

論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 清水 進

使用される目的や用途が拡大傾向にあるセメントモルタルは、求められる性能も多様化しており、それに応じて化学混和剤も多様化しているため、要求性能に応じたモルタルの配合設計は非常に複雑なものとなっている。そのため、複雑化した配合設計となったモルタルの供給は、既調合のプレミックス化が主流となりつつあり、現場では誰でも安定した高性能モルタルが得られるようになってきている。近年は特に化学混和剤の発展が顕著であり、なかでも高い流動性付与が可能な減水剤は、モルタルの要求性能を満たすための重要な役割を担っている。特に楕形高分子で構成されるポリカルボン酸系高性能減水剤が1980年代に開発されると、1990年以降には楕形構造を利用した様々な機能性付与のための研究がおこなわれ、多くの種類のポリカルボン酸系高性能減水剤が開発された。その結果、減水剤の選択や各種の混和材料との組み合わせにより、任意に様々なフレッシュ性状を有するモルタルの配合設計が可能となった。

一方、作業性の中でも空隙への充填性は施工時における目視確認が難しく、現状では簡易的な流動性試験から充填性を判断して施工を行っている。しかしながら求められる充填性を達成する流動性は多様化しており、今までの流動性評価方法が充填性を適切に評価しているか検証する必要が生じている。また、充填性の確認では、実際の施工を模した試験が必要であるとされているが、施工を模した試験体は実施工の再現性が難しく、そのため、常に同一条件での試験の実施は困難である。よって、同一条件で充填性確認が可能な簡便な方法が求められている。

このような背景のもと、本研究では新たな化学混和剤と各種の混和材料を組み合わせることで、いくつかの高い性能を有するグラウトモルタルを開発した。また開発したグラウトモルタルを用いて既存の試験方法による評価結果と実供試体の充填性との関係についての検証を行い、その適合性について評価した。最後に充填性と流動性評価の相関性をレオロジー的な考えのもとで検証し、新たな評価方法と装置を提案した。

以下に各章の概要を示す。

第1章の序論では、モルタルにおける各種要求性能の多様化と、関連する混和材料の開発状況より、現状のモルタルにおける問題点と研究の目的を示した。

第2章では、研究の背景とグラウトモルタルのフレッシュ性状に関する既往の研究について述べ、本研究の位置づけを示した。

第3章では、①比較的大きな空隙に充填する超速硬無収縮グラウト材②地下空洞に充填する軽量充填材③水中不分離軽量充填材④半たわみ性舗装用充填材について、それぞれの要求性能と流動性の関係に着目して配合設計を行い、新規の材料開発に結び付けた。

第4章では、環境負荷低減に着目した材料開発、特に半たわみ性舗装のセメント系充填材の開発を行った。現状においては環境負荷低減を目的としたセメント系材料は少なく、セメントのCO₂原単位は高い。よって、CO₂原単位の低減、資源循環型社会、都市部のヒートアイランド抑制に貢献できる充填材の配合設計を行い、環境負荷低減の材料開発に結び付けた。

第5章では、半たわみ性舗装用に開発した高流動型1h硬化タイプが、特殊箇所である高機能性舗装の狭小空隙に充填され、早期の交通解放が可能かを検証した。その中で、充填性評価から高温時の充填が可能であり、その時の硬化反応は正常に行われ、今まで以上の早期解放が可能である事を実証した。

第6章では、半たわみ性舗装用充填材の充填性と種々の流動性評価試験について関連性を明らかにし、最適な流動性評価方法を提案した。充填材の流動性評価は各機関により規格化され、主流はP漏斗による流動化時間を用いて9~14秒と決められている。舗装の性能を左右する最大の因子である確実な充填性が、P漏斗の流下時間による流動性評価で適正に評価されているかを検討するとともに、他の流動性評価方法についても検討を行った。実験結果をもとに評価の妥当性をレオロジー的にビンガム流体でモデル化して検証し、降伏値が大きく影響することを明らかにした。

第7章では、半たわみ性舗装用充填材の新たな充填性評価が可能な装置を提案し検討を行った。充填性確認は、実際のポーラスアスファルト合材をその都度作成して行うため、1枚に対して1回であり、空隙率や空隙径の統一が難しく同一条件での評価ができない。よって、繰り返しの試験が可能で、常に同一条件となり、簡易性を有する充填装置を考案した。装置は、六方最密充填の理論をもとに、アクリル製正三角錐に鋼製球体をつめ、空隙率を26%に統一し、球体径により空隙径の変化を模擬している。この装置に各種充填材を充填し、流動性評価を行いながらポーラスアスファルト合材への充填性と比較する形で検討を進め、レオロジー的な考えをもとに球径による空隙径と流動性評価による降伏値の相関性を導き出した。

第8章では、本研究の成果を総括し、高い要求性状を満足するグラウトモルタルを開発された事、および充填性について適切に評価できる方法が得られたことを述べると共に、今後の課題を示した。

以上の研究の結果、新たに開発された減水剤の選択や各種の混和材料を組み合わせることにより、新たな性能を有するいくつものグラウト材を開発し、実用化に結び付けると共に、適切なグラウトの充填性評価方法の提案がなされた。この研究開発により、建設工事におけるグラウトを用いた施工技術の向上と、より合理的な充填性評価が可能となるものと考えられる。