

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	青木 宏明
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博甲第2403号
学位授与年月日	2023年3月23日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	腐食損傷した地中 RC 中空円形断面の破壊と変形モード
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 前川 宏一 横浜国立大学 教授 勝地 弘 横浜国立大学 教授 細田 暁 横浜国立大学 准教授 藤山 知加子 横浜国立大学 准教授 崔 瑛

## 論文及び審査結果の要旨

高度経済成長期に整備された電力洞道や上下水道の一部では、地下水とともに流入した塩分などの影響を受けて、建設後 30 年を待たずに早期腐食劣化を呈するものが都市部の地下空間で現れており、事後対策と以後の予防保全に向けた対策の両者が検討されている。本研究はシールドトンネルなどの RC 中空円形断面を有する地下構造の終局限界状態における変形モードと鉄筋に沿った鋼材腐食との関連を明らかにし、既設地下構造物の維持管理水準の定量化と対策について検討したものである。

RC 中空円形断面を有するチューブ状の縮小試験体を粘性地盤中に埋設し、地盤変形を模擬した外荷重を作用させ、空間維持に関わる終局状態での変形と破壊モードを計測した。その結果、変形の対称性が破れることで、先行する曲げひび割れに沿って後発のせん断ひび割れが脆性的に進展し、部材厚さ方向に破壊するモードが生じ得ることを見出した。鋼材腐食は対称性を破る要因となる一方で、終局限界状態における損傷は、腐食損傷を含むことのない健全部に集中することも明らかにした。このとき、高ひずみ領域での時間依存性を考慮した構成モデルを用いた数値解析によって、耐力近傍での損傷と破壊、除荷時の挙動の両者をほぼ予測できることを併せて提示した。

地中において漏洩電流に触れる RC 円形中空構造を対象として、非対称変形の原因となる鋼材腐食の最大可能領域を求めるべく、コンクリート細孔空隙中の電解質を疑似した可視化材料を用いた電食実験を実施した。その結果、鋼材腐食が集中するアノード領域は円中心から角度 90 度で挟まれる領域に限定され、一方で 180 度以上の領域でカソード反応が優位となることを示した。これらの実験結果を基に、数値解析によって地盤沈下を再現し、鋼材腐食レベルを複数変化させた中空地中構造の損傷を数値的に再現した。構造物の損傷度を代表する指標として、現地計測が容易な内空変位量から求めることのできる楕円度を提案し、補強・更新および避難の判断を行う安全管理法を提案した。

以上より、本学位論文は既往の研究の総合化と独創性および今後の発展性を有するものとして、合格と認められた。iThenticate による剽窃チェックでは重複率 23% であり、そのうち 12% が論文提出者の既発表論文に由来するものであった。剽窃盗用に該当するものは無いことを確認した。

## (試験の結果の要旨)

2023 年 1 月 30 日 13:00~14:00 に公聴会を対面（土木工学棟 1 階会議室）とオンラインの併用で開催し、引き続き 1 月 30 日 14:00 より審査委員会を対面で開催した。地中に埋設された RC 円形中空断面構造の空間維持性能と鋼材腐食劣化との関係を実験ならびに非線形応答解析から明らかにし、実構造の空間維持性能に基づく維持管理法を提案した研究は、博士学位論文として十分な内容を有しており、合格と判定した。コンクリート構造工学及び維持管理工学に関し

て、博士（工学）の学位を得るにふさわしい学力を有していると判定した。なお、修了に必要な単位は取得済である。

英語の学力においては、筆頭著者として既に公表した英文論文2編と国際会議における講演発表の実績より、十分な英語の学力を有していることを判定した。

学位取得に必要な対外発表論文は以下の通りである。

“Failure mode of deteriorated concrete tunnel sections under subsidence and localized shear, Structures and Buildings” Hiroaki Aoki, Fan Shu, Yuto Yamanoi, Ren Mingqian, Hideaki Takahashi and Koichi Maekawa, *Institution of Civil Engineers*, 査読有, pp.1-37, 2021. doi.org/10.1680/jstbu.20.00150

“可視化材料を用いた鉄筋の電食実験と分極反応領域の評価検討” 青木宏明, 高橋秀明, 前川宏一, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.42, No.1, pp.767-772, 2020.

“Failure mode and safety assessment of corroded RC tunnel sections subjected to subsidence and localized shear of soil foundation” Hiroaki Aoki, Yuto Yamanoi, Hideaki Takahashi and Koichi Maekawa, *Recent Advances in Nonlinear Design, Resilience and Rehabilitation of Structures*, CoRASS, 査読有, pp.1-10, 2019.

以上より、最終試験は合格であると認められた。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。