

学位論文題名

ポーラスコンクリートの耐凍害性評価に関する研究

学位論文内容の要旨

コンクリートは社会基盤整備の主たる材料として、土木・建築に古くから利用され、経済・文化の発展に大きく貢献してきた。近年では、持続的開発可能な社会基盤整備を理念とした多機能・多様性のある建設材料の開発が望まれており、こうした社会的背景から考案されたのがポーラスコンクリート(以下:POC)である。POCは全体積の10%から30%を占める連続した粗大空隙構造を保有し、これによって「透水・排水」、「吸音・騒音低減」、「自然・生態系の保全」、「水質浄化」、「吸熱・断熱」と多くの機能を有する環境負荷低減型材料として期待されている。

POCは水際で使用される機会が多く、その多孔質な構造から寒冷地での厳しい凍害劣化が危惧されている。しかしながら、POCの凍害機構は解明されておらず、耐凍害性を評価するための試験方法や評価基準に関する規格は存在しないのが現状である。また、一般的なコンクリートに比べてPOCの施工歴は浅く、実環境における凍害劣化形態の把握が十分に行われていない。従って、寒冷地でのPOCの適切な利用のためには、実環境における凍害劣化形態をふまえた耐凍害性評価手法を詳しく検討する必要がある。

本論文では、まず、POCの凍結融解試験方法と耐凍害性について検討するために、一般的なコンクリートに適用されている4種の凍結融解試験を実施し、試験方法の違いによってPOCの劣化性状や耐凍害性評価が大きく異なることを示すとともに、POCの耐凍害性が一概に低いわけではないことを明らかにした。次に、実際に寒冷地に施工されたPOCを調査することによって、供用期間が数年間であればPOCの劣化性状は主としてスケーリング劣化であり、10年以上供用された場合には粗大空隙が常時飽水されていない環境でもひび割れが生じる場合があることを確認した。さらに、供用期間中に強度やスケーリング抵抗性が低下していることを明らかにした。これらの結果をふまえて、POCの凍害における吸水挙動とスケーリング挙動を詳細に検討した。粗大空隙構造を有するPOCでは、常温下と凍結融解作用下の吸水挙動が異なる傾向を示し、凍結融解作用にともなう吸水量がPOCのスケーリング抵抗性と関連することを明らかにした。また、一般的なコンクリートでは表面劣化であるスケーリングがただちに内部劣化へと進行することは考え難いが、モルタル部が少ないPOCでは相対動弾性係数や強度の低下に関連するスケーリング量の閾値の存在が認められた。このことから、スケーリング抵抗性はPOCの耐凍害性評価の指標のひとつとして重要であり、スケーリングによるPOCの耐凍害性評価基準を提案した。

本論文は6章で構成され、各章の概要を以下に示す。

第1章は序論であり、研究の背景、一般的なコンクリートの凍害機構に関する既往研究やPOC

に関する凍害研究の現状、本研究の目的、本論文の構成を示した。

第2章では、空隙率、強度、透水係数といった本論文で取り扱う POC の基礎的性質を確認することを目的として、フレッシュ性状や配合設計および練混ぜと締固めに関する製作方法、空隙構造や強度などについての既往研究を整理しながらまとめた。

第3章では、国内で一般的な凍結融解試験である JIS A 1148 A/B 法に加えて、スケーリング抵抗性や凍結融解作用下での吸水量の測定が可能となる RILEM CIF/CDF 法を実施し、これら4種類の凍結融解試験によって POC の凍結融解試験方法と耐凍害性について検討した。凍結時に粗大空隙が飽水し、かつ排水性が失われている場合には POC の耐凍害性は著しく損なわれることが確認された。この一方で、凍結時に排水性が確保されている場合には、POC の凍害損傷は軽微となり、さらに厳しい凍害を受ける塩分環境下での凍結融解作用にも POC はある程度の耐凍害性を保有することが明らかになった。このように、凍結融解作用を受ける条件によって POC の劣化性状や耐凍害性評価は異なり、POC の耐凍害性が一概に低いわけではないことを明らかにした。

第4章では、寒冷地で数年間供用された河川護岸ブロックおよび道路舗装用 POC を対象とした3つの事例調査によって供用期間中の基礎的性質や耐凍害性の変化を検討した。厳しい凍結融解作用を受ける環境における POC の劣化性状は、3から5年程度の供用期間では主にスケーリングによるモルタル部の軽微な損傷であり、供用期間が10年程度になると一部でひび割れの発生が認められる場合もあった。さらに、過酷な凍結融解作用を受けるような環境に施工された POC では、施工年数の経過にともなって強度やスケーリング抵抗性が低下していることが明らかになった。

第5章では、第3章と第4章の結果をふまえて、スケーリング試験である RILEM CIF/CDF 法によって POC の凍害における吸水挙動とスケーリング挙動について詳細に検討した。POC は粗大空隙構造を有するために常温下と凍結融解作用下の2つの吸水挙動に区別して考えられることが明らかになった。常温下での吸水挙動は粗大空隙構造による影響を受け、使用する砕石の骨材径が小さいほど吸水量が大きくなることが確認された。結合材としてのモルタル部の吸水が主となる凍結融解作用にともなう吸水量はスケーリング抵抗性と良好な関係を示し、この凍結融解作用にともなう吸水量が小さいほど高いスケーリング抵抗性を有することが明らかになった。POC のスケーリングを抑制するためには、一般的なコンクリートと同様に AE 剤による空気運行為有効であることが確認された。また、一般的なコンクリートでは、スケーリング量と相対動弾性係数は異なる劣化現象から得られる指標として区別されるが、POC では相対動弾性係数や強度の低下と密接に関連するスケーリング量の閾値が存在することが明らかになった。このことからスケーリング抵抗性は POC の耐凍害性評価の指標のひとつとして重要であることが示され、RILEM CIF/CDF 法を用いたスケーリングによる POC の耐凍害性評価における基準値の一例を提案した。

第6章は総括であり、本論文より得られた成果をまとめて結論を示すとともに、今後の展望を述べた。

学位論文審査の要旨

主 査 准教授 堀 口 敬
副 査 教 授 大 沼 博 志
副 査 教 授 千 歩 修

学 位 論 文 題 名

ポーラスコンクリートの耐凍害性評価に関する研究

近年、持続的開発可能な社会基盤整備を理念とした多機能性建設材料の開発が望まれており、こうした社会的背景から考案された建設材料の一つがポーラスコンクリート（以下、POC と呼ぶ）である。POC は全体積の 10% から 30% を占める連続した粗大空隙構造を有し、これにより透排水、吸音・騒音の低減、自然・生態系の保全、水質浄化、吸断熱などの機能を有する環境負荷低減型材料として期待されている。

POC はその特徴から、水際で使用される機会が多く、その多孔質な構造から寒冷地での厳しい凍害劣化が危惧されている。しかしながら、POC の凍害機構は解明されておらず、耐凍害性を評価するための試験方法や評価基準に関する規格は国内外を問わず見受けられない。また、比較的新しい材料であるため、実環境における凍害劣化形態の把握が十分に行われていない。従って、寒冷地での POC の適切な利用のためには、凍害劣化形態をふまえた耐凍害性評価手法の確立が望まれている。

本論文では、POC の耐凍害性を詳しく評価するために、実験室レベルでの耐凍害性の挙動に加え、供用されている POC の現場調査とサンプル試験により POC の寒冷地における耐凍害性の状況を明らかにしている。

本論文は 6 章で構成され、各章の概要を以下に示す。

第 1 章は序論であり、研究の背景、一般的なコンクリートの凍害機構に関する既往研究や POC に関する凍害研究の現状、本研究の目的、本論文の構成を示している。

第 2 章では、空隙率、強度、透水係数といった本論文で取り扱う POC の基礎的性質を纏めている。フレッシュ性状や配合設計および練混ぜと締固めに関する製作方法、空隙構造や強度などについての既往研究を整理している。

第 3 章では、国内で一般的な凍結融解試験である JIS A 1148 A/B 法に加えて、スケーリング抵抗性や凍結融解作用下での吸水量の測定が可能となる RILEM CIF/CDF 法を実施し、これら 4 種類の凍結融解試験によって POC の耐凍害性について検討している。凍結時に粗大空隙が飽水し、かつ排水性が失われている場合には POC の耐凍害性は著しく損なわれること、凍結時に排水性が確保されている場合には、POC の凍害損傷は軽微となり、さらに厳しい凍害を受ける塩分環境下での凍結融解作用にも POC はある程度の耐凍害性を保有することを明らかにしている。このように、凍結融解作用を受ける条件によって POC の劣化性状や耐凍害性評価は異なり、POC の耐凍害性が一概に低いわけではないことを指摘している。

第4章では、寒冷地で数年間供用された河川護岸ブロックおよび道路舗装用 POC を対象とした3つの事例調査によって供用期間中の基礎的性質や耐凍害性の変化を検討している。厳しい凍結融解作用を受ける環境における POC の劣化性状は、3年から5年程度の供用期間では主にスケーリングによるモルタル部の軽微な損傷であり、供用期間が10年程度になると一部でひび割れの発生が認められる場合があることを明らかにしている。

第5章では、スケーリング試験である RILEM CIF/CDF 法によって POC の凍害における吸水挙動とスケーリング挙動について詳細に検討している。POC は粗大空隙構造を有するために常温下と凍結融解作用下の2つの吸水挙動に区別して考えられ、常温下での吸水挙動は粗大空隙構造による影響を受け、使用する碎石の骨材径が小さいほど吸水量が大きくなることを明らかにしている。結合材としてのモルタル部の吸水が主となる凍結融解作用にともなう吸水量はスケーリング抵抗性と良好な関係を示し、この凍結融解作用にともなう吸水量が小さいほど高いスケーリング抵抗性を有することを明らかにしている。POC では相対動弾性係数や強度の低下と密接に関連するスケーリング量の閾値が存在することを示し、スケーリング抵抗性は POC の耐凍害性評価の指標のひとつとして重要であることを指摘し、RILEM CIF/CDF 法を用いたスケーリングによる POC の耐凍害性評価における基準値を提案している。

第6章は総括であり、本論文より得られた成果をまとめて結論を示すとともに、今後の展望が述べられている。

これを要するに、著者は、寒冷地におけるコンクリート構造物の耐久性向上に不可欠なコンクリートの凍結融解作用の解明とその改善対策を検討し、ポーラスコンクリートの耐凍害性を評価する場合のスケーリング劣化の重要性を指摘し、その評価方法を提案したものである。コンクリート工学および構造物の維持管理工学の発展に寄与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。