

시멘트 종류별 라텍스 개질 콘크리트의 투수특성

Permeability Property of Latex Modified Concrete with Cement Types

위진우^{*} 정원경^{**} 홍창우^{***} 김동호^{****} 최상릉^{*****} 윤경구^{*****}
Wee, Jin Woo Jung, Won Kyong Hong, Chang Woo Kim, Dong Ho Choi, Sang Leung Yun, Kyong Ku

ABSTRACT

This study focused on the investigation of strength development and permeability of LMC(latex modified concrete) and RSLMC(rapid-setting cement latex modified concrete) as the latex content, cement types and w/c ratio variated. The compressive strength of latex modified concrete decreased slightly and the flexural strength increased quitely at the latex content of 15%. This may due to the flexibility of latex filled in voids and interconnections of hydrated cement and aggregates by a film of latex particles, respectively. The permeability test results showed that the permeability of LMC was considerably lower than that of conventional concrete. In the RSLMC's tests of permeability to chloride ion indicated very low permeability at an early age, which may be due to the early formation of needle-shape ettringites and latex film.

1. 서론

현재 콘크리트 내구성 저하에 직접적인 영향을 주는 염해물이나 수분의 침투를 효과적으로 방지하기 위하여 제시된 방법 중의 하나가 바로 보통포틀랜드 시멘트를 사용한 기존 콘크리트에 라텍스 수지를 첨가하여 라텍스 개질 콘크리트(Latex Modified Concrete; 이하 LMC)를 제조하는 것이다. 그러나, 라텍스 개질 콘크리트의 경우 염해물이나 수분의 침투를 방지하여 콘크리트가 부식되는 것을 방지한다는 이점은 있으나, LMC 자체를 긴급보수용으로 사용하기에는 여전히 많은 문제점을 나타내어 주로 신설교량에 적용하고 있다. 따라서 양생기간을 줄일 목적으로 조기 강도 발현이 큰 초속경 시멘트를 콘크리트 구조물이나 도로 또는 교량상판과 같이 긴급보수를 요하는 곳에 적용하는 방법이 제시되었다. 그러나, 초속경시멘트(Rapid Setting Cement)를 사용한 콘크리트(이하 RSC)는 긴급 보수시 다른 이질재료로 인한 부착력 저하의 우려가 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 기존 콘크리트포장의 교면포장체 대체재료인 일반포틀랜드 시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트와 시공 후 외부적, 내부

* 정회원, 강원대학교 토목공학과 석사과정
** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정
*** 정회원, 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터 박사후 과정
**** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사수료
***** 정회원, 한석엔지니어링 상무이사, 공학석사
***** 정회원, 강원대학교 토목공학과 조교수

적 요인에 의해 파손된 교면체의 긴급보수용으로 사용되어질 수 있는 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트(Rapid-Setting Cement Latex Modified Concrete;이하 RSLMC)에 대해 강도발현 및 투수특성에 대해 연구하여 두 재료간의 상호 연관성을 고찰해 보고자 한다.

2. 실험

2.1 실험개요

본 연구에서는 시멘트 종류별에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 메카니즘을 알아보기 위해 재료적 인자들의 영향을 실험을 통해 분석하고, 이를 바탕으로 일반 포틀랜드시멘트를 사용한 라텍스 개질 콘크리트와 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트 두 재료의 사용성을 굳지 않은 상태와 굳은 상태의 콘크리트로 비교·분석하였다.

2.2 사용재료

일반 포틀랜드 시멘트와 초속경 시멘트는 국내 S사에서 생산되는 제품을 사용하였으며 물리적 특성의 비교는 표 1에 나타내었다. 라텍스는 미국의 D사의 DL470을 사용하였으며, 이것은 스틸렌-부타디엔 라텍스로 시멘트 모르타와 콘크리트에 사용하게끔 생산된 제품이며 가장 많이 연구, 시공되고 있는 것이다. 굵은 골재는 교면포장의 덧씌우기 목적으로 최대치수 13mm의 레미콘용 쇄석을, 잔골재는 콘지암에서 채취한 천연 강모래를 사용하였다.

Table 1. Physical Properties of Cements

종 류	압축강도(kgf/cm ²)					휨강도 3시간	분말도 (cm ² /g)	응결시간	
	3시간	1일	3일	7일	28일			초결(분)	종결(시:분)
포틀랜드시멘트	-	89	190	273	364	-	3,220	260	6:40
조강시멘트	-	125	250	300	370	-	4,550	170	7:20
초조강 시멘트	-	225	320	385	460	-	6,000	220	6:00
초속경 시멘트	255	352	379	414	445	48	4,150	25	0:35

2.3 배합설계

본 연구는 시멘트대비 라텍스 혼입률을 주요변수로 하여 배합계획을 하였다. 실험결과에 대한 비교평가를 위해 초기배출슬럼프를 20±1cm 로 고정한 후, 라텍스 혼입률을 시멘트대비 0, 15%로 하여 실험을 수행하였다. 이상과 같은 배합내용을 시멘트 종류별에 따른 시방배합표를 표 2에 나타내었다.

Table 2. Mix Properties of Latex Modified Concrete

Types of Concrete	w/c (%)	S/a (%)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	Latex (%)
RSC	49	58	390	191.1	0
	37	58	390	144.3	0
RSLMC	33	58	390	128.7	15
	37	58	390	144.3	15
OPC	45	58	400	180	0
	37	55	400	148	0
LMC	37	55	400	148	15

2.4 실험방법

슬럼프 실험은 KS F 2402에 의거하여 각각 수행하였다. 슬럼프 경시변화의 측정은 초기 배출 후, 5분 간격으로 슬럼프를 측정하였으며, 실험의 종료는 초속경시멘트의 경화로 인해 작업성이 불가능하다고 판단되어지는 $2 \pm 1\text{cm}$ 까지 측정하였다. 시멘트 종류에 따른 강도특성을 분석하기 위한 압축강도 실험은 하루를 세분하여 재령 3시간, 6시간, 24시간에 강도실험을 하여, 초기강도발현 특성에 중점을 두어 수행하였다. $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 원주형 공시체를 가지고 KS F 2405의 재규정에 따라 압축강도를 측정하였다. 또한 휨강도 측정을 위해서 $100 \times 100 \times 460\text{mm}$ 빔 공시체를 제작하여 KS F 2408의 규정에 따라 실시하였다.

염소이온 투과실험은 ASTM C 1202-91과 AASHTO T 259의 방법에 의거하여 수행되었다. 28일 동안 수중 양생한 직경 10cm의 콘크리트 시편을 두께가 5cm가 되도록 절단한 다음 실험을 수행하기 전까지 상대습도 95%이상을 유지하거나 수침시킨다. 실험시 시편은 양측에 위치한 전극용기에 고정시키고, 이들 용기에서 나온 전극을 단자로 해서 회로를 구성하며, 그림 1은 염소이온 투과실험 장치로 구성된 측정회로를, 그림 2는 실험 전 시편의 진공상태를 위한 vacuum 장치의 그림이다.

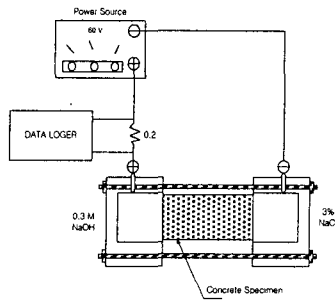


그림 1 투수실험 회로도

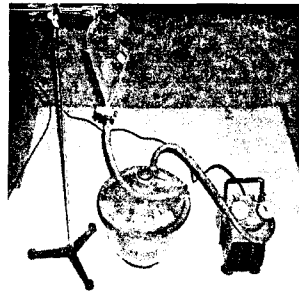


그림 2 진공장치

Table 3 염소이온투과량에 따른 투수특성

쿨롱	Permeability Rating
4000이상	High
2000~4000	Moderate
1000~2000	Low
100~1000	Very Low
100이하	Negligible

3. 실험결과 및 고찰

3.1 슬럼프경시변화

동일한 물-시멘트비와 잔골재율을 갖는 보통콘크리트와 LMC를 비교하여 보면, 보통콘크리트 즉 라텍스 혼입률이 0%인 경우는 배합자체가 이루어지지 않아 슬럼프 측정이 불가능하였으나, LMC는 라텍스 혼입률 변화에 따라 약 25cm정도의 슬럼프 변화를 나타내었다. 즉, 라텍스 혼입률이 증가할수록 유동성이 증가하며, 소요의 워커빌리티를 얻는데 요구되어지는 단위수량을 감소시키는 것으로 나타났다. 초속경시멘트에 라텍스를 혼입할 경우의 슬럼프 경시변화는 큰 차이없이 작업성과 작업시간의 확보를 얻을 수 있었다.

Table 4. Slump Loss of Rapid Setting Cements

	배출슬럼프(cm)	작업성 불가(분)	지연제량(%)	온도(℃)	L/C(%)
RSLMC	21.5	49	0.6	25	15
LMC	23.5	87	-	25	15

3.2.1 라텍스 혼입에 의한 영향

라텍스를 첨가하지 않은 경우의 초속경시멘트의 압축강도 발현 특성을 살펴보면, 재령 3시간에 압축강도가 298kgf/cm²가 발현되었다. 일반포틀랜드 시멘트의 경우도 라텍스가 첨가되지 않은 경우, 높은 강도값을 나타내었다. 그러나, 라텍스가 첨가되었을 경우의 RSLMC는 초기 재령 3시간에서 RSC에 비해 약 30%, 28일 강도에서는 약 17%의 압축강도 저하를 나타내었다. 또한 LMC의 경우도 7일강도에서 약 7%, 28일 강도에서 약 13%가 감소되는 강도값을 나타내었다.

3.2.2 물-시멘트비에 의한 영향

동일/시멘트비 조건에서는 라텍스의 혼입으로 약 7~17%의 강도저하를 나타내었으나, 동일 작업조건에서는 일반 포틀랜드시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트(LMC)의 경우, 7일 강도와 28일 강도에서 약 30%의 압축강도 증진을 나타내었다. 또한 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트(RSLMC)도 라텍스의 혼입으로 재령 3시간 강도에서는 약 33%, 28일 강도에서는 약 20%의 강도 증진을 나타내었다.

Table 5. Strength of RSLMC and LMC with L/C

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Compressive Strength (kgf/cm ²)		
			3hr	7day	28day
OPC	0	37	-	255	405
LMC	15	37	-	237	353
RSC	0	37	298	-	512
RSLMC	15	37	204	-	425

Table 6. Strength of RSLMC and LMC with w/c

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Slump (cm)	Compressive Strength (kgf/cm ²)		
				3hr	7day	28day
OPC	0	45	20±1	-	168	252
LMC	15	37		-	237	353
RSC	0	49		159	-	384
RSLMC	15	33		236	-	478

3.3 휨강도 특성

3.3.1 라텍스 혼입에 의한 영향

라텍스를 혼입하지 않은 경우 일반 포틀랜드시멘트와 초속경시멘트의 경우 낮은 물-시멘트비 조건임에도 불구하고, 낮은 휨강도값을 나타내었다. 이를 통해 콘크리트의 휨강도는 압축강도에 비해 현저하게 낮은 값을 확인할 수 있었으며, 취성적 거동을 알 수 있었다. 일반 포틀랜드시멘트는 라텍스의 혼입으로 인한 휨강도의 증진이 재령 7일에서는 약 28%, 재령 28일에서는 약 23%가 증대되는 것으로 나타났으며, 초속경시멘트에 라텍스를 혼입할 경우, 재령 3시간에서 약 10%, 재령 28일에서는 약 30%의 휨강도 증진을 나타내었다.

3.3.2 물-시멘트비에 의한 영향

일반 포틀랜드시멘트를 이용한 라텍스 개질 콘크리트와 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경 콘크리트의 휨강도 실험결과는 표 8과 같다. 일반 포틀랜드시멘트에 라텍스를 혼입하여 동일 작업조건으로 한 실험결과, 7일 강도에서는 약 15%, 28일 강도에서는 약 42%의 휨강도 증진을 나타내었으며, 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트의 초기 재령 3시간과 28일 강도에서도 각각 55%,45%의 휨강도 증진을 나타내었다.

Table 7. Flexural Strength Properties of RSLMC and LMC with L/C

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Flexural Strength (kgf/cm ²)		
			3hr	7day	28day
OPC	0	37	-	40	48
LMC	15	37	-	55	62
RSC	0	37	33	-	72
RSLMC	15	37	36	-	102

Table 8. Flexural Strength Properties of RSLMC and LMC with w/c

Type of Concrete	Latex (%)	W/C (%)	Slump (cm)	Flexural Strength (kgf/cm ²)		
				3hr	7day	28day
OPC	0	45	20±1	-	33	39
LMC	15	37		-	40	62
RSC	0	49		25	-	64
RSLMC	15	33		55	-	115

3.4 염소이온 투수 실험 특성 분석

3.4.1 보통콘크리트와 LMC의 투수특성

보통 콘크리트의 압축강도가 400kgf/cm²일때 통과전하량이 4000 쿨롱인 반면에 라텍스 개질 콘크리트는 압축강도가 300kgf/cm²로 보통 콘크리트보다 작은데도 불구하고 통과전하량은 1400 쿨롱으로 보통 콘크리트보다 투수성이 낮은 것으로 나타났다. 또한 높은 물-시멘트비를 가지는 일반 콘크리트의 경우, 통과전하량이 6670 쿨롱의 매우 높은 투수특성을 나타내었다.

3.4.2 RSC와 RSLMC의 투수특성

표 10에 나타난 것과 같이 라텍스의 첨가로 인해 초속경콘크리트(RSC)의 투수성이 현저하게 낮아짐을 알 수 있다. 동일한 물-시멘트비 조건에서의 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트(RSLMC)와 초속경콘크리트(RSC)의 투수특성을 살펴보면, 라텍스가 혼입되지 않은 초속경콘크리트는 재령 28일에 높은 압축강도와 더불어 약 700 쿨롱의 매우 낮은 투수특성을 나타내었다. 초속경콘크리트에 라텍스를 혼입한 결과를 살펴보면, 라텍스의 첨가로 인해 초속경콘크리트의 낮은 투수특성은 더욱 낮아져 127쿨롱의 값을 나타내었다. 동일 슬럼프에 따른 투수특성 결과를 살펴보면 초속경시멘트를 이용한 라텍스 개질 초속경콘크리트의 경우도 동일한 작업조건에서의 초속경콘크리트는 약 1300 쿨롱값을 나타내었으나, 라텍스의 첨가로 인한 필름막 형성으로 인해 더욱 낮아져 68 쿨롱의 불투수성을 나타내었다.

Table 9. Permeability of RSC and RSLMC

Type of Concrete	W/C(%)	Latex(%)	coulombs	Curing Time(days)
OPC	45	0	6670	28
	37	0	4000	
LMC	37	15	1400	
RSC	37	0	710	
RSLMC	37	15	127	
OPC	45	0	6670	
LMC	37	15	1400	
RSC	49	0	1312	
RSLMC	33	15	68	

4. 결론

본 연구에서는 기존의 콘크리트의 내구성 저하 등의 단점을 보완하기 위한 수단으로 라텍스의 첨가로 인한 라텍스 개질 콘크리트와 라텍스 개질 초속경콘크리트의 거동을 굳지 않은 콘크리트와 경화 후 콘크리트의 영향에 대해 연구를 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 슬럼프 경시변화 특성 결과 라텍스를 초속경시멘트에 혼입할 경우에도 초속경시멘트만을 사용할 때와 같이 적량의 지연제를 사용하면, 작업에 필요한 충분한 작업성 및 작업시간 확보가 가능한 것으로 판단되어진다. 또한 일반 포틀랜드시멘트에 라텍스를 혼입할 경우도 이상응결 등과 같은 화학적 반응의 성질은 나타나지 않았다.

2) 라텍스 혼입에 따른 압축강도 결과, 동일 물-시멘트비 조건에서의 라텍스 첨가는 라텍스 개질 초속경콘크리트(RSLMC)와 일반 라텍스 개질 콘크리트(LMC) 모두에서 약 30%의 강도저하를 나타내었으나, 라텍스의 첨가로 인해 현저한 작업성 증대를 확인할 수 있었고, 동일 작업성을 고려한 압축강도 실험 결과, 라텍스 혼입으로 일반 포틀랜드시멘트는 약 20%, 초속경시멘트는 약 48%의 단위수량을 감소시키는 것으로 나타났다.

3) 라텍스 혼입에 따른 동일 물-시멘트비에서의 휨강도 발현 특성은 압축강도와는 달리 휨강도가 시멘트 종류와 재령에 상관없이 약 10~30% 향상됨을 알 수 있었다. 동일 작업조건에서의 휨강도 발현은 OPC의 경우에는 라텍스의 혼입으로 약 15~42%, RSC의 경우는 약 45~55%의 휨강도 증진을 나타내었다.

4) OPC의 경우 염소이온 통과전하량이 6000 쿨롱을 보여 매우 높은 투수성을 보인 반면에 RSC의 경우는 1312 쿨롱로 나타났다. 라텍스를 혼입한 LMC와 RSLMC의 경우 염소이온 통과전하량이 1400, 68 쿨롱으로 상당히 감소되어 투수성이 매우 낮은 것으로 나타났다. 따라서, 라텍스 혼입은 콘크리트를 염화이온 및 누수 등에 의한 영향을 차단하여 콘크리트의 내구성을 증진시키는데 상당한 기여를 함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강원대학교 석재복합 신소재제품연구센터의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. 이종명, 윤경구, 최상룡, 홍창우, 전인구(2000) "라텍스 개질 콘크리트의 투수특성," 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp. 191-196
2. 김기현, 윤경구, 박상일, 홍창우, 이주형(2000) "LMC교면포장법의 국내 도입방안," 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.1063-1068
3. ACI Commettee548(1993), "Standard Specification for Latex-Modified Concrete Overlays," American Concrete Insitituta, Redford Station Detroit, Michigan 48219
4. National Cooperative Highway Research Program(1977), "Rapid-Setting Material for Patching of Concrete", Transportation Research Board, NCHRP 45