

## 審査の結果の要旨

氏名 瀬野 康弘

コンクリート構造物に発生したひび割れは、構造物の耐力・水密性・耐久性など諸性能の低下に大きく影響するため、構造物の重要度や特性に応じた補修が必要である。特に、鉄筋コンクリート構造物に発生したひび割れが鉄筋に達している場合や、貫通している場合には、劣化因子がコンクリート部材内部や鉄筋に達し易くなり、劣化が促進され、コンクリート構造物としての機能を損なうこととなる。そのようなひび割れは、コンクリート構造物のライフサイクルコストを考慮した延命化を鑑みると、適切な方法で早急に補修すべきである。一方、ひび割れの補修工法のうち、注入工法は広く採用されているが、注入量の設計や管理方法が不十分であるなどの問題点もまだ残されている。

このような背景の下、本論文は、ひび割れ注入工法の補修設計手法や注入計画・注入管理手法を改善するために、ひび割れという注入経路の複雑さやひび割れ面の粗さに着目し、注入速度や注入量の予測精度向上を目指したものである。

本論文では、まず、注入材料を非圧縮性のニュートン流体とみなし、注入されている注入材料の流れは層流状態であるとして、注入材料は注入口を中心とする同心半円状に広がる現象に合致するよう、円筒座標系における連続の式とナビエ・ストークスの運動方程式から、注入面積速度式の導出を試みた。そして、流体は半径方向の一方向に流れ、他の方向の速度成分を持たないと仮定し、定常状態における簡素化された面積速度式を導き、注入速度に影響を及ぼすパラメータは、間隙幅（ひび割れ幅）、注入圧、および材料粘度であることを示した。その上で、実際のひび割れの状況を考慮するため、間隙内面の粗さをパラメータとして加え、フラクタル次元を用いて表した。そして、注入材料の注入時の面積速度は、有機系注入材料・無機系注入材料とも、間隙幅の二乗と注入圧に比例し、材料粘度の逆数に比例することを実験により確かめた。また、注入面積速度は、間隙内面の状態が粗いほど遅くなり、注入速度は粗さの影響を受ける可能性を見出した。さらに、実際のコンクリート構造物に発生したひび割れの内面粗さを直接測定することは現状では不可能であることから、ひび割れの内面粗さをコンクリート表面ひび割れから推測する方法について検討し、表面ひび割れの線フラクタル次元と、ひび割

れ内面の線フラクタル次元との間には正の相関関係があることを見出した。一連の提案手法の検証のため、 $15 \times 30 \text{cm}$  の断面を有する供試体に交番载荷により導入した水平な貫通ひび割れと、壁構造物(壁厚約  $15 \text{cm}$ )に発生した鉛直の貫通ひび割れへの注入実験を実施した。そして、水平ひび割れに関しては、提案した予測式によって注入時間や注入半径、および注入量を $\pm 10\%$ 程度の誤差で推定できることが確かめ、さらに適切な注入圧力損失係数を与えることにより、注入時間の予測精度が向上することを確認した。しかし、鉛直ひび割れへの検証実験では、注入材料にダレが生じ注入状況の評価が困難であることが明らかとなり、その原因として、予測式において重力項を省略したことや、発生後の時間が経過したひび割れ内面の粗さの状態が供試体とは異なっていることが考えられた。チクソ性を有する材料に対する予測式の適応性の確認と共に今後の課題である。

本論文の第1章では、本研究の概要と目的を述べている。第2章では、ひび割れ補修方法の現状について整理するとともに、注入工法における注入性状に関する既往の研究を調査し、検討すべき課題を洗い出している。第3章では、ひび割れ内の漏水の流れに関する理論を整理した後、注入材料のひび割れへの注入性状に関して理論的な考察を行っている。第4章では、注入速度に影響を及ぼす要因として、ひび割れ内部の表面粗さ(内面粗さ)を考え、注入性状を検討するために基礎的な模擬実験を行うと共に、コンクリートひび割れ面の粗さの程度を把握している。第5章では、円柱供試体を割裂しひび割れを再現した供試体を利用して、提案手法の検証実験を実施し、ひび割れの粗さを考慮した注入速度予測式を提案し、予測式を用いた注入補修計画フローを提示している。第6章においては、提案した計画・管理手法の適用性を、部材や実構造物のひび割れにおいて検証している。第7章では、各章ごとに得られた成果をまとめ、課題を整理し、本研究の結論を示している。

以上、本研究は、コンクリート構造物に多く見られる貫通性のひび割れを対象としてひび割れの粗さ(注入経路の複雑さ)に着目した注入速度予測手法の検討を行い、注入速度予測式を用いた注入計画策定フローと注入管理手法を提案したものであり、実務における有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。

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。