

Research Paper

발수제 혼입에 따른 시멘트 모르타르의 표면 얼음 제거성능에 관한 연구

A Study on the Deicing Performance of Cement Mortar through the Addition of Water-repellent

강석표¹ · 홍성욱¹ · 인병은^{2*} · 김상진²

Kang, Suk-Pyo¹ · Hong, Seong-Uk¹ · In, Byung-Eun^{2*} · Kim, Sang-Jin²

¹Professor, Department of Construction Engineering, Woosuk University, Jincheon-Eup, Jincheon-Gun, 27841, Korea

²Researcher, Department of Construction Engineering, Woosuk University, Jincheon-Eup, Jincheon-Gun, 27841, Korea

*Corresponding author

In, Byung-Eun
Tel : 82-43-531-2903
E-mail : ibe0627@naver.com

ABSTRACT

This paper examined the effect of water repellent type and addition among various factors on the deicing performance of cement mortar surface according to incorporation. As a result, the compressive strength of the water repellent cement mortar compared to the cement mortar, and the compressive strength of the oligomer-based water repellent mortar was higher than that of the monomer-based water repellent. The contact angle of the water-repellent mortar was increased compared to the additive mortar, and the oligomer water-repellent agent compared to the monomer-based water-repellent. As a result of measuring the ice formation time of cement mortar due to the mixing of the water repellent, the ice formation was delayed until 25 minutes for mortar to which the water repellent was added. the measurement of the ice attachment load mortar without water repellent with water repellent when the water repellent was added to mortar, deicing performance was increased.

Keywords : water repellents, hydrophobic, contact angle, freezing time, deicing force

Received : June 30, 2022

Revised : September 26, 2022

Accepted : November 19, 2022

1. 서론

동절기의 도로는 다른 계절과 다르게 지상 기온이 영하로 떨어지는 날씨로 인해 도로 결빙이 자주 발생한다. 특히 블랙아이스에 의한 도로 결빙은 교통사고와 도로 혼잡 및 정체와 같은 교통문제를 야기하는데 겨울철 도로 노면 관리는 중요하며 사회적으로 많은 관심과 기관의 철저한 관리가 필요하다[1]. 블랙아이스는 눈이나 비가 아스팔트 또는 콘크리트 도로 틈새로 스며들었다가 먼지 등과 섞여 도로 위에 얇게 얼어붙는 현상을 말한다. 더구나 블랙아이스는 일반적인 도로 결빙과는 달리 포장된 도로와 같은 색상인 검은 색을 띠고 있어 운전자가 이를 식별하여 대처하는 것이 어렵기 때문에 겨울철 운전자에게 위협요인으로 인식되고 있다. 2019년 국내에서 발생한 상주-영천 고속도로 사고 사례를 보면 겨울철 블랙아이스에 대한 교통사고는 무시할 수 없다. 겨울철 블랙아이스 방지를 위해 사용되고 있는 방법은 제설제 분산, 열선 또는 열관을 매입하는 방법이 있으나 이는 도로 및 주변 구조물 훼손과 환경 오염 유발, 고장에 따른 유지관리비용 증가, 기존의 도로를 다시 개복하는 방식이라 많은 비용과 장시간의 공사시간이 발생하는 문제점이 있다[2].

이와 같은 기존 블랙아이스 방지 기술의 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 초소수성 도로포장체에 대한 연구가 이루어지고 있다. 초소수성 도로포장체는 높은 표면 발수성으로 인해 콘크리트 표면에 동결수가 체류하는 것을 방해하여 얼음 형성을 방지할 뿐만 아니라 표면위에 부착된 얼음의 제거가 용이하여 블랙아이스 방지기술로서 관심이 모아지고 있다. 또한



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도로표면의 유해한 부식성 이온과 산이 다공성 콘크리트로 침투하여 철근에 접촉하는 것을 방지할 수 있다[3]. 초소수성 도로포장체를 만들기 위하여 시멘트 복합체 표면에 스프레이, 붓, 롤러로 발수제를 단층 또는 다층으로 코팅하는 형태의 연구가 대부분이다[4,5]. 그러나 이러한 연구들은 발수층이 만들어진 일부분에서만 발수성을 발현하며 시간경과에 따라 발수력이 저하되고, 표면을 마모되며 박리될 경우 발수성을 유지하기 어렵다. 이러한 문제점으로 인한 발수성을 유지하기 위하여 구조체 자체에 발수제를 혼입하여 초소수성 모르타르를 제조하는 연구가 진행되고 있다[5-7]. 국외 연구 사례로는 이소부틸 트리에톡시실란(IBTEO)과 나노실리카(NS)를 시멘트에 함께 첨가하여 소수성 시멘트 재료를 개발하여 역학적 특성 및 소수성을 검토하였으나 고가의 나노실리카를 사용하여 모르타르를 제작하는데 한계가 있다[8]. 국내 연구사례로는 신란/신록 산계 혼합형 발수제를 혼입한 시멘트 페이스트를 제조하고 초기 수화성능 및 유동성능, 재령별 압축강도를 측정하고 결과 발수제의 혼입이 증가할수록 압축강도는 감소하고, 접촉각은 증가하는 것으로 보고하고 있다[9]. 이와 같은 연구들은 재료의 전처리기가 복잡하고, 낮은 초기강도를 가지며 제조된 시험체의 양생기간이 길어지는 문제점이 있다[6,7,10].

따라서 본 논문에서는 블랙아이스 방지 도로포장체로 사용하기 위하여 초소수성 발수제 혼입에 따른 시멘트 모르타르의 표면 얼음 제거성능을 검토하였다. 이를 위하여 발수제 종류에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 발수특성을 비교 한 후 선정된 발수제를 사용한 시멘트 모르타르의 얼음 형성시간과 얼음 제거하중을 분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 얼음 제거성능을 분석하기 위해 실험 시리즈 I 과 시리즈 II로 구분하였다. 시리즈 I 은 발수제 두 종류 중 성능이 우수한 발수제를 파악하기 위해 진행하였고, 시리즈 II는 시리즈 I 에서 성능이 우수한 발수제와 폴리머를 시멘트 모르타르에 첨가하여 얼음제거성능을 평가하기 위하여 실험을 진행하였다. 모르타르의 Mix design 은 Table 1에 나타내었다. 시멘트 모르타르를 제조하기 위한 배합비는 바인더(B):잔골재(S):물(W) = 40:45:15로 설정하였다. 발수제(R)는 기준배합의 전체 중량에 대해 5% 외할 첨가하였다. 폴리머(P)는 시멘트의 물리적 성질 및 내구성을 향상하기 위하여 사용하였으며, 시멘트에 대한 중량 대체율 5% 첨가하였다.

Table 1. Mix design

Series	Type of binder	Mixed design	Water repellent ¹⁾	test items
Series I	Rapid hardening cement(R)	B:S:W:R = 40:45:15:5	Oligomer(O) Monomer(M)	compressive strenght XRD Water contact angle (before and after abrasion) water absorption
		B:S:W:R = 40:45:15:5 B:S:W:R:P = 35:45:15:5:5	Oligomer(O) Oligomer(O)+polymer ²⁾	Freezing time Decing force

1) Percentage by weight relative to total weight (5%)

2) Weight replacement rate for cement (5%)

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트

시멘트는 U사의 초속경 시멘트를 사용하였으며 물리·화학적 특성은 Table 2과 같고 비표면적은 5.74cm²/g, 밀도는

2.91g/cm², 감열감량은 2.5%이다.

Table 2. Physical properties and chemical composition of Cement

Type	Blaine (cm ² /g)	Setting time		Density (g/cm ³)	Chemical composition(%)						
		Initial (min)	Final (hour)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg. loss
Rapid hardening cement*	5741	25	0.67	2.91	13	19	3	48	2.5	11	2

2.2.2 잔골재

잔골재는 규사 5호사를 사용하였고, 18~24mesh로서 입자크기는 0.7~1.2mm이다.

2.2.3 발수제

모르타르 첨가용으로 사용한 발수제는 실란계 모노머 발수제와 실록산계 올리고머 발수제를 사용하였으며 발수제의 물리·화학적 특성을 Table 3에 나타내었다. 올리고머 발수제의 활성성분은 60wt%이며 주요한 활성성분은 Poly, hydroxy terminated 으로 구성되어 있으며 비중은 1.01, pH는 6~8이다. 모노머 발수제의 활성성분은 40wt%이며 주요한 활성성분은 n-octyltriethoxysilane와 diethoxy-octyloxy-silane으로 구성되어 있으며 비중은 1.01, pH는 6~8이다.

Table 3. Physical properties and chemical composition of water repellent

Type of	Main ingredient	Active Ingredient(wt%)	Density(g/cm ³)	pH
Oligomer(O)	Poly Hydroxy terminated	60	1.01	6 ~ 8
Monomer(M)	n-octyltriethoxysilane diethoxy-octyloxy-silane	40	1.01	6 ~ 8

2.2.4 폴리머

Series II에서 사용한 폴리머는 EVA폴리머를 사용하였으며 이의 성질을 Table 4에 나타내었다. EVA폴리머는 백색의 미세분말의 형태를 사용하였고 고형분 99%이며 입자 크기는 400µm이고 비중은 1이며 재함유량은 99%이다.

Table 4. Physical properties of polymer

Type	Appearance	Solid content	Particle size	Specific gravity	Ash content
EVA	White fine powder	99%	400µm	1.0	9±2

2.3 실험방법

2.3.1 모르타르 혼합

모르타르의 혼합은 강제식 모르타르 믹서를 사용하였으며, 먼저 혼합수와 올리고머/모노머 발수제를 혼합한 뒤 KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험방법에 의거하여 모르타르를 제조하였다.

2.3.2 압축강도

시멘트 모르타르의 압축강도는 KS L ISO 679 시멘트 강도 시험방법에 의거하여 시험하였다. 시험체는 40×40×160mm 몰드에 시멘트 모르타르를 타설하고 24시간 동안 온도 20±2°C에서 경화시킨 후 탈형하였다. 탈형한 시험체를 지정된 재령까지 온도 20±2°C에서 수중양생하였다. 압축강도는 배합별로 시험체 3개의 7일 및 28일 압축강도를 측정하여 나타내었다.

2.3.3 XRD

XRD 분석을 위한 샘플은 재령 28일이 지난 시험체를 10mm 미만으로 분쇄하여 무수 에탄올에 침지시켜 수화를 중지시켰다. 이어서 샘플을 45°C 오븐에서 72시간 동안 건조시킨 후 분쇄하여 200mesh 체를 통과시킨 후 45kV 및 200mA 및 2θ = 5 - 75° 범위의 4°/min의 승온온도에서 CuKα 파장을 사용하여 XRD분석을 진행하였다.

2.3.4 흡수율

흡수율을 평가하기 위한 시험체는 50×50×50mm의 정방형 몰드에 모르타르를 타설하여 제작하였다. 3개의 시험체를 온도 20±2°C, 상대습도 50%에서 28일 양생시킨 후 탈형하였다. 시험체를 건조시킨 후 시험체의 측면 네 곳을 에폭시로 실링 처리하였다. 제조된 시험체를 약 20°C의 물에 10mm 정도의 깊이로 담근 후 24시간 동안 물 흡수량을 측정하였다. 흡수율은 KS L 2476에 준하여 계산하였다.

2.3.5 접촉각

Figure 1에 접촉각 측정을 위한 몰드와 접촉각을 측정하는 장면을 나타내었다. 물 접촉각의 측정을 위한 시험체는 Ø35×5mm 플라스틱 몰드에 모르타르를 타설하고 온도 20±2°C, 상대습도 50%에서 28일 동안 양생하였다. 양생한 후 시험체는 입도 100의 사포로 표면을 2mm 마모하였다. 사포마모 전후 시험체를 ‘피코 표면 접촉각 측정기’(Contact Angle Analyzer)를 통하여 측정하였다. 접촉각 시험은 KS L 2110 기판유리 표면의 젖음성 시험방법에 의거하여 측정하였다.

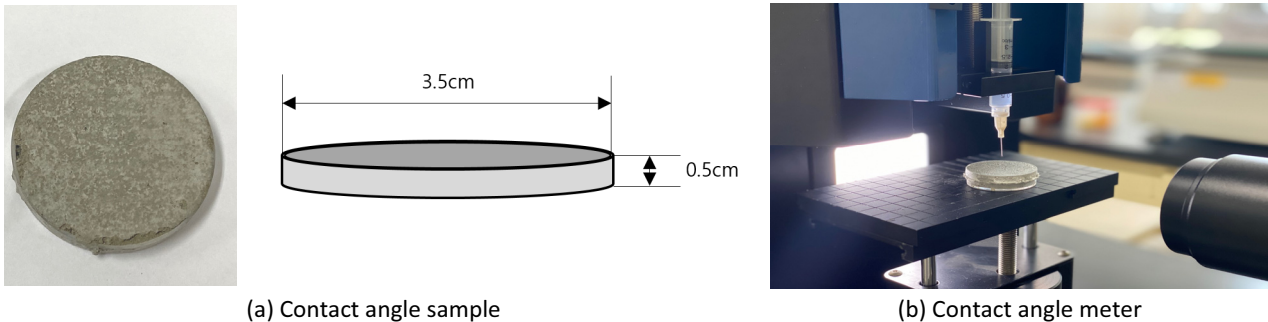


Figure 1. Water contact angle measurement

2.3.6 얼음형성시간 및 얼음 제거하중

발수제 혼입에 따른 시멘트 모르타르의 표면 얼음 제거성능을 분석하기 위하여 얼음 형성시간 및 얼음 제거하중을 측정하였다. 얼음형성시간 측정을 위한 시험체는 50×50×50mm 몰드에 시멘트 모르타르를 타설하고 온도 20±2°C에서 24시간 경화시킨 후 탈형하였다. 탈형한 시험체는 지정된 재령까지 온도 20±2°C, 수중에서 27일 동안 양생하였다. 양생한 시험체 윗면에 0.1mm 두께의 플라스틱 거푸집을 40×40mm으로 제작하여 세우고 시험체와의 접촉면은 에폭시로 실링처리하였다.

또한 얼음 형성을 시각화하기 위하여 물과 빨간색 잉크를 혼합하여 거푸집에 채우고 -10°C 의 항온항습기에 정치한 후 물이 완전히 결빙될 때까지 단계별로 걸리는 시간을 5분 단위로 측정하였다. 얼음형성 시험체의 제작 모습을 Figure 2에 나타내었다. 물이 어는 단계는 기존 논문[3]을 참조하여 Table 5와 같이 초기결빙 단계, 표면결빙 단계, 완전결빙 단계의 3단계로 구분하였다.

얼음 제거하중은 얼음이 완전히 동결된 것을 확인하고 얼음 표면의 거푸집을 제거한 후 Figure 3와 같이 시험체를 자체 제작한 지그를 사용하여 수평으로 고정하였다. 얼음 제거하중 측정 시험체를 평행하게 하고 얼음의 표면으로부터 10mm 지점에서 압축강도 시험기로 하중을 재하하였다.

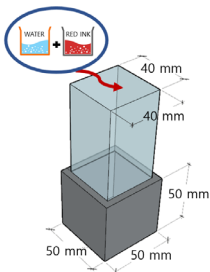


Figure 2. Fabrication of Ice Adhesion Performance Test Specimen

Figure 3. Measurement of Ice Attachment Loads

Table 5. Gradual classification of ice formation time

	Classification	Designation
Freezing	Thin ice	The beginning of a thin ice
	Surface ice	Surface frozen
	Entire ice	Whole frozen

3. 실험결과 및 분석

3.1 시리즈 I

3.1.1 압축강도

발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 압축강도를 Figure 4에 나타내었다. 시멘트 모르타르의 28일 압축강도는 발수제를 첨가하지 않은 모르타르(R5)의 경우 86.7MPa이며, 발수제를 첨가한 모르타르의 17.3~46.7MPa를 나타내고 있다. 시멘트 모르타르에 발수제를 첨가하는 경우 압축강도는 감소하였고, 7일 28일 압축강도에서 강도 증가 현상이 미미한 것으로 나타났다.

올리고머 발수제를 첨가한 모르타르(R5-O) 압축강도는 46.7MPa로서, 모노머 발수제를 첨가한 모르타르(R5-M)의 압축강도 17.3MPa보다 높게 발현하였다. 모노머 발수제를 모노머 발수제를 첨가한 모르타르의 압축강도는 도로설계 기준 압축강도(24MPa)보다 낮게 발현하여 도로설계 기준 강도를 만족하지 못하였으나 올리고머 발수제를 첨가한 모르타르의 압축강도는 도로설계 기준 압축강도보다 높게 발현하여 도로설계 기준 강도를 만족하였다.

3.1.2 XRD

발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 XRD를 Figure 5에 나타내었다. 발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 28일 재령의 XRD 결과에서 portlandite 및 ettringite와 같은 Typical hydration products와 모래로 인한 Quartz가 확인되었으며, 발수제 첨가로 인한 새로운 수화반응 생성물은 형성되지 않았다. 기존 연구에서도 실란/실록산을 첨가한 시멘트 재료는 7일 이후 실란/실록산을 첨가하지 않은 다른 시리즈와 비교하여 XRD상의 차이가 관찰되지 않는다고 보고하였다[7]. R5, R5-O 및 R5-M의 모든 배합에서 C-S-H의 피크가 나타나고 있다. 또한 2theta = 9°에서 에트링가이트를 확인되었다.

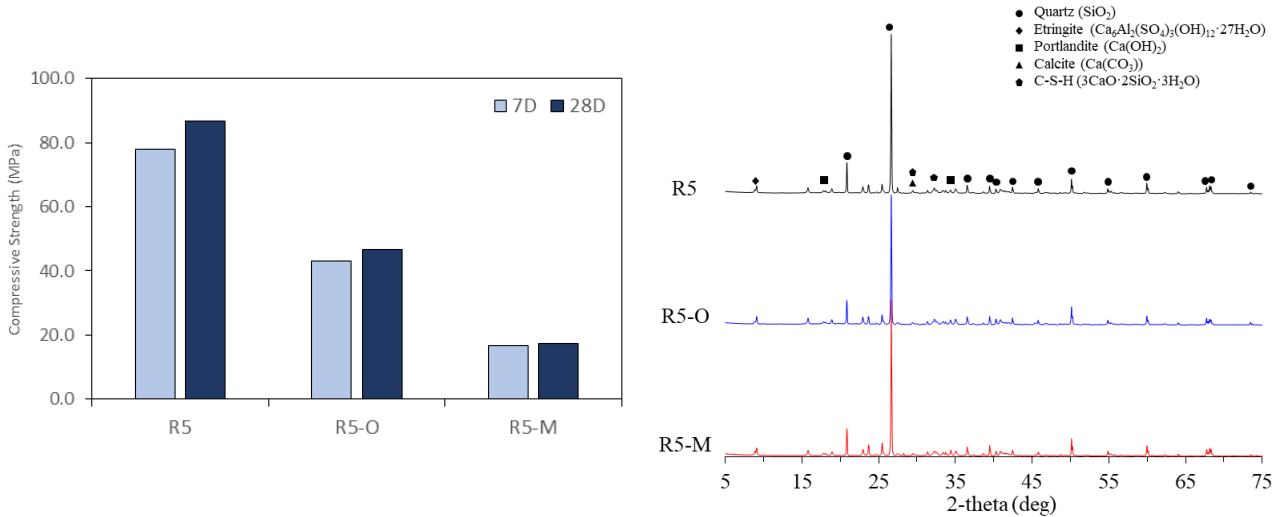


Figure 4. Compressive Strength

Figure 5. XRD

3.1.3 흡수율

발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 흡수율을 Figure 6에 나타내었다. 발수제를 첨가한 모르타르의 흡수율은 발수제를 첨가하지 않은 모르타르(R5)와 비교하여 약 70% 이상 감소하였다. 이는 발수제가 모르타르 샘플에 매끄러운 막을 형성하여 물의 침투를 방지하기 때문에 시멘트 모르타르의 수분 흡수가 현저히 감소하는 결과를 나타내었다[11]. 발수제는 시멘트 모르타르의 강도를 감소시키면서도 불구하고 흡수율을 매우 낮게 유지하였다. 혼합된 모르타르의 모세관 수분흡수는 혼합물의 조성뿐만 아니라 모르타르 매트릭스 내부의 분포에 따라 달라질 수 있다. 수분 흡수율은 발수제를 첨가한 시멘트 모르타르가 표면 및 구체에서 나타나는 발수성으로 인하여 수분을 흡수하지 않으며 이는 일반적으로 강도가 낮은 경우 흡수율이 높은 경향과 상반된다[9]. 올리고머계 발수제를 첨가한 모르타르(R5-O)의 흡수율은 0.38%로서 모노머계 발수제를 첨가한 모르타르(R5-M)의 흡수율 0.49%보다 상대적으로 낮게 나타났다.

3.1.4 접촉각

발수제를 첨가한 시멘트 모르타르의 접촉각을 Figure 7에 나타내었다. 또한 시멘트 모르타르의 연마 전후 이미지를 160 배율로 확대하여 Table 6에 나타내었다. 발수제를 첨가한 모르타르의 접촉각은 발수제를 첨가하지 않은 모르타르(R5)와 비교하여 약 96% 이상 증가하였다. 올리고머계 발수제를 첨가한 모르타르(R5-O)의 접촉각은 126~132°로서 모노머계 발수제를 첨가한 모르타르(R5-M)의 접촉각 123~126°보다 높게 나타났다. 표면 연마 전 올리고머계 및 모노머계 발수제를 첨가한 모르타르의 접촉각은 각각 132°, 126°를 나타냈으며, 표면 연마 후 올리고머계 및 모노머계 발수제를 첨가한 모르타르의 접

촉각은 각각 126°, 123°를 나타냈다. 시험체 표면을 연마하기 전 접촉각이 연마후 접촉각보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 건조 과정에서 물과 함께 실록산이 표면으로 이동했기 때문에 연마하지 않은 표면에서 더 큰 접촉각을 나타낸 것으로 사료된다[12].

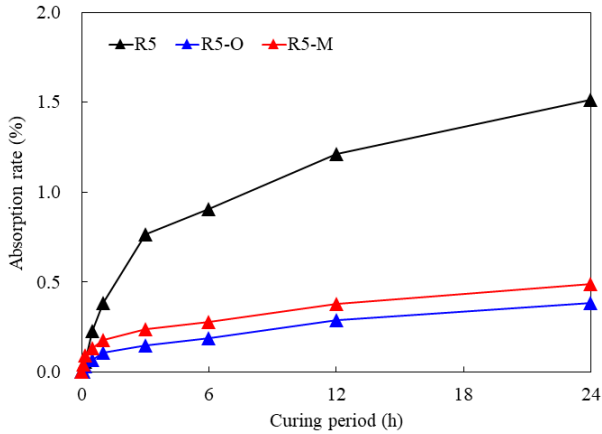


Figure 6. Absorption rate(%)

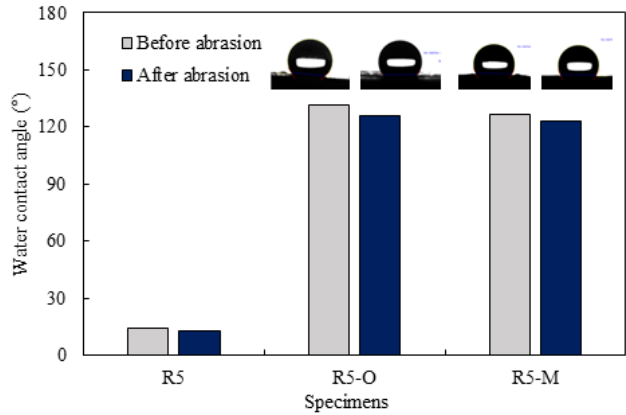


Figure 7. Water contact angle

Table 6. Surface image

	R5	R5-O	R5-M
Before abrasion			
After abrasion			

3.2 시리즈 II

3.2.1 얼음 형성시간 및 얼음 제거하중

발수제 첨가 유무 및 폴리머를 첨가한 시멘트 모르타르의 얼음 형성시간을 Table 7과 Figure 8에 나타내었다. -10°C조건에서 결빙시간을 측정한 결과 발수제를 첨가하지 않은 모르타르(R5)의 완전 결빙시간은 45분이 측정되었고, 발수제를 첨가한 모르타르(R5-O)는 70분으로 측정되어 25분 지연시켰다. 발수제를 첨가하였을 때 결빙지연에 영향을 주는 것으로 나타났다. 발수제를 첨가한 모르타르(R5-O)와 발수제와 폴리머를 첨가한 모르타르(RP5-O)는 완전결빙이 동일한 시간에 이루어졌다.

어졌으며, 폴리머를 첨가한 경우 결빙지연에 영향이 크지 않은 것으로 나타났다.

발수제 첨가 유무 및 폴리머를 첨가한 시멘트 모르타르의 얼음 제거하중을 Table 8과 Figure 9에 나타내었고 하중 측정 후 시험체 형상을 Figure 10에 나타내었다. 발수제를 첨가하지 않은 모르타르(R5)의 얼음 제거하중 측정 결과 342N의 하중을 발현하였고, 발수제를 첨가한 모르타르(R5-0)의 얼음 제거하중 측정결과 31N으로 발현하였다. 발수제를 첨가하는 경우 얼음과 시험체 면과의 결합력이 낮아진 것으로 나타났다. 발수제와 폴리머를 첨가한 모르타르(RP5-0)의 얼음 제거하중 측정 결과 26N으로 발수제만 첨가한 모르타르(R5-0)보다 낮게 발현하였지만 폴리머 혼입으로 인한 물리적 성질 및 내구성을 개선하는 것은 미미한 것으로 나타났다. 하중 측정 후 시험체 형상결과 발수제를 첨가하지 않은 모르타르는 얼음과 시험체의 균열이 확인되었고, 발수제를 첨가한 모르타르는 얼음과 시험체의 분리를 확인하였다.

발수제를 첨가한 모르타르는 얼음 형성시간 지연시키고 얼음 제거하중을 감소하였다. 따라서, 콘크리트 도로포장에 발수제의 사용은 물이 도로에 결빙하는 것을 방해하여 도로포장체에 결빙 방지 효과를 발현하여 블랙아이스 관련 교통사고 방지에 기여할 것으로 사료된다.

Table 7. Freezing time

Temperature	Specimen	Freezing time	Thin ice	Surface ice	Entire ice
			Time(min)	Time(min)	Time(min)
-10°C	R5		15	30	45
	R5-O		25	45	70
	RP5-O		30	50	70

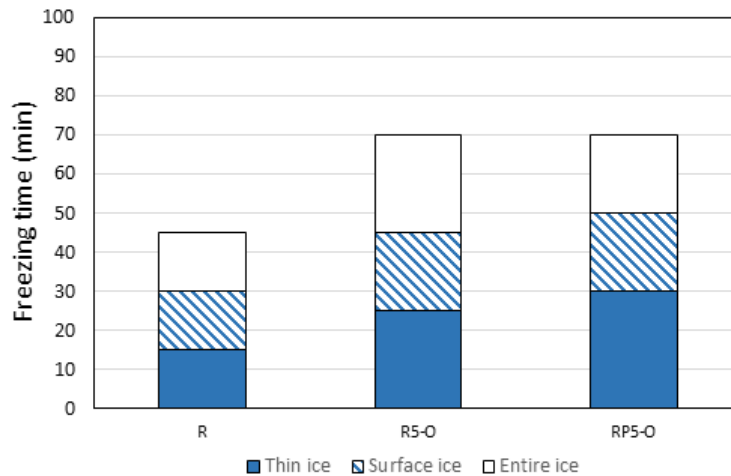


Figure 8. Measurement result of freezing time at -10°C

Table 8. Deicing force

Temperature	Specimen	Deicing force(N)			Average(N)
-10°C	R5	337	346	342	342
	R5-O	31	28	33	31
	RP5-0	26	22	29	26

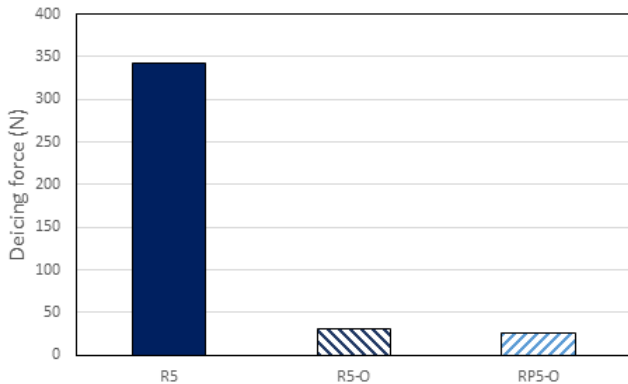
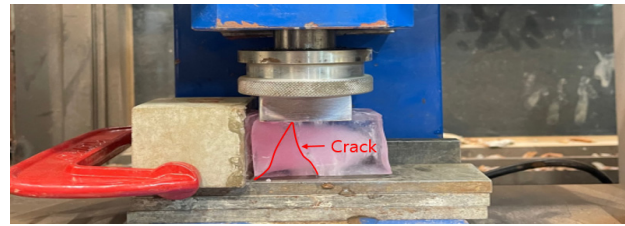


Figure 9. Specimen of Deicing force(N)



(a) no water repellent is added



(b) water repellent is added

Figure 10. Photographs of specimen after measuring adhesion strength

4. 결론

본 논문에서는 발수제 혼입에 따른 모르타르의 얼음 제거성능 분석을 위하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 발수제 첨가 시멘트 모르타르의 압축강도는 무첨가 시멘트 모르타르와 비교하여 감소하였고, 올리고머계 발수제 첨가 모르타르의 압축강도는 모노머계 발수제와 비교하여 높게 나타났다.
- 2) 발수제 첨가 모르타르의 접착각은 무첨가 모르타르와 비교하여 증가하였고, 모노머계 발수제보다는 올리고머계 발수제가 상대적으로 증가하였다. 또한 연마 전후 접착각은 잔골재 입도에 따라서 상이한 경향을 보이고 있다.
- 3) 발수제 첨가 시멘트 모르타르의 흡수율은 무첨가 시멘트 모르타르와 비교하여 크게 감소하였고, 모노머계 발수제보다는 올리고머계 발수제 첨가 모르타르의 흡수율이 상대적으로 다소 증가하였다.
- 4) 발수제와 폴리머를 모르타르에 첨가하여 얼음형성시간을 측정한 결과 발수제를 첨가하는 경우 얼음형성시간을 25분까지 지연시키는 것으로 나타났다. 얼음 제거하중 측정결과 발수제를 첨가한 모르타르는 발수제를 첨가하지 않은 모르타르의 10% 미만으로 발현하였다. 발수제를 첨가한 경우 얼음과 시멘트 면과의 결합력이 낮아진 것으로 나타났다.

요약


본 논문은 발수제 혼입에 따른 시멘트 모르타르 표면의 얼음 제거성능에 다양한 요인 중 발수제 첨가 및 종류에 대한 영향을 검토하였다. 그 결과 발수제 첨가 시멘트 모르타르의 압축강도는 무첨가 시멘트 모르타르와 비교하여 감소하였고, 올리고머계 발수제 첨가 모르타르의 압축강도는 모노머계 발수제와 비교하여 높게 나타났다. 발수제 첨가 모르타르의 접착각은 무첨가 모르타르와 비교하여 증가하였고 모노머계 발수제보다는 올리고머 발수제가 상대적으로 증가하였다. 발수제 혼입에 따른 시멘트 모르타르의 얼음형성시간 측정 결과 발수제를 첨가하였을 때 25분까지 지연시키는 것으로 나타났다. 얼음 제거하중 측정결과 발수제를 첨가하지 않은 모르타르는 342N을 발현하였고 발수제를 첨가한 모르타르는 31N을 발현하여 발수제를 모르타르에 첨가하는 경우 얼음제거성능이 감소하였다.


키워드 : 발수제, 소수성, 접착각, 얼음 형성시간, 얼음 제거하중


Funding


This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(Grant 21TBIP-C160747-01).

ORCID

Suk-Pyo Kang,  <https://orcid.org/0000-0001-5948-4925>

Seong-Uk Hong  <https://orcid.org/0000-0003-4808-5034>

Byung-Eun In  <https://orcid.org/0000-0003-3824-6607>

Sang-Jin Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-6381-1252>

References

1. Kim SY, Kim SY, Jang YS, Kim SK, Min DC, Na HH, Choi JS. A study on the effects of factors of traffic accidents caused by frozen urban road surfaces in the winter. *International Journal of Highway Engineering*. 2015 Apr;17(2):79-87. <https://doi.org/10.7855/IJHE.2015.17.2.079>
2. Jang SH, Jung YJ, Lee SJ, Nam SH. Black ice free transport road coating system. *Jouran of the Korean Society of Civil Engineers*. 2022 Mar;70(3):44-9.
3. Song J, Li Y, Xu W, Liu H, Lu Y. Inexpensive and non-fluorinated superhydrophobic concrete coating for anti-icing and anti-corrosion. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019 Apr;541:86-92. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.01.014>
4. Vivian IF, Hejazi V, Kozhukhova MI, Nosonovsky M, Sobolev K. Self-assembling particle-siloxane coatings for superhydrophobic concrete. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2013 Nov;5(24):13284-94. <https://doi.org/10.1021/am404272v>
5. Zhu C, Lv J, Chen L, Lin W, Zhang J, Yang J, Feng J. Dark, heat-reflective, anti-ice rain and superhydrophobic cement concrete surfaces. *Construction and Building Materials*. 2019 Sep;220: 21-8. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.188>
6. Zhu J, Liao K. A facile and low-cost method for preparing robust superhydrophobic cement block. *Materials Chemistry and Physics*. 2020 Aug;250:123064. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123064>
7. Falchi L, Zendri E, Müller U, Fontana P. The influence of water-repellent admixtures on the behaviour and the effectiveness of Portland limestone cement mortars. *Cement and Concrete Composites*. 2015 May;59:107-18. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.02.004>
8. Maravelaki-Kalaitzaki P. Hydraulic lime mortars with siloxane for waterproofing historic masonry. *Cement and Concrete Research*. 2007 Feb;37(2):283-90. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.11.007>
9. Sharma P, Sharma N, Singh P, Verma M, Parihar HS. Examine the effect of setting time and compressive strength of cement mortar paste using iminodiacetic acid. *Materials Today: Proceedings*. 2020 Apr;32(4):878-81. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.336>
10. Kang HJ, Kang SP, Lee BK. Strength and water-repelling properties of cement mortar mixed with water repellents. *Materials(Basel)*. 2021 Sep;14(18):5407. <https://doi.org/10.3390/ma14185407>
11. Chen Y, Wang R, Wang H, Hu F, Jin P. Study on PVA-siloxane mixed emulsion coatings for hydrophobic cement mortar. *Progress in Organic Coatings*. 2020 Oct;147:105775. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105775>
12. Li W, Wittmann FH, Jiang R, Zhao T, Wolfseher R. Metal soaps for the production of integral water repellent concrete. *Proceedings of Hydrophobe VI, 6th International conference on Water Repellent Treatment of Building material*. 2011 May; Roma, Italy. Freiburg (Germany): Aedificatio; 2011. p. 145-54.