

# 緊張力を作用させたシートによる RC はりのせん断補強効果

遠藤典男\*<sup>1</sup>・小林大祐\*<sup>2</sup>・中村紅実\*<sup>3</sup>・小林清\*<sup>4</sup>

## Consideration for Shear Reinforcement Effects of RC-beams by Stretching Sheets

ENDOH Norio, KOBAYASHI Daisuke, NAKAMURA Kumi,  
and KOBAYASHI Kiyoshi

In this research, in order to improve shear strength, making reinforcement sheets stretches by proposing jigs to the across direction of a beam-axis after bonding fiber reinforcement sheets to bottom of beam. When reinforcement sheets stretching, rotation moment are acted on parts of jigs. So, sheets are not able to stretch enough. Therefore current jigs add to jig of preventing rotation.

RC-beams, which are not exists on shear strength, were reinforced proposing methods in various number of sheets and acting of torque. These RC-beams were carried out bending test, as a result of that, shear strength were 30~40% improved.

キーワード：長繊維補強，せん断補強

### 1. 緒 言

近年，既設構造物の長寿命化が社会的なニーズになっており，構造物管理者により維持管理，保守補修に対する計画が策定されつつある。また，設計指針の変更に伴い，耐力の不足した構造物に対しても，種々な補強工法が提案され，実用化されるに至り，新工法での施工実績も多くなりつつある。

ここで曲げ耐力の不足した RC 部材に対する補強方法は，種々提案され<sup>1,2)</sup>既に多くの施工実績もある。これに対し，せん断耐力の不足した RC 部材に対しては，コンクリート増し打ちと，鋼板貼り付けによる補強が有効と言われているが，前者は自重が増大するため下部構造や基礎地盤の性状により適用不能な場合もあり，また後者は被補強部材と補強材を一体化させるための接着材が，主として雨水により劣化するなどの問題点を抱えている。

このような背景から本研究では，RC 構造物に対する補強工法として，近年施工実績も多い連続繊維シート補強工法に注目し，補強用シートを補強部材に接着後，部材軸直角方向に緊張させることにより，せん断力に対する補強効果向上を目指すものである。現在施工されている連続繊維シートによる補強工法は，主として引張力が作用する部材面に補強シートを接着することにより，曲げ耐力の向上を期待するものである。また，施工後の荷重変動も小さく，さらに重機なしの施工が可能であり狭い空間での施工に適するという利点もある。このような観点から，本研究で提案する補強工法は，引張力が作用する部材底面へ接着することにより曲げ耐力の向上を計るとともに，部材軸直角方向の緊張力を補強シートに作用させることにより，断面拘束効果が得られることになり，この効果よりせん断力に対する耐力も向上すると考えられる。また，上述の補強手法を実現させるため，簡単な治具の提案<sup>3)</sup>を行うとともに，補強シートに作用させる緊張力の制御手法を提案している。

さらに，提起する補強手法の有効性を検証するため，せん断破壊の先行する RC はりを試験体とした曲げ試験を行い，せん断補強効果を検証した。

\*1 環境都市工学科教授

\*2 平成 22 年度特別研究生(現立科町役場)

\*3 平成 22 年度卒業研究生(現長野高専専攻科)

\*4 技術支援部第二技術班

原稿受付 2011 年 5 月 20 日

## 2. 試験体の作製

### 2-1 使用材料および配合

試験体作成にため使用した骨材の物性値を表1に、アラミド繊維の物性値を表2に示す。骨材は千曲川水系の川砂利、川砂を用いた。また、混和剤としてスルホン酸系の標準形AE減水剤を使用した。

補強用の高強度繊維シートは、(株)前田工織製の2方向平織りFFシートであるCT714を用い、また部材への接着としてエポキシ樹脂を用いた。ここで、本文で提案する補強手法において補強用シートへは、部材軸方向には曲げによる引張力が、軸直角方向には緊張力を作用させることを想定しており、RCはり底面では2軸応力状態が発生すると考え、2方向織りの繊維シートを用いた。

試験体作成に用いたコンクリートの配合を表3に示す。本配合では、目標スランプを18とし、設計基準強度 $\sigma'_{ck}$ を32 N/mm<sup>2</sup>とした。なお、スランプの実測地は18、空気量の実測地は4.5%、圧縮強度は40 N/mm<sup>2</sup>であった。

### 2-2 RCはりの概要と耐力算出

曲げ試験体および載荷条件(4点曲げ試験)の概略図を図1に示す。試験体は部材長400mm、断面寸法100mm×100mm、スパン長300mm、有効高さ $d$ を80mmとした。引張鉄筋(主鉄筋)として断面中央にD10(材質SD295)の鉄筋を1本配置した( $A_s=71\text{mm}^2$ )。また、 $\phi 6$ (材質SR235)の閉合系スターラップを図示するような間隔で配置した。

以上の条件からシート補強を行わない場合の曲げ耐力： $P_{ub}$ 、せん断耐力： $P_{us}$ を算出すると

$$P_{ub}=2 \cdot M_u / l_p = 2 \times 1.39 / 0.1 = 27.80 \text{ kN}$$

$$P_{us} = 2(V_{cd} + V_{sd}) = 2 \times (6.71 + 6.35) = 26.12 \text{ kN}$$

となる。ここで、 $M_u$ は終局曲げモーメントであり、 $l_p$ は支点から載荷点までの距離である。また、 $V_{cd}$ はコンクリートの受け持つせん断力であり、 $V_{sd}$ はスターラップが受け持つせん断力である。

上述の計算結果から、対象とする試験体は曲げ試験によりせん断破壊することになる。したがって、提起した補強方法の有無により、せん断に対する補強効果が検証される。

表1 骨材の物性値

|                           | 細骨材  | 粗骨材  |
|---------------------------|------|------|
| 表乾密度 [g/cm <sup>3</sup> ] | 2.60 | 2.62 |
| 絶乾密度 [g/cm <sup>3</sup> ] | 2.56 | 2.57 |
| 吸水率 [%]                   | 2.4  | 0.8  |
| 単位容積質量 [kg/l]             | 1.63 | 1.78 |
| 実積率 [%]                   | 62.7 | 67.9 |
| 粗粒率                       | 2.4  | 6.4  |

表2 アラミド繊維の材料特性

| 構造                          | 2方向平織り               |
|-----------------------------|----------------------|
| 保障耐力 [kN/m]                 | 100                  |
| 目付け量 [g/m <sup>2</sup> ]    | 180                  |
| 引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]   | 2060                 |
| 引張弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ] | 1.18×10 <sup>5</sup> |
| 設計厚さ [mm]                   | 0.062                |

表3 配合

| 粗骨材<br>最大寸法<br>[mm] | スランプ<br>[cm] | 水セメント比<br>W/C [%] | 空気量<br>[%] | 細骨材率<br>s/a [%] | 単位量[kg/m <sup>3</sup> ] |           |          |          |          |
|---------------------|--------------|-------------------|------------|-----------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                     |              |                   |            |                 | 水<br>W                  | セメント<br>C | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | 混和剤<br>A |
| 20                  | 18           | 47                | 4          | 44              | 155                     | 330       | 821      | 1008     | 3        |

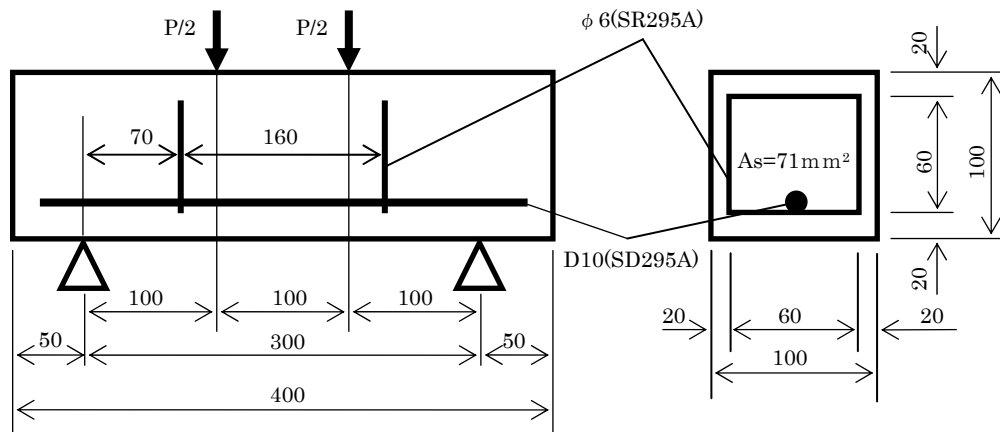


図1 試験体概要

図2に補強シートへの引張力を導入する方法の概略を示す。シートに引張力を導入する方法に関しては、参考文献3)で詳述しているため、ここでは省略するが、ボルトに作用させるトルクをトルクレンチで制御することにより、シートに所定の引張応力を作用させている。なお、はり上部に設置する鋼板の断面は5mm×25mm(長さ150mm)であり、ここへ8mm×20mmの長方形の孔を開け、また補強シートを接着した鋼棒は、断面12mm×16mm(長さ340mm)であり、ここへφ6mmの孔を開け、双方の孔へM6のボルトを挿通し、後述する所定のトルクを導入した。一方、既往の研究で、シートに引張力を導入するためのボルト軸と、シートの位置に偏心が生じている。これにより、鋼棒に回転モーメントが発生し、鋼棒が回転することでボルトに作用させたトルクを補強シートに確実に伝達させることができなかつた。本問題に対処するため、図2に示すアングル材(断面寸法15mm×15mm、長さ30mm)にφ7mmの孔を開け、鋼棒にもφ7mmの孔を開け、両者を図3に示す位置にM6ボルトで定着することにより鋼棒の回転を抑制した。

### 2-3 補強シートの形状との緊張力同定

図3に治具の設置位置と補強シートの形状を示す。断面、スパンとも小さなRCはりを試験対象としているため、支点と同一断面内に治具を設置した。また、補強シートは既存の単純支持RCはりを補強する場合には、支点上に接着することは不可能であり、実施工ではスパンよりも短くなると考えられる。このため、本試験でも補強シートの長さをスパンより僅かに短い280mmとした。曲げ実験を実施するに当たり、補強シートに作用させる応力を決定するため、作用トルクの変化に伴うはり側面の補強シートに作用する引張応力を計測した。図3に示す治具設置位置において、ボルトに作用させるトルクを順次大きくした場合、補強シートに作用する応力を図4に示す。同図の横軸は、図3に示すひずみゲージの番号であり、補強シートに作用する応力は、計測されたひずみに表2に示す引張弾性係数を乗じて算出した。同表の補強シートの保障耐力が100 kN/m(≒1600 N/mm<sup>2</sup>)であり、また治具の設置間隔等を鑑みて、曲げ実験時に作用させるトルクの値を5 N・mと8 N・mとした。

### 2-4 試験体の種類

前節の結果より、提起する手法により補強する試験体を2種類—作用させるトルクの値が5 N・mと8 N・m—とし、補強効果を検証するために、補強を行わないRCはり、および補強シートをRCはり

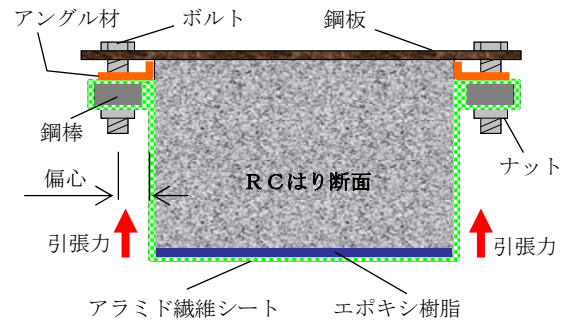


図2 補強シートへの引張力導入

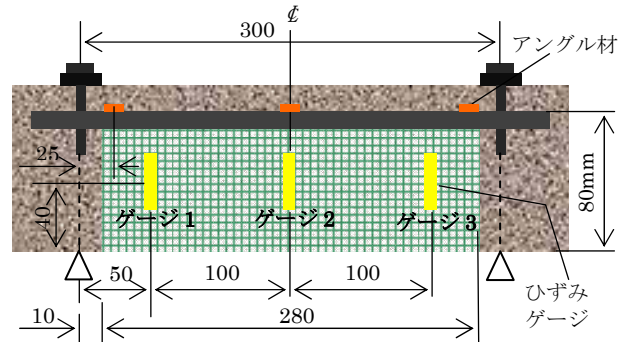


図3 治具の設置位置と補強シートの形状

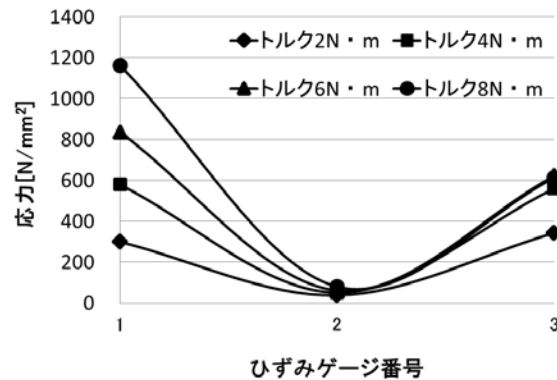


図4 作用トルクと補強シートの応力

底部のみに接着した。以下に試験体番号と試験体の種類を記す。

試験体1: 無補強のRCはり

試験体2: 補強シート接着のみ

試験体3: ボルトに5N・mのトルク導入

試験体4: ボルトに8N・mのトルク導入

## 3. 曲げ試験結果

図5に曲げ試験概要(試験体4)を示す。同図において補強シートを接着した鋼棒が、ボルトに作用させたトルク、およびシートに作用した緊張力により弾性変形しており、補強シートに作用させた緊張力の一部が損失していると考えられる。なお、図4で示される、ボルトに作用させるトルクと補強シートに作用する緊張力の関係を計測する際にも、鋼棒

の弾性変形を確認しており、補強シートには同図で示される緊張力が作用している。

図6に各試験体の耐荷力を示す。実験を行った結果、補強の有無に関わらず、全ての試験体は支点に近い位置でせん断破壊した。補強を行わない試験体1、およびRCはり底部のみに補強シートを接着した試験体2の耐荷力は40kN程度であった。一方、本文中で提起した補強シートに緊張力を作用させた試験体3,4の耐荷力は、各々52.7kN, 57.0kNであり、試験体1の耐荷力に比し30%~40%程度増加した。提起する補強手法により、せん断破壊を抑制するほどの補強効果は得られなかったが、せん断耐力の向上は検証できた。なお、補強シートに作用させる緊張力と耐荷力の増加割合は、比例関係にはないが、緊張力を大きくすることで耐荷力も漸増していることがわかる。

図7に荷重と鉛直変位の関係を示す。図中のグラフの傾きが変化した点が、ひび割れ発生点と考えられる。同図において全ての試験体で、20kN以下で荷重-変位関係傾きが変化しており、この間でひび割れが発生したと考えられる。また、20kN以上の荷重が作用した場合、同一荷重に対する鉛直変位は、試験体1に比し試験体3,4は小さくなっており、ひび割れ発生後の剛性も大きくなったと考えられる。また試験体1,2,3では、最大荷重を示した後、載荷中は減少したため、変位と応力の計測を中止した。これに対し、試験体4では荷重がピークに達した後、一時的な減少が見られたが、再載荷を行うことにより最大荷重は先のピークの値よりも大きくなった。これは、RCはりにせん断ひび割れが発生した場所においても、補強シートに緊張力を作用させたことによる断面拘束効果により、ある程度の剛性が存在していると考えられる。

#### 4. 結 論

本研究で得られた知見を以下に記す。

補強シートをRCはり底部に接着した後に、はり軸直角方向に緊張力を作用させた試験体の耐力は、非補強の試験体に比し30~40%向上した。せん断破壊が先行する試験体であることを鑑みるに、補強シートにはり軸直角方向の緊張力を導入することで、せん断耐力の向上が期待できる。補強シートに導入する引張力の大きさと、せん断耐力との関係は、比例関係にはないと考えられるが、引張力が大きくなるに従い、せん断耐力も漸増する。

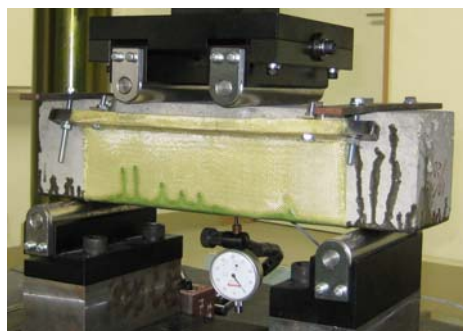


図5 曲げ試験概要

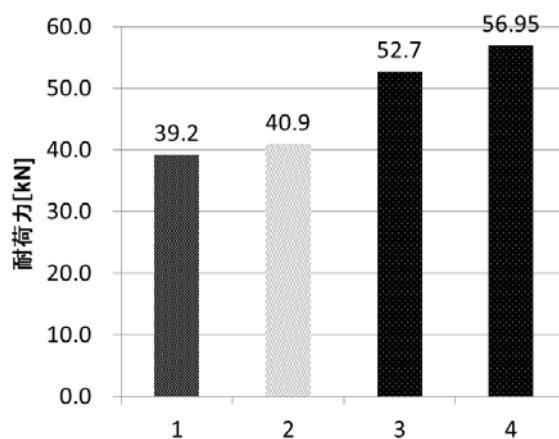


図6 試験体の耐力

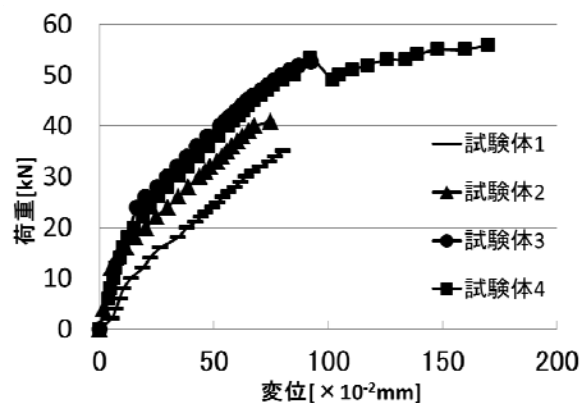


図7 荷重-鉛直変位関係

#### 参 考 文 献

- 1) 土木学会：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針，丸善(2000.7)
- 2) 高橋 茂治・福山 洋・鈴木 英之・中村 洋行：定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.30, No.3(2008.7)
- 3) 遠藤典男・小林信太郎・小林清：緊張力を作用させたシートによるRC梁の補強効果に関する考察，長野高専紀要第44号，1-5(2010.6)