

CFRP 帯板による RC 梁および RC スラブの曲げ補強効果について

東レ (株) 正会員 ○松井 孝洋
東レ ACE (株) 正会員 小島 克朗
防衛大学校 正会員 藤掛 一典

1. はじめに

近年、工場で炭素繊維に樹脂を含浸・硬化させて引抜き成形した炭素繊維強化プラスチック帯板（CFRP 帯板）を、パテ状のエポキシ系接着剤で貼り付けて既存鉄筋コンクリート（RC）構造物を補修・補強する工法が適用されている。既往の研究¹⁾などによって、高強度型 CFRP 帯板を使った RC 梁の曲げ補強実験のデータが多く蓄積されてきた。しかし、RC 梁に比べて部材厚が薄い RC スラブや、弾性係数が高い CFRP 帯板を使った曲げ補強実験のデータは少ない。このような背景を受け、筆者らは CFRP 帯板の種類および RC 部材の種類が、補強した RC 部材の構造性能へ及ぼす影響を比較検討する試験を行った²⁾。本報告は、この試験に高弾性型 CFRP 帯板の試験を追加して比較検討している。

2. 曲げ試験の概要

試験体寸法は、図-1 に示すように RC 梁は幅 200 mm × 高さ 300 mm × 長さ 2,200 mm, RC スラブは幅 400 mm × 高さ 150 mm × 長さ 2,200 mm とした。試験体には普通コンクリート（コンクリート圧縮強度 24MPa）を使用した。また、RC 梁の主鉄筋を D13（降伏強度 410MPa, 弾性係数 188GPa）とし、RC スラブの主鉄筋を D10（降伏強度 382MPa, 弾性係数 194GPa）とした。CFRP 帯板は、高強度型、中弾性型、高弾性型の 3 種類を用い、RC 部材との接着にはエポキシ系接着剤（商品名：シーカデュア 30）を用いた。本報の試験体一覧を表-1 に示す。なお、試験体名が A-0, A-1, A-2, および B-0 は文献²⁾から引用している。

実験は、スパン 1,800 mm で中央 2 点集中荷重による 4 点曲げ試験とし、荷重は破壊までの一方向漸増荷重とした。荷重時は、鉄筋およびラミネートのひずみと試験体中央位置での鉛直方向変位を測定した。

3. 実験結果及び考察

RC 梁および RC スラブの曲げ試験結果を表-2 に、また、荷重と中央部変位との関係を図-2（RC 梁）および図-3（RC スラブ）に、それぞれ示す。図中には、降伏荷重および剥離荷重（最大荷重）を示している。

無補強の試験体は、曲げひび割れの発生によって剛性が低下し、曲げ降伏した後変位が急激に大きくなり曲げ圧縮破壊して最大荷重に達している。高強度型および中弾性型の試験体は、曲げひび割れの発生および鉄筋の降伏によって剛性が低下し、CFRP 帯板の完全

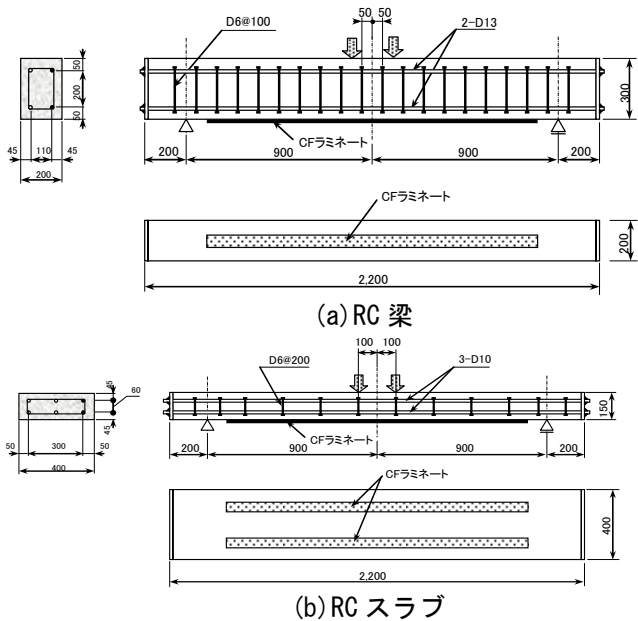


図-1 試験体

表-1 試験体名称一覧

試験体名	RC 部材	CFラミネートの種類	幅 (mm)	厚み (mm)	補強枚数 (枚)	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	補強剛性 (kN)
A-0	梁	無補強	—	—	(2-D13)	—	—	—
A-1		高強度型	50	2.0	2	2,700	170	34,000
A-2		中弾性型	50	2.0	1	2,000	290	29,000
A-3		高弾性型	50	2.0	1	1,500	485	48,500
B-0	スラブ	無補強	—	—	(3-D10)	—	—	—
B-1		高強度型	50	1.0	3	3,000	170	25,500
B-2		中弾性型	50	2.0	1	2,000	290	29,000
B-3		高弾性型	50	1.2	1	1,500	485	29,100

表-2 試験結果一覧

試験体名	RC 部材	CFラミネートの種類	最大荷重 (kN)	鉄筋降伏荷重 (kN)	CFラミネート剥離荷重 (kN)	CFラミネート剥離ひずみ (μ)
A-0	梁	無補強	87.52	62.88	—	—
A-1		高強度型	145.44	128.64	145.44	3,781
A-2		中弾性型	122.72	100.32	122.72	3,034
A-3		高弾性型	117.77	—	117.77	2,279
B-0	スラブ	無補強	28.16	22.24	—	—
B-1		高強度型	71.04	46.88	71.04	4,831
B-2		中弾性型	61.70	54.18	61.70	3,400
B-3		高弾性型	51.09	—	51.09	2,872

剥離によって最大荷重となった。その直後荷重が急激に低下し、無補強試験体と近似した荷重－変位関係となった。一方、高弾性型は、曲げひび割れ発生後に剛性が低下し、その後鉄筋が降伏する前に CFRP 帯板の全面剥離によって最大荷重となり、その直後荷重が急激に低下し、無補強試験体と近似した荷重－変位の関係となった。無補強の試験体と補強した試験体を比較すると、補強した試験体は曲げひび割れ発生後の剛性が高く、降伏荷重も高くなっている。また、ひび割れ発生後の荷重－変位関係は、概ね補強剛性に応じた挙動を示した。

CFRP 帯板の種類の違いで比較すると、高強度型および中弾性型の試験体は、ひび割れ発生、鉄筋降伏、CFRP 帯板剥離となる試験経過に顕著な差はないといえるが、中弾性型の曲げ降伏後の荷重の増大割合が少ない。一方、高弾性型は、鉄筋が降伏する前に剥離している。CFRP 帯板が剥離した時の CFRP 帯板のひずみは、高強度型が $3,781 \times 10^{-6}$ と $4,831 \times 10^{-6}$ (平均 $4,306 \times 10^{-6}$)、中弾性型が $3,034 \times 10^{-6}$ と $3,400 \times 10^{-6}$ (平均 $3,217 \times 10^{-6}$)、高弾性型が $2,279 \times 10^{-6}$ と $2,872 \times 10^{-6}$ (平均 $2,575 \times 10^{-6}$) となった。つまり、CFRP 帯板の弾性係数が高いほど剥離しやすい傾向にあると考える。

補強した RC 梁と RC スラブを比較すると、同様の荷重－変位関係を示しており、CFRP 帯板による補強の有無および補強部材の構造性能へ及ぼす影響の顕著な違いはみられなかった。

4. まとめ

高強度型、中弾性型、および高弾性型の CFRP 帯板を貼り付けて補強した、RC 梁および RC スラブの曲げ試験の結果を以下にまとめる。

- (1) CFRP 帯板による曲げ補強効果：CFRP 帯板を貼り付けて補強した試験体は、無補強の試験体と比較して、曲げひび割れ発生後の剛性の低下がごく僅かで、降伏荷重や最大（剥離）荷重が高くなり補強効果があることを再確認した。
- (2) CFRP 帯板の種類の影響：高強度型、中弾性型、および高弾性型の CFRP 帯板によって比較すると、荷重～変位関係に顕著な差はない。高強度型と中弾性型は、ひび割れ発生、鉄筋降伏、CFRP 帯板剥離となる試験経過に顕著な差はないといえるが、中弾性型の曲げ降伏後の荷重の増大割合が少ない。また、高弾性型は、鉄筋が曲げ降伏する前に剥離した。
- (3) CFRP 帯板の剥離ひずみ：高強度型が最も大きく、高弾性型最も小さく、中弾性型はそれらの中間となっている。CFRP 帯板の弾性係数が高いほど剥離しやすい傾向にある。
- (4) 補強する部材の種類の影響：RC 梁と RC スラブの比較では、CFRP 帯板による補強の有無および補強部材の構造性能へ及ぼす影響の顕著な違いはみられなかった。
- (5) 今後も試験体数を増やし、CFRP 帯板による補強効果のデータを拡充していく。

参考文献

- 1)木村耕三,小畠克朗他,"CFRP 板による既存 RC はりの曲げ補強",第 40 回日本学術会議材料研究連合講演会,平成 8 年 9 月。
- 2)CFRP ラミネート工法研究会,"CF ラミネート貼付補強 RC 梁・床スラブの曲げ試験",TSI 委託報告書,平成 23 年 6 月。

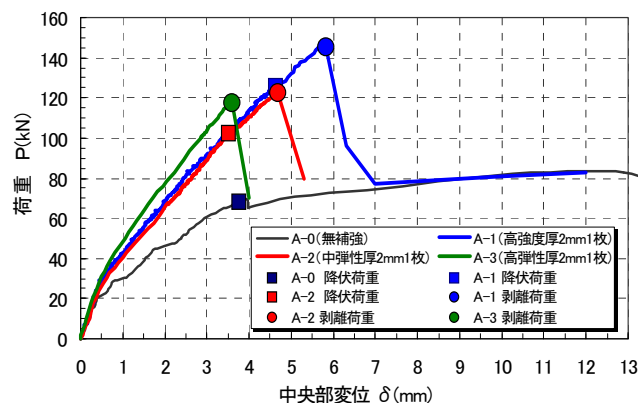


図-2 RC 梁の荷重－中央部変位

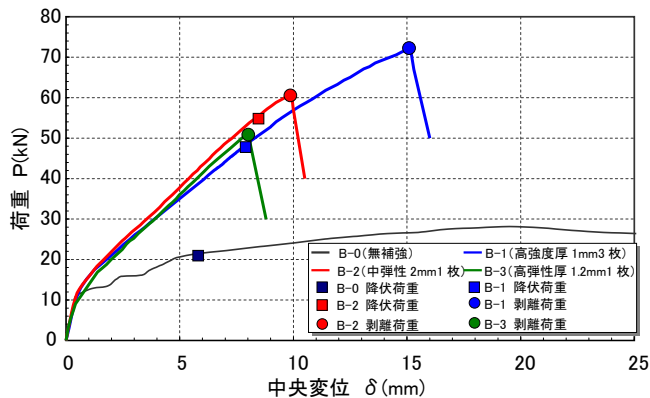


図-3 RC スラブの荷重－中央部変位