

화재 모사전용 FDS code의 계산값을 이용하여
 피난해석 BuildingEXODUS code의 피난의 환경조건
 파일을 생성하는 프로그램(FDS2EXODUS) 개발

김학범[†] · 장용준* · 정우성** · 박원희* · 이덕희*
^{†,*} 한국철도기술연구원 철도환경연구실 선임연구원, ** 책임연구원

Development of the Program(FDS2EXODUS) for Generating
 Hazard condition file of Building-EXODUS code based on the
 FDS Fire-simulation Data

H. B. Kim[†] · Y. J. Jang* · W. S. Jung** · W. H. Park* · D. H. Lee*
^{†,*}Senior Researcher KRRI, **Principal Researcher KRRI

요 약

본 논문에서는 피난해석에 사용되는 BuildingEXODUS code의 HAZARD에 피난의 환경 조건으로서 화재모사전용 FDS code의 계산결과를 직접 피난의 환경조건으로 생성하는 프로그램 개발 내용을 다루었다. 계산결과와 변환과정에는 수치기법이 적용되었으며, FDS의 Single Block 또는 Multi-Block Meshes에도 적용이 가능하도록 하였다. 본 프로그램의 개발로 피난해석 수행 시 대규모의 화재해석데이터의 입력의 편리성을 높이고, 화재에 대한 피난 해석 과정을 단축하게 되었다.

ABSTRACT

In this paper shows the development of the Program(FDS2EXODUS) for Generating Hazard condition file of BuildingEXODUS code based on the FDS Fire-simulation Data. The program were applied with numerical method to translate from FDS to BuildingEXODUS. Using both single or multi block meshes of FDS get to be possible. For application of fire effect, the fire data were loaded directly to BuildingEXODUS in the case of FDS code with using this Program(FDS2EXODUS). It was very convenient to input to BuildingEXODUS and could be reduced the procedure of egress simulation from fire disaster.

Keyword : Egress-simulation(피난해석), Fire-simulation(화재해석), FDS, Building-EXODUS

[†] E-Mail : kimhb31@krri.re.kr

1. 서론

화재 피난 시뮬레이션에 사용되는 소프트웨어의 종류는 활용 목적, 모델 적용대상에 따라 분류되고 개발되어져 있다. 그 중 대표적인 소프트웨어로서는 SIMULEX와 Building EXODUS가 있다. SIMULEX는 IES4D사에서 개발된 것으로 타 프로그램에 비해 사용이 쉽고 간단하여 널리 이용되고 있다. BuildingEXODUS는 Greenwich Univ.의 FSEG에서 개발한 소프트웨어이다. 다양한 공간에서 많은 피난행위자들의 행위를 시뮬레이션 하도록 설계된 소프트웨어로 각 구조물(Geometry)에 대하여 피난대상자(Occupant), 움직임(Movement), 행동(Behaviour), 유독성(Toxicity), 그리고 위험인자(Hazard) 등 상호작용하는 다섯 개의 하위 모델로 구성되어있다(Figure 1. ref 1 pp 2.2). 따라서 상세한 설정이 가능하고, 재난에 영향을 주는 요소를 감안한 시뮬레이션을 구현하여 검토할 수 있다.

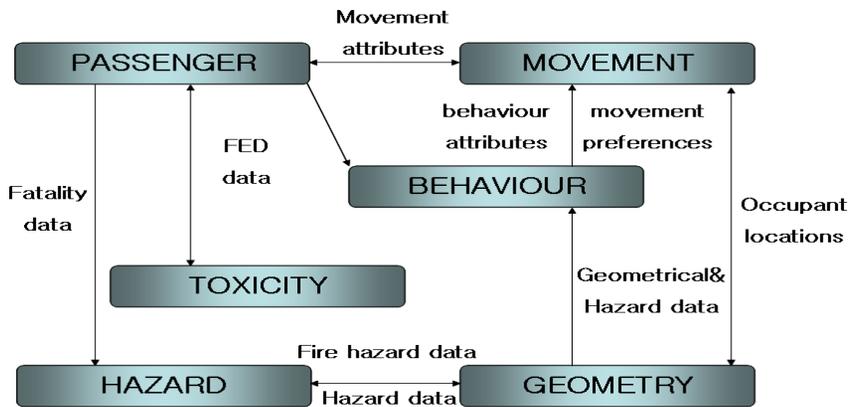


Figure 1. EXODUS sub-model interaction.

그러나 재난해석에 사용되는 소프트웨어들은 화재자체를 구현 못하기 때문에 별도의 화재 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하고 있다. 따라서 화재시 피난분석을 위해서 두가지 프로세스로 수행하는데, 하나는 화재해석결과를 적절히 피난해석에 입력하여 시뮬레이션을 통하여 분석하거나 또는 피난 시뮬레이션에서 도출된 대피 소요시간과 화재 시뮬레이션을 통한 열, 연기 확산 소요시간을 비교 분석한다. 전자의 방식은 BuildingEXODUS에서 화재시 피난해석을 수행하는 방식이고, 후자의 경우는 SIMULEX를 이용한 방식이다.

화재 시뮬레이션의 대표적인 소프트웨어로서는 Zone모델인 CFAST가 있으며, Field모델로는 FDS, SMARTFIRE, Fluent, Star-CD등이 있다. 최근의 국내 화재해석은 OPEN Source code인 FDS(NIST개발 USA)를 이용하여 화재에 의한 열, 연기 거동에 대한 활발한 연구를 하고 있다. 그러나 CFAST와 SMARTFIRE는 BuildingEXODUS와 데이터의 호환이 가능하나 FDS는 BuildingEXODUS와 데이터 호환이 되지 않는다. 이에 본 논문에서는 화재모사전용 FDS code의 계산결과를 변환하여 BuildingEXODUS code의 HAZARD 입력을 위한 데이터 파일을 생성하는 프로그램을 개발하였다.

2. 본 론

FDS code의 계산결과는 다양한 종류의 출력파일들이 있다. 파일을 변환하는데 사용된 출력파일은 PLOT3D format의 출력 파일이다. FDS에서 PLOT3D 형태의 출력 결과물은 시간 간격에 대한 모든 격자점의 물리 데이터를 얻을 수 있다. 따라서 본 프로그램에서는 PL3D format를 사용하였다. 단, FDS는 계산 전에 출력할 물리값 및 시간 간격은 미리 입력파일에 설정하여야 한다.

2.1 프로그램 알고리즘

프로그램의 계산 흐름도(Flow chart)를 Figure2에 나타내었다. Figure2에서 보는 바와 같이 계산된 결과값을 EXODUS에서 모델링한 ZONE으로 나눈다. 그리고 나눈 ZONE에 대하여 각 Layer Height 및 이에 대한 Upper와 Lower의 평균값을 계산하여 변환한다. 이 때 높이 방향에 대한 Layer는 Upper와 Lower로 2분되는 단순한 모델로 가정하였으며, Layer의 높이를 구하는 식을 Eqn. 1~4에 표시하였다.(Ref. 2) FDS에서의 최근 출시된 버전에서는 Single mesh에 대하여서는 Layer Height를 계산할 수 있으나, 병렬계산을 수행할 때 사용하는 Multi mesh와 Exodus에서 요구하는 각 ZONE에 대한 별도의 Layer Height를 구할 수 없다. 따라서 Eqn. 1 - 4을 이용하여 본 프로그램에서는 UPPER LAYER에 대한 온도 이외의 요구 평균 물리값을 계산할 수 있도록 하였다.

$$(H - z_{intf})T_u + z_{intf}T_l = \int_0^H T(z)dz = I_1 \text{ ----- Eqn. 1}$$

$$(H - z_{intf})\frac{1}{T_u} + z_{intf}\frac{1}{T_l} = \int_0^H \frac{1}{T(z)}dz = I_2 \text{ ----- Eqn. 2}$$

$$z_{intf} = \frac{T_l(I_1 I_2 - H^2)}{I_1 + I_2 T_l^2 - 2 T_l H} \text{ ----- Eqn. 3}$$

$$(H - z_{intf})T_u = \int_{z_{intf}}^H T(z)dz \text{ ----- Eqn. 4}$$

여기서 H는 각 Zone 천정의 높이이며, Tu는 Upper의 평균온도, Tl은 Lower의 평균온도, z_{intf}는 interface 높이이다. 각 적분식은 Simpson법을 사용하여 구하였다.

각 Zone의 X축 방향과 Y축 방향의 평균값을 계산할 때 Eqn. 5의 진행평균기법(running averaging method)을 사용하였다.(Ref. 4) 이 방식은 각 데이터의 범위를 알 수 없는 상태에서도 데이터를 읽음과 동시에 평균값을 알 수 있는 방법으로, FDS 해석 결과

와 같이 많은 입력값으로 인하여 계산을 수행할 때 컴퓨터의 자원요구가 클 경우, 이 방식의 계산법이 계산 효율과 컴퓨터의 자원 활용측면에서 일반 산술평균보다 효과적이다.

$$U_i = U_{i-1} + (u_i - U_{i-1}) \times \frac{1}{i}, i = 2, 3, \dots, n \text{ ----- Eqn. 5}$$

U : 평균값, u : 입력 값

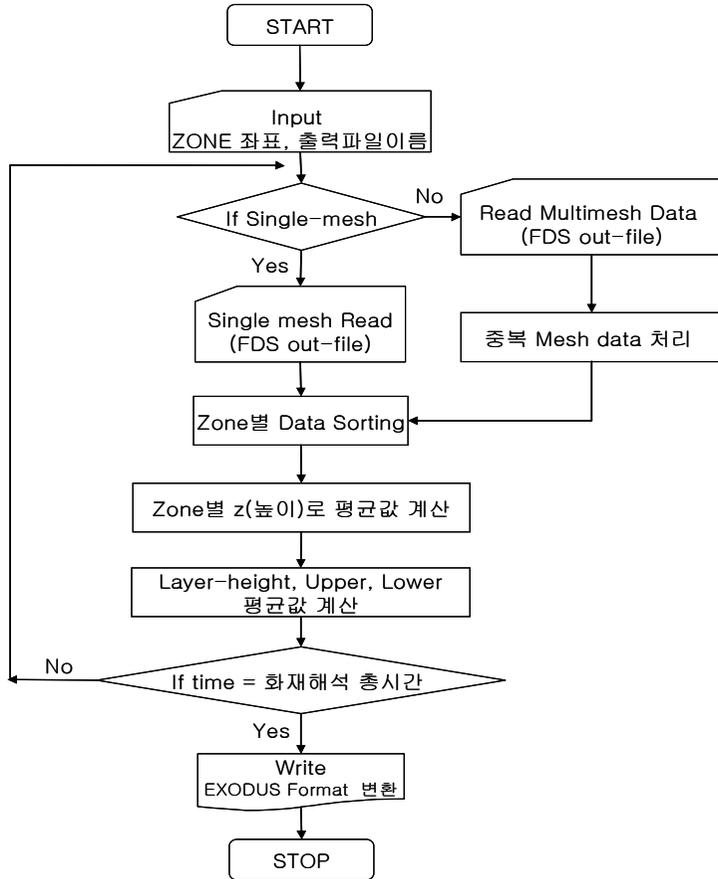


Figure 2. Flow chart of the program.

Figure 3.은 BuildingEXODUS Hazard에 입력되는 파일의 작성 형태를 나타낸 것이다. Figure 3.에서 보는 바와 같이 Ascii파일 형태이며, 확장자는 *.dat이다. 또한 이러한 데이터를 각 데이터는 시간에 대하여 Zone별로 총 9개의 물리값이 Upper와 Lower로 나눈 평균값으로 입력하도록 되어있다.

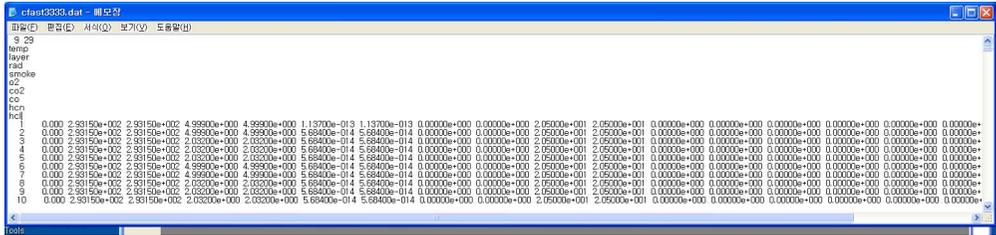
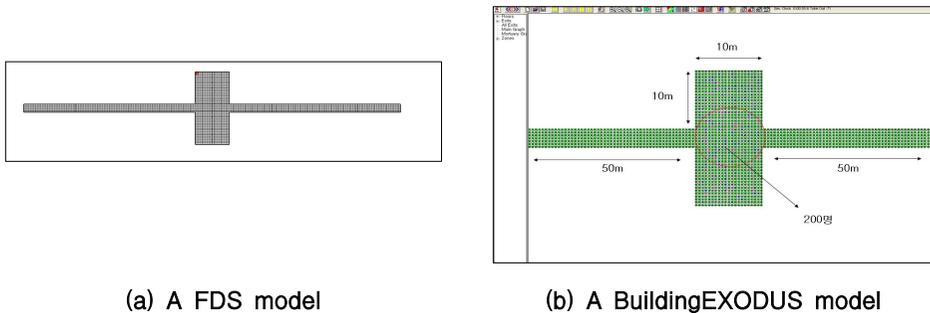


Figure 3. Building EXODUS Hazard input-format.

2.2 프로그램 적용

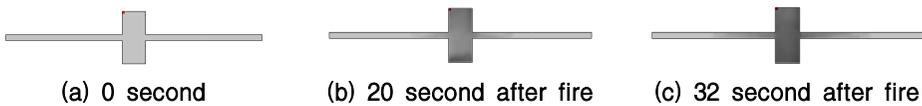
Figure 4 에서와 같이 FDS와 BuildingEXODUS로 각 각 모델링을 하였다. Figure 5는 FDS의 해석결과를 보여 준 것이다. Figure 6은 본 연구에서 개발된 프로그램을 적용하여 작성된 파일을 BuildingEXODUS에 적용하여 수행된 결과물이다. 본 연구에서는 위험요소로서 온도만 적용하였다. 그림과 같이 BuildingEXODUS에서 입력되어 시간대별 피난 시물레이션이 수행됨을 확인 할 수 있다.



(a) A FDS model

(b) A BuildingEXODUS model

Figure 4. a FDS model for fire simulation & a BuildingEXODUS model for egress simulation

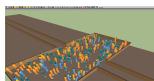


(a) 0 second

(b) 20 second after fire

(c) 32 second after fire

Figure 5. fire driven smoke distribution



(a) 0 second



(b) 20 second after fire



(c) 32 second after fire

Figure 6. Egress simulation

3. 결 론

본 연구에서 피난해석시 화재해석의 계산결과를 이용 BuildingEXODUS의 HAZARD 입력파일을 생성하는 프로그램을 개발하였다. 프로그램 알고리즘에서는 대량의 데이터를 계산하기 위한 수치적 기법이 적용되었다. 본 연구에서 개발된 프로그램으로 피난해석의 과정을 단축하였고 쉽게 하였다. 향후, 프로그램 개발에서는 FDS뿐만 아니라, Fluent 및 Star-CD등의 상용코드를 이용한 화재해석 계산결과도 BuildingEXODUS의 Hazard 입력 파일로 변환하는 프로그램을 개발할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원의 철도중합안전기술개발사업중 “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발”과제의 지원에 의하여 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. E. R. GALEA, S. GWYNNE, P. J. LAWRENCE, L. FILIPPIDIS, D. BLACKSHIELDS, D. COONEY (2004). “BuildingEXODUS USER GUIDE AND TECHNICAL MANUAL”
2. Kevin McGrattan and Glenn Forney, (2006), “Fire Dynamics Simulator(Version 4) User’s Guide”, NIST, March
3. 장용준, 이창현, 김학범, 김진호, (2008). “FDS 및 FLUENT를 이용한 대구지하역사 화재유동 해석비교”, 한국철도학회 춘계학술대회 pp 50-55.
4. Westphal, RV. and Mehta, R.D., (1984), “Crossed Hot-Wire Data Acquisition and Reduction System”, NASA Report, IA-85871, pp.1-37