

亜硝酸塩系硬化促進剤と各種混和剤を用いたコンクリートの低温環境下における諸特性

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 野田 亮佑
 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

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塩系硬化促進剤と各種混和剤を配合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耐凍害性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塩系硬化促進剤を多量添加し各種混和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、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凍結融解試験を行った。

表1に使用材料を示す。亜硝酸塩系硬化促進剤は、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(CN45)を、凝結・硬化調節剤としてオキシカルボン酸塩のもの(Ad1)を用いた。また、減水剤は芳香族エーテル系高性能減水剤(Ad2)を、空気量の調整のためにAE剤(Ad3)を使用した。

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
亜硝酸塩系硬化促進剤	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
凝結・硬化調節剤	Ad1	主成分:オキシカルボン酸塩
高性能減水剤	Ad2	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	Ad3	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)				(C×%)			
			W	C	S	G	CN45	Ad1	Ad2	Ad3
CN-0.000	50	40.7					20.0	0.000	1.0	0.015
CN-0.050			160	320	732	1176	20.0	0.050	0.9	0.015
CN-0.075							20.0	0.075	0.7	0.015
従来型			170	340	697	1168	13.6*	—	—	0.010
N		39.7	178	356	686	1150	—	—	—	0.020

注)*: 従来型耐寒剤を標準量添加

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、CN45の添加量は200 /m³とした。遅延剤の添加量は、セメント質量に対して0.000%、0.050%、0.075%の3水準とした。比較用として従来型耐寒剤を用いた配合(単位セメント量100kgあたり4ℓ使用)と普通コンクリート(N)も作製した。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。

練混ぜは、恒温恒湿室(10±1℃、RH85±5%)内で行った。練り上がったコンクリートは、現場における生コン工場からアジテータトラックによる運搬を想定し、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。その後、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。凍結融解試験は、JIS A 1129-3「コンクリートの凍結融解試験方法」における水中凍結融解試験方法(A法)に準じて行った。10×10×40(cm)の角柱供試体を打設した後、24時間は恒温恒湿室内に静置してから脱型した。脱型後は、材齢28日まで水中養生(+20℃)を行った後、凍結融解試験を開始した。

キーワード 亜硝酸塩系硬化促進剤, 耐寒剤, スランプロス, 圧縮強度, 耐凍害性

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

3. 実験結果および考察

図1にスランプと空気量の経時変化を示す。CN配合は、従来型に比較すると30分後のスランプロスが大きい。しかし、その後はスランプを保持する傾向にあり、60分後で比較すれば従来型耐寒剤よりもスランプロスは抑制される傾向にある。凝結・硬化調節剤(以下、調節剤)の添加の影響をみると、CN-0.050配合は調節剤無添加のCN-0.000配合に比較するとスランプの変化が小さく、練混ぜ直後と60分後のスランプ値は目標範囲(10.0±2.5cm)を満足した。一方でCN-0.075配合は、60分後のスランプがCN-0.050配合よりも小さい。しかし、その傾向はCN-0.050配合と同様な傾向であり、練混ぜ直後のスランプ値が同様であれば、スランプロスの傾向に大きな差異はないと推察される。

図2に-5℃および-15℃環境で養生した場合の圧縮強度の経時変化を示す。-5℃養生では、調節剤の影響は認められずCN配合では同様な強度発現が得られた。一方の15℃養生では、CN-0.050配合は調節剤無添加のCN-0.000配合と同等の強度が得られたものの、CN-0.075配合では強度の低下が確認された。調節剤の添加によりフレッシュ時のスランプロス抑制には一定の効果があるものの、添加量が一定量以上になると低温環境下での初期強度発現に悪影響があるものと考えられる。なお、従来型との強度比較においては、調節剤の添加量に関わらず各材齢において高い強度が得られており、CN配合は低温環境下での強度発現に優れることが確認された。

図3に相対動弾性係数と質量減少率の経時変化を示す。CN配合の相対動弾性係数は、普通コンクリートのN配合に比較すると若干低下する傾向にあるが、凍結融解300サイクル終了時点の相対動弾性係数は90%以上を示した。調節剤添加の影響もほとんどなく、CN45を用いたコンクリートは良好な耐凍害性を有していた。一方、質量減少率は普通コンクリートよりもCN配合の方が増加する傾向にあり、外観観察においてもスケーリング(表面剥離)の発生量が多いことが確認された。しかし、従来型配合との比較においては、質量減少率およびスケーリング性状とも同様な傾向を示していること、またスケーリングの深さは外観観察においては軽微なものであり、実用上の問題ないと考えられる。

4. まとめ

亜硝酸塩系硬化促進剤に凝結・硬化調節剤を適量配合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た。また、硬化後の耐凍害性も良好であった。

参考文献

1)赤間智仁, 井上真澄, 須藤裕司, 岡田包儀: 亜硝酸系混和剤と各種減水剤を用いた新型耐寒剤の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.139-144, 2013.6

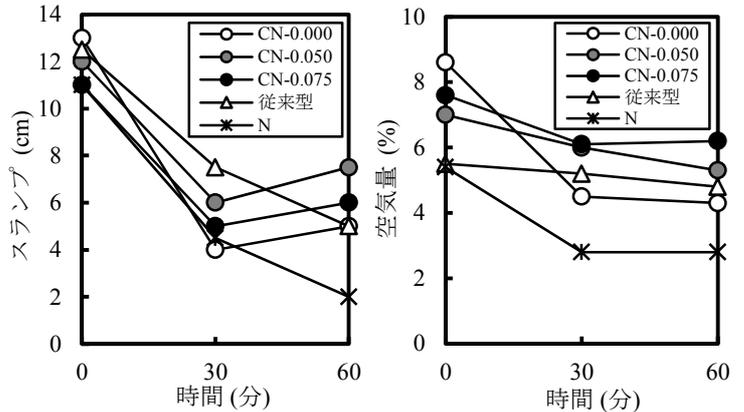


図1 スランプと空気量の経時変化

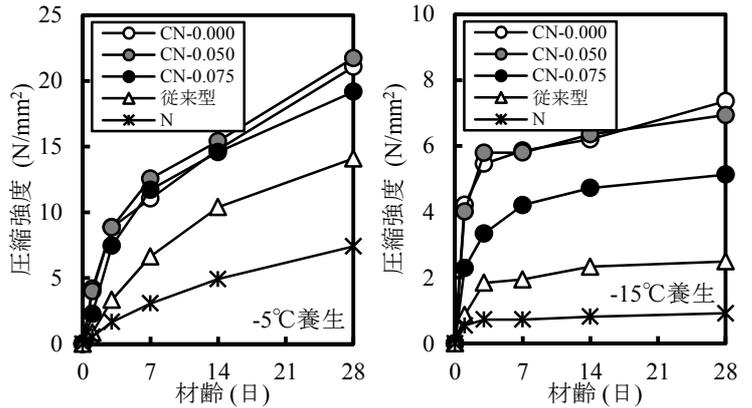


図2 各養生温度における圧縮強度の経時変化

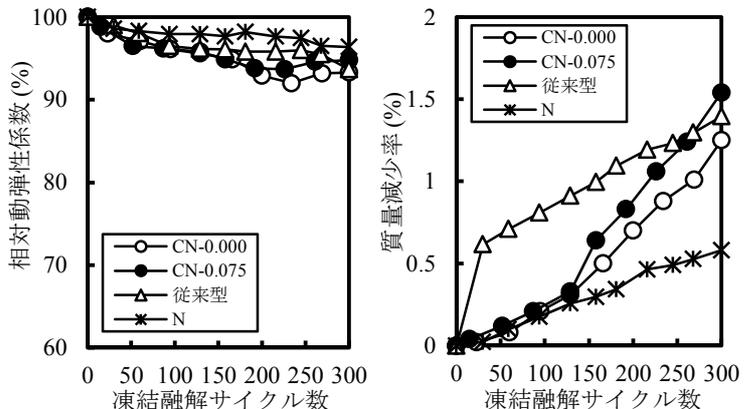


図3 相対動弾性係数と質量減少率の経時変化