

# RC 柱の段落し部に接着した曲げ補強 FRP シートの付着性状

青森県 正員 新井 茂雄 室蘭工業大学 正員 岸 徳光  
 三井建設(株) フェロー 三上 浩 室蘭工業大学 学生員 栗橋 祐介

## 1. はじめに

本研究では、RC 柱の段落し部を FRP シートにて曲げ補強した場合のシートの付着性状を実験的に検討した。本研究では、特に曲げ補強後も段落し部で終局に至る場合を想定し、シートの目付量と載荷方法が曲げ付着性状に与える影響について検討を行った。

## 2. 実験の概要

図 - 1 には試験体の概要を示している。実験に用いた試験体の断面寸法は 25×25 cm で柱部の高さは 150 cm である。段落し位置はフーチング上面から高さ 70 cm の位置に設定し、この位置で主筋を 16 本から 4 本に減少させている。主筋には D16 (SD345) を用い、スターラップには D10 (SD295) を用い 10 cm ピッチで配筋した。また、加力面には補強後も段落し部の曲げ耐力が基部よりも小さくなる範囲で種々の FRP シートを、試験体基部から高さ 130 cm の範囲に幅 20 cm で貼り付けている。

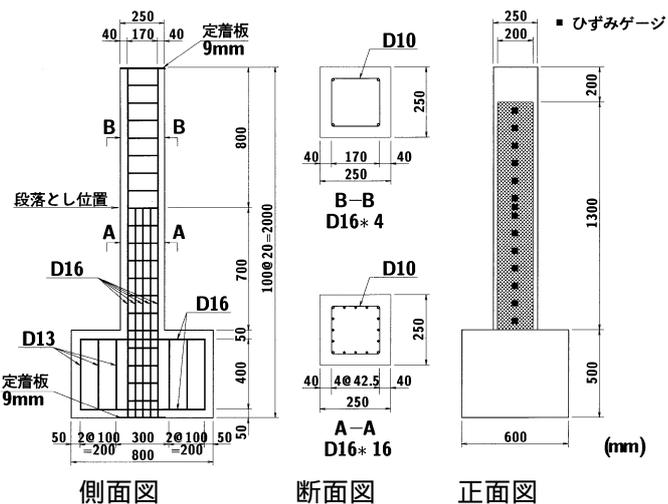


図 - 1 試験体の概要

表 - 1 には本実験で用いた試験体の一覧を示している。

試験体名の第一項目は曲げ補強シートの種類 (N: 無補強, A: アラミド繊維, C: 炭素繊維) とシートの目付量との組合せを表わし、第二項目は載荷方法 (M: 単調載荷, C: 交番載荷) を表わしている。表 - 2 には本実験で用いたシートの力学的特性を示している。単調載荷実験は柱を正方向に加力して変位振幅が実験装置の限界値 ( $\pm 150$  mm) に達するか、もしくはシートが剥離するまで行った。交番載荷実験は段落し部主筋降伏時における載荷点変位を降伏変位  $y_1$  とし、変位振幅を  $2y_1, 3y_1, \dots$  と漸増させる繰り返し正負交番載荷で行った。各変位振幅において繰り返し回数は 3 回とし、各振幅正載荷時 1 回目の荷重が主筋降伏時の荷重 (降伏荷重  $P_y$ ) を下回るまで交番載荷を行った。

表 - 1 試験体一覧

試験体名	補強材	目付量 (g/m <sup>2</sup> )	載荷方法
N-M	無補強	-	単調載荷
A200-M	アラミド繊維	200	
A415-M		415	
A623-M		623	
C300-M	炭素繊維	300	交番載荷
N-C	無補強	-	
A200-C	アラミド繊維	200	
A415-C		415	
A623-C		623	

表 - 2 FRP シートの力学的特性

補強材	目付量 (g/m <sup>2</sup> )	厚さ (mm)	弾性係数 (GPa)	引張強度 (GPa)
アラミド繊維	200	0.138	126.51	2.48
	415	0.286		
	623	0.429		
炭素繊維	300	0.167	230.46	4.07

## 3. 実験結果

### 3.1 荷重 - 変位関係

図 - 2 には単調載荷試験体の荷重 - 変位関係を示している。FRP シート補強試験体の載荷荷重は、無補強試験体と異なり主筋降伏後も顕著に増加し、最大荷重到達後シートが剥離して無補強の荷重 - 変位関係にすりついている。また、目付量の大きい試験体ほど最大荷重が大きく示されている。図 - 3 には交番載荷試験体の荷重 - 変位関係の包絡線を示している。包絡線には各変位振幅時の正負載荷 1 回目の荷重値と変位値を用いている。図より、無補強試験体 N-C の最大荷重は  $1y_1$  時の荷重と大差ないが、補強試験体の荷重は  $1y_1$  以後も増加していることがわかる。また、シートの目付量が大きい試験体において各載荷時の荷重が大きく示されている。

キーワード： RC 柱, 段落し, FRP シート, 曲げ補強, 平均付着強度

連絡先： 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

### 3.2 FRP シートの付着性状

図 - 4 には最大荷重時における FRP シートに発生する歪の分布を単調荷重および交番荷重試験体について示している。実験時には、試験体は段落し部で塑性ヒンジを形成し、終局状態に至っている。シートの剥離は、段落し部の引張側に発生した曲げとせん断ひび割れの交叉により形成されたコンクリート塊がシートを押し出し引き剥がすピーリング作用により生じている。このようなシートの剥離性状を考慮し、本研究では段落し位置から歪が線形に低下すると仮定した場合の零歪位置までの距離を付着抵抗長さとして定義した。図には段落し部の歪および付着抵抗長さを明記している。図より、シートの目付量が等しい場合には A623 を除いて荷重方法に関わらず歪の分布性状はほぼ同様であることがわかる。

表 - 3 には図 - 4 から求められるシートの曲げ付着特性を整理している。表中、発生引張力は段落し部歪にシートの弾性係数とシート厚さを乗じたものであり、平均付着抵抗長さは段落し位置より上側と下側の付着抵抗長さの平均値である。また、平均付着強度は発生引張力を平均付着抵抗長さで除したものである。表より、A623-C を除き荷重方法に依らずシートの目付量の増加に対応して段落し部歪は減少するものの、発生引張力は増大している。平均付着抵抗長さは単調荷重実験では A200-M 以外は同値であるが、交番荷重実験の場合ではシート目付量の増加に対応して増大している。平均付着強度は荷重方法に関わらず 0.5 ~ 0.9 MPa を示し、目付量の増加に従って増大する傾向にある。既往の文献<sup>1)</sup>では FRP シートの許容付着強度を 0.44 MPa と規定しているが、本実験結果からこの規定値は安全側といえる。しかしながら、本実験結果は FRP シートで曲げ補強した両端単純支持 RC 梁の一点荷重実験<sup>2)</sup>における平均付着強度(1.0 ~ 1.2 MPa)と比較して、若干小さな値となっている。

### 4.まとめ

FRP シートで補強した RC 柱の最大荷重は、荷重方法に依らずシートの目付量の増加に対応して増大するが、いずれの場合もシートの剥離によって破壊する。また、曲げ補強後も段落し部で終局に至る場合のシートの平均付着強度はシートの目付量に応じて増加するものの、その値は 0.5 ~ 0.9 MPa 程度となり、両端単純支持の場合に比べて若干小さい。

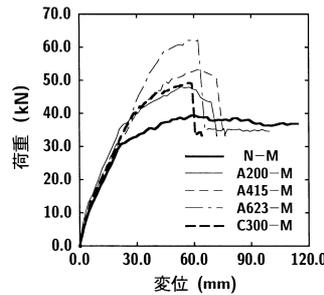


図 - 2 荷重 - 変位関係

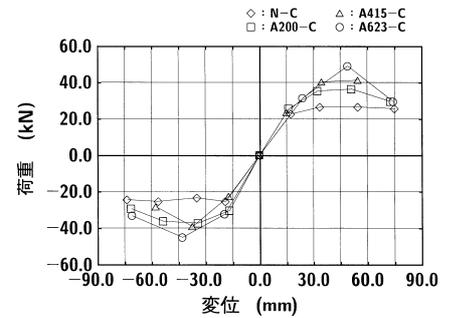


図 - 3 荷重 - 変位包絡線

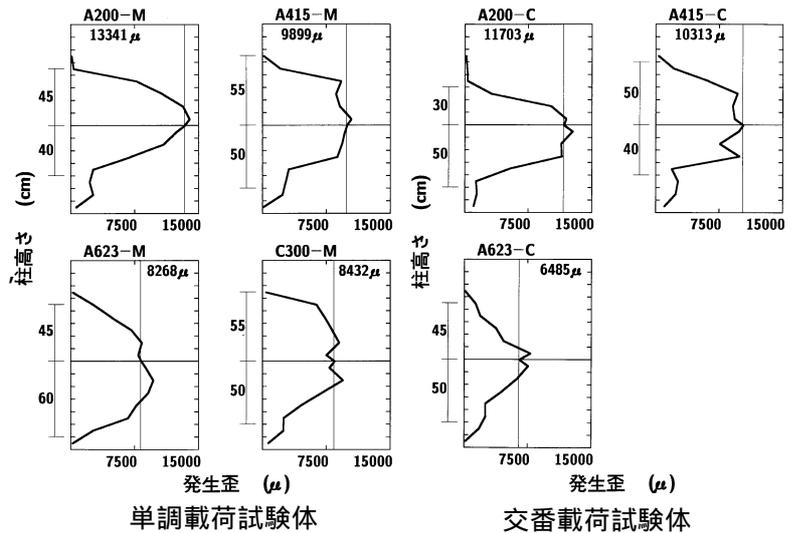


図 - 4 FRP シートの歪分布

表 - 3 FRP シートの曲げ付着特性

試験体名	段落し部歪 (μ)	発生引張力 (kN/cm)	平均付着抵抗長さ (cm)	平均付着強度 (MPa)
A200-M	13,341	2.33	42.5	0.55
A415-M	9,899	3.58	52.5	0.68
A623-M	8,268	4.49	52.5	0.85
C300-M	8,432	3.25	52.5	0.62
A200-C	11,703	2.04	40.0	0.51
A415-C	10,313	3.73	45.0	0.83
A623-C	6,485	3.52	47.5	0.74

### 参考文献

- 1) アラミド補強研究会：アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法，設計・施工要領（案），1998
- 2) 岸徳光，三上浩，池田憲二，栗橋祐介：FRP シート曲げ補強 RC 梁のスパン方向偏心荷重時における耐荷性状，構造工学論文集，Vol.46A, pp.1175-1182, 2000.3.