

## CFRP板接着を用いた補強鋼板の被着体厚さが補強効果に与える影響

立命館大学	学生員	古川 喬朗
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
立命館大学大学院	学生員	金子 大昨
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<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>。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。

## 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為、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、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)

表-2 材料特性

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

	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

表-1 供試体の種類

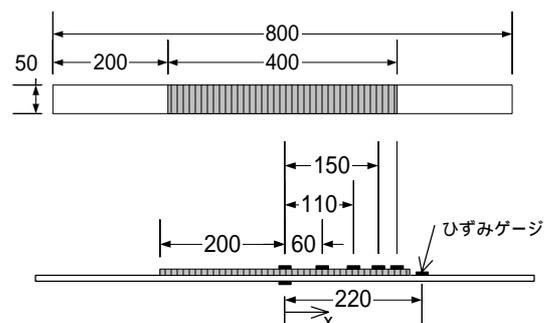


図-1 供試体概略図とゲージ位置

keyword : CFRP、被着体厚さ、補強、接着

連絡先 : 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL:077-561-1111 FAX:077-561-2667

### 3. 実験結果と考察

CFRP 板接着による鋼板応力の低下と被着体厚さの関係を検討する。図 - 2 は、公称応力  $\sigma_n$  (荷重を鋼板の断面積で除したもの) が 250MPa の時の鋼板表面(CFRP 板の接着されていない側)のひずみ  $\epsilon_s$  を  $\sigma_n (= \sigma_n/E_s)$  で除した値  $\epsilon_s/\sigma_n$  を式(1)によって算出される  $S_r$  に対してプロットしたものである。 $S_r$  は鋼板と CFRP 板の剛性比を表し、 $\sigma_n/E_s$  の値が低いほど補強効果が高いことを示している。この値は供試体 3 本の平均値を用い、図中の曲線は CFRP と鋼板の完全剛性を仮定した理論低減率  $\xi_0$  であり式(2)より導かれる。

$$S_r = \frac{n \cdot E_c \cdot T_c}{E_s \cdot T_s} \quad (1)$$

$$\xi_0 = \frac{E_s \cdot T_s}{E_s \cdot T_s + E_c \cdot n \cdot T_c} = \frac{1}{1 + S_r} \quad (2)$$

ここで、 $E_c$ : CFRP の剛性(MPa)、 $E_s$ : 鋼板の剛性(MPa)、 $T_c$ : CFRP の厚さ(mm)、 $T_s$ : 鋼板の厚さ(mm)、および  $n$ : CFRP の枚数である。

図 - 2 から判断できるように、 $S_r$  が大きくなっても  $\sigma_n/E_s$  の減少は僅かであり、貼り付ける CFRP の枚数を増やしても補強効果が必ずしも高くなるとは言えない。これは、CFRP 層の厚さが増加することで中立軸の偏心が大きくなり、供試体断面に曲げモーメントが発生しているためであると考えられる。この結果より、 $S_r=0.2$  以上は補強効果は同じであると言える。

発生した曲げモーメントの影響により、鋼板表面と CFRP 表面ではひずみの差が見られた。したがって、

モーメントの影響を受けない中立軸位置でのひずみ  $\epsilon_{N.A}$  を求め、 $\sigma_n$  との比  $\epsilon_{N.A}/\sigma_n$  を  $S_r$  に対してプロットしたものを図 - 3 に示す。図 - 2 と比較すると、実験値がより理論値に近い値となっていることが分かる。これにより中立軸位置のひずみ減少率が式(2)によって求めることができると考えられる。

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、はく離が主に鋼板側のひずみに支配されていたと考えられる。また、 $S_r$  が大きいほど鋼板降伏後早い段階ではく離が観察された。

### 4. おわりに

CFRP 板接着により補強された鋼板の引張試験を行い、主に補強効果に対して考察を加えた。片側だけ補強された鋼板の補強効果は中立軸位置では理論式によって推定できるが、鋼板の最大ひずみは  $S_r=0.2$  以上においてほぼ一定を保ち、補強効果の上昇は見受けられなかった。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.

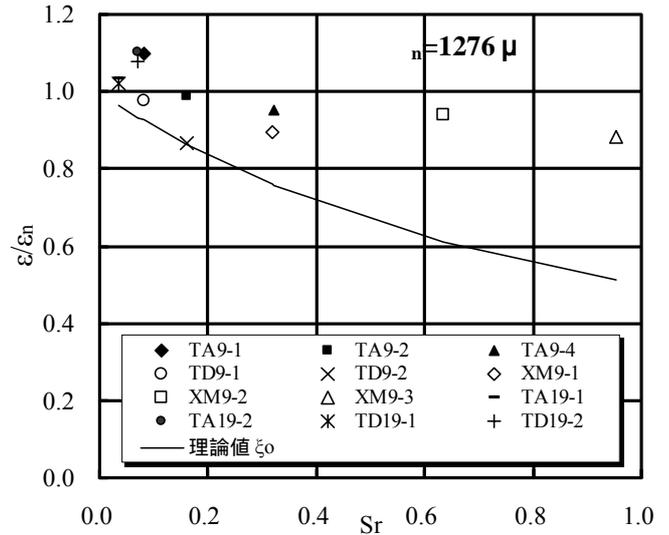


図 - 2 鋼板表面のひずみ減少率

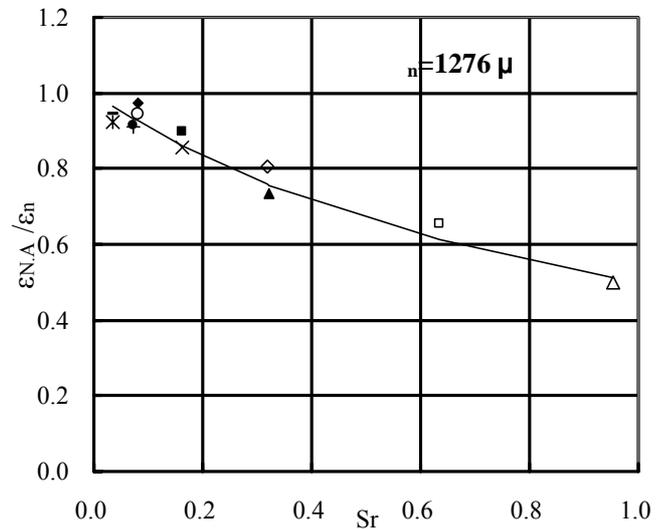


図 - 3 中立軸位置のひずみ減少率