

接着幅に着目した CFRP 接着補強コンクリート部材のはく離・破壊挙動に関する研究

長崎大学 学生会員 ○藤野 義裕
長崎大学 正会員 松田 浩

長崎大学大学院 学生会員 山本 健太
長崎大学 非会員 山下 務

1 はじめに

鉄筋コンクリート部材の補強工法の 1 つに、炭素繊維シートにエポキシ樹脂を含浸させながら積層一体化させる CFRP 接着工法がある。この工法は、高強度、高耐久性、施工が容易などのメリットがあり、近年数多く適用されている。既存の研究では、接着長やコンクリートの圧縮強度がはく離・破壊挙動に与える影響に着目した研究が主で、接着幅に着目した研究は少ない。

そこで本研究では、接着幅を変化させた CFRP 接着補強コンクリート部材の一軸引張試験を行い、接着幅の違いがはく離・破壊挙動に及ぼす影響について検討を行った。

2 試験概要

供試体と試験装置を図 1、図 2 にそれぞれ示す。供試体の寸法は、断面 100mm×100mm、長さ 600mm のコンクリートブロックで、供試体内部に一軸引張試験の引張定着具として使用するために、異型鉄筋 (D25) を埋め込んでいる。なお、鉄筋は試験体中央位置で切断している。さらに、ひび割れを誘発させるため、試験体中央両側面のコンクリート表面に切り欠きを挿入している。この供試体の両側面に接着長さ 500mm、接着幅 50mm と 90mm の 2 種類の炭素繊維シートをエポキシ樹脂により接着させた。この炭素繊維シートの定着体として、切り欠きから 15mm の位置に、接着幅 200mm の炭素繊維シートを一周巻きつけ接着させた。本試験では、接着幅 50mm、90mm の供試体を 3 体ずつ作製した。

試験は、万能試験機にて供試体が破壊するまで一軸引張荷重を行い、その際、図 1、2 の網掛け部を光学的全視野計測法の一つであるデジタル画像相関法 (以下 DICM と呼ぶ) にて CFRP 表面のひずみ計測を行った。また、DICM の精度の確認のため、切り欠きから 0、15、30、45、60、90、150、200mm の CFRP 表面上にひずみゲージを 8 枚添付した。表 1～3 に材料物性を示す。

3 試験結果

試験結果を表 4 に示す。試験結果より、接着幅が大きくなると、破壊荷重は増加する傾向を示した。表 4 のはく離位置の「補強部」とは、図 1 の切り欠き部より右側のシート接着界面からのはく離、「定着部」とは、切り欠き部より左側の定着シートからのはく離を示したものである。

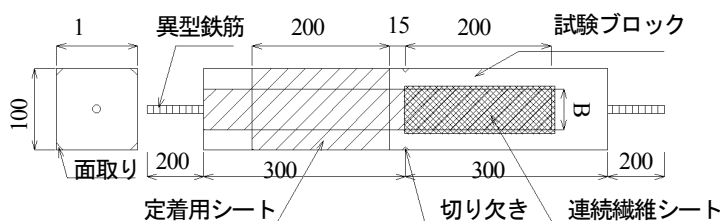


図 1 供試体概要図

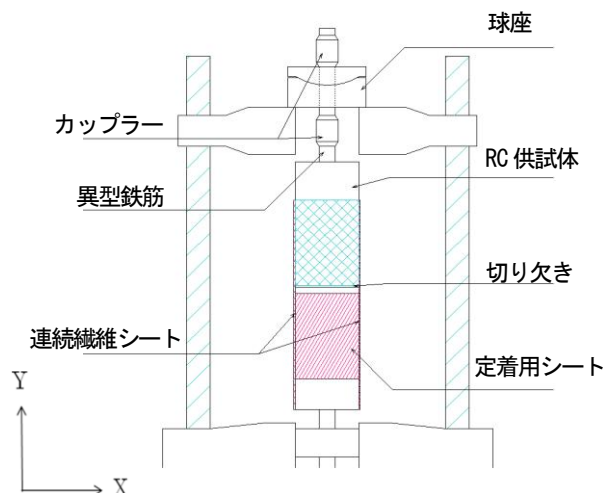


図 2 試験概要図

表 1 コンクリートの物性値

圧縮強度 f_c (N/mm ²)	引張強度 f_{ct} (N/mm ²)	弾性係数 E_c (N/mm ²)	ポアソン比 ν_c
42.1	3.0	33114	0.18

表 2 エポキシ樹脂の物性値

圧縮強度 f_{ec} (N/mm ²)	引張強度 f_{et} (N/mm ²)	引張せん断強度 τ_e (N/mm ²)	弾性係数 E_e (N/mm ²)	ポアソン比 ν_e
76.5	45.3	16.3	2600	0.4

表 3 炭素繊維シートの物性値

圧縮強度 f_{sc} (N/mm ²)	引張強度 f_{st} (N/mm ²)	弾性係数 E_s (N/mm ²)	ポアソン比 ν_s
2700	2700	444000	0.4

表 4 試験結果一覧

接着幅 (mm)	no	破壊荷重 (kN)	はく離位置
50	1	19.8	補強部
	2	21.9	定着部
	3	23.3	補強部
90	1	30.6	定着部
	2	30.4	補強部
	3	33.1	補強部



(a) 50-2



(b) 90-1

写真 1 定着部からのはく離

接着幅毎のはく離状況を写真1と写真2にそれぞれ示す。写真1より定着用シートの接着界面からはく離していることが確認できる。この原因として、供試体作製時の接着不良が考えられる。写真2より、補強部の接着界面からはく離していることが確認できる。図3に補強部からはく離した供試体の側面を示す。補強部からはく離した供試体の破壊メカニズムは、まず、切り欠きにひび割れが発生したのと同時に、軸方向に斜めひび割れが進展する。それと同時に、はく離が切り欠きから発生し、先端部へと進展し、全面はく離へ至ると考えられる。

4 計測結果

DICM より得られた、CFRP 表面の y 方向ひずみ分布図を図4に示す。これより、切り欠き部近傍から、ひずみが集中し増大しているのがわかり、CFRP 表面のひずみの進展挙動を可視化することができた。よって、接着幅方向のCFRP 表面のひずみ分布からは、接着幅が破壊メカニズムに与える影響はないと考えられる。

また、DICM より得られたCFRP 表面中央の y 方向ひずみ分布を図5に示す。これより、切り欠きにひび割れが生じてからはく離開始の間に、急激にひずみの増加を確認できた。このひずみが、荷重の増加に伴い、シートのはく離が先端部に推移し、接着幅に関わらず約 4500μ に達して、全面はく離に至ることがわかる。図には示していないがひずみゲージとの相関性を確認できた。

次に、CFRP 表面中央の付着応力分布を図6に示す。ここで、付着応力は隣接ひずみゲージ間のひずみ差と、炭素繊維シートの弾性係数、厚さの積をゲージ間の長さで除した値である。これより、接着幅 50mm では、切り欠きにひび割れが生じてから、急激に付着応力が上昇し、底辺約 50mm の山形の分布で先端部に推移し、はく離に至っている。一方、接着幅 90mm では、切り欠きにひび割れが生じてから、緩やかに付着応力が上昇し、底辺約 50mm の山形の分布で先端部に推移し、はく離に至っている。また、付着応力も接着幅 50mm は 90mm に比べて約 $1.5\sim 2$ 倍となっている。これより、接着幅が小さいと局部的に応力が集中し、その結果、全面はく離を助長したと考えられる。

5 まとめ

- ・ 接着幅が大きくなると破壊荷重は大きくなる。
- ・ 破壊形態は、接着幅に関わらずはく離が生じた。
- ・ DICM により CFRP 表面のひずみ進展挙動を可視化できた。
- ・ 切り欠きにひび割れが生じると、急激にひずみが増加し、このひずみが荷重の増加に伴い、シートのはく離が先端部に推移し、はく離に至る。
- ・ 接着幅が小さいと局部的に応力が集中し、全面はく離を助長したと考えられる。

[参考文献]

佐川康貴, 炭素繊維シート接着工法における付着性状および剥離耐力向上法に関する研究 土木学会論文集 No.669

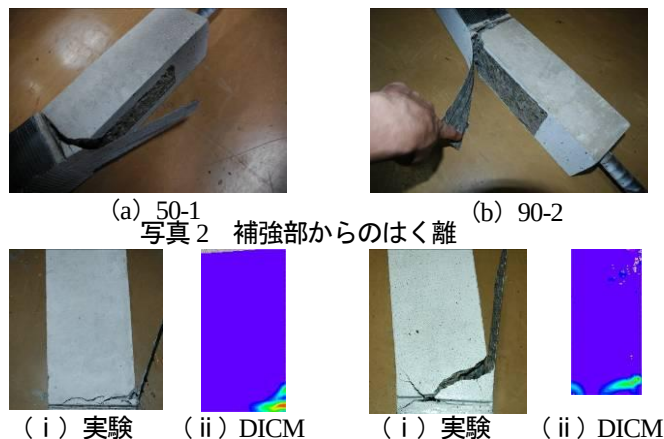


図3 コンクリート側面ひび割れ図

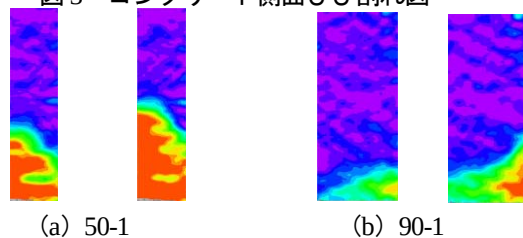
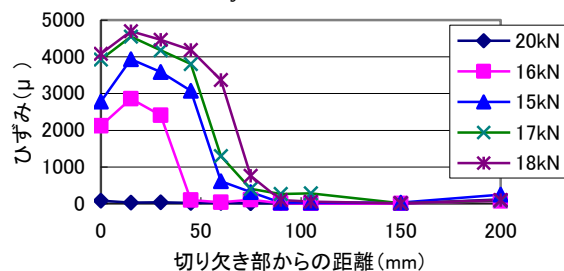
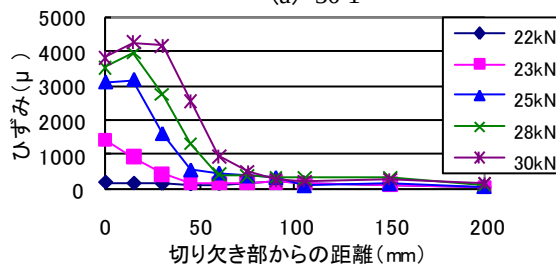


図4 y 方向ひずみ分布図

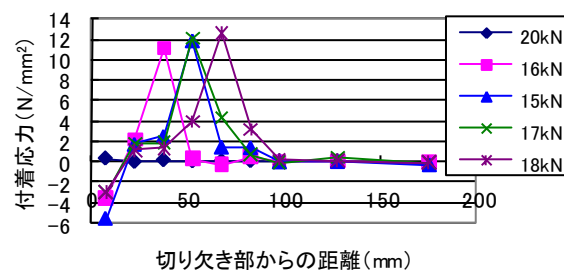


(a) 50-1

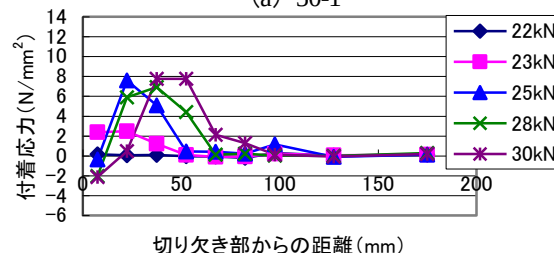


(b) 90-1

図5 CFRP 表面中央の y 方向ひずみ分布



(a) 50-1



(b) 90-1

図6 CFRP 表面中央の付着応力分布