

立命館大学大学院	学生員	○金子 大昨
東レ株式会社	正会員	鈴川 研二
日米レンジ株式会社		西出 靖
立命館大学	学生員	古川 喬朗
立命館大学理工学部	正会員	野阪 克義

1、はじめに

炭素繊維強化樹脂（CFRP）板は、その弾性率の高さ、高強度が理由として主にコンクリート桁および柱の補修、補強を目的として、広く用いられるようになってきた¹⁾。鋼構造物を対象としても、炭素繊維強化樹脂を用いた補修・補強の有効性は高いと考えられる²⁾。しかしながら、CFRP 板を用いた補修方法を実橋に適用するにあたり、接着強度や補強効果等、必要なデータは少ないのが現状である。本研究は、CFRP 板接着により補強された鋼板の引張試験を行い、補強効果や接着強度など、CFRP 板接着による補強方法を実現していく上で必要な、基礎的データを収集することを目的とする。

表-1 供試体の種類

	鋼板厚 (mm)	CFRP	接着剤	層数	接着層厚 (mm)
TA9-1	9	TL510	A-847S	1	1
TA9-2	9	TL510	A-847S	2	1
TA9-4	9	TL510	A-847S	4	1
TA19-1	19	TL510	A-847S	1	1
TA19-2	19	TL510	A-847S	2	1
TD9-1	9	TL510	DP-460	1	0.5
TD9-2	9	TL510	DP-460	2	0.5
TD19-1	19	TL510	DP-460	1	0.5
TD19-2	19	TL510	DP-460	2	0.5
XM9-1	9	XMTL520	DP-460	1	0.5
XM9-2	9	XMTL520	DP-460	2	0.5
XM9-3	9	XMTL520	DP-460	3	0.5

2、実験概要

本研究では CFRP 板を鋼板の片面のみに接着し、CFRP 板と鋼板両方の板厚を変化させ、供試体のはく離崩壊、および鋼板応力の低下に対する影響を実験的に検討した。供試体の種類およびその概略図を表-1、図-1 に示す（図-1 中の単位は mm）。表-2 は使用した材料の材料特性を表わす。1 供試体につき 3 体ずつ、合計 36 体の供試体を製作した。CFRP 板と鋼板の幅は同じであり、CFRP 板は繊維方向が荷重の作用方向と一致するように貼り付けた。鋼板はショットブラストの後、#80 および #180 の研磨材で磨き、アセトンに湿らせた布で表面の塵、油脂などを取り除いた。2 種類の接着剤とも常温硬化型エポキシ樹脂であり、1 週間以内に最終強度に達するため、引張試験は供試体製作後、1 週間以上硬化させてから行った。

引張試験では、供試体両端をグリップでつかみ、毎分 1mm の変位を与えることによって載荷した。供試体にはひずみゲージが貼り付けられ、載荷中のひずみの変化を記録した。1 つの供試体では、少なくとも、

表-2 材料特性

	名称	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	引張せん断 (N/mm ²)
鋼板	SS400 (9mm)	265	420	196000	—
	SS400 (19mm)	275	400	210000	—
CFRP	トカラミネート(東レ) TL510	—	2600	142000	—
	トカラミネート(東レ) XMTL520	—	1500	280000	—
接着剤	アルファロン A-847S (日米レンジ)	—	29	3000	31
	DP-460 (住友 3M)	—	—	1500	29

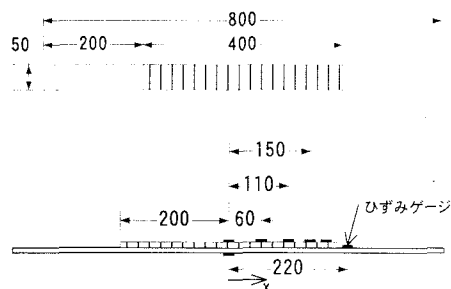


図-1 供試体概略図とゲージ位置

供試体中央の CFRP 板表面と鋼板表面のひずみが計測された。また、同じ種類の 3 体の供試体のうち、1 体については、前述の 2 ヶ所に加えて、CFRP 板表面、中央から 60mm、110mm、150mm、及び 180mm の位置、さらに、CFRP 板の端から 20mm の位置の鋼板表面のひずみを計測した。(図-1 参照)

3、実験結果と考察

まず、CFRP 板接着による鋼板応力の低下を比較するため、公称応力(荷重を鋼板の断面積で除したもの)が 250MPa の時の供試体中央のひずみを読み取り、グループごとにプロットした(図-2)。図中、黒丸は CFRP 板上 0mm でのひずみ値であり、×印はその裏側の鋼板で計測されたひずみである。また、図中に点線で示されているものは公称応力 250MPa をそれぞれの板厚のヤング係数で除して求められた公称ひずみである。したがって、この公称ひずみの値よりどれだけ減少したかによって、鋼板補強効果が明らかになる。

公称ひずみとそれぞれのひずみを比較すると、全体的に CFRP 板のひずみは公称ひずみよりも小さいが、鋼板のひずみではほぼ公称ひずみと同じ、もしくはそれ以上となっているものもある。これら鋼板ひずみと CFRP 板のひずみの違いは、断面に曲げモーメントが発生していることを示すものであり、CFRP 板の層数が多くなるほどひずみの差も大きくなっていることが分かる。これにより、CFRP 板の層数を増やしても、鋼板表面(CFRP 板の接着されていない側)のひずみの減少は僅かであることが分かる。

また、今回の実験では、全ての供試体が鋼板の降伏後にはく離を起こしており、弾性解析によるはく離せん断応力の決定は出来なかった。しかし、鋼板降伏後に CFRP 板ははく離しており、供試体および接着剤によってはく離の様子も異なった。図-3 は供試体 TD9-2 の载荷中に見られたはく離の様子を示している。

DP-460 接着剤はじん性に富み、はく離の進展は遅く、図に見られるように、CFRP 板端部で明らかにはく離が確認された状態においても、供試体中央でのひずみに変化は少なかった。一方、S-847 接着剤はぜい性的にはく離し、大きな音と共に供試体中央部まで急激にはく離が進展した。

4、おわりに

本実験は一般構造用圧延鋼材に CFRP を貼り付け引張試験を行い、鋼構造物への CFRP 板接着補強の適用性について考察を加えたものである。今後は、同じ材料を亀裂を有する鋼板の補強に用いた場合など、様々なケースにおける補強効果、はく離強度について検討していく予定である。

《参考文献》

1) Meier, U. and Kaiser, H. P.: Strengthening of Structures with CFRP Laminates, Advanced Composites Materials in Civil Engineering Structures, pp. 224-232, 1991. 2) 大倉一郎, 福井唯夫, 中村圭吾, 松上泰三, 祝賢治: 炭素繊維シートの鋼板疲労亀裂補修への適用, 鋼構造年次論文報告集, 第 8 巻, pp.689-696, 2000.

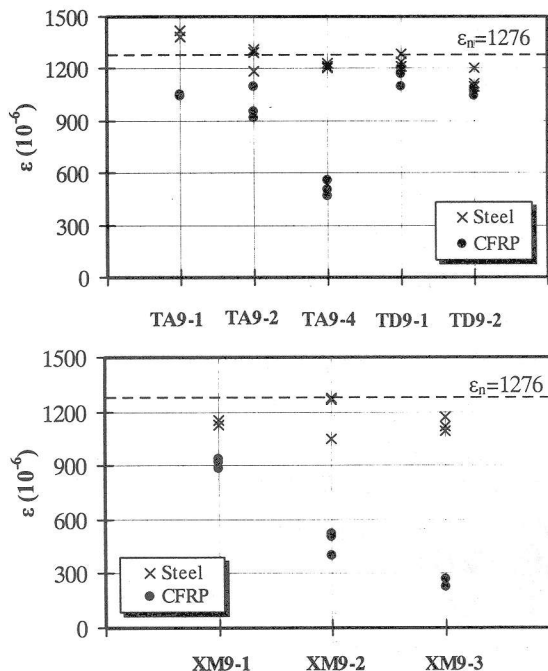


図-2 計測値と公称ひずみの比較

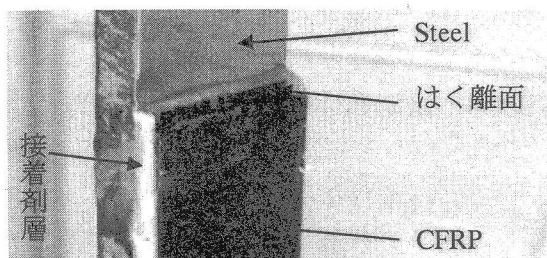


図-3 CFRP 板のはく離 (TD9-2)