



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	http://hdl.handle.net/2115/56715
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
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_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 西 祐 直

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。セメント硬化体の凍害劣化のメカニズムは、氷晶の発生理論および発生後の水分の移動理論、それらと多孔組織との相互作用等から説明されるが、水の物性および環境条件、材料特性が多岐に渡るため、凍害劣化の支配度を限定することは困難である。耐凍害性を制御するには、セメント硬化体内部の飽水度の低下、エントレインドエアの連行、毛細管空隙の減少（低水セメント比化）が一般的な方法である。また、これらに影響を及ぼす養生条件および材齢、水和度等と調合条件および使用材料の品質も重要である。本研究では、凍害劣化の支配的要因として、運動性の高い巨視的水分を保管する毛細管空隙に着目し、その空隙連続性の遮断および氷晶浸透の抑制による飽和流動水圧の低減により、耐凍害性の向上を図ることを目的とした。

本研究は「凍結融解作用に対する抵抗性を改善した収縮低減剤の開発」および「凍害劣化抑制剤の開発」からなる。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とエントレインドエアに頼らない耐凍害性の確保を目標に、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検討した。本研究は凍害劣化抑制技術を確立するための、作用機構に基づく設計概念および設計手法、性能検証、実用化に関する研究である。

第1章は本研究の背景と目的を示している。本研究の背景として、コンクリートを取り巻く社会的背景および現状の対策方法、従来技術の問題点を示している。また、本研究の目的である、「コンクリートの乾燥収縮の低減」および「凍結融解作用による抵抗性の向上」を達するにあたり、着目した現象とそれを改善する手法概念を示している。

第2章は本研究に関連する既往の研究の調査報告である。乾燥収縮および凍結融解の既往の研究を整理すると共に、収縮低減剤に関する研究と収縮低減剤が乾燥収縮および凍結融解に及ぼす影響に関する研究を調査した。調査した既往の研究から、新規混和剤の開発に必要な情報を抽出している。

第3章は新規収縮低減剤の設計を示している。新規混和剤の一つである新規収縮低減剤の設計概念を示し、それぞれの化合物に求められる性能をモルタル試験にて確認し、化合物（収縮低減成分・疎水性化合物・乳化剤）の選定を行った実験経緯を示している。非イオン系界面活性剤を主成分とする種々の化合物から、収縮低減効果および遅延性を考慮して収縮低減成分を選択した。実験により、非イオン系界面活性剤のアルキル基の炭素数が4以下の場合、アルキル基の炭素数が多く、EO付加モル数1~2が最も収縮低減効果が高いことが判明した。疎水性化合物は化学的腐食を考慮して、鉱物油およびエステル、植物油を選定した。疎水性化合物を乳化分散する乳化剤は、乳化剤単体の空気連行性試験及び新規収縮低減剤として設計した際の空気連行性を確認した。新規収縮低減剤（3成分系）とすることで乳化剤が疎水性化合物に吸着し、疎水性化合物の消泡効果が減少する傾向が確認された。また、未吸着の乳化剤が空気連行性（起泡か消泡）に及ぼす影響も確認された。設計した新

規収縮低減剤のアルカリ水中での疎水性化合物の粒子径分布を測定した。新規収縮低減剤の形態および使用化合物、組成により粒度分布の調整が可能であることが確認され、任意のサイズでセメント硬化体へ導入できる可能性を示した。最後に収縮低減成分の水相への移行性を確認した。その結果、選定した収縮低減成分は水分と混合直後、速やかに疎水性化合物から水相へ移行することが確認された。

第4章は「新規収縮低減剤の諸特性」である。セメントペースト、コンクリートによる試験結果を述べる。セメントペースト試験では、含水性状、水和反応、低温サーモポロメトリーおよび水銀圧入により求めた細孔構造と凍結水量、反射電子像による疎水性化合物の観察結果、異なる相対湿度条件下の乾燥収縮率を確認した。その結果、アルカリ水中で確認された粒子径分布に近似する粒子径でセメント硬化体中に導入されていることが判明した。また、凍結水量の減少および空隙構造の変化も確認された。コンクリート試験では、フレッシュコンクリートの性状、各種耐久性を確認した。気泡組織および混和した疎水性化合物のサイズより新規収縮低減剤の作用機構を推察している。導入した粒子径が約 20 μm の乳化剤では著しい耐凍害性の改善効果が確認され、疎水性化合物が遮断性物質として機能していることを実証した。また、良好な収縮低減性能と耐凍害性を兼備した新規収縮低減剤が設計可能であることを示した。さらに従来の収縮低減剤を比較対象とすることにより、収縮低減効果以外の性能低下の原因を推察し、凍害劣化が促進される原因を推察した。一般的な収縮低減剤は、水分を内包した分子会合体を形成していることを示唆した。その粒子径は 17~262 μm および 0.5 μm 付近に認められ、この分子集合体が耐凍害性の低下原因の一因である可能性を確認した。

第5章は総括であり、各章から得られた知見を整理し、本研究の成果を総括した。