

塩害環境に長期暴露した CFCC を用いた PC 桁の静的載荷試験
—新宮橋—

技術本部	技術部	青山敏幸
名古屋支店	金沢営業所	小林和弘

1. はじめに

能登半島の日本海に面した外海側の沿岸部では、冬期における北西からの季節風に乗った飛来塩分の影響による塩害が問題になっていたことから、石川県の新宮橋において塩害劣化した鉄筋コンクリート床版橋を、世界で初めて炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Composite Cable, 以下, CFCC) を緊張材として用いたプレテンション方式単純床版橋に 1988 年に架け替えた. この新宮橋では, CFCC を緊張材として用いた PC 桁の終局時の破壊挙動や破壊荷重を調べるために, 同橋の施工時 (1988 年) に実物と同じ主桁を作製して破壊試験や, 使用時の主桁のたわみや CFCC のひずみ挙動を把握するために, 大型ダンプ 2 台を用いた載荷試験が行われ, 使用性が検討された. さらに, 対象橋梁では, 長期的な品質を確認することを目的として作製された, 実寸法の試験桁 2 本 (山側, 海側) を橋梁本体と横締めして一体構造として暴露しており, 施工後 6 年経過した時 (1994 年) に, そのうちの海側の試験桁に対して破壊試験を行い, 施工時との破壊荷重の比較や CFCC 本体の耐久性を確認してきた.

本研究では、新宮橋において、約 30 年間、実際の塩害環境下で長期暴露してきた山側の PC 桁を取り出した後に実施した静的曲げ載荷試験、曲げ載荷試験後の伝達長試験およびコンクリート中の含有塩分量試験の結果について報告する。

2. 新宮橋の概要

新宮橋の断面図を図-1 に、主桁の断面図を図-2 にそれぞれ示す。本橋は、石川県羽咋郡志賀町鹿頭に架設された橋長 6.1m、有効幅員は 7.0m のプレテンション方式単純床版橋である。主桁のスターラップ鉄筋には塩害対策として、D6 のエポキシ塗装鉄筋を、緊張材として $\phi 12.5\text{mm}$ 7 本より線の CFCC を 8 本用いてプレストレスを導入している。

3. 実験概要

3.1 静的曲げ載荷試験

試験は、支間 5.76m に対して、等曲げ区間 1.0m の 2 点載荷とした。測定項目は、支点変位、主桁変位、埋込みひずみ、コンクリート表面ひずみとした。

載荷方法は、最初に 35.4kN（設計荷重 35.3kN）まで載荷し、一旦 0kN に戻した後、ひび割れ荷重まで載荷し、再度 0kN に戻した後に、最終段階として破壊まで載荷した。

3.2 伝達長試験

CFCC とコンクリートとの付着力が低下し、緊張力の伝達

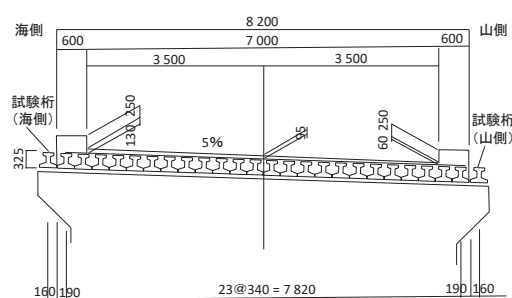


図-1 新宮橋の断面図

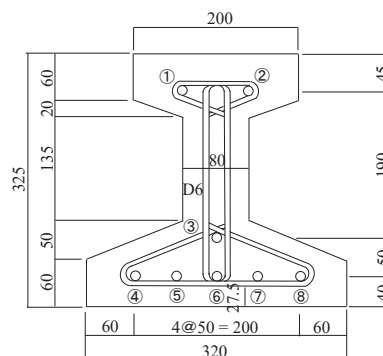


图-2 主桁断面图

長に変化が生じていないかを調べるために、伝達長試験を行った。本試験は、曲げ載荷試験後に主桁を支間中央で切断し、桁の中立軸を中心として、桁端部から 50mm 間隔の位置にひずみゲージを千鳥配置にて貼付した。次に、緊張材が配置されていない主桁ウェブのみを残して、ウェブと下フランジ境界およびウェブと上フランジ境界をウォールソーで切断し、切断前後のウェブコンクリートのひずみ変化を測定することで伝達長を把握した。

3.3 含有塩分量試験

曲げ載荷試験後に桁のウェブ側面および下面位置にてコア削孔を行った後に、10mm ほどの厚さにスライスした後、JIS A 1154 に準じて含有塩分量を測定した。

4. 実験結果と考察

4.1 静的曲げ載荷試験

静的曲げ載荷試験の荷重－変位の関係を図-3 に、今回の結果に加えて、ひび割れ発生荷重および破壊荷重の過去の実験値および設計値の結果を表-1 に、コンクリート圧壊後の PC 桁上縁部の状況を写真-1 にそれぞれ示す。

本載荷試験による破壊形態は、曲げひび割れ進展後、上縁コンクリートの圧壊であった。CFCCには降伏現象がないことから、CFCCが破断する前に上縁コンクリートが圧壊する破壊形態となるように設計されたものであり、設計通りの破壊であった。これは、施工時および施工後6年時の試験でも同じであった。

図-3に示す荷重－変位の関係から、設計荷重およびひび割れ荷重まで載荷して荷重を除荷してもほとんど残留変位は確認できなかった。また、本載荷試験と施工後6年時の結果は、ほぼ重なった結果であったが、施工後6年時に得られた結果に比べて破壊荷重は約6%低い値を示した。しかし、表-1に示すように施工時や設計値を上回っており、耐荷力としては問題ないと判断した。また、写真-1に示す載荷試験後のCFCCの状況から、コンクリートの圧壊によって上縁側のCFCCがねじれて破断していることがわかった。下縁側のCFCCにおいては、引張によるCFCCの破断は確認できなかった。

4.2 伝達長試験

下フランジ側を切断完了した時、上、下フランジを切断完了した時および上、下フランジを切断完了後16時間経過した時のそれぞれのひずみの変化を図-4に示す。道路橋示方書による伝達長は 65ϕ で定義されており、本橋の場合、812.5mmになる。それに対して、本試験の結果ではコンクリートひずみの値がほぼ一定となった400～500mmが伝達長であると考えられ、 65ϕ よりも小さな値となっていた。施工後6年時に行った試験でも同じ結果を得ており、CFCCとコンクリートとの伝達長に変化は認められなかった。

4.3 含有塩分量試験

測定結果をもとに、スターラップ鉄筋位置の塩化物イオン濃度を推定した結果、 6.0 kg/m^3 程度であると推定された。これは、鋼材の腐食発生限界濃度を大きく超えており、一般的な鋼材を用いていれば腐食していた可能性が高いものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、約30年間、実際の塩害環境下で長期暴露してきたCFCCを緊張材として用いたPC桁を対象として、静的曲げ載荷試験、伝達長試験、含有塩分量試験を実施した。以下に結論を示す。

- (1) 載荷試験の荷重－変位の関係から、本試験と施工後6年時の結果はほぼ同等の結果であったが、施工後6年時の破壊荷重に比べて約6%低い値を示した。しかし、施工時や設計値を上回っており、耐荷力としては問題ないと判断した。
- (2) 伝達長試験の結果、PC桁の伝達長は500mmとなっており、 65ϕ (812.5mm)よりも小さい値となっていた。また施工後6年時に実施した試験でも同様な結果となっており、CFCCとコンクリートの伝達長に変化は認められなかった。
- (3) 主桁下フランジ下面から採取したコアの含有塩分量を測定した結果、スターラップ鉄筋位置(かぶり27.5mm)で

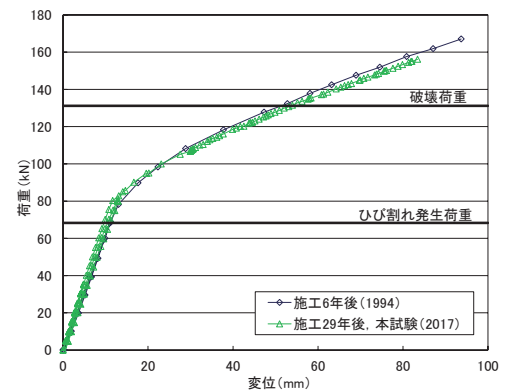


図-3 荷重－変位の関係

表-1 ひび割れ発生荷重と破壊荷重の比較

	ひび割れ荷重 (kN)	破壊荷重 (kN)
施工時(1988)	70.6	132.3
6年後(1994)	98.3	167.1
29年後(2017)	82.8	157.0
設計値	68.3	131.2



写真-1 圧壊時のPC桁上縁部の状況

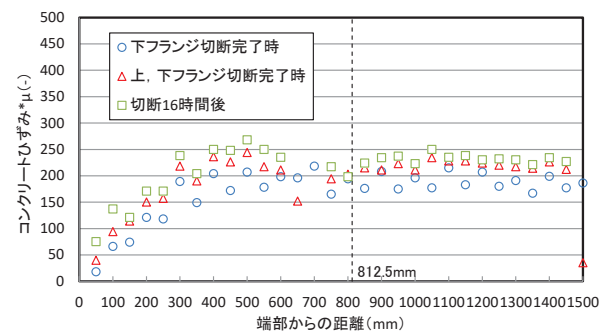


図-4 ウェブコンクリートにおける伝達長の変化

は約 6 kg/m^3 の塩化物イオン濃度と推定された。

謝辞

本研究は、戦略的イノベーション創造プログラム（研究課題：コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発，研究責任者 鳥居和之）の研究開発の一環として実施したものである。関係各位に深く感謝致します。

Key Words: CFCC, PC 桁, 塩害, 耐荷力, 耐久性



青山敏幸



小林和弘