

## 콘크리트 교면 덧씌우기를 위한 SB 라텍스개질 콘크리트의 현장적용성 평가

### Field Applicability Evaluation of SB Latex-Modified Concrete for Concrete Bridge Deck Overlay

윤경구\* · 이주형\*\* · 홍창우\*\*\* · 김기현\*\*\*\* · 김태정\*\*\*\*\*  
Yun, Kyong Ku\* · Lee, Joo Hyung\*\* · Hong, Chang Woo\*\*\* · Kim, Ki Hyun\*\*\*\* · Kim, Tae Kyong\*\*\*\*\*

#### Abstract

This study focused on the field applicability evaluation of SB latex-modified concrete (LMC) for concrete bridge deck overlay using mobile mixer. The main experimental factors were water-cement ratio(31, 33, 35 37%), latex contents(0, 5, 10, 15, 20%), and fine aggregate ratio(55, 56, 57, 58%) in order to evaluate the workability, mechanical properties, and durability property of LMC. The slump loss, air content, compressive and flexible strength tests were used to evaluate LMC workability and strength properties. Also, the rapid chloride permeability test was used to evaluate the relative permeability of LMC.

As a results, the LMC with enough workability and good quality was produced when it was mixed in field using mobile mixer, satisfying the target compressive strength and flexural strength. The required water-cement ratio of LMC for same workability when mixing with mobile mixer was less than that when mixing in laboratory. Increasing the amount of latex produced concrete with increased flexural strength by mobile mixer. The required cement-water ratios for same initial 19±3cm slump were 37% and 33% at laboratory and mobile mixer, respectively. The mobile mixer was accurately calibrated satisfying the required specification.

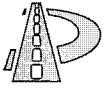
**Keywords** : latex modified concrete, permeability, mobile mixer, bridge deck overlay, field application

#### 요 지

본 연구에서는 콘크리트 덧씌우기를 위한 SB 라텍스개질 콘크리트의 현장적용성 평가를 위해 현장에서 모빌믹서를 이용하여 배합실험 하여 작업성, 강도발현특성 및 투수특성을 등을 고찰하였다. 이를 위해 주요 실험변수는 라텍스 혼입률(0, 5, 10, 15, 20%), W/C (31, 33, 35 37%), S/a(55, 56, 57, 58%) 를 선정하였으며, 초기슬럼프, 슬럼프 손실, 공기량, 압축강도 및 휨인장강도 발현특성, 염화이온 촉진 실험 등을 수행하였다. 실험결과, 모빌믹서차량을 이용해서 SB라텍스개질 콘크리트를 현장에서 배합하였을 때 충분한 작업성 및 양질의 콘크리트를 생산 할 수 있었으며 목표 압축강도와 휨강도를 얻을 수 있었다. 모빌믹서 차량을 이용한 배합은 실내실험에서 제시된 최적배합의 동일한 작업조건을 얻기 위한 물-시멘트비가 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 초기 배출 슬럼프 19±3cm을 얻기 위한 실내실험 배합은 물-시멘트비 37%였으나, 모빌믹서차량을 이용한 경우는 33%의 물-시멘트비를 나타내었다. 또한, 현장 적용에 있어서도 모빌믹서를 이용한 정확한 계량 및 라텍스의 혼입으로 양질의 콘크리트 생산 및 성능개선을 기대할 수 있음을 확인하였다.

**핵심용어** : 라텍스개질콘크리트, 투수성, 모빌믹서, 콘크리트교면 덧씌우기, 현장적용

\* 정회원·강원대학교 토목공학과 조교수·공학박사·033-250-6236 (E-mail:kkyun@kangwon.ac.kr)  
 \*\* 정회원·강원대학교 석재복합신소재제품연구센터 연구원·공학박사·033-250-6240 (E-mail: jhlce2@kangwon.ac.kr)  
 \*\*\* 정회원·강원대학교 석재복합신소재제품연구센터 연구원·공학박사·033-250-6240 (E-mail:cwhong@hanmail.net)  
 \*\*\*\* 정회원·승하이엔씨 상무·기술사·02-2277-7213 (E-mail:khkim@seunghwa.co.kr)  
 \*\*\*\*\* 정회원·승하이엔씨 기술연구소 소장·공학박사·02-2277-7213 (E-mail:tkkim@seunghwa.co.kr)



# 1. 서 론

기존의 교량 교면포장공법의 대표적인 아스팔트콘크리트 교면포장의 경우 주행성이 좋고, 시공이 간편하기는 하나 높은 투수성으로 인해 콘크리트, 철근의 부식이 우려되며 그로 인해 구조물의 내구성에 치명적이 악영향을 미칠 수 있다. 이러한 기존의 교면 포장 덧씌우기의 문제점을 극복하기 위해 SB 라텍스개질콘크리트(Latex Modified Concrete : 이하 LMC)를 이용한 교면포장공법이 미국 등지에서 적용되고 있으나<sup>1,2)</sup>, 국내에서는 아직 연구가 미비한 실정이다. 현재 광범위하게 사용되고 있는 콘크리트제조용 라텍스는 미국의 D사 제조품이 널리 사용되고 있으나, 이를 국내에 그대로 적용할 경우 사용재료, 시공여건, 현장경험 등으로 인해 효율성이 크게 떨어진다.

이에 본 연구에서는 라텍스를 혼입한 콘크리트에 있어 실내실험 및 모빌믹서를 이용하여 국내에 적합한 배합조건을 찾고, 국내에 적용 가능한 콘크리트를 도입하고자 하였다. 이를 통해 국내여건에 맞는 적정배합을 제안하고, 라텍스 혼입률에 따른 역학적 특성 및 내구특성에 대하여 분석하고 모빌믹서차량을 이용한 라텍스 개질 콘크리트의 적용가능성을 파악하고자 하였다.

## 2. SB 라텍스개질 콘크리트의 특성

### 2.1 정의

라텍스란 고무나무로부터 얻어지는 자연제품을 가리키는 말이며, 현재 사용되고 있는 대부분의 라텍스는 50%의 물에 50%의 수경성 SB 라텍스 (Styrene-Butadiene Latex : 이하 SB 라텍스)를 첨가해서 제조한다. 라텍스는 일반적으로 반투명 상태의 우유빛을 띠는 액체상태이며, 콜로이드 같

은 작은 구형의(직경 0.5-5 $\mu$ ) 유기체 폴리머입자가 물 속에 분산되어있는 것을 말한다. 입자들은 표면이 계면활성제로 코팅되어 물 속에서 부유하는 상태로 있을 수 있게 된다. 단량체와 단량체의 chain 연결에 의해서 하나의 폴리머가 생성될 수 있는 공간을 제공하는 것이 바로 계면활성제이다<sup>3)</sup>. 그림 1은 이러한 계면활성제의 작용을 나타낸 모식도이다. 계면활성제는 입자들을 안정화 시켜 응결을 방지할 뿐만 아니라 포틀랜드 시멘트 배합에서 감수제로서의 역할을 하여 보다 낮은 물/시멘트비에서 유동성을 증가시키고, 수화반응이 일어나는 동안 라텍스 입자들은 필름막을 형성하게 된다. 이러한 반연속적인 플라스틱 필름으로 인해 수화물과 골재표면을 부착하여 공극을 채우며, 그 결과 투수성 감소, 부착강도와 인장강도의 증진을 보이게 된다.<sup>4,5)</sup>

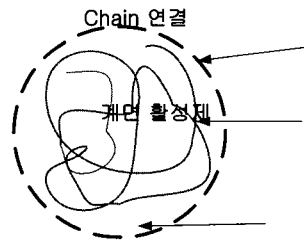


그림 1. 폴리머 생성을 위한 계면활성제의 작용

표 1. 라텍스의 화학적 특성

성질	비고
Solid content	46.5~49%
Butadiene content	34±1.5 wt %
Styrene content	66±1.5 wt %
PH	9.5~11
Average particle size	1900~2500 A
Surface charge	Anionic (Non-ionic)
Anti-oxidant	Included
Tg (glass transition temperature)	8℃
minimum film forming temp	Lower 4℃



SB 라텍스의 성질을 좌우하는 스티렌(Styrene)과 부타디엔(Butadiene)의 혼합비율을 살펴보면, 부타디엔의 비율이 높아지면 신도는 좋아지나 강도는 저하되는 성질이 있으며, 스티렌의 성분비가 높을 경우 필름막이 생성되지 않을 우려가 있어 철저한 사전 연구가 이루어져야 한다. 본 연구에서 사용된 SB 라텍스는 다른 아크릴 계열의 수지에 비해 가수분해가 뛰어나고 시멘트 종류에 크게 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 보다 자세한 SB 라텍스의 화학적 특성은 표 1과 같다.

## 2.2 라텍스 혼합 콘크리트의 메카니즘

### 2.2.2 시멘트 수화작용과 라텍스 폴리머화 과정

굳지 않은 콘크리트에서 SB 라텍스는 워커빌리티를 향상시키며, 소량의 워커빌리티를 얻기 위하여 요구되어지는 단위수량을 감소시킨다. 단위수량의 감소는 경화된 콘크리트의 강도증가를 가져온다(Manson, 1981). 또한 SB 라텍스 유제는 상대적으로 큰 공기량을 가진 콘크리트를 만드는 굳지 않은 혼합물의 공기 조직을 안정하게 하는 경향이 있다. SB 라텍스 경화된 콘크리트 내에서 폴리머화를 통한 필름막을 형성하여 콘크리트의 제성질을 향상 및 개선시켜준다. 이러한 필름막 형성은 물리적 화학적 작용에 의해 이루어지며, 라텍스 개질 콘크리트의 시멘트수화반응과 라텍스의 폴리머화 과정은 다음과 같은 3단계로 간략하게 나타낼 수 있으며 그림 2에 잘 나타나 있다.

① 1단계 : 라텍스가 굳지않은 시멘트 모르타르와 콘크리트에 배합될 때 라텍스 입자는 시멘트 페이스트사이에서 균일하게 분포한다. 라텍스 시멘트 페이스트에서 시멘트겔은 점차 시멘트 수화반응에 의해 형성되고, 물은 수화반응동안 형성되는 수산화칼슘에 의해 포화된다. 물입자에 있는 수산화칼슘은 골재표면의 실리카와 재반응하여 칼슘-실리케이트 층을 형성한다.

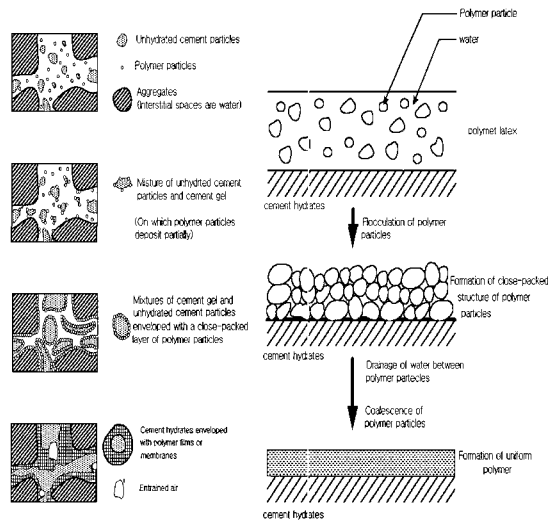


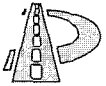
그림 2. 시멘트의 수화 반응과 라텍스의 폴리머화 과정

② 2단계 : 물이 증발하면서 시멘트 겔 구조가 발달하기 때문에 라텍스 입자는 미세공극에 갇히게 된다. 시멘트 수화반응이 진전됨에 따라 물은 감소하고, 라텍스 입자는 연속적인 필름막을 형성하기 위하여 응집하고, 동시에 혼합물과 골재위의 실리케이트층에 부착한다. 이 경우에 혼합물에 존재하는 큰 공극은 라텍스 입자의 부착에 의해 채워진다. 그 이유는 시멘트 페이스트의 공극의 크기가 몇 백 picometer에서 몇 백 nanometer인 반면 일반적인 라텍스에서 라텍스 입자의 크기는 50 ~ 500 nm(nanometer)이기 때문이다.

③ 3단계 : 마지막으로 시멘트 수화반응에 의해 물이 감소함으로 인해 시멘트 수화물에 있는 라텍스 입자는 연속적인 필름 또는 막과 합쳐지고, 필름과 막은 라텍스 면이 시멘트 수화면을 통과하여 스며들어 단일체의 조직을 형성함과 동시에 시멘트 수화물을 감싼다.

## 3. 실험계획 및 실험방법

### 3.1 실험계획



본 연구에서는 예비실험을 통해 단위시멘트량, 물-시멘트비, 잔골재율에 대한 적정배합을 선정 후 실험을 수행하여 실내실험 및 모빌믹서차량을 이용한 배합에서의 성능개선을 확인하고자 하였다. 주요 실험변수는 라텍스 혼입률 0, 5, 10, 15, 20%를 선정하여, 라텍스 혼입률에 따른 LMC의 강도특성을 고찰하기 위해 압축강도와 휨강도 실험을 하였고 내구특성을 고찰하기 위해 투수실험을 실시하였다.

## 3.2 사용재료 및 배합설계

### 3.2.1 라텍스(Latex)

미국에서는 ACI 시방서 등에 LMC의 배합조건을 표기하고 있는데, 이를 그대로 사용할 경우 국내의 재료적인 차이와 시공조건의 차이로 인해 우수한 LMC를 얻을 수 없게 된다. 따라서, 국내 재료와 시공조건을 고려한 새로운 배합기준을 정립하여 우수한 LMC 교면포장체를 생산하여야 한다. LMC 배합조건을 살펴보면, 단위시멘트량의 경우 국내에서 사용되는 시멘트의 블레인과 미국 지역에서 사용되는 블레인은 차이가 있다. 이러한 블레인의 차이로 인해 국내 시멘트는 조기강도가 다소 낮아지게 되고 작업성도 다소 차이가 생기게 된다. 따라서, 국내 적용 LMC의 배합조건에서는 단위시멘트량을 증대시키고, 물-시멘트비를 낮춰 강도저하를 방지하였다. 단위수량의 저하로 인한 작업성 저하는 단위시멘트량의 증가로 인한 라텍스 첨가량의 증가로 높은 작업성을 유지할 수 있었다.

### 3.2.2 시멘트 및 골재

시멘트 국내 S사의 보통 시멘트를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 13mm인 레미콘용 쇄석, 잔골재는 강모래를 사용하였다.

## 3.3 모빌믹서

실내실험으로 획득한 기본배합을 근거로 하여 보다 신뢰성 있는 현장적용을 위하여 모빌믹서를 이용하였다. 모빌믹서차량이란 기존의 배척플랜트를 이용한 콘크리트 배합방식과는 다른 생산방식으로 콘크리트를 연속타설하는 장비이다. 모빌믹서차량은 각각의 재료를 분리하여 수송, 교반하지 않은 상태에서 현장까지 운반하여 수요자가 원하는 위치에서 혼합·교반하여 곧바로 생산·배출하는 방식이다. 따라서, 교반된 상태의 굳지 않은 콘크리트를 운반하는 과정이 없으며, 이로 인해 시간에 따른 콘크리트의 성질변화를 없앨 수 있다. 또한, 혼합 및 교반 그리고 타설이 한 곳에서 모두 이루어지므로 양질의 콘크리트 생산이 가능하게 된다. 이러한 모빌믹서의 사용은 시간에 따라 변화하는 LMC의 작업성 및 라텍스 필름막 형성에 적합한 것으로 판단되어진다.

## 3.4 배합설계

모빌믹서를 이용한 라텍스 개질 콘크리트의 현장적용을 위해서는 적절한 작업시간 및 시공성을 확보하는 것이 필수적이다. 배합조건은 작업성 평가를 위한 잔골재율 변화와 강도발현 특성을 고찰하기 위한 배합으로 나누어 시행하였다. 마무리성 평가 실험에서 가장 우수한 성질을 보인 잔골재율을 선정하였다. 또한, 강도발현 특성 고찰을 위한 배합을 표 2와 같이 하였다. 특히 표 2의 배합에서는 라텍스 혼입을 15%로 하여 현장에서의 작업성을 알아보기 위하여 물/시멘트비를 변수로 배합하였다. 이를 통해 굳지 않은 상태의 LMC와 경화 후 상태를 실내실험실 결과와 비교·고찰하여 모빌믹서차량을 이용한 LMC의 현장적용 가능성에 대해 살펴보았다.

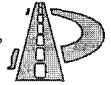


표 2. 실내실험 및 모빌믹서 차량 배합 평가를 위한 배합표

비고	W/C (%)	S/a (%)	Latex (%)	단위시멘트 (kg/m <sup>3</sup> )	Gmax (mm)
실내 실험	37	55	0 5 10 15 20	400	13
작업성 평가	33	55 56 57 58	15	400	13
모빌믹서 차량배합	31 33 35	58	15	400	13

### 3.4 실험방법

#### 3.4.1 작업성 및 강도시험

라텍스 개질 콘크리트의 압축거동을 파악하고자 KS F 2405 규정에 의하여 압축강도시험을 수행하였다. 200톤 용량의 만능재료시험기를 사용하였으며, 시험체가 파괴점에 도달할 때까지 하중제어로 시험을 실시하였다. 이때 콘크리트 시험편의 양단을 연마기를 사용하여 수평하게 유지시킴으로써 편심의 영향을 최소화 하였다. 휨강도 시험은 KS F 2408 규정에 의거하여 배합조건별로 10×10×46cm의 빔 공시체를 제작하여 4점 재하방식으로 시험을 수행하였다.

#### 3.4.2 투수시험

투수시험은 ASTM C 1202와 AASHTO T 259에 규정하고 있는 염소이온 투과시험방법에 따라 실시하였다. 이 시험방법은 직접투수시험에 비해 간단하고 단시간 내에 투수저항성을 측정할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 염소이온투과시험은 양생된 직경 10cm의 콘크리트 공시체를 길이

표 3. 염소이온 투과에 따른 콘크리트 투수특성

Relative permeability	Charge passed (Coulombs)
High	> 4000
Moderate	2000 ~ 4000
Low	1000 ~ 2000
Very low	100 ~ 1000
Negligible	< 100

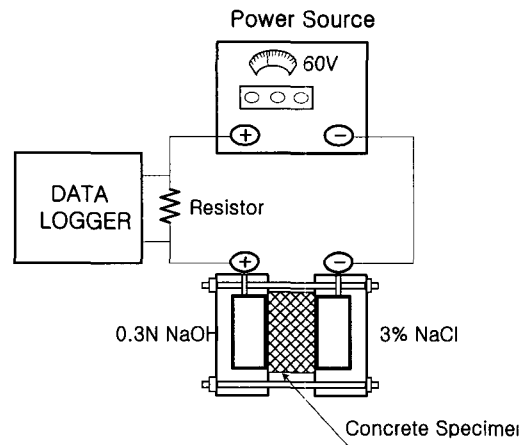
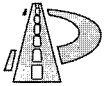


그림 3. 염소이온 투과시험의 모식도

가 5cm가 되도록 절단한 다음 실험을 수행하기 전에 진공포화장치를 이용하여 시험편 내부를 완전히 포화시킨 후 그 사이로 흐르는 전하량을 측정 투수성을 측정하는 시험이다. 그림 3은 염소이온 투과실험 장치로 구성된 측정회로를 나타낸 것이다. 측정된 전압을 전류로 환산하여 회로를 통과한 총전하량을 구하며, 이 총전하량으로 ASTM 규정인 표 3에 의거해 LMC의 투수성을 분석하였다.

## 4. 라텍스 개질 콘크리트의 강도특성

### 4.1 굳지 않은 LMC의 특성평가



#### 4.1.1 S/a에 따른 현장 마무리 특성

콘크리트의 작업성 평가는 아직까지 정량화된 방법이 제시되고 있지 않은 상태이다. 대표적인 방법으로 슬럼프실험을 실시하여 작업성의 좋고 나쁨을 가늠할 수는 있다. 그러나, 라텍스 개질 콘크리트의 경우 라텍스의 혼입으로 매우 높은 고유동의 성질을 가지므로 슬럼프 측정만으로는 작업성, 특히 마무리성에 대한 평가를 정확히 할 수는 없게 된다. 따라서, 본 연구에서는 라텍스 개질 콘크리트의 마무리성 평가를 다음과 같은 방법으로 실시하였다. 라텍스 개질 콘크리트의 마무리성 평가방법은 현장경험이 10년 이상된 인부 5명을 선출하여 실험을 실시하였다. 각 실험자가 흙손 등을 이용하여 충분한 시간을 가지고 관찰하여 결과를 제출토록 하였다. 실험의 공정성을 기하기 위하여 실험자 5명 모두에게는 배합의 성질을 모르게 하여 관찰하도록 하였다.

실험결과인 표4를 살펴보면, 잔골재율이 55%에서 58%로 증가할수록 마무리 작업성이 좋은 것으로 평가되어졌다. 특히 잔골재율 58%인 경우는 모든 실험관찰자들에게서 가장 높은 평가를 받았다. 실내실험에서 제시된 최적배합과는 다소 다른 결과로써 이는 실험실의 강제믹서기를 통한 배합과 모빌믹서차량을 이용한 배합에 있어 배합 시간 및 배합정도의 차이에 기인한 것으로 판단 되어진다.

표 4. 마무리성 평가를 위한 실험자 관측결과

S/a (%)	실험자 -1	실험자 -2	실험자 -3	실험자 -4	실험자 -5	종합평가
55	×	×	×	×	△	×
56	△	△	△	×	△	△
57	◎	△	△	△	◎	△
58	◎	◎	◎	◎	◎	◎

<× : 불량 △ : 보통 ◎ : 우수>

따라서, 현장에서 모빌믹서 차량을 이용하여 타설할 경우 교면 포장체의 평탄성 확보를 위해서는 잔골재율을 58%로 조정하여 타설하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

#### 4.1.2 물-시멘트비에 따른 작업성 평가

굳지 않은 LMC의 또다른 성질을 알아보기 위하여 초기 배출 슬럼프를 측정하였다. 그림 4의 결과를 살펴보면, 마무리성 평가의 잔골재율 실험과 같이 실내실험실과는 다소 다른 결과를 나타냈다. 즉, 실내실험실의 강제믹서기를 통한 배합과 모빌믹서차량을 이용한 배합에서 초기 배출 슬럼프에 의한 동일 작업성을 요하는 물-시멘트비는 모빌믹서차량을 이용한 배합이 보다 낮은 물-시멘트비를 나타냄을 알 수 있다. 모빌믹서차량을 이용한 배합의 초기슬럼프는 실험실 실내의 강제 믹서기를 이용한 배합보다 동일슬럼프를 얻기 위한 물-시멘트가 낮아짐을 알 수 있다.

이와 같은 이유로는 실내 실험실의 강제믹서기의 경우 혼합시간이 상대적으로 길어 혼합수가

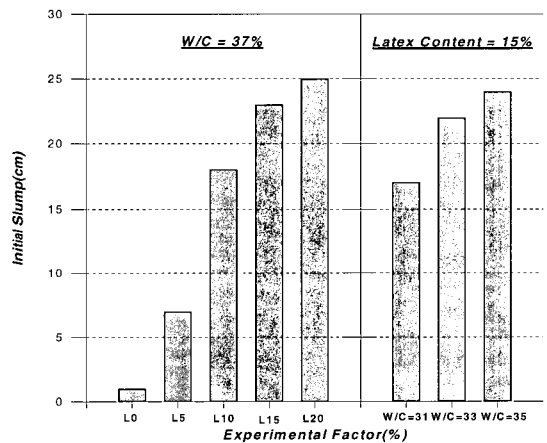
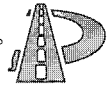


그림 4. LMC의 초기슬럼프

재료의 표면적에 넓게 분산, 흡수·흡착되어 물-시멘트비가 상승하나, 모빌믹서차량을 이용한 배합



은혼합수가 굵은 골재와 잔골재의 표면적에 흡착 흡수되는 시간이 매우 짧아 동일슬럼프를 얻기 위한 물-시멘트비가 낮아지는 것으로 판단되어진다. 즉, 배합시간이 짧아질수록 동일한 작업성을 요하는 물-시멘트비는 감소되는 것을 알 수 있었다. 초기 배출슬럼프 23±1cm에 해당하는 강제믹서기의 물-시멘트비는 라텍스 혼입율 15%, 물-시멘트비 37%였으나, 모빌믹서차량을 이용한 배합에서는 라텍스 혼입율 15%, 물-시멘트비 33%로 나타났다.

## 4.2 경화 후 LMC의 특성평가

### 4.2.1 물-시멘트비에 따른 압축강도 특성

모빌믹서차량을 이용한 배합은 목표슬럼프값의 하향조정으로 인해 실험실 배합보다는 다소 낮은 물-시멘트비를 변수로 강도발현 특성을 고찰하였다. 라텍스를 15%를 혼입하여 모빌믹서차량으로 배합·양생한 결과, 모든 물-시멘트비에서 공시체의 다짐 불량이나 강도저하 등은 관찰할 수 없었다.

표 5. 모빌믹서차량과 실험실 배합의 압축강도 비교

W/C (%)	Latex (%)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Initial Slump (cm)
37	0	405	0
	5	370	7±1
	10	363	18±1
	15	353	23±1
	20	282	25±1
31	15	381	17±1
33		328	22±1
35		268	24±1

그림 5와 표 5는 실험실 실내실험 결과와 모빌믹서 차량의 28일 압축강도 결과를 나타낸 것이다. 강도발현 특성을 살펴보면, 모빌믹서 차량을

이용한 경우는 동일 작업성을 얻기 위한 물-시멘트비가 낮아짐에도 불구하고 동일 작업성의 실내 실험 강도결과보다 다소 낮게 나타났다. 표 6에서와 같이 실내실험에서 초기 슬럼프 23±1cm인 경우는 라텍스 혼입율 15%에 물-시멘트비가 37%였으나, 모빌믹서차량을 이용한 경우는 라텍스 혼입율 15%에 물-시멘트비가 33%로 나타났다. 이 두 경우의 강도발현을 살펴보면, 28일 강도에서 실내실험의 경우 353kgf/cm<sup>2</sup>이었으나, 모빌믹서차량은 낮은 물-시멘트비에도 불구하고 이보다 낮은 328kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 이는 비교적 짧은 배합시간으로 실내실험과 유사한 강도결과를 나타내고 있지 않지만 31%~35% 범위 내에서 소정의 워커빌리티를 확보하고 교면포장의 기준강도 270kgf/cm<sup>2</sup>을 초과하는 만족할 만한 수준의 강도발현을 나타내었다. 초기 배출 슬럼프 24±1cm인 경우를 살펴보면, 실내실험실 배합에서 물-시멘트비 37%, 라텍스 혼입율 20%의 배합과 모빌믹서차량의 라텍스 혼입율 15%에 물-시멘트비 35%의 굳지 않은 콘크리트의 상태가 동일한 작

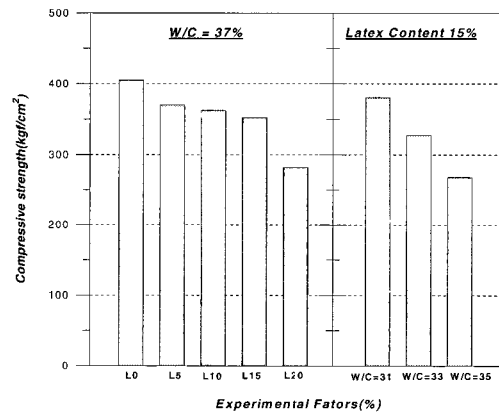
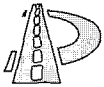


그림 5. 실내실험 및 모빌믹서 압축강도비교

업성을 나타내었다. 그러나, 압축강도의 결과를 보면, 모빌믹서차량의 경우 라텍스의 첨가량이 적음에도 불구하고 재령 28일 강도에서는 실내실험



의 결과보다 낮은 268kgf/cm<sup>2</sup>로 측정되었다.

이상의 결과를 살펴볼 때, 모빌믹서차량을 이용한 현장배합에서는 실내실험과 동일한 작업성과 압축강도를 얻기 위해서는 물-시멘트비가 낮아져야함을 알 수 있었으며, 압축강도값도 동일한 작업조건에서 다소 떨어짐을 알 수 있었다.

#### 4.2.2 물-시멘트비에 따른 휨강도 특성

교면포장체로 사용되는 LMC는 경화 후 휨강도의 결과가 보다 중요 시 된다. 콘크리트포장도로는 휨강도 45kgf/cm<sup>2</sup>이 확보되어야 교통개방을 하도록 정하고 있다. 6.7) 실내실험과 모빌믹서차량 배합의 재령 28일 휨강도를 표 6에 나타내었다.

실내실험 결과를 살펴보면 라텍스의 첨가가 증대할수록 작업성 및 휨강도값이 증진함을 알 수 있다. 특히 라텍스 혼입을 15%의 경우, 뛰어난 작업성과 더불어 높은 휨강도값을 나타내었다. 따라서, 모빌믹서차량을 이용한 최적배합을 도출하기 위한 현장적용 실험에서도 라텍스 혼입율은 15%로 하여 실내실험과 동일한 작업성을 얻기 위해 물-시멘트비를 변수로 하여 실험을 실시하였다. 그림 6의 결과를 살펴보면, 실내실험에서의 배합 결과와 유사한 결과를 나타내는 모빌믹서차량의 배합은 라텍스 혼입을 15%, 물-시멘트비 33%로 나타났다. 또한, 모빌믹서차량을 이용할 경우에서도 라텍스의 혼입으로 인해 휨강도가 매우 증진됨을 알 수 있었다. 따라서, 모빌믹서차량을 이용할 경우에도 라텍스의 혼입으로 인한 필름막 형성이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 모빌믹서차량 배합 시 낮은 물-시멘트비가 다소 높은 휨강도값을 보였으나, 작업성의 문제와 급격한 수분증발로 인한 수축균열을 방지하기 위해서는 실내실험실에서 제시된 슬럼프 23±1cm의 작업조건으로 현장에서도 이루어져야 할 것이다.

표 6. 모빌믹서차량과 실험실 배합의 휨강도 비교

W/C (%)	Latex (%)	Flexural strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Initial Slump (cm)
37	0	48	0
	5	48	7±1
	10	56	18±1
	15	62	23±1
	20	66	25±1
31	15	69	17±1
33		63	22±1
35		58	24±1

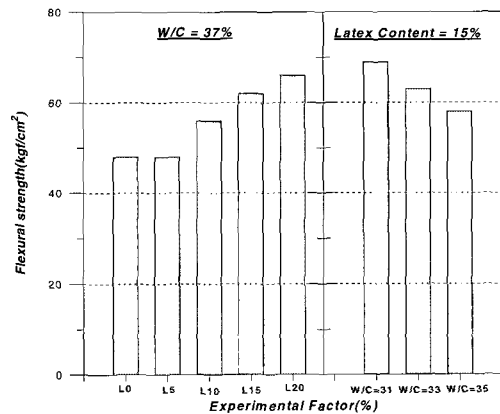


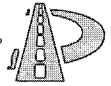
그림 6. 실내실험 및 모빌믹서 휨강도비교

## 5. 염소이온에 의한 투수저항성

### 5.1 보통콘크리트와 LMC의 투수성 비교

보통콘크리트와 라텍스 개질 콘크리트의 투수 특성을 비교하기 위하여 재령 28일 압축강도가 400kgf/cm<sup>2</sup>인 보통 콘크리트와 라텍스를 15% 혼입한 라텍스 개질 콘크리트를 재령에 따라 투수성을 분석한 결과 그림 8과 같다. 보통 콘크리트의 압축강도가 400kgf/cm<sup>2</sup>일때 통과전하량이 4000 쿨롱인 반면에 라텍스 개질 콘크리트는 압축강도가 300kgf/cm<sup>2</sup>로 보통 콘크리트보다 작은데도 불구하고 통과전하량은 1400 쿨롱으로 보통 콘크리트보다 투수성이 낮은 것으로 나타났다. 이와같이 라텍스 개질 콘크리트의 통과전하량이 작은 것은





라텍스 입자가 콘크리트내의 미세공극을 충전시킨 결과로 판단된다.

## 5.2 물-시멘트비에 따른 투수특성

라텍스 개질 콘크리트는 교량의 교면체로 사용되어 교량 상부 슬래브를 외부의 하중 및 환경적 영향으로부터 보호하여 교량 공용기간을 증대시키는 것을 주목적으로 하고 있다. 특히 환경적 영향에 있어, 우수 및 염화물의 침투는 콘크리트 교량 슬래브 내의 철근에 치명적인 악영향을 주어 철근 부식을 촉진, 교량의 공용성을 감소시키는 주요인이 된다(8.9). 따라서, LMC의 현장적용에 있어 이러한 외부 유해 요소로부터 교량의 슬래브를 보호하기 위해서는 낮은 투수성을 확보하여야만 한다. 실내실험의 결과에서 라텍스의 첨가는 콘크리트 내부에 미세구조의 필름막 형성으로 매우 우수한 불투수성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 모빌믹서차량 배합의 경우, 배합시간이 매우 짧은 이유로 라텍스 혼입으로 인한 필름막 형성이 콘크리트 내부에 형성되지 않거나, 균일하지 못할 경우 콘크리트의 투수성을 감소시킬 수 없으므로, 이에 대한 연구를 실시하였다.

표 7과 그림 7의 염소이온투과 실험결과를 살펴보면, 모빌믹서차량을 이용한 배합에서도 라텍스의 첨가로 인한 콘크리트내부의 필름막 형성으로 투수성이 현저하게 감소됨을 알 수 있었다.

표 7. 모빌믹서차량과 실험실 배합 투수특성 비교

W/C (%)	Latex (%)	Coulombs
37	0	4000
	5	1900
	10	1450
	15	1300
	20	1250
31	15	1379
33		1526
35		1969

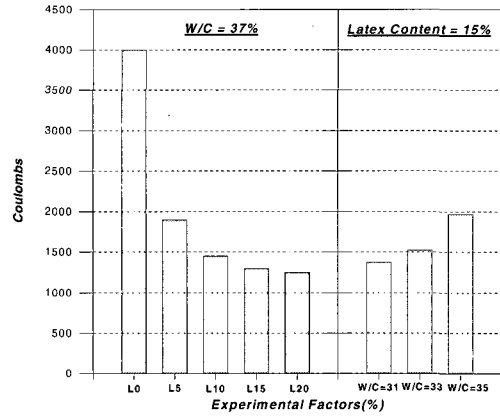
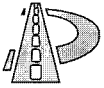


그림 7. 물-시멘트비에 의한 투수특성 비교

실내실험 배합은 강제식 믹서기를 이용하여 재료간의 공극을 줄이고 라텍스가 재료에 충분히 흡착되도록 배합되어 필름막이 보다 치밀하게 형성되어 높은 불투수성을 나타낼 수 있었다. 모빌믹서차량을 이용한 배합에서도 동일 작업조건의 실내실험 결과보다는 다소 높은 투수결과값을 보였으나, 라텍스의 첨가로 투수성의 현저한 감소를 확인할 수 있었다. 초기 배출 슬럼프  $23 \pm 1$ cm를 얻기 위한 실내실험 LMC배합은 라텍스 첨가율 15%, 물-시멘트비 37%였으며, 모빌믹서차량을 이용할 경우, 이와 같은 상태를 얻기 위한 배합은 라텍스 첨가율 15%, 물-시멘트비 33%였다. 이 두 가지 경우의 투수특성을 비교하여보면, 실내실험의 결과보다 모빌믹서 차량의 경우가 약 14% 정도 높게 나타났다. 그러나, OPC의 경우와 비교할 경우 두 배합 모두 각각 3.07, 2.62배의 증가를 보여, 모빌믹서 차량을 이용한 배합에서도 라텍스의 혼입은 콘크리트의 투수성을 현저하게 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서, LMC를 모빌믹서차량을 이용하여 현장에 적용하여도 라텍스의 혼입으로 콘크리트의 성능개선을 기대할 수 있음을 확인하였다.

즉, 모빌믹서 차량의 경우에 있어서도 라텍스의 필름막 형성과 더불어 낮은 물-시멘트비는 보



다 치밀한 콘크리트 내부구조를 형성하여 강도 및 투수성의 증대를 가져오는 것으로 판단되어진다. 따라서, 모빌믹서 차량을 이용한 LMC의 배합은 기존의 배합방식과 비교하여 볼 때 굳지 않은 콘크리트의 상태와 경화 후 콘크리트의 상태에 있어 별다른 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 6. 결론

신설 콘크리트교면 덧씌우기 재료로 적용하기 위해 SB라텍스개질 콘크리트의 현장적용 가능성을 평가하고자 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모빌믹서차량을 이용한 배합은 실내실험에서 제시된 최적배합의 동일한 작업조건을 얻기 위한 물-시멘트비가 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 초기 배출 슬럼프 19±3cm를 얻기 위한 실내실험 배합은 물-시멘트비 37%였으나, 모빌믹서차량을 이용한 경우는 33%의 물-시멘트비를 나타내었다.
2. 모빌믹서차량을 이용해서 SB라텍스개질 콘크리트를 현장에서 배합하였을 때 충분한 작업성 및 양질의 콘크리트를 생산 할 수 있었으며 목표 압축강도와 휨강도를 얻을 수 있었다.
3. 모빌믹서차량을 이용할 경우에서도 라텍스의 혼입으로 인해 휨강도가 매우 증진됨을 알 수 있었다. 특히, 실내실험 최적배합과 동일한 작업성을 가지는 모빌믹서배합은 재령 28일에 있어 휨강도가 63kgf/cm<sup>2</sup>로나타나 매우 우수한 휨강도발현을 나타내었다. 따라서, 모빌믹서차량을 이용한 LMC의 교면 포장 타설이 현장에 있어 보다 효과적임을 알 수 있었다.
4. 모빌믹서차량을 이용한 배합에서도 초기 배

출 슬럼프 23±1cm를 얻기 위한 실내실험 LMC배합과 모빌믹서차량을 이용할 경우의 투수특성을 비교하여보면, 실내실험의 결과보다 모빌믹서차량의 경우가 약 14%정도 높게 나타났다. 그러나, OPC의 경우와 비교할 경우 두 배합 모두 3.07, 2.62배의 증가를 보여, 모빌믹서차량을 이용한 배합에서도 라텍스의 혼입은 콘크리트의 투수성을 현저하게 감소시키는 것을 확인할 수 있었다.

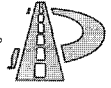
5. 현장 적용에 있어서도 모빌믹서를 이용한 정확한 계량 및 라텍스의 혼입으로 양질의 콘크리트 생산 및 성능개선을 기대할 수 있음을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강원대학교 부설 “석재복합신소재제품연구센터”지원과 승화이엔씨의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Bishara, A. G..(1979), "Latex Modified Concrete Bridge Deck Overlays Field Performance Analysis", *Ohio Department of Transportation, Report No. FHWA/OH/79/004*, pp. 96.
2. Clear, K. C. and Chollar, B. H..(1978), "Styrene-Butadiene Latex Modifiers for Bridge Deck Overlay Concrete", Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Research and Development, April.
3. Kuhlmann, L.A..(1990), "Experiments to Evaluate Factors Effecting the Permeability of Portland Cement Mortar and Concrete Modified with Styrene-Butadiene Latex." *Presented at the Research Session, ACI Annual Meeting, Toront, Canada.*
4. Khulman, L. A.. & Foor, N.(1984), "Chloride Permeability versus Air Content of Latex Modified Concrete", *Cement, Concrete and Aggregates, Summer*. ASTM.



5. Kuhlmann, L. A.(1981), "*Performance History of Latex-Modified Concrete Overlays*", ACI Publication SP-69 : Application of Polymer Concrete, pp.205-218.
6. 윤경구, 이주형, 김기현, 김대호.(2000), "현장적용을 위한 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 특성", 대한토목학회 가을 학술발표회 논문집, pp.395-398.
7. 김기현, 홍창우, 박상일, 양희용(2000), "LMC를 이용한 교면포장의 현장 적용성 평가", 대한토목학회 가을학술발표회 논문집, pp. 99-102.
8. 홍창우, 윤경구, 최상룡, 김태경(2000), "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성과 부착강도 특성", 한국도로포장공학회 학술발표회 논문집, pp. 191-197.
9. 이종명, 윤경구, 최상룡, 홍창우, 전인구(2000), "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, pp. 191-196. 969

(집수 2001. 6. 8)