

## 高爐슬래그 微粉末을 使用한 라텍스改質 콘크리트의 基礎物性 研究<sup>†</sup>

\*洪昌佑 · 鄭元京 · 金敬鎮

忠州大學校 工科大学 土木工學部

### Study of Fundamental Properties of Latex-Modified Concrete Using Blast-furnace Slag<sup>†</sup>

\*Chang-Woo Hong, Won-Kyong Jeong and Kyeong-Jin Kim

*Division of Civil Engineering, Chungju National University*

#### 요 약

본 연구에서는 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 라텍스개질 콘크리트의 역학적 특성과 내구성에 관한 기초물성을 평가하였다. 이를 위해 라텍스 혼입률 변화(0%, 10%, 15%)와 고로슬래그 혼입률 변화(0%, 30%)를 실험변수로 하였으며, LMC와 BS-LMC의 특성분석을 위하여 압축강도, 휨강도 그리고 내약품성 시험을 실시하였다. 실험결과, 압축강도와 휨강도에서 고로슬래그 미분말 혼입이 장기재령에서 강도 증진효과를 나타내는 것으로 평가되었다. 특히 라텍스 혼입률 10%이상에서의 고로슬래그 미분말의 사용은 매우 타당한 것으로 나타났다. 라텍스 혼입률 10%와 고로슬래그 미분말 혼입률 30%에서 BS-LMC의 투수저항성은 재령 90일에서 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 고로슬래그 미분말이 OPC 및 LMC에 혼입되면 투수저항성 및 화학저항성의 향상을 가져오는 것으로 나타났다.

**주제어** : 라텍스개질 콘크리트, 고로슬래그 미분말, 투수성

#### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of blast-furnace slag on strength development and durability of latex-modified concrete (LMC) and ordinary portland cement concrete as slag contents. Main experimental variables were performed latex contents (0%, 10%, 15%) and slag contents (0%, 30%). The compressive and flexural strengths, chloride-ion rapid permeability and chemical attacks resistance were measured to analyze the characteristic of the developed LMC and BS-LMC(latex-modified concrete added blast-furnace slag) on hardened concrete. The test results showed that compressive and flexural strength of BS-LMC increased as the slag contents increased from 0% to 30% at the long term of curing. It considers blast furnace slag used when latex content was up to 10%. The permeability resistance of BS-LMC(latex 10%, blast 30%) was extremely good at the curing time 90 days. Also, the effects of added blast furnace slag on OPC and LMC were increased on the permeability and chemical attacks resistance.

**Key words** : latex modified concrete(LMC), blast furnace slag, permeability

#### 1. 서 론

고로슬래그 미분말은 용광로에서 선철과정에 생기는 용융슬래그를 물로 급냉시켜 얻은 입상의 수쇄슬래그를 건조 분쇄한 산업부산물이다. 이러한 고로슬래그 미분

말은 그 자체로는 경화되지 않지만 잠재수경성이 있어 알칼리나 황산염 자극에 의해 경화되는 특성이 있는 것으로 널리 알려져 있다.<sup>1,2)</sup> 국내에서는 1995년 대한토목학회에서 “고로 미분말을 사용한 콘크리트의 설계시 공지침(안)” 마련하여 콘크리트 제조의 혼화재료 일종으로 고로슬래그 사용에 기초를 다졌으며, 이후 한국산업규격(KS F 2563) 제정 및 고시(1997년)를 통하여

<sup>†</sup> 2005년 7월 11일 접수, 2005년 12월 23일 수리

\* E-mail: cwHong@chungju.ac.kr

사용의 확대를 도모하는 노력을 지속적으로 수행하였다. 특히 2003년에 KS F 4009의 레디믹스트 콘크리트의 한국산업규격을 확정하여 고로슬래그의 레디믹스트 콘크리트 사용을 인정하였다.<sup>3)</sup> 고로슬래그 미분말의 사용 확대는 산업부산물의 재활용에 따른 환경오염방지과 시멘트 대체 재료로서의 가능성에 따른 경제적 이익, 그리고 내구적인 콘크리트 생산에 따른 건설산업의 경쟁력 확보를 위한 것이라 할 수 있다. 그러나, 콘크리트 혼화제로서 고로슬래그 미분말의 사용은 고로슬래그의 품질상의 문제점, 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 콘크리트 구조물의 품질 영향 그리고 초기강도 저하에 의한 공사 기간 연장 및 중성화에 의한 철근부식의 위험성이 지적되고 있다.<sup>4)</sup> 현재 국내에서는 수경성 폴리머의 일종인 라텍스를 사용하여 콘크리트가 갖는 단점을 보완한 라텍스개질 콘크리트(latex modified concrete; 이하 LMC)를 신설 교량 상판용 덧딴우기에 확대적용하고 있다.<sup>10)</sup> 라텍스를 혼입한 콘크리트는 굳지않은 상태에서 작업성을 현저히 개선시켜 물-시멘트비의 절감 효과와 더불어 이에 따른 건조수축 감소, 균열저항성 증진 등의 효과를 나타내게 된다. 경화 후 상태에서는 라텍스 입자의 불투수성 필름막에 의해 콘크리트의 투수성을 현저하게 떨어뜨리며, 휨과 인장에 대한 강도 향상과 염화물에 의한 저항성을 크게 개선하는 것으로 보고되고 있다.<sup>5,6,7)</sup> 이러한 연구 결과를 토대로 기존 구조체와의 부착성, 투수저항성 및 염화물에 대한 저항성이 요구되는 구조물에 라텍스를 혼입한 콘크리트가 적용되고 있으나, 재료가 고가인 관계로 확대적용에 한계를 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 성능이 입증된 라텍스개질 콘크리트의 경제성을 확보하고자 고로슬래그 미분말의 확대 적용성을 검증하고자 고로슬래그 미분말을 사용한 라텍스개질 콘크리트(latex modified concrete using blast-furnace slag; 이하 BS-LMC)의 기초 물성에 대한 연구를 수행하고자 한다.

## 2. 라텍스 및 고로슬래그 미분말이 콘크리트에 미치는 영향

### 2.1. 라텍스의 영향

굳지 않은 콘크리트의 배합작업에서 폴리머 라텍스는 윤활유와 같은 작용을 하여 콘크리트의 워커빌리티를 향상시킨다<sup>8)</sup>. 따라서 라텍스의 첨가로 인해 일정 수준의 워커빌리티를 얻기 위하여 요구되어지는 단위 수량을 감소시킬 수 있다. 이러한 단위 수량의 감소는 콘크리트의 강도를 증가시킨다. 또한 폴리머 라텍스 유제는

굳지 않은 콘크리트 속에서 공극 구조를 안정화시키는 경향이 있다<sup>9)</sup>. 라텍스개질 콘크리트(LMC)란 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 라텍스를 첨가해서 만든 콘크리트를 말한다<sup>6,7)</sup>. LMC는 일반콘크리트에 비해 유동성이 뛰어나며, 시멘트페이스트의 골재 접착력이 증가되고, 투수성이 감소되는 특징을 가지고 있다. 교면포장에 LMC를 적용할 경우, 낮은 투수성으로 인해 콘크리트 교량 상판 슬래브로의 염분 및 수분침투가 억제되어 철근부식 방지는 물론 구조물의 내구성을 향상시켜 공용년수가 장기화되는 특성을 가진다<sup>10,11,12)</sup>. 이러한 LMC의 우수한 성능은 그대로 유지시킨 가운데 고로슬래그를 첨가함으로써 산업경제성 확보와 폐기물 재활용 등의 부수적 효과를 얻게 될 것이다.

### 2.2. 고로슬래그 미분말의 영향

일반적으로 고로슬래그 미분말은 용광로에서 선철과 동시에 생성되는 용융고로슬래그를 물로 급냉시켜 생성된 입상의 고로수쇄슬래그를 건조시켜 미분쇄한 것이다. 콘크리트의 결합제로 사용할 경우에 유동성 개선, 수화 발열속도의 저감 및 온도상승의 억제, 장기강도 향상, 수밀성 향상 등의 효과를 갖고 있기 때문에 콘크리트에서 혼화재료로서의 적용범위는 매우 크다 할 수 있다.<sup>2)</sup> 그러나 고로슬래그 미분말을 혼입한 폴리머 개질 콘크리트에 대한 연구는 전무한 실정이며, 단지 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 보고가 일부 있을 뿐이다.<sup>13,14)</sup>

## 3. 실험

본 연구에서는 현재 콘크리트 교면포장 재료로 널리 사용되고 있는 라텍스개질 콘크리트에 고로슬래그를 혼입하므로써 나타나는 기초적인 물성변화를 실험적으로 확인하고자 하였다. 이를 위하여 LMC의 시방배합을 기준으로 단위시멘트량에 따른 고로슬래그 미분말의 혼입률(0%, 30%) 변화와 라텍스 혼입률 변화(0, 10, 15%)를 주요 변수로 하였으며, 굳지 않은 콘크리트에 대해서는 슬럼프 및 공기량에 대한 실험을 수행하였다. 경화 콘크리트에 대해서는 압축 및 휨강도, 염소이온 투과에 의한 투수 실험을 수행하였다. 또한, 황산용액 및 염산용액에 침지한 후 침지제령에 따른 중량변화를 측정하여 내화화약품성 시험을 수행하였다.

### 3.1. 사용재료

실험에 사용된 SB 라텍스는 국내 K사의 콘크리트

전용 혼화제이며, 라텍스 고품분 48%와 물 52%로 혼합된 Styrene-Butadien계열의 것을 사용하였다. 굵은 골재는 최대치수 13 mm인 레미콘용 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 천연 강모래를 사용하였다. 본 실험에 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement)이며, 고로슬래그 미분말의 주요 특성은 Table 1 과 같다.

고로슬래그 미분말 사용에 따른 라텍스개질 콘크리트의 물성변화 연구를 위한 배합은 Table 2와 같으며 현재 사용되고 있는 LMC 시방배합을 기초로 설정하였다. 본 연구에서는 단위시멘트량 400 kg/m<sup>3</sup>에 대한 고로슬래그 미분말 혼입률 0%, 30%와 라텍스 혼입률 0%, 10%, 15%에 대한 배합설계를 실시한 후 실험에 사용하였다.

Table 1. Properties of blast-furnace

구 분		단위	KS 규격 1종	시험결과	
물리 성 능	밀도	kg/m <sup>3</sup>	2.80이상	2.90	
	비표면적	cm <sup>2</sup> /g	3000~5000	4,387	
	활성도 지수	재령 7일	%	55이상	80
		재령 28일		75이상	113
		재령 91일		95이상	115
플로값비	%	95이상	103		
화 학 성 분	산화마그네슘(MgO)	%	10.0이하	4.98	
	삼산화황(SO <sub>3</sub> )	%	4.0이하	1.78	
	강열 감량(ig.loss)	%	3.0이하	0.49	
	염화물 이온	%	0.02이하	0.001	
비 고	고로수쇄슬래그 (염기도)	-	1.60이상	1.87	

일본의 경우 고로슬래그 미분말의 혼입률이 30% 미만 인 경우 일반 건축·토목용 보통 시멘트와 동일한 용도로 사용되고 있다.<sup>14)</sup>

따라서 본 연구에서는 고로슬래그 미분말 혼입률을 콘크리트 성질에 큰 변화를 주지 않는 30%로 설정하여 라텍스 혼입률 변화에 따른 대체효과를 분석하고자 하였다. 이때 물-시멘트비의 변화는 동일한 조건의 작업성을 만족하기 위한 물-시멘트비로서 예비실험을 통해 얻어진 자료이다. 또한, 라텍스개질 콘크리트에 미치는 고로슬래그 미분말의 영향만을 고려하기 위하여 기타의 혼화재료는 사용하지 않았다.

3.2. 실험계획 및 방법

고로슬래그 미분말 사용에 따른 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 변화를 실험적으로 연구하여 라텍스개질 고로슬래그 콘크리트의 적용가능성을 규명하고자 하였다. 이를 위하여 굳지않은 상태에서는 동일한 작업성 확보를 위한 물-시멘트비 변화와 KS F 2421에 의거하여 공기량 변화를 측정하였으며, 경화 후 기초물성에서는 재령에 따른 압축강도와 휨강도를 단기재령 및 장기재령으로 구분하여 각각 측정하였다. 또한, 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 BS-LMC의 내구성 변화를 확인하기 위하여 KS F 2711에 의한 투수성 및 ASTM C 267에 의한 내화학약품성 실험을 수행하였다. 실험변수에 따른 분석을 위하여 초기배출 작업성을 17±1cm로 설정하였으며, 시험체의 양생은 온도 20±1°C, 상대습도 80%의 양생실에서 기건양생을 실시한 후 각 재령에 따라 KS F 2403, KS F 2408에 의거하여 압축강도 및 휨강도 실험을 수행하였다.

Table 2. Mixture proportions of concrete.

Types	L (%)	BS (%)	W/C (%)	W/(C+BS) (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )					
						0	W	L	S	G	BS
L0B0	0	0	0.53	0.53	0.50	400	212.00	0.00	791.28	806.79	0
L0B30		30	0.75	0.53	0.50	280	210.00	0.00	789.80	805.28	120
L10B0	10	0	0.39	0.39	0.50	400	110.89	85.11	812.75	828.69	0
L10B30		30	0.56	0.39	0.50	280	111.69	85.11	807.70	823.54	120
L15B0	15	0	0.34	0.34	0.50	400	68.34	127.66	813.29	829.24	0
L15B30		30	0.45	0.32	0.50	280	58.34	127.66	822.01	838.13	120

주) L: 라텍스, BS: 고로슬래그, C: 시멘트량, W: 단위수량, S: 잔골재, G: 굵은골재, W/C: 물-시멘트비, S/a: 잔골재율

### 4. 고로슬래그 미분말 혼입에 따른 라텍스 개질 콘크리트의 특성 분석

#### 4.1. 굳지않은 상태에서의 특성

본 연구에서는 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 변화 중 작업성 변화에 미치는 고로슬래그 미분말의 영향을 알아보기 위하여 초기 배출 슬럼프를 17±1cm로 하여 평

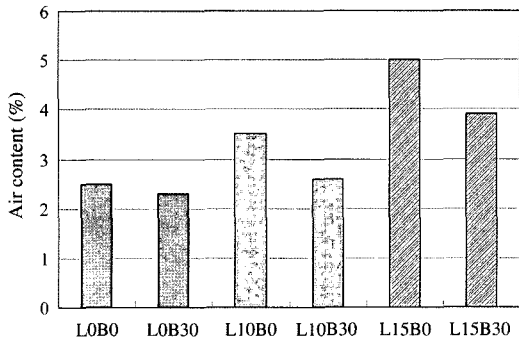


Fig. 1. Comparison of air content for BS-LMC.

Table 3. Properties of fresh concretes.

L (%)	BS (%)	W/C (%)	W/(C+BS) (%)	Slump (cm)	Air (%)
0	0	0.53	0.53	17.0	2.5
	30	0.75	0.53	17.0	2.3
10	0	0.39	0.39	16.0	3.5
	30	0.56	0.39	17.0	2.6
15	0	0.34	0.34	17.0	5.0
	30	0.45	0.32	18.0	3.9

가하였다. Table 3은 BS-LMC의 굳지않은 상태에서의 특성을 나타낸 것이다. 이 표로부터, 동일 작업성을 만족 하기 위한 시멘트-결합재의 비율은 고로슬래그 미분말의 혼입률 변화에 따른 감소폭보다 라텍스의 혼입률 변화에 따른 영향이 더 지배적인 것으로 나타났다. 즉, 라텍스 혼입률 증가가 동일 작업성 확보를 위한 단위수량의 감소에 더욱 효과적임을 알 수 있다.

또한 Fig. 1에서와 같이 라텍스의 혼입으로 공기량이 증가하였으나 고로슬래그 미분말의 혼입으로 인하여 공기량은 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 본 연구에서 사용된 고로슬래그 미분말의 분말도가 4000 cm<sup>2</sup>/g 이상으로 미세공극의 충전효과로 인한 공기량 감소로 판단된다.

#### 4.2. 강도발현 특성

Table 4는 라텍스 혼입률과 고로슬래그 미분말 혼입

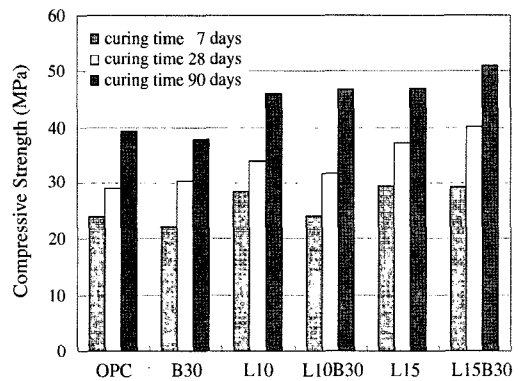


Fig. 2. Comparison of compressive strength for BS-LMC.

Table 4. Results of strength and permeability of BS-LMC.

Spec.	Latex (%)	B.S (%)	W/B (%)	Compressive strength (MPa)				Flexural strength (MPa)			Permeability (Coulombs)	
				7 days	28 days	56 days	90 days	7 days	28 days	90 days	28 days	90 days
L0B0	0	0	0.53	24.04	29.10	32.90	39.34	3.56	4.88	6.60	-	12,297
L0B30	0	30	0.53	22.16	30.30	34.56	37.70	3.15	3.88	5.76	-	7,061
L10B0	10	0	0.39	28.47	33.98	38.40	45.89	5.50	7.50	8.97	2,215	1,456
L10B30	10	30	0.39	24.11	31.84	38.00	46.72	5.83	7.15	10.05	581	639
L15B0	15	0	0.34	29.36	37.15	42.43	46.95	6.73	7.56	10.58	1,900	974
L15B30	15	30	0.32	29.23	40.16	45.43	50.95	6.88	8.30	11.55	520	528

\*remark : permeability rating based on charge passed(ASTM C 1202)

4,000< : High, 4000~2000 : Moderate, 2000~1000 : Low, 100~1000 : Very low

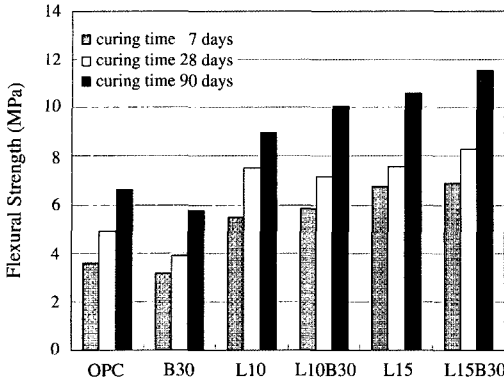


Fig. 3. Comparison of flexural strength for BS-LMC.

를 변화에 따른 강도발현 특성을 나타낸 것이다. 또한 Fig. 2는 BS-LMC의 재령별 압축강도를 나타낸 것이다. 고로슬래그 미분말 혼입률 증가에 따른 강도발현 특성은 라텍스 혼입률이 각각 0, 10, 15%일때 고로슬래그 미분말을 30% 혼입한 모든 시편에서 초기재령 압축강도가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나, 장기재령에 있어서 강도는 L10B0과 L10B30일때 각각 45.89 MPa, 46.72MPa로 나타났으며, L15B0과 L15B30일때는 46.95MPa, 50.95MPa로 나타나 라텍스개질 콘크리트에 혼입된 고로슬래그 미분말에 의한 압축강도의 저감현상은 없는 것으로 나타났다. 이와같은 결과를 미루어볼때, LMC에 있어서 고로슬래그 미분말의 사용은 보통콘크리트와 달리 고로슬래그 미분말의 혼입으로 인한 강도변화가 크지 않음을 알 수 있었다. 다만 라텍스 혼입에 따른 물-시멘트비의 감소가 강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 3은 BS-LMC의 휨강도를 재령별로 비교한 것이다. Fig. 3으로부터 휨강도 발현 특성을 살펴보면, 라텍스 15%, 고로슬래그 미분말 30%를 혼입한 L15B30의 경우가 가장 우수한 휨강도를 보였다. 휨강도는 라텍스의 혼입으로 인해 매우 크게 증진되었으며, 고로슬래그 미분말을 라텍스와 동시에 혼입할 경우 강도증진 효과가 더욱더 커지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 고로슬래그 미분말만을 혼입한 경우는 혼입하지 않은 경우에 비해 휨강도가 저하되는 것으로 나타났다. 그리고 라텍스를 10%이상 혼입하면 재령 28일에서는 7MPa 이상, 재령 90일에서는 10MPa 이상의 우수한 휨강도를 나타내었다. 이들 결과를 종합하면, 압축강도 발현 특성은 라텍스 개질 콘크리트에 고로슬래그 미분말을 혼입한 경우가 고로슬래그 미분말을 OPC에 혼입한 경우보다 우수한

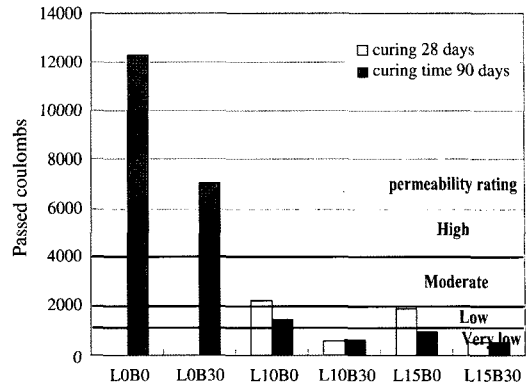


Fig. 4. Charge Passed of BS-LMC.

강도증진 효과를 보이는 것으로 나타났으며, 특히 휨강도 발현에 있어 라텍스와 고로슬래그 미분말의 혼합사용은 매우 우수한 특성으로 보이는 것으로 나타났다.

### 4.3. 투수성에 대한 고로슬래그 미분말의 영향

OPC에 혼입되어지는 라텍스는 콘크리트 내부에 형성되는 폴리머 입자의 불투수성막에 의해 투수성이 감소되는 것으로 알려져 있다. 따라서, LMC는 수밀성을 요하는 구조물에 적합한 콘크리트이다. 본 연구에서는 LMC에 혼입된 고로슬래그가 LMC의 투수성에 미치는 효과를 분석하고자 하였다. Fig. 4는 각 변수에 대한 재령 28일과 90일에 실시한 염소이온투과시험의 결과를 나타낸 것이다.

라텍스를 첨가하지 않은 LOB0의 시편은 고로슬래그 미분말 혼입률에 상관없이 재령 28일에서 염소이온투과율이 시험규정을 벗어나 측정불가 처리하였다. 그러나 라텍스를 혼입할 경우 투수성은 현저하게 감소되어 재령 90일에서는 투과전하량이 약 10배이상 감소하는 것으로 나타나 라텍스에 의한 LMC의 높은 투수저항성을 확인할 수 있었으며 특히 라텍스 혼입률 15%에서는 매우 낮은 등급의 투수성을 보였다.

LMC에 혼입된 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 재령별 투과전하량을 살펴보면, 라텍스 혼입률 10%와 15% 모두에서 고로슬래그 미분말 혼입률이 증가할수록 투수성이 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 특히, 라텍스 혼입률 10%에 고로슬래그 미분말 30%를 혼입할 경우 장기재령에 있어 투과전하량은 약 600쿨롱대로 나타나 라텍스 15%만을 첨가한 LMC보다 매우 높은 투수저항성을 갖는 결과를 나타내었다.

즉, LMC에 첨가된 고로슬래그 미분말 30%의 BS-

LMC 투수저항성은 라텍스만의 단독 혼입보다 더 우수한 것으로 나타났으며 이러한 경향은 콘크리트의 수화 반응과 더불어 발생하는 고로슬래그의 포졸란 반응으로 콘크리트 자체의 내부구조가 치밀해져 불투수성이 우수하게 되고, 이와 함께 라텍스의 필름막 형성에 의해 그 효과가 배가되는 것으로 판단된다.

4.4. 내화학약품성에 미치는 영향

내약품성 실험은 ASTM C 267 규정에 준하여  $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 원주형 공시체를 제작하여 28일 동안 기건 양생(20, 80% RH)을 실시한 후 2% 염산과 5% 황산의 수용액을 시험 용액으로 하였으며 28일 동안 수용액에 침전하여 내약품성 시험을 수행하였다. Fig. 5와 6은 시편을 황산 5%와 염산 2%에 각각 침전시킨 후 각 재령에 따른 중량감소율을 나타낸 것이다. Fig. 5는 OPC

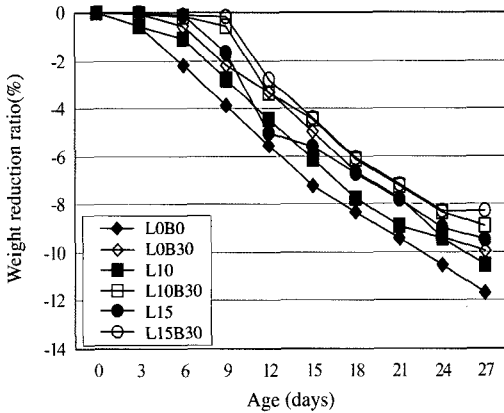


Fig. 5 Sulfuric acid resistance of BS-LMC.

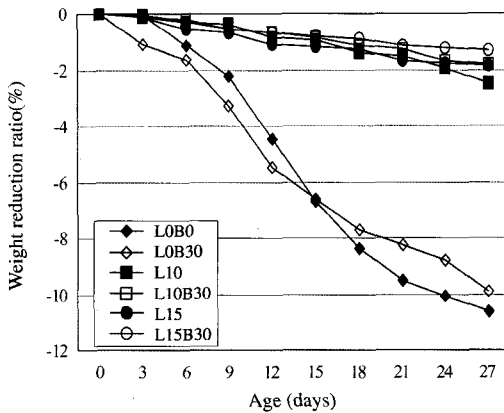


Fig. 6 Hydro-chloric acid resistance of BS-LMC.

에 첨가된 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 황산 침식 특성으로 고로슬래그 미분말의 혼입률이 증가될수록 황산에 대한 시멘트 경화체의 저항성이 다소 개선되는 것을 알 수 있다. 즉, LOB0에서는 침식 28일에 있어서 중량감소율은 약 12%로 나타났으나 고로슬래그 미분말 혼입률 30%인 LOB30에서는 중량감소율이 약 9%로 저하되는 것으로 나타났다.

또한, 라텍스 혼입률 15%의 L15B0에서 중량감소율이 약 9%, 고로슬래그 미분말 30%를 혼입한 L15B30의 경우 8%로 나타나 라텍스 및 고로슬래그 미분말의 혼입에 의한 황산침식의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 고로슬래그 미분말의 경우 50% 이상 사용되어야 내화학약품성이 증대된다는 기존의 연구결과와 유사함을 알았다. Fig. 6은 염산에 대한 시멘트 경화체의 침식저항성을 나타낸 것으로 라텍스 혼입으로 인해 침식저항성이 크게 향상됨을 알 수 있다. 또한 고로슬래그 미분말의 혼입으로 인하여 OPC에서의 염산침식저항성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 라텍스 혼입률 10%이상에서는 고로슬래그 미분말 혼입의 유무에 따른 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

4.5. 경제성 분석

라텍스개질 콘크리트는 수성 폴리머 일종인 라텍스를 혼합하여 콘크리트의 재성질을 크게 향상시킨 것으로, 국내·외의 많은 연구결과로부터 라텍스 혼입률이 15%에서 최적의 성능을 나타내어 현재 이를 기준으로 현장 구조물에 적용하고 있다. 그러나 라텍스의 단가가 높은 관계로 확대적용하기에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 라텍스의 효과와 경제성을 동시에 확보하기 위하여 산업폐기물의 일종인 고로슬래그 미분말을 혼입한

Table 5. Comparison of LMC specific and BS-LMC.

	LMC(L=15%) 관리기준 <sup>15)</sup> *	L15	LOB30	L10B30	L15B30
압축강도 (MPa)	$f_{28}=27$ 이상	37	30	32	40
휨강도 (MPa)	$f_{28}=4.5$ 이상	7.56	3.88	7.15	8.3
공기량 (%)	6이하	5.0	2.3	2.6	3.9
염화물이온 투과량	1000콜롬이하	974	7061	639	528

\*LMC 교면포장공사 전문시방서

Table 6. Comparison of economical efficiency.

구분		Cement	Latex	BS	Total
재료					(원/m <sup>3</sup> )
L15B0	단가 (원/kg)	79.2	1,220	-	
	사용량 (kg/m <sup>3</sup> )	400	128	-	
	일위단가 (원/m <sup>3</sup> )	31,680	156,160	-	187,840
L10B30	단가 (원/kg)	79.2	1,220	50	
	사용량 (kg/m <sup>3</sup> )	280	85	120	
	일위단가 (원/m <sup>3</sup> )	22,176	103,700	6,000	131,876
차액(원/m <sup>3</sup> )		-9,504	-52,460	+6,000	55,964

(한국물자정보 <http://www.kpi.or.kr/>)

라텍스개질 고로슬래그 콘크리트와 비교하였다.

Table 5에서와 같이 현재 사용되고 있는 LMC와 가장 유사한 성능을 나타내는 고로슬래그 미분말의 혼입률은 라텍스 10%, 고로슬래그 미분말 30%로 평가되었다. 그러나 고로슬래그 미분말만을 치환할 경우 강도 및 투수성의 관리기준에 미달하였다.

이와 같은 연구결과를 토대로 Table 6과 같이 경제성은 라텍스 혼입률 15%(L15) 대비 라텍스 혼입률 10%와 고로슬래그 미분말을 30% 혼입한 경우(L10B30)의 생산단가가 약 30%의 재료비 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 산업폐기물의 일종으로 콘크리트 혼화재로 사용되는 고로슬래그 미분말을 사용한 라텍스개질 콘크리트의 기초적인 물성변화를 분석하였다. 이를 위하여 굳지 않은 콘크리트와 경화 후 콘크리트의 강도 및 내구특성 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 고로슬래그 미분말을 혼입함에 따라, 압축강도는 40MPa 이상, 휨강도는 10MPa 이상의 매우 우수한 강도 발현 특성을 나타내었다. 그리고 라텍스 혼입률 10%, 고로슬래그 미분말 30%를 혼입한 BS-LMC는 현재 적용되고 있는 교면포장용 라텍스 개질 콘크리트와

가장 유사한 강도발현 특성을 보였다.

2. 라텍스개질 콘크리트에 혼입된 고로슬래그 미분말은 혼입률이 증가할수록 투수저항성이 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 라텍스 혼입률 10%에 고로슬래그 미분말 30%를 혼입한 경우 일반 LMC보다 우수한 투수저항성을 보였다. 이와같은 결과는 고로슬래그의 포졸란 반응으로 콘크리트 자체의 내부구조가 치밀해져 불투수성이 되고, 이와 함께 라텍스의 필름막 형성에 따른 그 효과가 배가되는 것으로 판단된다.

3. 황산에 대한 침식저항성은 라텍스와 고로슬래그 미분말 혼입에 따른 차이점을 발견할 수 없었으나, 염산에 의한 침식저항성은 라텍스의 혼입으로 크게 증가되는 것으로 분석되었다.

4. 교면포장에 적용되는 기준배합(L15)과 유사 특성을 보이는 BS-LMC 배합(L10B30)의 생산단가를 비교한 결과 약 30%의 재료비 절감 효과가 있는 것으로 판단된다.

따라서 라텍스개질 콘크리트 제조에 있어 고로슬래그 미분말의 사용은 콘크리트 성능개선은 물론 폐기물의 재활용 측면에서 경제성 확보까지 가능한 것으로 평가되었다.

## 참고문헌

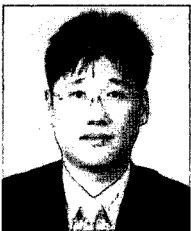
- 최 항, 이상수, 원철, 정한용, 2000 : 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 특성 및 경제적인 효과에 관한 연구, 대우건설기술 연구보고서, pp.61-73.
- 이창수, 설진성, 윤인석, 박종혁, 2002 : 플라이애시와 고로슬래그 미분말을 복합사용한 콘크리트의 내구성능 향상 효과, 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, pp. 23-26.
- 신건식, 최 룡, 2003 : 레미콘에서 혼화재로 고로슬래그 미분말을 사용하는 당위성에 대하여, 한국콘크리트학회지, 제 15권 2호, pp.8-12.
- 한중선, 2003 : 레미콘 공장에서 고로슬래그 미분말 사용 문제점과 개선방안, 한국콘크리트학회지, 제 15권 2호, pp. 6-7.
- 윤경구, 정원경, 홍창우, 장홍균, 2002 : SB라텍스 개질 콘크리트의 동결융해 내구특성, 대한토목학회논문집, 제 22 권 제 5-A호, pp. 1003-1010.
- Ohama, Y., 1995 : HANDBOOK OF POLYMER-MODIFIED CONCRETE AND MORTARS Properties and Process Technology, Noyes Publications.
- ACI Commettee548, 1991 : State-of-the-Art Report on Polymer-Modified Concrete, American Concrete Insititute, ACI 548.3R-91.

8. 홍창우, 김동호, 최상룡, 장홍균, 최성욱, 2001 : 초속경 시멘트를 사용한 라텍스개질 콘크리트의 강도발현 및 내구 특성, 콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 13(13), pp. 1029-1034.
9. Sakai, E. and Sugita, J., 1995 : Composite Mechanism of Polymer Modified Cement, Cement and Concrete Research. 25(1), pp.127-135.
10. 윤경구, 이주형, 2000 : 현장적용을 위한 라텍스 개질콘크리트의 역학적 특성, 대한토목학회 가을 학술 발표회논문집, pp. 395-398.
11. Fontana, J. J. and Farrell, L. J., 1993 : Standard Specification for Latex-Modified Concrete(LMC) Overlays, ACI 548.4-93.
12. Kuhlmann, L. A. and Moldvan, D., 1989 : Experiments to Evaluate Factors Effecting the Permeability of Latex Modified Concrete, Dow Chemical Company. Form No. 574-089-003.
13. 주명기, 김남길, 연구석, 2002 : 고로슬래그 미분말을 혼합한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성, 한국콘크리트학회 논문집, 14(2), pp. 164-170.
14. 日本建築學會, 2001 : 高爐セメント를 사용하는 콘크리트의 調査設計・施工指針・同解説, pp.30.
15. LMC 교면포장 전문 시방서, 2005.



洪昌佑

- 1999년 강원대학교 토목공학과 박사
- 현재 충주대학교 토목공학부 교수



鄭元京

- 2005년 강원대학교 토목공학과 박사
- 현재 충주대학교 토목공학부 겸임교수



金敬鎭

- 1993년 강원대학교 토목공학과 박사
- 현재 충주대학교 토목공학부 교수

《광 고》 본 學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- \* EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 : 20,000원  
(International Symposium on East Asian Recycling Technology)
- \* 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- \* 학회지 합본집 I, II, III, IV, V, VI 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원)  
(I: 제1~10호, II: 제11~20호, III: 제21~30호, IV: 제31~제40호, V: 제41~50호, VI: 제51~62호)
- \* 한·일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, 價格 : 30,000원
- \* 한·미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, 價格 : 15,000원
- \* 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- \* 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, 價格 : 22,000원, 발행처-文知社
- \* EARTH 2001 Proceeding (2001) 788쪽, 價格 : 100,000원  
(The 6th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology)
- \* 오재현의 자동차 리사이클링기행(2003년 2월) 312쪽, 價格 : 20,000원, 발행처-MJ미디어
- \* 리사이클링백서(자원재활용백서, 1999년) 440쪽, 價格 : 15,000원, 발행처-文知社
- \* 리사이클링백서(자원재활용백서, 2004년), 578쪽, 價格 : 27,000원, 발행처-淸文閣