

양생조건이 내한축진제를 사용한 시멘트 모르타르의 강도증진에 미치는 영향에 관한 연구

The Effect on Strength Development of Cement Mortar using Accelerators for Freezing Resistance with the Curing Condition

원 철* 김 동 석* 박 상 준* 이 상 수** 김 영 진***
Won, Cheol Kim, Dong Seok Park, Sang Joon Lee, Sang Soo Kim, Young Jin

ABSTRACT

When fresh concrete is exposed to low temperature, the concrete may suffer frost damage due to freezing at early ages and strength development may be delayed. One of the solution methods for resolving these problems is to reduce freezing temperature of concrete by the use of chemical admixture called Accelerators for freezing resistance. In this study, we investigate the effect on strength development of cement mortar using accelerators for freezing resistance with the variance curing condition. As the result of this study, the mortar using accelerators for freezing resistance show that continuously strength development in curing condition of -5°C . And compressive strength under the variance temperature condition was higher than fixed temperature condition in same maturity.

1. 서 론

콘크리트의 초기동해는 응결과정이거나 종결 후에도 충분한 강도발현이 되지 않은 단계에서 콘크리트 중의 수분이 동결함에 따라 발생하는데, 초기동해를 방지하기 위해서는 콘크리트가 동결하기 이전에 일정강도를 조기에 발휘하는 것이 필요하다. 따라서, 이에 대한 많은 대처방안이 제시되고 있는데, 최근에는 내한축진제를 사용하는 방법이 검토되고 있다.

즉, 이러한 내한축진제를 콘크리트에 적용하게 되면 콘크리트가 동결할 때까지의 적산온도를 증가시킬 뿐만 아니라 초기동해 방지에 커다란 효과가 있다고 보고되고 있어 향후, 한중콘크리트 시공에 있어 이의 활용성은 매우 클 것으로 예상된다. 그러나, 적용현장의 여건에 따라 사용되는 콘크리트의 특성 차이, 겨울철 외기온 변화(일교차 등) 등에 따라 활용방법이 상이할 것으로 예상됨에도 불구하고, 이에 따른 모르타르 및 콘크리트의 특성변화에 대한 연구자료는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 내한축진제를 혼합한 콘크리트의 실무 활용 가능성을 검토할 목적으로 콘크리트 단계에 앞서 모르타르 조건에서 내한축진제의 동결온도와 양생조건(정온 및 변온양생)변화에 따른 강도발현성상 등을 검토함으로써 내한축진제를 사용한 한중콘크리트의 개발에 관한 기초자료를 제시하고자 한다.

* 정희원, (주)대우건설 기술연구소, 주임연구원
** 정희원, (주)대우건설 기술연구소, 선임연구원
*** 정희원, (주)대우건설 기술연구소, 책임연구원

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구는 Table 1과 같이 시리즈로 구분하여 단계별로 실시하였는데, 먼저 모르타르의 배합비와 W/C는 시리즈에 따른 구분 없이 각각 1:3과 50%의 1개 수준으로 하였으며, 혼화제 종류는 감수제 촉진형(이하 WRA라 칭함) 1종과 내한촉진제(이하 NF라 칭함) 3종류를 대상으로 사용하지 않은 경우와 표준사용량을 사용한 경우를 비교분석 하였다. 前양생조건은 적산온도로 계산하여 10DD~40DD까지 10DD단위로 변화시키는 범위내에서 정온 및 변온양생으로 구분하여 실시하였으며, 前양생이후에는 10 ± 1℃의 환경에서 정온양생은 28일까지, 변온양생은 56일까지 양생하였다. 즉, 1시리즈의 前양생은 5℃, 0℃ 및 -5℃인 조건에서 각각의 적산온도에 해당하는 시간동안 정온으로 양생하였고, 2시리즈에서는 1시리즈의 결과를 바탕으로 2종류의 NF만을 선정하여 평균양생온도가 0℃(5℃~-5℃)와 -5℃(0℃~-10℃)가 되는 변온조건으로 양생하였다.

실험사항으로는, 일반모르타르를 비롯하여 WRA와 NF를 혼합한 모르타르의 동결온도와 압축강도를 계획된 재령에서 실시하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로 시멘트는 비중 3.15의 국내산 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 남양만산 세척사(비중 2.59, 조립률 2.60)를 사용하였다. 한편, 감수제는 국내 S사의 WRA를 사용하였으며, NF는 제품별로 국내산 2종(K사, B사)과 일본산 1종(S사)을 사용하였다.

2.3 실험방법

실험방법으로 먼저, 모르타르의 혼합은 KS L 5109에 의한 수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합방법에 의하여 실시하였다. 모르타르의 동결온도 측정은 Ø10×20cm의 몰드를 항온습습기에 넣어 -30℃까지 급속 냉동시키면서 열전도계(thermo couple)와 Data logger를 이용하여 측정 및 기록하였고, 이에 따른 동결온도의 판정은 KS M 2142(부동액)에 따라 실시하였다.

Table 1 Design of experiment

Variable		Levels				
1 Series	W/C(%)	1	50			
	Mixed ratio(C:S)	1	1 : 3(weight ratio)			
	Kinds of admixture	4	<ul style="list-style-type: none"> • Water reducing accelerator • K-product, S-product, B-product 			
	Mixed contents of admixture	3	<ul style="list-style-type: none"> • Plain • Standard content of Accelerator for freezing resistance(4 ℓ/C=100g) • Water reducing accelerator(0.3%/Cg) 			
	Maturity (DD)	4	5℃	0℃	-5℃	
2 Series	Kinds of admixture	2	<ul style="list-style-type: none"> • K-product, B-product 			
	Mixed contents of admixture	2	<ul style="list-style-type: none"> • Plain • Standard content of Accelerator for freezing resistance(4 ℓ/C=100g) 			
	Curing condition	2	5℃~-5℃,		0℃~-10℃	
	Maturity (DD)	6	5℃~-5℃	0℃~-10℃		
Experiment	2	<ul style="list-style-type: none"> • Freezing temperature of mortar • Compressive strength (curing immediately after, 7, 28, 56day) 				

Table 2 Mix proportion

W/C (%)	Mix ratio (C : S)	Kinds of mortar	Unit weight(kg/m ³)				
			W	C	S	AD1 ^㉞	AD2 ^㉞
50	1 : 3	OPC	251	502	1506	-	-
		K	226	505	1515	-	27.1
		B					
		S	225	506	1518	-	28.3
		WRA	251	502	1506	1.50	-

주) AD1(WRA), AD2(NF)

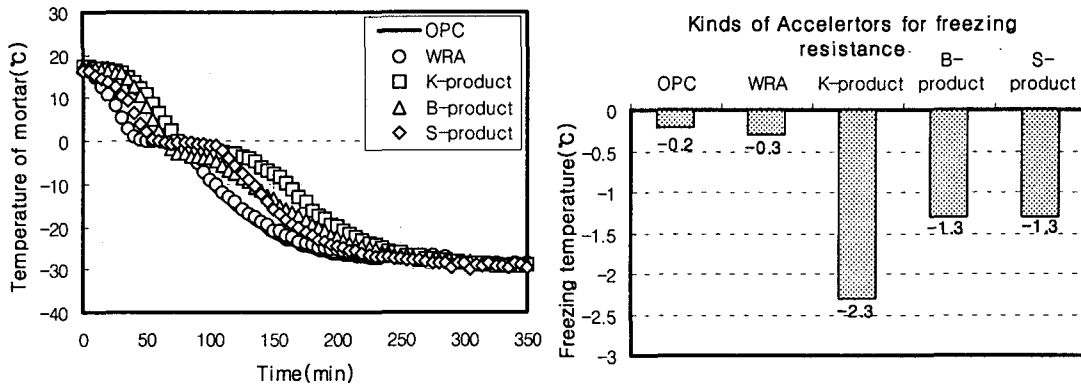


Fig 1 Freezing temperature properties of mortar

3. 실험결과 및 분석

3.1 동결온도

Fig 1은 내한성 혼화제를 혼합한 모르타르의 동결온도특성을 나타낸 것으로서, 전반적으로 NF를 혼합한 경우가 혼합하지 않은 모르타르에 비해 냉각속도는 완만하고, 동결온도는 낮아지는 것으로 나타났다. 한편, 현행 실무에서 콘크리트의 조기강도 확보를 목적으로 사용되는 WRA의 동결온도는 일반모르타르와 거의 유사한 것으로 나타났다.

NF의 종류별로는 S제품이나 B제품의 동결온도가 -1.3°C 인 것에 비해, K제품을 혼합한 경우 동결온도가 -2.3°C 인 것으로 나타나, 본 연구범위에서 가장 낮은 동결특성을 나타내고 있었다.

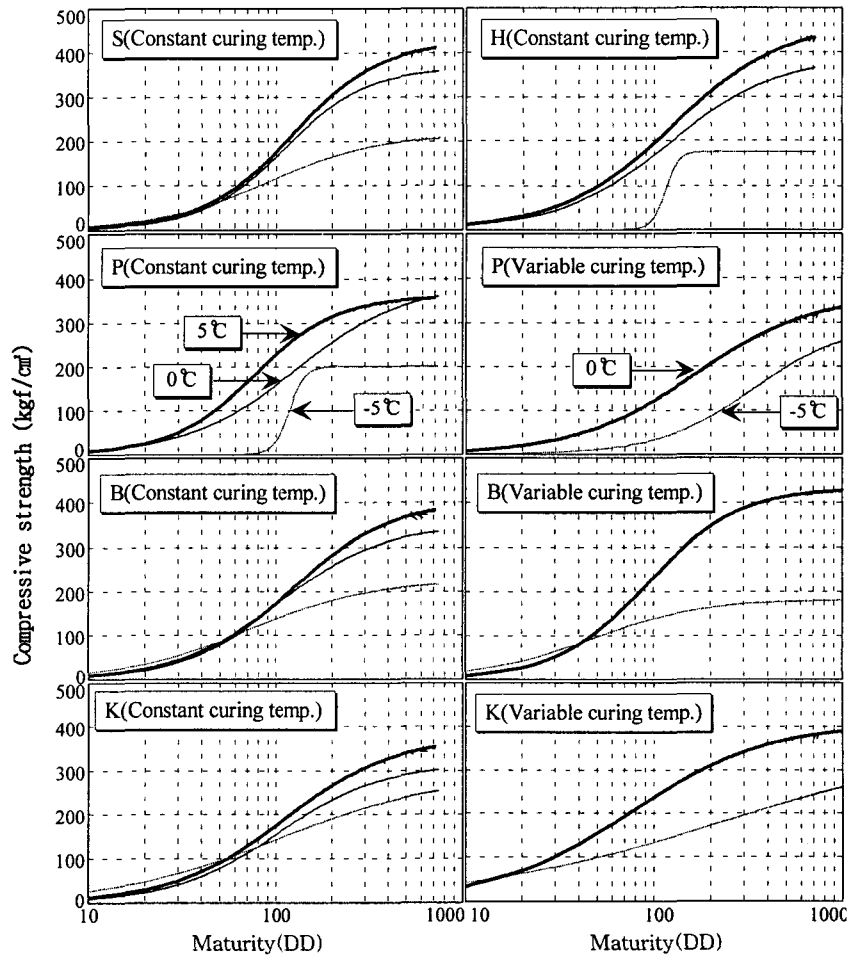


Fig 2 Strength properties of mortar using accelerators for freezing resistance

3.2 압축강도

Fig 2는 로지스틱 곡선식을 이용하여 NF를 혼합한 모르타르의 적산온도 경과에 따른 강도증진성상을 나타낸 것이다. 전반적으로, 적산온도 증가에 따른 강도증진성상은 실제 압축강도 측정결과와 로지스틱 곡선식을 이용한 강도증진해석 결과는 비교적 유사한 것으로 분석되었으나, 내한성 혼화제의 종류로 WRA나 양생온도가 -5°C 인 조건에서는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

양생조건별로는 정온양생이면서 양생온도가 -5°C 인 조건에서는 NF를 혼합한 경우가, 0°C 나 5°C 의 양생조건에 비해 다소 낮은 강도발현 성상을 보이고 있으나, 전체적으로 적산온도가 증가함에 따라 강도도 지속적으로 증진되는 것으로 나타나고 있어, NF의 동해방지효과를 확인할 수 있었다. 그러나, Plain과 WRA를 혼합한 경우는 일정한 적산온도(200DD)에 도달한 후, 그 이후의 강도증진은 거의 없는 것으로 분석되었다. 즉, 로지스틱 곡선을 이용하기 위한 결정계수의 산출결과에서 Plain과 WRA를 사용한 경우, 표준오차가 각각 $40\text{kgf}/\text{cm}^2$ 와 $65\text{kgf}/\text{cm}^2$ 인 것으로 분석됨으로서 콘크리트의 강도증진해석을 목적으로 사용되는 로지스틱 곡선이나 적산온도의 경우, 양생조건이 영하인 조건에서는 직접 적용하기가 부적합하다는 것을 알 수 있었다.

한편, Plain과 2종류(K사, B사)의 NF만을 대상으로 실시된 변온양생조건[0°C ($5^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$)와 -5°C ($0^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$)]에서는 정온양생의 경우와는 달리 양생온도에 따른 구분 없이 압축강도가 지속적으로 증진되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 양생방법에 따른 한중콘크리트의 강도평가에 있어, 동일 적산온도라 할지라도 정온양생보다는 실제환경에 대응할 수 있는 변온양생이 더 유리하다는 결론을 얻었다.

4. 결 론

정온 및 변온 양생조건이 내한축진제를 혼합한 시멘트 모르타르의 강도증진에 미치는 영향에 관한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 내한성 혼화제를 혼합한 모르타르의 동결온도는 내한축진제를 혼합한 경우가 혼합하지 않은 모르타르에 비해 낮아지는 것으로 나타났으며, 현행 콘크리트의 초기강도 확보를 목적으로 사용되는 축진형 감수제는 동결온도 저하에 거의 효과가 없었다. 본 연구범위에서 내한축진제 혼합 모르타르의 동결온도는 $-1.3^{\circ}\text{C} \sim -2.3^{\circ}\text{C}$ 범위인 것으로 나타났다.
- 2) 내한축진제를 혼합한 모르타르의 압축강도는 -5°C 의 양생조건에서도 동결하지 않고, 지속적으로 증진되고 있어, 내한축진제의 초기동해방지효과를 확인할 수 있었다.
- 3) 양생방법에 따른 한중콘크리트의 압축강도는 동일 적산온도라 할지라도 정온양생보다는 변온양생이 더 유리한 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “콘크리트표준시방서,” 1999, pp.133~143.
2. 김영진 외 4인, “내한축진제를 사용한 시멘트 모르타르의 동결 및 강도특성에 관한 연구,” 한국콘크리트학회 가을학술발표논문집(II), 제 12권 2호, 2000. 11, pp.1267~1272.
3. 한민철, “콘크리트의 강도증진 해석과 활용에 관한 연구,” 청주대 박사학위논문, 2000, 12, pp.63~134.
4. 한천규, 한민철, “한중콘크리트의 초기동해방지를 위한 초기양생기간의 산정,” 한국콘크리트학회논문집, 제12권 3호, 2000, 6, pp.47~55.
5. 浜幸雄, “耐寒促進剤による寒中コンクリート施工指針に関する研究,” 北海道大學, 1998.
6. 三森敏司 外3人, “氷點下でのコンクリートの強度増進性狀と積算溫度關數式に関する検討,” 콘크리트工學年次論文集, Vol.22, No.2, 2000.
7. 浜辺謙吉 外3人, “耐寒用特殊混和劑ノンフリーズの特性について,” エヌエムビー研究報告, No.9, 1992.