

성능기반 구조내화설계를 위한 단방향 연성해석 사용자가이드 조사에 관한 연구

A Study on the Investigation of Users Guide of One-Way Coupled Analysis for Performance-Based Structural Fire Resistance Design

권 영 진*

Kwon, Young-Jin

Abstract

In the Building Act, performance-based fire safety design is being promoted for institutionalization. The behavior of the structure against fire conditions can be predicted by using the advanced numerical analysis method based on the FEM (Finite Element Method) to predict the entire structural behavior including the behavior of the structure, but there is a limit to expressing the fire properties of the space and predicting the fire properties. It is difficult to determine the variables to be transmitted to the FEM (Finite Element Method) model from the fire simulation results using FDS (Fire Dynamics Simulator). Accordingly, the purpose of this study is to introduce the code user's manual for FDS and FEM unidirectional coupling analysis.

키 워 드 : 성능기반 구조내화 설계, 화재모델링, 구조모델, 연성해석

Keywords : performance-based structural fire resistance design, fire modeling, structural model, coupled analysis

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건축물 및 터널의 화재안전성 향상을 위해 성능으로 판단하는 화재안전설계를 도입함으로써 소방법과 장대터널의 정량적화재위험성평가제도(QRA)가 제도화 되었으며, 최근 들어 건축법에서도 성능기반 화재안전설계가 제도화를 위해 추진되고 있다. 화재 조건에 대한 구조물의 거동은 FEM(Finite Element Method)에 기초한 고급수치 해석 방법을 활용하여 구조물의 거동을 포함한 전 구조거동을 예측할 수 있으나 공간의 화재성상을 표현하는데 한계가 있으며, 화재성상을 예측하는 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 활용하여 화재시뮬레이션 결과로부터 FEM(Finite Element Method)모델로 전송할 변수를 결정하는데 어려움이 있다¹⁾. 이에 따라 본 연구에서는 FDS와 FEM 단방향 연성해석에 대한 코드 사용자 매뉴얼(FDS2FTMI User's Guide)²⁾을 소개하는데 목적이 있다.

2. FDS와 FEM 단방향 연성해석 개요

화재 시뮬레이션 모델의 분석은 노출 표면에서 입사되는 복사열과 가스온도를 3차원으로 화재성상을 표현하게 된다. 그러나 이러한 모델은 고체 표면온도를 정확히 예측하기는 어려움이 따른다. 따라서 화재 시뮬레이션과 열역학적 해석 모델의 정확한 인터페이스를 설정하기 위해서 단일표면온도개념³⁾이 이용된다.

FDS에서는 분석 영역을 직교 셀로 분할하고 형태는 블록(OBST)과 같이 근사된다. FEM의 경우 솔리드(사면체나 육면체) 또는 셸(3D 평면)요소로 이산화됨에 따라 열역학 모델과 화재 시뮬레이션을 연성시키는 것은 적절하지 못하여 노출된 표면(FEM)과 셸 표면(FDS)에 대한 공간 위치를 기반으로 두 모델을 연결시킬 필요가 있다. 이에 두 모델을 연성시키기 위해서는 동일한 출처의 일관성이 있어야 하며, 노출표면의 단일변수(T_{AST}) 및 대류 열전달계수(h)를 추출하고 FEM 코드로 읽을 수 있는 파일을 생성해야 한다. 또한 노출된 표면의 공간적 위치의 매개변수는 "nodes.dat"과 "elements.dat"의 2개 파일로 나뉘게 되고 노출된 표면의 노드번호는 오른손법칙을 사용하여 정렬되게 된다. 코드를 실행하기 위해서는 node.dat 와 elements.dat의 파일을 정의한 후

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

FDS2FTMI 코드는 FDS 파일로부터 정보를 추출하기 위해 수행되는데 이때 FDS모델의 셀 크기, 변수의 수, 시간, 평균 포인트 수, 평균시간, 구조코드, 출력파일 등에 대한 정보가 필요하게 된다.

3. FDS2FTMI 코드의 검증

FDS와 FEM 단방향 연성해석에 대한 코드 사용자 매뉴얼에서는 FDS2FTMI 코드를 테스트한 검증 사례를 소개한다. 먼저 그림 1과 같이 복사와 대류에 노출된 단순패널(Simple_Panel_Hot)에서 ANSYS를 사용한 경우 FTMI와 FDS로 도출된 결과를 비교하며, 그림 2와 같이 국부화재에 노출된 H 프로파일 기중(H_Profile)에 대한 표면온도 상승에 따른 온도분포 등을 검증하여 소개하였다.



그림 1. ANSYS를 활용한 FTMI와 FDS로 도출된 결과 비교



그림 2. 표면온도의 상승과 온도의 분포

4. 결 론

본 가이드의 경우에는 단일표면온도와 FEM으로부터 코드의 실행에 대한 내용을 소개하였으며, 검증사례도 소개하고 있다. 성능기반 구조내화설계가 국내의 경우에도 성능기반 구조내화설계가 실질적으로 적용될 예정임에 따라 화재모델과 구조모델을 연성시키는 방법에 대한 비교연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 향후 단일표면온도와 대류열전달계수를 계산법에 대한 내용을 정리할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 소방청 재난형장긴급대응기술개발사업(20015074)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 권영진, 성능기반 구조내화설계를 위한 화재모델링과 구조모델의 연성해석에 대한 사례분석, 한국건축시공학회 건축시공, 21권, 3호, 2021
2. Julio Cesar Silva, An automated code to one - way coupling between FDS and FEM using FTMI, FDS2FTMI User's Guide, 2021
3. U.Wickstrom et al., Adiabatic Surface Temperature for Calculating Heat Transfer to Fire Exposed Structures. In Proceedings of the Eleventh International Interflam Conference Communications, London, 2007