

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 上野和広

題目: 農業水利施設の補修後における再劣化防止に関する研究

(Study on prevention of re-deterioration in repaired irrigation and drainage facilities)

表面被覆工法や断面修復工法で補修された農業水利施設では、既設躯体に存在するひび割れの幅の変動や流水および混入土砂によるエロージョン摩耗によって補修した箇所の再劣化が生じている。本研究ではそうした補修工法の再劣化防止を目的として検討を行った。

第二章では、ひび割れ上に適用された補修材料がひび割れ幅の変動によって割れや膨れを生じないための要求変形性能を明らかにすること、また、ひび割れ幅の変動がひび割れ幅の測定や機能診断に与える影響を明らかにすることを目的とし、農業用水路を対象としてひび割れ幅の変動量調査を実施した。日変動量調査の結果、長く薄いコンクリート版から構成された農業用水路では短期的な温度の日変化によってひび割れ幅が変動することが確認され、その変動は躯体表面温度と明確な規則性を示した。ひび割れ幅の日変動幅はM水路で最大0.629mm、H水路で最大0.298mmであり、鉄筋コンクリート水路に対する許容ひび割れ幅0.4mmと比較して非常に大きいことからその変動を考慮した機能診断手法の確立が求められた。また、ひび割れ幅の日変動が躯体表面温度の変化に即座に反応せず、多少の時間遅れを伴うことが確認されたことから躯体表面温度の履歴を考慮した日変動量の推定式を提案した。提案した推定式は日変動量のある程度予測することが可能であり、最も推定日変動量と実測日変動量が一致したのは計測直前1~4時間程度の温度履歴を考慮した場合であった。

年変動量調査では、ひび割れ幅および目地幅の変動が躯体表面温度よりも外気温の変化に応じて生じることが示唆された。これは、年変動量調査がその期間内で季節変化を伴うことから、太陽光の輻射による影響よりも外気温の変化による影響が卓越したためと考えられる。

さらに、日変動量調査および年変動量調査結果からひび割れ幅の変動割合を求めたところ、日変動量調査における変動割合はM水路で最大45.9%およびH水路で最大24.3%、年変動量調査における変動割合はM水路で最大88.0%およびH水路で最大162.8%となり、補修材料が再劣化を生じないための要求変形性能が明らかとなった。

第三章では、農業水利施設で生じるエロージョン摩耗を適切に擬似可能な摩耗試験機を開発し、摩耗の進行予測および耐摩耗性の評価手法を確立するために検討を行った。水に珪砂を混入した状態で供試体へ噴射する機能を有した摩耗試験機(水砂噴流摩耗試験機)を開発したところ、コンクリート水利構造物に特有なモルタル部分が先行して摩耗する現象を疑似

可能であった。また、その摩耗作用はキャビテーションによるものではなく、珪砂によるすり磨き作用および衝撃摩耗作用によるものが支配的であると確認され、水砂噴流摩耗試験機はエロージョン摩耗に対する評価を適切に行えることが明らかとなった。

次に、耐摩耗性の評価で多用されているテーバー式摩耗試験機と水砂噴流摩耗試験機による摩耗特性を比較した結果、両摩耗試験機では材料によって耐摩耗性の評価が異なることが確認され、テーバー式摩耗試験機では流水環境下における摩耗の評価を適切に行えないことが明らかとなった。

また、水砂噴流摩耗試験機の性能を評価するために既存の水流摩耗試験機（吐出圧力4.5 MPa）と摩耗速度を比較したところ、水砂噴流摩耗試験機は約24.7倍の摩耗速度を有することが明らかとなった。さらに、水砂噴流摩耗試験機の促進速度について検討した結果、評価量に摩耗深さをを用いた場合で1.05～1.72年/h、表面粗さをを用いた場合で0.50～8.85年/hであることを明らかにし、農業水利施設に対する摩耗の進行予測を可能にした。

最後に、水砂噴流摩耗試験機を用いてコンクリートの諸特性と摩耗性状の関係について検討した結果、コンクリートの表層に存在するスキン層では摩耗の進行が速いこと、コンクリートの強度特性が高いほど耐摩耗性に優れること、打設時に生じる粗骨材分布の偏りによって耐摩耗性が異なることを明らかにした。

第四章では、農業水利施設に適用される補修工法の技術的課題を明らかにするため、試験施工が行われた農業用水路において調査を実施した。調査結果を集計したところ、主材料の有機・無機別および形態別で一長一短があることが確認され、有機系工法では低コスト化（シート）、施工厚の抑制および充填方法の改善（パネル）、ひび割れ追従性の改善および膨れの改善（塗膜）などの必要性が明らかとなり、無機系工法では施工厚の抑制および充填方法の改善（パネル）、ひび割れ追従性の改善（左官）などの必要性が明らかとなった。

第五章では、第二章～第四章の検討結果から農業水利施設の補修材料に適用可能と考えられたHPFRCCを評価するため、HPFRCCにひび割れが生じた場合における水密性保持性能、HPFRCCの耐摩耗性、HPFRCCに含まれる繊維の紫外線劣化について検討した。ひび割れを生じさせたHPFRCCを用いて透水試験を行った結果、ひび割れ分散性の発揮によって微細なひび割れが多数発生するHPFRCCはひび割れからの漏水量を大きく低減することが明らかとなった。また、ひび割れ幅が小さい場合には徐々に漏水量が低減し自己修復性を有することが確認され、ひび割れ幅抑制効果を持つHPFRCCのさらなる優位性が明らかとなった。

次に、HPFRCCの耐摩耗性について評価したところ、HPFRCCはJISモルタルよりも耐摩耗性に劣る結果となった。また、水砂噴流摩耗試験機の促進速度を用いて摩耗の進行予測を行った結果、HPFRCCは40年で約10mmの摩耗を生じることから、摩耗が促進される環境下でHPFRCCを適用する場合は、その再劣化対策が必要であることが明らかとなった。

さらに、ひび割れを生じさせたHPFRCCを用いた促進劣化試験を行い、HPFRCCの紫外線劣化について検討した結果、促進劣化試験前後において引張強度の変化は小さく、引張終局ひずみおよび靱性度は60%～70%低下した。しかし、促進劣化試験後の引張終局ひずみが、ひび割れの生じていないHPFRCCの引張終局ひずみよりもわずかに低い程度であったことから、この性能低下は0hの引張破壊試験で繊維の滑りが生じていたことが原因と考えられた。