

# 한중콘크리트의 최적배합에 관한 연구

## A Study on Optimal Mix Design of Cold-Weather Concrete

소현창<sup>\*</sup>                      정병욱<sup>\*\*</sup>                      정경화<sup>\*\*\*</sup>  
So, Hyun Chang              Jung, Byung Wook              Jung, Kyung Hwa  
문성규<sup>\*\*\*\*</sup>                      손석제<sup>\*\*\*\*</sup>  
Moon, Sung Kyu              Son, Suck Je

---

### ABSTRACT

Generally, the concrete constructed during cold weather has the frozen damage which cause the fatal damage so that heat curing and sheet curing was performed to prevent the early freezing of concrete. However, partial refrigeration caused by thermal gradient has many troubles so that the construction hasn't been done as possible.

This paper presents the development of strength properties and optimal mix design against frozen damage under the cold weather, 10°C below the zero.

---

### 1. 서론

한중콘크리트란 콘크리트를 재료적으로 분류한 것으로, 동절기의 추위속에서 행하는 콘크리트공사, 즉 특수조건하에서의 시공까지를 포함하고 있다. 그러나, 콘크리트공사는 필연적으로 물이 필요하므로, 추운날씨에서의 콘크리트는 초기동해를 받아 소정의 강도를 발휘하지 못하므로 초기동해 방지를 위한 초기양생을 필요로 한다. 일반적으로 초기동해 방지를 위해 보온 혹은 가열에 의한 초기 양생방법을 채택해야 하는데 시공비의 증가는 물론 시공의 어려움, 품질관리의 곤란으로 인하여, 시공의 합리화를 꾀할수 없는 실정이다.

본 연구는 합리적인 한중콘크리트의 시공을 목적으로, 저온(-10°C)하에서의 콘크리트의 강도 발현이 가능한 방동세를 첨가한 콘크리트를 제작하여 실내실험을 통한 강도특성을 보고하고자 한다.

- 
- \* 정호원 현대산업개발(주) 기술연구소 책임연구원,工博
  - \*\* 정호원 현대산업개발(주) 기술연구소장
  - \*\*\* 경호원 현대산업개발(주) 기술연구소 선임연구원
  - \*\*\*\* 코리아 마스터 빌더스 품질관리실장

표4 방동제의 주성분 및 물성

주성분	외 관	비중(20℃)	알칼리량(%)	염소이온량(ppm)
함질소화합물의	투명액체	1.32~1.36	0.03	1.35

\* KMB社製 NON-FREEZE

2.2 공시체 제작 및 실험개요

최적배합을 도출하기 위하여 KS F 2403에 의거 10φ×20cm의 실린더형 공시체 3本을 재령별로(3日, 7日, 28日, 56日) 한조로 하여 100ℓ 용량의 강제식믹서를 사용하여 제작하였다. 본 실험에서는 현장에서 사용중인 배합비를 고려하여 W/C비에 따른 단위시멘트량을 선정하였고, 방동제는 2%, 3%, 4%를 첨가하였으며, 믹싱방법은 아래<그림 1>과같은 방법으로 실시한후 -10℃의 냉동양생을 실시하였다.

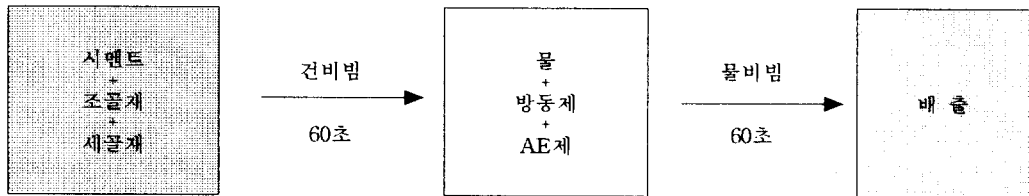
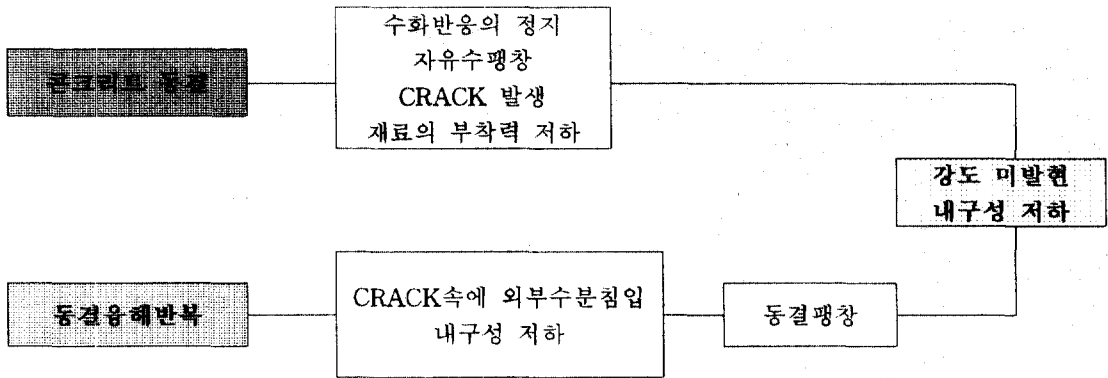


그림 1 콘크리트 혼합방법

한편, 동절기 콘크리트의 동결융해 방지를 위해 공기량은 5±1%가 되도록 AE제를 첨가하였으며, SLUMP치는 15±2cm의 범위에서 실험을 실시하였다. 본연구에서 실시한 콘크리트 배합표를 나타내면 <표5>과 같다.

표5 시험 콘크리트의 배합설계

No	단위시멘트량 (kg/m³)	W/C (%)	S/A	Slump (cm)	공기량 (%)	단위중량(kg/m³)			방동제	비고
						W	잔골재	조골재		
1	314	55	46.5	17.0	5.9	173	862	996	0	AE제 0.2%
2	314	55	46.5	16.8	5.6	173	862	996	6.28	
3	314	55	46.5	16.8	5.2	173	862	996	9.42	
4	314	55	46.5	16.4	5.3	173	862	996	12.56	
5	354	50	46.4	16.9	6.1	177	836	969	0	
6	354	50	46.4	16.3	6.0	177	836	969	7.08	
7	354	50	46.4	16.0	5.8	177	836	969	10.62	
8	354	50	46.4	16.1	5.2	177	836	969	14.16	
9	394	47.5	45.1	15.2	5.0	187	792	967	0	
10	394	47.5	45.1	15.6	4.9	187	792	967	7.88	
11	394	47.5	45.1	15.2	5.7	187	792	967	11.82	
12	394	47.5	45.1	15.4	5.2	187	792	967	15.76	



〈 한중콘크리트의 문제점 〉

## 2. 최적배합 결정

### 2.1 사용재료 특성

사용재료는 기존의 콘크리트 재료(물, 시멘트, 모래) 외에 공기량을 증가시키기 위해 AE제를 0.2% 첨가하였으며, 초기동해를 방지하고, 강도증진을 향상시키기 위하여 방동제(NON-FREEZE)를 첨가하였다. 본 연구에서 사용된 각종재료들의 물리, 화학적 성질은 다음과 같다.

표1 시멘트의 물리·화학적 성질

강열감량	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O외	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	비 중
0.72	21.08	5.45	3.19	63.5	2.7	2.22	1.14	3,059	3.13

\* 현대시멘트社製 보통포틀랜드 시멘트

표2 굵은 골재의 품질시험결과

최대크기 (mm)	비 중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )	조립율 (%)	마모율 (%)	공극율 (%)
19	2.63	0.83	1.588	6.59	17.1	39

표3 잔골재의 품질시험결과

비 중	흡수율	조립율	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )	염화물함유량 (%)
2.58	0.84	2.50	1.523	0.001



공시체 제작



냉동실험(-10℃, 28일)

사진1 공시체 제작 및 냉동실험

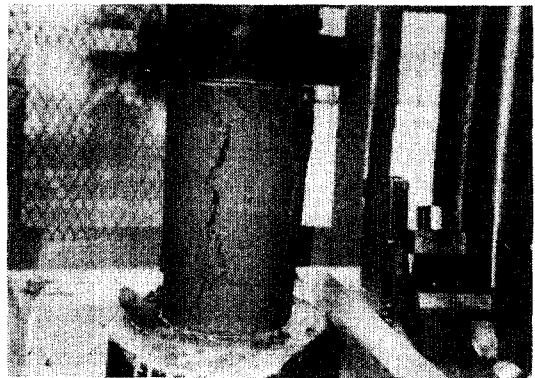
### 3 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 초기 동해를 받은 콘크리트

실험실에서 제작된 콘크리트 공시체를 수중침진 실험을 통하여 초기동해 정도를 파악하였다. 동해를 받은 콘크리트는<사진 2>에서 나타난 바와같이 콘크리트의 부착력이 약해져 수중에서 분산되며, 강도실험시에 새하하기전에 파괴현상이 나타났는데 <그림2><그림3><그림4>에서 강도가 0으로 나타난 공시체가 해당된다.



동해를 입은 콘크리트는 수중에서 입자 분산됨



강도실험시 초기파손으로 강도 미발현

사진2 동해를 받은 콘크리트

### 3.2 경화콘크리트의 성질

냉동온도를  $-10^{\circ}\text{C}$ 로 일정하게 냉동시켜 강도 TEST를 실시한 결과 W/C비를 55%로 하며 제작된 공시체는 <그림 2>에 나타난 바와 같이 방동제를 시멘트 대비 3%를 첨가하였을 경우, 시험체중에서 가장높은 강도를 나타내었다. 즉, 3일강도가  $28\text{kg}/\text{cm}^2$ , 7일강도가  $45\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 나타났고, 초기동해 방지에 필요한 압축강도  $50\text{kg}/\text{cm}^2$  (ACI기준 :  $35\text{kg}/\text{cm}^2$ )를 만족하기 위한 재령은 약 8~10일 정도로 예상되어, 초기강도 발현에는 시간을 필요로하며 28일강도도  $162\text{kg}/\text{cm}^2$ , 56일강도는  $176\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 나타나, 통상 요구되는 강도 ( $210\text{kg}/\text{cm}^2$ )를 만족하지 못하므로 한중콘크리트로서는 부적합하다고 볼수 있다.

W/C비: 55%

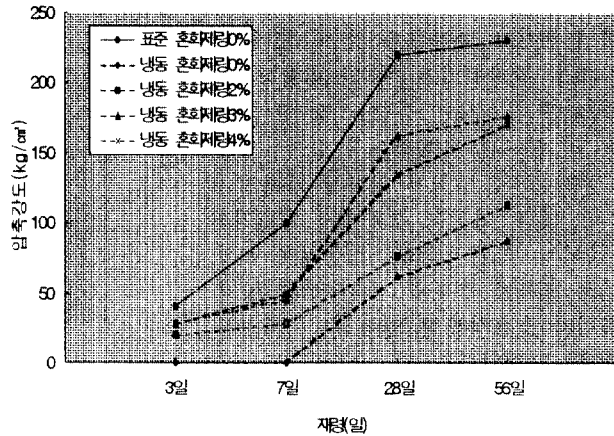


그림 2 한중콘크리트의 강도실험결과

한편, W/C비를 50%이하로 낮추어 제작된 시험체는 <그림 3>과 같은 결과를 나타내고 있다. 즉, 방동제를 시멘트 대비 3% 이상을 첨가한 경우 재령 7일에 초기동해 방지에 필요한 강도를 만족하였으며 재령 56일에서 소요의 압축강도를 만족하는 것을 알 수 있다. 또한 한중콘크리트는 장기재령 하에서 강도가 증가되는 경향이 있으므로 시간이 흐를수록 압축강도가 증가 될 것으로 기대된다.

한편, 방동제 첨가를 4%로 했을때의 강도는 3%첨가시와 비교하여 거의 같은 정도의 강도를 나타내 방동제의 첨가량이 어느 정도(3%) 이상이면 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

W/C비: 50%

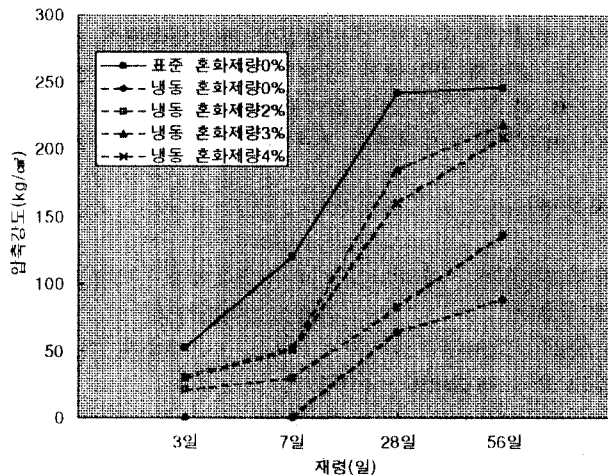


그림 3 한중콘크리트의 강도실험결과

W/C비를 47.5%인 시험체의 강도<그림 4>는 방동제 첨가량이 3%인 경우와 W/C비 50%와 같이 7일재령에서 초기동해방지에 필요한 강도가 발현하였으나 재령 28일에 소요되는 강도를 만족하였다. 이는 W/C가 작을수록 강도발현이 큰폭으로 증가됨을 알 수 있다.

그러나, 4%를 첨가하였을 때의 28일강도는 3%첨가시보다 감소하는 경향을 알 수 있다. 이는 W/C비 50%의 시험결과와 같이 방동제의 첨가량이 강도발현에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 이상의 결과에서 동절기의 공사에 있어서, W/C비 50%, 방동제를 시멘트對比 3% 첨가할 경우에 초기동해를 방지할 뿐 아니라 소요강도를 만족하는 최적의 배합임을 알 수 있었다.

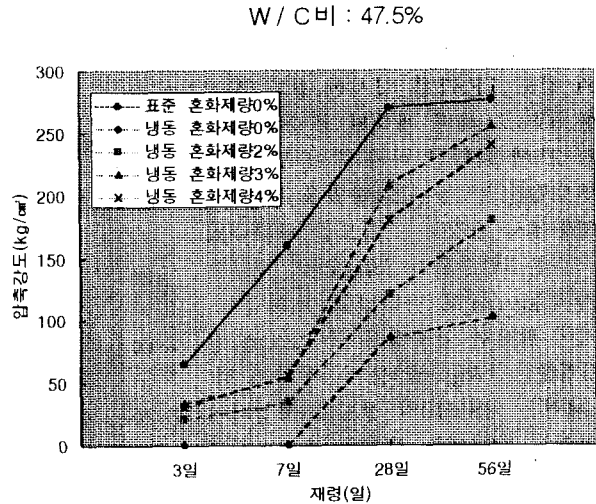


그림 4 한중콘크리트의 강도실험결과

#### 4. 결론

기존의 콘크리트 배합에서 특별한 보정없이 방동제(NON-FREEZE)를 첨가한 한중콘크리트를 제작하여 초기동해 및 강도특성을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) -10℃에서의 한중콘크리트용 최적방동제의 첨가량은 **시멘트량對比 3%**이고, **W/C비 50% 이하**의 배합에서 재령 7일에 초기동해 방지에 필요한 강도(시방서기준:50kg/cm<sup>2</sup>)를 얻을 수 있었다.
- (2) 한중콘크리트는 강도발현이 장기재령에서 소요의 강도가 발현되어, 설계기준강도를 만족하므로 구조체 강도에는 영향이 없으나 배합 설계에 민감하므로 최적 배합을 유지하여야 한다.  
 ※ 한중콘크리트는 초기동해방지를 위해 NON-FREEZE를 첨가하였더라도 초기강도 (50kg/cm<sup>2</sup>)가 확보될때까지 거푸집존치기간을 확보하여야 한다.

#### [참고문헌]

- 1) 日本建築學會：寒中コンクリート施工指針・同解説(第3版), 一般事 pp. 17~36, 技報堂出版, 1989
- 2) 洪 悅郎外：コンクリートの凍害と初期凍害, 콘크리트工學, Vol. 16, No. 5, p. 1~11, 1978
- 3) 洪 悅郎：北海道におけるコンクリートの冬期施工に関する研究, 北海道大學 學位論文, 1959
- 4) 神田 衛：初期凍害とその防止, 콘크리트ジャーナル, Vol. 4, No. 10, pp. 15~20, 1966
- 5) T. C. Powers：Prevention of Frost Damage to Green Concrete, Bulletin RILEM, No. 14, pp. 120~124, 1964
- 6) ACI Committee 306 Report：Cold Weather Concreting, American Concrete Institute, 1990