

RC はりに AFS 補強した場合の力学的挙動に関する実験研究

日大生産工 (院) ○田村 章典 日大生産工 澤野 利章
 日大生産工 木田 哲量 日大生産工 阿部 忠

1. はじめに

高度経済成長期に建設された構造物、特に橋梁における鉄筋コンクリート (以下、RC と称す) 部材に経年変化による老朽化や度重なる地震による劣化・損傷が顕在化し、構造物に対する安全性および信頼性が問題視されている。ところが、経済不振が長期化する我が国においては、公共構造物を新設することには理解が得られづらく、新設よりもコストを抑えることのできる補修・補強による既存構造物の延命が求められている。数多く開発される補強工法のなかでも、炭素繊維、アラミド繊維などを材料とした連続繊維シートを用いた FRP 接着補強工法は経済性、施工性において有効な手段として注目されている。

そこで本研究では、RC はりとアラミド繊維シート (以下、AFS と称す) 補強を施した RC はりを用いて、荷重載荷実験と共振振動実験を行い AFS 補強を施した RC はりの力学的挙動を検証する。

2. 実験概要

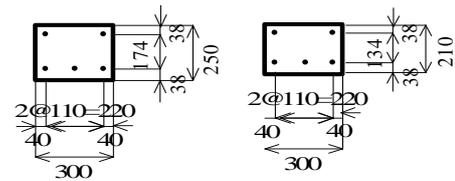
2-1. 供試体

供試体には、断面寸法が異なる 2 種類の RC はり、タイプ I (断面高さ 250mm、断面幅 300mm、全長 2800mm)、タイプ II (断面高さ 210mm、断面幅 300mm、全長 2800mm) を用いる。コンクリートには、普通ポルトランドセメントおよび最大寸法 20mm の粗骨材を使用し、鉄筋は両タイプともに SD295A、D16 を引張側に 3 本、圧縮側に 2 本配置する。材料特性値を表-1 に示す。

また、両タイプともに、無垢の RC はりと、RC はりに AFS 補強を施した供試体の 2 種類の実験を行う。なお、鉄筋配置図を図-1、供試体呼称を表-2 に示す。

表-1 材料特性値

| コンクリート | 鉄筋 (SD295A, D16) | | | |
|--------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 圧縮強度 N/mm ² | 降伏点 N/mm ² | 引張強度 N/mm ² | 弾性係数 kN/mm ² |
| 35.5 | 368 | 568 | 196 | |



(a) タイプ (b) タイプ

図-1 鉄筋配置

表-2 供試体呼

| 呼称 | 断面タイプ | 補強の有無 |
|------|--------|-------|
| I-N | タイプ I | 無 |
| I-R | タイプ I | 有 |
| II-N | タイプ II | 無 |
| II-R | タイプ II | 有 |

2-2. 補強方法

供試体の引張面となる下面に AFS を貼り付けて補強を施す。

まず、AFS を貼り付ける表面をジェットタガネにより表面のモルタル分を除去して骨材を露出させる。その後、表面を平滑にするためプライマー [住友ゴム工業 (株) グリップボンド GB-30] を塗布し 24 時間養生した後、AFS [ファイベックス (株) フィブラシート AK60] を含浸接着樹脂 [住友ゴム工業 (株) グリップボンド GB-35] により貼り付け、7 日間以上養生する。なお、AFS の長さは載荷実験時に支点材に拘束されないように支間中央から端部へ 930mm ずつの全長 1860mm とした。なお、AFS の材料特性を表-3 に示す。

表-3 AFS の材料特性

| 名称 | 目付量 | 引張強度 | 弾性係数 | 設計厚 |
|-------|------------------|-------------------|--------------------|-------|
| | g/m ² | N/mm ² | kN/mm ² | mm |
| AK-60 | 415 | 2060 | 118 | 0.286 |

Experimental Study on Mechanical Behavior of RC Beam Reinforced with AFS

by

Akinori TAMURA, Toshiaki SAWANO, Tetsukazu KIDA, and Tadashi ABE

2-3. 実験方法

本研究では、非破壊試験である共振振動実験と破壊試験である荷重載荷実験の2つを組み合わせで行う。

1) 共振振動実験

供試体支間が 2000mm となるように供試体を設置し、油圧式アクチュエタにより鉛直方向への強制振動を入力する。この時、入力する強制振動の加速度が一定になるように制御し、振動数を 0.5Hz ずつ増加させるごとに供試体の中央側面に貼り付けた小型ひずみゲージ式加速度計により供試体の応答加速度を測定し共振振動数を求める。この際、油圧式アクチュエタによる強制振動入力点は支点から中央に 100mm の位置とする。

2) 荷重載荷実験

共振振動実験と同様に供試体支間が 2000mm となるように油圧式アクチュエタに設置し、支間中央に集中荷重を載荷する。この時、支間中央部のたわみ、引張鉄筋ひずみ、AFS ひずみを測定する。なお、引張鉄筋ひずみは断面幅の中央に配置された引張鉄筋のひずみを計測し、AFS ひずみは支間中央部の AFS の表面の中央と断面幅に対して両外側 75mm 間隔の点にひずみゲージを貼り付けて、その平均値を AFS ひずみとした。また、載荷荷重は 9.8kN ずつ増加させ、最大載荷荷重を増加させるごとに共振振動実験を行い、供試体が破壊するまでそれを繰り返す。概略図を図-2 に示す。

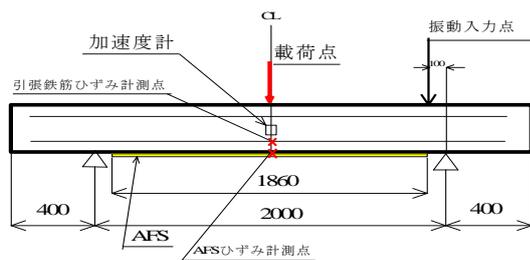


図-2 概略図

3. 実験結果および考察

3-1. 耐力力の比較

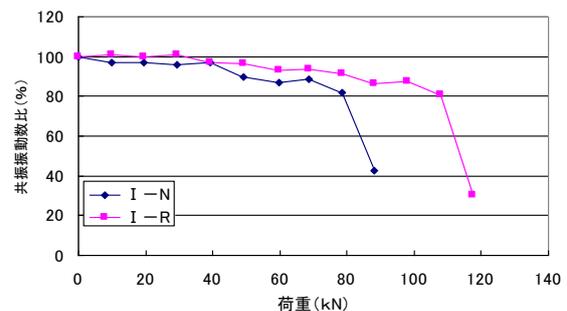
表-4 に各供試体の最大載荷荷重を示す。これより、I-N 供試体は 78.4kN、I-R 供試体は 107.8kN、II-N 供試体は 68.6kN、II-R 供試体は 98.0kN となり、RC はりと AFS 補強 RC はりを比較 (R/N) すると、タイプ I では約 1.38 倍、タイプ II では約 1.43 倍の耐力力の増大が確認できた。

表-4 各供試体の最大載荷荷重

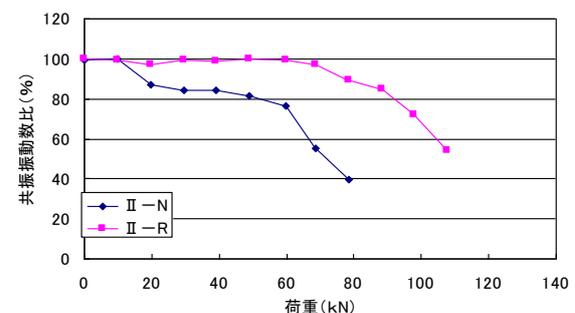
| 供試体 | 最大載荷荷重(kN) | R/N |
|------|------------|------|
| I-N | 78.4 | 1.38 |
| I-R | 107.8 | |
| II-N | 68.6 | 1.43 |
| II-R | 98.0 | |

3-2. 共振振動数の変化

図-3 (a)、(b) は、それぞれの断面タイプにおける載荷荷重増加に伴う共振振動数の変化を無載荷状態の共振振動数を 100% とした共振振動数比として示したものである。これより、RC はりと AFS 補強 RC はりの共振振動数の変化を比較すると、タイプ I では載荷初期段階に供試体 I-N が 3% 程度の共振振動数の低下を示している。これは初期ひび割れに伴い生じた低下であると考えられる。一方、供試体 I-R は、ほぼ一定に推移している。しかし、供試体 I-N、供試体 I-R ともに 39.2kN 載荷後から破壊直前の荷重まで共振振動数が 80% 程度まで低下し、破壊後に急激な低下が生じる同様の变化傾向を示した。次に、タイプ II を比較すると、供試体 II-N は 19.6kN 載荷後に共振振動数が 85% 程度に低下し、その後、59.8kN 載荷後まで緩やかな低下を示し、破壊直前の 68.6kN 載荷後と破壊後に急激な低下が生じた。しかし、供試体 II-R では、載荷初期段階には共振振動数の大きな低下を示さず、59.8kN 載荷後までほぼ一定の値で推移し、その後、破壊



(a) タイプ I



(b) タイプ II

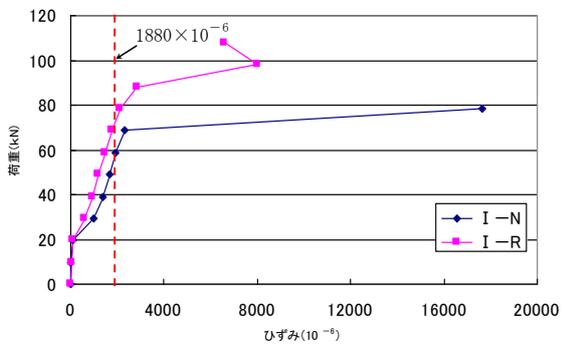
図-3 共振振動数の変化

後まで荷重を増加させるごとに低下率を増しながら低下し、供試体Ⅱ-Nのように急激な低下を示さず、比較的緩やかに低下した。

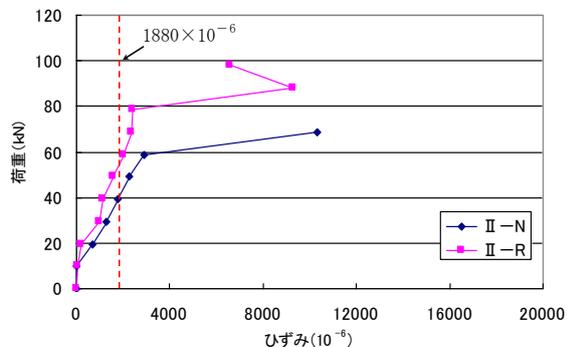
両タイプの供試体から、AFS補強を施すことにより、無補強状態で生じていた荷重初期段階の共振振動数の低下を生じないことが確認できた。

3-3. 引張鉄筋ひずみ

図-4 (a)、(b) に、それぞれの断面タイプにおける荷重荷重と支間中央部の引張鉄筋ひずみの関係を示す。また、本実験の鉄筋降伏ひずみは表-1に示す材料特性値から算出した約 1880×10^{-6} とする。これより、RCはりとAFS補強RCはりの鉄筋降伏荷重を比較すると、タイプIでは供試体Ⅰ-Nは約60kN、供試体Ⅰ-Rは約70kNであり、タイプIIでは供試体Ⅱ-Nは約40kN、供試体Ⅱ-Rは約60kNである。よって、AFS補強を施すことによりタイプIでは約10kN、タイプIIでは約20kN、降伏ひずみの発生を遅らせて、RCはりの耐力の増加が確認できた。また、タイプIは19.6kN荷重時、タイプIIでは9.8kN荷重時まで微小なひずみ増加にとどまり、それ以降の荷重ではAFS補強RCはりのひずみの方が小さくなった。破



(a) タイプ I



(b) タイプ II

図-4 荷重と引張鉄筋ひずみ

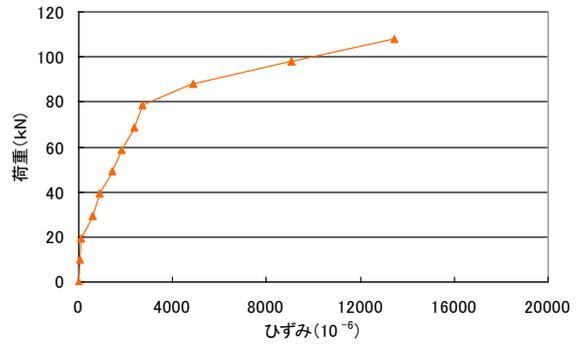
壊荷重の付近では、RCはりもAFS補強RCはりも急激なひずみの増加となった。

3-4. AFSひずみ

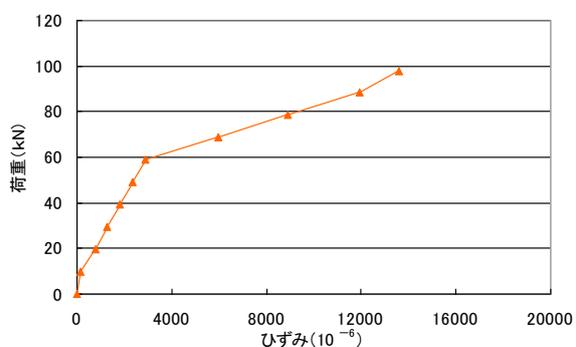
図-5 (a)、(b) に、それぞれの断面タイプのAFS補強RCはりにおける荷重荷重と支間中央部のAFSひずみとの関係を示す。供試体Ⅰ-Rは19.6kN荷重時、供試体Ⅱ-Rでは9.8kN荷重時まで微小なひずみ増加にとどまり、それ以降の荷重では供試体Ⅰ-R、供試体Ⅱ-Rともに線形的な増加を示し、引張鉄筋の降伏荷重以降の荷重でAFSひずみが急激な増加を示した。また、両供試体ともに最大荷重時のAFSひずみは約 13500×10^{-6} となった。表-3に示すAFSの材料特性値から本実験で使用したAFSの公称破断ひずみを算出すると、約 17500×10^{-6} である。したがって、両供試体とも破断ひずみに至っていないことが確認できた。

3-5. 荷重とたわみの関係

図-6 (a)、(b) に、それぞれの断面タイプにおける荷重荷重と支間中央部のたわみの関係を示す。これより、RCはりとAFS補強RCはりを比較すると、タイプIでは19.6kN荷重時まで両供試体とも同様のたわみを示しているが、



(a) I-R



(b) II-R

図-5 荷重とAFSひずみ

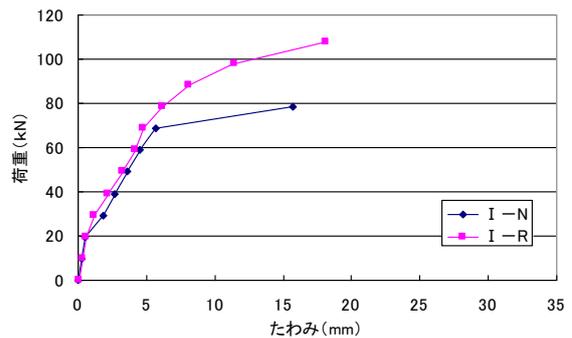
それ以降の荷重では供試体 I-N に比べ供試体 I-R の方がたわみが小さくなった。また、供試体 I-N は破壊直前の 68.6 kN 載荷時に急激なたわみの増加が生じたが、供試体 I-R は 78.4kN 以降の荷重で徐々にたわみの増加量を増して破壊に至った。タイプ II でも 19.6kN 載荷時まで両供試体とも同様のたわみを示しているが、それ以降の荷重ではわずかに差が生じ、供試体 II-N に比べ II-R 供試体の方がたわみが小さくなり、供試体 II-N は 58.8kN 載荷時にたわみが大きくなり、破壊直前の 68.6 kN 載荷時に急激なたわみの増加が生じたが、供試体 II-R は 58.8kN 以降の荷重で徐々にたわみの増加量を増して破壊に至った。これらのことから、AFS 補強 RC はりは、引張鉄筋の降伏荷重を上回る荷重に対して、たわみの増加量は著しく増えていくが、RC はりのような急激な増加と破壊が生じることはない。このことから、鉄筋降伏以降の荷重増加に対して AFS 補強の効果があるに発揮されたと考えられる。

3-6. 破壊形状

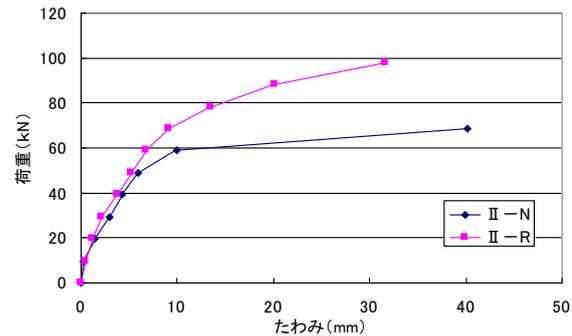
写真-1 (a)、(b)、(c)、(d) に、供試体の破壊形状を示す。供試体 I-N と供試体 II-N は、ほぼ同様の破壊形状となり、底面から曲げひび割れが進行し破壊に至った。供試体 I-R は一方の支点側の AFS 端部に剥離が発生すると同時にそこからひび割れが上部まで進展し破壊した。供試体 II-R では片側の支点付近で AFS に剥離が発生し、それと同時に引張鉄筋に沿ってひび割れが進展し、かぶりコンクリートが剥離して破壊した。また、両供試体ともに AFS の破断は生じなかった。

4. まとめ

- ① AFS 補強を施すことにより、RC はりと比較してタイプ I では約 1.38 倍、タイプ II では約 1.43 倍に耐荷力が向上した。
- ② RC はりと比して AES 補強 RC はりの共振振動数の変化傾向は緩やかに低下することが確認できた。また、初期ひび割れによる共振振動数の低下はなされていない。
- ③ AFS 補強を施すことにより、引張鉄筋の降伏荷重がタイプ I では約 10kN、タイプ II では約 20kN 増加したことから RC はりの耐荷力の増加が確認できた。
- ④ 引張鉄筋の降伏荷重を上回る荷重載荷時から AFS ひずみが著しく増加する。
- ⑤ AFS 補強 RC はりは、引張鉄筋の降伏荷重



(a) タイプ I



(b) タイプ II

図-5 荷重とたわみ

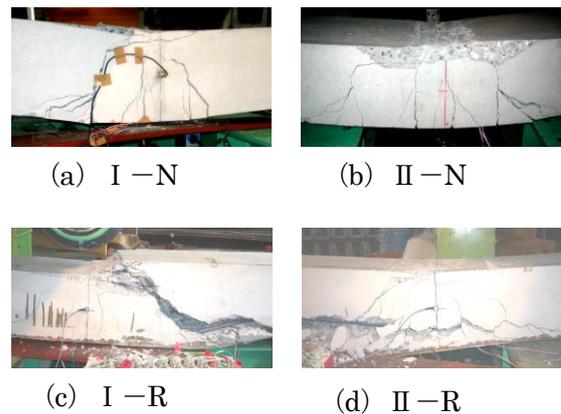


写真-1 破壊形状

を越えてもたわみの急激な増加を生じることはなく、荷重増加に対して徐々にたわみを増加させることから、AFS 補強の効果は鉄筋の降伏以降の荷重増加に対して有効に発揮されたと考えられる。

- ⑥ AFS 補強 RC はりの破壊形状は両タイプともに AFS に剥離が生じて破壊に至った。

参考文献

- 1) 村田 賢佑, CFS 補強した応力履歴 RC はりの力学特性に関する実験研究, 第 37 回日本大学生産工学部学術講演会, 土木部会, pp.21-24, (2004)
- 2) 新井 学, 曲げ破壊履歴 RC 梁の繰返しアラミド繊維シートによる補強効果に関する実験, 第 38 回日本大学生産工学部学術講演会, 土木部会, pp.21-24, (2005)