

갤러킨 유한요소해석 방법을 이용한 콘크리트의 열전도해석

The thermal conductivity interpretation of the Concrete using Galerkin finite element method

이 규 민*

Lee, Kyu-Min

서 동 구**

Seo, Dong-Goo

권 영 진***

Kwon, Young-Jin

Abstract

In this study, a general strength concrete member is produced and its hydrothermal temperature is measured. It is intended to present the basic data for establishment of fire resistance performance assessment and review of safety against fire by comparing the data values of slab fire resistance experiment and the numerical analysis model. The value obtained by measuring the hydrothermal temperature of the concrete after heating the concrete designed to have general strength (30 Mpa) for 3 hours in accordance with the ISO 834 Heating Curve is compared with the value obtained from a thermal conduction analysis. As a result of the comparison, though there is a little difference, it is thought that fire behaviors can be predicted in the future if the movement of moisture and the added evaporation speed are taken into account.

키 워 드 : 유한요소해석, 열전도 해석

Keywords : finite element method, thermal conductivity interpretation

1. 서 론

화재시 콘크리트가 장시간 고온에 노출되는 경우 심각하게 성능이 저하되며, 폭발 현상을 비롯해 철근이 고온에 노출되어 2차적으로 붕괴의 위험성 등이 사고사례로 등장해 연구를 통해 알려지면서 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 일반강도콘크리트 부재 1개를 제작하여 수열온도를 측정하였다. 화재에 노출된 철근콘크리트 구조물의 내화성능을 예측할 수 있는 FEM(Finite Element Method)를 이용하여 열전도온도분포를 해석기법을 구축하고자 하였으며, 갤러킨 유한요소해석 방법을 이용하여 비선형·비정상 온도분포해석(Nonlinear transient heat flow analysis) 기법을 제시하였다. 슬래브 내화실험 데이터 값과 수치해석 모델을 비교하여 유효성을 확인하여 내화성능 평가 방법 정립 및 화재에 대한 안정성 검토를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획

화재 발생 시 구조물의 내화성능을 검토하기 위해 부재온도, 역학성상, 폭발성상을 검토하고자 하였다. 실험체는 400x600x180mm의 슬래브이며, 다음 그림 1과 같이 제작하였고, K-Type 열전대를 0mm, 20mm, 40mm, 60mm, 100mm에 각각 설치하였으며 일반강도 콘크리트(30Mpa)로 설계하였다. ISO834 가열곡선으로 3시간 가열을 한 후, 콘크리트의 수열온도를 측정하였다.

3. 모델링개요

해석기법은 Fortran90을 이용하였으며, 비정상 유한요소 해석 기법을 위해 일본 교토대학의 Harada Kazunori 교수가 제작한 열전도 모델을 사용하였다. 크기는 100x180mm를 3절점 삼각형요소를 이용하여 모델링을 구축하였으며, 요소분할은 20×20mm를 기준으로 경계부에 급격한 온도 구배를 고려하여 1/2로 세분하였다.

* 호서대학교 소방방재학과 연구생

** 호서대학교 소방방재학과 공학박사

*** 호서대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(jungangman@naver.com)

4. 해석결과

실험과 해석 결과데이터를 표 1에 나타내었다. 해석결과 20mm에서 전반적으로 5~15%의 오차가 있었고, 40mm와 60mm에서는 대체로 14~20%의 오차가 있는 것을 알 수 있다.

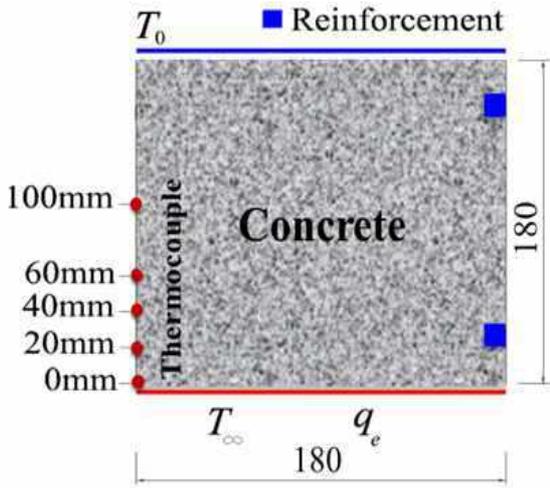


그림 1. 열전도 수치해석 모델링

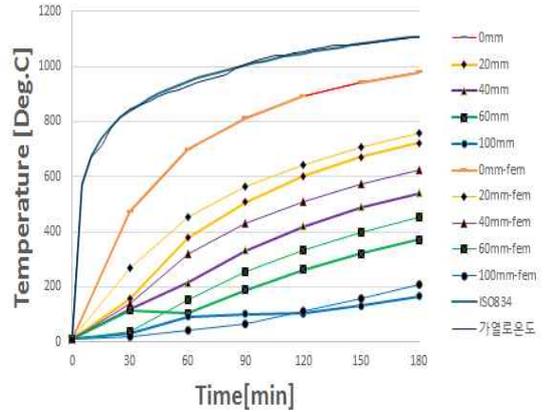


그림 2. 해석그래프

표1. 실험값과 해석값의 비교결과

	0mm			20mm			40mm			60mm			100mm		
	Exp.	Ana.	Exp/Ana												
30min	472.3	472.3	1.00	157.1	269.5	0.58	116.6	140.3	0.83	114.5	39.8	2.88	30.7	20.1	1.53
60min	698.2	698.2	1.00	379.2	451.4	0.84	214.2	320.1	0.67	104.1	153.4	0.68	90.7	40.8	2.22
90min	813.4	813.4	1.00	508.3	564.5	0.90	332.3	430.1	0.77	188.1	255.1	0.74	101.1	66.0	1.53
120min	893.8	893.8	1.00	603.3	644.2	0.94	420.3	508.6	0.83	263	332.4	0.79	102.8	111.5	0.92
150min	941.9	941.9	1.00	671.4	707.2	0.95	488.5	573.1	0.85	321.6	396.1	0.81	130.2	158.7	0.82
180min	978.6	978.6	1.00	722.2	759.5	0.95	540.9	625.7	0.86	372.1	451.0	0.83	165.1	208.9	0.79

5. 결론 및 향후연구방향

갤러킨 유한요소해석 방법을 응용한 비선형 · 비정상 온도분포해석 기법 구축 및 해석을 통하여 실험치와 해석 결과치의 비율은 적게는 1~5% 안팎으로 차이가 나고, 평균적으로 19%의 오차율을 보였다. 이에 대하여 수분이동 및 추가되는 증발속도를 고려한다면 향후 화재성상에 예측이 가능하다고 사료된다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 기술혁신사업 표준기술력향상사업(10042384)의 연구결과이며, 관계자들에게 감사드립니다.

참고 문헌

1. 강승구, 김동준, 이재영, Harada Kazunori, 한병찬, 권영진, 갤러킨 유한요소해석 방법을 이용한 열전도 해석 모델, 2012
2. 강승구, 김동준, 김정희, 이재영, Harada Kazunori, 권영진, 갤러킨 유한요소해석 방법을 이용한 고강도 콘크리트의 열전도해석에 관한 연구, 2013