

端部定着されたCFG板とPCMを用いてせん断補強された 棒部材のせん断耐力式について

福山大学工学部 正会員 ○宮内 克之
StoCretec Japan (株) 下枝 博之
日鉄ケミカル&マテリアル (株) 小林 朗

1. はじめに

炭素繊維格子板 (CFG 板) の端部を炭素繊維束で固定し、ポリマーセメントモルタル (PCM) を乾式で吹き付ける定着方法でせん断補強された RC 棒部材のせん断耐力式について検討した。その結果、せん断補強用 CFG 板縦筋によって受け持たれるせん断耐力は一般的なトラス理論により評価できることが確認された。

2. 実験概要

試験体一覧および使用材料の特性を表-1に示す。試験体の概要を図-1に示す。引張鉄筋には D25(PC B 種 1 号)、圧縮鉄筋には D19(SD345)を配置した。試験体の左側せん断スパンのみを評価対象区間とし、既設帯鉄筋として D10(SD295A)を 200 mm 間隔で配置し、CFG 板によるせん断補強を行った。载荷は単純支持状態での二点対称载荷とした。

3. 実験結果および考察

3.1 破壊状況

荷重～スパン中央のたわみ量関係を図-2に示す。図-3には、荷重 1,300 kN 時におけるひび割れ発生状況を示す。いずれの試験体とも、荷重が約 700 kN あたりから、せん断ひび割れ幅が徐々に拡大した。CFG 板の筋の損傷に伴って発生した音と考えられる、実験中に大きな破壊音を確認された時点を図中に×で示す。実験終了後に主破壊面近傍の PCM を除去して CFG 板の状況を確認したところ、C8C1, C8C4 では格点の破損や CFG 板横筋の変形等が確認された。C8C1, C8C4 の破壊形式はせん断圧縮破壊であった。C6C1 では CFG 板縦筋の破断が確認され、破壊形式は斜め引張破壊であった。

3.2 斜め引張破壊耐力

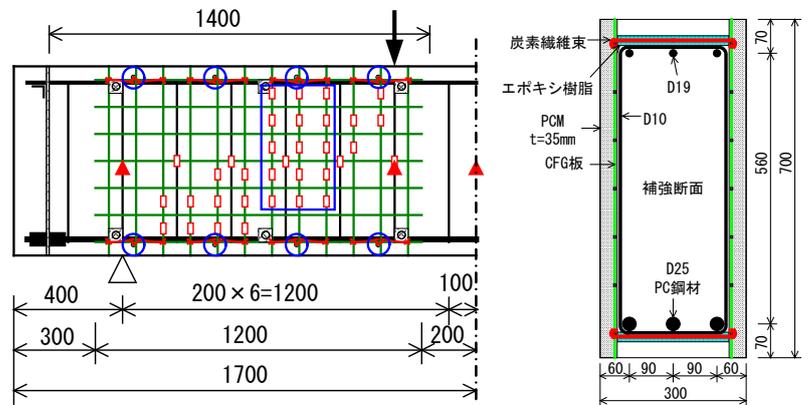
標準示方書¹⁾および道路橋示方書²⁾とともに、斜め引張破壊に対する耐力は、いずれもせん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力とコンクリートが受け持つせん断耐力の和として表される。これに準じ、せん断補強用 CFG 板縦筋によって受け持たれるせん断耐力は一般的なトラス理論によるせん断耐力の算定式を基にし、式(1)で表されるものとした。

終局せん断耐力の算定においては、使用材料の実強度を用い、材料係数および部材係数は全て 1.0 とした。

表-1 試験体一覧および使用材料の特性

試験体	C8C1	C8C4	C6C1
定着用炭素繊維の耐力比*	1.15		1.24
CFG の断面積 (mm ²)	26.4		17.5
コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)	35.7	37.6	37.6
PCM の圧縮強度 (N/mm ²)	77.8	55.0	73.3
D25 の耐力 (N/mm ²)	1,008	975	992
D19 の降伏強度 (N/mm ²)	370	392	384
D10 の降伏強度 (N/mm ²)	351	345	359

*耐力比：定着用炭素繊維束の引張耐力 / CFG 板縦筋 1 本当りの引張耐力



▲ 変位計 □ ひずみゲージ ⊗ φ6アンカー ○ 定着孔の位置

図-1 試験体の概要 (単位: mm)

キーワード：炭素繊維グリッド、せん断補強、せん断耐力、乾式吹付け、補強

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

設計せん断耐力の算定においては、強度などの材料特性は特性値を使用し、標準示方書においては材料係数、部材係数の値は標準示方書に定める値を用いた。また、CFG板縦筋の引張強度の安全率は、終局せん断耐力の計算においては $\alpha=1.0$ を、設計せん断耐力の計算においては $\alpha=2/3^{3)}$ を用いた。

$$V_{gu} = \frac{2A_g \times f_g \times \alpha \times K_g \times z}{S} \quad (1)$$

ここに、 V_{gu} : 補強用CFG板が負担するせん断耐力(N)
 f_g : 補強用CFG板縦筋の引張強度(N/mm²)
 K_g : 補強用CFG板縦筋の強度の有効係数
 α : 補強用CFG板縦筋の引張強度の安全率

表-2に標準示方書および道路橋示方書により算定した各試験体のせん断耐力を示す。CFG板縦筋の破断による斜め引張破壊と考えられるC6C1においては、標準示方書および道路橋示方書に基づいて算定した斜め引張破壊の終局耐力は V_{max}/V_y or $V_{max}/S_{usu} \cong 1.2$ となった。また、設計耐力は V_{max}/V_{yd} or $V_{max}/S_{us} \cong 2.0$ となった。したがって、斜め引張破壊に関しては、両示方書に準ずる場合、式(1)を用いてCFG板が負担するせん断耐力を算定すれば、安全側で評価できるものと考えられる。

C8C1, C8C4の破壊形式はせん断圧縮破壊であるが、参考として斜め引張破壊耐力についても算定した。両示方書に基づいて算定した斜め引張破壊の終局耐力は V_{max}/V_y or $V_{max}/S_{usu} \cong 0.9$ となった。設計耐力は V_{max}/V_{yd} or $V_{max}/S_{us} \cong 1.5$ 程度であった。

3.3 せん断圧縮破壊耐力

せん断圧縮破壊を示したC8C1, C8C4に、式(2)に示す標準示方書の式(解2.4.6)を適用した。式の詳細に関しては標準示方書を参照されたい。なお、参考としてC6C1についても算定した。全ての試験体において、せん断圧縮破壊の終局耐力は $V_{max}/V_d \cong 1.4$ 、設計耐力は $V_{max}/V_{dd} > 2.0$ となった。したがって、せん断圧縮破壊耐力に関しては、標準示方書の式(解2.4.6)により、余裕をもって安全側で評価できるものと考えられる。

$$V_{dd} = (\beta_d + \beta_w)\beta_p \cdot \beta_a \cdot \alpha \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (2)$$

4. まとめ

せん断耐力の実験値は土木学会コンクリート標準示方書あるいは道路橋示方書に準じて算定した設計せん断耐力を大きく上回る結果となった。したがって、提案工法によってせん断補強されたRC棒部材の斜め引張破壊耐力は、既存の計算式にCFG板縦筋が負担するせん断耐力を表す式(1)を加えた計算式で評価が可能である。また、せん断圧縮破壊耐力は標準示方書の式(解2.4.6)により評価が可能である。

なお、本研究の一部は平成30年度学術研究助成基金助成金(基盤研究(C))により行ったものである。

参考文献: 1) (社)土木学会: 2017年制定コンクリート標準示方書 [設計編: 標準], 2017、2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編, 平成24年3月、3) FRPグリッド工法研究会: FRPグリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修・補強 設計・施工マニュアル(案), 2001

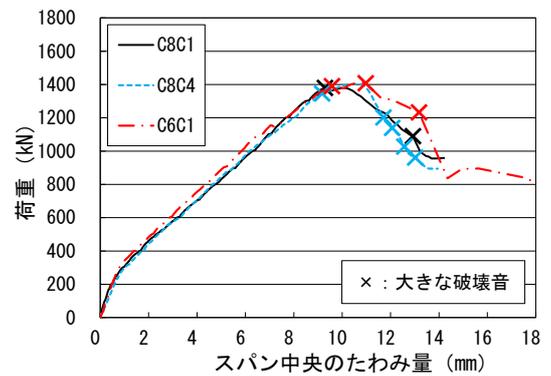
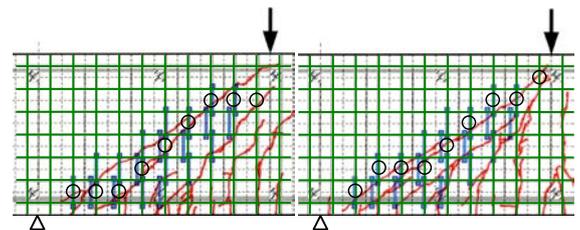


図-2 荷重～スパン中央のたわみ量関係



(a) C8C1 (b) C6C1

図-3 ひび割れ発生状況 (荷重 1,300kN 時)

表-2 せん断耐力

試験体		C8C1	C8C4	C6C1
作用せん断力の最大値 V_{max}		690.0	700.5	706.5
斜め引張破壊	標準示方書			
	終局耐力 V_y	764.9	760.0	606.2
	V_{max}/V_y	0.90	0.92	1.17
	設計耐力 V_{yd}	437.2	437.2	354.5
	V_{max}/V_{yd}	1.58	1.60	1.99
	道路橋示方書			
終局耐力 S_{usu}	730.4	729.7	573.4	
V_{max}/S_{usu}	0.94	0.97	1.23	
設計耐力 S_{us}	470.4	470.4	379.4	
V_{max}/S_{us}	1.47	1.49	1.92	
せん断圧縮破壊	標準示方書			
	終局耐力 V_d	486.3	488.6	490.5
	V_{max}/V_d	1.42	1.43	1.44
	設計耐力 V_{dd}	313.4	313.4	310.9
V_{max}/V_{dd}	2.20	2.24	2.27	

太字: 評価対象、その他は参考値