

RC 柱の段落し部に曲げ補強した AFRP シートの上側接着長に関する実験的研究

（独）北海道開発土木研究所 正 員 ○栗橋 祐介

室蘭工業大学 正 員 岸 徳光

三井建設（株）フェロー 三上 浩

（独）北海道開発土木研究所 正 員 田口 史雄

1. はじめに

本研究では、AFRP シートによる RC 柱段落し部の曲げ補強問題に着目し、基部の圧壊を想定した計算耐力を保証するための段落し部上側のシート接着長を検討することを目的として、単一 RC 柱の水平単調および交番載荷実験を実施した。

2. 実験概要

表－1 に、試験体の一覧を示す。表中、試験体名の第一項目は上側接着長を示しており、無補強の場合を N、補強試験体の場合は接着長の長い順に L1、L2、L3 とした。第二項目は載荷方法を示し、単調載荷を M、交番載荷を C としている。

図－1 に、試験体の概要を示す。試験体の断面寸法は 25×25 cm、柱高さは 146.5 cm である。本実験では、段落し部と基部の降伏曲げ耐力が同程度となるように設計をしているため、段落し位置を基部より 72 cm の位置に設定し、その位置で主鉄筋を 16 本から 8 本に減少させている。主鉄筋には D16 (SD345) を用い、スターラップには D10 (SD295A) を用いた。柱部の圧縮力および引張力作用面には、AFRP シート（目付量：200 g/m²、厚さ：0.138 mm、

引張強度：2.48 GPa、弾性係数：131 GPa）を各設定範囲内に幅 23 cm で接着している。シート接着長は、段落し部より下側に関してはアラミド補強研究会による RC 橋脚の補強設計要領¹⁾（以後、要領）に準拠した長さで一定とし、上側に関しては、1) 要領に準拠した長さ (L1)、2) $L_{yu} + 1.0D$ (L2)、3) $L_{yu} + 0.5D$ (L3) としている。ここで、 L_{yu} は計算終局時における段落し部上側の主鉄筋降伏領域、 D は断面高さ (= 25 cm) である。なお、実験時におけるコンクリートの平均圧縮強度は 28.5 MPa であり、主鉄筋の降伏強度は 399 MPa であった。本実験において、単調載荷実験は、コンクリートの圧壊もしくはシート剥離により荷重が低下するまで載荷を行った。交番載荷実験は、段落し部もしくは基部の主鉄筋歪が降伏歪に達した時点における載荷点変位 δ_y を決定し、その δ_y を基準にして $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ … と振幅を漸増させて正負方向の繰り返し載荷を行った。繰り返し載荷は、各変位振幅毎に 3 サイクルずつ行っている。また、実験は載荷荷重が主鉄筋降伏時の荷重 P_y を下回るまで行った。

3. 実験結果

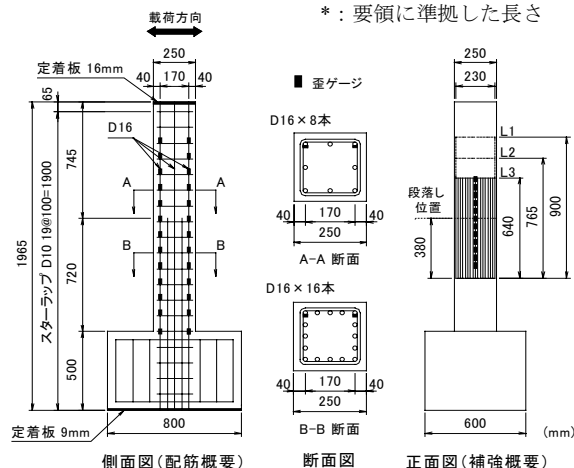
3.1. 荷重－変位関係

図－2 には、各試験体の荷重－変位曲線を断面分割法による計算結果と比較して示している。なお、断面分割法ではコンクリ

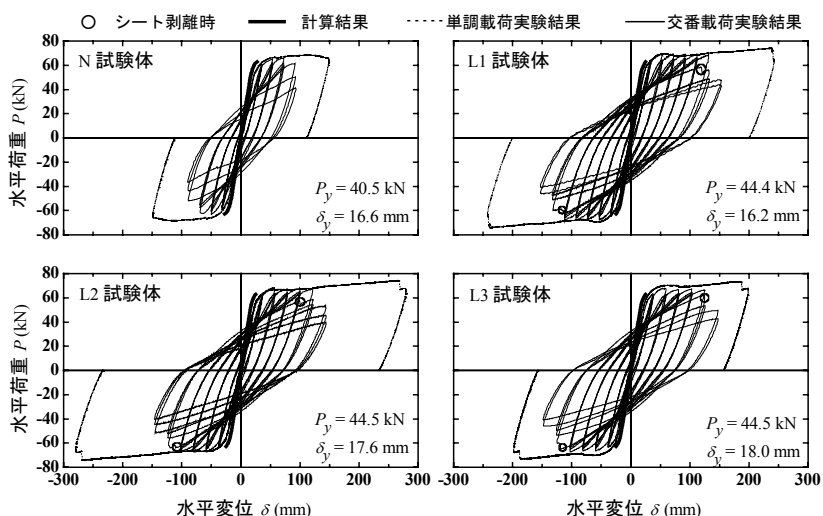
表－1 試験体の一覧

試験体名	上側接着長 (cm)	下側接着長 (cm)	載荷方法
N-M/C	-	-	単調/交番
L1-M/C	52*	38*	
L2-M/C	38.5 ($L_{yu}+1.0D$)		
L3-M/C	26 ($L_{yu}+0.5D$)		

*：要領に準拠した長さ



図－1 試験体の概要



図－2 荷重－変位関係

キーワード：RC 柱、AFRP シート、段落し部、曲げ補強、上側接着長

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 （独）北海道開発土木研究所 TEL 011-841-1719 FAX 011-837-8165

ートの終局圧縮歪を $3,500 \mu$ として計算を行っている。図より、上側接着長や載荷方法にかかわらず、初期剛性は計算結果が実験結果よりも大きく示されているものの、最大荷重は実験結果が計算結果を上回っていることが分かる。また、交番載荷実験の結果より、曲げ補強することによって塑性率（シート剥離時）が 6 程度まで向上し、道路橋示方書²⁾に基づく許容塑性率 $\mu_a = 4.2$ を十分上回っていることが確認された。以上より、本実験の範囲内では、L3-C のように上側接着長を $L_{yu} + 0.5D$ 程度とすることで計算耐力および許容塑性率以上の耐力、変形能を保証できることが明らかとなった。

3.2. 変位分布性状

図-3 には、交番載荷試験体の高さ方向水平変位分布の推移状況を示している。図より、無補強の場合は変位振幅 $1\delta_y$ において基部から載荷位置までほぼ直線状の分布を示しているものの、 $2\delta_y$ 以降で徐々に段落し部近傍で角折れが進行していることが分かる。これに対して、補強試験体の場合には、変位振幅 $6\delta_y$ 時点においても段落し部に明瞭な角折れは見受けられない。これより、上側接着長が最も小さい $L_{yu} + 0.5D$ 程度の場合でもシートは十分な曲げ補強効果を発揮することが分かる。

3.3. 破壊性状

写真-1 には、交番載荷時のひび割れ進展状況の例として L3-C の正載荷時について示している。写真より、変位振幅 $2\delta_y$ 時ではほぼ等間隔に曲げひび割れのみが発生し、 $4\delta_y$ 時にはこれらの曲げひび割れが断面中立軸近傍で斜め下方に進展していることが分かる。また、引張縁では段落し近傍部のかぶりコンクリートがブロック化し、ピーリング作用によるシートの部分剥離が見受けられる。一方、圧縮縁の基部では部分的にコンクリートが圧壊し始めている。

$6\delta_y$ 時には、引張縁においてコンクリートブロックの形成およびピーリング作用によるシートの部分剥離がさらに顕在化している。また、圧縮縁では段落し部の下方でシートがはらみ出して部分的に剥離している。

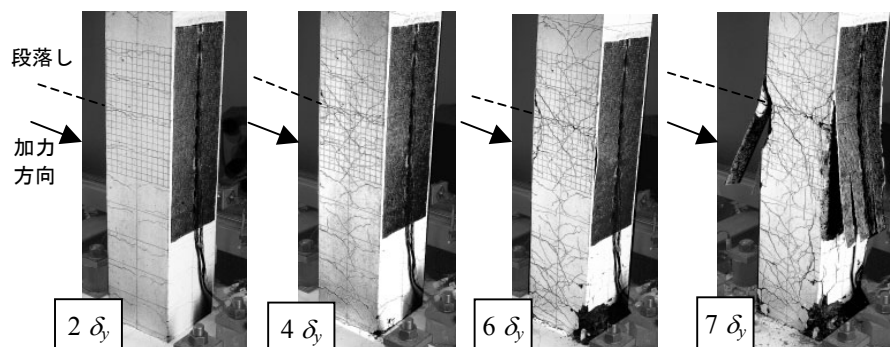


写真-1 L3-C のひび割れ進展状況

このように、交番載荷の場合には、引張力作用時に部分的に剥離したシートが圧縮力作用時にははらみ出し、この作用が変位振幅の増大とともに下方に進展して、最終的に段落し部の下方で全面的な剥離に至ることが明らかとなった。なお、単調載荷の場合には基部圧壊後、既往の実験結果と同様に段落し部に形成されたコンクリートブロックのピーリング作用によって、シートの剥離が段落し部下方もしくは上方に進展することを確認している。

4. まとめ

- 1) 基部の圧壊を想定した計算耐力および許容塑性率を保証するためのシートの上側接着長は、本実験の範囲内では計算終局時の主鉄筋降伏領域 $L_{yu} + 0.5D$ (D : 断面高さ) で十分である。
- 2) 交番載荷の場合は、引張力作用時にピーリング作用によってシートが部分的に剥離し、圧縮力作用時には段落し部下方でシートがはらみ出すため、シートの剥離が段落し部より下方に進展して全面的に剥離する。

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）1997
- 2) 道路橋示方書（V 耐震補強編）・同解説、1996

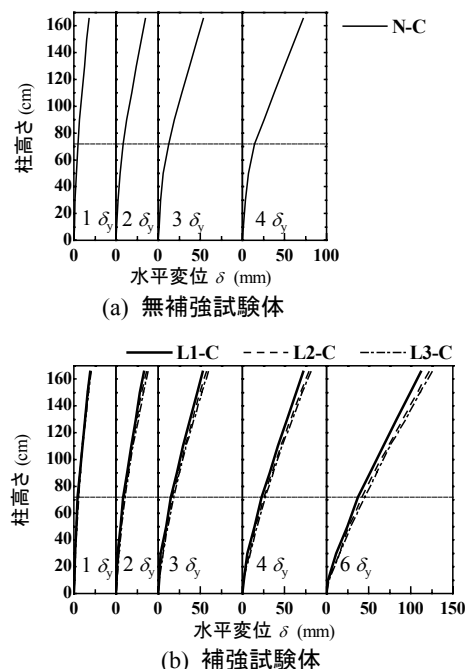


図-3 水平変位分布性状