

V-349

曲げ補強 FRP シートの接着範囲が RC 梁の曲げ耐荷性状に与える影響

三井建設（株） フェロー会員 三上 浩
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 北海道開発局 正 員 佐藤 昌志
 室蘭工業大学 学生員 栗橋 祐介

1. はじめに

本研究では FRP シートを用いた RC 梁の曲げ補強設計法の確立を目的として、FRP シートの曲げ補強範囲が RC 梁の耐荷性状やシートの付着性状に与える影響を静荷重実験によって検討した。

2. 実験の概要

本研究に用いた試験体および実験結果の一覧を表-1 に示す。試験体は補強材料 (AFRP, CFRP) および補強範囲 (35 ~ 140 cm) を変化させた全 8 体である。なお、1 体のみ CFRP を用い目付け量が多く、かつ、せん断補強筋を配筋した場合 (CT-140) についても実験を行っている。図-1 に試験体の概要を示す。上下端鉄筋には D13 を用い、せん断補強筋は CT-140 試験体にはのみ D6 を 15cm 間隔で配筋している。RC 梁の裏面中央部には引張耐力が 600 kN/m (CT-140 のみ 900 kN/m) 程度の FRP シートを設定補強範囲に接着している。測定項目は荷重 P 、中央部変位 δ 、および FRP シート上に 5 cm ~ 10 cm 間隔に貼り付けた歪ゲージ出力である。

3. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

図-2 に荷重-変位関係の例として、無補強、AFRP シート補強および CT-140 の実験結果を示す。なお、実験結果より荷重-変位関係には補強材料による大きな差はないことを確認している。FRP シート補強した試験体の荷重と変位は A-35 を除き、無補強の試験体と異なり主鉄筋降伏後も顕著に増加していることがわかる。一方、A-35 は他の試験体と異なり、主鉄筋降伏後の荷重の増加が見られない。これは、シートの補強範囲が狭いために補強している中央部付近よりもシート補強端近傍における無補強部分の主鉄筋が先に降伏してその部分の損傷が進行し、破壊に至ったためと考えられる。この現象は、シートによる曲げ補強範囲が狭い場合には鉄筋の段落しと同様な挙動を示す可能性があることを示唆している。また、表-1 に示した実験結果より、シートが破断もしくは剝離する場合には、シートの補強範囲が最大荷重に与える影響は少ないことがわかる。

3.2 FRP シートの軸歪分布性状

図-3 に計算最大荷重時における梁下縁の歪分布の実測値と断面分割法に基づいて算出した計算値を AFRP シート補強および CT-140 の場合について示す。なお、A-35 の場合は計算最大荷重が実測最大荷重を大きく上回っ

表-1 試験体および実験結果の一覧

試験体名	補強材	目付量 (g/m ²)	載荷点からの補強範囲 (cm)	最大荷重 (kN)	破壊形式
N	無補強	—	—	19.8	主筋降伏後圧壊
A-35	AFRP	415	35	28.6	付着割裂
A-70			70	39.8	シート破断
A-140			140	40.2	シート剝離
C-35	CFRP	300	35	28.2	付着割裂
C-70			70	37.6	シート破断
C-140			140	41.5	シート破断
CT-140 [※]	CFRP	445	140	43.7	シート剝離

※：せん断補強筋あり

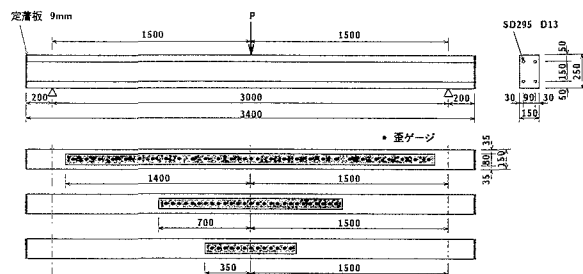


図-1 試験体の概要

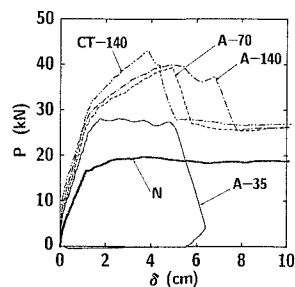


図-2 荷重-変位関係

キーワード：RC 梁，FRP シート，補強範囲，曲げ耐荷性状，ピーリング現象

連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

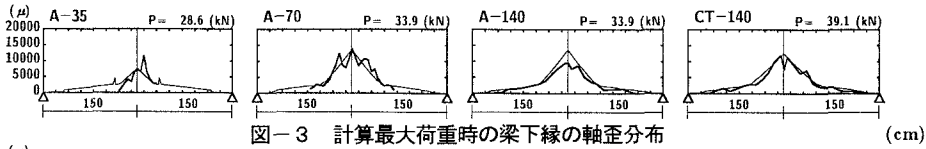


図-3 計算最大荷重時の梁下縁の軸歪分布

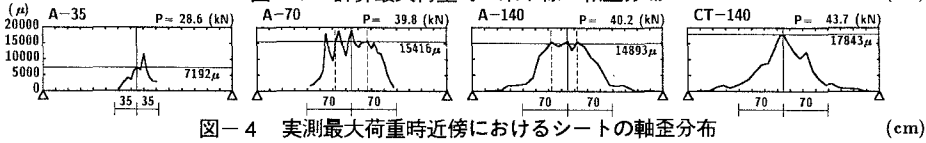


図-4 実測最大荷重時近傍におけるシートの軸歪分布

表-2 シートの付着性状

試験体名	平均歪 (μ)	単位幅当たりの平均 引張力(kN/cm)	平均付着抵抗 長さ (cm)	平均付着 強度(MPa)
A-35	7,192	2.60	35.0	0.74
A-70▲	15,416	5.58	70.0	0.80
A-140*	14,893	5.39	70.0	0.77
C-35	6,374	2.45	30.0	0.82
C-70▲	15,614	6.01	67.5	0.89
C-140*	17,890	6.89	70.0	0.98
CT-140*	17,843	10.20	70.0	1.47

※：シート剥離 ▲：シート破断

ため、実測最大荷重時の歪分布を示すこととした。図より、実験結果と計算結果は全般的に良く対応していることから、断面分割法を用いることにより FRP シートの歪分布を比較的精度良く推定できるものと判断される。補強範囲の狭い A-35 の計算結果は、シート端近傍で歪が局所的に 5,000 μ 程度を示している。これは実測最大荷重時近傍において梁中央部よりも先にシート端部の無補強断面の主鉄筋が降伏していることを示している。このことから、RC 梁を FRP シートで曲げ補強する場合の補強範囲は、実測最大荷重時における主鉄筋の降伏範囲以上でなければならないことがわかる。

図-4 に実測最大荷重時近傍におけるシートの歪分布を示した。図には、歪がほぼ一定値を示している区間における歪の平均値（以後、平均歪）および歪が載荷点から支点側に向かってほぼ 0 に収束する位置までの距離（以後、付着抵抗長さ）を示している。なお、付着抵抗長さは主鉄筋の降伏範囲にほぼ対応するものであり、FRP シートの最小補強範囲に相当するものであると考えられる。

A-70、A-140 試験体は補強範囲が異なるにも関わらず、ほぼ同様の歪分布性状を示している。このことから、シートの補強範囲が主鉄筋の降伏範囲以上の場合、シートの補強範囲は歪分布性状に大きな影響を与えないものと考えられる。なお、本実験は中央部一点載荷にて行っているにも関わらず、上述の試験体は中央部を頂点とする三角形分布ではなく二点載荷時に示されるような台形分布を呈している。これは、載荷点直下近傍におけるアーチ状ひび割れの発生に伴い、コンクリートが押し抜け、その部分のシートの歪が均等化したためと考えられる。一方、CT-140 試験体の歪分布は台形分布ではなく三角形分布となっている。これは、せん断補強筋を密に配置していることからアーチ状ひび割れが最大荷重時まで発生しなかったためと考えられる。

3.3 FRP シートの付着性状

表-2 に図-4 より得られる付着性状に関する実験結果を整理した。単位幅当たりの平均引張力（以後、平均引張力）は、平均歪に FRP シートの弾性係数とシートの厚さを乗じたものであり、平均付着抵抗長さは載荷点両側の付着抵抗長さを平均化したものである。また、平均付着強度は単位幅当たりの平均引張力を平均付着抵抗長さで除したものである。表より、CT-140 の場合において平均引張力が他の試験体よりも大幅に大きくなっていることがわかる。これは他の試験体ではシートの引張性能を十分に発揮する前にアーチ状ひび割れが発生し、ピーリング現象による剥離もしくはシートの破断が生じたのに対して、CT-140 はアーチ状ひび割れが発生せず、ピーリング現象が最大荷重時まで発生しなかったためと考えられる。平均付着強度は CT-140 で 1.47 MPa と最大であり、他の試験体は付着剥離もしくはアーチ状ひび割れを起点としたピーリング現象による剥離やシート破断が生じているために 0.75～1.0 MPa 程度と小さくなっている。

4. まとめ

本実験結果より、シートの補強範囲が狭い場合には鉄筋の段落と同様な挙動を示す可能性があること、せん断補強筋がない場合にはピーリング現象が起因となる剥離やシート破断を生じやすく、平均付着強度が小さく評価されること、などが明かとなった。