

플라이애쉬를 이용한 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 연구 Basic Properties of Latex-Modified Concrete Using Fly-ash

홍창우* · 정원경** · 김경진*** · 윤경구****

Hong, Chang-Woo · Jeong, won-Kyong · Kim, Kyong-jin · Yun, Kyong-ku

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of fly-ash on strength development and durability of latex-modified concrete (LMC) and ordinary portland cement concrete (OPC). Main experimental variables were latex contents (0%, 10%, 15%) and fly-ash content (0, 10%, 20%, 30%). Air content and slump tests were performed to check the basic properties of fresh concretes, and compressive strength, flexural strength, rapid chloride ion permeability and chemical resistance were measured to analyze the basic properties of hardened concretes. The test results showed that air contents of LMC with fly ash decreased as fly-ash contents increased from 0% to 30%. Compressive and flexural strength developments of LMC with fly ash were quite similar to those of LMC without fly ash. However, the long-term flexural strength development of LMC with fly ash after 90 days were bigger than that of LMC without fly ash. Chloride ion permeability and chemical resistance decreased rapidly as the content of fly ash increased. Thus, fly ash could be used at LMC in order to reduce water permeability.

Keywords : latex modified concrete(LMC), fly-ash, permeability, chemical resistance

요 지

본 연구에서는 플라이애쉬 혼입률에 따른 라텍스개질 콘크리트의 역학적 특성과 내구성을 평가하였다. 이를 위해 라텍스 혼입률 변화(0%, 10%, 15%)와 플라이애쉬 혼입률 변화(0%, 10%, 20%, 30%)를 주 실험변수로 하여 평가하였다. LMC와 FA-LMC의 특성분석을 위하여 압축강도, 휨강도 그리고 황산 및 염산에 의한 내약품성 시험을 실시하였다. 실험결과, 플라이애쉬를 혼입한 라텍스 개질 콘크리트에 있어서, 플라이애쉬 혼입률이 증가함에 따라 공기량은 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 FA-LMC의 압축 및 휨강도는 라텍스 개질 콘크리트(LMC)와 유사한 강도발현 특성을 보이며, 장기재령에 있어서는 FA-LMC가 LMC에 비해 높은 휨강도 발현특성을 보였다. 그리고 투수특성에 있어서 플라이애쉬의 혼입률이 증가할수록 투수저항성이 증가하였으며, 내화학약품성에 대한 저항성도 증진되는 것으로 나타났다. 따라서, 플라이애쉬는 LMC의 혼화재료로서 투수저항성을 증진시킬 목적으로 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 라텍스 개질 콘크리트, 플라이애쉬, 투수성, 화학저항성

1. 서 론

현재 국내에서는 수경성 폴리머의 일종인 라텍스를 사용하여 콘크리트가 갖는 단점을 보완한 라텍스개질 콘크리트(Latex modified concrete: 이하 LMC)를 신설 교량 상판용 덧씌우기에 확대적용하고 있다(윤경구, 2000). 또한, 공용 중인 교량의 열화 된 교면포장을 보수보강하기 위하여 콘크리트 강도발현을 3-4시간 이내로 실현하는 초속경시멘트를 사용한 라텍스개질 콘크리트(very-early strength latex modified concrete: 이하 VES-LMC)가 개발되어 현장에 적용되고 있다.

라텍스를 혼입한 콘크리트는 굳지 않은 상태에서 일반콘크리트에 비해 작업성을 현저히 증진시켜 동일 슬럼프 조건에

서 물시멘트비의 절감 효과와 더불어 이에 따른 건조수축 감소, 균열저항성 증진 등의 효과를 나타내게 된다. 경화 후 상태에서는 라텍스입자의 불투수성 필름막에 의해 콘크리트의 투수성을 현저하게 감소시켜 염분 및 수분침투를 방지하고 철근부식 등으로부터 콘크리트 슬래브를 보호하여 내구성을 향상시킨다. 또한 휨과 인장에 대한 강도증진 비율 향상과 염화물에 의한 저항성을 크게 개선하는 것으로 보고되고 있다(Ohama, 1995). 따라서 이러한 연구결과로 인하여 기존 구조체와의 부착성, 투수저항성 및 염화물에 대한 저항성이 요구되는 교면포장에 적용되고 있다. 그러나 라텍스의 사용은 콘크리트의 성능을 현저하게 개선시키는 효과는 있으나(홍창우, 2001), 현재 재료단가가 고가인 라텍스를 단위 시멘트량에 15%를 사용함으로써, 공사비의 증가와 더불어

*정회원 · 충주대학교 토목공학부 조교수 · 공학박사(E-mail: cwhong@chungju.ac.kr)
**정회원 · 충주대학교 토목공학부 겸임교수 · 공학박사(E-mail: wonkyong@hanmail.net)
***정회원 · 충주대학교 토목공학부 부교수 · 공학박사(E-mail: kkjman@chungju.ac.kr)
****정회원 · 강원대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사(E-mail: kkyun@kangwon.ac.kr)

적용분야의 한계점을 갖고 있다. 이에 본 연구에서는 포졸란 혼화제 및 라텍스를 혼합 사용하여 개질콘크리트(latex modified concrete using fly-ash : 이하 FA-LMC)의 기초물성을 평가하여 FA-LMC의 사용가능성을 평가하고자 하였다. 산업폐기물인 플라이애쉬는 품질변동 등에 대한 문제점으로 인하여 재활용되는 비율이 아직까지 낮으나, 국제적인 환경문제의 인식으로 재활용의 비율은 높아질 수 밖에 없는 실정이다(장복기, 2003). 플라이애쉬는 구형이기 때문에 콘크리트의 유동성을 향상시키며 포틀랜드 시멘트의 수화시 생성되는 석회와 반응하여 수화물을 형성해서 콘크리트 조직의 치밀화에도 기여함으로(조형근, 1997) 라텍스개질 콘크리트의 강도 및 내구성 증진에 효과적으로 판단된다. 따라서 기 사용중인 라텍스개질 콘크리트(LMC)의 성능을 보다 향상시켜 라텍스 사용량의 절감 가능성 및 재활용이라는 관점에서 접근해 보고자 한다.

2. 실험

본 연구에서 현재 콘크리트 교면포장 재료로 널리 사용하고 있는 라텍스개질 콘크리트에 플라이애쉬를 혼입하여 기초적인 물성변화를 확인하고자 하였다. 이를 위하여 LMC의 시방배합을 기준으로 단위시멘트량에 따른 플라이애쉬 치환율(0%, 10%, 20%, 30%) 변화와 라텍스 혼입률 변화(0, 10, 15%)를 주요 변수로 하여 굳지 않은 콘크리트에 대해서

는 슬럼프, 공기량에 대한 실험을 수행하였으며, 경화 콘크리트에 대해서는 압축 및 휨강도, 염소이온 투과에 의한 투수 실험을 수행하였다. 또한, 플라이애쉬 첨가에 따른 시멘트 수화생성물과 라텍스 폴리머 입자 형성의 화학적 침식변화를 추정하고자 내화학약품성 시험을 실시한 후 질량변화를 측정하였다.

2.1 사용재료

실험에 사용된 SB 라텍스는 국내 K사의 콘크리트 전용 혼화제이며 라텍스 고형분 47%와 물 53%로 혼합된 Styrene-Butadien계열의 것을 사용하였다. 굵은 골재는 최대 치수 13 mm인 레미콘용 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다. 플라이애쉬는 생산제품이며 보다 자세한 사항은 표 1과 같으며 이는 본 실험에 사용된 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement)와 플라이애쉬의 화학적 특성을 나타낸 것이다. 플라이애쉬 첨가에 따른 라텍스개질 콘크리트의 물성변화 연구를 위한 배합표는 표 2와 같으며 현재 사용되고 있는 LMC 시방배합을 기초로 설정하였다. 본 연구에서는 단위시멘트 400 kg/m³에 대한 플라이애쉬 치환율 0%, 10%, 20%, 30%와 라텍스혼입률 0%, 10%, 15%에 대한 배합설계를 실시한 후 실험에 사용하였다. 이때 물-시멘트비의 변화는 동일한 조건의 작업성(슬럼프 17 ± 1 cm)을 만족하기 위한 물-시멘트 비로써 예비실험을 통해 얻어진 자료이다. 또한, 라텍스개질 콘크리트에 미치는 플라

표 1. 시멘트 및 플라이애쉬의 화학적 물리적 특성

Cement Type	Chemical Composition (%)						Blaine (cm ² /g)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
Cement	20.8	6.3	3.2	61.2	3.3	2.3	3200
Fly-ash	54.86	31.83	4.49	0.87	0.77	0.28	3800
Physical properties	Igloss (%)	Specific gravity		Moisture (%)		Unit water ratio (%)	Compressive strength ratio (%)
Fly-ash	2.6	2.2		0.5		101	87
KS specific	below 5.0	above 1.95		below 1.0		below 102	above 60

표 2. 콘크리트 배합표

Types	Latex (%)	Fly-ash (%)	W/C	W/(C+F)	S/a	Unit weight(kg/m ³)					
						C	W	L	S	G	F
L0F0	0	0	0.53	0.53	0.50	400	212	0	791	806	0
L0F10 ¹⁾		10	0.60	0.54	0.50	360	216	0	780	795	40
L0F20		15	0.68	0.54	0.50	320	217	0	771	787	80
L0F30		30	0.79	0.55	0.50	280	221	0	761	776	120
L10F0	10	0	0.39	0.39	0.50	400	112	85	786	801	0
L10F10		10	0.42	0.38	0.50	360	106	85	812	828	40
L10F20		15	0.47	0.38	0.50	320	105	85	807	823	80
L10F30		30	0.55	0.39	0.50	280	108	85	796	812	120
L15F0	15	0	0.34	0.34	0.50	400	68	127 ²⁾	813	829	0
L15F10		10	0.36	0.32	0.50	360	61	127	815	831	40
L15F20		15	0.40	0.32	0.50	320	60	127	811	827	80
L15F30		30	0.46	0.32	0.50	280	61	127	804	819	120

주1) L10F10=라텍스혼입률(L) 10%와 플라이애쉬 혼입률(F) 10%를 갖는 플라이애쉬 혼입 라텍스개질 콘크리트

2) 라텍스 고형분비율; C(400)×0.15%=60 kg/m³, 라텍스량 = 고형분(47%)+라텍스수용액(53%) = 60+67 = 127 kg/m³

표 3. 실험계획 및 방법

	Air content	Slump	Compressive strength	Flexural strength	Permeability	Chemical resistance
Factors	%	17±1 cm	7, 28, 56, 90 days	7, 28, 90 days	28, 90 days	sulfuric acid 5% hydrochloric acid 2%
Methods	KS F 2421	KS F 2402	KS F 2403	KS F 2408	KS F 2711	ASTM C 267

이애쉬의 영향만을 고려하기 위하여 기타의 혼화재료는 사용하지 않았다.

2.2 실험계획 및 방법

본 연구는 플라이애쉬 혼입률 변화에 따른 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 변화를 연구하기 위하여 굳지 않은 상태에서는 동일한 작업성 확보를 위한 물-시멘트비 변화와 공기량 변화를 측정하였으며 경화 후 기초물성에서는 재령에 따른 압축강도와 휨강도를 측정하였다. 또한, 플라이애쉬 혼입률에 따른 FA-LMC의 내구성 변화를 확인하기 위하여 투수저항성 시험 및 내화학약품성 시험을 수행하였다. 표 3은 주요 실험변수를 정리하여 나타낸 것이다. 실험변수에 따른 변화를 분석하기 위하여 초기배출 작업성을 17±1 cm로 설정하였으며 시험체의 양생은 20±1°C, 상대습도 80%의 항온항습실에서 기건양생을 실시한 후 각 재령에 따라 KS F 2403, KS F 2408에 의거하여 압축강도 및 휨강도 실험을 수행하였다.

3. 플라이애쉬 혼입에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 특성 분석

플라이애쉬 혼입률에 따른 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 분석을 위하여 동일한 작업조건을 갖는 물-시멘트비 및 라텍스 혼입률에서 역학적 특성 중 굳지않은 상태에서의 변화와 경화 후 상태에서의 변화 그리고 내구성 평가를 중심으로 플라이애쉬의 영향을 평가하였다.

3.1 굳지않은 상태에서의 특성

본 연구에서는 플라이애쉬를 혼합한 라텍스개질 콘크리트의 기초물성을 분석하기 위하여 라텍스 혼입에 의한 물성 변화 중 작업성 변화에 미치는 플라이애쉬의 영향을 알아보기 위하여 초기 슬럼프를 시공성을 고려하여 17±1 cm로 고정하여 평가하였다. 그림 1은 라텍스와 플라이애쉬 혼입률에 따른 단위수량의 변화를 나타낸 것이다. 이를 살펴보면, 초기 슬럼프 17±1 cm를 위한 동일 슬럼프 조건에서의 단위수량은 플라이애쉬 혼입률이 증가함에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 라텍스를 사용한 경우에도 유사한 경향을 보였다. 플라이애쉬 혼입에 따른 단위수량 감소는 절대용적이 동일한 경우에 발생되며, 동일한 콘시스턴시의 확보를 위한 배합에 있어서는 플라이애쉬를 혼합한 경우의 단위수량이 시멘트만을 사용한 경우보다 많은 것으로 나타난 기존의 결과와 동일한 결과이다. 그리고 라텍스 혼입에 따른 단위수량의 변화는 라텍스 혼입률이 10%와 15%로 증가함에 따라 단위수량이 OPC에 비해 약 60~100 kg/m³로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 시멘트 입자사이의 라텍스 입자의 불배어링 작용과 계면활성제의 분산작용

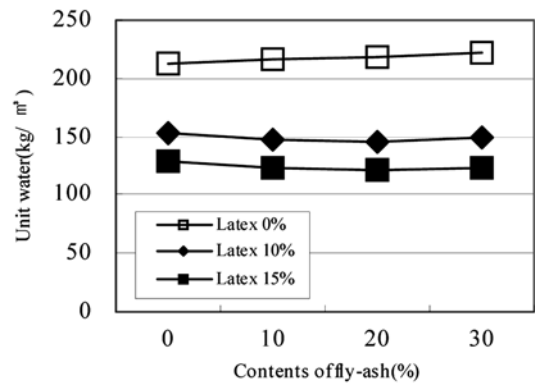


그림 1. 플라이애쉬 혼입률에 따른 단위수량의 변화

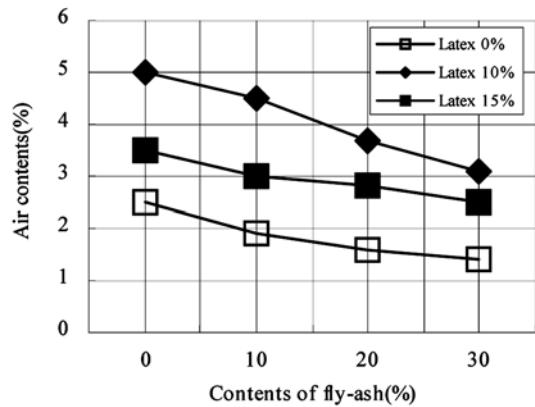


그림 2. 플라이애쉬 혼입률에 따른 공기량의 변화

에 기인한 것으로 판단된다.

그림 2는 플라이애쉬 혼입률에 따른 공기량 변화를 나타낸 것으로 라텍스를 혼입하지 않은 경우 플라이애쉬 혼입률이 증가함에 따라 공기량이 2.5%에서 1.5%로 감소되었으며, 라텍스를 첨가한 경우에도 동일한 감소현상을 보였다. 그러나 라텍스만을 첨가한 LMC의 경우 공기량이 2.5%에서 5%로 증가되었다. 라텍스 첨가시 공기량이 증가하는 것은 라텍스의 안정제로 사용되는 계면활성제의 영향이며, 과도한 공기량은 소포제를 사용함으로써 억제 가능하나, 본 실험 결과의 공기량은 추가적인 소포제를 사용할 만큼의 공기량은 아닌 것으로 판단된다. 그리고 LMC에 플라이애쉬를 혼합하여 사용할 경우 플라이애쉬 혼입률이 증가함에 따라 공기량 감소가 크므로 플라이애쉬 혼입률 20%이상에서는 별도의 공기연행제를 사용하여 적정공기량을 유지해야 할 것으로 판단된다.

3.2 강도발현 특성

표 4는 라텍스 혼입률과 플라이애쉬 혼입률 변화에 따른 강도발현 특성을 나타낸 것이다. 표 4에서 라텍스를 혼입한 LMC에서 플라이애쉬 혼입률 증가에 따른 강도발현 특성을 살펴보면, 라텍스 혼입률 0, 10, 15%에서 플라이애쉬 혼입

표 4. 플라이애쉬 첨가에 따른 LMC의 강도발현 특성

Types	W/B	Compressive Strength(MPa)				Flexural Strength(MPa)		
		7 days	28 days	56 days	90 days	7 days	28 days	90 days
L0F0	0.53	24.46	29.08	36.11	42.26	3.56	4.88	6.60
L0F10	0.54	21.78	27.03	31.49	37.78	3.40	4.21	5.91
L0F20	0.54	19.28	23.31	28.43	33.35	3.27	4.06	5.58
L0F30	0.55	12.65	16.90	22.87	26.47	2.68	3.32	5.43
L10F0	0.39	27.30	38.97	43.76	48.94	5.50	7.50	8.97
L10F10	0.38	25.61	35.93	42.78	49.75	5.41	7.30	9.54
L10F20	0.38	27.05	32.51	40.99	48.83	5.47	7.35	10.65
L10F30	0.39	19.75	29.90	37.12	44.56	4.59	7.18	10.26
L15F0	0.34	29.37	36.82	46.90	53.22	6.73	7.56	11.55
L15F10	0.32	27.26	33.32	43.07	53.00	5.80	7.86	11.72
L15F20	0.32	23.65	30.60	41.61	51.73	6.77	8.77	12.06
L15F30	0.32	20.18	28.32	36.98	47.56	5.97	7.83	12.11

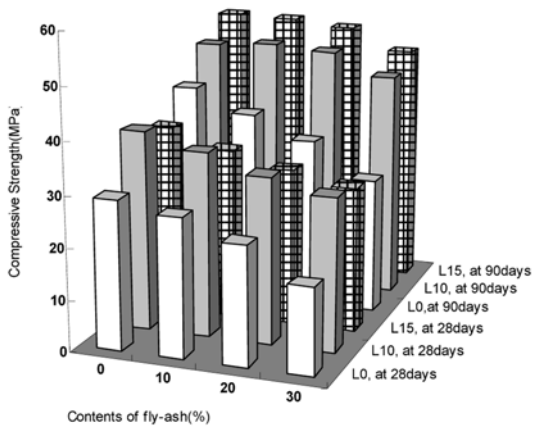


그림 3. 압축강도 특성

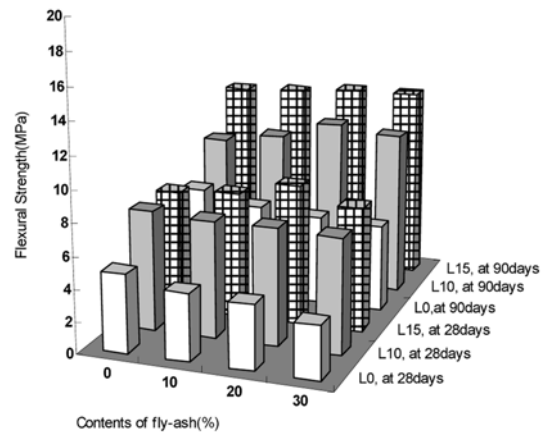


그림 4. 휨강도 특성

0%와 30%의 압축강도는 재령28일에서 42%(L0F0 : L0F30), 23%(L10F0 : L10F30), 23%(L15F0 : L15F30)로 감소되었으며, 재령 90일에서는 37%(L0F0 : L0F30), 9% (L10F0 : L10F30), 12%(L15F0 : L15F30) 감소되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로부터 라텍스를 혼입하지 않은 경우의 플라이애쉬 혼입에 따른 압축강도 감소율은 더욱더 큰 것으로 나타났으며, 라텍스와 플라이애쉬를 동시에 혼입하였을 경우 강도 감소폭이 줄어든 것은 라텍스 혼입에 따른 물시멘트비의 감소에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 라텍스를 혼입하지 않은 경우의 플라이애쉬 혼입에 따른 강도 감소는 교면포장용 작업성을 고려해 초기 슬럼프를 17 cm로 고정함으로 인해 물시멘트비 증가가 원인으로 판단된다. 즉, 본 연구에서는 슬럼프 조건 17 cm를 만족하기 위하여 물시멘트비를 조절하였으며 이에 따라 W/(C+F)는 유사하나 순수 W/C비는 0.53(L0F0)에서 0.79(L0F30)으로 급속히 증가되는 것으로 나타났다. 따라서 초기강도 발현을 위한 시멘트의 수화반응에 필요한 물량 이상의 첨가로 1차 수화반응이 지연되며 이에 따라 2차 반응인 포졸란 반응이 상당히 지연된 결과 해석된다.

그림 4에서의 휨강도 특성을 살펴보면, 라텍스 혼입에 따른 휨강도의 뚜렷한 증가현상과 더불어 재령 90일에서 휨강

10MPa 이상의 매우 우수한 휨강도 발현 특성을 나타내고 있다. 이를 종합하여 분석할 경우 LMC에 혼입되어지는 플라이애쉬는 동일작업조건을 만족하기 위한 단위수량을 크게 절감시켜 강도증진에 매우 효과적이며 초기 및 장기재령의 강도발현에 있어 OPC에서의 단위수량 절감 효과보다 우수하여 강도증진 및 작업성 측면에서 더 우수한 것으로 나타났다.

3.3 투수성에 대한 플라이애쉬의 영향

OPC에 혼입되어지는 라텍스는 콘크리트 내부에 형성되는 폴리머 입자의 불투수성막에 의해 투수저항성이 급격히 증진되는 것으로 알려져 있다. 따라서, LMC는 수밀성을 요하는 구조물에 적합한 콘크리트이다. 본 연구에서는 LMC에 혼입된 플라이애쉬가 LMC의 투수저항성에 미치는 효과를 분석하고자 하였다. 그림 5는 각 변수에 대한 재령 28일과 90일에 실시한 염소이온투과시험의 결과를 정리해 놓은 것이다. 라텍스를 첨가하지 않은 L0의 시편은 플라이애쉬 혼입률에 상관없이 재령 28일에서 염소이온투과율이 매우 높아 시험기기가 연소되는 결과를 보여 측정불가 처리하였다. 플라이애쉬 혼입 콘크리트서의 높은 투과성은 강도특성에서 설명된 과도한 물시멘트비의 차이에서 오는 결과로 여겨진다.

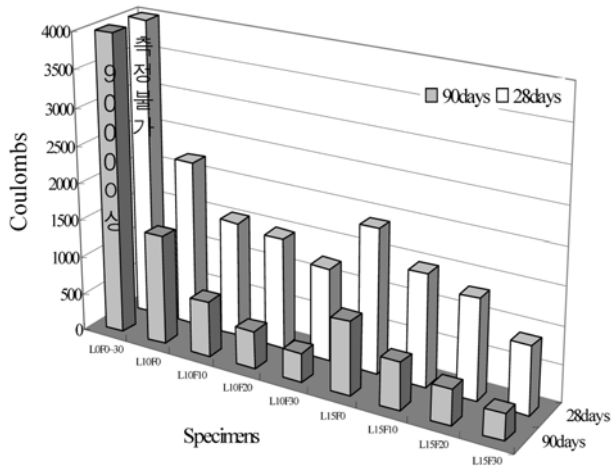


그림 5. 재령에 따른 염소이온 투과 전하량

표 4. 염소이온 투과시험에 의한 콘크리트의 투수성 평가(ASTM C 1202-97)

Coulombs(Q)	Permeability Rating
above 4000	High
2000~4000	Moderate
1000~2000	Low
100~1000	Very Low
100이하	Negligible

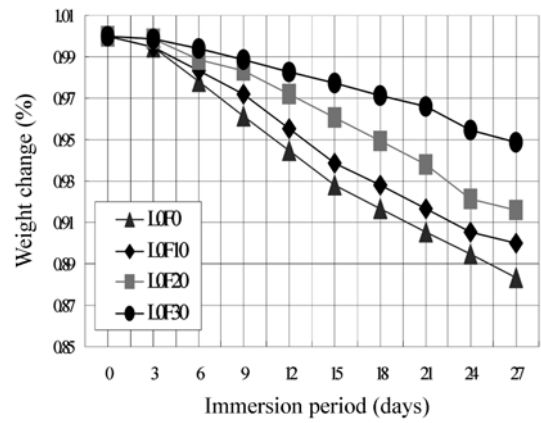
즉, L0F0의 물-시멘트비 53%와 L0F30의 물-시멘트비 79%는 무려 26%의 물-시멘트비 차이를 나타내며 이를 인해 1차 수화반응 지연에 따른 2차 포졸란 반응의 지연에 의한 것으로 판단된다.

그러나 라텍스를 혼입할 경우 투수저항성은 현저하게 증가되어 재령 90일에서는 투과전하량이 약 10배이상 감소하는 것으로 나타나 라텍스에 의한 LMC의 높은 투수저항성을 확인할 수 있었다.

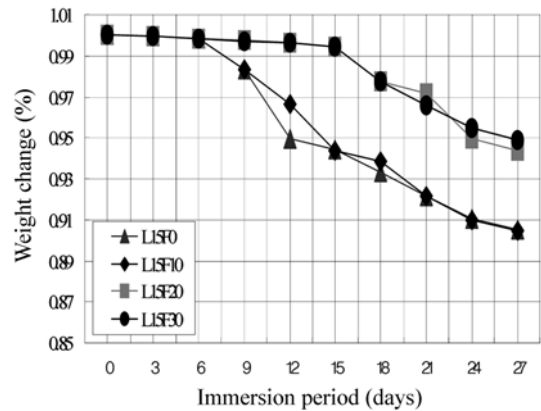
LMC에 혼입된 플라이애쉬 혼입률에 따른 재령별 투과전하량을 살펴보면, 라텍스 혼입률 10%와 15% 모두에서 플라이애쉬 혼입률이 증가할수록 투수저항성이 급격히 향상됨을 알 수 있다. 특히, 라텍스 혼입률 15%에 플라이애쉬를 혼입할 경우 장기재령에 있어 투과전하량은 약 343~974쿨롱으로 나타나 매우 높은 투수저항성을 보였다. 이는 라텍스 혼입률 10%에서도 유사한 경향을 보이고 있으며 이를 통해 라텍스가 첨가된 LMC의 높은 투수저항성이 플라이애쉬의 첨가로 인해 더 크게 향상되는 것으로 나타났다. 즉, FA-LMC의 투수저항성은 모든 혼입률 조건에서 월등히 우수한 것으로 나타났으며 이러한 경향은 콘크리트의 수화반응과 더불어 플라이애쉬의 포졸란 반응으로 콘크리트 자체의 내부 구조가 치밀해져 불투수성이 우수하게 되고, 이와 함께 라텍스의 필름막 형성에 따른 그 효과가 배가되는 것으로 판단된다.

3.4 내화확약품성에 미치는 영향

내약품성 실험은 ASTM C 267 규정에 준하여 $\phi 10 \times 20$ cm의 원형 공시체를 제작하여 28일 동안 기건 양생(20°C, 50%RH)을 실시한 후 2% 염산과 5% 황산의 수용액을 시



(a) OPC에서의 플라이애쉬 혼입



(b) LMC에서의 플라이애쉬 혼입

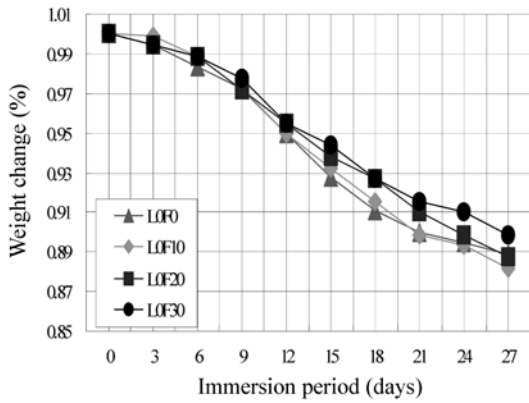
그림 6. 황산에 대한 저항성

험 용액으로 28일 동안 수용액에 침전하여 내약품성 시험을 수행하였다. 시험액의 양은 공시체 1개에 대해 2.4 l로, 2% 염산 및 5%황산의 수용액에 대해서는 일정한 농도를 유지하기 위하여 3일에 한번 씩 교환하였다. 28일간 침전 후 시험액에서 공시체를 꺼내어 침식되고 약화된 부분을 수돗물로 세정하여 제거한 후 천으로 닦은 후에 아래의 식에 의해 질량변화율을 구하였다.

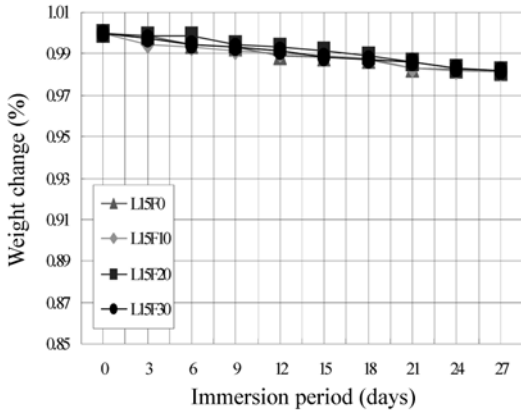
$$\text{질량변화율}(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100$$

여기서, W_0 는 시험액 침전 전의 공시체 질량이며 W_1 는 시험액 침적 후의 공시체 질량 (g)이다.

그림 6과 7은 OPC와 LMC에 플라이애쉬를 첨가하여 황산 5%와 염산 2%에 각각 침전시킨 후 각 재령에 따른 질량변화율을 나타낸 것이다. 그림 5(a)는 OPC에 첨가된 플라이애쉬 혼입률에 따른 황산 침식 특성을 나타낸 것으로 플라이애쉬의 첨가율이 증진될수록 황산에 대한 저항성이 증진되는 것을 알 수 있다. 즉, L0F0에서는 침식 28일에 있어서 질량변화율이 약 12%로 나타났으나 플라이애쉬 혼입률 30%인 L0F30에서는 질량변화율이 약 5%로 감소되는 것으로 나타났다. 또한 그림 6(b)를 살펴보면, 라텍스 혼입률 15%의 L1F0에서 질량변화율이 약 10%로 약간 감소되었으나, 플라이애쉬 혼입률 20%와 30%에서 질량변화율이 5% 정도로 나타나 황산에 대한 침식저항성이 증진되는 것으로 나타났다. 즉, 황산에 대한 침식저항성은 라텍스의 혼입보다는 플라이애쉬의 혼입률 증가에 의해 더 우수해 지는 것으



(a) OPC에서의 플라이애쉬 혼입



(b) LMC에서의 플라이애쉬 혼입

그림 7. 염산에 대한 저항성

로 나타났다. 이러한 결과의 원인은 플라이애쉬를 첨가한 콘크리트는 시멘트량이 상대적으로 감소하고 포졸란반응으로 시멘트 중의 C₃A 및 수산화칼슘량이 감소하여 황산염과의 반응으로 생기는 에트리팅가이트의 생성량이 감소됨으로써 에트리팅가이트의 생성에 따른 팽창압이 완화되기 때문에 황산염에 의한 부식성이 감소되는 것이 일반적 사실이며 본 연구결과도 이와 동일한 결과를 나타내었다.

그림 7은 염산에 대한 침식저항성을 나타낸 것으로 OPC에서는 플라이애쉬의 혼입률에 상관없이 약 11% 정도의 질량변화율을 나타내고 있으나 라텍스가 15% 혼입된 LMC에서는 플라이애쉬의 혼입률에 상관없이 약 2%정도만의 질량 변화율을 나타내어 라텍스에 의한 염산침식저항성의 향상을 확인할 수 있었다. 즉, 라텍스는 황산에 대한 저항성보다는 염산에 대한 저항성이 더 우수한 것으로 보고되고 있으며(최상룡, 2002) 따라서 황산에 대한 침식저항성은 플라이애쉬의 혼입률 증가로 증대되며 염산에 의한 침식저항성은 라텍스의 혼입으로 크게 증가된다는 분석이 가능하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 산업폐기물의 일종으로 콘크리트 혼화제로 사용되어지는 플라이애쉬를 이용한 라텍스개질 콘크리트의 기초적인 물성변화를 분석하였다. 이를 위하여 굳지 않은 콘크리트와 경화 후 콘크리트의 강도 및 내구특성 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 보통콘크리트에 있어 플라이애쉬 사용은 동일 작업조건을

맞추기 위한 단위수량의 큰 감소현상은 나타나지 않았으며 라텍스의 첨가로 인한 단위수량 감소현상이 더 뚜렷한 것으로 나타났다. 또한, 플라이애쉬의 혼입률이 증가할수록 OPC와 LMC 모두에서 공기량의 감소현상이 나타났다.

2. LMC에 있어서 플라이애쉬의 사용은 동일 슬럼프 조건에서 보통콘크리트에서 나타나는 플라이애쉬 혼입에 따른 강도저하 현상을 크게 보상하여, 플라이애쉬 혼입에 따른 압축강도 감소현상은 현저히 줄어드는 것으로 나타났다. 그리고 휨강도 특성은 플라이애쉬가 혼입된 LMC의 경우 플라이애쉬의 혼입률이 증가함에 따라 휨강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 재령 90일에서 10MPa 이상으로 OPC에 비해 2배 이상의 휨강도 발현 특성을 보여, 라텍스 개질 콘크리트에 플라이애쉬 혼화제의 30% 범위내의 사용은 강도측면에서 효율적으로 판단된다.

3. LMC에 혼입된 플라이애쉬 혼입률에 따른 재령별 투과전하량은 플라이애쉬 혼입률이 증가할수록 투수저항성이 급격히 향상되는 것으로 나타났다. 특히, 라텍스 혼입률 15%에 플라이애쉬를 혼입할 경우 장기재령에 있어 투과전하량은 약 343~974쿨롱으로 나타나 매우 높은 투수저항성을 갖는 결과를 보였다. LMC에 첨가된 FA-LMC의 투수저항성은 모든 혼입률 조건에서 월등히 우수한 것으로 나타났으며 이러한 경향은 콘크리트의 수화반응과 더불어 플라이애쉬의 포졸란 반응으로 콘크리트 자체의 내부구조가 치밀해져 불투수성이 우수하게 되고, 이와 함께 라텍스의 필름막 형성에 따른 그 효과가 배가되는 것으로 판단된다.

4. OPC, LMC 및 FA-LMC의 내화학약품성 실험을 실시한 결과, 황산에 대한 침식저항성은 OPC와 LMC에서 플라이애쉬의 혼입률 증가로 증대되었으며 염산에 의한 침식저항성은 라텍스의 혼입으로 크게 증가되는 것으로 분석되었다. 따라서, FA-LMC의 사용은 황산 및 염산에 대한 저항성을 모두 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

5. 교면포장용 라텍스 개질 콘크리트의 성능 향상을 위한 플라이애쉬의 사용은 효율적이라 판단되나, 현장 실용화를 위해서는 콘크리트 부착계면의 특성, 동결융해저항성 등의 검증이 향후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2004학년도 충주대학교의 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 김기현, 이종명, 홍창우, 윤경구(2001) 라텍스 개질 콘크리트의 투수성 및 동결융해저항특성, 한국콘크리트학회 논문집, 한국콘크리트학회, 제13권 5호, pp. 484-490.
- 윤경구, 이주형(2000) 현장적용을 위한 라텍스 개질콘크리트의 역학적 특성, 대한토목학회 가을 학술발표회논문집, pp. 395-398.
- 장복기, 김윤주(2003) 미분탄 화력발전소 플라이애쉬의 포졸란 특성에 대하여, 한국세라믹학회논문집, 한국세라믹학회, Vol.40, No. 7, pp. 702-708.
- 조형근, 양희진(1997) 석탄회를 활용한 콘크리트의 성능에 관한

- 연구, 호남대학교 산업기술연구논문집, 제4집, pp. 179-193.
- 최상룡(2002) 초속경 SB 라텍스개질 콘크리트의 개발, 박사학위 논문, 강원대학교
- 홍창우, 윤경구, 최상룡, 김태경(2000) 라텍스개질 콘크리트의 투수특성과 부착강도 특성, 한국도로포장공학회 학술발표회 논문집, pp. 191-197.
- American Society for Testing and Materials(1997) *Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*, Annual book of ASTM Standards, C 1202-97.
- Bordeleau, D., Pigeon, M., and Banthia, N. (1992) Comparative Study of Latex-Modified Concretes and Normal Concretes Subjected to Freezing and Thawing in the Presence of a Deicer Salt Solution, *ACI Material Journal*, V.89, No. 6, pp. 547-553.
- Fontana, J.J. and Farrell, L.J. (1993) Standard Specification for Latex-Modified Concrete(LMC) Overlays, *ACI* 548.4-93.
- Ohama, Y. (1995) *HANDBOOK OF POLYMER-MODIFIED CONCRETE AND MORTARS*, Noyes Publication.
- Sprinkel, M.M. (1980) Twenty Year Performance of Latex Modified Concrete Overlays, *Transportation Research Record* 1335, TRB, National Research Council, pp. 27-35.
- Kuhlmann, L.A. (1981) Performance History of Latex-Modified Concrete Overlays, *ACI Publication SP-69 : Application of Polymer Concrete*, pp. 205-218.

(접수일:2005.4.18/심사일:2005.8.4/심사완료일:2005.10.24)