

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 石神 暁郎

題目:

農業用コンクリート水路における補修工法および工法評価手法に関する研究

Development and Evaluation of Repair Methods for Concrete Irrigation Canal

我が国において造成された農業用水路は、主要な基幹的水路だけで45,000km、末端の支線的水路まで合せると40万km以上にも及ぶ、長大な延長を有する農業水利施設である。循環型社会への移行が急務である現状にあつて、農業用水路においては、適切な時期に適切な補修を行って維持管理し、その機能を次世代へ継承していくことが重要である。本研究では、農業用コンクリート水路に焦点をあて、主に開水路および水路トンネルを対象とした、①農業用コンクリート水路における変状と性能低下の分析、②農業用コンクリート水路の補修工法に対する評価手法の開発、③農業用コンクリート水路の構造性能、水理性能、水利用性能の回復を目的とした補修工法の開発およびその評価、の3項目に着目し、農業用コンクリート水路の変状および性能低下のメカニズムを踏まえて、評価手法および補修工法を開発し、開発した補修工法の性能評価を行うことで、評価手法および補修工法の実用化を達成した。

1. 農業用コンクリート水路における変状と性能低下の分析

農業用コンクリート水路における変状には、選択的摩耗、鉄筋露出および鉄筋の断面欠損、コンクリート躯体の断面欠損、目地材の劣化および脱落などが挙げられる。また、それら変状に伴う性能低下には、通水能力の低下、躯体の崩壊および断面欠損、漏水などが挙げられ、他分野のコンクリート構造物にはみられない、特有の変状あるいは性能低下が数多く存在する。したがって、農業用コンクリート水路に要求される性能、変状により受ける影響、補修工法に要求される性能、ならびに施工や環境条件も他分野のコンクリート構造物とは異なるため、農業用コンクリート水路の実情を考慮した補修工法の評価手法の開発、および補修工法の開発とその評価が必要となる。一方、実構造物（開水路）におけるEPMAを用いた分析では、通水表面付近におけるカルシウム濃度の減少が確認された。これより、農業用コンクリート水路にみられる選択的摩耗は、物理的な砂礫のすり減り作用によるものに加え、コンクリートの化学的な変質がその要因の一つとなり得ることが明らかになり、砂礫によるすり減りとカルシウムの溶脱が複合的に作用する劣化現象であることが分かった。

2. 農業用コンクリート水路の補修工法に対する評価手法の開発

農業水利施設以外の他分野のコンクリート構造物における補修工法および評価手法の現状を分析し、農業用コンクリート水路に特有の変状および要求される性能、補修工法に要求される性能、ならびに施工や環境条件に照らし合わせた場合に導き出される課題を示し、農業用コンクリート水路における評価手法の選定および開発の方向性について考察した。その

結果、選択的摩耗の再現を目的とした高圧水流による摩耗促進試験方法（水流摩耗試験）を開発した。さらに、水流摩耗試験、すり磨き摩耗試験、転がり摩擦摩耗試験の3試験方法による、断面修復材の耐摩耗性評価手法の開発を行った。

3. 農業用コンクリート水路の構造性能、水理性能、水利用性能の回復を目的とした補修工法の開発およびその評価

一つには、農業用コンクリート水路に特有の変状あるいは性能低下のうち、摩耗や断面欠損、流量および流速低下を主な補修の対象としたポリマーセメントモルタルを活用した断面修復工法（モルタルライニング工法）、および中性化や凍害など劣化因子の侵入に起因する劣化を主な補修の対象とした高耐候性シートを活用した表面被覆工法（シートライニング工法）の開発を行い、両工法において、農業用コンクリート水路の補修工法に要求される性能について評価を行った。モルタルライニング工法では、断面修復材において骨材粒度分布の調整などを行い、かつ、特殊エポキシ樹脂系プライマーを使用することで、摩耗し脆弱化した通水表面の修復を可能とした。その評価では、粗度係数は平均値0.0097となり、コンクリートやセメントモルタルに比べ水理的に優位であることが確認された。また、水流摩耗試験では、摩耗が進行しても通水表面の平滑性は良好に保持されることが確認され、さらに、すり磨き摩耗試験および転がり摩擦摩耗試験より、本工法は通水性および耐摩耗性に優れることが確認された。一方、シートライニング工法では、表面被覆材に工場二次製品であるシート材料を使用することで、水路湾曲部への適応性が確保され、施工性や維持管理性の向上が図られた。その評価では、耐物質浸透性や劣化外力に対する抵抗性など、コンクリート保護ライニングに要求される性能を十分満足することが確認された。

二つには、農業用コンクリート水路に特有の変状あるいは性能低下のうち、水路目地部からの漏水を主な補修の対象としたゴム弾性を活用した目地補修工法（応力機能目地工法）、およびブロック積水路の継目部や水路橋目地部からの漏水を主な補修の対象とした高耐候性ジオメンブレンを活用した表面被覆型漏水補修工法（ジオメンブレン工法）の開発を行い、評価を行った。応力機能目地工法では、ゴムが引張された状態では大気中のオゾンによる劣化が促進されるという知見に着目し、目地が伸縮しても目地材表面に引張応力が発生しない目地断面形状をFEM解析により導き出した。その評価では、本工法は少なくとも0.10 MPaの水圧抵抗性を有し、2.0 MPaの引抜き抵抗性、1.2 MPaの押抜き抵抗性を示した。さらに、耐候性および促進耐候性試験、耐酸性および耐アルカリ性試験より、本工法は止水性および耐久性に優れることが確認された。一方、ジオメンブレン工法では、ジオメンブレンを敢て全面的に定着させないことで、ゼロスパン現象による再損傷を回避することを可能にした。その評価では、ジオメンブレンは紫外線劣化、局部引張、化学的変質、加熱劣化など各種曝露条件における劣化を受け難く、水路躯体の伸縮挙動への追従性に優れることが確認された。

開発した各補修工法では、各々の工法に要求される性能についてその性能を満足することが確認され、農業用コンクリート水路の補修工法として適用可能であると判断された。一方、開発あるいは選定した各評価手法では、その多くは農業用コンクリート水路の変状や性能低下を再現できると判断された。今後は、補修工法の適用に際して、促進劣化試験や現場実証試験などにより適切な劣化予測を行い、施設としての耐用年数や機能保全コストを明らかにしていくこと、そのための総合的評価手法を開発していくことが重要な課題である。