

# 2016년도 소방시설의 내진설계기준 해설





## 개 요

미국과 일본, 중국, 대만, 터키 등 지진발생이 빈번한 지역을 중심으로 지진 발생 후 소방 설비의 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 지진시 및 지진 발생 후에도 소방시설이 정상 작동될 수 있도록 주요 구성요소에 대한 내진안전성 확보가 요구된다.

소방시설의 내진설계 기준에서는 내진성능을 확보한 모든 건축물 내의 주요 소방설비에 대하여 지진에 의한 손상을 방지하기 위한 대책을 마련하도록 하고 있다. 이 해설서에서는 소방시설의 내진설계 기준의 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 목표라고 할 수 있다.

이 해설서에서는 소방시설에 대한 지진시 안전성을 확보하기 위한 대책으로 ①구조물과 배관 또는 설비 사이의 제어되지 않는 이동을 최소화하기 위한 버팀대 설치, ②배관 및 구조물 사이에 상대적인 변위차이발생이 예상되는 경우에 유연성을 제공하는 방안, ③인접한 배관 설비, 구조부재, 벽체, 바닥, 등 타 부재에 충돌로 인한 손상을 최소화 하는 방안, ④ 활동이나 전도가 예상되는 설비에 대한 안전성 확보 방안 등을 포함한 소방 설비의 계획과 설치 및 내진성능 검증방법을 설명하고자 한다.

아울러 이 해설서는 민원업무를 담당하는 소방공무원이 쉽게 실무에 적용할 수 있도록 하였다.

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

본 해설서 상의 사진 및 그림은 이해를 돕기 위한 목적으로 삽입된 것이며, 도시된 형태의 제품설치를 강제하는 것은 아님.

## 소방시설이란?

소방시설은 화재를 탐지(감지)하여 이를 통보함으로써 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 정의 할 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, 할로겐화합물소화설비, 청정소화약제소화설비 및 분말소화설비, 강화액소화설비)·옥외소화전설비로 분류한다.

### 2) 경보설비

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

### 3) 피난설비

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

### 4) 소화용수설비

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

### 5) 소화활동설비


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





## 목 차

•제1조 : 목적 .....	5
•제2조 : 적용범위 .....	9
•제3조 : 정의 .....	12
•제4조 : 수원 .....	23
•제5조 : 가압송수장치 .....	28
•제6조 : 배관 .....	31
•제7조 : 지진분리이음 .....	34
•제8조 : 지진분리장치 .....	36
•제9조 : 흔들림 방지 버팀대 .....	38
•제10조 : 수평배관 흔들림 방지 버팀대 .....	44
•제11조 : 입상관 흔들림 방지 버팀대 .....	47
•제12조 : 버팀대 고정장치 .....	49
•제13조 : 헤드 .....	50
•제14조 : 제어반 .....	52
•제15조 : 유수검지장치 .....	53
•제16조 : 함 .....	55
•제17조 : 비상전원 .....	55
•제18조 : 가스계 및 분말소화설비 .....	56
•제19조 : 설치·유지기준의 특례 .....	57
•제20조 : 재검토 기한 .....	57
•<부칙> .....	57
•부록 .....	58
•참고문헌 .....	66





# 소방시설의 내진설계기준 해설

국민안전처 고시 제2015-138호(2015.11.30.)

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

## 해설

### 1. 관련 법규

- 가. 「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 국민안전처장관이 정하는 내진설계기준에 맞게 소방시설을 설치하여야 한다.
- 나. '특정소방대상물'이란 「건축법」 제2조제1항제2호에 따른 건축물로서 「지진·화산재해대책법 시행령」 제10조제1항 각 호에 해당하는 시설을 말한다.
- 다. '대통령령으로 정하는 소방시설'이란 소방시설 중 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무 등 소화설비를 말한다.

### 2. 기준 개요

- 가. 이 기준의 제정 목적은 건축물 내부에 설치된 소방시설의 내진 안전성을 확보하도록 함으로써 지진시 화재, 폭발 등 소방시설의 손상으로 인해 발생할 수 있는 2, 3차적 재해에 대비하고, 그 피해를 최소화하기 위함이다. 이 기준의 적용대상이 되는 건축물은 「건축법 시행령」 제32조에 따른 구조안전 확인대상으로 다음과 같다.

- 1) 층수가 3층 이상인 건축물
  - 2) 연면적 500m<sup>2</sup> 이상인 건축물. 다만, 창고, 축사, 작물 재배사 및 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물은 제외
  - 3) 높이가 13 m 이상인 건축물
  - 4) 처마높이가 9 m 이상인 건축물
  - 5) 기둥과 기둥 사이의 거리가 10 m 이상인 건축물
  - 6) 국토교통부령으로 정하는 지진구역 안의 건축물
  - 7) 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 국토부령으로 정하는 것
  - 8) 동 시행령 제2조제18호가목 및 다목의 건축물
- 나. 건축물 내부에 설치되어 있지 않으나 건축물의 소방 기능을 지원하는 설비, 예컨대 옥외의 지반면 등에 설치되는 수조와 가압송수장치 등의 기기도 이 기준에 따라야 한다. 다만, 이 경우에는 기기가 설치되는 지반의 지진력, 부등침하 등이 고려되어야 한다.
- 다. 관련 법령에 따라 적용되는 소방시설에 대해서는 지진 발생 동안 및 발생 후에도 정상적인 작동이 될 수 있도록 구성요소의 안전성을 확보하여야 한다.
- 라. 소방설비는 수조, 가압펌프, 배관, 스프링클러 등으로 하나의 계통을 이루고 있으므로, 지진시 어느 한 요소의 파손만으로도 전체 계통의 기능을 상실 할 수 있다. 그러므로 모든 구성 요소는 내진에 대한 안전성을 담보할 수 있어야 한다.
- 마. 소방시설의 내진설계 기준에서 정하는 외의 사항에 대하여는 국토교통부 고시인 건축구조기준 0208.4항(비구조요소의 내진성능) 및 동기준 0305.10항(기계 및 전기 비구조요소)에 따라 구조설계 되어야 한다.
- 바. 이 기준은 「소방시설 내진설계 기준 마련에 관한 연구」결과에 기초하고 있으며, 연구결과는 미국의 국가화재방호협회(NFPA, National Fire Protection Association) 기준을 중심으로 인용하고 있다. 그러므로 이 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
- 샤. 이 기준은 성능위주 개념을 적용하기 편리하도록 현재의 법규 위주의 개념으로 서술되었다.

### 3. 소방시설 지진 피해 사례

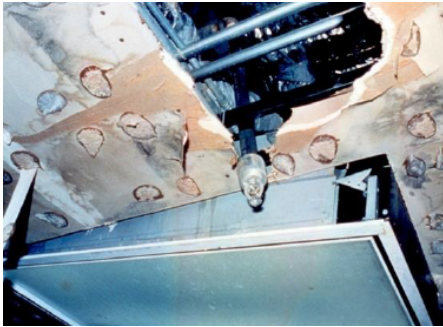
- 가. 지진에 의한 소방시설의 피해사례를 인지하는 것은 효과적인 내진설계를 수행하는데 도움이 된다. 그러므로 해당 실무자들은 다양한 문헌을 통하여 피해사례를 조사하고 그 원인에 대해서 이해하는 것이 중요하다.
- 나. 강진발생 국가를 중심으로 국외의 피해사례 조사한 결과, 다음과 같은 피해가 빈번히 발생함이 확인되었다.
- 1) 실내 소화전설비의 배관의 파손, 배관의 변형·손상, 서로 다른 흔들림에 의한 배관의 위치 차이, 플랜지 이음의 파손
  - 2) 바닥 상부에 있어서는 천장에 매달린 기기의 이동에 의한 접속배관의 파손
  - 3) 배관 등의 지지철물의 절단·탈락, 흡출, 흡입구·배연구 등의 손상 탈락
  - 4) 스프링클러 매달린 배관과 천장재의 접합부분의 손상 및 천장 내 주변 덕트의 흔들림에 의한 파손
  - 5) 스프링클러헤드와 천장재, 방화벽 등의 충돌에 의한 오작동 및 이에 따른 누수에 의하여 살수피해
  - 6) 큰 직경 배관이나 덕트가 횡진동이 발생하여 작은 직경 및 덕트에 해당하는 소구경 관의 파손
  - 7) 건축물 신축이음부를 관통하는 배관이나 덕트의 파손
  - 8) 건축물 도입부에 있어서 배관의 파손
  - 9) 지진에 의한 지반의 부동침하에 의하여 옥외 매설배관의 파손
  - 10) 지상설치 방화수조, 가압장치 등의 침하 및 흔들림에 의해 접속 배관의 파손



입상관 파손  
1994년 미국 Northridge 지진(Mason Industries)



벽체 관통배관 파손  
1994년 Peru 지진(Eduardo Fierro)



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



버팀대 파괴에 따른 소화배관 파손  
1994년 미국 Northridge 지진(FM Global, 2010)



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



소화수조 전도 및 배관연결부 파손  
2010년 Haiti 지진(Eduardo Fierro)



고정되지 않은 소화수조의 이동에 따른 배관연결부 파손, 2010년 Haiti 지진(Eduardo Fierro)



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

**제2조(적용범위)** ① 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」(이하 "영"이라 한다) 제15조의2에 따른 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무등소화설비(이하 이 조에서 "각 설비"라 한다)는 이 기준에서 정하는 규정에 적합하게 설치하여야 한다. 다만, 각 설비의 성능시험배관, 지중매설배관 등은 제외한다.

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

## 해 설

### 1. 적용 대상

가. 옥내소화전설비, 스프링클러설비, 물분무 등 소화설비 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) 옥내소화전 : 가압송수장치, 입상배관, 주배관
- 2) 스프링클러 : 가압송수장치, 입상배관, 수평주행배관, 교차배관  
65mm이상 가지배관(횡버팀대에 한함)

3) 물분무등소화설비 : 물분무 등 소화설비 중 가스계소화설비 저장용기의 고정

나. 각 설비의 성능시험배관은 소방설비의 성능을 시험하기 위해 설치되는 것으로, 지진에 의해 그 기능이 상실되어도 전체 소방설비계통의 안전성에 문제를 발생시키지 않으므로 이 기준의 적용대상에서 제외하며, 배수배관 또한 적용대상에서 제외한다.

다. 이 기준은 건축물 내부에 설치되는 소방설비로 한정되므로 지중매설배관은 적용대상에서 제외한다. 다만 옥외에 소방용 수조를 설치하고 건물 내로 소화수를 공급하는 방식의 경우에는 수조에 내진기준을 적용하여야 한다.

라. 이 기준 제정 이후 신축되는 내진 건축물 및 다음 각 항에 해당하는 건축물인 경우에도 적용하여야 한다.

- 1) 기존 건축물이 증축, 개축, 재축, 대수선 또는 용도변경으로 인해 각 설비가 신설되는 경우
- 2) 건축허가 후 설계변경으로 인해 각 설비가 신설될 경우
- 3) 동일 부지 내에 기존 건물과는 별도의 건축물이 건축되어 각 설비가 신설되는 경우

상기 1), 3)항의 경우 기존 건축물 내에 내진성능이 확보되지 않은 소방설비가 존재할 수 있으나 이 기준에서는 기존에 설치되어 있는 각 설비에 대하여 내진설계 적용을 강요하지 않는다. 이는 현재, 기술적으로 기존 설비를 보강할 수 있는 방안이 제시되어 있지 않기 때문으로, 향후 기술개발이 활성화 되면 기존 각 설비에 대해서 내진설계를 검토할 필요가 있을 것으로 보인다. 다만, 이 기준에서 상기 ①, ③항을 적용대상으로 한 것은 발생할 수 있는 지진에 대하여 최소한의 안전성을 확보하기 위함이다.

마. 지진으로 인해 건물의 붕괴가 발생할 수 있는 경우(내진설계 미적용 건축물)에는 소방시설의 내진성능을 확보하는 것이 무의미할 수도 있다. 그러므로 이 기준에서는 건축법 상 구조 확인 대상인 건축물에만 적용하며, 특정소방대상물에 해당하지 않는 가설건축물에는 적용하지 않는다.



## 2. 특별한 조사 및 연구결과의 적용

- 가. 국외에서는 잇따른 강진에 의한 피해로 인하여 건축물 비구조요소에 대한 관심을 가져왔으며, 이에 따라 소방설비에 대해서도 다양한 내진 성능 확보 기술이 제시되고 있으나, 국내에서는 비구조요소의 안전성에 대한 인식이 부족했던 관계로 설계기술, 관련 제품 및 검증기반이 부족한 실정이다. 그러므로 이 기준에서는 관련 신제품, 신기술 개발을 장려하고 부족한 검증기술 현황을 고려하여 예외규정을 마련하였다.
- 나. 각 설비에 대하여 특별한 조사·연구에 의해 내진설계하거나 제품을 개발, 검증하는 경우에는 신뢰성 있는 시험, 연구 장비와 전문 인력을 보유한 연구기관 및 공인시험기관의 관련 자료를 확인하여야 한다.

**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 분리시켜 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 능동적 지진 제어 기술을 말한다.
4. "수평력( $F_{PW}$ )"이란 지진 시 버팀대에 전달되는 배관에 작용하는 동적지하하중을 같은 크기의 정적하중으로 환산한 값을 말한다.
5. "세장비( $L/r$ )"란 버팀대의 길이( $L$ )와, 최소회전반경( $r$ )의 비율을 말하며, 세장비가 커질수록 좌굴(buckling)현상이 발생하여 지진발생시 파괴되거나 손상을 입기 쉽다.
6. "슬로싱(Sloshing) 현상"이란 지진발생으로 인하여 수조의 수면이 출렁거리는 현상을 말한다.
7. "지진거동특성"이란 지진발생으로 인한 외부적인 힘에 반응하여 움직이는 특성을 말한다.
8. "지진분리이음"이란 지진발생시 지진으로 인한 진동이 전달되지 않도록 진동을 흡수할 수 있는 이음을 말한다.
9. "지진분리장치"란 지진발생시 건축물의 지진하중이 소방시설에 전달되지 않도록 지진으로 인한 진동을 격리시키는 장치를 말한다.
10. "가동중량"이란 가압송수장치·배관의 기타 부속품 무게를 포함하기 위한 중량으로 용수가 충전된 배관무게의 1.15배를 사용한다.
11. "근입 깊이"란 앵커볼트가 벽면 또는 바닥면 속으로 들어가 인발력에 저항할 수 있는 구간의 길이를 말한다.
12. "내진스토포퍼"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.

## 해설

### 1. 내진설계의 개념

가. 소방시설의 내진설계는 지진시 진앙으로부터 지반을 통해 전달된 지진력이 건축물 내부에 연결된 각 설비에 미치는 영향이 최소화 될 수 있도록 각 설비를 설계하는 것을 의미한다.

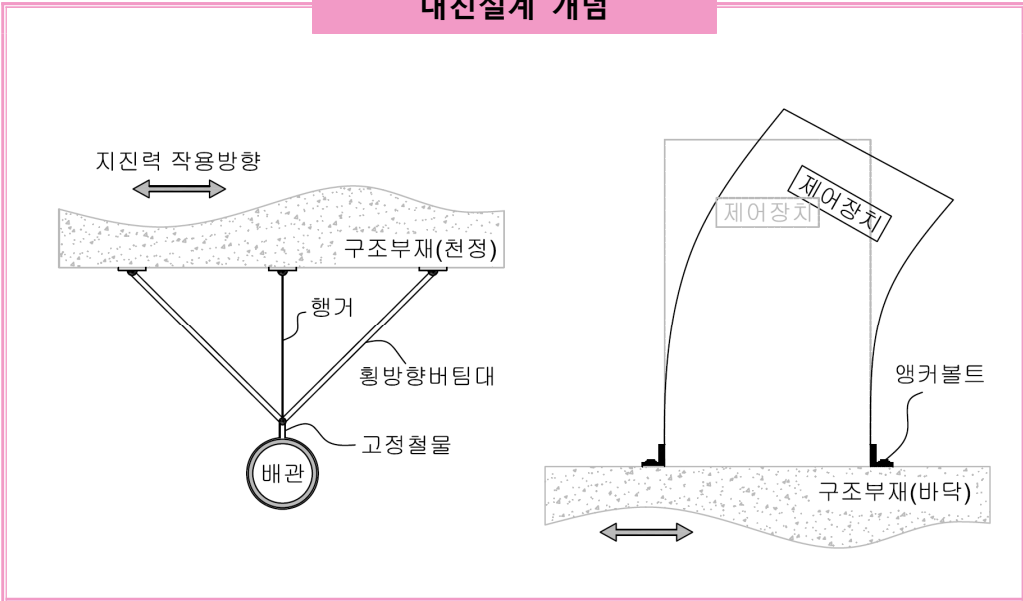
나. 광의의 개념에서 '내진설계'란 작용하는 지진하중에 저항하도록 설계하는 협의의 '내진설계'와 지진을 피해가도록 하는 '면진설계' 그리고 능동적 또는 수동적으로 작용하는 지진력을 제어하도록 하는 '제진설계'를 포함한다. 이 기준의 정의에서 말하는 '내진'이란 광의의 개념의 '내진설계'된 상태를 의미한다.

소방배관에 대해 각 설계방법을 적용하는 경우를 예로 들면, 1) 내진배관은 작용하는 지진력에 대해 버팀대로 구조부재에 단단히 연결시키고 버팀대가 이를 지지하는 방식이며, 2) 면진은 작용하는 지진력이 배관에 전달되지 못하도록 특수한 장치를 한 경우로, 지진에 의한 건물과 배관 사이에는 상대적 움직임이 크게 발생한다. 3) 제진은 내진구조와 유사하나 지진력을 감소시킬 수 있는 제진장치가 설치되어 지진력을 소산시키는 방식이다. 면진과 제진의 경우에는 상대적 변위가 발생함으로 이에 따른 충돌 안전성을 검토하여야 한다.

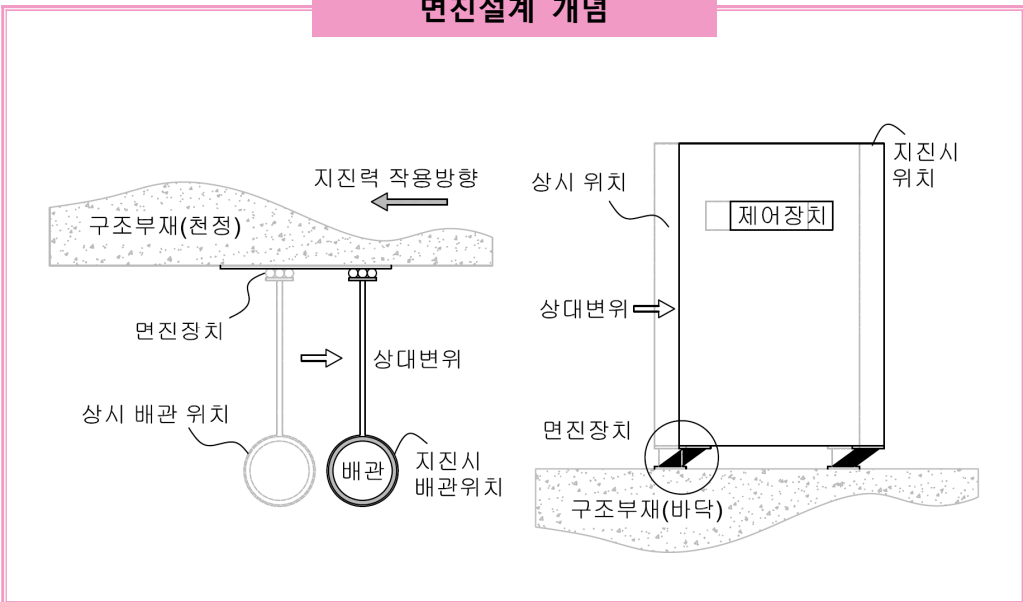
다. 이 기준에서 정의하고 있는 면진과 제진 설계방법은 지진에 의해 건축물에 전달되는 진동을 저감하는 방안으로 해석되어야 하며, 가압송수장치 및 기타 외부 요인에 의한 기계적 진동으로부터의 방진과는 구분되어야 한다. 일반적으로 지진에 의한 진동과 기계적 진동에 의한 구조물의 운동 특성이 상이하기 때문에 반드시 이를 확인하여야 한다. 기존 연구결과에 의하면, 방진장치가 설치된 경우 지진에 의한 진동의 증폭이 발생하여 방진 대상물의 파괴가 발생할 수도 있는 것으로 조사되었다.

라. 소방 설비 등의 설계지진하중은 건축물 평면상 2방향(중, 횡방향)으로 작용하는 수평지진하중과 상하방향의 수직지진하중이 있으며, 이 기준에서 다루고 있는 설비들은 이러한 지진하중들이 동시에 작용함을 원칙으로 한다. 실제 지진현상은 무수히 많은 방향에서 지진력이 작용할 것이나, 공학적으로는 수평 2방향 및 필요한 경우 수직방향을 포함하는 3방향의 정의만으로 해석이 가능하다.

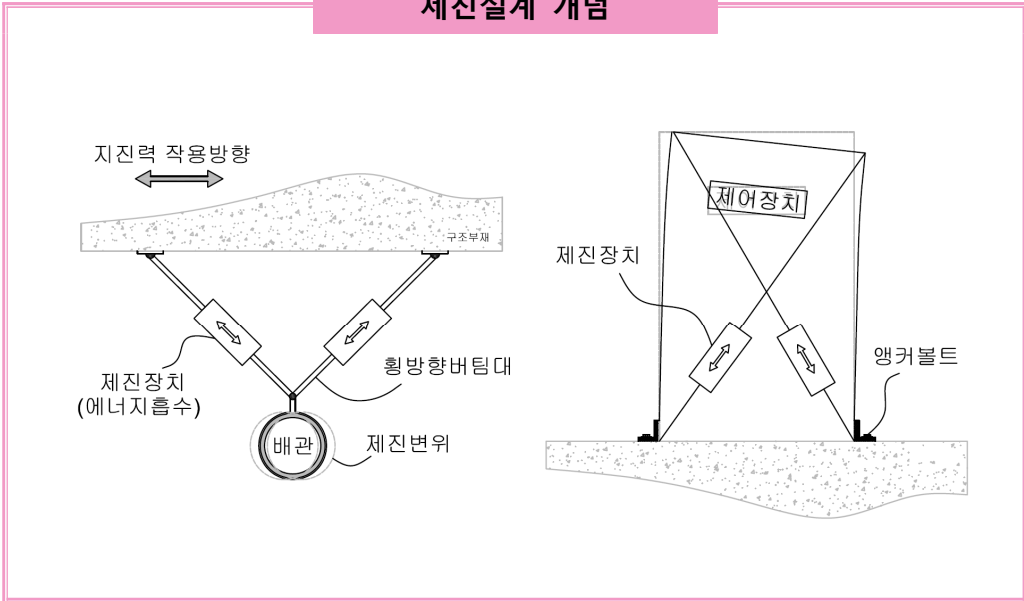
내진설계 개념



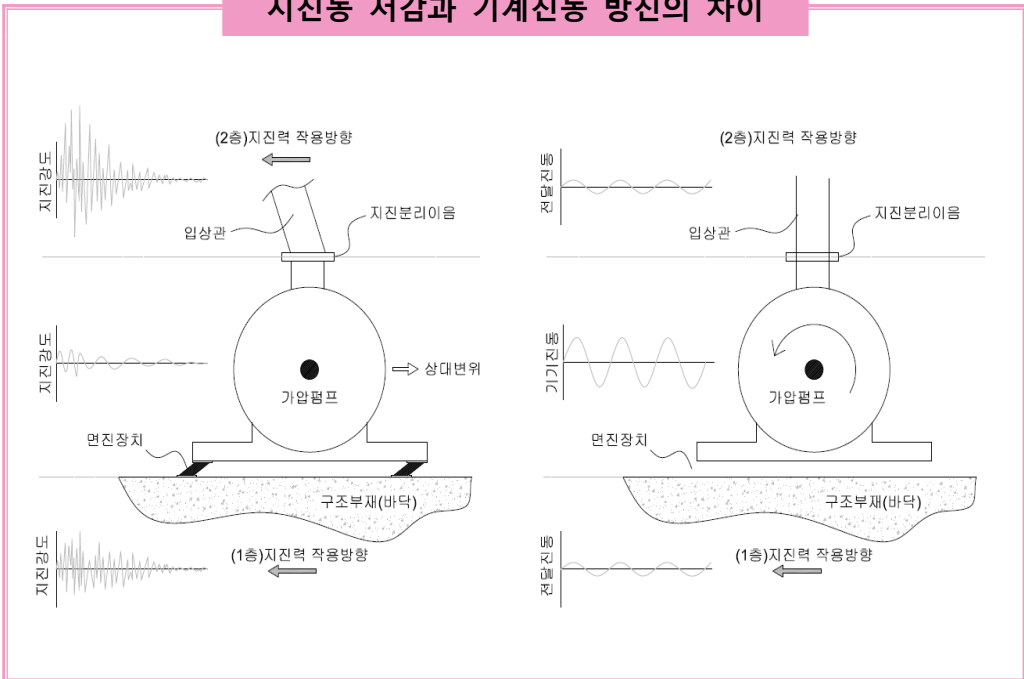
면진설계 개념



제진설계 개념

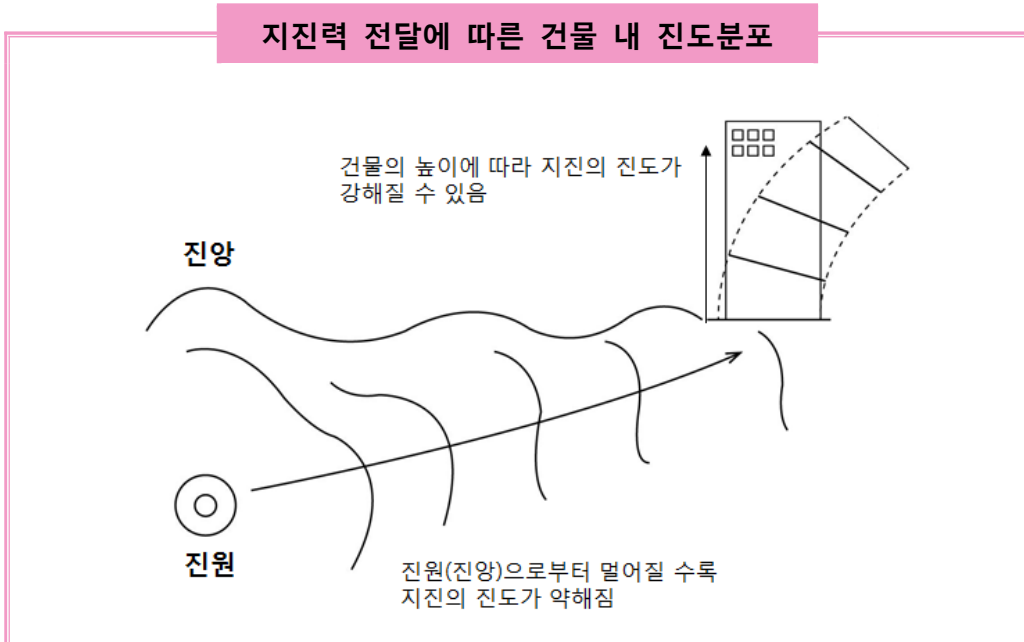


지진동 저감과 기계진동 방진의 차이



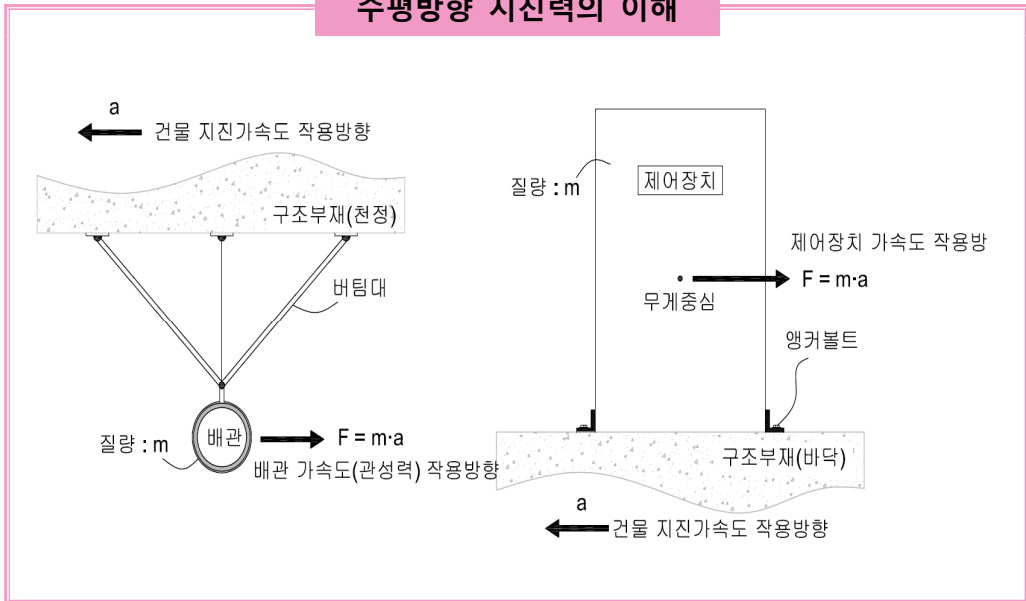
## 2. 지진력의 산정

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



나. 이 기준에서 '수평력'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, 수평력은 아래 그림과 같이 설비의 무게 중심에 작용하며, 무게가 무거울수록 크고 건물에 전달된 가속도가 클수록 증가되는 것으로 설명된다.

## 수평방향 지진력의 이해



- 다. 상기와 같이 설비에 작용하는 지진력을 단순화하여 내진해석 하는 방법을 등가정적해석법이라고 한다. 실제로 건축물 내부에 작용하는 지진 가속도는 전달되는 시간동안 크고 작은 가속도가 연속적으로 작용하는데, 공학적으로 이러한 실제 지진 상태를 고려하여 해석하는 것은 시간적, 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. 발주자의 요구 또는 설계자의 필요에 따라서는 정밀한 동적해석방법인 응답스펙트럼해석법 및 시간이력해석법을 적용할 수도 있다.
- 마. 지진시 건축물 내에 설치되어 있는 설비에 작용하는 등가정적하중( $F_p$ )은 건축구조기준 0306.10에 제시되어 있으며, 이는 다음 식과 같다. 이 기준에서는 지진시 배관에 작용하는 수평력을 제외하고는 이 식에 따라 수평력을 산정하여야 한다. 수원(수조), 가압송수장치(펌프), 제어반, 비상전원장치 등에 작용하는 지진력 산정에 적용할 수 있다.

수평지진력(등가정적하중) 산정 식

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

여기서,  $F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p$  를 초과할 수 없고  $F_p = 0.3 S_{DS} I_p W_p$  이상이어야 한다.

$a_p$ 는 증폭계수로 소방설비의 경우 1.0이며, 실험적, 해석적 방법에 의해 입증된 경우에 대해서는 그 결과에 따를 수 있다.

$R_p$ 는 반응수정계수로 소방설비의 경우 2.5이다.

$I_p$ 는 중요도 계수로 소방설비의 경우 건축구조기준 0306.10.1.4에 따라 1.5이다.

$W_p$ 는 수평력 산정 대상의 가동중량이다.

$S_{DS}$ 는 단주기 설계스펙트럼가속도로 건축물이 설치되는 위치에 따라 다르므로 해당 건축물의 구조계산서에서 확인하거나 건축구조기준 0306.3.3을 참조하여 산정할 수 있다.

$h$ 는 건축물의 총 높이이고,  $z$ 는 건축물이 설치된 지반으로부터 대상 소방설비가 설치된 지점의 높이이다.

- 바. 상기 식에서 알 수 있듯이 가동중량과 단주기 설계스펙트럼가속도만 확인되면 간단히 수평력을 결정할 수 있다. 이 해설서에서는 등가정적해석법에 따른 소화수조의 내진설계 예제를 부록 A에 나타내었다.
- 사. 수직방향 지진력을 검토할 필요성이 있는 경우 수직방향 지진하중은 수평방향 지진하중의 1/2로 한다(「소방시설 내진설계 기준 마련에 관한 연구」결과 참조)



### 3. 세장비의 산정

가. 세장비( $\lambda$ )는 버팀대의 길이( $l$ )와 최소 회전반경( $r$ )과의 비율을 말하며, 다음 식과 같다.

#### 버팀대 세장비 및 회전반경

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

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

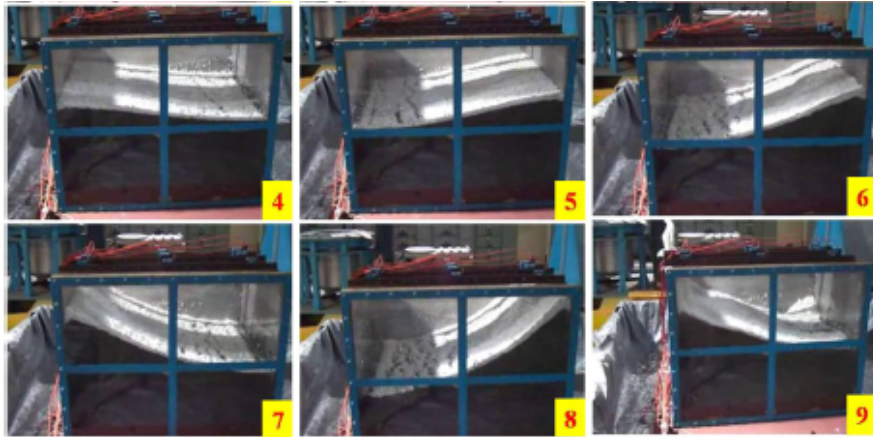
여기서,  $I$ 는 버팀대 단면이차모멘트이고,  $A$ 는 버팀대의 단면적이다.

나. 버팀대와 같이 길이가 긴 부재의 양단에 압축하중이 가해졌을 경우 하중이 어느 크기에 이르면 부재가 갑자기 휘는 현상이 발생하는데 이를 좌굴현상이라고 하며, 일반적으로 세장비가 클수록 좌굴이 쉽게 발생하게 된다. 지진시 배관 버팀대는 인장력과 압축력을 동시에 받도록 설계되는데 압축 시 좌굴 발생에 의해서 버팀대가 휘 수 있으므로 세장비의 검토가 중요하다.

### 4. 슬로싱 현상

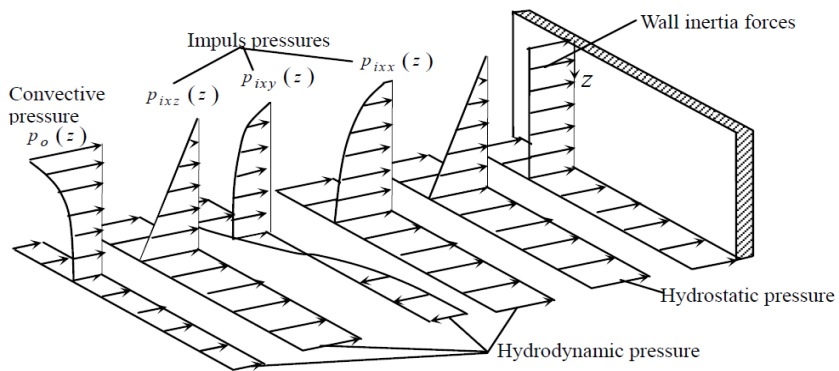
가. 슬로싱 현상이란 지진과 같은 동적하중이 유체를 보관하고 있는 수조와 같은 구조물에 작용하면, 내부 유체 수면이 출렁거리면서 물이 담겨있는 용기의 경계(수조, 벽체, 덮개 등)에 동수압을 발생시키는 현상을 말한다. 소화수조에 이러한 동수압이 크게 작용하는 경우에는 수조의 벽체가 파손되거나 수조 자체의 이동이 발생할 수 있어 내부 소방용수가 유실될 수 있다.

수조 내 유체의 슬로싱 현상



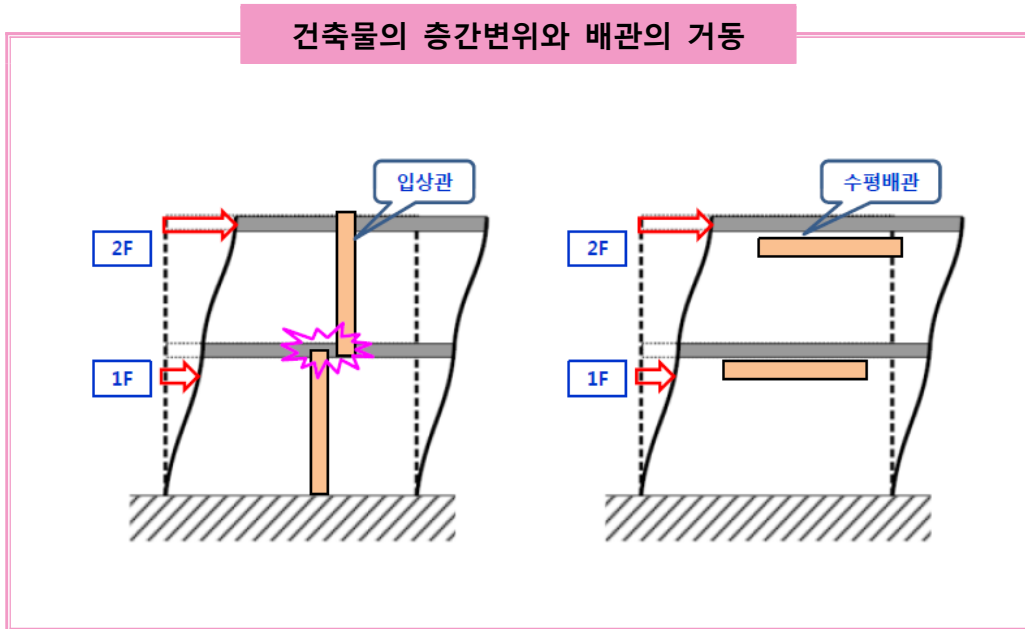
나. 정적상태에서 유체를 보관하는 수조의 벽체에는 정수압만이 작용하게 되나, 동적 상태에서는 아래 그림과 같은 동적하중효과가 추가적으로 발생하게 된다. 그러므로 지진시에는 이러한 유체의 슬로싱 현상을 고려하여 수조의 벽체와 고정지점을 설계하여야 한다.

수조 내 유체의 슬로싱 현상



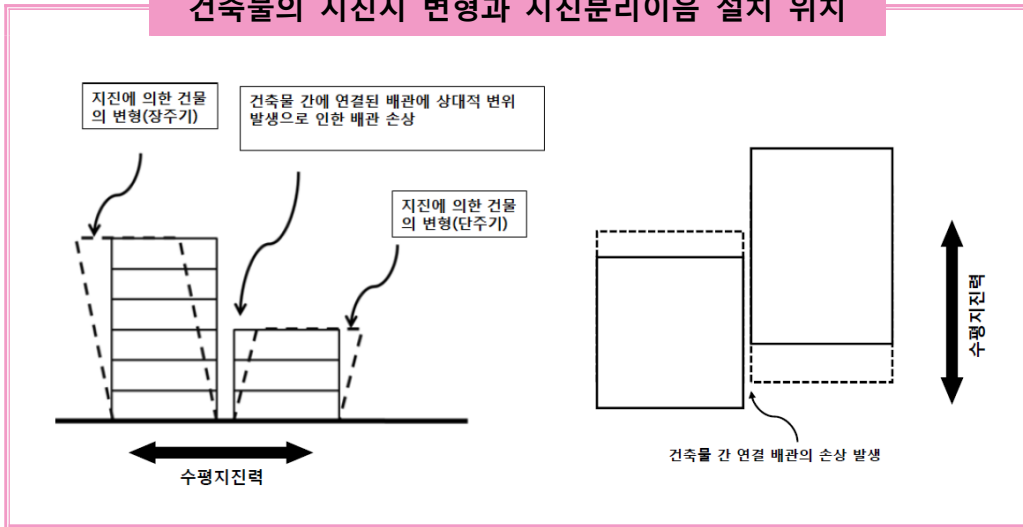
#### 4. 지진분리이음과 지진분리장치

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



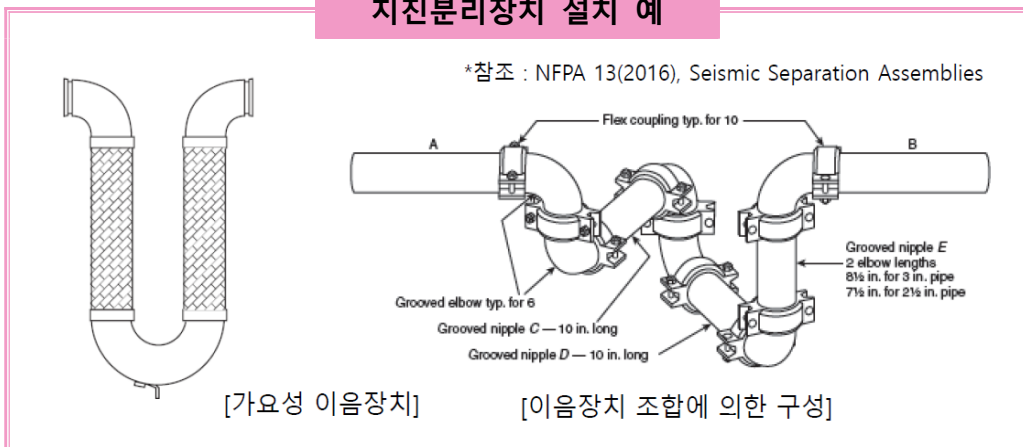
나. 지진분리이음이란 상기와 같은 건축물의 층간 변위 발생을 고려하여 연속 부설된 배관에 설치됨으로써 변형을 허용하는 배관 부속품 또는 연결이음 또는 연결기기를 의미한다. 이러한 지진분리이음은 지진시 배관에 손상을 발생시키지 않도록 진행방향(축방향)으로 신축과 진행 직각방향으로 최소한 1도 이상의 변형(각)이 가능하여야 한다.

### 건축물의 지진시 변형과 지진분리이음 설치 위치



다. 건축물에 따라 온도수축과 팽창에 의한 구조물 손상을 방지하거나, 인접한 건축물과의 경계조건의 상이함으로 인한 부등침하 등을 방지하기 위한 목적으로 내부에 신축이음이 설치되기도 한다. 소방배관은 이러한 신축이음을 가로질러 설치될 경우가 있는데, 이 경우 신축이음의 지진시 거동에 따라 연결된 배관에 손상을 발생시킬 우려가 있으므로 이러한 위치에 전 방향에 대한 변형이 가능한 배관 부속품 또는 연결이음 또는 연결기기인 지진분리장치를 설치하여야 한다.

### 지진분리장치 설치 예



## 5. 방진장치와 내진스토퍼

- 가. 전동기 또는 내연기관을 갖고 실내 바닥면에 설치되는 가압송수장치들은 운전시 진동을 발생시키게 되므로 일반적으로 장치의 하부에 스프링 또는 스프링과 댐퍼로 구성된 면진장치를 설치하게 된다. 그러나 이러한 스프링 요소 등은 지진시 상부에 설치된 장치들의 응답을 증폭시키고 경우에 따라 설치 위치를 이탈할 수도 있다. 그러므로 상기와 같은 가압송수장치의 지진에 의한 과도한 응답 발생을 방지하기 위하여 내진스토퍼를 설치한다.
- 나. 내진스토퍼는 목적에 따라 이동방지형, 이동 및 전도방지형 등으로 구분할 수 있다. 내진 스토퍼의 설계 반영 시 설치 개수 및 위치 선정 등은 내진보호 대상물의 구조와 내진스토퍼 제조사의 사양에 따라야 한다.

**제4조(수원)** 수원에 대한 내진설계는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 소화수조 및 저수조는 슬로싱(Sloshing) 현상을 방지하기 위하여 수조 내부에는 다음 각 호에 따라 방파판을 설치하여야 한다.
  - 가. 두께 1.6mm 이상의 강철판 또는 이와 동등이상의 강도·내열성 및 내식성이 있는 금속성의 것으로 할 것.
  - 나. 하나의 구획부분에 2개 이상의 방파판을 설치하는 경우 수직방향의 움직임을 방지할 수 있는 버팀대를 설치할 것.
2. 건축물과 일체로 타설되지 아니한 소화수조 및 저수조는 지진에 의하여 손상되거나 과도한 변위가 발생하지 않도록 하여야 한다.

## 해 설

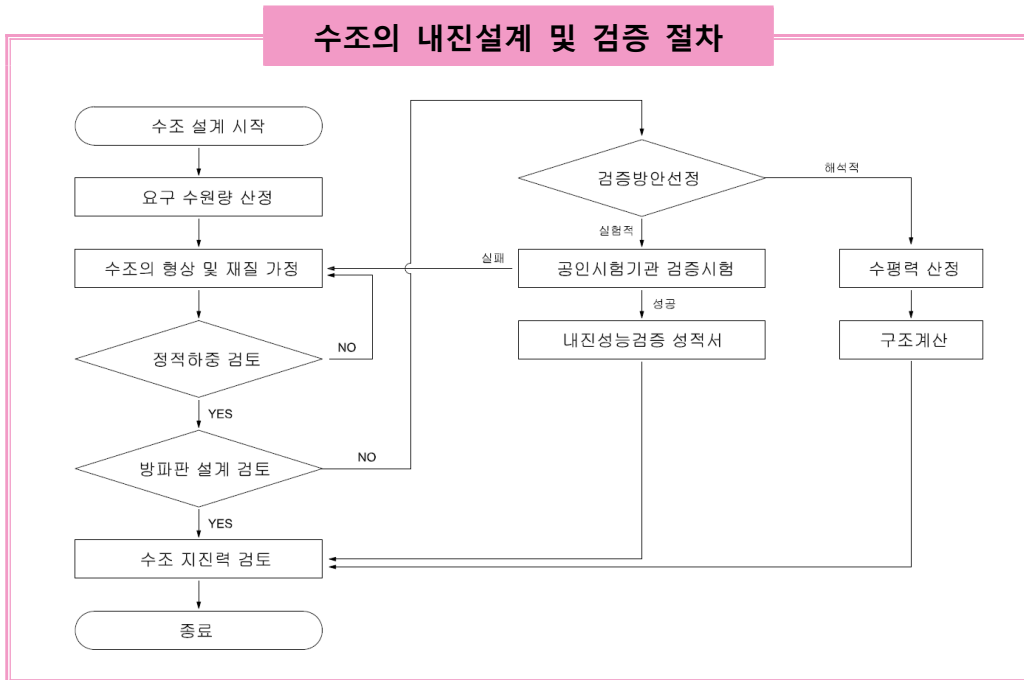
### 1. 수원에 대한 내진설계 개요

- 가. 소화용 수원(수조)은 화재를 진압하기 위한 물을 공급하는 중요한 역할을 수행하므로 지진 후에도 이동, 전도되거나 벽체에 손상이 발생하지 않아야 한다.

나. 소화수조의 내진설계 절차는 다음과 같다.

- 1) 요구 수원량의 산정
- 2) 수조의 형상 및 재질의 결정
- 3) 방파판의 설계 또는 방파판 제외 가능여부 확인
- 4) 수원량 및 수조의 형상을 고려한 수평지진하중의 산정
- 5) 수조 고정방법의 선정 및 안전성 검토(구조기술사 또는 소방설계업자의 확인)
- 6) 수조 벽체 및 천장에 대한 안전성 검토
- 7) 설계도서(도면 및 고정방법에 대한 계산서 첨부) 제출

다. 수조는 지진시 수원이 급수배관으로 원활이 공급될 수 있도록 고정하여야 하며, 그 안전성을 확인하기 위하여 구조기술사 또는 소방 설계업자에 의해 검토된 관련 자료(구조계산서, 도면, 앵커볼트 지지력, 수량, 위치 등)를 제출하여야 한다.



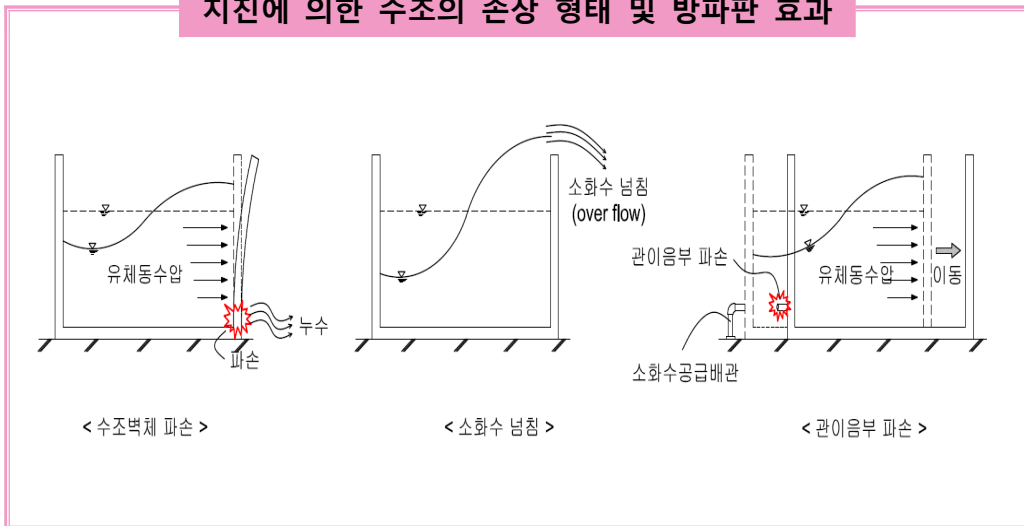
## 2. 방파판 설치 목적

가. 이 기준에서 방파판 설치의 본래 목적은 FRP 재질의 소화수조 및 고가 수조에 대한 슬로싱 현상을 저감하기 위한 조치이나, 국내에서는 다양

한 재질, 형상의 수조 제품이 소방용 수조로 활용되고 있으므로, 이 기준에서는 실험적, 해석적으로 안전성이 확인되지 않은 모든 소방수조에 대하여 적용한다.

- 나. 지진시 수조의 파손은 세 가지 원인에 의해 발생할 수 있다. 1)수조 내 담겨있는 소화용수의 슬로싱 현상으로 기준 이상의 과도한 하중이 작용하여 수조가 파손되거나, 2)소화수의 과도한 유동으로 소화수가 넘침, 3)마지막으로 수조 하부의 고정이 견고하지 못하여 수조가 이탈하여 연결 배관이 손상되는 것이다.

### 지진에 의한 수조의 손상 형태 및 방파판 효과

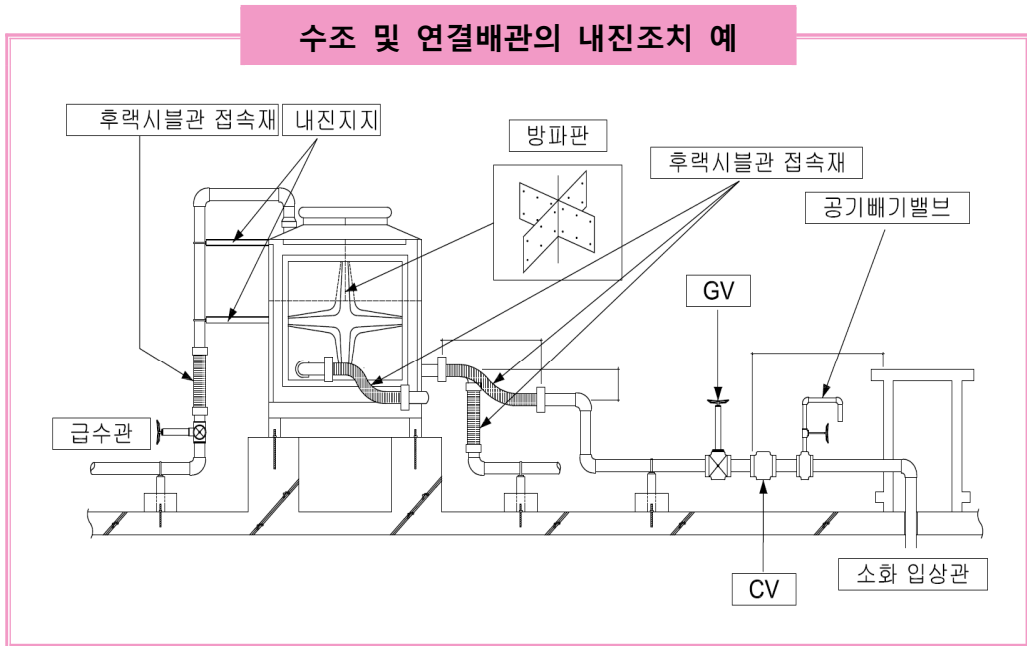


- 다. 수조의 지진시 거동을 예측하는 것은 수조 내 유체의 복잡한 동적거동을 정확히 해석하는 기술이 요구되는데, 국내에서는 소화수조에 대한 해석방법이 규정되어 있지 않으며, 또한 현재 소화용으로 사용되고 있는 수조의 재질과 형상, 규모가 다양하고 설치 위치 및 조건이 상이함으로 표준화하기도 어려운 실정이다.

- 라. 그러므로 이 기준에서는 수조 내 슬로싱 현상을 저감하기 위한 방파판을 설치함으로써 유체의 동적거동에 따른 수조의 손상을 방지하도록 하고 있다. 방파판은 유체의 슬로싱 발생을 방해하여 수평력을 저감할 수 있는 구조이어야 하며, 방파판은 유체의 운동에 저항할 수 있도록 충분

한 강도와 내식성이 있는 금속으로 제작되어야 하며, 1.6mm 이상의 두께로 견고하게 설치되어야 한다.

- 마. 방파판은 수조 평면의 중앙을 기준으로 동서남북 4방향으로 각 방향 길이의 1/2이상, 높이는 바닥을 기준으로 수조 높이의 1/2이상으로 설치하여야 한다.
- 바. 건물과 일체로 타설되지 않는 수조에 대해서는 충분한 강도를 갖는 고정 장치를 이용하여 고정하여 이동 및 전도를 방지하여야 한다. 일반적인 소화용 수조에 대한 내진 조치 예는 다음 그림과 같다.



### 3. 방파판 설치 예외

- 가. 콘크리트 및 철근콘크리트조로 건축물과 일체로 설치된 소화수조에 대해서는 건축구조해석(건축구조 확인대상의 건축물)에서 안전성을 검토한 경우에 대해서 내진조치(방파판 설치) 대상에서 제외할 수 있다. 그러나 건축 후 콘크리트 수조를 별도로 제작하는 경우에는 지진시 안전성을 검토하여야 한다.



나. 상기와 같이 방파판의 설치 목적은 유체의 동적해석을 수행하지 않고도 슬로싱 현상을 저감하여 수조의 지진 안전성을 확보하기 위함이다. 그러므로 지진시 방파판이 설치되지 않은 상태의 수조 거동을 해석하고, 수조 벽체 및 고정 방법에 대한 안전성을 확인한 경우에 대해서는 방파판을 설치하지 않을 수 있다. 국내외적으로 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) API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage
- 5) ASCE 7 , IBC, Eurocode 8, NZSEE 등 설계기준

다. 위 기준, 설계방법에 따른 설계서(구조계산서, 도면)를 제출하고 관련 구조기술사의 확인을 득한 경우와 비영리 공인시험기관에서 내진시험을 실시하여 내진 안전성을 확인한 경우에는 방파판 설치를 제외할 수 있다.

라. 수조의 설계법은 등가정적해석법 및 동적해석법에 의해서 수행이 가능하며, 등가정적해석법 및 응답스펙트럼해석법에 대해서는 부록 A와 부록 B의 예제를 참조할 수 있다.

마. 해석적 방법에 따른 예외 조항과 동등하게 실험적으로 방파판이 설치되지 않은 상태에서 수조의 동적 안전성을 검증한 경우에도 방파판을 설치하지 않을 수 있다. 다만, 이 경우에는 실험된 수조의 규격, 수위한계, 하부 고정조건에 한정하여 예외를 허용하는 것으로서, 관련 또는 유사한 제품 모두에 대하여 적용되는 것은 아니다. 이것은 수조의 동적 거동이 수조의 형상과 내부 유체의 높이, 고정방법에 따라 상이하기 때문이다.

바. 상기 해석적 검증 및 실험을 통한 성능 검증은 기준 제2조2항, 특별한 조사 및 연구결과의 적용으로서 신뢰성 있는 연구장비 및 연구인력을 보유한 연구기관 및 공인시험기관에 의해서 검증되어야 한다. 다만, 해석적 검증을 수행한 경우에는 국내 실정을 고려하여 관련 분야의 구조기술사 또는 소방설계업자의 검토로 안전성이 확인된 것으로 본다.

**제5조(가압송수장치)** ① 실내 바닥면에 설치되는 전동기 또는 내연기관에 따른 펌프를 이용하는 가압송수장치는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 가동중량 1,000 kg 이하인 설비는 바닥면에 고정되는 길이가 긴 변의 양쪽 모서리에 직경 12 mm 이상의 앵커볼트로 고정하여야 하며 앵커볼트의 근입 깊이는 10 cm 이상이어야 한다.
2. 가동중량 1,000 kg 이상의 설비는 바닥면에 고정되는 길이가 긴 변의 양쪽 모서리에 직경 20 mm 이상의 앵커볼트로 고정하여야 하며 앵커볼트의 근입 깊이는 10 cm 이상이어야 한다.

② 가압송수장치의 펌프와 연결되는 입상배관과의 연결부는 제6조의 배관에 대한 내진설계 방법을 따른다.

③ 가압송수장치에 방진지지장치가 있어 앵커볼트로 지지 및 고정을 할 수 없는 경우에는 다음 각 호에 따라 내진 스톱퍼를 설치하여야 한다.

1. 정상운전 중에 접촉하지 않도록 스톱퍼와 본체사이에 내진 스톱퍼를 설치하여야 한다.
2. 스톱퍼는 제조사에서 제시한 허용하중이 제6조제2항에 따라 설비에 가해지는 수평지진하중 이상을 견딜 수 있는 것으로 설치하여야 한다.

## 해 설

### 1. 가압송수장치의 고정

가. 가압송수장치는 전동기 또는 내연기관 펌프 및 제어설비 등으로 구성되어 가동중량이 크다. 그러므로 지진시 고정용 볼트에 과도한 하중이 작용하여 인발되거나 전단파괴가 발생할 가능성이 있다. 그러므로 이 기준에서는 가압송수장치의 가동중량에 따라 고정용 볼트의 설치 방법을 규정하고 있다.

나. 이 기준은 보수적인 구조해석을 수행한 결과를 바탕으로 제시한 것으로 가동중량이 3,000kg 미만인 경우에 한하여 적용할 수 있다. 가압송수장치의 제어설비 등이 벽면에 설치되는 경우에도 동일하게 적용이 가능하다. 가동중량 3,000Kg 이상의 경우에는 지진에 의한 가압송수장치의 파손뿐만 아니라 건물에 미치는 영향도 함께 고려하여야 하므로 구조기술

사 또는 소방설계업자의 설계검토가 수행되어야 한다.

- 다. 현장 조건 및 가압송수장치 구조적 문제로 인하여 이 기준에 따른 앵커볼트 설치 불가능한 경우에는 가동중량 및 수평 지진력을 고려한 가압송수장치 구조해석을 수행하고 그 결과에 대해 구조기술사 또는 소방설계업자의 검토를 득하면 적용할 수 있다.
- 라. 앵커볼트가 가압송수장치의 중립축에 대칭으로 배치되어 있는 경우, 고정에 사용된 앵커볼트 1개당의 전단력과 인장력(인발력)은 다음의 식에 의해 산정할 수 있다.

### 가압송수장치 앵커볼트 작용력 산정

$$Q = \frac{F_p}{n}$$

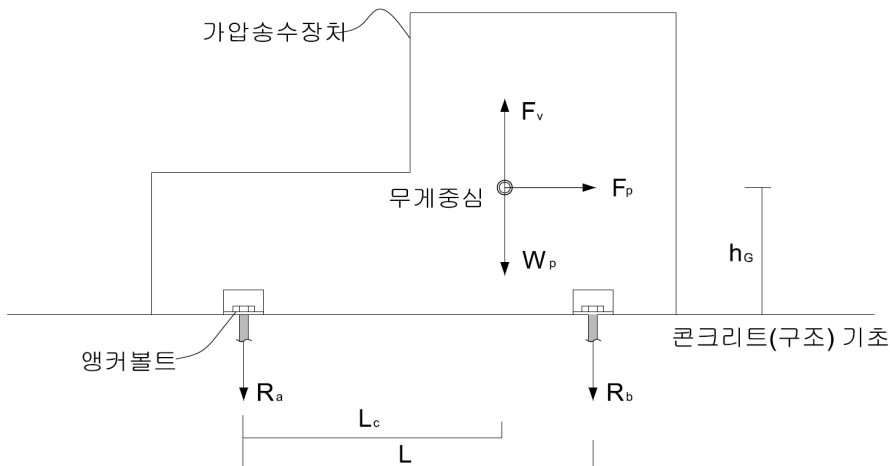
$$R_b = \frac{F_p \cdot h_G - (W_p - F_v) \cdot l_c}{l \cdot n_T}$$

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( $n/2$ )

$F_v$ 는 수직방향 지진력(수평방향 지진력의 1/2)



- 마. 엔진펌프의 경우 연료탱크와 연료공급배관, 비상발전기의 연료탱크 등에도 지진시 전도되지 않도록 구조부재에 고정하고, 연료공급배관에는 신속이음장치를 설치하여야 한다. 다만, 일체형인 경우는 예외로 한다.

## 2. 방진장치 설치에 따른 내진스토퍼 설치

- 가. 가압송수장치에 방진을 위한 스프링 및 스프링 댐퍼 장치가 설치된 경우에는 지진시 응답증폭에 따른 가압송수장치의 전도, 이동을 방지하기 위한 내진스토퍼가 반드시 설치되어야 한다. 내진스토퍼는 수직방향과 수평방향에 대하여 모두 저항할 수 있어야 한다.
- 나. 내진스토퍼는 지진이 발생하여 응답의 증폭이 발생하는 경우에만 작동하도록 설계하여 운전시 진동을 저감하는 본래의 기능은 확보하여야 한다. 즉, 스토퍼와 본체의 간격은 정상운전 중에 접촉하지 않는 간격이 되도록 내진 스토퍼를 설치한다.
- 다. 상기 내진스토퍼를 설계하기 위해서는 가압송수장치에 작용되는 수평가속도와 가동중량, 방진장치의 특성을 고려한 해석을 수행해야 하며, 그 결과를 바탕으로 내진스토퍼의 규격 및 고정방법을 결정하여야 한다.

**제6조(배관)** ① 배관의 내진설계는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 배관에 대한 내진설계를 실시할 경우 지진분리이음은 배관의 수평지진 하중을 산정하여야 한다.
  2. 배관의 변형을 최소화하고 소화설비 주요 부품사이의 유연성을 증가시킬 수 있는 것으로 설치하여야 한다.
  3. 건물 구조부재간의 상대변위에 의한 배관의 응력을 최소화시키기 위하여 신축배관을 사용하거나 적당한 이격거리를 유지하여야 한다.
  4. 건물의 지진분리이음이 설치된 위치의 배관에는 직경과 상관없이 지진 분리장치를 설치하여야 한다.
  5. 천장과 일체 거동을 하는 부분에 배관이 지지되어 있을 경우 배관을 단단히 고정시키기 위해 버팀대를 사용하여야 한다.
  6. 배관의 흔들림을 방지하기 위하여 흔들림 방지 버팀대를 사용하여야 한다.
  7. 버팀대와 고정장치는 소화설비의 동작 및 살수를 방해하지 않아야 한다.
- ② 배관의 수평지진하중의 산정은 다음 각 호에 따라서 계산하여야 한다.
1. 버팀대의 수평지진하중 산정 시 배관의 중량( $W_p$ )은 가동중량으로 산정한다.
  2. 버팀대에 작용하는 수평력  $F_{pw} = 0.5 W_p$ 로 계산한다.
  3.  $F_{pw}$ 는 배관의 길이방향과 직각방향에 각각 적용되어야 한다.
- ③ 배수관, 송수구 그리고 다른 기타배관을 포함하여 벽, 바닥 또는 기초를 관통하는 모든 배관 주위에는 충분한 이격이 있도록 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다. 다만, 내화성능이 요구되지 않는 석고보드나 이와 유사한 부서지기 쉬운 부재를 관통하는 배관과 벽, 바닥 또는 기초의 각 면에서 30 cm 이내에 신축이음쇠가 있으면 그러하지 아니하다.
1. 관통구 및 배관 슬리브의 구경은 배관구경 25 mm 내지 100 mm 미만인 배관의 경우 5 cm 이상, 배관구경 100 mm 이상의 경우는 배관구경보다 10 cm 이상 커야 한다.
  2. 필요에 따라서 이격면에는 방화성능이 있는 신축성 물질로 충전하여야 한다.
- ④ 배관의 정착은 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.
1. 배관과 타 소방시설 연결부에 작용하는 하중은 제2항의 기준에 따라 결정하여야 한다.
  2. 소방시설의 배관이 팽창성·화학성 정착물 또는 현장타설 정착물에 의하여 얇게 정착될 경우에는 수평력( $F_{pw}$ )을 1.5배 증가시켜 사용한다.

## 해설

### 1. 소방배관 내진설계의 개요

- 가. 소방배관의 내진설계 목적은 지진에 의한 배관의 응력발생 및 건물 구조부재 및 각 종 부착물들의 상대적인 움직임으로 인한 소방배관계통의 파손을 방지하는 것이다.
- 나. 지진시 건물의 상대적인 움직임, 예컨대 건축물의 층간변위 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 신축배관을 사용하여 발생할 수 있는 변위를 흡수하거나, 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 경제적, 시간적으로 비효율적이다. 그러므로 이 기준에서는 배관과 구조물이 일체화되어 거동하게 하고 구조물의 상대적인 변형이 발생하여 배관에 영향을 줄 수 있는 위치에 지진분리이음 및 지진분리장치를 설치토록 함으로써 해당 구간별 단순화된 해석이 가능하도록 한 것이다.
- 마. 소방배관은 건축물의 구조요소 또는 구조요소와 동등한 안전성이 확인된 부재에 연결되어 고정되어야 한다. 소방배관의 고정에는 다양한 방법이 적용될 수 있으나 신뢰성이 입증된 방안을 적용하여야 할 것이다. 만약, 소화배관이 현장타설 정착물에 의하여 얇게 정착되는 경우 등 배관을 고정하는 방안의 신뢰성에 문제가 있는 경우에는 수평지진력( $F_{pw}$ )을 1.5배 증가시켜 검토하여야 한다.
- 바. 이 기준은 소방배관 및 버팀대의 보호조치에 대해서 NFPA13(2016) 9.3 절을 참조하여 작성되었다.

## 2. 배관의 수평지진력

- 가. 소방배관은 건축물 내 비구조요소의 하나로서, 작용하는 수평지진력은 건축구조기준 0306.10항에 따라 산정할 수 있으나, 이 기준에서는 설계의 편의성과 보다 보수적인 설계를 유도하기 위하여 배관의 가동중량(배관 자체 및 내부의 물을 포함한 무게의 1.15배)에 0.5g의 가속도가 작용한 것으로 산정한다.
- 나. 소방배관에 작용하는 수평지진하중은 배관의 길이방향과 길이직각방향에 각각 적용되어야 한다. 여기서 길이방향이란 배관의 진행방향(종방향)을 의미하며, 길이직각방향이란 배관의 진행방향과 수직한 방향(횡방향)을 의미한다. 즉, 지진시 배관 내에 물이 가득찬 상태로 해당 층의 평면상 전후, 좌우 방향으로 움직이는 힘에 대해 고려해야 한다는 것이다.

## 3. 지진동에 따른 배관 보호조치

- 가. 지진시 소방배관의 요동으로 인해 인접한 건축 구조요소 및 공기조화설비, 수계배관 등 기타 비구조요소와의 충돌이 발생할 수 있으며, 이에 따른 배관의 누수가 예상된다. 그러므로 소방배관을 설치하는 경우에는 인접한 구성요소와의 충돌을 방지하기 위한 충분한 거리를 확보하여야 한다. 건축물의 구조적 특성상 일부 소방배관은 벽체, 바닥 또는 기초를 통과해야 하는 경우가 있으므로, 이 기준에서는 이러한 배관에 대해서 구조요소와 충분한 이격거리를 확보하도록 의무화하고 있다.
- 나. 소방배관은 보통 강재로 제작되며, 내부 수압에 견디기 위하여 일정 강성을 확보하고 있다. 그러므로 구조요소를 관통하는 배관이 요동하여 충돌이 발생할 경우라도 충돌 대상이 비교적 유연하고 약하다면 소방배관에 손상을 발생시키지 않을 것이다.
- 다. 또한, 벽체와 바닥 또는 기초를 관통하는 배관이 구조물과 충돌가능성이 있더라도 인접한 위치에 지진분리이음 및 지진분리장치가 설치되어 배관의 유연성이 확보된다면 충돌에 따른 영향이 크지 않을 것이다. 그러므로 이러한 경우에도 이격거리를 확보하지 않을 수 있다.
- 라. 소화배관(주배관등)이 내력벽에 견고하게 매립되었다면 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다. 그러나 설계시 건축구조관련 문제에 대하여는 관계기

관과 사전 협의하여야 하고, 매립이 끝나는 부분의 0.6m 이내에 신축이음쇠 등의 지진분리이음을 하여야 한다. 다만, 소화전 방수구 등 설치가 불가능한 경우에는 제외할 수 있다.

**제7조(지진분리이음)** 신축이음쇠는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 배관의 변형을 최소화하고 소화설비 주요 부품사이의 유연성을 증가시킬 필요가 있는 위치에 설치하여야 한다.
2. 배관구경 65 mm 이상의 배관에는 신축이음쇠로 다음 각 목과 같은 위치에 설치하여야 한다.
  - 가. 모든 입상관의 상·하 단부의 0.6 m 이내에 설치하여야 한다. 다만, 길이가 0.9 m 미만인 입상배관은 신축이음쇠를 생략할 수 있으며, 0.9 m ~ 2.1 m 사이의 입상배관은 하나의 신축이음쇠로 설치한다.
  - 나. 2층 이상의 건물인 경우 바닥으로부터 0.3 m 및 천장으로부터 0.6 m 이내에 설치하여야 한다. 천장 아래의 신축이음쇠를 입상관의 연결부보다 높이 있고, 연결부가 수평인 경우는 0.6 m 이내의 수평부에 설치하여야 한다.
  - 다. 입상관 또는 기타 수직배관의 중간 지지부가 있는 경우에는 지지부의 윗부분 및 아랫부분으로부터 0.6 m 이내에 설치하여야 한다.

## 해설

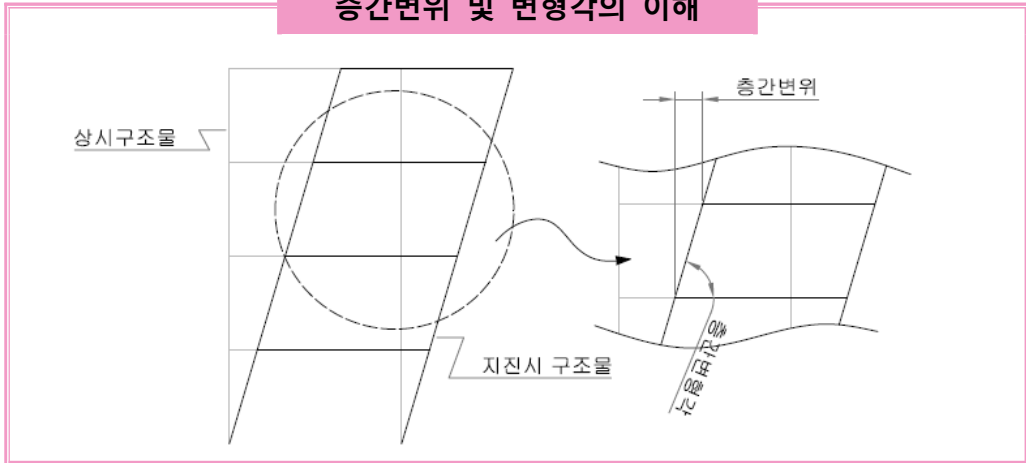
### 1. 지진분리이음의 역할

- 가. 층간변위는 지진에 의한 하부 층과 상부 층 사이의 상대적 변위이며, 일반적으로 건축물의 층간변위 발생은 높은 층일수록 크게 나타난다. 국내 건축구조기준에 따라서 설계된 건축물은 층고의 2%에 해당하는 층간변위를 최대로 허용하고 있다.
- 나. 각 층간의 변위차이는 아래 그림과 같이 변형각(층간변위를 층 높이로 나눈 값)을 발생시킨다. 이러한 건축물의 각 층간의 상대적인 변위차이와 변형각의 차이 발생시 소방배관의 유연성을 확보하기 위하여 지진분



리이음을 설치하여야 한다. 소방배관 중 층간변형을 받는 것은 입상관 및 그 연결 배관이 해당된다.

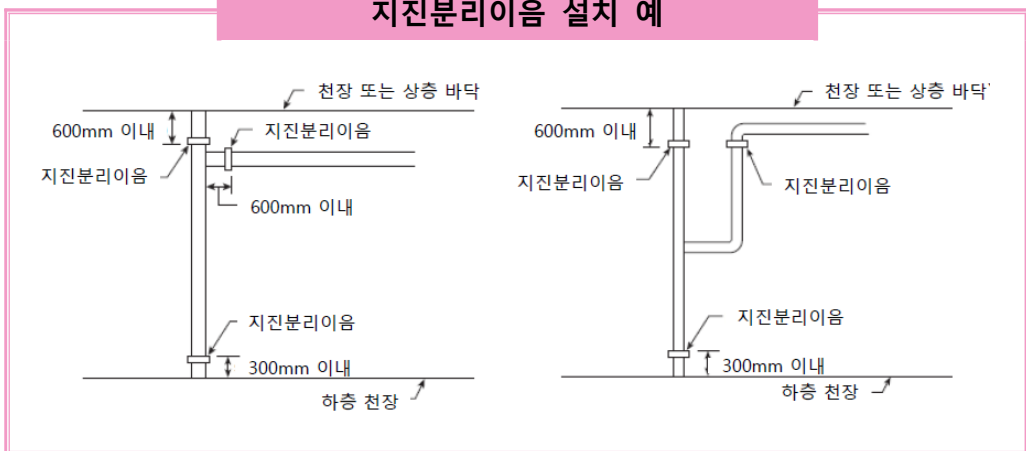
### 층간변위 및 변형각의 이해



## 2. 지진분리이음 설치상세

가. 지진분리이음의 설치 위치는 변형각이 크게 발생하는 곳에 설치하여야 하므로, 각 층의 상, 하부의 일정 구간 내에 위치하여야 한다. 또한, 아래 그림과 같이 입상관과 연결되는 수평배관에 대해서도 지진분리이음을 설치하여 건축물의 변형에 대비하여야 한다. 지진분리이음이 설치되는 대표적인 예는 아래 그림과 같다.

### 지진분리이음 설치 예



- 나. 소방설비에 적용되는 대부분의 배관은 어느 정도의 유연성은 확보하고 있는 것으로 알려져 있으며, 배관의 직경이 작은 경우에 더욱 그러하다. 그러므로 배관의 직경이 일정수준 이하인 경우에는 배관의 유연성만으로도 건축물의 층간변형에 대응이 가능하므로 지진분리이음을 설치하지 않을 수 있다.
- 다. 배관이 고정된 위치로부터의 길이가 짧은 입상관의 경우에는 배관의 흔들림에 따른 충돌가능성이 적기 때문에 지진분리이음을 생략할 수 있다. 또한, 최상층 등 입상관이 종료되는 부분에서는 변형각 발생 지점이 한 곳으로 제한되므로 이 위치에 지진분리이음을 설치하여야 한다. 수직으로 설치되는 배관 중간 부분에 버팀대를 제외한 중간 지지부가 설치된 경우에는 지지하는 곳 상, 하부의 배관에 변형이 발생할 수 있으므로 이에 대비하기 위한 지진분리이음이 설치되어야 한다.

**제8조(지진분리장치)** 지진분리장치에 대한 내진설계 시 다음 각 호를 고려하여야 한다.

1. 지진분리장치는 전후좌우 방향의 변위를 수용할 수 있도록 설치하여야 한다.
2. 지진분리장치 1.8 m 이내에는 4방향 버팀대를 설치하여야 한다.
3. 버팀대는 지진분리장치 자체에 설치할 수 없다.

## 해설

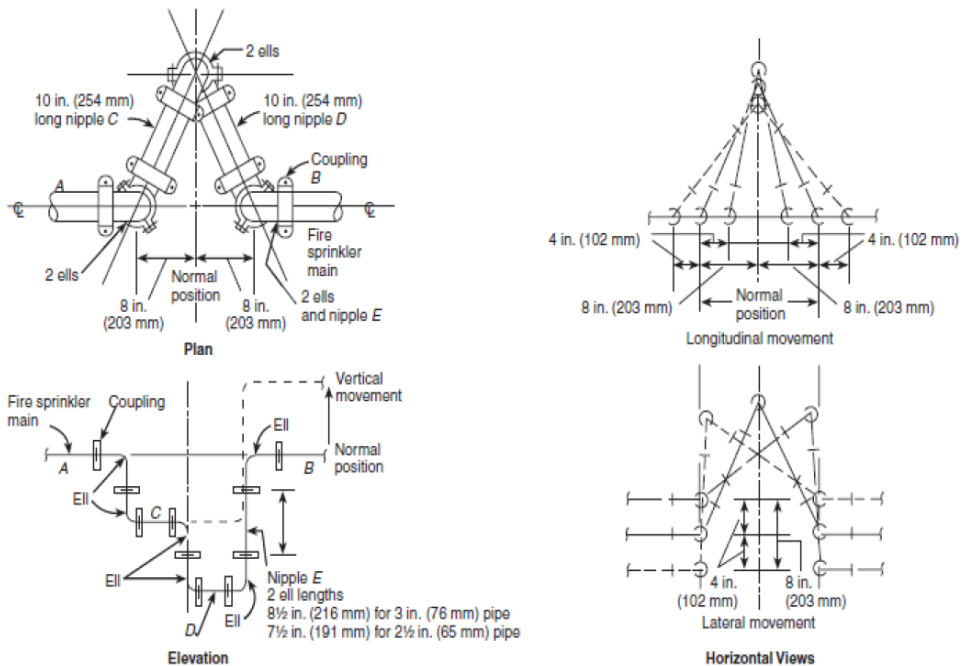
### 1. 지진분리장치의 역할

- 가. 이 기준에서 소방배관은 건축물과 일체로 거동함을 가정하고 지진시 타 부재와의 충돌을 방지하도록 있다. 그러므로 각 배관은 건축물에 단단히 고정되어야 하며, 상대변위, 층간 변형각 발생 지점 등 유연성이 요구되는 곳에서만 지진분리이음 또는 지진분리장치가 가동하도록 하여야 한다.
- 나. 건축물 내의 신축이음 설치위치 및 타 구조물과 연계하여 소방배관이 연결되는 등 위치(인입부 등)의 지진시 구조물 거동은 매우 복잡한 양상을 나타내며, 그 변형을 예측하기 어렵다. 그러므로 이 기준에서는 상기와 같은 곳에 지진분리장치를 설치하도록 하여 예기치 못한 어떠한 변형에도 소방배관이 유연성을 확보하도록 규정하고 있다.

## 2. 지진분리장치 설치상세

- 가. 건축물의 지진시 거동에 의해 지진분리장치가 설치되는 경우, 장치의 신축 등 성능은 건축물의 동적구조해석 결과에 의한 변형량 이상으로 설계되어야 한다.
- 나. 지진분리장치의 기능이 확보되어야 지진시 건축물의 변형에 대응이 가능하다. 그러므로 지진분리장치 자체에 버팀대를 설치하거나 이와 인접한 위치에 장치의 거동을 방해할 수 있는 요소를 배치하여서는 안 된다.
- 다. 지진분리장치는 유연성이 매우 크기 때문에 지진에 의해 상대적으로 큰 변형이 발생할 수 있으며, 이에 따른 예기치 못한 배관계의 응력발생 및 충돌이 발생할 수 있다. 그러므로 지진분리장치의 양단으로부터 1.8m 이내에 4방향 버팀대로 고정하여 이를 방지하여야 한다.

### 지진분리장치의 수평 및 수직 이동



※참고 : NFPA 13(2016), Seismic Separation Assembly

**제9조(흔들림 방지 버팀대)** 흔들림 방지 버팀대 설치는 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 견디고, 지진하중에 의한 수직방향 움직임을 방지하도록 버팀대를 설치하여야 한다.
3. 버팀대가 부착된 구조 부재는 배관설비에 의해 추가된 지진하중을 견딜 수 있어야 한다.
4. 버팀대의 세장비( $L/r$ )는 300을 초과해서는 안 된다. 여기서,  $L$ 은 버팀대의 길이,  $r$ 은 최소회전 반경이다.
5. 4방향 버팀대는 횡방향 및 종방향 버팀대의 역할을 동시에 할 수 있어야 한다.

## 해설

### 1. 설치 목적

- 가. 흔들림 방지 버팀대는 지진에 의한 배관의 흔들림을 방지하기 위한 고정 장치로서 배관의 자중을 지지하는데 사용되는 행거와 구분되며, 소방배관에 작용하는 지진력을 구조물에 전달할 수 있도록 구조물과 일체화시켜 견고하게 설치하여야 한다. 버팀대는 지지하는 배관의 가동중량 및 수평지진력을 고려하여 충분한 강도를 가지고 있어야 하며, 또한 건축물의 구조부재 및 그와 동등한 성능을 갖고 있는 부재에 단단히 고정하여야 한다.
- 나. 버팀대의 설계와 이를 고정하는 방법은 건축물에 작용하는 평면상의 수평 2방향(배관의 종방향 및 횡방향) 및 수직방향의 지진력에도 형상을 유지하며, 안전성을 담보할 수 있어야 한다.
- 다. 이 기준에서는 모든 주배관(입상관)과 교차배관, 65mm 이상의 가지배관(횡방향버팀대에 한함)에 대해서 버팀대를 설치를 의무화 하고 있다.

### 2. 구조적 원리

- 가. 버팀대의 설치 목적이 배관과 건축물의 일체화에 있으므로 이러한 목적

만 달성이 가능하다면 다양한 방법으로 설치가 가능하다. 그러나 건축물마다 설치되는 배관의 형상 및 규격이 다르고, 길이가 긴 배관계통에 다수의 버팀대가 복잡하게 배치되어야 하는 상황에서 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 소방배관 설치가 가능하도록 버팀대의 양단을 힌지 거동하도록 설계(트러스 구조)하는 것을 추천한다. 이 경우 배관 수평지진력에 의해서 버팀대에 모멘트가 발생하지 않게 되며, 작용하는 인장 및 압축 하중 검토만으로 전체 배관계통의 해석을 단순화시킬 수 있다.
- 다. 이 기준에서는 상기와 같은 내진의 개념으로만 설계되는 것을 강요하지 않는다. 제2조2항, 특별한 조사 및 연구결과의 적용 기준에 따라 설계자는 면진, 제진 등의 기술도 적용이 가능하다. 다만, 면진과 제진으로 설계되는 경우에는 건축물과 소방배관계통의 동적 상관관계를 고려하여 설계하여야 하며, 해석결과의 신뢰성과 배관의 안전성을 입증하여야 한다.

### 버팀대 설계 예제

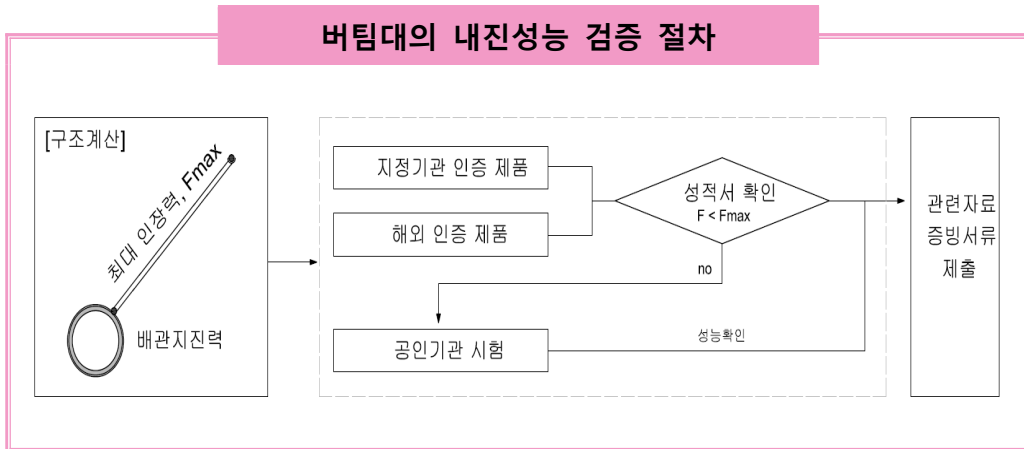


### 3. 버팀대 내진성능 검증

- 가. 상기와 같이 버팀대가 양단 힌지 거동하도록 설계된 경우에는 버팀대의

길이방향에 대해 인장 또는 압축하중만이 작용하게 되므로 이에 대한 검증만을 수행하면 버팀대 자체의 내진성을 확인할 수 있다.

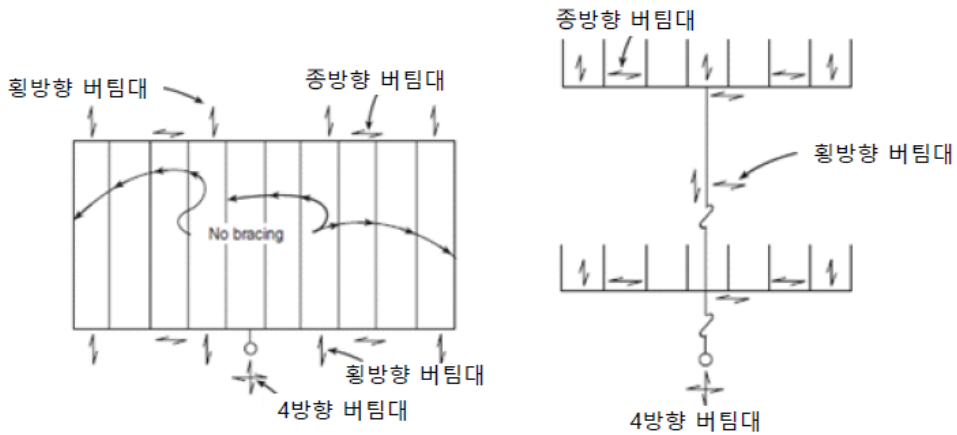
- 나. 버팀대 자체 외에도 이와 연결되는 배관 지지부, 버팀대 양단의 힌지부 및 건축물과의 고정방법(앵커, 체결구 등)에 대해서도 기계적 성능을 검증하여야 한다.
- 다. 검증은 신뢰성 있는 시험장비를 확보한 연구기관 또는 공인시험기관을 통하여 수행되어야 한다.
- 라. 제품의 내진성능 인정여부는 UL, FM 등 해외 인증제품과 KFI인증제품 또는 비영리공인기관의 성능확인서류를 확인한 경우 인정할 수 있다. 다만, 이러한 제품의 경우 인정범위는 해당 제품이 시험된 항목으로 제한된다. 현장여건상 특수하게 제작된 제품의 경우에는 구조기술사의 구조계산을 통하여 안전성을 확인할 수 있다.



#### 4. 버팀대 설계 및 안전성 검토

가. 화재안전기준에 따른 스프링클러의 설치 위치, 구조부재에 고정되어야 하는 특성, 배관의 지지방향, 전원, 수도, 공기조화설비 등 다양한 설비가 복잡하게 설치되어 있는 건축물 천장부의 상황 등을 모두 고려하여 버팀대를 설계하여야 한다. 아래의 그림은 건축물에서 일반적으로 사용되고 있는 대표적 소방배관 및 버팀대의 평면배치도이다.

## 소방배관 설치 평면에 따른 버팀대 배치 예



※참고: NFPA 13(2016), Typical Location of Bracing

- 나. 버팀대의 설계는 다음의 절차에 의해 수행될 수 있다.
- 1) 스프링클러 설치 위치를 고려한 배관계통 평면 결정
  - 2) 횡방향, 종방향 및 양방향 지지 버팀대 및 설치 위치 선정
  - 3) 각 버팀대가 지지하여야 하는 영향구역의 설정
  - 4) 영향구역 내 배관의 가동중량과 수평지진력( $F_{pw} = 0.5 W_p$ )의 결정
  - 5) 버팀대 작용하중 산정
  - 6) 버팀대 및 구성요소의 최대허용하중(성적서)과 세장비(좌굴) 검토
- 다. 버팀대의 안전성은 버팀대 및 각 요소에 작용하는 하중이 해석 및 시험적 방법에 의해 결정된 최대허용하중 이내임을 확인함으로써 검토가 가능하다. 이러한 검토 내용은 아래의 그림과 같은 NFPA13(2016)에서 제공하고 있는 흔들림 방지 버팀대에 대한 계산서와 같은 자료에 의해 확인될 수 있다.

버팀대 계산 예

Seismic Bracing Calculations						Sheet _____ of _____
Project: <u>Acme Warehouse</u>		Contractor: <u>Smith Sprinkler Company</u>				
Address: <u>321 First Street</u> <u>Any City, Any State</u>		Address: <u>123 Main Street</u> <u>Any City, Any State</u>				
		Telephone: <u>(555) 555-1234</u>				
		Fax: <u>(555) 555-4321</u>				
Brace Information			Seismic Brace Attachments			
Length of brace:	<u>3 ft 6 in.</u>	Structure attachment fitting or tension-only bracing system:				
Diameter of brace:	<u>1 in.</u>	Make: <u>Bolt</u> Model: <u>Bolt</u>				
Type of brace:	<u>Schedule 40</u>	Listed load rating: <u>- - -</u> Adjusted load rating per 9.3.5.2.4: <u>- - -</u>				
Angle of brace:	<u>45° to 59°</u>	Transition attachment fitting (where applicable):				
Least radius of gyration:*	<u>0.421</u>	Make: <u>Acme</u> Model: <u>123</u>				
//r value:*	<u>100</u>	Listed load rating: <u>1000</u> Adjusted load rating per 9.3.5.2.4: <u>707</u>				
Maximum horizontal load:	<u>4455 lb</u>	Sway brace (pipe attachment) fitting:				
		Make: <u>Acme</u> Model: <u>321</u>				
		Listed load rating: <u>1200</u> Adjusted load rating per 9.3.5.2.4: <u>849</u>				
Fastener Information			Seismic Brace Assembly Detail			
Orientation of connecting surface: <u>"E"</u>						
Fastener:						
Type:	<u>Through bolt</u>					
Diameter:	<u>3/4 in.</u>					
Length (in wood):	<u>5 1/2 in.</u>					
Maximum load:	<u>620 lb</u>					
Brace identification no. (to be used on plans) <u>SB-1</u>			<input checked="" type="checkbox"/> Lateral brace <input type="checkbox"/> Longitudinal brace <input type="checkbox"/> 4-way brace			
Sprinkler System Load Calculation ( $F_{pw} = C_p W_p$ )						
$C_p = \underline{0.40}$						
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 1/4 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	5.13 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 ( $F_{pw}$ )		383.8 lb	
4 in.	Sch. 10	20 ft	Maximum $F_{pw}$ per 9.3.5.5.2 (if applicable)		1634	
* Excludes tension-only bracing systems						
© 2015 National Fire Protection Association						
NFPA 13						



- 라. 버팀대 계산서에는 지지하여야 하는 배관의 정보와 산정된 가동중량 및 수평지진력이 기재되어 있으며, 버팀대와 채결구의 규격과 최대허용하중, 설치방법에 대한 도면이 제시되어 있다. 이러한 계산서는 버팀대 및 그 구성요소의 시험결과(성적서)와 비교가 용이하도록 해준다. 소방배관의 내진안전성 검토를 위해 제출되는 계산서는 SI 단위계를 사용할 것을 추천한다.
- 마. 교차배관 및 수평주행배관의 상부에서 고정부분(슬래브등)까지의 거리가 150mm이내인 배관은 횡방향 버팀대를 설치하지 않을 수 있다. 이 경우 다음 조건을 모두 만족하여야 한다.
- 1) 교차배관 및 수평주행배관 상부에서 고정부분까지의 거리가 150mm 이내일 것
  - 2) 교차배관 및 수평주행배관에 설치된 모든 행거의 75%이상이 150mm 이내의 조건을 만족할 것
  - 3) 교차배관 및 수평주행배관상에 연속하여 설치된 행거는 150mm이내 조건을 만족할 것
  - 4) 수평주행배관의 구경은 150mm를 초과하지 아니하고, 교차배관은 100mm를 초과하지 아니할 것
  - 5) 행거는 기준에 따라 삭제되지 아니하고 설치될 것
- 바. 건물 구조상 버팀대를 고정할 수 없는 경우 용접 등으로 고정할 수 있다. 다만, 이러한 경우 관계기관과 사전 협의하고, 안전성을 나타낼 수 있는 관련 자료의 확인이 요구된다.

## 5. 주의사항

소화배관이 내력벽에 견고하게 매립되었다면 버팀대를 설치하지 아니할 수 있다. 그러나 설계 시 건축구조관련 문제에 대하여는 관계기관과 사전 협의하여야 하고, 매립이 끝나는 부분으로부터 0.6m 이내에 지진분리이음을 설치하여야 한다. 다만, 소화전 방수구 등 설치가 불가능한 경우는 제외할 수 있다.

**제10조(수평배관 흔들림 방지 버팀대)** ① 횡방향 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.

1. 횡방향 흔들림 방지 버팀대는 배관구경에 관계없이 모든 주배관, 교차배관에 설치하여야 하며, 가지배관 및 기타배관에는 배관구경 65 mm 이상인 배관에 설치하여야 한다.
2. 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 설계하중은 설치된 위치의 좌우 6 m를 포함한 12 m내의 배관에 작용하는 횡방향수평지진하중으로 산정한다.
3. 버팀대의 간격은 중심선 기준으로 최대간격이 12 m를 초과하지 않아야 한다.
4. 마지막 버팀대와 배관 단부 사이의 거리는 1.8 m를 초과하지 않아야 한다.

② 종방향 흔들림 방지 버팀대의 내진설계는 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.

1. 종방향 흔들림 버팀대의 수평지진하중 산정시 버팀대의 모든 가지배관을 포함하여야 한다.
2. 종방향 흔들림 방지 버팀대의 설계하중은 설치된 위치의 좌우 12 m를 포함한 24 m내의 배관에 작용하는 수평지진하중으로 산정한다.
3. 주배관 및 교차배관에 설치된 종방향 흔들림 방지 버팀대의 간격은 24 m를 넘지 않아야 한다.
4. 마지막 버팀대와 배관 단부 사이의 거리는 12 m를 초과하지 않아야 한다.
5. 4방향 버팀대는 횡방향 및 종방향 버팀대의 역할을 동시에 할 수 있어야 한다.

## 해 설

### 1. 수평방향 버팀대 개요

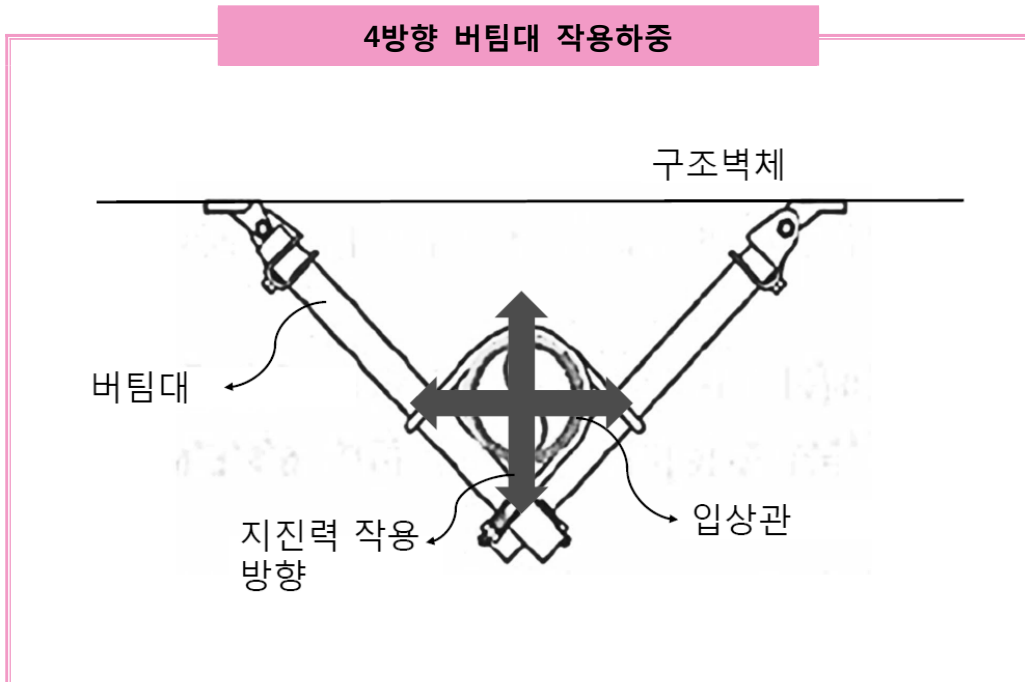
가. 이 기준에서는 50mm 이하의 배관은 지진시에 파손을 방지할 수 있는 충분한 유연성을 갖는 것으로 취급한다. 그러므로 가지배관 및 기타 배관의 경우에는 배관 구경 65mm 이상의 배관에만 횡방향 버팀대를 설치하도록 규정하고 있다. 그러나 주배관 및 교차 배관의 경우에는 인접한 가지 배관의 하중을 지지하고 있는 점을 고려하여 배관 구경에 상관없이 횡방향 흔들림 방지 버팀대를 설치하여야 한다.

- 나. 횡방향 버팀대는 구성품, 배관과 건물에 고정시키는 부착부분, 체결구로 구성되어 있으며, 버팀대의 설치간격을 결정할 때는 배관에 발생할 수 있는 응력을 고려하여 결정하여야 한다. 횡방향 흔들림 방지 버팀대의 최대 간격은 배관 및 관부속품에 가해지는 응력이 현재의 건축물 기준에서 허용하는 수준으로 결정하였으며 최대 간격을 12m로 제한하였다.
- 다. 횡방향 흔들림 방지 버팀대에 작용하는 수평지진하중은 버팀대 좌우 6m를 포함한 12m 배관에 작용하는 횡방향 수평지진하중으로 사용하여야 하며, 버팀대에서 허용하는 응력을 초과하는 경우 버팀대의 설치간격을 조정하여야 한다. 배관 끝단에 설치되는 마지막 버팀대는 배관 끝단에서 1.8m 이내에 설치하도록 규정하고 있다. 이는 마지막 버팀대와 배관 끝단 사이에 가지 배관이 분기되어 사용될 경우 큰 캔틸레버형 하중을 가할 수 있어 배관에 파손이 우려되어 이를 방지하기 위함이다.
- 라. 주배관 또는 교차배관에 가지배관이 연결되어 있는 경우, 횡방향 버팀대를 선정하기 위한 수평지진하중은 가지배관의 작용하는 수평지진력을 고려하여야 한다.
- 마. 종방향 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 버팀대 전,후 12m를 포함한 24m 내의 배관에 작용하는 수평지진력으로 계산한다.
- 바. 버팀대 산정기준을 정리하면 다음과 같다.
- 1) 횡방향 버팀대
    - 가) 가동중량 적용대상 : 수평주행배관, 교차배관 및 가지배관
    - 나) 버팀대 설치대상 : 수평주행배관, 교차배관 및 가지배관(65A이상에 한함)
  - 2) 종방향 버팀대
    - 가) 가동중량 적용대상 : 수평주행배관, 교차배관(가지배관 제외)
    - 나) 버팀대 설치대상 : 수평주행배관, 교차배관
- 사. 주배관 또는 교차배관에 가지배관이 연결되어 있는 경우 종방향 흔들림

들림 방지 버팀대를 선정하기 위한 수평지진하중 산정시 가지배관은 제외한다.

## 2. 4방향 버팀대

- 가. 이 기준에서 말하는 4방향이란 건축물 평면상에서 종방향 및 횡방향과 종횡단면도상에서 전후, 좌우방향을 의미한다. 즉, 지진에 의해 배관이 움직일 수 있는 모든 방향에 대해 지지가 가능한 버팀대를 의미한다.
- 나. 4방향 버팀대를 구성하는 방법은 기본적으로 종방향 및 횡방향 버팀대를 함께 갖고 있는 형태이며, 설계자 및 제조사에 따라 다양하게 제시되어 있다. 다음 그림은 대표적인 4방향 버팀대를 나타낸 것이다.



**제11조(입상관 흔들림 방지 버팀대)** 입상관 흔들림 방지 버팀대는 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.

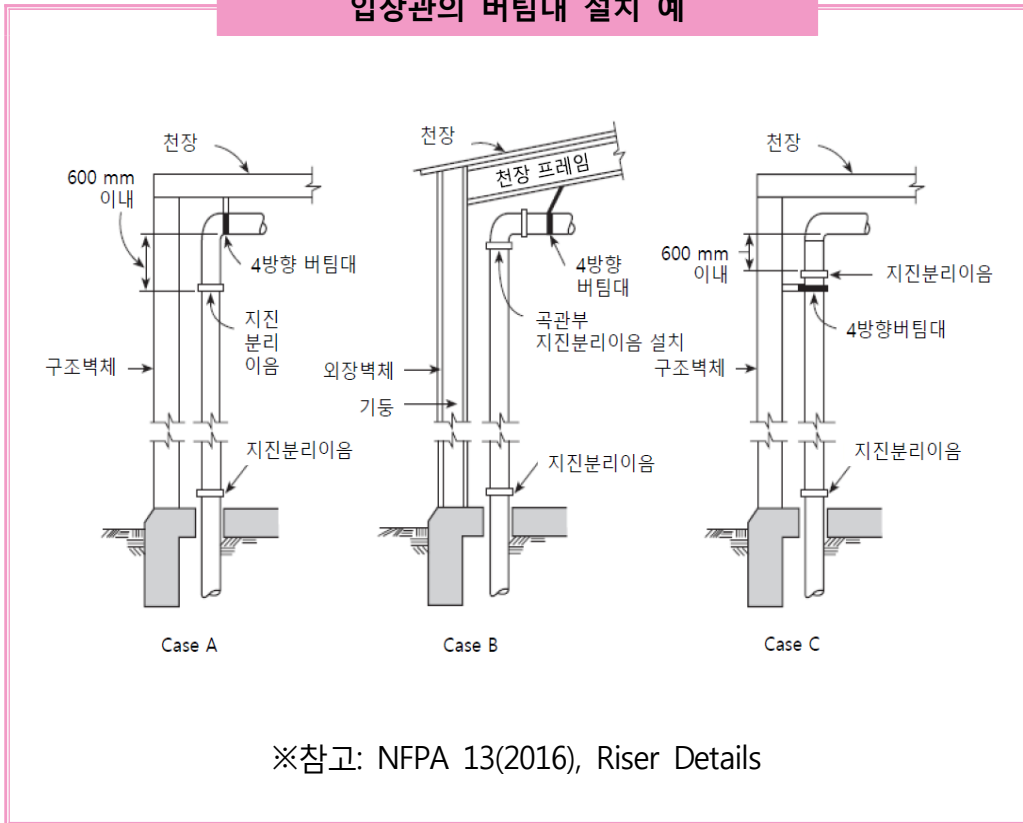
1. 길이 1 m를 초과하는 주배관의 최상부에는 4방향 버팀대를 설치하여야 한다.
2. 입상관상의 관 연결부위는 4방향 버팀대를 생략하여도 된다.
3. 입상관 최상부의 4방향 버팀대가 수평배관에 부착된 경우 입상관의 중심선으로부터 0.6 m 이내이어야 하며 버팀대의 하중은 수직 및 수평방향의 배관을 모두 포함하여야 한다.
4. 입상관 4방향 버팀대 사이의 거리는 8 m를 초과하지 않아야 한다.

## 해 설

### 1. 입상관 설치 개요

- 가. 입상관은 건축물의 높이 방향을 따라 설치되므로 종방향 및 횡방향의 지진 하중을 동시에 받게 된다. 그러므로 입상관 흔들림 방지 버팀대는 4방향 버팀대를 사용하여 설치하여야 한다.
- 나. 입상관의 길이가 짧은 경우에는 흔들림에 의한 소방배관 손상의 위험이 크지 않기 때문에 4방향 버팀대를 설치를 생략할 수 있다. 또한, 아래의 그림과 같이 입상관 상의 관 연결부위는 입상관과 일체화된 것으로 취급한다. 그러므로 입상관상의 관 연결부위에는 4방향 버팀대의 설치를 생략할 수 있다.
- 다. 입상관 자체에 4방향 버팀대를 설치하지 않고 입상관 최상부와 연결된 수평 배관에 4방향 버팀대가 설치될 경우에는 입상관의 중심으로부터 0.6m 이내에 설치하도록 규정하고 있다. 이는 4방향 버팀대가 입상관에서 멀어질 경우 입상관의 흔들림을 방지하지 못하여 파손될 수 있기 때문이다.
- 라. 입상관의 크기는 주배관 또는 가지배관 보다 크기 때문에 작용하는 하중 역시 크다. 그러므로 입상관에 설치하는 흔들림 방지 버팀대의 간격은 횡방향 또는 종방향 흔들림 방지 버팀대의 최대 간격보다 좁아야 한다.

입상관의 버팀대 설치 예



2. 입상관 버팀대 형상

- 가. 입상관은 가압송수장치에서부터 건축물의 최상층까지 소방용수를 공급하게 되므로 실제 현장에서는 일정 간격을 유지하면서 4방향 버팀대를 설치하는데 어려움이 있을 수 있다.
- 나. 설계자는 이러한 입상관 버팀대를 지지하기 위하여 구조부재에 부착하는 방안 등 다양한 공법을 제공할 수 있으나, 버팀대 및 건축물의 경계조건을 고정단과 같은 거동을 하지 않도록 설계하여야 함을 유의해야 한다. 또한, 기존 구조부재를 이용하여 4방향 버팀대를 대신하는 경우에는 구조계산 등을 통하여 그 안전성 검증결과를 제시하여야 한다.

**제12조(버팀대 고정장치)** 버팀대 고정장치는 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.

1. 버팀대 고정장치에 작용하는 수평지진하중은 허용하중을 초과해서는 아니 된다.
2. 길이 3.7 m 미만의 배관은 인접한 버팀대로 지지할 수 있다.

### 해 설

1. 버팀대는 버팀대 외에 배관과 건물에 고정시키는 부착부분, 부착 부분의 조임장치로 구성되어 있다. 그러므로 지진으로 발생하는 하중을 버팀대가 견딘다고 하여도 고정 장치가 견디지 못하면 배관의 파손을 방지할 수 없다.
2. 버팀대 고정 장치는 작용하는 수평지진하중을 견딜 수 있는 충분한 강도를 가지고 있어야 하며 고정 장치가 견딜 수 있는 하중을 초과하여서는 안 된다.
3. 수평주행배관이나 교차배관의 길이가 짧은 경우(횡방향 1.8m이하, 종방향 12m이하)에도 버팀대를 설치하여야 한다. 그러나 배관의 길이가 짧은 경우 고정장치에 걸리는 하중이 작으므로 인접한 버팀대의 고정장치로 사용함을 허락한 것이다. 이러한 공용 고정장치 사용을 허용하는 배관의 길이를 3.7m 미만으로 규정하고 있다.

**제13조(헤드)** ① 가지배관 상의 말단 헤드는 수직 및 수평으로 과도한 움직임이 없도록 다음 각 호에 따라 설치하여야 한다.

1. 고정 와이어는 행거로부터 0.6 m 이내에 위치해야 한다. 와이어 고정점에 가장 가까운 행거는 가지배관의 상방향 움직임을 지지할 수 있는 유형이어야 한다.
2. 가지배관 상의 말단 헤드는 수직 및 수평으로 과도한 움직임이 없도록 고정하여야 한다.
3. 가지배관에 설치되는 행거는 「스프링클러설비의 화재안전기준」 제8조제13항에 따라 설치한다.

② 헤드는 지진 시 천장이나 보 등과 충돌하지 않도록 10 cm 이상의 이격거리를 확보하여야 한다.

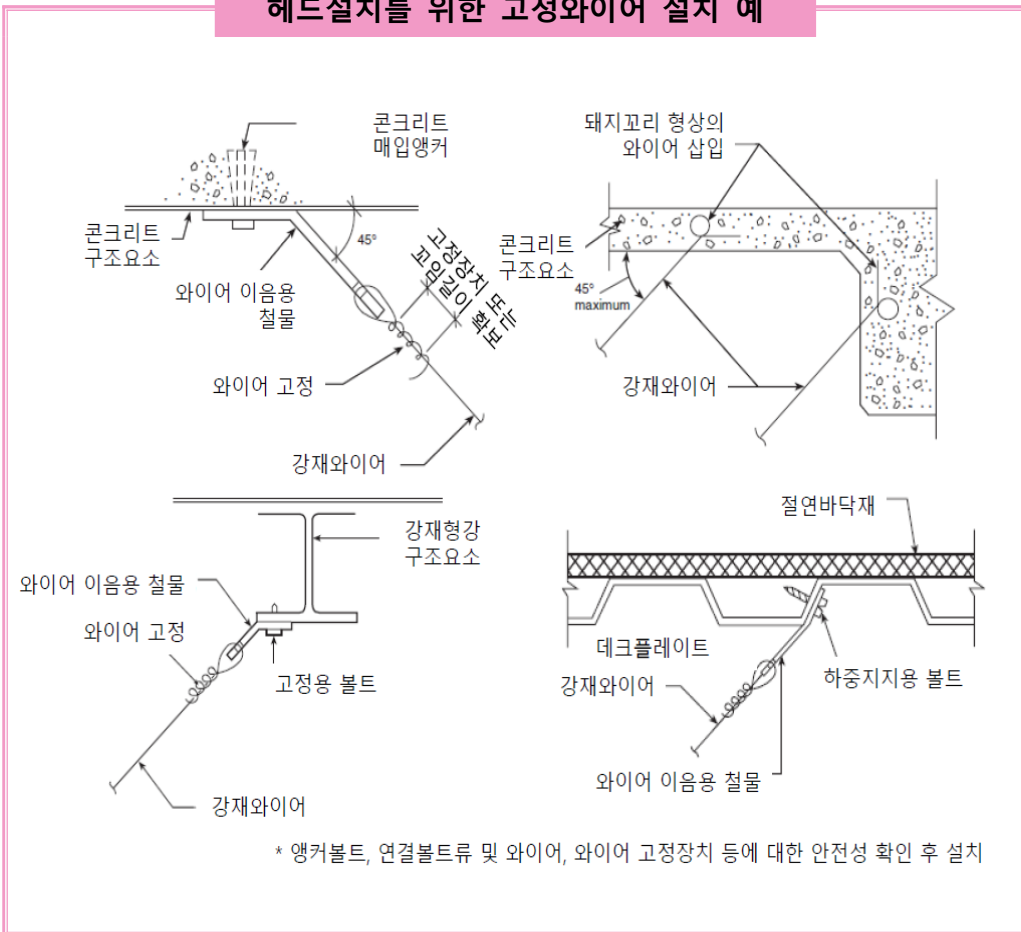
## 해설

1. 가지배관의 경우 지진으로 인한 배관 파손 가능성이 낮기 때문에 가지배관에 대한 버팀대 설치 등의 지진 대응 조치가 많지 않다. 그러나 최근 발생한 지진 분석결과, 이러한 배관 단부의 움직임으로 인한 스프링클러헤드의 파손이 보고되고 있으므로 이 기준에서는 강재 와이어를 이용하여 가지배관의 단부를 고정하도록 조치하고 있다. 고정와이어 이외 흔들림 방지 버팀대 등으로도 지지가 가능하다.
2. 이 기준에서는 과도한 흔들림을 방지하기 위한 목적으로 와이어의 설치 위치를 행거로부터 0.6m 이내로 규정하고 있다. 또한, 와이어 고정점에 가장 가까운 행거는 수직방향 운동을 지지할 수 있는 행거이어야 한다. 이는 고정 와이어가 압축에 저항할 수 없고 인장력에 의해서 횡방향 흔들림만을 방지할 수 있기 때문에 수직방향으로 작용하는 지진력을 부담할 수 없기 때문이다.
3. 가지배관과 천장 사이 설치된 행거의 길이가 150mm 이내이고 수직방향에서 45도 미만의 각도로 설치된 행거로 고정된 가지배관은 행거의 수평저항력으로 배관의 흔들림을 방지할 수 있다고 보고, 고정 와이어 등 헤드 고정장치를 설치하지 않을 수 있다.



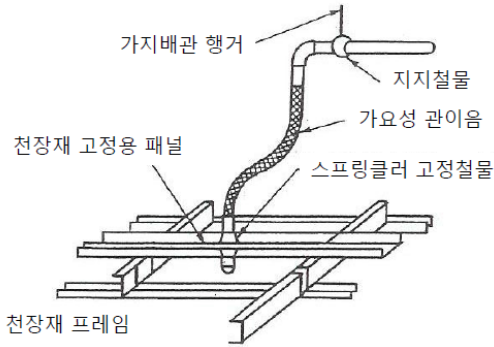
4. 지진에 의한 헤드의 파손은 대부분 배관 흔들림에 의해 다른 부속품과의 충돌에 의한 것이다. 특히 배관의 흔들림이 상,하 방향으로 흔들림이 발생할 때 헤드는 천장 또는 보와의 충돌이 우려된다. 그러므로 헤드와 천장 또는 보와 충분한 이격거리 확보를 규정하고 있다.

**헤드설치를 위한 고정와이어 설치 예**



5. 천장재와 스프링클러설비가 일체화된 경우에는 배관의 흔들림에 의한 변위를 흡수할 수 있도록 하여 배관과 헤드의 파손을 방지하여야 한다.

### 천장 고정 스프링클러 조치 예



**제14조(제어반)** 제어반은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 벽면에 설치하는 경우 직경 8 mm 이상의 고정용 볼트를 4개 이상 고정하여야 한다.
2. 바닥에 설치하는 경우 지진하중에 의해 전도가 발생하지 않도록 설치하여야 한다.
3. 수계소화설비에 사용되는 수신기 및 중계기는 지진발생 시 전도되지 않도록 설치하여야 한다.

### 해설

1. 소방시설에 설치되는 제어반은 화재 시 소방용수의 공급에 중요한 역할을 수행하므로 지진시 전도되어 그 기능을 상실하거나 전기 및 기계장치들이 손상되지 않아야 한다. 즉, 지진 발생 후에도 구조적, 기능적 안전성을 유지하여야 한다.
2. 소방용 제어반을 벽체에 설치하는 경우 직경 8 mm 이상의 볼트로 4개소 이상 체결하여 고정하여야 한다. 이 경우 벽체는 구조부재이거나 이와 동등한 부재이어야 한다.

- 지진시 제어반의 구조적 성능은 제어반에 작용하는 수평지진력에 대한 고정수단의 내력을 검토함으로써 가능하다. 이때의 수평지진력은 제어반의 가동중량을 고려하여 건축구조기준 0306.10에서 제시하고 있는 등가정적하중 ( $F_p$ )으로 검토하여야 한다.

### 제어반의 전도 조치 예

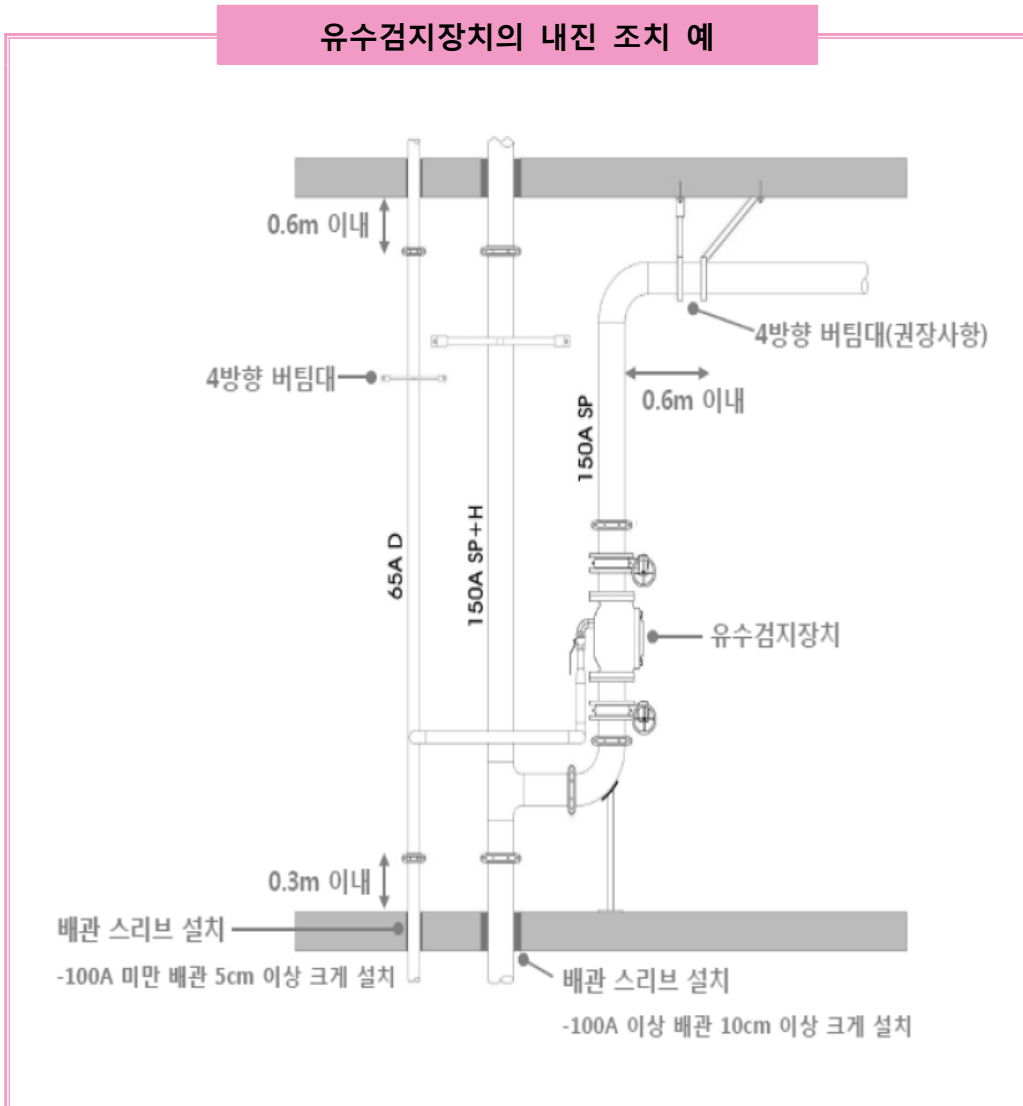


**제15조(유수검지장치)** 유수검지장치는 지진발생시 기능을 상실하지 않아야 하며, 연결부위는 파손되지 않아야 한다.

#### 해설

- 유수검지장치는 지진동에 의해서 구조적으로 파손되거나 연결부 파손이 발생하지 않아야 하며, 기능을 상실하지 않아야 한다. 유수검지장치는 입상관에 설치되므로 입상관 설치에 따른 보호조치를 만족하여야 된다.

2. 벽, 바닥 또는 기초를 관통하는 모든 배관의 주위에는 충분한 이격거리 (100A 이상에는 10cm 이상, 100A 미만의 배관에는 5cm 이상)를 확보하고, 이격면에는 방화성능이 있는 신축성물질로 충전하여야 한다. 다만, 벽, 바닥, 기초의 각면에서 30cm 이내에 신축이음쇠를 설치한 경우에는 이격거리를 확보하지 아니할 수 있다.



**제16조(함)** 함은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 함은 지진 시 개폐에 장애가 발생하지 않아야 한다.
2. 노출형 함이 설치되는 벽면은 충분한 강도를 가져야하고, 노출형 함은 중량 1,000 kg 이하인 설비로 분류하여 제5조제1항에 따라 바닥면에 고정하여야 한다.
3. 비내력벽에는 함을 설치하지 않는다.

### 해설

1. 소화설비 함은 지진 발생 시 및 지진 후에도 개폐에 장애가 발생하지 않는 제품을 설치하여야 하며, 함은 구조부재 및 이와 동등한 부재에 견고하게 고정하여야 한다.
2. 과거 지진피해 사례에 의하면, 소화전 내부의 격내품(호스, 벨브 등)의 산란 현상이 다수 발견되었다. 이러한 격내품의 산란으로 소방 활동에 제약이 발생할 수도 있으나, 기능상 문제가 발생하지는 않을 것으로 판단하여 이 기준에서는 조치를 제외하였다.
3. 해설서 제5조(가압송수장치)의 앵커볼트 전단력 및 인장력을 참고하여 고정하거나, 노출형 함을 제5조제1항에 따라 고정하기 어려운 경우에는 건축구조기준 0306.10에 따라 수평지진력을 직접 산정하여 고정방법을 결정할 수도 있다.

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

1. 비상전원을 위한 비상발전장치의 경우 제5조제1항의 기준에 따라 설치하여야 한다.
2. 예비전원은 지진발생시 전도되지 않도록 설치하여야 한다.

### 해설

1. 비상전원설비는 예기치 못한 원인으로 인하여 주전원 공급 상실 시 가압송수장치에 전원을 공급하는 설비이므로 지진 발생 시 및 지진 발생 후에도 구조적, 기능적 안전성을 유지하여야 한다.
2. 해설서 제5조(가압송수장치)의 앵커볼트 전단력 및 인장력을 참고하여 설계하거나, 제5조제1항에 따라 고정하기 어려운 경우에는 건축구조기준 0306.10에 따라 수평지진력을 직접 산정하여 고정방법을 결정 또는 가동중량 및 수평 지진력을 고려한 비상전원설비의 구조해석을 수행하고 그 결과에 대해 구조기술사 또는 소방설계업자의 검토를 득하여 적용할 수 있다.

**제18조(가스계 및 분말소화설비)** ① 이산화탄소 소화설비, 할로겐화합물 소화설비, 청정소화약제 소화설비 및 분말소화설비의 저장용기는 지진하중에 의해 전도가 발생하지 않도록 하여야 한다.

- ② 이산화탄소 소화설비, 할로겐화합물 소화설비, 청정소화약제 소화설비 및 분말소화설비의 제어반은 제14조의 기준에 따라 설치하여야 한다.
- ③ 이산화탄소·할로겐화합물·청정소화약제 소화설비 및 분말소화설비의 기동장치 및 비상전원은 지진으로 인한 오동작이 없도록 설치하여야 한다.

## 해설

1. 가스계 소화설비 및 분말 소화설비의 저장 용기는 지진에 의한 파손, 전도 등을 방지하기 위해 견고하게 고정하여야 한다. 특히 저장 용기를 집합하여 고정하는 경우 고정틀의 바닥 또는 벽체에 고정하여야 한다.
2. 해설서 제5조(가압송수장치)의 앵커볼트 전단력 및 인장력을 참고하여 설계하거나, 노출형 함을 제5조제1항에 따라 고정하기 어려운 경우에는 건축구조기준 0306.10에 따라 수평지진력을 직접 산정하여 고정방법을 결정할 수도 있다

**제19조(설치·유지기준의 특례)** 소방본부장 또는 소방서장은 기존건축물이 증축·개축·대수선되거나 용도 변경되는 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)** 국민안전처장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2016년 1월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일 까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 <제2015-138호, 2015.11.30>

**제1조(시행일)** 이 기준은 2016년 1월 25일부터 시행한다. 다만, 2017년 1월 24일까지는 건축허가 등의 동의 때 소방시설의 내진설계기준 설계도서 등을 제출하지 못한 경우에는 소방시설착공신고까지 제출하여야 한다.

**제2조(경과조치)** 이 고시 시행 당시 건축허가 등의 동의 또는 소방시설착공 신고를 마친 소방대상물에 대하여는 이 기준을 적용하지 아니한다.

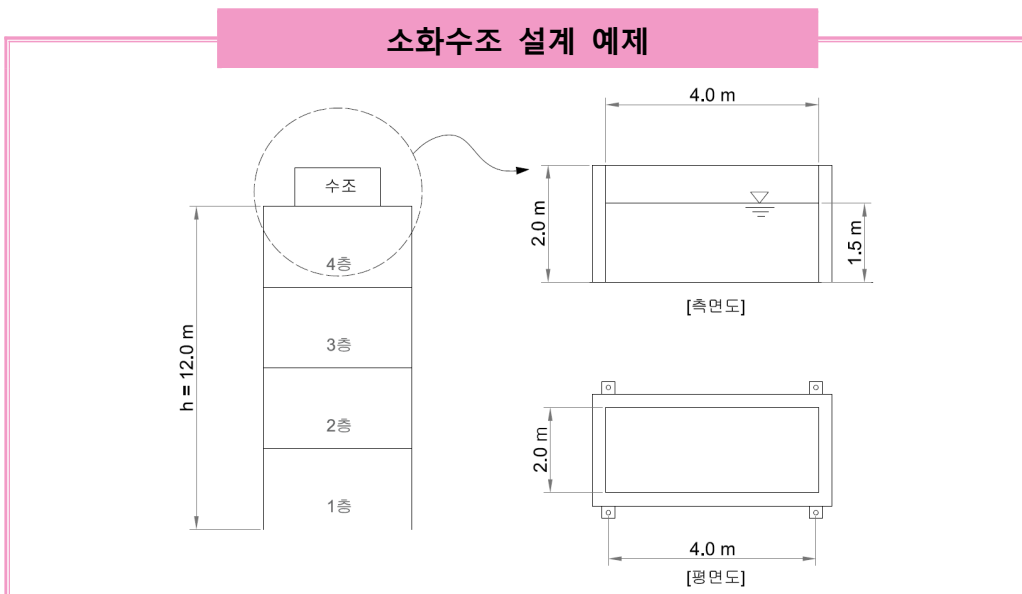
## 부록 A 소화수조 설계예제 (등가정적해석)

### A.1. 개요

- 1) 본 예제는 4층 콘크리트 건축물의 최상부에 FRP 소화수조가 위치하는 경우, 앵커볼트에 작용하는 인장력과 전단력을 산정하고 이를 허용값과 비교하여 수조의 이동 및 전도를 검토한 예제이다.
- 2) 본 설계예제는 「소방시설 내진설계 기준 마련에 관한 연구」제6장 소방설비 내진설계 기준의 적용예 부분을 참조한 것이다.
- 3) 본 예제는 소화수조뿐만 아니라 가압송수장치, 제어반, 비상전원공급장치 등에도 유사하게 적용할 수 있다.

### A.2. 수조제원 및 형상

- 1) 설치 위치 : 4층 콘크리트조 건축물(층고 3m) 지붕 옥탑
- 2) 재질 : FRP 방화수조
- 3) 고정방법 : 콘크리트 앵커볼트 4EA (근입 깊이 : 150 mm)
- 4) 수조형상 : 4 m × 2 m × 2 m (최고수위 : 1.5 m, 무게중심 : 0.8m)
- 5) 수조 및 내부 유체의 하중 : 120 kN
- 6) 무게중심까지 높이 : 0.8 m





### A.3. 구조계산

#### 1) 수평지진력 산정

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = \frac{0.4 (1.0) (0.4) (120 \text{ kN})}{\left(\frac{2.5}{1.5}\right)} \left(1 + 2 \frac{12}{12}\right) = 34.56 \text{ kN}$$

여기서,  $a_p = 1.0$ ,  $R_p = 2.5$  (배관의 유연성 고려),  $I_p = 1.5$ 이고,

$W_p = 120 \text{ kN}$ , (수조내부의 물, 벽체, 천장 및 부착물의 하중)

$S_{DS} = 0.4 \text{ g}$  (건축구조계산서에서 지반의 단주기 스펙트럼가속도 확인)

$h = 12 \text{ m}$  (4 층 \* 3 m/층 = 12 m)

$z = 12 \text{ m}$  (건축물의 최상부 설치)

$F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p$  를 초과할 수 없고  $F_p = 0.3 S_{DS} I_p W_p$  이상임을 확인.

#### 2) 앵커볼트 작용하중 산정

① 앵커볼트 1개에 작용하는 전단력,

$$Q = F_p/n = F_p/4 = 34.56/4 = 8.64 \text{ kN}$$

③ 앵커볼트 1개에 작용하는 인장력,

$$-F_p h_g + W_p l_c - F_v l_c = -R_b l n_T$$

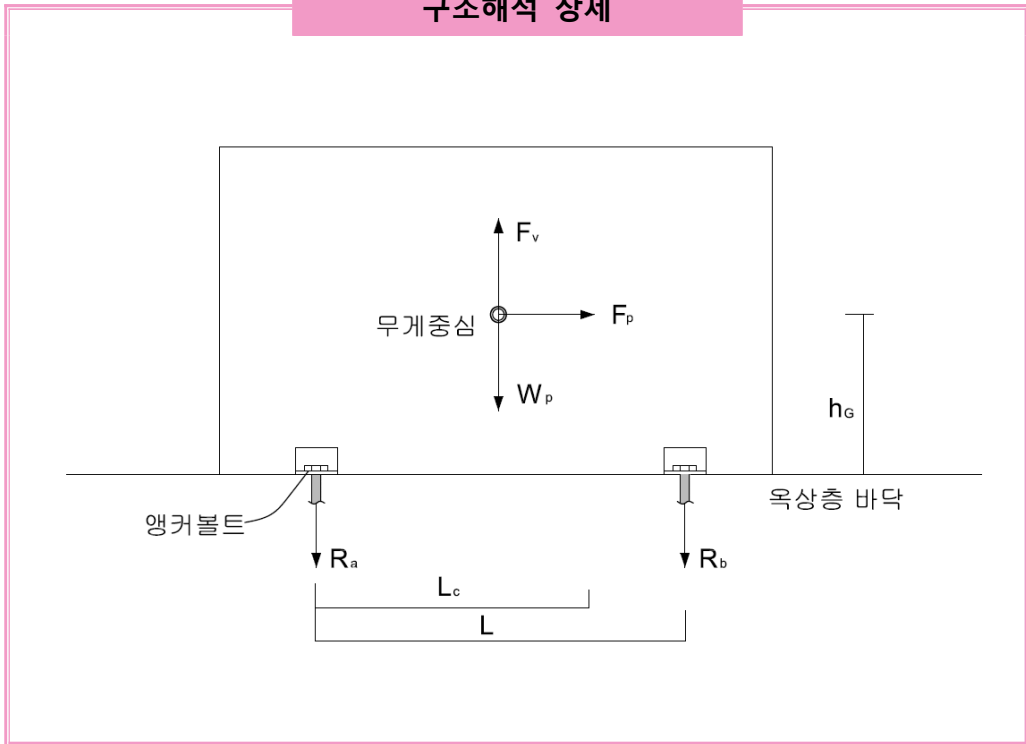
$$R_b = \frac{F_p h_g - (W_p - F_v) l_c}{l n_T} = \frac{(34.56) (0.8) - (120 - (0.5 \times 34.56)) (1)}{(2)(2)} = 18.77 \text{ kN}$$

여기서,  $R_b$ 는 볼트 1개당 발생하는 인장력

$n_T$ 는 인장을 받는 볼트의 수량( $n/2$ )

$F_v$ 는 수직방향 지진력(수평방향 지진력의 1/2)

### 구조해석 상세



### 3) 앵커볼트 검토

다음의 각 방법에 의해 볼트의 안전성을 검토할 수 있다.

- ① 볼트 규격으로부터 허용응력을 산정 비교
- ② 볼트 제조사에서 수행한 시험 또는 해석결과와 비교
- ③ 공인시험기관의 시험결과(성적서)와 비교

## 부록 B 소화수조 설계예제 (응답스펙트럼해석)

### B.1. 원통형 강재 수조해석 개요

- 1) 본 예제는 ACI 350.3에 제시되어 있는 응답스펙트럼해석법에 따라 수조의 상세 안전성을 검토한 것이다.
- 2) 내진설계대상인 수조는 건물의 옥상층에 설치된 원통형 강재 수조로, 원통형 수조의 내부 직경은 5m, 높이는 2m이며, 내부 유체의 설계 높이는 1.8m로 가정하였다. 원통형 수조 강판의 벽체 두께는 5mm, 바닥 두께는 10mm이다. (강재의 탄성계수 200,000 MPa, 비중 78.53 kN/m<sup>3</sup>)

### B.2 수조 구성품의 무게 계산

수조의 벽체, 바닥, 지붕 및 내부 유체에 의한 관성력을 산정하기 위하여 각 부의 무게를 계산한다.

- 수조벽체 무게  $W_w = 49.4 \text{ kN}$

$$W_w = \pi(D+t_w)t_w\gamma_s H = \pi \times (5 + 0.005) \times 0.005 \times 78.53 \times 2 = 12.35 \text{ kN}$$

- 수조바닥 무게  $W_b$

$$W_b = \pi t_b (R+t_w)^2 \gamma_s = \pi \times 0.01 \times (2.5 + 0.005)^2 \times 78.53 = 15.48 \text{ kN}$$

- 수조 지붕 무게  $W_r$

$$W_r = \pi(D+t_w)^2 t_r \gamma_s = \pi \times (2.5 + 0.005)^2 \times 0.005 \times 78.53 = 7.74 \text{ kN}$$

- 내부액체무게  $W_L$

$$W_L = \pi R^2 H_L \gamma_L = \pi \times (2.5)^2 \times 1.8 \times 9.81 = 346.71 \text{ kN}$$

### B.3 내부 액체의 충격성분 및 대류성분 무게 및 유효높이 계산

수조 내부 유체를 충격성분(impulsive component)와 대류성분(convective component)로 분리하여 각각의 유효 무게와 무게중심 높이를 산정한다.

- 충격성분 (impulsive component) 유효 무게  $W_i$

$$W_i = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)} W_L = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{5}{1.8}\right)\right]}{0.866\left(\frac{5}{1.8}\right)} \times 346.71 = 141.80 \text{ kN}$$

■ 대류성분 (convective component) 유효 무게  $W_c$

$$W_c = 0.230\left(\frac{D}{H_L}\right)\tanh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] W_L = 0.230\left(\frac{5}{1.8}\right)\tanh\left[3.68\left(\frac{1.8}{5}\right)\right] \times 346.71 = 192.27 \text{ kN}$$

■ 수조 내부 액체의 무게중심 (유효높이)

$$D/H_L = 5/1.8 = 2.78 > 1.33 \text{ 이므로}$$

- 기초응력을 미포함한 경우,

$$h_i = 0.375H_L = 0.375 \times 1.8 = 0.675 \text{ m}$$

$$h_c = \left(1 - \frac{\cosh(3.68 \times (1.8/5)) - 1}{3.68 \times (1.8/5) \times \sinh(3.68 \times (1.8/5))}\right) \times 1.8 = 1.01 \text{ m}$$

- 기초응력을 포함한 경우,

$$h_i' = \left(\frac{0.866 \times (5/1.8)}{2 \times \tanh(0.866 \times (5/1.8))} - 1/8\right) \times 1.8 = 1.98 \text{ m}$$

$$h_c' = \left(1 - \frac{\cosh(3.68 \times (1.8/5)) - 2.01}{3.68 \times (1.8/5) \times \sinh(3.68 \times (1.8/5))}\right) \times 1.8 = 1.80 \text{ m}$$

#### B.4 충격성분 및 대류성분 고유 주기 계산

■ 충격성분 (impulsive component)

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = \frac{2\pi}{186.08} = 0.04 \text{ sec}$$

$$\text{여기서, } \omega_i = C_I \frac{1}{H_L} \sqrt{10^3 E_s \frac{g}{\gamma_s}} = 0.0685 \times \frac{1}{1.8} \times \sqrt{1000 \times 200000 \times 9.81 / 78.53} = 186.08$$

$$C_I = C_w \sqrt{\frac{t_w}{10r}} = 0.1498 \times \sqrt{\frac{5}{10 \times 2.5}} = 0.0670$$

$$C_w = 9.375 \times 10^{-2} + 0.2039 \left( \frac{H_L}{D} \right) - 0.1034 \left( \frac{H_L}{D} \right)^2 - 0.1253 \left( \frac{H_L}{D} \right)^3 + 0.1267 \left( \frac{H_L}{D} \right)^4 - 3.186 \times 10^{-2} \left( \frac{H_L}{D} \right)^5 = 0.1498$$

■ 대류성분 (convective component)

$$T_c = \frac{2\pi}{w_c} = \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right) \sqrt{D} = \frac{2 \times \pi}{6.5977} \times \sqrt{5} = 2.51 \text{ sec}$$

여기서,  $w_c = \frac{\lambda}{\sqrt{D}} = 5.5977 / \sqrt{5} = 2.5034$

$$\lambda = \sqrt{3.68 g \tanh \left( 3.68 \left( \frac{H_L}{D} \right) \right)} = \sqrt{3.68 \times 9.81 \times \tanh (3.68 \times (1.8/5))} = 5.5977$$

### B.5 밀면전단력 산정

수조에 작용하는 지진하중은 수조의 벽체, 지붕에 의한 관성력과 수조 내부 유체의 충격성분에 의한 관성력, 유체의 대류력으로 분류하여 산정하고, 수조 밀면에서 작용하는 밀면전단력은 이들 동적하중의 제곱근제곱합(SRSS)법에 의해 산정한다.

$$\text{벽체 관성력: } P_w = C_i I \left[ \frac{\epsilon W_w}{R_i} \right] = 0.4327 \times 1.5 \times \left[ \frac{0.8812 \times 12.35}{2.5} \right] = 1.95 kN$$

$$\text{지붕 관성력: } P_r = C_i I \left[ \frac{W_r}{R_i} \right] = 0.4327 \times 1.5 \times \left( \frac{7.74}{2.5} \right) = 2.0094 kN$$

$$\text{유체 충격력: } P_i = C_i I \left[ \frac{W_i}{R_i} \right] = 0.4327 \times 1.5 \times \left( \frac{141.80}{2.5} \right) = 36.81 kN$$

$$\text{유체 대류력: } P_c = C_c I \left[ \frac{W_c}{R_c} \right] = 1.5 \times 0.2317 / 2.3385 \times 1.5 \times \left( \frac{192.27}{2.5} \right) = 15.98 kN$$

$$\text{밀면전단력: } V = \sqrt{(1.95 + 2.0094 + 36.81)^2 + 15.98^2} = 43.79 kN$$

### B.6 전도모멘트 산정

수조 바닥면에서의 전도모멘트는 동적하중과 무게중심 높이를 곱하여 산정하며, 유체 충격성분과 대류성분의 유효높이는 기초의 압력을 포함하여 계산한 값을 적용한다.

$$M_O = \sqrt{(M_i' + M_w + M_r)^2 + M_c'^2} = 867.955 \text{ kN.m}$$

$$\text{여기서, } M_w = P_w h_w = 1.95 \times 1.0 = 1.95 \text{ kN.m}$$

$$M_r = P_r h_r = 2.0094 \times 2 = 4.0188 \text{ kN.m}$$

$$M_i' = P_i h_i' = 36.81 \times 1.98 = 72.88 \text{ kN.m}$$

$$M_c' = P_c h_c' = 15.98 \times 1.80 = 28.76 \text{ kN.m}$$

## B.7 앵커볼트 검토

앵커볼트 수량 :  $n$ , (한변 볼트 수량  $n_t$ )

앵커볼트 1개당 전단력  $V_{bolt} = (V/n)/1.4$

앵커볼트 1개당 인장력  $F_{t(bolt)} = M_O / (Dn_t) / 1.4$

### B.1.8 응력계산

수조의 응력검토를 위해 수위에 따른 동수압을 산정하며, 각 수압성분은 유체의 충격력 및 대류력에 의한 동수압, 수조 벽체의 관성력에 의한 압력, 수직 진동에 의한 압력으로 구성된다. 동수압에 의한 최대 응력은 수조의 바닥면에서 발생하는 동수압으로 계산할 수 있다.

수조의 원주방향으로 작용하는 최대응력은 단위원주당 하중( $N_y$ )에 의해 산정된다.

#### ■ 단위원주당 작용하중

$$N_y = \sqrt{(N_{iy} + N_{wy})^2 + N_{cy}^2 + N_{hy}^2} = \sqrt{(11.39 + 0.16)^2 + 1.57^2 + 7.64^2} = 13.94 \text{ kN/m}$$

$$\text{여기서, } N_{iy} = \frac{2P_{iy}}{\pi}, P_{iy} = \frac{P_i}{2} \frac{[4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i)(y/H_L)]}{H_L^2}$$

$$N_{cy} = \frac{16P_{cy}}{9\pi}, P_{cy} = \frac{P_c}{2} \frac{[4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c)(y/H_L)]}{H_L^2}$$

$$N_{wy} = \frac{P_{wy}}{\pi}, P_{wy} = \frac{P_w}{2H_w}$$

$$N_{hy} = \ddot{u}_v Q_{hy}, Q_{hy} = q_{hy} r = \gamma_L H_L$$

■ 원주방향 최대 응력(hoop stress)

$$\sigma_y = \frac{N_y}{t_w} = \frac{13.94}{5} = 2.79 \text{ MPa}$$

## [ 참고 문헌 ]

1. NFPA 13(2016), Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
2. NFPA 22(2013), Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
3. ANSI/UL 203A(2015), Standard for Sway Brace Devices for Sprinkler System Piping.
4. ANSI/UL 213(2013), Rubber Gasketed Fittings for Fire Protection Service.
5. KS B 6283(2006), 액체저장탱크의 내풍압 및 내진에 대한 설계요건, 한국표준협회.
6. ACI 350.3-06(2006), Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures and Commentary.
7. API 650(2012), Welded Tanks for Oil Storage.
8. AWWA D-100(2005), Welded Steel Tanks for Water Storage.
9. ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Building and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2013.
10. International Building Code, International Code Council, 2012.
11. 건축구조기준, 국토교통부, 2016.
12. 소방시설의 내진설계 화재안전기준 해설서, 중앙소방본부(소방제도과), 2016.
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 필요성과 기준정비에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 제23권, 제2호, 2009.
18. 이동명, 등가정적해석법에 의한 수계 파이프 시스템의 내진설계, 한국화재소방학회논문지, 제26권 제3호, 2012.
19. 남민준, 박승희, 김동준, 최준성, 진동대 실험을 통한 수계 소화설비의 지진응답평가에 관한 연구, 한국지진공학회 논문집, 제16권 제4호, 2012.
20. 장극관, 임영철, 서대원, 비구조요소의 내진설계기준 비교, 대한건축학회 논문집, 제29권 제1호, 2013.
21. 일부 사진 및 그림 인터넷 참조

## \* 소방시설의 내진설계기준 해설

### < 3차(2016년) 위원 >

#### □ 집필위원

- 최형석(부산대 지진방재연구센터 연구교수)

#### □ 감수단체

- 한국소방시설협회
- (사)한국소방기술사회

#### □ 기획위원

#### 국민안전처 중앙소방본부 소방정책국

- 소방정책국장 이재열
- 소방제도과장 손정호
- 안전기준계장 김화식
- 안전기준 담당 박한중
- 안전기준 담당 서주완
- 주무관 최유진
- 주무관 양주미

- 
- 발행처: 국 민 안 전 처  
중앙소방본부 소방제도과  
TEL 044)205-7252,7256~7257  
FAX 044)205-8915
  - 발행일: 2016년 12월
  - 디자인: 애드모아 (042)222-6880/(044)864-6880

---

<비매품>

