

## 鋼部材に対する炭素繊維プレートを用いた緊張力導入に関する実験的研究

ドーピー建設工業 (株)	正会員	○村上 英樹
ドーピー建設工業 (株)	正会員	安森 浩
日鉄コンポジット (株)		工修 小林 朗
日鉄コンポジット (株)		工修 立石 晶洋

### 1. はじめに

既設のコンクリート構造物の補強工法<sup>1)</sup>として、炭素繊維プレート<sup>2)</sup>の材料特性を最大限に活用した炭素繊維プレートの緊張工法を開発し、昨今、その適用<sup>3)</sup>が増えている。本工法の補強効果は、プレストレスによる、主に主桁の耐荷性やたわみの向上、ならびにひび割れの閉口による剛性の回復である。本工法の特徴は、1本あたりの補強量は小さいが、緊張材を補強面にほぼ接した状態で配置でき、定着部に特別な補強が不要なことであり、鋼構造物の補強への適用も期待されている。



写真-1 試験状況

そのため、本試験では、鋼部材としてH形鋼の試験梁を用い、下フランジに設置した炭素繊維プレート緊張材を緊張し、プレストレスの導入効果を確認した。炭素繊維プレート緊張材は、従来よりも緊張容量が大きく長さが異なる2本の緊張材を下フランジの中心に重ねて配置することにより、新たな緊張システム<sup>3)</sup>ならびに緊張材の多層配置の実用性を確認した。

### 2. 試験概要

#### 2.1 試験体

試験は、写真-1、図-1に示すH形鋼(400×400×9000)の下フランジの中央に長い炭素繊維プレート緊張材(L=7030mm)を先に緊張し、定着する。その後、長い炭素繊維プレート緊張材の下に短い炭素繊維プレート緊張材(L=3570mm)を重ね、緊張し定着する。なお、炭素繊維プレート緊張材は、中間定着体により炭素繊維プレートを3.0度程度偏向させて、固定プレートに定着した。

#### 2.2 計測項目

炭素繊維プレートの緊張において、主な計測項目は、①支間中央ならびに定着部のH形鋼のひずみ(ひず

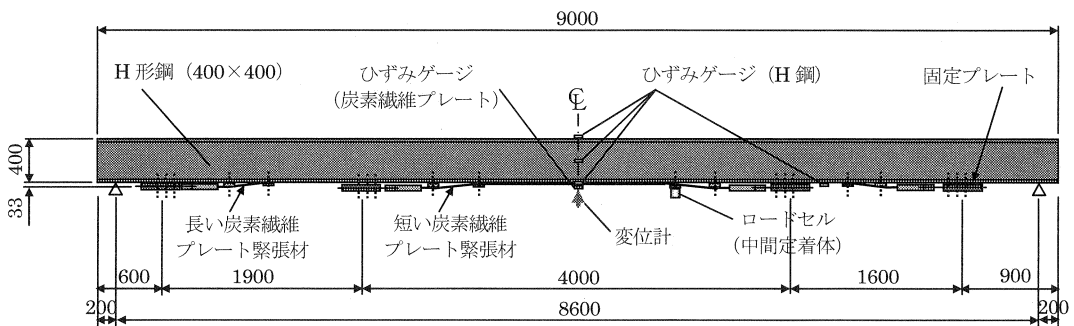


図-1 試験体の概要

みゲージ), ②支間中央の炭素繊維プレートへのひずみ(ひずみゲージ), ③支間中央のH形鋼の鉛直変位(変位計), ④中間定着体アンカーの引張力(ロードセル)である。計測は, 緊張ジャッキの電動ポンプのマノメーター示度により, 5MPa ピッチで行った。

2. 3 炭素繊維プレートの物性

本試験では, 従来の緊張材より 1.5 倍の耐力を有する 3mm × 75 mm の炭素繊維プレートの緊張材を使用した。炭素繊維プレートの物性を表-1 に示す。

2. 4 緊張ジャッキ

本試験では, 炭素繊維プレート緊張材が 360kN 型の緊張材であるため, 緊張ジャッキを新たに製作し, 緊張システムの実用性を確認した。360kN 型の緊張ジャッキの性能を表-2 に示す。緊張ジャッキは, 写真-2 に示すとおり, シリンダー部の中心とプレストレスを導入する爪部が 100mm 程度偏心した構造のジャッキである。そのため, シリンダー部に対して爪部のプレストレスの機械的損失は, 20.0%程度発生する。

表-1 炭素繊維プレートの物性

公称厚 <sup>*1</sup>	mm	3.0
公称幅	mm	75.0
引張耐力 <sup>*2</sup>	kN	360
ヤング係数	N/mm <sup>2</sup>	1.21 × 10 <sup>5</sup>

\*1: 2.0mm(炭素繊維プレート厚)+1.0mm(ガラス繊維, 敷布)

\*2: 引張耐力は, 炭素繊維プレート緊張材の引張耐力を示す。

表-2 緊張ジャッキの性能

揚 量	kN	400
ストローク	mm	65.0
圧 力	MPa	62.9
受 圧 面 積	cm <sup>2</sup>	63.62
必 要 油 量	ℓ	約 0.48
本 体 重 量	kg	約 34.0
ブ ロ ッ ク 重 量	kg	約 11.0

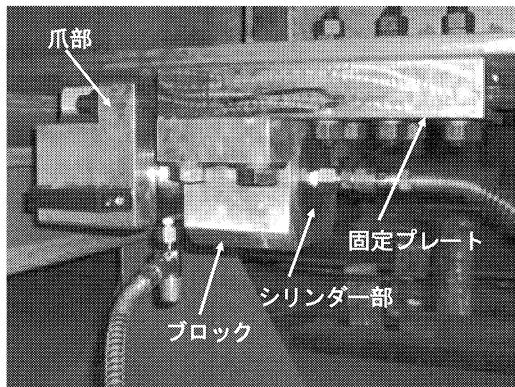


写真-2 緊張ジャッキ

3. 試験結果と考察

3. 1 プレストレスの導入効果

1) H形鋼のひずみ

各炭素繊維プレート緊張材は, 初期緊張力を 280.5kN で緊張した。H 形鋼の支間中央に発生する支間方向のひずみを表-3 に示す。解析値は, 炭素繊維プレートの計測ひずみにヤング係数と断面積を乗じて算出したプレストレス力とその曲げモーメントから算出した。H 形鋼の下縁の計測値は, 解析値に対して 95.0%前後の結果となり, 概ね想定したプレストレスの導入

表-3 支間中央のH形鋼のひずみ(μ)

	長い炭素繊維プレート緊張			短い炭素繊維プレート緊張		
	計測値①	解析値②	比率①/②	計測値①	解析値②	比率①/②
上縁	13.7	16.1	0.851	16.1	16.9	0.953
H/2	-48.3	-51.3	0.942	-39.8	-53.9	0.738
下縁	-113.7	-118.8	0.957	-114.2	-124.9	0.914

注) ひずみの符号は, 負が圧縮ひずみを示す。

表-4 支間中央の鉛直変位(mm)

	長い炭素繊維プレート緊張			短い炭素繊維プレート緊張		
	計測値①	解析値②	比率①/②	計測値①	解析値②	比率①/②
支間中央	3.1	2.9	1.069	2.5	2.4	1.042

注) 変位の符号は, 正が上向きの変位を示す。

効果を確認した。特に, 短い炭素繊維プレート緊張材の計測値が小さい要因は, 偏向力が下向きに発生する中間定着体が計測位置の近傍にあるため, 引張ひずみが発生し圧縮ひずみが低下したことによる。

## 2) 変位

H 形鋼の支間中央に発生する鉛直方向の変位について、表-4 に示す。解析値は、炭素繊維プレート緊張材の配置区間を考慮して、はり理論で算出した。計測値は、プレストレスの導入効果により上向きに変位し、解析値とほぼ一致していた。

### 3. 2 プレストレス量の変化

#### 1) 弾性変形によるプレストレス量の減少

本試験では、図-2 に示すように長い炭素繊維プレート緊張材を緊張後、その下に短い炭素繊維プレートを重ねて緊張し配置している。この配置方法により、複数の緊張材が狭いスペースでも配置でき、炭素繊維プレート緊張材の定着部に発生する引張応力が緩和される。

通常、先に緊張した緊張材のプレストレス量は、後から緊張される緊張材のプレストレスにより、部材が弾性短縮し減少する。この減少量を把握するため、短い炭素繊維プレート緊張材の緊張後に長い炭素繊維プレートのひずみを計測したところ、 $119.4\mu$  減少し、プレストレスの全ひずみに対して 1.4%であったため、その影響は極めて小さいことが判った。また、その時、H 形鋼の下縁のひずみが  $114.2\mu$  で長い炭素繊維プレートの減少ひずみとほぼ一致していることから、H 形鋼と長い炭素繊維プレート緊張材の一体挙動の確認ができた。

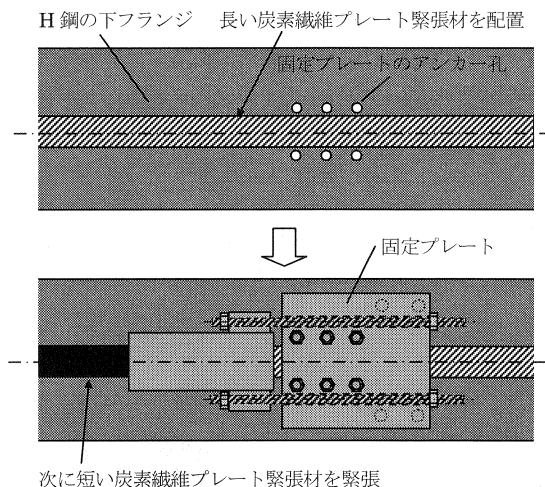


図-2 重ね配置 (短い炭素繊維プレートの定着部付近)

#### 2) プレストレス量の経時変化

本試験では、僅かな期間であるが、炭素繊維プレート緊張材の緊張後、プレストレスを開放せず 8 日後に炭素繊維プレートのひずみを再び計測した。炭素繊維プレートのひずみは、 $177.3\mu$  程度変化していたが、プレストレスの全ひずみに対して 2.0%程度の量であった。

### 3. 3 H 形鋼の定着部に対する影響

#### 1) 定着部の引張応力

炭素繊維プレート緊張材の定着部では、引張応力が発生するため、固定プレートの背面の引張ひずみを計測した。引張ひずみは  $15.0\mu$  前後であり、ヤング係数により応力換算すると、 $3.0\text{N}/\text{mm}^2$  程度の引張応力であることから、既往の応力状態に対して影響が小さいことが判った。しかしながら、実際の施工では、定着部のフランジ厚が薄いことから局部応力を緩和させるため、アンカーにトルシアボルトを用い、摩擦接合による定着を行うことにしている。

#### 2) 中間定着体に発生する引張力

炭素繊維プレート緊張材は、図-3 に示すように下フランジ下面より  $33\text{mm}$  離れた位置に定着するため、炭素繊維プレートを偏向する中間定着体のアンカーには引張力が発生する。そのため、ロードセルにより計測した結果、 $7.9\text{kN}$ /本発生し、解析値の  $7.1\text{kN}$  とほぼ一致していた。本工法は、1 本あたりのプレストレス量や偏向角度が小さいことから、中間定着体のアンカーに発生する引張力が低減され、部材に対する負荷は極めて小さい。

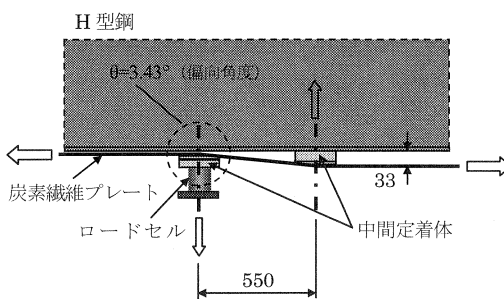


図-3 中間定着体に発生する引張力

### 3. 3 緊張管理

本試験では、360kN型緊張材の緊張用に緊張ジャッキを新たに開発したため、緊張システムの実用性を検証した。事前のキャリブレーションから緊張ジャッキの機械的損失が20.0%であり、初期緊張力の280.5kNと緊張材の伸び量の計算結果から緊張計画を行った。各炭素繊維プレート緊張材の緊張時に対して、電動ポンプのマノメーター示度と炭素繊維プレートの伸び量の関係を図-4に示す。マノメーター示度と炭素繊維プレートの伸び量の関係は線形であり、最終の緊張力と伸び量が計画値とほぼ一致していることから、現基準の管理範囲±10%以内で十分管理できることが判り、新たな緊張材360kN型の緊張システムの十分な実用性を確認した。

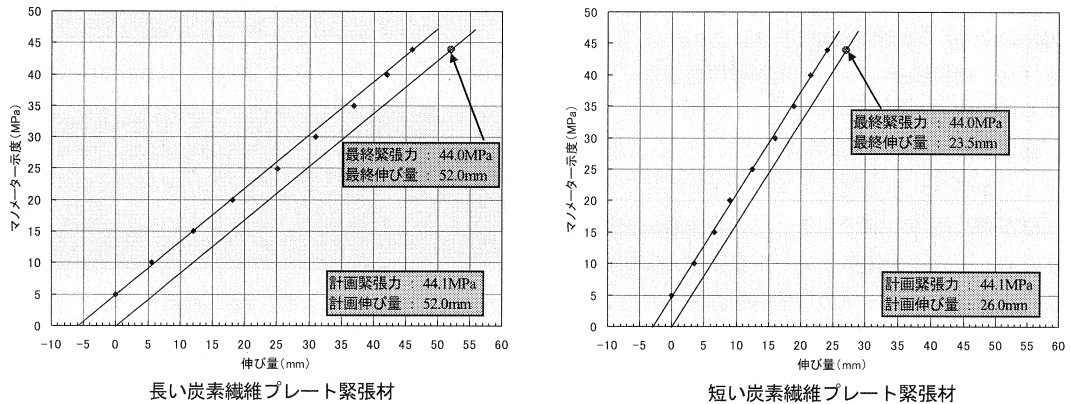


図-4 緊張結果

### 4. おわりに

本試験では、炭素繊維プレート緊張材をH形鋼の試験梁に配置し、プレストレスの導入効果とその影響を計測して鋼部材に補強効果と安全性を確認した。最近、240kN型の炭素繊維プレート緊張材が鋼橋補強に適用された例を写真-3に示す。

さらに、本試験により360kN型緊張材の緊張システムや緊張材の多層配置が概ね実用化されたため、安全で簡容なプレストレスング工法として、今後多様な既設構造物の補強に広く適用され、社会資本の維持に貢献できることに期待する。

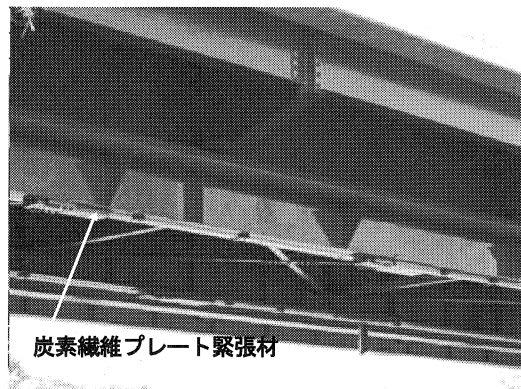


写真-3 鋼橋補強の適用例

### 参考文献

- 1) 濱田譲, 井上真澄, 小林朗, 高木宣章, 児島孝之: 緊張した炭素繊維プレートによる既設コンクリート部材の補強に関する研究, 土木学会論文集, NO. 711/V-56, pp. 27-44, 2002. 8
- 2) 坂本弘視, 藤田真実, 高橋秀樹, 鹿田泰史: 炭素繊維プレート緊張工法による調布高架橋(都計 213 橋)の補強, プレストレストコンクリート技術協会第13回シンポジウム論文集 pp. 477-480, 2004. 10
- 3) 安森浩, 高橋輝光, 濱田譲, 小林朗: 炭素繊維プレート緊張システムの開発, 第12回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 609-612, 2003. 10