

氏名	田本 敏之		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	農 学		
学位授与番号	博乙第	4 5 5 7	号
学位授与の日付	2 0 2 4 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第 4 条第 2 項該当)		
学位論文の題目	農業用水路トンネルの模型実験に対する数値解析の適用性に関する研究		
論文審査委員	准教授 柴田俊文	教授 西村伸一	准教授 珠玖隆行
学位論文内容の要旨			
農業用水路トンネルは、全国で約 2,000km 以上整備されており、これらのトンネル構造物は昭和以前に矢板工法によって建設されたものが多く、長期供用によって変状が進行している。特に、一部の水路トンネルでは、農業用水のみならず、上水、工業用水、発電用水と兼用される重要な社会インフラとなっている場合もあり、戦略的な保安全管理を行っていく必要がある。戦略的な保安全管理を行うためには、変状が発生したトンネルの荷重状態を把握することが不可欠であり、そのためにはひび割れの評価が重要となる。 過去の研究において、有限要素法 (FEM) を用いた覆工の安全性の評価手法を提案した事例はあるが、有限要素法は、ひび割れの評価が困難である。本研究では、実務レベルをターゲットとして、解析が比較的容易で、ひび割れを良好に再現することが可能と考えられる「剛体ばねモデル (RBSM : Rigid Body Spring Model)」について、模型実験の再現性を確認し、適用性を評価した。比較対象の解析方法として、不連続体の解析に多く用いられる「個別要素法 (DEM : Distinct Element Method)」と選定した。 模型実験は、1/10 スケールの農業用水路トンネルを模擬し、960mm×960mm×400mm の地山を模した供試体の中央に、巻厚 20mm、幅員 240mm、高さ 240mm のほろ形のトンネルを配置した。実験は、油圧シリンダーは最大載荷荷重 300kN のものを 3 個用いて、載荷変位が 0.1mm/s 以下になるよう油圧シリンダーに荷重を加え、荷重と載荷板変位が一定になるまで載荷を行った。背面空洞の範囲は、0° (空洞なし)、45°、90° の 3 パターンを設定した。 数値解析に用いる剛体ばねモデルについては、「鉄筋コンクリート構造の離散化極限解析」(竹内則雄ら、2005) に基づきモデル化した。要素間に配置するばねは室内試験や文献に基づいて設定し、降伏条件はモーラー・クーロンの破壊基準を適用した。個別要素法は、DEM 解析ソフトのオープンソースである Yade を用いて解析を行い、構成モデルはコンクリートの解析に有効である CPM (Šmilauer, 2010) を採用する。 適用性評価の結果、剛体ばねモデルは、個別要素法と比較して、ひび割れ発生荷重の再現性が高く、解析難易度及び解析時間ともに有利であることから、補修・補強対策を検討する実務において、ひび割れ発生荷重の同定に適用できる可能性が示唆された。 一方、個別要素法は内空変位と荷重の関係の再現性が低く、特に破壊を伴うような大変形と荷重の関係の再現性が低い。荷重との関係を考慮しなければ、内空変位量の再現性は高いことから、解析難易度及び解析時間の問題が解消できれば、内空変位量の詳細解析への適用の可能性があることを示した。			

論文審査結果の要旨

日本には、長大な水路トンネルが存在するが、その維持管理が問題となっている。かつて多用された矢板工法での施工時に、背面空洞が生じ、後にトンネル覆工コンクリートのクラックに至っている事例が散見されている。本研究は、このクラック発生のメカニズムを解明し、クラックとそれに伴うトンネル覆工の変位を予測できる数値解析法を検討するものである。研究においては、最初に、実際のトンネルを縮小したトンネルの模型実験が実施されており、この実験で計測された荷重と変位を数値解析で評価している。研究では、個別要素法と剛体バネモデルの2種類の数値解析が検討されている。個別要素法は、粒状体としてトンネル覆工および地山を表現しており、亀裂が適切に評価できることが期待された。一方、剛体バネモデルは、連続体力学の範疇にある解析法であるが、有限要素法などと比較すると、亀裂進展の適切な評価が期待できないという理由から選択された。これらの解析について、学位申請者は、解析結果から以下の知見を得ている。

1. 剛体ばねモデルは、個別要素法と比較して、ひび割れ発生荷重の再現性が高く、解析の簡易性及び解析時間ともに有利であることから、補修・補強対策を検討する実務において、ひび割れ発生荷重の同定に適用できる可能性が示唆された。

2. 個別要素法は内空変位と荷重の関係の再現性が低く、特に破壊を伴うような大変形と荷重の関係の再現性が低い。荷重との関係を考慮しなければ、内空変位量の再現性は高いことから、解析の簡易性及び解析時間の問題が解消できれば、内空変位量の詳細解析への適用の可能性を示した。

学位審査委員会は、上記の内容と成果が博士論文として適切であり、本文中に、研究内容が正確に記述されていることを確認した。また、審査会においては、学位申請者による適切な発表および質疑に対する応答がなされたことから、学位審査委員会は、申請者が、博士の学位に相応しいと判断した。