

氏 名（本 籍）	新家 一秀（岐阜県）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学位授与番号	甲第 459 号
学位授与日付	平成 26 年 9 月 30 日
専 攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	コンクリート構造物の補修材としての HPFRCC の性能評価 (Performance evaluation of HPFRCC as repair-material for concrete structures)
学位論文審査委員	(主 査) 教授 小林 孝一 (副 査) 教授 内田 裕市 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（以下、HPFRCC: High Performance Fiber Reinforced Cement Composites）は、引張力の作用下において「ひずみ硬化挙動」と「複数微細ひび割れ挙動」を示す材料であり、コンクリート構造物用の一般的な補修材料であるポリマーセメントモルタル（以下、PCM）に比べ、ひび割れ抵抗性が高くひび割れ幅が小さいことから、高性能な補修材料として期待されている。HPFRCC に求められる性能や試験方法については、土木学会の指針（案）にまとめられているが、劣化やひび割れが生じたコンクリート構造物の補修に HPFRCC を用いた場合の性能の評価方法については、十分な検討がなされていない。また、列車や大型車両による振動下で HPFRCC を施工した場合の振動の影響については不明な点が多い。さらに、現場でミキサや電源を用いることなく、高い性能の HPFRCC を手練りにより簡単に少量製造できれば、コンクリート構造物を点検する際に見つかった劣化部分を直ちに補修できる。

本論文においては、既設コンクリート構造物を HPFRCC により補修した場合の補修効果を明確にし、HPFRCC の利用の拡大をはかることを目的として、ひび割れを有するコンクリートの表面補修に用いる HPFRCC のひび割れ追従性の評価と評価試験方法の提案、凍害を受けたコンクリートの表面補修に HPFRCC 等を用いた場合の耐凍害性能の評価と凍害により再劣化しにくい施工方法の提案、鉄道構造物の床版張出し部の鋼板上面増厚補修を想定した列車振動下における施工が鋼板と HPFRCC との付着力に与える影響の評価と試験方法の提案、ならびに手練りにより簡単に少量作製できる HPFRCC の提案と各種性能の評価を行っている。

ひび割れが生じたコンクリートの表面補修に用いられる HPFRCC 等の表面補修材のひび割れ追従性を評価することを目的として、ダンベル型供試体を用いたゼロスパン一軸引張試験方法を提案するとともに、母材の種類、被覆材の種類と厚さが引張試験結果に及ぼす影響について検討している。供試体と供試体のつかみ具との位置関係などを工夫することにより、提案した試験方法により表面被覆材のひび割れ追従性を評価している。HPFRCC は微細なひび割れが分散して生じ、高いひび割れ追従性を示すことを確認している。さらに、ひび割れ部を U カットして補修する方法を模擬し、U カット部の充填材と表面被覆材のひび割れ挙動を明らかにするための一軸引張試験方法を提案している。U カット部を設けるひび割れ補修工法がひび割れ追従性の改善に有効であり、U カット部の充填材に HPFRCC を用いることでひび割れ追従性が向上することを示している。

凍害による劣化が生じたコンクリートに対する表面補修を取り上げ、補修後に凍害を受けても再劣化しにくい施工方法や補修材料について検討している。ウォータージェットにより粗骨材表面が露出する程度まで劣化した表層モルタルを除去してから表面補修を行うことにより、凍害による再劣化が生じにくくなることを明らかにしている。補修材として HPFRCC と PCM は、無収縮モルタルよりも補修後の再劣化が生じにくいことを示している。

鉄道高架橋の床版張出し部に HPFRCC を用いて鋼板上面の増厚補修を行うことを想定し、試作した付着強度試験用鋼製型枠を振動台の上に設置し、列車通過を想定した振動下における鋼板と超速硬

HPFRCC との付着性状について検討している。超速硬 HPFRCC の硬化時における構造物の振動が鋼板と超速硬 HPFRCC との間の付着性強度に与える影響はほとんど無いことと、鋼板上に塗布するエポキシプライマーの粘性と打設時の超速硬 HPFRCC の流動によるエポキシプライマーの移動が付着強度に及ぼす影響が大きいことを明らかにしている。

現場で手練りにより簡単に少量製造できる HPFRCC を提案するとともに、手練りの HPFRCC とミキサ練りの HPFRCC とを比較して、練混ぜ直後のフレッシュ性状、硬化後の力学性能、耐久性に関連した透気係数について評価している。手練りの HPFRCC では、流動性、圧縮強度および付着強度がミキサ練りの HPFRCC と同程度となり、ミキサ練りに比べ曲げ強度は 90%程度、引張終局ひずみは 60%程度となったことを報告している。手練り HPFRCC の引張終局ひずみは 2%程度となり、手練りによって高い性能の HPFRCC が簡便に得られることを示している。

### 論文審査結果の要旨

この論文では、コンクリート構造物の補修材として利用が広がっている HPFRCC を対象として、各種条件下における引張性能を明らかにし、有用な知見を得ている。ひび割れ部を有するダンベル型供試体に被覆する方法により、HPFRCC 等のひび割れ追従性能の評価方法を提案している。凍害劣化したコンクリートを HPFRCC により補修する場合に、再劣化しにくい施工方法を提案している。列車走行による振動下で施工した HPFRCC と鋼板との付着性能を明らかにするとともに、よりよい施工方法を提案している。現場で手練りにより簡単に少量製造できる HPFRCC の評価を行い、配合を改良している。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 5 編の審査付き論文と 1 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 26 年 8 月 1 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. 森井直治, 新家一秀, 平井英章, 六郷恵哲: 手練りで少量使用できる HPFRCC のフレッシュ性状と力学的性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.251-256, 2011.
- 1.' K. Rokugo, K. Kobayashi, Y. Asano, N. Morii, S.-C. Lim, K. Shinya and H. Hirai: Fresh Properties and Mechanical Performance of Hand-Mixed Small-Batch SHCC, Proc. of SHCC2-Rio (2nd RILEM International Conference on Strain Hardening Cementitious Composites), Rio de Janeiro, pp.313-321, 2011.
2. 新家一秀, 佐藤あゆみ, 浅野幸男, 小林孝一, 六郷恵哲: コンクリート用表面被覆材を対象としたダンベル型供試体を用いたゼロスパン一軸引張試験方法の提案, 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, 第 12 巻, pp.395-400, 2012.
3. 田代恭平, 佐藤あゆみ, 新家一秀, 六郷恵哲: 凍害を受けたコンクリートを対象とした再劣化しにくい補修方法の提案, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.907-912, 2013.
4. 新家一秀, 佐藤あゆみ, 林承燦, 六郷恵哲: ダンベル型供試体を用いた一軸引張試験によるコンクリート U カット補修部のひび割れ挙動の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1888-1893, 2014.
5. 林承燦, 大久保仁人, 新家一秀, 六郷恵哲: 若材齢時に振動を受ける鋼板と超速硬 HPFRCC との付着強度試験方法の提案とエポキシプライマーの粘性の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.310-315, 2014.