

亜硝酸塩系硬化促進剤と減水剤を用いたコンクリートの低温下における諸性状

北見工業大学
日産化学工業（株）

学生員
正会員

○岩澤 実和
須藤 裕司

北見工業大学
北見工業大学
北見工業大学

正会員
正会員
正会員

井上 真澄
崔 希燮
岡田 包儀

1. はじめに

耐寒剤の主成分として広く用いられている亜硝酸カルシウムを主成分とした亜硝酸塩系硬化促進剤は、多量に添加すると凝結・硬化が必要以上に促進され、スランプロスの増大へ繋がり、コンクリート打設時などの作業性に支障をきたすおそれがある。一方で既存の耐寒剤は、施工時の外気温が－10℃以下では、十分な効果が期待できない場合があるとされている。そこで本研究では、練混ぜから打込みまでの良好なワーカビリティとともに、－10℃以下の低温環境下における高い初期強度発現を両立する高性能な耐寒剤の開発を目的とし、亜硝酸カルシウムを主成分とする亜硝酸塩系硬化促進剤を多量に添加し、2種類の減水剤を使用したコンクリートの低温環境下でのフレッシュ性状および初期強度発現について、実験的検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。硬化促進剤には耐寒剤の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む濃度45%の混合水溶液（以後、CN45）を使用した。既往研究では、常温環境下（+20℃）で亜硝酸カルシウムを硬化促進剤として、メラミン系減水剤（以後、Me）とポリカルボン酸系減水剤（以後、Pc）の2種類の混和剤を併用した場合に、初期のスランプロスを抑制できることが報告されている¹⁾。²⁾そこで減水剤には、既往研究を参考に Me および Pc の2種類を使用した^{1), 2)}。

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%と一定とし、CN45 の添加量はセメント質量に対して8%と9%（セメント100kg 当たり 5.6ℓ、6.3ℓ）の2水準とした。2種類の減水剤の添加比はモルタルによる検討結果³⁾を参考に Me : Pc=1 : 2 とし、減水剤の総添加量を変化させた。また、比較用に2種類の既存耐寒剤を用い、添加量はセメント質量に対して5.6%（標準添加量）とした。

寒中コンクリート施工を想定し、温度+10.0±1℃、湿度85±5%の恒温恒湿室内で材料の管理とコンクリートの練混ぜを行い、同環境下においてフレッシュ試験を行った。練り上がったコンクリートの保管は、現場における生コンクリート工場からの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。試験は、練混ぜ直後と30分後、60分後の計3回行い、目標スランプ値を、練混ぜ60分後で8.0±2.5cm、目標空気量を同じく60分後で4.5±1.5%とした。圧縮強度試験の材齢は、1日、3日、7日、14日、28日の計5材齢とした。供試体（φ10×20cm）は、恒温恒湿室内で型枠へ打込み、打設面をビニールで覆い封緘養生を行った。養生温度は、打設後24時間は+5℃で静置し、その後は－15℃での養生を行った。また材齢3日以降の供試体は、凍結している恐れがあるため試験前に30分間水中浸漬し、圧縮強度試験を行った。

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：3.16g/cm ³
細骨材（S）	陸砂、表乾密度：2.61g/cm ³ 吸水率：1.43%、F.M：2.53
粗骨材（G）	碎石、表乾密度：2.84g/cm ³ 吸水率：1.50%、F.M：6.49、M.S.：20mm
亜硝酸塩系硬化促進剤（CN45）	主成分：亜硝酸カルシウム、他の硬化促進成分 密度：1.42～1.44g/cm ³
メラミン系減水剤（Me）	主成分：アミドスルホン酸変成メラミン縮合物、密度：1.17～1.19 g/cm ³
ポリカルボン酸系減水剤（Pc）	主成分：ポリカルボン酸エーテル系化合物 密度：1.03～1.07 g/cm ³
AE 剤（AE）	主成分：天然樹脂酸塩、密度：1.00 g/cm ³
既存耐寒剤 A（既存品 A）	主成分：ポリカルボン酸エーテル系化合物と無機系窒素化合物（亜硝酸塩、硝酸塩）の複合体 密度：1.38～1.42 g/cm ³
既存耐寒剤 B（既存品 B）	主成分：亜硝酸化合物・硝酸化合物と特殊界面活性剤、密度：1.38～1.42 g/cm ³

表-2 コンクリート示方配合

配合名 (CN45(Me:Pc))	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(C×%)						
			W	C	S	G	既存 品 A	既存 品 B	CN 45	Me	Pc	AE	
①8(1.3:2.6)	50	44.0	160	320	791	1095	—	—	8.0	1.3	2.6	0.05	
②8(1.2:2.4)										1.2	2.4		
③8(1.1:2.2)										1.1	2.2		
④9(1.5:3.0)									9.0	1.5	3.0		
⑤9(1.4:2.8)										1.4	2.8		
⑥9(1.3:2.6)										1.3	2.6		
⑦既存品 A※			168	336	776	1075	5.6	—	※標準添加量（セメント 100kg 当たり 4 ℓ）				
⑧既存品 B※			172	344	768	1064	—	5.6					

キーワード 耐寒剤，亜硝酸塩系硬化促進剤，減水剤，スランプロス，初期強度発現

連絡先 〒090-0015 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 工学部 社会環境工学科 T E L 0157-26-9518

3. 実験結果および考察

図-1 にスランプの経時変化を示す。

CN45 を 8% 添加した場合、練混ぜ直後から 30 分でスランプロスが大きくなった。これは、既存耐寒剤も同様の傾向であった。しかし、30 分から 60 分のスランプで比較すると既存耐寒剤よりもスランプロスが小さくなる傾向を示し、練混ぜ 60 分後の目標スランプ値を確保することができた。一方、CN45 を 9% 添加した場合は、減水剤総添加量が多くなるほど、練混ぜ直後から 60 分後までのスランプロスが小さくなる傾向を示し、その中でも特に配合④⑤では、練混ぜ 60 分後の目標スランプ値を満足することができた。また、練混ぜ直後から 60 分後までのスランプロスを、既存耐寒剤を標準添加した場合と比較すると、練混ぜ直後のスランプ値に若干差異はあるものの、スランプロスが小さい結果となった。

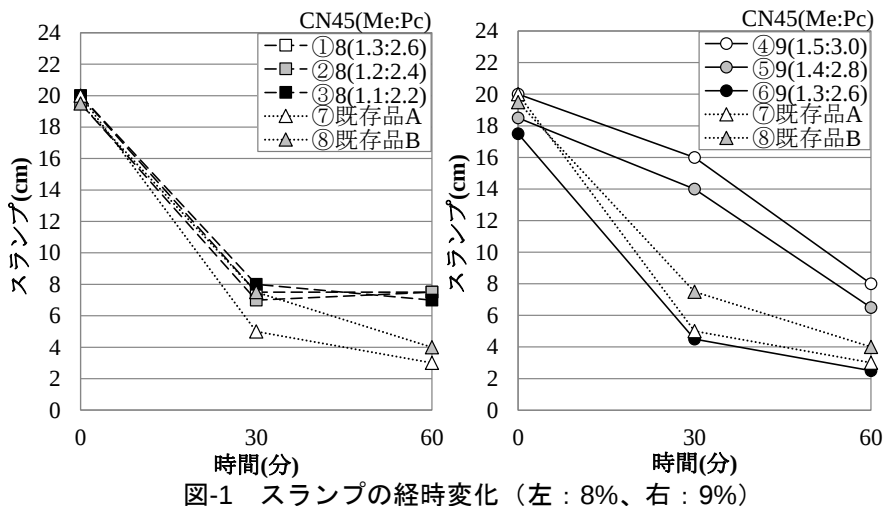


図-1 スランプの経時変化 (左 : 8%、右 : 9%)

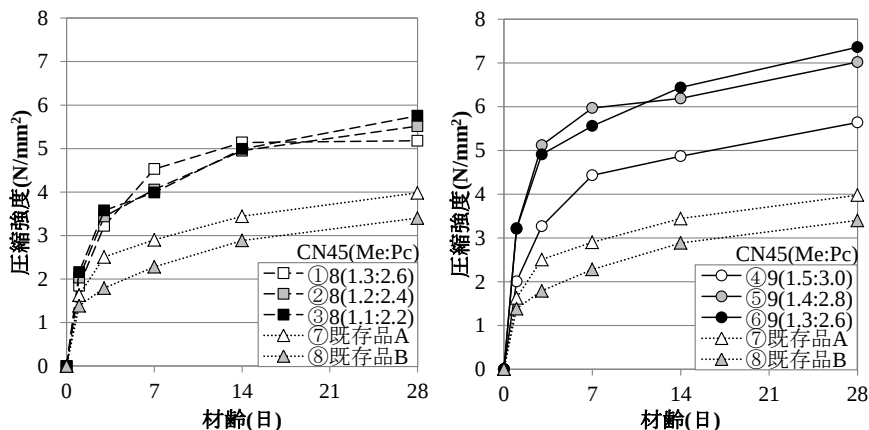


図-2 圧縮強度の経時変化 (左 : 8%、右 : 9%)

図-2 に圧縮強度の経時変化を示す。CN45 を 8% 添加した場合、既存耐寒剤を標準添加した場合より高い強度発現を示しており、材齢 28 日時点で既存耐寒剤 A と比較した場合、約 1.4 倍の強度発現を示した。また、いずれの材齢においても、減水剤総添加量の変化の影響は小さく、同程度の強度発現を示した。一方で、CN45 を 9% 添加した場合、CN45 を 8% 添加した場合よりも高い強度発現が得られており、既存耐寒剤 A と配合⑥を比較すると、材齢 28 日において約 1.8 倍の強度発現を示した。しかし、減水剤総添加量が多いほど強度発現が低下する傾向を示しており、減水剤総添加量が最も多い配合④では、配合⑤⑥と比べ明確な強度低下が確認された。したがって、減水剤総添加量の増加はフレッシュ性状の確保に寄与する一方で、初期強度発現を阻害する要因になると考えられる。

4. まとめ

- 1) +10℃の低温環境下で、コンクリートに亜硝酸塩系硬化促進剤をセメント質量に対して 8%および 9%添加した場合、メラミン系減水剤とポリカルボン酸系減水剤の 2 種類の減水剤を 1 : 2 の添加比で適量併用使用することでスランプロスを抑制できるとともに、-15℃の低温環境下においても既存耐寒剤よりも高い強度発現が得られることが確認された。
- 2) 減水剤総添加量の増加により、スランプロスを抑制でき、フレッシュ性状を確保することができるが、減水剤を必要以上に添加すると、初期強度発現を阻害する要因となると考えられる。

参考文献

- 1) 瀧井秀一、平岡慎也、増山直樹、長川善彦、須藤裕司、井上真澄、新大軌、岡本享久：早期交通開放可能な舗装用コンクリートの配合探索とその実用性、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol.70、No.1、pp1-10、2014
- 2) 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
- 3) 岩澤実和、井上真澄、須藤裕司、崔希燮、岡田包儀：亜硝酸塩系硬化促進剤と各種減水剤を併用したコンクリートの低温環境下での物性、土木学会北海道支部論文報告集、第 72 号、E-13、2016.1