

# 양생조건에 따른 압출성형콘크리트 패널의 휨강도 특성

## Properties of Flexural Strength of Extrusion Molding Concrete Panel According to the Curing Conditions

정은혜\*      최훈국\*      김재원\*      서정필\*      박선규\*\*      김진만\*\*\*  
Jung, Eun-Hye      Choi, Hun-Gug      Kim, Jae-Won      Seo, Jung-Pil      Park, Sun-Gyu      Kim, Jin-Man

### ABSTRACT

Extrusion molding concrete panel is cured two times, that is the steam curing at atmospheric pressure and a high-pressure steam curing(autoclaving). Steam curing at atmospheric pressure is done before autoclaving and to acquire the proper strength for treat in process. Though this curing is the important factor on the quality of product and the speed in manufacturing process, it was not evaluated properly so far. Because of ignorance about curing, some engineers even think that the dry curing is better than the steam curing.

This study is to investigate the properties of specimen according to variation of curing conditions in the curing chamber such as laboratory scale, pilot plant, and commercial plant.

As estimating, in case of steam curing at atmospheric pressure to make extrusion molding concrete panel, moisture curing is better than dry curing and the desirable maximum temperature in curing chamber is about 50°C

### 1. 서론

압출성형 콘크리트 패널의 경우 상압증기양생과 오토클레이브 양생을 실시하는 제품이다. 통상 증기양생이라 불리는 상압증기양생은 증기를 콘크리트 주변에 보내 습윤 상태로 가열하여 콘크리트의 경화를 촉진시키는 양생 방법으로 대기압에서 행하기 때문에 상압증기양생이라 하며 콘크리트 제품의 제조 및 한중 콘크리트 시공에서 이용되는 양생방법이다.<sup>1)</sup>

이러한 상압증기양생은 특히 콘크리트 2차제품의 경우 제품 생산 비용 중에 많은 비용을 차지하고 있지만 비용절감이라는 경제적 측면에 치중하고, 중소기업의 경우 제품 특성에 맞는 적정 증기양생 조건에 대한 검토가 이루어지지 않고 기존에 사용하던 방식을 그대로 적용함으로써 제품의 소요강도 획득에 문제점을 가지게 한다.

이에 본 연구는 압출성형 콘크리트 패널의 양생과정시 현장에서 적용되고 있는 건식과 스팀공급의 혼합 방식의 조건을 검토하고 적절한 양생조건을 제시하기 위해 pilot 증기양생기를 이용하여 건식 및 건식과 스팀공급의 혼합방식, 그리고 스팀공급방식을 비교·검토하였다. 또한 pilot 증기양생기 역시 현장에 위치한 점을 고려하여 단열성능이 우수한 실험실용 증기양생기를 적용하여 양생조건에 따른 경화체의 휨강도 특성을 검토하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

본 실험적 연구에서는 현재 현장에서 실시하고 있는 증기양생조건(A)과 pilot 증기양생기를 제작하

\* 정희원, 공주대학교 건축공학과 공학 석사 과정

\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학과 강사

\*\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학과 교수·공학박사

여 실제 조건과 같이 전치양생 4.5시간 후에 같은 시간의 증기양생을 스팀을 공급하지 않고 건식만으로 양생하는 경우(B)와 현장과 같은 방식으로 건식만으로 양생기의 온도를 상승시킨 후에 스팀을 공급하여 유지시키고 그 이후에 건식만으로 양생을 실시하는 방식(C), 그리고 증기양생의 전 기간동안 스팀을 공급하는 방식(D)으로 실시하였다. 또한 단열성능이 우수한 실험용 증기양생기를 이용하여 증기양생의 전기간동안 스팀만을 공급하는 방식(E)으로 총 5수준의 실험을 실시하였다. 이러한 조건은 Table 1과 같으며 증기양생 후의 시험체는 실제 제품의 경우와 마찬가지로 오토클레이브 양생하여 최종의 제품의 특성을 비교·검토하였다.

Table 1. Experiment plan

Types	Curing conditions			Test items
	Equipments	Spec.	Conditions	
A	Commercial	2,000×24,200×2,000(h)	Dry + Steam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperature variation</li> <li>• Flexural strength</li> </ul>
B	Pilot	3100×1500×1500(h)	Dry	
C			Dry + Steam	
D			Steam	
E	Lab.	1,000×1,000×1,000(h)	Steam	

\* 이후, ID로서 표기함.

## 2.2 사용재료

압출성형 콘크리트 패널을 제조하기 위하여 시멘트는 밀도 3.15g/cm<sup>3</sup>의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 규사미분은 밀도 2.66g/cm<sup>3</sup>, 비표면적 3,790cm<sup>2</sup>/g의 K사의 활성규사를 사용하였다.

또한 보강섬유와 증점체에 대한 물리·화학적 성질은 Table 2, 3과 같다.

Table 2 The chemical properties of reinforced fiber

Na <sub>2</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
3.71	24.16	13.44	6.11	50.42	2.16

Table 3 The physical properties of thickening agent

Viscosity(cps)	Ig. loss	Moisture(°/wt)
40,600	0.81	3.7

## 2.3 시험체 제작, 양생, 측정방법

### 2.3.1 시험체 제작방법

Fig. 1은 본 실험의 시험체 제작방법을 도식화한 것이다. 분체계 재료를 옴니믹서를 이용하여 건비빔을 하고 니더에서 물을 첨가하여 습비빔을 실시한 후에 압출성형기를 이용하여 시험체를 제작하였다. Picture 1은 압출성형되어 토출되고 있는 시험체 사진을 나타낸 것이다.

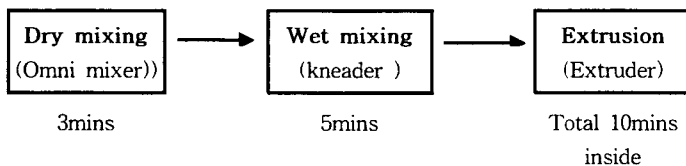
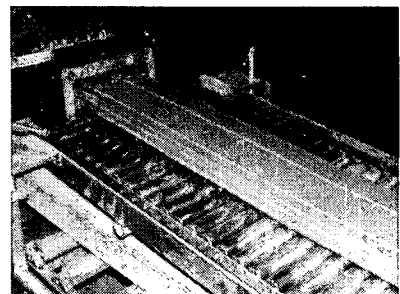


Fig. 1 The method of manufacture



Picture 1 The Method of Extruding

### 2.3.2 양생방법

Table 1에 나타난 양생조건으로 양생을 실시한 후, Fig. 2에 나타난 온도 profile로 Autoclave 양생을 실시하였으며, 본 실험에 사용한 현장, pilot 및 Lab.의 spec. 및 온도측정을 위한 Thermocouple설치위치는 Fig. 3, 4, 5와 같다.

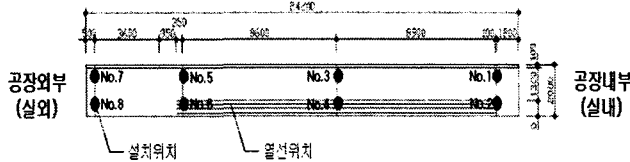


Fig. 3 The installed position of thermocouple in commercial steam curer

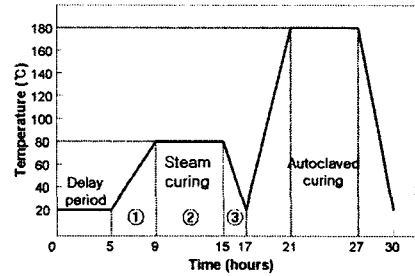


Fig. 2 Curing condition

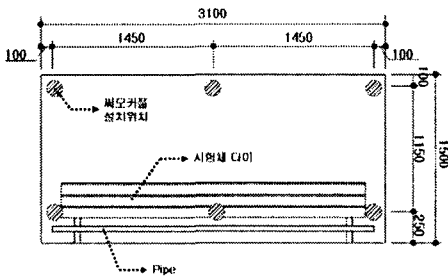


Fig. 4 The installed position of thermocouple in pilot steam curer

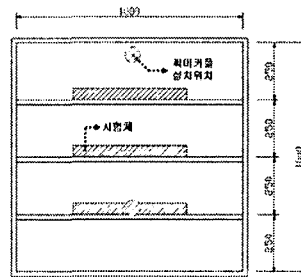


Fig. 5 The installed position of thermocouple in steam curer for experiment

### 2.3.3 시험방법

강도 측정의 오차를 줄이기 위해 시험체 윗면의 요철을 고려하여, 측정 전에 KS F 2403 「콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법」에 준하여 가압판으로 압밀하는 방식으로 캐핑을 한 후, KS F 2273 「조립용판 및 그 구조부분의 성능시험방법」에 준하여 휨강도를 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 경시변화에 따른 온도변화

Fig. 6은 시간에 따른 온도변화를 나타낸 것으로 전치양생기간의 경우 약간의 온도 차이를 보이고 있으며 A~E의 양생온도범위는 각각 55~65, 55~60, 65~70, 85내외, 50°C내외로 나타났다. 다른 양생조건에 비해 A의 경우 위치별 차이가 10°C정도로 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 E를 제외한 다른 조건에서 스팀이 적용되었을 경우 급격한 온도변화가 생기는 것으로 나타났다.

### 3.2 경시변화에 따른 온도적산

Fig. 7, 8은 시간에 따른 온도적산을 나타낸 것으로 증기양생 종료시 적산온도값은 A의 경우 전반적으로 분포되어 있으며, D의 경우 다른 조건에 비해 가장 높게 나타났다. 또한 종료시 E의 경우 가장 낮은 적산온도값을 갖는 것으로 나타났지만 양생초기의 경우 가장 높은 값으로 나타났다. 이러한 결과는 다른 양생방식에 비해 E의 경우 가장 효과적인 양생의 결과를 나타낼 것으로 기대된다.

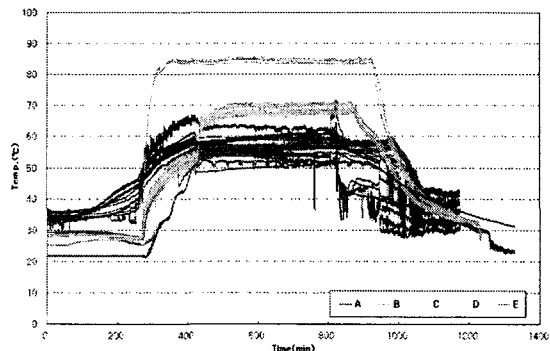


Fig. 6 The temperature variation according to time

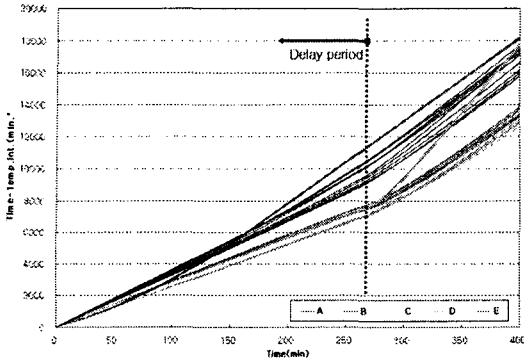


Fig. 7 The enlarged graph of the temperature integration

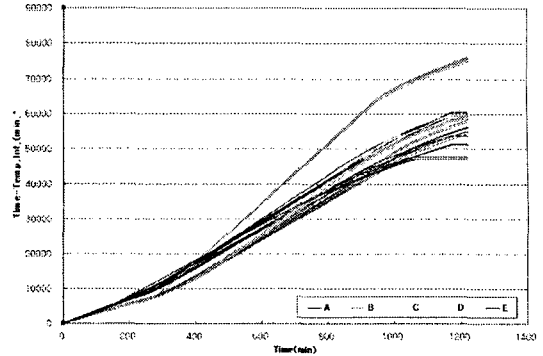


Fig. 8 The temperature integration according to time

### 3.3 힘강도

양생 조건별 힘강도 측정결과 Fig. 9에서 나타난 바와 같이 증기양생만 실시한 경우 양생조건별 힘강도는  $10\text{N}/\text{mm}^2$ 으로 유사한 값을 보이고 있다. 하지만 증기양생과 오토클레이브 양생을 실시한 경우 힘강도는 19.1, 19.3, 14.9, 15.4,  $21.8\text{N}/\text{mm}^2$ 로 A와 B는 약  $20\text{N}/\text{mm}^2$  정도로 비슷하지만 C와 D의 경우 A와 B에 비해 약  $5\text{N}/\text{mm}^2$  정도 낮으며 스팀공급만으로 실험한 실험용 증기양생기(E)  $21.7\text{N}/\text{mm}^2$ 에 비해 약  $7\text{N}/\text{mm}^2$  정도 낮게 나타난 것으로 나타났다.

이러한 결과는 증기양생시 스팀이 공급될 경우에 C와 D의 경우  $10\sim 30^\circ\text{C}$  정도의 급격한 온도상승에 노출되어 이로 인해 내부조직의 변화에 기인된 결과로 콘크리트의 강도에 불리한 영향을 미친 것으로 판단된다.

### 4. 결론

- 1) 양생기 종류 및 위치별 양생시간에 따른 온도변화 측정결과 증기양생 조건별 온도범위는 다른 조건에 비해 현장용의 경우 위치별 온도차이가  $10^\circ\text{C}$  정도 차이가 있는 것으로 나타났으며, 실험용을 제외한 다른 조건에서 스팀이 적용되었을 경우 약  $10\sim 30^\circ\text{C}$  정도의 급격한 온도상승이 나타났다.
- 2) 적산온도값에 있어서도 현장용의 경우 크게 분산되어 나타났으며 pilot 스팀공급방식의 경우 높은 값을 나타내고 있지만 전치양생기간동안에는 실험용 증기양생이 가장 높은 값을 나타내고 있다.
- 3) 이러한 결과로부터 압축성형 콘크리트 패널의 증기양생의 경우 기존의 건식+스팀공급방식의 조건보다 스팀공급방식으로 하는 것과 양생시 초기온도발현과 최고온도는 약  $50^\circ\text{C}$  정도를 유지하는 것이 콘크리트의 강도발현에 바람직한 것으로 사료된다.

<감사의 글> 본 연구는 공주대학교 자원자활용소재 연구센터(RIC/NMR)가 수행한 연구의 일부이며 이 연구에 참여한 연구자의 일부는 "2단계 BK21사업"의 지원비를 받은 것으로 관계기관에 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고문헌

- (1) 최신콘크리트공학, 한국콘크리트학회, 2005, pp. 226
- (2) 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 윤재환, 2000, pp. 123
- (3) Properties of concrete, A. M. Neville, pp. 369