

氏名 (本籍)	藤代 勝 (愛媛県)
学位の種類	博士 (工学)
学位授与番号	甲第 468 号
学位授与日付	平成 27 年 3 月 25 日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の特徴を活かした構造利用 (Structural applications of high performance fiber reinforced cement composites utilizing their unique characteristics)
学位論文審査委員	(主査) 教授 内田 裕市 (副査) 教授 小林 孝一 教授 六郷 恵哲

論文内容の要旨

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (High Performance Fiber Reinforced Cement Composites, 以下, HPRCC) は, 引張応力の増大に伴い, 0.1mm 程度以下の微細なひび割れが次々に生ずる「複数微細ひび割れ挙動」と, 大きな引張変形を生ずる「引張ひずみ硬化挙動」を示す材料である。本研究は, この優れた材料特性を持つ HPRCC の特徴を活かした新たな構造利用の方法を提案することを目的としている。

第 1 章では研究の背景と目的について, 第 2 章では HPRCC の適用例および適用を目的とした研究例についてまとめている。

第 3 章では, 鋼床版の疲労によりデッキプレート等に発生する損傷対策として, HPRCC 吹付と U リブ内のモルタル充填を併用して鋼床版を下面から補強する工法を提案している。下面からの補強であることから, 既設橋へ適用する場合にはこれまでの上面からの補強工法と比べて交通への影響を小さくすることができることを明らかにしている。工法の適用性確認のため, 実橋梁を模擬した試験体に下面から HPRCC を吹き付けて施工性を確認するとともに, 実橋梁と同様な構造の試験体を用いて輪荷重走行疲労試験を行い, FEM 解析結果とも比較することで, 下面補強によって発生応力度を低減できることを確認している。得られた結果より疲労に対する評価を行った結果, 適用を想定した実橋梁において, 供用期間中の疲労亀裂の発生を抑制できる可能性を示している。

第 4 章では, HPRCC に発泡スチロール (EPS) 粒子を体積で 1/2 近く混入する方法により, HPRCC の引張変形性能を保ち, かつ見かけの密度が 1g/cm^3 に近い軽量セメント複合材料を提案している。EPS 粒子を混入した軽量 HPRCC (HPRCC+EPS) の圧縮試験と一軸引張試験を行うとともに, この材料で作製した RC 板部材の曲げ試験と RC はり部材の衝撃試験を行い, 耐荷性能や変形性能を, 従来の HPRCC やモルタルで作製したものと比較し, この材料の有用性を明らかにしている。

第 5 章では, 前章で提案した軽量 HPRCC について, その特性を生かして利用する投下型コンクリートブロック材料への適用について検討している。HPRCC+EPS の改良型の配合を提案するとともに, 山岳地帯の砂防工事に用いられる投下型の立体十字コンクリートブロックを模した供試体を HPRCC+EPS, HPRCC, 普通コンクリートの 3 種類で作製して供試体そのものを落下させる衝撃試験を行い, 供試体の耐衝撃性能を高めるための条件を明らかにしている。

第 6 章では, アルカリシリカ反応 (ASR) により長期にわたって膨張する HPRCC を提案し, 適用の一例として, この材料に鉄筋を配置して膨張を拘束しケミカルプレストレスを導入している。促進養生で ASR を発生させた HPRCC のダンベル型供試体による一軸引張試験では, 引張終局ひずみが低下するものの, 複数微細ひび割れの性能は維持されていることを確認している。鉄筋補強した HPRCC はりの長さ変化試験では, 膨張エネルギー一定則が成立することを確認し, 曲げ載荷試験では, ASR で導入されるケミカルプレストレスによりひび割れ荷重が増加することを確認してい

る。ケミカルプレストレスが導入されたはりは、本実験の範囲では、乾燥収縮後も膨張が残存するとともに、亜硝酸リチウムを含浸することで ASR 膨張を制御できることを明らかにしている。

第 7 章では、第 2 章から第 6 章までの研究成果をまとめ、現状の課題と今後の展望について述べている。

論文審査結果の要旨

この論文では、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC)の特徴を活かした構造利用について各種の提案を行っている。鋼床版の疲労によりデッキプレート等に発生する損傷対策として、HPFRCC を用いて鋼床版を下面から補強する工法を提案し、疲労亀裂の発生を抑制できることを明らかにしている。EPS 粒子を混入した軽量 HPFRCC を開発し、鉄筋で補強したはり部材や投下型コンクリートブロックを作製し、特徴ある性能を明らかにしている。ASR により長期にわたって膨張する HPFRCC を提案し、鉄筋を配置したはり部材においてケミカルプレストレスが導入されることを明らかにしている。この論文は、重要な研究結果を含んでおり、新規性、有用性の点で優れている。したがって、学位審査委員会は、審査の結果、この論文を学位論文に値するものと判定した。

最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出された論文の主要部分が、下記に示す 4 編の審査付き論文と 3 編の国際会議論文として既に発表済みであることを確認するとともに、平成 27 年 2 月 13 日に開催された学位論文公聴会における質疑応答と口頭試問などに基づいて審査を行い、最終試験に合格と判定した。

発表論文 (論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ)

1. 藤代勝, 三田村浩, 坂田昇, 内田裕市, 六郷恵哲: HPFRCC 吹付けと U リブ内のモルタル充填を併用した鋼床版下面補強工法の開発, 土木学会論文集 E2, Vol.71, No.1, 2015.2.
2. 松島雄平, 中野昂人, 藤代勝, 六郷恵哲: 発泡スチロールを組み込んだ軽量 HPFRCC 部材の曲げ耐荷性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.259-264, 2013.
- 2'. M. Fujishiro, K. Rokugo, Y. Matsushima and T. Nakano: Flexural Load-Bearing Performance of Lightweight SHCC Members Incorporating Polystyrene Foam, 3rd International RILEM Conference on Strain Hardening Cementitious Composites (SHCC3-Delft), pp.425-432, 2014.11.
3. 松島雄平, 大久保仁人, 藤代勝, 六郷恵哲: 投下型コンクリートブロックへの軽量 HPFRCC の適用と供試体落下試験による耐衝撃性能の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.1123-1128, 2014.
- 3'. M. Ohkubo, Y. Matsushima, K. Rokugo and M. Fujishiro: Specimen-Drop Tests for Evaluating Impact Resistance of Concrete Blocks Made of Lightweight SHCC, 3rd International RILEM Conference on Strain Hardening Cementitious Composites (SHCC3-Delft), pp.373-380, 2014.11.
4. 高田浩夫, 恩田陽介, 藤代勝, 小林孝一, 浅野幸男, 六郷恵哲: ASR により長期にわたり膨張する HPFRCC の引張性能と鉄筋配置により導入したケミカルプレストレス, 土木学会論文集 E2, Vol.70, No.4, pp.356-369, 2013.11.
- 4'. K. Rokugo, H. Takada, Y. Onda, M. Fujishiro, K. Kobayashi and Y. Asano: Prestressing of Steel Bar-Reinforced Concrete Beams Using SHCC that Retains ASR Expansion for A Long Time, 3rd International RILEM Conference on Strain Hardening Cementitious Composites (SHCC3-Delft), pp.43-50, 2014.11.