

제설제 종류에 따른 염화물 침투 특성

Characteristics of Chloride Penetration with Deicer Types

최 윤 석* 김 강 래* 김명유* 양 은 익**
Choi, Yoon Suk Kim, Kang Rea Kim, Myung Yu Yang, Eun Ik

ABSTRACT

Deicing salt has been generally used for prevention of a road freezing in winter, and the amount is increasing every year. However, deicing salt may induce the decrease of bond strength, surface scaling, and environmental pollution, etc. The purpose of this paper is to suggest the fundamental data on safety and durability for concrete structures through the estimation of characteristics of chloride penetration with deicer types.

According to the test results, as age of concrete is increased, chloride penetration depth is also increased independent of deicer types. However, there is no remarkable difference between deicer types. And when the estimation of chloride diffusion is carried out by immersion test, diffusion coefficient is decreased with ages, and short-term estimation may overestimate the coefficient.

1. 서론

현재 국내에서는 동절기 도로 구조물의 결빙을 방지하기 위하여 제설제 살포가 다량으로 이루어지고 있으며 그 살포량은 매년 증가하는 추세이다. 또한 제설제 살포시 제설제의 구성원인 염화물은 도로 구조물로 침투하여 염해에 의한 철근의 부착력 감소, 반복적 동해에 의한 표면 scaling, 환경오염과 같은 문제를 초래한다. 그러나 제설제의 살포에 따른 구조물들의 영향 평가 등의 자료는 미비하며, 새로운 제설제의 효과를 검증하기 위한 기초자료도 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현재 주로 사용되고 있는 제설제들의 콘크리트 내부로의 침투특성을 파악하여 제설제 종류에 따른 염분피해를 정량화하고자 하는데 그 목적을 두었으며, 이를 토대로 기존 토목구조물의 안정성 및 내구성 평가와 새로운 제설제의 개발에 대한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험변수 및 사용재료

제설제 종류에 따른 염화물 확산평가를 위한 본 연구의 실험변수를 Table 1에 나타내었다. 또한 본 연구에서 사용한 재료의 성질을 Table 2, 콘크리트 배합을 Table 3에 나타내었다.

*정회원, 강릉대학교 토목공학과 대학원생

**정회원, 강릉대학교 토목공학과 교수

2.2 시험체 제작

콘크리트 시험체는 염화물의 콘크리트 내부로의 침투력을 평가하기 위하여 원주형 시험체($\varnothing 10 \times 10$ cm)와 염화물 침투시 철근의 부식정도를 평가하기 위하여 피복두께 1, 2, 3cm의 슬래브 시험체를 제작하였다. 또한 염화물의 일방향 침투를 위하여 일면을 제외한 나머지 면을 에폭시도포 처리하였다.

3. 실험방법

3.1 염화물 침투 실험

본 실험에 앞서 강원, 경기북부지역에 분포하는 공용기간 약 16년의 콘크리트 포장구간의 국도를 선정하여 표면염화물 농도를 조사한 결과 평균 3.45kg/m^3 으로 나타났다. 이러한 현장실험³⁾ 결과를 토대로 각각의 제설제를 3%수용액으로 제조하여 NordTest NTBuild 433의 침지실험법으로 농도차에 의한 콘크리트 시험체의 미세공극을 통하여 제설제의 Cl성분이 확산하도록 하였다. 실험전경은 Fig. 1과 같다.

3.2 염화물 침투깊이 측정

재령 2개월과 4개월 동안 침지시킨 원형 시험체의 염화물 침투깊이를 측정하였다. 염화물 침투깊이는 질산은 용액(AgNO_3)을 시험체의 할렬면에 분무함으로써 변색원리를 이용해 측정하였다.

3.3 철근 부식정도 측정

피복두께를 달리한 슬래브 시험체 내부의 철근의 부식정도를 평가하기 위하여 Fig. 2와 같은 분극저항측정장비(PR-4500)를 사용하였다. 분극저항을 측정 후 Table 4의 CEB Bulletin N°243 기준에 의거하여 철근의 부식상태를 파악하였다

4. 실험결과 및 고찰

4.1 제설제 종류에 따른 염화물 침투깊이

물-시멘트비 60%의 준비된 시험체를 3% 농도의 각 제설제 용액에 침지 재령 2, 4개월 동안 노출시

Table 1 Test variables

Deicing agent	Item			
	Test method	Content	W/C ratio	Age (days)
NaCl	Immersion diffusion test	NordTest NTBuild 443 Tang and Nilsson	60%	60. 120
MgCl CaCl ₂				
	Test of slab polarization resistance	Guard ring Linear polarization defines area of measurement	50%, 60%	60. 120

Table 2 Physical properties of aggregate

Item Type	Specific gravity	Absorption (%)	F.M.
Sand	2.59	0.99	2.65
Gravel	2.64	0.70	6.82

Table 3 Mixture proportion of concrete

w/c(%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m^3)				AE (%)	SP (%)
		W	C	S	G		
50	45	172.5	345	776	970	0.005	0.3
60	46	172.5	288	813	978	0.01	0.3



Fig. 1 Immersion diffusion test

Fig. 2 Test of slab polarization resistance

키고, 각 재령에서 시험체를 할렬 후 0.1N의 $AgNO_3$ 를 분무하여 변색하는 구간으로부터 측정된 염화물 이온의 침투깊이 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 결과를 살펴보면 재령 2개월에서 15mm 이상, 재령 4개월에서 25mm 이상의 깊이까지 부식이 발생할 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 도로구조물에서 포장의 결함 및 열화에 의해 제설제가 직접 철근콘크리트 부재에 접촉할 경우, 부식에 의한 열화가 매우 빠른 시기에 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 재령 증가에 따라 염화물 이온의 침투깊이는 증가하나 제설제의 종류와는 상관없이 모든 제설제에서 비슷한 침투 깊이를 보이고 있어 기존 제설제들의 콘크리트 내부로의 염분 침투력은 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

4.2 제설제 종류에 따른 확산계수 평가

제설제의 종류에 따른 확산계수는 앞서 측정된 염화물 침투깊이를 토대로 Fick's의 일반해를 사용하여 구하였으며, 이를 Fig. 4에 나타내었다. 결과를 살펴보면 재령 2개월에서는 염화나트륨이 재령 4개월에서는 염화마그네슘이 다소 크게 나타났으나 동일 재령의 제설제들 간의 확산계수 차이는 미미한 것으로 나타났다. 한편 재령이 증가할수록 확산계수가 약간 증가하고 있으나 그 차이가 미미하고 확산계수 계산 시에 사용하는 실험재령의 과다영향 및 구간별 염소 이온의 측정 오차 등에 기인하는 것으로 판단되므로 본 연구범위 내에서는 침지실험에서의 재령이 확산계수에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

4.3 제설제 종류에 따른 철근의 부식정도

제설제의 종류에 따른 철근의 부식정도를 평가하기 위하여 동일한 물-시멘트비(50%), 피복두께(1cm)의 시험체를 비파괴시험인 분극저항측정법으로 측정 한 결과를 Fig. 5에 나타내었으며, 측정치

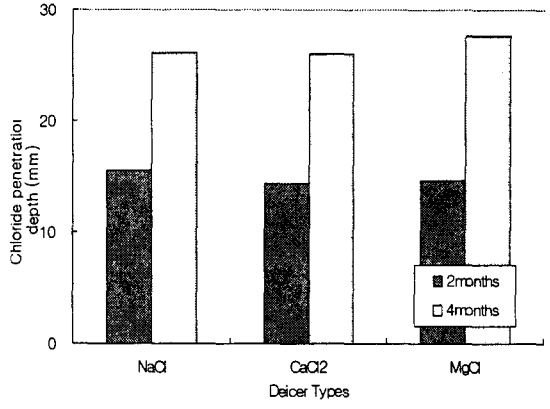


Fig. 3 Penetration depths with deicer types

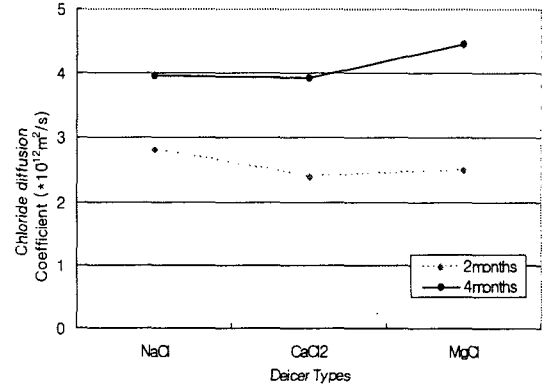


Fig. 4 Coefficient of diffusion with deicer types

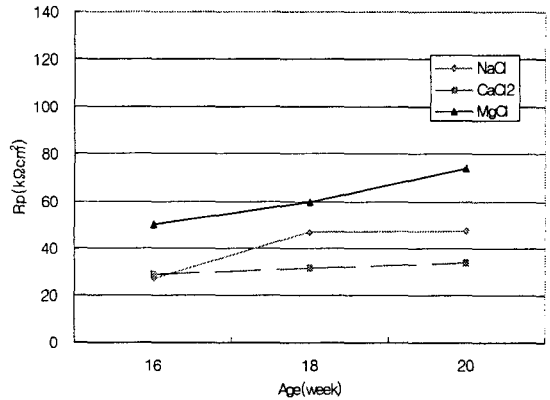


Fig. 5 Polarization resistance values with deicer types

의 판정기준은 Table 4에 나타내었다. 결과를 살펴보면 염화마그네슘의 경우 52~75kΩcm²의 분포로 느린 부식 진행을 보이고 있으나 염화나트륨과 염화칼슘의 경우 26~52kΩcm²의 수치로 다소 부식의 진행이 빠름을 보여주고 있다. 그러나 1cm의 피복두께와 침지한 기간이 5개월임을 감안할 때, 부식의 개시시기에 있으므로 좀 더 추후의 변화를 검토해야 할것으로 판단된다.

Table 4 Standard corrosion assement according to current density (CEB Bulletin N°243)

분극저항 측정치계 (KΩcm ²)	부식속도의 판정
130이상	부동태상태(부식없음) or 매우느림
52이상 130이하	저~중
26이상 52이하	중~고
26미만	매우빠름

5. 결론

제설제 종류에 따른 콘크리트의 염화물 침투특성에 대한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 공용기간 16년의 국도포장조건으로 국내에서 대표적으로 사용하는 제설제 NaCl, CaCl₂, MgCl를 적용한 침지실험을 실시하였으며, 재령 4개월에서 25mm 깊이까지 부식발생 가능성을 보였다. 즉, 제설제가 구조부재에 직접 접촉될 경우, 조기재령에서 부식이 발생할 가능성이 높음을 확인하였다.
- (2) 재령이 경과할수록 제설제 염분의 침투 깊이는 증가하였으나 제설제 종류에 상관없이 비슷한 침투 깊이를 나타내어 각 제설제의 콘크리트 내부로의 침투능력은 유사한 것으로 나타났다.
- (3) Fick's의 일반해를 사용하여 구한 각 제설제의 확산계수 평가결과 제설제간의 확산계수의 차이는 미미한 것으로 나타났다. 한편, 확산계수는 재령이 경과함에 따라 모든 제설제에서 약간 증가하였으나, 차이가 작아 침지실험에 있어서 재령이 확산계수에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부 건설핵심기술 연구개발사업(C104A1000016-04A0200-01610)의 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. N. S. Berke, NACE corrosion 85, paper 273, Houston, TX(1985)
2. E. Escalante, E. Whinton and F. Qiu, NIST report NBSIR 86-3456(1986)
3. 양은익, 이성태, 박해균, 김명유, 박진호, "제설제 살포에 따른 콘크리트 포장의 염화물 침투특성". 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, Vol.17, No.2, pp.475~478, 2005
4. 양은익, 민석홍, 김명유, "콘크리트 물성 및 시험법에 따른 콘크리트 염화물 확산", 한국콘크리트학회, Vol.16, No.2, pp.261~268, 2004.