

라텍스 개질 콘크리트의 부착강도 특성

Bond Strength of Latex-Modified Concrete

윤 경 구^{*} 이 남 주^{**} 장 흥 균^{***} 심 도 식^{****} 김 경 진^{*****}
Yun, Kyong Ku Lee, Nam Ju Jang, Heung Gyun Sim, Do Sik Kim, Kyung Jin

The bond strength of latex-modified concrete to normal portland cement concrete measured with direct pull-out test. Using 250×1100×1400mm concrete slab as the base concrete, an overlay of the latex-modified concrete is applied and cured similar to bridge deck and then tested in direct pull-out. The test results not only give values of the bond strength of the overlay tested but also clearly indicate whether the failure is in the bond interface or the materials tested.

1. 서 론

넛씨우기와 보수된 콘크리트의 성능은 보수재료의 물성 뿐만 아니라 새로운 보수재료와 구 콘크리트가 얼마나 충분히 부착하여 성능을 발휘하는가에 달려있다(Geissert, etc 1999). 콘크리트 포장과 교면의 보수는 종종 구 콘크리트와 보수 재료 사이의 부착력 저하에 기인하여 넛씨우기와 보수 성능을 크게 떨어뜨리게 된다. 신 콘크리트와 구 콘크리트 사이의 부착력은 라텍스 폴리머에 의한 신 콘크리트를 이용하여 개선 할 수 있다.(Soroushian, etc 1988). 이런 부착성능 개선은 콘크리트의 보수와 넛씨우기 적용에 있어서 중요한 의미를 지닌다.

라텍스는 고무나무로부터 얻어지는 순 원액의 자연제품으로 콜로이드와 같은 작은 구형의 유기체 폴리머입자가 물 속에 분산되어 있는 것을 말한다(Ohama, 1987). 일반적으로 라텍스 폴리머가 배합 시 골재간의 접착력을 증가시켜 콘크리트의 인장강도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Soroushian, etc 1988). 따라서, 본 연구는 현재 국내에서는 시공적용사례가 거의 없는 라텍스 개질 콘크리트(이하 LMC)를 적용하여 신·구 콘크리트 부착강도를 개선시키는 방안에 그 목적을 두고 있다.

2. 실 험

2.1 실험개요 및 계획

신·구콘크리트의 부착강도를 측정하기 위한 실험변수는 다음과 같다. 라텍스/시멘트의 혼입 비율(L/C: 5, 10, 15, 20%), 베이스 콘크리트의 표면 조도, 그리고 접합면 상태를 주요 실험변수로 하여 부착강도 실험을 수행하였다. 각 실험변수에 따른 조건을 표 1에 나타내었다.

* 정회원, 강원대학교 토목공학과 조교수
** 강원대학교 토목공학과 석사과정
*** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정
**** 정회원, 강원도립대학 토목과 조교수
***** 정회원, 충주대학교 토목공학과 조교수

표 1. 부착특성을 위한 실험변수

조건 시험체	접합면처리		접합면상태			W/C ratio(%)	L/C ratio (%)				
	요 칠	요칠 없음	표면건조 포화상태	Dry	Wet	37	5	10	15	20	
1	○		○			○	○				
2	○		○			○		○			
3	○		○			○			○		
4	○		○			○				○	
5		○	○			○			○		
6	○			○		○			○		
7	○				○	○			○		

2.2 사용재료

본 연구에서 사용된 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 굵은골재는 최대 치수 13mm인 레미콘용 부순돌을, 잔골재는 천연강모래를 사용하였다. 라텍스는 미국 D사의 Styrene-Butadiene Rubber 계열을 사용하였다. 라텍스는 콜로이드와 같은 작은 구형의 유기체 폴리머 입자가 물 속에 분산되어 있고, 52%의 물과 48%의 고분자 고형분으로 이루어져있다.

2.3 실험 방법

본 연구에서는 두 가지 이질 재료에 의한 복합 콘크리트의 부착강도와 파괴형상을 구하기 위하여 그림 1에서 나타낸 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 적용하여 교량 상판과 유사한 조건을 나타내도록 하였다.

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 350 kgf/cm²를 초과하는 고 강도 콘크리트 이어야한다(Kuhlmann, 1990). 표 2와 3에 연구에서 사용된 베이스 콘크리트 및 덧씌우기용 LMC의 배합설계를 나타내었다.

표 2. LMC의 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

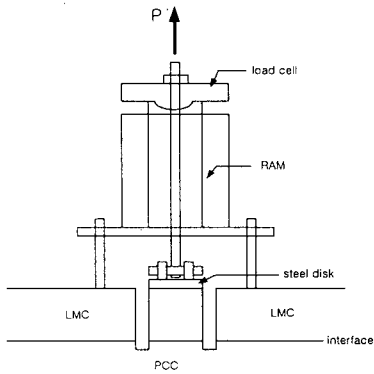


그림 1. 인발 부착강도실험의 개요도

표 3. 베이스 콘크리트의 배합표 (단위 : kg/m³)

W/C (%)	Water	Cement
35	175	500
s/a (%)	Sand	Gravel
40	676	1041

3. 실험결과 및 고찰

3.1 라텍스 혼입율에 따른 부착강도

일반적으로 라텍스 폴리머가 배합시 골재와 시멘트 페이스트 사이에서 충전효과를 보이고 골재간의 부착력을 증진시켜 콘크리트의 인장강도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Soroushian, etc 1988). 따라서 서로 다른 라텍스/시멘트 비(5, 10, 15, 20%)에서 LMC의 부착강도를 평가하여 이를 증명하였다.

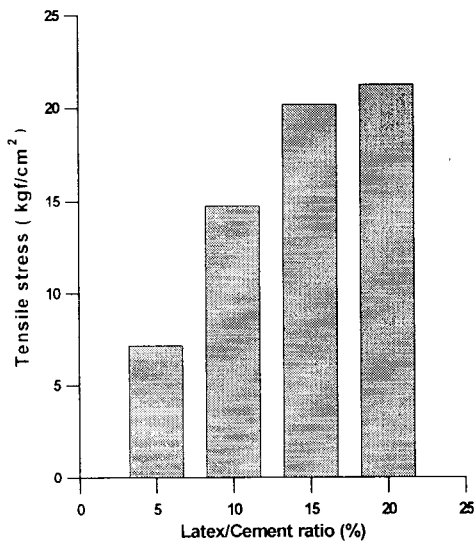


그림 2. 라텍스 혼입율에 따른 부착강도

표 4. 파괴인장강도 및 파괴형상

시험체	파괴인장강도 (kgf/cm ²)	파괴형상 (%)		
		LMC	Interface	Base cont.
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	6.90	15	50	35
	14.72	10	60	30
	14.90	33	34	33
6	13.25	100	0	0
	12.22	100	0	0
	9.19	100	0	0
7	19.67	80	0	20
	17.38	85	15	0
	16.98	75	20	5

LMC의 부착강도 평가에서 라텍스 혼입율 20%의 평균 파괴인장응력은 21.24 kgf/cm²로써 라텍스 혼입율 5%의 평균 파괴인장응력 7.14 kgf/cm² 보다 약 300%의 급격한 증가를 보였다. 그림 2에 나타난 것처럼, 일반 콘크리트에 대한 LMC의 부착력은 라텍스/시멘트 비의 증가와 함께 증진되었다. LMC의 인발시험에 의한 부착력은 라텍스/시멘트 비 20%에서 최대를 나타내었다.

3.2 파괴형상의 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. 두 가지 이질 재료로 구성된 복합 콘크리트 시험체에서의 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 4에 나타내었다. 파괴형상의 평가는 파단된 표면에 의해 결정되며 LMC, 부착경계면, 베이스 콘크리트의 비율로 세 값의 합은 항상 100퍼센트로 나타내었다.

라텍스의 혼입율이 증가할수록 베이스 콘크리트에서 파괴가 이루어 졌으며, 라텍스/시멘트 비가 증가하면서 파괴형상 또한 변화하는 것을 알 수 있었다. 라텍스/시멘트 비율이 낮은 5%에서는 신·구콘크리트 부착계면 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.

3.3 베이스 콘크리트의 표면 처리

한 재료가 또 다른 재료와 부착할 때 중요한 요소는 부착을 받는 콘크리트 표면처리다(Emmons, 1994). 본 연구에서는 표면처리에 대하여 표면조도의 영향 그리고 접합면 상태에 관하여 크게 두 가지의 경우로 나누어 실험을 하였다.

3.1 표면조도에 따른 부착강도

본 연구에서는 표면조도에 관한 영향을 평가하기 위하여 두 개의 시험체를 동일 배합조건으로 제작하고, 그중 하나의 시험체에 대하여 회전식 평삭기를 이용하여 폭 5mm, 높이 5mm의 요철을 주었다. 파괴 형상을 통한 정성적 평가와, 파괴될 때의 응력을 측정함으로써 정량적인 평가를 하였다.

접합면 처리에 대한 신·구콘크리트 부착강도의 결과를 표 4와 그림 3에 나타내었다. 표면에 요철을 준 시험체의 평균 파괴인장응력은 요철을 주지 않은 시험체보다 평균 파괴인장응력이 59.1%가 증진되는 것을 알 수 있었다. 또한 파괴형상의 관찰에서 요철을 준 시험체의 파괴 위치가 베이스 콘크리트에서 보다 많음을 볼 수 있었다. 따라서, 베이스 콘크리트의 표면이 덧씌우기 되는 콘크리트와 기계적 맞물림 작용에 의해 부착강도가 더욱 증진되는 것으로 판단된다.

3.2 접합면 상태에 따른 부착강도

보수나 덧씌우기가 적용되는 베이스 콘크리트 표면의 함수량은 부착에 매우 중요한 요소이다. 베이스 콘크리트가 지나치게 건조하면 보수재료의 수분을 빼앗아 가기 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 표 3에 주어진 3가지 조건의 변수로 실험을 수행하였다.

그림 4와 표 4에 나타난 결과와 같이, 표면이 건조한 시험체에서 가장 낮은 평균 파괴인장응력 11.55 kg/cm^2 을 보였으며 표면이 건조하고 공극은 포화된 조건의 시험체에서 평균 파괴인장응력이 25.59 kg/cm^2 으로 가장 높게 나타났다. 이러한 시험 결과로부터 보수나 덧씌우기를 위해서는 표면은 건조하고 공극은 포화상태가 가장 이상적인 상태라고 할 수 있다.

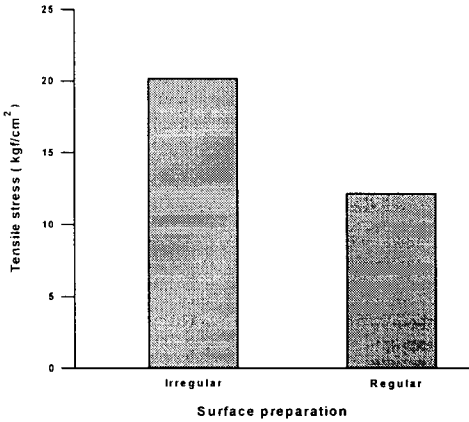


그림 3. 표면 조도에 따른 부착강도

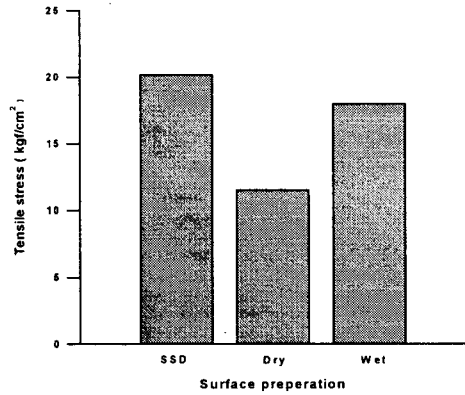


그림 4. 접합면 상태에 따른 부착강도

4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 포장과 교면포장에 사용되는 LMC의 부착강도 성능을 파악하기 위해 연구를 수행한바, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 측정에서, 혼입율이 증가할 수록 파괴인장응력은 증가를 보이고 있다. 따라서 라텍스 폴리머가 배합시 골재간의 접착력을 증가시켜 콘크리트의 인장강도가 증가하여 콘크리트 부착강도를 개선할 수 있다.
- 2) 보수되는 콘크리트의 표면처리 통하여 신콘크리트와 베이스 콘크리트의 기계적 맞물림으로 부착력이 더욱 증진되었다.
- 3) 보수나 덧씌우기를 위해서는 베이스 콘크리트 표면의 공극은 포화상태이고 표면은 건조한 상태가 가장 이상적인 상태이다.

향후, 라텍스 개질 콘크리트와 비 라텍스 개질 콘크리트와의 상대적인 부착강도에 대한 상세한 연구가 요구되어진다.

감사의 글

본 연구는 석재복합 신소재 제품 연구센터, 강원도립대학, 그리고 중소기업청의 산학연 공동 컨소시엄의 연구비지원에 의해 연구되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. Geissert, D. G., Li, S. E., Frantz, G. C., and Stephens, J. E.,(1999), "Splitting Prism Test Method to Evaluate Concrete to Concrete Bond Strength", ACI Material Journal, V. 96, No. 3, May-June.
2. Soroushian, P. and Aouadi, F.,(1988), "Latex Modified Concrete: State-of-The-Art".
3. Ohama, Y.,(1987), "Principle of Latex Modification and Some typical Properties of LMC," ACI Material Journal, Vol. 84, No. 6, Nov.-Dec., pp. 511-518.
4. Kuhlmann, L. A.,(1990), "Test Method for Measuring the Bond Strength 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.