

# Polymer를 첨가한 OPC의 물리적 특성에 관한 연구

정용범\* · 송영진 · 박필환 · 이경희  
 <명지대학교 무기재료공학과>

## 1. 서론

### 1.1 연구배경

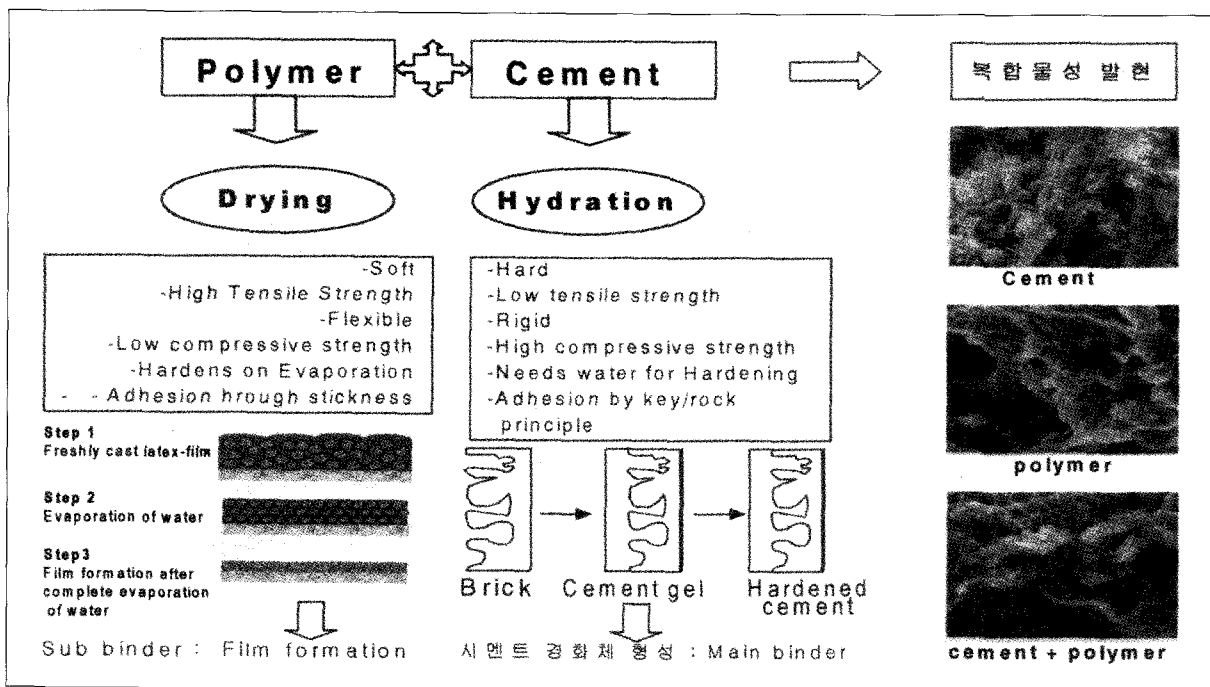
폴리머 시멘트는 1923년 독일에서 EVA 합성에 관한 특허를 받은 것을 시작으로 1960에 본격적인 연구가 시작되었고 1970년대 이후에는 산업화가 되어 현재는 폴리머 종류별로 각 응용제품이 생산되고 있다.

하지만 아직 경화후 물리특성 연구에만 치중되어지고 있으며 폴리머 종류에 있어서도 액상 폴

리머 위주로 연구가 진행되고 있다.

신개념의 설계기법 도입과 건설공법의 품질관리로 분말 폴리머 적용이 확대되고 있으며 초기 유동 특성과 시공환경에 따른 양생조건이 공사품질에 절대적인 영향을 미치기 때문에 시멘트의 고유특성과 폴리머의 경화 메커니즘을 파악하기 위한 기초연구가 필요한 실정이다.

현재 생산되는 폴리머는 액상형과 분말형이 있는데 분말형은 액상형 폴리머를 보호 콜로이드와 함께 분사, 건조시켜 만든 것이다. 이것은 물과 접촉하였을 때에 다시 기존의 액상형으로 분산



<그림 1> 시멘트와 폴리머의 경화과정

된다.

이러한 폴리머를 OPC에 첨가하였을 때에 경화 전과 경화후의 유동특성, 물리적 특성을 해석하여 초기 유동특성과 응결에 미치는 영향과 인자, 경화후의 복합체의 물리적 특성에 대해 조사하여 궁극적으로 폴리머 시멘트의 경화 메카니즘을 규정하고자 하였다.

### 1.2 OPC와 폴리머의 경화

시멘트는 수화반응을 통하여 경화체를 형성하며 폴리머는 물의 증발과정을 통하여 필름을 형성하여 경화한다. 각 경화체의 특성들이 폴리머 시멘트 복합체에서는 또다른 복합물성을 발현하는 것으로 나타나 있다.

### 1.3 Redispersible powder의 원리

액상형의 폴리머를 보호 콜로이드와 함께 Spray drying 과정을 통하여 분말형으로 제조된 Redispersible powder는 물과 접촉하면 다시 기존의 액상형 폴리머처럼 물속에 분산된다.

여기서 보호 콜로이드는 폴리머 입자 하나하나를 감싸고 있다가 강알칼리성 분위기에서는 입자

에서 이탈하여 물의 증발과 함께 바깥으로 밀려나게 된다.

그러므로 시멘트에 Redispersible powder를 첨가하면 보호 콜로이드는 시멘트 표면으로 밀려나 비닐같은 막을 형성하게 된다.

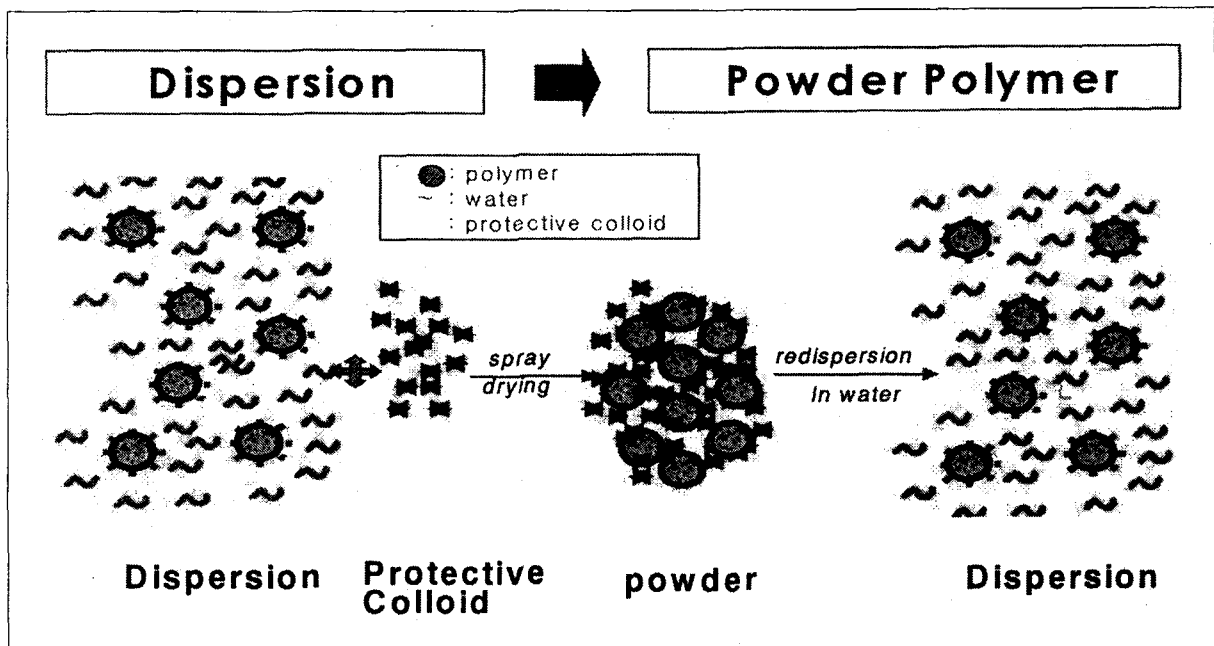
## 2. 실험

### 2.1 실험 개요

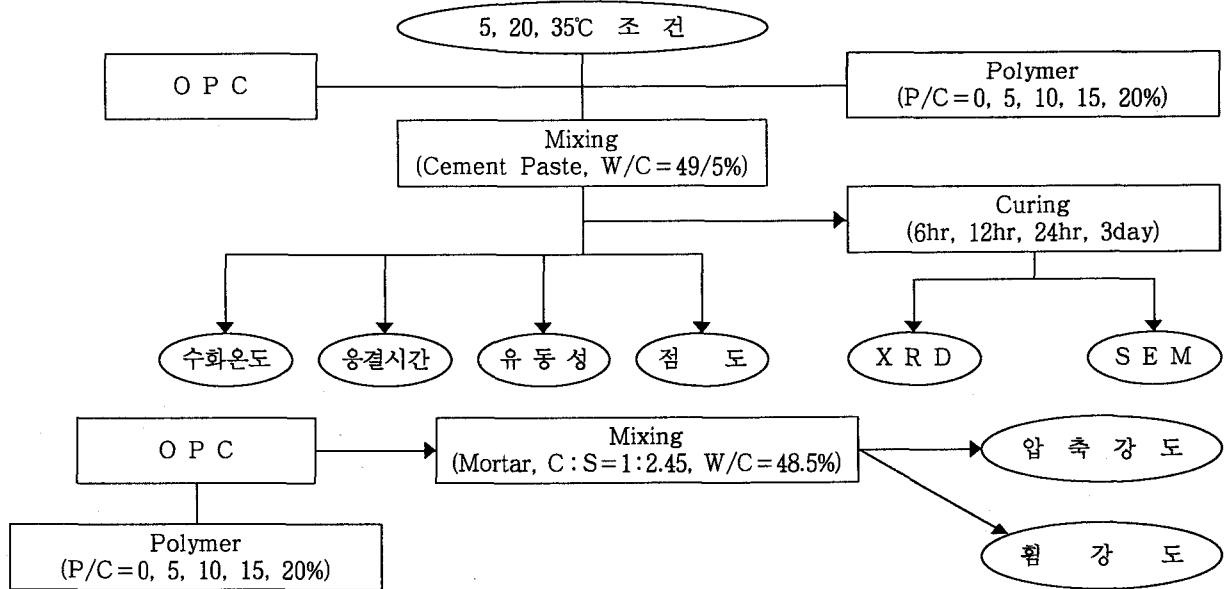
5~35°C 조건하에서 OPC를 기준으로 폴리머를 0~20% 첨가하고 W/C비를 0.485로 한 페이스트 상태에서 수화온도, 응결시간, 유동성, 점도를 측정하고 양생시간 경과에 따라 XRD, SEM으로 분석하였다. 동일한 폴리머 첨가량과 물비일 때에 C/S비를 2.45로 한 모르타르로 압축강도, 휨강도를 측정하였다.

### 2.2 실험 재료

- 1) OPC는 H사 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 화학조성은 <표 1>과 같다.
- 2) 폴리머는 W사 EVA계 Redispersible powder를 사용하였고 특성은 <표 2>와 같다.



<그림 2> Redispersible powder의 원리



<그림 3> 실험 흐름도

<표 1> OPC 및 Clinker의 화학성분

	Chemical Composition (wt%)											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Ig-loss	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	Blain
OPC	22.14	5.71	3.36	61.90	2.16	2.34	1.36	33.82	38.17	9.46	10.20	3,450
Clinker	22.35	5.34	3.48	64.70	2.35	0.46	0.33	51.37	25.59	8.27	10.58	3,500

<표 2> 폴리머의 특성

appearance		white powder
avg. particle size	powder	Max. 2% > 400 $\mu$ m
	after absorbing	1~5 $\mu$ m
bulk density		375 $\pm$ 50g/l
M. F. F. T		0 $^{\circ}$ C

2.3 실험 방법

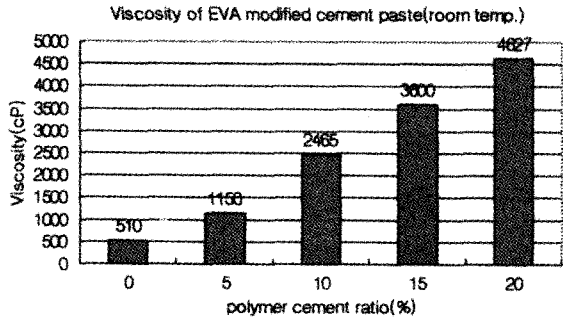
실험항목과 각 실험에 사용된 측정기와 측정 방법은 다음 <표 3>과 같다.

3. 실험 결과

이상의 실험에서 나타난 결과는 다음과 같다.

<표 3> 실험항목과 측정기, 측정방법

실험 항목	측정 기 기	시료상태	W/C	측정 시 간	비 고
(1) 수화온도	- 단열식 수화발열 온도 측정기	Cement Paste	0.485	- 연속	
(2) 응결시간	- 비카트 침 응결시간 시험기			- 초결, 종결	(K S L 5108)
(3) 유동성	- Flow Table			- 5회 타격	(K S L 5111)
(4) 점도	- RVDV-ii+			- 2분 교반후 점도 측정	
(5) XRD				- 30min, 3, 12hr, 24hr, 3d	
(6) SEM	- 염산처리 10분			- 6, 12, 24hr, 3d	
(7) 압축강도	- 모르터 압축강도 시험기	Mortar		- 7일	
(8) 휨강도	- 모르터 휨강도 시험기				(K S L 5105)



〈그림 4〉 폴리머 첨가량에 따른 점도의 변화

### 3.1 점도

RVDV-ii+로 폴리머를 첨가하였을 때의 점도

를 측정하였다.

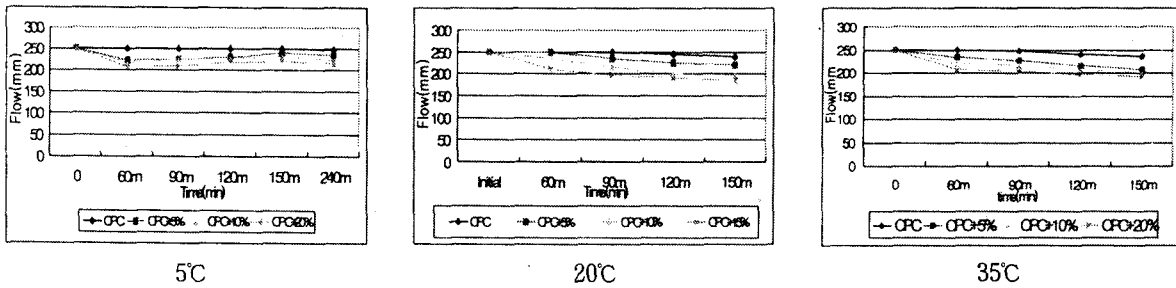
P/C비가 증가함에 따라 점도는 OPC일 때 비해서 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. (〈그림 4〉)

### 3.2 흐름성

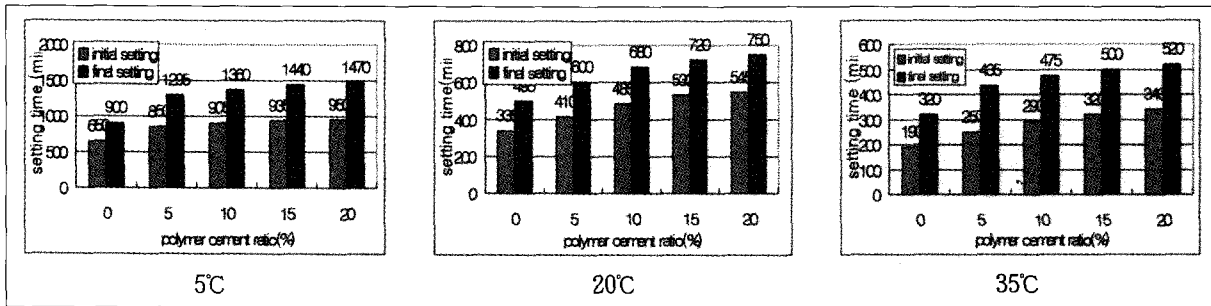
OPC에 비해서 P/C비가 증가할수록 흐름성이 떨어지는 것을 알 수 있는데 이것은 점도의 변화와도 연관성이 있는 것이다. (〈그림 5〉)

### 3.3 응결시간

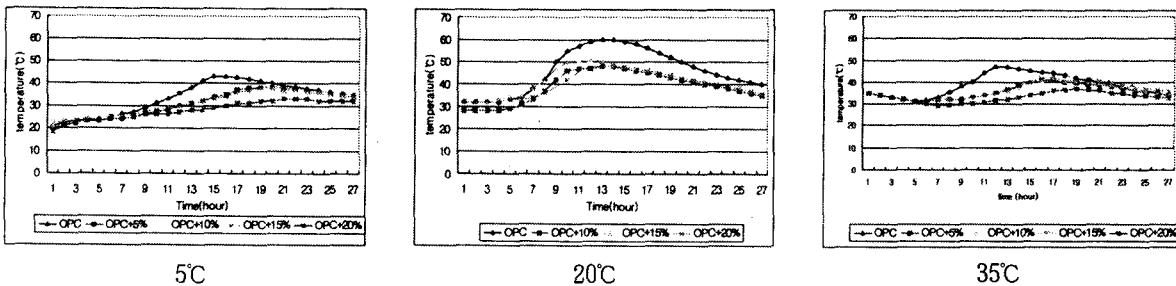
P/C비가 증가함에 따라, 온도가 저하함에 따라 응결이 지연되었는데 온도에 따른 영향이 더 큰 것을 알 수가 있었다. (〈그림 6〉)



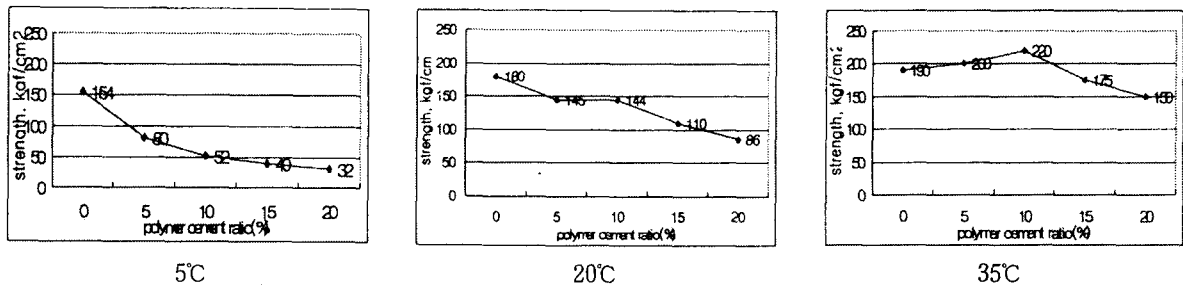
〈그림 5〉 폴리머 첨가량과 온도변화에 따른 Flow의 경시변화



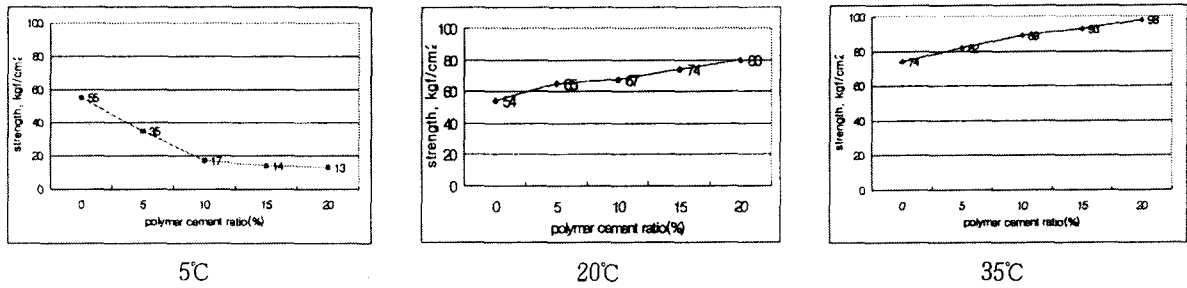
〈그림 6〉 폴리머 첨가량과 온도변화에 따른 응결시간



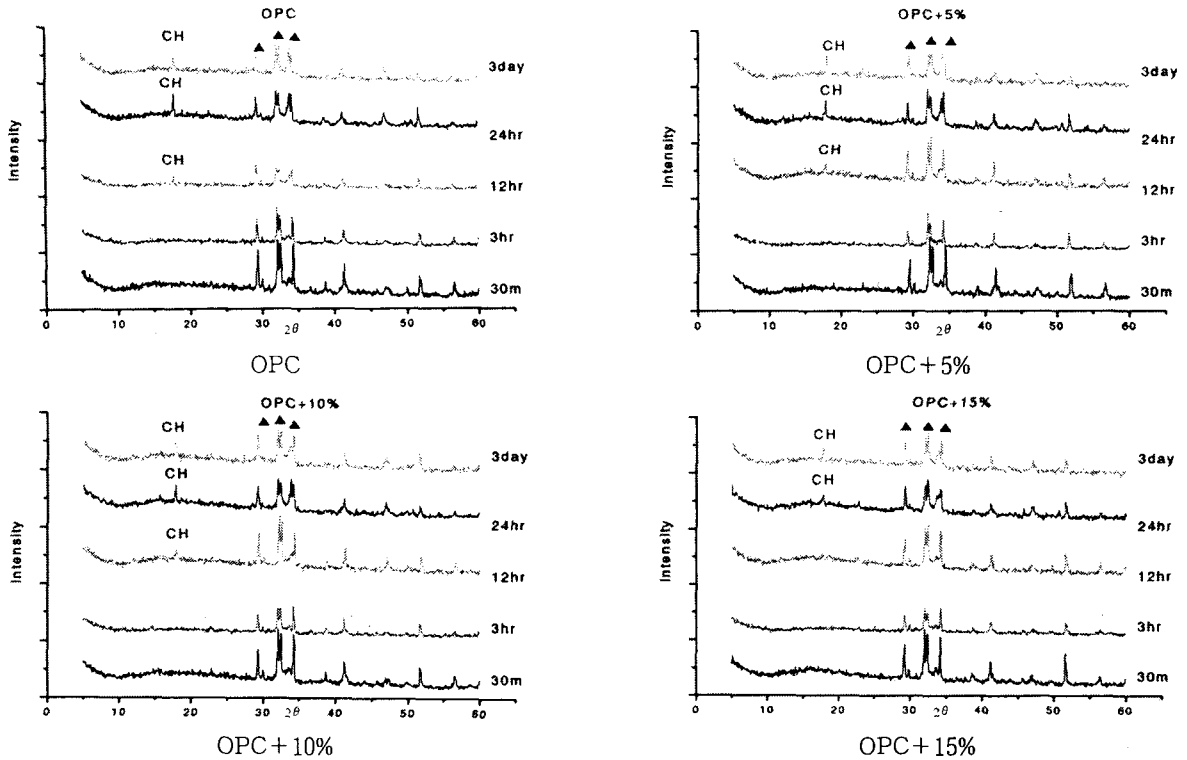
〈그림 7〉 폴리머 첨가량과 온도변화에 따른 수화온도



〈그림 8〉 폴리머 첨가량과 온도변화에 따른 압축강도



〈그림 9〉 폴리머 첨가량과 온도변화에 따른 휨강도



〈그림 10〉 폴리머 첨가량 변화에 따른 20°C에서의 XRD 분석

3.4 수화온도

P/C비가 증가함에 따라 수화온도가 낮게 나타

나는 것을 알 수 있는데 이것은 응결시간이 지연 되는 결과와도 무관하지 않다. (〈그림 7〉)

### 3.5 압축강도

P/C비가 증가함에 따라 압축강도는 저하되었다. 단 35°C에서 P/C비가 10%일 때까지는 강도가 증가하였는데 그 이유는 시멘트의 수화가 활발하여 폴리머의 영향이 더욱 크게 작용한 까닭이고, 20%까지 다시 강도가 다시 저하된 이유는 폴리머가 과량 첨가되었기 때문이다. (<그림 8>)

### 3.6 휨강도

결과에서 보는 것과 같이 5°C일 때에는 시멘트의 수화가 활발하지 못했기 때문에 폴리머의 특성을 발휘하지 못하고 강도가 저하되었으며 20°C, 35°C에서는 폴리머의 결합력이 충분히 발휘되었기 때문에 강도가 증진되었다. (<그림 9>)

### 3.7 XRD 분석

20°C 분석결과 Ca(OH)<sub>2</sub>의 결정 생성이 약간

지연되는 것을 볼 수 있었으며 (<그림 10>)

### 3.8 SEM

SEM 측정은 재령별로 염산 10% 용액으로 시멘트 성분을 용해시켜서 film 형성 과정을 확인하고자 하였다. 6hr, 12hr, 24hr에서는 형성된 film이 미수화물을 감싸고 있음으로 인해 수화물의 형태가 보이지 않고 3일이 경과한 후에 수화물과 film이 얽혀 있는 상태로 나타났다.

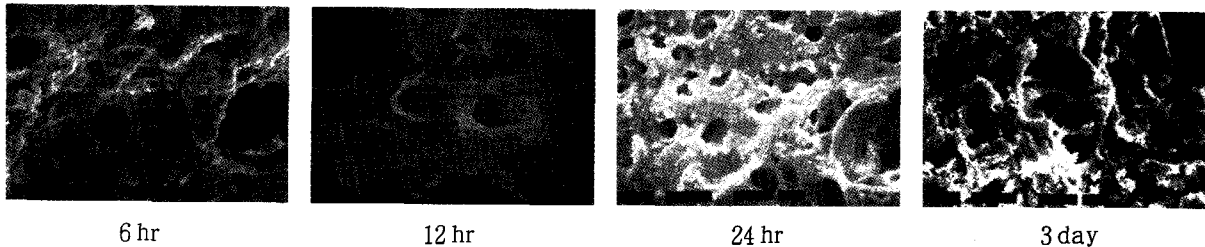
1) 5°C (<그림 11>)

2) 20°C

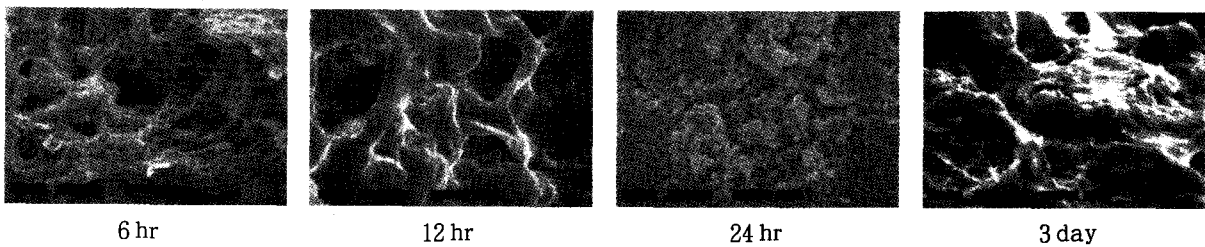
20°C에서는 5°C보다 빠르게 수화물이 생성됨으로 인해 24hr 경과시점에서 수화물과 film이 얽혀서 나타나는 것이 확인되었다. (<그림 12>)

3) 35°C

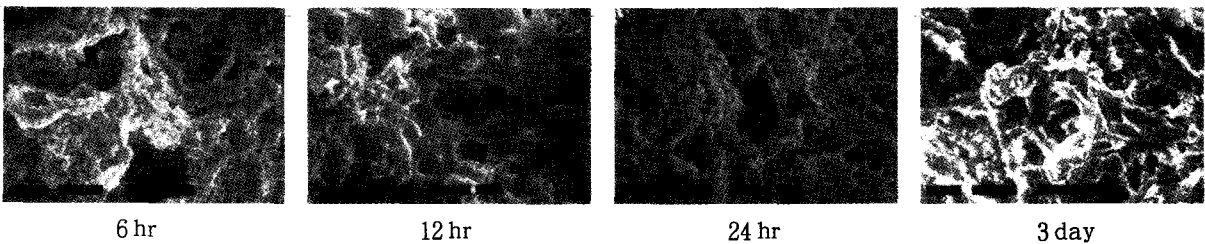
35°C에서는 초기부터 수화물의 생성이 왕성하여 폴리머 film과 수화물이 얽혀져 있는 형태로 나타났다. (<그림 13>)



<그림 11> 5°C 양생조건에서 수화시간 변화에 따른 미세조직 관찰



<그림 12> 20°C 양생조건에서 수화시간 변화에 따른 미세조직 관찰



<그림 13> 35°C 양생조건에서 수화시간 변화에 따른 미세조직 관찰

#### 4. 결 론

- 1) 폴리머 시멘트의 경화단계 이전에서는 ⇨  
P/C가 증가할수록 점도가 증가하며, 흐름성은 감소된다. 이때, 폴리머 시멘트의 응결은 온도 조건에 따라 지배를 받으며 P/C비가 증가함에 따라 약간 지연되는 경향을 보인다. 이것은 XRD 분석결과에서 P/C의 증가에 따라 Ca(OH)<sub>2</sub>의 생성량이 줄어드는 것과 연관이 있었다.
- 2) 폴리머 시멘트의 경화단계 이후에서는 ⇨  
P/C비가 증가할수록 압축강도는 감소하며, 휨 강도는 저온에서는 감소, 고온에서는 증가하였다. 이로부터 고온에서 시멘트의 수화가 활발하게 진행되는 과정에서 폴리머가 필름을 형성하여 저온에서보다 복합층 형성이 조밀하게 이루어지는 것을 알 수 있었다.

#### 〈참 고 문 헌〉

1. Ohama, Y., "Study on Properties and Mix Proportioning of Polymer modified Mortars for Building (in Japanese)", Report of Building Research Institute.
2. S. Chandra and P. Flodin, "Interactions of Polymer and Organic Admixtures on Portland Cement Hydration", Cement and Concrete Research Vol. 17, pp. 875~890.
3. S. Chandra and P. Flodin, "Interaction of Polymer with Calcium Hydroxide and Calcium Trisilicate", Ottawa Conference SP 119-14, pp. 263~272 (1989).
4. ACI Comitte 548, "Guide for the Use of Polymers in Concrete", ACI 548, 1R-92, 33p., American Concrete Institute, Detroit (Mar, 1992).