

방동제를 이용한 한중 콘크리트 개발 연구

Development of cold weather concrete by using de-icing agency

유 성 원* 서 정 인*
Yoo, Sung Won Suh Jeong In

ABSTRACT

The concrete which has placed under cold weather has some defects such as the decrease of initial strength by hydration delay, strength unrecover at unhardened concrete freezing and structural failure and crack by expansion pressure.

So, in this study, we tried to develop the concrete which can be made under cold weather without defect by using of de-icing agency. In concrete test, the used de-icing agency has the characteristics of de-icing and rapid hydration. By test results, $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ is unsuitable for workability, and NaNO_2 is the most suitable agency for cold weather. And for curing, the cured concrete at 21 °C for 24 hours has the safe strength.

1. 서론

겨울철에 시공하는 콘크리트는 초기 강도 발현이 늦어지게 되며, 미경화 콘크리트 동결시에는 초기 수화물 조직 파괴에 의해 시간이 경과하여도 강도회복이 어렵다는 점 그리고, 경화 콘크리트라 하여도 동결융해 반복에 의한 콘크리트내의 수분의 동결 팽창압으로 인해 경화 콘크리트의 조직 파괴 및 균열이 발생한다는 단점들을 가지고 있다.

이러한 겨울철에 시공이 가능한 콘크리트의 제조는 재료적인 접근방법으로 시멘트가 저온에서도 수화가 가능하도록 개질하는 방법, 시공방법 보완 및 개선으로써 보온양생, 단열 거푸집 사용 및 화학혼화제를 첨가하여 콘크리트내의 수분의 동결점을 저하시키고 저온에서도 수화를 촉진할 수 있도록 하는 방법 등 3가지로 분류할 수 있다.

본 연구는 순수시약으로의 화학혼화제를 첨가하여 겨울철 시공이 가능한 콘크리트를 제조하여 그 특성을 평가하는 데 그 목적이 있다.

2. 한국의 기후조건

기상청 자료에서 구한 우리나라 서울의 비교적 추웠던 1965-1970년 5년 동안 기간의 동결융해 횟수, 강설량 및 풍속 등의 통계치가 표 1에 나타나 있다.

* 정희원, 우석대학교 토목공학과 교수

표 1 1965~1970년 동절기의 서울의 기상 자료

지역	최소 온도 범위에서의 동결융해 반복수			동 결 일 수	강 설 일 수	상 대 습 도 [%]	풍 속 [m/sec]
	-0.1~-0.5℃	-0.1~-10.0℃	-10.0℃이하				
서울	46	21	3	98	30	65	2.6

표 1에서 보여 주듯이 년 평균 동결융해 회수는 70회 정도이지만 46회 정도는 동결 최저온도가 -5℃ 이상이며 동결융해 기간동안 강설 총 일수가 30일 정도이고 풍속은 2.6m/sec, 상대습도가 65%로써 보통의 지상 콘크리트는 경화 후의 동결융해에 대한 피해는 적다고 생각된다. 그러나 항상 수분과 접하고 있는 콘크리트 포장, 댐 및 해안구조물 등에는 햇빛에 의한 건조작용의 팽창 수축 반복 작용도 아울러 수반되기 때문에 동결융해 피해가 커지리라고 생각되므로 그 대책으로써 콘크리트에 공기연행을 시키므로써 경화후의 콘크리트 동해 피해는 방지할 수 있다.

그러나 서울의 동결 총 일수가 98일 인 것을 볼 때 콘크리트 초기 재령에서의 동해 피해 방지대책이 필연적으로 요구된다. 따라서 본 연구는 방동성 및 수화촉진성을 갖고 있는 화학혼화제를 첨가하여 초기 재령에서의 동해 피해를 방지하여 요구되는 강도를 초기에 확보하고자하는 시험을 실시하였다.

3. 동결 현상의 고찰

3.1 동결 최저온도

동결온도에 의한 콘크리트내의 결빙수량은 온도가 낮을수록 미세 공극의 물이 점차로 얼게 되므로 결빙수량이 많게 되는 것을 그림 1의 시험결과가 잘 나타내주고 있으며, 따라서 동결 최저온도가 낮아질수록 동결융해 저항성이 나빠지게 되는 결과를 그림 2에서 보여주고 있다.

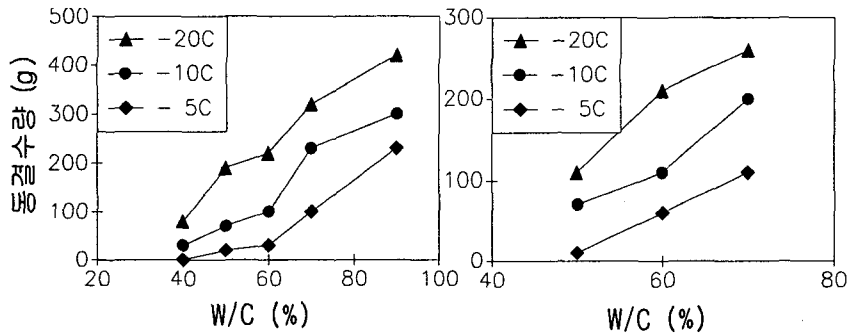


그림 1 W/C비에 따른 동결수량에 대한 동결 온도의 영향

3.2 동결속도

동결 속도에 대한 영향은 그림 3에 나타난 것처럼 동결속도가 빠르면 동해 피해가 크다. 그러나 그

림 4에서 보여주듯이 온도 강하속도가 11.1℃/hr 일 때 기포 간격계수 0.025cm정도이면 충분히 동결융해 저항성을 갖기 때문에 동결속도가 비교적 느린 한국 기후 조건에서는 AE제가 첨가되면 문제가 되지 않는다고 생각된다. 참고적으로 양질의 AE제의 경우 공기량이 5%정도이면 기포간격 계수가 0.0024cm가 된다고 보고하고 있다.

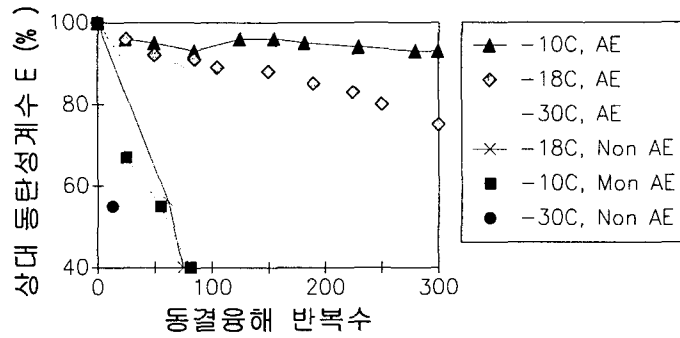


그림 2 동결 온도의 영향

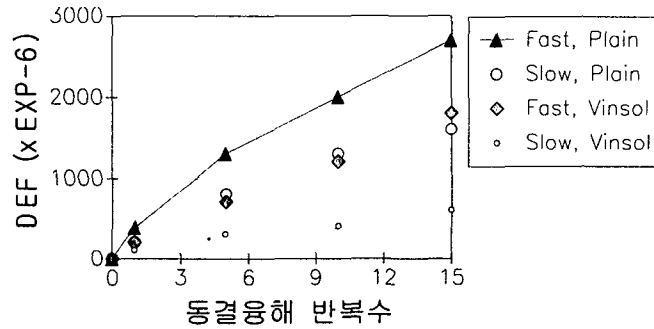


그림 3 냉각 온도의 영향

3.3 동결지속시간

그림 5에서 보여 주듯이 동결지속 시간이 7시간 이내에서는 동결 지속시간이 긴 동결융해일수록 피해가 크다. 그러나 일반적으로 동결지속 시간이 16시간 이상의 장시간에서는 피해의 차이가 없다고 보고되어지고 있다.

3.4 공기량 및 기포 간격계수

내동해성을 향상시키는 방법으로는 공기연행제에 의한 entrained air를 연행시키는 것으로, 기존의 연구 결과에 의하면, 공기량과 내구성지수의 관계로써 공기량 4%이상의 콘크리트와 2%이하의 콘크리트와는 내구성이 현저하게 차이가 있는 것을 보여준다. 이와같이 연행된 공기포는 앞에서 언급했듯이, 콘크리트내의 함수비 저하시키는 역할을 할뿐만 아니라 수분의 동결에 의한 압력을 완화 시켜서 내동

해성을 향상시킨다. 그러나 공기량 뿐만 아니라 공기포 크기와 거리를 나타내는 기포간격 계수도 내동해성을 나타내는데 중요한 인자가 된다. 기존의 연구 결과 역시, 기포간격 계수가 $250\mu\text{m}$ 이하로 되어야 효과적인 내동해성을 나타낸다고 말하고 있다.

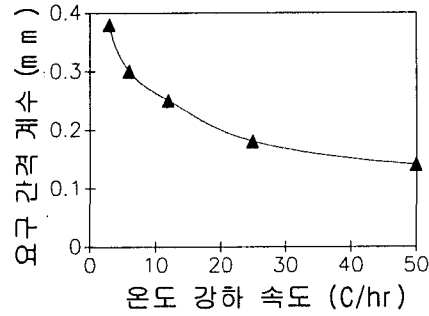


그림 4 온도 강하속도별 요구 간격 계수 L

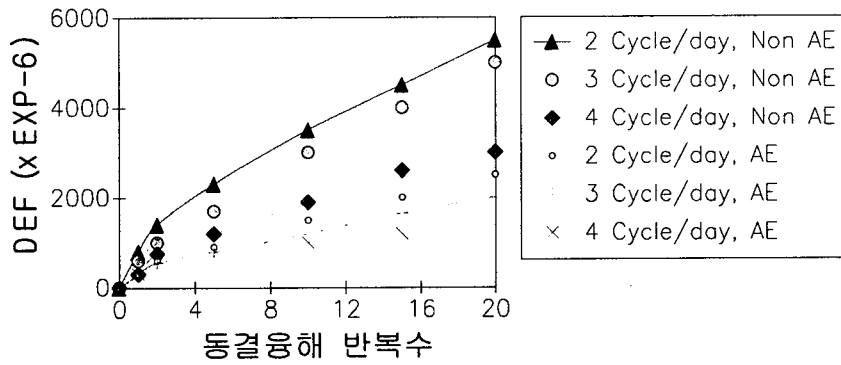


그림 5 단기 동결 주기의 영향

4. 실험방법

4.1 사용재료

사용시멘트는 I종 보통 시멘트를 사용했으며, 사용골재는 잔골재의 경우, 비중이 2.60, 조립률이 2.52인 강모래를 사용했다. 또한, 굵은 골재는 비중이 2.70, 조립률이 6.50인 쇄석을 사용하였다.

4.2 사용배합

표 2 사용된 콘크리트 배합

W/C [%]	S/A [%]	단위 재료량 [kg/m ³]				AE 감수제	방동제 [wt%]
		C	W	S	G		
54.7	44	320	175	680	838	0.15%	C×5%

4.3양생조건

28일간 콘크리트 양생은 -5℃에서 대기양생을 하였다. 10Ø×20cm콘크리트 몰드 제작후 전치양생은 0, 7, 24시간 별로 방치한 다음 -5℃에서 28일 대기 양생을 하였다. 전치 양생온도는 실험실 온도인 21℃에서 하였다.

5. 실험결과

화학적으로 방동성과 수화 촉진성의 성질을 갖고 있는 순수시약 화학혼화제를 콘크리트에 첨가하여 실험한 결과가 표 3과 같다.

표 3 순수시약 방동제에 의한 콘크리트 실험 결과₃

방동성시약명	SL (cm)	전치 0시간 후 양생			전치 7시간 후 양생			전치 24시간 후 양생		
		3일	7일	28일	3일	7일	28일	3일	7일	28일
Plain	10.8	측불	9	23	17	31	50	115	140	172
Na ₂ SO ₄	8	-	-	-	57	75	91	181	193	222
Fe ₂ SO ₄	5	-	-	-	3	6	13	28	56	109
NaNO ₃	11	-	-	-	75	95	178	102	112	167
Ca[NO ₃] ₂	12	-	-	-	27	32	61	82	92	127
NaNO ₂	11.5	-	-	-	80	113	215	136	157	234
CO[NH ₂] ₂	17.8	10	47	106	29	73	152	77	108	165
CaCl ₂	11.0	8	38	65	64	96	134	103	124	175
Plain[표준양생]	10.8	163	232	311	163	232	311	163	232	311
K ₂ CO ₃	급결 현상이 있으므로 부적합									
NH ₄ OH	냄새가 강하여 부적합									

표 3의 결과에서 알 수 있듯이 방동성 시약을 첨가하지 않은 Plain콘크리트는 타설 직후 -5℃ 대기 온도에 즉시 노출되어 28일 동안 -5℃ 대기 양생이 되면 강도 발현이 전혀 안되었다.

Slump가 가장 많이 향상된 시약은 CO[NH₂]₂ 이었으며 강도 향상이 가장 많이 된 시약은 NaNO₂ , Na₂ SO₄ 이었다. 그러나 NaSO₄ 는 Slump 저하 현상을 나타내기 때문에 NaNO₂ 가 가장 적합한 시약으로 판명되었다.

전치 7시간 동안 21℃에서 양생후 -5℃ 대기에서 28일간 양생을 하면 Plain은 50kg/cm² 정도 발현되어 구조물 콘크리트로서는 부적합하나, NaNO₂ 를 첨가했을때는 215kg/cm² 발현을 하여 설계기준강도를 상회하므로 동결기 시공 가능한 콘크리트라고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 화학 Base의 방동제를 사용하여, 동절기에 시공가능한 콘크리트를 제조하기 위하여 실험적 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) Slump가 양호한 시약은 $\text{CO}[\text{NH}_2]_2$ 이었으나 강도발현이 저조하여 부적합 했다.
- (2) 강도발현이 가장 좋은 시약은 NaNO_2 이었으며 Slump도 동등 이상이었다.
 - 전치 7시간 후 28일간 -5°C 양생
 - Plain 대비 $165\text{kg}/\text{cm}^3$ 향상
 - 전치 24시간 후 28일간 -5°C 양생
 - Plain 대비 $62\text{kg}/\text{cm}^3$ 향상
- (3) Plain 콘크리트는 타설 초기 24시간 동안 21°C 보온양생을 하면 구조물에 안전한 콘크리트 강도를 얻을 수 있다.
 - 전치 양생 없이 28일간 -5°C 양생
 - $23\text{kg}/\text{cm}^3$
 - 전치 24시간 후 28일간 -5°C 양생
 - $172\text{kg}/\text{cm}^3$

6. 참고문헌

- (1) 현석훈, “내한선 콘크리트 개발 연구”, 쌍용연구보고서, 1992
- (2) 콘크리트 표준시방서, 건설부, 1996.
- (3) P. Kumar Metha, Concrete, 2nd Ed.
- (4) Joseph J. Waddell, Concrete Manual, International Conference of Building Official.
- (5) Neville, “Properties of Concrete”, Pitman.
- (6) ACI Manual of Concrete Practice, 1992