

진동가력과 양생온도가 라텍스개질 콘크리트에 미치는 영향

Effects of Re-vibration and Curing Temperature on the Physical Properties of Latex-Modified Concrete

정 원경* 홍 창우** 이 주형*** 윤 경구****
Jeong, Won Kyong Hong, Chang Woo Lee, Joo Hyung Yun, Kyong Ku

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of re-vibration and curing temperature onto the physical properties of latex-modified concrete with ordinary cement and rapid-setting cement, and thus to provide a guide line of re-vibration and curing conditions for good quality controls. The main experimental variables included two cement types(ordinary portland cement, rapid-setting cement), curing temperature(10°C, 20°C, 30°C), re-vibration methods (continued, intermittent), and re-vibration times(initial setting, one day after mixing).

The experimental results showed that the re-vibration affected little to the mechanical properties of LMC and RSLMC, while, the curing temperature a quite some. The early strength development was the highest at 20°C curing temperature, and decreased at higher temperature. The permeability of concrete generally decreased with curing time. The rapid chloride permeability was a function of time and temperature. The chloride permeability of RSLMC was so small and negligible.

Keywords : latex modified concrete, curing temperature, re-vibration, RSLMC

1. 서 론

우리나라의 경우 계절적 변화가 뚜렷하고, 동계와 하계의 온도 차이도 많은 편인데, LMC는 이러한 상이한 조건하에서 사용되고 있다. 시멘트 혼화용 폴리머에 대한 양생조건에 따른 역학적 성질에 대해 이미 1980년대에 양생조건에 의한 압축강도와 휨강도의 영향이 실험에 의해 일부분 확인되었으나, 양생조건에 따른 메카니즘에 대한 연구는 미비한 실정이다. 그러나 이러한 폴리머 시멘트 콘크리트의 역학적 성질은 여러 양생환경 조건에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 계절적 요인에 의한 구조물 주위의 온도변화와 구조물 내·외부의 온도차는 콘크리트의 역학적 성질을 변화시킨다. 따라서, 온도에 따른 라텍스개질 콘크리트의 역학적 변화를 파악하는 것은 매우 중요한 연구 분야이다.

* 정희원, 강원대학교 토목공학과·박사과정
** 정희원, 충주대학교 건설도시공학과 전임강사
*** 정희원, 한국철도기술공사 대리
**** 정희원, 강원대학교 토목공학과 조교수

본 연구에서는 교량 덧씌우기 재료로 사용되고 있는 라텍스 개질 콘크리트(latex modified concrete; 이하 LMC)와 긴급보수재료인 초속경 시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트(rapid-setting cement latex modified concret; 이하 RSLMC)에 대한 양생온도에 따른 LMC의 역학적 특성 변화를 규명하고, 적절한 양생 조건을 제시하며, 진동이 양생초기의 RSLMC에 미치는 영향을 분석하는 것을 주 목적으로 하였다.

2. 실험

본 연구는 라텍스개질 콘크리트에 대한 양생온도 및 초기 진동에 대한 영향을 분석하기 위한 실험으로서 양생온도 및 진동 조건을 주요 변수로 하여 실험을 수행하였다. 실험 변수는 콘크리트 타입(LMC, RSLMC), 양생온도(10℃, 20℃, 30℃), 진동방식(연속, 간헐), 진동가력시점(초결, 타설후 1일)으로 설정하였으며, 재 진동 속도는 0.25cm/sec로 고정, 상대습도 80%로 고정하여 실험을 수행하였다. 온도와 재 진동에 따른 콘크리트의 역학적 특성 중 굳지 않은 콘크리트에 대해서는 슬럼프, 공기량, 응결에 대한 실험을 수행하였으며, 경화 콘크리트에 대해서는 압축 및 휨강도, 염소이온 투과에 의한 투수 실험을 수행하였다. 그림 1과 2는 진동속도 측정을 위한 장비와 설치 장면을 보여주고 있다.

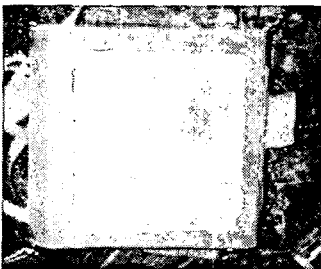


그림 1 측정장비(VA-11)

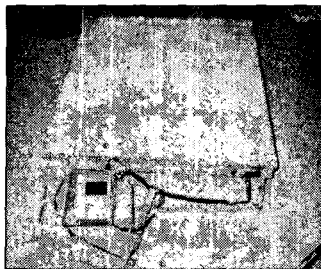


그림 2 진동가력 장치

표 1 시방배합표 [unit : kg/m³]

Type	W/C (%)	S/a (%)	Unit Mix Proportion				
			C	W	L	G	S
LMC	33	58	390	65.3	121.9	737.3	957.9
RS LMC	38	58	390	81.5	121.9	706.9	918.3

2.1 사용재료 및 실험내용

실험에 사용된 SB 라텍스는 라텍스 고형분 48%와 물 52%로 혼합된 Styrene - Butadiene 계열의 것을 사용하였으며, 골재의 경우 굵은 골재는 최대치수 13mm인 레미콘용 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 천연강모래를 사용하였다. 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트와 초속경 시멘트를 사용하였다. 보다 자세한 배합표는 표 1과 같다. 슬럼프 조건은 교량 덧씌우기에 적용하기 위해 20±1 cm로 고정하였다. 소포제량은 결합제에 대한 비로 사용하였으며, 지연제는 각 온도에 따라 다른 양을 사용하였다. 표 2에 주요 실험변수와 실험내용을 나타내었다.

표 2 실험계획

Parameters of Experimentation					
Curing Condition	Cement Type	Curing Temp.(°C)	Start Point of Revibration	Period of Revibration	Revibration Types
Dry Condition	LMC	10	Control	20 sec.	continued
	RSLMC		Control	20 sec.	continued
	LMC	20	Control	20 sec.	continued
			Initial setting	30 min.	continued
			One day after placing		intermittent
	RSLMC		Control	20 sec.	continued
	RSLMC	30	Initial setting	30 min.	continued
			intermittent		
LMC	30	Control	20 sec.	continued	
RSLMC		Control	20 sec.	continued	

3. 실험결과 및 고찰

3.1 양생온도 및 재진동이 강도발현 특성에 미치는 영향

표 3에서 LMC의 강도 발현 특성을 살펴보면, 20°C일 때 10°C에 비해 다소 높은 강도 발현 특성을 나타내며, 30°C의 경우에는 오히려 압축강도가 감소하는 경향을 보이고 있다. 한편, RSLMC의 압축강도는 28일 재령일 때 저온에서 양생한 경우가 고온 양생한 경우보다 약 70kgf/cm² 높은 강도 특성을 나타내지만, 초기 재령에서는 온도 저하로 인해 시멘트의 수화반응이 지연됨으로써 50kgf/cm² 이하의 심한 강도 저하 현상을 보이다가 1일 이후 다소 정상적인 강도특성을 나타낸다. 표 4에서 LMC를 살펴보면, 초결과 24시간 후의 재 진동은 진동을 가하지 않은 것과 비교하여 큰 강도차이를 나타내지는 않고 있다. 또한, 진동가력방식과도 큰 차이를 보이지 않고 있다. 그러나, 진동가력방식에 의한 두 번 수간의 차이는 연속진동의 경우가 간헐진동의 경우보다 약 10~15% 향상된 강도 값을 나타내었다. RSLMC의 초결 후 진동유지방식에 따른 압축강도발현 특성을 살펴보면, LMC의 강도발현 특성과 유사하게 RSLMC의 강도 발현에 대한 진동유지방식의 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

표 3 양생온도에 따른 LMC와 RSLMC의 강도발현 특성

Concrete Type	Curing Temp.(°C)	Compressive Strength(kgf/cm ²)					Flexural Strength (kgf/cm ²)				
		3hr.	1day	7days	14days	28days	3hr.	1day	7days	14days	28days
LMC	10	-	-	309.9	339	357.7	-	-	63.3	69.8	74.2
				100%	100%	100%			100%	100%	100%
	20	-	-	332.2	354.4	412.3	-	-	58.2	65	73.6
				107%	105%	115%			92%	93%	99%
	30	-	-	263.1	299.8	338.8	-	-	65.8	65.6	67.4
				85%	88%	95%			104%	94%	91%
RSLMC	10	34.6	273.5	-	-	533.5	8.8	53.7	-	-	81.3
		100%	100%			100%	100%	100%			100%
	20	236	398.4	-	-	455.6	42.3	58.8	-	-	73.8
		682%	146%			85%	481%	109%			91%
	30	206.3	334	-	-	461.3	35.4	42.8	-	-	75.6
		596%	122%			86%	402%	80%			93%

표 4 재진동에 따른 LMC와 RSLMC의 강도발현 특성(20℃)

Concrete Type	Start Point of Vibration	Vibration Types	Compressive Strength (kgf/cm ²)					Flexural Strength (kgf/cm ²)				
			3hr.	1day	7days	14days	28days	3hr.	1day	7days	14days	28days
LMC	Control				332.2	354.4	412.3			58.2	65	73.6
			-	-	100%	100%	100%	-	-	100%	100%	100%
	초결	연속			364.8	391.8	440			60.4	67.4	78.8
			-	-	110%	111%	107%	-	-	104%	104%	107%
	1일 후	연속			344	383.8	425.2			54.2	72.8	79.2
			-	-	104%	108%	103%	-	-	93%	112%	108%
	초결	간헐			329.2	362.1	402.8			59.4	65.6	70.8
			-	-	99%	102%	98%	-	-	102%	101%	96%
	1일 후	간헐			321.5	353.1	385.2			61.8	67.2	74.6
			-	-	98%	99%	93%	-	-	106%	103%	101%
RSLMC	Control		236	398.4			455.6	42.3	58.8			73.8
			100%	100%	-	-	100%	100%	100%	-	-	100%
	초결	연속	229.8	391.3			471.2	44.1	57.9			77
			97%	98%	-	-	103%	104%	98%	-	-	104%
	초결	간헐	257.7	404.1			476.7	48.6	63.6			76.2
			109%	101%	-	-	105%	115%	108%	-	-	103%

3.2 양생온도가 투수성에 미치는 영향

양생온도에 따른 강도특성은 10℃에서 20℃까지 증진되어 30℃에서는 오히려 감소되는 경향을 보이고 있으나 그림 3과 4에 보인 것과 같이 염소이온 투과시험에 의한 내구특성은 양생온도가 높을수록 증진되는 것으로 나타난다. LMC와 RSLMC 모두 30℃일 때 10℃에 비해 약 1/2 정도로 통과 전하량이 감소하는 것으로 나타난다.

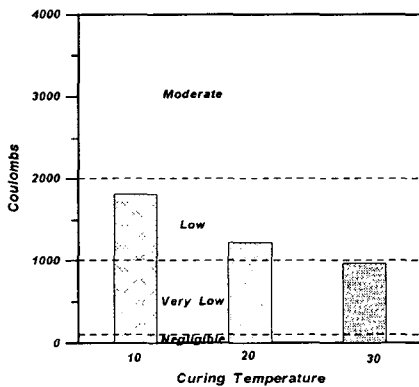


그림 3 양생온도에 따른 투수특성 (LMC)

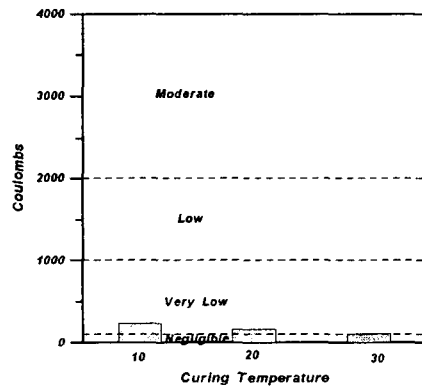


그림 4 양생온도에 따른 투수특성 (RSLMC)

3.3 재진동이 투수성에 미치는 영향

그림 5와 6은 20℃에서의 진동가력시점과 유지방식에 따른 염소이온 투과시험의 결과를 그래프로 나타낸 것이다. LMC에서 진동가력시점이 초결일 경우에는 간헐진동방식에 비해 연속진동방식이 320 쿨롱정도 더 낮은 투수특성을 나타내고 있으며, control보다도 미소하나마 작은 투수특성을 나타내고 있다. 그러나 모든 경우에 있어 LMC의 투수 평가 등급은 모두 낮은 등급을 나타내어 양생 중 가력되는 0.25cm/sec의 진동속도는 경화중인 라텍스개질 콘크리트의 라텍스 필름막 형성에 미치는 영향이 매우 미비한 것으로 판단되어졌다. RSLMC의 투수 특성에 대한 진동의 영향을 살펴보면, LMC의 경우보다 그 영향이 더 적은 것으로 나타났다.

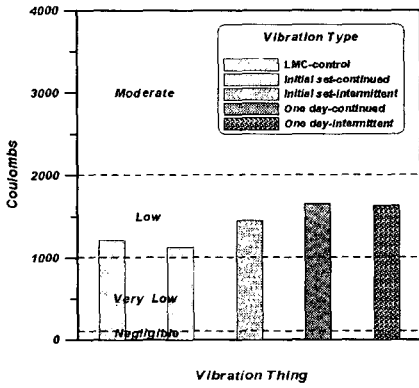


그림 5 재진동에 따른 투수특성 (LMC, 20℃)

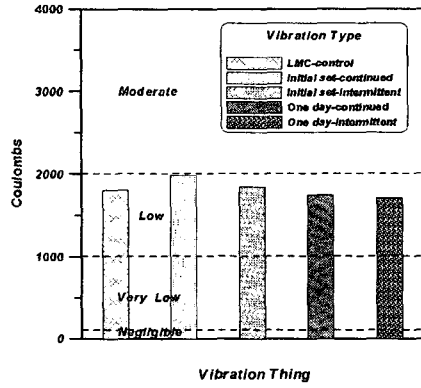


그림 6 재진동에 따른 투수특성 (LMC, 10℃)

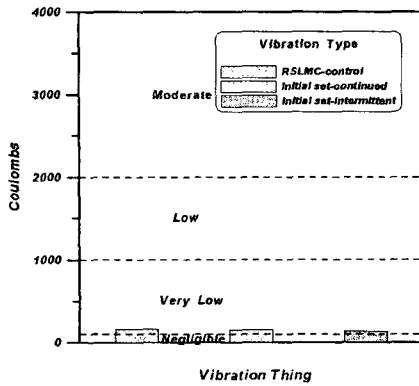


그림 7 재진동에 따른 투수특성 (RSLMC, 20℃)

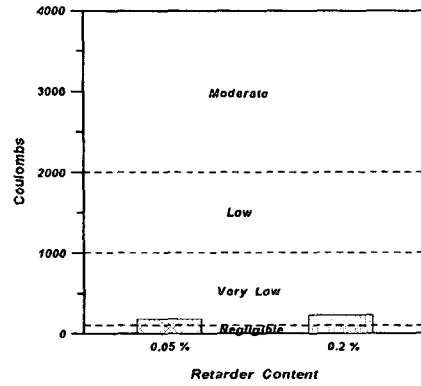


그림 8 재진동에 따른 투수특성 (RSLMC, 10℃)

4. 결 론

LMC에 대한 양생온도의 영향과 RSLMC에 미치는 재 진동의 영향을 분석하기 위하여 굳지 않은 콘크리트와 경화 후 콘크리트의 강도 특성 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 양생온도에 따른 LMC의 강도 발현 특성은 20℃일 때 10℃에 비해 다소 높은 강도 발현 특성을 나타내며, 30℃의 경우에는 오히려 감소하는 경향을 보이고 있다. 저온 또는 고온의 온도변화가 LMC의 강도발현에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났으나 현장배합 온도가 고온일 경우에는 강도저하 측면에서 LMC의 사용이 다소 적절치 않은 것으로 나타났다.
- 2) RSLMC의 강도발현에 대한 초결 이후의 가력진동의 영향은 뚜렷한 차이를 보이지 않는 것으로 나타나 본 연구에서 설정된 보통 콘크리트의 허용진동속도 0.25cm/sec는 개질 콘크리트에도 적용 가능한 것으로 판단되며, LMC의 강도 발현 특성에서도 RSLMC와 유사하게 가력진동에 의한 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) LMC와 RSLMC 모두 30℃일 때 10℃에 비해 약 1/2 정도로 통과 전하량이 감소하는 것으로 나타나 양생온도가 높아짐에 따라 폴리머 입자 내부의 수분증발이 가속화됨으로써 충전 작용과 함께 폴리머 입자 자체의 결합력이 증가하여 내구성이 증가하는 것으로 판단된다.
- 4) RSLMC의 초기 양생시 가해지는 진동이 내구특성에 미치는 영향은 LMC의 경우보다 그 영향이 더 적은 것으로 나타났으며, ASTM C 1202에 의한 투수 평가 등급은 모두 매우 낮은 등급으로 나타나 거의 불투수성을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강원대학교 부설 “식재복합신소재제품연구센터” 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 윤경구, 이주형(2000) 현장적용을 위한 라텍스 개질콘크리트의 역학적 특성. **대한토목학회 가을 학술 발표회논문집**, pp. 395-398.
2. 한상훈(2000) 콘크리트의 역학적 성질에 미치는 온도와 재령의 효과, **한국과학기술원**, 박사학위 논문.
3. 홍창우, 윤경구, 최상릉, 김태경(2000) 라텍스개질 콘크리트의 투수특성과 부착강도 특성, **한국도로포장공학회 학술발표회 논문집** pp. 191-197.
4. ACI Committee 309(1981) *Behavior of Fresh Concrete During Vibration*, (ACI 309.1-81), ACI Journal pp.36-53, Jan.-Feb., 44pp.
5. Marzouk, H. M. and Hussein, A(1990) *Properties of High-Strength Concrete at Low Temperature*, ACI Material Journal, Vol.87, No.2, Mar.-Apr., pp.167-171.
6. Ohama, Y., (1995) *HANDBOOK OF POLYMER-MODIFIED CONCRETE AND MORTARS Properties and Process Technology*, (unpublished correspondence).