

審査の結果の要旨

氏名 松本利美

高強度および高耐久なコンクリートの製造にとって、高性能 AE 減水剤 (SP) の使用はフレッシュコンクリートのコンシステンシーや施工性を確保するために必要不可欠である。しかし、SP による粒子分散機構や固体間摩擦低減機構については不明な部分が多く、SP の材料開発においては経験に基づいた試行錯誤によるところが大きかった。このような背景の下、本論文は、ポリカルボン酸エーテル (PCE) 系 SP を数種類使用し、フレッシュモルタルの流動特性をセメント粒子の分散・凝集、レオロジーおよび粒子間摩擦の観点から考察し、流動特性に及ぼす SP の作用機構の解明と SP 種類のキャラクタリゼーションを行ったものである。

第 1 章は序論であり、本論文の背景と目的を述べている。

第 2 章では、粒子の分散・凝集、セメント系スラリーのレオロジー等について既往の研究を概観し、本研究の目的を述べている。

第 3 章では、セメントペーストおよびモルタルを用いて、レーザー回折式粒度分布測定装置による粒子の粒度分布曲線、スランプフローで表した変形性指標とロート流下速度で表した粘性指標の関係、および遠心分離による浮き水量と変形性指標の関係から、2 種類の SP (PC-A および PC-B) のセメント粒子分散作用について、比較検討を行っている。モルタルにおいて細骨材の存在によって PC-B は PC-A よりもセメント粒子の凝集体を多く破壊し小粒径の凝集粒子を増加させ、骨材量が多くモルタルフロー値が小さい場合に、V ロート測定で大きな粘性低減効果が認められることを示している。そして、2 種類の PCE 系 SP を添加した場合の粒子凝集の概念図を提示している。

第 4 章では、回転粘度計を用いて、PC-A を用いた高強度配合のフレッシュモルタルのビンガム流動としての規則性について検討している。ここでは、フレッシュモルタルを流動曲線の線形性が成立するビンガム流体と見なして分散剤添加量ごとに求めた流動曲線群が第三象限の負の領域において焦点を結ぶという規則性を発見し、この焦点を基点とする比例関係が成立していること、さらに、この焦点の位置は、回転数切り替え後の経過時間に応じて移動し、その焦点軌跡は線形関係を示すことを明らかにしている。そして、焦点位置の移動は、回転粘度計の流動場内での流動速度分布の動的な変化に対応するものと考察し、流動曲線の

線形性の起点となる焦点の存在はビンガム流体においてニュートンの粘性法則が成立している可能性を示唆している。また、焦点軌跡から同定される見かけのせん断速度軸の切片(X切片)は、ニュートン流体からの乖離を表しているので、ビンガム流体のキャラクターを特徴付ける重要な物理量とする考えを提示している。

第5章では、焦点軌跡から同定されるX切片、Y切片および傾きの各々について物理的な考察を行っている。同じSPを使用したモルタル群が同一の焦点およびその軌跡を共有するのは、それらがSP添加量によらない固有のせん断速度(X切片)および粘着力(Y切片)を共有しているためと推察している。また、回転粘度計内での実際の流動では、見かけのせん断速度および応力関係で想定する単純ずりが成立しておらず、流動速度分布は非線形であること、さらに、SP種類ごとに固有の流動速度分布および流動範囲を有しており、同じSPを使用したモルタル群では添加量によらずこれらを共有するためと推察している。また、焦点軌跡のX切片、Y切片および傾きをそれぞれ固有せん断速度差、粘着力および減衰係数と定義して、それらの意味について考察を行っている。さらに、従来の測定方法では定量化できなかつた感覚的な粘性の数値化を試み、X軸およびY軸と焦点軌跡で囲まれた面積に相当する単位体積当たりの仕事率をハンドリング抵抗指標として提案している。

第6章では、種類の異なるPCE系SPとして、PC-A、B、CおよびDの4種類を使用した高強度配合のフレッシュモルタルに関して流動特性を評価した。第4章で得られた知見であるフレッシュモルタルにおけるビンガム流動挙動の規則性は4種類全てのSPで確認され、一般性を有することを示している。また、各SPが示す焦点軌跡はそれぞれ異なり、固有せん断速度差、粘着力および減衰係数によって、塑性粘度以外の流動特性のキャラクター化を可能としている。さらに、焦点軌跡の特徴および変形性指標と粘性指標との比較により、本研究で使用した4種類のSPは界面化学的な摩擦低減作用が高いA群(PC-AおよびPC-D)とそれらよりは摩擦低減作用は低い凝集粒子の分散効果に優れているB群(PC-BおよびPC-C)の2群に区別されることを示し、これらの相違は、高分子であるSPの粒子表面上への吸着形態が主鎖の縦吸着形態と横吸着形態に大別されるためという新たな概念を提唱している。

第7章では、各章の内容をまとめ、本論文の結論を示している。

以上のように、ポリカルボン酸エーテル(PCE)系SPを使用したフレッシュモルタルを対象として、せん断速度—せん断応力関係の起点となる焦点と焦点軌跡の発見に基づいてビンガム流動特性の一般化を行い、SP種類のキャラクター化を可能としたことの意義は極めて高く、本研究は、新規性に富む独創的な成果を示したものと評価できる。

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。