

# 초속경시멘트를 이용한 라텍스개질 콘크리트의 내구특성

## Durability of Latex-Modified Concrete with Rapid-Setting Cement

윤 경 구\*      정 원 경\*\*      최 상 릉\*\*      김 동 호\*\*      이 봉 학\*\*\*

Yun, Kyong-Ku · Jung, Won-Kyong · Choi, Sang-Reung · Kim, Dong-Ho · Lee, Bong-Hak

### ABSTRACT

Latex modified concrete(LMC) became to be applied as a new material for newly-constructed bridge deck overlays in Korea due to its excellent bond strength, flexural strength and impermeability against water and chloride. However, it could not be adopted at repair job site because of its long curing time required. Thus, a research on latex modified concrete with rapid-setting cement(RSLMC) is necessary if it could develop the sufficient strength for early opening to traffic. This study focused on the durability of latex modified concrete with rapid-setting cement mainly on water permeable resistance and freeze-thaw resistance. The main experimental variables were latex contents(0, 5, 10, 15 and 20%) and antifoamer contents (0, 1.6, 3.2, 4.8 and 6.4%). Test results show that the permeability of RSLMC is very low indicating below 100 coulombs at 15% of latex contents at all antifoamer contents. The freeze-thaw resistance of RSLMC maintains above 90% of relative dynamic modulus at 3.2% of antifoamer content until 300 freezing-thawing cycles.

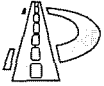
**Keywords :** latex, LMC, overlay, durability, RSLMC

### 요 지

최근 새로운 교면포장 재료로 사용되고 있는 라텍스 개질 콘크리트(LMC:Latex Modified Concrete)는 부착강도 및 휨강도가 우수하고 염분 및 수분침투에 방수효과가 있어 점차 활용이 증가될 전망이다. 또한, 초속경시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(RSLMC:Rapid-Setting Latex Modified Concrete)는 3시간에 실용강도를 발휘하여 긴급을 요하는 공사나 보수재료로서 적합하나, 염화물의 침투 및 동결융해로 인한 내구성능 저하 등의 문제가 검증되지 않아 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 RSLMC의 내구특성을 평가하기 위해 염소이온 투과실험 및 동결융해 저항성 실험을 수행하여 투수특성과 동결융해 저항성을 분석하였다. 실험은 ASTM규정과 KS규정에 따라 실시하였으며, 실험변수는 라텍스 혼입률 0, 5, 10, 15, 20%와 소포제 혼입률 0, 1.6, 3.2, 4.8, 6.4%로 수행하였다. 실험결과 RSLMC는 라텍스 혼입률 15%에서 소포제 혼입량에 상관없이 모두 100이하의 전하량을 나타내어 매우 낮은 투수특성을 보였다. 또한, 소포제의 혼입률 3.2% 이상인 경우 동결융해 300 사이클까지 상대동탄성계수가 90%이상을 유지하여 소포제의 사용이 동결융해저항성에 효과가 있는 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 라텍스, LMC, 덧씌우기, 내구성, RSLMC

\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 · 033-250-6236  
 \*\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사과정 · 033-250-6240  
 \*\*\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 033-250-6234



## 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 진행되어오고 있다.<sup>1)</sup>

새로운 건설재료로서 많은 관심을 받고 있는 재료가 폴리머 복합체라 할 수 있다. 폴리머와 물을 혼합한 액상상태의 재료를 라텍스라 하며 이를 시멘트와 결합하여 사용하는 것을 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete ; 이하 LMC)라 한다.

LMC는 뛰어난 방수효과, 부착력 및 휨강도의 증대 등 매우 우수한 성질을 나타내어 일부 국가에서는 신설교량의 교면포장 덧씌우기에 널리 활용되고 있다.<sup>2,3,4,5)</sup>

LMC의 특성은 작업시간과 충분한 양생기간을 확보할 수 있는 곳에서는 사용상 여러 가지 잇점이 있으나, 긴급을 요하는 곳이나 기존교량의 유지보수를 위한 교면포장 덧씌우기에는 사용이 불가능하다.<sup>8,9,10)</sup>

이러한 문제를 해결할 수 있는 방안으로 초속경시멘트를 사용한 보수방법은 3시간만에 실용강도를 발휘하는 장점이 있는 반면에, 염화물과 우수의 침투 및 동결융해로 인한 부피팽창과 균열 발생 등으로 인한 내구성능이 검증되지 않아 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.<sup>11)</sup>

따라서, 본 연구에서는 초속경 시멘트를 사용한 콘크리트의 내구성 저하를 억제하기 위한 방법으로 라텍스 개질 초속경 콘크리트(Rapid-Setting Latex Modified Concrete ; 이하 RSLMC)에 대한 투수성 및 동결-융해 저항특성을 평가하고자 한다.

## 2. 사용재료 및 실험방법

### 2.1 실험계획

본 연구에서는 RSLMC의 강도특성으로 압축강도와 휨강도, 내구특성으로 염소이온 투과실험 및 동결-융해 저항성 실험을 수행하였다.

실험변수는 라텍스 혼입율과 기포억제를 위한 소포제 혼입률로 설정하였다.

소포제 첨가량은 라텍스 고형분에 대한 소포제 고형분의 중량비율(0, 1.6, 3.2, 4.8, 6.4%)로 하였으며, 라텍스 혼입률은 단위시멘트량에 대한 라텍스 고형분의 중량비율(0, 5, 10, 15, 20%)로 선정하여, 라텍스 및 소포제가 RSLMC의 강도 및 내구특성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

### 2.2 사용재료

#### 2.2.1 초속경시멘트

본 연구에 사용된 초속경시멘트는 국내에서 생산된 것으로, 초속경시멘트의 화학적 성분은 표 1과 같다.

#### 2.2.2 라텍스

본 실험에 사용된 라텍스는 미국 D사의 SDL200이다. 성분은 스티렌/부타디엔 계열로 라텍스 고형분 48%와 물 52%의 액상상태이며 시멘트 모르타와 콘크리트에 사용하도록 생산된 제품이다. 라텍스의 물리적 특성은 표 2에 나타내었다.

표 1. 사용된 초속경시멘트의 화학 구성(%)

	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> S	C <sub>4</sub> AF	C <sub>3</sub> A	CaSO <sub>4</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>
Hauyne	16.0	16.0	30.0	6.0	3.0	20.0	5.0

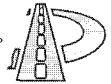


표 2. 라텍스의 물리적 특성

Percent Solids	Specific Gravity (25°C)	PH	Surface Tension dynes/cm at 25°C
46%-48%	1.01	10.5	32
Shelf Life	Viscosity cps at 20°C	Freeze thaw stability (-15°C ~ 25°C)	stabilizer type
> 2years	24	5 cycle	anionic

### 2.2.3 골재

본 실험에 사용된 굵은 골재는 교면포장의 덧씌우기 용도로 최대치수 13mm의 레미콘용 색석을 사용하고, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다. 재료의 물리적 특성은 콘크리트에 매우 큰 영향을 미치므로 골재의 체가름 시험, 비중 및 흡수량 시험, 잔골재의 표면수량 측정 시험을 실시한 후 선정하였다. 사용된 골재의 물리적 특성은 표 3과 같다.

### 2.3 콘크리트 배합 및 양생

콘크리트의 배합은 표 4에 나타내었다. 배합순서는 먼저 잔골재와 굵은골재를 믹서에 투입하여 30초간 비빈 후 시멘트를 넣고 다시 30초간 건비빔을 실시하였다. 그리고 라텍스와 물 및 소포제를 첨가한 후 최종 30초간 비빔을 실시하여 콘크리트를 배출하였다. 이렇게 제조된 시험체는 실내에서 기건양생을 실시한 후 3, 6, 24시간 및 28일에서의 강도발현 특성을 파악하였다.

표 3. 골재의 물리적 특성

Aggregate	Max. Size (mm)	Specific Gravity	Absorption (%)	Fineness Modulus
Fine aggregate	≤ 5	2.6	0.71	2.88
Coarse aggregate	13	2.57	1.1	6.2

표 4. RSLMC의 내구특성 평가를 위한 배합표

Latex (%)	Anti-foamer (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )						Anti-foamer
				C	W	S	G	Latex		
15	0	33	58	390	65	984	737	122	0	
	1.6								0.915	
	3.2								1.830	
	4.8								2.745	
	6.4								3.660	
0	1.6	49	58	390	191	976	731	0	0.915	
5		45			154	971	727	41		
10		39			110	977	732	81		
15		33			65	984	737	122		
20		28			25	984	737	163		

### 2.4 실험방법

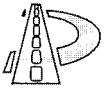
#### 2.4.1 강도실험

압축강도 실험은 KS F 2405 규정에 의하여 수행하였다. 공시체는 편심의 영향을 최소화하기 위하여 양단을 연마기를 사용하여 수평하게 하였으며, 실험은 200톤 용량의 만능재료시험기를 사용하였다.

휨강도 실험도 KS F 2408 규정에 의하여 수행하였으며, 시험체는 10×10×46cm의 빔 공시체를 제작하여 3등분점 하중법으로 시험을 수행하였다. 각 시험변수에 따라 세 개의 공시체를 실험하여 평균값을 실험결과로 사용하였다.

#### 2.4.2 염소이온 투과실험

염소이온 투과실험은 ASTM C 1202-97에 의하여 수행하였다. 그림 1은 염소이온 투과실험 장치로 구성된 측정회로를 나타낸 그림이다. 이 회로에서 전원은 60±0.1V 로 안정적인 직류전압이 공급된다. 실험을 수행하는 동안 전해질 용액이 새지 않게 하기 위하여 고무제품의 방수제를 사용하였으며 무게는 20~40g 정도의 것으로 전극



용기와 시편사이에 고정시켰다. 전류를 측정하는 방법으로는 기지의 저항체를 회로에 연결하여 전압을 측정함으로써 얻을 수 있는데 본 실험에서는 0.2Ω을 사용하였다. 콘크리트 시편의 노출된 부분은 불투수성의 재료를 사용하여 콘크리트 표면이 건조되어 염소이온의 투과에 영향을 미치는 것을 방지하였다.

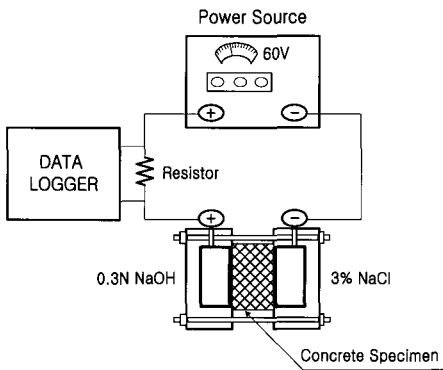


그림 1. 염소이온 촉진 투과시험 회로도

그림 2는 실험 전 시편의 내부를 진공상태로 만들기 위한 진공장치이다. 이러한 장치는 투과시험시 반드시 필요한 절차로 시편의 내부에 전해질 용액의 흐름에 영향을 줄 수 있는 영향인자로 순수 공극만을 남겨 놓아 보다 정확한 실험 결과를 얻을 수 있다.

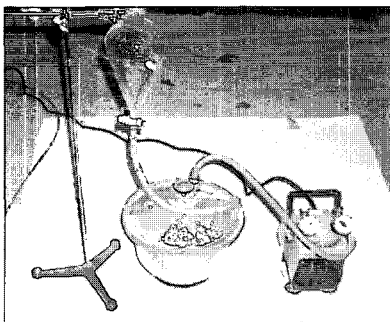


그림 2. 시험편 완전포화를 위한 진공장치

또한 투과실험에 사용되어지는 물은 반드시 증류수를 사용하여야 한다. 증류수가 아닌 다른 수용액을 사용할 경우에 수용액에 용해되어 있는 이물질이 전극의 흐름에 방해될 수 있으며 실험 결과에 대한 신뢰성이 저하된다. 본 연구에서는 이러한 진공장치를 이용하여 시편 내부 공극을 진공상태로 하고 증류수를 사용하여 실험하였다. ASTM의 규정에서는 실험에서 산정된 전하량을 염소이온 투과성으로 평가하는 기준을 표 5와 같이 제시<sup>6)</sup>하고 있다.

표 5. 염소이온 투과시험에 의한 콘크리트의 투수성평가 (ASTM C 1202-97)

Coulombs(Q)	Permeability Rating
above 4000	High
2000~4000	Moderate
1000~2000	Low
100~1000	Very Low
100이하	Negligible

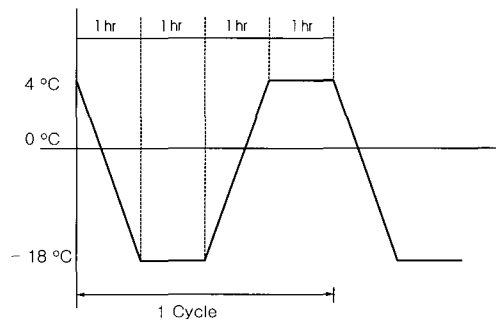
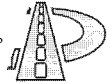


그림 3. 동결-융해 저항성 실험에서의 온도변화

#### 2.4.3 동결-융해 저항성 실험

본 연구에서는 초속경시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트의 동결-융해 저항성을 평가하였다. 실험의 목적은 소포제의 첨가에 따른 공극의 감소로 인한 동결-융해 저항성과의 상관관계와 라



텍스 혼입률에 따른 동결-융해 저항성의 차이를 비교 고찰하여 교면포장 재료로서의 RSLMC에 대한 사용성을 평가하였다.

동결-융해에 대한 저항 실험은 KS F 2456 (ASTM C 666) B Type에 따라 공기 중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 실시하였으며 이때 공시체 중심에서의 온도를 동결시  $-18^{\circ}\text{C}$ , 융해시  $4^{\circ}\text{C}$ 로 상승시키는 것을 1사이클 4시간으로 하여 반복 수행하였다.<sup>7)</sup> 각 시험체는 300사이클을 원칙으로 수행하되 시험체의 상대동탄성계수가 60% 이하로 되는 경우 실험을 종료할 수 있다. 그림 3은 1사이클에 대한 온도변화를 나타낸 것이다.

### 3. 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 내구특성

#### 3.1 강도발현 특성

표 6은 라텍스 혼입으로 인한 기포발생을 억제하기 위해 소포제 혼입에 따른 압축강도 및 휨강도의 결과를 나타낸 것이다. 소포제 혼입률 4.8%까지는 압축강도가 증진되는 경향을 나타내었으나, 소포제 혼입률 6.4%에서는 오히려 강도가 저하되는 것으로 나타났다. 또한, 재령이 증가할수록 강도발현율은 현저하게 증가하는 것으로 나타났다. 동일한  $18 \pm 1\text{cm}$  슬럼프 조건에서 라텍스 혼입율 변화에 따른 압축강도는 라텍스 혼입율이 5%에서 10, 15%로 증가할수록 5%에 비해 강도가 다소 저하되는 것으로 나타났으며, 혼입율 20%의 경우는 라텍스량의 증가로 물-시멘트비가 크게 저하되었음에도 불구하고 초기강도가 상당히 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 라텍스 혼입량이 과도하여 양생초기 물속에 분산되어 있는 라텍스 입자가 초속경 시멘트의 수화반응을 지연하는 지연제와 같은 역할을 하기 때문으로

판단되며, 재령이 증가함에 따라 이러한 역할은 감소하여 강도발현이 정상적으로 진행되는 것으로 나타났다.

표 6. RSLMC의 재령에 따른 강도발현

Latex (%)	Anti-foamer (%)	w/c (%)	Compressive Strength(kgf/cm <sup>2</sup> )				Flexural Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )							
			3hr	6hr	24hr	28 days	3hr	6hr	24hr	28 days				
			0	15	33	48	64	225	257	331	420	53	63	74
	1.6				236	339	389	478	55	67	77	115		
	3.2				254	340	382	465	56	70	76	103		
	4.8				257	339	396	484	53	69	76	106		
	6.4				229	275	359	439	52	60	61	91		
0		49	5	10	15	20	159	192	346	384	25	47	48	64
		45				279	306	381	518	42	62	67	97	
	1.6	39				259	297	371	556	41	66	72	105	
		33				236	339	389	478	55	67	77	115	
		28				155	315	368	446	53	75	84	107	

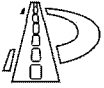
#### 3.2 투수특성 분석

##### 3.2.1 소포제가 투수성에 미치는 영향

또한, 소포제를 혼입하지 않은 경우도 공기량이 8.0%임에도 불구하고 매우 낮은 투수성의 결과를 보여 소포제의 사용이 투수성에 미치는 영향은 상대적으로 적은 것을 알 수 있었다. 이러한 이유는 콘크리트 내부의 공극이 증대되어도 콘크리트가 경화됨에 따라 형성된 라텍스 필름막이 공극 주위를 감싸 염소이온의 투과를 억제함으로 인해 기인된 것으로 판단된다.

##### 3.2.2 라텍스 혼입율이 투수성에 미치는 영향

라텍스의 혼입률 변화가 투수성에 미치는 영향을 분석하고자 동일한 작업성 조건인 슬럼프 18



±1cm로 하여 실험한 결과는 표 8과 같다.

라텍스의 첨가량이 증가할수록 초기 슬럼프 18 ±1cm를 위한 물-시멘트비는 상당히 적어지는 것으로 나타났으며, 또한 염소이온의 투과실험에 의한 통과전하량이 라텍스 혼입률이 0%에서 20%로 증가함에 따라 1312Q에서 23Q로 감소되어 라텍스 혼입률이 투수성에 미치는 영향은 매우 큰 것으로 확인되었다.

표 7. 소포제 혼입에 따른 RSLMC의 염소이온투과 특성

Antifoamer (%)	Coulombs (Q)	Latex (%)	Slump (cm)	Curing days
0	79	15	18±1	28
1.6	54			
3.2	68			
4.8	85			

표 8. 라텍스 혼입을 변화에 의한 RSLMC의 투수특성

Latex (%)	Coulombs (Q)	W/C (%)	Slump (cm)	Curing days
0	1312	49	18±1	28
5	1229	45		
10	337	39		
15	68	33		
20	23	28		

따라서, 라텍스 혼입률이 10%로 증대되면, 혼입되지 않은 경우에 비해 74% 투수성의 감소를 보이며, 라텍스 혼입률이 15%, 20%로 증가함에 따라 95%, 98%로 투수성이 감소하는 것으로 나타나, 라텍스 혼입률이 15%이상인 경우에는 감소폭이 다소 완만해지므로 라텍스 혼입률 15%의 경우가 가장 적합한 것으로 판단된다.

### 3.3 동결융해 저항성

#### 3.3.1 소포제가 동결-융해 저항성에 미치는 영향

소포제 사용이 동결-융해 저항성에 미치는 영향을 분석하고자 라텍스를 15% 혼입한 경우에 소포제 혼입율을 0, 1.6, 3.2, 4.8, 6.4%로 변화하여 동결융해실험을 수행한 결과 동결융해 사이클에 대한 상대동탄성계수의 변화는 그림 4와 같이 나타났다.

소포제의 혼입률이 3.2%이상인 경우 동결-융해 반복주기 300사이클까지 상대동탄성계수가 90%이상 유지되었으며, 추가적인 증진현상은 발견할 수 없었다.

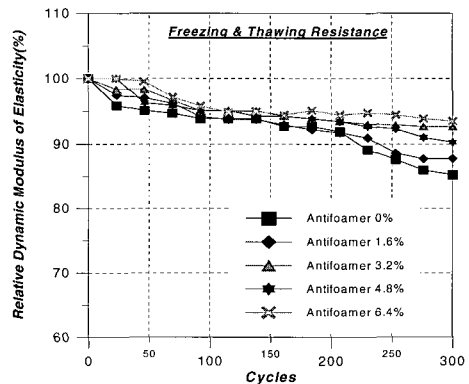
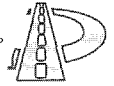


그림 4. 소포제 혼입에 의한 상대동탄성계수 특성

그리고 소포제 혼입률 3.2, 4.8, 6.4%의 경우는 거의 차이를 발견할 수 없었으나, 소포제 혼입률 0%, 1.6%의 경우는 동결-융해 사이클 200회 이상에서는 상대적으로 빠르게 감소하여 동결융해 반복주기 235사이클을 넘어서면서 상대동탄성 계수가 90%이하로 저하되었다. 따라서, 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트에서 소포제 사용은 기포억제효과로 인한 압축강도의 증진뿐 아니라 동결-융해 저항성에도 다소 기여하는 것으로 나타났다.



### 3.3.2 라텍스 혼입률이 동결-융해 저항성에 미치는 영향

#### 영향

라텍스 혼입률이 동결-융해 저항성에 미치는 영향을 분석하고자 소포제 혼입률 1.6%로 동일하게 혼입하고, 라텍스 혼입률을 0, 5, 10, 15, 20%로 변화하여 동결-융해 저항성을 분석하였다.

그림 5는 동결-융해에 따른 상대동탄성계수를 나타낸 것으로서 라텍스를 혼입한 경우는 모두 동결-융해 300사이클까지 상대동탄성 계수가 90%이상 유지되는 것으로 나타났다. 또한, 라텍스를 혼입하지 않은 경우에서도 250사이클 이후 상대동탄성계수가 90%이하로 저하되었으나 라텍스를 혼입한 경우에 비하여 미소한 차이를 나타냈다. 라텍스를 혼입한 경우는 라텍스를 혼입하지 않은 경우에 비하여 상대적으로 동결-융해에 대한 저항성이 양호한 것으로 나타났는데 이는 낮

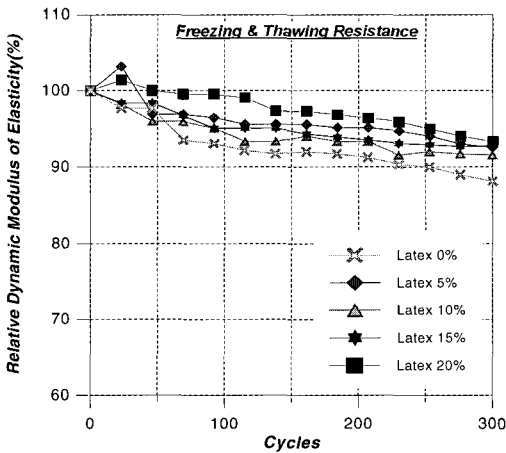


그림 5. 라텍스 혼입에 의한 상대동탄성계수 특성

은 물-시멘트 비로 인해 콘크리트의 압축강도가 400kgf/cm<sup>2</sup> 이상 고강도를 보여 동결-융해에 따른 팽창압에 대한 저항성이 높아진데 기인한 것으로 판단된다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 초속경시멘트에 라텍스를 혼입한 RSLMC의 강도 및 내구특성을 평가하고자, 실험인자로 라텍스 및 소포제 혼입율을 선정하여 염소이온 투과시험과 동결-융해 저항 실험을 수행하여 내구특성을 분석하고자 하였다. 본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

1) 소포제 혼입률이 증가함에 따라 기포억제 효과로 인해 압축강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 휨강도는 영향이 작은 것으로 나타났다. 또한, 소포제 혼입률이 6.4%인 경우에는 강도가 오히려 저하되는 것으로 나타나 적정 소포제의 사용은 강도와 경제성 측면에서 볼 때 1.6% 정도가 바람직 할 것으로 판단된다.

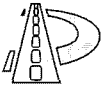
2) RSLMC의 투수성은 W/C=33%, Latex=15%에서는 소포제의 혼입량에 관계없이 모두 전하량이 100이하로 나타나 불투수성의 특성을 보였으며, 소포제에 의한 투수특성의 영향은 미소한 것으로 나타났다. 또한, 라텍스 혼입에 따라 투수성은 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

3) 소포제의 혼입률이 3.2%이상인 경우 동결-융해 300사이클까지 상대동탄성계수가 90%이상 을 유지하였으며, 0%, 1.6%인 경우는 235사이클 이후 90%이하로 저하되어 소포제의 사용이 동결-융해 저항성에 효과가 있는 것으로 나타났다.

4) 소포제 혼입률이 1.6%로 동일하게 혼입하였을 때, 라텍스 혼입률에 따라 모든 경우에서 상대 동탄성 계수가 90%이상 나타내었으며 라텍스를 혼입하지 않은 경우는 250사이클 이후 90%이하 로 저하되나 그 차이는 미소한 것으로 나타났다.

### 감사의 글

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



## 참고문헌

1. 윤경구, 이주형, 김기현, 김대호(2000) "현장적 용을 위한 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 특성," 대한토목학회 가을 학술 발표회 논문집, pp. 395-398.
2. 이종명, 윤경구, 최상릉, 홍창우, 전인구(2000) "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성," 한국콘크리트학회 가을 학술 발표회 논문집, pp. 191-196
3. 이주형, 정원경, 김동호, 이봉학, 원치문, 이정호(2000), "라텍스 혼입에 따른 LMC의 동결융해 저항특성 평가," 한국콘크리트학회 Vol. 12, No.2, pp.497~502
4. 홍창우, 윤경구, 최상릉, 김태경(2000) "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성과 부착 강도특성," 도로포장공학회 학술 발표회 논문집, pp.191-197
5. ACI Commitee548(1991), "State-of-the-Art Report on Polymer-Modified Concrete," American Concrete Insititute, ACI 548.3R-91, November
6. ASTM(1997), "Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration<sup>1</sup>", ASTM C 1202-97
7. Bordeleau, Daniel (1992), "Comparative Study of Latex-Modified Concretes and Normal Concretes Subjected to Freezing and Thawing in the Presence of a Deicer Salt Solution," *ACI material Journal*, V.89, No. 6, Nov-Dec, pp.547~553
8. K. DEMURA(1997), "Strength Properties of High-Early-Strength Polymer-Modified Mortars with a Calcium Aluminate-Based Accelerator," *Proc. 5th Japan International SAMPLE Symposium*, Oct, 28-31
9. National Cooperative Highway Research Program (1977), "Rapid-Setting Material for Patching of Concrete", Transportation Research Board, NCHRP 45
10. Sprinkel, Michael M.(1999), "Very-Early-Strength Latex-Modified Concrete Overlays", Report of Virginia Transportation Research Council, No. VTRC99-TAR3.
11. Sprinkel, Michael M.(1988), "High Early-Strength Latex Modified Concrete Overlay", Transportation Research Record 1204, TRB, National Reserch Council, Washington, D.C, pp.42~51

(접수 : 2001. 9. 4)