

炭素繊維グリッドと乾式吹付けを併用した工法のせん断補強効果

福山大学工学部（正） 宮内克之 福山大学大学院（学） ○長治明典
 アキタ建設（株） 清水健蔵 日鉄コンポジット（株） 小林 朗
 成幸工業（株） 谷本武志 （社）中国建設弘済会 若山典弘

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（以後、CFG）を併用した方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、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、試験体の概要を図-1 に示す。

また、CFG の機械的特性を表-2 に示す。試験体は、せん断補強が十分ではない既存の RC 構造物を耐震せん断補強する場合を想定している。したがって、乾式吹付け工法と CFG を併用した補強方法の補強効果を定量的に評価できるよう、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。

引張鉄筋には異形 PC 鋼棒（B 種 1 号， $\phi 22$ ）を配置しており、はり試験時材齢におけるコンクリートおよび吹付けモルタル（以後、PCM）の圧縮強度は、それぞれ 36.6，37.3 N/mm² であった。CFG のグリッド間隔は 50mm のものを使用し、あらかじめ試験体寸法に加工された U 字型のものを設置した。隅各部には半径 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。実験要因は、CFG の補強量、PCM の吹付け厚さおよびせん断スパン比である。

3. 実験結果および考察

(1) 破壊状況

図-2 に荷重～変位関係を、写真-1 に試験終了後における試験体の様子を示す。

$a/d=2.5$ の試験体についてみると、PCM のみを吹き付けた試験体 T1, T3 は、PCM を貫通するせん断ひび割れが生じ、最終的にはせん断圧縮破壊を示した。CFG を配置した試験体 C3T1, C3T3 は、補強部に複数のせん断ひび割れが発生し、その内の 1 本のせん断ひび割れの幅が拡大した後、せん断圧縮破壊を示した。せん断補強量の多い試験体 C4T1, C4T3 は、せん断圧縮破壊と曲げ圧縮

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		30
C3T3			30		
C4T1	CFG-2		10		30
C4T3			30		
T1_L	—	450	10	3.57	
T3_L			30		
C3T1_L	CFG-1		10		30
C3T3_L			30		

表-2 CFG の機械的特性（カタログ値）

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

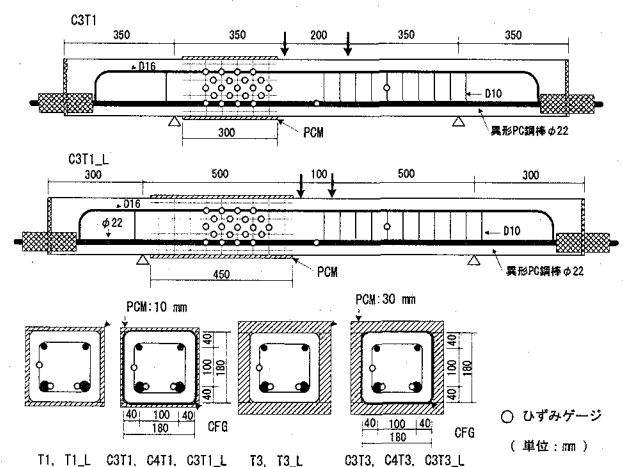


図-1 試験体の概要

破壊が混在した破壊様式を示した。

$a/d=3.57$ の試験体は、CFG 配置の有無および PCM の吹付け厚さに関係なく、全て斜め引張破壊した。

(2) せん断耐力から見た CFG の有効率

本補強方法における CFG の有効率について、せん断耐力の面から検討する。CFG の有効率は、CFG が負担するせん断耐力の実験値と理論値を比較（有効率＝実験値／理論値）することにより算定した。試験体の補強部に関して、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。

V_g の実験値は、対応する試験体（諸条件が同一で、CFG 設置の有無のみが異なる試験体）のせん断破壊時の作用せん断力の差として得られる。一方 V_g の理論値は、圧縮斜材が部材軸となす角度 $\theta = 45^\circ$ ，CFG の有効率を 1.0 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 から 1.47 倍の実験値を示した。C4T1 に関しても、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、せん断耐力の面から見る限り 0.8 程度は確保できるものと考えられる。

4. まとめ

ポリマーセメントモルタルの乾式吹付け工法と高強度炭素繊維グリッドを併用した方法の耐震補強効果について定量的に検討した結果、(1) 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、(2) 高強度炭素繊維グリッドの引張強度の、本補強方法に対する有効率は、0.8 程度確保できることが明らかとなった。

表-3 実験結果

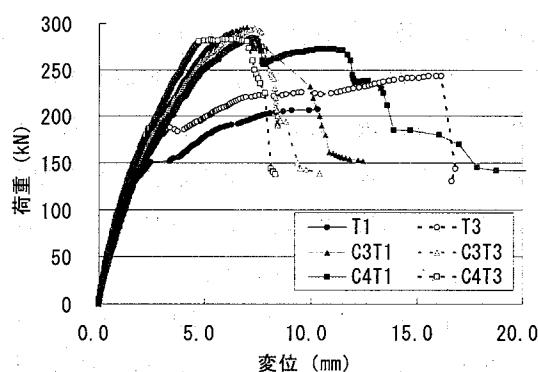
試験体 記号	V_{cr} (kN)	$V_{exp.}$ (kN)	$V_{gexp.}$ (kN)	$V_{gcal.}$ (kN)	有効率 $V_{gexp.}/V_{gcal.}$	破壊 形式
T1	67.5	103.8	—	—	—	せん断圧縮
T3	70.0	122.2	—	—	—	せん断圧縮
C3T1	92.5	148.0	44.2	30.0	1.47	せん断圧縮
C3T3	73.5	147.9	25.7	30.0	0.86	せん断圧縮
C4T1	72.5	142.8	39.0	45.0	0.87	せん断圧縮
C4T3	92.5	141.8	19.6	45.0	0.44	曲げ圧縮
T1_L	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

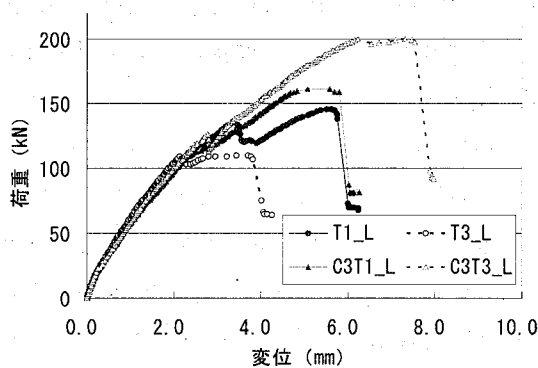
・ $V_{exp.}$ ：最大作用せん断力の実験値。ただし、試験体 T1_L、T3_L では、PCM にせん断ひび割れが発生した後、荷重低下した際のピーク時の作用せん断力

・ $V_{gexp.}$ 、 $V_{gcal.}$ ： V_g の実験値および理論値

*安全側を考慮して、T1_L の値 67.5 kN を用いて算出した。



(a) $a/d=2.5$



(b) $a/d=3.57$

図-2 荷重～変位関係

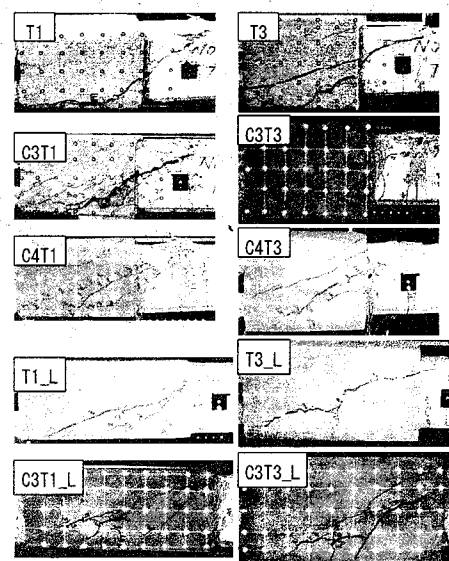


写真-1 破壊の様子