

審査の結果の要旨

氏名 高 東 熙

本論文は、**Behavior of Flexible Liner in Buried Double-layered Pipe by Trenchless Renewal**（老朽埋設管の非開削更新における二層構造管のライニング挙動）と題した英文論文である。

高度成長期に建設された膨大なインフラ施設のストックが、都市が成熟するにつれて更新期を迎え、その効率的な維持管理の必要性が高まっている。下水管等の地中埋設管では、路面を掘削することなく管路内側からライニングを施して延命・改築する非開削更新手法の適用が、掘削に伴うコスト縮減や道路規制による交通渋滞などの社会的損失を防ぐ手段として有効であるとされ、過密化した都市部において近年増加している。しかしながら、老朽化した既設管の残存耐力や既設管とライニングの二層で構成される管の荷重分担等には不明な点が多いため、既設管の存在を無視して自立管としてライニング管が設計されているのが現状である。そこで本論文では、既設管の寄与を考慮した二層構造管としてのライニングの合理的な設計を目的として、二層構造管の埋設模型実験及び数値解析を実施した。

第一章では、研究の背景と目的を述べ、論文の構成を説明している。

第二章では、実験に用いた模型地盤の材料、試験装置および試験方法を解説している。模型地盤内に埋設する模型管に作用する土圧を正確に計測するために、せん断力と垂直力を計測できる小型の二方向ロードセルを管周方向に8箇所設置したのが本実験の特徴のひとつである。

第三章では、ライニング管の挙動を詳細に把握するために、塩ビ管で模したライニングを単体で模型地盤に埋設し、裏込め地盤の密度や繰返し载荷の影響を調べた。なお、本実験で得られた知見はライニングのみならず一般のたわみ性管にも適用できる。ゆる詰め地盤では、管頂部に応力集中が発生し管側部の裏込め地盤からの拘束も弱いため管は大きく変形した。交通荷重を想定した繰返し载荷を施すと繰返しに伴って管側部と管頂部に作用する土圧の比が徐々に増加し管周辺地盤内の応力の再分配が起こっている様子が確認された。また、実際の管理設では必ずしも良好な締固めがされていないケースも想定されるこ

とから、管周辺地盤を部分的にゆる詰めにした実験を実施したところ、管側方部の締固めが特に重要であることがわかった。

第四章では、老朽管を模した外側模型管とライニングを模した内側模型管で構成される二層構造管の模型実験を実施した。外管にはヒューム管の損傷パターンとして最も典型的と考えられる4分割管および損傷が過度に進行した場合を想定した8分割管を用いた。実験の結果、二層構造管ではライニングの変形が外管によって全体的に拘束される一方で、ライニングの変形を抑制する働きをする側方からの地盤反力が直接伝わりにくいことがわかった。管頂部に作用する土圧への外管の寄与率を **Host pipe coefficient** と定義したところ、4分割管では地盤の密度によらず最大 **0.32** 程度であることがわかった。さらに、有限要素法による数値解析で模型実験を再現し、4分割以外の損傷パターンでは **Host pipe coefficient** が総じて小さく、ライニング単体で埋設されている場合に比べて管頂部に作用する土圧は **0.32** 以下となることが確認された。ただし、8分割パターンでは **Host pipe coefficient** が **1** を超える値となる。

第五章では、実験結果を踏まえて二層構造管の設計法を提案した。ライニングの自立管としての現行設計法をベースにして荷重分担比を **0.32** とした。ただし、外水圧が高い場合はバックリングを起こす可能性があるため **ASTM** 基準で定められている肉厚を確保する必要があるとした。

第六章では、本研究で得られた成果を結論としてまとめ、今後の課題を整理している。

以上をまとめると、本研究では、老朽地中埋設管の合理的な維持管理・更新のために、老朽既設管の寄与を考慮したライニング管の挙動を解明し、実務に適用可能な簡便な設計法を提案した。このことは地盤工学の進歩への重要な貢献である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。