

라텍스 콘크리트의 교면포장 적용

이승재* · 박상일** · 박성호***

1. 서 론

현재 국내의 구조물 보수재료로 널리 사용되는 것은 많으나 본 기사에 다루고자하는 LMC는 현재 미국에서는 오래전부터 사용되어 오고 있으며 시방규정(AASHTO Section 8&28⁽¹⁾, ACI 548.3R-91⁽²⁾)까지 마련되어 있는 실정이다. 최근 미국 각 주에서는 주요교량의 70%이상의 교면포장에 LMC 공법을 적용하고 있다. LMC는 1952년 최초로 DOW Chemical Company에서 연구를 시작한 이래로 널리 사용되고 있다. 1957년 Michigan, Cheboygan의 US 23교량에 LMC공법을 최초로 적용하였다. LMC의 성능이 1960년대 70년대를 거치면서 큰 호응을 얻게 됨에 따라 많은 교량과 구조물에 적용이 되었다. 적용된 예로는, 1982년 LMC로 교량의 덧씌우기를 한 Glenn L.Jackson Memorial Bridge, Portland,Ore. 주차시설물에 적용한 Kansas City의 Eight Eleven Garage, 그리고 Chicago의 Soldier Field Stadium의 복구에 LMC를 적용한 예가 있다. 또한 1970년대 중반 FHWA(Federal High-way Administration)는 교량의 부식문제에

대한 연구를 시작하여 이에 대한 해결방안으로 LMC를 채택하였다.

국내에서는 아직 LMC가 소개되지 않은 상태이므로 본 기사에서는 LMC의 정의 및 시공사례와 기존 교면포장에 사용되는 공법과의 비교를 통하여 LMC의 장단점을 소개하고 우리나라의 신설교량 및 구교량의 보수보강에 적용가능성을 평가하고자 한다.

2. 기존교면포장의 문제점

표 1과 그림 1은 교량 주요부재의 수명에 대하여 유지관리 분야 실무자들에게 설문조사한 결과⁽³⁾이다. 이 결과는 다음과 같은 두가지 점을 시사한다. 우선 교면포장은 수명이 약 4년정도이므로 4년마다 재포장을 실시할 때, 이에 따

표 1. 교량주요부재의 수명

구 분	평 균 (年)	표준편차 (年)	변동계수 (%)
아스콘포장	3.7	1.6	43
신축이음	3.7	1.7	46
강재도장	4.0	2.1	53
난간/연석	7.7	7.2	94
교좌장치	9.9	6.2	63
바닥판	13.5	8.9	66
주 형	18.3	10.1	55

* (주) 승화이엔씨 대표이사, 공학박사,
토목구조기술사

** 한국도로공사 설계기준부 부장, 토목구조
기술사

*** 미국 뉴저지주 교통국장, P.E

큰 보수공사비 및 교통처리가 계속문제가 된다. 따라서 LMC 포장의 수명이 20년 이상이라고 볼 때 LCC(Life Cycle Cost)측면에서의 경제성은 충분하다고 본다. 둘째, 교면포장은 교량을 보호하는 지붕의 역할을 수행한다고 볼 수 있기 때문에 LMC 교면포장을 채택하게 되는 경우, 누수를 방지하여 주형의 수명을 향상시키는 부수적 효과를 가져올 수 있다.

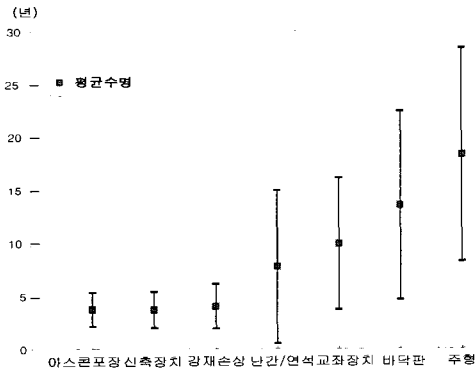


그림 1. 교량주요부재의 수명

2.1 아스팔트 콘크리트 교면포장

현재 국내 대부분의 교량의 교면포장에 적용된 공법으로 이 공법은 반드시 포장체와 바닥 콘크리트면 사이에 방수층 시공이 필요로 하여 이로 인한 노무비의 증가를 가져온다. 또한 아스팔트 포장은 재료 자체가 낮은 강도값과 저밀도값을 가지고 있어서 불법과적차량 및 교통량의 증가로 인한 끝없는 반복하중을 받게 됨으로써 균열 및 debonding, 바퀴자국 밀림, 표면밀림(shoving)등을 일으키며 아스팔트와 콘크리트가 서로 이질적인 재료이기 때문에 낮은 부착력으로 인한 들뜸현상이 발생하게 된다. 이러한 들뜸현상으로 인하여 균열이 발생하게되고 이 균열사이로 우수(雨水), air, 염화물 이온 등이 침투하여 콘크리트 상판을 열화시키며 철근과 결

합하여 철근부식을 발생시킴으로써 교량의 상판은 급진적인 노후화를 초래하게 되고 결국 교량의 내구성에 치명적인 영향을 끼치게 된다.

아스팔트포장은 재료자체가 중차량등에 의한 소성변형등 역학적인 문제점을 다수 노출함으로써 평균수명이 급격히 감소함으로써 반복적인 재포장을 요구하게 된다. 그러므로 재포장에 요구되는 유지관리비가 추가적으로 소요되게 되고 더불어 이용차량통행에 많은 지장을 초래하게 된다. 또한 이러한 재포장시에 포장층 절삭과정에서 교면의 방수층이 손상되게 되어 방수기능 또한 상실하게되어 교량의 내구성에 많은 문제점을 노출하게 된다.

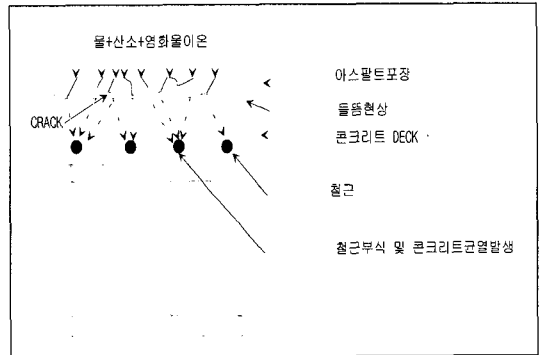


그림 2. 교량상판의 노후화 Mechanism

2.2 콘크리트 마모층 교면포장

이 공법은 중부, 호남고속도로의 일부에 적용된 공법으로 바닥판 콘크리트와 동시에 타설함으로써 시공성은 양호하나 교면의 평탄성확보가 어려워 승차감이 불량하고 콘크리트자체가 타설후 환경, 습도, 온도, 반복하중등으로 인하여 안정적이질 못하여 골재와 시멘트페이스트사이의 경계면에서 균열이 발생하기 때문에 완벽한 방수층 설치가 불가능하다는 단점을 갖고 있다. 또한 이러한 균열발생에 의하여 우수(雨水)

및 염화물 침투에 의한 교량의 노후화가 촉진되게 된다.

3. LMC(Latex 개질 콘크리트)

교량의 바닥판은 시공초기부터 소성수축 및 건조수축에 의한 균열이 발생되기 쉽고 반복되는 교통하중과 다양한 환경조건에 직접적으로 노출되어 교량 부재중 파손이 가장 빈번한 부재로써, 바닥판 상면에 시공되는 현행 교면포장의 문제점을 해소하기 위해 LMC를 이용한 교면포장공법을 도입 적용하고자 한다.

3.1 LMC의 정의

Latex란 고무나무로부터 얻어지는 자연제품을 가리키는 말이며 현재 사용되고 있는 대부분의 Latex는 50%의 물에 50%의 Polymer를 첨가해서 제조한다. 또한 LMC는 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 Latex를 첨가해서 만든 콘크리트이다.

3.2 LMC의 주요특징

Latex를 포틀랜드콘크리트나 모르타르에 첨가하였을 때 유동성이 증가하고 시멘트 페이스트를 골재에 부착시키는 접착력이 증가하고 미세 균열의 충전효과가 뛰어나 균열의 확산을 억제한다. 또한 이러한 충전효과에 의해 침투성이 감소하여 방수효과가 아스콘에 비해 우수한 방수효과를 나타낸다.

3.3 보통콘크리트와 LMC의 비교

표 2는 국외자료에 의거하여 보통콘크리트와 LMC에 대한 역학적특성을 비교한 것이다. 압축강도 시험에 의하면 보통콘크리트와 비교하여 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 그러나 휨강도 시험과 Shear bond 시험결과에서는 보통콘크리

트 보다 매우 우수한 역학적 특성을 갖고 있음을 알 수 있다. 이것은 교량의 overlay와 같이 압축거동보다는 휨이나 전단, 부착력이 요구되는 곳에 가장 적합한 재료라 할 수 있다.

표 2. 보통콘크리트와 LMC 비교

(단위 : kg/cm²)

	구 분	W/C	1 DAY	7 DAY	28 DAY
Comp.	Latex	0.37	144	283	352
	Conventional	0.5	121	293	348
		0.4	166	302	422
Flex.	Latex	0.31	-	53	70
	Conventional	0.50	-	45	48
Shear Bond	Latex	0.37	-	18	33
	Conventional	0.60	-	-	18

이와같이 LMC는 바닥판 콘크리트에 비하여 휨강도 및 Shear bond의 증가로 내구성을 증진시킬 수 있고 아스팔트 포장과 같은 재포장을 할 필요가 없어 유지관리비가 절감되며 물류비용을 절감 할 수 있다.

그림 3은 FHWA에서 90일간의 염소 침투시험을 한 결과를 나타낸 것으로 Latex의 충전효과에 의한 침투성이 급격히 감소하였음을 알 수 있다. 그러므로 LMC는 제설염의 침투에 의한 바닥판 철근의 부식방지에 매우 효과적인 것을 알 수 있다.

[실험내용]

- 실험 표본은 직경 3 in, 길이 2 in의 실린더형 콘크리트 구조물
- 포화진공상태에서의 표본을 수평축에 올려 놓고 다음엔 3% 염화나트륨 용해물이 스며들게 한 플라스틱장비의 수평축에 올려놓고, 다음엔 3% 수산화나트륨 용해물에 놓고 6시간 동안 관찰
- 6시간 동안 전류계 모니터를 녹화하면 면적

을 통과하는 전류 대비 시간 곡선으로 콘크리트 전체에 흐르는 전하량 측정. 이것으로 염소 침투성을 파악

- 결과 LMC는 CC에 비해 염소를 거의 통과시키지 않는 것으로 나타남
- 염소침투에 대한 저항성의 가장 중요한 변수는 w/c비, 공기함유율 그리고 양생기간

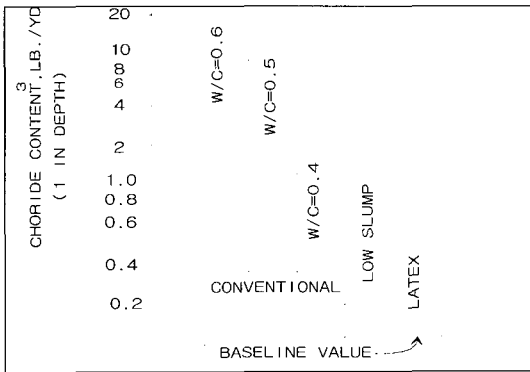


그림 3. 90일 동안의 침투시험 결과 by FHWA

3.4 LMC 대체효과

LMC를 사용함으로써 아스팔트포장에 비하여 높은 압축, 휨, 인장강도를 보유할 수 있으며 그림 4와 같이 Latex가 골재와 시멘트 페이스트 사이에서 충전 효과를 보임으로써 고밀성을 유

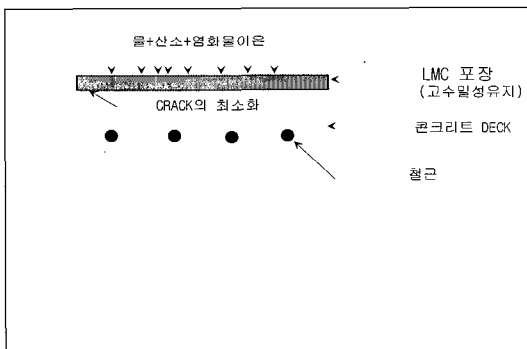


그림 4. LMC 대체효과 Mechanism

지할 수 있어서 각종 염해물의 완벽한 차단을 기할 수 있다. 또한 콘크리트 상판과 동질재료이므로 거의 완벽에 가까운 부착력을 가질 수 있어 일체화 거동을 유도할 수 있다.

4. 기존 교면포장 공법과의 비교

표 3은 기존 교면포장공법과 LMC포장 공법을 조직구성, 설치단면, 경제성 및 장단점에 의거하여 비교하여 나타낸 것이다. 이 표에 나타난 것 처럼 아스팔트 포장과 콘크리트포장에서는 방수층의 시공불량 및 균열발생시 염화물침투로 철근부식 및 콘크리트 열화현상이 발생하는 반면 LMC포장에서는 Latex의 충전효과로 균열을 억제할 수 있다.

유지보수관리측면에서 아스팔트포장과 콘크리트 포장에서는 잦은 보수로 유지관리비가 과다하게 들어가는 반면 LMC포장에서는 재포장이 불필요하기 때문에 유지관리가 양호하다. 경제적 측면에서 아스팔트포장과 콘크리트포장이 LMC포장에 비하여 초기비용은 다소 적게 소요되나 장기적으로는 오히려 LMC포장이 경제적이라 할 수 있다.

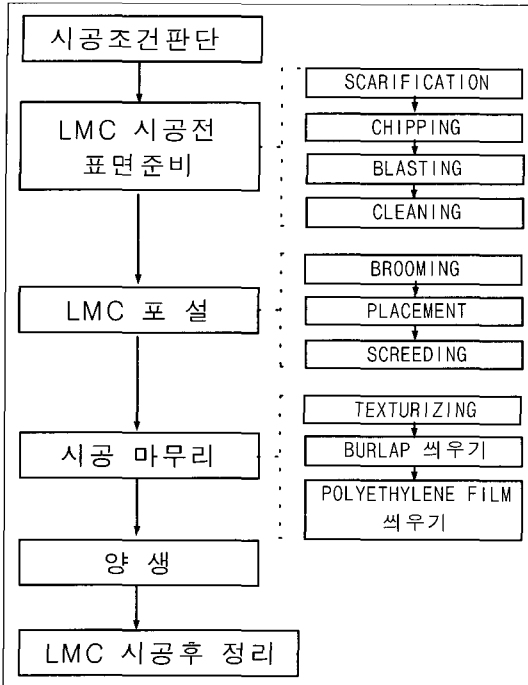
5. LMC 시공방법 및 순서

LMC 시공현장을 직접확인하고 자문을 얻기 위해, 필자가 1997년 미국 뉴저지주 시공현장에 직접방문하여 견학한 내용을 토대로 다음과 같은 LMC의 시공순서를 나타낼 수 있었다.

표 3. LMC 포장공법과 기존교면포장공법과의 비교

구분	LMC 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장
조직구성	<p>CONCRETE LATEX VOID(공극) (LMC)</p>	<p>ASPHALT VOID(공극) (아스팔트)</p>	<p>CONCRETE VOID(공극) (콘크리트)</p>
설치단면	<p>LMC 4-5cm SLAB</p>	<p>A.S.P 8cm SLAB</p>	<p>방수층 CON'C 마오층 4-5cm SLAB</p>
경제성 (초기투자비)	38,733 원/m ²	38,007 원/m ²	7,793 원/m ²
장단점	<ul style="list-style-type: none"> · 강도 및 밀도증진 · 교량바닥판 단면력 증대 · 균열 억제 · 방수효과 우수 · 유지관리 양호 (재포장 불필요) · 국내 시공실적 없음 · 시공이 다소 번거로움 (바닥판 양생후 별도타설) · 초기투자비 보통 · 장기투자비 경제적 	<ul style="list-style-type: none"> · 상판의 노후화정후 파악곤란 · 교량바닥판 보호 · 방수층 시공불량시 상판에 염화물침투로 철근부식 및 콘크리트 열화현상 발생 · 방수효과 양호(재포장할 경우 교통차단시간이 길어 방수층 시공곤란) · 잦은 보수로 유지관리비 과다 · 국내대다수 교량 시공 · 시공성 양호 · 초기투자비 보통 · 장기투자비 비경제적 	<ul style="list-style-type: none"> · 교량바닥판 단면력증대 · 포장면의 탈락 또는 균열 발생시 염화물침투로 철근부식 및 콘크리트 열화현상 발생 · 확실한 방수 불가 · 유지보수 곤란 · 일부구간시공 (중부, 호남고속도로) · 시공성양호(바닥판 콘크리트와 동시타설) · 초기투자비 매우저렴 · 장기투자비 비경제적

표 4. LMC 시공 FLOW CHART



5.1 시공조건 판단

최초 시공조건을 판단해야하는데 LMC는 기상조건에 민감한 재료이기 때문에 적절한 온도



그림 5. 시공전 습도 측정

와 습도가 유지되어야 한다. 습도는 1분동안 회전시키면서 측정해야하고 온도는 8°C~29°C이어야 시공이 가능하다.

5.2 LMC 시공전 표면준비

LMC를 타설하기전 표면준비는 SCARIFICATION → CHIPPING → BLASTING → CLEANING의 순으로 시행해야 한다.

- 구 콘크리트 슬래브는 모든 먼지와 접착을 방해하는 lubricants, solvents나 oil과 같은 오염물질을 제거
- 표면 레이턴스 제거, 드러난 골재 제거
- 드러난 철근은 SAND BLASTING하거나 새로운 것으로 교체
- cleaning with vaccum, air, washing
- 정리된 표면은 wet상태로 적어도 1시간 유지



그림 6. 시공전 표면준비

5.3 LMC 포설

BROOMING → PLACEMENT → SCREEDING 작업이 10~15분 사이에 연속적으로 행해져야 한다.

- 모든표면은 타설전에 완전히 깨끗하게 정리 되 있는지 다시 한 번 확인
- 거푸집시공도 충분한 제반여건을 고려해서 시공
- 원하는 시공깊이의 1/4" 까지 타설하고 그 즉시 vibrating을 행한다.
- vibrating이 힘든 가장자리 부문은 삽비비를 실시한다.
- 아주 치밀하고 고른 표면을 얻어야 하며 흠손질 마무리를 한다

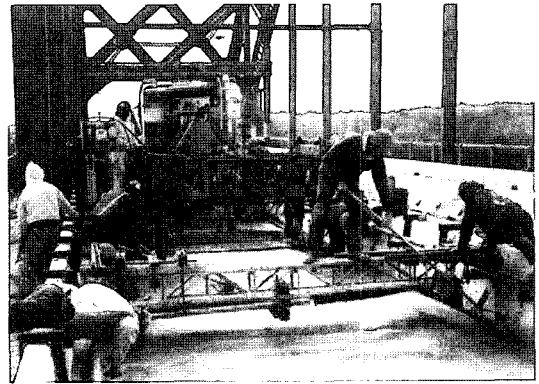


그림 8. 미끄럼방지 설치작업



그림 7. LMC 포설

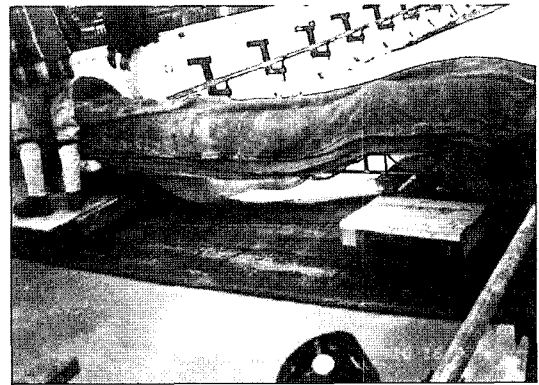


그림 9. Burlap 씌우기

5.4 시공 마무리

TEXTURIZING → BURLAP 씌우기 → POLYETHYLENE FILM 씌우기 작업순으로 한다.

- broom에 의해서 표면을 결을 가르고 그 위에 burlap을 씌운다.
- texturizing은 표면이 응고되기 전에 실시하여야 함.
- polyethylene film은 최소 4mil이상이어야 함.

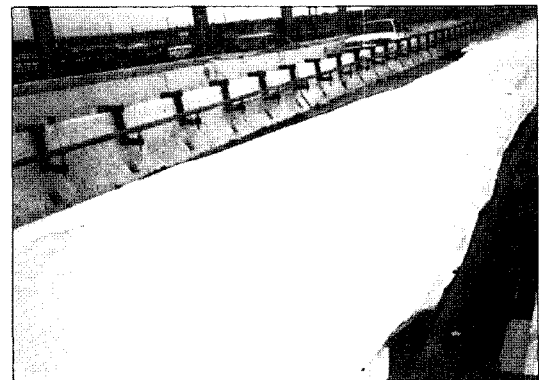


그림 10. Polyethylene Film 씌우기

5.5 양생

양생은 24시간 습윤양생 후에 72시간 공기건조 양생을 실시함

5.6 LMC 시공후 정리

장비는 사용 후 즉각 청소하며 Latex는 공기 중에 드러나면 15분안에 굳기 시작하므로포면처리를 매끈하게 하여야 함.

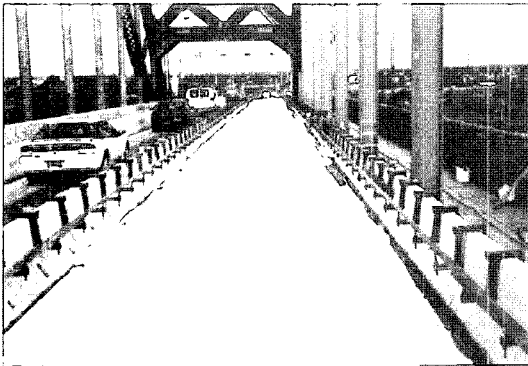


그림 11. 양생

배합계획에 의해 Mixing한 후 타설하는 장비로 시간당 6~45m³을 연속적으로 타설할 수 있으며 트럭기사 1명, 기기작동자 1명이 소요된다.

6.2 Bidwell

Mobil Mixer를 통해 나온 LMC를 Rolling, Vibrating, Mixing을 동시에 수행할 수 있는 장비이며 기기작동자 1명이 소요된다.

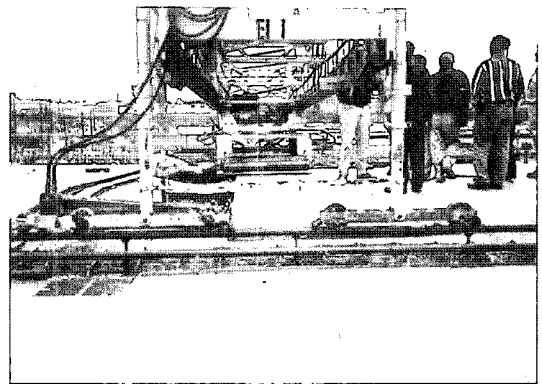


그림 13. Bidwell

6. LMC 관련장비

6.1 Mobil Mixer

Latex, 시멘트, 자갈, 모래, 물 등을 적재한 후

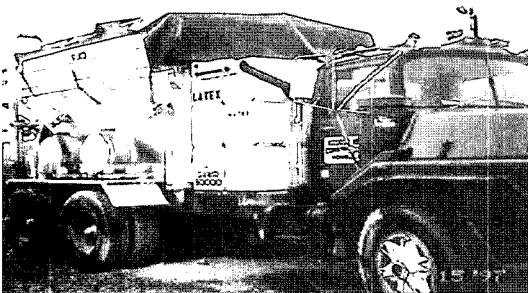


그림 12. Mobil Mixer

6.3 Portable Shot-Blasting Machine

Blasting, Scarification, Chipping등으로 기존 DECK의 표면처리를 할 수 있는 장비이다.

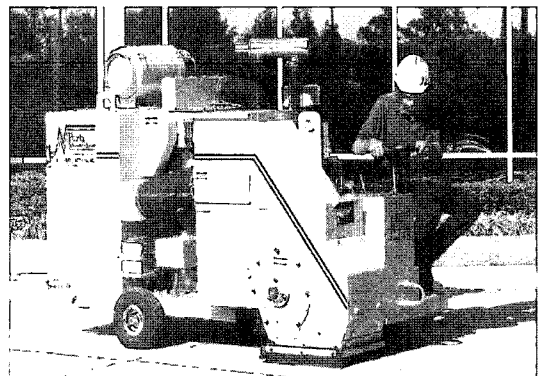


그림 14. Portable Shot Blasting Machine

6.4 Scarifier

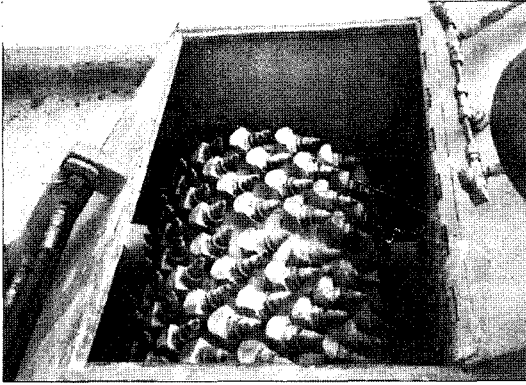


그림 15. Scarifier

7. 국내 적용시 검토할 사항

LMC는 시공마무리단계에서 노면이 매우 매끄럽기 때문에 차륜의 미끄럼 방지를 위하여 Saw-cut를 하게 된다. 이러한 절차가 불가피하기 때문에 주행성이 감소하게되어 운전자의 피로를 증가시킬 수 있다. 이러한 LMC 포장의 평탄성을 보완하는 것이 큰 문제로 대두되고 있다.

기존 아스팔트포장 및 콘크리트포장은 초기투자비용 LMC에 비하여 저렴하다. 그러나 기존 교면포장공법은 철근부식 및 균열발생 등으로 인한 향후 유지보수비용의 증가로 장기적으로는 LMC보다 많은 투자비용이 소요된다. LMC는 비록 초기투자비용이 다소 요구되지만 향후 20년 이상의 총투자비용을 계산하게되면 기존교면포장공법보다 훨씬 적은 투자비용이 소요된다. 그러므로 향후 신설 교량 및 구조물과 기존 구조물의 유지보수 보장에 보다 많이 LMC공법을 적용해야 할 것이다.

현재 LMC는 시공시 특수장비(Mobil mixer, Bidwell, Scarifier등)를 필요로 한다. 그러나 현재 국내에는 LMC의 사용이 없어 이러한 특수

장비가 없거나 매우 미흡한 실정이다. 또한 이러한 특수장비의 가격이 상당히 고가이므로 이에 대한 대책을 마련해야 한다.

LMC는 유동성이 뛰어나 슬럼프가 25cm이상 되더라도 재료분리현상이 발생되지 않아 작업성이 우수하고 LMC의 시공상 문제점인 시간경과에 따른 슬럼프 저하현상이 해소되어 B/P를 이용한 레미콘생산이 가능할 것으로 판단된다.

이상과 같이 LMC는 수밀성, 내구성, 접착강도등 각종 물성치가 아스콘 및 보통콘크리트에 비하여 우수하므로 국내외 신설교량의 교면포장과 노후교량의 재포장에 적용할 경우 좋은효과가 있으리라고 보며 주차장 구조물 및 염해의 피해를 받는 각종구조물에도 적용가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. AASHTO Section 8 & 28, 1996
2. ACI Committee 548, "Standard Specification for Latex-Modified Concrete Overlays", ACI 548.4-93, 1996
3. 도로시설물 유지관리 기본계획 종합보고서, 서울특별시 건설안전관리본부, 1997.12