

# 論文 ガラス繊維を用いた既存 RC 造柱部材の耐震補強法に関する実験的研究

堀 伸輔\*1・高橋 宏行\*2・前田 匡樹\*3・中村 和明\*4

**要旨:** 本研究では、ガラス繊維 (GFRP) による既存鉄筋コンクリート柱部材の耐震補強工法を開発することを目的に、GFRP 補強量を変数とした柱部材の曲げせん断実験を行い、GFRP 補強柱の破壊性状を把握し、せん断耐力・変形性能の評価法について検討した。その結果、GFRP 補強量を増やすことによって、補強柱部材のせん断耐力および変形性能が向上すること、また、せん断耐力および変形性能は、GFRP の引張強度に有効係数を考慮することで、既往の計算式で評価できることを確認した。

**キーワード:** ガラス繊維補強プラスチック (GFRP), 耐震補強, 柱, せん断強度, 靱性能

## 1. はじめに

1995 年阪神・淡路大震災では多くの鉄筋コンクリート造建築物に被害が生じた。被害は、1981 年以前に建設された、現行の耐震設計基準に適合しない「既存不適格」建築物に集中した。その後、1995 年 12 月に建築物の耐震改修の促進に関する法律が施行され、既存建築物の耐震診断・改修が広く行われるようになった。

既存建築物の耐震補強構法の開発研究はこれまでも多く行われている。RC 造建築物の耐震補強技術のひとつに柱のせん断補強がある。この補強法は既存の RC 造柱に、鉄板、溶接金網、あるいは、FRP (繊維補強プラスチック) を巻きつけることによりせん断強度を高めてせん断破壊を防ぎ、また、変形性能を増大させることを目的としている。FRP に用いる繊維には炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維などがある。これらのうち、炭素繊維を用いた FRP (CFRP) による耐震補強についてこれまでに多くの研究がなされ<sup>(例えば 1)</sup>、すでに実用化されている。一方、アラミド繊維、ガラス繊維についての研究例は多くない。

そこで本研究では、ガラス繊維を用いた FRP (GFRP) による既存 RC 柱の耐震補強工法につ

いて、GFRP の補強量をパラメータとした柱部材の曲げせん断実験を行い、補強効果の評価法について検討をおこなった。

## 2. 実験概要

### 2.1 GFRP の特性

本研究で使用した GFRP は、ガラス繊維を主とした複合繊維織物と含浸樹脂から構成されている。ガラスシートは、主補強方向の縦糸に E ガラス繊維を、横糸に E ガラス繊維とアラミド繊維を使って織られた複合繊維織物である (図 1 参照)。ガラスシート主補強方向の 1 層に含まれるガラス繊維の厚さは 0.339mm であり、標準目付量 827g/m<sup>2</sup> 以上である。このガラスシートをエポキシ樹脂に含浸して硬化させたものが GFRP である。

JIS の GFRP の引張試験法 (JIS K7054) による材料試験により得られた GFRP の力学的特性を表 1 に示す。以下の検討では、設計用材料強度  $\sigma_w$  は引張強度の下限值 ( $X-3\sigma$ ) を用い、ヤング係数  $E_G$  は材料試験の平均値を用いる。GFRP の設計用材料強度は  $\sigma_w=14000\text{kgf/cm}^2$  と一般の鉄筋と比較すると高強度であるが、ヤング係数  $E_G$  は CFRP や鋼材の約 1/3 と比較的低いことに特徴がある。

\*1 横浜国立大学大学院 工学研究科 計画建設学専攻 (正会員)

\*2 横浜国立大学 工学部 建設学科

\*3 横浜国立大学 助教授 工学部 建設学科、博士 (工学) (正会員)

\*4 昭和高分子(株)

表 1 GFRP の力学的特性

材料強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	平均(X)	1.635×10 <sup>4</sup>
	標準偏差(σ)	6.8×10 <sup>2</sup>
	$\sigma_{\alpha}(X-3\sigma)$	14,000
ヤング係数(kgf/cm <sup>2</sup> )	$E_G$	8.5×10 <sup>5</sup>
破断ひずみ(%)		1.65

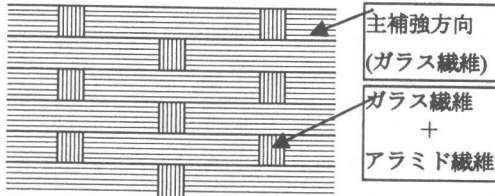


図 1 ガラス繊維の詳細

2.2 試験体

試験体は、1971 年以前に建設された 4 階建程度の既存鉄筋コンクリート造建物の独立柱を想定し、縮尺 1/2 とした 7 体を作成した。試験体の形状を図 2 に、試験体一覧を表 2 に示す。使用したコンクリートおよび鉄筋の材料特性を表 3 および表 4 に示す。

表 2 試験体一覧

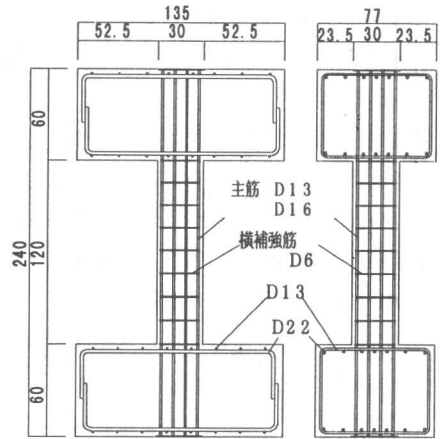
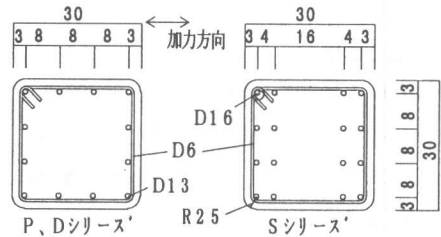
名称	主筋	帯筋		GFRP		$\Sigma p_v \sigma_{\eta}$ kgf/cm <sup>2</sup>	
		配筋	$p_v$ %	巻数	$\rho_{FRP} \sigma_u$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.2$
P				なし	0.0	4.6	4.6
D-05	12-D13	2-D6 @150	0.14	0.5	15.8	20.4	7.8
D-10(SD295)	1			31.6	36.2	10.9	
D-15	1.5			47.5	52.1	14.1	
S-05	16-D16	2-D6 @150	0.14	0.5	15.8	20.4	7.8
S-10(SD785)	1			31.6	36.2	10.9	
S-15	1.5			47.5	52.1	14.1	

$p_v$ : 横補強筋比、 $\rho_{FRP}$ : GFRP の補強筋比、  
 $\Sigma p_v \sigma_{\eta}$ : せん断補強量

試験体は、上下に加力スタブを有し、柱部分は断面  $b \times D=30\text{cm} \times 30\text{cm}$  (隅角部は  $R=25\text{mm}$  で面取り)、内法スパン  $h_0=120\text{cm}$  (せん断スパン比  $M/QD=2$ ) とした。主筋は、標準試験体 P および変形性能を調べるための試験体 D-05, D-10, D-15 では 12-D13 (SD295) とし、せん断強度を調べる試験体 S-05, S-10, S-15 ではせん断破壊を曲げ降伏に先行させるため主筋量を増やし 16-D16 (SD785) とした。帯筋、コンクリート設計基準強度、軸力比  $\eta=N/(bD\sigma_B)$  は全試験体共通で、そ

れぞれ 2-D6@150、 $F_c=180\text{kgf/cm}^2$ 、 $\eta=0.2$  とした。

実験パラメータは GFRP 補強量とし、標準試験体 P は無補強、D (靱性) シリーズ及び S (せん断) シリーズは、それぞれ GFRP の巻数を 0.5 層巻、1 層巻、1.5 層巻とした。0.5 層巻の試験体は、ガラスシートの繊維の束の半数を抜き取りガラス繊維量を通常のシートの 0.5 倍としたシートを 1 層巻付け、また、1.5 層巻の試験体はガラス繊維量を通常のシートの 0.75 倍としたシートを 2 層巻付けた。シートは、柱の上下で分けて、幅 60cm (全長は柱の周長×巻き数+余長 10cm) のものを樹脂に含浸させて巻き付けた。



(上図)断面図 (下図)側面図 単位: cm  
図 2 試験体形状

表 3 コンクリート材料試験結果

	$\sigma_B/3$ 割線剛性 10 <sup>6</sup> kgf/cm <sup>2</sup>	圧縮強度 kgf/cm <sup>2</sup>	割裂引張強度 kgf/cm <sup>2</sup>
P	2.98	299	25.5
D-05	2.94	290	24.0
D-10	2.83	278	23.6
D-15	2.60	282	23.3
S-05	3.04	307	22.7
S-10	3.14	319	23.9
S-15	3.03	296	25.1

$\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度