

라텍스 개질 콘크리트의 투수특성과 부착강도특성

Permeability and Bond Strength of Latex Modified Concrete

홍창우* · 윤경구** · 최상릉*** · 김태경****

1. 서 론

라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete : 이하 LMC)는 일반콘크리트에 비해서 유동성이 크고, 시멘트 페이스트와 골재의 접착력 증가로 인해, 휨강도가 매우 큰 장점을 지니고 있다(Ohama, 1987). 특히 라텍스가 콘크리트 내부의 미세공극을 충전시킴으로 인해서 일반콘크리트 보다 LMC의 투수저항성은 매우 크며, 라텍스 폴리머가 배합시 골재간의 접착력을 증가시켜 콘크리트의 인장강도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Ohama, 1984). 이와 같은 LMC를 교량의 교면포장에 적용할 경우 낮은 투수성으로 인해 염분 및 수분침투를 방지하여 철근부식을 억제하고 콘크리트의 내구성을 향상시키며, 신·구 콘크리트의 부착성능을 개선할 수 있을 것으로 판단된다. LMC에 관한 연구는 외국에서는 이미 1980년대부터 활발히 진행되어 노후교량의 보수, 보강, 지하구조물, 염해의 피해를 받는 각종 구조물 등에 광범위하게 사용되고 있는 반면에 국내에서는 아직 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 LMC를 국내 건설현장에 적용하기 위해 투수 및 부착특성에 대한 실험을 수행하여 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 실 험

2.1 실험개요 및 계획

본 연구에서는 LMC의 투수특성에 라텍스 혼입률이 미치는 영향을 파악하기 위하여 물-시멘트비와 잔골재율을 고정시킨 상태에서 라텍스/시멘트의 혼입률을 주요 실험변수로 하여 염소이온투과실험으로 LMC의 투수특성을 측정하였다. 투수시험과 잔골재율을 고정시킨 상태에서 라텍스/시멘트의 혼입률을 주요 실험변수로 하여 염소이온투과실험은 재령 28일을 기준으로 실시하였으며, 라텍스 혼입률 15%는 3, 7, 14, 28일에 투수시험을 수행하였다. 그리고, 압축강도 400kg/cm²인 보통콘크리트와 비교하였다.

* 정회원, 강원대학교 토목공학과, 박사후과정

** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 조교수

*** 정회원, 강원대학교 토목공학과, 박사과정

**** 정회원, 승화 ENC 연구소 팀장, 공학박사



그리고, LMC의 일반 콘크리트에 대한 부착강도를 측정하기 위해서 라텍스/시멘트의 혼입 비율 (L/C; 5, 10, 15, 20%) 그리고 접합면 상태를 주요 실험변수로 하여 부착강도 실험을 수행하였다. 시험체 제작에 사용된 콘크리트의 배합설계는 표 1과 같으며, 부착강도특성 고찰을 위한 각 실험변수에 따른 조건을 표 2에 나타내었다.

표 1. LMC와 보통콘크리트의 배합표 (단위:kg/m³)

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

표 2. 부착특성을 위한 실험변수

조건 시험체	접합면상태			W/C ratio (%)	L/C ratio (%)				
	표면건조 포화상태	Dry	Wet	37	5	10	15	20	
1	○			○	○				
2	○			○		○			
3	○			○			○		
4	○			○				○	
5		○		○			○		
6			○	○			○		

2.2 사용재료

본 연구에서 사용된 시멘트는 국내산 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 라텍스는 미국 D사의 Strene-Butadiene Rubber 계열을 사용했다. 굵은골재는 최대치수 13mm, 25mm인 레미콘용 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 투수시험

본 연구에서는 실험방법이 간단하고 측정시간이 짧은 그림 1의 염소이온투과에 의한 전하량 측정방법을 이용하여 투수성을 측정하였다.

염소이온 투과실험은 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 빼낸 후 전해질 용액인 물로 완전히 포화시킨다. 실험시 시



편은 양측에 위치한 전극용기에 고정시키고, 이들 용기에서 나온 전극을 단자로 해서 회로를 구성한다. 이 회로에는 $60 \pm 0.1V$ 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 NaCl 용액을, (+)전극에는 0.3M의 NaOH 용액을 채운다. 실험중 30분마다 0.2Ω 에 걸리는 전압을 $0.1mV$ 까지 측정하여 기록한다. 염소이온 투과실험은 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)

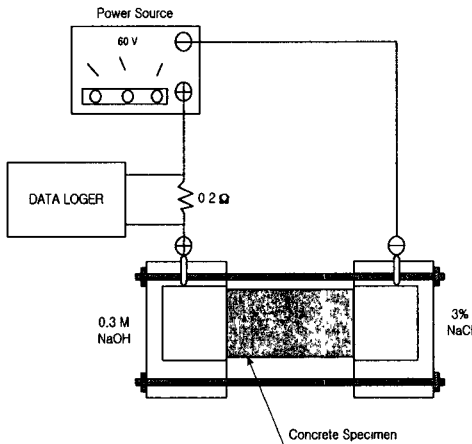


그림 1. 염소이온투과실험 장치도

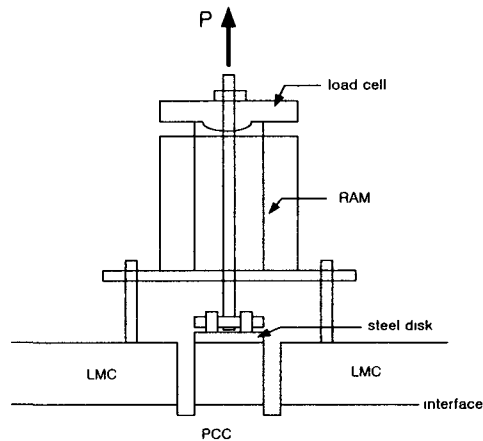


그림 2. 인발 부착강도실험의 개요도

2.3.2 부착강도 실험방법

본 연구에서는 두 가지 이질 재료에 의한 복합 콘크리트의 부착강도와 파괴형상을 구하기 위하여 그림 2에서 나타난 부착인발시험(pull-out test)의 방법으로 부착경계면에서 단순 인장을 유도하여 파괴인장강도를 측정하였다.

연구에서 사용된 부착강도 시험은 두께 250mm, 폭 1,100mm, 그리고 길이 1,400mm의 베이스 콘크리트 슬래브를 제작하고, 베이스 콘크리트 슬래브를 28일 양생한 후에 50mm 두께의 LMC로 덧씌우기를 적용하였다.

덧씌우기를 28일간 양생하여 LMC(신콘크리트)와 베이스 콘크리트(구콘크리트)로부터 직접 인발에 의해 부착인장강도를 측정하였다. 덧씌우기 콘크리트의 부착강도 성능을 측정하기 위해서는, 베이스



콘크리트의 재령 28일 압축강도가 350kgf/cm²를 초과하는 고강도 콘크리트이어야 한다(Kuhlmann, 1990).

3. 실험결과 및 고찰

3.1 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 충전시켜줄 수 있는 라텍스양이 증가하여 투수성은 감소한다.

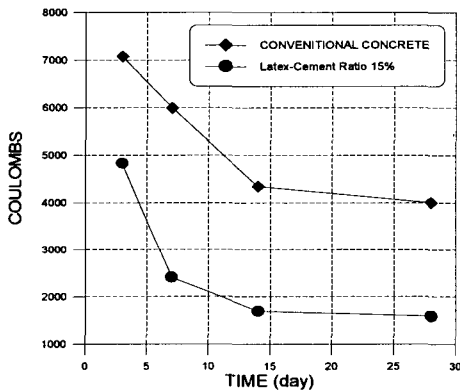


그림 3. 보통콘크리트와 LMC의 재령별 통과전하량

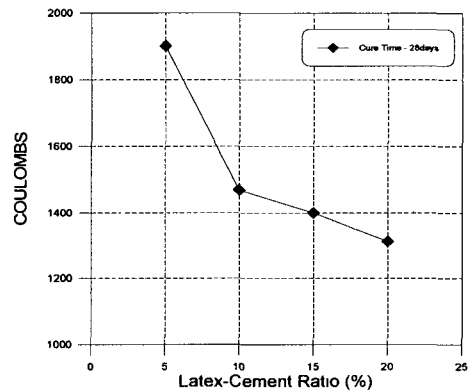


그림 4. 라텍스 혼입률에 따른 통과전하량

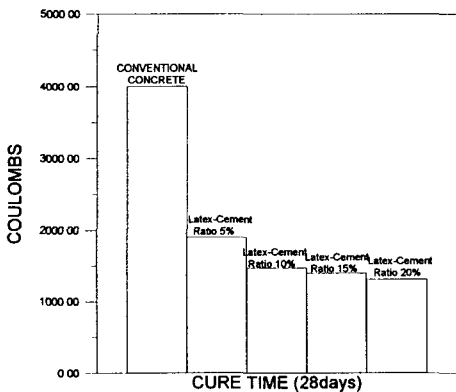


그림 5. 보통콘크리트와 LMC의 통과전하량

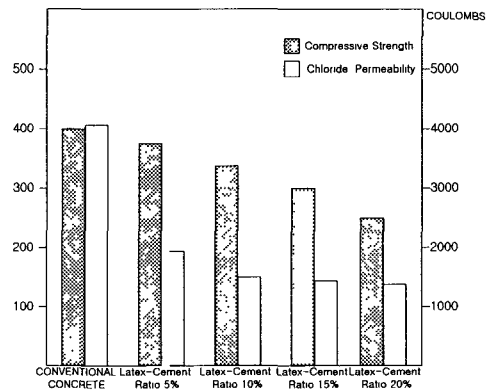


그림 6. 압축강도와 투수성 비교



그림 3은 28일 압축강도 400kgf/cm²인 보통 콘크리트와 라텍스 혼입률 15%인 LMC의 재령에 따른 투수실험 결과로서, 보통 콘크리트보다 라텍스 개질 콘크리트의 투수성이 매우 낮은 것으로 나타났다. 그리고 그림 4는 라텍스 혼입률에 따른 투수특성으로서 라텍스 혼입률이 증가할수록 투수성이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 5는 보통 콘크리트와 LMC의 재령 28일 투수실험 결과를 나타낸 것이다. 그림 6은 압축강도와 투수성의 관계로서, 라텍스를 혼입함으로써 압축강도는 다소 감소하나 투수저항성은 크게 증가한다는 것을 알 수 있다.

3.2 부착강도 특성

3.2.1 라텍스 혼입률에 따른 부착강도

라텍스/시멘트 비(5%, 10%, 15%, 20%)에 따른 LMC의 부착강도를 평가한 결과, 라텍스 혼입률 20%의 평균 파괴인장응력은 21.24kgf/cm²로써 라텍스 혼입률 5%의 평균 파괴인장응력 7.14 kgf/cm²보다 약 300%의 급격한 증가를 보였다. 그림 7과 표 3에 나타난 것처럼, 일반 콘크리트에 대한 LMC의 부착력은 라텍스/시멘트 비의 증가와 함께 증진되었다. LMC의 인발시험에 의한 부착력은 라텍스/시멘트비 20%에서 최대를 나타내었다.

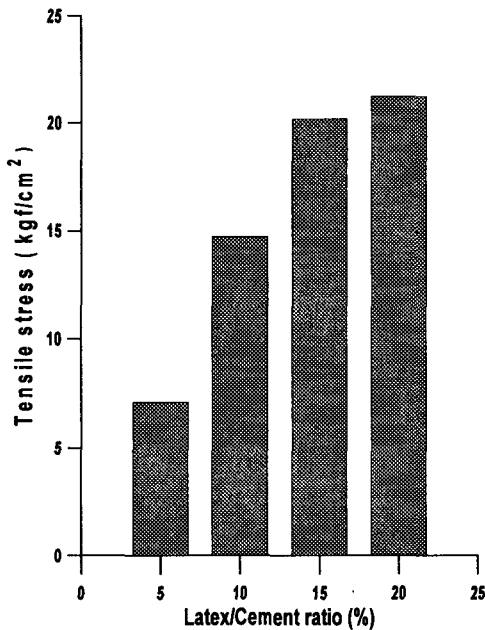


그림 7. 라텍스 혼입률에 따른 부착강도

표 3. 파괴인장강도 및 파괴형상

시험체	파괴인장강도 (kgf/cm ²)	파괴형상 (%)		
		LMC	Interface	Base Con't
1	8.93	45	40	15
	8.07	85	15	0
	4.42	85	5	10
2	16.54	70	20	10
	16.45	80	0	0
	11.22	80	10	10
3	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
4	22.01	10	0	90
	21.25	15	5	80
	20.46	20	10	70
5	13.25	100	0	0
	12.22	100	0	0
	9.19	100	0	0
6	19.67	80	0	20
	17.38	85	15	0
	16.98	75	20	5

3.2.2 파괴형상 분석

두 가지 콘크리트 재료로 구성된 복합 콘크리트의 파괴는 다음의 세 가지 형태로 나타낸다. 즉, a)

LMC 내에서 파괴, b) 부착경계면에서의 파괴, c) 베이스 콘크리트 내에서 파괴로 대별된다 (Kuhlmann, 1990). 두 가지 이질 재료로 구성된 복합 콘크리트에서의 파괴는 실질적으로 부착강도를 측정하는 것이 아니라 최소 부착을 나타내는 것에 더 가깝기 때문에, 부착강도 측정을 위한 파괴형상의 파악은 매우 중요하다(Kuhlmann, 1990). 각각의 시험 변수에 대한 파괴 형상의 결과를 표 3에 나타내었다. 파괴형상의 평가는 파단된 표면에 의해 결정되며 LMC, 부착경계면, 베이스 콘크리트의 비율로 세 값의 합은 항상 100퍼센트로 나타내었다.

라텍스의 혼입률이 증가할수록 베이스 콘크리트에서 파괴가 이루어 졌으며, 라텍스/시멘트비가 증가하면서 파괴형상 또한 변화하는 것을 알 수 있었다. 라텍스/시멘트 비율이 낮은 5%에서는 LMC와 보통콘크리트의 부착경계면 또는 LMC에서 파단이 이루어졌으나 라텍스의 함유량이 증가할수록 베이스 콘크리트에서 파괴가 압도적으로 발생하여 표면에 대한 부착이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 부착력의 개선은 부착경계면에서의 파괴 감소와 베이스 콘크리트 파괴의 증가에 의해 증명되었다.

3.2.3 접합면 상태에 따른 부착강도

보수나 덧씌우기가 적용되는 베이스 콘크리트 표면의 함수량은 부착에 매우 중요한 요소이다. 베이스 콘크리트가 지나치게 건조하면 보수재료의 수분을 빼앗아가기 때문에, 보수재료에 과도한 건조수축을 유발한다. 또한 베이스 콘크리트의 표면에 수분이 너무 많으면 공극을 막아 보수재료가 흡수되는 것을 방해한다(Emmons, 1994). 따라서 본 연구에서는 적절한 표면 함수량 상태를 결정하고자 표면건조포화상태, 표면건조상태, 그리고 100% 습윤상태에서 실험을 수행하였다.

그림 8과 표 3에 나타난 결과와 같이, 표면이 건조한 시험체에서 가장 낮은 평균 파괴인장응력 11.55 kg/cm²을 보였으며 표면이 건조하고 공극은 포화된 조건의 시험체에서 평균 파괴인장응력이 25.59kg/cm²으로 가장 높게 나타났다. 이러한 시험 결과로부터 보수나 덧씌우기를 위해서는 표면은 건조하고 공극은 포화상태가 가장 이상적인 상태라고 할 수 있다

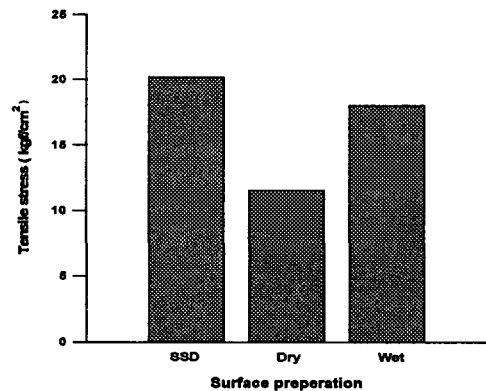


그림 8. 접합면 상태에 따른 부착강도

4. 결 론

본 연구의 라텍스의 혼입률에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 투수특성 및 부착강도특성에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 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. 그리고, 라텍스 혼입률에 따른 부착강도는, 혼입률이 증가할수록 파괴인장응력은 증가하였으며, 파괴형상도 LMC와 보통콘크리트의 부착계면보다는 보통콘크리트에서 파괴를 보여, 부착계면에서의 부착특성이 우수한 것으로 나타났다.



감사의 글

본 논문은 한국과학재단지정 강원대학교 부설 석재복합신소재제품연구센터와 승화 ENC의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

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. Khulman, L. A., & Foor, N.(1984), "Chloride Permeability versus Air Content of Latex Modified Concrete", Cement, Concrete and Aggregates, Summer, ASTM
4. Kuhlmann, L. A.,(1990), "Test Method for Measuring the Bond Stength of Latex-Modified Concrete and Mortar", ACI Materials Journal, V. 87, No. 4, July-August.
5. Emmons, P. H.,(1994), "Concrete Repair and Maintenance illustrated", R.S. Means company.