

連続炭素繊維シート複合パネルによる柱部材の耐震補強効果

大成建設(株) 正会員 ○河村 圭亮, 正会員 福浦 尚之, 正会員 岡本 修一, フェロー会員 新藤 竹文
成和リニューアルワークス(株) 竹井 勝美

1. はじめに

著者らは写真-1 に示す連続炭素繊維シートを 2 枚のフレキシブルボード(厚さ 3mm の繊維強化セメント板)で挟み込んだ薄肉・軽量の成形パネル(以下, CF 複合パネル)を開発し, これまで主にトンネル覆工のリニューアル等の補修・曲げ補強材として適用してきた. 本論文では, CF 複合パネルの耐震補強への適用性の検証を目的とした, 無補強および CF 複合パネルにより補強した鉄筋コンクリート柱試験体(以下, RC 柱試験体)の正負交番載荷実験について述べる.



写真-1 CF 複合パネル

2. 実験概要

RC 柱試験体の概要を図-1 に, 諸元を表-1 に示す. 試験体は鉄道高架橋を想定した断面寸法 600mm×600mm の RC 柱で, 無補強の試験体 (No.1) と CF 複合パネルにより補強を行った試験体 (No.2) の 2 体で実験を行った. 材料試験結果は表-2 に示す通りである. CF 複合パネルに内蔵される炭素繊維シートは引張強度の特性値が 3,400N/mm² 以上で, 目付量 300g/m² のシートを 2 層(総目付量 600g/m²)とした. 補強区間は基部から 1,800mm の区間であり, 高さ 900mm の CF 複合パネルを上下 2 段で取り付けた. 載荷直角方向の 2 面には長さ 220mm の接合部を設けた. また, CF 複合パネルと柱表面の間には 10mm の隙間を設けてモルタルを充填した.

試験体の載荷は, 最初に柱基部の軸応力度が 4.0N/mm² となるように軸力を載荷した後, 基部から 2,050mm の

載荷位置に水平力を与え, 正負交番載荷を行った. 水平力については, 初めに予備載荷として 100kN, 300kN の荷重を正負に 1 回ずつ載荷した後, 本載荷を行った. 最外縁の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した時の載荷位置における水平変位を降伏変位 δ_y として, δ_y の整数倍の変位量 ($\pm 1\delta_y$, $\pm 2\delta_y$, $\pm 3\delta_y \dots$) で, 各 3 サイクルの載荷を変位制御で行った.

表-1 試験体諸元

断面寸法	600mm×600mm
せん断スパン ^a	2,050mm
せん断スパン比 ^{a/d}	3.8
軸応力度 σ_n	4.0N/mm ²
帯鉄筋比 ^{p_w}	0.079% (D10@300mm)
炭素繊維シートの目付量 (No. 2)	300g/m ² ×2層 (総目付量: 600g/m ²)

表-2 材料試験結果

コンクリートの圧縮強度	No. 1 載荷試験時	30.8N/mm ²
	No. 2 載荷試験時	30.1N/mm ²
鉄筋の降伏強度	軸方向鉄筋 D32	391N/mm ²
	帯鉄筋 D10	418N/mm ²

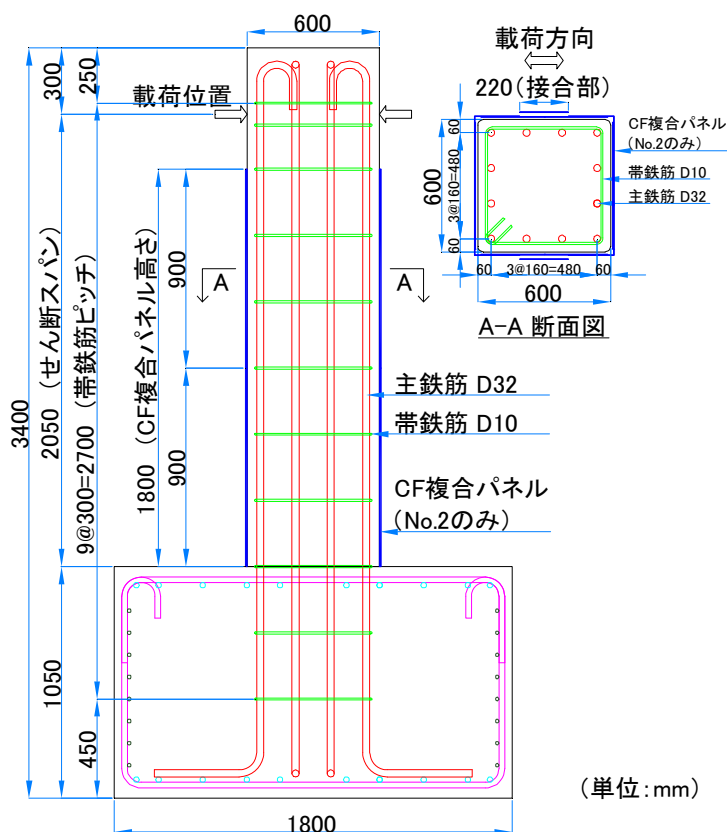


図-1 試験体概要

キーワード 耐震補強, 炭素繊維シート, 鉄道高架橋, 正負交番載荷実験, じん性

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7228

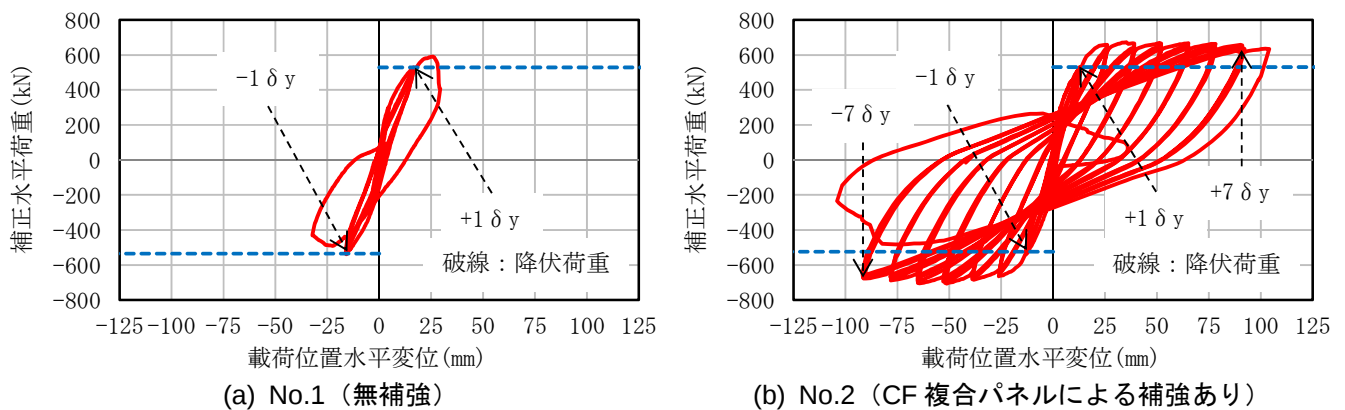


図-2 補正水平荷重－載荷位置水平変位関係

3. 実験結果

各試験体の、水平荷重に軸力による偏心モーメントを水平荷重に換算した分を加えた補正水平荷重と載荷位置における水平変位の関係を図-2 に示す。

無補強の No.1 は、 $\pm 1 \delta y$ のサイクルで柱部に複数の斜めひび割れが発生し、 $+2 \delta y$ の 1 サイクル目で斜めひび割れが大きく開口するとともに荷重が大きく低下して降伏荷重を下回った。

CF 複合パネルにより補強した No.2 は、 $\pm 7 \delta y$ のサイクルまではほぼ最大荷重を保持しており、安定した挙動を示した。 $+8 \delta y$ の 1 サイクル目でパネル接合部端部の炭素繊維シートが一部破断し、 $-8 \delta y$ の 1 サイクル目で同じ位置で炭素繊維シートが基部から高さ約 600mm までの範囲で破断するとともに荷重が大きく低下して降伏荷重を下回った。実験終了後、CF 複合パネルおよび剥離したコンクリートを除去した後の柱基部の状況を写真-2 に示すが、軸方向鉄筋のはらみ出しは比較的小さく、破断も生じていない。



写真-2 柱基部の状況
(No.2, 実験終了後)

4. 考察

実強度を用いて計算した曲げせん断耐力比は、No.1 が 1.05, No.2 が 2.37 である。ここで、せん断力のコンクリート負担分は二羽式¹⁾により、帯鉄筋負担分はトラス理論により、炭素繊維シート負担分は直接接着させる場合と同様に考え、「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」²⁾ (以下、連続繊維シート補修補強指針) に示される式にて部材係数を 1.0 として算定した。実験では、No.1 はせん断破壊したが、No.2 は曲げ破壊のモードになっていることから、CF 複合パネルを用いた場合にも確実なせん断補強効果が得られることが示された。

コンクリートと鉄筋の実強度および炭素繊維シートの引張強度の規格値を用いて連続繊維シート補修補強指針に示される式より部材係数を 1.0 として算定したじん性率は 5.0 である。実験では、 $\pm 7 \delta y$ のサイクルまではほぼ最大荷重を保持しており、CF 複合パネルを用いることで、炭素繊維シートを直接接着させる場合と同等以上のじん性補強効果が得られることが明らかとなった。また、柱基部の状況から、CF 複合パネルを取り付けることによって十分な拘束効果が得られるものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、CF 複合パネルにより補強した RC 柱試験体の正負交番載荷実験を行った。無補強の試験体での実験結果との比較および連続繊維シート補修補強指針に示される式による計算値との比較から、本実験においては炭素繊維シート内臓の CF 複合パネルを用いることで、せん断補強効果およびじん性補強効果が得られることが明らかとなり、有効な耐震補強工法としての適用性が示された。CF 複合パネルの柱部材に対する耐震補強への適用性については、今後、他ケースでの実験等を行い、より詳細な検討を行っていく予定である。

参考文献 1)二羽淳一郎 他:せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372/V-5, pp.167-176, 1986. 2)土木学会:コンクリートライブラリー101 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, 2000.