



Title	セメント硬化体の凍害劣化抑制技術に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	西, 祐宜
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第11505号
Issue Date	2014-06-30
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/56715">http://hdl.handle.net/2115/56715</a>
Rights(URL)	<a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Hironobu_Nishi_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 西 祐直

審査担当者 主査教授 名和 豊春  
副査教授 廣吉 直樹  
副査教授 佐藤 努  
副査准教授 胡桃澤 清文

## 学位論文題名

セメント硬化体の凍害劣化抑制技術に関する研究

(Study on Frost Damage Restraint Technology of Hardened Cement-based Materials)

コンクリート構造物において、凍結融解作用に対する挙動および劣化作用機構の解明は、コンクリート構造物の維持管理上、非常に重要な課題である。コンクリート構造物のひび割れ対策は過去より実践されてきたが、ここ数年はより具体性を持った対策が進んでいる。対策方法の一つである「収縮低減剤」は、日本が独自に開発・実用化した有機系の混和剤であり、1980年代より実用化されているが、空気量調整の困難化、凝結遅延、若材齢強度の低下、耐凍害性の著しい低下が避けられないため、実用化拡大の障害となっていた。特に、一般的な凍害劣化対策方法である AE 剤を使用してエントレインドエアを連行する方法でも、耐凍害性の改善は捗々しくなく、新しい対策方法を見出すことが要請されていた。

本博士論文は、「凍結融解作用に対する抵抗性を改善した新規収縮低減剤の開発」と、空気連行を伴わない「凍害劣化抑制剤の開発」からなる。すなわち、収縮低減剤を使用した際に懸念される著しい耐凍害性低下の改善を達成する新規収縮低減剤の開発と同時に、その研究過程から生み出された、連行空気に依存せずに耐凍害性を確保できる、氷晶浸透および水分移動の遮断物質をセメント硬化体中に導入する技術を開発したものである。主たる成果は以下に列挙される。

第一の成果は、乾燥収縮と凍害の作用機構を検証した上で、その結果を包括的にとりまとめ、化学混和剤の観点から乾燥収縮を抑制する手段、凍害劣化を抑制する手段を抽出し、収縮低減剤の材料設計を行い、耐凍害性に優れ、乾燥収縮由来のひび割れを防止する収縮低減剤の開発に成功したものである。すなわち、運動性の高い巨視的水分を保有する毛細管空隙に着目し、連続空隙の遮断による水分移動および氷晶成長の抑制により、乾燥収縮の抑制および耐凍害性の向上が可能なことを原理的に明らかにし、耐凍害性の高い収縮低減剤の開発に成功している点である。耐久性材料の場合、促進試験での性能確認のみでは長期での耐久性を保証することは無理があり、本研究で示されたような劣化の作用機構に基づいた材料設計方法の確立が待たれていた。この点で、本研究で提案された設計手法は工学的に高く評価される。

第二の成果は、セメント硬化体内部への氷晶の浸透および未凍結水分の移動を遮断する疎水性物質を、乳化作用を用いてセメント硬化体中に混和する手法を見出した点である。この手法により、多様な成分の疎水性物質および収縮低減物質の組合せが可能になり、耐凍害性に優れ、乾燥収縮由来のひび割れを防止する新規収縮低減剤の開発に成功している。特に、乳化剤については 20 種類以上の剤を合成し、疎水性物質および収縮低減物質との相性を検討し、最適な剤の選定を行っている。さらに、収縮低減物質についても構造の異なるものを多数合成し、表面張力の低下がなくとも十分に収縮を低減することが確認すると共に、疎水基の炭素数や EO 付加モル数の最適化を行っている。これらの総合的な検討過程は高く評価されるものであり、最終的にセメント硬化体中で乳化するタイプとエマルジョンタイプの 2 種類の新規収縮低減剤の開発に成功している。

第三の成果は、各種の測定方法を用いてセメント硬化体中に混和した疎水性成分と収縮低減成分の存在形態と大きさを確認し、コンクリートの物性に及ぼす最適なサイズを確認することにより新規収縮低減剤の最適化を行った点である。まず、アルカリ水中で新規収縮低減剤の粒度分布を散乱式レーザー回折粒度分布計で測定し、収縮低減成分が水分を包含した分子会合体として存在することを確認すると共に、SEMの反射電子像から疎水性化合物が設計通り、微細な球状の物質として、アルカリ水中で確認された粒子径と近似したサイズで混和されていることを確認している。また、サイズの異なる疎水性化合物を混和することにより、耐凍害性に最適なサイズが存在することを明らかにした。この基礎的な新知見は、凍害劣化機構の解明に対して大きく貢献するとともに、新規収縮低減剤や凍害劣化抑制剤の開発コンセプトを与えるもので、工学的な貢献度が高い。

第四の成果は、設計した新規収縮低減剤の凍害劣化抑制成分をより厳選し、連行空気なしで耐凍害性を実現できる剤を開発し、その性能を室内コンクリート試験で確認したことである。また、低温 DSC による凍結水量の測定結果やモルタルの凍結融解作用時の変形挙動から、冷却される供試体表面から浸透した氷晶もしくは氷晶の成長に伴い排出される未凍結水は、毛細管空隙内を浸透し、疎水性化合物より深い位置へ浸透(移動)しないことが確認され、当初の設計コンセプト通りの材料設計に成功していることを確認している点は特筆すべき成果である。

これを要するに、著者は乾燥収縮の低減機能と耐凍害性を兼備した「新規収縮低減剤」と連行空気を必要としない「凍害劣化抑制剤」を設計し、その性能を検証したものであり、資源材料工学およびコンクリート工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。