

라텍스 개질 콘크리트의 건조수축특성

Drying Shrinkage Properties of Latex Modified Concrete

윤 경 구* 홍 창 우** 이 주 형**

Yun, Kyong-Ku Hong, Chang-Woo Lee, Joo-Hyung

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. Therefore, the purpose of this dissertation was to study 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 same controlled environment of 60% of relative humidity and 20°C of temperature.

Test results revealed that the drying shrinkage of latex modified concrete(LMC), rapid-setting cement latex modified concrete(RSLMC) was considerably lower than that of ordinary portland cement concrete(OPC), rapid-setting cement concrete(RSC), respectively. This may 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.

키워드: 시멘트 종류, 라텍스, 건조수축

Keywords: cement type, latex, drying shrinkage

1. 서론

콘크리트는 다른 건설재료에 비해 내구성이 우수하다는 것은 널리 알려진 사실이지만 콘크리트 교량상판, 해양구조물, 공항활주로포장 등은 열악한 외부환경조건에 노출되어 있으며 사용연한이 증가함에 따라 구조성능과 사용성능이 저하되어, 충분한 내구성을 가지지 못하는 경우로 보고되고 있다.

현재 신설교량의 교면포장재료로 쓰이는 LMC와 긴급보수용으로 사용될 RSLMC의 경우 상대적으로

으로 비표면적이 큰 콘크리트 포장이므로 양생 초기에 건조수축에 의하여 형성된 균열의 양상에 대한 검증이 필요하다.

여기서 콘크리트의 건조수축은 수분의 증발로 인하여 시멘트의 체적이 줄어드는 현상으로서 크리프(Creep)와 더불어 콘크리트 특유의 문제로 콘크리트의 물성 중에서는 강도 다음으로 중요한 성질의 하나로 인식되어 왔다. 그러나 때에 따라서는 이 건조수축이 콘크리트의 내구성을 결정하는 가장 중요한 요인이 되는 경우도 있다.

이에 본 연구에서는 기존 콘크리트포장의 교면포장체 대체재료인 일반포틀랜드 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete; 이하 LMC)와 시공 후 외부적, 내부적 요인에 의

* 강원대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

** 강원대학교 토목공학과 박사후과정, 공학박사

해 파손된 교면체의 긴급보수용으로 사용되어질 수 있는 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트(Rapid-Setting Cement Latex Modified Concrete; 이하 RSLMC)의 건조수축특성에 대해 평가 고찰해 보고자 한다.

2. 건조수축실험

2.1 실험개요

본 연구에서는 시멘트 종류에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 재료적 특성 중 건조수축특성을 알아보기 위해 라텍스 개질의 역학적 메카니즘과 재료적 인자들의 영향을 실험을 통해 분석하고, 이를 바탕으로 일반 포틀랜드 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(LMC)와 일반 포틀랜드 시멘트 콘크리트(OPC), 초속경 시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트(RSLMC)와 초속경 시멘트 콘크리트(RSC)에 대해서 각각에 대해서 상호 비교·분석하였다.

2.2 사용재료

본 실험에서 사용된 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트와 동일회사의 초속경 시멘트를 사용하였으며 라텍스는 스티렌-부타디엔계열로서 시멘트 모르타르용으로 상품화된 미국의 D사의 DL470제품이며 가장 널리 연구되며 현장에서 사용되고 있는 것이며 화학적 특성은 Table 1과 같다. 또, 굵은 골재는 교면포장의 덧씌우기 목적으로 최대치수 13mm의 레미콘용 쇄석을, 잔골재는 끈지암에서 채취한 천연 강모래를 사용하였다.

2.3 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. 또 각각의 라텍스 개질 콘크리트에 대해서 라텍스 혼입률 15%일 때의 물-시멘트비 변화로 라텍스 혼입하에서 물-시멘트비의 영향을 파악하고자 하였다. 이상과 같은 배합내용을 시멘트 종류에 따른 배합표를 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

Table 1. Chemical Properties of Latex

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 to 25°C)	stabilizer type
> 2 years	24	5 cycle	anionic

Table 2. Mix Design of OPC and LMC

W/C (%)	S/a (%)	Mix Proportion (kg/cm ³)					
		Cement	Latex	Water	Sand	Gravel	
56	58	400	0	0 %	224	922	691
45			42	5 %	158	959	718
42			83	10 %	125	947	710
33			125	15 %	67	972	728
35					75	960	719
37					83	948	710
31					167	20 %	37

Table 3. Mix Design of RSC and RSLMC

W/C (%)	S/a (%)	Cement (kg/m ³)	Latex (kg/m ³)	Antifoamer Content*	Super-plasticizer Content**			
49	58	390	0	0%	1.0%	1.0%		
46			41	5%				
42			81	10%				
36			122	15%			163	20%
38							163	20%
40							163	20%
34							163	20%

* 소포제: 라텍스 전고형분에 대한 소포제 유효고형분 비로 1.0%로 고정
 ** 유동화제: 시멘트 전중량에 대한 비율로 1.0%를 시멘트 제조사에 포함

2.4 길이변화시험

시험체의 크기는 10×10×46cm로 성형한 후 물 드내에서 24시간 습윤(20°C, 80%RH)양생하여 공시체를 제작하였다. 습윤양생 재령 24시간에서 Demec Gauge를 이용하여 공시체의 초기값을 각각 측정후 20°C, 60% (RH)의 건조조건하에 공시체를 양생시키고 JIS A 1129(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법)에 준하여 건조 재령 1, 3, 4, 14, 28일에서의 건조수축 및 중량을 측정하였다.

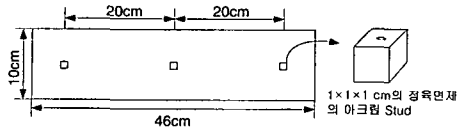


Fig. 1 Size of Test Specimens

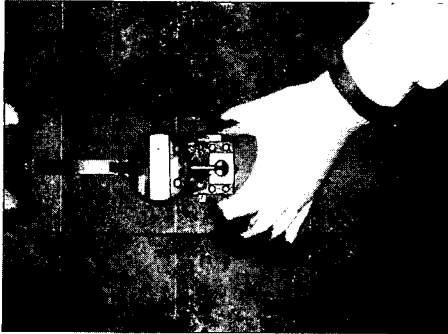


Fig. 2 Measurement of Drying Shrinkage

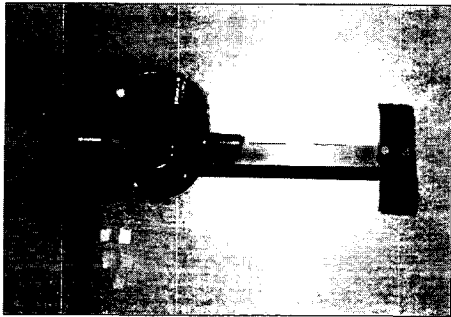


Fig. 3 Demec Gauge & Stud



Fig. 4 Curing Room

3. 실험결과 및 고찰

3.1 OPC와 LMC의 건조수축특성

3.1.1 라텍스 혼입률 변화에 따른 영향

Fig. 5 및 6은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(LMC)의 건조수축 및 중량 변화율과 건조재령의 관계를 나타내고 있다. 건조재령 28일의 LMC의 건조수축은 라텍스 혼입률의 증가에 따라 감소하고 라텍스 혼입률 20%에서는 건조수축변형률이 4.013×10^{-4} , OPC에서는 7.663×10^{-4} 으로써 약 48%의 건조수축저감을 보이고 있다. 일반적으로 콘크리트의 건조수축은 단위수량이 작을수록 감소하는 경향이 보이는데, 본 연구의 라텍스 개질 콘크리트에서는 동일 작업 조건하에서 라텍스 혼입률이 증가할수록 단위수량의 현저한 감소를 가져와 건조수축을 감소시키는 것으로 판단된다. 또한 라텍스 혼입률 변화에 따른 재령별 건조수축은 감소되는 이유는 라텍스 혼입으로 인한 미세공극의 충전효과와 더불어 라텍스 필름막이 재료들간의 접착력을 증가시켜 주기 때문이라 추측된다.

Fig. 6은 라텍스 혼입률 변화에 따른 LMC의 중량 변화율을 나타내는 것으로 건조재령 28일에 라텍스 혼입률 0%, 5%, 10%, 15%, 20%일 때 각각 초기보다 약 3.2%, 2.0%, 1.4%, 1.0%, 0.7%정도의 중량감소를 보이고 있다. 이처럼 라텍스 개질 콘크리트의 중량 변화율이 라텍스 혼입률의 증가에 따라 감소하는 경향을 보이는 이유는 콘크리트내에서의 라텍스 필름의 형성에 의한 보수성의 향상에 기인한다고 생각한다.

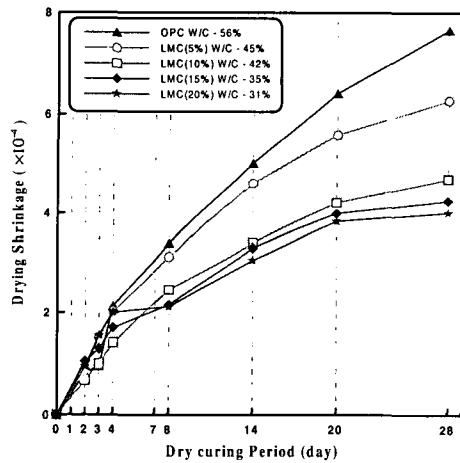


Fig. 5 Drying Shrinkage of OPC & LMC

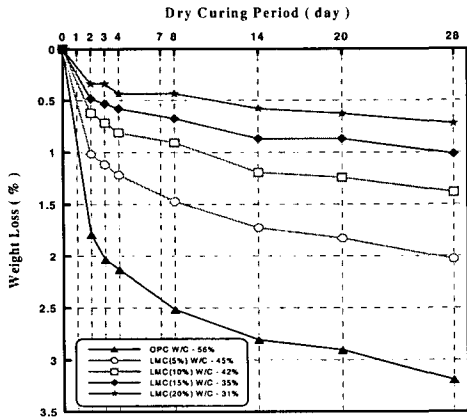


Fig. 6 Weight Loss of OPC & LMC

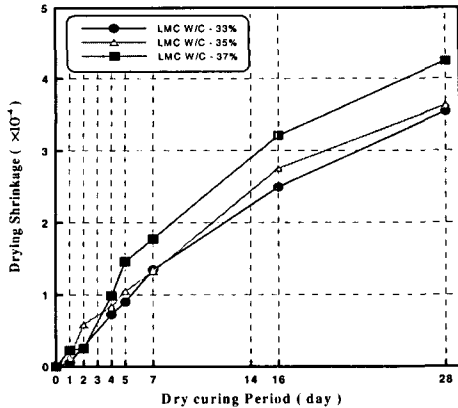


Fig. 7 Drying Shrinkage of OPC & LMC by W/C Ratios

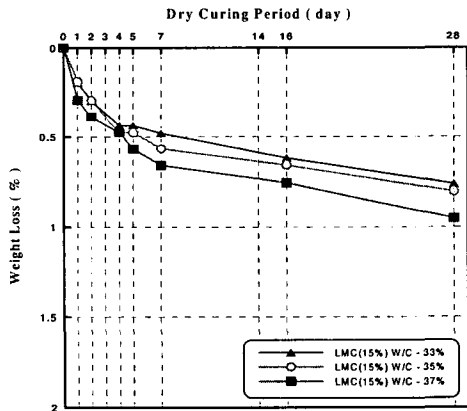


Fig. 8 Weight Loss of OPC & LMC by W/C Ratios

3.1.2 물-시멘트비 변화에 따른 영향

Fig. 7은 라텍스 혼입률을 15%로 고정된 상태에서 물-시멘트비를 33%, 35%, 37%로 변화시킬 때의 건조수축특성을 나타내었다. 건조재령 5일까지는 일정한 경향을 보이지 않다가 5일 이후부터 물-시멘트비가 낮을수록 건조수축이 감소하는 경향을 보이고 있으며 건조재령 28일에서 물-시멘트비 33%, 35%, 37%일 때 각각 건조수축변형율은 약 3.55×10^{-4} , 3.637×10^{-4} , 4.25×10^{-4} 정도로 물-시멘트비가 감소할수록 건조수축은 감소하는 경향을 나타내고 있다. Fig. 8은 물-시멘트비 변화에 따른 중량변화율을 나타낸 것으로 건조수축변형률과 마찬가지로 건조재령 5일 이후부터 물-시멘트비가 37%, 35%, 33%인 순으로 중량감소를 보이고 있으며 건조재령 28일에서 물-시멘트비가 37%, 35%, 33%일 때 각각 약 0.95%, 0.81%, 0.77%정도의 중량감소를 보였다.

3.2 RSC와 RSLMC의 건조수축특성

3.2.1 라텍스 혼입률 변화에 따른 영향

Fig. 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 혼입률 변화에 따른 건조수축특성은 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 건조수축 감소를 보였다. 이런 이유는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트(LMC)의 건조수축의 경우와 마찬가지로 동일 작업 조건일 때 라텍스 혼입에 따른 단위수량감소와 콘크리트내부에서의 라텍스 필름막의 형성으로 재료들간의 부착력이 증가하기 때문이라고 판단된다. 또한 단위수량 및 물-시멘트비의 감소는 SBR 라텍스 생산시 첨가되어 있는 안정제의 기여에 의한 것이라 추측된다.

Fig. 10은 라텍스 혼입률 변화에 따른 RSLMC의 중량변화율을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 라텍스 혼입률이 증가할수록 단위수량 감소와 라텍스 필름막의 형성으로 인한 보수성에 기인하여 중량변화율이 감소하는 경향을 보이고 있다.

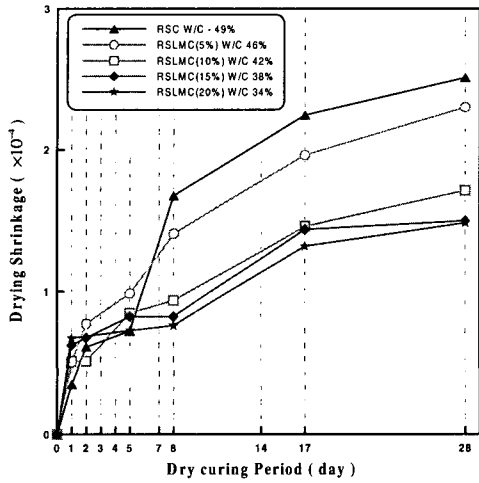


Fig. 9 Drying Shrinkage of RSC & RSLMC

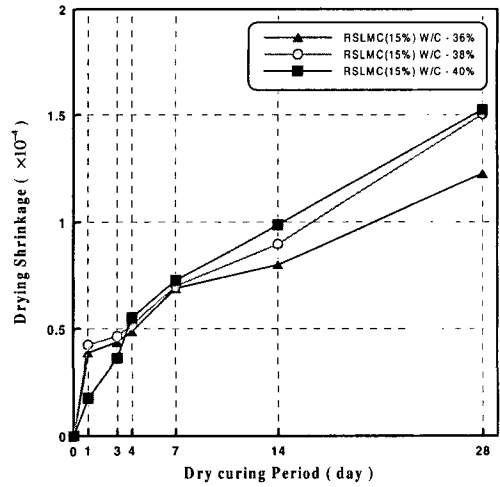


Fig. 11 Drying Shrinkage of RSC & RSLMC by W/C Ratios

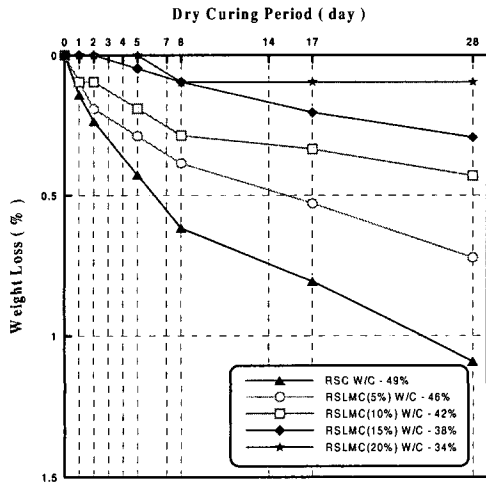


Fig. 10 Weight Loss of RSC & RSLMC

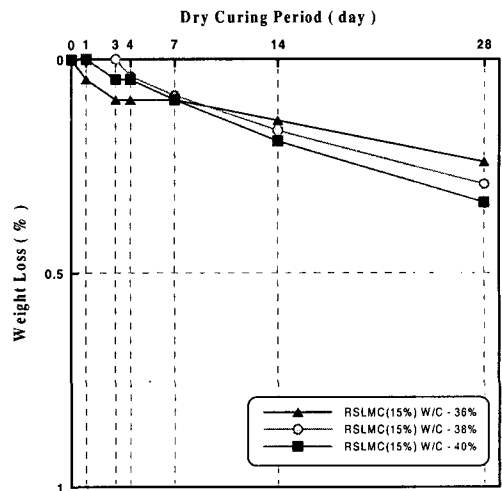


Fig. 12 Weight Loss of RSC & RSLMC by W/C Ratios

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.

3.2.2 물-시멘트비 변화에 따른 영향

Fig. 11 및 12는 물-시멘트비 변화에 따른 초속경 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트 (RSLMC)의 건조수축특성과 중량변화율을 나타내

고 있다. 라텍스 15%일 때 물-시멘트비 36%, 38%, 40%의 경우 건조재령 4일부터 물-시멘트비 변화에 따른 상호간의 건조수축감소경향을 보이는 하나 물-시멘트비 변화에 따른 LMC의 건조수축특성의 경우보다는 미비한 편이다. 그 이유는 본 연구에 사용된 초속경 시멘트는 아원계 초속경 시멘트로서 경화체 구조가 치밀하고 수화 생성물 자체의 수축성이 다른 종류의 초속경 시멘트보다 적고 보통 포틀랜드 시멘트에 비해 건조수축이 매우 적은 재료적 특성을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 11에 나타나 있듯이 건조재령 28일에 물-시멘트비 36%, 38%, 40%의 경우 각각 약 1.225×10^{-4} , 1.502×10^{-4} , 1.525×10^{-4} 정도의 건조수축변형률을 나타내고 있다.

Fig 12는 물-시멘트비 변화에 따른 초속경 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트의 중량변화율을 나타낸 것으로 건조재령별 건조수축변형률의 경향에 비추어 볼 때 중량변화율이 증가할수록 건조수축이 증가하는 점에서 건조수축과 단위수량과의 상호 연관성에 대해서 유추해 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 시멘트 종류에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 건조수축특성 및 중량변화율에 대하여 동일 작업 조건에서의 라텍스 혼입률 변화와 라텍스 15%일 때의 물-시멘트비 변화의 영향을 분석하고자 실험을 수행한바 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 동일 작업 조건에서 라텍스 혼입률 변화에 따른 LMC의 건조수축변형률은 건조재령 28일의 경우 라텍스를 혼입하지 않은 OPC보다 라텍스 혼입률 20%에서 약 48%의 건조수축이 감소하는 것으로 나타났다.

2) 라텍스 15%일 때의 물-시멘트비 변화에 따른 건조수축변형률은 건조재령 28일에서 물-시멘트비 33%, 35%, 37%일 때 각각 건조수축변형률은 약 3.55×10^{-4} , 3.637×10^{-4} , 4.25×10^{-4} 정도로 물-시멘트비가 감소할수록 건조수축은 감소하였다.

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) 물-시멘트비 변화에 따른 RSLMC의 건조수축변형률은 라텍스 15%일 때의 건조재령 28일에 물-시멘트비 36%, 38%, 40%의 경우 각각 약 1.225×10^{-4} , 1.502×10^{-4} , 1.525×10^{-4} 정도의 건조수축변형률을 나타내고 있다. 그러나 물-시멘트비 변화에 따른 건조수축변형률의 많은 차이는 보이지 않았다.

따라서 라텍스의 혼입은 시멘트 종류에 관계없이, 교면포장재료로 쓰이는 LMC와 긴급보수용으로 쓰이게 될 RSLMC의 현장 적용시 초기 건조수

축으로 발생할 수 있는 균열을 상당부분 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 최성욱, 홍창우, 김동호, 최상룡, 장홍균 (2001) “초속경 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트의 강도발현 및 내구특성”, 콘크리트학회 학술발표논문집, pp. 1029-1034
- [2] 김기현, 박상일, 양희용, 윤경구, 이주형(2000) “라텍스 개질 콘크리트를 이용한 고속도로 교면포장의 현장적용”, 도로포장공학회 학술발표회논문집, pp. 117-123.
- [3] 한만엽(1991), 건조수축의 메카니즘과 물의 역할, 콘크리트학회지, 제3권 2호.
- [4] 정영수(1990), Creep 및 Shrinkage 제어를 위한 고강도 콘크리트 배합비, 콘크리트학회지, 제2권 3호.
- [5] 이진용 · 배성용 · 박태욱 · 최환세(1997), 재생콘크리트 강도 및 건조수축 특성, 콘크리트학회 논문집, 제9권 2호.
- [6] Y. Ohama(1987), "Principle of Latex Modification and Some typical Properties of LMC," ACI Material Journal, Vol. 84, No. 6, Nov.-Dec. 1987, pp. 511-518.
- [7] M. M. Sprinkel(1988), " High-Early-Strength Latex Modified Concrete Overlays", Transportation Research Record 1204, TRB, National Reserch Council, Washington, D.C, pp.42~51
- [8] State-of-the-Art Report on Polymer-Modified concrete, ACI 548.3R-91
- [9] J.J. Michalyshin(1983), "Shrinkage of High Latex-Modified Concrete versus Conventional Concrete Containing Water Reducers" Dow Chemical Company
- [10] Y. Ohama, and S. Kan(1982), "Effects of Specimen Size on Strength and Drying Shrinkage of Polymer-Modified Concrete," The International Journal of Cement Composites and Light Weight Concrete, Vol.4 (1982) pp. 229-233
- [11] Y. Ohama, and H. Hashimoto(1978), "Drying Shrinkage and Compressive Creep of Polymer-Modified Concrete,"(in Japanese), Semento-Gijutsu-Nempo, Japan pp.308-311.