

증기양생조건이 시멘트 모르타르의 동결융해저항성에 미치는 영향

An Experimental Study on the Freezing and Thawing Resistance of Mortar Influenced by Steam Curing Conditions

장 문 기* · 박 광 수 · 김 관 호(농업기반공사) · 윤 성 수(서울대)
Jang, Moon Ki · Park, Kwang Su · Kim, Kwan Ho · Yoon, Seong Soo

ABSTRACT

In this study, the characteristics of freezing and thawing resistance, the compressive strength, and the change in height of cement mortar according to a steam and later curing conditions has been studied. To this end, the major test variables include the period of the early curing, curing temperature and the later curing. The strength test as well as volume variousness have been conducted to explore the characteristics of freezing and thawing resistance on the curing conditions.

The experimental results can be efficiently used to improve the characteristics of freezing and thawing resistance for concrete products carrying steam curing.

I. 서 론

콘크리트제품은 공정관리가 규격화된 공장에서 대량 생산되는 콘크리트 및 철근콘크리트 부재를 말하며, 현장 타설 콘크리트에 비하여 콘크리트제품은 규격화된 공정관리와 숙련된 작업인에 의해 생산되므로 안정된 품질의 구조물을 얻을 수 있다.

현재 콘크리트제품의 증기양생 관리는 건설교통부와 대한주택공사의 표준시방서에 간단히 언급되어 있으나 각 조건에 따른 온도 및 주기 등이 명확하게 규정되어 있지 않아 공장제품 생산업체마다 다르게 적용하고 있다. 국내에서 증기 양생된 콘크리트공장제품의 품질평가는 KS에 규정된 평가기준 강도나 치수, 철근량 등을 확인하고 있는데, 양생조건에 따라 강도는 만족되거나 반복 동결융해작용으로 인한 내구성저하로 단기간 내에 기능을 상실하여 사회적·경제적인 문제로 대두되고 있다.

농업수리구조물로 많이 이용되고 있는 콘크리트제품은 물과 접하여 콘크리트 함수정도가 높고, 지속적인 반복 동결융해를 받아 균열, 박리 등의 열화가 급속하게 진행되어 내구성 확보와 연장방안의 필요성이 절실하며, 최근 이에 대한 많은 연구들이 활발히 진행되고 있다. 이러한 많은 연구에서 사용된 배합비, 다짐방법, 전양생기간과 증기양생조건 등에 따라 서로 상이한 결과를 나타내고 있으며, 실제 공장에서 사용하는 양생조건들에 따른 콘크리트 강도의 증감이나 내구성 확보 대한 다양한 실험연구가 필요하다.

본 연구에서는 증기 양생된 콘크리트제품이 강도뿐만 아니라 동결융해에 대한 내구성 확보를 위해 다양한 양생조건을 변수로 하여 동결융해에 대한 내구성확보와 압축강도, 수축·팽창정도를 동시에 만족할 수 있는 최적의 증기양생조건을 제시하는데 목적이 있다.

II. 실험변수 및 방법

1) 실험변수

2001년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2001년 10월 12일)

본 연구에서는 실험변수로 전양생 기간(0.0, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 12.0, 24.0, 48.0hr)과 증기양생 온도(65, 80, 95°C), 2차양생 기간 실시 유무에 따라 압축강도와 수축·팽창 변화, 동결융해에 대한 저항성을 파악하기 위하여 중량변화를 측정하였다.

2) 실험방법

가. 공시체 제작

공시체 제작은 KS L 5105(시멘트모르타르의 압축강도 시험방법)에 따라 한 조건별 3개씩, 전체 278개의 입방공시체(50.8mm)를 제작하였다. 표준모래는 주문진사로, 시멘트는 시중에서 구입 가능한 D사 제품으로 그 물리적 특성은 Tabel 1과 같다.

Table 1 Physical properties of ordinary portland cement

Type of cement	Specify	Time of setting(min)		Fineness (cm ² /g)	Compressive strength (kgf/cm ²)		
		Initial set	final set		σ_{3^*}	σ_{7^*}	σ_{28^*}
Ordinary portland cement	3.12	228	375	3,338	194	219	308

*재령 3일, 7일, 28일

나. 양생

전양생과 2차 양생은 온도 22±3°C, 상대습도 55±5%에서 기건 양생을 실시하였다. 증기양생은 전체주기를 5시간, 양생온도를 65°C와 80°C, 95°C로 각각 달리하였으며, 1시간 동안 상승, 2시간 동안 등은, 2시간동안 하강구간을 유지하였다.

다. 압축강도 및 수축·팽창 측정

압축강도시험은 조건별 3개씩 KS L 5105(시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법) 규정을 따랐고, 수축·팽창 정도는 버니어캘리퍼스(Verniercaliper; 정밀도 0.05mm)를 이용하여 변화된 높이를 측정하였다.

라. 동결융해저항성

ASTM C 666에 따라 급속 기중동결 수중융해방식으로 동결융해실험을 수행하였다. 전체 300사이클에 대해서 초기 30사이클 진행 후 중량을 재고, 계속하여 매 30사이클마다 중량변화를 측정하였으며, 상대중량변화율과 상대중량변화지수를 구하였다.

III. 결과분석 및 고찰

1) 압축강도

Table 2 Strength ratio of the 28-day strength by a curing conditions

(Unit: %)

Temp. of curing (°C)	Curing conditions								Period of later curing (day)
	Period of early curing (hr)								
	0.0	0.5	1.0	3.0	5.0	12.0	24.0	48.0	
65	38	40	40	45	47	54	39	62	0
	101	100	109	113	112	92	100	93	14
80	19	25	32	50	68	88	92	99	0
	64	66	84	91	89	93	104	98	14
95	33	39	43	43	57	57	58	67	0
	76	79	70	77	85	88	86	108	14

압축강도는 2차 양생 실시 유무와 전양생기간, 양생온도에 따라 그 값과 경향이 다르게 나타났다. Table 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 2차양생을 실시하지 않은 경우, 전양생기간 3시간

까지 양생온도별 압축강도는 표준강도대비 19~50% 이하로 모두 낮게 나타났으며, 양생온도와 관계없이 증가율은 비슷하게 나타났다. 한편, 전양생기간 5시간부터 각 양생온도별 압축강도는 전양생기간 3시간과 달리 그 값과 경향에서 큰 차이를 나타냈다.

2차양생을 실시하지 않을 경우, 높은 압축강도만을 갖기 위해서는 12시간 이상의 전양생기간과 95℃보다는 작고 65℃보다는 높은 양생온도를 실시해야 할 것으로 판단된다.

2차양생을 실시한 경우, 전양생기간 5시간까지의 양생온도별 압축강도는 그 증가율이 각각 큰 차이를 보였으나 전양생기간 12시간 이상의 압축강도는 전양생기간 5시간 이하의 강도에 비해 양생온도별 압축강도가 비슷하거나 낮게 나타났다. 2차양생을 실시할 경우, 양생온도보다 전양생기간에 주의를 해야 높은 강도를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

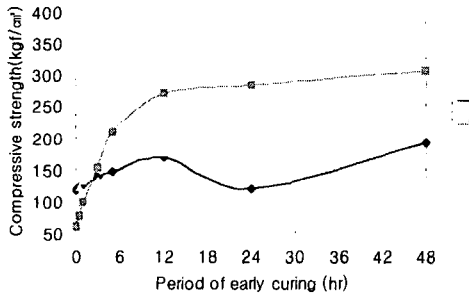


Fig. 1 Strength by early curing without later curing

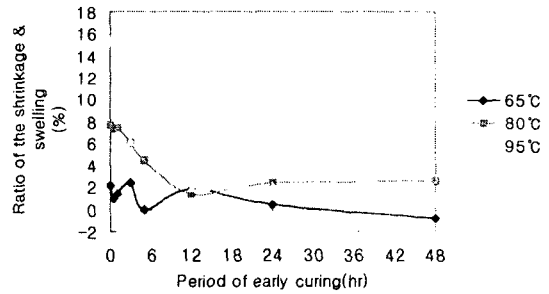


Fig. 2 Ratio of the shrinkage & swelling by early steam conditions and curing temperature

2차 양생의 영향에 따른 압축강도의 증감을 알아보기 위해 각각의 양생온도에 따라 동일 전양생기간별 2차양생기간이 없는 강도 대비 실시한 강도의 비는 전양생기간이 짧을 때 대부분 높게 나타났다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 양생온도 65℃의 압축강도비는 전양생기간과 무관하게 2차양생으로 높은 강도 증진을 볼 수 있었다. 양생온도 80℃에서의 강도는 전양생기간 3시간까지만 100% 이상으로 높은 강도의 증진을 볼 수 있었다. 양생온도 95℃에서의 압축강도는 2차양생을 실시하더라도 압축강도의 증진은 크게 나타나지 않았으며, 또한 전양생기간과도 무관한 것으로 나타났다. 이것은 지나친 고온축진양생으로 시멘트입자의 표면에 급격히 조밀한 수화물이 생성되고, 이후 이로 인해 시멘트 입자 내부의 수화반응이 지연된 것으로 사료된다.

2) 수축 · 팽창

양생조건별 모르타르의 수축팽창정도는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 전양생기간과 양생온도에

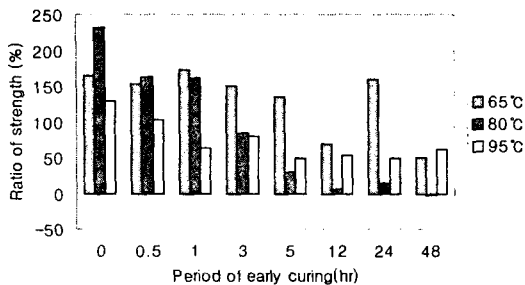


Fig. 3 Strength ratio by curing temp. for carrying later curing with same early curing period

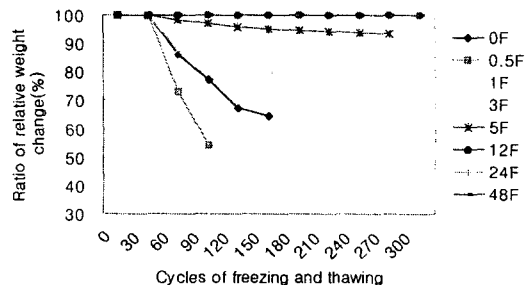


Fig. 4 Weight ratio by early curing period in 95°C with later curing

따라 큰 차이를 보였다. 양생온도 65℃에서는 전양생기간과 관계없이 대부분 수축·팽창이 거의 없었으나 80℃와 95℃에서 전양생기간에 따른 수축·팽창정도는 큰 차이를 나타냈다. 각 양생온도별 수축·팽창정도는 전양생기간 12시간부터 팽창률이 모두 낮게 나타남을 볼 수 있다.

수축팽창정도만 고려한다면, 양생온도 65℃에서의 팽창정도는 전양생기간과 무관하게 모두 안정적이었고 양생온도 80℃와 95℃에서는 전양생기간 12시간 이상을 실시하여야 될 것으로 판단된다.

3) 동결융해저항성에 대한 상대증량변화

동결융해에 대한 저항성으로 상대증량변화는 전양생기간과 2차양생보다 양생온도에 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 양생온도 65℃나 80℃에서 2차양생 실시 유무 또는 전양생기간과 관계없이 높은 저항성을 볼 수 있으나 양생온도 95℃에서는 2차양생을 실시하고, 전양생기간을 길게 하여도 그 저항성이 매우 낮게 나타났다. 동결융해저항성만을 고려한다면 전양생기간이나 2차양생보다 양생온도에 주의를 해야 될 것으로 판단된다.

이상을 종합하여 고품질 공장제품을 생산하기 위한 양생조건은 전양생기간 12시간 이상과, 양생온도 80℃이하, 2차 양생을 실시할 경우인 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구결과 증기양생조건이 시멘트 모르타르의 동결융해저항성에 미치는 영향을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 증기양생과 2차양생 조건별 압축강도는 2차양생을 실시하지 않은 경우, 전양생기간 5시간 까지 그 값과 증가율이 비슷하게 나타났다. 전양생기간 12시간부터는 양생온도 80℃에서 압축강도가 크게 증가하였고, 양생온도 65℃와 95℃에서의 강도 증진은 높지 않았다. 2차양생을 실시한 경우는 전양생기간 5시간까지 양생온도별 압축강도와 증진률이 차이가 크게 났으며, 전양생기간 12시간부터는 양생온도 각각의 압축강도는 비슷하게 높은 값의 경향을 보여 2차양생과 전양생기간에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.
- 2) 수축팽창정도는 전양생기간과 양생온도와 관계가 깊은 것으로 나타났으며, 전양생기간 12시간 이상에서, 각각의 양생온도 모두가 낮게 나타났다.
- 3) 동결융해에 대한 저항성은 양생온도에 영향이 큰 것으로 나타났으며, 전양생기간 확보와 2차양생 실시 그리고 양생온도를 80℃이하인 경우 저항성이 높게 나타났다.
- 4) 고품질을 위한 증기양생조건은 전양생기간 12시간이상, 양생온도는 80℃이하, 2차 양생을 실시할 경우인 것으로 사료된다.
- 5) 촉진양생인 경우 2차양생은 압축강도와 수축팽창정도, 동결융해저항성에 영향이 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. A.M. Neville, 1996, Properties of Concrete
2. ASTM Committee C-9, Standard Specification for Flow Table for Use in Test Specimens in the Laboratory, Annual Book of Astm standards, Vol. 04. 02., C 230-90.
3. ASTM Committee C-9, Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, Annual Book of Astm standards, Vol. 04. 02., C 666-90.
4. 한국콘크리트학회, 1996, 최신콘크리트공학