

말형태의 재유화형 수지를 사용한다면 현장사용의 용이성뿐만 아니라 경제적인 효과나 환경적인 효과가 극대화될 수 있는 이점이 있다. 그러나 액상형의 폴리머 디스퍼전의 물을 제거하여 만들어진 재유화형 분말수지는 현장에서 다시 물을 혼합하여 사용하는 방식으로 인해 폴리머 입자가 100% 재유화되기가 어렵다. 따라서 액상형의 폴리머 디스퍼전에 비해 그 성능이 다소 떨어지는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 액상형의 폴리머 디스퍼전과 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르를 제작하여 보통 시멘트 모르타르에 대한 성능개선 효과를 살펴보고 액상형 폴리머 디스퍼전과 재유화형 분말수지 혼합 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성 실험을 통해 폴리머 시멘트 모르타르의 개질특성을 비교분석하고자 하였다.

2. 시험개요

2.1 사용재료 및 공시체 제작

2.1.1 시멘트 및 잔골재

본 연구에서 사용된 잔골재는 주문진산 표준사를 사용하였고, 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내 C사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트이며, 화학성분은 table 1과 같다.

Table 1. Chemical compositions of ordinary portland cement

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Ig.loss
21.7	5.7	63.1	2.8	2.2	3.2	1.3

2.1.2 시멘트 혼화용 폴리머 및 소포제

시멘트 혼화용 폴리머는 기존에 사용되고 있는 St/BA(스티렌 부틸아크릴산)계 아크릴 라텍스와 VAE(비닐아세테이트에틸렌)계 재유화형 분말수지 2종류를 사용하였으며, 그 배합 및 성질은 table 2와 같다. 본 시험에서 사용된 소포제는 폴리에스테르계 분말소포제이며 폴리머 고형분에 대하여 1.0%를 첨가하였다.

Table 2. Properties of polymer dispersions for cement modifier

Type of polymer	Kind of polymer	Density (20°C)	pH (20°C)	Total solid (%)
Latex	St/BA	1.04	7.7	55.3
Powder	VAE - 1	1.04	7.7	99.9
Powder	VAE - 2	1.04	7.7	99.9

2.1.3 공시체 제작 및 양생

폴리머 시멘트 모르타르는 KS F 2476 「시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법」에 따라 시멘트 : 잔골재의 배합비 = 1 : 3(질량비), 폴리머 시멘트 비(P/C)를 0, 5, 10, 15 및 20%로 하고, 시멘트 혼화용 폴리머의 고형분에 대해 소포제를 1.0%로 첨가하였다. 40×40×160mm의 몰드로 모든 공시체를 성형한 후, 2일간 습윤양생(20°C, 80%R.H.)을 실시하고, 5일간 수중양생(20°C), 그리고 21일간 기중양생(20°C, 50%R.H.)을 실시하여 공시체를 제작하였다. 이 때의 물 시멘트 비는 플로우가 170±5mm의 범위가 되도록 결정하였다. 일반 시멘트 모르타르의 배합표와 폴리머 시멘트 모르타르의 배합표는 table 3과 같다.

Table 3. Mix proportion of polymer cement mortars

Type of mortar	Cement : sand	P/C(%)	W/C(%)	Air content (%)	Flow (mm)
Unmodified	1 : 3	0	67	3.6	167
		5	43	16.9	170
		10	39	17.9	175
		15	39	19.5	165
		20	39	18.3	165
St/BA	1 : 3	5	47	11.9	170
		10	46	8.6	175
		15	45	6.5	170
		20	46	4.6	170
		5	51	12.6	170
VAE_1	1 : 3	10	50	9.7	175
		15	49	9.4	170
		20	49	7.3	170
		5	51	12.6	170
		10	50	9.7	175
VAE_2	1 : 3	15	49	9.4	170
		20	49	7.3	170

2.2 시험방법

2.2.1 공기량

본 시험에서는 KS F 2409(굳지 않은 모르타르의 단위용적중량 및 공기량 시험방법)에 준하여 공기량 시험을 실시하였다.

2.2.2 유동성

본 시험에서는 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 모르타르를 제조한 후 플로우 테이블을 사용하여 폴리머 시멘트 모르타르의 플로우 값을 측정 하였다.

2.2.3 강도특성

본 시험에서는 공시체를 제작한 후 표준양생을 실시하여,

재령 28일에서 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 휨강도와 압축강도를 측정하였다.

2.2.4 흡수율

본 시험의 흡수율 측정은 KS F 2476에 준하여 80±2℃에서 48시간 건조하고, 냉각 후 질량을 잰다. 다음으로 공시체를 온도 20±2의 맑은 물에 담그고, 48시간 경과한 후 꺼내서 공시체의 각 면을 습포로 재빨리 닦고 즉시 질량을 측정하였으며 공시체의 흡수율을 다음의 식에 의해 산출하였다.

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

여기서, W_0 = 수중침적 전의 공시체 질량(g)

W_1 = 수중침적 시간에 있어서의 공시체 질량(g)

2.2.5 염화물 이온 침투 저항성

염화물 이온 침투저항성시험은 KS F 2476에 준하여 공시체를 28일간 20℃의 2.5% 염화나트륨 용액 중에 침지시킨 후, 공시체의 중앙부를 절단하여 절단면에 0.1% 플루오레세인나트륨용액 용액 및 0.1N 질산은 용액을 분무하여 6개소의 염화물 이온 침투깊이를 측정하였다.

2.2.6 중성화 깊이시험

중성화 깊이시험 역시 KS F 2476에 준하여 표준양생 28일 후의 공시체를 28일간 축진중성화시험장치(온도: 30℃, 상대습도: 60%, CO₂ 농도: 5.0%) 안에 정치한 후 꺼내어 온도 20±2℃, 습도 (60±10%)로 24시간 가만히 둔 후에 공시체를 2분할하였다. 그 단면에 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 분무하여 6개소의 중성화 깊이를 측정 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 물 시멘트 비

Figure 1은 폴리머 시멘트 비에 따른 물 시멘트 비의 변화를 나타낸 그래프이다. 재유화형 분말수지를 이용한 두 종류의 폴리머 시멘트 모르타르와 액상형 폴리머 시멘트 모르타르 모두, 물 시멘트 비가 폴리머를 첨가하지 않은 보통 시멘트 모르타르에 비해 전체적으로 낮게 나타나고 있으며, 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 폴리머 디스퍼전 중에 함유된 계면활성제에 의

해 공기가 연행되어 불 베어링 작용과 분산작용에 의해서 양호한 워커빌리티를 얻음으로써 물 시멘트 비가 감소하였다.

3.2 공기량

Figure 2는 폴리머 시멘트 비에 따른 공기량의 변화를 나타낸 그래프이다. 과도한 공기량의 발생은 시멘트 경화체 내부의 조직구조가 다공화되어 압축강도의 감소 및 내구성 저하 등의 문제점을 발생 시킬 수 있다. 이러한 이유에서 소포제를 첨가하여 공기량을 제어하는데, 본 실험에서는 소포제를 폴리머 고형분에 대하여 1.0%로 동일하게 하여 실험을 진행하였다. 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 VAE-1과 VAE-2가 다소 차이는 있으나 대체로 폴리머의 혼입량이 증가할수록 공기량이 감소하는 것으로 나타나고 있다.

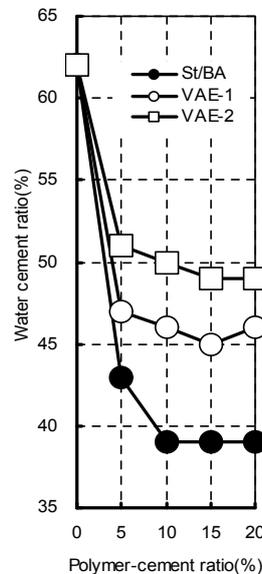


Figure 1. Water-cement ratio of PCM.

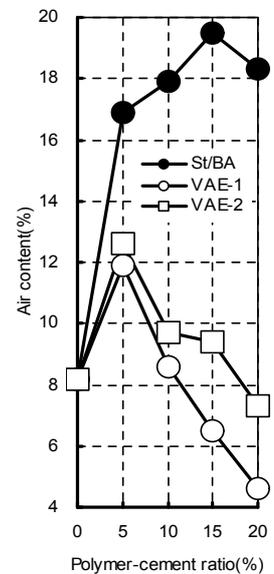


Figure 2. Air content of PCM.

3.3 휨강도

Figure 3은 폴리머 시멘트 비에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도를 나타낸 그래프이다. 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르와 수성 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도는 보통 시멘트 모르타르의 휨강도 보다 크게 개선되었다. 또한 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르와 수성 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도는 폴리머 시멘트 비의 증가에 따라 꾸준히 증가하였고 세

종류의 폴리머 모두 폴리머 시멘트 비 15%에서 최대값을 나타내고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도가 일반 시멘트 모르타르의 휨강도 보다 높게 나타난 것은 폴리머 입자가 시멘트 모르타르와 혼입되어 굳어지면서 시멘트 모르타르 내에서 폴리머 필름을 형성하고 그 폴리머 필름에 의한 폴리머의 인장강도 부여 및 시멘트 수화물과 골재간의 결합력이 현저히 개선되었기 때문이라 판단된다. 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르에서는 VAE-2 폴리머 시멘트 모르타르가 VAE-1 폴리머 시멘트 모르타르 보다 휨강도의 개선 능력이 더 큰 것으로 확인되었다. 또한 수성 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도는 보통 시멘트 모르타르에 비해 최대 81% 까지 개선되었다.

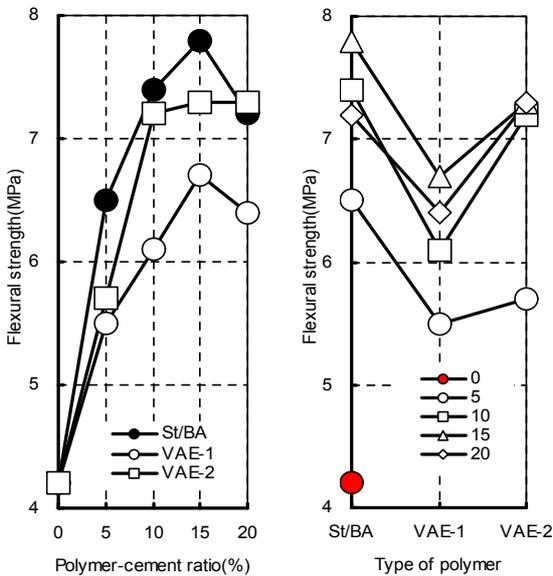


Figure 3. Flexural strength of P/C

3.4 압축강도

Figure 4는 폴리머 시멘트 비에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도를 나타낸 그래프이다. 압축강도의 경우에도 휨강도와 마찬가지로 세 종류의 폴리머 시멘트 모르타르의 성능이 보통 시멘트 모르타르의 압축강도에 비해 개선되었다. VAE-1 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도는 폴리머 시멘트 비 10%일 때 가장 높게 나타났으며 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 조금씩 감소하고 있다. 이는 폴리머 시멘트 비가 커질수록 자체강도를 가지고 있지 않은 폴리머 필름의 형성률이 높아지고 폴리머 필름이 시멘트 수화물과 골재간의 접착력을 방해하

기 때문인 것으로 사료된다. VAE-2 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도는 5% ~ 20%의 비율에서 큰 차이를 보이지 않는 것으로 확인되었으며 VAE-1 폴리머 시멘트 모르타르보다 다소 높은 강도 증진 효과를 나타냈다. 수성 폴리머 시멘트 모르타르는 재유화형 폴리머 시멘트 모르타르에 비해 높은 압축강도를 보이고 있으며 폴리머 시멘트 비 10%일 때 가장 우수한 압축강도를 나타내고 있다.

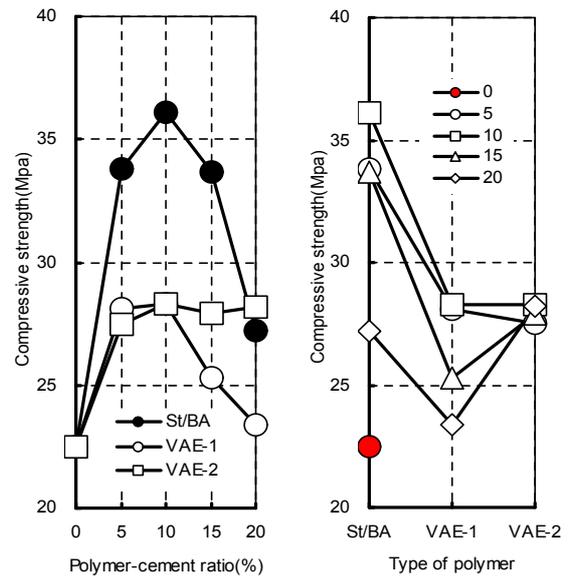


Figure 4. Compressive strength of P/C

3.5 흡수율

Figure 5는 폴리머 시멘트 모르타르의 수중 침지재령 48시간 후의 흡수율을 나타낸 그래프이다. 공시체의 양생 후 48시간 동안 흡수율을 측정된 결과 보통 시멘트 모르타르는 9.2%의 흡수율을 나타내고 있으며, 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 보통 시멘트 모르타르보다 현저히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 폴리머 시멘트 비가 커질수록 꾸준히 감소하고 있다. 2종의 분말형 폴리머와 액상형 폴리머 모두 폴리머 시멘트 비 20%일 때 보통 시멘트 모르타르 보다 흡수율이 3.2배 가량 개선되는 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 폴리머 시멘트 비에 따른 영향이 크다는 것과 같은 경향을 보여주는 것으로, 폴리머가 시멘트 경화체 내에서 연속적인 필름을 형성함으로써 방수 성능을 크게 개선시킨 것으로 사료된다

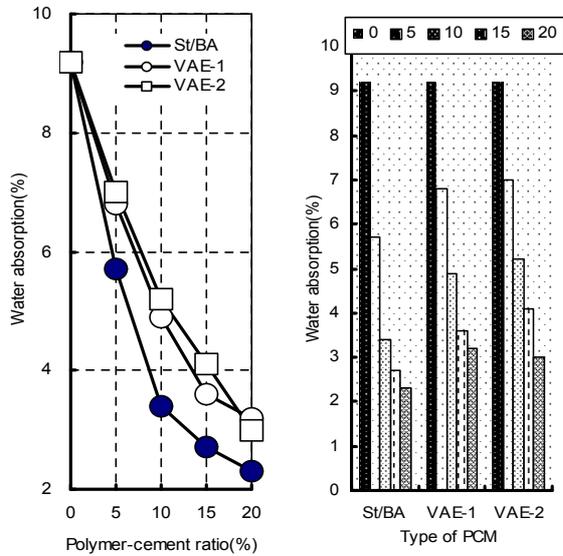


Figure 5. Water absorption of P/C

3.6 염화물 이온 침투 저항성

Figure 6은 폴리머 시멘트 비에 따른 염화물 이온 침투 깊이를 나타낸 그래프이다. 보통 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이는 14mm로 나타났으며, 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이는 보통 시멘트 모르타르 보다 현저히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 폴리머의 종류에 따라 염화물 이온 침투깊이의 차이는 크지 않았으며 대체적으로 폴리머 시멘트비가 증가할수록 저항성이 크게 나타나고 있다. 염화물 이온 침투시험에서도 흡수율 시험과 마찬가지로 폴리머 입자가 시멘트 경화체 내에서 연속적인 폴리머 필름을 형성함으로써 염화물 이온 침투에 대한 저항성을 크게 개선시킨 것으로 사료된다. 또한 일반적으로 염화물 이온 침투 저항성은 폴리머 시멘트 비에 따른 영향이 크다는 것과 같은 경향을 나타내고 있다.

3.7 중성화 깊이 시험

Figure 7은 폴리머 시멘트 비에 따른 중성화 깊이를 나타낸 그래프이다. 염화물 이온 침투 깊이시험과 마찬가지로 보통 시멘트 모르타르보다 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화에 대한 저항성이 크게 개선되는 것을 알 수 있었다. 세 종류의 폴리머 시멘트 모르타르 모두 폴리머 시멘트 비가 상승할수록 중성화에 대한 저항성도 커지는 것으로 나타났다. 특히, VAE-1 폴리머 시멘트 모르타르의 경우 폴리머 시멘트 비가 20%일 때, 보통 시멘트 모르타르 보다 중성화

에 대한 저항성이 2.6배 높아지는 것으로 확인 되었다. 이는 폴리머 필름의 저항 능력으로 인해 폴리머 시멘트 비가 높을수록 중성화에 대한 저항성도 증진되는 것으로 판단된다.

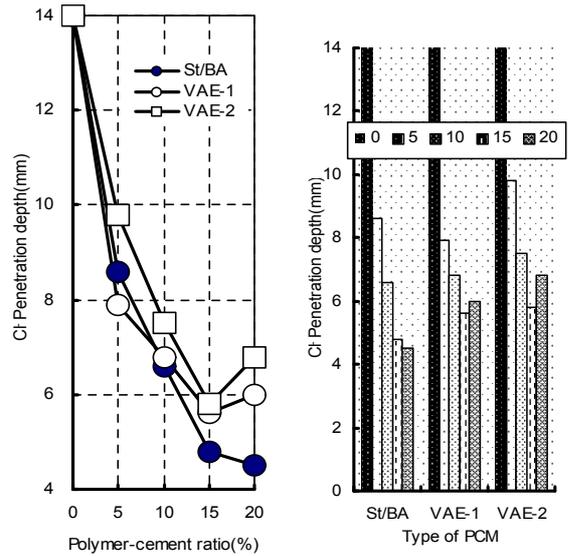


Figure 6. Chloride ion penetration of P/C

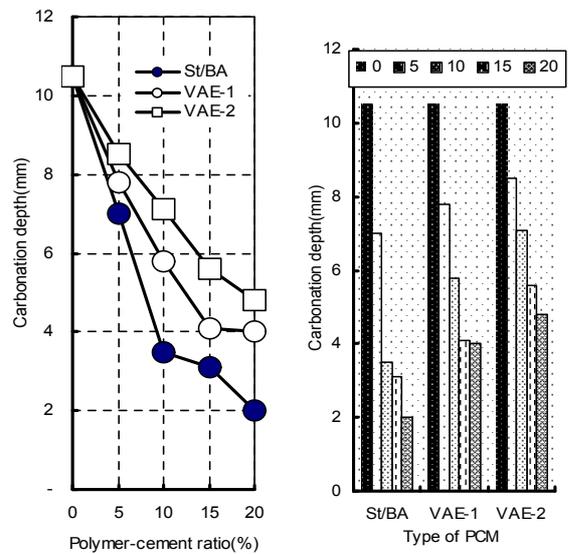


Figure 7. Carbonation depth of P/C

4. 결 론

재유화형 분말수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 특성 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 폴리머를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 물 시멘트 비는 폴리머를 첨가하지 않은 보통 시멘트 모르타르에 비하여 전체적으로 낮게 나타났으며, 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 물 시멘트 비가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 공기량은 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 감소하였다.
- 2) 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도는 폴리머 시멘트 비의 증가에 따라 꾸준히 증가하였고 폴리머 시멘트 비 15%에서 최대값을 나타냈다. 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르 보통 시멘트 모르타르에 비해 휨강도가 최대 1.7배 개선되었다. 압축강도 역시 보통 시멘트 모르타르에 비해 개선되었으며 폴리머 시멘트 비 5%~10% 일 때 가장 높은 압축강도를 나타내었다.
- 3) 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성은 흡수율, 염화물 이온 침투 저항성, 중성화에 대한 저항성, 이 세 가지 실험에서 모두 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성은 폴리머를 첨가하지 않은 보통 시멘트 모르타르에 비하여 전체적으로 크게 개선되었으며, 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 내구성도 증가되는 것으로 나타났다.

본 연구결과, 재유화형 분말수지를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르를 사용할 경우 보통 시멘트 모르타르에 비해 우수한 성능을 나타내고 있으며 액상형 폴리머 시멘트 모르타르와 유사한 성능을 보이고 있다. 따라서 재유화형 분말수지를 건설현장에서 사용할 경우 액상형 폴리머의 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 시멘트 복합체의 내구성을 증진시키고, 액상 폴리머의 단점을 보완할 수 있는 재유화형분말수지를 이용하여 폴리머 시멘트 모르타르를 제작하고 보통 시멘트 모르타르 및 수성 폴리머 디스퍼전을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르와의 강도 및 내구성 실험을 통해 재유화형 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 개질특성을 파악하고자 하였다. 실험 결과, 강도성능과 내구성이 보통 시멘트 모르타르에 비해 상당히 개선되었고, 수성 폴리머 시멘트 모르타르와의 성능 차이도 크게 좁혀진 것으로 나타났다. 따라서,

재유화형 분말 수지를 이용한 폴리머를 사용해 양질의 프리패키지드형 폴리머 시멘트 모르타르가 생산될 것으로 기대된다.

키워드 : 폴리머, 재유화형 분말수지, 시멘트 모르타르, 폴리머 시멘트 모르타르

Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012R1A1A2041591).

References

1. Cresson L. Improved manufacture of rubber road-facing, rubber-flooring, rubber-tiling or other rubber-lining. British Patent 191, 474, 1923 Jan 12.
2. Ohama Y. Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes. *ACI Materials Journal*, 1987 Nov;84(6):511-8.
3. Meishan P, Yue WU, Kim KI, Hyung WG, Soh YS. Effect of the Monomer Ratio on the Properties of Poly(methyl methacrylate butyl acrylate) Latex-Modified Mortars. *Journal of Applied Polymer Science*, 2004 Mar;93:2403-9.
4. Afridi MUK, Ohama Y, Demura K, Iqbal MZ. Development of polymer films by the coalescence of polymer particles in powdered and aqueous polymer-modified mortars. *Cement and Concrete Research*, 2003 Nov;33(11):1715-21.
5. Kim WK. Strength and Adhesion Properties of Polymer-Modified Mortars using Redispersible Powders and Polymer Dispersions. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 2006 Apr;22(4):119-26.
6. Jo YK, Kim WK. Mix Design of Polymer Grouting Mortar for Prepacked Concrete Using Polymer Dispersions. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2008 Oct;8(5):85-91.
7. Kim WK, Hong SH. Corrosion-Inhibition and Durability of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder with Nitrite-Type Hydrocalumite. *Journal of the Korea*

- Institute of Building Construction, 2012 Jun;12(3):275-83.
8. Oh DS, Go SS. Performance Evaluation of Cement Mixed Polymer Type Waterproofing Material. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2012 Feb;12(1):1-9.
 9. Kim WK. Properties of Polymer-Modified Mortars Using a VA/E/MMA Terpolymer Powder. Journal of the Architectural Institute of Korea, 2010 Jul;26(7):111-8.
 10. Beeldens A. Influence of Polymer Modification on the Behaviour of Concrete under Severe Conditions. Journal of the Structural Concrete, 2003 Sep;4(3):155-9.