

# 초속경 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트의 강도발현 및 내구특성

## Development of Strength and Durability Properties of Latex-Modified Concrete with Rapid-Setting Cement

최 성 욱\*      홍 창 우\*\*      김 동 호\*\*\*      최 상 룡\*\*\*\*      장 흥 균\*\*\*\*\*  
Choi, Sung Uk    Hong, Chang Woo    Kim, Dong Ho    Choi, Sang Leung    Jang, Heung Gyun

### ABSTRACT

The purpose of this research is to develop rapid setting cement latex modified concrete (RSLMC) which will be used to overlay bridge deck for maintaining and repairing. The main experimental variables were the types of rapid setting cement and variation of latex and antifoam agent contents were selected as admixture factor, then the properties of workability and strength development and durability properties were investigated. The results of this study show that latex content give increment of a slump due to surface tension in polymer particles and reduce unit weight of water for preservation of workability. In addition, When no and 1.6~3.2% antifoam agent were mixed, 8%, 2.0~3.8% were respectively obtained. An increasing the amount of latex produced concrete with increased flexural strength, but with slightly lower compressive strength. Rapid chloride permeability and freezing-thawing test carried out. As a results, according to increment of containing ratio antifoamer, strength of RSLMC increase, permeability showed lower value than ignorable 100 coulombs. Also, in the case of more than antifoamer 1.6%, the relativity dynamic modulus is maintained more than 90%, but in case of 0, 5%, it decrease.

In consequence, with the view of strength and workability of RSLMC, it is considered that appropriate content ratio of antifoam agent and latex solid are respectively 1.6% by latex weight, 15% by cement weight.

keywords : Rapid-setting cement latex modified concrete(RSLMC), Antifoam agent, Latex, Durability

### 1. 서론

콘크리트 내구성에 영향을 주는 염해물이나 수분의 침투를 방지하기 위하여 제시된 방법 중의 하나가 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트에 라텍스 수지를 첨가하여 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete, 이하 LMC)를 제조하는 것이다. 그러나, LMC는 양생기간이 길어 긴급 보수를 요하는 곳에서의 사용에 문제점이 있다. 따라서 조기 강도 발현을 목적으로 초속경 시멘트를 사용하고 있다. 그러나 초속경 시멘트를 사용한 콘크리트는 시공시 블리딩 현상이 발생, 염해물이나 수분에 의한 부식, 표면 마모현상 및 동결융해 저항성이 상당히

\* 정희원, 강원대학교 토목공학과, 석사과정  
\*\* 정희원, 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터 연구원  
\*\*\* 정희원, 강원대학교 토목공학과 박사과정  
\*\*\*\* 정희원, (주)한석엔지니어링, 전무이사  
\*\*\*\*\* 정희원, (주)국일건설 엔지니어링 대표이사

떨어지는 단점을 갖고 있다. 이에 본 연구에서는 초속경 시멘트에 라텍스 수지를 혼입한 라텍스 개질 초속경 콘크리트(Rapid-Setting Latex Modified Concrete, 이하 RSLMC)를 개발하고 이에 따른 역학적 특성 및 내구 특성을 분석하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구에서는 국내에서 생산되는 3종류의 초속경 시멘트와 라텍스 및 소포제 혼입률 변화에 따른 작업성 및 강도발현 특성을 분석하고 이에 따른 내구특성을 평가하고자 하였다. 소포제의 첨가는 라텍스 전 고형분의 중량에 대한 소포제 유효고형분의 비로 0, 1.6, 3.2, 6.4%로 하였으며, 라텍스 혼입률은 단위 시멘트량에 대한 라텍스 고형분의 비로 0, 5, 10, 15, 20%로 선정하였다.

### 2.2 사용재료

#### 2.2.1 초속경 시멘트

본 연구에서는 초속경 시멘트의 화학적 성분에 의해 크게 Type A, B, C로 구분 실험을 수행하였다.

#### 2.2.2 라텍스 및 소포제

라텍스란 고무나무로부터 얻어지는 반투명상태의 우유빛을 띠는 액체상태로, 유기체 폴리머입자가 물 속에 분산되어있는 것을 말한다. 본 연구에서는 미국 D사의 스틸렌/부타디엔 라텍스를 사용하였다. 그리고 소포제(Antiform agent)는 실리콘 계열로서 국내 D사 제품을 사용하였다.

#### 2.2.2 골재

굵은 골재는 최대치수 13mm의 레미콘용 쇄석을, 잔골재는 강모래를 사용하였다.

### 2.3 콘크리트 배합 및 양생

본 연구에서 사용된 배합설계는 Table 2.1과 같다.

Table 2.1 Mixing Proportions of Experimental Design

W/C (%)	S/a (%)	Latex (%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )				
			C	W	S	G	Latex
33	58	0	390	129	1060	759	0
		5		108	1031	738	41
		10		86	1003	718	81
		15		65	974	697	122
		20		44	945	676	163
38	58	0	390	148	1031	738	0
		5		127	1002	717	41
		10		106	973	697	81
		15		85	945	676	122
		20		63	916	656	163

### 2.4 실험방법

실험은 굳지 않은 콘크리트 시험으로 KS F 2402에 의거한 슬럼프 시험과, 공기량 실험은 KS F

2421에 의해 수행되었으며, 강도시험으로 KS F 2405에 의해 압축강도, KS F 2408에 의한 휨강도를 수행하였다. 또한 내구특성 시험으로는 염화이온 투과시험과 동결융해 시험을 수행하였다. 염화이온 투과시험은 ASTM C 1202-91과 AASHTO T259의 방법에 의거하여 수행하였다. 그리고 동결-융해에 대한 저항 시험은 KS F 2456 (ASTM C 666) B Type에 따라 공기 중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 실시하였다.

### 3. 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 강도 특성

#### 3.1 슬럼프 경시변화

본 연구에서는 라텍스 개질과 초속경 시멘트 종류가 슬럼프 특성에 미치는 영향을 파악하고자 실험을 수행하였으며, 그 실험결과를 Fig. 3.1에 나타내었다. 이 때 라텍스는 동일하게 15% 혼입한 것이다. 초기 슬럼프는 모든 시멘트 종류에서 목표슬럼프  $20 \pm 1\text{cm}$  이상이 나타났다. 이와같은 결과는 라텍스 제조시 포함된 계면활성제의 역할로서 폴리머 입자간의 표면장력에 의해 유동성이 증대된 것으로 판단된다. Fig. 3.1의 경우는 초속경 시멘트 종류에 따른 슬럼프 경시변화 특성을 나타낸 것으로서 Type A의 경우가 다른 시멘트에 비해 완만한 슬럼프 경시변화 특성을 보였다. Fig. 3.2는 Type B에서 라텍스를 15% 혼입한 경우 소포제에 따른 슬럼프 경시변화를 나타낸 것으로서 소포제 혼입률이 증가해도 초기 슬럼프에는 영향을 미치지 않으나, 시간경과에 따른 슬럼프 변화는 다소 완만한 특성을 나타내었다. Fig. 3.3은 목표 슬럼프  $20 \pm 1\text{cm}$ 를 위한 라텍스 혼입률과 물-시멘트비의 관계를 나타낸 것으로서 라텍스 혼입률이 증가할수록 물-시멘트비가 현저하게 감소하는 것으로 나타났다.

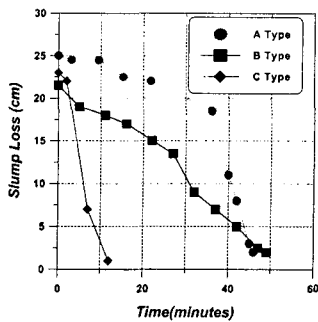


Figure 3.1 Slump Loss of Rapid Setting Cement

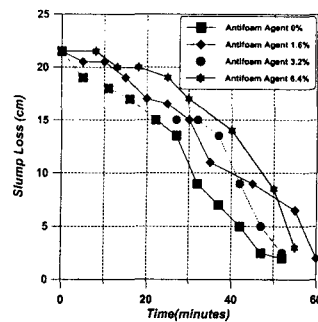


Figure 3.2 Slump Loss of RSLMC by Antifoam Agent Contents

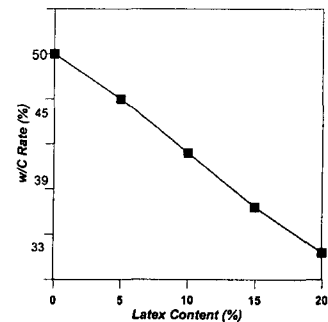


Figure 3.3 W/C Rate Change by Latex Contents

#### 3.2 압축강도 특성

##### 3.2.1 초속경시멘트 종류에 따른 영향

초속경 시멘트 종류에 따라서 라텍스를 혼입하지 않은 경우는 제조사의 기준배합으로, 라텍스를 혼입한 경우 동일 물-시멘트비와 라텍스 혼입률을 15%로 하여 실험을 수행하였으며, 그 결과를 Table 3.1에 나타내었다. 라텍스를 혼입하지 않은 경우 시멘트 종류에 관계없이 초기재령 3시간 후 압축강도가 모두  $200\text{kgf/cm}^2$ 를 넘어섰으며 지속적으로 강도가 발현되는 것으로 나타났다. 그러나, 라텍스를 15% 혼입한 경우 콘크리트 제조시 다량의 기포가 발생되면서 전체적으로 초기강도값이 현저히 저하되는 결과를 나타내었고, Type B를 사용한 콘크리트가 제일 높은 강도발현 특성을 나타냈다.

### 3.2.2 소포제에 의한 영향

라텍스 혼입으로 인한 기포발생을 억제하기 위해 소포제 혼입률을 라텍스 전 고형분의 중량에 대한 소포제 유효고형분의 비로 0, 1.6, 3.2, 6.4%로 변화하여 첨가하였으며, 이때 초속경 시멘트는 Type B로 한정하였다. 공기량 시험결과 소포제를 혼입하지 않은 경우 8%의 공기량을 보였으나, 소포제 3.2%를 사용한 경우는 3.0%, 6.4%를 사용한 경우에는 2.1%로 각각 감소하는 것으로 나타났다. Table. 3.2는 소포제 혼입에 따른 압축강도 결과를 나타낸 것으로서 물-시멘트비가 38%인 경우 소포제 혼입률 1.6%에서 물-시멘트비 33%인 경우는 소포제 혼입률 3.2%에서 각각 소포제를 혼입하지 않은 경우에 비해 3시간 압축강도가 약 20%, 13%증진되었다. 그러나 물-시멘트비에 상관없이 소포제 혼입률 6.4%에서는 오히려 강도가 저하되는 것으로 나타났다. 따라서, 적정범위의 소포제 사용은 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 강도발현에 필수적인 요인인 것으로 확인되었다.

Table 3.1 Compressive Strength Properties of Rapid Setting Cements and RSLMC

Cement Type	W/C (%)	Latex contents (%)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	24hr	28day
Type A	32	0	302	358	426	493
	38	15	65	119	217	344
Type B	38	0	298	388	460	512
	38	15	169	180	234	352
Type C	43	0	258	293	315	474
	38	15	143	196	206	210

Table 3.2 Compressive Strength Properties of RSLMC

W/C (%)	Latex (%)	Antifoam agent Contents (%)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	24hr	28day
38	15	0	169	180	235	352
		1.6	204	224	260	425
		3.2	191	207	235	408
		6.4	170	183	210	359
33	15	0	225	257	331	420
		1.6	236	339	389	478
		3.2	254	340	382	465
		6.4	229	275	359	439

Table 3.3 Compressive Strength Properties of RSLMC with Latex Contents

Antifoam agent Content (%)	Latex (%)	W/C (%)	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	24hr	28day
0	0	49	159	192	346	384
1.6	5	45	279	306	381	518
	10	39	259	297	371	556
	15	33	236	339	389	478
	20	28	155	315	368	446

### 3.2.3 라텍스 혼입율 변화에 의한 영향

동일한 20cm 슬럼프 조건에서 라텍스 혼입율 변화에 따른 압축강도 특성은 Table 3.3과 같다. 라텍스를 첨가하지 않은 경우 단위수량 증대에 의해 초기 압축강도발현이 저하되었다. 그리고 라텍스 혼입률 5, 10, 15%의 경우는 라텍스 혼입률이 증가할수록 강도가 다소 저하되는 것으로 나타났으며, 라텍스 혼입률 20%의 경우는 과도한 라텍스의 첨가로 인해 초기강도발현이 상당히 저하되었다.

## 3.3 휨강도 특성

### 3.3.1 소포제에 의한 영향

Table 3.4에서 소포제 혼입률 변화가 초기 3시간 휨강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났으며, 이후 재령에서는 1.6~3.2% 혼입한 경우는 소포제를 사용하지 않은 경우보다 다소 증가하였다. 그러나 소포제를 6.4% 혼입한 경우는 재령 6시간이후부터는 강도증진이 거의 이루어지지 않는 것으로 나타나 소포제의 과다 사용이 휨강도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 3.4 Flexural Strength Properties of RSLMC with Antifoam Agent Contents

Latex (%)	W/C (%)	Antifoam Agent Contents (%)	Flexural Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	24hr	28day
15	33	0	53	63	74	98
		1.6	55	67	77	115
		3.2	56	70	76	103
		6.4	52	60	61	91

Table 3.5 Flexural Strength Properties of RSLMC with Latex Contents

Antifoam Agent Content (%)	W/C (%)	Latex (%)	Flexural Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	24hr	28days
0	49	0	25	47	48	64
1.6	45	5	42	62	67	97
	39	10	41	66	72	105
	33	15	55	67	77	115
	28	20	53	75	84	107

3.3.2 라텍스 혼입율에 의한 영향

라텍스 혼입률이 휨강도에 미치는 영향을 분석하고자 위에 제시된 적정 소포제 혼입률 1.6%인 경우에 20cm의 동일 슬럼프를 기준으로 하여 실험한 결과 Table 3.5과 같다. 초기 3시간 휨강도 발현은 라텍스 혼입률이 0%에서 15%로 증가할수록 휨강도가 25kgf/cm<sup>2</sup>에서 56kgf/cm<sup>2</sup>로 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 재령이 증가함에 따라서도 라텍스를 혼입한 경우가 휨강도가 증진되는 것으로 나타났다.

4 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 내구특성

4.1 투수특성

기포억제를 위해 사용된 소포제가 투수성에 미치는 영향에 대한 실험결과는 Table 4.1과 같다. RSLMC의 전하량은 85쿨롱이하를 나타내어 투수성이 매우 낮음을 알 수 있었으며, 소포제 1.6% 혼입 시 가장 낮은 54쿨롱을 보여, 거의 불투수성 재료에 가까운 것을 확인할 수 있었다. 소포제가 투수성에 미치는 영향은 소포제의 첨가율이 1.6%일 경우 소포제를 혼입하지 않은 경우보다 32%가 증진되었으며, 소포제 혼입량이 3.2% 이상부터는 투수저항성이 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 소포제를 혼입하지 않은 경우 공기량이 8.0%인데도 불구하고 투수성은 매우 적은 것으로 나타났다. 이것은 콘크리트 내부의 공극이 증대되어도 콘크리트가 경화됨에 따라 형성된 라텍스 필름막이 공극 주위를 감싸 염화이온의 투과를 억제함으로써 기인된 것으로 판단된다. 또한, 라텍스의 혼입률 변화에 의한 투수성에 미치는 영향은 라텍스 혼입률이 0%에서 20%로 증가함에 따라 1312쿨롱에서 23쿨롱으로 감소되어 라텍스 혼입률이 투수성에 미치는 영향은 매우 큰 것으로 확인되었다.

Table 4.1 Permeability of RSLMC with Antifoamer

w/c (%)	Latex (%)	Slump (cm)	Antifoam Agents (%)	Coulombs	Curing Time (days)
49	0	20±1	3.2	1312	28
45	5		3.2	1229	
39	10		3.2	337	
33	15		0	79	
			1.6	54	
			3.2	68	
			4.8	85	
28	20		3.2	23	

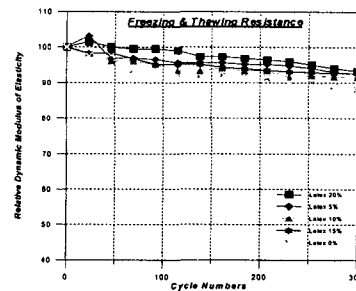


Figure 4.1 Relative Dynamic Modulus of Elasticity with Latex Contents

#### 4.2 동결융해 저항성

라텍스 혼입률이 동결융해저항성에 미치는 영향을 분석하기 위해, 라텍스 혼입률을 0, 5, 10, 15, 20%로 변화하여 동결융해저항성을 분석하였다. Fig. 4.1에서 라텍스를 혼입한 경우는 동결융해 300사이클까지 상대동탄성 계수가 90%이상 유지되었으나, 라텍스를 혼입하지 않은 경우는 250사이클 이후 상대동탄성계수가 90%이하로 저하되는 것으로 나타나, 라텍스 혼입으로 인해 초속경 시멘트의 동결융해에 대한 저항성을 다소 보완하는 것으로 확인되었다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 국내에서 생산되는 3종류의 초속경 시멘트와 라텍스 및 소포제 혼입률 변화에 따른 작업성 및 강도발현 특성을 분석하고 이에 따른 염화이온 투수성과 동결융해 저항성에 대한 내구특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 라텍스 혼입은 라텍스의 계면활성제 작용에 의해서 슬럼프를 증대시켜 작업성을 유지하기 위한 단위수량을 감소시키며, 소포제 사용은 슬럼프 경시변화에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 라텍스를 초속경 시멘트에 혼입할 경우, Type B는 초기강도 뿐만 아니라 재령에 따라서도 강도증진이 가장 우수함을 보여 라텍스 혼입으로 인한 안정성이 가장 뛰어난 것으로 나타났다.
- 3) 초속경 시멘트에 라텍스를 혼입할때 공기량은 8%로 나타났으나, 소포제를 혼입함으로써 공기량을 2.0~3.8%로 저하시키는 것으로 나타났다.
- 4) 라텍스 혼입으로 인해 압축강도는 라텍스 혼입률이 증가할수록 감소한 반면에 휨강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 강도 및 작업성 측면을 고려할 때 소포제의 적정 혼입률 범위는 1.6%이며, 라텍스 혼입률은 15%로 나타났다.
- 5) 라텍스 혼입에 따른 동결융해 저항성은 라텍스를 혼입한 경우 동결융해 300사이클까지 상대동탄성 계수가 90%이상 유지되었으나, 라텍스를 혼입하지 않은 경우는 250사이클 이후 상대동탄성계수가 90%이하로 저하되는 것으로 나타났다.
- 6) 염화이온 투과시험에 의한 RSLMC의 투수성은 쿨롱값이 100이하로 나타나 불투수성의 특성을 보였으며, 소포제에 의한 공기량의 감소가 투수특성에 미치는 영향보다는 라텍스의 첨가로 인한 불투수성의 향상이 보다 크게 나타났다.

#### 참고문헌

1. 홍창우, 윤경구, 최상룡, 김태경(2000), "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성과 부착강도특성", 도로포장공학회 학술발표회논문집, pp. 191-197.
2. Sprinkel, Michael M.(1988), "High-Early-Strength Latex Modified Concrete Overlays", Transportation Research Record 1204, TRB, National Reserch Council, Washington, D.C, pp.42~51
3. ACI Commettee548(1991), "State-of-the-Art Report on Polymer-Modified Concrete," American Concrete Insititute, ACI 548.3R-91, November
4. Sprinkel, Michael M.(1999),"Very-Early-Strength Latex-Modified Concrete Overlays", Report of Virginia Transportation Research Council, No. VTRC99-TAR3.