

# 측구 콘크리트의 동결융해 저항성능 개선을 위한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Improvement of Freezing-Thawing Resistance of Gutter Concrete

이 회 근\*    손 유 신\*\*    김 한 준\*\*    이 승 훈\*\*\*  
Lee, Hoi-Keun    Sohn, Yu-Shin    Kim, Han-Jun    Lee, Seung-Hoon

### ABSTRACT

This paper presents the experimental results of frost durability characteristics including freezing-thawing and de-icing salt scaling of the concrete used for gutter of the road. Mixtures were proportioned with the three level of water-binder ratio ( $W/B$ ), 0.58, 0.53, and 0.48, and two binder compositions corresponding to Type I cement without any supplementary cementitious materials (OPC) and Type I cement with 30% blast-furnace slag replacement (Slag30). Also, two different solutions of calcium chloride and water that contains 0 and 8g of anhydrous calcium chloride in each 100 mL of solution, respectively, were used to evaluate their effect on the frost durability resistance. Test results showed that the Slag30 mixture exhibited higher durability factor and lower mass loss values than those made with OPC. Among the mixture tested in this work, the mixtures (OPC and Slag30) made with a relatively higher  $W/B$  of 0.58 exhibited large amount of the de-icing salt scaling regardless of calcium chloride concentration. Finally, the use of slag can be used effectively in terms of economy and frost durability of the concrete designated for gutter.

### 1. 서론

겨울철 도로 노면 또는 건물 옥상의 적설 제거 및 동결 방지를 위해 동결방지제로서 주로 염화나트륨, 염화칼슘, 염화마그네슘 등이 주성분인 제설재가 사용된다. 이러한 염화물은 수분과 함께 콘크리트 내부에 침투하게 되며, 반복적인 동결융해작용으로 콘크리트의 품질을 저하시키는 주요 원인 중의 하나이다. 최근 들어, 도로 측구 및 건물 옥상에서 동결융해로 인한 콘크리트 품질 저하 사례가 증가하고 있으며, 이에 따른 민원 및 보수비용 또한 증가하고 있다. 특히, 제설재가 물과 함께 배수구로 이동하는 통로가 되는 측구에는 압축강도가 18 MPa로 물-시멘트비가 매우 높은 콘크리트가 주로 사용되고 있으나 동결융해에 대한 특별한 대책이 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 현재 주로 사용되고 있는 도로 및 아파트 측구용 콘크리트를 포함한 세 가지 콘크리트 규격 (25-18-12, 25-21-15, 25-24-15)에 대해 두 종류의 결합재(OPC, Slag30)와 두 종류의 동결수(수도수, 염수)를 이용하여 동결융해 시험을 실시하여 콘크리트의 열화정도를 평가함으로써 동결융해작용의 환경조건 하에서 동결방지제의 주성분인 염화물에 노출되는 측구 콘크리트에 대한 내구성 확보 방안을 알아보고자 한다.

\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원

\*\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 전임연구원

\*\*\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원

## 2. 실험 연구

### 2.1 재료 및 배합비

시멘트는 국내 A사의 1종 시멘트를 사용하였으며, 슬래그는 비중이 2.9이며 블레인이 4,000 kg/cm<sup>2</sup> 이었다. 잔 골재는 세척사를 사용하였으며 굵은 골재는 최대치수가 25 mm인 쇄석을 사용하였다. 혼화제는 국내 D사의 나프탈렌계 고성능 감수제(SP)와 소요의 공기량을 확보하기 위해 공기연행제(AE)를 사용하였다. 표 1은 본 실험에서 사용한 콘크리트 배합비를 나타낸 것으로, W/B가 58, 53, 48%에 대해 OPC와 시멘트량의 30%를 슬래그로 치환하여 각각 사용하였다. SP와 AE제 사용량은 소요의 슬럼프와 공기량 (4.5±1.5%)을 확보하기 위해 조절되었다.

표 1 콘크리트 배합비

규격	Codification	W/B (%)	S/a (%)	단위재료량 (kg/m <sup>3</sup> )					SP (B×%)	AE (B×%)
				물	시멘트	슬래그	잔골재	굵은골재		
25-18-12	58OPC	58	49.5	172	297	0	909	967	1.0	Adjusted
	58Slag30				208	89	906	963	0.8	
25-21-15	53OPC	53	48.5	175	330	0	874	967	0.9	
	53Slag30				231	99	870	963	0.8	
25-24-15	48OPC	48	48.0	175	365	0	851	961	0.9	
	48Slag30				255	110	844	956	0.6	

### 2.2 실험 내용 및 방법

표 2는 실험 내용을 나타낸 것으로, 목표 슬럼프 및 공기량을 만족한 상태에서 압축강도 측정을 위해 시편을 샘플링 하였으며 실험 전까지 수중양생 한 이후 재령 7, 14, 28, 56일 압축강도를 측정하였다. 동결융해 시험은 KS F 2456에 따라 실시하였으며, 동결수로는 수도수와 염화칼슘 농도가 8.0%인 염수를 각각 사용하였다. 이 때 염수의 농도는 기 수행한 연구결과<sup>1)</sup>로부터 정하였다. 또한, 매 30 싸이클마다 시편의 표면 상태를 300 싸이클까지 사진 촬영하여 동결융해 싸이클 수 증가에 따른 시편의 상태를 관찰하였다.

표 2 실험 내용 및 방법

실험 항목	측정 방법	시편	측정 재령	양생 방법
슬럼프	KS F 2402	-	배합 직후	-
공기량	KS F 2421	-	배합 직후	-
압축강도	KS F 2405	φ10×20 cm	7, 14, 28, 56일	수중 양생
동결융해	KS F 2456	10×10×40 cm	300 싸이클	14일간 수중 양생

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 슬럼프, 공기량 및 압축강도

표 3은 콘크리트 배합별 초기 슬럼프 및 공기량, 그리고 재령별 평균압축강도 실험 결과를 나타낸다. 콘크리트 배합 직후 측정된 슬럼프와 공기량은 각각 140±20 mm, 5±0.4 %로 목표 슬럼프와 공기량을 모두 만족하였다. 콘크리트의 압축 강도는 W/B가 58%에서 48%로 감소함에 따라 OPC 콘크리트의 재령 28일 압축 강도는 각각 34.4, 41.9, 42.8 MPa로 증가하였다. 30%의 슬래그를 함유한 콘크리트

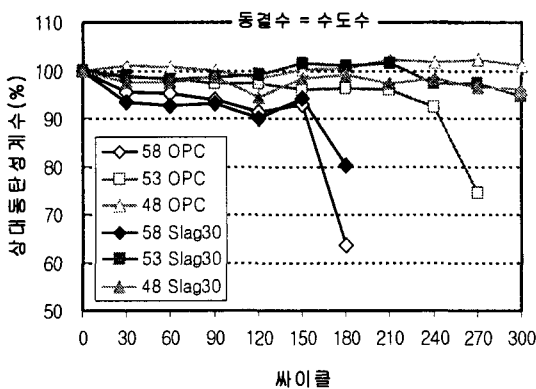
트의 경우, 재령 14일까지는 OPC 콘크리트보다 강도 발현은 느리지만 재령이 경과함에 따라 강도가 역전하여 재령 56일에는 OPC 콘크리트보다 약 14~28% 정도 크게 나타났으며, W/B가 높을수록 OPC 콘크리트에 대한 Slag30 콘크리트의 강도증가율이 높아지는 경향을 보였다.

표 3 콘크리트 종류별 슬럼프, 공기량 및 재령별 평균압축강도

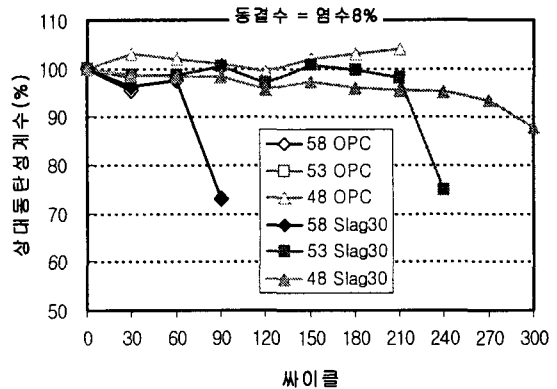
규격	W/B (%)	Codification	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	평균압축강도 (MPa)			
					7일	14일	28일	56일
25-18-12	58	58OPC	120	5.2	25.0	32.3	34.4	34.7
		58Slag30	120	4.7	23.7	31.7	40.0	44.3
25-21-15	53	53OPC	140	5.0	29.4	38.2	41.9	42.7
		53Slag30	150	4.6	27.4	35.4	45.1	49.2
25-24-15	48	48OPC	155	5.4	33.4	40.4	42.8	43.8
		48Slag30	150	4.7	27.8	36.9	45.9	49.7

### 3.2 상대동탄성계수

그림 1은 동결수 종류에 따른 콘크리트 배합별 상대동탄성계수의 변화를 나타낸다. 우선 수도수를 동결수로 사용한 경우(그림 1(a)), 예상한 바와 같이 W/B가 높을수록 동결융해 사이클이 증가함에 따라 상대동탄성계수가 크게 감소하였으며, 53% 이상의 W/B를 갖는 58OPC와 53OPC의 경우에는 300 사이클 이전에 시편이 부분 손실되어 동탄성계수의 측정이 불가능하였다. 반면에 48OPC의 경우 300 사이클 종료 후에도 동결융해를 받기 전 상태와 거의 유사한 정도의 동탄성계수를 나타내어 동결융해에 대한 저항성이 우수한 것으로 나타났다. 한편, Slag30 콘크리트의 경우, 동일한 W/B에서 OPC 콘크리트에 비해 상대동탄성계수가 증가하였으며 특히 53Slag30 콘크리트는 300 사이클 종료 후에서의 상대동탄성계수가 약 95% 정도로 동일한 W/B를 갖는 53OPC에 비해 크게 증가하였다. 염수8%를 동결수로 사용한 경우(그림 1(b)), 48Slag30 콘크리트를 제외한 모든 콘크리트가 300 사이클 이전에 시편의 부분 손실로 1차 공명진동수의 측정이 불가능하였다. 특히 현재 도로 및 아파트 측구용으로 사용되고 있는 25-18-12 규격의 콘크리트(58OPC)는 그림 1에서 보는 바와 같이 동결수 종류에 상관없이 일정 수준의 동결융해에 대한 저항성을 만족하지 않는 것으로 나타나 내구성 확보에 대한 적절한 대책이 요구된다.



(a) 수도수



(b) 염수 8%

그림 1. 동결수 종류에 따른 배합별 상대동탄성계수의 변화

### 3.3 스케일링

그림 2는 각 배합별 동결수 종류에 따른 표면열화(Scaling)량의 변화를 나타낸다. W/B가 58%인 경우에는 결합재 종류(OPC, Slag30)에 상관없이 다른 배합에 비해 스케일링량이 증가하였으며 특히 58OPC 콘크리트의 경우에는 수도수와 염수8%의 동결수 상태에서 일정 사이클이 지난 후에 스케일링량이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, W/B가 53% 이하인 경우에는 수도수에 비해 염수8%의 동결수에서 표면열화량이 증가하는 경향을 보였다. 표 4는 염수8%의 동결수에서 30 사이클마다 촬영한 58Slag30 콘크리트의 표면 상태 변화를 나타낸다.

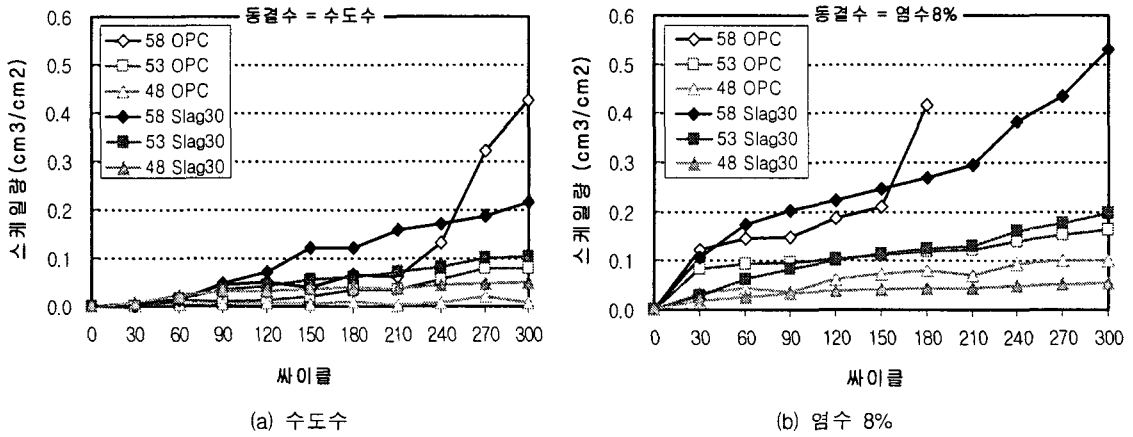


그림 2. 동결수 종류에 따른 배합별 스케일링량의 변화

표 4 58Slag30 콘크리트의 동결융해 사이클 변화에 따른 표면 상태

동결수	동결융해 사이클										
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
염수8%											

### 4. 결론

도로 및 아파트 측구용으로 사용되고 있는 W/B가 58%로 매우 높은 콘크리트는 동결수 및 결합재 종류와 상관없이 동결융해의 반복작용으로 인한 콘크리트의 내구성 저하가 발생할 가능성이 매우 높기 때문에 이를 개선하기 위해서는 현재의 콘크리트 강도 수준을 높이고 결합재로서 슬래그를 일정 부분 사용하는 방법이 고려될 수 있다.

#### 참고 문헌

- 1) 김규용, 박찬규, 김한준, 손유신, 이승훈, “동결방지제에 의한 콘크리트의 스케일링 열화,” 콘크리트 학회 봄학술발표회, 2005, pp. 117-180.