

라텍스개질 콘크리트의 건조수축특성

Drying Shrinkage Properties of Latex Modified Concrete

이 훈 재* 김 태 경** 김 동 호*** 김 성 환**** 윤 경 구*****

Lee, Hoon Jae Kim, Tae Kyong Kim, Dong Ho Kim, Seong Hwan Yun, Kyong Ku

ABSTRACT

Drying shrinkage cracking which may be caused by the relatively large specific surface is a matter of grave concern for latex modified concrete(LMC) overlay and rapid-setting cement latex modified concrete(RSLMC) overlay. LMC and RSLMC were studied for field applications very actively in terms of strength and durability in Korea. However, there were no considerations in drying shrinkage. Therefore, the purpose of this study was to investigate the drying shrinkage properties of LMC and RSLMC with the main experimental variables such as cement types(ordinary portland cement, rapid setting cement), latex contents(0, 5, 10, 15, 20%), W-C ratios, and curing days at a controlled environment of 60% of relative humidity and 20°C of temperature. The drying shrinkage for specimens was measured with a digital dial gauge of Demec.

The test results showed that the drying shrinkage of LMC and RSLMC were considerably lower than that of OPC and RSC, respectively. This might be attributed to the interlocking of hydrated cement and aggregates by a film of latex particles, water retention due to hydrophobic, and colloidal properties of the latexes resulting in reduced water evaporation.

1. 서론

현재 교량의 교면포장에는 아스팔트포장재료가 주로 사용되어 오고 있으나, 내구성저하, 잦은 보수 보강의 문제가 발생하여 대체재료로서 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 기존 콘크리트(Ordinary Portland Cement Concrete이하 OPC)에 라텍스 수지를 첨가한 라텍스개질 콘크리트(Latex Modified Concrete; 이하 LMC)에 대한 새로운 교면포장 공법이 연구되고 있다. 또한, 긴급보수용으로 양생기간을 줄일 목적으로 조기 강도 발현이 큰 초속경 시멘트 콘크리트(Rapid-Setting Cement Concrete이하 RSC)를 구조물이나 도로 또는 교량상판과 같이 긴급보수를 요하는 곳에 적용하는 방법이 연구되고 있다. 그러나, 이러한 신설교량의 교면포장재료 쓰이는 LMC와 긴급보수용으로 사용될 초속경 라텍스개질 콘크리트(Rapid-Setting Latex Modified Concrete이하 RSLMC)의 경우 상대적으로 비표면적이 큰 콘크리트 포장이므로 내구성 및 공용성을 확보하기 위해 양생 초기에 건조수축특성에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 덧씌우기에 쓰이는 LMC와 시공 후 외부적, 내부적 요인에 의해 파손된 교면체의 긴급보수용으로 사용될 수 있는 RSLMC의 내구성 및 공용성을 확보하기 위한 건조수축특성에 대해 고찰해 보고자 하였다.

* 정회원, 강원대학교 토목공학과 석사과정

** 정회원, (주)승화이엔씨 기술연구소장

*** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사수료

**** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정

***** 정회원, 강원대학교 토목공학과 조교수

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서의 주요 실험변수로는 2종류(1종 시멘트, 초속경시멘트)의 시멘트와 시멘트 종류에 따른 라텍스 혼입률로 산정하여 라텍스에 의한 개질 콘크리트(LMC, RSLMC)의 건조수축특성을 알아보고자 하였다. 이를 위해 초기 배출슬럼프를 20±1cm의 동일작업조건으로 하여, 라텍스 혼입률을 시멘트 중량대비 0%, 5%, 10%, 15% 그리고 20%로 하여 압축강도, 휨강도 및 경화 후 재령에 따른 각 변수 별로의 건조수축 변화를 통해 상호 영향을 비교·분석하고자 하였다.

2.2 사용재료 및 배합설계

본 연구는 라텍스 혼입률을 주요변수로 하여 배합계획을 하였으며 실험결과에 대한 비교평가를 위해 초기배출슬럼프를 20±1cm의 동일작업조건으로 하고, 라텍스 혼입률은 시멘트 중량대비 0%, 5%, 10%, 15%, 20%로 하여 실험을 수행하였다. 이상과 같은 배합내용을 시멘트 종류에 따른 배합표를 표 3과 표 4에 나타내었다.

표 1 골재 특성

Type	Max. Size (mm)	Specific Gravity	Absorption (%)	F.M
Fine Aggregate	< 5	2.6	0.71	2.98
Coarse Aggregate	13	2.7	0.97	6.3

표 2 라텍스의 물리적 특성

Solid Content (%)	Butadiene Content (%)	Styrene Content (%)	Average particle size	Surface charge	Specific Gravity
48	34±1.5	66±1.5	1900~2500Å	Nonionic	1.01

표 3 OPC 및 LMC의 배합설계

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Mix Proportion (kg/m ³)					S/a (%)
			C	L	W	S	G	
OPC	0	56		0	224	922	691	
LMC	5	45	400	42	158	959	718	58
	10	42		83	125	947	710	
	15	35		125	75	960	719	
	20	31		167	37	955	715	

표 4 RSC와 RSLMC의 배합설계

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Mix Proportion (kg/m ³)					S/a (%)	A ¹⁾ (%)	S ²⁾ (%)
			C	L	W	S	G			
RSC	0	49		0	191	957	719			
RSLMC	5	46	390	41	157	947	712	58	1.0	
	10	42		81	119	944	710			
	15	38		122	82	940	707			
	20	34		163	44	944	710			

주1) 소포제 : 라텍스 전고형분에 대한 소포제 유효고형분 비로 1.0%

주2) 유동화제 : 시멘트 전중량 대비 1.0%

2.3 실험방법

재령 경과에 따른 강도특성을 파악하기 위한 압축강도 및 휨강도 시험을 KS F 2405 와 KS F 2408 규정에 의거 만능재료시험기를 사용하여 측정하였다. 길이변화 측정 시험체의 크기는 10×10×46cm로 성형한 후 몰드내에서 24시간 습윤(20℃, 80%RH)양생하여 공시체를 제작하였다. 습윤양생 재령 24시간에서 Demec Gauge를 이용하여 공시체의 초기값을 각각 측정 한 후 20℃, 60% (RH)의 건조조건하에 공시

체를 양생시키고 JIS A 1129(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법)에 준하여 건조 재령 1, 3, 4, 14, 28일에서의 건조수축 및 중량을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도 특성

그림 3과 4는 LMC와 RSLMC의 라텍스 혼입률 변화(0~20%)에 따른 재령별 압축강도발현 특성을 보이고 있다. LMC의 경우는 OPC의 재령 7일 압축강도 195kgf/cm²을 기준으로 라텍스 혼입률 5%, 10%, 15%, 20%에서 각각 약 7.7%, 24.6%, 70.1%, 62.6%의 압축강도 증진을 보이고 있으며, 재령 28일에서는 각각 약 27%, 45%, 47%, 39%, 45%의 강도 증진을 보이고 있다. RSLMC의 경우 RSC의 초기재령 3시간 압축강도 230kgf/cm²을 기준으로 라텍스 혼입률 5%, 10%, 15%, 20%에서 각각 약 17.8%, 20.4%, 16.1%, 8.7%정도의 초기 압축강도 증진을 나타내었으며 라텍스 혼입률 10%에서 가장 우수한 초기 강도를 보이고 있다.

3.2 휨강도 특성

그림 5와 6은 동일 작업조건에서의 라텍스 혼입으로 인한 LMC와 RSLMC의 휨강도 특성을 나타낸 것이다. LMC의 경우 라텍스의 혼입(0~20%)으로 재령 7일에서 각각 35, 38, 45, 65, 81kgf/cm²을 나타내어 OPC의 35kgf/cm²를 기준으로 각각 약 9, 29, 86, 131%의 증진을 보였으며 재령 28일에서는 각각

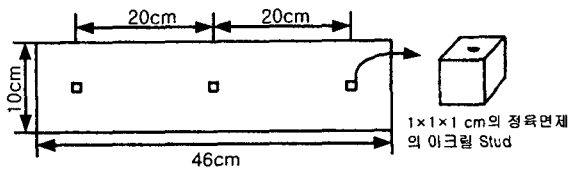


그림 1 건조수축 시험 시편의 크기

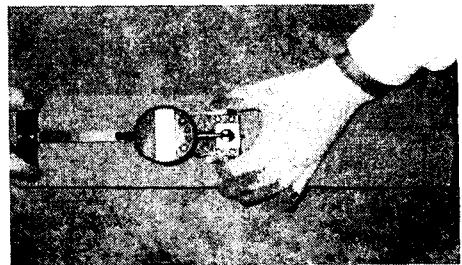


그림 2 Demec Gauge를 이용한 건조수축측정

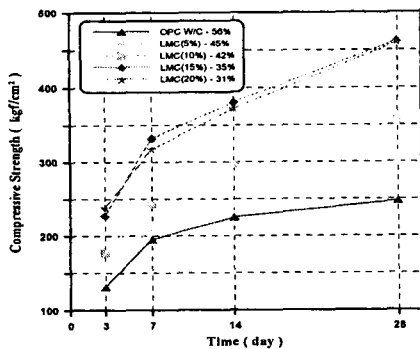


그림 3 OPC 및 LMC의 압축강도 특성

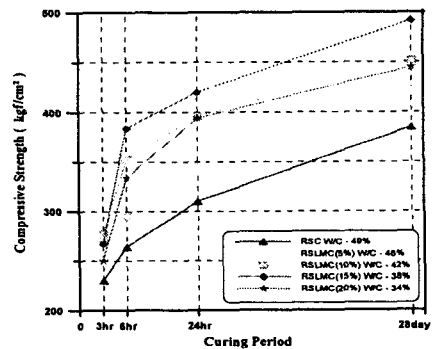


그림 4 RSC 및 RSLMC의 압축강도 특성

40, 51, 59, 86, 98kgf/cm²으로 각각 14, 25, 31, 32, 21%의 휨강도 증진을 보였다. 특히, RSLMC의 경우는 라텍스의 혼입(10, 15, 20%의 경우)으로 높은 작업성과 더불어 초기 재령 3시간 휨강도가 각각 47, 56, 53kgf/cm²으로 조기 교통개방 조건인 45kgf/cm²를 넘는 매우 높은 휨강도 값을 나타내었다.

3.3 OPC와 LMC의 건조수축특성

건조재령 28일의 LMC의 건조수축은 그림 7과 같이 라텍스 혼입물의 증가에 따라 감소하고 라텍스 혼입물 20%에서는 건조수축변형률이 4.013×10^{-4} , OPC에서는 7.663×10^{-4} 으로써 약 48%의 건조수축저감을 보였다. 그림 8은 라텍스 혼입물 변화에 따른 LMC의 중량변화율을 나타내는 것으로 건조재령 28일에 라텍스 혼입물 0%, 5%, 10%, 15%, 20%일 때 각각 초기보다 약 3.2%, 2.0%, 1.4%, 1.0%, 0.7%정도의 중량감소를 나타내었다.

3.4 RSC와 RSLMC의 건조수축특성

그림 9 및 10은 초속경 시멘트 콘크리트(RSC)와 초속경 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(RSLMC)의 건조수축 및 중량 변화율과 건조재령의 관계를 나타내고 있다. RSLMC의 라텍스 혼입물 변화에 따른 건조수축

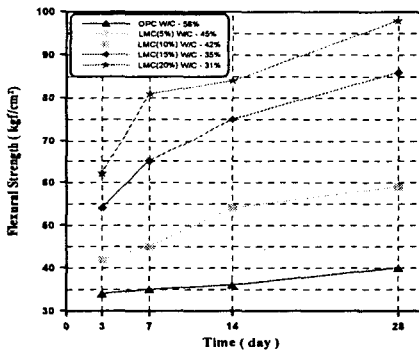


그림 5 OPC 및 LMC의 휨강도 특성

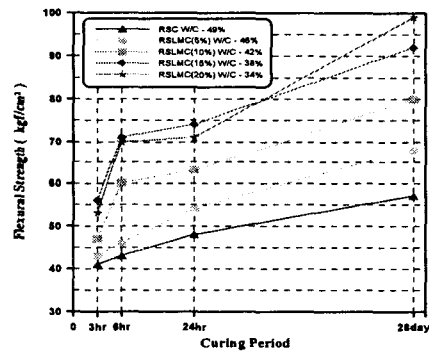


그림 6 RSC 및 RSLMC의 휨강도특성

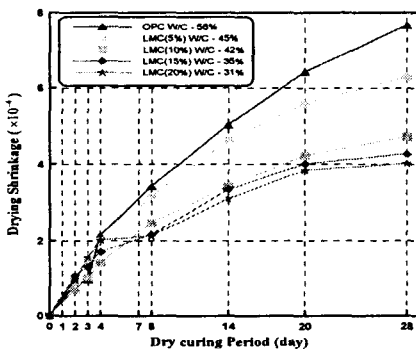


그림 7 OPC 및 LMC의 건조수축 변화

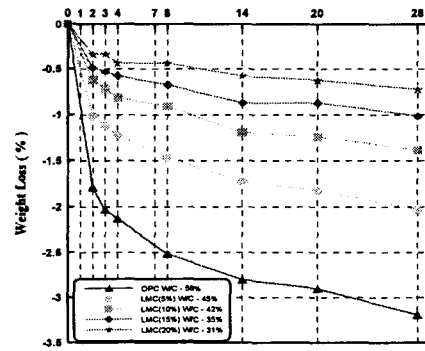


그림 8 OPC 및 LMC의 무게손실변화

특성은 건조재령 5일 이후 라텍스 혼입률 0%, 5%, 10%, 15%, 20%의 순으로 건조수축 감소의 뚜렷한 경향을 보이고 있다. 건조재령 28일에서의 건조수축변형률은 라텍스 혼입률 0~20%일 때 각각 약 2.512×10^{-4} , 2.3×10^{-4} , 1.7×10^{-4} , 1.502×10^{-4} , 1.488×10^{-4} 정도로 라텍스 혼입률 20%의 경우 RSC보다 약 40%의 건조수축감소를 보였다. 그림 10은 라텍스 혼입률 변화에 따른 RSLMC의 중량변화율을 나타낸 것이다. 건조재령 28일에서 라텍스 혼입률 변화(0~20%)에 따른 RSLMC의 중량감소율은 각각 약 1.09%, 0.72%, 0.43%, 0.29%, 0.1% 정도로 라텍스 혼입률 20%의 경우 RSC보다 거의 11배정도의 감소하는 경향을 보였다.

3.5 건조수축변형률과 중량감소율과의 관계

그림 11(a)와 (b)는 LMC와 RSLMC의 라텍스 혼입률 변화에 따른 중량감소율과 건조수축변형률과의 관계를 나타낸 것이다. OPC와 LMC의 경우, 동일 건조수축변형률 1×10^{-4} 에서의 라텍스 혼입률 변화(0%, 5%, 10%, 15%, 20%)에 따른 중량감소율은 각각 약 2.02, 1.02, 0.7, 0.45, 0.33%로 OPC의 경우 라텍스 혼입률 20%일 때보다 약 6배 정도의 중량감소율을 나타내는 것으로 보였다.

또, 동일 건조수축변형률 4×10^{-4} 에서의 라텍스 혼입률 변화(0~20%)에 따른 중량감소율은 각각 약

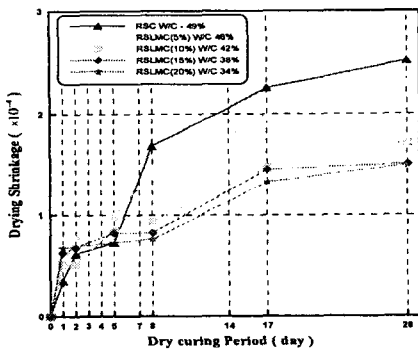


그림 9 RSC 및 RSLMC의 건조수축특성

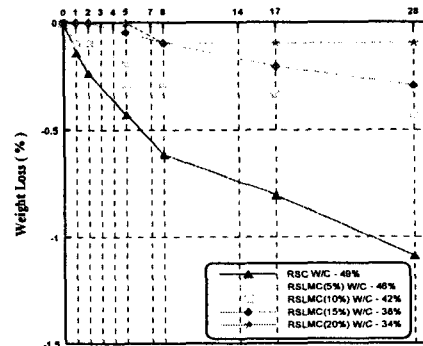
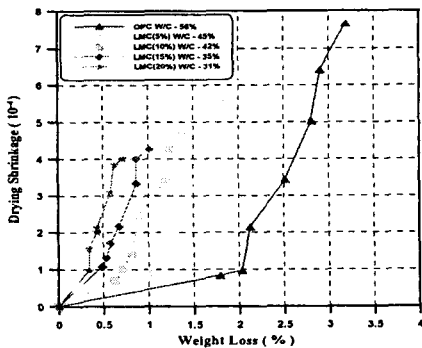
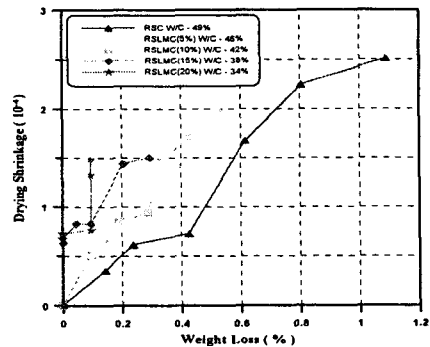


그림 10 RSC 및 RSLMC의 무게손실변화



(a) OPC 및 LMC



(b) RSC 및 RSLMC

그림 11 중량감소율과 건조수축량과의 상관관계

2.65, 1.65, 1.22, 0.87, 0.72%로 OPC의 경우 라텍스 혼입률 20%일 때보다 약 3.7배 정도의 중량감소율이 큼을 알 수 있었다. RSC와 RSLMC의 경우, 동일 건조수축변형률 1×10^{-4} 에서의 라텍스 혼입률 변화(0%, 5%, 10%, 15%, 20%)에 따른 중량감소율은 각각 약 0.48, 0.29, 0.29, 0.12, 0.09%로 RSC는 라텍스 혼입률 20%일 때보다 약 5.3배 정도의 중량감소율이 커짐을 보였다. 또, 동일 건조수축변형률 1.5×10^{-4} 에서는 각각 0.58, 0.41, 0.35, 0.29, 0.09%로 RSC는 라텍스 혼입률 20%일 때보다 약 6.4배 정도의 중량감소율이 크게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 시멘트 종류에 따른 라텍스개질 콘크리트의 역학적 특성과 건조수축특성에 대하여 동일 작업 조건에서의 라텍스 혼입률 변화의 영향을 분석하고자 실험을 수행한바 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 라텍스 혼입률 변화에 따른 동일작업조건을 만족하기 위한 물-시멘트비는 최대 25% 이상 차이가 있었으며, LMC와 RSLMC는 이러한 물-시멘트비의 감소로 인해 우수한 강도특성을 나타내었다.
- 2) 동일 작업 조건에서 라텍스 혼입률 변화에 따른 LMC의 건조수축변형률은 건조재령 28일의 경우 OPC보다 라텍스 혼입률 20%에서 약 48%의 건조수축이 감소하는 것으로 나타났다.
- 3) 동일 작업 조건에서 라텍스 혼입률 변화에 따른 RSLMC의 건조수축변형률은 건조재령 5일 이후 라텍스 혼입률 0%, 5%, 10%, 15%, 20%의 순으로 건조수축 감소의 뚜렷한 경향을 보이고 있으며 라텍스 혼입률 20%의 경우 RSC보다 약 40%의 건조수축감소를 보였다.
- 4) LMC와 RSLMC의 경우 동일 건조수축변형률에서 라텍스 혼입률이 증가할수록 중량감소율은 작아짐을 알 수 있었으며, 같은 중량감소율에서 건조수축변형률은 라텍스 혼입률이 증가할수록 커지는 것으로 나타났다. 재령별 건조수축변형율은 라텍스 혼입률이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강원대학교 석재복합 신소재제품연구센터의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. 김기현, 박상일, 양희용, 윤경구, 이주형(2000) "라텍스개질 콘크리트를 이용한 고속도로 교면포장의 현장적용," 도로포장공학회 학술발표회논문집, pp. 117-123.
2. 최성욱, 홍창우, 김동호, 최상릉, 장홍균 (2001) "초속경 시멘트를 사용한 라텍스개질 콘크리트의 강도발현 및 내구특성," 한국콘크리트학회 논문집 Vol. 13 , No. 2 pp. 1029-1034.
3. ACI Committe 548(1991), "State-of-the- Art, Polymer-Modified concrete," ACI 548.3R-91.
4. Kawano, T.(1982), "Studies on the Mechanism of Reducing Drying Shrinkage of Cement Mortar Modified by Rubber Latex," Proceedings of the Third International Congress on Polymers in Concrete (Vol.1), Koriyama, Japan, pp. 147-162.
5. Ohama, Y., and H. Hashimoto(1978), "Drying Shrinkage and Compressive Creep of Polymer-Modified Concrete," (in Japanese), Semento-Gijutsu-Nempo, Japan pp.308-311.