

라텍스 개질 콘크리트의 부착강도 특성

윤경구^{1)*} · 이주형¹⁾ · 최상릉²⁾ · 김기현³⁾

¹⁾강원대학교 토목공학과 ²⁾한석엔지니어링 ³⁾승화이엔씨

(2001년 5월 15일 원고접수, 2001년 8월 29일 심사완료)

Bond Strength Properties of Latex Modified Concrete

Kyong-Ku Yun^{1)*}, Joo-Hyung Lee¹⁾, Sang-Leung Choi²⁾, and Ki-Hun Kim³⁾

¹⁾ Dept. of Civil Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

²⁾ Han Suk Engineering, Wonju, 220-160, Korea

³⁾ Seung Hwa E & C, Seoul, 100-032, Korea

(Received on May. 15, 2001, Revised on August, 29, 2001)

ABSTRACT

Significant improvements in bond strength between new and existing concrete can be achieved through the modification of the new concrete by latex. This study focuses on the investigation of bond strength of latex modified concrete. Pull-out bond test and uniaxial direct tensile bond test are adopted for evaluating the adhesion characteristics of latex modified concrete to conventional concrete substrate. The main experimental variables are test methods, latex-cement ratio, surface preparations and moisture levels. The results are as follows; The increase of latex-cement ratio substantially improves the adhesion between latex modified concrete and substrate. The effects of surface preparation at substrate into the bonding of latex modified concrete are quite different according to the conditions of surfaces. Thus, an adequate surface preparations are essential for good bond strength. Because the moisture level of the substrate may be critical to achieving bond, optimum moisture condition for a conventional concrete has evaluated in this study. The saturated condition of surface is the most appropriate moisture level among the considered, followed by dry condition and wet condition.

Keywords : latex modified concrete, bond strength, direct pull-out bond test, uniaxial direct tensile bond test

1. 서 론

교량상판의 덧씌우기나 노후된 도로의 보수처럼 콘크리트구조물은 종종 새로운 콘크리트가 기존 콘크리트에 적용되어 신·구 콘크리트로 구성된 복합 구조체를 이룬다. 두 가지의 서로 다른 콘크리트로 구성된 신·구 콘크리트 구조물의 성능은 새로이 적용되는 신 콘크리트 재료의 물성보다는 구 콘크리트와 신 콘크리트 사이의 부착성능에 의해서 크게 좌우된다. 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete: 이하 LMC)란 포틀랜드시멘트 콘크리트에 라텍스(latex)를 첨가해서 만든 콘크리트이다. 콘크리트에 라텍스를 첨가하였을 경우 염분 및 수분의 침투에 대한 투수 저항성이 증대 되고 휨강도가 증대되는 강도특성을 지닌다²⁾. 또한 보통 콘크리트와 유사한 수분의 증발 또는 흡수 등에 의한 건조수축 또는 팽창현상으로 체적변화의

안전성을 지남으로써 신·구 콘크리트의 내구성이 증진된다. 기존에 발표된 연구결과는 LMC의 강도 특성에 대한 것이 대부분이며 아직까지 LMC의 부착특성에 대해서는 연구된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는, 덧씌우기와 기존 구조물의 보수·보강에 사용되는 콘크리트의 중요한 성질인 부착성능을 개선하기 위한 새로운 재료로서 LMC의 부착강도 특성을 평가하였다. 또한, 직접인장에 의한 부착강도 측정방법을 제시하여 이상적인 부착강도 실험방법을 규정하고 확립하는데 기여하고자 하였다.

2. 라텍스 개질 콘크리트의 특성

라텍스는 고무나무로부터 얻어지는 천연제품을 말하며, 일반적으로 반투명한 우유빛을 띠는 액체상태로써 콜로이드 같은 작은 구형의(직경 0.5-5 μ) 유기체 폴리머입자가 물 속에 분산되어있는 것을 말한다. 현재 상용되고 있는 대부분의 라텍스는 50%의 물에 50%의 폴리머로 구성되

* Corresponding author

Tel : 033-250-6240 Fax : 033-255-6241

E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr

어 있다. 입자들은 표면이 계면활성제로 코팅되어 물 속에서 부유하는 상태로 존재한다.

라텍스를 포틀랜드시멘트 콘크리트에 첨가하였을 때 보통 콘크리트 보다 낮은 단위수량에서도 유동성이 증가한다. 그리고 라텍스가 입자 주위에 필름막을 형성함으로써 이러한 필름으로 인해 시멘트 수화물과 골재가 상호 연결되어 부착성이 증대된다³⁾. 보통 포틀랜드시멘트 콘크리트가 건조하게되면 시멘트수화물이 수축하여 시멘트 수화물의 내부에는 미세균열이 발생하게 된다. 이러한 미세균열의 전파는 콘크리트의 인장력을 저하시키고 염화물이나 유해한 화학물질의 침투를 증가시키게 된다. 그러나 LMC에서는 라텍스입자들이 골재주위를 둘러싸고, 시멘트수화물을 덮는 필름을 형성하여 응집되어진다. 라텍스의 탄성과 부착성능의 증가로 라텍스는 시멘트수화물 내부의 미세균열공극을 메워주며, 미세균열의 전파를 억제하는 역할을 하게된다. 그 결과 라텍스는 콘크리트의 인장강도와 부착강도를 증가시키고 투수저항성을 증가시킨다.

3. 실험

3.1 개요

본 연구는 보통콘크리트에 대한 LMC의 부착강도특성을 분석하기 위해서 보통콘크리트와 LMC로 구성된 복합콘크리트 슬래브를 제작하여 직접인발실험(Pull-out test)과 직접인장 시험체를 제작하여 직접인장실험(Direct tensile test)을 실시하였다. 주요 실험변수로서 라텍스 혼입율, 구 콘크리트의 표면처리상태 그리고, 구 콘크리트의 표면함수상태에 따른 LMC의 부착강도 특성을 측정하여 이를 보통 콘크리트와 상대비교 분석하였다. 또한, 본 연구에서는 LMC의 거동특성을 구명하기 위해 기본물성 및 역학적 실험으로 강도특성시험을 하였다.

3.2 사용재료 및 배합설계

본 연구에서 보통콘크리트에 대한 LMC의 부착강도특성을 평가하고자, 라텍스는 미국 D사의 Styrene-Butadiene 계열을 사용하였다. 구 콘크리트는 최대 치수가 25mm인 굵은 골재를 사용하였고 덧씌우기용 LMC는 최대 치수가 13 mm인 굵은 골재를 사용하여 실제교량 상판의 덧씌우기 환경과 동일하게 하였다. Fig. 1은 직접인발을 위해 제작된 콘크리트 슬래브이다.

물-시멘트비는 37%, 최적 잔골재율은 55%로 고정된 후, 라텍스의 치환은 단위체적당 시멘트에 대하여 혼입율에 따라 치환하였다. 또한, 각 변수에 따른 거동특성을 파악하고자 동일한 조건으로 배합계획을 하였다. 이상과 같은 콘크리트의 배합내용을 Table 1과 2에 나타내었다.

덧씌우기 콘크리트의 부착강도를 측정하기 위해서는, 구 콘크리트의 제령 28일 압축강도가 350 kgf/cm²를 초과하는 고강도 콘크리트이어야 한다⁴⁾. 따라서 구 콘크리트는 28일 압축강도를 400 kgf/cm²을 목표로 하여 배합설계 하였다.

3.3 실험 계획

3.3.1 라텍스 혼입율에 따른 작업성 및 부착강도 특성

동일 물-시멘트비와 잔골재율을 갖는 보통콘크리트와 LMC를 비교하여 보면, 보통콘크리트 즉 라텍스 혼입률이 0%인 경우는 배합자체가 이루어지지 않아 슬럼프 측정이 불가능하였으나, LMC는 라텍스 혼입률 정도에 따라 약 7~25 cm정도의 슬럼프 변화를 나타내었다. 이 결과로부터 라텍스를 혼입하면 유동성이 증가하며, 워커빌리티를 얻는데 요구되어지는 물의 양을 감소시킨다는 사실을 알 수 있었다. 일반적으로 라텍스 폴리머가 배합 시 골재와 시멘트 페이스트 사이에서 충전효과를 보이고 골재간의 부착력을 증진시켜 콘크리트의 인장강도가 증가하는 것으로 알려져 있다³⁾. 따라서 라텍스 혼입율에 따른 콘크리트의 부착강도특성을 분석하고자 라텍스-시멘트 비를 0%, 5%, 10%, 15% 그리고 20%로 변화를 주어 실험을 수행하였다.

3.3.2 표면 처리에 따른 부착강도 특성

한 재료가 또 다른 재료에 대해서 부착할 때 중요한 요소는 부착되는 재료의 표면 준비다. 구 콘크리트의 표면 처리상태에 따른 LMC의 부착강도를 비교 분석하고자 직

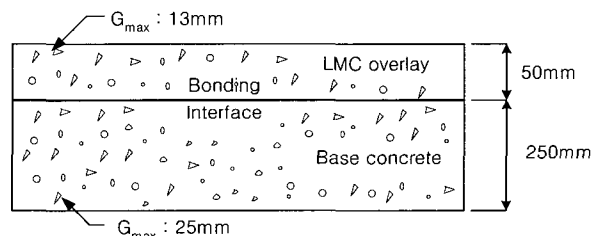


Fig. 1 Concrete slab for pull-out bond test

Table 1 Mix design of LMC (Unit : kg/m³)

W/C (%)	S/a (%)	C	Latex	W	S	G	S.P	Slump (cm)
37	55	400	0	148	1040	857	4	-
			40	128	1012	834	-	7
			80	108	984	811	-	18
			120	88	956	788	-	24
			160	68	927	765	-	25

Table 2 Mix design for substrat (Unit : kg/m³)

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

접인발 실험에서는 기존 콘크리트 상면에 폭 5 mm, 높이 5 mm의 요철을 주었고 직접인장 실험에서는 절단, 절단과 쇄술, 절단과 사포에 의한 표면처리를 하여 실험을 실시하였다.

3.3.3 표면함수상태에 따른 부착강도 특성

부착성능에 있어서 덧씌우기가 적용되는 기존 콘크리트의 표면함수상태는 부착에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 구 콘크리트의 표면함수상태가 LMC의 부착강도에 미치는 영향을 알아보고자 다음과 같은 변수를 주어 실험을 실시하였다.

1) 구 콘크리트 공극은 포화상태이고 표면이 건조한 상태 (표면건조포화상태)

2) 구 콘크리트 공극이 포화되지 않고 표면은 건조한 상태 (기건상태)

3) 구 콘크리트 표면에 자유수가 존재하고 공극이 포화된 상태 (습윤상태)

직접인장 실험에서는 LMC와 보통콘크리트를 각각 동일한 표면함수상태에서 덧씌우기하고 부착강도 실험을 실시하였다.

3.3.4 파괴형상에 의한 부착강도 특성 분석

부착강도 실험에서, 일축인장시험의 특징 중의 하나는 파단면의 시각적 관찰에 의해서 파괴 형상을 결정할 수 있다는 것이다. 구 콘크리트에 부착된 신 콘크리트의 파괴는 직접인장시험에서 다음의 세 가지 형태로 발생된다.

- 1) LMC 내에서 파괴
- 2) LMC와 구 콘크리트의 부착경계면에서 파괴
- 3) 구 콘크리트 내에서 파괴

직접인장에 의한 신·구 콘크리트의 부착강도 실험은 실질적으로 부착강도를 측정하는 것이 아니라 재료의 최소 파괴인장강도를 가리키는 것에 다소 더 가깝다. 따라서, 부착강도 측정을 위한 실험에서 파괴형상은 부착특성을 파악하기 위해서 매우 중요하다⁴⁾. 파괴 형상의 평가는 횡단면의 비율 즉, 라텍스 개질 콘크리트의 비율, 부착계면의 비율, 구 콘크리트의 비율로 환산하여 파괴 면의 표면 타입에 의해 결정하였다. 이 세 비율의 총합은 항상 100%로 직접 인발과 인장 각 5개의 시험체로 평가하였다. Fig. 2는 파단면에 대한 LMC, 부착계면, 그리고 기초 콘크리트의 파괴비율을 나타내고 있다.

3.4 부착강도 측정 실험

본 연구에서는, 일축인장시험(uniaxial tensile test)에 기초한 직접인발과 새로이 제시한 직접인장 실험으로 LMC의 부착강도 실험을 수행하였다.

3.4.1 시험체 제작

1) 직접인발(direct pull-out bond test) 슬래브

직접인발에 의한 LMC의 부착강도 특성 실험을 수행하기 위해서 두께 250 mm, 폭 1100 mm, 그리고 길이 1400 mm의 콘크리트 슬래브를 제작하였다. 콘크리트 슬래브를 28일 양생 후에 50 mm 두께의 LMC 덧씌우기를 적용하여 실제 교량 상판과 유사한 조건으로 설정하였다. 표면처리와 표면함수상태에 따른 LMC의 부착강도 특성 평가에서는 라텍스 혼입을 15%를 기준으로 덧씌우기를 적용하였다. 그리고 덧씌우기를 적용한 후 적정 기간동안 콘크리트 슬래브에 살수 양생을 실시하고 그후 기건양생을 실시하였다.

2) 직접인장(uniaxial direct tensile bond test) 시험체

직접인장 부착강도 실험을 위한 신·구 콘크리트 시험체는, 지름 100 mm와 높이 100 mm의 원통형 콘크리트 위에 지름 100 mm와 높이 50 mm인 라텍스 개질 콘크리트 덧씌우기를 적용하여 제작하였다. 실험변수 한 개의 부착강도 특성치를 구하기 위해서 동일한 형상의 시험체를 5개씩 제작하였다. 또한, 시험체 제작 후 직접인장실험을 할 때까지 시험체를 22 ℃와 상대습도 50%에서 양생하였다. 구 콘크리트의 표면처리에 따른 부착강도를 측정하고 이를 비교 분석하기 위해 절단, 절단과 쇄술, 절단과 사포에 의한 표면 처리를 하였다.

3.4.2 실험방법

1) 직접인발 실험

덧씌워진 LMC의 표층을 관통하여 기존의 구 콘크리트층까지 절단하여, 절단된 상면을 그라인더를 이용하여 면처리를 한 뒤 에폭시를 이용해 지름 100 mm의 강원반(steel disk)을 부착시켰다. 에폭시가 충분히 경화하여 콘크리트와 강원반이 부착되면, 직접인발 시험기를 설치하여 인장파괴가 일어날 때까지 코어에 인장력을 가하였다. 실험변수 한 개의 부착강도 특성치를 구하기 위해서 동일한 형상의 코어를 5개씩 제작하였다. 코어의 파괴인장응력은, 파괴하중을 접합 경계면의 면적으로 나누어 계산하였다. Fig. 3은 직접인발부착강도 실험의 개요도를 나타낸 것이다.

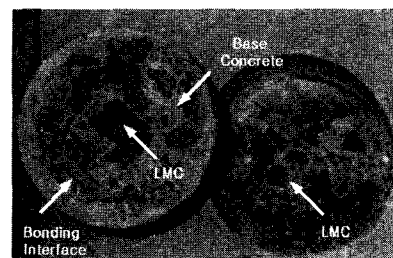


Fig. 2 Failure surface by pull-out test

2) 직접인장 실험

본 연구에서는 1990년 Kuhlmann이 제안한 직접인장 실험방법을 개선하여 실험을 수행하였다. 일축인장에 의한 콘크리트의 부착강도 실험에서 중요한 것은 편심의 영향을 최소화하는 것이다⁵⁾. 따라서, 본 연구에서는 시험체와 측정기인 INSTRON의 연결장치가 360° 회전이 가능하도록 제작하여 시험체의 편심에 따른 영향을 최소화하였다. 하중은 충격을 주지 않도록 서서히 가하였고 하중제한은 변위제어 방법으로, 매분 약 1.3 mm의 속도로 재하 하였다. 신·구 콘크리트계면의 파괴 시에 인장강도는 파괴하중을 접합 경계면의 면적으로 나누어 계산하였다. Fig. 4는 직접인장에 의한 부착강도 실험 전경이다.

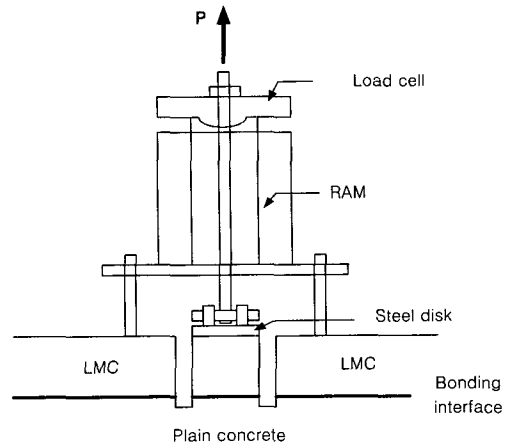


Fig. 3 Schematic of pull-out bond Test

4. 실험결과 및 고찰

4.1 LMC의 역학적 특성

LMC의 역학적 특성을 파악하기 위한 압축강도, 휨강도, 쪼갬인장강도는 KSF 규정에 의해 실험을 수행하였고, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 라텍스 혼입율에 따른 압축강도 변화는, 라텍스 혼입율 20%의 압축강도가 0%보다 38% 감소하여 라텍스 혼입율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 라텍스 혼입율에 따른 휨강도는, 라텍스-시멘트 비 20%가 0%보다 약 37.5% 증가하여 라텍스를 혼입하지 않은 0%에 비해 매우 높게 나타났다. 그리고 쪼갬인장강도는 라텍스 혼입율 20%가 0%보다 28% 증가하였으며, 라텍스 혼입율 20%에서 쪼갬인장강도는 압축강도의 약 13%를 나타냈고 혼입율 0%에서 쪼갬인장강도는 압축강도의 약 6.4%를 나타냈다.

4.2 직접인발에 의한 LMC의 부착강도 특성

4.2.1 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 특성

직접인발에 의한 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 측정 결과를 Table 4와 Fig. 5에 나타내었다. 실험결과, 라텍스 혼입율 20%의 부착강도는 21.24 kgf/cm²를 나타내었으며 라텍스 혼입율 5%의 부착강도 보다 약 3배의 증가를 보였다. 덧씌우기한 LMC의 부착력은 라텍스-시멘트 비의 증가와 함께 증진되었다. 라텍스 혼입율에 따른 부착강도는 라텍스-시멘트 비 20%에서 최대를 나타내었다. 이러한 부착강도의 증진은 폴리머 라텍스가 배합 시 골재와 시멘트 페이스트 사이에서 충전효과를 보이고 골재간의 부착력을 증진시켜 콘크리트의 인장강도 증가에 기인하는 것으로 판단된다.

4.2.2 표면처리에 따른 부착강도 특성

표면처리에 따른 부착강도 실험 결과를 Table 5와 Fig. 6

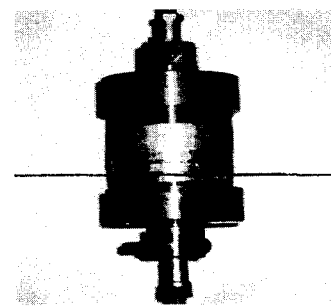


Fig. 4 Uniaxial direct tensile bond test set-up

Table 3 Mechanical properties of concrete

Latex-cement ratio	Compressive strength (kgf/m ²)	Flexural strength (kgf/m ²)	Splitting tensile strength(kgf/m ²)
Substrate	410	49	25
L/C 0%	405	48	26
L/C 5%	370	48	28
L/C 10%	363	56	38
L/C 15%	353	62	37
L/C 20%	282	66	36

Table 4 Test results of pull-out test for latex-cement ratio and fracture mode

Latex-cement ratio	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base con'c.
L/C 5%	8.93	45	40	15
	8.07	85	15	0
	4.42	85	5	10
L/C 10%	16.54	70	20	10
	16.45	80	20	0
	11.22	80	10	10
L/C 15%	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
L/C 20%	22.01	10	0	90
	21.25	15	5	80
	20.46	20	10	70

에 나타내었다. 표면 처리한 슬래브에 덧씌우기가 적용된 LMC의 부착강도는 표면처리를 하지 않은 경우보다 부착강도가 약 59% 증진되었다. 이러한 경향은 콘크리트 슬래브의 표면이 덧씌우기 되는 LMC와 기계적으로 맞물리고 접착면적이 증가함으로써 부착강도가 더욱 증진되는 것으로 판단된다. LMC의 덧씌우기와 보수에 있어서 표면 처리한 콘크리트 슬래브가 부착에 유리한 것으로 판단되며 따라서, 접합면의 표면처리에 의하여 LMC의 부착강도가 증가함을 알 수 있다.

4.2.3 표면함수상태에 따른 부착강도 특성

구콘크리트와 신콘크리트 접합시 구콘크리트의 표면함수상태에 따른 부착강도 실험결과를 Table 6과 Fig. 7에 나타내었다. 표면건조상태의 콘크리트 슬래브에서 가장 낮은 부착강도 11.55 kgf/cm²을 보였으며 표면건조포화상태에서 가장 높은 25.59 kgf/cm²의 부착강도를 나타냈다. 구콘크리트가 지나치게 건조하면 덧씌우기되는 신 콘크리트 재료의 수분을 빼앗아가기 때문에, 신 콘크리트에 과도한 건조수축을 유발하고 또한, 구 콘크리트의 표면에 수분이 너무 많으면 공극을 막아 보수재료가 흡수되는 것을 방해하고 부착계면에서의 물-시멘트 비가 높아져 신 콘크리트의 강도가 저하되는 것으로 판단된다.

따라서, 콘크리트에 대한 LMC의 덧씌우기와 보수에 있어서 접합면의 표면상태는 표면건조포화상태가 가장 이상적인것으로 나타났다.

4.2.4 파괴 형상에 의한 부착강도 특성 분석

1) 라텍스 혼입을 따른 파괴형상

Fig. 8에 나타난 것처럼 라텍스의 혼입을 변화에 따라 파괴형상을 변화하였다. 라텍스 혼입율이 증가할수록 파단면은 구 콘크리트의 비율이 많고 LMC와 부착계면의 비율이 낮았다. 파단면의 관찰결과, 라텍스의 혼입율이 증가할수록 신·구 콘크리트의 부착강도가 증가함을 알 수 있었다.

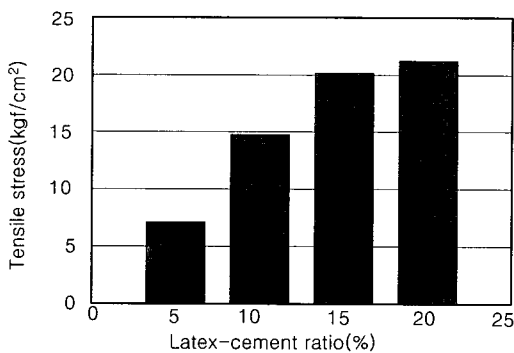


Fig. 5 Bond strength for L/C ratio from pull-out test

Table 5 Test results of pull-out test for surface preparation and fracture mode

Surface preparation	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base
Treated	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
Untreated	6.90	15	50	35
	14.72	10	60	30
	14.90	33	34	33

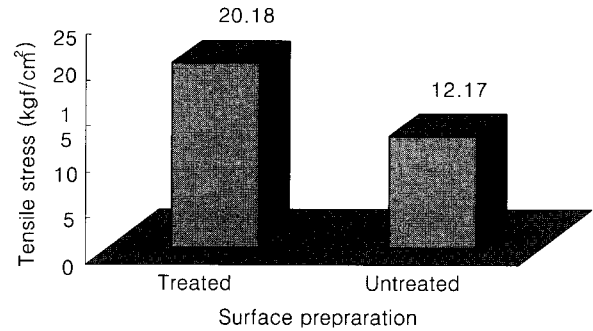


Fig. 6 Comparison of surface preparation effect on pull-out test

Table 6 Test results of pull-out test for moisture level and fracture mode

Moisture level	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base con'c.
SSD	20.36	20	0	80
	20.81	15	0	85
	19.36	20	0	80
Dry	13.25	100	0	0
	12.22	100	0	0
	9.19	100	0	0
Wet	19.67	80	0	20
	17.38	85	15	0
	16.98	75	20	5

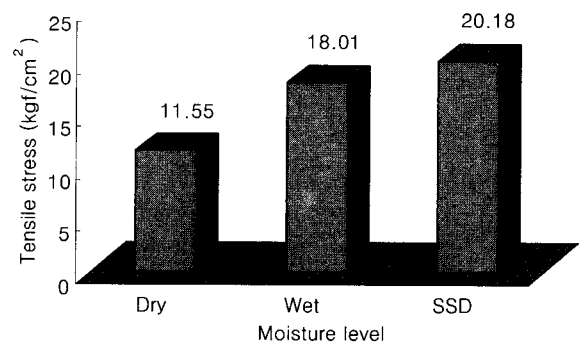


Fig. 7 Comparison of moisture level effect on pull-out test

2) 표면 처리에 따른 파괴형상

표면을 처리한 슬래브의 파단면은, Fig. 9에 나타난 것처럼 구 콘크리트의 비율이 높아 신·구 콘크리트 부착계면의 부착강도 증가를 나타내었으며 표면처리를 하지 않은 슬래브에서의 파단형태는 낮은 부착강도로 부착계면과 LMC에서의 파괴비율이 높게 나타났다. 파단면의 파괴형상 관찰을 통해 표면을 처리한 슬래브는 구 콘크리트가 신·구 콘크리트의 기계적 맞물림과 접촉면적 증가로 부착강도가 증가함을 알 수 있었다.

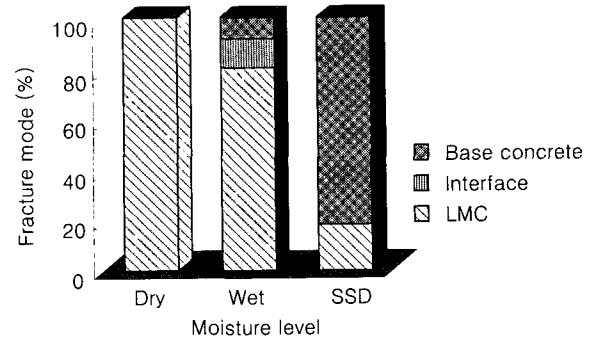


Fig. 9 Mode of failure for surface preparation from pull-out test

3) 표면 함수상태에 따른 파괴형상

Fig. 10에 나타난 표면 함수상태에 따른 부착강도 실험 결과에서, 표면건조포화상태에서의 파괴비율은 구 콘크리트의 비율이 높게 관찰되었으나 표면이 건조한 상태에서의 파괴는 LMC에서만 관찰되었다. 그리고 표면에 자유수가 존재하는 상태 또한 대부분 라텍스 개질 콘크리트가 관찰되었다. 이상의 파괴형상 관찰결과, 부착계면의 표면 함수상태가 덧씌우기 되는 LMC의 강도에 미치는 영향을 시각적 관찰을 통해 쉽게 알 수 있었다.

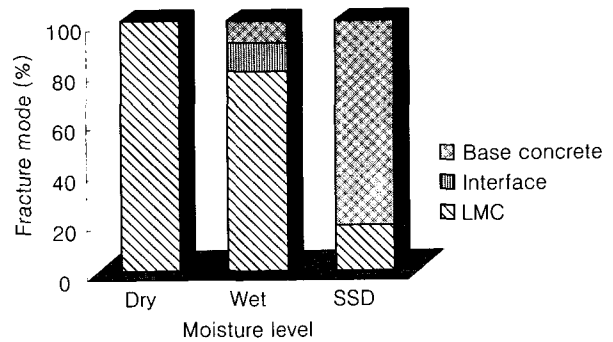


Fig. 10 Mode of failure for moisture level from pull-out test

4.3 직접인장에 의한 LMC의 부착강도 특성

4.3.1 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 특성

직접인장 실험에 의한 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 실험결과를 Table 7과 Fig. 11에 나타난 바와 같이, 라텍스 혼입율 20%의 부착강도는 22.95 kgf/cm²로써 라텍스 혼입율 0%의 부착강도 15.8 kgf/cm² 보다 약 45%의 증가를 나타내었다. 라텍스 혼입율에 따른 부착강도는, 라텍스 혼입율의 증가와 함께 부착강도가 증진되었으며, 라텍스 혼입율 20%에서 부착강도가 가장 높게 나타났고 라텍스 혼입율 0%에서 가장 낮은 부착강도를 나타냈다.

Table 7 Test results of direct tensile test for latex-cement ratio and fracture mode

Latex-cement ratio	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Fracture mode (%)		
		LMC	Interface	Base
L/C 0%	15.73	70	30	0
L/C 5%	17.85	65	35	0
L/C 10%	20.68	65	25	10
L/C 15%	21.60	70	5	25
L/C 20%	22.95	70	0	30

4.3.2 표면처리에 따른 부착강도 특성

접합면 처리에 대한 LMC와 보통콘크리트의 부착강도

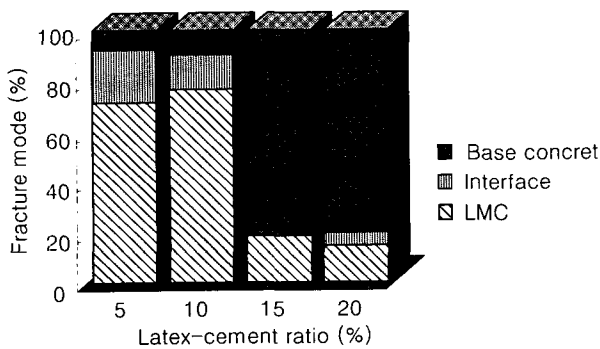


Fig. 8 Mode of failure for L/C ratio from pull-out test

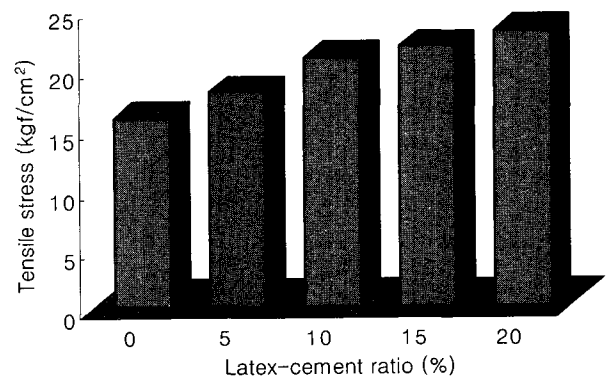


Fig. 11 Bond strength for L/C ratio from direct tensile bond test

결과를 Table 8과 Fig. 12에 나타내었다. 각 표면처리에 따른 부착강도는 LMC가 모든 표면처리에서 보통콘크리트보다 높게 나타났다. 사포 처리와 쇠솔처리를 한 시험체는 단순히 절단만을 한 시험체보다 부착강도가 다소 높게 나타났으며 사포처리와 쇠솔처리는 비슷한 경향의 부착강도를 나타내었다.

본 연구에서 수행된 각 표면처리에 대한 영향을 상대비교 평가하기 위해서 보통콘크리트의 단순 절단 시험체의 부착강도가 기준 부착강도로써 사용되었다. 보통콘크리트의 단순 절단에서의 부착강도를 100%로 하였을 때, 라텍스 개질 콘크리트의 사포처리와 쇠솔 처리에 따른 부착강도는 약 49% 증가하였다. 표면처리에 대한 실험변수에 따른 부착강도의 상대비교 분석결과를 Table 8에 나타내었다. 직접인장에 의한 표면처리에 따른 부착강도 실험결과, LMC의 부착강도가 보통콘크리트보다 높게 나타났으며, 특히 쇠솔과 사포의 표면처리를 하고 LMC를 덧씌우기한 시험체에서 가장 높은 부착강도를 나타내었다.

4.3.3 표면함수상태에 따른 부착강도 특성

표면함수상태에 따른 부착강도를 Table 9과 Fig. 13에 나타내었다. 표면이 과도하게 건조한 상태에서 덧씌우기된 보통 콘크리트가 가장 낮은 부착강도를 보였으며 표면건조포화상태에서 덧씌우기된 LMC의 부착강도가 가장 높게 나타났다.

본 연구에서 수행된 표면함수상태에 대한 부착강도 실험은 LMC와 보통 콘크리트의 부착강도에 대한 상대비교이다. 따라서, 표면건조포화상태의 보통 콘크리트가 기준 부착강도로써 사용되었다. 표면건조포화상태에서 덧씌우기된 보통 콘크리트를 100%로 하였을 때, 표면이 과도하게 건조한 상태에서 덧씌우기된 LMC의 부착강도는 약 7% 증가하였으며, 표면건조포화상태에서 덧씌우기된 LMC의 부착강도는 약 37% 증가하였다.

Table 8 Test results of direct tensile test for surface preparation and fracture mode

Surface preparation	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Relationship between parameters (%)	Fracture mode (%)			
			LMC	Interface	Base	
OPC	cutting	15.73	100	30	70	0
	sand paper	17.82	113	80	20	0
	wier brush	17.72	113	850	15	0
LMC	cutting	21.60	137	70	5	25
	sand paper	23.37	149	75	5	20
	wire brush	23.47	149	80	0	20

4.3.4 파괴 형상에 의한 부착강도 특성 분석

1) 라텍스 혼입율에 따른 파괴형상

Fig. 14에 나타난 것처럼 라텍스 혼입율의 증가에 따라 서파괴형상이 변화하였는데, 라텍스 혼입율이 증가할수록 파단면에서 LMC와 구 콘크리트의 비율이 높아지고 부착계면의 비율이 낮아졌다. 따라서, 라텍스 혼입율이 증가할수록 신·구 콘크리트 계면에서 부착성능이 개선되고 LMC의 인장강도가 증가함을 알 수 있었다.

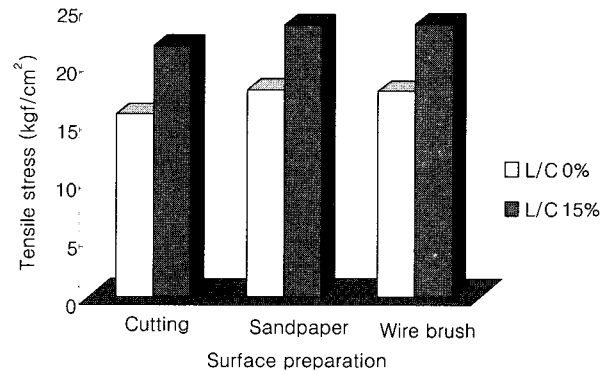


Fig. 12 Comparison of surface preparation effect on direct tensile test

Table 9 Test results of direct tensile test for moisture level and fracture mode

Moisture level	Tensile stress at failure (kgf/cm ²)	Relationship between parameters (%)	Fracture mode (%)			
			LMC	Interface	Base	
OPC	Dry	12.3	78	5	95	0
	Wet	13.14	84	5	95	0
	SSD	15.73	100	70	30	0
LMC	Dry	16.78	107	35	65	0
	Wet	20.84	132	20	80	0
	SSD	21.60	137	70	5	25

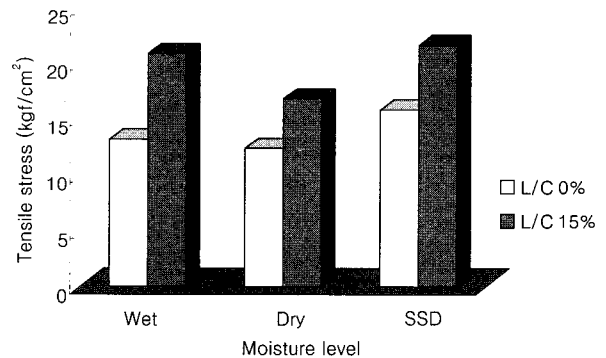


Fig. 13 Comparison of moisture effect on direct tensile test

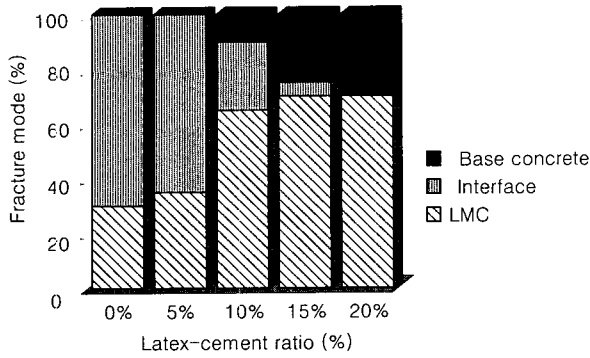


Fig. 14 Mode of failure for latex-cement ratio from direct tensile test

2) 표면처리에 따른 파괴형상

Fig. 15에 나타난 것처럼, 보통콘크리트의 파괴형상은, cutting처리 시험체의 부착계면 비율은 30%이었고, sandpaper처리와 wire brush처리의 시험체는 부착계면의 비율이 20%와 15%로 나타났다. LMC의 파괴형상 분석은 Fig. 16과 같이, cutting처리 시험체의 부착계면 비율이 5%, sandpaper처리 시험체의 부착계면 비율은 5%이었다. 그리고 wire brush처리 시험체의 파단은 모두 콘크리트 내에서 발생하였다. 이상의 파단면의 시각적 관찰에 의한 파괴형상 분석을 통해 LMC의 부착력이 보통콘크리트보다 높음을 알 수 있었다.

3) 표면 함수상태에 따른 파괴형상

Fig. 18에 나타난 표면 함수상태에 따른 덧씌우기된 보통콘크리트의 파괴형상 분석결과, 표면건조포화상태에서 덧씌우기된 보통콘크리트의 파단면에서 부착계면의 비율이 30%이었다. 그러나 표면이 건조한 상태와 표면에 자유수가 존재하는 상태에서 부착계면의 비율이 크게 증가함으로써 낮은 부착강도를 나타냈다. LMC의 파괴형상 분석은 Fig. 17과 같이, 표면건조포화상태의 파단면에서는 부착계면 비율이 5%이었다. 그러나 표면이 건조한 상태와 표면

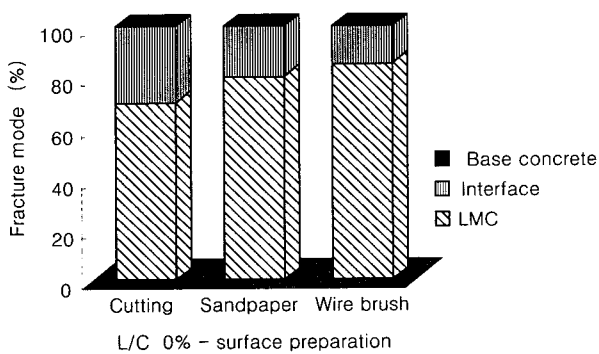


Fig. 15 Mode of failure for L/C 0% - surface preparation from direct tensile test

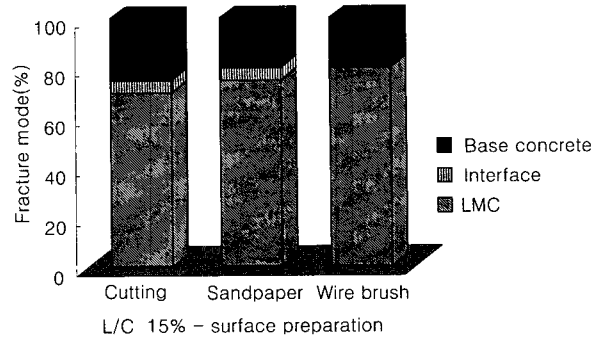


Fig. 16 Mode of failure for L/C 15% - surface preparation from direct tensile test

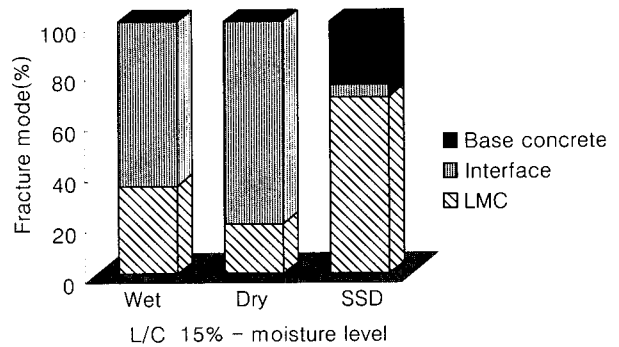


Fig. 17 Mode of failure for L/C 15% - moisture level from direct tensile test

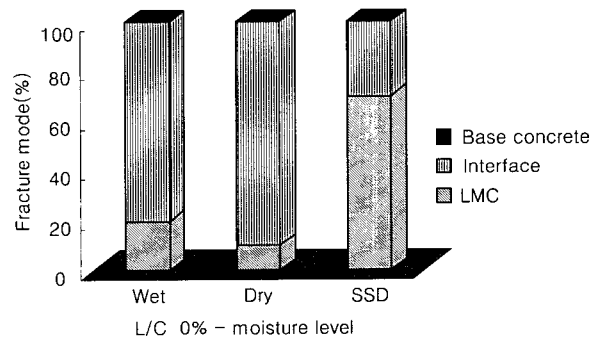


Fig. 18 Mode of failure for L/C 0% - moisture level from direct tensile test

에 자유수가 존재하는 상태에서 부착계면의 비율이 큰 증가를 보여 낮은 부착강도를 나타냈다.

5. 결 론

본 연구에서는 LMC의 부착강도 특성을 규명하고자 라텍스 혼입율, 구 콘크리트의 표면처리상태와 표면함수상태를 주요 실험변수로 하여 직접인발과 직접인장 부착강도 실험을 실시하였다. 또한, 직접인장에 의한 보통콘크리트

의 부착강도를 측정하여 LMC의 부착강도와 상대비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 라텍스 혼입률이 증가할수록 폴리머 입자의 불베어링 작용과 계면활성제의 분산작용에 의하여 라텍스 개질 콘크리트의 작업성은 증가하는 것으로 나타났다.

2) 덧씌우기된 콘크리트의 부착성능은, 라텍스 혼입율이 증가할수록 LMC의 부착강도가 증가하였다. 또한, 직접인장에 의한 라텍스 혼입율에 따른 부착강도 실험결과를 직접인발에 의한 부착강도와 유사하게 LMC의 부착강도가 증가하였으며, 라텍스의 혼입에 의해 콘크리트의 부착강도가 증진됨을 알 수 있었다.

3) 부착면 표면처리를 한 슬래브의 부착강도는 처리하지 않은 슬래브의 부착강도 보다 현저한 증가를 보였다. 이는 신·구 콘크리트의 기계적 맞물림과 접촉면적 증가에 의해 부착력이 증가하였기 때문으로 판단된다.

4) 표면 함수상태에 따른 부착강도는 표면이 건조한 슬래브에서 가장 낮은 부착강도를 나타내었으며 표면건조포화상태의 슬래브에서 부착강도가 가장 높게 나타났다. 따라서, 보수나 덧씌우기를 위해서는 표면건조포화상태가 가장 이상적인 상태임을 알 수 있었다.

5) 보통콘크리트의 표면건조포화상태를 비교대상으로 하였을 때, 표면이 과도하게 건조한 상태에서 덧씌우기된 보통콘크리트 시험체는 부착강도가 약 22% 감소하였으며, 표면건조포화상태에서 덧씌우기된 LMC의 부착강도는 약 37% 증가하였다. LMC의 부착강도가 보통콘크리트 보다 모든 표면함수상태에서 높게 나타나 라텍스의 혼입에

따라 신·구 콘크리트의 부착강도가 개선됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강원대학교 부설 “석재복합 신소재제품 연구센터” 지원에 의해 이루어진 것이므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 윤경구, 홍창우, 이종명, 최상룡, 전인구 “라텍스 개질 콘크리트의 투수특성,” 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, Vol. 12, No. 2. 2000, pp.191~196.
2. 정원경, 이주형, 김동호, 이봉학, 원치문, 이정호, “라텍스 혼입에 따른 LMC의 동결융해 저항특성 평가,” 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, Vol. 12, No. 2. 2000, pp.497~502.
3. Ohama, Y. “Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of LMC,” *ACI Materials Journal*, Vol. 84, No. 6, 1987, pp.511~518.
4. Louis A. Kuhlmann, “Test Method for Measuring the Bond Strength of Latex-Modified Concrete and Mortar,” *ACI Materials Journal*, Vol. 87, No. 4, 1990, pp.387~394.
5. Emmons, Peter H. “Concrete Repair and Maintenance Illustrated,” R. S. Means Company, Inc., 1994, pp.155~164.

요 약

신·구 콘크리트 부착계면의 부착강도는 신 콘크리트에 라텍스를 이용하여 개선할 수 있다. 그러나, 현재까지 신·구 콘크리트 사이의 부착강도를 측정하기 위해 표준으로 채택되어진 실험은 아직 없다. 일축인장시험에서, 신·구 콘크리트 계면의 부착강도는 시험체의 파단 시 인장에 의해 실제적으로 구해진다. 본 연구에서 새로이 제시한 직접인장 부착강도 실험으로 라텍스 개질 콘크리트의 부착특성을 평가하고자 하였다. 새로이 제시되는 직접인장 부착강도 실험을 위하여 현장과 같은 조건의 슬래브를 제작하여 pull-out 실험을 실시하였으며, 기존의 시편을 이용한 직접인장 실험 시편을 제작하여 본 연구에서 사용하였다.

실험결과를 다음과 같다; 라텍스 혼입율 증가에 따라 부착강도는 증가하는 것으로 나타났다. 이를 통해 라텍스에 의한 부착력 증진을 확인할 수 있었다. 또한, 기존 콘크리트의 표면처리에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 부착특성을 평가한 결과, 표면처리에 따라 라텍스 개질 콘크리트의 부착강도가 개선되는 것으로 나타났다. 기존 콘크리트의 표면함수상태에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 부착특성을 평가하기 위해서 다양한 표면함수상태에서 부착강도를 평가한 결과, 표면건조포화상태가 가장 이상적인 조건임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 부착강도, 라텍스 개질 콘크리트, 직접인발시험, 직접일축인장시험
