

제연경계벽으로 구획된 대형공간의 효과적인 제연방안에 관한 연구

A Study on the Effective Smoke Control Method of Large Volume Space Compartmented by Smoke Reservoir Screen

김태훈* · 권인규†

Tae-Hoon Kim* · In-Kyu Kwon†

*강원대학교 산업과학대학원, 강원대학교 소방방재학부
(2010. 11. 16. 접수/2011. 2. 11. 채택)

요 약

본 연구에서는 제연방식 중 대형공간에서 주로 사용하는 거실급배기 방식에서 급기방식 및 방향에 따른 연기의 이동현상에 대해 CFD 도구인 FDS(Fire Dynamics Simulator) 프로그램을 이용하여 확인해 보았다. 거실급배기 방식에서는 Sequence 설계의 어려움으로 주로 한쪽 방향에서만 급기가 이루어지는데, 한 방향에서만 급기를 실시할 경우 연기의 팽창압력에 급기되는 공기의 압력이 가중되어 원하지 않는 인접구역으로의 연기확산 속도가 빨라진다. 연기가 인접구역으로 확산되는 것을 최소화 하고 재실자의 피난시간을 최대한 보장하기 위해 급기를 한 방향이 아닌 화재실 인접구역에서 나누어 시행해 보았으며, 결론적으로 화재실 주변의 가시거리 감소시간은 인접구역이 비슷한 수준으로 조정되는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This research examines problem that can happen in partial smoke control method among contiguity area smoke control system through engineering examination and CFD. And the ultimate purpose of this is to secure safety of a person inhabiting at fire department by presenting improvement plan. Now a days, in large space-area such as department store or mega-mall in which mainly applies "Partial Smoke Control Method", air is supplied from adjacent area and smoke is exhausted in fire room. For various reason, however, it is confirmed through simulation that if air is supplied in one direction, this can cause a fatal result to people of fire area because of the difficulty in securing the evacuation time. As an improvement plan, air is supplied at the same time in surroundings to fire department.

Key words : Smoke control system, Smoke reservoir screen, Partial smoke control, Air supply

1. 서 론

화재 시 연기는 인체에 치명적인 연소부산물 등이 포함되어 있으며, 굴뚝효과, 부력, 팽창, 바람 및 공조 설비 등에 의해 건물 전체로 확산되어 피난이나 소화 활동에 심각한 장애를 준다. 연기를 효과적으로 제어하기 위해 설치하는 설비를 소방관계법령상 '제연설비'라고 하고 세부 설치 기준에 관하여는 「제연설비의 화재안전기준」을 준용하고 있다. 그러나 우리나라에서 시행되고 있는 제연설비 설계의 경우 그 세부 기준이 미약하여, 설계 단계에서부터 설계자의 엔지니어링 경

험에 많은 부분을 의존하고 있다.

특히 넓은 공간의 사용이 요구되는 쇼핑몰과 같은 대형 건물에서 주로 적용되는 "거실급배기방식"의 경우, 제연뎀퍼를 비롯한 각종 뎀퍼와 급배기 팬의 기동 등 복잡한 과정(Sequence)으로 인해 단순히 법적인 최소 기준만을 충족하는 가운데 설계가 진행되고 있어, 화재 시 설비 본연의 목적을 달성하기 어려운 문제가 대두될 수 있다.

영국의 BS5588이나 미국의 NFPA 92A 등 방재선진국들의 많은 선행연구에서도 제연설비를 통한 제연기능에 대해 많은 비중을 두고 있다. 우리나라에서도 '성능위주 소방설계 방식' 등이 도입되어 제연설비 및 제연방식 등에 관하여는 많은 연구가 진행되고 있다. 그

†E-mail: kwonik@kangwon.ac.kr

러나 거실급배기방식을 적용함에 있어 급기방식 등에 관한 연구는 아직 체계적으로 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 이런 거실급배기방식에서 발생가능한 문제점을 고찰해 보고 이에 대해 새로운 방안을 모색할 것이다. 특히 거실급배기방식을 사용하는 제연구역에서 화재실에 공급하는 급기 방식 및 화점의 위치가 연기의 이동에 어떤 영향을 미치는지 FDS프로그램(Ver 5.4.3)을 활용하여 알아보고, 제연설비를 보다 효율적으로 운용할 수 있는 방안을 알아보고자 한다.

2. 거실급배기 방식에 대한 접근

2.1 거실제연설비의 제연방식

제연설비는 크게 장소에 따라 수직적 피난을 도모하기 위해 특별피난계단의 전실 또는 비상용승강기의 승강장 등에 설치하는 부속실 제연설비와 거실 등에 설치하여 수평적 피난을 도모하는 거실제연설비로 구분한다.

다시 거실제연설비는 평상시 공조설비로 사용하다가 화재 시 제연설비로 전환하여 사용하는 공조겸용설비와 제연만을 위해 단독으로 사용되는 제연전용설비로 나눌 수 있다. 이를 다시 동일실 제연방식, 인접구역 상호제연방식 및 통로 배출방식으로 구분한다. 이 중에서 우리가 알아보고자 하는 인접구역 상호제연방식은 거실에서 급배기가 함께 이루어지는 ‘거실급배기 방식’과 거실에서는 배기를 통로에서는 급기를 취하는 ‘거실배기 통로급기 방식’으로 구분된다.

2.2 거실급배기방식에 대한 설치기준

국가화재안전기준(NFSC)에서 『제연구역』은 ‘제연설비의 일부인 천장을 포함하여 제연경계에 의해 구획된 건물내의 공간’을 말한다. 여기서 제연구역은 벽이나 방화문(가동식 벽 포함) 등으로 구획하지 않고 제연경계만으로도 구획할 수 있다는 것을 알 수 있다. 벽이나 방화문 등으로 구획되지 않을 수 있는 최대 면적은

건축법에서 규정한 방화구획에 의해 10층 이하의 건물일 경우 『건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙』 제14조(방화구획의 설치기준)에 스프링클러 기타 이와 유사한 자동식 소화설비를 설치한 경우에는 바닥면적 3,000m²까지 그 구획을 확대할 수 있다. 또한 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501) 제4조에서 제연구역의 구획은 최대 1,000m²까지 면적을 설정할 수 있으므로, 백화점 등과 같이 벽이나 방화문으로 구획되지 않고 최대한 넓은 공간을 요구하는 판매, 영업시설은 바닥면적 3,000m²마다 1개의 방화구역과 3개의 제연구역으로도 법적 규정을 충족할 수 있다.

제연구역은 바닥면적 최대 1,000m² 이내로 설정하여야 함에도 불구하고 하나의 제연구역은 최대 60m의 원안에 들어갈 수 있어야 한다. 만약 제연구역이 단방향으로 길게 형성되었다면 경우에 따라서는 급배기 시스템이 연기의 이동을 제어하지 못하는 현상이 발생하는 것을 막기 위함이다. 같은 맥락에서 연기의 배출구는 예상제연구역의 각 부분으로부터 최대 10m 이내에 위치하여야 한다고 규정하고 있다. 제연구역의 대각선 길이 제한, 예상제연구역의 각 부분에 대한 거리제한, 그리고 거실과 통로의 상호제연구역 설정은 연기의 효율적인 제어를 위해 필요한 조치가 될 수 있다.

그러나 예상제연구역의 배출량은 바닥면적 및 수직거리만으로 분류를 하고 있다. 바닥면적이 400m² 이상인 거실에서 예상제연구역의 직경이 40m 이내일 경우는 아래의 Table 2에서 보듯이 배출량은 수직거리에 따라 최소 40,000m³/hr 이상으로 정하고 있으며, 직경이 40m를 초과할 경우도 배출량은 최소 45,000m³/hr 이상으로 정하여 놓았다.

이는 예상제연구역의 발화 물질에서 발생하는 연기의 농도가 달라질 수 있으며, 연기의 발생농도에 따른

Table 1. Classification of Smoke Control System

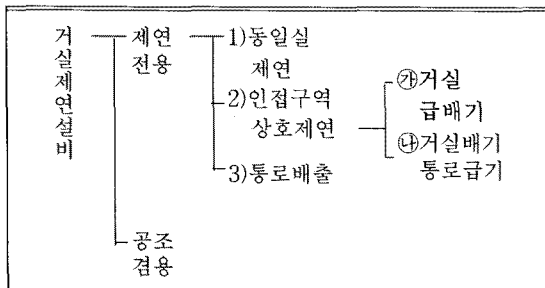


Table 2. Discharge Rate of Expected Smoke Control Department More than 400 m² Floor Area

| 예상제연구역의 직경 | 제연경계 수직거리 | 배출량 |
|---------------|---------------|-----------------------------|
| 40m 이하 | 2m 이하 | 40,000m ³ /hr 이상 |
| | 2m 초과 2.5m 이하 | 45,000m ³ /hr 이상 |
| | 2.5m 초과 3m 이하 | 50,000m ³ /hr 이상 |
| 40m 초과 60m 이하 | 3m 초과 | 60,000m ³ /hr 이상 |
| | 2m 이하 | 45,000m ³ /hr 이상 |
| | 2m 초과 2.5m 이하 | 50,000m ³ /hr 이상 |
| | 2.5m 초과 3m 이하 | 55,000m ³ /hr 이상 |
| | 3m 초과 | 65,000m ³ /hr 이상 |

재실자의 거주한계 시간이 단축될 수 있는 상황을 반영하기 힘든 단점이 있다. 또한 공기유입량은 배출량 이상으로만 규정하고 있는데 이 또한 설계자의 몫으로 남겨져 있어 실제 화재 시 거실의 연기제어에 대한 신뢰성을 확보하기가 어려운 점을 내포하고 있다.

2.3 거실급배기방식의 문제점

인접구역 상호제연방식 중 거실급배기 방식의 문제점을 확인하기위해서 Figure 1과 같이 3개의 존(zone)으로 구분하여 보았다. 또한 넓은 공간을 활용하기 위해 각 존은 벽으로 구획된 것이 아니라 제연경계로 구분되었다고 가정하였다. 이 경우 C-zone에서 화재가 발생하고 B-zone에서 급기를 하는 것으로 가정해보자. B-zone의 급기량은 화재가 발생한 예상제연구역으로만 공급되는 것이 아니라 A-zone으로도 분산되어 급기가 된다. 또한 더 중요한 것은 B-zone에서 화재가 발생할 경우 규정에 따라 A-zone 또는 C-zone에서만 급기를 하면 되는데, 이 경우 B-zone에서 발생한 연기는 배출구를 통해 배출되기 전에 압력에 의해 화재발생구역이 아닌 반대편의 다른 구역으로 전이되어 재실자의 피난을 방해할 가능성을 가지고 있다.

화원에 의해 발생한 연기는 자체의 온도로 인해 부력을 받아 상승을 하면서 부피를 팽창시킬 것이다. 초기에 이 연기층은 제연구역 내에서 체류하다가 화재의 확산에 따른 연기 발생량이 증가할 경우 연기는 제연 경계를 넘어 주변으로 확산될 것이다. 이때 배기구를 통한 연기의 발생속도가 배출속도보다 상대적으로 커진다면 연기는 자연히 주변의 공기를 밀어내면서 진행하게 될 것이다. 비록 급기구를 통한 공기의 유입이 있을지라도 그 유입속도가 비교적 낮다면 연기는 예상제연구역이 아닌 인접구역으로 흘러가는 역흐름을 만들어 낼 것이다. 여기서의 문제점은 연기가 예상제연구역 밖으로 전이되는 속도가 빠를 경우, 피난을 해야 하는 재실자의 가시거리를 낮추거나 연기로 인한 호흡장애 등으로 인한 피난활동을 방해할 수 있게 된다는 것이다.

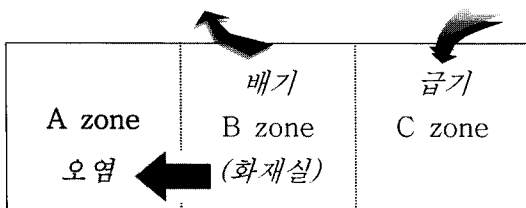


Figure 1. Floor plan of expected smoke control area.

3. 연기 배출량 기준의 공학적 타당성 검토

연기의 배출량 산정 기준의 공학적 타당성을 검증하기 위해 앞에서 제시했던 공간으로 실제 화재실을 가정한다. 대형몰을 가정하여 화재실은 계산의 편의를 위해 90m × 30m의 공간으로 설정하고, 층고는 3.3m로 한다. 3개의 예상제연구역으로 구분되었으며, 각 zone은 0.8m의 제연경계벽으로 나누어져 있다고 가정한다.

연기의 발생량을 Q[m³/hr]라 하면 Q = A × V̇ 나타낼 수 있다. V̇는 연기의 하강속도(m/sec)이므로 청결층의 시간에 대한 감소율로 표현이 가능하며, 따라서 Q는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$Q = A \times \frac{(H - y)}{t} \times 3600 \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \quad (1)$$

A = 예상제연구역의 바닥면적(900m²)

H = 예상제연구역의 층고(3.3m)

y = 청결층의 높이(2.5m, 수직거리까지 허용이 가능한 것으로 적용)

여기에 연기층의 높이에 따른 하강시간을 Thomas와 Hinkley 등의 연구 결과를 차용하여 다시 정리하면

$$Q = A \times \frac{(H - y)}{\frac{20A}{P_t \sqrt{g}} \left[\frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{H}} \right]} \times 3600 \quad (2)$$

이 됨을 알 수 있다.

여기서 P_t는 화재 경계의 길이(m)로 보수적인 관점에서 가중치를 적용하여 10m(큰 화염의 경우 12m, 중간화염의 경우 6m, 작은 화염의 경우 4m)를 적용하고, g는 9.8m/s²을 적용하여 계산하면, Q는 54,992m³/hr(약 15.3m³/s)가 된다. 이는 제연구역의 화재안전기준에 따른 적용 Table 2의 값 50,000m³/hr와 약 9.98%의 오차가 있으므로 의 가중치를 보수적으로 적용한 것을 고려하면 허용 가능한 범위라고 판단된다.

4. 거실급배기 방식의 시뮬레이션 검토

4.1 공통 적용사항

앞에서 언급한 문제점과 관련하여 시뮬레이션 모델링에 필요한 시나리오를 적용하였다. 설계 계산을 위한 화재규모 및 화재실의 크기를 제한하였으며 디자인 조건은 다음 Table 3과 같다. 기타 세부 조건은 Normal STP로 가정하였으며, 본 기고에서는 생략하였다.

화재실 내에 배연창 등의 연기배출 통로는 없으며,

Table 3. Design Condition of Simulation Space, Common Items

| 구분 | 조건 | 비고 |
|------------|---|-----------------|
| 화재 모델링 대상 | 대형 쇼핑몰 지하1층 | 판매시설 |
| 바닥면적 | 90m × 30m = 2,700m ² (정수값 적용) | 최대 법적 규격 이하로 규정 |
| 제연구역 크기 | 30m × 30m = 900m ² | 3개의 제연구역 |
| 층 고 | 3.3m | |
| 제연경계 폭 | 0.8m 이하 | 수직거리 2.5m 초과 |
| 화재 성장속도 | Fast | |
| 화 원 | 5MW | fast급 |
| 시뮬레이션 적용시간 | 600초 | |
| 급배기 팬 동작시간 | 발화 10초 후 동작 | |

제연설비의 작동에 의한 연기배출 조건으로 수행하였다. 지하1층 판매시설의 화재구역은 매장 1개소로 설정하였고, 화재로 인한 연기가 호흡안전선에 도달했을 때의 위험도를 분석하기 위하여 양측 중앙에 피난구를 설정하고 측정점을 피난구 5m 거리의 1.8m 높이에 설치하였다.

화재안전기준 상의 배기량이 15.3m³/s(55,000m³/hr)이므로 천장부에 4개의 배기구(하나의 크기 1 × 1m)를 두고 각각 4m³/s(14,400m³/hr)씩 분담하여 총 16m³/s(57,600m³/hr)의 배기를 실시하였다. 급기량은 배기량 이상 급기하여야 한다는 조건에 따라 인접구역의 천장에 있는 4개의 급기구(하나의 크기 1 × 1m)에서 각각 4.1m³/s(14,760m³/hr)씩 분담하여 총 16.4m³/s(59,040m³/hr)의 급기를 실시하였다. 화원은 적용 모델의 중앙 0.5m의 높이에서 크기 1 × 1m의 Fast급 HRR 5,000kw의 ȳ(시간의 자승에 비례)의 화재상황으로 설정하였다.

4.2 개별 적용사항

예상제연구역인 B구역에서 화재가 발생한 상황을 가정하였으나, B구역은 상당히 넓은 공간을 차지하고 있다. 따라서 B구역 내에서 대표성이 있는 5가지 지점을

* NFPA 72, Table B.2.3.2.3.6(2007 Edition) & NFPA 92B Table C.1(2009 Edition)

† Margaret Law, Ove Arup Partnership, A note on smoke plumes from fire in multi-level shopping malls, Fire Safety Journal, 10(1986), pp. 197~202, Elsevier Science, UK.

Table 4. Supply & Exhaust, Applied Condition by Type

| 구분 | S type | W type |
|----|---------|--|
| 배기 | 조건 | S type과 같음 |
| | 위치 (좌표) | |
| 급기 | 조건 | A구역 및 C구역 천장 4개지점 균등분포 하나의 크기 1m ² (총 8m ²) 각 2.05m ³ /s |
| | 위치 (좌표) | P1(7.5, 22.5) P5(67.5, 22.5) P2(22.5, 22.5) P6(82.5, 22.5) P3(7.5, 7.5) P7(67.5, 7.5) P4(22.5, 7.5) P8(82.5, 7.5) |

※ 공통사항: Z 좌표 3.3m(천장 높이)

선택하여 각각의 Fire Point 별로 급기형태에 따라 Table 4와 같이 S-type과 W-type으로 조건을 달리하면서 급기구의 위치에 따른 연기이동특성을 관찰하였다.

Table 5. Fire Point, Applied Condition by Case

| 화점 | 구분 | 발화지점(화원)의 위치 | 화원좌표 (X, Y, Z) |
|----|------------------|------------------------------------|----------------|
| F1 | Case1-S, Case1-W | B구역의 중앙 좌측지점 선택 (A구역 제연경계에서 5m 이격) | 35,15,0.5 |
| F2 | Case2-S, Case2-W | B구역의 정 중앙지점 선택 (B구역 및 전체 모델의 중앙) | 45,15,0.5 |
| F3 | Case3-S, Case3-W | B구역의 중앙 우측지점 선택 (C구역 제연경계에서 5m 이격) | 55,15,0.5 |
| F4 | Case4-S, Case4-W | B구역 하부 좌측지점 선택 (A구역 제연경계에서 5m 이격) | 35,5,0.5 |
| F5 | Case5-S, Case5-W | B구역 하부 우측지점 선택 (C구역 제연경계에서 5m 이격) | 55,5,0.5 |

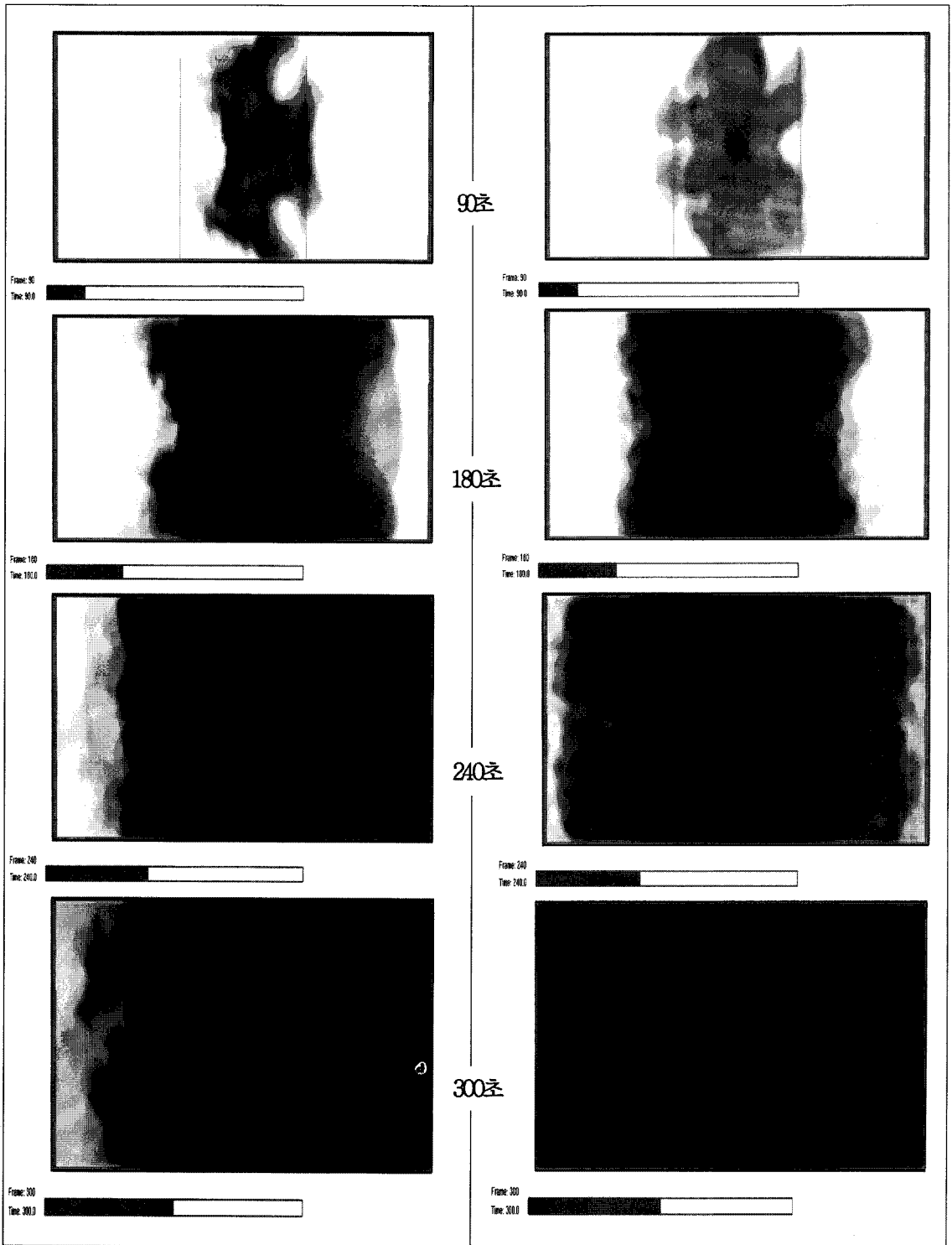


Figure 2. Smoke flow shape by time after combustion in Case 2S.

Figure 3. Smoke flow shape by time after combustion in Case 2W.

각각의 Case별로 공급조건은 S-type과 W-type이고, S-type에서는 B구역에서 배기를 실시하고 급기는 A구역에서만 공급되었다. 이에 대한 대조군으로 W-type에서는 급기의 조건을 변화하여 A구역과 C구역에서 나누어서 공급하는 방법을 적용한다. 앞서 제시된 문제점과 관련하여, Case 별로 실험군과 대조군을 두어 대안을 모색하는 입장에서 시뮬레이션을 적용하며, S-type과 W-type을 비교할 경우 다음 사항을 변경하여 적용한다.

4.3 계산결과 및 고찰

4.3.1 주요 케이스 계산 결과

<Case 2S & 2W 비교>

Case2는 F2지점의 화원으로 진행하였는데, F2는 가장 기본이 되는 지점이므로 좀 더 자세한 변화의 양상을 2S와 2W로 나누어 시간대별로 관찰하여 연기의 유동현상을 비교하였다.

Figure 2와 Figure 3에서 90초와 180초까지는 연기의 이동에 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 240초대의 그림에서는 연기가 한쪽으로 점차 치우쳐 있으며, 300초의 그림에서는 그 차이가 보다 명확하게 드러난다. 왼쪽 구역에서만 가압을 하는 Figure 2에서는 연기의 전파모형이 좌우측의 심한 불균형을 이루며 A구역은 청결층을 어느 정도 유지하고 있으나 C구역은 가시거리 확보가 어려워 피난이 거의 불가능한 상황임을 보여준다. 이와는 대조적으로 양쪽에서 가압을 시행한 Figure 3에서는 좌우대칭으로 유동하는 연기의 모형을 확인할 수 있다. 이는 급기하는 방식에 따라 A구역 및 C구역에 있는 재실자가 연기의 전파에 의해 피난시간에 영향을 받을 수 있다는 것을 보여준다.

상기 도표에서 Case2S 및 2W에서 발생한 Device-L과 R의 가시거리 감소현상을 비교하여 보면, Case2S에

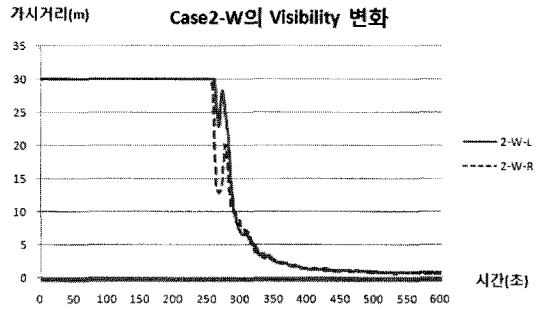


Figure 5. Visibility variation between Device-L and Device-R point in Case2-W.

서는 급기가 한 쪽에서만 이루어지는 관계로 Device-L과 R의 가시거리 감소는 큰 차이를 발견할 수 있는데, Device-L과 R에서 가시도가 10m 이하로 감소되는 시간이 각각 351초와 229초로 그 차이는 122초의 현격한 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

Case 2W는 Case 2S와 비교하여 보면 Device-L과 R에서의 가시도가 감소되는 시간의 차이가 거의 같은 형태로 이루어짐을 볼 수 있다. 가시도가 10m 이하로 감소되는 시간도 각각 285초와 288초로 거의 같다.

4.3.2 케이스별 결과 종합

거실급배기 방식은 화재실 내에서 발생한 연기를 배출하고, 인접구역에서 공기를 급기하여 화재실에서 발생한 연기가 주변 공간으로 전이되는 현상을 최대한 억제함으로써 재실자의 피난에 최대한 많은 가용시간을 제공할 수 있도록 하기위해 사용된다. 결과에서 볼 수 있듯이 대규모 공간에서 발생한 화재는 연기의 확산이 주변공간으로 전파되는 속도가 빠르다.

이 시뮬레이션에서는 대규모 가상공간을 설정하여 A, B, C 3개의 제연구역으로 구분하였으며, 재실자의

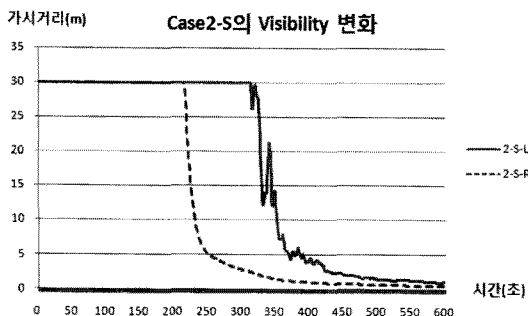


Figure 4. Visibility variation between Device-L and Device-R point in Case2-S.

Table 6. Time of Device's Visibility Decrease under 10m by Case

| 구분 | S-type | | W-type | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Device-L | Device-R | Device-L | Device-R |
| Case1 | 331 Sec | 261 Sec | 259 Sec | 311 Sec |
| Case2 | 351 Sec | 229 Sec | 288 Sec | 285 Sec |
| Case3 | 402 Sec | 205 Sec | 303 Sec | 254 Sec |
| Case4 | 258 Sec | 260 Sec | 249 Sec | 289 Sec |
| Case5 | 392 Sec | 206 Sec | 327 Sec | 249 Sec |
| 평균 | 346.8 Sec | 232.2 Sec | 285.2 Sec | 277.6 Sec |
| 격차 | 114.6 Sec | | 7.6 Sec | |

피난에 중요한 기점이 되는 가시거리가 10m 이하로 감소하는 시간을 측정하기 위해 양측 중앙에 위치한 피난구에서 5m 이격된 지점에 높이 1.8m의 위치에 Device-L과 Device-R을 배치하여 가시거리의 감소를 측정하였다. Table 6은 시간변화에 따른 가시거리 변화 양상 Case 별 계산결과를 나타낸다.

S Type에서는 가시거리가 10m 이하로 감소되는 시간을 측정한 결과, Device-L의 경우 Case별 평균시간은 346.8초로 Device-R의 232.2초에 비해 114.6초의 차이를 보였다. 이는 A구역에 있는 재실자에게 보다 많은 피난시간이 주어진다 것을 알 수 있으나, C구역에 있는 재실자에게는 피난시간이 114.6초 더 부족하다는 것을 말하고 있다. 쇼퍼몰 등과 같은 대규모 공간의 특성상 불특정 다수인들이 일시적으로 머무르는 곳이며, 단기간에 군집하는 인원의 밀도가 상당히 높기 올라가는 것을 고려할 때 232.2초는 매우 부족한 시간이 될 수 있다. 이에 비해 W Type에서는 Device-L과 Device-R의 가시거리 감소가 거의 비슷한 시간에 이루어지는 것을 볼 수 있다. 이것은 B구역의 화재가 어느 지점에서 발생할지라도 주변지역에 비슷한 수준의 피난시간을 제공할 수 있을 것으로 판단되었다.

4.3.3 개선방안

연기배출량 기준에 대하여 신뢰할만한 연구를 토대로 공학적인 타당성을 검증하였지만, 시뮬레이션의 결과를 토대로 우리는 화재실 인접구역으로의 연기의 확산 방지를 위하여, 현행 설계에 대부분 반영되고 있는 한쪽 구역에서만 급기 가압하는 방식보다는 화재실과 인접한 부분의 구역에서 동시 급기 가압하는 방식이 상대적으로 신뢰도가 높음을 확인하였다. 이것은 엔지니어의 Case별 급기방법 개선 조치 여부에 따라 재실자의 적정 피난시간을 확보할 수도 그렇지 않을 수도 있다는 것을 반증한 것이다. 따라서 차체에 엔지니어는 거실급배기 방식 설계 시 시뮬레이션 결과 등을 토대로 연기의 확산 억제를 통한 피난시간을 보다 더 확보할 수 있는 방안을 고려하여야 할 것이다.

5. 결 론

이상으로 인접구역 상호제연방식 중 거실급배기 방식에 있어서 발생 가능한 문제점을 CFD를 통해 확인하였다. 거실급배기 방식을 주로 적용하는 백화점이나 대형몰 등은 그 실의 용도상 가급적 넓은 공간을 필요로 하므로 내부의 공간을 내화구조 등의 벽이 아닌 방화셔터나 제연경계 등의 구획으로 나누어 공간을 최대

한 활용하고자 한다. 이때 예상제연구역 내에서 화재로 인해 발생한 연기는 인접구역으로 확산을 할 것이며, 이를 제어하기 위해 거실급배기 방식에서는 인접한 거실에서 공기를 급기하고 화재실에서는 연기의 배출을 위해 배기를 실시한다.

그러나 급기가 한쪽 방향에서만 이루어질 경우, 급기되는 공기에서 발생한 압력과 연기의 팽창력에 의해서 생성되는 압력의 영향으로 연기의 이동은 제연경계를 넘어 급기가 실시되지 않는 인접공간으로 확산된다. 거실급배기 방식에서는 화원의 발생위치 보다 급기하는 방식에 따라 생성되는 연기가 인접구역으로 확산되는 시간에 많은 차이가 발생한다. 연기의 인접구역 확대를 최대한 지연시키기 위해서는 화재발생 구역과 인접한 구역에서 급기를 동시에 실시하여 주변 구역에 비슷한 수준의 가압을 형성하는 것이 연기의 확산속도를 줄일 수 있다. 또한, 연기의 이동은 압력차에 의한 공기의 이동과 밀접한 영향이 있으므로, 주변에서 가해진 압력을 이용해 연기를 제어하고 연기를 제연구역 내에 최대한 체류시켜 위험을 줄일 수 있다.

연기는 전파속도가 빨라 상대적으로 먼 곳까지 전파될 수 있으므로 매우 신중하게 고려되어야 한다. 따라서 거실 제연설계는 초기 설계단계 때부터 설계자의 경험에 의존한 방법이 아닌 체계적으로 적용할 수 있는 기준에 의해 설계될 수 있도록 이에 맞는 기준이 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Society of Fire Protection Engineers, "The SFPE handbook of Fire Protection Engineering", 3rd Ed, the National Fire Protection Association, Massachusetts (2002).
2. CCDE, "Mechanical Exhaust Ventilation Systems; Design, Calculations, and Operational Guidelines", California Conference of Directors of Environmental Health(2000).
3. H.P. Morgan, "Design Principles for Smoke Ventilation in Enclosed Shopping Centres", Building Research Establishment Report(1991).
4. NFPA, "NFPA 92A Standard for Smoke-Control System Utilizing Barriers and Pressure Differences" (2009).
5. BS5588-12, "Fire Precautions in the Design, Construction and Use of Buildings - Part 12: Managing Fire Safety"(2004).
6. Abhishek Jain, Ajay Mishra, "CFD Analysis for smoke Ventilation in High Rises", Zeus Numerix

- Private Limited(2010).
7. H.P. Morgan, "Design Methodologies for Smoke and Heat Exhaust Ventilation", Construction Information Service(1999).
 8. John R. Hall, "An Analysis of Automatic Sprinkler System Reliability Using Current Data", National Fire Protection Association(2006).
 9. 구진영, 김광일, "백화점 화재 발생의 확률적 접근에 의한 심각성의 정량적 예측", 한국화재소방학회지(29호), Vol.12, No.1(1998).
 10. 김태욱, "자동 스프링클러 시스템의 신뢰성에 대한 조사연구", 석사학위논문(2006).
 11. 남상욱, "소방시설의 설계 및 시공", 성안당, 2008.
 12. 박헌식, "물류센터의 소방시설과 방재대책", 방재와 보험 96(2003).
 13. 이수경 외, "시뮬레이션을 통한 화재피난 평가 Case Study 과정", 도서출판 아진(2010).
 14. 이창욱, "신방화공학", 도서출판 의제(2000).
 15. 소방방재청, "2009 국가화재안전기준(NFSC) 해설서", 소방방재청(2009).
 16. 백열선, 竊拈黎蘂雍懶竹, 형실출판사(2003).
 17. 민세홍, 윤정은, "FDS를 이용한 외장재의 수직 확산 화재의 모델링에 관한 연구", 대한안전경영과학회지, Vol.11, No.2(2009).