



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	CONCRETE FROST RESISTANCE EVALUATION METHOD CONSIDERING MOISTURE INCREASE BY FREEZE AND THAW [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	馬, 徳群
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14002号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/77975
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	MA_Dequn_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 馬 徳群

審査担当者 主 査 教 授 千歩 修
 副 査 教 授 飯場 正紀
 副 査 教 授 横田 弘
 副 査 准教授 北垣 亮馬

学位論文題名

CONCRETE FROST RESISTANCE EVALUATION METHOD CONSIDERING MOISTURE INCREASE BY FREEZE AND THAW

(凍結融解による水分増加を考慮したコンクリートの耐凍害性評価方法)

寒冷地のコンクリート構造物の凍害は、大きな問題である。コンクリートの耐凍害性評価方法の代表的なものとして、日本で広く採用されている促進凍結融解試験 (JIS A 1148 A 法 (ASTM C 666)) および ISO の凍害に対する耐久設計法に用いられている限界飽水度法試験 (RILEM CDC 3) の二つがある。限界飽水度法とは、まず、含水状態を数段階に調整した数個のコンクリート試験体で凍結融解試験を行い、明らかな凍害劣化が生じる下限の含水状態 (限界飽水度・Scr) を求める。次に、これとは異なる試験体を用いて室温における片面吸水試験を行い、この吸水曲線が Scr に到達しにくいコンクリートほど耐凍害性に優れると評価するものである。これらの二つの耐凍害性評価方法とも、異なるコンクリートの耐凍害性の比較を行うことを目的としたものであるが、これら二つの評価結果が異なる場合があることが報告されている。また、凍結融解試験を行うと、試験体の含水率の上昇が観察されるが、限界飽水度法試験ではこの影響が考慮されていない。これまで、これらの評価結果を用いた凍害劣化予測や凍害に対する耐久設計についての研究も行われているが、実環境における劣化との関係が明確なものはなく、未だに多くの課題が残されている。

本論文では、限界飽水度法試験の考え方を用い、RILEM CDC 3 で考慮されていない、凍結融解時の含水率上昇を取り入れた耐凍害性評価方法を検討したものである。この結果、新しい耐凍害性評価指標 (Nf) を提案し、さらに、実環境における凍結融解作用の大きな影響要因である最低温度が Nf に及ぼす影響を明らかにした。これによって Nf を用いた実環境におけるコンクリートの凍害劣化予測の可能性を示している。

本論文の成果とその評価を要約すると以下ようになる。

1) 凍結融解時のコンクリートの含水率上昇を評価する方法として片面吸水凍結融解試験を検討したが、凍結押込み力が弱いことが判明した。このため、試験体が水中で凍結融解される促進凍結融解試験 (JIS A 1148 A 法そのもの) を用い、劣化状況・含水状態の測定を行った。この結果、凍結融解時に含水率が上昇し、ある含水率に達したところで長さ変化率および相対動弾性係数が大きく変化することを示した。さらに、この時の含水率は限界飽水度法における Scr にほぼ等しいことを

明らかにした。これらのことから、このときの凍結融解サイクル数 N_f を新しい耐凍害性指標として提案した。従来の耐凍害性指標が耐凍害性の相対比較であるのに対し、「 N_f サイクル分の凍結融解作用を受けると凍害劣化が生ずる」ことを示すものであり、凍害指標に意味を持たせたことの意義は大きい。

2) N_f を実環境におけるコンクリートの凍害劣化予測に利用するためには、実環境の凍結融解作用を N_f に換算する必要がある。ここでは、最も大きな影響要因である凍結融解時の最低温度を取り上げ、最低温度が N_f に及ぼす影響を検討した。この結果、コンクリート種別によらず、凍結融解時の最低温度が高くなるほど、 N_f が大きくなる傾向があることが明らかになり、実環境における凍結融解作用を最低温度-18℃の促進凍結融解試験のサイクルに換算する方法を提案した。これにより、実環境における劣化予測を可能にしている。

3) 実環境における劣化予測を行うために、札幌で二種類の条件の屋外暴露試験を行い、冬季の連続的な温湿度の測定を行った。この測定結果から、これらの暴露条件における一冬の凍結融解作用を-18℃の促進凍結融解試験に換算した凍結融解サイクル (N_f^*) を算定した。さらに、暴露後の試験体を用いた促進凍結融解試験を行い、この結果と暴露前の促進凍結融解試験結果を比較した。これは、実環境における凍結融解が作用することによって暴露後の促進凍結融解試験結果の変化を確認するためのものである。この結果、一冬の暴露による凍害劣化の発生を説明できるものの、暴露によって凍害劣化の発生しない試験体の N_f の変化については説明できない結果となった。これには、暴露時の乾燥などの様々な影響要因がコンクリートの耐凍害性を変化させているものと考えられる。今後、これらの要因の影響を明らかにすることによって、実用的な凍害劣化予測が可能になるものと考えられる。

これを要するに、著者は、凍結融解作用による含水率上昇に着目し、促進凍結融解試験を用いた新しい耐凍害性評価指標を提案し、さらに、これを用いて実環境におけるコンクリートの凍害劣化予測の可能性を示したものである。これらの成果は、鉄筋コンクリート造構造物の耐久設計を行うための新知見を得たものであり、コンクリート工学および建築材料学の発展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。