

# 콘크리트용 混和劑의 凍結溫度에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Freezing Temperature of Admixture Agent for Concrete

○ 韓 景 翼<sup>1)</sup>    李 建 哲<sup>2)</sup>    李 鎮 圭<sup>2)</sup>    尹 起 源<sup>3)</sup>    韓 千 求<sup>4)</sup>  
 Han, Kyung Ik    Lee, Gun Chul    Lee, Jin Kyu    Yoon, Gi Won    Han, Cheon Goo

## ABSTRACT

Recently, frost damage of storage tank for admixture agent caused by low temperature in winter and quality deterioration of admixture agent often happened. But, many problems are caused because of no applicable regulations of admixture agent facility and so on. Therefore, this study presents the reference data about using and quality control of admixture agent in practice and the judgement data about working out a counter plan of suitable heat insulation of injection equipment of admixture agent exposed at outside in winter by measuring the freezing point of admixture agent for concrete.

### I. 序 論

最近 겨울철 외기온도 低下에 따른 混和劑 저장탱크 시설의 일부가 동파된 被害가 보고된 바 있고, 또한 凍結에 따른 品質變化에도 의문이 제기되고있다. 그러나 우리나라의 경우 콘크리트용 화학 混和劑의 凍結에 대한 測定資料 및 凍結에 따른 品質變化와 아울러 동결융해된 화학 混和劑의 사용여부에 대한 規定은 建築工事 標準示方書에 規定되고 있지 않아 問題視 되고 있다. 단, 日本建築學會의 “寒中 콘크리트 施工指針”에서는 표 1과 같이 規定하여, 凍結防止 및 凍結後 使用禁止를 規定하고 있다.

그러므로 本 研究에서는 國內에 유통되고 있는 콘크리트용 각종 混和劑를 無作爲로 수거하여 凍結溫度를 測定하므로써 겨울철 외기에 노출된 混和劑 投入設備에 대한 적정 保溫 對策

표 1. 일본건축학회 한중콘크리트 시공지침 발췌  
5절 콘크리트의 제조·운반

5. 1 재료의 저장  
 a. 골재 ( 생 락 )  
 b. 礫상의 혼화제는 동결하지 않도록 보존한다. 동결한적이 있는 혼화제는 소정의 성능이 없어지는 것을 확인한 경우 이외에는 사용할 수 없다.

- 1) 正會員, 韓國 産業人力管理公團, 淸州大 建築工學科 大學院 碩士課程
- 2) 正會員, 淸州大 建築工學科 大學院 碩士課程
- 3) 正會員, 淸州大 建築工學科 大學院 博士課程
- 4) 正會員, 淸州大 建築工學科 教授, 工學博士

수립에 한 판단자료를 마련함으로써, 레미콘회사 등 실무의 混和劑 사용 및 品質管理에 參考資料를 提示하고자 한다.

### II. 實驗計劃 및 方法

#### 2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗計劃은 표 2와 같다. 즉, 本 연구에서는 國內에서 주로 유통되는 32종의 混和劑를 대상으로 溫度低下에 따른 混和劑 자체의 표 2. 混和劑의 동결성상에 관한 실험요인 및 수준

요인	수 준		
혼 화 제 종 류	A 사	4	· AE감수제 : 표준, 지연, 촉진형 · 고성능 AE감수제
	B 사	6	· AE감수제 : 표준, 지연, 촉진형 · 고유동화제 · 초지연제 · 무염화 AE감수제 : 촉진형
	C 사	7	· AE감수제 : 표준, 지연, 촉진0.3, 0.5형 · 고성능 AE감수제 · 고성능 감수제 · 고유동화제
	D 사	6	· AE제 · AE감수제 : 표준, 지연, 촉진형 · 고유동화제 · 방동제
	E 사	7	· AE제 · AE감수제 : 표준, 지연, 촉진형 · 고성능 감수제 · 고성능 유동화제 · 무염화 조감제
	F 사	1	· 고성능 감수제
	G 사	1	· 고성능 감수제(W:M) 100:40회석
실험 사항	2		· 빙점온도    · 과냉각온도

凍結溫度 및 과냉각 溫度를 測定하도록 實驗計劃하였다.

## 2.2 使用材料

本 實驗에 사용한 混和劑은 國內에서 유통되는 AE제, AE감수제(표준·지연·촉진형), 고성능 AE감수제, 고성능 감수제, 고유동화제 및 기타로서, 成分別로는 나프탈렌계, 리그린계, 멜라민계, 폴리카본산계의 7개 회사 混和劑을 使用하였는데, 그 物理的 性質은 표 3과 같다.

## 2.3 實驗方法

混和劑 자체의 凍結 試驗으로는 내경 31mm, 깊

표 3. 混和劑의 물리적 성질

회사	종 류	성 분	표 준 사용량(%)	비 중	pH
A사	AE감수제 N	나프탈렌계	0.15~0.3	1.15	9±0.5
	AE감수제 R	나프탈렌계	0.3	1.15	9±0.5
	AE감수제 A	나프탈렌계	0.5	1.15	9±0.5
	고성능AE감수제	나프탈렌계	0.3~0.5	1.2±0.5	7~9
B사	AE감수제 N	리그린계	0.15~0.3	1.14±0.02	6~7
	AE감수제 R	리그린계	0.2~0.3	1.14±0.02	6~7
	AE감수제 A	리그린계	0.5	1.27±0.02	7~8
	고유동화제	나프탈렌계	0.5~1.0	1.34±0.02	9
C사	초지연제	리그린계	0.4~0.8	1.20±0.02	10~11
	무염화AE감수제A	리그린계	0.5~1.0	1.35±0.02	7~8
	AE감수제 N	리그린계	0.15~0.3	1.18±0.02	7~9
	AE감수제 R	리그린계	0.2	1.20±0.02	7~9
D사	AE감수제 A-0.3	리그린계	0.3	1.15±0.02	6~8
	AE감수제 A-0.5	리그린계	0.5	1.15±0.02	6~8
	고성능AE감수제	나프탈렌계	0.5	1.20±0.02	7.5±1
	고성능감수제	나프탈렌계	0.8~2.0	1.15±0.02	7~9
E사	고유동화제	나프탈렌계	0.5~1.0	1.15±0.02	7~9
	AE제		0.02~0.04	1.02±0.02	
	AE감수제 N	나프탈렌계	0.15~0.3	1.19±0.02	
	AE감수제 R	리그린계	0.15~0.3	1.19±0.02	
F사	AE감수제 A	리그린계	0.5	1.27±0.02	
	후천가유동화제	나프탈렌계	0.5	1.20±0.02	9±1
	방동제	나프탈렌계			
	AE제	리그린계	0.05	1.08	7~8.5
G사	AE감수제 N	리그린계	0.15~0.4	1.18	7~9
	AE감수제 R	리그린계	0.15~0.3	1.24	6~7.5
	AE감수제 A	리그린계	0.6	1.30±0.02	7~9
	고성능감수제	나프탈렌계	0.4~2	1.21	8~10
H사	고유동화제	나프탈렌계	0.3~2	1.15	8~10
	무염화 조강제	리그린계	0.5~0.8	1.43	6~8
	고성능감수제	폴리카본산 계	0.5~3	1.05±0.02	7±2
	고성능감수제	멜라민계	0.5~3	1.2±0.05	9~10

\* 混和劑의 종류에서 N은 표준형(Normal), R은 지연형(Retarding), A는 촉진형(Accelerating)을 지칭함

이 48mm의 원통형 PVC용기(필름통)에 30cc의 混和劑을 넣고 용기의 中央에 溫度 측정용 열전대(T-type)를 설치한 後 냉동고에 넣어 냉동시키면서 20초 간격으로 냉동고의 溫度와 混和劑의 溫度를 Data logger(Therm 5500-3)에서 測定 記錄하여 그래프화함으로써 그림 1과 같은 요령으로 凍結溫度를 測定 하였다.

## III. 實驗結果 및 分析

### 3.1 實驗結果

實驗대상 混和劑의 凍結溫度 및 과냉각온도는 표 4와 같다.

표 4. 混和劑의 과냉각온도 및 동결온도

회사	종 류	동결 여부	과냉각 온도	빙점 온도
A사	AE감수제 N	○	-11	-8.9
	AE감수제 R	○	-11.5	-9.7
	AE감수제 A	○	-10.8	-8.5
	고성능AE감수제	○	-9.5	-8.8
B사	AE감수제 N	○	-5.5	-3.8
	AE감수제 R	○	-6.7	-6.3
	AE감수제 A	×	—	—
	고유동화제	○	-11.3	-5.8
C사	초지연제	○	-14.1	-9.5
	무염화AE감수제A	○	-24.7	-22.3
	AE감수제 N	○	-6	-4.5
	AE감수제 R	○	-10	-9.1
D사	AE감수제 A-0.3	×	—	—
	AE감수제 A-0.5	○	-17.8	-15.3
	고성능AE감수제	○	-8	-5.8
	고성능감수제	○	-6.7	-4.5
E사	고유동화제	○	-6.5	-3.8
	AE제	○	-2.2	-1.5
	AE감수제 N	○	-8.8	-6
	AE감수제 R	○	-7.1	-5.3
F사	AE감수제 A	×	—	—
	고유동화제	○	-6.5	-5
	방동제	○	-24.7	-23.5
	AE제	○	-3.6	-1
G사	AE감수제 N	○	-8.1	-4.9
	AE감수제 R	○	-10.4	-9.3
	AE감수제 A	×	—	—
	고성능감수제	○	-6.5	-5.2
H사	고유동화제	○	-6.5	-5.2
	무염화 조강제	×	—	—
I사	고성능감수제	○	-2.1	-1.3
	고성능감수제	○	-4.6	-3.6

\* 일반 동결온도 측정에 사용한 냉동고는 -20℃용량의 것이었다. 단, -20℃에서 동결하지않은 것은 -40℃용량의 별도의 냉동고로 실험하였는데, 동결여부에서 ×로 표시된 것은 -40℃에도 동결하지 않았던 것이다.

### 3.2 結果分析

먼저, 그림 1은 混和劑의 냉각곡선의 일례를 나타낸 것이다. 實驗對象 각 混和劑은 자기 다른 양상의 凍結曲線을 보이고 있는데, 일반적인 냉각곡선은 그림 중의 일례와 같다. 단, 모든 混和劑의 냉각곡선은 지면관계상 생략한다.

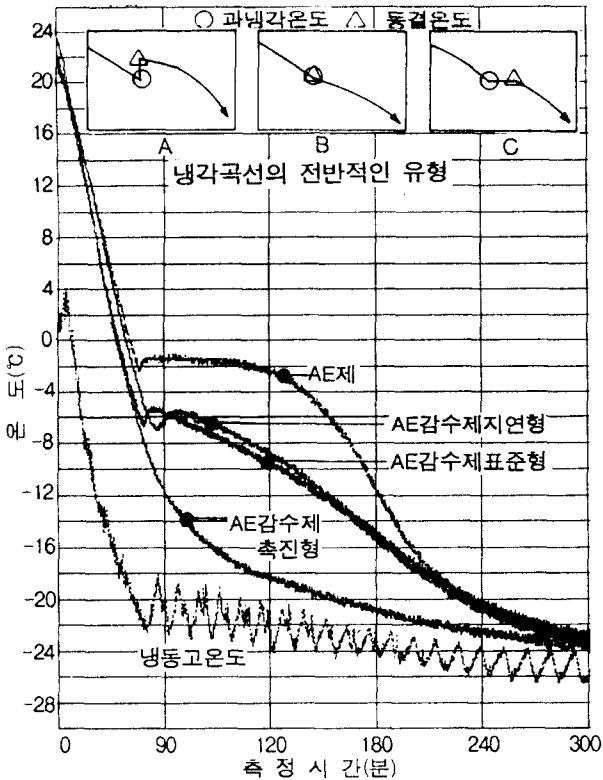


그림 1. 혼화제 동결곡선의 일례

그림 2는 實驗대상의 混和劑를 種類別로 凍結溫度 및 과냉각 溫度를 平均하여 막대 그래프로 비교한 것이다. 먼저, 全般的인 傾向으로 混和劑의 凍結 및 과냉각 온도는 물의 과냉각온도  $-1.5^{\circ}\text{C}$  및 凍結溫度  $0^{\circ}\text{C}$ 에 비하여 어느정도 낮은 것으로 나타났다. 細部的으로 混和劑 종류별 凍結溫度는 AE제의 경우  $-1.3^{\circ}\text{C}$ 로 제일 높고, 방동제는  $-23.5^{\circ}\text{C}$ 로 제일 낮게 나타났다. 단, 고

성능 감수제와 고유동화제는 使用目的에 따라 다른명칭으로 사용되는 것으로 거의 유사한 온도에서 동결되는 것으로 나타났다.

그림 3은 일반 레미콘에서 가장 많이 이용되는 AE감수제를 形態(Type) 및 主成分別로 구분하여 凍結溫度 및 과냉각온도를 막대 그래프 나타낸 것이다. 먼저, 形態別로는 표준형과 지연형은 유사한 범위인  $-6 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 凍結되었으나, 촉진형의 경우는 A사의 경우  $-8.5^{\circ}\text{C}$ 에서 凍結하는 경우도 있으나, 대부분  $-40^{\circ}\text{C}$ 이하에서도 凍結되지 않는 것으로 나타났다.

한편, 成分別로는 會社別 조금씩 차이는 있지만 平均적으로 볼 때 리그런계의 경우  $-4.3^{\circ}\text{C}$ , 나프탈렌계는  $-7.4^{\circ}\text{C}$  정도에서 凍結되는 것으로

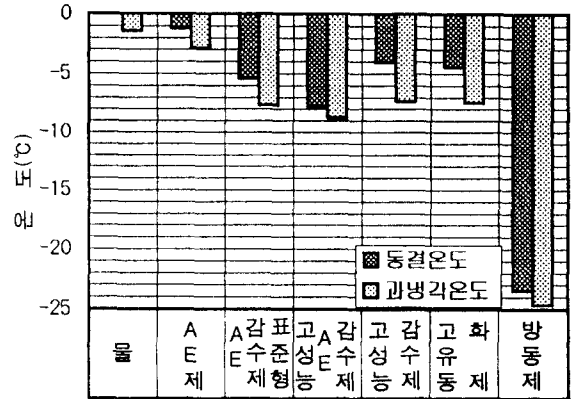
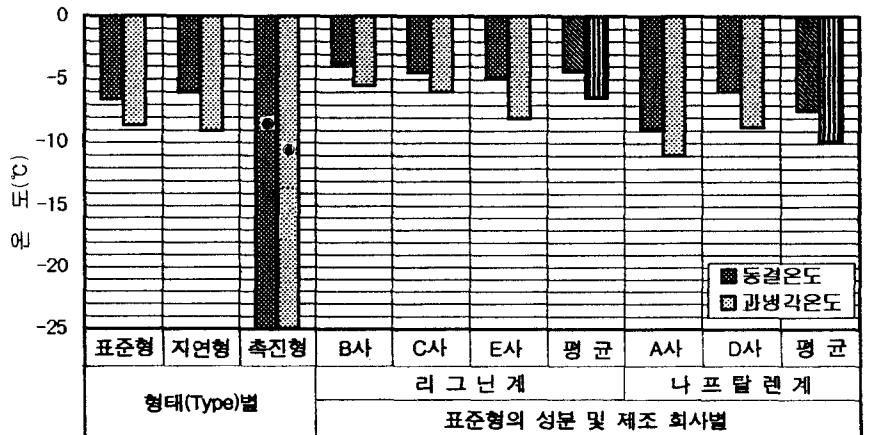


그림 2. 혼화제 종류별 동결온도와 과냉각 온도



●은 A사의 경우 동결 및 과냉각 온도임

그림 3. 혼화제의 형태 및 성분별 동결온도와 과냉각 온도

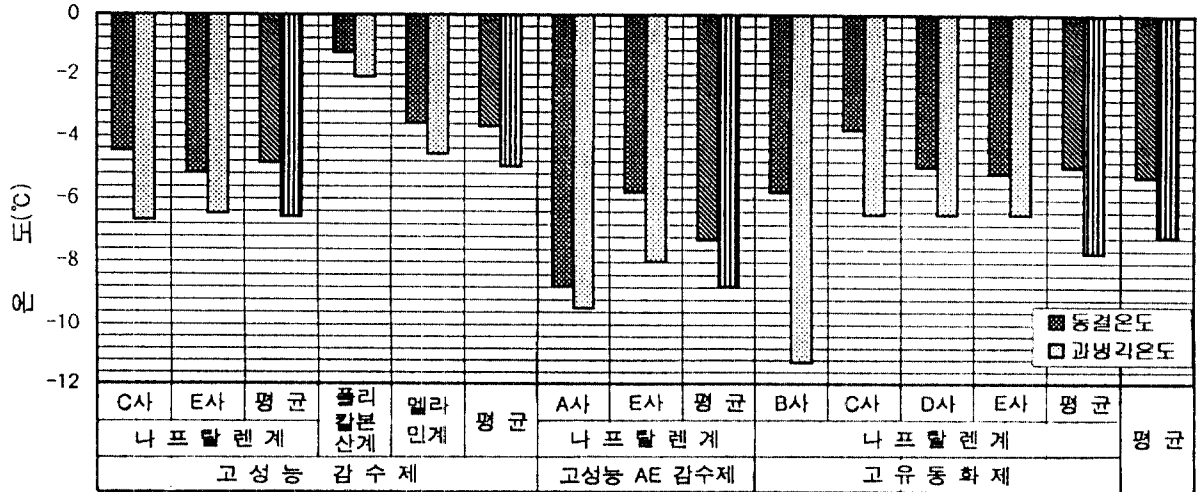


그림 4. 고성능 감수제, 고성능 AE감수제, 고유동화제 동결온도 및 과냉각 온도

나타나, 리그린계보다 나프탈렌계의 AE감수제가 더 낮은 온도에서 凍結되는 것이 밝혀졌다.

그림 4는 고성능 감수제 및 고성능 AE감수제, 고유동화제의 凍結溫度 및 과냉각 온도를 막대 그래프로 나타낸 것이다.

먼저 全般的인 傾向으로 고성능 감수제는 나프탈렌계가  $-5^{\circ}\text{C}$ , 멜라민계가  $-3.6^{\circ}\text{C}$ 에서 凍結되었고, 특히 폴리칼본산계는  $-1.3^{\circ}\text{C}$ 이하의 비교적 높은 온도에서 凍結되는 것으로 나타났다.

고성능 AE감수제는 고성능 감수제보다 비교적 낮은 溫度인 평균  $-7^{\circ}\text{C}$ 내외의 범위에서 凍結되었고, 고유동화제는 B사가  $-5.8^{\circ}\text{C}$ 로 제일 낮고, C사가  $-3.8^{\circ}\text{C}$ 로 제일 높은 것으로 나타났으나 회사간 偏差는 크지않고 약  $-4.5^{\circ}\text{C}$ 전후에서 凍結하는 것으로 나타났다. 또한, 나프탈렌계에서 고성능 감수제와 고유동화제의 凍結溫度는 거의 동일하게 나타나고 있는데, 이는 混和劑의 베이스가 동일한것에서 起因된 結果로 사료된다.

#### IV. 結 論

콘크리트용 混和劑의 겨울철 品質管理와 관련하여 混和劑의 凍結溫度 측정 結果를 요약하면 다음과 같다.

1) 混和劑의 凍結溫度 및 과냉각 溫度는 모두 물보다 낮고, 또한 混和劑 種類別로 偏差가 크게 나타났는데, 즉 凍結溫度로는 방동제의 경우

$23.5^{\circ}\text{C}$ 로 제일 낮고, AE감수제 표준형, 고성능 AE감수제, 고성능감수제, 고유동화제는  $-4^{\circ}\text{C} \sim -8^{\circ}\text{C}$ 이며, AE제는  $-1.3^{\circ}\text{C}$ 로 제일 높게 나타났다.

2) AE감수제의 凍結溫度는 형태별로 표준형과 지연형은 유사한 범위인  $-6 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 凍結되었으나, 촉진형의 경우는 한개 회사의  $-8.5^{\circ}\text{C}$ 를 제외하고는  $40^{\circ}\text{C}$  이하에서도 凍結되지 않는 것으로 나타났다. 또한, 표준형의 경우 會社別로 조금씩 차이는 있지만 平均적으로 리그린계보다 나프탈렌계의 AE 감수제가 더 낮은 溫度에서 凍結되는 것으로 나타났다.

3) 고성능 감수제계의 凍結溫度로서, 성분별로는 나프탈렌계가 가장 낮은 溫度( $-5^{\circ}\text{C}$ )에서 凍結된 반면 폴리칼본산계는  $-1.3^{\circ}\text{C}$ 로 가장 높은 溫度에서 凍結하였다.

4) 이상을 종합하여 볼 때 AE감수제 촉진형(1개회사는 제외) 및 방동제 등 내한성 混和劑을 제외한 대부분의 混和劑은 우리나라의 겨울철 외기는 條件下에서는 凍結 위험성이 있으므로 保溫 措置가 필요할 것으로 判斷된다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 대한 건축학회 ; 건축공사 표준시방서, 1994.
- 2) 日本建築學會 ; 寒中コンクリート施工指針・同解説, 1990.
- 3) 日本建築學會 ; 高性能AE減水劑コンクリートの調合・製造および施工指針・同解説