

조강형 Latex Modified Concrete를 이용한 교량상판면 보수용 Overlay Concrete 제조 및 적용에 관한연구

Manufacture and Application of High-Early Strength Latex-Modified Concrete to Resurface and Repair Bridge Decks

엄 태 선* 임 채 용** 백 상 현*** 이 승 재**** 조 윤 호***** 엄 주 용*****
Um, T. S. Im, C. Y. Paik, S. H. Lee, S. J. Jo, Y. H. Eum, J. Y.

ABSTRACT

Because of occurring easily the crack, debond, rutting on asphalt pavement of bridge decks under traffic's heavy weight load. We investigated the application of latex modified concrete to resurface and repair bridge decks for preventing the above problems. Here, Using the ordinary portland cement and high early cement, We tested mix design, workability, compressive strength, adhesive power, drying shrinkage, carbonation, and economic estimation etc. We selected the condition of application to resurface and repair bridge decks and detected high early cement is superior to ordinary portland cement in results of analyzing the application of the repairing bridge decks and economic estimations

1. 서론

교면의 포장재료로서 아스팔트는 낮은 강도와 저밀도를 가져 차량의 과다하중이나 반복하중으로 균열, 바퀴자국, 표면밀립 등이 발생하고 또한 콘크리트와 이질적 특성으로 낮은 부착력으로 들뜸현상이 있다. 이런 현상은 균열을 발생시키고 우수, 공기, 염화물 등이 침투하여 상판을 열화시키며 철근부식의 원인을 제공한다. LMC포장은 아스팔트포장에 비해 높은 압축, 휨, 인장강도를 갖고 고밀도로 각종 염화물의 완벽한 차단을 기하며 콘크리트 상판과 일체화로 거의 완벽에 가까운 부착력을 가지고 일체화 거동을 한다. 그러나 국내에 일반적인 적용되지 않는 원인은 적정양생시일의 필요와 요구특성을 용이하게 확보할 수 있겠는가는 불확실한 요소가 존재하고 있다.

본 연구는 이러한 교각상판재로서 LMC의 특성을 평가하고 조기개방을 위해 조강형의 시멘트의 적용성을 일반 시멘트를 사용한 LMC포장과 대비하여 각종 배합조건별 제반 물리특성과 포장재료로서 요구되는 작업성, 휨인장특성 내구성, 경제성 및 적용성을 검토하였다.

* 정회원 쌍용중앙연구소 책임연구원(공박)

** 정회원 쌍용중앙연구소 연구원

*** 비회원 현대건설 TURN-KEY사업부 대리

**** 정회원 (주) 승화이엔씨 대표이사

***** 정회원 중앙대 건설환경공학과 조교수

***** 정회원 도로공사 콘크리트포장연구실장

2. 실험방법

2.1 시험재료

시멘트는 1종시멘트와 조강시멘트를 대상으로 하였고 Latex는 Dow Chem. Co의 제품을 사용했다.

표 1 Latex(SBR : Styrene-butadiene coploymor)의 성분 및 특성

성분	Styrene	Butadiene	Vinyl Carboxylic	Nonionic Surfactant	Anionic Surfactant	Ammonium Persulfate	Water
중량 (%)	64	35	1	7	0.1	0.2	105
구성 (%)	50.5						49.5

2.2 배합설계기준 및 목표

표 2 LMC의 교면 포장재 기본 요구설계값 및 목표설정

항목	특성	목표강도(kg/cm ²)		요구작업성(cm)		공기량(%)
		압축강도	휨강도	초기slump	30분후slump	
설계강도		270	45	20-24	> 18	3-6
배합강도	레미콘	324	54	20-24	> 18	3-6
	모빌카	324	54	-	15-19	3-6

2.3 LMC(Latex Modified Concrete) 교면포장재 제조 및 특성평가

LMC의 추천되는 L/C비는 통상 10~15%이고 시멘트는 약 300~450kg/m³로 보고되고 있다. 일반적으로 L/C가 증가하면 W/C는 감소하며 LMC의 응결이 지연되고 혼합후 경시변화는 일반 콘크리트에 비해 크므로 15~30분 이내에 시공작업을 완료하는 것을 요구하고 있다.

2.3.1 제조실험

(1) 일반 콘크리트와의 특성비교

동일 작업성에서 LMC의 제반 특성을 일반 콘크리트의 특성과 비교하였다.

(2) LMC 교면포장재의 특성개선

작업성의 개선을 위한 가능성을 배합조정을 통해 모색하였다.

(3) LMC의 조기 개통 및 경제성 검토

응결지연 및 소요 양생시기를 줄이기 위한 조강시멘트의 적용성과 1종시멘트와의 특성 및 경제성을 대비하여 검토하였다.

2.3.2 특성평가 및 적용성 분석

LMC 교면포장재의 특성을 분석하기 위해 제반 물리특성(슬럼프경시, 공기량, 압축강도), 탄성계수, 할랄 부착강도, 건조수축, 중성화, 수밀성(CI-투과시험) 및 경제성을 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 일반 콘크리트와의 특성비교

LMC 포장재는 표 3의 배합조건으로 일반 콘크리트의 특성과 비교하였다.

표 3 LMC와 일반콘크리트의 특성비교

Batch I.D.	P/V	L/C C ^{wc%}	배합조건(%)		단위재료량(kg/m ³)			AE제 (%)	Slump(cm)		Air(%)	
			W/C	S/A	C	Latex	W		초기	30분	초기	30분
CTR	0.49	0	53.8	55.0	400	0	215	0.05	16.7	15.5	5.3	9.2
LMC-P	1.05	15	33.3	58.0	400	133	60	0.007	19.0	9.6	4.4	4.7
LMC-P2	1.02	15	34.3	58.0	400	133	64	0.007	21.7	11.4	4.1	4.8
LMC-L	0.89	15	40.0	59.0	360	120	78	0.007	17.0	-	5.2	-
LMC-H	1.15	15	30.2	57.0	440	147	52	0.007	20.0	-	3.9	-

LMC의 슬럼프 변화는 일반 콘크리트에 비해 매우 크다. 공기량은 요구 소요량이 수월하게 확보되고 압축강도, 할렬 부작강도는 일반콘크리트(Control, 이하 CTR)에 비해 고강도 특성을 갖는 것을 확인하였다.

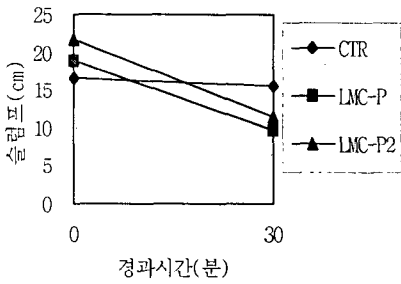


그림 1 슬럼프의 변화

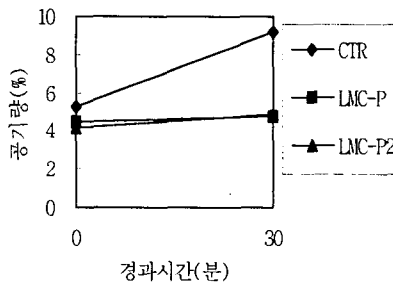


그림 2 공기량의 측정결과

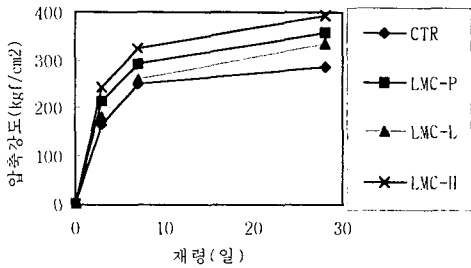


그림 3 LMC와 CTR의 압축강도

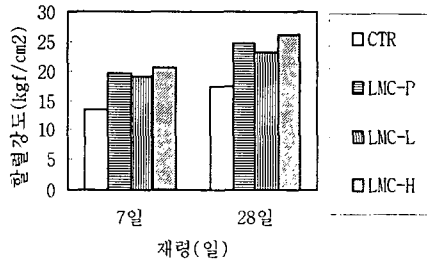


그림 4 LMC와 CTR의 할렬인장강도

한편, 교면포장재의 내구성과 적용성을 평가하기 위해 CTR와 함께 측정한 건조수축, 중성화 깊이, 염소이온 투과시험의 결과를 보면 모든 특성이 CTR에 비해 우수함을 확인하였다. 이것은 교각 상판 재료로서 LMC는 그의 적용성이 매우 우수한 재료임을 제시하는 바가 크다.

그러나, 상기 결과에서 LMC를 교면포장재료 범용적으로 활용하기 위해서는 우선적으로 작업성을 용이하게 확보할 수 있도록 배합설계의 개선방안이 제시될 필요가 있다. 그의 작업성 확보여부에 따라 서 레미콘 또는 현장 mobile car를 사용할 것인가의 적용방법이 선정될 것이다.

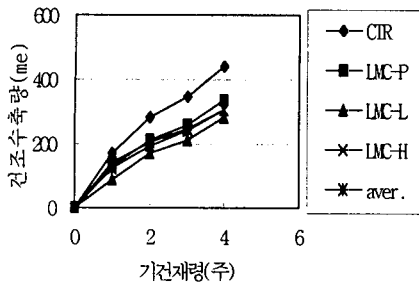


그림 5 LMC와 CTR의 건조수축특성

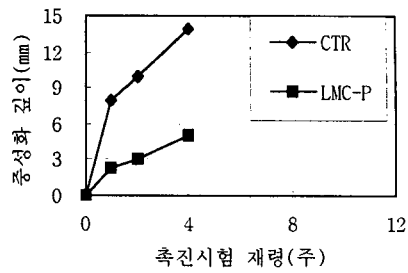


그림 6 LMC와 CTR의 중성화 특성

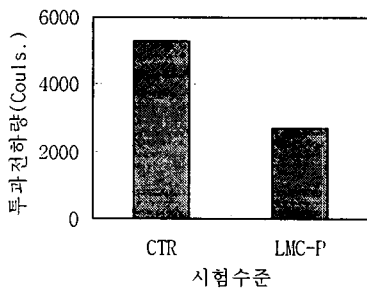


그림 7 LMC와 CTR의 염소이온 투과시험

3.2 LMC 교면포장재의 작업성 개선

LMC의 작업성은 레미콘 타설을 고려할 때는 작업성의 개선이 요구된다. 개선방안으로 초기 슬럼프 상향과 S/A조정으로 한 점성감소 방안을 검토하였다. 그의 검토조건은 표 4와 같다.

표 4 레미콘 배합 도출가능성을 위한 검토 배합

Batch I.D.	P/V	L/C C*wt%	배합조건		단위재료량(kg/m ³)			AE C*wt%	Slump(cm)		Air(%)	
			W/C	S/A	C	Latex	W		초기	30분후	초기	30분후
CTR	0.48	0	54.3	55	400	0	217	0.05	18.3	15.5	5.1	6.0
LMC-P2	1.02	15	34.3	58	400	133	64	0.007	21.7	11.4	4.1	4.8
LMC15-M1	0.98	15	36.3	55	400	133	72	0.02	25.0	22.2	4.0	5.3
LMC15-M2	1.02	15	34.6	55	400	133	65	0.025	22.2	18.5	4.2	4.3
LMC10-M	0.85	10	38.2	55	400	93	109	0.02	23.0	18.0	5.0	5.1

초기슬럼프와 S/A를 조정하여 Latex사용에 따른 점성을 감소시킨 배합은 오히려 CTR배합에 비해서도 더 작업성이 우수한 결과를 얻었다. 배합조정에 따른 강도의 차이도 거의 발생하지 않았다.

3.2 요구설계강도를 만족하기 위한 배합추정식 제안 및 설계

LMC 교면포장의 배합추정은 실험에 의하면 배합설계의 W/C 추정식보다는 P/V(결합재/공극비) 추정식이 더 신뢰성이 있는 추정식으로 판단되며, 요구설계기준을 만족하기 위한 배합과 물성값은 표 5와 그림 10, 11과 같다.

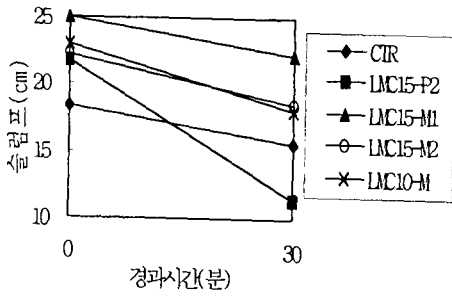


그림 8 조정배합의 슬럼프경시변화

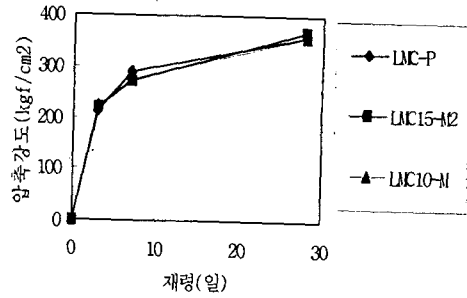


그림 9 조정배합의 재령별 강도특성

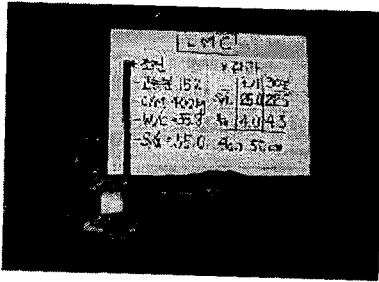


사진 1 CTR의 30분후 Slump

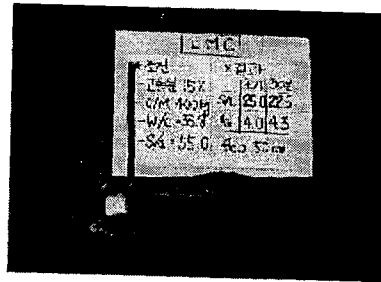


사진 2 LMC15-M1-30분후 Slump

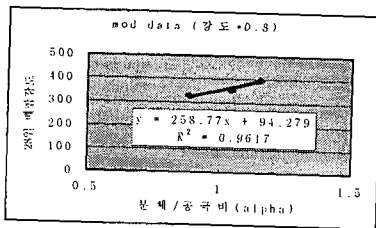


그림 10 P/V-강도 추정식 제안

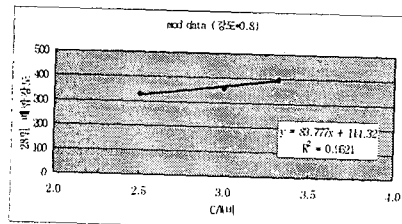


그림 11 C/W- 강도 추정식 제안

표 5 설계 요구특성을 만족하기 위한 LMC 교면포장의 추천배합(1종시멘트)

구분	항목	P/V	L/C	배합조건(%)		단위재료량(kg/m³)			AE제	Slump	Air	비고
				W/C	S/A	C	Latex	W				
	LMC-RC	1.07	15	32.5	55.0	410	137	58	0.03	20-24	3-6	레미콘
	LMC-MC	1.16	15	29.3	54.0	410	137	45	0.03	15-19	3-6	모빌카

3.3 조강시멘트를 이용한 개통시기 단축 및 경제성검토

LMC 교면포장재에 조강시멘트의 적용은 Latex첨가로 발생하는 응결지연(약 2시간 단축)을 방지하며 타이닝 시간을 줄일 수 있으며 경제적인 측면에서 약16%(약3.2만원/m²)절감되며 조기개통을 위해서는 시공후 1-3일 이내의 개통(단, 시멘트량 400-500kg/m³)시기를 확보할 수 있다..

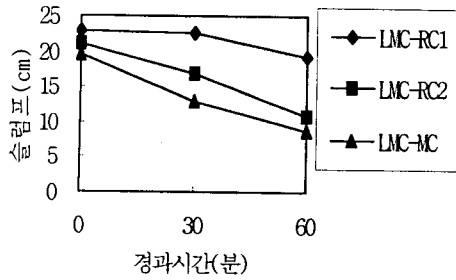


그림 12 추천배합의 슬럼프경시변화(1종)

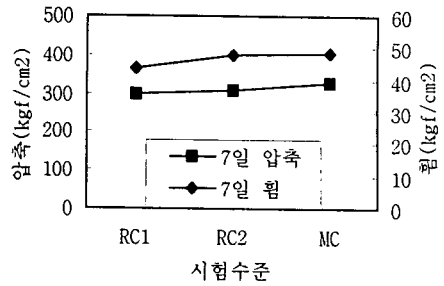


그림 13 추천배합의 7일 강도특성(1종)

표 6 LMC 교면포장재의 조강시멘트의 추천배합

구분	특성	P/V	L/C	배합조건(%)		단위재료량(kg/m³)			AE계	Slump	Air	운반	경제성 (만원)
				W/C	S/A	C	Latex	W					
LMC-RC	1종	1.07	15	32.5	55.0	410	137	58	0.03	20-24	3-6	레미콘	19.187
	조강	0.86	15	42.7	55.0	370	123	90	0.05				15.992
LMC-MC	1종	1.16	15	29.3	54.0	410	137	45	0.03	15-19	3-6	모빌카	19.187
	조강	0.90	15	40.0	55.0	370	123	80	0.05				15.992

4. 결론

아스팔트 교면포장재의 문제점을 개선하고자 1종시멘트와 조강시멘트를 이용하여 LMC 포장재료의 특성과 적용성을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 아스팔트 교면포장재는 저강도 저밀도로 인하여 균열, 들뜸현상, 바퀴자국, 밀림현상으로 우수, 공기, 염화물의 침투 등을 촉진하여 상판의 열화를 일으켜 개선이 요구되고 있다.
- 2) LMC는 상판과 일체화되는 우수한 부착력과 내구특성을 갖으며 타설방법은 현장조건에 맞게 레미콘 또는 현장 mobile car를 적용할 수 있으나 다소의 배합수정이 요구된다.
- 3) 배합설계는 주로 P/V-강도추정식을 사용하나, 배합인자가 작을 경우 본 실험에서는 W/C-강도 추정식도 잘 일치하였으며, 특히 조강시멘트는 조기개통특성이 확보되면서 고가의 Latex량이 줄일 수 있어 LMC 교면포장을 위한 시멘트로 그의 적용성이 확인되어 사용이 추천된다.

참고문헌

1. ACI 548.3R-91, State of the Art Report on Polymor Modified C+oncrete, ACI, 1992
2. Michael M. Sprinkel, High early strength latex modified concrete, concrete construction, sept, 1988
3. Charles F. Scholer, contractor innovation speeds pavement overlay project, conc. inter. July 1987
4. ACI 325, Design of Concrete Overlays for Pavements, J.ACI, Vol.64, No.8, Aug.1967, pp470-474