

# 라텍스개질 콘크리트 종류에 따른 표면 박리 저항 특성

## Surface Scaling Resistance of Latex-Modified Concretes

이 훈 재\*    김 성 환\*\*    홍 창 우\*\*\*    윤 경 구\*\*\*\*  
Hoon-Jae Lee    Seong-Hwan Kim    Chang-Woo Hong    Kyong-Ku Yun

### ABSTRACT

This study focused on the investigation of durability of latex modified concrete in the points of surface scaling resistance as cement types variated and latex content variated such as 5%, 10%, 15%, and 20%. An increasing the amount of latex produced concrete with increased flexural strength, but with slightly lower compressive strength. The increase in flexural strength might be attributed to the latex films between the hydrated cement and aggregates, and the decrease in compressive strength to the flexibility of the latex component named by Butadiene.

The surface scaling resistance test was used to evaluate the durability of latex-modified concretes and rapid setting latex-modified concretes. The surface scaling resistance of LMC was quite good comparing to conventional concrete. Further, surface scaling resistance of RSLMC was improved with increasing the latex content.

**Keywords :** latex-modified concrete, durability, surface scaling resistance

### 1. 서론

현재 많은 토목구조물이나 콘크리트포장 등은 환경적 요인과 사용재료의 내구성 저하 및 복합적인 영향으로 인해 구조체의 내구성능이 저하되는 문제점이 도출되어, 이러한 문제점을 해결하고자 새로운 재료 및 공법에 대한 연구가 활발히 진행된 결과, 폴리머와 물을 혼합한 액상 상태의 재료인 라텍스를 기존 시멘트에 혼합함으로써 뛰어난 방수효과, 부착력 및 휨강도의 증대 등 매우 우수한 성능개선을 얻을 수 있어 일부 국가에서는 신설 교량의 교면포장 덧씌우기에 널리 활용되고 있다[2]. 이러한 라텍스개질 콘크리트(Latex-Modified Concrete 이하 LMC)는 작업시간과 충분한 양생 기간을 확보할 수 있는 곳에서는 사용상 여러 가지 잇점이 있으나, 긴급을 요하는 곳이나, 기존 교량의 유지보수를 위한 교면포장 덧씌우기에는 사용이 불가능하여, 3시간 만에 실용강도를 발휘할 수 있는 초속경 시멘트

- \* 정희원, 강원대학교 토목공학과 석사과정
- \*\* 정희원, 강원대학교 토목공학과 박사과정
- \*\*\* 정희원, 충주대학교 건설도시공학과 전임강사
- \*\*\*\* 정희원, 강원대학교 토목공학과 조교수

(Rapid-Setting Cement 이하 RSC)를 사용한 보수방법이 제안되고 있다[1][4]. 그러나 국내의 경우 계절이 변화가 뚜렷하고 차량 주행의 안전성을 확보하기 위하여 겨울철 제설염의 사용이 광범위하게 이루어지고 있어, 이로 인해 콘크리트 조직의 분해 및 결합력이 상실되어 노화가 촉진되고 있는 실정이다. 이러한 제설염에 따른 노화는 도로의 내구성 저하를 촉진시켜 수분의 침투가 용이하게 되고 콘크리트 내부에 큰 팽창력을 유발시켜 콘크리트의 조직을 파괴, 표면 박리, 골재 이탈 등의 파손현상을 보이게 된다. 따라서, 본 연구에서는 표면 박리 저항 특성을 기초로 하여, 초속경 시멘트를 사용한 라텍스개질 콘크리트(Rapid-Setting Latex-Modified Concrete 이하 RSLMC)의 내구성 저하를 억제하기 위한 방안을 모색하고자 하였으며, 그 성능 개선을 목적으로 하였다[3].

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험개요

본 연구에서는 기존 콘크리트 포장의 교면 포장체 보수 보강재료로 사용 되어지는 초속경 시멘트와 국내 도로 교량의 새로운 덧씌우기 재료로써 대두되고 있는 SB 라텍스를 혼합한 초속경 라텍스개질 콘크리트의 제설염에 의한 표면 박리 저항 특성을 알아보하고자 하였다. 주요 실험변수는 라텍스 혼입률 0, 5, 10, 15, 20%를 선정하였으며, LMC와 RSLMC를 비교 평가하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구에서는 국내 생산 S사 초속경 시멘트와 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 실험에 사용된 시멘트의 화학적 특성은 표 1과 같다.

라텍스는 스티렌(Styrene) 66%와 부타디엔(Butadiene) 34%가 주 모노머로 구성되어 있는 고분자를 공중합한 우유빛 액상 물질로써 물과 폴리머의 구성비율은 48/52이며, 소량의 계면활성제와 안정제가 첨가되어 있는 미국 D 사의 SBR 라텍스를 사용하였다. 굵은 골재는 교량 덧씌우기에 사용되어지고 있는 최대 골재치수 13mm의 파쇄석을 사용하였으며, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다.

표 1 시멘트 종류별 화학적 구성

Cement Type	Chemical Composition (%)						Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Specific Gravity
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
OPC	20.8	6.3	3.2	61.2	3.3	2.3	3200	3.15
RSC	10.2	16.7	1.3	50.8	1.4	15.5	5400	2.90

표 2 콘크리트 배합설계

Concrete Type	W/C (%)	S/a (%)	L/C (%)	Mix Proportion (kg/m <sup>3</sup> )				
				Cement	Water	Sand	Gravel	Latex
LMC	37	55	5	400	128	1012	834	40
			10		108	984	811	80
			15		88	956	788	120
			20		68	927	765	160
RSC	49	58	0	390	191.1	934.6	719.4	0
RSLMC	46		5		157.2	925.4	712.3	40.6
	42		10		119.3	921.8	709.6	81.3
	38		15		81.5	918.3	706.9	121.9
	34		20		43.7	914.8	704.2	162.5

### 2.3 콘크리트 배합 및 양생

본 연구는 시멘트대비 라텍스 혼입률을 주요변수로 하였으며, 이에 따른 배합설계는 표 2와 같다. 콘크리트 제조의 배합순서는 먼저 굵은 골재와 잔골재를 혼합하여 약 30초간 건비빔을 실시한 후 시멘트를 혼합하여 충분한 혼합이 되도록 약 1분간 비빔을 실시하였다. 그리고 라텍스와 물을 혼합하여 투입한 후 약 90초간 비빔을 실시하였다.

### 2.4 실험방법

라텍스개질 콘크리트의 강도 발현 특성을 살펴보기 위해 KS F 2405의 제 규정에 따라 압축강도 실험을 실시하였다. 실험 시편은 직경 10cm인 높이 20cm의 원주형 공시체를 사용하였다.

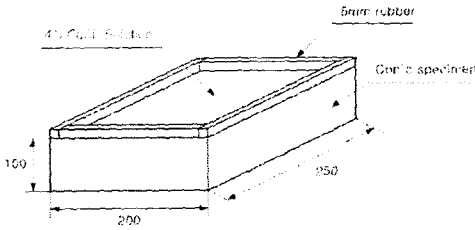


그림 1 표면박리 저항실험을 위한 시편형상

표 3 표면박리 저항실험의 육안 관찰 등급

Rating	Condition of surface
0	No scaling
1	Very light scaling
2	Slight to moderate scaling
3	Moderate scaling
4	Moderate to severe scaling
5	Severe scaling

동결-융해에 의한 표면박리저항 실험은 ASTM C 672 규정에 의거하여 실시하였다. 그림 1은 사용된 시험체의 모습을 나타낸 그림이다. 표면박리 저항성 실험은 직사각형 시험체를 제작하여, 14일 동안 23±2℃에서 수중양생 후 다시 같은 온도에서 45~55%의 상대습도의 항온 항습기로 14일간 양생을 실시한 후, 동결-융해 챔버로 50일 동안 -17±1.7℃에서 16~18시간 동안 동결을 시킨 다음 23±1.7℃, 상대습도 45~55%에서 6~8시간 동안 유지시켰으며, 이것을 1 사이클로 하는 동결-융해 사이클을 진행시켰다. 5사이클마다 새로운 4%의 염화칼슘 용액으로 교체를 하였으며, 무게변화 측정과 ASTM에서 규정한 표 3에 따라 육안에 의한 표면손상을 관측하여 표면박리 저항성에 대한 분석을 실시하여 평가범위 0부터 5까지로 분류하였다[3].

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 강도발현 특성

시멘트 종류별 강도 발현 특성을 위해 OPC와 LMC의 경우 재령 28일에 측정하였으며, RSC와 RSLMC의 경우는 조기 교통 개방 조건인 타설후 3시간일 때 측정하였다.

그림 2는 라텍스 혼입률에 따른 라텍스개질 콘크리트의 압축강도로서 라텍스 혼입률이 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 그러나, OPC의 물/시멘트비 45%의 경우 보다는 라텍스 모든 첨가율의 물/시멘트비 37%의 경우가 매우 높은 압축강도값을 나타내어 작업성 확보와 더불어 압축강도의 확보가 이루어짐을 알 수 있었다. 그림 3은 라텍스 혼입에 따른 RSLMC의 압축강도를 나타내는 그래프로서, 라텍스를 혼입하지 않은 경우 초기 3시간 압축강도 230kgf/cm<sup>2</sup>을 기준으로 라텍스 혼입률 5%, 10%, 15%, 20%에서 각각 17.8%, 20.4%, 16.1%, 8.7%의 초기 압축강도 증진을 나타내었다. 라텍스 혼입률 10%에서 가장 우수한 초기 강도를 나타내었으며, 라텍스 혼입률 10%를 정점으로 초기 강도가 저하되는 경향을 나타내었다. 그러나 라텍스 혼입률 5~15%사이에서 초기 3시간 압축강도는 260kgf/cm<sup>2</sup> 이상 발현되는 것으로 나타나 긴급 보수 보강 재료로써 타당한 것으로 판단되어진다.

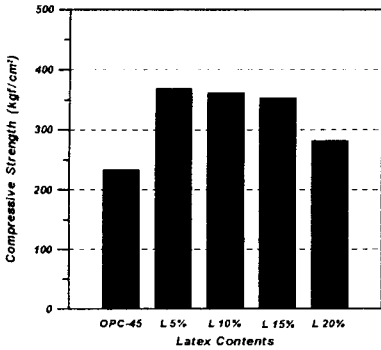


그림 2 LMC 압축강도

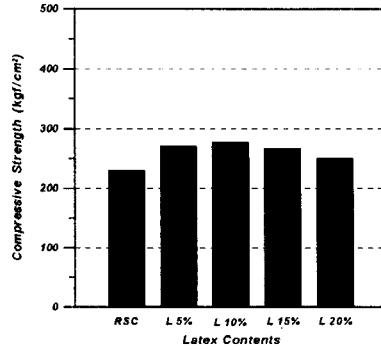


그림 3 RSLMC 압축강도

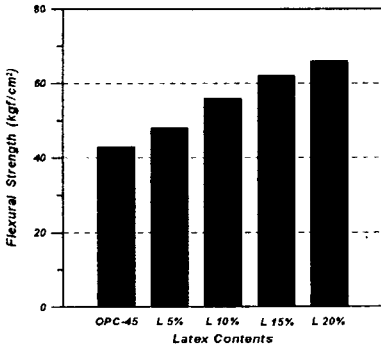


그림 4 LMC 휨강도

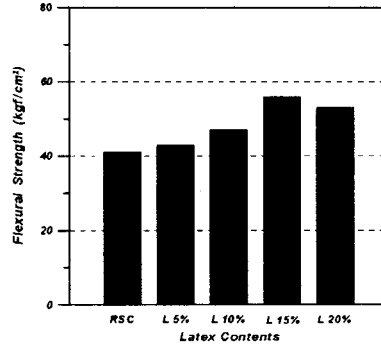


그림 5 RSLMC 휨강도

그림 4와 5는 각각 LMC와 RSLMC의 휨강도 발현 특성을 나타낸 그래프이다. LMC의 경우 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 높은 강도 발현을 확인할 수 있었으며, 라텍스 혼입률 20%일 때 OPC에 비해 최대 53% 휨강도가 증진되었다. 한편 라텍스를 혼입하지 않은 RSC의 3시간 휨강도는 41 kgf/cm<sup>2</sup>으로 조기 교통 개방 기준인 45 kgf/cm<sup>2</sup>보다 다소 감소하는 것으로 나타났으나, 라텍스 혼입률 10, 15, 20%에서 각각 47, 56, 53 kgf/cm<sup>2</sup>을 나타내어 조기교통 개방 기준을 만족시키는 휨강도를 나타내었다.

## 3.2 표면 박리 저항 특성

### 3.2.1 중량변화

표 4는 표면박리 시험에 의한 누적 박리량과 육안 평가 등급을 나타낸 것이며, 그림 6과 7은 각각 OPC와 RSC, LMC와 RSLMC의 누적박리량을 나타낸 그래프이다. 그림 6에서 OPC와 RSC의 박리된 양을 살펴보면, 최종 50 사이클일 때 28일 양생된 OPC에 비해 3시간동안 양생된 RSC의 박리량이 44% 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 한편 LMC의 경우에는 50 사이클이 경과한 후에도 박리량이 매우 미소하여 라텍스를 혼입하지 않은 보통 콘크리트에 비해 무려 1/140~1/309의 아주 낮은 표면박리량을 보여 염화칼슘에 의한 동결융해의 표면박리저항성이 매우 우수한 것으로 나타났다. 특히 라텍스 혼입율이 증가할수록 무게 손실량은 매우 적어져 혼입율 20%의 경우 거의 초기상태 그대로의 표면상태를 유지하는 것으로 나타났다. RSLMC의 경우에도 라텍스 혼입 5%일 때를 제외하고는 박리량이 모두 1kg/m<sup>2</sup>이내임을 확인할 수 있어, 초기 3시간 재령일지라도 라텍스를 혼입함으로써 표면 박리에 대한 저항성 증대효과를 가져올 수 있었다.

표 4 콘크리트 타입별 누적 박리량과 겉보기 등급 판정

Concrete Type	w/c (%)	Latex Contents(%)	Loss of Weight (kg/m <sup>2</sup> )	Visual Rating
OPC	45	0	3.151	5
LMC	37	5	0.022	0
		10	0.018	0
		15	0.013	0
		20	0.010	0
RSC	49	0	1.758	4
RSLMC	46	5	1.173	3
	42	10	0.515	2
	38	15	0.456	1
	34	20	0.171	1

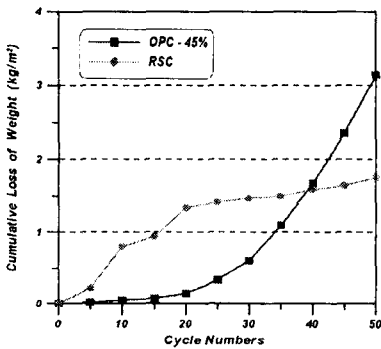


그림 6 OPC & RSC의 박리량

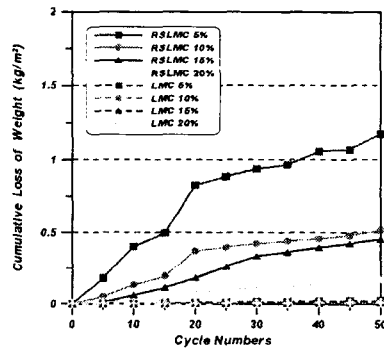


그림 7 LMC & RSLMC의 박리량

### 3.2.2 육안 관찰에 의한 표면박리 저항특성

동결융해에 의한 표면박리 저항성을 통해 변화되는 무게 손실량을 ASTM C 672 기준과 비교하기 위해 각 시편들의 겉보기 등급을 판정하였다. 그림 8과 9는 50 사이클 경과후 OPC와 LMC, RSC와 RSLMC의 표면을 나타내기 위한 사진이다. 표면박리저항 실험을 토대로 각각의 콘크리트에 대해 판단하였을 때, 50 사이클에서의 OPC 시편의 겉보기 등급은 5 등급으로 판단되었으나, 보통 콘크리트에 라텍스를 혼입한 모든 경우에서의 겉보기 등급은 0등급으로 판단되어 라텍스의 일정량 첨가만으로도 콘크리트의 표면 손상이 줄어드는 것으로 나타났다. 한편 3시간 양생 후 실험을 수행한 RSC와 RSLMC의 경우에는 LMC에 비해 다소 손상 정도가 심한 것으로 판단되어지며, 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 4등급에서 1등급으로 손상 정도가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 라텍스 혼입률이 10% 이상일 때 겉보기 등급이 모두 2등급 이하로 판정되어, 라텍스 혼입으로 인해 두드러진 내구성 향상을 기대할 수 있었다.

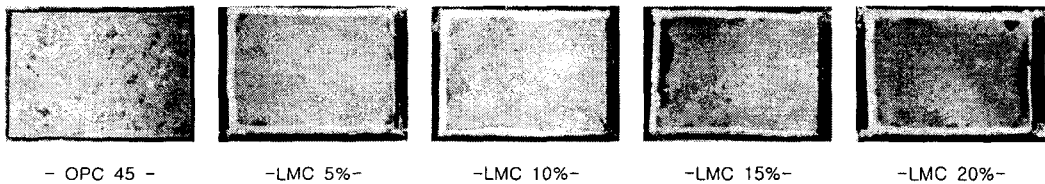
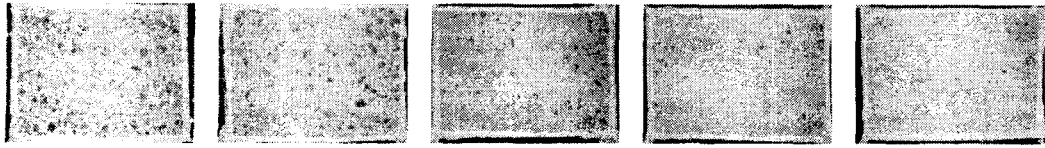


그림 8 50 사이클 이후 OPC & LMC 표면의 육안관찰 결과



-RSC-

-RSLMC 5%-

-RSLMC 10%-

-RSLMC 15%-

-RSLMC 20%-

그림 9 50 사이클 이후 RSC & RSLMC 표면의 육안관찰 결과

#### 4. 결론

교면포장 덧씌우기 재료로 적용하기 위한 라텍스개질 콘크리트와 보수 보강 목적으로 사용될 초속경 라텍스개질 콘크리트의 내구특성에 관한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) LMC의 압축강도는 라텍스 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 또한, RSLMC의 경우는 라텍스 혼입률 10%에서 가장 우수한 초기 강도를 나타내었으며, 라텍스 혼입률 10%를 정점으로 초기 강도가 저하되는 경향을 나타내었다.
- 2) 라텍스개질 콘크리트는 보통콘크리트에 비해 제빙제 용액에 의한 표면박리 저항성이 매우 높은 것으로 나타났으며, 또한 라텍스 혼입률이 증가할수록 표면박리 저항성은 더욱더 증가하였다.
- 3) 초속경 라텍스개질 콘크리트는 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 제빙염에 대한 표면박리 손상정도가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 라텍스 혼입률이 10% 이상일 때, 박리량이  $0.5\text{kg/m}^3$  정도이거나 그 이하임을 나타내고 있어, 재령 시간이 3시간임에도 불구하고 라텍스를 혼입함으로써 우수한 박리저항 특성을 나타내었다.
- 4) 시멘트 종류별 혼입률에 따른 결보기 등급은 OPC 시편의 경우 4~5 등급, 라텍스개질 콘크리트의 경우 0등급으로 판단되어 표면손상과 박리저항에 라텍스의 혼입이 매우 효과적인 것으로 나타났으며, RSC와 RSLMC의 경우에는 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 4등급에서 1등급으로 손상 정도가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 특히 RSLMC의 경우 라텍스 혼입률 10% 이상일 때, 초기 3시간 양생만으로도 매우 우수한 내구성을 나타내고 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강원대학교 부설 “석재복합신소재제품연구센터” 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 이종명, 윤경구, 최상륜, 홍창우, 전인구(2000), “라텍스 개질 콘크리트의 투수특성”, 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp. 191-196.
2. 김기현, 홍창우, 박상일, 양희용(2000), “LMC를 이용한 교면포장의 현장 적용성 평가”, 대한토목학회 가을학술발표회논문집, pp. 99-102.
3. Kuhlmann, L.A.,(1990), “Experiments to Evaluate Factors Affecting the Permeability of Portland Cement Mortar and Concrete Modified with Styrene-Butadiene Latex,” Presented at the Research Session, ACI Annual Meeting, Toront, Canada.
4. Sprinkel, Michael M.(1988), “High-Early- Strength Latex Modified Concrete Overlays”, Transportation Research Record 1204, TRB, National Reserch Council, Washington, D.C, pp.4 2~51.