

[Research Paper]

급기가압 조건에서 복합 구획 공간 화재의 연기 거동에 대한 수치해석 연구

고권현

동양대학교 안전공학부 교수

Numerical Simulation on Smoke Movement in Multi-Compartment Enclosure Fires under Pressurized Air Supply Conditions

Gwon Hyun Ko

Professor, School of Safety Engineering, Dongyang University

(Received October 15, 2018; Revised November 21, 2018; Accepted November 21, 2018)

요 약

본 연구에서는 급기가압 조건에서 거실, 부속실 및 계단실로 구성된 복합 구획 공간에 대해 화재해석을 수행하고 가압 및 환기 조건에 따른 화재 연기의 유동 특성을 분석하였다. 화재 해석은 유효누설면적을 측정하기 위해 제작된 누기율 시험설비에 대하여 수행하였으며, 화재의 거시적 특성과 각 구획에 대한 유동 및 압력 특성의 분석을 통해 급기가압 조건에서의 화염 및 연기 거동에 대한 이해를 증진시키고자 하였다. 화재 해석 결과는 화재 발열량의 크기가 환기 시스템에 의해 공급되는 공기량에 의해서 민감하게 영향을 받게 됨을 보여주었다. 거실과 부속실에서의 속도분포 분석 결과를 통해 급기가압의 조건에서도 화재 연기가 문의 상층부를 통해 부속실로 유출될 수 있음을 확인하였다. 이를 통하여 급기가압 제연시스템의 설계와 적용에 있어서 화재 크기와 공간적 특성과 같은 요인을 고려하는 것이 매우 중요하다는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This study examined the flow characteristics of fire smoke under pressurized air ventilation conditions by carrying out fire simulations on multi-compartment enclosure, including room, ancillary room and stair case. Fire simulations were conducted for the air-leakage test facility, which was constructed to measure the effective leakage area and aimed to improve the understandings of fire and smoke movement by analyzing the overall behaviors of fire smoke flow and pressure distributions of each compartment. The simulation results showed that the heat release rate of the fires was controlled sensitively by the amount of air supplied by the ventilation system. An analysis of the velocity distributions between the room and ancillary room showed that fire smoke could be leaked to the ancillary room through the upper layer of the door, even under pressurized air supply conditions. From these results, it was confirmed that the fire size and spatial characteristics should be considered for the design and application of a smoke control system by a pressurized air supply.

Keywords : Smoke control system, Pressurized air supply, Fire simulation, Fire smoke movement

1. 서 론

최근의 건축물을 살펴보면 제한된 공간 조건하에서 활용도를 높이기 위하여 구획설정이 더욱 복잡해지고 있으며 고층화 및 지하화가 크게 증가되는 경향을 보이고 있다. 일반적으로 건축물 내부 구획에서 발생하는 화재는 대량의 연기를 동반하게 되는데 화재 연기는 거주자의 피난 활동을 저해할 뿐만 아니라 원활한 소방활동을 방해하는 주요

원인이다⁽¹⁾. 화재 구획에서 발생된 연기는 부력 유동의 형태로 상승하여 천정에 이른 후 천정 제트 유동을 형성하며 주위로 퍼져 나간다. 이때 구획 공간 간의 압력차는 건축물 내부의 연기 전파 특성에 가장 큰 영향을 준다. 다시 말해서, 화재로 인해 생성되는 연소가스와 연기는 해당 구획 내부의 압력을 높이는 역할을 하게 되며 상대적으로 낮은 압력을 유지하고 있는 주위 구획 또는 상층부로 전파되게 된다. 이러한 연기의 거동은 고층 건물 및 지하 복합 공간의

화재에서 피난 경로와 대피 공간의 안전성에 심각한 위험이 되며 대량의 인명 피해를 야기할 수 있다. 따라서 건축물 화재에서 연소가스와 화재 연기로부터 피난경로 및 공간을 보호함으로써 인명 피해를 최소화하기 위해 제연 및 방연 시스템의 성능 향상과 검증을 위한 다양한 연구와 기술개발이 이루어지고 있다⁽²⁻⁴⁾.

다양한 종류의 제연 및 방연 시스템 중 피난 경로의 압력을 상승시켜 연기를 침투를 적극적으로 막는 방법으로 급기가압 제연설비가 있다. 급기가압 제연설비에서는 기계적 방식을 이용하여 외부의 신선한 공기를 피난 경로와 피난공간에 지속적으로 공급함으로써 화재 구획에 비해 높은 압력 조건을 유지하고 화재 연기 및 유해 가스의 유입을 방지한다. 특히 건축물 내의 계단실 및 부속실에 대한 방연 방식으로 사용될 경우 안전한 피난 경로 확보를 통한 인명 안전성 증대와 함께 소방관의 소화 및 구조 활동의 편이도를 도모할 수 있어 적용이 확대되고 있다. 따라서 건축물의 화재 안전 및 피난 안전 측면에서 급기가압 제연설비의 특성 분석과 성능 확보를 위한 기술 개발이 필요성이 크다고 할 수 있다⁽⁴⁶⁾. 이와 관련하여 Kwark⁽⁷⁾은 제연시스템을 구성하는 제연경계벽, 배연구, 송풍기, 풍도 및 방연 댐퍼에 대한 성능 평가 기준을 마련하기 위한 연구를 수행하였으며, You et al.⁽⁸⁾은 제연 시스템의 구성요소들에 대한 누기율 측정, 차압 댐퍼의 성능 평가, 방연 특성 분석 등을 목적으로 하는 누기율 시험설비를 제작하였으며 시스템의 성능을 보다 정확하게 파악하고 정량적으로 평가하기 위한 장치 또는 기법의 필요성을 강조한 바 있다. 또한 Ko⁽⁹⁾는 계단실과 거실을 포함하는 복합 구획 공간에서 급기 가압 제연 유동의 특성을 분석하기 위한 수치해석 연구를 수행하였다. 하지만 이와 같은 연구는 대부분 화재의 영향을 배제한 상황에서 화재안전기준⁽¹⁰⁾이 지정하는 풍속이나 차압 조건의 평가에 국한되는 경향이 있었다. 앞서 언급한 바와 같이 화재로 발생하는 가스와 연기가 화재실 내부 특성 및 주위 구획과의 상대적 압력차에 큰 영향을 미치기 때문에 화재 조건에서의 급기가압 특성 평가가 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 급기가압 조건에서 거실, 부속실 및 계단실 등을 고려한 복합 구획 공간에 대해 화재해석을 수행하고 가압 및 환기 조건에 따른 화재연기의 유동 특성을 분석하고자 한다. 화재 해석은 앞서 언급한 누기율 시험설비⁽⁸⁾를 대상으로 수행되었으며, 화재의 거시적 거동 특성과 각 실에 대한 유동 및 압력 특성의 분석을 통해 급기가압 조건에서의 화염 및 연기 거동에 대한 이해를 증진시킴으로써 제연 설비의 성능 향상을 위한 향후 연구에 활용할 수 있는 데이터를 제공하고자 한다.

2. 수치해석 방법

본 연구에서는 한국소방산업기술원에 설치된 누기율 시험설비⁽⁸⁾를 대상으로 해석을 수행하였다. 이 시험설비는 제

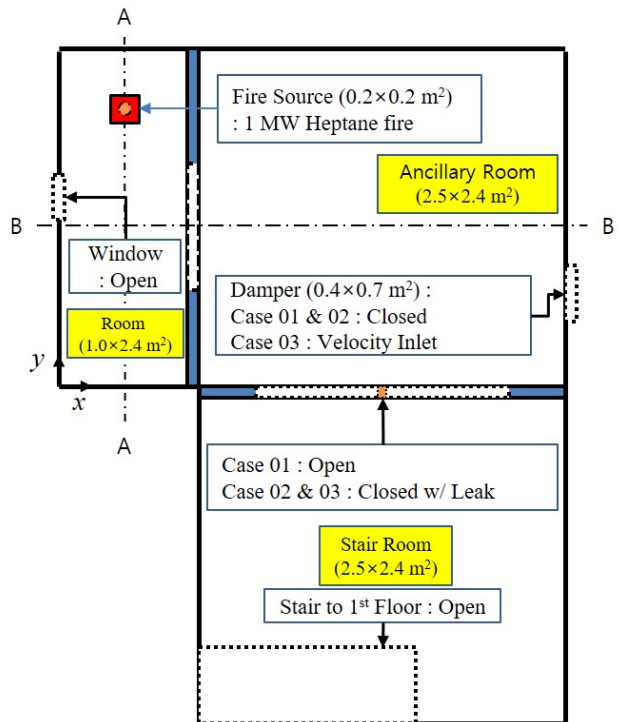


Figure 1. Schematic on fire simulation domain and summary on simulation conditions.

연 설비와 관련된 법규의 정비를 위한 공학적 백업 데이터를 구축하기 위해 설치 운영되고 있으며 제연 설비의 성능 특성과 관련된 유용한 자료를 제공해 왔다⁽⁸⁾.

본 연구의 해석 대상이 되는 누기율 시험설비의 2층 단면에 대한 모식도를 Figure 1에 나타내었다. 화원은 0.2 m × 0.2 m의 크기로 가정하였으며 연료는 헵탄(Heptane)으로써 1 MW의 열방출율(HRR)을 갖는 것으로 설정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 화원은 거실(Room) 공간에 위치한다. 거실 공간에 위치한 창문과 부속실(Ancillary room)로 통하는 내부 문은 열려있는 것으로 가정하였다. 부속실과 계단실 사이의 문은 해석 조건에 따라 완전히 열려 있거나 (Case 01), 누설을 고려한 닫힘 상태(Case 02 & 03)로 설정하였다. 누설을 고려하기 위해서 본 해석에서는 부속실-계단실 문의 중심부에 높이 2 m, 폭 0.01 m의 크기를 갖는 틈이 있는 것으로 가정하였다. 실제의 누설 위치를 정확히 파악하는 것은 불가능하기 때문에 이와 같이 누설 유효 면적을 특정 위치에 설정하는 것이 누설을 고려하는데 매우 유용한 방법이다⁽⁹⁾. 한편, 부속실에 설치된 댐퍼는 닫힘 상태 (Case 01 & 02) 또는 일정한 속도를 갖는 입력 조건(Case 03)으로 설정되며 속도 입력 조건의 경우 2.24 m/s로 주었는데 이는 송풍유량으로 환산하면 0.63 m³/s에 해당한다. Figure 1에 나타낸 A-A단면과 B-B 단면은 이후의 유동 분석 과정(Figures 6 & 7)에서 사용될 단면의 위치를 의미한다. Figure Table 1에 해석 조건을 정리하였다.

본 절에서 수행된 화재 해석에는 미표준과학연구소(N

Table 1. Summary on Fire Simulation Cases

	Window & Inner Wall	B.C. at Damper	Door to Stair
Case 01	Open	Wall	Open
Case 02	Open	Wall	Closed w/leak
Case 03	Open	Velocity inlet (V = 2.24 m/s)	Closed w/leak

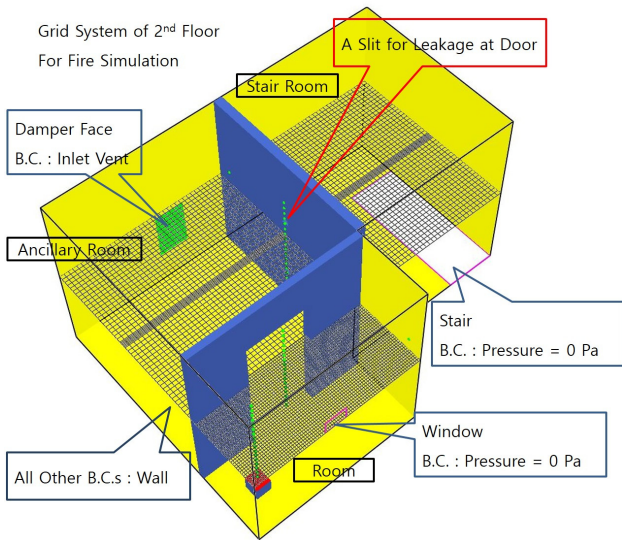
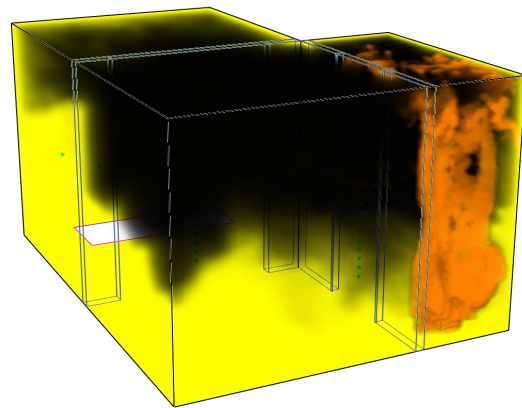


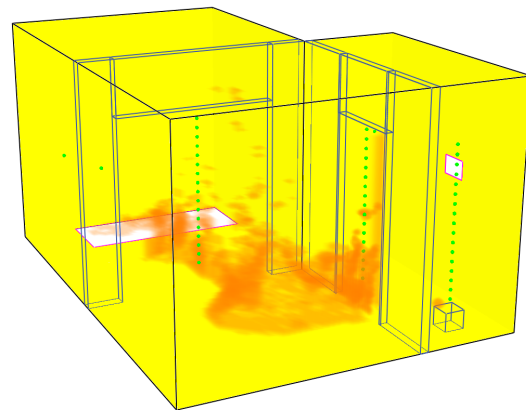
Figure 2. Grid system and boundary condition on fire simulation.

IST)에서 개발되어 화재 공학분야에서 널리 응용되고 있는 Fire Dynamics Simulator (FDS) Ver. 5.5.3을 사용하였다. FDS는 화염원에서 발생하는 연기와 열의 거동에 중점을 두면서 저속의 열유동에 대한 나비에-스톡스(Navier-Stokes) 방정식을 수치적으로 푼다. 이 방정식들은 공간에 대해서는 2차 오더의 중심 차분을, 시간에 대해서는 2차 오더의 예측-수정 방식을 이용하여 차분된다. 연소 과정과 복사 열 전달은 각각 혼합분율 모델과 유한체적법에 따라 계산된다. 난류 모델의 경우 Direct Numerical Simulation (DNS) 모델과 Large Eddy Simulation (LES) 모델을 제공하고 있는데 본 연구에서는 LES 모델을 Smagorinsky의 에디 점성 모델과 함께 사용하였다. 이와 관련된 지배방정식 및 해석 모델의 상세 내용은 참고문헌⁽¹¹⁾에서 확인할 수 있다. Figure 2는 본 해석에서 채택한 해석 격자를 나타내고 있다. 보다 정확한 해석을 위해서 화원 주위와 부속실-계단실 문의 누설면 주위에 격자를 조밀하게 설정하였다. 총 격자의 수는 약 620,000 개이며 화원 주위에서 격자크기에 대한 무차원 특성 길이의 비($D^*/\delta x$)는 약 30 정도이다. 여기서 특성길이 (D^*)는 다음과 같이 주어진다.

$$D^* = \left(\frac{HRR}{\rho_c T \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad (1)$$



(a) t = 10 s after ignition



(b) t = 75 s after ignition

Figure 3. Overall shapes of fires and smoke movement for Case 01.

Figure 2에서 나타난 바와 같이 댐퍼 면에서 유입조건 (Case 03의 경우)과 거실 창문, 1층으로 연결되는 계단 면에서는 압력 경계 조건을 설정하였으며 그 외의 모든 경계는 벽면으로 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 거시적인 화재 및 연기 거동

먼저 누기울 시험기의 형상에 의한 기본적인 화재 성상을 파악하기 위해서 부속실-계단실 문이 완전히 열려 있고 댐퍼 작동이 없는 Case 01의 결과를 살펴본다. Figure 3은 화재 진행에 따른 화염의 형상(엄밀한 의미에서는 단위체적당 발열량, $HRR_{PUV} \geq 200 \text{ kW/m}^3$ 인 영역)과 연기 거동(엄밀한 의미에서 그을음 밀도)을 보여주고 있다. Figure 3(a)를 보면 화재 발생 초기에 해당하는 t = 10 s에서의 화염은 거실 전체에 퍼져 있어 플래쉬 오버 상태에 이르렀음을 알 수 있으며 문의 상부를 통해 부속실 쪽으로 화염이 분출되고 있다. 연기는 이미 부속실을 넘어 계단실로 전파된 상태이다. 부속실-계단실 문이 완전히 열려있는 상태이므로 연기의 전파는 제어되지 않는다. Figure 3(b)는 t = 75 s에서의 화염

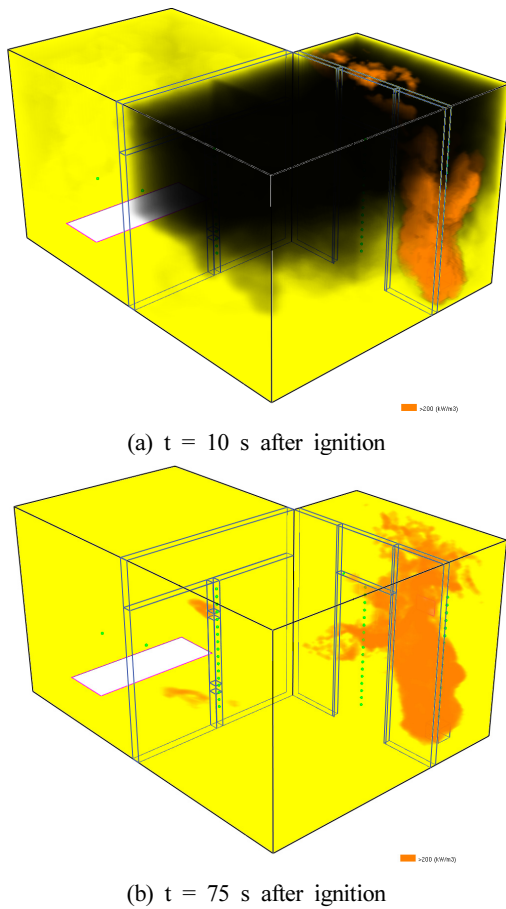


Figure 4. Overall shapes of fires and smoke movement for Case 03.

형상을 보여준다. 그림에 나타내지 않았으나 연기는 이미 전실에 완전히 채워져 있는 상태이며 전체 공간에 걸쳐 환기부족 상태에 이르러 화염이 전실에 퍼져 있지 못하고 산소가 유입되는 바닥면을 따라 계단 방향으로 분포되어 있음을 볼 수 있다.

Figure 4는 부속실-계단실 문이 닫힌 상태에서 댐퍼를 통해 공기가 유입되는 Case 03에 대한 화염 및 연기 분포 형상을 보여준다. Figure 4(a)는 t = 10 s에서의 화염과 연기 거동을 보여준다. 문이 닫혀 있는 상태여서 연기가 계단실 쪽으로 퍼지지는 않고 있으나 부속실에 쌓여가는 연기의 농도는 앞서 Figure 3(a)에서 살펴본 Case 01의 경우와 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 이러한 경향은 송풍량과 거실 공간의 크기 등과 같은 복합적인 원인에서 야기되는 것으로 생각할 수 있으며 3.3절에서 다시 고찰한다. Figure 4(b)는 75 s에서 화염의 형상을 보여주는데 Figure 3(b)와 달리 화염이 거실 내부에 머물러 있음을 알 수 있다. 이것은 댐퍼를 통해 신선한 공기가 공급됨으로 거실 내부의 산소가 충분하여 환기부족 조건으로 전이하지 않기 때문으로 생각할 수 있다.

Figure 5는 각 해석 조건에 따른 전체 발열량의 시간에 따른 변화를 보여주고 있다. 화염원에서 공급되는 연료의

소모율을 나타내는 질량소모율(mass loss rate)은 해석의 입력 조건이며 이론 발열량이 1 MW가 되도록 0.56 kg/s의 비율로 헵탄 연료를 일정하게 공급하였다. 화재의 성장 초기 단계에서는 모든 경우에서 진동의 폭은 각각 조금씩 다르지만 모두 1,000 kW 부근에서 유지되는 것을 확인할 수 있다. 초기 단계에서는 거실과 부속실에 존재하던 산소가 연소 반응을 유지하기에 충분하기 때문에 모든 경우에 있어서 거의 동일한 발열량을 보이고 있는 것이다. 그러나 약 30 s 이후에는 공간 내부의 산소 농도의 변화에 따라 화재 발열량이 크게 변화하는 것을 볼 수 있다. Case 01의 경우 약 30~50 s 구간까지 발열량이 감소한 후 70 s까지 일정 발열량이 유지된 후 크게 진동하는 경향을 보여준다. 한편 Case 02의 경우 30~40 s 구간에서 발열량이 감소한 후 약 100 kW의 수준으로 수렴하는 결과를 보여주고 있다. Case 02에 비해 Case 01은 부속실-계단실 문이 개방되어 있어 초기 연소에 사용될 산소의 양이 더 많기 때문에 발열량의 감소가 상대적으로 더디게 이루어지고 있다. 70 s 이후에는 1층과 연결되어 개방된 영역으로부터 산소의 유입이 주기적으로 이루어지고 있는 것으로 판단되며 이로 인해 화재 발열량의 상승과 감소가 반복되는 결과를 보여주고 있다. 앞선 경우와 다르게 Case 03의 경우는 꾸준히 800 kW 이상의 발열량이 지속되고 있는 것을 보여준다. 이것은 송풍 댐퍼로부터 계속적인 산소공급이 이루어지기 때문으로 생각할 수 있다. Figure 4(b)에서 보는 바와 같이 지속적인 산소의 공급으로 화염은 거실 내부에 존재하며 지속적인 연소반응이 진행되고 있음을 유추할 수 있다.

3.2 급기 가압의 영향

여기서는 급기 가압의 영향을 살펴보기 위해 Case 02와 03의 결과를 비교 분석한다. Figure 5에서 확인한 바와 같이 두 경우 모두 거실 및 부속실 공간의 산소가 소모된 이후인 약 40 s 이후에 준정상 상태가 유지되고 있다. 따라서 여기서는 t = 50~70 s 동안의 결과에 대한 평균값을 바탕으로 분석을 수행한다.

Figure 6은 화원을 포함하는 x = 0.5 m 단면(Figure 1의 Section A-A)에서 온도 및 속도 분포에 대해서 Case 02와 Case 03을 비교하고 있다. 앞선 Figure 5에서 확인한 바와 같이 Case 02의 경우 공간 내부의 산소 부족으로 연소 반응이 억제되어 화원 표면 근처에서만 미미한 연소반응을 유지하게 되고 이에 따라 거실 공간의 온도도 500 °C 이하로 유지되고 있음을 알 수 있다. 이에 비해 Case 03의 경우 송풍 댐퍼를 통해 신선 공기가 계속적으로 유입됨에 따라 연소반응이 활발히 유지되어 부력 유동이 크게 발생하고 이에 따라 공간 내 유동이 활발히 유도되어 천정 부근에서는 최대 750 °C 이상의 온도 분포를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

Figure 7은 거실-부속실 문의 중심을 가로지르는 평면(Figure 1의 Section B-B)에서 온도와 속도의 분포를 함께

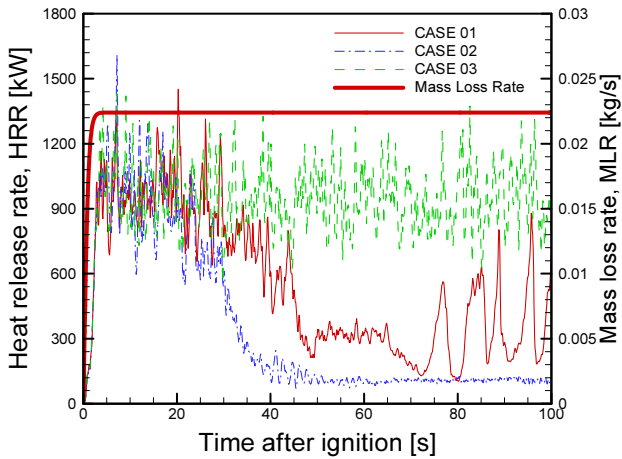
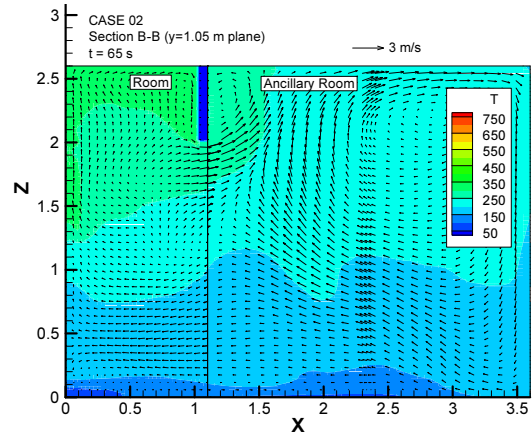
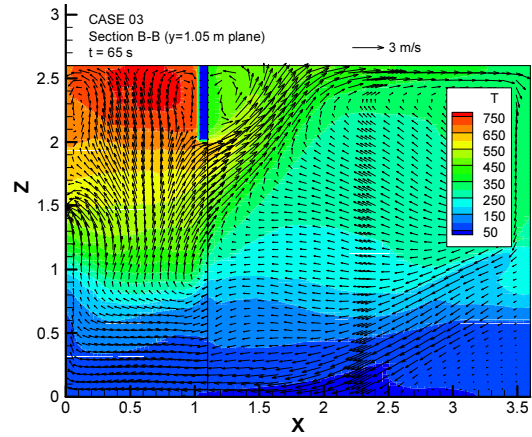


Figure 5. Time variations of the total heat release rate of fires for all cases.

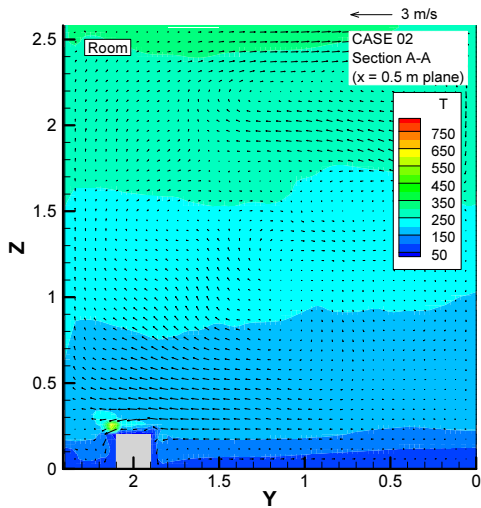


(a) Case 02

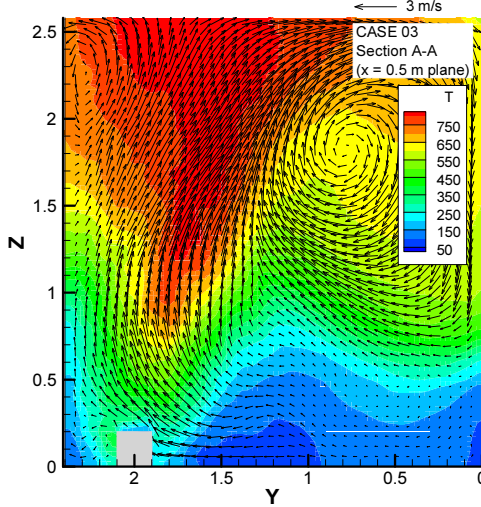


(b) Case 03

Figure 7. Comparison on the temperature and velocity distributions between Case 02 and Case 03 at the cross section of room-ancillary room center (B-B section of Figure 1).



(a) CASE 02



(b) CASE 03

Figure 6. Comparison on the temperature and velocity distributions between Case 02 and Case 03 at the $x = 0.5$ m plane across the fire source (A-A section of Figure 1).

보여주고 있다. 앞서 살펴본 바와 같이 Case 02의 경우 국부적인 유동이 존재하지만 Case 03에 비해 그 크기가 작은 것을 볼 수 있다. Case 03의 경우를 살펴보면 송풍 댐퍼로부터 신선한 저온의 공기가 계속적으로 유입됨에 따라 바닥면의 온도는 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 이하의 분포를 보이고 있으며 천정 부근에서는 거실의 경우 $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이상, 부속실의 경우도 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에 근접하는 것을 볼 수 있다. 송풍 유량과 화원에서의 부력 유동의 복합적인 작용에 의해 거실-부속실 문의 하부 측에서는 신선한 공기가 거실 쪽으로 유입되고 있으며 상부 측에서는 고온의 연기가 부속실 쪽으로 유출되고 있음을 확인할 수 있다.

Figure 8은 Case 02와 03에 대해서 $z = 1.3$ m 평면에서의 압력 및 속도 분포를 보여주고 있다. Case 02의 경우 앞서 언급한 바와 같이 연소반응이 최소한으로 억제됨에 따라 화원에서의 부력 플럼도 감소하여 이에 따라 거실 내부의 속도 크기가 Case 03에 비해 매우 작은 것을 알 수 있다. 압력 분포를 살펴보면 최대 정압력차가 1 Pa에 미치지 못할 정도로 일정하게 유지되고 있음을 확인할 수 있다. 이에 비

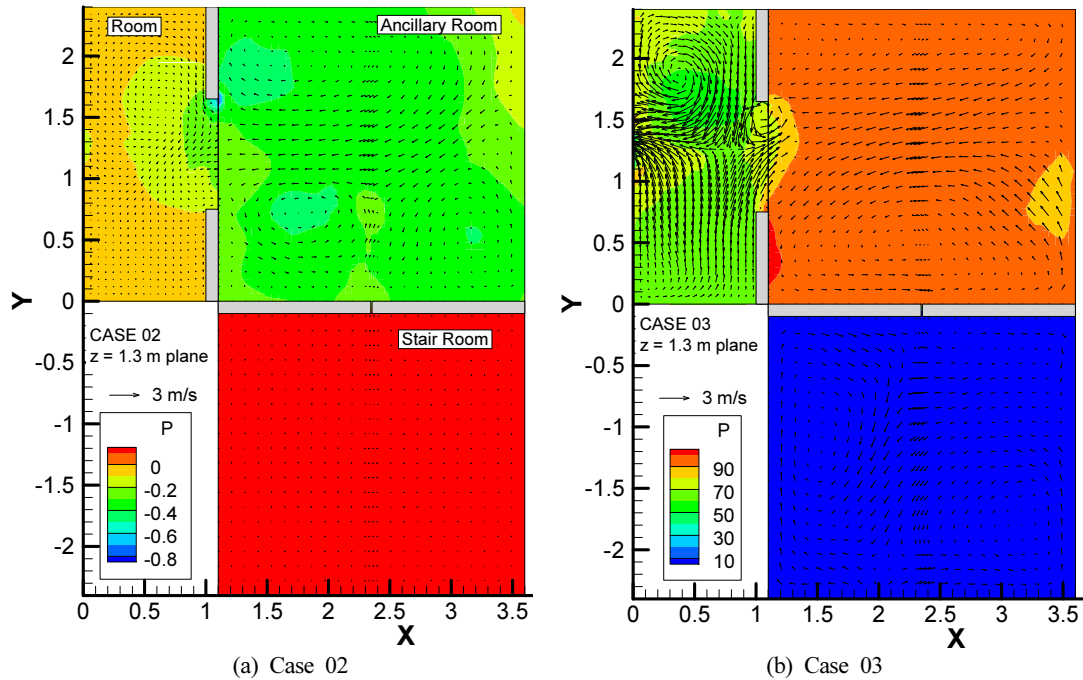


Figure 8. Comparison on the pressure and velocity distributions between Case 02 and Case 03 at the plane of $Z = 1.3$ m.

해 Case 03의 경우 송풍 댐퍼를 통해 지속적인 공기 유입이 진행되기 때문에 앞서 확인한 바와 같이 연소반응이 계속적으로 활발히 발생하게 된다. 따라서 거실 내부에서 지속적인 유동 모멘텀이 발생될 뿐만 아니라 송풍댐퍼를 통해서도 유입이 계속되어 Case 02에 비해 속도 분포가 복잡하게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 정압 분포를 확인해 보면 계단실의 경우 10 Pa 이하, 부속실의 경우 90 Pa 이상, 거실의 경우 60~80 Pa의 분포를 보이고 있다. 부속실의 경우 송풍 유량의 영향을 직접적으로 받음에 따라 최대 정압을 보여주고 있으며 거실의 경우 창문을 통한 유출의 영향으로 다소간의 압력 감소를 보여주고 있는 것으로 생각된다.

3.3 제연 성능에 대한 고찰

Figures 7과 8에서 확인한 바와 같이 거실-부속실 문의 상층부를 통해 거실에서 부속실로의 유동이 형성된다. 이것은 거실에서 발생한 연기가 부속실로 계속적으로 유출된다는 것을 의미하며 연기 전파 방지의 목적을 적절하게 만족하지 못하고 있음을 의미한다. 물론 본 연구의 해석 조건은 거실 문이 완전히 열린 조건이기 때문에 이러한 연기 유출이 간헐적으로 열리고 자동으로 닫히는 일반적인 상황에서의 방연 실패를 의미하는 것은 아니다. 다만 본 연구를 통해 방화문의 작동 실패와 같은 최악의 조건에서 화재실로부터 연기가 방출될 때의 유동 특성을 살펴볼 수 있었다. 본 해석에서 설정한 송풍 유량은 $0.63 \text{ m}^3/\text{s}$ 로써 거실 문에서 화재안전기준의 방연풍속을 만족하지만^(8,9) 거실 문이 개방된 조건에서는 화재 연기의 방출을 제어하기 어렵고, 특히 화원이 부속실과 연결된 문 근처에 위치할 경우 국부

적으로 충분한 방연속도를 얻지 못하거나 문의 상층부를 통해 화재 연기가 유출될 수도 있음을 확인할 수 있었다. 또 한 가지 살펴봐야 할 점은 방연 성능에 미치는 공간적 특성의 영향이다. 일반적인 실제 건축물에서는 거실의 공간이 부속실 공간에 비해 충분히 크며 화재가 발생할 경우 화원에서 발생하는 연기량에 비해 거실 공간의 크기도 충분히 크기 때문에 거실 내부에서의 연기 축적량이 커져서 부속실로의 유출이 지연될 수 있다. 그러나 본 해석의 대상 공간과 같이 거실 공간이 협소하고 창문의 크기도 매우 작아서 화원에서 발생하는 대부분의 연기가 부속실로 향하게 된다면 화재 연기가 부속실 등의 주위 구획으로 누출되는 것을 막기 어려울 수 있다는 점이다. 따라서 급기가압 제연 시스템의 설계와 적용에 있어서 화재의 영향을 고려하는 것이 필요하며 특히 발생 가능한 화재의 크기와 거실 및 부속실의 공간적 특성을 함께 파악하는 것이 매우 중요하다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 급기가압 조건에서 거실, 부속실 및 계단실 등을 고려한 복합 구획 공간에 대해 화재해석을 수행하고 가압 및 환기 조건에 따른 화재연기의 유동 특성을 분석하였다. 화재 해석은 소방산업기술원의 누기율 시험설비⁽⁸⁾를 대상으로 수행되었으며, 화재의 거시적 거동 특성과 각실에 대한 유동 및 압력 특성의 분석을 통해 급기가압 조건에서의 화염 및 연기 거동에 대한 이해를 증진시키고자 하였다. 화재 초기에는 부속실 및 거실에 존재하는 다량의

공기를 사용하면서 연소가 진행되어 급기가압 여부에 관계 없이 유사한 화재 거동을 보였다. 화재가 진행됨에 따라 송풍댐퍼가 닫혀 있는 경우에는 화원에 공급되는 환기량이 제한되기 때문에 화원 발열량이 감소되는 경향을 보이는 반면, 송풍댐퍼를 통해 충분한 공기가 공급되는 경우에는 화원에서 공급되는 가연 연료의 반응에 큰 제한 조건이 없기 때문에 높은 발열량이 유지되는 것을 알 수 있었다. 한편, 거실과 부속실에서의 속도분포를 통해 급기가압의 조건에서도 화재 연기가 문의 상층부를 통해 부속실로 유출되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 방연풍속을 만족하는 송풍량도 화재실 개방과 같은 조건에서는 연기의 유출을 막기에 충분하지 않을 수 있음을 보여주는 결과로써 급기가압 제연시스템의 설계와 적용에 있어서 이러한 상황을 고려하는 것이 필요하고 특히 화재의 크기와 구획의 공간적 특성을 함께 파악하는 것이 매우 중요하다는 것을 시사한다.

후 기

본 논문은 2017년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었으며 이에 관계제위께 감사드립니다.

References

1. J. G. Quintiere, "Fundamentals of Fire Phenomena", John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK (2006).
2. M. J. Lee, N. I. Kim and H. S. Ryou, "Air Tightness Measurement with Transient Methods using Sudden Expansion from a Compressed Chamber", Building and Environment Vol. 46, No. 10, pp. 1937-1945 (2011).
3. H. J. Moon, G. H. Ko and H. S. Ryou, "Numerical Study on the Effect of Damper Position on Characteristics of Thermal Flow at the Vestibules and Fire Door", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 31-38 (2013).
4. J. Y. Kim and C. S. Ahn, "Case Study of a Field Test for a Smoke Control System Using Sandwich Pressurization", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 5, pp. 87-92 (2016).
5. J. B. Lee, J. H. Moon, S. H. Lee and H. S. Ryou, "Study of Smoke Behavior and Differential Pressure in the Refuge Safety Area According to Damper Capacity of Smoke Control", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 25, No. 4, pp. 103-109 (2011).
6. J. Y. Kim and H. J. Shin, "Numerical Analysis on Pressurization System of Smoke Control in Consideration of Flow Rate of Supply and Leakage", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 5, pp. 87-93 (2010).
7. J. H. Kwark, "Standardization of the Performance Test Procedure for Smoke Control System", Transaction of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 21-28 (2006).
8. W. J. You, G. H. Ko, S. H. Sakong, J. S. Nam and H. S. Ryou, "An Analysis on the Major Parameter and the Relations of Pressure Difference Effect of Leakage Area in the Smoke-Control Zone", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 20-25 (2013).
9. G. H. Ko, "Numerical Analysis on Flow Characteristics in the Pressurized Air Supply Smoke Control System", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 4 pp. 52-58 (2017).
10. Ministry of Public Safety and Security, "NFSC 501 Fire Safety Standard of Smoke Control Facilities" (2016).
11. K. B. McGrattan, S. Hostikka, J. E. Floyd, H. R. Baum and R. G. Rehm, "Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide," NIST SP 1018-5, NIST (2007).