

## 신설 콘크리트 교면 덧씌우기를 위한 라텍스 개질 콘크리트의 강도발현 특성

Strength Development Properties of Latex Modified Concrete  
For New Concrete Bridge Deck Overlay

윤 경 구\* · 김 기 현\*\* · 이 주 형\*\*\* · 홍 창 우\*\*\*\* · 김 동 호\*\*\*\*\*  
Yun, Kyong-Ku · Kim, Ki-Heoun · Lee, Joo-Hyung · Hong, Chang-Woo · Kim, Dong-Ho

### Abstract

This study focused on the investigation of compressive and flexural strengths development, and bond strength of latex modified concrete in order to validate the feasibility of application into concrete bridge deck overlay. Pull-out bond test was used for evaluating the bond strength of latex modified concrete to substrate. The main experimental variables were latex-cement ratio, surface preparation and moisture levels.

The compressive strength of latex modified concrete decreased slightly and the flexural strength increased as the latex content increased from 5% to 20%. This might be due to the flexibility of latex filled in voids and interconnections of hydrated cement and aggregates by a film of latex particles, respectively. In general, increasing the amount of latex will produce concrete with increased tensile and flexural strength and lower modulus of elasticity. Significant improvements in bond strength between new and existing concrete were achieved through the modification of the new concrete bridge deck overlay by latex polymers. The effect of surface preparation on bond of latex modified concrete to conventional concrete were significant at the conditions by sand paper and wire brush. A better bond could be achieved by rough surface rather than smooth. The saturated condition of surface is the most appropriate moisture level among the considered, followed by dry condition and wet condition.

**Keywords** : latex modified concrete, direct pull-out bond test, bridge deck overlay

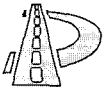
### 요 지

기존의 교면포장공법의 근본적인 문제점으로 인해 새로운 교면포장 공법이 점차 부각되고 있는 실정이며, 새로운 교면포장 공법으로 연구되고 있는 것이 라텍스 개질 콘크리트를 이용하는 것이다. 따라서, 본 연구에서는 신설 콘크리트 교량 교면포장으로 덧씌우기된 LMC의 강도발현 특성과 덧씌우기 될 때의 기존콘크리트와의 부착특성을 파악하고자 하였다.

이런 연구를 위해 라텍스 혼입률에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 압축강도와 휨강도, 그리고 기존콘크리트와의 부착강도를 측정하였다. 본 연구결과 라텍스 혼입량 증가로 폴리머 입자들의 불베어링 작용, 연행된 공기 및 라텍스 안에 있는 계면활성제의 분산작용에 의하여 LMC의 작업성과 휨강도를 증가시킨다는 사실을 파악 할 수 있었고 LMC와 기존 콘크리트 슬래브와의 부착강도는 크게 증진함을 알 수 있었다.

**핵심용어** : 스틸렌-부타디엔 라텍스, 라텍스개질 콘크리트, 직접인발 시험, 교면포장

- \* 정희원 · 강원대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 · 033-250-6236 (E-mail:kkyun@kangwon.ac.kr)
- \*\* 정희원 · 송화이앤씨 상무 · 공학석사 · 02-2277-7213 (E-mail:khkim@seunghwa.co.kr)
- \*\*\* 정희원 · 강원대학교 석재복합연구센터 연구원 · 공학박사 · 033-250-6240 (E-mail:jhlee2@kangwon.ac.kr)
- \*\*\*\* 정희원 · 강원대학교 석재복합연구센터 연구원 · 공학박사 · 033-250-6240 (E-mail:cwhong@hanmail.net)
- \*\*\*\*\* 정희원 · 강원대학교 토목공학과 · 박사과정 · 033-250-6240 (E-mail:dkkim@kangwon.ac.kr)



## 1. 서 론

기존의 교량 교면포장공법은 크게 아스팔트콘크리트 교면포장과 콘크리트 마모층 교면포장 두 가지로 대별될 수 있다. 두 가지 공법의 광범위한 사용에도 불구하고 이들이 가지는 단점들로 인해 새로운 교면포장공법이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 아스팔트콘크리트 교면포장의 경우 주행성이 좋고, 시공이 간편하기는 하나 높은 투수성으로 인해 콘크리트, 철근의 부식이 우려되며 그로 인해 구조물의 내구성에 치명적이 악영향을 미칠 수 있다.

이런 기존의 교면포장공법의 근본적인 문제점으로 인해 새로운 교면포장 공법이 점차 부각되고 있는 실정이며, 현재 새로운 교면포장 공법으로 연구되고 있는 것이 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete : 이하 LMC)를 이용한 교면포장공법이다. LMC 교면포장의 경우 낮은 투수성으로 인해 염분 및 수분침투를 방지하여 철근부식 등으로부터 콘크리트 슬래브를 보호하여 내구성을 향상시킬 뿐만 아니라 고강도, 고밀도로 인해 공용년수가 장기화되는 특성을 가진다(Kuhlmann, 1991). 비록 초기투자비용이 다른 공법에 비해 높다고는 볼 수 있으나, 장기적인 유지보수 등의 경제성을 비교하여 볼 때 오히려 총투자비용은 50%정도에 불과하다(Kuhlmann, 1990).

따라서 기존 교면포장의 문제점을 해소하기 위한 방안으로 국내 교량의 교면포장으로 널리 사용될 수 있는 LMC를 국내의 여건에 맞게 재료설계와 특성을 평가하여 국내 교량 교면포장에 도입, 적용하여 실용화시키기 위하여, 본 연구에서는 교량교면 덧씌우기를 위한 LMC의 강도발현 특성과 기존콘크리트와의 부착강도 특성을 파악하고자 하였다.

## 2. 라텍스 개질 콘크리트의 특성

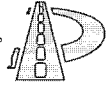
### 2.1 라텍스

라텍스는 고무나무로부터 얻어지는 천연제품을 말하며, 일반적으로 반투명한 우유빛을 띠는 액체상태로써 콜로이드 같은 작은 구형의(직경 0.5-5  $\mu$ ) 유기체 폴리머입자가 물 속에 분산되어있는 것을 말한다. 현재 상용되고있는 대부분의 라텍스는 50%의 물에 50%의 폴리머로 구성되어 있다. 입자들은 표면이 계면활성제로 코팅되어 물 속에서 부유하는 상태로 존재한다.

라텍스를 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 첨가하였을 때 보통 콘크리트보다 낮은 단위수량에서도 유동성이 증가한다. 그리고 라텍스가 입자 주위에 필름막을 형성함으로써 이러한 필름으로 인해 시멘트 수화물과 골재가 상호 연결되어 부착성이 증대된다(Ohama, 1987). 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트가 건조하게되면 시멘트수화물이 수축하여 시멘트 수화물의 내부에는 미세균열이 발생하게된다. 이러한 미세균열의 전파로 콘크리트의 인장력을 저하시키고 염화물이나 유해한 화학물질의 침투를 증가시키게된다. 그러나 LMC에서는 라텍스입자들이 골재주위를 둘러싸고, 시멘트수화물을 덮고 있는 필름을 형성하여 응집되어있다. 라텍스의 탄성과 부착성능의 증가로 라텍스는 시멘트수화물 내부의 미세균열공극을 메워주며, 미세균열의 전파를 억제하는 역할을 하게된다. 그 결과 라텍스는 콘크리트의 인장강도와 부착강도를 증가시키고 투수저항성을 증가시킨다.

### 2.2 LMC 사용효과

아스팔트포장의 경우 재료 특성상 낮은 강도와 저밀도로 인하여 콘크리트의 열화현상이 발생하고, 아스팔트와 콘크리트의 서로 이질적인 재료에



의한 낮은 부착력으로 들뜸현상이 발생한다. 또한 이러한 현상으로 인하여 균열이 발생하고, 이 균열부위로 염화물, 우수 등이 침투하여 콘크리트 상판을 열화시키며 철근부식을 유발하여 교량상판을 노후화시켜 내구성에 치명적인 영향을 끼친다. 그러나 LMC는 아스팔트 포장과 비교해볼 때 높은 압축강도, 휨강도, 인장강도를 가진다. 또한 고밀성으로 각종 염해물의 완벽한 차단을 기할 수 있으며 콘크리트 상판과 동질재료이므로 큰 부착력을 가지고 일체화 거동을 유발할 수 있다. 또한 투자비용을 생각해보면 초기투자비는 기존의 공법보다 다소 높지만, 장기적인 측면에서 본다면 오히려 다른 방법들에 비해 훨씬 경제적이

다. 따라서 기존의 교면포장을 LMC교면포장으로 대체한다면 기존의 공법들이 가지고 단점들을 완벽하게 보완할 수 있을 것이다.

그림 1은 LMC를 이용하여 교면포장을 하였을 경우 LMC의 불투수층으로 인해 콘크리트 상판이 보호됨을 보여준다. 그림 2는 LMC대체효과를 도해로 나타낸 것이다.

### 3. 라텍스 개질 콘크리트의 강도 발현 특성

#### 3.1 개요

본 연구에서는 라텍스 개질 콘크리트의 강도특성을 파악하기 위하여 예비실험을 먼저 수행하여 적정배합을 선정 후 실험을 수행하였다. 주요 실험변수는 라텍스 혼입률 5, 10, 15, 20%를 주요변수로 사용하였으며, 배합시 물-시멘트비를 37%로 고정시키고, 최적 잔골재율을 55%로 고정하였다.

#### 3.2 사용재료 및 배합설계

실험에 사용된 라텍스는 미국 D사 제품으로 Styrene-Butadiene계열의 것을 사용하였으며, 그 화학적 특성은 표 1에 나타내었다.

포틀랜드 시멘트는 국내 S사 제품을 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 13mm인 레미콘용 쇄석을 잔골재는 천연강모래를 사용하였다. 또한, 라텍스 혼입률을 시멘트대비 5, 10, 15, 20%로 하여 실험을 수행하였다. 이상과 같은 배합내용을

표 1. Composition and Physical Properties of Latex

Percent Solids	Specific Gravity(25℃)	PH	Surface Tension dynes/cm at 25℃
46%-48%	1.01	10.5	32
Self Life	Viscosity cps at 20℃	Freeze thaw stability (-15℃ to 25℃)	stabilizer type
> 2 years	24	5 cycle	anionic

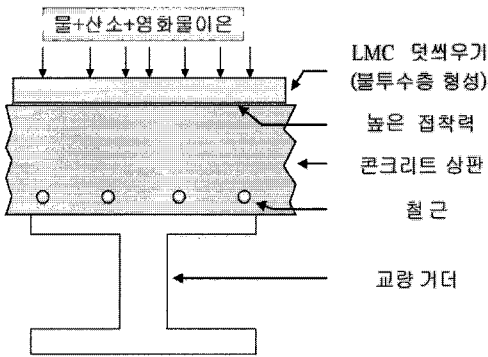


그림 1. Effect of LMC overlay at Bridge decks

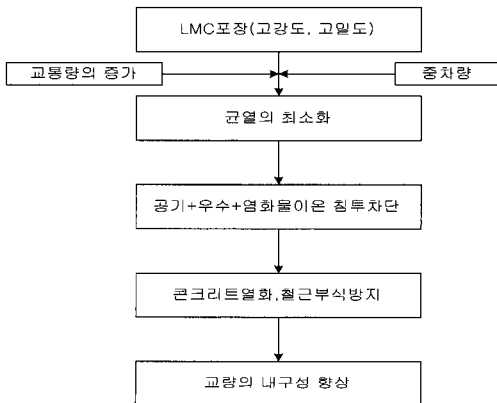


그림 2. Application Effect of LMC

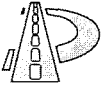


표 2. Mix Proportions of Latex Modified Concrete

W/C (%)	S/a (%)	Mix Proportion (kg/m <sup>3</sup> )				
		Cement	Latex	Water	Sand	Gravel
37	55	400	40	128	1012	834
			80	108	984	811
			120	88	956	788
			160	68	927	765

표 2에 나타내었다.

### 3.3 시험체 제작 및 실험

라텍스 개질 콘크리트의 특성을 파악하고자 KS F 2405 규정에 의하여 압축강도시험을 수행하였다. 재령 3, 7, 14, 28, 56일에서 200톤 용량의 만능재료시험기를 사용하였으며, 시험체가 파괴점에 도달할 때까지 하중제어로 시험을 실시하였다. 휨강도 시험은 배합조건별로 10×10×46cm의 공시체를 제작하여 KS F 2408에 준하여 재령 7, 14, 28, 56일에서 4점재하 방식으로 시험을 수행하였다. 각 시험에 대해 세 개의 공시체의 결과의 평균값을 분석에 사용하였다.

### 3.4 실험결과 및 분석

#### 3.4.1 공기량

공기량은 강도 및 내구성에 영향을 미치는 중요한 인자 중에 하나이다. 보통 콘크리트의 경우 공기량이 작으면 굳은 콘크리트에서 공극이 상대적으로 작게 되어 강도 및 투수저항성은 커지나 동해에 의해 발생하는 내부 인장응력에 대한 저항성이 적게 되어 동결융해 저항성 및 Scaling 저항성이 떨어지게 된다. 따라서 적정의 공기량을 유지하는 것이 중요하다.

그림 3에는 라텍스 혼입률에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 공기량이 나타내었다. 라텍스를 혼입한 콘크리트의 공기량은 6.5~7.5%를 보였으며,

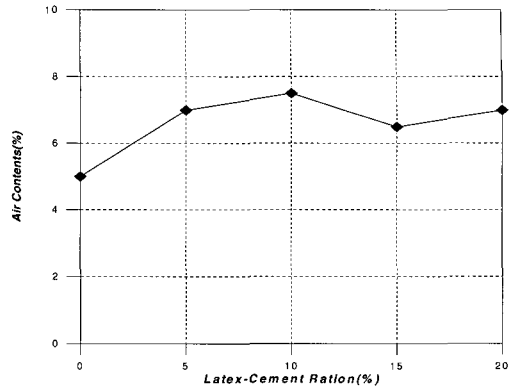


그림 3. Air contents with L/C Ratio

이와같은 결과는 라텍스의 불베어링 작용과 라텍스 제조시 첨가된 계면활성제의 분산작용에 의해 라텍스를 혼입하지 않은 콘크리트에 비해 공기량이 증가한 결과를 나타낸 것이다. 그러나, 동일 물-시멘트비에서 라텍스 혼입률 변화는 공기량 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

#### 3.4.2 작업성변화

동일 물-시멘트비와 잔골재율을 갖는 보통콘크리트와 LMC를 비교하여 보면, 보통콘크리트 즉 라텍스 혼입률이 0%인 경우는 배합자체가 이루어지지 않아 슬럼프 측정이 불가능하였으나, LMC는 라텍스 혼입률 정도에 따라 약 7~25cm 정도의 슬럼프 변화를 나타내었다. 이 결과로부터 라텍스를 혼입하면 유동성이 증가하며, 어느 정도의 워커빌리티를 얻는데 요구되어지는 물의 양을 감소시킨다는 사실을 알 수 있었다.

그림 4는 라텍스 혼입률에 따른 슬럼프 변화를 나타낸 것이다. 여기서 라텍스의 첨가로 인해 유동성이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 한편, LMC의 시간의 경과에 따른 슬럼프의 변화는 보통 콘크리트보다는 그 변화가 빠른 것으로 나타났다. 라텍스 혼입률이 낮은 LMC의 경우 초기 슬럼프값이 작게 나오기 때문에 시간이 경과함에 따라 슬럼프값이 감소하여 유동성을 상실하는 시

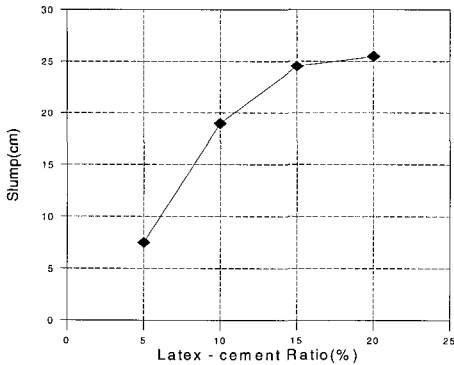
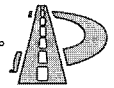


그림 4. Slump Variation with Latex-Cement Ratio

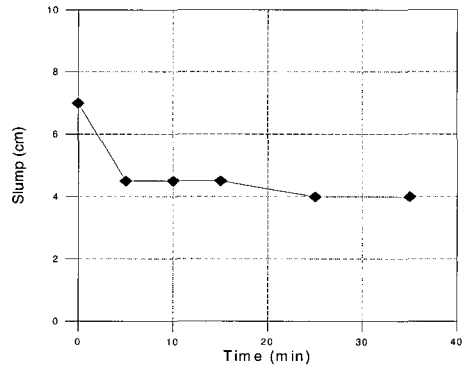


그림 5. Slump loss at Latex Contents 5%

간도 빠르게 나타났다. 라텍스 혼입률이 5%와 10%의 경우 배출 후 약 30~35분 후 슬럼프값이 4cm로 감소하고, 그 이후에는 슬럼프의 측정이 불가능하였다. 그러나 라텍스 혼입률이 15%, 20%의 경우 배출후 약 50분이 경과한 후에도 7, 8cm의 슬럼프를 유지하고 있었다.

또한 라텍스 혼입률 15%와 20%의 슬럼프를 비교하여 봤을 때 큰 차이를 보이지는 않았다. 이것은 라텍스를 혼입함으로 인해 유동성이 증가하지만, 적정량 이상 첨가하면 라텍스 혼입량이 증가해도 슬럼프의 증가는 크게 나타나지 않는다는 사실을 알 수 있었다. 그림 5와 6에 라텍스 혼입률에 따른 슬럼프 경시변화를 나타낸 것이다.

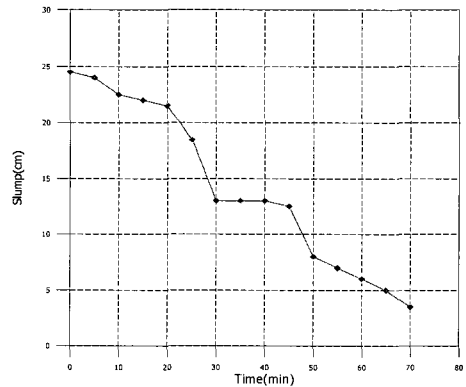


그림 6. Slump loss at Latex Contents 15%

### 3.4.3 압축강도 특성

라텍스 개질 콘크리트의 압축강도 발현특성을 분석하기 위해 재령 3, 7, 14, 28, 56일에 압축강도 실험을 수행하였다. 라텍스 개질 콘크리트의 라텍스 혼입률에 따른 재령별 압축강도발현 특성의 변화를 그림 7에 나타내었다.

이 결과로부터 라텍스 개질 콘크리트는 라텍스 혼입률이 증가할수록 압축강도는 감소한다는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 라텍스가 유연성을 지니고 있어, 콘크리트 내부의 공극을 충전 시켜 주고 골재의 주위에 필름막을 형성하지만 압축에

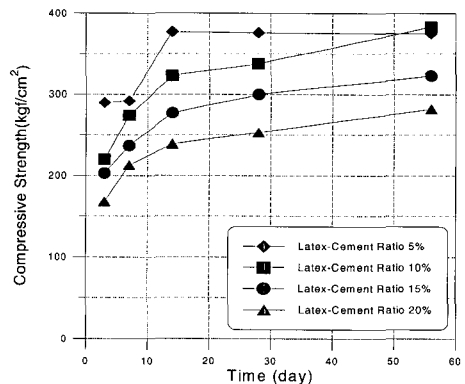


그림 7. Compressive Strength Development of LMC with Ages

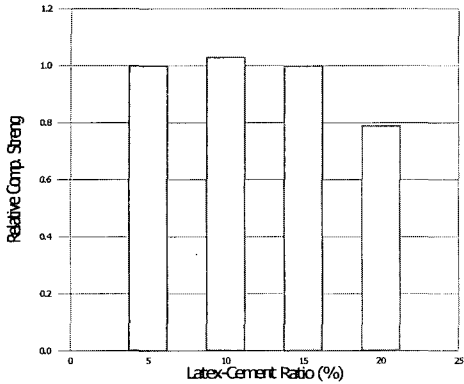


그림 8. Relative Compressive Strength of LMC at 56 days

의한 파괴가 골재주위의 필름막에서 이루어져 라텍스 혼입률이 증가할수록 압축강도는 감소한다.

그림 8은 라텍스 혼입률 15%를 기준으로 상대 비교한 결과로서 라텍스 혼입률이 5%의 경우 압축강도가 16%, 라텍스 혼입률 10%는 19%가 증가하였으나, 라텍스 혼입률 20%의 경우는 반대로 13% 정도 감소하였다.

### 3.4.4 휨강도 특성변화

라텍스 혼입에 따른 휨강도는 모든 경우에 있어서 보통 콘크리트에 비해 매우 우수한 강도특

성을 나타내었다. 이처럼 휨강도가 크게 증가하는 이유는 라텍스의 혼입으로 인한 충전효과와 더불어 라텍스가 콘크리트 내부의 재료에 필름막을 형성하여 재료들간의 접착력을 증가시켜 주기 때문이다. 이 필름막은 유연성을 갖고 있기 때문에 압축 파괴가 필름막 주위에서 이루어지고 이때 이 필름막은 압축강도에 효과적인 어떠한 영향도 발휘하지 못하는 반면에 휨파괴시는 이 필름막의 인장강도 및 미세공극의 충전효과가 압축에 비해 크게 작용하는 것으로 판단되어진다. 따라서 라텍스 혼입률이 증가할수록 휨강도는 압축강도와는 반대로 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 9는 라텍스 혼입률에 따른 재령별 휨강도를 나타낸 것이고, 그림 10은 재령 56일 휨강도를 라텍스 혼입률 15%를 기준으로 상대 비교한 것이다. 그림 10에서 라텍스 혼입률 15%을 기준으로 상대비교 하였을 때 라텍스 혼입률 5, 10, 20%보다는 18, 13, 4%가 증가하였다.

라텍스 혼입률이 증가할수록 휨강도는 증가하지만 라텍스 혼입률 15%이상에서는 오히려 휨강도가 감소하였다. 따라서 라텍스 혼입률이 증가하면 휨강도도 같이 증가하지만 라텍스 혼입률이 적정량 이상 넘어서면 휨강도는 오히려 감소한다는 사실을 알 수 있다. 이 결과로부터 대부분 강

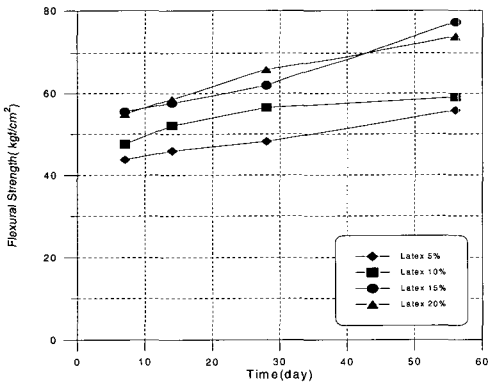


그림 9. Flexural Strength Development of LMC with Ages

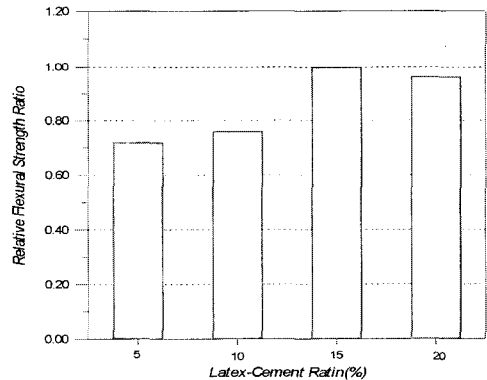
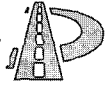


그림 10. Relative Flexural Strength of LMC at 56days with several Latex-Cement Ratios



도에 대한 결정이 휨지배를 받는 교면포장에서 라텍스 혼입률 15%일 때가 최적의 배합이라고 할 수 있다.

## 4. 라텍스 개질 콘크리트의 부착강도 특성

### 4.1 개요

보통콘크리트에 대한 LMC의 부착강도특성을 분석하기 위해서 보통콘크리트와 LMC로 구성된 복합콘크리트 슬래브를 제작하여 직접인발실험(Pull-out test)을 실시하였다.

주요 실험변수로서 라텍스 혼입율, 구 콘크리트의 표면처리상태 그리고, 구 콘크리트의 표면합수상태에 따른 LMC의 부착강도 특성을 측정하여 이를 보통 콘크리트와 상대비교 분석하였다. 물-시멘트비는 37%, 최적 잔골재율은 55%로 고정한 후, 라텍스의 치환은 단위체적당 시멘트에 대하여 혼입율에 따라 치환하였다.

### 4.2 실험 계획

#### 4.2.1 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 특성

라텍스 혼입율에 따른 콘크리트의 부착강도특성을 분석하고자 라텍스-시멘트 비를 5%, 10%, 15% 그리고 20%로 변화를 주어 실험을 수행하였다.

#### 4.2.2 표면 처리에 따른 부착강도 특성

구 콘크리트의 표면 처리상태에 따른 LMC의 부착강도를 비교 분석하고자 기존 콘크리트 상면에 폭 5mm, 높이 5mm의 요철을 주어 실험을 실시하였다.

#### 4.2.3 표면합수상태에 따른 부착강도 특성

부착성능에 있어서 덧씌우기가 적용되는 기존

콘크리트의 표면합수상태는 부착에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 구 콘크리트의 표면합수상태가 LMC의 부착강도에 미치는 영향을 알아보고자 다음과 같은 변수를 주어 실험을 실시하였다.

- 구 콘크리트 공극은 포화상태이고 표면이 건조한 상태 (표면건조포화상태)
- 구 콘크리트 공극이 포화되지 않고 표면은 건조한 상태 (기건상태)
- 구 콘크리트 표면에 자유수가 존재하고 공극이 포화된 상태 (습윤상태)

#### 4.2.4 파괴형상에 의한 부착강도 특성 분석

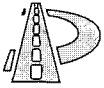
부착강도 실험에서, 구 콘크리트에 부착된 신 콘크리트의 파괴는 다음의 세 가지 형태로 발생된다.

- LMC 내에서 파괴
- LMC와 구 콘크리트의 부착경계면에서 파괴
- 구 콘크리트 내에서 파괴

신·구 콘크리트의 부착강도 실험은 실질적으로 부착강도를 측정하는 것이 아니라 재료의 최소 파괴인장강도를 가리키는 것에 다소 더 가깝다. 따라서, 부착강도 측정을 위한 실험에서 파괴형상은 부착특성을 파악하기 위해서 매우 중요하다(Kuhlmann, 1990). 파괴 형상의 평가는 횡단면의 비율 즉, 라텍스 개질 콘크리트의 비율, 부착계면의 비율, 구 콘크리트의 비율로 환산하여 파괴 면의 표면 타입에 의해 결정하였다. 세 값의 총합은 항상 100%이다.

### 4.3 시험체 제작 및 시험방법

덧씌우기 콘크리트의 부착강도를 측정하기 위해서는, 구 콘크리트의 재령 28일 압축강도가 350kgf/cm<sup>2</sup>를 초과하는 고강도 콘크리트이어야



한다(Kuhlmann, 1990). 따라서 구 콘크리트는 28일 압축강도를  $400\text{kgf/cm}^2$ 을 목표로 하여 배합설계 하였다. 구 콘크리트는 최대 치수가 25mm인 굵은 골재를 사용하였고 덧씌우기용 LMC는 최대 치수가 13mm인 굵은 골재를 사용하여 실제교량 상판의 덧씌우기 환경과 동일하게 하였다. 부착강도 특성 실험을 수행하기 위해서 두께 250mm, 폭 1100mm, 그리고 길이 1400mm의 콘크리트 슬래브를 제작하였다. 그림 11은 직접인발을 위해 제작된 콘크리트 슬래브이다.

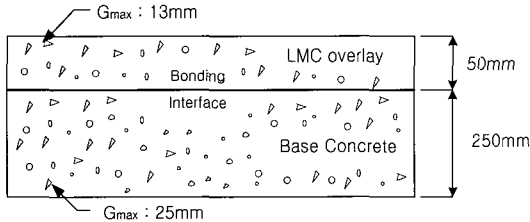


그림 11. Concrete slab for pull-out bond test

콘크리트 슬래브를 28일 양생 후에 50mm 두께의 LMC 덧씌우기를 적용하여 실제 교량 상판과 유사한 조건으로 설정하였다. 표면처리와 표면함수상태에 따른 LMC의 부착강도 특성 평가에서는 라텍스 혼입율 15%를 기준으로 덧씌우기를 적용하였다. 그리고 덧씌우기를 적용한 후 적정 기간동안 콘크리트 슬래브에 살수 양생을 실시하고 그후 기건양생을 실시하였다. 덧씌우기된 LMC의 표층을 관통하여 기존의 구 콘크리트 층까지 절단하여, 절단된 상면을 그라인더를 이용하여 면처리를 한 뒤 에폭시를 이용해 지름 10mm의 강원반(steel disk)을 부착시켰다.

에폭시가 충분히 경화하여 콘크리트와 강원반 부착된 후, 직접인발 시험기를 설치하여 인장파괴가 일어날 때까지 코어에 인장력을 가하였다. 실험변수 한 개의 부착강도 특성치를 구하기 위해서 동일한 형상의 코어를 3개씩 제작하였다. 코어의 파괴인장응력은, 파괴하중을 접합 경계면의 면

적으로 나누어 계산하였다. 그림 12는 직접인발부착강도 시험의 개요도를 나타낸 것이다.

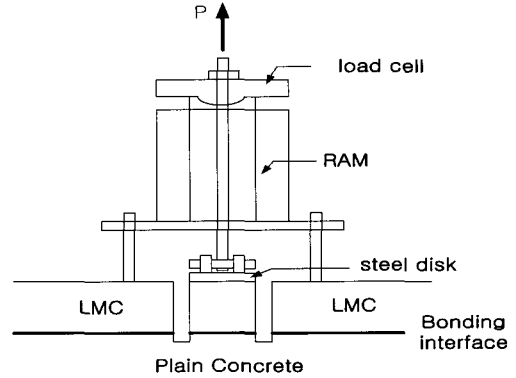


그림 12. Schematic diagram of pull-out bond Test

#### 4.4 실험결과 및 분석

##### 4.4.1 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 특성

직접인발에 의한 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 측정결과를 표 3과 그림 13에 나타내었다. 라텍스 혼입율 20%의 부착강도는  $21.63\text{ kgf/cm}^2$ 를 나타내었으며 라텍스 혼입율 5%의 부착강도 보

표 3. Test results of pull-out test for latex-cement ratio and fracture mode

	Tensile stress at failure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base con'.c.
L/C 5%	8.93	45	40	15
	8.07	85	15	0
	4.42	85	5	10
L/C 10%	16.54	70	20	10
	16.45	80	20	0
	11.22	80	10	10
L/C 15%	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
L/C 20%	22.01	10	0	90
	21.25	15	5	80
	20.46	20	10	70



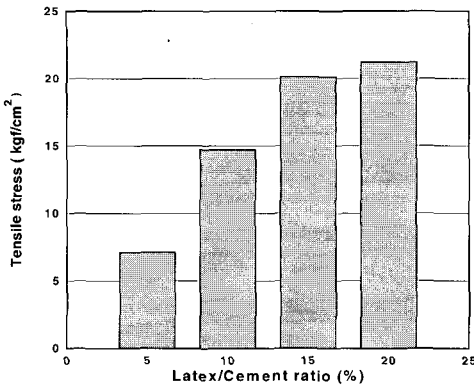
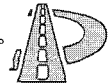


그림 13. Bond strength for latex-cement ratio from pull-out test

다 약 3배의 증가를 보였다. 덧씌우기한 LMC의 부착력은 라텍스-시멘트 비의 증가와 함께 증진되었다. 라텍스 혼입율에 따른 부착강도는 라텍스-시멘트 비 20%에서 최대를 나타내었다. 그러나, 앞절에서 서술한 상대적인 강도측면과 경제성을 고려하여 볼 때 라텍스 혼입률 15%일 때가 가장 효과적인 첨가율로 판단된다. 라텍스 혼입률에 따른 부착강도의 증진은 폴리머 라텍스가 배합 시 골재와 시멘트 페이스트 사이에서 증진효과를 보이고 골재간의 부착력을 증진시켜 콘크리트의 인장강도가 증가에 기인하는 것으로 판단된다.

#### 4.4.2 표면처리에 따른 부착강도 특성

표면처리에 따른 부착강도 실험 결과를 표 4와

표 4. Test results of pull-out test for surface preparation and. fracture mode

	Tensile stress at failure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base
Treated	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
Untreated	6.90	15	50	35
	14.72	10	60	30
	14.90	33	34	33

그림 14에 나타내었다. 표면 처리한 슬래브에 덧씌우기가 적용된 LMC의 부착강도는 표면처리를 하지 않은 경우보다 부착강도가 약 59% 증진되었다. 이러한 경향은 콘크리트 슬래브의 표면이 덧씌우기되는 LMC와 기계적으로 맞물리고 접촉면적이 증가함으로써 부착강도가 더욱 증진되는 것으로 판단된다. LMC의 덧씌우기와 보수에 있어서 표면 처리한 콘크리트 슬래브가 부착에 유리한 것으로 판단되며 따라서, 접합면의 표면처리에 의하여 LMC의 부착강도가 증가함을 알 수 있다.

#### 4.4.3 표면함수상태에 따른 부착강도 특성

표면함수상태에 따른 부착강도 실험결과를 표 5와 그림 15에 나타내었다. 표면건조상태의 콘크리트 슬래브에서 가장 낮은 부착강도 11.55 kgf/cm<sup>2</sup>을 보였으며 표면건조포화상태에서 가장 높은 25.59kgf/cm<sup>2</sup>의 부착강도를 나타냈다. 구 콘크리트가 지나치게 건조하면 덧씌우기 되는 신 콘크리트 재료의 수분을 빼앗아가기 때문에, 신 콘크리트에 과도한 건조수축을 유발하고 또한, 구 콘크리트의 표면에 수분이 너무 많으면 공극을 막아 보수재료가 흡수되는 것을 방해하고 부착면에서의 물-시멘트 비가 높아져 신 콘크리트의 강도가 저하되는 것으로 판단된다.

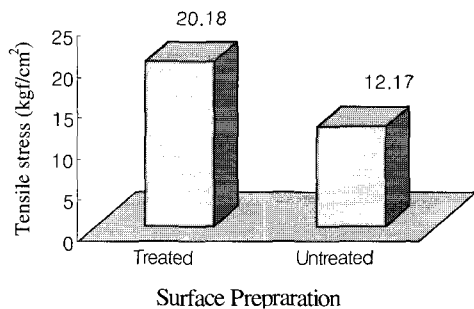


그림 14. Comparison of surface preparation effect on pull-out test

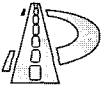


표 5. Test results of pull-out test for moisture level and fracture mode

	Tensile stress at failure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base con'c.
SSD	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
Dry	13.25	100	0	0
	12.22	100	0	0
	9.19	100	0	0
Wet	19.67	80	0	20
	17.38	85	15	0
	16.98	75	20	5

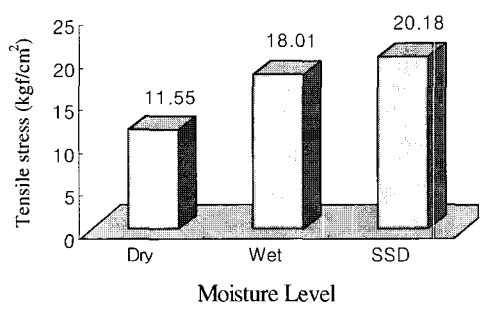


그림 15. Comparison of moisture level effect on pull-out test

따라서, 콘크리트에 대한 LMC의 덧씌우기와 보수에 있어서 접합면의 표면상태는 표면건조포화상태가 가장 이상적인 것으로 나타났다.

#### 4.4.4 파괴 형상에 의한 부착강도 특성 분석

##### 1) 라텍스 혼입률 따른 파괴형상

부착에 의한 파괴형상은 그림 16에 나타난 것처럼 라텍스의 혼입률 변화에 따라 파괴형상 또한 변화하였다.

라텍스 혼입률이 증가할수록 파단면에서 구 콘크리트의 비율이 많고 LMC와 부착계면의 비율이 낮았다. 이는 라텍스의 혼입률이 증가할수록 구 콘크리트와의 부착력이 증대되어 경계면에서

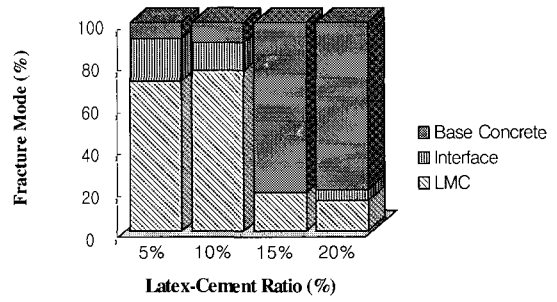


그림 16. Mode of failure for latex-cement ratio from pull-out test

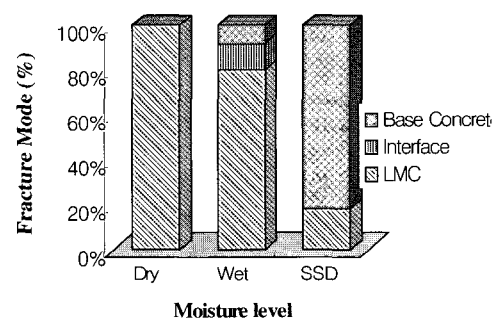


그림 17. Mode of failure for surface preparation from pull-out test

의 파단력 구 콘크리트내에서의 파단력보다 높아지는 것으로 판단된다. 파단면의 관찰결과, 라텍스의 혼입률이 증가할수록 신·구 콘크리트의 부착강도가 증가함을 알 수 있었다.

##### 2) 표면 처리에 따른 파괴형상

표면을 처리한 슬래브의 파단면은 그림 17에 나타난 것처럼 구 콘크리트의 비율이 높아 신·구 콘크리트 부착계면의 부착강도 증가를 나타내었으며 표면처리를 하지 않은 슬래브는 부착계면과 LMC의 비율이 높아 낮은 부착강도를 보였다. 파단면의 파괴형상 관찰을 통해 표면을 처리한 슬래브는 구 콘크리트가 신·구 콘크리트의 기계적 맞물림과 접착면적 증가로 부착강도가 증가함

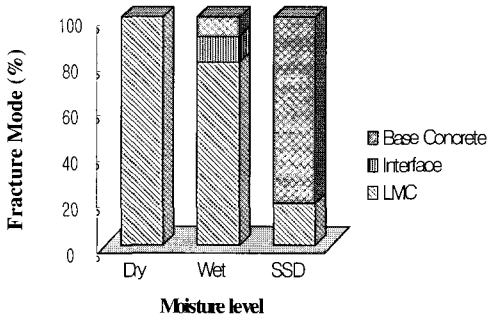
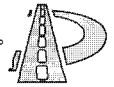


그림 18. Mode of failure for moisture level from pull-out test

을 알 수 있었다.

### 3) 표면 함수상태에 따른 파괴형상

그림 18에 나타낸 표면 함수상태에 따른 부착강도 실험결과에서, 표면건조포화상태는 구 콘크리트의 비율이 높게 관찰되었으나 표면이 건조한 상태는 LMC만이 관찰되었다. 그리고 표면에 자유수가 존재하는 상태 또한 대부분 라텍스 개질 콘크리트가 관찰되었다. 이상의 파괴형상 관찰결과, 부착계면의 표면함수상태가 덧씌우기되는 LMC의 강도에 미치는 영향을 시각적 관찰을 통해 쉽게 알 수 있었다.

## 5. 결론

라텍스 개질 콘크리트를 국내에 도입, 적용하기 위하여 라텍스 혼입률에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 특성평가 연구로 기존 교면포장공법들의 단점을 보완할 LMC 교면덧씌우기를 위한 강도 및 부착특성을 파악한 바 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 라텍스 혼입량 증가로 폴리머 입자들의 볼 배어링 작용, 연행된 공기 및 라텍스 안에

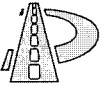
있는 계면활성제의 분산작용에 의하여 LMC의 작업성을 증가시킨다는 사실을 알 수 있었다

2. 폴리머는 콘크리트 내부의 공극을 충전시켜 주고 골재주위에 필름막을 형성하지만, 유연성을 가지고 있어 압축 파괴시 이 필름막에서 유도됨으로 인해 압축강도가 감소되나, 휨강도는 라텍스를 혼입하지 않은 보통콘크리트에 비해 매우 높게 나타났다. 이것은 라텍스 자체의 인장강도와 콘크리트 내부에 라텍스 미립자로 인한 내부공극 충전효과, 그리고 필름막으로 인한 재료들간의 접촉력 증대로 기인한 것으로 판단된다.

3. 덧씌우기된 콘크리트의 부착성능은, 라텍스 혼입율이 증가할수록 LMC의 부착강도가 증가하였다. 접합면 처리에 따른 LMC와 기존 콘크리트의 부착강도는 LMC의 경우가 부착력 증진에 크게 기여하는 것으로 나타났다. 라텍스의 혼입률이 증가할수록 약 3배의 부착성능이 향상되는 것으로 나타났으며, 표면처리를 할수록 부착강도가 증가함을 알 수 있었다.

4. 표면 함수상태에 따른 부착강도는, 표면이 건조한 슬래브에서 가장 낮은 부착강도를 나타내었으며 표면건조포화상태의 슬래브에서 부착강도가 가장 높게 나타났다. 따라서, 보수나 덧씌우기를 위해서는 표면건조포화상태가 가장 이상적인 상태임을 확인할 수 있었다.

5. 라텍스 혼입율에 따른 역학적 특성을 비교 분석한 결과, 작업성·압축강도·휨강도 등에서는 혼입율 15%의 경우가 가장 우수한 성질을 나타내었으며, 부착강도특성에서는 혼입율 15%와 20%에서 우수한 특성을 나타내었다. 따라서, 강도 및 부착성능을 고려



한 라텍스의 최적혼입률은 15%로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 강원대학교 부설 석재복합 신소재 제품 연구센터와 승화E&C의 연구지원비에 의해 연구되었으며 이에 감사를 포함합니다.

### 6. 참고문헌

1. 윤경구, 이주형외.,(2000) "현장적용을 위한 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 특성," **대한토목학회 가을학술발표회논문집**, pp. 395-398.
2. 윤경구, 김기현, 이주형외.,(2000) "라텍스 개질 콘크리트를 이용한 고속도로 교면포장의 현장적용," **도로포장공학회 학술발표회논문집**, pp.117-123.
3. 윤경구, 홍창우, 이종명외.,(2000), "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성", **한국콘크리트학회 가을 학술발표회논문집**, Vol. 12, No. 2, pp. 191-196.
4. 정원경, 이주형, 김동호외.,(2000), "라텍스 혼입에 따른 LMC의 동결융해 저항특성평가", **한국콘크리트학회 가을 학술발표회**, Vol. 12, No. 2.
5. Emmons, Peter H.(1994), "*Concrete Repair and Maintenance illustrated*," R. S. MEANS COMPANY, INC. pp. 155-164.
6. Louis A. Kuhlmann(1990), "Test Method for Measuring the Bond Strength of Latex-Modified Concrete and Mortar", *ACI Materials Journal*, V. 87, No. 4.
7. Ohama, Y.(1987), "Principle of Latex Modification and Some typical Properties of LMC," *ACI Materials Journal*, Vol. 84, No. 6, pp.511-518.

(접수: 2001. 5. 17)