

V-498

炭素繊維シートでせん断補強したRCはりのせん断耐力

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

1. はじめに

炭素繊維シート(以後、CFS)貼付けによるせん断補強設計方法の基礎的資料を得ることを目的に、CFSのみ、または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、CFSの有効係数およびCFS破断によってせん断破壊する場合のせん断補強耐力式について検討した。

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 $d=16.5$ cm)の単筋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. 1~3, 6, 7)、45cm(No. 4, 5) および33cm(No. 8~11)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(No. 4, 6, 10, 11)と、CFSをスターラップの中間位置に貼付けたはり(No. 5, 7)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/m^2 (設計厚さ $t=0.11\text{mm}$ 、引張強度 $f_{CF}=35,500\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数 $2.35 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$)のもので、スターラップにはD6($f_{sy}=4,261\text{kgf/cm}^2$)を使用した。

3. 実験結果

実験結果を表-1に示す。なお、表-1におけるせん断耐力の計算値は式(1)より求めたものである。写真-1にせん断破断したはりの一例を示す。ゼブラ状のCFSのみによってせん断補強したはりは、CFS補強量、 a/d によらず全てがせん断破断をした。No.5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断した。他の併用はりでは斜めひび割れは発生したが、せん断破断には至らなかった。

$$V_u = V_{cu} + V_{sy} + V_{CFu} \quad (1)$$

$$V_{cu} = \{0.94(f'_c)^{1/3} \beta_p \beta_d (0.75 + 1.4/(a/d))\} bwd \quad (2)$$

$$V_{cu} = 0.53(f'_c)^{2/3} \frac{(1 + 3.33r/d)(1 + (p_w)^{1/2})}{(1 + (a/d)^2)} bwd \quad (3)$$

$$V_{sy} = A_w \cdot f_{wy} \cdot z \cdot \cot \theta / s \quad (4)$$

$$V_{CFu} = 2 \cdot t \cdot f_{CF} \cdot z \cdot \cot \theta \cdot n \cdot k_e \quad (5)$$

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	引張鉄筋 (SD345) 本数-径 強度 f_{sy}	せん断補強		斜めひびわれ 発生荷重 (tf)	曲げ耐力 計算値 P. (tf)	せん断耐力 計算値 2V. (tf)	最大荷重 (実験値) P (tf)
			スターラップ	炭素繊維シート				
1	358		—	—	9.92	16.42	8.90	**11.51
2	368		—	1/5*アラ	10.23	16.42	13.06	**15.34
3	330		—	1/2*アラ	9.09	15.32	19.04	**17.53
4	357	2-D25	D6-150	1/5*アラ	9.40	18.21	18.58	18.56
*5	357	3.692	D6-150	1/5*アラ	9.56	18.21	18.58	**18.68
6	357	kgf/cm^2	D6-100	1/5*アラ	8.93	16.38	20.80	17.02
*7	357		D6-100	1/5*アラ	9.53	16.38	20.80	17.29
8	391		—	—	9.20	19.56	10.02	**11.94
9	399	2-D19	—	1/2*アラ	9.59	19.64	17.00	**18.99
10	391	4.150	D6-110	1/3*アラ	9.40	19.56	21.64	20.84
11	391	kgf/cm^2	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

**印: せん断破断(炭素繊維シート破断による)

P.: 土木学会標準示方書(設計編)による計算値

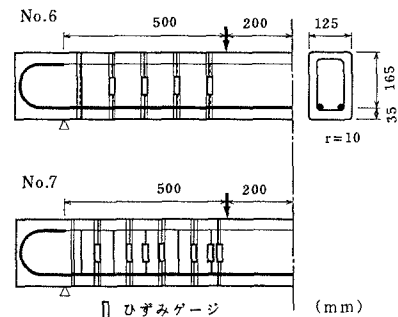


図-1 はりの形状寸法の一例



供試体番号: No. 2

写真-1 破壊状況の一例

キーワード: せん断補強, 炭素繊維シート, せん断耐力

連絡先: 〒710-02 倉敷市玉島長尾1242-1: TEL 086-526-0321: FAX 086-526-2319

ここに、 V_{cu} ：式(2)[1]と式(3)[2]による値の大きい方の値、 θ ：圧縮斜材が部材軸となす角度（圧縮斜材の角度）、 n ：CFSの貼付け枚数（例えば、1/2ゼブラの場合 $n=0.5$ ）、 k_e ：CFSのせん断補強に対する有効係数で、後述の式(7)より求まる値を用いる。

4. 終局時における炭素繊維シートの有効係数とせん断耐力

CFSの破断によってせん断破壊を示したはりを対象に、CFSの引張強度がどの程度有効に利用されているかを検討した。式(1)、(5)より、CFSの有効係数 k_e は式(6)で与えられる。

$$k_e = \frac{V_u - (V_{cu} + V_{sy})}{2 \cdot t \cdot f_{cf} \cdot z \cdot n \cdot \cot \theta} \quad (6)$$

図-2は、有効係数 k_e と終局時における斜めひび割れ角度との関係を示したものである。 k_e を求める際、 V_u はCFSを貼付けたはりの最大荷重 ($P/2$) を、($V_{cu} + V_{sy}$) に関しては、CFSを貼付けない（CFS貼付け以外の条件が等しい）はりの最大荷重 ($P/2$) を用いた。圧縮斜材の角度 θ としては、破壊面を形成した斜めひび割れ角度を用いた。図より、終局時における斜めひび割れ角度（圧縮斜材の角度）を考慮したトラスモデルによって求まるCFSの有効係数は、ほぼ一定で、本研究における3体の平均値は $k_e = 0.57$ であった。

斜めひび割れ角度に影響を及ぼすと考えられる a/d と、式(6)において $\theta = 45^\circ$ として求めた k_e との関係を、図-3に示す。図より、 45° トラスモデルで評価した場合の有効係数 k_e は、 a/d (1.5~3.03) とほぼ直線関係(式(7))があることがわかる。

$$k_e = 0.306 \cdot a/d \quad (k_e \leq 1.0) \quad (7)$$

図-4は、式(7)より求まる k_e を用いて求めたせん断耐力の計算値と、実験値との比較を示したものである。図より、CFSの破断によってせん断破壊をしたはり、CFSのみ、またはスターラップとの併用によってせん断補強したはりともに、一体を除き、計算値は実験値よりもやや小さめの値となっているが、両者は良く一致していることがわかる。これより、実際のせん断補強設計において、 a/d の異なる部材のせん断耐力は、式(7)から求まるようなCFSの有効係数を用いて算定する必要があるものと考えられる。

5. まとめ

- (1) CFSを貼付したRCはりのせん断耐力を、 45° トラスモデルによって予測する場合には、式(7)で表されるように a/d の値によってCFSの有効係数を変えなければならない。
- (2) CFSを貼付したRCはりのせん断耐力は、斜めひび割れ角度を合理的に予測できる場合には、その角度を導入したトラスモデルを用い、CFSの有効係数を一定 ($k_e \approx 0.57$) として求めることができる。

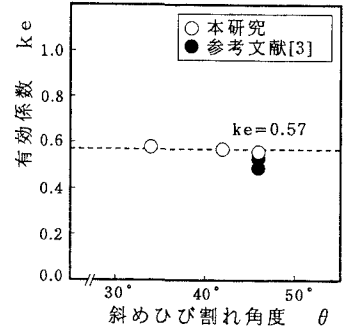


図-2 $k_e - \theta$ 関係

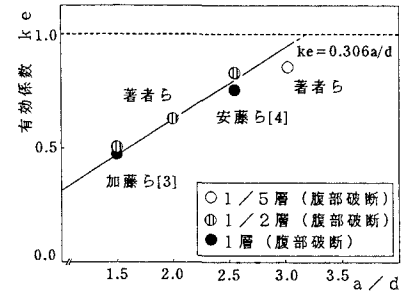


図-3 $k_e - a/d$ 関係

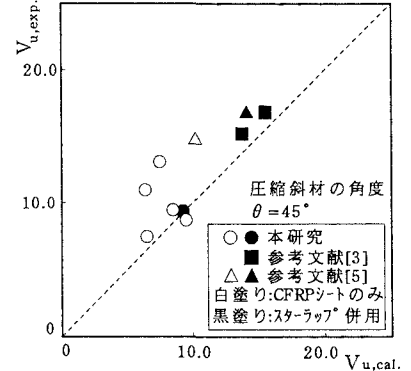


図-4 せん断耐力の比較

【参考文献】[1]二羽淳一郎，他：せん断補強筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第372号/V-5，pp.167-176，1986.8；[2]二羽淳一郎，他：FEM解析に基づくディープビームのせん断耐力算定式，第2回RC構造物のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，日本コンクリート工学協会，pp.119-126，1983.10；[3]加藤博文，他：炭素繊維シートによるコンクリート部材の補強に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.2，pp.899-904，1995；[4]安藤博文，他：炭素繊維によるせん断補強効果に関する研究，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集V，pp.934-935，1994.9；[5]加藤博文，他：炭素繊維シートによる鉄筋コンクリートはりのせん断補強に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.2，pp.101-106，1996