

소방기술사 정규반 제 19 강의

: 제 6 장 소방기계시스템

소방기술사 박 성 수, 신 부 환 著

- 문제1) 준비작동식 시스템의 Interlock System
- 문제2) 건식스프링클러의 방수지연시간(Delivery Time)
- 문제3) 건식스프링클러의 제한 규정
- 문제4) 급속개방장치(Quick Opening Device)
- 문제5) 건식스프링클러의 공기압축기(Compressor)의 설치기준
- 문제6) Priming Water & Water Columning
- 문제7) On-Off 스프링클러 설비
- 문제8) 부압식(진공식) 스프링클러설비
- 문제9) 스프링클러 설비의 배관방식
- 문제10) Hardy-cross Method
- 문제11) 규약배관방식과 수리계산방식의 특징비교
- 문제12) Tree배관의 수리계산 방법(국내 방식)
- 문제13) NFPA 기준에 의한 Tree배관의 수리계산 방법
- 문제14) 폐쇄형스프링클러설비의 NFSC 103과 NFPA 13
- 문제15) 지하구의 화재특성
- 문제16) 지하구의 통합감시시설 구축, 연소방지설비의 연소
- 문제17) 케이블의 난연화 방법

문제1) 준비작동식 시스템의 Interlock System

1. 개요

- ① 준비작동식 설비는 배관 또는 헤드의 파손으로 인한 수손 피해가 우려되는 장소에 설치하는 방식이다
- ② NFPA 기준의 준비작동식 시스템은 Preaction밸브와 Dry밸브의 두 가지 기능을 가지며 다음과 같이 구분하고 있다

2. Single-Interlock System

(1) 정의

: Detection System에 의해서만 Preaction밸브가 개방되며, 2차측 배관의 감압에 대해서는 air low pressure alarm만 울리도록 되어 있는 시스템이다

(2) 작동원리

- ① 감지기가 동작된다(화재 감지)
- ② 솔레노이드 밸브가 개방된다
- ③ Priming Chamber(다이아프램실)이 감압된다
- ④ 이에 Clapper가 개방된다
- ⑤ 제한 오리피스로 인해 Priming Chamber의 저압이 유지된다

(3) 특징

- ① 사고에 의한 헤드 개방 시 수손 방지를 위해 감지기 동작에 의해서만 밸브가 개방 된다(장점)
- ② 국내 설비와 달리 2차 측에도 가압공기나 질소를 주입하여 배관을 감시한다
- ③ 감지기 고장 시 시스템 작동이 불가능하다(단점)

3. Double-Interlock System

(1) 정의

: Detection System에서 화재감지를 하고 동시에 S/P 헤드가 감열되어 개방이 되어야만 Preaction밸브가 개방되어 2차측 배관으로 소화수가 방출되도록 설정된 시스템이다

(2) 작동원리

- ① 감지기가 동작된다(화재 감지)
- ② 솔레노이드 밸브가 개방된다
- ③ Pneumatic Actuator가 닫혀 있어 Priming Chamber(다이아프램실)내 가압수는 배출되지 않는다
- ④ 화재가 성장하여 헤드가 개방된다
- ⑤ Priming Chamber 압력 저하로 Clapper가 개방되어 소화수가 2차측 배관으로 유입된다

(3) 특징

- ① 오동작으로 인한 피해를 최소화 할 수 있다
- ② 관리적 측면에서 안전성이 확보된다
- ③ 초기진압에 소요되는 시간적 지연이 발생하여 화재를 확대시킬 우려가 있다
- ④ 건식설비와 같은 제한 규정이 있다
 - ㉠ 배관의 내용적 제한
 - ㉡ Quick Opening Device 설치
 - ㉢ 격자형 배관 금지

4. Non-Interlock System

(1) 정의

: Detection System 또는 2차측 배관의 감압 중 어느 한 가지만 작동되어도 Preaction 밸브가 개방되는 시스템이다

(2) 작동원리

- ① 감지기 동작 시 : Single Interlock System 과 동일한 방식
- ② 헤드 개방 시
 - ㉠ 2차측 감압에 의한 Pneumatic Actuator 개방
 - ㉡ Priming Chamber의 압력저하
 - ㉢ Clapper가 개방되어 소화수가 2차측 배관으로 유입된다

(3) 특징

- ① 감지기 동작 또는 헤드 개방 중 어느 하나에 의해서도 밸브가 개방되도록 한 방식이다
- ② 오작동으로 헤드 개방 시 수손 피해 우려가 있다
- ③ 감지기 고장 시에도 정상적인 설비 작동이 가능하다
- ④ 동결 우려가 있는 장소에 설치하면 건식 설비에 비해 동작시간을 줄일 수 있다

※ 기출문제분석23(준비작동식S/P관련)

1. 스프링클러 시스템 중 준비작동식과 습식의 장단점을 설명하라(47회,20점)
2. NFPA에 의한 Pre-Action System의 Interlock Type에 대해 설명하시오(68회,25점)
3. Double-Interlock Pre-Action System을 설명하시오(55회,5점)
4. 열감지기로 연동되는 프리액션 시스템(Preaction Sprinkler System) 설계시 감지기의 반응시간과 스프링클러헤드 반응시간의 상관관계에 대해 설명하시오(75회,25점)
5. Double-Interlock Preaction System의 개요와 작동원리를 설명하시오(91회,10점)
6. 준비작동식 스프링클러 소화설비 시스템의 Interlock에 대하여 설명하시오(96회,10점)
7. NFPA에서 규정하는 Pre-action System(준비 작동식)의 Interlock방식에 대하여 설명하시오(98회,10점)

문제2) 건식스프링클러의 방수지연시간(Delivery Time)

1. 개요

- ① 화재 시 헤드가 개방된 후 건식밸브가 개방되어 물이 방사될 때까지 소요되는 총소요시간을 방수지연시간(Delivery Time)이라 한다
- ② 건식스프링클러는 방수지연시간의 단점을 보완하기 위해서 차압식 밸브, 급속개방장치(Quick Opening Device), 2차측 내용적 제한 등을 두고 있다

2. 방수지연시간의 구성

방수지연시간 = 압축공기 배출시간 + 소화수 이송시간 Delivery Time = Trip Time + Transit Time

(1) 압축공기 배출시간(Trip Time)

- ① 헤드가 감열에 의해 개방된 후, 공기가 빠져나가면서 클래퍼가 열리기까지의 시간 (즉, 건식밸브의 작동에 필요한 시간)
- ② Trip Time 계산식(SFPE Handbook)

$$t = 0.0352 \frac{V_T}{A_n \sqrt{T_0}} \ln \left(\frac{P_{a0}}{P_a} \right)$$

여기서, t : 트립 시간(sec)

V_T : 건식설비의 2차측 배관 용적(ft^3)

A_n : 개방된 헤드의 살수면적(ft^2)

T_0 : 공기온도($^{\circ}R$)

P_{a0} : 초기 대기압력(절대압) = 2차측 초기공기압력

P_a : 작동시험압력(절대압) = 트립공기압력

③ Trip Time에 영향을 주는 인자

- ㉠ 2차측 배관 내용적 : 클수록 Trip Time이 길어진다
- ㉡ 2차측 공기압력 : 높게 설정될수록 Trip Time이 길어진다
- ㉢ 설치된 헤드의 오리피스 구경(K-factor) : 작을수록 Trip Time이 길어진다
- ㉣ 건식밸브의 Trip압력 : 낮을수록 길어진다

(2) 소화수 이송시간(Transit Time)

- ① Trip Time 이후, 배관 내의 잔류공기가 배출되어 소화수가 방출되기까지의 시간
- ② Transit Time에 영향을 주는 인자
 - ㉠ 2차측 배관 내용적 : 클수록 Transit Time이 길어진다
 - ㉡ 2차측 공기압력 : 높게 설정될수록 Transit Time이 길어진다
 - ㉢ 설치된 오리피스의 구경(K-factor) : 작을수록 Transit Time이 길어진다
 - ㉣ 1차측 수압 : 낮을수록 Transit Time이 길어진다

문제3) 건식스프링클러의 제한 규정

1. NFPA 13의 제한 규정

(1) 건식 설비 적용의 최소화

: 건식스프링클러 설비는 물의 동파 방지가 어려운 장소에만 적용한다

(2) 방호구역의 크기(설비용량) 기준

① 하나의 건식밸브로 제어되는 설비용량이 500[gal] 이하인 경우 : 제한 규정 없음

② 하나의 건식밸브로 제어되는 설비용량이 500[gal] 이상인 경우

㉠ 설비의 정상 공기압력에서 시험밸브를 완전 개방하여 60초 이내에 방수될 것

㉡ 60초 이내에 방수되지 못하는 경우에는 1개의 건식밸브로 제어되는 설비용량을 750[gal] 이하로 할 것

③ 체크밸브 사용 금지 : 구획의 분할 시 체크밸브로 인한 공기누설 및 작동시간 지연의 위험 때문이다

④ 격자형(Grid)방식의 금지 : 소화수 방출까지의 시간이 매우 지연되기 때문이다

(3) 급속개방장치의 설치기준

① NFPA 기준에서의 설치기준은 Accelerator만을 설명하고 있다

② 설치대상

㉠ 설비용량이 500[gal]을 초과하는 경우에는 설치할 것

㉡ 시험밸브를 완전 개방하여 60초 이내에 방수되는 경우에는 설치할 필요가 없다

③ 설치기준

㉠ 급속개방장치는 건식밸브 가까이 설치할 것

㉡ 입상관과 급속개방장치 입구측에 연결부

◦ Priming Water보다 위에 설치할 것(물의 침수 방지)

◦ 글로브 밸브나 앵글밸브를 설치할 것(급속개방장치의 유지·보수를 위함)

㉢ 급속개방장치와 건식밸브의 중간챔버 사이

◦ 체크밸브를 설치할 것(급속개방장치에서 중간챔버로만 흐름)

◦ 중간챔버로부터 Feedback되는 압력을 필요로 하는 가속기는 개폐표시형밸브를 체크밸브 대신에 설치할 수 있다(단, 개방상태로 고정 또는 봉인되어 있을 것)

2. NFSC 규정

(1) 하나의 방호구역의 면적은 3,000[m²] 이하로 할 것

다만, 폐쇄형 설비의 격자형 배관방식을 채택하는 때에는 3,700[m²] 범위내에서 펌프 용량, 배관의 구경 등을 수리학적으로 계산한 결과 시 소화목적을 만족시킬 것

(2) 하나의 방호구역에는 최소 1개 이상의 유수검지장치를 설치할 것

(3) 유수검지장치의 말단에는 시험밸브를 설치할 것

(4) 급속개방장치와 관련된 규정은 없음

문제4) 급속개방장치(Quick Opening Device)

1. 정의

- ① 건식스프링클러 설비에서 2차측 배관내의 압축공기의 장애에 따른 헤드의 살수지연을 방지하기 위하여 배관내의 공기배출속도를 증가시켜 건식밸브를 신속히 개방시켜 주는 장치이다
- ② 종류 : ㉠ Accelerator(가속기) : 건식밸브에 설치
 ㉡ Exhauster(공기배출기) : 교차배관에 설치

2. 급속개방장치의 설치대상

(1) NFPA 기준

- ① 설비용량이 500[gal]을 초과하는 경우에는 설치할 것
- ② 시험밸브를 완전 개방하여 60초 이내에 방수되는 경우에는 설치할 필요가 없다

(2) 국내기준

: 국내기준상에는 명시된 설치대상이 없으며, 제조사에서 건식밸브의 제조 시 모두 적용하고 있다

3. 급속개방장치의 종류

(1) Accelerator

① 구조 및 작동원리

- ㉠ 입구는 2차측 토출배관, 출구는 건식밸브의 중간챔버에 설치한다
- ㉡ 2차측 압력이 설정치 이하로 낮아지면, 2차측 공기의 일부를 중간챔버로 보내 클래퍼 개방을 촉진시키게 된다

② 설치기준

- ㉠ 급속개방장치는 건식밸브 가까이에 설치할 것
- ㉡ 입상관과 급속개방장치 입구측에 연결부
 - Priming Water보다 위에 설치할 것(물의 침수 방지)
 - 글로브 밸브나 앵글밸브를 설치할 것(급속개방장치의 유지·보수를 위함)
- ㉢ 급속개방장치와 건식밸브의 중간챔버 사이
 - 체크밸브를 설치할 것(급속개방장치에서 중간챔버로만 흐름)
 - 중간챔버로부터 Feedback되는 압력을 필요로하는 가속기는 개폐표시형밸브를 체크밸브 대신에 설치할 수 있다(단, 개방상태로 고정 또는 봉인되어 있을 것)

(2) Exhauster

- ① 대기로의 공기 배출을 가속화하여 Trip Time과 Transit Time을 단축시키는 장치
- ② 입구는 2차측 토출배관, 출구는 대기 중으로 설치한다(교차배관 말단에 설치)
- ③ 2차측의 압력이 저하되면, 2차측 공기를 빠르게 배출시키게 된다
- ④ Exhauster는 약 15개 정도의 헤드 개방과 같은 공기 배출 효과를 가진다

문제5) 건식스프링클러의 공기압축기(Compressor)의 설치기준

1. 설치목적

- ① 건식밸브 2차측을 압축공기로 채워두고 그 압력을 일정하게 유지하기 위해서 공기 압축기를 설치한다
- ② 이때 공기압력이 너무 낮으면 건식밸브가 오동작 할 우려가 있고, 반대로 너무 높으면 건식밸브의 동작지연이 되거나 또는 공기누설을 방지하기 위한 Gasket 등이 손상될 우려가 있다

2. 설치기준(NFPA)

(1) 2차측 공기압력

- ① 2차측 공기압력은 적절하게 유지되어야 한다
 - ㉠ 낮은 공기압력 : 건식밸브의 오작동 우려
 - ㉡ 높은 공기압력 : 설비 작동속도 저하
- ② 작동점에서의 1차측 수압과 2차측 공기압 비율은 5.5 : 1 정도
(저차압식 밸브는 1.1 : 1 정도)

(2) 공기압축기의 용량 : 30분 이내에 정상 공기 압력을 공급할 수 있을 것

(3) 공기 충전 연결 배관

- ① 구경을 13[mm] 이상이어야 하며 건식밸브의 Priming Water의 수위보다 높은 위치에서 연결되어야 한다
- ② 이 급기관에는 체크 밸브를 설치해야 하며, 복구 가능한 Disc형 개폐밸브를 체크 밸브 1차측에 설치하고 충전시를 제외하고는 닫혀있도록 한다

(4) 릴리프 밸브

- ① 설치기준 : 공기압축기와 개폐밸브 사이에 설치하며, 설비의 작동공기압력보다 20 [psi] 높은 압력에서 방출되도록 설정한다
- ② 설치목적
 - ㉠ 미설치 시, 설비 내에 고압이 가해져 작동시간이 늦어지게 된다
 - ㉡ 고압으로 인한 Gasket 등의 손상을 방지한다
 - ㉢ 20[psi] = 1.4[kgf/cm²]이며 2차측 공기압력이 된다

문제6) Priming Water & Water Columning

1. Priming Water

(1) 정의

: 건식밸브에서는 1차측 배관에 가압수, 2차측에는 압축공기를 채워두고 있으며, 밸브의 클래퍼 이후의 몸체에 Priming Water를 채워 둔다

(2) 역할

① 클래퍼의 1차·2차 측의 압력 균형 유지

㉠ 2차측 공기압을 Priming Water를 채워둠으로서, 클래퍼에 수직으로 작용하게 만든다

㉡ 공기압, 클래퍼의 무게, Priming Water 무게, 넓은 2차측 접촉면적 등으로 인해 2차측의 낮은 공기압으로 균형을 유지한다

② 클래퍼의 완전 폐쇄여부 확인

: 클래퍼에 틈새가 생겨 누수가 발생하면 밸브의 Drain에서 물방울이 떨어지게 되므로, 기밀확보 여부를 쉽게 알 수 있다

2. Water Columning(물기둥) 현상

(1) 정의

① 2차측 배관내 수분의 응축수 등으로 인하여 클래퍼 상부에 물기둥이 형성될 경우 건식밸브의 작동지연시간이 길어지거나 작동되지 않을 수도 있다

② 이러한 현상을 Water Columning(물기둥) 현상이라고 한다

(2) 발생원인과 영향

① 기존의 건식밸브의 경우에는 수압에 비해 매우 작은 공기압으로 클래퍼 양단의 압력균형을 유지하기 때문에 클래퍼의 작동압력 즉, 트립압력도 매우 낮아 물기둥이 형성된다(누수 및 응축)

② 물기둥의 정수압이 공기의 압력과 함께 클래퍼를 누르게 되므로 트립시간의 지연이 더 크게 일어날 수 있다

③ 예를 들어 물기둥의 높이가 5[m]일 경우에는 약 0.5[kgf/cm²]의 압력이 클래퍼 상부에 남아 있다는 의미가 된다

(3) 방지대책

① 저차압식 건식밸브를 사용한다

② 압축공기의 공급배관에 습기 제거용 필터를 설치한다

③ 응축수 제거용 배관을 설치하여 별도로 배수할 수 있는 구조로 한다

④ 자동배수장치보다 높은 위치에 수위를 지시하는 장치를 설치한다

※ 기출문제분석24(건식시스템관련)

1. 건식 스프링클러 시스템을 시설한 소방대상물에서 하나의 경계구역의 배관내 용적(표준 대기압)이 2,000ℓ일 경우 드라이 파이프 밸브의 주변기기들은 어떤 기능을 구비하여야 하며, 공사완료 후 시스템 셋팅에 대한 사항을 상세히 기술하시오(38회,20점)
2. 건식 스프링클러 설비의 Quick Opening Device에 대하여 기술하시오(41회,20점)
3. 급속개방장치(Quick Opening Device)는 스프링클러 설비의 어느 시스템에 필요하며 이 장치의 종류를 설명하시오(57회,20점)
4. 건식 스프링클러 시스템에서 Quick Opening Device의 종류를 설명하시오(62회,10점)
5. 건식밸브의 리셋 방법에 대해 설명하라(42회,20점)
6. 건식스프링클러설비는 습식스프링클러설비에 비하여 화재진압이 지연된다. 이러한 작동지연은 트립시간(trip time)과 소화수 이송시간에 의한 것으로 이들에 대한 각각의 개요와 요인에 대하여 기술하시오(79회,25점)
7. 미국방화규정(NFPA) 13의 기준을 참조하여 건식 스프링클러설비를 설계할 경우, 방호구역의 크기(설비용량)기준과 급속개방장치의 설치기준을 기술하고, 이와 관련된 국가화재안전기준(NFSC)을 설명하시오(80회,25점)
8. 자동식 스프링클러소화설비의 트립시간(trip time)과 트립시간에 미치는 요소에 대하여 기술하시오(84회,10점)
9. 공기기계를 송출압력에 따라 분류하고 건식스프링클러소화설비에 사용되는 공기압축기(Air Compressor)의 설치목적에 대하여 기술하시오(84회,10점)
10. 건식스프링클러소화설비의 급속개방장치(Quick Opening Device)에 대해 설명하시오(87회,10점)
11. 건식밸브내의 프라이밍 워터(Priming Water)가 필요한 이유에 대하여 기술하시오(88회,10점)
12. 스프링클러설비의 방수지연시간(Delivery time)에 대하여 설명하고, 압축공기 배출시간(Ttip Time)공식을 쓰고 설명하시오(92회,10점)

문제7) On-Off 스프링클러 설비

1. 정의

- ① 화재 시 스프링클러 헤드가 개방되어 물이 방수되어 화재를 진압한 이후에 온도가 저하되면 이를 감지하여 헤드가 자동으로 폐쇄되어 수손 피해를 최소화하도록 고안된 시스템이다(Flow Control Sprinkler Head)
- ② 이 시스템은 일반적인 헤드의 감열부와 오리피스를 Pilot valve의 개폐부(작동부)가 추가로 설치되어 있다

2. 작동 Mechanism

(1) 화재 시 작동원리

- ① 화재로 천장부의 온도가 상승된다
- ② 약 63[°C]에 이르면 감열부가 작동되어 헤드의 오리피스가 개방된다
→ 이때 소화수는 방출되지 않음. 형상기억합금(Ni-Ti)에 의해 pilot valve가 닫힌 상태를 유지하여 다이어프램실로 물이 방출되지 못하기 때문이다
- ③ 약 74[°C] 까지 온도가 상승되면 형상기억합금(Ni-Ti)의 변형에 의해서 pilot valve가 개방되고 소화수가 방출된다

(2) 화재 진압 후 작동원리

- ① 화재가 진압되어 화재실의 온도가 저하된다
- ② 온도가 약 37[°C]로 냉각되면 형상기억합금(Ni-Ti)이 pilot valve를 닫는다
- ③ 물이 다이어프램실로 들어가게 되고 이에 따라 압력차에 의해 다이어프램이 닫히게 된다
- ④ 헤드로부터 방수가 중단된다

3. 특징

- ① 헤드 주위의 온도변화에 따라 오리피스로 방사되는 물을 자동으로 제어한다
- ② 소화 후 주위온도가 일정 온도 이하로 될 경우 방수를 자동으로 차단한다
- ③ 화재 진압 이후의 추가적인 소화수의 방수를 최소화하여 수손 피해를 최소화할 수 있는 장점이 있다
- ④ NFPA 13 에는 포함되지 않았으나, 여러 가지 문제점이 개선된다면 실용화에 의해 스프링클러 시스템의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다

문제8) 부압식(진공식) 스프링클러설비

1. 개요

- ① 부압식 스프링클러설비는 준비작동식이나 건식 또는 습식스프링클러설비의 2차측 배관내의 압력을 부압(진공)상태로 유지시켜 오작동시에 발생하는 소화수의 누수를 진공압으로 흡입하는 구조로 설치하여 수손피해에 대한 위험도를 제거시키는 설비이다
- ② 스프링클러설비의 오작동이나 인위적인 파손 등에 의한 많은 수손피해를 줄이기 위한 안정된 제품들이 외국에서는 이미 개발되어 설비에 적용되고 있다
- ③ 따라서, 국내에서도 2012년도에 이를 국가화재안전기준에 스프링클러설비로 인정하기에 이르렀다

2. 부압식 스프링클러설비의 구조 및 작동기능

: 건식 또는 프리액션밸브 스프링클러설비와 유사한 방식으로 가압송수장치, 부압밸브(준비작동밸브), 제어반 등으로 구성되어 화재시 감지기 작동과 연동하여 부압밸브, 가압송수장치 등이 기동되어 소화하는 설비이다

(1) 진공펌프(Vacuum Pump)

- ① 배관내의 압력을 진공압으로 유지시키는 역할을 한다
- ② 진공 압력이 떨어지게 되면 진공펌프가 기동하여 배관내의 압력이 일정 진공압력이 형성되도록 하고 일정 진공압을 유지하는 경우에는 작동을 멈춘다

(2) 부압식 제어반(Vacuum Controller)

- ① 제어방식은 PLC(programmable logic controller)를 사용한다
- ② 평상시 배관내의 진공압력의 데이터를 진공 압력스위치로부터 수신하여 진공압력을 유지할 수 있도록 진공펌프를 기동시키고 제어한다

(3) 압력스위치(Pressure Switch)

- ① 고진공 압력스위치의 사용압력 범위는 -100 ~ 50[kpa]을 사용하고 저진공 압력스위치의 사용압력 범위는 -10 ~ -100[kpa]을 사용한다
- ② 압력챔버의 압력을 일정 압력으로 유지시키기 위하여 최소압력, 최대압력을 설정 최소압력일 경우 가압펌프를 기동시키고 최대압력일 경우 가압펌프를 정지시키는 용도로 사용한다

(4) 부압(진공)밸브(Vacuum Valve)

- ① 오작동 시에 부압펌프가 동작하면 부압밸브는 개방되어 소화수가 흡입될 수 있도록 하는 역할을 하고 부압이 형성되면 밸브는 닫혀 배관내의 압력을 유지한다
- ② 작동원리는 비화재시 오작동에 부압스위치에 의해 부압펌프가 동작하면 부압밸브는 개방되어 2차측 배관이 부압이 되도록 하는 역할을 한다

(5) 부압식 밸브(준비작동식 밸브)

: 1차측에는 압력을 가진 소화수, 2차측은 부압의 소화수로 충수되어 있다가 화재

발생시 감지기가 동작하고 이로 인하여 전자밸브를 개방시켜 밸브가 개방된다

구 분		부 압 식
경보밸브 종류		준비작동밸브
배관 내부	1차측	가압수
	2차측	부압수
사용 헤드		폐쇄형 S/P 헤드(조기반응형)
감지기 유무		있음(자동화재탐지설비)

(6) 부압용 스프링클러 헤드

: 조기반응형이어야 하며, 시스템에 맞는 것이어야 한다

3. 부압식 스프링클러설비의 작동

: 부압식 스프링클러설비 교차 배관에는 부압상태(-0.05Mpa ~ -0.08Mpa)의 소화수가 상시 충수되어 있다

(1) 화재 발생시 작동순서

- ① 화재발생
- ② 화재감지
- ③ 진공펌프 강제 정지 제어
- ④ 진공 스프링클러설비 제어부 화재 신호(화재신호 송출)
- ⑤ 기동제어(프리액션 밸브 개방)
- ⑥ 프리액션 밸브 개방으로 2차측 배관으로 소화수 유입
- ⑦ 유수검지장치 작동(경보신호)
- ⑧ 화재 수신부 작동표시
- ⑨ 가압송수장치 작동
- ⑩ 방수 소화

(2) 화재 오작동시 작동순서

- ① 스프링클러배관 파손 등(비화재시)
- ② 공기 흡입
- ③ 2차측 압력 상승(-0.05Mpa → -0.03Mpa)
- ④ 고압진공 펌프 작동(-0.03Mpa에서 작동)
- ⑤ 스프링클러설비 고장 신호(고장표시 및 경보)
- ⑥ 오리피스 Solenoid 작동
- ⑦ 계속해서 공기 흡입(-0.05Mpa ~ -0.01Mpa)

※ 기출문제분석25(스프링클러설비기타관련)

1. 자동식 스프링클러설비 중에서 On-Off 스프링클러시스템(flow-control sprinkler system)의 개요 및 작동 메카니즘(Mechanism)에 대하여 기술하시오(79회,25점)
2. 스프링클러 시스템 관련의 다음에 대해 설명하시오(59회,30점)
 - ① 프리액션 밸브 1차측과 2차측의 연결하는 관에 오리피스를 설치하는 이유는?
 - ② 건식밸브에 중간챔버를 설치하는 이유?
 - ③ 알람밸브 1차측보다 2차측의 압력이 높아져 있는 이유?
 - ④ 알람밸브 1차측과 2차측 압력을 항상 같게 할 수 있는 방법?
 - ⑤ 가지관 말단에 cap이나 plug가 필요없는 이유를 scale문제와 관련하여 설명하시오?
3. 부압식(진공식) 스프링클러의 구조와 주요 구성요소 시스템의 동작흐름에 대하여 설명하시오(99회, 25점)

문제9) 스프링클러 설비의 배관방식

1. 개요

- ① 소화설비의 배관방식은 토너먼트 배관, 토너먼트 외의 배관(Tree, Loop, Grid)방식으로 분류할 수 있다
- ② 수계 소화설비에서는 토너먼트 외의 배관을 사용하도록 규정하고 있으며, Tree 방식을 주로 사용한다
- ③ 국내에서는 스프링클러 설비를 습식, 건식, 준비작동식, 일제살수식으로 분류하지만, NFPA에서는 Loop식 설비와 Grid식 설비를 별도의 설비로 분류하고 있다

2. Tournament Type(토너먼트 배관방식)

(1) 정의

- ① 각 헤드로의 경로가 동일하여 각 헤드에 공급되는 유량이 일정하지만 마찰손실이 증가하게 되며 이로 인하여 말단의 헤드 방수압이 저하된다
- ② 약제의 균등한 방사 및 빠른 시간 내 확산을 위하여 가스계 및 분말소화설비에서 사용한다

(2) 특징

- ① 최말단 헤드의 방사압과 방사량이 균등하다
- ② 분기점의 개수가 과다하여 마찰손실이 증가하게 되며 이로 인하여 말단의 방수압이 저하된다
- ③ 배관 주위에 각종 살수장애용 시설물이 있을 경우 적절한 배관 설계가 불가능하다
- ④ Tee를 많이 사용하여야 하므로 시공이 불편하다

3. Tree Type(가지 배관방식)

(1) 정의

- ① 각 헤드로의 경로가 불규칙하여 각 헤드에 공급되는 유량이 일정하지 않다
- ② 마찰손실이 토너먼트 배관방식보다 작아 수계소화설비에서 주로 사용한다

(2) 특징

- ① 헤드의 방사압력은 각 지점에서 균일하지 않으며 헤드의 방사량도 균일하지 않다
- ② Tee에 의한 분기점은 가지배관당 1개소로 마찰손실이 토너먼트 배관방식보다 작다
- ③ 배관 주위에 각종 살수장애용 시설물이 있어도 배관 설계가 가능하다
- ④ 시공이 용이하며 편리하다

4. Loop System(루프 배관방식)

(1) 정의

- ① 작동 중인 헤드에 2이상의 배관에서 물이 공급되도록 여러 개의 교차배관이 서로 접속되어 있는 배관 시스템이다
- ② 가지배관은 서로 접속되어 있지 않다

(2) 장점

- ① Grid(격자형) 배관방식에 비해 수리계산이 쉽다(수계산이 가능)
- ② Grid(격자형) 배관방식보다는 못하지만 수력특성이 우수하다
- ③ 건식, 준비작동식에서의 사용제한이나 릴리프밸브 설치규정이 없다

(3) 단점

- ① Grid(격자형) 배관방식에 비해 수력특성이 좋지 않다
- ② 헤드별로 동일한 압력분포를 가지지 못한다

5. Grid System(격자형 배관방식)

(1) 정의

- ① 평행한 교차배관 사이에 많은 가지배관을 연결한 배관 시스템이다
- ② 미 작동 가지배관은 교차배관 사이의 물 이송을 보조하는 방식이다

(2) 장점

- ① 유수의 흐름이 분산되어 압력손실이 적다
- ② 배관 도중의 막힘, 고장 수리시에도 대처가 가능하다
- ③ 소화설비의 증설, 변경이 용이하다
- ④ 소화용수, 가압송수장치의 분할 및 분산배치가 가능하다
- ⑤ 헤드별로 고른 압력분포를 가진다

(3) 단점

- ① 수리계산이 복잡하여 컴퓨터 프로그램이 필수적이다(수계산 불가능)
- ② 건식, 준비작동식설비에는 적용할 수 없다(방사시간 지연)
- ③ 릴리프 밸브 설치가 필수적이다

문제10) Hardy-cross Method

1. 개요

- ① 1928년 Hardy Cross교수에 의해 고안된 수계산 방법으로서 복잡한 소화배관시스템 (Loop, Grid)의 압력손실 해석법이다
- ② 축차근사법(逐次近似法)의 원리로 배관상의 유량을 임의로 분배하고, 각 관로의 압력 손실 차이가 허용범위 내로 수렴되도록 반복 계산하는 방법이다

2. 유체역학적 가정(원칙)

(1) 질량보존의 법칙

- ① 유입점의 유량 = 유출점의 유량
- ② 즉, $Q_A = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_B$

(2) 에너지보존의 법칙

- ① 유입점과 유출점이 같을 경우 각 경로별 압력손실은 동일하다
- ② 즉, $\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3$

(3) 폐회로 Loop에서 Loop별 손실수두의 합은 0이다

3. 계산절차(SFPE Handbook)

(1) 중요 변수 파악(Loop의 단순화)

- ① 배관망의 중요한 변수(배관장, 관경, C-Factor)를 파악한다
- ② 관경, 유량, C-Factor 등이 다를 경우 별도의 번호를 부여한다

(2) 단위 변환(FLC 계산)

- ① 각 변수를 적절한 단위로 수치 변환한다
- ② 부속류는 등가관장을 산출한다

(3) 유량(Q)분배 가정

: Loop에 이어지는 연속성이 충족되도록 적절한 분배유량을 가정한다

(4) 마찰손실(P_f) 계산

- ① Hazen-Williams공식에서 FLC(fraction loss coefficient)를 이용하여 경로별 압력 손실을 계산한다
- ② $P_f = FLC \times Q^{1.85}$

(5) 마찰손실의 합($\sum P_f$) 계산

- ① 분배유량이 실제 흐르는 유량과 같다면, $\sum P_f = 0$ 이 될 것이다
- ② 그러나 실제 관로별 유량과는 다를 것이므로, 0이 아닐 것이다
- ③ NFPA에서는 이러한 마찰손실 합계의 범위가 $\pm 0.5[\text{psi}]$ 이내가 되면 가정한 분배 유량을 적용해도 된다(계산종료)

(6) $\frac{P_f}{Q}$ 의 계산

: $\sum P_f$ 가 $\pm 0.5[\text{psi}]$ 이내가 아닐 경우, 구간별로 P_f / Q 를 구하여 이를 합산한다

(7) 유량보정값(dQ)의 계산

1. $Q = Q_0 + dQ$ (Q : 실제 유량, Q_0 : 가정한 유량)

2. 폐회로 배관망에서는 $\sum P_f = 0$ 임.

3. $P_f = KQ^n = K(Q_0 + dQ)^n = K(Q_0^n + nQ_0^{n-1}dQ + \dots)$

$\Rightarrow$ 2번째 항 이후 부터는 매우 작으므로, 무시함.

4. $\sum P_f = \sum (KQ_0^n + nKQ_0^{n-1}dQ) = 0$

이 식을 dQ 에 대하여 정리하면,

$$dQ = - \frac{\sum KQ_0^n}{n \sum KQ_0^{n-1}} = \frac{-\sum P_f}{n \sum \left(\frac{P_f}{Q} \right)} \leftarrow P_f = KQ^n; \therefore KQ_0^{n-1} = \frac{P_f}{Q_0}$$

여기에서, $n = 1.85$ 를 대입하면,

$$dQ = \frac{-\sum P_f}{1.85 \times \sum \left(\frac{P_f}{Q} \right)}$$

(8) 보정유량(Q') 산출

: 각 관로별 분배유량을 $Q + dQ$ 로 가감한다

(9) 반복계산

① 유량보정값(dQ)가 충분히 작아질 때까지 (4)~(7)을 반복 계산한다

② $\sum P_f \leq 0.5[\text{psi}]$ 가 되면 계산을 종료한다($dQ \leq \pm 1$)

(10) 확인

① 임의의 경로에 대한 유입점에서 유출점까지의 P_f 를 계산한다

② 다른 경로에 대한 P_f 를 계산한다

③ 두 경로의 P_f 가 같으면 최종 보정유량은 정확한 유량이다

※ 기출문제분석26(격자배관과 루프배관관련)

1. 스프링클러 배관에서 격자 배관과 루프 배관도를 작도하고 비교 설명하시오(가지배관까지 작도할 것)(60회,25점)
2. Loop식 스프링클러와 Grid식 스프링클러를 비교하여 설명하시오(80회,10점)
3. Loop식 물소화 배관의 수리 계산에 활용하는 Hardy Cross 계산법에 관하여 상술하시오(47회,20점)
4. 회로망(Loop 혹은 Gride) 형태의 소화수 배관시스템의 수리계산시 사용되는 하디-크로스(Hardy-Cross) 계산방식을 쓰시오(71회,25점)
 - (1) 하디-크로스방식 적용시 유체역학적 원칙
 - (2) 하디-크로스방식에 의한 계산절차(방법)
 - (3) 하디-크로스방식에 의한 계산시 보정유량(ΔQ)산출법
5. 초고층 주상복합 건축물의 스프링클러설비 시공에 따른 층고 개선방법을 3가지 제시하고 각각 장단점을 기술하시오(81회,25점)

문제11) 규약배관방식과 수리계산방식의 특징비교

1. 규약배관방식(Pipe Schdule Method)

- (1) 배관경에 따라 헤드 수량을 미리 정해두고, 이 기준으로 설계·시공하는 방법이다
- (2) 소방설계에 대한 전문지식이 없어도 누구나 쉽게 설계·시공이 가능하다
- (3) 소규모 건물에서는 수리계산 방식에 비해 더 편리하므로, NFPA에서는 5,000[ft²] 이하에서는 이 방식을 사용하도록 권장한다
- (4) 여유율이 커서 건물에 따라 과대설비로 인해 비경제적이 될 수 있다
- (5) 국가화재안전기준에 의한 스프링클러 설비의 규약배관 기준

	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
가	2	3	5	10	30	60	80	100	160	161이상
나	2	4	7	15	30	60	65	100	160	161이상
다	1	2	5	8	15	27	40	55	90	91이상

- [주] 1. 폐쇄형스프링클러헤드를 사용하는 설비의 경우로서 1개 층에 하나의 급수배관(또는 밸브 등)이 담당하는 구역의 최대면적은 3,000m²를 초과하지 아니할 것
2. 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하는 경우에는 "가"란의 헤드 수에 따른 것. 다만, 100개 이상의 헤드를 담당하는 급수배관(또는 밸브)의 구경을 100mm로 할 경우에는 수리계산을 통하여 제8조 제3항제3호에서 규정한 배관의 유속에 적합하도록 할 것
3. 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하고 반자 아래의 헤드와 반자속의 헤드를 동일 급수관의 가지관상에 병설하는 경우에는 "나"란의 헤드 수에 따른 것
4. 제10조제3항제1호의 경우로서 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하는 설비의 배관구경은 "다"란에 따른 것
5. 개방형스프링클러헤드를 설치하는 경우 하나의 방수구역이 담당하는 헤드의 개수가 30개 이하 일 때는 "다"란의 헤드 수에 의하고, 30개를 초과하는 때는 수리계산 방법에 따른 것

2. 수리계산방식(Hydraulic Calculation Method)

- (1) 각 배관에 필요한 압력과 유량을 Hazen-Williams식에 의해 계산하고, 공학적 해석을 통하여 실제에 가깝게 시스템을 설계하는 방식이다
- (2) 필요한 크기의 배관경 설계가 가능하므로, 경제성을 높일 수 있다
- (3) 수리계산에 대한 기술적 지식이 요구되며, 미국에서는 대부분 이 방식에 의해 배관을 설계하도록 규정되어 있다
- (4) 배관 방식별 수리계산방법
 - ① Tree 배관의 수리계산
 - ㉠ 정압만을 고려하여 계산하는 수리계산법 : 일반적으로 많이 사용한다
 - ㉡ 동압을 포함하여 계산하는 수리계산법 : 시행 착오법, 방정식 계산법
 - ② Loop 및 Grid 배관의 수리계산 : Hardy-Cross 법에 의한 계산
- (5) Loop 및 Grid 배관방식은 수리계산방식에 의해서만 배관설계가 가능하다
- (6) 수리계산방식은 공학적 설계로 펌프에서 필요한 유량과 압력을 실제에 가깝게 선정할 수 있다

3. 규약배관방식과 수리계산방식의 특성 비교

	규약배관방식	수리계산방식
정의	배관경에 따라 헤드 수량을 미리 정해두고, 이 기준으로 설계·시공하는 방법	각 배관에 필요한 압력과 유량을 Hazen-Williams식에 의해 계산하고, 공학적 해석을 통하여 실제에 가깝게 시스템을 설계하는 방식
장점	소방설계에 대한 전문지식이 없어도 누구나 쉽게 설계·시공이 가능	- 필요한 크기의 배관경 설계가 가능하므로, 경제적인 - 공학적 설계로 펌프에서 필요한 유량과 압력을 실제에 가깝게 선정할 수 있다
단점	여유율이 커서 건물에 따라 과대설비로 인해 비경제적	기술적인 지식과 경험이 필요
국내소방법	규약배관방식에 해당	제한적으로 수리계산방법을 도입
NFPA기준	5,000[ft ²] 이하에서는 이 방식을 사용하도록 권장한다	미국에서는 대부분 이 방식에 의해 배관을 설계하도록 규정되어 있다

4. 수리계산 프로그램(Hydraulic Calculation Program)

(1) 일반자료(General Data)

- ① Job Title
- ② 방호대상물의 화재위험등급
- ③ 수조의 위치
- ④ 방호구역의 형태
- ⑤ 건물의 층고

(2) 입력자료(Input Data)

- ① C-Factor
- ② 설계면적
- ③ 살수밀도
- ④ 예상 유량
- ⑤ 헤드간의 간격
- ⑥ 헤드의 방호면적

(3) 출력자료(Output Data)

- ① 파이프 배관도 및 헤드 배치도
- ② 배관정보(관경에 따른 수량 등)
- ③ 설계유량, 살수밀도 등

문제12) Tree배관의 수리계산 방법(국내 방식)

1. 수리계산을 위한 가정

- (1) 각 헤드별 방출계수(K)는 일정하다($Q=K\sqrt{P}$)
- (2) 헤드는 가지배관에 직결된다(즉, 회향식 관로의 손실을 무시된다)
- (3) 배관의 구간별 등가길이는 모두 산출 가능하다
- (4) 수리학적으로 가장 먼 거리의 헤드에 요구되는 압력과 유량을 알고 있다
- (5) 수리계산에 의해 구해야 할 사항
 - ① 펌프의 토출압력
 - ② 펌프의 토출량 ③ 배관 구간별 배관경

2. 국내 수리계산 절차(정압만을 고려)

- (1) 헤드의 설계 수량에 의해 개방 헤드 결정
: 화재안전기준에서의 설계 개수를 수리학적으로 가장 먼 순서로 결정한다
- (2) 최말단 헤드에서의 규정 방사압력, 방수량, 방출계수 확인
 - ① 일반적 표준 헤드의 경우에는 $P_1 = 0.1[\text{Mpa}]$, $Q_1 = 80[\text{lpm}]$
 - ② $K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$ (여기에서의 Q와 P는 헤드 종류에 따라 다르다)
- (3) 최말단 ~ 2번 헤드 사이 구간의 배관경 계산
 - ① 연속의 방정식을 적용한다
 - ② 즉, $d = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)}$ 에 유량 Q와 유속의 기준값 V를 대입하여 산정하다
- (4) 최말단 ~ 2번 헤드 사이 구간의 배관 마찰손실 계산
 - ① Hazen-Williams 식을 적용하여 계산하다
 - ② $\Delta P_{1\sim 2} = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85} \times L}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$
 - ③ 등가길이 $L = \text{관의 길이} + \text{부속류 등가길이}$ 로 계산한다
- (5) 2번 헤드의 방수량 계산
 - ① 2번 헤드에서의 방수압력 : $P_2 = P_1 + \Delta P_{1\sim 2}$
 - ② 2번 헤드의 방수량 : $q_2 = K\sqrt{P_2}$
 - ③ 2번 헤드 이후 직관부의 유량 : $Q_2 = Q_1 + q_2$
- (6) 교차배관까지의 배관을 헤드 구간별로 배관경, 손실, 유량을 계산한다
- (7) 반대 측 가지 배관에서의 배관경, 압력, 유량을 계산한다
- (8) 교차배관 분기부에서의 2가지 압력 중 큰 압력을 실제 압력으로 하여 유량을 보정
: $Q = Q_{\text{소}} \times \sqrt{\left(\frac{P_{\text{대}}}{P_{\text{소}}}\right)}$
- (9) 위의 방법을 반복하여 펌프 토출측까지의 배관경, 압력, 유량을 계산한다

문제13) NFPA 기준에 의한 Tree배관의 수리계산 방법

1. 수리계산절차1

→ 위험용도(Hazard Occupancy)

- ① NFPA 기준에서의 위험용도는 스프링클러설비 및 수원에 대한 설계에 이용하기 위해 용도별 화재위험성에 따라 장소를 구분한 것이다
- ② 위험용도란 수용품의 양과 가연성, 수용품의 열방출량, 적재물의 높이, 인화성·가연성 액체의 유무 등에 따라 결정되는 스프링클러 설계 및 수원 산정에 관련된 용도별 분류를 말한다

(1) 경급위험용도(Light Hazard Occupancy)

- ① 화재 가능성 및 예상되는 화재의 정도가 낮은 장소
- ② 연료하중이 적다(가연물의 양, 가연성이 낮다)
- ③ 화재강도가 낮다(열방출율이 낮은 화재가 예상되는 용도)
- ④ 예) 주택, 교회, 박물관, 교육시설, 병원, 관공서, 레스토랑 객석 등

(2) 중급위험용도(Ordinary Hazard Occupancy)

① Group I

- ㉠ 연료하중과 예상되는 열방출율이 중간 정도인 장소
- ㉡ 연료하중 : 가연성이 낮거나, 저장 높이 8[ft](2.4m) 이하인 가연성 물질을 저장
- ㉢ 화재강도 : 열방출율이 보통 정도인 화재가 예상되는 장소
- ㉣ 예) 전자제품 공장, 주방, 주차장, 세탁소, 제과점 등(대부분의 경공업, 서비스업)

② Group II

- ㉠ 연료하중과 예상되는 열방출율이 중간 이상인 장소
- ㉡ 연료하중 : 가연성 및 그 양이 중간 이상, 저장 높이 12[ft](3.7m) 이하인 장소
- ㉢ 화재강도 : 열방출율이 중간 이상인 화재가 예상되는 장소
- ㉣ 예) 화학공장, 타이어공장, 피혁공장, 대형서고, 곡물창고 등(인화성 물질이 다량 존재한 경공업)

(3) 상급위험용도(Extra Hazard Occupancy)

① Group I

- ㉠ 연료하중 : 수용품의 양, 가연성이 모두 크고, 분진 등이 존재하는 장소
- ㉡ 화재강도 : 열방출율이 매우 높고, 급속히 성장하는 화재가 우려되는 장소
- ㉢ 인화성 및 가연성 액체가 거의 없거나, 폐쇄형 설비에서 취급하는 장소
- ㉣ 예) 제재소, 직물제조공장, 인쇄소, 비행기 격납고 등

② Group II

- ㉠ 연료하중 : 가연성이 매우 큰 물품이 광범위하게 분포된 장소
- ㉡ 화재강도 : 열방출율이 매우 높고, 급속히 성장하는 화재가 우려되는 장소
- ㉢ 인화성 및 가연성 액체가 다량으로 개방형 설비에서 취급하는 장소
- ㉣ 예) 조립식 주택, 인화성 액체 분무도장 공정, 개방형 오일퀀칭, 솔벤트 세탁 등

※ 방호면적의 형태 결정

① 방호면적의 크기(최대 방호면적에 대한 제한)

구 분		방호면적의 제한
경급위험용도		52,000[ft ²](4,831m ²)
중급위험용도		52,000[ft ²](4,831m ²)
상급위험용도	규약배관방식	25,000[ft ²](2,323m ²)
	수리계산방식	40,000[ft ²](3,716m ²)
참 고		40,000[ft ²](3,716m ²)

② 방호구역의 형태

: 위의 규정에 의한 면적 이내에서 건물 내의 복도, 거실 등의 구획을 기준으로 방호 구역의 형태를 결정한다

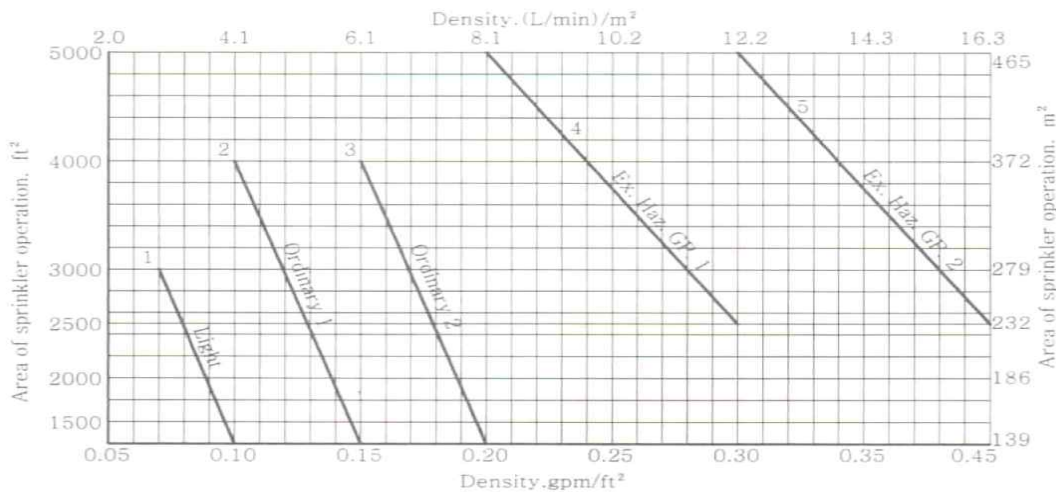
2. 수리계산절차2

→ 설계면적 및 살수밀도의 결정

(1) 설계면적과 살수밀도의 개념

- ① 설계면적(Design Area) : 화재시 스프링클러 헤드가 작동될 것으로 예상되는 면적
- ② 살수밀도(Density) : 화재진압에 필요한 단위면적당 방사되는 물의 유량
(설계면적과 살수밀도는 상호 반비례 관계)

(2) 설계면적과 살수밀도의 결정



- ① 위의 살수밀도-면적그래프(Density-Area Curve)에서 해당 위험용도의 곡선 위에서 한 점 또는 곡선의 우측 지점을 선택한다
- ② 지점의 선정 방법
 - ㉠ 높은 살수밀도/좁은 설계면적으로 하는 경우 : 침투성능 우선(화재의 진압)
→ 단시간에 좁은 지역에 많은 물을 방사하여 조기 진압
 - ㉡ 낮은 살수밀도/넓은 설계면적으로 하는 경우 : 냉각성능 우선(화재시의 피난)
→ 넓은 지역에 적은 방수량으로 방사하여 물의 증발을 촉진시켜 화재 지역의 온도 상승을 억제
- ③ 살수밀도의 제한사항
 - ㉢ 경급, 중급위험용도 : 1,500[ft²] 미만의 설계면적에는 1,500[ft²]에 대한 살수밀

도를 적용할 것

㉠ 상급위험용도 : 2,500[ft²] 미만의 설계면적에는 2,500[ft²]에 대한 살수밀도를 적용할 것

㉡ 가연성 은폐공간이 있는 경우에는 스프링클러 설계면적이 3,000[ft²] 이상일 것

(3) 설계면적의 증감

① 건식 및 인터록 준비작동식 스프링클러 설비인 경우

㉠ 설계면적의 30[%]를 증가시킨다

㉡ 작동시간이 오래 걸리는 작동방식이기 때문에 화재가 확대되어 연소면적과 개방 헤드수가 증가된다

② 조기 반응형 헤드를 사용하는 경우

㉠ 천장 높이 10[ft] 미만 : 설계면적 40[%] 감소

㉡ 천장 높이 10[ft] 이상 20[ft] 미만 : $-3/2 \times \text{천장높이} + 55$ [%]

㉢ 천장 높이 20[ft] 이상 : 감소면적 없음

[조건] ·습식 스프링클러 설비일 것

·위험용도가 경급, 중급위험용도일 것

·보호되지 않은 Ceiling Pocket이 없을 것

㉣ 방수개시시간이 단축될 경우 화재규모가 그 만큼 작아지기 때문이다

③ 지붕의 경사도가 1 : 6을 초과하는 경우

㉠ 설계면적의 30[%] 증가시킨다

㉡ 고온의 열기류가 천장면을 타고 이동하여 다른 헤드를 추가 작동시킬 우려가 높기 때문이다

④ 상급위험용도에 높은 온도등급의 스프링클러 헤드를 사용하는 경우

㉠ 설계면적의 25[%]를 증가시킨다(최소 2,000[ft²])

㉡ 화재가 급속히 성장하며 고온인 화재 방호를 위해 높은 온도등급의 헤드를 적용할 경우, 화재 지역외의 장소에 있는 스프링클러 헤드도 작동되어 설계면적이 증대된다

⑤ 설계면적의 다중조정

㉠ 경사도가 1 : 6을 초과하는 천장인 건물의 건식 스프링클러 설비 : 건식설비에 대한 30[%] 면적증가 기준을 적용한 후, 경사천장인 부분에 대해 추가로 30[%] 면적을 증가시킨다

㉡ 경사천장 건물에 속독형 헤드의 습식 스프링클러 설비 : 경사천장 부분에 30[%] 면적을 증가시킨 후, 다시 속독형 헤드 기준에 의해 면적을 감소시킨다

㉢ 건물 내에 가연성 은폐공간이 있는 경우 : 위의 설계면적 증감규정을 모두 적용한 다음, 스프링클러 설계면적이 3,000[ft²] 이상 되도록 한다

3. 수리계산절차3.

→ S/P시스템 및 헤드 선정

(1) 시스템의 선정

- ① 습식설비
- ② 프리액션설비(싱글인터록, 더블인터록, 논인터록)
- ③ 일제개방설비
- ④ 건식설비

(2) 헤드의 종류 선정

- ① 헤드의 종류
- ② K 값의 선정
- ③ 온도등급
- ④ RTI(반응시간지수)
- ⑤ 상향, 하향, 측벽 선정

4. 수리계산절차4-1

→ 방호구역 내에 배관 및 헤드의 배치

(1) 배관의 배열

: 실의 배치, 타 설비의 배관, 압력손실 등을 고려하여 가급적 단순한 형태로 수평주행배관 및 교차배관을 배열시킨다

(2) 가지배관 및 헤드의 배열

- ① 스프링클러의 헤드당 방호면적 $A_s = S \times L(W)$
 - table의 위험용도 구분에 따라 방호면적(A_s)과 최대 헤드간 거리(S)를 찾고, 가지배관 간의 거리(L, W)를 산출할 수 있다
- ② 벽과의 거리 : 벽으로부터 헤드까지의 거리는
 - ㉠ 가지배관과 수직인 벽 : S 의 1/2 이내
 - ㉡ 가지배관과 수평인 벽 : $L(W)$ 의 1/2 이내

5. 수리계산절차4-2

→ 설계면적 내의 헤드의 수 결정

(1) 헤드 수량의 계산식

$$\text{헤드 수량}(N_s) = \frac{\text{Design Area}}{A_s}$$

여기서, A_s : 스프링클러 헤드 1개당 방호면적

(2) 헤드 1개당 방호면적(A_s)

: 위험용도 구분에 따라 NFPA 기준에 있는 표(table) 참고하여 선정한다
(NFPA 13 : Table 8.6.2.2.1 (a)~(d))

6. 수리계산절차4-3

→ 가지배관상 헤드의 수(설계면적의 형태 결정)

(1) 가지배관 위의 스프링클러 헤드의 수

$$N = \frac{1.2 \sqrt{\text{Design Area}}}{S}$$

여기서, S : 가지배관 위의 헤드간 거리

(2) 설계면적의 형상은 한 변이 1.2배 큰 직사각형이 된다

7. 수리계산절차5

(1) 가장 먼 스프링클러 헤드의 유량 및 압력을 계산

① 유량 $q = A_s \times D$

여기서, A_s : 헤드 당 방호면적[m²], D : 살수밀도[lpm/m²]

② 압력(최소 7[psi] 이상일 것)

$$P = \left(\frac{q}{K} \right)^2$$

(2) Hazen-Williams식과 연속 방정식 등을 이용하여 펌프까지의 압력과 유량을 계산한다(정압만을 고려한 수리계산법 이용)

문제14) 폐쇄형스프링클러설비의 NFSC 103과 NFPA 13 개념상 차이점

→ 국내 화재안전기준의 스프링클러 헤드 설치기준의 문제점

1. 개요

- ① NFPA 13에서는 스프링클러설비의 설계를 위하여 방호대상물의 위험등급을 경급위험, 중급위험, 상급위험의 3가지로 구분하며, 중급위험과 상급위험은 다시 Group I 과 II로 분류하여 모두 5가지의 위험등급으로 구분하고 있다
- ② 국내 화재안전기준(NFSC 103)에서는 위험등급분류에 대한 명확한 기준은 없으며, 스프링클러 헤드의 기준개수를 규정하기 위한 위험등급분류와 스프링클러헤드의 수평거리를 규정하기 위한 위험등급분류가 2가지 체계로 되어 있다

2. NFSC 103과 NFPA 13의 개념적 차이점

(1) 스프링클러설비의 살수밀도(Sprinkler Area Density)

- ① NFPA 13에서는 방호공간의 위험등급에 따라 살수밀도-면적그래프(Density-Area Curve)를 사용하여 살수밀도를 구한다
- ② 국내 기준(NFSC 103)
 - ㉠ 설계살수밀도(Design Delivery Density)나 설계방호면적에 대한 내용을 찾아 볼 수 없으며, 단지 헤드간의 수평거리와 헤드의 기준개수에 관한 내용만 있다
 - ㉡ 수평거리에 대한 기준은 헤드간의 배치간격을 규정하기 때문에 이를 설계살수 밀도(Design Delivery Density)와 같은 개념으로 볼 수 있다
 - ㉢ 헤드 하나의 방수량을 일률적으로 80[lpm] 이상으로 규정하고 있기 때문에 헤드의 배치간격이 곧 설계살수밀도를 의미하게 되는 것이다

소방대상물	수평거리 (m)	헤드간의 거리(m)	헤드당 포 용면적(m²)	설계살수밀도 (lpm/m²)	위험등급
·무대부 ·특수가연물을 저장 또는 취급하는 장소 ·특수가연물을 저장 또는 취급하는 랙크식창고	1.7	2.4	5.76	80/5.76 =13.89	상급위험 용도 GroupII
·랙크식 창고	2.5	3.5	12.25	80/12.25 =6.53	중급위험 용도 GroupII
·아파트	3.2	4.5	20.25	80/20.25 =3.95	경급위험 용도
·그 외의 소방대상물 (내화구조인 경우)	2.3	3.25	10.56	80/10.56 =7.58	중급위험 용도

- ③ 개념적 차이점 : 국내 기준에서는 용도별로 제한된 장소만을 규정하고, 나머지 대부분의 용도에 대해서는 그 건물의 내화구조만을 고려하여 살수밀도를 결정한다. NFPA 에서는 위험등급과 살수면적에 따라 살수밀도가 구체적으로 결정되도록 하

고 있다

(2) 헤드 설치 간격(Head Installation Spacing)

- ① 국내 기준에서는 헤드의 수평거리만을 규정하고 있으며, 최소 설치간격이 규정되어 있지 않다. 국내 기준의 문제점은 수평거리의 범위 내에서 설치간격을 달리할 경우 살수밀도와 포용면적이 달라지게 된다
- ② NFPA 기준에서는 위험등급별로 헤드의 최대 설치간격을 구분하며, Skipping현상을 방지하기 위하여 헤드간의 최소 설치간격을 1.8[m]로 규정하고 있다

헤드종류	소방대상물의 위험등급 또는 상태		헤드간격
표준형	경급	건물구조 및 설계방식에 따라	2.4~4.6m
	중급		4.6m
	상급	설계방식 및 살수밀도에 따라	3.7~4.6m
	높은 적재창고		3.7~4.6m
측벽형	경급	마감재의 가연성 여부에 따라	4.3m
	중급		3m
Large Drop	건물구조에 따라		3.1~3.7m
ESFR	적재높이 7.6m 이하, 천장높이 9.1m 이하		3.7m
	적재높이, 천장높이가 위 기준을 모두 초과		3.1m

- ③ 개념적 차이점 : 국내기준에는 최소간격에 대한 기준이 없으며, NFPA 에서는 소방대상물의 위험등급, 건물구조, 설계방식 및 마감재의 가연성 여부에 따라 구체적으로 정하고 있다

(3) 최대 방호면적(System Protection Area Limitations)

- ① NFPA 13에서는 위험용도별 최대 방호면적을 제한하고 있다
- ② 국내 기준에서는 최대 방호면적을 3,000[m²] 미만으로 규정하고 있다. 다만, 폐쇄형 스프링클러설비에 격자형 배관방식을 채택하는 때에는 3,700[m²] 범위 내에서 펌프용량, 배관의 구경 등을 수리학적으로 계산한 결과 헤드의 방수압 및 방수량이 방호구역 범위 내에서 소화목적을 달성하는데 충분할 것
- ③ 개념적 차이점 : 국내에서는 방호구역을 방화구획과 동일하게 적용한 것이고, NFPA 에서는 위험용도에 따라 정하고 있는 것 외에는 대체로 동일하다

(4) 급수최소요구시간(Water Demand Requirement)

- ① NFPA 13 : 경급위험(30분), 중급위험(60~90분), 상급위험(90~120분)
- ② 국내 기준 : 20분 이상, 30층 이상 49층 이하(40분 이상), 50층 이상(60분 이상)
- ③ 개념적 차이점 : 국내 기준에서는 소방대가 도착할 때까지의 화재 제어를 목적으로 하는 것이고 NFPA 에서는 스프링클러설비 자체의 능력으로 소화가 가능하도록 한다는 개념이다

※ 기출문제분석27(규약배관방식과 수리배관방식관련)

1. 스프링클러에서 파이프 스케줄 방식과 규약배관방식에 대해 설명하시오(42회,20점)
2. 스프링클러 설비의 배관 계획과 관련하여 국제적인 규약 배관방식과 수리배관 방식의 두 가지가 통용되고 있다. 이 두 방식을 비교 설명하시오(47회,20점)
3. 미국 등의 선진국에서는 스프링클러 설비의 배관 등 구성방식에서 Pipe Schedule System(규약방식)과 Hydraulically Designed System(수리적방식)의 두 방식을 활용할 있는 바, 국내 소방기술기준의 배관 등 구성 방식은 그 본질적 개념이 규약방식에 의한다. 이들 두 방식에 대하여 비교 설명하시오(52회,20점)
4. 스프링클러설비의 규약배관방식과 수리배관방식을 설명하고 규약배관방식과 수리배관방식에 대한 화재 안전기준의 내용을 기술하시오(76회,25점)
5. 발전소 및 화학공장의 기술기준은 국내 화재안전기준을 기본으로 하고 추가로 NFPA의 기준에도 부합하도록 정하는 경우가 많다. 특히 스프링클러 설비를 설계 할 경우 장소 및 용도별로 위험도를 분류하고 이에 따라 살수밀도를 다르게 적용하는데 이를 설명하시오(83회,25점)
6. 폐쇄형스프링클러소화시스템을 설계할 때 국내 화재안전기준과 NFPA 13(Standard for the Installation of Sprinkler System, 2007 Edition)의 설계기준이 부분적으로 상이하다. 다음 항목별로 개념적 차이점을 비교하여 기술하시오(84회,25점)
 - 1) 스프링클러설비의 살수밀도(Sprinkler Area Density)
 - 2) 헤드 설치 간격(System Installation Area Limitations)
 - 3) 최대 방호면적(System Protection Area Limitations)
 - 4) 급수최소요구시간(Water Demand Requirements)
7. 소방시설의 배관망(Network Piping) 및 물분무소화설비(Water Sprat System)를 설계할 때 수리학적인 성능보장을 위하여 수리계산 프로그램(Hydraulic Calculation Program)을 많이 사용한다. 일반적인 계산 및 해석과정에 포함되는 내용을 다음 각 항목으로 구분하여 설명하시오(90회,25점)
 - 가. 일반자료(General Data)
 - 나. 입력자료(Input Data)
 - 다. 출력자료(Output Data)
8. NFPA의 소화펌프 용량을 구하는 용도별 위험성에 따른 유량산정 방식을 설명하시오(68회,25점)
9. 화재위험 확률에 대한 등급을 6가지로 분류하여 설명하시오(92회,25점)
10. 화재안전기준의 스프링클러 헤드 설치기준의 문제점을 설계방수밀도 및 방수구역면적의 개념을 고려하여 설명하시오(92회,25점)

문제15) 지하구의 화재특성

1. 지하구의 정의

(1) 소방법 상의 지하구

: 전력, 통신용 전선이나 가스, 냉난방용 배관 또는 이와 비슷한 것을 집합 수용하기 위하여 설치한 지하 공작물로서

- ① 사람이 점검 또는 보수하기 위하여 출입이 가능한 것으로
- ② 폭 1.8[m], 높이 2[m], 길이 50[m] 이상(전력·통신사업용은 500[m] 이상)인 것
- ③ 급배수관용 제외

(2) 도시계획법 상의 지하구

: 지하 매설물(전기, 가스, 수도 등의 공급시설 및 통신시설, 하수도 시설 등)을 공동 수용함으로써 도시의 미관, 도로구조의 보존과 원활한 교통의 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물

2. 지하구의 화재특성

(1) 지하구 내의 Cable Bundle

- ① 화재시 주변 케이블로의 지속적인 연소확대가 되기 쉽다
- ② 고분자물질 화재로 인해 유해가스가 다량 발생된다

(2) 지하의 밀폐공간

- ① 산소부족으로 인한 불완전 연소로 CO가 많이 발생된다
- ② 가시도가 낮아 발화지점의 조기발견이 어렵다
- ③ 공간이 좁아 소화작업이 어렵다

(3) 피해

- ① 도심지 도로 밑에 위치하는 경우가 많아 극심한 교통 혼잡을 야기한다
- ② 전력 및 통신 등의 공급원 차단으로 인한 2차 피해가 매우 크다

3. 지하구의 방재대책

(1) 예방 대책

- ① 케이블의 불연화, 난연화
- ② 케이블의 종류 및 규격을 소요 용량에 적합하게 적용한다
- ③ 점검 및 보수 실시
- ④ 점화원 관리

(2) 국내기준의 소방시설

- ① 소방법상의 지하구 : 자동화재탐지설비
- ② 전력 및 통신 사업자용 : 추가적으로 연소방지설비와 방화벽을 설치
- ③ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조9호의 규정에 의한 지하공동구
: 무선통신보조설비

(3) NFPA 805 기준의 소방시설

- ① 케이블 터널은 인접지역과 3시간 내화구조로 방화구획될 것
- ② 케이블 터널에는 연기감지기를 설치할 것(케이블 트레이를 3단 이상 높이거나, 폭이 457.2[mm] 이상일 경우에는 감지선형 감지기가 권장)
- ③ 화재진압설비
 - ㉠ 자동식 고정진압설비를 설치할 것(자동식 스프링클러의 경우, 가장 먼 방호구역의 가장 먼 100[ft]에서 살수밀도가 12.2[lpm/m²] 이상이 되도록 할 것)
 - ㉡ 헤드는 케이블 트레이 배열과 가연물 위치를 고려하여 적절한 살수효과를 낼 수 있도록 할 것
 - ㉢ 일제살수식은 배수설비를 고려하여 방호면적이 제한되도록 구획화할 것
- ④ 케이블은 물에 의해 손상을 받지 않도록 설계할 것
- ⑤ 15[m] 이상인 케이블 터널에는 다음 사항을 갖출 것
 - ㉠ 소방대 접근이 가능한 최소 2개 이상의 이격된 출입구
 - ㉡ 케이블 트레이 사이에는 최소 폭 0.9[m], 높이 2.4[m] 이상의 통로를 갖출 것
 - ㉢ 터널 외부 인근에는 소화전과 소화기를 갖출 것

문제16) 지하구의 통합감시시설 구축, 연소방지설비의 연소방지도료

1. 지하구의 통합감시시설 구축

(1) 관리현황

- ① 시설본체의 관리는 도로관리자가 수용물은 점용기관이 관리를 하고 있다
- ② 국소적 화재 등의 문제가 발생한 경우에 상호간에 정보 교류가 원활하게 이루어지지 못할 우려가 크다
- ③ 체계적인 관리 규정이 없다

(2) 구축 기준

- ① 소방서·공동구 통제실 간에 화재 등 소방활동과 관련된 정보를 상시 교환할 수 있는 정보통신망을 구축할 것
- ② 정보통신망은 광케이블의 선로로써 원격제어가 가능할 것
- ③ 주수신기는 공동구 통제실에, 보조수신기는 관할 소방관서에 설치하고, 수신기에는 원격제어 기능이 있을 것
- ④ 비상시에 대비하여 예비선로를 구축할 것

(3) 개선 대책

- ① 지하구 설계에 대한 기술기준의 확립 : 구조, 내진, 지질조건, 지하수조건 등
- ② 조직적 유지관리를 위한 정부기관의 독립부서 신설
- ③ 소방서·경찰서·시설관리기관 간의 비상시 협조체제의 개선
- ④ 사고시 각 수용기관에서의 감지정보의 종합 관리실로의 자동연락 체제의 구축
- ⑤ 수용시설물에 대한 전산화
- ⑥ 수용시설물 수용시 공간활용의 철저 고려

2. 연소방지설비의 연소방지도료

(1) 도포방법

- ① 도포할 부분의 오물을 제거하고 충분히 건조시킨 후 도포할 것
- ② 도포 두께는 평균 1[mm] 이상으로 할 것
- ③ 유성도료의 경우 1회당 도포 간격은 2시간 이상으로 하되, 환기가 원활한 곳에서 실시할 것(지하구 내에서 도포작업은 피함)

(2) 도포범위

: 다음 부분의 중심으로부터 양쪽 방향으로 전력용 케이블은 20[m] 이상(통신용 : 10m 이상)을 도포할 것

- ① 지하구와 교차된 수직구, 분기구
- ② 집수정·환기구가 설치된 부분
- ③ 지하구로 인입·인출되는 부분
- ④ 분전반, 절연유 순환 펌프 등이 설치된 부분
- ⑤ 케이블이 상호 연결된 부분 ⑥ 기타 화재 위험 부분

문제17) 케이블의 난연화 방법

1. 케이블화재의 주요원인

(1) 케이블 시설에 의한 원인

- ① 지락, 단락 고장시 대전류에 의한 발열·발화
- ② 다회선 포설에 따른 허용전류 저감률 부족으로 온도상승 발화
- ③ 시공 불량 등에 의한 온도상승으로 부분 발열·발화
- ④ 외상,약품,절연체의 열화 등으로 절연파괴에 의한 발화

(2) 외부 점화원에 의한 원인

- ① 공사 중 용접 불꽃 등에 의한 발화
- ② 케이블 주변에서 기름 등의 가연물이나 구축물의 연소에 의한 발화
- ③ 전력 케이블이 접속되어 있는 기기류의 과열에 의한 발화
- ④ 방화(放火)

2. 케이블화재의 특징(문제점)

(1) 연소 시 유독가스 및 연기

- ① 케이블의 외피(외장재)의 성분은 주로 "폴리에틸렌이나 PVC"이다
- ② 연소 시 독성가스(HCl, CO₂, CO 등) 및 연기가 생성되어 단시간 동안 흡입하여도 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있다

(2) 연소 확대의 위험성

- ① 케이블은 연결된 구조로 연소 확대가 매우 빠르다
- ② 화재가 발생하면 빠른 연소속도로 급속히 수직, 수평으로 연소가 확대된다

(3) 지하의 밀폐 공간

- ① 밀폐된 샤프트나 지하공동구 등에 설치된 경우가 많아 화점 파악이 어렵고, 이에 따라 소화에 많은 시간이 필요하다
- ② 통신, 전력 등의 마비로 인한 간접적인 화재피해가 매우 크다

3. 케이블 화재의 방지대책

- ① 배선계통의 적정화
- ② 접지
- ③ 케이블의 종류 및 규격을 용량에 맞게 적용
- ④ 점검 및 보수를 철저히 실시
- ⑤ 케이블의 구획 관통부에 대한 Fire Stopping
- ⑥ 케이블의 난연화

4. 케이블의 난연화 방법

- (1) 재래적 방법의 난연화 → 기 설치된 케이블에 대한 난연화 방법

① 연소방지시트

- ㉠ 케이블에 방화시트지를 붙이는 방법
- ㉡ 시공이 쉽고, 경제적이다
- ㉢ 전력 케이블에는 허용전류의 제한에 주의

② 연소방지도료

- ㉠ 케이블에 도료를 바르는 방법
- ㉡ 시공이 쉽다
- ㉢ 일정 두께 이상으로 발라야 하는 어려움이 있다(두께 1mm 이상)
- ㉣ 건조 후에는 이를 벗기기 어려우므로, 증설이 빈번한 선로에는 부적합한 방법

③ 방화테이프

- ㉠ 케이블마다 방화테이프를 감는 방법
- ㉡ 시공이 어렵고, 오래 걸린다

(2) 난연 케이블 사용

① 난연 케이블의 종류

- ㉠ 일반 난연 케이블
 - FR(Fire-Retardant)케이블로 난연성만 있다
 - FR-CV, FR-CVV 등
 - 일반 산업용으로 많은 양을 사용하는 경우에 적용한다
- ㉡ 할로겐 프리 난연케이블
 - HFCO, HFCCO 등으로 난연성 외에 연소가스 발생을 최소화하는 케이블
 - 많은 인원이 상주하는 백화점, 영화관 등의 전기시설물에 적합하다

② 난연 케이블의 시험방법

케이블 분류	난연성 시험방법
저압 및 고압케이블 (사용전압 6.6[kv] 이하)	KS C 3341의 6.12
특 고압 케이블 (사용전압 66[kv] 이하)	KS C 3404의 부속서 2
특 고압 케이블 (사용전압 66 ~ 154[kv] 이하)	KS C 3405의 부속서 2

(3) 금속관 또는 합성수지관 등에 절연전선을 수납하는 방법

※ 기출문제분석28(지하구화재관련)

1. 지하통신구 화재의 소방대책에 대하여 기술하시오(51회,20점)
2. 지하구의 법적 소방시설 기준을 기술하시오(54회,20점)
3. 지하 공동구 화재의 방재 및 보안대책에 대하여 기술하시오(55회,20점)
4. 연소방지설비에 대해 설명하시오(62회,10점)
5. 지하구에 설치하는 소화활동설비인 연소방지설비의 연소방지도료에 대해 설명하시오(76회,10점)
6. 지하구의 정의와 적용소방시설에 대하여 설명하시오(78회,10점)
7. 공동구통합감시체계 구축기준에 대하여 쓰시오(66회,10점)
8. 케이블화재의 발생원인과 방화대책에 대하여 기술하시오(88회,25점)
9. 지하공동구에 통합감시시설을 구축할 경우의 설치기준에 대하여 설명하시오(95회,10점)