

# 폐부동액을 이용한 시멘트 모르타의 동결 및 역학적 특성

## Freeze and Mechanical Properties of Cement Mortar Using Coolant Wastes

김 상 우\*    홍 상 희\*\*    김 기 철\*\*\*    류 현 기\*\*\*\*    한 천 구\*\*\*\*\*  
Kim, Sang Woo    Hong, Sang Hee    Kim, Gi Cheol    Ryu, Hyun Ki    Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

In this paper, applicabilities of coolant wastes as an admixture, which are produced from cooling line of the cars and industrial engines, to concrete under cold climate are investigated. According to the test results, as the contents of coolant wastes increase, setting time of cement mortar is shown to be delayed. However, when coolants wastes are overadded, it appears to be fast. In case of compressive strength, it tends to decline as the contents of coolant waste increase. Under low curing temperature, compressive strength of cement mortar containing coolant wastes shows higher than that of plain mortar. As for the freezing points, they are lowered with the increase of the contents of coolants wastes.

### 1. 서 론

최근, 환경오염방지에 대한 관심이 집중되면서 폐기물의 재활용방안이 다각적으로 검토되고 있다. 자동차 및 산업설비에서 다량으로 발생하는 폐부동액의 경우도 마찬가지로 환경오염방지와 관련하여 재활용방안이 요구되고 있다. 즉 부동액이란 냉각수의 빙점을 감하시켜, 엔진등 자동차부품의 동파를 방지할 목적으로 사용하는 것으로, 이러한 부동액은 오랜기간 사용시에는 효율저하로 말미암아 반드시 교환을 해주어야만 하는 재료인데, 이때 발생하는 폐부동액은 범규상 지정폐기물로 명시되어 강력한 감시와 복잡한 처리 절차를 거쳐야 한다.

그러므로, 본 연구에서는 폐부동액을 한중콘크리트용 방동제 혹은 내한제로 재활용할 수는 없는지를 기초적으로 검토하기 위하여, 우선 시멘트모르타 상태에서 시멘트모르타제조용 혼합수의 치환율로 폐부동액 사용량을 변화시켜 굳지 않은 모르타의 특성, 동결온도 및 경화모르타의 특성을 분석함으로써 폐부동액의 재활용성을 기초적으로 검토하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

\* 정회원, 청주대학교 대학원, 석사과정  
\*\* 김회원, 청주대학교 대학원, 박사과정  
\*\*\* 정회원, 청주대학교 산업과학 연구소, 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 충주대학교 교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

폐부동액을 이용한 모르터의 특성파악을 위한 본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용되는 재료로 시멘트는 국내산 H사의 보통 포틀랜드시멘트(비중 : 3.15, 분말도 : 3,415cm<sup>2</sup>/g), 잔골재는 충북 청원군 부강면 미호천산 강모래(비중 : 2.56, 조립율 : 2.64)를 사용하였으며, 폐부동액은 청주시내 모 자동차 정비공장에서 발생한 것으로서, 그 물리적 성질 및 화학성분은 표 2와 같다.

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지 않은 모르터의 혼합, 공기제 제작, 및 경화 모르터의 압축강도실험은 KS규정의 표준적인 시험방법에 의거 실시하였다. 또한 모르터의 동결온도 시험은 KS M 0003의 측정방법에 준하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지 않은 모르터의 특성

그림 1은 폐부동액 혼입을 변화에 따른 굳지 않은 모르터의 플로우 및 공기량을 나타낸 그래프이다. 먼저, 혼입을 증가에 따른 모르터플로우는 혼입을 10% 및 20%의 경우에는 큰 변화가 없었지만, 혼입을 50% 및 100%의 경우 플로우치가 약간 감소하는 경향을 보였는데, 이는 폐부동액의 혼입을 증가에 따른 점성증대로 인한 결과로 분석된다. 또한, 공기량의 경우에는 혼입율의 증가에 따라 약간 증가하는 것으로 나타났다.

### 3.2 응결시간

그림 2와 3은 폐부동액의 혼입을 변화에 따른 응결시간을 플레인과 비교하여 나타낸 것이다. 혼입을 10%, 20%, 50%의 경우는 응결이 지연되는 것으로 나타났고, 오히려 혼입을 100%의 경우는 빠른 응결시간을 나타내었다. 이는 폐부동액중의 에틸렌글리콜 성분과 트리에탄올아민(TEA) 및 나트륨성분이 응결지연 및 응결촉진 인자를 함께 가지고 있으므로, 두 물질의 혼합으로 인하여 나타나는 특징으로 사료된다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	모르터 배합비	1	1 : 3
	잔골재	1	강모래
	목표 플로우	1	150±10mm
	부동액 종류	1	폐부동액
	치환율(%)	5	무혼입 폐부동액 10, 20, 50, 100
실험사항	양생온도(°C)	4	-5, 5, 10, 20
	굳지않은 모르터	4	플로우, 응결시험, 공기량, 동결온도
실험사항	경화 모르터	1	압축강도

표 2. 부동액의 물리적 성질 및 화학성분

종류	성상	색상	비중	주성분	방청제
폐부동액	액상	연녹색	1.09	물+에틸렌 글리콜 (CH <sub>2</sub> OHCH <sub>2</sub> OH)	아질산염, 트리에탄올아민

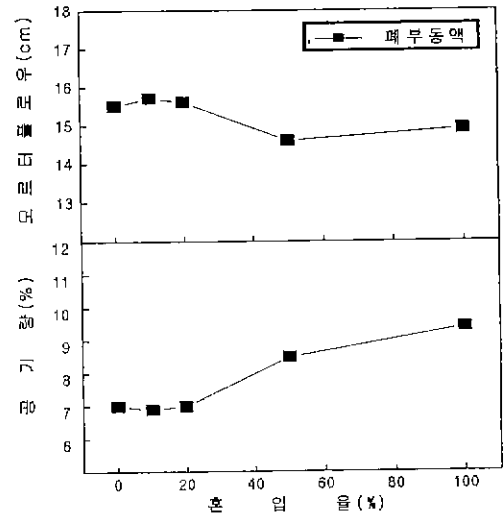


그림 1. 혼입을 변화에 따른 공기량 및 플로우

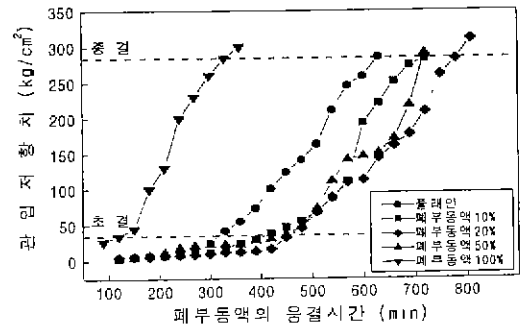


그림 2 폐부동액의 혼입율변화에 따른 응결시간

즉, 이러한 두 물질의 반응으로 인해 나타나는 지연작용은 시멘트 수화반응 과정에서  $C_3S$ 표면에 에틸렌글리콜 및 TEA가 흡착하여 보호막 역할을 함으로써,  $C_3S$ 내부로 물분자의 침투를 억제시켜 지연 효과를 나타내는 것으로 사료되며, 혼입을 100%에서 응결촉진의 경우는 트리에탄올아민과 나트륨성분이 빠른 수화반응 과정에서  $C_3S$ ,  $C_2S$  등의 칼슘실리케이트계 화합물의 수화를 촉진시켜 빠른 응결작용을 한 것으로 사료된다.<sup>1)</sup>

### 3.3 동결온도

그림 4는 폐부동액의 혼입율변화에 따른 모르터의 동결온도로써, 플레인과 비교하여 혼입율이 증가할수록 동결온도는 점점 낮아지는 경향으로 나타났다. 즉 플레인의 경우  $-2^{\circ}C$ 에서 동결하는 것으로 나타났고, 혼입을 10% 및 20%의 경우는  $-3\sim-4^{\circ}C$ 에서 동결하는 것을 알 수 있었으며, 혼입을 50% 및 100%는 각각  $-8^{\circ}C$ ,  $-15^{\circ}C$ 로 큰 폭으로 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.4 경화 모르터의 특성

그림 5은 폐부동액 혼입율 및 양생온도별 재령경과에 따른 압축강도를 찍은선 그래프로 나타낸 것이고, 그림 6은 적산온도경과에 따른 폐부동액 혼입율 및 양생온도별 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저, 폐부동액 혼입율이 증가할수록 초기 압축강도는 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 폐부동액 혼입율이 증가할수록 그림 1에서의 공기량 증가 및 그림 2의 응결지연작용에 의한 영향으로 분석된다. 또한, 재령이 증가할수록 양생온도  $5^{\circ}C$  및  $10^{\circ}C$ 의 경우 폐부동액 혼입율 10% 및 20%에서는 플레인과 비교하여 강도차이가 크지 않았으며, 특히, 저온인  $-5^{\circ}C$ 에서는 폐부동액 혼입율 10% 및 20%에서는 플레인 보다 압축강도는 향상되었는데, 플레인에 비하여 폐부동액 10%에서는 약 2배, 20%에서는 약 2.3배정도로 압축강도가 향상되었다. 또한, 적산온도경과에 따른 압축강도는 폐부동액 혼입율을 증가함으로써 전반적인 강도의 저하로 나타났지만,  $-5^{\circ}C$ 인 저온에서의 혼입율 10% 및 20%에서는 플레인과 비교하여 높은 압축강도를 나타내었다. 이는 폐부동액의 특성중 빙점저하작용으로 인한 수화반응촉진에 기인하여 강도가 향상되는 것을 알 수 있었다. 따라서 한중시공의 경우 폐부동액에 응결경화촉진작용을 일으킬 수 있는 혼화제를 첨가하여, 혼합수에 10~20%정도 사용하면 유동성 및 강도 측면에서는 효과적일 것으로 사료된다. 단 콘크리트용 혼화제로서의 기타성능 및 내구성에 대하여는 심도있는 계속적인 연구가 요구되었다.

## 4. 결론

폐부동액을 콘크리트용 방동제 및 내한제로의 재활용 가능성을 검토하기 위하여 폐부동액의 혼입

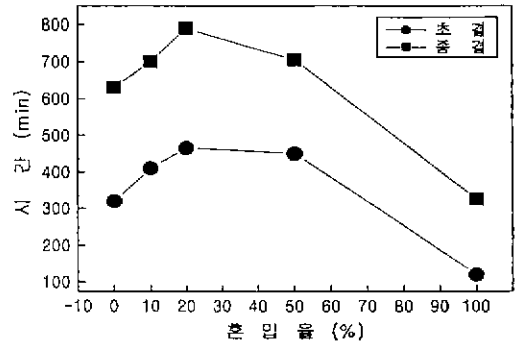


그림 3. 혼입율에 따른 응결시간

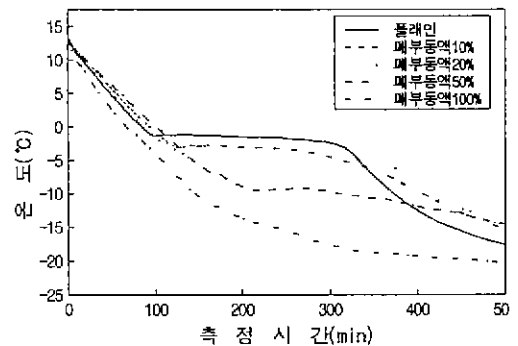


그림 4. 폐부동액 혼입율의 변화에 따른 모르터의 동결온도

을 변화에 따른 굳지 않은 모르터의 특성, 동결온도 및 강도특성을 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 폐부동액 혼입율의 증가에 따라 플로우치는 작아졌고, 공기량은 반대의 경향으로 크게 증가하는 것으로 나타났다.

2) 폐부동액 혼입을 변화에 따른 시멘트모르터의 응결시간은 폐부동액 혼입을 10%, 20%, 및 50%의 경우 약간의 응결지연을 나타낸 반면, 100%에서는 매우 빠른 응결축진을 나타내었다.

3) 폐부동액의 혼입을 변화에 따른 동결온도는 폐부동액 혼입율이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났다.

4) 압축강도는 폐부동액의 혼입율이 증가할수록 저하하는 것으로 나타났으나, 양생온도 -5°C의 경우는 혼입율 10%, 및 20%의 경우에서 플레인과 비교하여 2~2.3배의 큰 강도증진을 나타내었다.

5) 종합적으로 폐부동액을 콘크리트용 내한제로 사용하기 위한 가장 효율적인 혼입율은 더 많은 개량 및 실험이 수반되어야 하겠지만,

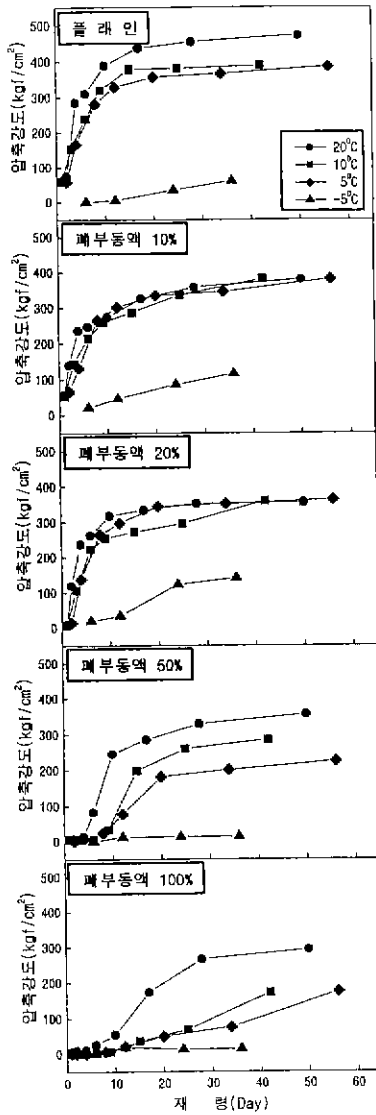


그림 5. 양생온도에 따른 혼입율별 압축강도

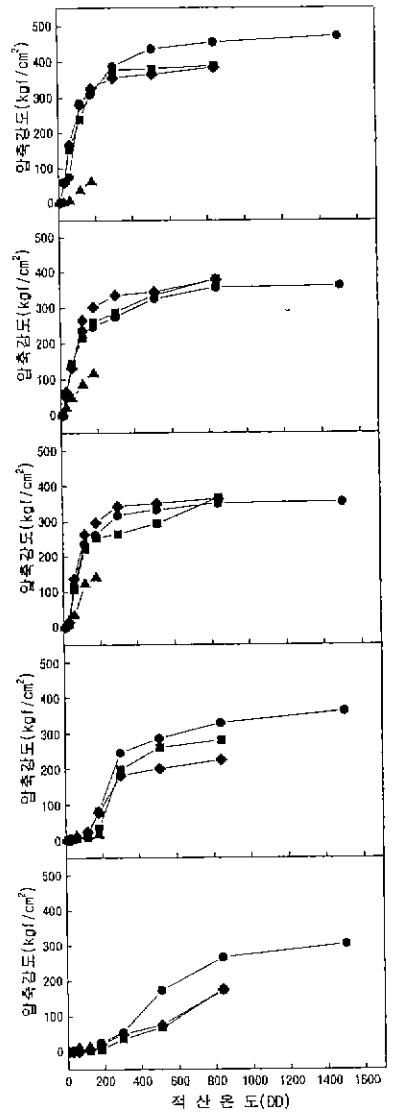


그림 6. 적산온도에 따른 혼입율별 압축강도

이제까지의 실험결과로 고찰하면 10~20%정도가 적절한 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1). 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, 1997.
- 2). 이진철, 동결된 혼화제의 사용에 따른 콘크리트의 품질변화에 관한 실험적 연구, 청주대학교 대학원 석사학위논문, 1997. 12