

### 局部座屈したH形鋼短柱の炭素繊維シートを用いた補強方法に関する基礎検討

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 正会員 ○秀熊 佑哉 小林 朗  
ものづくり大学 正会員 大垣 賀津雄

#### 1. はじめに

近年、鋼構造物の補修・補強において、炭素繊維シートが注目されており、主に腐食した鋼部材の補強に使用されてきている。

また、腐食以外にも、炭素繊維シートを用いた座屈前の部材に対する補強<sup>1)</sup>や、熱変形した鋼桁のウェブの補強効果の研究<sup>2)</sup>も行われている。しかし、座屈した鋼短柱の検討は行われていない。そこで本研究では、地震等により座屈した構造物の補強を想定し、局部座屈したH形鋼短柱の炭素繊維シートを用いた補強方法に関する基礎的検討を行った。

#### 2. 試験概要

図1に示すようなH形断面の鋼短柱を使用して、一軸単調圧縮試験を実施した。試験は、同一試験体を用いて、健全な状態でウェブ、フランジが局部座屈し、荷重が低下するまで載荷、その後、そのままの状態ウェブの両面を炭素繊維シート補強し、さらに圧縮載荷を行った。

使用した材料は、鋼材：SS400（降伏点 315MPa）、炭素繊維シート（弾性係数 683GPa、設計厚 0.143mm）、鋼材と炭素繊維シートの間には、弾性係数 61MPa と低弾性なポリウレア樹脂パテを挿入している。炭素繊維シートの層数は、補強後のウェブの板厚が降伏先行となる 11.8mm となるように、剛性換算にて計算し片面当り 6層とした。

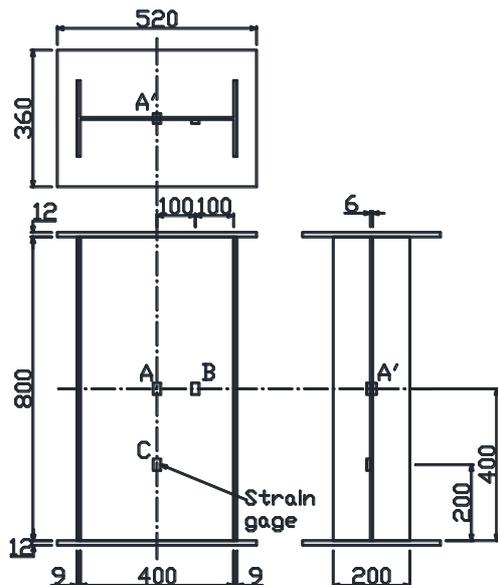


図1 H形鋼短柱試験体

#### 3. 結果と考察

図2に補強前の健全な試験体と、その後シート補強した試験体の荷重と鉛直変位の関係を示す。補強前の最大荷重は 1405kN で、補強後は 1412kN であった。補強前試験体は 1250kN で除荷しているため、補強により 160kN（13%）程度耐力が向上している。健全な状態に補強していれば 1901kN まで向上する計算であったが、一度目の試験後、最大で 18mm の面外変形が残った状態で補強したため、面外方向の残留たわみの影響で、健全と同程度の補強効果にとどまったと考えられる。

また、図2において補強後の鉛直変位に 700kN 辺りで傾きの変化が見られる。このとき、写真1に示す試験体の丸印箇所、曲率が大きくなる引張側で炭素繊維シートの破断が確認された。よって、シートの破断によりこの箇所の座屈が一気に進み、その後フランジが負担し持ち直したことが、傾き変化の原因と考えられる。

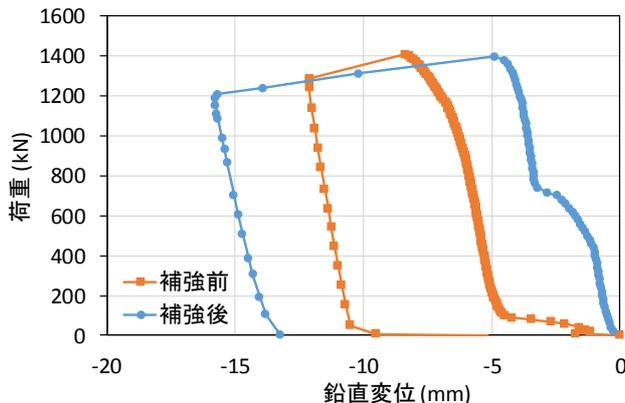


図2 補強前後の荷重と鉛直変位の関係

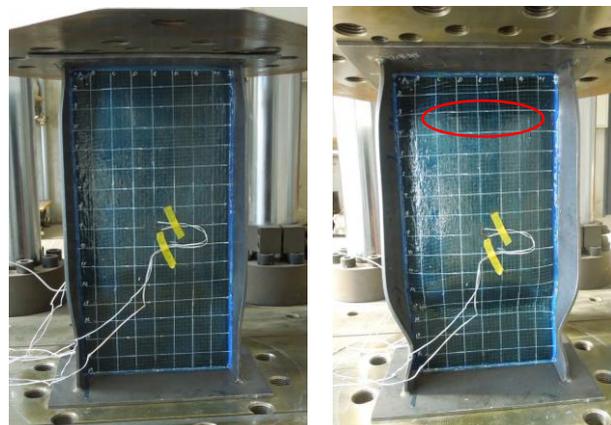


写真1 補強後の圧縮試験前後の試験体の写真

キーワード 炭素繊維シート, 鋼柱, 短柱, 局部座屈, 補強, 耐震

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-8 新日鉄住金マテリアルズ株式会社 TEL03-5623-5558

図3, 図4に補強前後の各ゲージの荷重-ひずみ線図を示す. また, 図5に試験体中心のウェブの面外たわみを示す.

図3の補強前試験体では, 初期は全体的に圧縮ひずみが増加していき, およそ950kNでウェブの局部座屈により, ひずみの傾きが大きく変化している. その後, 1405kNでフランジが局部座屈し荷重が低下した. ウェブの座屈は初期たわみの凸側であったゲージA側に発生し, 曲げの引張側となるゲージA, B, Cは+側へ, 圧縮側のゲージA'は-側へ傾きが変化している. ゲージCの変化が大きいのはS字の変曲点であったためと考えられる.

図4の補強後試験体では, S字の変曲点であるゲージC以外は補強理論値に近い傾きで圧縮ひずみが増加していき, シート破断が発生した700kN付近でひずみの傾きが変化している. その後, 面外変形の増大に伴い, 曲率が大きくなる箇所では引張側ではシート破断, 圧縮側ではシート座屈破壊が起こり, 1412kNでフランジの座屈変形が急激に進み変位が増大すると同時に荷重が低下した. 試験後にシートの剥離は確認できなかった.

炭素繊維シート補強試験体において, 低弾性のポリウレタ樹脂パテの追従性により, シート剥離は発生しなかったが, シートの破断, 圧縮破壊により面外変形が増大する結果となった. したがって, 補強量を増やすことによりさらに耐力が向上する可能性がある.

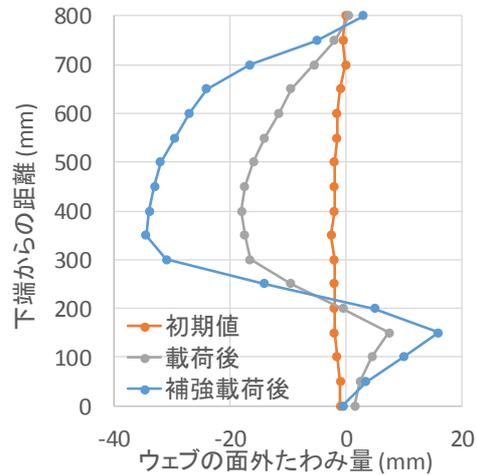


図5 試験体中心のウェブの面外たわみ測定結果

#### 4. まとめ

局部座屈後に炭素繊維シート補強したH形鋼短柱の圧縮試験から以下の知見が得られた.

- ・局部座屈したH形鋼短柱を炭素繊維シート補強することにより, 健全と同等まで耐力を回復することができた.
- ・補強効果は健全な状態に補強した理論値と比較して大きく下回った. その原因は, 面外変形による残留たわみが大きかったためと考えられる.
- ・炭素繊維シートは剥離ではなく, 破断や圧縮破壊により補強効果が低減した. 補強量を増やすことにより, さらに耐力が向上すると考えられる.

#### 5. 今後の課題

本研究から得られた知見より, 今後は以下の検討を行う予定である.

- ・局部座屈をある程度矯正し, 残留たわみを小さくした状態で炭素繊維シート補強を実施する. これにより健全な状態に補強した理論値に近い補強効果を確認する.
- ・炭素繊維シートの補強量を増加させ, 更なる耐力向上を確認する. ただしこの場合は, 残留たわみの大きさに対応した補強効果の評価方法が必要となるため, 合わせて検討する.

謝辞: 本研究を遂行するにあたり, ものつくり大学の石川真氏, 栗原大輔氏をはじめとする橋梁構造研究室の方々にも多大なご協力を頂いた. 厚く謝意を表す.

#### 参考文献

- 1) 秀熊, 小林, 宮下, 濱: 鋼橋における炭素繊維シートを用いた耐震補強工法の基礎研究, 土木学会第70回年次学術講演会, I-519, 2015.
- 2) 石橋, 中村, 仲野, 大住: 主桁ウェブ変形に対するCFRP補強の効果検証, 土木学会第70回年次学術講演会, I-613, 2015.

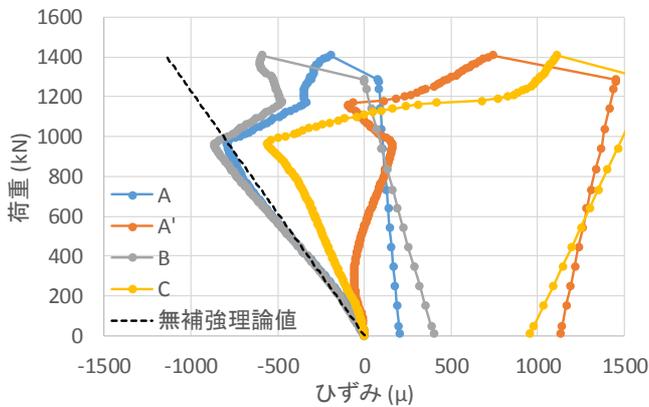


図3 補強前の荷重-ひずみ関係

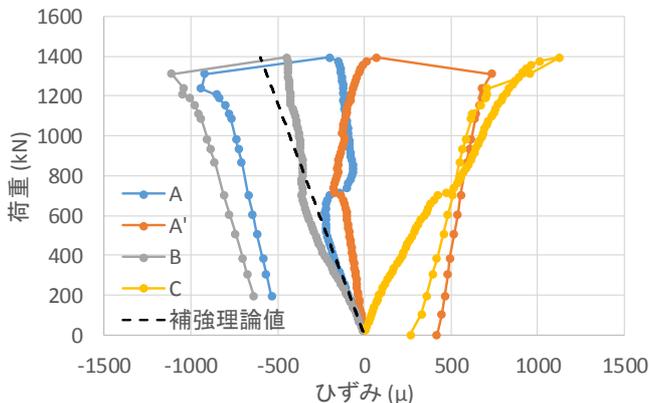


図4 補強後の荷重-ひずみ関係