

A-3

## 천정 천공 유무에 따른 화재 특성 연구

이동호<sup>\*</sup> · 최백열<sup>\*\*</sup> · 서문수<sup>†</sup> · 유명열<sup>††</sup>

<sup>\*</sup>인천대학교 안전공학과

<sup>\*\*</sup>인천대학교 안전공학과 대학원

<sup>†</sup>경기지방경찰청

<sup>††</sup>경기도소방재난본부

### A Study on the Characteristics of Fires Depending on the Existence of Boring on the Ceiling

Rie, Dongho · Choi, Back-yeol · Seomon, Sucheol · Yoo, Myungyeol

Safety Engineering, University of Incheon

Department of Safety Engineering, University of Incheon

GYEONGGI provincial police agency

GYEONGGI provincial fire and disaster headquarters

#### 요 약

본 연구는 지하 냉동 창고 화재발생시 천공이 화재진압의 방법으로써 화재성상에 미치는 영향 등 천공의 효과를 검증하고 화재진압 기술에 대한 기초연구로서 천공의 위치, 천공 개방 시간, 천공 개방에 따른 근접 건축물로의 화재 전파양상을 FDS를 통하여 시뮬레이션 하여 분석하였다.

천공의 개방은 내부 화재의 요인을 빨리 소모시켜 온도 및 발열량을 빠르게 낮춘다. 이와 같이 천공의 유무에 따라 화재에 양상이 바뀌기 때문에 화재 진행 사항 및 화재 장소 가연물에 형태 등 각 화재 형태에 따라 적절한 천공의 위치 및 개방시간등이 마련되어야 할 것이다.

#### 1. 서 론

2008년 12월 5일 경기도 이천시 마장면 장암리 소재 냉동물류창고에서 화재가 발생하여 7명이 사망하는 사건이 있었다. 이러한 화재 발생 후 진압과정 중 화재지점인 아센다스 물류창고에서 근접해 있는 코리아 냉장 지하부로의 화재 확대를 방지하기 위해 아센다스 물류창고 콘크리트 천장면에 9개소를 천공하여 연기의 확산을 유도하였으며 천공을 통해 다량의 폼 소화약제를 투입하였다. 이와 같이 건물내 화재시 천공은 연기 및 열을 배출시키고 화재 지점에 직접적인 소화를 위해서는 꼭 필요한 조치이다. 하지만 천공의 개방은 내부 화재의 산소를 공급하여 화재의 크기를 증대시킬수 있으며 이에 따른 화재 전파 속

도를 증가 시킬수 있다.

본 연구에서는 천공이 화재에 미치는 영향 등 천공의 효과를 이론적 및 논리적인 근거 자료를 마련하고 또한 냉동창고 등 유사 화재발생시 천공이 화재진압의 방법으로써 화재 성장에 미치는 영향 등 천공의 효과를 검증하여 화재진압 기술에 적용함으로써 진압능력 향상을 도모하고 천공의 효과, 천공의 방법, 천공의 시기 및 크기 등을 화재진압 기법으로 발전시켜 화재진압 교육정책에 반영하기 위하여 연구를 실시하였다.

## 2. 수치해석 조건

### 2.1 모델링

본 연구에서 일반적인 결과의 도출을 위해 공간을 단순화하였다. 그림 1은 시뮬레이션 모델이며 해석 공간의 크기는 (5 x 5 x 5)m로 정했다.

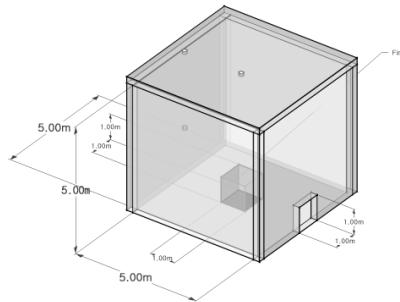


그림 1. 모델링

### 2.2 수치해석 조건

본 연구에서내부의 화재 현상 및 열적 유동의 수치해석은 미국 NIST (National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 프로그램인 FDS Ver.5.0을 사용하였다. 발화원은 Polyurethane 으로 버너를 통해 화재를 전파시켜 진행하였고 기본적인 설정 조건은 표 1.과 같다.

표 1 시뮬레이션 설정 조건

수치 해석 설정값	
초기 온도	20℃
화재 성장	정상 상태
발화원	POLYURETHANE
해석 프로그램	FDS 5
해석 시간	600s
격자 크기	0.25 x 0.25 x 0.25 m
격자수	21952개
모델	LES 모델

본 연구에서는 천공 효과 분석을 위하여 천공 유류, 천공 시기, 천공의 영향등을 고려하였으며 이에 따른 발열량 및 내부 공간에서의 온도 및 산소농도에 분석하였다. 표 2는 적용된 경계조건을 나타낸다.

표 2 시뮬레이션 CASE

CASE	천공 크기	입구 크기	천공시간	벽면송풍구
1	없음	없음	없음	없음
2	없음	1 x 1 m	없음	없음
3	1 x 1 m	1 x 1 m	0초	없음
4	1 x 2 m	1 x 1 m	0초	없음
5	1 x 1 m	1 x 1 m	150초	없음
6	1 x 1 m	1 x 1 m	300초	없음
7	없음	1 x 1 m	없음	0.15 x 5m
8	1 x 1 m	1 x 1 m	0초	0.15 x 5m
9	1 x 2 m	1 x 1 m	0초	0.15 x 5m

### 3. 수치해석 결과

#### 3.1 개구부에 따른 화재 조건 및 분석

일정 공간 내 화재의 경우 개구부의 크기에 따라 유입되는 공기의 양이 변하기 때문에 화재 경향에 중요한 영향을 끼친다. 본 절에서는 이러한 개구부의 형태에 따른 발열량과 온도를 분석하였다.

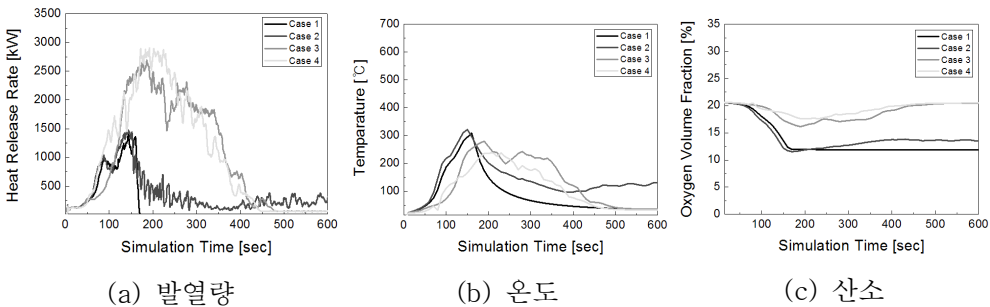


그림 2. 개구부에 따른 발열량, 온도, 산소농도 변화

case1 과 같이 밀폐된 공간에서 약 170초 경과 후 산소의 농도 저하에 의한 소화효과가 발생한다. case2인 하부 문이 개방되었을 경우는 초반 내부의 산소를 소모하여 강한 화재강도가 발생하나 이후 공기의 유입이 원활하지 않아 낮은 화재강도가 일정하게 유지하게 된다.

천공개방의 경우 초기 화재강도가 강하나 천공을 통해 다량의 열이 방출되어 case1, 2보다 낮은 온도를 나타냄 또한 원활한 공기의 유입을 통해 강한 화재가 발생하며 이로 인해 내부의 화재 요인을 빨리 소모시켜 이후 case2보다 먼저 온도 및 발열량이 낮아지는 것으로 분석된다.

### 3.2 천공 개방 시간에 따른 천공효과 조건 및 분석

천공의 개방 시간은 화재 성장기에 따라 다른 경향성을 보인다. 본 절에서는 화재 발생 후 화재의 양상에 따른 천공 개방시기별 천공 효과에 대해 해석 및 분석한다.

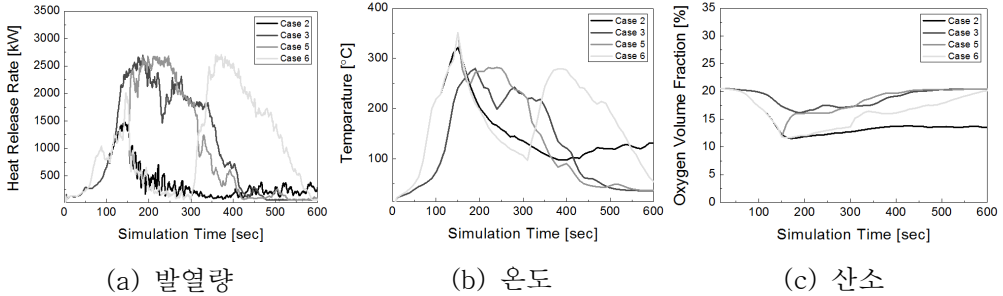


그림 3. 천공 개방 시간에 따른 발열량, 온도, 산소농도 변화

case2의 천공의 개방이 없을 경우는 초반 내부의 산소를 이용 강한 화재강도가 발생하나 이후 공기의 유입이 원활하지 않아 낮은 화재강도와 일정한 온도를 유지하는 것으로 분석되었다.

천공의 개방시기에 따른 내부 온도 하락효과는 개방시기에 관계 없이 일정한 화재강도 및 내부온도의 상승이 비슷한 최고값을 나타내는 것으로 분석되어 천공의 개방 시기에 따른 위험 원인의 하락은 미미한 것으로 분석되었다. 그러나 화재가 오랜기간 유지된 상태에서 화재요인이 감소한 상황의 경우 화재강도 및 온도의 상승폭이 하락할 것으로 예상되며 이 시기에 화재 진압을 위한 천공 개방은 효과적인 것으로 분석된다.

### 3.3 상부 통풍구 설치에 따른 천공 효과 조건 및 분석

본 절에서는 건축물 상부의 천공 외에 0.15m의 통풍구가 있을 경우 천공의 유무가 통풍구를 통한 건축물 외부로의 화재 위험성 하락 효과를 분석하였다.

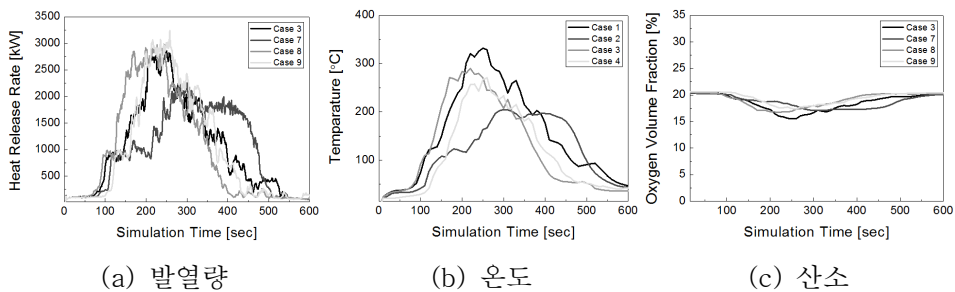


그림 4. 상부 통풍구 설치에 따른 발열량, 온도, 산소농도 변화

상부 통풍구 설치에 따른 천공의 효과 분석 결과 case7은 천공이 개방되지 않았을 경우 화재로 인한 내부의 상승기류가 통풍구로 집중됨에 따라 이 지점에서 배출되는 열기류가

다른 지역으로의 화재 전이를 일으킬 가능성이 있다. 반면 천공 개방의 경우인 case8과 case9는 개방 정도에 따라 차이는 발생하나 화재로 인해 발생한 상승기류가 천공을 통해 우선적으로 배출됨에 따라 통풍구 지점에서의 열기류 유입에 따른 화재전이를 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구로부터 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 화재 발생시 하부 개구부 및 상부 천공의 유무에 따른 화재 해석 결과 개구부가 없는 경우에는 화재 발생 후 일정시간이 지나 산소의 결핍으로 인한 소화효과가 있는 것으로 나타났다.
2. 하부 개구부만 개방했을 경우 초반 내부의 산소를 이용한 강한 화재 강도가 발생하나 이후 공기의 유입이 원활하지 않아 낮은 화재강도로 오랜 기간 동안 화재가 유지되는 것으로 나타났다.
3. 천공 개방의 경우 초기 화재 강도가 강하나 천공을 통해 다량의 열이 방출되어 낮은 온도를 나타내며 원활한 공기의 유입을 통해 강한 화재가 발생하며 이로 인해 내부의 화재요인을 빨리 소모시켜 이후 먼지 온도 및 발열량이 낮아지는 것으로 나타났다.
4. 천공의 개방 시기에 따른 내부 온도 강하효과는 개방 시기에 관계없이 일정한 화재강도 및 내부온도의 상승이 비슷한 최고값을 나타내는 것으로 나타났으며 천공의 개방 시기에 따른 위험요인은 미미한 것으로 나타났다.
5. 화재 발생 시 상부 통풍구 설치에 따른 천공 효과는 천공이 개방되지 않았을 경우 화재로 인한 내부의 상승기류가 통풍구로 집중됨에 따라 통풍구에서 배출되는 열기류로 인해 근접 건축물로의 화재 전이가 발생할 가능성이 있는 것으로 나타났다.
6. 천공을 개방했을 경우 천공의 크기에 따라 차이는 발생하지만 화재로 인해 발생한 상승기류가 천공을 통해 우선적으로 배출됨에 따라 통풍구 지점에서의 열기류 유입에 따른 화재 전이를 효과적으로 방지할 수 있는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. Kevin Mcgrattan, Glenn Forney (2008),"Fire Dynamics Simulator(Version 5) User's Guide"
2. Kevin Mcgrattan, Glenn Forney (2008),"Fire Dynamics Simulator(Version 5) Technical Reference Guide"
3. SFPE Handbook (3rd edition)."Section Two fire dynamics"
4. 정태호(2008년)"이천 냉동창고 화재분석을 통한 제도개선방안 연구",한국화재소방학회 춘계학술발표회.