

琉球大学学術リポジトリ

セメントペーストとモルタルおよび高流動コンクリートのレオロジー一定数の推定法に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 琉球大学 公開日: 2023-05-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 東舟道, 裕亮 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002019805

博士（工学）学位論文 要約

標題：セメントペーストとモルタルおよび高流動コンクリートのレオロジー定数の推定法に関する研究

氏名： 東舟道裕亮

要約

本研究は、セメントペースト（以後、ペーストと略す）とモルタルを対象に JIS R5201 規定のフローコーンによるフロー試験結果と回転粘度計や球引き上げ試験で求めたレオロジー定数の関係を検討し、より簡便なフロー試験によりレオロジー定数の推定を可能にすること、さらに高流動コンクリートを対象として、本研究で提案する骨材化モデル粘度式を用いてモルタルのレオロジー定数やコンクリートの調合・材料物性などの情報から高流動コンクリートのレオロジー定数を推定する手法を確立することを研究目的とした。

ペーストを対象とする場合には、フロー試験結果とレオロジー定数の関係について検討する足掛かりとして粘塑性有限要素法による流動解析を用いて様々な入力値（降伏値、塑性粘度、ペースト密度）におけるパラメトリック解析を行い、その解析結果からフロー特性（フロー値、各フロー到達時間など）を収集し、入力値としたレオロジー定数（降伏値と塑性粘度）およびペースト密度と関係性が高い影響要因がなんなのかを相関分析にて検討を行った。その結果、降伏値はフロー値と、塑性粘度はフロー到達時間とペースト密度に関係があることが示唆された。

その後、これらの関係について実際のペースト試料を用いてフロー試験と回転粘度計によるレオロジー試験を実施し、その測定結果より関係性の高かった影響要因について再検討し、フロー値から降伏値を、150mm フロー到達時間とペースト密度の重回帰から塑性粘度を推定するペーストのレオロジー定数推定式を提案した。この提案式の有効性を検証するため MPS 法による 3 次元流動解析（以後、MPS 解析と略す）を行い、実測のフロー試験結果と比較検討した。その結果、ペーストにおいては提案式による推定値を用いた MPS 解析にて実測のフロー試験結果を再現でき、提案式の有効性が確認できた。

モルタルについては、ペーストと同じ JIS R5201 規定のフローコーンを用いてフロー試験を行い、球引き上げ試験で得られたレオロジー定数とフロー特性（フロー値と 150mm フロー到達時間）との関係より、ペーストと同様にフロー値から降伏値を、150mm フロー到達時間とペースト密度の重回帰から塑性粘度を推定するモルタルのレオロジー定数推定式を提案した。さらに、ペーストとモルタルでは同じ JIS R5201 規定のフローコーンを用いてフロー試験を行っていることから、ペーストとモルタルを同様の連続体と仮定し、両方に適用可能な共通レオロジー定数推定式についても検討を行った。

共通レオロジー定数推定式の検討より、塑性粘度についてはペーストとモルタルで異なる傾向を示していたため共通の推定式は提案できなかったが、降伏値についてはペー

ストとモルタルで一様な傾向が認められたため共通降伏値推定式を新たに提案した。これらの提案式の有効性についてもペーストと同様に MPS 解析による検証を行っている。MPS 解析によるモルタルの提案推定式の有効性の検証では、流動性の低いモルタル試料においては実測のフロー試験結果の再現性が良好であったが、流動性の高いモルタル試料については再現性が低かった。ただし、その改善策として再現性の低かったモルタル試料に対してはモルタルのチクソトロピー性による粘度低下の影響を疑似的に考慮するモデルを提案し、MPS 解析に適用させることで実測結果の再現性を向上させることができた。以上の検証より、モルタルの提案推定式についても有効性が認められた。

高流動コンクリートについては、既往研究にて提案されたコンクリートの見かけの粘度式をもとに、本研究において流動に寄与しないモルタルを骨材とみなして扱う「骨材化モデル」を提案し、それを考慮した見かけの粘度式（以後、骨材化モデル粘度式と称す）による検討を行った。ここでは、骨材化モデル粘度式における未知数のうち形状係数 β については骨材にモルタルが付着した状態を球状と仮定し、Roscoe 式と同様に $\beta = 2.5$ で固定とした。もう一つの未知数である骨材化係数 α は、本研究で提案したモルタルのレオロジー定数推定式と既往研究にて提案されているコンクリートのレオロジー定数推定式を用いて、モルタルフロー試験および高流動コンクリートのスランプフロー試験の結果より求めた推定レオロジー定数と機械学習 (Random forest) を用いて決定した。なお、機械学習に用いる特徴量 (説明変数) にはコンクリートの使用材料や調合およびモルタルのレオロジー定数、モルタルのせん断ひずみ速度などの 23 項目を設定した。また、機械学習より求めた骨材化係数 α に対する各特徴量の影響について SHAP 値および PDP (Partial Dependence Plot) による評価を行った。

その後、機械学習より推定した骨材化係数 α をコンクリートの骨材化モデル粘度式に代入することで、高流動コンクリートのレオロジー定数を推定し、スランプフロー試験より求めた推定レオロジー定数と比較検討を行った。その結果、高い精度でレオロジー定数を推定することができ、提案する骨材化モデル粘度式による高流動コンクリートのレオロジー定数の推定法の有効性が確認された。さらに、機械学習における特徴量についてデータ収集の簡素化および推定精度の向上を目的として特徴量の削減を検討した。その結果、最終的には特徴量を 5 項目まで削減することができ、特徴量 5 項目とした場合の高流動コンクリートのレオロジー定数の推定精度は削減前 (23 項目) の場合と同等の精度を有することが確認され、高流動コンクリートのレオロジー定数の推定法においてより省力化を図ることができた。