

# »모아는 VISION이다«

## "소방기술사 대한민국 1위!"

### 제 119회 소방기술사 문제풀이

강사 : 황모아, 김정진, 유쾌한, 이중희, 남유현, 표윤석

모아소방 & 에듀파이어학원 2012~2019년

매년 마다 **현** 수강생의 평균 1/5 을 합격시킨 합격신화!

합격률 대한민국 1위"

"실제 수강생 합격률 대한민국 1위"

"강의만족도 99% 대한민국 1위"

"평균 강의 재수강률 80%"

"8년간의 검증, 모방이 불가능한 커리큘럼"

열정적으로 2019년을 시작합니다.

### 소방기술사 합격자 명단

103회 17명중 8명 합격! 문\*량,송\*익,이\*영,황\*영,이\*기,정\*웅,윤\*익,김\*백(47%)  
 104회 5명중 3명 합격! 이\*선,임\*렬,박\*효(60%)  
 105회 6명 중 4명 합격! 김\*석,서\*길,이\*영,송\*수(67%)  
 106회 5명 중, 5명 합격! 최\*기,명\*준,박\*권,이\*화,김\*환(100%)  
 107회 12명중 5명 합격! 임\*창,고\*민,박\*욱,임\*훈,장\*익(42%)  
 108회 16명 중 9명 합격! 장\*남,임\*수,문\*주,김\*오,유\*석,최\*영,권\*효,김\*호,서\*영(57%)  
 109회 최종 23명 중 10명 합격! 이\*영,장\*남,서\*길,김\*선,위\*경,함\*덕, 이\*승,임\*수,김\*웅,임\*훈(45%)  
 110회 최종 12명 중 6명 합격! 김\*오,최\*숙,문\*주,최\*재,권\*효,전\*인(50%)  
 111회 최종 9명 중 4명 합격! 박\*수,김\*운,김\*영,하\*동(45%)  
 112회 최종 14명 중 5명 합격! 노\*택,김\*근,배\*우,송\*남,김\*\* (35%)  
 113회 최종 8명 중 4명 합격! 전\*근, 장\*익, 전\*진, 김\*중(50%)  
 114회 최종 12명 중 7명 합격! 곽\*남, 설\*익, 남\*현, 이\*호, 문\*환, 서\*영, 권\*범 (59%)  
 115회 최종 19명 중 10명 합격! 김\*수, 김\*희, 김\*규, 박\*호, 방\*정, 윤\*철, 이\*수, 이\*근, 장\*남, 정\*미(53%)  
 116회 최종 18명 중 9명 합격! 김\*식, 최\*희, 김\*호, 엄\*재, 이\*택, 박\*남, 김\*웅, 양\*성, 송\*주(50%)  
 117회 최종 13명 중 2명 합격! 김\*섭, 박\*이(16%)  
 118회 최종 11명 중 3명 합격! 이\*, 이\*웅, 정\*영 (27%)



서울소방학원/(02) 2068-2851

**모아소방학원**



부산소방학원/(070) 416-1190

**에듀파이어학원**

## »모아&에듀의 소방기술사반의 Strength!

**첫 번째 : 대한민국 최고에 강사진!**

▷ 최고의 전문성을 가진 검증된 소방기술사 6명의 교수진 강의 중

**두 번째 : 충분한 공부시간 확보!**

▷ 정규반/심화반 수업(상/하 총 88~110시간확보)

▷ 연구반 수업 매일 총 7~10시간 수업 중

**세 번째 : Class Line-up!**

▷ 토요일/일요일 : 기본반 → 심화반 → 연구반

▷ 총 6개 Class 개강 중!

**네 번째 : 동영상 무료제공!**

▷ 동영상(PC+모바일)을 통한 공부환경에 극대화!

**다섯 번째 : 스터디 룸 무료제공!**

▷ 토요일/일요일 : 정규반,심화반 오전/오후 별도의 스터디룸 제공

▷ 수요일 : 연구반 스터디 운영 중

### ※ 소방기술사 과정 Summary!

구분	Class	교수	개강일정	교재
보여반	“모아” 기본반(오전반)	남유연 기술사	<b>8월 24일</b> 8시50분~3시(6시간10분)	모아소방기술사1권 “저자직강”
	“모아” 기본반(오후반)	남유연 기술사	<b>8월 24일</b> 3시~9시10분(6시간10분)	모아소방기술사2권 “저자직강”
	압력 “요애” 심화반(오전반)	김정진 기술사	<b>8월 24일</b> 9시~3시(6시간)	소방기술사 “요애1권” “저자직강”
	압력 “요애” 심화반(오후반)	김정진 기술사	<b>8월 24일</b> 3시~9시(6시간)	소방기술사 “요애2권” “저자직강”
	금와도감 심화반	유재안 기술사	<b>8월 24일</b> 4시~9시30분(5.5시간)	금와도감 1권 “저자직강”
	토요 SBR 연구반	유재안 기술사	<b>8월 24일</b> 8시40분~4시(7시20분)	금와도감 1,2권 “저자직강”
엘여반	“모아” 기본반(오전반)	표운석 기술사 왕모아 원장	<b>8월 25일</b> 8시50분~3시(6시간10분)	모아소방기술사2권 “저자직강”
	“모아” 기본반(오후반)	표운석 기술사 왕모아 원장	<b>8월 25일</b> 3시~9시10분(6시간10분)	모아소방기술사1권 “저자직강”
	압력진리 심화반	남유연 기술사	<b>8월 25일</b> 9시~3시(6시간)	모아소방기술사2권 “저자직강”
	마스터 종합반	웅운성 기술사	<b>8월 25일</b> 9시~5시10분(7시간20분)	마스터 소방기술사 2권 “저자직강”
	일요 SBR 연구반	김정진 기술사	<b>8월 25일</b> 8시40분~4시(7시20분)	소방기술사 요애1,2권 “저자직강”
평일반 (화,목)	“모아” 기본반(오후반)	곽영남 기술사	<b>8월 27일</b> 19시~22시30분(3시30분)	모아소방기술사2권 “저자직강”
에듀 파 이 어	정규반 (기초,실무~응용)	이중의 기술사	<b>10월 19일 ~ 2월 1일</b> (토)12시30분~6시30분	안전으로 끝내는 소방기술사(저자직강)
	연구반 (실전 모의고사반)	최광림 기술사	<b>10월 19일 ~ 2월 1일</b> (토)12시30분~6시30분	별도제작교재 (저자직강)

**제119회 소방기술사 1차 필기시험 문제** (2019년 8월 10일)**제 1 교시 문제**

1. 펌프의 비속도 및 상사법칙에 대하여 설명하시오.
2. 그래파이트(Graphite) 현상과 트래킹(Tracking) 현상에 대하여 설명하시오.
3. 연소범위 영향요소에 대하여 설명하시오.
4. 혼소의 발생 매커니즘 및 특성, 소화대책에 대하여 설명하시오.
5. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비의 배관 압력등급을 선정하는 방법에 대하여 설명하시오.
6. 소방감리자 처벌규정 강화에 따른 운용지침에서 중요 및 경미한 위반사항에 대하여 설명하시오.
7. 소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준(NFSC 101) 별표 1 관련 소화기구의 소화약제별 적응성에 관하여 설명하시오.
8. 주거용 주방자동소화장치의 정의, 감지부, 차단장치 공칭방호면적에 대하여 설명하시오.
9. 어떤 구획실의 면적이  $24\text{m}^2$ 이고, 높이가 3m일 때 구획실 내부에서 화원 둘레가 6m인 화재가 발생하였다. 이때 화재 초기의 연기 발생량( $\text{kg/s}$ )을 구하고 바닥에서 1.5m 높이까지 연기층이 하강하는데 걸리는 시간(s)과 연기 배출량( $\text{m}^3/\text{s}$ )을 계산하시오.(단 연기의 밀도 =  $0.4 \text{ kg/m}^3$ 이고, 기타 조건은 무시한다.)
10. 직통계단에 이르는 보행거리를 건축물의 주요구조부 등에 따라 설명하시오.
11. 정온식감지선형감지기 적응장소 및 지하구에 설치할 경우 설치기준을 설명하시오.
12. 소방성능위주설계 대상물과 설계변경 신고 대상에 대하여 설명하시오.
13. 헬리포트 및 인명구조 공간 설치기준 경사지붕 아래에 설치하는 대피공간의 기준을 설명하시오.

## 제 2 교시 문제

1. 비상방송설비의 단락보호기능 관련 문제점 및 성능개선 방안에 대하여 설명하시오.
2. 소화배관의 기밀시험 방법 중 국내 수압시험 기준과 NFPA 13의 수압시험 및 기압시험에 대하여 설명하시오.
3. 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)에서 정하는 누설면적 기준 누설량 계산방법과 KS 규격 방화문 누설량 계산방법에 대하여 설명하시오.  
(조건) - 제연구역의 실내쪽으로 열리는 경우(방화문 높이 : 2.0m, 폭 : 1.0m) - 적용 차압은 50Pa
4. 비상전원으로 축전지를 적용할 때 종류선정 방법 및 용량산출 순서에 대하여 설명하시오.
5. 피난기구의 설치에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
  - 1) 피난기구의 설치 수량 및 추가 설치 기준
  - 2) 승강식피난기 및 하향식 피난구용 내림식사다리 설치 기준
6. 화학공장의 위험성평가 목적과 정성적평가와 정량적평가 방법에 대하여 설명하시오.

### 제 3 교시 문제

- 방염에 대하여 아래 내용을 설명하시오.
  - 방염대상
  - 실내장식물
  - 방염성능기준
- 수계시스템에서 배관경 산정방법인 규약배관방식(pipe schedule method)과 수리계산방식(hydraulic calculation method)을 비교 설명하시오.
- 무창층의 기준해석에 대한 업무처리 지침 관련 아래 사항을 설명하시오.
  - 개구부 크기의 인정 기준
  - 도로 폭의 기준
  - 쉽게 파괴할 수 있는 유리의 종류
- 스프링클러의 작동시간 예측에 있어 감열체의 대류와 전도에 대하여 열평형식을 이용하여 설명하시오.
- 소방시설의 내진설계 기준에서 정한 면진, 수평력, 세장비에 대하여 설명하고, 단면적이  $9\text{cm}^2$ 로 동일한 정삼각형, 정사각형, 원형의 버팀대가 있을 경우 세장비가 300일 때 최소회전반경(r)과 버팀대의 길이를 계산하시오.
- 옥외에 설치된 유입변압기 화재방호를 위해 설계된 물분무소화설비의 배수설비 용량( $\text{m}^3$ )을 NFPA 15에 따라 아래 조건을 이용하여 계산하시오.

(조건) - 단일저장용기에 저장된 절연유 최대 용량 :  $50\text{m}^3$ , 절연유 비중 : 0.83  
 - 변압기 윗면 표면적 :  $35\text{m}^2$ , 변압기 외형 둘레 길이 : 32m, 변압기 높이 : 4.5m  
 - Conservator Tank 지름 및 길이 : 1.2m, 5.2m  
 - 소화수 방출시간 : 30분  
 - 변압기 설치 지역의 비흡수지반 면적 :  $16.5\text{m}^2$

(단, 배수설비 용량 산전 시 빗물 및 공정액체 또는 냉각수가 배수설비로 보내지는 정상적인 방출유량을 제외한다.)

## 제 4 교시 문제

1. 최근 건설현장에서 용접·용단작업 시 화재 및 폭발사고가 증가하고 있다. 아래 내용을 설명하시오.
  - 1) 용접·용단작업 시 발생하는 비산불티의 특징
  - 2) 발화원인물질 별 주요 사고발생 형태
  - 3) 용접·용단작업 시 화재 및 폭발 재해예방 안전대책
2. NFPA20에 따라 소방펌프 및 충압펌프 기동·정지압력을 세팅하려고 한다. 아래 내용에 대하여 설명하시오.
  - 1) 소방펌프 및 충압펌프 기동·정지압력을 세팅하려고 한다. 아래 내용에 대하여 설명하시오.
  - 2) 소방펌프의 최소운전시간
  - 3) 소방펌프의 운전범위
  - 4) 소방펌프(전동기 구동 1대, 디젤엔진 구동 2대) 및 충압펌프의 정격압력은 150psi, 체절압력은 165psi이다. 현재 정격압력 기준 자동기동, 자동정지로 셋팅된 상태를 체절압력 기준 자동기동, 수동 정지 상태로 변경하려 한다. 소방펌프 및 충압펌프의 기동·정지 압력 세팅값을 계산하시오. (단, 최소 정적 급수압력은 50 psi으로 한다.)
  - 5) 계통 신뢰성 향상을 위한 고려사항
3. 피난구유도등에 대하여 아래 사항을 답하시오.
  - 1) 점등방식(2선식, 3선식)에 따른 회로도 작성
  - 2) 유도등의 크기 및 사용점등 시/ 비상점등 시 평균휘도
  - 3) 유도등의 색상이 녹색인 이유
4. 건축물 화재 시 안전한 피난을 위한 피난시간을 계산하고자 한다. 아래 사항에 대하여 답하시오.
  - 1) 피난계산의 필요성, 절차, 평가방법
  - 2) 피난계산의 대상층 선정 방법
5. 유기과산화물의 활성산소량, 분해온도, 활성화에너지, 반감기, 사용 시 주의사항에 대하여 설명하시오.

6. 거실제연설비에 대하여 아래 내용을 설명하시오.

- 1) 배출풍도 및 유입풍도의 설치기준
- 2) 상당지름과 종횡비(Asspect ratio)
- 3) 종횡비를 제한하는 이유



# 제 1 교 시 문 제 풀 이

## 1-1. 펌프의 비속도 및 상사법칙에 대하여 설명하시오.

답)

출처 ‘모아소방기술사 1권 P40, 에듀파이어 소방기계 P.96, 98

### 1. 비속도

#### 1) 비속도의 개념

- (1) 최적성능지점(최고효율)에서  $n$ ,  $H$ ,  $Q$ 를 하나의 수치로 표현한 추상적 개념.
- (2) 단위유량( $1\text{m}^3/\text{min}$ ), 단위양정( $1\text{m}$ )을 발생시킬 때의 회전차의 회전수 이다.
- (3) 비교회전도를 의미하며 회전차의 상사성, 특성, 형식을 결정한다. 즉, 팬 또는 펌프의 특성, 형식, 선정, 성능비교에 이용되는 중요한자이다.
- (4) 정격유량과 정격양정이 동일한 펌프라도 펌프의 고유특성이 다를 수 있다. 이때 펌프의 고유특성을 구분하기 위해 도입된 개념이 비속도이다.
- (5) 비속도는 물리적인 실제 속도가 아니며, 비속도 같으면 같은 고유특성을 가진다.(기하학적 상사)

#### 2) 비속도 공식

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

$N_s$ : 비속도       $n$ : 펌프의 회전수[rpm]  
 $H$ : 전양정[m]       $Q$ : 토출량[ $\text{m}^3/\text{min}$ ]

- (1) 토출량  $Q$ 와 전양정  $H$ 는 펌프의 최고 효율점에서의 수치를 대입해야 한다. 펌프 성능곡선상의 임의의 점(정격점 포함)을 대입하면 안 된다.
- (2) 양흡입 펌프의 경우 : 한쪽 유량만을 대입
- (3) 다단 펌프의 경우 : 1단 당의 양정을 대입

#### 3) 비속도 계산식의 유도

연속방정식과 토리첼리의 정리를 이용하여 유도한다.

- (1) 토리첼리의 정리( $v = \sqrt{2gH}$ )에서

$$\frac{v_2}{v_1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- (2) 연속방정식( $Q = A \times v$ )으로부터  $Q_1 = A_1 \times v_1$ ,  $Q_2 = A_2 \times v_2$ 이므로

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right) \times \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

$$\therefore \frac{D_2}{D_1} = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{-\frac{1}{4}}$$

(3)  $v = \pi \times D \times n$ 의 관계식에 의하여

$$\frac{n_2}{n_1} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right) \times \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^{-1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{4}}$$

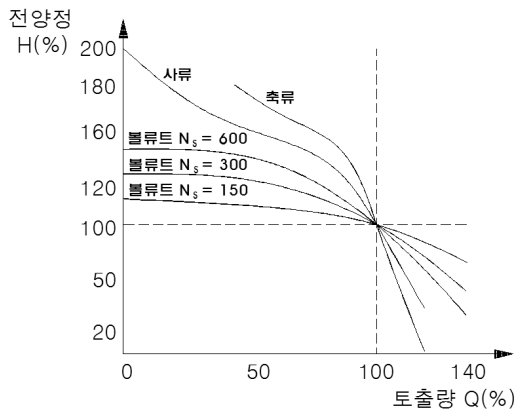
$$\therefore \frac{n_2}{n_1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{3}{4}} \times \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

(4) 여기에서 1번 펌프는 실제의 비속도를 구하고자 하는 펌프, 2번 펌프는 가상의 펌프이다.  
위 식에 가상펌프에  $n_2 = N_s$ ,  $H=1$  m,  $Q=1$  m<sup>3</sup>/min을 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{N_s}{n_1} = \left( \frac{1}{H_1} \right)^{\frac{3}{4}} \times \left( \frac{1}{Q} \right)^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow N_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

#### 4) 비속도의 활용

- (1) 양정이 높고 토출량이 적은 펌프는 비속도가 낮고, 그 반대이면 비속도가 높다.
- (2) 토출량, 양정이 동일할 경우 회전수 높을수록 비속도 커진다.
- (3) 비속도  $N_s(600\text{이상})$ 가 크면, H-Q곡선 가파르고, 대유량·저양정 특성  
 $N_s(600\text{이하})$ 가 작으면, H-Q곡선 완만하고, 소유량·고양정 특성
- (4) 원심펌프는 100~500, 편흡입펌프는 100~300, 양흡입펌프는 400정도이다.



[그림] 펌프의 비속도에 따른 H-Q곡선

## 2. 상사법칙

### 1) 상사법칙의 개념

- (1) 상사법칙(相似法則)이란? 모양이 서로 닮은 것에 대한 상관관계의 법칙을 말한다.
- (2) 큰 규모의 선박이나 비행기 등의 경우 작은 모형을 만들어서 간단한 실험을 할 수가 있고, 크고 작은 펌프를 만들어서 서로 간에 상관관계를 알 수도 있다. 또 모형실험을 통해서 원형에서 발생할 수 있는 각종 현상 및 역학적 특성을 미리 예측하고 설계에 반영할 수도 있다.

- (3) 하지만, 모형과 원형간 또는 큰 펌프와 작은 펌프 사이에 상관관계를 적용하고자 한다면, 반드시 상사법칙을 만족해야 한다.
- (4) 또, 펌프(송풍기)의 경우는 두 가지의 펌프간에 유량, 양정, 축동력이 임펠라(수차)의 회전 속도와 직경에 일정한 관계가 있는 것을 수식으로 표현할 수 있다.
- (5) 유체역학의 상사 3가지 분류
- ① 기하학적 상사 : 모형과 원형사이에 길이 비가 같아야 상사를 만족( $L_{1P} : L_{2P} = L_{1M} : L_{2M}$ )
  - ② 운동학적 상사 : 모형과 원형사이에 속도비가 일정해야 한다. ( $V_{1P} : V_{2P} = V_{1M} : V_{2M}$ )
  - ③ 역학적 상사 : 모형과 원형사이에 힘의 비가 같아야 상사를 만족( $F_{1P} : F_{2P} = F_{1M} : F_{2M}$ )

구분	상사법칙	차원해석
적용범위	한 가지 또는 원형만의 해석을 위한 모형실험	연구한 모형과 역학적 상사를 이루는 모든 모형에 대한 적용 및 해석
이론적 배경	Newton의 제 2법칙	차원의 동일한 합리식에 근거
중요인자	어떤 힘이 중요한 인자인가를 결정	유체의 기하학적, 운동학적, 역학적 특성 중 중요한 인자를 결정

## 2) 펌프의 상사법칙

- (1) 두 가지의 펌프가 회전속도와 임펠러의 직경이 일정한 상관관계를 갖는다면 두 가지 펌프는 서로 기하학적으로 상사(相似)하다고 할 수 있다.
- (2) 두 펌프가 상사(相似)하다고 했을 경우에는, 펌프의 회전속도·임펠러 직경과 펌프의 유량(Q), 양정(H), 축동력(L)의 상관관계에는 상사법칙을 만족해야 한다.
- (3) 펌프의 상사법칙이란? 상사(相似)한 두 펌프의 회전속도(임펠러직경)와 두 펌프의 Q, H, L의 상관관계를 정의한 법칙이다.
- (4) 이 때 펌프의 모든 변수인 회전속도, 임펠러직경, Q, H, L을 한 가지의 중요한 수치인 회전속도의 개념으로 표현할 수 있는데, 그것이 비속도이다.

1번 펌프는 실제의 비속도를 구하고자 하는 펌프,

2번 펌프는 모형펌프라고 하면, 상사법칙식에 모형펌프에 기본단위인

$n_2 = N_s$ ,  $H=1$  m,  $Q=1$  m<sup>3</sup>/min을 대입하면

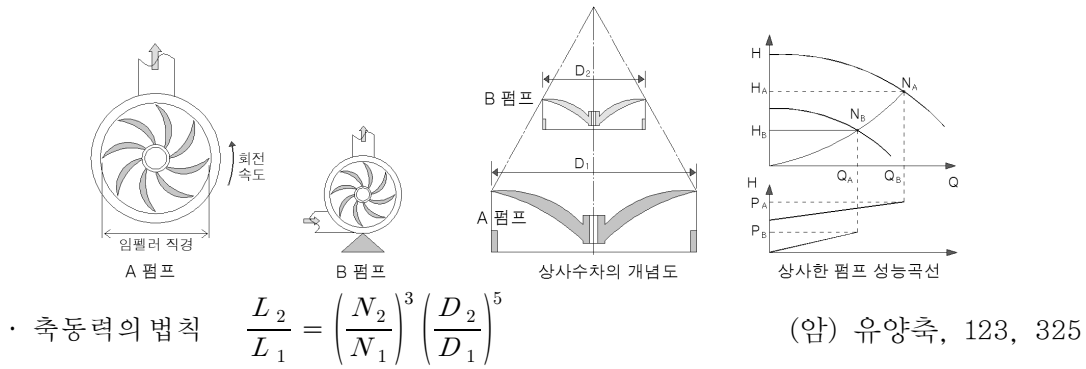
$$\frac{N_s}{n_1} = \left(\frac{1}{H_1}\right)^{\frac{3}{4}} \times \left(\frac{1}{Q}\right)^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (\text{비속도})$$

## 3) 상사법칙의 개념도

## 4) 상사법칙의 관계식

· 유량의 법칙  $\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$

· 양정의 법칙  $\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$



## 5) 상사법칙의 활용

- (1) 예를 들어 1개의 펌프( $D_1 = D_2$ )의 회전수를 2배로 증가시키면, 유량은 2배, 양정은 4배, 동력은 8배가 증가된다.
- (2) 따라서 펌프의 상사법칙은 펌프의 성능을 변경시키고자 할 경우, 이를 위한 회전수 변경이나 임펠러 직경을 변화시키는데 적용하는 계산식이 된다.
- (3) 하지만, 대부분의 펌프는 회전수에 의해서 펌프의 성능이 변화한다는 것이다. 즉, 최근에 인버터 등을 이용하여 회전수를 변경하였을 경우의 유량과 양정, 축동력을 계산하는데 활용할 수가 있겠다.

## 1-2. 그래파이트(Graphite) 현상과 트래킹(Tracking) 현상에 대하여 설명하시오.

답)

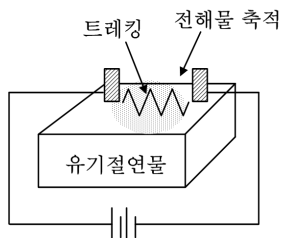
출처‘ 모아소방기술사 1권 P592, 에듀파이어 연소 P.139

### 1. 트래킹 현상

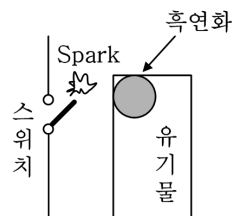
- 1) 전압이 인가된 이극 도체간의 고체절연물 표면에 수분을 많이 함유한 먼지 등 전해질의 미소 물질, 전해질을 함유한 액체의 증기 또는 금속가루 등의 도체가 부착되면 그 부착된 표면 사이에 소규모 방전이 발생된다.
- 2) 이것이 반복되면 절연물의 표면에 점차 도전성의 통로(track)가 형성되는데, 이러한 현상을 트래킹(tracking)이라고 한다.
- 3) 무기절연물은 도전성물질의 생성이 적어서 트래킹이 문제되지 않을 수 있으나, 유기절연물은 탄화되어 도전성물질(흑연)을 생성하기 쉬워 화재의 원인이 될 수 있다.

### 2. 그래파이트(흑연화) 현상

- 1) 목재가 보통 화염에 의해 탄화된 경우에는 무정형탄소로 되어 전기를 통과시키지 않지만, 스파크 등에 의해 고열을 받으면 점차 흑연화(graphite)되어 도전성을 가지게 된다. 이러한 현상은 목재 외에 고무 등의 유기절연물에서도 발생된다.
- 2) 흑연화(Graphite) 현상은 유기절연물이 전기불꽃에 장시간 노출되어 절연체 표면에 작은 탄화 도전로가 생성되어 그 부분을 통해 전류가 흘러 열을 발생시킨다.
- 3) 발생한 열의 축적에 의해 인접된 부분을 흑연화 시키면서 확대되어 가며 넓은 범위에서 발화되는 현상을 말한다.



[트래킹 현상]



[흑연화 현상]

### 3. 트래킹과 흑연화현상의 비교

- 1) 트래킹은 표면 간의 방전에 의해, 흑연화 현상은 전기 불꽃에 의해 발생된다는 점이 다르며, 유기절연물의 탄소가 흑연화되는 것은 같다.
- 2) 일반적으로는 그 시작은 다르지만, 출화원인으로 이 둘을 구분할만한 특징은 없으므로 일괄적으로 트래킹이라 칭한다.

## 3) 트래킹과 흑연화 현상 비교

구 분	트래킹 현상	흑연화 현상
발생원인	표면간 방전	전기불꽃
발생장소	전기 기계, 기구	유기절연체(목재, 플라스틱, 고무 등)
발화개념	미 포 함	포 함
메커니즘	전기기계기구 → 전기절연체 표면의 열화 → 누전회로 발생 → 미소불꽃 방전(장기간 반복) → 탄화도전통로(Track)생성	유기물질의 전기절연체 → 절연체 열화 → 누전회로 발생 → 미소불꽃 방전(장기간 반복) → Track 생성 → 표면의 흑연화 과전류 발생(발열량 증대) → 단락, 지락 → 발화

## 4. 트래킹 진행과정

## 1) 1단계 (표면 오염에 의한 도전로 형성)

절연재료 표면이 습기, 무기질, 섬유질, 가스 등에 의해 오염되어 도전로가 형성되는 과정이다.

## 2) 2단계 (도전로의 분단과 미소발광방전의 발생)

- (1) 침식된 표면, 즉 도전로를 통하여 누설전류가 흐르고 열에 의해 건조대가 형성되어 도전로가 분단된다.
- (2) 분단된 도전로 사이의 전위차로 인해 미소한 발광방전이 발생한다.
- (3) 이 단계는 방전에 의한 도전성 잔류물의 형성과정이라 할 수 있다.

## 3) 3단계 (방전에 의한 표면의 탄화개시 및 track의 형성)

- (1) 도전로의 분단점에서 미소한 발광방전이 반복되면 방전된 열에너지에 의해 재료 표면이 탄화되거나 열화되어, 도전성 track이 지속적으로 형성된다.
- (2) 이에 따라 결국 단락에 의한 절연파괴가 발생된다.

### 1-3. 연소범위 영향요소에 대하여 설명하시오.

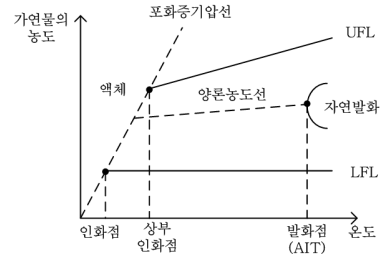
답)

출처‘ 모아소방기술사 2권 P28, 에듀파이어 연소 P.29

#### 1. 연소범위

##### 1) 연소범위의 정의

- (1) 연소한계, 가연성범위, 폭발범위라고도 하며 점화원 존재 시 발화나 폭발이 일어날 수 있는 공기 중 가연성가스의 농도 범위를 의미한다.
- (2) 일반적으로 액상상태와 기상상태의 경계선인 포화증압선과 공기 중 가스농도(UFL, LFL)의 범위로 연소범위를 표현한다.



[그림] 연소범위 선도

##### 2) 포화증기압선

- (1) 포화증기압선도의 좌측은 액체 상태로 연소범위를 판단할 필요가 없고, 우측 부분이 기체 상태로 연소범위를 판단하는 부분이다.
- (2) 포화증기압이란 액체가 기체 상태로 변할 수 없는 포화상태의 수증기 압력이다.

##### 3) 연소범위(LFL, UFL)

구분	LFL (하한계 ; Lower Flammability Limit)	UFL (상한계 ; Upper Flammability Limit)
정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>하한계 이하의 농도는 발화원 접촉해도 연소 안 되는 최소농도.</li> <li>연소 하한계는 온도가 증가됨에 따라 약간 감소된다.</li> <li>포화증기압선도와의 교점 : 인화점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상한계 이상의 농도는 발화원 접촉해도 연소 안 되는 최대농도.</li> <li>연소 상한계는 온도 증가에 따라 비교적 급격히 증가되며 연소범위 넓어진다.</li> <li>포화증기압선도와의 교점 : 상부인화점</li> <li>일반적으로 인화점보다 30℃ 정도 높다.</li> </ul>
상태	연료가 적다. 공기가 많다.	연료가 많다. 공기가 적다.
소화 방법	통풍, 환기통풍, 환기	밀폐

##### 4) 위험도(H)

- (1) 해당 물질의 위험도는 연소 상한계와 연소 하한계 값을 이용하여 다음과 같이 표시한다.

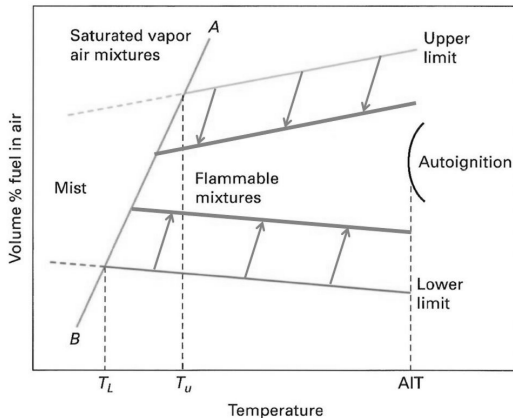
$$(2) \text{공식} : H = \frac{UFL - LFL}{LFL}$$

##### 5) 자연발화온도(AIT ; Autoignition Temperature)

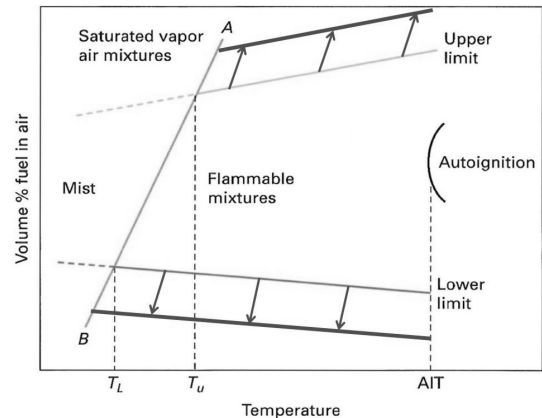
- (1) 어떤 온도이상의 범위에서는 점화원 없이도 발화되는 자연발화의 영역이 있다.
- (2) 이론농도선과 자연발화영역 경계와의 교점을 자연발화온도라 한다.

## 4. 연소범위 영향요소

### 1) 불활성 가스(산소농도 변화)



[산소농도 감소 시 (불활성화)]



[산소농도 증가 시]

- (1) 불활성 가스를 가연성 혼합기에 주입시키면, LFL은 약간 증가하고 UFL은 크게 감소된다. 연소범위가 좁아지고 위험도도 낮아진다.
- (2) 인화성 가스의 연소, 폭발위험을 방지하기 위하여 불활성화를 하는 경우에는  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  등의 불활성가스를 주입시켜 안전성을 유지하는 것이다.

### 2) 화염의 전파방향

물질의 하부에서 점화된 경우에 상향 화염전파 되며 이 경우가 하향 또는 측면방향으로의 화염전파의 경우보다 연소범위가 넓다.

### 3) 압력, 온도

압 력	온 도
<p>압력이 증가하면, 분자간의 거리가 가까워져 유효 충돌횟수가 증가되어 연소범위가 넓어진다.</p>	<p>온도가 상승하면, 분자 운동이 활발해져 유효충돌 횟수가 증가되어 연소범위가 넓어진다.</p>
<p>예 외</p> <p>① <math>\text{CO}</math> : 압력이 증가되면, 연소범위가 좁아진다.</p> <p>② <math>\text{H}_2</math> : 압력이 10atm 이상으로 증가되면, 압력과 무관하게 연소범위가 일정하다.</p>	

#### 4) 측정용기의 크기

- (1) 측정용기가 클수록 연소범위가 넓어진다.
- (2) 연소범위를 알더라도 취급하는 저장용기가 크다면 연소범위가 넓어짐에 유의해서 사용해야 한다.

### 5. 연소범위 관련 계산식

실험에 의해 연소범위를 산정해야 하나, 아래의 식으로 대략적인 추정이 가능하다.

#### 1) Burgess - Wheeler 법칙

- (1) 공 식 :  $LFL \times \Delta H_c \approx 1,050$  ( $\Delta H_c$ : 유효연소열 [kcal/mol])
- (2) 파라핀계 탄화수소의 폭발하한계와 연소열의 곱은 거의 일정하다.(파라핀계 탄화수소의 규칙성)
- (3) 해당 물질의 연소열을 알면, 연소하한계는 이 식을 통하여 추정할 수 있다.
- (4) 메탄을 제외한  $LFL \times \Delta H_c$ 의 값은 1,000~1,200 사이의 화염온도이다.(실험식)
- (5) 폭발한계에서 발생하는 열량은 연료종류에 관계없이 동일하고, 화염온도는 일정하여 LFL에서는 최저값이 된다.

#### 2) Jone's 식

- (1) 공 식 :  $LFL = 0.55 C_{st}$ ,  $UFL = 3.50 C_{st}$  ( $C_{st}$  : 양론농도)
- (2) 해당 물질의 양론농도를 완전연소반응식으로부터 산출하여 연소범위의 추정을 할 수 있다.
- (3) Jone's식은 LFL에서는 비교적 잘 맞지만, UFL은 잘 맞지 않는다.
- (4) 따라서, UFL은 아래와 같은 실험식을 사용하기도 한다.
  - ① Zabetakis식 :  $UFL = 6.5 \sqrt{LFL}$
  - ② Spakowski식 :  $UFL = 7.11 (LFL)^{0.56}$

#### 3) 르-샤트리에 공식

혼합기체에서의 연소범위를 추정하는데 이용한다.

$$LFL = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots}{\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} + \dots} [\%]$$

$$UFL = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots}{\frac{C_1}{U_1} + \frac{C_2}{U_2} + \frac{C_3}{U_3} + \dots} [\%]$$

$LFL$  : 가연성 혼합가스의 연소하한계[%]

$UFL$  : 가연성 혼합가스의 연소상한계[%]

$C$  : 각각의 가연성가스의 체적 비율[%]

$L$  : 각각의 가연성가스의 연소하한계[%]

$U$  : 각각의 가연성가스의 연소상한계[%]

#### 4) MOC의 계산식

$$MOC = LFL \times \frac{O_2 [mol]}{fuel [mol]}$$

### 1-4. 훈소의 발생 매커니즘 및 특성, 소화대책에 대하여 설명하시오.

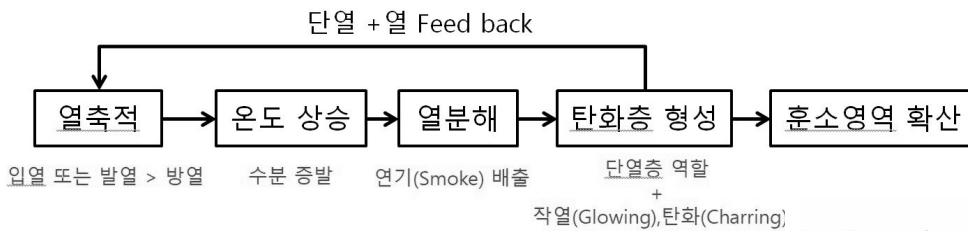
답)

출처'모아소방기술사 2권 P.53, 에듀파이어 연소 P.16

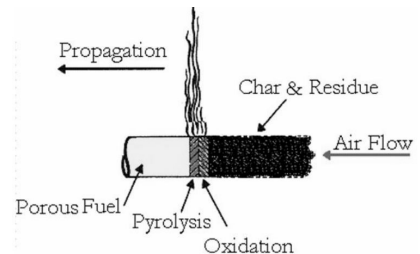
#### 1. 훈소의 개념

- 1) 훈소란 공기 중에 존재하는 산소와 고체표면 간에 발생하는 상대적으로 느린 연소과정으로 연료 표면에서는 반응이 일어나고 산소는 그 표면으로 확산되어 간다.
- 2) 훈소는 다공질 고체, 불침윤성 고체 등에서 발생하고 훈소 시 고체표면에는 작열(glowing)과 탄화(charring)현상이 발생한다.

#### 2. 훈소의 발생 매커니즘



- 1) 담뱃불은 그림과 같이 고체표면으로의 산소 확산에 의해 매우 느리게 연소된다.
- 2) 연료표면에서는 작열(glowing)이 일어나고, 반응에 의해 탄화층이 형성된다.



#### 3. 훈소의 특성

- 1) 작열현상으로 그 표면은 1,000 ℃ 이상의 고온이다.
- 2) 불꽃이 없는 연소과정이며, 따라서 실내온도의 상승도 느리다.
- 3) 훈소에서는 CO의 발생량이 많아 연료량의 10 % 이상이 CO로 전환되며, 이에 따라 인체에 매우 치명적이다.
- 4) 훈소의 과정은 매우 느리므로, 산소를 많이 필요로 하지 않는다.  
(훈소의 속도 : 0.001~0.01cm/s 정도)

#### 4. 훈소의 위험성

- 1) 훈소는 불꽃연소에 비해 CO 등과 같은 많은 독성물질을 발생시킨다.
- 2) 많은 산소를 필요로 하지 않고, 고온이므로 질식 및 억제 소화 등이 유효하지 않다.
- 3) 불꽃이 발생하지 않고 연소반응이 느리게 진행되며, 액체미립자계 연기를 발생시키므로, 정온식 또는 보상식 감지기를 설치한다.
  - (1) 온도상승률이 낮음 : 차동식 열감지기 부적합하다.
  - (2) 불꽃이 없음 : 불꽃감지기 부적합하다.
  - (3) 액체미립자계 연기 : 연기입자가 커서 이온화식보다 광전식 연기감지기가 적합하다.
- 4) 고온이어서 불꽃화재 발생의 에너지원이 될 수 있다.

#### 5. 훈소의 소화대책

- 1) Soaking time 유지 및 충분한 냉각
- 2) Wetting Agent를 물에 첨가하여 고체 내부로의 침투성능을 향상시킨다.
- 3) 화재 감지를 위해서는 광전식 Spot형 감지기가 적합하다.

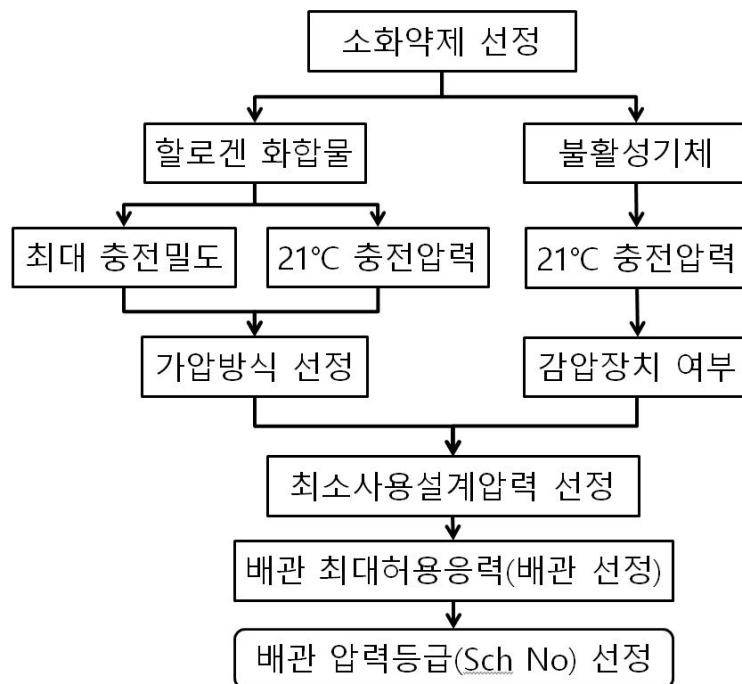
### 1-5. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비의 배관 압력등급을 선정하는 방법에 대하여 설명하시오.

답) 출처‘ 모아소방기술사 1권 P67, 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비의 화재안전기준(NFSC 107A)

#### 1. 스케줄 넘버(Schedule Number)

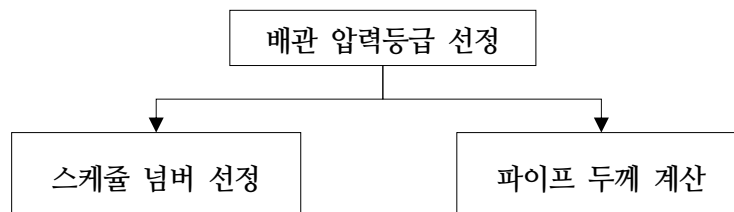
- 1) 배관 내부압력에 견딜 수 있는 배관두께의 강도를 의미한다.
- 2) 일반적으로 동일 재질이면, 배관 두께가 두꺼울수록 스케줄 번호는 커진다.
- 3) 압력배관용 탄소강관의 호칭은 호칭지름과 두께로 표현하며, 관의 두께는 일반적으로 스케줄 번호(Schedule Number)로 총칭한다.

#### 2. 할로겐화합물, 불활성기체 소화설비 배관 압력등급 선정 절차



#### 3. 할로겐화합물, 불활성기체 소화설비 배관 압력등급 선정 방법

##### 1) 배관 압력등급 선정 방법 종류 선정



##### 2) 배관 설계내압 선정(최소사용설계압력 이상)<sup>1)</sup>

- (1) 배관·배관부속 및 밸브류는 저장용기의 방출내압을 견딜 수 있어야 하며, 설계내압은 최소 사용설계압력 이상으로 하여야 한다.
- (2) 할로겐화합물 소화약제

1) [별표1] 할로겐화합물 및 불활성기체소화약제 저장용기의 충전밀도·충전압력 및 배관의 최소사용설계압력

소화약제 항목	HFC-227ea			FC-3-1-10	HCFC BLEND A	
최대충전밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	1,201.4	1,153.3	1,153.3	1,281.4	900.2	900.2
21℃ 충전압력 (kPa)	1,034*	2,482*	4,137*	2,482*	4,137*	2,482*
최소사용 설계압력 (kPa)	1,379	2,868	5,654	2,482	4,689	2,979

소화약제 항목	HFC-23				
최대충전밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	768.9	720.8	640.7	560.6	480.6
21℃ 충전압력 (kPa)	4,198**	4,198**	4,198**	4,198**	4,198**
최소사용 설계압력(kPa)	9,453	8,605	7,626	6,943	6,392

소화약제 항목	HCFC-124		HFC-125		HFC-236fa			FK-5-1-12
최대충전밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	1,185.4	1,185.4	865	897	1,185.4	1,201.4	1,185.4	1,441.7
21℃ 충전압력 (kPa)	1,655*	2,482*	2,482*	4,137*	1,655*	2,482*	4,137*	2,482*, 4,206*
최소사용 설계압력(kPa)	1,951	3,199	3,392	5,764	1,931	3,310	6,068	2,482 4,206

비 고

1. “\*” 표시는 질소로 축압한 경우를 표시한다.
2. “\*\*” 표시는 질소로 축압하지 아니한 경우를 표시한다.

## (3) 불활성기체소화약제

소화약제 항목		IG-01		IG-541			IG-55			IG-100		
21℃ 충전압력 (kPa)		16,341	20,436	14,997	19,996	31,125	15,320	20,423	30,634	16,575	22,312	28,000
최소사용 설계압력 (kPa)	1차측	16,341	20,436	14,997	19,996	31,125	15,320	20,423	30,634	16,575	22,312	227.4
	2차측	비고2 참조										

비고) 1. 1차측과 2차측은 감압장치를 기준으로 한다.

2. 2차측 최소사용설계압력은 제조사의 설계프로그램에 의한 압력값에 따른다.

### 3) 스케줄 넘버 계산

#### (1) 스케줄 넘버 계산식

$$\cdot Sch \cdot No = 10 \times \frac{P}{\sigma_a}$$

$$\cdot Sch \cdot No = 1000 \times \frac{P[MPa]}{\sigma_a[N/mm^2]}$$

P : 최대사용압력(최소사용설계압력)[kgf/cm<sup>2</sup>]

$\sigma_a$  : 배관 최대허용응력 [kgf/mm<sup>2</sup>]

$$\sigma_a = \frac{\text{배관재질인장강도}}{\text{안전율}}$$

D : 관의 외경 [mm]

(2) 스케줄 번호의 종류 : Sch. 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160 등

⇒ 스케줄 번호가 클수록 유체의 사용압력 커지고, 배관은 두꺼워 진다.

#### (3) 소화배관에서의 활용

① 수계 소화설비에서는 사용되는 물의 최대 압력에 따라 필요한 압력배관용 탄소강관의 스케줄 번호를 산출하여 적용한다.

② 이산화탄소 소화설비

㉠ 고압식 : 선택밸브 이전 Sch 80 이상, 선택밸브 이후 Sch 40 이상을 적용

㉡ 저압식 : Sch 40 이상

③ 하론 소화설비 : Sch 40 이상

### 4) 배관두께 계산공식

$$t = \left( \frac{PD}{2SE} \right) + A [mm]$$

P : 최대허용압력(최소사용설계압력)[kPa]

D : 배관의 지름[mm]

SE : 배관 최대허용응력[kPa]

A : 나사이음, 흠이음 등 허용값[mm]

$\sigma_a$  : 강관의 허용응력[kgf/cm<sup>2</sup>]

#### (1) 배관 최대허용응력(SE)

$$SE = \text{Min} \left( \frac{\text{배관재질인장강도}}{4}, \text{항복점} \times \frac{2}{3} \right) \times 1.2$$

#### (2) 나사이음, 흠이음 등의 허용값[mm]

구 분	허용 값 [mm]	배관이음 효율
나사이음	나사의 높이	
절단흠이음	흠의 높이	
용접이음	0	이음매 없는 배관: 1.0 전기저항 용접배관: 0.85 가열맞대기 용접배관: 0.60

**1-6. 소방감리자 처벌규정 강화에 따른 운영지침에서 중요 및 경미한 위반사항에 대하여 설명하시오.**

답)

출처‘ 소방감리자 처벌규정 강화에 따른 운영지침, 에듀파이어 수업자료

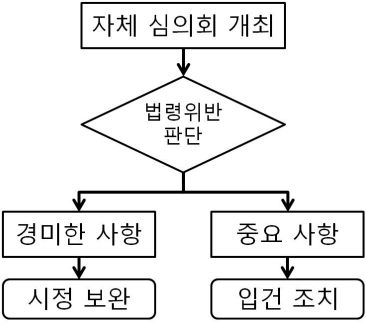
**1. 소방감리자 처벌규정 강화에 따른 운영지침 개념**

- 1) 감리결과 거짓 제출 및 감리업무 위반자에 대해 처벌이 강화됨에 따라, 사·도별 균형적인 처리기준 마련으로 법집행기관의 신뢰와 위상정립을 확립하고자 세운 운영지침
- 2) 「소방시설공사업법」 감리자 처벌규정이 ‘16.1.21.’자로 강화되었다.

**2. 소방감리자 처벌규정 강화 규정**

구 분	감리결과 제출 거짓으로 한 자 「소방시설공사업법」 제20조		감리업무 위반자 「소방시설공사업법」 제16조 1항	
	벌 칙	행정처분	벌 칙	행정처분
기 존	200만원 이하 과태료	1차: 경고 2차: 영업정지 3개월 3차: 등록취소 (변동 없음)	1년 이하 징역 또는 1천만원 이하 벌금 (변동 없음)	1차: 경고 2차: 영업정지 3개월 3차: 등록취소
강화 규정	1년 이하 징역 또는 1천만원 이하 벌금			1차: 영업정지 1개월 2차: 영업정지 3개월 3차: 등록취소

**3. 법령위반 판단 및 절차**

구 분	판단 및 절차
중요사항	입건조치(소방공사업법 제 36조 적용)
경미한 사항	시정보완 → 시정보완 불이행 → 입건조치
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방법: 자체 심의회 개최</li> <li>• 개최 시기: 소방관계법령 위반사항 보고서 결재 전</li> <li>• 심의회 구성: 위원장(주무과장) 포함 5인 이상</li> </ul>  <pre> graph TD     A[자체 심의회 개최] --&gt; B{법령위반 판단}     B --&gt; C[경미한 사항]     B --&gt; D[중요 사항]     C --&gt; E[시정 보완]     D --&gt; F[입건 조치]           </pre>

## 4. 중요 및 경미한 위반사항

### 1) 중요 위반사항

- (1) 「화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 5의 특정소방대상물에 갖추어야 하는 소방시설이 설치되지 않은 경우
- (2) 「화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제2조제1항 제2호의 비상구 및 같은 법 시행령 제4조의 방화문, 방화셔터가 설치되지 않은 경우
- (3) 형식승인을 받지 않은 「화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 3의 소방용품을 소방시설공사에 사용한 경우
- (4) 완공된 소방시설에 대하여 성능시험을 실시하지 않은 경우
- (5) 소방시설공사가 완료되지 않은 상태에서 소방공사감리 결과보고서를 제출한 경우
- (6) 화재안전기준 위반으로 소방시설 등 성능에 장애가 발생되거나 인명 및 재산피해가 발생한 경우
- (7) 소방시설 시공공정과 소방공사 감리일지 기재내용의 불일치 행위가 명백하거나 반복적으로 발생한 경우
- (8) 법령위반 행위가 고의 또는 중대한 과실로 발생한 경우
- (9) 기타 소방관서장이 중요하다고 정한 위반행위

### 2) 경미한 위반사항

- (1) 소방공사감리 결과보고서, 소방시설 성능시험조사표, 소방공사 감리 일지 등에 단순 오기 사항으로 즉시 시정이 가능하거나 기타 참고자료 등으로 증빙이 가능한 경우
- (2) 부속품의 탈락 및 미점등 등 화재안전기준에 극히 사소한 차이가 있는 사항으로 소방시설의 성능에 지장이 없고 즉시 현지시정이 가능한 경우

### 3) 기타 위반사항

- (1) 법령 위반사항이 중요·세부사항 중 구분이 불명확한 경우
- (2) 기타 소방관서장이 자체 심의회 개최를 요구하는 위반사항

**1-7. 소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준(NFSC 101) 별표 1 관련 소화기구의 소화약제별 적응성에 관하여 설명하시오.**

답)

출처: 모아소방기술사 1권 P451

**[별표 1] 소화기구의 소화약제에 의한 설치장소별 적응성(제4조제1항제1호 관련)**

소화약제 구분	가스			분말		액체				기타			
	이산화탄소 소화제	알코올용 소화제	로화물 및 불활기소 소화제	인산염소 소화제	중탄산염소 소화제	알칼리화제 산칼소 소화제	강화소 소화제	포화소 소화제	물·유화제	고체로화물	마른모래	팽창성·팽창성·창출	그 밖의 것
적응대상													
일반화재 (A급 화재)	-	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	-
유류화재 (B급 화재)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
전기화재 (C급 화재)	○	○	○	○	○	*	*	*	*	○	-	-	-
주방화재 (K급 화재)	-	-	-	-	*	-	*	*	*	-	-	-	*

주) “\*”의 소화약제별 적응성은 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제36조에 의한 형식승인 및 제품검사의 기술기준에 따라 화재 종류별 적응성에 적합한 것으로 인정되는 경우에 한한다.

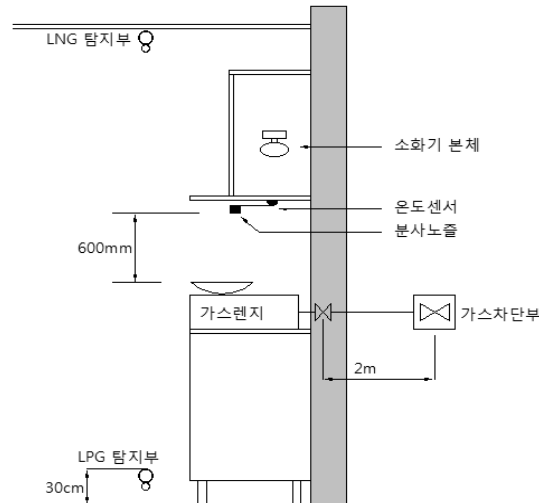
**1-8. 주거용 주방자동소화장치의 정의, 감지부, 차단장치 공칭방호면적에 대하여 설명하시오.**

답)

출처‘ 모아소방기술사 1권 P446

**1. 주방용 자동소화장치의 정의**

- 1) 주방용 자동소화장치는 주방 조리시설에 대한 방호를 위한 설비
- 2) 주거용 주방에 설치된 열발생 조리기구의 사용으로 인한 화재 발생 시 열원(전기 또는 가스)을 자동으로 차단하며 소화약제를 방출하는 소화장치



**2. 주방용 자동소화장치의 감지부, 차단장치, 공칭방호면적**

**1) 감지부**

- (1) 후드 주위의 열을 감지하여 경보를 울리고 소화약제를 방사
- (2) 감지부는 형식승인된 유효한 높이 및 위치에 설치할 것

**2) 차단장치**

- (1) 가스누설시 가스차단장치의 작동으로 가스공급을 차단
- (2) 가스차단장치는 주방 가스배관의 개폐밸브에서 2 m 이내에 설치하고 상시 확인 및 점검이 가능하게 설치
- (3) 과전류시 과전류 차단기의 작동으로 전원공급을 차단
- (4) 과전류 차단기는 부하의 설비용량에 적합하도록 설치

**3) 공칭방호면적**

- 공칭방호면적 :  $0.4m^2$

1-9. 어떤 구획실의 면적이 24 m<sup>2</sup>이고, 높이가 3 m일 때 구획실 내부에서 화원 둘레가 6 m인 화재가 발생하였다. 이때 화재 초기의 연기 발생량(kg/s)을 구하고 바닥에서 1.5 m 높이까지 연기층이 하강하는데 걸리는 시간(s)과 연기 배출량(m<sup>3</sup>/s)을 계산하시오.  
(단 연기의 밀도 = 0.4 kg/m<sup>3</sup> 이고, 기타 조건은 무시한다.)

답)

출처: 모아소방기술사 2권 P610

## 1. 문제풀이 1안 (연기온도: 573K 가정 시)

### 1) 바닥에서 1.5m 높이까지 연기층 하강시간

$$(1) t = \frac{20A}{P\sqrt{g}} \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) = \frac{20 \times 24}{6\sqrt{9.8}} \left( \frac{1}{\sqrt{1.5}} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = 6.11(s)$$

$$(2) \text{ 연기층 하강시간 : } t = 6.11s$$

### 2) 연기의 배출량

$$(1) Q = AV = \frac{A(h-y)}{t} = \frac{24(3-1.5)}{6.11} = 5.89m^3/s$$

$$(2) \text{ 연기의 배출량 : } Q = 5.89m^3/s$$

### 3) 화재 초기의 연기 발생량

$$(1) 5.89m^3/s \times 0.4kg/m^3 = 2.356kg/s$$

$$(2) \text{ 화재 초기의 연기 발생량 : } K = 2.36kg/s$$

## 2. 문제풀이 2안 (연기 밀도 0.4kg/m<sup>3</sup> 반영한 연기온도: 883K 가정 시+비례식 계산)

### 1) 풀이 가정 조건

(1) 화재초기 청결층 높이는 실의 높이인 3m로 가정한다.

(2) 연기밀도( $\rho_s$ ) 0.4kg/m<sup>3</sup>을 반영하여 적용한다.

(3) 연기밀도( $\rho_s$ ) 0.4kg/m<sup>3</sup>에서 연기의 온도 [이상기체 상태 방정식]

$$T[K] = \frac{PM}{\rho_s R} = \frac{1atm \times 28.96kg}{0.4kg/m^3 \times 0.082atm \cdot m^3/K} = 883K$$

### 2) 화재초기 연기 발생량

(1) 화재 초기 이므로 청결층 높이(y)는 3m

$$m_p = 0.188 p_f y^{\frac{3}{2}} = 0.188 \times 6 \times 3^{\frac{3}{2}} = 5.86(kg/s)$$

### 3) 바닥에서 1.5m 높이 까지의 연기층 하강시간

(1) 힌클리 공식은 연기온도 300℃ (밀도 0.616kg/m<sup>3</sup>)기준인데 문제에서 밀도를 0.4kg/m<sup>3</sup>로 제시했으므로 힌클리식을 변형하여야한다.

(2) 변형방법은 토미스식에서 유도할수도 있고 힌틀리 식에서 비례식으로 유도 할 수도 있다.

(3) 비례식으로 변형하면

$$0.616 : 20 = 0.4 : x$$

$$x \approx 13$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{13A}{P\sqrt{g}} \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) \\ &= \frac{13 \times 24}{6\sqrt{9.8}} \left( \frac{1}{\sqrt{1.5}} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = 3.97 (s) \end{aligned}$$

#### 4) 연기 배출량( $m^3/s$ )

(1) 바닥에서 1.5m 높이 유지하기 위해서는 1.5m 지점에서의 연기발생량만큼 연기를 배출하면 된다.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{2P\sqrt{g}}{13} \cdot y^{\frac{3}{2}} = \frac{2 \times 6 \times \sqrt{9.8}}{13} \times 1.5^{\frac{3}{2}} = 5.3 (m^3/s)$$

(2) 연기 발생량 = 연기배출량이므로

(3) 연기배출량 =  $5.3 (m^3/s)$

### 3. 문제풀이 3안 (토마스 실험식 적용, 연기밀도: $0.4kg/m^3$ , 연기온도: $883K$ )

#### 1) 풀이 가정 조건

(1) 화재초기 청결층 높이는 실의 높이인 1.5m로 가정한다.

(2) 연기밀도( $\rho_s$ )  $0.4kg/m^3$ 을 반영하여 적용한다.

(3) 연기밀도( $\rho_s$ )  $0.4kg/m^3$ 에서 연기의 온도 [이상기체 상태 방정식]

$$T[K] = \frac{PM}{\rho_s R} = \frac{1atm \times 28.96kg}{0.4kg/m^3 \times 0.082atm \cdot m^3/K} = 883K$$

#### 2) 바닥에서 1.5m 높이 까지의 연기층 하강시간

(1) 힌클리 공식 유도과정

① 토마스 실험식

$$\frac{dM}{dt} = \dot{M} = 0.096 P \cdot \rho_o y^{3/2} g^{1/2} \left( \frac{T_o}{T} \right)^{1/2} \dots\dots\dots \textcircled{A}$$

② 수학적 연기 발생량

$$\frac{dM}{dt} = \dot{M} = \frac{d}{dt} [\rho_s \cdot A (h - y)]$$

$$= \rho_s A \frac{dy}{dt} \dots\dots\dots \textcircled{B}$$

③ ①식과 ②식 같으므로 (①식=②식)

$T$ : 화염온도 [ $1,100K$ ]

$T_o$ : 주위온도 [ $290K$ ]

$\rho_o$ : 주위공기밀도 [ $1.22kg/m^3$ ]

$\rho_s$ : 연기밀도 [ $0.4kg/m^3$ ]

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{2\rho_s}{0.096\rho_o\left(\frac{T_o}{T}\right)^{1/2}} \times \frac{A}{P\sqrt{g}} \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) \\
 &= \frac{2 \times 0.4}{0.096 \times 1.22 \times \left(\frac{290}{1100}\right)^{1/2}} \times \frac{A}{P\sqrt{g}} \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) \\
 &\approx 13.3 \times \frac{A}{P\sqrt{g}} \times \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) = \frac{13.3A}{P\sqrt{g}} \times \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right) \dots\dots\dots \textcircled{C}
 \end{aligned}$$

④ 바닥에서 1.5m 높이 까지의 연기층 하강시간

$$t = \frac{13.3 \times 24}{6 \times \sqrt{9.8}} \times \left( \frac{1}{\sqrt{1.5}} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = 4.06 \text{ sec}$$

## 2) 연기 배출량( $m^3/s$ )

(1) ㉞식을 미분하면 연기밀도  $0.4\text{kg}/\text{m}^3$ 에서 연기발생량식 유도

$$\frac{dV}{dt} = \frac{2P\sqrt{g}}{13.3} \cdot y^{\frac{3}{2}}$$

(2) 바닥에서 1.5m 높이 유지하기 위해서는 1.5m 지점에서의 연기발생량만큼 연기를 배출하면 된다.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{2P\sqrt{g}}{13.3} \cdot y^{\frac{3}{2}} = \frac{2 \times 6 \times \sqrt{9.8}}{13.3} \times 1.5^{\frac{3}{2}} = 5.19 (m^3/s)$$

(3) 연기 발생량 = 연기배출량이므로

$$\text{연기배출량} = 5.19 (m^3/s)$$

## 2) 화재초기 연기 발생량

(1) 화재초기 연기발생량식( $\text{kg/s}$ ) 유도

$$\dot{M}[\text{kg/s}] = \rho_s \times \frac{dV}{dt} = \rho_s \times \frac{2P\sqrt{g}}{13.3} \cdot y^{\frac{3}{2}} = 0.4 \times \frac{2 \times \sqrt{9.8}}{13.3} \times P \cdot y^{\frac{3}{2}} = 0.188 \cdot P \cdot y^{\frac{3}{2}}$$

청결층 높이 1.5m로 계산 시	청결층 높이 3m로 계산 시
$\dot{M}[\text{kg/s}] = 0.188 \cdot P \cdot y^{\frac{3}{2}} = 0.188 \times 6 \times 1.5^{\frac{3}{2}}$ $= 2.07 \text{ kg/s}$	$\dot{M}[\text{kg/s}] = 0.188 \cdot P \cdot y^{\frac{3}{2}} = 0.188 \times 6 \times 3^{\frac{3}{2}}$ $= 5.86 \text{ kg/s}$
연기발생량 : 2.07kg/s	연기발생량 : 5.86kg/s

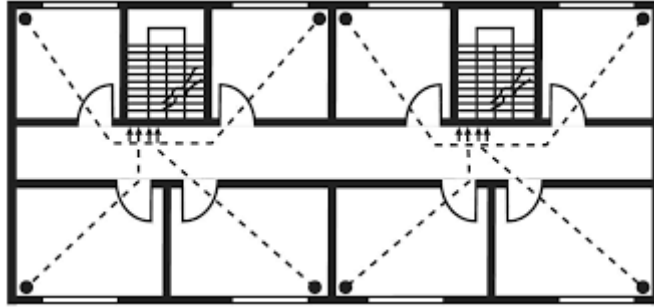
### 1-10. 직통계단에 이르는 보행거리를 건축물의 주요구조부 등에 따라 설명하시오.

답)

출처: 모아소방기술사 2권 P264

#### 1. 직통계단의 정의

- 1) 특별히 정확한 정의는 없지만, 건축물의 피난층 외의 층에서 피난층, 지상으로 통하는 계단
- 2) 직통계단은 계단, 계단참 등이 연속적으로 설치되어 피난 경로가 명확히 구분되어야 한다.



#### 2. 직통계단에 이르는 보행거리 <sup>1)</sup>

##### 1) 피난층 외의 층에서 직통계단까지의 보행거리

구 분		보행거리
일반 건축물		30m 이하
내화구조 또는 불연재료 건축물	일반건축물	50m 이하 (16층 이상 공동주택 40m 이하)
	자동화 공장(A) (자동식소화설비설치)	75m 이하 (무인화 공장 100m 이하)

(피난층: 직접 지상으로 통하는 출입구가 있는 층 및 피난안전구역을 말한다)

##### 2) 피난층의 보행거리 <sup>2)</sup>

- (1) 피난층의 계단부터 바깥쪽 출구까지는 위 보행거리의 이하
- (2) 피난층의 거실에서 바깥쪽 출구까지는 위 보행거리의 2배 이하

#### 3. 직통계단에 이르는 보행거리의 중요성

- 1) 피난시간 단축
- 2) 피난안전성 확보
- 3) 건축물내 인명피해 최소화 등

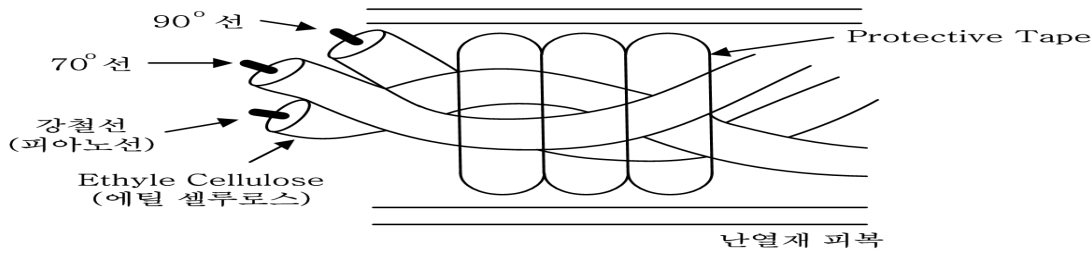
### 1-11. 정온식감지선형감지기 적응장소 및 지하구에 설치할 경우 설치기준을 설명하시오.

답)

출처‘ 모아소방기술사 1권 P514

#### 1. 정온식 감지선형 감지기의 개념

- 1) 정온식 감지선형 감지기는 전선 형태로 설치하여 화재로 인해 주위 온도가 일정기준 이상 상승되면 가용 절연물이 용융하는 방식의 대표적 비재용형 감지기
- 2) 정온식 감지선형 감지기는 가용절연물의 단락으로 작동



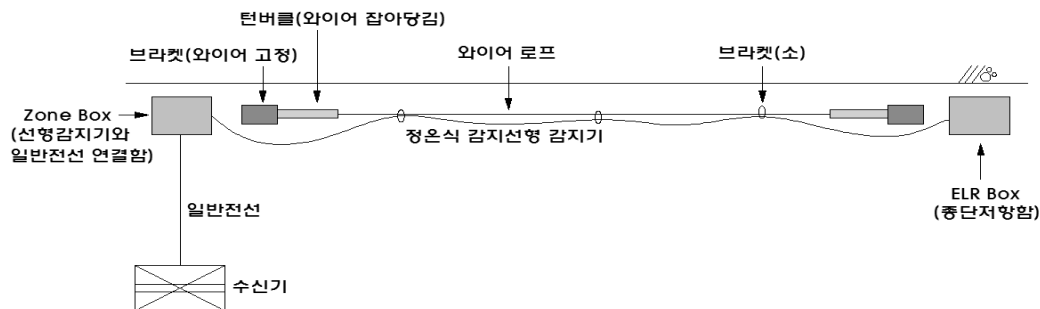
[정온식 감지기 구조]

#### 2. 정온식 감지선형감지기 적응장소

구 분	적응장소
케이블 트레이	컨베이너, 지하공간
지하구	지하전력구, 공동구, 통신구, 터널, 지하철
전기시설	분전반, 트랜스포머, 큐비클
공업시설	위험물 저장탱크, 집진기, 쿨링타워
상업시설	비행기 격납고, 창고
그밖의 시설	유적지, 기타시설 등

#### 3. 정온식 감지선형감지기 지하구에 설치할 경우 설치기준

- 1) 지하구나 창고의 천장 등 지지물이 적당하지 않은 장소에서는 보조선을 설치하고 그 보조선에 설치할 것



[정온식 감지선형 감지기 설치도]

## 1-12. 소방성능위주설계 대상물과 설계변경 신고 대상에 대하여 설명하시오.

답)

출처‘ 모아소방기술사 2권 P327

### 1. 소방성능위주설계의 개념

- 1) 소방성능위주설계(PBD; Performance Based Design)란, 기존의 법규기준을 적용하는 설계(CBD, Code Based Design)에 대비되는 개념으로서, 실제 화재안전 목표에 맞춰 공학적 분석 기법을 활용하여 방재시스템을 구축하는 설계기법이다.
- 2) 규정이 아닌 실제 예상되는 화재에 대하여 성능기준에 입각하여 방재설비를 실제 현장에 보다 적합하도록 설계하는 것이다.

### 2. 성능위주설계 대상물의 범위

- 1) 연면적 20만  $m^2$  이상인 특정소방대상물. 단, 아파트는 제외한다.
- 2) 건축물의 높이가 100 m 이상인 특정소방대상물(지하층 포함한 30층 이상 포함)  
단, 아파트는 제외한다.
- 3) 연면적 3만  $m^2$  이상인 철도, 도시철도 시설, 공항시설
- 4) 하나의 건축물에 영화상영관이 10개 이상인 특정소방대상물

### 3. 성능위주 소방설계의 설계변경 대상

- 1) 연면적이 10 % 이상 증가되는 경우
- 2) 연면적을 기준으로 10 % 이상 용도변경이 되는 경우
- 3) 층수가 증가되는 경우
- 4) 소설안 및 화재안전기준을 적용하기 곤란한 특수공간으로 변경되는 경우
- 5) 건축법에 따라 건축허가를 받았거나 신고사항을 변경하려는 경우
- 6) 5)에 해당하지 않는 허가 또는 신고사항의 변경으로 종전의 성능위주설계 심의내용과 달리지는 경우

**1-13. 헬리포트 및 인명구조 공간 설치기준 경사지붕 아래에 설치하는 대피공간의 기준을 설명하시오.**

답)

출처: 모아소방기술사 2권 P281

**1. 헬리포트 개념 및 설치대상<sup>3)</sup>**

**1) 헬리포트 개념**

- (1) 헬리포트는 화재 시 재실자가 피난층으로 피난이 어려운 경우 옥상층으로 피난하여 소방대의 구조용 헬기를 타고 피난을 할 수 있는 헬기 이·착륙장
- (2) 인명구조공간은 구조용 헬기가 이·착륙을 하지 않고, 구조망(피난자탐승)을 통하여 피난할 수 있는 구조공간

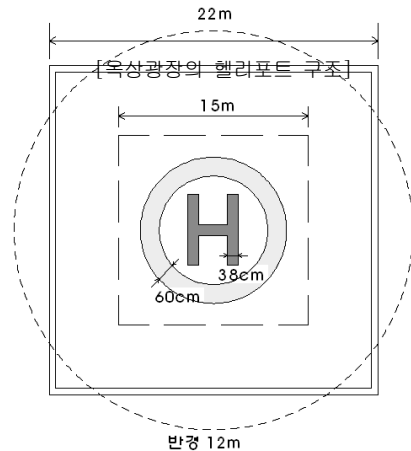
**2) 설치대상**

- (1) 층수가 11층 이상인 건축물로서 11층 이상인 층의 바닥면적의 합계가 10,000m<sup>2</sup> 이상인 건축물의 옥상에는 다음에 공간을 확보하여야 한다.
  - ① 평지붕 경우: 헬리포트 또는 헬리콥터로 인명구조 할 수 있는 공간
  - ② 경사지붕 경우: 경사지붕 아래에 설치하는 대피공간
- (2) 헬리포트, 인명구조공간, 대피공간의 설치기준은 국토교통부령으로 정한다.

**3) 설치기준**

**(1) 헬리포트 설치구조**

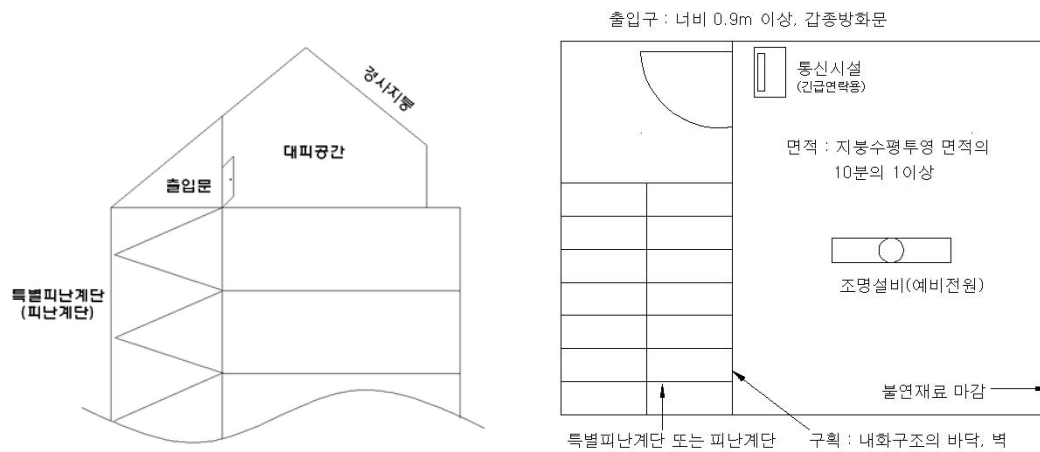
- ① 헬리포트의 길이와 너비는 각각 22m이상으로 할 것. 다만, 건축물의 옥상바닥의 길이와 너비가 각각 22m이하인 경우에는 헬리포트의 길이와 너비를 각각 15m까지 감축할 수 있다.
- ② 헬리포트의 중심으로부터 반경 12m 이내에는 헬리콥터의 이·착륙에 장애가 되는 건축물, 공작물, 조경시설 또는 난간 등을 설치하지 아니할 것.
- ③ 헬리포트의 주위한계선은 백색으로 하되, 그 선의 너비는 38cm로 할 것.
- ④ 헬리포트의 중앙부분에는 지름 8m의 "H"표지를 백색으로 하되, "H"표지의 선의 너비는 38cm로, "O"표지의 선의 너비는 60cm로 할 것.



**(2) 인명구조공간**

- ① 옥상에 헬리콥터를 통하여 인명 등을 구조할 수 있는 공간을 설치하는 경우에는 직경 10m 이상의 구조공간을 확보하여야 하며,
- ② 구조공간에는 구조활동에 장애가 되는 건축물, 공작물 또는 난간 등을 설치해서는 안 된다.
- ③ 구조공간의 표시기준 등은 헬리포트 설치구조를 준용한다.

## 2. 경사지붕 대피공간



[경사지붕 대피공간 구조]

구 분	설치기준
면 적	지붕 수평투영면적의 10분의 1 이상
연 결	특별피난계단 또는 피난계단
구 획	건축물의 다른 부분과 내화구조의 바닥 및 벽으로 구획
출 입 구	유효너비 : 0.9m 이상 재질 : 갑종방화문
내부마감	불연재료
조 명	예비전원으로 작동되는 조명설비를 설치
통신시설	관리사무소 등과 긴급 연락이 가능할 것

## 제 2교시 문제풀이

### 2-1. 비상방송설비의 단락보호기능 관련 문제점 및 성능개선 방안에 대하여 설명하시오

답)

출처: SBR 보충 자료/소방청 지침

#### 1. 개 요

비상방송설비는 화재발생시 초기 인명피해 방송을 위한 중요한 설비이므로 어떤 상황(단락 또는 단선)에서도 정상적으로 작동하여야 한다.

#### 2. 관련 규정 및 문제점

##### 1) 관련규정

비상방송의 화재안전기준(NFSC 202) 제5조 1호

화재로 인하여 하나의 층의 확성기 또는 배선이 단락 또는 단선되어도 다른 층의 화재통보에 지장이 없도록 할 것

##### 2) 문제점

비상방송설비 배선 단락 ⇒ 과도한 전류 발생 ⇒ 증폭기 (앰프) 손상 방지를 위해 차단기 동작 ⇒ 증폭기 음성출력 차단(방송 불능)

#### 3. 성능 개선 방안

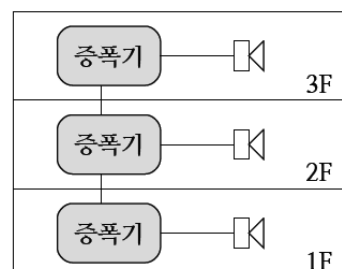
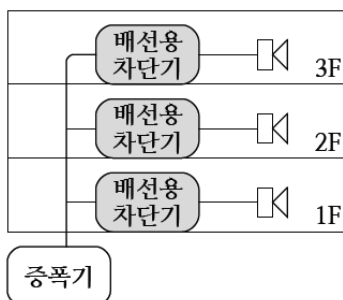
##### 1) 각 층 배선상에 배선용차단기(퓨즈) 설치

(1) 각층 중계기함, 스피커 단자대, 출력전압에 맞는 퓨즈 설치

(2) 시공비가 저렴하고 단순기술로도 개선 가능

(3) 단점

- ① 퓨즈 이상시 각층 중계기함 전수 확인 필요
- ② 단선 확인 LED가 없을 경우 퓨즈단선 여부 확인 곤란
- ③ 유지관리가 어려움



## 2) 각 층마다 증폭기(엠프) 또는 다채널 엠프 적용

- (1) 방재실에 설치
- (2) 별도의 배선용차단기 설치 불필요하여 상가/업무시설 등에 적합
- (3) 증폭기 추가 설치에 따른 경제적인 부담

## 3) 단락신호 검출장치 설치

각층 중계기함에 설치

동작(정상·방송·단선·단락) 표시등으로 상태를 확인할 수 있다.

## 4) Poly switch를 이용한 시스템 설치

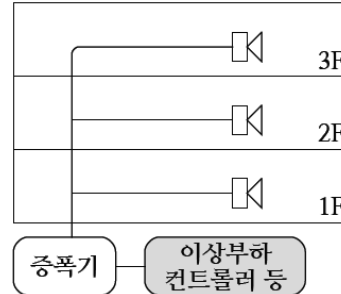
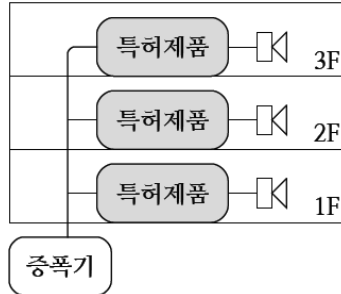
- (1) 각층 중계기함 또는 통신단자함에 설치
- (2) 4채널 ~ 32채널 단락·단선 시 감지 및 조치할 수 있다.
- (3) 동작(정상·방송·단선·단락) 표시등으로 상태를 확인할 수 있다.

## 5) RX 방식 리시버 설치

- (1) 관리실 또는 각 동 통신단자함에 설치
- (2) 관리실 운영 PC프로그램상 표시, 메인장비의 LED 창 표시 가능

## 6) 이상 부하 컨트롤러 설치

- (1) 관리실에서 실시간 작동상황 확인
- (2) 증폭기를 개별로 사용하는 것과 같은 효과



**2-2. 소화배관의 기밀시험 방법 중 국내 수압시험 기준과 NFPA 13의 수압시험 및 기압시험에 대하여 설명하시오.**

답)

출처: 소방기술사 요해 1권 P808, 에듀파이어 소방기계 P.78

## 1. 개 요

- 1) 배관작업이 완료되면 기밀성을 확인해야 한다.
- 2) 설비별 기밀시험 방법
  - (1) 습식 : 수압시험
  - (2) 건식 : 수압시험 및 공기압시험
  - (3) 가스계 : 공기압 시험

## 2. 수압시험 방법

### 1) 시험방법 및 주의사항

- (1)  $5kg_f/cm^2$  단위로 단계적 압력 상승
- (2) 시험 전 24시간 동안 천천히 물을 채워서 잔류 공기 제거한다.
- (3) 건식밸브 같은 차압식 밸브에는 밸브 손상방지를 위해서 클리퍼를 시트에서 떼어낼 것
- (4) 동절기 등 수압시험이 불가능한 경우 건식밸브의 공기시험으로 대체
- (5) 누수방지제를 첨가하지 말 것
- (6) 압력측정은 설비의 최저부에서 할 것

### 2) 일반 수계

- (1) 시험 기준
  - ① 사용압력 150 psi 이하 : 최소 200 psi ( $14kg_f/cm^2$ ) 이상
  - ② 사용압력 150 psi 이상 : 정격압력 + 50 psi ( $3.5kg_f/cm^2$ ) 이상
- (2) 판정 : 2시간 동안 압력강하가 없을 것

### 3) 미분무수

- (1) 저압 : 일반 수계와 동일
- (2) 중고압
  - ① 작동압력  $\times 1.5$ 에서 10분 동안 시험 후
  - ② 작동압력에서 110분 시험

### 4) 기타

- (1) 옥외 송수구 연결송수관의 인입배관에 있는 체크밸브 사이의 배관은 설비와 같은 방법으로 정수압 시험을 실시해야 한다.
- (2) 일제살수식의 경우 폐쇄 후 시험

## (3) 설비 변경

- ① 20개 이하의 헤드에 영향을 미치는 변경에는 설비 사용압력을 초과하는 시험이 필요하지 않다.
- ② 20개 이상의 헤드 : 200 psi 압력으로 2시간 동안 시험

**3. 건식, 준비작동식 스프링클러 설비에서 공기압 시험**

- 1) 정수압시험에 추가 실시 즉 수압 시험과 공기압시험을 모두 실시한다.
- 2) 0 °C 미만의 장소에서는 최저온도의 시간대에 실시
- 3) 40 psi : 압력으로 24시간동안 1.5 psi 이하의 압력강하이면 합격

**4. 가스계 소화설비에서의 공기압 시험**

- 1) 하론 1301 소화설비 기준  
150 psi 공기압 채워 10분간 시험하여 20 % 이상 누설되면 안 된다.
- 2) 청정 소화약제 소화설비 기준  
40 psi 공기압으로 10분간 시험하여 20 % 이상 누설되면 안 된다.

**5. 종합점검표의 수압시험**

- 1) 가압송수장치 및 부속장치(밸브류·배관·배관부속류·압력챔버)의 수압시험(접속 상태에서 실시한다. 이하 같다.) 결과
- 2) 입상배관 및 가지배관의 수압시험결과  
수압시험은  $14kg_f/cm^2$ 의 압력으로 2시간 이상 시험하고자 하는 장치의 가장 낮은 부분에서 가압하되, 배관과 배관·배관부속류·밸브류·각종장치 및 기구의 접속부분에서 누수현상이 없어야 한다. 이 경우 상용수압이  $10.5kg_f/cm^2$ 이상인 부분에 있어서의 압력은 그 상용수압에  $3.5kg_f/cm^2$ 을 더한 값으로 한다.

**6. LH 기준****1) 공통기준**

- (1) 소화약제와 동일 물질로 수압시험 사용
- (2) 배관 청소(물+공기압, 공기, 질소 등 가스)
- (3) 설비 zone 분리(수평, 수직)하여 피해 최소화
- (4) 전용 수압계 사용 : zone 최저부에서 작업하고 이상 징후 발견 시 강압시켜 수정 후 다시 한다.
- (5)  $5kg/cm^2$  이하씩 단계적으로 압력 상승
- (6) 배관내 물 천천히 상부에서 공급하고 공기 빼기 작업(관말단 에어벤트 내압고려)  
(공기 제거 매우 중요- 부식 및 온도상승에 따른 압력 상승 원인)
- (7) 누수 방지제 첨가하지 말 것
- (8) 동절기엔 공기압 시험으로 대체할 수 있다.

## 2) 고려사항

- (1) 앵글밸브, 유수검지장치, 펌프 등 패킹 손상방지 압력 고려
- (2) 준비작동식, 건식 밸브 등 다이아 후렘 손상방지 압력 고려
- (3) 수압시험 후 헤드 취부
- (4) 고압의 기기 부속에 영향이 없도록 할 것
- (5) 가스등 고압 수압시 인명안전을 위해 40psi 이하로 시험
- (6) 수압시험시 밸브 펌프 등에 영향이 없도록 할 것
- (7) 가스압시험(기압)하는 경우 50%까지 천천히 충전 후 이상여부 확인 후 내압시험압력의 10%씩 증압시키면서 이상 여부 감시하면서 내압시험 압력까지 증압

2-3. 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)에서 정하는 누설면적의 기준 누설량 계산방법과 KS규격 방화문 누설량 계산방법에 대하여 설명하시오.

(조 건)

– 제연구역의 실내쪽으로 열리는 경우(방화문 높이 2m, 폭 1m)

적용차압은 50pa

답)

출처‘ 소방기술사 요해 2권 P321

## 1. 개 요

출입문의 틈새면적은 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)에서 식에 따라 산출하는 수치를 기준으로 할 것. 다만, 방화문의 경우에는 「한국산업표준」에서 정하는 「문세트(KS F 3109)」 및 KSF 2846의 차연성 시험에 따른 기준을 고려하여 산출할 수 있다.

## 2. 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A) 누설면적 계산기준

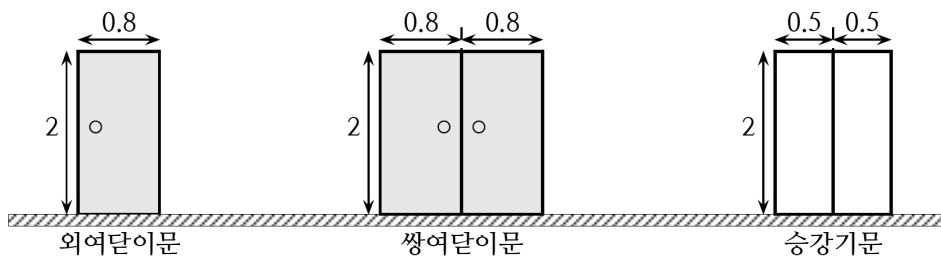
### 1) 출입문

$$A = \frac{L}{\ell} \times A_d$$

A : 출입문의 누설 틈새(㎡)

L : 출입문의 누설 틈새 길이

출입문의 형태		$A_d$	$\ell$
외여닫이문	제연구역의 실내쪽으로 열리는 경우	0.01 m <sup>2</sup>	5.6 m
	제연구역의 실외쪽으로 열리는 경우	0.02 m <sup>2</sup>	
쌍여닫이문		0.03 m <sup>2</sup>	9.2 m
승강기 출입문		0.06 m <sup>2</sup>	8.0 m



### 2) 창문

창문의 형태		A (m <sup>2</sup> )
여닫이식 창문	방수패킹이 없음	$2.55 \times 10^{-4} \times \text{틈새의 길이}$
	방수패킹이 있음	$3.61 \times 10^{-4} \times \text{틈새의 길이}$
미닫이식 창문		$1.00 \times 10^{-4} \times \text{틈새의 길이}$

### 3) 승강로의 누설면적

누설되는 공기가 승강기의 승강로를 경유하여 승강로의 외부로 유출하는 유출면적은 승강로 상부의 승강로와 기계실 사이의 개구부 면적을 합한 것을 기준으로 한다.

### 3. KSF 2846의 차연성 시험 (방화문 누설량)

#### 1) 시험 방법

- (1) 시험체 크기는  $2\text{ m} \times 2.5\text{ m}$  이상
- (2) 시험체 틀에 설치하고 시험 챔버에 결합한 후 10번 개폐하여 정상 작동유무 확인
- (3) 시험장치의 공기누설 측정은 문의 틈새를 폐쇄하고 100 Pa에서  $1\text{ m}^3/\text{h}$ 를 초과하지 않아야 한다.
- (4) 시험체 양면에 5-10-25-50-70-100 Pa의 압력차에서의 측정한 다음 다시 5 Pa의 차압과 100 Pa의 차압에서 공기 누설량을 2회 측정하여 평균값을 산출한다.

#### 2) 성능기준

차압이 25 pa일 때 공기 누설량이  $0.9\text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$  이하일 것

### 4. 누설량 계산

#### 1) 화재안전기준(NFSC 501A) 누설량

$$A = \frac{6}{5.6} \times 0.01 = 0.0107$$

$$Q = 0.827 \times 0.0107 \times \sqrt{50} = 0.0625 [\text{m}^3/\text{s}]$$

#### 2) KS규격 방화문 누설량 계산

- (1) 25pa 일 때 누설량

$$2 \times 1 \times 0.9 [\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}] = 1.8 [\text{m}^3/\text{min}] = 0.03 [\text{m}^3/\text{s}]$$

- (2) 50pa 일 때 누설량

$$\sqrt{25} : 0.03 = \sqrt{50} : Q$$

$$Q = \sqrt{\frac{50}{25}} \times 0.03 = 0.0424 [\text{m}^3/\text{s}]$$

### 5. 검 토

화재안전기준으로 누설량 계산 시 풍량이 과다 설계(50% 증가) 우려가 있다. 즉 과압 형성

## 2-4. 비상전원으로 축전지를 적용할 때 종류선정 방법 및 용량산출 순서에 대하여 설명하시오.

답)

출처‘ 소방기술사 2권 P483, 에듀파이어 소방전기 P.195

### 1. 축전지의 개요

- 1) 전해액의 화학적 에너지를 양극과 음극을 통하여 전기에너지로 변환하여 사용하고, 평상시는 그 반대의 현상으로 에너지를 충전하는 설비이다.
- 2) 정전 및 비상 시에 신뢰성이 우수한 비상전원이며, 수신기 /화재제어반, 비상조명 및 유도등 전원 등에 사용한다.
- 3) 축전지는 독립된 전력원으로 순수한 직류전원을 공급하고, 경제적이고 유지보수가 용이하다.

### 2. 축전지 종류

#### 1) 연(납) 축전지

자동차, 공업용, 비상발전기 기동, 엔진펌프 기동에 주로 사용.

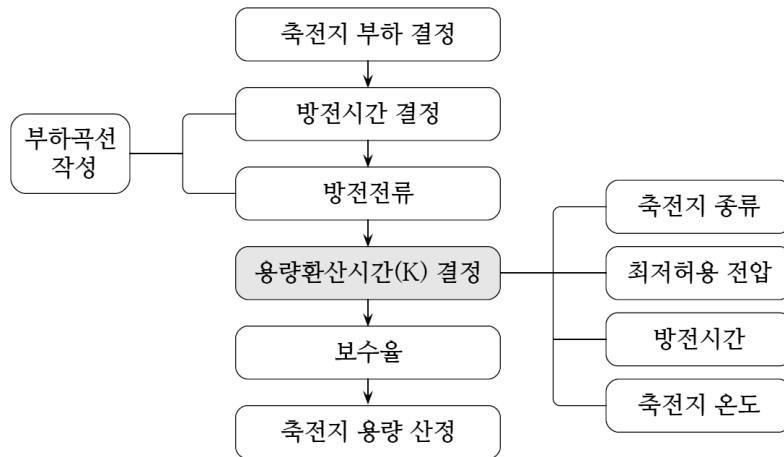
- (1) CS 형 : 완 방전형, 일반적인 경우에 사용한다.
- (2) HS 형 : 급 방전형 단시간 대전류 부하 사용 장소로 UPS, 엔진시동 등에 사용한다.

#### 2) 알칼리 축전지

- (1) 포켓식 (AL, AM, AMH, AH-P형) : 장시간 부하, 대전류 부하
- (2) 소결식 (AH-S, AHH형) : 단시간 부하, 대전류 부하

구 분	연 축전지	알칼리 축전지
공칭전압	2[V/cell]	1.2[V/cell]
기 전 력	2.05~2.08[V]	1.32[V]
공칭용량	10[Ah]	5[Ah]
자기방전	보통	작다
수 명	짧다(CS형 10~15년, HS형 5~7년)	길다(12~20년)
경 제 성	저렴하다	연축전기에 비해 고가이다.
방전특성	보통	과방전, 과전류에 대해 강하다.
특 징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 축전지의 필요 셀수가 적어도 된다.</li> <li>• 충방전 전압의 차이가 작다.</li> <li>• 부피가 크고 무겁다.</li> <li>• 충방전 시 폭발성가스(H<sub>2</sub>) 발생.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 극판의 기계적 강도가 강하다.</li> <li>• 저온특성이 좋다.</li> <li>• 부피가 작고 가볍다.</li> <li>• 충방전 시 폭발성가스(H<sub>2</sub>)발생 안함</li> </ul>

### 3. 축전기 용량산출 방법



#### 1) 부하종류 및 특성 결정

- (1) 정상부하(연속부하) : 배전반 및 감시 제어반의 표시등
- (2) 변동부하(단시간부하) : 소방설비용

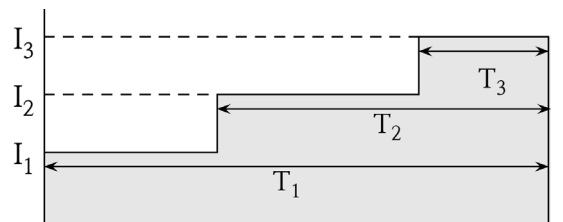
#### 2) 방전시간 결정

- (1) 수신기
  - ① 일반건축물 60분 감시 10분 경보, 고층건축물 60분 감시 30분 경보
  - ② NFPA에서는 24시간 감시 5분 경보
- (2) 비상방송  
(‘일반건축물’ 안 들어가도 되나??) 60분 감시 10분 경보, 고층건축물 60분 감시 30분 경보

#### 3) 부하용량과 방전전류 산정

방전시간별로 부하용량과 방전전류를 산정한다.

#### 4) 부하특성곡선 작성



[부하특성곡선]

- (1) 방전전류와 방전시간에 따라 부하특성곡선을 작성한다.
- (2) 방전전류가 시간과 함께 증가하는 경우와 시간과 함께 감소하는 경우로 산정한다.

#### 5) 최저온도 결정

- (1) 온도가 낮아지면 방전특성 낮아진다.(최저 5~10℃, 추운지방(-5℃))
- (2) 온도가 높아지면 방전특성 좋아진다.(35~45℃), 최고온도(45℃)

#### 6) 허용최저전압(방전중지전압)결정

- (1) 축전지의 허용최저전압 ( $V_e$ )은 각종 부하로부터 요구되는 허용최저전압 ( $V_b$ )에 축전지와 부하사이의 선로상에서 발생하는 전압강하 ( $V_c$ )를 더한 값이다.

$$\text{허용전압 강하 } V_e = V_b + V_c$$

(2) 예를 들어 부하의 허용최저전압 ( $V_b$ )이 85V이고 선로의 전압강하( $V_c$ )를 5V 라면 축전지 단자에서의 허용최저전압 ( $V_o$ )은 90V가 된다.

(3) 허용 최저전압 및 셀

허용 전압에 선정된 축전지의 셀수를 나누면, 이로부터 연속전지 (54 cell)당 허용최저전압은 1.7V로 계산되고, 이것은 또한 “방전종지전압”이라고도 한다.

(4) 방전종지전압

① 축전지를 일정한 전압 이하로 방전하면 극판의 열화 등이 발생되므로 방전을 정지시켜야 할 전압이다.

② 대부분 계산조건 또는 대상물 특성에 따라 지정되어 있다.

$$\text{방전종지전압} = \frac{\text{허용전압강하}}{\text{Cell 수}}, \quad V_o = \frac{V_e}{n} = \frac{V_b + V_c}{n}$$

(5) 축전지 셀(Cell)수 결정

$$\text{Cell 수} = \frac{\text{정격전압}}{\text{Cell의 공칭전압}}$$

공칭전압 : 연속전지 2[V/셀], 알칼리축전지 1.2[V/셀]

(6) 축전지 표준 셀수

소방부하 경우는 24V 사용 시에는 연속전지 (2.0V)를 사용한다고 하면 셀수는 12개이다.

## 7) 용량환산 시간 (K) 결정

(1) 방전시간, 축전지의 온도, 허용최저전압, 축전지의 종류에 따라 산정한다.

(2) 표 또는 방전특성 표준곡선에 의해서 구한다.

(3) 축전기 계산값 중 가장 큰 비중을 차지하며, 정확히 산정해야 한다.

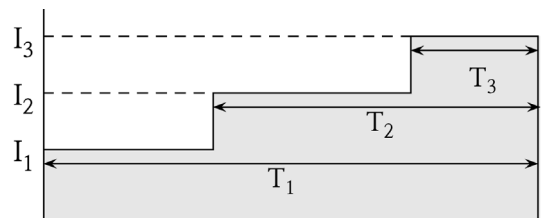
## 8) 보수율 (L)

(1) 축전지는 장기간 사용하거나 사용조건 등이 변경에 의한 용량의 변화를 보상하는 보정치

(2) 일반적으로 0.8을 사용한다.

## 9) 축전지 용량의 산출

(1) 방전전류가 증가하는 경우



[부하특성곡선]

$$C = \frac{1}{L} [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + \dots]$$

C : 25℃에 있어서의 정격 방전용 환산 용량 (Ah)

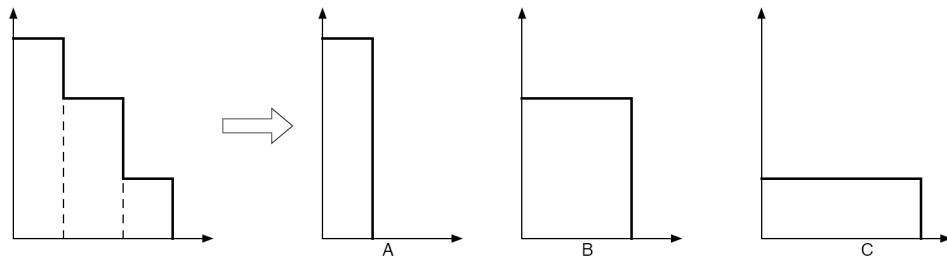
L : 축전지 보수율(보통 0.8)

K : 용량환산계수

I : 방전전류(A)

## (2) 방전전류가 감소하는 경우

분해하여 각각 용량을 산출하여 가장 큰 것을 용량으로 한다.



**2-5. 피난기구의 설치에 대하여 다음 사항을 설명하시오.**

- 1) 피난기구의 설치 수량 및 추가 설치기준
- 2) 승강식 피난기 및 하향식 피난구용 내림식사다리 설치기준

답)

출처‘ 소방기술사 요해 1권 P580, 에듀파이어 소방전기 P.152,154

**1. 설치수량**

- 1) 층마다 설치
- 2) 설치 수량 면적 기준

구 분	바닥면적
숙박·노유자 및 의료시설	500 m <sup>2</sup>
위락·문화집회 및 운동시설·판매시설	800 m <sup>2</sup>
계단실형 아파트	각 세대
그 밖의 용도	1000 m <sup>2</sup>

## 3) 추가 설치 수량

- (1) 숙박시설 : 3층 이상의 객실마다 완강기 또는 간이완강기 2개 이상
- (2) 아파트 : 하나의 관리주체가 관리하는 아파트구역마다 공기안전매트 1개 이상 추가 배치

**2. 설치위치**

- 1) 피난기구는 계단·피난구 기타 피난시설로부터 적당한 거리에 있는 안전한 구조로 된 피난 또는 소화활동상 유효한 개구부에 고정하여 설치하거나 필요한 때에 신속하고 유효하게 설치할 수 있는 상태에 둘 것
- 2) 유효한 개구부
  - (1) 가로 0.5 m 이상 세로 1 m 이상
  - (2) 개구부 하단이 바닥에서 1.2 m 이상이면 발판 등을 설치하여야 한다.
  - (3) 밀폐된 창문은 쉽게 파괴할 수 있는 파괴장치를 비치하여야 한다.
- 3) 피난기구를 설치하는 개구부는 서로 동일직선상이 아닌 위치에 있어야 한다.

**3. 승강식 피난기 및 하향식 피난구용 내림식사다리 설치기준**

- 1) 승강식피난기 및 하향식 피난구용 내림식사다리는 설치경로가 설치층에서 피난층까지 연계될 수 있는 구조로 설치할 것. 다만, 건축물의 구조 및 설치 여건 상 불가피한 경우에는 그러하지 아니 한다.
- 2) 대피실의 면적은 2m<sup>2</sup>(2세대 이상일 경우에는 3m<sup>2</sup>) 이상으로 하고, 「건축법 시행령」 제46조제 4항의 규정에 적합하여야 하며 하강구(개구부) 규격은 직경60cm 이상일 것. 단, 외기와 개방된 장소에는 그러하지 아니 한다.
- 3) 하강구 내측에는 기구의 연결 금속구 등이 없어야 하며 전개된 피난기구는 하강구 수평투영면 적 공간 내의 범위를 침범하지 않는 구조이어야 할 것. 단, 직경 60cm 크기의 범위를 벗어난 경우이거나, 직하층의 바닥 면으로부터 높이 50cm 이하의 범위는 제외한다.

- 4) 대피실의 출입문은 갑종방화문으로 설치하고, 피난방향에서 식별할 수 있는 위치에 “대피실” 표지판을 부착할 것. 단, 외기와 개방된 장소에는 그러하지 아니 한다.
- 5) 착지점과 하강구는 상호 수평거리 15cm이상의 간격을 둘 것
- 6) 대피실 내에는 비상조명등을 설치 할 것
- 7) 대피실에는 층의 위치표시와 피난기구 사용설명서 및 주의사항 표지판을 부착 할 것
- 8) 대피실 출입문이 개방되거나, 피난기구 작동 시 해당층 및 직하층 거실에 설치된 표시등 및 경보장치가 작동되고, 감시 제어반에서는 피난기구의 작동을 확인 할 수 있어야 할 것
- 9) 사용 시 기울거나 흔들리지 않도록 설치할 것
- 10) 승강식피난기는 한국소방산업기술원 또는 법 제42조제1항에 따라 성능시험기관으로 지정받은 기관에서 그 성능을 검증받은 것으로 설치할 것

## 2-6. 화학공장의 위험성평가 목적과 정성적 평가와 정량적 평가 방법에 대하여 설명하시오.

답)

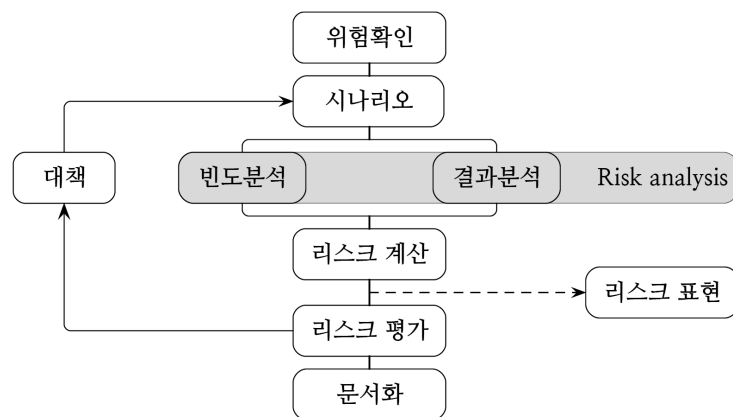
출처‘ 소방기술사 요해 2권 P695, 에듀파이어 위평 P.5,15

### 1. 개 요

공정 중에 존재하는 모든 위험을 적절한 방법에 의해 발견 (확인)하고, 그 위험이 얼마나 자주 발생 할 수 있는지, 위험이 발생하면 그 영향은 얼마나 큰가를 평가하여 대책을 수립하는 과정

### 2. 순 서

- 1) 리스크 평가 목적
- 2) 위험의 확인 (Hazard Identification)
- 3) 사고 시나리오 개발
- 4) 빈도 분석 (Frequency Analysis)
- 5) 사고 결과 분석 (Consequence Analysis)
- 6) 사고 영향 평가 (Effect Analysis)
- 7) 위험도 평가 (Risk Evaluation)
- 8) 리스크 감소 분석



[Risk Assessment]

### 3. 평가 방법 / 선정

- 1) 화학공장의 위험성 평가방법은 어떠한 위험요소가 존재하는지를 찾아내고 순서를 정하는 정성적 평가기법과 그러한 위험요소를 확률적으로 분석, 평가하는 정량적 평가기법으로 분류할 수 있다.
- 2) 선정
  - (1) 위험성 평가 기법은 각 기법별로 장·단점이 있다.
  - (2) 기법의 적절한 선정은 효율성과 분석비용에 많은 영향을 준다.
  - (3) 양질의 평가를 위해서 여러 가지 기법들을 조합하여 사용한다.
  - (4) 잘 알려진 위험요소를 포함하는 공정 검토는 Check-list 나 What-if 법 또는 ETA와 같이 경험을 바탕으로 한 기법을 사용한다.

- (5) 수많은 기계적 복잡성을 포함하거나 정교한 제어시스템을 포함하는 공정은 FMEA나 FTA가 적합하다.
  - (6) 공정의 상태가 복잡하거나 운전상의 조건이 복잡하다면 HAZOP이 적합하다.
- 3) 정량적 / 정성적
- (1) 정성적 :  $A > B$
  - (2) 정량적 :  $A = B + 20$

#### 4. 정성적 평가와 정량적 평가의 특징

##### 1) 정성적 평가(Qualitative)

- (1) 비교적 쉽고 빠른 결과를 도출할 수 있다.
- (2) 비전문가도 약간의 훈련을 거치면 접근이 용이하다.
- (3) 시간과 경비를 절약할 수 있다.
- (4) 평가자의 기술수준, 지식 및 경험의 정도에 따라 주관적인 평가가 되기 쉽다.
- (5) 방법 : Check-list, HAZOP

##### 2) 정량적 평가(Quantitative)

- (1) 객관적이고 정량화된 결과를 도출할 수 있다.
- (2) 전문지식과 많은 자료가 필요하며, 전문가의 도움이 필요하다.
- (3) 시간과 경비가 과다하게 소요된다.
- (4) 통계 데이터의 확보 및 신뢰성에 문제가 있을 수 있다.
- (5) 방법 : ETA, FTA



## 제 3교시 문제풀이

### 3-1. 방염에 대하여 아래 내용을 설명하시오.

1) 방염대상 2) 실내장식물 3) 방염성능기준

답)

출처' 에듀파이어 연소 P.81

#### 1. 개요

- 1) 방염은 가연성 물질에 방염 가공하여 난연화 하는 것을 말한다. 하지만 지속적 노출시 발화로 이어지는 문제점을 가진다.  
(건축법 : 불연재료, 준불연재료 규정, 소방법 : 방염규정)
- 2) 가연성물질과 섞이거나 사용되었을 때, DUST를 억제하는 성질을 가진 것(NFPA 정의)
- 3) 접염할 때 연기발생량이 많고 지속적 노출에 발화되는 문제가 있어, 친환경 방염재 및 불연재 사용이 필요하다.

#### 2. 방염 관련 사항

##### 1) 방염 대상

- (1) 근린생활시설 중 의원, 체력단련장, 공연장 및 종교집회장
- (2) 건축물의 옥내에 있는 시설로서 다음 시설
  - ① 문화 및 집회시설 ② 종교시설 ③ 운동시설(수영장은 제외)
- (3) 의료시설
- (4) 교육연구시설 중 합숙소
- (5) 노유자시설
- (6) 숙박이 가능한 수련시설
- (7) 숙박시설
- (8) 방송통신시설 중 방송국 및 촬영소
- (9) 다중이용업소
- (10) (1)부터 (9)까지의 시설에 해당하지 않는 것으로서 층수가 11층 이상인 것(아파트는 제외)

##### 2) 다중이용업의 실내장식물

- (1) 실내장식물 : 건축물 내부의 천장 또는 벽에 설치하는 것으로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
- (2) 대통령령으로 정하는 것 : 건축물 내부의 천장이나 벽에 붙이는(설치하는) 것으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
  - ① 종이류(두께 2mm 이상), 합성수지류 또는 섬유류를 주원료로 한 물품
  - ② 합판 또는 목재
  - ③ 공간을 구획용 간이칸막이(접이식 등 이동 벽체, 천장 또는 반자까지 구획되지 않은 벽체)
  - ④ 흡음 및 방음을 위하여 설치하는 흡음제 또는 방음제(흡음용, 방음용 커튼 포함)

## (3) 제외

- ① 가구류(옷장·찬장·식탁 및 식탁용의자, 사무용 책상·사무용의자 및 계산대 그 밖에 이와 비슷한 것)
- ② 너비 10cm 이하인 반자돌림대 등과 내부마감재료

## (4) 다중이용업의 실내장식물

- ① 다중이용업소에 설치하거나 교체하는 실내장식물(반자돌림대 등의 너비가 10cm 이하인 것은 제외)은 불연재료(不燃材料) 또는 준불연재료 설치의무
- ② 제1항에도 불구하고 합판 또는 목재로 실내장식물을 설치하는 경우로서 그 면적이 영업장 천장과 벽을 합한 면적의 10분의 3(스프링클러설비 또는 간이스프링클러설비가 설치된 경우에는 10분의 5) 이하인 부분은 방염성능기준 이상의 것 설치가능
- ③ 소방본부장이나 소방서장은 다중이용업소의 실내장식물이 제1항 및 제2항에 따른 실내장식물의 기준에 맞지 아니하는 경우에는 그 다중이용업주에게 해당 부분의 실내장식물을 교체하거나 제거하게 하는 등 필요한 조치를 명하거나 허가관청에 관계 법령에 따른 영업정지 처분 또는 허가 등의 취소를 요청가능

## 3) 방염성능기준 “신염적길수도”

시험체(290\*190mm<sup>2</sup>) 반침틀에 고정 → 버너불꽃길이 65mm → 불꽃 선단이 시험체 중앙하단에 접하도록 → 가열은 각 시험체에 2분간 실시

- (1) 잔염시간 : 20초 이내 → 불꽃 제거한 때부터 불꽃이 그칠 때까지 시간

(버너의 불꽃을 제거한 때부터 불꽃을 올리며 연소하는 상태가 그칠 때까지 시간)

- (2) 잔신시간 : 30초 이내 → 불꽃이 그친 후 연기가 완전히 사라질 때까지 시간

(버너의 불꽃을 제거한 때부터 불꽃을 올리지 아니하고 연소하는 상태가 그칠 때까지 시간)

- (3) 탄화면적 50cm<sup>2</sup> 이내, 탄화길이 20cm 이내 → 탄화면적은 CAD로 면적산출, 탄화길이는 긴 직선길이

- (4) 접염횟수 : 3회 이상 (불꽃에 의하여 완전히 녹을 때까지 불꽃의 접촉 회수)

- (5) 발연량 : 최대연기밀도 400이하

## 4) 방염대상물품의 종류에 따른 구체적인 방염성능기준(소방청 고시)

물품	잔신시간 (초 이내)	잔염시간 (초 이내)	탄화면적 (cm <sup>2</sup> 이내)	탄화길이 (cm 이내)	접염회수 (회 이상)	최대연기밀도
카펫	—	20	—	10	—	400 이하
얇은 포	5	3	30	20	3	200 이하
두꺼운 포	20	5	40	20	3	200 이하
합성수지판	20	5	40	20	—	400 이하
합판 등	30	10	50	20	—	400 이하
소파·의자	120	120		최대 7cm, 평균 5cm		

- (1) 내세탁성을 측정하는 물품은 세탁전과 세탁 후 상기기준에 적합

(2) 소파•의자

- ① 담배법에 의한 시험은 1시간 이내에 발화 및 연기가 발생하지 않아야 할 것
- ② 버너법에 의한 시험은 잔염시간 및 잔신시간이 각각 120초 이내이어야 하며 내부에서 발화 및 연기가 발생하지 않아야 할 것
- ③ 45도 에어믹스버너 철망법에 의한 시험은 탄화길이가 최대 7.0 cm이내, 평균 5.0cm 이 내일 것

### 3. 결론

- 1) 위험도가 높은 대상물에 내부 마감부위에는 방염성능의 재질을 사용하고 있으나, 지속적 화염 노출에는 탄화 및 발화가 발생되어 화재와 유사한 피해를 야기한다.
- 2) 화재 등 비상시 인명피해의 우려가 높은 대상의 내장재질은 불연재의 사용을 적극 검토되어야 할 것으로 사료된다.

**3-2. 수계시스템에서 배관경 산정방법인 규약배관방식(pipe schedule method)과 수리계산방식(hydraulic calculation method)을 비교 설명하시오.**

답)

출처: 에듀파이어 소방기계 P.187

### 1. 개요

- 1) 최근 건축물의 고층화, 심층화, 고밀도 및 대형화로 인해 화재 발생시 많은 인명피해 등이 우려된다.
- 2) 이에 피난안전성을 위한 성능위주소방설계의 적용, 소화시스템 신뢰도 향상을 위한 수리계산 등을 적용되고 있다.
- 3) 규약배관과 수리계산의 차이점과 특징에 관하여 알아보도록 한다.

### 2. 규약배관 방식(Pipe scheduling method)

#### 1) 특징

- (1) 헤드의 개수에 따라 경험상 미리 규정된 배관경을 적용하는 방식
- (2) 5,000[ft<sup>2</sup>]이하 이 방식을 사용하도록 권장(NFPA)
- (3) 여유율이 커서 건물에 따라 과대설비로 인해 비경제적

#### 2) 설계순서

- (1) 1단계 : 설계건물 용도를 정함
- (2) 2단계 : 건물용도별 기준개수를 정함. 10/20/30개 중 하나가 확일적으로 선정
- (3) 3단계 : 필요 수원량을 정함. 16/32/48m<sup>3</sup> 중 선정  
→ 용도 오선정시 수원량 부족 우려
- (4) 4단계 : 펌프 유량(Q)을 계산. 800/1,600/2,400 l/min 중 하나를 확일적 선정
- (5) 5단계 : 펌프의 설계 전양정(H)을 계산  
(전양정 = 자연낙차압 + 관마찰손실압 + 말단헤드 법정방수압)
- (6) 6단계 : 펌프 동력(kW)을 계산
- (7) 7단계 : 건물용도별 SP헤드의 수평거리(r)에 맞춰 헤드를 배치
- (8) 8단계 : SP의 주배관, 교차배관, 가지배관의 구경을 정함[별표 1]

### 3. 수리 계산 방법(Hydraulic Calculation Method)

#### 1) 특징

- (1) Hazen-williams식으로 각 배관에 필요한 압력과 유량을 계산하고, 공학적 해석을 통하여 실제에 가깝게 시스템 설계(NFPA는 대부분 배관에 적용)
- (2) 배관 방식별
  - ① Tree 배관
    - 전압만을 고려하여 계산 : 일반적으로 많이 사용(국내 수리계산 적용)
    - 동압을 포함하여 계산 : 시행 착오법, 방정식 계산법
  - ② Loop 및 Grid 배관 : Hardy Cross법에 의한 계산

## 2) 적용대상

(1) NFPA 12 : 면적 5000 [ $ft^2$ ] 초과하는 대상, ※ 유속제한 없음

(2) NFSC

- ① 폐쇄형 + 100개 이상의 헤드를 담당하는 급수배관(밸브)의 구경을 100mm로 할 경우 : 규정한 배관의 유속(가시배관은 6m/s, 기타배관 10m/s 이내)에 적합
- ② 개방형으로 방수구역당 헤드수가 30개를 초과할 경우
- ④ 습식스프링클러, 부압식설비에 격자형 배관방식 : 펌프의 용량, 배관의 구경 등을 수리학적으로 계산한 결과 헤드의 방사압 및 방사량이 소화목적을 달성하는 데 충분하다고 인정되는 경우

## 4. 비교 “방명밀 형수유배 장단”

구분	Pipe Schedule Method(규약배관)	Hydraulic Calculation Method(수리계산)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>주수계획 : 표준화재 적용</li> <li>배관계획 : 개방헤드 개수결정 → 관경결정 → 설계 시공(정압만 고려)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주수계획 : 화재가혹도 산정</li> <li>배관계획 : 배관경, 유량, 압력을 H&amp;W식과 수리계산에 의해 결정 → 설계 시공</li> </ul>
방호대상물 화재위험도 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>용도별, 규모별 화재위험도 결정</li> <li>무대부, 특수가연물, 랙크식 창고 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>화재가혹도 산정</li> <li>→ 경급 중급 I, II, 상급 I, II</li> </ul>
S/P 설계 면적 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>기준개수가 설계면적</li> <li>10개, 20개, 30개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>면적-밀도 그래프에서 결정(공학적)</li> </ul>
S/P 살수 밀도결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>건물구조와 사용용도 따른 수평거리로 결정 (살수반경) → 살수밀도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>면적-밀도그래프에서 결정</li> <li>최소 소요유량 = 헤드동작면적 × 살수밀도</li> </ul>
설계면적 형태결정	헤드 방사압 및 유량이 일정을 가정 → 설계면적 형태와 무관	<ul style="list-style-type: none"> <li>헤드 방사압 및 유량이 일정하지 않음</li> <li>→ 설계면적 형태 결정</li> <li>가지관 방향 길이 <math>L = 1.2 \times \sqrt{\text{설계면적}}</math></li> </ul>
설계면적 내 헤드 수 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>용도별 수평거리 적용</li> <li>→ 가로, 세로 헤드수 결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>헤드 수 = <math>\frac{\text{설계면적}}{\text{헤드1개당 방호면적}}</math></li> <li>설계면적 : 수리적으로 소요수량을 가장 많이 필요로 하는 구역(헤드 작동면적)</li> </ul>
유량 압력계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>유량 : 80 lpm</li> <li>압력 : 0.1MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>말단 헤드 유량(80lpm)</li> <li>= 살수밀도 × 헤드 1개당 방호면적</li> <li>방수압 : 0.05MPa</li> </ul>
배관 마찰손실 계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ashrae Hand Book&lt;시산표&gt;</li> <li>하젠-윌리엄스 공식 활용</li> </ul>	하젠-윌리엄스 공식 활용
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>단순하고 용이한 설계</li> <li>모든 수치 규격화, 표준화</li> <li>여유율 ↑ → 마찰손실 ↓</li> <li>전문지식 필요없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공학적 계산, 유량압력이 정확</li> <li>신뢰성 증가</li> <li>정량적 계산으로 관경 축소, 경제적 실현</li> <li>건물 특성 반영하여 설계</li> </ul>

단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여유율 많아 비경제적</li> <li>• 화재가혹도 <math>\uparrow \rightarrow</math> 살수밀도 <math>\downarrow \rightarrow</math> 소화실패</li> <li>• <math>5,000ft^2(464m^2)</math>이하 소규모건물 적용</li> <li>• 시산표의 부정확성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전문지식 필요</li> <li>• 계산이 복잡(컴퓨터 이용)</li> </ul>
----	--	---

## 5. 결론

- 1) 규약배관 방식과 수리계산 방식의 차이점을 알아본바 건축물이 일정규모 이상일 경우 적용하는 NFPA의 규정과는 달리 국내에서는 소화배관의 절약으로 인식되는 경우가 많다.
- 2) 경제성과 소화 신뢰성을 함께 적용할 수 있는 방안의 연구 및 검토가 필요하다.
- 3) 또한 국산화된 수리계산 프로그램의 많은 홍보 및 적용을 통해 누구든 쉽게 접근하고 활용할 수 있도록 적용이 필요하겠다.

**3-3. 무창층의 기준해석에 대한 업무처리 지침 관련 아래 사항을 설명하시오.**

- 1) 개구부 크기의 인정 기준
- 2) 도로 폭의 기준
- 3) 쉽게 파괴할 수 있는 유리의 종류

답)

출처‘ 에듀파이어 건축방화 P.9

**1. 개요**

- 1) 무창층의 화재시 외부 구조 및 피난의 난이성, 소화활동 지연 등의 문제로 인해 많은 인명피해가 야기된다.
- 2) 상기와 같은 중대한 문제로 소방시설의 적용에 있어 일반 사항보다 강화된 설비를 적용하고 있다.
- 3) 하지만 일선 현장에서는 기준 적용에 있어 해석상 논란이 되는 부분이 있어 다음과 같은 업무처리지침을 적용하여 이러한 문제를 최소화하고 있다.

**2. 무창층(無窓層)**

- 1) 조건 : 지상층 중 다음 요건을 갖춘 개구부의 면적의 합계가 당해 층의 바닥면적의 1/30 이하가 되는 층
  - (1) 개구부의 크기가 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있을 것
  - (2) 해당 층의 바닥면으로부터 개구부 밑부분까지의 높이가 1.2m 이내일 것
  - (3) 개구부는 도로 또는 차량이 진입할 수 있는 빈터를 향할 것
  - (4) 화재시 건축물로부터 쉽게 피난할 수 있도록 개구부에 창살 그 밖의 장애물이 설치되지 아니할 것
  - (5) 내부 또는 외부에서 쉽게 파괴 또는 개방할 수 있을 것
- 2) 무창층 관련 소방시설
  - (1) 옥내소화전설비(무창층 바닥면적 600㎡이상이 있는 것은 전층)
  - (2) 스프링클러설비·제연설비(무창층 바닥면적 1,000㎡ 이상)
  - (3) 비상조명등(무창층 바닥면적 450㎡ 이상)
  - (4) 다중이용업소 간이스프링클러설비(무창층인 경우 면적에 상관없이)

**3. 무창층의 기준해석에 대한 업무처리 지침****1) 개구부의 크기 기준**

- (1) 쉽게 파괴가 불가능한 개구부의 경우에는 문이 열리는 부분(공간)이 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있는 경우에만 개구부로 인정
- (2) 쉽게 파괴가 가능한 개구부인 경우에는 유리를 일부 파괴하고 내·외부로부터 개방할 수 있는 부분이 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있는 경우에만 개구부로 인정
 

※ 지름산정 시 창틀은 포함하지 않으며 파괴가 가능한 유리부분의 지름만을 인정
- (3) 일반유리창의 경우 바닥으로부터 1.2m 이내에 파괴가 가능하거나 문이 열리는 부분(공간)이 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있는 경우에만 개구부로 인정

- (4) 프로젝트창의 경우 하부창이 바닥으로부터 1.2m 이내에 파괴가 가능하거나 문이 열리는 부분(공간)이 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있는 경우로서 상부창이 “④ 쉽게 파괴할 수 있는 유리의 종류”에 해당하고 지름 50cm 이상의 원이 내접할 수 있는 경우에는 상·하 창 모두를 인정

## 2) 도로 폭에 대한 기준

- (1) 건축법 도로 준용 : 일반도로 4m, 막다른 도로 2m
- ① “도로”란 보행과 자동차 통행이 가능한 너비 4m 이상의 도로(지형적으로 자동차 통행이 불가능한 경우와 막다른 도로의 경우에는 대통령령으로 정하는 구조와 너비의 도로)로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 도로나 그 예정도로
- ㉠ 국토법, 도로법 등 법령에 따라 신설 또는 변경에 관한 고시가 된 도로
- ㉡ 건축허가 또는 신고 시에 시·도지사·구청장 등이 위치를 지정하여 공고한 도로
- (2) 대지와 도로의 관계
- ① 건축물의 대지는 2m 이상이 도로(자동차만의 통행에 사용되는 도로는 제외)에 접하여야 한다. 다만, 다음 각 호는 예외
- ㉠ 해당 건축물의 출입에 지장이 없다고 인정되는 경우
- ㉡ 건축물의 주변에 대통령령으로 정하는 공지가 있는 경우

## 3) 쉽게 파괴할 수 있는 유리의 종류

- (1) 일반유리 : 두께 6mm 이하
- (2) 강화유리 : 두께 5mm 이하
- (3) 복층유리 :
- ① 일반유리 두께 6mm 이하 + 공기층 + 일반유리 두께 6mm 이하
- ② 강화유리 두께 5mm 이하 + 공기층 + 강화유리 두께 5mm 이하
- (4) 기타 소방서장이 쉽게 파괴할 수 있다고 판단되는 것

## 4. 결론

- 1) 무창층의 화재시 외부 구조 및 피난의 난이성, 소화활동 지연 등의 문제로 인해 많은 인명피해가 야기되어 보다 강화된 소방시설을 적용하고 있다.
- 2) 무창층 적용에 있어 여러 논란이 되는 사항을 상기와 같은 기준해석으로 적용이 용이하도록 하고 있다.

### 3-4. 스프링클러의 작동시간 예측에 있어 감열체의 대류와 전도에 대하여 열평형식을 이용하여 설명하시오.

답)

출처‘ 에듀파이어 소방기계 P.153, 여용주 화세제어성능

#### 1. 개요

- 1) 화재 발생 후 화재플럼이 발생되고, 곧 천정제트흐름이 생길 때, 이를 헤드가 감지 및 방사하여 화재를 제어 또는 진압하는 시스템을 스프링클러 소화설비라고 한다.
- 2) 화재 감지특성에 관하여 스프링클러 작동시간 예측에 있어 기류 온도, C(전도열전달계수), RTI(반응시간지수) 등이 매우 중요하다.
- 3) 감열체의 반응에 있어 대류와 전도에 관한 열평형식으로 알아보도록 한다.

#### 2. 스프링클러의 작동시간 예측

- 1) 스프링클러의 작동시간은 화재에 대해 감열체의 민감도에 의존된다. 작동시점을 빨리할수록 화세의 제어를 적은 방수량으로 그 목적을 달성할 수 있기 때문에 설계시 중요한 지표가 된다.
- 2) 화재시 대류에 의하여 감열체에 열이 전달되고 전달된 열은 감열체에 전도로 열전달이 될 것이다. 가정에서 복사 열전달은 고려하지 않을 경우 열평형식은 다음과 같이 표시할 수 있다.
- 3) 열평형식

$$mc \frac{dT_e}{dt} = hA(T_g - T_e) \quad \text{----- (식 1)}$$

여기서,

$m$  = 감열체의 질량[kg],  $c$  = 감열체의 비열 [kJ/kg.°C]

$t$  = 시간[sec],  $h$  = 대류열전달 계수 [W/m²°C]

$A$  = 감열체의 표면적[m²],

$T_g$  = 기류(천정제트흐름)의 온도[K],  $T_e$  = 감열체의 초기온도[K]

- 4) 위 식을 다시표현하면

$$\frac{dT_e}{dt} = \frac{hA}{mc} (T_g - T_e) \quad \text{----- (식 2)}$$

여기서,  $1/(mc/hA)$  즉,  $mc/hA$  는 시간상수  $\tau$ 로 나타낼 수 있으며, 대류열전달계수  $h$ 의 함수

- 5)  $h$ 는 기체에 대해서는 기류속도(천정제트류)  $\sqrt{u}$ 에 비례하므로  $\tau \times \sqrt{u}$ 는 일정한 상수가 된다. 이 상수값을 RTI라고 정의
- 6) 이것을 다시 식2에 적용하여 표현하면,

$$\frac{dT_e}{dt} = \frac{\sqrt{u}}{RTI} (T_g - T_e) \quad \text{----- (식 3)}$$

- 7) 위의 식 3에서, 좌변이 나타내는 감열체의 온도 상승률을 크게 할 경우 빨리 감열체의 용융온도에 도달될 수 있다. 즉 감열시간이 빠르다는 의미이며, 우변에서 기류속도가 빠를수록, RTI가 작을수록, 감열체와 기류온도차이가 클수록 유리하다는 것을 알 수 있다.

- 8) 동일한 화재조건에서는 스프링클러의 RTI의 값에 따라 감열시간의 지연 정도가 달라지는 것을 알 수 있다.

조건	열손실이 없는 경우	열손실이 있는 경우
기본식	감열체의 열평형식 $mC_p \left( \frac{dT_e}{dt} \right) = hA(T_g - T_e) \rightarrow \frac{d\Delta T_e}{dt} = \frac{\sqrt{u}}{RTI} (\Delta T_g - \Delta T_e)$	
RTI	$RTI = \frac{-t_r \sqrt{u}}{\ln \left[ 1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} \right]}$	$RTI = \frac{-t_r \sqrt{u}}{\ln \left[ 1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} \left( 1 + \frac{C}{\sqrt{u}} \right) \right]}$
작동 시간	$t_r = -\frac{RTI}{\sqrt{u}} \ln \left[ 1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} \right]$	$t_r = -\frac{RTI}{\sqrt{u}} \ln \left[ 1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} \left( 1 + \frac{C}{\sqrt{u}} \right) \right]$
비고	국내 감도시험 기준	

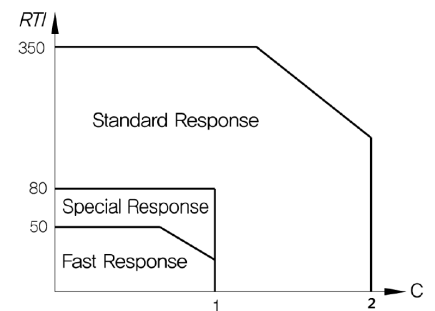
여기서,  $T_g$  : 기류온도,  $T_a$  : 주위 온도,  $T_d$ ,  $T$  : 감열부 온도,  $t_r$  : 작동시간

$\Delta T_{ea}$  : 초기온도와 작동온도 차이,  $\Delta T_g$  : 초기온도와 기류온도 차이

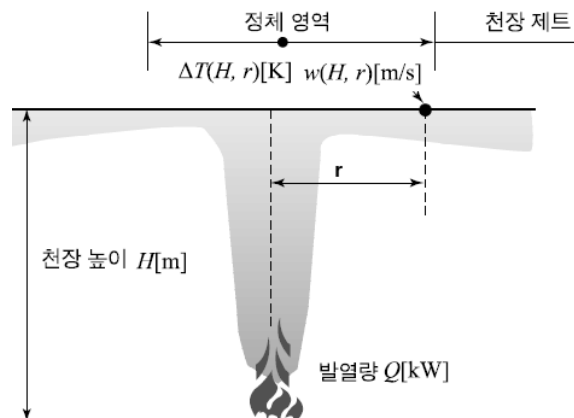
### 3. 스프링클러의 작동의 기본요소

#### 1) RTI와 C 값에 따른 헤드 분류(ISO)

헤드의 구분(Type)	RTI( $\sqrt{m \cdot s}$ )	C ( $\sqrt{m/sec}$ )	비고
Fast Response (조기반응형)	50 이하	1 이하	주거용, 속동형, ESFR
Special Response (특수형)	50 ~ 80 이하	2 이하	
Standard Response (표준형)	80 ~ 350 이하	2 이하	



- 2) 아래그림에서 화원의 중심축으로부터 거리 r만큼 떨어진 곳의 스프링클러헤드의 작동시간은 그 지점에서의 천정제트류(Ceiling Jet Flow)의 온도와 속도를 알면 구할 수 있다.



3) 온도와 속도는 다음의 식에서 구할 수 있다.(Alpert 식)

	정체영역	천장제트영역
상승 온도	$T_{jet} = T_{INF} + 16.9 \left( \frac{Q}{H} \right)^{\frac{2}{5}} \left( \frac{r}{H} \right)^{\frac{5}{3}}, \quad \left( \frac{r}{H} \leq 0.18 \right)$	$T_{jet} = T_{INF} + 5.38 \left( \frac{Q}{H} \right)^{\frac{2}{5}} \left( \frac{r}{H} \right)^{-\frac{2}{3}}, \quad \left( 0.18 < \frac{r}{H} \right)$
유속	$W_{jet} = 0.96 \left( \frac{Q}{H} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad \left( \frac{r}{H} \leq 0.15 \right)$	$W_{jet} = 0.195 \left( \frac{Q}{H} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{r}{H} \right)^{-\frac{5}{6}}, \quad \left( 0.15 < \frac{r}{H} \right)$

### 3. 결론

- 1) 스프링클러의 작동시간 예측에 있어 감열체의 대류와 전도에 대하여 열평형식을 이용하여 알아보았다.
- 2) 화재 발생시 조기작동 메커니즘이 중요한바 상기의 요소(C, RTI, 온도 등)를 복합고려하여 적응성 높은 곳에 설치토록 연구가 필요하다.

**3-5. 소방시설의 내진설계 기준에서 정한 면진, 수평력, 세장비에 대하여 설명하고, 단면적이  $9\text{cm}^2$ 로 동일한 정삼각형, 정사각형, 원형의 버팀대가 있을 경우 세장비가 300일 때 최소 회전반경( $r$ )과 버팀대의 길이를 계산하시오.**

답)

출처' 에듀파이어 소방기계 P.137, 응용역학 자료

## 1. 개 요

- 1) 내진설계란 면진, 제진을 포함한 지진으로부터 소방시설의 피해를 줄일 수 있는 구조를 의미하는 포괄적인 개념을 적용한 설계를 말한다.
- 2) 내진설계의 목적은 지진력에 의해 건축물 붕괴전까지 비구조물(소방시설 등)의 기능이 유지되어 본연의 목적을 유지함에 있다.
- 3) 내진설계 기준의 용어에 대하여 알아보고, 좌굴현상을 방지하기 위한 버팀대의 길이에 관하여 계산해보도록 하자.

## 2. 용어의 정의(기준)

- 1) 면진 : 건축물과 소방시설을 분리시켜 지반진동으로 인한 지진력이 직접 구조물로 전달되는 양을 감소시킴으로써 내진성을 확보하는 수동적인 지진 제어 기술
- 2) 수평력 : 지진시 버팀대에 전달되는 배관에 작용하는 동적지하중을 같은 크기의 정적하중으로 환산한 값
- 3) 세장비( $L/r$ ) : 버팀대의 길이( $L$ )와, 최소회전반경( $r$ )의 비율을 말하며, 세장비가 커질수록 좌굴(buckling)현상이 발생하여 지진발생시 파괴되거나 손상을 입기 쉽다.
- 4) 내진 : 면진, 제진을 포함한 지진으로부터 소방시설의 피해를 줄일 수 있는 구조를 의미하는 포괄적인 개념
- 5) 제진 : 별도의 장치를 이용하여 지진력에 상응하는 힘을 구조물 내에서 발생시키거나 지진력을 흡수하여 구조물이 부담해야 하는 지진력을 감소시키는 능동적 지진 제어 기술
- 6) 슬로싱(Sloshing) 현상 : 지진발생으로 인하여 수조의 수면이 출렁거리는 현상

## 3. 버팀대의 길이 계산

### 1) 각 요소

$$(1) \text{세장비} = \frac{L(\text{버팀대 길이})[cm]}{r(\text{최소회전반경})[cm]} \leq 300$$

(2) 최소회전반경( $r$ , Least Radius of Gyration) = 단면 2차 반지름

→ 좌굴에 대한 저항값을 나타내며 클수록 좌굴하지 않는다.

① 회전하는 물체의 모멘트와 그 물체의 전 질량이 어떤 점에 모였다고 가정하고 관성 모멘트가 일정할 때, 회전 축심과 그 점과의 거리

② 최소회전반경 영향 인자

물체 단면적의 형상(원, 타원, 직사각형, 정사각형 등), 물체 단면적의 크기 등

$$\textcircled{3} \text{ 관련식 } r(\text{최소회전반경}) = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

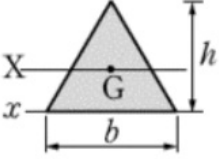
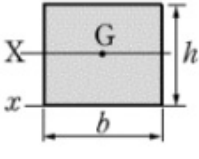
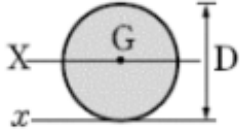
여기서,  $I_x$ (단면2차 모멘트) : 단면과 어느 축  $x$ 가 주어졌을 때 축으로부터 도심점까지의 거리에 제곱을 곱한 값,  $A$  : 단면의 단면적

## 2) 조건

(1) 단면적 9[cm<sup>2</sup>]로 동일

(2) 계산의 편의를 위해 소숫점 둘째자리까지 표시(셋째자리에서 반올림)

## 3) 기본 공식

형태	정삼각형	정사각형	원형
단면적[cm <sup>2</sup> ] (조건)	9 cm <sup>2</sup>	9 cm <sup>2</sup>	9 cm <sup>2</sup>
도형			
	여기서, b : 한변길이, h : 높이	여기서, b : 폭, h : 높이	여기서, D : 직경
도심에 대한 단면2차 모멘트, $I_x$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$
면적 A	$A = \frac{1}{2}bh = \frac{\sqrt{3}}{4} \times b^2$ 여기서, b : 한변길이(cm) h : 높이(cm)	$A = b \times h$ 여기서, 가로(cm) 세로(cm)	$A = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4}$ 여기서, r : 반지름(cm) D : 지름(cm)

## 4) 풀이

형태	정삼각형	정사각형	원형
공식 (넓이 등)	1) 면적 $9 = \frac{\sqrt{3}}{4} \times b^2$ • b : 4.56 cm 2) 높이(h) = $\frac{\sqrt{3}}{2} \times b$ • h = 3.95 cm	1) 면적 9 = 가로 × 세로 • 가로(단면 폭) b : 3 cm • 세로(단면높이) h : 3 cm	1) 면적 $9 = \frac{\pi D^4}{4}$ $D = \sqrt[4]{\frac{36}{\pi}} \approx 3.39 \text{ cm}$ • 직경 D : 3.39 cm
$I_x$ (단면2차 모멘트)	$\frac{bh^3}{36} = \frac{4.56 \times 3.95^3}{36} \approx 7.81$	$\frac{bh^3}{12} = \frac{3 \times 3^3}{12} = 6.75$	$\frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 \times 3.39^4}{64} \approx 6.48$
r (최소회전반 경)	$\sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{7.81}{9}} \approx 0.93$	$\sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{6.75}{9}} \approx 0.87$	$\sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{6.48}{9}} \approx 0.85$
버팀대길이	$L = 300 \times 0.93 = 279$	$L = 300 \times 0.87 = 261$	$L = 300 \times 0.85 = 255$

### 3. 결론

- 1) 동일한 면적( $9\text{ cm}^2$ )로 할 경우 정삼각형, 정사각형, 원형 중 정삼각형 버팀대의 길이를 가장 길게 할 수 있다.

→ 정삼각형(279) > 정사각형(261) > 원형(255)

- 2) 주의사항

- (1) 흔들림방지 버팀대 지지대의 최대길이 산정은 NFPA13에 의거 세장비에 따라 지지대 사용종류와 정격 수평지진하중에 따라 최대길이가 정해진다.
- (2) 국내는 이에 대한 개념이 없기 때문에 최대길이를 임의로 하고 있다. 더욱 중요한 것은 최대 수평하중에 개념도 없기 때문에 지지대 길이에 연구 및 적용이 필요하다.

### 3-6. 옥외에 설치된 유입변압기 화재방호를 위해 설계된 물분무소화설비의 배수설비 용량( $m^3$ )을 NFPA 15에 따라 아래 조건을 이용하여 계산하시오.

- (조건) - 단일저장용기에 저장된 절연유 최대 용량 :  $50m^3$ , 절연유 비중 : 0.83
- 변압기 윗면 표면적 :  $35m^2$ , 변압기 외형 둘레 길이 : 32m, 변압기 높이 : 4.5m
  - Conservator Tank 지름 및 길이 : 1.2m, 5.2m
  - 소화수 방출시간 : 30분
  - 변압기 설치 지역의 비흡수 지반 면적 :  $16.5m^2$
- (단, 배수설비 용량 산정 시 빗물 및 공정액체 또는 냉각수가 배수설비로 보내지는 정상적인 방출유량을 제외한다.)

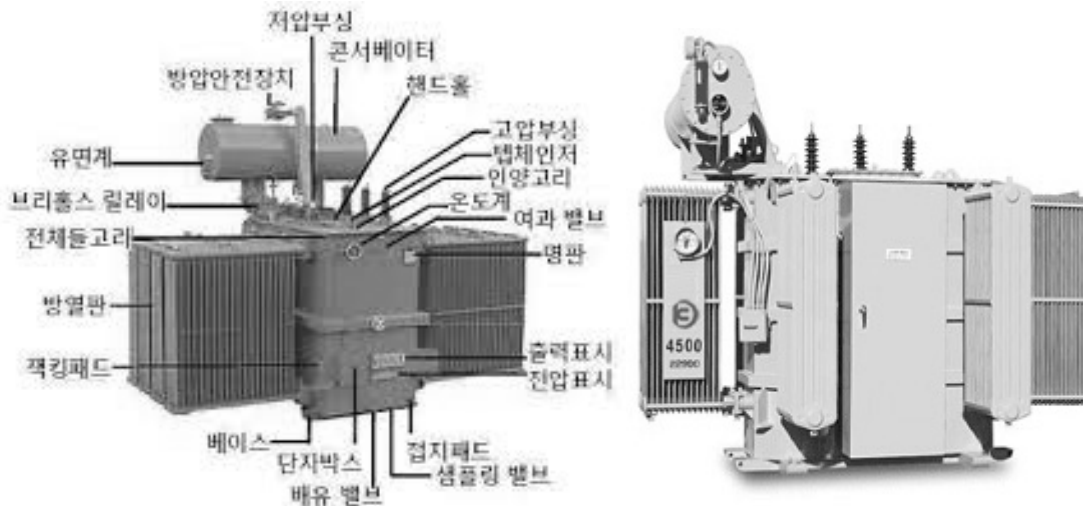
답)

출처' NFAP 15, 화재보험협회(번역본)

#### 1. 개 요

- 1) 옥외에 설치된 유입변압기에 화재 발생시 입면화재에서 절연유의 누출 확대 등으로 피해는 더욱 커질 수 있다.
- 2) 물분무소화설비를 적용한 유입변압기의 방호는 노출된 모든 외부 표면에 대하여 완전한 물분무 분사를 하여야 소화할 수 있다.
- 3) 또한 유출수 제어를 하기위한 배수설비의 용량은 물분부 살수밀도(변압기, 콘서베이터 탱크(concervator tank))와 절연유배출량을 합산하여 계산하고 충분한 배수설비를 하여야 한다.

#### 2. 옥외 유입 변압기의 화재방호



##### 1) 변압기 화재 방호(NFPA 15)

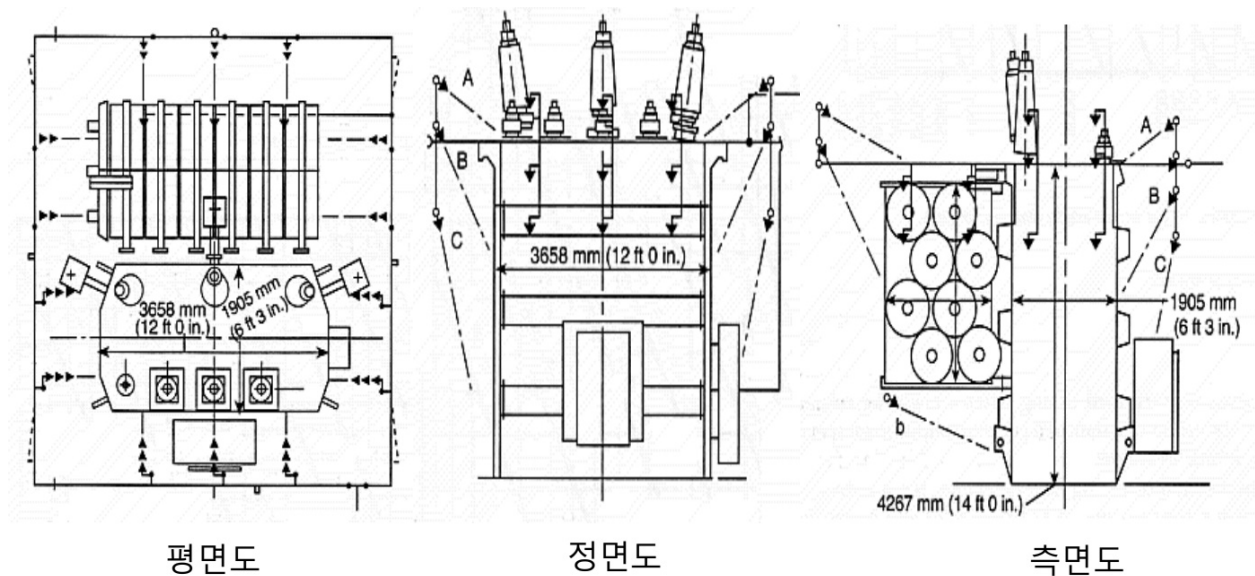
- (1) 변압기 방호는 노출된 모든 외부 표면에 대해 완벽하게 물분무가 충돌되도록 하여야 한다.
- (2) 변압기와 부속물의 직육면체 외함 (rectangular prism envelope)의 투영면적에 살수밀도는  $10.2L/min/m^2$  ( $0.25\text{ gpm/ft}^2$ ) 이상이어야 하고, 비흡수성 지반 표면적에는  $6.1L/min/m^2$  ( $0.15\text{ gpm/ft}^2$ ) 이상이어야 한다.
- (3) (2)에 명시된 물분무적용은 특수한 형상, 콘서베이터 탱크(concervator tank), 펌프 등에 대해서도 제공되어야 한다.
- (4) 변압기의 구성품 중 폭이 305mm(12 in) 이상인 경우, 해당 표면은 개별적으로 방호되어야 한다.

- (5) 변압기의 밑면에 직접 분사하기에 불충분한 거리인 경우, 변압기 돌출부 아래의 지역을 냉각시키기 위해 배치된 수평 돌출부 또는 물분무헤드를 사용하여 변압기 아래 표면을 방호할 수 있어야 한다.
- (6) 급수설비는 최소 1시간 동안 946 L/min (250gpm)의 호스 주수와 설계유량을 모두 공급할 수 있어야 한다.
- (7) 물분무 배관은 변압기의 큐비클 앞면 또는 변압기 상단을 가로질러 지나갈 수 없다. 다만, 현장여건상 물분무 배관이 가로질러 지나갈 수밖에 없는 상황으로서 <표 2>의 이격거리가 유지되는 경우에는 예외로 한다.

전압(kv)	거리(cm)	전압(kv)	거리(cm)
66 이하	70 이상	154 초과 181 이하	180 이상
66 초과 77 이하	80 이상	181 초과 220 이하	210 이상
77 초과 110 이하	110 이상	220 초과 275 이하	260 이상
110 초과 154 이하	150 이상		

< 고전압 전기기기와 물분무헤드의 이격거리 >

- (8) 물분무 헤드는 통전되는 부상이나 파괴침에 직접 충돌 분사되지 않도록 배치하여야 한다. 다만, 제조사 또는 제조자의 자료 및 소유자에 의해 배치가 인정되는 경우에는 예외



< 변압기 방호 >

## 2) 물분무소화설비의 배수설비 용량(m³)

(조건) - 단일저장용기에 저장된 절연유 최대 용량 : 50m³, 절연유 비중 : 0.83

- 변압기 윗면 표면적 : 35m², 변압기 외형 둘레 길이 : 32m, 변압기 높이 : 4.5m

- Conservator Tank 지름 및 길이 : 1.2 m, 5.2m

- 소화수 방출시간 : 30분

- 변압기 설치 지역의 비흡수 지반 면적 : 16.5m²

(단, 배수설비 용량 산정 시 빗물 및 공정액체 또는 냉각수가 배수설비로 보내지는 정상적인 방출 유량을 제외)

(1) 변압기와 부속물(①+②) : 57.79(m³)

① 변압기와 부속물 :  $10.2 (L/min/m^2) \times 179 (m^2) \times 30 (min) = 54,774 (L) \approx 54.77 (m^3)$

㉠ 투영면적 : 179(m²)

• 변압기 윗면 표면적 : 35(m²)

• 변압기 외형 둘레 길이 (32m) × 변압기 높이(4.5m) : 144(m²)

② 비흡수성 지반 :  $6.1 (L/min/m^2) \times 16.5 (m^2) \times 30 (min) = 3,019.5 (L) \approx 3.02 (m^3)$

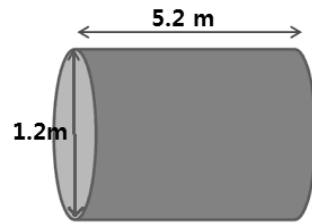
(2) 콘서베이터 탱크(conservator tank)(①+②) : 6.69(m³)

① 콘서베이터 탱크 :  $10.2 (L/min/m^2) \times 21.865 (m^2) \times 30 (min) = 6,690.69 (L) \approx 6.69 (m^3)$

㉠ 투영면적 : 21.865(m²)

• 표면적  $S = \pi \times d(\text{지름}) \times \left( \frac{d}{2} + h(\text{길이}) \right)$

•  $S = \pi \times 1.2 \times \left( \frac{1.2}{2} + 5.2 \right) = 21.865 (m^2)$



② 비흡수성 지반 : 이미 적용됨.

(3) 단일저장용기에 저장된 절연유 최대 용량 : 50(m³)

∴ 물분무설비의 배수설비 용량 (m³) = (1) + (2) + (3) = 117.5(m³)

(4) 국내 기준

① 방수량 : 10 lpm/m²

② 수원 : 10 lpm/m² × 20 min × S(바닥을 제외한 변압기 표면적)

∴ 10 lpm/m² × 20 min × 185.69 m² = 37,138 L = 37.14(m³)

→ NFPA 15 비해 약 32% 정도로 살수밀도가 부족하여 소화실패의 우려가 발생하고, 또한 비흡수 지반에 대한 고려가 부족하다.

## 3. 결론

1) 상기에서 보는바와 같이 물분부소화설비의 유입변압기 방호는 노출된 모든 외부 표면에 대하여 완전한 물분무 분사를 하여야 소화 할수 있지만 유입변압기 화재방호시 인화성 또는 가연성 액체인 절연유가 존재하는 경우 화재의 확산을 방지하기 위해 물분부설비에서의 방수는 제어 또는 억제 되어야 한다.

2) NFPA 15에서는 유출수 제어를 하기위한 배수설비의 용량은 물분부 살수밀도(변압기, 콘서베이터 탱크(conservator tank))와 절연유배출량을 합산하여 계산하고 충분한 배수설비를 하도록 규정하고 있는바 국내 화재안전기준에도 적극 도입하여 화재의 확산을 방지하여야 한다.



## 제 4교시 문제풀이

1. 최근 건설현장에서 용접·용단작업 시 화재 및 폭발사고가 증가하고 있다. 아래 내용을 설명하시오.

- 1) 용접·용단작업 시 발생하는 비산불티의 특징
- 2) 발화원인물질 별 주요 사고발생 형태
- 3) 용접·용단작업 시 화재 및 폭발 재해예방 안전대책

답)

출처: 금화도감 소방기술사 2권, 산업안전보건공단 자료

### 1. 개요

- 1) 용접이란 접합하고자 하는 2개의 금속을 열원으로 가열하여 용융, 가압 등의 조작을 통해 야금적으로 접합시키는 것
- 2) 용접은 화재 건수가 전체 약 42,000건 중 용접화재는 1,300건으로 약 8%를 차지하고 특히 신축·증축 시 점화원으로 작용하여 화재·폭발의 원인이 된다.

### 2. 용접·용단작업 시 발생하는 비산불티의 특징

- 1) 용접·용단 작업 시 수천 개의 불티가 발생하고 비산
- 2) 비산 불티는 풍향, 풍속에 따라 비산거리가 달라짐
- 3) 용접 비산 불티는 1,600℃ 이상의 고온체
- 4) 발화원이 될 수 있는 비산 불티의 크기는 최소 직경 0.3~3mm 정도
- 5) 가스 용접 시 산소 압력, 절단 속도 및 절단 방향에 따라 비산 불티의 양과 크기가 달라짐
- 6) 비산 된 후 상당 시간 경과 후에도 축열에 의하여 화재를 일으킬 수 있음

### 3. 발화원인물질 별 주요 사고발생 형태

#### 1) 인화성 가스, 인화성 물질

인화성 유증기 및 인화성 액체 등이 체류할 수 있는 용기, 배관 또는 밀폐공간 인근에서 용접·용단 작업 중 불티가 유증기 등에 착화

#### 2) 발포 우레탄

- (1) 스프레이 뿜칠 발포우레탄 인근에서 용접·용단 중 불꽃이 튀어 우레탄에 축열되어 발화
- (2) 샌드위치 패널 또는 우레탄 단열판 내로 용접·용단 불꽃이 튀어 축열되어 발화
- (3) 기타 발화재
  - ① 용접·용단 불꽃이 비산하여 가연물(자재, 유류가 묻은 작업복 등)에 착화
  - ② 밀폐공간 환기용으로 공기 대신 산소를 사용하여 산소에 발화

## 4. 용접·용단작업 시 화재 및 폭발 재해예방 안전대책

### 1) 위험성 평가 및 근로자 안전교육 실시

- (1) 원·하청 간 명확한 작업지시 체계를 확립하고 화기 작업 지역의 모든 공사 참여 협력업체 별 관리 감독자가 함께 위험성 평가 실시 및 결과 공유
- (2) 용접·용단 작업 시 인화성 물질 착화 화재의 특징, 대처 방법 등에 대해 근로자 안전보건교육 실시

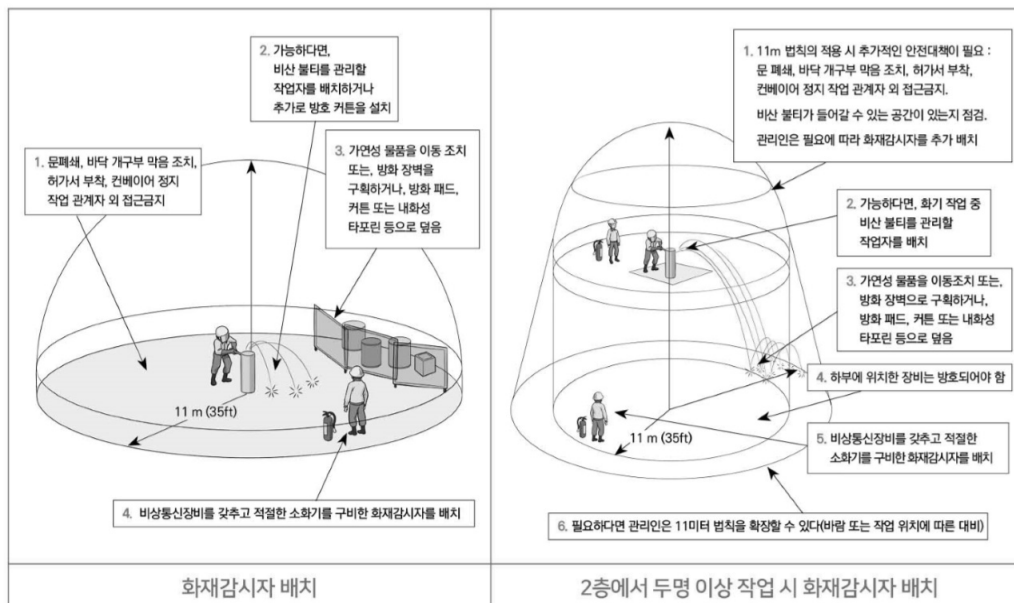
### 2) 관리 감독 및 점검 활동

- (1) 인화성 물질 또는 가스 잔류 배관·용기에 직접 또는 인근에서 용접·용단 시 위험물질 사전 제거 조치
- (2) 용기 및 배관에 인화성 가스, 액체 체류 또는 누출 여부 상시 점검 후 위험요인 제거
- (3) 전기케이블은 절연 조치하고 피복 손상부는 교체, 단자부 이완 등에 의해 발열되지 않도록 조임
- (4) 작업에 사용되는 모든 전기기계기구는 누전차단기를 통하여 전원 인출
- (5) 가스용기의 압력 조정기와 호스 등의 접속부에서 가스 누출 여부를 항상 점검
- (6) 화재위험작업을 하는 경우 화재의 위험을 감시하고 화재 발생 시 근로자의 대피를 유도하는 업무만을 담당하는 화재감시자를 지정·배치
- (7) 작업 중뿐만 아니라 작업 후 일정 시간 비산 불티, 훈소 징후 등 감시활동
  - 화재감시자는 작업완료 후에도 1시간 이상 훈소 발생 징후가 있는지 작업 장소 및 인접한 위, 아래층까지 주의 깊게 관찰(감시)

### 3) 안전 작업 방법 준수

- (1) 인화성 물질은 용접·용단 등 화기 작업으로부터 10m이상 떨어진 안전한 곳으로 이동조치
- (2) 용접·용단 작업 실시 장소에는 “경고·주의”표지판 설치, 작업 장소 인근에 적정 능력 소화기 비치
- (3) 지하층 및 밀폐공간은 강제 환기시설을 설치하여 급·배기를 실시
- (4) 화재로 정전되더라도 비상 작동되는 경보설비(연면적  $400m^2$  이상 또는 상시근로자 50명 이상 시)와 외부와의 연락장치, 유도등, 비상 조명시설 등 설치로 비상 대피로 확보
- (5) 용접·용단 작업은 우레탄폼 시공보다 선시공하는 등 화재예방을 고려한 공정계획 수립

### 4) 소속 근로자의 화재 등 비상 대응 준비 및 훈련 실시



2. NFPA 20에 따라 소방펌프 및 충압펌프 기동 · 정지압력을 세팅하려고 한다. 아래 내용에 대하여 설명하시오.

- 1) 소방펌프 및 충압펌프 기동 · 정지압력 설정 기준
- 2) 소방펌프의 최소운전시간
- 3) 소방펌프의 운전범위
- 4) 소방펌프(전동기 구동 1대, 디젤엔진 구동 2대) 및 충압펌프의 정지압력은 150 psi, 체절압력은 165 psi이다. 현재 정격압력 기준 자동기동, 자동정지로 셋팅된 상태를 체절압력 기준 자동기동, 수동 정지 상태로 변경하려고 한다. 소방펌프 및 충압펌프의 기동 · 정지 압력 세팅값을 계산하시오.  
(단, 최소 정적 급수압력은 50psi으로 한다.)
- 5) 계통 신뢰성 향상을 위한 고려사항

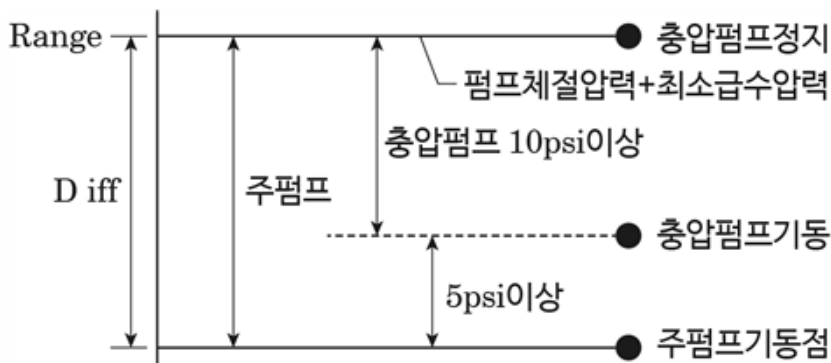
답)

출처: 금화도감 소방기술사 2권, 에듀파이어 소방기계 P.113 NFPA 20

## 1. 소방펌프 및 충압펌프 기동·정지압력 설정 기준(Fire Pump Settings)

(NFPA20, Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection ANNEX.A)

- 1) 충압펌프의 정지점은 펌프체절압력(Churn Pressure)과 최소 정적급수압력(Minimum Static Supply Pressure)을 더한값이 되도록 하다.
- 2) 충압펌프의 기동점은 충압펌프의 정지점 보다 최소 10psi(0.68bar) 이상 낮도록 한다.
- 3) 소방펌프의 기동점은 충압펌프의 기동점 보다 5psi(0.34bar) 이상 낮도록 한다. 펌프가 추가 될 경우에는 각 펌프 당 10psi(0.68bar)를 추가한다.



## 2. 소방펌프의 최소운전시간 (Minimum run times)

- 1) 펌프는 상기압력에 도달한 후에도 계속해서 작동해야 한다. 최종 압력은 시스템의 압력등급을 초과해서는 안 된다.

(Where minimum run times are provided, the pump will continue to operate after attaining these pressures. The final pressures should not exceed the pressure rating of the system)

- 2) 펌프는 정지점을 초과한 체절압력에서도 계속해서 작동해야 한다. 최종 압력은 시스템 부품의 압력등급을 초과해서는 안 된다.

(Where minimum-run timers are provided, the pumps will continue to operate at churn pressure beyond the stop setting. The final pressures should not exceed the pressure rating of the system components)

### 3. 소방펌프의 운전범위 (Operating Differential Of Pressure Switches)

- 1) 압력스위치의 작동차이가 세팅값을 허용하지 않을 경우, 장치가 허용할 수 있을 만큼 근접하게 압력을 설정한다.

(Where the operating differential of pressure switches does not permit these settings, the settings should be as close as equipment will permit)

- 2) 시험게이지로 관찰한 압력으로 설정한다.

(The settings should be established by pressures observed on test guages)

### 4. 소방펌프(전동기 구동 1대, 디젤엔진 구동 2대) 및 충압펌프의 정지압력은 150psi, 체절압력은 165psi이다. 현재 정격압력 기준 자동기동, 자동정지로 셋팅된 상태를 체절압력 기준 자동기동, 수동 정지 상태로 변경하려고 한다. 소방펌프 및 충압펌프의 기동·정지 압력 세팅값을 계산하시오.(단, 최소 정적 급수압력은 50psi으로 한다.)

#### 1) 충압펌프

- (1) 정지점 = 펌프체절압력(Churn Pressure) + 최소 정적 급수압력  
 $= 165\text{psi} + 50\text{psi} = 215\text{psi}$
- (2) 기동점 = 충압펌프의 정지점 - 10psi 이하  
 $= 215\text{psi} - 10\text{psi} = 205\text{psi}$  이하

#### 2) 소방펌프

##### (1) 전동기 구동 펌프

- ① 정지점 = 펌프체절압력(Churn Pressure) + 최소 정적 급수압력  
 $= 165\text{psi} + 50\text{psi} = 215\text{psi}$
- ② 기동점 = 충압펌프의 기동점 - 5psi 이하  
 $= 205\text{psi} - 5\text{psi} = 200\text{psi}$  이하

##### (2) 디젤엔진 구동 펌프(1)

- ① 정지점 = 펌프체절압력(Churn Pressure) + 최소 정적 급수압력  
 $= 165\text{psi} + 50\text{psi} = 215\text{psi}$
- ② 기동점 = 최초소방펌프(전동기 구동펌프) - 10psi 이하  
 $= 200\text{psi} - 10\text{psi} = 190\text{psi}$  이하

##### (3) 디젤엔진 구동 펌프(2)

- ① 정지점 = 펌프체절압력(Churn Pressure) + 최소 정적 급수압력  
 $= 165\text{psi} + 50\text{psi} = 215\text{psi}$
- ② 기동점 = 디젤엔진 구동펌프(1) - 10psi 이하  
 $= 190\text{psi} - 10\text{psi} = 180\text{psi}$  이하

## 5. 계통 신뢰성 향상을 위한 고려사항

### 1) 자동 기록기(Automatic Recorder)

모든 소방펌프의 성능은 압력 기록기에 자동으로 표시되고 펌프 작동 및 화재 손실 조사에 대한 기록을 제공해야 한다.

### 2) 시험 장비(Test Equipment)

(1) 시험 장비는 위에 언급된 당사자들 사이에 이루어진 일반적 조치에 따라 관할기관, 설치계약자 또는 펌프 제조업체가 제공해야 한다. 다음 사항이 포함될 수도 있다.

(The test equipment should be furnished by either the authority having jurisdiction, the installing contractor, or the pump manufacturer, depending upon the prevailing arrangements made between the aforementioned parties. The equipment should include, but not necessarily be limited to, the following)

① 직경  $2\frac{1}{2}$ in.(65mm)이고 길이 50 피트 (15m) 호스의 시험밸브헤더를 사용하는 장비를 파이프 노즐과 함께 제공

(Equipment for use with test valve header 50ft(15m) lengths of  $2\frac{1}{2}$ in.(65mm) lined hose should be provided including Underwriters Laboratories play pipe nozzles as needed to flow required volume of water.)

② 계측기 : 다음과 같은 시험계측기는 고성능과 정확해야 하고 수리하기 좋아야 한다.

-클램프온 전압, 전류미터(Clamp-on volt/ammeter)

-시험게이지(Test gauges)

-타코미터(Tachometer)

-게이지가 있는 피토투브(Pitot tube with gauge(for use with hose and nozzle))

③ 계측기의 조정

-모든 시험계측기는 시험전 12개월 내에 승인된 시험·교정기관에서 교정받아야 한다.

-관할당국은 검토 시 교정서류를 이용할 수 있다.

### 3. 피난구유도등에 대하여 아래 사항을 답하시오.

- 1) 점등방식 (2선식, 3선식)에 따른 회로도 작성
- 2) 유도등의 크기 및 상용점등 시/비상점등 시 평균휘도
- 3) 유도등의 색상이 녹색인 이유

답) 출처' 금화도감 소방기술사 2권, 에듀파이어 소방전기 P.138,139,144, 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준

## 1. 개요

- 1) “유도등”이란 화재 시에 피난을 유도하기 위한 등으로서 정상상태에서는 상용전원에 따라 켜지고 상용전원이 정전되는 경우에는 비상전원으로 자동전환 되어 켜지는 등을 말한다.
- 2) 유도등은 피난구유도등, 통로유도등(복도통로유도등, 거실통로유도등, 계단통로유도등), 객석 유도등으로 분류한다.

## 2. 점등방식 (2선식, 3선식)에 따른 회로도 작성

### 1) 2선식

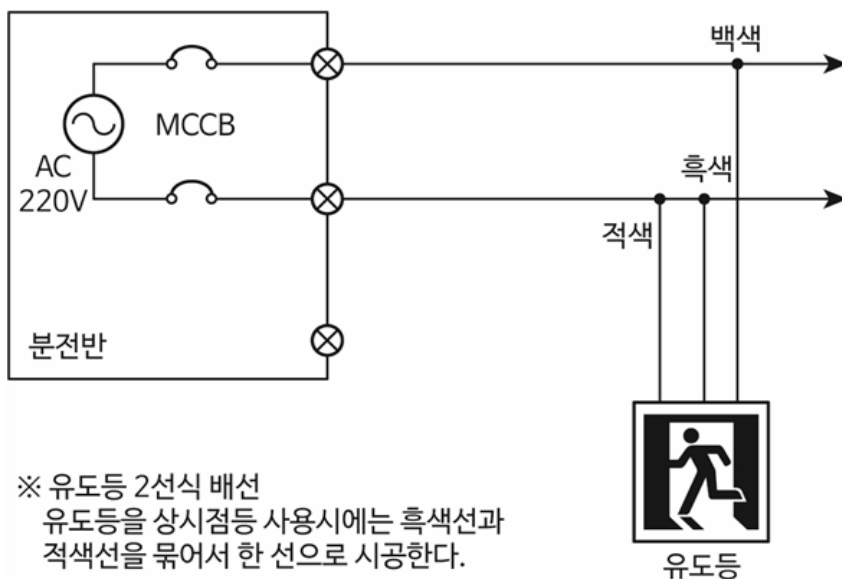
#### (1) 개념

- ① 전원선에 의해 상시 점등되며 동시에 배터리를 충전하고 화재로 인해 정전발생 시 배터리에 의해 공급하는 방식으로 점멸기를 설치하지 않는다.
- ② 충전된 배터리의 양만큼 공급되며 배터리가 완전 방전시 유도등은 소등된다.

#### (2) 특징

- ① 상시 유도등이 점등되어 있으므로 피난구 또는 피난방향을 인식하는데 유리
- ② 상시 유도등이 점등되어 있으므로 에너지가 소비된다.
- ③ 유도등의 불량유무를 쉽게 파악할 수 있다.

#### (3) 회로도



## 2) 3선식

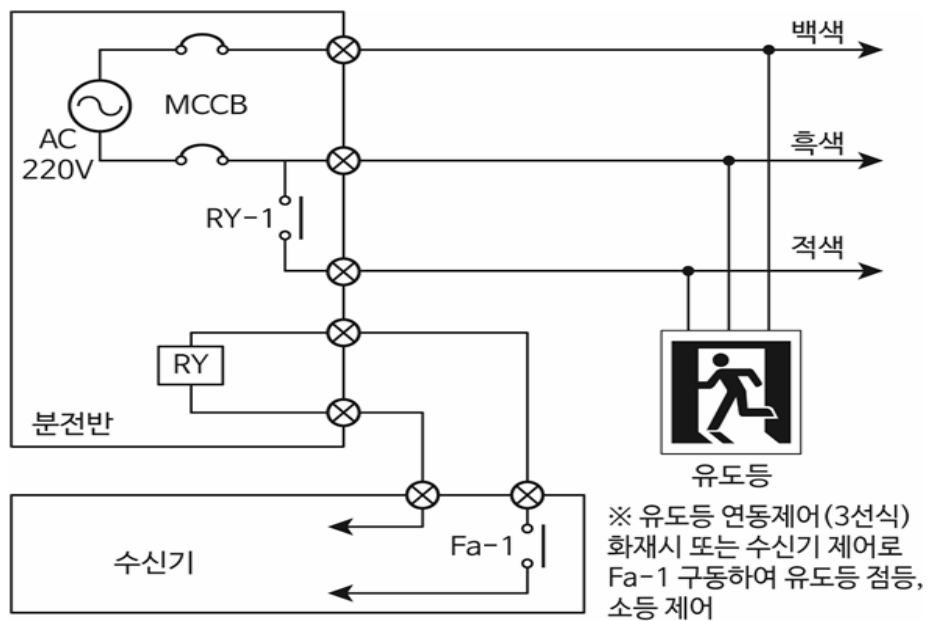
### (1) 개념

- ① 전원선에 의해 상시 배터리를 충전시키고 있으며, 유도등은 소등상태인 방식으로 점멸기의 설치가 가능하다.
- ② 화재 및 단선시 충전된 배터리에 의해 유도등 점등

### (2) 특징

- ① 상시 유도등이 소등되어 있으므로 피난구 또는 피난방향을 인식하는데 불리
- ② 상시 유도등이 소등되어 있으므로 에너지가 절약되고 유도등의 수명 연장
- ③ 유도등의 불량유무를 쉽게 파악할 수 없다.

### (3) 회로도



[수신기 연동방식(3선배선방식)]

## 3. 유도등의 크기 및 상용점등 시/비상점등 시 평균휘도

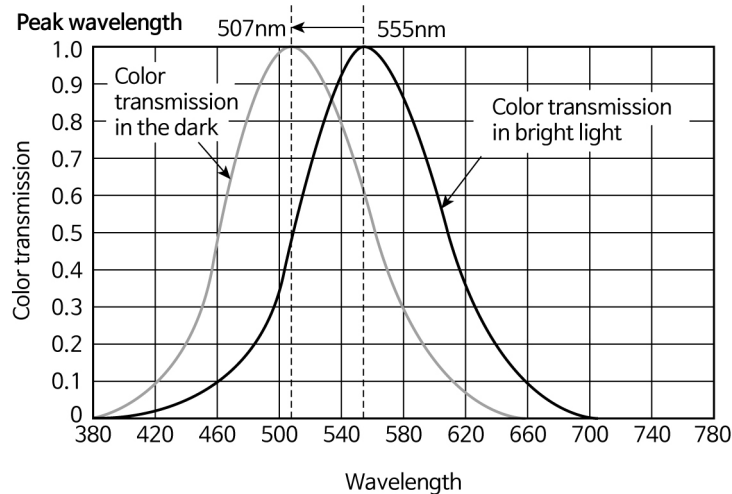
종 별		1대1 표시면 (mm)	기타 표시면		평균휘도(cd/m²)	
			짧은변(mm)	최소면적(m²)	상용점등시	비상점등시
피난구 유도등	대 형	250이상	200이상	0.10	320이상 800미만	100이상
	중 형	200이상	140이상	0.07	250이상 800미만	
	소 형	100이상	110이상	0.036	150이상 800미만	
통로 유도등	대 형	400이상	200이상	0.16	500이상 1000미만	150이상
	중 형	200이상	110이상	0.036	350이상 1000미만	
	소 형	130이상	85이상	0.022	300이상 1000미만	

## 4. 유도등의 색상이 녹색인 이유

### 1) Purkinje Shift

- (1) 가시광선은 사람의 눈에 보이는 전자기파의 영역으로 보통의 인간의 눈은 400nm에서 700nm까지의 범위를 감지한다.
- (2) 밝은 곳에서 같은 밝음으로 보이는 청색과 적색이 어두운 곳에서는 적색이 어둡고 청색이 더 밝게 보이는 효과를 Purkinje 효과라 하며 이를 적용하여 유도등의 색상을 녹색으로 한다.

### 2) 색상민감도 이동



- (1) 색은 망막의 시세포로 감지하고 있지만, 밝은 장소에서는 빨강이 선명하게 먼 곳까지 보이고 파랑은 거무스름해져 보인다.
- (2) 한편, 어두운 장소에서는 파랑이 선명하게 먼 곳까지 보이는데 비해, 빨강은 거무스름해져 보인다. 이는 간상체라 불리는 시세포의 기능에 의한 것으로, 사람의 눈은 어두워질수록 푸른색에 민감

#### 4. 건축물 화재 시 안전한 피난을 위한 피난시간을 계산하고자 한다. 아래 사항에 대하여 답하시오.

##### 1) 피난계산의 필요성, 절차, 평가방법

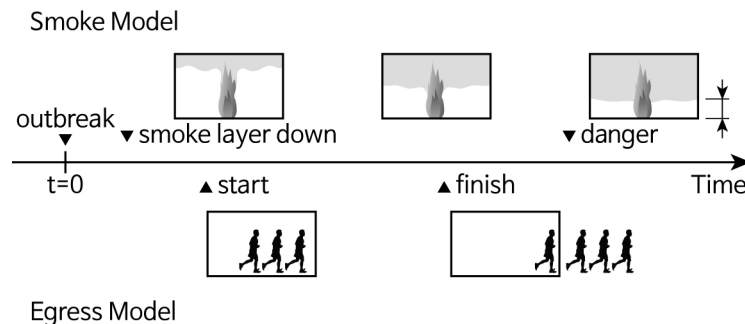
##### 2) 피난계산의 대상층 선정 방법

답)

출처' 금화도감 소방기술사 1권, 에듀파이어 건축방화 P.79, 소방안전원 실무교본

### 1. 개요

- 1) 피난 안전성 평가란 최소 피난시간(RSET, Required Safe Egress Time)이 허용 피난시간(ASET, Available Safe Egress Time)을 초과하지 않는가를 분석하는 것
- 2) 컴퓨터 성능이 급속하게 발전함에 따라 대규모 인원을 대상으로 다양한 피난조건이 가능한 시뮬레이션이 가능하게 되었고, 영국에서 개발한 EXSODUS, SIMULEX 등이 주로 사용된다.



### 2. 피난계산의 필요성, 절차, 평가방법

#### 1) 피난계산의 필요성

- (1) 피난계산이란 어떤 층을 발화층으로 보고 그 층에 있던 사람들 전원이 계단실내까지 피난하는 상황을 예측하여 이에 따라 건축물의 피난안전성을 검토·평가하는 것이다.
- (2) 설계자에게 피난동선에 대해 생각토록 하는 의도도 있으므로 단지 평가기준에 맞추는 것만이 아니라 피난자의 이동에 무리가 없는 방안을 검토하여 합리적인 피난동선을 설계하도록 연구할 필요가 있다.
- (3) 피난 계획의 결과에 따라서는 계획변경이 필요할 수도 있으므로 설계 초기단계에서 검토해둘 필요가 있다.

#### 2) 피난계산의 절차

- (1) 각 층마다 피난 대상인수를 구해 피난계산 대상층을 선정한다.
- (2) 피난계산의 대상이 된 층에 대해 다음을 평가

##### ① 거싯피난의 계획

- 각 거실에 대해 그 곳이 발화실이 된 경우의 피난시간을 구해 허용시간과 비교 평가를 한다.

$$T_1 = \max(t_{11}, t_{12}), \quad t_{11} = \frac{P}{\lambda \sum W}, \quad t_{12} = \frac{L_{x+y}}{v}$$

- $t_{11}$  : P명이 출구를 통과하는 데 필요한 시간(s)  
 $t_{12}$  : 최후의 피난자가 출구에 도착하는 시간(s)  
 $P$  : 피난자의 수(인)  
 $\lambda$  : 군중유동계수(출구 1.5[인/m·s], 계단 : 1.3[인/m·s])  
 $W$  : 피난구의 폭(m)  
 $L_{x+y}$  : 실내보행거리(m)  
 $v$  : 보행속도(m/sec)(다중이용시설 : 1.0, 사무실, 학교 : 1.5)

## ② 층피난의 평가

- 그 층의 한 거실을 발화실로 하여 층 전체의 피난자 흐름을 설정하고, 피난시간과 피난경로상 체류인수를 구한다.
- 산출할 피난시간에는 “복도피난시간”과 “층피난시간”이 있으며 각각의 허용시간과 비교한다. 또한 체류인수에 대해서도 정해진 밀도에 따라 체류를 위한 면적이 확보되어 있는가를 확인한다.
- 복도피난시간( $T_2$ ) : 복도에서의 피난시간 (복도입구 → 계단실)

$$T_2 = \frac{l}{v}, \quad l : \text{복도길이}, \quad v : \text{보행속도}(1.0\text{m/s})$$

- 층피난시간( $T_f$ )

$$T_f = \frac{L}{v}, \quad L : \text{실내보행거리}(L_{x+y}) + \text{복도길이}(l), \quad v : \text{보행속도}(1.0\text{m/s})$$

- 층 피난절차

- 대상층 중 하나의 거실을 발화실로 가정
- 그 층 전부의 피난대상자에 대해 계단 또는 외부까지의 피난경로를 설정
- 피난 허용시간(복도피난, 층 피난)과 체류공간의 면적을 구함
- 발화실과 그 이외의 거실(비발화실) 피난개시시간을 설정
- 계단으로의 경로마다 피난시간과 최대 체류인원 계산을 실시
- 피난시간과 최대체류인원을 평가

- 피난개시시간의 산정

- 발화에서 피난행동을 개시할 수 있기까지의 시간
- 발화실과 비발화실의 피난개시시간이 다른 것으로 하여 발화실의 피난개시시간  $T_{a0}$  과 비발화실의 피난개시시간  $T_{b0}$  은 다음 식으로 구한다.

$$T_{a0} = 2\sqrt{A_1}, \quad T_{b0} = 2T_{a0}$$

$A_1$  : 발화실의 면적( $m^2$ ), 단  $A_1$ 이 작으므로  $T_{a0}$ 이 30초 미만시  $T_{a0}$ 은 30초로 함

## 3) 피난시간의 평가

피난계산에서는 3종류의 피난시간을 구해 각각의 피난 허용시간과 비교·평가한다.

### ① 거실피난시간( $T_1$ )

- 화재가 발생한 경우에 그 거실의 전원이 옥외로 피난을 완료하기까지의 시간으로, 원칙적으로 각 거실마다 산출하여 평가한다.
- 판정 : 거실피난시간( $T_1$ ) ≤ 거실허용피난시간( $a\sqrt{A_1}$ )

천장 높이 6m미만 거실  $a=2$ , 천장 높이 6m이상 거실  $a=3$

② 복도피난시간( $T_2$ )

- 복도 등 제1차 안전구획에서 그 부분을 피난자가 이용하고 있는 시간대의 길이
- 즉 그 층의 복도에 최초의 피난자가 들어온 뒤, 최후의 피난자가 계단실 또는 부속실로 피하기까지의 시간으로, 각 계단으로의 피난경로마다 평가한다.
- 판정 : 복도피난시간( $T_2$ ) ≤ 복도허용피난시간( $4\sqrt{A_{1+2}}$ )

③ 층피난시간( $T_f$ )

- 화재가 발생한 때부터 최후의 피난자가 계단실 또는 부속실로 피하기까지의 시간으로 각 계단으로의 피난경로마다 평가한다.
- 판정 : 층피난시간( $T_f$ ) ≤ 층허용피난시간( $8\sqrt{A_{1+2}}$ )

$A_1$  : 발화실의 면적( $m^2$ ),  $A_{1+2}$  : 해당 층의 모든 거실 및 복도의 면적합계( $m^2$ )

## 3. 피난계산의 대상층 선정 방법

각층의 피난대상인 수를 산출하여 그 중 다음 항목에 해당하는 층을 피난계산 대상으로 함

- 1) 가장 사람 수가 많은 층
- 2) 동일 평면, 동일 사람 수인 층이 다수인 경우에는 그 대표적인 층
- 3) 연회장이나 대회의실 등 불특정 다수가 모인 층
- 4) 피난계단이 적은 대신에 피난 대상인수가 많은 층
- 5) 피난로가 편중되어 있는 등 안전성에 문제가 있다고 생각되는 층

## 4. 결론

건축물의 피난 안전성능의 검증방법은 기존 사양규정의 한계점을 벗어나 성능위주의 피난설계가 중요하다.

## 5. 유기 과산화물의 활성산소량, 분해온도, 활성화에너지, 반감기, 사용 시 주의사항에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 금화도감소방기술사 1권, 에듀파이어 위험물 P.51, 각종자료

### 1. 개요

- 1) 과산화물이란 분자 안에  $-O-O-$ 와 같은 결합으로 된 산화물의 총칭으로 과산화수소( $H_2O_2$ )의 유도체로 볼 수 있으며, 수소와 치환하는 기(R)의 종류에 따라 무기과산화물과 유기과산화물로 구분한다.
- 2) 유기과산화물은 분자내부에 산소를 포함하므로 열분해에 의해 산소가 방출되므로 연소에 용이하다.
- 3) 분자안의  $-O-O-$ 는 C-H, C-O, C-C의 결합에 비해 결합에너지가 작아 반응성이 크고 불안정한 물질이다.

### 3. 유기과산화물의 특징

- 1) 개념  
과산화수소( $H_2O_2$ )의 수소가 알킬기 등의 유기화합물로 치환된 제5류 위험물
- 2) 특징
  - (1) 물질내 산소를 함유하여 공기 차단시에도 연소가 가능하다.
  - (2) 가열·마찰·충격에 의해 폭발
  - (3) 무기과산화물과 달리 인화성이 크고 물과 반응하지 않음
- 3) 종류  
아세틸퍼옥사이드( $(CH_3CO)_2O_2$ ), 벤조일퍼옥사이드( $(C_6H_5CO)_2O_2$ ), 메틸에틸케톤퍼옥사이드
- 4) 소화 : 주수소화

### 4. 유기과산화물의 특성치

- 1) 활성산소량 (Active Oxygen Content)
  - (1) 유기과산화물에서 생성될 수 있는 자유라디칼의 양과 순도 또는 농도
  - (2) 100% 순수 유기과산화물의 이론적인 Oxygen Content는 유기과산화물의 분자량에 대한 Active Oxygen( $-O-$ )의 원자량의 Percentage에 의해 표시된다.
- 2) 분해온도  
분해온도가 낮거나 활성산소량이 높아 분자중의 산소원자 함유율이 높으면 폭발분해의 위험성이 있음
- 3) 활성화에너지 (Activation Energy)
  - (1) 분해시키기 위해 높여야 하는 에너지레벨의 상한치
  - (2) 분해속도에 영향을 미치게 하는 온도영향의 상한치
  - (3) 활성화에너지가 작은 물질은 저온에서 분해하기 쉬워 불안정하므로 저장에 어려움 있음

- (4) 높은 활성화에너지를 갖는 유기과산화물이 주어진 온도에서 자유라디칼을 한번에 많이 생성함을 의미한다. 즉 점차적으로 분해가 되는 것은 낮은 활성화에너지를 가진 유기과산화물로서 사용온도에서 천천히 지속적으로 진행된다.

#### 4) 반감기

- (1) 주어진 온도에서 유기 과산화물의 분해속도
- (2) 활성산소량의 분해에 의해 원래 수치의 반이 되는데 필요한 시간
- (3) 0.1mole% 유기과산화물 용액(용매 : 벤젠)을 만들어 주어진 온도에서 처음값의 1/2이 되는 Active Oxygen Content를 생성하는 데 필요한 시간

### 5. 유기과산화물의 사용시 주의사항

- 1) 저장용기와 장비의 재질이 상반되지 않아야 한다.
- 2) 용기는 철, 구리, 납 등을 피하고 유리, 자기, PE 등을 이용
- 3) 용기는 분해가스가 잘 빠질 수 있는 구조의 용기를 사용
- 4) 분해촉진약품인 Fe, Co, Mn 등과 같은 산화-환원작용이 있는 화합물과 직접혼합은 절대금지
- 5) 일반약품과의 혼합도 미리 소량시험한 후 혼합한다.
- 6) 사용장소에 화기, 전기스파크, 보일러 고열 등을 피한다.
- 7) 저온저장 유기과산화물은 사용 후 즉시 저온창고에 반납하여 보관한다.
- 8) 빈 용기는 처분시까지 직사광선이 닿지 않는 곳에 보관
- 9) 밀폐장소에서 취급시 온도감시장치, 안전장치, 가스배출장치 등을 부착하여 보관한다.
- 10) 사용기기의 운전정지 후 장치나 배관 중의 유기과산화물을 빼주어야 한다.

### 6. 유기과산화물의 저장시 주의사항

- 1) 저장시 “유기과산화물” 이라는 표시부착
- 2) 작업인원은 안전취급, 개인보호 장비의 사용, 유출물의 안전한 폐기 등의 교육을 받아야 한다.
- 3) 저장지역은 유기과산화물의 저장온도 범위 내에서 유지되어야 한다.
- 4) 저장장소에서의 주의사항
  - (1) 냉암소로서 직사광선 차폐
  - (2) 개개의 유기과산화물을 최적 저장온도로 유지
  - (3) 용기의 전도 및 전락방지
  - (4) 이물질 혼입방지
  - (5) 용기내의 압력상승 방지

**6. 거실제연설비에 대하여 아래 내용을 설명하시오.**

- 1) 배출풍도 및 유입풍도의 설치기준
- 2) 상당지름과 중횡비(Aspect Ratio)
- 3) 중횡비를 제한하는 이유

답)

출처' 금화도감 소방기술사 1권, 에듀파이어 소방기계 P.354, 기타자료

**1. 개요**

- 1) 제연설비란 자연 또는 송풍기, 배출기를 이용하는 기계적인 방법으로 연기의 이동, 확산을 제한하기 위해 사용되는 설비로서 연기만 배출시키는 배연설비와 구분되며, 송풍기로 가압공간 내로 연기가 들어오지 못하도록 하는 방연설비와 배출기로 화재실의 연기를 배출시키는 배연설비로 구분한다.
- 2) 거실제연설비는 청결층을 확보하여 인명 및 재산을 보호하며 부속실제연설비는 차압 및 방연 풍속을 확보하여 인명과 재산을 보호하며 소화활동을 지원한다.

**2. 배출풍도 및 유입풍도의 설치기준 (NFSC 501)****1) 배출풍도**

- (1) 배출풍도는 아연도금강판 또는 이와 동등 이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 하며, 내열성(석면재료를 제외한다)의 단열재로 유효한 단열 처리를 하고, 강판의 두께는 배출풍도의 크기에 따라 다음 표에 따른 기준 이상으로 할 것

풍도단면의 긴변 또는 직경의 크기	450mm이하	450mm초과 750mm이하	750mm 초과 1,500mm이하	1,500mm초과 2,250mm이하	2,250mm초과
강판두께	0.5mm	0.6mm	0.8mm	1.0mm	1.2mm

- (2) 배출기의 흡입측 풍도안의 풍속은 15㎥ 이하로 하고 배출측 풍속은 20㎥ 이하로 할 것

**2) 유입풍도**

- (1) 유입풍도안의 풍속은 20㎥ 이하로 하고 풍도의 강판두께는 배출풍도의 기준으로 설치하여야 한다.
- (2) 옥외에 면하는 배출구 및 공기유입구는 비 또는 눈 등이 들어가지 아니하도록 하고, 배출된 연기가 공기유입구로 순환유입 되지 아니하도록 하여야 한다.

**3. 상당지름과 중횡비(Aspect Ratio)****1) 상당지름****(1) 개념**

비원형 덕트의 마찰손실을 계산하려면 비원형 덕트를 원형덕트 직경으로의 환산이 필요한데 이를 환산 상당지름이라 한다.

## (2) 동일 풍량일 경우 상당지름

$$d_Q = 1.3 \times \left[ \frac{(ab)^5}{(a+b)^2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

 $d_Q$  : 동일 저항인 원형덕트 상당지름 $a$  : 사각덕트 장변 $b$  : 사각덕트 단변

## (3) 동일 풍속일 경우 상당지름

$$d_v = 4 \frac{A}{L}$$

 $d_Q$  : 동일 저항인 원형덕트 상당지름 $A$  : 비원형 덕트의 단면적[m<sup>2</sup>] $L$  : 비원형 덕트의 둘레길이[m]

## (4) 적용

- ① 동일 풍량일 경우의 상당지름 계산식은 사각덕트에 적용할 시 편리하며 원형덕트와 동일한 저항손실을 갖는 직사각형 덕트를 표를 이용하여 구할 수 있다.
- ② 동일 풍속에서의 상당지름 계산식은 사각덕트 외의 여러 형태의 덕트에 적용할 경우에 편리하다.
- ③ 상당지름을 구한 후 Darcy Weisbach식을 이용하여 마찰손실수두를 구할 수 있다.

 $\Delta P$  : 마찰손실[mmAq]

$$\Delta P = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \gamma$$

 $f$  : 관마찰계수,  $l$  : 덕트의 길이[m] $d$  : 덕트의 직경[m],  $v$  : 풍속[m/s] $g$  : 중력가속도[m/s<sup>2</sup>],  $\gamma$  : 공기의 비중량[kgf/m<sup>3</sup>]

※ 계산 예) 가로와 세로의 길이가 각각 0.6m, 0.4m인 사각덕트의 상당지름은?

방법1) 동일 풍량일 경우 상당지름

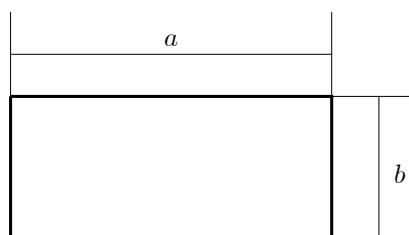
$$d_Q = 1.3 \times \left[ \frac{(ab)^5}{(a+b)^2} \right]^{\frac{1}{8}} = 1.3 \left( \frac{(0.6 \times 0.4)^5}{(0.6 + 0.4)^2} \right)^{\frac{1}{8}} = 0.533\text{m}$$

방법2) 동일 풍속일 경우 상당지름

$$d_v = 4 \frac{A}{L} = 4 \frac{0.24}{2} = 0.48\text{m}$$

## 2) 종횡비(Aspect Ratio)

## (1) 정의

사각 덕트 및 공기취출구 등의 가로와 세로의 비 (Aspect Ratio =  $a:b$ ) $a$  : 사각덕트 장변 $b$  : 사각덕트 단변

## (2) 원형덕트의 사각덕트의 환산식

$$d_Q = 1.3 \times \left[ \frac{(ab)^5}{(a+b)^2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$d_Q$  : 동일 저항인 원형덕트 상당지름

$a$  : 사각덕트 장변

$b$  : 사각덕트 단변

## 4. 종횡비를 제한하는 이유

## 1) 제한이유

종횡비가 너무 클 경우	종횡비가 너무 작을 경우
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍속의 증가</li> <li>• 소음의 증가</li> <li>• 마찰손실의 증가</li> <li>• 풍량의 분배가 고르지 못함</li> <li>• 공사비 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 낮은 천장고에 대응성 불리</li> <li>• 마찰손실의 감소</li> <li>• 저속 덕트에 적용</li> </ul>

## 2) 적용

- (1) 건축물의 층고에 적합한 종횡비를 선정하되 가능한 적정 종횡비를 유지해야 한다.
- (2) 마찰손실을 최소화하기 위해 1:1.5~2 정도가 적당하고 최대 1:4 이하가 선정한다.