

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：災害防止のための複合劣化に対する高速道路コンクリート床版の補修補強技術の高度化

研究代表者：北海道大学大学院工学研究院 教授 上田 多門

共同研究者：浙江大学（中国）土木建築工学部 副教授 張 大偉, 他 3 名

はじめに

高速道路の構造物の劣化、特にコンクリート床版の劣化が全国的な問題となっており、適切な補修補強工法の確立は急務である。急速に劣化を起こす要因として寒冷地での凍害と塩害の複合劣化環境下での交通荷重による損傷があり、この劣化損傷予測は重要である。また、補修補強工法として最も適用されている増厚工法があるが、既設部と増厚部との付着界面強度を確保するための表面処理法が確立されていない。本研究では、凍害・塩害・疲労の複合劣化損傷予測と、粗度・水分量等の最適な表面処理法の提示を実験・数値解析的に行った。

1. 研究の目的

道路橋のコンクリート床版の凍害・塩害・疲労の複合劣化損傷予測を行うための数値解析モデルの構築とそれを検証するための内部損傷測定手法の提示、および、コンクリート床版の補修補強工法としての増厚工法に必要な、最適な表面処理法（表面粗度・水分量）の提示を目的とした。

2. 凍害・塩害・疲労の複合劣化損傷予測

2-1 凍害と塩害の複合劣化^[1]

コンクリートは融雪剤や海水を通して塩化ナトリウムに接し、凍害による劣化が促進することが知られている。本研究の成果は以下のようなものである。まず、凍害に影響を与えるコンクリート中の氷の量の推定法を示した上で、塩化ナトリウムがコンクリート中に存在する場合に推定法を拡張した。次に、氷の量を支配するコンクリート中の水分移動特性に与える塩化ナトリウムの影響を明らかにした。さらに、塩化ナトリウムが存在する場合のコンクリート力学的特性の凍害と塩害による劣化とその推定法を、実験および数値モデルを用いて示した（図-1）。

2-2 凍害による内部損傷推定法^[2]

コンクリートの凍害は、コンクリートの表面から水分が浸透し、コンクリートの周辺環境の温度によりコンクリート中の水分が凍結融解を繰り返すことによって生じる。本研究者らのグループが開発した凍結融解繰り返し下のコンクリートの変形モデルを適用した準微視的力学解析と水分熱移動解析とをカップリングさせ、コンクリート中凍害が不均一に生じる現象を数値シミュレーションした。合わせて、コンクリート中の超音波伝搬速度 2 次元分布を測定することにより凍害損傷分布を 2 次元的に推定する方法を提示し、数値シミュレーション結果とよく一致していることを示した（図-2）。

2-3 凍害を受けたコンクリートの強度

凍害を不均一に生じさせたコンクリートの圧縮強度と引張強度とが凍結融解繰り返し回数とともに低下することを、前述した水分熱移動解析とカップリングさせた準微視的力学解析により推測できることを示した（図-3）。この成果に、本研究者らが既に提案している凍害と疲労の複合劣化を推定するモデル^[3]を組み合わせることにより、凍害と疲労下の構造物の挙動の推測へと展開することが可能となる。

3. 増厚工法の表面処理法^[4]

セメント系材料（ポリマーセメントモルタル(PCM)）を適用した増厚工法においては、増厚材である PCM と既設部コンクリートとの付着界面でのせん断付着強度が重要である。せん断付着強度は、温度を 40、60 度と上げると

低下し、既設部コンクリートの表面粗度を大きくすると増加した (図-4)。ただし、表面粗度が最も小さい場合は、温度の影響は小さかった。コンクリート表面の水分量の影響も明確には見られなかった。表面粗度が最も小さい場合は、温度が上昇すると荷重-滑り関係がより延性的になった。コンクリートと PCM の強度と表面粗度の関数として、せん断付着強度推定式を提示した。

●. まとめ、今研究で得られた成果、今後の課題等

道路橋のコンクリート床版の凍害・塩害・疲労の複合劣化損傷予測を行うための数値解析モデルの構築に関して、コンクリート中に存在する塩化ナトリウムがコンクリート中の水分移動、氷の量、コンクリートの強度に与える影響とそれを推定する手法、および、凍害がコンクリート中に不均一に進行する場合の損傷分布推定法とコンクリートの強度推定法を提示し、コンクリート床版の補修補強工法としての増厚工法に必要な、最適な表面処理法に関して、粗度を大きくすると増厚材とコンクリートとのせん断付着強度が増加するが、温度の上昇とともに強度が低下すること、コンクリート表面の水分量の影響は明確には見られなかったこと、増厚材とコンクリートの強度、粗度の関数としてせん断付着強度推定式を示した。今後は、凍害・塩害・疲労の複合劣化を生じているコンクリート床版の性能推定手法の確立と、増厚材とコンクリートとの界面の付着強度推定式の高度化を図る。

【参考文献】

- [1] Yi WANG, “Experimental and analytical study in meso-scale on internal frost damage of mortar under effects of sodium chloride”, PhD Thesis submitted to Hokkaido University, September 2016.
- [2] Zhao WANG, “Mesoscale Simulation and Experimental Verification of Concrete Properties under Non-uniform Frost Damage”, Master Thesis submitted to Hokkaido University, September 2016.
- [3] Fuyuan Gong, Tamon Ueda, Yi Wang, Dawei Zhang and Zhao Wang, “Mesoscale Simulation of Fatigue Behavior of Concrete Materials Damaged by Freeze-thaw Cycles”, Construction and Building Materials, 2017 (to be published).
- [4] Shuki MIURA, “A Study on Interface Shear Behavior of PCM-Strengthened Concrete Under High Temperature”, Master Thesis submitted to Hokkaido University, March 2017.

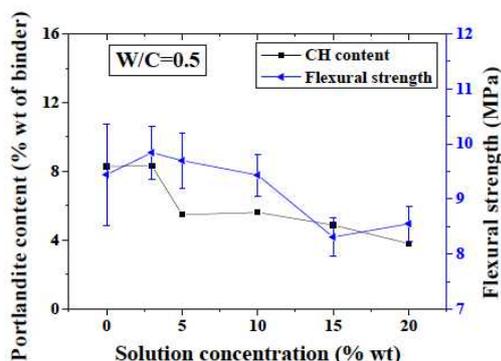


図-1 塩化ナトリウム濃度の影響

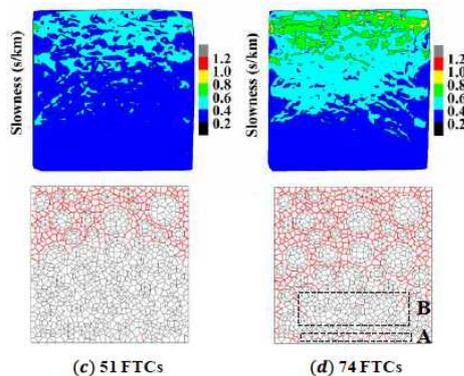


図-2 凍害損傷分布の推定

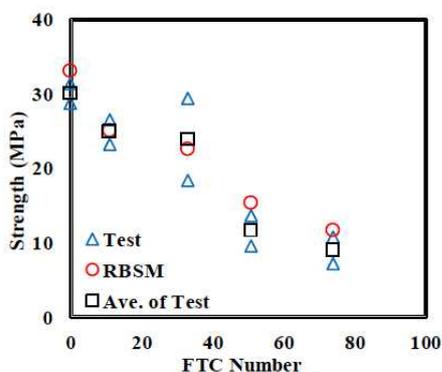


図-3 凍結融解繰返しが圧縮強度に与える影響

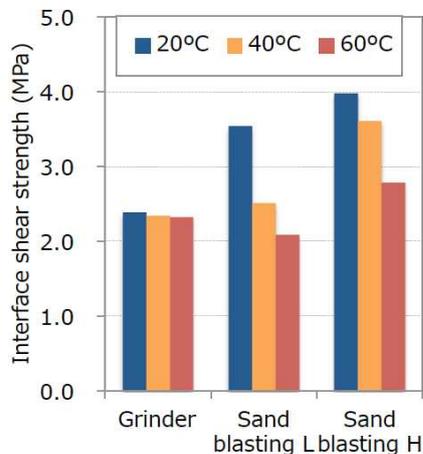


図-4 表面粗度と温度がせん断付着強度に与える影響