

소방기술사 정규반 제 6 강의

: 제 2 장 건축물 화재 기구 및 소방·방화대책

소방기술사 박 성 수, 신 부 환 著

- 문제1) 화재가속도
- 문제2) 환기파리미터
- 문제3) 연료 지배형 화재/환기 지배형 화재
- 문제4) 화재성장속도
- 문제5) 건축물의 화재성상
- 문제6) 전실화재 전·후 단계
- 문제7) 표준온도시간곡선
- 문제8) Flash-over
- 문제9) Back-draft
- 문제10) Flash-over와 Back-draft 비교
- 문제11) 무창층

문제1) 화재가혹도(Fire Severity)

1. 화재가혹도(Fire Severity)

(1) 개념

- ① 발생한 화재가 당해 건물과 그 내부의 수용재산 등을 파괴하거나 손상을 입히는 능력의 정도(건물에 손상을 주는 화세의 능력)
- ② 화재가혹도 $\uparrow \propto$ 건물과 재산의 손실 $\uparrow$
- ③ 화재 가혹도는 화재의 시간온도 곡선의 하부면적으로 표현할 수 있다

(2) 배경요소

- ① 화재실에서 형성될 수 있는 최고온도와 그 최고온도의 지속시간
- ② 화재가혹도 = 화재실의 최고온도 $\times$ 최고온도의 지속시간
(화재의 질적개념) (화재의 양적개념)
= 화재강도 $\times$ 화재하중

2. 화재강도(Fire Intensity)

(1) 개념

- ① 화재강도는 화재실의 열 축적율을 의미한다
- ② 화재강도 $\uparrow =$ 화재실의 열 축적율 $\uparrow =$ 화재실의 온도 $\uparrow$

(2) 영향요소

- ① 가연물의 연소열
 - ㉠ 물질에 따라 다른 연소 시 발생하는 열량이 연소열이다
 - ㉡ 가연물의 연소열이 클수록 화재강도가 커진다
- ② 가연물의 비표면적
 - ㉠ 비표면적이 클수록 화재강도가 크다
 - ㉡ 비표면적 $\uparrow =$ 공기(산소)와의 접촉면적 $\uparrow =$ 소진율(연소속도) $\uparrow =$ 방출열 $\uparrow$
 - ㉢ 비표면적 $S = \frac{\phi}{\rho d}$ (ϕ : 형상계수, ρ : 밀도, d : 직경)
- ③ 공기(산소)의 공급량
 - ㉠ 공기의 공급이 원활 $\uparrow =$ 소진율 $\uparrow =$ 열발생율 $\uparrow$
 - ㉡ 화재실의 공기는 옥외로부터 유입되며 창문 등 개구부를 통하므로 창문의 크기, 개수, 위치 및 높이 등에 따라 공기유입 상태가 달라진다
- ④ 실의 단열성
 - : 벽, 천장 등의 구조물이 갖는 단열효과가 클수록 열의 외부누출이 작아져서 화재 실내에 계속 축적된 상태로 유지된다

3. 화재하중(Fire Load)

(1) 개념

- ① 화재하중 = 화재실의 바닥의 단위면적당 가연물의 평균 잔존량을 목재의 단위발

열량으로 환산한 등가목재중량[kg/m²]

② 화재하중 ↑ = 화재실내에 탈 물질 ↑ = 최고온도의 지속시간 ↑

③ 화재하중 계산식

$$q = \frac{\sum(G_t \times H_t)}{H_O \times A} = \frac{\sum Q_t}{4,500 \times A}$$

여기서, q : 화재하중[kg/m²]

G_t : 가연물의 양[kg]

H_t : 가연물의 단위발열량[kcal/kg]

H_O : 목재의 단위발열량[kcal/kg] = 4,500[kcal/kg]

$\sum Q_t$: 화재실 또는 화재구획내의 가연물의 전체 발열량[kcal]

(2) 특징

① 화재하중(연료하중)은 단위면적당 가연물의 양으로 표시된다

② 화재하중이 클수록 화재의 지속시간이 길어진다

③ 가연성 내장재·구조체와 가연성 물품의 양이다

④ 화재하중은 건축물의 내화성을 결정하는 주요소이다

(3) 화재하중의 산정

① 화재하중은 건물의 용도에 따라 크게 좌우되기 때문에 일정하지는 않다

② 주택, 아파트 : 35 ~ 60[kg/m²]

③ 사무실 : 30 ~ 150[kg/m²]

④ 창고 : 200 ~ 1,000[kg/m²]

(4) 화재하중의 감소대책

① 내장재, 수용물품 등의 불연화

② 서류 등 가연물을 불연성 철제함 등에 보관

③ 가연물을 최소 필요량만 보관

4. 내화성능 및 주수와의 관계

① 화재가혹도 = 화재실의 최고온도 × 최고온도의 지속시간

(화재의 질적 개념) × (화재의 양적 개념)

↓

화재강도

(열방출율)

↓

주수량[l/m²]

내화구조두께[cm]

↓

화재하중

(바닥단위면적당 가연물의 양)

↓

주수시간[min]

요구내화시간[min]

② 화재강도는 주수량, 내화구조두께를, 화재하중은 주수시간, 요구내화시간을 결정하는 요소이다

※ 기출문제분석1(화재가속도관련)

1. 화재가속도와 화재하중을 비교 설명하시오(47회,15점)
2. 화재하중을 설명하시오(36회,5점)
3. 화재지속시간을 설명하시오(55회,5점)
4. 화재강도에 대해 설명하시오(63회,10점)
5. 화재심도를 화재하중과 비교하여 설명하시오(65회,10점)
6. 화재가속도의 정의 및 배경요소 2가지를 열거하고 구체적으로 설명하시오(76회,25점)
7. 화재저항에 대하여 설명하시오(78회,10점)

문제2) 환기파라미터(Ventilation Parameter)

1. 개념

- (1) 자연환기에 의하여 화재실 내로 들어오는 공기량

$$m = n \times V = k \times A \sqrt{H} \times f(T_i, T_o)$$

여기서, m : 공기량, n : 시간당 환기 횟수, V : 실내 체적
 k : 비례상수, A : 개구부의 면적, H : 개구부의 높이
 T_i, T_o : 실내·외의 평균온도

- (2) 위의 식에서 자연환기에 의하여 화재실로 공급되는 공기량은

- ① 개구부의 면적(A)과 높이의 평방근($\sqrt{H}$)에 비례하여 증가 한다
- ② 같은 면적이라면 높이가 높으면 공기 인입량이 증가한다(압력차 $\uparrow$)
- ③ 이 경우 온도의 영향은 그다지 크지 않다

- (3) 환기 지배영역의 실내화재에 있어서 각종 특성치가 자주 $A\sqrt{H}$ 를 사용해서 정리되는 것은 이 때문이며 이 $A\sqrt{H}$ 를 환기파라미터라고 한다

2. $A\sqrt{H}$ 를 사용해서 정리되는 특성치의 예

- (1) 온도인자(개구인자)

- ① 목조건물이나 내화건물의 연소에 있어서 온도의 상승곡선을 정하는 요소
- ② 이 수치가 같으면 개구면적의 크고 작음에도 불구하고 같은 온도상승곡선을 나타낸다

③ 온도인자 $F_o = \frac{A_B \sqrt{H}}{A_T}$ 여기서, A_B : 개구부 면적, A_T : 실내의 전표면적
 H : 개구부 높이

- ④ 환기계수가 클수록 환기 지배형 화재에서의 최고온도는 높아진다

- (2) 계속시간인자

- ① 건물화재에서 화재지속시간을 결정하는 요소에는 화재하중과 계속시간인자(Fire Duration Factor)가 있다

② 계속시간인자 $F_d = \frac{A_F}{A_B \sqrt{H}}$ 여기서, A_F : 바닥면적, A_B : 개구부 면적
 H : 개구부 높이

- ③ 개구요소가 크면 온도가 높은 대신 지속시간은 짧고, 개구요소가 작으면 온도가 낮은 대신 지속시간이 길어진다

- (3) 연소속도

- ① 실내화재의 연소속도는 실내의 가연물량이 연소에 의해 감해지는 속도(질량소모율)로 정의할 수 있다

- ② 연소속도 산출 식

$$R = (5.5 \sim 6) A \sqrt{H}$$

여기서, R : 연소속도 [kg/min] = 질량소모율

A : 개구부 면적 [m^2], H : 개구부 높이 [m]

3. 환기요소의 유도를 위한 가정

- ① 구획 내의 가스는 잘 혼합된 양상이어야 한다(즉, 특성치가 전체 부피에 대해 일정)
- ② 구획 내에서는 부력에 의해서만 발생한 흐름은 없어야 한다
- ③ 더운 가스는 중성대 위에서 구획을 나가고 차가운 공기는 그 아래로 들어간다
- ④ 구획을 출입하는 가스의 흐름은 부력에 의하여 생긴다
- ⑤ 들어오고 나가는 가스 사이에는 상호작용이 없다

※ 기출문제분석2(환기계수관련)

1. Ventilation Parameter를 설명하시오(44회,10점)
2. 개구부 면적에 따른 연소특성을 기술하시오(44회,20점)
3. 화재 최성기의 연소속도는 유입 공기량에 지배되고 있음이 실험에서 밝혀졌다. 이에 대하여 아는 바를 쓰시오(49회,10점)
4. 환기지배형화재의 최성기화재온도에 영향을 주는 환기계수에 대하여 설명하시오(76회,10점)
5. Ventilation Parameter에 대하여 설명하시오(91회,10점)

문제3) 연료 지배형 화재 & 환기 지배형 화재

1. 개념

(1) 연료 지배형 화재(Fuel Controlled Fire)

- ① 연료량이 적고 통기량이 충분한 경우의 화재
- ② 공기가 충분하고 연료량이 적은 경우 불은 연료의 표면상에서 제한적으로 연소가 이루어지게 된다
- ③ 이 경우 화재는 그 연소시간이 짧고 외부에서 찬 공기가 유입되어 실내의 온도는 높지 않다
- ④ 천정이 낮은 고층건물에서는 불꽃이 외벽의 개구부를 통하여 각 층으로 확산될 수 있으며, 천정이 높을 경우 불꽃이 실내를 벗어나지 못한다
- ⑤ 환기지배하에서 개구부가 더욱 커지면 공기량이 환기여하에 관계없이 충분해진다. 이 때 연소속도는 연료특성에 좌우된다

(2) 환기 지배형 화재(Ventillation Controlled Fire)

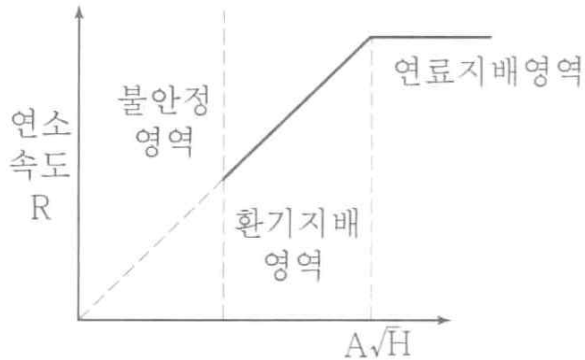
- ① 연료량이 많고 통기량이 적은 경우의 화재
- ② 연료가 충분하고 공기가 부족한 경우, 연소량이 통기량의 지배를 받기 때문에 연소속도나 연소시간이 연장될 수 있다
- ③ 이 경우 창문 등 개구부가 트여서 외부의 대기상태에 노출되면 화재가 확대되어 연소속도가 증가한다
- ④ 환기지배조건하에서는 열분해가스를 전부 구획 내에서 연소시키는데 필요한 양의 공기가 공급되지 않으므로 일부는 과잉연료가 되어 창문, 개구부등에서 분출하여 분출 화염이 된다

2. 연료지배형화재와 환기지배형화재의 비교

구 분	연료 지배형 화재	환기 지배형 화재
①정 의	연료량이 적고 통기량이 충분한 경우의 화재	연료량이 많고 통기량이 적은 경우의 화재
②발생장소	큰 개방형 창문이 설치되어 있는 건물	지하실, 극장, 소규모로 창문이 고정되어 밀폐되어 있는 건물
③시 기	F/O 발생 전(구획화재에서 초기 화재 시기에 발생)	F/O 발생 후(F/O후 개구부가 일부 개방된 상태의 연소로서, 이 경우 가연물의 연소속도는 실내환기량에 좌우됨)
④조 건	$\frac{A\sqrt{H}}{A_f} \gg 0.290 (A\sqrt{H} \text{가 큼})$	$\frac{A\sqrt{H}}{A_f} \ll 0.235 (A\sqrt{H} \text{가 작음})$

⑤ 연소속도 (R)의 관계	연소속도(R)가 $A\sqrt{H}$ 에 미관계	연소속도(R)가 $A\sqrt{H}$ 에 관계
-------------------	----------------------------	---------------------------

3. 구획실 화재의 연소속도(R)와 $A\sqrt{H}$ 의 관계



- ① 연료지배영역 : 연소속도(R)가 $A\sqrt{H}$ 에 관계하지 않는 부분(공기공급량이 충분)
- ② 환기지배영역 : 연소속도(R)가 $A\sqrt{H}$ 에 관계하는 부분
- ③ 불안정영역 : 공기부족으로 인하여 불안정한 연소영역
- ④ 구획실 화재에서 가연물의 연소속도
 - ㉠ 개구부가 작은 경우
: 공기공급량 부족 → 연소속도가 환기량에 지배됨 → 환기 지배형 화재
 - ㉡ 개구부가 매우 큰 경우
: 공기공급량 충분 → 연소속도가 연료특성에 지배됨 → 연료 지배형 화재

4. 연료지배형화재와 환기지배형화재를 결정하는 요인

- ① 실의 크기
- ② 환기조건
- ③ 가연물의 종류
- ④ 초기화재의 크기

※ 기출문제분석3(연료 ◦ 환기 지배형 화재 관련)

1. Fuel Control Fire를 설명하시오(41회,10점)
2. 환기 지배형 화재(Ventilation control fire)를 설명하시오(35회,10점)
3. 환기 지배형 화재를 설명하시오(37회,10점)
4. Air-Regulated Fire를 설명하시오(55회,5점)
5. 연료 지배형과 환기 지배형의 연소형태에 대하여 기술하시오(65회,10점)
6. 구획화재의 화재성장에서 환기 지배형(Ventilation controled fire)화재 시 개구부 영향에 의해 연소속도, 온도인자, 계속시간인자, 열 방출율의 관계를 설명하시오(94회,25점)

문제4) 화재성장속도

1. 성장기 화재의 특성

- ① 연소속도(Burning rate)를 지배하는 열전달이 복사가 되는 단계이다
- ② 화재성장속도는 가연물의 연소특성, 기하학적 형상 및 배치상태 등에 따라 좌우된다
- ③ 성장기에는 화재실 상부에는 고온층(Hot upper layer)가 형성되고, 하부에는 저온층(Cool lower layer)이 형성된다
- ④ 저온 하부 층의 온도는 평상시 주위온도에 가깝고, 피난이 가능한 상태이다
- ⑤ 적절히 설계된 스프링클러가 동작하면 Flashover 이전에 화재를 억제 또는 소화할 수 있다

2. t-squared fire

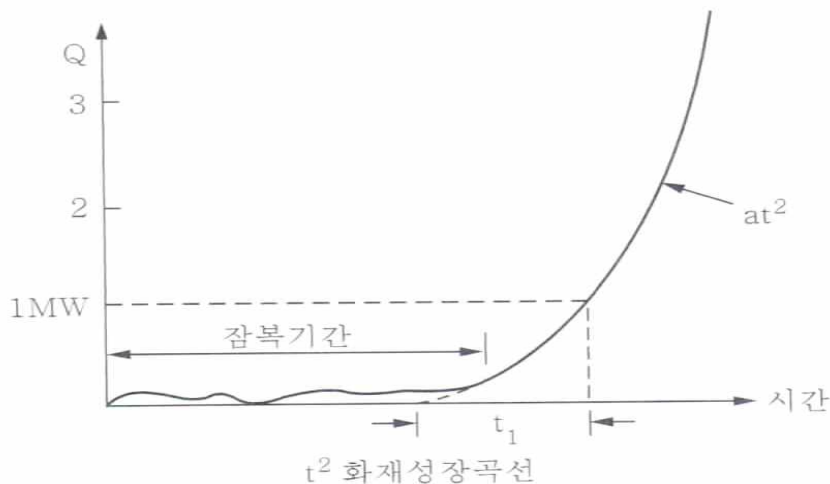
(1) 개념

- ① 화재의 모델링을 위하여 가장 보편적으로 사용되는 방법이 t-squared curve이다
- ② Pre-flashover fire의 열방출속도의 증가가 시간의 제곱(t^2)에 비례한다는 가정으로 표현한 것이다

(2) 계산식

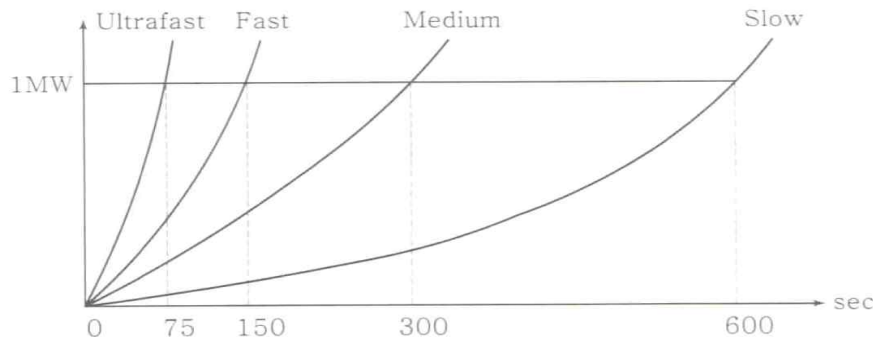
$$Q = \alpha \cdot t^2 \text{ 또는 } Q = \left(\frac{1MW}{t_1^2} \right) \cdot t^2$$

여기서, Q : 열방출속도 [kw], α : 화재성장속도 상수, t : 시간
 t_1 : 발화 후 열방출율이 1 [MW] (= 1,055 [kw])에 도달하는데 걸린 특정시간



(3) NFPA의 화재성장속도 분류

화재성장속도	1[MW]의 열량에 도달하는 시간
Ultrafast	t = 75 sec
Fast	t = 150 sec
Medium	t = 300 sec
Slow	t = 600 sec



3. t-squared curve의 활용

(1) 화재모델링

- ① 일반적인 화재 모델링에서는 연료가 완전히 소진될 때까지는 또는 최대 발열량에 도달할 때까지는 t^2 함수에 따라 화재가 성장하는 것으로 가정한다
- ② 최대 발열량에 도달한 이후에는 일정한 시간동안 그 발열량을 유지하면서 연소되는 것으로 가정한다
- ③ 즉, 화재모델링을 위해 t-squared curve의 개념을 도입하고, 그 성장속도에 따라 Slow, Medium, Fast, Ultrafast 등으로 화재를 분류하여 소화설비 등의 작동시간 등을 정할 수 있다

(2) 소방 설비의 작동을 위한 발열량 결정

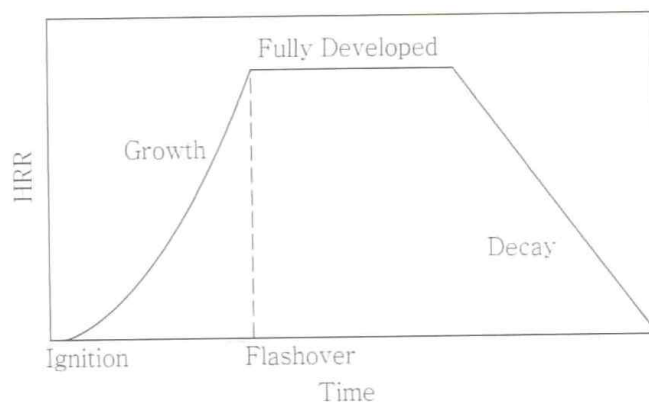
- ① 화재성장곡선은 감지기, 스프링클러, 제연설비 등의 설계를 위한 화재 시 발열량 산정에 이용된다
- ② 설계화재의 발열량은 일반적으로 5,000[Btu/s](5.28[MW])로 정한다

(3) 설계 기준 화재(Design basis fire)

- ① 진화의 조치가 없는 조건에서 화재가 성장하여 최대연소율에 도달하는 상태를 의미한다
- ② 화재시의 최대손상가능성을 예측하는 척도로 사용되며 NFPA 92B의 스프링클러의 작동시점의 발열량으로 정의한다(5,000[Btu/s])

③ 고려사항

- ㉠ 건물의 특성
- ㉡ 거주자의 특성
- ㉢ 화재성장곡선
- ㉣ 설계시나리오

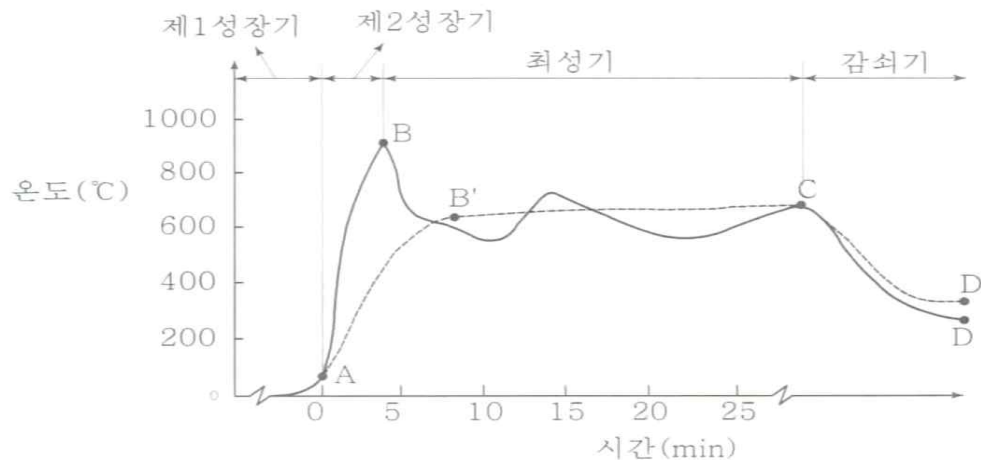


SFPE 설계화재곡선

※ 기출문제분석4(화재성장곡선관련)

1. 구획 화재의 화재성장속도에 관하여 NFPA기준 Slow, Medium, Fast, Ultra-Fast에 대하여 기술하시오 (53회,20점)
2. 화재성장속도에 대하여 기술하시오(65회,10점)
3. 화재성장속도에 대하여 기술하시오(69회,10점)
4. 설계 기준 화재(Design Basis Fire)의 개념을 설명하시오. 또한 일반설계지침에서 제시하는 t-square함수의 화재 성장율을 slow, medium, fast, ultra-fast fire로 구분하여 기술하시오(79회,25점)
5. NFPA(72B와 92B)에 의한 화재성장시간에 따른 화재성장속도를 4단계로 분류하여 설명하시오(81회,10점)
6. 화재형태에 따른 화재성장곡선(Fire growth curve)을 설명하시오(94회,10점)

문제5) 건축물의 화재성상



1. 제1성장기(O~A) : Incipient stage

- (1) 출화단계 : 가연물의 가열로부터 발화에 이르는 단계
- (2) 실내온도는 크게 상승되지 않는다
- (3) 그 시간은 화원과 착화물의 종류에 따라 달라진다
- (4) 대책 : 불연화, 점화원 관리 등

2. 제2성장기(A~B) : Growing fire

- (1) A점은 내장재에 착화한 시점으로 그 후의 온도는 급상승한다
- (2) 불꽃이 천장 면에 달하면 급속도로 수평방향으로 확대되어 실내전체가 불길에 휩싸인 상태에 이른다
- (3) 이와 같이 연소가 급격히 확대되는 것을 Flash-over현상이라 하며 이때의 온도는 대략 800~1,000[°C]정도이며 B점에 해당 된다
- (4) B점을 Flash-over point라 하며, Flash-over가 발생하면 피난이 불가능해진다
- (5) 대책 : 화재의 감지, 초기진화, 피난(Flash-over지연 대책)

3. 최성기(B~C) : Fully developed fire

- (1) 불꽃이 소용돌이쳐 모든 가연물이 맹렬하게 연소되는 과정
- (2) 창문의 크기, 내장재의 종류 등에 좌우 된다
- (3) 환기 지배형 화재의 과정
- (4) 대책 : 건물의 도괴방지

4. 감쇠기(C~D) : Decay

- (1) 가연물이 거의 연소되어 화세가 약해지는 시기
- (2) D점 이후는 연소물들이 바닥에 쌓여서 실내온도가 그다지 내려가지 않고 200~300 [°C]전후를 나타내는 경우도 있다
- (3) 건물 구조재의 내화시간을 결정하는데 관련성이 있다

문제6) 전실화재 전 · 후단계

1. 개요

- (1) 전실화재는 Flash over fire 또는 Full room Involvement 등으로 불리운다
- (2) 구획화재의 성상단계 구분
 - ① Flash over발생 전 : 전실화재 전 단계(Pre-Flash over)
 - ② Flash over발생 후 : 전실화재 후 단계(Post-Flash over)
- (3) Flash over전후의 화재양상은 큰 차이가 난다

2. 전실화재 전 · 후단계 비교

	전실화재 전 단계(Pre-Flash over)	전실화재 후 단계(Post-Flash over)
연소속도	연소속도 $m'' = \frac{q}{L} [g/m^2 \cdot s]$ 화재성장속도 $Q = \alpha t^2$	연소속도 $R = 0.5A\sqrt{H} [kg/s]$
열방출율	$Q = m'' \times A \times \Delta H_c [kw]$	$Q = 0.5A\sqrt{H} \times \Delta H_c [kw]$
화재성상(형태)	연료 지배형 화재	환기 지배형 화재
화재저항	방화구조	내화구조
피난/방화	피난	방화

(1) 전실화재 전 단계(Pre-Flash over)

- ① 전실화재 전 단계에서는 실내화재가 전실화재로 발전하느냐 안하느냐의 여부가 가장 큰 관심이다
- ② 이 기간 중에 화재의 탐지 및 거주인원의 안전피난이 이루어지게 된다
- ③ 전실화재 전단계의 화재분석은 거주인원의 화재안전을 예측하는데 매우 중요한 역할을 하게 된다
- ④ Flash over까지의 시간 및 Flash over 발생여부를 결정하는 변수
 - ㉠ 실의 크기 및 구조
 - ㉡ 건축자재
 - ㉢ 창문의 크기
 - ㉣ 연료의 양, 종류 및 배열상태

(2) 전실화재 후 단계(Post-Flash over)

- ① 전실화재 이후의 화재상태를 전실화재 후 단계 화재라 한다
- ② Post-Flash over로 발전하게 되면 실내온도는 계속 상승하여 1,200[°C] 이상까지 도달하게 된다
- ③ 이 단계에서 실내온도를 결정하는 변수
 - ㉠ 연료의 연소열량
 - ㉡ 연소에 필요한 공기의 유입상태
 - ㉢ 단열효과 등
- ④ 일반적으로 창문의 크기 및 높이, 연료의 연소속도 등에 따라 환기 지배형 화재와 연료 지배형 화재로 나뉘어진다
- ⑤ 동일한 연료라 할지라도 환기조건에 따라 최고실내온도와 연소지속시간이 변한다

※ 기출문제분석5(구획실화재성상관련)

1. 구획된 철근콘크리트 구조물 단신에서 일반적인 화재의 성상에 대하여 화재 진전 단계별로 설명하시오 (36회,25점)
2. 화재 진전을 나타내는 시간과 온도관계에서 속도, 최고온도의 요인 6가지를 쓰시오(49회,10점)
3. 주벽의 단열성상 변화에 따른 화재 성상을 기술하고, 단열압축에 대해 논하시오(49회,25점)
4. 전실화재이후(Post Flashover)의 시간-온도 곡선의 변화에 대하여 설명하시오(72회,25점)
5. 전실화재의 전단계(Pre-flashover)와 후단계(Post-flashover)를 기술하시오(65회,10점)
6. 내화 건축물 실내화재의 진행을 단계별로 구분하고 기술하시오(89회,10점)

문제7) 표준화재온도-시간곡선(Standard time-temperature curve)

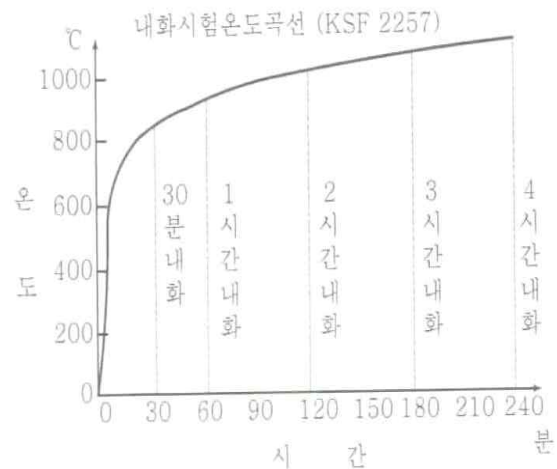
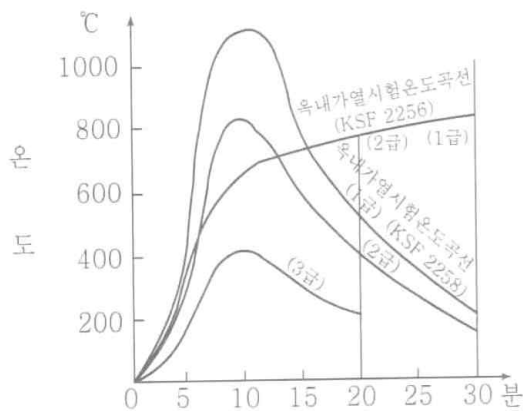
1. 개념

- ① 건축법상 내화구조로 인정 받을 수 있는 건축구조부재의 내화시험방법(KS F 2257-1)중 시험체를 가열하는 가열로 안에서 가열된 시험체의 노내 열전대로 기록된 평균온도곡선과 비교하기 위하여 설정된 표준온도곡선을 말한다
- ② 표준화재온도-시간곡선은 온도를 시간의 로그함수로 표현한 곡선을 말하며 KS F 2257-1에서는 표준시간-가열온도곡선이라 한다
- ③ ISO 제안기준의 식

$$\theta = \theta_0 + [345 \times \log(8t + 1)]$$

여기서, θ : 화재 시 실내온도[°C], θ_0 : 화재 전 실내온도[°C],

t : 화재경과시간[분]



2. 표준화재온도-시간곡선을 이용한 내화도 결정의 문제점

(1) 실제 화재 시 변수의 미 고려

- ① 가연물량
- ② 화재실의 온도변수
- ③ 개구부의 크기 및 형상
- ④ 건축부재의 열 정수 등

(2) 단순한 가열시험 : 재하가열 시험이 아니다

(3) 연기발생의 미 고려 : 열원으로 프로판 가스를 사용하여 연기발생이 거의 없다

(4) 화재등가가속도 : 단순히 하부 면적의 크기만으로 화재 가속도를 비교 한다

3. 화재실험을 통한 표준화재온도-시간곡선

(1) 목조건축물

- ① 출화 후 7 ~ 8분정도 지나면 최성기에 도달하고 그 때 옥내온도는 최고 1,100 ~ 1,200°C가 된다
- ② 출화 후 15분에서 200 ~ 300°C까지 저하하고 잔화에 의해서 얼마동안 그 온도를

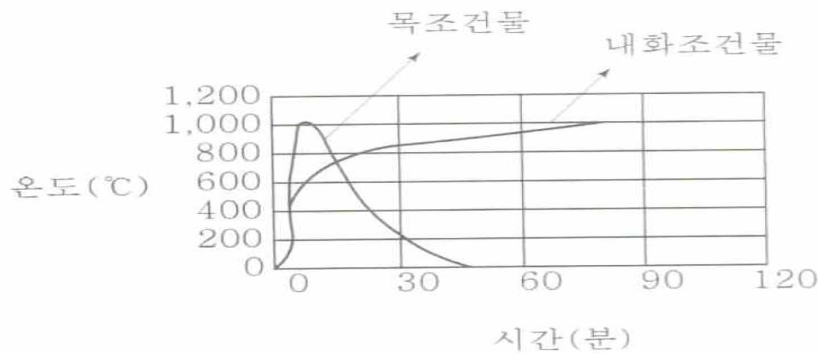
지속하는 “고온 단기형 화재” 형태를 띤다

(2) 내화구조 건축물

- ① 출화 후 10 ~ 30분정도 지나면 실내온도는 급격히 상승하여 통상 800 ~ 1,000℃에 도달 한다
- ② 그 온도를 지속한 후 서서히 낮아지는 “저온 장기형 화재” 형태를 띤다

(3) 차이점

- ① 목조건축물은 최성기를 지나면 급속히 타버리고, 짧은 시간동안 고온을 유지 한다
- ② 내화구조 건축물은 구조가 견고하여 공기의 유동조건이 일정하므로 장시간 고온의 상태를 유지 한다



※ 기출문제분석6(표준화재온도-시간곡선관련)

1. 표준 가열온도곡선을 설명하고, 국제 규격의 식을 쓰시오(49회,10점)
2. 내화구조 건물의 표준화재 온도곡선을 설명하시오(51회,10점)

문제8) Flash Over

1. 정의

- ① 국부화재로부터 구획 내 모든 가연물이 연소되기 시작하는 큰 화재로의 전이현상
(국부화재 → 전실화재)
- ② 연료지배형화재로부터 환기지배형화재로의 전이
(연료 지배형 화재 → 환기 지배형 화재)
- ③ 천장 아래에 축적된 미연소 가스나 증기를 통한 갑작스런 화염의 전파

2. 특징

- ① 화재의 성장기에 발생한다
- ② 연료 지배형 화재에서 환기지배형화재로의 전이과정이다
- ③ Flash Over시점에서의 실내온도는 약 800~900[°C]정도이다
- ④ 폭풍이나 충격파는 발생하지 않는다
- ⑤ 개구부의 농연 또는 화염의 분출로 인접건물로의 연소위험이 증가한다
- ⑥ 실내에서의 거주가능한계가 된다

3. 발생 기구(機構, Mechanism)

(1) 발생 조건

- ① 연소속도 : 40[g/s]
- ② 산소농도 : 10[%]
- ③ 열방출율(HRR) : $Q_{F.O} = 7A_t + 378A_v \sqrt{H_v}$ [Kw]
- ④ 바닥 부분의 복사량 : 20 ~ 40[kw/m²]
- ⑤ 연기층(Ceiling Jet flow)가스온도 : 500 ~ 600[°C]
- ⑥ CO₂ / CO : 150

(2) 고온의 가연성 가스 축적에 의한 발생

- ① 연소에 의해 발생한 미연소 가스가 천장부에 축적
- ② 공기와 혼합되어 가연성 혼합기를 형성
- ③ 가연성 혼합기가 화염에 접촉하거나, 온도가 500~600[°C] 이상으로 상승하여 충분한 복사열을 방출
- ④ 순식간에 실내의 가연물 전 표면이 불로 덮이게 된다

(3) 복사열에 의한 발생

- ① 천장에 충돌하여 퍼진 화염, 고온의 연기 층 또는 가열된 천장면의 복사열이 실내의 가연물로 방사된다
- ② 실내 가연물의 열분해가 급속히 발생되어 Flash Over발생

4. Flash Over 발생시간의 영향인자

(1) 화원의 크기 및 위치

- ① 화원의 크기가 작으면 Flash Over에 이르기까지의 시간이 길어진다
- ② 화원의 크기는 실내 전표면적에 대한 가연물의 표면적의 비로 나타낸다
- ③ 화염확산속도 : 천장 > 벽 > 바닥

(2) 내장재료 특성(열관성)

- ① 내장재의 열전도율이 낮고 얇을수록 Flash Over가 빨라진다
- ② 보통합판 : 약 6분후에 Flash Over발생
- ③ 난연합판 : 약 1~2분 늦게 Flash Over발생
- ④ 석고보드(준불연재료) : Flash Over발생이 늦어진다
- ⑤ 플렉시블보드(불연재료) : Flash Over발생이 더욱 늦어진다

(3) 실내의 산소분압

: 실내의 산소분압이 높을수록 연소가 용이하여 Flash Over가 쉽게 발생 된다

(4) 화재하중

: 성장기는 연료 지배형 화재이므로 화재하중이 클수록 화재의 성장이 촉진되어 Flash Over 발생이 빨라진다

(5) 개구율

- ① 개구율(벽면적에 대한 개구부면적의 비)을 작게 할수록 Flash Over까지 시간이 길어진다
- ② 재료의 연소에 필요한 공기가 부족하기 때문에 열분해속도가 저하되어 Flash Over에 이르는 시간을 지연 시킨다
- ③ 개구율이 1/3 ~ 1/2정도일 때, Flash Over발생이 가장 빠르다

(6) 가연물의 발열량

: 내장재의 단위 발열량이 클수록 열 축적이 증대되고, 가연물로의 열 귀환도 촉진되어 Flash Over가 빨라진다

5. 방지 대책

(1) 개구부의 제한

: 개구인자가 작으면 Flash Over 발생시기가 늦어지므로 개구부의 크기를 제한함으로써 Flash Over를 지연 시킨다

(2) 천정의 불연화

: 천정 및 측벽을 불연화하여 화재의 발전을 지연 시킨다

(3) 화원의 억제

: 자동식 소화설비 등으로 화원의 크기를 제한 시킨다

(4) 가연물 양의 제한

- ① 건물 내에 가연물이 많으면 단시간 내에 연소하므로 건물 가연물의 양을 제한함
- ② 수용 가연물의 불연화, 난연화한다

문제9) Back Draft

1. 정의

- ① 화재 실에 산소가 결핍된 실내에 산소가 급격하게 유입되었을 때 발생하는 가연성 가스의 폭발 또는 급격한 연소현상
- ② 화재현장에서 소방대가 소화활동을 위해 화재실의 문을 여는 순간 신선한 공기의 유입으로 발생되며 미국에서는 "소방관 살인현상"이라고 한다

2. 발생 조건

- ① 사전에 실내가 충분히 가열되어 발화점 이상의 온도가 되어 있을 것
- ② 다량의 가연성 가스가 실내에 축만되어 있을 것

3. 발생 징후

- ① 균열된 틈이나 작은 구멍을 통해 연기가 나오기도 하고 건물 안으로 연기가 빨려 들어간다
- ② 공기가 내부로 빨려 들어가는 경적소리와 유사한 소리가 들린다
- ③ 건물 내의 연기가 소용돌이 친다
- ④ 화염은 보이지 않고 창문이나 문이 뜨겁고 안쪽으로 타르와 같은 물질이 흘러 내림

4. 주요 피해

- ① 폭풍파, 충격파를 동반 한다
- ② 건물 벽체의 손상이 발생 된다
- ③ 인명피해가 크게 발생 된다

5. 방지 대책

- ① 폭발력의 억제 : 문을 조금만 열어 다량의 공기유입을 방지하여 폭발력을 억제한다
- ② 격리 : 실을 밀폐상태로 두어 온도가 자연적으로 저하될 때까지 격리한다
- ③ 소화 : 소화수를 방수하여 실내의 온도를 저하시키고 소화한다
- ④ 환기 : 출입문을 개방하기 전에 환기구를 개방하여 급작스런 Back-draft 발생을 억제한다, 화재실의 창문을 파괴하여 옥외로 화염이 분출되도록 한다

문제10) Flash Over와 Back Draft 비교

	Flash-Over(화재)	Back-Draft(폭발)
정의	국부화재로부터 구획 내 모든 가연물이 연소되기 시작하는 큰 화재로의 전이현상	화재 실에 산소가 결핍된 실내에 산소가 급격하게 유입되었을 때 발생하는 가연성가스의 폭발 또는 급격한 연소현상
조건	·연소속도 : 40[g/s] ·산소농도 : 10[%] ·열방출율(HRR) : $Q_{F.O}=7At+378A_V\sqrt{H_V}$ [Kw] ·바닥 부분의 복사량 : 20 ~ 40 [kw/m²] ·연기층(Ceiling Jet flow)가스온도 : 500 ~ 600[°C] ·CO₂ / CO : 150	·사전에 실내가 충분히 가열되어 발화점 이상의 온도가 되어 있을 것 ·다량의 가연성 가스가 실내에 축만되어 있을 것
폭풍, 충격파	없음	발생
발생시기	성장기	감쇠기
공급요인	복사열	공기(산소)의 유입
주요피해	·실내온도 약800~900[°C] 정도 ·농연 또는 화염의 분출 ·실내에서의 거주가능한계	·폭풍파, 충격파를 동반 한다 ·건물 벽체의 손상이 발생 된다 ·인명피해가 크게 발생 된다
방지대책	·개구부의 제한 ·천정의 불연화 ·화원의 억제 ·가연물 양의 제한	·폭발력의 억제 ·격리 ·소화 ·환기

※ 기출문제분석7(Flash-Over, Back-Draft관련)

1. 옥내 화재에 있어서의 플래시오버 현상을 설명하시오(45회,10점)
2. Back Draft를 설명하시오(44회,10점)
3. 백드래프트(Backdraft)의 방지대책을 간단히 쓰시오(75회,10점)
4. Flash Over와 Back Draft의 차이점을 들고 설명하시오(55회,5점)
5. Flash Over현상에 미치는 영향을 설명하시오(57회,20점)
6. 플래시오버에 영향을 주는 인자 5가지를 설명하시오(59회,20점)
7. Flash Over와 Back Draft의 차이점을 설명하시오(62회,10점)
8. Flash Over와 Back Draft의 차이점에 대하여 설명하시오(68회,10점)
9. 전실화재의 Flash Over현상을 설명하시오(72회,10점)
10. 플래시오버(Flash-over), 백드레프트(Back-draft)현상과 차이점에 대하여 기술하시오(77회,10점)
11. 구획화재에서 Flashover와 Backdraft의 관계에 대해 5가지 이상 기술하시오(87회,25점)
12. 플래시오버(flashover)를 정의하고 발화공간에서의 ①flashover를 억제할 수 있는 인자들과 ②flashover 시간에 영향을 주는 인자들을 열거하시오(93회,10점)
13. 건축물 화재진압작전 수행 중 백드래프트(Back Draft)가 예상될 때 대응할 표준작전절차에 대하여 설명하시오(94회,25점)

문제11) 무창층(無窓層)

1. 정의

: 무창층 이라 함은 지상층 중 다음에 해당하는 개구부의 면적 합계가 그 층의 바닥 면적의 1/30이하가 되는 층을 말한다(모든 조건을 만족하는 개구부의 합계)

- ① 개구부의 크기가 지름 50[cm] 원이 내접할 수 있을 것
- ② 그 층의 바닥면으로부터 개구부 밑 부분까지의 높이가 1.2[m] 이하일 것
- ③ 도로 또는 차량의 진입이 가능한 공지에 면할 것
- ④ 화재 시 건축물로부터 쉽게 피난할 수 있도록 창살 그 밖의 장애물이 없을 것
- ⑤ 내부 또는 외부에서 쉽게 파괴 또는 개방이 가능할 것

2. 무창층의 문제점

- ① 창이 없거나 피난이 불가능한 구조로 되어 있어서 외부로부터의 구조가 불가능하다
- ② 피난에 필요한 조명은 자연조명이 아닌 조명설비에 의존한다
- ③ 축적된 연기로 가시거리(가시도)가 약화된다
- ④ 소화활동 개시가 늦어진다
- ⑤ 축열 효과에 의한 연소속도가 빠르고 열 방출율이 높다

3. 무창층 관련 소방시설의 종류

- ① 옥내소화전설비 : 무창층 바닥면적 600[m²] 이상이 있는 것은 전층
- ② 스프링클러설비 : 무창층 바닥면적 1,000[m²] 이상
- ③ 제연설비 : 무창층 바닥면적 1,000[m²] 이상
- ④ 비상조명등 : 무창층 바닥면적 450[m²] 이상
- ⑤ 다중이용업소 간이스프링클러설비 : 무창층인 경우 면적에 상관없이 설치
- ⑥ 소화기 설치 : 무창층, 지하층 바닥면적의 20[m²] 미만인 경우에는 이산화탄소 또는 할로겐화합물 소화약제(할론 1301과 청정소화약제 제외)를 사용하는 소화기는 설치할 수 없다

※ 기출문제분석8(무창층관련)

1. 무창층과 개구부를 정의하고, 상호관계를 설명하라(45회,20점)
2. 무창층을 설명하시오(53회,5점)
3. 무창층을 설명하시오(58회,10점)
4. 소방법상의 무창층의 정의에 대하여 기술하시오(74회,10점)
5. 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률에서 규정하고 있는 무창층 기준해석상 논란이 되는 부분에 대해 업무처리지침을 설명하시오(94회,25점)
6. 지하층이나 무창층의 제연설비에 대한 설계요령에 대하여 설명하시오(91회,10점)