

## 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축 및 강도 특성

주명기<sup>1)\*</sup> · 이윤수<sup>1)</sup> · 정인수<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 주성대학 콘크리트 보수·보강재료 연구소 <sup>2)</sup> 흥진산업 주식회사

(2004년 5월 20일 원고접수, 2004년 9월 15일 심사완료)

### Drying Shrinkage and Strength Properties of High-Fluidity Polymer-Modified Mortar

Myung-Ki Joo<sup>1)\*</sup>, Youn-Su Lee<sup>1)</sup>, and In-Su Jung<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Research Institute for Repair & Rehabilitation Materials of Concrete, Juseong College, Chongwon, 363-794, Korea

<sup>2)</sup> Hung-Jin Enterprise Co. Ltd., Chinchon, 365-806, Korea

(Received May 20, 2004, Accepted September 15, 2004)

#### ABSTRACT

The effects of polymer-cement ratio, antifoamer content and shrinkage-reducing agent content on the air content, setting time, drying shrinkage and strength of high-fluidity polymer-modified mortars using redispersible polymer powder are examined. As a result, the air content of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tends to decrease with increasing polymer-cement ratio and antifoamer content. Regardless of the antifoamer content, the setting time of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tends to delayed with increasing polymer-cement ratio. Irrespective of the antifoamer content, the drying shrinkage of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tend to decrease with increasing polymer-cement ratio and shrinkage-reducing agent content. Regardless of the antifoamer content, the flexural and tensile strengths of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tends to increase with increasing polymer-cement ratio, and tend to decrease with increasing shrinkage-reducing agent content. However, the compressive strength of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder decreases with increasing polymer-cement ratio and shrinkage-reducing agent content.

**Keywords :** high-fluidity polymer-modified mortar, polymer-cement ratio, antifoamer content, shrinkage-reducing agent content, setting time

## 1. 서 론

최근 급속한 경제성장과 더불어 산업시설 및 구조물 등의 대규모화가 날로 증가하고 있으며, 이에 따라 건설산업의 주요 재료인 콘크리트도 그 특성에 맞게 고강도화, 고품질화, 생산시공의 대량화 등으로 전환되고 있다. 한편, 국내의 건설 현장에서 사용되는 콘크리트는 일시적으로 시공성 및 압축성을 개선시키기 위해 무리하게 단위수량을 증가시킴으로써 작업성은 향상되었지만 굳지 않은 상태에서 재료 분리 및 다량의 블리딩을 발생시키고 있으며, 또한 경화 후 콘크리트의 강도 및 내구성을 저하시킴으로써 사회·경제적으로 많은 문제를 야기 시키고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 문제 해결 측면에서 선진 외국의 경우 단위수량의 증가 없이도 콘크리트의 시공성 및 품질을 동시에 만족시

킬 수 있는 유동화 콘크리트가 개발되고 이미 많은 연구보고와 레가 발표되어 이로 인한 공사 품질의 향상과 더불어 공사비 절감, 공기 단축 등으로 인한 콘크리트 공사시의 경제성 향상이 이루어지고 있다<sup>2,3)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 긴급한 보수공사에 사용 가능한 고성능 재료를 개발할 목적으로 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르를 제조하여 이에 따른 건조수축 및 강도 특성에 영향을 미치는 폴리머-시멘트비 및 수축저감제 첨가량에 대하여 실험적으로 구명하였다.

## 2. 사용재료

### 2.1 시멘트

시멘트로서는 알루미늄 및 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 알루미늄 및 보통포틀랜드시멘트의 물리적 성질은 Table 1과 같다.

\* Corresponding author

Tel : 043-210-8232 Fax : 043-210-8373

E-mail : joomyk@hanmail.net

**Table 1** Physical properties of cements

Type of cement	Blaine specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time (min)		Compressive strength (MPa)			
		Initial set	Final set	3h	6h	1d	28d
Alumina	4115	3-00	3-30	22	27	40	46
OPC	3300	2-18	3-12			14	42

**Table 2** Physical properties of fine aggregate

Number	Size (mm)	Density (20°C, g/cm <sup>3</sup> )	Water absorption (%)	Organic impurities
6	≤0.6	2.62	≤0.3	Nil

**Table 3** Properties of redispersible polymer powder

Type of polymer	Appearance	Average particle size (μm)	Glass transition point (°C)	pH [10% water dispersion] (20°C)
EVA	White powder	400	0	9.1

## 2.2 잔골재

잔골재는 규사(6호)를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 2와 같다.

## 2.3 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지

시멘트 혼화용 재유화형 분말수지로서는 에틸렌 초산 비닐(EVA) 재유화형 분말수지를 사용하였다. 재유화형 분말수지의 성질은 Table 3과 같다.

## 2.4 분말 소포제 및 수축저감제

분말 소포제 및 수축저감제로서는 폴리에테르계 분말소포제와 폴리에테르계 (폴리에틸렌글리콜) 분말수축저감제를 사용하였다.

# 3. 시험방법

## 3.1 공시체의 제작

KS F 2476 (시험실에서 폴리머시멘트모르타르를 만드는 방법)에 준하여 시멘트 : 잔골재 = 1 : 1.0 (질량비), 폴리머-시멘트비를 0, 5, 10 및 15%(질량비), 분말소포제 첨가율을 0 및 2%(폴리머의 전고형분에 대한 질량백분율), 분말수축저감제 첨가율을 0, 2 및 4%(시멘트에 대한 질량백분율)로 배합하여 슬럼프-플로우치가 65 ± 5 cm로

**Table 4** Mix proportions of high-fluidity polymer-modified mortars

Cement : Sand (by mass)	Polymer-cement ratio (%)	Antifoamer content (%)	Shrinkage-reducing agent content (%)
1 : 1.0	0, 5, 10, 15	0, 2	0, 2, 4

일정하게 되도록 물-시멘트비를 조정해서 모르타르를 비빈 후 크기 40 × 40 × 160 mm로 성형하여 7일 건조[20°C, 60% (RH)]양생을 실시하여 공시체를 제작하였다. 보통 포틀랜드시멘트와 알루미늄시멘트를 7 : 3으로 치환하여 사용하였다. 또한 모르타르의 비법은 KS F 2421 [굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법 (공기실 압력방법)]에 준해서 모르타르용 공기측정기를 이용해서 공기량을 측정하였다. 본 실험에 사용된 배합비는 Table 4와 같다.

## 3.2 응결시간시험

KS F 2436 (관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법)에 준하여 공시체의 응결(종결)시간을 측정하였다.

## 3.3 건조수축시험

공시체를 제작하여 응결이 종료되기 시작하였을 때의 공시체의 길이를 측정한 후 건조[20°C, 50% (RH)]양생을 행하여 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험 방법)에 준하여 건조기간 1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 및 91 일에서의 건조수축을 측정하였다.

## 3.4 휨, 압축 및 인장강도시험

KS F 2477 (폴리머시멘트모르타르의 강도시험방법) 및 KS L 5104 (시멘트모르타르의 인장강도시험방법)에 의하여 공시체의 휨, 압축 및 인장강도시험을 각각 실시하였다.

# 4. 시험결과 및 고찰

## 4.1 단위수량과 폴리머-시멘트비 및 분말수축저감제 첨가율과의 관계

Fig. 1은 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 단위수량과 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 고유동 폴리머시멘트모르타르의 단위수량은 소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비 5%까지는 증가하였으나 그 이상에서는 감소하였다. 이것은 시멘트 혼화용 재유화형분말수지 중의 계면활성제의 작용에 의해서

연행되는 공기 기포와 폴리머 입자의 불베어링 효과 및 계면활성제에 의한 시멘트 입자의 분산작용에 기인하여 콘시스타시가 개선되기 때문이라 판단된다<sup>4)</sup>. 또한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 단위수량은 소포제 첨가율에 관계없이 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

#### 4.2 공기량

Fig. 2는 재유화형분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 공기량과 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 공기량은 분말소포제를 첨가하지 않은 경우가 첨가한 경우보다 전반적으로 크게 나타났다. 또한 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 공기량은 분말 소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비 5%까지는 증가하였으나 그 이상에서는 감소하였다. 본 연구에서는 분말 소포제를 재유화형 분말수지의 유효 고형분에 대하여 첨가하고 있으므로 분말 소포제 첨가율이 일정하더라도 폴리머-시멘트비가 증가하면 폴리머시멘트모르타르의 단위용적 중의 소포제 첨가량이 증가하기 때문에 공기량이 감소되는 것이라 생각된다. 또한 폴리머-시멘트비에 관계없이, 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 공기량은 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하였다.

#### 4.3 응결시간

Fig. 3은 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 응결시간과 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 응결시간이 지연되는 경향을 보였다. 일반적으로 폴리머시멘트모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 의해서 지연되지만 폴리머-시멘트비가 높을수록 그 응결시간이 지연된다고는 볼 수는 없다. 이것은 폴리머시멘트모르타르의 표면에서 폴리머의 조막에 의해 경화가 진행되어 침이 침입하기 어렵게 되기 때문이라 사료된다<sup>5)</sup>. 분말 소포제 첨가율 및 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 응결시간은 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 짧아지지만 그 차이는 작았다

#### 4.4 건조수축

Fig. 4, 5는 분말소포제 첨가율에 따른 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축과 건조재령기간의 관계를 나타낸 것이다.

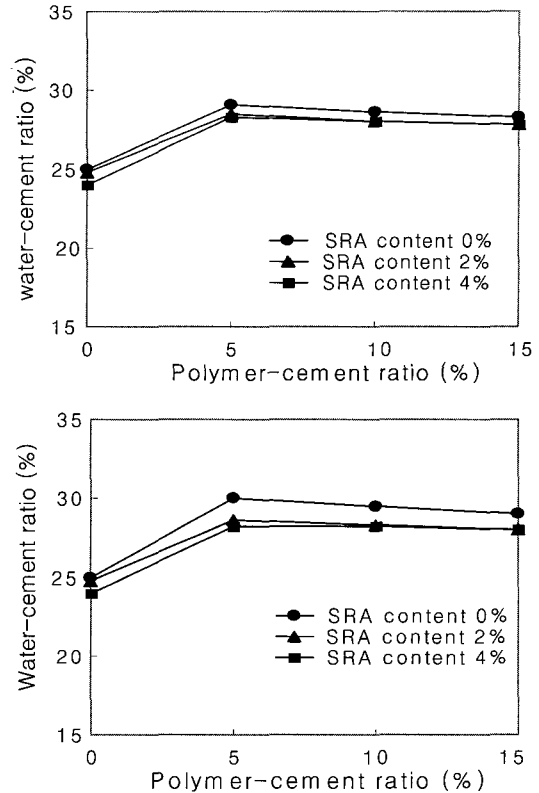


Fig. 1 Polymer-cement ratio versus water-cement ratio of high-fluidity polymer-modified cement mortars

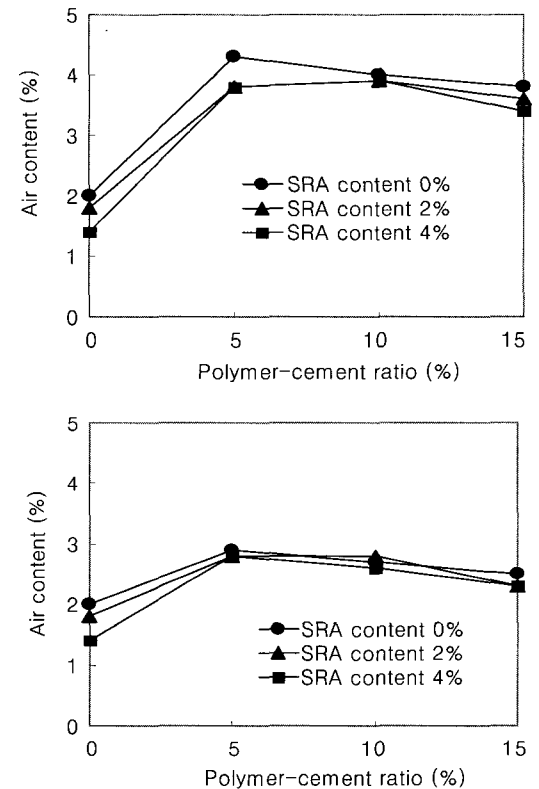


Fig. 2 Polymer-cement ratio versus air content of high-fluidity polymer-modified mortars

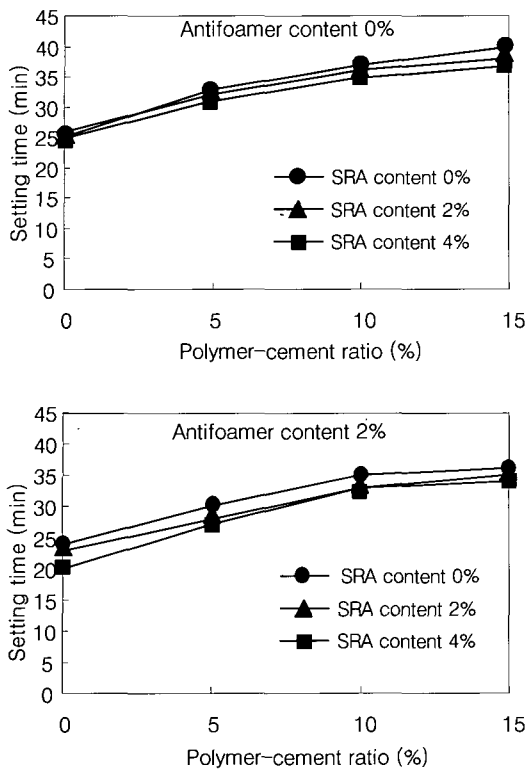


Fig. 3 Polymer-cement ratio versus setting time of high-fluidity polymer-modified mortars

Fig. 6은 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머 시멘트모르타르의 건조수축과 분말 수축저감제 첨가율의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 건조재령 7~14일까지는 급격히 증가하다가 그 이후의 증가는 크지 않았다.

재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축은 분말소포제를 첨가한 경우가 미첨가한 경우보다 작게 나타났다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축은 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말소포제 및 분말 수축저감제를 첨가하면 모세관 중에 존재하는 물의 표면장력이 저하됨과 더불어 물의 주곡률반경이 크게되어 모세관에 발생하는 압력이 저하되어 수축이 저감되기 때문이라 판단된다<sup>6,7)</sup>. 분말 소포제 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말 수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하였다. 이것은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 고유동 시멘트 모르타르의 내부에 폴리머 필름의 형성에 의한 보수성 향상으로 증발수량이 감소하기 때문이라 판단된다. 일반적으로 모르타르의 건조수축은 단위수량이 적을수록 적어지는 경향이 있다<sup>8)</sup>.

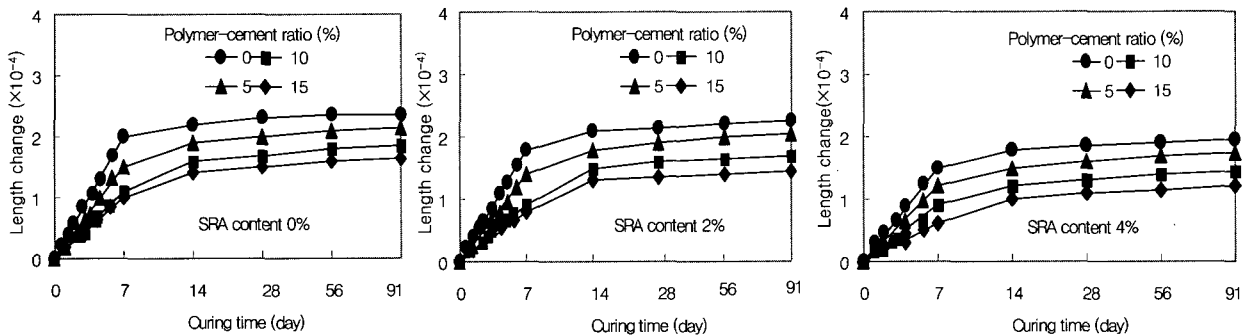


Fig. 4 Dry curing period versus drying shrinkage of high-fluidity polymer-modified mortars without antifoamer agent

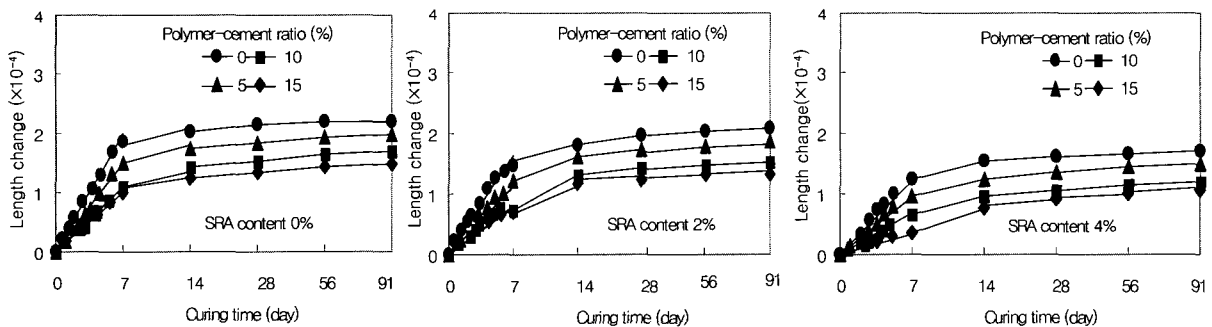


Fig. 5 Dry curing period versus drying shrinkage of high-fluidity polymer-modified mortars with antifoamer agent

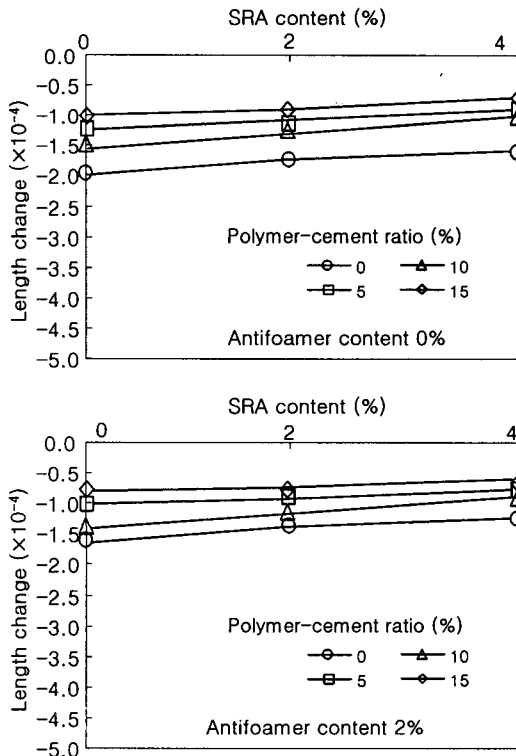


Fig. 6 SRA content versus drying shrinkage of high-fluidity polymer-modified mortars

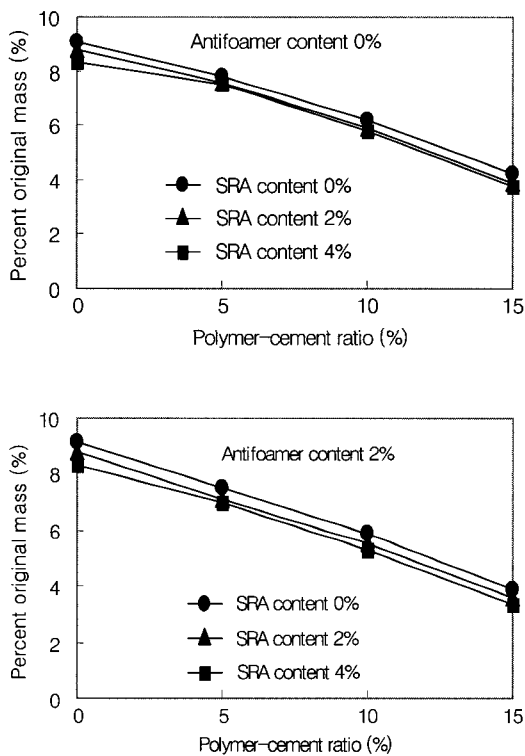


Fig. 7 SRA content versus drying shrinkage of high-fluidity polymer-modified mortars

Fig. 7은 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머 시멘트모르타르의 증량변화율과 분말 수축저감제 첨가율의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 증량변화율은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 따라서 폴리머-시멘트비의 증가에 따른 건조수축의 저감은 모르타르내부의 폴리머 필름의 형성으로 인한 보수성 향상으로 수분증발량의 감소, 즉 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지를 제조시에 첨가되는 안정제에 의한 것이라 판단된다<sup>9)</sup>.

#### 4.5 휨, 압축 및 인장강도

Fig. 8 ~ 10은 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 휨, 압축 및 인장강도와 폴리머-시멘트비의 관계를 각각 나타낸 것이다. 분말 소포제 첨가 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 휨 및 인장강도는 폴리머-시멘트비의 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이 같은 휨 및 인장강도의 증가는 Photo 1에서 보이는 바와 같이 폴리머시멘트모르타르 중에 형성되는 폴리머 필름에 의한 폴리머의 인장강도의 부여 및

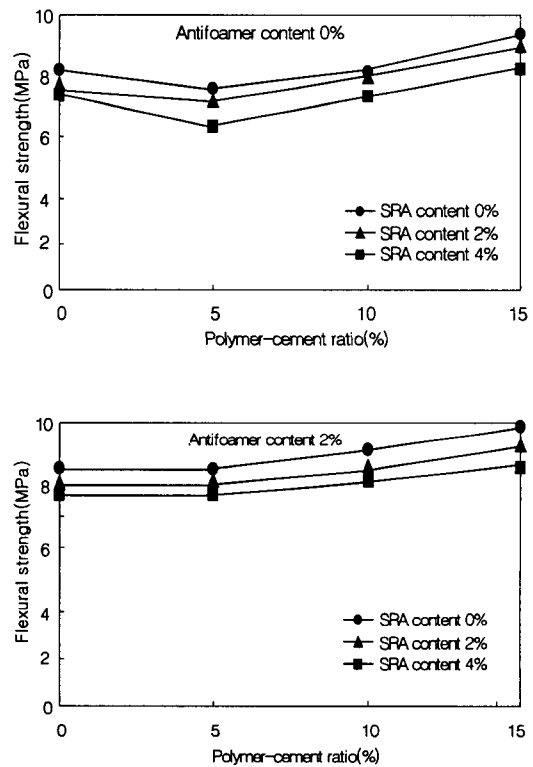


Fig. 8 Polymer-cement ratio versus flexural strength of high-fluidity polymer-modified cement mortars

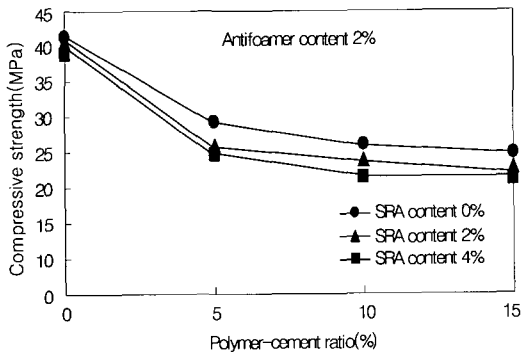
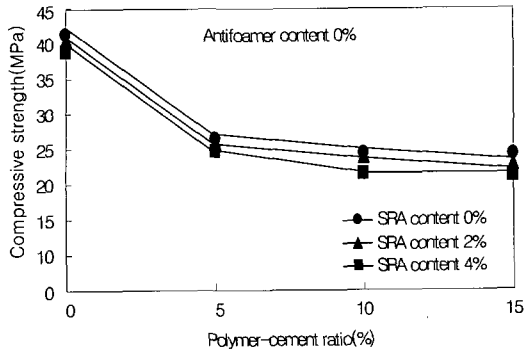


Fig. 9 Polymer-cement ratio versus compressive strength of high-fluidity polymer-modified cement mortars

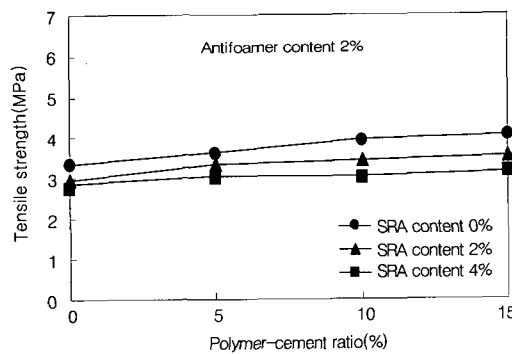
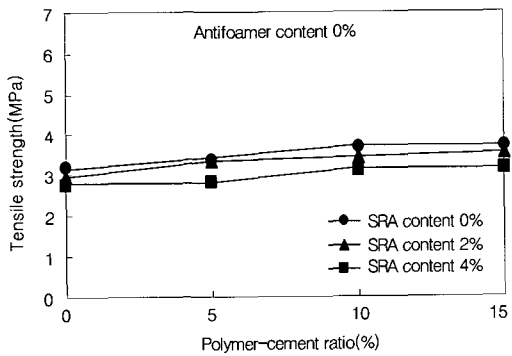


Fig. 10 Polymer-cement ratio versus tensile strength of high-fluidity polymer-modified cement mortars

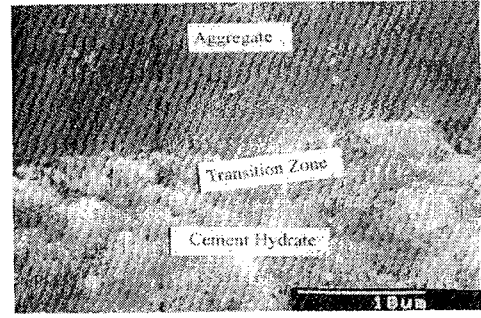


Photo 1 Microstructures of transition zone between aggregates and cement hydrate of high-fluidity polymer-modified mortars

시멘트 수화물과 골재간의 부착이 현저히 개선되었기 때문이라 사료된다<sup>10)</sup>. 하지만, 압축강도는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 폴리머를 혼입한 폴리머시멘트모르타르의 초기재령(본 논문은 알루미나 시멘트를 혼입하여 초기재령 7일강도를 측정된 것임)에서의 강도저하원인은, 시멘트모르타르의 액상 중의 각종 이온농도가 변화하여 시멘트의 수화가 지연되고, 압축응력을 부담하는 시멘트 수화물의 강도가 작아짐에 더불어, 형성된 폴리머 필름이 습윤 겔에 가까운 상태로 수분을 다량 함유하고 있어 시멘트 수화물과 골재간의 접착력이 작아지기 때문이라 판단된다<sup>11)</sup>. 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 휨, 압축 및 인장강도는 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 휨, 압축 및 인장강도는 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

## 5. 결 론

본 연구는 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축 및 강도를 개선할 목적으로 시도된 실험연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 단위수량 및 공기량은 폴리머-시멘트비 및 분말수축저감제 첨가율이 증가함에 따라 감소하였다.
- 2) 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 지연되는 경향을 보였으나, 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따른 차이는 크지 않았다.
- 3) 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축은 분말 소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비 및 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하였다.

- 4) 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머시멘트모르타르의 휨 및 인장강도는 분말소포제 첨가율 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비의 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 압축강도는 감소하는 경향을 보였다.
- 5) 재유화형 분말수지를 혼입한 고유동 폴리머시멘트모르타르의 건조수축 및 강도특성에서 성능대비 경제성을 고려한 가장 유리한 폴리머-시멘트비는 10% 정도이며, 수축저감제 첨가량은 2~4% 정도를 추천한다.

### 감사의 글

본 연구는 중소기업청 기술혁신과제의 일원으로 중소기업청 및 흥진산업 주식회사의 연구비 지원으로 수행된 연구의 일부분으로서 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 日本建築學會, “流動化コンクリートの施工指針(案)”, 日本建築學會, 1994.
2. Sato, T. and Rush, R., “*Surfactant Science Series 9. Stabilization of Colloidal Dispersion by Polymer Adsorption*,” Marcel Dekker Inc., N.Y., 1980.
3. 兒玉和巳, 岡決智, “高強度化のための高性能AE減水濟の開発”, *セメント・コンクリート*, No.546, 1992, pp.103.
4. 印南智裕, “ポリマーセメントモルタルの性質に及ぼす標準砂及び練混ぜ方法の影響”, 日本大學修士論文, 2000, pp.103~118.
5. Ohama, Y., “*Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars*,” Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA, 1995, pp.45~47.
6. 大濱嘉彦, 宮良政克, 遠藤光弘, “收縮低減劑を用いた鋼纖維補強モルタルの乾燥收縮及び強さ”, *材料*, Vol.34, No.376, 1985, pp.14~18.
7. 富田六郎, “收縮低減劑”, *コンクリート工學*, Vol.26, No.3, 1988, pp.55~60.
8. 岡田清, “*コンクリート工學ハンドブック*”, 朝倉書店, 東京, 1981, pp.568~572.
9. Kawano, T., “Studies on the Mechanism of Reducing Drying Shrinkage of Cement Mortar Modified by Rubber Latex,” *Proceedings of the Third International Congress on Polymers in Concrete*, Vol.1, College of Engineering, Nihon University, Koriyama, Japan, Feb. 1982, pp.147~162.
10. 大濱嘉彦, 出村克宣, 林志翔, “超高强度モルタルの強度性状に及ぼす調合要因及び養生條件の影響”, *セメント技術大會講演集*, No.44, 1990, pp.674~679.
11. 關野一男, “超速硬ポリマーセメントコンクリートの性状及び調合設計に関する研究”, 日本大學博士學位論文, 1996, pp.28~41.

### 요 약

본 연구에서는 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량, 응결시간, 건조수축 및 강도특성에 미치는 분말소포제 첨가율 및 수축저감제 첨가량의 영향에 대하여 검토하였다. 그 결과, 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 분말소포제 첨가율 및 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 분말소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 늦어지는 경향을 보였다. 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 분말소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비 및 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 또한 분말소포제 첨가율 및 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 압축강도는 감소하는 경향을 보였다.

**핵심용어 :** 고유동 폴리머시멘트모르타르, 폴리머-시멘트비, 소포제 첨가율, 수축저감제 첨가율, 응결시간