博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏　　名	佐藤　賢之介
学　　位	博　士（　工学　）
学 位 記 番 号	新大院博（工）第 478 号
学位授与の日付	平成 30 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
博 士 論 文 名	硫酸塩劣化の進行過程に即した劣化メカニズムに関する包括的検討
論 文 審 査 委 員	主査　教授・佐伯　竜彦
	副査　教授・阿部　和久
	副査　教授・紅露　一寛
	副査　准教授・斎藤　豪

博士論文の要旨

本論文は，高耐久な材料・配合のセメント系硬化体における硫酸塩劣化を対象として，硫酸イオンの移動性状および，エトリンガイトの生成による硬化体の膨張という，硫酸塩劣化の進行過程に即した実験的アプローチによって，硫酸塩劣化進行の予測や耐久性評価に有用な新たな知見を得ることを目的として検討を行ったものである．

主な検討内容は，①硫酸塩の作用を受けたセメント系硬化体の空隙構造および電気的作用の定量化と，それらが硫酸イオン移動性状に及ぼす影響の把握，②硫酸塩の作用によるエトリンガイトの生成がセメント系硬化体の膨張性状に及ぼす影響を評価し，さらにエトリンガイトの二次的生成にモノサルフェートの乾燥条件および共存物質が及ぼす影響を解明することである．

まず，硫酸塩溶液に浸漬したセメント系硬化体について，硬化体の空隙構造の影響のみを受ける酸素の拡散性状に基づき，空隙構造複雑性を表す屈曲度を定量化した．この屈曲度は，硫酸塩浸漬後のケイ酸カルシウム水和物（C-S-H）と，エトリンガイトの比表面積および生成量によって評価が可能であることを明らかにした．また，電気的作用の影響については，空隙構造と電気的作用の両者の影響を受ける硫酸イオン移動性状と，上述した酸素の拡散性状を比較することによって定量化した．硫酸イオン実効拡散係数と空隙構造および電気的作用との関係について検討した結果，硫酸ナトリウム浸漬においては電気的作用の影響が，硫酸マグネシウム浸漬においては空隙構造と電気的作用の両者が硫酸イオン移動性状に影響を及ぼしていることを明らかにした．

続いて，硫酸塩に浸漬したセメント系硬化体の長さ変化率の測定およびエトリンガイト生成量の定量化を行った．また，周囲に共存する C-S-H の性質が，エトリンガイトの膨張性状に影響を及ぼすという既往の仮説の検証として，セメントと高炉スラグ微粉末それぞれから生成したエトリンガイト量を，両者の反応率を用いて定量化した．その結果，セメントを生成起源とするエトリンガイト生成量と供試体膨張率は，高い相関を有することを明らかにした．このことから，セメントから生成された CaO/SiO_2 モル比（C/S 比）の高い C-S-H の共存下で生成したエトリンガイトは，高い膨張性を有する可能性が示唆された．

上記の結果を受け，エトリンガイトの生成に，共存する物質が及ぼす影響および，モノサルフェートの乾燥条件が及ぼす影響について検討を行った．純薬合成した水和物を用いて系を単純化し，硫酸ナトリウム水溶液を用いて練混ぜ水和させ，水和後の試料について各種分析を実施した．その結果，モノサルフェートの前処理乾燥湿度を低下させた場合，モノサルフェートの$[Ca_2Al(OH)_6]$層間の結合水が脱離することによって局所的な構造変化が生じ，エトリンガイトが生成しやすくなることを明らかにした．また，モノサルフェートに C-S-H を共存させた場合にモノサルフェート反応率が増大し，エトリンガイト生成量が顕著に増大することを初めて実験的に明らかにした．この C-S-H 共存によるエトリンガイト生成の促進は，液相 pH や Ca^{2+}濃度に起因するものではなく，C-S-H 自体の構造的特性や，水分の保有状態が大きく影響しているものと考察した．

審査結果の要旨

本論文は，セメント系硬化体の硫酸塩劣化の主要な要素であるイオンの移動現象と膨張現象を対象として水和物の性質が劣化進行に及ぼす影響を実験的なアプローチにより，詳細に検討した．その結果，各種水和物が劣化進行に及ぼす影響を定量的に把握することに成功している．

本論文の成果は，硫酸塩劣化のメカニズム解明に止まらず，適切な材料選択と配合設定によるコンクリートの高耐久化にも結び付くものであり，工学的な意義は大きい．

また，参考論文に示すように，申請者は当該分野に係る研究論文を多数発表しており，参考論文（査読付き）8 編の内 7 編が学系認定雑誌に掲載，または掲載が決定されている．また申請者は，参考論文 4.および 7.の内容について発表を行い，第 69 回および第 71 回セメント技術大会優秀講演者賞が授与されている．これは，本研究の内容が高く評価されていることを意味するものである．

よって本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した．