

라텍스 개질 콘크리트의 투수특성

Permeability of Latex Modified Concrete

이 종 명* 윤 경 구** 최 상 룡*** 홍 창 우**** 전 인 구*****

Lee, Jong Myong Yun, Kyong Ku Choi, Sang Leung Hong, Chang Woo Chun, In Ku

ABSTRACT

This study was focused on the investigation of permeability of latex modified concrete as the latex content varied such as 5%, 10%, 15%, and 20%. The rapid chloride permeability test was used to evaluate the relative permeability of latex-modified concretes and conventional concretes. The results showed that the permeability of latex-modified concretes was considerably lower than conventional concretes tested, which may be due to the latex filled in voids and interconnections of hydrated cement and aggregates by a film of latex particles.

1. 서 론

라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete : 이하 LMC)는 일반콘크리트에 비해 유동성이 증가하며, 시멘트페이스트를 골재에 부착시키는 점착력이 증가하고, 휨강도는 일반콘크리트에 비해 매우 크다(Ohama, 1987). 특히 라텍스가 콘크리트 내부의 미세공극을 충전시켜 일반콘크리트에 비해 LMC의 투수저항성은 매우 크다. 외국에서는 이미 1980년대부터 LMC에 대한 연구가 활발히 진행되어 노후교량의 보수, 보강, 지하구조물, 염해의 피해를 받는 각종 구조물등에 광범위하게 사용되고 있으며, 현재 미국에서는 신설교량의 80%이상의 교면포장에 LMC공법을 적용하고 있으며, 시방서규정(ACI, 1977)까지 마련되어 있는 실정이다. 특히 LMC를 교량의 교면포장에 적용할 경우 낮은 투수성으로 인해 염분 및 수분침투를 방지하여 철근부식등으로부터 콘크리트 슬래브를 보호하여 내구성을 향상시켜 주는 특성을 가진다.

현재 국내에서는 LMC에 대한 인식이 충분하지 않은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 라텍스 개질 콘크리트를 우리나라 현장에 적용할때의 기초자료로 제공하기 위하여 LMC의 역학적 특성 및 투수특성을 파악하고자 하였다.

* 정회원, 강원대학교 토목공학과, 석사과정

** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 조교수

*** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 박사과정

**** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 박사후과정

***** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 박사과정

2. 라텍스 개질 콘크리트의 일반적 특징

라텍스란 콜로이드같은 작은 구형의 유기체 폴리머입자가 물속에 분산되어 있는 것을 말한다. 입자들은 표면이 계면활성제로 코팅되어 물속에 부유하는 상태로 되어있다. 이 계면활성제는 다원자이온을 포함하고 있어 폴리머 입자가 덩어리지지 않게 안정시킨다. 이러한 라텍스는 굳지않은 콘크리트에서 라텍스의 볼-베어링 역할로 인해 배합작업을 원활하게 하고 워커빌리티를 향상시킨다. 또한 라텍스는 소요의 워커빌리티를 얻기 위하여 요구되어지는 물의 양을 감소시키며, 공기조적을 안정하게 하는 경향이 있다. 라텍스를 포틀랜드콘크리트나 모르타르에 첨가하였을 때 시멘트 페이스트를 골재에 부착시키는 점착력이 증가하며, 미세균열의 충전효과가 뛰어나 균열의 확산을 억제하는 특성을 보인다. 또한 이러한 충전효과로 인해서 침투성이 감소하며 아스팔트콘크리트에 비해 우수한 방수효과를 나타낸다 (Ohama, 1984).

3. 실험

3.1 실험개요

본 연구에서는 LMC의 투수특성에 라텍스 혼입률이 미치는 영향을 파악하기 위하여 물-시멘트비와 잔골재율을 고정시킨 상태에서 라텍스의 혼입률을 주요 실험변수로 하여 시험편을 제작하였다. 라텍스 혼입률은 시멘트 대비 0%, 5%, 10%, 15%, 20%로 하여 실험을 수행하였으며, 투수특성 실험방법은 염소이온투과실험으로 하였다.

3.2 사용재료

본 연구에서 사용된 시멘트는 국내산 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 라텍스는 미국 D사의 Strene-Butadiene Rubber 계열로 화학적 특성은 표 1과 같다. 굵은골재는 최대치수 13mm, 25mm인 레미콘용 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다.

표 1. Latex의 화학적 특성

Percent Solids	Specific Gravity(25°C)	PH	Surface Tension dynes/cm at 25°C	Shelf Life	Viscosity cps at 20°C	Freeze thaw stability (-15°C to 25°C)
48%	1.01	10.5	32	> 2 years	24	5 cycle

3.3 실험계획 및 방법

3.3.1 실험계획

굳지않은 콘크리트의 특성으로는 슬럼프와 공기량을 측정하였고, 굳은 콘크리트에 대해서는 재령에 따른 압축강도와 휨강도를 측정하였다. 라텍스 혼입률 0%의 경우 배합자체가 이루어지지 않아 상대비교를 하기 위하여 25mm의 굵은골재를 사용하여 재령 28일의 압축강도가 400kgf/cm²인 라텍스를 혼입하지 않은 보통

표 2. 실험요인 및 조건

		실험요인	실험조건
배합 사항		W/C	37%
		S/a	55%
		Latex 혼입률	0, 5, 10, 15, 20%
실험 사항	굳지않은 콘크리트		배출시 슬럼프, 슬럼프 경시변화, 공기량
	굳은 콘크리트		압축강도, 휨강도 염소이온 투과실험

콘크리트를 타설하였다.

투수시험은 재령 28일을 기준으로 실시하였으며, 라텍스 혼입률 15%와 보통콘크리트는 3, 7, 14, 28일에 투수시험을 수행하였다. 본 연구의 실험요인 및 조건은 표 2와 같고, 시험체 제작에 사용된 콘크리트의 배합설계는 표 3과 같다.

표 3. 배합표

(단위 : kg/m³)

W/C (%)	S/a (%)	Cement	Latex	Water	Sand	Gravel
37	55	400	0	148	1040	857
			40	128	1012	834
			80	108	984	811
			120	88	956	788
			160	68	927	765
45	41	392	0	177	714	1072

3.3.2 콘크리트의 강도특성

경화된 콘크리트의 강도특성을 알기 위하여 KS F의 규정에 따라 재령 3, 7, 14, 28일에 압축강도와 재령 7, 14, 28일에 휨강도를 측정하였다. 각 요인별로 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 원주형공시체와, $100 \times 100 \times 460\text{mm}$ 의 시험편을 제작하였다.

3.3.3 투수시험

콘크리트의 투수성을 측정하는 실험방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 실험방법이 간단하고 측정시간이 짧은 염소이온투과에 의한 전하량 측정방법을 이용하여 투수성을 측정하였다.

염소이온 투과에 의한 전하량 측정방법

염소이온 투과시험은 ASTM의 규정에 의거하여 수행하였다. 먼저 28일 양생된 직경 10cm의 콘크리트 시편을 두께가 5cm가 되도록 절단하여 시편을 준비한다. 실험을 수행하기 전에 먼저 진공펌프로 콘크리트 내부공극에 있는 공기를 강제로 빼낸후 전해질 용액인 물로 완전히 포화시킨다.

실험시 시편은 양측에 위치한 전극용기에 고정시키고, 이들 용기에서 나온 전극을 단자로 해서 회로를 구성한다. 이 회로에는 $60 \pm 0.1\text{V}$ 정도의 안정적인 직류전압이 공급될 수 있어야 한다. 전류를 측정하는 방법으로 기지의 저항체(0.2Ω)를 회로에 연결하여 전압을 측정함으로써 전류를 측정하였다.

콘크리트 시편의 노출된 부분은 불투수성의 재료로 덮개를 하는데 이는 실험이 진행되는 동안 콘크리트 표면이 건조되어 염소이온의 투과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해서이다. 전극용기의 (-)전극에는 3%의 NaCl용액을, (+)전극에는 0.3M의 NaOH용액을 채운다.

실험중 30분마다 0.2Ω 에 걸리는 전압을 0.1mV 까지 측정하여 기록한다. 염소이온 투과시험은 매 시편마다 6시간이 소요되고 30분 간격으로 측정된 전압을 전류로 환산하여 다음 식을 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 산정한다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360})$$

여기서, Q는 회로를 통과한 전하량 (Coulombs)

I_n 은 실험 시작후 n분이 경과하였을때의 전류 (A)

ASTM C 1202 규정에서는 본 실험에서 산정된 전하량을 염소이온 투과성과 비교하는 자료로 표 4와 같이 제시하고 있다. 그림 1은 본 실험의 장치도이다.

표 4. 통과 전하량과 염소이온 투과성

통과전하량 (Coulombs)	염소이온의 투과성
4000이상	높음
2000~4000이하	보통
1000~2000이하	낮음
100~1000이하	매우낮음
100이하	무시할만함

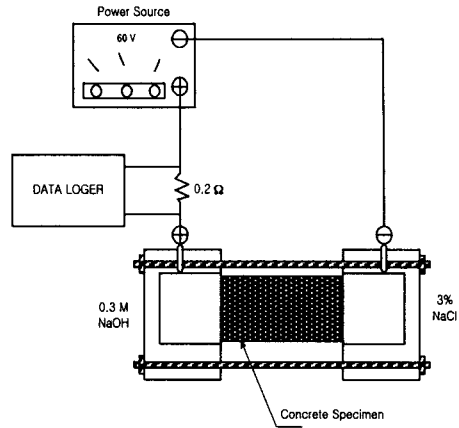


그림 1. 염소이온투과실험 장치도

4. 실험결과 및 고찰

4.1 슬럼프

라텍스 혼입률이 증가할수록 유동성의 증대로 인해 슬럼프값이 증가하였으며, 라텍스 혼입률이 0%인 경우에는 배합자체가 이루어지지 않았다. 그림 2는 라텍스 혼입률에 따른 슬럼프 실험결과로서 혼입률 15%까지는 급격한 증가경향을 보이는 것으로 나타났다.

4.2 압축강도

LMC는 초기강도발현이 늦기 때문에 재령 3일부터 압축강도를 측정하기 시작하여 7, 14, 28일의 압축강도를 측정하였다. 그림 3는 라텍스 혼입률에 따른 재령별 압축강도 변화를 나타낸 것으로서 라텍스 혼입률이 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 LMC내부의 라텍스가 유연성을 지니고 있어 콘크리트 내부의 공극을 충전시켜 주고 골재 주위에 필름막을 형성함으로써 압축에 의한 파괴가 골재주위의 필름막에서 이루어지기 때문이다.

4.3 휨강도

휨강도는 재령 7, 14, 28일인 경우에 측정하였다. 휨강도는 라텍스를 혼입하지 않은 콘크리트에 비해 증가하였으며, 라텍스 혼입률에 따른 휨강도의 변화는 혼입률 10%, 15%, 20%인 경우에 재령 28일강도는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와같이 휨강도가 크게 증가하는 이유는 라텍스가 콘크리트 내부의 재료에 필름막을 형성하여 재료들간의 접착력을 증가시켜 주기 때문이다. 라텍스 혼입률에 따른

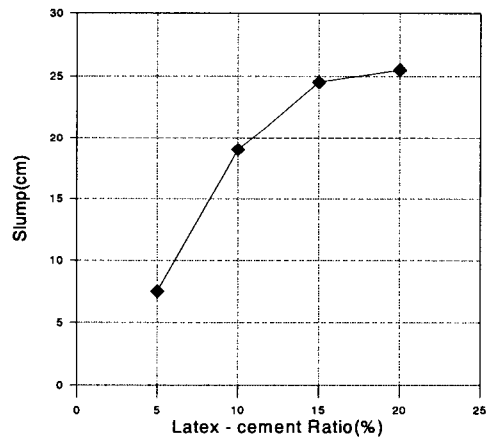


그림 2. Latex혼입률에 따른 슬럼프변화

휨강도 변화는 그림 4와 같다.

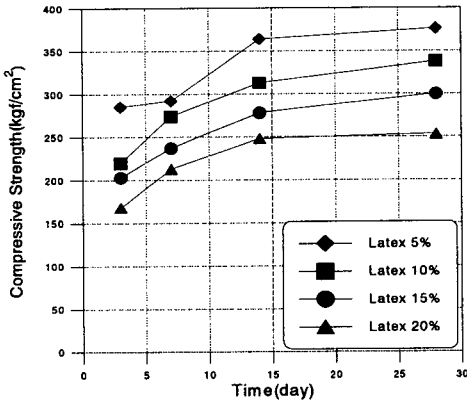


그림 3. Latex혼입률에 따른 재령별 압축강도

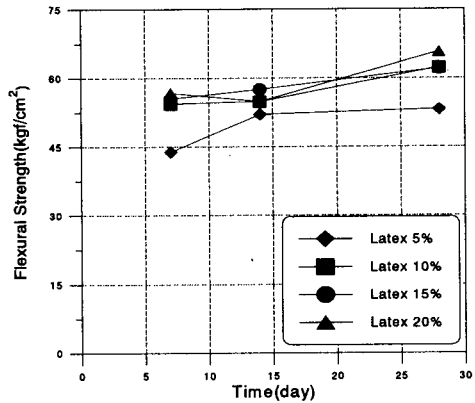


그림 4. Latex혼입률에 따른 재령별 휨강도

4.4 투수성

투수시험은 재령 28일에 실시하였으며, 라텍스 혼입률 15%의 경우에는 재령 3, 7, 14, 28일에 실험을 실시하였다. 라텍스 개질 콘크리트의 투수성은 보통 콘크리트에 비해 매우 작게 나타났다. 그 이유는 콘크리트 내부의 미세공극을 라텍스가 충전시켜 콘크리트 내부로 침투하는 물을 차단시켜주기 때문이다. 따라서 라텍스 혼입률이 증가할수록 미세공극을 충전시켜줄수 있는 라텍스양이 증가하여 투수성은 감소한다. 그림 5는 28일 압축강도 400kgf/cm²인 보통 콘크리트와 라텍스 혼입률 15%인 LMC의 재령에 따른 투수시험 결과를 나타내었다. 이 그림에서 보통 콘크리트보다 라텍스 개질 콘크리트의 투수성이 매우 낮다는 것을 알 수 있다. 그림 6에서는 라텍스 혼입률이 증가할수록 LMC의 투수성이 감소한다는 사실을 보여주고 있다. 그림 7은 보통 콘크리트와 LMC의 재령 28일 투수시험 결과를 보여준다. 그림 8에 나타난 결과에서 라텍스를 혼입함으로써 압축강도는 어느정도 감소하나 투수저항성은 크게 증가한다는 것을 알 수 있다.

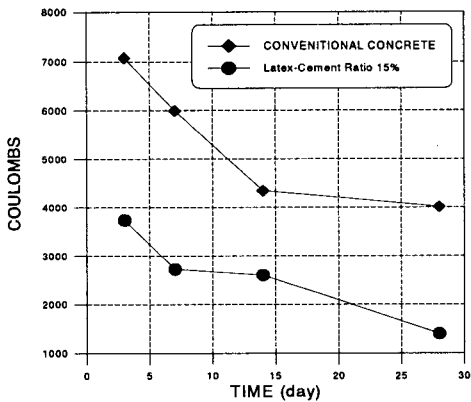


그림 5. 보통콘크리트와 LMC의 재령별 통과전하량

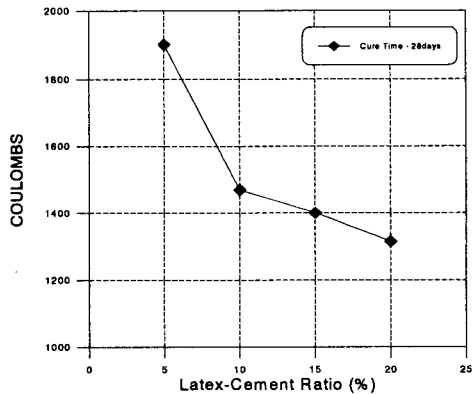


그림 6. 라텍스 혼입률에 따른 통과전하량

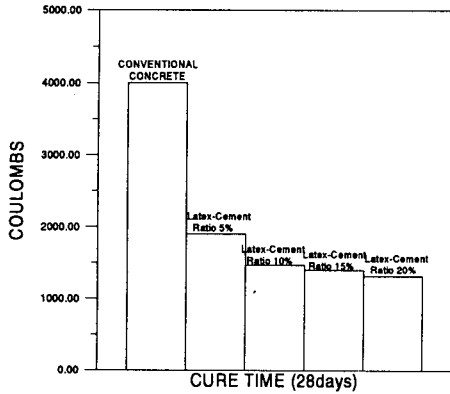


그림 7. 보통콘크리트와 LMC의 통과전하량

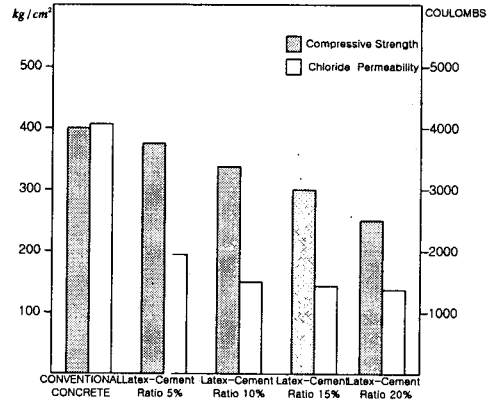


그림 8. 압축강도와 투수성 비교

5. 결 론

본 연구에서는 라텍스의 혼입률에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 특성 및 투수특성에 대한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 라텍스를 혼입함으로 인해 콘크리트의 유동성이 크게 증가하며 워커빌리티도 향상시키는 것을 알 수 있었다. 또한 라텍스 혼입률이 증가할수록 상대적으로 유동성 및 워커빌리티가 향상되는 것을 알 수 있었다.
- (2) 라텍스 혼입률이 커질수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났으나, 휨강도는 크게 증가하였다. 라텍스 혼입률면에서 본다면 라텍스 혼입률 10%이상인 경우에는 혼입률의 증가에 따른 휨강도의 변화는 크게 나타나지 않았다.
- (3) 투수성은 콘크리트 내부의 미세공극을 라텍스가 충전시켜 물의 침투를 차단시켜주기 때문에 라텍스를 혼입하지 않은 일반 콘크리트에 비해 라텍스 개질 콘크리트가 낮은 것으로 나타났으며, 라텍스 혼입률이 증가할수록 투수성이 감소하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단지정 강원대학교 부설 "석재복합신소재제품연구센터" 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Ohama, Y.(1987), "Principle of Latex Modification and Some typical Properties of LMC," ACI Material Journal, Vol. 84, No. 6, Nov.-Dec. 1987, pp. 511-518.
2. Ohama, Y.(1984), "Polymer-Modified Mortar & Concretes," Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science, and Technology, Noyes Publication, Park Ridge. pp. 337-429
3. ACI Commite 548.3R(1977), "State of Art, Polymers in Concrete," American Concrete Institute, Detroit, Michigan,
4. Khulman, L. A., & Foor, N.(1984), "Chloride Permeability versus Air Content of Latex Modified Concrete", Cement, Concrete and Aggregates, Summer, ASTM