

## 論文の内容の要旨

論文題目 「コンクリートのこわばりに関する研究 ならびに こわばり低減剤の開発」

学位申請者 根本 浩史

キーワード：初期欠陥，こわばり，凝集，降伏値，ベーンせん断試験

社会基盤の整備に必要不可欠であるコンクリート構造物を取り巻く状況は、近年大きく変化している。耐震性能の要求水準の引上げによる鋼材量の増加や、資源の有効利用の要請に応える材料特性の変化は、コンクリート施工の難易度を増大させ、初期欠陥の発生リスクを高くしている。こうした問題に対して、「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針」により、コンクリートのスランプが時間的に変化すること、構造部材や施工条件によって必要とされるスランプが異なることを考慮した施工性能の性能照査システムが示され、構造条件等に対する施工性能の重要性が浸透したと考える。

しかし、人手不足や温暖化などの環境変化、施工条件の複雑化などの複合要因も相まって、豆板や未充填といった初期欠陥の発生が減少する兆しは見受けられない。さらにコンクリート特有の材料性質である「こわばり」が、施工性能を大きく低下させているものとする。

フレッシュコンクリートが一旦静置されて、時間が経過することにより硬くなり、所要の流動性が失われて動きづらくなる、若しくは動かなくなる現象を示すことがある。本論文では、この現象をコンクリートのこわばりと称する。コンクリートのこわばりが大きくなると、再び流動させるのに大きな外力が必要となる。若しくは、十分な外力を与えられない場合は、こわばりが解消されずに流動性が不足する。つまり、コンクリートのこわばりはワーカビリティの低減に繋がり、工事現場において初期欠陥を発生させる大きな要因となる。

そこで、本論文では「こわばり」という現象を明確にしたうえで、コンクリートのフレッシュ性状や施工への影響を把握し、こわばりの影響要因を解明するための検討を行った。そして、初期欠陥の抑制を最終的な目的として、こわばりの制御方法である「こわばり低減剤」を開発し、その効果の検証を行ったうえで、実現場への展開を図った。

本論文の各章の概要を以下に示す。

第1章では、本研究および開発の背景、および目的を整理し、本論文の構成を示した。

第2章では、コンクリートのこわばりについて、主にチキソトロピーを対象とした既往の知見からその作用機構を明らかにした。また、既往の研究事例を参考にして、レオロジー的観点からこわばりを評価するうえでの着目点を整理し、筆者らが検討したこわばりの評価方法に関する事例を紹介している。また、コンクリートのこわばりが施工に与える影響を明確にするこ

とを目的とし、一般的なコンクリートの施工でのこわばりが施工に与える良い影響（メリット）と悪い影響（デメリット）について整理したうえで、筆者が実験により検討した結果と既往の研究結果を取りまとめた。そして、品質確保に対してこわばりの影響が懸念されるような施工条件をとりあげ、筆者が施工条件に対してこわばりの影響を低減するために実施した検討事例について示した。さらに、こわばりを活用するような施工条件についても取り上げて、その検討内容を既往の研究事例より紹介している。

第3章では、実験室で比較的簡単に混練できるフレッシュモルタルを用いて、回転粘度計により測定される降伏値と、モルタルの一般的なコンシステンシー試験であるミニスランプ試験、ならびに軟弱な粘土地盤の非排水せん断強度を求めるのに実用化され、既往の研究でフレッシュコンクリートのハンドリングの評価方法として提案されているベーンせん断試験から得られる結果の相関関係を検証することで、こわばりの簡易評価方法を検討した。その結果、ベーンせん断試験は、回転粘度計の最大せん断応力（見かけの降伏値）をある程度推定可能であり、特にミニスランプ試験では評価できない低スランプ領域におけるこわばりを適正に評価する手法として有効であることが示唆された。また、流動性の高いコンクリートのこわばりの簡易的な評価方法として、スランプフロー試験を実施した後にスランプフロー板を傾斜させた時のコンクリートの流動状況の違いからこわばりを検証した事例について紹介している。

第4章では、第3章でこわばり評価方法としての妥当性を検証したベーンせん断試験を活用して、コンクリートに使用される各材料の種類や量（セメント量、セメント種類、細骨材量、細骨材種類、粗骨材種類、混和材種類）のこわばりに対する影響を検討し、こわばりの主たる要因は時間経過にともなうセメントの凝集であることを確認した。

第5章では、コンクリートのこわばりへの対策として、新たに開発した化学混和剤「こわばり低減剤」について、その開発概要、こわばり低減効果のメカニズム、また、室内実験によるこわばり低減剤を用いたコンクリートのフレッシュ性状および硬化性状の確認結果、および、こわばり低減効果の検証結果について取りまとめた。

第6章では、こわばり低減剤を実施工（場所打ち杭、長距離圧送、上方圧送、高流動コンクリート、繊維補強コンクリート）に適用した事例とその効果について紹介している。そして、一般的な施工から特殊な条件下まで、将来のコンクリートの品質確保に対して考えられる、こわばり低減剤を用いたコンクリートの今後の展望について示し、昨今の地球温暖化を背景に特に対策が求められている暑中コンクリートへのこわばり低減剤の適用性について実験的検討を行い、その有用性について示した。

第7章は、本論文の結論として、本研究の目的である「こわばり」という現象の明確化、および、こわばりが及ぼす影響の把握、こわばりの簡易評価方法の確立、こわばりの影響要因の把握、そして、こわばり低減剤の開発成果を取りまとめた。