

V-351

CFRP板補強鉄筋コンクリート梁のひび割れ特性に関する実験的研究

茨城大学大学院 学生員 黒川 徹二
 茨城大学工学部 正会員 呉 智深
 日鉄コンポジット(株) 正会員 吉澤 弘之

1. はじめに

本研究では構造部材の曲げ補強効果を調べるため、CFRP板を接着して補強した鉄筋コンクリート梁供試体を用いて実験的検討を行った。また、CFRP板補強によるひび割れ特性に及ぼす影響を検討するために、無補強の鉄筋コンクリート供試体と高強度炭素繊維シート(以下、CFRPシート)2枚を接着して補強した鉄筋コンクリート供試体に関する実験¹⁾との比較を行い、ひび割れ分散・抑制効果が確認された。以上のようにCFRP板補強による鉄筋コンクリート曲げ部材のひび割れ特性に関して新しい知見が得られたのでここで報告する。

2. CFRP板補強梁の曲げ試験

(1) 供試体の形状・寸法及び材料特性

図-1に示すような鉄筋コンクリート梁に板厚1mmと2mmのCFRP板(繊維体積含有率60%)を3cmの間隔をあけ、それぞれ2枚をエポキシ樹脂で接着して補強した供試体を作成した。ここで、CFRP板は幅5cm、長さ170cmのものを使用した。CFRPシート供試体とCFRP板供試体は、CFRPシート端部とCFRP板端部の定着性を向上させるためシート及び板の端部は厚さ0.11mmのCFRPシート1枚を接着幅20cmでU字型に接着して補強した。また、表-1に供試体の作成に使用したコンクリート、CFRPシート、CFRP板の材料特性及びCFRP補強比(=補強材断面積/コンクリート断面積)を示す。CFRPシートと比較するためCFRP板の設計厚さは板厚に繊維の体積含有率をかけたものを表に示した。なお、CFRP板のヤング率、強度は成形板としての値である。

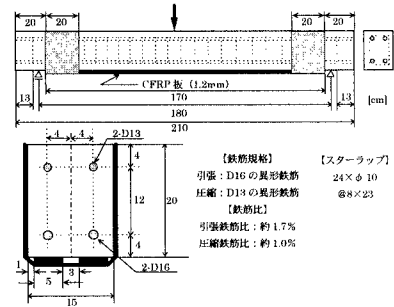


図-1 供試体の形状・寸法

(2) 実験方法

今回の曲げ荷重試験では、支点間隔180cmの3点曲げ試験で行った。荷重速度は1kN/minとし、10kNから初期ひび割れが発生するまでは1kNごとに荷重を保持しながらひび割れの発生を観察した。ひび割れ発生後は10kNごとに荷重を保持し、ひび割れの観察を続けた。また、鉄筋が降伏する直前・直後も荷重を保持してひび割れを観察した。計測項目は、荷重作用点の変位、鉄筋・CFRP板のひずみ分布、ひび割れ幅であり、また特性値として初期ひび割れ荷重、剥離発生荷重、破壊荷重、平均ひび割れ間隔、最大ひび割れ間隔を目視や計測で求めた。ひずみの計測は、主鉄筋では中央部一点、CFRP板では片側の板の底面31箇所(中央部、端部は間隔狭く)にひずみゲージを配置した。また、ひび割れ幅は、梁中央部での引張主鉄筋高さにコンタクトストレインゲージを配置して計測した。

表-1 供試体の材料特性及びCFRP補強比

材料	特性	特性値	CFRP補強比(%)	
コンクリート	ヤング係数	30.2 (GPa)	0.11	
	圧縮強度	43.5 (MPa)		
	ポアソン比	0.13		
高強度CFRPシート	設計厚さ	0.11 (mm)	0.11	
	ヤング係数	230.0 (GPa)		
	引張強度	4.1 (GPa)		
CFRP板	ポアソン比	0.3	0.33 (0.20)	
	設計厚さ(1mm板)	0.6 (mm)		
	設計厚さ(2mm板)	1.2 (mm)		
	ヤング係数	127.5 (GPa)		
	引張強度	2.3 (GPa)		
		ポアソン比	0.3	0.67 (0.40)

(括弧内は繊維厚を用いて算定したCFRP補強比)

表-2 計測結果一覧(単位: kN)

荷重 (kN)	無補強	CFRPシート	CFRP板 1mm	CFRP板 2mm
初期ひび割れ	11.8	13.7	14.0	21.0
鉄筋降伏	49.9	70.0	68.2	88.0
剥離発生		65.7	72.0	94.0
破壊	57.4	82.3	100.2	121.0
破壊形式	曲げ破壊	剥離破壊	剥離破壊	剥離破壊

3. 実験結果

(1) 曲げ耐力の補強効果

各供試体(無補強梁、CFRPシート補強梁、CFRP板補強梁)の初期ひび割れ発生荷重、鉄筋降伏荷重、剥離発生荷重、破壊荷重などの各種計測結果及び破壊形式を表-2に、荷重-変位関係を図-2に、主鉄筋の荷重-ひずみ関係を図-3に示す。これらの結果より、補強材を用いた無補強の場合より鉄筋降伏耐力及び最大耐力が増加することは明らかである。更にCFRPシートに対するCFRP板の破壊荷重を比較すると、1.22倍(1mm板)、1.47倍(2mm板)増加した。CFRP板補強の場合、板の設計厚さがCFRPシートに比べ

キーワード: CFRP板、CFRPシート、ひび割れ分散、ひび割れ間隔、ひび割れ幅、剥離

連絡先: 〒316-0036 茨城県日立市中成沢町4-12-1 TEL 0294-38-5272 FAX 0294-38-5268

て厚いため最大耐力が大幅に上昇する。この関係で、CFRPシートの場合に比べてCFRP板の剥離は靱性が小さいうちに発生した。各補強材における断面剛性（＝ヤング率×CFRP補強比）を算定した結果、CFRPシートに対して1mmCFRP板は1.6倍、2mmCFRP板は3.3倍となった。このことから、CFRPシートと1mmCFRP板の鉄筋降伏前の荷重－変位曲線の傾きがほぼ一致したことが説明できる。また、1mmCFRP板は2mmCFRP板に比べて多少靱性が現れた。次に、主鉄筋の荷重－ひずみ関係においてCFRP板を接着した供試体は鉄筋が降伏した後、ひずみの増加はほとんど見受けられない。これは、鉄筋のひずみゲージ位置でない部分の鉄筋が降伏したことにより鉄筋は現段階以上の応力を分担できなくなり、降伏していない部分の鉄筋の応力は増加しないのでひずみも増加しなかったためである。これは、鉄筋降伏直後のひび割れ発生状況において中央部では卓越したき裂が存在しないことからとも言える。

(2) ひび割れ性状に関する比較

各荷重レベルごとのひび割れ本数、最大ひび割れ幅を図-5に、鉄筋降伏直後の平均ひび割れ間隔を図-6に示す。荷重レベルが低い段階では、CFRP板のひび割れ発生は、シートのひび割れ発生に比べて少し遅くなっている。しかし、荷重レベルが高くなると、ひび割れ発生本数に関して1mmCFRP板は早い段階でCFRPシートに追いつき、2mmCFRP板では多少遅れている。最終的にはCFRPシートとCFRP板のひび割れ発生本数はほぼ同等となる。また、鉄筋降伏直後の平均ひび割れ間隔においては、補強材を用いれば無補強梁に比べておよそ0.6倍となっている。補強材を用いたもので比較するとCFRP補強比の大きさに関わらずほぼ一定値が得られた。

(3) 破壊形態

1mm板、2mm板共に曲げひび割れ近傍からCFRP板の接着界面に向かって発生した斜めひび割れを起点とし、梁の中央近傍から端部に向かってCFRP板とコンクリートとの接着層間の界面剥離が進展して破壊に至った。2mm板の場合は端部補強したシートの一部破断が観察された。1mm板の場合はシートの損傷は見受けられなかったが、シートとCFRP板の界面の剥離が生じCFRP板が端部補強のシートから引き抜け、最終破壊となった。

4. おわりに

実験結果より、CFRP板補強効果に関して以下の結論が得られた。

- 1) CFRP板の接着補強によりCFRPシートと同様なひび割れ分散・抑制効果が期待できる。また、平均ひび割れ間隔はCFRP補強比によらない。更にひび割れ幅は鉄筋降伏前はCFRP補強比の大きさや補強材の種類によらず無補強の供試体とほぼ同様であり、鉄筋降伏後はCFRP補強比が大きいほどひび割れ幅の抑制効果が発揮された。
- 2) CFRP補強量の増加に伴い、供試体の曲げ強度が大幅に上昇したことが確認された。
- 3) 剥離破壊の発生に伴いCFRP板補強供試体の靱性性状が靱性の低いシートと比較して十分に発揮できていないものと思われる。従って十分有効な端部補強の手法を実施する必要があると思われる。

【参考文献】

- 1) 松崎智優：CFRPシート緊張接着による鉄筋コンクリート構造部材の補強工法の開発。茨城大学，修士学位論文，1999

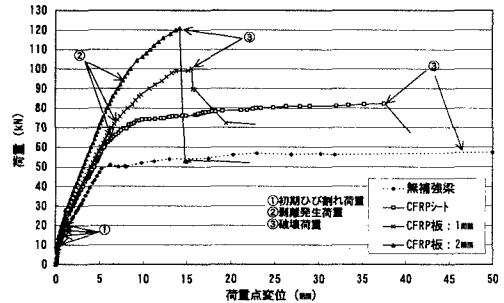


図-2 荷重－変位関係

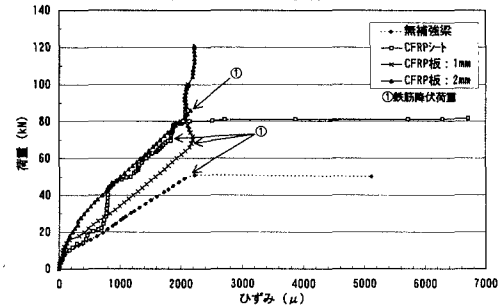


図-3 荷重－ひずみ関係（主鉄筋）

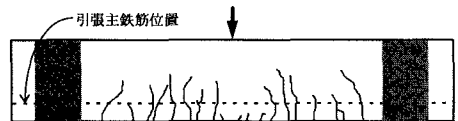


図-4 ひび割れ状況（2mmCFRP板補強供試体）

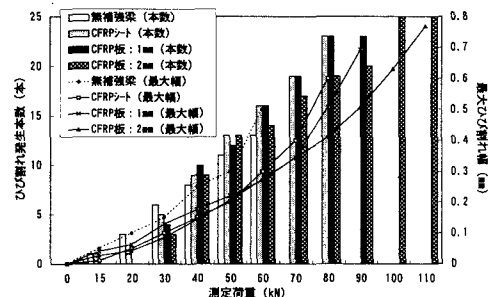


図-5 ひび割れ本数・ひび割れ幅の比較

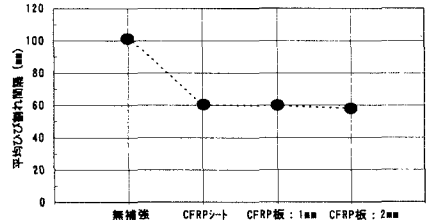


図-6 平均ひびわれ間隔の比較