

立命館大学大学院 学生員 ○植松 祐亮
立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義

1. はじめに

近年、炭素繊維強化樹脂(CFRP)板を用いた鋼構造物の亀裂補修に関する研究が発表されてきており<sup>例え
ば¹⁾</sup>、その効果も実験的に証明されている^{例え^ば²⁾}。しかし、単に CFRP 板を接着するだけでは、亀裂抑制の効果を
得ようとすれば、鋼と同等のヤング係数を有するとはいえかなりの断面積の CFRP 板を接着する
必要がある。そこで、著者らは CFRP 板にプレストレスを与えた後に鋼板に接着、鋼板に圧縮応力を導
入する工法を提案してきた。しかしながら、プレストレス導入により CFRP 板が剥離するときの鋼板の
応力、剥離応力が低下することが懸念される。

本研究は、プレストレス導入による剥離応力の低下を実験的に把握することを目的としている。さら
に、補修後には繰り返し応力が作用するため、剥離応力への影響を検討する疲労試験も行なった。

2. 実験概要

図-1 は鋼板の両面に CFRP 板を接着
した試験片の側面図である。実験に用
いた材料の材料特性を表-1 に、供試体
名と鋼材の厚さ、幅は表-2 に示す。

CFRP 板接着鋼板の引張試験では引張
応力、圧縮応力の確認にひずみ
ゲージを用いた。ひずみゲージ
設置位置は図-1 に①～⑥で示
してある。

供試体製作の手順は次の通

りである。まず、プレストレス装置を用いて CFRP 板にプレストレスを導入する。この際、CFRP 板に接
着されているひずみゲージでひずみを計測しながら、理論上鋼材に約 20N/mm^2 または 30N/mm^2 の圧縮応
力が導入できるひずみの値を導入した。その後、CFRP 板にプレストレスが導入された状態で鋼材の両面
に接着した。接着厚さ(0.5mm)は、CFRP 板と鋼板の間に直径 0.5mm のテグスを撒くことによって維持し
た。1 週間かけ接着剤を硬化させた後、プレストレス装置を取り外し、所定の長さ(300mm)となるように
CFRP を切断した。プレストレスのない供試体はあらかじめ所定の長さ(300mm)に切断しおいた CFRP 板
を同様に接着した。

引張試験は表-2 に示すように、プレストレスなしの供試体 14 本(p0-1~9, Fp0-1~5)、プレストレスあ
りの供試体 15 本(p20-1~6, p30-1~9, Fp30-1~5)について行った。なお、供試体名の数値 (0, 20, 30)
は、導入したプレストレスの大きさを示す。载荷は万能試験機により供試体の両端をつかみ具で引張り、
約 1mm/分の変位を与え、CFRP 板が剥離するまで载荷を続けた。

引張試験を行う前に、プレストレスなし・ありの供試体 5 本ずつ(Fp0-1~5, Fp30-1~5)計 10 本につい
て、载荷ジャッキを用いて疲労試験を行なった。なお、p20, p30 では引張試験の剥離応力にそれほど差
が見られなかったため、プレストレスありの供試体は p30 のみを扱った。疲労試験は応力振幅 30N/mm^2 (上
限值 40N/mm^2 , 下限値 10N/mm^2)、2Hz で 200 万回の载荷を行った。

表-1 材料特性

実験値	名称		降伏応力 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
	CFRP	トレカラミレート (東レ)ML520		—	290,000
接着剤	DP460		28.5	2,250	34.6
鋼板	SM570		495	206,000	644

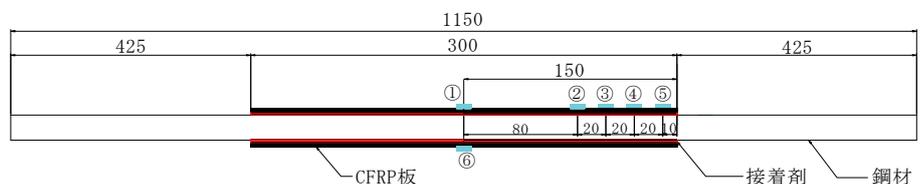


図-1 ゲージ位置

3. 実験結果および考察

疲労試験では 200 万回の載荷後，すべての供試体で剥離が確認できず，すべての供試体で引張試験を行った。

引張試験結果の一例を図-2 に示す。縦軸は荷重を鋼板の断面積で除した応力(N/mm²)，横軸は CFRP 板のひずみ(10⁻⁶)である。図-2 より，プレストレスの有無に関係なく CFRP 板先端部のひずみから減少しており，剥離は先端部から起こることがわかる。剥離したと思われる点での荷重の値を鋼板の断面積で除したものを剥離応力と定義し，その値を表-2 に示す。

表-2 からわかるように，各供試体の剥離応力にはばらつきが見られた。製作誤差が主な要因と考えられ，今後製作方法の一層の簡略化が課題である。表-2 中の平均値は，同条件の供試体で剥離応力の最大値と最小値(表中，網掛けした値)を除いたものを用いて算出した。その結果，p0 の供試体の剥離応力に比べ，p20 の供試体の剥離応力は 38.1%，p30 の供試体の剥離応力は 41.9%と，プレストレスの影響により剥離応力が低下したが，プレストレスの大きさ(p20 と p30)ではほとんど差がない結果となった。

また，p0 と Fp0 の差は約 3%と小さく，p30 と Fp30 では疲労試験後の供試体 Fp30 の平均値の方が大きい結果となった。これより，本研究で導入したプレストレスの大きさでは，繰り返し載荷が剥離応力に与える影響はないことがわかった。

4. おわりに

プレストレスを導入した CFRP 板を鋼板に接着し，接着強度を比較した結果，本研究で対象としたプレストレスの大きさではプレストレスがない状態より 40%程度剥離応力が低下するが，プレストレスの大きさによる差はないことが分かった。

また，応力振幅 30N/mm²の繰り返し載荷では剥離応力の低下は見られなかった。今後，プレストレスの大きさ，繰り返し載荷の応力振幅などを変化させて実験を続ける予定である。

参考文献

1)大倉 一郎，福井 唯夫，中村 圭吾，松上 泰三：炭素繊維シートによる鋼板応力の低下とはく離せん断応力，土木学会論文集，No. 689/ I -57, 239-249. 2)稲葉 尚文，富田 芳男，紫桃 孝一郎，鈴木 博之，岡本 陽介：GFRP シート貼付によるリブ十字溶接継手の補強に関する一提案，土木学会論文集，Vol. 2005, No.798, pp.798_89-798_99, 2005.

表-2 供試体断面寸法および剥離応力

供試体		鋼板の幅 (mm)	鋼板の厚さ (mm)	断面積 (mm ²)	剥離応力 (N/mm ²)	平均値 (N/mm ²)
p0	1	52.8	19.8	1046	516	456
	2	53.0	19.4	1026	539	
	3	53.8	19.2	1032	520	
	4	52.8	18.9	996	267	
	5	53.0	18.9	1000	325	
	6	53.6	18.9	1009	392	
	7	53.4	19.4	1037	493	
	8	53.2	19.4	1033	480	
	9	53.1	19.5	1037	468	
Fp0	1	53.3	19.2	1020	383	443
	2	53.4	19.5	1039	421	
	3	53.7	19.2	1032	450	
	4	53.3	19.4	1035	487	
	5	53.4	18.9	1011	457	
p20	1	53.1	19.0	1005	220	174
	2	53.1	18.9	1002	234	
	3	52.8	19.1	1008	244	
	4	52.7	19.0	1002	156	
	5	53.3	19.0	1013	75	
	6	53.9	19.0	1021	85	
p30	1	53.3	19.2	1023	357	163
	2	52.8	19.1	1006	150	
	3	53.3	19.4	1031	186	
	4	52.5	19.1	1001	132	
	5	52.7	18.7	985	126	
	6	53.4	19.0	1014	54	
	7	52.7	19.7	1037	230	
	8	53.4	18.9	1008	169	
	9	53.0	19.1	1011	151	
Fp30	1	53.0	19.2	1016	245	214
	2	53.0	19.1	1015	255	
	3	53.3	19.3	1029	181	
	4	53.2	19.1	1015	198	
	5	53.0	18.8	995	198	

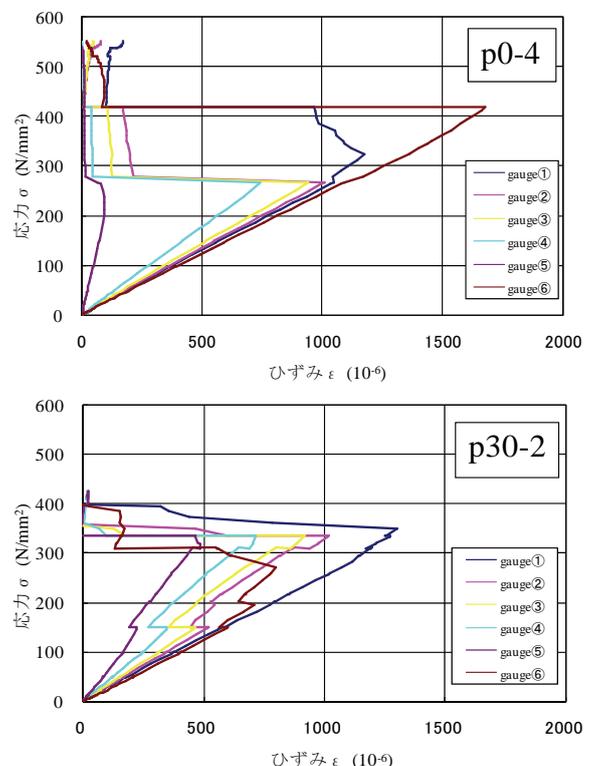


図-2 応力-ひずみ曲線