

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760352

研究課題名(和文)ハイブリッド連続繊維緊張材および緊張接着補強技術の開発

研究課題名(英文)Development of hybrid fiber reinforced polymers and strengthening technique with externally bonded prestressed FRP

研究代表者

岩下 健太郎(Iwashita, Kentaro)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号：30544738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小規模な構造物、例えば10m以内のスパンの桁橋などのようなものに対し、簡便でプレストレス導入が可能な補強技術の開発を行った。比較的低価格で高伸度性を有するバサルト繊維複合材(BFRP)ロッドを緊張材に適用し、材料コストの低減を図ることとした。また、コンクリート表面に溝を掘り、補強材を埋め込む技術をベースに、構造物への負担軽減のため、表面に補強材を接着する方針として工程を提案したうえで、曲げ復元力特性を中心とする補強効果、緊張接着端部に集中するせん断応力の省力化、並びに各種定着技術との併用方法、さらに、これらの端部省力化技術と連動した緊張装置の開発に関する研究を行った。

研究成果の概要(英文)：The procedure for upgrading concrete beams with bonded prestressed basalt fiber reinforced polymer (BFRP) rods has been established and the practical prestressing system is developed considering workability and material costs. The procedure and the prestressing system are used on this study, and the higher usability is confirmed. The strengthening effect on restoring force capacity of RC/PC beams with using prestressed BFRP rods are investigated experimentally. In order to avoid a premature debonding of BFRP, the shear stress caused by FRP prestressing should not exceed the interfacial strength. In this study, the evaluation formula of the ultimate value of shear stress at the end of FRP is proposed based on the existing theory. The mechanical properties of the adhesive interface at the ends of FRP rod bonded to concrete was evaluated by the experiments considering different test methods. Moreover, the prestressing system of the BFRP rod is developed.

研究分野：建設材料学

キーワード：コンクリート 連続繊維複合材 補修・補強 表面接着 曲げ復元力特性 接着端部の省力化 緊張装置

1. 研究開始当初の背景

近年の既設コンクリート構造物の老朽化や地震防災に関する認識の高まりに伴い、維持・補修および補強に関わる技術の高度化が進められている。補強の技術に関しては、使用性、耐久性、施工性、復元力特性、経済性などを総合的に向上させられる補修・補強技術の構築が模索されている。これらに関連して、炭素繊維やアラミド繊維、ガラス繊維といった連続繊維複合材 (FRP) の補修・補強材への適用に関する研究が、各所で進められている。また、単純に接着したり巻き付けたりする技術に加え、コンクリート表面に溝を掘り、セメントモルタルや接着材で埋め戻す技術や、FRP に緊張力を導入するものも開発された。しかし、上記のような補修・補強技術は、大規模構造物を対象としたものが多く、現在国内において、補修・補強を必要とする構造物の大きな部分を占める小規模な構造物、例えば 10m 以内のスパンの桁橋などのようなものに対し、簡便でプレストレス導入が可能な補強技術は見当たらない。そこで、本研究では、このような小規模構造物を対象とした、外部緊張接着補強技術の開発を行うこととした。

2. 研究の目的

本研究では、上記の背景のもと、比較的価格で高度な引張特性や高伸度性を有するバサルト繊維複合材 (BFRP) ロッドを緊張材に適用することとして、必要な補強効果を担保しつつ、材料コストの低減を図ることとした。また、コンクリート表面に溝を掘り、補強材を埋め込むことは、補強材保護の観点から重要ではあるが、小規模構造物を対象とした場合には構造物への負担を考慮して、表面接着が望ましいと考えられる。よって、表面に補強材を接着する方針とした。以上の事項を考慮しつつ、まずは、BFRP ロッドを緊張接着するうえでの工程を提案した。さらに、緊張接着端部に集中するせん断応力の省力化、並びに各種定着技術との併用方法、さらに、これらの端部省力化技術と連動した緊張装置の開発も本研究の重要な達成目的とした。

3. 研究の方法

(1) BFRP ロッドを緊張接着した RC/PC 梁の曲げ復元力特性の検証

図-1 に示すように、引張鉄筋比 1.0% 程度にあたる鉄筋 (D10×引張側 2 本、圧縮側 2 本、SD295A) を配した RC 梁と、同様の形状で梁下面から 55mm 位置に PC 鋼棒 (φ11mm, SBPR 1080/1230) を配した PC 梁を、それぞれ 2 体作製した。150mm×200mm の矩形断面で全長は 2.0m であり、用いたコンクリートの設計基準強度は 24N/mm<sup>2</sup> である。主な材料の物性値を表-1 に示す。PC 鋼棒に導入する緊張力は、自重により梁下縁に生じる引張応力をほぼゼロにするレベルとして、23.8kN (PC 鋼棒に導入する引張応力は 250N/mm<sup>2</sup>) とした。RC 梁、PC 梁それぞれの内 1 体の底面に

は、BFRP ロッドに破断強度の 25% 程度にあたる、6.3kN の緊張力を導入した状態で接着・補強した。RC 梁、PC 梁に BFRP ロッドを緊張接着しない BFRP ロッドの接着後の状況を図-2 に示す。残りの梁はそのまま載荷した。段階式の繰り返し曲げ試験は、支点間隔 1.8m の 3 点曲げ試験で行った。段階式繰り返し載荷試験は載荷速度を 10kN/min を目安に行い、除荷時の下限値は 1.5kN 程度とした。これは、完全除荷時における RC 供試体や載荷治具のズレ防止のためである。10kN 増加する毎に除荷、再載荷を行うこととし、最大荷重以後は 25mm の変位が生じるまで数回の除荷と再載荷を行った。以上の実験に際し、ロードセル及び RC 供試体のスパン中央付近、両側面に設置した変位計を用いて荷重と変位を測定した。

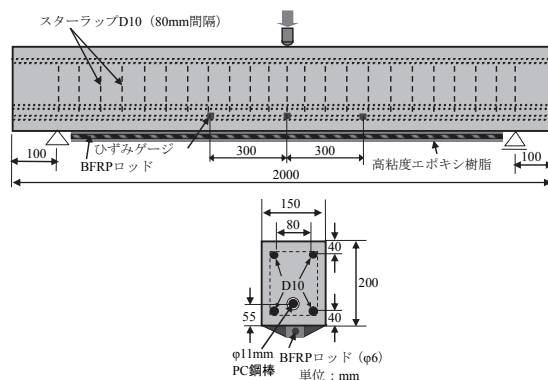


図-1 BFRP ロッド緊張接着補強供試体の詳細寸法

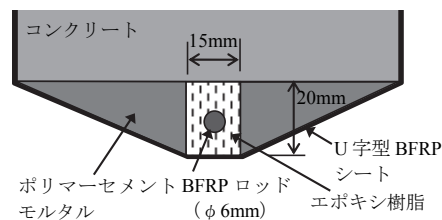


図-2 BFRP ロッドの接着状況

(2) 緊張状態で接着された BFRP ロッドの接着端部に集中するせん断応力の評価および省力化に関する研究

通常連続繊維シートをコンクリート表面に接着する際には、低粘度のエポキシ樹脂を含浸させつつ、コンクリート表面に密着させる手順で施工されるが、本技術では、高粘度のエポキシ樹脂で BFRP ロッドをコンクリート表面に接着するか、BFRP ロッドの周囲に型枠を設置して、低粘度のエポキシ樹脂を注入することでコンクリート表面に接着するかといった方法での施工を考えることとした。BFRP ロッドに導入した緊張力は、接着材の硬化後、速やかに解放されるが、このとき、図-3 に示すように接着端部に卓越したせん断応力が生じて早期剥離に至る恐れがあるため、このせん断応力の評価ならびに付着強さを向上させることは重要な課題となっている。しかし、このせん断応力の評価

に際し、RC 構造体を作製し、外部に FRP を緊張状態で接着する実験を行うとすると、供試体寸法が大きくなることや、実験用の緊張装置を準備する必要があるなど、大掛かりになってしまう。そこで、本研究では、BFRP ロッドの接着端部に引張あるいは押し込みの方向が異なる力を負荷する実験を行い、比較検討して、図-4 に示すように、接着端部を引っ張る実験の適用性を検証する。また、既提案の FRP シートとコンクリートの接着界面の付着挙動に関する知見を基に、新たに接着端部に剥離を生じさせないための条件式を提案した。さらに、BFRP ロッドの接着前に接着端部に事前に BFRP シートを接着して、補強層を拡幅することによる付着強さの向上効果について、実験的に検討した。

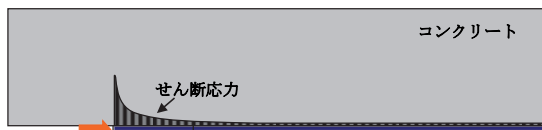


図-3 接着端部のせん断応力分布

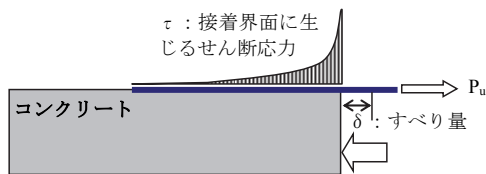


図-4 FRPシートとコンクリートの付着試験の様子

BFRP ロッドをコンクリート表面に緊張状態で接着した場合に、接着端部に生じる卓越したせん断応力を評価する方法として、RC 梁に BFRP ロッドを緊張状態で接着し、緊張力を導入する実験および両引き付着試験により、理論的および実験的に比較検討した。

実験的検証については、RC 梁に対する緊張力導入実験の供試体は、図-5 に示すように 100mm×150mm の断面で長さ 600mm の寸法で、緊張力を導入してもひび割れが生じないように 4 本の D6 鉄筋を配筋した。まず、コンクリートの表面を削って骨材を露出させ、接着界面を均すために供試体表面にエポキシプライマーを塗布した。その上に緊張させた直径 10mm の BFRP ロッドを置き、周囲を高さ 20mm、幅 50mm、長さ 600mm の型枠で囲い、エポキシ樹脂を充填することで長方形に成形しつつ接着した。BFRP ロッドやコンクリートの物性値を表-1 に示す。緊張装置と緊張の様子を図-6 に示す。一方、両引き付着試験の供試体は、図-7 に示すように 150mm×200mm の断面で、長さ 300mm の寸法で、上記と同様の BFRP ロッド 2 本をコンクリート供試体の両側面にエポキシ樹脂により接着したものである。なお、エポキシ樹脂は高さ 20mm、幅 25mm に成形した。コンクリートの中央部に完全に埋め込み十分な

付着を確保した φ24mm の鋼ボルトと、BFRP ロッドの片側端部に膨張セメントによって定着した鋼管を相反する方向に引っ張ることで、BFRP ロッドが引っ張られ、BFRP ロッドとコンクリートの接着界面にせん断力が生じる機構である。さらに、BFRP ロッドの接着面に、事前に 100mm 幅の BFRP シート(厚さ 0.166mm)を繊維方向を断面方向に向けて、エポキシ樹脂で接着したケースについても実験を行う(図-5 参照)。これにより、接着端部における接着幅を拡幅することによる付着強さの向上効果について検証する。

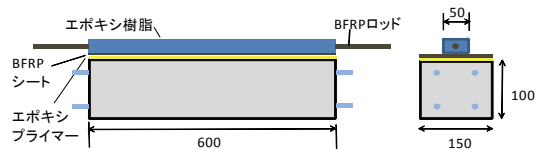


図-5 緊張力導入実験の供試体

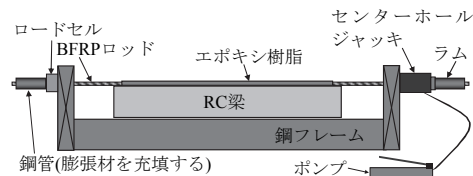


図-6 緊張力導入実験の様子

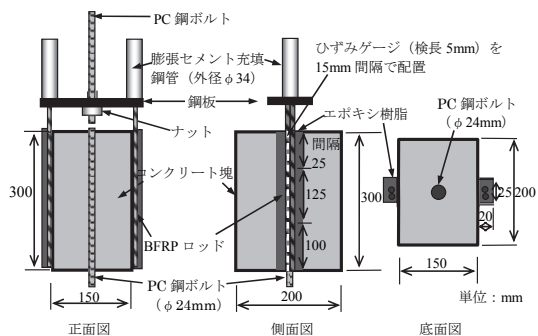


図-7 両引き付着試験体の詳細寸法

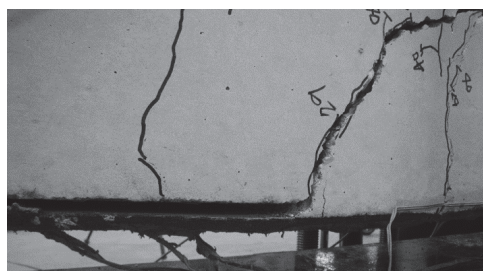
#### 4. 研究成果

(1) BFRP ロッドを緊張接着した RC/PC 梁の曲げ復元力特性の検証

RC 供試体の段階式繰り返し載荷試験において測定された荷重-変位関係に注目して考察を進めた。RC-N、PC-N 供試体では、それぞれ 4.5kN および 15.8kN でスパン中央付近の梁の引張縁に曲げひび割れが生じ、荷重の増加とともに梁の長手方向 134mm および 100mm の間隔で分布ひび割れが生じた後、D10 引張鉄筋が降伏し、梁の圧縮縁でコンクリート圧縮破壊が生じ、荷重には大きな変動がない状態で大きく変位が増加するものであった。RC-PBR 供試体では主鉄筋降伏後までの挙動は同様だが、コンクリートの圧縮破壊前に BFRP ロッドを含む補強層の剥離が生じたが、BFRP ロッドの両端が BFRP シートで定着されているため、荷重は横ばいとなった。RC-PBR 供試体および PC-PBR 供試体の



破壊状況を写真-1に示す。実験後の観察の結果、剥離はコンクリートの表層部で生じていた。さらに、PC-PBR 供試体においては、主鉄筋降伏後までの挙動は同様だが、BFRP ロッドが破断し、その直後にコンクリートの圧縮破壊が生じた。



(a) RC-PBR



(b) PC-PBR

写真-1 破壊状況の写真

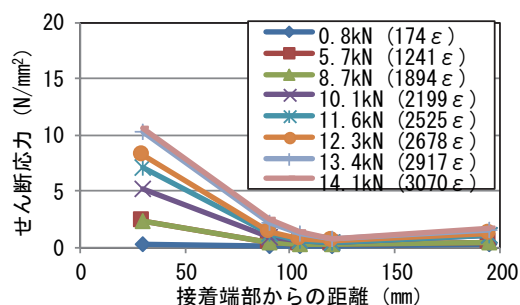
段階式繰り返し載荷試験におけるひび割れ発生荷重、鉄筋降伏荷重、そして最大荷重について、RC-N 供試体を比較対象として、RC-PBR 供試体では 133.0%、43.5%、50.6%、PC-N 供試体を比較対象として、PC-PBR 供試体では 38.6%、42.2%、59.8%それぞれ向上しており、BFRP ロッドを緊張接着することによる、総合的な曲げ補強効果が確認された。

各載荷ステップでの最大変位  $\delta_{max}$  と残留変位  $\delta_x$  の差を算出し、それを回復変位 (=  $\delta_{max} - \delta_x$ ) として、これと  $\delta_{max}$  の関係に注目した。その傾きを復元率と呼称する。鉄筋降伏までは、ほぼ一定の復元率で回復変位が増加しているが、その後、PC-PBR 供試体では回復変位が増加し、BFRP ロッドの破断直後に減少、RC-PBR 供試体では鉄筋降伏後に復元率がほぼゼロとなり回復変位は横ばい、圧縮破壊の発生とともに減少、PC-N 供試体では鉄筋降伏後に回復変位が減少している傾向が見られる。よって、BFRP ロッドの緊張接着による復元力特性の向上効果は、主鉄筋降伏前にも得られるが、主鉄筋降伏後に特に顕著に得られることが実験的に明確となった。

(2) 緊張状態で接着された BFRP ロッドの接着端部に集中するせん断応力の評価および省力化に関する研究

せん断応力分布を図-9と図-10に示す。最終的には剥離が生じたが、その状況としては、RC 梁への緊張力導入実験では、接着端部からコンクリート表層と接着層が一体化した状態でめくれ上がるようなピーリング

剥離が生じたため実験を終了し、両引き付着試験では、接着端部付近のコンクリート表層部に亀裂が生じて剥離が進展し、荷重が急速に低下したため、実験を終了した。最大せん断応力は、緊張力導入試験の場合に両引き付着試験の場合の0.80倍となっている。これは、緊張力導入実験における最大せん断応力は、剥離直前における予亀裂近傍の2点のひずみ測定値の差から算出しているため、ばらつき



が生じたことが影響していると思われる。

図-9 せん断応力分布 (RC 梁への緊張力導入実験)

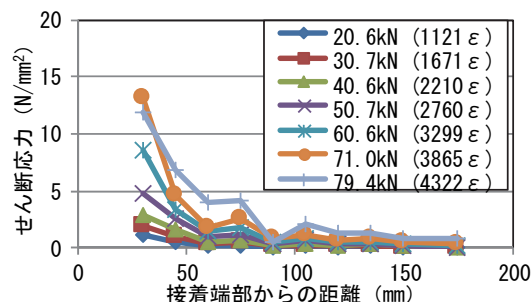


図-10 せん断応力分布 (両引き付着試験)

一方、FRP の接着端部に生じるせん断応力分布  $\tau(x)$  の算定式は、Niu らの研究<sup>①</sup>において下記の式 (1) のように示されている。

$$\tau(x) = \sigma_p \sqrt{\frac{\tau_{max}^2}{2G_f E_f} \frac{t_f}{(1 + \alpha t_f) \cosh(\beta_1 l)}} \sinh(\beta_1 x) \quad (1)$$

これ式 (2) のように変形される。

$$\tau(x) = \tau_{max} \tanh(\beta_1 x) \frac{\cosh(\beta_1 x)}{\cosh(\beta_1 l)} \quad (2)$$

一方、Wu らの研究<sup>②</sup>では、FRP の接着端部に引張荷重を加えた場合 (両引き付着試験のケース) のせん断応力分布  $\tau'(x)$  は、理論的に式 (10) のように表されている。

$$\tau'(x) = \tau_{max} \frac{\cosh(\lambda x)}{\cosh(\lambda l)} \quad \left( \lambda = \sqrt{\frac{k_s}{E_f t_f}} \right) \quad (3)$$

よって、FRP の接着端部に引張力が生じる場合と押し込む力が生じた場合のせん断応力分布は、 $\alpha \neq 0$  を条件として、式 (11) が成り立つ。

$$\tau(x) = \tanh(\beta_1 x) \tau'(x) \quad (4)$$

したがって、両引き付着試験において接着端部に生じるせん断応力  $\tau(x)$  に  $\tanh(\beta_1 x)$  を乗じたものと、緊張力導入実験において接着端部

に生じるせん断応力  $\tau(x)$  は類似することが示され、両引き付着試験により緊張力導入時に接着端部に生じるせん断応力を評価できることが理論的に示された。

式 (1) において、実験による導出が必要となる界面剥離破壊エネルギー  $G_f$  について、前記の実験により検証した。ひずみ分布の面積に補強材のヤング率を乗じてすべり量を算出し、せん断応力との関係を作成した。そのうえで、荷重レベル毎にせん断応力とすべり量の関係のラインと  $\delta$  軸とに囲まれる箇所の面積を  $G_f$  として算出した。その結果、RC 梁への緊張力導入実験における  $G_f$  は 0.37N/mm、両引き付着試験における  $G_f$  は 0.39N/mm であった。このように、 $G_f$  の比較においては、緊張力導入試験の場合に両引き付着試験の場合の 0.95 倍となっており、最大せん断応力に比べて両者の差はかなり小さい。これは、最大せん断応力は、剥離直前における、予亀裂近傍の 2 点のひずみゲージにより測定されるひずみ差から算出されるため、算出値にばらつきが生じやすいのに対し、 $G_f$  は多くのひずみゲージより得られるひずみ分布から算出されるため、算出値が比較的安定するものと考えられる。したがって、両引き付着試験より得られる界面剥離破壊エネルギーを用いることにより、比較的安定的に、緊張力導入時に接着端部に生じるせん断応力を実験的に評価できることが示唆された。以上から、両引き付着試験により接着端部に生じるせん断応力の設計を行う場合には、式 (4) から  $\tanh(\beta_1 x)$  を考慮し、安全係数  $k_1$  を考慮した式 (5) によることが考えられる。

$$\tau_u > \tau_{\max} \rightarrow \tanh(\beta_1 x) k_1 \sqrt{2G_f k_s} > \sigma_p \sqrt{\frac{k_s t_f}{E_f}} \quad (5)$$

$$\rightarrow \sigma_p < \frac{\tanh(\beta_1 x)}{k_1} \sqrt{\frac{2G_f E_f}{t_f}}$$

このとき、BFRP の厚みは、エポキシ樹脂の断面積を、エポキシ樹脂とバサルト繊維材のヤング率比  $n_{fa} (=E_a/E_f)$  を用いてバサルト繊維材に換算し、接着幅  $b_f$  で除して算出することにする。よって、式 (5) は式 (6) のように書き換えることができる。

$$\sigma_p < \frac{\tanh(\beta_1 x)}{k_1} \sqrt{\frac{2G_f E_f b_f}{A_{ff} + n_{fa}(A_{fa} + A_a)}} \quad (6)$$

$$n_{fa} = \frac{E_a}{E_f}$$

この式を、緊張状態で接着された BFRP ロッドの接着端部に集中するせん断応力の評価式として提案した。

以上のように提案した評価式の有意性を、両引き付着試験により、実験的に評価した。最大せん断応力とすべり量の関係を図-1-1 に示す。その傾きは接着界面のせん断剛性 ( $k_s$ ) とされており、最小二乗法により線形近似した場合に、それぞれ 78N/mm、66N/mm

である。さらに、これらのラインとすべり量軸に囲まれた箇所の面積は、付着強さの指標として知られる剥離破壊エネルギー ( $G_f$ ) を意味するとされている。算出すると、剥離した 2 つの面で、それぞれ 0.94N/mm、0.83N/mm であった。実験結果から、 $k_s$  に 66N/mm、 $G_f$  に 0.83N/mm をそれぞれ入力して  $\sigma_p$  の最小値を算出すると、495N/mm<sup>2</sup> となる。この値と両引き付着試験において剥離が生じるときの BFRP ロッドの引張応力 (=543N/mm<sup>2</sup>、引張強度 (メーカー値の 28.6%)) は同義であるが、両者は同程度であった。よって、先貼 BFRP シートを設置したコンクリートに対する、BFRP ロッドの付着強さは、既提案の評価式を用いて評価できることが示唆された。

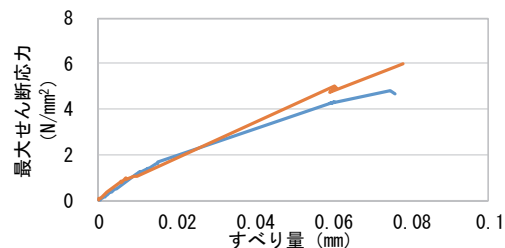


図-1-1 最大せん断応力とすべり量の関係

### (3) 実用的な緊張装置の開発

BFRP ロッドと鋼より線を繋いだものを鋼製フレームの両端に固定し、油圧ジャッキにより緊張力を加える形式の、簡便な接着が可能となる緊張装置を試験的に作製した。鋼より線を面外に折り曲げることにより、直線配置の場合に比べて BFRP ロッドの接着端部と構造物の支点がより近づき、接着端部に生じる曲げモーメントの影響がより低減されると考えた。ここで、鋼より線の定着具と緊張装置の間に 200kN ロードセルが設置してあり、導入緊張力を随時確認することができる。以上のコンセプトに基づき、実用的な緊張装置を実製作し、本研究成果 (1) において使用することにより、改良を進めている。

### <引用文献>

①Niu, H.D., Wu Z.S., Interfacial shear transfer in strengthened structure with FRP prestressing technique, CJCJCC-5, Kunming, 2002

②Z.S. Wu, H. Yuan, H.D. Niu: Stress transfer and fracture propagation in different kinds of adhesive joints, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.128, No.5, pp.562-573, 2002

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1) 岩下健太郎, 馬場進, 神崎豊裕, 高見肇: BFRP シートを接着したコンクリート梁の高速荷重下での曲げ挙動, コンクリート工学年

- 次論文集, 査読有(掲載決定), Vol.37, 2015.7.
- 2) 岩下健太郎, 佐藤大地, 馬場進, 松本信行, バサルト繊維シートとコンクリートの付着特性, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.36, No.1, pp.1912-1917, 2014.7.
- 3) K. Iwashita, D. Sato, Y. Mori, N. Matsumoto, T. Kanzaki: Flexural behavior of mortar prisms internally embedded BFRP and hybrid mesh sheets with wet-bonding process, The 7<sup>th</sup> international conference on FRP composites in Civil Engineering (CICE2014), Vancouver, Canada, 査読有, CD-ROM, 2014.8.
- 4) 岩下健太郎, 森祐樹, 八木洋介, 吉田光秀: 緊張状態で接着された BFRP ロッドの接着端部に集中するせん断応力の評価, 第 23 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 査読有, pp.583-588, 2014.10.
- 5) 佐藤大地, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀: FRP ロッドを接着補強した RC 梁の曲げ挙動に関する解析的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 日本材料学会, 査読有, pp. 593-596, 2013.11.
- 6) 佐藤大地, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀: エポキシ樹脂充填鋼管を用いた FRP ロッドの接着継手の強度に関する研究, 第 22 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 査読有, pp. 495-498, 2013.10.
- 7) 佐藤大地, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 高見肇: エポキシ樹脂で付着確保した BFRP メッシュ補強モルタルの曲げ挙動, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学会, 査読有, Vol.35, No.2, pp.307-312, 2013.7.
- 8) K. Iwashita, Z.S. Wu, D. Sato, N. Isogai, Y. Yagi, H. Uchino, M. Yoshida, X. Wang: "Performance evaluation of RC beams strengthened with externally bonded FRP rod", 11<sup>th</sup> international symposium on fiber reinforced polymers for reinforced concrete structures (FRPRCS-11), Guimarães, 査読有, CD-ROM, 2013.6.
- 9) 佐藤大地, 田中竜蔵, 岩下健太郎, 八木洋介: 玄武岩繊維ロッド緊張接着による RC 梁の復元力特性に対する補強効果, 第 21 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 査読有, pp.567-572, 2012.10.

[学会発表] (計 10 件)

- 1) 松井翔太, 梶浦拓馬, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀: バサルト繊維複合ロッド材の引張クリープ特性に関する研究, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学 (愛知県豊橋市), V-016, pp.419-420, CD-ROM, 2015.3.6.
- 2) 岩下健太郎, 森祐樹, 馬場進, 松本信行, 神崎豊裕, 高見肇: BFRP シートを接着したコンクリート梁の高速荷重下での曲げ挙動, 第 5 回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム, 土木学会 (東京都新宿区), CD-ROM, 2014.11.12.
- 3) 森祐樹, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀:

- エポキシ樹脂による PC・BFRP ロッドの接着継手の定着強さに関する研究, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 大阪大学 (大阪府大阪市), V-133, pp. 265-266, CD-ROM, 2014.9.12.
- 4) 柴垣泰史, 岩下健太郎, 松本信行, 神崎豊裕: BFRP シートの両面付着試験における荷重速度の影響, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会, 岐阜大学 (岐阜県岐阜市), CD-ROM, 2014.3.7.
- 5) 佐藤大地, 河上和久, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 呉智仁, 佐藤譲得, 松本信行, 高見肇, 神崎豊裕: CFRP-BFRP 積層メッシュ補強モルタルの曲げ特性, 土木学会第 68 回年次学術講演会, 日本大学 (千葉県習志野市), V-19, pp. 37-38, CD-ROM, 2013.9.4.
- 6) 佐藤大地, 河上和久, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 呉智仁, 高見肇: BFRP メッシュ混入モルタルの曲げ挙動に関する研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, 愛知工業大学 (愛知県豊田市), CD-ROM, 2013.3.8.
- 7) 田中竜蔵, 大嶋翔志, 岩下健太郎: コンクリートに接着した FRP シートの有効付着長に関する研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, 愛知工業大学 (愛知県豊田市), CD-ROM, 2013.3.8.
- 8) 佐藤大地, 岩下健太郎, 森政嘉, 稲垣廣人, 呉智仁, 佐藤譲得, 松本信行, 高見肇, 神崎豊裕: BFRP メッシュ補強モルタル部材への非線形 FEM 解析の適用に関する研究, 日本材料学会東海支部第 7 回学術講演会, 名古屋工業大学 (愛知県名古屋市), No.211, 2013.3.4.
- 9) K. Iwashita, D. Sato, Z.S. Wu, Y. Yagi, H. Uchino, M. Yoshida: "Strengthening of concrete structures with externally bonded prestressed basalt FRP rods", Proceedings of The 3rd International Symposium on Advances in Urban Safety (SAUS2012), Southeast university (Nanjing, China), 2012.11.24.
- 10) 佐藤大地, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀: 玄武岩繊維ロッドを緊張接着した RC 梁の復元力特性に関する研究, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), V-279, pp.557-558, CD-ROM, 2012.9.5.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)  
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩下 健太郎 (IWASHITA, Kentaro)  
名城大学・理工学部・准教授  
研究者番号: 30544738