

既設コンクリート部材の補強における CFRP 格子筋のせん断耐荷挙動

JR 東日本 正会員 大池幸史

首都大学東京 正会員 宇治公隆、フェロー 國府勝郎、学生会員 笠倉亮太

1. 目的

近年、既設RC構造物の機能回復・向上を目的として、高強度・耐腐食性に優れる炭素繊維（CFRP）格子筋を配置し、ポリマーセメントモルタルを吹き付ける補修・補強工法が採用されている。しかし、部材側面に適用した場合のせん断耐荷挙動について未だ十分な検討がなされていないと言える。著者らは、これまで、CFRP格子筋と吹付けモルタルにより補修した梁部材により、せん断補強効果について耐荷力の面から検討を行っている¹⁾。

本研究では、梁部材における斜めひび割れ近傍に着目した要素実験（格子筋引抜き試験）とせん断付着強度試験を行い、CFRP 格子筋のせん断耐荷挙動について検討した。

2. 実験概要

2.1 補修材料

CFRP 格子筋には炭素繊維を格子状に積層成形した市販製品を使用した。実験では、SBR 系ポリマーセメントモルタルに短繊維を混合した湿式吹付けモルタルを使用した。また接着増強剤としてプライマーを使用した。

2.2 使用材料

使用材料の物性を表 1 に示す。

2.3 供試体および試験方法

(1) せん断付着強度試験

コンクリート表面の粗面処理の違いが、コンクリートとモルタル界面のせん断付着強度に及ぼす影響を検討した。表 2 に検討ケースを、図 1 に試験概要を示す。試験は圧縮試験機を用い、得られた最大荷重を界面の面積で除してせん断付着強度とした。

(2) 格子筋引抜き試験

表 3 に供試体諸元を、図 2 に供試体の形状・寸法を示す。吹付けにおいては、既設コンクリート部材の側面を想定したコンクリート板(38.8N/mm²)をパキュムプラストまたはディスクサンダーにより粗面処理し、CFRP格子筋を配置してモルタルを吹き付けた。供試体は、格子筋を直接引張るために、CFRP格子筋の縦筋 1 本を突出させたものとなっている。試験は、「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法（JSCE-G 503-1999）」を参考にして行った。

なお、図 3 に示すごとく供試体に偏心がかからないよう、偏心防止用のコンクリート板を配置した。荷重は終局まで単調増加とし、適宜、格子筋ひずみ、変位を測定した。

表 1 使用材料の物性

種類	特性値		
コンクリート (材齢28日)	圧縮強度: 38.8N/mm ²		
	引張強度: 2.92N/mm ²		
	弾性係数: 29.3kN/mm ²		
モルタル (材齢28日)	圧縮強度: 35.8N/mm ²		
	引張強度: 1.86N/mm ² 弾性係数: 15.3kN/mm ²		
CFRP格子筋	CR4	断面積: 6.6mm ²	破断強度: 1400N/mm ² 弾性係数: 100kN/mm ²
	CR8	断面積: 26.4mm ²	
	CR13	断面積: 65mm ²	

表 2 検討ケース

ケース	界面処理程度	プライマー
	パキュムプラスト	有
	凹凸1.0mm	なし
	ディスクサンダー	有
	凹凸0.1mm	なし

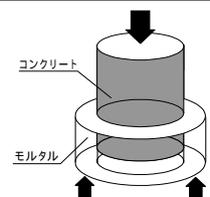


図 1 試験概要

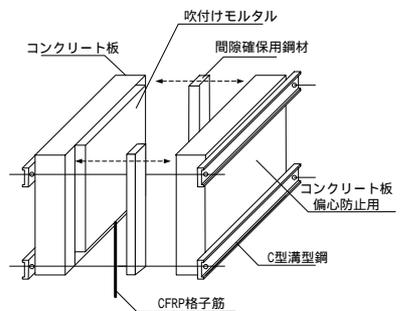


図 3 試験体

表 3 供試体諸元

供試体 No	FRPの筋番	格子筋間隔 (mm)	格子点数	モルタル厚 (mm)	プライマー	表面処理	
1	CR4	50	5	20	有	パキュムプラスト	
2	CR8			40			
3	CR8	100	3	20			
4	CR4			なし			ディスクサンダー
5	CR13						
6	CR4	50	5	20	なし	ディスクサンダー	
7	CR8						
8	CR4	100	3	20	なし	ディスクサンダー	
9	CR13						

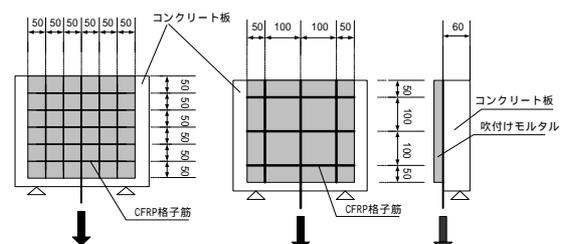


図 2 供試体形状・寸法 単位: mm

キーワード CFRP 格子筋, 吹付けモルタル, せん断付着応力, プライマー

連絡先 首都大学東京都市基盤環境コース 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-2775

3. 実験結果および考察

3.1 せん断付着強度試験

図4にせん断付着強度試験の結果を示す。パキュームブラスト、ディスクサンダーともにプライマーの効果が見られる。ただし、凹凸の影響が卓越しており、良好な付着強度を確保するには界面の凹凸処理が重要である。

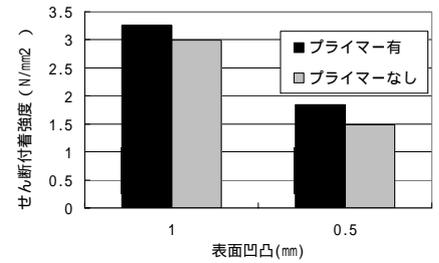


図4 せん断付着強度

3.2 格子筋引抜き試験

表4に格子筋引抜き試験の破壊形式および最大荷重を示す。破壊形式として、次の3種類が考えられる。(1)CFRP格子筋が引張強度に達して破断、(2)コンクリート 吹付けモルタル界面の付着破壊、(3)吹付けモルタルの引張破壊である。破壊形式(1)はNo.1、4で生じ、吹付けモルタルの付着強度に達する以前に、CFRP格子筋の応力が1400N/mm²に達してCFRP格子筋が破断している。破壊形式(2)はNo.6~9で生じ、吹付けモルタルが全面剥離しており、付着強度が不十分であった。破壊形式(3)はNo.2、3、5で生じ、付着強度は十分であったが、縦筋付近の吹付けモルタルが割裂てひび割れを生じ、CFRP格子筋の耐力を残したまま、部分剥離を生じた。

表4 破壊形式、最大荷重

No.	筋番	格子間隔 (mm)	破壊形式	格子点	粗面処理	最大荷重 (kN)
1	CR4	50	破断	5	パキュームブラスト	10.47
2	CR8		引張破壊	5		31.95
3	CR8		引張破壊	5		40.87
4	CR4	100	破断	3	パキュームブラスト	10.19
5	CR13		引張破壊	3		28.13
6	CR4	50	剥離	5	ディスクサンダー	3.82
7	CR8		剥離	5		1.86
8	CR4		剥離	3		3.33
9	CR13	100	剥離	3		9.21

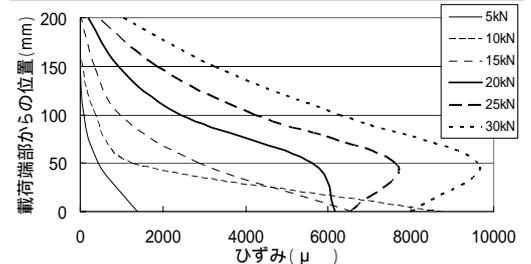


図5 No.2 縦筋のひずみ分布

CFRP格子筋の引張力に対して、コンクリート モルタル界面のせん断付着応力が抵抗する。そこで、一例として、No.2におけるせん断付着応力分担域の移動について検討する。図5にNo.2の縦筋ひずみ分布を示す。既往の研究と同様に²⁾、荷重が増加していくにつれて徐々に部材上方の縦筋にもひずみが発生しており、応力が伝達し分担域が徐々に拡大していくことが分かる。すなわち、20kN付近から、ひずみが最大となる位置が移行しており、載荷側の分担域の付着切れが生じ、分担域が上方へと移動している。ひび割れの発生状況、格子縦筋・横筋のひずみ分布などから載荷軸方向・直交方向の影響範囲を考慮し、また検討を容易にするためせん断応力分担域を三角形と仮定すると、せん断応力分担域の移動は図6のように考えることができる。

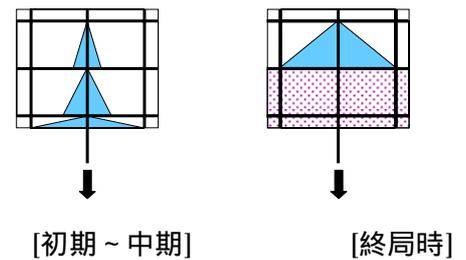


図6 応力分担域の移動

表5 計算値と実測値の比較

	筋番	面積 mm ²	終局荷重(計算値) kN	終局荷重(実測値) kN
No.2	CR8	10000	32.6	31.95
No.5	CR13	10000	32.6	28.13

なお、引張力に対する応力分担面積を三角形と仮定し、3.1

で実施したせん断付着強度試験の値を用いて終局荷重を求めると表5のようになる。計算値と実測値の差は2~13%程度であり、簡易的に応力分担域を三角形分布と仮定してもほぼ終局荷重を推測できると言える。

4. 結論

- (1)凹凸が1.0mmあれば十分な付着応力が得られ、CFRP格子筋の耐力を発揮することができる。しかし、格子筋の付着破壊で吹付けモルタルにひび割れが生じると、格子筋が耐力を十分に発揮できなくなる。
- (2)コンクリート 吹付けモルタル界面のせん断付着応力分担域は、荷重の増加に伴い、載荷軸方向・直交方向に拡大しながら上方へと移動していく。また、その分担面積を三角形で仮定し、せん断耐荷力を評価することができる。

参考文献

1)宇治公隆ほか：炭素繊維格子筋と吹付けモルタルにより補修した部材の部材耐力、第60回土木学会年次学術講演会講演概要集、CD-ROM版、第5部、pp111-112、2005.9
 2)小林朗ほか：埋込型FRP筋の付着特性とはり部材のせん断補強効果、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第4巻、pp401-408、2004.10