

V-281 せん断により損傷を受けた鉄筋コンクリート柱の炭素繊維シート補強に関する研究

横浜国立大学大学院 学生会員 井上 貴之
日本道路公団 正会員 長田 光司
横浜国立大学工学部 正会員 山口 隆裕
横浜国立大学工学部 フェロー会員 池田 尚治

1. はじめに

兵庫県南部地震において、道路橋に大きな被害が生じたことから各関係機関で既設橋脚に対する耐震補強が実施されており、施工条件の厳しい箇所での補強工法として施工性の良い炭素繊維シート(CFS)を使用した CFS 巻立て工法が注目されている。本研究は、せん断により損傷を受けた鉄筋コンクリート(RC)柱を CFS でせん断補強した時の変形性能を検討する目的で、断面高さ 700mm の比較的大きな柱部材を用いた正負交番実験を実施し、いわゆるコンクリートの受け持つせん断力の変化に関する考察を行ったものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体の形状を図-1に、コンクリート、鉄筋、CFS の力学特性を表-1～表-3に示す。断面高さは、実験装置の能力範囲内で最大限大きくすることとし 700mm とした。またフーチング下端から載荷位置までの高さはせん断スパン比が 2.5 となるように決定することとし、引張鉄筋比は実在する橋脚を参考にして 0.87%とした。ただし、本実験では基部の曲げ破壊の進行により生じるせん断破壊を抑制する目的で基部周辺の帯鉄筋量を増加させている。また、ひび割れ上の CFS の挙動の観察を容易にすることを目的として、CFS 補強前あらかじめ無補強の状態でせん断ひび割れを生じさせる(以下、既載荷と記す)こととした。これは実橋脚では震災を受けせん断ひび割れが発生している橋脚をそのまま CFS で補強した場合に相当する。帯鉄筋と CFS の補強割合が変化した場合の変形性能を比較することを目的として供試体は高帯鉄筋比の供試体 H-RCF と低帯鉄筋比の供試体 L-RCF の2種類とした。供試体の種別を表-4に示す。各々の供試体の帯鉄筋比は実在する橋脚の範囲内で決定されている。また、CFS の補強量はいわゆるコンクリートが負担するせん断力を0とし帯鉄筋および引張強度比により換算された CFS が負担するせん断力の合計が計算上の供試体の曲げ耐力よりやや下回る量とした。2体のせん断補強量の合計はほぼ同じである。

(2) 載荷方法

載荷は図-1に示す位置に1本のアクチュエータを使用し、水平力または水平変位を作用させ回転角を 1/200rad ずつ増加させながら各変位段階で1回の正負載荷を行った。

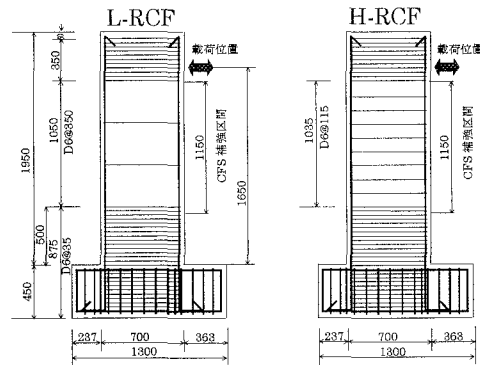


図-1 供試体の形状

表-1 コンクリートの力学特性

圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
29.2	2.76	23.7

表-2 鉄筋の力学特性

種類	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 [*] (GPa)	適用
呼び径 D8	362	536	177	帯鉄筋
D19	399	556	184	軸方向鉄筋

*1：鉄筋に貼付した歪みゲージの歪み値と公称断面積を用いて求めた値

表-3 CFSの力学特性

繊維目付量 (g/m ²)	繊維断面積 [*] (mm ²)	設計引張力 [*] (mm)	引張強度 [*] (MPa)	弾性係数 [*] (GPa)	適用供試体
50	0.444	0.0028	3861	288	H-RCF
75	0.444	0.0042	3662	281	L-RCF

*1：繊維 12K(12000 本)の密度と重さの規定値より求めた値

*2：繊維断面積を引張り試験片の幅とピッチの比をかけた値

*3：樹脂を含浸させ幅 12.5mm、厚さ 0.28mm の試験片を用いて行った試験結果

表-4 供試体の種別

供試体名	断面形状	有効長	引張り鉄筋比 [*]	帯鉄筋比 [*]	炭素繊維の面積比 [*]	最大荷材寸法	載荷量
L-RCF	700×350	660	0.87	0.052	0.048	20mm	±1000rad まで
H-RCF	700×350	660	0.87	0.167	0.032	20mm	±2000rad まで

キーワード: RC 部材、せん断、耐震補強、炭素繊維シート

〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL045-339-4046 FAX045-331-1707

3. 実験結果および考察

低帯鉄筋比の供試体 L-RCF は-5/200rad までは目立った損傷は生じなかったが、6/200rad 載荷途中で CFS が破断し、せん断破壊の進行に伴い耐力は大きく低下し-6/200rad で載荷を終了した。高帯鉄筋比の供試体 H-RCF は最終載荷段階まで CFS 補強範囲の下端部を除き CFS に目立った損傷はなく、柱基部の曲げ破壊により徐々に耐力が低下し-8/200rad で載荷を終了した。

図-2にL-RCFのCFSの破断により特徴的な結果が得られた負側の載荷について修正トラス理論が成立すると仮定して算出した帯鉄筋、CFS およびいわゆるコンクリートが負担する平均せん断応力度の変化状況の2体の比較を示す。帯鉄筋および CFS が負担する平均せん断応力度は、計測により得られたひずみと材料試験により得られた見かけの弾性係数より算出した。ただし、帯鉄筋が負担する平均せん断応力度は降伏後一定とした。H-RCF はせん断ひび割れ上の帯鉄筋のひずみ計測結果が得られなかったため、CFS と帯鉄筋のひずみの変化状況から判断し、帯鉄筋のひずみは同一箇所の CFS のひずみと同じと仮定した。また、CFS のひずみは既載荷で生じたせん断ひび割れ上にほぼ等間隔に計測した4点の値を用いて求めることとし、測点間はひずみが直線的に変化すると仮定した。いわゆるコンクリートの受け持つ平均せん断応力度は、載荷荷重から帯鉄筋および CFS が負担する平均せん断応力度を差し引くことにより算出することとした。従って主鉄筋のダウエル作用により負担する平均せん断応力度は図-2に示されたいわゆるコンクリートが負担する平均せん断応力度に含まれている。

図-2に示されたとおり、L-RCF と H-RCF は -5/200rad まではほぼ同様の变化傾向を示したが、

-5/200rad 以降 L-RCF はいわゆるコンクリートが受け持つ平均せん断応力度が急激に低下している。一方 H-RCF はほぼ一定となっている。写真-1に L-RCF および H-RCF の実験終了後 CFS を除去した時の様子を示す。L-RCF は H-RCF に比べ、ひび割れ周辺のコンクリートの損傷が著しく進行していることがわかる。

4. まとめ

本研究により、あらかじめせん断により損傷を受けた帯鉄筋比 0.05%程度 の RC 柱を CFS で補強した場合、大変形時には正負繰返し載荷により内部のコンクリートの損傷が進行し、いわゆるコンクリートが負担するせん断力が急激に低下する可能性があることが明らかにされた。ただし、この傾向は帯鉄筋比が 0.15%程度 の RC 柱では認められなかった。以上の結果を踏まえ、帯鉄筋比の低い橋脚を CFS でせん断補強する場合には、設計時にいわゆるコンクリートが受け持つせん断力について既設橋脚の損傷状況や側方鉄筋の配筋状況を考慮し検討することが必要であると思われる。

謝辞：本研究にあたり、横浜国立大学の森下豊氏ならびに Park Dong-kyu 氏の多大な協力を得た。ここに謝意を表します。

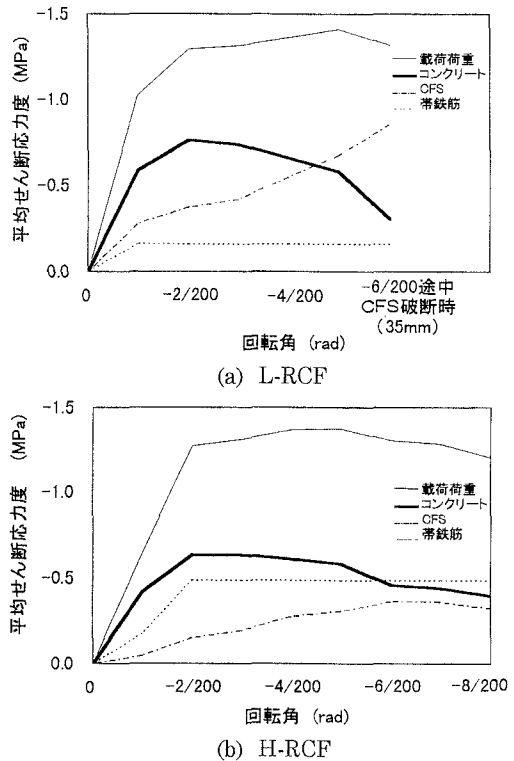


図-2 平均せん断応力度-回転角関係

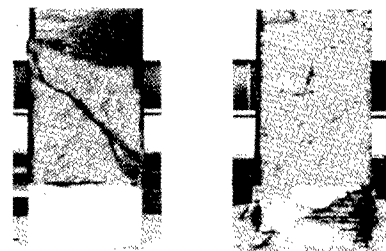


写真-1 CFS 除去後の状況