

## LMC 교면포장공법의 소개 및 적용사례

김기현\* · 김태경\*\*

### 1. 머릿말

현재 국내에 주로 적용되고 있는 교면포장공법은 콘크리트 바닥판 상면에 표면처리후 교면방수작업을 하고, 그 위에 아스팔트콘크리트로 포장하는 시공방법이 대부분의 교량에 적용되고 있으나, 아래와 같은 여러 가지 문제점을 가지고 있어 그 대안을 찾기 위해 여러 기관에서 활발하게 연구가 진행되고 있는 실정이다.

#### 기존교면포장공법의 문제점

- 소성변형, 종방향 요철 등의 변형에 의해 평탄성 조기 저하
- 거북등균열, 선상균열, 종·횡방향균열 등의 균열 발생
- 바닥판콘크리트와 이질재료이므로 박리·탈락
- 침투수에 의한 포장층 경계면의 체류수 발생 및 바닥판콘크리트의 침투로 인한 반복적인 동결응해작용으로 동해 발생
- 방수층의 결합이 있을 경우 바닥판과 포장층 사이에 체류되는 제설작업용 염화물은 온 등의 침투로 바닥판콘크리트의 염해 및 철근의 부식 촉진
- 별도의 방수층 시공에 따른 시공관리 및

#### 품질확인 곤란

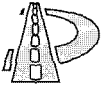
- 재포장시 포장층 절삭과정에서 교면 방수층의 파손에 의한 방수기능 불확실
- 잦은 유지보수로 유지관리비가 과다하게 소요되며, 이용 차량의 통행에 지장 초래

라텍스혼합개질콘크리트(이하 LMC, Latex Modified Concrete)를 이용한 교면포장공법에 대한 연구는 1950년대 미국에서 시작되어, 1957년에는 교량에 최초로 LMC 교면포장공법을 적용하게 되었다. 1970년대초 FHWA를 비롯한 미국 각종 연구 조사기관에서 LMC교면포장공법에 대한 대대적인 평가를 실시한 결과 방수성 및 부착성, 균열발생 억제효과가 우수하여 교면포장 재료로서의 활용가치가 입증되었다. 그 이후 LMC교면포장공법에 대해 ACI, AASHTO 및 미국 각주 시방서 등에 시방기준이 규정되어 있으며, 오늘날에는 제빙제를 사용하는 지역에 광범위하게 적용하고 있는 실정이다.

국내의 경우 1998년 후반기부터 기존교면포장공법의 문제점을 해결할 수 있는 대안중 하나로 LMC 교면포장공법에 대한 연구가 일부 연구자들에 의해 연구 개발에 착수하였다.

2000년 5월 중부고속도로(하암~호법간) 확장

\* 성회원 · (주)승화이엔씨 상무이사  
 \*\* (주)승화이엔씨 기술연구소장



공사 제3공구 공평육교를 대상으로 시험시공을 실시한 결과 교면포장용 재료로서 LMC의 활용 가치에 대해 긍정적인 평가를 받은바 있다. 그 이후 2001년 12월까지 고속도로 및 국도상의 18개 교량을 대상으로 확대시공이 이루어진 상태이며, 그동안 축적된 기술을 바탕으로 LMC교면포장공법에 대한 소개 및 적용사례를 제시하고자 한다.

## 2. 교면포장용 라텍스개질콘크리트(LMC)

### 2.1 LMC의 정의

라텍스혼합개질콘크리트란 라텍스(latex)를 보통콘크리트에 일정량 혼합하여 만든 콘크리트로써, 배합시에는 유동성을 크게 증가시켜 작업성을 증진시키며, 경화 후에는 라텍스 고형분이 콘크리트 내부의 미세공극을 채워 충전재 역할을 하며 동시에 필름막을 형성하여 콘크리트의 여러 성능을 크게 개선시킨 콘크리트를 말한다.

### 2.2 LMC의 발현 메카니즘

라텍스혼합개질 콘크리트에서 시멘트 수화작용으로 골재와 골재를 연결하는 결합재가 형성되고, 라텍스는 수화된 시멘트 입자와 강하게 연결되어 그물구조를 가진 폴리머 시멘트 코매트릭스(polymer cement co-matrix)를 형성한다. 다음의 그림 1(a)는 4단계의 코매트릭스의 형성과정을 보여주고 있다.

제1단계(LMC 믹싱직후)에서는 LMC의 굵은 골재, 잔골재, 시멘트, 물 등 혼합재료는 독립적으로 활동하게 되고, 라텍스 입자들은 시멘트 페이스트 사이에 균일하게 분포한다. 제2단계(초기응결 단계)에서는 골재 입자 또는 시멘트 겔에 부분적으로 라텍스입자가 흡착하는 단계로 시멘트의 수화반응이 진행됨에 따라 더 많은 입자가 흡착하게 된다. 제3단계(수화중결 단계)에서는 시멘트 겔 주변에 라텍스 입자막을 형성하는 단계로 시멘트 수화반응이 진전됨에 따라 물은 증발하고, 라텍스 입자는 연속적인 필름막이 형성하기 위하여 응집하고, 동시에 혼합물과 골재 위의 실리케이트층에 부착하게 된다. 제4단계(경화 단계)는 콘크리트내 미세공극에 라텍스 고형분이 충전되

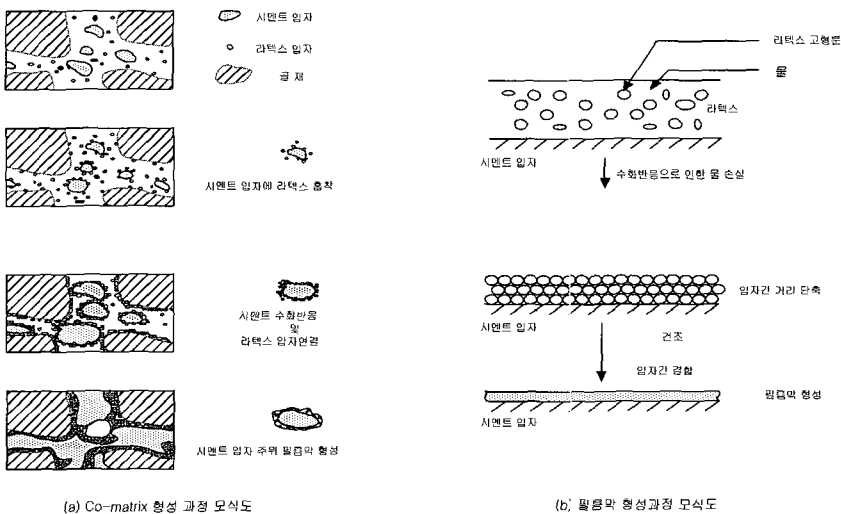
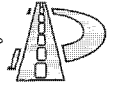


그림 1. 폴리머 시멘트 코매트릭스(polymer cement co-matrix)의 형성



고 시멘트 수화물과 골재를 연결하는 라텍스 입자는 연속적인 필름막을 형성하게 된다. 이때 시멘트 수화물 사이에 충전된 라텍스고형분과 필름막은 콘크리트를 매우 조밀한 단일구조를 형성하게 하고 보통콘크리트의 취약한 제 성질을 개선한다.

그림 1.(b)는 LMC 내에서 라텍스 필름막이 형성되어 가는 과정을 모식적으로 나타낸 그림이다.

### 2.3 LMC의 특징

표1. LMC 공법의 특징

구분	공법의 특징	
재료인성	강도	· 휨강도 60~100kgf/cm <sup>2</sup>
	균열저항성	· 휨·인장강도가 크므로 균열 억제
	투수성	· 라텍스필름막 형성 및 충전에 의해 방수효과 우수
	부착성	· 부착강도 16~23kgf/cm <sup>2</sup> 로 부착성능 우수
	변형저항성	· 공용중 변형이 없어 평탄성의 지속적인 유지
바닥판콘크리트의 내구성	작용하중	· 포장층이 바닥판콘크리트와 일체가 되어 외력에 저항하고, 피복두께 증가로 철근 부식 방지
	염해	· 우수한 방수기능 및 부착성능에 따른 염해방지
	동해	· 우수한 동결융해저항성에 따른 동해 방지
	공용수명	· 바닥판콘크리트의 내구성 증진에 따른 공용수명 연장
시공성	시공관리	· 공정이 단순하고, 시공관리가 용이
	품질관리	· 보통콘크리트와 동일하여 품질관리 용이
경제성	· 유지관리비용 대폭절감 및 교량의 공용수명 연장등의 효과로 기존공법에 비해 생애주기비용이 3.6배 절감됨.	
유지관리성	· 유지보수비용 감소에 따른 유지관리비 대폭 절감 · 교통이용자 편의 제공	

교면포장용 소재인 LMC는 바닥판콘크리트와는 동질 재료 및 동일한 결합재 사용에 따른 유사한 역학적 거동, 교면포장재가 요구하는 구비조건인 균열억제 및 평탄성 확보, 염해 및 동해 억제효과 등에 의한 교량의 공용수명을 연장시키는 특징을 갖는다.

### 2.4 생애주기비용(LCC) 비교

시공뿐만아니라, 유지 보수 및 교체, 폐기에 이르기까지 소요되는 생애주기비용을 산정해 아스팔트교면포장공법과 비교·분석을 통해 경제성 평가를 실시한 결과를 표 2와 그림 2, 3에 각각 나타내었다.

표 2 생애주기비용(LCC) 비교

구분	LMC교면포장공사 (원/m <sup>2</sup> , 23년)	아스팔트교면포장공사 (원/m <sup>2</sup> , 7년)	
초기비용	62,580	44,963	
유지관리비용	관리자비용	-	73059
	사용자비용	374,429	1,463,470
생애주기비용(LCC)	관리자비용	62,580	118,020
	사용자비용 포함	437,009	1,581,491

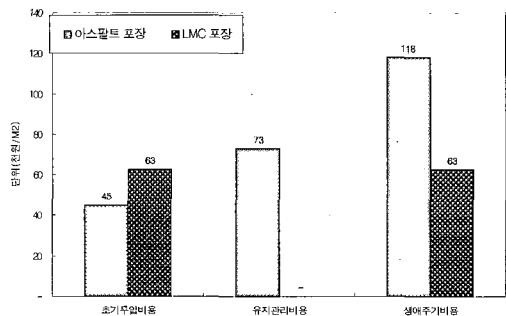


그림 2. 관리자 비용을 고려한 생애주기 비용분석 (23년기준)

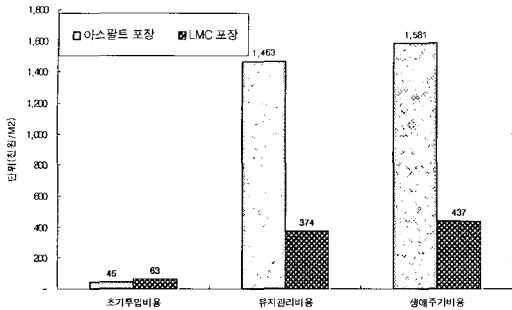
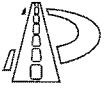


그림 3. 관리자 및 사용자비용을 고려한 생애주기비용분석 (23년기준)

LMC 교면포장공법과 기존의 대표적인 공법인 아스팔트 교면포장공법에 대한 생애주기비용(LCC)을 비교·분석한 결과 초기 투자비용에 있어 약 1.4배 크게 발생하나, 유지관리비용을 포함한 생애주기비용(LCC)에 있어서는 오히려 3.6배 정도 적게 나타났다. 따라서, 기존교면포장공법을 LMC 교면포장공법으로 대체할 경우 경제적인 측면에서 예산절감에 따른 경제적 파급효과가 상당히 클 것으로 예상된다.

### 3. LMC 교면포장공법

#### 3.1 LMC 공법 개요

LMC 교면포장공법은 교량의 상면을 2~3mm 표면 절삭하여 레이탄스 및 표면의 약한 강도층을 제거한 다음, 그 위에 포설두께 5cm 내외로 LMC를 포설·마무리하는 교면포장공법이다.

#### 3.2 LMC 시공 절차 및 방법

##### 3.2.1 교면준비공

###### 3.2.1.1 교면절삭 작업

###### 1) 목적

LMC 교면포장층과 교면 바닥콘크리트와의 신·구 접착을 증진시켜 주기 위한 작업 공정

###### 2) 시공방법

교면 바닥콘크리트의 레이탄스, 들뜬 돌, 약한 강도층 등을 3mm내·외로 절삭·연마한 다음 고압살수로 교면을 깨끗하게 청소를 한다.

#### 3.2.1.2 습윤상태유지

###### 1) 목적

기건상태로 있는 콘크리트바닥판에 LMC 배합수를 흡수하는 것을 방지하기 위한 작업공정

###### 2) 시공방법

교면절삭 작업 공정이 완료된 다음 양생포를 덮고 살수하여 교면 바닥콘크리트가 24시간 이상 습윤상태로 유지될 수 있도록 한다.

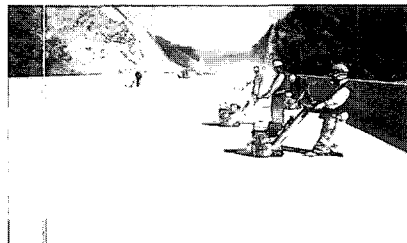
#### 3.2.1.3 레일받침대 및 레일설치

###### 1) 목적

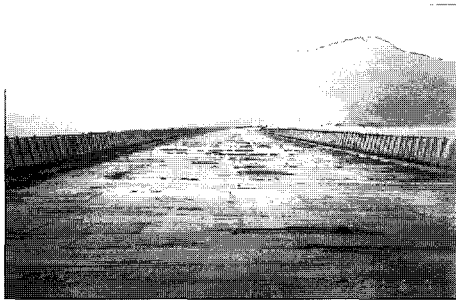
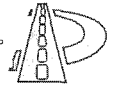
콘크리트롤러페이퍼, 타이닝기, 양생제살포기, 작업대 등의 장비 이동 통로를 확보하기 위한 작업공정

###### 2) 시공방법

교량 난간대 및 중앙분리대가 설치된 구간은 거치식 받침대, 교량 난간대 및 중앙분리대가 설치되어 있지 않은 구간에는 지지식 받침대를 설치한다.



교면절삭 작업



습윤상태유지

모빌믹서로 생산된 LMC를 포장 계획고에 맞게 교면포장이 되도록 포설 및 마무리하는 작업 공정

### 2) 시공방법

모빌믹서로부터 생산된 LMC를 콘크리트 롤러 페이퍼 전방에 포장 계획고 보다 2~3cm 높게 포설·다짐을 하고 콘크리트 롤러 페이퍼로 마무리 작업을 한다. 양측 노건부는 인력으로 마무리한다.

## 3.2.2 LMC 생산 및 포설

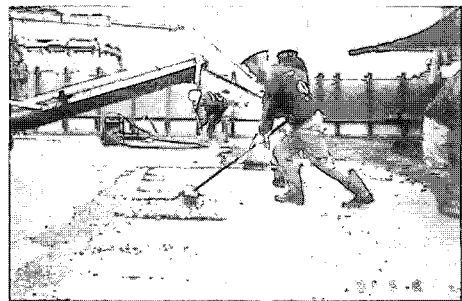
### 3.2.2.1 LMC 생산

#### 1) 목적

양질의 LMC를 생산하기 위하여 원재료의 보관 및 공급 방법, 모빌믹서 검교정 방법, 모빌믹서를 이용한 LMC생산방법 등의 작업 공정

#### 2) 시공방법

모빌믹서에 원재료를 각각 분리적재한 다음 포설 부위로 운반하여, 모빌믹서 생산 운전원에 의해 LMC를 생산한다.



블루밍 작업

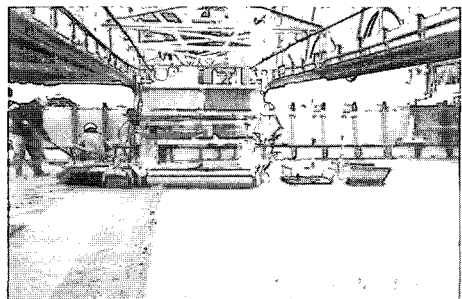
### 3.2.2.2 블루밍작업

#### 1) 목적

LMC 몰탈이 교량 바닥콘크리트면에 고르게 도포되어 신·구 접착을 좋게하기 위한 공정

#### 2) 시공방법

모빌믹서로부터 생산된 LMC를 포설에 앞서 특수 제작된 브러쉬(Brush)로 LMC를 밀어내면서 굵은 골재는 밖으로 쓸러나가게 하고 교면에 LMC 몰탈이 고르게 도포 되도록 작업한다.



콘크리트롤러페이퍼작업

## 3.2.3 시공 마무리

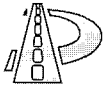
### 3.2.3.1 타이닝

#### 1) 목적

교면의 마찰저항력을 크게 하여 차량의 제동 거리를 단축시키고, 배수역할을 하여 우천시 수막

### 3.2.2.2 LMC 포설 및 마무리

#### 1) 목적



현상을 방지하기 위한 작업공정

2) 시공방법

경사식 타이닝 장비를 이용 평탄마무리 작업 후에 홈의 간격 4cm, 홈의 깊이 5mm 내외가 되도록 거친면 마무리 작업을 한다.

3.2.3.2 피막 양생

1) 목적

균열발생을 억제하고 안정적으로 강도를 발현 시키기 위한 공정

2) 시공방법

분사식 양생제 살포기를 이용하여 타이닝 작업 직후 포장 전단면에 고르게 양생제를 살포하여, 피막양생을 한다.

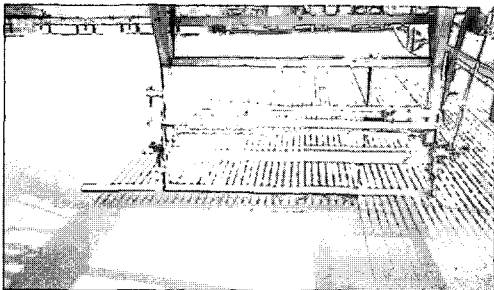
3.2.3.3 양 생

1) 목적

균열발생을 억제하고 안정적으로 강도를 발현 시키기 위한 공정

2) 시공방법

물로 축인 양생포를 덮은 다음, 수분증발을 억제하기 위하여 비닐을 덮고 48~72시간 동안 습윤양생을 실시한 다음, 48~72시간 동안 기건상태 조건으로 양생을 실시한다



타이닝 작업



양생제살포 작업

4. LMC의 현장적용성 평가

4.1 공사 개요

본 시공은 한국도로공사에서 발주한 중부고속도로(하남~호법간) 확장공사 제2공구 상번천3교(PC Box Girder교)의 17개교량(총연장 2.2km, 포설면적 49,206㎡)을 대상으로 현장시공이 이루어졌다. LMC는 시공은 앞서 제시된 방법에 준해 이루어졌으며, 사용된 시방배합표 및 시공현황을 표 3과 그림 4에 각각 나타내었다.

표 3. LMC 시방배합표

굵은골재 최대치수 (mm)	공기량 (%)	W/C (%)	S/A (%)	L/C (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S	G	LATEX
13	4.5	33	58	15	64	400	964	719	128

※ Latex 고형분 함유량 : 47% 적용, L : 라텍스고형분

4.2 시공 평가 결과 및 분석

LMC교면포장공사를 수행한 후 재령 28일을 기준으로 시공평가를 실시한 결과 표 4와 같이 나타났다.

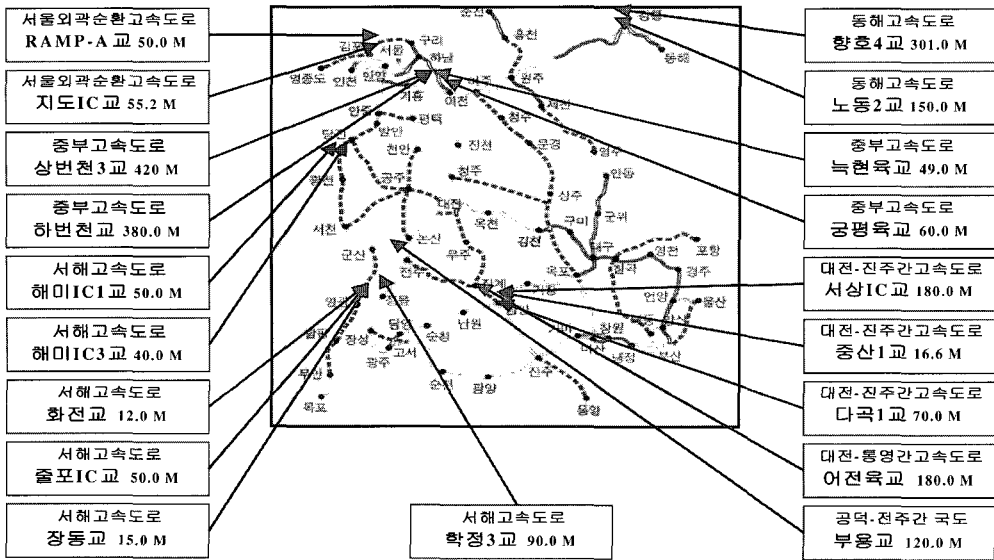
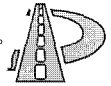


그림 4. LMC 시공 현황

표 4. 시공 평가 결과

구분	평탄성 (cm/km)	압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	부착강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	균열 유무	비고
관리 기준	Pri=24.0 이하	270.0 이상	45.0 이상	14.0 이상	-	
시공 결과	Pri=8.1cm/km	331.0	80.0	20.5	균열 없음	

시공 평가 결과, 평탄성(Pri) 측정값은 평균 8.1cm/km(분포 범위 0.0~16.9cm/km)로서 관리 기준 24.0cm/km을 만족하고 있고, 균열 및 기타 결함이 없는 것으로 평가되었다. 또한, 강도적인 측면에서 평균 압축강도는 331.0kgf/cm<sup>2</sup>로 관리기준의 1.23배, 휨강도는 80.0kgf/cm<sup>2</sup>로 관리기준의 1.78배, 부착강도는 20.5kgf/cm<sup>2</sup>로 관리기준의 1.46배로 안정적으로 품질관리가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

## 5. 맺음말

기존교면포장공법의 문제점을 획기적으로 개선한 LMC교면포장공법은 교면포장의 구비조건에

적합한 LMC의 재료적인 특성을 이용한 공법으로써 바닥판 콘크리트의 내구성을 크게 증진시켜 교량의 내구수명을 연장시키고, 공용중 주행성의 저하나 유지보수가 거의 불필요하므로 유지관리 더불어, LMC교면포장 현장적용의 경우 LMC의 재료적인 특성의 엄격한 품질관리 및 축적된 시공기술을 바탕으로 현장 시공이 이루어진 결과 소정의 압축강도 및 휨강도, 부착강도를 확보하였을뿐만 아니라, 평탄성 확보가 안정적으로 이루어 비용 및 도로 이용자의 편의를 제공할 수 있으며, 경제성 분석 결과 기존교면포장공법에 비해 생애 주기비용이 3.6배 절감되는 등 우수한 특징들로 기술적·경제적인 파급효과가 상당히 클 것으로 예상된다.

LMC교면포장공법은 고속도로 및 국도상의 있는 다수의 교량에 적용하여, 대외적으로는 교면포장재로서의 활용가치를 입증받은 바 있을뿐 아니라, 2001년 12월 건설교통부로부터 건설신기술로 지정이 된 기술로 향후 고속도로 및 국도, 특별시, 광역시, 지방도 등으로 적용폭이 점진적으로 확대될 전망이다.