

## 【学位論文審査の要旨】

高度経済成長期以降、経済活動の活性化、生活環境の向上を目的に、膨大な数のコンクリート構造物が構築・供用されてきた。その中で、下水道施設は他の社会インフラより着手が遅く、短期間で集中的に整備されてきたことから、今後、耐用年数を超える施設が急増すると考えられる。

また、下水道施設では硫化水素などによるコンクリートの劣化が発生しやすいことが知られており、劣化した施設を適切に補修し長寿命化を図り、再構築事業を平準化することが重要な課題になっている。

管路施設は道路下に敷設されていることが多く、都市部では開削工事の困難さから、その補修や再構築において、非開削で施工できる更生工法や防食工法が多く採用されている。しかし、これらの工法では、内面を防食材等で被覆するため、マンホールや管路の内部空間が縮小され、また、湿潤環境下での施工による防食材の剥がれや硬化不良が指摘されている。このため、マンホールの維持管理空間や管路の流下能力を阻害することなく、耐荷性能や耐久性能を確保できる技術が求められている。

一方、下水汚泥は日々大量に発生し、その最終処分場の残余年数がひっ迫している。したがって、下水道事業の持続には、減容化のため焼却処理された焼却灰のリサイクルの拡大が喫緊の課題になっている。

本研究では、これらの課題に対応するため、焼却灰を粒度調整して活用し、薄い塗布厚であっても補強効果を有する、新たな防食被覆材の開発に取り組み、その特性を外圧強度試験や非線形有限要素解析により検証し、既設コンクリートの劣化厚に応じた本防食被覆材の必要塗布厚の設計方法を提案している。

本研究で得られた主要な成果は以下のとおりである。

- (1) 質量比で焼却灰を 20%以上活用できることのほか、新たな防食被覆材を開発するために設定した開発目標（作業性・品質の確保、水理性能の確保、腐食環境への対応、施工時間の遵守）を満足できる防食被覆材の構成、仕様、配合を決定した。決定した防食被覆材について、耐久性などの基礎的な性能に加え、硬化性に関する目標を達成できることを確認した。また、東京都の 12 か所の実現場において、実証工事を実施した結果、人力で目標時間内での施工が完了できるとともに、求められる品質が確保できることを検証した。
- (2) 本防食被覆材の低弾性、高引張強度の物理的特性に着目し、梁部材の曲げ試験により、プライマーを含む防食被覆層の補強効果を確認した。また、内側に本防食被覆材を塗布した円形マンホールの外圧強度試験により、原マンホールより薄い塗布後の部材厚でも、原マンホールより高い破壊荷重値が得られること、コンクリートと防食被覆材が剥離しないことを明らかにした。さらに、荷重と鉛直変位やひずみの関係の検証により、コンクリートのひび割れ発生後は防食被覆材が引張力を負担し、曲げ耐力が増加したことなどの破壊メカニズムが推察できた。

(3) 円形マンホールに対する非線形有限要素解析により、ひび割れ発生から破壊に至るまでの挙動や応力負担等を検証した。その結果、外圧強度試験結果と同様の補強効果が確認できた。また、①初期ひび割れはコンクリート部から生じること、②防食被覆材のひび割れはコンクリートとの界面で発生し、内側に進展していくこと、③本防食被覆材を塗布した場合の破壊に至る挙動が、鉄筋コンクリートと類似していることなどの補強メカニズムが明らかになった。

(4) 鉄筋コンクリートの曲げ終局耐力算定式を適用し、劣化厚に応じて、新設マンホールと同等以上の耐荷性能の確保に必要な塗布厚の設計方法を提案した。試算では、50mmの劣化厚に対して15mmの塗布でよく、標準マンホールの90 cmの内径を97 cmに拡大できる。管路施設でのテレビカメラ調査や更生工法の適用が増える中、資機材搬入等のため、マンホール内の作業空間の拡大が求められていることから、本防食被覆材によるマンホール内径の拡大効果は大きいものと考えられる。

以上、本論文では、下水道施設のうち、主としてマンホールを取り上げ、資源の有効利用の観点から焼却灰を混入した新たな防食被覆材を開発し、作業空間を確保できるよう、薄い塗布厚であっても補強効果を有する本防食被覆材の特性を外圧強度試験や非線形有限要素解析により明らかにした。また、鉄筋コンクリート管への補強効果についても外圧強度試験により確認し、今後、局所的な損傷が多い大口径管路に対し、損傷個所のみを部分的に更生できる技術として、本防食被覆材を活用することで、再構築事業のコスト縮減や粒度調整灰の利用拡大にも貢献できることを示した。

本研究の成果は、下水道コンクリート構造物の補修・補強における構造安全性を確保するための方策ならびにその妥当性を実験的・解析的に検証しており、コンクリート工学分野の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は、博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があるものと認める。