

練混ぜ直後の液相の凝固点が低温環境下での超速硬系補修材の強度発現に及ぼす影響

東北大学

学生会員 ○佐藤 実果子

東北大学

正会員 皆川 浩, 久田 真

住友大阪セメント(株)

正会員 山本 誠, 高山 和久

若杉 三紀夫

1. はじめに

コンクリート構造物の緊急及び補修工事は夜間に行われることが多く、夜間気温が氷点下を下回る東北地方では、氷点下での打設においても一定の強度を発現する補修材が求められている。超速硬系の補修材は条件が整えば氷点下においても十分な強度が得られる¹⁾が、そのセメントの主成分や混和材料の違いで強度発現性は異なりその原因は不明確である。本研究では練混ぜ直後の液相の凝固点に着目し、氷点下打設での耐寒剤使用における凝固点降下作用が若材齢の強度発現性に及ぼす影響を確認した。

2. 実験概要

2.1 供試体の配合と作製方法

本研究では、結合材としてカルシウムフロロアルミネート系超速硬セメント (A-1)、カルシウムアルミネート系超速硬セメント (A-2)、A-2 をベースセメントとしてそれぞれ異なる混和材料を添加した市販の超速硬セメント系補修材の粉体分 (A-2-1, A-2-2)、早強セメント(以下 HC と表記)の5種類、細骨材は豊浦砂、耐寒剤として亜硝酸リチウムを使用した。圧縮強度試験では $W/C=50\%$ 、 $S/C=1$ (A-1 のみ 1.5)、寸法 $40\times 40\times 160\text{ mm}$ のモルタル供試体を使用した。材料と型枠は、養生温度に設定した恒温槽内に1日間静置することで養生温度と材料及び型枠の温度を等しくした。ただし、練混ぜ水と耐寒剤の温度は $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ とした。練混ぜ及び打設も同じ槽内で行い、打設後約24時間後に脱型し、恒温槽で養生を行った。恒温槽内の温度は $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ とした。また、液相の凝固点試験では $W/C=100\%$ のセメントペーストを使用した。耐寒剤として添加する亜硝酸リチウムは練混ぜ水比8%で混和した。

2.2 試験項目

液相の凝固点は、 $W/C=100\%$ のセメントペーストの練上がり直後に圧搾機により液相を抽出し、図-1のよ

うな装置を用いて、耐寒剤無混和と耐寒剤混和時の凝固点をそれぞれ測定した。供試体の圧縮強度は、材齢1, 3, 7日において JIS R 5201 により測定した。また、A-2-1, A-2-2 に関しては材齢28日の圧縮試験の載荷後の変位をノギスで測り、ひずみを算出した。

3. 実験結果及び概要

3.1 液相の凝固点降下

表-1 に水道水と各セメントの耐寒剤無混和と耐寒剤混和の練上がり直後の抽出液の凝固点と、耐寒剤を混和した際のモルタルの練上がり温度を示す。

表-1 より耐寒剤を使用することで抽出液の凝固点は約 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降下することが分かった。しかし、セメントの種類によって凝固点降下度が大きく変化するものはみられず、セメント成分よりも耐寒剤による凝固点降下作用の影響が卓越すると考えられる。また、モルタルの練上がり温度抽出液は総じて耐寒剤混和時の抽出液の凝固点よりも高い温度を示した。このことから、耐寒剤を混和した場合、練上がり直後にフレッシュモルタル中の液相は凍結しないものと考えられる。

3.2 圧縮強度

図-2に耐寒剤無混和と混和の材齢7日までの圧縮強

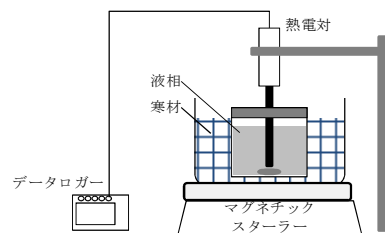


図-1 凝固点測定装置

表-1 抽出液の凝固点とモルタルの練上がり温度

	耐寒剤無混和の凝固点($^{\circ}\text{C}$)	耐寒剤混和の凝固点($^{\circ}\text{C}$)	練上がり温度($^{\circ}\text{C}$)
水道水	-0.16	-6.20	—
HC	-0.51	-6.35	0.70
A-1	-0.80	-6.37	-3.10
A-2	-0.74	-6.16	-4.40
A-2-1	-0.16	-6.37	-3.90
A-2-2	-0.60	-6.27	-3.00

キーワード 氷点下, 超速硬セメント, 圧縮強度, 耐寒剤

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻建設材料学研究室

TEL 022-795-7430 FAX 022-795-7429

度を、図-3に材齢7日の圧縮強度比を示す。

図-2より、HC、A-1、A-2の材齢7日の圧縮強度は、耐寒剤を混和することでそれぞれ圧縮強度が増進する傾向にある。特に、耐寒剤混和の場合、材齢7日における強度増進が顕著であり、これは耐寒剤による凝固点降下作用によって、モルタル中の液相が凍結することなく水和反応が徐々に進行したためと考えられる。また、図-3より、早強セメントに比べ超速硬セメントの方が若材齢における強度増進の程度が大きい傾向が認められる。

一方、A-2-1、A-2-2の材齢7日の圧縮強度は、耐寒剤を混和すると無混和時と比較して低下した。しかし、混和時の材齢7日の圧縮強度はいずれも 10 N/mm^2 を超えていた。また、無混和時は材齢1日における強度増進が大きい傾向があるのに対し、混和時では材齢3日の強度増進の程度が大きい傾向にある。

耐寒剤無混和の場合、ベースセメントのみで作製したモルタル中の液相は凍結するため水和反応は進まないが、ベースセメントに化学混和剤を添加すると、セメント粒子表面に化学混和剤が吸着し、セメント表面部分のみ局所的に凝固点降下が生じる可能性がある。また、耐寒剤混和の場合、図-2よりベースセメントであるA-2とほぼ同等の圧縮強度を示していることが分かる。以上から、耐寒剤である亜硝酸リチウムは、A-2-1、A-2-2に添加されている混和材料に何らかの作用を及ぼし、その効能を抑制していることが推察される。

3.3 圧縮試験による供試体のひずみ

図-4に材齢28日のA-2-1、A-2-2のひずみと荷重比の関係を示す。一般的に破壊時のコンクリートのひずみは 2000×10^{-6} であるため、本研究で対象とした供試体のひずみは測定精度を考慮しても大きいことがわかる。耐寒剤混和の有無で比較すると、耐寒剤を混和しない方がひずみは大きくなっている。また、圧縮試験中の目視観察の結果、耐寒剤無混和の供試体は表層部が早期に塑性的に変形していた。耐寒剤を混和した場合、ブリーディング水にも凝固点降下が作用するため、すぐには凍結せず表層部も反応が進んで硬化するために表層部の硬化が進み、結果としてひずみが小さくなったと考えられる。一方、耐寒剤を混和しない場合、打設後供試体表面に浮いてくるブリーディング水が室温によりすぐに凍結してしまい、供試体表層部が脆弱層になってしまうため、表層部が圧縮試験中に目視で

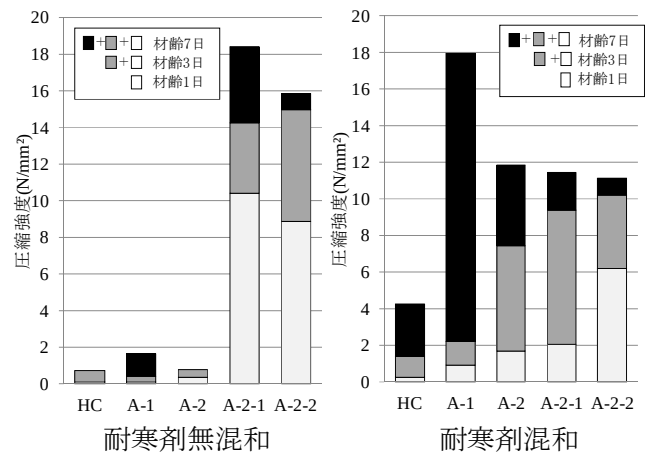


図-2 材齢7日までの圧縮強度

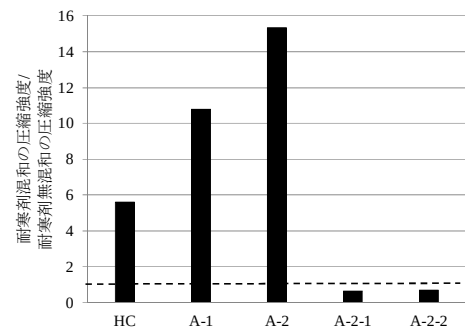


図-3 材齢7日圧縮強度比

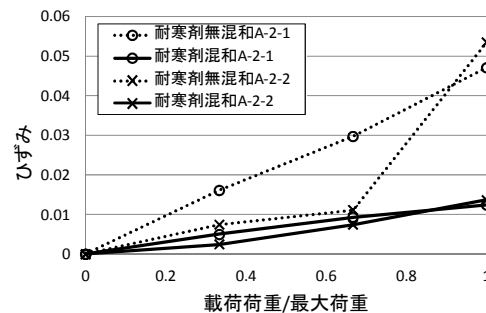


図-4 ひずみと荷重比の関係

確認できるほど塑性的な挙動を示し、ひずみがより大きい値を示したと考えられる。

4. 結論

耐寒剤を練混ぜ水に混和することで凝固点は降下し、それに伴い混和材料を添加していないベースセメントに関しては、耐寒剤の無混和時と比較して良好な強度発現性を示す。また、混和材料が添加されているセメントに関しては、混和材料の影響により若干の強度低下が生じる可能性はある。しかし、耐寒剤の使用により表層部の硬化が進行し、圧縮試験時のひずみは無混和時に比べ小さくなる。

参考文献

- 1) 山本誠ら：氷点下における超速硬セメント系補修材の基礎的性質、アップグレード論文報告集、V-10, pp13-pp20, 2010.