

## 炭素繊維シート3面巻き補強によるRC梁のせん断補強効果

九州工業大学 学生会員 宮島 英樹 九州工業大学 正会員 幸左 賢二  
 阪神高速道路公団 正会員 杉岡 弘一 ショーボンド建設株式会社 正会員 富松 康秀

### 1. はじめに

本研究では、RC梁に対して炭素繊維シートを用いた3面巻き補強の補強効率が4面巻き補強に比べてどれほど低下するか、また、その低下する原因を明らかにすることを目的に、3面巻き立て補強を施したRC梁に静的2点荷重実験を行い、シートのひずみやコンクリートの破壊性状に着目した検討を行った。

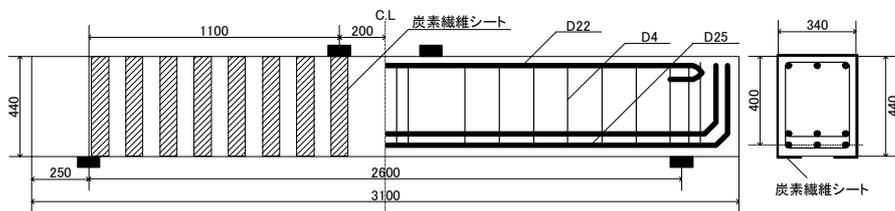


図-1 供試体寸法および配筋図

表-1 実験ケース

ケース	補強方法	シート幅 (mm)	間隔 (mm)	定着長 (mm)	巻き立て層数
case1	無補強	-	-	-	-
case2	3面巻き	75	150	0	1
case3	3面巻き	75	150	42.5	1
case4	3面巻き	75	150	85	1
case5	3面巻き	75	150	170	1
case6	3面巻き	75	150	170	2
case7	4面巻き	75	150	-	1

### 2. 実験概要

本実験で用いた供試体の寸法および配筋図を図-1に示す。本実験はT型のRC橋脚の梁部を単純梁に置き換え、照査断面の中でせん断力に対して耐力の余裕が最も小さい断面を対象とした。供試体のせん断スパン比はデューブームの影響が混在しないように  $a/d=2.5$  とした。引張主鉄筋比は実橋 ( $\rho_t=1.90\%$ ) と同等となるように  $2.03\%$  とした。

また、実験ケースを表-1に示すが、定着長および巻き立て層数をパラメータとした。なお、使用した炭素繊維シートは目付量  $200\text{g/m}^2$  (設計厚さ  $0.11\text{mm}$ , 破断強度  $4840\text{N/mm}^2$ , 弾性係数  $2.53 \times 10^5\text{N/mm}^2$ ) である。

### 3. 実験結果

#### 3.1 せん断補強効率

表-2に各ケースの最大荷重および補強効率を示す。せん断補強効率は補強せん断耐力の実験値を設計値で除することにより算出した。設計値はトラス理論を用いて式(1)により算出した。

$$V_{cf} = A_{cf} \cdot f_{wyd} \cdot (\sin\theta + \cos\theta) \cdot d / (1.15 \cdot s) \quad (1)$$

算出すると、3面巻きの補強効率の平均値は4面巻きに比べ44%低下する結果となった。ここで、case4 (定着長  $85\text{mm}$ ) と case5 (定着長  $170\text{mm}$ ) はコンクリートとシートの付着応力度が低く、最大荷重が小さくなる結果となった。

#### 3.2 炭素繊維シート剥離面積

図-2に剥離面積-荷重関係を示す。4面巻きでは最大荷重時に剥離面積が80%を超えたが、定着長を有する3面巻きのケースでは20%程度しか剥離しなかった。これは3面巻きが4面巻きに比べてシート定着部の拘束効果が低く、剥離が十分に進展する前に供試体がせん断破壊に至ったためと考えられる。

#### 3.3 炭素繊維シート負担せん断力

図-3にシート負担せん断力-荷重関係を示す。シート負担せん断力はシートのひずみより算出した。図より、3面巻きのケースの

表-2 最大荷重とせん断補強効率

供試体	最大荷重 (kN)	補強耐力 (kN)	補強せん断耐力 $V_{cf}$		せん断補強効率 $\alpha$
			実験値 (kN)	設計値 (kN)	
case1	419.8	-	-	-	-
case2	574.3	154.5	77.3	173.6	0.445
case3	596.9	177.1	88.5	173.6	0.510
case4	574.2	154.4	77.2	173.6	0.445
case5	598.0	178.24	89.12	173.6	0.513
case6	769.9	350.1	175.1	347.2	0.504
case7	718.9	299.1	149.6	173.6	0.862

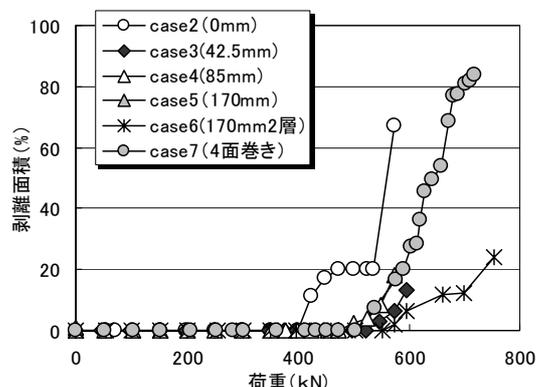


図-2 剥離面積-荷重関係

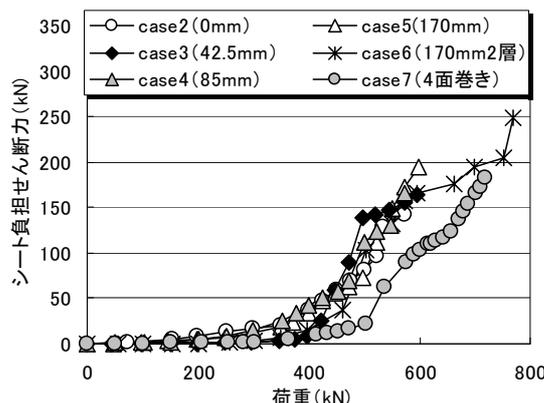


図-3 シート負担せん断力-荷重関係

方がシートがせん断力を負担し始める荷重が早いことが分かる。これは3面巻きの拘束効果が4面巻きに比べて低いため、斜めひび割れの進展やコンクリートが負担するせん断力の低下が早くなったためと考えられる。

3.4 破壊メカニズム

図-4 にシート定着のない場合 (case2) の破壊メカニズムを示す。case2 ではせん断ひび割れが発生するとひび割れ付近で局所的にシートの剥離が発生する。剥離は上下方向に進展していき、剥離が下端に達すると、シートがせん断に対して抵抗することができなくなり、コンクリートとともにせん断破壊に至った。

また、定着長がある場合 (case3~case6) の破壊メカニズムを図-5 に示す。case3~case6 ではせん断ひび割れ下端部で写真-1 に示すような割裂破壊が発生した。これより、割裂破壊のメカニズムを説明する。まず、せん断ひび割れが発生すると、ひび割れ幅の増加に対して側面の炭素繊維シートが抵抗する。このとき、シートには引張力が作用しており、シート定着部まで引張力が伝達される。しかし、シートとコンクリートの付着により、伝達された引張力は定着部のシートだけでなくコンクリートの内部にまで作用する。このような引張力がシートの両端部で作用するため、図-6 のような供試体下面の中央部にひび割れが発生する。その後、さらに梁下面のかぶり付近でひび割れが発生し、最終的にかぶりコンクリートにおいて割裂破壊が生じる。

表-3 に割裂破壊が生じたケースのシートに作用する引張力とコンクリートの割裂耐力の比較を示す。シートの引張力は割裂破壊が生じたときのシートのひずみより算出し、割裂耐力は図-8 に示すような割裂破壊面積に道路橋示方書に示されるコンクリート引張応力度を乗じて算出した。表より、全ケースともコンクリートの割裂耐力とシートに作用する引張力がほぼ同等となる結果が得られた。したがって、シートに作用する引張力により、割裂破壊が生じるということが確認できた。

一方、4面巻きの破壊メカニズムを図-7 に示す。3面巻きと同様に、せん断ひび割れが発生すると側面のシートが抵抗し、シートに引張力が作用する。その引張力は定着部まで作用するが、シートの両端部を重ねて定着しているため、定着部の引張力が互いに抵抗し合う。そのため、梁下面にはひび割れが発生せず、斜めひび割れ幅の増加によりシートが破断し、せん断破壊に至る。3面巻きではこのようなシート破断する前に割裂破壊が生じたために最大耐力が低下したと考えられる。

4. まとめ

- (1) シート負担せん断力-荷重関係より、3面巻き補強が4面巻き補強に比べ、拘束効果が低下することが分かった。
- (2) 3面巻き補強ではシートに作用する引張力により割裂破壊が生じるということが分かった。
- (3) 3面巻きでは割裂破壊および拘束効果の低下が原因で4面巻きに比べ、補強効率が44%程度低下することが明らかとなった。

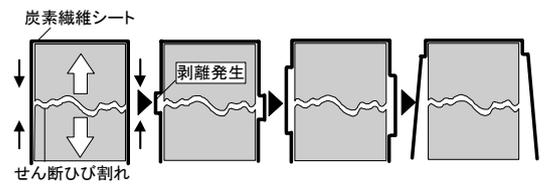


図-4 シート定着のない場合 (case2) の破壊メカニズム

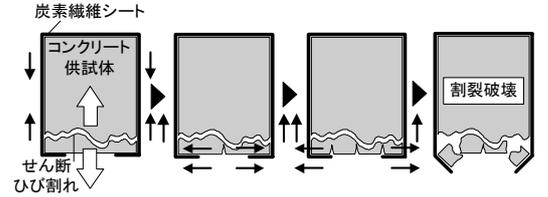


図-5 シート定着のある場合の破壊メカニズム

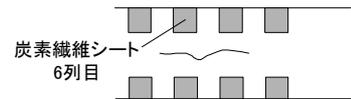


図-6 4面巻きの破壊メカニズム

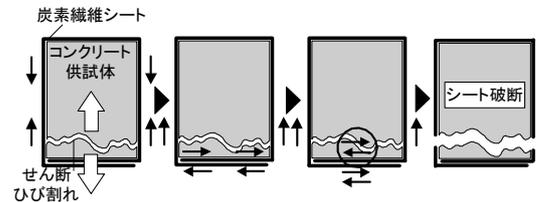


図-7 4面巻きの破壊メカニズム

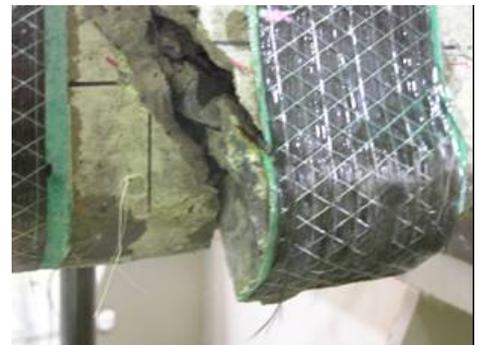


写真-1 割裂破壊図 (case3)

表-3 シートの引張力と割裂耐力の比較

case	シートに作用する引張力 (kN)	コンクリート割裂耐力 (kN)
3	25.6	21.6
4	50.7	45.1
5	52.3	78.3
6	72.4	62.7

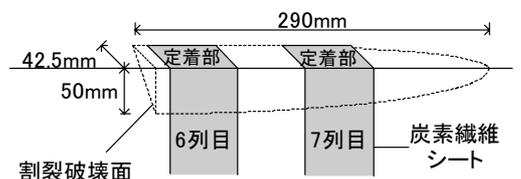


図-8 割裂破壊面 (case3)