

炭素繊維シートでせん断補強したRCはりの力学的挙動

岡山能開短大 正会員 ○宮内克之 鳥取大学工学部 正会員 井上正一
鳥取大学工学部 正会員 西林新蔵 東燃（株） 正会員 田中良典
鳥取大学工学部 学生員 小椋貴史

1. はじめに

炭素繊維シート（以後、CFS）をせん断補強用として、コンクリート構造に有効利用するためには、既設スターラップや帯鉄筋と補強CFSとのせん断分担力の解明を含め、どのような機構でせん断抵抗をするのか、等を明らかにしていく必要がある。そこで本研究においては、CFS貼付けによる補強設計方法の基礎的資料を得ることを目的に、CFSとスターラップの併用によってせん断補強したRCはり（以後、併用はり）の静的載荷試験を行い、せん断力分担挙動について検討した。

2. 実験概要

実験計画を一括して表-1に、供試はりの形状寸法の一例を図-1に示す。はりは、幅12.5cm、高さ20cm（有効高さd=16.5cm）の単鉄筋矩形はりである。せん断スパンの長さは、50cm（供試体番号：No.1,4,5）、45cm（No.2,3）および33cm（No.6,7,8）とした。CFSの貼付け位置およびスターラップ位置の一例を図-1に示す。併用はりにおいては、CFSの中心をスターラップの中心に一致するように貼付けたはり（供試体番号：No.2,4,7,8）と、CFSをスターラップの中間位置に貼付けたはり（供試体番号：No.3,5）を作製した。CFSの重ね合わせ長さは6cmとした。また、折曲げによるCFSの強度減少を小さくするために、はり横断面の隅角部には半径1.0cmの面取りを施した。使用したCFSは、目付量が200g/m²（設計厚さ 0.11mm、引張強度 35,500kgf/cm²、弾性係数 2.35×10^6 kgf/cm²）のもので、主鉄筋(D25: $f_{sy}=3,692$ kgf/cm², D19: $f_{sy}=4,150$ kgf/cm²)およびスターラップ(D6: $f_{sy}=4,261$ kgf/cm²)には、それぞれSD345の異形棒鋼を使用した。スターラップおよびCFSのひずみは、図-1に示す位置に貼付した電気抵抗線ひずみ計によって測定した。

3. 実験結果および考察

供試体番号No.3の併用はりは、斜めひび割れが伸展し、最終的にCFSが破断してせん断破壊したが、他の併用はりでは斜めひび割れは発生するものの、せん断破壊には至らなかった。

3.1 炭素繊維シートとスターラップのひずみの関係

図-2に、併用はりにおけるCFSあるいはスターラップのひずみと作用せん断力との関係の一例を示す。なお、CFSおよびスターラップのひずみの測定値には、2～4点の平均値（支点直近のCFSひずみの値を除く）を用いている。図より、せん断補強筋としてCFSとスターラップとを併用した場合、CFSをスターラップと同一場所に貼付けた場合でも、スターラップの中間位置に貼付けた場合でも、同一作用せん断力に対するCFSひずみおよびスターラップひずみに差がなく、CFSの貼付け位置はせん断補強効果に影響しないことが伺われる。つぎに、同一作用せん断力に対するCFSとスターラップのひずみについてみると、同一作用せん断力において、これらのひずみは同じ値を示さず、斜めひび割れ発生後のある作用せん断力から、CFSのひずみが増加してスターラップひずみよりも大きくなるのがわかる。

表-1 実験計画および実験結果一覧表

供試体番号	コンクリート強度 kgf/cm ²	せん断補強		斜めひびわれ発生荷重 (tonf)	曲げ耐力計算値 P _c (tonf)	せん断耐力計算値 2V _c (tonf)	最大荷重 (実験値) P (tonf)
		スターラップ	炭素繊維シート				
1	358	—	—	9.92	16.42	8.90	11.51
2	357	D6-150	1/5*アラ	9.40	18.21	18.58	18.56
*3	357	D6-150	1/5*アラ	9.56	18.21	18.58	18.68
4	357	D6-100	1/5*アラ	8.93	16.38	20.80	17.02
*5	357	D6-100	1/5*アラ	9.53	16.38	20.80	17.29
6	391	—	—	9.20	19.56	10.02	11.94
7	391	D6-110	1/3*アラ	9.40	19.56	21.64	20.84
8	391	D6-110	1/2*アラ	9.30	19.56	23.92	19.80

・*印：炭素繊維シートをスターラップの中間位置に貼付けたはり
・P_c：土木学会標準示方書（設計編）による計算値
・V_c：炭素繊維シートの有効係数をk_s=0.306a/dとした計算値

図-3に、併用はりにおけるCFSひずみ ε_{CF} とスターラップひずみ ε_s との関係を示す。せん断剛性等が異なるこれらのはりにおける ε_{CF} と ε_s との関係は、それほど差異がない。いずれもCFSひずみが下に凸の形で増加していることを考慮し、スターラップが降伏する以前の範囲に対して、併用はり6体に対する斜めひび割れ発生後の平均的な $\varepsilon_{CF}-\varepsilon_s$ 関係式として、次式を得た。

$$\varepsilon_{CF} = 0.0126 \varepsilon_s^{1.72} \quad (1)$$

3.2 炭素繊維シート of せん断力分担割合

圧縮斜材の角度を 45° としたトラスモデルを仮定した場合、CFSとスターラップを併用したはりの分担せん断力は、次式で表される。

$$V = V_c + V_s + V_{CF} \quad (2)$$

$$V_s = A_w \cdot E_s \cdot \varepsilon_s \cdot z / s \quad (3)$$

$$V_{CF} = 2 \cdot t \cdot z \cdot n \cdot E_{CF} \cdot \varepsilon_{CF} \quad (4)$$

ここに、 V, V_c, V_s, V_{CF} : 部材、コンクリート、スターラップ、CFSが受け持つせん断力、 A_w, s : 一組のスターラップの断面積(cm^2)、配置間隔(cm)、 E_s, E_{CF} : スターラップ、CFSの弾性係数(kgf/cm^2)、 t : CFSの一枚の厚さ(cm)、 z : モーメントのアーム長($z = d \times 7/8$)、 n : CFSの貼付け枚数(例えば、1/2ゼブラの場合、 $n=0.5$)である。

せん断補強筋が受け持つせん断力($V_s + V_{CF}$)に対する、CFSまたはスターラップが受け持つせん断力の割合の一例を、斜めひび割れ発生以降について図-4に示す。図中の計算値は、式(1)で表されるCFSとスターラップのひずみの関係を用いて、式(3)、(4)より求めたものである。図より、作用せん断力が増加するにつれて、CFSの分担割合が徐々に増加している現象を含め、計算値は、CFSとスターラップが受け持つせん断力の分担割合を、概ね表現しているといえる。このことは、せん断補強筋としてCFSとスターラップを併用した部材において、スターラップが降伏せず弾性範囲にある場合には、式(1)に示す $\varepsilon_{CF}-\varepsilon_s$ 関係を用いて部材の分担せん断力を予測できることを示している。

4. まとめ

本研究で得られた結論は以下のようなものである。

- (1) CFSとスターラップひずみは同一位置においても異なり、作用せん断力の増加に伴って、CFSのひずみ増加が顕著になる。
- (2) CFSとスターラップとを併用した場合、CFSをスターラップと同一場所に貼付けた場合でも、スターラップの中間位置に貼付けた場合でも、CFSのせん断補強効果に差はない。
- (3) 併用はりにおいて、スターラップが降伏する以前の弾性範囲にある場合には、CFSとスターラップの分担せん断力は、式(1)を用いて予測できる。

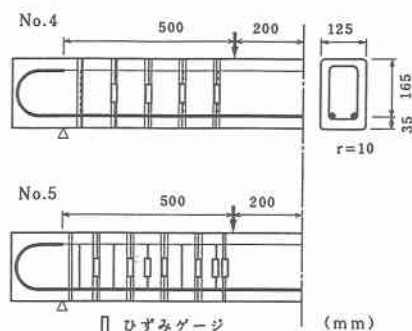


図-1 はりの形状寸法の一例

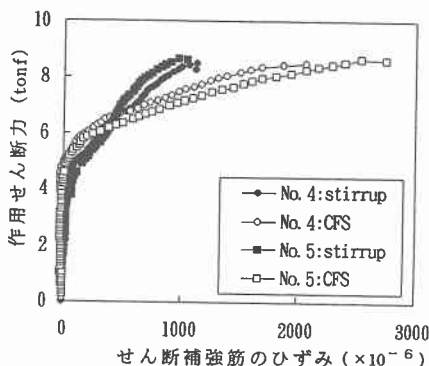


図-2 作用せん断力-補強筋ひずみ関係

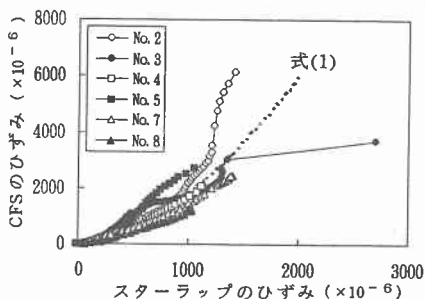


図-3 CFSとスターラップのひずみ関係

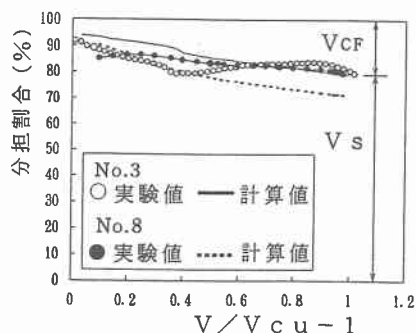


図-4 せん断力分担割合