

발 간 등 루 번 호

11-1661000-000084-14

# 소방시설의 내진설계 기준 해설서



**소방청**  
(소방분석제도과)

## 소방시설의 내진설계기준 해설서 주요개정사항

구 분	2016	2022
구조안전성 확인	건축구조기술사	소방기술사, 건축구조기술사
공용 가대 사용	해설서 내용 없음	배관간격 150mm 이격 권장
수조의 구조검토자 자격	소방기술사 건축구조기술사	소방기술사, 건축구조기술사, 공인 시험연구기관의 수조 인증 비영리 공인기관의 설계검증
수조 구조안전확인	해설서 내용 부족, 방파판 설치,	방파판 설치 삭제, 수조자체의 구조안전성 검토
특수한 구조의 설계	해설서 내용 없음	중앙소방기술심의 후 사용
세장비 산정 공식	해설서 내용 없음	계산법 소개
배관의 허용하중표	해설서 내용 없음	계산법 소개
흔들림 방지 버팀대 설치방법	해설서 내용 없음	예시 소개
앵커볼트	가중중량에 따른 앵커볼트 산정	건축물 내진설계기준 적용
가요성이음장치 설치	해설서 내용 없음	설치 이유 설명
펌프 주위 내진설계 예시	해설서 내용 미비	예시 소개
수직직선배관 내진설계 예시	해설서 내용 없음	예시 소개
수평직선배관 내진설계 예시	해설서 내용 없음	예시 소개
지진분리장치 내진설계 예시	해설서 내용 없음	예시 소개
상쇄배관 적용 방법	해설서 내용 없음	적용 방법 소개
가지배관 고정장치 시험하중 계산법	해설서 내용 없음	계산법 소개
유수검지장치 주위 내진설계 예시	해설서 내용 미비	설치 상세 안내
소화전 함 매립 방법 예시	해설서 내용 없음	설치 상세 안내

## 개요

미국과 일본, 중국, 대만, 터키 등 지진 발생이 빈번한 지역을 중심으로 지진 발생 후 소방설비의 손상으로 인한 피해의 심각성이 보고되고 있다. 이러한 소방시설의 피해는 주요한 설비의 파손 등 직접적인 피해뿐만 아니라, 지진 후 발생할 수 있는 화재에 신속히 대응하지 못하게 됨에 따른 2, 3차적 피해를 발생시킬 수도 있다. 그러므로 지진 발생 시 및 지진 발생 후에도 소방시설이 정상 작동될 수 있도록 주요 구성요소에 대한 내진안전성 확보가 요구된다.

소방시설의 내진설계기준에서는 내진 성능을 확보한 모든 건축물 내의 주요 소방설비에 대하여 지진에 의한 손상을 방지하기 위한 대책을 마련하도록 하고 있다. 이 해설서에서는 소방시설의 내진설계기준의 도입 취지 및 구조적, 기능적 원리에 대하여 설명함으로써 관련 업무 종사자들에게 내진설계에 대한 이해를 증진시켜, 지진으로부터 각 설비의 안전성을 확보하고 기능적 신뢰도를 향상시키고자 하는 것이 이 해설서의 목표이다. 또한 해설서의 전부 또는 일부를 인용하여 소송증거자료로 사용할 수 없으며 그 효력도 인정되지 않는다.

이 해설서에서는 소방시설에 대한 지진 발생 시 안전성을 확보하기 위한 대책으로 ① 구조물과 배관 또는 설비 사이의 제어되지 않는 이동을 최소화하기 위한 버팀대 설치, ② 배관 및 구조물 사이에 상대적인 변위 차이 발생이 예상되는 경우에 유연성을 제공하는 방안, ③ 인접한 배관 설비, 구조부재, 벽체, 바닥 등 타 부재에 충돌로 인한 손상을 최소화 하는 방안, ④ 이동이나 전도가 예상되는 설비에 대한 안전성 및 기능 확보 방안 등을 포함한 소방설비의 계획과 설치 및 내진 성능 검증방법을 설명하고자 한다.

**일러두기 :** 본 해설서는 실무능력을 배양하기 위한 참고도서이므로  
다툼의 기준으로 사용할 수 없음

# 소방시설이란?

소방시설은 화재를 탐지(감지)하여 이를 통보함으로서 피해가 우려되는 사람들을 보호하거나 대피시키고, 화재 초기단계에서 즉시 사람으로 하여금 소화활동을 할 수 있도록 하며, 자동설비 또는 수동조작에 의한 화재진압은 물론 피난을 가능하게 하여 화재로 인한 인명과 재산의 피해를 최소화하기 위한 기계·기구 및 시스템이라고 정의할 수 있으며, 소방시설은 소방법령을 기준으로 다음과 같이 분류된다.

## 1) 소화설비

소화설비는 물 그 밖의 소화약제를 사용하여 소화하는 기계·기구 또는 설비로서, 소화기구(소화기, 간이소화용구, 자동확산소화기)·자동소화장치·옥내소화전설비·스프링클러설비등(스프링클러설비, 간이스프링클러설비, 화재조기진압용 스프링클러설비)·물분무등소화설비(물분무소화설비, 미분무소화설비, 포소화설비, 이산화탄소소화설비, 할론소화설비, 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비, 분말소화설비, 강화액소화설비, 고체에어로졸소화설비)·옥외소화전설비로 분류한다.

## 2) 경보설비

경보설비는 화재발생 사실을 통보하는 기계·기구 또는 설비를 말하며, 단독경보형감지기·비상경보설비(비상벨설비, 자동식사이렌설비)·시각경보기·자동화재탐지설비·비상방송설비·자동화재속보설비·통합감시시설·누전경보기 및 가스누설경보기로 분류한다.

## 3) 피난구조설비

피난설비는 화재발생 시 피난하기 위하여 사용하는 기구 또는 설비를 말하며, 피난기구(피난사다리, 구조대, 완강기, 간이완강기, 공기안전매트, 다수인피난장비, 승강식 피난기, 히吭식 피난구용 내림식사다리)·인명구조기구(방열복, 방화복, 공기호흡기, 인공소생기)·유도등(피난유도선, 피난구 유도등, 통로유도등, 객석유도등, 유도표지)·비상조명등 및 휴대용비상조명등으로 분류한다.

## 4) 소화용수설비

소화용수설비는 화재진압에 필요한 소화용수를 공급하거나 저장하는 설비를 말하며, 상수도 소화용수설비·소화수조·저수조 그 밖의 소화용수설비로 분류한다.

## 5) 소화활동설비

소화활동설비는 화재를 진압하거나 인명구조활동에 사용되는 설비를 말하며, 제연설비·연결 송수관설비·연결살수설비·비상콘센트설비·무선통신보조설비·연소방지설비로 분류한다.

# 목 차

◦ 제1조 : 목적	7
◦ 제2조 : 적용범위	13
◦ 제3조 : 정의	20
◦ 제3의2 : 공통 적용사항	37
◦ 제4조 : 수원	42
◦ 제5조 : 가압송수장치	50
◦ 제6조 : 배관	55
◦ 제7조 : 지진분리이음	59
◦ 제8조 : 지진분리장치	68
◦ 제9조 : 흔들림 방지 버팀대	73
◦ 제10조 : 수평직선배관 흔들림 방지 버팀대	86
◦ 제11조 : 수직직선배관 흔들림 방지 버팀대	95
◦ 제12조 : 흔들림 방지 버팀대 고정장치	100
◦ 제13조 : 가지배관 고정장치 및 헤드	102
◦ 제14조 : 제어반등	109
◦ 제15조 : 유수검지장치	111
◦ 제16조 : 소화전함	113
◦ 제17조 : 비상전원	117
◦ 제18조 : 가스계 및 분말소화설비	119
◦ 제19조 : 설치 · 유지기준의 특례	121
◦ 제20조 : 재검토 기한	121
◦ 〈부칙〉	121
◦ 부 록	123
◦ 별 표	161
◦ 참 고 문 헌	174



# 소방시설의 내진설계기준 해설

**제1조(목적)** 이 기준은 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제9조의2에 따라 소방청장에게 위임한 소방시설의 내진설계 기준에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.〈개정 2017. 7. 26.〉

## • 해설 •

### 1. 관련 법규

- ㄱ. 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제9조2(소방시설의 내진설계기준)에 의거 특정소방대상물에 대통령령으로 정하는 소방시설을 설치하려는 자는 지진이 발생할 경우 소방시설이 정상적으로 작동될 수 있도록 소방청장이 정하는 내진설계기준에 맞게 소방시설을 설치하여야 한다.
- ㄴ. 「내진설계대상물」이란 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 2에 따른 대상물로서 「지진·화산재해대책법 시행령」 제10조 제1항 각 호에 해당하는 시설을 말한다.
- ㄷ. 「대통령령으로 정하는 소방시설」이란 소방시설 중 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무등소화설비를 말한다.

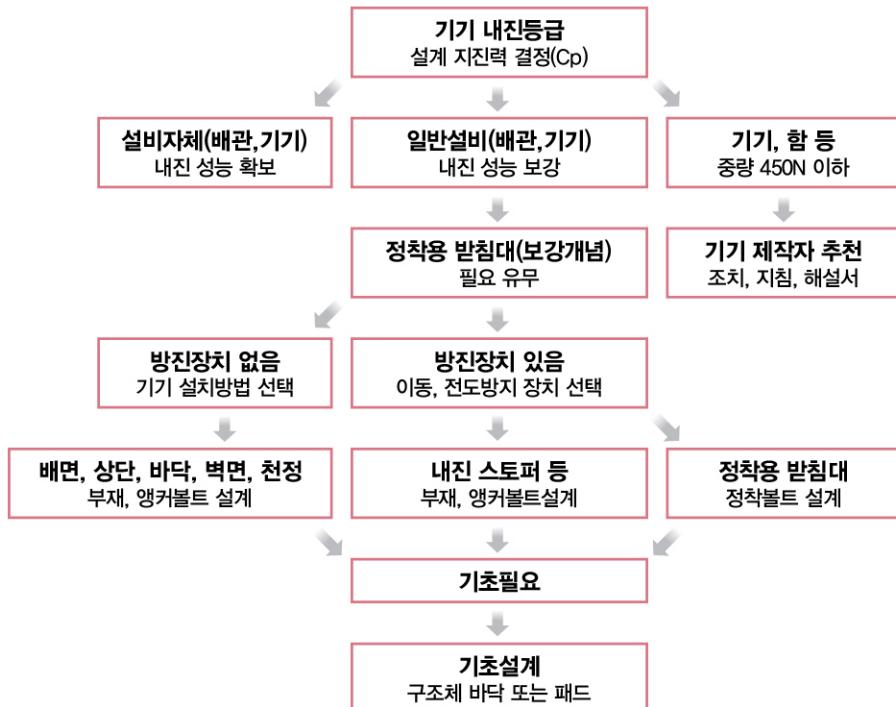
### 2. 기준 개요

**ㄱ.** 이 기준의 제정 목적은 건축물 내부에 설치된 소방시설의 내진 성능을 확보하도록 함으로써 지진 시 화재, 폭발 등 소방시설의 손상으로 인해 발생할 수 있는 2차 피해를 최소화하기 위함이다. 이 기준의 적용 대상이 되는 건축물은 「건축법 시행령」 제32조에 따라 구조안전확인대상인 건축물에 설치되는 것으로써 해당 건축물은 다음과 같다.

- 1) 총수가 2층 이상인 건축물
- 2) 연면적 200㎡(목구조 건축물의 경우에는 500㎡) 이상인 건축물. 다만, 창고, 축사, 작물 재배사는 제외
- 3) 높이가 13m 이상인 건축물
- 4) 처마높이가 9m 이상인 건축물
- 5) 기둥과 기둥 사이의 거리가 10m 이상인 건축물
- 6) 건축물의 용도 및 규모를 고려한 중요도가 높은 건축물로서 국토교통부령으로 정하는 건축물
- 7) 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 국토부령으로 정하는 것
- 8) 동 시행령 제2조 제18호 가목 및 다목의 건축물
- 9) 동 시행령 별표 1 제1호의 단독주택 및 같은 표 제2호의 공동주택
- 10) 동 시행령 제6조 제1항 제6호 다목에 따라 기존 건축물을 건축 또는 대수선 등을 하는 건축물이다. 이 기준은 「건축법 시행령」에 따른 구조안전확인대상 건축물 내 소방시설에 적용한다. 소방시설이 설치되는 시설물의 내진등급에 따라 지진 발생 후에도 각 설비는 기능적 연속성을 유지하여야 한다.

- 나.** 이 기준에 따라 설치되는 소방시설은 건축물의 내진등급에 관계없이 구조적 안전성 및 기능적 연속성을 확보할 수 있어야 한다.
- 다.** 공간적 제약 등으로 내진설계 대상 소방설비가 부득이 건축물과 인접한 외부 공간에 설치되는 경우에도 이 기준을 적용하여야 한다. 구조안전확인대상 건물이 아닌 옥외에 설치된 소방시설의 구조체는 내진설계 적용 대상인 수조, 가압송수장치, 배관, 비상전원, 제어반등, 가스저장용기 등이 지진에 견딜 수 있도록 구조부재의 안전성을 검토하며, 다음에 따라 설치한다.
- 1)** 옥외 설치된 소방시설은 지진에 견딜 수 있도록 내진설계 하여야 한다.
  - 2)** 소방시설의 내진설계 구조부재는 구조안전성을 확인하여야 한다.
  - 3)** 배관의 경우 옥외 소방시설에서 건축물 내로 연결되는 배관이 지중매설인 경우는 제외하고, 지상으로 연결된 배관의 경우는 그 지지물과 함께 내진설계하여 지진으로부터 보호받아야 한다.
- 라.** 소방설비는 수조, 가압송수장치, 배관, 스프링클러, 제어반등, 화재감지회로, 비상전원 등으로 하나의 계통을 이루고 있으므로, 지진 발생 시 어느 한 요소의 파손만으로도 전체 계통의 기능을 상실할 수 있다. 그러므로 모든 구성요소는 지진에 대한 안전성을 담보할 수 있어야 한다.
- 마.** 이 기준에서 정하는 것 이외의 사항(지진의 세기, 앵커볼트의 설계등)에 대하여는 다음 기준에 따라 내진설계 되어야 한다.
- 1)** 내진설계 일반(KDS 17 10 00)
  - 2)** 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)
  - 3)** 콘크리트용 앵커설계기준(KDS 14 20 54)
- 바.** 이 기준은 「소방시설 내진설계기준 마련에 관한 연구」결과에 기초하고 있으며, 연구결과는 미국의 국가화재방호협회(NFPA, National Fire Protection Association) 기준을 중심으로 인용하고 있다. 그러므로 기준에서 제시되지 않은 소방시설과 관련한 내용 및 상세는 NFPA 기준을 참조할 수 있다. 이 기준을 이해함에 있어 참조될 수 있는 대표적인 NFPA 기준은 다음과 같다.
- 1)** NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems
  - 2)** NFPA 22, Standard for Water Tanks for Private Fire Protection
- 사.** 이 기준은 성능기반설계 개념을 적용하기 편리하도록 현재의 법규 위주의 개념으로 서술되었다.

### 0. 내진설계의 흐름도



## 3. 소방시설 지진 피해 사례

**기**. 지진에 의한 소방시설의 피해사례를 인지하는 것은 효과적인 내진설계를 수행하는데 도움이 된다. 그러므로 해당 실무자들은 다양한 문헌을 통하여 피해사례를 조사하고 그 원인에 대해서 이해하는 것이 중요하다.

**리**. 강진발생 국가를 중심으로 국외의 피해사례 조사한 결과, 다음과 같은 피해가 빈번히 발생함이 확인되었다.

- 1) 실내 옥내소화전설비의 배관의 파손, 배관의 변형·손상, 서로 다른 흔들림에 의한 배관의 위치 차이, 플랜지 이음의 파손
- 2) 바닥 상부에 있어서는 천장에 매달린 기기의 이동에 의한 접속배관의 파손
- 3) 배관 등의 지지철물의 절단, 탈락, 흡출, 흡입구, 배연구 등의 손상 탈락
- 4) 스프링클러설비 배관과 천장재의 접합 부분의 손상 및 천장 내 주변 닉트의 흔들림에 의한 파손
- 5) 스프링클러헤드와 천장재, 방화벽 등의 충돌에 의한 오작동 및 이에 따른 누수에 의한 살수피해
- 6) 큰 직경 배관이나 닉트가 횡진동이 발생하여 작은 직경 및 닉트에 해당하는 소구경 관의 파손
- 7) 건축물 신축이음부를 관통하는 배관이나 닉트의 파손
- 8) 건축물 도입부에 있어서 배관의 파손
- 9) 지진에 의한 지반의 부동침하에 의하여 옥외 매설배관의 파손
- 10) 지상 설치 방화수조, 가압장치 등의 침하 및 흔들림에 의해 접속 배관의 파손



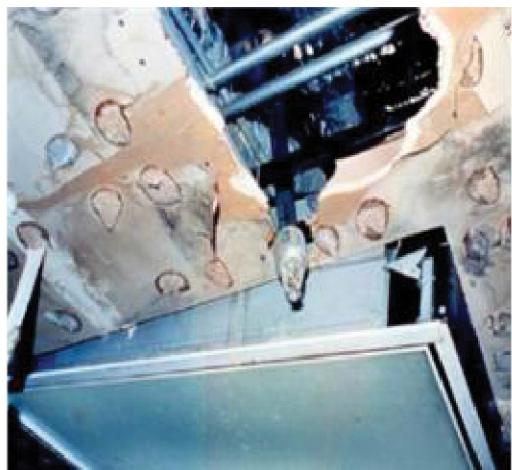
고정되지 않은 수조의 이동과 배관연결부 파손  
2010년 Haiti 지진(Eduardo Fierro)



조적벽에 설치된 함 파손  
2001년 Peru 지진(FEMA 74, 2012)



수직직선배관 파손  
1994년 미국 Northridge 지진(Maso)



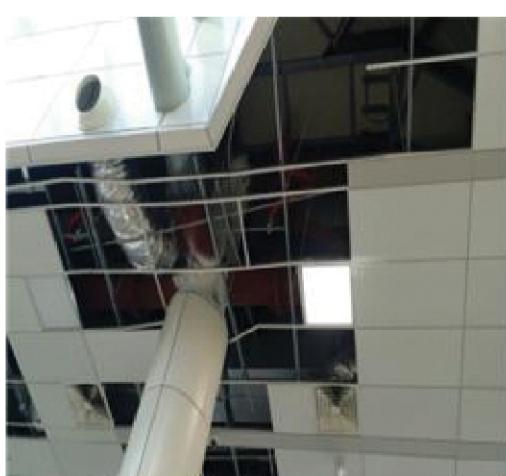
스프링클러 가지배관 파손  
1994년 미국 Northridge 지진(FEMA 74, 1994)



옥상 수조의 파손  
2017년 포항지진



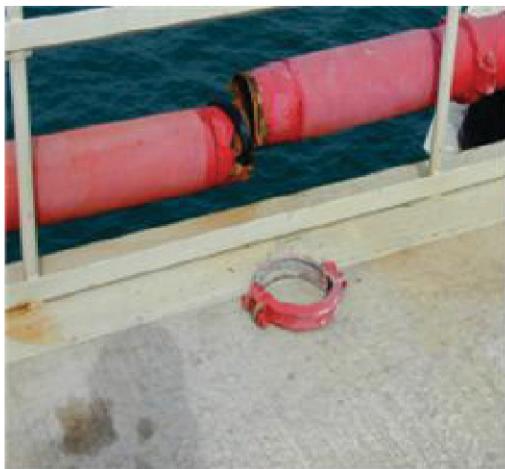
스프링클러설비 배관의 파손  
2017년 포항지진



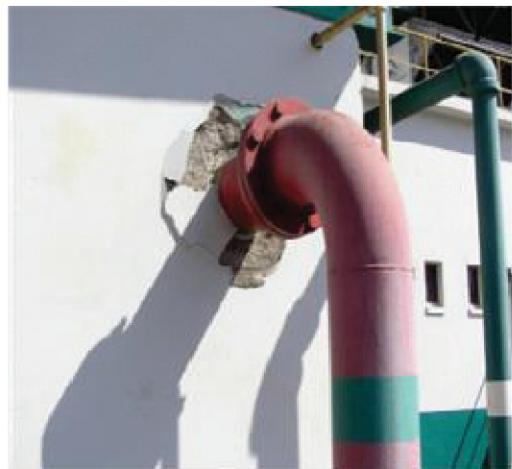
천장 및 소방시설의 파손  
2017년 포항지진



물분무등소화설비 솔레노이드밸브 분리(이탈)  
2017년 포항지진



배관 연결부의 지진분리이음 파손  
2001년 Peru 지진(FEMA 74, 1994)



벽체 관통부 배관 파손  
1994년 Peru 지진(Eduardo Fierro)



흔들림 방지 버팀대 손상으로 소화배관 파손  
1994년 미국 Northridge 지진(FM Global, 2010)



수조의 전도 및 배관 연결부 파손  
2010년 Haiti 지진(Eduardo Fierro)

**제2조(적용범위)** ① 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」(이하 “영”이라 한다) 제 15조의2에 따른 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무등소화설비(이하 이 조에서 “각 설비”라 한다)는 이 기준에서 정하는 규정에 적합하게 설치하여야 한다. 다만, 각 설비의 성능시험배관, 지중매설배관, 배수배관 등은 제외한다.

② 제1항의 각 설비에 대하여 특수한 구조 등으로 특수한 조사·연구에 의해 설계하는 경우에는 그 근거를 명시하고, 이 기준을 따르지 아니할 수 있다.

## • 해설 •

### 1. 적용대상

**가)** 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무등소화설비 설치대상의 상세에 대해서는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」별표1과 별표5를 참조할 수 있다. 이 기준에 따른 적용 소방시설은 다음과 같다.

- 1) 옥내소화전설비 : 수조, 가압송수장치, 수직직선배관, 수평직선배관, 옥내소화전함, 동력제어반, 감시제어반, 비상전원 등
- 2) 스프링클러설비 : 수조, 가압송수장치, 수직직선배관, 수평직선배관, 65mm 이상 가지배관, 동력제어반, 감시제어반, 비상전원 등
- 3) 물분무등소화설비(파키지, 모듈러 타입 포함) : 가스계소화설비, 분말소화설비
- 4) 위 설비의 동작 및 제어와 관련한 제어반등을 포함
- 5) 소방시설의 내진설계기준

**가)** 적용범위 : 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무등소화설비

- (1) 제외 : 성능시험배관, 배수배관, 지중매설배관
- (2) 특수구조, 특수한 조사, 연구설계 : 별도의 내진 성능 확보

**나)** 내진설계의 세부 설치기준

- (1) 소화용수 : 수조(기초, 패드, 본체 및 연결부분)의 파손방지, 변위 방지 및 고정
- (2) 가압송수장치 : 가동중량에 의한 지진하중에서 장비의 파손, 변형과 볼트와 스토퍼 고정(이동, 전도)
- (3) 배관 : 수평지진하중 산정, 흔들림 방지, 관통부 이격보호(시설물)와 유연성, 가지배관의 과도한 움직임 방지

**다)** 가스계소화설비 및 분말소화설비(저장용기, 제어반등, 자동기동장치, 비상전원)

- (1) 전도방지, 고정볼트, 기능유지, 기준과 해설서에서 제시한 고정방법이나 유연성 확보방법 등

**라)** 제어반등, 비상전원

- (1) 제어반등 : 흔들림에 의한 탈락, 전도방지, 기능유지, 기준과 해설서에서 제시한 고정방법이나 감쇠로 인한 기기 보호방법 등
- (2) 비상전원(발전기, ATS, 분전반) : 흔들림에 의한 탈락, 전도방지 및 기능유지, 감쇠로 인한 기기 보호방법 등

**나.** 성능시험배관은 각 소방설비의 성능을 시험하기 위해 설치되는 것이다. 지진에 의해 배관의 파손 등으로 전체 소방설비 계통의 안전성에 문제를 발생시키므로 내진설계 대상에서 제외하고자 하는 경우 가요성이음장치 등 (지진분리이음, 지진분리장치 포함한다)을 설치하여 전체 소방설비 계통에 영향을 미치지 않도록 한다. 또한, 성능시험배관을 각 설비와 일체화하여 설치할 경우에도 내진설계 대상에서 제외할 수 없다.

**다.** 배수배관은 점검이나 보수 시 필요한 배관으로 지진에 의해 그 기능이 상실되어도 소화기능에 영향이 없으므로 내진설계 대상에서 제외한다.

**라.** 이 기준은 건축물 내부에 설치되는 소방시설로 한정되므로 지중매설배관은 적용대상에서 제외한다. 다만 옥외에 소화용 수조나 펌프를 설치하고 건물 내로 소화수를 공급하는 방식의 경우 수조와 펌프 및 배관 등에 내진설계기준을 적용하여야 한다.

**마.** 소화설비가 타 설비와 겸용 사용할 경우의 내진설계의 적용은 다음과 같다.

- 1) 겸용으로 사용되는 설비는 이 기준 또는 타 설비에 적용되는 내진설계기준 중 보수적인 방법에 따라 내진설계되어야 한다.
- 2) 지진 발생 시 소화배관의 손상방지를 위해 내진설계 되지 않는 타 설비 배관과 내진설계 된 소화배관의 간격은 수평방향으로 150mm 이상 이격을 권장한다. 이 경우 배관과 배관사이를 150mm 이상으로 이격하되 배관 보온재가 신축성이 없는 재질인 경우 배관 보온재와 배관 보온재사이를 150mm 이상 이격하여야 한다.
- 3) 지진 발생 시 건축물내에 설치되어 있는 배관의 수평지진하중 산정방법은 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)의 제1항에서 4항”을 적용하고, “건축물 내진설계기준”的 비구조요소에 작용하는 등가정적하중 ( $F_p$ )와 본 기준의 해설서 제3조(정의) 2. 지진력의 산정을 참조한다.



**바.** 이 기준 제정 이후 신축되는 내진설계 건축물 및 다음 각 항에 해당하는 건축물인 경우에도 적용하여야 한다.

1) 기존 건축물이 증축, 개축, 재축, 대수선 또는 용도변경으로 인해 각 설비가 신설되는 경우

가) 증축, 개축, 용도변경, 대수선 등 내진설계의 적용은 수직방향 증축 등과 수평방향 증축 등으로 구분한다. 다음은 예시이다.

- (1) 기존 건축물 지상5층, 연면적 4,500m<sup>2</sup>, 용도 근린생활시설
- (2) 기존 소방시설 : 옥내소화전
- (3) 금회 상부 1개층 증축으로 지상6층, 연면적 5,300m<sup>2</sup>
- (4) 옥내소화전 증설, 스프링클러 신설
- (5) 내진설계 적용 : 증축에 따라 스프링클러설비가 신설되므로 스프링클러설비에 한하여 내진설계 적용한다.

- 나) 해당 증축 등이 별동으로 건축되는 경우는 증축되는 부분부터 내진설계기준을 적용한다.
  - 다) 새롭게 설치되는 소방시설(기존 시설의 증설 제외)로 인해 교체된 설비[수조, 펌프, 주배관(증축부의 주배관)]등은 내진설계를 적용하고, 증축 등으로 교체 변경되지 않는 배관 등은 기존 기준을 적용한다.
  - 라) 수직방향 증축 등의 경우는 기존법이 적용된 소화설비에 연결하여 내진설계를 하게 되는데 하층부가 내진설계를 적용할 수 없는 경우에는 내진설계의 적용을 아니할 수 있다.
- 2) 건축허가 후 설계변경으로 인해 각 설비가 신설될 경우 내진설계를 적용한다.
- 3) 동일 부지 내에 기존 건물과는 별동의 건축물이 건축되어 각 설비가 신설되는 경우 상기 1)의 각 항을 적용한다.

- 사.** 가설건축물이 구조안전확인대상인 경우를 제외하고 지진으로 인해 건물의 붕괴가 발생할 수 있는 경우에는 내진 성능을 확보하는 것이 무의미할 수도 있다.
- 1) 이 기준에서는 「건축법」의 구조안전확인대상인 건축물에만 적용한다. 특정소방대상물에 해당하지 않거나 구조안전확인대상이 아닌 일정 규모 이하의 가설건축물 등은 적용하지 않는다.
  - 2) 옥외에 설치된 구조물에 소방시설의 내진설계 적용 대상인 수조, 가압송수장치, 배관 등을 설치하는 경우는 이 기준에 따라 설치되어야 한다. 구조체의 구조안전성 확보는 건축물의 책임구조기술자와 협의하여 펌프 등의 내진설계를 적용해야 한다.
- 마.** 이 기준은 「건축법 시행령」에 따른 구조안전확인대상의 건축물내 소방시설에 적용한다. 소방시설은 설치되는 시설물의 내진등급에 따라 설계하며, 지진 발생 후에도 각 설비는 기능적 연속성을 유지하여야 한다.

## 2. 다음과 같은 경우는 내진설계를 제외할 수 있다.

- 가.** 스프링클러설비, 옥내소화전설비, 물분무등소화설비의 배관에 내진설계 적용을 제외하는 경우는 성능시험배관, 지중매설배관, 배수배관 등으로 한다.
- 나.** 가항의 내진설계 적용 제외 배관은 평상 시 차단된 밸브와 가요성이음장치 등(지진분리이음, 지진분리장치 포함한다)을 설치하여 건축물의 상대 변위에 영향을 받지 않는 경우로 한정한다.
- 1) 성능배관, 배수배관, 지중매설배관의 제외 사항은 이와 연결된 내진설계 배관을 보호하기 위하여 제한이 필요하다.
  - 2) 내진설계 된 배관과 분리하여 영향을 받지 않도록 변위에 따라 차단된 밸브로부터 600mm 이하에 가요성이음장치 등으로 설치하여 내진설계 된 부분의 배관을 보호가 필요하다.
  - 3) 성능배관, 배수배관, 지중매설배관 등과 소화배관은 연결부분을 평상 시 차단된 밸브로 설치하여 지진 시 성능배관 등의 파손으로 소화배관에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.
  - 4) 변위에 영향을 받지 않는다는 근거를 제시하면 차단밸브와 가요성이음장치 등을 제외할 수 있다.
- 다.** 주배관, 교차배관 등에 연결되어 설치되는 지중매설배관, 배수배관, 성능시험배관은 지진분리이음, 지진분리장치, 가요성이음장치 등으로 배관을 분리하여야 한다. 이 경우 지중매설배관 등과 연결 이전의 주배관 등은 수평지진하중산정시 인접배관 중량에 포함하여 계산하여야 한다.
- 라.** 「건축법」 방화설비의 드レン처설비는 소방시설의 내진설계 대상에 해당하지 않으나 “건축물 내진설계기준” 비구조요소의 내진설계 방법이나 수조나 펌프 등 소화설비를 겸용으로 사용하는 경우는(단, 수조나 펌프 등 소화설비와 전체시스템 분리되지 않는 경우도 포함) 내진설계를 적용하여야 한다.
- 마.** 도로터널, 철도터널, 지하철 터널 등은 이 기준에 따른 내진설계 적용 대상이 아니다.

**비.** 간이스프링클러설비, 연결송수관설비 등이 겸용인 경우 전체 설비에 대해서 내진설계를 하여야 한다.

**사.** 옥내에 설치된 물분무등소화설비 중 포소화설비, 물분무소화설비, 고체에어로졸소화설비, 강화액 소화설비, 미분무소화설비는 내진설계를 제외할 수 있다.

### 3. 이종금속간의 전이부식 방지

- ㄱ.** 구조부재인 스테인레스 등과 내진 제품인 강재 버팀대를 부속으로 한 경우 이종금속으로 인한 전이 부식이 발생한다. 이를 방지하기 위해 흔들림 방지 버팀대 등은 배관과 같은 종류의 재질을 사용하거나 절연조치를 하여야 한다.
- ㄴ.** 흔들림 방지 버팀대는 배관과 동일 재질 또는 절연조치 된 구조로 성능 인증받아 사용할 수 있다.
- ㄷ.** 절연고무, 절연테이프, 페인트(도포)를 사용한 절연조치 흔들림 방지 버팀대는 부속품간의 절연조치와 버팀대 전체를 절연조치 할 수 있다.
- ㄹ.** 다행과 같이 기존 KFI 성능인증 받은 후 제품에 절연조치 한 흔들림 방지 버팀대는 KFI 및 공인시험연구기관 등에서 인증 받은 불에 타지 않는 절연재를 사용하고 KFI 인증받은 성능 및 조임 이상으로 설치 시 이상이 없어야 한다.

### 4. 내진제품의 사용확인 검토

- ㄱ.** 소방설비의 수조, 가압송수장치, 배관, 제어반등, 소화전함, 비상전원, 가스계 및 분말소화설비 등의 내진제품의 설계와 성능확인, 제품인증, 설치승인, 적합성 등 내진제품으로 설치할 수 있는 사용확인 절차가 필요하다.
- ㄴ.** 내진제품의 종류는 수조나 배관에서의 자체내진과 내진보강, 지지대, 받침대, 흔들림 방지 버팀대, 지진분리장치, 지진분리이음, 스토퍼 등과 함류(제어반등, 소화전함, 분전함, 동력제어반, 감시제어반, 중계반, 가스계 제어반, 기타 함 포함)에서는 자체내진과 내진보강, 지지대, 받침대 등, 기타 여러 개를 조합한 내진제품(특수한 구조 등으로 특별한 조사·연구에 의해 설계하는 경우, 불가피하게 현장에서 2개소 이하로 제작한 배관 등의 특수가대, 일반구조부자 버팀대, 지지대, 받침대 등의 내진제품["현장 제작품"이라 한다])이 있다.
- ㄷ.** 소방시설 내진제품은 제품(시스템)의 내진설계 구조안전성(내진, 면진, 제진), 기능유지, 유연성, 기타 내진제품으로 설치할 수 있는지 확인해야 한다. 그리고 비구조에 함류가 고정된 경우는 구조가 영향을 주는지 등의 구조안전성을 확인하고, 지진 시 기능 보호는 제조사를 통해 별도로 확인하여야 한다.
- ㄹ.** 소방시설 내진제품의 사용확인 절차는 제품(시스템)의 내진설계의 구조안전성(유연성, 기능유지 포함) 확인, 공인시험연구기관에서 제품의 기술기준과 시험 방법에 의한 성능확인, 제품인증(인정), 소방청의 기술심의 후 설치승인 및 소방시설설계업체의 소방시설과의 적정성 및 적합성 검토 등의 확인이 필요하다.
- 1) 제품의 내진설계는 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 구조안전성(구조계산, 해석, 유연성, 기능유지 등)을 확인하여야 한다. 그리고, 제품 인증받은 경우에도 소방시설과 내진제품이 적합하게 사용될 수 있도록 구조안전성과 소방시설과의 적합성 검토가 이루어져야 한다. 다만, 수조의 구조계산서에 대해서는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 할 수 있다.
  - 2) 내진제품의 성능확인은 국내·외 내진설계기준의 제품 기술기준과 시험방법으로 공인시험연구기관에 의해 성능을 확인 받아야 한다. 다만, 제품 인증받은 것은 성능이 확인된 것으로 본다.
  - 3) 제품인증은 제품 기술기준과 시험방법에 따른 공인시험연구기관의 시험성적서의 성능확인과 제품인증, 품질이 확인된 제품인증을 동시에 심의하여 인증된다.

**가) 국내 · 외 제품인증 예시 (성능확인 + 제품인증)**

- (1) 흔들림 방지 버팀대 : 국내 KFI 인증
- (2) 지진분리이음 : KFI, UL, FM, KAS, KS 등
- (3) 지진분리장치 : UL, FM, KFI 인정 등
- (4) 스토퍼 : KFI 인정, KAS 등
- (5) 앵커볼트 : ACI, ETA 기타 제품인증

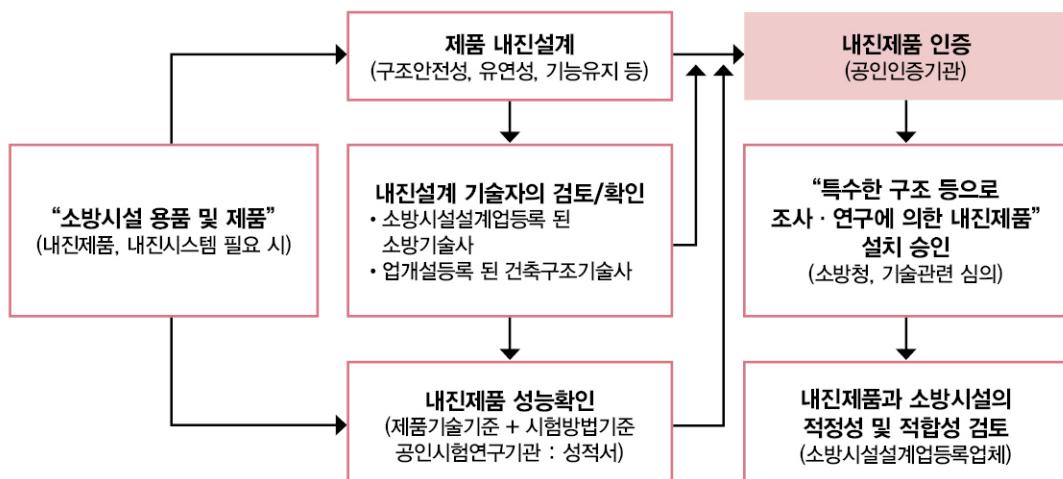
**나) 제품인증은 인증된 품목과 범위의 포함여부를 확인하고, 필요 시 제품의 성능을 확인할 수 있는 성적서를 요구할 수 있다. 그리고, 제품인증 시 참고 사항은 다음과 같다.**

- (1) 공인시험연구(인증)기관 이란 제품의 기술기준과 시험방법에 따라 국가에서 인증한 공인시험연구(인증)기관을 말하며, 내진제품에 대한 시험인증기관, 시험장비, 시험인력, 기술력 및 인증절차를 갖춘 공인된 시험연구(인증)기관을 말한다.(해당 내진제품의 KOLAS 인증기관임을 주의하여야 한다)
  - (2) 제품인증은 제품 기술기준과 시험방법에 의해 성능이 확인이 되고 내진제품이 지속적으로 품질을 유지하며 생산 될 수 있는지 확인해 주는 제품인증제도이다.
  - (3) 함류(제어반등 등)와 같이 나항의 제품인증이 되지 않은 경우는 내진제품 성능확인 후 품질인증 목록에 포함여부와 내진설계 적정성과 적합성을 확인하여 설치할 수 있다.
  - 4) 내진제품의 설치승인은 제품 인증되어 소방시설에 설치할 수 있는지 확인하여 승인하는 것으로 제품인증과 더불어 소방청 또는 관할 소방본부에 제출하여 설치승인 동의를 받아 사용확인 절차를 마치고 설치한다. 특히, 새로운 방식으로 개발된 신규 내진제품("신제품"이라 한다)과 "특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계"된 내진제품 등과 "현장 제작품"으로 3개소 이상 설치하는 것도 제품인증과 더불어 소방청 또는 관할 소방본부에 제출하여 설치승인 동의를 받아 사용확인 절차를 마치고 설치한다.
  - 5) 소방시설설계업체는 소방시설의 설계 시 내진제품이 적정하고 적합하게 설치되었는지 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- 마. "특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계"된 내진제품 및 "현장 제작품" 3개소 이상의 내진제품은 제품인증과 소방청 또는 관할 소방본부에 제출하여 설치승인 동의를 받아 사용확인 절차를 마치고 설치한다.**
- 바. 불가피하게 공사 현장 등에서 2개소 이하로 제작한 배관 등의 특수가대, 일반구조부재 버팀대, 지지대, 받침대 등의 내진제품("현장 제작품"이라 한다)은 내진설계 구조계산과 성능확인 절차만으로 설치할 수 있으며 제품인증이나 설치승인은 제외할 수 있다. 단, 타 현장에 계속 사용될 경우 제품인증절차와 소방청 또는 관할 소방본부에 제출하여 설치승인 동의를 받아 사용확인 절차를 마치고 설치한다.**
- 사. 수조는 이 해설서 "제4조, 해설 3항" 수조 내진제품 사용확인에 따라 설치하여야 한다.**

## 5. "특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계"된 내진제품 등의 사용확인 검토

- ㄱ. 기준 제2조 ② 제1항의 각 설비에 대하여 특수한 구조 등으로 특수한 조사 · 연구에 의해 설계하는 내진제품 사용확인 대상은 구성품(부품결합부 포함), 연결부, 구조체(건축) 등 구조안전성에 영향을 주는 모든 부분을 말한다. 또한, 성능확인 항목은 구조안전성, 유연성 및 기능유지, 기타 내진설계(면진, 제진)가 있다.**
- ㄴ. "특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계"된 내진제품 등의 내진설계 구조안전성은 4항에 따른다.**
- ㄷ. "특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계"된 내진제품 등의 설계인증 또는 설계검증은 인증기관의 절차에 따라 수행할 수 있다.**

- 1) 인증기관의 제3자 설계인증 또는 설계검증은 소방청이 인정한 인증(승인)기관과 또는 행안부의 관련 규정 「지진안전 시설물 인증기관 지정 고시」[시행 2019.3.6., 행정안전부고시 제2019-19호]에 따른 지진안전 시설물 인증기관으로 한다.
- 2) 인증기관의 업무수행 절차에 따라 소방시설의 내진이 포함된 구조계산, 유연성, 기능 유지의 적정성과 적합성을 검토하여야 한다.
- 라. “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품 등의 성능확인과 제품인증은 다음과 같다.
- 1) 내진제품 성능 확인대상은 구조계산, 유연성, 기능유지, 면진 및 제진이 포함된 전체 구성품으로 한다.
  - 2) 내진설계된 제품 기술기준과 시험방법은 해당 제품의 국내 · 외 기준을 준용할 수 있다.
  - 3) 2항이 없는 “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품 등은 제품 기술기준과 시험방법을 준용한 성능을 인증기관의 심의와 업무 수행절차에 따른 제품인증을 받아야 한다.
- 마. “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품 등의 소방시설에 설치승인은 내진제품의 인증 범위와 내진설계(설계인증, 설계검증 포함), 성능확인 및 제품인증 등의 근거자료를 소방청 또는 관할 소방본부에 제출하여 기술심의 후 설치승인을 받아 설치하여야 한다.
- 바. 수조 등과 같이 성능확인이 어려운 제품은 내진설계 제3자 인증이나 검증을 지진안전시설물 인증기관, 지진안전진단 · 인증기관 또는 소방청 인정(승인)된 기관이 할 수 있다. 그 확인 절차는 “제4조, 해설 3항” 수조 내진제품의 사용확인에 따른다.
- 사. 소방설계업자는 소방시설의 설계 시 내진제품이 적정하고 적합하게 사용되도록 설계하여야 한다.
- 아. 기타 사항은 4항의 해설을 참고하여 설치하여야 한다.
- 자. “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품 등의 내진설계와 성능확인, 제품인증 및 적합성 검토 개념은 다음 그림과 같다.



## 6. 도면에 사용하는 공통 기호

**가.** 이 기준에 사용되는 도면 기호는 소방관서, 연구기관, 보험기관, 협회, 유관기관, 설계업자, 감리자, 감독자, 소방시설관리자, 유통, 제조업체 및 건축주 등 소방시설 관계자의 원활한 소통과 혼란을 방지하기 위한 목적으로 권장하고 있다.

**나.** 소방시설의 내진설계기준을 적용하는 도면의 공통기호는 다음과 같다.

구분	기호	설명
1		횡방향 흔들림 방지 버팀대
2		종방향 흔들림 방지 버팀대
3		4 방향 흔들림 방지 버팀대
4		가지배관 고정장치
5		지진분리이음(그루브)
6		지진분리이음(굴절형)
7		가요성이음장치
8		지진분리장치
9		이동방지형 스토퍼
10		전도방지형 스토퍼
11		앵커볼트

**제3조(정의)** 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “내진”이란 면진, 제진을 포함한 지진으로부터 소방시설의 피해를 줄일 수 있는 구조를 의미하는 포괄적인 개념을 말한다.
2. “면진”이란 건축물과 소방시설을 지진동으로부터 격리시켜 지반진동으로 인한 지진력이 직접 구조물로 전달되는 양을 감소시킴으로써 내진성을 확보하는 수동적인 지진 제어 기술을 말한다.
3. “제진”이란 별도의 장치를 이용하여 지진력에 상응하는 힘을 구조물 내에서 발생시키거나 지진력을 흡수하여 구조물이 부담해야 하는 지진력을 감소시키는 지진 제어 기술을 말한다.
4. “수평지진하중( $F_{pw}$ )”이란 지진 시 흔들림 방지 버팀대에 전달되는 배관의 동적지진하중 또는 같은 크기의 정적지진하중으로 환산한 값으로 허용응력설계법으로 산정한 지진하중을 말한다.
5. “세장비( $L/r$ )”란 흔들림 방지 버팀대 지지대의 길이( $L$ )와, 최소단면2차반경( $r$ )의 비율을 말하며, 세장비가 커질수록 좌굴(buckling)현상이 발생하여 지진 발생 시 파괴되거나 손상을 입기 쉽다.
6. “지진거동특성”이란 지진발생으로 인한 외부적인 힘에 반응하여 움직이는 특성을 말한다.
7. “지진분리이음”이란 지진발생시 지진으로 인한 진동이 배관에 손상을 주지 않고 배관의 축방향 변위, 회전,  $1^\circ$  이상의 각도 변위를 허용하는 이름을 말한다. 단, 구경 200mm 이상의 배관은 허용하는 각도변위를  $0.5^\circ$  이상으로 한다.
8. “지진분리장치”란 지진 발생 시 건축물 지진분리이음 설치 위치 및 지상에 노출된 건축물과 건축물 사이 등에서 발생하는 상대변위 발생에 대응하기 위해 모든 방향에서의 변위를 허용하는 커플링, 플렉시블 조인트, 관부속품 등의 집합체를 말한다.
9. “가요성이음장치”란 지진 시 수조 또는 가압송수장치와 배관 사이 등에서 발생하는 상대변위 발생에 대응하기 위해 수평 및 수직 방향의 변위를 허용하는 플렉시블 조인트 등을 말한다.
10. “가동중량( $W_p$ )”이란 수조, 가압송수장치, 함류, 제어반등, 가스계 및 분말소화설비의 저장용기, 비상전원, 배관의 작동상태를 고려한 무게를 말하며 다음 각 목의 기준에 따른다.
  - 가. 배관의 작동상태를 고려한 무게란 배관 및 기타 부속품의 무게를 포함하기 위한 중량으로 용수가 충전된 배관 무게의 1.15배를 적용한다.
  - 나. 수조, 가압송수장치, 함류, 제어반등, 가스계 및 분말소화설비의 저장용기, 비상전원의 작동상태를 고려한 무게란 유효중량에 안전율을 고려하여 적용한다
11. “근입 깊이”란 앵커볼트가 벽면 또는 바닥면 속으로 들어가 인발력에 저항할 수 있는 구간의 길이를 말한다.
12. “내진스토퍼”란 지진하중에 의해 과도한 변위가 발생하지 않도록 제한하는 장치를 말한다.
13. “구조부재”란 건축설계에 있어 구조계산에 포함되는 하중을 지지하는 부재를 말한다.
14. “지진하중”이란 지진에 의한 지반운동으로 구조물에 작용하는 하중을 말한다.
15. “편심하중”이란 하중의 합력 방향이 그 물체의 중심을 지나지 않을 때의 하중을 말한다.
16. “지진동”이란 지진 시 발생하는 진동을 말한다.
17. “단부”란 직선배관에서 방향 전환하는 지점과 배관이 끝나는 지점을 말한다.
18. “S”란 재현주기 2400년을 기준으로 정의되는 최대고려 지진의 유효수평지반가속도로서 “건축물

내진설계기준(KDS 41 17 00)"의 지진구역에 따른 지진구역계수( $Z$ )에 2400년 재현주기에 해당하는 위험도계수( $\beta$ ) 2.0을 곱한 값을 말한다.

19. " $S_s$ "란 단주기 응답지수(short period response parameter)로서 유효수평지반가속도  $S$ 를 2.5배한 값을 말한다.
20. "영향구역"이란 흔들림 방지 버팀대가 수평지진하중을 지지할 수 있는 예상구역을 말한다.
21. "상쇄배관(offset)"이란 영향구역 내의 직선배관이 방향전환 한 후 다시 같은 방향으로 연속될 경우, 중간에 방향전환 된 짧은 배관은 단부로 보지 않고 상쇄하여 직선으로 볼 수 있는 것을 말하며, 짧은 배관의 합산길이는 3.7m 이하여야 한다.
22. "수직직선배관"이란 중력방향으로 설치된 주배관, 교차배관, 가지배관 등으로서 어떠한 방향전환도 없는 직선배관을 말한다. 단, 방향전환부분의 배관길이가 상쇄배관(offset) 길이 이하인 경우 하나의 수직직선배관으로 간주한다.
23. "수평직선배관"이란 수평방향으로 설치된 주배관, 교차배관, 가지배관 등으로서 어떠한 방향전환도 없는 직선배관을 말한다. 단, 방향전환부분의 배관길이가 상쇄배관(offset) 길이 이하인 경우 하나의 수평직선배관으로 간주한다.
24. "가지배관 고정장치"란 지진거동특성으로부터 가지배관의 움직임을 제한하여 파손, 변형 등으로부터 가지배관을 보호하기 위한 와이어타입, 환봉타입의 고정장치를 말한다.
25. "제어반등"이란 수신기(중계반을 포함한다), 동력제어반, 감시제어반 등을 말한다.
26. "횡방향 흔들림 방지 버팀대"란 수평직선배관의 진행방향과 직각방향(횡방향)의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다.
27. "종방향 흔들림 방지 버팀대"란 수평직선배관의 진행방향(종방향)의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다.
28. "4방향 흔들림 방지 버팀대"란 건축물 평면상에서 종방향 및 횡방향 수평지진하중을 지지하거나, 종·횡 단면상에서 전·후·좌·우 방향의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다.

## • 해설 •

### 1. 내진설계의 개념

**가.** 소방시설의 내진설계는 지진 발생 시 진앙으로부터 지반으로 전달된 지진력이 건축물 내부에 연결된 각 설비에 미치는 영향을 최소화될 수 있도록 각 설비를 설계하는 것을 의미한다.

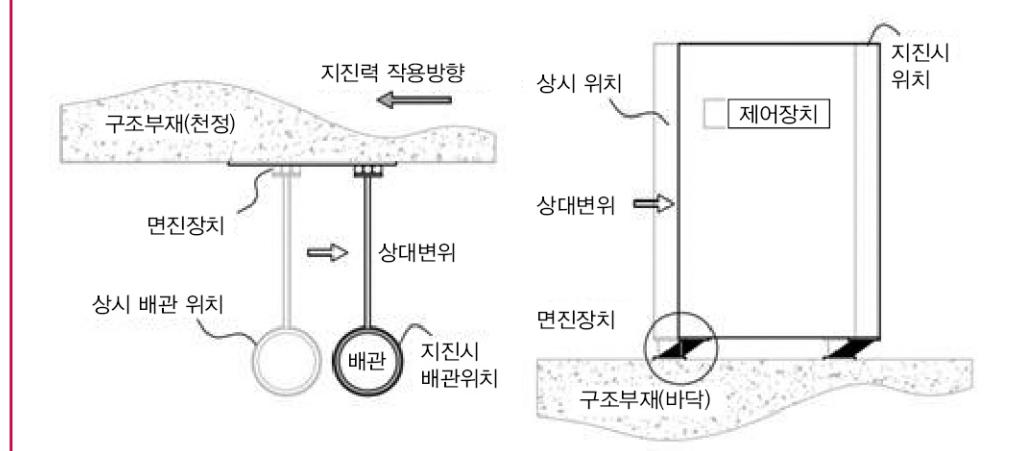
**나.** 광의의 개념에서 '내진설계'란 작용하는 지진하중에 저항하도록 설계하는 협의의 '내진설계'와 지진을 피해가도록 하는 '면진설계' 그리고 능동적 또는 수동적으로 작용하는 지진력을 제어하도록 하는 '제진설계'를 포함한다. 이 기준 정의에서 말하는 '내진'이란 광의의 개념의 '내진설계'된 상태를 의미한다.

- 내진 : 직접 저항(견디는 힘) ⇒ 구조물, 버팀대 등
- 면진 : 고유주기(응답 증폭방지) 감쇠 ⇒ 고무, 베어링, 감쇠장치
- 제진 : 진동제어(복합제어), 제어 ⇒ 지진추, 자동제어 등

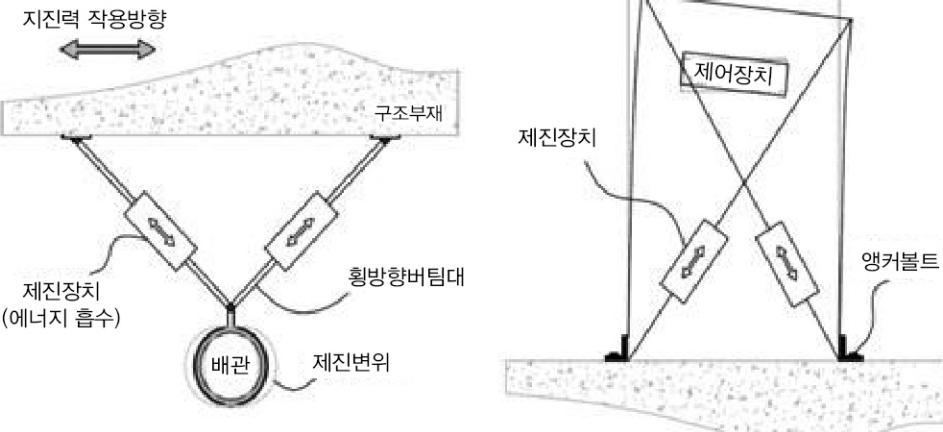
소화배관의 경우 내진설계 적용은 다음과 같이 예를 들 수 있다.

- 1) 내진은 배관 등에 작용하는 지진력을 버팀대로 구조부재에 단단히 연결시켜 지지하는 방식이며.
- 2) 면진은 작용하는 지진력이 배관에 전달되지 못하도록 특수한 장치를 한 경우로, 지진에 의한 건물과 배관 사이에는 상대적 움직임이 크게 발생한다.
  - 가) 건축물의 면진설계는 실제 소방시설에 어느 정도 영향을 미치는지 건축분야의 건축물내 내진설계 정보를 검토 후에 내진설계 적용 여부를 판단하여야 한다.
  - 나) 건축물의 면진설계가 지진 발생으로 소방시설의 흔들림에 영향을 주지 않는 성능이 확인되는 경우는 소방시설 배관 등의 내진설계는 구조요소와 일체로 거동하기 때문에 제외 가능하다.
  - 다) 건축물 구조가 면진설계가 적용된 부분이 일부 층인 경우는 건축물과 소방 배관계통의 동적 상관관계를 고려하여 내진설계 성능을 확인하고, 그 면진 설계된 부분과 면진 설계되지 않는 부분을 연결하는 배관 등에는 상대변위를 고려한 지진분리장치를 설치하고, 지진분리장치가 제대로 작동하도록 비면진부분과 면진부분의 구조물에 각각 4방향 버팀대를 설치하여야 한다.
- 3) 제진은 내진구조와 유사하나 지진력을 감소시킬 수 있는 제진장치가 설치되어 지진력을 소산시키는 방식이다. 면진과 제진의 경우에는 상대적 변위가 발생하므로 이에 따른 충돌 안전성을 검토하여야 한다.
- 다. 이 기준에서 정의하고 있는 면진과 제진 설계방법은 지진에 의해 건축물에 전달되는 진동을 저감 방안으로 해석되어야 하며, 가압송수장치 및 기타 외부 요인에 의한 기계적 진동으로부터의 방진과는 구분되어야 한다. 일반적으로 지진에 의한 진동과 기계적 진동에 의한 구조물의 운동 특성이 상이하기 때문에 반드시 이를 확인하여야 한다. 기준 연구결과에 의하면, 방진장치가 설치된 경우 지진에 의한 진동의 증폭이 발생하여 방진 대상물의 파괴가 발생할 수도 있는 것으로 조사되었다.
- 라. 소방시설 등의 설계 지진하중은 건축물 평면상 2방향(종·횡방향)으로 작용하는 수평지진하중 및 상하 방향의 수직지진하중이 있으며, 이 기준에서 다루고 있는 설비들은 이러한 지진하중들이 동시에 작용함을 원칙으로 한다. 실제 지진 현상은 무수히 많은 방향에서 지진력이 작용할 것이나, 공학적으로는 수평 2방향과 필요한 경우 수직 방향을 포함하는 3방향의 정의로 해석이 가능하다.

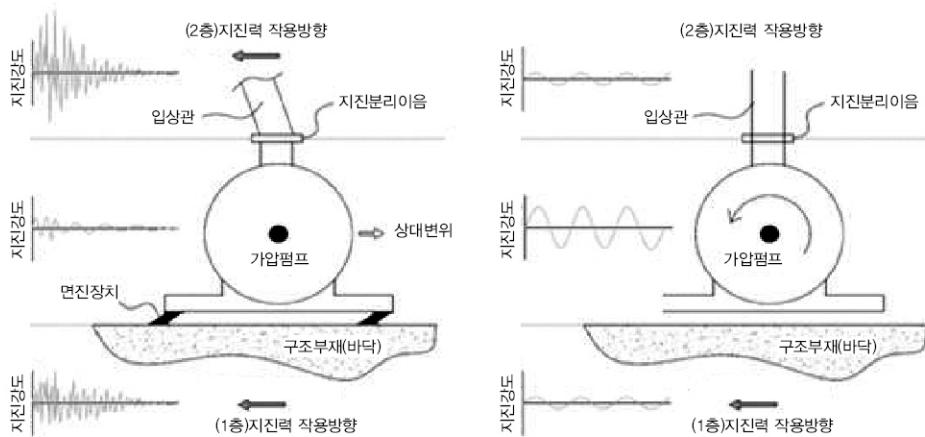
### 면진설계 개념



## 제진설계 개념



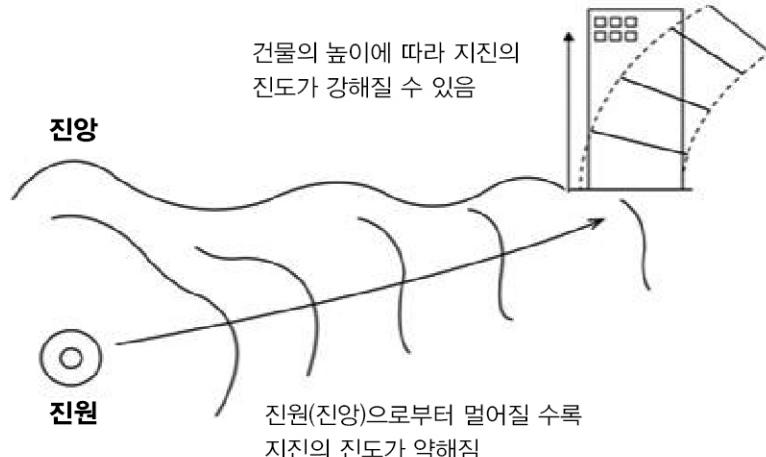
## 지진동 저감과 기계진동 방진의 차이



## 2. 지진력의 산정

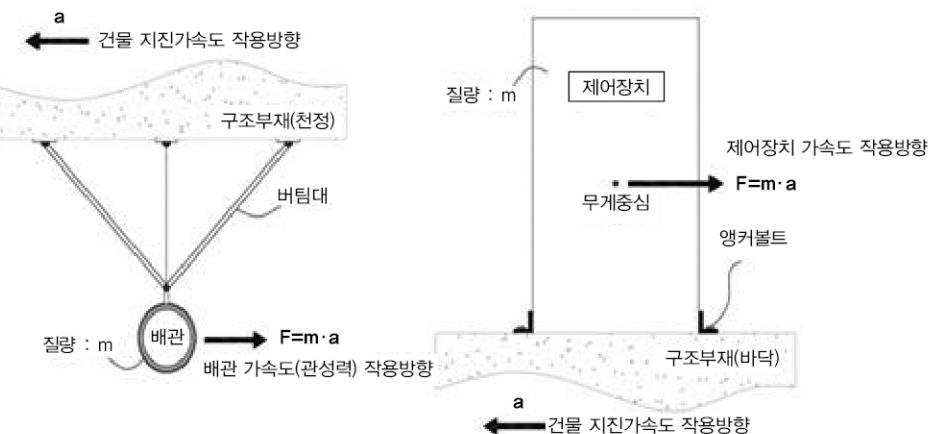
- ㄱ. 지진의 진도는 진앙 부근에서 가장 높고 전파되는 거리에 따라 상대적으로 낮아지나, 전달된 건물의 특성에 따라 다음 그림과 같이 건물 높이가 높아질수록 진도가 커질 수 있다. 그러므로 건축 구조물에서 발생하는 지진동을 고려하여 소방설비를 설계하여야 한다.

## 지진력 전달에 따른 건물 내 진도분포



- 이 기준에서 '수평지진하중'은 일정 구획의 배관계통 및 기타 설비들에 전달되는 지진가속도에 의해 해당 질량을 수평방향으로 진동시킨 힘으로 정의된다. 이는 뉴턴의 운동 제2법칙(힘과 가속도의 법칙,  $F = ma$ )에 따라 물체에 작용하는 힘은 그 물체의 질량과 작용하는 가속도에 비례한다는 것으로 이해될 수 있다. 즉, 수평지진하중은 다음 그림과 같이 설비의 무게 중심에 작용하며, 무게가 무겁고, 무게 중심이 높고, 건물에 전달된 가속도가 클수록 증가 되는 것으로 지진 발생 시 배관, 수조, 비상전원, 기타 소방용 설비 등에 작용하는 하중을 말하며, 달리 표현되지 않는 경우 '건축물 내진설계기준'에서 정하는 비구조요소의 등가정적하중을 말한다.

## 수평방향 지진력의 이해



- 아래의 수평지진력(등가정적하중) 산정식과 같이 소방설비에 작용하는 지진하중을 등가의 정적하중으로 단순화하여 내진해석하는 방법을 등가정적해석법이라고 한다. 실제로 건축물 내부에 작용하는 지진가속도는 전달되는 시간 동안 크고 작은 가속도가 연속적으로 작용하는데, 공학적으로 이러한 실제 지진 상태를 고려하여 해석하는 것은 시간, 비용적으로 많은 노력이 필요하기 때문에 실무에서는 지진의 동적 효과를 고려하여 계산이 용이한 등가의 정적하중(동적지진하중과 동일한 효과의 정적인 하중)으로 치환하는 계산방법을 주로 사용한다.

- 라.** 내진설계법주에서 건축물 내진해석방법이 동적해석방법에 속하거나 발주자 또는 설계자의 필요에 따라 정밀한 동적해석방법이 요구되는 경우는 동적해석방법인 응답스펙트럼해석법, 시간이력해석법 등을 소방시설에 적용할 수 있다. 단, 소방시설을 동적해석에 의해 현장에 설치할 공법과 공법에 사용되는 내진제품은 해설서 제 2조(정의) 해설 5. “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품 등의 사용확인 검토 절차를 통해 기술적 적정성을 검증 받아야 한다.
- 마.** 지진 발생 시 건축물내 설치되어 있는 비구조요소에 작용하는 등가정적하중( $Fp$ )은 “건축물 내진설계기준”的 수평설계지진력에 제시되어 있으며, 이는 다음 식과 같으며, 기계 및 전기와 건축의 비구조요소에 설계계수를 참조하여 계산한다.

#### 수평지진력(등가정적하중) 산정식

$$Fp = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

여기서,  $Fp = 1.6 S_{DS} I_p W_p$ 를 초과할 수 없고  $Fp = 0.3 S_{DS} I_p W_p$ 이상이어야 한다.  
수평지진하중 산정식의 각 계수에 대하여는 기계 및 전기의 비구조요소에 대한 설계계수를 참조한다.

$a_p$ 는 증폭계수로 1.0~2.5 사이의 값을 가지며, 실험적, 해석적 방법에 의해 입증된 경우에 대해서는 그 결과에 따를 수 있다.

$R_p$ 는 비구조요소의 반응수정계수로서 1.0~12 사이의 값

$I_p$ 는 비구조요소의 중요도계수로서 1.0 또는 1.5(소방설비에 해당함)

$W_p$ 는 배관 또는 장치별로 작동상태를 고려한 중량이다.

$S_{DS}$ 는 단주기 설계스펙트럼가속도로 건축물이 설치되는 위치에 따라 다르므로 해당 건축물의 구조계산서에서 확인하거나 “건축물 내진설계기준”을 참조하여 산정할 수 있다.

$h$ 는 건축물의 총 높이로 구조물의 밑면으로부터 지붕층까지의 평균높이

$z$ 는 건축물이 설치된 지반으로부터 대상 소방설비가 설치된 지점의 높이

$z = 0$  : 구조물의 밑면 이하에 비구조요소가 부착된 경우

$z = h$  : 구조물의 지붕층 이상에 비구조요소가 부착된 경우

- 비.** 상기 식에서 알 수 있듯이 가동중량과 단주기 설계스펙트럼가속도만 확인되면 간단히 수평력을 결정할 수 있다. 이 해설서에서는 등가정적하중식 및 동적해석법에 따른 수조의 내진설계 예제를 부록에 나타내었다.
- 사.** 유효지반가속도( $S$ )는 재현주기 2400년을 기준으로 정의되고 건축구조기준의 “건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00 : 2019)”의 지진구역에 따른 지진구역계수( $Z$ )에 2400년 재현주기에 해당하는 위험도계수( $I$ ) 2.0을 곱한 값을 말한다.
- オ.** 단주기 응답지수(Short period response parameter)  $S_s$ 는 유효지반가속도( $S$ )에 2.5배한 값을 말한다. 이는 배관의 수평지진하중을 별표 1을 통해 찾아  $C_p$ 를 보간법으로 구하는데 사용된다.

### 3. 세장비의 산정

#### ㄱ. 세장비의 개념

- 1) 세장비는 부재의 길이를 최소단면 2차 반경으로 나눈 값으로, 영향요소로는 단면적, 부재의 길이, 최소단면 2차 반경 등이다.
- 2) 세장비( $\lambda$ )는 버팀대의 길이( $L$ )와 최소단면2차반경( $r$ )과의 비율을 말하며, 다음 식과 같다.

#### 버팀대 세장비 및 최소단면2차반경

$$\text{세장비}(\lambda), \lambda = \frac{L}{r}$$

$$\text{최소단면2차반경}(r), r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

여기서,  $I$ 는 버팀대 단면2차모멘트이고,  $A$ 는 버팀대의 단면적이다.

**ㄴ.** 버팀대와 같이 길이가 긴 부재의 양단에 압축 하중이 가해졌을 경우 하중이 어느 크기에 이르면 부재가 갑자기 휘는 현상이 발생하는데 이를 좌굴현상이라고 하며, 일반적으로 세장비가 클수록 좌굴이 쉽게 발생하게 된다. 지진 발생 시 배관 버팀대는 인장력과 압축력을 동시에 받도록 설계되는데 압축 시 좌굴 발생에 의해서 버팀대가 훨 수 있으므로 세장비의 검토가 중요하다. 또한, 지지대의 허용하중, 소화배관 길이별 허용하중 및 앵커볼트의 접촉력 등도 함께 검토되어야 한다.

**ㄷ.** 지지대의 세장비나 소화배관의 허용하중은 인증받은 제품의 배관규격과 길이에 따른 공인된 배관 허용하중 계산된 표를 근거로 한다. 또한, 건축물부착장치와 앵커볼트의 내진설계 적정성을 고려해야 한다. 훈들림 방지 버팀대 제조사는 KS나 ASTM 등 기준에 따른 배관 등의 항복강도를 근거로 계산서를 작성하여 제공하고 소방시설설계업에 등록업체가 검토하여 소방시설의 내진설계에 적합성을 검토하여야 한다.

**ㄹ.** 배관, 형강류 등 인증받은 규격별 항복강도를 기반으로 국가건설기준(KDS 14 30 10) 강구조 부재 설계기준 (허용응력 설계법)에 따라 세장비 및 좌굴하중 계산방법으로 지지대의 길이와 허용하중을 계산하여 설치하여야 한다.

**ㅁ.** 소화배관의 규격과 길이별 허용하중의 적용은 NFPA 13에서는 소화배관의 인증받은 규격과 길이별로 허용하중표를 제공하고 있으며, 국내 허용하중표는 KS 등 인증받은 배관의 항복강도, 모멘트, 배관 무게에 따른 안전율을 적용한 가동중량으로 계산한 허용하중은 기준의 별표 2로 제공하고 있다.

#### ㅂ. 세장비를 나타내는 공식

- 1) 관계식(원형봉강을 지지대로 사용하는 경우)

가) 세장비( $L/r$ )

나) 지지대 길이 ( $L$ )

다) 최소단면2차 반경( $r$ ) =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

라) 2차 단면모멘트( $I$ ) =  $\frac{\pi (d_2^4 - d_1^4)}{64} (cm^4)$  ( $d_1$  : 내부지름,  $d_2$  : 외각지름)

마) 단면적( $A$ ) =  $\frac{\pi}{4} d^2$

바) 허용하중( $W$ ) =  $\frac{P}{S}$  ( $P$  : 지지대 길이방향으로 작용하는 압력,  $S$  : 안전율)

**2) 관계식(원형봉강 외의 지지대를 사용하는 경우)**

가) 파이프에 외력 (수직하중 위주)

나) 최대 2차모멘트( $I$ )의 계산

$$= \frac{\pi (d_2^4 - d_1^4)}{64} (\text{cm}^4)$$

다) 파이프의 규격, 재질의 특성을 파악한다.

$$(1) \text{ 단면계수}(Z) = \frac{\pi (d_2^4 - d_1^4)}{32 d_2} (\text{cm}^3)$$

$$(2) \text{ 최대휨모멘트}(M) = W \times L(\text{kgcm})$$

$$(3) \text{ 휨}(\delta) = \frac{WL^3}{3EI} (\text{cm})$$

$$(4) \text{ 일반적으로 영계수}(E)$$

$$E = 2.1 \times 10^6 (\text{kg/cm}^2)$$

라) 파이프의 규격과 길이에 따른 세장비는 좌굴에 견디는 파이프 길이로 제한하고 있다.

마) 허용하중과 파이프의 규격과 길이 선정 방법

(1) 요구하중( $W$ ) 검토한다.

(2) 파이프 등의 규격 및 길이 선정방법

① 요구하중 선정 후 세장비가 지정된 재료, 규격, 길이를 산정한다.

② 재료(앵글, 전산볼트, Steel Bar 등), 요구하중, 세장비 선정 후 규격과 길이를 산정한다.

③ 유사한 재료, 규격, 길이, 요구하중 선정 후 시행착오법으로 결정한다.

**3) 국가건설기준의 세장비 공식 적용**

가) 국가건설기준(KDS) 강구조 부재 설계기준의 허용응력 설계법에 따른다.

나) 본 해설서, 제9조(흔들림 방지 버팀대) 계산 참조

**4) 흔들림 방지 버팀대 설계 및 안전성 검토**

가) 수평지진력(등가정적하중 산정식) 별표 1의 관계표 참조

나) 허용압축응력은 국가건설기준(KDS)의 강구조 부재 설계기준(KDS 14 30 10)을 따른다. (허용응력설계법)

**사) KS인증 소화배관의 규격, 길이에 따른 허용하중표**

1) KS D3507, KS D3562, KS D3576, KS D3595, CPVC배관(ASTM D2846)의 배관 규격, 길이별 항복응력에 따른 허용하중은 별표 2로 제공되고 있다.

**2) 배관의 규격, 길이, 항복응력에 따른 허용하중 계산 공식**

가) 배관의 재료 단면계수( $Z$ )

$$Z = \frac{\pi}{32} \left( \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \right)$$

나) 배관의 최대모멘트( $M_{max}$ )

$$L < 7.6m \quad M_{max} = 0.175 PL$$

$$7.6m \leq L < 12m \quad M_{max} = 0.267 PL$$

$$L = 12m \quad M_{max} = 0.372 PL$$

근거 : NFPA13 2019 ED. ANNEX E.2.2

#### 다) 재료의 모멘트(Mcap)

$$M_{cap} = 0.65 \times S(\text{재료의 단면계수}) \times F_y (\text{재료의 항복강도})$$

근거 : NFPA13 2019 ED. ANNEX E.4 Flexural Capacity of Piping

#### 라) $M_{cap} = 0.175PL$ ( $L < 7.6m$ )

$$M_{cap} = 0.267PL \quad (7.6m \leq L < 12m)$$

$$M_{cap} = 0.372PL \quad (L = 12m)$$

$$L < 7.6m, \quad P = \frac{0.65 \times S \times F_y}{0.175 \times L}$$

$$7.6 \leq L < 12m, \quad P = \frac{0.65 \times S \times F_y}{0.267 \times L}$$

$$L = 12m, \quad P = \frac{0.65 \times S \times F_y}{0.372 \times L}$$

#### 마) $L < 7.6m \quad R_{max} = 2P$

$$7.6m \leq L < 12m \quad R_{max} = 3P$$

$$L = 12m \quad R_{max} = 4P$$

#### 바) 단위와 유효숫자의 적용 기준

- 1) 항복강도의 단위는 ksi( $=\text{kib/in}^2$ )로 적용함
- 2) 배관의 길이는 m로 적용 후 ft로 환산함
- 3) 배관의 직경은 mm로 적용 후 inch 환산함
- 4) 유효숫자는 다음과 같이 계산함
  - 하중계산 : 소수점 둘째자리 이하 버림 표기(CPVC 배관은 정수에서 버림)
  - 배관의 길이 계산 : m  $\rightarrow$  ft 환산 시 소수점 둘째자리에서 반올림 표기

#### 사) 항복응력( $F_y$ )값의 적용

- 항복응력의 단위는 SI단위로 적용한다. cf) ksi= $\text{kib/in}^2=6,894.8\text{Pa}$

- NFPA13에서 확인되지 않는 안전율은 퍼센트 분위수를 적용한다.

→ 공칭강도를 초과할 확률(95%)에 대한 90%의 신뢰도를 의미한다.

- 응력단위는 소수점 이하에서 반올림 처리

##### 1) KSD 3507의 항복응력

- 항복응력은 KS D3507 규격에 명시되어 있다.

- KS 인증기준으로 공칭항복응력은 200MPa이다.

- NFPA와 동일조건의 안전율을 적용한다.

- NFPA에서도 ASTM A53 Gr.B 파이프의 항복응력은 241MPa이다.

(소수점 이하 버림 처리한다.)

→ 설계기준 항복응력은 안전율을 고려하여 207MPa를 적용한다.

$$\rightarrow 241 : 207 = 200 : x$$

$$- x = 172 \text{ MPa}$$

- 설계기준 항복응력은 172MPa 적용한다.

## 2) KSD 3562(SPPS 38)의 항복응력

- 항복응력은 KS D3562 규격에 명시되어 있다.

- 공칭항복응력은 220MPa이다.

- NFPA와 동일조건의 안전율을 적용한다.

- NFPA에서도 ASTM A53 Gr.B 파이프의 항복응력은 241MPa이다.

→ 설계기준 항복응력은 안전율을 고려하여 207MPa를 적용한다.

$$\rightarrow 241 : 207 = 220 : x$$

$$- x = 189 \text{ MPa}$$

- 설계기준 항복응력은 189MPa를 적용한다.

## 3) KS D3576(STS304 sch10s)의 항복응력

- 항복응력은 KS D3576 규격에 명시되어 있다.

- 공칭항복강도은 205MPa이다.

- NFPA와 동일조건의 안전율을 적용한다.

- NFPA에서도 ASTM A53 Gr.B 파이프의 항복응력은 241MPa이다.

→ 설계기준 항복응력은 안전율을 고려하여 207MPa를 적용한다.

$$\rightarrow 241 : 207 = 205 : x$$

$$- x = 176 \text{ MPa}$$

## 4) ASTM CPVC배관의 항복응력

- 항복응력은 ASTM D2846의 기준에 의한 CPVC배관이다.

- 공칭항복강도은 55MPa이다.

- NFPA와 동일조건의 안전율을 적용한다.

- 유효숫자는 정수에서 버림 처리한다.

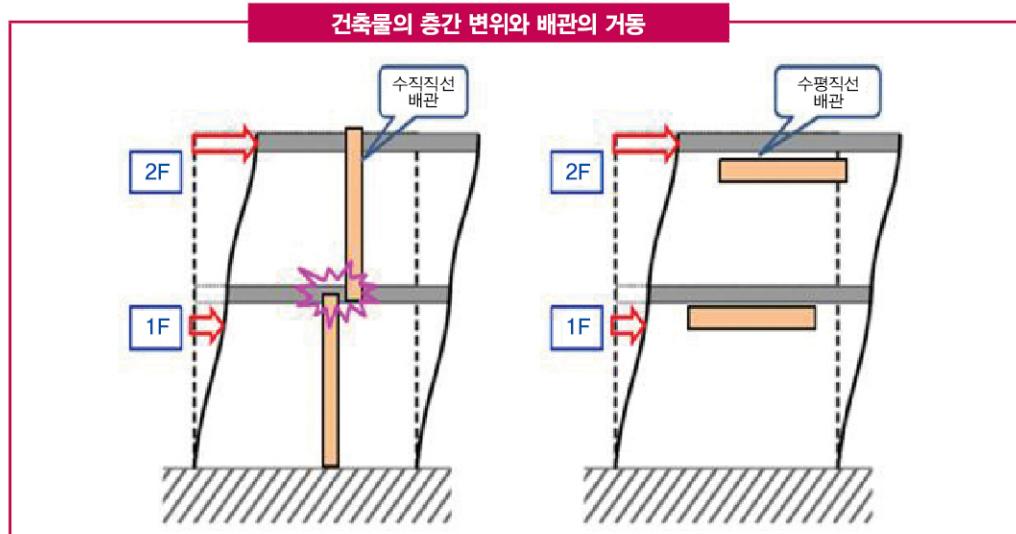
- NFPA13 CPVC배관 허용응력에 관한 18.5.5.2(h)표에 의해 적용한다.

- 설계기준 항복응력은 안전율을 고려하여 보수적으로 48MPa를 적용한다.

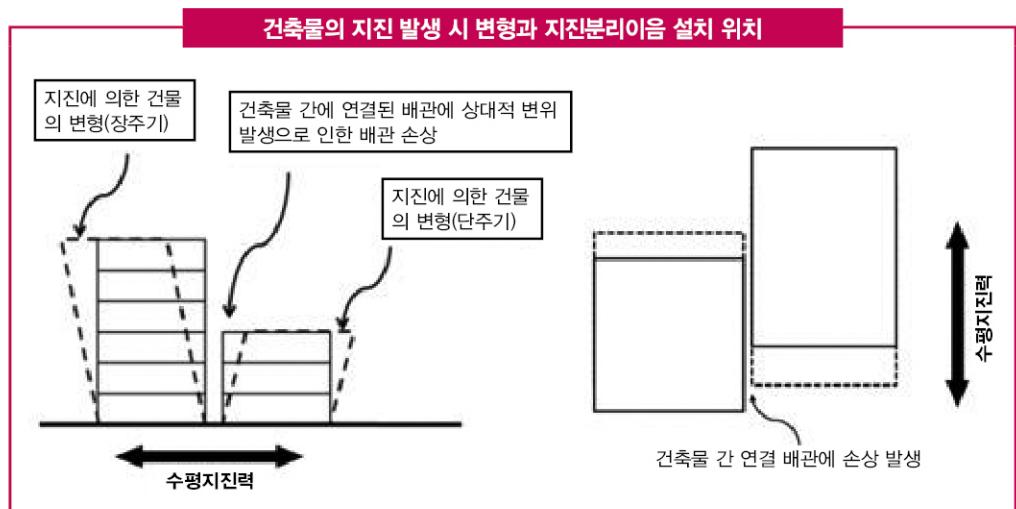
**01.** 수직지진하중의 계산은 “건축물 내진설계기준”의 18.비구조요소 기준에 따라  $Fv = 0.2 S_{DS} W_p$ 로 산출한다.

## 4. 지진분리이음과 지진분리장치, 가요성이음장치

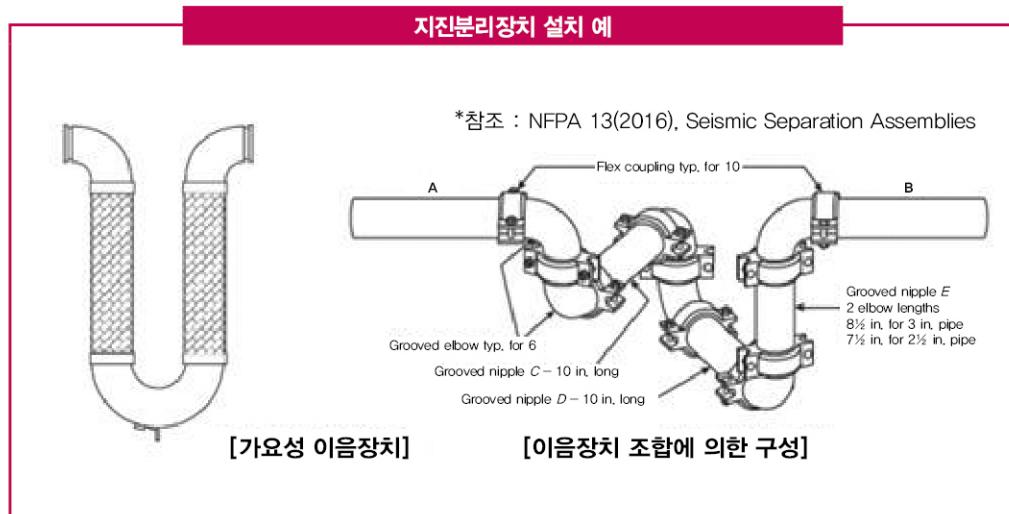
**가.** 지진이 발생하면 건축물은 다음 그림과 같이 다양한 형태로 흔들리게 되고 그 결과로, 각 층과 층 사이에 상대적인 변위 차이가 발생하게 되는데, 이를 지진에 의한 층간 변위라고 한다. 이러한 층간 변위가 발생하는 경우 내부에 설치된 설비도 함께 영향을 받게 되는데 특히, 수직직선배관과 같이 저층에서 고층으로 관통하여 연결되는 경우에는 그 영향이 클 수 있다.



**나.** 지진분리이음이란 건축물의 층간 변위 발생 또는 수평적 변위 발생 부분을 고려하여 연속 부설된 배관에 설치됨으로써 변형을 허용하는 배관 부속품 또는 배관이음식 또는 연결기기를 의미한다. 이러한 지진분리이음은 지진 발생 시 배관에 손상을 발생시키지 않도록 회전, 진행방향(축방향)으로 신축과 진행 직각 방향으로 최소한  $1^{\circ}$  이상의 변형(각)이 가능하여야 한다. 단, 배관 직경이 200mm 이상 일 경우에는  $0.5^{\circ}$  이상의 변형이 가능하여야 한다.



- 다.** 인접한 건축물과의 경계조건의 상이함으로 인한 부등침하 등을 방지하기 위한 목적으로 내부에 건축물 지진분리이음이 설치되기도 한다. 소화배관은 이러한 건축물 지진분리이음을 가로질러 설치가 될 경우가 있는데, 이 경우 건축물과의 경계조건의 상이함으로 발생하는 건축물 지진분리이음의 지진 발생 시 거동에 따라 연결된 배관에 손상을 발생시킬 우려가 있으므로 이러한 위치에 전 방향에 대한 변형이 가능한 배관 부속품, 배관 연결이음 또는 연결 지진분리장치를 설치하여야 한다.



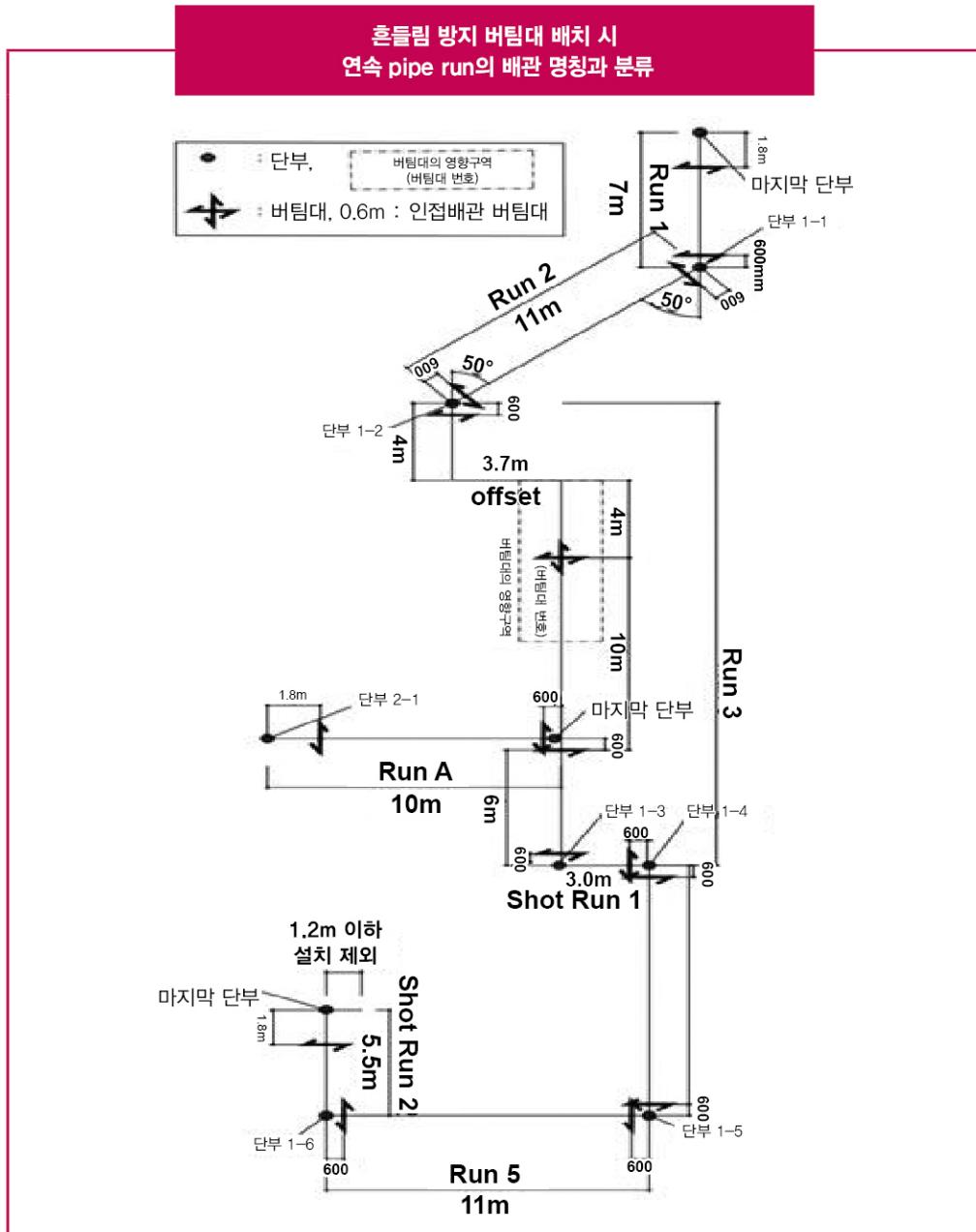
- 라.** 지진분리이음과 지진분리장치 및 가로성이음장치의 가스켓 재료는 건식이나 습식의 환경에도 적응성이 있어야 한다.
- 마.** 가로성이음장치는 수조 또는 가압송수장치와 배관 사이 등에서 발생하는 플렉시블 조인트 등을 설치하여 지진 발생 시 허용된 범위로 응력을 상쇄시키기 위하여 설치한다.

## 5. 방진장치와 내진용 스토퍼

- 가.** 전동기 또는 내연기관을 갖고 실내 바닥면에 설치되는 가압송수장치는 운전 시 진동을 발생시키게 되므로 일반적으로 장치의 하부에 스프링 또는 스프링과 댐퍼로 구성된 방진장치를 설치하기도 한다. 그러나 이러한 스프링 요소 등은 지진 발생 시 상부에 설치된 장치들의 응답을 증폭시키고 경우에 따라 설치 위치를 이탈할 수도 있다. 그러므로 상기와 같은 가압송수장치의 지진에 의한 과도한 응답 발생을 방지하기 위하여 내진용 스토퍼를 설치한다.
- 나.** 내진용 스토퍼는 목적에 따라 이동 방지형 및 전도 방지형 등으로 구분할 수 있다. 내진용 스토퍼의 설계 반영 시 설치 개수 및 위치 선정 등은 내진보호 대상물의 구조와 내진용 스토퍼 제조사의 사양에 따라야 한다. 단, 제품의 방진장치에 내진설계가 되고 성능이 확인된 시스템은 내진용 스토퍼를 설치한 것으로 볼 수 있다. 또한 내진용 방진장치의 앵커볼트는 “건축물 내진설계기준” 비구조요소의 정착부에 따른다.

## 6. 배관의 흔들림 방지 버팀대 배치방법과 개념의 설명

- 가.** 지진 발생 시 배관시스템의 내진설계 방법 및 해석은 구간을 분리하여 해당부분에서 지진하중이 미치는 영향을 분석한다.
- 나.** 먼저 배관시스템은 pipe run으로 나누어 run의 구간내를 버팀대 등을 설치하여 내진설계한다.
- 다.** pipe run구간에 명칭 및 분류 용어는 버팀대 영향구역, 단부, 인접배관 버팀대, pipe run 구간내의 상쇄배관 (offset) 등이 있으며 다음의 그림과 같다.

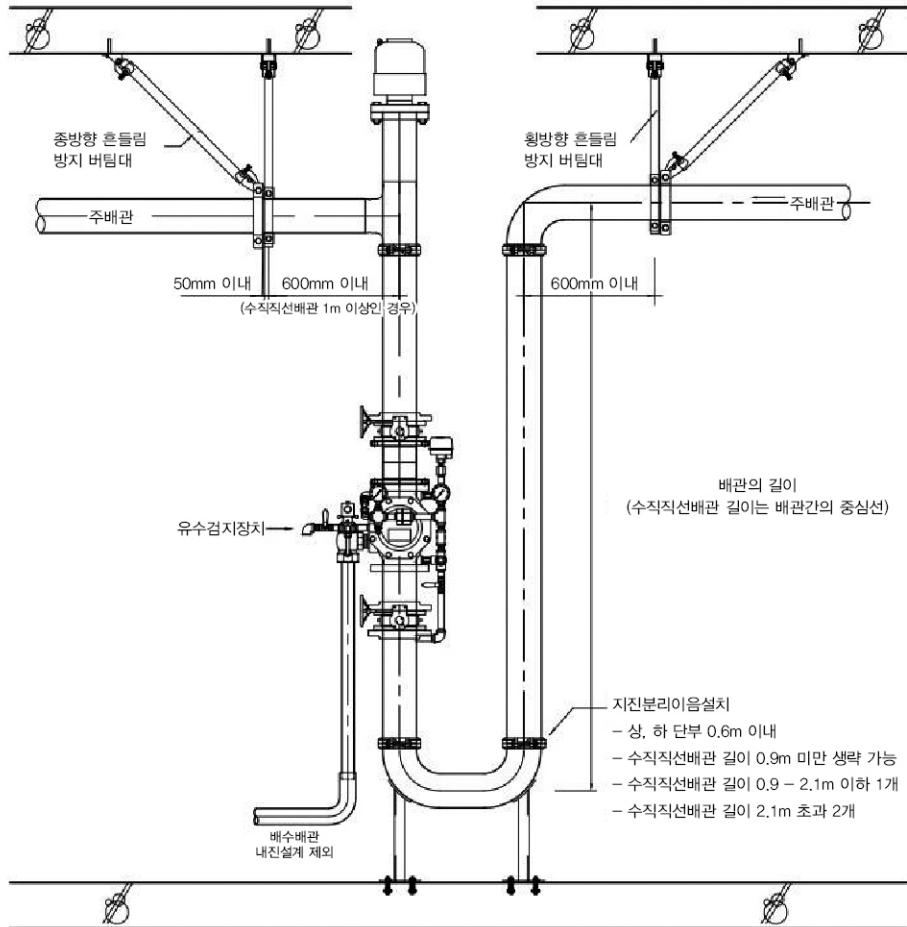


- 라.** pipe run구간 종류, 방향전환(엘보, 티 등)의 지점 단부, run내의 버팀대 배치방법은 “제9조, 제10조, 제11조” 기준과 해설에 설명되어 있다.
- 마.** pipe run구간 내 단부에 대한 정의는 외국기준인 ASHRAE 기준에 명시되어 있으며, 이는 방향전환 시 양단에 하중을 균일하게 분포시켜서 하중 불균형을 개선하는 것을 목적으로 한다.
- 바.** T분기 수평수직배관은 상쇄배관을 적용할 수 없다. 즉, T분기 배관부터 새로이 시작하는 배관의 마지막 단부의 pipe run구간으로 본다.
- 사.** pipe run구간 구분에서 방향전환된 경사진 배관의 내각이 직선배관으로부터 45° 미만[배관 진행(역)방향 기준]인 경우 일직선배관으로 본다. 45° 이상 각도에서는 경사진 배관은 방향전환된 지점에서 새로운 pipe run의 마지막 단부로 적용하여 해석이 필요하다.
- 아.** 버팀대의 영향구역(Zone of influence)은 수평지진하중에 대해 흔들림 방지 버팀대가 수평방향 및 수직방향으로 저항할 수 있는 길이를 말한다.
- 자.** 단부에서 600mm 이내로 횡(종)방향 흔들림 방지 버팀대는 다른 run구간의 종(횡)방향 흔들림 방지 버팀대로 대체하여 사용할 수 있다.
- 차.** 수직직선배관에서 수평분기된 수평직선배관의 길이가 1.2m 이하인 경우는 흔들림 방지 버팀대를 제외할 수 있다.

## 7. 내진설계에서 수평직선배관, 수직직선배관, 시스템 수직직선배관 정의

- ㄱ.** 수직직선배관과 수평직선배관의 용어는 입상관, 수직배관, 수평배관, 수평주행배관, 종방향 배관, 횡방향 배관 등 스프링클러설비 및 옥내소화전설비 등에서 혼용된 용어를 통일하여 내진설계 시 일치된 용어를 사용함으로 내진설비 적용의 이해를 쉽게하기 위하여 수정했다.
- ㄴ.** 수직직선배관(Riser), 시스템 수직직선배관(System Riser), 수직직선배관 니플(Riser Nipple)의 개념
- 1) 수직직선배관(Riser)은 스프링클러 시스템에서의 수직 공급 배관을 말한다.
  - 2) 시스템 수직직선배관(System Riser)은 스프링클러설비 등의 밸브, 제어장치 등에 연결된 배관을 말한다.
  - 3) 수직직선배관 니플(Riser Nipple)은 교차배관과 가지배관의 연결되는 수직직선배관을 말한다.

## 시스템 수직직선배관 System Riser



## 8. 흔들림 방지 버팀대와 가지배관 고정장치 등

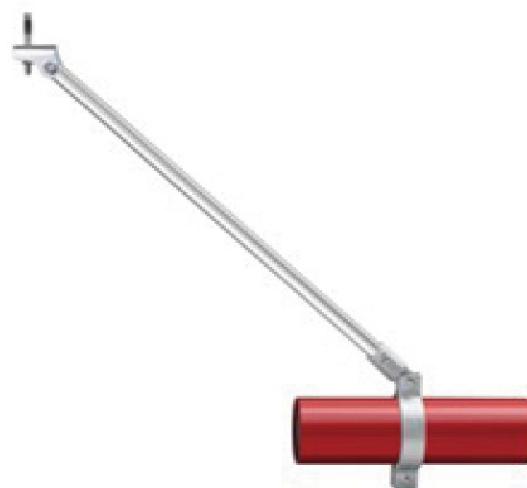
- 가.** 횡방향 흔들림 방지 버팀대는 지진 발생 시 배관의 흔들림 방지를 위해 수평직선배관의 진행방향과 직각방향(횡방향)으로 배관의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다. (설치 예1)
- 나.** 종방향 흔들림 방지 버팀대는 지진 발생 시 배관의 수평직선배관의 진행방향(종방향)으로 배관의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다.(설치 예2)
- 다.** 4방향 흔들림 방지 버팀대는 지진 발생 시 건축물 평면상에서 배관의 종방향 및 횡방향 수평지진하중을 지지하거나, 종 · 횡 단면상에서 전·후·좌·우 방향의 수평지진하중을 지지하는 버팀대를 말한다. (설치 예3)
- 라.** 가지배관 고정장치는 지진 발생 시 가지배관의 지진 거동 특성으로부터 배관의 움직임을 제한하여 파손, 변형 등으로부터 가지배관을 보호하기 위한 것이며, 와이어타입, 환봉타입 등이 있다. (설치 예4)

수평직선배관 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 설치 예1



횡방향 흔들림 방지 버팀대

수평직선배관 종방향 흔들림 방지 버팀대의 설치 예2



종방향 흔들림 방지 버팀대

수평직선배관 4방향 혼들림 방지 버팀대의 설치 예3



가지배관 고정장치의 설치 예4



**제3조의2(공통 적용사항)** ① 소방시설의 내진설계에서 내진등급, 성능수준, 지진위험도, 지진구역 및 지진구역계수는 “건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)”을 따르고 중요도계수( $I_p$ )는 1.5로 한다.

② 지진하중은 다음 각 호의 기준에 따라 계산한다.

1. 소방시설의 지진하중은 “건축물 내진설계기준” 중 비구조요소의 설계지진력 산정방법을 따른다.
2. 허용응력설계법을 적용하는 경우에는 제1호의 산정방법 중 허용응력설계법 외의 방법으로 산정된 설계지진력에 0.7을 곱한 값을 지진하중으로 적용한다.
3. 지진에 의한 소화배관의 수평지진하중( $F_{pw}$ ) 산정은 허용응력설계법으로 하며 다음 각호 중 어느 하나를 적용한다.

$$\text{가. } F_{pw} = Cp \times W_p$$

$F_{pw}$  : 수평지진하중,  $W_p$ : 가동중량

$Cp$ : 소화배관의 지진계수(별표 1에 따라 선정한다)

나. 제1호에 따른 산정방법 중 허용응력설계법 외의 방법으로 산정된 설계지진력에 0.7을 곱한 값을 수평지진하중( $F_{pw}$ )으로 적용한다.

4. 지진에 의한 배관의 수평설계지진력이  $0.5W_p$ 을 초과하고, 흔들림 방지 버팀대의 각도가 수직으로부터 45도 미만인 경우 또는 수평설계지진력이  $1.0W_p$ 를 초과하고 흔들림 방지 버팀대의 각도가 수직으로부터 60도 미만인 경우 흔들림 방지 버팀대는 수평설계지진력에 의한 유효수직반력을 견디도록 설치해야한다.

③ 앵커볼트는 다음 각 호의 기준에 따라 설치한다.

1. 수조, 가압송수장치, 함, 제어반등, 비상전원, 가스계 및 분말소화설비의 저장용기 등은 “건축물 내진설계기준” 비구조요소의 정착부의 기준에 따라 앵커볼트를 설치하여야 한다.
2. 앵커볼트는 건축물 정착부의 두께, 볼트설치 간격, 모서리까지 거리, 콘크리트의 강도, 균열 콘크리트 여부, 앵커볼트의 단일 또는 그룹설치 등을 확인하여 최대허용하중을 결정하여야 한다.
3. 흔들림 방지 버팀대에 설치하는 앵커볼트 최대허용하중은 제조사가 제시한 설계하중 값에 0.43을 곱하여야 한다.
4. 건축물 부착 형태에 따른 프라잉효과나 편심을 고려하여 수평지진하중의 작용하중을 구하고 앵커볼트 최대허용하중과 작용하중과의 내진설계 적정성을 평가하여 설치하여야 한다.
5. 소방시설을 팽창성·화학성 또는 부분적으로 현장타설된 건축부재에 정착할 경우에는 수평지진하중을 1.5배 증가시켜 사용한다.
- ④ 수조·가압송수장치·제어반등 및 비상전원 등을 바닥에 고정하는 경우 기초(패드 포함)부분의 구조안전성을 확인하여야 한다.

• 해설 •

## 1. 건축물 내진설계기준 적용사항

소방설비는 “건축물 내진설계기준”的 내진등급, 성능수준, 지진위험도, 지진구역 및 지진구역계수 등을 고려하여 배관, 수조, 가압송수장치, 함류, 제어반등, 비상전원, 가스계 및 분말소화설비 등은 안전율을 고려하여 등가정적하중이나 동적해석 등에 의해 지진하중을 계산한다.

## 2. 가동중량의 안전율 선정

소방시설의 안전율은 NAPA 13의 배관 1.15, ASCE 7-02의 풍압 기준의 장비 및 기계류 1.2, ASCE 7(section 15.7 tank and vessel)과 일본 FRP 수조 구조설계계산법(AWWA 및 ASCE 7)의 수조 1.0으로 적용한다.

- ㄱ. 배관 :  $W_p = 1.15W$
- ㄴ. 장비 · 기계류 :  $W_p = 1.20W$
- ㄷ. 수조 :  $W_p = 1.0W$

## 3. 배관의 수평지진하중

“건축물 내진설계기준”에 수평지진력(등가정적하중) 산정식(제3조(정의) 해설 2항마 참조)에서 계산된 지진하중에 허용응력설계법으로 변환을 위해 0.7를 곱하거나, 설계지진계수에 단기응답지수( $S_s$ )를 적용한 기준 별표1의  $C_p$  값으로 산정하고 가동중량을 곱하여 수평지진하중을 구한다.

## 4. 수직지진하중을 적용 방법

유효수직반력은 행안부의 ‘내진설계기준의 공통적용 사항’을 적용한 “건축물 내진설계기준”에 따라 수직지진하중을 구하는 계산식(부록 B.6. 등가정적하중 참조)에 따른다. 이 기준에서는 소방시설의 배관의 경우를 제3조의2제2항 4호에 제시하였다.

## 5. 비구조요소 내진설계의 완화

- ㄱ. 중량이 450N 미만인 제어반등, 소화전함 및 함류 등을 벽면에 고정하는 경우에는 이 기준 제14조제1항에 따라 설치하여야 한다.
- ㄴ. 배관과 가지배관 등에서는 행가와 천장간 거리간격에 따라 흔들림 방지 버팀대와 가지배관 고정장치의 설치 완화조건이 이 기준에 적용되어 있다.
- ㄷ. 기타 “건축물 내진설계기준”的 비구조요소의 기계 및 전기설비의 설치기준에 따라 제품공급 제조사의 설치 기준 및 사양에 따른다.
- ㄹ. “건축물 내진설계기준”에서는 중요도계수( $I_p$ )가 1.0이면서 바닥으로부터 설치높이 1.2m이하, 중량 1,800N 이하이고 닥트나 파이프와의 연결부가 유연한 재료로 구성되어 있는 경우는 비구조요소의 기계 및 전기설비 시공상세 또는 시방(제품공급 제조사의 설치기준)에 따르는 방법이 제시되어 있으나, 소방시설은 중요도 계수 ( $I_p$ ) 1.5를 적용하므로 가목과 나목을 제외한 완화조건은 해당되지 않는다.

## 6. 앵커볼트의 적용

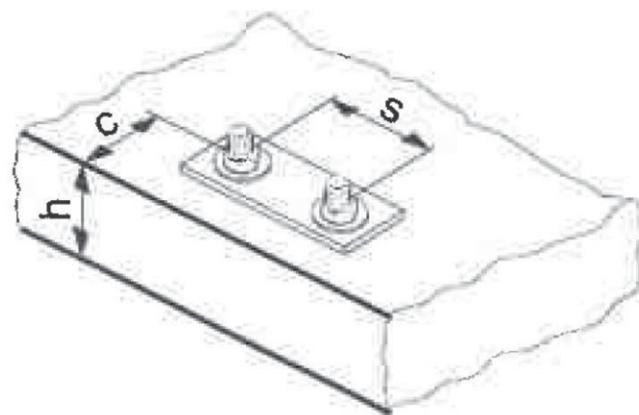
- 가.** 이 기준에서 적용 제품인 수조, 가압송수장치, 배관, 소화전함(함류), 제어반등, 비상전원, 가스계 및 분말소화설비 등은 구조체와 고정하는 앵커볼트 설치는 이 기준의 제3조2제3항에 따른다.
- 나.** 이 기준에서 사용되는 후 설치 앵커볼트는 ACI-318이나 “건축물 내진설계기준” 비구조요소 부착장치에서 인증받은 국내·외 제품인증 보고서의 모의지진시험 결과인 인장, 전단값에 근입깊이, 연단거리, 단일(연속) 앵커볼트, 슬라브 두께, 콘크리트 강도와 균열성 등을 고려하여 앵커볼트의 허용 값을 산정하여야 한다.
- 다.** 수조, 가압송수장치, 소화전함(함류 포함), 제어반등, 비상전원, 가스계 및 분말소화설비 등은 “건축물 내진설계기준”的 등가정적하중 또는 동적해석으로 수평지진하중과 수직지진하중을 산정하고, 흔들림 방지 버팀대의 경우 구조체와 건축물 부착장치 간의 프라잉효과(Pr)나 모멘트를 계산하여 작용하중을 구하고 앵커볼트의 조합하중, 인장하중 및 전단하중이 동시에 작용하는 경우 상관작용 효과를 고려하여 산정한다.

### 프라잉 효과(prying factor)란

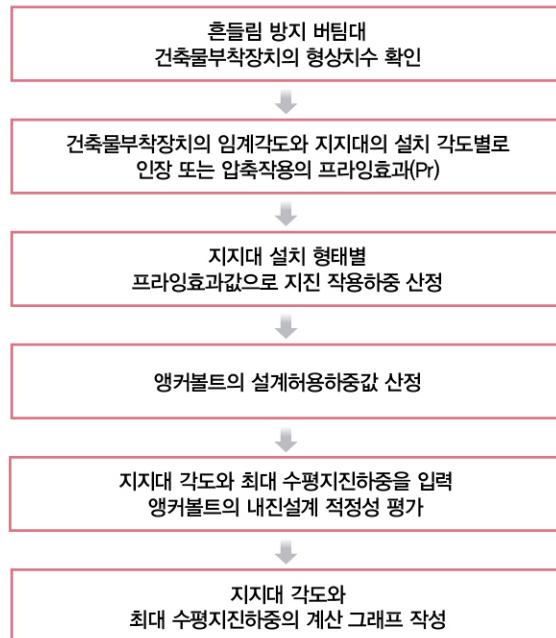
지진 발생시 배관에서 발생하는 수평지진하중이 버팀대에 전달되고, 건축물부착장치를 통해 앵커볼트에 전달된다. 이때, 건축물 부착장치의 형상과 설치형태에 따라 앵커볼트에 작용하는 하중이 다르게 나타나는 현상을 말한다.(NFPA 13 (2019, 3.3.164/A, 3.3.164)을 참조한다)

- 라.** 앵커볼트는 지진하중을 견디는지 국내·외 앵커볼트의 시험기준에 따라 모의지진시험 결과가 포함된 제품인증을 받거나 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”的 내진제품의 내진설계 구조안전성, 성능확인, 제품인증 및 설치승인에 따른다.
- 마.** 배관은 사용하는 안전율을 고려한 허용응력설계법에 따라 내진설계된 허용하중 값( $ASD$ )을 적용하고 배관외 다른 소방설비는 구조계산서의 설계법에 따라 앵커볼트에도 동일한 설계법을 적용한 하중값으로 산정한다.
- 바.** 국내·외 제품인증 보고서에서 제시한 모의지진시험이 반영된 하중저항계수(한계상태)설계(LRFD) 결과값에 0.43를 곱하여 허용응력설계법 허용하중값( $ASD$ )을 산정한다. 그리고, 구조체와 부착장치의 프라잉효과(Pr)와 모멘트를 고려해 수평 및 수직지진하중의 작용하중을 계산해 조합하중을 고려한 내진설계 적정성을 평가해야 한다.
- 1) 앵커볼트 허용응력설계의 허용하중값( $ASD$ ) 인자(0.43)**
- 허용응력 증가인자 : 1.2
  - 하중저항계수(한계상태)설계(LRFD)의 허용응력설계 허용하중( $ASD$ )값 변환인자 : 1.4
  - 과강도인자 : 2.0
  - 허용응력설계의 허용하중값( $ASD$ ) =  $1.2 / (1.4 \times 2) = 0.43$
- 사.** ACI-318(TR045) 및 ICC-ESR(ETA)의 기준을 준용하여 다음과 같이 적용할 수 있다. 앵커볼트 그룹의 경우는 그룹내 개별 앵커볼트간의 하중 재분배를 고려하여야 한다. 앵커볼트그룹의 설계는 구조 설계기준(KDS 14 20 54 : 2016)의 “콘크리트용 앵커설계기준”에 따르며, 규정하지 않은 사항은 공인된 설계기준에 따를 수 있다. 다음은 앵커볼트가 설치된 구조물의 그림 예시와 일반적인 앵커볼트 설치 가이드 라인이다.

앵커볼트가 설치된 구조물 예시



- 1) 앵커볼트 근입 깊이 :  $h_{ef}$
  - 2) 최소 콘크리트 모자 두께( $h$ ) :  $1.5 h_{ef}$  이상
  - 3) 콘크리트 파괴에 대한 임계 앵커볼트 간격( $S_{cr}$ ) :  $3 h_{ef}$
  - 4) 콘크리트 파괴에 대한 임계 모서리 거리( $C_{cr}$ ) :  $1.5 h_{ef}$
  - 5) 앵커볼트 간격( $S$ ) 및 모서리거리( $C$ )가 임계 앵커볼트 간격( $S_{cr}$ ) 및 임계 모서리 거리 보다 작을 경우 설계하중값은 감소하여야 하고, 앵커볼트의 최소간격( $S_{min}$ ) 및 최소모서리거리( $C_{min}$ )는 앵커볼트 제조사의 국내 · 외 인증받은 시험보고서나 기술근거 자료에 명시된 값 이상이어야 한다.
  - 6) 콘크리트 압축강도 :  $17\sim60 \text{ MPa}$
  - 7) 앵커볼트 품질인증과 시험방법의 국제 규격
    - 후설치 앵커볼트 : ACI 335.2, ACI 335.4
    - 선설치 앵커볼트 : ICC-ES AC446
  - 8) 앵커볼트는 부착물을 콘크리트에 밀착하여 설치하여야 하고, STAND-OFF(콘크리트와 떨어져) 설치 시 Lever Arm(응력중심거리)로 인한 모멘트의 발생으로 전단강도가 상당히 감소되어 추가적 검토가 필요하다.
- 0:** 흔들림 방지 버팀대의 건축물부착장치와 앵커볼트의 적정성 평가 FLOW CHART



#### **자.** 구조부재에 소방시설을 고정할 경우 앵커와 정착력 저하방지

- 1) 구조부재의 환경조건이 팽창성·화학성 또는 현장의 부분타설(콘크리트 강도를 확인할 수 없는 경우)은 정착이 약화되어 앵커볼트 설계 허용하중보다 작은 지진하중에도 구조안전성에 영향을 준다. 따라서 이 기준에서는 계산된 수평지진하중에 지진하중을 증가시켜 정착의 안전성을 담보한다.
- 2) 이 기준에서는 소방시설을 팽창성·화학성 또는 부분적으로 현장타설된 구조부재에 정착할 경우 소방설비의 계산된 가동중량에 1.5배 증가시켜 수평지진하중을 산정한다.
- 3) 정착(定着) 이란 어떤 물건·장소 등에 착 들러붙어 떨어지지 않는 것을 말하며 즉, 앵커볼트의 정착이란 앵커볼트로 건축물 부착장치(내진설계 된 제품을 포함)를 건축물의 구조재에 고정하여 떨어지지 않는 것을 의미한다.

## **7. 구조부재와 고정방법**

- ㄱ.** 구조부재와 소방시설을 앵커볼트 외의 고정방법으로 하는 경우 이 기준의 제5조(가입송수장치)에 해설 7항, 8항을 참고한다.

**제4조(수원)** 수조는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 수조는 지진에 의하여 손상되거나 과도한 변위가 발생하지 않도록 기초(패드 포함), 본체 및 연결부분의 구조안전성을 확인하여야 한다.
2. 수조는 건축물의 구조부재나 구조부재와 연결된 수조 기초부(패드)에 고정하여 지진 시 파손(손상), 변형, 이동, 전도 등이 발생하지 않아야 한다.
3. 수조와 연결되는 소화배관에는 지진 시 상대변위를 고려하여 가요성이음장치를 설치하여야 한다.

### • 해설 •

## 1. 수조에 대한 내진설계 개요

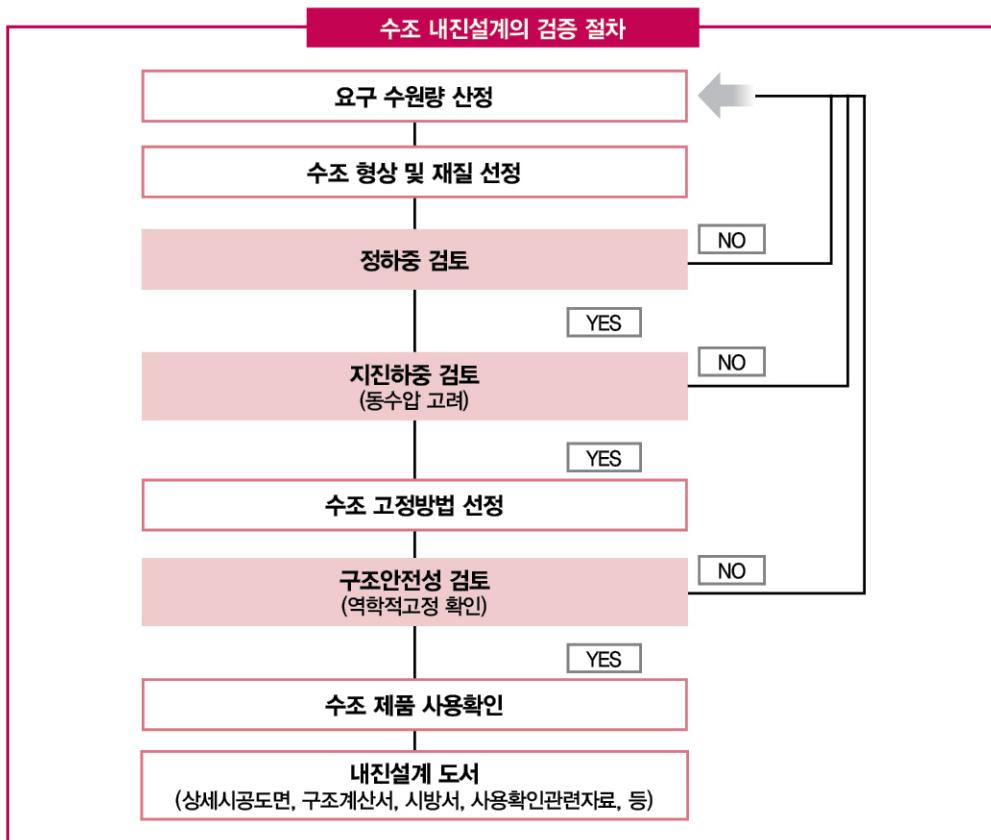
**ㄱ.** 수조는 화재를 진압하기 위한 소화용수 공급에 중요한 역할을 수행하므로 지진 후에도 이동, 전도, 파손(손상), 변형되거나 벽체에 손상이 발생하지 않아야 한다.

### [ 수조 구성의 재질 및 부품 ]

- 가. 본체와 부자재(구조 등) : 철근콘크리트(일체형 포함), STS, SMC, FRP, PDF, 기타 특수강 등
- 나. 프레임 구조 : 철근콘크리트, 철골조(빔), 기타
- 다. 앵커볼트 및 너트 : 선 설치 앵커볼트, 후 설치 앵커볼트
- 라. 패드 : 철근콘크리트, 철골조(빔), 기타 내력구조 등
- 마. 기초바닥 : 철근콘크리트, 철골조(빔) 등

**ㄴ.** 수조 내진설계의 구조안전성(구조계산과 사용확인을 말한다) 검증 절차는 다음과 같다.

- 1) 수조의 제원과 용량, 형상 및 재질을 결정한다.
- 2) 수원량, 수조 본체, 기타부분을 포함한 가동중량을 산정한다.
- 3) 수조의 지진설계계수에 의한 지진하중과 그에 따른 동수압을 고려하여 수평지진하중을 산정한다.
- 4) 수조 고정방법과 부품의 연결방식을 선정하여 구조안전성을 검토한다.
- 5) 수조 벽체 및 지붕에 대한 구조안전성을 검토한다.
- 6) 설계도서(도면, 시방서, 특수시방서, 구조계산서, 사용확인 등 관련자료)를 작성한다.
- 7) 구조안전성에 관련된 계산서는 소방시설설계업에 등록된 소방기술사가 확인 한다. 다만, 수조의 구조계산서는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 확인 할 수 있다.
- 8) 내진제품의 사용확인은 3항을 따른다.
- 9) 수조의 제품인증을 대신하여 설계검증(인증)을 하는 경우는 행정안전부나 국토교통부의 지진안전진단·인증기관, 소방청에서 인정한 인증기관으로 할 수 있다.
- 10) 소방시설설계업에 등록업체는 내진설계된 수조가 소방시설과의 적정성과 적합성을 확인하여 설치하여야 한다.
- 11) 수조의 내진설계 및 검증 절차는 다음 그림과 같다.



## 2. 수조의 구조계산(해석)서 항목 검토방법

### 1. 구조계산(해석)서

- 구조계산서는 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 확인할 수 있다.
- 수조는 기준에 따라 바닥(구조체), 수조본체, 기초패드와 각 연결부분(기준 제4조1항에 해당하는 수조 본체 결합부, 본체와 패드 결합부, 패드와 기초의 연결부의 모든 컨넥팅 특성 고려)을 구조계산(해석)서에 포함시켜 검토하여야 한다.
- 방파판을 설치하는 경우에도 지진하중 완화에 따른 내진보강 동적거동은 구조계산(해석)에 포함하여 검토한다.
- 재질은 물리, 화학적 특성치를 구조계산(해석)에 반영하여야 한다. 즉, 수조 본체와 부자재 등 강재를 포함한 SMC, FRP, PDF, 기타 특수강 및 부자재 등의 재질은 내진설계에 반영된 화학·기계적 성질을 확인하여 구조계산(해석)서에 반영된 것을 확인하여야 한다.
- 현장에서는 제품인증 기준과 제조 당시의 공정상의 성적서와 동일한지 확인하고, 출고 당시의 원료의 화학적 성분 및 물성치가 있는 Mill sheet를 제출하여야 한다.
- 구조계산(해석)서는 내진설계기준과 설계조건, 내진 요구항목과 그 내용의 결과를 명시하여야 한다.

**나. 가동중량**

- 1) 본체(구조보강) + 프레임 + 물(만수위 중량) + 기타 = 총중량
- 2) 수조의 가동중량은 ASCE 7의 수조 기준에 따라 총중량 이상으로 안전율을 고려한다.
- 3) 수원의 중량은 만수위(일반적으로 플로우 스위치까지 위치)로 한다.

**다. 수평지진하중은 “건축물 내진설계기준” 비구조요소 수평설계지진력에 따라 선정한다. 한편 동 기준에서는 수조와 내부 용수의 동적거동을 고려한 지진력의 분포에 관한 사항은 제시하고 있지 않아 수조의 구조 부재 설계시 동수압이나 슬로싱 거동 등에 의한 영향을 고려하기는 어렵다. 따라서 수조의 부재 설계 시 국내·외에서 사용되고 있는 설계기준 등을 참조하여 동적해석법을 적용하여 설계지진력을 산정할 수 있다.**

**라. 수조의 구성 부자재 간의 연결은 고정방법 등을 포함하여 구조계산(해석)서에 포함해야 한다. 즉, 수조 본체의 부재연결 부위는 용접, 고정볼트, 리벳 등 연결방법에 따라 그 응력, 변위, 변형을 고려하여 구조 검토가 이루어져야 한다.**

**마. 수조 본체와 받침대(패드) 연결부의 고정상태를 구조계산(해석)서에 포함한다.(앵커볼트의 내진설계 적정성, 변위제한장치(스토퍼)의 정적·동적시험 성능확인 등)**

**바. 수조의 기초 구조물(지지 가능한 보강대 포함)은 수평지진력 계산서와 정적 또는 동적 시험성적서의 성능을 확인하여 구조 검토 후 설치하여야 한다.**

**사. 수조(받침대 포함)와 건축물의 연결에 적용하는 앵커볼트 등의 내진설계 적정성을 구조계산(해석)에 포함하고, 앵커볼트의 허용응력, 규격, 간격, 연단거리, 콘크리트 강도, 균열 콘크리트 여부 등을 포함하여야 한다.**

**아. 수조 본체와 기초(패드 포함)의 연결부분을 앵커볼트 등으로 직접 고정하지 않는 면진장치의 경우에는 수평지진하중에 견딜 수 있도록 수평지진력 계산서와 정적 또는 동적으로 시험된 성적서로 내진성능을 확인할 수 있다.**

**자. 일반 연결용 볼트 및 너트는 허용응력 인장과 전단응력에 따른 내진설계 적정성을 평가하여 사용한다.**

### 3. 수조 제품의 사용확인

**가. 수조 내진설계, 성능확인, 제품인증(설계인증, 검증) 등 사용확인 절차는 다음과 같이 한다.**

- 1) 수조 내진설계 대상 부분은 기준에 따라 수조의 본체(부품결합부 포함), 연결부, 패드(건식, 습식), 구조체(건축)로 구조안전성을 확인해야 한다.
- 2) 수조 내진설계 구조계산(해석)서는 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라서, 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 사용확인을 할 수 있다.
- 3) 수조를 시험에 의해 성능확인하는 경우 공인시험연구기관에서 제품 기술기준과 시험방법으로 성능을 확인할 수 있다.

**〈공인시험연구기관〉**

- 한국산업기술시험원(KTL), 한국건설생활환경 시험연구원(KCL), 부산대지진방재연구센터, 한국기계 연구원(KIMM), 기타 공인내진시험연구기관 등
- 관련 내진제품의 KOLAS인증과 내진시험기준 적용 확인

- 4) 제품인증은 내진설계 구조안전성 신뢰성 확보를 위해 지진관련 진단·인증기관의 인증을 통해 구조안전성과 공인시험연구기관에서 확인된 성능, 제품 품질인증을 인증기관의 업무수행 절차에 따라 심의해 인정한

제품을 설치할 수 있다.

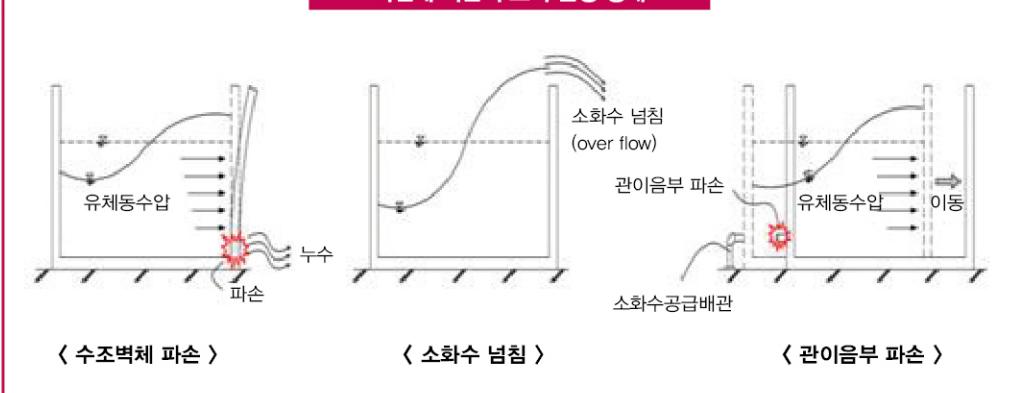
- 5) 수조 등을 공인시험연구기관에서 시험하기 어려운 경우 제품인증 경험과 기술력을 가진 비영리지진관련기관의 제3자 설계검증이나 설계인증된 제품을 설치할 수 있다.**
- 나. 내진관련 전문가(소방기술사 또는 건축구조기술사)를 갖춘 지진관련 진단·인증기관(행안부 등 국가지정 기관)을 통해 수조의 내진성능 확인할 수 있다.**
- 다. 수조의 설계인증(검증)은 지진관련 인증기관의 업무수행 절차서에 따라 실시할 수 있다.**
  - 1) 설계의 해석적 검증을 수행한 경우에는 국내·외 실정을 고려하여 소방기술사와 건축구조기술사 및 소음진동기술사가 포함되어 검토할 수 있다.**
  - 2) 국내·외 지진관련 인증기관의 인증(검증)절차서에 따라 수조의 구조계산서, 시뮬레이션 및 모의지진시험 결과 등을 종합적으로 검토하여 적정성과 적합성을 인증(검증)한 경우 수조 내진설계 성능을 확인할 수 있다.**
  - 3) 지진관련 인증기관의 업무수행 절차에 따라 보고서에는 소방시설의 내진설계가 포함된 구조계산서, 시뮬레이션 또는 모의지진시험 등 구조안전성의 적정성과 적합성 포함되어야 한다.**
- 라. 수조가 내진관련 인증기관에서 제품 인증받은 경우는 인증 범위(Listed)내에서 설치할 수 있다.**
- 마. 수조의 해석적 검증과 실험을 통한 내진제품은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.**
- 바. 수조는 소방시설설계업 등록업체에서 소방시설과의 적정성과 적합성을 확인하여 날인 후 현장에 설치하여야 한다.**
- 사. 현장에서 수조 내진설계 변경 절차는 가항에서 바항까지 다시 수행한다.**
- 아. 수조의 흡입 및 토풀출 측 Flange의 성능은 다음 내용과 같다.**
  - 1) 수조의 배관용 Flange는 스프링클러설비 화재안전기준(NFSC 103) 제8조1항(배관)의 기준에 따라 내진 성능이 있는 배관이음식으로 설치하여야 한다.**
  - 2) 수조의 흡입 및 토풀출 측 Flange는 건설기술진흥법 제44조제1항의 규정에 따른 건축기계설비공사 표준설명서에 따르고, 내진설계 된 성능확인 후 설치할 수 있다.**
  - 3) 수조의 Flange을 신규로 제품인증 받고자 하는 경우는 위의 1), 2)항을 만족한 제품인증을 받아야 사용할 수 있다. 또한, 내진제품은 “이 해설서의 제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.**

#### 4. 동적해석에 의해 슬러싱(충격성분) 등이 고려된 경우

- ㄱ. 수조에 다양한 재질, 형상의 제품이 소방용 수조로 활용되고 있으므로, 각 수조의 특성을 고려한 동적거동을 고려하여 수평지진력(등가정적하중)으로 설계하여야 한다.**
- ㄴ. 지진 발생 시 수조의 파손은 세 가지 원인에 의해 발생할 수 있다.**
  - 1) 수조 내 담겨있는 소화용수의 슬로싱 및 하부 유체유동 현상 등을 고려하여 기준 이상의 과도한 하중이 작용하여 수조가 파손되거나**
  - 2) 소화수의 과도한 유동으로 소화수가 넘치거나**
  - 3) 수조 하부의 고정이 견고하지 못하여 수조가 이탈하여 연결배관이 손상되는 것이다.**
- ㄷ. 수조의 내진 구조계산서에 동적거동에 대한 하중 계산이 포함되어 수조의 내외부의 하중, 충격에 견딜 수 있도록 한다.**

- 라.** 이 기준에서는 수조를 등가정적하중이나 동적해석 등에 의해 설계하도록 하였다.
- 마.** 방파판은 슬로싱 현상 및 하부 유체유동 현상을 저감하기 위한 장치로 수조에 작용하는 내외부의 응력을 분산시키는 효과를 구조계산서에 반영하도록 하고 있다. 즉, 방파판 설치의 목적은 콘크리트 또는 FRP 재질 등의 수조에 대한 슬로싱 및 하부 유체유동 현상을 저감하기 위한 조치의 일부이다. 방파판을 설치하는 경우에는 방파판 및 연결부 고정 상태를 구조계산(해석)서에 포함하여야 한다.

지진에 의한 수조의 손상 형태



## 5. 슬로싱 및 하부 유체유동 현상

- 가.** 슬로싱 및 하부유체 유동 현상이란 지진과 같은 동적하중이 유체를 보관하고 있는 수조와 같은 구조물에 작용하면, 내부 유체 수면이 출렁거리면서 물이 담겨있는 용기의 경계(수조, 벽체, 덮개 등)에 동수압을 발생시키는 현상을 말한다.
- 나.** 수조에 동수압이 작용하는 경우에는 수조의 벽체가 파손되거나 수조 자체의 이동이 발생할 수 있어 내부 소방용수가 유실될 수 있다.
- 다.** 슬로싱(Sloshing)은 용기 내의 액체가 외부에서 비교적 긴 주기의 진동에 의해 요동한다. 액체의 고유 진동수와 지진에 의한 진동이 일치할 때 큰 요동을 일으킨다. 이 요동에 의해 액체가 용기에서 넘치거나 용기의 뚜껑 등의 상단을 손상시킬 수 있다.
- 라.** 하부 유체유동은 측판과 액체와 접하고 진동하는 유체와 구조부재의 상관관계에 의한 진동이다. 측판은 탄성체로 변형하면서 진동을 발생하는 현상으로 용기를 탄성체로 취급한다. 이로 인해 용기 하부 특히 모서리 접합부(우각부)의 파손이 발생한다.

## 수조 내 유체의 슬로싱 현상



천장 panel 피해



상부 panel 피해



측면 상부와 상부 panel

- 정적상태에서 유체를 보관하는 수조의 벽체에는 정수압만이 작용하게 되나, 동적 상태에서는 위 그림과 같은 동적하중효과가 추가적으로 발생하게 된다. 그러므로 지진 발생 시에는 이러한 유체의 슬로싱 및 하부 유체유동 현상을 고려한 계산(해석)을 통하여 설계하여야 한다. 이 기준이 최초 제정될 당시에는 국내에서 수조에 대한 동적해석 및 내진설계 기술을 확보한 제조사, 설계사가 많지 않았기 때문에 수조 내부에 방파판을 설치하는 상세를 제공하는 방법으로 지진 안전성을 확보하는 방안을 제시하였으나, 최근 제조사들의 내진제품 생산기술 및 설계기술력이 향상됨에 따라 보다 정밀한 방법으로 수조의 내진성능을 검증하기 위하여 동적해석법을 이용한 내진해석을 요구하는 것이다.

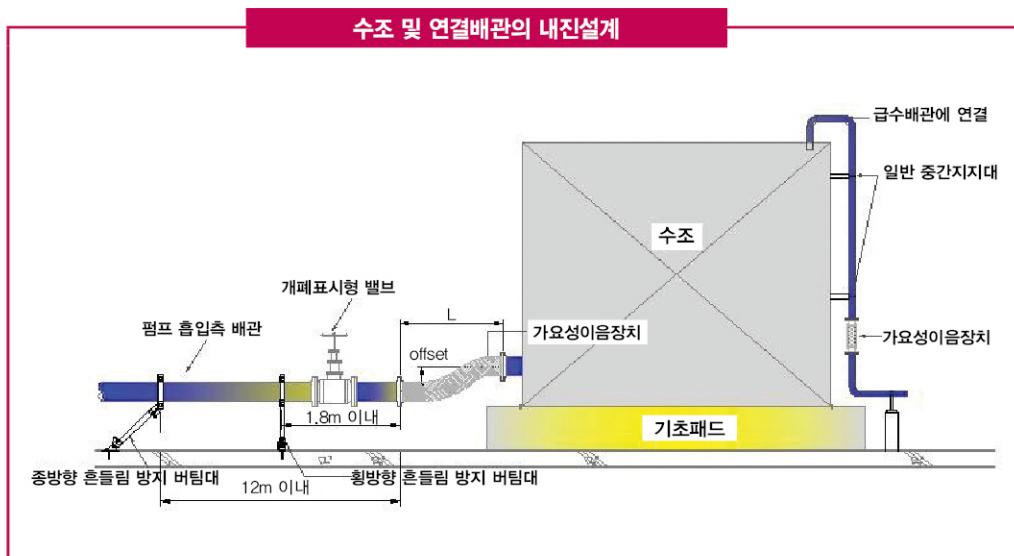
## 수조 내 하부 유체요동 현상의 피해

측면 용접부의 피해  
(측면 panel를 절곡 가공하여 단면적을 증가 시킨 구조)내부용접 보강구조  
(하부 유체 유동에 의하여 내부보강구조의 반복적인 인장과 좌굴에 의하여 피해)Panel의 용접부분 및  
볼트 결합부분  
(강도 약화로 길게 파괴됨)

- 수조의 구조설계 시 보완대책으로 바닥 및 벽체에 연결하여 방파판 등을 설치하거나 하부의 강판을 보강 또는 보완, 외력의 분산 등 방법이 있는데 이는 선행적으로 구조안전성 검토가 이루어져야 한다.

## 6. 수조의 설치

- 가.** 수조가 건축물 콘크리트 구조와 일체인 경우 소화용수를 고려하여 구조계산(해석)을 실시하고, 수조의 구조안전성을 확인하여야 한다. 단, 건축구조설계에서 구조체와 수조를 같이 구조 설계한 경우 소방시설설계업체는 건축주나 건축 구조설계에서 구조안전성확인서류를 제출 받아 확인하여야 한다.
- 나.** 건물과 일체로 탑설되지 않는 일반적인 소화수조는 수조본체, 패드, 구조체와 각 연결부를 국내·외 내진설계기준에 구조계산(해석)으로 내진설계에 반영하고, 충분한 강도를 갖도록 고정장치로 정착하여 이동 및 전도방지 등 성능을 확인하여야 한다.
- 다.** 소방시설설계업 등록업체는 내진설계가 반영된 구조계산(해석)서의 결과를 검토하여 수조가 이동, 전도, 손상과 과도한 변위가 없는지 검토 후 소방시설과의 적정성과 적합성을 검토하여 소방시설의 설계에 반영하여야 한다.
- 라.** 바닥 등에 고정하는 앵커볼트는 “건축물 내진설계기준” 비구조요소의 정착부의 기준에 따라 모의지진시험을 한 제품의 제품인증 보고서의 앵커볼트 간격, 모서리 거리, 콘크리트 강도 등 주의사항을 고려하여 내진계산서를 제출한다.
- 마.** 일반적인 수조의 내진설계 예는 다음 그림과 같다.



- 비.** 수조는 누수확인 및 유지보수 관리 목적으로 패드를 설치하는 경우 연결부 고정부 상태와 역학적인 구조안전성을 확인하여야 한다.
- 1) 수조는 설치면의 경사로 인해 설계된 무게분포와 접촉면의 불균형 등이 동적거동에 의해 벗어나지 않도록 수평하게 설치하여야 한다.
  - 2) 수조와 기초콘크리트 패드의 연결부 또는 건식패드의 연결부의 설치 및 고정상태를 확인하여 구조계산(해석)한다.
  - 3) 수조에 면진장치를 사용하는 경우는 동적거동을 포함하여 내진에 관한 동적해석으로 내진설계 되어야 한다.
    - 가) 국내·외 내진설계 시험방법 기준으로 성능이 확인된 경우에도 설치가 가능하다.
    - 나) 이 경우에도 수조와 면진장치 연결부 또는 면진장치와 구조체 연결부의 설치 및 고정상태가 확인된 구조계산(해석)에 포함하여야 한다.

## 7. 수조의 국내·외 내진설계 기준과 해석 등

**가.** 국내 · 외적으로 수조의 동적거동을 해석하기 위한 기준은 다양하게 제시되어 있으나, 국제적으로 통용되고 신뢰성이 있는 것으로 알려진 기준은 다음과 같다.

- 1) KS B 6283, 액체저장탱크의 내풍압 및 내진에 대한 설계요건
- 2) ACI 350.3, Seismic Design of Liquid- Containing Concrete Structures and Commentary
- 3) AWWA D100, Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage
- 4) AWWA D121, Bolted Aboveground Thermosetting Fiberglass –Reinforced Plastic Panel-Type Tanks for Water Storage
- 5) FRP 水槽 構造設計計算法
- 6) API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage
- 7) ASCE 7, IBC, Eurocode 8, NZSEE 등 설계기준

**나.** 수조의 설계법은 등가정적해석법 또는 동적해석법에 의해서 수행이 가능하며, 등가정적해석법 및 응답스펙트럼해석법에 대해서는 부록의 예제를 참고할 수 있다.

## 8. 수조 앵커볼트의 적용

**가.** 수조와 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6 항”的 앵커볼트에 따른다.

**제5조(가압송수장치)** ① 가압송수장치에 방진장치가 있어 앵커볼트로 지지 및 고정할 수 없는 경우에는 다음 각 호의 기준에 따라 내진스토퍼 등을 설치하여야 한다. 다만, 방진장치에 이 기준에 따른 내진성능이 있는 경우는 제외한다.

1. 정상운전에 지장이 없도록 내진스토퍼와 본체 사이에 최소 3mm이상 이격하여 설치한다.
2. 내진스토퍼는 제조사에서 제시한 허용하중이 제3조의2제2항에 따른 지진하중 이상을 견딜 수 있는 것으로 설치하여야 한다. 단, 내진스토퍼와 본체사이의 이격거리가 6mm를 초과한 경우에는 수평지진하중의 2배 이상을 견딜 수 있는 것으로 설치하여야 한다.
- ② 가압송수장치의 흡입측 및 토출측에는 지진 시 상대변위를 고려하여 가요성이음장치를 설치하여야 한다.

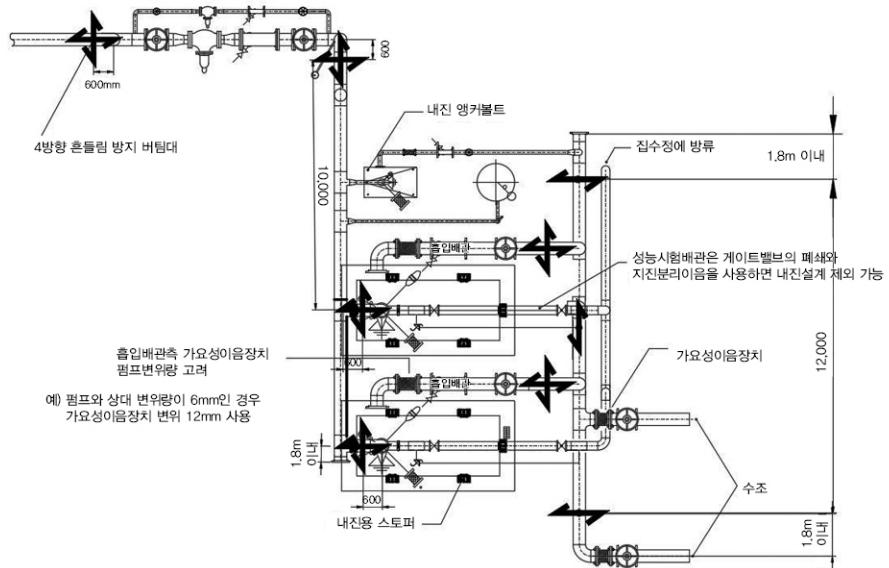
## • 해설 •

### 1. 가압송수장치의 내진설계의 개념

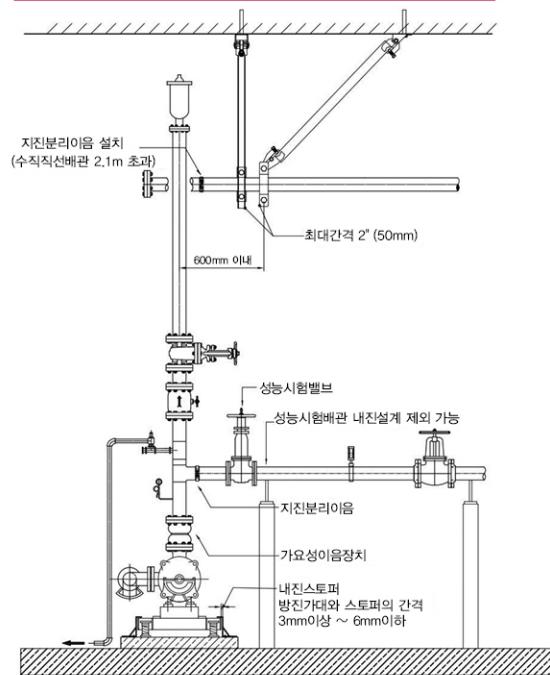
- 가.** 가압송수장치는 소화용수를 화재가 발생한 장소까지 공급하는 장치로서 전동기 또는 내연기관 펌프 및 모터 등으로 구성된다. 화재안전기준상 전동장치에 의한 펌프를 주펌프로 정하고 있으므로 가압송수장치뿐 아니라 제어설비 등도 함께 내진설계가 되어야 한다.
- 나.** 가압송수장치는 지진 발생 시 고정용 볼트에 과도한 하중이 작용하여 인발 또는 전단파괴가 발생할 가능성이 있다. 이 기준에서는 제3조의2제2항(지진하중)에서 “가압송수장치 지진에 의한 가압송수장치의 수평방향 등가정적하중( $F_p$ )은 “건축물 내진설계기준”의 수평설계지진력에 따르고 허용응력설계법으로도 환산하여 적용할 수 있다.
- 다.** 가압송수장치는 전도방지와 기능유지를 목적으로 화재장소까지 소화용수를 공급할 수 있도록 해야 한다.
- 라.** 가압송수장치의 압력챔버식은 지진하중에 본체 및 다리부분, 연결부가 파손 및 변형이 없도록 하고 이동, 전도가 되지 않도록 고정하여 구조안전성을 확인하여야 한다.

### 펌프 주위의 내진설계 2

1. 감압밸브를 가대에 고정하는 경우는 가대는 지진에 견딜 수 있도록 내진설계 필요



### 펌프 주위의 내진설계 1



## 2. 펌프의 가동중량의 산정

- 가.** 펌프의 중량은 펌프(본체, 프레임), 모터(본체, 프레임), 방진장치(충전된 콘크리트와 철근 포함), 1, 2차 배관(플렉시블 이전까지), 펌프와 배관에 충수된 물의 무게, 기타 프레임 위쪽 장치물의 무게로 계산하며, 가동중량은 상기 중량을 포함한 작동상태를 고려한 중량으로 표현하고 안전율 1.2를 고려해야 한다.
- 나.** 엔진펌프의 경우 연료탱크와 연료공급배관, 비상발전기의 연료탱크 등에도 지진 발생 시 전도되지 않도록 구조부재에 고정하고, 연료공급 배관에는 가요성이음장치를 설치하여야 한다. 다만, 일체형인 경우는 예외로 한다.
- 다.** 가압송수장치는 흡입측 및 토출측에 지진 발생 시 소화배관과의 상대변위를 고려하여 가요성이음장치를 설치하여 배관과 함께 보호되어야 한다.

## 3. 펌프의 내진설계

- 가.** 이 기준에서 제5조(가압송수장치)제1항에 따라 일반형과 입형펌프를 구조체의 바닥에 직접 앵커볼트로 설치할 수 있다.
- 나.** 일반형과 입형펌프를 프레임(받침대) 위에 설치한 경우는 가대와 펌프의 연결 등을 고려하여 구조안전성을 검토하여 설치하여야 한다.
- 1)** 구조안전성 검토는 구조계산과 성능이 포함되어야 한다.
  - 2)** 구조안전성 검토는 소방시설설계업 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 구조안전성 확인하고, 성능은 공인시험연구기관의 시험성적서를 확인하여 설치한다.
  - 3)** 입형 펌프에 프레임이 없이 바닥에 직접 설치하는 경우는 장비의 앵커 설치지점의 반력을 고려한 앵커볼트의 내진설계 적정성이 평가된 계산서를 제출하여 설치할 수 있다.
- 다.** 가대에 방진장치를 설치하는 경우는 이동, 전도를 방지할 수 있는 스토퍼 등으로 설치하여 구조안전성을 검토하여야 한다.
- 라.** 앵커볼트를 바닥에 설치하는 경우도 이 기준의 제3조의2제2항(지진하중)과 제3조의2제3항에 따라 구조안전성을 검토하여 설치한다.

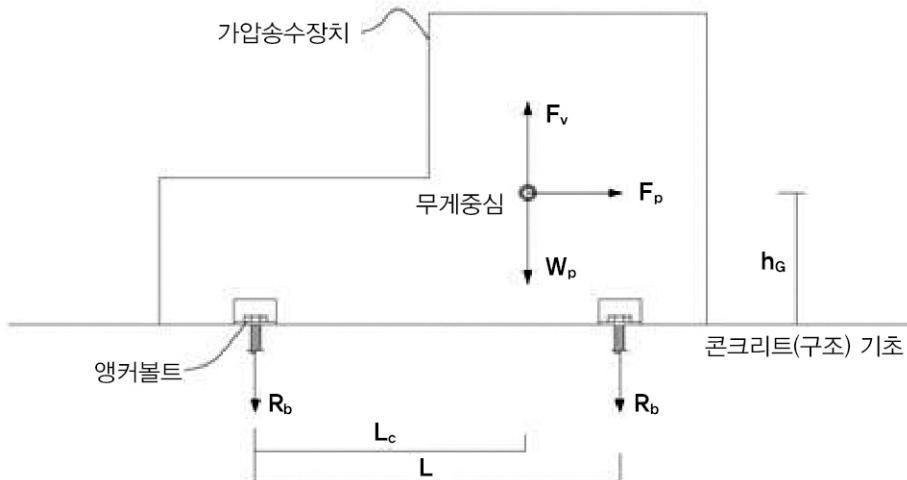
## 4. 가압송수장치의 앵커볼트 사용기준

- 가.** 앵커볼트를 바닥에 설치하는 경우는 제3조의2제2항(지진하중) 기준 및 제3조의2제3항(앵커볼트) 해설의 앵커볼트 적용에 대한 사항에 따른다.
- 나.** 정착부의 반력을 한쪽으로 쓸리는 편심과 모멘트의 영향을 고려하여 정한다.

### [ 스토퍼와 앵커볼트 성능확인 ]

- 가. 구조계산(해석)서는 앵커에 작용하는 하중 및 응력, 변위, 변형 및 반력등 산정결과를 포함하여야 한다.
- 나. 앵커볼트는 사전인증보고서(ESR 등), 모의지진시험 평가 및 내진설계 적정성을 검토한다.
- 다. 앵커볼트 선정 시 추가 고려할 사항은 근입깊이, 연단거리, 볼트의 간격, 콘크리트강도, 슬라브 두께 등이 있다.
- 라. 공인시험연구기관의 성능확인과 인증기관의 제품인증(인정)을 확인한다.
- 마. 앵커볼트와 스토퍼의 HOLE의 틈새는 제조사의 보고서(ESR 등)에 따라 제시값 이하로 설치한다.

### 가압송수장치 앵커볼트 작용력 산정



$$R_b = \frac{F_p \cdot h_G - (W_p \times 0.9 - F_v) \cdot l_c}{l \cdot n_T}, Q = \frac{F_p}{n}$$

여기서,  $Q$ 는 볼트 1개당 발생하는 전단력

$R_b$ 는 볼트 1개당 발생하는 인장력

$n$ 는 볼트의 수량,  $n_T$ 는 인장을 받는 볼트의 수량( $n/2$ )

$Fv$ 는 수직방향 지진력 : 수평방향 지진력의  $Fv = 0.2 S_{DS} W_p$

## 5. 내진용 스토퍼 설치

- ㄱ.** 가압송수장치(일반형, 입형등)에 방진을 위한 스프링 및 스프링 댐퍼장치가 설치(방진장치라 한다)된 경우에는 지진 발생 시 응답증폭에 따른 가압송수장치의 전도, 이동을 방지하기 위한 내진용 스토퍼(방진장치에 내진 성능이 확인된 내진시스템 포함) 등이 반드시 설치되어야 하며, 이는 국내 · 외 내진설계기준을 적용하여 이동과 전도가 되지 않도록 구조계산(해석) 등을 통해 내진설계를 한다.
- ㄴ.** 내진용 스토퍼는 본체와의 간격을 최소한 3mm 이상에서 6mm 이하를 유지하여 정상운전 중에 접촉하지 않는 간격이 되도록 내진 스토퍼 등을 설치한다. 단, “건축물 내진설계기준”의 표에 지진설계계수의 적용 조건이 필수 사항으로 간격이 6mm 초과하여 스토퍼가 충격을 받는 경우 수평지진하중( $F_p$ )을 2배로 계산하여야 한다.
- ㄷ.** 충격을 감소시키기 위해 내진스토퍼 측면에 네오플렌 6mm 이상 부착시켜 내진스토퍼와 펌프의 충격하중 완화를 권장하며, 이 경우 네오플렌 끝단에서 이격거리를 유지한다.

## 가압송수장치 방진가대용 내진스토퍼 예

**6. 내진용 스토퍼의 사용확인**

- 가.** 내진용 스토퍼 등을 설계하기 위해서는 가압송수장치에 작용되는 수평가속도와 가동중량, 방진장치의 특성을 고려한 구조계산(해석)을 수행해야 하며, 그 결과로 내진 스토퍼 등의 규격 및 고정방법을 결정하여야 한다.
- 나.** 스토퍼는 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

**7. 연결용 일반볼트와 용접 고정방법**

- 가.** 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.
- 나.** 제품인증 외의 일반볼트나 연결부의 부속품 등은 국내 · 외에서 인증받은 제품에 안전율을 고려한 하중저항계수 (한계상태)설계법이나 허용응력설계법에 의해 설계한다.
- 다.** 용접 등 기타 접합방법은 현장에서 비파괴검사, 제시한 효율검사와 국토교통부의 표준시방서 KCS 14 31 20(2019) 용접 절차에 따라 실시한다.

**8. 철구조물의 형태에 따라 건축물부착장치 고정방법**

- 가.** 강재로 제작된 구조물의 형태는 다양하여 현재의 건축물부착장치로 직접 고정하기 어려운 경우는 건축구조기술사의 확인을 받아 철구조물에 수평지진하중을 견디는 브라켓을 사용하여 볼트나 용접 등을 통해 고정하고, 건축물부착장치를 설치할 수 있다. (브라켓의 강도계산서 제출포함)
- 나.** 파이프인 경우는 인증받은 해당 흔들림 방지 버팀대의 파이프용 조임틀(파이프 클램프)을 사용할 수 있다.
- 다.** 흔들림 방지 버팀대 설치로 인한 철 구조물에 구멍, 용접 등의 단면손상에 대한 문제는 NFPA 13 (2019, 18.4.10/18.4.12(17.1.7.3) 참조로 하여 개구를 형성하거나, 건축구조설계의 개구부로 인한 구조체의 내력에 영향을 주지 않는다는 기술사 개설등록된 건축구조기술사의 확인을 받아야 한다.
- 라.** 강재로 제작된 구조물에 직접 취부되는 볼트를 사용하여 건축물 부착장치를 설치할 경우는 취부되는 볼트의 인장강도 및 전단강도에 대한 국내 · 외 시험기준에 따라 인증을 받거나 성능확인된 연결볼트를 사용하여야 한다.

**9. 내진 스토퍼 앵커볼트의 적용**

- 가.** 내진 스토퍼와 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.

### 제6조(배관) ① 배관은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 건물 구조부재간의 상대변위에 의한 배관의 응력을 최소화하기 위하여 지진분리이음 또는 지진분리장치를 사용하거나 이격거리를 유지하여야 한다.
2. 건축물 지진분리이음 설치위치 및 건축물 간의 연결배관 중 지상노출 배관이 건축물로 인입되는 위치의 배관에는 관경에 관계없이 지진분리장치를 설치하여야 한다.
3. 천장과 일체 거동을 하는 부분에 배관이 지지되어 있을 경우 배관을 단단히 고정시키기 위해 흔들림 방지 버팀대를 사용하여야 한다.
4. 배관의 흔들림을 방지하기 위하여 흔들림 방지 버팀대를 사용하여야 한다.
5. 흔들림 방지 버팀대와 그 고정장치는 소화설비의 동작 및 살수를 방해하지 않아야 한다.
6. 삭제

### ② 배관의 수평지진하중은 다음 각 호의 기준에 따라 계산하여야 한다.

1. 흔들림 방지 버팀대의 수평지진하중 산정 시 배관의 중량은 가동중량( $W_p$ )으로 산정한다.
2. 흔들림 방지 버팀대에 작용하는 수평지진하중은 제3조의2제2항제3호에 따라 산정한다.
3. 수평지진하중( $F_{pw}$ )은 배관의 횡방향과 종방향에 각각 적용되어야 한다.
- ③ 벽, 바닥 또는 기초를 관통하는 배관 주위에는 다음 각 호의 기준에 따라 이격거리를 확보하여야 한다.  
다만, 벽, 바닥 또는 기초의 각 면에서 300mm 이내에 지진분리이음을 설치하거나 내화성능이 요구되지 않는 석고보드나 이와 유사한 부서지기 쉬운 부재를 관통하는 배관은 그러하지 아니하다.
  1. 관통구 및 배관 슬리브의 호칭구경은 배관의 호칭구경이 25mm 내지 100mm 미만인 경우 배관의 호칭구경보다 50mm 이상, 배관의 호칭구경이 100mm 이상인 경우에는 배관의 호칭구경보다 100mm 이상 커야 한다. 다만, 배관의 호칭구경이 50mm 이하인 경우에는 배관의 호칭구경 보다 50mm 미만의 더 큰 관통구 및 배관 슬리브를 설치할 수 있다.
  2. 방화구획을 관통하는 배관의 틈새는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제14조제2항에 따라 인정된 내화충전구조 종 신축성이 있는 것으로 메워야 한다.
- ④ 소방시설의 배관과 연결된 타 설비배관을 포함한 수평지진하중은 제2항의 기준에 따라 결정하여야 한다.

## • 해설 •

### 1. 소화배관 내진설계의 개요

- 가.** 소화배관의 내진설계 목적은 지진에 의한 배관의 응력발생 및 건물 구조부재 및 각종 부착물들의 상대적인 움직임으로 인한 소화배관 계통의 파손을 방지하는 것이다.
- 나.** 지진 발생 시 건물의 상대적인 움직임, 예컨대 건축물의 층간 변위 발생은 배관을 지지하는 양 끝단에서 상대적인 변위를 발생시키고 이로 인해 배관계통 구성요소 자체에 변형 및 손상이 발생할 수 있다. 또한, 배관의 요동으로 인해 인접한 구성요소와의 접촉을 통한 파손이 발생할 수 있다.
- 다.** 이 기준에서는 이러한 배관의 손상을 방지하기 위해서 변형이 자유로운 신축 배관(지진분리이음, 지진분리장치,

가요성이음장치)을 사용하여 발생할 수 있는 변위를 흡수하거나, 흔들림 방지 버팀대를 사용하여 배관과 구조물을 일체화하여 거동하도록 함으로써 구조물의 상대변위 발생에 따른 충돌과 그에 따른 손상을 예방하도록 한다.

- 라.** 일반적으로 배관계통의 내진 안전성을 상세히 검토하기 위해서는 건축물 내부에 설치된 전체 배관계통에 대한 해석모델을 구축하고 건축 구조물과의 상관관계를 고려한 복잡한 해석이 요구된다. 그러나 이러한 노력은 경제적이나 시간적으로 비효율적이다. 그러므로 이 기준에서는 배관과 구조물이 일체화되어 거동하게 하고 구조물의 상대적인 변형이 발생하여 배관에 영향을 줄 수 있는 위치에 자진분리이음 및 자진분리장치 및 가요성이음장치를 설치도록 함으로써 해당 구간별 단순화된 해석이 가능하도록 한 것이다.

## 2. 배관의 수평지진하중

- ㄱ.** 소화배관에 작용하는 수평지진하중은 배관의 종방향과 횡방향에 각각 적용되어야 한다. 여기서 종방향이란 배관의 진행방향을 의미하며, 횡방향이란 배관의 진행방향과 수직한 방향을 의미한다. 즉, 지진 발생 시 배관 내에 물이 가득찬 상태로 해당 층의 평면상 전후, 좌우 방향으로 움직이는 힘에 대해 고려해야 한다는 것이다.
- ㄴ.** 배관의 흔들림을 방지하기 위한 흔들림 방지 버팀대는 살수장애가 발생하지 않도록 설치하여야 하며 살수장애가 발생하는 구조일 경우 소화설비를 추가 설치하여 방지하여야 한다.
- ㄷ.** “건축물 내진설계기준”의 지진하중을 소방시설의 수평지진하중에 구조해석법(등가정적해석법, 동적해석법, 탄성기반의 해석 등)을 적용할 수 있으며, 상세한 내용은 이 기준의 해설서에 따른다.
- 라.** 등가정적해석에서 수평지진하중은 “건축물 내진설계기준”的 수평설계하중(설계지진력) 및 변위를 따르고, 증폭계수, 반응수정계수, 중요도계수 등을 적용한다. 단, 수직설계하중(설계지진력)은 “건축물 내진설계기준”에 따라  $Fv = \pm 0.2 S_{DS} W_p$  으로 산정한다.
- 마.** 또한, 이 기준의 제3조의2제2항4호에 따라 배관의 수직설계하중은 수평설계지진력이  $0.5 W_p$  를 초과하고, 버팀대의 각도가 수직으로 45도 미만인 경우 또는 수평설계지진력이  $1.0 W_p$  를 초과하고 버팀대의 각도가 수직으로부터 60도 미만인 경우에 고려하여야 한다.

## 3. 배관의 수평지진하중의 산정

- ㄱ.** 지진에 의한 소화배관의 수평지진하중( $Fpw$ )은 허용응력설계법에 따라 다음과 같이 산정한다.

- 1) 관계식에 따른 계산으로  $Fpw = Cp \times W_p$  을 따른다.

$Fpw$ : 수평지진하중

$W_p$ : 가동중량 ( $W_p = W(\text{중량}) \times 1.15$ )

$Cp$ : 지진계수(별표 1에 따라 선정한다)

- 2) “건축물 내진설계기준” 비구조요소 설계지진력 및 변위에 따라 하중저항계수(한계상태)설계법으로 제시된 값에 의한 경우에는 그 값에 0.7을 곱하여 허용응력설계법의 수평지진하중( $Fpw$ )으로 산정한다.

## 4. 자진동에 따른 배관 보호 조치

- ㄱ.** 지진 발생 시 소화배관의 요동으로 인해 인접한 건축구조요소 및 공기조화설비, 수계배관 등 기타 비구조요소와의 충돌이 발생할 수 있으며, 이에 따른 배관의 누수가 예상된다. 그러므로 소화배관을 설치하는 경우에는 인접한 구성요소와의 충돌을 방지하기 위한 충분한 거리를 확보하여야 한다.

- 나.** 건축물의 구조적 특성상 일부 소화배관은 벽체, 바닥 또는 기초를 통과해야 하는 경우가 있으므로, 이 기준에서는 이러한 배관에 대해서 충분한 이격거리나 유연성을 확보하도록 의무화하고 있다.
- 다.** 소화배관은 일반적으로 강재로 제작되며, 내부 수압에 견디기 위하여 일정 강성을 확보하고 있다. 그러므로 구조요소를 관통하는 배관이 요동하여 충돌이 발생할 경우라도 충돌 대상이 비교적 유연하고 약하다면 소화배관에 손상을 발생시키지 않을 것이다.
- 라.** 또한, 벽체와 바닥 또는 기초를 관통하는 배관이 구조물과 충돌 가능성이 있더라도 인접한 위치에 지진분리이음, 지진분리장치, 가요성이음장치가 설치되어 배관의 유연성이 확보된다면 충돌에 따른 영향이 크지 않을 것이다. 그러므로 이러한 경우에는 이격거리를 확보하지 않아도 된다.

## 5. 벽 등 관통부의 이격거리

- ㄱ.** 배관에 손상 및 변형을 주지 않는 부재는 배관의 수평지진하중을 받아 부서지는 부재를 말한다. 즉, 흔들림 방지 버팀대의 최소정격하중 이하에서 부서져야 한다.
- ㄴ.** 성능확인은 하중시험기로 배관에 수평지진하중을 가해 부재(부서지기 쉬운)가 부서지는 하중 값을 공인시험연구기관을 통해 성능을 확인할 수 있다. 단, 배관의 허용응력과 흔들림 방지 버팀대의 허용변위를 넘어서는 안 된다.
- ㄷ.** 관통부에 내화성능이 요구되는 위치는 화재, 연기 등으로부터 침투를 방지하고 구획 재료가 파손되지 않도록 보호조치가 필요하며, 벽면 양쪽 배관에 지진분리이음 등으로 설치하여 유연성을 확보하여야 한다.
- 라.** 배관이 벽 등 관통부를 통과하는 경우는 다음과 같이 이격거리를 적용한다.
- 1) 관통부의 깊이와 관계없이 이격거리를 적용한다.
  - 2) 관통부에서 이격거리에 적용하는 슬리브 규격(크기)
    - 가) 배관의 호칭구경이 25~100mm 미만인 경우  
배관 호칭 구경보다 50mm 이상인 슬리브 호칭구경으로 설치한다.
    - 나) 배관의 호칭구경이 100mm 이상의 경우  
배관의 호칭구경보다 100mm 이상의 슬리브 호칭구경으로 설치한다.
  - 3) 2)항의 이격거리보다 작은 경우는 벽 등 관통부 양쪽면에서 300mm 이내 배관에 지진분리이음을 설치한다.
  - 4) 배관구경과 슬리브간의 실제 공간거리에 따라서 이격거리를 적용할 수도 있다.
  - 5) 배관구경과 슬리브간의 호칭구경과 실제 공간거리에 따른 이격거리는 지진분리이음, 베팅대의 설치 관련 자료는 별표 6을 참조한다.
- 마.** 배관이 보, 벽면 등을 관통하는 구멍은 건축구조체의 단면 손실이 발생하지 않도록 NFPA 13(2019, 18.4.10/18.4.12(17.1.7.3)에서의 보 관통부를 참조하여 건축구조의 단면 손실 피해를 최소화 할 수 있으며 구조부재에 관통부를 제작하기 전에 해당 건축구조기술사에게 문의하거나 제조업체의 가이드 라인을 검토한다.
- 바.** 배관과 슬리브 이격거리가 규정을 만족한 경우의 설치방법
  - 1) 보온재나 내화충전구조가 단단한 물질로 설치하여 배관의 유연성에 영향을 주는 경우에는 배관에 변형이 일어나지 않도록 탄성이 크거나 부피 감소가 많은 물질로 배관의 유연성에 영향을 주지 않아야 한다.
  - 2) 신축이 되지 않는 단단한 물질로 충전하는 경우는 규정된 이격거리에 물질의 두께만큼 이격거리를 증가시켜 설치한다.

3) 2)항의 이격거리가 만족하지 못하면 지진분리이음을 설치한다.

- 사.** 발코니의 벽면에 신축배관의 가지배관 말단 헤드와 이격거리 또는 지진분리이음의 설치는 지진 발생 시 구조벽체 및 비구조벽체 등의 흔들림으로 인한 배관류의 파손방지가 목적이므로 가지배관에서 헤드 사이에 신축배관을 사용하는 경우 그 목적의 유연성이 있으므로 이격거리를 대체할 수 있다.
- 아.** 소화배관은 건축물의 구조부재 또는 구조 안전성이 확인된 비구조부재에 고정되어야 한다. 소화배관의 고정에는 다양한 방법이 있으나 신뢰성이 입증된 방안을 적용하여야 할 것이다.
- 자.** 구조체가 현장타설(강도 확인어려운 경우)등 환경조건에 영향을 받는 경우 이 기준의 “제3조2제4항과 해설 6 행(앵커볼트의 적용)마”를 참고하여 설치한다.

## 6. 배관 내진제품의 사용확인

- ㄱ.** 흔들림 방지 버팀대, 지진분리이음, 지진분리장치 등은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

## 7. 배관 지지용 앵커볼트의 적용

- ㄱ.** 배관의 흔들림 방지 버팀대, 지진분리장치, 기타 지지대 등을 구조체에 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3 조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”的 앵커볼트에 따른다.

**제7조(지진분리이음)** ① 배관의 변형을 최소화하고 소화설비 주요 부품 사이의 유연성을 증가시킬 필요가 있는 위치에 설치하여야 한다.

② 구경 65mm 이상의 배관에는 지진분리이음을 다음 각 호의 위치에 설치하여야 한다.

1. 모든 수직직선배관은 상부 및 하부의 단부로 부터 0.6m 이내에 설치하여야 한다. 다만, 길이가 0.9m 미만인 수직직선배관은 지진분리이음을 설치하지 아니할 수 있으며, 0.9m ~ 2.1m 사이의 수직직선배관은 하나의 지진분리이음을 설치할 수 있다.
  2. 제6조제3항 본문의 단서에도 불구하고 2층 이상의 건물인 경우 각 층의 바닥으로부터 0.3m, 천장으로부터 0.6m 이내에 설치하여야 한다.
  3. 수직직선배관에서 티분기된 수평배관 분기지점이 천장 아래 설치된 지진분리이음보다 아래에 위치한 경우 분기된 수평배관에 지진분리이음을 다음 각 목의 기준에 적합하게 설치하여야 한다.
    - 가. 티분기 수평직선배관으로부터 0.6m 이내에 지진분리이음을 설치한다.
    - 나. 티분기 수평직선배관 이후 2차측에 수직직선배관이 설치된 경우 1차측 수직직선배관의 지진분리이음 위치와 동일선상에 지진분리이음을 설치하고, 티분기 수평직선배관의 길이가 0.6m 이하인 경우에는 그 티분기된 수평직선배관에 가도록 따른 지진분리이음을 설치하지 아니한다.
  4. 수직직선배관에 중간 지지부가 있는 경우에는 지지부로부터 0.6m 이내의 윗부분 및 아랫부분에 설치해야 한다.
- ③ 제6조제3항제1호에 따른 이격거리 규정을 만족하는 경우에는 지진분리이음을 설치하지 아니할 수 있다.

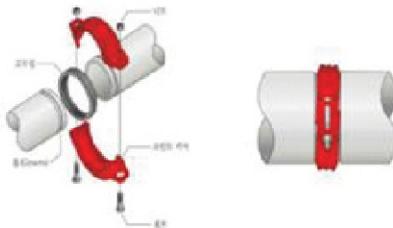
## • 해설 •

### 1. 지진분리이음의 역할 등

**ㄱ.** 지진분리이음의 설치는 배관의 지지부(Support), 배관의 수직부에서 수평부로 방향전환, 관통부의 이격 거리 미만, 매립(고정물)배관 연결부 등 상대변위나 각도 변형이 발생하는 곳에 설치하여야 한다. 또한, 수직직선배관과 연결되는 수평직선배관에 대해서도 지진분리이음을 설치하여 배관과 건축물의 상대변위에 의해 배관에 발생하는 응력을 해소할 수 있다.

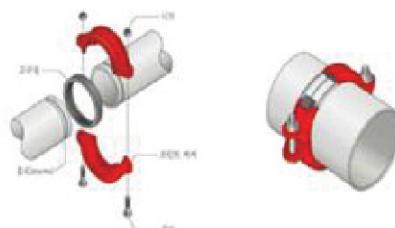
## 분리이음장치의 종류와 특성

## 고정식(Rigid) 커플링



- 빗면의 힘에 의해 어긋난 조인트 커버의 키가 흠의 안쪽과 바깥쪽을 모두 잡아주어 파이프를 고정 시킴
- 배관의 **수축, 팽창, 휨, 굽힘** 등의 움직임을 **최소화** 함
- 지진분리이음으로 적용 불가

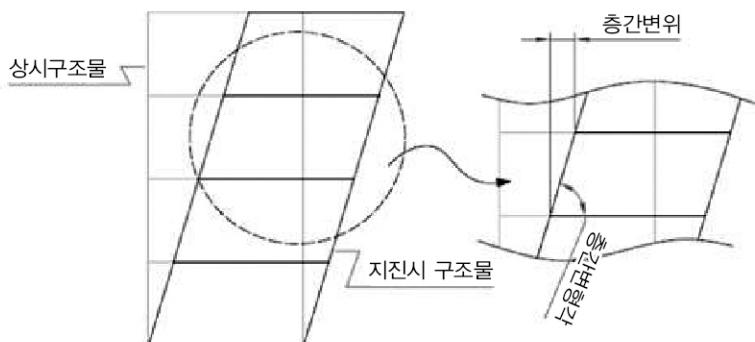
## 유동식(Flexible) 커플링



- 각 조인트에서 신축과 팽창, 편심과 회전, 진동과 소음을 흡수할 수 있도록 설계됨
- 배관과 부품사이의 유연성을 증가시켜 내진효과를 극대화할 수 있음

**L.** 특히, 층간 변위는 지진에 의한 하부층과 상부층 사이의 상대적 변위이며, 일반적으로 건축물의 층간 변위 발생은 높은 충일수록 크게 나타난다. 국내 “건축물 내진설계기준”에 따라서 설계된 건축물은 내진등급에 따라 층고의 1%~2%의 층간변형각에 해당하는 수평변위를 허용하고 있다.

## 층간변위 및 변형각의 이해



**D.** 각 층간의 변위 차이는 다음 그림과 같이 변형각(층간변위/층 높이)을 발생시킨다. 이러한 건축물의 각 층간의 상대적인 변위 차이와 각도 변형의 차이 발생 시 소화배관의 유연성(배관에 발생 응력 감소 효과)을 확보하기 위하여 지진분리이음을 설치하여야 한다. 소화배관 중 층간 변형을 받는 것은 수직직선배관 및 그 연결 배관이 해당된다.

**R.** 소방설비에 적용되는 대부분의 금속성 배관은 어느 정도의 유연성은 확보하고 있는 것으로 알려져 있으며, 배관의 직경이 작은 경우에 더욱 그러하다. 그러므로 금속성 배관 직경이 50A 이하인 경우에는 슬리브의 설치나 관통부의 최소 이격거리만 유지하면 유연성만으로도 건축물의 층간 변형에 대응이 가능하므로 지진분리이음을 설치하지 않을 수 있다.

- ▣** 지진분리이음은 지진 발생 시 배관에 손상을 발생시키지 않도록 진행방향(축방향) 변위, 회전, 최소한 1° 이상의 각도 변위가 가능하여야 한다. 단, 배관 200mm 이상은 각도 변위를 0.5° 이상으로 할 수 있다.
- ▣** 옥내소화전설비의 국가화재안전기준(NFSC 102) 배관에서 제시한 배관이음쇠는 지진분리이음으로서의 성능확인이 확인된 국내 · 외 제품인증, 국가건설기준에 따른 제품인증 기준에 의한 성능이 되어 있는지 확인해야 한다.
- ▣** 지진분리이음은 제품인증(인정)된 것으로 설치하여야 한다. 단 “특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품 등은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

## 2. 지진분리이음 설치상세

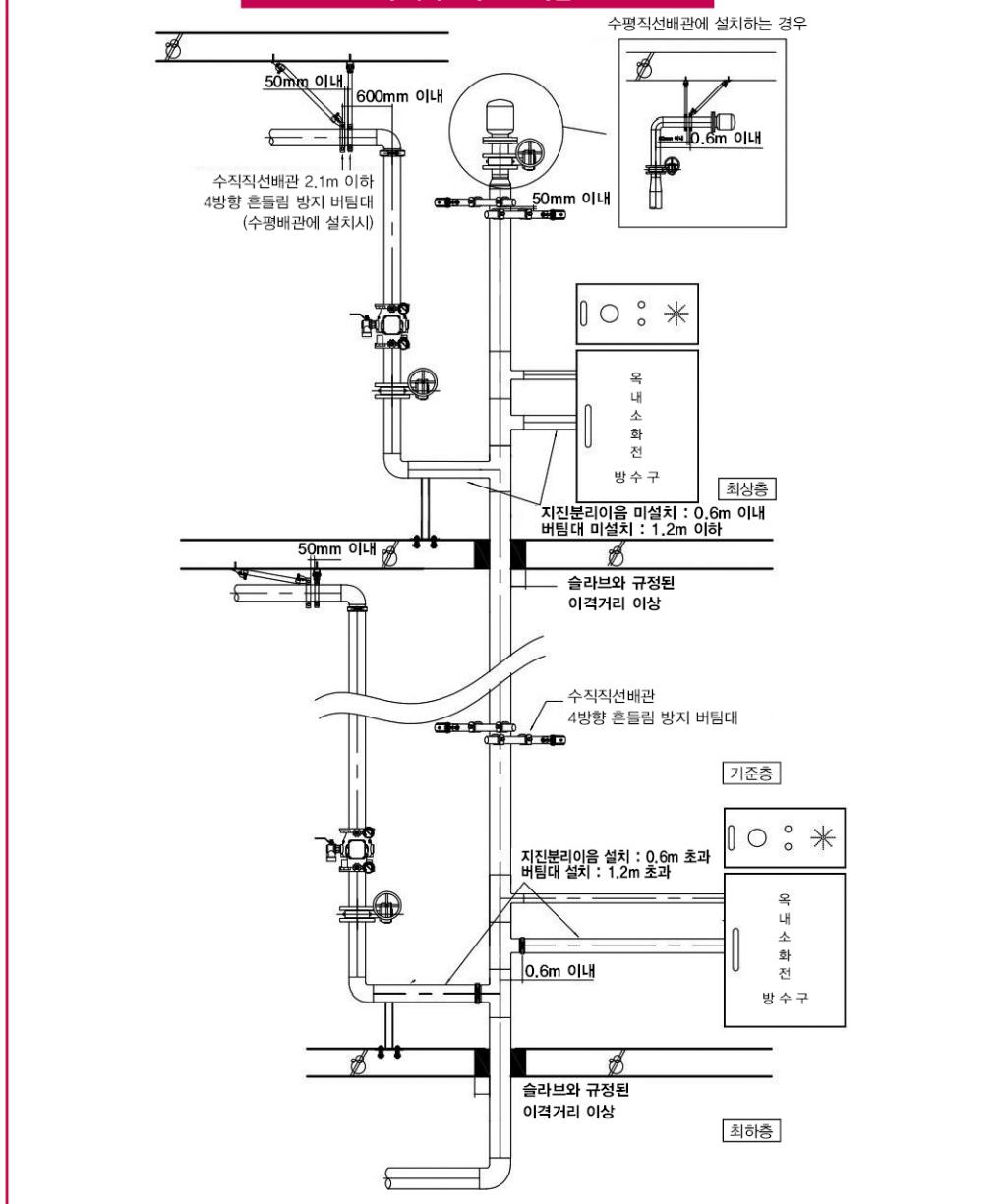
### ㄱ. 수평직선배관에서 지진분리이음과 이격거리의 관계

- 1) 내진설계기준에 따라 수평직선배관이 벽체를 관통하는 경우 지진분리이음이나 이격거리로 배관의 유연성을 확보할 수 있다. NFPA 13(2019, 18.4.5/A18.2.3.1(3))에서는 벽면을 관통하는 경우에는 이격거리를 유지하거나 벽의 관통부 양쪽면에 지진분리이음을 설치하는 경우로 제시하고 있다. 따라서 벽을 관통하는 배관의 경우에는 이격거리 유지 또는 지진분리이음을 선택적으로 설치할 수 있다.
- 2) 내화성능이 요구되지 않는 부서지기 쉬운 석고보드는 관통부 이격거리나 지진분리이음을 생략할 수 있다.
- 3) 또한 벽체에 지진분리이음을 각 면에서 300mm 이내 설치 시 이격거리를 만족하는 것으로 본다. 위 내용은 콘크리트 또는 조적벽에도 적용된다.
- 4) 수직직선배관의 지진분리이음은 이 해설서에서 지진분리이음과 이격거리, 흔들림 방지 버팀대의 설치 등의 별표 6에 별도로 제시된 해설에 따른다.
- 5) 부서지기 쉬운 재료는 “제6조(배관) 해설 5항”에 따라 성능을 확인한다.

### ㄴ. 배관과 슬리브가 규정 이격거리 이상(그림 수직직선배관 A 타입)

- 1) 제6조제3항에 따른 이격거리 규정을 만족하는 경우로 층간 관통부에 지진분리이음 설치하지 아니할 수 있다.
- 2) 위쪽의 주배관과 옥내소화전함이나 유수검지장치 배관에 연결된 수평수직배관 길이가 0.6m 이내로 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대 둘 다 제외된 경우이다.
- 3) 아래쪽의 주배관과 옥내소화전함이나 유수검지장치 배관에 연결된 수평수직배관 길이가 1.2m 초과로 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대 둘 다 설치된 경우이다.(버팀대는 별도로 표시하지 않았다)

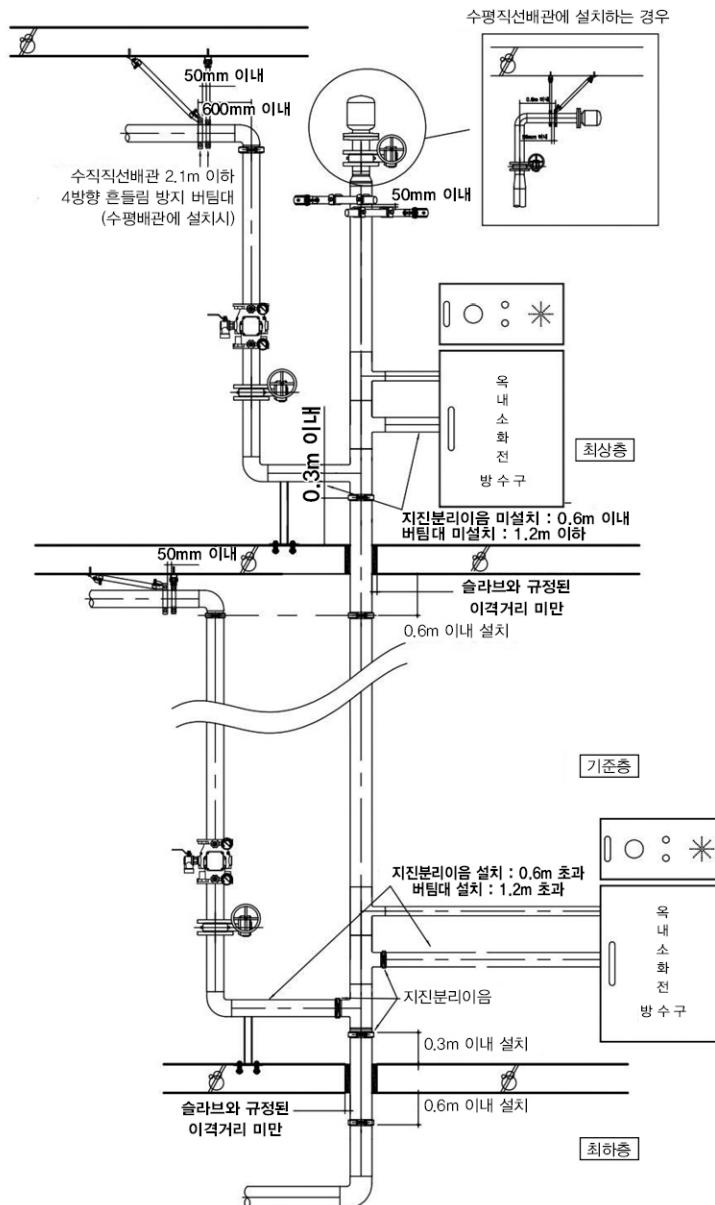
## 수직직선배관 A 타입



다. 배관과 슬리브가 규정 이격거리 미만(그림 수직직선배관 B 타입)

- 1) 제6조제3항에 따른 이격거리 규정을 만족하지 못한 경우로 층간 관통부에 지진분리이음 설치한다.
- 2) 위쪽의 주배관과 옥내소화전함이나 유수검지장치 배관에 연결된 수평수직배관 길이가 0.6m 이내로 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대 둘 다 제외된 경우이다.
- 3) 아래쪽의 주배관과 옥내소화전함이나 유수검지장치 배관에 연결된 수평수직배관 길이가 1.2m 초과로 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대 둘 다 설치된 경우이다.(버팀대는 별도로 표시하지 않았다)

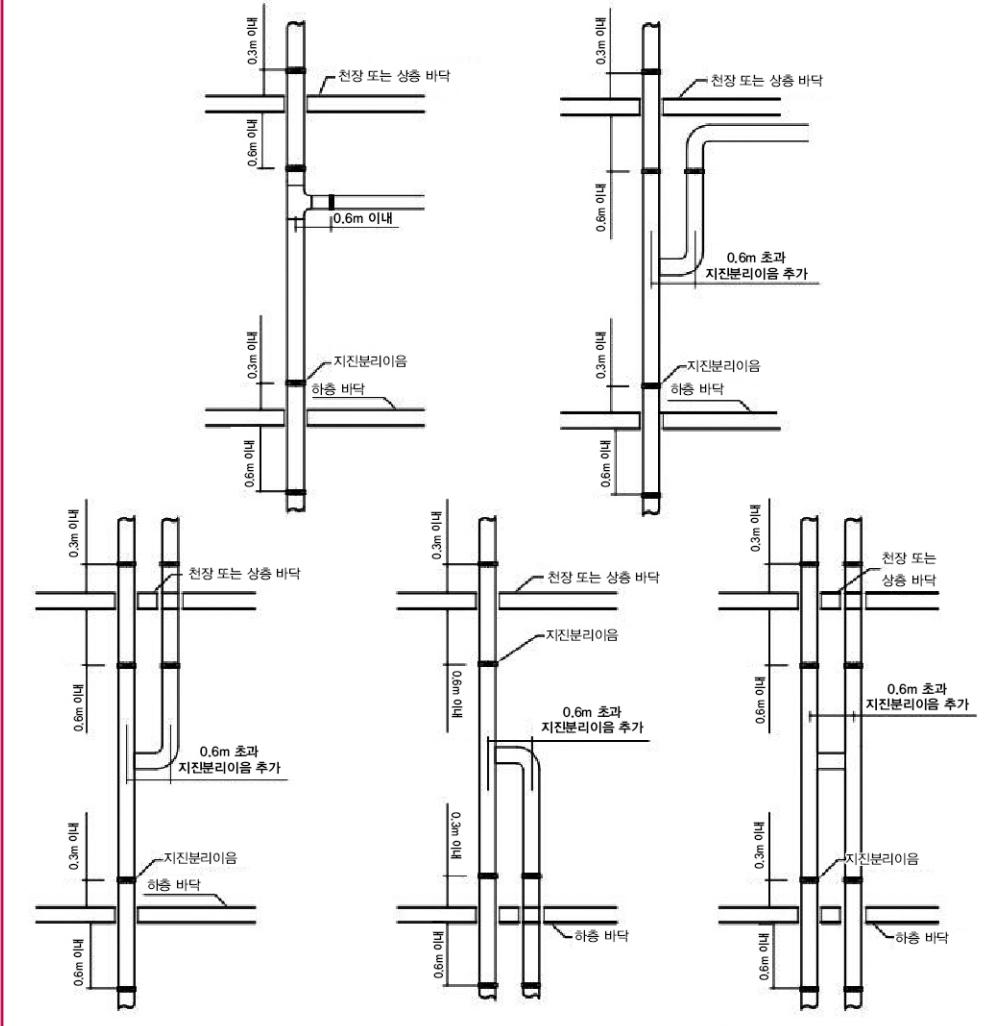
## 수직직선배관 B 타입



2) 천장 아래쪽에 설치된 지진분리이음

수직직선배관의 티분기점 보다 높이 있는 경우 이 기준의 제7조제2항3호 가, 나목은 다음과 그림과 같다.

## 지진분리이음 설치 예 1



## ■ 4. 수직직선배관의 중간지지부(Support 등) 설치

## 1) 중간지지부(Support)와 정지(Stand)의 개념

가) 중간지지부(Support)는 배관의 외부충격, 동적거동 등으로 움직이지 못하도록 구조부재와 일체시키는 위치유지, 응력, 변위 및 변형을 확인하여 구조안전성을 확인하는 개념이다.

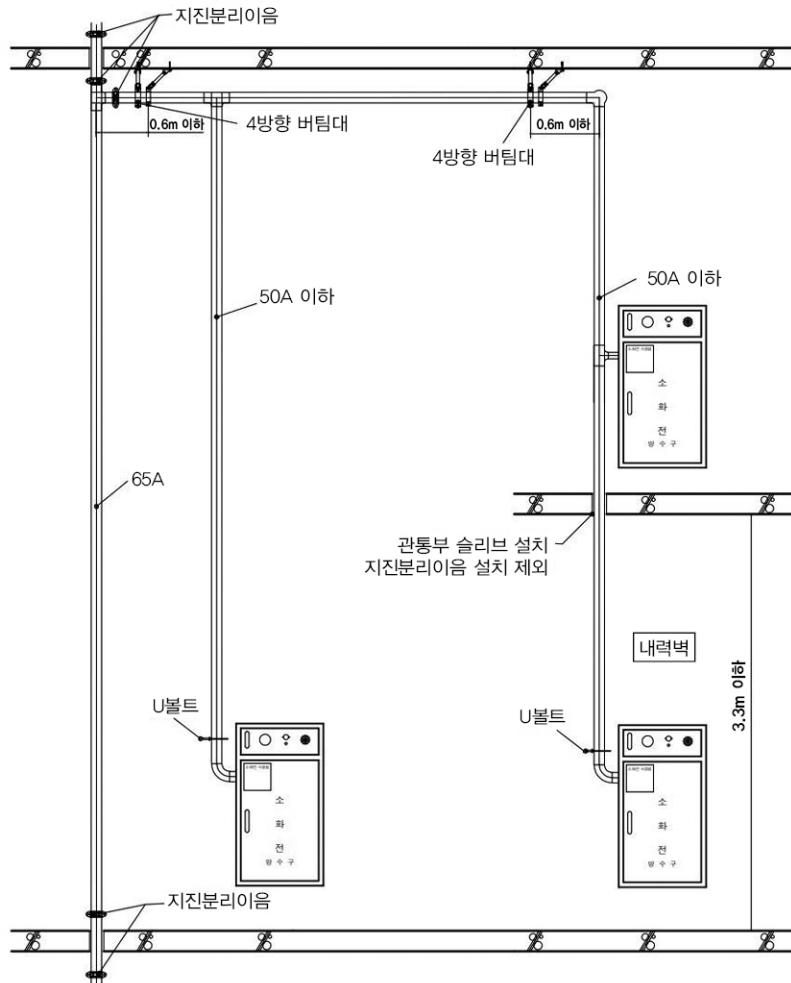
나) 유연성 요구 시는 지진분리이음, 지진분리장치를 설치하는 개념이다.

다) 정지(Stand, 멈춤)는 배관의 외부충격, 동적거동 등에서 요구하는 방향에 위치할 수 있도록 고정하는 개념이다. 이는 이격이나 간격 등이 고려된 개념이다.

## 2) 건물의 바닥 또는 랙(rack) 등에 고정하는 중간지지부(Support)는 수직으로 작용하는 하중을 고정한 경우이며 다음과 같다.

- 가)** 다층건물에 수직직선배관의 중력하중을 지지하기 위해 최하층, 각 층마다(8m 이하), pipe Run구간내의 상쇄배관(offset) 상하부, 최상층 바닥에 수직직선배관 클램프 지지대 등으로 고정하는 경우
- 나)** 다층건물의 수직직선배관에 지진분리이음이 설치되는 곳에는 배관에 압력이 가해질 때 지진분리이음의 팽창으로 상방향 밀림 움직임이 발생되며, 이 움직임을 방지하기 위해 바닥 슬라브 하부에 수직직선배관 클램프를 설치하는 경우로 중간지지부의 간격은 8m를 초과하지 않아야 한다. 단, 공간내 높이 8m 초과된 Rack 등 독립적 구조물의 시스템 배관은 별도로 유연성에 대한 구조계산으로 변위에 충분히 대응하는 지진분리이음, 지진분리장치 및 가요성이음장치 중 선택하여 설치가 가능하다.
- 다)** 상기 방법 외에 방법으로 수직직선배관의 중력하중 및 상방향 밀림 움직임을 지지할 경우 근거를 제시하여야 한다.
- 3)** 수직직선배관에 중간지지부를 설치한 경우는 지지부의 윗부분, 아래부분에 0.6m 이내에 지진분리이음을 설치하며, 랙 등 독립적 구조물에 수직직선배관을 설치 시 구조물의 움직임을 고려하여 수직직선배관 상 · 하부 0.6m 이내에, 최상부 지지대로부터 0.6m 이내에 배관구경에 관계없이 지진분리이음을 설치한다.
- 비)** 상층 또는 하층의 소화전함내 앵글밸브에 인입되는 수직직선배관의 지진분리이음 설치
- 1)** 중간지지부(Support)는 다층건물의 바닥 또는 랙(Rack) 등에 수직하중 지지부위를 말하고 있으며, 소화전 앵글밸브 수직인입배관의 U볼트 고정은 중간지지부로 보지 않는다.
  - 2)** 소화전함과 연결되는 수직직선배관 65A 이상은 제7조제2항1호에 따라 지진분리이음을 설치한다.
  - 3)** 수직직선배관에서 연결되고 벽체를 통과하지 않는 65A 소화전 방수구 인입 수평직선배관이 0.6m 이내의 짧은 자유단의 배관인 경우 지진분리이음은 생략할 수 있다.
- 사)** 지상층 바닥 관통부의 지진분리이음 설치
- 1)** 건축물의 바닥에서 매립되어 올라오는 소화배관은 0.3m 이내에 지진분리이음을 설치한다.
  - 2)** 바닥부분과 건축물내 상대변위가 적은 경우는 지진분리이음, 상대변위가 큰 경우는 지진분리장치 또는 가요성이음장치와 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치해야 한다.
  - 3)** 상 · 하단부의 지진분리이음은 이 기준 “제7조제2항제1호에 따라 수직직선배관의 상 · 하 단부의 0.6m 이내에 4방향 흔들림 방지 버팀대의 위치와 상관없이 설치한다.
- 아)** 옥내소화전(SP겸용) 연결송수구의 적용
- 1)** NFPA 13 2019 Ed HANDBOOK에서는 “지면 아래의 배관에 대해서는 지진분리장치를 적용하지 않는다.”라고 되어 있다. 따라서 지면 아래(지하층)의 배관에 대해서는 벽, 바닥 또는 기초를 관통하는 배관으로 적용하여 지진분리이음을 적용할 수 있다.
  - 2)** 송수구 배관이 지반에 매설되고 지반 침하가 우려되는 장소는 건축물과 지반 간에 변위만큼 건물 도입부의 배관 등에 가요성이음장치를 설치하여야 한다.
  - 3)** 송수구(송수구~송수관 옥내 체크밸브)에서 외벽 관통부까지 배관에는 지진분리이음으로 설치가 가능하다.
- 자)** 50A 이하 직선배관 및 CPVC 배관
- 1)** 배관구경 50mm 이하인 배관은 배관 자체의 유연성을 감안하여 슬리브 이격거리를 만족하지 않아도 되며, 지진분리이음도 설치하지 않아도 된다. 다음 그림은 50A 이하 수직직선배관 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대의 설치 예)이다.

## 50A 이하 수직직선배관 지진분리이음과 흔들림 방지 버팀대의 설치 예)



- 2) CPVC 배관 등 비금속 배관은 NFPA 13(2019, 18.4.7)을 참조하여 제조사 제품별로 배관과 연결부속을 포함한 유연성에 관한 특성인 허용응력, 변위 등의 성능을 확인하여 지진분리이음의 각도 변위보다 큰 경우는 이 기준 제6조3항1호 단서를 적용할 수 있다.
- 3) 흔들림 방지 버팀대에 관한 사항은 이 기준의 “제9조(흔들림 방지 버팀대)”와 해설서 “제9조 해설 5항”에 따라 설치한다.

**자. 유수검지장치 주위배관과 기능유지**

- 1) 유수검지장치의 1·2차 배관은 이 기준 제7조2항1호를 적용하여 주위 연결배관과의 유연성을 갖기 위한 지진분리이음을 설치한다.
- 2) 유수검지장치는 수직직선배관에 설치되므로 설치에 따른 보호조치를 만족하여야 하며, 지진분리이음을 수평으로 연결된 배관부에 설치하는 경우 수직직선배관에서 0.6m 이내에 설치한다.

- 3) 주배관의 수직직선배관에 설치되어 있는 지진분리이음과 동일한 높이에 설치한다.(NFPA 13(2019, 18.2.3.2(2)/FIG. A18.2.3.2(2)) 참조)
- 4) 유수검지장치가 설치되는 수직직선배관이 설치기준에 따라 0.9~2.1m 사이에 해당하면 1개의 지진분리이음을 설치하고, 2.1m를 초과하면 상하단부에 2개의 지진분리이음을 설치한다. 또한, 수직직선배관이 설치기준에 따라 0.9m 미만인 수직직선배관은 지진분리이음을 생략할 수 있다. 지진분리이음은 이 기준의 제7조제2항제1호에 따라 수직직선배관의 상·하 단부의 0.6m 이내에 4방향 흔들림 방지 버팀대의 위치와 상관없이 설치한다.

**Ei.** 수직직선배관의 고정틀과 지진분리이음 설치 시 다음과 같이 주의하여 설치해야 한다.

1) 지진분리이음 설치 시 주의사항

- 가) 그루브 가공 불량을 확인한다.
- 나) 조립 이물질 등을 제거한다.
- 다) 배관의 수평(직)도는 정밀 시공한다.
- 라) 층별 슬리브 위치는 수직 추를 이용하여 시공한다.
- 마) 수압 후 커플링 변위량의 여유를 확인한다.
- 바) 타 부품의 간섭을 고려한다.

2) 고정틀 설치 시 주의사항

- 가) 고정틀 고정 앵커볼트와 콘크리트 모서리 거리는 앵커볼트 근입 깊이의 최소 연단거리 이상 유지하도록 한다.
- 나) 고정틀이 수직직선배관의 중력하중 및 지진분리이음 설치로 인한 상방향 밀림하중을 지지할 수 있는 강도와 구조이어야 한다.
- 다) 고정틀의 용도가 수직직선배관의 중력하중 및 상방향 밀림하중을 지지하는 것이 아니면, 별도의 수직직선배관 클램프를 설치하거나 대책을 강구해야 한다. 즉, 구조안전성을 확인하여야 한다는 의미이다.

**자.** 컬럼쇼트닝은 건축물에서 발생이 되는 기둥 축소변위 현상으로 구조, 재료의 차이나 하중, 응력의 차이로 발생한다. 특히 배관이나 설비에 변형 등이 발생하여 여러 문제를 발생시키며, 지진 발생 시 컬럼쇼트닝에 의한 증대된 축소 변위에 따른 소화배관의 변형을 초래하여 초기 대응을 해할 수 있으므로 지진분리이음 등 이음쇠 사용 시 컬럼쇼트닝에 대한 대비는 매우 중요하다.

**제8조(지진분리장치)** 지진분리장치는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

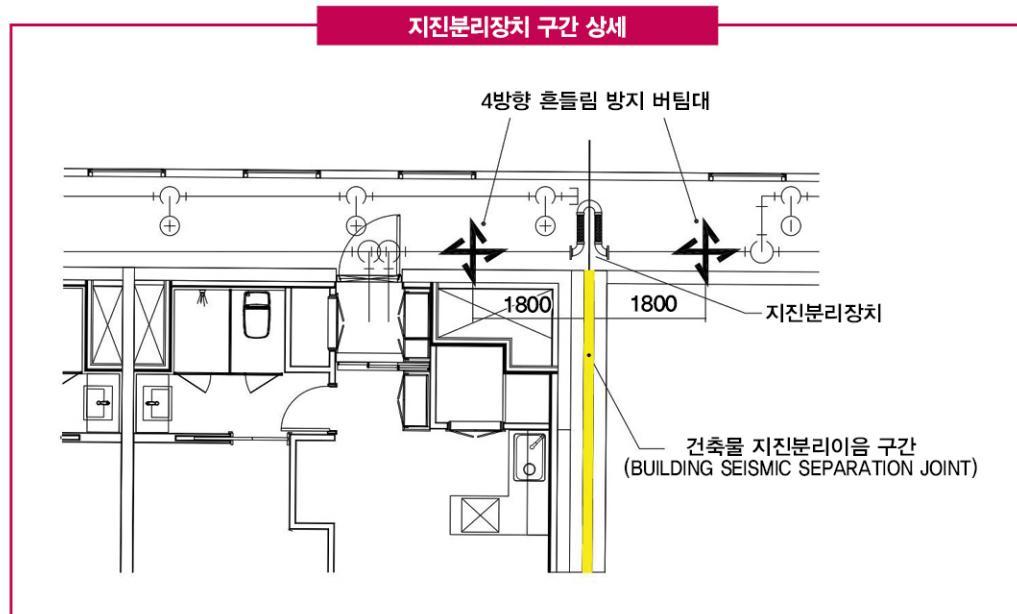
1. 지진분리장치는 배관의 구경에 관계없이 지상층에 설치된 배관으로 건축물 지진분리이음과 소화배관이 교차하는 부분 및 건축물 간의 연결배관 중 지상 노출 배관이 건축물로 인입되는 위치에 설치하여야 한다.
2. 지진분리장치는 건축물 지진분리이음의 변위량을 흡수할 수 있도록 전후좌우 방향의 변위를 수용할 수 있도록 설치하여야 한다.
3. 지진분리장치의 전단과 후단의 1.8m 이내에는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
4. 지진분리장치 자체에는 흔들림 방지 버팀대를 설치할 수 없다.

## • 해설 •

### 1. 지진분리장치의 개념

#### ㄱ. 지진분리장치의 종류 및 성능확인

- 1) 지진분리장치의 종류를 별도로 규정하고 있지 않으며, 4방향 상대변위 발생에 모두 대응할 수 있어야 한다.



**ㄴ.** 이 기준에서 소화배관은 건축물과 일체로 거동함을 가정하고 지진 발생 시 타 부재와의 충돌을 방지하도록 한다. 그러므로 각 배관은 건축물에 단단히 고정되어야 하며, 상대변위, 층간 각도 변형 발생 지점 등 유연성이 요구되는 곳에서만 지진분리장치를 설치한다.

**ㄷ.** 구조물내의 연결 형태, 타 구조물과의 연계 및 배관의 교차하는 부분 등은 구조물 거동이 매우 복잡한 양상을 나타내며, 그 변형을 예측하기 매우 어렵다. 이러한 부분에 유연성을 확보하여 배관을 보호하기 위해 다음 같은 위치에는 지진분리장치를 설치하여야 한다.

1) 건축물 지진분리이음과 소화배관이 교차하는 부분

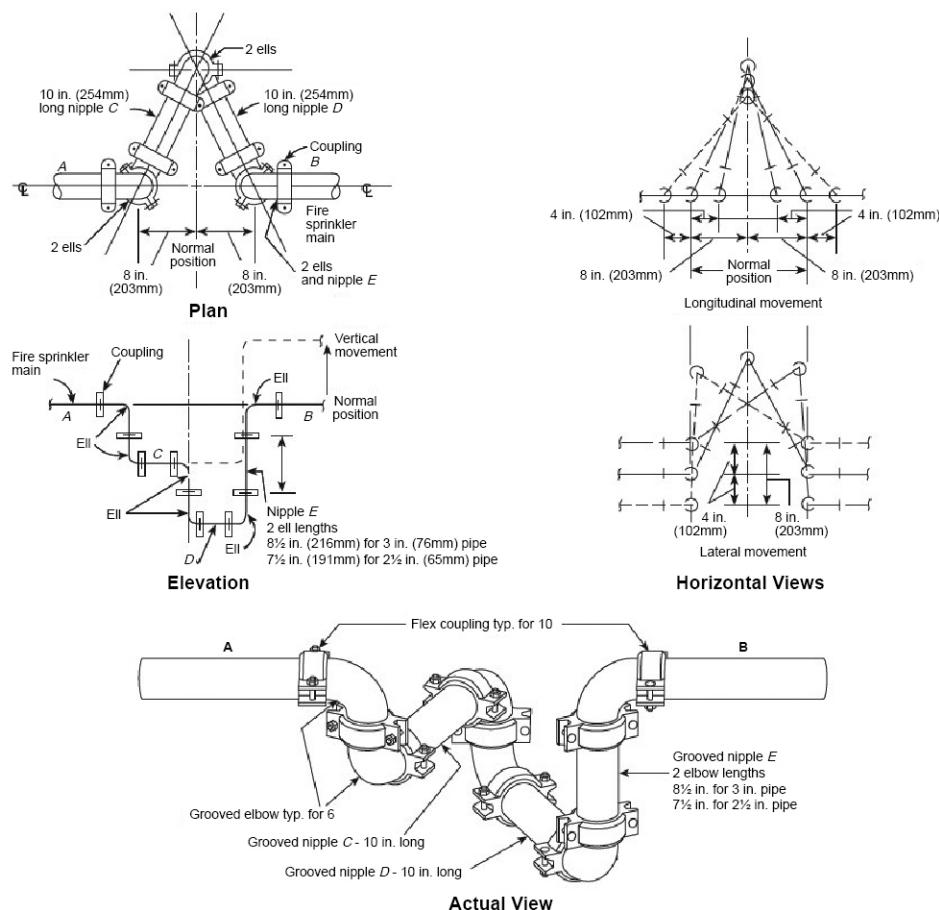
2) 건축물 간 연결배관 중 지상 노출배관이 건축물로 인입되는 부분

**라.** 건축물의 지진 발생 시 거동에 의해 지진분리장치가 설치되는 경우, 장치의 신축 등 성능확인은 건축물의 동적구조해석 결과에 의한 변형량 이상으로 설계되어야 한다.

**마.** 지진분리장치의 기능이 확보되어야 지진 발생 시 건축물의 변위에 대응이 가능하다. 그러므로 지진분리장치 자체에 흔들림 방지 버팀대를 설치하거나 이와 인접한 위치에 장치의 거동을 방해할 수 있는 요소를 배치하여서는 안 된다.

**바.** 지진분리장치는 2배 이상의 상대변위를 대응하도록 움직이는 장치로서, 지진분리장치가 작동하기 위해서 지진분리장치 양쪽 1.8m 이내에 4방향 흔들림 방지 버팀대로 고정하고, 각각의 4방향 흔들림 방지 버팀대는 건축물 지진분리이음의 마주보는 건축물에 부착하여야 한다. 또한 지진분리장치 작동을 위해 지진분리장치 자체에는 흔들림 방지 버팀대를 설치할 수 없다.

### 지진분리장치의 수평 및 수직 이동



\* 참고 : NFPA 13(2019), Seismic Separation Assembly

## 2. 지진분리장치 설치상세

### ㄱ. 옥외 인입부와 건축물의 상대 변위량 결정

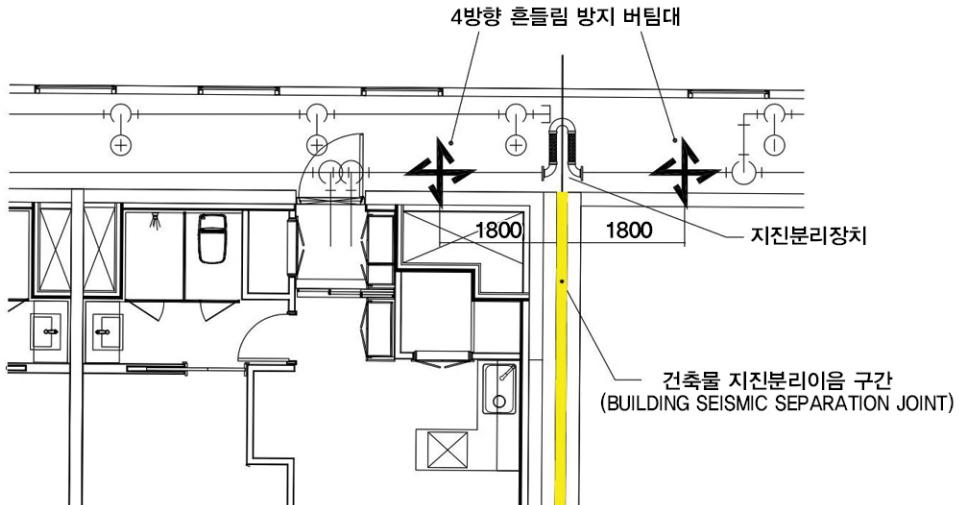
- 1) 건축물 지진분리이음은 지진 발생 시 건축물의 지진분리 구간에 변위로부터 건축물을 보호하기 위한 이음부를 말한다. 소방시설 배관의 내진설계는 변위량을 충분히 고려하여 지진분리장치를 설치하여야 한다.
  - 2) 지진에 의한 건축물내 설비의 움직임에 유연성을 확보하기 위해 설치되는 지진분리장치의 경우, 장치의 신축 등의 변위 성능확인은 건축물의 동적구조해석 결과의 변형량 이상으로 설계되어야 한다.
  - 3) 변위량은 건축설계도서에 제공된 건축물내 지진분리이음 구간의 변위량을 기준으로 한다.
  - 4) 지진분리장치의 변위 범위는 지진 발생 시 계산된 이동범위를 충분히 흡수할 수 있거나, 제품은 실제 이격거리의 두배 이상을 유지해야 한다.
  - 5) 지진분리장치 제품이 흡수할 수 있는 변위량은 제조업체에서 인증받은 변위 값을 확인 후 설치한다.
  - 6) “건축물 내진설계기준”의 비구조요소에서는 설계지진력과 상대변위를 계산하여 제공하고 있다. 참고로 기준에서 상대변위는 배관시스템, 스프링클러설비 등의 내진설계 시 사용된다. 상대변위는 “건축물 구조기준”의 설계 층간변위는 층고의 1%~2% 이내로 설계하도록 하고 있다.
- 가) 여기서 사용되는 구조물 변위는 탄성해석 결과에 변위 증폭계수를 적용하고 구조물의 중요도계수를 나눈 값이다. 최종적으로 구조설계가 이루어지기 전까지는 이 값들을 알 수 없다. 따라서 이때는 “건축물 내진설계기준”的 식 적용이 필요하다.
- 나) 이들 상한치는 구조물의 중요도에 따른 허용 층간변위에 근거한 값이다. 하지만 최종적인 상대변위 요구량은 식에 나타낸 바와 같이 건물의 중요도가 곱해진 값임에 유의하여야 한다. 상대변위 산정 시 연결점의 위치는 비구조요소의 지지방식 및 거동특성을 고려하여 선택하여야 한다.
- 7) 지상층에서 송수구를 통하여 건물에 짧은 길이(1.2m 이하)로 연결된 배관은 벽 관통부 등을 고려하고 수직 방향전환부에 지진분리장치 대신 지진분리이음의 설치가 가능하다.

### ㄴ. 연결송수구의 인입구의 경우

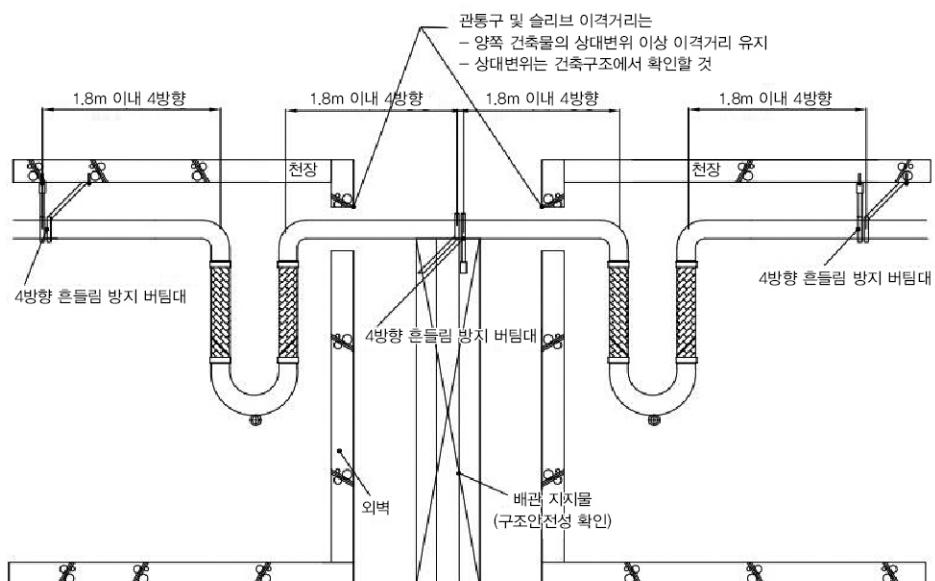
- 1) 지하층의 옥외 송수구에서 건축물 내부로 인입되는 부분에는 지진분리장치를 설치하지 않아도 된다. 단, 성토나 연약한 지반에 건축물을 통과하여 대지의 경계부분을 지나는 배관의 경우 평상 시 우수 등으로 한쪽 지반부분의 침하가 크게 발생하거나, 지진 시 연약 지반에서 건축물과 대지부분의 움직임이 동일한 거동이 되지 않아 상대적으로 큰 변위가 우려되는 부분은 토목설계의 지반 안전성을 확인 후 고려 되지 않았을 경우는 배관의 보호를 위해 가요성이음장치를 설치하는 것으로 배관의 파손을 방지할 수 있다.
- 2) 지상층의 소화배관이 연결된 건축물 간의 인입부는 지진 발생 시 배관 파손을 방지하기 위한 연결송수구와 구조체(Slab)가 단일체로 거동하면 지진분리장치가 필요 없고, 건축물이 2개로 분리되어 지진분리장치 등으로 상대변위를 고려할 필요가 있다.(토목분야의 지반 거동부분 확인)

### ㄷ. 지진분리장치 설치 예시

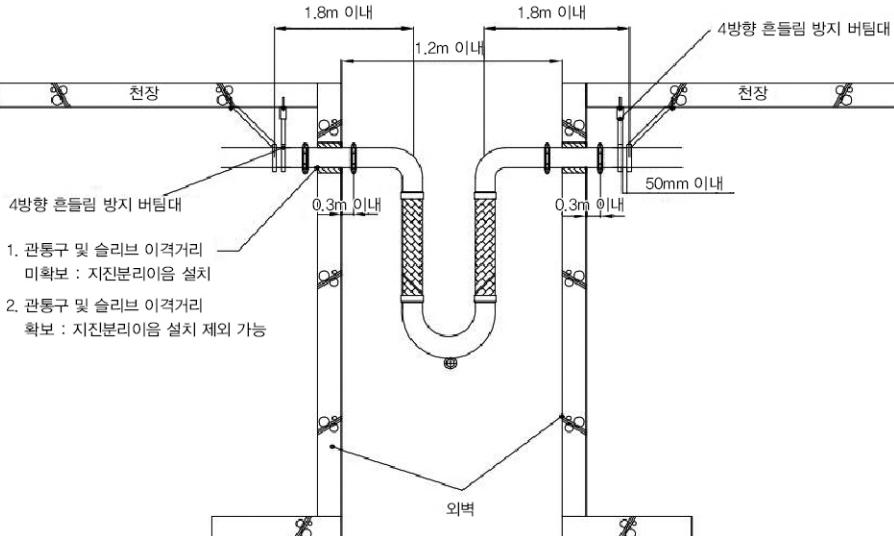
## 지진분리장치 구간 상세



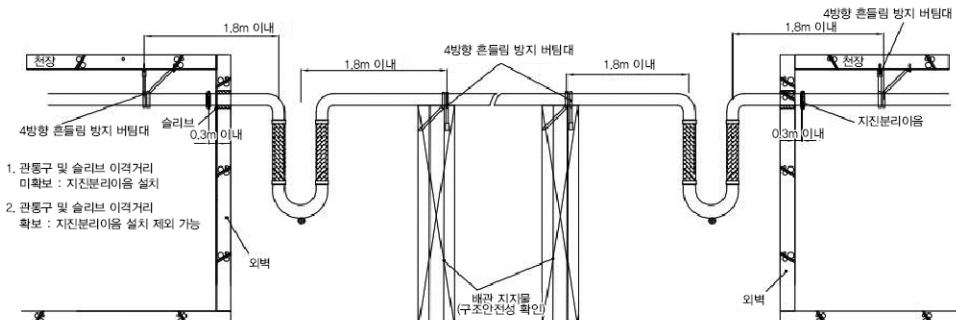
## 건축물 내부에 설치하는 지진분리장치 설치 예)



## 건축물 외부에 설치하는 지진분리장치 설치 예)1



## 건축물 외부에 설치하는 지진분리장치 설치 예)2



## 3. 지진분리장치의 내진 제품인증(인정)

- 기: 지진에 대한 4방향 상대변위 발생을 모두 대응할 수 있는 설계 근거자료와 지진분리장치으로서 성능확인이 가능하도록 공인기관으로부터 받은 시험성적서등을 확인하여야 한다.
- 나: “특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품 등은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

**제9조(흔들림 방지 버팀대)** ① 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 흔들림 방지 버팀대는 내력을 충분히 발휘할 수 있도록 견고하게 설치하여야 한다.
  2. 배관에는 제6조제2항에서 산정된 횡방향 및 종방향의 수평지진하중에 모두 견디도록 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
  3. 흔들림 방지 버팀대가 부착된 건축 구조부재는 소화배관에 의해 추가된 지진하중을 견딜 수 있어야 한다.
  4. 흔들림 방지 버팀대의 세장비( $\frac{L}{r}$ )는 300을 초과하지 않아야 한다.
  5. 4방향 흔들림 방지 버팀대는 횡방향 및 종방향 흔들림 방지 버팀대의 역할을 동시에 할 수 있어야 한다.
  6. 하나의 수평직선배관은 최소 2개의 횡방향 흔들림 방지 버팀대와 1개의 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다. 다만, 영향구역 내 배관의 길이가 6m 미만인 경우에는 횡방향과 종방향 흔들림 방지 버팀대를 각 1개씩 설치할 수 있다.
- ② 소화펌프(총압펌프를 포함한다. 이하 같다) 주위의 수직직선배관 및 수평직선배관은 다음 각 호의 기준에 따라 흔들림 방지 버팀대를 설치한다.
1. 소화펌프 흡입측 수평직선배관 및 수직직선배관의 수평지진하중을 계산하여 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
  2. 소화펌프 토출측 수평직선배관 및 수직직선배관의 수평지진하중을 계산하여 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
- ③ 흔들림 방지 버팀대는 소방청장이 고시한 「흔들림 방지 버팀대의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 따라 성능인증 및 제품검사를 받은 것으로 설치하여야 한다.

• 해설 •

## 1. 흔들림 방지 버팀대의 개념

- 가.** 흔들림 방지 버팀대는 지진에 의한 배관의 흔들림을 방지하기 위한 고정장치로써 배관의 자중을 지지하는데 사용되는 행가와 구분되며, 소화배관에 작용하는 지진력을 구조물에 전달할 수 있도록 구조물과 일체화시켜 견고하게 설치하여야 한다.
- 나.** 흔들림 방지 버팀대는 지지하는 배관의 가동중량 및 수평지진하중을 고려하여 충분한 강도를 가지고 있어야 하며, 건축물의 구조부재 및 그와 동등한 성능을 갖고 있는 부재에 단단히 고정하여야 한다.
- 다.** 흔들림 방지 버팀대의 설계 및 이를 고정하는 방법은 건축물에 작용하는 평면상의 수평 2방향(배관의 종방향 및 횡방향)을 지지하며, 또한 지진계수( $C_p$ )가 0.5 이상 등 조건에 따라 수직방향의 지진력에도 형상을 유지하도록 검토하여야 한다.

## 2. 구조적 원리

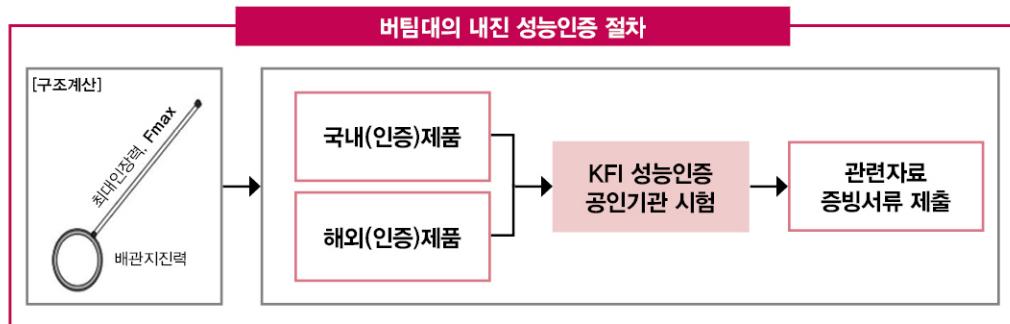
- 가.** 흔들림 방지 버팀대의 설치 목적이 배관과 건축물의 일체화에 있으므로 이러한 목적의 달성이 가능하다면 다양한 방법의 설치가 가능하다. 그러나 건축물마다 설치되는 배관의 형상 및 규격이 다르고, 길이가 긴 배관계통에 다수의 흔들림 방지 버팀대가 복잡하게 배치되어야 하는 상황에서 흔들림 방지 버팀대의 지지부를 고정단으로 설계하는 것은 지지되는 배관 자체에 추가적인 응력을 발생시킬 수도 있으며, 복잡한 해석이 요구되어 비효율적이다.
- 나.** 이 기준에서는 상기와 같은 복잡한 해석수행을 배제하고 안전하면서도 효율적인 소화배관 설치가 가능하도록 흔들림 방지 버팀대의 양단을 힌지로 거동하도록 설계(트러스 구조)하는 것을 추천한다. 이 경우 배관 수평지진하중에 의해서 흔들림 방지 버팀대에 모멘트가 발생하지 않게 되며, 작용하는 인장 및 압축 하중의 검토만으로 전체 배관계통의 해석을 단순화 시킬 수 있다.
- 다.** 또한, 이 기준의 제2조2항, 특수한 조사 및 연구결과의 적용 기준에 따라 설계자는 내진, 면진, 제진 등의 기술 적용이 가능하다. 다만, 특수한 조사 및 연구결과의 적용 기준에 따라 설계되는 경우에는 건축물과 소화배관계통의 동적 상관관계를 고려하여 설계하여야 하며, 해석결과의 신뢰성과 배관의 안전성을 입증하여야 한다.
- 라.** 그러므로 배관을 지진하중으로부터 보호하는 방법은 흔들림 방지 버팀대(고정형, 비고정형(와이어형)) 이외 내진 및 면진 방법의 제품 등에 대해 특수한 구조 등으로 특별한 조사·연구에 의해 설계하는 경우의 내진 제품은 그 근거자료, 계산서, 시방서, 성능확인, 제품인증 등 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”的 사용확인 절차를 거쳐 사용할 수 있다.

흔들림 방지 버팀대 설치 예



### 3. 흔들림 방지 버팀대 내진 성능

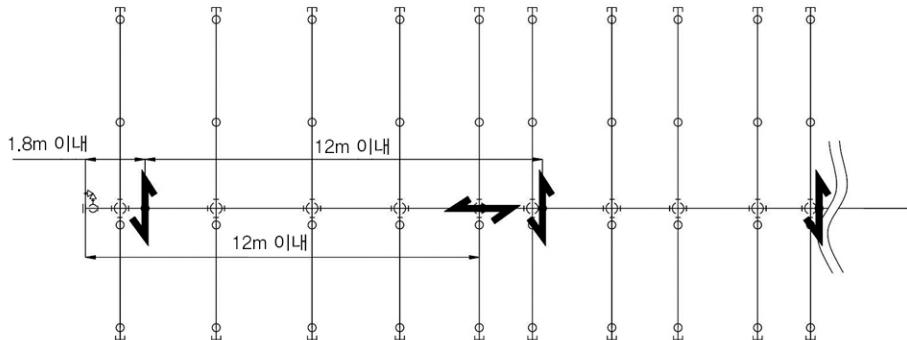
- 가. 상기와 같이 흔들림 방지 버팀대가 양단 힌지가 거동하도록 설계된 경우에는 흔들림 방지 버팀대의 길이 방향에 대해 인장 또는 압축 하중만이 작용하게 되므로 이에 대한 검증을 수행하면 흔들림 방지 버팀대 자체의 내진 성능을 확인할 수 있다.
- 나. 흔들림 방지 버팀대 자체 외에도 이와 연결되는 배관 지지부, 흔들림 방지 버팀대 양단의 힌지부 및 건축물과의 고정방법(앵커볼트, 체결구 등)에 대해서도 기계적 성능을 확인하여야 한다.
- 다. 제품의 시험 성능은 신뢰성 있는 시험장비를 확보한 공인시험연구기관을 통하여 수행되어야 하고, 현장 설치 시 제조사가 하중시험 시 제시한 볼트 조임 최소 토오크와 건축물 부착장치의 형상치수의 정보 등을 제공하여 설치하도록 해야 한다.
- 라. KFI 성능인증 제품으로 설치하여야 한다.



### 4. 흔들림 방지 버팀대 설계 및 안전성 검토

- 가. 스프링클러 소화설비에 설치되는 흔들림 방지 버팀대는 구조부재, 설치 위치, 고정방법, 배관의 지지 방향, 전원, 수도, 공기조화설비 등 다양하게 설치된 건축물 천장부의 상황을 고려하여 설치하여야 한다. 다음의 그림에는 건축물에서 일반적으로 사용되고 있는 가지배관(tree)방식의 소화배관 및 흔들림 방지 버팀대의 평면 배치도이다.
- 나. 흔들림 방지 버팀대의 설계는 다음의 절차에 의해 수행될 수 있다.
- 1) 스프링클러 설치 위치를 고려한 배관계통 평면을 결정한다.
  - 2) 횡방향, 종방향 및 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치 위치를 선정한다.
  - 3) 각 흔들림 방지 버팀대가 지지하여야 하는 영향구역을 설정한다.
  - 4) 영향구역내 배관의 가동중량으로 수평지진하중( $F_{pw} = Cp W_p$ )을 결정한다.
  - 5) 흔들림 방지 버팀대 작용하중, 지지대의 세장비(좌굴), 소화배관의 허용하중, 건물부착장치의 앵커볼트 내진설계 적정성 평기를 검토해야 한다.

## 소화배관 설치 평면에 따른 베티대 배치 예



## 다) 최대 수평지진하중에 대한 세장비 계산 및 관련표

## 1) 허용압축응력은 다음을 따른다.

가) 세장비와 관련된 계산식은 ANSI/AISC 360-16 Chapter E의 Euler Load 공식과 국가건설기준(KDS)

“강구조 부재 설계기준”에서 세장비를 구하는 식이 있는데, 이 해설서는 국내에서 구조안전성에 주로 사용하는 KDS 허용압축응력에 따른 식을 적용했다. Euler Load 공식을 사용한 경우 계산식을 제시하고 계산서를 제출하여 사용할 수 있다.

나)  $KL/r \leq C_c$  일 때

$$F_c = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$$

다)  $KL/r > C_c$  일 때

$$F_c = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2}$$

## 2) KS D 3562에 대한 최대수평지진하중

## 가) KS D 3562에 대한 조건

(1) Es(탄성계수) = 2.100E+05 MPa

(2) Fy(항복강도) = 220 MPa

(3) Cc (한계세장비)

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E_s}{F_y}} = 137.27$$

지지대의 경우에는 NFPA 13 Table 18.5.11.8에 따라 적용한다. 여기서, 양단 힌지로 구성되어 유효좌굴길이계수(effective length factor, k)는 1.0을 적용한다.

	Braced member		Sway member		
Buckled shape					
Effective length factor ( $K_e$ )	0.7	0.85	1.0	1.2	2.2

$$k \text{ (유효좌굴길이계수)} = 1.0$$

#### 나) 설치각도에 따른 최대수평지진하중 산출 예시

(1) 호칭경 : 25A

(2) 설치각도 : 30~44도

$$(3) \text{ 단면적 산정}(A) = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} (34^2 - 27.2^2) = 326.85\text{mm}^2$$

(4) 단면2차모멘트 산정( $I$ )

$$= \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{64} = \frac{\pi(34^4 - 27.2^4)}{64} = 38,728.61\text{mm}^4$$

(5) 최소회전반경 산정( $r$ ) =

$$\sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{38,728.61}{326.85}} = 10.885 \text{ mm}$$

(6) 세장비 100 일때, 부재길이( $L$ ) = 세장비  $\times$  최소회전반경

$$= 100 \times 10.88 = 1,088\text{mm}$$

(7) 한계세장비 산정( $C_c$ )

$$= \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^5}{220}} = 137.27$$

(8) 허용압축응력도  $F_c$ 산정 : 세장비  $\leq$  한계 세장비( $C_c$ ) 이므로

$$F_c = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\left[ 1 - \frac{(1 \times 1,088/10.88)^2}{2 \times 137.272^2} \right] \times 220}{\frac{5}{3} + \frac{3(1 \times 1,088/10.88)}{8 \times 137.24} - \frac{(1 \times 1,088/10.88)^3}{8 \times 137.24^3}} \\
 &= 85.40 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(9) 최대수평지진하중 산정

$$F_c \times A \times \sin\theta = 13.96 \text{ kN}(30^\circ),$$

$$19.74 \text{ kN}(45^\circ),$$

$$24.18 \text{ kN}(60^\circ)$$

다) 세장비/설치 각도/파이프길이/최대수평지진하중표

KSD 3562, 세장비( $L/r$ ) = 100, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 85.4								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{(I/A)}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.2	326.85	38728.61	10,885	1088.5	30~44	13.96
							45~59	19.74
							60~90	24.18
32A	42.7	35.5	442.21	85223.38	13,882	1388.2	30~44	18.89
							45~59	26.71
							60~90	32.72
40A	48.6	41.2	521.91	132415.80	15,928	1592.8	30~44	22.29
							45~59	31.53
							60~90	38.61

KSD 3562, 세장비( $L/r$ ) = 200, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 27.0								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{(I/A)}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.2	326.85	38728.61	10,885	2177.1	30~44	4.42
							45~59	6.25
							60~90	7.65
32A	42.7	35.5	442.21	85223.38	13,882	2776.5	30~44	5.98
							45~59	8.45
							60~90	10.35
40A	48.6	41.2	521.91	132415.80	15,928	3185.7	30~44	7.05
							45~59	9.98
							60~90	12.22

KSD 3562, 세장비( $L/r$ ) = 300, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 12.0								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{I/A}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.2	326.85	38728.61	10,885	3265.6	30~44	1.96
							45~59	2.78
							60~90	3.40
32A	42.7	35.5	442.21	85223.38	13,882	4164.7	30~44	2.66
							45~59	3.76
							60~90	4.60
40A	48.6	41.2	521.91	132415.80	15,928	4778.5	30~44	3.14
							45~59	4.43
							60~90	5.43

3) KS D 3507에 대한 최대수평지진하중

#### ㄱ) KS D 3507

$$(1) Es(\text{탄성계수}) = 2,100E+05 MPa$$

$$(2) F_y(\text{항복강도}) = 200 MPa$$

$$(3) Cc(\text{한계세장비})$$

$$= \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = 143.94$$

$$k (\text{유효좌굴길이계수}) = 1$$

#### ㄴ) 설치 각도에 따른 최대수평지진하중 산출 예시

$$(1) \text{호칭경} : 25A$$

$$(2) \text{설치각도} : 30\text{--}44^\circ$$

$$(3) \text{단면적 산정}(A)$$

$$= \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} (34^2 - 27.5^2) = 313.96 \text{mm}^2$$

$$(4) \text{단면2차모멘트 산정}(I) \quad \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{64} = \frac{\pi(34^4 - 27.5^4)}{64} = 37,523.5 \text{mm}^4$$

$$(5) \text{최소회전반경산정}(r) \quad \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{37,523.47}{313.9}} = 10.932 \text{mm}$$

$$(6) \text{세장비 } 100\text{일 때, 부재 길이}(L)$$

$$= \text{세장비} \times \text{최소회전반경}$$

$$= 100 \times 10.93 = 1093.2 \text{mm}$$

$$(7) \text{한계세장비 산정}(Cc)$$

$$\sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^5}{200}} = 143.97$$

(8) 허용압축응력도  $F_c$  산정 : 세장비  $\leq$  한계세장비( $C_c$ ) 이므로

(9) 최대수평지진하중 산정 :

$$F_c \times A \times \sin\theta = 12.6kN(30^\circ), 17.8kN(45^\circ), 21.8kN(60^\circ)$$

다) 세장비/설치 각도/파이프길이/최대수평지진하중표

KSD 3507, 세장비( $L/r$ ) = 100, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 80.5								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{(I/A)}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.5	313.96	37523.47	10,932	1093.2	30~44	12.6
							45~59	17.8
							60~90	21.8
32A	42.7	36.2	402.79	78889.98	13,995	1399.5	30~44	16.2
							45~59	22.9
							60~90	28.0
40A	48.6	42.1	463.03	119646.47	16,075	1607.5	30~44	18.6
							45~59	26.3
							60~90	32.2

KSD 3507, 세장비( $L/r$ ) = 200, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 27.0								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{(I/A)}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.5	313.96	37523.47	10,932	2186.5	30~44	4.2
							45~59	6.0
							60~90	7.3
32A	42.7	36.2	402.79	78889.98	13,995	2799.0	30~44	5.4
							45~59	7.7
							60~90	9.4
40A	48.6	42.1	463.03	119646.47	16,075	3215.0	30~44	6.2
							45~59	8.8
							60~90	10.8

KSD 3507, 세장비( $L/r$ ) = 300, 허용압축응력 ( $F_c$ ) = 12.0								
호칭경	외경 (mm)	내경 (mm)	단면적 (A)	단면2차 모멘트 (I)	최소 회전반경 ( $r=\sqrt{(I/A)}$ )	길이 (mm)	설치 각도	최대수평 하중(kN)
25A	34	27.5	313.96	37523.47	10,932	3279.7	30~44	1.8
							45~59	2.6
							60~90	3.2
32A	42.7	36.2	402.79	78889.98	13,995	4198.5	30~44	2.4
							45~59	3.4
							60~90	4.1
40A	48.6	42.1	463.03	119646.47	16,075	4822.4	30~44	2.7
							45~59	3.9
							60~90	4.8

## 5. CPVC배관 흔들림 방지 버팀대의 안전성 검토

- ㄱ.** 폴리염화비닐(PVC) 또는 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF)와 같은 특수 플라스틱 파이프 재료는 강철 및 구리 파이프와 마찬가지로 유연하고 큰 처짐을 허용하지만, 이 파이프 재료용 솔벤트 용접 조인트는 응력집중 영역이 되는 경향이 있다. 또한, 배관의 허용하중값이 적어 강관보다 흔들림 방지 버팀대 간격을 줄여야 하는 등 주의하여 설치여야 한다.
- ㄴ.** CPVC, 비금속 및 기타 배관 등의 흔들림 방지 버팀대는 다음 사항을 유의하여 설치하여야 한다.
- ①** CPVC, 비금속 배관 전용 흔들림 방지 버팀대는 KFI에서 인증받은 제품을 사용하여야 한다. 또한 다음 사항을 유의하여 설치하여야 한다.
    - 가)** 성능 인증제품 그대로 사용하여 성능 및 조임 이상으로 설치하여야 하고, 제품에 추가·변경하여 사용할 수 없다.
    - 나)** CPVC 배관 등은 조임 등 외부하중에 의한 피로하중이 누적되어 배관이 파손될 수도 있다. 따라서 설치 시 피로응력에 견디거나 응력이 작용하지 않는 방법을 적용해야 한다.
    - 다)** 즉, CPVC 배관 등에 조임으로 압축을 가하지 않는 구조의 배관용 클램프이어야 한다.
    - 라)** CPVC 배관 등 배관과 클램프 사이는 충분한 이격을 주어 CPVC 배관 등이 쉽게 슬라이딩 될 수 있고, 배관용 클램프의 폭을 적당히 유지하여 집중하중을 받지 않는(폭이 넓은 형상 등) 구조이고 흔들림 방지 버팀대의 지지대가 CPVC 배관과 접촉되지 않아야 한다.
    - 마)** CPVC 배관은 장기간 조임 등으로 피로 응력부식 등을 고려하여 시험에 의한 결과로 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치 시 압력에 의한 조임에 장기간의 피로응력 및 내구성에 대한 성능을 확인하여 보증하거나 조임이 없는 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여 지진에 대응하여야 한다.
    - 바)** 마항의 종방향 흔들림 방지 버팀대나 조임이 필요한 흔들림 방지 버팀대의 성능인증은 KFI에 근거서류를 제출하여 성능인증을 받아서 설치하여야 한다.
  - ②** 흔들림 방지 버팀대 부품이 CPVC, 비금속 및 기타 배관 등의 부속품으로 검용인 경우 다음 사항에 유의하여 설치하여야 한다.
    - 가)** 흔들림 방지 버팀대의 연결 부품을 CPVC 배관에 부착된 겸용 부속인 경우 CPVC 파이프로서의 KFI 성능인증과 흔들림 방지 버팀대로서의 KFI 성능인증을 받아 설치하여야 한다.
    - 나)** CPVC, 비금속 및 기타 배관 등의 흔들림 방지 버팀대가 이 기준의 성능에 만족하는지 성능확인, 제품인증 관련 서류를 소방청 기술심의에 제출하여 배관이 지진으로부터 보호되는지 이 해설서의 “제2조, 해설 4 항과 5항” 절차에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

## 6. 흔들림 방지 버팀대의 적용 완화

- ㄱ.** 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하고(제11조제6호 포함), 수직직선배관에서 분기되는 수평직선배관의 길이가 1.2m 이하인 경우 흔들림 방지 버팀대의 적용을 하지 않을 수 있다.

## 7. 배관의 흔들림 방지 버팀대의 선정Sheet (그림 흔들림 방지 버팀대 계산 예1)

흔들림 방지 버팀대 산정 Sheet 예1

Seismic Bracing Calculations		Sheet _____ of _____			
Project:	Acme Warehouse				
Address:	321 First Street Any City, Any State				
	Contractor:	Smith Sprinkler Company			
	Address:	123 Main Street Any City, Any State			
	Telephone:	(555) 555-1234			
	Fax:	(555) 555-4321			
<b>Brace Information</b>		<b>Seismic Brace Attachments</b>			
Length of brace:	3 ft 6 in.				
Diameter of brace:	1 in.				
Type of brace:	Schedule 40				
Angle of brace:	45° to 50°				
Least radius of gyration: <sup>*</sup>	0.421				
$r/r$ value: <sup>*</sup>	100				
Maximum horizontal load:	4455 lb				
<b>Fastener Information</b>		<b>Seismic Brace Assembly Detail</b> (Provide detail on plans)			
Orientation of connecting surface:	"E"				
Fastener:					
Type:	Through bolt				
Diameter:	5/8 in.				
Length (in wood):	5 1/2 in.				
Maximum load:	620 lb				
		<p>Brace identification no. <u>SB-1</u> (to be used on plans)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Lateral brace   <input type="checkbox"/> Longitudinal brace   <input type="checkbox"/> 4-way brace</p>			
<b>Sprinkler System Load Calculation (<math>F_{pw} = C_p W_p</math>)</b>					
$C_p = \frac{0.40}{}$					
Diameter	Type	Length (ft)	Total (ft)	Weight per ft	Weight
1 in.	Sch. 40	15 ft + 25 ft + 8 ft + 22 ft	70 ft	2.05 lb/ft	143.5 lb
1 1/2 in.	Sch. 40	25 ft + 33 ft + 18 ft	76 ft	2.93 lb/ft	222.7 lb
1 1/2 in.	Sch. 40	8 ft + 8 ft + 10 ft + 10 ft	36 ft	3.61 lb/ft	130.0 lb
2 in.	Sch. 40	20 ft	20 ft	5.15 lb/ft	102.6 lb
4 in.	Sch. 10	20 ft	20 ft	11.78 lb/ft	235.6 lb
				Subtotal weight	834.4 lb
				$W_p$ (incl. 15%)	959.6 lb
Main Size	Type/Sch.	Spacing (ft)	Total ( $F_{pw}$ )	583.6 lb	
4 in.	Sch. 10	20 ft	Maximum $F_{pw}$ per 18.5.5.2 (if applicable)	1634	
<small>* Excludes tension-only bracing systems © 2018 National Fire Protection Association</small>					
NFPA 13					

FIGURE A.18.5(b) Sample Seismic Bracing Calculation Form.

## 8. 통합배관에 공동 가대 설치

ㄱ. NFPA 13의 흔들림 방지 버팀대의 설치는 다음과 같이 적용하였다.

- 1) 타 설비배관과 소화배관에 공동 가대를 사용하여 지지할 경우, 공동 가대의 중력하중은 소화배관의 경우 물과 배관무게를 포함한 5배에 250lb(115kg)를 더한 값으로, 타 설비배관의 경우는 물과 배관무게의 1.5 배 한 값으로 산정한다.
- 2) 공동 가대가 지진하중까지 견디도록 설계할 경우 1)항 중력하중에 지진하중을 더한 값으로 산정한다. 이때 모든 배관의 중요도계수( $I_p$ )는 1.5로 한다.
- 3) 공동 가대가 중력하중만을 고려하여 설계된 경우 종방향 흔들림 방지 버팀대를 공동 가대에 추가하여 지진하중에 견디도록 설계하여야 한다.
- 4) 소화배관과 진동이나 열팽창 · 수축이 발생하는 타 설비배관을 공동 가대로 같이 지지할 수 없다.
- 5) 소방시설과 타설비의 공동 가대는 흔들림 방지 버팀대 기준의 제품을 일부 또는 전체를 적용할 수 없는 경우의 특수한 구조 등으로 특별한 조사 · 연구에 의해 설계하는 경우 등은 이 기준의 제2조2항을 따른다.
- 6) 배관을 유연성이 있는 공동 가대 시스템으로 내진설계하는 경우는 1)항의 중력하중의 계산에 따르고, 이 기준의 “제2조2항” 특수한 구조 등으로 특별한 조사 · 연구에 의해 설계하는 경우 “특수한 구조 등으로 조사 · 연구에 의한 설계”된 내진제품을 따른다. 단, “건축물 내진설계기준”에서 배관을 적용하고, 배관의 지진분리장치, 지진분리이음, 가요성이음장치의 유연성에 의한 최대변위가 포함되어 시스템 설계가 반영되어 소방청의 사용확인을 받아 설치하여야 한다.
- 7) 공동가대를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.

## 9. 4방향 흔들림 방지 버팀대

ㄱ. 이 기준에서 말하는 4방향이란 건축물 평면(수평직선배관)상에서 종 · 횡방향 과 단면(수직직선배관)상에서 전 · 후, 좌 · 우방향을 의미한다. 즉, 지진에 의해 배관이 움직일 수 있는 모든 방향에 대해 지지가 가능한 흔들림 방지 버팀대를 의미한다.

ㄴ. 4방향 흔들림 방지 버팀대를 구성하는 방법은 기본적으로 수평직선배관에서 종방향 및 횡방향 또는 수직직선배관에서 횡방향 및 횡방향의 흔들림 방지 버팀대의 조합으로 종방향 및 횡방향과 전후, 좌우 방향의 기능을 함께 갖고 있는 형태로 설계자 및 제조사에 따라 다양하게 제시되고 있다.

ㄷ. 다음 그림은 대표적인 4방향 흔들림 방지 버팀대를 나타낸 것이다. 수직직선배관에 설치하는 횡방향 흔들림 방지 버팀대 2개를 조합하여 전후, 좌우방향의 움직임을 고정하는 형태로 아래 그림은 4방향 흔들림 방지 버팀대 횡방향+횡방향으로 조합 것이다.

## 수직직선배관 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치 예

**10. 흔들림 방지 버팀대의 run구간의 종류와 배치방법**

**L1.** pipe run구간의 종류는 run, short run, run 제외, 연속 run, run에서 경사배관 적용 등이 있다.

- 1) run은 배관에서 방향전환 지점의 단부와 단부 사이 배관의 길이가 6m 이상 구간을 말한다.
- 2) Short run은 방향전환 지점의 단부와 단부 사이 배관의 길이가 6m 미만 구간을 말한다.
- 3) run 제외 구간은 배관길이가 1.2m 이하로 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않는다.
- 4) 연속 run은 run 구간이 연속으로 연결된 배관라인을 말한다.
- 5) 방향전환된 지지점에서 경사배관은 배관 진행방향(반대방향)을 기준으로 45° 초과 시에만 단부로 본다.

**L2.** 흔들림 방지 버팀대의 배치방법

- 1) pipe run구간의 수평직선배관 버팀대 간격내에는 횡방향 흔들림 방지 버팀대 최소 2개와 종방향 흔들림 방지 버팀대 1개를 설치하여야 한다.
- 2) pipe run구간이 12m를 초과하는 수평직선배관은 횡방향 흔들림 방지 버팀대 단부에 먼저 배치하고, 나머지 수평직선배관 길이는 1항의 배치 조건을 만족하여야 한다.
- 3) pipe run구간내 배관길이가 6m 미만인 경우 횡방향과 종방향 흔들림 방지 버팀대를 각 1개씩 설치할 수 있도록 ASHRAE나 SMACNA에 제시하고 있다. 또한, 단부의 설치 기준에서도 제외하고 있다.
- 4) pipe Run 구간내 상쇄배관(offset)은 영향구역내에 포함되며, 방향전환 후 마지막 배관의 길이가 1.2m 이하인 경우 흔들림 방지 버팀대를 제외할 수 있다.
- 5) pipe run구간 1.2m 이하 짧은 배관(방향전환 후 형성되는 마지막 배관을 말한다)길이에 대한 수평직선배관의 흔들림 방지 버팀대 제외는 NFPA 13 (2019. 17.4.3.4.1)에서 지지하지 않을 수 있는 길이와 직경에 따라 0.9~1.5m까지 제시하고 있으며, 이 기준에서는 1.2m 이하로 하고 있다.
- 6) 600mm 이내에 설치된 인접배관의 횡·종방향 흔들림 방지 버팀대는 종·횡방향의 흔들림 방지 버팀대 역할로 기능을 대신하여 검용으로 사용할 수 있다. 이 경우는 횡·종방향 흔들림 방지 버팀대의 수평지진하중 계산은 동시 직교효과(orthogonal effect : 지진하중에 대한 x축과 y축의 적절한 조합)를 무시하고 횡·종방향으로 각각 산출하고, 제품은 KFI 성능인증된 정격하중을 각각 초과하여서는 아니된다. 작용하중과 앵커볼트 설계는 건축물 부착장치 등 NFPA 13 (2019. 18.5.12/A18.5.12~A18.5.12.7)의 조건에 따른다. 필요 시 동시에 하중이 여러 곳에서 작용함을 증명하고 직교효과를 고려하여 공학적으로 계산할 수도 있다.

## 11. 펌프측 흔들림 방지 버팀대 적용 사항 등

- 가.** 펌프 흡입측과 토출측의 수평·수직직선배관에는 흔들림 방지 버팀대를 설치한다.
- 나.** 펌프 흡입측과 토출측의 수직직선배관 등은 각 배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치한다.
- 다.** 펌프의 토출측 수직직선배관의 길이가 1m 이내이고, 수직직선배관의 간격이 1m 이내의 수평 집합관으로 구성된 경우는 주펌프, 예비펌프, 충압펌프의 집합 수평직선배관은 수직직선배관이 연결된 중심부에 1개의 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하고, 기동중량을 수직직선배관, 부속품(알람밸브 등 포함) 등의 합으로 계산하여 설치할 수 있다.
- 라.** 펌프의 수직직선배관 길이가 1m 초과인 경우는 펌프의 각각에 모든 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치한다. 단, 충압펌프의 1·2차측 배관의 직경이 호칭경 50mm 이하 배관인 경우는 흔들림 방지 버팀대를 제외할 수 있다.
- 마.** 각 펌프의 수직직선배관과 수평직선배관이 집합배관 형태인 경우, 각 펌프별 수평직선배관으로부터 0.6m 이내 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치할 수 있으며, 수평직선배관의 기동중량 계산은 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격을 6m 이내로 제한하여 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 산정해야 한다. 또한, 흡입측 집합배관에 설치된 4방향 흔들림 방지 버팀대의 횡·종방향 흔들림 방지 버팀대는 각 펌프 흡입측 수평직선배관의 지진하중을 견디도록 설계할 수 있다.

## 12. 흔들림 방지 버팀대의 성능인증

- 가.** 흔들림 방지 버팀대는 「흔들림 방지 버팀대의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 따라 성능인증 및 제품검사를 받은 것으로 설치하여야 한다.
- 나.** 불가피하게 설치한 공사현장 등의 2개소 이하의 "현장 제작품"이나 "특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계"된 내진제품은 이 해설서의 "제2조, 해설 4항과 5항에 따라 설치하여야 한다."

## 13. 흔들림 방지 버팀대의 내진설계 계산서 제출

- 가.** 건축허가 동의 및 완공 시 관련 제품을 보증할 수 있는 서류를 제출하여 하여야 한다. 단, 현장에서 흔들림 방지 버팀대를 설계 변경하는 경우 건축허가 동의 및 완공 시 관련 제품을 보증할 수 있는 설계변경 된 서류를 다시 제출할 수 있다.

**제10조(수평직선배관 흔들림 방지 버팀대)** ① 횡방향 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 배관 구경에 관계없이 모든 수평주행배관 · 교차배관 및 옥내소화전설비의 수평배관에 설치하여야 하고, 가지배관 및 기타배관에는 구경 65mm 이상인 배관에 설치하여야 한다. 다만, 옥내소화전설비의 수직배관에서 분기된 구경 50mm 이하의 수평배관에 설치되는 소화전함이 1개인 경우에는 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.
2. 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 설계하중은 설치된 위치의 좌우 6m를 포함한 12m 이내의 배관에 작용하는 횡방향 수평지진하중으로 영향구역내의 수평주행배관, 교차배관, 가지배관의 하중을 포함하여 산정한다.
3. 흔들림 방지 버팀대의 간격은 중심선을 기준으로 최대간격이 12m를 초과하지 않아야 한다.
4. 마지막 흔들림 방지 버팀대와 배관 단부 사이의 거리는 1.8m를 초과하지 않아야 한다.
5. 영향구역 내에 상쇄배관이 설치되어 있는 경우 배관의 길이는 그 상쇄배관 길이를 합산하여 산정한다.
6. 횡방향 흔들림 방지 버팀대가 설치된 지점으로부터 600mm 이내에 그 배관이 방향전환되어 설치된 경우 그 횡방향 흔들림방지 버팀대는 인접배관의 종방향 흔들림 방지 버팀대로 사용할 수 있으며, 배관의 구경이 다른 경우에는 구경이 큰 배관에 설치하여야 한다.
7. 가지배관의 구경이 65mm 이상일 경우 다음 각 목의 기준에 따라 설치한다.
  - 가. 가지배관의 구경이 65mm 이상인 배관의 길이가 3.7m 이상인 경우에 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 제9조제1항에 따라 설치한다.
  - 나. 가지배관의 구경이 65mm 이상인 배관의 길이가 3.7m 미만인 경우에는 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.
8. 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 수평지진하중은 별표 2에 따른 영향구역의 최대허용하중 이하로 적용하여야 한다.
9. 교차배관 및 수평주행배관에 설치되는 행가는 다음 각 목의 기준을 모두 만족하는 경우 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.
  - 가. 건축물 구조부재 고정점으로부터 배관 상단까지의 거리가 150mm 이내일 것
  - 나. 배관에 설치된 모든 행가의 75% 이상이 가목의 기준을 만족할 것
  - 다. 교차배관 및 수평주행배관에 연속하여 설치된 행가는 가목의 기준을 연속하여 초과하지 않을 것
  - 라. 지진계수( $C_p$ )가 0.5 이하일 것
  - 마. 수평주행배관의 구경은 150mm 이하이고, 교차배관의 구경은 100mm 이하일 것
  - 바. 행가는 「스프링클러설비의 화재안전기준」 제8조제13항에 따라 설치할 것
- ② 종방향 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.
  1. 배관 구경에 관계없이 모든 수평주행배관 · 교차배관 및 옥내소화전설비의 수평배관에 설치하여야 한다. 다만, 옥내소화전설비의 수직배관에서 분기된 구경 50mm 이하의 수평배관에 설치되는 소화전함이 1개인 경우에는 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.

2. 종방향 흔들림 방지 버팀대의 설계하중은 설치된 위치의 좌우 12m를 포함한 24m 이내의 배관에 작용하는 수평지진하중으로 영향구역내의 수평주행배관, 교차배관 하중을 포함하여 산정하며, 가지배관의 하중은 제외한다.
3. 수평주행배관 및 교차배관에 설치된 종방향 흔들림 방지 버팀대의 간격은 중심선을 기준으로 24 m를 넘지 않아야 한다.
4. 마지막 흔들림 방지 버팀대와 배관 단부 사이의 거리는 12m를 초과하지 않아야 한다.
5. 영향구역 내에 상쇄배관이 설치되어 있는 경우 배관 길이는 그 상쇄배관 길이를 합산하여 산정한다.
6. 종방향 흔들림 방지 버팀대가 설치된 지점으로부터 600mm 이내에 그 배관이 방향전환되어 설치된 경우 그 종방향 흔들림방지 버팀대는 인접배관의 횡방향 흔들림 방지 버팀대로 사용할 수 있으며, 배관의 구경이 다른 경우에는 구경이 큰 배관에 설치하여야 한다.

## • 해설 •

### 1. 수평방향 흔들림 방지 버팀대 개요

**가.** 지진에 의한 소화배관의 과도한 움직임을 방지하기 위해 이 기준의 제9조에 설명된 흔들림 방지 버팀대 설치에 대해 설명한다.

**나.** 횡방향 및 종방향 흔들림 방지 버팀대는 구성품, 배관과 건물에 고정시키는 부착 부분, 체결구로 구성되어 있으며, 흔들림 방지 버팀대의 설치 간격을 결정할 때는 배관에 발생할 수 있는 응력을 고려하여 결정하여야 한다. 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 최대 간격은 배관 및 관 부속품에 가해지는 응력이 현재의 건축물 기준에서 허용하는 수준으로 결정하였으며 최대 간격을 12m로 제한하였다.

**다.** 흔들림 방지 버팀대 산정기준을 정리하면 다음과 같다.

#### 1) 횡방향 흔들림 방지 버팀대

**가)** 가동중량 적용대상 : 수평주행배관, 교차배관 및 가지배관, 기타 부착물(배관에 부착된 알람밸브, 프리액션밸브, 체크밸브, 글루브밸브, 감압밸브, 배관 부속품 등의 무게 합이 10kg 초과한 것을 말한다)

**나)** 흔들림 방지 버팀대 설치위치 : 수평주행배관, 교차배관 및 가지배관(65A 이상)

#### 2) 종방향 흔들림 방지 버팀대

**가)** 가동중량 적용대상 : 수평주행배관, 교차배관(가지배관 제외), 기타부착물(배관에 부착된 알람밸브, 프리액션밸브, 체크밸브, 글루브밸브, 감압밸브, 배관 부속품 등의 무게 합 10kg 초과한 것을 말한다)

**나)** 흔들림 방지 버팀대 설치위치 : 수평주행배관, 교차배관

## 2. 흔들림 방지 버팀대 기본 설계의 개념과 배치방법

### 가. 기본 설계의 개념

- 1) 횡방향 흔들림 방지 버팀대는 50mm 이하의 배관은 지진 발생 시에 파손을 방지할 수 있는 충분한 유연성을 갖는 것으로 취급한다. 그러므로 가지배관 및 기타 배관(지정된 명칭 없이 소화설비 배관용도로 사용하는 배관)의 경우에는 배관 구경 65mm 이상의 배관에만 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하도록 규정하고 있다.
- 2) 수평주행배관 및 교차배관의 경우에는 인접한 가지 배관의 하중을 지지하고 있는 점을 고려하여 배관 구경에 상관없이 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
- 3) 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 최대간격은 배관 및 관 부속품에 가해지는 응력이 현재의 건축물 구조기준에서 허용하는 수준으로 결정되었다.
  - 가) 횡방향 흔들림 방지 버팀대에 작용하는 수평지진하중은 흔들림 방지 버팀대 좌우 6m를 포함한 12m 배관에 작용하는 횡방향 수평지진하중으로 사용하여야 한다.
  - 나) 흔들림 방지 버팀대에서 허용하는 응력을 초과하는 경우 흔들림 방지 버팀대의 배치 간격을 짧게 조정하여야 한다.
  - 다) 표에 기재되어 있지 않은 간격으로 횡방향 버팀대를 설치할 경우, 제3조 관련 해설서 KS인증 소화배관의 규격, 길이에 따른 허용하중표로 계산한 값을 적용할 수 있다.
- 4) 단부 사이와 배관 끝단에 설치되는 흔들림 방지 버팀대는 방향전환 지점의 단부와 배관 시작과 끝단의 단부 1.8m 이내에 설치하도록 규정하고 있다.
- 5) 수평주행배관 또는 교차배관에 가지배관이 연결되어 있는 경우, 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 선정하기 위한 수평지진하중은 가지배관에 무게를 포함하여 산정하여야 한다.
- 6) 종방향 흔들림 방지 버팀대는 횡방향과 달리 최대 간격을 24m 까지 허용한다. 이는 배관이 길이방향으로 길기 때문에 횡방향 흔들림에 비해 종방향 흔들림이 작기 때문이다. 그러므로 종방향 흔들림 버팀대에 작용하는 하중은 흔들림 방지 버팀대 전, 후 12m를 포함한 24m 내의 배관에 작용하는 수평지진하중으로 계산한다.

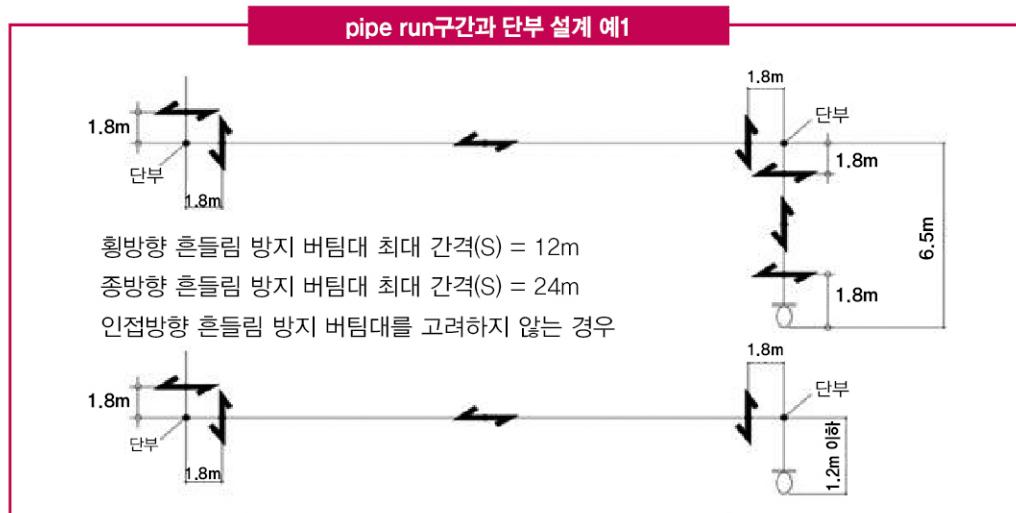
### 나. 흔들림 방지 버팀대 run구간과 배치방법

- 1) 배치방법은 이 해설서의 "제9조, 해설 10항"의 흔들림 방지 버팀대의 pipe run구간의 종류와 배치방법을 따른다.

## 3. 흔들림 방지 버팀대의 상세 설계와 배치 예

### 가. pipe run구간과 단부

- 1) 일반적으로 내진설계에서는 배관의 방향 전환지점(엘보, 티이 등)을 단부로 보고 설계하는 것이 바람직하다. 이는 배관의 양단에 하중의 균형으로 편심을 예방하고, 배관의 고정부에서 자유단을 최소화하기 위해 배관 방향전환 부분(엘보, 티이 등)의 양단과 배관의 시작과 끝단 부분으로 정의한다. 티이는 방향전환지점이 아니라 새로 시작하는 배관의 시작과 끝단 부분의 단부로 정의한다.



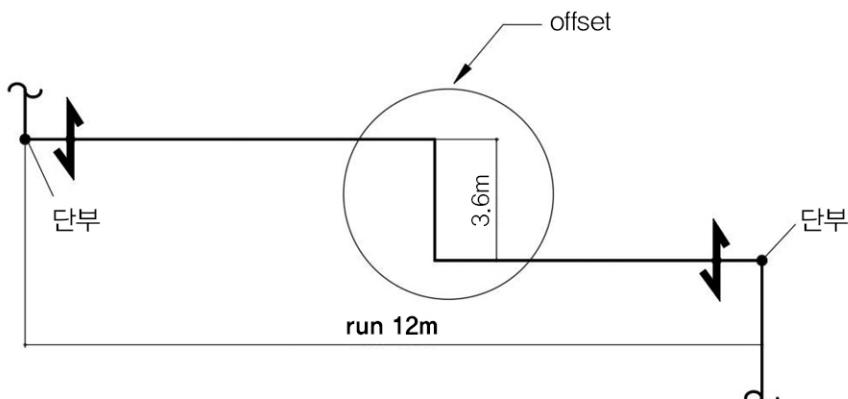
- 2) 양쪽 단부 1.8m 이내에 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 배치한다. 이 경우는 일반적으로 마지막 끝단의 단부를 제외한 pipe run의 양쪽 단부는 600mm 이하로 배치하여 인접배관 버팀대 역할을 대신하도록 하고 있다. 즉, 횡방향 흔들림 방지 버팀대가 인접배관의 종방향 흔들림 방지 버팀대 역할을 할 수 있다.
- 3) 단부와 횡·종방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 다음에 따라야 한다.
  - 가) 마지막 배관의 시작 및 끝부분 및 배관의 방향전환 지점의 단부와 횡방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 1.8m를 초과하지 않아야 한다. 일반적으로는 0.6m 이내에 유지하여 인접배관 버팀대로서 기능을 대신할 수 있도록 사용하고 있다.
  - 나) 마지막 배관 시작 및 끝부분의 단부와 종방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 12m를 초과하지 않아야 한다. 방향전환 지점의 단부와 종방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 버팀대의 간격으로 제한 된다.

#### **L. pipe run구간과 상쇄배관(offset)**

- 1) 상쇄배관(offset)은 방향전환된 배관(방향전환된 배관이 역방향인 것도 포함한다)을 일직선화된 배관으로 보는 길이를 말하며, 최대 상쇄배관(offset)거리는 NFPA 13 기준을 준용하여 최대길이를 3.7m 이하로 하였다.
- 2) 상쇄배관(offset)의 3.7m 이하는 단부로 보지 않으며, 횡방향 흔들림 방지 버팀대 최대간격(12m)은 방향전환된 상쇄배관(offset)길이 3.7m를 합산하여 산정한다.
- 3) 다음은 상쇄배관(offset)이 적용되지 않는 배관이다.
  - 가) 하나의 pipe run에 속하지 않고, 새로이 시작되는 run구간
  - 나) 배관의 상대변위가 커서 진진분리장치나 가요성이음장치 설치 부분
  - 다) 배관이 타배관이나 구조체에 지지(Supported)되어 있는 경우
  - 라) 시스템 배관으로 구조체와 지지(Supported)되어 있는 경우
  - 마) 배관 매립 부분으로 수직에서 수평 또는 수평에서 수직으로 방향전환하는 경우
  - 바) 배관에 중간지지부, 고정부가 있는 경우
  - 사) 중량이 큰 시스템배관(감압밸브 등)의 경우

- 아) 작은 부품이나 장비가 연결된 배관의 경우
- 자) 수평직선배관에서 T 분기하여 새로이 시작하는 run구간
- 차) 방향전환된 경사배관의 진행(역)방향 기준에서 45° 미만인 경우

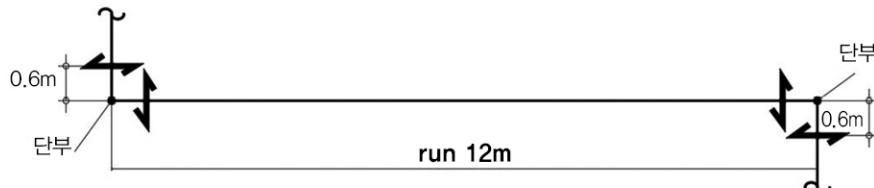
pipe run구간과 상쇄배관(offset) 설계 예2



## 다. pipe run구간과 버팀대 배치

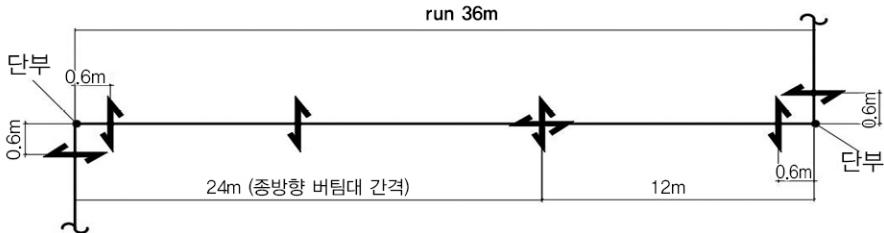
- 1) pipe run구간은 단부 양쪽 구간과 일직선거리를 말하며, 배관길이에 따른 흔들림 방지 버팀대 배치는 다음과 같다.
  - 가) 버팀대의 영향구역은 설치된 버팀대를 중심으로 한쪽 또는 양쪽의 배관길이로 구성된 흔들림 방지 버팀대 지진하중 저항이 미치는 구간을 말한다.
  - 나) 수평주행배관이나 교차배관의 길이가 1.2m를 초과하는 경우는 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다. 단, 인접배관 버팀대로 횡·종의 흔들림 방지버팀대를 사용하여 대체할 수 있다.

pipe run구간과 버팀대 배치 예3



- 2) pipe run 구간은 여러 개의 버팀대 영향구역과 일직선으로 연결된 단부 간의 구간 길이에 해당한다. 배관의 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 양쪽 단부에 먼저 1개씩 설치한다. 나머지 pipe run구간의 길이는 횡방향 흔들림 방지 버팀대 설치 간격의 기준에 맞춰 배치한다. 종방향 흔들림 방지 버팀대 간격은 규정에 따라 다음 그림과 같이 한쪽 방향을 12m 이내로 하여 버팀대 간격 24m를 초과하지 않아야 한다.

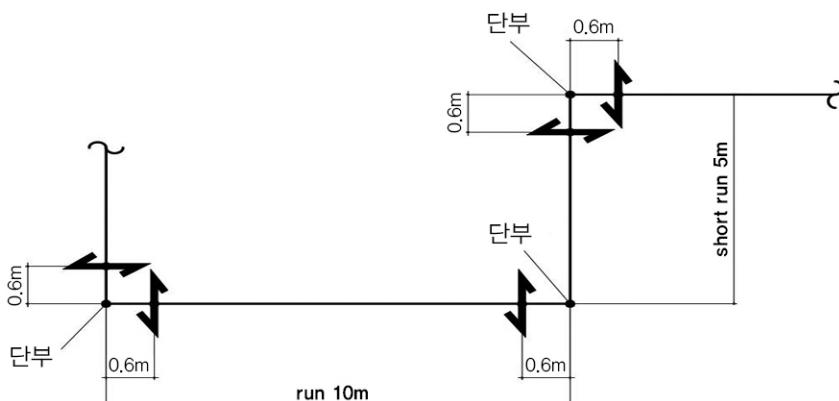
## pipe run구간과 버팀대 배치 예4



## 라. 연속 pipe run구간과 인접배관 버팀대 배치

- 1) 인접배관 흔들림 방지 버팀대 수평 및 수직직선배관의 방향전환 된 단부에서 600mm 이내에 횡·종방향 및 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치 시 인접배관 종방향, 횡방향 및 4방향 흔들림 방지 버팀대로 기능을 대체하여 사용할 수 있다.
- 2) 인접배관 버팀대가 설치된 수평직선배관 규격은 연결된 다른 수평직선배관보다 규격이 같거나 커야 한다.

## 연속 pipe run구간과 인접배관 버팀대 배치 예5

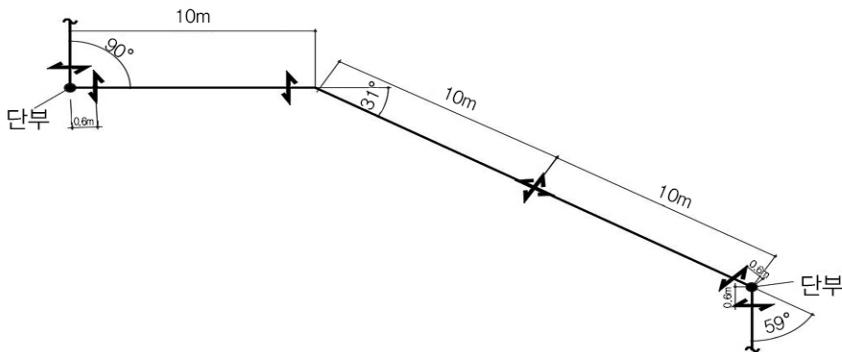


- 3) 단부 600mm 이내에 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치할 경우 종방향 흔들림 방지 버팀대로 대체하여 기능을 겸용으로 사용할 수 있다.
- 4) pipe run구간의 버팀대 간격내에 수평직선배관은 최소 2개의 횡방향 흔들림 방지 버팀대와 1개의 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
- 5) pipe run구간의 배관길이가 6m 미만은 1개의 횡방향 흔들림 방지 버팀대와 1개의 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치할 수 있다.

## 마. 경사배관 단부 적용과 버팀대 배치

- 1) 수평직선배관 진행(역)방향 기준으로  $45^\circ$ 를 이상하여 방향전환 되는 지점은 단부로 본다. 단, 진행(역)방향 기준에서  $45^\circ$  미만인 경우는 단부로 보지 않고 일직선화한 배관으로 볼 수 있다.(그림 참조)
- 2) 역방향으로 진행된 경사된 배관은 방향만 반대이고 1)항과 동일하게 적용한다.

## 경사배관 단부 적용과 버팀대 배치 예6

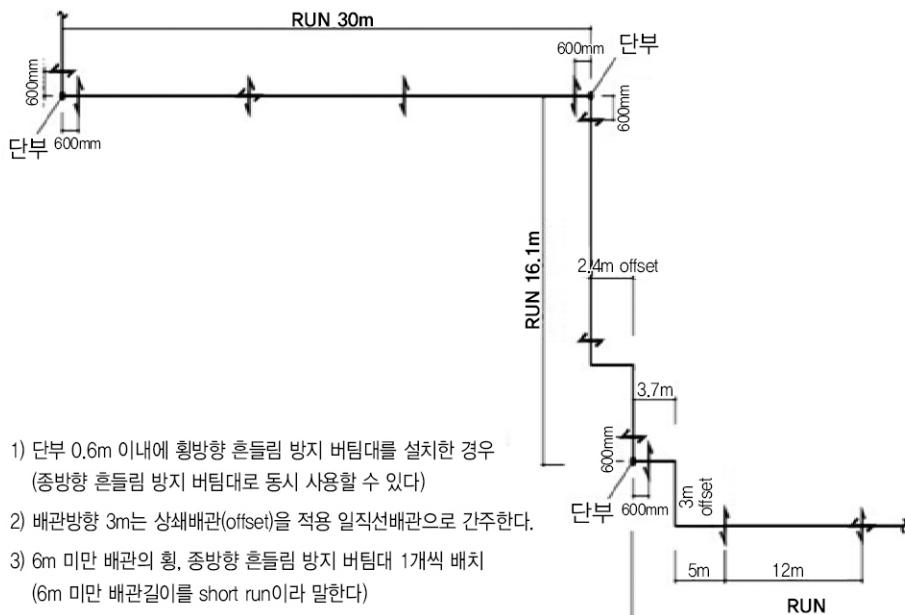


3) 공학적 근거에 의해 설치각도를 계산한 경우는 그 근거에 따라 버팀대를 배치할 수 있다.

## 비. 연속 pipe run구간 버팀대 배치

1) 배관 30m는 pipe run 구간으로 양쪽 단부에 기준에 맞춰 횡방향 흔들림 방지 버팀대 1개씩을 먼저 설치한다.

## 연속 pipe run구간 버팀대와 인접배관 버팀대 배치 예7



2) 좌, 우측 단부에서 600mm 이내 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여 종방향 흔들림 방지 버팀대로 동시에 사용하는 경우는 단부에서 24m 이내로 다른 종방향 흔들림 방지 버팀대를 설치한다.

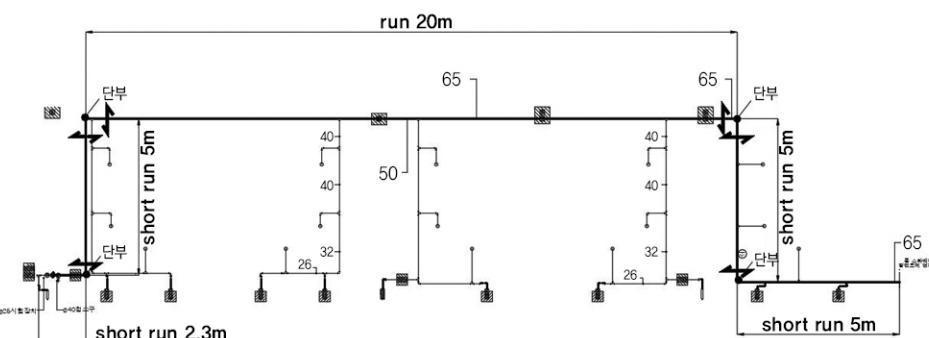
3) 나머지 길이의 횡방향 흔들림 방지 버팀대 배치는 30m 배관구간의 길이를 버팀대 설치간격으로 나누어 수량을 산출하여 횡방향 흔들림 방지 버팀대 배치하고, 버팀대 간격마다 종방향 흔들림 방지 버팀대는 횡방향 흔들림 방지 버팀대 2개당 1개씩 설치한다.

- 4) 10m 배관 구간, 2.4m 배관 구간, 3.7m 구간을 하나의 run 구간(16.1m)으로 보고, 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 양쪽 끝에 우선 설치하며, 중간 2.4m는 상쇄배관으로 직선화 되것으로 보아 양 끝단에서 흔들림 방지 버팀대 간격이 16.1m이므로 12m를 초과하므로, 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 1개 추가하여 설치하여야 한다. 종방향 흔들림 방지 버팀대는 양쪽 인접배관 버팀대로 대신 할 수 있다. 여기에서 인접배관과 단부까지의 거리 600mm는 영향구역 12m에 포함시켜서 해석한다.
- 5) 6m 미만(short) run 구간의 배관길이 2.4m와 3.7m는 인접배관 버팀대로 대체하여 횡방향 · 종방향 흔들림 방지 버팀대 1개씩 설치한다.
- 6) run 10.4m 구간은 2.4m 배관구간, 3m 상쇄배관(offset) 및 5m 배관구간으로 일직선화된 구간으로 보고 버팀대를 설치하고 나머지는 run 30m와 같은 방법으로 버팀대를 배치한다.

#### A. 실내공간의 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 완화된 배치

- 1) 배관의 교차배관 및 수평주행배관으로서 횡방향 흔들림 방지 버팀대 설치는 천장부분과 배관의 상단부분과의 이격거리를 기준으로 설치하지 않을 수 있으며, 종방향 흔들림 방지 버팀대는 설치하여야 한다. 이 경우 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 600mm 이하로 설치하여 인접배관 버팀대로서 종방향 흔들림 방지 버팀대 역할을 할 수 있도록 설치하였다.
- 2) 배관의 상단과 천장 사이가 150mm 이내인 경우로서 행가로 개별 지지한 경우에는 배관에 설치하는 가지배관 고정장치와 횡방향 흔들림 방지 버팀대 설치를 아니할 수 있다.

횡방향 흔들림 방지 버팀대의 완화된 배치 예8



## 4. 가지배관의 흔들림 방지 버팀대의 상세 설계

ㄱ. 가지배관의 구경이 65mm 이상일 경우 흔들림 방지 버팀대는 기준에 따라 설치하여야 한다.

- 1) 가지배관의 구경이 65mm 이상인 배관의 길이가 3.7m 이상인 경우에 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 제9조제 1항에 따라 설치한다.
- 2) 가지배관의 구경이 65mm 이상인 배관의 길이가 3.7m 미만인 경우에는 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다. 이 경우 가지배관의 수평지진하중은 교차배관에 설치되는 횡방향 흔들림 방지 버팀대로 포함하여 계산한다.

## 5. 흔들림 방지 버팀대의 배관 허용하중, 설치 허용각도 및 제출서류

- 가. 버팀대 영향구역내 배관 규격, 길이별 최대허용하중은 기준의 별표 2에 따른다.
- 나. VISCMA(VIBRATION ISOLATION & SEISMIC CONTROL MANUFACTURERS ASSOCIATION, KINETICS SECTION-D7.4.2에서는 흔들림 방지 버팀대 지지대의 설치 허용각도는 공차를  $\pm 10^\circ$ 로 하고 있다.
- 다. 흔들림 방지 버팀대의 산정(계산서)의 제출서류는 해설서 부록 건축허가동의 및 완공시 제출서류에 따른다.  
단, 현장에서 흔들림 방지 버팀대를 설계 변경하는 경우 건축허가 동의 및 완공 시 관련 제품을 보증할 수 있는 설계변경 된 서류를 다시 제출할 수 있다.

**제11조(수직직선배관 흔들림 방지 버팀대)** 수직직선배관 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

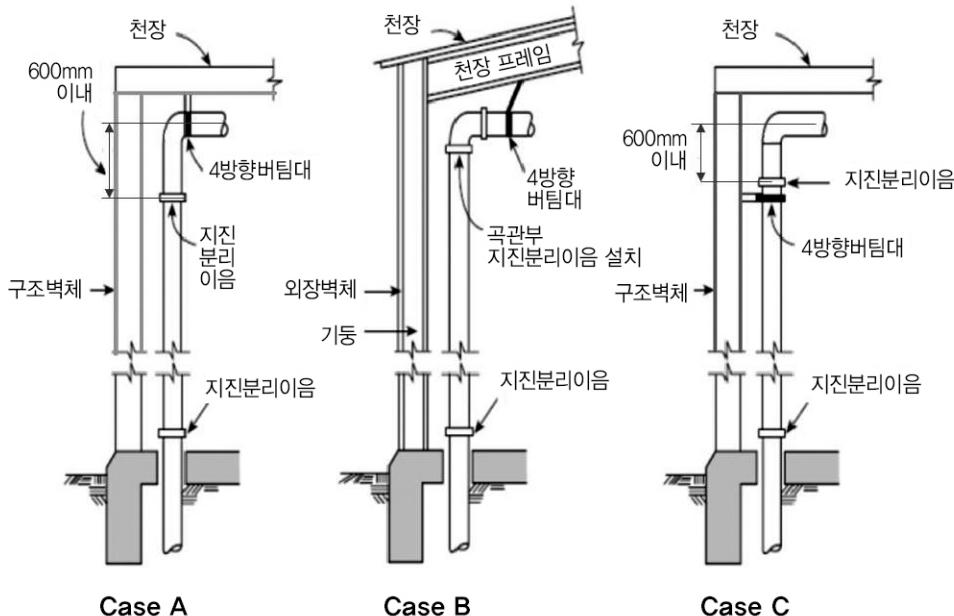
1. 길이 1m를 초과하는 수직직선배관의 최상부에는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다. 다만, 가지배관은 설치하지 아니할 수 있다.
2. 수직직선배관 최상부에 설치된 4방향 흔들림 방지 버팀대가 수평직선배관에 부착된 경우 그 흔들림 방지 버팀대는 수직직선배관의 중심선으로부터 0.6m 이내에 설치되어야 하고, 그 흔들림 방지 버팀대의 하중은 수직 및 수평방향의 배관을 모두 포함하여야 한다.
3. 수직직선배관 4방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 8m를 초과하지 않아야 한다.
4. 소화전함에 아래 또는 위쪽으로 설치되는 65mm 이상의 수직직선배관은 다음 각 목의 기준에 따라 설치한다.
  - 가. 수직직선배관의 길이가 3.7m 이상인 경우, 4방향 흔들림 방지 버팀대를 1개 이상 설치하고, 말단에 U 볼트 등의 고정장치를 설치한다.
  - 나. 수직직선배관의 길이가 3.7m 미만인 경우, 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니할 수 있고, U 볼트 등의 고정장치를 설치한다.
5. 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하고 수평방향으로 분기된 수평직선배관의 길이가 1.2m 이하인 경우 수직직선배관에 수평직선배관의 지진하중을 포함하는 경우 수평직선배관의 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.
6. 수직직선배관이 다층건물의 중간층을 관통하며, 관통구 및 슬리브의 구경이 제6조제3항제1호에 따른 배관 구경별 관통구 및 슬리브 구경 미만인 경우에는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다.

## • 해설 •

### 1. 수직직선배관 설치 개요

- ㄱ.** 수직직선배관은 건축물의 높이 방향에 따라 설치되므로 종방향 및 횡방향의 지진하중을 동시에 받게 된다. 그러므로 수직직선배관 흔들림 방지 버팀대는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
- ㄴ.** 제11조제1호에 의해 길이 1m를 초과하는 수직직선배관의 최상부에는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치한다. 다만, 가지배관은 설치하지 아니할 수 있다.
- ㄷ.** 수직직선배관의 길이가 1m 이내인 경우에는 흔들림에 의한 소화배관 손상의 위험이 크지 않기 때문에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 생략할 수 있다. 수직직선배관상에 연결된 배관길이(수직직선배관 또는 수평직선배관)가 1m 이내인 경우는 일체화된 것으로 취급하여 인접 흔들림 방지 버팀대에 수평지진하중을 합산해서 산정한다.
- ㄹ.** 수직직선배관 자체에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않고 수직직선배관 최상부와 연결된 수평직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대가 설치될 경우에는 수직직선배관의 중심으로부터 0.6m 이내에 설치하도록 규정하고 있다. 이는 4방향 흔들림 방지 버팀대가 수직직선배관에서 멀어질 경우 수직직선배관의 흔들림을 방지하지 못하여 파손될 수 있기 때문이다.
- ㅁ.** 다음 그림은 수직직선배관의 최상단부 흔들림 방지 버팀대 설치 예이다.

## 수직직선배관의 최상부 흔들림 방지 버팀대 설치 예



※ 참고: NFPA 13 2019 Ed, Riser Details

- 바.** 수직직선배관의 크기는 수평주행배관 또는 가지배관 보다 크기 때문에 작용하는 하중 역시 크다. 그러므로 수직직선배관에 설치하는 흔들림 방지 버팀대의 간격은 횡방향 또는 종방향 흔들림 방지 버팀대의 최대 간격보다 작은 8m로 하였다.

## 2. 수직직선배관 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치

- ㄱ.** 4방향 흔들림 방지 버팀대는 수직직선배관의 4방향을 고정하는 방법으로 그 종류는 횡방향 흔들림 방지 버팀대 2개를 설치 간격 50mm 이내(권장)로 하고 수평직선배관의 인접 버팀대로 600mm 이내에 횡·종방향 흔들림 방지 버팀대로 하는 방법과 그 밖에 수평지진력을 잡을 수 있는 방법이 고려될 수 있다.
- ㄴ.** 수직방향의 하중을 고려한 고정틀형, 바닥지지형 등은 4방향 버팀대가 아니며 수직직선배관의 중간지지부(대)이다.(단, 「흔들림 방지 버팀대 성능인증 및 제품검사기술기준」제정 전에는, 공인시험연구기관의 내진관련 기술기준과 KF 기술기준에 의한 시험방법에 따른 시험성적서와 구조검토서가 있는 경우 사용 가능) 4방향 흔들림 방지 버팀대는 길이 1m를 초과하는 수직직선배관의 상부 쪽에 설치하여야 한다.
- ㄷ.** 흔들림 방지 버팀대는 성능인증 및 기술기준에 적합한 것으로 하고, 그 밖의 인증을 받을 수 없는 “특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품은 공인시험연구기관의 내진설계 기준에 따른 성능을 확인과 제품인증을 받아 “소방시설의 내진설계 기준”을 만족하는지 소방청 기술심의 등을 거쳐 승인 후 설치하여야 한다.
- ㄹ.** 수직직선배관이 다층건물의 중간층을 관통하며, 관통구 및 슬리브의 구경이 제6조제3항제1호에 따른 배관 구경별 관통구나 슬리브 구경과 이격거리 미만인 경우 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다.

다만, 지진분리이음이 설치된 경우 배관구경과 슬리브간 실제 공간 거리에 따라 이격거리를 산정하여 설치 할 수 있으며, 배관과 슬리브간 실제 공간거리는 별표 6을 참조한다.

### 3. 수직직선배관 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치 상세2

**ㄱ. 4방향 흔들림 방지 버팀대 간격을 8m 이내로 설치하는 경우**

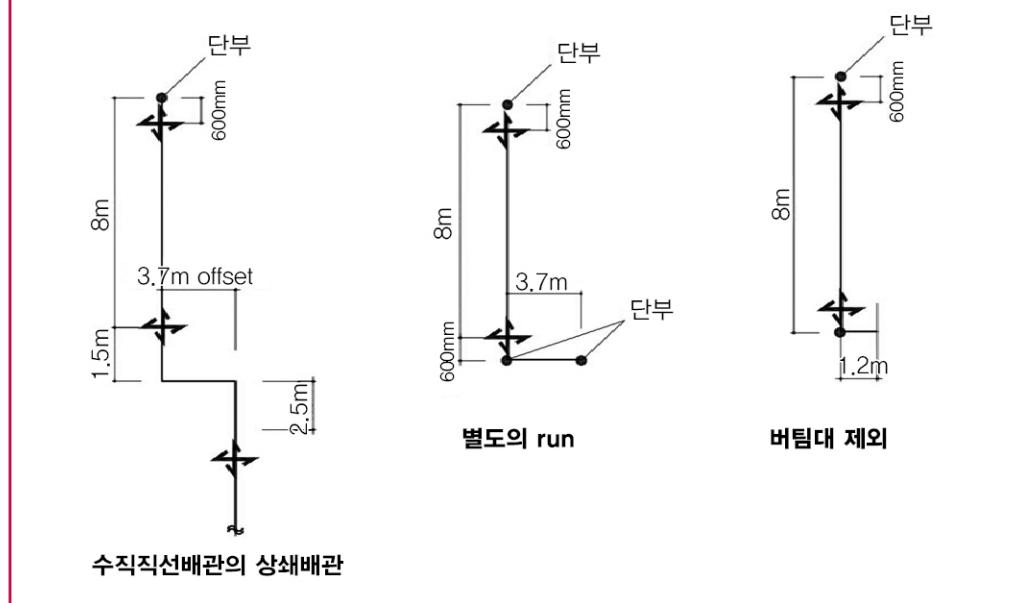
- ① 배관과 슬리브간 규정된 이격거리(공간) 이상으로 확보한 경우는 8m 간격으로 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치해야 한다.
- ② 배관과 슬리브간 규정된 이격거리(공간) 미만으로 확보한 경우는 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치할 필요가 없고, 지진분리이음을 설치해야 한다.

**ㄴ. 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치 층고가 8m 초과하는 경우**

- ① NFPA 13에서 수직직선배관을 위한 4방향 흔들림 방지 버팀대 사이의 거리는 8m 이내로 한다. 그리고 시스템배관은 별도의 설치 기준이 제시되어 있다. 이 요구 사항이 특수구조나 시스템 수직직선배관에 적용되는 것은 아니다.
- ② 특수구조나 시스템 수직직선배관 등은 높이 8m를 초과할 수 있으며, 수직직선배관의 상단부와 하단부에 반드시 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치해야 한다.
- ③ 불가피하게 설치한 공사현장 등의 2개소 이하인 "현장 제작품"이나 다수의 개소에 설치하는 제품인 경우는 내진제품은 이 해설서의 "제2조, 해설 4항과 5항"에 따라 설치하여야 한다.

**ㄷ. 바다 관통부를 지나는 수직직선배관의 버팀대 간격내에 수평방향의 상쇄배관(offset)은 일직선화 된 수직직선배관으로 간주하여 흔들림 방지 버팀대를 배치할 수 있다.**

수직직선배관의 흔들림 방지 버팀대 설치 예2



## 4. 4방향 흔들림 방지 버팀대 설치 제외

- 가.** 다층 건물에서 중간층의 수직직선배관과 제6조제3항제1호의 슬리브 관통부 이격거리 미만인 경우에는 다음과 같은 이유로 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다.
- 1) 실질적인 바닥이나 지붕을 가로지르는 수직직선배관 주변의 제한된 공간은 움직임을 제한하고 흔들림 방지 버팀대와 동등한 효과를 제공한다.
  - 2) 수직직선배관 출구를 제공하기 위해 지붕까지 연장되는 수직직선배관의 경우, 흔들림 방지 버팀대는 지붕 밑면에 위치하거나 지붕 구조를 통해 제공될 수 있다.
- 나.** 스프링클러설비의 파손을 방지하기 위한 응력한계를 초과하지 않는 제6조제3항제1호 이격거리 이내의 경우는 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 않을 수 있다. 이 경우는 배관을 보호할 수 있는 지진분리이음 등의 유연성이 확보됨을 확인하여야 한다. 최소한의 공간은 슬리브를 설치하여 확보하여야 한다. 이 내용은 건물 내에서 차별적인 움직임이 발생할 경우 시스템 구성 요소가 단단한 구조부재에 밀려 손상될 가능성을 슬리브 등의 설치로 배관의 파손 등을 방지한다.
- 다.** 벽 및 바닥을 흔들림 방지 버팀대로 사용하는 경우는 다음 사항에 유의하여 확인 후 설치하여야 한다. ASHRAE 기준에서는 벽 접촉부는 자연스러운 흔들림 방지 버팀대처럼 보이지만, 닉트공사와 비교할 때 배관은 보다 집중된 지역에서 훨씬 높은 하중을 발생시켜 벽에 손상을 줄 수 있다.
- 라.** 또한, 구역 분리, 제연 경계벽 또는 기타 화재, 생명 안전 관련 기능에 필요한 벽을 흔들림 방지 버팀대의 구조부재로 사용해서는 안된다. 이런 경우에는 건축구조기술사에게 특정 바닥 및 벽 접촉부가 흔들림 방지 버팀대의 지지점의 구조부재로 병행하여 작용할 수 있는지 여부를 확인해야 한다.
- 마.** 수직직선배관의 흔들림 방지 버팀대를 인정한 수평직선배관의 4방향 흔들림 방지 버팀대로 대체한 경우의 지진하중은 영향구역 내에서 수직직선배관과 수평직선배관을 포함해야 하며, 위 사항이 포함된 수평지진하중을 종방향과 횡방향을 모두 별도로 계산하여야 한다.
- 바.** 이 기준 제11조6호에 의한 다층건물의 중간층에서 수직직선배관에서 분기한 수평직선배관이 1.2m 이하이면 제11조5호를 적용할 수 있다.

## 5. 옥내소화전의 배관의 흔들림 방지 버팀대 설치

- 가.** 옥내소화전설비 수직직선배관에서 분기된 수평직선배관에 1개의 소화전함만 설치된 경우 흔들림 방지 버팀대를 제외할 수 있다.
- 나.** 수직직선배관에서 2개 이상의 소화전함을 연결하는 50mm 이상의 수평직선배관(교차배관)은 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.
- 다.** 소화전함에 연결된 수평직선배관 길이가 1.2m 이하는 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다.
- 라.** 소화전함에 연결된 수평직선배관에 지진분리이음 배치는 이 기준의 제5조(지진분리이음), 제16조(소화전함)의 설치기준과 해설에 따라 설치하여 파손 및 변형을 방지하여야 한다.

## 6. 65A 이상의 옥내소화전 수직직선배관에 흔들림 방지 버팀대 설치

- ㄱ:** 옥내소화전의 수직직선배관 4방향 흔들림 방지 버팀대의 설치간격은 최대 8m 이하로 하여야 한다.
- ㄴ:** 옥내소화전의 수직직선배관 배관길이가 3.7m 미만인 경우 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니하고 U볼트만 설치한다.
- ㄷ:** 옥내소화전의 수직직선배관 배관길이가 3.7m 이상인 경우 끝단 부분에 U볼트로 지지하고 1개 이상의 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치간격에 따라 설치하여야 한다.
- ㄹ:** 4방향 흔들림 방지 버팀대를 옥내소화전 수평직선배관의 분기점 0.6m 이내에 설치하면 아래 또는 위쪽으로 연결한 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 대신할 수 있다. 다만, 4방향 흔들림 방지 버팀대가 끝단에 설치된 경우에는 U볼트를 설치하지 않을 수 있다.

## 7. 건축물 다층 구조체에 연속으로 매립된 소화배관의 내진설계 유의사항

- ㄱ:** 부득이한 경우로만 한정하고 설치 시에는 다음 사항을 고려한다.
  - 1) 건축물 허가 시 건축물 다층 구조체의 기둥, 벽체에 소화배관을 연속으로 매립하여 건축물 내진설계 구조안전성을 건축구조기술사가 확인한 경우 구조체에 매립된 소화배관은 내진설계가 확인된 것으로 본다. 다만, 현장에서 소화배관 매립 등의 설계변경 시 구조체의 내진설계에 관련 사항은 등록된 업체의 건축구조기술사와 소방시설의 내진설계 사항은 등록된 소방시설설계업의 소방기술사와 사전 협의가 필요하다.
  - 2) 건축물과 배관의 성능에 이상이 없는 것을 확인한 경우에는 흔들림 방지 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다.
  - 3) 소화배관에서는 보수유지와 내진 구조안전성 및 관리측면에서 다층 구조체에 소화배관을 매립하는 것은 지양하고 있다.

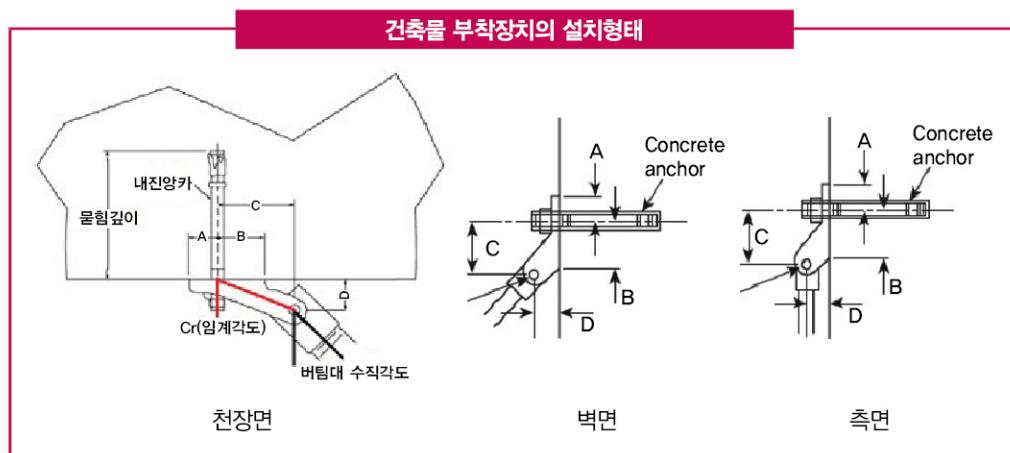
제12조(흔들림 방지 버팀대 고정장치) 흔들림 방지 버팀대 고정장치에 작용하는 수평지진하중은 허용하중을 초과하여서는 아니 된다.

### • 해설 •

#### 1. 흔들림 방지 버팀대 고정장치의 개념

- 가. 흔들림 방지 버팀대는 버팀대 부분과 건물에 고정시키는 부착부분의 고정장치로 구성되어 있으며 건축물부착장치라고도 한다. 그러므로 지진으로 발생하는 하중을 흔들림에 견디다고 하여도 흔들림 방지 버팀대 고정장치가 견디지 못하면 배관의 파손을 방지할 수 없다.
- 나. 흔들림 방지 버팀대 고정장치는 작용하는 수평지진하중을 견딜 수 있는 충분한 강도를 가지고 있어야 하며, 흔들림 방지 버팀대 고정장치가 견딜 수 있는 하중을 초과하여서는 안된다.

#### 2. 흔들림 방지 버팀대 고정장치(건축물 부착장치)의 설치형태는 다음과 같이 설치할 수 있으며 그 설치형태에 따라 A, B, C, D 값을 고려하여 프라잉효과( $Pr$ )를 적용하여야 한다.



- 앵커볼트 중심선부터 앞굽판까지 거리(A)
- 앵커볼트 중심선부터 뒷굽판까지 거리(B)
- 앵커볼트 중심부터 지지대 연결구멍 중심선까지 거리(C)
- 지지대 연결구멍 중심선부터 바닥까지 거리(D)

### 3. 흔들림 방지 버팀대 고정장치(건축물 부착장치) 내진제품의 사용확인

- 가. KFI 성능인증의 흔들림 방지 버팀대 고정장치는 버팀대와 함께 건축물부착장치로 제품인증을 받아야 한다.  
단, 내진관련 제품인증이 없는 제품은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

### 4. 흔들림 방지 버팀대 고정장치 앵커볼트의 적용

- 가. 흔들림 방지 버팀대 고정장치와 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.
- 나. 앵커볼트는 건축물 부착장치의 프라잉효과에 따른 작용하중과 앵커볼트의 허용하중( $A_{SD}$ )을 적용한 내진설계 적정성 평가를 하여야 한다.

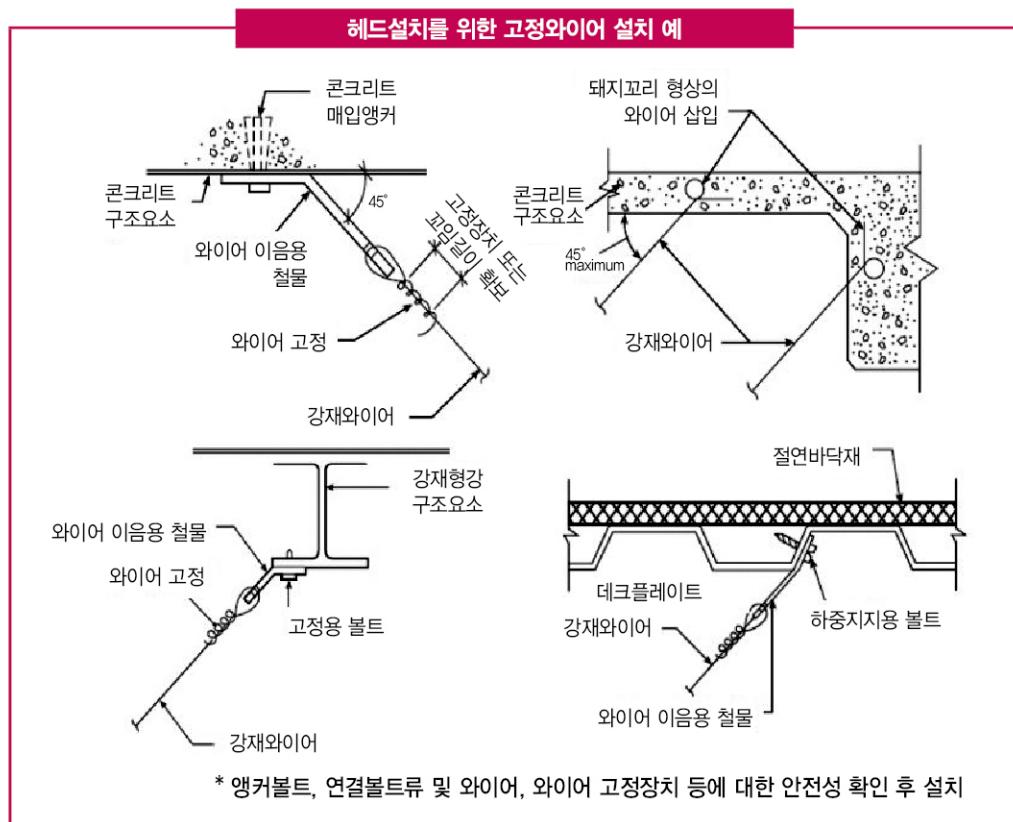
**제13조(가지배관 고정장치 및 헤드)** ① 가지배관의 고정장치는 각 호에 따라 설치하여야 한다.

1. 가지배관에는 별표 3의 간격에 따라 고정장치를 설치한다.
  2. 와이어타입 고정장치는 행가로부터 600mm 이내에 설치하여야 한다. 와이어 고정점에 가장 가까운 행가는 가지배관의 상방향 움직임을 지지할 수 있는 유형이어야 한다.
  3. 환봉타입 고정장치는 행가로부터 150mm 이내에 설치한다.
  4. 환봉타입 고정장치의 세장비는 400을 초과하여서는 아니된다. 단, 양쪽 방향으로 두 개의 고정장치를 설치하는 경우 세장비를 적용하지 아니한다.
  5. 고정장치는 수직으로부터 45° 이상의 각도로 설치하여야 하고, 설치각도에서 최소 1340N 이상의 인장 및 압축하중을 견딜 수 있어야 하며 와이어를 사용하는 경우 와이어는 1960N 이상의 인장하중을 견디는 것으로 설치하여야 한다.
  6. 가지배관 상의 말단 헤드는 수직 및 수평으로 과도한 움직임이 없도록 고정하여야 한다.
  7. 가지배관에 설치되는 행가는 「스프링클러설비의 화재안전기준」 제8조제13항에 따라 설치한다.
  8. 가지배관에 설치되는 행가가 다음 각 목의 기준을 모두 만족하는 경우 고정장치를 설치하지 않을 수 있다.
    - 가. 건축물 구조부재 고정점으로부터 배관 상단까지의 거리가 150mm 이내일 것
    - 나. 가지배관에 설치된 모든 행가의 75% 이상이 가목의 기준을 만족할 것
    - 다. 가지배관에 연속하여 설치된 행가는 가목의 기준을 연속하여 초과하지 않을 것
- ② 가지배관 고정에 사용되지 않는 건축부재와 헤드 사이의 이격거리는 75mm 이상을 확보하여야 한다.

## • 해설 •

### 1. 가지배관 고정장치의 개념

- 가.** 가지배관의 경우 지진으로 인한 배관 파손 가능성이 낮기 때문에 가지배관에 버팀대의 설치 등은 지진 대응 조치의 필요성이 낮다. 그러나 최근 발생한 지진 분석결과, 이러한 가지배관 단부의 움직임으로 인한 스프링클러헤드의 파손이 보고되고 있으므로 이 기준에서는 강재 와이어를 이용하여 가지배관의 단부(엘보, 티이 등)를 고정하도록 조치하고 있다. 고정와이어 이외 흔들림 방지 버팀대 등으로도 지지가 가능하다.
- 나.** 이 기준에서는 과도한 흔들림을 방지하기 위한 목적으로 와이어의 설치 위치를 행가로부터 600mm 이내로 환봉타입 고정장치는 행가로부터 150mm 이내로 규정하고 있다. 또한, 와이어 고정점에 가장 가까운 행가는 수직방향 운동을 지지하여야 한다. 이는 고정 와이어가 압축에 저항할 수 없고 인장력에 의해서 횡방향 흔들림만을 방지할 수 있기 때문에 수직방향으로 작용하는 지진력을 부담할 수 없기 때문이다.
- 다.** 지진에 의한 헤드의 파손은 대부분 배관 흔들림에 의해 다른 부속품과의 충돌에 의한 것이다. 특히 배관의 흔들림이 상,하 방향으로 발생할 때 헤드가 천장 또는 보와의 충돌이 우려가 있다. 그러므로 가지배관을 고정하여 헤드가 천장 또는 보와 충돌하지 않도록 해야 한다.
- 라.** 가지배관에 설치되는 시험배관은 가지배관 고정장치 기준에 따른다.



## 2. 가지배관 고정장치의 상세 설계

### 가. 가지배관 고정장치의 설치

- 1) 가지배관 헤드의 과도한 움직임을 방지하기 위하여 고정와이어, 흔들림 방지 버팀대(고정형)로 과도한 움직임을 방지할 수 있다.
- 2) 가지배관 고정장치는 가지배관의 설치각도 45° 이상, 설치각도에서 훈봉타입은 최소 1,340N의 인장 및 압축하중을, 와이어 타입(양쪽설치)은 최소 1,960N의 인장하중을 지지할 수 있도록 설치하여야 한다. 시험하중은 UL시험 기준을 준용하여 적용한다.

## 가지배관 고정장치의 시험하중 계산 환산값

위 2)항의 1340N 및 1960N의 경우 NFPA 13 등에 따른 영미단위(lb)를 SI단위로 변환하는 과정은 다음과 같으며. 제13조 제1항 제5호 적용 기준의 고정장치는 수직으로부터 45도 이상의 각도로 설치하여야 하고, 설치각도에서 최소 1333N 이상의 인장 및 압축하중을 견딜 수 있어야 하며 와이어를 사용하는 경우 와이어는 1955N 이상의 인장하중을 견디는 것으로 적용하여야 한다.

## 1. 고정장치 하중 기준(300lb)

$$300\text{lb} = 300 \text{ lb} \times 0.4536\text{kg/lb} \times 9.8\text{N/kg} = 1,333.584\text{N}$$

∴ 고정장치하중은 최소 1333N 이상의 인장 및 압축하중에 견딜 수 있어야 한다.

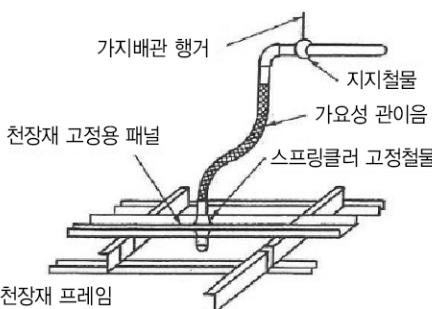
## 2. 와이어 하중 기준(440lb)

$$440\text{lb} = 440 \text{ lb} \times 0.4536\text{kg/lb} \times 9.8\text{N/kg} = 1,955.9232\text{N}$$

∴ 와이어하중은 최소 1955N 이상의 인장하중에 견딜 수 있어야 한다.

- 3) 행가의 가지배관 고정장치는 NFPA 13의 행가를 참조한 고정방법을 따라 앵커볼트 등으로 고정한다.
- 4) 천장재와 스프링클러설비가 일체화된 경우에는 배관의 흔들림에 의한 변위를 흡수할 수 있도록 하여 배관과 헤드의 파손을 방지하여야 한다. (“건축물 내진설계기준”의 천장재 참조)
- 5) 건축분야의 천장 반자와 헤드 고정부분이 일체화된 경우는 “건축물 내진설계기준” 비구조요소 천장에 따라 건축분야와 협의 후 설치하는 것을 권장하고 있다.

## 스프링클러 가지배관의 천장 고정 예

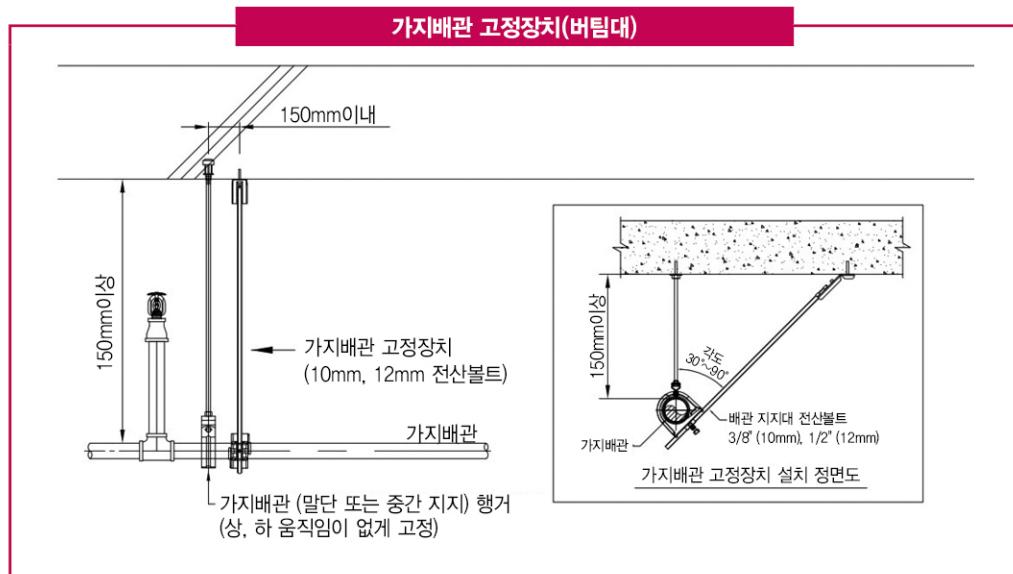


- 6) 부득이하게 2개소 이하에 철구조물에 가지배관을 직접 U볼트로 고정하는 경우는 지진하중을 견딜 수 있는 산정근거를 제시한다.
- 7) 헤드(커튼 박스를 지나는 배관 포함)는 행가나 가지배관 고정장치를 고정하는 구조부재를 제외한 다른 부재 (지진 시 천장이나 보 등)와 충돌하지 않도록 NFPA 13 2019 18.4.11에는 75mm 이상 이격하도록 규정되어 있다. 단, NFPA 13 추가 부연 설명인 헤드가 유연성 있는 배관으로 된 경우는 이격거리를 따르지 아니할 수 있다.

**L:** 시험배관을 포함한 가지배관 고정장치의 간격은 지진계수( $C_p$ ) 및 관경에 따라 별표 3에서 규정한 간격을 준수하여야 한다. NFPA 13 2019 Ed 에 의하면 배관의 다른 부분과의 상호 작용을 제한하고 배관의 응력 허용한계로 제한하기 위해 가지배관이 구속되어야 한다고 규정하고 있다. 최대 간격은 지진계수( $C_p$ )에 따라 달라지며, 구경 50A 이하로 제한되어 있는데, 이는 65A 이상의 구경에는 지진하중으로부터 보호가 필요하기 때문이다.

- 1) 가지배관(시험배관 포함)의 설치 간격은 이 기준의 별표 3 가지배관 고정장치의 최대설치간격에 따라 재질, 배관규격 및 지진계수( $C_p$ )값 별로 버팀대 설치 간격을 정한다.
- 2) 강관 및 스테인리스강관(KS D3576) 등의 25A 가지배관 경우는 지진계수( $C_p$ ) 0.5 이하일 때 버팀대 설치 간격이 13.1m이다.(별표 3) 단, 가지배관 고정장치 설치간격은 배관의 호칭구경이 큰 것과 작은 것이 같이 있는 경우 작은 배관의 호칭구경을 기준으로 선정한다.
- 3) CPVC나 동관 및 스테인리스강관(KS D3576) 등의 25A 가지배관 경우는 지진계수( $C_p$ ) 0.5 이하 일때 버팀대 설치간격이 10.3m 이다.(별표 3)

**다. 가지배관 고정장치를 고정형 버팀대(환봉타입)로 사용하는 경우의 제한 사항**

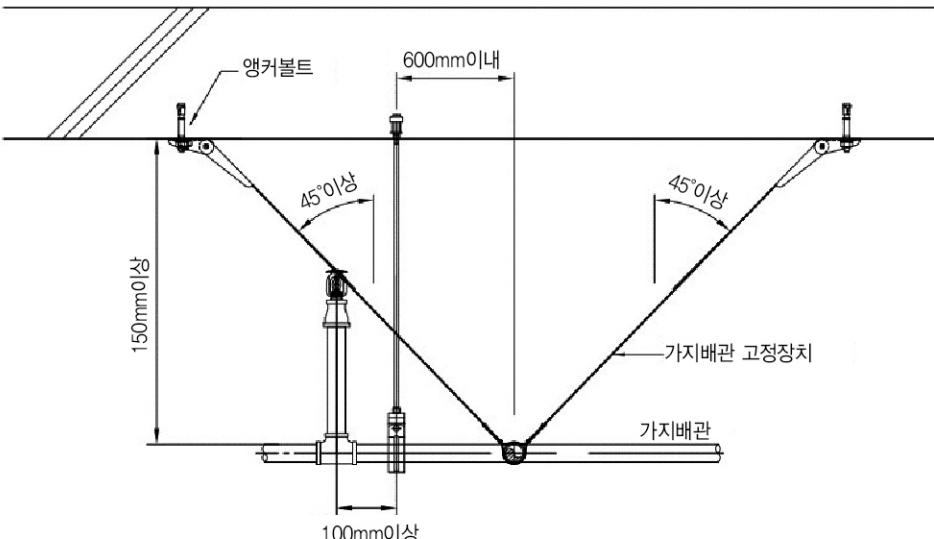


- 1) 가지배관의 말단은 일반 행가 설치 시 수직방향으로 움직임을 고정해야 한다. 이는 클레비스 행가의 경우 충격억제장치 등을 설치하여 수직방향으로 움직임을 고정한다는 것을 의미한다.
- 2) 가지배관 말단헤드 고정장치의 지지대(환봉타입, 전산볼트)는 세장비 400 이하를 적용시킨다. 단, 지지대의 길이가 길게 설치된 경우는 세장비를 초과하므로 양쪽에 고정장치를 2개 설치하여 세장비와 무관하게 인장력만 받도록 설치한다.
- 3) 고정장치인 고정형 버팀대는 행가로부터 150mm 이내에 설치한다. 단, 양쪽에 두 개의 버팀대로 설치한 경우는 600mm 이내에 설치한다.

**라. 가지배관 고정장치를 와이어 버팀대로 사용하는 경우 설치사항**

- 1) 고정에 사용되는 와이어는 행가로부터 600mm 이내에 위치해야 한다.
- 2) 와이어 제한에 가장 가까운 행가는 가지배관의 상향 이동에 저항하는 유형이어야 한다.

## 가지배관 고정장치(와이어)



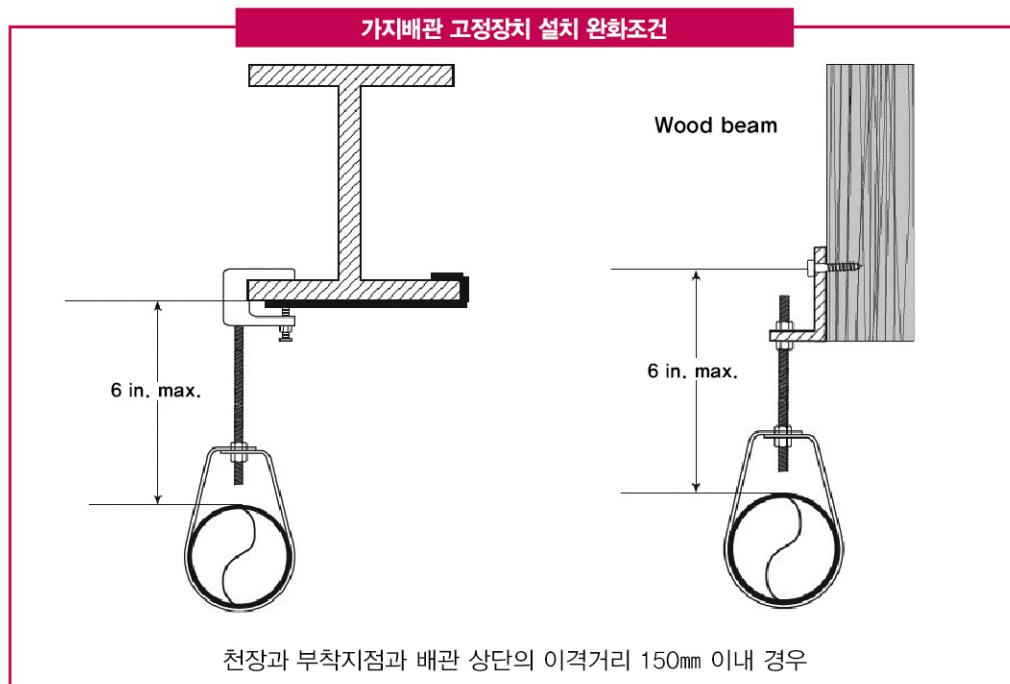
**▣** 닉트 등 밑에 설치하는 가지배관 고정장치의 고정방법은 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 장애물과 주위조건을 고려하여 구조부재에 고정한다.
- 2) 가지배관의 하중을 고려한 닉트의 내진설계 구조안전성 평가 후 닉트 가대에 설치한다.
- 3) 천장의 복잡성, 장애물 및 층고를 고려해 와이어 형식을 권장한다.
- 4) 여건상 전산봉을 사용하는 경우는 세장비를 고려한다.
- 5) 변형된 가지배관은 설치간격, 옵셋 등을 고려하여 설치한다.
- 6) 가지배관의 배열방법을 개선하고, 건축과 설치공간이나 구조부재의 고정장소를 확보한다.

**▣** 가지배관 고정장치의 완화는 다음 3개의 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 건축물 구조체 고정점으로부터 배관의 상단까지 거리는 행가의 고정점까지 거리가 150mm 이내이어야 한다.
- 2) 지진계수( $C_p$ )는 0.5를 초과하지 않아야 한다.
- 3) 강관의 행가 설치간격은 「스프링클러설비의 화재안전기준」 제8조제13항에 따라 설치해야 한다.
- 4) CPVC배관의 행가 설치간격은 배관구경 50mm 미만에서는 간격 1.8m 이하, 50mm 이상~80mm 미만에서는 간격 2.4m 이하로 NFPA 13(2019) Table 17.4.2.1(b)를 준용하여 설치하는 것을 권장한다.
- 5) 동관의 행가 설치간격은 배관구경 25mm에서는 간격 2.0m 이하, 32mm 이상~40mm 이하에서는 간격 3.0m 이하, 50mm 이상~80mm 미만에서는 간격 3.7m 이하로 NFPA 13(2019) Table 17.4.2.1(b)를 준용하여 설치하는 것을 권장한다.

**▣** 가지배관 길이가 짧은 경우는 제한된 길이에 따라 행가를 제외할 수 있으며, 가지배관에 행가가 설치되지 않는 경우에는 가지배관의 고정장치를 제외할 수 있다. NFPA 13 17.4.3.4에서 지지대 설치 않는 짧은 강관 길이는 25A는 0.9m 이하, 32A는 1.2m 이하, 40A는 1.5m 이하이다.



### 3. 가지배관 고정장치의 환봉(전산볼트)인 경우 고려사항

- ㄱ. 전산볼트는 강도구분의 호칭과 식별기호를 확인하여 KS B 0233의 항복강도와 0.2% 내력값으로 사용하여야 한다.
- ㄴ. KS B 1037의 STUD BOLT의 기계적 성질 검사 기준에 따라 항복강도값에 안전율을 고려하여 세장비 400 이하로 길이와 작용하중을 산정하여야 한다. NFPA 13의 기준 흔들림 방지 버팀대의 항복강도는 TABLE 18.5.11.8(f)의 "Maximum Horizontal Loads for Sway Braces with  $L/r = 300$  for Steel Braces with  $F_y = 248N/mm^2$ "의 안전율이 고려된 값을 사용하고 있다. 국내 KS 제품인증 기준으로 환산하면 항복강도  $F_y = 300N/mm^2$ 에 안전율을 고려한 강도구분의 호칭 5.6 이상과 식별기호는 - 표시에 해당한다.
- ㄹ. 현장에서는 KS 기준 전산볼트 식별기호를 확인하고 강도구분의 항복강도값에 따라 해당 세장비의 길이와 작용하중을 흔들림 방지 버팀대의 세장비 공식에서 제시한 방법으로 제조사에서는 제공하여야 한다.

### 4. 가지배관 고정장치의 사용확인

- ㄱ. 공인시험연구기관의 성능확인은 국내 KFI 흔들림 방지 버팀대의 기술기준과 시험방법의 근거자료를 준용할 수 있다.
- ㄴ. UL기준 행가의 제품 기술기준과 시험방법으로 성능을 확인할 수 있으며, 제품인증은 소방시설의 내진설계 기준의 설치각도에서 허용하중 이상이면 사용할 수 있다.
- ㄷ. 국내 · 외 제품인증 예시 (제품인증 + 성능확인)
  - 가지배관 고정장치 : UL 203A 제품 기술기준 제품인증
- ㄹ. 제품 성능의 확인은 공인시험기관의 제품 기술기준과 시험방법에 의한 인증과 성능확인서가 있다.
- ㅁ. 공인시험연구기관 이란 관련 제품의 기술기준과 시험방법에 따라 공인기관인증의 인증과 시험인력 및 시험기술력 갖춘 공인시험연구기관을 말한다. (관련 내진제품의 KOLAS인증받은 기관)

비. 위 내용에 없는 가지배관 고정장치는 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”을 준용하여 사용확인 받아 설치한다.

## 5. 가지배관 앵커볼트의 적용

- ㄱ. 가지배관의 고정장치에서 구조체와 고정하는 앵커볼트는 이 기준에 따라 설치한다.
- ㄴ. 이 기준에서 사용되는 선 설치, 후 설치 앵커볼트는 “콘크리트 앵커설계기준”的 국내·외 제품인증 보고서의 결과인 인장, 전단값에 근입깊이, 연단거리, 단일(연속)앵커볼트, 슬라브 두께, 콘크리트 강도 등을 고려하여 앵커볼트를 산정하여야 한다.
- ㄷ. 앵커볼트는 허용하중에 견디는지 국내·외(ACI 등) 앵커볼트의 시험기준에 따라 콘크리트용 앵커볼트 시험결과가 포함된 인증을 받거나 공인시험연구기관에서 앵커볼트 기술기준과 시험방법에 의해 성능이 확인된 것을 설치할 수 있다.
- ㄹ. 배관의 경우 앵커볼트는 안전율을 고려하고 하중저항계수(한계상태)설계(LRFD)을 적용하여야 한다. 즉, 앵커볼트 제조사의 국내·외 인증받은 보고서에서 비균열 콘크리트용 앵커볼트 시험결과값인 LRFD 값으로 산정하고, 구조체와 부착장치의 모멘트를 고려한 작용하중과 조합하중, 인장하중 및 전단하중의 적정성을 평가해야 한다.
- ㅁ. KS, ACI-318(TR045) 및 ICC-ESR(ETA) 등 기준을 준용하여 다음과 같이 적용할 수 있다. 앵커볼트그룹의 설계는 국가건설기준(KDS 14 20 54 : 2016, 콘크리트용 앵커설계기준)에 따르고, 성능이 확인된 제품을 설치하여야 한다.

**제14조(제어반등)** 제어반등은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 제어반등의 지진하중은 제3조의2제2항에 따라 계산하고, 앵커볼트는 제3조의2제3항에 따라 설치하여야 한다. 단, 제어반등의 하중이 450N 이하이고 내력벽면 또는 기둥에 설치하는 경우 직경 8mm 이상의 고정용 볼트 4개 이상으로 고정할 수 있다.
2. 건축물의 구조부재인 내력벽·바닥면 또는 기둥 등에 고정하여야 하며, 바닥에 설치하는 경우 지진하중에 의해 전도가 발생하지 않도록 설치하여야 한다.
3. 제어반등은 지진 발생 시 기능이 유지되어야 한다.

## • 해설 •

### 1. 제어반등 내진설계의 개념

- 가.** 제3조제25호의 제어반등은 수신기(중계반 포함), 동력제어반, 감시제어반, 비상전원(발전기, 엔진펌프), 가스계 및 분말소화설비의 제어반등, 자동식기동장치 등 소방시설의 내진설계에 영향을 주는 제어반등을 말한다.
- 나.** 소방시설에 설치되는 제어반등은 화재 시 소화약제 공급 및 전력공급 등 중요한 역할을 하므로 지진 발생 시 전도되어 그 기능을 상실하거나 전기 및 기계장치들이 손상되지 않아야 한다. 즉, 지진 발생 후에도 구조적으로 전도 방지되어야 하며 기능을 유지할 수 있도록 해야 한다.

### 2. 제어반등의 상세 설계

- 가.** 소형 소방용 제어반등(무게 450N 이하)을 벽체나 기둥에 설치하는 경우 제조사의 설치기준(공인시험기관에서 성능을 확인한 직경 8mm 이상의 인증받은 콘크리트 고정용 앵커볼트(LRFD) 4개소 이상으로 고정할 수 있으며, 벽체는 내력을 가진 구조부재이거나 이와 동등한 부재이어야 한다.
- 나.** 제어반등을 내력벽면에 매립형으로 설치하는 경우는 내진설계된 것으로 본다.
- 다.** 바닥이나 내력벽면에 설치하는 제어반등은 제조사에서 내진성능이 확인되거나 인증된 경우는 제조사에서 지정된 규격과 수량으로 앵커볼트를 설치할 수 있다.
- 라.** 기능유지는 매립형, 내력벽면 부착형, 바닥 고정형 등에서 성능이 확인된 제품을 설치하여야 한다.
- 마.** 모든 제어반등의 인입부 배관 및 전선은 지진으로 인한 전도, 기판 소손, 단선 등으로부터 기능 유지에 영향을 주지 않도록 변위 및 지진동을 충분히 흡수할 수 있는 감쇠나 유연성을 부여하여야 한다.
- 바.** 지진 발생 시 제어반등의 구조적 성능은 제어반등에 작용하는 수평지진하중에 대한 고정수단의 내력을 검토함으로써 가능하다. 이때의 수평지진하중은 제어반등의 기동중량을 고려하여 “건축물 내진설계기준” 수평설계지진력에서 제시하고 있는 등가정적하중( $F_p$ ) 등으로 검토하여야 하며, 이 기준의 제3조의2제2,3,4항 (지진하중 계산, 앵커볼트선정 및 기초패드)에 따라 앵커볼트의 설치를 검토하여야 한다.

### 3. 제어반등 내진제품의 사용확인 및 앵커볼트 적용

- 가.** 제어반등의 성능확인은 제어반등의 구조의 안전성을 먼저 검토하고, 모의지진시험을 할 수 있는 진동대를 통해 충분히 감쇠되거나 내력을 확보로 기능이 보호되는지 성능을 확인하여야 한다.
- 나.** “건축물 내진설계기준”의 수평설계지진력에 따라 수평지진하중을 고려한 제어반등의 구조해석을 수행하고 그 결과에 대해 소방시설설계업 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설등록된 건축구조기술사가 구조안전성 확인하고, 공인시험연구기관의 성능과 인증기관 제품인증을 받아 소방시설설계업 등록업체가 소방시설과의 적합성을 검토하여 설치한다.
- 다.** 제어반등은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”을 참고하여 사용확인 받아 설치하여야 한다.
- 라.** 제어반등의 제품인증은 공인된 품질인증기관의 해당품목 규격이 포함된 인증을 받은 경우는 내진제품으로 적정성과 적합성을 평가하여 제품인증으로 갈음할 수 있다.
- 마.** 제어반등과 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”的 앵커볼트에 따른다.

제어반의 전도방지 예



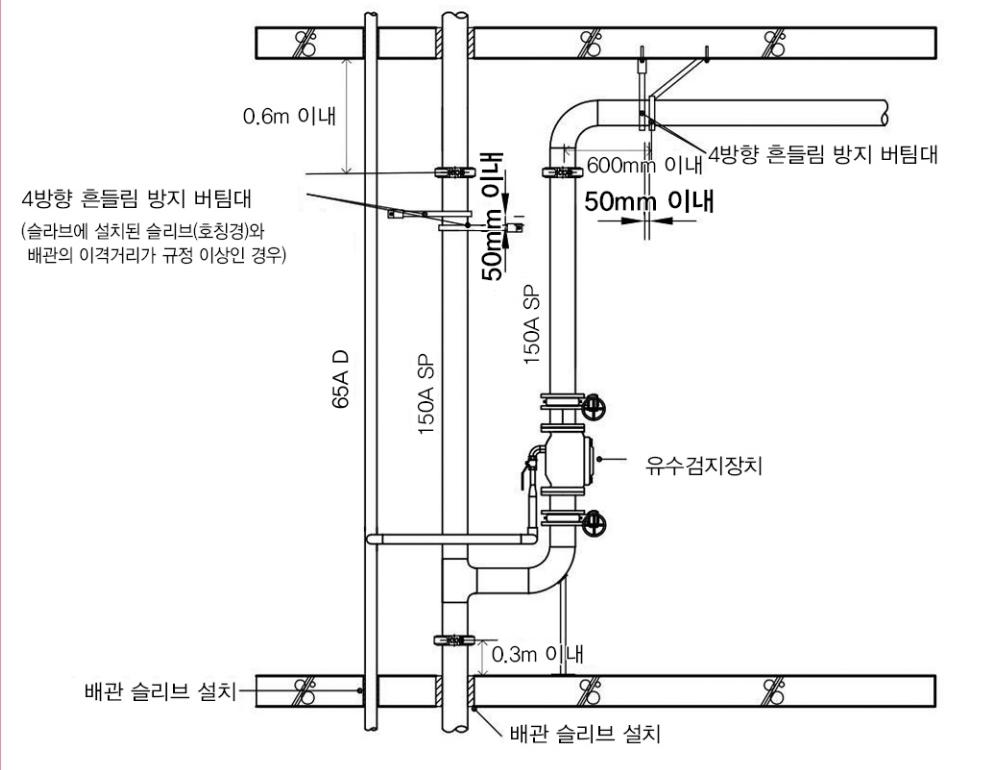
**제15조(유수검지장치)** 유수검지장치는 지진 발생 시 기능을 상실하지 않아야 하며, 연결부위는 파손되지 않아야 한다.

### • 해설 •

#### 1. 유수검지장치의 내진설계 개념

- 가.** 유수검지장치는 지진동에 의해서 구조적으로 파손되거나 연결부 파손이 발생하지 않아야 하며, 기능을 상실하지 않아야 한다.
- 나.** 유수검지장치는 수직직선배관에 설치되므로 수직직선배관 설치에 따른 보호조치를 만족하여야 한다. 즉, 유수검지장치의 무게를 지탱하도록 받침대를 설치하고, 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치해야 한다.
- 다.** NFPA 13에서는 헤더로 구성하여 여러 개의 유수검지장치를 설치하는 경우 버팀대를 설치도록 하고 있다. 기준에서도 수평·수직직선배관에 흔들림 방지 버팀대를 설치하게 되어 있으며 유수검지장치의 무게를 포함하도록 명시되어 있다.

유수검지장치의 주위 내진설계 예



## 2. 유수검지장치의 상세 설계

**가.** 벽, 바닥 또는 기초를 관통하는 모든 배관의 주위에는 충분한 이격거리(100A 이상에는 슬리브 호칭경 100mm 이상, 100A 미만의 배관에는 슬리브 호칭경 50mm 이상) 확보하고 방화구획 관통부의 이격면은 신축성의 내화총전 성능이 인정된 구조로 메워야 한다. 다만, 벽, 바닥, 기초의 각 면에서 300mm 이내에, 다층건물 바닥으로부터 300mm, 천장으로부터 600mm 이내에 지진분리이음을 설치한 경우에는 이격거리를 확보하지 아니할 수 있다.

**나.** NFPA 13에 준하여 유수검지장치의 받침대는 유수검지장치의 하부에 설치하고 중량을 지지하여 지진 발생 시 기능을 상실하거나 연결 부위가 파손되지 않도록 중간 지지부로서 조치를 취하는 것이 바람직하다.

**다.** 유수검지장치의 수직직선배관에 4방향 흔들림 방지 버팀대 등을 설치할 수 없는 경우는 수직직선배관에 연결된 수평직선배관의 0.6m 이내에 4방향 흔들림 방지 버팀대를 설치한다.

**라.** 유수검지장치의 받침대 설치

- 1) 기능상실 및 연결부위 파손방지를 목적으로 한다.
- 2) NFPA 13에 의한 배관 받침대의 설치를 참조한다.
- 3) 축 중심 방향으로 설치한다.
- 4) 알람밸브, 체크밸브, 헤더배관, 부속장치 등 고정 받침대를 설치한다.
- 5) NFPA 13에 배관 호칭경 200A, SCH40 까지는 파이프 호칭경 50A 이상을 사용하여 배관 중심선에서 지지 높이 1.2m 이내로 받침대를 설치하게 되어 있다.

파이프 등의 무게를 지탱하기 위한 받침대 등

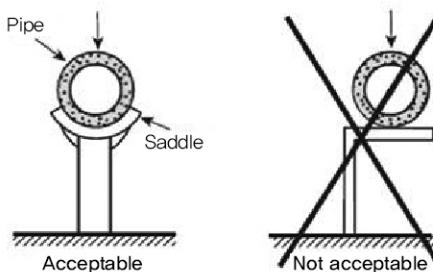


FIGURE A.17.5.3.2(2)

수용 가능한 축방향 적재와 수용불가능한 적재

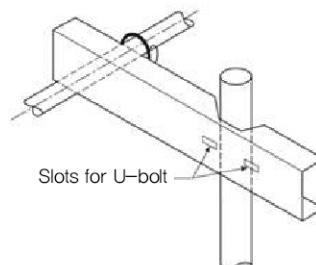


FIGURE A.17.5.5.2

파이프 스탠드에 연결된 수평 브라켓의 예

**제16조(소화전함)** 소화전함은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

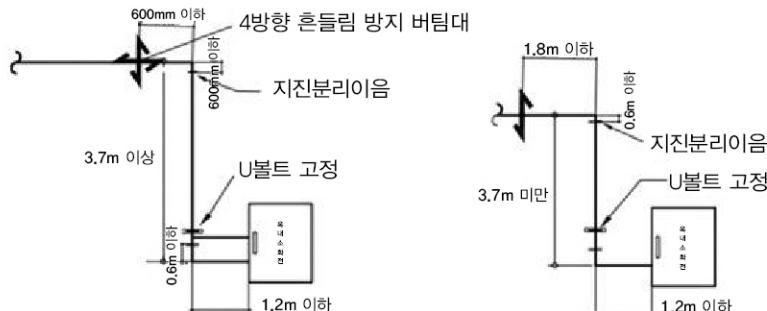
1. 지진 시 파손 및 변형이 발생하지 않아야 하며, 개폐에 장애가 발생하지 않아야 한다.
2. 건축물의 구조부재인 내력벽 · 바닥 또는 기둥 등에 고정하여야 하며, 바닥에 설치하는 경우 지진하중에 의해 전도가 발생하지 않도록 설치하여야 한다.
3. 소화전함의 지진하중은 제3조의2제2항에 따라 계산하고, 앵커볼트는 제3조의2제3항에 따라 설치하여야 한다. 단, 소화전함의 하중이 450N 이하이고 내력벽 또는 기둥에 설치하는 경우 직경 8mm 이상의 고정용 볼트 4개 이상으로 고정할 수 있다.

## • 해설 •

### 1. 소화전함의 내진설계 개념

- ㄱ.** 소화설비 함은 지진 발생 시 및 지진 후에도 개폐에 장애가 발생하지 않는 제품을 설치하여야 하며, 함은 구조부재 및 이와 동등한 부재에 견고하게 고정하여야 한다.
- ㄴ.** 과거 지진피해 사례에 의하면, 소화전 내부의 격내품(호스, 밸브 등)의 산란 현상이 다수 발견되었다. 이러한 격내품의 산란으로 관계인 등의 소방활동에 제약이 발생할 수도 있으며, 또한 피난 시에도 장애요소로 작용할 수 있으므로 격내품의 고정 조치를 하여야 한다.
- ㄷ.** 지진 발생 시 소화전함의 구조적 성능확인은 작용하는 수평지진하중에 대한 고정수단의 내력을 검토함으로써 가능하다. 이때의 수평지진하중은 가동중량을 고려하여 “건축물 내진설계기준” 수평설계지진력에서 제시하고 있는 등가정적하중( $F_p$ )등으로 검토하여야 하며, 제3조의2제2항(지진하중) 및 제3항(앵커볼트)에 따라 앵커볼트의 설치를 검토하여야 한다.
- ㄹ.** 지진 발생 시 수평지진하중을 고려하여 소화전함이 이동, 전도, 파손 및 변형 이 없도록 구조계산과 공인시험 연구기관에 의한 성능을 확인하여야 한다.
- ㅁ.** 내력벽면이나 기둥에 설치한 소화전함의 무게가 450N 이하의 경우는 제조사의 설치기준에 따라 공인 시험기관에서 성능을 확인한 직경 8mm 이상의 인증받은 콘크리트 고정용 앵커볼트(LRFD) 4개소 이상으로 고정할 수 있다.

## 소화전함 수직구간의 예시

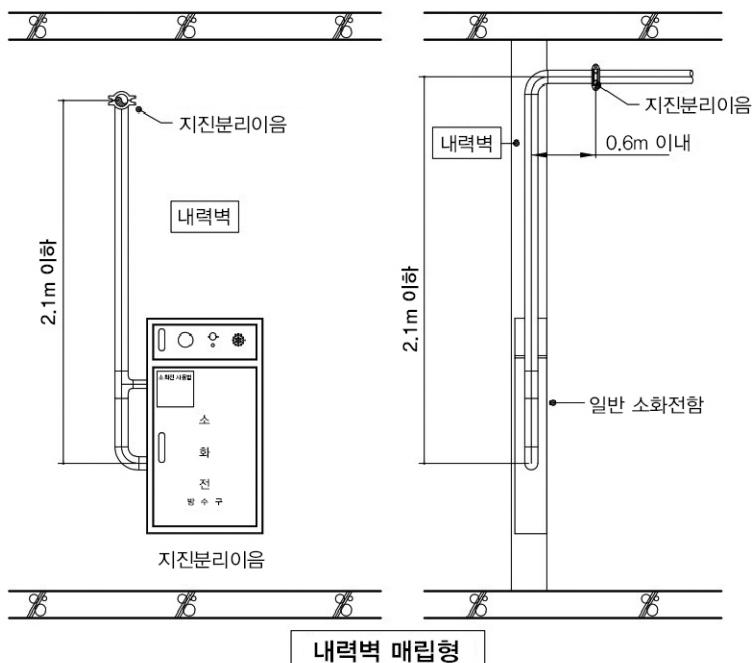


1) 소화전함의 연결되는 수직직선배관을 말한다.

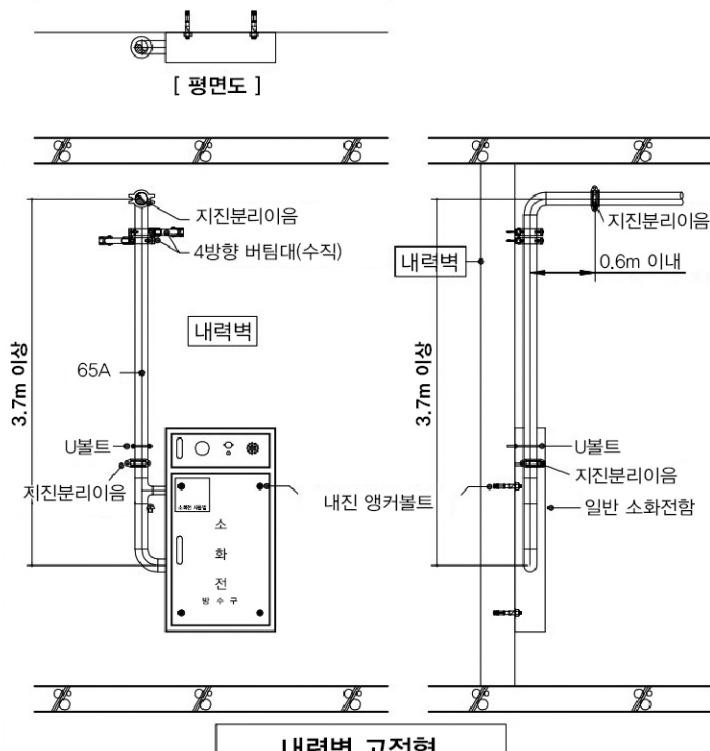
## 2. 소화전함의 상세 설계

- ㄱ. 기타 힘의 설치는 해설서 “제어반동의 내진설계 방법”에 따라 설계한다.
- ㄴ. 위 가항의 방법을 따름에 있어서 비내력벽면(건식 PD포함)의 경우 내력 바닥이나 벽체의 구조체에 고정하고 구조안전성을 검토하여야 한다.
- ㄷ. 비내력벽이 내진에 대한 구조안전성이 확인된 경우 “옥내소화전함의 설치 상세 4”를 따른다.
- ㄹ. 옥내소화전함의 설치 상세 예시

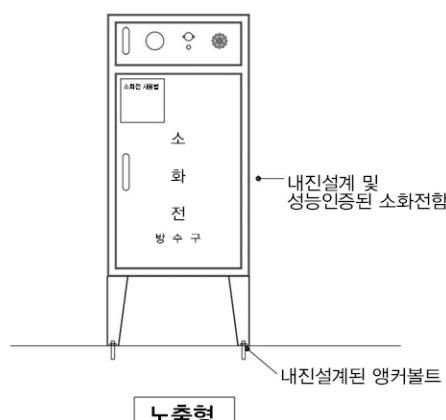
## 옥내소화전함의 설치 상세 1



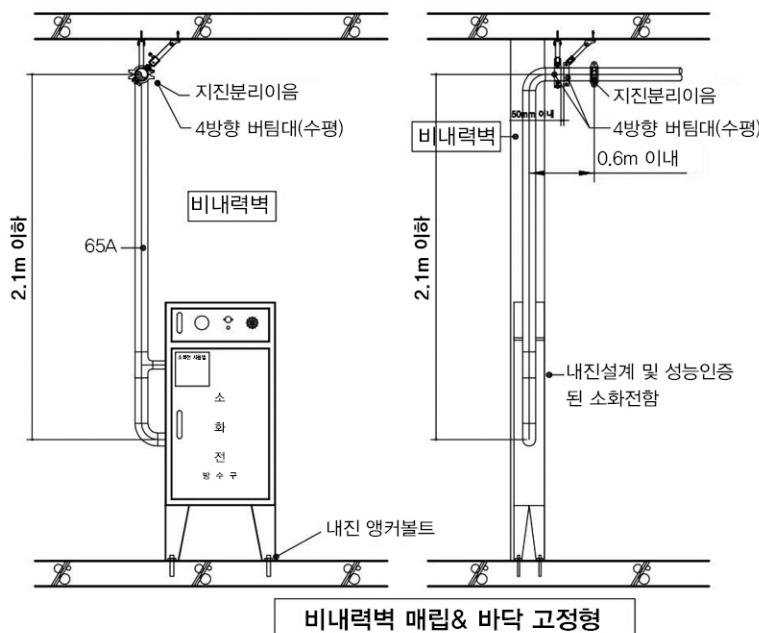
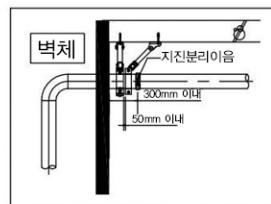
## 옥내소화전함의 설치 상세 2



## 옥내소화전함의 설치 상세 3



## 옥내소화전함의 설치 상세 4



## 3. 소화전함 내진제품의 사용확인 및 앵커볼트의 적용

- 가.** “건축물 내진설계기준”의 수평설계지진력에 따라 수평지진하중을 고려한 소화전함의 구조해석을 수행하고 그 결과에 대해 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사무소 개설등록된 건축구조기술사가 구조안전성 확인하고, 공인시험연구기관의 성능확인과 인증기관 제품인증을 받아 소방시설설계등록업자가 소방시설에 적합하게 적용되어 있는지도 검토하여야 한다. 특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품으로 받는 경우는 나항을 참조한다.
- 나.** 소화전함은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.
- 다.** 소화전함등의 제품인증은 공인된 품질인증기관의 해당품목 규격이 포함된 품질인증을 받은 경우는 내진제품 적정성과 적합성을 평가하여 갈음할 수 있다.
- 라.** 소화전함과 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”的 앵커볼트에 따른다.

**제17조(비상전원)** 비상전원은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 자가발전설비의 지진하중은 제3조의2제2항에 따라 계산하고, 앵커볼트는 제3조의2제3항에 따라 설치하여야 한다.
2. 비상전원은 지진 발생 시 전도되지 않도록 설치하여야 한다.

### • 해설 •

## 1. 비상전원의 내진설계 개념

- 가.** 내진설계 대상 설비의 모든 비상전원설비는 예기치 못한 원인으로 인하여 주전원 공급 상실 시 소방설비 (특히 가압송수장치)에 전원을 공급하는 설비이므로 지진 발생 시 및 지진 발생 후에도 구조적으로 전도 등을 방지하고, 기능유지를 하여야 한다. 다만, 비상전원수전설비는 건축전기설비의 내진설계기준에 따른다.
- 나.** 비상전원은 자가발전설비, 축전지설비, 전기저장장치로 구분되며, 비상발전장치는 가압송수장치를 준용하여 적용하며, UPS, 비상전원저장장치 등은 전도방지장치를 설치하여 지진 발생 시에도 전원을 공급할 수 있도록 하여야 한다.
- 다.** 지진 발생 시 비상전원의 구조적 성능확인은 작용하는 수평지진하중에 대한 고정수단의 내력을 검토함으로써 가능하다. 이때의 수평지진하중은 제어반등의 가동중량을 고려하여 “건축물 내진설계기준” 수평설계지진력에서 제시하고 있는 등가정적하중( $F_p'$ )등으로 검토하여야 하며, 제3조의2제2항(지진하중 계산) 및 제3항(앵커볼트 선정)에 따라 앵커볼트의 설치를 검토하여야 한다.
- 라.** 벽체나 기둥 및 바닥에 설치하는 무게 450N 이하의 경우의 장비는 제조사의 설치기준(공인시험기관에서 성능을 확인한 직경 8mm 이상의 인증받은 콘크리트 고정용 앵커볼트(LRFD) 4개소 이상으로 고정할 수 있다.
- 마.** 내진설계 대상 설비의 모든 비상전원 제어반등의 성능확인은 제어반등의 구조의 안전성을 먼저 검토하고, 내진시험을 할 수 있는 진동대를 통해 충분히 감쇠되거나 내력을 확보로 기능이 보호되는지 공인시험연구기관을 통해 성능의 확인이 필요하다.
- 바.** 비상전원의 구조안전성은 가압송수장치와 제어반등 및 소화전함을 준용하여 확인한다.

## 2. 비상전원의 상세 설계

- 가.** 발전기나 엔진펌프(축전지 포함)의 내진설계 적용은 지진하중은 제3조2 기준에 따르며, 연료탱크의 이동, 전도에 따른 내진설계 적용은 해설서 “제어반등의 내진 설계방법”을 따른다.
- 나.** 연료탱크와 발전기 등에 연결하는 연료배관은 큰 변위를 흡수할 수 있도록 성능이 확인된 플렉시블 배관을 사용하여 유연성을 확보하여야 한다.
- 다.** 예비전원은 파손, 전도 등을 방지하기 위해 견고하게 고정하여야 한다. 특히, 예비전원을 집합하여 고정하는 경우 고정틀의 바닥 또는 벽체에 고정하여 전원의 공급이 원활하도록 하여야 한다.
- 라.** 내진설계 대상 설비의 모든 비상전원 제어반등의 인출입부의 배관 및 전선은 지진으로 인한 단선 등으로부터 기능 유지에 영향을 주지 않도록 변위를 충분히 흡수할 수 있는 유연성을 부여하여야 한다.

### 3. 비상전원 내진제품의 사용확인

- 가.** 비상전원은 발전기, 축전지, 연료탱크 및 배관의 유연성의 구조안전성과 기능유지, 유연성을 확인하여야 한다. 기능유지는 모의지진시험으로 지진에 견디는 성능을 확인하여야 한다.
- 나.** “건축물 내진설계기준”의 수평설계지진력에 따라 수평지진하중을 고려한 비상전원설비의 구조계산(해석)을 수행하고 그 결과에 대해 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사무소 개설등록된 건축구조기술사가 구조안전성 확인하고, 공인시험연구기관의 성능확인과 인증기관 제품인증을 받아 소방시설설계등록업자는 소방시설에 적합하게 적용되어 있는지도 검토하여야 한다. 특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품으로 받는 경우는 바향을 참조한다.
- 다.** 비상전원은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.
- 라.** 특히, 국외의 제품인증은 내진인증기관의 유효성과, 제품 기술기준, 내진시험방법의 근거자료를 제출하여 확인할 수 있어야 하고, 인증 범위 목록(Listed)의 본체와 스토퍼 및 해당 부속품의 사용을 확인하여야 한다. 단, 부속품을 국내 제품으로 대체되는 경우 해당 부속의 내진제품은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.

### 4. 비상전원 앵커볼트의 적용

- 가.** 비상전원과 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.

**제18조(가스계 및 분말소화설비)** ① 이산화탄소소화설비, 할론소화설비, 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비, 분말소화설비의 저장용기는 지진하중에 의해 전도가 발생하지 않도록 설치하고, 지진하중은 제3조의2제2항에 따라 계산하고 앵커볼트는 제3조의2제3항에 따라 설치하여야 한다.

② 이산화탄소소화설비, 할론소화설비, 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비, 분말소화설비의 제어반등은 제14조의 기준에 따라 설치하여야 한다.

③ 이산화탄소소화설비, 할론소화설비, 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비, 분말소화설비의 기동장치 및 비상전원은 지진으로 인한 오동작이 발생하지 않도록 설치하여야 한다.

## • 해설 •

### 1. 가스계 및 분말소화설비의 내진설계 개념

**ㄱ.** 가스계 및 분말소화설비의 저장용기는 지진동에 의해서 구조적으로 이동, 전도, 파손 및 변형 등이 발생하지 않도록 구조안전성을 검토하여야 하며, 제어반등은 오작동 등으로부터 기능을 유지하여 안전성을 확보해야 한다.

**ㄴ.** 가스 및 분말소화설비의 내진설계 범위

- 1) 이산화탄소 소화설비, 할론 소화설비, 할로겐 화합물 및 불활성기체 소화설비 및 분말소화설비의 저장용기(프레임 포함)는 지진하중에 의해 이동, 전도가 발생하지 않도록 하여야 한다. 특히 저장 용기를 집합하여 고정하는 경우에는 고정틀의 바닥 또는 벽체에 고정하는 방법 등이 있다.
- 2) 이산화탄소, 할론, 할로겐 화합물 및 불활성기체 소화설비 및 분말소화설비의 기동장치 및 비상전원은 지진으로 인한 오동작이 없도록 기능을 유지하게 설치하여야 한다.
- 3) 가스 및 분말소화설비는 모듈러와 패키지 타입을 포함한다.

**ㄷ.** 지진 발생 시 가스 및 분말소화설비의 저장용기의 구조적 성능확인은 작용하는 수평지진하중에 대한 고정수단의 내력을 검토함으로써 가능하다.

- 1) 수평지진하중은 제어반등의 가동중량을 고려하여 “건축물 내진설계기준” 수평설계지진력에서 제시하고 있는 등가정적하중( $F_p$ )등으로 검토하여야 한다.
- 2) 이 기준의 제3조의2제2항(지진하중 계산) 및 제3항(앵커볼트 선정)에 따라 앵커볼트의 설치를 검토하여야 한다.

### 2. 가스계 및 분말소화설비의 저장용기의 사용확인 및 앵커볼트

**ㄱ.** 저장용기(프레임 포함)를 내력벽면에 설치하는 경우는 제3조의2제3항 앵커볼트 설치기준에 따른다.

**ㄴ.** 저장용기(프레임 포함)를 바닥에 설치하는 경우는 국내·외 내진설계기준에 따라 저장용기, 프레임, 집합관과 프레임 연결부, 저장용기와 프레임과 연결부의 변형과 파손이 되지 않아야 하고, 프레임과 바닥에 연결부는 이동과 전도가 되지 않도록 구조계산(해석)을 하고, 국내·외 내진설계 기술기준에 따른 시험방법으로 공인시험연구기관을 통해 성능을 확인한다.

- 다.** “건축물 내진설계기준”의 수평설계지진력에 따라 수평지진하중을 고려한 가스계 및 분말소화설비 저장용기 등의 구조해석을 수행하고 그 결과에 대해 소방시설설계업에 등록된 소방기술사 또는 기술사사무소 개설 등록된 건축구조기술사가 구조안전성 확인하고, 공인시험연구기관의 성능확인과 인증기관 제품인증을 받아 소방시설설계업 등록업체는 소방시설의 설계 시 내진제품이 적정하고 적합하게 사용되도록 설계하여야 한다. 기타 내진제품으로 받는 경우는 4)항을 참조한다.
- 라.** 가스계 및 분말소화설비 저장용기는 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.
- 마.** 앵커볼트는 이 기준의 “제14조(제어반등)”과 제3조의2제2항(지진하중 계산) 제3항(앵커볼트 선정)을 따른다.

### 3. 가스계 및 분말소화설비의 제어반등의 사용확인 및 앵커볼트

- 가.** 소방시설의 내진설계에서 가스계 및 분말소화설비의 제어반등은 제14조의 해설서에 따른다.
- 나.** 비상전원 제어반등의 성능확인은 제어반등의 구조의 안전성을 먼저 검토하고, 모의지진시험을 할 수 있는 진동대를 통해 충분히 감식되거나 내력의 확보로 기능이 보호되는지 성능을 확인하여야 한다.
- 다.** 국외의 제품인증은 내진인증기관의 유효성과, 제품 기술기준, 내진시험방법 근거자료를 제출하여 확인할 수 있어야 하고, 인증 범위는 목록(Listed)의 본체와 해당 부속품을 사용하여야 한다. 단, 부속품이 국내 제품으로 대체되는 경우 해당 부속 내진제품은 이 해설서의 “제2조, 해설 4항과 5항”에 따라 사용확인 받아 설치하여야 한다.
- 라.** 저장용기와 제어반등 구조체를 고정하는 앵커볼트는 이 기준의 “제3조의2(공통 적용사항)3항”과 해설서 “제3조2의 해설 6항”의 앵커볼트에 따른다.

**제19조(설치 · 유지기준의 특례)** 소방본부장 또는 소방서장은 기존건축물이 증축 · 개축 · 대수선되거나 용도변경되는 경우에 있어서 이 기준이 정하는 기준에 따라 해당 건축물에 설치하여야 할 소방시설 내진설계의 공사가 현저하게 곤란하다고 인정되는 경우에는 해당 설비의 기능 및 사용에 지장이 없는 범위 안에서 소방시설의 내진설계 기준 일부를 적용하지 아니할 수 있다.

**제20조(재검토 기한)** 소방청장은 「훈령 · 예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 7월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일 까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

**부 칙**〈제2021-15호, 2021. 2. 19.〉

**제1조(시행일)**이 고시는 발령한 날부터 시행한다. 다만, 제9조제3항의 개정규정은 「흔들림 방지 버팀대의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」 제정 후 시행일 이후 6개월이 경과한 날부터 시행한다.

**제2조(경과조치)**이 고시 시행 당시 건축허가 등의 동의 또는 착공신고가 완료된 특정소방대상물에 대하여는 종전의 기준에 따른다.



---

# 부록

---

**부록 1** 건축허가 동의 및 완공시 제출서류

**부록 A** 수조 내진설계의 개요

**부록 B** 비구조요소 등가정적하중을 이용한 수조 설계 예제

**부록 C** 동적거동을 고려한 해석법(ASCE 7)에 의한 수조 설계 예제

**부록 D** FRP 수조 구조설계계산법(강화플라스틱협회, 1966)에 따른  
동수압 산정 및 구조 검토 예제

**부록 E** 콘크리트 기초 패드 검토 예제

**부록 F** 건식 기초패드 검토 예제

**부록 G** 패널이음부 검토 예제

**부록 H** 가압송수장치의 스토퍼 검토 예제

## • 부록 1 • 건축허가 동의 및 완공시 제출서류

건축허가 동의 및 완공 시 제출서류는 다음과 같다.

1. 내진설계 사용확인 도서는 내진설계된 도면, 시방서, 계산서 등과 내진제품의 성능확인과 인증 및 설치승인에 관한 서류 등이 있다.
  - 가. 한 장의 도면에는 횡·종 및 4방향 모든 종류의 버팀대가 같이 표현되어야 한다.
  - 나. 관련 근거서류는 구조계산서, 성능확인서, 제품인증서, 설치승인서가 있다.
  - 다. 나항에 관련된 건축분야의 근거는 소방시설설계업등록업체나 건축주가 건축도면에 포함된 내진설계 정보를 사용자에게 제공하여야 한다.
  - 라. 가압송수장치, 배관[버팀대, 지진분리이음(장치), 가요성이음장치], 소화전함, 가지배관 고정장치, 제어반등, 비상전원, 가스 및 분말소화설비 등의 내진설계 계산서는 개별로 작성하고, 제품 기술기준과 시험기준에 의한 공인시험연구기관의 성능확인서와 제품인증서 및 설치승인서가 있다.
  - 마. 수조는 내진설계 구조계산서와 내진설계가 소방시설과 적합하다는 제3자 설계검증서나 설계인증서, 성능확인서(부속품 포함), 제품인증서가 있다
  - 바. “특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품”인 경우는 이 기준의 제2조2항에 의한 내진설계 구조계산서, 제품의 성능확인서, 제품인증서 및 내진설계가 적합하다는 소방청의 설치승인서가 있다.
2. 흔들림 방지 버팀대의 도면, 선정Sheet 결과서에는 다음 각호가 포함되어야 한다.
  - 가. 도면은 영향구역 버팀대의 번호와 길이, 횡·종, 4방향 표시된 기호, 배관 규격을 표시하여야 한다.
  - 나. 선정Sheet 결과서는 버팀대가 설치된 개소마다 다음 사항을 포함하여 제출한다.
    - 1) 버팀대 영향구역 번호에 해당하는 배관 규격과 길이, 설치형태, 설치각도
    - 2) 버팀대의 인증번호, 버팀대 종류, 지지대 세장비, 앵커볼트 규격
    - 3) 수평지진하중, 배관 길이의 허용하중, 지지대 적용(규격, 세장비, 길이), 버팀대의 정격하중, 앵커볼트의 작용하중의 계산결과나 선정결과값
    - 4) 앵커볼트는 건축물부착장치의 프라잉효과( $Pr$ )가 반영된 내진설계 적정성평가 결과
    - 5) 3항의 관련 근거계산서나 자료
3. 흔들림 방지 버팀대의 계산서나 근거자료는 다음 각호를 포함하여야 한다.
  - 가. 수평지진하중, 지지대 규격과 길이의 세장비, 배관길이의 허용하중 계산근거
  - 나. 버팀대 제품의 정격하중과 인증서 근거
  - 다. 앵커볼트 인증 정보(허용값), 건축물부착장치(설치형태별)에 작용하중( $Pr$ 값), 앵커볼트의 내진설계 적정성 평가(조합하중) 계산 근거자료
4. 공동주택 등 규격화된 대규모 건축물의 흔들림 방지 버팀대 선정Sheet 작성은 다음과 같이 제출할 수 있다.
  - 가. 버팀대 선정Sheet의 종합목록표는 판정항목값과 판정결과가 포함되어야 한다.

나. 공통된 형태로 설치되는 버팀대 종류별로 대표된 각각의 상세 선정 Sheet로 제출

- 1) 종합목록의 설치방법 중 공통된 버팀대(군별)로 상세 선정Sheet로 제출 가능하다.
  - 2) 공통된 버팀대(군별)의 고정 항목 예) : 공통으로 사용한 설치형태, 배관 규격, 설치각도, 최대수평하중, 세장비(지지대 길이), 앵커볼트 허용하중, 배관길이 허용하중 등
  - 3) 종합목록표의 버팀대 번호의 개별 선정Sheet는 디지털 데이터로 제출 가능하다.
  - 4) 기타 도면 등은 2항, 3항에 따른다.
5. “특수한 구조 등으로 조사·연구에 의한 설계”된 내진제품(시스템)”은 내진설계 구조계산서와 제품 기술기준과 시험기준에 따른 구조안전성, 유연성, 기능유지 등 공인시험연구기관의 성능확인서와 제품인증서 및 소방청의 내진설계 적합성에 기술심의 받은 설치승인서를 제출한다.

## • 부록 A • 수조 내진설계의 개요

본 부록에서는 저수조 및 소화수조의 내진설계 검토를 위한 예제를 작성하였다. 본 예제는 지진하중 산정법과 구조안전성 검토서에서 보고되어야 할 항목에 대한 실무자의 이해를 돋기 위해 작성된 것으로, 시중에 유통되고 있는 다양하고 복잡한 형태의 실물 수조를 대상으로 구조해석의 전 과정을 예로 제시하기는 어려움이 있다. 따라서 본 예제에서는 균일한 두께를 가지는 강재 각형 수조를 가정하고, 이에 대해 내진설계를 위한 지진하중을 산정, 간략식에 의한 구조해석을 수행하고 지진 안전성을 검토하는 과정을 보여준다.

국내에서는 수조의 내진설계를 위한 동적하중 산정법 및 수조 구조체를 해석하기 위한 수압 산정법 등 하중 기준이 제시되지 않았다. 이에 의뢰자의 요청에 따라 2019년 “건축물 내진설계기준”的 비구조요소 등가정적하중을 이용한 해석 예제 및 ASCE 7 등에서 제시하고 있는 탱크 및 저장용기의 내진설계법을 이용한 해석 예제를 작성하였다.

수조 설계방법론은 국가건설기준코드(KDS)의 구조설계기준 또는 기타 전문기준 등을 참조하여 허용응력 설계법, 강도설계법, 한계상태설계법 등을 적용할 수 있으며, 본 기준에서는 설계의 편의를 위해 가동중량은 총중량으로 산정하였고, 자중은 고려하지 않는 조건으로 가정하였다. 지진하중에 의해 요구되는 부재의 응력과 허용응력을 비교 검토하여 설계하는 방법을 적용하였다.

현 “건축물 내진설계기준”에서는 수조에 대하여 용기내 용수를 고려한 무게중심, 유효중량(가동중량), 수압하중 산정방법 등의 기준을 제시하고 있지 않으므로, 기타 비구조요소와 동일하게 등가정적하중이 수조의 무게가 중심에 작용하는 것으로 가정하고 수조를 해석한다. 이 때 구조체는 수평 및 수직의 등가정적하중과 용기내 용수에 의한 정수압 하중을 고려하여 안전성을 검토하여야 한다.

“건축물 내진설계기준”에서는 등가정적하중 산정기준은 제시되어 있지만 지진하중에 의한 동수압, 슬로싱 높이 등의 산정기준은 제시되어 있지 않다. 미국 ASCE 7, 일본 FRP 수조구조설계계산법 등에서는 지진 발생 시 내부 유체의 동적 거동특성을 고려한 동수압, 슬로싱 높이 등의 산정방법이 제시되어 있어 상세 구조검토 시 이를 활용할 수 있다.

본 예제에서는 수조 및 용기내 용수의 동적 특성을 고려하여 구조체의 지진 안전성을 검토하기 위해 미국 하중 기준인 ASCE 7(section 15.7 tank and vessel)과 일본 FRP 수조 구조설계계산법(사단법인 강화플라스틱협회)에 제시된 지진하중 산정방법 및 동수압 산정방법을 적용하여 예로 제시하였다. 이때 지진하중의 크기는 국내 “건축물 내진설계기준”的 설계응답스펙트럼을 활용하여 지진가속도의 크기를 산정하였다.

본 예제는 동일한 수조를 대상으로 작성되었으며, 가능한 참조 기준에서 제시하고 있는 내진설계의 원리 및 방법을 준수하여 작성하였다. 또한, 수조 구조체에 대한 구조안전성 검토는 정밀한 구조해석을 수반하는 것이 바람직하겠으나, 본 예제에서는 수조의 내진설계서에서 기본적으로 검토되어야 할 항목을 제시하는 데 중점을 두고 기본적인 구조이론에 의해 간략식으로 수조 구조체의 안전성을 검토하였다. 실제 수조의 내진설계서 작성 시에는 다양한 수조의 구조형식을 고려하여 구조이론에 적합한 방법을 이용하여 구조안전성이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

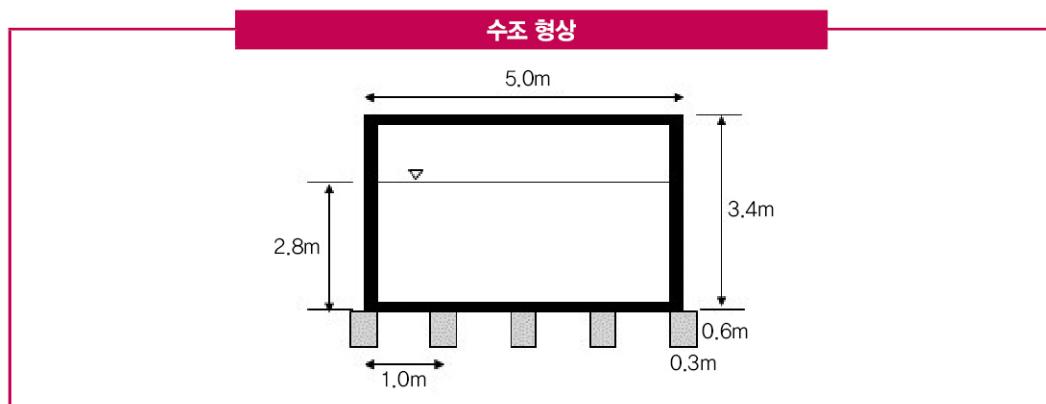
## • 부록 B • 비구조요소 등 가정적 하중을 이용한 수조 설계 예제

### B.1. 개요

내진설계 대상인 수조는 건물의 지하에 설치된 각형의 강재 수조로, 가로 5.0m, 세로 4.0m, 높이 3.4m, 규격 68톤 용량의 수조이며, 설계 수위는 2.8m이다. 벽체 두께는 30mm, 바닥 및 천장 두께는 10mm 수조가 설치되는 지역은 지진구역 I, 지반조건은 S3 지반 (얕고 연약한 지반)으로 가정한다.

### B.2. 저수조 개요

- 수조 종류 : 균일한 두께를 가지는 강재 쉘 탱크
- 건물 용도 : 오피스텔
- 수조 설치 장소 : 지하 1층 저수조실
- 수조 용도 : 저수조 및 소화수조
- 수조 규격 : (길이) 5.0m × (폭) 4.0m × (높이) 3.4m
- 설계 수위 : 2.8m (여유고 0.6m)
- 기초 : 콘크리트 기초패드 (0.3m × 0.6m × 4.5m)



### B.3. 저수조 제원

- 벽체 길이,  $L$  (정면방향) = 5.0m
- 벽체 길이,  $B$  (단면방향) = 4.0m
- 벽체 높이,  $H_w$  = 3.4m
- 벽체 두께,  $t_w$  = 0.03m
- 바닥 두께,  $t_b$  = 0.01m
- 지붕 두께,  $t_r$  = 0.01m
- 물의 비중,  $\gamma_L$  =  $9.8 \text{ kN/m}^3$
- 탱크 재료(강재)의 비중,  $\gamma_w$  =  $77.0 \text{ kN/m}^3$

## B.4. 수조 구성품의 무게 계산

- 수조 벽체 전체 무게( $W_w$ )  

$$W_w = 2(L+B)H_w t_w \gamma_w = 2(5.0+4.0)(3.4)(0.03)(77) = 141.4 \text{ kN}$$
- 수조 바닥 무게( $W_b$ )  

$$W_b = LBt_b \gamma_w = (5.0)(4.0)(0.01)(77) = 15.4 \text{ kN}$$
- 수조 지붕 무게( $W_r$ )  

$$W_r = LBt_r \gamma_w = (5.0)(4.0)(0.01)(77) = 15.4 \text{ kN}$$
- 수조 내부 용수 무게( $W_L$ )  

$$W_L = LBH_L \gamma_L = (5.0)(4.0)(2.8)(9.81) = 549.4 \text{ kN}$$
- 총 중량,  $W_{total} = 721.6 \text{ kN}$

## B.5. 지진하중 산정 조건

- 지진구역 = I
- 지진구역계수( $Z$ ) = 0.11g
- 재현주기 = 2400년
- 위험도계수( $I$ ) = 2.0
- 유효수평지반가속도( $S = Z \times I$ ) = 0.22
- 지반종류 = S3
  - 단주기 지반증폭계수  $F_a = 1.46$
  - 1초주기 지반증폭계수  $F_v = 1.58$
- 단주기 설계스펙트럼가속도  $S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 = 0.54$
- 1초주기 설계스펙트럼가속도  $S_{D1} = S \times F_v \times 2/3 = 0.23$

## B.6. 등가적정하중

- 가동중량( $W_p = W_{total}$ ), 용기내 용수를 포함한 수조 무게  

$$W_p = W_{total} = W_w + W_r + W_b + W_L = 141.4 + 15.4 + 15.4 + 549.4 = 721.6 \text{ kN}$$
- 동적응답증폭계수,  $a_p = 2.5$ (별표4, 별표5에서 강체요소와 단단히 부착된 요소의 경우  $a_p = 1$ , 유연한 요소와 유연하게 부착된 요소의 경우  $a_p = 2.5$ )
- 반응수정계수,  $R_p = 2.5$
- 중요도계수,  $I_p = 1.5$
- 등가정적하중( $F_p$ )  

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{(R_p/I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = \frac{0.4 (2.5) (0.54) (721.6)}{(2.5)/(1.5)} (1 + 2(0)) = 233.8 \text{ kN}$$

- 등가정적하중의 최대한도( $F_{p,\max}$ )

$$F_{p,\max} = 1.6 S_{DS} W_p I_p = 1.6(0.54)(721.6)(1.5) = 935.2 \text{ kN}$$

- 등가정적하중의 최소한도( $F_{p,\min}$ )

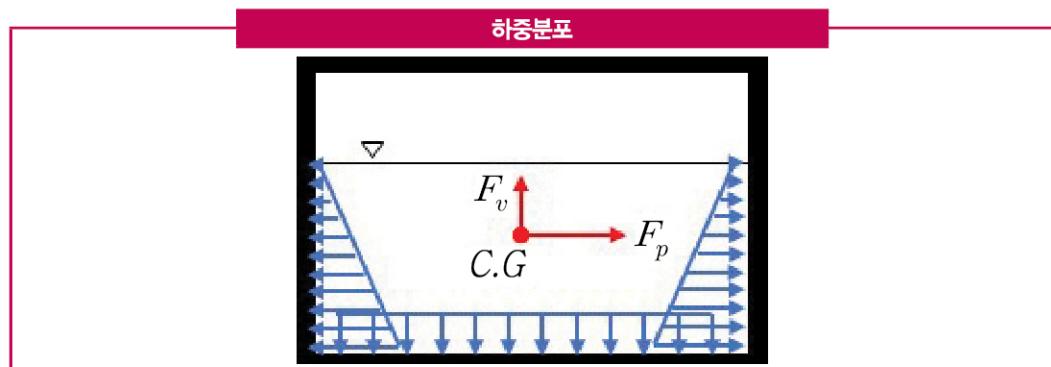
$$F_{p,\min} = 0.3 S_{DS} W_p I_p = 0.3(0.54)(721.6)(1.5) = 175.3 \text{ kN}$$

- 수직지진하중( $F_v$ )

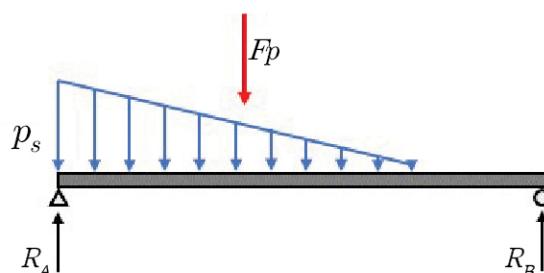
$$F_v = 0.2 S_{DS} I_p W_p = 0.2(0.54)(1.5)(721.6) = 117 \text{ kN}$$

## B.7. 수조 구조체 검토

현 “건축물 내진설계기준”에서는 수조에 대하여 용기내 용수를 고려한 무게중심, 유효중량, 수압하중 산정방법 등의 산정방법을 제시하고 있지 않으므로, 기타 비구조요소와 동일하게 등가정적하중은 수조의 무게중심에 작용하는 것으로 가정하고 수조 구조체를 해석한다. 이때 구조체는 수평 및 수직의 등가정적하중과 용기내 용수에 의한 정수압 하중을 고려하여 안전성을 검토하여야 한다. 본 예제에서는 수조 전체의 자중을 고려하지 않는 조건으로 가정하였다. 실제 설계 반영 시에는 전체 자중을 고려하여야 한다. 또한, 구조해석은 수조의 구조형식을 고려하여 구조해석 이론에 적합하게 수행하여야 하며, 보수적으로 단위폭 벽체를 단순보로 가정하여 해석하였다.



### B.7.1. 정수압 및 등가정적하중에 대한 벽체 검토



※ 본 예제에서는 단위폭(1m) 벽체를 단순보로 가정하고, 단위폭 벽체에 작용하는 정수압과 등가정적하중 작용시 최대 흐름모멘트 및 전단력을 산정하였으며, 실제 탱크 구조형식을 고려하여 적합한 해석 모델을 이용하여 모멘트 및 전단력을 산정한다.

- 정수압( $p_s$ )

$$p_s = \gamma_L h = (9.8)(2.8) = 27.44 \text{ kN/m}^2$$

- 단위폭 벽체에 작용하는 등가정적하중( $F_{p1}$ )

$$F_{p1} = F_p / B = 233.8 / 4.0 = 58.5 \text{ kN}$$

- 최대 휨모멘트,  $M_{\max} = 64.2 \text{ kN}$

※ 부재 및 하중 분포를 고려하여 구조해석에 의해 산정한다.

- 최대 전단력,  $V_{\max} = 62.2 \text{ kN}$

※ 부재 및 하중 분포를 고려하여 구조해석에 의해 산정한다.

- 벽체의 최대 휨응력,  $\sigma = M/Z$

⇒ 최대 휨응력  $\sigma = 428 \text{ MPa}$  < 허용응력  $\sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{N.G.}$

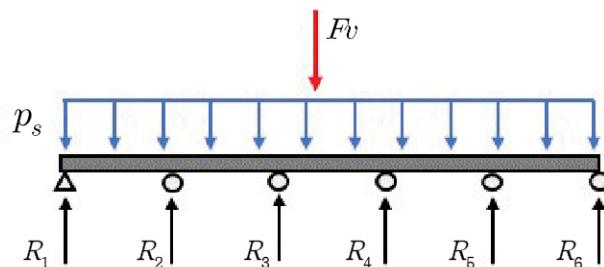
- 벽체의 최대 전단응력,  $\tau = V/A$

⇒ 최대 전단응력  $\tau = 2.07 \text{ MPa}$  < 허용응력  $\tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건

1. 강재, PDF, SMC, FRP, 기타 특수강 등 수조 부재의 물성치(항복강도, 인장강도, 포아송비 등)를 확인할 수 있는 공인시험기관의 성적서를 첨부하고, 내진 성능을 판정할 수 있는 각 부재의 허용응력 기준이 근거자료와 함께 제시되어야 한다.
2. 측벽의 내부 및 외부 보강재가 있는 경우, 보강재 및 연결볼트 등에 대하여 ※ 1항에 따라 응력 검토를 추가하여야 한다.

### B.7.2. 정수압 및 등가정적하중에 대한 바닥 부재 검토



※ 본 예제에서는 단위폭(1m) 바닥부재를 연속보로 가정하고, 단위폭 바닥부재에 작용하는 정수압과 수직등가 정적하중 작용시 최대휨모멘트 및 전단력을 산정하였다.

- 정수압( $p_s$ )

$$p_s = \gamma_L h = (9.8)(2.8) = 27.44 \text{ kN/m}^2$$

- 단위폭 벽체에 작용하는 수직 등가정적하중( $F_{v1}$ )

$$F_v = F_p / B = 78.0 / 4.0 = 19.5 \text{ kN}$$

- 최대 휨모멘트,  $M_{\max} = 4.3 \text{ kN.m}$

※ 부재 및 하중 분포를 고려하여 구조해석에 의해 산정한다.

- 최대 전단력,  $V_{max} = 22.6 \text{ kN.m}$

※ 부재 및 하중 분포를 고려하여 구조해석에 의해 산정한다.

- 벽체의 최대 휨응력,  $\sigma = M/Z$

⇒ 최대 휨응력  $\sigma = 258 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{N.G.}$

- 벽체의 최대 전단응력,  $\tau = V/A$

⇒ 최대 전단응력  $\tau = 2.26 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

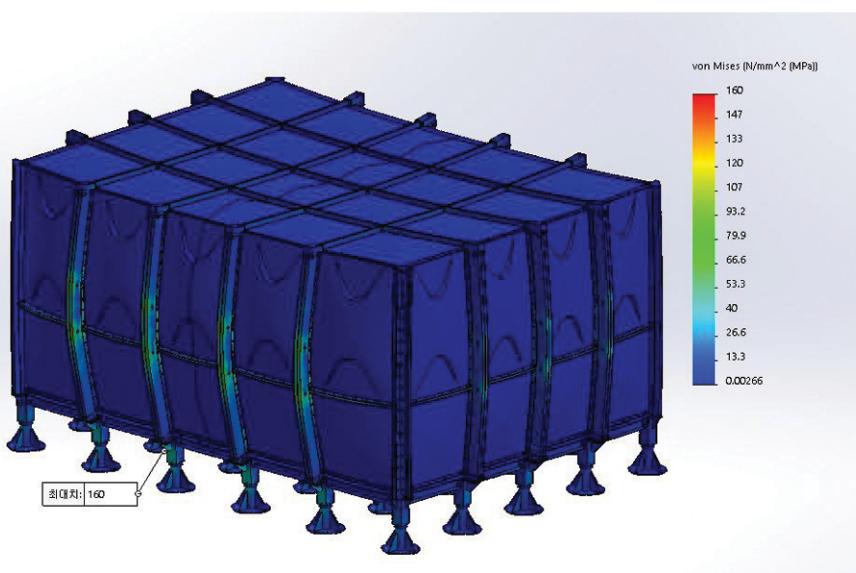
※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건은 부록 B.7.1과 같다.

※ 1. 본 예제 계산서는 “소방시설의 내진설계기준” 제4조1항2호(2. 수조는 건축물의 구조부재나 구조부재와 연결된 수조 기초부(패드)에 고정하여 지진 시 파손(손상), 변형, 이동, 전도 등이 발생하지 않아야 한다)에 근거로 해 주로 모멘트에 의한 반력을 위주로 검토되어 있다.

2. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부의 형상(재료 포함)에 의한 부품 자체간, 부품간 결합부 관련된 특성이 구조안전성에 포함되지 않아 아래의 부록 B.8를 별로로 검토하여야 한다.

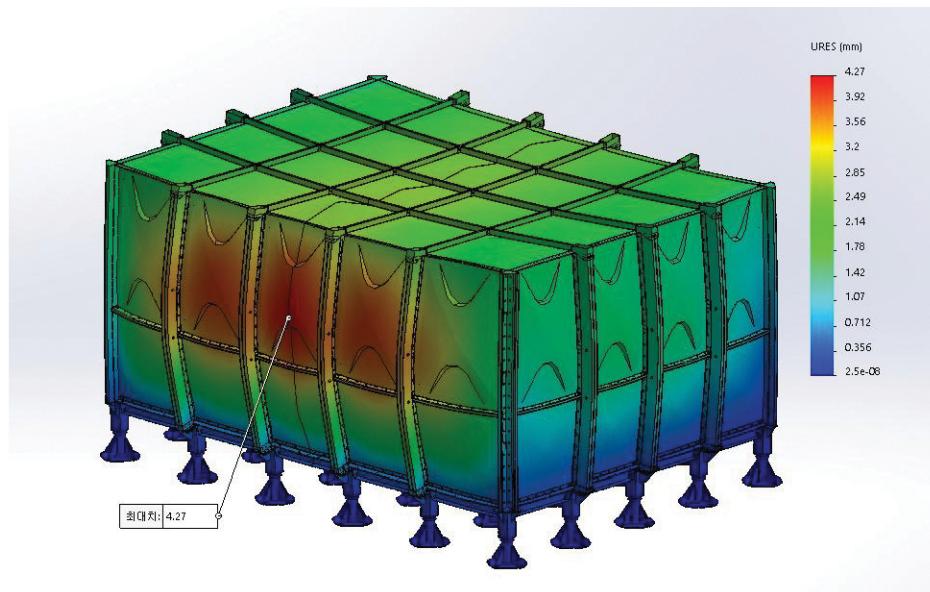
## B.8 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부를 포함한 구조안전성 검토

### B.8.1 수조 본체, 프레임, 패드를 포함한 전체의 결합부 응력 검토



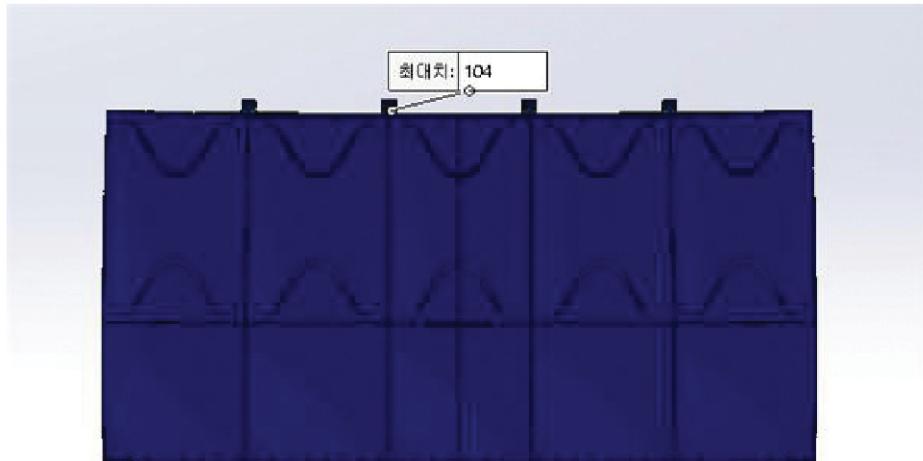
〈수조 전체 결합부 중 최대응력이 걸리는 부품의 위치 표시〉

### B.8.2. 수조 본체, 프레임, 패드를 포함한 전체의 결합부 변위 검토



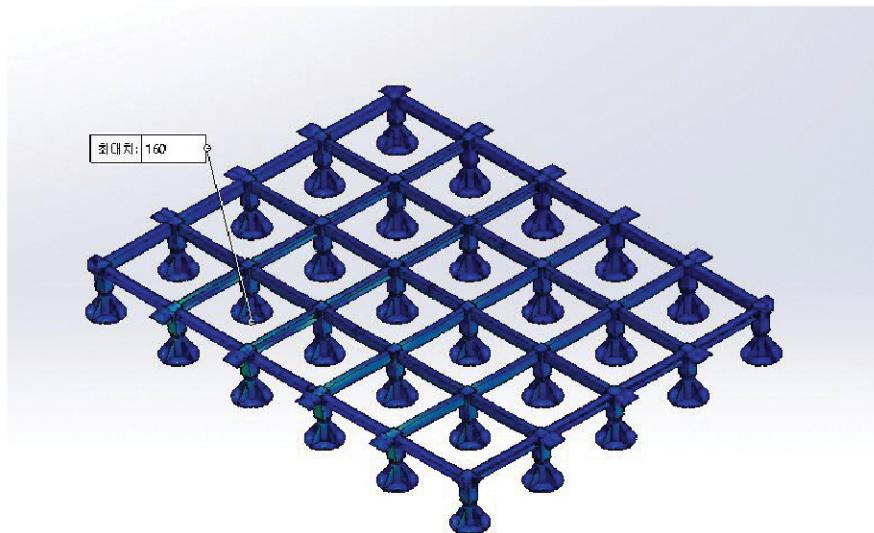
〈수조 전체 결합부 중 최대변위가 걸리는 부품 위치 표시〉

### B.8.3. 수조 본체의 패널과 결합부에 응력 검토(부분 예시)



〈수조 본체 패널과 벽체보강바 등의 결합부 중 최대응력 표시〉

### B.8.4. 수조 본체의 패드와 프레임간 결합부에 응력 검토(부분 예시)



〈수조 본체 패드와 프레임간 결합부 중 최대응력 위치 표시〉

### B.8.5. 수조 본체의 패널간 결합부에 커넥터 검토(부분 예시)

모델 참조	커넥터 세부 사항	강도 세부 사항		
	요소: 2 모서리 유형: 볼트(머리/너트지름) (카운터보어) 머리 지름: 18 mm 너트 지름: 18 mm 공칭 생크 직경: 12 예비하중 (토크): 15 영 계수: 2.1e+11 포아송비: 0.28 예비하중 단위: N.m	볼트 검사: 확인 계산된 안전계수: 7.50444 필요한 안전계수: 1.5 		
<b>커넥터 하중</b>				
유형	X-성분	Y-성분	Z-성분	총합
축력 (N)	6877.1	0	0	6877.1
전단력 (N)	0	11,804	-92,761	93,509
굽힘 모멘트 (N.m)	0	-2,7066	-0.291	2,7222

〈수조 본체 패드와 프레임 결합부 중 커넥터 전단력 및 인장력 표시〉

※ 1. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부의 구조안전성에 관하여 일부분을 예제로 제공하였다. 패널, 외부보강바, 하부 프레임, 패드 등 대한 서로 결합된 부분의 해석결과를 분석하여 아래 사항을 참조하여 구조안전성을 검토하여야 한다.

2. “소방시설의 내진설계기준” 제4조1항1호(“1. 수조는 지진에 의하여 손상되거나 과도한 변위가 발생하지 않도록 기초(패드 포함), 본체 및 연결부분의 구조안전성을 확인하여야 한다”)에 각 연결(결합)부 구조안전성 평기를 준수한 강도계산나 정밀해석을 통해 별도 계산하여야 한다.
3. 별도 계산은 수조 본체, 프레임, 패드 및 기초는 형상(재료)에 의한 부품 자체간과 부품간 결합부분 재료의 응력, 변위, 커넥터(용접, 볼팅 등)의 인장력과 전단력, 커넥터의 안전성 및 기초부분과 앵커의 반력으로 인한 내진설계 적정성을 평가하여 계산(강도계산, 정밀해석)서에 표현하여야 한다. 또한, 수조 본체 등의 형상(재료)에 의한 부품 자체간과 부품간 결합부 특성을 고려한 재료의 기계적 특성 기준치와 계산된 근거를 비교하여 안전성을 제시하여야 한다.
4. 정밀해석을 통해 할 경우는 보통 CAE 정적, 동적해석 프로그램이 널리 사용되고 있는데, 그 종류는 ansys(안시스), CATIA(카티아), Solidworks(솔리드웍스), abaqus(아바쿠스) 및 NFS(엔에프에스) 등이 있다.

## B.9. 기초 고정 앵커볼트 설계

### B.9.1. 앵커볼트 제원

◦ 앵커볼트 종류 : 후 설치 앵커볼트

◦ 앵커볼트 규격 : M16

◦ 앵커볼트 유효단면적 :  $157\text{mm}^2$

◦ 단일 앵커볼트 설계 인장강도( $0.75 \Phi N_n$ ) =  $0.75 \times 0.75 \times 49.3 = 27.7 \text{ Mpa}$

◦ 단일 앵커볼트 설계 전단강도( $\Phi V_n$ ) =  $18.7 \text{ Mpa}$

※ 앵커볼트의 선정 조건

1. 앵커볼트는 국가건설기준 KDS 14 20 54 : 2016(콘크리트용 앵커 설계기준)의 4.1 설계 일반에 따른다.
2. 감소계수( $\Phi$ )는 제조사에서 받은 인증기준의 균열 콘크리트 상태의 근거로 평가한 강재의 인장하중(4.3)과 전단하중(4.4)에 대한 설계조건으로 계산한다.
3. 지진하중을 포함되는 경우는 모의지진시험을 통과한 근거로 평가된 내진 성능이 확인된 제품을 사용한다. 콘크리트파괴와 관련된 앵커볼트의 설계강도는  $0.75\Phi N_n$ 과  $\Phi V_n$ 을 사용한다.
4. 콘크리트 강도, 균열 콘크리트, 기초 콘크리트의 두께, 모서리 거리, 앵커볼트 간격 및 그룹앵커볼트 등 설계 조건은 제조사에서 인증된 앵커볼트 설계계산서로 허용값을 선정한다.
5. 앵커볼트에 작용하는 반력과 앵커볼트 허용하중의 비는 인장과 전단에서 각 1.0, 조합하중비는 1.2를 초과하지 않도록 앵커볼트의 내진설계 적정성을 평가하여야 한다.
6. 구조 설계방법이 허용응력설계법 따른 경우는 4항의 결과에 0.43을 적용한다.

### B.9.2. 앵커볼트 전단력 검토

◦ 요구 밀면 전단력 ( $V_b$ ) =  $Fp$

$$V_b = Fp = 233.8 \text{ kN}$$

$$V_{bn} = Vb/n = 233.8/18 = 12.99 \text{ kN}$$

(편의상 등분하중으로 18개로 가정, 별도 전단 반력 계산서나 시뮬레이션에 의한 반력 계산이 필요하다)

※ 실제 반력은 모멘트값을 고려한 작용하중( $V_b$ )으로 개별 요인의 최고값으로 선정했다.(본 예제는 단순분포된 완전강체로 가정하였다)

- 단일 앵커볼트 허용 전단강도( $V_{n,bolt}$ )

$$V_{n,bolt} = \min\{\Phi V_{sa}, \Phi V_{cb}, \Phi V_{cp}\} = 18.7 \text{ kN}$$

- 앵커볼트 요구 수량( $n$ )

$$n = V_b / V_{n,bolt} = 233.8 / 18.7 = 12.5 \text{ EA}$$

– 물탱크 가장자리 4번에 배열과 반력와 의해 앵커를 배치한다.

– 최대 앵커볼트 간격 =  $2(L+B) / n = 2(5.0 + 4.0) / 18 = 1.0\text{m}$  이하

※ 실제 앵커볼트의 설치 주의사항

1. 일반적으로 콘크리트의 모재에서는 두께(1.5 $h_{ef}$  이상), 앵커간격(3 $h_{ef}$  이상), 콘크리트와 앵커볼트의 모서리 간격(1.5 $h_{ef}$  이상)을 유지하여야 제조사에서 인증보고서에 제시된 허용값으로 사용한다. 또한, 그룹앵커 시 앵커 간격은 제조사 보고서에 제시된 최소앵커간격( $S_{min}$ ), 모서리거리( $Ca$ ), 최소모서리거리( $C_{min}$ )에서 앵커간격( $S_a$ )의 상관관계를 고려하고 이로인해 감소된 앵커 하중값으로 계산한다.
2. 패드가 습식 또는 건식으로 설치방식은 대부분 그룹앵커를 사용한다. 이때는 제조사에서 인증받은 설계프로그램에 따라 허용값을 제공 받아 각 지지점에서 반력에 대한 모멘트를 고려한 작용하중과 앵커볼트의 허용하중에 간의 내진설계 적정성을 평가하여야 한다.

### B.9.3. 앵커볼트 인장력 검토

- 단일 앵커볼트 인장력( $R_b$ )

$$R_b = \frac{F_p h_{cg} - (W_P \times 0.9 - F_v)(L/2)}{Ln_t}$$

$$= \frac{(233.8)(2.8/2) - (721.6 \times 0.9 - 117)(2.5)}{(5.0 \times 18)} = -11.14 \text{ kN}$$

여기서,  $n_y$  : 인장측 앵커볼트 수량을 18개로 가정한다.(별도 인장 반력 계산서나 시뮬레이션에 의한 반력 계산이 필요하다.)

$h_{cg}$  : 용기내 용수를 고려한 수조의 무게중심 높이는 1/2지점으로 가정한다

※ 실제 반력은 모멘트값을 고려한 작용하중( $R_b$ )으로 개별 요인의 최고값으로 선정한다. (본 예제는 단순분포된 완전강체로 가정하였다)

- 단일 앵커볼트 허용 인장강도( $N_{n,bolt}$ )

$$N_{n,bolt} = \min\{\Phi N_{sa}, 0.75\Phi N_{cb}, \Phi N_{cp}\} = 49.3 \times 0.75 \times 0.75 = 27.7 \text{ kN}$$

※ 실제 앵커볼트의 설치 주의사항은 부록 B.8.2와 같다.

## B.9.4 앵커볼트 인장력과 전단력 및 조합하중의 적정성 검토

- 앵커볼트의 인장력과 전단력 검토

$$\frac{R_b}{\phi N_{ns}} \leq 1.0, \quad \frac{11.14}{27.7} = 0.41 \leq 1.0 \rightarrow \text{ok}$$

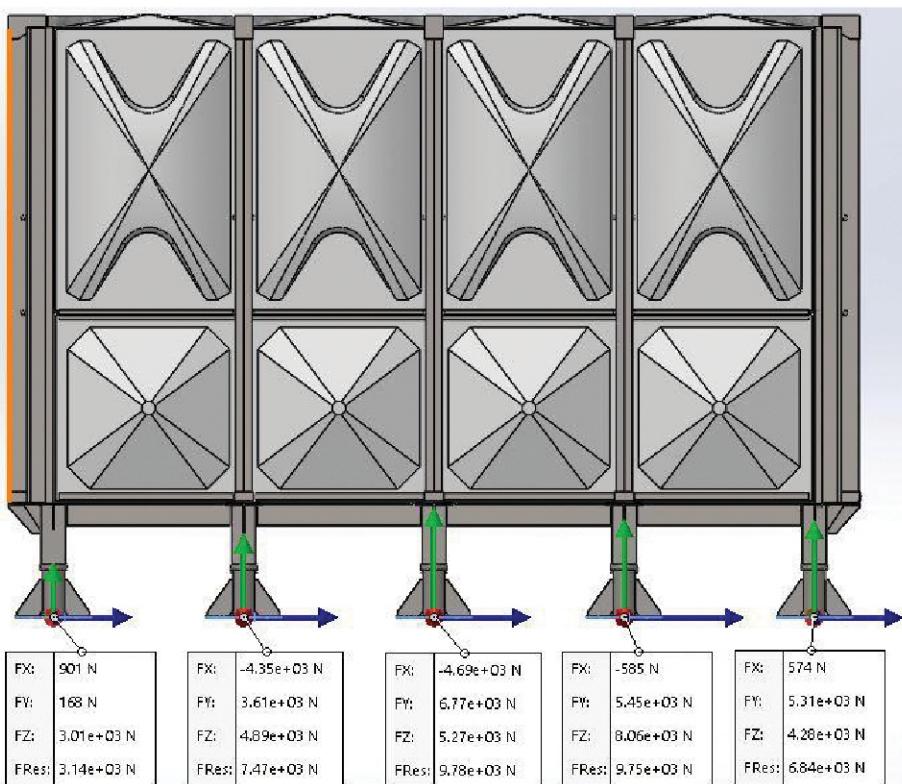
$$\frac{V_b}{\phi V_n} \leq 1.0, \quad \frac{12.99}{18.7} = 0.70 \leq 1.0 \rightarrow \text{ok}$$

- 앵커볼트 조합하중의 적정성 검토

$$\frac{R_b}{\phi N_{ns}} + \frac{V_b}{\phi V_n} \leq 1.2, \quad 0.41 + 0.70 = 1.11 \leq 1.2 \rightarrow \text{ok}$$

## B.9.5 실제 정밀해석을 통한 패드의 반력 선정(예시)

실제로 기초와 패드의 베이스 플레이트간에 정밀해석된 패드 앵커를 작용하중과 제조사 앵커 허용값으로 내진설계 적정성을 평가한다.



• 부록 C • 동적거동하중을 고려한 해석법(ASCE 7)에 의한 수조 설계 예제

### C.1. 개요

내진설계 대상인 수조는 건물의 지하에 설치된 각형의 강재 수조로, 가로 5.0m, 세로 4.0m, 높이 3.4m, 규격 68 톤 용량의 수조이며, 설계 수위는 2.8m이다. 벽체 두께는 30mm, 바닥 및 천장 두께는 10mm 수조가 설치되는 지역은 지진구역 I, 지반조건은 S3 지반 (얕고 연약한 지반)으로 가정한다.

본 예제는 ASCE 7, ACI 350.3, NZS 3106 등을 참조하여 수조 및 용기내 용수의 동적거동을 고려하여 지진하중 및 벽체에 작용하는 동수압을 계산하고, 작용하중에 대한 수조 구조체 및 기초 구조의 내진설계서에 포함되어야 할 사항을 명시하였다. 이를 위해 본 예제에서는 균일한 두께를 가지는 강재 탱크를 가정하여 간단한 가정을 통해 구조해석을 수행하였으며, 실제 수조의 구조해석은 해당 수조의 구조 및 형상을 고려하여 구조해석 이론에 적합하도록 수행하여야 한다. 본 예제에서는 길이방향에 대해서만 검토하였으나, 길이방향, 폭방향에 대해 각각 해석하여야 한다. 본 예제에서는 수조 전체의 자중을 고려하지 않는 조건으로 가정하였다. 실제로 설계 반영 시에는 전체 자중을 고려하여야 한다.

### C.2. 저수조 개요

- 저수조의 개요는 부록 B.2과 같다.

### C.3. 저수조 제원

- 저수조의 제원은 부록 B.3과 같다.

### C.4. 수조 구성품의 무게 계산

- 수조 구성품의 무게 계산은 부록 B.3와 동일하다.

### C.5. 수조 유효중량 및 동특성 산정

#### C.5.1. 충격성분 및 대류성분 유효중량(등가정적하중의 가동중량에 해당한다)

- 수위 – 길이비( $L/H_L$ )

$$L/H_L = 5.0/2.8 = 1.79$$

- 충격성분의 유효 중량( $W_i$ )

$$W_i = \frac{\tanh(0.866(L/H_L))}{0.866(L/H_L)} W_L = \frac{\tanh(0.866(1.79))}{0.866(1.79)} (548.8) = 324.08 kN$$

- 대류성분의 유효 중량( $W_c$ )

$$W_c = 0.264(L/H_L)\tanh(3.16(H/L)) W_L \\ = 0.264(1.79)\tanh(3.16(0.56))(548.8) = 244.12 kN$$

## C.5.2 충격성분 및 대류성분 무게중심 높이

- 충격성분의 무게중심 높이( $h_i$ )

$$h_i = 0.375 H_L = 0.375(2.8) = 1.05\text{m} (L/H_L < 1.33)$$

- 충격성분의 무게중심 높이( $h_i^*$ ) : 바닥 하중을 포함한다

$$h_i^* = \frac{0.866(L/H_L)}{2 \tanh(0.866(L/H_L))} H_L = \frac{0.866(1.79)}{2 \tanh(0.866(1.79))} (2.8) = 2.02\text{m}$$

- 대류성분의 무게중심 높이( $h_c$ )

$$\begin{aligned} h_c &= 1 - \frac{\cosh(3.16(H_L/L) - 1.0)}{3.16(H_L/L)\sinh(3.16(H_L/L))} H_L \\ &= 1 - \frac{\cosh(3.16(0.56) - 1.0)}{3.16(0.56)\sinh(3.16(0.56))} (2.8) = 1.68\text{m} \end{aligned}$$

- 대류성분의 무게중심 높이( $h_c^*$ ) : 바닥 하중을 포함한다

$$\begin{aligned} h_c^* &= 1 - \frac{\cosh(3.16(H_L/L) - 2.01)}{3.16(H_L/L)\sinh(3.16(H_L/L))} H_L \\ &= 1 - \frac{\cosh(3.16(0.56) - 2.01)}{3.16(0.56)\sinh(3.16(0.56))} (2.8) = 2.24\text{m} \end{aligned}$$

## C.5.3 충격성분 및 대류성분 고유주기

- 충격성분의 고유주기( $T_i$ )

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} = \frac{2\pi}{13.31} = 0.5s$$

- 1. 충격성분의 고유주기는 탱크 벽체의 강성에 영향을 받는다.
- 2. 본 예제에서는 ACI 350.3에 따라 단위폭 벽체를 캔틸레버 부재로 가정하여 산정하였다.
- 3. 탱크 구조에 따라 적합한 강성을 산출하여 고유주기를 산정한다.

- 대류성분의 고유주기( $T_c$ ) : 슬로싱 주기

$$\begin{aligned} T_c &= 2\pi \sqrt{\frac{L}{3.16g \tanh(3.16(H_L/L))}} \\ &= 2\pi \sqrt{\frac{5.0}{3.16(9.81) \tanh(3.16(0.56))}} = 2.60s \end{aligned}$$

## C.6. 지진하중

### C.6.1 지진하중 산정 조건 및 설계 파라미터

- 지진하중 산정 조건은 부록 B.5와 동일하다.
- 중요도계수( $I_p$ ) = 1.5

- 반응수정계수( $R_i$ ) : 충격성분

$$R_i = 2.0 \text{ (ASCE7, AWWA D100)}$$

- 반응수정계수( $R_c$ ) : 대류성분

$$R_c = 1.0 \text{ (ASCE7, AWWA D100)}$$

- 응답스펙트럼가속도( $S_{ai}$ ) : 충격성분

$$S_{ai} = S_{DS} = 0.54$$

- 응답스펙트럼가속도( $S_{ac}$ ) : 대류성분

$$S_{ac} = 1.5 \quad S_{D1} / T_c = 1.5(0.23) / (2.60) = 0.13$$

## C.6.2 밀면전단력

- 충격성분에 의한 밀면전단력( $V_i$ )

$$V_i = S_{ai}(I/R_i)(W_i + W_w + W_r) = (0.54)(1.5/2.0)(324.08+141+15.40) = 194.6 kN$$

- 대류성분에 의한 밀면전단력( $V_c$ )

$$V_c = S_{ac}(I/R_c) W_c = (0.13)(1.5/1.0)(244.12) = 47.6 kN$$

- 총 밀면전단력( $V_b$ )

$$V_b = \sqrt{V_i^2 + V_c^2} = \sqrt{194.6^2 + 47.6^2} = 200.34 kN$$

## C.6.3 벽체 하부에서의 힘모멘트

- 충격성분에 의한 힘모멘트( $M_i$ )

$$\begin{aligned} M_i &= S_{ai}(I/R_i)(W_i h_i + W_w (H_w/2) + W_r H_w) \\ &= 0.54(1.5/2.0)((324.08)(1.05)+(141)(1.7)+(15.4)(3.4)) = 256.1 kN.m \end{aligned}$$

- 대류성분에 의한 힘모멘트( $M_c$ )

$$M_c = S_{ac}(I/R_c) W_c h_c = (0.13)(1.5/1.0)(244.12)(1.68) = 80.0 kN.m$$

- 총 힘모멘트( $M$ )

$$M = \sqrt{M_i^2 + M_c^2} = \sqrt{(256.1)^2 + (80.0)^2} = 268.3 kN.m$$

## C.6.4 전도 모멘트

- 충격성분에 의한 전도모멘트( $M_{o,i}$ )

$$\begin{aligned} M_{o,i} &= S_{ai}(I/R_i)(W_i h_i * + W_w (H_w/2) + W_r H_w) \\ &= 0.54(1.5/2.0)(324.08(2.02)+(141)(1.7)+(15.4)(3.4)) = 383.4 kN.m \end{aligned}$$

- 대류성분에 의한 전도모멘트( $M_{o,c}$ )

$$M_{o,c} = S_{ac}(I/R_c) W_c h_c * = (0.13)(1.5/1.0)(244.12)(2.24) = 106.63 kN.m$$

- 총 전도모멘트( $M_o$ )

$$M_o = \sqrt{M_{o,i}^2 + M_{o,c}^2} = \sqrt{(383.4)^2 + (106.63)^2} = 398.0 kN.m$$

## C.6.5 최대 슬러싱 높이

- 최대 슬러싱 높이( $d_{\max}$ )

$$d_{\max} = S_{ac} I (L/2) = (0.13)(1.5)(5.0/2) = 0.49\text{m}$$

- 슬로싱 높이보다 여유고가 작을 경우

※ 1. ASCE7, AWWA D100, AWWA D120, FRP수조설계기준 등에 의거하여 천장면에 작용하는 동수압을 고려한 천장면 부재의 검토를 수행하여야 한다.

## C.6.6 수직 지진력

- 수직 지진력( $F_v$ )

$$F_v = 0.2 S_{DS} I_p W_{total} = 0.2(0.54)(721.6) = 117 \text{ kN}$$

## C.7. 탱크에 작용하는 수압 산정

### C.7.1 정수압

- 벽체 하부에 작용하는 최대 정수압( $p_s$ )

$$p_s = \gamma_L h = (9.8)(2.8) = 27.44 \text{ kN/m}^2$$

### C.7.2 동수압

- (1) 벽체면에 작용하는 동수압(\*y) : 벽체 바닥면으로 부터의 높이

- 충격성분에 의해 벽체에 작용하는 최대 동수압( $p_{iw}$ )

$$\begin{aligned} p_{iw}(y=0) &= 0.866 [1 - (y/H_L)^2] \tanh [0.866(L/H_L)] S_{ai} (I/R_i) \gamma_L H_L \\ &= 0.866 [1 - (0/2.8)^2] \tanh [0.866(5.0/2.8)] (0.54)(1.5/2.0) (9.8)(2.8) \\ &= 8.79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 대류성분에 의해 벽체 하부에 작용하는 동수압( $p_{cw}(y=0)$ )

$$\begin{aligned} p_{cw}(y=0) &= 0.4165 \frac{\cosh[3.162(y/L)]}{\cosh[3.162(H_L/L)]} S_{ac} (I/R_c) \gamma_L L \\ &= 0.4165 \frac{\cosh[3.162(0/11.5)]}{\cosh[3.162(3.0/11.5)]} (0.13) (1.5/1.0) (9.8)(5.0) \\ &= 1.35 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 대류성분에 의해 수위면에 작용하는 동수압( $p_{cw}(y=H_L)$ )

$$\begin{aligned} p_{cw}(y=H_L) &= 0.4165 \frac{\cosh[3.162(y/L)]}{\cosh[3.162(H_L/L)]} S_{ac} (I/R_c) \gamma_L L \\ &= 0.4165 \frac{\cosh[3.162(2.8/5.0)]}{\cosh[3.162(2.8/5.0)]} (0.13) (1.5/1.0) (9.8)(5.0) = 4.09 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 벽체의 관성력에 의한 동수압( $p_{ww}$ )

$$p_{ww} = S_{ai}(I/R_i)t_w\gamma_w = (0.54)(1.5/2.0)(0.03)(77) = 0.94 \text{ kN/m}^2$$

- 수직 지진력에 의해 벽체에 작용하는 동수압( $p_v$ )

$$p_v = 0.2 S_{DS}\gamma_L H_L(1 - y/H_L) = 0.2(0.54)(9.8)(2.8)(1 - 0/2.8) = 2.96 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체하부에 발생하는 최대 동수압( $p_w$ )

$$\begin{aligned} p_w(y=0) &= \sqrt{(p_{iw} + p_{ww})^2 + p_{cw}^2 + p_v^2} \\ &= \sqrt{(8.79 + 0.94)^2 + (1.35)^2 + (2.96)^2} = 10.26 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

## (2) 충격 및 대류성분에 의해 벽체에 작용하는 동수압의 등가선형분포

- 충격성분 동수압 등가선형분포에서 최하단의 동수압( $a_i$ )

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{S_{ai}(I/R_i)W_i}{2B} \left[ \frac{(4H_L - 6h_i)}{H_L^2} \right] \\ &= \frac{0.54(1.5/2.0)(324.08)}{2(4.0)} \left[ \frac{(4(2.8) - 6(1.05))}{(2.8)^2} \right] = 10.25 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 충격성분 동수압 등가선형분포에서 최상단의 동수압( $b_i$ )

$$\begin{aligned} b_i &= \frac{S_{ai}(I/R_i)W_i}{2B} \left[ \frac{(6h_i - 2H_L)}{H_L^2} \right] \\ &= \frac{0.54(1.5/2.0)(324.08)}{2(4.0)} \left[ \frac{(6(1.05) - 2(2.8))}{2.8^2} \right] = 1.46 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 대류성분 동수압 등가선형분포에서 최하단의 동수압( $a_c$ )

$$\begin{aligned} a_c &= \frac{S_{ac}(I/R_c)W_c}{2B} \left[ \frac{(4H_L - 6h_c)}{H_L^2} \right] \\ &= \frac{0.13(1.5/1.0)(244.12)}{2(4.0)} \left[ \frac{(4(2.8) - 6(1.68))}{(2.8)^2} \right] = 0.88 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 대류성분 동수압 등가선형분포에서 최상단의 동수압( $b_c$ )

$$\begin{aligned} b_c &= \frac{S_{ac}(I/R_c)W_c}{2B} \left[ \frac{(6h_c - 2H_L)}{H_L^2} \right] \\ &= \frac{0.13(1.5/1.0)(244.12)}{2(4.0)} \left[ \frac{(6(1.68) - 2(2.8))}{2.8^2} \right] = 3.49 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(3) 바닥면에 작용하는 동수압(\* x) : 탱크 중앙부에서 벽체까지의 거리

- 충격성분에 의해 바닥면에 작용하는 최대 동수압( $p_{ib}$ )

$$\begin{aligned} p_{ib}(x/L = 0.5) &= \frac{\sinh[1.732(x/L)]}{\cosh[0.866(L/H_L)]} S_{ai}(I/R_i)\gamma_L H_L \\ &= \frac{\sinh[1.732(0.5)]}{\cosh[0.866(1.79)]} (0.54)(1.5/2.0)(9.8)(2.8) = 4.43 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 대류성분에 의해 바닥면에 작용하는 동수압( $p_{cb}$ )

$$\begin{aligned} p_{cb}(x/L = 0.5) &= 1.25[(x/L) - (4/3)(x/L)^3] \operatorname{sech}[3.162(H_L/L)] S_{ac}(I/R_c)\gamma_L L \\ &= 1.25[(0.5) - (4/3)(0.5)^3] \operatorname{sech}[3.162(2.8/5.0)] (0.13)(1.5/1.0)(9.8)(5.0) \\ &= 1.36 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(4) 천장면에 작용하는 동수압

- 대류성분에 의해 바닥면에 작용하는 동수압( $p_r$ )

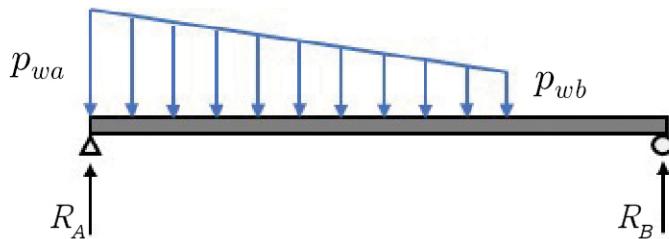
$$p_r = 0.0 \text{ kN/m}^2 \text{ ('슬로싱 높이' < 여유고'로 적용하지 아니한다)}$$

⇒ 슬로싱 높이  $d_{\max} = 0.49\text{m}$  < 여유고  $d_r = 0.6\text{m}$

- 슬로싱 높이보다 여유고가 작을 경우는 부록 C.6.5와 같이 적용한다.

## C.8. 수조 구조 검토

### C.8.1 수압에 대한 벽체 검토



※ 1. 본 예제에서는 단위 벽체를 단순보로 수압이 사다리꼴 형태로 작용하는 것으로 가정한다.

2. 단위폭 벽체에 발생하는 최대휨모멘트 및 전단력을 산정하였다.

3. 실제 탱크 구조형식을 고려하여 적합한 해석 모델을 이용하여 모멘트 및 전단력을 산정할 수 있다.

- 벽체 최하단부에 작용하는 수압( $p_{wb}$ )

$$\begin{aligned} p_{wb} &= p_s + \sqrt{(a_{i,p_{iw}} + p_{ww})^2 + a_{c,p_{cw}}^2 + p_v^2} \\ &= 27.44 + \sqrt{(10.25 + 0.94)^2 + 0.88^2 + 2.96^2} = 39.05 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- 벽체 수면위치에 작용하는 수압( $p_{wt}$ )

$$p_{wt} = \sqrt{(b_{i,p_{iw}} + p_{ww})^2 + b_{c,p_{cw}}^2 + p_v^2} = \sqrt{(1.46 + 0.94)^2 + 3.49^2} = 4.24 \text{ kN/m}^2$$

- 최대 흠모멘트( $M_{\max}$ )

$$M_{\max} = 26.7 \text{ kN.m}$$

- 최대 전단력( $V_{\max}$ )

$$V_{\max} = 42.4 \text{ kN}$$

- 벽체의 최대 흠응력( $\sigma$ )

$$\sigma = M/Z = 178 \text{ MPa}$$

: 최대 흠응력  $\sigma = 178 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

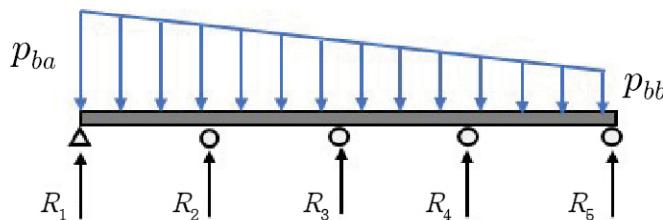
- 벽체의 최대 전단응력( $\tau$ )

$$\tau = V/A = 1.5 \text{ MPa}$$

: 최대 전단응력  $\tau = 1.5 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건(부록 B.7.1 참조)

## C.8.2 수압(정수압 및 동수압)에 대한 바닥 부재 검토



※ 1. 본 예제에서는 바닥면 하부 줄기초의 단부조건을 고려한 연속보로 가정한다.

2. 바닥면에 작용하는 동수압 분포는 최대 수압에서 선형 분포로 가정하여 단위폭 바닥면에 발생하는 최대 흠모멘트 및 전단력을 산정하였다.

- 바닥면 단부에 작용하는 최대 수압( $p_{ba}$ )

$$p_{ba} = p_s + \sqrt{(p_{ib})^2 + (p_{cb})^2 + p_v^2} = 27.44 + \sqrt{(4.43)^2 + (1.36)^2 + (2.96)^2} = 32.94 \text{ kN/m}^2$$

- 바닥면 단부에 작용하는 최소 수압( $p_{bb}$ )

$$p_{bb} = p_s - \sqrt{(p_{ib})^2 + (p_{cb})^2 + p_v^2} = 27.44 - \sqrt{(4.43)^2 + (1.36)^2 + (2.96)^2} = 21.94 \text{ kN/m}^2$$

- 최대 흠모멘트( $M_{\max}$ )

$$M_{\max} = 3.3 \text{ kN.m}$$

- 최대 전단력( $V_{\max}$ )

$$V_{\max} = 19.3 \text{ kN}$$

- 바닥면의 최대 흠응력( $\sigma$ )

$$\sigma = M/Z = 197.3 \text{ MPa}$$

최대 흠응력  $\sigma = 197.3 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

- 바닥면의 최대전단응력( $\tau$ )

$$\tau = V/A = 2.85 \text{ MPa}$$

최대전단응력  $\tau = 2.85 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건은 부록 B.7.1과 같다.

### C.8.3 슬로싱에 의한 천장면 부재 검토

- 슬로싱 높이보다 여유고가 작을 경우는 부록 C.6.5와 같이 적용한다.
- ※ 1. 본 예제 계산서는 “소방시설의 내진설계기준” 제4조1항2호(2. 수조는 건축물의 구조부재나 구조부재와 연결된 수조 기초부(패드)에 고정하여 지진 시 파손(손상), 변형, 이동, 전도 등이 발생하지 않아야 한다)에 근거로 해 주로 모멘트에 의한 반력을 위주로 검토되어 있다.
2. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부의 형상(재료 포함)에 의한 부품 자체간, 부품간 결합부 관련된 특성이 구조안전성에 포함되지 않아 아래의 부록 B.8를 별로로 검토하여야 한다.

### C.9. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부를 포함한 구조안전성 검토

- 부록 B.8 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부를 포함한 구조안전성 검토내용을 참조한다.

## C.10. 기초 고정 앵커볼트 설계

### C.10.1 앵커볼트 제원

- 앵커볼트의 제원은 부록 B.8.1과 동일하다.

### C.10.2 앵커볼트 전단력 검토

- 요구 밑면 전단력( $V_b$ )

$$V_b = F_p = 200.34 \text{ kN}$$

$V_{bn} = V_b/n = 200.34/18 = 11.13 \text{ kN}$  (편의상 등분하중으로 18개로 가정, 별도 전단 반력 계산서나 시뮬레이션에 의한 반력 계산 필요)

※ 실제 반력은 모멘트값을 고려한 작용하중( $V_b$ )으로 개별 요인의 최고값으로 선정한다. (본 예제는 단순분포된 완전강체로 가정하였다)

- 단일 앵커볼트 허용 전단강도( $V_{n,bolt}$ )

$$V_{n,bolt} = \min\{\Phi V_{sa}, \Phi V_{cb}, \Phi V_{cp}\} = 18.7 \text{ kN}$$

- 앵커볼트 요구 수량( $n$ )

$$n = V_b / V_{n,bolt} = 200.34/18.7 = 10.7 EA$$

– 물탱크 가장자리 4번에 배열과 반력에 의해 앵커를 배치한다.

– 최대 앵커볼트 간격 =  $2(L+B)/n = 2(5.0+4.0)/18 = 1.0m$  이하

※ 실제 앵커볼트의 설치 주의사항은 부록 B.8.2와 동일하다.

### C.10.3 앵커볼트 인장력 검토

- 단일 앵커볼트 인장력( $R_b$ )

$$R_b = \frac{F_P h_{cg} - (0.9 W_P - F_V)(L/2)}{Ln_t} = \frac{200.34)(2.8/2) - (721.6 \times 0.9 - 117)(2.5)}{(5.0 \times 18)}$$

$$= -11.14 \text{ kN}$$

여기서,  $n_y$  : 인장측 앵커볼트 수량을 18개로 가정한다.(별도 인장 반력 계산서나 시뮬레이션에 의한 반력 계산 필요)

$h_{cg}$  : 용기내 용수를 고려한 수조의 무게중심 높이는 1/2지점으로 가정한다.

※ 실제 반력을 모멘트값을 고려한 작용하중( $R_b$ )으로 개별 요인의 최고값으로 선정한다. (본 예제는 단순분포된 완전강체로 가정하였다)

- 단일 앵커볼트 허용 인장강도( $N_{n,bolt}$ )

$$N_{n,bolt} = \min\{\Phi N_{sa}, 0.75\Phi N_{cb}, \Phi N_{cp}\} = 49.3 \times 0.75 \times 0.75 = 27.7 \text{ kN}$$

※ 실제 앵커볼트의 설치 주의사항은 부록 B.8.2와 같다.

### C.10.4 앵커볼트의 인장력, 전단력 및 조합하중의 적정성 검토

- 앵커볼트의 인장력과 전단력 검토

$$\frac{R_b}{\phi N_{ns}} \leq 1.0, \frac{11.14}{27.7} = 0.41 \leq 1.0 \rightarrow \text{ok}$$

$$\frac{V_b}{\phi V_n} \leq 1.0, \frac{11.13}{18.7} = 0.60 \leq 1.0 \rightarrow \text{ok}$$

- 앵커볼트 조합하중의 적정성 검토

$$\frac{R_b}{\phi N_{ns}} + \frac{V_b}{\phi V_n} \leq 1.2, 0.41 + 0.60 = 1.01 \leq 1.2 \rightarrow \text{ok}$$

### C.10.5 실제 정밀해석을 통한 패드의 반력 선정(예시)

- 부록 B.9.5 실제 정밀해석을 통한 패드의 반력 선정(예시)를 참조한다.

• 부록 D • 일본 수조 구조설계계산법(강화플라스틱협회, 1966)에 따른 동수압 산정 및 구조 검토 예제

### D.1. 개요

일본 강화플라스틱협회에서는 FRP 수조의 구조설계계산법을 제시하였으며, 수조의 내진 구조설계를 국부진도법에 따라 건물내 수조의 설치 위치(지하 및 1층, 중층부, 상층부)에 따른 증폭비, 용도계수, 지역계수, FRP 수조의 응답증폭계수 등을 고려하여 수조의 설계표준진도를 제시하고 있다. 국내의 경우 일본과 지진하중 크기가 다르고 설계계수 등의 적합성이 검증되지 않았기 때문에 동수압 산정 시 필요한 설계표준진도를 직접적으로 적용할 수 없다.

국내의 경우 등가정적하중에서 설계표준진도와 유사하게 국내 지진가속도, 지역계수, 중요도계수, 반응수정계수,

응답증폭계수 및 건물내 설치위치를 고려한 등가정적하중( $F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS}}{(R_p / I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) W_p$ )을 제시하고

있는데, 이를 국부진도법에 의한 설계지진하중  $F_H = k_H W$ 에 대응하는 것으로 보면, 설계용수평진도  $k_H = k_H = F_H / W = F_p / W_p$ 로 가정할 수 있다.

따라서 본 예제에서는 비구조요소의 등가정적하중을 가동중량(용기내 용수를 포함한 수조 전체 중량)으로 나눈 등가정적하중계수( $k_H = F_p / W_p$ )를 수평진도로 적용하여 FRP 수조 설계계산법에 따라 동수압을 산정하고 이에 대한 수조 구조물의 안전성 검토 예를 나타낸다. 또한 본 예제에서는 가동중량  $W_p$ 를 용기내 용수를 포함한 수조 전체 중량으로 고려하였다. 본 예제에서는 수조 전체의 자중을 고려하지 않는 조건으로 가정하였다. 실제 설계 반영 시에는 전체 자중을 고려하여야 한다. FRP 수조의 설계는 반드시 소방시설의 내진설계 기준을 따라야 하는 것은 아니며, 본 수조는 예제 이외의 기준에 따라 설계할 수 있다.

### D.2. 수조 제원

- 수조의 제원은 부록 B.3과 같다.
- 설계 수위,  $H_L = 2.8m$

### D.3. 정수압

- 벽체 하부에 작용하는 최대 정수압( $p_s$ )

$$p_s = \gamma_L h = (9.8)(2.8) = 27.44 kN/m^2$$

### D.4. 가속도 성분에 의한 동수압

- 수조 벽체에 작용하는 동수압( $p_w$ )

$$h \leq 1.5l, y = h$$

$$p_w = \sqrt{3} \gamma_L k_H h \left\{ \frac{y}{h} - \frac{1}{2} \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right\} \tanh \left( \sqrt{3} \frac{l}{h} \right)$$

$$= \sqrt{3} (9.8)(0.324)(2.8) \left\{ 1 - \frac{1}{2}(1)^2 \right\} \tanh \left( \sqrt{3} \frac{(2.5)}{(2.8)} \right) = 7.03 kN/m^2$$

여기서,  $l = L/2$

$y$  : 수면으로부터의 깊이(m)

$k_H$  : 설계용수평진도 (= 등가정적하중계수,  $Fp / W_p$ )

$$= \frac{0.4 a_p S_{DS}}{(R_p / I_p)} \left( 1 + 2 \frac{z}{h} \right) = \frac{0.4 (2.5)(0.54)}{(2.5 / 1.5)} (1 + 2(0)) = 0.324$$

- 수조 바닥에 작용하는 최대 동수압( $p_b$ )

$$h \leq 1.5l, x = l$$

$$p_b = \frac{\sqrt{3}}{2} \gamma_L k_H h \frac{\sinh\left(\sqrt{3} \frac{x}{h}\right)}{\cosh\left(\sqrt{3} \frac{l}{h}\right)}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} (9.8)(0.324)(2.8) \frac{\sinh\left(\sqrt{3} \frac{2.5}{2.8}\right)}{\cosh\left(\sqrt{3} \frac{2.5}{2.8}\right)} = 7.03 \text{ kN/m}^2$$

여기서,  $x$  : 수조 중심으로부터의 수평거리 (m)

## D.5. 슬로싱 성분에 의한 동수압

- 슬로싱 주기( $T_s$ )

$$T_s = \frac{2\pi}{\sqrt{1.58 \frac{g}{l} \tanh\left(1.58 \frac{h}{l}\right)}} = \frac{2\pi}{\sqrt{1.58 \frac{(9.8)}{(2.5)} \tanh\left(1.58 \frac{(2.8)}{(2.5)}\right)}} = 2.6 \text{ s}$$

- 슬로싱에 의한 파고( $W$ )

$$W = 0.84 \frac{lw_s S_V}{g} = 0.84 \frac{(2.5)(1.33)}{9.8} = 0.28 \text{ m}$$

여기서,  $w_s$  : 슬로싱 고유진동수( $= 2\pi / T_s$ )

$S_V$ : 속도응답스펙트럼값 (m/s)

$$- S_A = S_{D1} / T_s = 0.232 / 2.6 = 0.09 \text{ g}$$

$$(S_{D1} = S \times F_v \times 2/3 = 0.22 \times 1.58 \times 2/3 = 0.232)$$

$$- w_s S_V = S_A \times g \times I_p = 0.09 \times 9.8 \times 1.5 = 1.33 \text{ m/s}^2$$

※ 1. 국내에서는 속도응답스펙트럼이 주어지지 않았으나, 가속도-속도 전환식( $A = w V$ )을 고려하면,  $w_s S_V$ 는 가속도응답스펙트럼( $S_A$ )으로 치환할 수 있다.

2. FRP수조 설계기준에서  $S_V = IK_1 Z S_{V0}$  ( $I$ : 용도계수,  $K_1$ : 설치층에 따른 계수,  $Z$ : 지역계수(1.0),  $S_{V0}$  : 기준속도스펙트럼값)임을 고려하여  $w_s S_V = S_A \times g \times I_p$  식에 따라 다음과 같이 산정하였다.

- 슬로싱에 의한 파고 속도( $\dot{W}$ )

$$\dot{W} = w_s W = (2\pi / T_s) W = (2\pi / 2.6) (0.3) = 0.725 \text{ m/s}$$

- 슬로싱에 의한 파고 가속도( $\ddot{W}$ )

$$\ddot{W} = w_s \dot{W} = (2\pi / T_s) \dot{W} = (2\pi / 2.6) (0.73) = 1.77 \text{ m/s}^2$$

- 슬로싱에 의해 벽체에 발생하는 동수압( $p_{sw1}$ ) ( $y = h$ )

$$\begin{aligned} p_{sw1} &= \frac{5}{6} \rho l \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{y}{l}\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{h}{l}\right)} w_s S_V \\ &= \frac{5}{6} (1)(2.5) \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{2.8}{2.5}\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{2.8}{2.5}\right)} (1.31) = 2.73 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

여기서,  $y$  : 바닥면으로 부터의 높이 (m)

$\rho$ : 용기내 용수의 단위체적 질량 (ton/m³)

- 슬로싱에 의해 벽체에 발생하는 동수압( $p_{sw0}$ ) ( $y = 0$ )

$$\begin{aligned} p_{sw0} &= \frac{5}{6} \rho l \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{y}{l}\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{h}{l}\right)} w_s S_V \\ &= \frac{5}{6} (1)(2.5) \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{5}{2}} \frac{2.8}{2.5}\right)} (1.31) = 0.9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

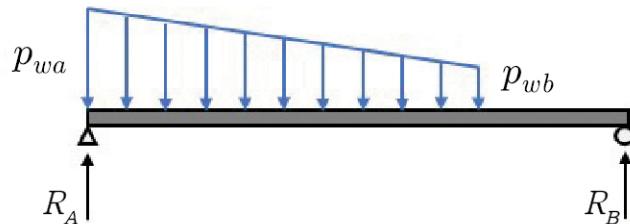
- 슬로싱에 의해 천장면에 발생하는 동수압( $p_{ro}$ )

$$\begin{aligned} p_{ro} &= \left( \frac{1.6h}{\pi} + hs \right) \rho \ddot{W} + \rho \dot{W} \\ &= \left( \frac{1.6(2.8)}{\pi} + (0.6) \right) (1)(1.76) + (1)(0.73)^2 = 4.1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

## D.6. 정수압 및 동수압에 대한 수조 구조체 검토

FRP 수조의 구조설계계산법에서는 가속도 응답에 의한 동수압과 슬로싱 응답에 의한 동수압을 동시에 작용하지 않는 것으로 보고, 측벽은 두 가지 동수압 중 최대값, 바닥 부재는 가속도 응답에 의한 동수압, 천장면 부재는 슬로싱 응답에 의한 동수압을 이용하여 각각 구조 검토를 수행한다. 하지만 본 예제에서는 보수적으로 벽체 구조 검토 시 가속도 응답 및 슬로싱 응답에 의한 동수압 하중을 조합하여 산정하였다.

## D.6.1 수압(정수압 및 동수압)에 대한 벽체 검토



※ 본 예제에서는 단위 벽체를 단순보로 수압이 사다리꼴 형태로 작용하는 것으로 가정하여 단위폭 벽체에 발생하는 최대휨모멘트 및 전단력을 산정하였다.

- 벽체 최하단부에 작용하는 수압( $p_{wb}$ )

$$p_{wb} = p_s + \sqrt{(p_w)^2 + (p_{sw0})^2} = 27.44 + \sqrt{(7.03)^2 + (0.9)^2} = 34.5 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 수면위치에 작용하는 수압( $p_{wt}$ )

$$p_{wb} = \sqrt{(p_w/3)^2 + (p_{sw1})^2} = \sqrt{(7.03/3)^2 + (2.73)^2} = 3.6 \text{ kN/m}^2$$

여기서,  $p_w/3$  : 가속도 응답에 의한 동수압 분포를 사다리꼴 형태로 치환시 수면에서 동수압

- 최대휨모멘트( $M_{\max}$ )

$$M_{\max} = 23.5 \text{ kN.m}$$

- 최대전단력( $V_{\max}$ )

$$V_{\max} = 37.3 \text{ kN}$$

- 벽체의 최대휨응력( $\sigma$ )

$$\sigma = M/Z = 157 \text{ MPa}$$

⇒ 최대휨응력  $\sigma = 157 \text{ MPa}$  < 허용응력  $\sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

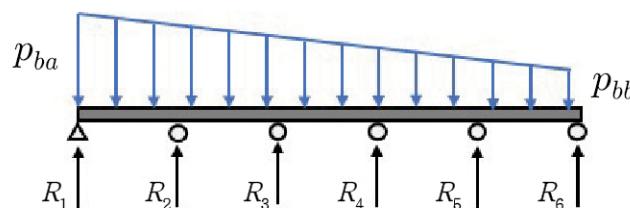
- 벽체의 최대전단응력( $\tau$ )

$$\tau = V/A = 1.24 \text{ MPa}$$

⇒ 최대전단응력  $\tau = 1.24 \text{ MPa}$  < 허용응력  $\tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건은 부록 B.7.1과 같다.

## D.6.2 수압(정수압 및 동수압)에 대한 바닥 부재 검토



- 바닥면 단부에 작용하는 최대 수압( $p_{ba}$ )

$$p_{ba} = p_s + p_b = 27.44 + 7.03 = 34.5 \text{ kN/m}^2$$

- 바닥면 단부에 작용하는 최소 수압( $p_{bb}$ )

$$p_{bb} = p_s - p_b = 27.44 - 7.03 = 20.41 \text{ kN/m}^2$$

- 최대 휨모멘트( $M_{\max}$ )

$$M_{\max} = 3.4 \text{ kN.m}$$

- 최대 전단력( $V_{\max}$ )

$$V_{\max} = 19.8 \text{ kN}$$

- 바닥면의 최대 휨응력( $\sigma$ )

$$\sigma = M/Z = 204 \text{ MPa}$$

: 최대 휨응력  $\sigma = 204 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \sigma_{allow} = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

- 바닥면의 최대 전단응력( $\tau$ )

$$\tau = V/A = 1.98 \text{ MPa}$$

: 최대 전단응력  $\tau = 1.98 \text{ MPa} < \text{허용응력 } \tau_{allow} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

※ 수조의 재료와 부자재의 선정 조건은 부록 B.7.1과 같다.

### D.6.3 슬로싱에 의한 천장면 부재 검토

- 슬로싱 높이보다 여유고가 작을 경우는 부록 C.6.5와 같이 적용한다.

- ※ 1. 본 예제 계산서는 “소방시설의 내진설계기준” 제4조1항2호(2. 수조는 건축물의 구조부재나 구조부재와 연결된 수조 기초부(패드)에 고정하여 지진 시 파손(손상), 변형, 이동, 전도 등이 발생하지 않아야 한다)에 근거로 해 주로 모멘트에 의한 반력을 위주로 검토되어 있다.
- 2. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부의 형상(재료 포함)에 의한 부품 자체간, 부품간 결합부 관련된 특성이 구조안전성에 포함되지 않아 아래의 부록 D.7를 별로로 검토하여야 한다.

### D.7. 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부를 포함한 구조안전성 검토

- 부록 B.8 수조 본체, 프레임, 패드의 연결부를 포함한 구조안전성 검토내용을 참조한다.

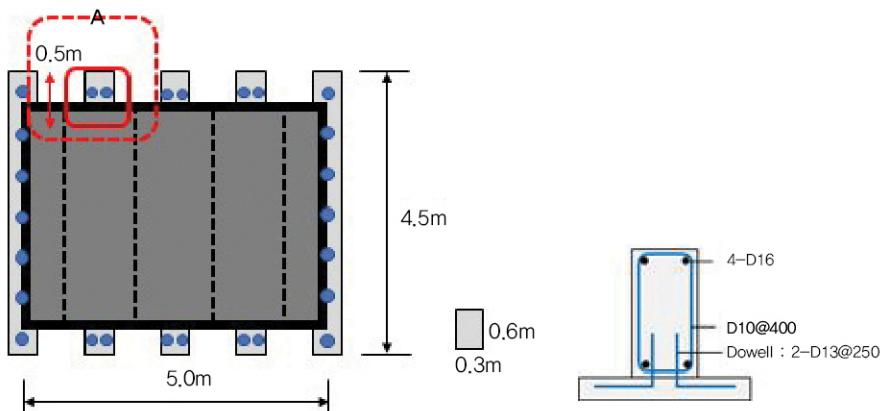
### D.8. 기초 고정 앵커볼트 설계

- 기초 고정 앵커볼트 설계는 부록 B.8과 같이 계산한다.

• 부록 E • 콘크리트 기초 패드 검토 예제

### E.1. 콘크리트 기초패드 제원

- 기초 종류 : 콘크리트 기초 패드
- 콘크리트 압축강도 =  $24 MPa$
- 철근 인장강도 =  $400 MPa$



[ 콘크리트 기초 및 앵커볼트 배치 및 기초 배근 예 ]

- ※ 1. 설계업체는 콘크리트는 물성치를 설계 기준으로 제공하고 시공업체는 시공된 패드 물성치의 근거자료를 제공해야 한다.
- 2. 앵커볼트가 지지하는 유효면적이 최소인 부분(A)에 대해 검토하였으며, 예제에서 A부분에서 앵커볼트 2개가 지지하는 면적은 유효폭을 500mm로 가정한다.

### E.2. 앵커볼트 검토

- 고정 앵커볼트 내진설계는 부록 B.8과 같이 계산한다.

### E.3. 휨강도 검토

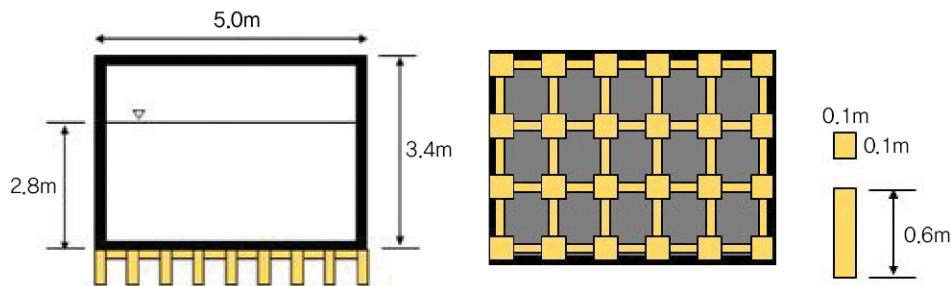
※ 유효면적내 주근 : 2-D10 (압축철근 무시)

- 최대휨모멘트,  $M_u = 9.24 kN.m$ 
  - $M_u = V_u \times h = (15.4)(0.6) = 9.24 kN.m$
- 유효면적의 공칭휨강도  $\Phi M_n = 12.96 kN$ 
  - $\Phi M_n = (0.85)A_s f_y (d - \frac{a}{2}) = 0.85(142.7)(400)(270 - 5.6/2) = 12.96 kN.m$
  - $\Rightarrow M_u = 9.24 kN.m < \Phi M_n = 12.96 kN.m \rightarrow O.K$

## • 부록 F • 건식 기초패드 검토 예제

### F.1. 건식 기초 패드 제원

- 기초 종류 : 기둥형 건식 기초  
※ 본 예제에서는 속이 찬 각형 기둥으로 가정하였음. (규격  $0.1 \times 0.1 \times 0.6$ )
- 기둥 수량,  $n = 20EA$
- 강재 항복강도 (또는 기둥 부재 허용강도) =  $235 MPa$



[ 건식기초패드 예 (1) 입면, (2) 평면, (3) 단면 ]

### F.2. 기초 부재 1개가 지지하는 지진하중

- 기초 부재 1개가 지지하는 지진하중,  $V_{pad,1} = 11.7 kN$   
–  $V_{pad,1} = V_u / n = 233.8/20 = 11.7 kN$   
여기서,  $V_u$ 는 지진하중에 의한 밑면전단력(본 예제에서는 “건축물 내진설계기준”에 따른 등가정적하중)이며,  $n$ 은 기초 기둥 수량

### F.3. 기초 부재의 응력 검토

- 본 예제에서는 보수적으로 기초 패드의 기둥 상부에 지진하중이 작용하는 외팔(캔틸레버)으로 가정하여 응력검토를 수행하였다.
- 기초 패드 기둥 부재의 제원
  - 단면계수,  $Z = 1.67e+5 mm^3$
  - 단면적,  $A = 1.0e+4 mm^2$
- 기초 상부에 작용하는 최대모멘트,  $M_{max} = 91.5kN$ 
  - $M_{max} = V_{pad,1} \times h_{pad} = 10.9 \times 0.6 = 6.54 kN.m = 6.54e+6 kN \cdot mm$
- 휨응력 검토
  - 최대휨응력,  $\sigma = 39.2 MPa$
  - $\sigma = M_{max} / Z = 6.54 \times 10^6 / 1.67 \times 10^5 = 39.2 MPa$

⇒ 최대휨응력  $\sigma = 39.2 \text{ MPa}$  < 허용강도  $\sigma_a = 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

- 전단응력 검토

- 최대전단응력,  $\nu = 21.8 \text{ MPa}$

$$\nu = V_{pad,1} / A = 2.18 \times 10^5 / 1 \times 10^4 = 21.8 \text{ MPa}$$

⇒ 최대전단응력  $\nu = 21.8 \text{ MPa}$  < 허용강도  $\nu_a = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

#### F.4. 기초 고정 앵커볼트의 설계 검토

- 고정 앵커볼트 내진설계는 부록 B.8과 같이 계산한다.

## • 부록 G • 패널이음부 검토 예제

부록 A에서 단위폭 당 벽체의 최대전단력 62.2 kN · m을 이용하여 패널과 프레임간 연결부에 대한 안전성을 검토한다. 즉 연결볼트의 전단파괴와 연결볼트에 의한 패널 플랜지부의 지압파괴를 검토한다.

### G.1 본 예시에서는 각형강관 200 × 100 × 4.5t의 수직프레임과 강재패널 900 × 1000 × 4.5t를 볼트 M12-130L를 사용하여 연결한다.

- 강재패널 플랜지 두께 = 4.5mm
- M12 연결볼트 직경 = 12mm
- M12 연결볼트 체결 개수 = 8개
- M12 연결볼트 유효단면적 = 84mm<sup>2</sup>
- 단위폭 당 최대전단력 = 62.2kN
- 강재패널 플랜지 지압응력

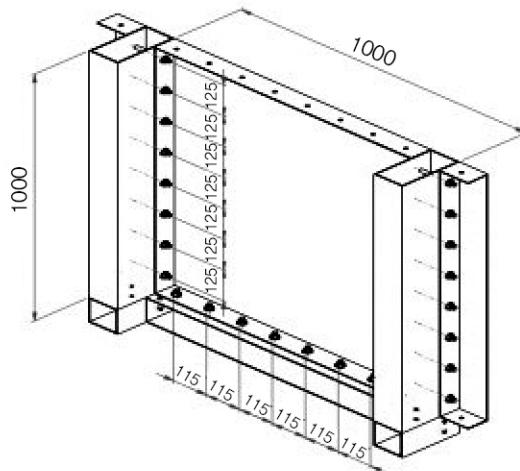
$$\sigma_p = \frac{V}{tdn} = \frac{62,200}{4.5 \times 12 \times 8} = 144.0 \text{ MPa}$$

$\therefore 144.0 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$

- 연결볼트 전단응력

$$\sigma_{v,b} = \frac{V}{An} = \frac{62,200}{84 \times 8} = 92.6 \text{ MPa}$$

$\therefore 92.6 \text{ MPa} < 285 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$



※ 패널이음부를 3D 모델링 후 구조해석으로 응력, 변위, 변형률의 결과를 검토하고, 연결볼트의 반력으로 연결볼트를 선정할 수 있다.

• 부록 H • 가압송수장치의 스토퍼 검토 예제

### H.1. 소방펌프 동력

구분 No.	소방시설의 종류	펌프의 용량		수량
소방설비 01	옥내소화전 주펌프	100HP	75KW	1 대

### H.2. 수평지진력(등가정적하중) 산정

#### H.2.1 소방펌프 가동중량 및 수평, 수직 지진력

구분 No.	소방시설의 종류	소방 펌프	부가 된 중량(kgf)			총하중	가동 중량	수평 지진력	수직 지진력
		중량 (N)	방진 베이스	콘크리트	흡/ 토출관				
01	옥내소화전 주펌프	9,565	1,372	5,144	1,001	17,082	20,499	26,556	3,321

\* 1.  $W_p = W \times s$  (안전율)  $s = 1.20$ 이다(ASCE 7-02, 4.7.2 참조)

2.  $F_p$ 의 계산값은 최소값  $F_{p\min}$  보다 크게 최대값  $F_{p\max}$ 를 초과하지 않도록 산정한다

3. 설치 위치 : 최고층

4. 해당 예제는 방진가대가 설치되지 않은 경우임. 방진가대가 있다면 동적해거법에 의하여야 함(이 경우 증포계수는 1, 반응수정계수는 2.5)

#### H.2.2 수평 및 수직지진력 계산값 산정(KDS 4117 00 : 2019.18)

##### 1) 수평지진력의 산정

$$F_{p\text{cal}} = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{(R_p/I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \times 1.2 = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.54 \times 20,490}{(2.0/1.5)} \left(1 + 2 \left(\frac{60}{60}\right)\right) \times 1.2 = 29,887.2 N$$

$$F_{p\min} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p = 0.3 \times 0.54 \times 1.5 \times 20,490 = 4,980 N$$

$$F_{p\max} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p = 1.6 \times 0.54 \times 1.5 \times 20,490 = 26,556 N$$

산정값  $F_p = 26,556 N$

##### 2) 수직지진력의 산정

$$F_v = 0.2 S_{DS} W_p = 0.2 (0.54)(20,490) (1.2) = 2,656.7 N (W_p = 1.2 W)$$

##### 3) 지진설계계수의 산정

$a_p$  : 증폭계수(중합탄성체 2.5)

$S_{DS}$  : 단주기 스펙트럼가속도

$R_p$  : 반응수정계수 (중합탄성체 2.0)

$I_p$  : 중요도계수 (1.5)

$h = 60 m$  (건축물 총 높이)

$z = 60 m$  건축물이 설치된 지반으로부터 소방펌프가 설치된 높이

## H.2.3 단주기 스펙트럼가속도( $S_{DS}$ )값 산출

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 = 0.22 \times 2.5 \times 1.46 \times 2/3 = 0.54$$

### H.2.3.1 유효지반가속도(S)

$$S = Z \times I = 0.11 \times 2 = 0.22 \text{ (위험도계수(I)와 지역계수(Z)는 H.2.3.2~3 참조)}$$

#### 1) 지진구역 구분 및 지역계수(Z)

지진구역		행정구역	지진구역계수(Z)	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11	g
	도	경기, 충북 · 충남, 경북 · 경남, 전북 · 전남, 강원남부* (영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백)		
II	도	제주, 강원북부** (홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초)	0.07	g

#### 2) 재현주기에 따른 위험도 계수(I)

재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

- \* 1. 국가지진위험지도로부터 구할 수도 있다
- 2. 국가지진위험지도를 이용하여 결정한 S는 지진구역계수에 위험도계수를 곱하여 구한 S값의 80%보다 작지 않아야 한다

## H.2.3.2 단주기 지반증폭계수(Fa)

$$F_a = 1.5 - \left( \frac{(1.5 - 1.3) \times 0.02}{0.1} \right) = 1.46$$

표 4.2-1 단주기지반증폭계수 Fa,

〈건축물 내진설계기준〉

지반종류	지진지역		
	$S \leq 0.2$	$S=0.2$	$S=0.3$
$S_1$	1.12	1.12	1.12
$S_2$	1.4	1.4	1.3
$S_3$	1.7	1.5	1.3
$S_4$	1.6	1.4	1.2
$S_5$	1.8	1.3	1.3

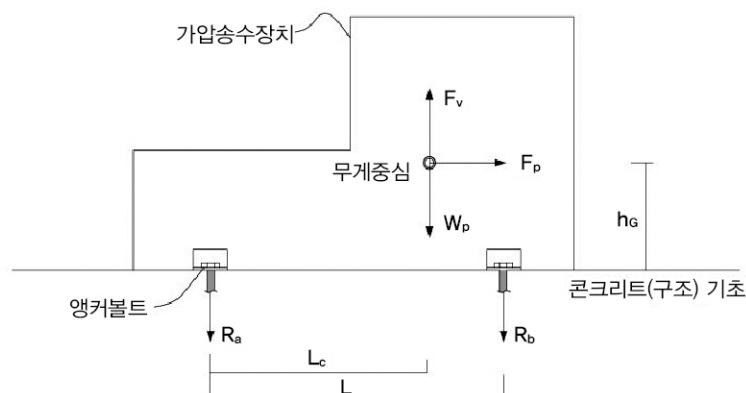
- \* 1. S는 설계스펙트럼 가속도 산정식에 적용된 값이다. 위 표에서 S의 중간값에 대하여는 직선보간한다.

### H.3. 전단력과 인장력 산정

#### H.3.1 소방펌프(모터) 규격

구분 번호	방진베이스(m)			소방펌프 높이(m)
	장변	단변	높이	
소방용 펌프	1.90	0.80	0.15	0.75

#### H.3.2 산출식



- Q(전단력)

$Q = FP / \text{한변에 설치되는 스토퍼 수량}$

- Rb(인장력)

$$R_b = [F_p \cdot h_g - (W_p \times 0.9 - F_v) \cdot L_c] / L \cdot N_t \quad (N)$$

여기서,

$R_b$  : 스토퍼 1개가 받는 인장력[N]

$F_v$  : 수직지진력(Fv)[N]

$L$  : 검토할 방향에서 본 지지점(스토퍼)간 거리[cm]

$L_c$  : 펌프 지지부에서 중심까지의 거리[cm]

$Q(\text{전단력}) = F_p / \text{한 변에 설치되는 스토퍼 수량}$

$Q$  : 스토퍼 1개가 받는 전단력[N]

$W_p$ : 펌프 가동중량[N].

$Nst$  : 한변에 설치되는 스토퍼 수량

장변에 설치되는 스토퍼 : 2개, 단변에 설치되는 스토퍼 : 1개, 총 스토퍼 수량 : 6개

$h_g$  : 검토할 방향에서 본 지지부 중심에서 기기 중심까지의 높이

$(\text{방진베이스 높이} + \text{소방펌프 높이}) / 2$ , (단,  $hg \leq h/2$ )

$W_p \times 0.9$  : 가동중량에 0.9를 곱하여 사용한계설계법 하중조합에 적용

### H.3.3 작용하중과 반력 계산

① 장면의 스토퍼 전단력( $Q$ ) 및 인장력( $R_b = T$ )의 계산

(1) 장면의 스토퍼 1개의 전단력( $Q_l$ )

$$Q_l = Fp / N_{st} = 26,556/2 = 13,278 \text{ N} \quad N_{st} : \text{한면의 스토퍼 수량}$$

(2) 장면의 스토퍼의 1개의 인장력( $R_{bl}$ )

$$\begin{aligned} R_{bl} &= [Fp \cdot h_g - (W_p \times 0.9 - Fv) \cdot L_c] / L \cdot N_{st} \\ &= [26,556 \times 0.45 - (20,499 \times 0.9 - 2,656.7) \times 0.4] / (0.8 \times 2) \\ &= 3,520.8 \text{ N} \end{aligned}$$

② 단면의 스토퍼 계산

(1) 단면의 스토퍼 1개의 전단력( $Q_s$ )

$$Q_s = Fp / N_{st} = 26,556 / 1 = 26,556 \text{ N} \quad N_{st} : \text{한면의 스토퍼 수량}$$

(2) 단면의 스토퍼의 1개의 인장력( $R_{bs}$ )

$$\begin{aligned} R_{bs} &= [Fp \cdot h_g - (W_p \times 0.9 - Fv) \cdot L_c] / L \cdot N_{st} \\ &= [26,556 \times 0.45 - (20,499 \times 0.9 - 2,656.7) \times 0.95] / (1.9 \times 1) \\ &= -1,606.6 \text{ N} \end{aligned}$$

구분	$Fp(\text{N})$	$Fv(\text{N})$	$h_g(\text{m})$	장면의 스토퍼 설치위치와 작용력 (개당)				단면의 스토퍼 설치위치와 작용력 (개당)			
				$L(\text{m})$	$L_c(\text{m})$	$Q_l (\text{N})$	$R_{bl} (\text{N})$	$L(\text{m})$	$L_c(\text{m})$	$Q_s (\text{N})$	$R_{bs} (\text{N})$
스토퍼	26,556	3,321	0.45	1.90	0.95	13,278	3,520.8	0.80	0.40	26,556	-1,606.6

### H.4. 스토퍼에 작용하는 앵커볼트의 전단력( $Q_l$ ) 및 인장력( $T_1$ )

#### H.4.1 앵커볼트의 반력 계산

① 장면의 앵커볼트 반력 선정

(1) 스토퍼 전체 앵커볼트의 전단력( $Q_{1l}$ )

$$Q_{1l} = Q_l / N_{st} = 13,278 / 1 = 13,278 \text{ N}$$

※ 1. 그룹앵커볼트를 고려하여 전체의 전단력만 계산하였다. 앵커볼트 개별적인 반력에 의한 설계는 제조사의 내진앵커볼트 계산서를 참조한다.

(2) 장면의 스토퍼의 앵커볼트의 개당 인장력

$$\begin{aligned} T_{1l} &= [(R_{bl} \times L_2) + (Q \times \frac{L_3}{2})] / (L_1 \times N_t) + R_{bl} (\text{N}) \\ &= [(3,520.8 \times 0.08) + (12,453 \times \frac{0.253}{2})] / (0.105 \times 2) + 3,520.8 \\ &= 12,363.5 \text{ N} \end{aligned}$$

### 3) 단변의 앵커볼트 반력 선정

(1) 스토퍼 전체 앵커볼트의 전단력( $Q_{1s}$ )

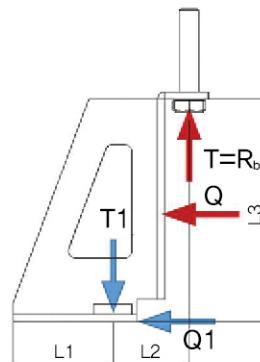
$$Q_{1s} = Q_s / N_{st} = 26,556 / 1 = 26,556 \text{ N}$$

※ 1. 그룹앵커볼트를 고려하여 전체의 전단력만 계산하였다. 앵커볼트 개별적인 반력에 의한 설계는 제조사의 내진앵커볼트 계산서를 참조한다.

(2) 단변 스토퍼의 앵커볼트의 인장력( $T_{1s}$ )

$$\begin{aligned} T_{1s} &= [(R_{bs} \times L_2) + (Q \times \frac{L_3}{2})] / (L_1 \times N_t) + R_{bs} (N) \\ &= [(-1,606.6 \times 0.08) + (26,556 \times \frac{0.253}{2})] / (0.105 \times 2) + (-1,606.6) \\ &= 13,778.2 \text{ N} \end{aligned}$$

- Q1 : 스토퍼 1개가 받는 전단력(N)
- L3 : 스토퍼의 높이(m)
- L1 : 하부플레이트의 앵커볼트 중심에 뒤쪽  
끝단까지 거리(m)
- $N_{st}$ : 스토퍼의 수량
- $N_t$ : 스토퍼의 앵커볼트 수량



$$Q1 = Q/2(\text{앵커볼트 개수})$$

번호	구분 소방시설의 종류	스토퍼에서 앵커에 설치위치 (작용점) 거리			장변에서 앵커에 작용력		단변에서 앵커에 작용력	
		L1(m)	L2(m)	L3(m)	$Q_{1t}(N)$	$T_{1t}(N)$	$Q_{1s}(N)$	$T_{1s}(N)$
앵커볼트	옥내소화전 주펌프	0.105	0.08	0.253	13,278	12,363.5	26,556	13,778.2

비고 1. ASHRAE에서 방진장치 장비의 경우는 방진장치의 전단력으로 인한 전도력을 계산하여  $R_b$  ( $T_1$ )값을 합산하였다.

2. 스토퍼 앵커볼트가 4EA인 경우도 식을 단순화하여 사용할 필요가 있다.

3. 바닥에 설치한 스토퍼 앵커의 T값이 압축력이 아닌 인장력이 작용하는 경우는 앵커의 허용하중(ASD)값 이하로 고려하여야 한다.

## H.5 내진앵커볼트의 적정성 평가 검토

- 고정 앵커볼트 내진설계는 B.8과 같이 계산한다.

## H.6 스토퍼 구조안전성 검토사항

- 스토퍼 선정을 위한 근거인 구조계산서 제시
- KFI, 공인시험연구기관의 스토퍼 시험성적서의 적정성 검토

## 별표

**[별표1]** 단주기 반응지수별 소화배관의 지진계수(제3조의2제2항제3호 관련)

**[별표2]** 소화배관의 종류별 흔들림 방지 버팀대의 간격에 영향구역의 최대허용하중(N)(제10조제1항제8호 관련)

**[별표3]** 가지배관 고정장치의 설치간격(m)(제13조제1항제1호 관련)

**[별표 4]** 건축 비구조요소의 설계계수(KDS 41 17 00 : 2019 표 18.3-1 관련)

**[별표 5]** 기계 및 전기비구조요소의 설계계수(KDS 41 17 00 : 2019 표18.4-1 관련)

**[별표 6]** 배관 호칭구경과 슬리브간 및 이격거리 관계

**[별표 7]** 흔들림 방지 버팀대의 지지대의 최대 길이

• 별표 1 • 단주기 반응지수별 소화배관의 지진계수(제3조의2제2항제3호 관련)

단주기 응답지수( $S_s$ )	지진계수( $C_p$ )
0.33 이하	0.35
0.40	0.38
0.50	0.40
0.60	0.42
0.70	0.42
0.80	0.44
0.90	0.48
0.95	0.50
1.00	0.51

1. 표의 값을 기준으로  $S_s$ 의 사이값은 직선보간법 이용하여 적용할 수 있다.

2.  $S_s$  : 단주기 응답지수(Short period response parameter)로서 최대고려 지진의 유효지반가속도 S를 2.5배한 값

• **별표 2 • 소화배관의 종류별 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N) (제10조제1항제8호 관련)**

1. KS D 3507 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도  $F_y: 200 \text{ MPa}$

배관구경(mm) 호칭(A)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	450	338	295	245	212
32	729	547	478	397	343
40	969	727	635	528	456
50	1,770	1,328	1,160	964	832
65	2,836	2,128	1,859	1,545	1,334
80	4,452	3,341	2,918	2,425	2,094
100	8,168	6,130	5,354	4,449	3,842
125	13,424	10,074	8,798	7,311	6,315
150	19,054	14,299	12,488	10,378	8,963
200	39,897	29,943	26,150	21,731	18,769

2. KS D 3562(#40) 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도  $F_y: 250 \text{ MPa}$

배관구경(mm) 호칭(A)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	597	448	391	325	281
32	1,027	771	673	559	483
40	1,407	1,055	922	766	661
50	2,413	1,811	1,581	1,314	1,135
65	5,022	3,769	3,291	2,735	2,362
80	7,506	5,663	4,920	4,088	3,531
100	13,606	10,211	8,918	7,411	6,400
125	22,829	17,133	14,962	12,434	10,739
150	34,778	26,100	22,794	18,943	16,360
200	70,402	52,836	46,143	38,346	33,119

**별표**

3. KS D 3576(#10) 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도 Fy: 205 MPa

배관구경(mm) 호칭(A)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	415	311	272	226	195
32	687	515	450	374	323
40	909	682	596	495	428
50	1,462	1,097	958	796	688
65	2,488	1,867	1,630	1,355	1,170
80	3,599	2,701	2,359	1,960	1,693
100	6,052	4,542	3,966	3,296	2,847
125	9,884	7,418	6,478	5,383	4,650
150	13,958	10,475	9,148	7,602	6,566
200	29,625	22,233	19,417	16,136	13,936

4. KS D 3576(#20) 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도 Fy: 205 MPa

배관구경(mm) 호칭(A)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	443	332	290	241	208
32	736	552	482	401	346
40	943	708	618	514	443
50	1,738	1,304	1,139	946	817
65	2,862	2,148	1,876	1,559	1,346
80	4,635	3,479	3,038	2,525	2,180
100	7,635	5,730	5,004	4,158	3,592
125	14,305	10,736	9,376	7,792	6,729
150	20,313	15,245	13,314	11,064	9,556
200	46,462	34,870	30,453	25,307	21,857

## 5. KS D 3595 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도 Fy: 205 MPa

배관구경(mm) 호칭(Su)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	123	92	81	67	58
30	216	162	141	117	101
40	316	237	207	172	148
50	412	309	270	224	194
60	850	638	557	463	399
70	1,264	948	828	688	594
80	2,483	1,864	1,627	1,352	1,168
100	4,144	3,110	2,716	2,257	1,949
125	5,877	4,410	3,852	3,201	2,764
150	12,433	9,331	8,149	6,772	5,849
200	22,535	16,912	14,770	12,274	10,601

## 6. CPVC 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중(N)

재료의 항복강도 Fy: 55 MPa

배관구경(mm) 호칭(A)	횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격(m)				
	6	8	9	11	12
25	113	85	74	61	46
32	229	172	150	125	108
40	349	262	229	190	164
50	680	510	445	370	277
65	1,199	900	786	653	564
80	2,200	1,651	1,442	1,198	1,035

• 해설 •

## 1. 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중 적용

가. 버팀대 사이에 2개 이상 배관구경으로 연결된 경우 최대허용하중 산정

- 1) 허용하중 배관구경 선정은 버팀대 간격이나 영향구역내에서 최소구경으로 정한다.
- 2) 해당 배관구경의 최대길이의 선정은 흔들림 방지 버팀대의 영향구역내의 길이로 산정한다.
- 3) 소방시설의 내진설계 기준에서는 최대길이는 버팀대의 영향구역내 길이로 산정해야 한다. 단, 부득이한 경우 버팀대간의 길이로도 선정할 수 있다.
- 4) 재질과 최대길이에 의한 허용하중은 별표 2에 따라 선정한다.

## 2. 소화배관의 흔들림 방지 버팀대의 간격에 따른 영향구역의 최대허용하중 적용 주의사항

- 1) 별표2의 길이별 허용하중은 항복강도( $F_y$ ) 값에 안전율을 고려한 값으로 환산하여 사용하여야 한다.
- 2) CPVC 1종B형의 허용하중은 항복강도( $F_y$ ) 값에 안전율을 고려하여 계산값으로 사용할 수 있다.
- 3) 별표2에서 제시하지 않은 배관의 허용하중은 항복강도( $F_y$ ) 값에 안전율을 고려하여 계산값으로 사용할 수 있다.
- 4) 별표2의 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 간격이 명시 되지 않는 사이값의 경우 직선보간법을 이용하여 적용할 수 있다.

• **별표 3 • 지배관 고정장치의 설치간격(m)(제13조제1항제1호 관련)**

**1. 강관 및 스테인레스(KSD 3576)배관의 최대 설치간격(m)**

호칭구경	지진계수( $C_p$ )			
	$C_p \leq 0.50$	$0.5 < C_p \leq 0.71$	$0.71 < C_p \leq 1.4$	$1.4 < C_p$
25A	13.1	11.0	7.9	6.7
32A	14.0	11.9	8.2	7.3
40A	14.9	12.5	8.8	7.6
50A	16.1	13.7	9.4	8.2

**2. 동관, CPVC 및 스테인레스(KSD 3595)배관의 최대 설치간격(m)**

호칭구경	지진계수( $C_p$ )			
	$C_p \leq 0.50$	$0.5 < C_p \leq 0.71$	$0.71 < C_p \leq 1.4$	$1.4 < C_p$
25A	10.3	8.5	6.1	5.2
32A	11.3	9.4	6.7	5.8
40A	12.2	10.3	7.3	6.1
50A	13.7	11.6	8.2	7.0

• 별표 4 • 건축 비구조요소의 설계계수(KDS 41 17 00 : 2019 표18.3-1 관련)

건축비구조요소	증폭계수 $a_p$	반응수정계수 $R_p$	초과강도계수 $\Omega_0$
<b>내부 비구조벽체 및 칸막이벽</b>			
비보강조적벽	1	1.5	1.5
그밖의 벽과 칸막이	1	2.5	2
<b>캔틸레버 부재(횡지지되어 있지 않거나 질량중심 아래에서 구조체에 횡지지된 경우)</b>			
파라펫 및 내부 캔틸레버 비구조벽체	2.5	2.5	2
굴뚝 및 골조구조에 지지된 수직 배기구	2.5	2.5	2
기타 캔틸레버형 수직구조물	2.5	2.5	2
<b>캔틸레버 부재(질량중심 위에서 구조체에 횡지지된 경우)</b>			
파라펫	1	2.5	2
굴뚝	1	2.5	2
<b>외측 비구조벽체</b>			
외측 비구조벽체 부재 및 접합부	1	2.5	2
벽체 부재	1	2.5	NA
벽체패널 접합부의 몸체	1	2.5	NA
연결시스템의 조임구	1.25	1	1
<b>표면 마감재</b>			
변형이 제한된 부재 및 부착물	1	2.5	2
변형성능이 낮은 부재 및 부착물	1	1.5	2
옥탑(건물골조가 연장된 골조의 경우 제외)	2.5	3.5	2
<b>천장</b>			
전체	1	2.5	2
<b>캐비닛</b>			
바닥판에 영구적으로 지지된 높이가 1,800mm 이상인 캐비닛	1	2.5	2
바닥판에 영구적으로 지지된 높이가 1,800mm 이상인 책장	1	2.5	2
실험실 장비	1	2.5	2
<b>이중바닥</b>			
특수 이중바닥 (18.3.6.2를 만족하는 경우)	1	2.5	2
그 밖의 모든 것	1	1.5	1.5
부속 장치 및 장식물	2.5	2.5	2

건축비구조요소	증폭계수 $a_p$	반응수정계수 $R_p$	초과강도계수 $\Omega_0$
간판	2.5	3	2
<b>기타 강체요소</b>			
대변형이 가능한 부재 및 부착물	1	3.5	2
변형이 제한된 부재 및 부착물	1	2.5	2
변형성능이 낮은 재료 및 부착물	1	1.5	1.5
<b>그밖의 유연한 비구조요소</b>			
대변형이 가능한 부재 및 부착물	2.5	3.5	2.5
변형이 제한된 부재 및 부착물	2.5	2.5	2.5
변형성능이 낮은 재료 및 부착물	2.5	1.5	1.5
건물의 지진력저항시스템에 포함되지 않은 출구 계단	1	2.5	2
출구 계단 및 램프 체결 장치 및 부착 장치	2.5	2.5	2.5

a. 강체요소와 단단히 부착된 요소의 경우  $a_p = 10$ 이며, 유연한 요소와 유연하게 부착된 요소의 경우  $a_p = 2.50$ 이다. 상세한 동적해석에 의해 증명되는 경우 표에 규정된 값보다 더 낮은  $a_p$ 를 사용할 수 있다.  $a_p$ 의 값은 1보다 작아서는 안 된다.

b. 초과강도계수는 콘크리트 및 조적조에 비연성 앵커가 사용되었을 경우 적용한다.

• **별표 5 • 기계 및 전기비구조요소의 설계계수(KDS 41 17 00 : 2019 표18.4-1 관련)**

기계 및 전기비구조요소	증폭계수 $a_p$	반응수정계수 $R_p$	초과강도계수 $\Omega_0$
<b>기계 및 전기 비구조요소</b>			
건기축 HVACR, 팬, 공조기, 냉난방장치, 캐비닛히터, 공기분배기 및 판금(sheet metal)으로 구성된 기타 기계 구성 요소	2.5	6	2
습기축 HVACR, 보일러, 용광로, 공기탱크 및 통, 칠러, 온열기, 열교환기, 증발기, 공기분리기, 제조장비, 고변형성 재료로 구성된 기계부품	1	2.5	2
에어 쿨러 (핀 팬), 공냉식 열교환기, 응축기, 건식쿨러, 원격 라디에이터 및 일체형 구조강 또는 판금 지지대로 지지되는 기계부품	2.5	3	1.5
스커트지지로 지지되지 않고 19장에 포함되지 않은 엔진, 터빈, 펌프, 압축기 및 압력 용기	1	2.5	2
19장에 포함되지 않으면서 스커트지지로 지지되는 압력용기	2.5	2.5	2
엘리베이터 및 에스컬레이터 구성품	1	2.5	2
발전기, 배터리, 인버터, 모터, 변압기 및 고변형재료로 구성된 전기부품	1	2.5	2
모터 컨트롤 센터, 패널 보드, 스위치 기어, 계기 캐비닛 및 금속 박판 골조로 만들어진 유사한 비구조요소	2.5	6	2
<b>통신 장비, 컴퓨터, 계측기 및 제어 장치</b>			
질량중심 아래에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝	2.5	3	2
질량중심 위에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝	1	2.5	2
조명기구	1	1.5	2
기타 기계 또는 전기 구성 요소	1	1.5	2
<b>진동격리된 부품 및 시스템</b>			
탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 네오프렌 요소 및 네오프렌 격리층으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2.5	2
탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 스프링 격리 장치 및 진동격리 바닥으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2	2
내부적으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2	2
매달림 형태의 진동방지장치를 가진 닥트 및 요소	2.5	2.5	2
<b>배관시스템</b>			
관련전문기준에 따른 파이프로 용접 또는 납땜을 사용한 접합부를 가진 경우	2.5	12	2

기계 및 전기비구조요소	증폭계수 $a_p$	반응수정계수 $R_p$	초과강도계수 $\Omega_0$
관련전문기준에 따른 파이프로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우	2.5	6	2
관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 투브로 대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜을 사용한 접합부를 가진 경우	2.5	9	2
관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 투브로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우	2.5	4.5	2
주철, 유리 및 비연성 플라스틱과 같이 변형이 적은 재료로 제작된 파이프 및 투브	2.5	3	2
대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜 접합부를 가진 닥트	2.5	9	2
대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜이 아닌 형식의 접합부를 가진 닥트	2.5	6	2
주철, 유리 및 비연성 플라스틱 등의 변형이 적은 재료로 제작된 닥트	2.5	3	2
전기 전선 및 케이블 트레이	2.5	6	2
버스 닥트	1	2.5	2
급배수 배관(Plumbing)	1	2.5	2
공압 투브 수송 시스템	2.5	6	2

- a. 강체요소와 단단히 부착된 요소의 경우  $a_p = 10$ 이며, 유연한 요소와 유연하게 부착된 요소의 경우  $a_p = 2.50$ 이다. 상세한 동적해석에 의해 증명되는 경우 표에 규정된 값보다 더 낮은  $a_p$ 를 사용할 수 있다.  $a_p$ 의 값은 1보다 작아서는 안 된다.
- b. 방진 장치에 장착된 부품은 각 수평 방향으로 범퍼구속 또는 완충장치가 있어야 한다. 설계하중은 공칭유격이 6mm보다 큰 경우  $2F_p$ 로 하고 시공도면에 명시된 공칭유격이 6mm 이하일 경우  $F_p$ 로 할 수 있다.
- c. 초과강도계수는 콘크리트 및 조적조에 비연성앵커가 사용되었을 경우 적용한다

• **별표 6 • 호칭구경과 실 공간거리에 의한 배관과 슬리브간 이격거리 관계**

1. 일반배관용 슬리브를 사용하는 경우(제6조(배관)3항1호, 제11조6호 관련)

단위 : mm

구 분			지진분리이음 미설치( X ) 흔들림 방지 버팀대 설치( O )			지진분리이음 설치( O ) 흔들림 방지 버팀대 미설치( X )		
배관 규격 (KS D 3507)			일반 슬리브		관통부	일반 슬리브		관통부
호칭경	내 경	외 경	기준/선정 호칭경	내경	기준/선정 이격거리	기준/선정 호칭경	내경	기준/선정 이격거리
65A	69	76.3	115A 이상 / 125A	147	50 / 71	115A 미만 / 100A	127	50 / 51
80A	81	89.1	130A 이상 / 150A	175	50 / 86	130A 미만 / 125A	147	50 / 58
100A	105.3	114.3	200A 이상 / 200A	223	100 / 109	200A 미만 / 150A	175	100 / 61
125A	130.1	139.8	225A 이상 / 250A	273	100 / 133	225A 미만 / 200A	223	100 / 83
150A	155.5	165.2	250A 이상 / 250A	273	100 / 108	250A 미만 / 200A	223	100 / 58
200A	204.6	216.3	300A 이상 / 300A	390	100 / 174	300A 미만 / 250A	273	100 / 57

2. 강관 슬리브를 사용하는 경우 (제6조(배관)3항1호, 제11조6호 관련)

단위 : mm

구 分			지진분리이음 미설치( X ) 흔들림 방지 버팀대 설치( O )			지진분리이음 설치( O ) 흔들림 방지 버팀대 미설치( X )		
배관 규격 (KS D 3507)			강관 슬리브		관통부	강관 슬리브		관통부
호칭경	내 경	외 경	기준/선정 호칭경	내경	기준/선정 이격거리	기준/선정 호칭경	내경	기준/선정 이격거리
65A	69	76.3	115A 이상 / 125A	130.1	50 / 53.8	115A 미만/ 100A	105.3	50 / 29
80A	81	89.1	130A 이상 / 150A	155.5	50 / 66.4	130A 미만/ 125A	130.1	50 / 41
100A	105.3	114.3	200A 이상 / 200A	204.6	100 / 90.3*	200A 미만/ 150A	155.5	100 / 41.2
125A	130.1	139.8	225A 이상 / 225A	229.4	100 / 89.6*	225A 미만/ 200A	204.6	100 / 64.8
150A	155.5	165.2	250A 이상 / 250A	254.6	100 / 89.4*	250A 미만/ 225A	229.4	100 / 64.2
200A	204.6	216.3	300A 이상 / 300A	304.4	100 / 88.2*	300A 미만/ 250A	254.6	100 / 38.3

주) \* 1. 관통부 실제 이격거리가 규정된 이격거리(100mm)미만인 경우로서 지진분리이음이 설치된 곳은 4방향 흔들림 방지 버팀대를 제외할 수 있다.

• 별표 7 • 흔들림 방지 버팀대 지지대의 최대 길이

지지대 형상	호칭 (mm)	최소단면 2차 반경(mm)	세장비 300			
			최대 길이(mm)	지지대 각도별 최대수평하중(N)		
				30°~44°	45°~59°	60°~90°
KS D 3562 배관 (스케줄 40)	25	10.885	3,266	1,963	2,776	3,401
	32	13.882	4,165	2,656	3,757	4,601
	40	15.928	4,779	3,135	4,434	5,430
	50	20.059	6,018	4,166	5,891	7,215
KS D 3507 배관	25	10.932	3,280	1,886	2,667	3,266
	32	13.995	4,198	2,419	3,422	4,191
	40	16.075	4,822	2,781	3,933	4,818
	50	20.141	6,042	3,916	5,538	6,783
앵글	40×40×6	7.3	2,175	2,550.6	3,610.1	4,414.5
	50×50×6	9.8	2,925	3,482.6	4,914.8	6,023.3
	65×50×6	10.6	3,175	3,933.8	5,562.3	6,808.1
	65×65×6	12.3	3,775	4,414.5	6,239.2	7,642.0
	80×65×6	13.2	4,050	4,856.0	6,867.0	8,417.0
	80×80×6	14.8	4,525	5,336.6	7,553.7	9,250.8
막대 (전체나사)	10	1.9	550	255.1	363.0	451.3
	15	2.5	750	480.7	676.9	824.0
	16	3.2	950	775.0	1,088.9	1,334.2
	20	3.9	1,175	1,147.8	1,618.7	1,981.6
	22	4.6	1,375	1,589.2	2,256.3	2,756.6
막대 (양끝나사)	10	2.4	700	412.0	578.8	706.3
	15	3.1	925	725.9	1,030.1	1,255.7
	16	3.9	1,150	1,138.0	1,608.8	1,971.8
	20	4.7	1,400	1,638.3	2,315.2	2,835.1
	22	5.5	1,625	2,226.9	3,149.0	3,855.3
평판	40×6	1.8	525	1,393.0	1,962.0	2,403.5
	50×6	1.8	525	1,854.1	2,619.3	3,207.9
	50×10	2.7	800	2,776.2	3,933.8	4,816.7

## 참고 문헌

1. 국가건설기준 KDS 14 17 00 : 2019 (건축물 내진설계기준)
2. 국가건설기준 KDS 14 20 54 : 2016 (콘크리트용 앵커설계기준)
3. ACI 350.3 Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary
4. ASCE 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
5. AWWA D100 Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage
6. AWWA D121 Bolted Aboveground Thermosetting Fiberglass Reinforced Plastic Panel Type Tanks for Water Storage
7. Eurocode 8 Design of Structures for earthquake
8. FRP 수조구조설계계산법, (일본) 사단법인 강화플라스틱협회, 1996.
9. IITK GSDMA Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks
10. NFPA 13 : Standard for the Installation of Sprinkler Systems
11. NZS 3106 Design of Concrete Structures for the Storage of Liquids
12. NZSEE Seismic Design of Storage Tanks
13. 소방시설 내진설계 기준 마련에 관한 연구, 소방방재청(호서대학교), 2007.
14. 기계설비공사 및 지급자재 전문시방서, 서울특별시(SH공사), 2016.
15. FEMA E-74, Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage, 2015.
16. Matthew J. Klaus, Automatic Sprinkler Systems Handbook, National Fire Protection Association, 2015.
17. 신이철, 한병찬, 박선규, 이현진, 권영진, 소방시설 내진설계의 필요성
18. 기준정비에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 제23권, 제2호, 2009.
19. 이동명, 등가정적하중식에 의한 수계 파이프 시스템의 내진설계, 한국화재
20. 소방학회논문지, 제26권 제3호, 2012.
21. 남민준, 박승희, 김동준, 최준성, 진동대 실험을 통한 수계 소화설비
22. 지진응답평가에 관한 연구, 한국지진공학회 논문집, 제16권 제4호, 2012.
23. 장극관, 임영철, 서대원, 비구조요소의 내진설계기준 비교, 대한건축학회
24. 논문집, 제29권 제1호, 2013.

## 소방시설의 내진설계기준 해설

### ◦ 집필위원

- 오흥규((주)우원엠앤이, 소방기술사)
- 김길중((주)지케이엔지니어링, 소방기술사)
- 김상일(한방유비스(주), 소방기술사)
- 유형주((주)지케이아엔지, 소방기술사)
- 주승호((주)한백에프엔씨, 소방기술사)
- 김대희(куп풀필먼트서비스(유))

### ◦ 자문위원

- 백은림(부산대학교 지진방재센터 교수)

### ◦ 업무지원

- 권혜림((사)한국소방기술사회)

### ◦ 감수단체

- (사)한국소방기술사회
- 한국소방시설협회

### ◦ 기획위원

소방청 화재예방국 소방분석제도과

- 화재예방국장 남화영
- 소방분석제도과장 최재민
- 안전기준계장 이강민
- 안전기준담당 황창혁
- 안전기준담당 민정기
- 소방시설민원센터 권태규

### ◦ 디자인

새롬출판(02-2272-3662)

