

## 審査の結果の要旨

氏名 宮 蘭 雅 裕

コンクリートの凍結融解抵抗性は、冬季に氷点下となる寒冷地に建設されるコンクリート構造物に求められる主要な性能であり、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」に基づいて、コンクリート作製後に28日間20℃の水中で保管した標準養生供試体に対して凍結と融解の繰り返しを最大300サイクル程度まで与えて、その間における相対動弾性係数の保持程度を表す耐久性指数や、質量減少率、長さ増加比を用いて評価される。しかし、既往の研究によれば、室内試験で高い耐久性指数を示した配合であるにも拘わらず、実際に構造物に用いられた場合には、養生方法の違いや環境作用の影響により、想定よりも相当に早く相対動弾性係数が低下したり、スケーリングが発生したりする例が報告されている。このような背景の下、本論文では、乾湿の繰り返しがコンクリートの空隙構造変化に与える影響を水銀圧入法を用いて検討した上で、空隙構造の特徴的な変化が水分移動特性や凍結融解抵抗性に与える影響を明らかにすることを目的としている。また、乾湿繰り返しによる凍結融解抵抗性の低下を抑制する方法についての検討と、従来、凍結融解抵抗性を高める目的で使用されているAE剤によってコンクリートに導入されるエントレインドエア（連行空気）の効果に及ぼす乾湿繰り返しの影響についての検討も行っている。

本論文は全6章から構成されており、第1章では研究の背景及び目的について、また、第2章では既往の研究について取りまとめている。

第3章では、乾湿繰り返しを与えたモルタルやコンクリート供試体を対象に、水銀圧入ポロシメータによる空隙構造の分析とJIS A 1148による凍結融解抵抗性の評価を実施している。空隙構造の評価手法には、水銀の圧力を段階的に増加させて圧入と排出を繰り返して実施する漸次繰り返し圧入法を採用している。そして、乾湿繰り返しを与えたモルタルやコンクリート供試体の空隙構造は、水銀の出入りが可能な比較的に連続性の高い空隙の割合が高まり、一方で、一度圧入された水銀は圧力を下げても排出されない比較的に独立性の高いインクボトル空隙の割合が減少することを明らかにしている。また、乾湿の繰り返し履歴を与えた供試体に凍結融解試験を実施すると、連続した水中浸漬や促進乾燥だけを与えた供試体よりも、供試体表層部の劣化が顕著に進行することを明らかにして

いる。以上の結果より、セメント硬化体に乾湿の繰返し履歴を与えると、空隙の連続性が徐々に高まって供試体表層部の空隙中への水の浸入が容易となり、凍結融解抵抗性が低下する機構を明らかにしている。

第4章では、乾湿の繰返しを受けても凍結融解抵抗性を維持するための方法について検討している。ここでは、明治30年より北海道の小樽港で建設された火山灰を混入した港湾コンクリート構造物が、海水や凍結融解の影響のある過酷な条件にも拘らず、竣工後100年以上が経過した現在においても、外観上顕著な剥離やひび割れなどが認められず、健全な状態を保っていることにヒントを得て、セメント硬化体中の水酸化カルシウムを安定化させることが凍結融解抵抗性の維持に有効であると考へて、強制炭酸化や混和材を使用することを着想している。そして、強制炭酸化させた場合や、混和材として高炉スラグ微粉末もしくはシリカフュームを使用した場合には、乾湿繰返しを与えても、空隙構造の変化と凍結融解試験による表層劣化が抑制されることを明らかにしている。

第5章では、乾湿繰返しの履歴がコンクリート中の連行空気の効果に及ぼす影響について検討を行っている。そして、AE剤によって連行空気を導入した供試体の方が、消泡剤を用いて空気量を減少させた供試体よりも、乾湿繰返しの影響によって吸水量が増加する割合が大きく、さらに、乾燥を与えた後の凍結融解試験において、表層劣化の程度が大きいことを明らかにしている。本来の連行空気の役割は、コンクリート表層に水が浸入しても、連行空気中には水が浸入することなく空気が残存しているために、凍結時に空隙中の水の凍結膨張圧を空気泡に吸収させて凍結膨張圧を緩和するというものであるが、乾湿の繰返しによって連行空気の壁面を形成している空隙構造中のボトルネック空隙径の粗大化が生じてしまうと、本来は液状水の浸入を許さないはずの空気泡中への液状水の浸入が生じてしまい、空気泡サイズの結氷による逃げ場のない極めて大きな凍結膨張圧の発生が生じる可能性があることを明らかにしている。また、撥水作用を有する表面含浸材の使用も、乾湿繰返し作用下での凍結融解抵抗性の維持に有効であることを確認している。

第6章は本論文の結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

以上のように、乾湿の繰返し作用がコンクリートの凍結融解抵抗性を低下させる現象の機構を包括的に明らかにした本研究の意義は極めて高く、薬と信じられてきた連行空気の効果が、乾湿の繰返しを受ける実環境下では、長期的に毒に転じる可能性を指摘した点の特筆に値する。また、乾湿の繰返し作用下でも凍結融解抵抗性を維持する方策を明らかにしており、本研究は有用性にも富む独創的な研究成果と評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。