A-14

진동대 실험을 통한 스프링클러 설비의 내진성능 평가

남민준 · 박승희* · 김동준** · 윤종구*** · 서춘교****
성균관대학교 u-City공학과, *성균관대학교 사회환경시스템공학과,
**파라다이스산업 기술연구소, ***한국유지관리(주), ****한국전력기술(주)

Seismic Performance Evaluation of Sprinkler Facilities throughout Shaking Table Test

Minjun Nam · Seunghee Park · Dongjun Kim·
Jong Ku Yoon · Choon-Gyo Seo
Sungkyunkwan University, Paradise-ind,
Korea Maintenance, Kepco-enc

요 약

지진에 의한 2차 피해 중 화재로 인한 피해가 거의 대부분이다. 따라서, 소화설비의 내진설계는 반드시 필요하며 소화능력을 유지해야 한다. 본 연구에서는 진동대 실험을 통하여 스프링클러 설비의 내진성능을 평가 하였다. 스프링클러 설비의 내진성능을 평가하기 위하여 일반 설비와 내진처리가 된 설비를 동시에 시공하여 그 성능을 평가하였다. 또한, 시설물의 거동특성을 파악하기 위하여 시설별 변위응답, 가속도 응답, 가속도 응답스펙트럼을 통하여 시설물에 대한 내진성능을 평가하였다.

1. 서 론

세계적으로 지진으로 인한 인명 및 재산피해가 발생하고 있고 국내에서도 지진의 위험성에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 중소 규모의 지진이 발생하여 구조물의 붕괴로 인한 피해가 아닌 통신설비, 전력설비, 가스설비, 통신설비 등 주요 기간설비의 상실로 인하여 보다 큰 물적·인적 피해가 일어 날 수 있다. 실제로 1906년 샌프란시스코 지진의 경우 약 90%가 화재로 인한 피해였고, 1996년 일본 고베 지진의 경우에도 화재로 인한 피해가 많이 일어났다. 이와 같이 화재로 인한 2차 피해를 줄이기 위해 스프링클러 설비의 내진설계는 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 스프링클러 설비의 내진성능을 평가하기 위하여 골조구조물에 스프링클러 설비를 설치하여 진동대 실험을 실시하였다. 그리고 각 시설물의 동적 거동 특성을 파악하기 위하여 일반형 시설물과 내진형 시설물을 동시에 시공하여 실험을 실시하였고, 일반형, 내진형 시설물의 변위응답, 가속도 응답스펙트럼을 통하여 내진성능을 평가 하였다.

2. 진동대 실험

2.1 실험 준비

실험에 사용된 실험체는 지상 2층 철근콘크리트-철골조 구조물이다. 그리고 실험체의 내진설계를 위하여 지반조건은 S_D, 지역계수는 0.22, 중요도 계수는 일반적으로 지진에 가장 취약한 저층건축물로 가정하였다. 각 설비의 변위 및 가속도를 측정하기 위하여 설비의 거동을 분석할 수 있는 위치에 설치하였다. 또한, 시험체의 거동을 파악하기 위해 구조체 높이별로 변위계, 가속도계를 설치하였고 구조물의 가장 취약부위인 1층과 2층 연결부위인 H형강 부위에 변형률 게이지를 설치하여 가진에 의해 이상 유무를 판단하고자 하였다.

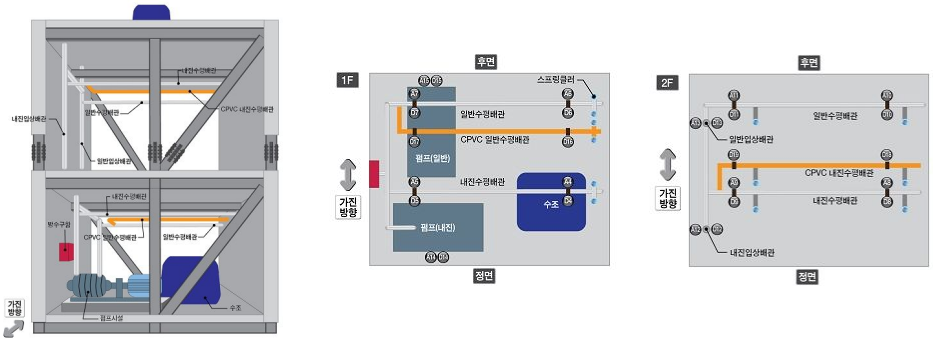


Figure 1. Outline of Sprinkler Facilities

2.2 진동대 실험 수행

본 실험에 사용된 지진파는 El-Centro 지진파를 사용하였고, 진동대는 부산대학교 KOCED 지진실험센터 진동대 Table B를 사용하였다.

3. 실험 결과 및 분석

구조물의 취약부위인 H형강 접합부의 변형률 계측 결과 변형률 수준이 50~80με(micro strain, $\times 10^{-6}$) 정도 발생하여, H형강의 항복수준인 2000με 수준보다 매우 작아, 구조물의 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단이 되었다. El-Cento 지진파의 50% 수준인 밑면가속도 0.18g의 경우 국내 내진설계기준 재현주기 1000년 수준에 해당한다. Table 1.과 같이 가진 수준에 따라 각 설비 시설물의 변위 응답이 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 일반 시설물에 비하여 내진 시설물의 변위는 펌프를 제외한 시설물에는 약 1mm도 변위가 일어나지 않은 것으로 보아 일반형 시설과 내진형 시설의 내진성능차이가 극명하게 차이난다는 것을 알 수 있다. 특히, 마운트 펌프의 경우 자중이 커서 지진 시 관성력에 의한 하중을 많이 받는다. 따라서 반드시 내진형 마운트를 설치할 필요가 있다.

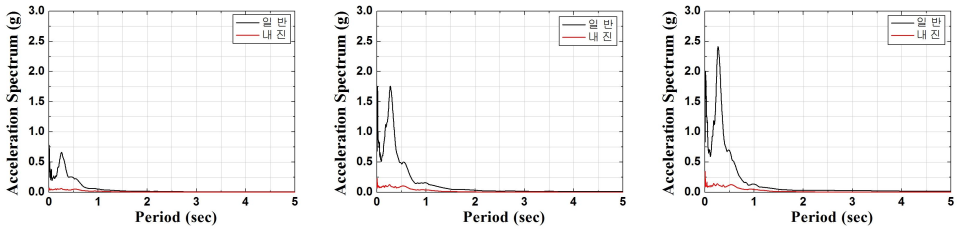
그림 2~4는 가진 수준별 가속도 응답 스펙트럼 응답 비교를 나타내었다. 1층 배관과 2층 배관의 경우 가진 수준에 따라 응답이 점차 증가하는 것을 볼 수 있고, 반면에 내진

배관의 경우 눈에 띄게 응답의 변화가 없다. 특히, 1층 배관의 경우 가속도 증폭현상이 발생하였는데, 이는 실험중 배관이 흔들리면서 다른 시설물과 충돌로 인한 노이즈 성분의 가속도 값으로 분석이 된다. 그리고 입상배관의 경우 일반 배관에서 약간의 증폭현상은 일어났으나 내진형 배관과 응답이 거의 비슷한 것으로 나타났고, 펌프에서는 내진 마운트형 펌프보다는 일반 방진 마운트형 펌프에서 약 1.5~2.0배 정도 가속도 응답차이가 나타났다.

Table 1. Displacement Response of Sprinkler Facilities

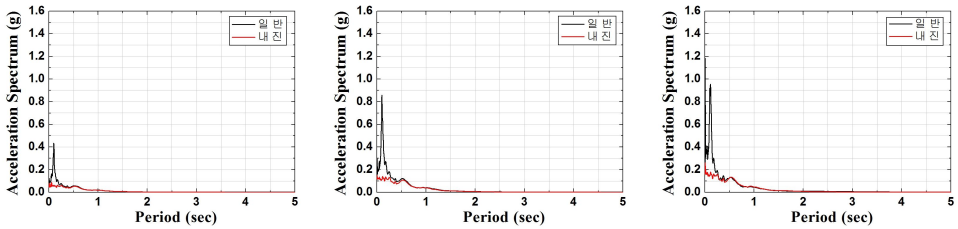
단위: mm

가진 수준	50% (0.18g)					
구분	배관		상대변위		입상배관	펌프
	1층	2층	1층	2층		
일반	29.74	4.54	25.66	3.8	0.20	11.84
내진	0.14	0.25	0.18	0.18	0.18	5.78
가진 수준	100% (0.36g)					
구분	배관		상대변위		입상배관	펌프
	1층	2층	1층	2층		
일반	77.08	10.66	66.88	7.08	0.58	25.7
내진	0.32	0.58	0.33	0.48	0.16	8.82
가진 수준	120% (0.43g)					
구분	배관		상대변위		입상배관	펌프
	1층	2층	1층	2층		
일반	10.86	13.46	8968	10.58	0.58	31.7
내진	0.4	0.78	0.39	0.64	0.16	9.64



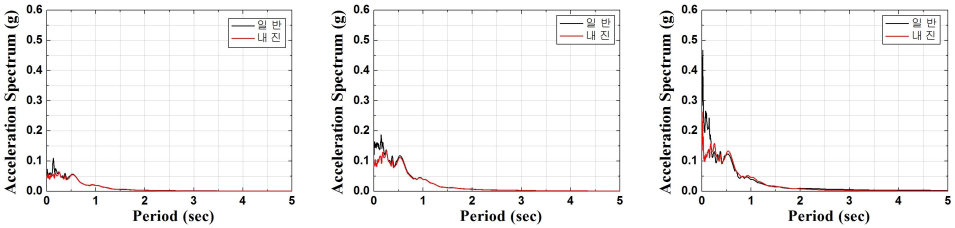
(a) Earthquake Level-50% (b) Earthquake Level-100% (c) Earthquake Level-120%

Figure 2. Acceleration Response Spectrum of the first floor pipe



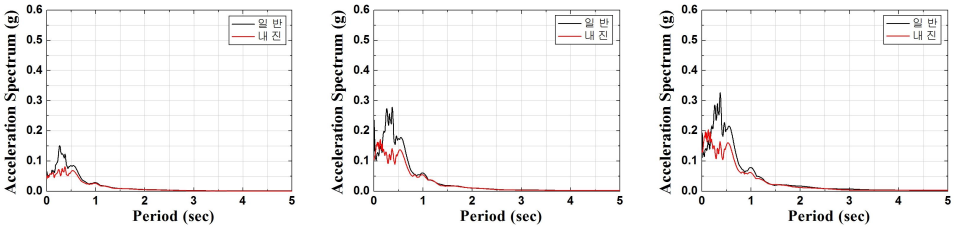
(a) Earthquake Level-50% (b) Earthquake Level-100% (c) Earthquake Level-120%

Figure 3. Acceleration Response Spectrum of the second floor pipe



(a) Earthquake Level-50% (b) Earthquake Level-100% (c) Earthquake Level-120%

Figure 4. Acceleration Response Spectrum of Riser Pipe



(a) Earthquake Level-50% (b) Earthquake Level-100% (c) Earthquake Level-120%

Figure 3. Acceleration Response Spectrum of Mount Pump

4. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 가진 수준을 증가시켜가며 스프링클러설비의 내진성능을 평가해본 결과, 일반형 시설물과 내진형 시설물의 내진성능차이가 확연히 차이가 난다는 것을 알 수 있었다.

(2) 일반형 시설물은 가진 수준의 증가에 따라 응답이 크게 증가하는 경향을 확인할 수 있었고, 내진형 시설물은 가진 수준이 증가함에도 일정 수준의 응답을 나타나는 것으로 보아 내진형 시설물의 내진성능은 충분하다고 볼 수 있다.

(3) 본 연구를 통하여 지반운동에 대한 스프링클러 설비의 고정방법, 유연성 확보 등 내진보강책이 반드시 필요하다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 차세대 핵심 소방안전기술 개발사업의 용도별 맞춤형 스프링클러 헤드 및 내진형 소방설비 개발 과제 및 국토해양부의 u-City 석·박사 과정 지원사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 도로교통부, “도로교 설계기준”, 국토해양부(2010)
2. 일본건축센터, “건축설비 내진설계·시공지침”(2005)
3. KT 인프라연구소, “통신시설물 내진성능 평가기술 연구”(2009)
4. 남민준, 박승희, 윤종구, 서춘교, “진동대 실험을 통한 수계형 소화설비의 내진성능 평가” 한국지진공학회 학술발표대회(2012)