

論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 藤原 了

近年における日本の社会資本ストックは、1980年代の高度経済成長期などに集中的に整備され、今後急速に老朽化することが見込まれていることから、戦略的な維持管理・更新を行うことが課題となっている。このような時代背景から、コンクリートやモルタルの高性能化が求められている。

コンクリートや補修関連のモルタルの強度発現性改善については、水結合材比の低減などの手法があるが、これにより、練り混ぜ時間や練り混ぜ負荷の増加や、作業性悪化などの課題がある。この課題を解決する手法として、平均粒径で $0.4\mu\text{m}$ 程度のサブミクロン領域のシリカフュームを用いることが一般的である。しかし、シリカフュームは海外からの輸入がほとんどで、安定供給面で不安がある上に品質のバラツキも大きい。さらには、モルタル・コンクリート用の混和材料としては高価な混和材料である。その他のモルタル・コンクリート用混和材料として用いられる無機材料としては、日本国内で多量に発生する産業副産物である高炉スラグ微粉末やフライアッシュが一般的であるが、ポルトランドセメントと同程度の粉末度（平均粒径で $10\sim 20\mu\text{m}$ 程度）の領域で混和されることが多く、シリカフュームほどの効果は得られない。そのため、高炉スラグ微粉末やフライアッシュをシリカフュームと同様な効果が得られるための処理を考える必要がある。現状においてはセメントとシリカフュームの中間的な粒径のシングルミクロン領域の混和材料がほとんどないことから、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いたシングルミクロン領域の混和材料を開発することで、モルタルやコンクリートに高機能性を付与できる可能性が考えられた。そこで、高炉スラグ微粉末とフライアッシュを、これまであまり知見の得られていないレベルまで超微粉末化し、シングルミクロン領域の新たな混和材料の可能性を検討した。また、低水結合材比領域のモルタル・コンクリートを製造した場合、練り混ぜ性や作業性にはダイラタンシー性状に起因する問題の発生が予測されるため、それを改善する方法やその定量的評価方法についても検討を行い、改善方法と簡易的な評価方法の提案も行った。

以下に、各章の概要を示す。

第1章「序論」では、シングルミクロン領域の混和材料に期待される各種性状に関する社会のおよび技術的な背景および研究の目的を記述した。

第2章「本研究に関する既往の研究」では、本研究に関連したダイラタンシー性状、微粉末混和材料などの既往の研究について記述した。

第3章では、高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを、これまであまり知見の得られていないレベルまで超微粉末化を行い、超微粉末領域の混和材の基礎特性をモルタルレベルで研究を

行い、モルタル材料やコンクリートにおいて各種性能向上の可能性について総合的に評価した。

この結果、シングルミクロン高炉スラグ微粉末は、シリカフェームと比べて、おもに「初期強度の向上」、「粒径の割に乾燥収縮が小さい」、「ダイラタンシー性状（作業性）の改善」などの性能向上の可能性がある知見を得た。一方シングルミクロンフライアッシュは、シリカフェームと比べて、「収縮が小さい」、「長期強度はシリカフェームと同程度まで発現する」などの知見を得たが、更なる小径化が必要と考えられた。

第4章では、低水結合材比における課題の一つであるワーカビリティの低下やポンプ圧送性の悪化などの原因として考えられているダイラタンシー性状の発生因子の特定を行うとともに、最適と考えられる配合の検討と、現場レベルでの簡易的なダイラタンシー性状の定量評価手法の検討を行った。ダイラタンシー性状は、濡れ性や円形度などの粉体特性よりも、粒径が発生因子であることを把握した。とくに、 $1\mu\text{m}$ より小さい粒径の粒子を混和することが、ダイラタンシー性状の緩和に有効である知見を得た。また、ダイラタンシー性状の定量評価の検討として、回転粘度計から得られる定量値である塑性粘度と、各種簡易的な定量評価手法との相関の確認を行い、現場でも適用可能な定量評価手法を提案した。

第5章では、シングルミクロン高炉スラグ微粉末を混和したモルタル・コンクリートの収縮が小さい理由について、高炉スラグ微粉末の細孔構造に着目して検討を行い、粒径が小さくても細孔構造であるBET比表面積が小さい高炉スラグ微粉末ほど、乾燥収縮は低減できるとの知見を得た。そのため、今後のシングルミクロン高炉スラグ微粉末の製造方法への適用が期待された。

第6章では、シングルミクロン高炉スラグ微粉末を用いる事による各種性能向上の可能性について、モルタル注入材料と耐硫酸性左官モルタル塗り材料のモルタル製品での検証を行った。モルタル注入材料では、流動性および初期強度発現性は向上し、実部材での注入性状も良好となり、モルタル注入材料への適用は性能向上に繋がることを検証した。また、左官モルタル塗り材料においても初期強度など各種性能向上に繋がることを検証した。

第7章では、本研究で開発したシングルミクロン高炉スラグ微粉末およびフライアッシュについて、高強度コンクリートでの性能検証を実施した。フレッシュ性状、強度特性、および収縮特性において、シリカフェームを用いた高強度コンクリートと同等以上の性能を示し、シングルミクロン混和材料の高強度コンクリートでの実用性が確認された。また、高強度コンクリートの課題である耐火性能について検討を行い、シングルミクロン高炉スラグ微粉末、シングルミクロンフライアッシュ、およびシリカフェームの順で良好となる知見を得た。

第8章「結論」では、これまでの全7章を含めた結果をまとめ、結論として記述した。

以上の研究の結果、シングルミクロン領域の高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを用いた場合、モルタルおよびコンクリートの性能向上に繋がることを示された。この研究により、シングルミクロン領域の高炉スラグ微粉末およびフライアッシュがシリカフェームの代替えとなる新たな混和材となることを示した。