

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 藏 重 勲

コンクリート構造物の維持管理やライフサイクルマネジメントに関する技術向上の気運が高まるにつれ、コンクリート構造物の耐久性が最重要視されるようになってきた。従来、十分耐久であると考えられてきたコンクリートも炭酸ガスによる中性化や塩分による鉄筋腐食、またアルカリ骨材反応等の劣化事例が高度経済成長期に建設された構造物を中心に顕在化してきている。しかしながら、近年の下水道施設における硫酸によるコンクリートの早期劣化問題を中心にコンクリートの化学的劣化については、劣化機構や予測手法に関する知見が不足し、耐久的、経済的な構造物の設計、建設が必ずしも行われていない実状がある。本論文は、硫酸環境におけるコンクリート構造物の合理的な設計システムの確立に貢献することを目的とし、硫酸作用を受けるコンクリートの劣化予測手法の提案を図ったもので、目的の達成手段として、コンクリートの劣化機構を解明するとともに、劣化機構に立脚したモデルの作成およびシミュレーションシステムを構築するといった検討を行っている。

第1章は序論であり、硫酸によるコンクリートの劣化に関する研究の必要性をライフサイクルマネジメントの思想や維持管理の技術向上といった社会的要求から説明し、本論文の背景および目的を明確化している。

第2章は硫酸によるコンクリートの劣化について、問題となる環境や既往の研究成果について概説している。また、設計体系の変遷について説明を加え、劣化予測手法の開発、およびそれを可能にする劣化機構解明の必要性に触れ、本論文の特徴及び方向性を定めている。

第3章は劣化機構の解明に有用な基礎的、定量的情報を得るための実験的検討を行っている。硫酸による硬化体の劣化において、侵食や中性化を把握する必要性をまず述べ、硫酸環境、使用材料、配合などの各種要因がそれら劣化の進行に及ぼす影響を、種々の供試体の浸漬試験によって詳細に調べている。注目すべき実験結果として、セメント硬化体の水セメント比が小さいほど侵食速度が大きくなるといった過去に例を見ない知見を示し、劣化メカニズムの解明に大きく寄与している。また、セメント種類や混和材の混合により、劣化速度は大きく異なり、硬化体の性質を物理的、化学的に捉えることの必要性を示唆している。

第4章は実験から得られた基礎的、定量的な情報をもとに、硫酸による硬化体劣化のメカニズムを解明を図っている。セメント水和物は硫酸との反応により難溶である二水石膏を生成しその際に固体体積の増加を生じるが、固体体積増加に対して空間的受容能力が比較的低い、つまり細孔空隙量の少ない硬化体ほど侵食が進行することを示している。また同時に、各種セメント水和物量は固体体積の増加量の決定要因として侵食の進行に影響を

及ぼすことを明らかにし、特に水酸化カルシウム量の影響が大きいことを示している。中性化の進行については、侵食の進行特性に大きく依存し、侵食速度によって直線的に増加する場合と、塩化物イオンの浸透などと同様に $\sqrt{t}$ 則に従うような増加傾向を示す場合があることを示している。このように本章では、劣化予測手法の合理的な構築を可能にする劣化メカニズムについて論説しており、劣化に及ぼす硬化体の物理的、化学的性質の影響を明確化している。

第5章では、第4章で明らかとなった劣化機構および第3章における硬化体劣化の定量的情報を元に劣化予測手法を提案している。ここでは、汎用的予測手法および拡張性を考慮した解析的手法について検討を行っている。前者では侵食速度をセメント種類、水セメント比、硫酸溶液の水素イオン濃度を説明変数とした重回帰分析による定式化、ならびに水酸化カルシウム量と総細孔量の比である硫酸侵食性指数を考案し、硫酸溶液のpHとともに説明変数として推定式の作成を行っている。解析的手法では、硫酸による硬化体の侵食や中性化を、硫酸の拡散浸透・反応消費モデル、セメント水和物消費・中性化モデル、硬化体腐食部脱離モデルの3つのモデルから構成される連成解析システムによって、シミュレートする方法について検討しており、今後の活用および発展が十分に期待できる。

第6章では、構造物の早期劣化を引き起こすひび割れの影響について実験的検討を行っている。硫酸がひび割れ内部を進入し、中性化ならびに酸性化が鉄筋位置まで進行すれば、鉄筋は腐食するが硫酸が鉄筋に供給され続けられれば、鉄筋が溶解することにもなる。このようなひび割れへの硫酸進入特性を、ひび割れを導入したコンクリート供試体の浸漬試験から調べ、炭酸ガスや塩化物イオンと比較して硫酸の進入深さは小さいのは硫酸とセメント水和物の反応における固体体積の増加に起因することを説明している。

第7章は本論文の総括であり、本論文の成果をとりまとめている。

以上、本論文を要約すると、硫酸によるコンクリート劣化のメカニズムを解明するとともに、工学的および解析的な劣化予測手法を構築し、硫酸作用を受けるコンクリートの定量的劣化予測手法確立に大きく貢献するものであり、コンクリート工学の発展に寄与するところ大である。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。