

제131회 소방기술사 필기문제 [1교시] (2023년 8월 26일)

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하시오. (각 10점)

1. 스프링클러헤드 작동 시 발생할 수 있는 로지먼트(Lodgement) 현상과 이 현상을 확인할 수 있는 시험방법에 대하여 설명하시오.
2. 무디선도(Moody diagram)의 개념을 설명하고 이를 이용한 미분무소화설비 배관의 마찰손실 계산에 대하여 설명하시오.
3. 「소방의 화재조사에 관한 법률」에서 정하고 있는 화재조사의 대상, 조사사항 및 절차에 대하여 설명하시오.
4. 자연발화현상에서 열방사에 의한 자연발화와 고온기류에 의한 자연발화에 대하여 설명하시오.
5. 다음 접지관련 용어에 대하여 각각 설명하시오.
 - 1) 계통접지
 - 2) 보호접지
 - 3) 피뢰시스템 접지
6. 자가발전설비 적용 시 건물이 여러 동으로 구성된 경우 부하를 결정하는 방법에 대하여 설명하시오.
7. 「화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률」에서 정하고 있는 불을 사용할 때 지켜야 하는 사항 중 화목(火木) 등 고체연료를 사용하는 보일러를 사용할 때 지켜야 하는 사항을 설명하시오.
8. 피난용승강기 설치 시 「소방시설 등 성능위주설계 평가운영 표준가이드 라인」에서 요구되는 안전성능 검증 방안에 대하여 설명하시오.
9. NFPA 101에서 제시하는 지연출구 전기 잠금 시스템(Delayed Egress Electrical Locking System)에 대하여 설명하시오.
10. 랙크(Rack)식 창고에서의 송기공간(Flue Space)에 대하여 설명하시오.
11. 화재 시 연기의 성층화(Stratification) 현상과 연기의 성층화 관련 계산식에 대하여 설명하시오.
12. 대기압이 753mmHg일 때 진공도 90%의 절대압력은 몇 MPa인지 계산하여 설명하시오.
13. 저압식 이산화탄소소화설비에서 Vapor Delay Time을 구하는 계산식을 제시하고 이에 영향을 주는 인자에 대하여 설명하시오.

제131회 소방기술사 필기문제 [2교시] (2023년 8월 26일)

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 실제 화재 시 소화에 필요한 소화방법을 작용면에서 물리적 작용에 바탕을 둔 소화방법과 화학적 작용에 바탕을 둔 소화방법으로 분류하는데 다음에 대하여 설명하시오.
 - 1) 물리적 작용에 바탕을 둔 소화방법에서
 - (ㄱ) 연소에너지 한계에 바탕을 둔 소화방법
 - (ㄴ) 농도 한계에 바탕을 둔 소화방법
 - (ㄷ) 화염의 불안전화에 의한 소화방법
 - 2) 화학적 작용에 바탕을 둔 소화방법
 - 3) 물리적 작용과 화학적 작용 소화방법 간의 상호보완 작용

2. 소방감리원은 소방도면 이외에 건축도면, 기계도면, 전기 및 통신 도면을 검토해야 하는데 이때 검토해야할 항목과 소방 설계도서 목록 중 설계도면, 설계시방서, 내역서, 설계계산서의 주요 검토 내용에 대하여 설명하시오.

3. 상업용 주방자동소화장치의 정의, 설치기준 및 설계매뉴얼에 포함되어야 할 사항에 대하여 설명하시오.

4. 소방청의 [건축위원회(심의) 표준 가이드라인] 에서 제시하는 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 종합방재실(감시제어반실) 설치기준 강화
 - 2) 지하 주차장 연기배출설비 운영 강화
 - 3) 전기차 주차구역(충전장소) 화재예방대책 강화

5. 제연설비에 사용되는 송풍기의 각 풍량제어 방법별 성능곡선 및 특성을 비교 설명하시오.

6. ESFR 스프링클러헤드에 적용되는 실제살수밀도(ADD)의 개념, 특징, 영향인자 및 측정방법에 대하여 설명하시오.

제131회 소방기술사 필기문제 [3교시] (2023년 8월 26일)

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 행정안전부장관이 침수피해 우려된다고 인정하는 지역 내 지하도로, 지하광장, 지하에 설치되는 공동구, 지하도 상가 및 바닥이 지표면 아래에 있는 건축물을 설치하는 경우 침수 피해를 예방하기 위한 지하공간의 침수 방지시설의 기술적 기준을 공통 적용 사항과 시설별 적용사항으로 구분하여 설명하시오.
2. 일반건축물의 경우 건축허가 등 동의와 관련하여 관할 소방관서의 행정절차에 대하여 동의 시, 착공 및 감리 시, 완공 시, 유지·관리 시로 각각 구분하여 설명하시오.
3. 옥외 탱크저장소의 포소화설비 설치와 관련하여 다음에 대하여 설명하시오.
 - 1) 위험물 탱크의 구조에 따라 적용하는 고정포방출구의 종류
 - 2) 고정포방출구의 종류별 정의와 특징
4. 고체 가연물의 연소속도를 정의하고 연소속도에 영향을 미치는 요인과 발화온도에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명하시오.
5. [건축법 시행령] 과 [건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙] 에 따른 문화 및 집회시설(공연장)의 개별 관람실(바닥면적 400㎡) 내부의 출구 설치기준에 대하여 설명하고, 개별 관람실 출구의 갯수와 유효너비를 산정하시오.
6. [사업장 위험성평가에 관한 지침] (고용노동부 고시)에서 규정하는 사업장 위험성 평가와 관련하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 위험성평가 정의
 - 2) 위험성평가 실시 시기
 - 3) 위험성평가 절차 및 주요내용

제131회 소방기술사 필기문제 [4교시] (2023년 8월 26일)

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비와 관련하여 NFPA 2001에서 제시한 다음 사항에 대하여 설명하시오.
 - 1) 소화약제의 인체노출 제한 기준
 - 2) 안전 요구사항
2. 엘리베이터 피스톤 효과(Piston Effect)에 대하여 설명하고 피스톤 효과로 발생할 수 있는 압력에 대한 해석과 문제점에 대하여 설명하시오.
3. 스프링클러설비의 수리계산 절차 및 방법에 대하여 설명하시오.
4. [화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률]에 따라 건설현장의 소방안전관리를 위한 소방안전관리 대상물의 범위, 선임기간, 건설현장 소방안전관리자의 업무 및 건설현장에 설치하는 임시소방시설의 종류에 대하여 설명하시오.
5. [화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률]에 따라 소방안전 특별관리시설물의 관계인은 정기적인 화재예방안전진단을 받아야 한다. 이때 화재예방안전진단의 대상 및 화재예방 안전진단의 실시절차 등에 대하여 설명하시오.
6. [대기환경보전법 시행규칙]에 따라 "저탄시설 옥내화"를 의무화해 2024년까지 모든 석탄화력발전소는 옥내에 석탄을 보관해야 한다. 이러한 옥내 저탄장(Coal Shed)에서 발생 가능한 자연발화의 원인을 분석하고 옥내 저탄장에 적응성 있는 소방시설과 화재 안전대책을 설명하시오.

제 1 교 시 문 제 풀 이

1-1. 스프링클러헤드 작동 시 발생할 수 있는 로지먼트(Lodgement) 현상과 이 현상을 확인할 수 있는 시험방법에 대하여 설명하시오.

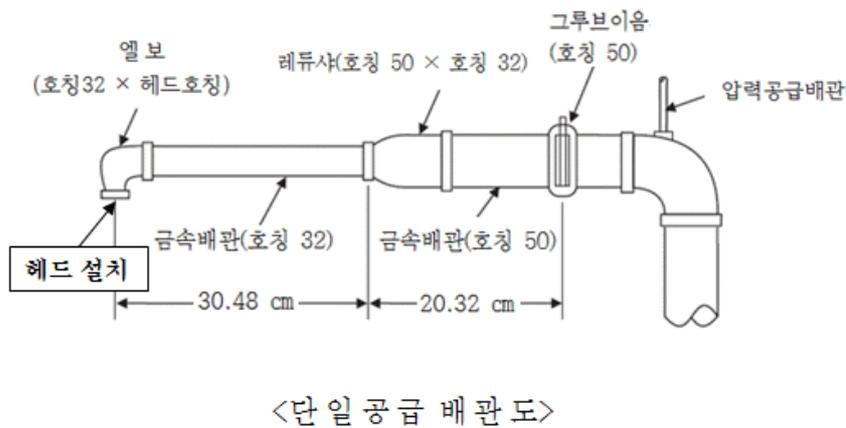
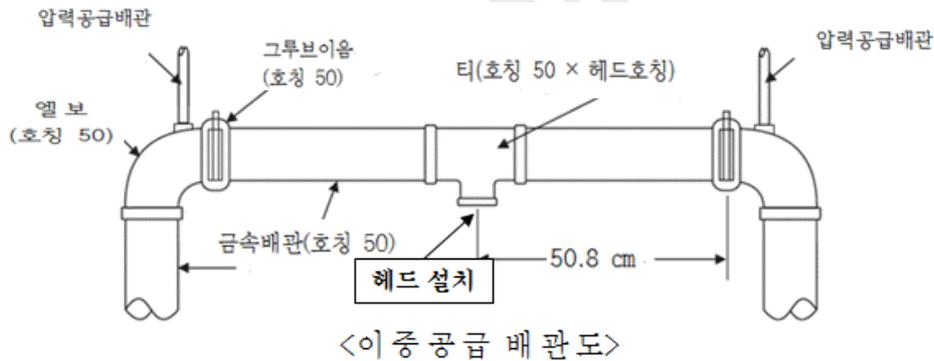
답) 출처 모아 소방기술사 제1권, p.257

① 로지먼트 현상

- 1) 스프링클러 헤드 감열체가 탈락 시 일부가 걸려서 살수 장애가 발생하는 현상.
- 2) 주로 플리시 타입, 원형 타입 등에서 발생
- 3) 살수패턴 왜곡, 살수장애로 인한 화재제어 장애 유발

② 결림작동 시험

- 1) 스프링클러 헤드 개방 시 부품이 걸리는지 확인하는 시험
- 2) 시험장치



3) 시험 및 판정

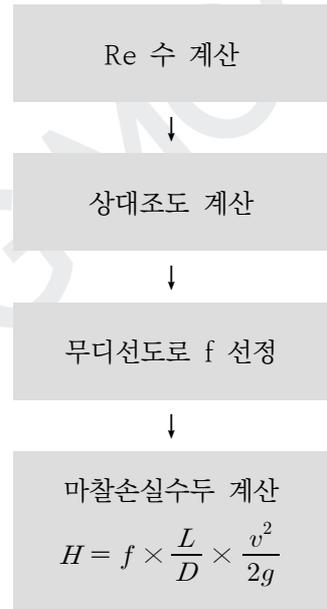
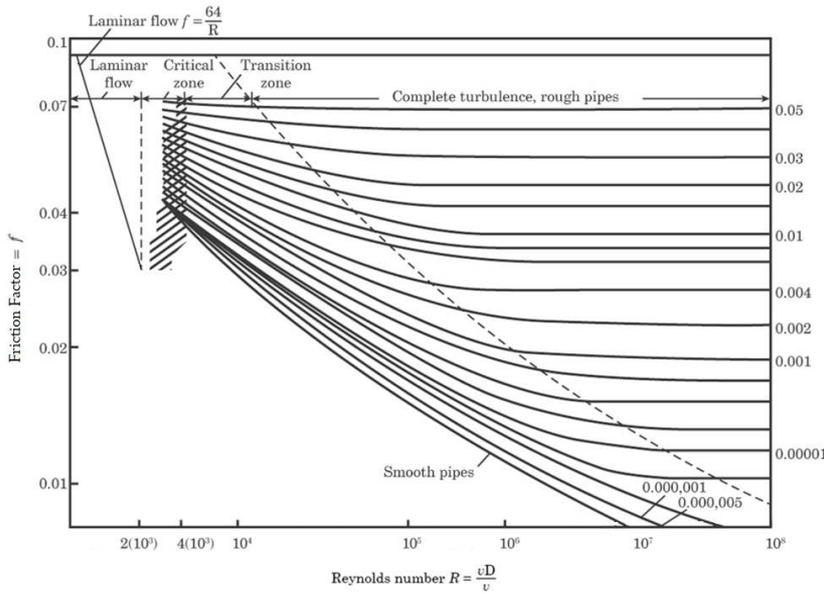
- (1) 0.1, 0.4, 0.7, 1.2MPa 수압을 각각 가하여 작동 시 분해되는 부품이 걸리지 말아야 한다.
- (2) 반사판 등 분해되지 않는 부품은 변형 또는 파손이 되지 않아야 한다.

1-2. 무디 선도(Moody diagram)의 개념을 설명하고 이를 이용한 미분무소화설비 배관의 마찰손실 계산에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제1권, p.48, p.351

① 무디선도(Moody diagram)

- 1) Darcy-Weisbach 식을 통한 마찰손실수두 계산 시 마찰계수 f를 구하기 위한 선도
- 2) 활용



3) 유체 흐름 별 고려사항

구분	내용
층류흐름 영역	• $f = 64 / Re$, Re 에 따라 선형적으로 감소
천이흐름 영역	• f 는 Re 와 상대조도(ϵ/d)의 함수
매끈한 파이프 영역	• f 는 Re 에만 영향을 받고 상대조도와 무관
완전난류 영역	• f 는 Re 와 무관한 상대조도만의 함수

② 미분무소화설비 마찰손실 계산

구분	저압 설비	중압, 고압 설비
적용 공식	Hazen-Williams 식 [MPa] $\Delta P = 6.053 \times 10^4 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$	Darcy-Weisbach 식 [m] $H = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$
고려사항	수온, 밀도, 점도 미고려 첨가제 사용 시 중압, 고압과 동일	수온, 밀도, 점도 고려 첨가제 사용 시 동일하게 적용

1-3. 「소방의 화재조사에 관한 법률」에서 정하고 있는 화재조사의 대상, 조사사항 및 절차에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제2권, p.220

① 화재조사 정의 및 대상

1) 정의

화재원인, 피해상황, 대응활동 등을 파악하기 위하여 자료의 수집, 관계인등에 대한 질문, 현장 확인, 감식, 감정 및 실험 등을 하는 일련의 행위를 말한다.

2) 대상

(1) 소방기본법에 따른 소방대상물에서 발생한 화재

※ 소방대상물 : 건축물, 차량, 선박, 산림, 인공구조물 또는 물건 등

(2) 그 밖에 소방관서장이 화재조사가 필요하다고 인정하는 화재

② 화재조사의 내용

1) 화재원인에 관한 사항

2) 화재로 인한 인명, 재산 피해 상황

3) 대응활동에 관한 사항

4) 소방시설 등의 설치, 관리 및 작동 여부에 관한 사항

5) 화재발생건축물과 구조물, 화재유형별 화재위험성 등에 관한 사항

6) 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항

③ 화재조사의 절차

1) 현장출동 중 조사 : 화재발생 접수, 출동 중 화재상황 파악 등

2) 화재현장 조사 : 화재의 발화(發火)원인, 연소상황 및 피해상황 조사 등

3) 정밀조사 : 감식·감정, 화재원인 판정 등

4) 화재조사 결과 보고

1-5. 다음 접지관련 용어에 대하여 각각 설명하시오.

1) 계통접지

2) 보호접지

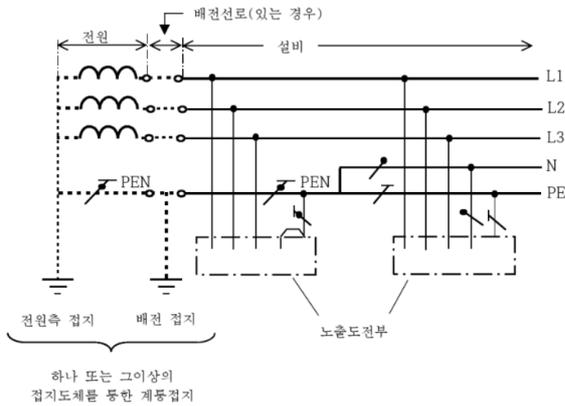
3) 피뢰시스템 접지

답)

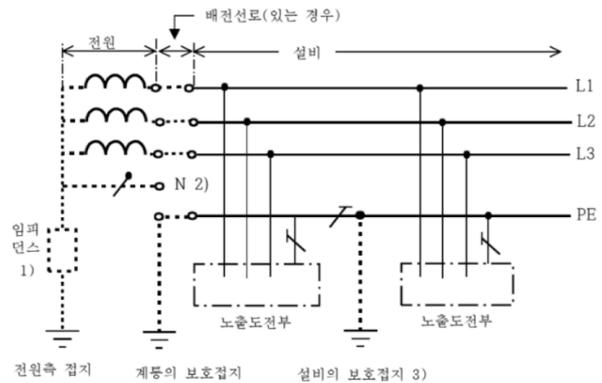
출처 금화도감 2권 p.345

① 계통접지

- 1) 전력계통에서 돌발적으로 발생하는 이상 현상에 대비하여 대지와 계통을 연결하는 것으로, 중성점을 대지에 접속하는 것
- 2) TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT에 해당
 - (1) 제1문자(T/I) : 전원계통(중성점)과 대지간 접지유(T)무(I)
 - (2) 제2문자(T/N) : 노출도전부(기기외함)와 대지간 직접 접지(T) 중성점 간접 접지(N)
 - (3) 추가문자(S/C) : PE와 N을 별도분리(S), 겸용(C)



[TN-C-S 접지]



[IT 접지]

② 보호접지

- 1) 고장 발생 시 감전에 대한 보호를 목적으로 기기의 한 점 또는 여러 점을 접지하는 것
- 2) PE(보호도체) 기기 외함 접지, 기기 간 본딩(Bonding)

③ 피뢰시스템 접지

- 1) 피뢰설비에 흐르는 뇌격전류를 안전하게 대지로 흘려보내기 위해 접지극을 대지에 접속하는 것
- 2) 수뢰부 - 인하도선 - 접지극으로 구성
- 3) 종류 : 돌침, 수평도체, 케이지, 선행 스트리머, 독립 가공지선 방식
- 4) 설계방법 : 보호각법, 회전구체법, 메쉬(Mesh)법

1-6. 자가발전설비 적용 시 건물이 여러 동으로 구성된 경우 부하를 결정하는 방법에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제1권, p.796

① 여러 동의 자가발전설비 부하 결정 방법

구분	부하 용량, 비용	법적 기준	고려사항
단일 동 용량 선정	가장 적음, 경제적인 설계	적법함	화재확산 시 용량 부족
전체 동 용량 선정	가장 많고 비쌌 현실적으로 불가능	적법하나 적합하지 않음	비용 및 용량 과다
복수 동 용량 선정	최대 부하 2-3개 동 고려 가능	적법 및 적합	정확한 기준이 없어 적용이 어려움

② 단일 동 용량 선정 시 문제점

- 1) 여러 동이 묶여있는 아파트와 같은 지하에서의 화재 시 : 여러 동으로 화재 및 연기 확산 가능
- 2) 부속실 제연설비 : 다수 동의 제연 환기 기동하기에는 발전기 용량이 모자람
- 3) 그 외
 - (1) 펌프 : 저층부, 중층부는 주로 고가수조에 의한 낙차방식으로 문제 없음
고층부는 다수의 동에 동시에 화재가 발생할 확률이 적으므로 미고려
 - (2) 자탐, 유도등, 가스계 등 : 축전지 공급이므로 문제 없음
 - (3) 비상조명등, 별도 전원반을 사용하는 소방설비 : 전체 동 부하 고려

③ 복수 동 용량 선정 시 고려사항

- 1) 단일 동 용량에 동별 최대용량 제연환 부하 2-3대 합산
- 2) 비상부하 중 승강기는 전체 동 부하 고려
- 3) 지하주차장 환기겸용 제연설비 적용 시 1개 층 이상 용량 합산 고려

1-7. 「화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률」에서 정하고 있는 불을 사용할 때 지켜야 하는 사항 중 화목(火木)등 고체연료를 사용하는 보일러를 사용할 때 지켜야 하는 사항을 설명하시오.

답) 출처 화재예방법 시행령 [별표1]

① 화목 등 고체연료 보일러 지켜야 할 사항

- 1) 고체연료는 보일러 본체와 수평거리 2미터 이상 간격을 두어 보관하거나 불연재료로 된 별도의 구획된 공간에 보관할 것
- 2) 연통은 천장으로부터 0.6미터 떨어지고, 연통의 배출구는 건물 밖으로 0.6미터 이상 나오도록 설치할 것
- 3) 연통의 배출구는 보일러 본체보다 2미터 이상 높게 설치할 것
- 4) 연통이 관통하는 벽면, 지붕 등은 불연재료로 처리할 것
- 5) 연통재질은 불연재료로 사용하고 연결부에 청소구를 설치할 것

② 기타 공통사항

- 1) 가연성 벽·바닥 또는 천장과 접촉하는 증기기관 또는 연통의 부분은 구조토 등 난연성 또는 불연성 단열재로 덮어씌워야 한다.
- 2) 보일러를 실내에 설치하는 경우에는 콘크리트바닥 또는 금속 외의 불연재료로 된 바닥 위에 설치해야 한다.
- 3) 상기 사항은 영업용 보일러에 해당하며, 가정용은 제외

1-8. 피난용승강기 설치 시 「소방시설 등 성능위주설계 평가운영 표준가이드 라인」에서 요구되는 안전성능 검증 방안에 대하여 설명하시오.

답) 출처 소방시설 등 성능위주설계 평가운영 표준 가이드라인

① 피난용 승강기 안전성능 확보 방안

- 1) 비상 시 피난용승강기 운영방식 및 관제계획 초기 매뉴얼 제출
 - (1) 1차 : 화재 층에서 피난안전구역
 - (2) 2차 : 피난안전구역에서 지상1층 또는 피난층
- 2) 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장은 일정 거리 이격 및 경유하지 않는 구조 (공동주택 부속실 제연설비 성능 확보 시 경유 가능)
- 3) 불승강장 출입문에는 사용 용도를 알리는 표시
- 4) 불특정 다수인 이용시설에는 승강장 출입문에 픽토그램 적용
- 5) 여러 대의 승강기 각각 이격하여 설치(구조상 불가피한 아파트 제외)

② 안전성능 검증 방안

- 1) 운영계획서 검토
 - (1) 1차 및 2차 운전계획 확인
 - (2) 설치대수, 운행속도, 수용인원, 탑승우선자, 승하차계획의 적합성 확인
- 2) 피난시물레이션 검증
 - (1) 최종 출구는 건축물 외부 출입구를 통한 공공부지 안전지역(Assembly Point)
 - (2) 피난안전구역은 최종적인 피난층이 아님
 - (3) 피난용승강기 피난인원을 포함한 REST 측정
 - ① 승강기 사용인원을 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 조절하며 최적의 피난시간 계산
 - ② 이러한 REST 값을 기반으로 한 운영계획을 소방계획서 및 운전계획에 반영

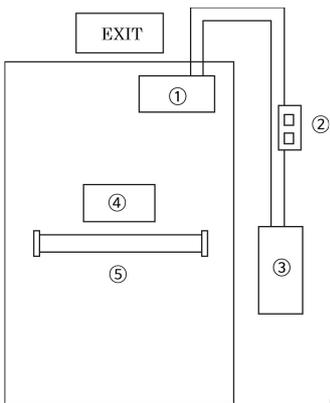
1-9. NFPA 101에서 제시하는 지연출구 전기 잠금 시스템(Delayed Egress Electrical Locking System)에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제2권, p.370

① 지연 출구 자물쇠 필요성

- 1) 비상시 피난안전 개념과 평상시 보안안전의 개념이 상충됨
- 2) 예시 - 옥상 출입문 및 수용소 출입문
 - (1) 보안상 : 평상시 폐쇄가 바람직
 - (2) 피난안전상 : 평상시 개방이 바람직
- 3) 따라서 평시 폐쇄, 비상시 개방하는 지연 출구 자물쇠 필요

② Delayed Egress Locks 구조



- ① 전자 잠금장치
- ② 전원
- ③ 제어장치
- ④ 표지
- (경보가 울릴 때까지 미시오.
15초 이내 문이 열림)
- ⑤ 출입문 Switch Bar

③ 개방조건

- 1) 자동소화설비, 자동화재탐지설비 동작 시, 상용전원 정전 시 동작
- 2) 67N 이상의 힘으로 3초 이상 문을 밟을 경우 15초 이내에 열릴 것
- 3) 수용소, 정신관련 의료시설 등은 상기 외에 추가적인 조건 고려

④ 국내 비상문 자동개폐장치

1) 설치대상	2) 설치기준
(1) 옥상광장 설치 건축물	(1) 자동화재탐지설비 연동하여 자동 개방 또는 수동으로도 개방
(2) 다중이용건축물	(2) 한번 동작 시 자동으로 닫히지 않을 것
(3) 연면적 1,000m ² 이상 공동주택	(3) 신호 수신 후 5초 이내 개방
	(4) 개방상태 쉽게 확인 가능

1-10. 랙크(Rack)식 창고에서의 송기공간(Flue Space)에 대하여 설명하시오.

답) 출처 창고시설의 화재안전기준 제정예고안, 화재보험협회 자료

① 송기공간의 개념

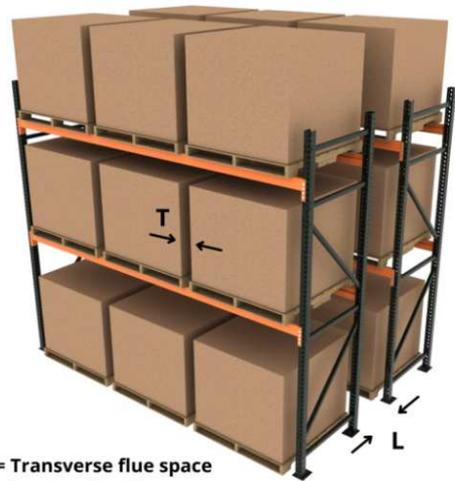
- 1) NFTC 609 제정예고 : 랙을 일렬로 나란하게 맞대어 설치하는 경우 랙 사이에 형성되는 공간 (사람이나 장비가 이동하는 통로는 제외)
- 2) 화재 시 열기류가 통하는 공간이자, 스프링클러 살수 통로이기도 하다.
- 3) 랙 시스템의 화재감지 및 소화를 위해 높이, 위험도에 따라 확보해야 하는 공간이다.

② NFTC 609 제정예고안

랙식 창고의 경우에는 라지드롭형 스프링클러헤드를 랙 높이 3미터 이하마다 설치하여야 한다. 이 경우 송기공간이 있는 랙식 창고에는 랙 높이 3미터 이하마다 설치하는 스프링클러헤드를 송기공간에 설치할 수 있다.
 → 헤드 감열을 고려해 송기공간에 설치할 수 있도록 규정함

③ 송기공간 설치기준

- 1) 길이방향 송기공간(Longitudinal Flue Space)
 - (1) 적재물 열과 열 사이의 공간
 - (2) 최소 150mm 이상, 600mm 미만
 - (3) 적재 높이 7.6m 이하의 2열 및 다열 개방형 랙크에 적재된 클래스 I, II, III, IV 및 그룹 A 플라스틱 물품의 경우, 길이방향 송기공간은 필요하지 않음
 - (4) 적재 높이 7.6m를 초과하는 2열 랙크에 적재된 클래스 I, II, III, IV 및 그룹 A 플라스틱 물품의 경우, 공칭 150mm의 길이방향 송기공간을 확보하여야 한다.



T = Transverse flue space
 L = Longitudinal flue space

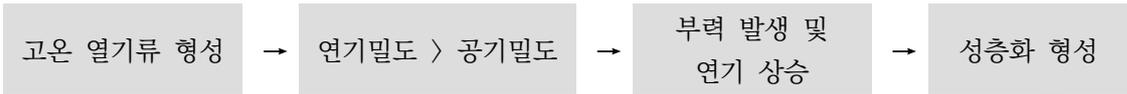
- 2) 가로방향 송기공간(Transverse Flue Space)
 - (1) 적재 방향과 평행한 적재물 열 사이의 공간,
 - (2) 최소 150mm 이상
 - (3) 1열, 2열, 그리고 다열 랙크에는 적재물과 랙크 기둥 사이에 공칭 150mm의 가로방향 송기공간을 확보하여야 하며, 송기공간의 폭 또는 수직 배열은 임의로 변경할 수 있다.
- 3) 인랙헤드의 배치
 - 길이방향 - 가로방향 송기공간의 교차점 또는 하나의 지점에 설치

1-11. 화재 시 연기의 성층화(Stratification) 현상과 연기의 성층화 관련 계산식에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제2권, p.276

① 도로터널에서의 성층화 개념

1) 화재연기가 온도차에 의한 부력에 의해 터널 상층부에서 연기층을 형성하는 현상



2) 청결층 확보를 위해 성층화가 깨지지 않아야 하며, 이를 위해 임계풍속의 제연공급 필요

② 성층화 관련 계산식 : 임계풍속

1) 개념

화재 시 성층화를 유지하면서 열(연)기류의 역류현상을 억제하기 위한 최소한의 풍속

2) 관계식

$$V_{rc} = K_g F_{rc}^{-1/3} \left(\frac{gHQ}{\beta \rho_0 C_p A_r T_f} \right)^{1/3}$$

g : 중력가속도, C_p : 정압비열, β : 보정계수
 Q : 화재강도 [MW], A : 터널 단면적, T_f : 화점온도 [K]
 K_g : 터널경사 보정계수, H : 화점에서 터널 천장까지 높이
 ρ : 초기 공기밀도, F_{rc} : 임계 프루드 수(4.5)

3) 영향인자

- (1) 상향경사 : 연기배출에 효율적
- (2) 하향경사 : 연기배출에 불리함
- (3) 터널 단면적 : 넓을수록 제어 용이
- (4) 터널 높이, 화재 크기 : 클수록 더 큰 풍속 필요

4) 임계풍속 이상인 경우 역기류는 일어나지 않으나, 너무 강해지면 성층화가 깨질 수 있다.

③ 성층화 확보대책

- 1) 화점 근처 제트팬의 가동은 성층화의 교란을 유발하므로 가동하지 않는 것이 바람직하다.
- 2) 임계풍속, 역기류, 성층화는 제트팬을 사용한 종류터널의 환기특성이다. 따라서 방지를 위해 횡류 및 반 횡류, 대배기구 환기방식을 적용한다.

1-12. 대기압이 753mmHg일 때 진공도 90%의 절대압력은 몇 MPa인지 계산하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제1권, p.25

① 절대압력 계산

1) 조건

- (1) 대기압 753 mmHg
- (2) 진공도 90%

2) 계산

(1) 대기압 단위환산

$$753 \text{ mmHg} \times \frac{0.101325 \text{ MPa}}{760 \text{ mmHg}} = 0.1 \text{ MPa}$$

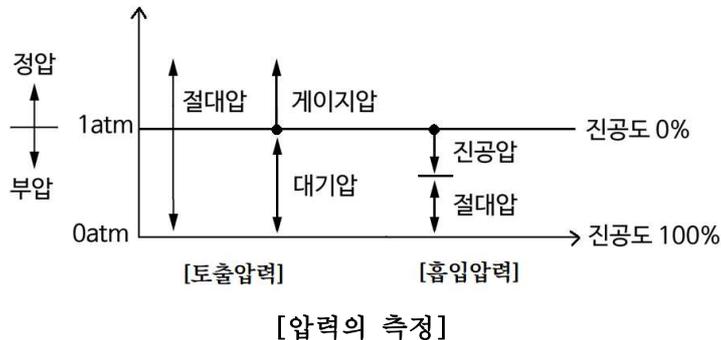
(2) 진공도 90% 절대압력 계산

대기압 0.1MPa은 진공도 0%, 절대압 0Mpa은 진공도 100% 이므로
 $0.1 \text{ MPa} \times 0.1 = 0.01 \text{ MPa}$

② 답 : 진공도 90%의 절대압력은 0.01 MPa

③ 절대압력과 진공압력

- 1) 절대압력 : 완전진공(진공도 100%) 상태부터의 압력으로, 대기압까지 포함한 압력
- 2) 진공압력 : 대기압을 0으로 하여 측정되는 부(-)압, 진공계 또는 연성계로 측정
- 3) 절대압력 = 대기압 - 진공압력



1-13. 저압식 이산화탄소소화설비에서 Vapor Delay Time을 구하는 계산식을 제시하고 이에 영향을 주는 인자에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아 소방기술사 제1권, p.505

① Vapor Delay Time

1) 개념

- (1) -18℃의 CO₂ 방출 시 상대적으로 뜨거운 배관에서 기화되었다가 다시 액상으로 방출될 때까지의 시간
- (2) 액상방출량이 줄어들어 설계농도가 감소하게 됨

2) 메커니즘

저장용기 개방 → 배관 열흡수 → CO₂ 기화 → 기상방출 → 배관 냉각 → CO₂ 액화 → 액상방출

3) 공식

$D_t = \frac{w C_p (T_1 - T_2)}{9.13(Q - q)} + \frac{1,050 V}{Q}$	Dt : V.D.T [sec], T ₁ : 방출 전 배관온도 [°F], Q : 시스템 유량, V : 배관 체적 [ft ³]	w : 배관 중량 [lb] T ₂ : CO ₂ 온도 [°F] q : 유량 보정치
$W = \frac{w C_p (T_1 - T_2)}{H}$	W : CO ₂ 증발량 [kg] H : CO ₂ 의 증발잠열 [kJ/kg], 저압식은 279 kJ/kg	

② 영향인자 및 감소대책

영향인자	V.D.T	감소대책
배관 중량 배관 체적 초기 배관 온도	클수록 증가	설계 유량에 증발량 가산 배관 길이, 구경 축소 시스템 Zoning
시스템 유량	클수록 감소	고압식 및 독립배관방식으로 변경

제 2교시 문제풀이

2-1. 실제 화재 시 소화에 필요한 소화방법을 작용면에서 물리적 작용에 바탕을 둔 소화방법과 화학적 작용에 바탕을 둔 소화방법으로 분류하는데 다음에 대하여 설명하시오.

- 1) 물리적 작용에 바탕을 둔 소화방법에서
 - (ㄱ) 연소에너지 한계에 바탕을 둔 소화방법
 - (ㄴ) 농도 한계에 바탕을 둔 소화방법
 - (ㄷ) 화염의 불안전화에 의한 소화방법
- 2) 화학적 작용에 바탕을 둔 소화방법
- 3) 물리적 작용과 화학적 작용 소화방법 간의 상호보완 작용

답)

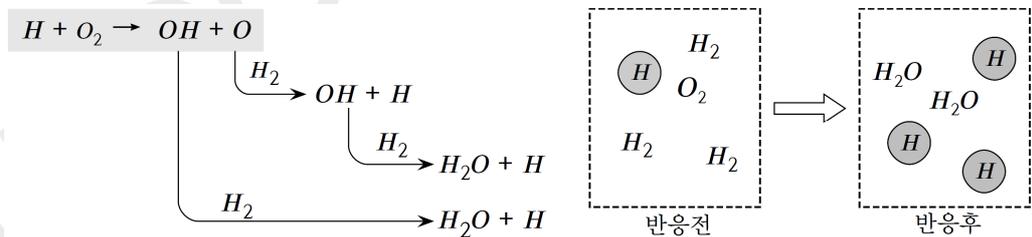
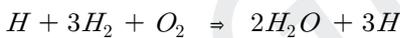
출처' 소방기술사 요해 1권 P87

① 연쇄반응 개요

- 1) 가연물, 열(점화원), 공기(산소)를 연소의 3요소라 하는데 3요소에 연소가 유지되기 위한 4번째 요소인 연쇄반응을 고려한 것이 연소 4면체 (Fire tetrahedron)이다.
- 2) 화염은 활성라디칼 (H, OH)이 지속적으로 생성되면서 화염이 유지된다.
- 3) 연쇄반응을 제거하면 화염이 소멸된다.

② 연쇄반응 정의

- 1) 연쇄반응이란 수소 (H₂) - 산소(O₂) 혼합기에서 발화가 되면 하나의 수소 라디칼 (H)이 3개의 수소 라디칼이 되는 반응이다



2) 메커니즘

구 분	화학식	비 고
개 시	$H_2 \Rightarrow H + H$	점화원(Ignition source)에 의해 H 생성
가 지 (분기)	$H + O_2 \Rightarrow OH + O$ $O + H_2 \Rightarrow OH + H$	라디칼 수 증가
전 파	$OH + H_2 \Rightarrow H_2O + H$	

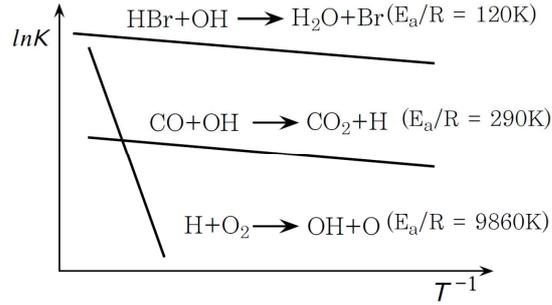
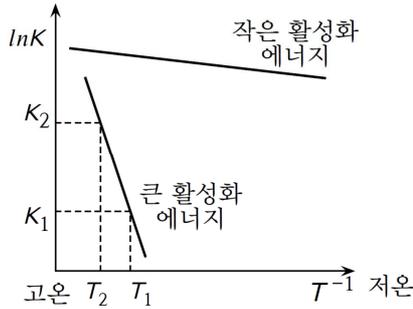
③ 물리적 소화

가지 (분기) 연쇄반응이 발생하지 않도록 한다.



1) 연소에너지 한계에 바탕을 둔 소화방법

- (1) 화염냉각
- (2) 연소에너지보다 손실이 큰 경우 소화
- (3) 화염온도와 반응을



2) 농도 한계에 바탕을 둔 소화방법

질식 : 산소농도를 감소시켜 소화

3) 화염의 불안전화에 의한 소화방법

- (1) 화염에서 가연물 (H) 제거
- (2) 유정 (油井)화재의 소화 (Blow-off)
- (3) Damkohler [D]

$$D = \frac{\tau_r}{\tau_{ch}}$$

τ_r : 가연성 가스가 화염에 잔류하는 시간

τ_{ch} : 가연성 가스가 반응하는 시간

④ 화학적 소화

이미 발생한 가지 (분기) 연쇄반응에서 OH 제거



⑤ 물리적 작용과 화학적 작용 소화방법 간의 상호보완 작용

1) 할로젠화합물계(HFC)의 소화메카니즘



2) 할로젠화합물계(HFC)의 의 경우 물리적 소화 효과를 증가시켜 화학적소화 효과를 감소시켜야 약제 열 분해생성물을 감소시킬수 있다.

2-2. 소방감리원은 소방도면 이외에 건축도면, 기계도면, 전기 및 통신 도면을 검토해야 하는데 이때 검토해야할 항목과 소방 설계도서 목록 중 설계도면, 설계시방서, 내역서, 설계계산서의 주요 검토 내용에 대하여 설명하시오.

답) 출처 '소방기술사 요해 2권 P834

① 개 요

- 1) 감리원은 착수단계부터 준공 시까지 적법성 및 적합성 확인
- 2) 소방설계도서는 설계도면, 설계시방서, 내역서 및 설계계산서 등으로 구성되며, 감리원의 업무는 이러한 설계도서를 검토하는 것부터 시작되므로 소방과 관련된 건축, 기계, 전기도면 등도 함께 검토하여 설계의 오류, 누락 등의 문제점을 발견하고 적절한 조치를 하도록 하여야 한다.

② 기본서류 검토

- 1) 건축허가서(용도, 층수, 연면적)
- 2) 건축허가 조건 : 피난방화 여부
- 3) 관할소방서 동의조건
- 4) 시공계획서 검토
- 5) 설치계획서 검토

③ 설계도면 검토

- 1) 건축평면과 소방평면 일치 여부
- 2) 실제시공가능여부(건축도면 참조)
- 3) 타공정 간섭 및 상호 부합 여부

구 분	확인 사항
건 축	<ul style="list-style-type: none"> • 수신기, 각종 제어반의 위치 및 면적 • 감시제어반 전용실의 적합성 • 알람벨브의 밸브실, 펌프실의 위치 및 면적 • 제연 환풍 위치 및 면적, 외기에 면하는 급 배기 그릴 위치 • 배연창, 자동폐쇄장치 등 피난설비 관련 설치 • 제연설비 수직풍도 위치 및 면적 등 • 방화셔터 위치
전 기	<ul style="list-style-type: none"> • 소방설비 관련 장비의 전원 • 건축방재관련 전원 • 비상조명등 • 비상전원설비 등
기 계	<ul style="list-style-type: none"> • 공조겸용 제연설비 • 소화용수 겸용수조 • 상수도소화전 인입라인 등

- 4) 설계도서 상호부합 여부(시방서, 계산서, 내역서)
- 5) 설계의 오류, 누락 등 불명확성 검토 시 중요 확인 사항
 - (1) 방화구획 누락 여부 : 비상전원
 - (2) 방화지구 여부
 - (3) 방화셔터와 출입문 거리
 - (4) 소화펌프 계산서와 설계도서 일치 여부
 - (5) 감압밸브 적용조건 설치 및 구성방법 적절 여부
 - (6) 연결송수관 가압송수장치 및 기동장치
 - (7) 송수구 위치
 - (8) 소화배관 적절 여부
 - (9) 기계실 등 살수 장애 여부 및 상하향식
- 6) 시공 시 예상 문제점 검토

④ 설계 시방서 검토

- 1) 시방서, 내역서와 도면 일치 여부
- 2) 특기 시방 첨부 여부
- 3) 도면에 표기하지 못하는 부분 있는지 확인 검토

⑤ 내역서 검토 : 물량, 규격, 단가, 단위 확인

- 1) 도면 계산서 일치 여부
- 2) 내역, 품목, 수량이 도면과 일치 여부

⑥ 설계계산서 검토

- 1) 구조계산서
- 2) 펌프/송풍기 용량계산서
- 3) 발전기 용량
- 4) 거실/특별피난계단 제연설비 계산서

⑦ 결 론

- 1) 착수단계 검토가 매우 중요하다.
- 2) 계약이후 30일 이내 오류 및 누락 관련 설계검토서 제출
- 3) 품질확보 위한 자제 검수 및 현장 작업 검측 업무 중요

2-3. 상업용 주방자동소화장치의 정의, 설치기준 및 설계매뉴얼에 포함되어야 할 사항에 대하여 설명하시오.

답) 출처 '소방기술사 요해 1권 P766, 상업용 주방자동소화장치 성능인증

① 주방자동소화장치 정의

- 1) 주거용·상업용 주방에 설치하여 열발생 조리기구의 사용으로 인한 화재 발생 시 열원(전기 또는 가스)을 자동으로 차단하고 소화약제를 방출하는 소화장치
- 2) 주방화재는 가스화재이므로 소화보다 차단이 중요하다. 그러므로 물분부등소화설비가 설치되더라도 예외 없이 설치하여야한다.

② 상업용 주방자동소화장치 설치 대상

- 1) 판매시설 중 대규모점포에 입점해 있는 일반음식점
- 2) 집단급식소

③ 상업용 주방자동소화장치 설치기준

- 1) 소화장치 : 조리기구의 종류 별로 성능인증 받은 설계 매뉴얼에 적합하게 설치할 것
- 2) 감지부 : 성능인증 받는 유효높이 및 위치에 설치할 것
- 3) 차단장치(전기 또는 가스) : 상시 확인 및 점검이 가능하도록 설치할 것
- 4) 분사헤드
 - (1) 후드에 방출되는 분사헤드는 후드의 가장 긴 변의 길이까지 방출될 수 있도록 약제 방출 방향 및 거리를 고려하여 설치할 것
 - (2) 덕트에 방출되는 분사헤드는 성능인증 받는 길이 이내로 설치할 것

④ 설계 매뉴얼(상업용 주방자동소화장치의 성능인증 및 제품검사의 기술기준)

- 1) 소화장치 및 구성품의 사양을 포함한 소화장치 작동 및 설치에 관한 세부사항
- 2) 소화장치에 대한 다음 각 목의 설계 제한사항
 - (1) 최소/최대 배관 길이, 부속품의 종류별 최대 수량, 노즐의 종류
 - (2) 방호 조리기구 종류별 적용 노즐의 형태 및 최대 방호면적, 최소/최대 설치높이, 노즐의 설치위치 및 방향
 - (3) 방출시간 및 방호 조리기구 종류별 노즐의 방출율
- 3) 소화장치에 사용되는 배관, 튜브, 피팅류 및 호스의 종류 및 사양
- 4) 소화장치의 정상 작동을 위한 소화장치 배열(lay-out) 및 설치 제한사항
- 5) 감지부 및 제어부의 형태 및 사양
- 6) 사용온도 범위
- 7) 저장용기의 21℃ 충전압력 및 종류(소화약제 용량 포함)
- 8) 가압용 가스용기의 종류 및 사양(가압식에 한함)

- 9) 모든 설계 제한사항을 포함하는 최대 크기의 소화장치 설계 예시
- 10) 두 개 이상의 소화장치를 연결하여 사용 시 소화장치의 설치 및 사용 제한사항
- 11) 시공 및 작동 그리고 유지관리에 대한 지침
 - (1) 주의 및 경고표지
 - (2) 소화장치를 구성하는 모든 부품에 대한 도면 및 기술사양
 - (3) 소화장치 유지를 위한 정기점검 및 사후관리에 관한 사항
- 12) 다음의 주요부품에 대하여는 신청업체의 상호명 및 제품모델번호 등을 표시할 것
 - (1) 저장용기(가압용가스용기를 포함한다), 밸브
 - (2) 노즐
 - (3) 플렉시블호스
 - (4) 저장용기 작동장치(니들밸브 등)
 - (5) 기동용기함 등

2-4. 소방청의 [건축위원회(심의) 표준 가이드라인] 에서 제시하는 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 종합방재실(감시제어반실) 설치기준 강화
- 2) 지하 주차장 연기배출설비 운영 강화
- 3) 전기차 주차구역(충전장소) 화재예방대책 강화

답) 출처' 소방청의 [건축위원회(심의) 표준 가이드라인

① 종합방재실(감시제어반실) 설치기준 강화

- 1) 종합방재센터는 CCTV를 통해 화재발생 상황을 상시 모니터링 가능한 구조로 설치하고, 보원요원 등이 상시 근무할 수 있도록 할 것
- 2) 소방대가 쉽게 접근할 수 있도록 피난층 또는 지상1층에 설치할 것
 - (1) 다만, 종합방재실로 통하는 전용출입구가 확보되는 경우에는 지하1층 또는 지상2층에 설치할 수 있음
 - (2) 소방자동차 진입로 동선과 일치하도록 하고, 종합방재실 출입문은 양방향에서 출입할 수 있도록 최소 2개소 이상 설치할 것
- 3) 소방대가 지휘 및 재난 정보수집 등 원활한 소방활동을 할수 있도록 충분한 공간을 확보할 것
 - 급수전(식수공급) 1개소 이상과 화장실을 설치하고, 소방관 휴게 및 장비배치 공간을 확인할 수 있는 상세도 제출할 것
- 4) 용도별 관리 권원을 분리하여 2개소 이상 설치할 경우에는 상호 재난관리 상황을 확인하고 제어할 수 있는 시스템을 갖출 것
- 5) 종합방재실(감시제어반실)과 관리사무실은 상호 인접하여 설치할 것
 - (1) 수직적, 수평적으로 최대한 근접하게 설치할 것
 - (2) 종합방재실과 관리사무실을 같은 공간에 구획하여 설치하는 경우에는 상호 출입이 가능하도록 출입문 설치할 것

② 지하주차장 연기배출설비

기류와 연기 배출을 이용하여 연기가 건물 상층으로의 이동 방지(smoke control)

- 1) 지하 주차장에는 환기설비를 이용하여 연기배출을 하고, 필요 환기량은 27CMH/m² 이상으로 할 것
- 2) 환기설비에는 비상전원 및 배기팬의 내열성을 확보하고, DA에 층간 연기 전파를 막을 수 있는 댐퍼를 설치할 것
- 3) 환기팬에 대한 원격제어가 가능한 수동기동스위치를 종합방재실내에 설치할 것
- 4) 환기설비는 화재발생시 감지기에 의해 연동되는 구조로 설치할 것
- 5) 주차장 팬룸에 연기배출용으로 설치된 급기 루버는 하부에, 배기 루버는 상부에 설치하고, 주차장 유인팬의 가동 여부를 결정하기 위하여 시뮬레이션 또는 Hot Smoke Test를 통하여 성능을 검증할 것

③ 전기차 주차구역(충전장소) 화재예방대책 강화

- 1) 전기자동차 주차구역 (충전장소)은 별도의 방화벽으로 구획하고, 방출량이 큰 헤드 (k factor 115이상) 또는 살수 밀도를 높여 계획할 것
 - (1) 일정 단위별 격리 벽체를 설치하고, CCTV를 설치하여 24시간 감시할 것
 - (2) 방출량 증가에 따른 수원량 추가 확보 고려할 것 (수리 계산 등)
 - (3) 연결송수관설비용 펌프 흡입측 배관은 습식방식으로 배관 구성 후 도면에 반영할 것
- 2) 지하주차장 내 급·배기설비 및 전기자동차 충전시설 화재 반영
 - (1) 지하주차장 내 급·배기설비는 피난의 성패를 좌우하므로 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 정확한 용량산정과 수리계산이 뒤따라야 하며 전기차 화재시나리오까지 고려해야 함
 - (2) 전기자동차 전용 충전시설은 지상층에 설치하는 것을 원칙으로 하되, 지하주차장에 설치할 경우 피난층과 가까운 층에 설치하고 전기자동차 배터리 화재실험 데이터를 바탕으로 시뮬레이션에 반영하여 인명 안전성을 평가할 것
 - (3) 1면 이상 외기에 접하지 않는 지하주차장 화재를 가정한 시뮬레이션 수행 시 급·배기 (환기)설비 작동 여부에 따른 연기 배출 상황을 비교할 것
 - (4) 지하주차장 바닥면적이 20,000 m² 이상일 경우, 급·배기 설비의 용량, 설치위치, 설치수량, 설치방향 등을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증할 것
 - (5) 2021년 8월 발생한 지하주차장 출장세차차량 화재사고에서처럼 밀폐된 공간에서 열방출률이 높은 차량 화재는 고온의 복사열로 인해 언제든지 인접차량으로 연소가 확대될 수 있으므로 스프링클러의 냉각효과 등을 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증할 것

※ 성능위주설계 표준 가이드

1. 종합방재실(감시제어반실) 설치기준 강화

- 1) 종합방재센터는 CCTV를 통해 화재발생 상황을 상시 모니터링 가능한 구조로 설치하고, 보안 요원 등이 상시 근무할 수 있도록 할 것.
- 2) 종합방재실(감시제어반실)의 위치는 지상 1층 또는 피난층 설치 원칙.
다만, 종합방재실(감시제어반)로 통하는 전용출입구가 확보되는 경우에는 지하1층 또는 지상2층에 설치할 수 있음
 - (1) 소방자동차 진입로 동선과 일치하도록 하고, 종합방재실(감시제어반실) 출입문은 양방향에서 출입할 수 있도록 최소 2개소 이상 설치할 것.
 - (2) 사람이 상시 근무하는 장소에 설치하고, 근무자가 없는 경우 경비실 등에 부수신기를 설치하여 수신기와 연동하도록 할 것.
- 3) 종합방재실(감시제어반실)에 물분무등소화설비를 설치할 것.
- 4) 재난 정보수집 및 제공, 방재 활동의 거점 역할을 할 수 있는 위치와 면적확보.
소방대원 휴게 및 장비 배치 공간이 확보된 상세도 제출할 것.
- 5) 대규모 복합건축물의 종합방재실을 관리주체별 분리 설치·운영하는 경우 종합방재실 상호간 NETWORK로 연계하여 종합방재실 기능상실 대비 예비 종합방재실 기능을 할 수 있도록 시스템 구성 권장.
- 6) 100층 이상 초고층 건축물의 경우 종합방재실 기능 상실 대비 예비 종합방재실 추가 설치할 것.

2. 지하주차장 연기배출설비 운영 강화

- 1) 지하 주차장에는 환기설비를 이용하여 연기배출을 하고, 필요 환기량은 $27\text{CMH}/\text{m}^2$ 이상으로 할 것.
- 2) 환기설비에는 비상전원 및 배기팬의 내열성을 확보하고, DA에 층간 연기 전파를 막을 수 있는 댐퍼를 설치할 것.
- 3) 환기팬에 대한 원격제어가 가능한 수동기동스위치를 종합방재실내에 설치할 것.
- 4) 환기설비는 화재발생시 감지기에 의해 연동되는 구조로 설치할 것.
- 5) 주차장 팬룸에 연기배출용으로 설치된 급기 루버는 하부에, 배기 루버는 상부에 설치하고, 주차장 유인팬의 가동 여부를 결정하기 위하여 시뮬레이션 또는 Hot Smoke Test를 통하여 성능을 검증할 것.

3. 전기차 주차구역(충전장소) 화재예방대책 강화

전기자동차 주차구역(충전장소)은 지상에 설치하는 것을 원칙으로 하되, 지하에 설치할 경우 피난층 인근에 설치하고 다음 시설물을 갖출 것.

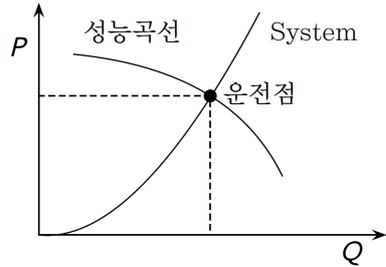
- 1) 전기자동차 주차구역(충전장소)은 일정 단위별 격리 방화벽으로 구획
- 2) (CCTV 설치로 24시간 감시)하고, 방출량이 큰 헤드(k factor 115이상) 또는 살수 밀도를 높여 계획할 것.[방출량 증가 → 수원량 추가 확보.(수리 계산 등)]
- 3) 주차구역 인근에 질식소화포(차량용) 비치 권고 → 관계인 초기대응 역할
 - (1) 식별이 용이한 곳에 비치
 - (2) 보관함 별도 설치
 - (3)사용설명서 및 표지판 부착

2-5. 제연설비에 사용되는 송풍기의 각 풍량제어 방법별 성능곡선 및 특성을 비교 설명하시오.

답) 출처' 소방기술사 요해 2권 P 356

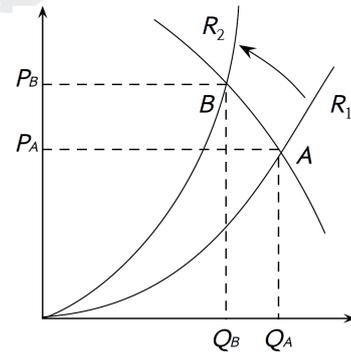
① 개요

- 1) 송풍기의 운전점은 Fan 성능곡선과 System 곡선의 교차점으로 결정
- 2) 송풍기의 풍량조절 방법
 - (1) System 곡선을 조절하는 방법
 토출측 댐퍼에 의한 제어
 - (2) Fan 성능곡선을 조절하는 방법
 - ① 흡입 Vane에 의한 제어 ② 회전수 제어
 - ③ 가변피치에 의한 제어 ④ By-Pass 제어



② 토출 댐퍼에 의한 제어 (Damper control)

- 1) 작동순서
 - (1) Fan 성능곡선과 시스템 곡선의 교점을 A로 하면, 송풍기는 압력 (P_A), 풍량 (Q_A)로 운전
 - (2) Damper를 조이면
 - ① 시스템 곡선 : $R_1 \Rightarrow R_2$ ② 운전점 : $A \Rightarrow B$ ③ 풍량 : $Q_A \Rightarrow Q_B$



【토출댐퍼】

- 2) 적용
 - (1) 가장 일반적인 방법
 - (2) 다익 송풍기 (Sirocco Fan), 소형 송풍기에 적용
- 3) 장점
 - (1) 공사 간단, 투자비 저렴하다. (2) 소형설비에 적당하다.
- 4) 단점
 - (1) Surging 가능성이 높다. (2) 효율이 나쁘다.

③ 흡입 Vane에 의한 제어 (Guide Vane Control)

- 1) 작동순서
 - (1) 송풍기의 Casing 입구에 8~12개의 가동흡입베인 (Variable Inlet Vane)을 부착하여 Vane 의 개도를 변화시킴으로서 개구면적을 조절하여 풍량을 조절한다.
 - (2) Vane은 댐퍼와 달리 흡입 기류의 방향을 송풍기의 흡입구 모양에 맞게 원심형으로 조절하므로 흡입효율이 좋아 system effect에 의한 손실이 작다.
 - (3) 그림에서 흡입 Vane을 완전히 열었을 때 운전 상태점은 A점이 된다
 - (4) 송풍량은 $Q_A = Q_B$
- 2) 적용
 - (1) 풍량조절 효과는 풍량의 70% 이상에서 양호 (2) 리미트로드 송풍기, Turbo 송풍기에 사용된다.
- 3) 장점
 - (1) 비교적 동력 절약 (2) 회전수 제어방식에 비해 설비비 저렴
- 4) 단점 : Vane 작동의 정밀성이 요구된다.

4] 가변피치에 의한 제어 (Variable Pitch Control)

1) 작동순서

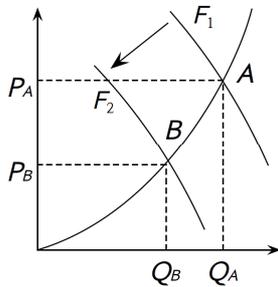
- (1) 날개 바퀴에 부착된 날개의 각도를 변환 시키는 방법
- (2) 축류 송풍기의 Pitch 각도에 따라 운전 상태점이 변화
- (3) Pitch의 각도, 변화에 따라 성능곡선이 변화한다.
- (4) 운전 상태점이 변화하고, 송풍량 및 송풍기 전압이 변화
- (5) 가변 Pitch 제어방식은 회전수 제어방식과 겹하면 경제적이다.

2) 장 점

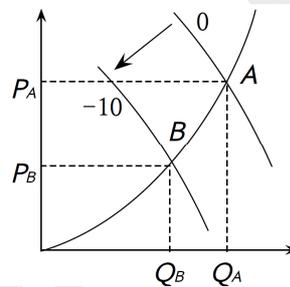
- (1) 에너지 절약, 특성 우수하다. (2) VVVF 방식에 비해 설비비가 적다.

3) 단 점

날개각 조종용 Actuator에 많은 동력이 필요하므로 가급적 공기식 제어방식 사용



【흡입 Vane】



【가변피치】

5] 회전수에 의한 제어

1) 작동순서

- (1) 회전수를 제어하여 송풍기의 풍량 제어

$$N = \frac{120f}{P} (1-s)$$

f : 회전수
s : 슬립

P : 극수

- (2) 회전수를 $n_1 = n_2$ 로 감소 시

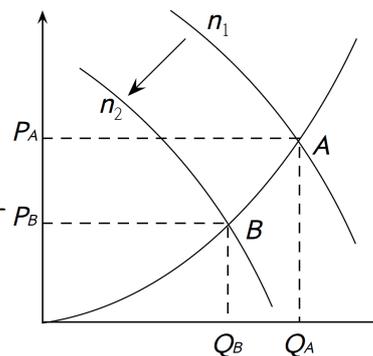
- ① 운전점 : $A = B$ ② 풍량 : $Q_A = Q_B$

2) 적 용

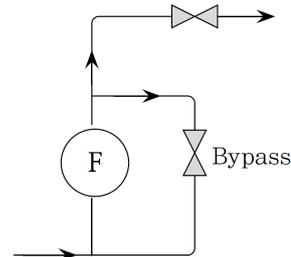
- (1) 일반 범용 전동기에 적용 (2) 소량에서 대용량까지 적용
- (3) 에너지 절약 효과가 높고, 자동화에 적합하다.
- (4) 송풍기 운전 안정

3) 단 점

- (1) 설비비 고가 (2) 전자 Noise (고조파) 발생



【회전수 제어】



【By-pass 제어】

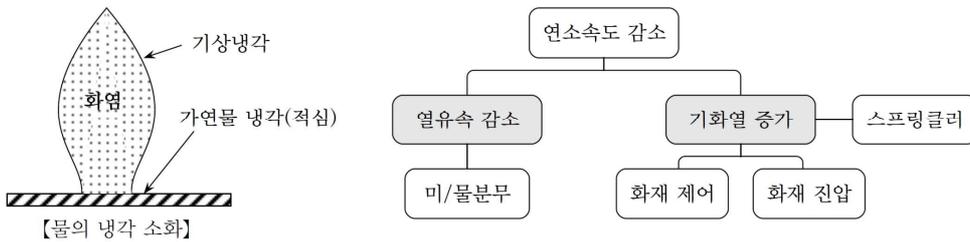
6] By-pass 제어

2-6. ESFR 스프링클러헤드에 적용되는 실제살수밀도(ADD)의 개념, 특징, 영향인자 및 측정방법에 대하여 설명하시오.

답) 출처' 소방기술사 요해 2권 P43

① 개요

- 1) 스프링클러설비는 소화는 연소속도의 감소 중 기화열의 증가로 설명할 수 있다.
- 2) ESFR은 화염에 침투하여 실제로 연소표면에 도달하여 기화열을 증가시키는 것이 중요하다.
- 3) 방수된 물방울의 모멘텀에 의한 화염침투가 중요하게, 특히 방수압력이 클수록 아래 방향으로의 모멘텀은 증가하지만 플럼을 뚫고 가연물의 연소면에 도달하는 양은 감소하므로 ESFR은 작은 K-값에 큰 압력은 적용하지 못하도록 한다.



② ADD (Actual Delivered Density 실제 살수밀도)

- 1) 개념 : 화재 시 발생하는 화염에 침투하여 실제로 연소표면에 도달되는 방수밀도

$$ADD = \frac{\text{가연물 상단에 도달한 소화수의 양}}{\text{가연물 상단 표면적}}$$

2) 영향인자

- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| ① 물입자 크기 / 운동량 | ② 화재강도 : 헤드가 조기에 동작할수록 ADD가 증가한다. |
| ③ 헤드 동작시간 | ④ 살수밀도 : 헤드 구경, 방사압력 |
| ⑤ 헤드간 이격거리 | ⑥ 방사형태 : 디플렉터 형태 |
| ⑦ 헤드와 가연물의 이격거리 | |

③ 방수된 물방울의 모멘텀에 의한 화염침투

- 1) 모멘텀 : $m \times v$

(1) 물 입자 질량 : 압력에 반비례 : $(d_m) \propto \frac{D^{2/3}}{P^{1/3}}$

(2) 물입자 속도 : 압력에 비례 : $v = \sqrt{2 \frac{P}{\rho}}$

2) 모멘텀에 의한 침투

- (1) 모멘텀 증가 방법은 K-값을 증가시켜 물입자를 크게 하든지 또는 방수압력을 증가시켜 속도를 증가시키는 방법이 있다.
- (2) 방수압력이 클수록 아래 방향으로의 모멘텀은 증가하지만 플럼을 뚫고 가연물의 연소면에 도달하는 양

은 감소하므로 ESFR은 작은 K-값에 큰 압력은 적용하지 못하도록 한다.

- (3) 화재안전기준에서 위험성이 큰 경우(창고 층고 및 물품 저장 높이가 큰 경우) K-값이 240 이하의 경우 큰 압력은 적용하지 못하도록 규정

최대층고	최대저장높이	화재조기진압용 스프링클러헤드 (MPa)				
		K = 360 하향식	K = 320 하향식	K = 240 하향식	K = 240 상향식	K = 200 하향식
13.7 m	12.2 m	0.28	0.28	-	-	-
13.7 m	10.7 m	0.28	0.28	-	-	-
12.2 m	10.7 m	0.17	0.28	0.36	0.36	0.52
10.7 m	9.1 m	0.14	0.24	0.36	0.36	0.52
9.1 m	7.6 m	0.10	0.17	0.24	0.24	0.34

4] 시험방법

1) RDD (Required Delivered Density 필요 살수 밀도)

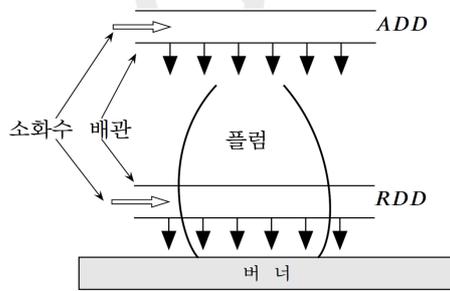
- (1) 소화수가 연소중인 가연물 표면에 도달한다는 가정하에서 소화에 필요한 방수밀도

$$RDD = \frac{\text{진압에 필요한 최소유량}}{\text{가연물 상단 표면적}}$$

- (2) 배관을 시험 버너 가까이 배치

2) ADD (Actual Delivered Density 실제 살수밀도)

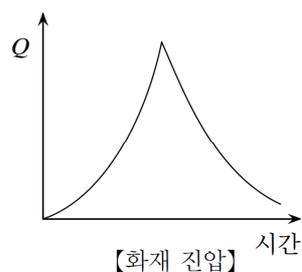
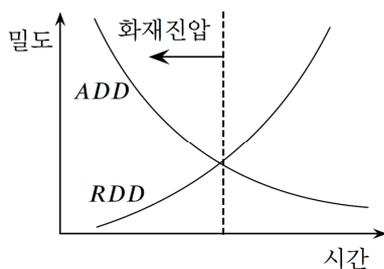
실제 화염에 침투하는 양이므로 버너에서 일정거리 이격하여 배치하고 하부에 채수통 설치하여 살수밀도 측정



【ADD/RDD 시험 시 배관 위치】

5] 화재진압

RDD < ADD



제 3교시 문제풀이

3-1. 행정안전부장관이 침수피해 우려된다고 인정하는 지역 내 지하도로, 지하광장, 지하에 설치되는 공동구, 지하도 상가 및 바닥이 지표면 아래에 있는 건축물을 설치하는 경우 침수 피해를 예방하기 위한 지하공간의 침수 방지시설의 기술적 기준을 공통 적용 사항과 시설별 적용사항으로 구분하여 설명하시오.

답) 출처 지하공간 침수 방지를 위한 수방기준

① 개요

- 1) 지하공간의 침수는 사회 기반시설 등이 마비가 되고, 인명피해의 우려도 있어서 예방 및 대응이 필요하다.
- 2) 따라서 지하공간 침수 방지시설 등을 적용하여 침수피해 방지와 경감대책과 예방대책을 수립하여 침수 피해의 우려를 최소화 시켜야 한다.

② 공통 적용사항

1) 침수피해 방지를 위한 기준

구 분	내 용
출입구 방지턱의 높이	<ul style="list-style-type: none"> • 출입구 방지턱의 높이는 지하공간의 침수를 방지하고 침수 속도를 지연시키기 위해서 지하공간 출입구의 침수 높이를 고려하여 설정하여야 한다.
환기구 및 채광용 창 위치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간과 연결되는 환기구 및 채광 장치를 설치할 때는 예상 침수 높이 보다 높은 위치에 설치하여 홍수 시 또는 이에 상응하는 수위 발생 시 환기구 및 채광 장치를 통한 우수의 유입이 없도록 유의하여야 한다.
물막이판, 모래주머니 등	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간의 침수 방지대책으로 출입구에 방지턱을 설치하여도 지하 침수를 완벽하게 방지하지 못하는 경우 물막이판 또는 모래주머니 등을 설치하여 침수를 방지할 수 있도록 하여야 한다.
역류방지밸브 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간에 설치된 배수구를 통한 우수의 역류 현상을 방지하기 위하여 역류방지밸브를 설치하여야 한다.

2) 침수피해 경감을 위한 기준

구 분	내 용
비상조명 및 대피 유도등	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간이 침수되어 전력공급 장치가 작동하지 않는 때에도 대피에 필요한 비상 조명 및 대피 유도등은 대피자가 인지할 수 있도록 하여야 한다.
누전, 감전 및 정전 방지	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간 침수 시 누전, 감전 및 정전을 방지하기 위하여 다음 각 호의 필요한 조치를 하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 1. 누전 차단장치 설치 및 접지 2. 전기시설(배전반, 콘센트 등)을 침수 높이보다 높게 설치
배수펌프 및 집수정 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간 내 유입된 우수 및 지하수를 효과적으로 배제하기 위한 배수펌프 및 집수정을 설치하여야 한다. 또한, 토사나 부유물이 집수정으로 유입되는 것이 우려되는 경우 침사지를 설치하고 예비 배수펌프를 추가하여야 한다.
유도수로의 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간의 신속한 배수를 위해 우수 및 지하수가 집수정 등으로 원활하게 유입될 수 있도록 유도수로의 설치를 고려해야 한다.
침수피해 확산의 방지	<ul style="list-style-type: none"> • 침수피해가 확산하는 것을 막기 위하여 지하층 계단 통로 환기구 등을 차단하는 방안을 고려하여야 하며, 엘리베이터 출입구 주위에는 침수에 대비하여 탈부착식 침수 방지시설의 설치를 고려하여야 한다.
대피로 확보	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간은 외부로의 탈출로가 한정되어 있으므로 적절한 조명을 갖춘 대피로를 다음 각 호와 같이 설치하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 1. 지하공간의 조명과 대피로의 폭 등이 충분히 보장되어야 하고, 대피경로는 사전에 알 수 있도록 준비하여야 한다. 2. 지하공간 침수상황 발생 시 탈출이 쉽도록 개폐가 가능한 방법창, 실내 비상탈출 사다리 등의 피난설비를 설치하여야 하고, 침수 시 출입문 개폐가 가능하도록 침수 고립 방지 출입문의 설치를 고려하여야 한다.
경보방송 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간 시설물에는 침수 또는 침수 예상 시 적절한 대피가 이루어질 수 있도록 알리기 위한 경보방송 시설을 설치하여야 한다.
난간 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간에서 이용자의 안전을 확보하기 위하여 계단 등에는 난간을 설치하여야 한다.
진입 차단시설 및 침수 안내시설의 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간 침수를 인지하지 못한 이용자의 출입을 통제하여 안전을 확보할 수 있도록 경보방송시설·CCTV 외에 이용자 진입 차단시설, 안내표지판 등을 설치하여야 한다.

3) 침수피해 예방을 위한 기준

구 분	내 용
방재 훈련	<ul style="list-style-type: none"> 지하공간 침수를 대비하여 지하 침수상황 발생에 따른 대피 행동 요령을 인지하도록 하고, 실제 모의 방재 훈련을 통하여 침수 발생 시 지하공간 내 인원들의 적절한 대피를 유도할 수 있도록 하여야 한다.
방재를 위한 홍보	<ul style="list-style-type: none"> 지하공간 관리자는 평상시 지하공간 이용자들이 잘 보이는 곳에 침수 시 행동 요령을 게시하는 등 방재를 위한 다양한 홍보 대책을 마련하여야 한다.
저지대 내 지하공간 신축 억제	<ul style="list-style-type: none"> 저지대로 침수피해가 우려되는 지역에는 지하공간 신축을 되도록 억제하고 신축이 불가피한 경우 지하공간 출입·환기시설 바닥의 높이는 예상 침수 높이 이상의 여유고를 확보하여야 한다.
침수 방지 시설물에 대한 유지·관리	<ul style="list-style-type: none"> 침수에 대비한 안전을 확보하기 위하여 침수 방지를 위한 시설물에 대하여 다음 각 호의 사항을 유지·관리하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 물막이판 등 우수 유입을 차단하기 위한 시설물의 작동 여부 배수설비, 내부 수위 탐지 장치의 작동 여부 환기구, 물막이판, 장비 반입구 등의 수밀성 여부 경보방송시설, 비상조명, 대피 유도등, 진입 차단시설 등의 가동 여부 대피로, 안내표지판 등의 관리상태

③ 시설별 적용사항

1) 지하도로

- (1) 지하도로 설계 시 우수 및 지하수가 지하공간으로 유입되는 경우를 고려하여 이용자가 안전하고 신속하게 대피할 수 있도록 지하보도 및 지하 출입시설을 설치하고, 대피를 위한 출입시설은 대피자가 안전하게 대피할 수 있는 행동 한계수심을 고려하여야 하며 침수 시 대피가 가능하도록 출입문 개폐 방향을 결정하여야 한다.
- (2) 지하도로의 기초 지반 부등침하 등으로 지하수 유입에 따른 침수피해가 발생하지 않도록 유의하고, 외부 지하 수위 상승에 따른 지하수 유입이 발생하지 않도록 하여야 한다.

2) 지하광장 및 지하도상가

- (1) 지하광장 및 지하도상가 내 침수 우려가 있는 유입구에 연결되는 지상의 출입구가 폐쇄될 경우를 대비하여 해당 출입구 이외의 통로를 준비하거나 긴급대피를 위한 사다리 등을 이용하여 적절한 대피로를 설치하여야 한다.

3) 지하 공동구

- (1) 작업자의 출입 및 장비의 반입을 위한 개구부(출입구, 장비 반입구)의 설치 위치는 침수 위험성 분석 결과를 고려하여 선정하고 개구부의 설치 높이는 예상 침수 높이 이상으로 하여야 한다. 지하수가 없는 위치에 설치하여야 하며, 불가피한 경우 지하수 유입을 막기 위한 대책을 수립하여 시공하여야 한다.
- (2) 방수형 맨홀 덮개를 사용하여 맨홀 뚜껑으로 우수가 유입되지 않도록 해야 한다.

4) 도시철도 및 철도

- (1) 도시철도 및 철도를 운행하는 관제실은 침수 시에도 활용할 수 있도록 가능한 지상에 설치하여야 한다. 부득이하게 관제실을 지하에 설치하는 경우 침수 방지시설을 설치하여야 한다.
- (2) 침수에 따른 여러 환경에 대비하기 위한 다양한 방법의 대피 방송체계를 구축·운영하여야 한다.

5) 지하변전소

- (1) 지하변전소의 침수로 전력공급이 중단되면 심각한 2차 피해와 사회불안이 발생할 수 있으므로 침수피해가 우려되는 지역에 되도록 설치하지 않아야 하며, 부득이하게 설치할 때는 침수를 허용하지 않도록 침수 방지시설을 설치하여야 한다.
- (2) 변전소의 개구부(장비 반입구, 외부환기구)의 설치 높이는 예상 침수 높이 이상으로 하여야 하며, 불가피한 경우 물막이판 등으로 예상 침수 높이 이상의 위치까지 확실히 폐쇄된 구조를 갖추어야 한다.
- (3) 지하변전소와 기존 전력구의 연결은 일체식 구조로 하여 연결부를 통한 누수가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 지하변전소에 근무자가 상근하는 경우, 유사시에 대비한 근무자의 안전 대피에 관한 시설을 확보하여야 한다.
- (5) 케이블 삽입구멍은 방수 처리하고, 방수형 맨홀 덮개를 설치하여 우수 유입을 차단하여야 한다.

6) 바닥 지표면 아래에 있는 건축물

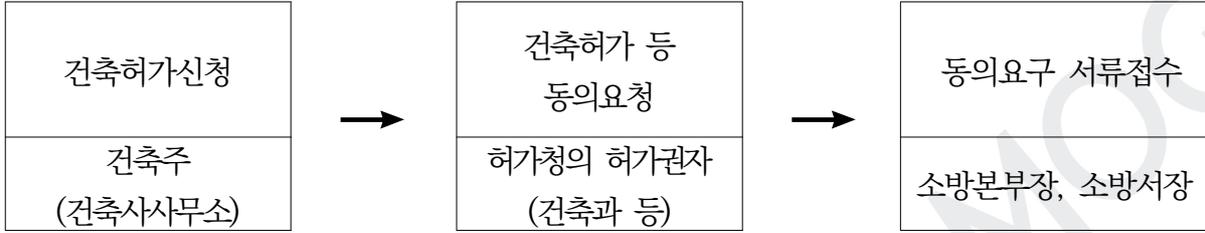
- (1) 지하 다층 건물 내 지하에 원활한 배수를 위해 집수정과 배수펌프를 설치하여야 하며, 집수정의 크기는 유입 수량과 펌프의 용량을 고려하여 결정하고 침수에 대비하여 배수펌프는 수중형으로 하여야 한다. 또한 지하 다층 건물의 경우 침수 시 펌프의 배제 유효수심을 고려하고 필요시 다단계 배수펌프를 설치하여 침수된 물을 원활하게 배제할 수 있도록 하여야 한다.

3-2. 일반건축물의 경우 건축허가 등 동의와 관련하여 관할 소방관서의 행정절차에 대하여 동의 시, 착공 및 감리 시, 완공 시, 유지·관리 시로 각각 구분하여 설명하시오.

답) 출처 건축허가등 동의 업무처리 표준 매뉴얼(2022.12)

① 건축허가 등 동의 시 행정절차

1) 행정절차



2) 업무처리

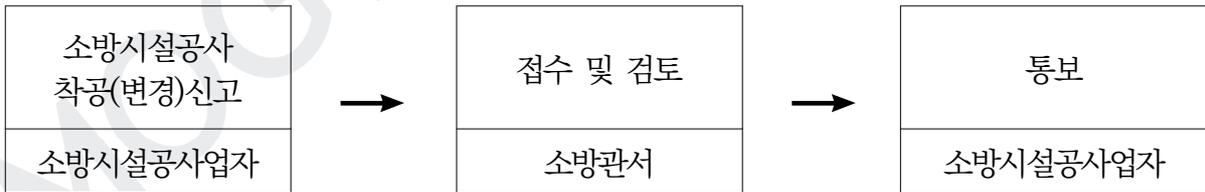
- (1) 동의대상으로서 적합한 경우 동의 통보
- (2) 동의제외대상인 경우 동의제외 통보
- (3) 비동의대상(단순 구조물이나 공작물)인 경우 비동의 통보
- (4) 보완이 필요한 경우 보완요구 후 보완 시에는 동의 통보하고 미보완인 경우 동의요구서 반려

3) 기간

- (1) 처리기간 : 특급대상 10일 그 외 대상 5일
- (2) 보완기간 : 4일(보완 기간은 처리 기간에 미산입)

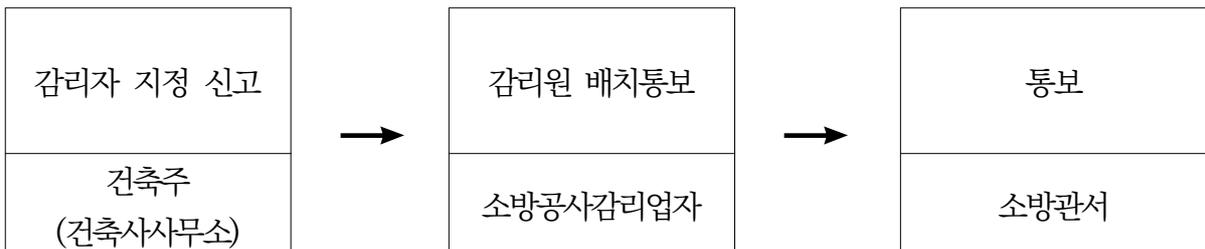
② 착공 및 감리 시 행정절차

1) 착공



착공신고 서류 접수 시에 소방시설에 대한 내진설계 지방서 및 계산서 등 상세 도면 검토

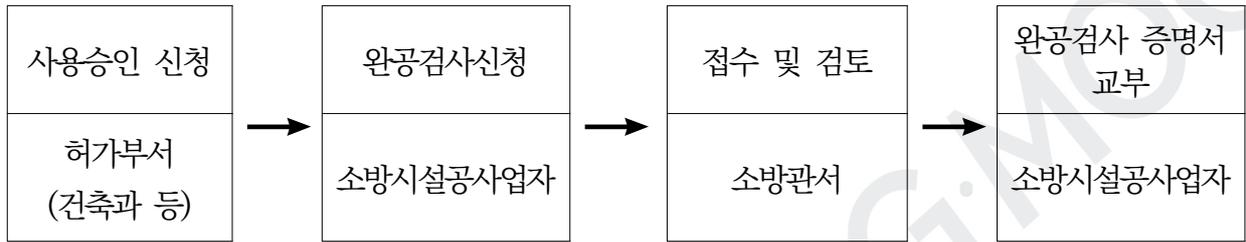
2) 감리



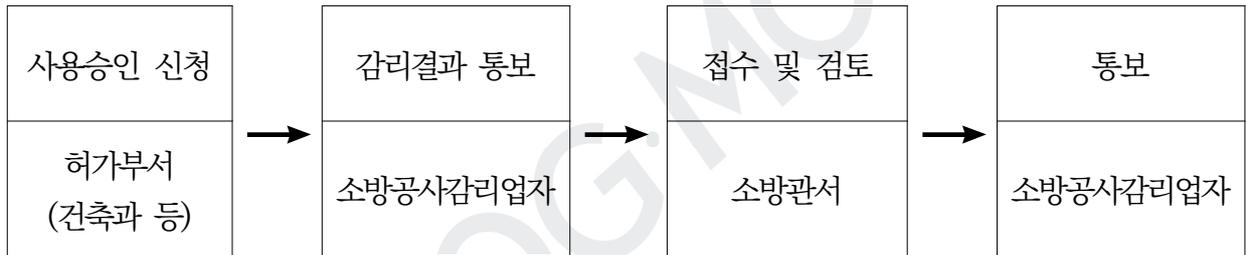
- 3) 업무처리
 - (1) 수리 통지
 - (2) 수정사항 발생 시 보완요구
- 4) 기간
 - (1) 처리기간 : 착공변경신고 처리기간 2일 이내

③ 완공 시 행정절차

1) 공사업자의 완공검사신청



2) 감리업자의 감리결과 통보



- 3) 업무처리
 - (1) 검토 확인 후 완공검사 증명서 발급
 - (2) 부적합 사항 발생 시 보완요구
- 4) 기간
 - (1) 처리기간 : 완공검사증명서 처리기간 3일 이내

④ 유지관리 시 행정절차

- 1) 최초점검
 - (1) 소방시설관리업자(종합점검) : 건축물 사용승인 후 60일 이내
- 2) 작동·종합점검
 - (1) 3급 소방안전관리대상물의 작동점검 : 관계인(소방안전관리자), 특급점검자
 - (2) 그 밖의 작동점검 및 종합점검 : 관리업자, 소방안전관리자(관리사 또는 기술사)

3-3. 옥외 탱크저장소의 포소화설비 설치와 관련하여 다음에 대하여 설명하시오.

- 1) 위험물 탱크의 구조에 따라 적용하는 고정포방출구의 종류
- 2) 고정포방출구의 종류별 정의와 특징

답)

출처 모아소방기술사 2권 p370~372

① 위험물 탱크의 구조에 따라 적용하는 고정포방출구의 종류

1) 탱크 종류에 따른 고정포방출구

구분	I형	II형	특형	III형	IV형
Cone roof tank	○	○	-	○	○
Covered floating roof tank	-	○	-	-	-
Floating roof tank	-	-	○	-	-

2) 탱크 규모에 따른 고정포방출구

- (1) 직경 60m 이상 탱크 : III형, IV형
- (2) 직경 60m 미만 탱크 : I형, II형
- (3) 특형은 탱크 규모에 상관없이 FRT 탱크에 적용

② 고정포방출구의 종류별 정의와 특징

1) I형 방출구

(1) 정의	방출된 포가 유면 상에서 신속히 전개되어 유면을 덮어 소화작용을 하도록 통(Foam trough), 튜브(Tube) 등의 부속 설비가 있는 포 방출구이다.	
(2) 특징	<ol style="list-style-type: none"> ① 방출된 포가 액면 위에서 전개될 수 있도록 탱크 내부에 포의 통로가 있는 설비로서, Cone roof tank에 설치한다. ② 알코올 저장탱크 또는 포 수용액 주입 시 포의 소멸이 빨라 소화 효과가 감소하므로 I형 방출구를 사용하는 것이 좋다. 	

2) II형 방출구

(1) 정의	① 반사판(Deflector)을 부착하여 방출된 포가 반사판에 부딪혀 탱크 벽면을 따라 흘러들어가 유면을 덮도록 한 방출구이다.	
(2) 특징	<ol style="list-style-type: none"> ① 발포기, 폼챔버, 봉판, 디플렉터로 구성 ② 디플렉터에 의해 포가 탱크 벽면으로 흘러내려감 ③ Cone roof tank 또는 Covered floating roof tank에 설치한다. 	

3) 특형 방출구

(1) 정의	Floating roof 위에서 탱크 내측면에서 1.2 m 떨어진 지점에 높이 0.9 m 이상의 금속재 굽도리판(Circular foam dam)을 설치하고, 양 쪽 사이의 환형 부분에 포를 방사하는 구조의 포 방출구이다.	
(2) 특징	① Floating roof tank에 설치한다. ② 굽도리판에 의해 형성된 환상부분으로 포 방출 ③ Seal 부분의 화재예방 소화설비(NFPA): 고정식 포 방출구, 이동식 포 설비, 포 모니터	

4) 표면하 주입식 (III형)

(1) 정의	포 약제의 유동성(유효방호거리 30 m 이내) 제한을 보완하기 위하여 탱크 하부 측면에서 포를 주입하는 표면하 주입식이 개발되었다.	
(2) 특징	① Cone roof tank와 같은 대기압 탱크에 가장 효과적이다. ② 포 방출량 및 방출시간은 표면 주입식의 II형과 같다. ③ 포가 액의 내부에서 부상하므로, 유류에 오염되는 포는 사용할 수 없다. → 단백포는 내유성이 약하므로, 불화단백포가 적합 ④ 포 방출구 토출측의 유류에 의한 배압 (Back pressure)을 견디고 방사되어야 하므로, High back pressure foam make (고압 발포기)를 사용한다 (탱크 높이 18 m인 경우, 10 kg/cm ² 이상 압력 필요) ⑤ 포 방출구의 높이는 탱크 바닥의 물에 포가 파괴되지 않도록 바닥에서 30 cm 이상 이격	

5) 반 표면하 주입식 (IV형)

(1) 정의	표면하포주입방식의 개량형으로 표면하주입방식의 탱크 하부에서 방출된 포가 떠오르는 동안 저장액체와 혼합되어 포가 소멸되는 것을 방지하기 위해 Hose Container 등을 설치하여 포가 액면에 효과적으로 떠오르도록 한 것	
(2) 특징	① 고점도의 액체 위험물에는 적합하지 않다. ② 평소 유지관리 및 점검이 어렵다. ③ High back pressure foam maker를 발포기로 사용한다. ④ 단백포 등 모든 포의 적용이 가능하다 (단, 수용성 위험물은 알코올형 포에 한함) ⑤ 수용성 액체 위험물에도 적용이 가능하다. ⑥ 포 방출 시 탱크 바닥의 물에 의해 파괴될 위험이 없다. ⑦ 대형 탱크에 적용가능, 탱크 파손에 대한 영향이 적다. ⑧ 포가 유류에 오염·파괴되는 것이 방지된다.	

3-4. 고체 가연물의 연소속도를 정의하고 연소속도에 영향을 미치는 요인과 발화온도에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명하시오.

답) 출처 모아소방기술사 2권 p.77, 84

① 고체 가연물의 연소속도의 정의

- 1) 연소속도(Burning rate)는 단위시간당 소모되는 연료의 양이다. ($kg/s \cdot m^2$)
- 2) 질량연소흐름(Mass burning)은 단위 면적당 질량연소속도를 의미하며, 일반적으로 연소속도(Burning Rate)라고 한다. 즉, 고체나 액체연료가 단위시간당 소모된 질량이다.
- 3) 질량연소유속, 질량연소속도 계산은 화염의 발생정도의 시간개념을 평가할 수 있다.
- 4) 연소속도가 증가 할수록 HRR도 증가하고, 열방출율(HRR)을 평가 하는데 중요 요소이다.

② 연소속도에 영향을 미치는 요인

- 1) 연료자체의 화학적 특성 : 기화열, 비열, 비점 등
 - (1) 질량연소유속(연소속도)계산

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{q}''}{L_v}$$

\dot{m}'' : 단위면적당 질량연소유속(연소속도) [$kg/s \cdot m^2$]
 \dot{q}'' : 순열유속 [kw/m^2] L_v : 기화열 [kJ/kg]

- (2) 연소속도는 기화열(L_v)에 반비례한다.
- (3) 기화열이 크면 휘발분의 생성이 늦어져서 연소속도가 느려진다.
- (4) 화학적 난연제를 첨가하거나, 형태를 개선하여 기화열 증대시킬 수 있다.
- 2) 순열유속 : 화염의 열유속과 외부열유속이 클수록 연소속도가 빠르다
- 3) 연료의 기하학적 형상 : 비표면적이 클수록 연소속도가 빨라진다.
- 4) 연료의 밀도 : 다공성의 밀도가 낮은 연료일수록 연소속도가 빠르다.
- 5) 연소 시 녹는지의 여부 : 연소 시 녹는 열가소성수지가 열경화성수지보다 연소속도가 빠르다.
- 6) 공기공급 : 개구율($A\sqrt{H}$)이 클수록 연소속도가 빠르다.

③ 발화온도에 영향을 미치는 요인

- 1) 연소열이 증가할수록 발화온도는 낮아진다.
- 2) 압력이 높아지면 발화온도는 낮아지는데 분자간 거리가 가깝기 때문이다.
- 3) 열전도도가 낮아지면 열이 축적되므로 발화온도는 낮아진다.
- 4) 가연물의 분자량이 클수록 발화온도는 낮아진다.
- 5) 부피 : 부피가 클수록 발화온도는 낮아진다.
- 6) 산소농도 높아지면 분자간의 만나는 횟수가 증가하기 때문에 발화온도 낮아진다.
- 7) 촉매물질 : 촉매효과에 따라 발화온도가 영향을 받는다.

3-6. [사업장 위험성평가에 관한 지침] (고용노동부 고시)에서 규정하는 사업장 위험성 평가와 관련하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 위험성평가 정의
- 2) 위험성평가 실시 시기
- 3) 위험성평가 절차 및 주요내용

답) 출처 사업장 위험성평가에 관한 지침

① 위험성평가 정의

- 1) "위험성평가"란 사업주가 스스로 유해·위험요인을 파악하고 해당 유해·위험요인의 위험성 수준을 결정하여, 위험성을 낮추기 위한 적절한 조치를 마련하고 실행하는 과정을 말한다.

② 위험성평가 실시 시기

- 1) 사업주는 사업이 성립된 날로부터 1개월이 되는 날까지 위험성평가의 대상이 되는 유해·위험요인에 대한 최초 위험성평가의 실시에 착수하여야 한다.
- 2) 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하여 추가적인 유해·위험요인이 생기는 경우에는 해당 유해·위험요인에 대한 수시 위험성평가를 실시하여야 한다.
 - (1) 사업장 건설물의 설치·이전·변경 또는 해체
 - (2) 기계·기구, 설비, 원재료 등의 신규 도입 또는 변경
 - (3) 건설물, 기계·기구, 설비 등의 정비 또는 보수(주기적·반복적 작업으로서 이미 위험성평가를 실시한 경우에는 제외)
 - (4) 작업방법 또는 작업절차의 신규 도입 또는 변경
 - (5) 중대산업사고 또는 산업재해(휴업 이상의 요양을 요하는 경우에 한정한다) 발생
 - (6) 그 밖에 사업주가 필요하다고 판단한 경우
- 3) 사업주는 다음 각 호의 사항을 고려하여 실시한 위험성평가의 결과에 대한 적정성을 1년마다 정기적으로 재검토 하여야 한다. 재검토 결과 허용 가능한 위험성 수준이 아니라고 검토된 유해·위험요인에 대해서 위험성 감소대책을 수립하여 실행하여야 한다.
 - (1) 기계·기구, 설비 등의 기간 경과에 의한 성능 저하
 - (2) 근로자의 교체 등에 수반하는 안전·보건과 관련되는 지식 또는 경험의 변화
 - (3) 안전·보건과 관련되는 새로운 지식의 습득
 - (4) 현재 수립되어 있는 위험성 감소대책의 유효성 등
- 4) 사업주가 사업장의 상시적인 위험성평가를 위해 다음 각 호의 사항을 이행하는 경우 수시평가와 정기평가를 실시한 것으로 본다.
 - (1) 매월 1회 이상 근로자 제안제도 활용, 아차사고 확인, 작업과 관련된 근로자를 포함한 사업장 순회점검 등을 통해 사업장 내 유해·위험요인을 발굴하여 위험성결정 및 위험성 감소대책 수립·실행을 할 것

- (2) 매주 안전보건관리책임자, 안전관리자, 보건관리자, 관리감독자 등(도급사업주의 경우 수급사업장의 안전·보건 관련 관리자 등을 포함한다)을 중심으로 제1호의 결과 등을 논의·공유하고 이행상황을 점검할 것
- (3) 매 작업일마다 실시결과에 따라 근로자가 준수하여야 할 사항 및 주의하여야 할 사항을 작업 전 안전 점검회의 등을 통해 공유·주지할 것

③ 위험성평가 절차

1) 사전준비

- (1) 사업주는 위험성평가를 효과적으로 실시하기 위하여 최초 위험성평가지 위험성평가 실시규정을 작성하고, 지속적으로 관리
- (2) 사업주는 위험성평가를 실시하기 전에 다음 각 호의 사항을 확정
 - ① 위험성의 수준과 그 수준을 판단하는 기준
 - ② 허용 가능한 위험성의 수준
- (3) 사업주는 사업장 안전보건정보를 사전에 조사하여 위험성평가에 활용

2) 유해·위험요인 파악

- (1) 사업장 순회점검에 의한 방법
- (2) 근로자들의 상시적 제안에 의한 방법
- (3) 설문조사·인터뷰 등 청취조사에 의한 방법
- (4) 물질안전보건자료, 작업환경측정결과, 특수건강진단결과 등 안전보건 자료에 의한 방법
- (5) 안전보건 체크리스트에 의한 방법
- (6) 그 밖에 사업장의 특성에 적합한 방법

3) 위험성 결정

- (1) 사업주는 유해·위험요인이 근로자에게 노출되었을 때의 위험성을 판단
- (2) 사업주는 판단한 위험성의 수준이 허용 가능한 위험성의 수준인지 결정

4) 위험성 감소대책 수립 및 실행

- (1) 사업주는 허용 가능한 위험성이 아니라고 판단한 경우에는 위험성의 수준, 영향을 받는 근로자 수 및 다음 각 호의 순서를 고려하여 위험성 감소를 위한 대책을 수립하여 실행
 - ① 위험한 작업의 폐지·변경, 유해·위험물질 대체 등의 조치 또는 설계나 계획 단계에서 위험성을 제거 또는 저감하는 조치
 - ② 연동장치, 환기장치 설치 등의 공학적 대책
 - ③ 사업장 작업절차서 정비 등의 관리적 대책
 - ④ 개인용 보호구의 사용
- (2) 사업주는 위험성 감소대책을 실행한 후 해당 공정 또는 작업의 위험성의 수준이 사전에 자체 설정한 허용 가능한 위험성의 수준인지를 확인
- (3) 위험성이 자체 설정한 허용 가능한 위험성 수준으로 내려오지 않는 경우에는 허용 가능한 위험성 수준이 될 때까지 추가의 감소대책을 수립·실행

(4) 사업주는 중대재해, 중대산업사고 또는 심각한 질병이 발생할 우려가 있는 위험성으로서 수립한 위험성 감소대책의 실행에 많은 시간이 필요한 경우에는 즉시 잠정적인 조치를 강구

5) 위험성평가 실시내용 및 결과에 관한 기록 및 보존

(1) 사업주가 위험성평가의 결과와 조치사항을 기록·보존할 때에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

- ① 위험성평가 대상의 유해·위험요인
- ② 위험성 결정의 내용
- ③ 위험성 결정에 따른 조치의 내용
- ④ 그 밖에 위험성평가의 실시내용을 확인하기 위하여 필요한 사항으로서 고용노동부장관이 정하여 고시하는 사항
 - 위험성평가를 위해 사전조사 한 안전보건정보
 - 그 밖에 사업장에서 필요하다고 정한 사항

(2) 사업주는 자료를 3년간 보존해야 한다.

제 4 교 시 문 제 풀 이

4-1. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비와 관련하여 NFPA 2001에서 제시한 다음 사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 소화약제의 인체노출 제한 기준
- 2) 안전 요구사항

답)

출처 금화도감소방기술사 1권

① 개요

- 1) 청정소화약제는 할로겐화합물 소화약제(Halocarbon Agent)와 불활성기체 소화약제(Inert Gas Clean Agent) 2종류로 구분한다.
- 2) NFPA 2001 “Clean Agent Fire Extinguishing Systems”과 화재안전기준에서는 할로겐화합물 소화약제 9종, 불활성기체 소화약제 4종 등 총 13종으로 분류하고 있다.
- 3) 할로겐화합물 소화약제는 F, Cl, Br, I 중 하나 이상의 원소를 포함하고 있는 유기화합물이다.
- 4) 불활성기체 소화약제는 He, Ne, Ar, N 가스 중 어느 하나 이상의 원소를 구성성분으로 한다.

② 소화약제의 인체노출 제한 기준

1) 할로겐화합물 소화약제(Halocarbon Agents)

- (1) NFPA 2001에서는 NOAEL이하라 할지라도 할로겐화합물의 열분해 생성물에 대한 불필요한 노출은 피해야 한다.
- (2) 최대노출허용시간은 5분 이내로 제한하고 안전수단을 제공해야 한다.
- (3) 안전수단이 제공되지 않은 개인은 약제가 방출되는 동안과 방출 후에 방호구역에 들어가서는 안 된다.
- (4) 최대노출허용시간

Agent 농도	사람 상주 가능 여부	최대노출허용시간
NOAEL 이하	상주 가능	5분
NOAEL초과 ~ PBPK 허용농도	상주 가능 (안전수단 제공 시)	5분
PBPK 허용농도 초과	상주불가능	5분 미만 (약제농도가 클수록 작아짐)

※ 최대노출허용시간이란 최대설계농도(PBPK허용농도)에서의 노출허용시간을 말함

※ PBPK(Physiologically Based Pharmacokinetic) 모델링(NFPA 2001 Clean Agent Fire Extinguishing Systems)

- ① 할로겐화합물의 시간에 따른 신체 흡수율을 반영해 흡수율에 따른 노출한계를 결정하는 것으로 할로겐화합물에 개를 노출시켰을 때 최대동맥혈 농도가 측정되었다면 사람의 동맥혈농도가 개에서 측정된 최대동맥혈농도에 도달하는 데 걸린 시간을 Simulation하는 것

- ② PBPK모델링에 의해 노출안전도가 확인된 경우 5분 이내에 대피가 가능할 시 최대허용설계농도를 NOAEL에서 상향 조정
- ③ PBPK허용농도(최대설계농도) (단위 : Vol%)

Agent	NOAEL	LOAEL	PBPK허용농도(최대설계농도)
HFC-227ea	9.0	10.5	10.5
HFC-125	7.5	10.0	11.5
HFC-236fa	10.0	15.0	12.5
FIC-1311	0.2	0.4	0.3

2) 불활성기체 소화약제(Inert Gas Clean Agents)

- (1) 불활성기체 소화약제에 불필요하게 노출되는 것은 저산소환경이 되므로 피해야 한다.
- (2) 최대노출허용시간은 5분을 초과해서는 안 된다.
- (3) 알람과 시간지연의 목적은 소화약제에 노출되는 것을 막는 것이다.
- (4) 안전수단이 제공되지 않은 개인은 소화약제 방출 중 및 방출 후에 방호구역에 들어가서는 안된다.
- (5) 최대노출허용시간

설계농도	산소농도	상주 가능 여부	최대노출 허용시간
43% 미만	12%초과	상주 가능 (안전수단 제공 시)	5분 이내
43%~52%	12%~10%	상주 가능 (안전수단 제공 시)	3분 이내
52%~62%	10%~8%	상주 안 됨	30초 이내 (안전수단 제공 시)
62% 초과	8%미만	상주 불가	노출 허용 안됨

③ 안전 요구사항 (Safety Requirements)

- 1) 안전원이 배치되어 신속한 피난이 되도록 하고 위험한 환경으로 출입을 방지해야 한다. 또한 개인을 신속히 구출하기 위한 안전수단이 제공되어야 한다. 안전항목으로는 교육, 경고표지, 방출 경보, 호흡장치(SCBA), 피난계획, 화재 훈련 등이 있다
- 2) 청정소화약제 방출 가능성에 대비하여 방호구역에 근접한 보호장소로의 이동을 고려해야 한다.
- 3) 설계농도를 초과하는 상주공간을 보호하기 위한 설비
 - (1) 차단밸브(Supervised system lockout valves)
 - (2) 경보장치(Pneumatic pre-discharge alarms)
 - ① 경보장치는 불활성 가스로 작동할 것
 - ② 가압 방출전 경보장치를 작동량은 불활성 기체 소화설비의 약제량 산정시 고려될 것
 - (3) 시간지연장치(Pneumatic time delays)
 - (4) 경고표지(Warning signs)

4 결론

- 1) 최대허용설계농도와 노출시간을 초과 시 심장발작 및 산소결핍으로 질식의 우려가 있으므로 사람이 방호구역 내에서 거주할 수 있는 시간을 해외에서는 제한하고 있다. 즉 사람이 상주하는 장소에서 최대허용설계농도(NOAE) 이하에서 5분 이내의 노출을 허용한다. 이는 5분 이내에 피난이 완료되어야 인체에 영향을 최소화시킬 수 있다는 것을 실험을 통해 확인됨을 의미한다.
- 2) 화재안전기준에서도 약제농도에 따른 노출시간의 규정이 필요하다.
 - (1) 사람이 상주하는 장소에 최대허용설계농도는 노출시간 5분 이내만 허용
 - (2) 불활성가스 약제농도가 43~52% 사이에서 노출시간을 3분 이내로 제한
 - (3) HFC-125, HFC 227ea의 약제농도 7.5%와 9%를 초과할 경우 노출 위험성과 피난 경고

※ 보충**11.5.1.2* Halocarbon Agents.**

1.5.1.2.1* Unnecessary exposure to halocarbon clean agents — including exposure at and below the no observable adverse effects level (NOAEL) — and halocarbon decomposition products shall be avoided. Means shall be provided to limit exposure to no longer than 5 minutes. Unprotected personnel shall not enter a protected space during or after agent discharge. The following additional provisions shall apply:

- (1) Halocarbon systems for spaces that are normally occupied and designed to concentrations up to the NOAEL[see Table 1.5.1.2.1(a)] shall be permitted. The maximum exposure in any case shall not exceed 5 minutes.
- (2) Halocarbon systems for spaces that are normally occupied and designed to concentrations above the NOAEL [see Table 1.5.1.2.1(a)] shall be permitted if means are provided to limit exposure to the design concentrations shown in Table 1.5.1.2.1(b) through Table 1.5.1.2.1(e) that correspond to an allowable human exposure time of 5 minutes. Higher design concentrations associated with human exposure times less than 5 minutes as shown in Table 1.5.1.2.1(b) through Table 1.5.1.2.1(e) shall not be permitted in normally occupied spaces. An exposure and egress analysis shall be performed and approved
- (3) In spaces that are not normally occupied and protected by a halocarbon system designed to concentrations above the lowest observable adverse effects level (LOAEL) [see Table 1.5.1.2.1(a)] and where personnel could possibly be exposed, means shall be provided to limit exposure times using Table 1.5.1.2.1(b) through Table 1.5.1.2.1(e).
- (4) In spaces that are not normally occupied and in the absence of the information needed to fulfill the conditions listed in 1.5.1.2.1, the following provisions shall apply:
 - (a) Where egress takes longer than 30 seconds but less than 1 minute, the halocarbon agent shall not be used in a concentration exceeding its LOAEL.
 - (b) Concentrations exceeding the LOAEL shall be permitted provided that any personnel in the area can escape within 30 seconds.
 - (c) A pre-discharge alarm and time delay shall be provided in accordance with the provisions of 4.3.5.6 of this standard.

1.5.1.3* Inert Gas Clean Agents. Unnecessary exposure to inert gas agent systems resulting in low oxygen atmospheres shall be avoided. The maximum exposure time in any case shall not exceed 5 minutes. See Table 5.5.3.3 for atmospheric correction factors that shall be considered when determining the design concentrations. One objective of pre-discharge alarms and time delays is to prevent human exposure to agents. A pre-discharge alarm and time delay shall be provided in accordance with the provisions of 4.3.5.6 of this standard. Unprotected personnel shall not enter the area during or after agent discharge. The following additional provisions shall apply:

- (1) Inert gas systems designed to concentrations below 43 percent (corresponding to an oxygen concentration of 12 percent, sea level equivalent of oxygen) shall be permitted where means are provided to limit exposure to no longer than 5 minutes.
- (2) Inert gas systems designed to concentrations between 43 and 52 percent (corresponding to between 12 and 10 percent oxygen, sea level equivalent of oxygen) shall be permitted where means are provided to limit exposure to no longer than 3 minutes.
- (3) Inert gas systems designed to concentrations between 52 and 62 percent (corresponding to between 10 and 8 percent oxygen, sea level equivalent of oxygen) shall be permitted given the following:
 - (a) The space is normally unoccupied.
 - (b) Where personnel could possibly be exposed, means are provided to limit the exposure to less than 30 seconds.
- (4) Inert gas systems designed to concentrations above 62 percent (corresponding to 8 percent oxygen or below, sea level equivalent of oxygen) shall be used only in unoccupied areas where personnel are not exposed to such oxygen depletion.

1.5.1.4 Safety Requirements.

1.5.1.4.1* Suitable safeguards shall be provided to ensure prompt evacuation of and prevent entry into hazardous atmospheres and also to provide means for prompt rescue of any trapped personnel. Safety items such as personnel training, warning signs, discharge alarms, self-contained breathing apparatus (SCBA), evacuation plans, and fire drills shall be considered.

1.5.1.4.2* Consideration shall be given to the possibility of a clean agent migrating to adjacent areas outside of the protected space.

1.5.1.4.3 For systems protecting occupiable enclosures or spaces where the clean agent design concentration exceeds that approved for use in normally occupied spaces (see Section 1.5), systems shall include the following:

- (1) Supervised system lockout valves
- (2) Pneumatic pre-discharge alarms
- (3) Pneumatic time delays
- (4) Warning signs

1.5.1.4.4* Pneumatic pre-discharge alarms shall be operated by an inert gas. For an inert gas clean agent fire extinguishing system, the quantity of inert gas discharged to operate a pneumatic pre-discharge alarm discharging into the protected space shall be considered, together with the quantity of agent discharged, when making a determination of post-discharge oxygen concentration with respect to compliance with the requirements of 1.5.1.3.

4-2. 엘리베이터 피스톤 효과(Piston Effect)에 대하여 설명하고 피스톤 효과로 발생할 수 있는 압력에 대한 해석과 문제점에 대하여 설명하시오.

답)

출처 금화도감소방기술사 1권

① 피스톤효과(Piston Effect)의 정의

엘리베이터는 승강로를 따라 상승, 하강하므로 움직이는 방향은 압력이 상승하고, 반대쪽은 압력이 하강하는 효과

② 피스톤 효과로 발생할 수 있는 압력에 대한 해석

1) 관련식 (Principles of smoke management Chaper 11 “Elevator Smoke Control”)

$$(1) \Delta P = \frac{\rho}{2} \left(\frac{A_s A_e v}{A_a A_{ir} C_c} \right)^2$$

① ΔP : 임계압력(Pa)(피스톤 효과를 극복하기 위한 승강로내 필요 최소 압력)

② A_s : 승강로의 단면적(m²)

③ A_e : 승강로와 외부간 유효면적(m²)

$$A_e = \left(\frac{1}{A_{sr}^2} + \frac{1}{A_{ir}^2} + \frac{1}{A_{io}^2} \right)^{-1/2}$$

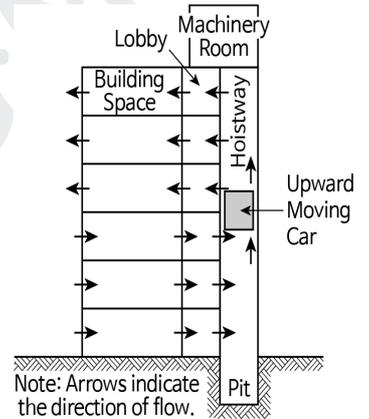
A_{sr}, A_{ir}, A_{io} : 승강장과 샤프트, 승강장과 거실, 거실과 옥외 사이 누설면적(m²)

④ v : 승강기의 속도(m/s)

⑤ A_a : 승강기 주위의 자유면적(승강로 누설 틈새 또는 승강로 면적에서 카의 면적을 제외한 면적(m²))

⑥ A_{ir} : 승강장과 거실 간 누설면적(m²)

⑦ C_c : 승강기 카 주위의 유동계수(무차원, 승강기 1대 : 0.83, 승강기 2대 : 0.94)



[승강기 상승 시 공기흐름]

2) 압력에 대한 해석

피스톤 효과를 극복하기 위한 샤프트내 필요 최소 압력인 임계압력 (ΔP)은 승강로 단면적(A_s), 승강로와 외부간 유효면적(A_e) 및 승강기의 속도(v)의 영향을 받는다.

3) 승강기 대수에 따른 압력

(1) 하향운동 : 아래 공기는 샤프트로 유출, 상부는 공기유입

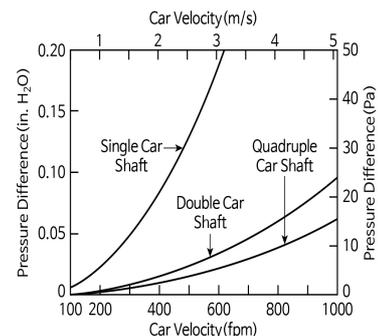
(2) 상향운동 : 상부 공기는 샤프트로 유출, 하부는 공기유입

(3) 영향요소

① 엘리베이터 속도 : 빠를수록 압력차가 커짐

② 하나의 샤프트 내에 엘리베이터 수량이 많을수록

피스톤 효과는 저감 : 1대 > 2대 > 3대



③ 문제점

- 1) 승강로로 유입된 연기는 화재층 외의 층으로 확산우려
 - (1) 승강기가 진행하는 반대방향(후면)에는 순간적으로 압력이 낮아져 원하는 차압을 형성하지 못함
 - (2) 실내의 연기가 승강장으로 유입할 수 있고 이는 타 층으로 연기가 유입되어 인적, 물적손실 발생
- 2) 피스톤효과를 방지하기 위해 승강로를 추가로 급기가압할 경우 피스톤효과는 줄일 수 있지만 과압이 발생하므로 과압배출시스템이 필요함
- 3) 출입문에 걸리는 압력차(과압)로 인하여 출입문 개폐의 어려움 발생

④ 대책

- 1) 고층건축물에서 최적의 제연성능을 구현하기 위해 화재안전기준에 의한 제연풍량 외에 엘리베이터의 피스톤효과를 고려한 추가 제연풍량이 필요하며, 건축물의 특성이 적용된 성능 위주의 설계가 수반되어야 함
- 2) 승강로와 승강기 사이의 공간은 여유분의 공간이 있을수록 좋음
- 3) 승강기의 형태를 유선형으로 설계하여 공기의 저항을 줄임
- 4) 승강기의 운행 속도를 낮춤

15층 규모의 신축건물에 적용된 비상용승강기에서 제연설비를 가동 후 45Pa의 차압상태에서 측정을 통하여 도출한 결과 승강기 카의 상승속도가 105m/min의 경우 최상층에서 측정한 차압변위는 0.9Pa로 나타났으면 피스톤효과는 무시할 정도임

4-3. 스프링클러설비의 수리계산 절차 및 방법에 대하여 설명하시오.

답) 출처 : 수계 소화설비 수리계산 절차서 (한국소방기술사회) / 금화도감 2권

① 수리계산방식(Hydraulic Calculation Method)의 정의

- 1) 수계 소화설비의 작동을 위해 필요한 소화수(또 소화약제 등의 첨가제를 포함한 경우를 포함)가 제대로 공급될 수 있도록 소방수리학 원리에 입각하여 필요한 배관경, 유량, 압력을 계산하는 방법으로서, 계산하는 방식에 따라 전압 계산방법과 동압 계산방법으로 구분하며 설계자가 직접 수리학적 원리에 의해 수계산하거나 수리계산 프로그램을 이용하여 수행할 수 있음
- 2) 전용프로그램(PIPENET, The Sprinkler)을 사용하여 각 기준개수의 헤드 방출 유량과 지점별 압력을 정확히 계산하여 적정 배관경과 소화펌프용량을 산정함으로써 소화설비 성능을 개선하고 경제적 배관시스템을 구성하는 설계방식

② 소화설비의 수리계산 과정을 통해 결정해야 하는 사항

- 1) 배관구경
- 2) 소방펌프의 용량(정격토출량, 정격양정, 소요동력)
- 3) 소화수조의 용량

③ 소화설비의 수리계산 시 적용 계산식 및 유속의 제한

1) 마찰손실 계산식

(1) 하젠 윌리엄스 공식

$$\Delta P = 6.05 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}} \times L$$

ΔP : 마찰손실 압력(bar)
 Q : 유량(lpm), C : 조도계수
 d : 배관의 내경(mm), L : 배관의 길이(m)

(2) 달시 바이스바흐 식

$$H = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{8fl}{g\pi^2} \times \frac{Q^2}{d^5}$$

H : 마찰손실수두(m), f : 마찰손실계수
 l : 배관의 길이(m), d : 배관의 내경(m), v : 유속(m/s)
 g : 중력가속도(m/s²)

(3) 노즐의 방수량 계산식

$$Q_n = K_n \sqrt{P_n}$$

Q_n : 접속점에서의 방수량
 K_n : 접속점에서의 방출계수, P_n : 접속점에서의 압력

2) 유속의 제한

- (1) 유속기준 : 가지배관 : 6m/s 미만, 그 밖의 배관 : 10m/s 미만
- (2) 스프링클러 설비 배관의 유속제한은 수리학적으로 가장 먼 배관에 포함되는 스프링클러 헤드의 기준 개수가 작동하는 경우에만 적용되며, 최대유량을 산정하는 경우에는 고려안함

④ 스프링클러설비의 수리계산 절차

수리계산의 정확도와 신뢰도를 높이기 위해서는 다음과 같은 단계별 절차를 통해 수행하는 것이 강제적인 규정은 아니지만 효율적이다.

- 1) 1단계 : 설계기준 결정
 - 해당 용역에 따른 설계기준을 결정(화재안전기준, NFPA 기준 또는 해당 업체 기준 등)
- 2) 2단계 : 설계기준에 따른 설계입력데이터 결정
 - 해당 대상물의 용도, 층수, 저장물품 등을 기준으로 하여 수리계산에 필요한 입력치 결정
 - 입력 데이터의 예는 헤드별 유량, 기준개수, 설계면적, 살수밀도 등이 있음
- 3) 3단계 : 필요유량 결정
 - 해당 소화설비의 설계 목표 달성을 위한 필요유량 산출
- 4) 4단계 : 개방될 노즐의 배치 결정
 - 설계 화재에서 개방되는 노즐(스프링클러 헤드, 물분무 헤드, 포 방출구 또는 소화전 방수구 등)을 결정
- 5) 5단계 : 수리계산 수행
 - 본 절차서 직접 또는 설계 프로그램을 통해 수리계산을 수행
 - 수리계산 결과는 수리계산표의 형태로 작성되어야 함
- 6) 6단계 : 소방펌프 및 소화수조 결정
- 7) 7단계 : 보고서 작성
- 8) 8단계 : 수리계산 검증
 - 전문기관에 의뢰하여 수리계산 보고서 및 계산 결과에 대한 검증 수행
- 9) 9단계 : 설계도서 발행

⑤ 스프링클러설비의 수리계산 방법

1) 설계면적

설계면적의 형태는 수리학적으로 가장 먼 부분에 위치한 스프링클러 헤드로부터 다음과 같은 기준에 따라 결정한다.

(1) 화재안전기준에 따른 폐쇄형헤드를 적용

① 설계면적 내의 스프링클러 헤드수량(N)

• NFPA103에 따른 기준개수(설치장소별 기준개수 : 30, 20, 10)로 함

② 설계면적의 형태

• 직사각형 형태로 결정하되, 마지막 가지배관 상에 남는 헤드는 교차배관에 가까운 것으로 함

• 1개 가지배관 상의 헤드 수량 $\geq 1.2\sqrt{N}$

③ 기준개수(N)까지의 헤드가 설계면적 내에 포함되도록 가지배관의 수량을 더함

(2) 설계면적을 기준으로 한 폐쇄형 헤드를 적용

① 위험물안전관리에 관한 세부기준 등에 따라 설계면적을 기준으로 하는 스프링클러 설비의 수리계산은 다음과 같은 절차에 따라 설계면적 내의 헤드를 결정한다.

② 설계면적의 형태

• 수원으로부터 수리학적으로 가장 먼 부분의 헤드로부터 설계면적을 결정한다.

· 설계면적 내의 헤드수량(N) = $\frac{\text{설계면적}}{\text{헤드당 방호면적}}$

· 1개 가지배관 위에서 설계면적 내에 포함 되는 헤드 수량 = $\frac{1.2\sqrt{\text{설계면적}}}{\text{헤드간 거리}}$

단, 가지배관 상 실제 설치되는 헤드수량이 계산된 수량보다 적은 경우에는 실제 설치 헤드수량으로 함

· 기준개수(N)까지의 헤드가 설계면적 내에 포함되도록 가지 배관의 수량을 더함

(3) 개방형 헤드를 적용 : 1개의 일제개방밸브(Deluge Valve)가 담당하는 방수면적 전체를 설계면적으로 함

2) 조도계수 : 하젠-윌리엄스 식에서의 배관의 조도계수

배관	조도계수(C-Factor)
비라이닝 주철 또는 덕타일 주철	100
흑관(건식 및 준비작동식)	100
흑관(습식 및 일제살수식)	120
아연도금강관(건식 및 준비작동식)	100
아연도금강관(습식 및 일제살수식)	120
합성수지관	150
시멘트 라이닝 주철관 또는 덕타일 주철관	140
동관, 황동관 및 스테인레스강관	150
콘크리트	140

3) 등가길이의 계산

(1) 제조업체에서 제시한 공인시험기관으로부터의 시험성적서 결과값에 근거한 경우를 제외하고 소화배관 내의 부속류 및 장치의 등가길이는 다음 표와 같이 해당배관에 적합하게 환산한 등가길이에 의해 결정한다.

[Sch. 40 압력배관용 탄소강관(KS D 3562, Sch.40)의 등가길이] (단위 : m)

부속류 및 밸브류	호칭 배관경 및 내경 (mm)									
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
	27.2	35.5	41.2	52.7	65.9	48.1	102.3	126.6	151.0	199.9
45° 엘보	0.3373	0.323	0.6287	0.6221	1.1671	0.9247	1.2215	1.4336	1.9338	2.4253
90° 표준 엘보 (Standard-turn)	0.6746	0.969	1.2574	1.5554	2.3341	2.1577	3.0538	3.4406	3.8676	4.8506
90° 엘보 (Long-turn)	0.6746	0.646	0.6287	0.9332	1.5561	1.5412	1.8323	2.2937	2.4863	3.5032
분류 티, 크로스	1.6865	1.9379	2.5147	3.1107	4.6682	4.6237	6.1076	7.1679	8.2876	9.4318
버터플라이밸브	-	-	-	1.8664	2.7231	3.0824	3.6646	2.5804	2.7625	3.2338
게이트밸브	-	-	-	0.3111	0.389	0.3082	0.6108	0.5734	0.8288	1.0779
스윙체크밸브	1.6865	2.2609	2.8291	3.4218	5.4462	4.9319	6.7184	7.7413	8.8401	12.127

[Sch. 40 배관용 탄소강관(KS D 3507)의 등가길이] (단위 : m)

부속류 및 밸브류	호칭 배관경 및 내경 (mm)									
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
	27.5	36.2	42.1	53.2	69.0	81.0	105.3	130.1	155.5	204.6
45° 엘보	0.3558	0.3552	0.6985	0.6514	1.4599	1.1044	1.4062	1.6372	2.2311	2.7159
90° 표준 엘보 (Standard-turn)	0.7116	1.0656	1.3969	1.6286	2.9197	2.5769	3.5154	3.9293	4.4622	5.4319
90° 엘보 (Long-turn)	0.7116	0.7104	0.6985	0.9771	1.9465	1.8407	2.1092	2.6195	2.8685	3.923
분류 티, 크로스	1.779	2.1313	2.7938	3.2571	5.8395	5.522	7.0308	8.186	9.5618	10.562
버티플라이밸브	-	-	-	1.9543	3.4064	3.6813	4.2185	2.947	3.1873	3.6213
게이트밸브	-	-	-	0.3257	0.4866	0.3681	0.7031	0.6549	0.9562	1.2071
스윙체크밸브	1.779	2.4865	3.1431	3.5828	6.8127	5.8902	7.7339	8.8409	10.199	13.58

(2) 등가길이의 보정

- ① 상기표에서 제시된 배관과 다른 내경을 가진 배관의 등가길이는 아래의 계산식에 따라 산출된 계수를 등가길이 값에 곱하여 산출

$$\cdot \text{계수} = \left(\frac{\text{실제 내경}}{\text{Sch.40 SPSS 내경}} \right)^{4.87}$$

- ② 상기표는 조도계수가 120인 경우에만 적용할 수 있으며 조도계수가 다른 배관재의 경우에는 아래의 계수를 곱해서 등가길이를 산출

C	100	130	140	150
계수	0.713	1.16	1.33	1.51

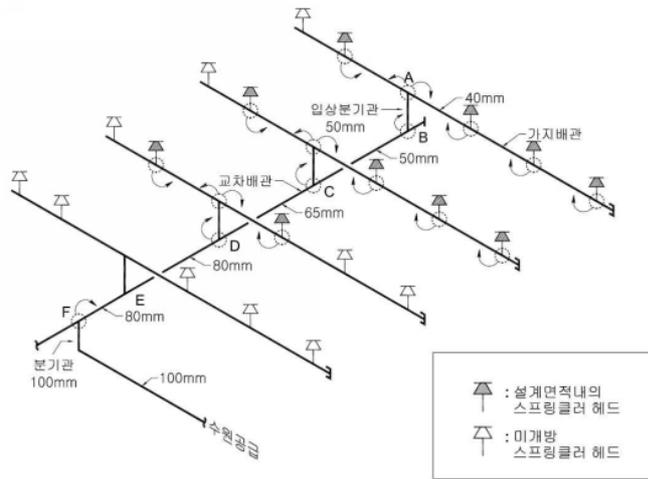
4) 마찰손실계산식에 등가길이 반영방법

- (1) 관(Pipe)의 직관 길이에 밸브류, 부속류, 유량계 및 공칭구경 50 mm 이하의 배관에 설치된 플로우스위치 등과 같은 장치류 손실을 마찰손실 계산에 포함할 것
- (2) 헤드 방수에 영향을 주는 배관의 높이 변화는 마찰손실 계산에 포함할 것
- (3) 배수배관까지의 연결관로 및 시험밸브의 관로는 마찰손실 계산에 포함하지 않을 것
- (4) 분류 티(Tee)의 경우 그 티(Tee)가 설치된 배관 구간의 등가길이에 포함시켜 계산할 것
- (5) 교차배관에서 가지배관으로의 입상 분기관에서는 입상 분기관 상부에 설치되는 티(Tee) 또는 엘보(Elbow)는 가지배관 구간의 마찰손실 계산에 포함시키며, 입상분기관 하부에 설치되는 티(Tee) 또는 엘보(Elbow)는 입상 분기관 구간의 마찰손실 계산에 포함시킬 것
- (6) 교차배관에서 가지배관으로의 수평 분기관에서는 그 분기관에 설치되는 티(Tee) 또는 엘보(Elbow)는 가지배관 구간의 마찰손실 계산에 포함시킬 것
- (7) 직류 티(Tee)는 마찰손실 계산에 포함시키지 않을 것
- (8) 리듀싱 엘보(Reducing Elbow)가 적용되는 경우 작은 쪽 구경의 등가길이에 포함시켜 마찰손실을 계산할 것
- (9) 표준형 및 Long-turn 엘보는 마찰손실 계산에 포함할 것
- (10) 헤드가 회향식 배관이나 플렉시블 호스 등에 의해 연장된 경우 해당 회향식 배관 또는 플렉시블 호스를 마찰손실 계산에 포함할 수 있음

(11) 소화배관 부속류 반영구간 선정(예시)

- ① 가재배관 상의 분류티(Tee)

- 티(Tee)가 설치된 배관구간의 등합
- ② 교차배관에서 가지배관으로의 입
 - 티(Tee)A : 가지배관 구간
 - 티(Tee)B, C, D : 입상분기관
 - 티(Tee)E : 직류티로 포함하지
- ③ 분기관에서의 분류티(Tee)F
 - 티(Tee)가 설치된 배관 구간인



가길이 포
상분기관
구간
않음
80mm구

5) 소방펌프 및 소화수조의 용량 계산

(1) 소방펌프의 선정

① 정격토출량

가로축이 유량, 세로축이 양정인 좌표에서 수리계산에 의해 산출된 모든 지점들이 소방펌프의 성능곡선보다 해당지점 양정 기준으로 5% 이상 아래에 위치하도록 선정한다. 수리계산에 의해 산출된 유량은 소방펌프 정격 토출량의 140% 를 초과할 수 없다.

② 정격양정

수리계산에 의해 산출된 소요유량에서 법적으로 규정된 압력으로 방수될 수 있도록 선정한다.

③ 소요동력

선정된 소방펌프의 성능곡선 상에서 정격토출량의 150%까지의 범위 내에서 가장 큰 값을 소요동력으로 결정한다.

(2) 소방수조의 용량

수리계산에 의해 산출된 최대유량 또는 소방펌프의 정격토출량의 150%에 해당하는 유량을 규정시간동안 공급할 수 있는 용량으로 산정한다.

6) 수리계산 보고서(포함사항)

- (1) 설계기준(국가기준, 국제규격, 재보험사 기준 등)
- (2) 적용계산식
- (3) 배관입력 데이터
- (4) 등가길이 적용기준 및 근거자료
- (5) 계산방법(사용한 프로그램 제품명 및 Version 또는 수계산)
- (6) 설계데이터(설비별 방수량, 방수압력, 기준개수 등)
 - ① 헤드 또는 방수구의 요구 방수량
 - ② 헤드 또는 방수구의 방수압력 범위
 - ③ 개방되는 헤드 또는 방수구의 수량
- (7) 수리계산 요약표
- (8) 수리 계산표
- (9) 관련도면
 - ① 계통도 및 평면도

- ② 수리계산 Node 지점이 표시된 도면
- (10) 소방펌프 및 소화수조 선정 결과

※ 보충(용어의 정의)

- 1) 전압 계산방법(Total Pressure Method)
가장 일반적인 수리계산 방법으로서 전압(Total Pressure)이 소화수를 방수 노즐을 통해 배관외부로 밀어낸다는 가정하여 계산하는 방법이며, 동압을 고려하지 않는 계산 방식
- 2) 동압 계산방법(Velocity Pressure Method)
동압을 먼저 구하여 전압에서 이를 소거해서 정압을 구하고, 방수노즐로부터의 방수량을 계산할 때 산출된 정압(Normal Pressure)를 이용하는 계산 방식
- 3) 전압(Total Pressure, Pt)
소화 배관 내의 한 지점에서 소화수가 작용하는 압력이며, 동압과 정압을 합하여 산출
- 4) 상당길이(Equivalent Length)
부속류(Fittings) 또는 밸브류(Valves) 등에 의한 마찰손실(부차적 손실, Minor loss)을 수리계산에 반영하기 위해 각 부속류 또는 밸브류 등을 등가의 마찰손실을 가진 배관 길이로 표현한 것이며, 이러한 부차적 손실은 상당길이 외에 유량계수(Flow Coefficient) 또는 저항계수(K value) 등을 이용하여 반영할 수 있음
- 5) 기준개수
화재안전기준에 따른 화재시 개방될 것으로 예상되는 소화설비의 방수 노즐(스프링클러 헤드 등)의 최대 수량
- 6) 설계면적(Design Area)
화재시 예상되는 최대 수량의 방수 노즐(스프링클러 헤드 등)이 개방될 경우 소화수가 방수되는 바닥면적
- 7) 필요 유량(Required Flow Rate 또는 Minimum flow discharge)
소화설비 설계기준에 의해 결정하는 값으로서 이 유량 이상의 소화수가 공급되어야 소화설비의 성능목표를 달성할 수 있으며, 설계기준에 따라 “기준개수 × 노즐별 방수량” 또는 “설계면적 × 살수밀도”에 의해 구할 수 있음
- 8) 수리학적으로 가장 먼 부분(the Most Remote Portion)
급수원(Water Supply)으로부터 소화수가 공급될 때, 전체 소화시스템 중에서 가장 큰 압력강하를 발생시키는 부분

9) 수리학적으로 가장 가까운 부분(the Closest Portion)

급수원(Water Supply)으로부터 소화수가 공급될 때, 전체 소화시스템 중에서 가장 작은 압력 강하를 발생시키는 부분

10) 최소유량(Minimum Actual flow rate)

수리학적으로 가장 먼 위치에 대한 수리계산을 통해 산출되는 가장 높은 압력을 필요로 할 경우 공급해야 할 유량이며, 이 때의 소방펌프 운전점은 수리계산 프로그램 또는 N1.85 세미-로그 그래프용지(N1.85 Semi-exponential graph paper)를 이용하여 추정할 수 있음

11) 최대유량(Maximum Actual flow rate)

수리학적으로 가장 가까운 위치에 대한 수리계산을 통해 산출되는 가장 낮은 압력을 필요로 할 경우 공급해야 할 유량이며, 이 때의 소방펌프 운전점은 수리계산 프로그램 또는 N1.85 세미-로그 그래프용지(N1.85 Semi-exponential graph paper)를 이용하여 추정할 수 있음

12) 직류티(Straight Tee)

배관 부속류인 티(Tee)를 통해 직선 방향으로만 소화수가 유동되는 경우는 직류티에 해당되며, 이는 수리계산에 반영하지 않음

13) 분류티(Tee, flow turned 90°)

배관 부속류인 티(Tee)를 통해 소화수의 유동 방향이 90° 바뀌게 되는 경우는 분류티에 해당되며, 이는 수리계산에 반영해야 함

14) 소요동력(Maximum pump brake power)

소화설비에 필요한 압력과 유량을 가진 소화수를 공급하기 위해 필요한 소방펌프에 공급되어야 할 동력을 의미하며, 제조사에서 제시한 펌프 성능곡선을 통해 정격토출량의 150%까지의 범위 내에서 가장 큰 소요동력으로 결정함

보충

[계산 예]

1) 설계조건

- (1) 용도 : 도서관(경급위험-Light Hazard), 바닥면적 $6500\text{ft}^2 = \text{가로}(130) \times \text{세로}(50)$
- (2) 설계자가 경험적으로 정한 설계방호면적 : 1500ft^2 , 설계 살수밀도 : $0.1\text{gpm}/\text{ft}^2$
- (3) NFPA13 Table에 따라 헤드 1개가 담당하는 최대방호면적 : 168ft^2
헤드 최대배치간격 : 15ft
- (4) 헤드의 종류 : 표준형 헤드로 K Factor는 5.6

2) 설계 방호면적 내 기준 헤드 수의 계산

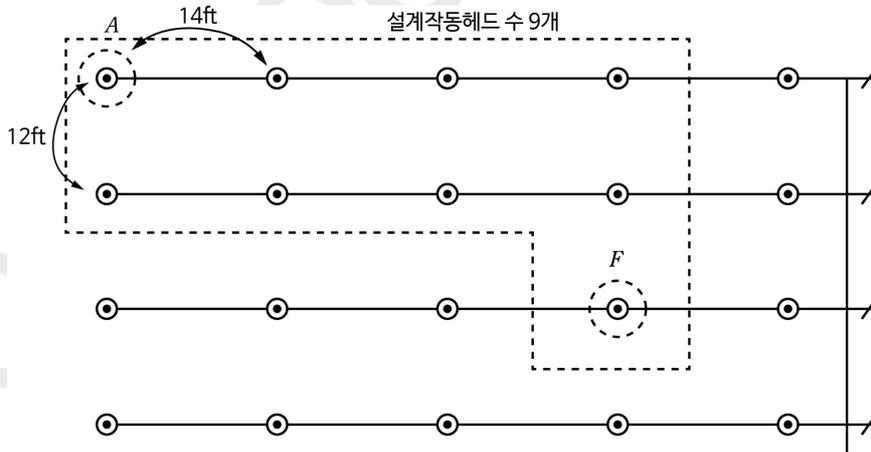
설계 작동 헤드의 수(N) = $1500\text{ft}^2 \div 168\text{ft}^2 \approx 8.92\text{개}$

3) 설계 방호면적의 가로, 세로의 길이 결정

가로의 길이 = $1.2 \sqrt{\text{설계방호면적}(A_d)} = 1.2 \sqrt{1500} \approx 46.48$

4) 헤드의 배치

- (1) 헤드 1개당 최대 방호면적의 한계인 168ft^2 을 지키기 위해 S=14ft, L=12ft로 하므로 가로방향의 헤드 수는 4개가 됨
- (2) $N = \frac{1.2 \sqrt{\text{설계방호면적}}}{\text{헤드가로간격}} = \frac{1.2 \sqrt{1500}}{14} \approx 3.32$
- (3) 설계 작동헤드의 수(N)인 9개를 맞추기 위해 세로방향 가지배관의 수를 3개로 정하고 세 번째 가지배관에 설치될 작동헤드는 수력학적으로 가장 가까운 헤드인 F가 됨



5) 최말단 헤드의 최소 방수압 및 방수량 결정

- (1) A점의 최소 방수량(gpm)
 $Q = \text{살수밀도}(\text{gpm}/\text{ft}^2, \text{l}/\text{min}/\text{m}^2) \times \text{헤드 1개당 설계방호면적}(\text{ft}^2, \text{m}^2)$
 $= 0.1\text{gpm}/\text{ft}^2 \times 168\text{ft}^2 = 16.8\text{gpm}$
- (2) A점의 최소 방수압(psi) $P = \left(\frac{\text{최소 방수량}(Q)}{\text{헤드 } K\text{-factor}(K)} \right)^2 = \left(\frac{16.8}{5.6} \right)^2 = 9\text{psi}$

4-4. [화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률]에 따라 건설현장의 소방안전관리를 위한 소방안전관리대상물의 범위, 선임기간, 건설현장 소방안전관리자의 업무 및 건설현장에 설치하는 임시소방시설의 종류에 대하여 설명하시오.

답)

출처 금화도감 2권

① 소방안전관리대상물의 범위 (화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률 제29조“건설현장 소방안전관리”)

공사시공자가 화재발생 및 화재피해의 우려가 큰 대통령령으로 정하는 특정소방대상물을 신축·증축·개축·재축·이전·용도변경 또는 대수선 하는 경우

② 건설현장 소방안전관리자의 선임기간

소방시설공사 착공 신고일부터 건축물 사용승인일까지

③ 건설현장 소방안전관리자의 업무

- (1) 건설현장의 소방계획서의 작성
- (2) 임시소방시설의 설치 및 관리에 대한 감독
- (3) 공사진행 단계별 피난안전구역, 피난로 등의 확보와 관리
- (4) 건설현장의 작업자에 대한 소방안전 교육 및 훈련
- (5) 초기대응체계의 구성·운영 및 교육
- (6) 화기취급의 감독, 화재위험작업의 허가 및 관리
- (7) 그 밖에 건설현장의 소방안전관리와 관련하여 소방청장이 고시하는 업무

④ 건설현장에 설치하는 임시소방시설의 종류

- 1) 임시소방시설의 정의

임시소방시설이란 소화기, 간이소화장치, 비상경보장치, 가스누설경보기, 간이피난유도선, 비상조명등, 방화포를 공사현장 등에 임시로 설치하는 것으로 설치 및 철거가 쉬운 화재대비시설을 말한다.
- 2) 임시소방시설의 종류
 - (1) 소화기

「소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기술기준(NFPA 101)」에서 정의하는 소화기
 - (2) 간이소화장치

건설현장에서 화재발생 시 신속한 화재 진압이 가능하도록 물을 방수하는 형태의 소화장치
 - (3) 비상경보장치

발신기, 경종, 표시등 및 시각경보장치가 결합된 형태의 것으로서 화재위험작업 공간 등에서 수동 조작에 의해서 화재경보상황을 알려줄 수 있는 비상벨 장치
 - (4) 가스누설경보기

건설현장에서 발생하는 가연성가스를 탐지하여 경보하는 장치
 - (5) 간이피난유도선

화재발생 시 작업자의 피난을 유도할 수 있는 케이블형태의 장치

(6) 비상조명등

화재발생 시 안전하고 원활한 피난활동을 할 수 있도록 계단실 내부에 설치되어 자동 점등되는 조명등

(7) 방화포

건설현장 내 용접·용단 등의 작업 시 발생하는 금속성 불티로부터 가연물이 점화되는 것을 방지해주는 차단막

3) 임시소방시설의 주요기능 및 성능·설치기준(건설현장의 화재안전기준)

구분	성능·설치기준(NFPC606) / 기술기준(NFTC606)
소화기	<ul style="list-style-type: none"> •소화기의 소화약제는 「소화기구 및 자동소화장치의 화재안전성능(기술)기준」에 따른 적응성이 있는 것을 설치(P,T) •각 층 계단실마다 계단실 출입구 부근에 능력단위 3단위 이상인 소화기 2개 이상 설치(P,T) •화재 위험 작업장 : 작업지점으로부터 5m 이내 쉽게 보이는 장소에 능력단위 3단위 이상인 소화기 2개 이상과 대형 소화기 1개 이상을 추가 배치(P,T) • "소화기"라고 표시한 축광식 표지를 소화기 설치장소 보기 쉬운 곳에 부착(P,T)
간이소화장치	<ul style="list-style-type: none"> •수원 : 20분 이상(P) •방수압력 : 0.1MPa 이상, 방수량 : 65L/min 이상(P) •화재 위험 작업장 : 작업지점으로부터 25m 이내에 배치하여 즉시 사용이 가능(P,T) •「간이소화장치의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 적합할 것(P) •다음의 소방시설을 사용승인 전이라도 완공검사를 받아 사용할 수 있게 된 경우 간이소화장치를 배치하지 않을 수 있음(P) <ul style="list-style-type: none"> - 옥내소화전설비 - 연결송수관설비와 연결송수관설비의 방수구 인근에 대형소화기를 6개 이상 배치한 경우
비상경보장치	<ul style="list-style-type: none"> •피난층 또는 지상으로 통하는 각 층 직통계단의 출입구마다 설치(P,T) •발신기를 누를 경우 해당 발신기와 결합된 경종이 작동(P,T) •경종의 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 100db 이상(P) •발신기의 위치표시등은 함의 상부에 설치하되, 불빛은 부착 면으로부터 15도 이상의 범위 안에서 부착지점으로부터 10m 이내의 어느 곳에서도 쉽게 식별할 수 있는 적색등으로 할 것(P,T) •시각경보장치는 발신기함 상부에 위치하도록 설치하되 바닥으로부터 2m 이상 2.5m 이하의 높이에 설치하여 건설현장의 각 부분에 유효하게 경보(P,T) •"비상경보장치"라고 표시한 표지를 비상경보장치 상단에 부착(P,T) •비상경보장치를 20분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 비상전원을 확보(P) •자동화재탐지설비 또는 비상방송설비를 사용승인 전이라도 완공검사를 받아 사용할 수 있게 된 경우 비상경보장치를 설치하지 않을 수 있음(P)

구분	성능·설치기준(NFPC606) / 기술기준(NFTC606)
가스누설경보기	<ul style="list-style-type: none"> 가연성가스를 발생시키는 작업을 하는 지하층 또는 무창층 내부(내부에 구획된 실이 있는 경우에는 구획실마다)에 가연성가스를 발생시키는 작업을 하는 부분으로부터 수평거리 10m 이내에 바닥으로부터 탐지부 상단까지의 거리가 0.3m 이하인 위치에 설치(P,T) 「가스누설경보기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준」에 적합한 것으로 설치(P)
간이피난 유도선	<ul style="list-style-type: none"> 지하층이나 무창층에는 간이피난유도선을 녹색 계열의 광원점등방식으로 해당 층의 직통계단마다 계단의 출입구로부터 건물 내부로 10m 이상의 길이로 설치(P,T) 바닥으로부터 1m 이하의 높이에 설치하고, 피난유도선이 점멸하거나 화살표로 표시하는 등의 방법으로 작업장의 어느 위치에서도 피난유도선을 통해 출입구로의 피난방향을 알 수 있도록 해야 함(P,T) 층 내부에 구획된 실이 있는 경우에는 구획된 각 실로부터 가장 가까운 직통계단의 출입구까지 연속하여 설치(P,T) 공사 중에는 상시 점등되도록 하고, 간이피난유도선을 20분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 비상전원을 확보(P) 피난유도선, 피난구유도등, 통로유도등 또는 비상조명등을 사용승인 전이라도 완공검사를 받아 사용할 수 있게 된 경우 간이피난유도선을 설치하지 않을 수 있음(P)
비상조명등	<ul style="list-style-type: none"> 지하층이나 무창층에서 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단의 계단실 내부에 각 층마다 설치(P,T) 비상조명등이 설치된 장소의 조도는 각 부분의 바닥에서 1lx 이상(P,T) 비상조명등을 20분(지하층과 지상 11층 이상의 층은 60분) 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 비상전원을 확보(P) 비상경보장치가 작동할 경우 연동하여 점등되는 구조로 설치(P,T)
방화포	<ul style="list-style-type: none"> 용접·용단 작업 시 11m 이내에 가연물이 있는 경우 해당 가연물을 방화포로 보호. 다만, 비산방지조치를 한 경우에는 방화포를 설치하지 않을 수 있음(P,T) 소방청장이 정하여 고시한 「방화포의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 적합한 것으로 설치(P)

4-5. [화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률]에 따라 소방안전 특별관리시설물의 관계인은 정기적인 화재예방안전진단을 받아야 한다. 이때 화재예방안전진단의 대상 및 화재예방 안전진단의 실시절차 등에 대하여 설명하시오.

답)

출처 금화도감 2권

① 개요

- 1) 소방안전 특별관리시설물의 화재위험요인을 조사하고 그 위험성을 평가하여 개선대책을 수립하기 위해 화재예방안전진단을 실시한다.
- 2) 소방안전 특별관리시설물의 관계인은 화재의 예방 및 안전관리를 체계적·효율적으로 수행하기 위하여 한국소방안전원 또는 소방청장이 지정하는 화재예방안전진단기관으로부터 정기적으로 화재예방안전진단을 받아야 한다.

② 진단대상(화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제43조 “화재예방안전진단 대상”)

- 1) 공항시설 중 여객터미널의 연면적이 1,000㎡ 이상인 공항시설
- 2) 철도시설 중 역 시설의 연면적이 5,000㎡ 이상인 철도시설
- 3) 도시철도시설 중 역사 및 역 시설의 연면적이 5,000㎡ 이상인 도시철도시설
- 4) 항만시설 중 여객이용시설 및 지원시설의 연면적이 5,000㎡ 이상인 항만시설
- 5) 전력용 및 통신용 지하구 중 공동구
- 6) 천연가스 인수기지 및 공급망 중 가스시설
- 7) 발전소 중 연면적이 5,000㎡ 이상인 발전소
- 8) 가스공급시설 중 가연성 가스 탱크의 저장용량의 합계가 100톤 이상이거나 저장용량이 30톤 이상인 가연성 가스 탱크가 있는 가스공급시설

③ 진단범위(화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률 제41조 “화재예방안전진단”)

- 1) 화재위험요인의 조사에 관한 사항
- 2) 소방계획 및 피난계획 수립에 관한 사항
- 3) 소방시설 등의 유지·관리에 관한 사항
- 4) 비상대응조직 및 교육훈련 평가에 관한 사항
- 5) 화재위험성 평가에 관한 사항
- 6) 그 밖에 화재예방진단을 위하여 대통령령으로 정하는 사항
 - (1) 화재 등의 재난 발생 후 재발방지 대책의 수립 및 이행에 관한 사항
 - (2) 지진 등 외부 환경 위험요인 등에 대한 예방·대비·대응에 관한 사항
 - (3) 화재예방안전진단 결과 보수·보강 등 개선요구 사항 등에 대한 이행 여부

④ 진단의 실시절차(화재의 예방 및 안전관리에 관한법률 시행령 제44조)

1) 최초실시

소방안전 특별관리시설물의 관계인은「건축법」에 따른 사용승인 또는 「소방시설공사업법」에 따른 완공검사를 받은 날부터 5년이 경과한 날이 속하는 해

2) 진단주기

- (1) 우수 : 안전등급을 통보받은 날부터 6년이 경과한 날이 속하는 해
- (2) 양호·보통 : 안전등급을 통보받은 날부터 5년이 경과한 날이 속하는 해
- (3) 미흡·불량 : 안전등급을 통보받은 날부터 4년이 경과한 날이 속하는 해

3) 화재예방안전진단의 안전등급 기준(별표7)

안전등급	화재안전예방진단 대상물의 상태
A(우수)	• 문제점이 발견되지 않은 상태
B(양호)	• 문제점이 일부 발견되었으나 대상물의 화재안전에는 이상이 없으며 대상물 일부에 대해 보수·보강 등의 조치명령이 필요한 상태
C(보통)	• 문제점이 다수 발견되었으나 대상물의 전반적인 화재안전에는 이상이 없으며 대상물에 대한 다수의 조치명령이 필요한 상태
D(미흡)	• 광범위한 문제점이 발견되어 대상물의 화재안전을 위해 조치명령의 즉각적인 이행이 필요하고 대상물의 사용제한을 권고할 필요가 있는 상태
E(불량)	• 중대한 문제점이 발견되어 대상물의 화재안전을 위해 조치명령의 즉각적인 이행이 필요하고 대상물의 사용 중단을 권고할 필요가 있는 상태

⑤ 화재예방안전진단기관의 시설, 전문인력 등 지정기준(별표 8)

1) 시설

- (1) 전문인력이 근무할 수 있는 사무실
- (2) 장비를 보관할 수 있는 창고

2) 전문인력

- (1) 소방기술사 1명이상, 소방시설관리사 1명이상
- (2) 전기안전기술사, 화공안전기술사, 가스기술사, 위험물기능장 또는 건축사 1명이상
- (3) 소방, 전기, 화공, 가스, 위험물, 건축, 교육훈련 관련 자격자 각 1명이상

3) 장비

소방, 전기, 가스, 위험물, 건축 분야별로 행정안전부령으로 정하는 장비를 갖추어 것

⑥ 조치(화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률 제41조 “화재예방안전진단”)

- 1) 안전원 또는 진단기관의 화재예방안전진단을 받은 연도에는 소방훈련과 교육 및 자체점검을 받은 것으로 본다.
- 2) 안전원 또는 진단기관은 화재예방안전진단 결과를 소방본부장 또는 소방서장, 관계인에게 제출해야 한다.
- 3) 소방본부장 또는 소방서장은 제출받은 화재예방안전진단 결과에 따라 보수·보강 등의 조치가 필요하다고 인정하는 경우에는 소방안전 특별관리시설물의 관계인에게 보수·보강 등의 조치를 취할 것을 명할 수 있다.

보충

[소방안전 특별관리시설물의 안전관리(화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률 제40조)]

1. 소방청장은 화재 등 재난이 발생할 경우 사회·경제적으로 피해가 큰 다음의 시설 (이하 “소방안전 특별관리시설물”이라 한다)에 대하여 소방안전 특별관리를 해야 한다.

- 1) 공항시설
- 2) 철도시설
- 3) 도시철도시설
- 4) 항만시설
- 5) 지정문화재인 시설
- 6) 산업기술단지 및 산업단지
- 7) 초고층 건축물 및 지하연계 복합 건축물
- 8) 수용인원 1,000명 이상인 영화상영관
- 9) 전력용 및 통신용 지하구
- 10) 석유비축시설
- 11) 천연가스 인수기지 및 공급망
- 12) 전통시장(점포 500개 이상)
- 13) 발전소, 물류창고(연면적 100,000㎡ 이상), 가스공급시설

2. 소방청장은 제1항에 따른 특별관리를 체계적이고 효율적으로 하기 위하여 시·도지사와 협의하여 소방안전 특별관리 기본계획을 기본계획에 포함하여 수립 및 시행해야 한다.

4-6. [대기환경보전법 시행규칙]에 따라 "저탄시설 옥내화"를 의무화해 2024년까지 모든 석탄화력발전소는 옥내에 석탄을 보관해야 한다. 이러한 옥내 저탄장(Coal Shed)에서 발생 가능한 자연발화의 원인을 분석하고 옥내 저탄장에 적응성 있는 소방시설과 화재 안전대책을 설명하시오.

답)

출처 금화도감 2권 / 인터넷 자료

① 배경

- 1) 현재 6개 화력발전소에서 운영 중인 야외 저탄장에 대한 옥내화를 의무화 함
- 2) 초기에 건설된 화력발전소의 경우 옥내 저탄시설이 없어 석탄을 야외 보관함에 따라, 석탄분진이 날리면서 주민 피해가 발생하여 이를 방지하기 위함

② 석탄 옥내형 저장설비의 형태

- 1) 쉘드(Shed)형태 2) 사일로(Silo)형태 3) 돔(Dome)형태

	쉘드(Shed)형태	사일로(Silo)형태	돔(Dome)형태
			
장점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무인 자동화 운전 ▪ 친환경(먼지, 우수, 강설 차단) ▪ 원료 품질 변동성 낮음 ▪ 타 옥내 방식에 비해 경제적 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무인 자동화 운전 ▪ 친환경(먼지, 우수, 강설 차단) ▪ 원료 품질 변동성 낮음 ▪ 원료 블렌딩 효과 양호 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무인 자동화 운전 ▪ 친환경(먼지, 우수, 강설 차단) ▪ 원료 품질 변동성 낮음 ▪ 원료 블렌딩 효과 양호
단점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 원료 블렌딩 효과 낮음 ▪ 철조 지붕의 건설비 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설비 높음 ▪ 별도의 컨베이어 필요 (사일로 상부) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 돔 지붕 설치비 높음 ▪ 별도의 컨베이어 필요 (원료 투입용)

③ 문제점

- 1) 석탄 이송 및 미분 과정에서의 화재 및 분진폭발
- 2) 자연발화과정에서 발생하는 유해한 가스로 인한 작업장 및 주변 지역의 환경오염 문제
- 3) 석탄이 자연 발화할 경우 석탄 자체의 손실

4] 옥내 저탄장(Coal Shed)에서 발생 가능한 자연발화 원인

- 1) 자연발화의 원인
 - ① 석탄 중 낮은 등급의 아역청탄은 표면에 공기 중의 산소가 잘 흡착되면서 산소를 흡착한 석탄 표면은 산화반응으로 인해 표면 온도 상승
 - ② 자연발화의 주요 원인인 석탄과 산소와의 접촉을 최대한 차단하여 자연발화 예방
- 2) 자연발화의 메커니즘
 - ① 석탄미분과 공기 중 산소 접촉
 - ② 화학반응에 의해 산화열이 발생
 - ③ 발생한 열이 석탄미분더미의 내부에 축적
 - ④ 열의 축적에 의해 물질의 온도가 발화온도를 상회
 - ⑤ 자연발화

5] 옥내 저탄장에 적응성 있는 소방시설

- 1) 자연발화 감시 및 방지 시스템
 - ① 디지털 타입의 석탄더미(Coal Pile) 온도 모니터링 센서
 - ② 영상신호를 온도신호로 전환하는 적외선카메라(IR Camera)
 - ③ 가스분석기
 - ④ 불활성 가스 소화약제를 주기적으로 분사
- 2) 소화설비
 - ① 스프링클러, 물분무설비 또는 포소화설비(Class A포)
 - ② 훈소의 가능성이 크므로 유화제(Wetting Agent)를 첨가하여 침투력 증가

6] 화재 안전대책

- 1) 저장량을 줄여 예방에 중점을 둠
- 2) 내부 열 방출 재순환시스템 : 탄연료를 장기 보관 할 경우
- 3) 자연발화 가능성이 높은 석탄은 조기에 소진(저장기간이 최대 2 ~3개월 이상 장기저장 금지)
- 4) 저열량탄 구매
- 5) 내화소재 사용
- 6) 화재발생 시 신고 의무화

