

残留変形を有する鋼部材への炭素繊維シート接着工法の適用に関する基礎検討

長野工業高等専門学校 学生会員 ○岡田 健汰, 正会員 奥山 雄介
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛
 ものつくり大学 正会員 大垣 賀津雄
 新日鉄住金マテリアルズ 正会員 秀熊 佑哉, 正会員 小林 朗

1. はじめに

鋼構造物では、車両の衝突や火災時の温度上昇などによって、局所的な変形を生じることがある。これは、部材の強度低下に直接結びつくため、適切な対策が必要となる。このような問題に対しては、変形した部材を切り出し、新たに部材を添接する部材交換法や熱を加えて矯正する加熱矯正などの工法が用いられる。しかしながら、これらの工法は、局所的な変形であっても一定の架設機材が必要となるなど、施工が大掛かりなものとなってしまう。

そこで、本研究では、鋼部材の補修・補強に用いられ、腐食損傷に対しては、NEXCOにおいてマニュアル化されている炭素繊維シート接着工法に着目し、上述した問題に対する適用性を明らかにするための基礎検討を実施する。

2. 試験概要

本試験で使用した鋼板は、鋼種 SS400 (降伏応力 $\sigma_y = 320$ MPa), 寸法は長さ 1,250 mm × 幅 60 mm × 板厚 9 mm の平鋼板である。この鋼板の中央部に塑性変形を与え、そこに炭素繊維シートを貼り付け、一軸圧縮試験を実施し、補修効果を確認する。

試験ケースを表-1に基づいて説明する。試験ケースは健全な鋼板 (N と記す), 試験体中央部の残留変形を 10, 30, 50 mm としたケース (それぞれ D10, D30, D50 と記す), 一度 30 mm の塑性変形を与えた鋼板を矯正したケース (D30-D0 と記す) の 5 ケースである。残留変形を与えたケースについては、無補修の試験体が 1 体、炭素繊維シートで補修した試験体が 3 体の各ケース 4 体を実施する。以上より、全 17 体の試験体を作製し、一軸圧縮試験を実施する。

炭素繊維シートの貼り付けに関しては、上述したマニュアルに従って施工を行い、いずれのケースについても、炭素繊維シートの積層数は片面あたり 2 層とした。

表-1 試験ケース

試験体番号	変形量	炭素繊維シート積層数	N 数
N	0 mm	-	1
D10-N	10 mm	-	1
D10-2		片面 2 層	3
D30-N	30 mm	-	1
D30-2		片面 2 層	3
D50-N	50 mm	-	1
D50-2		片面 2 層	3
D30-D0-N	30 mm	-	1
D30-D0-2	→0 mm	片面 2 層	3

3. 試験結果

3.1 最大荷重

試験により得られた最大荷重を表-2に示す。健全な鋼板を用いた N についてみると、オイラー座屈荷重 ($P_E = 4.61$ kN) に対して、誤差が約-3.4%となっており、単純支持条件で試験が実施できていることが確認できる。これに対して、試験体の中央部に 10, 30, 50 mm の残留変形を与えた D10-N, D30-N, D50-N では、それぞれ N に対する強度比が 0.800, 0.746, 0.634 となっており、残留変形が大きいほど、強度が低下していることが確認できる。これに対し、変形を矯正し、中央部の残留変形を 0 mm とした D30-D0-N では、N に対する強度比が 0.984 となっており、変形を矯正することで強度が改善できることを示している。

また、炭素繊維シートを貼り付けた試験体では、シートの破壊 (圧壊) が見られ、この時の荷重を破壊荷重と定義している。いずれのケースも最大荷重の 8 割前後で炭素繊維シートの破壊がみられるものの、炭素繊維シートの破壊後も、急激に耐荷力が低下することはなかった。

表-2 試験ケース

試験体番号	最大荷重 [kN]	破壊荷重* [kN]	N に対する強度比
N	4.45	-	1.000
D10-N	3.56		0.800
D10-2-1	6.71	6.71 (1.000)	1.508
D10-2-2	※今後実施予定		
D10-2-3	※今後実施予定		
D30-N	3.32	-	0.746
D30-2-1	4.67	4.01 (0.859)	1.049
D30-2-2	4.80	4.03 (0.840)	1.079
D30-2-3	4.92	4.13 (0.839)	1.106
D50-N	2.82	-	0.634
D50-2-1	4.32	3.55 (0.824)	0.968
D50-2-2	4.52	3.54 (0.783)	1.016
D50-2-3	4.47	3.84 (0.860)	1.004
D30-D0-N	4.38	-	0.984
D30-D0-2-1	※今後実施予定		
D30-D0-2-2	※今後実施予定		
D30-D0-2-3	※今後実施予定		

※()は最大荷重に対する強度比

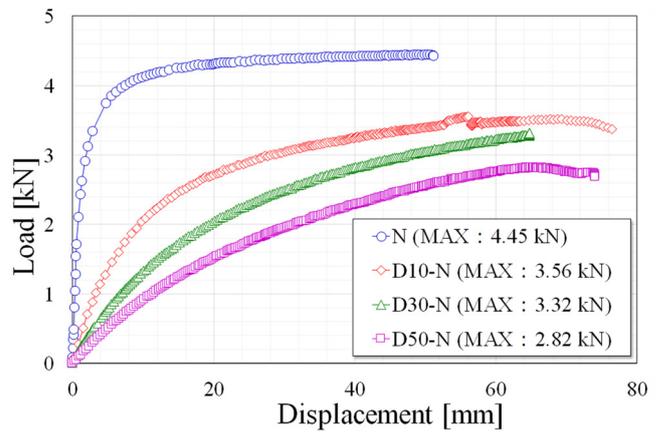
3.2 荷重-変位関係

図-1 に荷重と試験体中央部の面外たわみの関係を示す。図-1(a)には無補修の試験体の比較、図-1(b)には残留変形を 30 mm とした D30 の比較を示す。

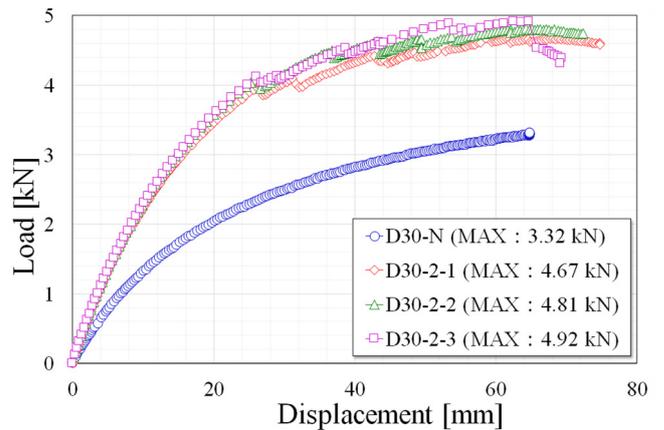
図-1(a)より、残留変形が大きいものほど初期剛性が低下し、これに伴って耐荷力が減少していることが確認できる。

これに対し、図-1(b)に示した D30 についてみると、シートを貼り付けたケースではいずれも初期剛性が回復していることが確認できる。炭素繊維シートを貼り付けたケースについては、いずれも試験体中央部の変形量が約 23 mm のところで荷重が麗華しており、この点でシートに破壊が見られたことを示している。これについては、詳細な分析がまだできていないため、原因等については明らかとなっていない。

本試験では、炭素繊維シートの補修量をいずれも 2 層として実験をおこなったため、最適な補修量についても今後検討していきたい。



(a) 無補修の試験体



(b) D30 の比較

図-1 荷重-変位関係

4. まとめ

火災や車両の衝突に起因する残留変形を生じた部材に対する炭素繊維シート接着工法の適用性を明らかとするために、残留変形を有する鋼板の一軸圧縮試験を実施した。

本研究では、残留変形を 10, 30, 50 mm 与えた試験を実施したところ、健全時に対して、それぞれ 20.0 %, 25.4 %, 36.6 %の強度低下がみられた。これに対して炭素繊維シートを片面あたり 2 層貼り付けたところ、いずれのケースでも概ね健全時の強度まで回復することを確認した。

今後、さらにデータの分析を進め、評価手法の構築を行う。

参考文献

1) 高速道路総合技術研究所：炭素繊維シートを用いた鋼構造物の腐食部補修 設計・施工マニュアル, 2015.