

剥離特性の解明に向けた CFRP スtrandシート接着鋼板の一軸引張試験

首都高技術株式会社 正会員 ○佐藤 久

長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛, 長井 正嗣

日鉄コンポジット株式会社 正会員 秀熊 佑哉, 小林 朗

1. はじめに

鋼橋では腐食に伴う経年劣化が生じた場合、その力学特性を回復させるため、鋼板による当て板や、部材交換等の補修・補強が行なわれる。しかし、これらの方法では、断面欠損、熱影響、大型の重機や交通規制が必要となる。このため、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)を接着する工法が注目されており、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。また、最近、現行のCFRPシートやCFRPプレートの剥離性状や施工性などを改良するため、CFRP スtrandシート(以下、Strandシート)が新たに開発されている²⁾。しかし、Strandシートの剥離特性は十分に把握されているとは言い難い。



図-1 試験状況

2. 研究目的

本研究では、新しく開発されたStrandシートの剥離に影響を与えると思われる各種パラメータによる一軸引張試験を実施し、その剥離特性を明らかにする。(図-1)。

3. 一軸引張試験

鋼板の両面にStrandシートを接着した試験片を引張载荷し、ひずみを計測すると共に剥離状況を観察した。図-2に標準試験片を示し、本研究で設定したパラメータを図-3ならびに以下に示す。

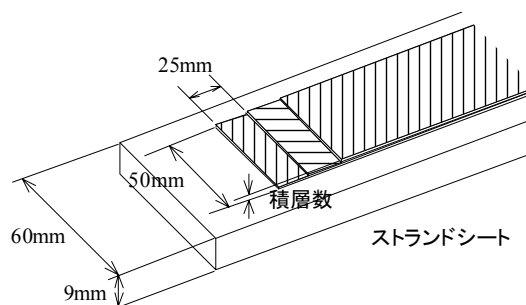


図-2 標準試験片 (鋼材: SM570)

(a) CFRPの積層数が剥離に及ぼす影響

(b) シート種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) 端部ずらしの有無が剥離に及ぼす影響

(f) 効率的な端部ずらし方法が剥離に及ぼす影響

表-1に、試験ケースと試験結果を合わせて示す。Strandシートと従来シートの弾性係数、シート厚さおよび目付量は、それぞれ、 7.10×10^5 MPa, 6.82×10^5 MPa, 0.429 mm, 0.143 mm, 900 g/mm², 300 g/mm²である。

4. 各パラメータが剥離に及ぼす影響

(a) CFRPの積層数が剥離に及ぼす影響

D-4(積層数:4層)とD-10(積層数:10層)の端部剥離荷重は、同様の値を示し、完全剥離はD-10でのみ発生していることから、端部ずらしがある場合、積層数が端部剥離に及ぼす影響はないが、積層数が多いほど剥離が進展しやすくなると言える。一方、E-2(積層数:2層)からE-5(積層数:5層)については、端部

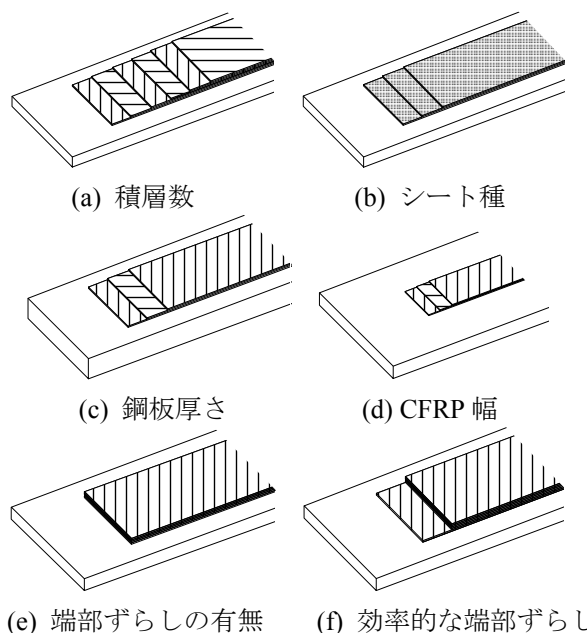


図-3 試験片のパラメータ

キーワード: CFRP, Strandシート, 鋼板, 一軸引張試験, 剥離, 接着

連絡先: 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 TEL 0258-47-9641

表-1 一軸引張試験結果

鋼板の降伏応力: 537MPa

試験片		パラメータ					試験結果								
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e) & (f)	剥離状況	剥離荷重 (kN)		完全剥離時の 応力 (MPa)	完全剥離時の 応力/降伏応力				
		積層数 (層)	シート種	鋼板厚さ (mm)	CFRP幅 (mm)	端部ずらし量 (mm)		端部剥離	完全剥離						
Aシリーズ	A-10-1	10	ストランド シート	9	50	25	剥離せず	—	—	—	—				
	A-10-2						剥離せず	—	—	—	—				
	A-10-3						剥離せず	—	—	—	—				
	A-10-4						剥離せず	—	—	—	—				
Bシリーズ	B-9-1	9	従来シート	9	50	0	端部のみ剥離	155	—	—	—				
	B-9-2						端部のみ剥離	235	—	—	—				
	B-9-3						完全剥離	88	131	241	0.45				
Cシリーズ	C-10-1	10	ストランド シート	16	50	25	完全剥離	330	380	395	0.74				
	C-10-2						完全剥離	410	495	515	0.96				
	C-10-3						完全剥離	258	258	269	0.50				
Dシリーズ	D-4-1	4	ストランド シート	9	25	25	端部のみ剥離	200	—	—	—				
	D-4-2						端部のみ剥離	235	—	—	—				
	D-4-3						端部のみ剥離	250	—	—	—				
	D-10-1	完全剥離					257	257	476	0.89					
	D-10-2	端部のみ剥離					275	—	—	—					
	D-10-3	完全剥離					186	215	399	0.74					
	D0-4-1	4				0	端部のみ剥離	135	—	—	—				
	D0-4-2						完全剥離	70	118	219	0.41				
	Eシリーズ	E-2-1				2	ストランド シート	9	50	0	剥離せず	—	—	—	—
		E-2-2									剥離せず	—	—	—	—
E-2-3		剥離せず	—	—	—						—				
E-3-1		3	完全剥離	243	243	450					0.84				
E-3-2			端部のみ剥離	260	—	—					—				
E-3-3			完全剥離	265	266	493					0.92				
E-4-1		4	完全剥離	239	239	443					0.82				
E-4-2			完全剥離	175	175	324					0.60				
E-4-3			完全剥離	110	223	422					0.79				
E-5-1		5	完全剥離	125	125	231					0.43				
E-5-2			完全剥離	150	150	278					0.52				
E-5-3			完全剥離	113	113	209					0.39				
Fシリーズ		F-5-1	5	ストランド シート	9	50					25/0	完全剥離	230	240	445
	F-5-2	完全剥離					210	287	532	0.99					
	F-5-3	完全剥離					212	212	393	0.73					

ずらしがないため、積層数の増加に伴い、端部剥離荷重、完全剥離荷重ともに低下している。

(b) シート種が剥離に及ぼす影響

従来シートを接着した B-9 (積層数:9 層) と同等な引張剛性を有するストランドシートを接着した E-3 (積層数:3 層) を比較する。完全剥離荷重はほぼ等しいが、端部剥離荷重は F-9 より E-3 の方が高い結果となった。これは、ストランドシートの方が従来シートより FRP として厚く、樹脂量が多いため、端部の応力集中が樹脂のせん断変形により緩和され、端部剥離しにくくなったと考えられる。

(c) 鋼板厚さが剥離に及ぼす影響

鋼材の厚さのみが異なり、その他の条件が等しい A-10 (鋼板厚さ:9mm) と C-10 (鋼板厚さ:16mm) を比較する。A-10 は降伏応力以下では剥離しなかったが、C-10 では降伏応力の 50～96% 程度で完全剥離した。このことから、鋼材とストランドシートの荷重分担率が剥離に影響していると考えられる。

(d) CFRP 幅が剥離に及ぼす影響

A-10 (CFRP 幅:50mm) と D-10 (CFRP 幅:25mm) を比較する。D-10 は A-10 と比べて、剥離荷重が低くなる結果となった。よって、CFRP 幅が狭くなると、接着面積が小さく剥離しやすくなると言える。

(e) 端部ずらしの有無が剥離に及ぼす影響

D0-4 (端部ずらし量:0mm) と D-4 (端部ずらし量:25mm) を比較すると、ずらし接着をおこなうと、端部剥離荷重が上昇している。このことから、端部

ずらしは剥離に対して有用であると言える。

(f) 効率的な端部ずらし方法が剥離に及ぼす影響

F-5 (端部ずらし量:25/0mm) と E-5 (端部ずらし量 0mm) を比較する。F-5 は、CFRP1 層目のみを 25mm ずらし、2 層目以降はずらしを設けないものである。試験結果より、F-5 は E-5 に比べ剥離荷重が上昇している。よって、CFRP1 層目のみにずらしを設ける本方法は、ずらしを設けない場合と比較すると、効率的に剥離荷重を上昇させることに有効であると言える。

5. まとめ

本研究では、新しく開発されたストランドシートの剥離特性を明らかにするために、剥離に影響を与える各種パラメータを変更した複数の試験片を作成して、一軸引張試験を実施した。その結果、CFRP 積層数、鋼板厚さ、CFRP 幅、端部ずらし量が、主として剥離荷重に影響を与えることを確認した。

参考文献

- 1) 杉浦江, 小林朗, 稲葉尚文, 本間淳史, 大垣賀津雄, 長井正嗣, : 鋼部材腐食損傷部の炭素繊維シートによる補修技術に関する設計・施工法の提案, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.1, pp.106 - 118, 2009.
- 2) 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