

## 審査の結果の要旨

氏名 鎌田 知久

鉄筋コンクリート構造物の耐久性にとって、内部の鉄筋を激しく腐食させる塩分の侵入は最大の脅威と言っても過言ではない。そこで、鉄筋コンクリート構造物の耐久設計では、経年に伴う構造体表面からの塩分浸透が予測され、コンクリート中の鉄筋の腐食に対して設計耐用年数を確保する方策が検討される。従来、産業副産物であるフライアッシュや高炉スラグ微粉末をコンクリート用混和材として使用することで、遮塩性能が大幅に向上することが知られているが、フライアッシュを用いたコンクリートの遮塩性能は極めて高く、近年、塩分の浸透が早期に停滞する現象が報告されている。しかし、このようなコンクリート表層での塩分浸透の停滞現象は現状の耐久設計で用いられている拡散則に基づいた評価では説明できない極めて特異な現象であり、その機構の深い理解と適切な評価が求められている。現在までに、拡散による塩分浸透は直径 10nm 程度の極めて小さい空隙においては空隙壁面の電気的相互作用によって停滞する可能性があることが報告されているが、液状水の移動に伴う物質の侵入である移流に関しては、コンクリートの緻密さや空隙内の液状水の存在が移流に起因する塩分浸透の阻害要因になる可能性が指摘されているものの、その詳細な機構については明らかになっていない。このような背景の下、本論文では、コンクリートの含水状態および空隙構造が塩分浸透挙動及び塩分浸透停滞現象に与える影響を実験的に明らかにすること、また、実験によって確認された様々な影響因子に基づいて移流による塩分浸透の停滞機構を解明すること、さらに、塩分浸透の停滞機構を包括的に論じた上で、移流と拡散双方の浸透機構に基づいて、塩分浸透停滞現象を考慮した簡易な塩分浸透算定手法の枠組みを構築することを目的としている。

まず、コンクリート内部の含水状態と空隙構造を意図的に変化させたコンクリート供試体を対象に、室内塩水浸せき試験、塩分分析、空隙構造分析、水分保有率測定を実施し、含水状態と空隙構造が塩分浸透挙動に与える影響について包括的に検討している。そして、空隙構造が緻密で含水状態が高い混和材を用いた供試体では、浅部において早期に浸透が停滞するが、乾燥を施した供試体でも塩分浸透が深部で停滞することや、乾燥後に水分を再供給した供試体では塩分浸透抵抗性が低下するこ

とを確認している。これらのことより、コンクリート内部の含水状態や空隙構造は塩分浸透深さに影響を与える要因ではあるが、塩分浸透低停滞現象を引き起こす直接的な要因ではないことを明らかにしている。

続いて、マイクロテクノロジーの分野で用いられるガラス製流路を用いて模擬的な液状水浸透試験を実施し、直線流路やインクボトル形状の流路では、気泡の有無に拘わらず毛管張力により液状水が最深部まで浸透する一方で、直線流路の壁面にインクボトル形状の分岐流路を有するものでは、初期条件として気泡が流路の交差部に存在する様に液状水を配置することで、液状水の浸潤が大幅に抑制され浸透が停滞することを確認している。次に、硬化セメントペーストを対象に溶存空気量が異なる浸せき水を用いて塩水浸せき試験を実施し、脱気水と水道水では7日目以降の吸水量に明確な差異が認められることを明らかにしている。さらに、粘弾性測定装置を用いて脱気水と水道水のレオロジー特性は変化しないことを確認した上で、セメント硬化体においても液状水の浸透を抑制する主要因は気泡であると結論付けている。また、レオロジー測定の結果から、微小空間中の液状水は一般に考えられているニュートン流体ではなく、降伏値を有するビンガム流体的な挙動を示すことも移流の停滞現象に大きく関与している可能性を指摘している。

そして、本研究において実施した実験的検討と既往の知見を踏まえて塩分浸透停滞現象の支配機構について論じ、結論として、移流の停滞については、気泡による抑制と液状水のビンガム流体的な挙動により停滞する可能性が高いこと、また、拡散については、既往の知見に基づいて、直径 10nm 程度の微小空隙中においては空隙壁面との電氣的相互作用により塩化物イオンの浸透が大きく抑制されて停滞する可能性が高いことを指摘している。最後に、塩分浸透停滞現象を表現可能な塩分浸透簡易算定手法についての検討を行い、移流と拡散双方の停滞現象を考慮可能な算定手法の枠組みを構築している。そして、既往の文献で報告されている分析結果を対象に再現解析を実施し、構築した簡易算定手法は塩分浸透の停滞現象を良好に表現できる枠組みであることを示している。

以上のように、基礎研究の観点からコンクリート中への塩分浸透の停滞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い。また、塩分浸透停滞現象を表現できる簡易算定手法の枠組みを提示しており、本研究は有用性に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。