

시멘트 페이스트의 특성에 미치는 흡수성폴리머의 영향

나종윤 · 김창은 · 이승규*

연세대학교 세라믹공학과

*쌍용 중앙 연구소

(1999년 1월 28일 접수)

Effects of Absorbent Polymer on the Moisture Resistance and Hydration Characteristics of Cement Pastes

Chong Yoon Rha, Chang Eun Kim and Seung Kyu Lee*

Department of Ceramic Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

*Ssangyong Research Center,

100 Shinsong-Dong Yusong-Ku, Taejon 305-345, Korea

(Received January 28, 1999)

초 록

이론수량 정도의 수분을 흡수시킨 흡수성 폴리머와 시멘트를 반건식교반하여 흡수성 폴리머-시멘트 복합체를 제조하였다. 흡수성 폴리머의 자체특성과 시멘트 페이스트에 미치는 흡수성 폴리머의 영향을 물리적으로 검토하였고, 시멘트의 수화반응 및 경화체 내에서 흡수성 폴리머와 시멘트간의 상호작용을 고찰하였다. 흡수성 폴리머-시멘트 복합체는 28일 꺾임 강도 값이 280 Kgf/cm²에 이를 정도로 크게 증가되었고 기공율이 8vol% 이하로 낮게 나타났으며 미세구조는 침상보다는 판상 및 겔상의 수화물들이 주종을 이루는 것으로 관찰되었다. 따라서 permeability가 개선되고 수분저항특성도 향상되었다. 수화 지연 효과는 관찰할 수 없었고 흡수성 폴리머 첨가 유·무에 따른 전체적인 수화물의 차이도 관찰할 수 없었다. 또한 흡수성폴리머의 작용기의 결합상태를 분석한 결과, 재령이 경과함에 따라 1416 cm⁻¹ 근처의 C-O 단일결합에 의한 흡수대와 1560 cm⁻¹ 근처의 C=O 이중결합에 의한 흡수대가 인접하는 방향으로 이동함으로써 흡수성 폴리머의 작용기가 unidentate complex에서 bidentate complex로 변화됨을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Absorbent polymer-cement composites were fabricated by the semi-powder mixing OPC(ordinary Portland cement) with an absorbent polymer. The effects of absorbent polymer on the mechanical properties and the hydration characteristics were observed and the polymer-cement interaction also discussed. Absorbent polymer-cement composites showed the value of total porosity of 8 vol%, the value of 28 days flexural strength was up to 280 Kgf/cm² in the case of absorbent polymer-cement composite at 1 wt% absorbent polymer content and microstructure of absorbent polymer-cement composite has been observed more dense than that of OPC paste. Accordingly the permeability of composite was improved and so the moisture resistance was also increased. Adding polymer did not retard the hydration of OPC. It was considered from the results of IR(infrared) analysis that the functional group of absorbent polymer would be changed from unidentate to bidentate during the hydration of cement minerals.

Key words : Absorbent polymer, Semi-powder mixing, Macro-pore, Polymer-cement interaction

1. 서 론

흡수성 폴리머는 이온 농도구배를 주요 구동력으로 하는 흡수기구를 갖고 있는 것이 대부분이기 때문에 온도·외부압과 같은 물리적 환경에는 비교적 안정한 흡수 배율을 보이지만, 용매에 존재하는 다가금속 이온의 종류·하전이나 용매의 pH와 같은 화학적 환경에는 흡수성 폴리머의 종류에 따라 다양한 흡수율과 흡수형태를

보인다.¹⁾ 시멘트의 경우 물과 혼합하면 수분 내에 pH가 12~13에 이를 정도로 매우 높고 Ca를 비롯한 여러 가지 다가 이온을 방출하므로 양자를 혼합하는 경우에서 흡수성 폴리머의 흡수 및 발수에 변화를 통해 발수속도를 조절함으로써 수분 공급 속도를 조절할 수 있고 이와 함께 적정수량 조절도 가능해 진다.²⁾

따라서 본 연구에서는 cross-linking density가 높아서 수분에 보다 안정하며 적은 양으로도 충분한 수량을

흡수·방출할 수 있는 흡수성 폴리머를 이용하여 흡수성 폴리머-시멘트 복합체를 제조하여 그 기초 물성을 측정함으로써 고강도, 고내구성 시멘트 제조시에 흡수성 폴리머의 이용 가능성을 검토하고자 하였다. 제조된 시편에서 기계적성질과 수분저항특성을 조사한 후 SEM분석 및 Hg porosimetry를 통해 복합체의 미세구조를 관찰하였다. 수화발열속도, X선회절분석, ICP 분석, 적외선 흡광분석 등을 통해 흡수성 폴리머가 수화에 미치는 영향과 흡수성 폴리머의 흡수 및 발수기구에 대하여 검토하고 또한, 시멘트의 수화 과정에서 용출되는 다가 금속이온과 폴리머 관능기 간의 상호작용을 살펴 보고자 하였다.

2. 실험 방법 및 분석

2.1. 출발물질

흡수성 폴리머는 정제된 구형의 입자를 갖는 일본산 1종과 국내산 2종을 사용하였고 물리적 특성을 Table 1에 나타내었다. 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고 화학조성과 X선 회절분석 결과를 Table 2와 Fig. 1에 각각 나타내었다.

Table 1. Physical Properties of the Absorbent Polymers

Polymer		A	B	C
Properties				
Appearance		White spherical fine powder	White crushed fine powder	White spherical powder
Average particle size	Before absorbing	0.1 μm-1 μm	80 μm-120 μm	20 μm-30 μm
	After absorbing	Emulsion+gel	150 μm-300 μm	40 μm-90 μm
Density	Apparent density	-	0.951	0.951
	True density	1.354g/cm ³	1.2746g/cm ³	1.5547g/cm ³
Water content		5%	5%	5%
pH(0.1%dispersion)		neutral	neutral	neutral
Leaching rate (0.1%dispersion)		-	1%	1%
Absorbency (times/own weight)		200-250	500-550	500-550

Table 2. Chemical Composition of Ordinary Portland Cement

Comp	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Alkali	Ig.loss
wt%	21.48	5.29	3.03	63.31	2.80	2.45	0.072	0.873	0.80	1.16

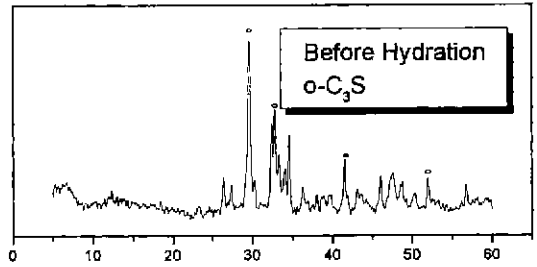


Fig. 1. XRD pattern of ordinary Portland cement before hydration.

2.2. 실험방법

2.2.1. 복합체 시편제작

흡수성 폴리머(0.7 wt%, 0.85 wt%, 1.0 wt%, 1.25 wt%)와 시멘트를 회전하는 실린더형 원통에서 40분간 건식교반한 후 W/C=0.2, 0.25, 0.30, 0.35의 수분을 분사 방식으로 흡수시켜 반건식 교반하였다. 교반 후 30 kgf/cm² 압력으로 가압하여 원통형(φ=28 mm, h=50 mm)과 bar형(10×10×40 mm)의 시편을 제조하고 항온항습기에서 20°C로 밀봉하여 양생한 후 각 재령에서 쪼임강도 측정 및 분석을 수행하였다. 본 실험의 실험공정도를 Fig. 2에 나타내었다.

2.2.2. 쪼임강도

각 재령의 복합체를 10×7×40 mm의 크기로 두께를 일정하게 가공하여 시편편을 제조하고 Instron(Model 4202, Instron Co)장치를 이용하여 쪼임강도를 측정

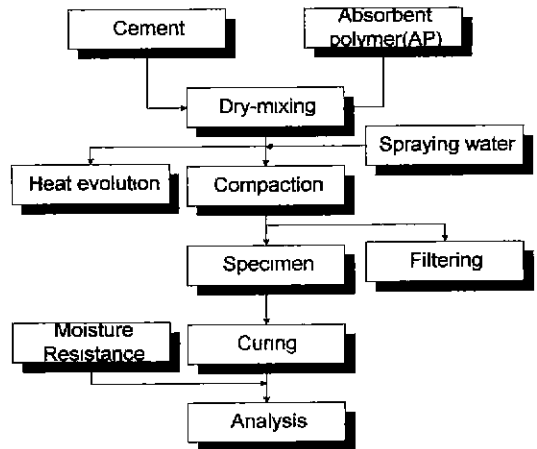


Fig. 2. Schematic diagram of experiment sequence.

하였다. 3점 찍임법을 이용하였고 span의 길이는 35 mm, cross head speed는 0.5 mm/min로 하였으며, 상온에서의 파괴하중을 Kgf 단위로 측정 한 후 5개 값에 대한 평균 찍임강도 값을 얻었다.

2.2.3. 수분저항성

위와같은 시편제작과정 및 양생조건을 갖는 흡수성 폴리머-시멘트 복합체와 PAA(polyacrylamide)-시멘트 복합체, 보통 포틀랜드 시멘트의 3가지 시편을 상대습도 100%, 40°C 조건으로 측정일까지 유지하였다.

2.3. 분석

2.3.1. 수화발열속도

수화할 때 발생하는 수화발열량과 발열속도는 6점식 calorimeter(Tokyo Rico Co.)를 이용하여 water/cement (W/C)=0.5, 측정온도 23°C, 습도 60%의 조건에서 측정하였다. 초기수화에 미치는 흡수성 폴리머의 영향을 살펴보기위해 각각 1시간과 72시간인 경우의 수화발열량을 측정하였다.

2.3.2. X선회절분석과 미세구조분석

3일, 7일, 28일 재령 시편과 수분에 침적시킨 전후의 시편에 대하여 X-ray diffractometer(D-MAX/III CX, Rigaku Co.)를 이용하여 분석을 행하였다. 30 Kv-15 mA Cu target, Ni filter를 사용하였으며 scanning speed 는 8°/min, 1000 cps로 측정하였다.

흡수성 폴리머가 시멘트 수화물과 미세구조에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 scanning electron microscope (JSM-5400, JEOL Co.)를 이용하여 각 시편의 fracture surface를 관찰하였다. 또한, mercury intrusion porosimetry(evacuation pressure; 40 µmHg, evacuation time : 5 min, mercury filling pressure; 1.0186 psi, equilibrium time; 10 sec. range; 0.0010~300 µm)를 이용하여 5일간 60°C로 건조시킨 시편에 대하여 porosity 와 pore size distribution을 측정하였다.

2.3.3. 액상분석과 적외선 흡광분석

시멘트 매트릭스에서 흡수성 폴리머의 발수를 확인하고 발수 및 시멘트-폴리머 상호작용에 참여하는 성분을 알아보기 위해 흡수배율 300배인 흡수성 폴리머와 물비를 0.48로 제조한 시멘트 페이스트 그리고 시멘트와 흡수성 폴리머를 30분간 교반시킨 페이스트로부터 5분간 감압 여과하여 고액 분리한 후 용출되어 나오는 구성 원소의 양을 측정하였다. 용출액상 10 ml에 HNO₃ 10 ml를 가하여 산처리한 후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, LABTAM 8440, Austria)를 사용하여 측정하였다. Forward power는 5 Kw로 하였고, polychrometer type으로, sample flow는 100 ml/min Ar으로 Aux. gas flow역시 100 ml/min 으로 하였다.

시멘트 입자 사이에서 흡수성 폴리머의 결합상태를 조사하기위해 KBr과 시료를 100:1 로 혼합한 후 기압하여 적외선 흡수 스펙트럼 분석기(FT-IR Spectroscopy, Mattson)를 이용하여 400~4000 cm⁻¹의 범위에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 흡수성 폴리머-시멘트 복합체의 특성

3.1.1. 흡수성 폴리머의 흡수율

실제 시멘트 matrix에서 발수를 확인하기 위해 행한 시멘트 용출액에서 흡수폴리머의 흡수율 변화를 Fig. 3 에 나타내었다. 흡수율은 acrylic sodium salt(C)의 경우는 약 4배, 아크릴산계 축중합체(B)의 경우는 4~12배를 보여주고 있다. B, C의 흡수율이 급격한 감소를 보였는데 이는 Flory의 망목이론¹⁾에 부합되는 결과로 흡수성 폴리머의 흡수율이 전해질의 valence에 크게 의존하는 것으로 생각되었고 이와같은 흡수율 측정 결과로부터 흡수성 폴리머 C는 시멘트 기지내에서 초기수화에 기여할 수 있는 발수효과가 가장 클 것으로 생각되었다. 따라서 본 실험에서는 흡수성폴리머 C를 이용하여 복합체를 제조하였다. 시멘트 입자로부터 용출되는 Ca²⁺는 이온반경 0.99 Å으로 비교적 큰 Ca²⁺는 6배위 이하의 배위수를 갖기 때문에 물과 접촉하게 되면 OH⁻기와 H₂O분자를 받아들지 않은 시멘트의 발열속도와 비슷해지는 경향을 나타내고 있다. 흡수성 폴리머를 첨가하는 경우 0.3시간 이전의 초기 발열 속도가 높은 것은 시멘트의 수화열과 함께 높은 pH를 갖는 시멘트 용출액으로 인해 폴리머가 polyacrylic acid로 변화하면서 발생하는 용해열과 일부 polyacrylic acid가 방출된 양이온과 함께 cross-

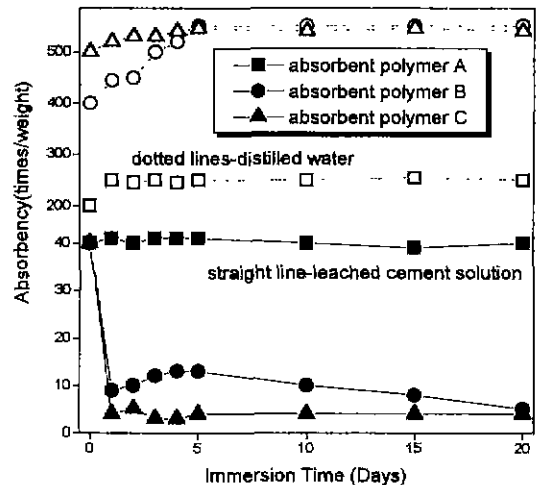


Fig. 3. Absorbency of polymers with times(leached cement solution).

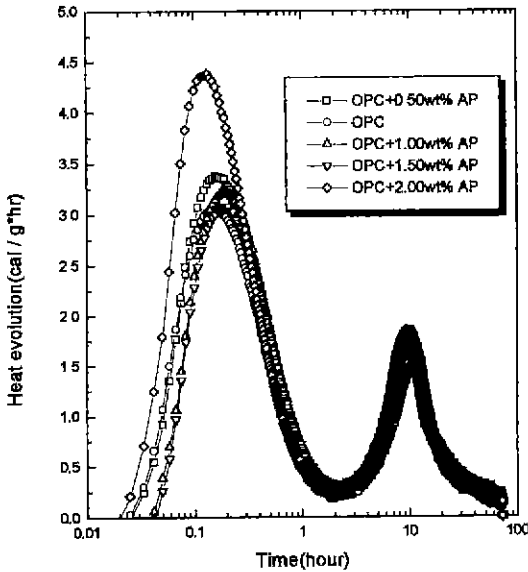


Fig. 4. Heat evolution of absorbent polymer cement paste till 72 hs.

linked metal-polyacrylate를 형성하면서 방출되는 에너지를 포함하는 것으로 생각되었다.⁴⁾ 0.3시간 이후 72시간까지 흡수성 폴리머를 첨가한 경우 흡수성 폴리머를 첨가하지 않은 경우와 비교해서 발열 속도 및 발열량 모두 큰 차이를 보이지 않는데, 이는 첨가된 흡수성 플

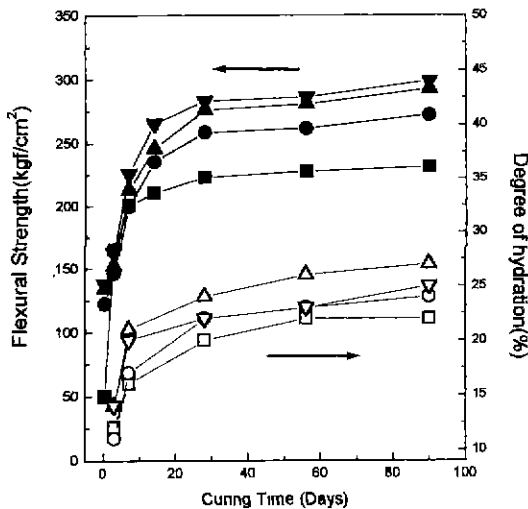


Fig. 5. Flexural strength and degree of hydration of cement-absorbent polymer composites

- OPC
- OPC+0.85 wt% AP
- ▲— OPC+1.00 wt% AP
- ▼— OPC+1.15 wt% AP

리머가 시멘트와 물간의 접촉에 영향을 미칠 정도의 양에 미치지 못하기 때문이고 흡수성 폴리머에 의한 수화 지연 효과는 2 wt% 이하에서는 크지 않은 것으로 생각되었다.

3.1.3. 쥐임강도

흡수성 폴리머 C와 물비 0.3의 조건으로 제조된 폴리머-시멘트 복합체의 흡수성 폴리머 첨가량에 따른 쥐임강도와 열분석으로부터 구한 수화를 분석 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 쥐임강도 결과 흡수성 폴리머를 1 wt% 첨가한 경우가 쥐임 강도가 가장 우수하게 나타났다. 이는 1 wt% 이하에서는 흡수성 폴리머 첨가량이 부족하여 흡수성 폴리머와 접촉하지 못한 시멘트-시멘트 입자간의 agglomeration의 증가로 수화에 필요한 수분을 적절히 공급받지 못하고, 반면 1 wt% 이상에서는 흡수성 폴리머가 과량으로 존재하여 시멘트 입자와 접촉하지 못한 폴리머-폴리머 입자간 접촉이 증가하여 시멘트 입자로 둘러싸이는 isolated polymer particle size가 커져서 흡수성 폴리머 첨가량 증가에 따른 강도 증진 효과는 없는 것으로 생각되었다. 수화율 측면에서도 1 wt% 이상에서는 과량의 폴리머로 인해 수화율의 증가가 둔화되었다. 한편 56일 이후 장기 강도 변화는 흡수성 폴리머를 첨가하는 경우가 OPC의 쥐임 강도 보다 높은 기물기를 갖는데, 현재까지는 초기에 발수되지 못하고 잔류하는 4 wt% 정도의 잔류 수분의 영향인 것으로 추정되고 있다.⁵⁾

3.1.4. 미세구조분석

흡수성 폴리머 첨가에 따른 복합체의 미세구조를 관찰하기 위해 28일 재령의 시편에 대한 X선 회절 분석과 주사 전자 현미경 관찰을 하였고 그 결과를 Fig. 6과 Fig 7에 나타내었다 X선 분석결과 흡수성 폴리머 유무에 따른 수화물의 차이는 확인할 수 없었다. 흡수성 폴리머 첨가 시편의 경우에는 C/S 비가 낮은 박편상의 C-S-H 수화물들이 입자사이를 채우는 폴리머를 따라 발달되어 있고 폴리머를 첨가하지 않은 경우에는 수분이 소모되고 남은 공극을 C/S 비가 큰 침상의 C-S-H 수화물들이 채우고 있고 전체적인 파단면의 미세구조로는 흡수성 폴리머를 첨가한 경우가 훨씬 더 치밀하였다. Fig. 8에 나타난 pore size distribution 결과 OPC의 경우 저수비로 불균일한 혼합을 이루기 때문에 1 μm 이상의 macro-pore를 상당량 포함하는 반면 흡수성 폴리머를 첨가함에 따라 macro-pore가 감소하고 전체적인 porosity도 크게 감소하였다.⁶⁾ 또한 C-S-H 침상의 interlocking에 의해 형성된 것으로 추정되는 0.03 μm 부근의 pore volume 이 흡수성 폴리머를 1 wt% 첨가한 경우 상당히 감소한 것으로 나타났다 흡수성 폴리머를 0.85 wt% 첨가한 경우보다 1 wt%를 첨가한 경우 더 높은 쥐임 강도를 나

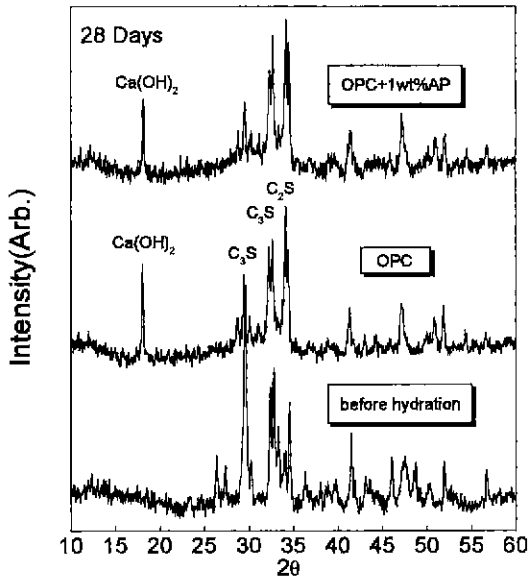


Fig. 6. XRD patterns of specimens hydrated 28 days.

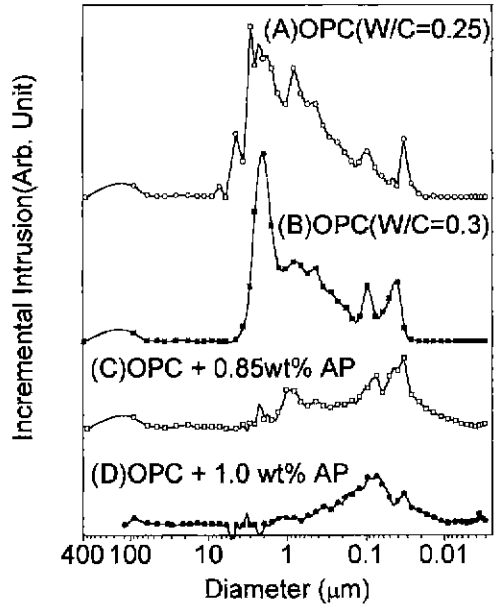


Fig. 8. Pore size distribution of cement-absorbent polymer by mercury intrusion porosimetry.

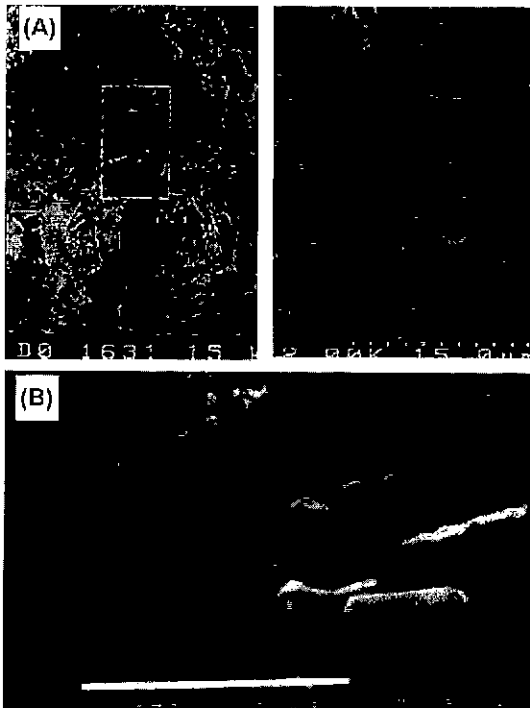


Fig. 7. SEM photographs of OPC and absorbent polymer cement composite hydrated for 28 days. (A) OPC and (B) OPC+1 wt%AP.

타냈지만, 0.03 부근의 pore volume은 0.85 wt%를 첨가한 경우에 더 크게 나타난 것으로부터 본 실험 조건에

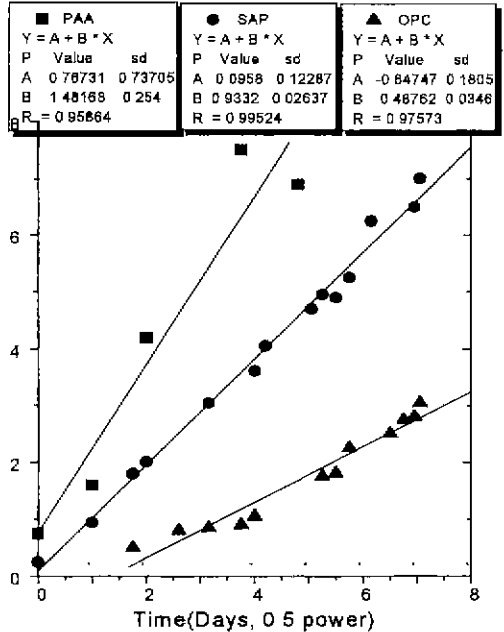


Fig. 9. Rates of moisture uptake by three different specimens (relative humidity 100%).

서 C-S-H 침상의 interlocking에 의한 강도 발현은 크지 않은 것을 알 수 있었다.

3.1.5. 수분저항성

흡수성 폴리머시멘트 복합체와 PAA(polyacrylamide)-

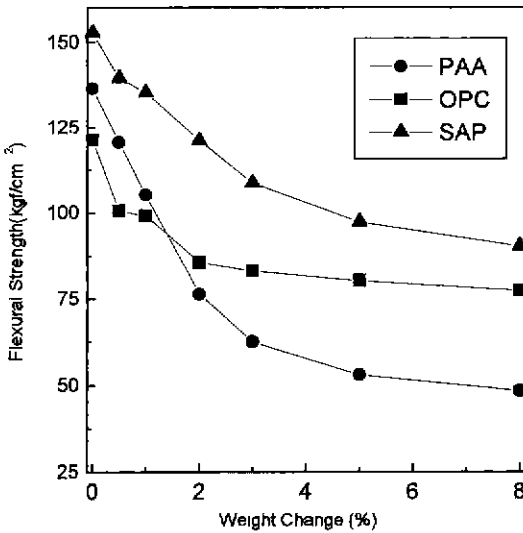


Fig. 10. Flexural strength as a function of moisture uptake (relative humidity 100%).

시멘트 복합체, 무첨가 보통 포틀랜드 시멘트의 3가지 시편을 상대습도 100%, 40°C 조건으로 측정일까지 유지하여 증량변화와 기계적성질의 변화를 검토하였다. Fig. 9과 Fig. 10에 각각 시멘트 단미와 PAA 및 흡수성 폴리머를 1 wt% 첨가한 시멘트-폴리머 복합체 7일 양생 시편에 대하여 흡수율과 강도 측정 결과를 나타내었다. 세가지 시편의 수분 침투양상은 모두 확산의존성을 나타냈으나 흡수성 폴리머를 첨가하는 경우 이른 수량 정도의 물을 사용하여 균질한 혼합을 이루고 폴리머에 의한 filling 효과를 얻을 수 있으므로 Fig. 8에서 보였듯이 porosity가 크게 감소하기 때문에 수분이 경화체 내부로 침입해 들어올 수 있는 diffusion rate이 크게 감소하였다. 그러나 PAA (polyacrylamide)-시멘트 복합체의 경우 매우 낮은 porosity를 갖음에도 불구하고 수용성 폴리머의 팽윤을 견딜 수 있는 삼차원적인 수화물 구조가 형성되지 못하므로 내수성이 크게 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 오히려 OPC의 경우 기공율은 비교적 높으나 수화율이 높기 때문에 수분에 대한 저항성은 훨씬 안정하였다. 즉, 경화체의 구조적인 문제와 동시에 화학적 성질이 개선되어야 함을 알 수 있었다.

3.2. 시멘트 매트릭스에서 폴리머의 거동

일반적으로 시멘트 콘크리트에 첨가되는 폴리머의 활동 기구에는 두가지 역할이 있는 것으로 알려졌다.⁹⁾ 첫번째는 폴리머와 시멘트 간의 상호작용이 존재하지 않는 경우로서 시멘트 수화 과정 동안 폴리머의 친수성 부분은 액상을 향하여 배향하고 반면 소수성 부분은 액상을

로 채워지지 않은 기공이나 모세관 공극 같은 기상을 향하여 배향함으로써 건조과정을 통해 액상이 소모되면 소수성 입자들이 결합하여 polymer film을 형성하는 것이고 두번째는 폴리머와 시멘트 수화생성물 간의 상호작용을 통해 complex salts를 형성하고 이런 생성물들이 구조체의 강화에 기여하고 semi permeable structure를 형성한다는 것이다. 그러나 현재에는 폴리머의 두 번째 역할이 중요시 여겨지고 이를 뒷받침하는 연구가 많이 보고되고 있다. 물론 시멘트의 종류와 첨가되는 폴리머의 종류에 따라 시멘트의 수화과정에 미치는 영향은 크게 다르며, 최종적인 수화물의 구조도 달라지지만 어느 정도의 반응성을 고찰할 수는 있다.

3.2.1. 액상분석

흡수성폴리머와 Ca²⁺이온의 상호작용에 대해 살펴보기 위해 액상 ICP 원소분석을 행하였고 시멘트용출액, 폴리머용출액 그리고 흡수성폴리머시멘트 용출액에 대한 액상분석결과를 Fig. 11에 나타내었다. Ca²⁺ 이온농도는 시멘트용출액에서 380 ppm 폴리머용출액에서 50 ppm를 나타냈는데 이상적인 mixture라면 Ca²⁺이온농도는 약 225 ppm을 나타내야 하지만 실제로 흡수성 폴리머시멘트 용출액에서 Ca²⁺이온농도는 이보다 훨씬 낮은 90 ppm정도를 보여주고 있다. 이는 Ca²⁺이온이 폴리머 내에서 물리적인 힘 이외에 감압여과를 이길 수 있는 강한 상호작용을 통해 묶여있는 것으로 생각할 수 있었다. Chandra와 Flodin 등은 ethyl acrylate-methyl methacry-

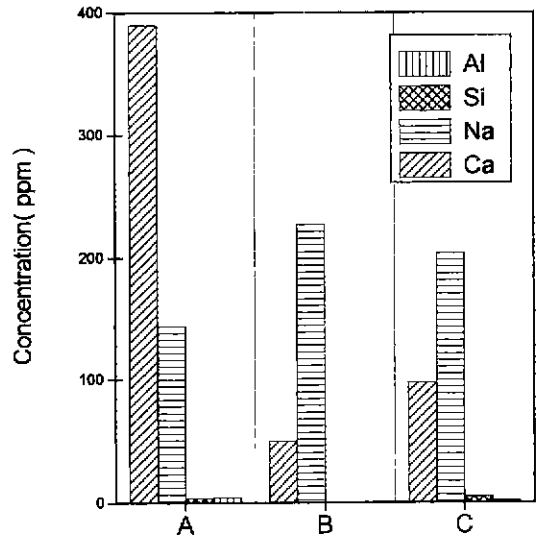


Fig. 11. Leaching amounts of ions in separated solution. (A) Leached cement solution. (B) Leached absorbent polymer solution. (C) Leached cement-absorbent polymer solution.

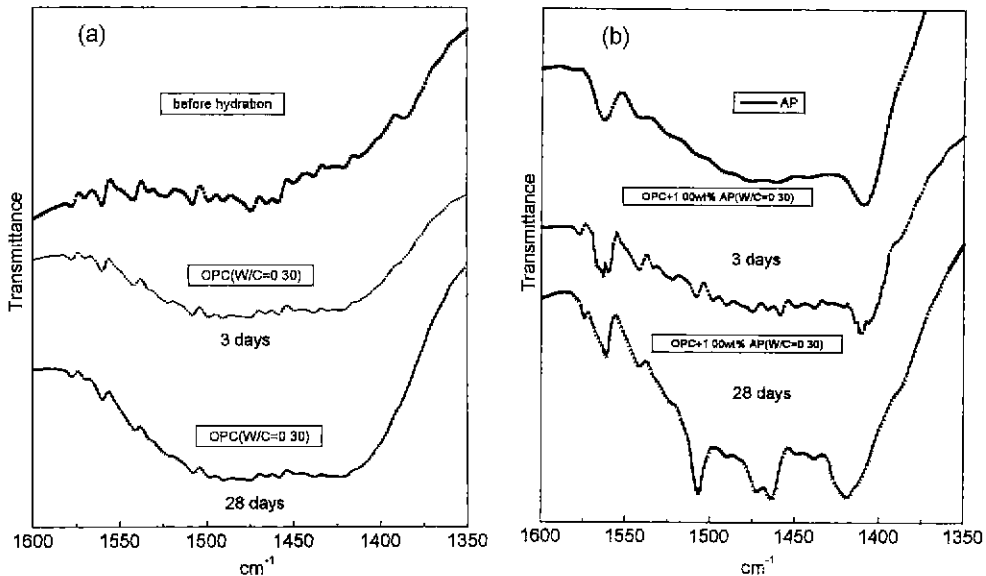


Fig. 12. (a) Infrared spectra of OPC, and (b) Infrared spectra of OPC-AP

late copolymer에 대한 연구에서 시멘트와 혼합한 후 가용성의 ethyl ketone이 불용성으로 변화된다고 보고하였다.⁹⁾ Acrylate 흡수성폴리머-시멘트 mixture에서 액상을 매개하는 조건에서는 1차적으로 폴리머가 대응이온으로서 Ca²⁺이온을 정전기적 인력으로 끌어 당기게되고 상호작용을 통해 carboxylate group을 형성하며 이후 OH와 폴리머 사이에 알칼리 가수분해 산물이 Ca²⁺와 상호작용하여 침전물을 형성하기 때문에 용출되어 나오는 Ca²⁺양이 감소하는 것으로 생각되었다.

3.2.2. 적외선 흡광분석

흡수성 폴리머가 수화에 미치는 영향과 폴리머-시멘트 간의 상호작용을 고찰하기 위하여 28일 양생시킨 시편에 대하여 적외선 흡수 스펙트럼을 측정된 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 수화가 진행됨에 따라 Ca(OH)₂의 O-H 신축진동에 의한 피크가 성장하는 것을 볼 수 있고 그와 함께 3,200~3,600 cm⁻¹의 흡수대가 발달함을 볼 수 있고, 1,120~920 cm⁻¹의 Si-O흡수대도 높은 주파수 쪽으로 이동됨을 알 수 있다. COO group의 1,500~1,400 cm⁻¹ band를 살펴보면, 흡수성 폴리머를 첨가한 시편과 흡수성폴리머를 첨가하지 않은 시편의 차이를 발견할 수 있다. 흡수성 폴리머를 첨가하지 않은 경우에는 1500 cm⁻¹-1400 cm⁻¹에서 carbonation으로 형성된 CaCO₃ 중의 CO₂에 의한 흡수대로 broad twin absorption band를 보여주는 반면, 흡수성 폴리머를 첨가한 시편의 흡수 스펙트럼은 비대칭적인 양상을 띠며 재령에 따라 C-O 결합에 의한 흡수대가 이동하는 것을 볼 수 있다.¹⁰⁾ 3일 재령의 경우 1370 cm⁻¹ 근처

에 C-O 단일 결합에 의한 흡수대와 1604 cm⁻¹ 근처에 C=O 이중결합에 의한 흡수대를 나타내어 Na이온과 unidentate형 결합이 우세하게 나타난 반면 재령 28일 시편의 경우, 각각 1465 cm⁻¹와 1507 cm⁻¹에서 bidentate(chelate)형 결합 즉, Ca-acrylate salts의 C-O의 진동에 의한 피크를 발견할 수 있었다. 이와같은 적외선 흡수 스펙트럼의 결과로부터 흡수성 폴리머와 시멘트간에는 상호작용이 존재하며 초기 재령에서는 Ca와의 chelate형 결합이 약하게 나타나다가 28일로 가면 cross-linking에 의한 Ca²⁺-acrylate salts가 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 흡수성 폴리머가 높은 pH 조건에서 Na⁺이온을 방출하여 polyacrylic acid로 바뀌고 시멘트 입자로부터 용출된 이온이 멀리까지 이동되지 않고 시멘트 입자 가까이에 구속되는 경우에는 시멘트 입자 표면에 전기음성도의 차이로 발생된 M-O 분극의 음하전부와 폴리머 사슬의 음하전부 간을 용출된 금속 이온이 중심하전으로서 연결할 수 있고, 용출된 다가금속 이온이 멀리까지 이동되는 경우에는 폴리머 사슬사이에 구속된 다가금속 이온이 폴리머 사슬의 작용기 중의 편재되지 않은 음하전 사이에 연결됨으로서 폴리머 사슬간의 cross-linking을 형성한 것으로 생각되었다.

4. 결 론

이론수량 정도의 수분을 흡수시킨 흡수성 폴리머와 시멘트를 반건식 교반하여 흡수성 폴리머-시멘트 복합체를

제조하고 흡수성 폴리머 시멘트간의 특성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 흡수성 폴리머에 의한 수화지연 효과는 2 wt% 이하에서는 크지 않았고 흡수성 폴리머를 1 wt% 첨가한 경우가 쥐임 강도가 가장 우수하게 나타났다.
2. 흡수성 폴리머를 첨가함에 따라 1 μm 이상의 macropore가 감소하고 전체적인 porosity도 크게 감소하였다. 또한 C/S비가 낮은 박편상의 C-S-H 수화물들이 입자사이를 채우는 폴리머를 따라 발달되어 미세구조가 개선됨으로서 수분저항성이 높게 나타났다.
3. 3일 재령의 경우 1370 cm^{-1} 근처에 C-O 단일 결합에 의한 흡수대와 1604 cm^{-1} 근처에 C=O 이중 결합에 의한 흡수대를 나타내어 Na 이온과 unidentate형 결합이 우세하게 나타난 반면 재령 28일 시편의 경우, 각각 1465 cm^{-1} 와 1507 cm^{-1} 에서 bidentate(chelate)형 결합 즉, Ca-acrylate salts의 C-O의 진동에 의한 피크를 발견할 수 있었다.

REFERENCES

1. L. B. Peppas and R. S. Harland, Absorbent Polymer Technology, pp.3-326, Elsevier (1990).
2. M. W. Gruetzeck and S. L. Sarkar, "Advance in Cement and Concrete," *Am. Soc. Civil Engr.*, 15-36 (1994).
3. H. F. W. Taylor, Cement Chemistry. Academic Press, London (1990).
4. Hefner Jr, "Polymer concrete compositions containing water absorbent polymers." *United States Patent*, 681, 348 (1986).
5. S. Chandra and X. Almin, "Water absorbing polymer in cement mortar," *Polym. Concr. Int.*, 7th, 135 (1992).
6. D. G. Desai and J. F. Young, "Crosslinking Reactions in Macro-Defect Free Cement Composite," *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 245, 179-185 (1992).
7. C. M. Cannon and G. W. Groves, "Time Dependent Mechanical Properties of High Strength Cements," *J. Mater. Sci.*, 21, 4009-4014 (1986).
8. T. Sugama and L. E. Kukacha. "Study of Interactions at Water-Soluble Polymer/Ca(OH)₂," *Cem. Con. Res.*, 6(119), 857-867 (1990).
9. S. Chandra and P. Flodin. "Interactions of Polymers and Organic Admixtures on Portlan Cement Hydration," *Cem. Con. Res.*, 11, 125-129 (1981).
10. L. J. Bellamy, "The Infrared Spectra of Complex Molecules," *Methuen, London* (1954).

1. L. B. Peppas and R. S. Harland, Absorbent Polymer