D-14

일본의 BRI2002를 활용한 건물의 연기성상에 대한 해석적 연구

김동은 · 서동구 · 홍해리 · 권영진
호서대학교 소방방재학과

An analytical Study on the Smoke Behavior using BRI 2002 in Japan

Kim, Dong Eun · Seo, Dong Goo · Hong, Hae Ri · Kwon, Young Jin
Dept. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ.

요 약

최근 건축물은 초고층화·대형화·지하심층화 등으로 변모하고, 더나아가 복합화가 진행되고 있다. 이러한 건축물은 화재 발생 시 기존의 건축물보다 큰 인재로서 다가오며, 특히 연기로 인한 피해가 주를 이루고 있다. 하지만 국내의 경우 연기의 피해에 따른 피난용량설정 및 계획 등에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 기존 개발된 일본의 연기거동 해석모델인 BRI2002의 메커니즘를 이용하여, 가상의 건축물에서의 Case Study를 통한 연기거동을 분석함으로서 향후 연기거동에 대한 연구의 방향성 및 기초적인 자료를 구축하는데 그 목적이 있다.

1. 서 론

최근 사회의 건축물은 점점 초고층화, 대형화, 지하 심층화로 변해가고 있으며, 이는 사회적 발전을 의미하는 반면 화재 안전에 대한 위험요소는 증가하고 있음을 의미한다. 또한 초고층 건물화재는 다수의 수용인원으로 인하여 화재 발생시 다수의 인명피해가 발생할 우려가 크며, 사망 원인의 대부분이 연기에 의한 질식 및 중독이라는 것은 자명한 사실이다. 이에 따른 화재 시 건물 내 연기거동에 관한 연구가 필요하며 실물화재실험이 현실상 어려움이 많이 따르므로 Zone 모델을 통한 수치적 해석을 필요로 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 BRI2002를 이용하여 가상의 2층 건축물을 해석하여 향후 연기거동 연구에 대한 기초자료 및 방향성을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. BRI-2002를 이용한 Case Study 해석 개요 및 조건

본 연구에서 실시한 Case Study의 해석 공간의 개요는 그림 1에 나타낸 바와 같이 총 2층으로 구성하여 총 Room 3공간과 Corridor 6개와 EV 1개 공간의 건축물로서 1층과 2

층을 연결하는 EV공간은 외부공기 유입을 위한 공간으로 3층 부에 개구부를 선정하였다. 개구부에 조건은 표1과 같이 실시하였으며, 각종 기계배연을 실시하지 않았으며, 벽면과 천정 구성은 일반콘크리트로 선정하였으며, 화원은 목재로 하였으면 실내외 공기의 초기 조건은 온도 20℃ 습도 50%로 설정하였다. 계산시간은 총 3600sec이며 1sec단위로 계산을 실시하고 60sec 단위로 상세출력을 하였다. 화원은 표2과 같이 시간에 따라 발열 속도와 연소면적을 적용하였다.

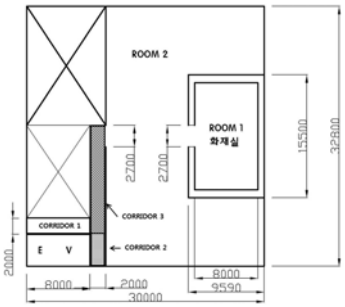


그림 1-a) 1 층 평면도

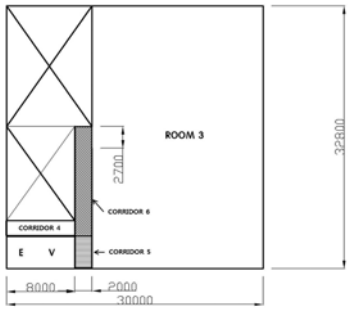


그림 1-b) 2층 평면도

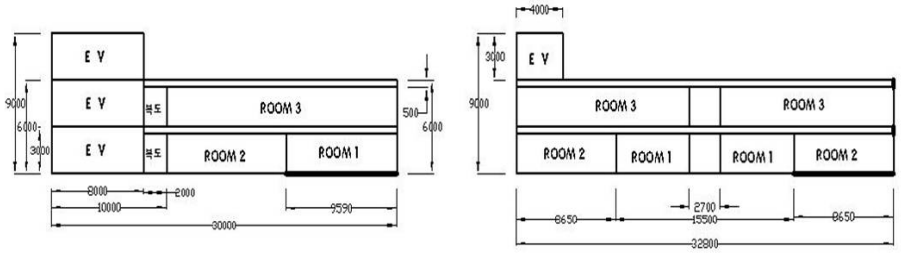


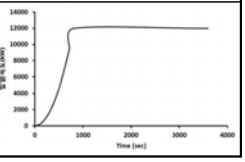
그림 1-c) 단면도

그림 1. 해석공간의 구조(단위:mm)

표 1. 개구부 조건

구 분	폭 (m)	개구부상단(m)	개구부하단(m)	구분	폭 (m)	개구부상단(m)	개구부하단(m)
Room 1 ↔ Room 2	2.7	2.5	0.0	Room 3 ↔ 복 도 6	2.7	5.5	3.0
Room 2 ↔ 복 도 3	2.7	2.5	0.0	복 도 4 ↔ 복 도 6	2.0	5.5	3.0
복 도 1 ↔ 복 도 3	2.0	2.5	0.0	복 도 4 ↔ E V	8.0	5.5	3.0
복 도 1 ↔ E V	8.0	2.5	0.0	복 도 5 ↔ 복 도 6	2.0	5.5	3.0
복 도 2 ↔ 복 도 3	2.0	2.5	0.0	E V ↔ 외 기	4.0	9.0	6.0

표 2. 해석공간의 화원 발열속도 및 연소면적

구분	시간(Sec)									발열속도 그래프
	0	120	240	360	480	600	720	810	3600	
발열속도 (kW)	0	262.8	1053.6	2370	4213.2	6600	9480	12000	12000	
연소면적 (m²)	0	2.37	9.48	21.33	37.92	59.4	85.32	108	108	

3. Case Study 결과

BRI 2002를 이용하여 2층 구조의 건축물에서의 연기유동을 예측한 결과 해석 공간 중 Room에서의 연기층 높이는 그림 2-a와 같이 화재실(Room1)의 경우 120sec에 1.8m까지 도달하였으며, 화재실과 같은 층에 있는 Room2의 경우 293sec에 1.8m까지 하강하였다. 또한 화재실 위에 배치된 Room3은 887sec에 1.8m를 하강하는 것으로 나타났다. 1층과 2층을 연결해주는 EV의 공간에서의 연기유동의 변화는 그림2-b와 같이 발화 후 275sec후에 변화가 시작되는 것으로 나타났다. 이는 Room1과 Room2의 연기층이 각각 1.24m, 1.91m로 하강된 후에 변화가 시작되는 것을 알 수 있었다.

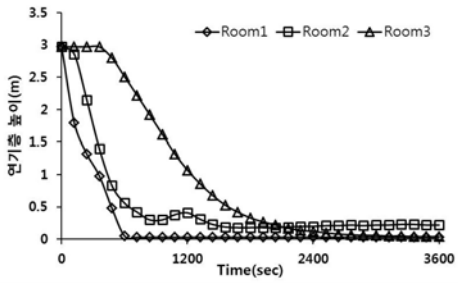


그림 2-a) 각 Room에서의 연기층 높이

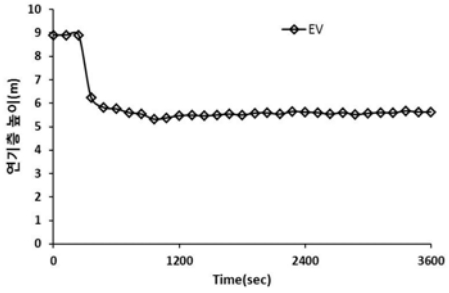


그림 2-b) EV공간의 연기층 높이

그림 2 연기층 높이의 변화

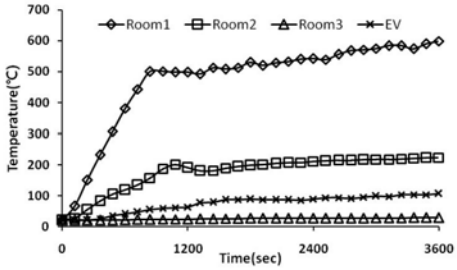


그림 3-a) 상층부 온도

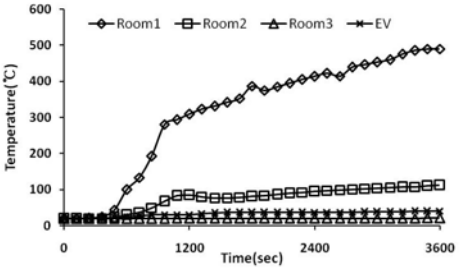


그림 3-b) 하층부 온도

그림 3 각 실의 상층부 · 하층부의 온도

또한 각 Room에서의 상층부와 하층부의 온도는 그림3에 나타냈으며, 상층부와 하층부 모두 화재실인 Room1의 온도 변화가 가장 높게 나타났으며, 화재실과 같은 층에 있는 Room2과 1층과 2층을 연결해주는 EV의 공간의 순으로 나타나는 것을 알 수 있었다.

그림4는 각 실에서 상층부 온도 - 하층부온도를 나타낸 것으로 화재실에서의 각 실에서의 온도와 마찬가지로 각 실에서의 상·하층부 온도변화도 같은 순으로 나타났다. 화재실에서의 온도가 가장 크게 나타났으며, 2층에 위치한 Room 3의 경우가 가장 작은 변화를 나타내었다. 그림 5는 화재실인 Room1에서 Room2에서의 압력차이다. Y좌표의 양수의 경우는 Room1에서 Room2에서 향하는 압력(Pa)를 나타낸 것이고, 음수의 경우는 그 반대로 Room2에서 Room1에서 향하는 압력이다. 상층부의 경우 50sec부터 압력변화가 생겼으며 하층부의 경우는 91sec에서 변화가 시작되는 것을 나타났다.

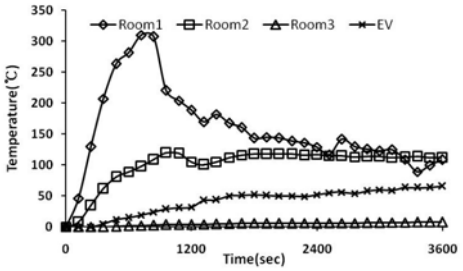


그림 4 각 실에서의 상층부와 하층부의 온도차

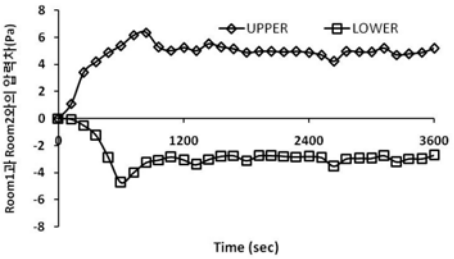


그림 5 Room1과 Room2와의 압력차

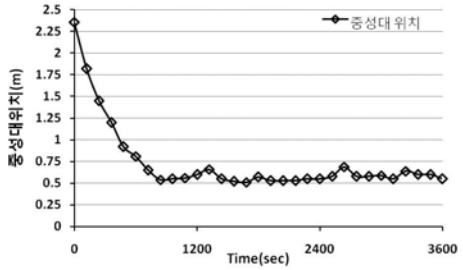


그림 6 시간별 중성대 위치(Room1-Room2)

$$Z_n = \frac{p_i(Room1) - p_j(Room2)}{(\rho_1 - \rho_2)g} \quad \text{(식1)}$$

여기서, Pi : Room1에서의 압력
Pj : Room2에서의 압력
ρ_1 : Room1에서의 공기 밀도
ρ_2 : Room2에서의 공기 밀도
g : 중력가속도

또한, 압력차가 있는 공간에서 중성대를 결정하는 식1을 이용하여 시간별로 중성대의 위치를 그림 6과 같이 분석되었다. 해석되는 3600sec동안 평균 중성대의 높이는 0.74m로 분석되었다.

4. 결 론

일본 BRI2002모델을 이용하여 국내의 환경에 맞추어 가상의 해석공간으로 Case Study를 수행한 결과, 해석공간에서의 연기거동 및 압력을 알 수 있었다. 일본의 경우 소방 설계시 일반적으로 이용되고 있는 BRI2002모델로 성능적 화재안전설계를 실시하고 있다. 그러나 국내에서는 연기거동의 관한 연구는 상당히 적은 편이며 그 도한 피난과 접목되지 않은 단일분야 연구가 대부분이다. 더불어 실물조건의 조건상 어려움으로 인하여 무분별하게 사용되어지고 있는 상용프로그램들은 어떠한 기관에서도 검증되지 않았기 때문에 국내에서도 상용프로그램에 대한 검증을 실시해야 하며, 피난관련분야에 많은 연구를 통하여 국내 실정에 맞는 검증된 연기 및 피난 프로그램 개발이 필요할 것으로 사료된다. 또한 향후 연기거동에 대한 모형실험 및 Large-scale를 실시하여 BRI2002에 대한 국내의 적용방안성에 대해서 고려할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 “건축구조물의 가연물 및 개구조건에 따른 화재(열,연기)성상 예측 시뮬레이션 개발”에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 최미란, 일본 BRI 2002의 알고리즘에 관한 고찰, 한국화재소방학회 추계 발표논문집, 2007
2. 신이철, 일본 BRI 2002를 활용한 건물의 화재성상에 대한 해석적 연구, 한국화재소방학회 추계 발표논문집, 2008
3. 서동구, BRI 2002를 중심으로 한 건축물의 연기유동과 피난용량 설정방안에 관한 연구, 한국화재소방학회 춘계 발표논문집, 2010
4. T.Wakamatsu, T. Tanaka(2004). BRI 2002：二層ゾーン建物内煙流動モデルと予測計算プログラム建築研究振興協会