

## 재유화형 분말수지를 혼입한 초속경 폴리머시멘트 모르타르의 건조수축 및 강도특성

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

<sup>1)</sup> 주성대학 콘크리트 보수·보강재료 연구소

(2002년 9월 9일 원고접수, 2003년 3월 19일 심사완료)

## Drying Shrinkage and Strength Properties of Ultrarapid-Hardening Polymer-Modified Mortar Using Redispersible Polymer Powder

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

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

(Received September 9, 2002, Accepted March 19, 2003)

### 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 polymer-modified mortars using redispersible polymer powder are examined. As a result, the air content of the polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tend 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 tend 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 ultrarapid-hardening polymer-modified mortars using redispersible polymer powder tend to increase with increasing polymer-cement ratio, and tend to decrease with increasing shrinkage-reducing agent content. However, the compressive strength of the ultrarapid-hardening polymer-modified mortars using redispersible polymer powder decrease with increasing polymer-cement ratio and shrinkage-reducing agent content.

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

### 1. 서 론

최근 건축물의 외벽 및 옥상의 상판이나 도로 및 교량의 노면보수 등 시멘트 콘크리트 구조물 등에 긴급 보수 공사에 있어 초속경 시멘트 콘크리트의 수요가 증가하고 있으며, 이에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다<sup>1-4)</sup>.

초속경 시멘트 콘크리트의 특징은 초속경 시멘트의 성질에 기인하여 경화속도가 빠르고, 저온에서도 짧은 시간에 최소의 실용강도를 발현할 수 있으며, 콘크리트의 경화시간이 응결지연제 등을 첨가함으로써 자유롭게 조절될 수 있고, 특히 블리딩이 없고, 침하량이 작다는 등의 특징을 지니고 있다.

한편 재유화형 분말수지를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 일반적 성질은 보통 시멘트 모르타르에 비해서 우수하고 현재 시판되어 광범위하게 사용되고 있는 시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼션을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르와 손색이 없는 성능을 가지고 있다. 하지만 건조수축은 폴리머 디스퍼션을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르 및 보통시멘트 모르타르와 비교할 때 상당히 크다<sup>5)</sup>.

R.H. Smith 와 R.H. Mills<sup>6)</sup>는 계면활성제를 물에 첨가한 경우 시멘트 페이스트 내부의 모세관력 저하에 의해서 시멘트 모르타르의 건조수축이 감소한다고 보고하였다. 모세관 중에 존재하는 수분이 증발해서 수분이 저하하면 그것을 원래의 높이까지 되돌리는 물의 표면장력에 의해서 모세관 중에 존재하는 물의 주곡률반경은 크게 되어 모세관에 수축력이 발생한다. 그러나 분말수축저감제를 첨가하면 물의 표면장력의 저하와 함께 물의 주곡률반경이 크게 되어 모세관에 발생하는 압력이 저하하여 건조수축을 감

\* Corresponding author

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

E-mail : yslee@jsc.ac.kr

소시킨다. 이것으로부터 모세관 중에 존재하는 물의 표면 장력을 저하시켜서 시멘트 모르타르의 건조수축을 감소시킬 목적으로 각종의 계면활성제계 분말수축저감제가 개발되어 있다.

따라서, 본 연구에서는 긴급한 보수공사에 사용가능한 고성능 재료를 개발할 목적으로 재유화형 분말수지 혼입 초속경 시멘트 모르타르의 건조수축저감을 목적으로 개발된 폴리 에테르계 분말수축저감제의 첨가가 건조수축 및 강도특성에 미치는 영향에 대하여 실험적으로 구명하였다.

## 2. 사용재료

### 2.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 초속경 시멘트를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 1과 같다.

### 2.2 잔골재

본 실험에 사용된 잔골재는 규사(3호, 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. 또한 재유화형 분말수지에 대해서 폴리 에테르계 분말소포제를 2% (질량백분율) 첨가하였다. 재유화형 분말수지의 성질은 Table 3과 같다.

### 2.4 분말 수축저감제

폴리 에테르계 분말수축저감제 (SRA)로서는 폴리 에틸렌 그린콜을 사용하였다.

## 3. 시험 방법

### 3.1 공시체의 제작

KS F 2476 (시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 준하여 시멘트 : 잔골재 = 1 : 2.5 (질량비), 폴리머-시멘트비율 0, 5, 10 및 15% (질량비), 분말 소포제 첨가율을 0 및 2% (폴리머의 전고형분에 대한 질량백분율), 분말수축저감제 첨가율을 0, 4 및 6% (시멘트에 대한 질량백분율)로 배합하여 플로우치가 150±5로 일정하게 되도록 물-시멘트비를 조정해서 공시 모르타르를 비빈 후 크기 40×40×160 mm로 성형하여 건조[20℃, 60%(RH)]양생을 실시하여 공시체를 제작하였다. 또한 모르타르의 비

빔은 KS F 2421 [굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법 (공기실 압력방법)]에 준해서 모르타르용 에어메터를 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℃, 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(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험 방

Table 1 Physical properties of ultrarapid-hardening cement

Blaine specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time (min)		Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )					
	Initial set	Final set	3h	6h	1d	3d	7d	28d
3960	8~11	12~15	255	289	352	379	414	445
	11~14	15~18						

Table 2 Physical properties of fine aggregates

Number	Size	Density (20℃)	Water absorption	Organic impurities
3	≤1.2	2.60	≤0.3	Nil
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 (℃)	pH [10% water dispersion](20℃)
EVA	White powder	400	0	9.1

Table 4 Mix proportions of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars

Cement : sand (by mass)	Polymer-cement ratio (%)	Antifoamer content (%)	Shrinkage-reducing agent content (%)
1 : 2.5	0, 5, 10 and 15	0 and 2	0, 4 and 6

법) 및 KS L 5104(시멘트 모르타르의 인장강도시험방법)에 의하여 공시체의 휨, 압축 및 인장강도시험을 실시하였다.

#### 4. 시험결과 및 고찰

##### 4.1 물-시멘트비와 폴리머-시멘트비 및 분말수축저감제 첨가율과의 관계

Fig. 1은 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 물-시멘트비와 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 물-시멘트비는 소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 감소하였다. 이것은 시멘트 혼화용 재유화형 분말수축저감제의 계면활성제의 작용에 의해서 진행되는 공기 기포와 폴리머 입자의 불베어링 효과 및 계면활성제에 의한 시멘트 입자의 분산작용에 기인하여 컨시스턴시가 개선되기 때문이라 판단된다<sup>7)</sup>. 또한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 물-시멘트비는 소포제 첨가율에 관계없이 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

##### 4.2 공기량

Fig. 2는 재유화형 분말수축저감제를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량과 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 미첨가 재유화형 분말수축저감제 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 분말소포제 첨가 재유화형 분말수축저감제 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량보다 크게 나타났다. 또한 재유화형 분말수축저감제를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 분말 소포제 첨가율에 관계없이 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

본 연구에서는 분말 소포제를 재유화형 분말수축저감제의 유효 고형분에 대하여 첨가하고 있으므로 분말 소포제 첨가율이 일정하더라도 폴리머-시멘트비가 증가하면 폴리머 시멘트 모르타르의 단위용적 중의 소포제량이 증가하기 때문에 공기량이 감소되는 것이라 생각된다. 또한 재유화형 분말수축저감제 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하였다.

##### 4.3 응결시간

Fig. 3은 재유화형 분말수축저감제를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간과 폴리머-시멘트비의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수축저감제 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 응결시간이 지연되

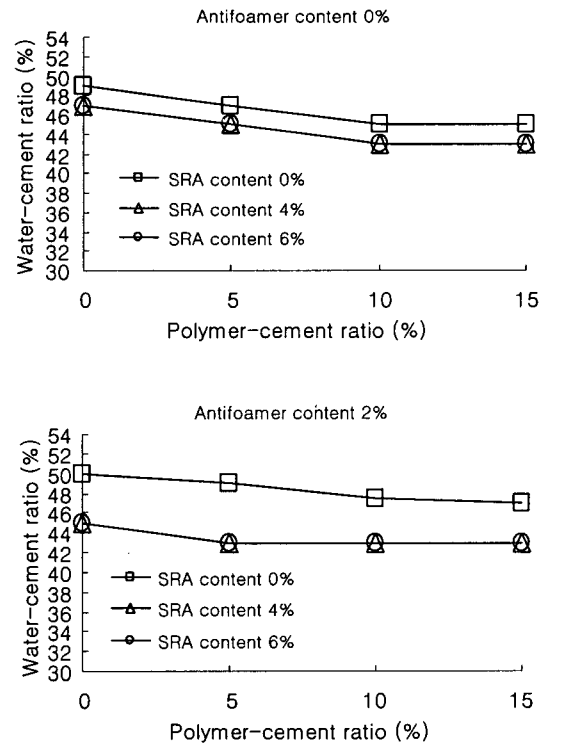


Fig. 1 Polymer-cement ratio versus water-cement ratio of ultrarapid-hardening polymer-modified cement mortars

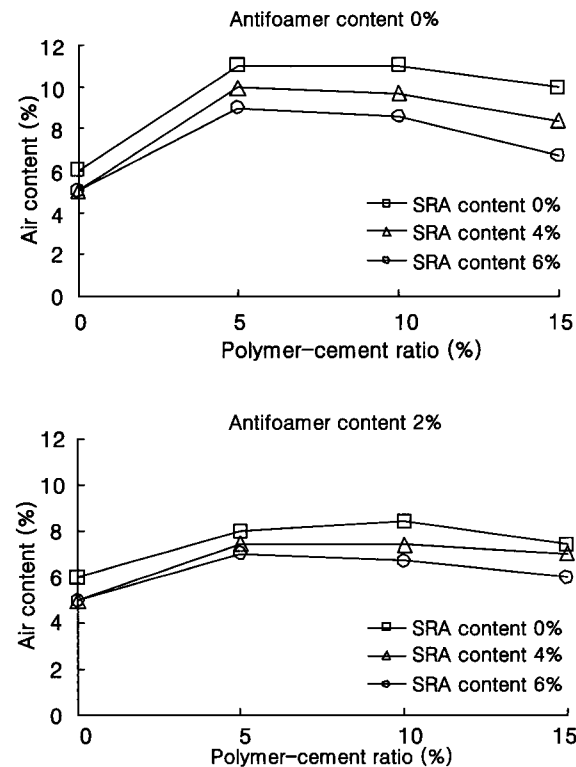


Fig. 2 Polymer-cement ratio versus air content of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars

는 경향을 보였다. 일반적으로 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 의해서 지연되지만 폴리머-시멘트비가 높을수록 그 응결시간이 느려진다고 할 수는 없다. 이것은 폴리머 시멘트 모르타르의 표면에서 폴리머의 조막에 의해 경화가 진행되어 침이 침입하기 어렵게 되기 때문이라 사료된다<sup>8)</sup>. 분말 소포제 첨가율 및 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 분말수축저감제 첨가율의 증가에 따라 짧아지지만 그 차이는 작았다.

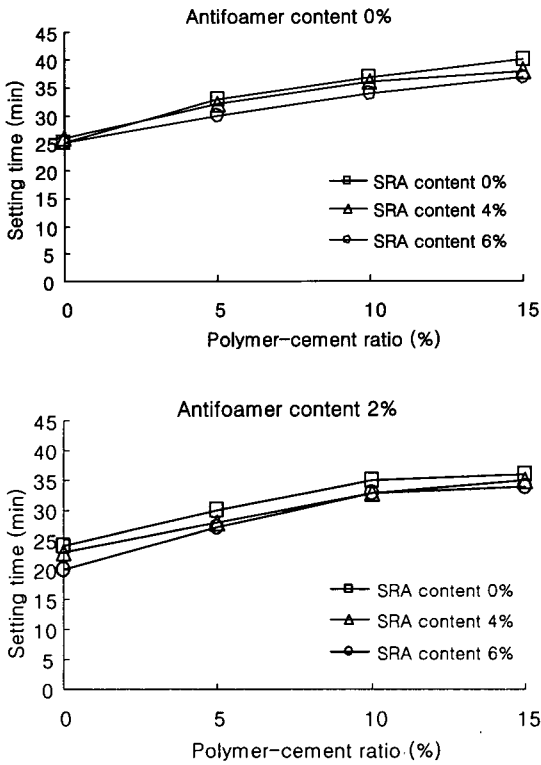


Fig. 3 Polymer-cement ratio versus setting time of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars

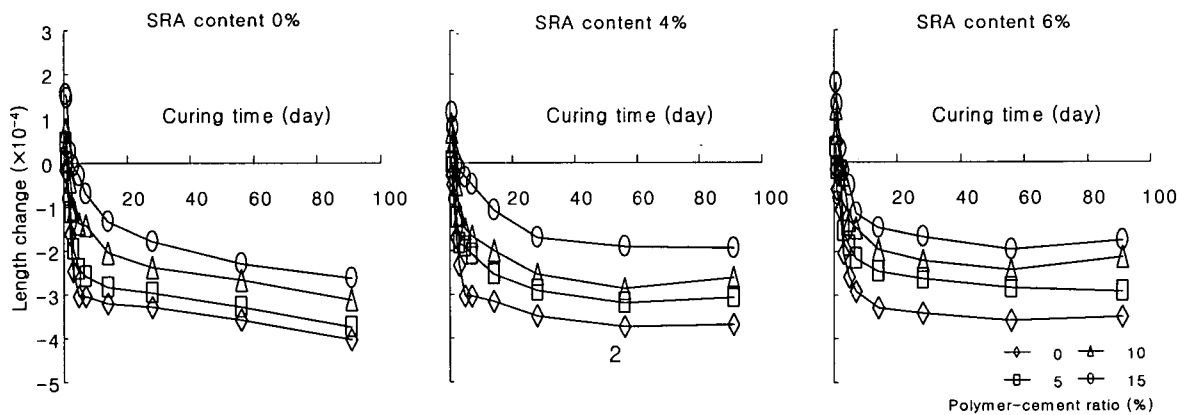


Fig. 4 Dry curing period versus drying shrinkage of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars without antifoamer agent

#### 4.4 건조수축

Fig. 4 및 Fig. 5는 분말소포제 첨가율에 따른 재유화형 분말수지를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축과 건조재형기간의 관계를 나타낸 것이다.

Fig. 6은 재유화형 분말수지를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축과 폴리머-시멘트비의 관계를, Fig. 7은 재유화형 분말수지를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축과 분말 수축저감제 첨가율의 관계를 나타낸 것이다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 건조재형 14일까지는 급격히 증가하다가 그 이후의 증가는 크지 않았다.

분말소포제 첨가 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 분말 소포제 미첨가 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축보다 작게 나타났다. 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말소포제 및 분말 수축저감제를 첨가하면 모세관 중에 존재하는 물의 표면장력이 저하됨과 더불어 물의 주곡률반경이 크게 되어 모세관에 발생하는 압력이 저하되어 수축이 저감되기 때문이라 판단된다<sup>9-11)</sup>. 분말 소포제 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말 수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하였다. 이것은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 초속경 시멘트 모르타르의 내부에 폴리머 필름의 형성에 의한 보수성 향상에 의한 일산수량이 감소하기 때문이라 판단된다. 일반적으로 모르타르의 건조수축은 단위수량이 적을수록 적어지는 경향이 있다<sup>12)</sup>.

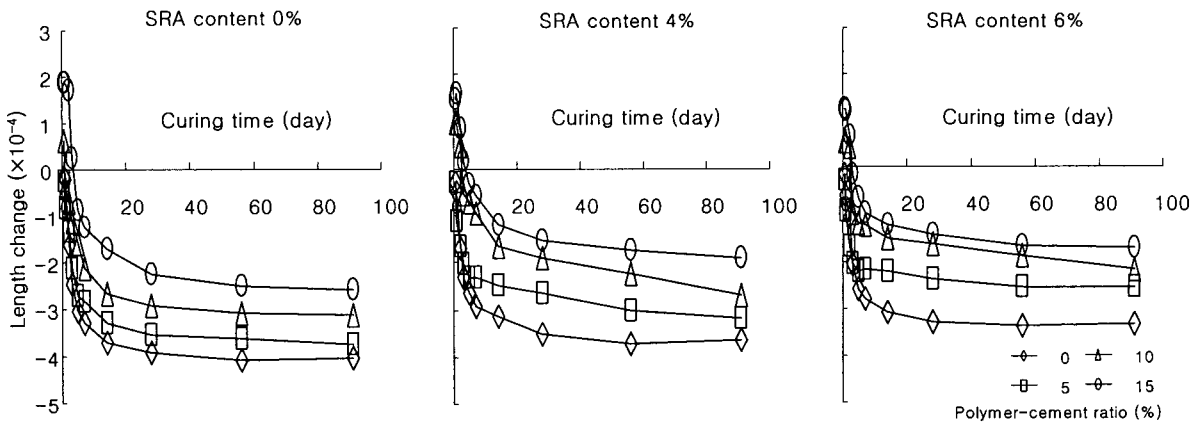


Fig. 5 Dry curing period versus drying shrinkage of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars with antifoamer agent

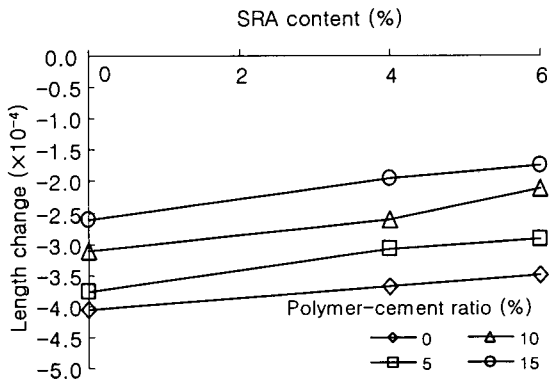


Fig. 6 SRA content versus drying shrinkage of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars without antifoamer agent

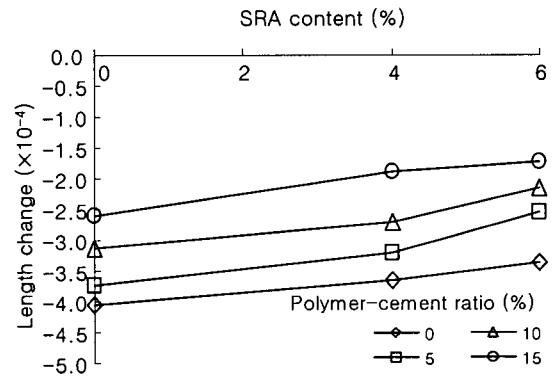


Fig. 7 SRA content versus drying shrinkage of ultrarapid-hardening polymer-modified mortars with antifoamer agent

본 연구에 한하여 초속경 폴리머 시멘트 모르타르는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 단위수량과 물-시멘트비가 감소하고 있다. 따라서 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 건조수축의 저감은 모르타르 내부의 폴리머 필름의 형성 뿐만 아니라 단위수량 및 물-시멘트비의 감소 즉, 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지 제조 시에 첨가되는 안정제에 의한 것이라 판단된다<sup>13)</sup>.

#### 4.5 휨, 압축 및 인장강도

Figs. 8, 9 및 10은 재유화형 분말수지를 혼입한 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 휨, 압축 및 인장강도와 폴리머-시멘트비의 관계를 각각 나타낸 것이다. 분말 소포제 첨가율 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 증가하는 경

향을 보였다. 이 같은 휨 및 인장강도의 발현은 폴리머 시멘트 모르타르 중에 형성되는 폴리머 필름에 의한 폴리머의 인장강도의 부여 및 시멘트 수화물과 골재간의 부착이 현저히 개선되었기 때문이라 사료된다<sup>14)</sup>. 하지만, 압축 강도는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 휨, 압축 및 인장 강도는 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말 수축저감제가 시멘트의 수화반응을 저해하기 때문이라 판단된다.

#### 5. 결 론

본 연구는 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축 및 강도를 개선할 목적으로 시도된 실험연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

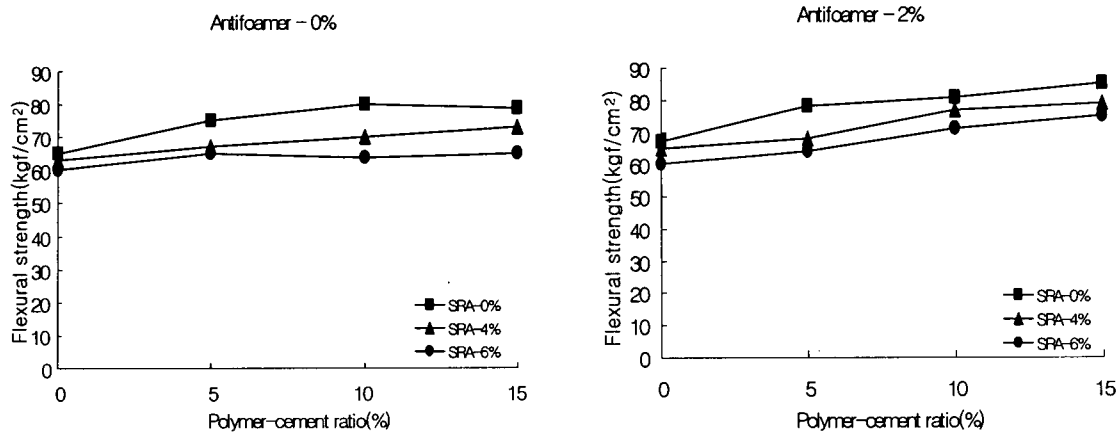


Fig. 8 Polymer-cement ratio versus flexural strength of ultrarapid-hardening polymer-modified cement mortars

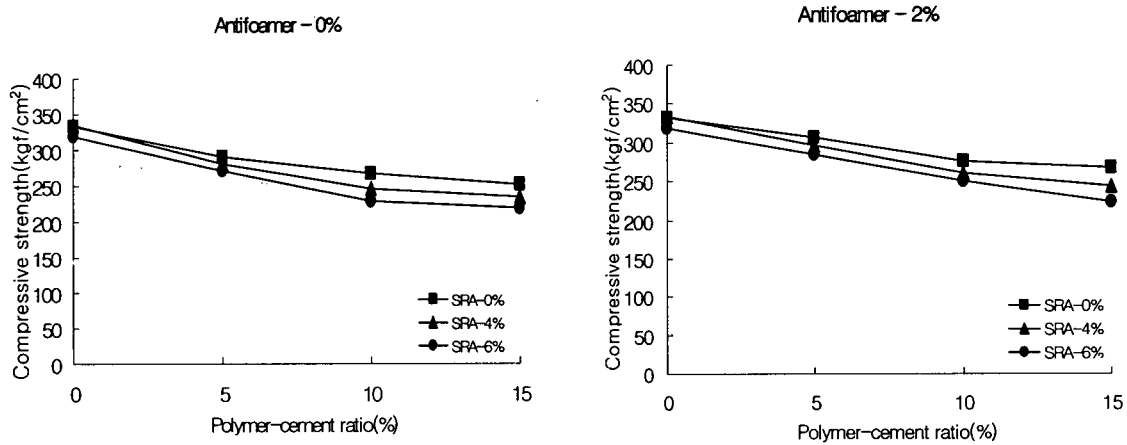


Fig. 9 Polymer-cement ratio versus compressive strength of ultrarapid-hardening polymer-modified cement mortars

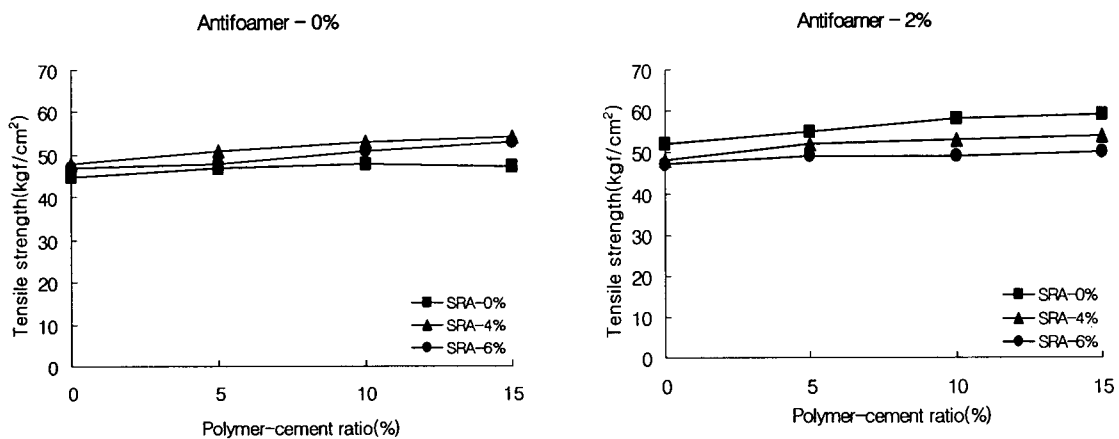


Fig. 10 Polymer-cement ratio versus tensile strength of ultrarapid-hardening polymer-modified cement mortars

- 1) 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 물-시멘트비는 폴리머-시멘트비 및 분말수축저감제 첨가율이 증가함에 따라 감소하였다.
- 2) 분말 소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 또한 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하였다.
- 3) 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 지연되는 경향을 보였다. 분말 소포제 첨가율 및 폴리머-시멘트비에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 응결시간은 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 짧아지지만 그 차이는 작았다.
- 4) 분말 소포제 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말 수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하였다.
- 5) 분말소포제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축은 분말 수축저감제 첨가율의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.
- 6) 분말소포제 첨가율 및 분말 수축저감제 첨가율에 관계없이 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도는 폴리머-시멘트비의 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 압축강도는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

### 참고문헌

1. Sprinkel, Michael M., "High-Early-Strength Latex Modified Concrete Overlays," Transportation Research Record 1204, TRB, National Research Council, Washington, D.C, 1988, pp.42-51.
2. Sekino, K., Ohshio, A. and Kawano, T., "Pro-Perties and Applications of Polymer-Modified Ultra Rapid Hardening Cement Concrete," *Proceedings of the MRS International Meeting on Advanced Materials*, Materials Research Society Pittsburgh, 1989, pp. 105-113.
3. 關野一男, "超速硬ポリマーセメントコンクリートの調査設計法の提案", 材料, Vol.42, No.480, 1993, pp.1121-1127.
4. 關野一男, "ゴムラテックス混入超速硬セメントモルタルの研究", 콘크리트工學論文集, Vol.4, No.1, 1993, pp.103-112.
5. Ohama, Y., Demura, K., and Kim, W., "Properties of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powders," *Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete*, Kangwon National University, Chuncheon, Korea, May 1994, pp.81-90.
6. Smith, R.H. and Mills, R.H., "Variations in the Shrinkage of Concrete Resulting from the Use of Additives," *Proceedings of the RILEM/CEMBUREAU International Colloquium on the Shrinkage of Hydraulic Concretes*, Vo. 1, Instituto Eduardo Torroja, Madrid, Mar. 1968, ppII-G.0-II-G.15.
7. 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, pp. 103-118, 2000. 2.
8. Y. Ohama, "Hand book of Polymer- Modified Concrete and Mortars," Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA, 1995, pp.45-47.
9. 長龍重義, 米倉亞州夫, "コンクリートの乾燥収縮及びクリープの構造に関する考察", 콘크리트工學, Vol.20 No.12, December 1982, pp.85-95.
10. 大濱嘉彦, 宮良政克, 遠藤光弘, "収縮低減剤を用いた鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮及びび強さ", 材料, Vol.34, No.376, January 1985, pp.14-18.
11. 富田六郎, "収縮低減剤", 콘크리트工學, Vol.26, No.3, March 1988, pp.55-60.
12. 岡田 清, "콘크리트工學ハンドブック", 朝倉書店, 東京, November 1981, pp.568-572.
13. 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, February 1982, pp.147-162.
14. 大濱嘉彦, "出村克宣, 林志翔: 超高強度モルタルの強度性狀に及ぼす調査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.

---

## 요 약

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

**핵심용어** : 폴리머 시멘트 모르타르, 폴리머-시멘트비, 수축저감제 첨가율, 소포제 첨가율, 응결시간

---