

# 乾式吹付け工法と炭素繊維グリッドを併用した工法のせん断補強効果

福山大学工学部 正会員 ○宮内 克之  
 アキタ建設（株） 清水 健蔵  
 日鉄コンポジット（株） 正会員 小林 朗

## 1. はじめに

既存の RC 構造物の耐震補強を目的として、乾式吹付け工法と高強度炭素繊維グリッドを併用した工法により補強された RC はり部材のせん断破壊試験を行い、本工法のせん断補強効果を定量的に評価した。

## 2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。また、試験体の概要を図-1に示す。試験体は、既存の RC 構造物を補強する場合を想定しており、乾式吹付け工法と高強度炭素繊維グリッド（以後、CFG）を併用した補強方法の補強効果を定量的に把握できるように、補強を行った後もせん断破壊するように、耐力比が 1.0 以下に計画されている。また、試験体の片側せん断スパンのみを評価対象区間としており、反対側せん断スパンには十分なせん断補強（D10-50mm）が施されている。実験要因は、CFG の補強量、乾式モルタル（以後、PCM）の吹付け厚さおよびせん断スパン比である。CFG のグリッド間隔は 50mm のものを使用し、隅角部には半径 20mm の曲部を設けた。グリッドは試験体の引張・圧縮面で重ね合わせ、重ね合わせ長は 150mm（交差点 3 個分の長さ）とした。

引張鉄筋には、異形 PC 鋼棒を配置した。はり試験時材齢におけるコンクリートおよび PCM の圧縮強度は、それぞれ 36.6, 37.3N/mm<sup>2</sup>であった。

表-1 実験計画

試験体記号	炭素繊維グリッド	補強区間長 (mm)	吹付け厚 (mm)	a/d
T1	—	300	10	2.50
T3	—		30	
C3T1	CFG-1		10	
C3T3			30	
C4T1	CFG-2	10	30	
C4T3		30		
T1_L	—	450	10	3.57
T3_L	—		30	
C3T1_L	CFG-1		10	
C3T3_L			30	

表-2 CFG の機械的特性

種類	公称断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
CFG-1	4.4	1,400	100
CFG-2	6.6	1,400	100

メーカーのカタログ値

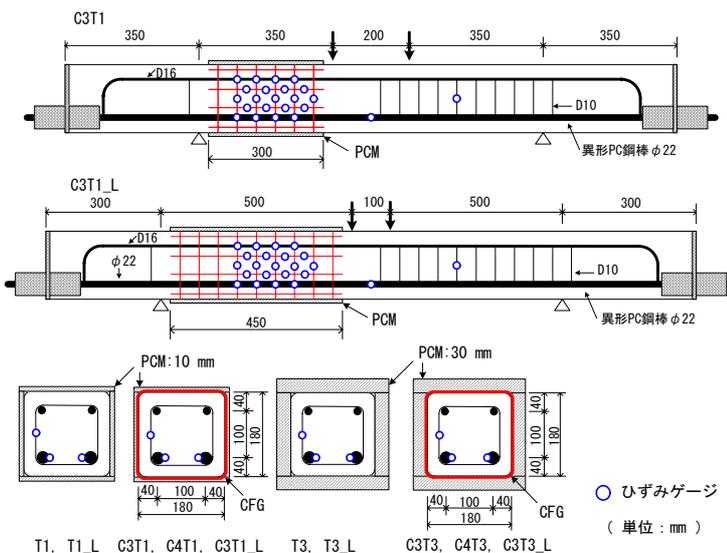


図-1 試験体の概要

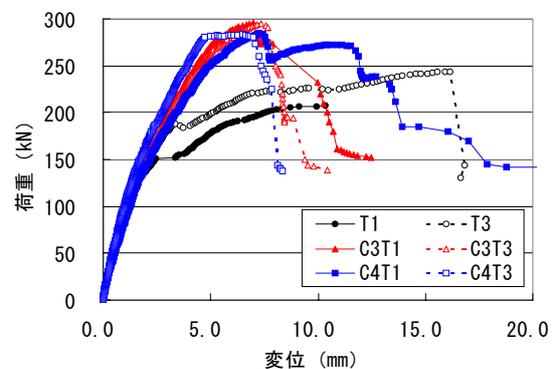


図-2 荷重～変位関係：a/d=2.5

キーワード：乾式吹付け，炭素繊維グリッド，補強，耐震補強，せん断

連絡先：〒729-0292 福山市学園町一番地三蔵：TEL 084-936-2111：FAX 084-936-2023

### 3. 実験結果および考察

#### (1) せん断耐力から見た CFG の有効率

CFG の有効率を、CFG が負担するせん断耐力の実験値と理論値との比較により検討した。試験体の補強部分に関して、せん断耐力  $V_u$  は次式で表される。

$$V_u = V_{cu} + V_{mu} + V_g \quad (1)$$

ここに、 $V_{cu}$ ,  $V_{mu}$ ,  $V_g$  : それぞれコンクリート、PCM、CFG が負担するせん断耐力である。

これより  $V_g$  の実験値は、対応する試験体のせん断破壊時の作用せん断力の差として得られる。実験では T3\_L より T1\_L の方がより高いせん断耐力を示したため、安全側であることを考慮して T1\_L のせん断耐力 67.5kN を用いた。一方  $V_g$  の理論値は、圧縮斜材が部材軸となす角度  $\theta=45^\circ$  としたトラス理論によって算定した。算定結果を表-3 に示す。

最終的に曲げ圧縮破壊した C4T3 と、対応する無補強の試験体のせん断耐力が大きくなった C3T1\_L 以外に関しては、理論値の 0.86~1.47 倍の実験値を示した。C3T3, C4T1 についても、曲げ圧縮破壊の様相を呈さなければ、更に有効率は高くなるものと思われる。したがって、本補強方法における CFG の有効率は、吹付け厚さを 30mm とすることで 80%程度可能であるものと考えられる。

#### (2) ひずみから見た CFG の有効率

図-4 は、荷重ピーク時における CFG のひずみと、ひずみの最大値とを示したものである。ひずみの値は、各試験体においてひずみの最大値が観測された CFG 横筋（はり軸直角方向）のひずみを用いている。

C3 シリーズ 4 試験体の荷重ピーク時におけるひずみの平均値（4 試験体、計 22 枚の平均値）は、CFG の破断ひずみの 71%であった。また、4 試験体ごとに観測された最大ひずみの平均値は、CFG の破断ひずみの 108%であった。せん断破壊した試験体においては、CFG の有する能力が十分に発揮できており、その引張強度に対する有効率は 70%よりも大きいものと考えられる。

一方、C4 シリーズ（C4T1, C4T3）に関しては、荷重ピーク時のひずみの平均値（2 試験体、計 12 枚の平均値）は、破断ひずみの 49%であった。観測された最大ひずみの平均値も、破断ひずみの 74%と小さい値となった。C4 シリーズの試験体はせん断補強量が多いため、必ずしもせん断破壊をしておらず、CFG の有効率を定量化するには至らなかった。

### 4. まとめ

乾式吹付け工法と高強度炭素繊維グリッドを併用した工法は、耐震補強方法として有効的である。また、高強度炭素繊維グリッドの引張強度の、本工法に対する有効率は 70%程度確保できる。

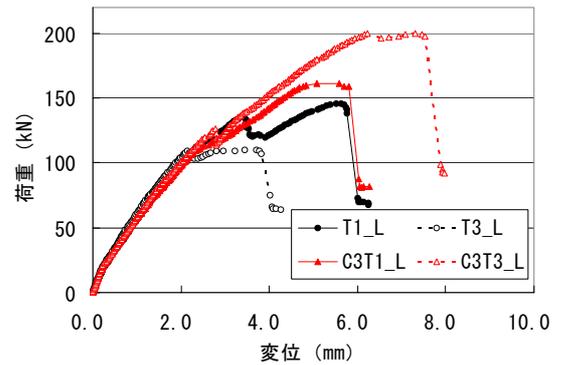


図-3 荷重～変位関係：a/d=3.57

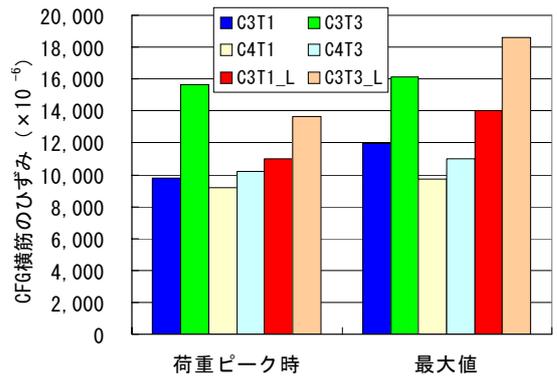


図-4 CFG 横筋のひずみ

表-3 実験結果

試験体記号	$V_{cr}$ (kN)	$V_{exp.}$ (kN)	$V_{gexp.}$ (kN)	$V_{gcal.}$ (kN)	有効率 $V_{gexp.}/V_{gcal.}$	破壊形式
T1	67.5	103.8	—	—	—	せん断圧縮
T3	70.0	122.2	—	—	—	せん断圧縮
C3T1	92.5	148.0	44.2	30.0	1.47	せん断圧縮
C3T3	73.5	147.9	25.7	30.0	0.86	せん断圧縮
C4T1	72.5	142.8	39.0	45.0	0.87	せん断圧縮
C4T3	92.5	141.8	19.6	45.0	0.44	曲げ圧縮
T1_L	58.5	67.5	—	—	—	斜め引張
T3_L	54.5	54.5	—	—	—	斜め引張
C3T1_L	56.5	81.0	13.5	30.0	0.45	斜め引張
C3T3_L	63.0	100.0	32.5	30.0	1.08	斜め引張

- $V_{cr}$  : PCM せん断ひび割れ発生時作用せん断力
- $V_{exp.}$  : 最大作用せん断力の実験値。ただし、試験体 T1\_L, T3\_L では、PCM にせん断ひび割れが発生した後、荷重低下した際のピーク時の作用せん断力（図-3 参照）
- $V_{gexp.}$ ,  $V_{gcal.}$  :  $V_g$  の実験値および理論値