




論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第 108号	氏名	李 寧博
学位審査委員	主査 蔣 宇静 副査 大嶺 聖 副査 杉本 知史	  	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>李寧博氏は、2020年4月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に入学し、現在に至っている。同氏は、工学研究科博士後期課程に入学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、TBMによる施工トンネルを対象に、高水圧を受ける場合のトンネル周辺岩盤地山の損傷メカニズムと施工による地表面沈下の予測評価に関する研究を行い、その成果を主論文「Study on Performance Evaluation and Forward Geological Prediction of TBM Construction Tunnels (TBM施工トンネルの挙動評価と前方地質予測に関する研究)」として完成させ、参考論文を付して、2021年12月に博士(工学)の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は、2021年12月15日の教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2022年2月16日の工学研究科教授会に、本書面をもって報告することとした。</p> <p>学位論文の適合性を審査したところ、学位論文の印刷公表論文3編(うち審査付き論文3編)、印刷公表予定論文4編(うち審査付き論文4編)が学位論文を構成していることが認められ、適合性ありと判断した。なお、参考論文には、その他の論文2編(うち審査付き論文2編)も含まれる。</p> <p>発展途上国では、交通インフラネットワーク整備を進めるには、長大トンネルを建設する機会が増えている。地質条件の変化に 대응やすく、施工性や工事費用などの面からTBM (Tunnel Boring Machine) 工法が多くの現場において適用されている。一方、深部における長大トンネルの施工において、特に破碎帯による大量湧水はトンネル内の安全施工を脅かすので、高水圧を受けるトンネルの周辺地山の損傷メカニズムの解明と、切羽前方地質状況の予測および施工による周辺環境(例えば、地表面沈下)に及ぼす影響の把握は重要な課題となっている。このような背景に対し本研究は、高水圧を受けるトンネルを対象に、間隙水圧と岩盤内応力との相互作用を考慮して、TBM工</p>			

法施工による周辺地山の損傷メカニズムを解明することにより、切羽前方における含水層の探査方法を提案した。また、前方地質条件に応じたTBM掘進速度を決定するニューラルネットワークモデルを考案し、トンネル掘削による地表沈下の予測と実測による検証も行った。

まずは、花崗岩の水圧破碎き裂の進展過程に対し、室内水圧破碎強度試験と数値シミュレーションによる総合的検討を実施した。花崗岩の場合は破碎水圧が岩盤内応力と環境温度に大きく影響され、拘束圧の増加につれ高まる一方、温度の上昇に伴い著しく減少し、近似的線形関係を有することを明らかにした。拘束圧と間隙水圧をともに受ける場合、花崗岩内の破碎き裂は引っ張りによるものであり、進展拡張の範囲は引っ張り応力のベクトル方向に支配されることが分かった。

次に、切羽前方において含水層が存在する不良地質地山に対して、抵抗率による三次元先行探査法の適用性を検討し、現場検証を実施した。トンネル内に設けられる複数の探査孔から得られる抵抗率の感度を分析して、計測装置の最適配置とそれに基づく切羽前方含水体の検知モデルを提案した。中国滇中引水プロジェクト香炉山トンネル3-1支線に適用して、提案モデルと探査技術の信頼性および精度を確かめた。

最後は、TBM工法による施工効率を向上させるために、切羽前方地山の性状に応じた掘削速度の設定について、遺伝アルゴリズムを最適化したBPニューラルネットワーク(NN)モデルを提案した。計算プラットフォームとしてMATLABを利用して、BPNNとBPNN-GAによるTBM工法の施工率の評価精度の相違を考察して、BPNN-GAモデルの優位性を明らかにした。中国漢江-渭河輸水プロジェクトの特定区間において適用したが、地山の圧縮強度を含め前方地山の地質状況を把握することができた。さらに、TBM工法によるトンネル施工において引き起こされる地表面沈下の予測評価について、実トンネルにおける実測データを活用して、予測モデルの妥当性と予測精度の検証を行った。トンネル深さとトンネル径によって決まるギャップ(G)と地表面までの影響角(β)を導入することにより、単一トンネルだけでなく、双設トンネルの施工による地表面沈下の予測を可能にした。中国ウルムチ市地下鉄1号線トンネル、中国瀏陽河トンネル、スペインバルセロナ地下鉄トンネル、韓国普山地下鉄一号線トンネルなどの実測データとの比較によって、円形と非円形断面を持つ単一トンネルおよび双設トンネルに適用できることを検証した。

以上のように本論文は、TBM工法施工におけるトンネルの安全性確保と（地表面沈下など）環境影響予測に関して、新規性と独創性があり、高い学術的価値を有するものと評価できる。

学位審査委員会は、李寧博氏の研究がTBM施工トンネルの安全性と切羽前方地質状況予測および地表面沈下把握において極めて有益な成果を得るとともに、トンネル工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。

また、入学後に掲載された筆頭著者の審査付き論文が2編あることから、工学研究科規程第21条第2項ただし書の適用が適当であると判断した。