

P-09

## 일본 BRI 2002의 알고리즘에 관한 고찰 A Study on the Algorithm of BRI 2002 in Japan

최미란\* · 신이철\*\* · 권영진\*\*\*

Choi, Mi Lan · Shin, Yi Chul · Kwon, Young Jin

### 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.

BRI2002 is composed of 3 parts, one is main program, and the others are 4 subroutines and blockdata.

The aim of this study is to analyze the BRI 2002, the only one certified program for the P.B.D and compare th the other common program for smoke movement simulation program.

**key words** : Algorithm, BRI 2002, ROOT C, PBD

### 1. 서론

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. 이에따른 화재 시 건물 내 연기거동에 관한 연구가 필요하며 실물화재 실험이 현실상 어려움이 많이 따르므로 Zone 모델을 통한 수치적 해석을 필요로 하고 있다.

따라서 본 연구 일본의 연기 유동 예측 모델인 BRI 2002의 알고리즘을 분석함으로써 화재 시 건물 내 연기 유동의 해석 원리를 이해하고 분석함으로써 국내 건축물 화재시 연기 제어의 연구방향에 대한 기초자료로 제시하고자 한다.

### 2. 일본의 피난안전 법규의 방법론

일본은 현재 건축물의 피난안전에 관한 성능평가를 표 1과 같이 루트A, B, C로 나누어져 있으며, 일본의 국가공인기관에서 선정된 화재전문가에 의해 검증 받도록 되어있다. 먼저 루트A는 종래의 사양규정으로 건축기준법과 시행령에서 규정하고 있으며, 루트B는 성능규정으로 먼저 화재실을 선정하고 실의 피난시간과 연기하강시간을 산정하여 이 둘을 비교한 후 피난시간이 짧을 경우 그 실의 피난안전성능이 확보된 것으로 판단하는 방법이다. 거실피난안전성이 확보되었을 경우는 같은 방법에 의해 층 피난안전성능을 확인하게 된다. 루트C는 고도한 검증 방법으로 루트A와 루트B로 검증할 수 없는 경우 일본에서 인증된 유일한 피난프로그램과 연기 유동 예측 프로그램을 사용하여 검증하는 방법이다.

BRI 2002는 일본건축연구소와 동경이과대학에서 개발한 프로그램으로 루트C의 연기 유동 예측 해당되는 프로그램이다. 이는 연기의 유동 예측에 대하여 2층 zone모델로 나타내는 프로그램으로 알고리즘에 대하여 설명하고자 한다.

\* 정회원·호서대학교 소방방재학과 · 초고층장대터널방재연구실E-mail: anni86@nate.com

\*\* 정회원·호서대학교 소방학과 대학원 석사과정

\*\*\* 정회원·호서대학교 소방방재공학과 교수·공박

표 1. 건축물의 피난안전에 관한 성능평가

방법	루트A	루트B	루트C
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>- 각종 피난안전검증법에 의한 형제 129조 2 고시 1441호, 1442호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고도한 화재성상에 근거한 방화대책 설계-가연물 연소성상예측, 피난시간예측, 화재지속시간 예측 등</li> <li>• 성능평가에 근거한 대신(장관) 인정</li> <li>- 고도한 검증 방법</li> </ul>

3. BRI 2002 프로그램의 개념

BRI 2002 연기유동 예측 모델은 2층 zone의 개념에 근거해 작성되고 있다. 2층 zone이란 그림 1에서 개념적으로 나타낸 듯이 화재시의 건물 내 공간의 상부는 높은 온도의 고온층(상부층), 아래는 상대적으로 낮은 온도의 저온층(하부층)이 존재한다고 가정하여 각각의 층을 검사하고 체적으로 화재에 수반하는 물리적 성질과 상태를 조사하는 것이다.

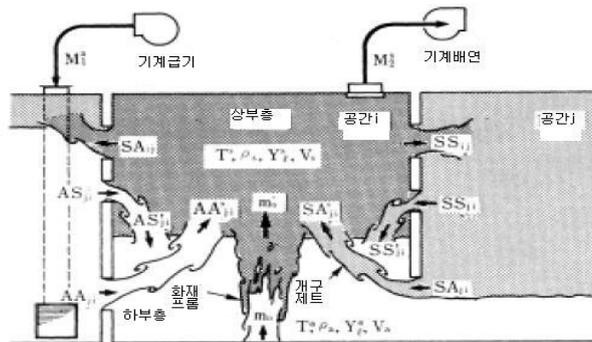


그림 1. 복수의 공간을 가지는 건축물에 있어서의 2층 zone 모델의 개념

표 2는 BRI 2002의 가정 조건을 나타낸 것으로 가장 기본적인 조건은 전술한 바와 같이 2층 zone 모델의 기본개념인 2층으로 나누어져 있다는 것이다. 그 층은 명확하게 구분되어 각층은 내부가 활발한 혼합작용이 일어나며, 각층 경계면의 열 이동은 복사에 의해서만 발생하도록 되어있다. 또한 화염의 직접적인 복

표 2. BRI 2002의 가정 조건

구분	가정 조건
내용	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 건물 내의 임의의 공간은 상부층과 하부층의 2개의 층에 의해서 채워져 있다.</li> <li>2. 상부층과 하부층은 수평인 경계면(불연속면)에서 명확하게 구분된다.</li> <li>3. 각각의 층의 내부는 활발한 혼합 때문에 온도나 화학종 농도 등 물리적인 양이 같게 되어 있다.</li> <li>4. 각층의 경계면을 통한 질량의 이동은 화재 프룸, 톨로흐름 및 그것을 근원으로 하는 톨로 기류 프룸에만 따라 생긴다.</li> <li>5. 각층의 경계면을 통한 열에너지의 이동은 ④의 질량의 이동에 수반하는 것 외 돌레 벽 사이의 복사 및 대류열전달 및 동일 공간내의 기타 층 사이의 복사열 전달에 의해서만 발생한다.</li> <li>6. 화원의 화염으로부터의 직접적인 복사는 무시한다.</li> <li>7. 창, 문, 톨로등을 통한 복사 등 공간과 다른 존 간의 복사열전달은 무시한다.</li> <li>8. 건물 내 각 공간의 체적은 공간내의 압력의 변화, 그 외의 이유에 의해 신속하지 않는 것으로 한다.</li> </ol>

사는 무시되며, 공간과 다른 zone 간의 복사열 전달도 무시한다. 마지막으로 공간 내 체적은 변화하지 않는 것으로 가정하였다.

#### 4. BRI 2002 프로그램의 Algorithm

BRI 2002의 프로그램 구성은 그림 2에 나타난 바와 같이 여러 가지의 프로그램으로 형성되어 있으며, 크게 메인 프로그램과 서브루틴군, 블록 데이터로 분류되어 진다. 메인 프로그램은 각종 서브루틴군에 호출을 통하여 시물레이션 시간의 관리 및 에러 상태를 감시한다. 서브루틴군은 특정 또는 다수의 프로그램에서 반복하여 사용되는 독립된 명령군으로 총 4종류로 이루어져 있으며, 구성은 입출력, 화제요소 과정 계산, 출력, 수치계산 서브루틴으로 되어있다. 블록 데이터는 재료, 화학종 등의 디폴드 값이다.

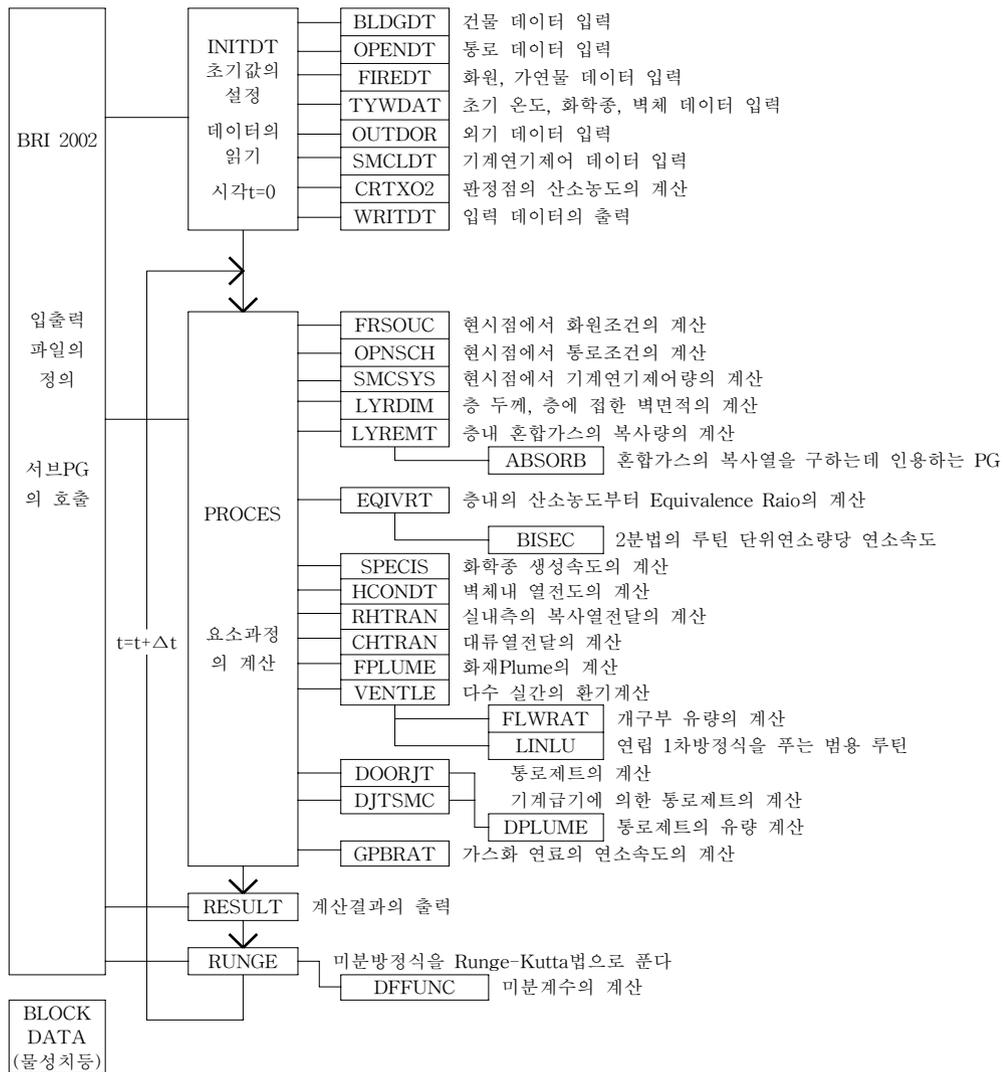


그림 2. BRI 2002 프로그램의 구성

좀 더 자세히 살펴보면 메인 프로그램은 복수층, 복수실을 가지는 건물내에 있어서 연기유동 예측 계산을 실시하며 상·하층의 온도·두께·화학종 농도, 개구부를 통과하는 유량, 열전달, 화학종의 생성·소멸, 기계연기 제어 등의 예측을 실시한다.

데이터 입출력 서브 프로그램인 INITDT는 계산용 변수를 0에 초기화하고 시뮬레이션에 필요한 데이터를 입력한다. 입력 데이터는 건물, 통로, 화원, 가연물, 외기 등으로 여러 데이터 입력이 가능하며, 입력한 데이터가 올바른지 확인하기 위하여 서브루틴명을 출력한다.

화재 요소 과정 서브 프로그램인 PROCES는 화원 및 통로의 조건을 갱신하며, 연기와 층의 높이 및 복사율, 화학종의 생성 속도, 벽체내의 열전도 등의 계산을 통하여 출력 서브루틴에 결과를 산출한다. 또한 어느 시각에 화재의 요소 과정 상태를 각종 서브루틴에 호출하는 것으로 예측한다.

수치계산 프로그램 RUNGE는 zone 상태를 표현하는 연립상 미분 방정식의 계수로 각 화재 요소 상태 값을 구하여 Runge-Kutta법에 의해 다음 시점의 zone의 온도, 두께, 화학종 농도 등을 예측한다.

시스템 디폴트값은 연료의 시스템 디폴트값을 재료 등에 따라서 가연물의 단위중량 손실 당의 발열량을 산출하고 벽체의 시스템 디폴트값 또한 벽체 재료에 따라서 저장된 데이터를 불러오거나 사용자가 원하는 벽체 물질값을 입력 할 수도 있다. 대기조성에 관한 시스템 디폴트값은 표준 건조공기 조성파 상대습도의 환산식으로부터 초기 상태의 공기의 조성을 결정한다. 더불어 기계 급기의 경우는 급기공기의 화학종 조성을 입력할 수 있다.

이러한 계산들의 환경설정을 파라미터값이라 일컫는다. 이는 파라미터 파일인 BRI2PM.FOR에 실용상 적절하다고 생각되는 정도로 하고 있지만, 일정수 이상의 다수실에 상세한 설정을 실시하는 경우 등은 값을 변경 할 필요가 있다.

표 3. 파라미터 파일 BRI2PM.FOR의 내용

PARAMETERS	내용	설정값
NWALMX	벽체의 종류의 수	31
KFLDEF	화원연료 종류의 수	5
NOUTMX	외계의 지정수	5

5. 결론

일본의 피난안전 성능평가 규정 루트A, 루트B, 루트C로 구분되어져 있으며, 사양규정과 성능규정으로 나누어져 인정되어 지고 있다. 이중 본 연구는 루트C에 해당하는 일본의 국가공인기관에서 인정한 BRI 2002의 알고리즘을 대략적으로 분석하였다. BRI 2002는 연기의 유동 예측에 대한 2층 zone모델로 메인프로그램과 4종류의 입출력, 화재요소 과정 계산, 출력, 수치계산 서브루틴군으로 이루어져있다. 입출력 서브루틴군은 건물 및 환경, 초기조건에 대한 데이터를 입출력을 하며, 화재요소 과정 계산 서브루틴군은 복사율, 열전도, 화염 및 Plume의 성질과 상태 등을 계산하여 출력 서브루틴군에서 계산 결과를 산출한다. 수치계산 서브루틴군은 화재요소 상태값을 구하여 Runge-Kutta법에 의해 다음 시점의 층의 온도, 두께, 화학종 농도 등을 예측한다.

현재 우리나라는 연기거동의 관한 연구는 상당히 적은 편이며, 그 또한 피난과 접목 되지 않은 단일분야 연구가 대부분이다. 더불어 실물실험의 조건상 어려움으로 인하여 무분별하게 사용되어지고 있는 상용 프로그램들은 어떠한 기관에서도 검증되지 않은 것들이다. 따라서 우리나라도 상용 프로그램에 대한 검증을 실시해야하며, 피난관련분야에 많은 연구를 통하여 국내 실정에 맞는 검증된 프로그램 개발이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1) 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會