

氏名（本籍）	大畑 卓也（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第488号
学位授与日付	平成28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	コンクリートの耐凍害性能の評価と補修材としての HPFRCC の適用 (Evaluation of frost resistance of concrete and applications of HPFRCC as repair materials)
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

凍害劣化したコンクリート構造物の補修においては、既設コンクリートと補修材との界面が弱点となりやすい。凍害劣化したコンクリート構造物には、凍結防止剤や飛来塩分などの塩化物の影響や乾湿の影響など、凍結融解作用以外の劣化因子が複合して作用している場合が多い。この論文においては、こうしたことを考慮して、凍害環境下にあるコンクリート構造物の補修に高靱性繊維補強モルタル（HPFRCC）を適用するための研究を行っている。凍結融解作用による劣化はコンクリートの表層から内部へと進展するため、コンクリートは一様には劣化しない。また、コンクリートの凍害劣化の指標である動弾性係数の計測値は、供試体の劣化位置の影響をうけやすい。この論文においては、これらのことを考慮して、動弾性係数を安定して計測するための方法を提案している。さらに、凍害劣化したコンクリートの範囲を定量的かつ簡易に把握するため、塩化物イオンをトレーサーとして用いる方法を提案している。

第2章では、HPFRCC と、ポリマーセメントモルタル（PCM）を普通コンクリート（NC）に積層させた供試体と全断面 NC 供試体の型枠面（打設面以外）に、高密度ポリスチレンフォームを付着させ、凍結融解作用を打設面に限定させた凍結融解試験を行っている。凍結融解試験後、供試体の三等分点曲げ試験および付着試験を実施している。HPFRCC は PCM と異なり、凍結融解後に曲げ強度が低下しないこと、HPFRCC は凍結融解試験後においても NC との十分な付着性能を有していること、HPFRCC には NC に対する凍結融解作用の影響を低減する効果があることを明らかにしている。

第3章では、全断面 NC の単一供試体と、補修材に HPFRCC、PCM、モルタル（NM）を用いた積層供試体を作製し、ひび割れを導入した後に、凍結融解過程に乾湿繰返し作用を組み込んだ緩速凍結融解試験を行っている。その後、供試体を割裂し 硝酸銀発色試験により塩分浸透状況を確認し、鉄筋をはつり出し、腐食面積率を算出している。試験結果より、乾湿繰返しと凍結防止剤の有無に関わらず HPFRCC は高い耐スケーリング性と塩分浸透抑制効果を示すことを明らかにしている。塩水を用いるとスケーリング劣化は顕著となり、ひび割れを有する場合、ひび割れの角からのスケーリング劣化が顕著となることを明らかにしている。

第4章では、2種類の中空骨材（MSB、SL）を用いた HPFRCC および高流動モルタルの凍結融解抵抗性を角柱供試体により評価している。凍結融解作用前後における HPFRCC の引張性能を評価するため、ダンベル型供試体を用いて凍結融解試験を行った後に一軸引張試験を行っている。高流動モルタルの凍結融解抵抗性を、中空骨材 SL は低下させたが、中空骨材 MSB は改善したことを報告している。HPFRCC は、中空骨材の混入量に関わらず、十分な凍結融解抵抗性を有していることを確認している。HPFRCC は、凍結融解試験後においても十分な引張性能を有しており、中空骨材 MSB を HPFRCC に混入すると、引張終局ひずみが大きくなることを明らかにしている。

第5章では、凍害劣化の指標である動弾性係数を計測する際の留意点を明らかにしている。凍害を受けて脆弱化したコンクリート層を模擬したモルタルを、火山岩系岩石を熱発泡させた細骨材（パー

ライト)の混入割合を変えてして作製し、この脆弱モルタル層に普通コンクリートを打継ぎ、脆弱層の厚さや位置を変えた角柱供試体を作製し、共鳴振動法により動弾性係数を計測している。脆弱の程度(パーライトの混入割合)や角柱供試体中の脆弱層の位置が、計測される動弾性係数の値に及ぼす影響を明らかにしている。

第6章では、塩化物をトレーサーとして、凍害劣化したコンクリートの物質侵入抵抗性について検討している。凍害劣化が生じやすいように空気量を小さくしたコンクリートを用いて、凍結融解試験を実施した後に2週間乾燥させ、NaCl 10%溶液に2週間浸漬し、硝酸銀噴霧と蛍光X線分析により塩化物浸透状況を測定している。その結果、塩化物をトレーサーとして、凍害劣化を生じた範囲を可視的に評価しうることを明らかにしている。

論文審査結果の要旨

この論文では、寒冷地において凍害を受けるコンクリートを対象として、塩化物イオンをトレーサーとして、凍害劣化したコンクリートの範囲を可視的に特定できる手法を提案している。凍害劣化の指標である動弾性係数の計測において、劣化箇所の影響を受けにくい手法を提案している。凍結防止剤や飛来塩分などの塩化物や、乾湿の影響など、凍結融解作用以外の劣化因子が複合して作用する場合にも、凍害を受けるコンクリートの補修材として、高靱性繊維補強モルタル(HPFRCC)は、優れた耐凍害性を示すことを明らかにしている。このように、この論文は、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して既に発表済みであることを確認するとともに、平成28年2月8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. 大畑卓也, 向井佑真, 小澤満津雄, 小林孝一, 六郷恵哲: 凍害劣化したコンクリートの物質侵入抵抗性の評価, 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, Vol.14, pp.133-140, 2014.
2. 田代恭平, 大畑卓也, 浅野幸男, 小林孝一, 六郷恵哲: 凍害を想定した脆弱モデル層がコンクリートの動弾性係数の計測値に及ぼす影響, 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, Vol.14, pp.121-126, 2014.
3. 中島隆, 大畑卓也, 中澤里, 六郷恵哲: ダンベル型供試体を用いた凍結融解作用後のHPFRCCの引張性能の評価と中空骨材の効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.227-232, 2010.
4. 大畑卓也, 加藤久也, 浅野幸男, 六郷恵哲: 凍結融解作用がHPFRCC積層供試体の力学性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1117-1122, 2009.
- 4.' Takuya OHATA, Hisaya KATO, Yuichiro YAMADA, Koichi KOBAYASHI and Keitetsu ROKUGO: Improvement of performance of concrete against freezing and thawing actions by HPFRCC overlay, Proc. of 4th International Conference on Construction Materials, Vol.1, S5-3-4, pp.369-373, 2009.
5. 澤田賢吾, 大畑卓也, 小林孝一, 六郷恵哲: 表面補修後にひび割れを導入した部材のスケーリングと鉄筋腐食への乾湿および塩水の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1123-1128, 2009.