

## 緩衝材を用いた炭素繊維シート接着工法で補強された実橋桁の載荷試験

清水建設(株) 正会員 前田敏也<sup>1)</sup>新日本石油(株) 正会員 小牧秀之<sup>2)</sup>(株)東邦アーステック 正会員 藤間章彦<sup>3)</sup>北海道大学大学院 正会員 佐藤靖彦<sup>4)</sup>

## 1. はじめに

設計荷重の増加や塩害等による劣化に対し、コンクリート桁の耐力の向上を目的として炭素繊維シート（以下 CFS）接着工法が用いられている。しかし、これまでに CFS を接着して行われた梁の載荷試験結果によると、終局時に CFS がはく離を生じるため、十分な補強効果が期待できないことが報告されている。

本報では、CFS のはく離を抑制する目的で開発された緩衝材を用いた CFS 接着工法<sup>1)</sup>を、架設後数十年を経て撤去された実橋の鉄筋コンクリート(RC)桁に適用し、その効果を確認した。すなわち、実橋から切出された主桁の下面に CFS を接着して曲げ補強を行い、その後載荷試験によって荷重、変位、CFS のひずみ等を計測し、小型梁で得られた緩衝材のはく離抑制効果が実橋でも発揮できるかの確認を行った。

## 2. 試験の概要

試験体および材料物性を図-1、表-1 にそれぞれ示す。試験体は、フランジ幅 1.55m、ウェブ幅 0.5m、桁高 1.0m、長さ 15.8m の RCT 桁である。主桁は供用中に塩害による劣化を受けており、ウェブ下部には鉄筋腐食に起因する橋軸方向のひび割れが発生していた。このため、CFS による補強に先立って劣化部のコンクリートを除去し、鉄筋の錆落しを行った後、無収縮モルタルにより断面修復を行った。断面修復後、プライマー塗布およびパテによる不陸修正を行い、厚さが 0.5mm となるように緩衝材(柔軟性エポキシ樹脂)を塗布し、エポキシ含浸接着樹脂を用いて目付 400g/m<sup>2</sup>の高強度タイプ CFS を橋軸方向に 2 層接着した。

試験体の支持は単純支持とし、支間長は 14.66m とした。また、載荷は 2 点単調静的載荷とし、荷重、中央変位および CFS のひずみを測定した。図-2 に試験概要を示す。

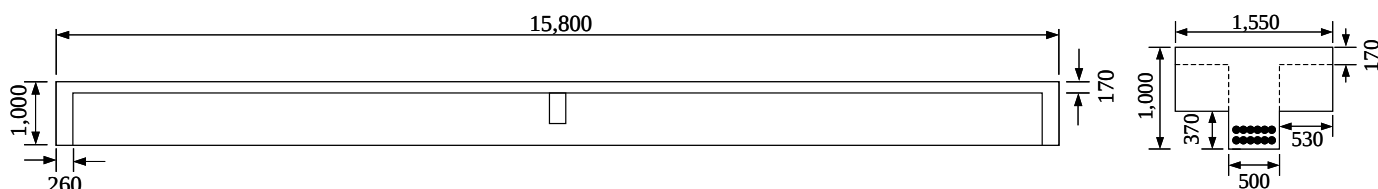


図-1 試験体概要

表-1 材料物性

| 材料                            | 材質・物性       |                                      |
|-------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| CFS<br>(400g/m <sup>2</sup> ) | 引張強度        | 3,400N/mm <sup>2</sup>               |
|                               | 引張弾性率       | $2.45 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup> |
| 緩衝材                           | 引張強度        | 1.7 N/mm <sup>2</sup>                |
|                               | 引張弾性率       | 1.0N/mm <sup>2</sup>                 |
|                               | せん断弾性率      | 1.0N/mm <sup>2</sup>                 |
|                               | 伸び率         | 123%                                 |
| 鉄筋                            | D38 (SD295) |                                      |
| コンクリート                        | 圧縮強度        | 24 N/mm <sup>2</sup>                 |

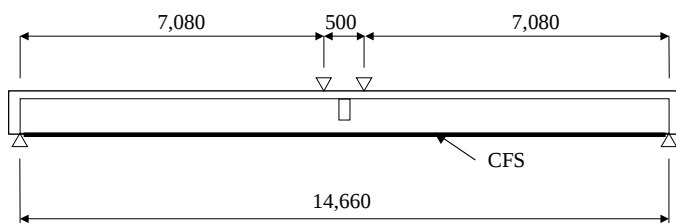


図-2 試験概要

キーワード：緩衝材，実橋桁，炭素繊維シート，付着，補強

1) 〒105-8007 東京都港区芝浦 1 - 2 - 3

Tel.03-5441-0186

Fax.03-5441-0512

2) 〒105-8412 東京都港区西新橋 1 - 3 - 1 2

Tel.03-3502-9247

Fax.03-3502-9369

3) 〒950-1123 新潟市黒鳥 1 4 3 7 - 1

Tel.025-377-2711

Fax.025-377-6820

4) 〒060-8628 札幌市北区北十三条西 8

Tel.010-706-7550

Fax.010-707-6582

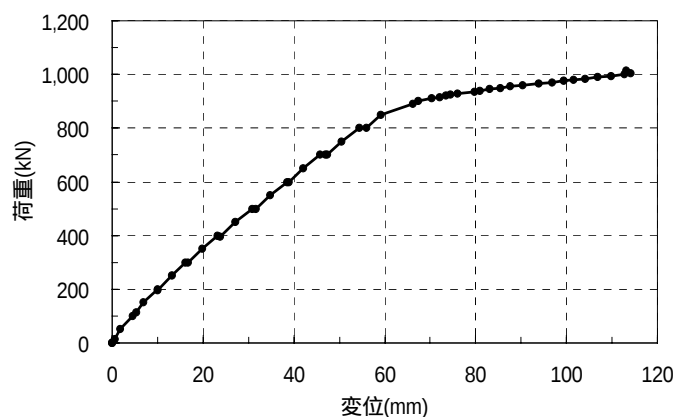


図-3 荷重 - 変位関係

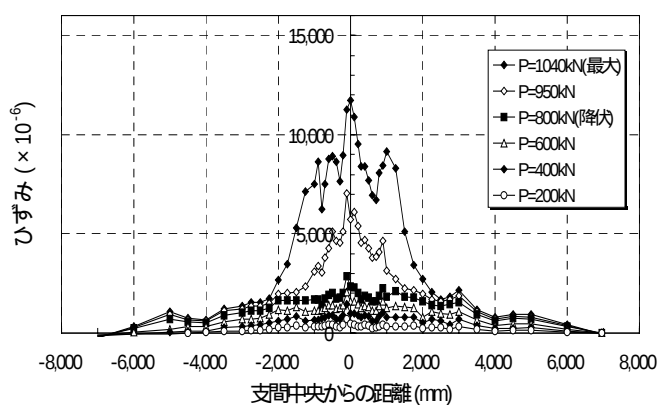


図-4 CFS のひずみ分布

### 3. 試験結果および考察

#### (1) 荷重 - 変位関係

図-3 に荷重 - 変位関係を示す。試験体は荷重 100kN 時から曲げひび割れが発生し始め、その後、一部のひび割れが載荷点に向かって斜め方向に進展した。また、荷重 800kN 時に部材が降伏し、最終的には荷重 1,040kN 時に圧縮側コンクリートの圧壊により破壊したが、CFS のはく離や破断は見られなかった。各材料の設計強度を用いて部分安全係数を全て 1.0 とし、CFS がはく離しないとした場合、コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>の計算式による曲げ耐力は 1,154kN であり、計算値と実験値は比較的よく一致していると考えられる。

#### (2) CFS のひずみ

図-4 に CFS のひずみ分布の変化を示す。CFS のひずみは、部材が降伏した荷重 800kN 以後大きくなり、最大荷重時におけるひずみは約  $12,000 \times 10^{-6}$  であった。連続繊維シート補修補強指針<sup>3)</sup>の計算式による CFS はく離時のひずみは約  $3,000 \times 10^{-6}$  である。これは、界面はく離破壊エネルギーを 0.5N/mm とした安全側の値ではあるが、緩衝材の効果によって CFS のはく離抵抗性が高くなっているものと考えられる。また、図-5 にファイバーモデルによる最大荷重時における CFS のひずみの計算値との比較を示す。ファイバーモデルでは CFS と桁を剛結とし、実験値と計算値の荷重 - 変位関係が一致するように部材の剛性を設定した。これらの結果から、計算による CFS の最大ひずみは  $14,000 \times 10^{-6}$  以上であるのに対し、実験値は  $12,000 \times 10^{-6}$  であり、また、桁中央付近におけるひずみの分布形状もなだらかであることがわかる。これは、小型梁を用いた試験結果<sup>1)</sup>でも見られたように、緩衝材の効果によって CFS の引張応力が広い範囲に分散されて応力集中が緩和されるとともに、ひずみ勾配が緩やかになって付着応力が低減され、はく離に対する抵抗性が高くなっているものと考えられる。

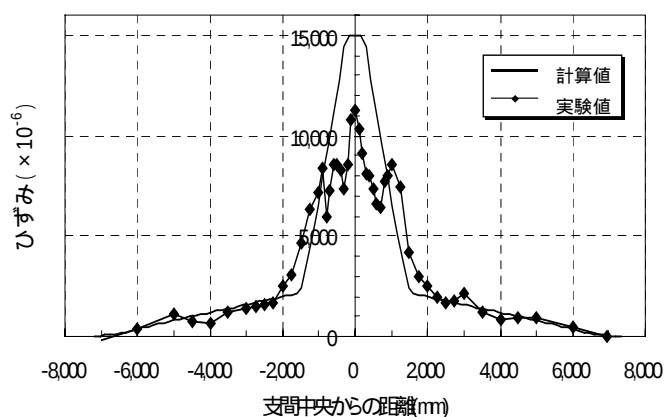


図-5 CFS のひずみ分布の比較（最大荷重時）

### 4. まとめ

実橋においても緩衝材を用いることで CFS のはく離抑制効果が期待できる。

補強後の曲げ耐力は計算値と比較的よく一致する。

#### 【参考文献】

1)前田敏也,小牧秀之,坪内賢太郎,村上千明:緩衝材を用いた炭素繊維シート接着工法の補強効果,コンクリート工学年次論文集,Vol.23,No.1,pp.817-822,2001年 2)土木学会:コンクリート標準示方書[設計編],平成8年3月 3)土木学会:連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針,平成12年7月