

フライアッシュを使用したコンクリートの初期強度 発現を改善するアミン系強度増進剤に関する研究

宮川, 美穂

<https://hdl.handle.net/2324/1785350>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名 : 宮川 美穂

論 文 名 : フライアッシュを使用したコンクリートの初期強度発現を改善する
アミン系強度増進剤に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

石炭火力発電所で副産されるフライアッシュをコンクリート材料として用いると、一般に、コンクリートの流動性の向上や温度上昇の低減、ならびに長期材齢における強度増進が期待できる。一方で、初期材齢における強度発現が小さくなるため型枠存置期間が長くなる等の問題が生じ、普及の障害となっている。本研究は、フライアッシュを使用したコンクリートのデメリットである初期強度低下を、アミン系有機物を添加することで改善し、フライアッシュの有効利用に資することを目的とするものである。本研究で使用したアミン系有機物は、一般に使用されている無機系の硬化促進剤とは異なり、コンクリートの硬化開始時期を早めることなく強度を向上させる性質がある。必要添加量も無機系硬化促進剤より少なく、また硬化促進剤では困難な高性能 AE 減水剤や AE 減水剤との一液化が可能のため生コン工場での設備投資が不要である、といった利点がある。本研究では多くのアミン系有機物のうち、当該目的に適したものを選定し、その適用性、作用機構、最適使用量の決定方法を示した。

本論文の構成は以下の7章とした。

第1章では、序論として本研究の背景、目的および本論文の構成を示した。

第2章では、フライアッシュをはじめとする混和材を用いたコンクリートの強度発現性状の特徴を示し、無機系硬化促進剤や有機系添加剤のうち作用機構が既知のものを使用したコンクリートの強度発現メカニズムについて整理した。また、有機アミン類を類型化し、コンクリート用添加剤に適するものとして三級アミン類を選定した。

第3章では、普通ポルトランドセメント単独使用の調合、普通ポルトランドセメントの一部をフライアッシュ、高炉スラグまたは石灰石微粉末で置換した調合、普通ポルトランドセメントとは鉱物組成が異なる白色ポルトランドセメントあるいは耐硫酸塩ポルトランドセメントを用いた6種類のモルタルにおいて、第2章で選定した三級アミンのうち構造の異なる4種類、すなわち、トリイソプロパノールアミン (以下 TIPA)、ジエタノールイソプロパノールアミン (DEIPA)、メチルジエタノールアミン (MDEA)、トリエタノールアミン (TEA) を使用し、初期の水和熱および圧縮強度の測定を行い、各アミンの効果を検証した。その結果、アミン類の添加により、通常は目立たないセメントの水和発熱速度曲線における第三ピークが顕在化し、初期強度に寄与することなどを明らかにした。また、混和材の種類やセメントの鉱物組成により第三ピークの有無や高さ、結果として強度発現性が異なることから、それぞれに対して効果が高いアミンの種類が異なることを示し、フライアッシュを用いた調合における初期強度改善に効果的なアミンとして MDEA および TEA を選定した。また、これらのアミンがフレッシュコンクリートの流動性や空気連行性、ならびに凝結特性に影響を及ぼさず、また過大な水和発熱を生じないことを確認した。

第4章では、第3章で強度増進剤として選定した MDEA および TEA を使用し、セメントに対するフライアッシュ置換率 15%および 25%のモルタルにおいて、冬期(10℃環境)および標準期(20℃環境)における初期強度発現の改善効果を検討した。フライアッシュ混合による強度低下が特に顕著となる冬期においても、上記の強度増進剤を使用することで無添加の場合よりも初期強度が向上し、これらが低温期においても有効であることを明らかにした。なお MDEA は特に低温での効果が大きかった。

第5章では、単体のセメント化合物あるいは実験用セメントを用いたペーストにおいて水和熱および粉末 X 線回折測定を行い、MDEA の作用機構について検討した。その結果、MDEA はフライアッシュの水和自体には影響せず、フライアッシュが混合されている環境下でセメント組成化合物のうち間隙相物質であるアルミネート相およびフェライト相の水和を促進しており、特に、通常は強度発現に寄与しないフェライト相の反応率を高めていることを明らかにした。今後、廃棄物・汚泥等を利用することで、現在のポルトランドセメントと比較して Al_2O_3 成分が多くなり、セメント組成化合物の間隙相の比率が増大し強度発現性が低下することが懸念されている。アミン系初期強度増進剤を使用することで、これまで初期強度発現に寄与していなかったフェライト相の水和反応を促進し、初期強度に寄与できる可能性を示した。

第6章では、フライアッシュセメント B 種およびフライアッシュセメント C 種調合において、アミン系強度増進剤 MDEA および TEA の添加率を変化させた場合の圧縮強度試験を行い、圧縮強度の目標値として設定した「材齢 4 日以内に $10\text{N}/\text{mm}^2$ 」を満足するための添加率の範囲とその決定方法を最大水和発熱速度と強度との関係で示した。また、一部の調合において長さ変化試験を行い、アミン系強度増進剤を添加した試験体の収縮は無添加の場合と同程度であることを確認した。

第7章では、各章の結論ならびに本論文の結論を記し、今後の課題を示した。