

| | |
|---------|----------------------------------|
| 氏名 | 金平 修祐 |
| 学位の種類 | 博士（食産業学） |
| 学位記番号 | 第44号 |
| 学位授与年月日 | 令和4年3月19日 |
| 学位授与の条件 | 学位規程第3条第3項該当 |
| 学位論文題目 | コンクリート水利施設における石灰石粗骨材の溶脱に関する基礎的研究 |
| 論文審査委員 | 主査 北辻 政文 副査 郷古 雅春, 千葉 克己 |

論文の要旨

わが国の農業水利施設は、戦後の食糧増産期および高度経済成長期に整備され、耐用年数超過施設が増加傾向にある。農業水利施設では、ストックマネジメント手法が導入され、機能診断に基づく、長寿化対策が施されている。一般的なコンクリート水路の変状は、流水中の土砂による摩耗作用や落差による衝撃力により発生する。

一方、東北地方、北海道地方および九州地方の現地調査より石灰石粗骨材使用した水利施設では、粗骨材が選択的溶脱し、コンクリート表面にくぼむ現象が確認された。この現象は農林水産省の作成した「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル」にも記載されていない特異で、重度の劣化であった。コンクリート水利施設における石灰石粗骨材の溶脱メカニズム解明は、構造物の劣化予測や効果的な補修対策実施に関係し、水利施設の長寿命化の重要な課題である。

そこで、本研究では、石灰石骨材使用した水利施設の現地調査、石灰石粗骨材の溶脱メカニズム解明のため、骨材成分分析や骨材試験および流速環境下で石灰石粗骨材を用いた供試体で粗骨材溶脱の再現試験を行った。また、溶脱が発生している水利施設の水質データから、水道事業で施設管理の上で使用されているランゲリア指数から腐食の度合いの定量化を試みた。

以下に本研究で得られた主な結論と要約を述べる。

第1章序論では、本研究の社会的背景および目的について概説し、論文構成内容を紹介した。

第2章の石灰石粗骨材が溶脱したコンクリート水利施設の調査では、施設文献や施設管理者等から入手した情報を基に北海道、東北、九州地方で水利施設の調査を行い、水利施設の置かれた環境や側面、底面の劣化状況および溶脱深さ、水質検査、かんがい期における水路の流速測定を行った。北海道地方で1地点、東北地方では重力式コンクリートダムを含む9地点、九州地方で1地点で石灰石粗骨材の溶脱が確認された。水路側壁の粗骨材の溶脱深さは、大半が下層ほど大きいという結果であった。水路側面では石灰石粗骨材部分がくぼみ、他の岩種の粗骨材部分が突出する変状が確認された。現地採取した水の水質検査では、全硬度は22~70mg/Lで軟水であり、pHは5.6~7.8mg/Lと弱酸性を示していた。ランゲリア指数は-3.7~-0.7で腐食性のある水と判断された。現地水路で得られた流速は0.4~1.5m/sであった。

第3章の石灰石骨材の物理・化学試験により、石灰石骨材はJIS規格値内であるが、すりへり量が大きく、吸水率が低い。組成分析より、SiO₂の割合が小さく、CaOの割合

が大きいことから、物理的性能が低い。水の違いによる骨材溶脱試験により、全硬度が軟水、中硬水の場合に質量が減少することが確かめられた。

第4章の石灰石を使用した溶脱再現試験では、石灰石粗骨材使用の供試体では、クレータ状のくぼみが見られ、粗骨材の溶脱深さは直線的に増加し、流速に対する予測式求めることができた。また供試体の質量減少率は経過日数に伴い大きくなるが頭打ちの傾向となり、流速が大きいほど顕著であった。

第5章の石灰石粗骨材の溶脱の一考察では、石灰石は石灰岩を地下資源として使用する場合の呼称であり、物理的性状も同様とされ、水に溶けたCO₂によるpH低下で発生するという石灰岩の溶脱メカニズムが準用できると推察された。しかし、水の硬度や流速などの影響もあり石灰石溶脱メカニズムは今後も検討の余地があると思われた。

第6章の石灰石粗骨材の溶脱に有効な補修工法では、アルコキシシラン系表面含浸材による供試体の溶脱試験より、質量減少率が小さく、有効性が示唆された。

審査結果の要旨

わが国の農業水利施設は、戦後食糧増産期および高度経済期に整備が進められてきた。少子・高齢化が進む中で、食を守る意味で農業水利施設の維持管理は、重要な課題である。コンクリート水利施設などでは骨材が必要となるが、石灰石粗骨材を使用したものに、骨材が先行してくぼむ溶脱が発生していた。今まで報告がほとんどされず、農林水産省などの機関でも劣化現象として定義がされていないきわめて特異な劣化であった。

本研究では、石灰石粗骨材の溶脱現象を解明するため、現地調査、骨材試験および室内試験室における再現試験を行った。また、対策工として溶脱した施設に対し選定した表面含浸工法で抑制に有効であることが示唆された。

審査委員会は、口頭発表会で用いたスライドによる詳細な説明を課し、主査および2名の副査が試問した。まず論文の表現および表へ加筆・修正、および論文の食産業との関わりについて審査を行った。

審査結果の要約は以下のとおりである。本論文は、第1章の序論から第7章の総括の構成であり、論文を構成する核となる部分は、農業農村工学会論文集の掲載論文に基づいており、基準を満たしている。

第1章序論では、本研究の社会的背景および目的について概説している。審査委員会は、研究目的と食産業との関わりについて試問し明確な回答を得た。

第2章では、石灰石粗骨材が溶脱したコンクリート水利施設の調査結果を述べている。北海道地方で1地点、東北地方では重力式コンクリートダムを含む9地点、九州地方で1地点調査を行い、水利施設の置かれた環境や側面、底面の劣化状況および溶脱深さ、水質検査、かんがい期における水路の流速測定を行っている。審査委員会は、流速、水質（硬度、pH、ランゲリア指数等）について試問し明確な回答を得た。

第3章では、石灰石骨材の物理・化学試験結果を述べている。審査委員会は、石灰石骨材の溶脱に及ぼす影響について質問し、すりへり抵抗値およびCaO含有量の影響が大きいことを確認した。

第4章では石灰石を使用した溶脱再現試験を述べている。審査委員会は、流速と溶脱深さの関係に関する予想式について試問し、流速が大きいほど顕著であることなど明確な回答を得た。

第5章では石灰石粗骨材の溶脱のメカニズムを述べている。査委員会は、石灰石骨材の溶脱のメカニズムについて質問し、水に溶けたCO₂によるpH低下で発生するという石灰岩の溶脱メカニズムが準用できるとの明確な回答を得た。

第6章では有効な補修工法を述べている。査委員会は、アルコキシシラン系表面含浸材の有効性について質問し、経済性や施工性に優れているなど明確な回答が得られた。

第7章では、論文の総括と展望を述べている。

以上のことから、学位論文として十分な新規性、有効性等を有するものであり、食産業学の発展に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士論文に値するものと認める。