

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 坂井 吾郎

コンクリート構造物は適切な材料選定と設計・施工管理がなされた場合、極めて長寿命となることが実証されている反面、施工段階でフレッシュコンクリートの充填不良や締固め不足に起因する初期欠陥が導入されると、構造寿命が著しく低下し、10～30年で不具合が発生することも事実である。高度経済成長期に集中して整備された社会基盤の中には、初期欠陥が主因となって構造寿命が劣化しているものが少なからず報告されており、近い将来、維持管理コストが大きく膨れ上がることが懸念されている。従来からスランプ試験によって間接的にフレッシュコンクリートの施工性能を量ってきたが、施工の多様化、天然骨材の枯渇と品質低下、耐震設計の高度化に伴う高密度配筋などで新たな枠組みが求められている。このような社会的背景のもとで本研究は、フレッシュコンクリートの新たな施工性能評価法を通じて初期欠陥を未然に防ぎ、高品質の社会基盤を継続的に提供するための欠陥リスク評価の方法を提示したものである。

第1章で本論文の学術的ならびに社会的背景と研究目的に述べており、フレッシュコンクリートの施工性能と流動性、材料分離抵抗性に関する既往の研究をとりまとめている。指針類におけるフレッシュコンクリートの施工性能の評価方法と材料設計法、現状のレディミクストコンクリートの選定方法の問題点を明確にしつつ、施工性能評価に基づく品質保証と定量化された初期欠陥リスクに基づく構造物の品質保証システムの重要性を述べている。

第2章では、フレッシュコンクリート施工性能を事前評価する際に、その基本となる材料科学的観点に基づく指標について論じている。施工性能の指標の一つとされるスランプについて、現状の現場施工での活用方法を全国的に調査、整理するとともに、スランプのみを指標として施工性能を表現することの技術的限界を、日本の天然骨材の品質動向と耐震構造設計の近年の変革とも関連づけて指摘している。ここでスランプのみで表現できない材料分離抵抗性と振動締固め性に対して、単位粉体量（セメントおよびポズランなどの混和材）を用いることが、製造工学、材料設計の観点から可能であることを明らかにしている。単位粉体量で材料分離抵抗性を間接的に評価する点は、本研究の最も重要な独創性を形成している。振動締固めが不要の自己充填性コンクリートの開発研究によって明らかにされた既往の知見が、一般の振動締固め作業を有するフレッシュコンクリートにまで適用できることを意味しており、フレッシュコンクリートの力学特性の統一的な表記につながるものとしても、高く評価される。

第3章で本研究で開発した施工性能評価手法と、初期欠陥などの不具合発生の有無の判定図の構築方法について論じている。施工時の不具合として、ポンプ圧送における圧送配管の閉塞とジャンカなどの未充填部の発生を取り上げ、これらの不具合発生の有無に関

する実施工のデータを全国的に調査した結果からも、2章で提起されたように、スランプと単位セメント量の関係から、不具合発生リスクが急激に増加する限界状態線を見出せることを示した。また、構造部材ごとのフレッシュコンクリート打込みパターンの違いや、単位セメント量が振動締固め性に与える影響に着目して実施工データの分析や考察を行い、コンクリート構造部材ごとに設定された不具合発生の有無の判定図の提案を行っている。これらの判定図は、コンクリート構造の施工欠陥の実情と事前評価結果とを比較して、詳細な検証を経たものである。

第4章では第3章にて示した不具合発生の有無の判定図をもとに、不具合が発生する確率の算出方法を提案している。また、これを実施工現場で展開するために必要なソフトウェアの開発を行った。実施工で生じた不具合事例のデータを入力して不具合発生の危険度を評価して、実際の結果と詳細に照合するとともに、不具合が発生する確率をもとに施工の適否を判断する際の判定値を与えている。

第5章では発注者、設計者、施工者など、技術上の責任主体である技術者が共有できる情報プラットフォームを与えることの重要性を指摘し、前章までに求めた不具合発生確率をもとに、初期欠陥の発生に伴うリスクを算出する方法を与えている。不具合の発生による影響を不具合が発生したことによって生じる短期的・長期的補修コストとして捉え、これと不具合の発生率との積をリスクとすることの提案を行った。

第6章で本研究の結論をまとめ、今後の課題について概括している。

本研究は、フレッシュコンクリートの施工性能と初期欠陥リスクの評価方法を与えることにより、社会基盤施設の品質保証システムの向上を与えるものと言える。高度経済成長期に多く整備された社会基盤施設の劣化や今後の維持管理が喫緊の課題となっている。耐久性に関わる不具合の多くが建設時の構造初期欠陥に由来するものであり、本研究成果は今後の新設ならびに既設社会基盤の再構築に極めて重要な材料設計・施工管理技術を与えるものであり、その工学上の貢献は大である。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。