

FRP シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状に及ぼすシートの引張剛性の影響

室蘭工業大学 学 生 員 〇 張 広 鋒 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳 光
三井住友建設（株） フェロー 三 上 浩 （独）北海道開発土木研究所 正 員 栗 橋 祐 介

1. はじめに

FRP シート（FRPs）曲げ補強 RC 梁の場合には、FRPs の力学特性やその補強量が RC 梁の耐荷性状および破壊挙動に大きな影響を与えるものと考えられる。ここで、FRPs の力学特性および補強量は、シートの引張剛性 $E_f \cdot t_f$ (E_f ：弾性係数, t_f ：厚さ) を用いることにより評価可能である。

本研究では、RC 梁の耐荷性状に及ぼす曲げ補強シートの引張剛性の影響を検討することを目的として、FRPs の引張剛性を変化させた曲げ補強 RC 梁に関する曲げ載荷実験を行った。

2. 実験概要

表－1 には、本研究に用いた試験体の一覧を示している。これらの試験体は、断面タイプを 2 種類、シート材料を 4 種類に変化させた全 8 体の矩形 RC 梁である。試験体名の第一項目は RC 梁の断面タイプ（A：梁高 250 mm, B：梁高 400 mm）、第二項目は FRP シートの種類（C1, C2：炭素繊維, AT, AK：アラミド繊維）を示している。

図－1 には試験体の概要を示している。試験体は、いずれも主鉄筋に D16（SD345）を用いた複鉄筋矩形 RC 梁であり、断面寸法（幅×高さ）は A, B 梁でそれぞれ 150×250 mm, 150×400 mm である。試験体の底面には幅 130 mm の FRPs を梁中央部から両側支点の 100 mm 手前までの範囲に貼り付けている。また、シートの剥離挙動を把握するために、シート上にはゲージ長 10 mm のひずみゲージを 100 mm 間隔および載荷点直下に貼り付けている。実験時のコンクリートの材齢は 128 日、平均圧縮強度は 31.5 MPa であった。また、主鉄筋の降伏強度は 407 MPa であった。表－2 には、FRP シートの材料特性の公称値を示している。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

図－2 には、一例として、実験終了後における A シリーズの各試験体のひび割れ分布図を示している。本研究に用いた試験体の破壊形式に関しては、シートの破断によって終局に至った A-C1 試験体を除き、全ての試験体は載

荷点近傍下縁かぶり部に発生する斜めひび割れに起因するピーリング作用によってシートが剥離し終局に至っている。

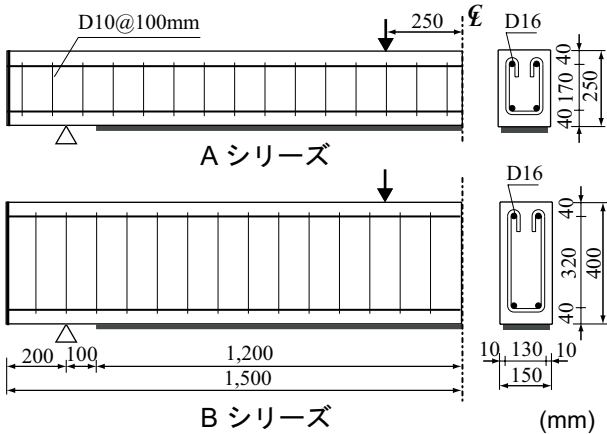
図より、いずれの試験体においても、等曲げ区間および載荷点近傍の下縁かぶりコンクリートが著しく損傷していることが分かる。また、等曲げ区間には曲げひび割れが多く発生し、さらに主鉄筋に沿う割裂ひび割れの発生に

表－1 試験体の一覧

試験体名	せん断 スパン比	補強 枚数	シート 材料	引張剛性 $E_f \cdot t_f$ (kN/mm)
A-C1	5.0	1	炭素 (C1)	81.40
A-C2			炭素 (C2)	38.41
A-AK			アラミド (AK)	33.75
A-AT			アラミド (AT)	19.78
B-C1	2.9	2	炭素 (C1)	162.80
B-C2			炭素 (C2)	76.82
B-AK			アラミド (AK)	67.50
B-AT			アラミド (AT)	39.31

表－2 各 FRP シートの材料特性値

シート 材料	繊維 目付量 (g/m ²)	厚さ (mm)	引張 強度 (GPa)	弾性 係数 (GPa)	破断 ひずみ (%)
炭素 C1 (FTS-EA82-2)	340	0.185	2.40	440	0.55
炭素 C2 (UT70-30)	300	0.167	3.40	230	1.48
アラミド (AK-60)	415	0.286	2.06	118	1.75
アラミド (AT-90)	350	0.252	2.35	78.5	2.99



図－1 試験体の概要

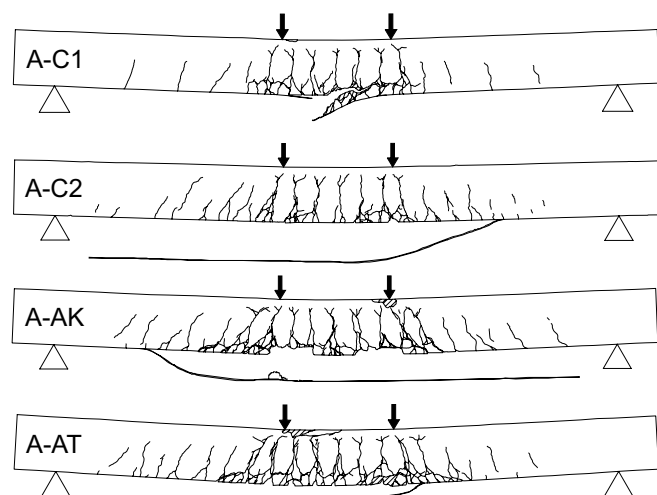


図-2 ひび割れ分布性状

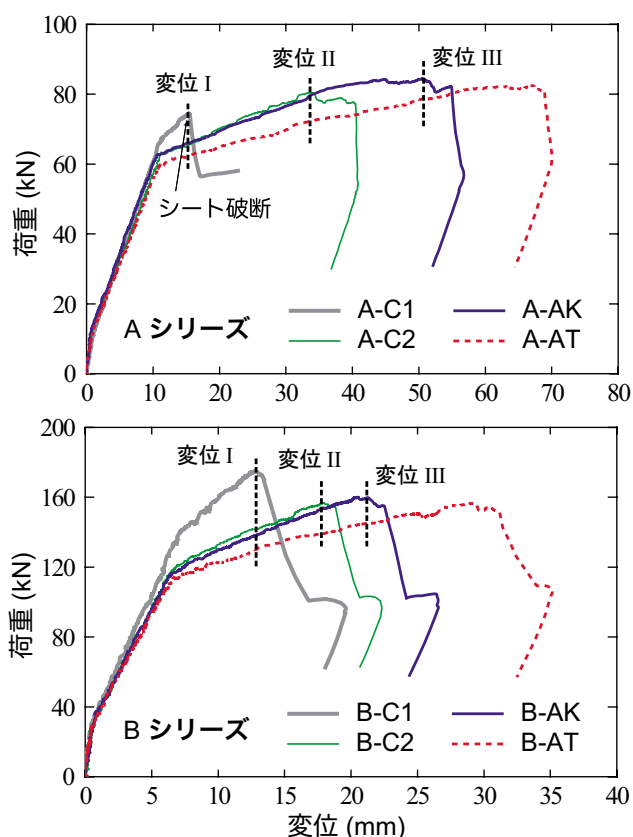


図-3 荷重-変位関係

伴ってかぶりコンクリートが大きく剥落している状況も見受けられる。一方、シートの剥離により終局に至った A-C2/AK/AT 試験体は、等せん断力区間に斜めひび割れが明瞭に発生し、下縁かぶり部の斜めひび割れに起因するピーリング作用によってシートが全面的に剥離に至ったことが伺える。

3.2 荷重-変位関係

図-3 には、両シリーズにおける各試験体の荷重-スパン中央点変位曲線を比較して示している。両比較図より、せん断スパン比にかかわらず、FRPs の引張剛性が大きい場合には、RC 梁の主鉄筋降伏時荷重が高く、主鉄筋降伏

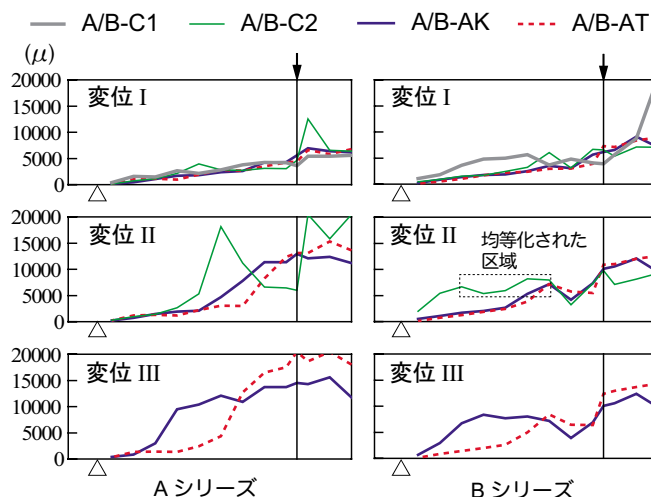


図-4 FRP シートの軸方向ひずみ分布

後における荷重-変位曲線の剛性勾配も大きくなっていることが分かる。しかしながら、シートの破断や全面剥離により終局に至る時点の変位が小さくなる傾向が見られる。このようなことより、曲げ補強シートの引張剛性が大きい RC 梁の場合には、1) RC 梁の耐荷性能は必ずしもシートの引張剛性に対応して向上しない、2) また、主鉄筋降伏後の剛性勾配は大きくなるものの、変形性能は小さくなる傾向にあること、が実験的に明らかになった。

3.3 FRP シートの軸方向ひずみ分布

図-4 には、図-3 に示す -C1, -C2, -AK 試験体の最大荷重時変位である I/II/III 時点における FRP シートの軸方向ひずみ分布を示している。B シリーズの変位 II の比較図を例として説明すると、B-C2 試験体の分布曲線の場合にはひずみ値がほぼ一様な区域が現れている。これは、この領域でシート剥離が発生し、ひずみ値が均等化されたためと考えられる。また、A シリーズの変位 I の比較図を除き、A, B シリーズ共に、FRPs の引張剛性が最も大きい RC 梁の分布曲線には均等化された区域が現れ、上述の B シリーズの変位 II の場合と類似の分布を示していることが分かる。なお、A シリーズの変位 I 時点では、A-C1 試験体がシート破断状態に至っているため、局所的に大きなひずみが発生している以外、いずれもほぼ同様な分布を示している。以上より、同一変位時において、引張剛性が大きい場合には、シートの剥離範囲が広がっていることが分かる。

4. まとめ

FRP シート曲げ補強 RC 梁の場合において、補強シートの引張剛性が大きい場合には、主鉄筋降伏後の荷重-変位関係の剛性勾配が大きくなるものの、シート破断や剥離による終局時変位が小さくなる傾向のあることが実験的に明らかになった。