

残留変形を有した鋼部材に対する炭素繊維シート接着工法の適用に関する実験的検討

長野工業高等専門学校 正会員 ○奥山 雄介

長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

新日鉄住金マテリアルズ 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

高速道路総合技術研究所 正会員 広瀬 剛, 原田 拓也

1. はじめに

橋梁をはじめとする社会基盤構造物では、老朽化が急速に進行しており、社会的なリスクが高まっている。これに伴う塗装塗り替え等の作業時における火災の発生による部材の変形などの事故も顕在化している。また、車両の衝突による変形も無視できない問題である。

そこで、本研究では、火災や車両衝突により変形を生じた鋼部材を対象として、鋼板添接・加熱矯正に替わる効率的な補修・補強工法の確立に向けた検討を行う。ここでは、残留変形量をパラメータとした圧縮試験を実施し、残留変形の大きさと強度低下の関係性を明らかにする。さらに同様の変形を与えた鋼板に対して、炭素繊維シートの積層数、補修方法の検討を行い、設計法の構築を目指す。

2. 試験概要

本研究では、(1) 試験体中央部の残留変形量、(2) 補修の有無、(3) 補修方法、(4) 補修量 をパラメータとし、全 11 の試験ケースを設定する。補修なしのケースでは 2 体、補修ありのケースでは 3 体の試験体を作製し、全 29 体の一軸圧縮試験を実施する。

試験に用いた鋼材は、鋼種 SS400 ($\sigma_y = 316 \text{ MPa}$)、寸法は長さ 1,250 mm、板幅 60 mm、板厚 9 mm の平鋼板である。試験体の概要図を図-1 に示す。この鋼板の中央部に残留変形を与える。残留変形は単純支持条件のもとで、一軸圧縮により塑性変形を与え、中央部の面外たわみが 10, 20, 30 mm となるように载荷を行った。それぞれ D10, D20, D30 と名付ける。次に、炭素繊維シートによる補修については、これまでの検討結果¹⁾ から、シートの積層数は片面 2 層（両面で 4 層）を標準とし、D10-R, D20-R, D30-R

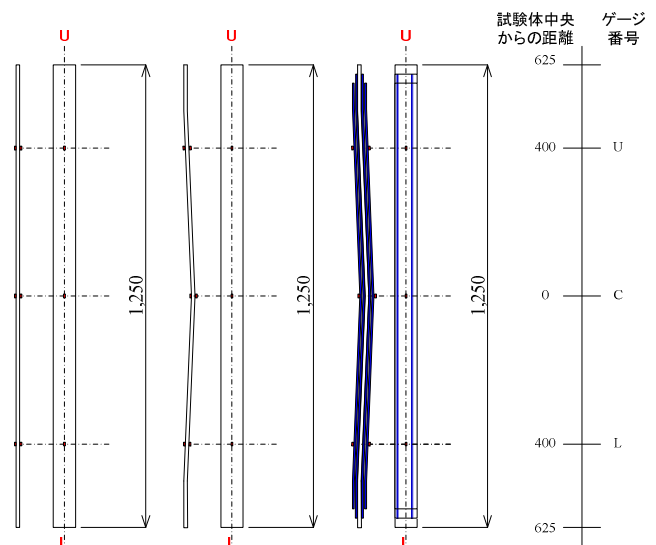


図-1 試験体形状

と名付ける。D30 については、積層方法の違いによる影響を見るために、引張側のみ補修した D30-RT および圧縮側のみ補修した D30-RC を用意する。さらに、積層数の影響について検討するために、片面 1 層（両面で 2 層）とした D30-SR および片面 3 層（両面で 6 層）とした D30-LR を用意する。炭素繊維シートの貼り付け方法については、高速道路総合技術研究所の設計施工マニュアル²⁾ の手順に従って施工を行う。

試験は、载荷容量 2,000 kN の圧縮試験機を用いて行う。試験体の両端に切削加工を行い、両端単純支持条件を満足するように载荷を行う。

3. 試験結果

試験により得られた最大荷重の一覧を表-1 に示す。これより、無補修のケースについてみると、残留変形量が大きくなるに従って、強度が低下していることが確認できる。本試験では、変形量 10 mm に対し

キーワード 炭素繊維シート接着工法, 変形, 鋼部材, 維持管理, 補修・補強

連絡先 〒381-8550 長野県長野市徳間 716 長野工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL. 026-295-7096

表-1 試験結果一覧

試験 ケース	最大荷重 [kN]				N に対する強度比	備 考
	1 体目	2 体目	3 体目	平均値		
N	4.49	5.67	-	4.49	1.000	2 体目は平均値に含まず
D10	3.98	4.12	-	4.05	0.902	無補修
D10R	6.59	6.56	6.44	6.53	1.454	補修有 (両面 4 層)
D20	3.74	3.78	-	3.76	0.837	無補修
D20R	6.05	6.02	6.19	6.09	1.356	補修有 (両面 4 層)
D30	3.52	3.50	-	3.51	0.782	無補修
D30R	5.43	5.45	5.39	5.42	1.207	補修有 (両面 4 層)
D30RT	4.81	4.74	4.86	4.80	1.069	補修有 (引張側 2 層)
D30RC	4.11	4.06	4.05	4.07	0.906	補修有 (圧縮側 2 層)
D30SR	4.45	4.42	4.45	4.44	0.989	補修有 (引張側 2 層)
D30-LR	6.56	6.86	6.78	6.73	1.499	補修有 (引張側 6 層)

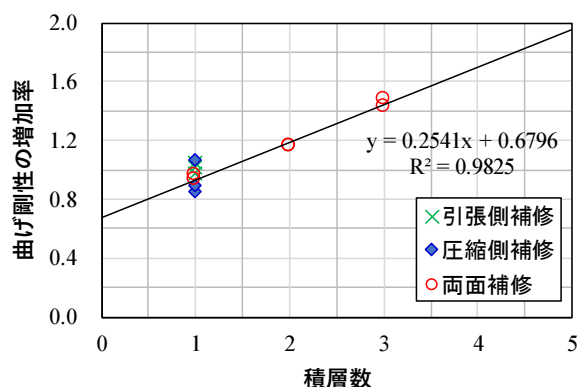
N のオイラー座屈荷重 $P_E=4.60$ kN

図-2 積層数と曲げ剛性の増加率

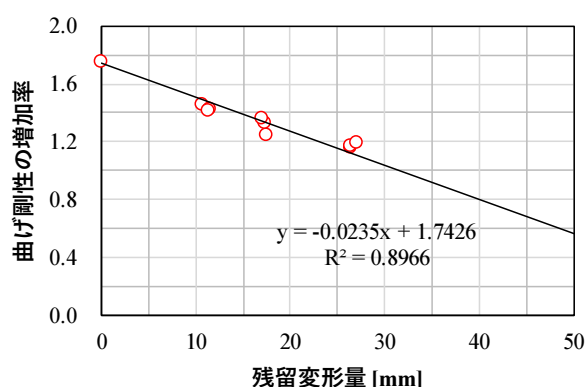


図-3 残留変形量と曲げ剛性の増加率

て 10 %, 20 mm で 16 %, 30 mm で 22 % の強度低下となる。

次に、シートの貼り付け位置について考察する。D30-RT の方が D30RC に比べ強度増加量が大きくなっていることが分かる。これは、引張側の方が中立軸からの距離が長くなり、D30-RC に比べ断面 2 次モーメントが大きくなるためと考えられる。

図-2 は、試験体中央の残留変形量が 30 mm の場合について、積層数(片面あたり)と実験から得た曲げ剛性の増加率の関係を示したものである。○が両面積層、×が引張側のみ積層、◇が圧縮側のみ積層したケースである。これより、両面積層とした場合には、積層数と曲げ剛性の増加には正の相関がみられる。

図-3 は、残留変形量と曲げ剛性の増加率の関係について示したものである。これより、健全な鋼部材に炭素繊維シートを積層した場合よりも、曲げ剛性の増加率が小さくなることが確認できる。また、その低下率は残留変形量に比例して大きくなっていることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、残留変形を生じた鋼部材に対する炭素繊維シート接着工法の適用性について検証するための基礎実験を行った。この結果、残留変形を有する鋼部材に対しても、炭素繊維シート接着工法は有効な手法であり、変形後の強度を健全時まで回復させることが可能であることを確認した。また、引張側にシートを貼り付ける方が剛性の改善には効果的であることを示した。今後、設計手法を構築するために、変形モードの異なる試験体を用いて、設計手法の一般化を図るとともに、有限要素法を用いたパラメトリック解析を実施する。

参考文献

- 1) 奥山雄介, 宮下剛, 小林朗, 秀熊佑哉: 残留変形を有する鋼部材への炭素繊維シート接着による補修工法に関する基礎検討, 第 71 回土木学会年次学術講演会, 2016.9.
- 2) 高速道路総合技術研究所: 炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法 設計・施工マニュアル, 2013.