

連続繊維で端部定着された炭素繊維グリッド板のせん断特性について

福山大学工学部 正会員 ○宮内 克之

StoCretec Japan (株) 下枝 博之

新日鉄住金マテリアルズ (株) 日鉄コンポジット社 小林 朗

1. はじめに

炭素繊維グリッド (CFG) 板の端部を炭素繊維束またはアラミド繊維ロープ束で固定し、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 部材の単調載荷試験を行い、CFG 板の定着方法の可否と補強部材の力学的挙動に関して検討するとともに、提案方法を用いてせん断補強された RC 部材のせん断耐力が、既存の設計式で評価できるかどうかについて検討を行った。

2. 実験概要

試験体の概要を図-1に示す。せん断補強用に配置した CFG 板上下端部の定着は、左側せん断スパンでは炭素繊維束を、右側せん断スパンではアラミド繊維ロープ束を使用した。エポキシ樹脂を含浸させた定着用連続繊維束の一端を CFG 板の最上下端の格点に結束し、他端を定着用の孔に挿入し、エポキシ樹脂で定着した。定着に使用した連続繊維束の量は、CFG 板の筋 1 本が有す引張耐力の約 1.3 倍の耐力となる量とした。

3. 実験結果および考察

(1) 破壊状況

作用せん断力～スパン中央変位関係を図-2に示す。作用せん断力が 650 kN を過ぎたあたりから、せん断ひび割れ幅が徐々に拡大するとともに、左側せん断スパン (炭素繊維束で定着した側) において、せん断ひび割れの幅の拡大が著しくなり、左側載荷点近傍のコンクリートの破壊が進み、荷重が低下した。

(2) CFG 板縦筋のひずみ

図-3は、せん断破壊を示した左側せん断スパン (炭素繊維束で定着) に関して、図-1中の□の範囲の CFG 板縦筋のひずみ分布を示したものである。せん断ひび割れの発生が確認された荷重 400 kN あたりから、CFG 板縦筋のひずみが増大し始めた。最大荷重時の CFG 板縦筋のひずみは約 $10,000 \times 10^{-6}$ を示した。測定された最大ひずみは約 $16,000 \times 10^{-6}$ であった。この値は、ほぼ CFG 板の筋の破断ひずみに相当する値であり、定着が十分に機能しており、せん断補強用の CFG 板の性能が十分に発揮できているものと考えられる。

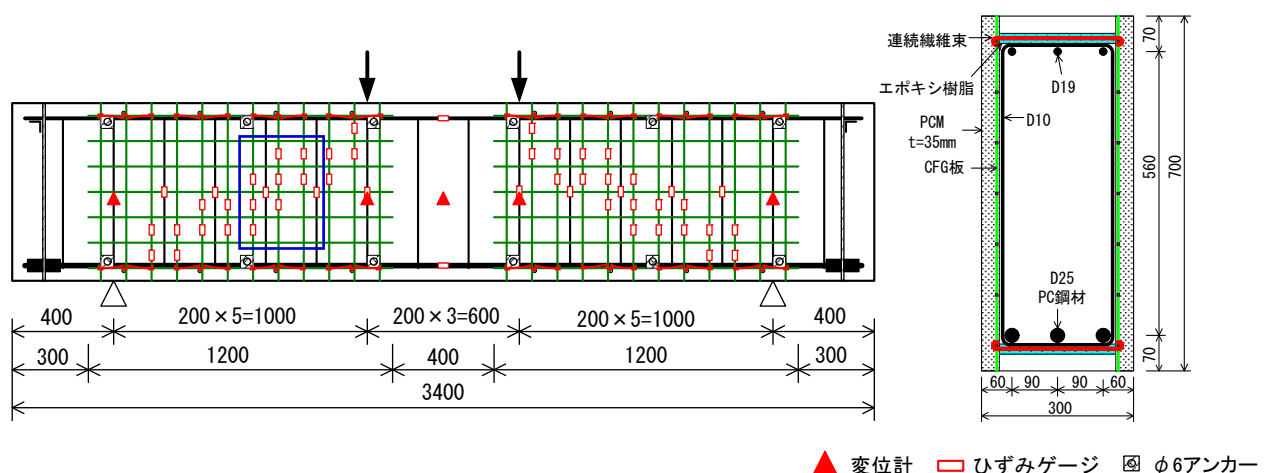


図-1 試験体の概要 (単位: mm)

キーワード: 炭素繊維グリッド, せん断補強, 定着, 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

(3) CFG が負担するせん断力

図-4は、せん断破壊を示した左側スパンに関して、帯鉄筋、CFG 板縦筋およびそれ以外のコンクリート系断面（既存コンクリートおよび吹付けPCM）が負担するせん断力の推移を示したものである。計算にあたって、帯鉄筋のひずみは、図-1中に□で示す位置の帯鉄筋の表裏4枚のひずみゲージの値の平均値を使用した。また、CFG 板縦筋のひずみは、表裏16枚のひずみゲージの値の平均値を使用した。せん断ひび割れが発生して以降、CFG 板縦筋と帯鉄筋とが負担するせん断力が増加していることがわかる。また、最大荷重時において、炭素繊維束で定着した左側せん断スパンにおける CFG 板縦筋の負担するせん断力は約 300 kN であった。

(4) せん断耐力の実験値と計算値との比較

試験体の作用せん断力の実験値と標準示方書に基づいて算定した終局せん断耐力および設計せん断耐力との比較を前出の図-2中に示す。なお、補強用 CFG 板が負担する終局せん断耐力 V_{gu} に関しては式(1)により算定した。

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

ここに、 A_g : 補強用CFG板縦筋1本の断面積(mm^2)

f_g : 補強用CFG板縦筋の引張強度(N/mm^2)

z : 偶力のアーム長(mm)

終局せん断耐力の計算においては、強度などの材料特性は全て実際の値を使用し、材料係数、部材係数は全て 1.0 を使用した。また、設計せん断耐力の計算においては、強度などの材料特性は特性値を使用し、材料係数の値は標準示方書に定める値を用いた。部材係数に関しては全て 1.0 を使用した。CFG の終局時における引張強度の安全率は $\alpha=2/3$ を用いた。また、CFG 板縦筋の強度の有効係数は $K_g=1.0$ を用いている。せん断耐力の実験値は、標準示方書に基づいて算定した終局せん断耐力よりも多少小さい値となった。これは、実験における最終的な破壊形態が、載荷点近傍の圧縮側コンクリートの圧縮破壊であったことが影響しているものと考えられる。一方、実験値は標準示方書に基づい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、提案した定着方法により CFG 板端部を定着することにより、既存 RC 部材のせん断補強方法として効果的に機能するものと考えられる。

4. まとめ

提案工法によりせん断補強された試験体は、破壊に至るまで、定着用炭素繊維束およびアラミド繊維ロープ束の損傷あるいは破断は確認されておらず、両繊維を用いた定着方法はどちらも効果的であるものと考えられる。また、実験結果は土木学会コンクリート標準示方書に基づい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、提案工法において、引張耐力が CFG 板縦筋の引張耐力の約 1.3 倍の炭素繊維束を用いてせん断補強された RC 部材のせん断耐力は、既存の計算式で評価が可能である。

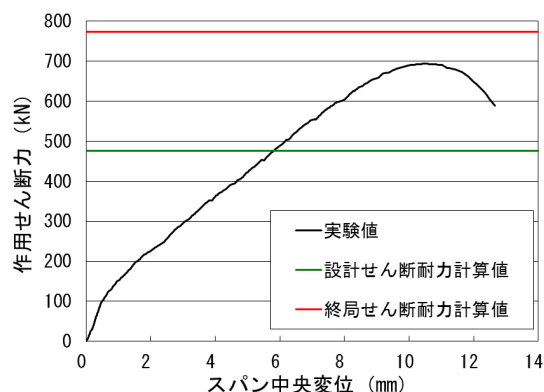


図-2 作用せん断力～スパン中央変位関係

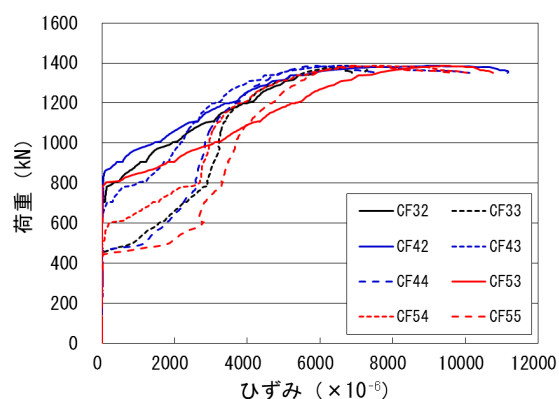


図-3 CFG 板縦筋のひずみ分布の一例

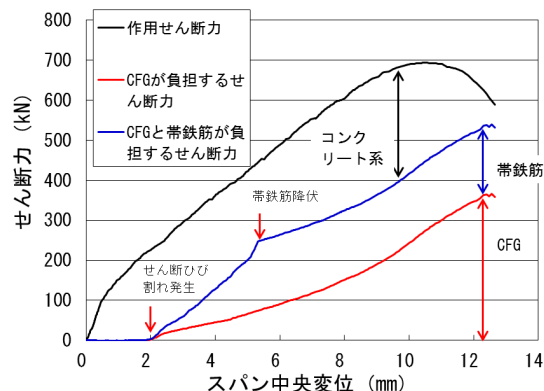


図-4 CFG が負担するせん断力