

# 論文 高軸力を受ける RC 柱の炭素繊維シートによる耐震補強実験

宮瀬文裕\*<sup>1</sup>・西村高明\*<sup>2</sup>・小林朗\*<sup>3</sup>・塩屋俊幸\*<sup>4</sup>

**要旨：**本実験の目的は、実大試験体を用いた構造実験により、高軸力を受ける RC 柱を炭素繊維シートを用いてせん断補強した場合の効果を確認し、構造物への適用を図ることである。RC 柱を炭素繊維シートで補強した場合、補強枚数に応じて変形性能が増加すること、高軸力を受ける RC 柱では、軸方向鉄筋降伏とはほぼ同時に、または降伏以前に水平耐力が低下する現象が生じるが、炭素繊維シートで補強した場合には、水平耐力低下後も軸力を保持しうることを確認した。

**キーワード：**耐震補強、炭素繊維シート、高軸力

## 1. はじめに

炭素繊維シートは、高強度で腐食劣化に対し耐久性に富む特徴を有する材料である。また、施工的には軽量で、重機などを必要としないため、時間的・空間的な制約がある場合にも適用できる。そのため、既に設計・施工指針も発行されており耐震補強工事に使用されている [1, 2]。しかし、これらの指針および従来の実験や報告は、橋脚などを対象とした低軸力下におけるものがほとんどである。そのため、地下鉄の RC 柱のような高軸力を受ける構造物に対してこれらの指針を適用するには、従来の実験結果は十分とは言えない状況である。本稿においては、炭素繊維シートを高軸力下の RC 柱の耐震補強に適用した場合の補強効果を確認するため、実大試験体および 1/2 モデル試験体を用いた構造実験を行ったので、ここにその挙動について報告する。

表-1 試験体の種類

試験体	帯鉄筋比 $p_w$ (%)	炭素繊維補強枚数	炭素繊維による 換算帯鉄筋比*	試験体の 断面寸法 (cm)	軸力**
A 1	0.07	3 枚	0.75%	30×90	$0.33 f'_c$
A 2		8 枚	2.00%	30×90	$0.33 f'_c$
A 3		6 枚	2.22%	30×60	$0.33 f'_c$
B 1	0.08	0 枚	0%	60×60	$0.33 f'_c$
B 2		3 枚	1.29%	60×60	$0.33 f'_c$
B 3		8 枚	3.44%	60×60	$0.33 f'_c$
B 4		3 枚	1.29%	60×60	$0.28 f'_c$

\*：換算した補強鉄筋比： $p_{wy} = p_{cf} \cdot f_{cf} / f_y$

$p_{cf}$ ：炭素繊維の補強筋比（炭素繊維シートの設計厚み：0.0111cm/200g/m<sup>2</sup> 1層）

$f_{cf}$ ：炭素繊維の強度 (3430N/mm<sup>2</sup>)  $f_y$ ：鋼材の降伏強度 (A：343N/mm<sup>2</sup>, B：294N/mm<sup>2</sup>)

$p_{cf} = 100 \times (\text{炭素繊維シートの設計厚み} \times \text{枚数} \times 2) / (\text{加力面寸法} (\%))$

\*\*： $f'_c = 23.5N/mm^2$ を想定した

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体の種類

試験体の種類を、表-1に示す。また、試験体の形状と寸法の概要を図-1と2に示

- \* 1 清水建設(株)土木本部技術第一部、工修（正会員）
- \* 2 (財)鉄道総合技術研究所構造物技術開発事業部主任技師（トンネル担当）、工修
- \* 3 東燃(株)トウシート事業室技術グループ課長補佐、工修（正会員）
- \* 4 清水建設(株)技術研究所構造技術研究部主任研究員、工博（正会員）

す。試験体の形状、寸法、鉄筋量および軸力は、実際の地下鉄のRC柱を参考に定めた。シリーズAは1/2モデル試験体とし、試験体の断面が30cm×90cmおよび30cm×60cmの矩形の柱で、逆対称加力形式の合計3体とした。試験体A1とA2では軸方向鉄筋比は $pt = 3.15\%$  (22-D22)であり、試験体A3では $pt = 3.44\%$  (16-D22)で、パラメータは炭素繊維シートの補強枚数および断面の形状である。シリーズBは実大モデルとし、試験体の断面が一辺60cmの正方形の柱で、片持ち梁加力形式の合計4体とした。全ての試験体で軸方向鉄筋比は $pt = 4.41\%$  (20-D32)で、パラメータは炭素繊維シートの補強枚数および軸力の大きさである。試験体のせん断スパン比も実際の地下鉄のRC柱を参考に定め、全試験体で $a/d = 3.0$  ( $d$ :有効高さ)とした。

## 2.2 使用材料

### 2.2.1 コンクリート

実際の地下鉄のRC柱に使用されたコンクリートの強度を参考に、試験体には目標圧縮強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ のレディーミックストコンクリート(早強)を使用した。実験時におけるコンクリートの性質を表-2に示す。

### 2.2.2 鉄筋

試験体に使用した鉄筋の性質を表-3に示す。

### 2.2.3 炭素繊維シート

実験には、繊維重量 $200\text{g}/\text{m}^2$ の炭素繊維シートを使用した。炭素繊維シートの性質を表-4に示す。

## 2.3 炭素繊維シートの施工方法

各試験体のコーナー部は、制作時に型枠に加工を施し、一辺約10mmの面取りを施した後、下地処理の段階でR10mmの丸みづけを行った。炭素繊維の継手長さは、20cmとした[4]。

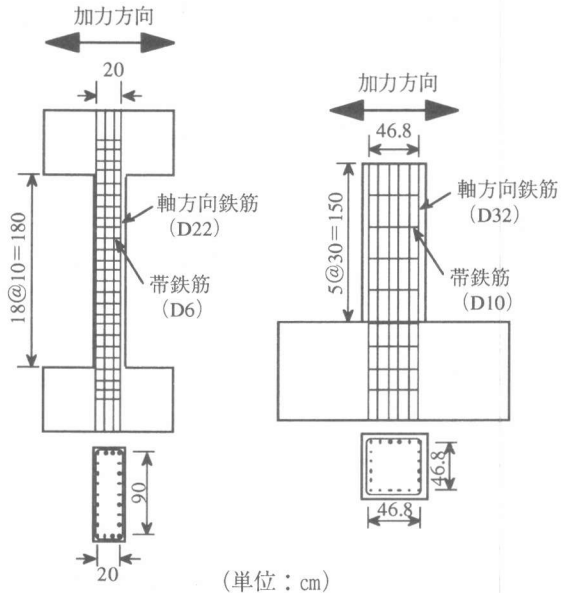


図-1 試験体概要図 (シリーズA)

図-2 試験体概要図 (シリーズB)

表-2 コンクリートの性質

シリーズ	材齢 (日)	圧縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	ヤング係数 $\times 10^5$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
A	11	25.6	2.7	0.265
B	12	27.5	2.3	0.256

表-3 鉄筋の種類

シリーズ	鉄筋	降伏強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	降伏ひずみ $\times 10^{-6}$	引張強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	ヤング係数 $\times 10^5$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
A	D22 軸方向鉄筋	391	1945	581	1.97
	D6 帯鉄筋	389	1946	506	2.00
B	D32 軸方向鉄筋	391	1985	598	1.97
	D10 帯鉄筋	354	1972	499	1.79

表-4 炭素繊維シートの性質

試験片	公称強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	ヤング係数 $\times 10^5$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	換算厚さ (cm)
炭素繊維シート	3430	4175	2.39	0.0111