

# 단위 시멘트량이 포장콘크리트 동결융해에 미치는 영향

## The Influence of Cement Content on Freeze-Thaw Characteristics of Concrete Pavement

김진철\* · 김홍삼\*\* · 안태호\*\*\*

Kim, Jin Cheol · Kim, Hong Sam · Ahn, Tae Ho

### 1. 서론

콘크리트포장은 일반 기타 포장에 비하여 중차량 하중 및 환경하중에 저항성이 우수하며, 유지관리에 대한 용이함과 아스팔트포장에 비해 높은 경제성의 장점으로 고속도로포장에 사용되고 있다. 콘크리트 포장이 국내에 시작된 것은 1984년에 준공한 88고속도로이며 개통한지 20여년이 지난 시점에서 88고속도로가 아직까지 잘 공용되고 있는 것은 포장을 설계유지 관리하는 측면에서 보면 시사하는 바가 매우 크다. 그러나 콘크리트 포장은 동결융해 및 제설제에 의한 복합 열화에 의한 손상이 지속적으로 크게 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 단위 시멘트량이 포장콘크리트에 동결융해에 미치는 영향이 있는지 분석하였다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 콘크리트 배합

시멘트는 밀도 3.15g/cm<sup>3</sup>인 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재 밀도는 2.58g/cm<sup>3</sup>, 최대치수(G<sub>max</sub>)19mm인 굵은골재 밀도 2.66g/cm<sup>3</sup>, 최대치수(G<sub>max</sub>)30mm인 굵은골재 밀도 2.67g/cm<sup>3</sup>인 것을 각각 40% 및 60% 혼합하여 사용하였다. 콘크리트 배합표는 표 1과 같다.

표 1. 콘크리트 배합표

Mix No.	W/C	S/a	Unit mass(kg/m <sup>3</sup> )					AD (C×%)	AE제 (C×%)
			W	OPC	S	G19 (40%)	G30 (60%)		
1	45.1	40.0	147	326	725	447	672	0.6	0.03
2	42.6	39.5	149	350	706	444	669	0.6	0.03
3	40.5	39.0	150	370	689	443	667	0.6	0.03

\* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사(E-mail:jckim@ex.co.kr)

\*\* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사(E-mail:hskim68@ex.co.kr)

\*\*\* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 연구원 · 공학석사(E-mail:ath810801@nate.com)

## 2.2 시험내용 및 방법

동결융해 시험에 사용한 콘크리트는 14일 동안 수중양생한 100×100×400mm 각주형 시편으로, 시험은 KS F 2456 급속동결융해에 대한 콘크리트 저항시험방법(A법:수중동결수중융해)에 따라 120cycle 적용하여 30cycle 마다 중량변화율 및 상대동탄성계수를 측정하였다. 측정 cycle은 공시체 중심온도를 -18℃에서 4℃로 동결 및 융해한 것을 1사이클로 하였으며, 하루에 약 5사이클 정도 작동한다. 상대동탄성계수는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$p_c = \frac{n_c^2}{n^2} \times 100(\%)$$

여기서  $p_c$  : 동결융해 c 사이클 후의 상대 동탄성 계수(%)

$n$  : 동결융해 0 사이클에서의 변형 진동의 1차 공명 진동수( $H_z$ )

$n_c$  : 동결융해 c 사이클 후의 변형 진동의 1차 공명 진동수( $H_z$ )

또한 동결융해와 염해에 대한 복합열화 저항성을 평가하기 위하여 NaCl 4% 염수용액에서 동결융해시험을 실시하여 중량변화율 및 상대동탄성계수를 측정하였다.

## 3. 시험 결과 및 고찰

### 3.1 콘크리트 물성

그림 1 및 2는 각각 28일 압축강도와 휨강도를 나타낸 것이다. 그림 1의 결과 W/C비가 2.5% 및 2.1% 감소함에 따라 강도는 8% 및 5% 증가하는 것으로 나타났다. 그림 2의 결과 설계기준 휨강도 4.5MPa 이상으로 나타났다. 표 2는 콘크리트 물성결과를 나타낸 것이다. 그림 2의 결과 슬럼프는 25~35mm 측정되었으며, 목표공기량인 6±1%에 들어오는 값을 보이고 있음을 알 수 있었다.

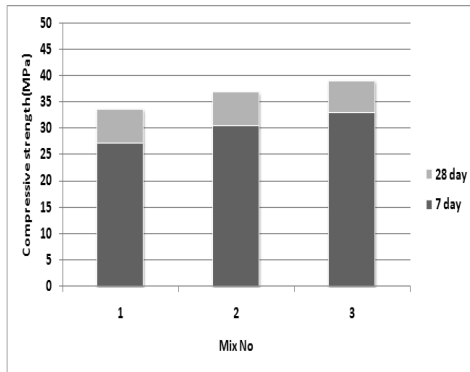


그림 1. 28일 압축강도

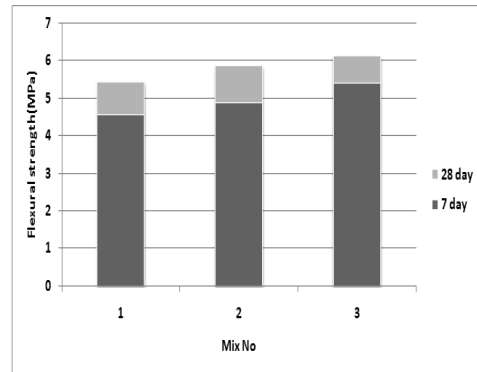


그림 2. 28일 휨강도

표 2. 콘크리트 물성

Mix No.	W/C	Slump (mm)	Air (%)
1	45.1	25	6.1
2	42.6	35	5.5
3	40.5	25	5.2

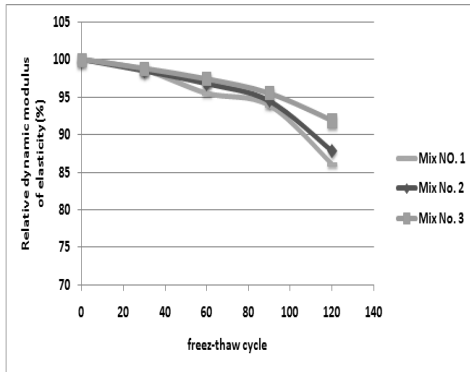


그림 3. 동결융해 저항성 (tap water)

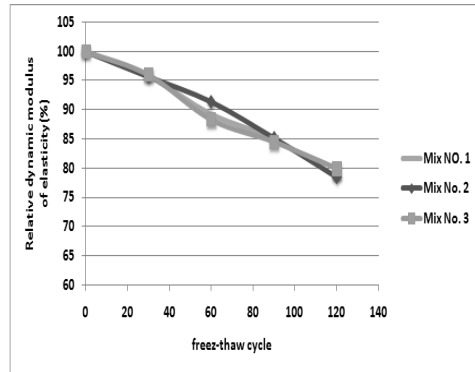


그림 4. 동결융해 저항성 (NaCl 4%)

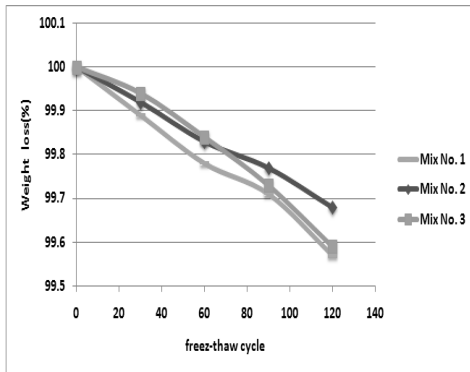


그림 5. 중량감소율 (tap water)

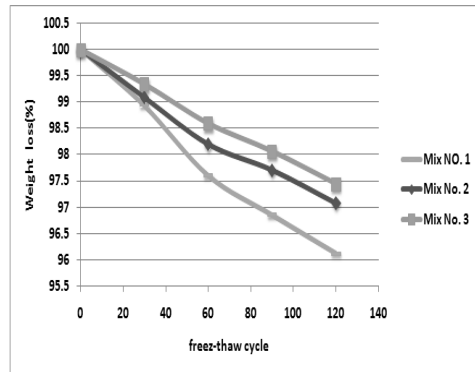


그림 6. 중량감소율 (NaCl 4%)

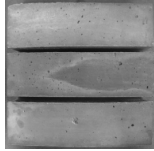
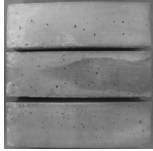
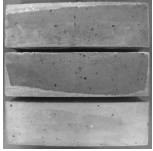
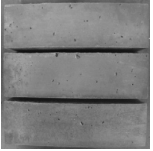
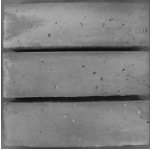
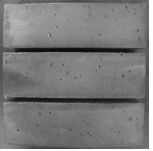
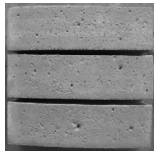
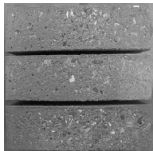
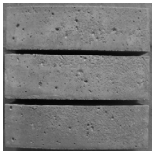
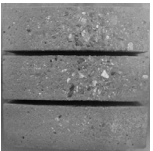
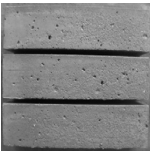
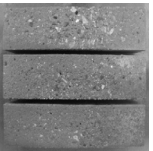
### 3.2 동결융해 저항성

그림 3은 담수조건의 상대동탄성계수 결과를 나타낸 것이다. 그림 3의 결과 W/C 및 시멘트 양에 관계없이 동결융해 저항성은 우수한 것으로 나타났다. 이러한 원인은 본 연구에 사용한 배합이 AE제를 사용하여 동결융해에 필요한 연행공기가 확보됨에 따라 동결융해 저항성능이 나타났음을 알 수 있었다. 그림 4는 NaCl 4%의 상대동탄성계수 결과를 나타낸 것이다. 그림 4의 결과 콘크리트 배합에 관계없이 담수조건에서보다 동결융해 작용에 의한 내구성능이 저하됨을 알 수 있었다.

그림 5는 담수조건에서의 중량감소율을 나타낸 것이다. 그림 5의 결과 중량 감소율은 120사이클에서 99.57~99.68%로 양호하였다. 그림 6은 NaCl 4%에서의 중량감소율을 나타낸 것이다. 그림 6의 결과 중량 감소율은 120cycle에서 96.12~97.44%로 담수조건보다는 중량감소율이 크게 나타났음을 알 수 있었다.

표 3은 동결융해 사이클 진행에 따른 시험체 형상을 나타낸 것이다. 그림 2의 결과 배합에 관계없이 NaCl 4%조건의 120사이클에서 표면스케일링에 의한 굵은골재 노출이 발생하였다.

표 3. 동결융해 시험체

freez-thaw cycle	MIx No. 1		MIx No. 2		MIx No. 3	
	tap water	Nacl 4%	tap water	Nacl 4%	tap water	Nacl 4%
0						
120						

#### 4. 결 론

단위시멘트량을 326, 350 및 370으로 변화시켜 담수 및 Nacl 4%조건에서 동결융해 시험에 의한 상대 동탄성계수 및 중량 감소율 내구성 평가 결과 단위시멘트량에 관계없이 동결융해 저항성은 우수한 것으로 나타났다. 이러한 원인은 본 연구에 사용한 배합이 AE제를 사용하여 동결융해에 필요한 연행공기가 확보됨에 따라 동결융해 저항성능이 나타났음을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

1. KS F 2456, 급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법.
2. ASTM C 666, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.