

亜硝酸系混和剤を用いたコンクリートの
低温環境下におけるフレッシュ性状と強度発現

北見工業大学 正会員 ○井上 真澄
北見工業大学大学院 学生員 赤間 智仁
日産化学工業(株) 正会員 須藤 裕司
北見工業大学 正会員 岡田 包儀
北見工業大学 フェロー 鮎田 耕一

1. はじめに

これまで筆者らは、従来の耐寒剤よりも低い外気温でも硬化促進効果と練混ぜから打込みまでのワーカビリティを確保できる高性能な耐寒剤の開発を目的とした検討を行っている¹⁾。
本研究では、耐寒剤として亜硝酸系混和剤を添加したコンクリートの低温環境下におけるフレッシュ性状、硬化後の強度発現および乾燥収縮について実験的検討を行った。

2. 実験概要

寒中コンクリート施工を想定し、10±1℃、RH85±5%の室内環境下において亜硝酸系混和剤を多量添加し高性能減水剤と併用したコンクリートの練混ぜを行い、フレッシュ性状の経時変化測定を行った。また、その後の低温環境下における強度発現を確認するため、-5℃および-15℃の恒温環境下で封緘養生した供試体の圧縮強度試験を行った。さらに、硬化したコンクリートの乾燥収縮試験を行った。

表1に使用材料を示す。亜硝酸系混和剤は、主成分として亜硝酸カルシウムを主体とする耐寒成分を含んだ濃度45%の混合水溶液(以後、CN45)を、減水剤には芳香族エーテル系の高性能減水剤(以後、Ad1 減水剤)を、空気量の調整のためにAE剤を使用した。

表2にコンクリートの示方配合を示す。水セメント比は50%で一定とした。CN配合は、CN45(200 /m³)とAd1 減水剤を併用したものであり、Ad1 減水剤の添加量は試験練りからセメント質量に対して2.5%とした。従来型配合は、標準添加量(単位セメント量100kgあたり4ℓ使用)を参考に13.6ℓ/m³とした。また、普通コンクリートとのフレッシュ性状および強度発現の比較のため、CN45や減水剤無添加のコンクリート(N配合)との比較検討も行った。練混ぜ直後の目標スランプは10.0±2.5cm、目標空気量は5.0±1.0%とした。

コンクリートの練混ぜは、恒湿恒温室(10±1℃、RH85±5%)内で行った。練り上がったコンクリートは、現場におけるコンクリート工場からアジテータトラックによるコンクリートの運搬を想定し、傾胴型重力式ミキサーを用いた継続攪拌(回転速度：毎分2回転)を同室内で行った。スランプと空気量の測定は、測定直前にミキサーから必要なコンクリートを取り出し、スコップで練り直した後に測定を行った。測定は、練混ぜ直後、30分後、60分後の計3回行った。また、圧縮強度試験用供試体(φ10×20cm)を作製し、型枠をつけたまま打設面をビニールで覆い封緘状態とした。打設後24時間は+5℃に静置し、その後-5℃および-15℃の温度条件下で養生を行った。強度試験の材齢は、1日、3日、7日、14日、28日の5材齢とした。

表1 使用材料

材料	略号	主な特性
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度:3.16 g/cm ³
細骨材	S	陸砂、表乾密度:2.61 g/cm ³ 吸水率:1.69%, F.M.: 2.54
粗骨材	G	碎石、表乾密度:2.88 g/cm ³ 吸水率:1.30%, F.M.:6.36, M.S.:25mm
亜硝酸系混和剤	CN45	主成分:亜硝酸カルシウム、その他の硬化促進成分、密度:1.42~1.44 g/cm ³
芳香族エーテル系高性能減水剤	Ad1	主成分:芳香族エーテル系縮合物 密度:1.01~1.06 g/cm ³
AE剤	Ad2	主成分:天然樹脂酸塩、密度:1.05~1.07 g/cm ³
従来型耐寒剤	従来型	主成分:亜硝酸カルシウム、減水剤、他 密度:1.38~1.42 g/cm ³

表2 コンクリートの示方配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(ℓ/m ³)		(C×%)	
			W	C	S	G	CN45	従来型	Ad1	Ad2
CN	50	40.7	160	320	732	1176	20.0	—	2.5	0.015
従来型			170	340	697	1168	—	13.6	—	0.010
N			39.7	178	356	686	1150	—	—	0.020

キーワード 亜硝酸系混和剤、耐寒剤、スランプロス、圧縮強度、乾燥収縮

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学工学部社会環境工学科 TEL 0157-26-9513

乾燥収縮試験は、JIS A 1129-3「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法」に準拠して行った。10×10×40(cm)の角柱供試体を打設した後、24 時間は恒温室内に静置した。脱型後、材齢 7 日まで水中養生(+20℃)を行い、養生終了後、恒湿恒温室(20±1℃, RH60±5%)にて長さ変化の測定を開始した。

3. 実験結果および考察

図 1 にスランプと空気量の経時測定結果を示す。従来型配合に比べ CN 配合はスランプロスが小さく、練混ぜ直後の 10.0cm から 60 分後に 7.5cm であり、スランプロスは 2.5cm に抑えることができた。また、空気量の変化も小さく、フレッシュ性状の保持に良好な結果を示した。

図 2 に各養生温度における材齢 28 日までの圧縮強度試験結果を示す。-5℃養生では、CN 配合は普通コンクリートの N 配合に対して約 3 倍の強度を示した。また、従来型配合は N 配合と比較して約 2 倍の強度を示しており、耐寒剤としての効果が確認された。一方、-15℃養生では、従来型配合は材齢 3 日強度では普通コンクリートと比較すると約 2 倍の強度発現が確認されるものの、その後の強度発現はほとんど得られなかった。これに対して、CN 配合では特に初期材齢で高い強度発現を示しており、N 配合に対して材齢 3 日では約 8.5 倍の強度が確認された。さらに、その後の材齢においても強度増進が確認された。CN 配合は、亜硝酸系混和剤の添加量を増やしたことにより従来型配合に比べて、コンクリート中の水分の凍結温度が低下し、低温環境下における硬化促進効果が高まったため、高い強度発現が得られたと考えられる。

図 3 に乾燥収縮ひずみと質量減少率の経時変化を示す。耐寒剤を添加している CN 配合および従来型配合では、N 配合に比べて乾燥収縮ひずみが初期に若干増加する傾向がある。しかし、乾燥日数 180 日ではいずれの配合とも同程度の値を示しており、CN 配合の乾燥収縮は実用上問題ないと考えられる。

4. まとめ

亜硝酸系混和剤を多量に添加して、芳香族エーテル系減水剤と併用したコンクリートは、従来型耐寒剤と比較して低温環境下におけるスランプロスが抑制され、強度発現性にも優れている。さらに硬化後の乾燥収縮は、普通コンクリートと同等であった。

参考文献

1) 赤間智仁, 井上真澄, 須藤裕司, 三上修一: 亜硝酸カルシウムと各種減水剤を併用したコンクリートのフレッシュ性状および初期強度発現の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.155-159, 2012.6

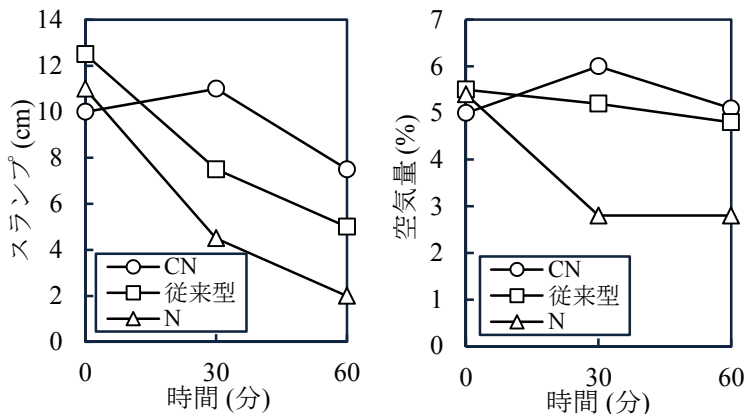


図 1 スランプおよび空気量の経時変化

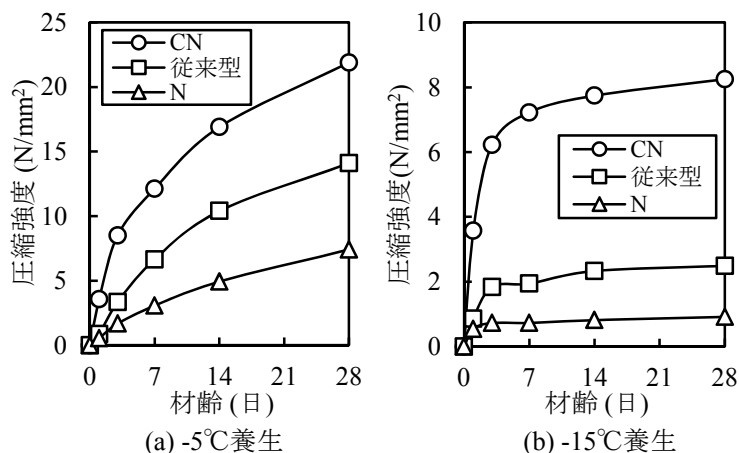


図 2 各養生温度における圧縮強度の経時変化

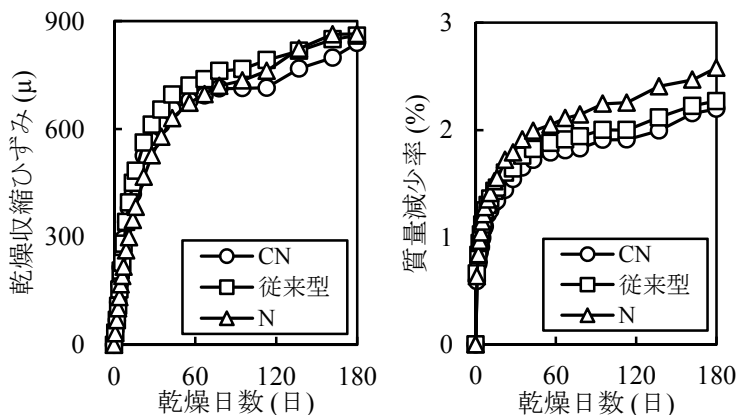


図 3 乾燥収縮ひずみおよび質量減少率の経時変化