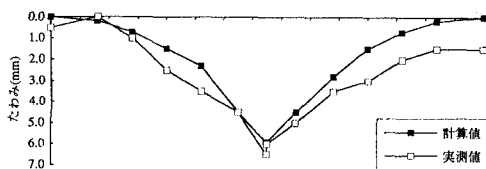


図-2 たわみ形状図

表-1 固有振動数と減衰定数

次数	固有振動数(Hz)		減衰定数(%)	振動モード
	実測値	計算値		
1	2.36	2.23	0.64	1次モード
2	6.21	6.81	2.21	2次モード
3	14.50	9.31	4.00	3次モード（ねじれ複合）
4	17.57	12.91	3.50	ねじれ1次モード
5	22.87	16.91	4.56	4次モード
6	24.88	19.38	0.18	5次モード

3. 試験結果と考察

(1)静的載荷試験 図-2にたわみ形状の計算値と実測値を示す。たわみ形状は計算値と実測値が、ほぼ一致している。本橋は、剛性が大きいため、変形量は小さいが、従来のPC鋼線をういた橋梁と同様の挙動を示しており、変形量も従来の方法で計算してもよいと考えられる。CFRPの弾性係数は、PC鋼線の約70%であるので、変形に伴う張力変動はPC鋼線に比べて減少するはずであるが、この程度の変形では張力変動は無視でき、測定値にも明確な張力増加は認められなかった。

(2)動的載荷試験 表-1にモーダル解析により得られた本橋の固有振動数、図-3に振動モード図を示す。低次モードは、計算値と実測値がほぼ一致したが、3次以上のモードでは計算値の方が小さい値となった。これは、加振力が小さいため、実橋の中央部がヒンジとして作動していないためと思われる。1次モードの固有振動数は2.36Hzであり、人間が早めに歩くと共振する可能性があるが、本橋の構造上、振幅が最大時でも約800 μ mと非常に小さく、橋梁の安全性、使用性には影響がない。

外ケーブルの固定点間隔は、橋と共振しないよう、7~8mにするのがよい²⁾が、本研究で用いたCFRPの場合、重量がPC鋼線の約1/5のため、間隔を20m程度にすることが可能である。しかし、本橋は橋台部と橋の中央付近の2点のみでケーブルを支持しており、固定点間隔は約40mあり、実測値を見ると、内側ケーブルの1次固有振動数が橋の2次に近く、共振する可能性がある。表-2にケーブルの固有振動数を示す。振動実験より、たとえ共振しても外ケーブルの張力変動や振幅は非常に小さく、ケーブルの安全性、使用性には問題ないと判断できるが、共振を防ぐため、橋梁の1/4点付近の横桁で、ケーブルを支持して、固定点間隔を約20mとすることを検討している。

(3)外ケーブル張力長期測定 本研究で用いたCFRPは、PC鋼線に比べて弾性係数が70%、線膨張係数が1/20、リラクセーションが1/2であるため、張力変動はPC鋼線よりかなり小さいと予想される。図-4に外ケーブルの張力変動を示す。張力の減少は、外側ケーブルで1.5%程度、内側ケーブルで1.0%程度であり、張力はほとんど減少していない。また、変動も小さく安定している。また、主桁内部および外気温を測定したが、張力に対する影響は認められなかった。

FRPの中には、リラクセーションの大きいことが問題になっているものもあるが、少なくとも今回のCFRPの場合は、実測結果からもその心配はない。

4. おわりに 本研究により、CFRP外ケーブルの安全性が確認できた。また、CFRPの材料特性は、外ケーブルに適した材料であることがわかった。なお、外ケーブルの張力測定は今後も継続する予定である。

<参考文献>

- 1) 関・田中・細谷・濱田：炭素繊維線材を適用した飛翔橋の設計・施工、橋梁と基礎、Vol.27、1992
- 2) 古賀・富沢：アウトケーブル方式のPC橋梁—その現状と展望—、プレストレストコンクリート、Vol.31、No.1、1989

モード No. 1



モード No. 2



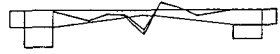
モード No. 3



モード No. 4



モード No. 5



モード No. 6



図-3 振動モード図

表-2 外ケーブルの固有振動数

外側ケーブル			内側ケーブル		
固有振動数(Hz)	減衰定数(X)	次数	固有振動数(Hz)	減衰定数(X)	次数
7.59	0.30	1次	6.11	0.25	1次
13.87	0.50	2次	11.92	0.80	2次
20.56	4.31	—	16.52	1.05	—
25.10	2.65	—	20.24	2.19	—
31.43	1.58	—	21.06	1.07	—

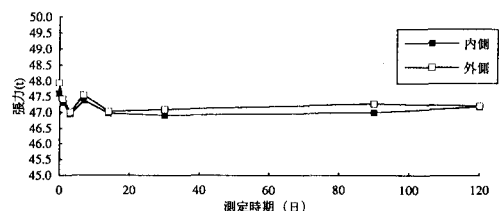


図-4 張力の長期測定結果