

# 일본의 BRI2002를 활용한 건물의 화재성상에 대한 해석적 연구

신이철 · 권영진  
호서대학교 소방방재학과

An Analytical Study on the Fire Behavior  
using BRI 2002 in Japan  
Shin, Yi Chul · Kwon, Young Jin  
Fire & Disaster Protection Engineering of Hoseo Univ.

## Abstract

This is the study to investigate the Algorithm of BRI 2002 which is high level estimation program of smoke movement and phenomenon for performance based of design named 'ROOT C', made by Japan.

The aim of this study is that an analytical model is a fire in a three story building. The outline of the building consists of three usual rooms, one on each floor, and an atrium connecting with these rooms.

## 1. 서론

최근 건축물이 초고층화, 대형화, 지하 심층화로 변해가고 있으며, 이에 따라 건물의 수용인원 또한 증가하고 있다. 이는 사회적 발전을 의미 하는 반면에 화재 안전에 대한 위험요소가 크게 증가하고 있다는 것을 의미한다. 건축물이 고층화 및 심층화 됨에 따라 피난 경로가 복잡해지고 길어져 비상시 장시간의 피난시간을 요구하게 된다. 이러한 피난에 가장 크게 영향을 미치는 것이 연기이며, 따라서 연기이동 현상을 예측하여 건축물을 설계시 반영하는 것이 중요시 되고 있다. 현재 이러한 연기의 이동을 예측하는 프로그램은 우리나라에도 여러 종류의 범용프로그램이 사용되고 있으나 이는 상용적인 코드로 검증되지 않았다는 문제점이 있다. 또한 2009년부터 건축물의 화재안전분야에 사양적 설계를 적용하기 어려운 경우 성능적 화재안전설계를 적용하도록 하는 법안의 시행을 앞두고 있으나 구체적인 방법론이 마련되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 국내의 성능적 화재안전설계 시행에 앞서, 현재 일본의 성능적 화재안전설계의 피난안전성평가 방법에 대하여 분석하고, 이 중 루트C에 해당되는 법적으로

로 검증된 연기 유동을 예측하는 2층 zone 모델 프로그램인 BRI 2002를 사용하여, 건축물의 화재시 연기 이동현상을 Case Study하고자 한다.

## 2. 일본의 피난안전성평가 방법

일본은 현재 건축물의 피난안전성평가를 표 1과 같이 루트A, B, C 3가지 방법으로 분류되어 있으며, 각 방법은 국가공인기관에서 선정한 화재전문가에 의해 검증을 받도록 되어있다. 루트 A는 기존의 사양규정으로 우리나라와 유사하게 건축기준법과 시행령으로 규정하고 있으며, 루트B는 성능규정으로 공간에서의 피난시간과 연기하강시간을 수계산을 통해 산출한 후 이를 비교하여 피난시간이 더 짧을 경우 피난안전성이 확보된 것으로 판단하는 방법이다. 루트C는 기술적 요인을 요하는 검증 방법으로 루트A, B로 평가할 수 없는 경우 검증된 프로그램을 사용하여 평가하는 방법이다.

표 1. 건축물의 피난안전에 관한 성능평가

방법	루트 A	루트 B	루트 C
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종래의 사양규정에 의한 설계</li> <li>- 시행령 제 112조</li> <li>- 시행령 제 5장</li> <li>- 시행령 제 5장 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계산에 의해 성능평가에 근거한 객관적 검증법</li> <li>- 각층 피난안전검증법에 의한령 제 129조 2 고시 1441호, 1442호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고도한 화재성상에 근거한 방화대책 설계-가연물 연소성상 예측, 피난시간예측, 화재지속 시간 예측 등</li> <li>• 성능평가에 근거한 대신(장관) 인정</li> <li>- 고도의 검증 방법</li> </ul>

## 3. 해석공간의 개요 및 조건

해석에 사용된 BRI 2002는 일본건축연구소와 동경이과대학에서 개발한 프로그램으로 루트C의 연기 유동을 예측하는 2층 zone 모델 프로그램으로 해석공간의 개요는 그림 1에 나타낸 바와 같이 각층 1실씩의 거실과 3층 규모의 아트리움 홀로 구성되어져 있고 1층은 화재실로 2m<sup>3</sup>/s의 기계 배연설비를 설치하였다. 배연설비의 작동은 125sec에 50%, 130sec에 100%의 작동성능을 발휘하도록 설정하였다.

벽면구성은 일반콘크리트로 하였으며, 천정은 석고보드를 적용하였다. 또한, 홀의 천장은 경사가 있어 이를 단면도에 점선으로 표시한 것과 같이 해석공간을 설정하였다. 내부의 개구부는 층마다 1개씩 있으며, 외부에 접하는 개구부는 홀에 3개가 있고 그림 2 평면도상 좌측의 바닥과 천정부근, 아래쪽의 벽의 천정부근에 위치하고 있다. 개구부의 조건 및 개폐상황은 표 2에 나타내었다.

화원은 목재로 하였으며, 실내의 공기의 초기조건은 온도 22℃, 습도 50%로 설정하였다. 계산시간은 총 240sec이며, 1sec단위로 계산을 실시하고 5sec 단위로 간위출력을 60sec단위로 상세출력을 하였다. 화원은 표 3과 같이 시간에 따라 발열 속도와 연소면적을 적용하였다.

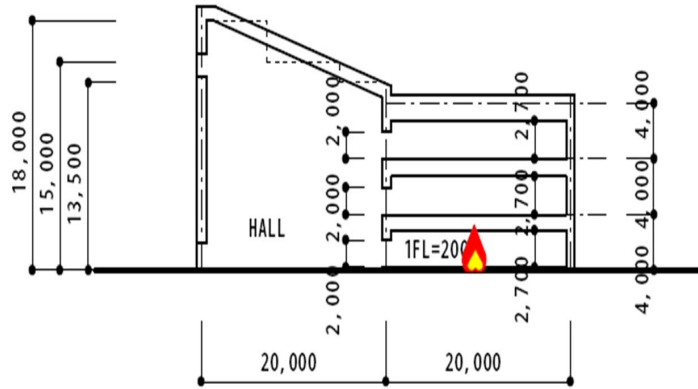


그림 1. 단면도

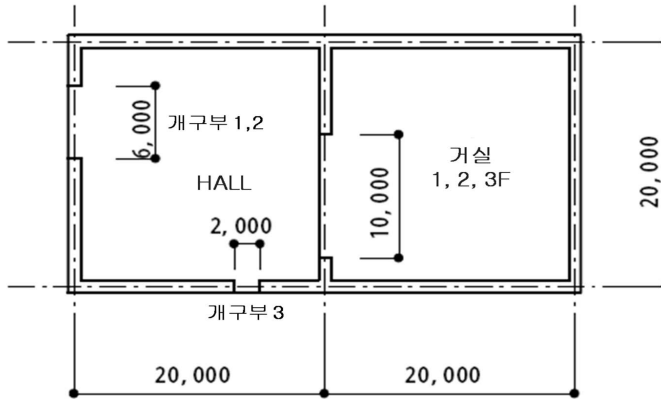


그림 2. 평면도

표 2. 개구부 조건 및 개폐상황

구분	폭[m]	개구부 상단[m]	개구부 하단[m]	개폐상황
1층	10.0	2.0	0.0	항상 개방
2층	10.0	2.0	0.0	항상 개방
3층	10.0	2.0	0.0	항상 개방
개구부 1	6.0	2.0	0.0	항상 개방
개구부 2	6.0	15.5	14.0	90초에 50%개방, 120초에 100%개방
개구부 3	2.0	12.0	10.0	100초에 100%개방

표 3. 화원의 발열속도 및 연소면적

구분	시간		
	0sec	30sec	90sec
발열속도	0.0[kW]	200.0[kW]	2000.0[kW]
연소면적	0.0[m <sup>2</sup> ]	0.4[m <sup>2</sup> ]	4.0[m <sup>2</sup> ]

4. 해석결과

2층 zone 모델을 이용하여 아트리움 공간에서의 연기유동을 예측한 결과 해석공간 내에서의 상층부 온도분포는 그림 3과 같이 화재실인 1층에서 발화후 2분만에 224℃까지 온도가 상승하였으며, 아트리움 홀은 화재실에서의 연기전파로 약간의 온도상승을 나타내었고 다른 실은 초기온도를 유지하는 것으로 분석되었다. 하부층의 온도분포는 화재실에서 60sec부터 온도가 상승하기 시작하여 90sec에 화원이 확대와 동시에 상승속도가 증가하여 240sec에 30℃까지 온도상승이 나타났다. 다른 실은 상부층과 유사한 온도분포를 보였다(그림 4).

연기층의 높이는 화재실의 경우 점차적으로 연층이 두꺼워져 90sec에 2m까지 하강하여 실에서 아트리움 홀로 이동하기 시작하였다. 또한 90sec에 화원이 2000[kW]로 급격히 확대되면서 화재실은 1.8m까지 하강하였으며, 아트리움 홀의 연기층은 최초 17m에서 급격히 하강하는 것으로 나타났다. 그러나 90sec와 120sec에 홀 상층부의 개구부가 개방되면서 연기층 하강 속도가 줄어드는 것을 확인 할 수 있었으며, 그 결과 240sec에 연층의 하단부 높이는 9m에 이르는 것으로 분석되었다(그림 5).

화재실 개구부에서의 상하부 압력 차이는 그림 6과 같이 90sec에서 상층부의 압력이 화원의 영향으로 급격히 상승하였으며, 125sec부터 배연설비의 작동으로 상승을 멈추었다.

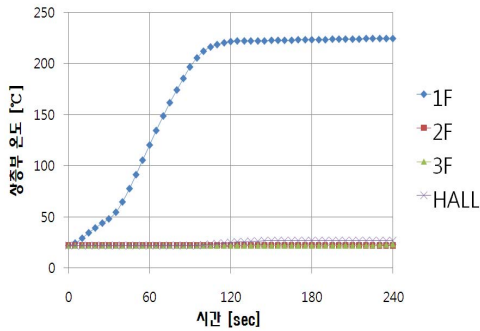


그림 3. 상층부 온도

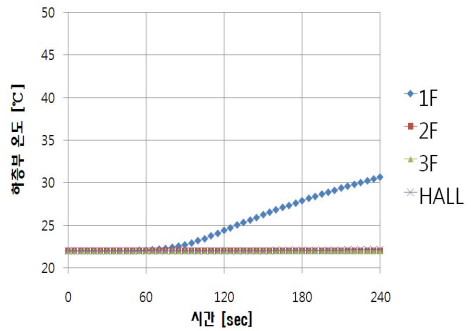


그림 4. 하층부 온도

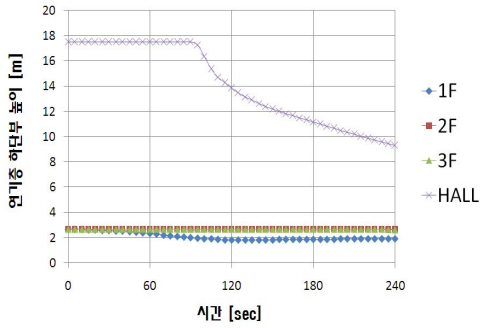


그림 5. 연기층 하단부 높이

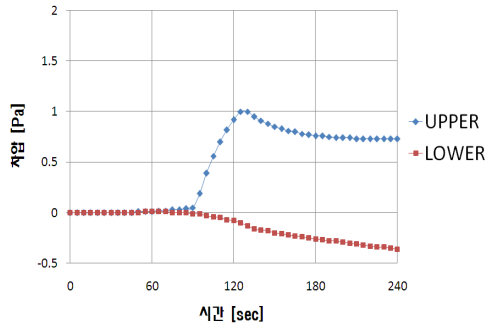


그림 6. 화재실 개구부의 상하부 차압

#### 4. 결론

2009년 화재안전분야 성능설계의 시행에 앞서, 일본의 성능적 피난안전설계의 루트C에 해당하는 BRI 2002를 사용한 Case Study 결과 해석의 신뢰도를 높이기 위해서는 건축물 화재에 있어서의 가연물에 따른 초기 발열 속도 및 확산에 대한 기초적인 데이터를 체계적으로 확보해야 할 것으로 사료되었다. 또한 화염과 연기의 진파를 예측하기 위한 개구부 분출화염에 대한 연구가 향후 지속적으로 이루어져야 하며, 우리나라에서도 성능적인 피난안전성평가를 위하여 반듯이 보행자의 피난 시간과 연기하강 속도를 같이 고려하여야 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. T.Wakamatsu (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 建築研究振興協會
2. 최미란, 신이철, 권영진 (2008). “일본 BRI 2002의 알고리즘에 관한 고찰” 화재소방학회 춘계학술발표대회