

CFRP スtrandシートを接着した鋼桁の曲げ試験

日鉄コンポジット（株） 正会員 ○秀熊佑哉 小林 朗
長岡技術科学大学 正会員 長井正嗣 宮下 剛
長岡技術科学大学大学院 学生員 佐藤 久

1. はじめに

鋼部材が腐食等による断面欠損により力学的機能が低下した場合、部材の交換やボルトによる当て板添接等、大がかりな対策を必要とするのが現状である。そこで、より効率的・経済的な補修方法として、補修箇所に炭素繊維シートを貼付する工法に関する研究が行われている¹⁾。

近年、著者らは施工効率の向上を目的として、連続繊維Strand1本ずつに樹脂を含浸・硬化させたFRP素線をすだれ状にシート化したStrandシートを開発した²⁾。Strandシートは施工現場でフィラメント間に樹脂を含浸させる必要がなく、1層あたりの目付量が高くできるため施工効率が良い。プレートのように厚いと端部の応力集中により剥離し易い。一方、Strandシートは多層積層する場合、端部をずらして積層することで応力集中を緩和することが出来る³⁾。そこで本研究では、シートの目付量、積層数および端部ずらしの有無が、補強効果および剥離に及ぼす影響を検討することを目的として、CFRP Strandシートを貼付したH鋼供試体を用いた梁曲げ載荷試験を行った。

2. 実験概要

本実験では、図-1 に示すように、鋼製梁の上下フランジに繊維目付量の異なる CFRP Strandシートを引張側・圧縮側に積層数を変化させて接着し、炭素繊維の補強量が補強効果に及ぼす影響に着目して、CFRP シート補強鋼板の荷重－ひずみ関係を測定すると同時に、CFRP シートの剥離状況を観察した。また比較のために従来の現場含浸タイプの炭素繊維シートも用いた。

本研究で用いた H 鋼供試体 (390×300×10×16) の降伏荷重は 1200 kN (SS400：降伏応力 315 N/mm²) であったため、載荷は 1200 kN までとした。供試体は 2 種類で実験パラメータは表-1 に示すように、それぞれに 3 タイプの CFRP シートを貼付した。供試体 A には Strandシート 10 層、7 層、5 層を貼付し、10 層と 7 層は端部を各層 25 mm ずらして積層した。これにより積層数と端部ずらしの有無が補強効果および剥離に及ぼす影響を検討した。供試体 B にはStrandシート 2 種と炭素繊維シートを補強量が等しくなるように積層し、CFRP の違いが補強効果および剥離に及ぼす影響を検討した。

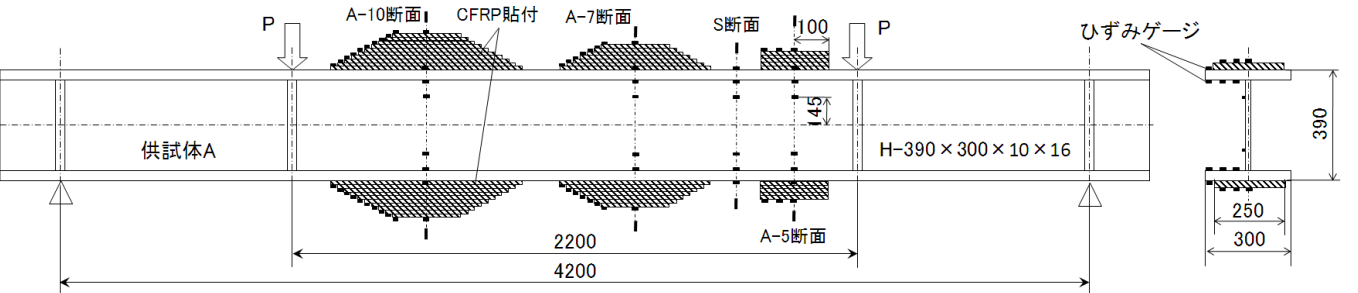


図-1 供試体

表-1 供試体一覧

供試体 No.	CFRP タイプ	CFRP目付 (g/m ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	CFRP 積層数	CFRP総目付 (g/m ²)	鋼換算面積 (mm ²)	ずらし量 (mm)
A-10	StrandシートB	900	710	10	9000	3807	25
A-7	StrandシートB	900	710	7	6300	2665	25
A-5	StrandシートB	900	710	5	4500	1904	0
B-2	StrandシートB	900	710	2	1800	761	25
B-3	StrandシートA	600	724	3	1800	776	25
B-6	炭素繊維シート	300	682	6	1800	731	25

キーワード 鋼部材，腐食，部分補修，CFRP，Strandシート
連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-8 日鉄コンポジット（株） TEL 03-5623-5558

3. 実験結果

図-2 および図-3 に各供試体の引張側無補強部、補強部鋼材の荷重－ひずみ関係の理論値と実験値を示す。荷重は降伏荷重 (P_y) で無次元化した値である。同図より CFRP シートで補強することにより、鋼材のひずみが低減していることがわかる。

また図-2 において、補強部鋼材ひずみの急激に増加する点で CFRP の剥離が発生した。供試体 B の引張側および両供試体の圧縮側では剥離は発生しなかった。供試体 A において引張側のみ剥離が発生したのは、引張側端部には界面のせん断力だけでなく、CFRP が元に戻ろうとする法線方向の力が働いたためであると考えられる。表-2 に示した供試体 A の剥離荷重を比較してみると、積層数の多い A-10 が A-7 より早期に剥離していることから、積層数が多いほど剥離しやすくなるということがわかる。また、A-5 は 5 層積層にもかかわらず A-10 より早期に剥離している。これは端部ずらしがなく応力集中が起こったためであり、端部のずらし積層は剥離防止に有用であることがわかった。

また、表-2 に $P/P_y=0.6$ と $P/P_y=0.9$ での補強効率（ひずみの低減率の実験値／計算値）を示す。B-2 の圧縮側は $P/P_y=0.6$ を超えてから鋼材の局所的変形が起こり、測定不可となった。その他は 0.73～1.18 と実験値は理論値と近い値を示しているが、傾向として補強量の多い A-10、A-7 の補強効率が低くなっている。これは CFRP 層が厚くなるほど荷重伝達効率が悪くなるためであると考えられる。また、補強量の等しい供試体 B おいて、引張側では目付量 900 g/m^2 で $P/P_y=0.6$ まで、圧縮側では目付量 600 g/m^2 で $P/P_y=0.6$ まで理論値と近い値を示している。1 層あたりの目付量が高いほど補強効率が低くなるのは、定着長（最外層の長さ）が等しく 1 層目の長さが $B-6>B-3>B-2$ となっていることも原因であると考えられる。

4. まとめ

- 以下に本研究で得られた結果をまとめる。
- ・ スtrandシート積層時の端部ずらしの有無は剥離に大きな影響を与えることがわかった。また、端部を 25 mm ずらして積層しても、積層数が多くなると剥離しやすくなることがわかった。
 - ・ 高目付のストランドシートを 10 層（従来の炭素繊維シート 30 層相当）積層しても、多少補強効果は落ちるものの理論値に近い補強効果が得られる。また、補強量が等しければ CFRP 種にかかわらず同等の補強効果が得られる。目付量の高いものは定着長を長めにとる必要があると考えられるが、定着長は今後の検討課題とする。

参考文献

1) 杉浦, 大垣, 長井, 小林: 炭素繊維シート (CFRP) を用いた鋼部材部分補強に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演論文集, 2006.9
2) 小林, 佐藤, 高橋: スtrandシート, CFRP プレート, 炭素繊維シートによる RC はりの曲げ補強効果: 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集 V, pp763-764, 2007.9
3) 杉浦, 小林, 大垣, 稲葉, 富田, 長井: 鋼部材腐食損傷部における炭素繊維シート接着方法に関する解析的検討: 土木学会論文集 A, vol.64, No.4, pp806-813, 2008

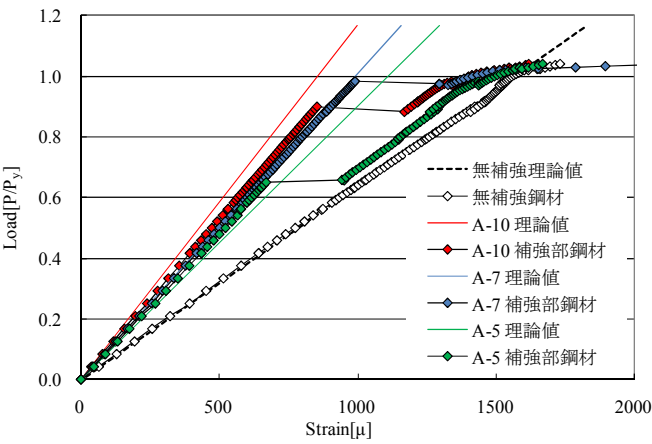


図-2 供試体 A 引張側荷重－ひずみ関係

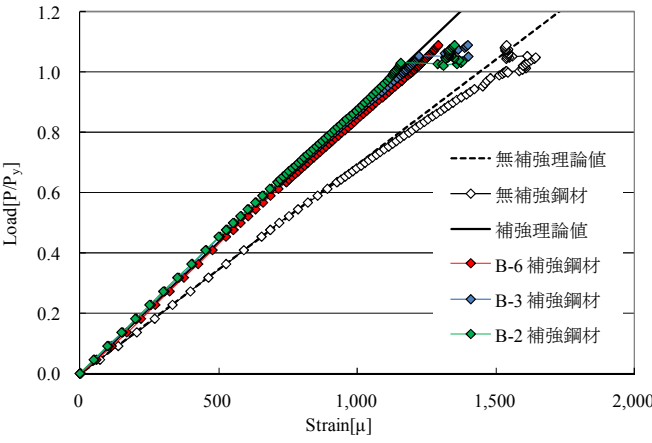


図-3 供試体 B 引張側荷重－ひずみ関係

表-2 剥離荷重および補強効果

供試体	補強効率				剥離荷重	
	圧縮側		引張側			
	No.	P/P _y =0.6	P/P _y =0.9	P/P _y =0.6	P/P _y =0.9	kN
A-10	0.86	0.85	0.87	0.87	1080	90.0%
A-7	0.75	0.73	0.98	0.98	1180	98.3%
A-5	1.01	0.96	1.18	-	780	65.0%
B-2	0.81	-	0.96	0.74	-	> 100%
B-3	0.99	0.76	1.13	0.86	-	> 100%
B-6	0.94	0.99	1.18	0.95	-	> 100%