

# 帯状アラミド繊維シートによる RC 中柱へのせん断補強の実用化に向けた検討

東京地下鉄(株) 正会員 ○麻生 勇人 東京地下鉄(株) 正会員 沼田 敦  
 東京地下鉄(株) 正会員 諸橋 由治 東京地下鉄(株) 非会員 近藤 諒一  
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 中田 裕喜 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 北川 晴之

## 1. はじめに

既設開削トンネルの鉄筋コンクリート中柱(以下, RC 中柱)をせん断補強する際, 移設困難な付帯設備(電気設備や壁等)が付帯しており, RC 中柱の全周, 全長を巻立てる耐震補強工法の適用が困難な場合がある(図-1)<sup>1),2)</sup>. この対策として, 文献<sup>3),4)</sup>では, 繊維シートを帯状にした場合のせん断補強効果について検討されているが, 検討対象は軸方向力が作用していない RC 梁である. また, 全長補強を含む既往の実験的検討では, 柱基部においてコンクリートの圧縮破壊が生じた場合の補強効果の検証例は少ない. しかし実在する RC 中柱においては, 比較的大きな軸方向圧縮力が作用しており, 柱基部でのコンクリートの圧縮破壊が生じやすいと考えられる. そのため, 過年度に著者らは, RC 中柱を対象に図-2 に示すようなアラミド繊維シートを帯状とした補強方法(以下, アラミド帯補強工法)のせん断補強効果について検討を行った<sup>5)</sup>. その結果, アラミド繊維シートを帯状としても, せん断補強効果は全長補強と同等となることが分かった. ただし, アラミド繊維シートを帯状とした供試体は 1 体のみであり, 補強量や軸方向圧縮力の影響に関する検討は十分ではなかった.

そこで本研究では, 開削トンネル RC 中柱を対象に, アラミド帯補強工法の実用化に向け, 補強量や帯状アラミド繊維シートの配置間隔, 軸方向圧縮力の影響を実験的に検討した.

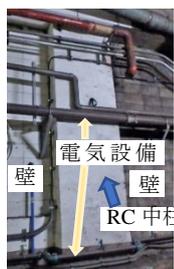


図-1 開削トンネル RC 中柱の例

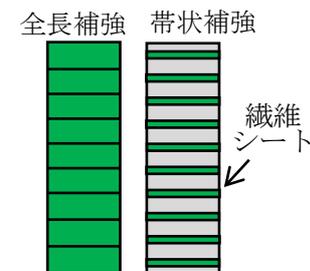


図-2 アラミド繊維シートを帯状とした補強方法

## 2. 実験概要

表-1, 2 および図-3 に, 一般的な既設の開削トンネル RC 中柱を参考に設定した供試体諸元および材料試験結果を示す. 4 体の供試体のうち, 今回実施した実験は No.4~6 の 3 体である.

補強量について No.4~6 は No.3<sup>5)</sup>の 1/2 であり, アラミド繊維シートの帯間隔  $s'_s$  (純間隔) は, No.3, 4 が 100mm に対し, No.5, 6 は 150mm としている. なお, 帯間隔  $s'_s$  は斜めひび割れと確実に交差するように, 純間隔で  $d/2$  ( $=170\text{mm}$ ,  $d$ : 有効高さ) を超えない範囲とした. 計測項目は, 荷重, 鉛直・水平変位, 軸方向鉄筋・せん断補強鉄筋・アラミド繊維シートのひずみとした.

表-1 供試体諸元

供試体	RC中柱寸法			軸方向鉄筋		せん断補強鉄筋		$\sigma'_n$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	連続繊維シート(AK-90)		
	$b$ (mm)	$h$ (mm)	$a/d$	径	$p_t$ (%)	径-間隔 (mm)	$p_w$ (%)		$s'_s$ (mm)	層数	$\rho_f$ (%)
No.3 <sup>5)</sup>								4.0	100	6	0.172
No.4	1000	400	3.0	D29	1.89	$\phi 9\text{-ctc}150$	0.085	4.0	100	3	0.086
No.5								4.0	150	4	0.086
No.6								7.0	150	4	0.086

$b$ : 断面幅,  $h$ : 断面高さ,  $a/d$ : せん断スパン比,  $p_t$ : 引張鉄筋比,  $p_w$ : せん断補強鉄筋比,  $\sigma'_n$ : 軸圧縮応力度,  $s'_s$ : アラミド連続繊維シートの純間隔,  $\rho_f$ : アラミド連続繊維シートによるせん断補強比

表-2 材料試験結果

供試体	(a) 既設 RC 中柱		(b) アラミド繊維シート			
	コンクリート $f'_c$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉄筋 径 $f_y$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	供試体	$E_{AF}$ ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )	$f_{AFu}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	繊維目付量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
No.3	27.4	軸方向鉄筋 D29, 723 せん断補強鉄筋 $\phi 9$ , 354	No.3	111	1751	623
No.4	27.9		No.4	115	1573	
No.5	28.1		No.5	101	1790	
No.6	28.4		No.6	101	1790	

$f'_c$ : 圧縮強度,  $f_y$ : 降伏強度,  $f_u, f_{AFu}$ : 引張強度,  $E_{AF}$ : 弾性係数

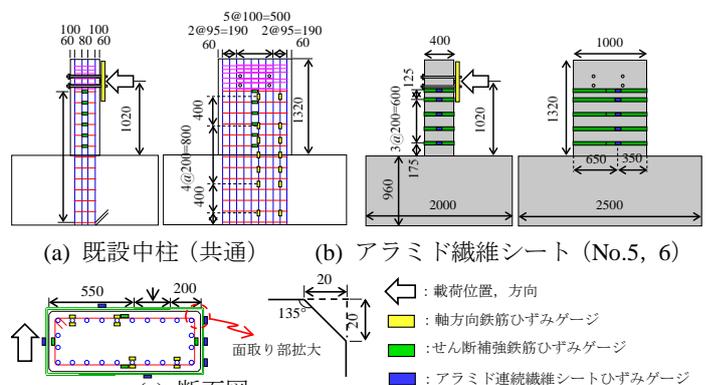


図-3 供試体諸元およびひずみ計測位置 (単位: mm)

キーワード 開削トンネル RC 中柱, 帯状アラミド繊維シート, せん断補強効果, 軸方向圧縮力  
 連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 TEL03-3837-7264

荷重は、RC 中柱基部から 1020mm の高さ位置で、断面の短辺と平行な方向に水平荷重した。なお、軸方向圧縮力については、過年度の実験<sup>2)</sup>を参考にし、No.3~5 で 1600kN, No.6 で 2800kN とした。

### 3. 実験結果

図-4 に、No.4~6 の実験終了時の荷重側面における損傷状況とひび割れ図を示す。いずれの供試体も、斜めひび割れが発生し、柱基部でコンクリートの圧縮破壊を伴うせん断破壊を示した。また、隅角部での支圧破壊は確認されなかった。

図-5 に、水平荷重と水平変位の関係を示す。なお、斜めひび割れ発生時の水平荷重  $V_{cexp}$  は、目視に加え水平荷重と水平変位の関係等から決定した。その結果、 $s'_s=150\text{mm}$  の No.5 と、 $s'_s=100\text{mm}$  の No.4 の最大荷重はそれぞれ 1026kN, 1033kN であり、対象とした諸元では配置間隔の影響は小さいことが分かった。また、軸方向圧縮力が 1600kN の No.5 と 2800kN の No.6 の最大荷重はそれぞれ 1026kN, 1112kN であり、斜めひび割れ発生荷重も 100kN 程度増加していることから軸方向圧縮力の増加によりコンクリートの貢献分が増加したと考えられる。

表-3 に、文献<sup>2)</sup>に基づくアラミド繊維シートの補正係数  $K$  と、実験結果から得られた  $K$  を示す。文献<sup>2)</sup>において、既往の実験結果に対して安全側に下限となるよう  $K=0.4$  と設定されているが、本実験のいずれの供試体も  $K=0.4$  を上回る結果となった。したがって、比較的軸方向圧縮力が大きい RC 中柱に対し、アラミド繊維シートを带状としても、文献<sup>2)</sup>に基づきせん断耐力を安全側に算定できると考えられる。

### 4. まとめ

- (1) いずれの供試体も、アラミド繊維シートの破断は発生せず、柱基部でコンクリートの圧縮破壊を伴うせん断破壊を示した。
- (2) 補強量は同一で、アラミド繊維シートの純間隔が 150mm と 100mm である供試体を比較した結果、対象とした諸元では配置間隔の影響は小さいことを確認した。
- (3) 実験結果におけるアラミド繊維シートが負担するせん断力の補正係数  $K$  を算出すると、いずれの供試体も  $K=0.4$  を上回る結果となった。したがって、アラミド繊維シートの帯間隔  $s'_s$  (純間隔) が有効高さ  $d$  の 1/2 以内の範囲で、RC 中柱に対しても、文

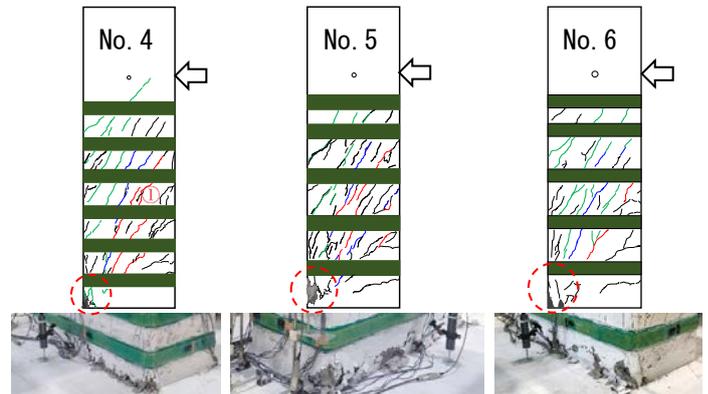


図-4 損傷状況 (実験終了時)

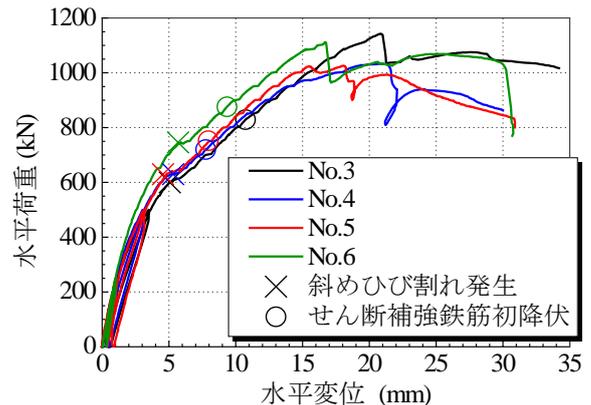


図-5 水平荷重と水平変位の関係

表-3 実験結果

供試体	$V_{uexp}$ (kN)	$V_{cexp}$ (kN)	$V_s$ (kN)	$V_{AFexp}$ (kN)	$K_{exp}$	$K^{2)}$
No.3 <sup>5)</sup>	1143	600	89	454	0.43	0.4
No.4	1033	630	89	314	0.60	0.4
No.5	1026	630	89	307	0.59	0.4
No.6	1112	740	89	283	0.54	0.4

$V_{uexp}$ : 実験で得られた水平荷重の最大値,  $V_{cexp}$ : 実験で得られた斜めひび割れ発生時の水平荷重,  $V_s$ : せん断補強鉄筋に受け持たれるせん断耐力<sup>2)</sup>,  $V_{AFexp}$ : 実験で得られた連続繊維シートで受け持たれるせん断耐力 ( $=V_{uexp} - (V_{cexp} - V_s)$ ),  $K_{exp}$ : 実験で得られた  $K$

献<sup>2)</sup>に基づきせん断耐力を算定してよいと考えられる。

### 参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所: 既存鉄道コンクリート高架橋柱の耐震補強設計指針, 2013.
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所: アラミド繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針, 1996.
- 3) 清水, 野並, 近藤, 睦好: 間隔をあけた細幅のアラミド繊維シートにより補強された梁のせん断耐力試験, プレストレストコンクリート工学会 第 27 回シンポジウム論文集, pp.95-98, 2018.
- 4) 子田, 岩城, 中村: RC はりを U 字型補強した繊維シートによるせん断補強効果の簡易な評価手法, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.1, pp.224-236, 2008.
- 5) 諸橋, 沼田, 瀬戸, 麻生, 中田, 佐藤: 带状アラミド繊維シートによる RC 中柱へのせん断補強効果に関する実験的検討, 第 73 回土木学会年次学術講演会概要集, V-596