HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Experimental Investigation of the Deformational Behavior of the Phases of Concrete During Freezing and Thawing Cycles [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	SICAT, EVDON LUZANO
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11455号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55536
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Evdon_Sicat_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　Evdon Sicat

審査担当者　主　査　教　授　上田 多門
副　査　教　授　名和 豊春
副　査　教　授　杉山 隆文
副　査　准教授　長谷川 拓哉
副　査　准教授　佐藤 靖彦

学位論文題名

Experimental Investigation of the Deformational Behavior of the Phases of Concrete During Freezing and Thawing Cycles
(凍結融解繰返し作用下のコンクリートの各相の変形挙動に関する実験的研究)

寒冷地での典型的なコンクリート構造物の劣化現象である凍害は, 構造物の美観や耐久性を損なうだけでなく, 最悪の場合は安全性をも損なう. したがって, 凍害による構造物の性能の劣化予測, さらには, 寿命予測は重要である. 凍害に関する研究は数多くあるものの, 凍害がどの程度生じて, それがどのように構造性能に影響を与えるのかを定量的に予測できる手法が確立していない.

予測手法確立のための一つの方法として, 任意の温度・湿潤環境条件下での凍害発生とそれによるコンクリートの材料特性劣化をシミュレーションし, これにより明らかになる凍害を受けたコンクリートの材料モデルを通常の構造解析プログラムに適用し, 構造性能の予測を行なうというものがあり, 本論文はその一連の研究の一部をなすものである. すなわち, 本論文は, 凍害による材料劣化の定量化に必要な凍害発生シミュレーションプログラムを構築するための凍結融解作用下のコンクリートの変形挙動を実験的に明らかにすることを目的とした研究で, その成果は以下のようにまとめられる.

1 章では, この研究の背景, 目的, 論文全体の構成が述べられている.

2 章では, 準微視的サイズのモルタル供試体を封緘し湿潤状態を保った状態で, 凍結融解繰返し温度履歴を与え, その際の変形挙動を実験的に観察した結果を示している. 準微視的サイズとしているのは, 供試体内部の温度と湿潤状況が位置によらず均一と見なせるからである. 温度変化によるひずみ成分を除いた, 凍害によるひずみ成分の特徴は次のようであった. 飽水状態の供試体は, 凍結過程において内部の水分の凍結膨張により膨張ひずみを生じるが, この膨張ひずみも凍結融解繰返し回数とともに減少し, 収縮ひずみに変わる. これは, 膨張ひずみ発生時に生じる空隙体積の増加により飽水状態が部分飽水状態となり, 凍結過程で凍結水と未凍結水との化学ポテンシャルの相違による未凍結水の移動が生じ, その際に収縮を伴うことによる. 当初から部分飽水状態の供試体では, 同様の理由で膨張ひずみも収縮ひずみが生じるが, その大きさは膨張も収縮も小さくなる. 凍害メカニズムのシミュレーションには, 膨張ひずみだけでなく, 収縮ひずみのモデル化も重要であると結論している.2 章の内容は, 国内の査読付き論文として公表済みである.

3 章では,2 章と同じ準微視的サイズのモルタル供試体の線膨脹係数が, 凍結融解作用の前後で大きく変化することを実験的に示している. ここでの線膨脹係数は凍結融解作用として与えた温度範

囲のものである. また, 供試体を湿潤状態とすると凍害によるひずみ成分が生じてしまうので, 線膨脹係数を測定する際は, 供試体を予めオーブンにより乾燥させている. まず, オーブンによる乾燥が供試体に損傷を与え, 線膨脹係数に影響を与えるかを確認するために, オーブン乾燥をした供試体と乾燥させていない供試体を飽水状態にした上で,0 ℃より大きな温度サイクルを与えて, 両者のひずみ挙動を比較し, 大きな差が観察されなかったことから, オーブン乾燥は線膨脹係数には影響を与えないとしている. 次に, 凍結融解作用を与えた後の供試体の線膨脹係数が, 最初の数回の凍結融解繰返しで 2 倍近く大きくなり, その後 30 回の繰返しまではわずかに増加するだけであること, 弾性係数は反対に半分程度に減少することを示している. この理由としては,X 線 CT スキャンにより観察される微小空隙 (ひび割れ) 体積が凍結融解繰返しとともに増えることに基づき, 供試体中の細骨材界面の ITZ で生じた微小ひび割れにより, 骨材とセメントペーストとの一体性が損なわれたことを挙げている. この線膨脹係数の増加の考慮は, 凍害メカニズムのシミュレーションの材料モデルには重要であると結論している.3 章の内容は, インターナショナルジャーナルに公表済みである.

第 4 章では, 準微視的サイズの凍結融解作用下のコンクリートの変形モデル構築のために必要な, 粗骨材とモルタルとの境界部を構成する ITZ の凍結融解作用下の変形挙動を実験的に観察するための手法の開発と, その手法により観察される ITZ の変形挙動を実験的に提示している. 粗骨材と同じ素材の大型岩石からくりぬいた円柱をスライスした円盤状のモデル粗骨材とモルタルからなる準微視的サイズの供試体に, ひずみゲージを貼付け, 粗骨材, モルタル,ITZ 部のひずみを測定し, それぞれのひずみ挙動を捉えることができることをまず示している. 飽水状態の供試体においても粗骨材は凍害の影響を受けず, モルタルはこれまでに明らかにしたモルタルの挙動と同じであり,ITZ はモルタルより大きな凍害による変形を示すことを明らかにしている. この理由は ITZ が空隙が多いことと強度的には弱いこととによる. ここで観察された ITZ の変形挙動は, 凍結融解繰返し作用下だけでなく, 乾湿繰返し作用下においても重要であることが示唆している.4 章の内容は, インターナショナルジャーナルに登載予定である.

第 5 章では,2 章から 4 章までのまとめが示されている.

以上のように, 著者は, 凍結融解作用を受けるコンクリートの変形挙動を, モルタルの挙動, 粗骨材 ITZ の挙動, 線膨脹係数の変化という視点で実験的明らかにし, 凍害を受けるコンクリート構造物の性能予測に大変有益な知見を得ており, コンクリート工学・維持管理工学の発展に対して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があるものと認められる.