

등가선형해석이론에 의한 소방설비 구성품의 Lab scale 내진성능평가기법 개발

곽지현[†] · 윤종구^{*}

방재시험연구원, ^{*}(주)포슈컨설팅

Development of a Seismic Test Method for Fire Protecting Components by Equivalent Linear Analysis Theory

Ji-Hyun Kwark[†] · Jong-Ku Yoon^{*}

Fire Insurers Laboratories of Korea, ^{*}For Sup Consulting

(Received December 27, 2012; Revised January 30, 2013; Accepted February 1, 2013)

요 약

지진 발생 시 건물에 설치된 소방설비 주요 구성품의 내진성능을 평가할 수 있는 실험실에서 수행 가능한 Lab scale의 내진성능시험방법을 개발하기 위하여 지반응답해석방법과 전달함수 등을 바탕으로 한 등가선형해석이론을 적용하고자 하였다. 내진성능시험은 등가가속도에 의한 시험과 임의가속도에 의한 시험으로 나뉘지는데, 등가가속도 시험은 등가선형해석에 의해 지진 규모에 따른 등가가속도를 적용하여 공진점을 찾거나 시험체의 이상 유무를 관찰하는 것이며, 임의가속도 시험은 순간적인 강진이 가해질 때를 모사한 것으로 가진주파수와 가진폭에 따라 가속도가 결정되며 기능수행 여부 또는 물리적 손상 등을 확인할 수 있다. 본 연구에서 개발한 시험방법을 수계소화설비 주요 구성품에 적용한 결과 특등급에 해당하는 강진 발생 시 기능수행여부를 확인할 수 있었으며, 이러한 시험방법을 통해 소방설비 구성품에 대한 내진성능을 검증할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In this study a lab scale seismic test method which is able to evaluate seismic resistant performance of the fire protecting components in case of earthquake was developed. This seismic test consists of equivalent accelerating and temporary accelerating. The former is to search for resonance frequency and the latter is to simulate vibrating by earthquake with intensive magnitude. The frequency and displacement accelerated to the components was decided by maximum acceleration of gravity, and whether or not they could maintain function was tried to be confirmed. This test method is expected as an effective one for evaluating seismic resistant performance for the fire protecting components.

Keywords : Equivalent linear analysis, Seismic test, Fire protection, Gravity acceleration

1. 서 론

지진 발생 시 건물의 붕괴방지와 재실자의 안전을 위해 일정한 규모의 지진에 견딜 수 있도록 내진설계를 하게 된다. 이 때 건물(구조체) 외에도 비구조체, 즉 건물에 설치되는 공조설비, 통신설비 등 각종 설비에도 지진 시 기능을 수행할 수 있도록 내진조치를 취하게 되는데, 특히 소방설비는 지진으로 인한 화재발생 시 즉시 동작하여 화재를 진압해야 하는 중요한 설비이므로 내진성능이 확보되어야 하나 아직까지 국내 건축법이나 소방법에는 이에 대

한 구체적인 규정이 없는 실정이다.

어떤 설비의 내진성능을 확인하기 위한 가장 유효한 방법은 실물 모양과 크기의 내진 구조체를 만들고 여기에 설비를 설치하여 대형 진동시험대에서 가진 시험을 실시하는 것인데, 이는 많은 시간과 천문학적 비용이 소요되므로 일반적인 성능평가방법으로 적용하기에는 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 연구소나 실험실에 보급되어 있는 일반 진동시험기를 이용하여 소방설비 구성품에 대한 내진성능을 정량적으로 평가할 수 있는 등가선형해석 이론을 응용한 Lab scale의 내진성능 평가기법을 개발하고

[†]Corresponding Author, E-Mail: kwark@kfpa.or.kr
TEL: +82-31-887-6600, FAX: +82-31-887-6660

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.1.046>

자 한다.

2. 등가선형해석 이론

2.1 지반응답해석방법

지진 발생 시 체적파는 진원으로부터 여러 방향으로 방사되어진다. 체적파는 지반내에서 전파되는 도중 서로 다른 지층을 만나게 되면 그 경계면에서 반사 또는 굴절이 이루어지는데 일반적으로 지층에서 파의 전파속도는 하부층이 상부층에 비하여 빠르므로 연직면으로부터 경사각을 가지며 전파되는 지진파는 지층 경계면을 지나면서 Snell의 법칙에 의해 전파경로의 굴절이 발생하여 차츰 연직 방향의 전파경로를 가지게 된다⁽¹⁾.

1차원 지반응답해석은 해석영역에 따라 주파수 영역 그리고 시간 영역으로 구분되어지는데 주파수 영역 해석은 입력물성치가 적으며 계산이 빠르다는 장점을 가지고 있지만 지반 거동은 선형 탄성이라고 가정되어진다. 반면 지진 시 지반의 비선형 거동에 의하여 지반응답은 크게 영향을 받으며 해석 시 이를 사실적으로 모사하는 것은 매우 중요하다. 주파수 영역에서 지반의 비선형 거동을 고려하기 위하여 제안된 방법이 등가선형해석기법이며 시간영역에서는 비선형해석을 통하여 모사하게 된다. 비선형해석은 추가적으로 과잉간극수압의 발생모사 여부에 따라서 전응력 및 유효응력해석으로 구분되어지나 등가선형해석은 과잉간극수압을 모사할 수 없으므로 전응력 해석이다.

2.2 전달함수

연직방향으로 전파되는 전단파의 1차원 파동방정식은 Kramer 등에 의하면 다음과 같이 나타낼 수 있다⁽²⁾.

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial \tau}{\partial z} \quad (1)$$

여기서 ρ =밀도, τ =전단응력, u =변위, z =지표면부터의 깊이를 나타낸다.

혹은 Kelvin-Voigt의 모델과 같이 거동한다고 가정한다. 이 모델에서 전단응력-전단변형률은 다음과 같이 정의된다.

$$\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma}{\partial t} \quad (2)$$

여기서 G =전단탄성계수, γ =전단변형률, η =점성계수를 나타낸다.

식(1)을 식(2)에 대입하면 다음과 같은 파동방정식을 얻을 수 있다.

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (3)$$

혹의 감쇠비는 주파수의 영향을 받지 않는다고 가정되고,

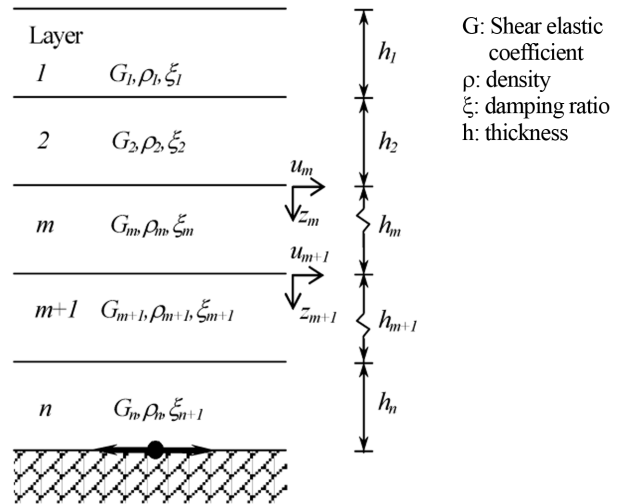


Figure 1. Simplified plural ground.

η 은 다음과 같이 정의된다.

$$\eta = \frac{2G\xi}{\omega} \quad (4)$$

여기서 ω =입력 단순조화파의 각속도, ξ =등가감쇠비를 나타낸다.

위의 파동방정식을 중복반사이론에 입각하여 Figure 1에 나타난 것처럼 반무한 반탄성체의 기반 위에 복수층 지반이 놓여진 경우에 대해 적용하여 해를 구한다. 각 층은 동일 층 내에서 등방이고 균질하며 물리적 특성과 역학적 특성은 같다고 가정한다. 이 모델의 진동은 모델 지반을 연직 방향으로 투과 및 반사하여 전달되는 전단파에 의해 발생하고 아래와 같은 변위는 수평방향으로만 발생한다. 위의 파동방정식을 풀면 각 층의 상단과 하단에서의 변위는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} u(Z_m=0, t) &= u_m = (A_m + B_m)e^{i\omega t} \\ u(Z_m=h_m, t) &= u_{m+1} = (A_m e^{ik_m^* h_m} + B_m e^{-ik_m^* h_m})e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 u =변위, A_m 과 B_m 는 전파의 상향파 및 하향파 성분, h_m =층의 두께, $k_m^* = w / (\sqrt{G_m/\rho_m}(1+i\xi_m))$ 를 나타낸다.

위의 식에 경계조건과 Compatibility 조건을 만족시키게 하면 다음과 같은 지층간의 상호식을 구할 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} A_{m+1} &= \frac{1}{2}A_m(1+\alpha_m^*)e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2}B_m(1-\alpha_m^*)e^{-ik_m^* h_m} \\ B_{m+1} &= \frac{1}{2}A_m(1-\alpha_m^*)e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2}B_m(1+\alpha_m^*)e^{-ik_m^* h_m} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 $\alpha_{m+1}^* = \frac{\rho_m \sqrt{G_m/\rho_m}(1+i\xi_m)}{\rho_{m+1} \sqrt{G_m/\rho_m}(1+i\xi_{m+1})}$ 를 나타낸다.

위의 식을 사용하여 지층 간에 다음과 같은 전달함수

(transfer function)를 유도할 수 있다.

$$F_{ij}(\omega) = \frac{|u_i|}{|u_j|} = \frac{A_i(\omega) + B_i(\omega)}{A_j(\omega) + B_j(\omega)} \quad (7)$$

전달함수는 한 층에서의 변위를 안다면 모든 층에서의 변위를 쉽게 계산할 수 있는 유용한 식이며 지반증폭효과는 전달함수를 통하여 정의된다. 식(7)은 변위에 대한 전달 함수지만 속도 및 가속도의 전달함수도 위와 동일하다. 전달함수는 단순조화파 입력하중에 대한 지반 응답의 수학적 해이다. 단, 지진파는 일정한 주기와 진폭으로 정의되는 단순조화파가 아니라 불규칙적인 특성을 가지고 있다. 지진파와 같은 비조화파에 대한 해는 푸리에 변환(Fourier Transform)을 활용하여 구할 수 있다. 푸리에 변환은 어떠한 불규칙 운동도 단순조화파들의 합으로 나타낼 수 있다. 주파수영역은 푸리에 변환으로 지진파를 일정한 수의 단순조화파의 합으로 변화시켜 각각의 단순조화파에 대한 응답을 전달함수를 통하여 구한 후 이를 푸리에 스펙트럼에 곱하게 되며, 이에 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 시키면 응답운동을 구할 수 있게 된다.

2.3 등가선형해석

주파수영역 해석은 계산시간이 빠르고 간편하다는 장점을 가지고 있지만 동시에 선형인 재료모델에만 적용될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 제안된 해석방법이 등가선형해석이다. 등가선형해석은 전술한 주파수영역 해석방법과 동일하지만 흙의 비선형거동을 간접적으로 고려할 수 있는 기법이다. 지반에 지진하중을 가하게 되면 이로 인하여 전단변형률이 발생하고 변형률은 시간에 따라서 계속 변한다.

주파수 영역 해석에서는 k_m^* 과 k_{m+1}^* 의 정의에 필요한 전단탄성계수(G)와 감쇠비(ξ)값들은 불변하지만 실제 지반은 선형거동을 하는 것이 아니라 시간단계마다 변화하는

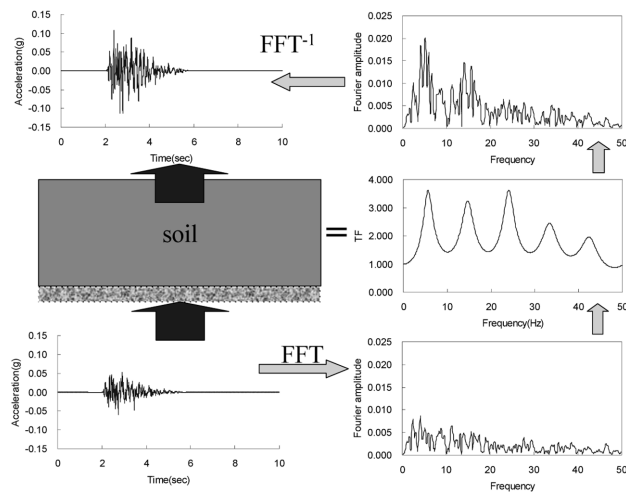


Figure 2. Flow chart of frequency field analysis.

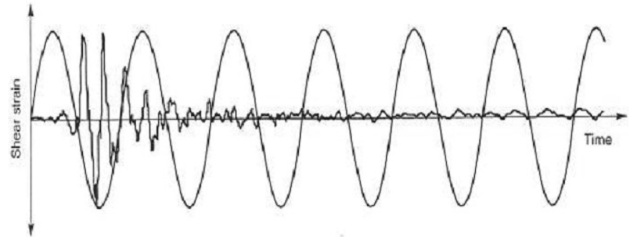


Figure 3. Shear strain vs. time graph.

전단변형률에 따라 전단탄성계수와 감쇠비가 변하므로 이러한 비선형 지반거동을 모사해야 한다. 이를 간접적으로 고려할 수 있는 방법이 등가선형해석방법이다.

선형해석 시 사용되어지는 전단탄성계수와 감쇠비는 지반의 한 층에서 일정한 값을 갖도록 사용되어 지므로, 이에 상응하는 각 층의 변형률 값을 산정하는 것이 무엇보다 중요하다. 실내시험을 통해 구해지는 변형률에 따른 감쇠비 및 전단탄성계수 곡선은 Figure 3과 같이 단순조화 운동에 의해 구해지며 전단변형률의 크기는 최대전단변형률의 크기에 따라 결정되어진다. 그러나 대부분의 지진이력 곡선은 지진운동이 가해지는 시간이력 내에서 최대응력은 초기에 1~2회 정도 발생하게 된다.

따라서 실내시험 중 지반이 겪게 되는 변형에너지는 일시 진동인 지진 시 겪게 되는 지반의 변형에너지에 비하여 훨씬 크며 이를 보정하기 위해 지진 시 변형률의 크기는 최대전단변형률의 50~70%의 범위 내에서 유효변형률을 산정하여 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 최종 결과로 얻게 되는 지반의 지진 응답크기는 유효변형률의 범위에 큰 영향을 받지 않으므로, 일반적으로 최대전단응력의 65%를 사용한다. 또한 Idriss와 Sun에 의하면 Shake91과 같은 프로그램의 경우 최대전단변형률의 크기는 지진 규모의 함수로 식(8)과 같이 정의하여 사용할 수도 있다⁽³⁾.

$$R_\gamma = \frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{(M-1)}{10} \quad (8)$$

여기서 γ_{max} =최대전단변형률, γ_{eff} =유효전단변형률을 나타낸다.

지진응답 산정 시 계산되어진 변형률의 크기는 전달함수를 구성하는 등가선형 전단탄성계수 및 감쇠비 값의 영향요소이므로 지반 모든 층에 대한 반복 계산을 통하여 최적값을 찾아야 하는데, 이에 대한 계산 방법은 1972년 Schnabel 등에 의하여 SHAKE 프로그램으로 일반인에게 널리 알려지게 되었으며 비교적 신뢰할 수 있는 결과를 제공하고 있다⁽⁴⁾.

3. 내진성능 평가기법의 개발

3.1 등가가속도에 의한 내진시험방법

소방설비 주요 구성품의 내진성능시험은 앞 장에서 설

명한 등가선형해석방법에 따라 등가가속도의 개념을 도입해 실시하고자 한다. 일반적인 진동시험기가 지진파의 다양한 주파수를 시뮬레이션 하기 불가능한 조건이므로 정현파로 대체하여 실험하여야 하는데, 이 때 일반적인 지진파의 최대값을 이용하여 정현파로 가진 시 과도한 하중이 인가되므로, 지진파의 에너지와 비슷한 에너지를 가지면서 합리적으로 가진시킬 수 있는 가진 크기(amplitude)가 필요하다. 따라서 지반증폭해석 시 비선형 해석의 효과를 얻을 수 있는 등가선형해석기법에 착안하여 등가가속도를 적용하는데 이는 가진하는 가속도의 크기를 등가의 값으로 변환해주는 방법이다.

진동대 시험과 지진 시 지반이 겪게 되는 변형율의 차이를 해결하기 위해 지반의 비선형 거동을 고려하기 위한 방법으로 등가선형해석기법을 사용하는데 Idriss와 Sun은 지진 규모에 따른 함수로 제안하기도 하였으며 일반적으로 최대 전단응력의 65%를 적용하게 된다. 등가하중 산정 시 감소계수 $R_d=(M-1)/10$ 을 주로 이용하며 내진해석 시 규모(Magnitude, M)는 최대 6.5 정도에 대하여 내진해석을 수행한다.

본 연구에서 등가가속도 적용을 위해 규모(M) 6.5 수준(특등급)의 등가하중을 산정 시 $R_d=0.55(55\%)$ 가 되는데 이는 최대지반가속도의 55%에 해당하는 크기로 가진함을 의미하며, 여기서 $M=6.5$ 일 때 최대지반가속도가 0.210 g에 해당하므로 이의 55%인 0.12 g 수준으로 가진하게 된다. 또한 내진등급 I등급인 $M=6.0$ 수준의 경우 최대지반가속도의 R_d 는 50%에 해당하는 크기가 되며 $M=6.0$ 일 때 최대지반가속도가 0.140 g에 해당하므로 0.07 g 수준으로 가진하게 된다. 마찬가지로 내진등급 II등급($M=5.5$ 수준)의

경우 최대지반가속도의 45%에 해당하는 크기가 되고, $M=5.5$ 의 경우 최대지반가속도가 0.09 g에 해당하므로 0.04 g 수준으로 가진하게 된다. 최대지반가속도와 규모와의 상관관계를 정리하면 Table 1과 같다.

따라서 등가가속도에 의한 내진시험방법은 지진파의 특성인 저주파 영역 2~20 Hz의 주파수 범위에 대해 최고 내진등급(특등급)에 대한 등가가속도 0.12 g의 정현파를 가진하여 기능이상이나 압력누설, 파손 등의 이상 유무와 공진점 등을 관찰하고자 한다. 저주파 범위에 대해 시험하는 이유는 지진파는 로패스 필터의 특성을 가지는 지반을 통과하여 전달되기 때문에 저주파수를 가지기 때문이다.

3.2 임의가속도에 의한 내진시험방법

등가선형해석기법에 의한 지진파의 등가가속도 시험을 통해 소방설비 구성품의 공진주파수를 발견하거나 이상 유무를 확인할 수 있으나 지진발생 시 지진파는 다양한 진폭과 주파수를 가지며 불규칙하게 발생한다. 이 때 발생한 특정 주파수에 의해 소방설비의 구성품이 손상되거나 파손될 수 있는데 이러한 조건을 모사하여 최악의 상황에서 내진시험을 실시해 볼 필요가 있다. 이를 위해 등가가속도가 아닌 임의가속도에 의해 시험체를 가진하게 되는데 그 방법은 다음과 같다.

3.2.1 가진주파수 및 가진폭 결정

소방설비 주요구성품의 내진성능시험 시 가진주파수는 각 시험체의 고유진동수, 즉 공진주파수에 따라 결정되어야 한다. 왜냐하면 각 구성품은 공진주파수에서 가장 취약하기 때문이다. 따라서 먼저 등가가속도 기법을 이용하여 2~20 Hz의 주파수 범위에 대해 정현파를 가진하여 공진주파수를 찾아낸다. 즉 주파수를 달리해가며 구조물의 공진주파수를 검색하고 구조물의 동적특성 파악 및 가진폭을 선정하게 된다. 이 때 공진주파수가 발견되면 다음으로 가진폭을 결정해야 하는데, 가속도와 주파수, 가진폭과의 관계는 다음 식과 같이 주어진다.

$$A=0.002f^2 D \tag{9}$$

여기서 A는 가속도(g), f는 주파수(Hz), D는 가진폭(mm)을 나타낸다.

즉 가속도는 주파수의 제곱과 가진폭에 비례하므로 공진주파수나 특정주파수에 대해 최대 가속도값 이내에서 최대 가진폭을 적용하면 순간적인 강진에 대한 내진성능을 평가할 수 있게 된다. 지구에서 발생하는 최대 강진의 가속도가 1 g 이하이므로 안전율을 감안하여 최대가속도 2 g 이하가 되도록 5~15 mm의 가진폭을 적용하면 최대가속도와 가진폭이 결정되며 최대 30초간 가진시험을 실시한다. 만일 이 주파수 범위에서 sweep한 결과 공진주파수가 나타나지 않으면 실제 지진파의 주파수와 가까운 10 Hz 이하의 저주파 범위에 대해 최대가속도가 2 g 이하의 범위

Table 1. Correlation between Maximum Acceleration and Magnitude

Magnitude	gal (cm/s ²)	Magnitude	gal (cm/s ²)
0.1	0.8	5.4	80
0.2	0.9	5.5	90
0.3	1	5.6	100
1.1	2	5.8	110
1.6	3	5.9	120
1.9	4	5.9	130
2.2	5	6.0	140
3.0	10	6.1	150
3.8	20	6.1	154
4.0	24	6.2	160
4.5	38	6.3	170
4.6	40	6.3	180
4.8	50	6.4	190
5.1	60	6.4	200
5.2	70	6.5	210

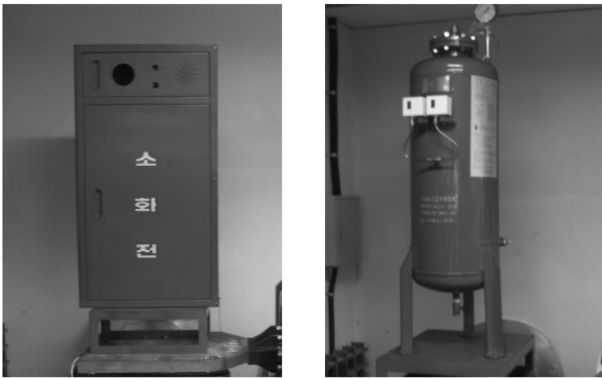


Figure 4. Test specimens.

에서 10~15 mm의 진폭을 1 sweep 가진한다.

4. 내진성능평가 적용사례

4.1 시험체 선정

앞장에서 개발한 소방설비 구성품의 내진시험방법의 적용 가능성을 타진하기 위하여 소방설비 구성품 중 일부를 선정하여 내진성능시험을 실시해 보았다. 내진성능평가를 위한 시험체는 화재진압을 위한 가장 대표적인 소방설비인 소화설비 중에서 수계소화설비의 구성품을 대상으로 하였는데, 옥내소화전설비와 스프링클러설비의 주요 구성품인 소화전함과 수압개폐장치를 선정하여 내진성능시험을 위한 시험체를 제작하였다.

소화전함은 1,200 mm×650 mm×180 mm의 크기에 재질은 SS400이며 철판의 두께는 1.6 mm이고, 수압개폐장치는 내용적 100 L에 사용압력 10 kg/cm², 시험압력 20 kg/cm², 안전밸브 압력은 11 kg/cm²이고 중량은 58 kg으로 아래 그림과 같다.

4.2 내진성능 시험결과 및 고찰

4.2.1 등가가속도 시험결과

등가가속도기법을 이용하여 규모(Magnitude) 6.5(특등급)일 때를 가정하여 산정한 등가가속도 0.12 g(1.13 m/s²)를 적용하여 지진파에 가까운 2~20 Hz의 저주파 범위에서 공진주파수를 검색하고 이상 유무를 관찰하였다. 이 과정에서 공진주파수 발견 시 이 주파수에 대해 임의가속도기법을 이용하여 진폭을 최대 10 mm까지 가진하여 기능 이상이나 압력누설 등을 관찰하였으며, 공진주파수가 없는 경우에는 보다 낮은 저주파수 범위에 대해 최대 가진폭을

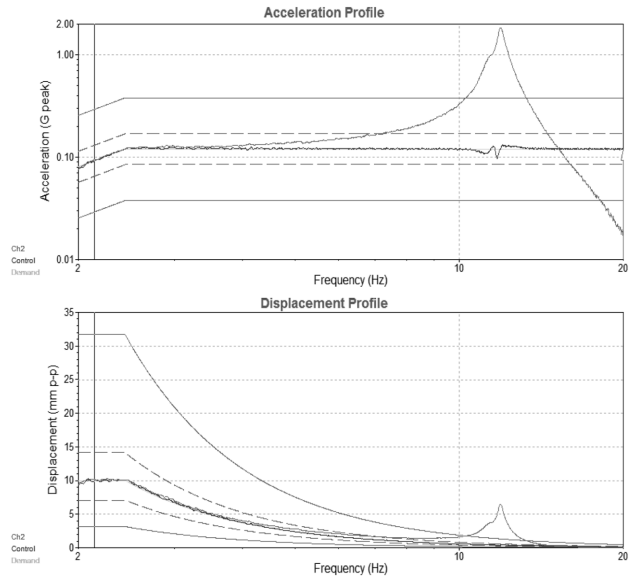


Figure 5. Graphs of equivalent acceleration test (pressure tank).

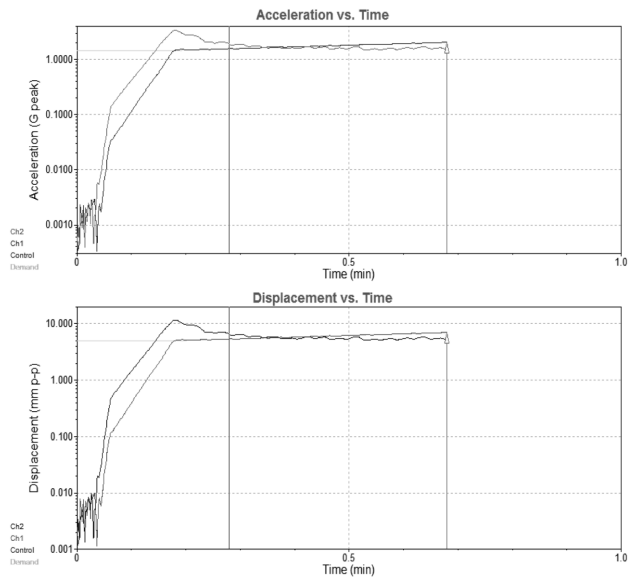


Figure 6. Graphs of temporary acceleration test (pressure tank).

적용하여 최대가속도가 2 g(중력가속도의 2배)에 해당하는 진동시험을 실시하였다. 각 구성품별 등가가속도 가진에 의한 시험결과는 Table 2와 같다.

등가가속도 시험에서 소화전함은 5.9 Hz의 공진주파수가 발견되었으나 가진 범위에서 균열이나 탈락 등의 손상

Table 2. Test Result of Equivalent Acceleration

Items	Magnitude (M)	Equivalent acceleration (g)	Frequency range (Hz)	Displacement (mm)	Resonance frequency (Hz)	Note
Stand pipe case	6.5	0.12	2~20	10	5.9	Resonance frequency discovered
Pressure tank	6.5	0.12	2~20	10	12	Acceleration ratio 15

Table 3. Test Result of Temporary Acceleration

Items	Frequency (Hz)	Displacement (mm)	Acceleration (g)	Time (s)	Test result
Stand pipe case	5.9	10	0.71	30	Cover opened
Pressure tank	12	5~7	1.5~2.0	30	No leakage

은 발생하지 않았으며, 수압개폐장치는 Figure 5에서 보듯이 0.12 g의 등가가속도 가진에서 공진주파수 12 Hz가 발견되었는데 이 때 시험체의 최대가속도는 1.8 g로 나타나 가속도비가 15배에 달하였다. 그러나 주어진 가진 범위에서 균열이나 탈락 및 압력누설은 발생하지 않았으므로 이 공진주파수에 대해 최대가속도 2 g를 적용하여 임의가속도 시험을 실시하였다.

4.2.1 임의가속도 시험결과

소화전함에 대해 진동수 5.9 Hz에서 10 mm의 진폭으로 30초간 가진 한 결과 심한 진동으로 인해 소화전함의 덮개가 저절로 개방되었다. 그러나 덮개가 이탈하여 탈락하거나 균열 또는 파손 등은 발생하지 않았으며, 수압개폐장치는 공진주파수에서 최대 가진폭 7 mm를 적용하여 최대가속도 2 g까지 가진한 결과 30초간의 진동에 대해서 압력누설이나 손상 등 특이사항은 발생하지 않았다. 따라서 특등급의 강진 시에도 수압개폐장치 자체의 기능상실 및 파손 등의 우려는 없는 것으로 판단되었다.

5. 맺음말

본 연구에서 지진발생 시 소방설비 구성품의 기능수행 여부를 검증할 수 있는 내진성능시험방법을 개발하고자 하였다. 많은 노력과 비용을 수반하는 실물내진시험을 대신해 실험실에서 고정대와 진동시험기를 이용해 수행할 수 있는 Lab-scale의 내진시험방법, 즉 등가선형해석기법에 의한 등가가속도 가진과 임의가속도 가진 방법을 개발하였고, 개발된 방법의 적용 가능성을 타진해 보기 위해 수계 소화설비 구성품을 선정하고 시험체를 제작하여 내진성능시험을 실시하였다.

본 연구에서 개발한 소방설비 주요구성품의 내진성능시험방법은 기능수행수준 및 붕괴방지수준의 내진성능 요구사항 중 기능수행 여부를 검증하기 위한 평가방법으로 구조물에 고정 설치되는 증량체(펌프, 수조, 약제용기 고정대 등)의 결합부에 대한 붕괴나 파손 여부는 확인하기 어려운 결점이 있다. 그러나 지진발생 시 각종 소방설비 구

성품의 기능수행 여부를 검증할 수 있는 유용한 내진성능 시험방법으로 활용될 수 있을 것으로 사료되며 이를 통해 각 소방제품의 내진성능이 한층 더 향상될 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 소방방재청 차세대핵심소방안전기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위에 감사드립니다.

참고문헌

1. KGS, "Seismic Design of Geotechnical Structure", Korean Geotechnical Society (2006).
2. S. L. Kramer, "Geotechnical Earthquake Engineering", Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. (1996).
3. I. M. Idriss and J. I. Sun, "User's Manual for SHAKE91: A Computer Program for Conducting Equivalent Linear Seismic Response Analysis of Horizontally Layered Soil Deposits", University of California, Davis, p. 13 (1992).
4. P. B. Schnabel, J. Lysmer and H. B. Seed, "SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites", Report EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley (1972).
5. M. J. Nam, S. H. Park and J. K. Yoon, "Seismic Performance Evaluation of Sprinkler Facilities throughout Shaking Table Test", Proceeding of 2012 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 54-57 (2012).
6. J. H. Kim, "Philosophy of Seismic Design", Yeyoung Communication, Seoul (2008).
7. KSEA, "Seismic Design Manual for Steel Structures", The Korean Structural Engineers Association (2010).
8. S. G. Kim, "Theoretical Seismology", Bumhanbook Co., Ltd., Seoul (2010).