

# 라텍스와 광물질 첨가제가 레미콘LMC (Remicon Latex Modified Concrete) 내구성에 미치는 영향

최소영\* · 최윤석\*\* · 허형석\*\*\* · 양은익\*\*\*\*

Choi, So Yeong\*, Choi, Yoon Suk\*\*, Heo, Hyeong Seok\*\*\*, Yang, Eun Ik\*\*\*\*

## Effect of Latex and Mineral Additive on Durability of Remicon LMC

### ABSTRACT

It is well known that latex modification can lead to enhancement compressive and flexural performance, tensile bond strength, chloride penetration resistance and freezing-thawing resistance for concrete. For these, many studies for LMC pavement have been widely conducted more than those for conventional pavement concrete. However, due to several problems such as noise and construction cost, new approaches for LMC have been executed to improve the performance of LMC. Recently, Remicon LMC was developed in order to solve the problems of LMC. In this study, the durability of Remicon LMC was compared with latex and mineral additive mixing ratio. From the results, when latex and mineral additive were mixed in Remicon LMC, compressive, flexural and bond strength were satisfied with Korea Highway Construction Guide Specification. And, it showed that the qualitative effect of latex and mineral additive mixing ratio on the durability of Remicon LMC was investigated experimentally. Also, the latex mixed in Remicon LMC must be at least 8%, in order to ensure the durability equivalent or higher than conventional LMC.

**Key words :** Durability, Latex, Mineral additive, Remicon latex modified concrete

### 초 록

라텍스 첨가는 콘크리트의 압축 및 휨거동, 부착강도, 염화물 저항성 및 동결융해 저항성의 향상을 유도할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로, 기존 포장 콘크리트 보다 LMC에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 소음이나 공사비용등을 비롯한 문제점 때문에 LMC의 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법들이 시도되고 있으며, 최근, LMC의 문제점을 해결하고자 레미콘 LMC가 개발되었다. 본 연구에서는 레미콘 LMC의 내구성을 라텍스와 광물질 첨가제의 혼합 비율에 따라 비교하였다. 실험결과, 레미콘LMC는 압축강도, 휨강도, 부착강도가 한국 도로 공사 전문 시방서 기준을 만족하였으며, 레미콘LMC의 내구성은 우수한 것으로 나타났다. 또한, 레미콘LMC에 라텍스를 8% 이상 혼합해야 기존 LMC와 동등 이상의 내구성을 확보하는 것으로 나타났다.

**검색어 :** 내구성, 라텍스, 광물질 첨가제, 레미콘 라텍스 개질 콘크리트

\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정 (Gangneung-Wonju National University · csy7510@gwnu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 융합기술본부 연구원 (Korea Conformity Laboratories · yoons0305@kcl.or.kr)

\*\*\* (주)제이엔티아이엔씨 기술연구소 부장 (JNT Inc. · vocuum@lycos.co.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Gangneung-Wonju National University · eiyang@gwnu.ac.kr)

Received February 5, 2014/ revised March 20, 2014/ accepted November 2, 2014

## 1. 서론

교량의 표면은 반복적 차륜 이동에 의한 피로, 진동 및 충격 등에 의한 역학적 작용과 기상 환경작용으로 인해서 쉽게 열화가 진행된다. 따라서 열화 제어를 위한 교면 포장 공법의 연구가 다양하게 진행되고 있으며 그 결과 교량의 교면 포장에는 상판과 다른 포장 개념이 도입되고 있다(Chang and Park, 2003; Hong et al., 2006; Yun et al., 2002).

대표적인 교량 포장공법으로 아스팔트 포장과 콘크리트 포장이 사용되어 왔으며, 아스팔트 포장의 경우 아스팔트와 콘크리트의 이질성에 의한 균열, 연화물 침투 저항성능 감소 등으로 인한 콘크리트 상판의 열화를 촉진, 내구성 저하가 나타난다. 또한, 콘크리트 교면 포장은 교면의 평탄성 확보가 용이하지 못하고 타설 후 습도, 온도 등 환경 조건의 변화 및 반복하중에 의해 야기된 균열 발생으로 교량의 내구성 저하를 유발하는 단점이 발생한다.

이러한 교면 포장의 문제점을 극복하고자 평탄성 및 내구성능 확보가 용이하고 휨강도 및 연화물 침투 저항성능, 교량 상판과의 충분한 부착강도, 균열저항성을 지닌 라텍스 개질 콘크리트(LMC)에 대하여 많은 연구가 진행되었다. 그러나 LMC의 시공은 모바일 카를 이용하여 현장에서 배합 직후 타설되어야 하는 특수한 시공 환경, 소음 및 온도변화에 따른 라텍스 재료의 품질변화에 대한 관리가 용이하지 못한 문제점이 있다. 이는 레미콘을 이용한 일반 콘크리트 현장에 비해 매우 비효율적이며 시공 현장의 시공속도 제약 및 높은 라텍스 원가로 인해 공사비 상승으로 이어지게 된다.

따라서 본 연구에서는 기존 LMC의 문제점인 품질관리를 수월하게 하고 공사비 절감을 위하여 개발된 레미콘LMC (Remicon Latex Modified Concrete, 이후 레미콘LMC라 칭함)를 대상으로 라텍스 혼입율과 레미콘LMC용 광물질 첨가제(이후 혼합제라 칭함)의 혼입율에 따른 내구성능 검토를 진행하였다. 내구성능 검토는 링테스트, 건조수축을 측정하여 구속 수축 균열을 평가하였고 동결융해저항성, 연화물 침투 저항성 평가를 진행하여 레미콘LMC의 내구성 확보를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 또한 압축강도, 휨강도, 부착강도를 비교검토하여 기본적인 역학적 특성 자료를 확보하였다.

## 2. 레미콘 LMC

### 2.1 레미콘 LMC의 정의

레미콘LMC는 굳지 않은 콘크리트와 굳은 콘크리트에서 요구되는 교면 포장용 콘크리트의 물성(공기량 3~6%, 타설시 슬럼프 150mm이상, 재령 28일에서의 압축강도 24MPa)을 만족하고, 기존의 모바일 믹서 대신에 레미콘 공정을 통해 생산 가능한 콘크리트

를 말한다. 또한, 기존 LMC (P/C 15%, Admixture 0%, 이후 기존 LMC라 칭함, 이때 P/C는 Polymer와 Cement의 중량비율을 뜻함)에 사용되는 라텍스 사용량을 절감하고 라텍스 절감으로 인한 성능저하를 보완하기 위하여 개발된 광물질 첨가제를 일부 대체하여 기존 LMC와 동등 이상의 성능을 가진 콘크리트를 말한다.

### 2.2 레미콘LMC의 메카니즘

기존 라텍스의 경우 수중에서 미세 라텍스 입자의 균질한 분산을 위하여 일반적으로 음이온성 계면활성제를 첨가하여 제조한다. 라텍스 입자는 음이온성 계면활성제의 반발작용으로 인해 안정된 평형상태를 이루고 있으나 물과 시멘트가 반응하면 알칼리 성분인 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 생성된다. 이때 용출된 수산화칼슘과 계면활성제가 결합하여 라텍스 표면의 콜로이드보호층을 파괴하면 라텍스 입자의 응집이 시작된다.

따라서 기존 라텍스의 경우, 콘크리트로 제조시 가사시간은 20분 내외이며, 급격한 슬럼프의 감소가 발생하는 기술적 한계점이 존재하였다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고자 개발된 레미콘 LMC에 사용되는 라텍스와 혼합제는 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 다종의 분자길이가 다른 계면활성제와 폴리머계 유동화제에 복합적으로 흡착되며 라텍스 입자는 계면활성제에 의한 보호콜로이드 효과가 지속된다. 이러한 결과로 라텍스 입자와 Ca<sup>2+</sup>이온이 격리되므로 라텍스 입자의 급격한 응집이 지연되어 복합계면활성제의 사용량의 증감에 따라 최대 90분 이상 가사시간 및 150mm이상의 슬럼프 확보가 가능한 것으로 나타났다.

### 2.3 레미콘LMC의 특성

레미콘LMC는 시멘트, 물, 골재 및 라텍스 모두 레미콘 공장의 원재료를 사용하여 타설되므로(즉, 모바일 믹서 사용시 요구되는 재료의 현장 적치나 추가적인 운반과정이 없으므로) 별도의 원재료 운반이나 보관 등의 과정이 필요 없어 현장의 기상 상태 등에

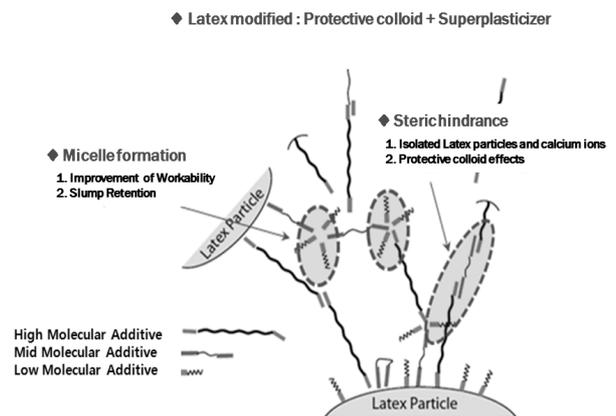


Fig. 1. Scheme of Protective Colloid

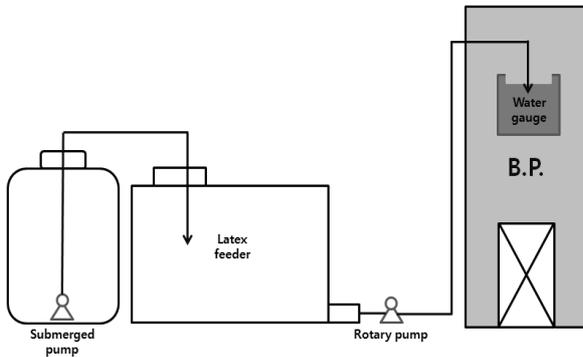


Fig. 2. Latex Feeding Device

따른 재료의 관리와 공급설비 등에서의 문제가 해결되는 장점이 있다. 원재료들은 기존의 공장 설비를 통해 자동으로 계량되어 레미콘 믹서내부로 투입되므로 시공현장에서 모바일 믹서를 사용하여 타설하는 것보다 콘크리트의 제조가 빠르고 간편하며, 정밀한 계량이 가능하다.

또한, 레미콘 공장으로 운반된 라텍스는 레미콘 믹서에 투입하기 위하여 별도로 고안된 라텍스 공급 장치를 통하여 배합수 계량조에 투입되며 라텍스 공급 장치는 Fig. 2와 같다.

## 2.4 레미콘LMC에 사용되는 재료

### 2.4.1 SB라텍스

SB라텍스는 스티렌(Styrene)과 부타디엔(Butadiene)을 주원료로 하여 유화공정법에 의해 제조되는 합성고무 에멀전이다. 물을 용매로 사용하므로 물에 대한 분산성이 탁월하며 시멘트에 대하여도 안전한 비이온성으로 제조된다.

### 2.4.2 레미콘LMC용 광물질 첨가제

본 연구에서 사용된 레미콘LMC용 광물질 첨가제는 아인(Hauyne)계와 과소생석회계로 구성된 팽창제, 유기산계 지연제, 폴리카본산계분말을 사용한 고성능 감수제, 친수성 PVA접유 및 실리카폼으로 구성되어 있다.

본 연구에서 사용된 레미콘LMC용 광물질 첨가제는 라텍스 사용량 감소로 인한 염화물 침투 저항성 감소를 비롯하여 내구성 저하를 방지하기 위하여 사용하였으며, 사전에 기초 물성 실험을 진행하여 레미콘LMC용 광물질 첨가제의 구성비율을 결정하여 진행하였다.

## 3. 실험계획 및 방법

### 3.1 실험변수

본 연구에서는 Table 1과 같은 실험 변수를 가지고 레미콘LMC

Table 1. Experimental Variables

Item	Contents
P/C ratio	0, 5, 8, 12, 15
Admixture ratio	0, 10, 15
Specimen size	∅100×200 mm (Compressive strength test) ∅100×50 mm (RCPT) 100×100×400 mm (Flexural strength, Shrinkage, Freezing-Thawing test)
Chloride penetration resistance	Rapid Chloride Ion Penetration
Penetration depth	AgNO <sub>3</sub> , colormetric method
Curing condition	Air curing (20±1°C, RH 60±5%)
Freezing-Thawing Cycle	100, 200, 300cycle

Table 2. Physical and Chemical Composition of Materials

		Material	OPC	Admixture
Properties	Physical	Specific gravity	3.15	2.74
	Chemical (%)	SiO <sub>2</sub>	21.36	20.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5.03	2.79	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3.31	0.36	
CaO		63.18	35.59	
MgO		2.89	0.6	
SO <sub>3</sub>		2.30	32.42	
LOI		1.40	-	

의 내구성능을 분석하였다. Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 주요변수는 시멘트 대비 라텍스와 혼합제의 혼입률로 하여 배합을 결정하였다. 라텍스는 시멘트 사용량의 증량비로 0, 5, 8, 12, 15%를 첨가하여 사용하였으며, 혼합제 대체의 경우도 시멘트 사용량의 증량비로 0, 10, 15%로 결정하였다. 사용한 혼합제의 물리적 성질 및 화학적 성분은 Table 2에 나타내었으며 시험체의 크기, 시험방법 및 시험조건에 대하여 Table 1에 함께 나타내었다.

### 3.2 사용재료 및 배합

시험체 제작에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 잔골재는 하천 모래이며 비중은 2.59, 조립률은 2.65이다. 굵은 골재는 아스팔트 혼합물용 골재로 최대 치수는 13mm이며, 비중과 조립률은 각각 2.64, 6.08이다.

실험에 사용된 라텍스는 국내 J사의 제품으로 SB라텍스를 사용하였으며 화학 성분은 Table 3과 같다. 콘크리트 배합 설계시 시멘트 대비 라텍스의 혼입은 라텍스 고형분을 47%를 기준으로 하여 혼합하였으며, 단위수량은 라텍스 사용량의 53%를 포함하여 계산하였다. 배합표는 Table 4와 같고 슬럼프 값은 21±2cm이며,

Table 3. Chemical Properties of the Latex

Property	Value
Total solid content (%)	47.3
pH	9.3
Amount of clotting (%)	0.04
Surface Tension (dyne/cm)	45
Average particle size (Å)	1670
Freezing-thawing safety	0.03
Butadiene content (%)	36

Table 4. Concrete Mix Proportions

Type	W/B (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					
			W	C	S	G	Admixture	Latex
P/C 0% Admixture 10%	37	57	148	360	992	772	40	-
P/C 5% Admixture 10%	37	57	125	360	963	749	40	43
P/C 8% Admixture 10%	37	57	112	360	946	736	40	68
P/C 12% Admixture 10%	37	57	94	360	922	717	40	102
P/C 5% Admixture 15%	37	57	125	340	963	749	60	43
P/C 15% Admixture 0%	37	57	80	400	905	704	-	128

공기량은 5%±1.5% 범위에서 측정되었다.

여기서, P/C 15%에 Admixture 0%는 기준 LMC의 경우를 산정하여 비교한 것이다.

### 3.3 실험방법

#### 3.3.1 압축강도

레미콘LMC의 압축강도는 KS F 2405에 따라서 시험체는  $\varnothing 100 \times 200\text{mm}$ 의 원주형 공시체를 사용하여 측정하였다. 모든 시험체는 종류별로 3개씩 제작하였으며, 온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $60 \pm 5\%$ 의 항온·항습실 내에서 기중 양생 후 재령 7일, 28일, 91일에 압축강도 시험을 실시하였다.

#### 3.3.2 휨강도

레미콘LMC의 휨강도는  $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 의 각주형 시험체를 제작하여 측정하였다. 양생은 온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $60 \pm 5\%$ 의 항온·항습실 내에서 기중양생을 실시하였다. KS F 2408에 의거하여 재령 7일, 28일에 실시하였다.

#### 3.3.3 부착강도 실험

부착강도의 측정은 크기가  $250 \times 200 \times 500\text{mm}$ 이고 설계 강도가 40MPa인 콘크리트 슬래브를 사전 제작한 후 재령 28일에 50mm 두께의 레미콘LMC로 덧씌우기를 적용하여 실제 교량 포장과 유사한 조건으로 설정하였다.

부착성능 평가는 직접 인장에 의한 부착강도 실험방법인 ASTM C 1583에 따라 코어 채취기를 이용하여 슬래브 표면부터 깊이 8cm까지 절단하고 에폭시 본드를 이용하여  $\varnothing 100\text{mm}$ 의 부착디스크를 슬래브 표면에 부착하였다. 에폭시 본드가 경화한 후 인장파괴가 일어날 때까지 시편에 인장력을 가하여 부착강도를 측정하였다.

#### 3.3.4 동결융해 저항성 실험

동결융해 저항성 실험은  $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 의 각주형 시험체를 각 종류별로 2개씩 제작하여, 14일간 온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $60 \pm 5\%$ 의 항온·항습실 내에서 기중 양생 실시 후 실시하였다.

동결융해 저항성 평가는 KS F 2456으로 실시하였으며 50cycle마다 동탄성계수와 무게 변화를 측정하였다.

#### 3.3.5 구속 수축 균열저항성 및 건조수축 실험

레미콘LMC의 구속 수축 균열 저항성의 평가를 위한 실험은 ASTM C 1581에 의하여 실시하였으며, 이때 내부 강제 링의 두께와 외부 반경은 각각 12.5mm, 330mm으로, 콘크리트 시편의 두께는 38mm로 제작하였다. 콘크리트 타설 48시간 경과 후 온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $60 \pm 5\%$ 의 항온·항습실 내부에서 외부 강제링을 제거하고 내부 강제 링의 구속 변형률을 측정하였다. 이때 총 4개의 변형률 게이지를 내부 강제 링 중앙에 설치하고 데이터 로거를 이용하여 10분마다 변형률을 측정하여 기록하였다.

그래프에서 변형률의 큰 변화가 발생하거나 링 시험체의 표면에서 균열이 발견되면 균열 폭 측정을 실시하고 구속 수축 균열이 발생한 것으로 평가하였다.



Fig. 3. Ring Test and Shrinkage Test

또한, 본 연구에서는 매립게이지를 이용하는 방법으로 건조수축을 측정하였으며 본 연구에 사용된 매립 게이지는 양단 플랜지형 게이지이다. 시험체 제작은 100×100×400mm의 각주형 아크릴 몰드 중앙에 매립게이지를 고정시켜놓고 타설하였다. 건조수축은 시편 탈형 후 온도 20±1°C, 습도 60±5%의 항온·항습실 내에서 콘크리트 타설 48시간 경과 후 10분 간격으로 데이터로거를 이용하여 측정하였다. 구속수축 균열 저항성 및 건조수축 실험 전경은 Fig. 3과 같다.

**3.3.6 염화물 침투 저항성 실험**

염화물 침투 저항성 실험은 ASTM C 1202에 따라 Fig. 4에 나타난 바와 같이 Ø 100×200(mm)로 제작된 시험체로부터 Ø 100×50(mm)크기의 중앙부위를 채취하여 (-)극에는 3%의 NaCl 수용액을, (+)극에는 0.3N의 NaOH 수용액을 설치하여 6시간동안 60V의 전압을 가하여 30분마다 전류를 측정하였다.

측정된 전류 값을 이용하여 Eq. (1)에 따라 통과전하량을 계산하였으며, 염소이온 침투성은 Table 5에 근거하여 평가하였다.

$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad (1)$$

여기서, Q는 통과전하량(C),  $I_0$ 는 전압을 가한 직후의 전류(A),  $I_n$ 는 전압을 가한 후 n분 경과 후의 전류(A)를 나타낸다.

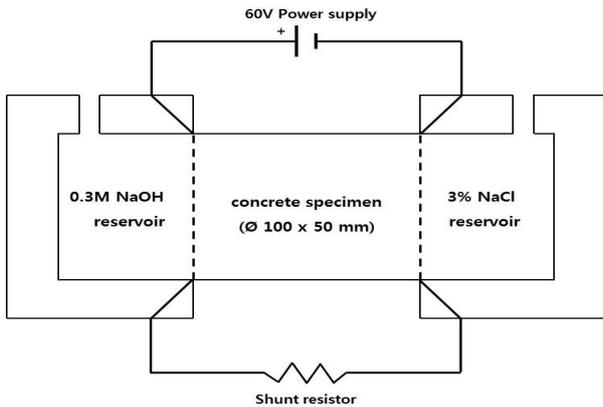


Fig. 4. Scheme of Rapid Chloride Penetration Test

Table 5. Chloride Ion Penetrability Based on Charge Passed

Charge passed (Coulombs)	Chloride Ion Penetrability
>4000	High
2000~4000	Moderate
1000~2000	Low
100~1000	Very low
<100	Negligible

또한, 확산계수의 산정은 NT Build 492에서 제시된 확산계수 산정 방법에 따라 진행하였으며, 침투깊이의 측정은 변색법을 이용하여 시편을 할렬 한 후 0.1N의 AgNO<sub>3</sub>를 분무하여 측정하였다.

**4. 실험결과 및 분석**

**4.1 압축강도**

Fig. 5는 레미콘LMC의 압축강도 측정 결과를 나타낸 것이다. 혼합재 혼입률이 10%로 일정할 때 P/C 0%를 제외하고는 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 기준LMC 배합보다 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 장기재령에서도 강도증진이 크게 발생하는 것으로 나타났다.

장기 재령이 크게 증가하는 이유는 혼합재에 포함된 실리카폼에 의한 것으로 사료되며, 실리카폼의 미립자가 수화된 시멘트풀 조직을 더 치밀하게 하여 공극이 감소하고 골재와 시멘트 페이스트 사이의 부착을 증대시킨 것에 기인한다고 판단된다.

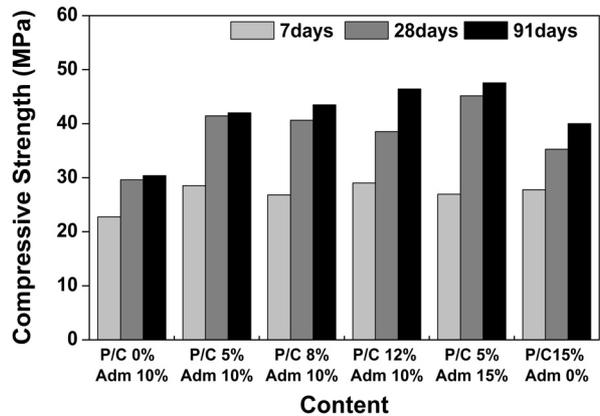


Fig. 5. Results of Compressive Strength

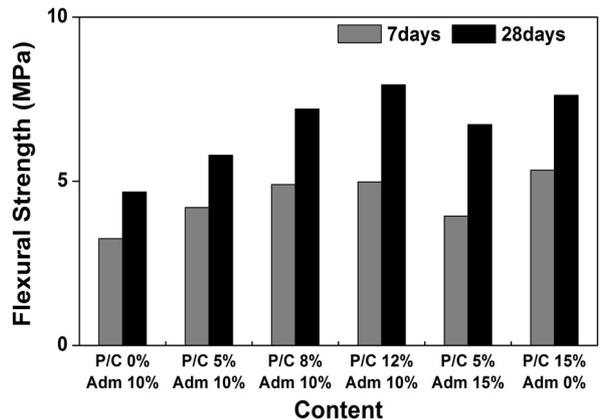


Fig. 6. Results of Flexural Strength

### 4.2 휨강도

Fig. 6에는 레미콘LMC의 휨강도를 재령 7일, 28일에 실험한 결과를 나타낸 것이다.

일반적으로 수화가 진행 중인 시멘트 페이스트에 응력이 작용하면 쉽게 미세 균열이 발생하며, 이때 발생된 미세 균열은 콘크리트 휨강도에 영향을 끼친다. 따라서 혼합재내에 포함된 친수성 PVA섬유가 휨강도에 영향을 끼친 것으로 사료되며, 시멘트 수화물의 조직이 시간이 경과함에 따라 점차 치밀해지기 때문에 동일한 라텍스 혼입률의 경우(P/C 5%), 혼합재의 혼입률 증가에 의해 장기 휨강도 역시 개선 될 것으로 판단된다.

또한, 혼합재 혼입률이 일정할 때, 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 휨강도가 증진되는 것으로 나타나, 라텍스가 콘크리트 내부에 필름막을 형성하여 재료들간의 접착력을 증가시켜 주기 때문에 휨강도가 개선(Yun et al., 2001)된다는 기존의 연구결과와 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 재령 7일에서 P/C 0%를 제외하고는 국내 교통 개방 휨강도 기준인 3.5MPa를 모두 만족하였으며, 기준LMC 배합과 비교할 때, 라텍스를 8%이상 사용해야 동등이상의 휨강도가 발현되는 것으로 나타났다.

### 4.3 부착강도

레미콘 LMC의 부착 강도를 평가하기 위하여 직접 인장 실험에 의한 부착강도 실험 결과를 Table 6에는 부착강도를, Table 7에는 부착 파괴형태를 각각 나타내었다. 부착강도는 각 3개의 시험체의 결과에 대한 평균값으로 도시하였다.

측정 결과, 현행 도로공사에서 제시한 부착강도 기준인 1.4MPa를 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 혼합재 혼입률이 일정할 때(Admixture 10%) 라텍스의 혼입양이 증가함에 따라 부착강도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 라텍스가 시멘트 페이스트와 골재 사이에 충전되어 부착력을 증진시킨 것에 기인한다고 판단된다.

한편, Table 7에 나타낸 부착 파괴 형태는 라텍스와 혼합재 혼입률에 증감여부에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Table 6. Results of Bond Strength

Type	1	2	3	Average
P/C 0% Admixture 10%	1.74	1.93	2.02	1.89
P/C 5% Admixture 10%	2.60	2.28	2.25	2.38
P/C 8% Admixture 10%	2.38	2.29	2.57	2.41
P/C 12% Admixture 10%	2.54	2.57	-	2.55
P/C 5% Admixture 15%	2.00	2.01	-	2.01
P/C 15% Admixture 0%	2.89	2.76	2.74	2.80

### 4.4 동결융해 저항성 실험

Figs. 7 and 8은 동결융해 작용에 따른 레미콘LMC 시편의 동결융해 저항성을 나타내는 상대동탄성계수와 무게변화를 비교한 것이다. 이를 살펴보면 모든 배합에서 동결융해 반복주기 300cycle 까지 상대 동탄성계수가 90%이상이 유지되므로 내구성 저하는 발생하지 않아 동결융해 저항성은 모든 배합에서 확보되는 것으로

Table 7. Results of Bond Failure Characteristics

Type	1	2	3
P/C 0% Admixture 10%	A	C	C
P/C 5% Admixture 10%	B	C	D
P/C 8% Admixture 10%	B	C	B
P/C 12% Admixture 10%	A	C	C
P/C 5% Admixture 15%	D	D	D
P/C 15% Admixture 0%	A	A	D

- A: Failure in substrate
- B: Bond failure at concrete/overlay interface
- C: Failure in overlay or repair material
- D: Bond failure at concrete/overlay interface

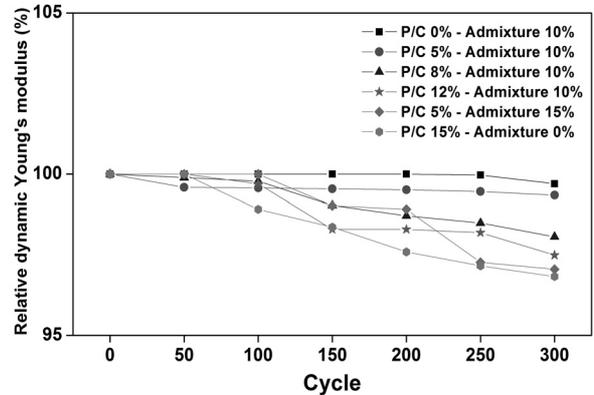


Fig. 7. Relative Dynamic Young's Modulus with Freezing-Thawing

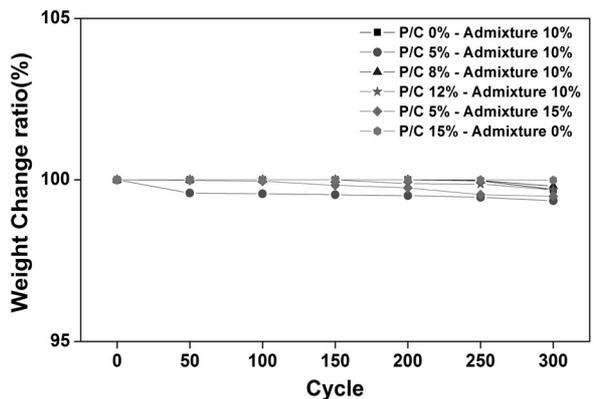


Fig. 8. Weight Change with Freezing-Thawing

판단된다(Kim et al., 2001; Jeong et al., 2002). 이러한 결과는 레미콘 라텍스 개질 콘크리트 내부 미세공극에 실리카폼이 충전되면서 공극내 존재하는 공극수의 동결로 인한 미세공극의 팽창을 감소시켜 미세균열 발생을 억제한 것에 기인한다고 판단된다. 한편 라텍스 혼입률이 증가함에 따라 상대 동탄성계수가 비례하여 증감한 것이 아니므로, 라텍스 첨가는 동결융해 저항성 개선에 기여하지 않, 비례적인 효과는 나타나지 않는 것으로 판단된다.

또한 동결융해작용을 받은 레미콘 라텍스 개질 콘크리트의 무게는 동결융해를 받기 전과 큰 변화를 나타내지 않는 우수한 내구성을

을 나타내었다. 즉, 모든 배합에서 동결융해에 의한 열화는 적은 것으로 나타났다(Choi et al., 2012).

#### 4.5 구속 수축 균열저항성 및 건조수축 실험 결과

링 시험체와 같이 구속된 콘크리트의 경우, 건조수축이 크게 발생할수록 강재 링 외부의 콘크리트에는 구속응력이 커지게 되고, 발휘되는 인장강도 및 크리프 특성에 의해 콘크리트 부재의 균열 시기가 결정된다(Yoo et al., 2010; Hwang 2012).

Fig. 9에는 링 시험체의 내부 강재 링의 변형률과 건조수축을

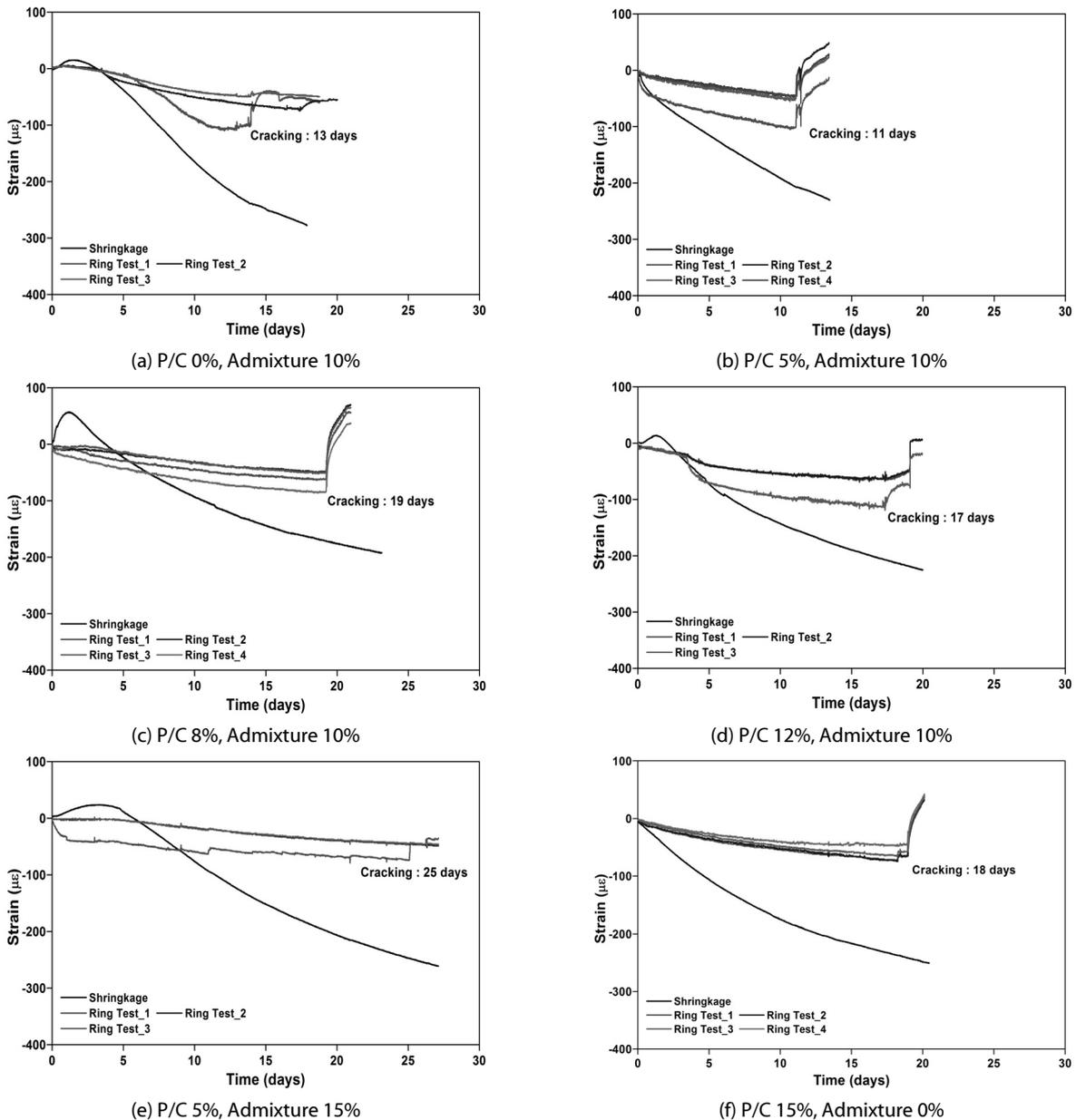


Fig. 9. Result of Restrained Shrinkage Cracking Test and Dry Shrinkage Test

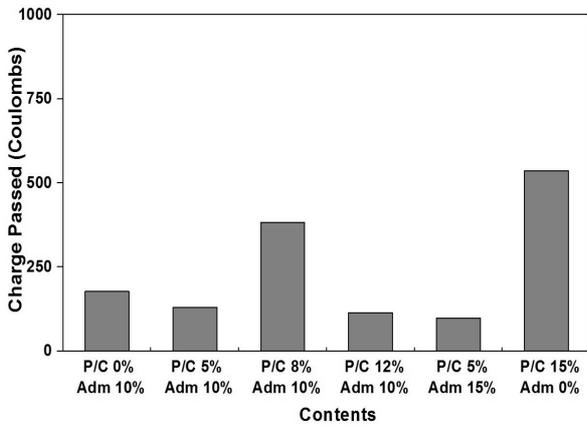


Fig. 10. Charge Passed of Remicon LMC

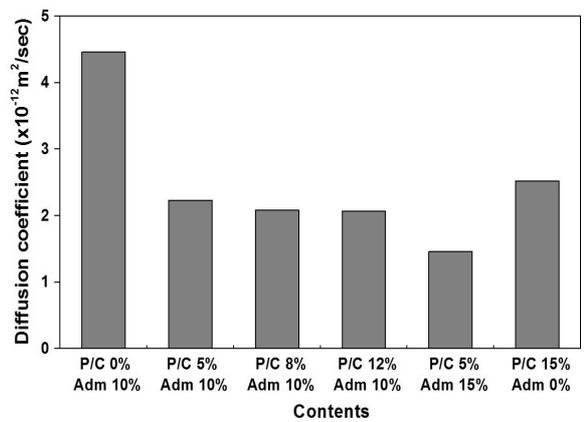


Fig. 11. Chloride Diffusion Coefficient of Remicon LMC

상대적으로 비교하여 나타낸 그래프이다. 실험 결과를 살펴보면, 콘크리트 타설 13일(타설 2일후 변형률 측정) 이후에 모든 시험체에 0.05mm 이하의 미세균열이 발생하였으며, 이는 링 시험체의 변형률이 급격하게 변화하는 시점에서 확인되었다(Pour-Ghaz et al., 2011).

한편 각 변수에 따른 균열 발생 시기를 비교하여 보면 라텍스를 8%이상 혼합한 경우에는 기준LMC 배합과 동등 이상의 균열 저항성을 나타내었으며, 라텍스 혼입률이 동일할 경우 혼합제의 첨가가 균열 저항성에 기여하는 것으로 판단된다. 이는 라텍스와 시멘트 수화물의 상호작용이 단위수량 증발을 억제하여 건조수축이 저감되는 것으로 판단된다.

또한, 혼합제를 혼입한 경우, 타설 후 3일 전후로 최대 팽창하는 것으로 나타났으며, 이는 혼합제에 포함된 팽창제에 의한 것으로 판단된다. 팽창제는 콘크리트 공극에 존재하는 공극수와 반응하여 팽창하므로써 수화 초기에 발생하는 수축을 저감시키는 효과가 있으며, 이때 발생한 팽창량은 최대 50 $\mu$ 로 나타났다. 이는 타설 초기에 나타나는 현상이며 시험체의 전체적인 변형특성에 영향을 미치는 것으로 판단되지만, 혼합제의 혼입률에 비례하여 나타나지는 않았다.

#### 4.6 염화물 침투저항성 실험 결과

Figs. 10 and 11은 재령 28일에 측정된 통과전하량과 염화물 확산계수를 나타낸 그래프이다. Fig. 10에 나타낸 실험 결과를 살펴보면, 모든 배합에서 통과전하량이 1000쿨롱 이하로 나타났으며, Table 5에 제시된 기준에 따라 염소이온 침투성을 평가하면 'Very low'로 나타나 염화물 침투성이 낮으므로 염화물 침투 저항성이 뛰어나다고 판단된다. 이는 동결융해 저항성이 개선 된것과 마찬가지로 콘크리트 공극 내 혼합제와 라텍스가 충전되어 내부 공극 감소와 더불어 투수억제 효과가 개선되는 것으로 판단된다

(Kim et al., 2001). 그러나 통과전하량을 이용하여 염화물 침투 저항성을 평가하는 실험방법은 정성적 평가이기 때문에 통과전하량의 절대값에 대한 의미는 크지 않은 것으로 사료된다.

또한, Fig. 11에 나타낸 확산계수를 추정한 결과를 살펴보면, 라텍스 혼입률이 일정(P/C 5%)할 때, 혼합제 혼입률이 증가함에 따라 확산계수가 감소하였다. 또한 라텍스나 혼합제만 사용했을 때 보다 함께 사용했을 때 확산계수가 더 크게 감소한 것으로 나타났다. 따라서, 총 통과전류에 영향을 미치는 이온은 염소이온 뿐만 아니라 콘크리트 시편내에 존재하는 다양한 이온이며, 이들이 복합적으로 영향을 준 통과전하량을 이용하여 염화물 침투 저항성을 정량적으로 판단하기에는 다소 무리가 있다는 연구결과와 일치 하며(Kropp and Hilsdorf, 1995)염화물 확산계수의 정량적인 평가는 NT Build 492에서 제시된 확산계수 산정식을 이용하는 것이 더 적절하다고 판단된다.

#### 5. 결론

이 연구에서는 레미콘 라텍스 개질 콘크리트의 내구성을 평가하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 레미콘LMC는 동결융해저항성, 균열 저항성 및 염화물 침투 저항성능이 모두 우수한 것으로 나타나, 교면 포장 콘크리트가 요구하는 내구성을 모두 확보한 것으로 나타났다.
- (2) 라텍스 8% 이상과 혼합제를 혼합한 레미콘LMC를 제조할 경우, 기준LMC 배합과 동등 이상의 역학적 성능 및 내구성능을 보유하는 것으로 나타났다.
- (3) 레미콘LMC의 경우, 라텍스나 혼합제를 단독으로 사용하는 경우보다, 라텍스와 혼합제를 병용하는 것이 더욱 효과적인 것으로 판단된다.

- (4) 레미콘LMC는 국내 교면 포장 콘크리트가 요구하는 압축강도, 휨강도, 부착강도를 모두 만족하였다.

## References

- ASTM International (2009). *Test method for determining age at cracking and induced tensile stress characteristics of mortar and concrete under restrained shrinkage*, ASTM C 1581, West Conshohocken, PA 19428-2959.
- ASTM International (2010). *Test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration*, ASTM C 1202, West Conshohocken, PA 19428.
- Chang, S. H. and Park, S. K. (2003). "Properties and construction of latex modified concrete for concrete bridge deck overlay." *J. of KCI*, KCI, Vol. 15, No. 6, pp. 78-84 (in Korean).
- Choi, Y. S., Won, M. S., Yi, S. T. and Yang, E. I. (2012). "Characteristics of pore structure and chloride penetration resistance of concrete exposed to freezing-thawing." *J. of KSMI*, KSMI, Vol. 16, No. 6, pp. 073-081 (in Korean).
- Hong, C. W., Jeong, W. K., Kim, K. J. and Yun, K. K. (2006). "Basic properties of latex- modified concrete using fly-ash." *J. of KSCE*, KSCE, Vol. 26, No. 1A, pp. 205-211 (in Korean).
- Hwang, Y. J. (2012). *Restrained shrinkage cracking model with tensile creep for amorphous steel fiber reinforced concrete*, M. A. Department of Architectural Engineering Graduate School of Soongsil University (in Korean).
- Jeong, W. K., Hong, C. W., Jang, H. K. and Yun, K. K. (2002). "Durability properties of sblatex modified concrete against freezing and thawing." *J. of KSCE*, KSCE, Vol. 22, No. 5-A, pp. 1003-1010 (in Korean).
- Kim, K. H., Lee, J. M., Hong, C. W. and Yun, K. K. (2001). "Permeability and freeze-thaw resistance of latex modified concrete." *J. of KCI*, KCI, Vol. 13, No. 5, pp. 484-490 (in Korean).
- Korea Expressway Corporation (2012). *Highway construction guide specification* (in Korean).
- Kropp, H. and Hilsdorf, H. K. (1995). *Performance criteria for concrete durability*, Rilem Report 12, E& FN SPON, London.
- Pour-Ghaz, M., Poursae, A., Spragg, R. and Weiss, J. (2011). "Experimental method to detect and quantify damage in restrained concrete ring spectromens." *J. of Advanced Concrete Technology*, Japan Concrete Institute, Vol. 9, No. 3, pp. 251-260.
- Yoo, D. Y., Park, J. J., Kim, S. W. and Yoon, Y. S. (2010). "Evaluation of shrinkage cracking characteristics and degree of restraint for ultra-high-strength concrete." *J. of KCI*, KCI, Vol. 22, No. 5, pp. 641-650 (in Korean).
- Yun, K. K., Kim, K. H., Lee, J. H., Hong, C. W. and Kim, D. H. (2001). "Strength development properties of latex modified concrete for new concrete bridge deck overlay." *J. of KSPE*, KSPE, Vol. 3, No. 3, pp. 135-146 (in Korean).
- Yun, K. K., Lee, J. H. and Hong, C. W. (2002). "Properties of latex modified concrete with rapid-setting cement using antifoamer." *J. of KSCE*, KSCE, Vol. 22, No. 5-A, pp. 1143-1151 (in Korean).