

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03802

研究課題名（和文）繊維架橋性能に基づく高靱性繊維補強セメント複合材料の最適化設計法の構築

研究課題名（英文）Optimum Design Development of Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composites Based on Fiber Bridging Characteristics

研究代表者

金久保 利之（Kanakubo, Toshiyuki）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：90261784

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 23,400,000円

研究成果の概要（和文）：モルタルやコンクリート（マトリックス）に短繊維を混練りした高靱性繊維補強セメント複合材料（Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composite：DFRCC）の引張特性は、単繊維の引抜特性を基にした架橋則（引張応力 - ひび割れ幅関係）で特長付けることが可能である。複雑な応力状態となる鉄筋併用下での部材挙動の評価においては、評価すべき対象によって架橋則に対する着眼点を変えて選りすぐる必要がある。架橋則における剛性、強度、引張破壊エネルギー、さらにはDFRCCの圧縮破壊エネルギーにも着目する必要がある、鉄筋との相互作用も適切に捉えることが重要となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

部材中の複雑な応力場における繊維の架橋性能を精確に評価してDFRCCの架橋則を構築し、部材の構造性能を評価することにより、DFRCCを用いる時に期待するひび割れ拡大抑制効果や部材耐力、靱性能の付加に対して、最適なDFRCC設計が可能となる。期待する効果に対して、架橋則の剛性に着目するのか、強度に着目するのか、破壊エネルギーに着目するのかの判断に資する成果が得られており、さらには、繊維の種類、径、長さなどの選別が可能となる。

研究成果の概要（英文）：Ductile fiber-reinforced cementitious composite (DFRCC) is expected to enhance the higher structural performance by discrete fibers mixed into cementitious matrix. The tensile performance of DFRCC is characterized by the bridging law (tensile stress - crack width relationship) that is built on the pullout behavior of individual fibers. The characteristics of the bridging law should be focused depending on the viewpoints of the structural performance of DFRCC members, in which the stress fields of DFRCC show complex states and are influenced by steel reinforcement. It is important that the characteristics of the bridging law such as stiffness, strength, tensile fracture energy, and also compressive fracture energy should be evaluated appropriately according to the purpose of the evaluation of the structural performance of DFRCC members.

研究分野：建築構造および材料

キーワード：建築構造 DFRCC 架橋性能 架橋則 引抜性状 複合応力 ひび割れ幅 有限要素解析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

モルタルやコンクリート(マトリックス)に短繊維を混練りした高靱性繊維補強セメント複合材料(Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composite:DFRCC)は、引張、せん断および圧縮応力下におけるひび割れ拡大抑制と大きな変形能力で特徴付けられる。これらの性能は、マトリックス中に分散した繊維の架橋性能によって決定され、架橋性能を特徴付ける架橋則は、単繊維(シングルファイバー)の引抜特性、繊維の分散および配向性によって表現される。しかしながら、柱梁接合部の耐力というひとつの構造挙動に対しても未だ評価方法は提案されておらず、さらに梁や壁部材の耐力や変形能に対しては未知であると言わざるを得ない。現在、単繊維引抜挙動から純引張場における巨視的材料挙動を評価できる所まで来ているが、実際の部材中でのDFRCCは複合応力状態にあり、さらには鉄筋との相互作用が存在する。そのため、複合応力および鉄筋との併用下で架橋則がどのように影響され、それを構造解析モデルとしてどのように反映させていくのか検討する必要がある。本研究の学術的「問い」は、単繊維(シングルファイバー)の引抜特性によって定まる架橋則が、鉄筋も存在する構造部材中の複雑な応力場でどのように影響されるかを突き詰め、それをもとにした構造解析モデルによって、構造部材の挙動を評価できるか、の点にある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、構造部材中の複雑な応力場における繊維の架橋性能を精確に評価してDFRCCの構成則を構築し、部材の構造性能を評価検証することである。これが可能となれば、DFRCCを構造体に用いる時に期待するひび割れ拡大抑制や大きな変形能力性能を必要かつ十分に発揮させるためのDFRCCの最適化が可能となり、さらには、単繊維引抜挙動やマイクロメカニクスパラメータまで戻って繊維の種類、径、長さ、配向性を考慮した打込み方法を含むDFRCCの材料設計までもが可能となる。したがって、本研究の最終目的は、DFRCCの材料設計から構造性能評価までを含む、シームレスな最適化設計法を構築することである。

3. 研究の方法

研究の手法は、I:種々の繊維とマトリックスによる単繊維の引抜試験、II:DFRCCの一軸引張試験および鉄筋併用下での要素実験、III:DFRCC構成則のモデル化と部材の有限要素解析、IV:DFRCC部材の加力実験と構造性能の評価の4つであり、常に同時進行で研究を推進した。研究方法I:単繊維(シングルファイバー)の引抜試験

架橋則の計算における架橋力-拔出し関係の特性値、スナビング係数および繊維有効強度低減係数については繊維特有の値と考え、これらの値は実験的に求めた。繊維の種類、マトリックスの違いを影響因子とし、30mm角のモルタル板に繊維を1本埋め込んだ試験体を作製して引抜試験を行った。

研究方法II:DFRCCの一軸引張試験および鉄筋併用下での要素実験

研究方法Iで得られた繊維1本の引抜力-拔出し量関係をモデル化して架橋則を計算することができるが、現状では、その適合性の可否は実験結果に頼らざるを得ない。引張試験体を作製して一軸引張試験を行い、架橋則の確認データを得た。またDFRCCブロックの中心に鉄筋を配した要素試験体の一軸引張試験を行い、鉄筋併用下における架橋則の適合性を検証した。

研究方法III:DFRCC構成則のモデル化と部材の有限要素解析

研究方法IおよびIIの結果から得られる架橋則から構成則を構築して有限要素解析を行い、既存の部材実験結果と比較検討した。特に、DFRCCの圧縮破壊エネルギーと筋筋量の影響に着目した解析を行った。

研究方法IV:DFRCC部材の加力実験と構造性能の評価

部材中の複合応力状態が顕著に表れる柱梁接合部および片側柱付き壁に着目し、実大の1/3~1/2スケールの試験体を作製して部材加力実験を行った。

4. 研究成果

研究方法I:単繊維(シングルファイバー)の引抜試験

実験に用いた繊維を表1に示す。繊維の架橋性能を精確に評価するために、樹脂繊維、鋼繊維、様々な径および表面形状の繊維に対して実験を行った。なお、一部申請者が過去に行った同様の引抜試験も含む。架橋則を計算するために、架橋力-拔出し関係の特性値、スナビング係数および繊維有効強度低減係数を求めた。

表1 引抜試験を行った繊維*1

繊維種類	特徴	径(mm)	強度(MPa)
PP	四葉異形	0.053	600
		0.7	580
PVA	細径	0.04	1500
	太径	0.1	1200
アラミド	細径集束型	0.012	3400*2
		0.5	
鋼	直線	0.16	2800

*1 過去の引抜試験結果を含む

*2 原糸の引張強度

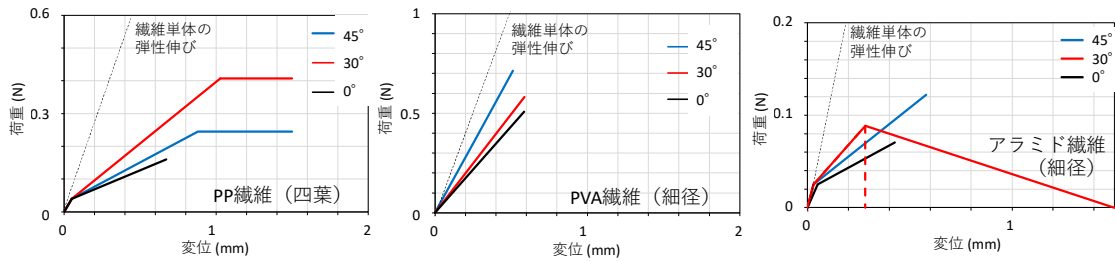


図1 引抜試験より求めた単繊維の引抜モデルの例

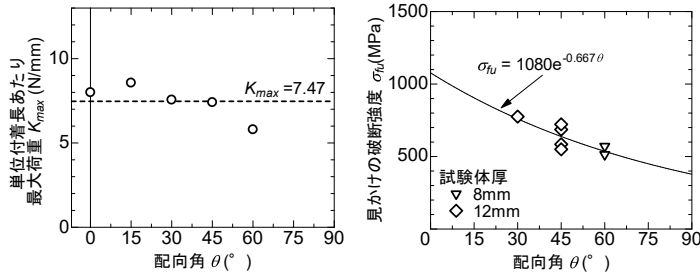


図2 スナビング係数、見かけの破断強度の検討例

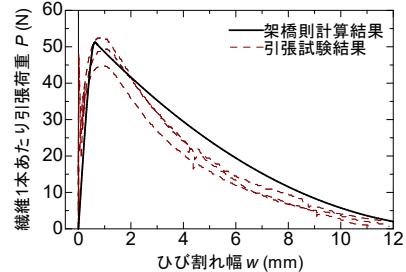


図3 架橋則の計算例

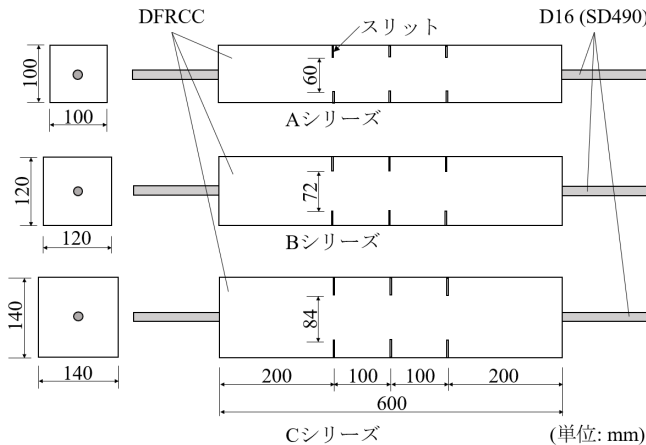


図4 鉄筋併用 DFRCC 要素の一軸引張試験試験体

$$\epsilon_s = \frac{k_{bo}\phi_s}{8A_c\{\sigma_{cr} - \sigma_{br}(w_{cr})\}} w_{cr}^2 + \frac{1 + np}{2npE_c} \{\sigma_{cr} + \sigma_{br}(w_{cr})\}$$

ここで、
 n : 弾性係数比(= E_s/E_c),
 p : 鉄筋比(= A_s/A_c),
 E_s : 鉄筋弾性係数,
 E_c : DFRCC 弾性係数,
 A_s : 鉄筋断面積,
 A_c : DFRCC 断面積,
 ϕ_s : 鉄筋周長,
 k_{bo} : 鉄筋と DFRCC 間の付着剛性,
 σ_{cr} : DFRCC のひび割れ発生強度,
 $\sigma_{br}(w_{cr})$: 繊維の架橋則 (ひび割れ幅 w_{cr} の関数)

図5 鉄筋歪-ひび割れ幅関係理論式

引抜試験結果より求めた架橋力-拔出し関係のモデルの例を図1に示す。単繊維の引抜モデルは繊維種類、径、形状によって大きく異なっており、PP 繊維 (四葉) では全繊維長引抜け時まで荷重を負担する、PVA 繊維では化学的な付着力により荷重レベルが相対的に高い、アラミド繊維ではスナビング効果がより顕著に表れる、等の結果が得られた。

集束型アラミド繊維の引抜試験結果より検討した、スナビング係数、見かけの破断強度の検討例を図2に示す。これらの検討より得られた集束型アラミド繊維の引抜モデルを用いて計算した架橋則の計算例を図3に示す。引抜試験結果とあわせて考えれば、DFRCC の架橋則は用いる繊維によって大きく異なることを示している。

研究方法 II : DFRCC の一軸引張試験および鉄筋併用下での要素実験

図3には、集束型アラミド繊維を用いた DFRCC の一軸引張試験結果をあわせて記載した。架橋則の計算結果は一軸引張試験結果とよい合致をみており、架橋則の構築の適合性を伺うことができる。

鉄筋併用下における架橋則の適合性を検討するために、DFRCC ブロックの中心に鉄筋を配した試験体の一軸引張試験を行い、ひび割れ幅を計測した。試験体形状を図4に示す。鉄筋併用下における DFRCC のひび割れ幅は、鉄筋および DFRCC の引張力、ひび割れ位置における架橋力の

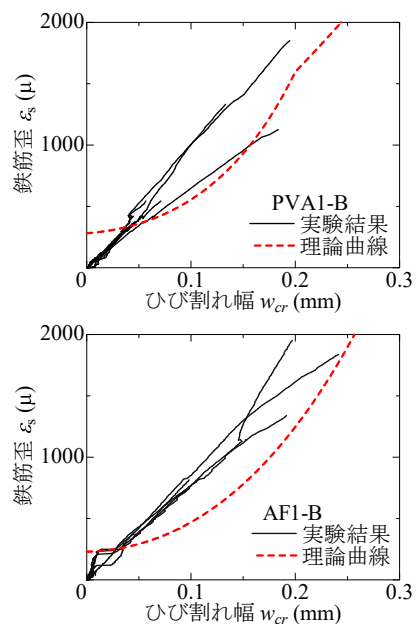


図6 ひび割れ幅の計測値と理論式との比較 (上: 太径 PVA 繊維、下: 集束型アラミド繊維)

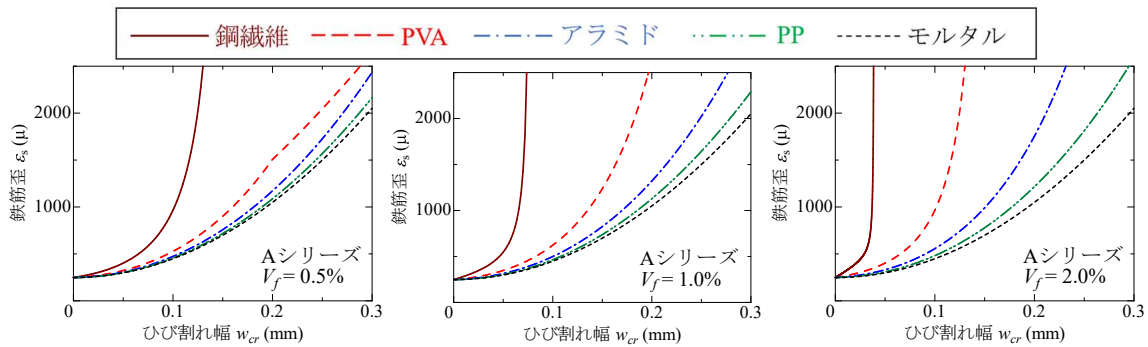


図7 繊維種類によるひび割れ幅理論曲線の比較

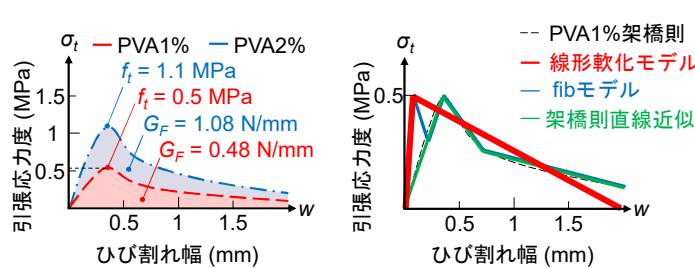


図8 FEAにおけるDFRCCの引張モデル

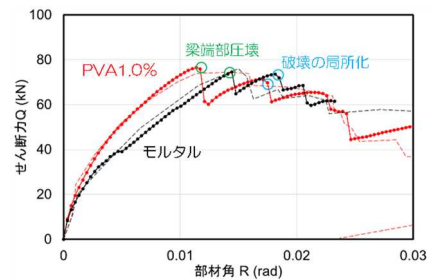


図9 解析結果の例

平衡条件と、ひび割れ幅と鉄筋拔出し量に関する適合条件より導いた、図5に示す鉄筋歪一ひび割れ幅関係の理論式と比較した。ひび割れ幅の計測結果と理論式との比較を図6に示す。理論式は、着目区間における新たなひび割れ発生条件を用いて構築しているため、任意の鉄筋歪における最大のひび割れ幅を与える。ひび割れ幅の計測値は理論曲線よりおおむね左（最大のひび割れ幅より小さい値）に位置しており、鉄筋併用下におけるDFRCCのひび割れ幅評価として適用可能である。

鉄筋歪一ひび割れ幅関係の理論式は陽にDFRCCの架橋則を含んでおり、架橋則の差異が鉄筋併用下におけるDFRCCのひび割れ幅に及ぼす影響を検討することができる。鋼繊維、太径PVA繊維、集束型アラミド繊維および異形PP繊維の架橋則を用い、ひび割れ幅の比較を行った。繊維堆積混入率(V_f)をパラメータとした、ひび割れ幅理論曲線の比較を図7に示す。なお、繊維の入っていないモルタル試験体のグラフも合わせて示した。PP繊維、アラミド繊維、PVA繊維および鋼繊維の順に同一鉄筋歪におけるひび割れ幅が小さくなることが確認できる。すなわち、同順にひび割れ幅抑制効果が高くなるといえる。これは、各種繊維架橋則を比較したときの初期剛性の増加順と一致する。特に鋼繊維を用いた場合、繊維混入率0.5%においてもひび割れ幅が小さく、その他の繊維と比較してひび割れ幅抑制効果が高いことがわかる。これは、鋼繊維の架橋則の初期剛性および最大架橋応力がその他の繊維の架橋則と比較して大きいためであり、その要因として、鋼繊維は引張強度が大きく破断が生じないこと、弾性係数が大きいこと、配向角によるスナッピング効果が大きいことが挙げられる。一方、PP繊維では、繊維混入率2%においてもモルタル試験体と比較してひび割れ幅の差はわずかであり、繊維混入によるひび割れ幅の抑制効果は小さい。これは、PP繊維の架橋則の初期剛性が小さいためであり、その要因として、繊維の弾性係数およびマトリックスとの付着剛性がいずれも小さいことが考えられる。設計の段階において、目標とするひび割れ幅と鉄筋歪を設定すれば、適切な繊維種類と繊維量を決定することが可能である。

研究方法Ⅲ：DFRCC構成則のモデル化と部材の有限要素解析

研究方法ⅠおよびⅡの結果から得られた架橋則を利用して有限要素解析(FEA)におけるDFRCCの構成則を設定し、境界梁を対象としたFEAを行った。対象は太径PVA繊維とし、図8に示すように架橋則に囲まれた面積から引張破壊エネルギーを求め、線形軟化モデルを構築した。また、圧縮側モデルについても繊維による効果を考慮して、圧縮破壊エネルギーを変化させた。解析結果の例を、実験結果と比較して図9に示す。DFRCCの引張モデルに簡便な線形軟化モデルを用いて実験結果を表現できることを確認した。一方、解析上、最大耐力付近において試験体圧縮側端部の圧壊が顕著であり、繊維混入率の影響を考慮した圧縮破壊エネルギーの設定も重要となることが明らかとなった。

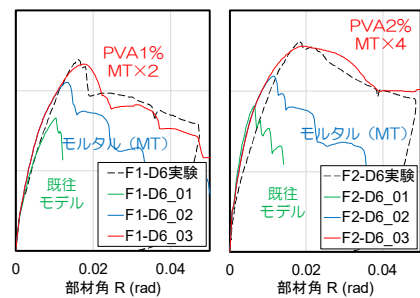


図10 圧縮破壊エネルギーを変化させたFEAの結果

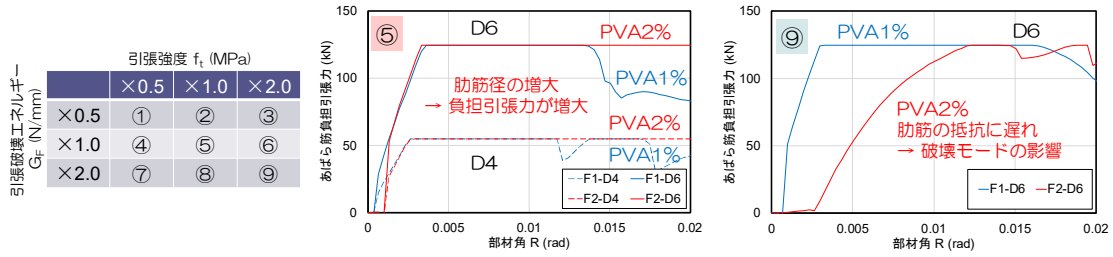


図 11 引張破壊エネルギーと筋筋量を変化させたパラメトリック解析

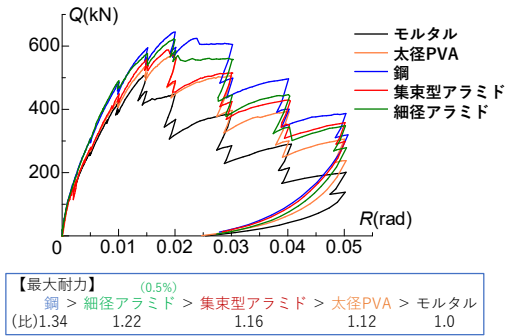


図 12 柱梁接合部の実験結果

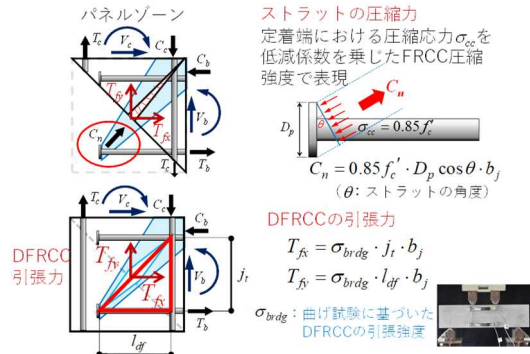


図 13 ト形柱梁接合部の耐力評価

圧縮破壊エネルギーを変化させた解析の例を図 10 に示す。繊維混入率 1% の場合にはモルタルの圧縮破壊エネルギーの 2 倍、同 2% の場合には 4 倍とした解析結果が、実験結果とよい合致を見ている。さらに、引張線形軟化モデルにおける引張破壊エネルギーと筋筋量の影響を検討するために、両者を変化させたパラメトリック解析を行った。解析結果の例として、筋筋負担引張力の推移を図 11 に示す。繊維混入率にかかわらず引張破壊エネルギーを同一とした場合 (⑤)、筋筋径の増加にともない負担引張力も増大するが、繊維混入率に比例させて引張破壊エネルギーも増加させる (⑨) と筋筋の抵抗に遅れが生じて同一部材角時の鉄筋負担引張力が減少し、破壊モードが変化することが明らかとなった。部材中においては DFRCC 単体の引張性能に着目するだけでなく、圧縮性能および鉄筋挙動と合わせた評価が重要である。

研究方法Ⅳ：DFRCC 部材の加力実験と構造的な性能の評価

実大の 1/2 スケールのト形柱梁接合部を作製し、パネルゾーンにのみ DFRCC を用いた試験体の加力実験を行った。使用繊維は、鋼繊維、太径 PVA 繊維、集束型アラミド繊維および細径アラミド繊維である。施工性から細径アラミド繊維の体積混入率は 0.5% とし、その他の繊維では 1% とした。実験結果 (せん断力-層間変形角関係の包絡線) を図 12 に示す。繊維種類による最大耐力の差が明瞭であり、架橋則の観点から考察すると、架橋則における最大引張応力 (架橋強度) の影響が大きいと考えられる。図 13 に示すように、パネルゾーン内のフリーボディを考え、圧縮ストラットの DFRCC 強度および曲げ試験より得られた DFRCC の引張強度を平衡条件式に取り入れ耐力を検討した結果、実験結果とよい合致を見た。

実大の 1/3 スケールの片側柱付き壁を作製し、壁板のみに DFRCC を用いた試験体の加力実験を行った。使用繊維は太径 PVA 繊維で、体積混入率は 2% とした。最大耐力はモルタル試験体と比較して 1.13 倍となった。最大耐力時の壁板のひび割れ状況を図 14 に、画像解析によるひび割れ幅測定結果を図 15 に示す。最大耐力時におけるひび割れ幅の最大値は、モルタル試験体で 0.49mm、PVA2% 試験体で 0.22mm となり、明確なひび割れ拡大抑制効果が確認された。

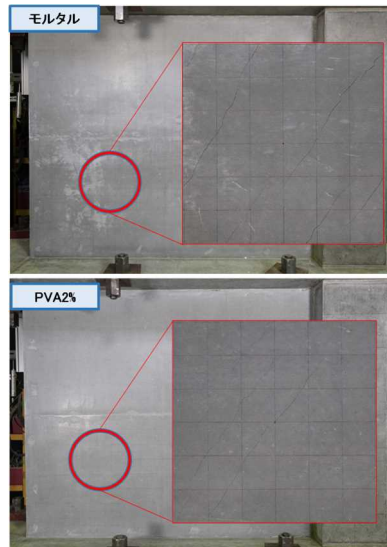


図 14 片側柱付き壁試験体の最大耐力時のひび割れ状況

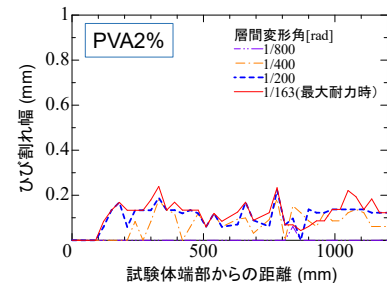


図 15 片側柱付き壁試験体のひび割れ幅計測結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kanakubo Toshiyuki, Echizen Saki, Wang Jin, Mu Yu	4. 巻 13
2. 論文標題 Pullout Behavior of Bundled Aramid Fiber in Fiber-Reinforced Cementitious Composite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1746-1746
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ma13071746	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 須永大揮, 金久保利之, 並木啓恭	4. 巻 42
2. 論文標題 DFRCC部材のせん断ひび割れ幅の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1045-1050
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊藤綾哉, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 42
2. 論文標題 架橋則を適用したDFRCC部材の非線形FEM解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1051-1056
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 浅山智, 八十島章	4. 巻 42
2. 論文標題 アラミド繊維を用いたFRCCト形柱梁接合部の構造性能	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1069-1074
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 須永大揮, 金久保利之, 並木啓恭	4. 巻 41
2. 論文標題 鉄筋補強DFRCC部材のひび割れ幅評価に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1171-1176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanakubo Toshiyuki, Koba Takumi, Yamada Kohei	4. 巻 5
2. 論文標題 Flexural Characteristics of Functionally Graded Fiber-Reinforced Cementitious Composite with Polyvinyl Alcohol Fiber	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Composites Science	6. 最初と最後の頁 94-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jcs5040094	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sunaga Daiki, Koba Takumi, Kanakubo Toshiyuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Modeling of Bridging Law for Bundled Aramid Fiber-Reinforced Cementitious Composite and its Adaptability in Crack Width Evaluation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 179-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14010179	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sunaga Daiki, Namiki Keisuke, Kanakubo Toshiyuki	4. 巻 261
2. 論文標題 Crack width evaluation of fiber-reinforced cementitious composite considering interaction between deformed steel rebar	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 119968-119968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2020.119968	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 須永大揮, 古場匠, 金久保利之	4. 巻 43
2. 論文標題 繊維種類による架橋則の違いがDFRCC部材のひび割れ幅に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sunaga Daiki, Namiki Keisuke, Kanakubo Toshiyuki	4. 巻 2c
2. 論文標題 Shear behavior of DFRCC coupling beams using PVA and aramid fibers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 211-211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Asayama Satoshi, Yasojima Akira	4. 巻 2c
2. 論文標題 Shear Bridging Characteristics of Aramid and PP Fibers on Crack Surface of FRCC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 215-215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今関慶, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 43
2. 論文標題 鉄筋量が異なるDFRCC梁部材の非線形FEM解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Daiki Sunaga, Keisuke Namiki, Toshiyuki Kanakubo
2. 発表標題 Evaluation of crack width in steel reinforced DFRCC members
3. 学会等名 The 2019 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋優太, 八十島章
2. 発表標題 パネルゾーンにFRCCを用いたト形柱梁接合部の構造性能
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅山智, 八十島章
2. 発表標題 FRCCのひび割れ面におけるアラミドおよびPP繊維のせん断架橋特性
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 須永大揮, 金久保利之
2. 発表標題 鉄筋補強DFRCC部材のひび割れ幅算定式
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田恒平, 古場匠, 金久保利之
2. 発表標題 PVA繊維を用いた積層型機能性繊維補強セメント複合材料の曲げ断面解析
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古場匠, 山田恒平, 金久保利之
2. 発表標題 PVA繊維を用いた積層型機能性繊維補強セメント複合材料の曲げ性状
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須永大揮, 並木啓恭, 金久保利之
2. 発表標題 種々の合成繊維を用いたDFRCC梁部材のせん断性状
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古場匠, 金久保利之
2. 発表標題 PVA繊維とアラミド繊維を用いた積層型機能性DFRCCの曲げ性状
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wang Jin, Shi Haohui, 金久保利之
2. 発表標題 収束アラミド単繊維の拔出し挙動におけるマトリクス強度の影響
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shi Haohui, Wang Jin, 金久保利之
2. 発表標題 Influence of Matrix Strength on Bending Behavior of DFRCC with Bundled Aramid Fiber
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林寛弥, 須永大揮, 金久保利之
2. 発表標題 PVA - FRCCと異形鉄筋の局所付着構成則のモデル化
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須永大揮, 小林寛弥, 金久保利之
2. 発表標題 PVA - FRCCと異形鉄筋の局所付着性状
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wang Jin, 金久保利之, 越前沙紀
2. 発表標題 FRCCにおける収束型アラミド単繊維の拔出し挙動
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金久保利之, Wang Jin, 越前沙紀
2. 発表標題 収束型アラミド単繊維の拔出しモデルと架橋則の計算
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅山智, 八十島章
2. 発表標題 ひび割れ面におけるAFRCCのせん断架橋特性
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八十島章, 浅山智
2. 発表標題 DFRCCに機械式定着された梁主筋の定着性能
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 絢斗, 八十島 章
2. 発表標題 片側柱付きPVA-FRCC耐震壁の構造性能
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>セメント系高靱性複合材料 (材料分野) http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/2frc.htm セメント系高靱性複合材料 (構造分野) http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/2frcs.htm Mechanical Properties of DFRC (Materials field) http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/2frc-e.htm Mechanical Properties of DFRC (Structural field) http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/2frcs-e.htm</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	菊田 貴恒 (Kikuta Takatsune) (20599055)	東北工業大学・建築学部・准教授 (31303)	
研究分担者	田嶋 和樹 (Tajima Kazuki) (60386000)	日本大学・理工学部・教授 (32665)	
研究分担者	八十島 章 (Yasojima Akira) (80437574)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------