

# Urea 혼입 매스콘크리트의 FEM 온도균열 해석을 위한 수화발열특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on Hydration Heat Characteristics for Thermal Crack Analysis Based on FEM of Urea Mixed Mass Concrete

**문 동 환\***                      **장 현 오\*\***                      **이 한 승\*\*\***  
 Mun, Dong-Hwan      Jang, Hyun-O      Lee, Han-Seung

### Abstract

In domestic construction industry progress, construction and quality control of large structures are considered to be important as the superstructure and mass scale of structures. In the case of mass concrete, high hydration heat caused by cement hydration generates temperature stress by generating internal temperature difference with the concrete surface. These temperature stresses cause cracks to penetrate the concrete structure. A method of lowering the heat generation by incorporating Urea in order to reduce the concrete temperature crack has been proposed. In this study, the heat function coefficient for the FEM temperature crack analysis of the mass concrete containing the element was derived and the adiabatic temperature rise test was carried out according to the incorporation of the element. As a result of this experiment, the maximum temperature of  $41 \pm 1^\circ\text{C}$  was obtained irrespective of the amount of urea, and the maximum temperature decreased by  $16.9^\circ\text{C}$  in concrete containing  $40\text{kg}/\text{m}^3$  of urea.

키 워 드 : 매스콘크리트, 요소, 단열온도상승, FEM 온도균열해석  
 Keywords : mass concrete, urea, adiabatic temperature rise, FEM temperature crack analysis

## 1. 서 론

국내의 건설 산업에서 구조물의 초고층화 및 대규모화가 진행됨에 따라 대형 구조물의 시공 및 품질관리가 중요시 여겨지고 있다. 단면이 큰 매스콘크리트의 경우 시멘트 수화에 따른 높은 수화열이 표면과 내부 온도차를 발생시켜 온도응력을 생성시키며 이러한 온도응력은 조물을 관통하는 균열을 발생시킨다. 온도차에 의한 균열을 감소시키기 위해 요소(Urea)를 혼입하여 온도발열을 저하시키는 방법이 제기되고 있다. 본 연구에서는 요소를 혼입한 매스콘크리트의 FEM 온도균열 해석을 위한 발열함수계수를 도출하고 요소 혼입에 따른 단열온도상승시험을 실시하였다.

## 2. 실험개요 및 실험방법

본 연구에서는 FEM 온도균열해석을 위해 요소 혼입량에 따른 콘크리트의 단열온도상승시험을 실시하여 콘크리트 수화에 따른 발열온도 차이를 분석하고 발열함수계수를 도출하도록 한다. FEM 온도균열해석은 콘크리트 단열온도상승식의 계수를 요구하며 따라서 다음 식 1의 콘크리트 단열온도상승식을 적용하였다.

$$Q_{(t)} = K(1 - e^{-\alpha t}) \text{ ----- (1)}$$

여기서  $Q_{(t)}$ 는 특정재령에서의 단열온도상승량,  $K$ 는 최대상승온도치,  $\alpha$ 는 반응속도,  $t$ 는 재령일이다. 콘크리트의 단열온도상승시험을 위한 콘크리트 배합은 표1과 같다. 콘크리트 배합에서 요소를 혼입할 경우 배합수의 양은 기존보다 증가하기 때문에 다음 식 2와 같이 요소 혼입량에 따라 수량을 줄이며 총 배합수의 용적은 일정하게 하였다.

$$W' = W - U/\rho - \alpha \text{ ----- (2)}$$

\* 한양대학교 건축시스템공학과 석사과정  
 \*\* 한국건설생활환경시험연구원, 공학박사  
 \*\*\* 한양대학교 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

표 1. 단열온도상승시험 콘크리트 배합

시료 명	W/C(%)	(W+U)/C 용적비	단위 재료량 (kg/m <sup>3</sup> )						
			W	C	U	S1	S2	G	Ad
N-U0	46.9	1.49	168	358	0	447	306	1067	3.58
N-U20	42.7	1.49	153	358	20	447	306	1067	3.58
N-U30	40.5	1.49	145	358	30	447	306	1067	3.58
N-U40	36.87	1.49	138	358	40	447	306	1067	3.58

여기서  $W'$ 는 배합수량이며  $W$ 는 물의 양,  $U$ 는 요소,  $\rho$ 는 요소 밀도,  $\alpha$ 는 온도감소로 인한 보정값이다. 요소 혼입량이 증가할수록 요소가 투입되는 부피만큼 배합수량을 고려해야한다. 제조된 요소 혼입 콘크리트는 단열온도상승시험기에 넣어 초기재령에 따른 발열온도를 확인하고 FEM해석에 필요한 발열함수계수를 도출한다.

### 3. 실험결과

요소 혼입량에 따른 콘크리트의 단열온도상승시험 결과는 그림 1과 같다. 요소 혼입량에 상관없이 최종 단열온도상승량은  $41 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유사한 경향을 보이거나 요소 혼입량이 증가할수록 최고발열온도까지 상승속도가 저감되는 것을 확인할 수 있다. 그림 2는 일반 콘크리트 단열온도상승량 대비 요소 혼입 콘크리트의 온도저감량을 나타낸 것이다. 요소를  $10\text{kg}/\text{m}^3$  혼입한 콘크리트의 경우 최대  $7.1^\circ\text{C}$  감소를 보였으며 혼입량이 콘크리트 용적대비 10kg씩 증가할수록 초기재령에서 약  $5^\circ\text{C}$ 씩, 최대  $16.9^\circ\text{C}$  감소하는 것을 확인하였다. 실험결과에 의해 도출한 발열함수계수  $K$ 는 각  $41.2, 40.8, 42.6, 41.1^\circ\text{C}$ 이며  $\alpha$ 는  $1.87, 1.42, 1.28, 1.16$ 이다.

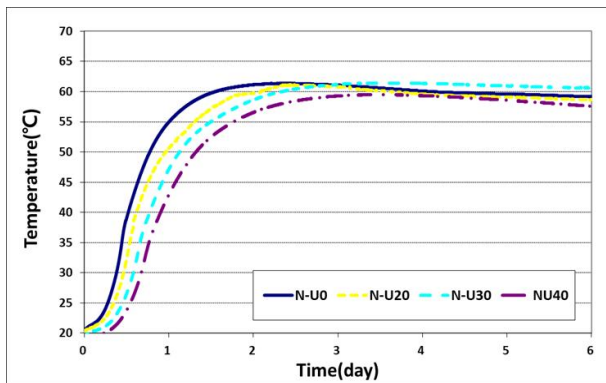


그림 1. 요소 혼입 콘크리트의 단열온도상승량

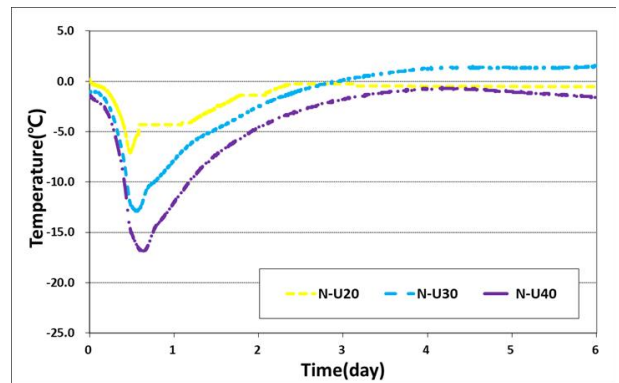


그림 2. 일반 콘크리트 대비 요소 혼입 콘크리트의 온도저하량

### 4. 결 론

본 연구의 단열온도상승시험결과 요소를 혼입한 콘크리트는 초기재령에서 온도감소를 비례적으로 확인할 수 있었으며 FEM 해석에 필요한 열특성 계수를 도출하였다. 따라서 본 연구결과를 이용하여 콘크리트 온도균열해석에 필요한 열특성 값을 기입하고 실제 크기의 구조물의 모델링을 실시하여 요소를 혼입한 콘크리트의 온도균열해석을 실시할 수 있을 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

이 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이다.(No.2015 R1A5A1037548)

### 참 고 문 헌

1. 박창진, 이한승, Study on the Reduction of Thermal Crack of Mass Concrete, 학위논문, 2015.2
2. 田中博一, 綾野克紀, 尿素によるコンクリートのひび割れ抑制効果, 公益社団法人日本コンクリートエ学会, Vol. 57, No.1, pp.59~62, 2019.1