

炭素繊維複合材ケーブルのプレストレス導入方法および管理方法

オリエンタル白石(株) 正会員 ○東 洋輔
 オリエンタル白石(株) 正会員 渡瀬 博
 オリエンタル白石(株) 井隼 俊也

1. はじめに

塩害の抜本的対策として、腐食しない非鉄材料による PC 床版構造を提案し、緊張材として炭素繊維複合材ケーブル（以下、CFCC）を橋軸直角方向および橋軸方向の 2 方向に配置した CFCC スラブを開発した。CFCC スラブにおける橋軸方向のプレストレスは、ポストテンション方式を採用している。通常、ポストテンション方式はくさび式定着具を用いることで、プレストレスが部材に導入されるが、CFCC スラブの場合、定着具のウェッジにより CFCC に対して局部応力が作用し、破断に至る可能性が高くなる。そこで、本検討は CFCC に対するプレストレス導入方法の開発、導入時の管理方法の確立を目的とした。

2. 軸方向 CFCC の緊張およびプレストレス導入方法

橋軸方向 CFCC の緊張方法について補足する。緊張端部は図 1 に示すように、CFCC 端部に配置する鋼製ソケットは膨張剤で一体化される。緊張時、鋼製ソケットは緊張ロッドと接続されジャッキを用いて CFCC に緊張力が与えられる。この緊張力は鋼製ソケットに配置する定着ナットおよびチェアーを介して緊張力が保持され、その後充填される PC グラウトにより部材と CFCC が一体化される。そして、部材へのプレストレスの導入は端部の固定状態を開放することで行い、プレストレスは CFCC と PC グラウトの付着せん断応力により抵抗し導入する機構である。

3. 実験概要

導入方法として幾つかの方法を適用し、定着長を評価することで導入方法を決定した。供試体は H210×W220×L2500mm で、断面中央に φ38mm の PE シースを配置し、CFCC を配置した（図 2）。コンクリートは 60-12-20H（W/C=37%，SL=12cm，Air=4.5%，PE 繊維 Vol.0.5%）とし、PC グラウトは超低粘性型（W/P=35%）とした。CFCC は φ17.2 の 7 本より線で、269.5kN（保障破断荷重の 0.7）の緊張力を与え

キーワード CFCC，定着長，プレストレス

連絡先 〒321-4367 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘 5 オリエンタル白石（株）技術研究所 TEL 0285-83-7921

た。定着長の評価は供試体側面に設置したひずみゲージから導入時のひずみを評価した。

導入方法は、①チェアー一部の CFCC をディスクグラインダーで切断する方法、②ジャッキを用いて所定緊張力の 95%まで再緊張し定着ナットをレンチで弛緩させ、ジャッキの油圧を減圧し導入する方法、③センターホール型トルクレンチ（以下、トルクレンチ）により定着ナットを弛緩し導入する方法（図 3）の 3 種類とした。トルクレンチは定着ナットを回転弛緩するため、治具を用いて鋼製ソケットおよび支圧板から回転反力を確保する機構で、機器構成が簡潔で施工性が良い。なお、導入速度および PC グラウト強度が定着長に及ぼす影響を把握するため、導入時間は切断による場合を除いて 6 秒～18 分、導入時の PC グラウト圧縮強度を 22～110N/mm²とした。

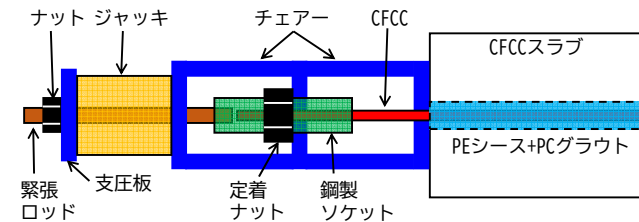


図 1 軸方向 CFCC の緊張方法概要

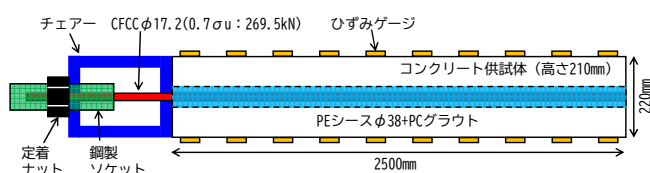


図 2 供試体概要（ひずみゲージ位置は省略）



図 3 トルクレンチによる導入方法

4. 実験結果

供試体端部からの距離を CFCC 直径で除したものとプレストレス有効率（導入直後のひずみを導入直前のひずみで除したもの(%)）の関係を図4に示す。

道路橋示方書では PC 鋼より線の定着長は直径の 65 倍と定義され、CFCC においても定着長 65φ を満足するかを評価した。結果から、供試体端部からプレストレス有効率が 95%以上で区間を定着長として扱うと、切断水準とジャッキ/トルクレンチ水準とで大別される。切断水準は定着長が 85φ 以上、かつ PC グラウトの強度と定着長との関係に依存性がないため、切断による衝撃力が定着長を大きくしたと考えられる。次に、静的な導入方法であるジャッキおよびトルクレンチ水準で比較する。基本的に PC グラウト強度 30N/mm² 以上の条件下であれば、導入時間にも影響を受けるが定着長を満足し、導入速度が速い“ジャッキ 70N6s”であっても定着長 65φ を満足した。

5. 導入の管理方法の提案

CFCC プレストレス導入時の定着長 65φ を管理するため、PC グラウト強度および付着応力度と導入時間の関係に着目した管理方法を提案する。CFCC の定着長における平均付着応力度 τ_{65} は式 1 より求まる。

$$\tau_{65} = 0.7P_u / (65\pi\phi^2) \quad \text{式 1}$$

ここで、 P_u : CFCC の保証破断荷重、 ϕ : CFCC 直径。

定着長は導入時間に影響したため、導入時間あたりの平均付着応力度を平均付着応力度の時間変化率 K_{65} と定義して、式 2 より求める。

$$K_{65} = \tau_{65} / T_{total} \quad \text{式 2}$$

ここで、 T_{total} : プレストレス導入時間。

実験値から K_{65} を求めるため、 T_{total} は導入ひずみの変化量が最速となる時間において、線形的に変化する区間を取り出し、導入終了まで継続するものとした。例えば、図5にジャッキやトルクレンチによる導入経過時間とコンクリートひずみの変化（変化量の大きい 9φ 位置）を示すが、最速導入時のひずみ変化（ $\varepsilon_2 - \varepsilon_1$ ）が最終の導入ひずみ（ ε_3 ）まで継続するように扱い、安全側の評価とした。上述した内容を反映した実験値から K_{65} を求める式は式 3 となる。

$$K_{65} = \tau_{65}(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (\varepsilon_3 \cdot T_{max}) \quad \text{式 3}$$

ここで、 T_{max} : 最速導入時の時間

定着長を評価した実験値を基に、式 3 から求めた K_{65} と CFCC に作用する付着抵抗応力 $f_g^{2/3}$ (PC グラ

ウトの強度の 2/3 乗) の関係を図6に示す。今回定着長を評価した全ての結果を示すが、定着長 65φ を満足するのは図6“○”で、破線はその限界領域を示し、破線よりも下に位置すれば、定着長 65φ を満足する PC グラウト強度かつ導入速度であることを意味する。よって、衝撃が伴う切断方法は定着長 65φ 以上となり、ジャッキやトルクレンチなどの静的な導入方法で満足することがわかる。以上から、CFCC スラブでは簡潔で施工性の良いトルクレンチで導入し、PC グラウト強度を 60N/mm² 以上として管理を行う（図6“●”）ことで、定着長を安定して確保する。

6. まとめ

CFCC をポステン形式で定着する際のプレストレス導入方法と定着長との関係を整理し、PC グラウト強度および平均付着応力度の時間変化率で定着長を管理する方法を提案した。

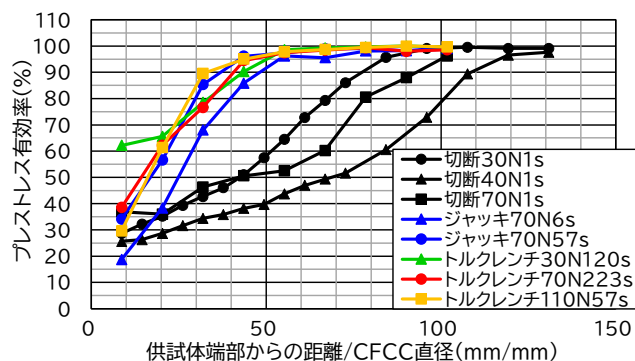


図4 供試体端部からの距離とプレストレス有効率

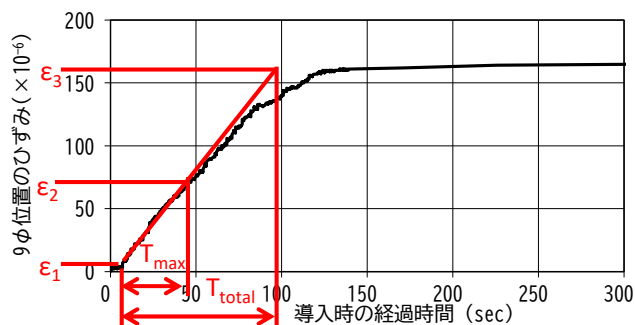


図5 導入時の経過時間とコンクリートひずみ変化

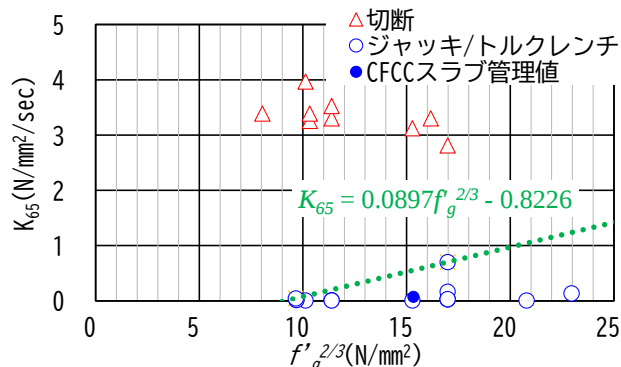


図6 $f_g^{2/3}$ と K_{65} の関係