

# 「소방시설 내진설계 기준」의 올바른 운영가이드

- 한국내진안전기술원

지진으로부터 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위해 제정된 「소방시설의 내진설계 기준」이 2016년 1월 25일부터 시행되고 있다. 의무시행에 따른 혼란은 2016년 12월 국민안전처의 해설서 수정판으로 상당부분 해소되고 있으나, 몇 가지 중대한 문제에 대해서는 즉각적인 보완을 필요로 하고 있다. 이에 한국내진안전기술원에서는 소방기술 및 산업의 정착을 위해 소방시설 내진설계 기준의 올바른 운영가이드를 제안한다.

이 운영가이드는 다음의 법규와 보고서를 인용하여 기술하였다.

- 소방시설의 내진설계 기준, 2016.01.25. 국민안전처고시 제2015-138호
- 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률, 2017.01.28. 법률 제13917호
- 간이스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103A), 2016.7.13. 국민안전처고시 제2016-88호
- 건축구조기준, 2016.05.31. 국토교통부고시 제2016-317호
- 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙, 2017.02.04. 국토교통부령 제394호
- 소방시설의 내진설계 기준 해설, 2016.12. 국민안전처소방제도과
- 「소방시설 내진설계 기준 마련」에 관한 연구, 2007.12. 소방방재청(주관-호서대학교)

## 1. 소방시설 내진설계기준의 최종 목표는

**지진발생시 정상 작동될 수 있어야 한다.**

- 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 (약칭: 소방시설법) 제9조의 2(소방시설의 내진설계기준) - ...지진이 발생할 경우 소방시설이 정상적으로 작동될 수 있도록 소방시설을 설치하여야 한다.
- 소방시설의 내진설계 기준 제정 이유 - 소방법령에 따라 적용되는 소방시설에 대하여 지진 등이 발생할 경우 소방시설이 정상적으로 작동될 수 있도록...

## 2. 제안1. 소방시설 내진설계기준을 어떻게 정할 것인가?

소방시설 내진설계기준은 다음의 3가지 방식 중에서 하나를 택하여 적용하여야 한다.

① 동적해석방법

② 등가정적해석법

$$\text{등가정적하중(수평지진력)} F_p = \frac{0.4 \alpha_p S_{DS}}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \times W_p$$

③ 간편해석법

$$\text{수평지진력 } F_{p(H)} = C_p \times W_p \times \frac{G}{1000}, \text{ 여기서 } C_p = 0.5$$

- 소방시설의 내진설계 기준이 되는 수평지진력(Fp)을 지진계수(Cp) x 가동중량(Wp)로 기술하여 내진성능 기준이 명확히 전달되도록 한다. 내진설계 기준이 정해지고 나서 해당 설비의 설치장소, 가동중량에 따른 수평지진력을 산정한다.
- 2016년 1월 25일 「소방시설의 내진설계 기준」 시행에서는 간편해석법의 지진계수  $C_p=0.5$ 를 적용하였다. 시행과정에서 많은 혼선이 있었는데, 이는 시행규칙이 세부 사항까지 상세하게 제시하지 못한 것과 내진설계에 대한 이해부족이 원인으로 보인다. 법 시행초기의 업무효율을 위한 간편해석법 적용은 고층빌딩을 제외하고는 보수적 설계기준으로 받아들여지고 있다.
- 2016년 12월 국민안전처는 소방시설의 내진설계 기준 해설서 수정판을 발간하였는데, 이때에는 내진설계기준을 등가정적하중(수평지진력)으로 산정하는 방식으로 택하였다. 내진설계기준 적용 방법을 살펴보면 변경을 위한 사전 예고나 공청회도 없이 일방적으로 변경한 것도 문제지만, 배관의 경우는 기존 간편해석법의 지진계수  $C_p=0.5$ 를 적용하는 이중 잣대를 사용함으로써 논란이 가중되고 있다.
- 내진설계기준의 해석법은 맞고 틀림의 문제가 아니라 운영방식과 업무효율을 감안한 것이며, 일반적으로 동적해석법 < 등가정적해석법 < 간편해석법 순으로 보수적인 설계로 인식되고 있다.
- 따라서 3가지 방식의 내진설계기준 중에서 한 가지를 택하여 구조안전 및 내진설계 확인서를 갖추어 착공신고하도록 하는 것이 타당할 것이다.

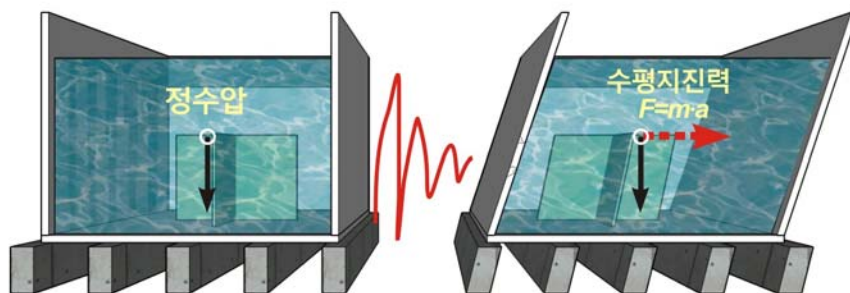
### 3. 제안2. 소화수조의 내진설계는?

소화수조의 내진설계는 필수 사항으로

첫째, 소화수조가 내진성능을 갖추어야 하는 것과 둘째, 건축물에 고정되어야 하는 것이다.

선택 사항으로 슬로싱 현상에 의한 피해가 예상되는 경우에는 방파판구조를 설계하여 변동수압을 낮출 수 있다.

- 소화수조의 내진설계에서 즉시 바로 잡아야 하는 문제는 소화수조가 내진기능을 갖도록 설치되어야 한다는 것이다. 일반 물탱크에 방파판을 설치하면 내진탱크가 되는 것처럼 지도하고 있는데, 이는 완전히 잘못된 지침이다. 내진성능을 갖추지 않은 물탱크는 지진 발생시 방파판의 유무와 무관하게 100% 파손 또는 누수가 발생할 것이다.
- 수평지진력에 대해서는 해설서에서 잘 설명하고 있듯이, 지진발생시 지진가속도가 물탱크에 전달되면 (뉴턴의 운동 제2법칙(힘과 가속도의 법칙,  $F=m \cdot a$ )에 따라 모든 질량을 갖는 물체에는 수평지진력이 발생한다.) 물탱크는 가동중량에 비례하여 커지는 수평지진력(횡력)에 견딜 수 없어 파손될 수밖에 없다. 방파판을 설치하여도 지진가속도가 감소하지는 않으며, 가동중량도 변화하지 않기 때문에 수평지진력은  $F_p=m \cdot a$ 의 크기로 동일하게 작용한다.
- 슬로싱이 소화수조에 미치는 영향을 살펴보면, 지하수조의 경우 슬로싱에 의한 측판에 작용하는 변동 수압( $P_{rw}$ )은 측판에 작용하는 변동수압( $P_w$ )의 약 3% 정도로 나타나고 있다. 고가수조의 경우에는 이보다 큰 변동수압이 측판에 작용한다. (등가정하중해석에 따른 고가수조의 지진계수값은 지하수조의 3배 정도이다.)
- 따라서 소화수조의 크기가 큰 경우에는 방파판구조를 설치하여 슬로싱에 의한 피해를 줄이는 내진설계를 선택적으로 적용하면 된다. (이 경우에도 구조안전성을 갖는 내진탱크를 설계하는 것이며, 해설서에 기술한 것처럼 +형 방파판을 추가한다고 해서 내진설계가 된 것은 아니다.)



( 그림과 같이 방파판을 설치해도 수평지진력은 동일하게 작용한다. )

- 소화수조는 파손시 침수로 인한 2차 피해가 매우 심각하기 때문에 보다 보수적으로 내진설계 하여야 한다.

※ 참고자료 (일본의 물탱크 설치기준)

1. 일본의 내진설계지침을 살펴보면, 물탱크 내진설계시 가장 먼저 수조의 내진 사양을 정하도록 하고 있다. 물탱크를 옥상에 설치하는 경우에는 수평진도  $K_H=2.0g$ , 다른 위치에서는 수평진도  $K_H=1.5g$  이상으로 내진설계하도록 지도하고 있다.
2. 세키스이(일)의 탱크 내진설계기준에서도 이를 확인할 수 있다.

가속도 응답설계용 수평진도

국가	일본		한국	
중요도계수 (I)	1.0	1.5	기준	수정( $S_D$ )
屋上	1.5G	2.0G	0.5G	0.39G
1F, BF	1.0G	1.5G	0.5G	0.13G

=> 일본의 내진물탱크 설계기준을 볼 때, 국내 소방내진 설계기준 0.5g는 높은 단계가 아니며, 향후 지속적인 내진설계 기준향상으로 안전을 확보해 나가야 할 것이다.



Fig. 1. Damage to Large Stainless Steel Panel Tank (Natori City, Miyagi Prefecture)

#### 4. 제안3. 콘크리트 소화수조의 내진설계는?

콘크리트로 소화수조를 설치할 경우에는 건축구조기술사의 구조계산서를 확인할 수 있도록 착공신고시 제출하여야 한다.  
또한, 스프링클러 헤드접속배관을 가지배관의 측면 또는 하부에서 분기하는 경우에는 먹는물의 수질수준에 적합하여야 한다.

- 콘크리트재료 수조는 수질관리문제, 공사관리문제, 유지관리문제 등으로 인하여 음용수 시설에서 사라진지 10년도 훨씬 지났는데, 시대역행의 단초는 2016년 1월 배포된 해설서에서 '콘크리트재료로 설치된 소화수조는 일반적으로 건축구조물의 일부로 내진해석 및 설계가 이루어지고 있기 때문에 내진조치 대상에서는 제외'한다고 하였기 때문이다.
- 콘크리트재료 수조를 택한 경우 건축에서는 용수량만 계산하여 건축내진설계에 반영하고 있고, 설치되는 콘크리트 수조의 안전성에 대한 평가는 하지 않는다.
- 2016년 12월 수정된 해설서에서는, '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.'고 기술함으로 콘크리트 수조에 대한 구조계산서가 필요함을 제시하고 있다.
- 따라서 소방착공신고시에 콘크리트 수조의 구조안전성을 건축구조기술사 등의 구조계산서를 통해 반드시 확인하여야 한다.
- 또한 간이스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103A) 제8조 10항에 기술하고 있는 것과 같이 가지배관의 측면 또는 하부에서 헤드접속배관을 분기하는 경우에는 소화설비용 수원의 수질을 「먹는물 관리법」 제5조에 따라 먹는물의 수질기준에 적합하도록 관리하여 한다. (사수방지대책 수립)

## 5. 제안4. 소화수조의 고정방법과 이격거리 확보?

소화수조는 지진 발생시 이동되거나 전도되지 않도록 견고히 고정하여야 한다.

소화수조가 설치되는 패드의 레벨편차는  $\pm 5\text{mm/m}$  이내로 유지하여야 하며, 고임부재를 사용한 레벨조정시 고정용 앵커볼트의 강도저하가 발생되지 않도록 하여야 한다.

소화수조는 원활한 유지관리를 위해 건축물로부터 최소 60cm이상의 이격거리를 확보하여야 한다.

- 앵커볼트에 의한 고정시 균열콘크리트 기반의 앵커설계강도를 적용하여 내진강도를 계산하여야 한다. 앵커볼트 선정 및 설치는 ACI-318을 준용하도록 한다.
- 수조법 저수조 설치기준 준용.

저수조의 설치기준(제9조의2 관련)

1. 저수조의 맨홀부분은 건축물(천정 및 보 등)으로부터 100센티미터 이상 떨어져야 하며, 그 밖의 부분은 60센티미터 이상의 간격을 띄울 것

## 6. 제안5. 앵커의 내진강도계산시 고려 사항

- 1) 앵커의 설계는 ACI-318을 준용하도록 한다.
- 2) 균열콘크리트에서의 설계강도로 계산하여야 한다.
- 3) 설계인장강도는 인장을 받는 앵커의 모든 파괴 모드에 대하여 산정된 강도 중에서 가장 작은 설계강도로 하여야 한다.
- 4) 설계전단강도는 전단을 받는 앵커의 모든 파괴 모드에 대하여 산정된 강도 중에서 가장 작은 설계강도로 하여야 한다.
- 5) 인장하중과 전단하중이 동시에 작용하는 경우에는 인장-전단상관식을 만족하도록 하여야 한다.
- 6) 중진 또는 강진지역에 설치된 앵커의 설계인장강도는 콘크리트 파괴와 관련된 강도에 추가로 0.75를 곱하여 산정하여야 한다.
- 7) 후설치 앵커는 시험을 통해서 산정된 최소 설치 조건 (최소 앵커간 간격, 최소 연단거리, 최소 콘크리트 두께)을 준수하여 설계 및 설치되어야 한다.



