

炭素繊維グリッドと乾式吹付けを併用した耐震補強方法

福山大学工学部 (正) 宮内克之
アキタ建設 (株) 清水健蔵

福山大学大学院 (学) ○長治明典
日鉄コンポジット (株) 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、高強度炭素繊維グリッド (以後、CFG) と乾式吹付け工法を併用した方法により補強された実大レベルの RC 柱試験体による正負交番繰返し載荷試験を行い、提案工法の耐震補強方法としての有効性について検討した。

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 N1 は、旧基準に準拠して設計され、せん断補強が十分でない既存の RC 柱を模したものである。試験体 N2 は、現行の新基準に準拠して設計され耐震性に富む柱を模したものである。試験体 G1, G1_S, G2 は、旧基準に準拠して設計された柱試験体 N1 を提案工法により耐震補強したものである。試験体 G1, G2 は CFG の継ぎ手位置を引張圧縮面に配置したものであり、試験体 G1_S はせん断面に配置している。

軸方向鉄筋には D25($f_y=398\text{N/mm}^2$)を配置している。せん断補強筋には、旧基準試験体に $\phi 9(f_y=324\text{N/mm}^2)$ を 150mm 間隔、新基準試験体に D13($f_y=343\text{N/mm}^2$)を 75mm 間隔で配置している。CFG は、あらかじめ試験体寸法に加工された U 字型のもの (隅角部 $r=30\text{mm}$) を設置した。試験時材齢におけるコンクリート (旧基準, 新基準) および吹付けモルタル (以後、PCM) の圧縮強度は、それぞれ 27.8, 38.3, 82.7 N/mm^2 であった。

実験は、最外縁の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した時点の載荷点変位 δ_y を基準とした正負交番繰返し載荷を行った。また、同一変位での繰返し回数は 3 回とした。軸力として、720kN ($\sigma=2\text{N/mm}^2$) を載荷した。

3. 実験結果および考察

写真-1 に試験終了後における試験体の破壊の様子を示す。

表-1 実験計画

試験体	帯鉄筋配置間隔	補強方法	CFG 継ぎ手位置	備考
N1	$\phi 9-150\text{mm}$	—	—	旧基準
G1	$\phi 9-150\text{mm}$	CFG-8	引張圧縮面	旧基準 + 補強
G1_S	$\phi 9-150\text{mm}$	CFG-8	せん断面	旧基準 + 補強
G2	$\phi 9-150\text{mm}$	CFG-10	引張圧縮面	旧基準 + 補強
N2	D13-75mm	—	—	新基準

※PCM 吹付け厚さ: 40mm

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)	格子間隔 (mm)
CFG-8	26.4	1,400	100	50
CFG-10	39.2	1,400	100	100

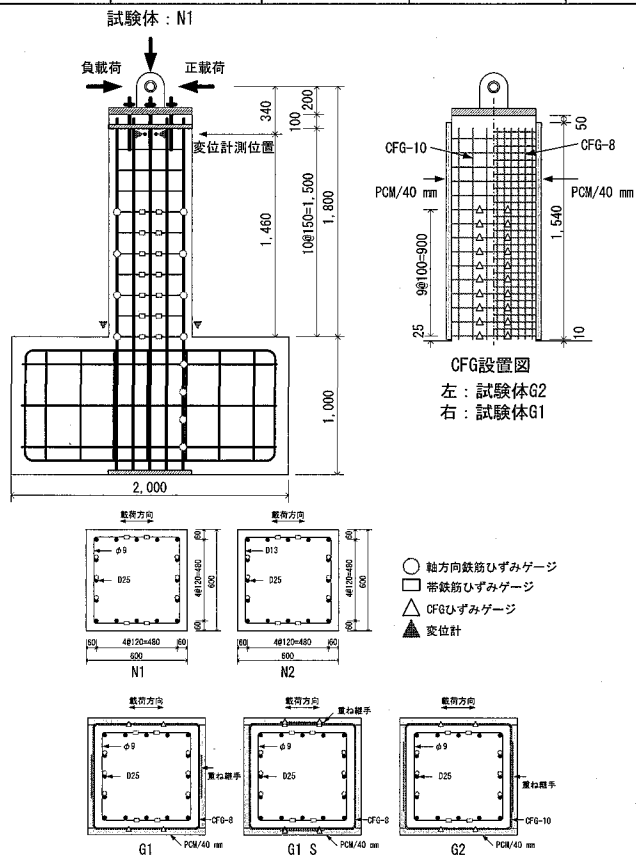


図-1 試験体の概要

(1) 破壊状況

旧基準試験体 N1 は、 δy の 1 回目の正負交番载荷時に、せん断面に X 形のせん断ひび割れが発生した。その後、せん断ひび割れは幅が拡大し最終的にせん断破壊を示した。新基準試験体 N2 は、 δy の 1 回目の正負交番载荷時に、曲げひび割れが発生した。その後、曲げひび割れ幅は拡大するものの、せん断ひび割れ幅は大きく拡大することなく、最終的に柱基部の曲げ破壊を示した。提案工法で補強した試験体 G1, G1_S, G2 は、曲げひび割れ幅は拡大するものの、せん断ひび割れ幅は大きく拡大することなく、最終的に柱基部の曲げ破壊を示した。

(2) じん性率から見た耐震性の評価

図-2 に荷重～変位曲線の包絡線を、表-3 に各試験体のじん性率を示す。

包絡線および表-3 の変位は正負の平均値で示してある。補強試験体のじん性率は旧基準試験体 N1 と比較すると約 3～4 倍と大きく、提案工法で補強することにより変形性能が向上した。また、補強試験体は、新基準試験体 N2 よりも、同等もしくはそれ以上のじん性率を示した。

(3) 等価粘性減衰定数による耐震性の評価

図-3 に等価粘性減衰定数の推移を示す。

図-3 より、旧基準試験体 N1 は $3\delta y$ から $4\delta y$ にかけて等価粘性減衰定数が大きく低下し、耐震性が低下したことがわかる。補強試験体は、 $4\delta y$ を超えても値は低下せず、 $8\delta y$ の繰返し载荷でも値は低下しなかった。また補強試験体は、新基準試験体 N2 と比較しても、同等もしくはそれ以上の等価粘性減衰定数の値を示した。

4. まとめ

高強度炭素繊維グリッドとポリマーセメントモルタルの乾式吹付け工法を併用した耐震補強方法の有効性を検討した結果、以下のことが明らかになった。

(1) 旧基準に準拠して設計された柱試験体を、提案工法で補強した柱試験体は、大変形の繰返し载荷でもせん断ひび割れは発生せず、せん断破壊は進行しなかった。

(2) 補強試験体のじん性率は 8～10 程度であり、無補強試験体の 3～4 倍の値を示した。また、等価粘性減衰定数も $8\delta y$ の大変形でも低下することはない。

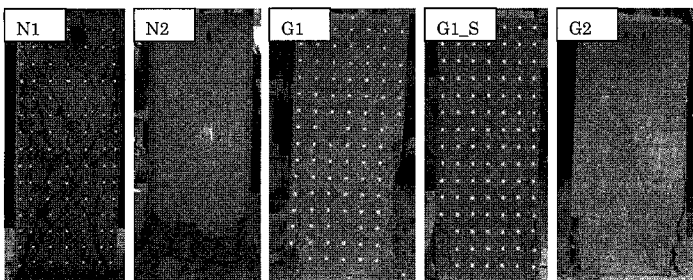


写真-1 破壊の様子

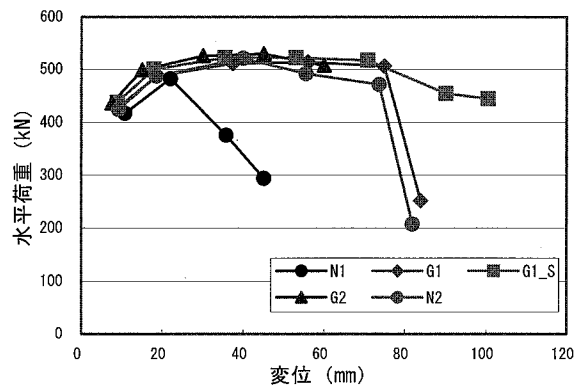


図-2 荷重～変位曲線の包絡線

表-3 各試験体のじん性率

試験体	最大荷重 P _m (kN)	降伏変位 δy (mm)	終局変位 δu (mm)	じん性率 $\mu = \delta u / \delta y$
N1	483	10.8	30.4	2.8
N2	522	9.2	75.1	8.2
G1	514	9.4	77.6	8.3
G1_S	523	8.8	94.6	10.7
G2	530	7.7	60.0*	7.8

*1: $\delta y, \delta u$ の値は、正負の平均値で示してある。

2: 終局変位の欄における「」表示は、途中で試験を打ち切ったことによる最終の値を示している。したがって、試験体 G2 の本来の終局変位は表の値よりも大きく、じん性率も表の値を上回るものと推察される。

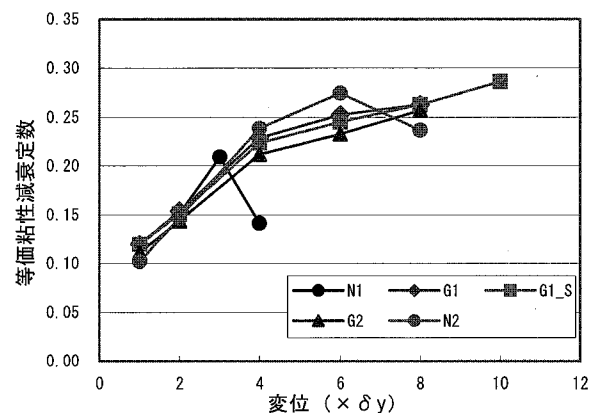


図-3 等価粘性減衰定数の推移