

CFRP スtrandシートを接着した鋼部材の剥離特性解明に関する研究

建設構造研究室 佐藤 久

指導教官 長井正嗣

1. はじめに

鋼橋では腐食に伴う経年劣化が生じた場合、力学特性を回復させるため、鋼板による当て板補修や、損傷部材を交換する部材交換等による補修・補強が行なわれる。しかし、これらの補修・補強では、断面欠損、熱影響、大型の重機や交通規制が必要となる。そのため供用中の制約条件下で効果的な工法が求められている。そこで、現場で炭素繊維シート(以下、CFRP)を接着する工法が着目されており、十分な補強効果を有することが既往の研究¹⁾から明らかとなっている。最近になり、現行のCFRPシートやCFRPプレートの剥離性状や施工性を改良するため、CFRP スtrandシート(以下、Strandシート)が開発されている。しかし、Strandシートの剥離特性の解明は十分に把握されていない。

2. 研究目的

本研究では、新しく開発されたStrandシートの剥離特性を明らかにするために、引張試験及び曲げ試験を行う。

3. 一軸引張試験

鋼板の両面にStrandシートを接着した試験体を引張载荷し、ひずみを計測すると共に剥離状況を観察した。設定したパラメータを以下に示し、各パラメータを図-1に示す。

- (a) CFRPの積層数の違いが剥離に及ぼす影響
- (b) シートの違いが剥離に及ぼす影響
- (c) 鋼板厚さが剥離に及ぼす影響
- (d) CFRP幅が剥離に及ぼす影響
- (e) 端部ずらし量が剥離に及ぼす影響
- (f) 端部ずらし量が異なる接着方法

4. 等曲げ試験

H型鋼桁の上下フランジにStrandシートを接着し、引張試験と同様な(a),(b),(e)のパラメータを選定した。また、载荷は鋼材の降伏荷重までとし、ひずみを計測すると共に、剥離を観察した。

5. 一軸引張試験結果

表-1に試験結果を示し、各パラメータの考察をする。

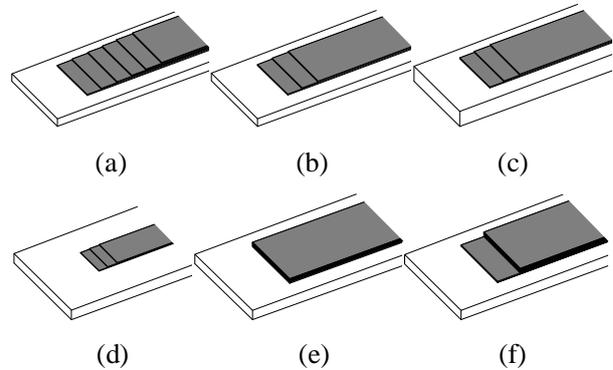


図-1 各パラメータ

表-1 一軸引張試験結果

鋼材	剥離状況	CFRP剥離荷重<kN>	CFRP剥離時の応力<MPa>	剥離荷重/降伏荷重
A-10-1	剥離せず	303	561.11	1.04
A-10-2	剥離せず	306	566.67	1.06
A-10-3	剥離せず	297	550.00	1.02
A-10-4	剥離せず	300	555.56	1.03
B-9-1	剥離	150	277.78	0.52
B-9-2	剥離	193	357.41	0.67
B-9-3	剥離	80	148.15	0.28
C-10-1	剥離	250	260.42	0.48
C-10-2	剥離	258	268.75	0.50
D-4-1	剥離	200	370.37	0.69
D-4-2	剥離	286.5	530.56	0.99
D-4-3	剥離	260	481.48	0.90
D-10-1	剥離	250	462.96	0.86
D-10-2	剥離	274	507.41	0.94
D-10-3	剥離	185	342.59	0.64
D0-4-1	剥離	130	240.74	0.45
E-2-1	剥離せず	-	-	-
E-2-2	剥離せず	-	-	-
E-2-3	剥離せず	-	-	-
E-3-1	剥離	243	450.00	0.84
E-3-2	剥離	260	481.48	0.90
E-3-3	剥離	265	490.74	0.91
E-4-1	剥離	239	442.59	0.82
E-4-2	剥離	175	324.07	0.60
E-4-3	剥離	223	412.96	0.77
E-5-1	剥離	125	231.48	0.43
E-5-2	剥離	150	277.78	0.52
E-5-3	剥離	113	209.26	0.39
F-5-1	剥離	230	425.93	0.79
F-5-2	剥離	210	388.89	0.72
F-5-3	剥離	212	392.59	0.73

(a) D-4(積層数:4層), D-10(10層)の剥離荷重から同様な結果が得られていることからずらしがある場合, 積層数が剥離に及ぼす影響はないことがわかった。また, E-2 から E-5 については端部ずらし 0mm の影響によって, 積層数が増加することで剥離しやすくなった。

(b) 従来シートを接着した B-9(9層)と同等な補強効果のあるストランドシートを接着した E-3(3層)を比較する。従来シートを接着した B-9 の剥離荷重が低いことから, 従来シートを接着した場合剥離しやすい結果となった。これは, 試験体に CFRP を積層した場合, CFRP の総断面が E-3 に比べて B-9 が大きいため, 応力集中が生じ剥離しやすかったことが挙げられる。

(c) 鋼材の厚さが異なり, その他の条件が等しい A-10 (鋼材厚さ:9mm)と C-10(16mm)を比較する。A-10 では降伏応力内で剥離しなかったが, C-10 では降伏応力の 49%程度で剥離した。このことから鋼材の厚さが厚くなると剥離しやすいことがわかる。

(d) CFRP 幅が与える影響について A-10(幅:50mm)と D-10(25mm)を比較する。D-10 は A-10 に比べ剥離荷重が低い結果となった。CFRP 幅が狭いと剥離荷重が低下し剥離しやすいことがわかる。

(e) 試験結果から D0-4(ずらし:0mm)と D-4(25mm)を比較すると, ずらし接着をおこなうと約 1.9 倍剥離荷重が上昇していることがわかる。反対にお互い端部ずらし 25mm 接着を行っている D-4, D-10 では, 応力が緩和されているため, 付着せん断応力は積層数によらず同様な結果であった。

(f) F-5(ずらし:25/0mm)と E-5(0mm)を比較すると, E-5 に比べ約 1.68 倍剥離荷重が上昇する結果となった。

剥離荷重のバラつきが大きいことから, 剥離を評価する式が重要であることが言える。付着せん断応力の理論式²⁾を用いて, 鋼材厚さ, CFRP 幅について評価すると引張試験と同様な結果が得られた。

6. 等曲げ試験結果

表-2 に等曲げ試験結果を示し, 各パラメータについて考察する。

(a) 引張試験では剥離が生じなかった 10 層を接着した A-10-900 が剥離し, A-7-900, A-2-900, A'-1-900 についても剥離が生じた。これは, 一軸引張試験には生じない, 垂直応力が生じたため剥離したと考える。また, 積層数が及ぼす影響は, 剥離荷重と積層数の関係がないため, 影響はないことがわかった。

(b) シート種による影響について総目付が等しいパラメータで比較した。ストランドシートが接着された A-2-900 では降伏の約 86%で剥離したのに対し, 従来シートでは剥離しなかった。このことから, 引張試験とは反対に等曲げ試験ではストランドシートの方が剥離し易いことがわかった。これは, 曲げ試験では端部ずらし 25mm 接着, 引張試験ではずらし 0mm であることが影響したと考えられる。今後, 一軸引張試験でずらし 25mm 接着, 等曲げ試験でずらし 0mm にて試験し, 検証することが必要である。

(e) 端部ずらし接着 0mm の E-5-900 が剥離し, ずらし 25mm の A'5-900 は剥離しなかったことから, 引張試験同様にずらし 0mm であると剥離しやすいことが言える。

参考文献

1) 秀熊佑哉, 小林朗, 立石晶洋, 長井正嗣, 宮下剛:CFRP ストランドシートによる鋼板の補強効果

に関する研究, 第 17 回

鋼構造年次論文集, 2009

2) 宮下剛, 長井正嗣:一軸

引張りを受ける多層の

CFRP が積層された鋼

板の応力解析, 土木学会

論文集 A(修正中)

表-2 等曲げ試験結果

試験体	CFRP貼付タイプ・シート種 (パラメータ・積層数・目付量)	CFRP総目付 <g/m ² >	引張結果	曲げ結果	剥離荷重 <kN>	降伏荷重 /剥離荷重
A	A-10-900・ストランドシート	9000	剥離せず	剥離	1080.10	0.82
	A-7-900・ストランドシート	6300	-	剥離	1179.86	0.89
	E-5-900・ストランドシート	4500	剥離	剥離	671.80	0.51
B	A-2-900・ストランドシート	1800	-	剥離	1130.12	0.86
	A-3-600・ストランドシート	1800	-	剥離	1160.12	0.88
	B-6-300・従来シート	1800	-	剥離せず	-	-
A'	B'-5-300・従来シート	1500	-	剥離せず	-	-
	A'-2-600/900・ストランドシート	1500	-	剥離	1201.04	0.91
	A'-1-900・ストランドシート	900	-	剥離	1260.64	0.96
B'	A'-5-600・ストランドシート	3000	-	剥離	1270.36	0.96
	A'-5-900・ストランドシート	4500	-	剥離せず	-	-
	A'-2-900・ストランドシート	1800	-	剥離せず	-	-