

引張り力を受ける鋼板に対するCFRP板接着による補強効果に関する実験的研究

立命館大学院 学生員 ○古川 喬朗
 東レ株式会社 正会員 鈴川 研二
 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。本研究の目的は、2種類の供試体を製作、接着剤の種類および鋼板の降伏応力を変化させ、引張試験を行い、補強効果や接着強度、はく離の発生などCFRP板接着による補強方法を実現する上で必要な、基礎的データを収集することである。

2. 実験概要

本実験で製作した供試体は A-Type と B-Type の2種類に大別される。A-Type は1枚の鋼板の両面にCFRPを貼り付けた供試体であり、B-Type は2枚の鋼板を突き合わせ、両面にCFRPを貼り付けたものである。鋼板は、SM400 および SM570 の種類を用いて作製した。供試体製作に使用した材料とその材料特性を表-1 に示す。

表-1 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	SM400	275	—	176000	—
	SM570	525	—	194000	—
CFRP	トカラミネット(東レ) ML520	—	1500	280000	—
接着剤	DP-460(住友3M)	—	—	1500	29.0
	シーカデ [®] ユア 30(東レ)	—	—	3920	9.8

表-2 供試体の種類

	Type	鋼板の種類	接着剤厚	接着剤
A400-n	A	SM400	0.5mm	DP-460
A570-n	A	SM570	0.5mm	DP-460
A570s-n	A	SM570	1.0mm	シーカデ [®] ユア 30
B400-n	B	SM400	0.5mm	DP-460
B570-n	B	SM570	0.5mm	DP-460
B570s-n	B	SM570	1.0mm	シーカデ [®] ユア 30

使用するCFRPはML520（厚さ2mm、幅50mm）を用い、鋼板はすべて厚さ19mm、幅50mmとする。CFRP板は繊維方向が荷重の作用方向と一致するように常温硬化型エポキシ系の接着剤で貼り付けた。

以上の材料を用いて製作した供試体の種類を表-2 に示す。表中、n は鋼板の片側に貼り付ける枚数を表しており、n=1,2,3 の3種類、計18体を製作した。

荷重装置は立命館大学理工学部土木工学科に設置されている万能試験機（最大引張力2000kN）を用いた。

引張方法は変位制御とし、1分間に1mmの変位を与えた。荷重中、CFRP及び鋼板表面のひずみを測定し、B-Type に関しては鋼板突き合わせ部分の亀裂開口変位を測定した。A-Type、B-Type ともにCFRPが完全にはく離するまで引張り試験を行った。図-1 にA,B-Type 供試体の概略図を示す。（単位はすべてmm）

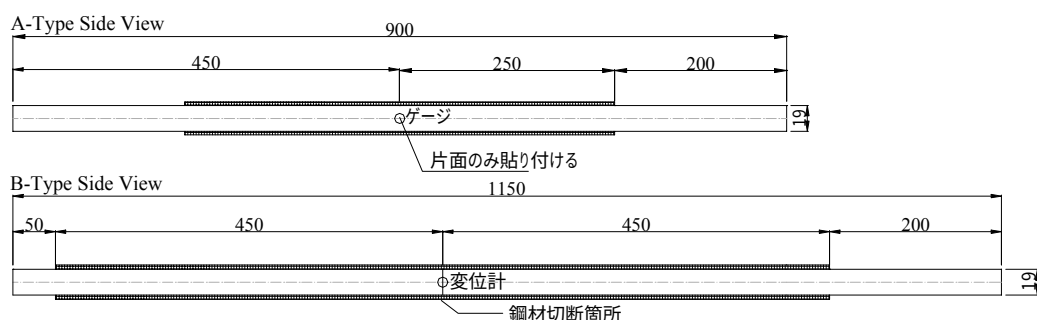


図-1 供試体の概略図

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

図-2 は、公称応力 $\sigma (=P/A)$ が $100(\text{N}/\text{mm}^2)$ 時の CFRP 中央のひずみ ε_c を、CFRP の貼り付け枚数ごとに整理した結果である。

図中の点線と実線で示した理論値は以下のような式から導いた。

$$\varepsilon_c(\text{A-Type}) = \frac{E_s \cdot t_s}{E_s \cdot t_s + E_c \cdot n \cdot t_c} \times \varepsilon_n \quad (1)$$

$$\varepsilon_c(\text{B-Type}) = \frac{\sigma \cdot t_s}{E_c \cdot n \cdot t_c} \quad (2)$$

ここで、 E_s, E_c : 鋼板、CFRP のヤング係数、

t_s, t_c : 鋼板、CFRP の厚さ n : CFRP の枚数 である。 図-2 A, B-Type の ε_c ($\sigma=100\text{N}/\text{mm}^2$)

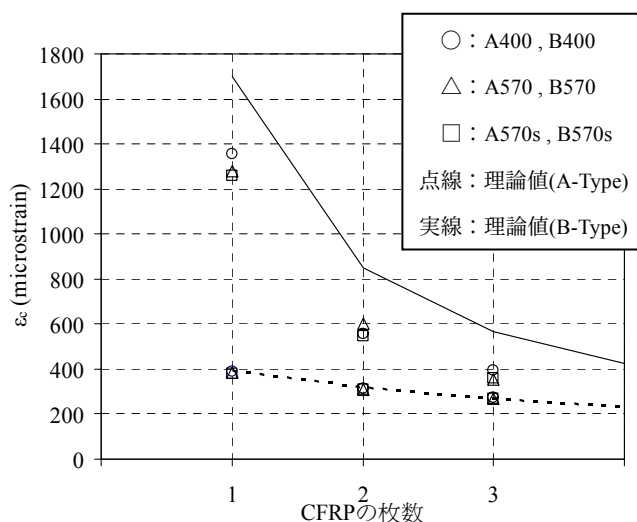


図-2 より、A-Type 供試体においては、理論値にほぼ一致しており、式(1)を用いて CFRP 中央のひずみ及び応力の低下を推定できると考える。B-Type 供試体においては、式(2)よりも実験値が低い傾向にあるが、CFRP 断面内ではひずみが増加していると考えられる。また、理論値と実験値の差は、1 枚の時には 77%、2 枚の時には 67%、3 枚の時には 65%であった。これより、貼り付ける枚数を増やすと理論値と実験値の差は収束していくと考えられる。

B-Type 供試体についての補強効果を示すパラメータとして供試体中央の亀裂変位 δ と貼り付け枚数の関係を図-3 に示した。縦軸に $\sigma=100(\text{N}/\text{mm}^2)$ 時の供試体中央の亀裂変位 δ (突き合わせ部の相対変位)、横軸に貼り付け枚数をプロットした。

シグマ 30 を用いて製作した供試体と DP-460 を用いた供試体を比較すると、CFRP の枚数が少ない場合、前者のほうがより亀裂の拡大を抑制していることが分かる。これは、接着剤のヤング係数の違いが原因だと考えられ、はく離が生じない低い公称応力状態においては、ヤング係数の高い接着剤を使用した方が亀裂抑制に対して効果的と言える。

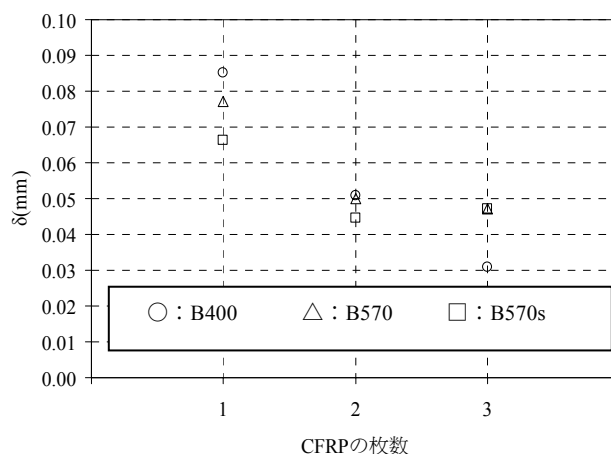


図-3 B-Type 供試体 亀裂変位 δ

4. おわりに

本研究では、鋼板の両面を CFRP 板接着により補強した供試体を製作し、接着剤の種類および鋼板の降伏応力を変化させ、引張試験を行い、主に補強効果に対して考察を加えた。

本実験において得られた主な結論を以下に示す。

- (1) CFRP 接着によって補強した鋼板表面のひずみを、最大で約 50%に低減することができた。
- (2) 式(1)を用いて鋼板表面の応力低下を推定することが可能である(A-Type 供試体)。
- (3) 高弾性率の接着剤で接着を行った場合、低い弾性率の接着剤に比べ、亀裂の開口変位は小さい。
- (4) CFRP の貼り付け枚数が増すと、亀裂の開口変位は収束する傾向にある (SM570 材)。

《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.