

라텍스 개질 콘크리트용 Carboxylated Styrene Butadiene 라텍스의 제조와 적용 특성

이봉규 · 주창식[†]

부경대학교 화학공학과
608-739 부산시 남구 용당동 산 100
(2012년 4월 10일 접수, 2012년 9월 2일 채택)

Preparation and Application Characteristics of Carboxylated Styrene Butadiene Latex for Latex Modified Concrete

Bong-Kyu Lee and Chang-Sik Ju[†]

Department of Chemical Engineering, Graduate School of Pukyong National University,
San 100, Yongdang-dong, Nam-gu, Busan 608-739, Korea
(Received 10 April 2012; accepted 2 September 2012)

요 약

라텍스 개질 콘크리트의 혼화용 라텍스를 개발할 목적으로 carboxylated styrene butadiene 라텍스를 이단계 유화중합법으로 제조하고 콘크리트에 적용하는 실험을 수행하였다. 음이온 유화제로는 sodium dodecylbenzene sulfonate와 sodium salt of lauryl sulfate를 선정하였고, 라텍스 안정제로는 nonylphenoxy poly(ethyleneoxy) ethanol 계열의 동족체들($n=10, 20, 40$)을, 그리고 potassium persulfate와 sodium bisulfite를 redox 개시제로, Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 전해질로 각각 사용하였다. 중합안정성에 대한 음이온 유화제의 종류와 사용량의 영향 및 입자크기의 전해질 농도 의존성을 실험적으로 고찰하여 LMC용 라텍스 제조에 적합한 중합처방을 제시하였다. 이 중합처방으로 제조한 라텍스의 LMC 용도에 대한 적용성을 시험한 결과, 슬럼프와 공기량은 한국도로공사의 품질기준을 충족하며, 역학적 물성시험 결과에서는 28일간 경화시킨 시편의 압축강도와 휨강도가 품질기준보다 각각 39.6, 87.3% 더 높은 증진효과가 발현됨을 확인하였다.

Abstract – For the purpose of development of the latex suitable for latex modified concrete, experimental researches on the preparation of carboxylated styrene butadiene latex by the method of the two-step emulsion polymerization and application to concrete were performed. Sodium dodecylbenzene sulfonate and sodium salt of lauryl sulfonate were selected as anionic emulsifiers, and nonylphenoxy poly(ethyleneoxy) ethanols ($n=10, 20, 40$) as latex stabilizer. Potassium persulfate and sodium bisulfite were used as redox initiator, besides Na_2HPO_4 and K_2CO_3 as electrolytes. Polymerization recipe of latex suitable for latex modified concrete were suggested from the experimental researches on the effects of anionic emulsifiers and their concentration on the polymerization stability, and the effect of electrolytes concentration on the particle size of latex. Physical properties, such as slump, air contents, compressive and flexural strength, of latex prepared by suggested polymerization recipe were examined. The experimental results showed that latex modified concrete satisfied the quality standards in slump and air contents. Furthermore, it was turned out that the compressive and the flexural strength of latex modified concrete with 28 days curing time showed appreciably improvements.

Key words: Latex, Latex Modified Concrete, Carboxylated Styrene Butadiene Latex

1. 서 론

종래의 교량 바닥판 아스팔트 포장재는 공용기간 동안 차량하중에 의한 충격, 직접적인 외부의 열화환경인 동결 융해, 높은 투수성에 의한 용빙제나 수분 등의 침투에 의한 부식과 손상으로 공용수명에 심각한 영향을 받아 왔다. 최근에는 교량 바닥판 아스팔트 포장재가 가지는 단점을 효과적으로 방지하기 위하여 고성능 콘크리트의 일한

인 라텍스 개질 콘크리트(latex modified concrete ; LMC)를 교면포장에 시공하는 사례가 증가하고 있다[1,2].

라텍스를 혼화한 콘크리트는 굳지 않은 상태에서 일반 콘크리트에 비해서 작업성이 현저하게 향상되어 같은 슬럼프 조건에서도 물시멘트 비의 절감과 더불어 이에 따른 건조수축의 감소와 균열저항성 증진 등의 효과를 나타내게 된다. 또, 경화 후의 상태에서는 라텍스 입자의 불투수성 필름막에 의해 콘크리트의 투수성을 현저히 감소시켜 염분 및 수분침투를 방지하여 철근부식 등으로부터 콘크리트 슬래브를 보호하여 내구성을 향상시키며, 휨과 인장에 대한 강도를

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: csju@pknu.ac.kr

크게 증진시키며 염화물에 대한 저항성을 크게 개선하는 것으로 보고되고 있다[3,4].

현재 많이 사용되고 있는 LMC 혼화용 라텍스로서는 styrene butadiene rubber latex (SBR latex), ethylene vinyl acetate copolymer emulsion (EVA emulsion), polyacrylic emulsion latex (AE latex) 등이 사용되고 있으나 이들은 제조 시 유화제의 과다사용으로 인하여 LMC에서 요구되는 휨강도, 압축강도, 내수강도, 균열, 내구성에서 문제점이 노출되고 있어 최근에는 유화제 사용량을 대폭 줄이거나 거의 사용하지 않는 유화 중합에 대한 연구들이 보고되고 있다[5-7]. 유화중합에 의해서 이들 latex를 중합할 때 SBR latex는 중합속도를 증진시키기 위하여 potassium persulfate (KPS)와 sodium bisulfate (SBS)를 산화 환원 개시제로 사용하나 EVA emulsion이나 EA latex의 경우에는 중합속도가 빠르므로 응고물의 과다 발생을 억제하기 위해서 ammonium persulfate (APS)를 개시제로 사용한다. Lee 등[8]은 접착제용 AE latex 제조에서 acrylic monoer들을 유화중합할 때 개시제로 APS를 사용하여 전환율, 입자크기, 박리강도 및 유리전이 온도에 대한 개시제와 유화제의 중합조건을 연구하였다. 친수성 공단량체들을 사용하여 유화제 사용량을 대폭 줄여 합성한 carboxylated styrene butadiene 라텍스는 고형분 함량이 높고 입자크기 분포가 단분산이며 젤함량이 높아서 저장성과 기계적 및 화학적 안정성이 우수하고 시멘트 몰타르나 콘크리트의 역학적 물성들을 크게 향상시킬 수 있으므로 그 이용가치가 크다[9,10].

본 연구에서는 LMC 혼화용에 적합한 물성을 가진 carboxylated styrene butadiene 라텍스를 제조하고 그 적용성을 검토할 목적으로 무유화제 유화중합법을 적용하여 음이온 유화제 사용량을 현저하게 감소시키고, LMC용 라텍스 품질기준에 적합한 입자크기로 제어하기 위하여 seed 라텍스를 이용하는 이단계 유화중합법을 적용하였다. 라텍스 물성에 영향을 주는 음이온 유화제 및 전해질의 종류와 사용량이 라텍스의 입자크기에 미치는 영향을 고찰하여 LMC의 요구물성을 발현할 수 있는 라텍스의 중합처방(polymerization recipe)을 제시하였으며, 또 이 중합처방으로 합성한 라텍스를 혼화한 LMC의 슬럼프와 공기량에 대한 한국도로공사 품질기준의 충족 여부를 확인하였으며, 역학적 물성시험 결과 품질기준에 대한 압축강도와 휨강도의 증진효과를 검토하였다.

2. 실험

2-1. 라텍스의 제조방법

본 연구에서 사용한 중합반응기는 2L Autoclave Agitator (Jeitech Co., Korea)를 사용하였다.

먼저 중합반응기에 주 모노머로 styrene과 butadiene, 카르복실 모노머로 methyl methacrylate, methacrylic acid 및 acrylic acid, 첨가제로서 유화제, 전해질, 분자량 조절제, 가교제 및 탈 이온수를 중합반응기에 넣고 온도 50~80 °C, 상압에서 교반속도 350 rpm으로 두 시간 중합하여 생성된 라텍스를 seed latex로 사용하였다. 제조한 seed latex의 기본물성은 고형분함량 35 wt%, 입자 크기 37.8 nm, pH 2.0, 점도 31cP를 나타내었다.

이단계 유화중합에서는 미리 제조한 seed latex를 25 wt%, 75 wt%에 상당하는 중합 모노머와 친수성 공단량체 및 첨가제들을 넣고 seed latex의 제조조건과 같은 온도, 압력 및 교반속도에서 4시간 동안 중합하였다. Fig. 1에 본 실험에서 제조한 seed latex의 TEM 사진과 입도분포측정 결과를 나타내었다.

2-2. 라텍스의 기본물성 측정

라텍스의 총고형분함량은 반응이 완료된 시료를 적외관식 건조기에서 건조한 후 칭량하여 계산하였으며, 중합수율은 중합반응이 완료된 후 Juang 등[11]의 중량법으로 계산하였다. 라텍스의 입도분석은 Malvern Zetasizer (1000HSA, Malvern Instrument Co., UK)로 측정하였으며, 전자현미경 사진은 TEM (Jeol 1220, Japan)을 이용하여 60 keV에서 100,000 배율로 촬영하였다. 라텍스의 기계적 안정성은 Maron Tester (Richenseiki No.156, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2-3. LMC의 물성 측정

굳지 않은 LMC의 작업성은 슬럼프콘 시험방법(KS F 2402)에 따라 슬럼프를 측정하였으며, 공기량은 공기실 압력방법(KS F 2409)으로 측정하였다. LMC의 역학적 강도는 stainless steel 몰드 휨강도용(KS F 2408)과 압축강도용(KS F 2405)으로 공시체를 제작하여 시험 전까지 양생온도 20±2 °C, 상대습도 95% 이상의 항온항습실에서 양생시킨 후 재령 7, 14, 28일의 압축강도와 휨강도를 측정하였다.

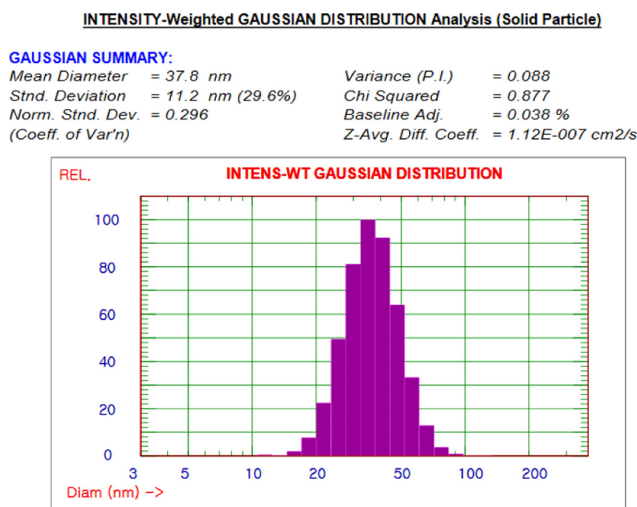
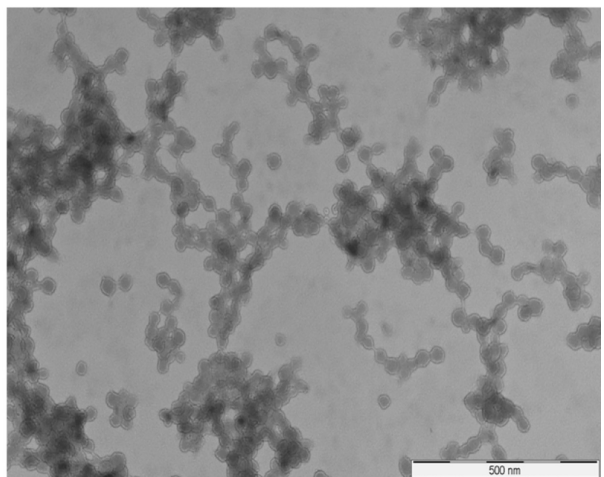


Fig. 1. TEM photograph and particle size distribution of seed latex.



3. 결과 및 고찰

3-1. 유화제의 선정과 라텍스의 안정화

통상 유화중합에서는 음이온 유화제를 3~5 phm 정도를 사용해야 중합물의 중합안정성, 입자크기, 라텍스의 기계적 안정성 및 저장 안정성이 우수한 라텍스를 얻을 수 있다[12]. 그러나 라텍스를 시멘트와 혼화할 때 음이온성 유화제를 많이 사용하여 중합한 라텍스들은 시멘트에서 용출되는 Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} 등의 양이온들 때문에 시멘트와 응결하는 현상을 초래하게 된다. 유화제의 종류와 사용량은 라텍스의 입경과 입경분포 및 안정성에 큰 영향을 미치게 되며, Pham 등[13]은 miniemulsion 중합법에 의해서 cetyl alcohol과 sodium lauryl sulfate의 혼합 유화제를 사용하여 합성한 PVC 라텍스의 평균 입경과 입경분포에 미치는 유화제의 영향을 검토한 결과 합성된 PVC 라텍스의 입경은 0.4~0.7 μm 범위로 얻어졌으며 입경 0.7 μm 의 입자는 극도로 불안정하였다고 보고하였다.

본 실험에서는 무유화제 유화중합의 원리를 적용하여 친수성 공단량체인 methyl methacrylate (MMA), methacrylic acid (MAA) 및 acrylic acid (AA)를 사용[9,10]하여 음이온 유화제의 사용량을 현저하게 줄임으로써 시멘트와의 응결현상을 방지하고 라텍스의 안정성, 저 발포성, 유동성 향상 및 필름의 인장강도를 증대시켜 내수성, 내식성, 내습성 및 박리접착강도를 증진시켰다.

음이온 유화제의 종류와 사용량을 결정하기 위하여 음이온 유화제를 제외한 성분들의 사용량은 고정시키고, sodium monododecylphenyl benzene sulfonate (DOWFAX-2A1), sodium dodecyl benzene sulfonate (DBS-Na), sodium lauryl sulfonate (SLS) 및 sodium salt of lauryl sulfonate (ES-528)의 음이온 유화제 사용량에 대한 중합안정성, 총 고형분함량 및 겔함량을 실험한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보면 4종류의 음이온 유화제를 사용한 결과가 종류와 양에 관계없이 중합안정성, 총 고형분함량 및 겔함량이 거의 대동소이한 값을 나타내고 있다. 그러나 DOWFAX-2A1은 2개의 친수기를 보유하고 있어 LMC를 시공할 때 경화속도가 너무 지연되는 단점이 있으며, SLS는 중합안정성, 라텍스 안정성 및 시멘트와의 혼화성에서 좋지 않은 결과를 초래한다. 따라서 본 실험에서는 중합 안정성과 라텍스 안정성 및 시멘트 혼화성이 좋은 DBS-Na와 ES-528을 음이온 유화제로 선정하였다. 양쪽성(amphoteric) 유화제인 ES-528은 적게

사용하면 반응계의 액성이 산성화되어 중합 안정성과 라텍스 안정성이 떨어지고, 많이 사용하면 LMC의 내구성과 접착성 및 방수성이 약화됨으로 적절한 양 0.5 phm을, DBS-Na는 0.3 phm을 사용량으로 결정하였다.

LMC 용도의 라텍스로서 중요한 물성중의 하나가 라텍스를 콘크리트와 기계적인 혼합 시 강한 고속 교반에 수반되어 나타나는 전단 응력과 시멘트의 강알칼리성 반응에 견딜 수 있는 기계적, 화학적 안정성이 요구된다. 본 실험에서는 반응 종료 후 안정제로서 비이온성 유화제로서 nonyl phenoxy poly(ethyleneoxy)ethanol 계열의 동족체 ($n=10$:NP-10, $n=20$:NP-20, $n=40$:NP-40)를 각각 1 phm씩 넣고, 공기량과 강도에 영향을 미치는 실리콘 계열의 소포제 dimethyl siloxane을 0.6 phm 첨가하였다.

3-2. 전해질의 선정과 농도의 영향

음이온 유화제를 사용하는 유화중합에서 소량의 전해질을 첨가하면 수용액의 이온세기가 변화하므로 라텍스 입자표면 전하들의 반발력에 의해 라텍스의 안정성이 증가되어 입경이 증가한다고 알려져 있다[14].

본 실험에서는 LMC용 라텍스 제조에 적합한 전해질의 종류와 농도를 결정하기 위하여 전해질을 제외한 물질들의 사용량은 고정시키고 전해질의 종류와 사용량을 변화하여 라텍스의 입자크기와 중합안정성을 실험한 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 전해질을 첨가하지 않은 경우(S-1) 응고물량은 한국도로공사의 LMC용 라텍스 품질기준(0.1% 이하)을 충족하지만 평균입자크기는 품질기준(140~250 nm)에 미치지 못하고 있다. 4종의 전해질을 1.0 phm 사용한 경우(S-2~5)는 입자크기와 응고물량이 전해질의 종류에 따른 차이가 거의 없으며 품질기준을 충족하지만 한 종류의 전해질만 사용하게 되면 LMC를 시공할 때 경화속도의 조절이 어렵게 된다. 전해질을 2종씩 각각 1.0 phm씩 사용한 경우(S-8~10)에는 중합반응이 불안정하여 응고물량이 과다 발생하였다. 전해질 Na_2HPO_4 는 반응계의 완충작용으로 pH를 안정시켜 입자크기와 반응속도 및 중합안정성을 일정하게 해주며 LMC 시공 시 경화속도를 감소시켜 작업초기 유동성을 유지하여 가사시간을 연장해준다. 그러나, 일반적으로 라텍스 제조 시의 입자크기 조절과 시공 후의 경화속도 제어를 위해서 전해질 K_2CO_3 를 함께 사용하고 있다. Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 각각

Table 1. Effect of emulsifier concentration on polymerization stability

Emulsifier	DBS-Na			DOWFAX-2A1			ES-528			SLS		
Amount [phm]	0.3	0.5	1.0	0.3	0.5	1.0	0.3	0.5	1.0	0.3	0.5	1.0
TSC ^{a)}	46.5	47.5	47.0	46.1	47.5	47.5	45.6	46.9	47.0	45.3	47.3	47.6
Gel content	78.0	78.5	78.0	77.0	78.0	77.8	77.0	78.2	78.0	78.0	79.0	76.0
Coagulum ^{b)}	0.03	0.02	0.01	0.05	0.02	0.01	0.06	0.03	0.01	0.12	0.05	0.05

^{a)}Total solid content, ^{b)}Polymerization stability [coagulum %]

Table 2. Effect of electrolytes on particle diameter and polymerization stability

Electrolytes	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10
Na_3PO_4	0	1.0	0	0	0	0	0	0	1.0	0
Na_2HPO_4	0	0	1.0	0	0	0.25	0.5	1.0	0	0
Na_2CO_3	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	1.0
K_2CO_3	0	0	0	0	1.0	0.25	0.5	1.0	1.0	1.0
Diameter [nm]	91.6	156.3	148.9	152.5	153.9	122.8	156.7	229.2	213.8	207.2
Coagulum [%]	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	2.90	2.80	2.30

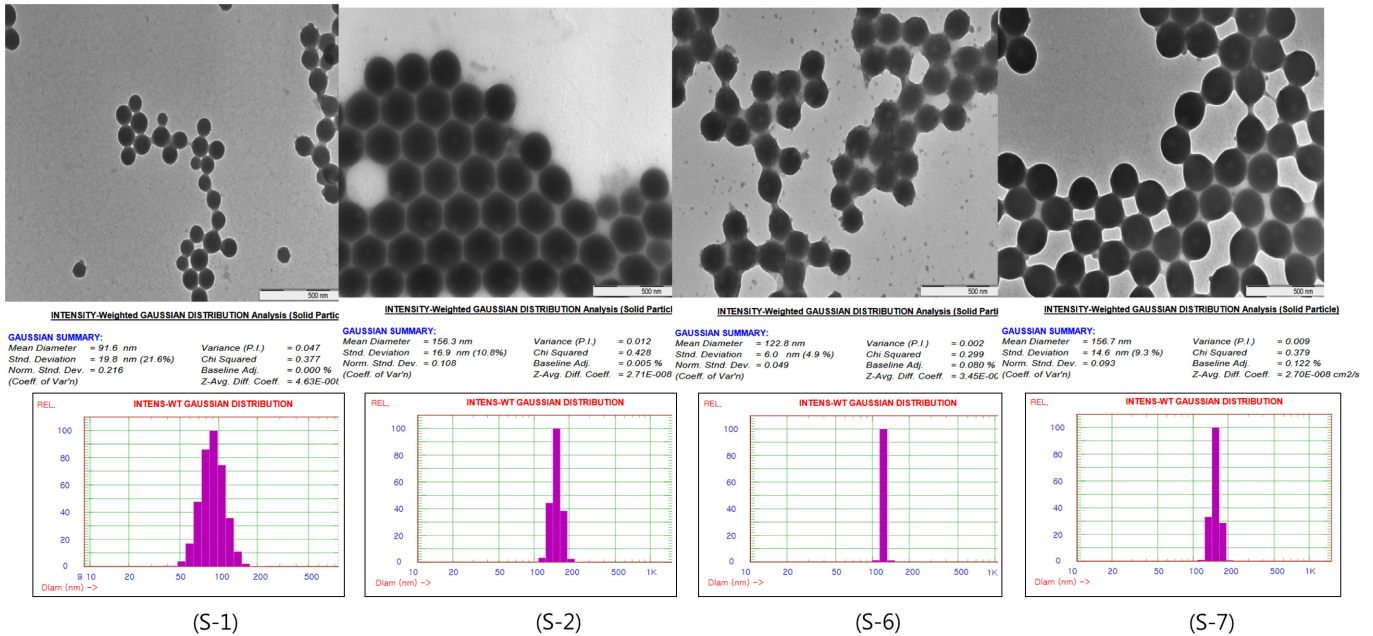


Fig. 2. TEM photographs and particle size distribution on amount of electrolytes.

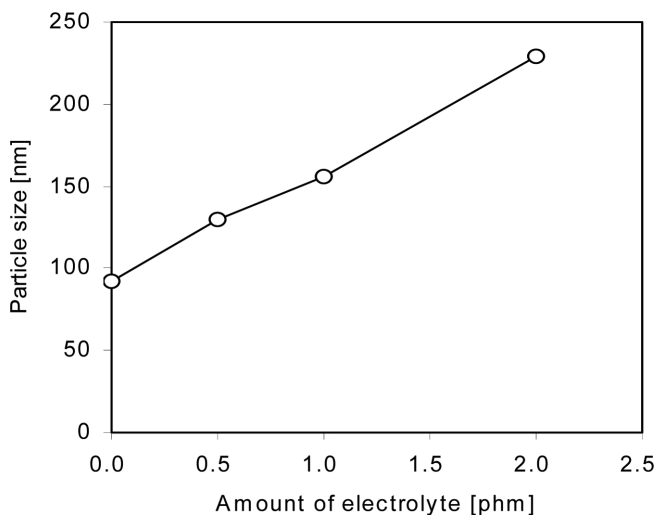


Fig. 3. Effect of amount of electrolytes on particle diameter.

0.25 pHm 사용한 경우(S-6)는 입자크기가 미달되었으며, 각각 1.0 pHm 사용(S-8)한 경우는 응고물량이 과다 발생하였다. Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 각각 0.5 pHm 사용한 경우(S-7)는 입자크기와 응고물량이 품질기준을 충족하여 이후 본 실험에 적용하였다. Fig. 2에 전해질의 종류와 사용량에 대한 라텍스의 TEM 사진과 입도분석측정 결과를 나타내었다. Fig. 3은 Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 등량씩 혼합한 양을 사용하였을 때 사용량에 따른 라텍스의 입자크기 변화를 나타낸 그래프이며, 실험 범위에서 전해질 사용량 증가에 따라서 입자크기가 거의 직선적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

3-3. 중합 처방

LMC 용도에 적합한 carboxylated styrene butadiene 라텍스를 제조하기 위하여 음이온 유화제 및 전해질의 선정과 사용량을 고찰한 결과를 검토하여 중합처방을 작성 Table 3에 제시하였다. 유화제와

Table 3. Polymerization recipe for latex used in this experiment

Ingredients	Content ^{a)}	Ingredients	Content
Styrene	55	NP-40	1
Butadiene	38	Na_2HPO_4	0.5
MMA	5	K_2CO_3	0.5
MAA	1	KPS ^{b)}	1.5
DBS-Na	0.3	SBS ^{c)}	0.2
ES-528	0.5	TDDM ^{d)}	0.2
NP-10	1	DVB ^{e)}	0.2
NP-20	1	DMS ^{f)}	0.6

^{a)}[phm]: Parts per hundred monomer

^{b)}Potassium persulfate

^{c)}Sodium bisulfate

^{d)}t-Dodecyl mercaptan

^{e)}Divinyl benzene

^{f)}Dimethyl siloxane

전해질을 제외한 성분들의 종류와 사용량은 특허[15]를 검토하여 결정하였다. 또, 이 중합처방에 따라서 제조한 라텍스의 물성을 시험한 결과 입자크기 156.7 nm, 응고량 0.03%, 고형분 함유량 47.5 wt%, pH 10.5, 표면장력 34 dyne/cm, 점도 60cP로 조사되어 한국도로공사 품질기준을 모두 충족하였으며 LMC 혼화용 라텍스로 적합한 물성임을 확인하였다.

3-4. LMC의 적용 특성 고찰

Table 3의 중합처방에 의해서 제조한 라텍스를 혼화한 LMC의 역학적 물성을 조사하기 위하여 한국도로공사의 교면포장용 LMC의 배합기준에 의거하여 굵은 골재 최대치수 13 mm, 물/시멘트 비(W/C) 33 wt%, 잔골재율(s/a) 58 wt%, 단위 라텍스량(고형분함량)을 단위 시멘트 중량의 15 wt% 혼화한 LMC를 가공하여 슬럼프(slump), 공기량, 휨강도 및 압축강도를 시험하였다.

슬럼프는 시공 시 굳지 않은 LMC의 유동성을 표시해주는 척도로써 가사시간에 직접적인 영향을 미친다. Fig. 4는 Table 3의 중합처

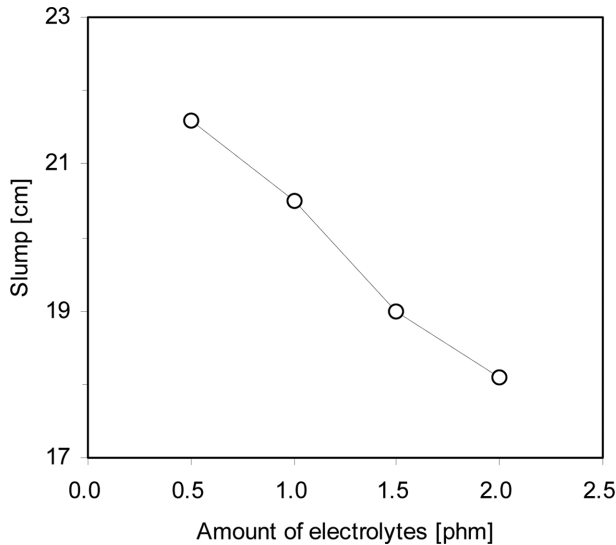


Fig. 4. Effect of amount of electrolytes on slump (mixed equalizing weight of Na_2HPO_4 and K_2CO_3).

방에서 전해질로 사용한 Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 각각 등량씩 혼합하여 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 phm 첨가하여 제조한 라텍스를 혼화한 LMC의 슬럼프를 측정한 그래프이다. Fig. 4에서 전해질 사용량이 증가하면 슬럼프는 거의 직선적으로 감소함을 보이고 있다. 일반적으로 전해질 사용량이 증가하면 입자 직경이 커져서 표면장력이 감소하여 슬럼프가 증가할 것으로 예상되지만, 탄산염 K_2CO_3 는 시멘트의 수화반응과정에서 칼슘실리케이트계 화합물의 수화반응을 용이하게 하여 수화물의 석출과 응결반응을 촉진함으로써 오히려 슬럼프가 감소하는 것으로 판단된다. 본 실험의 전해질 사용량 범위에서 슬럼프는 기준범위(19 ± 3 cm) 안에 포함되며 중합처방의 전해질량에 대한 슬럼프는 20.5 cm를 나타내었다.

일반적으로 굳지 않은 LMC 내의 공기량은 콘크리트의 작업성(workability)을 향상시키고 동결융해에 대한 저항성을 크게 개선시킨다. 즉, 콘크리트 속의 미세하고 독립된 연행공기는 시멘트나 골재의 경계면에 부착되어 골재 주변에서 볼 베어링과 같은 작용을 하여 콘크리트의 작업성을 개선해 주며, 단위수량이 감소되어 블리딩(bleeding) 현상을 줄여준다. 또한 작은 기포의 입경과 분포는 같은 공기량에서도 물/시멘트 비가 작게 되어 동결융해의 저항성에 영향을 미쳐 내동해성에 유리해진다. 즉, 콘크리트가 동결융해를 받으면 콘크리트 중의 자유수가 동결하게 되며 이 때 생기는 체적팽창에 의한 압력이 콘크리트를 열화시킨다. 이때 연행공기는 체적팽창에 의해 나타나는 내부압력에 대해서 완충작용을 하기 때문이다. 공기량은 소포제 사용량으로 조절되며 본 실험에서는 dimethyl siloxane을 0.6 phm 사용했을 때 LMC 공기량이 4.8 vol%로 측정되어 품질기준(6.0 vol% 이하)을 충족하였다.

Fig. 5는 본 실험에서 제조한 라텍스를 15 wt% 혼화하여 가공한 LMC의 역학적 강도를 시험한 결과를 나타낸 그래프이며 압축강도와 휨강도 모두 경화시간 경과에 따라서 증가하고 있다. 경화시간 28일에서 압축강도는 37.7 MPa로 측정되어 한국도로공사 품질기준(27 MPa 이상)에 비해서 39.6% 높은 증진효과를 보이며, 휨강도도 8.4 MPa로 측정되어 품질기준(4.5 MPa 이상)보다 87.3% 높은 강도가 발현되는 특성을 확인하였다. 이것은 LMC 내부에 형성된 폴리

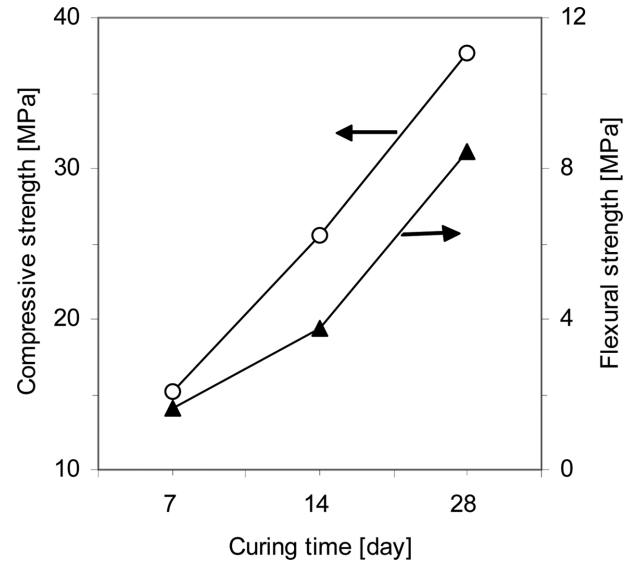


Fig. 5. Variation of compressive and flexural strength of LMC with curing time (○: Compressive, ▲: Flexural).

머 필름의 인장력에 기인되는 효과로 예상되며, 최근 건설되는 교량들이 주로 장경간 철골구조이므로 휨강도의 큰 증진은 교량 포장재료로서 내구성능을 한층 증대시키는 중요한 물성으로 생각된다.

4. 결 론

라텍스 개질 콘크리트의 혼화용 라텍스를 개발할 목적으로 carboxylated styrene butadiene 라텍스를 이단계 유화중합법으로 제조하고 LMC 적용성을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 음이온 유화제 DOWFAX-2A1, SLS, DBS-Na 및 ES-528을 사용량 0.3~1.0 phm 범위에서 중합안정성과 총 고형분함량 및 젤함량을 시험한 결과 유화제 종류와 사용량에는 큰 차이를 보이지 않는 결과를 얻었으며, 본 실험에서는 중합안정성과 라텍스안정성 및 시멘트와의 혼화성을 고려하여 DBS-Na와 ES-528을 음이온 유화제로 선정하였다.
- (2) 전해질 Na_2HPO_4 , K_2CO_3 , Na_3PO_4 및 Na_2CO_3 에 대한 입자크기와 중합안정성을 조사한 결과 LMC 시공 시의 경화속도 제어를 위해서 Na_2HPO_4 와 K_2CO_3 를 각각 0.5 phm 사용할 때 입자크기와 응고물량에서 품질기준이 충족되었다.
- (3) 유화제와 전해질에서 고찰한 결과를 검토하여 LMC용 라텍스 제조에 적합한 중합처방을 작성하여 제시하였으며, 이 중합처방으로 제조한 라텍스의 기본물성이 품질기준에 적합함을 확인하였다.
- (4) 본 연구에서 제조한 라텍스의 LMC 용도에 대한 적용성을 시험한 결과, 슬럼프와 공기량은 품질기준을 충족하였으며, 경화시간 28일에서 품질기준보다 압축강도는 39.6%, 휨강도는 87.3% 더 높은 증진효과와 발현 특성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Manson, J. A., "Overview of Current Research on Polymer Con-

- crete: Material and Future Needs," *ACI Publication*, **SP-69**(1981).
2. Depuy, G. W., "Polymer Modified Concrete-Properties and Applications," *Construction Repair*, **10**(2), 63-67(1996).
 3. Ohama, Y., "Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars Properties and Process Technology," *Noyes Publications*(1995).
 4. Shindoh, T., "Fundamental Study on Properties of Super Workable Concrete," *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, **13**(1), 179-184(1991).
 5. Ohtsuka, Y., Kawaguchi, H. and Sugi, Y., "Copolymerization of Styrene with Acryl amide in an Emulsifier-Free Aqueous Medium," *J. Appl. Polym. Sci.*, **26**, 1637-1647(1981).
 6. Guillaume, J., Pichot, C. and Guillot, J., "Emulsifier-Free Emulsion Copolymerization of Styrene and Butyl Acrylate. II. Kinetic Studies in the Presence of Ionogenic Comonomers," *J. Polym. Sci.*, **26**, 1937-1969(1988).
 7. Okubo, M., Yamada, A., Shibao, S., Nakamae K. and Matsumoto, T., "Studies on Suspension and Emulsion. XLV I. Emulsifier-Free Emulsion Polymerization of Styrene in Acetone-Water," *J. Appl. Polym. Sci.*, **26**, 1675-1679(1981).
 8. Lee, H. J., Park, J. S., Lee, S. R., Kim, J. M. and Chang, S. M., "Study of Emulsion Polymerization Condition of Aqueous Adhesive," *Korean Chem. Eng. Res.(HWAHAK KONGHAK)*, **47**(4), 470-475(2009).
 9. Liu, L. J. and Krieger, I. M., "Emulsifier-Free Emulsion Polymerization with Cationic Comonomer," *J. Polym. Sci.: Polym. Chemistry Ed.*, **19**, 3013-3026(1981).
 10. Ceska, G. W., "The Effect of Carboxylic Monomers on Surfactant-Free Emulsion Copolymerization," *J. Appl. Polym. Sci.*, **18**, 427-437(1974).
 11. Juang, M. S.-D. and Krieger, I. M., "Emulsifier-Free Emulsion Polymerization with Ionic Comonomer," *J. Polym. Sci.: Polym. Chem. Ed.*, **14**, 2089-2107(1976).
 12. Okigura, K. G., Suzuki, R. I. Motoyama, T. H. and Muroi, S. I., "Emulsion-Latex Handbook," Daisan Pub. Co., Japan, 42-43(1975).
 13. Pham, V. H., Lee, Y. H., Lee, D. J. and Chung, J. S., "Influence of Emulsifiers on Particle Size and Particle Size Distribution of PVC Latex Synthesized by Miniemulsion Polymerization," *Korean J. Chem. Eng.*, **26**(6), 1585-1590(2009).
 14. Okigura, K. G., Suzuki, R. I. Motoyama, T. H. and Muroi, S. I., "Emulsion-Latex Handbook," Daisan Pub. Co., Japan, 83-86(1975).
 15. Lee, B. K., "Preparation Method of Carboxylated Styrene Butadiene Synthetic Latex for Latex Modified Concrete," Korea Patent No. 10-0871318(2008. 11. 25).