

段落し部を有する AFRP シート曲げ補強 RC 柱の定変位繰返し載荷実験

室蘭工業大学

学生員

○ 森本 勤

室蘭工業大学 フェロー

岸 徳光

三井住友建設（株） フェロー

三上 浩

室蘭工業大学 学生員

澤田 純之

1. はじめに

本研究では、長期的な維持管理を考慮に入れた FRP シート接着工法に関する既設 RC 構造物の合理的な曲げ補強設計法を確立するための基礎資料を得ることを目的として、FRP シート曲げ補強 RC 柱に関する水平単調載荷および定変位繰返し載荷実験を行った。

2. 実験概要

表 - 1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。表中、試験体名の第 1 項目は載荷方法 (M: 単調載荷, C: 繰返し載荷) を示し、付随する数値は設定変位振幅 (降伏変位 δ_y の倍数) を示している。第 2 項目は軸力の有無 (N: 軸力無し, A: 軸力有り) を示している。図 - 1

には、試験体の概要を示している。柱部の断面寸法は 25×25 cm、柱高さは 146.5 cm である。なお、水平加力位置は基部より 165.5 cm の位置である。本実験では、シート補強後も段落し部で終局に至るように断面設計をしているため、段落し位置を基部より 70 cm の位置に設定し、その位置で主鉄筋を 16 本から 4 本に減少させている。なお、主鉄筋には D16 (SD345) を用いた。曲げ補強シートはアラミド繊維製の FRP シート (AFRP シート; 目付量: 415 g/m^2 , 厚さ: 0.286 mm , 引張強度: 2.06 GPa , 弾性係数: 118 GPa) を用い、圧縮力および引張力作用面の基部から高さ 130 cm、幅 20 cm の範囲に接着している。-N 試験体、-A 試験体の実験時におけるコンクリートの圧縮強度は 27.9, 28.4 MPa, 主鉄筋の降伏強度は 399, 365 MPa であった。なお、実験は単調載荷

の場合にはシートが剥離するまで載荷を行い、繰返し載荷の場合には最大繰返し載荷回数を 20 サイクルとし、最大荷重が主鉄筋降伏時の荷重を下回るまで載荷を行った。なお、本実験での作用軸力は、2.5 MPa (156 kN) である。

3. 実験結果

3.1 荷重 - 変位関係

図 - 2 には、C2.5-N/A の荷重 - 変位関係を

M-N/A の結果と比較して示している。また、表 - 2 には、各試験体の降伏荷重 P_y , 降伏変位 δ_y およびシート剥離時におけるサイクル数を示している。図より、いずれの試験体も 1 サイクル目の正載荷点まで単調載荷時の結果とよく対応していることが分かる。しかしながら、2 サイクル目以降では 1 サイクル目よりも剛性勾配が低下し、サイクル数の増加とともに荷重が減少している。また、実験は C2.5-N では繰返し載荷途中でのシート剥離によって終了し、C2.5-A では規定サイクル数である 20 サイクル終了時までシートの剥離は生じなかったため載荷終了した。ここで、表

キーワード: RC 柱, 段落し部, AFRP シート, 曲げ補強, 定変位繰返し載荷

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

表 - 1 試験体一覧

試験体名	載荷方法	設定変位振幅	軸力
M-N	単調載荷	-	無し
C2.0-N	定変位繰返し載荷	$2.0 \delta_y$	
C2.5-N		$2.5 \delta_y$	
C3.0-N		$3.0 \delta_y$	
M-A	単調載荷	-	有り (2.5 MPa)
C2.0-A	定変位繰返し載荷	$2.0 \delta_y$	
C2.5-A		$2.5 \delta_y$	
C3.0-A		$3.0 \delta_y$	

δ_y : 各試験体の降伏変位

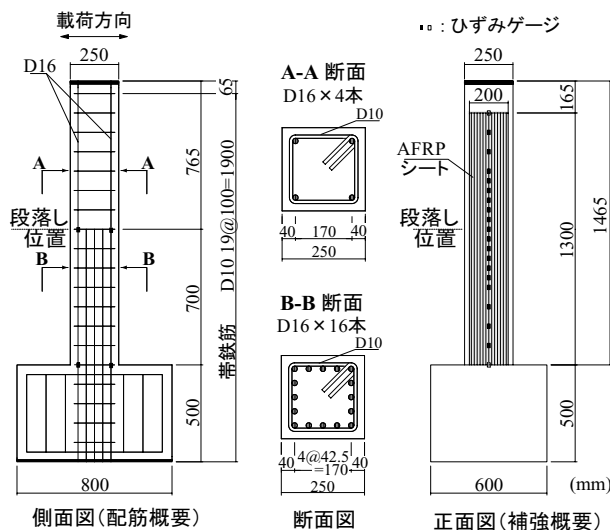


図 - 1 試験体の概要

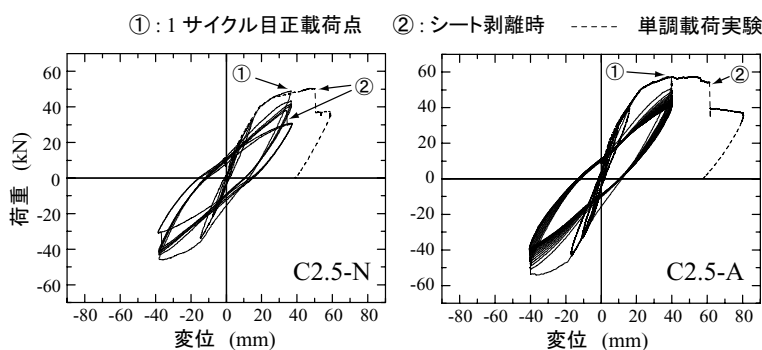


図 - 2 荷重 - 変位関係

より同一変位振幅の試験体のシート剥離時のサイクル数を比較すると、変位振幅が $2.0 \delta_y$ の場合は、いずれも実験終了時までシートが全面剥離に至っていない。しかしながら、変位振幅が $2.5 \delta_y$ 以上の場合には、軸力を付加することによりシート剥離が遅延していることが分かる。これは、軸力が作用することでシートに作用する引張力が軽減されるためと考えられる。

3.2 AFRP シートのひずみ分布性状

図 - 3 には、C2.5-N/A の変位振幅時における引張力作用面のシートひずみ分布性状を示している。図には変位振幅と同一変位時の M と比較して示している。なお、図中には、部分剥離進展の目安として $3,000 \mu$ を設定し、各サイクル毎に直線で結んで示している。また、図上には各サイクルの変位振幅時における荷重値を示している。図より、いずれの繰返し載荷試験体も、サイクル数の増加とともに大ひずみ発生領域が下方に拡大していることが分かる。また、荷重値に着目するとサイクル数を重ねるごとに徐々に低下している。この荷重低下は、段落し部のひび割れの進展に伴いコンクリートブロックが形成され、その押し出しによるピーリング作用により部分剥離が進行し、シートの補強効果が低減することによるものと考えられる。

3.3 シートの剥離挙動

写真 - 1 には、C2.5-N/A の段落し部近傍引張力作用面におけるシートの剥離進展状況を示している。(a) 図より C2.5-N を見ると、1 サイクル目に段落し部近傍に曲げおよび斜めひび割れが発生し、コンクリートブロックが形成され、その押し出しによるピーリング作用によってシートが部分剥離している。また、3 サイクル目では、段落し部より下方にシートの部分剥離が進展し、5 サイクル目途中でシート剥離に至っている。一方、(b) 図より C2.5-A では、1 サイクル目に曲げひび割れが発生しているものの、コンクリートブロックの形成は見られない。しかしながら、5 サイクル目では段落し部を中心とした斜めひび割れが発生し、比較的大きなくさび状のコンクリートブロックが形成され、その後サイクル数の増加とともに段落し部の損傷が顕在化し、部分剥離領域も段落し部より下方に進展していることが分かる。ここで、軸力が作用する場合には作用しない場合と比較して、段落し部のコンクリートブロックが大きいことがわかる。これは、軸力が作用する場合には繰返し載荷することにより角折れが進行し、段落し部の付加モーメントが大きくなるためと考えられる。また、コンクリートブロックが大きくなるため、シートに作用するピーリング作用力が分散され、シートの剥離が遅延されるものと推察される。

4. まとめ

- 1) 定変位繰返し載荷時における RC 柱の荷重低下は、段落し部近傍に形成されるくさび状のコンクリートブロックのピーリング作用によりシートの部分剥離が進展し、シートの曲げ補強効果が低減するためである。
- 2) 軸力を作用させる場合、シートの剥離は遅延する傾向にある。

表 - 2 実験結果一覧

試験体名	降伏荷重 P_y (kN)	降伏変位 δ_y (mm)	シート剥離時 サイクル数 *
M-N	33.2	13.4	-
C2.0-N	30.3	13.2	剥離せず
C2.5-N	33.0	13.8	5 サイクル
C3.0-N	31.3	13.9	5 サイクル
M-A	42.8	16.3	-
C2.0-A	40.5	16.3	剥離せず
C2.5-A	40.0	15.9	剥離せず
C3.0-A	42.5	15.8	7 サイクル

*: 正載荷時

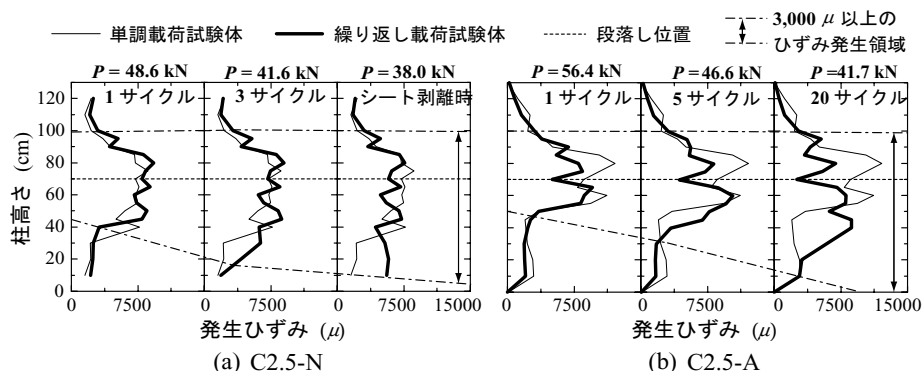


図 - 3 AFRP シートのひずみ分布性状

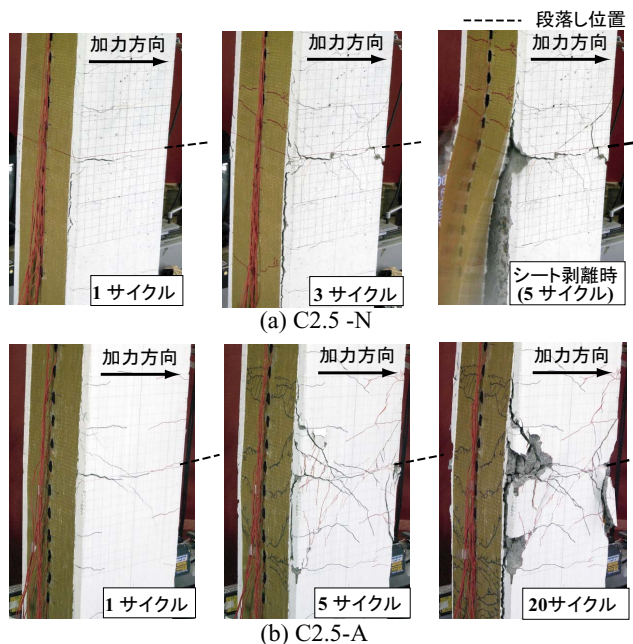


写真 - 1 C2.5-N/A のシート剥離進展状況