

(別紙様式第3号)

## 学 位 論 文 要 旨

氏名: 渡嘉敷 勝

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  
(Studies on erosion mechanism and accelerated erosion test of concrete irrigation canal)

---

本研究では、農業用コンクリート水路に多く見られる劣化現象の一つである摩耗現象を対象として、摩耗現象の状況、水噴流摩耗試験、摩耗機構、水路構造材料の促進摩耗試験の検討を行った。

農業用コンクリート水路で生じている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た。その結果、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表面が粗くなっており、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とが明らかとなった。この理由としては、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ことが考えられた。供用40年程度の水路では、最大高さがほぼ10 mm程度となっており、それに骨材上の施工初期のモルタル分のかぶりを6 mmと仮定すれば、竣工時からの摩耗した深さは16 mm程度であると推察された。

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および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、水噴流摩耗試験をセメント系材料に適用した。その結果、水噴流摩耗試験機における吐出圧力の増加により、摩耗速度は加速度的に増大し、その関係は、累乗関数で近似できることが明らかとなった。

セメントペースト試験体の摩耗量は線形的に増加し、一方、モルタル試験体およびコンクリート試験体では骨材露出とともに摩耗量の増加が逡減する。その原因としては、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と考えられた。コンクリート試験体の摩耗過程は、セメントペーストの脱離が先行し、細骨材、粗骨材の順で骨材が露出し、試験表面における骨材露出領域の拡大がセメントペーストの脱離を抑制し、その結果、摩耗進行が逡減する過程であると考えられた。

Ca溶脱試験体の表層付近の摩耗速度は、未溶脱領域の最大19.4~27.6倍の摩耗速度であり、耐摩耗性の低下が著しいことが明らかとなった。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原因と考えられた。

補修材料の相違により、摩耗進行の速度に差のあることが示された。このため、水噴流摩

耗試験による補修材料の耐摩耗性の相対比較が可能であると判断された。また、水噴流摩耗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、材料選定をする上で有効な情報になりうると判断された。

新型水噴流摩耗試験機を用いた試験条件としては、JISモルタルの試験効率性および表面形状を考慮して、水噴流の試験体への衝突角度を $45^{\circ}$ 程度にすることが適切と判断された。実水路から採取したコアを用いた水噴流摩耗試験の結果、施工時および供用時に外部環境と接するコンクリートにおいては、施工状況や化学的作用の影響を受けてコンクリートが変質する可能性が高く、摩耗特性が初期コンクリートと相違すると考えられ、適切な位置から試験体を作製する必要性が示された。また、Ca溶脱による脆弱化が進行しても接触している水分が静水または微流速の水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と考えられた。

実水路構造物の摩耗速度の検討および採取コアの表面観察の結果から、農業用コンクリート水路における摩耗現象は、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現象であると推定された。セメントペーストの破壊に作用するのは、水および砂粒子による力学的作用と化学的作用の2種の作用であり、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推定された。

力学的作用と化学的作用を模擬したセルオートマトンによるシミュレーションの結果、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ことが示唆された。また、本CAモデルにおいては、溶脱の有無が摩耗進行速度に大きな影響を与えていることが見て取れた。さらに、上方からの噴流を想定したシミュレーションの結果、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ことが示された。

水路構造材料の促進摩耗試験としての水噴流摩耗試験の標準試験条件を提示した。試験条件の項目は、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、ノズル交換である。また、標準試験体としては、JIS R 5201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の直方体とすることを提案した。

摩耗深さの指標として、摩耗フロントをよりの確に把握できるように85%～95%摩耗深さを提案した。そして、各材料の摩耗特性の指標として、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を耐摩耗性指標として提案した。なお、水噴流摩耗試験の試験時間と実構造物の供用時間との相関を把握するために、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水噴流摩耗試験の促進倍率を求めることを提案した。

農業用コンクリート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した試験体を使用するなどの複合摩耗試験を実施する必要性について指摘した。