

**A-16**

## 성능기준 설계를 위한 제연용량 예측방식의 비교 II - 화재실에서 대공 간으로의 연기유입을 중심으로

윤호주, 함은구, 김종훈, 노삼규, 김우석\*  
광운대학교 건축공학과, 한국 방재 엔지니어링\*\*

### A Comparison of Prediction Method to Smoke Exhaust Capacity for Performance-based Fire Protection Design II - Focused on the Flow of Smoke from the room to Large Space

Ho-Ju Youn, Eun-Gu ham, Jong-Hoon Kim, Sam-Kew Roh, Woo-Seuck Kim\*  
Kwangwoon University, KFPE\*

#### 1. 서 론

고층 또는 대규모 건축물의 화재에서 발생하는 인명피해의 주원인은 연기이다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 발생하는 연기를 신속하게 제거해 주는 것이 중요하며, 이를 위해 제연설비가 건축물에 설치되고 있다. 현재 국내에는 비용의 절감, 화재 안전 수준의 향상, 건축물의 자유도 증가 등의 이점이 있는 성능기준 화재안전설계(Performance-based Fire Safety Design)의 도입에 관한 연구가 진행되고 있으며, 제연설비의 설계도 중요한 부분 중 하나로 인식되고 있다.

성능기준설계를 하기 위해서는 화재 시 발생하는 연기생성량을 정확하게 예측하는 것이 중요하다. 특히 실내 공간 화재 시 연기의 층만으로 창문이나 발코니와 같은 개구부로 대규모 공간에 많은 연기가 유출이 되므로 본 연구에서는 Balcony spill plume의 연기생성량의 예측 방법에 대하여 국외에서 진행된 기준의 연구, 각종 문헌 및 국외 기준 등을 통해 수집 수식의 계산 절차 및 방법, 그리고 특성을 비교분석하고, 정해진 조건에 의한 계산을 수행하여, 그 결과를 비교분석하여 각 수계산 방법의 특성을 알아보고자 하였다.

#### 2. 발코니 연기발생량 예측방법의 특성

##### 2.1 NFPA 92B 의한 연기 발생량 예측 방법

NFPA 92B Code규정에 의한 발코니 유출 플럼은 화재로부터 연기흐름이 발코니에 흐르고 아트리움으로 유출될 때 화재로부터 시작된다.(그림1) NFPA 92B에서 발코니가 개

방된 실내화재시 질량흐름율은 다음과 같은 식으로 접근 할 수 있다.

$$m = 0.41(QW^2)^{\frac{1}{3}}(Z_b+0.25H)\left(1+\frac{0.063(z+0.6h)}{W}\right) \quad (1)$$

$m = Z_b$  높이에서의 플럼의 질량흐름율(kg/s)     $Q =$  화재의 열 방출율(KW)

$Z_b =$  발코니 윗면에서 연기층 하단까지의 높이(m)

$H =$  연료 위부터 발코니의 높이(m)     $W =$  발코니 유출된 플럼의 폭(m)

드래프트 커튼을 사용할 때 유출 플럼의 폭  $W$ 는 커튼 사이의 거리이다(그림1). 드래프트 커튼이 없으면 아래의 근사치를 사용할 수 있다.

$$W = w+b \quad (2)$$

$w =$  화재실의 개구부 폭(m)

$b =$  개구부로부터 발코니 모서리까지의 거리(m)

방정식(1)과 방정식(2)은 실내화재에서 천장류(Ceiling Jet)의 세력이 개구부를 통해 곧바로 전달되지 않을 만큼 천장보다 충분히 아래쪽에 있을 때 적용이 된다. 천장류의 두께는 화재실 바닥에서 천장까지 높이의 10%에서 20%의 범위에 있다. 이런 이론에 기초하여 천장까지 거리의 80%이하일 경우에는 천장류 세력이 영향을 미치지 못한다고 할 수 있다.

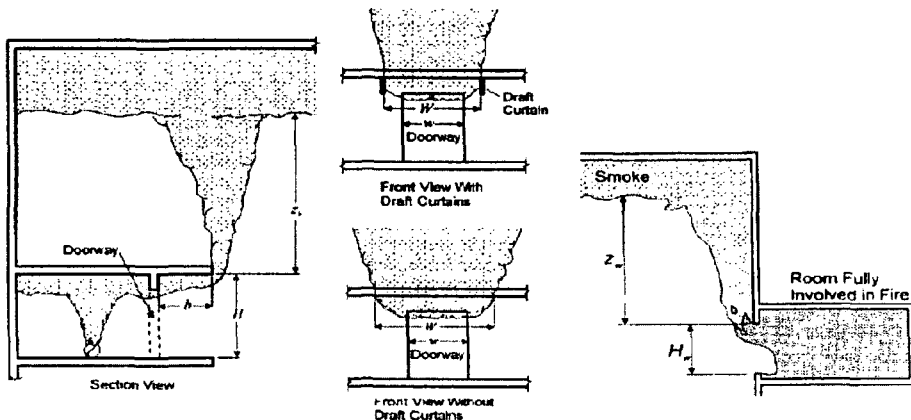


그림 1. 화재 시 Balcony spill plume 흐름도

## 2.2 BRE Report 의한 연기 발생량 예측 방법

BRE Report 'Design approaches for smoke control in atrium buildings'에서는 거실과 아트리움이 개방되어 있거나 화재시 유리가 깨진다면 형성된 수직 개방구를 통한 연기의 분출은 다음 식으로 나타내어진다.

$$M_w = 0.58\rho \left[ \frac{gQW^2}{\rho c T_0} \right]^{\frac{1}{3}} (h_b + \Delta) \left[ 1 + \frac{0.22(h_b + 2\Delta)}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

- $M_w = h_b$  높이에서의 플럼의 질량흐름율(kg/s)
- $Q =$  화재의 열 방출율(KW)                       $W =$  화재실의 개구부 폭(m)
- $h_b =$  발코니 윗면에서 연기층 하단까지의 높이(m)
- $\Delta =$  연료 위부터 발코니의 높이(m)               $T_0 =$  주위 온도(k)
- $\rho = h_b$  높이의 연기밀도(kg/s)                       $c =$  공기의 비열(kJ/kg · K)

BRE Report의 예측방식 2가지 중 그래프를 통해 Balcony spill plume의 질량 흐름율(mass flow rate)의 변화 값을 예측해 보았다.

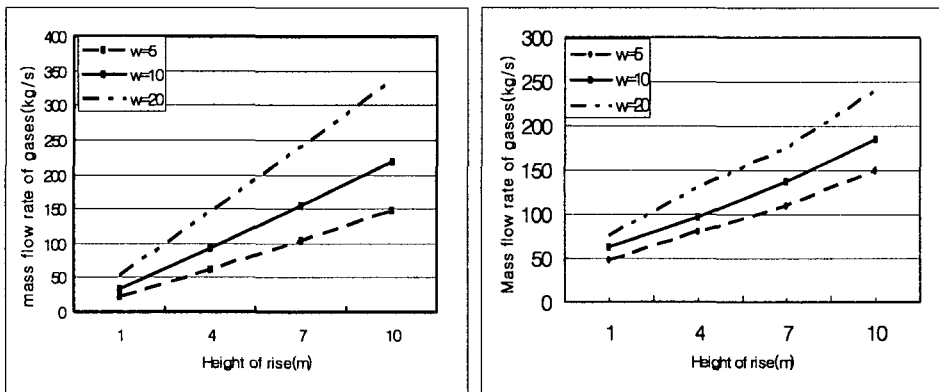
### 3. 적용 및 비교 분석

NFPA 92B의 Balcony Spill Plume과 BRE Report 의한 연기 발생량 예측방법은 플럼의 생성량을 화재실의 개구부에 크기와 발코니 윗면에서 연기층 하단까지의 높이 따라 달리 예측해 보았으며 열방출율은 공통적으로 적용하기 위하여 BRE Report 에 수록되어 있는 열방출율을 사용하기로 하였다. 이 문헌에 따르면 아트리움이 있는 대형사무소 건물의 경우는 아트리움의 거실에 스프링클러설비가 되어 있는 경우 열방출율은 1MW로 적용하며 Downstand depth at opening 는 1m로 했다. 1MW의 기준으로 각 식에 대입하여 결과를 계산하고 그래프를 작성해보았다.

우선 같은 조건하에 질량흐름율을 분석해보면 그림2 에서 알 수 있듯이 열방출율에 따라 Balcony spill plume 이 다르다는 것을 알 수 있었다.

표1 에서 개구부가 작을때는 발코니 윗면에서 연기층 하단까지의 높이가 높을수록 차이가 많이 나지는 않았다. 하지만 개구부의크기를 크게 했을 경우 연기층 하단까지의 높이가 높을수록 화재실의 개구부에 따른 질량 흐름율은 차이를 보이고 있었다.

이러한 사실로 화재실의 개구부 크기와 연기층 하단까지의 높이가 대공간의 연기층형성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.



(a) NFPA 92B의  $\dot{Q} = 1MW$                       (b) BRE Report의  $\dot{Q} = 1MW$   
 그림 2. BRE Report와 NFPA 92B 화재실의 개구부에 따른 질량 흐름율(mass flow rate)의 변화

표 1. BRE Report와 NFPA 92B 화재실의 개구부에 따른 질량 흐름율의 값  
(단위=kg/s)

W(m) = w+b	예측방법의 종류	Height of rise(m)			
		1m	4m	7m	10m
5m	NFPA 92B	21	61	103	148
	BRE Report	49	80	110	150
10m	NFPA 92B	33	93	155	219
	BRE Report	63	97	137	185
20m	NFPA 92B	53	146	240	336
	BRE Report	76	130	176	241

#### 4. 결론

본 연구에서는 대공간 화재 시 제연량의 예측을 수행하기 위한 예측방식 2가지를 비교해보았다. 각 예측방식에 의한 예측 결과는 서로 다른 차이를 보이고 있어, 실제 설계의 적용 시 선택에 대한 문제를 발생시킬 수 있음을 알 수 있었다.

차후 화원선택의 문제와 각 예측방식의 결과가 반영된 상황에 대한 화재 시뮬레이션 수행, 실험과의 비교 등을 통하여 좀더 깊이 있는 연구를 수행하여 성능기준 설계 시 대공간의 Balcony spill plume 제연용량 결정에 대한 정보와 지침을 마련할 계획이다.

#### 참고문헌

1. D. Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", John Wiley and Sons (1985)
2. G O Hansell and H P Morgan "Design approaches for smoke control in atrium buildings", BRE Report (1993)
3. NFPA, "Guide for Smoke Management System in Mall, Atria and Large Areas" NFPA 92B (1995)
4. 고한목, "아트룸 빌딩에서의 사무실과 아트룸간의 화재확산의 연구", 서울산업대학교 공학석사논문 (1997)
6. John H. Klote "Fire Protection Engineering-Smoke Control"
7. Fire Protection Handbook, 18th Edition, NFPA, (1997.)
8. A.H. Buchanan, Fire Engineering Design Guide, University of Canterbury, (2001.)
9. Roger harrison "Smoke control in atrium Building: study of Thermal Spill Plume"(2004)