



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Multi-scale Structural Evaluation Method of Reinforced Concrete Member under the Effect of Frost Damage [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	WANG, Zhao
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13794号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/75852
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	WANG_Zhao_review.pdf, 審査の要旨



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 WANG Zhao

審査担当者 主 査 特任教授 上田 多門
 副 査 教 授 杉山 隆文
 副 査 教 授 松本 高志
 副 査 准教授 松本 浩嗣

学位論文題名

Multi-scale Structural Evaluation Method of Reinforced Concrete Member under the Effect of Frost Damage

(凍害を受けた鉄筋コンクリート部材のマルチスケール構造性能評価法)

コンクリート構造物の凍害は積雪寒冷地における典型的な劣化現象であり、美観を損ねるだけでなく、コンクリートの力学特性を劣化させるとともに、他の劣化現象を促進させることから、凍害の予測、凍害を受けたコンクリート構造物の構造性能の評価は重要である。しかし、現時点では、凍害を受けたコンクリート構造物の構造性能評価を行う技術は確立しておらず、多くの研究がなされつつある。本論文は、このような背景の元で実施されたものであり、既往のメソスケールモデルを適用した凍害シミュレーションによる数値実験に基づき凍害損傷を受けたコンクリートのマクロモデルを構築し、このマクロモデルを適用した 3 次元非線形有限要素解析を実施して、凍害を受けた鉄筋コンクリート部材の構造性能をシミュレーションし、本手法の信頼性を示したものである。

本論文は 6 章から構成されており、1 章では、研究の社会的背景、関連研究成果から見られる残された課題、そして、論文全体の構成を示している。

2 章では、本論文で適用した、ミクロスケールの現象を考慮したメソスケールモデルの概要説明、凍害に関連するミクロスケールのモデルに基づく、メソスケールの氷による強化モデルと凍害による損傷モデルの説明をしている。

3 章では、2 章で説明したメソスケールモデルを用いて、コンクリートの水セメント比、凍結融解作用の最低温度、凍結融解繰返し回数を変数とした、数値実験を実施し、ひび割れの進展、残留変形の増加などの凍害損傷が再現できることを示すと同時に、シミュレーション結果としてのマクロな圧縮応力-ひずみ関係から、実験変数を変数とした、圧縮強度、圧縮強度時のひずみ、初期の弾性係数、それらの関数である応力-ひずみ関係曲線を提示している。また、引張強度も、圧縮強度の関数として提示するとともに、引張応力-ひずみ関係曲線を引張強度の関数として示している。

4 章では、鉄筋とコンクリートとの付着特性をシミュレーションするために、3 章で用いた凍害損傷コンクリートの 2 次元解析コードを、既往の無損傷コンクリートの 3 次元解析コードの知見を入れ、軸対称問題解析用に拡張している。軸対称解析コードの信頼性を、凍害損傷コンクリートの圧縮挙動のシミュレーション結果を 2 次元解析コードによる結果と比較することにより示した上で、凍結融解繰返しを受けたコンクリート中に埋め込まれた鉄筋の引抜け挙動のシミュレーション結果が、実験結果である引抜け強度を推定できることを示している。シミュレーション結果を詳細に検討し、鉄筋周辺のひび割れ進展状況、変形状況、引抜け力とすべり出しとの関係を明らかにしている。こ

これらのシミュレーション結果に基づき、マクロな付着応力-すべり関係を、凍害損傷したコンクリートの圧縮強度の関数として提示している。

5章では、3章と4章で提案している凍害損傷コンクリートの圧縮、引張、付着特性のマクロモデルを適用した3次元の非線形有限要素解析により、凍結融解繰返しを受けたはり供試体の耐荷力特性のシミュレーションを試みている。まず、供試体の試験条件から供試体断面の熱伝達2次元解析で行い、断面内の温度履歴を推定した後、凍害損傷コンクリートのマクロモデルを断面の位置ごとにと与え、有限要素解析により、荷重-変形関係、ひび割れ性状、破壊モードなどをシミュレーションしている。その結果を実験結果と比較することにより、はり供試体の劣化した構造特性が妥当に評価できていることを示している。

6章では、本論文の成果である3章から5章の内容をまとめるとともに、残された研究課題を示している。

以上をまとめると、本論文は、劣化損傷が生じているコンクリート部材の構造特性に対し、ミクロスケールの現象に基づいたメソスケールの材料劣化シミュレーション、このシミュレーション結果に基づいた劣化損傷コンクリートのマクロモデルの提案、そして、この劣化マクロモデルを適用した3次元非線形有限要素解析による部材の構造特性のシミュレーション、という一連の手法を統合した評価法を提示している。特に、凍害損傷をうけたコンクリート部材に対する成果としては新規性がある。従って、本論文は、社会基盤施設の劣化に対応するために有用な知見を提示したものであり、維持管理工学、コンクリート工学の発展に大きく貢献するものと判断され、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。