CFRP ストランドシートを用いた鋼部材の補修に関する研究

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

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、連続繊維ストランド1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ストランドシートを開発した[2)]。ストランド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。そこで本研究では、CFRP ストランドシートを貼付した鋼部材において、引張・圧縮応力に対する補強効果と剥離発生の有無を明らかにすることを目的として、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 ストランドシートを引張側・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。

本実験で用いた材料特性は表-1 に示す通りである。本研究で用いたH鋼供試体（390×300×10×16）の降伏荷重は1200ｋNであったため、載荷は1200ｋNまでとした。供試体は 2 種類で表-2 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。CFRP シートの積層は端部での応力集中を防ぐために、各層 25ｍｍずらして接着を行った。[3)]

表-1　各材料の特性

鋼材	降伏応力	引張強度	ヤング率
	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(kN/mm^2)
(SM490)	315	451	200
補強材	目付 (g/m^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング率 (kN/mm^2)
炭素繊維シート	314	2516	682
ストランドシートA	628	3070	724
ストランドシートB	910	3040	710
エポキシ樹脂	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	引張せん断強度 (N/mm^2)
	82	39.4	24.4

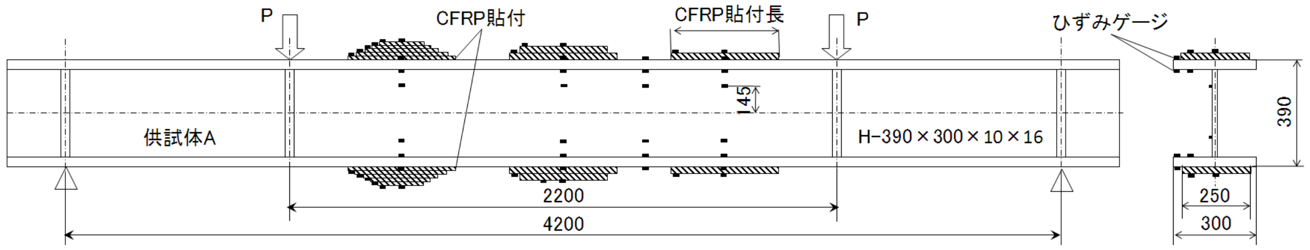

図-1　実験供試体

表-2　実験パラメータ

供試体	CFRP貼付タイプ	CFRP総目付 (g/m^2)	CFRP目付 (g/m^2)	CFRP積層数	CFRP貼付長※ (mm)	鋼換算断面積 (mm^2)
A	A-1	1500	300	5	500～300	610
	A-2	1500	600/900	1/1(Total 2)	350～300	640
	A-3	900	900	1	300	381
B	B-1	3000	600	5	500～300	1294
	B-2	4500	900	5	500～300	1903
	B-3	1800	900	2	350～300	761

※　各層の両端部25mmずらして積層(各タイプ最外層の貼付長300mm)

キーワード　鋼部材，腐食，部分補修，CFRP
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

供試体 A、B ともに引張側と圧縮側で CFRP シート接着部の鋼材のひずみは CFRP シート未接着部より減少し、すべての貼付タイプで鋼材の降伏まで CFRP シートの剥離は観察されなかった。

供試体 A の無補強供試体の降伏荷重（Py）で無次元化した荷重とひずみの関係を**図-2** に示す。ひずみはH鋼フランジ裏面のひずみである。同図より、総目付量の等しい A-1 と A-2 とで同等の補強効果が得られる結果となっていることがわかる。さらにそれらの補強効果は CFRP シートと鋼材の合成部材の計算値と一致する。

図-3 に供試体 B の荷重－ひずみ関係を示す。ひずみはH鋼フランジ裏面のひずみである。同図より、CFRP シートの補強効果は CFPR シートの目付量の増加に応じた補強効果が得られていることがわかる。その補強効果は CFRP シートと鋼材の合成部材の計算値とほぼ一致する。

表-3 に鋼材の降伏荷重を約 1.7 で割った P/Py=0.6 と、その 1.5 倍である P/Py=0.9 での未補強に対する補強後の低減率（Rexp）と、CFRP シートと鋼材の合成部材の計算値による低減率（Rcal）および、計算値の低減率に対する実験値の発現率（Rexp/Rcal）を示す。同表より、低減率の発現率は約 90%以上を示し、CFRP シート補強鋼板は合成断面として計算可能であることが示された。また、P/Py=0.6 より P/Py=0.9 のほうが高い発現率であることがわかる。これは、CFRP 補強鋼板の荷重－ひずみ曲線の傾きが、ひずみが大きくなるにつれ大きくなるためである。この荷重－ひずみ曲線の非線形性は高弾性型炭素繊維の応力－ひずみ関係の非線形性に起因すると考えられる。

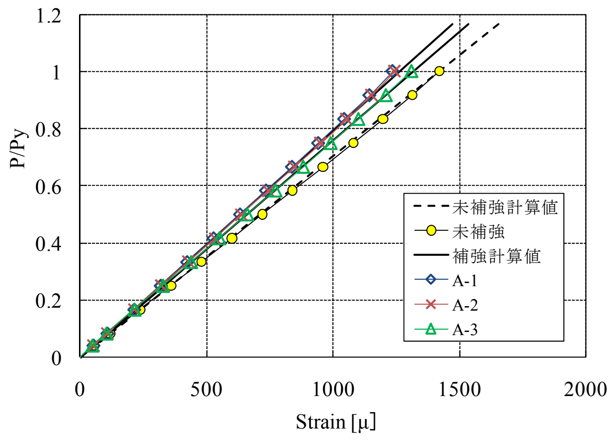

図-2　CFRP 補強鋼材の荷重－ひずみ関係（供試体 A）

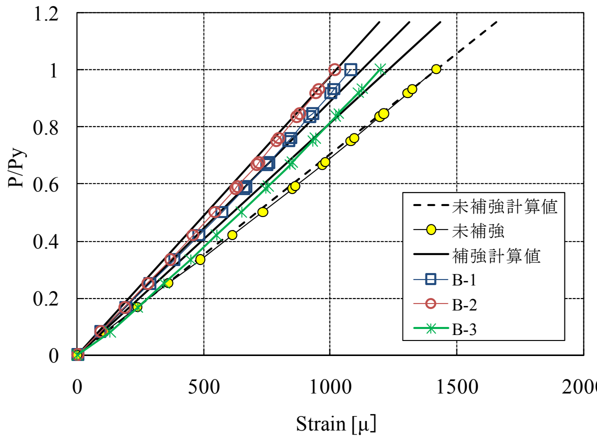

図-3　CFRP 補強鋼材の荷重－ひずみ関係（供試体 B）

４．まとめ

以下に本研究で得られた結果をまとめる。

・高目付の CFRP ストランドシートを貼付した場合でも、従来の炭素繊維シート補強と同様に、積層数に応じた補強効果が得られることが確認できた。

・CFRP ストランドシート補強によるひずみ低減率は CFRP シートと鋼材の合成部材の計算値と近い値を示した。

これらの結果より、施工効率のよい高目付 CFRP ストランドシートの鋼材に対する補強効果が実証された。

表-3　CFRP 補強によるひずみ低減率

	ひずみ低減率（%）			低減率の発現率	
	実験 Rexp		計算 Rcal	Rexp/Rcal（%）	
	P/Py=0.6	P/Py=0.9		P/Py=0.6	P/Py=0.9
A-1	11.3	12.0	10.9	103	110
A-2	10.2	11.4	11.4	90	100
A-3	6.7	7.1	7.1	94	99
B-1	20.2	23.2	20.7	98	112
B-2	24.6	27.8	27.9	88	100
B-3	13.2	17.2	13.3	99	130

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：ストランドシート、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