

炭素系連続繊維ケーブルを用いたゲルバーT桁橋の補強と検証

中央コンサルタンツ(株)福岡支店 正会員 ○荒毛 徹

永田 涼二

正会員 愛敬 圭二

正会員 柚 辰雄

1. はじめに

本橋は、昭和32年に竣工したゲルバーヒンジを有する5径間連続鉄筋コンクリートT桁橋(設計当時の活荷重: TL-20)である。B活荷重補強対策として、炭素系連続繊維緊張材(以下、CFRPケーブルと称する)を用いた外ケーブル工法による上部工補強設計を行った(図-1 補強全体対策図および図-2 主桁断面図参照)。

主桁外ケーブル補強材として、従来のPC鋼より線は適用された実績は多く、確立された補強工法であるが、CFRPケーブルを採用している事例は少ない。そこで補強効果の検証を行うため、補強前後の静的載荷試験とモニタリング計測(緊張力変動測定)を実施した。

今回、その試験計測結果を踏まえ、特殊材料であるCFRPケーブルを用いた補強事例を概要報告する。

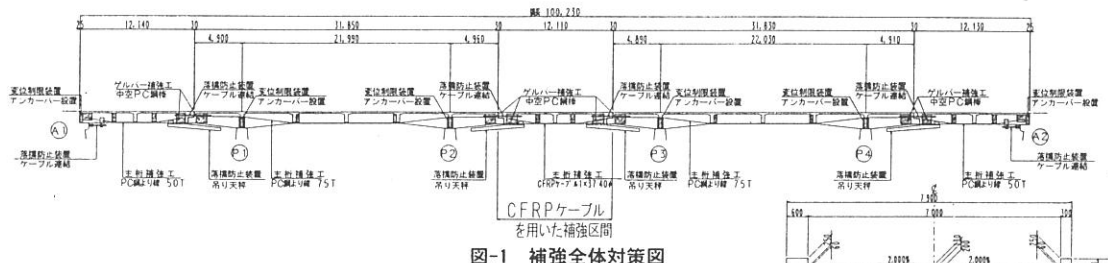


図-1 補強全体対策図

2. CFRPケーブルの特徴

CFRPケーブルは、連続繊維のPAN系炭素繊維と繊維結合材のエポキシ樹脂を使用して複合化し、より線状に成形した緊張材である(写真-1参照)。

CFRPケーブルの特徴として、素材特性については高強度、高弾性、低リラクセーションであり、また従来のPC鋼より線と比べ耐蝕性、非磁性に優れる。さらに、より線状にすることによる特性については、外ケーブルとしての曲げ上げ配置が可能になることや輸送の際にはコイル巻きが容易であり、長尺であっても軽量で取り扱いやすく、運搬や作業性の良いケーブルである。今回採用したCFRPケーブルの仕様を表-1に示す。

3. 静的載荷試験

試験方法は、補強工事前後における主桁鉄筋の応力度推移に着目し、主桁支間中央部(中央吊桁:P2-P3区間)の鉄筋にひずみゲージを取り付け、載荷試験車(20tダンプトラック)を載荷位置で停止させた状態で発生したひずみを測定した(図-3の静的載荷試験概要図を参照)。

他区間(端部吊桁:P4-A2区間)で、従来のPC鋼より線(50Tケーブル)補強箇所についても、比較参考データとして同様の試験を実施した。

試験結果は、CFRPケーブル補強後は載荷荷重による発生応力度が補強前に対して平均で45%の応力低減しており、同様にPC鋼より線についても25%の応力低減が図られ、補強効果が得られた(図-4の補強前後の実応力度を参照)。ここに、応力度改善の割合が異なるのは、各区間で使用した補強材料、設計引張力の違いにより発生したもので、CFRPケーブルの方がPC鋼より線よりも活荷重に対して1.5倍程度補強効果が高めであった。

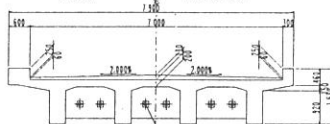


図-2 主桁断面図

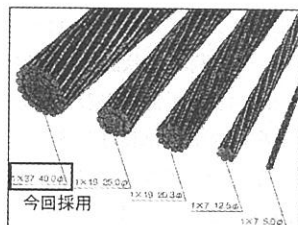


写真-1 CFRPケーブル(より線状)

表-1 CFRPケーブル仕様

項目	仕様
呼称: CFCC	1×37 40.0φ
直径(mm) [PE被覆後]	40 [50]
有効断面積(mm ²)	779.4
破断荷重(kN)	1 070 kN以上
単位質量(kg/m) [PE被覆後]	1.5 [2.5]

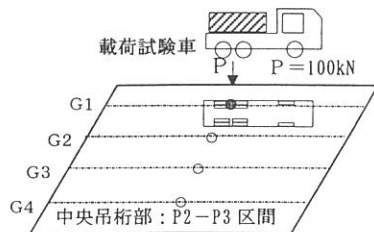


図-3 静的載荷試験概要図

4. モニタリング計測

緊張力測定方法は、CFRPケーブルの定着部に荷重計（ロードセル）を補強工事中に設置し、デジタルひずみ測定器を介して実施した。

今回の設計では、CFRPケーブルを中央吊桁の桁間に2本ずつ計6本採用しているが、G1桁とG2桁との桁間2本についてロードセルを4箇所設置した（図-5の荷重計取付け位置図および写真-2参照）。

測定結果は、緊張作業時（初引張と導入直後）と1ヶ月後、2ヶ月後、半年後を測定したデータではあるが、ジャッキ除去直後の4本の緊張力はほぼ均等であり、1ヶ月、2ヶ月後の測定データは若干の張力減少（約1.5%）が見受けられるが、設計引張力に対して余裕があり問題はない。

また、半年後（180日後）の測定データは、コンクリートとCFRPの線膨張係数が異なるため（CFRPケーブルはコンクリートの約1/20程度）、冬季から夏季への気温上昇により張力が増加する結果となっている（図-6のCFRPケーブル張力の経時変化参照）。

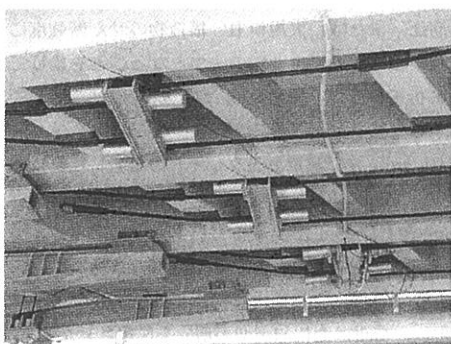


写真-2 CFRPケーブル施工状況 (P2-P3区間)

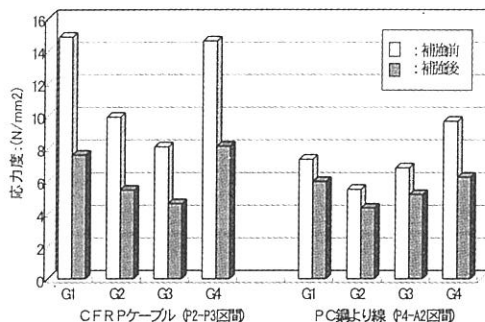


図-4 補強後の主桁応力分布

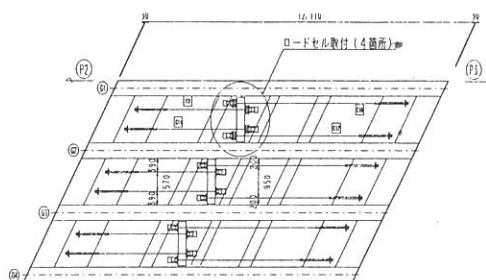


図-5 荷重計取付け位置図

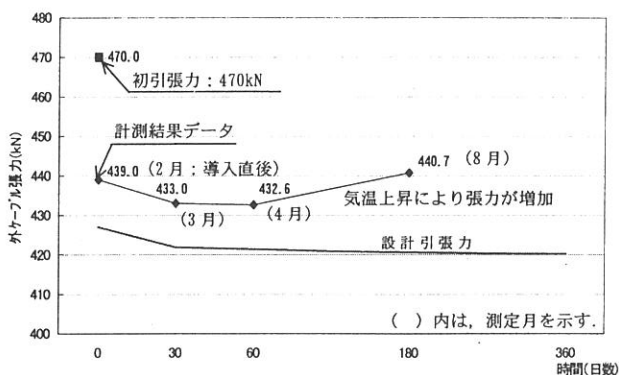


図-6 CFRPケーブル張力の経時変化

5. まとめと今後の課題

- ・ 静的載荷試験結果については、CFRPケーブルによる補強効果が確認された。また、従来のPC鋼より線に対しても補強効果の確認ができた。
- ・ ケーブルの長期的な張力変動に着目したモニタリング計測結果については、半年後の測定張力が気温上昇により増加しているが、補強効果は十分発揮されている。
- ・ 今後の課題として、夏季に測定した張力が増加した原因について、気温変化による張力変動であることを確認するため、1年後（冬季）の緊張力測定を実施する。
- ・ 性能の経年変化、長期的な性能を確認するため、モニタリング計測を3年後、5年後程度まで継続する。
- ・ 現状では、従来のPC鋼より線に比べ、市場性、経済性の面で課題はあるが、CFRPケーブルはPC鋼より線と比較して耐蝕性に優れるため、今後は塩害等の腐食環境の厳しい地域での採用が望まれる。

【参考文献】

土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針（案），1996年9月

阪神高速道路公社：連続繊維緊張材を外ケーブルに用いたPC桁補修・補強ガイドライン（案），平成10年3月