

フライアッシュを用いた耐寒促進剤コンクリートの
流動性と初期強度発現性に関する基礎的研究

大成建設株式会社 正会員 ○町田康介
北見工業大学 正会員 崔 希燮
北見工業大学 正会員 井上真澄

1. はじめに

寒中コンクリート施工を行う場合には、一般的に給熱養生が行われるが、一定の条件下においては、耐寒促進剤が使用することで簡易なシート養生のみで施工することが可能とされている。現在我が国で汎用的に使用されている亜硝酸・硝酸塩系耐寒促進剤には、フレッシュコンクリートの凍結温度を低下や、セメントの水和反応を促進させる効果がある。一方で、亜硝酸塩系耐寒促進剤の添加量が増加するほど、水和物の生成または生成促進による凝結・硬化が練混ぜ直後からの流動性を悪化させるという報告がある¹⁾。一方、フライアッシュは粒子が微細な真球状であるため、セメント粒子に入り込むことでボールベアリング的作用を示し、流動性向上効果があると知られている。

そこで、本研究では亜硝酸系耐寒促進剤を添加したセメントペーストに対してフライアッシュを用いた場合の流動性改善効果ならびに初期強度発現性を明らかにすることを目的として実験的に検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に本実験で用いた使用材料を示す。セメントは普通ポルトランドセメント（以下 OPC）を使用し、フライアッシュは一定の粒形を得るために、李ら²⁾が開発した石炭灰改質処理システムによって製造される改質石炭灰（Carbon-free Fly Ash; CfFA）を使用した。表-2 に実験に使用した CfFA の品質を示す。また、耐寒促進剤は、亜硝酸カルシウムおよび硝酸カルシウムを主成分とする濃度 45%の混合水溶液（以下 CN）を用いた。表-3 にセメントペーストの配合を示す。本実験では、水結合材比 46%，CN の添加率は「耐寒剤運用マニュアル（案）」において標準添加量がセメント質量に対して固形分量で 2～3%とされていることから、結合材に対して 0%，1%，3%，5%で内割置換とした。また、CfFA の混入量による流動性向上効果と初期強度発現性について実験的に検討を行うために、内割の置換率をセメント質量の 0%，5%，10%，15%，20%の 5 種類とした。

3. 実験結果および考察

図-1、図-2、図-3、図-4 にフロー試験の結果を示す。本試験では CfFA の置換による流動性の経時変化のみを確認するために目標フロー値は設定せず、実験を行った。得られたフロー値を用いて、練上がり直後のフロー値を 100%とした経時変化率を算出し、CN の添加率ごとに CfFA の置換率の違いが流動性へ与える影響について評価した。各グラフ中の CNx-0 のケースに着目すると、CN の添加率の増加に伴い流動性が低下する傾向

キーワード 耐寒促進剤、無機質材料、フライアッシュ、改質石炭灰（CfFA）、流動性、初期強度
連絡先 〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学工学部社会環境系 TEL：0157-26-9474

を確認した。また、図-1、図-2、図-3に注目すると、CfFAを置換したケースでは良好な流動性改善傾向を確認した。CNの添加については、水和物の生成促進によって凝結・硬化が促進し、流動性が低下したものと考えられる¹⁾。CfFAの置換による流動性改善効果は、CfFAの真球状の粒子がセメント粒子間でボールベアリング作用を示したことによるものと考えられる²⁾。また、図-4に注目すると、CN5のケースでも接水直後では流動性が低下するものの、その後同様の流動性改善傾向を確認した。

図-5に圧縮強度試験の結果を示す。CN1、CN3、CN5に着目すると、CNの添加率の増大に伴って初期強度が増進することを確認した。またCN3、CN5のケースに着目すると、CfFAを置換しているケースにおいて材齢1日の強度がCN0-0と比べて同等または大きくなる傾向を確認した。この結果は、一般的にフライアッシュをセメントの一部として使用すると結合材中のC₃A量の減少によって初期強度発現が遅延することが報告されている³⁾が、CNの添加によって強度に寄与する水和物の生成促進によるものと考えられる。また、CN0のケースに着目すると、CfFAの置換による初期強度の低下が1日目に対して、3日目が大きくなる傾向を確認した。一方CN1、CN3、CN5のグラフに着目すると、CfFAの置換率が10%以下の場合、初期強度の低下が1日目に対して、3日目が小さくなる傾向を確認した。これは、CNの添加がCa(OH)₂の生成速度を上昇させ¹⁾、ポゾラン反応を早期から促進し、C-S-Hの生成速度を上昇させた可能性があると考えられると推察した。

4. まとめ

亜硝酸塩系耐寒促進剤(CN)を添加したセメントペーストに改質石炭灰(CfFA)を置換することで、ボールベアリング効果によるものと考えられる流動性の改善傾向を確認した。また、CNを添加したセメントペーストに対するCfFAの置換率が10%以下の場合にはポゾラン反応の早期からの促進の可能性があると考えられる強度発現の傾向を確認した。

参考文献

- 1) 米山暁ほか：耐寒促進剤を多量添加したセメント系材料の極初期材齢における水和特性とフレッシュ性状の相関関係に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp.119-124，2021
- 2) 李相培ほか：焼成工程を備えた風力微粉碎処理システムによる石炭灰の改質，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.183-188，2007
- 3) 大澤友宏ほか：種々の混和材を高置換したセメント系混合材料の基礎物性とCO₂削減効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.179-184，2010

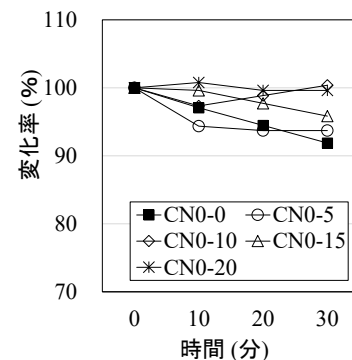


図-1 フロー値の経時変化率(CN0)

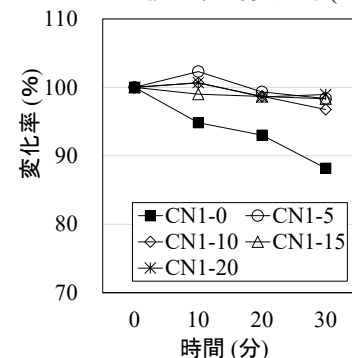


図-2 フロー値の経時変化率(CN1)

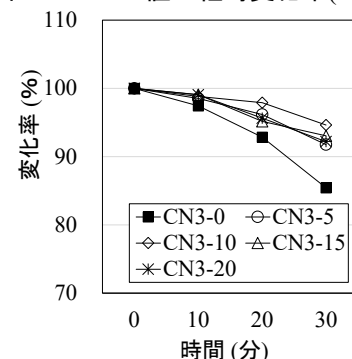


図-3 フロー値の経時変化率(CN3)

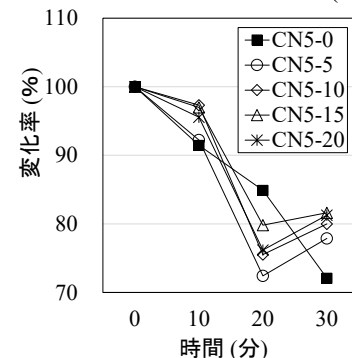


図-4 フロー値の経時変化率(CN5)

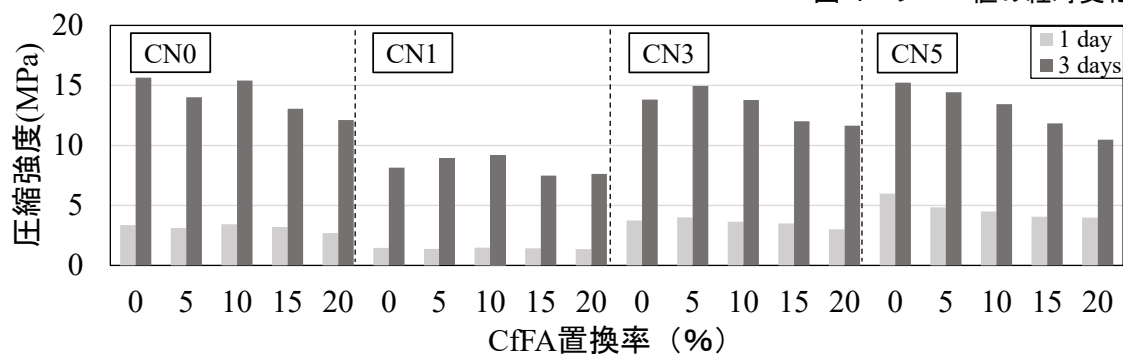


図-5 圧縮強度試験結果