

저수축형 폴리머 콘크리트의 제조 및 물리·역학적 특성

Preparation and Properties of Low-shrinkage Polymer Concretes

황진하* 연규석** 이윤수*** 이기원*
Hwang, Jin Ha Yeon, Kyu Seok Lee, Youn Su Lee, Ki Won

ABSTRACT

Many different polymer based concrete materials are known today, but the large setting or hardening shrinkage of polymer concrete is a problem to overcome in their practical applications. The setting shrinkage reaches about five to ten times the drying shrinkage of ordinary cement concrete, i.e., 50 to 60×10^{-4} .

This paper deals with a reduction in the hardening shrinkage of unsaturated polyester resin concrete which is treated with respect to shrinkage-reducing agent content, S/a ratio and catalyst content, and tested for length change during hardening, and flexural and compressive strengths.

It is show that the change of shrinkage-reducing agent content and S/a ratio affected the length change of the unsaturated polyester resin concrete during hardening.

1. 서론

시멘트 콘크리트는 경화되는 과정에서 수축을 일으키고, 이러한 건조수축은 균열 및 체적변화의 원인이 되어 콘크리트 구조물에 있어서 유해한 요소로 작용한다. 이와 같은 수축현상은 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 폴리머 콘크리트에서도 경화시 발생하는 것으로, 그 값은 재령 24시간에 있어서 약 $50 \sim 60 \times 10^{-4}$ 정도로 매우 큰 편이며, 이는 불포화 폴리에스터 수지가 경화시에 7~10%정도의 큰 수축을 일으키는 데 기인하는 것이다.

이러한 경화수축 현상은 폴리머 콘크리트의 큰 단점이라 할 수 있으며, 치수의 정밀도가 요구되는 경우 라든가 폴리머 콘크리트를 구조부재로 사용하는 경우에는 큰 문제가 발생될 수 있으며, 폴리머 콘크리트 제품 제조시에는 균열발생의 원인이 되어 품질을 저하시키는 등의 문제를 발생시킨다.

폴리머 콘크리트의 단점인 수축을 감소시킬 목적으로 결합재에 수축저감제를 혼입하여 사용하고 있으며, 수축억제 효과가 큰 각종 섬유 등을 보강재로서 혼입하여 콘크리트의 수축저감 효과를 보고 있으나, 폴리머 콘크리트에 있어 이와 관련된 연구 및 연구결과들은 많지 않다.

본 연구에서는 폴리머 콘크리트의 수축 저감을 목적으로 수지량, 수축저감제 함량과 S/a 비 등을 변화시켜 경화수축의 변화와 물리·역학적 특성을 규명함으로써 폴리머 콘크리트의 이용을 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

* 정회원 강원대학교 농공학과 석사과정

** 김희원 강원대학교 농공학부 교수

*** 정회원 주성대 건설재료학과 전임강사

2. 사용재료

2.1 불포화 폴리에스터 수지

본 실험에서 사용된 불포화 폴리에스터 수지는 국내 A사의 올소타입(ortho type)으로서 코발트제 경화 촉진제(CoOc)가 첨가되어 있으며, 그 성분은 Table 1과 같다. 개시제는 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Keton Peroxide : MEKPO)를 사용하였다.

Table 1. Properties of the unsaturated polyester resin

Specific gravity (at 20°C)	Viscosity (at 20°C, mPa · s)	Acid value	Styrene content (%)
1.12±0.02	350	24±4	38

2.2 수축저감제

경화수축을 감소시키기 위하여 열가소성인 폴리스틸렌을 스티렌 모노머에 용해시킨 수축저감제를 사용하였으며, 그 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Properties of shrinkage reducing agent

Viscosity (at 25°C, Pa · s)	Nonvolatile substance (%)	Appearance
31 - 41	34 - 38	Transparent

2.3 충전재 및 골재

충전재는 중질탄산칼슘(CaCO₃)을 사용하였으며, 굵은골재는 채석을 사용하였고, 잔골재는 홍천강에서 채취한 모래를 사용하였다. 이들의 성질은 Table 3과 같다. 또한 충전재 및 골재의 함수율은 0.1 % 이하로 건조시켜 사용하였다.

Table 3. Properties of filler and aggregate

Types	Size (mm)	Specific gravity (at 20°C)	Water content (%)	Organic impurities
Filler	$\leq 2.5 \times 10^{-3}$	2.75	≤ 0.1	Nil
Fine aggregate	≤ 5	2.60	≤ 0.1	Nil
Coarse aggregate	≤ 10	2.62	≤ 0.1	Nil

3. 실험방법

3.1 시험체 제작

시험체는 KS F 2419(폴리에스터 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작 방법)에 규정된 방법에 의하여 제작하였으며, 배합비는 Table 4와 같다. 이와같은 시험체는 온도가 25 ± 2 °C 이고 습도가 $60 \pm 5\%$ 인 항온항습실에서 7일간 양생시킨후 시험에 사용하였다.

Table 4. Formulation of binder for polyester resin concrete

(wt.%)

Item	Binder		Filler	Coarse aggregate	Fine aggregate
	UP*	SR**			
B10.5-SR0	10.5	0	10.5	31.6	47.4
				39.5	39.5
				47.4	31.6
B10.5-SR10	9.45	1.05	10.5	31.6	47.4
				39.5	39.5
				47.4	31.6
B10.5-SR20	8.4	2.1	10.5	31.6	47.4
				39.5	39.5
				47.4	31.6
B11.5-SR0	11.5	0	11.5	30.8	46.2
				38.5	38.5
				46.2	30.8
B11.5-SR10	10.35	1.15	11.5	30.8	46.2
				38.5	38.5
				46.2	30.8
B11.5-SR20	9.2	2.3	11.5	30.8	46.2
				38.5	38.5
				46.2	30.8

Note ; * : Unsaturated Polyester Resin

** : Shrinkage-Reducing Agent

3.2 경화수축

경화수축 시험은 Ohama-Demura 방법에 의해 시험하였다. 시험체의 크기는 $7 \times 7 \times 32$ cm이고, 정밀도 0.005mm인 LVDT를 제작된 시험체 양 끝에 각각 설치하였으며, 변위값은 data logger로 측정하였다. 타설후 매 10분 단위로 24시간 측정하였다. 측정시 온도는 25 ± 3 °C 이고 습도는 $60 \pm 5\%$ 이었다.

3.3 강도특성

3.3.1 압축강도

압축강도 시험은 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 따라 실시하였고, $\phi 7.5 \times 15$ cm인 원주형 공시체를 사용하였다.

3.3.2 휨강도

휨강도는 KS F 2482(폴리에스터 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 따라 실시하였고, $6 \times 6 \times 24$ cm인 각주형 공시체를 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 경화수축

Fig 1 은 경화수축량을 나타낸 것으로 실험결과 수지량이 10.5%일 때 보다 11.5%일 때 경화수축량이 큰 값을 보였으며 수축저감제의 첨가량이 증가할수록 경화수축량이 감소하는 경향을 보였다. B10.5-SR10 일 경우 수축저감제가 첨가되지 않았을 때 보다 약 30%, B10.5-SR20 일 경우 약 53%, B11.5-SR10 일 경우 약 31%, B11.5-SR20 일 경우 약 47% 정도의 수축저감의 효과를 볼 수 있었다.

S/a 비에 따른 경화수축량은 S/a 60일 때 가장 적은 값을 보였으며, S/a 50, S/a 40일 때는 S/a 60 일 때 보다 각각 10%, 30% 정도 수축량이 증가함을 알 수 있었다

경화수축의 종결은 개시제 첨가후 5시간이내에 거의 이루어 졌으나 수지량이 10.5%, 수축저감제 첨가량이 0%일 경우 수축종결시간이 12~15시간에 이르렀다.

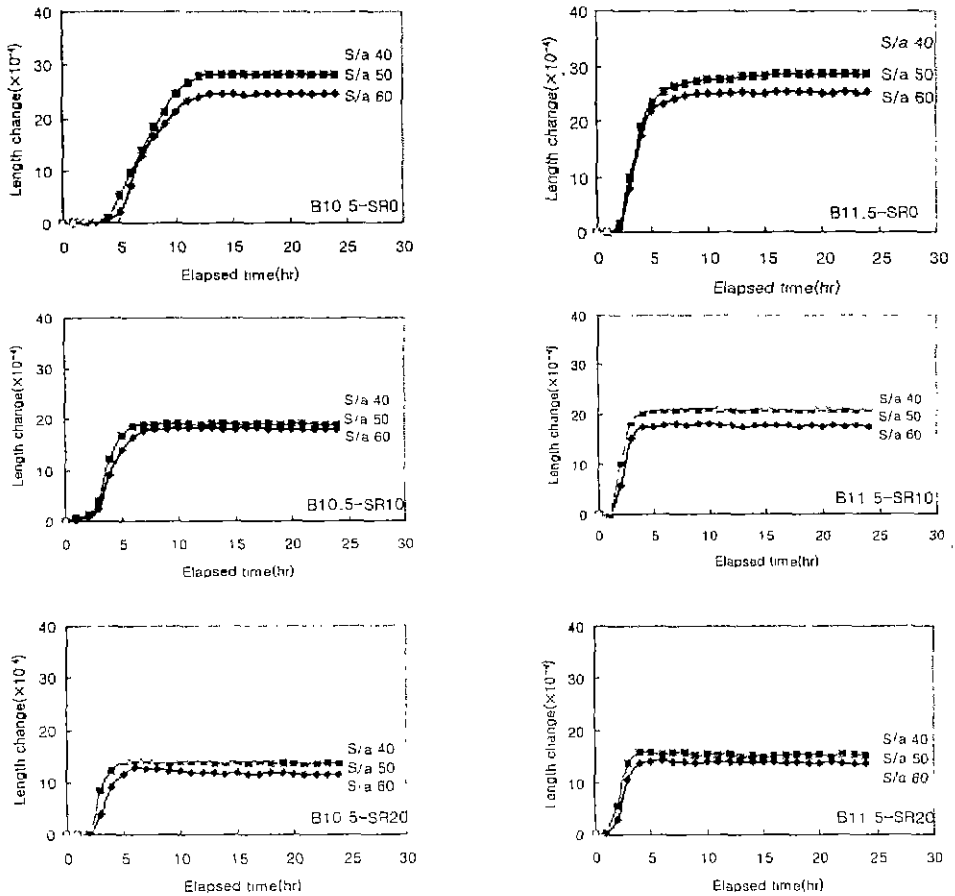


Fig. 1. Relation between length change and elapsed

4.2 압축강도 및 휨강도

Fig 2는 수축저감제 첨가에 따른 강도특성을 나타낸 것으로 압축강도와 휨강도 모두 수지량이 10.5%일 때 보다 수지량이 11.5%일 때 더 큰 값을 보였다. 수축저감제 첨가에 따른 강도특성은 수축저감제가 첨가되지 않았을 경우 가장 높은 값을 나타냈으며, 수축저감제의 첨가량이 증가할수록 강도가 저하됨을 알 수 있었다. 수축저감제가 10%, 20% 첨가시 첨가되지 않았을 경우보다 압축강도는 각각 3~6%, 12~15%의 감소를 보였으며, 휨강도의 경우 3~4%, 4~10%의 강도감소를 보였다.

S/a 비에 따른 강도특성은 압축강도와 휨강도 모두 S/a 비가 60일 때 가장 큰 값을 보였으며, S/a 비가 50, 40으로 감소하면 강도 역시 감소하는 경향을 보였다.

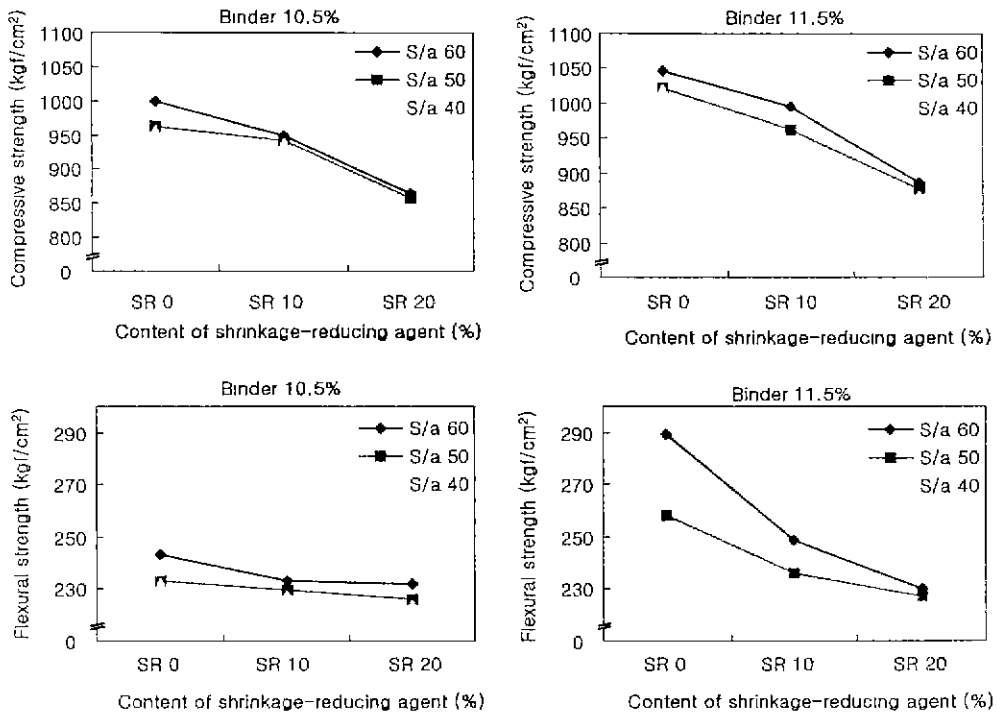


Fig. 2. Relation between strength and content of shrinkage-reducing agent

5. 결론

본 연구는 저수축형 폴리머 콘크리트의 물리·역학적 특성을 구명한 것으로 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 경화수축량은 수지량이 10.5% 일 때 보다 11.5%일 때, 즉 수지량이 증가할수록 커짐을 알 수 있었다.
- 2) 수축저감제의 첨가에 따라 경화수축량은 감소함을 알 수 있었다. B10.5-SR10 일 경우 수축저감제가 첨가되지 않았을 때 보다 약 30%, B10.5-SR20 일 경우 약 53%, B11.5-SR10 일 경우 약 31%, B11.5-SR20 일 경우 약 47% 정도의 수축저감의 효과를 볼 수 있었다

- 3) S/a 비에 따른 경화수축량은 S/a 60일 때 가장 적은 값을 보였으며, S/a 50, S/a 40일 때는 S/a 60일 때 보다 각각 10%, 30% 정도 수축량이 증가함을 알 수 있었다.
- 4) 압축 및 휨 강도특성은 수지량이 증가할수록 높아지고, 수축저감제의 첨가량이 증가할수록 낮아짐을 알 수 있었다.
- 5) S/a 비에 따른 강도특성은 압축강도와 휨강도 모두 S/a 비가 60일 때 가장 큰값을 보였으며, S/a 비가 50, 40 순으로 감소하였다.

감사의 글

본 논문은 강원대학교 석재복합 신소재제품 연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. Yoshihiko Ohama and Masashi Komiyama, "Early strength and length change of polyester resin concrete with shrinkage-reducing agent", The 22nd Japan congress on materials research, pp 356 ~ 359, 1979
2. Satish Chandra, Yoshihiko Ohama, "Polymer in Concrete", CRC press, pp135 ~ 143, 1994
3. 연구석, 김관호, 이필호, 김동수, 박윤제, "불포화 폴리에스터 수지를 이용한 폴리머 콘크리트의 역학적 특성", 한국콘크리트학회지, Vol 6, No3, pp131~141, 1994
4. W. Koyanagi, Y. Uchida, L. V. Nguyen, F. Hayashi and M. Ohshima, "Internal stresses due to setting shrinkage in polymester resin concrete", International congress on polymers in concrete, pp435~440, 1995
5. A. M. Rosenberg and D. A Chapman, "Improved unsaturated polyester resin concrete with shrinkage control", International congress on polymers in concrete, pp1~20, 1991