

폴리머-시멘트 모르타르의 강도와 내구성

황 의 환 · 황 택 성 · 大濱嘉彦*

국립천안공업전문대학 공업화학과

*일본 일본대학 공학부 건축학과

(1994년 3월 29일 접수, 1994년 7월 15일 채택)

The Strength and Durability of Polymer-Cement Mortars

Eui-Hwan Hwang, Taek-Sung Hwang, and Yoshihiko Ohama*

Dept. of Industrial Chem., Cheon-an Nat'l Tech. Junior College, Cheon-an 330-240, Korea

*Dept. of Arch., College of Eng., Nihon Univ., Koriyama Fukushima-ken, Japan

(Received March 29, 1994, Accepted July 15, 1994)

요 약 : 폴리머-시멘트 모르타르의 강도와 내구성에 대하여 검토하였다. 폴리머-혼화제로서 styrene-butadiene rubber(SBR) 라텍스, ethylene-vinyl acetate(EVA) 에멀전 및 polyacrylic ester(PAE) 에멀전을 사용하고, 폴리머-시멘트 비를 다양하게 변화시켜(5, 10, 15, 20 wt%) 공시체를 제작하였다. 내구성의 평가시험으로는 동결융해시험, 내산성시험 및 내열성 시험을 수행하였다. 폴리머-시멘트 모르타르의 내동해성은 폴리머-시멘트비가 증가될수록 현저히 향상되었으나 내산성과 내열성은 저하되었다. SBR 폴리머-시멘트 모르타르의 강도(압축 및 휨강도)는 폴리머-시멘트비가 증가될수록 향상되었으나 EVA 및 PAE 폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-시멘트비 10wt%에서 최대치를 나타내었다.

Abstract: The strength and durability of polymer-cement mortars were investigated. The specimens of polymer-cement mortar were prepared by using styrene-butadiene rubber(SBR) latex, ethylene-vinyl acetate(EVA) emulsion and polyacrylic ester(PAE) emulsion with various polymer-cement ratios(5, 10, 15, 20wt%). For the evaluation of durability of polymer-cement mortars, freezing-thawing, acid resistance and heat resistance tests were conducted. With an increase of polymer-cement ratio, the frost resistance of polymer-cement mortars was greatly improved, but acid and heat resistance were deteriorated. The compressive and flexural strengths of SBR polymer-cement mortars were improved with an increase of polymer-cement ratio, whereas those of EVA and PAE polymer-cement mortars reached maximum value at polymer-cement ratio of 10wt%.

1. 서 론

건축기술의 발달과 더불어 고기능성 건축재료 중의 하나로 개발된 것이 폴리머-시멘트 모르타르이다[1]. 폴리머를 시멘트 모르타르에 사용하는 방법으로는 결합재로서 폴리머와 시멘트를 병용하는 폴리머-시멘

트 모르타르, 결합재로서 시멘트 대신에 순수한 폴리머만을 사용한 폴리머 모르타르, 경화 시멘트 모르타르를 건조, 탈기, 함침, 중합의 과정을 거쳐 시멘트 경화체의 세공 및 기포에 폴리머를 함침시킨 폴리머 함침 모르타르로 대별된다[2, 3].

폴리머-시멘트 모르타르는 1960년대 후반부터 본

격적으로 연구개발이 진행되어[4] 보통 시멘트 모르타르에서 단점으로 지적되고 있는 인장강도, 휨강도, 충격강도, 부착강도, 수밀성, 내구성 및 내약품성 등의 물성을 향상시킴으로써[5-7] 각종 바닥재, 방수재, 접착제, 보수재, 마감재 및 내구성 재료 등으로 산업 전반에 걸쳐 널리 응용되고 있다[8].

현재 상업적으로 폴리머-시멘트 모르타르의 제조에 사용되고 있는 폴리머의 종류는 수십종에 이르고 있으나 그중에서 성능과 경제적인 측면을 고려하여 볼 때, styrene-butadiene rubber(SBR) 라텍스, ethylene-vinyl acetate(EVA) 에멀전 및 polyacrylic ester(PAE) 에멀전 등이 우수한 것으로 알려져 있다[9]. 위의 3가지 폴리머를 사용한 폴리머-시멘트 모르타르는 관련 산업계에서 다양한 목적으로 사용되고 있으나 본 재료에 대한 제반물성, 특히 내구성에 대한 연구보고가 별로 없어 이에 대한 연구의 필요성이 대두되게 되었다.

따라서 본 연구에서는 폴리머-시멘트비의 변화에 따른 여러 가지 공시체를 만들어 건축재료로서의 기본물성인 강도와 내구성에 대하여 검토하였다. 강도 시험은 양생방법을 변화시켜 제조한 공시체와 내산성 시험후의 공시체에 대하여 조사하였으며, 내구성시험으로는 동결융해시험, 내산성시험 및 내열성시험을 행하였다. 연구결과와 고찰을 위하여 수은압입법에 의한 세공량 분포의 측정과 동시에 주사전자현미경에

의한 공시체의 조직관찰을 통하여 매트릭스 내에서 폴리머 필름의 형태학적 고찰도 아울러 살펴 보았다.

2. 실험

2.1. 재료

시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트, 세골재는 일본의 Toyoura standard sand(조립율 1.0, 비중 2.63) 및 소포제는 실리콘 에멀전계(FS antifoam AFE, 30% silicone emulsion, 일본의 Dow corning사제)를 사용하였다. 또한 폴리머-혼화제로서 SBR 라텍스, EVA 및 PAE 에멀전을 사용하였으며, 그 물성을 Table 1에 나타내었다.

2.2. 공시체의 제조

Table 2는 본 실험에 사용한 배합조성을 나타낸 것인데, Table 2에서와 같이 폴리머-시멘트비를 5,

Table 1. Properties of Polymer Dispersions

Types of polymer dispersion	sp. gr. (20°C)	Viscosity (20°C, cP)	pH (20°C)	Total solids(wt%)
SBR	1.020	171	9.2	44.8
EVA	1.062	1200	5.0	44.9
PAE	1.054	28	8.8	44.8

Table 2. Mix Proportions of Polymer-Modified Mortars

Mortar designation	Cement:sand (by weight)	Polymer cement ratio(%)	Water cement ratio(%)	Antifoaming agent(%)	Unit weight(g/ml)	Air content(%)	Flow	Remarks
UM	1:3	0	77.0	0	1.961	8.8	170	Unmodified
S-5	1:3	5	65.0	0.7	1.921	12.3	169	SBR-Modified
S-10	1:3	10	62.0	0.7	1.968	9.8	167	"
S-15	1:3	15	58.0	0.7	1.974	9.4	172	"
S-20	1:3	20	55.0	0.7	1.932	11.2	169	"
E-5	1:3	5	69.6	0.7	1.945	10.5	172	EVA-Modified
E-10	1:3	10	66.6	0.7	1.937	10.7	173	"
E-15	1:3	15	63.6	0.7	1.933	10.7	171	"
E-20	1:3	20	59.6	0.7	1.916	11.6	169	"
P-5	1:3	5	65.6	1.5	1.838	16.3	173	PAE-Modified
P-10	1:3	10	62.1	1.5	1.968	10.2	169	"
P-15	1:3	15	59.3	1.5	1.959	10.4	172	"
P-20	1:3	20	57.6	1.5	1.985	8.8	173	"

10, 15, 20wt%로 정하고 모든 배합의 플로우치(flow value)는 170 ± 5 가 되도록 물-시멘트비를 조정하여 JIS A 1171(시험실에서 폴리머-시멘트 모르타르의 제조방법)에 따라 제조하였다. 또한 처리조건은 제조된 시료를 $4 \times 4 \times 16$ cm의 몰드(mold)에 성형한 후 항온항습장치를 이용하여 20°C , 80% R.H. 조건하에서 2일간 습윤양생, 20°C 수중에서 5일간 수중양생, 20°C , 50% R.H. 조건하에서 21일간 기중양생하여 공시체로 사용하였다.

2.3. 흡수 시험

JIS A 6203(시멘트 혼화용 폴리머 분산액)에 따라 치수 $4 \times 4 \times 16$ cm의 공시체를 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 항량이 될 때까지 건조한 후 중량을 측정하고 공시체를 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 48시간 동안 침수시킨 다음 다시 중량을 측정하여 다음 식을 이용하여 흡수율을 구하였다.

$$\text{흡수율}(\%) = (W_1 - W_0) / W_0 \times 100$$

여기서, W_0 : 침수 전의 공시체 중량

W_1 : 침수 후의 공시체 중량

2.4. 동결융해 시험

동결융해 시험은 ASTM C 666-84(Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing)에 따라 -17.8°C 에서 4.4°C 의 온도범위에서 1사이클 주기를 4시간으로 시험하였다. 내동해성의 평가를 위하여 상대 동탄성계수가 60% 이하로 떨어질 때까지 측정을 하였는데 100사이클까지는 20사이클 간격으로, 100사이클 이상에서는 30사이클 간격으로 조정하여 측정하였다. 상대동탄성계수는 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$P_n = (f_n^2 / f_0^2) \times 100$$

여기서, P_n : n 사이클 후의 상대동탄성계수

f_0 : 시험전 공시체의 1차 가로진동 주파수

f_n : n 사이클 후의 1차 가로진동 주파수

2.5. 내산성 시험

$20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 2wt% 황산수용액에 각 종류당 3개씩의 공시체를 3cm 간격으로 배열하여 28일간 침적시켰으며, 황산용액의 양은 공시체 체적의 3배로 하였다.

시험 시작 후 14일째 공시체를 꺼내어 해면상의

침식된 부분을 철솔로 제거한 다음 새로운 황산수용액에 다시 14일간 침적시켰다. 28일 침적 후 공시체의 체적 변화, 중량 변화 및 휨강도를 측정하였다.

2.6. 주사전자현미경에 의한 조직 관찰

시편의 파단면을 33wt% 질산수용액에 90초간 에칭(etching)시켜 시멘트수화물을 제거한 다음 물로 세정한 시편을 주사전자현미경을 이용하여 폴리머 필름의 형성상태를 조사하였다.

2.7. 세공경 분포의 측정

모르타르 공시체의 중심부에서 입경 2.5~5mm 범위의 시료를 채취해서 아세톤으로 세정하고 48시간 D-dry(드라이아이스와 알코올의 냉각기체를 확산시키면서 진공하에서 건조시키는 방법)시킨 다음 수은 압입법으로 세공량 분포를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 아직 굳지 않은 모르타르의 공기량 및 단위용적 중량

폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-혼화제 중에 포함되어 있는 유화제 또는 안정제가 계면활성 작용을 일으키기 때문에 보통 시멘트 모르타르보다 공기가 과다하게 연행되어 강도를 비롯한 제물성을 저하시키게 되는 것으로 알려져 있다[10]. 연행되는 공기량은 폴리머-혼화제를 제조하는데 사용한 유화제 또는 안정제의 계면활성 능력에 따라 큰 차이를 나타내고 있는데, 본 실험에 사용한 PAE 에멀전은 SBR 라텍스나 EVA 에멀전보다 공기량이 두 배 이상 연행되는 것으로 보고되고 있어[6], 본 실험에서 소포제의 사용량을 SBR 라텍스와 EVA 에멀전의 경우 0.7wt%, PAE 에멀전의 경우 1.5wt%로 조정하여 사용하였다. Fig. 1은 보통 시멘트 모르타르와 폴리머-시멘트 모르타르의 공기량과 단위용적 중량을 나타낸 것이다.

Fig. 1에서, 폴리머-시멘트비 5wt%인 P-5 공시체와 S-5 공시체가 특히 공기량이 과다하게 연행되는 것을 볼 수 있는데, 이러한 현상은 폴리머-시멘트비가 증가될수록 공기량을 측정할 때 모르타르의 충전성이 양호하게 되는 레오로지적 특성 변화에 기인되는 현상으로 생각되며, 일반적으로 폴리머-시멘트 모르타르의 연행 공기량은 폴리머-시멘트비의 증가와 더불어 많아지나 대체적으로 폴리머-시멘트비

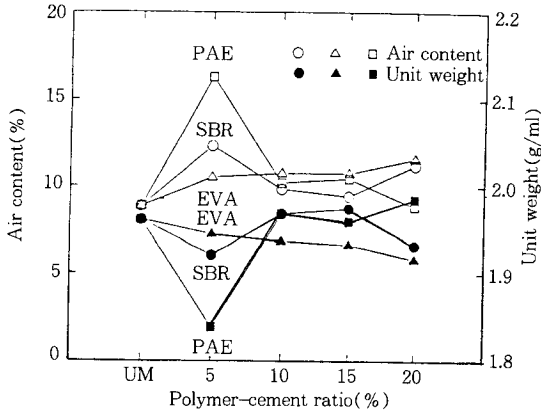


Fig. 1. Polymer-cement ratio vs. air content and unit weight of fresh polymer-modified mortars.

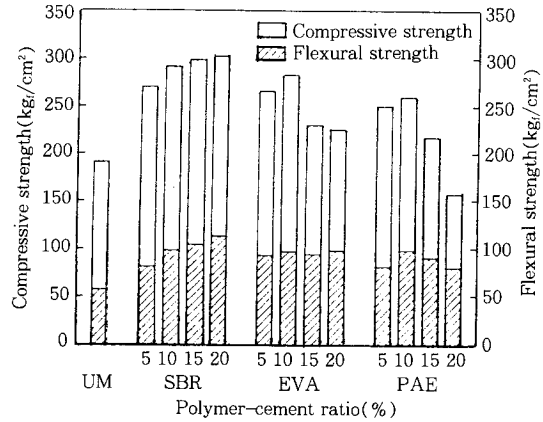


Fig. 2. Polymer-cement ratio vs. compressive and flexural strengths of polymer-modified mortars.

5wt%에서 최대치를 나타내고 그 이상에서는 오히려 감소되는 것으로 알려져 있다[11].

P-5, S-5 모르타르를 제외하고는 폴리머-시멘트 모르타르가 보통 시멘트 모르타르보다 폴리머-혼화제의 계면활성 작용을 받아 연행공기량이 약간 높게 나타났으며 단위용적 중량은 공기량과는 정확히 반비례 관계가 있음을 관찰할 수 있었다.

3. 2. 표준양생 공시체의 강도 특성

폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 강도가 증가하는 경우, 감소하는 경우, 최대치를 나타내는 경우가 있는데 일반적으로 압축강도 보다는 인장강도나 휨강도가 현저히 향상되는 것으로 알려져 있다[12]. 표준양생한 공시체의 압축강도와 휨강도의 측정결과를 Fig. 2에 나타내었는데, Fig. 2에서와 같이 SBR 폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-시멘트비가 증가됨에 따라 압축강도, 휨강도 모두 비례적으로 증가되고 있으나 EVA와 PAE 폴리머-시멘트 모르타르의 강도 특성은 폴리머-시멘트비 10wt%에서 최대치를 보여주고 있다.

폴리머-시멘트 모르타르의 강도는 보통 시멘트 모르타르에 비하여 대체적으로 압축강도의 경우 15~50%, 휨강도의 경우 40~85% 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

3. 3. 가열양생 공시체의 강도 특성

공시체를 20°C, 80% R.H. 조건하에서 2일간 습윤

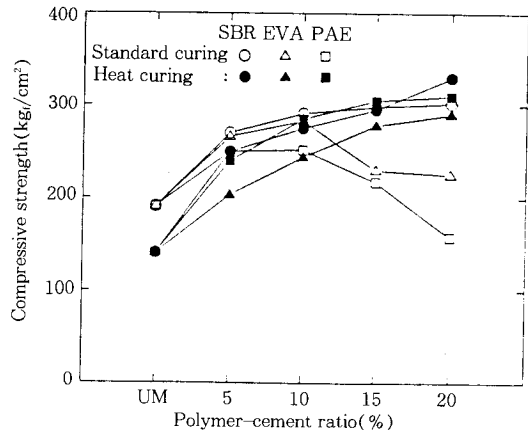


Fig. 3. Comparison of compressive strength of polymer-modified mortars according to curing methods.

양생하고 다시 20°C 수중에서 5일간 수중양생시킨 후 80°C 오븐 속에서 48시간 가열양생시켜 측정된 압축 및 휨강도의 측정결과를 Fig. 3, 4에 각각 나타내었다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 가열양생 공시체의 강도는 폴리머-시멘트비의 증가와 더불어 연속적으로 증가되는 경향을 보여주고 있다.

폴리머-시멘트비 10wt% 이하에서 가열양생 공시체의 강도가 표준양생 공시체의 강도보다 낮게 나타나는 것은 시멘트의 수화반응이 충분히 진행될 수 있는 조건 즉, 충분한 수분의 공급과 수화반응이 진행될 수 있는 충분한 양생기간이 주어지지 못했기 때문

으로 생각된다.

또한 폴리머-시멘트비 15wt% 이상에서 SBR 폴리머-시멘트 모르타르의 강도가 증가되는데 반하여 EVA와 PAE 폴리머-시멘트 모르타르의 강도는 감소되었는데, 그 이유는 EVA와 PAE 폴리머 필름이 SBR 폴리머 필름에 비하여 접착력과 내수성이 현저히 떨어지는데[13] 기인되는 현상으로 생각된다. Fig. 4에서 가열양생한 폴리머-시멘트 모르타르의 휨강도는 폴리머-시멘트비의 증가와 더불어 현저히 증가되어 보통 시멘트 모르타르의 휨강도보다 최고 3배 정도 높게 나타나는 것을 알 수 있었으며, 또한 표준양

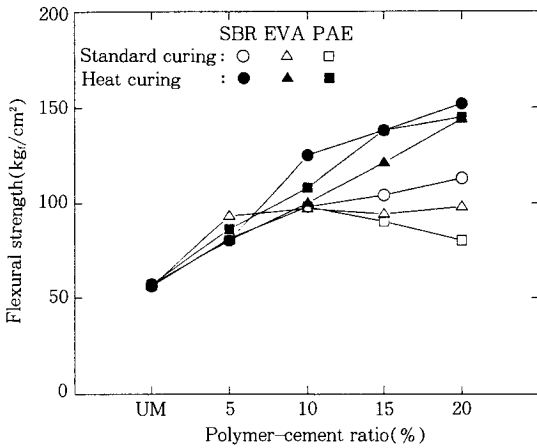


Fig. 4. Comparison of flexural strength of polymer-modified mortars according to curing methods.

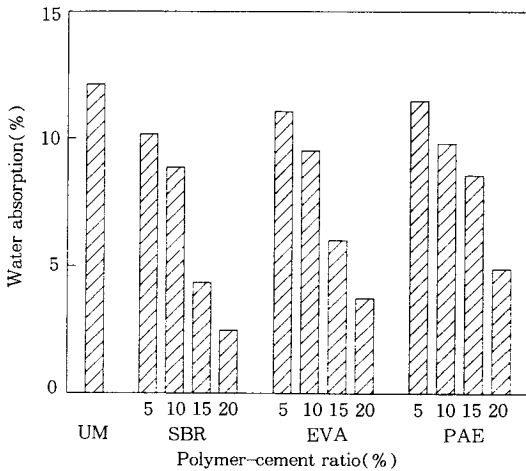


Fig. 5. Polymer-cement ratio vs. water absorption of polymer-modified mortars.

생한 공시체의 휨강도에서도 압축강도에서 나타나는 심한 강도 저하현상은 나타나지 않았다. 결과적으로 폴리머의 첨가에 의하여 압축강도보다는 휨강도에서 큰 효과를 얻을 수 있었으며 가열양생에 의하여 강도를 한층 더 향상시킬 수 있었다.

3. 4. 흡수 시험

흡수 시험 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에서 보는바와 같이 폴리머-시멘트 모르타르의 흡수율은 폴리머-혼화제의 종류에 관계없이 폴리머-시멘트비가 증가됨에 따라 흡수율이 현저히 감소되어가는 경향을 나타내고 있다. 이러한 결과는 내수성이 우수한 폴리머 필름이 골재와 골재간의 계면, 골재와 시멘트 수화물간의 계면 및 시멘트 입자 수화물간의 계면에 “co-matrix”상으로 견고히 융착됨으로써[14] 나타나는 현상으로 생각된다.

폴리머의 종류에 따라 큰 차이는 없으나 SBR 폴리머 필름의 흡수율이 가장 낮게 나타났고, 다음으로 EVA 폴리머 필름이었으며, PAE 폴리머 필름의 흡수율이 가장 높게 나타났다. 이러한 흡수율 차이는 내수성과 밀접한 관련이 있는 것으로 SBR 폴리머 필름의 경우는 내수성이 우수, 또한 PAE 폴리머 필름은 내수성이 불량하기 때문인 것으로 추측된다.

3. 5. 동결융해 시험

폴리머-시멘트 모르타르의 동결융해 사이클에 대한 상대 동탄성 계수의 변화를 Fig. 6, 7, 8에 나타

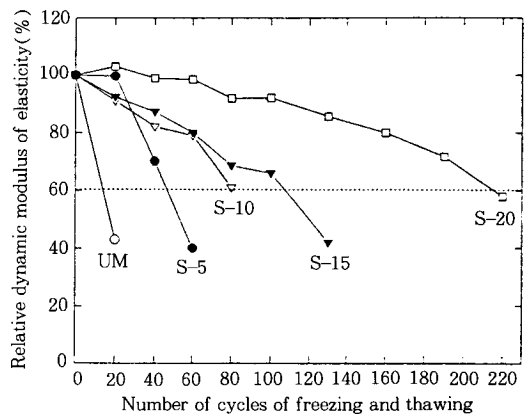


Fig. 6. Number of freezing and thawing cycles vs. relative dynamic modulus of elasticity of SBR-modified mortars.

내었다.

Fig. 6, 7, 8에서 보통 시멘트 모르타르는 동결융해 20사이클에서 상대동탄성계수가 60% 이하로 떨어져 내동해성이 상당히 약한 결과를 나타내는데 비하여 폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-혼화제의 종류에 관계없이 폴리머-시멘트비가 증가됨에 따라 상대동탄성계수의 감소속도가 상당히 완만히 진행되는 현상(내동해성이 우수한 결과)을 보여주고 있다.

보통 시멘트 모르타르의 내동해성을 향상시키기 위해서는 감수제(water-reducer)나 고유동화제(super-plasticizer)를 첨가하여 물-시멘트비를 감소시킴으로써 매트릭스 내에 수극을 감소시켜 치밀한 경화체를

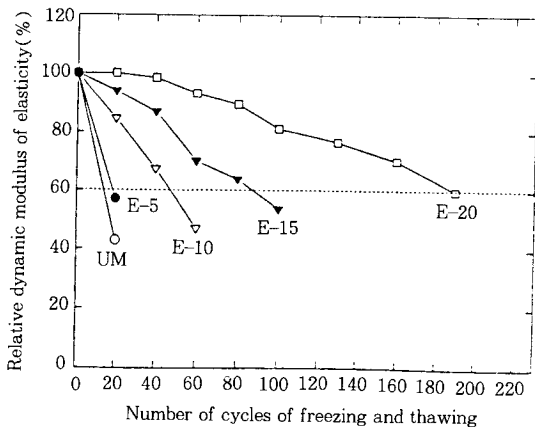


Fig. 7. Number of freezing and thawing cycles vs. relative dynamic modulus of elasticity of EVA-modified mortars.

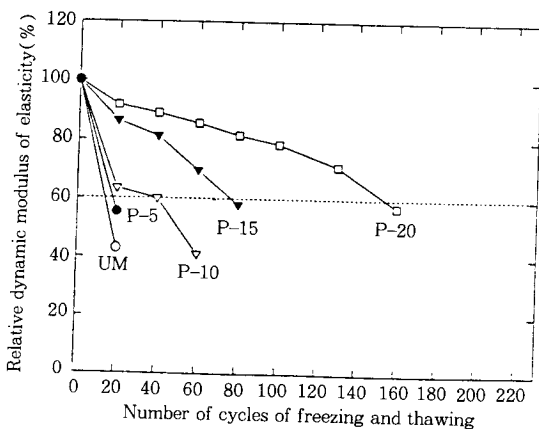


Fig. 8. Number of freezing and thawing cycles vs. relative dynamic modulus of elasticity of PAE-modified mortars.

만드는 방법, 모세관 공극수의 동결에 의하여 발생되는 내부수압을 완화시킬 수 있도록 공기연행체를 첨가하여 미세기포(기포반경 10^{-3} -1mm 정도)를 도입시키는 방법 및 발수제를 첨가하여 수분의 흡수를 억제시키는 방법 등이 보고되고 있다[15]. 이와 같은 관점에서 폴리머-시멘트 모르타르의 내동해성에 관하여 살펴 보면, 폴리머-혼화제의 첨가에 의해 동일한 플로우치에서 물의 첨가량을 감소시킬 수 있어 치밀한 경화체가 만들어지고 폴리머-혼화제가 공기연행 작용을 일으킴으로써 동결에 의한 내부압력을 완화시킬 수 있으며, 경화체의 조직 내에 형성된 폴리머 필름이 수분의 흡수를 억제시킬 수 있고, 동해를 유발시킬 수 있는 세공반경 750-7500Å 범위의 세공량이 감소됨으로써 우수한 내동해성을 나타내는 것으로 생각된다.

3종류 폴리머-시멘트 모르타르의 내동해성을 비교하여 보면 SBR 폴리머-시멘트 모르타르가 가장 우수하였고, EVA 폴리머-시멘트 모르타르가 중간 정도 이었으며, PAE 폴리머-시멘트 모르타르가 비교적 약한 내동해성을 나타내었다.

3.6. 내산성 시험

내산성 시험 후 공시체의 중량 및 체적 변화를 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9에서 보통 시멘트 모르타르의 중량 및 체적은 감소되는데 반하여 폴리머-시멘트 모르타르는 폴

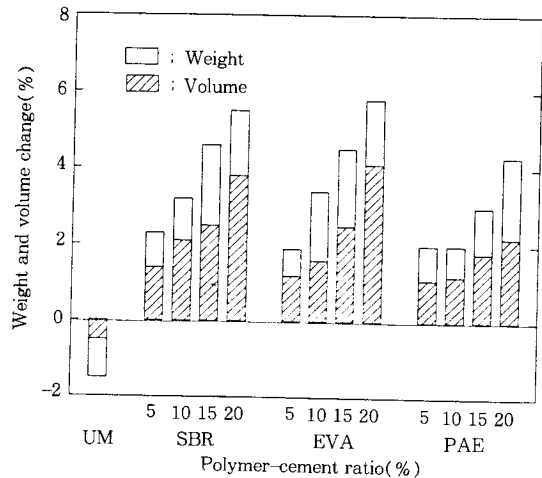


Fig. 9. Weight and volume change of polymer-modified mortars immersed in 2% H₂SO₄ for 28 days.

리머-시멘트비의 증가와 더불어 중량과 체적이 오히려 증가되는 경향을 보여주었다. 이와 같은 현상은 보통 시멘트 모르타르가 황산의 침식작용에 의하여 해면상의 황산칼슘, 실리카겔 및 알루미늄겔의 형태로 용출되는데[16] 비하여, 폴리머-시멘트 모르타르는 시멘트 수화물이 용출되고 남은 다공질의 폴리머 조직이 스폰지상으로 팽윤되어 모르타르의 표면에 잔존하기 때문인 것으로 생각된다. Fig. 10에 내산성 시험전의 휨강도에 대한 내산성 시험 후의 휨강도비를 표시하였는데, 폴리머-시멘트 모르타르의 휨강도비가 보통 시멘트 모르타르의 휨강도비보다 더 저하되는 현상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 골재와 골재 또는 골재와 수화물간의 계면에 견고하게 융착되어 있던 폴리머 필름이 장시간 황산수용액에 노출됨으로써 팽윤되어 접착성이 떨어지기 때문에 일어나는 현상으로 생각된다.

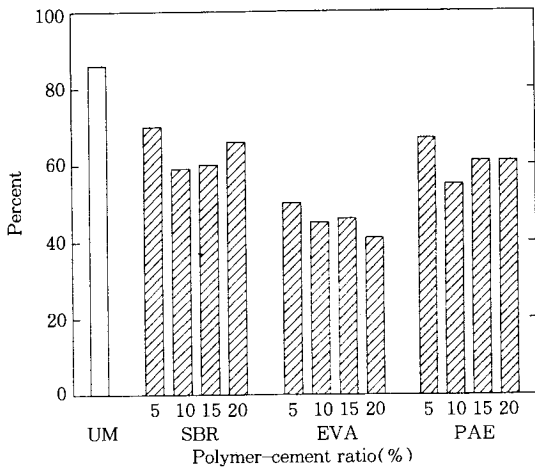


Fig. 10. The percent of flexural strength ratio of after vs. before of acid resistance test.

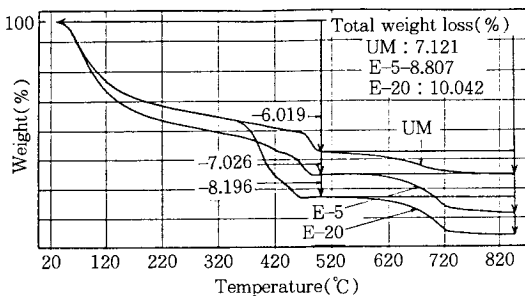


Fig. 11. TGA curves for unmodified mortar(UM) and EVA-modified mortar(E-5, E-20).

3. 7. 열분석 및 주사전자현미경 조직 관찰

보통 시멘트 모르타르와 폴리머-시멘트 모르타르의 열중량 분석 및 주사전자현미경에 의한 조직의 관찰 사진을 Fig. 11, 12 및 Fig. 13에 각각 나타내었다.

Fig. 11은 보통 시멘트 모르타르와 EVA 폴리머-시멘트 모르타르(E-5, E-20)의 온도상승에 따른 중량감소율을 비교하여 나타낸 것이며, Fig. 12는 850°C까지 측정된 중량감소율의 결과만을 제시한 것이다.

Fig. 11에서 보통 시멘트 모르타르는 120°C까지 유리수의 증발에 의한 중량감소와 470°C 및 670°C 전후에서 수화물의 탈수 또는 수산화 칼슘의 분해에 의하여 중량감소가 크게 일어나는 것을 볼 수 있으며, EVA 폴리머-시멘트 모르타르(E-5, E-20)는 350~420°C 온도범위에서 폴리머의 분해에 의한 중량감소가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

한편 Fig. 12에서 폴리머의 종류에 관계없이 최종적인 중량감소율은 폴리머-시멘트비의 증가와 더불어 크게 나타나므로 결과적으로 폴리머의 첨가에 의하여 내열성은 저하된다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 13은 SBR, EVA 및 PAE 폴리머-시멘트비 20wt% 시편의 주사전자현미경 사진이다. 골재와 골재 사이에 폴리머 필름이 연속적으로 융착되어 "co-matrix"를 형성하고 있음을 관찰할 수 있었다.

3. 8. 세공경 분포의 측정

일반적으로 모르타르에는 젤공극(수 100Å 이하), 모세관공극(수100~수1000Å) 및 기포(10⁻³~수mm)

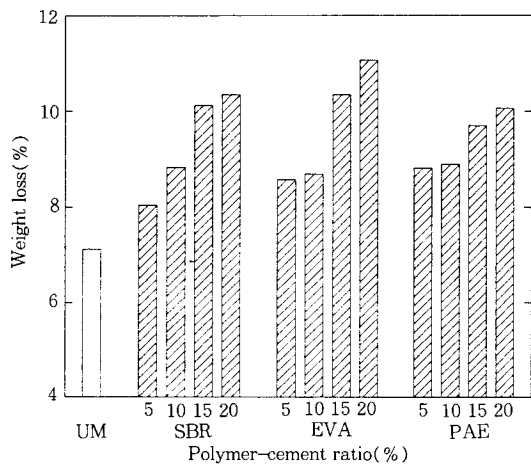
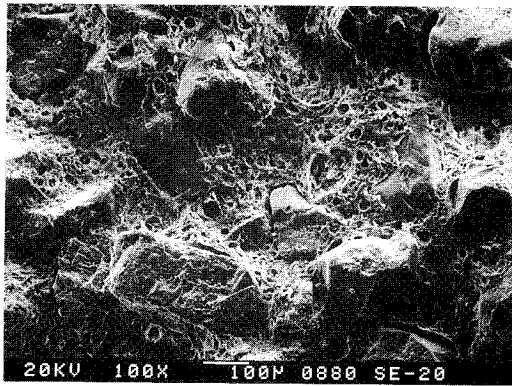
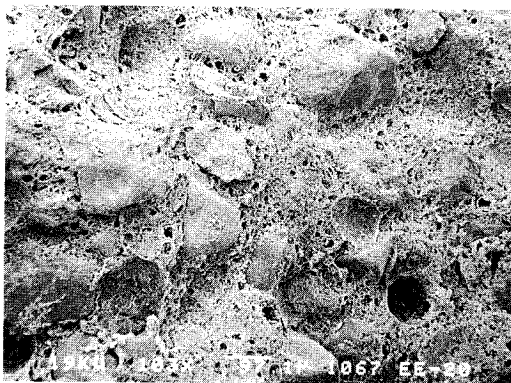


Fig. 12. The weight loss of polymer-modified mortars by thermo gravimetric analysis.



(a) SBR polymer-cement ratio, 20%



(b) EVA polymer-cement ratio, 20%



(c) PAE polymer-cement ratio, 20%

Fig. 13. Formation of polymer frames in SBR, EVA and PAE-modified mortars.

가 존재하는데 모르타르가 동해를 받을 정도의 충분한 함수상태로 되었을 경우 겔공극과 모세관 공극은

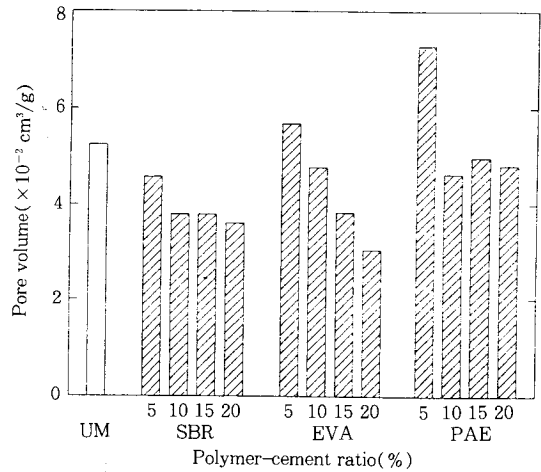


Fig. 14. Polymer-cement ratio vs. total pore volume in the pore radius range of 750-7500 Å of polymer-modified mortars.

물로 충전되지만 기포는 물로 충전되지 않는 것으로 알려져 있다[17]. 또한 수100Å 이하의 겔공극 중의 수분(겔수)은 과냉각 상태에서서만 동결이 가능하므로 동해에 별다른 영향을 주지 못하게 된다. 따라서 모르타르의 동해는 전체 세공량에 의하여 영향을 받기 보다는 중간 정도의 세공량에 의하여 영향을 받게 되는 것으로 보고되고 있다[17]. Fig. 14는 동해에 큰 영향을 미치는 대표세공반경 750-7500Å 범위의 세공량을 나타낸 것인데, E-5와 P-5 모르타르 공시체의 세공량은 보통 시멘트 모르타르보다 많은 세공량을 나타내고 있어 동해에 약하리라는 것을 예측할 수 있으나, 폴리머-시멘트비가 증가됨에 따라 보통 시멘트 모르타르보다 세공량이 적어 동해에 강한 세공구조를 가지고 있음을 관찰할 수 있었다.

4. 결 론

SBR 라텍스, EVA 및 PAE 폴리머 에멀전을 첨가하여 제조한 폴리머-시멘트 모르타르의 강도와 내구성에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리머-시멘트 모르타르의 연행공기량은 폴리머-혼화제의 공기연행 작용에 의하여 보통 시멘트 모르타르보다 높게 나타났다.

2. 폴리머-시멘트비가 증가됨에 따라 SBR 폴리머-시멘트 모르타르의 압축 및 휨강도는 증가하였으나,

EVA 및 PAE 폴리머-시멘트 모르타르는 폴리머-시멘트비 10wt%에서 최대치를 나타내었다.

3. 폴리머-시멘트비가 증가될수록 수밀성과 내동해성이 현저히 향상되었으며, 가열양생 공시체의 강도가 표준양생 공시체의 강도보다 크게 증가되었다.

4. 내산성 시험에서 폴리머의 팽윤에 의하여 중량은 증가되었고 휨강도는 현저히 저하되었다.

5. 첨가한 폴리머는 골재간의 계면에 용착되어 견고한 "co-matrix"를 형성하였으며, 열중량 분석에서 폴리머의 열분해로 인한 중량감소가 크게 나타났다.

감 사

본 연구는 한국과학기술재단의 '92년도 해외 Post-Doc.연구지원비로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. K. Okada and Y. Ohama, *Polymers in Concrete*, **3**, 3(1981).
2. D. W. Fowler and T. U. Taylor, *Polymers in Concrete*, **6**, 10(1990).
3. 大濱嘉彦, *콘크리트工学*, **28**, 5(1990).
4. D. W. Fowler and D. R. Paul, *Polymers in Concrete*, **3**, 20(1981).
5. Y. Ohama, *Cement, Concrete and Aggregates*, **4**, 94(1982).
6. Y. Ohama, K. Notoya, and M. Miyake, *Transactions of the Japan Concrete Institute*, **7**, 165(1985).
7. Y. Kasai, I. Matsui, and Y. Fukushima, *Polymers in Concrete*, **3**, 178(1981).
8. A. O. Kaeding, *Polymers in Concrete*, **2**, 9(1978).
9. Y. Ohama, *Polymers in Concrete*, **2**, 121(1978).
10. 大濱嘉彦, *콘크리트工学*, **25**, 75(1987).
11. Y. Ohama, *Report of the Building Research Institute*, No. 65, 56(1973).
12. Y. Ohama, "Concrete Admixtures Handbook", Park Ridge, 363, Noyes Publications, New Jersey(1984).
13. Y. Ohama, *Report of the Building Research Institute*, No. 65, 172(1973).
14. Y. Ohama, "Concrete Admixtures Handbook", Park Ridge, 341, Noyes Publications, New Jersey(1984).
15. 鎌田英治, "セメント 콘크리트化學とその應用", *セメント協會*, **4**, 東京(1987).
16. Y. Ohama, *Report of the Building Research Institute*, No. 65, 202(1973).
17. 鎌田英治, "セメント. 콘크리트化學 とその應用", *セメント協會*, **13**, 東京(1987).