格子状連続繊維補強材を用いたRCはりの下面増厚補強効果

群馬大学大学院　学生会員　○山中　辰則
群馬大学大学院　フェロー会員　辻　幸和
群馬大学大学院　正会員　李　春鶴

1.はじめに

性能が低下したRC床版の補強工法として，吹付け下面増厚補強工法がある．その中で，軽量で耐食性に優れ，引張強度が大きい連続繊維補強材を用いた補強工法に関する研究開発が多く実施されている．補強工法に関する既往の研究のうち，RCはりに炭素繊維の格子状連続繊維補強材(以下，CFRP)を用いた下面増厚補強の実験が報告されている[1)]．その中では，複数のCFRPを既設RC床版に設置し，継目部をもう一枚の継手用CFRPで補った重ね継手による補強が下面増厚補強効果に及ぼす検討がなされているが，未解明な部分が多い．

本研究では，CFRPの継手の有無，下面増厚に用いる吹付けポリマーセメントモルタル（以下，PCM）の力学的特性およびCFRPの補強区間の長さの違いが，下面増厚補強に及ぼす影響を主として検討する．

2.実験概要

2.1 供試体の概要

RCはり供試体の一覧を**表-1**に，形状寸法を**図-1**にそれぞれ示す．高さを220mm，幅を500mmとし，補強区間の長さの違いにより S(1,600mm)，M(2,200mm)，L(2,800mm)の3シリーズとし，継手の有無，PCMの種類を変化させた合計9体のはり供試体を作製した．コンクリートの材齢が28日に達した後，使用状態を模擬して引張鉄筋の応力度が300N/mm^{2}となるまで1次載荷をした．その後，CFRPを直径が4.8mm，全長が35mm，埋込み長さが25mmのリベットを20本/m^{2}用いて固定し，PCMを吹き付けた．

継手用CFRPは**図-2**に示すように，供試体中央部から4節点のCFRPが重なるように，800mmの範囲に配置した．吹付け終了後，28日間の湿布養生を行い，終局までの2次載荷試験を行った．載荷試験方法は，等曲げモーメント区間を500mmとする2点集中載荷とした．

2.2 使用材料

表-2にPCMの力学的特性を示す．PCMは高機能性特殊粉末樹脂および特殊短繊維をプレミックスした特殊無機系パウダーで構成されている．

CFRPは格子間隔が100mm×100mm，引張強度が1794N/mm^{2}のものを使用した．

2.3 測定項目

CFRPのひずみの測定には，**図-2**に示す位置にワイヤストレインゲージを貼付して計測を行った．CFRPのひずみは，各位置に貼付した3つのワイヤストレイゲージの平均値とした．

表-1　RCはり供試体一覧

シリーズ名	供試体名	支点間隔 (mm)	補強の有無	継手の有無	補強長さ (mm)	吹付け材 (PCM)
Sシリーズ	S-J	2,000	あり	あり	1,600	低弾性
	S-N			なし		
	S-O		なし	—	—	—
Mシリーズ	M-J	2,600	あり	あり	2,200	低弾性
	M-J-H			あり		高強度・高弾性
	M-O		なし	—	—	—
Lシリーズ	L-J	3,200	あり	あり	2,800	低弾性
	L-N			なし		
	L-O		なし	—	—	—

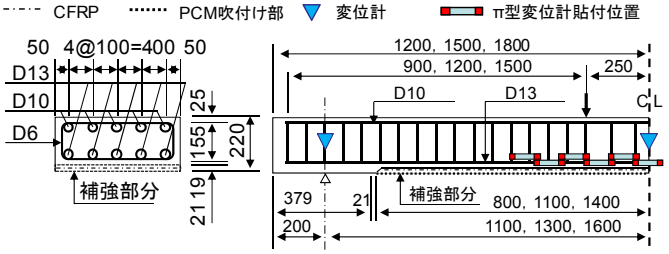
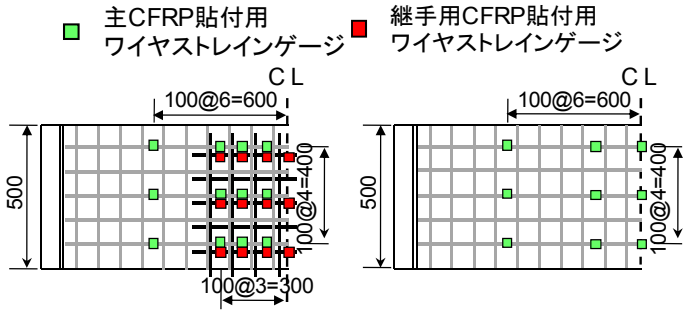


図-1　供試体の形状寸法

表-2　ポリマーセメントモルタルの力学的特性

PCM	圧縮強度 N/mm^2	曲げ強さ N/mm^2	静弾性係数 N/mm^2	付着強度 N/mm^2
高強度・高弾性	66.3	11.5	2.51×10^4	5.3
低弾性	38.2	7.9	1.45×10^4	3.7



(a)　継手有り供試体　　(b)　一体型供試体

図-2　CFRPの配置方法およびひずみ測定位置

キーワード　格子状CFRP，CFRPの継手，下面増厚補強，ポリマーセメントモルタル
連絡先　〒376-8515　群馬県桐生市天神町1-5-1　群馬大学大学院　工学研究科　TEL　0277-30-1613　FAX　0277-30-1601

3.実験結果

3.1 たわみと曲げモーメントの関係および最大荷重

曲げモーメントとたわみの関係を**図-3** に示す．解析値は，コンクリートと鉄筋および CFRP の付着を完全付着，コンクリート躯体と PCM も完全付着とそれぞれ仮定し，はり供試体の圧縮縁から引張縁までのひずみを直線分布とする平面保持が成り立つものとし，断面解析プログラムにより，算出した．

補強長さの短い S シリーズでは，継手の有無によるたわみの差はほとんど生じていない．しかし，補強長さの長い L シリーズでは，CFRP が一体型の供試体は継手を有する供試体に比べ，剛性が小さく，たわみが少し増加する傾向が認められる．

CFRP が一体型の供試体では，補強長さにより，最大曲げモーメントにほとんど変化はないものの，継手を有する供試体では，補強長さが長い供試体 L-J は短い供試体に比べ，最大曲げモーメントが 20%程度増加している．これは，補強長さが長くなったことにより，主 CFRP から継手用 CFRP への引張応力伝達がスムーズに行われたためと考えられる．また，継手を有する供試体では供試体 S-J のみ解析値を下回り，継手部が負の要因になることが認められる．

3.2 吹付け PCM の付着性状

終局時における破壊状況を**写真-1** に示す．低弾性 PCM を吹き付けた供試体 M-J では，コンクリート躯体と吹付け PCM の界面に水平せん断ひび割れが生じ，継手部の剥離に至った．一方，高強度・高弾性 PCM を吹き付けた供試体 M-J-H では，供試体 M-J と同様に継手部の剥離により破壊したが，継手部の剥離時にコンクリート躯体を一緒に剥がしている．高強度・高弾性 PCM は，コンクリート躯体との付着性状が良好であることが認められる．

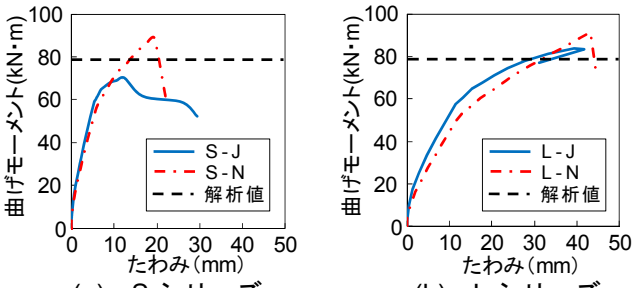
3.3 継手部 CFRP のひずみ分布

引張鉄筋が降伏した後における S，L シリーズの供試体の CFRP のひずみ分布を，**図-4** に示す．CFRP のひずみ分布は，供試体中央部の主 CFRP の継目からの距離とする．図には，継手を有する供試体の主 CFRP と継手用 CFRP の同位置におけるひずみの合計値を併記した．

継手用 CFRP と主 CFRP のひずみの合計値が一体型の供試体の CFRP のひずみに近くなり，継手用 CFRP と主 CFRP での引張応力の分担が明瞭に伝達されている．そして，この伝達は，L シリーズの方が良好である．

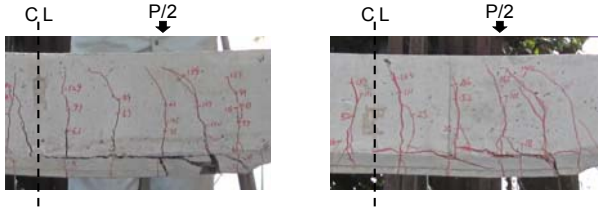
4.まとめ

継手を有する CFRP を用いて RC はりの下面増厚補強を行い，載荷実験を行った結果，以下の知見が得られた．



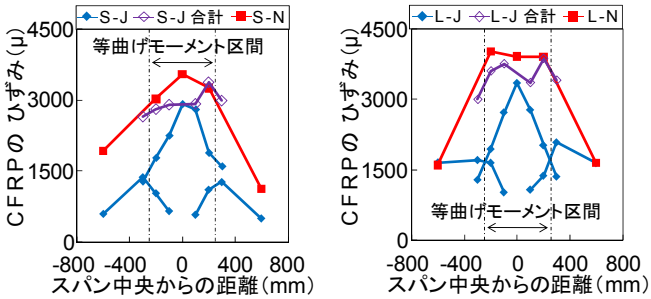
(a) S シリーズ　(b) L シリーズ

図-3 たわみと曲げモーメントの関係



(a) 供試体 M-J　(b) 供試体 M-J-H

写真-1 終局時における破壊状況



(a) S シリーズ　(b) L シリーズ

図-4 CFRP のひずみ分布

1)一体型 CFRP で補強した場合は，補強長さが異なっても最大曲げモーメントにはほとんど差はないが，継手を有する CFRP で補強した場合では，補強長さの長いものでは，短いものに比べ，最大曲げモーメントが 20%程度増加した．

2)高強度・高弾性 PCM を吹き付けると，従来の低弾性 PCM を吹き付けた供試体 M-J に比べ，コンクリート躯体との付着性状が良好であることが確認できた．

3)引張鉄筋が降伏した後，継手用 CFRP と主 CFRP の引張応力の分担が明瞭に伝達されているが，補強長さが長いと，その伝達が良好であった．

謝辞:本研究は，FRP グリッド工法研究会との共同研究の一環として実施したものである．供試体の作製および載荷実験に際しては，ドーピー建設工業(株)関東工場に多大なご協力をいただいた．付記して，厚くお礼申し上げる．

【参考文献】

1) 辻幸和，小田切芳春，岡村雄樹，佐藤貢一：継手部を有する連続繊維補強材を用いた RC はりの補強効果，土木学会論文集，Vol.788，pp.67-80，20050520