

## (23) AFRP材を適用したRC梁の静的強度

大西 弘志<sup>1</sup>・渡部 洋平<sup>2</sup>・岩崎 正二<sup>3</sup>・出戸 秀明<sup>4</sup>・天野 順弘<sup>5</sup>・松原 澄行<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

E-mail: onishi@iwate-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 岩手大学大学院 工学研究科社会環境工学専攻 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

E-mail: t2515018@iwate-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

E-mail: iwasaki@iwate-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

E-mail: deto@iwate-u.ac.jp

<sup>5</sup>サカイ産業株式会社 繊維事業部 (〒427-8512 静岡県鳥田市細鳥1349-1)

E-mail: norihiro-amano@sakai-grp.co.jp

<sup>6</sup>株式会社 竹入製作所 アラミド複合材料事業部 (〒498-0002 愛知県弥富市東中地 1-200)

コンクリートを主材料としたRC部材は広く社会基盤を構成する構造物に適用されている。RC構造は経済的であり、耐久性に優れると説明されることが多いが、近年では塩害や凍害等の環境劣化による損傷が数多く報告されるようになってきている。特にRCにおける塩害ではRC内に配置されている鉄筋が腐食することにより、鉄筋自体が損傷を受けることはもとより、鉄筋周辺のコンクリートに損傷が生じることも大きな問題である。この損傷を防止するため、本研究では鉄筋の腐食を根本的に解決するために、RCに鉄筋の代替物としてAFRPロッドを適用することを考えた。AFRPはFRPの一種であるために塩害で腐食することはなく、十分な強度を有している素材である。本研究ではAFRPロッドを適用したコンクリート梁の破壊強度や形式を確認するための静的載荷試験を実施した。

**Key Words :** AFRP, RC beam, flexural strength, shear strength

### 1. はじめに

我が国の道路橋に使用されている補強材は、鋼材が大半を占めている。RCによって建造された構造物は、いわゆる社会資本（インフラストラクチャー）の一部として整備・蓄積され、現代における代表的な構造物として機能しており、汎用性・価格競争力は非常に高い。しかし、その鋼材の欠点として、腐食することがあげられる。鉄筋の腐食防止は、RC部材の耐力・耐久の立場から極めて重要であるが、過度なひび割れや海砂の使用による鉄筋発錆は、その効果が発揮し得なかった例である。<sup>1)</sup> 現在、東日本大震災により被害をうけた沿岸部の構造物を再建しており、腐食防止策について、再考せざるを得ない状況である。

これに対して、AFRPの補強材の特徴は、引張強度は鉄の4倍、比重は鉄の1/6、耐久性に優れており錆ない、絶縁性に優れ磁化しない、-80℃の極低温環境にも耐えうるなどがある。<sup>2)</sup>

沿岸部での新設構造物にFRP系の補強材を用いることで、腐食するという弱点を克服でき、さらに高強度な構造物を開発できる可能性があると言える。

本研究では、RC梁の鉄筋にAFRPロッドを代用したAFRP-RC梁を用意した。この梁に対して静的載荷実験を行い、RC梁とAFRP-RC梁とを比較し、曲げ耐力についての基本的な性能を調査することにした。

### 2. 静的載荷試験概要

本研究では図-1, 2, 3に示す形状を有するRC梁、AFRP-RC梁を各3体ずつの合計18体の梁を作成し、静的載荷試験を行った。

表-1に梁に使用した部材の材料試験結果をまとめて示す。

今回の実験ではまず、曲げ破壊を生じさせるためにせん断スパン比を5に設定した梁(図-1)を用いて、曲げ耐力

について調べた。次に、せん断破壊を生じさせるためにせん断スパン比を2程度に設定した梁(図-2, 図-3)を用いて、せん断耐力について調べた。

各試験において、RC梁とAFRP-RC梁を用いて実験し、異なる材料における違いについて検証した。

### 3. 静的載荷試験結果

#### 3.1 破壊形式

静的載荷試験終了後の写真を図-4に示す。各試験において、設定した破壊形式のひび割れが生じた。しかし、各試験においてAFRP-RC梁の最終的な破壊が、付着切れによるものだった。ひび割れの発生本数も少なく、良好な付着がされなかった。

#### 3.2 荷重変位関係

静的載荷時試験時の荷重変位関係を図-7, 8, 9に示す。図-7は、曲げ試験時の結果を示しており、RC梁は鉄筋の降伏後も変位が増加し続けた。一方AFRP梁は、直線的に変位が増加している。AFRPロッドは、降伏しない素材であり荷重の増加とともに変位も増加した。また、弾性係数が低い初期の荷重では、変位が大きくなっている。図-8はせん断試験時の結果を示す。せん断時も曲げ試験時と似た挙動を示した。しかし、最大荷重は大きく変化しなかった。コンクリートの物性値による干渉が大きいため顕著な差異はなかった。図-9はせん断補強筋により補強された梁のせん断試験の結果を示す。補強筋が無い梁と比べるとAFRP梁が耐力が増している。少なからず耐せん断性がみられた。

#### 3.3 たわみ分布図

試験時の梁におけるたわみ分布図を図-10, 11, 12に示す。図-10は、曲げ試験における結果を示している。同じ荷重が載荷されているとき、AFRP梁の方が大きいたわみが発生しているのがわかる。3.2でも述べたように、弾性係数が小さいためと考えられる。図-11は、せん断試験時の結果、図-12はせん断補強筋で補強された梁の試験結果を示している。やはりせん断試験では、RCとAFRPにおいて大きな差異はみられなかった。

#### 3.4 荷重ひずみ関係

試験時の荷重ひずみ関係を図-13, 14, 15に示す。どの段階においても、同じような挙動を示している。やはり、AFRPの弾性係数が低く初期のひずみが大きい。また、降伏しないことから、荷重がかかるとひずみが増加し続けている。

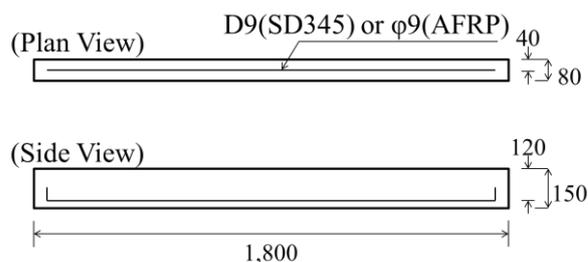


図-1 曲げ試験用梁

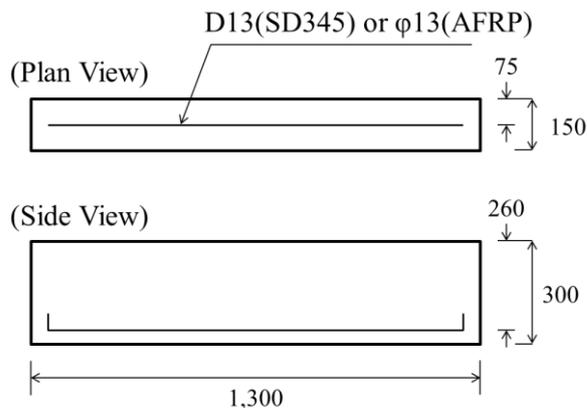


図-2 せん断試験用梁

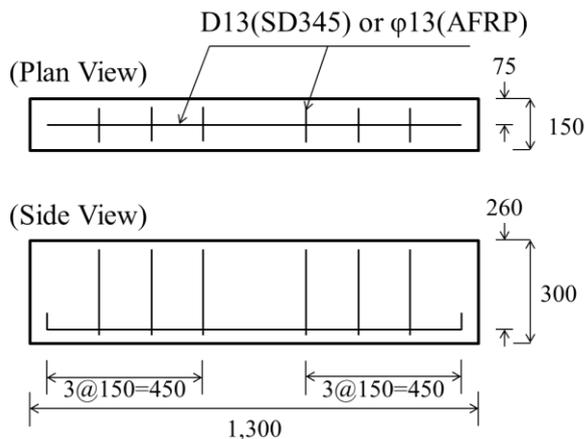


図-3 せん断試験用梁

表-1 使用した材料の物性値

材料	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	40		31.2
鉄筋(D9)		596	195
鉄筋(D13)			
AFRP(φ9)		1,150	68.6
AFRP(φ13)			

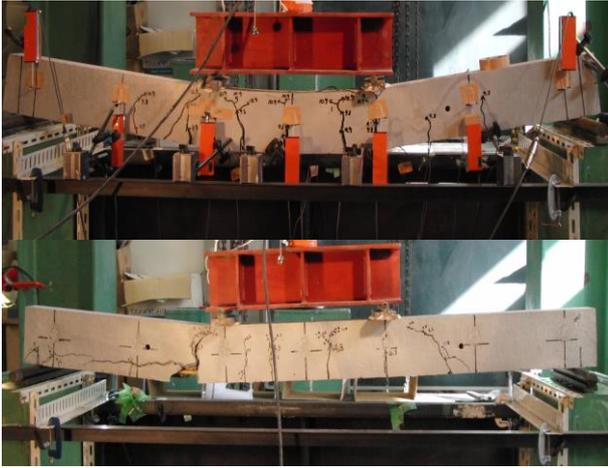


図-4 破壊形式(曲げ, 上:RC, 下:AFRP)

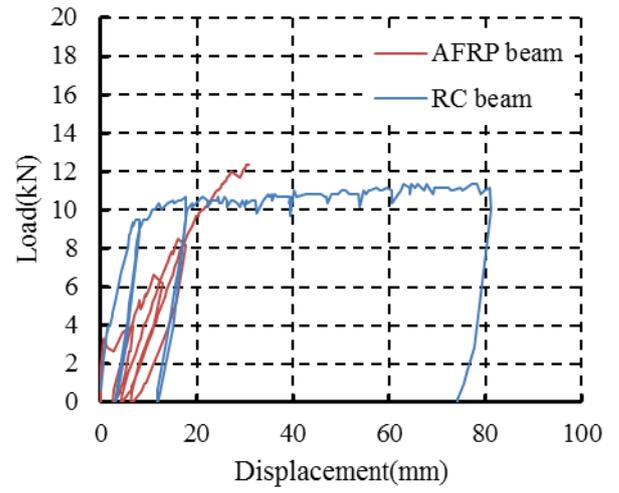


図-7 荷重変位関係(曲げ試験)

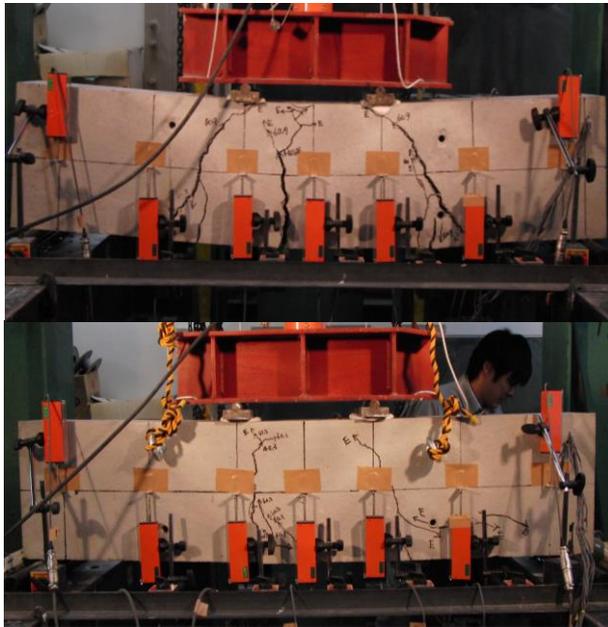


図-5 破壊形式(せん断, 上:RC, 下:AFRP)

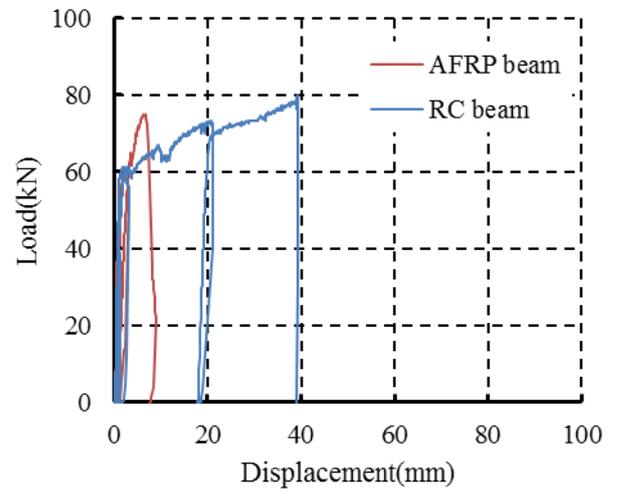


図-8 荷重変位関係(せん断試験)

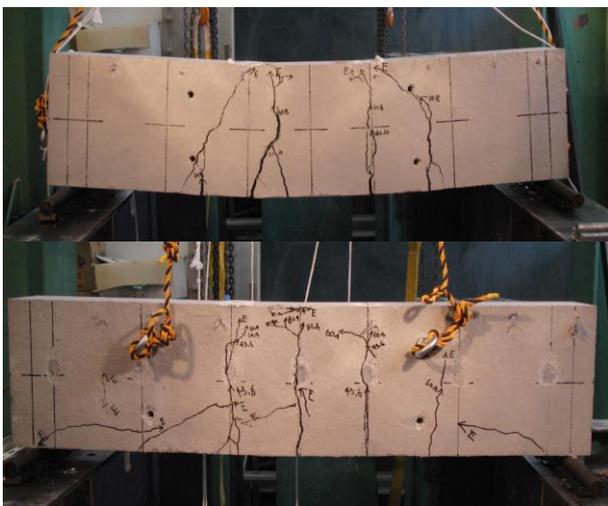


図-6 破壊形式(せん断, 上:RC, 下:AFRP)

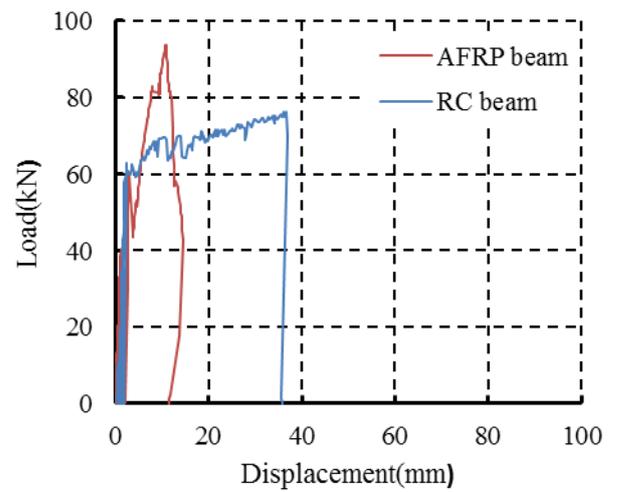


図-9 荷重変位関係(せん断試験, せん断補強筋有)

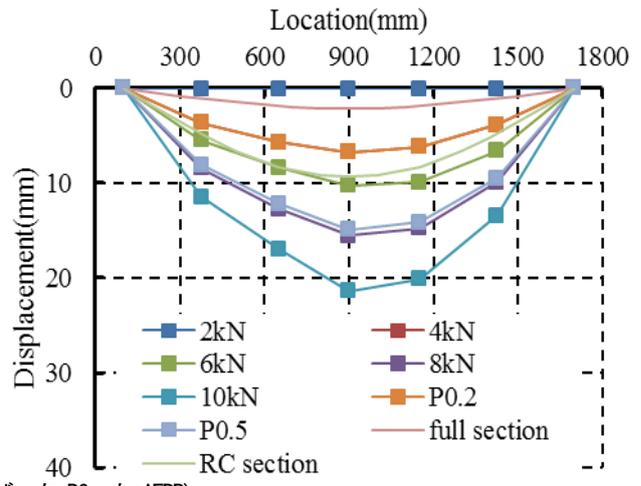
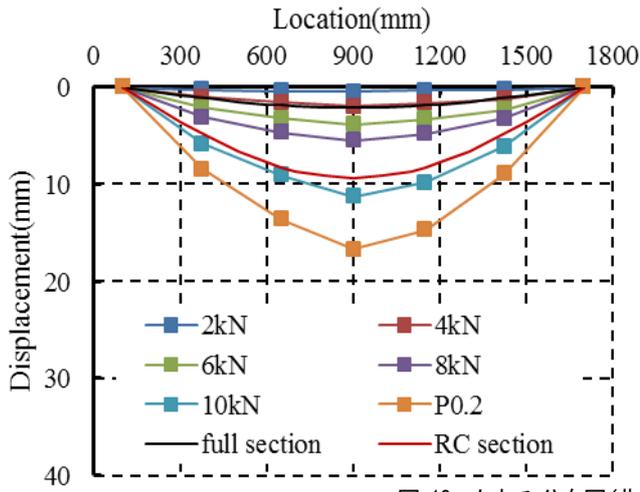


図-10 たわみ分布図(曲げ, 左:RC, 右:AFRP)

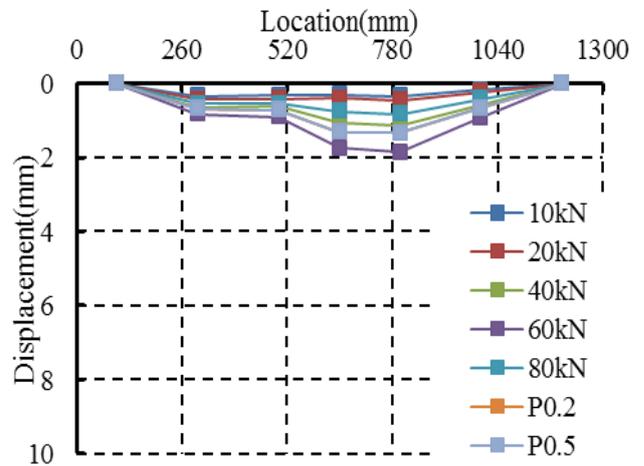
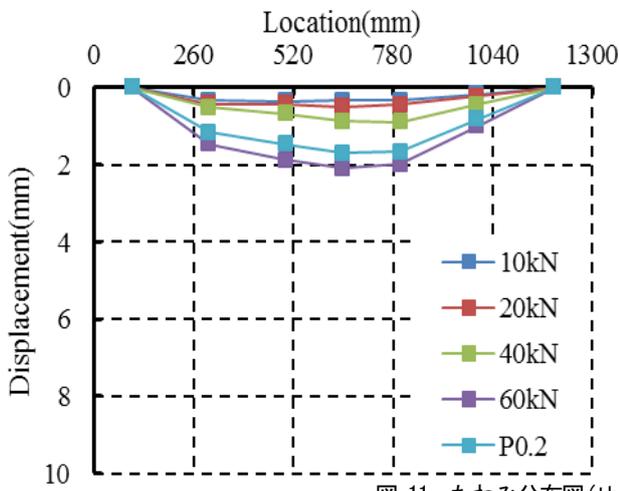


図-11 たわみ分布図(せん断, 左:RC, 右:AFRP)

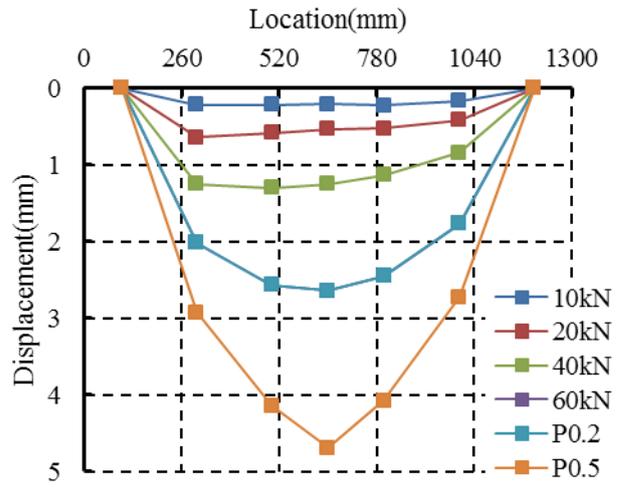
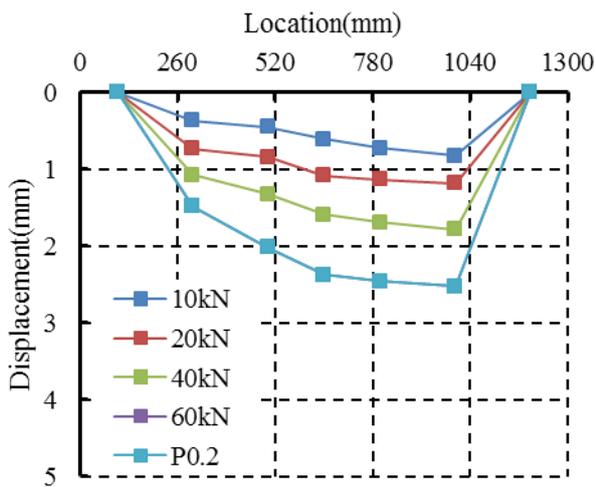


図-12 たわみ分布図(せん断, 左:RC, 右:AFRP)

### 3. 5 梁断面内のひずみ分布図

試験時の梁断面内のひずみ分布図を図-16, 17, 18に示す。図-16は、曲げ試験時の結果を示している。左が荷重2kN, 右が荷重8kNの時のひずみの様子である。図-17は、せん断試験時の結果を示しており、左は荷重10kN, 右は60kNの時のひずみのようすである。図-18は、せん断補強筋で補強された梁のせん断試験時の結果を示しており、左は荷重10kN, 右は60kNの時のひずみのようすである。ひずみが0の部分, つまり中立軸の変遷を見てみると、荷重があがると、梁上縁に移動しているのがわかる。どの段階においても多少の誤差は見られるが、中立軸の位置についてはほぼ同じとみてとれる。

### 3. 6 梁のひずみ分布図

試験時の梁におけるひずみの分布図を図-19, 20, 21に示す。図-19は曲げ試験の結果, 図-20はせん断試験時の結果, 図-21はせん断補強筋で補強された梁のせん断試験の結果をそれぞれ示す。RCでは、最大2000 $\mu$ 付近のひずみが生じており、降伏しているのがわかる。一方AFRPの梁では、大きくひずみが生じているのが分かる。

## 4. 結論

今回の実験では、AFRPの方が耐力が大きいことがみられた。降伏しないという特徴により、荷重をかけた後も耐えることができたのだと考えられる。また、梁において荷重に対するたわみが小さく、ひずみが大きく確認された。

本実験の目的は、AFRP梁の性能を確認し、RC梁との比較を行うことでその優位点を抽出することであったが、AFRPロッドの付着が大きな問題としてあげられた。実際に実験中でも、危険な落下がみられた。しかし、その中でもRC梁よりも優位な値が検出され、AFRP補強材のRC梁へ適用しうる可能性が垣間見えた。今後は、床版モデルの梁等へ代用させ実験を進めていき、付着の分野での新技術の開発を進めていく必要がある。

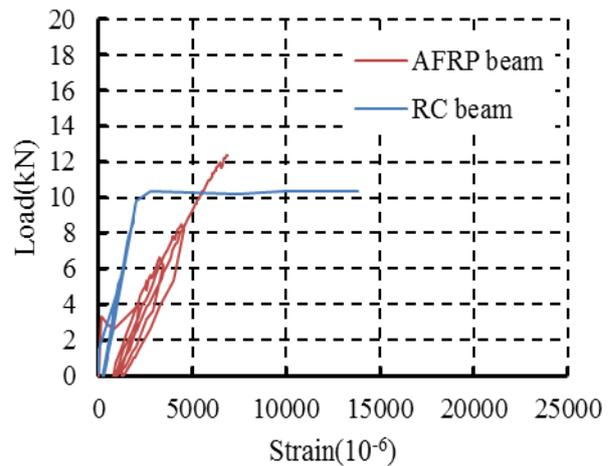


図-13 荷重ひずみ関係(曲げ試験)

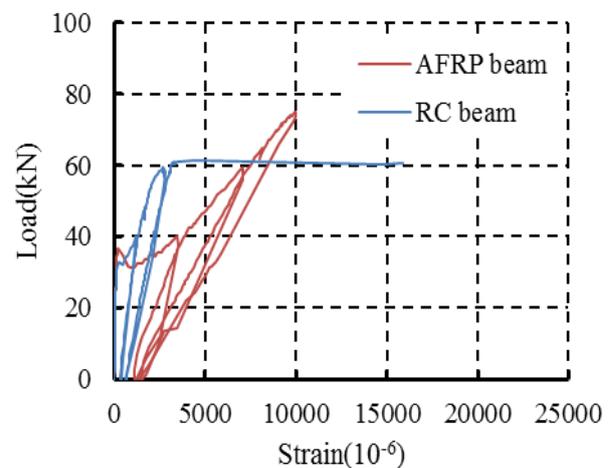


図-14 荷重ひずみ関係(せん断試験)

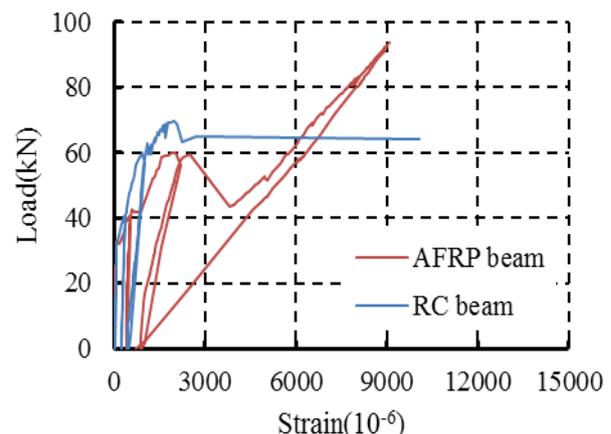


図-15 荷重ひずみ関係(せん断試験, せん断補強筋有)

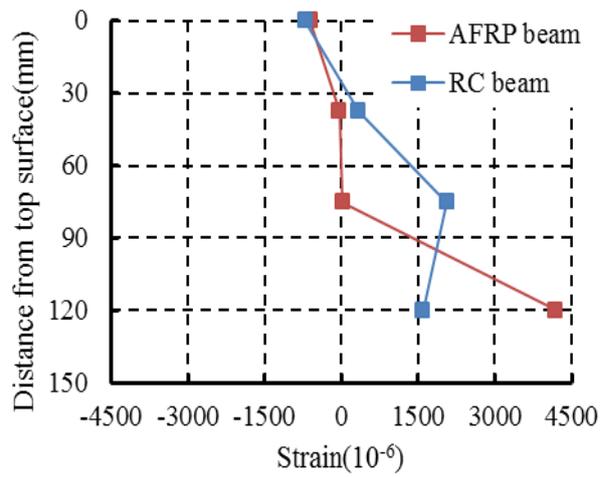
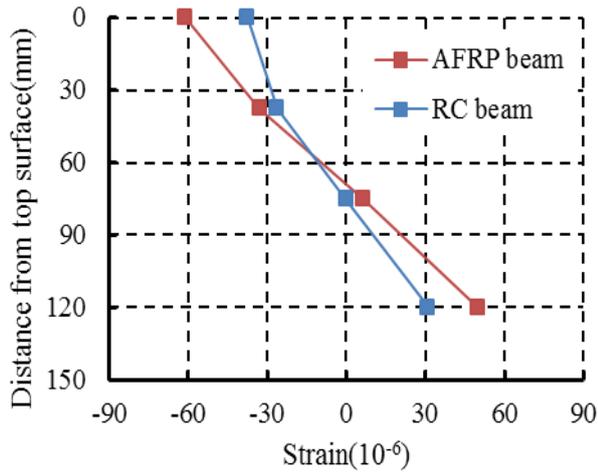


図-16 曲げ試験の結果(左:P=2kN, 右:P=8kN)

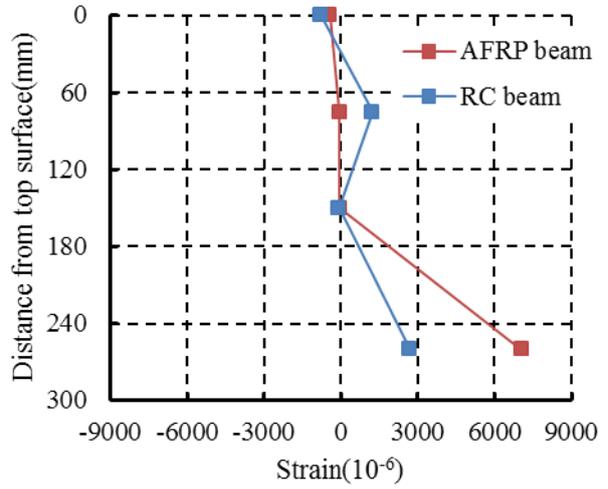
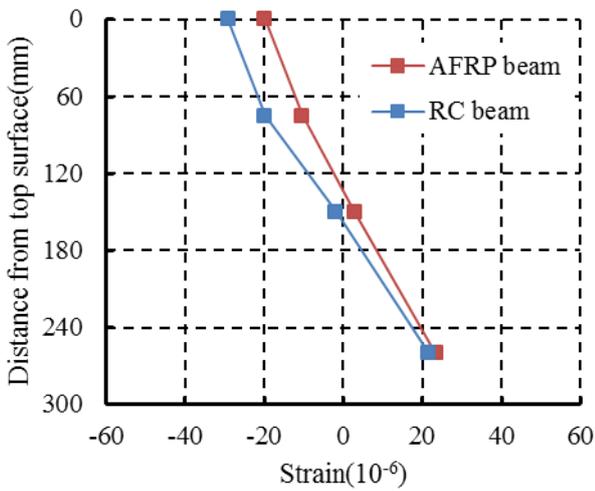


図-17 せん断試験の結果(左:P=10kN, 右:P=60kN)

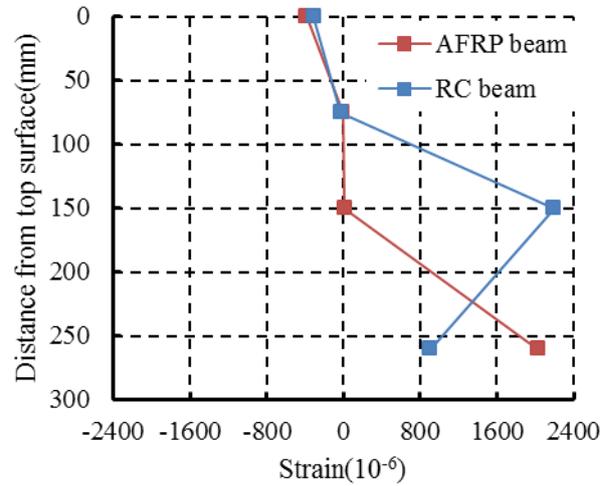
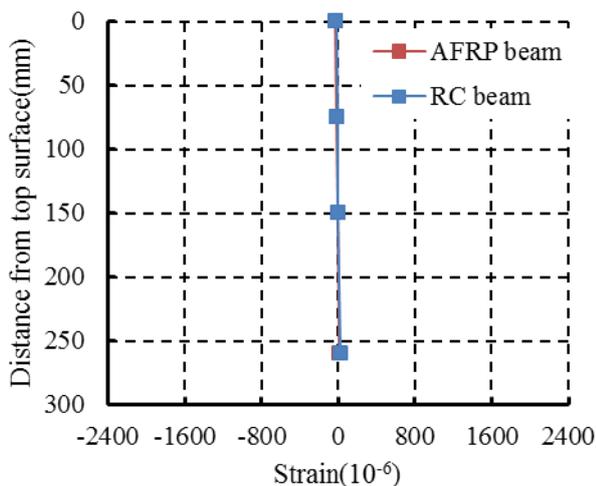


図-18 せん断試験(せん断補強筋有)の結果(左:P=10kN, 右:P=60kN)

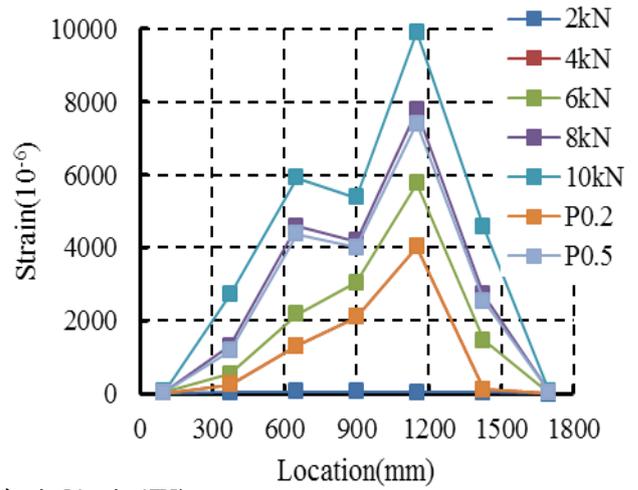
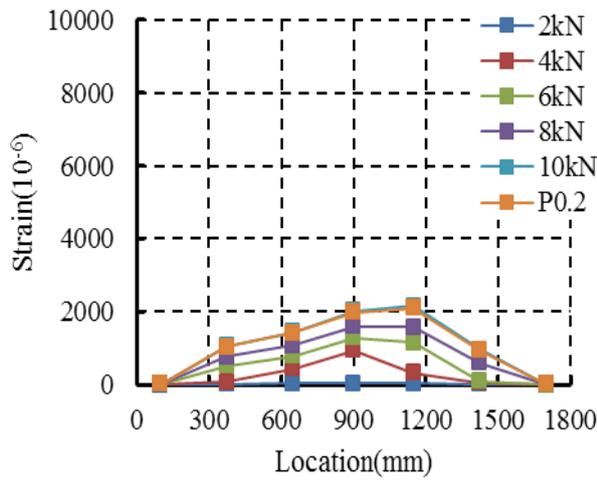


図-19 梁のひずみ分布(曲げ, 左:RC, 右:AFRP)

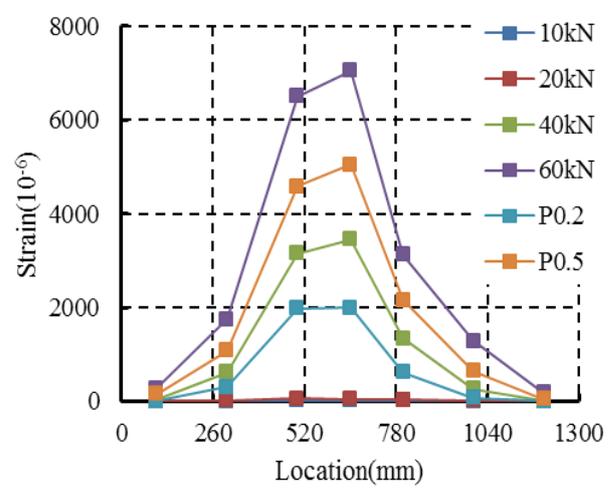
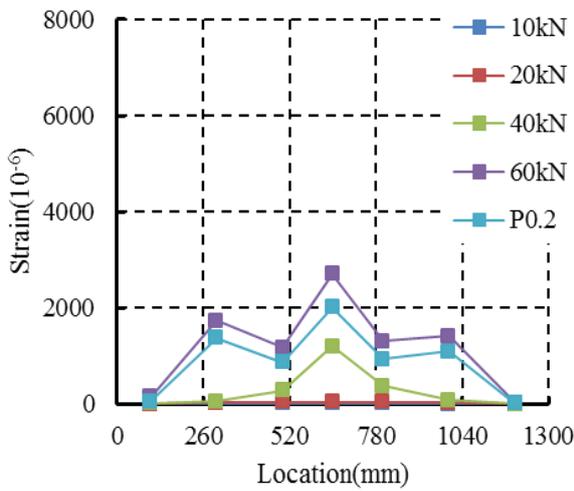


図-20 梁のひずみ分布(せん断, 左:RC, 右:AFRP)

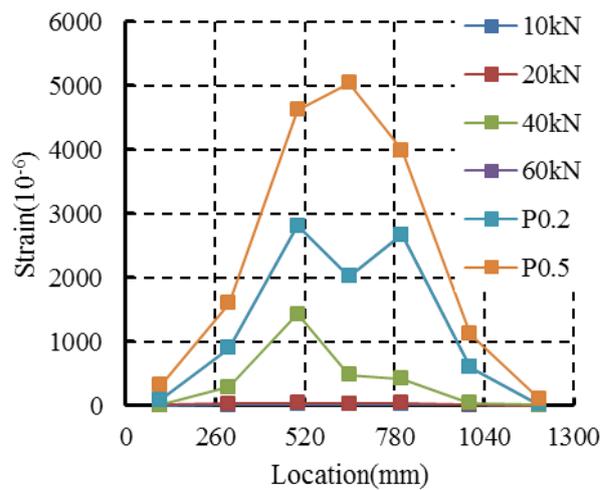
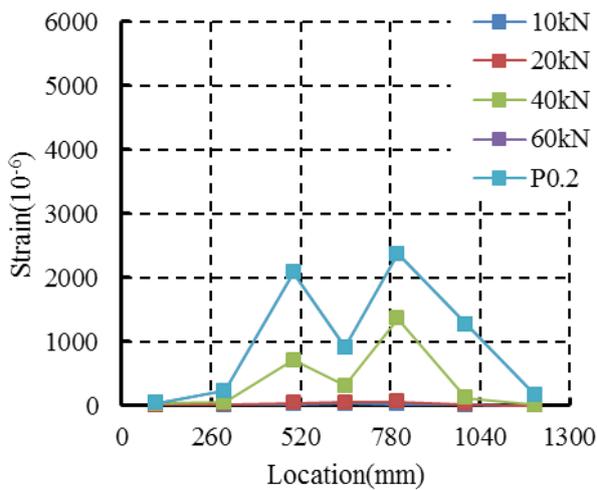


図-21 梁のひずみ分布(せん断, 左:RC, 右:AFRP)

#### 参考文献

- 1) 吉川弘道：第2版 鉄筋コンクリートの解析と設計-限界状態設計法と性能設計法-, 丸善株式会社, 2004 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編, pp.110-119, 1996.
- 2) 株式会社 竹入製作所  
<http://www.takeiri-seisakusyo.jp/tafrod/about/entry-152.html>

## STATIC STRENGTH OF RC BEAM APPLIED WITH AFRP RODS

Hiroshi ONISHI , Yohei WATABE, Shoji IWASAKI , Hideaki DETO , Norihiro AMANO and Sumiyuki MATSUBARA

In Japan, there are many case of chloride attacks with reinforced concrete. To prevent chloride damage, some countermeasures have been proposed. The most major way to prevent chloride attack is application of reinforcement coated with epoxy resin. But this is not perfect way to prevent corrosion.

In order to improve the corrosion prevent performance, we try to pick up the materials free from corrosion. There are some materials satisfy this requirement, and we focused FRP materials. In this research, we picked out the Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP). AFRP has many advantages to use construction materials. FRP is provided as plate, sheet or rods. AFRP rods has very high tensile strength.