

学位論文審査の結果の要旨

氏名	渡嘉敷 勝
審査委員	主査 長束 勇 (印) 副査 服部 九二雄 (印) 副査 武田 育郎 (印) 副査 石井 将幸 (印) 副査 緒方 英彦 (印)
題目	農業用コンクリート水路における 摩耗機構および促進摩耗試験に関する研究
審査結果の要旨 <p>農業水利施設の多くを占めるコンクリート構造物は、ストックマネジメントの対象となる代表的な構造物である。コンクリート構造物は、農業分野以外にも土木分野で非常に多く存在する。そのため、土木分野においてもコンクリート構造物のマネジメント（アセットマネジメントと称されている）が重要課題となっている。2007年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕では、コンクリート構造物の維持管理に関する考え方が示されている。しかしながら、農業水利施設に特有な劣化である摩耗については未だ十分には記述されていない。流水にさらされる部位で生じる農業水利施設における摩耗の進行は、構造物の断面を減少させ、安全性能および耐久性能を低下させるとともに、構造物の通水表面の平滑性を著しく損ね、粗度係数を大きくし、水理性能を低下させる原因となる。このような状況の中、農業水利施設の摩耗に対する調査法と評価法の確立が必要となっており、農業水利施設の性能を今後も維持していくためには、構造物の各部位で生じている摩耗機構を解明するとともに、劣化進行および性能低下の予測手法の開発、さらには、補修材料などの耐摩耗性能を照査するための促進摩耗試験を確立することが求められている。</p> <p>渡嘉敷氏は、農業用コンクリート水路における摩耗現象を対象として、</p> <ol style="list-style-type: none">1) 実水路における摩耗現象の状況分析2) 新たに開発した水噴流摩耗試験機の性能特性の解明3) 劣化進行予測のための摩耗機構シミュレーション手法の開発4) 水路構造物材料の促進摩耗試験のあり方についての提案 <p>の4項目に焦点を当てた詳細な現地調査、室内試験、数値解析を行っている。その結果、農業用コンクリート水路の摩耗がセメントペーストの破壊・脱離、細骨材の脱離、粗骨材の脱離の順に進行していることを明らかにするとともに、劣化進行予測や耐摩耗性能照査のための促進摩耗試験のあり方を提案している。具体的には、以下のとおりである。</p> <p>1) については、実水路の摩耗状況を把握することを目的として現地調査を実施している。調査対象とした供用35～51年が経過した5地区の現場打ちコンクリート水路において、コンクリート表面の摩耗形状計測、コア採取（3地区）、EPMA分析（2地区）などを実施した結果、次のことを明らかにしている。①水路側壁における表面粗さは、気中部より水中部において粗くなっており、同じ気中部および水中部においても水路底版に近くなるほど表面が粗くなる傾向にある。この理由は、底版に近づくほど、水に接触して摩耗作用を受ける時間が増加するためである。②表面粗さの算術平均粗さと最</p>	

大高さは線形の関係を有し、粗度係数の推定には簡易的に最大高さを用いることが可能である。③農業用コンクリート水路においては、水流および水流中の砂などによるエロージョン摩耗が進行しており、セメント部が脱離し、続いて、細骨材、粗骨材の順で脱離過程が進んでいる。

2) については、農業水利施設で生じるセメント系材料のエロージョン摩耗特性について把握すること、エロージョン摩耗を模擬する水噴流摩耗試験の有用性を明らかにすることを目的として、様々な条件の下で水噴流摩耗試験を実施している。その結果、次のことを明らかにしている。①水噴流摩耗試験機における吐出圧力の増加は摩耗速度を加速度的に増大させ、その関係は累乗関数で近似できる。②セメントペースト試験体の摩耗量は線形的に増加するのに対し、モルタル試験体やコンクリート試験体の摩耗量は骨材の露出とともに増加が逓減する。その原因は、摩耗表面積に占める骨材表面積の割合の増加が骨材下部への水噴流の衝突を抑制するためである。③Ca 溶脱試験体の表層付近の摩耗速度は、未溶脱領域に比べ最大で約 28 倍あり、耐摩耗性の低下が著しい。また、摩耗速度の大きな領域は Ca 溶脱領域とほぼ一致し、Ca 溶脱による表層の脆弱化が摩耗速度増大の原因と考えられる。ただし、Ca 溶脱による脆弱化が進行しても静水または微流速であればエロージョン摩耗には至らず、化学的変質と流水との接触がエロージョン摩耗を生じさせる。④水噴流摩耗試験により補修材料の耐摩耗性の相対比較が可能であり、試験から得られる各補修材料の平均摩耗深さと推定粗度係数との関係は、材料を選定する上で有効な情報になりうる。

3) については、上記の現地調査および水噴流摩耗試験の結果に基づいて、農業用コンクリート水路における摩耗機構を推定し、セルオートマトンを用いたシミュレーションを実施している。その摩耗機構とは、コンクリート中の結合材料であるセメントペーストの破壊に伴いセメントペーストに固定されていた骨材が脱離するというものであり、セメントペーストの破壊は水および砂粒子による力学的作用と Ca 溶脱による化学的作用より発生し、この両作用の複合作用により農業用コンクリート水路の摩耗が進行しているというものである。シミュレーション結果は、次のとおりである。①骨材の大小および配置の相違によらず、多少の凹凸はあるもののセメントペーストは同程度の進行速度で摩耗する。②表層付近で骨材上にあるセメントペーストは Ca 濃度の低下が大きく、力学的な弱部となる。③溶脱の有無が摩耗進行速度に大きな影響を与えている。ただし、この結果は、本モデルにおけるセメントペースト脱離閾値、Ca 濃度低下によるセメントペーストセル脱離閾値の設定によって大きく影響を受ける。④上方からの噴流を想定したシミュレーションでは、骨材を頂点とする突起状の表面が形成され、水噴流摩耗試験の試験体への衝突角度により形成された試験体の表面形状と類似している。

4) については、上記の現地調査、室内試験、シミュレーションの結果に基づいて、水路構造材料の促進摩耗試験における標準試験条件、標準試験体、評価指標、促進倍率、複合摩耗試験の案を提案している。①標準試験条件としては、JIS R 1645 「ファインセラミックスの噴流エロージョン試験方法」にならい、ノズル入口圧力、噴流の流量、噴流の衝突角度、ノズルから試験片までの距離、ノズル形状、試験体の回転、水質、時間、ノズルの交換を条件項目とする。②標準試験体としては、JIS R 5201 「セメント物理試験方法」に規定された JIS モルタル、形状および寸法は $70 \times 70 \times 20$ mm の直方体とする。③摩耗深さの指標としては、摩耗フロントをよりの確に把握できる 85%~95%摩耗深さ、各材料の摩耗特性の指標としては、JIS モルタルの摩耗速度に対する各材料の比摩耗速度およびその逆数とする。④促進倍率は、現地採取コアから切り出した試験体の健全面で試験を実施し、実水路摩耗面の推定摩耗深さとの比較から求める。⑤水路における摩耗現象は力学的作用と化学的作用の複合作用により進行することから、摩耗試験も対象とする化学的作用を促進させた試験体を使用するなどの複合摩耗試験を実施する。

コンクリート水路における摩耗現象は農業水利施設分野に特有な劣化であることから、先行している土木分野におけるアセットマネジメントにおいても詳細な研究はなされていない。農業水利施設のストックマネジメントの推進に当たって必要な農業用コンクリート水路の摩耗現象、特に劣化進行予測や耐摩耗性能照査のための促進摩耗試験のあり方に関する研究に先鞭を付けた本研究の功績は大きく、再建設費ベースで約 25 兆円と言われる農業水利施設のストックマネジメントに大きく寄与するものと期待される。したがって、本論文が学位論文として十分な価値を有するものと判定できる。