

일반콘크리트와 포장콘크리트의 동결융해 내구성에 대한 비교 연구

Comparative Study on Freeze-Thaw Durability of General Concrete and Pavement Concrete

김 현 중* 이 병 덕** 이 주 광***
Kim, Hyun Joong Lee, Beung Duk Lee, Ju Gang

ABSTRACT

Concrete scaling is the progressive surface deterioration of susceptible subjected to freeze-thaw cycling in the presence of moisture. Particularly, it has been recognized that chlorides present in deicing agents can significantly increase concrete surface scaling. Domestic area of most be happened chloride deicer damage. Because daily mean temperature is below 0°C from the area of domestic most. Use of deicing chemicals has been and will continue to be a major part of highway snow and ice control methods. Chloride-containing chemicals such as calcium chloride or rock salt are main deicers for the road. Extensive use of chloride deicers is, however, not only the source of substantial cost penalties due to their corrosive action and ability to deterioration roadway surface materials but also the source of environmental damages. In this study, Use of (40, 27, 21MPa) pavement concrete analyze freeze-thaw test and scaling on the chlorides present.

요 약

콘크리트의 동결융해 작용에 의한 내구성능 저하는 콘크리트 내부의 수분이 동결융해 작용을 반복적으로 받아 균열이 발생하거나 표층부가 박리함으로써 표면부분으로 부터 점차적으로 떨어져나가 콘크리트의 내구성능이 저하되는 현상을 말한다.

우리나라에의 경우 겨울철에 대부분 일평균기온이 0°C이하로 되는 경우가 많으므로 거의 모든 지역이 매년 동결융해의 피해를 받고 있다고 볼 수 있으며, 다소 정도의 차이는 있으나 전국적으로 대부분의 콘크리트 구조물이 동결융해 및 제설제의 염해 피해 함께 받아 복합적인 열화를 받고 있다고 볼 수 있다. 그중 콘크리트포장 고속도로의 경우 기상작용 및 자동차에 의한 지속적인 피해를 받기 때문에 콘크리트구조물에 비해 더욱 많은 피해를 입고 있으며, 이로 인한 보수 및 보강에 대한 비용이 해마다 증가하는 추세이다.

본 연구에서는 고속도로 구조물의 용도로 가장 많이 사용되고 있는 40, 27, 21 MPa, 포장용 콘크리트로 현행 표준 배합비를 바탕으로 포장콘크리트의 동결융해 특성을 평가하기 제설제에 따른 동결융해 시험을 통해 동결융해저항성 및 중량감소율을 비교 분석하였다.

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 연구원·공학석사
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원·공학박사
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 전임연구원·공학박사

1. 서 론

현재 우리나라의 고속도로는 아스팔트 및 콘크리트포장 도로로 이루어져 있다. 콘크리트포장 도로의 경우 보수보강에 대한 용이함과 아스팔트포장에 비해 높은 경제성의 장점으로 고속도로포장에 널리 쓰이고 있다. 그러나 이러한 콘크리트포장 고속도로는 일반 콘크리트 구조물과는 달리 자동차에 의한 지속적인 피해를 받는다. 자동차에 의한 지속하중인 활하중과 매연으로 인한 중성화, 동결융해 및 제설제에 의한 염해 피해 등에 의한 콘크리트의 손상 및 주변 환경 피해로 인한 유지관리 비용이 지속적으로 크게 증가하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 콘크리트포장도로의 피해를 줄이고 보수 및 보강을 위해 일반콘크리트와 비교하여 현재 사용되고 있는 포장콘크리트의 역학적인 특성 및 내구성을 확인하고 이에 대한 대비책을 강구하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 포장콘크리트의 열화에 대한 대비책을 연구하고자 고속도로 구조물의 용도로 가장 많이 사용되고 있는 40, 27, 21 MPa, 포장용콘크리트의 현행 시방서에 명시된 배합비를 바탕으로 제설제에 따른 동결융해 및 중량감소율 특성을 비교·분석하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료 및 배합비

본 실험에서는 KS L 5101에서 규정한 1종 보통 포틀랜드 시멘트(비중: 3.15)를 사용하였으며, 잔골재는 비중이 2.57, 굵은골재는 비중이 2.60인 최대 치수 25mm인 것을 각각 사용하였다. 혼화제는 폴리카본산계 고성능 AE제감수제를 사용하였다. 배합비는 표 1과 같다.

표 1 콘크리트 배합비

fck (MPa)	Air (%)	Slump (cm)	W/C (%)	S/A (%)	단위 재료사용량 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	AE감수제
40	4.8	15.0	36.5	41	173	480	667	974	C×1.0
27	4.9	11.5	46.3	46	162	350	812	964	C×0.6
21	4.7	3.7	50.8	48	168	331	847	923	C×0.5
4.5 (포장)	4.6	3.5	44.8	39	156	348	695	1100	C×0.5

2.2 시험내용 및 방법

내구성 시험으로는 제설제로 가장 많이 사용되고 있는 염화나트륨(NaCl), 염화칼슘(CaCl₂), 습염(NaCl+CaCl₂(7:3))의 농도 4% 수용액으로 동결융해 시험 전후의 염소이온 투과성과 동결융해 사이클에 따른 상대 동탄성계수 및 중량감소율을 측정하였다.

콘크리트 동결융해시험은 KS F 2456 급속동결융해에 대한 콘크리트 저항시험방법(A법 :수중동결수중융해)에 따라 급속동결융해시험기(Model: HWS S-7500, 1 사이클 : -16~4℃ 4시간)에서 300 사이클까지 적용하였으며 30 사이클 주기로 동탄성계수시험기로 공명진동에 의한 콘크리트 동탄성계수(Model LDS V-101)를 측정하였다. 이때 콘크리트의 양생은 온도 22±2.5℃되는 수조에서 28일간 양생한 후 다시 28일간 온도 20±2℃, 상대습도 65±5%의 양생실에서 보관한 시험체를 대상으로 시험을 하였다.

3. 시험 결과 및 고찰

3.1 동결융해저항성

40 MPa 콘크리트는 동결융해 시험결과 300 사이클 까지 85%~96% 수준으로 양호한 결과를 보여주고 있다. 이러한 원인은 콘크리트의 양생기간이 56일로 길었기 때문이라고 판단되며 40MPa 콘크리트는 물에서 뿐만 아니라 제설제로 사용되는 NaCl, CaCl₂, NaCl+CaCl₂(7:3) 4% 농도의 용액에 의한 동결융해 시험 300 사이클에서도 동결융해 저항성이 우수한 것으로 나타났다. 27 MPa 콘크리트는 물에서 만이 300 사이클에서 상대 동탄성계수 값이 60%를 약간 상회하는 정도였고, NaCl, CaCl₂,

NaCl+CaCl₂(7:3)에서는 210 사이클 이후에서 60% 이하로 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 동결융해와 제설제 염화물을 받는 환경에서는 내구성이 확보될 수 없는 콘크리트인 것으로 판단된다. 21 MPa 콘크리트의 경우, 상대 동탄성계수는 동결융해 사이클 초기에서부터 급격하게 저하되어 물에서 180 사이클에서 62% 정도 였으며, NaCl, CaCl₂, NaCl+CaCl₂(7:3)에서는 180 사이클에서 60% 이하로 나타났다. 포장 콘크리트에서도 21 MPa 콘크리트와 유사한 경향을 나타내고 있었다.

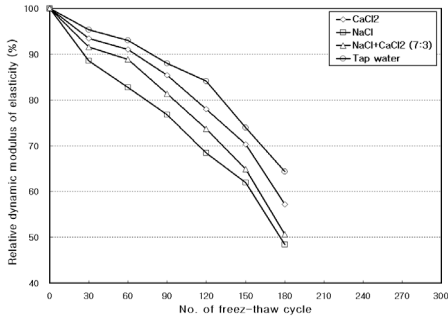


그림1 제설제 종류에 따른 동결융해저항성 (21MPa)

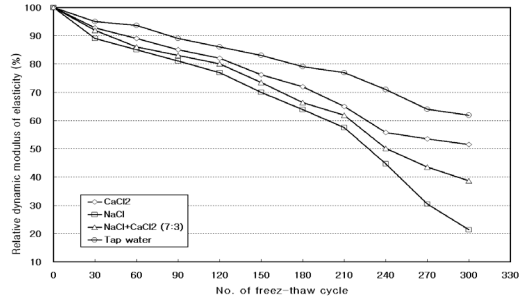


그림1 제설제 종류에 따른 동결융해저항성 (27MPa)

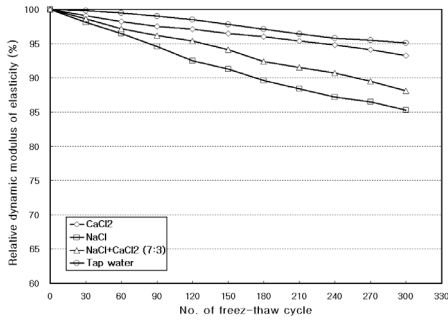


그림1 제설제 종류에 따른 동결융해저항성 (40MPa)

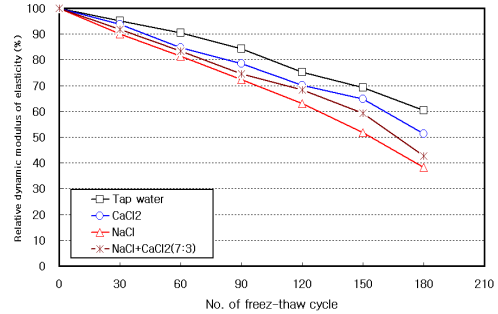


그림1 제설제 종류에 따른 동결융해저항성 (포장)

3.2 중량감소율

40 MPa 콘크리트의 경우, 시편외관 상태에서도 300 사이클 종료 후에도 굽은골재의 노출이나 손상 없이 표면의 페이스트 부분만 일부 벗겨지는 양호한 상태를 유지하는 것으로 나타났고, 중량 감소율 또한 동결융해 300 사이클에서 1~7%로 양호하였다. 그러나 27 MPa 콘크리트, 21 MPa 콘크리트, 포장 콘크리트의 경우, 물을 제외한 NaCl, CaCl₂, NaCl+CaCl₂(7:3)에서 동결융해 사이클 초기에서부터 콘크리트 시편의 표면 스킨링이 크게 발생하였으며, 동결융해 사이클이 증가함에 따라 표면 스킨링이 시편의 전면에 걸쳐 발생하였다. 특히, NaCl, NaCl+CaCl₂(7:3)에 시험한 27 MPa, 21 MPa 콘크리트, 포장 콘크리트에서는 굽은골재가 많이 노출되었고, 굽은골재 탈리 현상이 발생하였다.

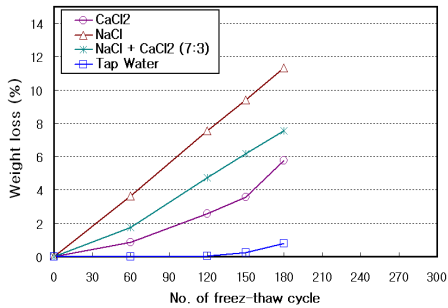


그림1 제설제 종류에 따른 중량감소율 (21MPa)

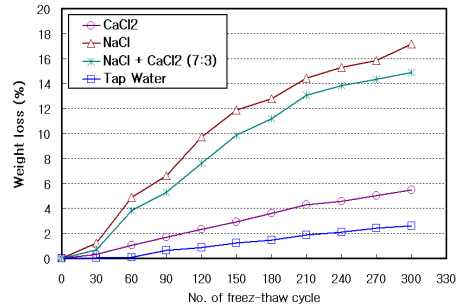


그림1 제설제 종류에 따른 중량감소율 (27MPa)

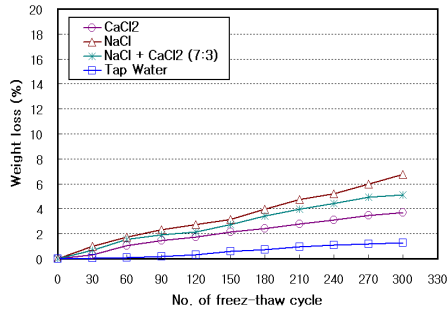


그림1 제설제 종류에 따른 중량감소율 (40MPa)

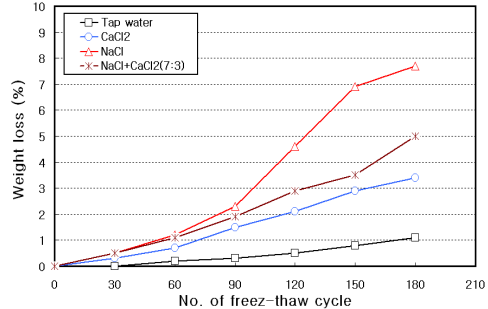


그림1 제설제 종류에 따른 중량감소율 (포장)

4. 결론

현재 고속도로 공사용 표준 배합비로 동결융해와 염화물을 받는 조건을 모사한 동결융해 시험에 의한 상대 동탄성계수 및 중량 감소율 내구성 평가 결과 21 MPa 및 27 MPa 콘크리트, 포장 콘크리트는 동해와 제설제에 의한 염해를 동시에 받는 복합열화 환경에서는 내구성이 확보될 수 없는 콘크리트인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이병덕, 윤병성, 이주광, “제설제 종류에 따른 용빙성능 및 콘크리트에 미치는 영향 평가에 관한 연구”, 한국도로학회 학회지, 제7권 4호, 2005. 12, pp. 113~123.
2. 이병덕, “염화마그네슘계 제설제가 강제부식성 및 콘크리트의 동결융해 저항성에 미치는 영향”, 한국콘크리트학회, 2007년 봄학술발표회 논문, pp. 681~684, 2007. 5.
3. ASTM C 666-84, “Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing”, ASTM Standard, 1984.