

OBE 초과를 나타내는 지진손상표시기 개발을 위한 실험적 연구

An Experimental Study on developing Seismic Damage Indicator appearing OBE Exceedance

박동수, 권기주, 이종림

한국전력공사

요 약

NRC 규정에 의하면 원자력발전소에서 운전기준지진을 초과하는 지진발생시 지진하중의 세기를 빠른 시간내에 조사하여야 한다. 원자력발전소에서 지진은 주요 위치에 설치된 센서에서 감지되어 지진파분석 시스템에서 분석이 이루어 진다. 그러나 지진에 대한 전문적인 지식이 없는 운전원들이 감시시스템 이외에 보조적인 모형물을 통해서 지진의 세기를 인지할 수 있다면 보다 신속한 대응조치가 취해질 수 있다. 이러한 보조적인 기기를 지진손상표시기라고 부르고 있다. 이러한 관점에서 지진손상표시기를 개발하기 위하여 NRC 표준 응답스펙트럼을 만족하는 CAV 및 OBE 입력파에 의한 진동대를 이용한 실험을 수행하였다. 실험결과, 각 방향의 지진하중에 반응할 수 있도록 겹쳐 쌓은 원통형의 아크릴기둥을 제작하였다. 개발된 지진손상표시기가 원자력발전소에 설치될 경우 OBE초과여부를 쉽게 알 수 있으며, 기 설치되어 있는 감시시스템과 더불어 운전원의 신속한 대응에 도움을 줄 수 있을 것이다.

Abstract

Immediate measurement should be taken depending on the level of seismic damage to Nuclear Power Plants when an earthquake exceeds Operating Base Earthquake by NRC Regulatory Guide. An earthquake at Nuclear Plant Site is felt with seismic instrument and analyzed by seismic monitoring systems. However, If operators of insufficient knowledge to earthquake can recognize the intensity of the earthquake with an subsidiary indicating model, more immediate response can be conducted. This subsidiary indicating model is called seismic damage indicator. In this regard, an experimental study using shaking table was conducted to develop the seismic damage indicator by CAV and OBE compatible with NRC standard response spectrum. In this test result, stacked acrylic cylinders were manufactured to behave consistently for each direction of seismic load. If the developed SDI is installed in nuclear power plants, it is seemed to be useful in easily determining OBE exceedance easily, and counteracting by plant operator along with the existing seismic monitoring systems.

1. 서론

원자력발전소(원전)에 운전기준지진(OBE)을 초과하는 지진이 발생하는 경우 운전원이 신속하게 지진손상도를 판단하여 운전을 정지하고 검사하도록 규정하고 있으며 OBE 초과로 인한 잠재적인 피해를 분석하도록 하고 있다. 그러나 발생한 지진이 잠재적인 피해를 초래할 정도의 강진인가를 신속하고 합리적으로 판단할 수 있는 공식적인 기술지침이 확립되어 있지 않았다. 이에 따라 EPRI에서는 지진발생시 원전의 정지를 판단할 수 있는 절차의 마련을 위하여 연구를 수행하였다. 개발된 절차에서는 OBE 초과판단기준을 설정하고 발전소의 감지지진이 OBE 초과판단기준을 초과하든지 발전소의 기기 및 구조물에 심각한 손상이 발생하였을 경우 운전을 정지하도록 하였다. 발전소 기기 및 구조물에 발생한 손상을 판단하기 위하여 지진발생전 발전소 기기 및 구조물의 일부를 기준선검사 기기 및 구조물로 선정하여 미리 조사하고 지진발생후 선정된 기기 및 구조물에 대하여 발생전과 비교하여 손상도를 결정하여 손상도의 등급에 따라 대응조치를 달리하도록 하고 있다. 기준선 기기 및 구조물의 선정은 발전소의 전 기기 및 구조물을 대표하는 것으로 선정하도록 하고 있으며, 지진손상 표시기로서 지진에 취약한 애자등을 선정하여 지진발생을 쉽게 인지하여 신속하게 대응할 수 있도록 하고 있다.¹⁾ 또한 이와는 별도로 비전문가인 발전소를 운전하는 운전원들이 지진발생시 쉽게 지진발생 사실을 인지할 수 있도록 하기 위한 지진손상표시기로 외국의 경우 책장등을 운전원 사무실에 설치한 경우가 있다. 그러나 책장 등은 방향성이 정해져 있고 일정한 지진하중에 대한 반응을 나타낼 수 없으므로 정확한 지진손상표시기로서의 역할에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 OBE를 초과하는 지진하중 발생시 일정한 반응을 보일 수 있는 지진손상표시기를 제작하기 위한 실험적연구를 수행하였다.

2. 지진손상표시기(Seismic Damage Indicator)제작 기준²⁾

이미 외국 발전소에 설치되어 있거나 관련분야의 경험을 보유한 전문가의 의견을 종합하여 지진손상표시기 제작시 아래의 사항을 고려하였다.

- 지진손상표시기는 정교한 지진관측시스템이 아니다.
각 발전소에 설치된 지진파 분석시스템은 발전소내 제어실 및 기타 필요한 위치에 별도로 설치된 정밀한 센서와 이를 판독하는 장치를 갖추고 감지지진에 대한 정밀한 분석작업 및 경보를 발령한다. 다만, 지진손상표시기는 운전원들로 하여금 지진발생 사실을 물리적 시각적으로 손쉽게 알려주는데 그 목적이 있다.
- 운전기준지진에 대해 분명한 거동을 보여주어야 한다.
지진손상표시기가 정교한 관측 시스템은 아니지만, 발전소의 대응조치가 시작되는 수준인 운전기준지진의 규모에 대해 지진손상표시기는 분명한 반응을 보이도록 설계되어야 한다.
- 설치위치는 운전원의 파악이 용이한 곳이 좋다.
지진손상표시기의 설치위치가 정해진 것은 아니지만 외국의 예를 보면 운전원의 접근과 파악이 용이한 주제어실 부근이 선호되고 있다.
- 지진손상표시기는 운영 및 유지관리가 편리한 모형물이 바람직 하다.
지진에 취약한 거동을 보이는 발전소내 기기들을 지진손상표시기로 사용할 수 있는 것은 물론이며, 별도로 모형물을 제작하여 사용할 수 있다. 그러나, 지진손상표시기는 설치후 장기적인 시간 동안 모형물을 유지관리해야 하므로 너무 규모가 커서 공간을 많이 차지하거나, 시간이 경과함에 따라 재료적 특성이 변화하는 모형물을 선정하는 것은 바람직하지 않다.

3. OBE초과 판단 기준

OBE 초과지진 발생시 OBE초과 판단기준에 의하여 OBE초과를 결정하고 동시에 발전소 현장조사를 실시하여 기기 및 구조물에 손상이 있는지 조사한다. OBE초과기준은 두 가지로 나누어져 있다. 첫 째는 응답스펙트럼 초과여부이며, 둘째는 새로운 개념인 CAV초과기준이다.

가. 응답스펙트럼에 의한 OBE초과기준

NRC에서는 Reg Guide 1.166에 의하여 OBE초과판단기준을 정하였다. 그림 1은 지진발생후 즉각적인 조치 절차로서 OBE 초과 혹은 지진 손상 확인 등에 의해서 발전소를 정지시켜야 함을 나타내는 그림으로써 자유장의 지진감시설비가 디지털로 계측 가능하고 CAV와 응답스펙트럼을 지진발생 실시간대로 계산가능한 경우에 적용하는 OBE 초과 기준으로 1단계로 응답스펙트럼에 의하고 2단계로 CAV값으로 계산하여 1, 2단계가 모두 초과하면 OBE 초과가 된다. 즉, 1단계의 조건을 만족하는 지진동에 대해서만 2단계의 기준을 검토하고 만족하는 경우에는 OBE 초과 지진으로 간주하게 된다(그림 2 참조).

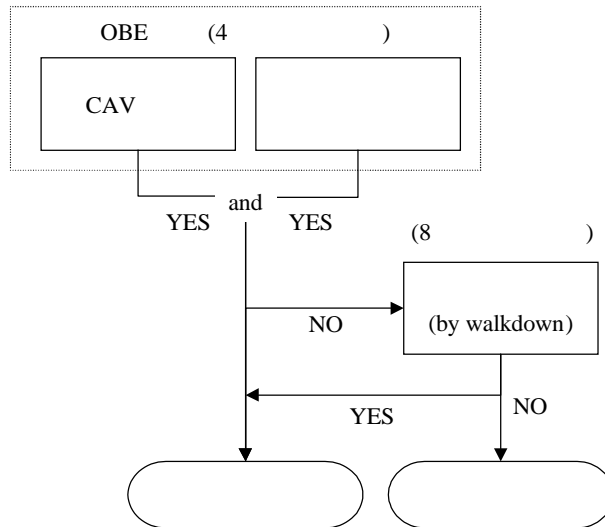


그림 1. 지진발생후 즉각 조치 일반 절차

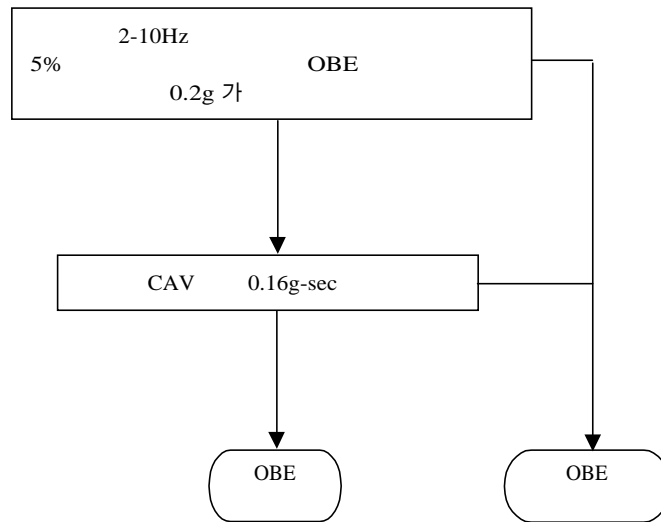


그림 2. OBE 초과기준

나. 누적절대 속도(Cumulative Absolute Velocity, CAV)에 의한 OBE 초과기준

OBE를 초과하고 심지어 SSE까지 초과하는 지진이 일어났음에도 발전소에 전혀 손상이 없었고 규모 면에서 중급이하의 지진이었다면 지진-피해 개념에서 설정된 “OBE 가속도 초과시 운전정지”라는 기준은 정말로 타당한가 라는 의문이 생기게 된다. 파괴 또는 피해의 발생은 실제로 지진이 갖고 있는 에너지와 직접 관계가 있다는 사실로부터 위의 문제를 해결해 보고자 하는 시도가 있었다. 이와 같은 시도는 OBE를 초과했지만 피해가 없었던 발전소의 지진기록을 검토한 결과 발생지진 전부가 주파수영역이 10Hz를 초과하는 고주파수대역의 진동인 것으로 밝혀졌다. 잘 알려진 대로 고주파 지진은 에너지의 양이 아주 적어 실제로 파괴에 이르지 못하는 경미한 진동에 지나지 않는다. 따라서 지진가속도의 절대값의 크기가 중요한 것이 아니라 잠재적 파괴에너지를 얼마나 갖고 있는지가 보다 중요하다.

현재까지 내진해석에 적용하는 지진크기를 정량적으로 구하기 위한 여러 방법이 제시되었으나 어떤 방법이 지진-잠재파괴를 잘 나타내는지를 정확히 알 수 없었다. 「OBE 초과기준」 제정을 위해 EPRI에서 이제까지 발생한 전세계 지진중 기록이 존재하고 피해규모가 큰 약 300개의 지진을 대상으로 제시된 여러 방법중 어느 방법이 「잠재적 피해」 규모를 가장 잘 나타내는지 해석한 결과 「누적절대속도」가 제일 적합한 것으로 밝혀내었고 전통적인 OBE 초과기준인 가속도에 추가하여 새로운 판정기준으로 제시하여 NRC에서 승인하게 된 것이다. 「CAV」는 다음과 같이 정의된다.³⁾

$$CAV = \int_0^{t_{max}} |a(t)| dt$$

여기서,

a(t) : 가속도 시간 이력(>0.025g)

t(max) : 지진기록 지속시간

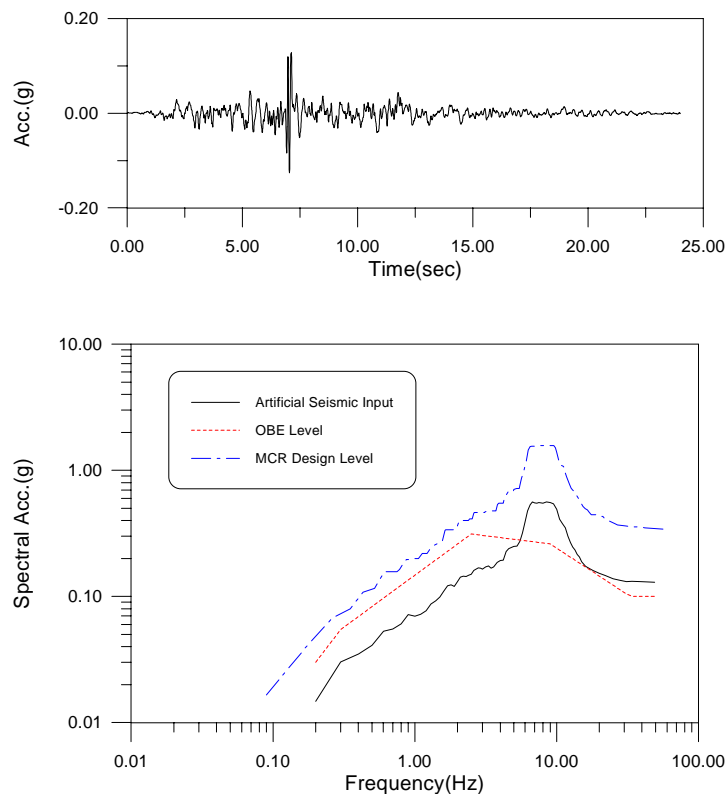
위 식으로부터 CAV는 가속도곡선(절대값)에 둘러 쌓인 면적으로서 g-sec 단위로 표시되는 일종의 속도개념이다. CAV는 잠재파괴에너지가 큰 저주파대역에서는 아주 민감하나 파

피에너지가 극히 미미한 고주파대역에서는 덜 민감한 특성을 갖고 있다. CAV계산의 표준방법은

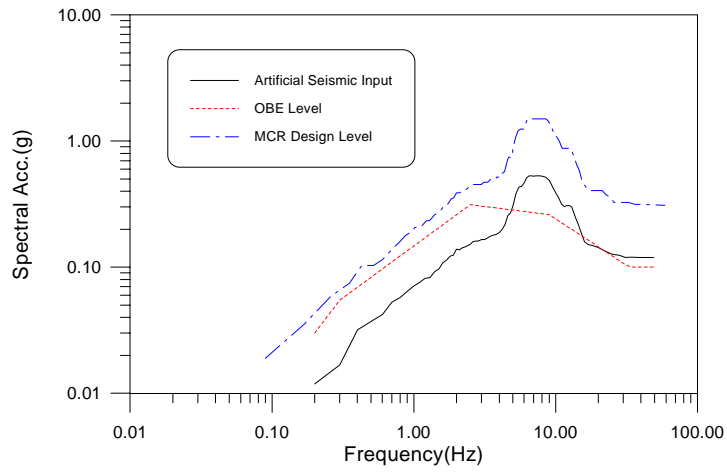
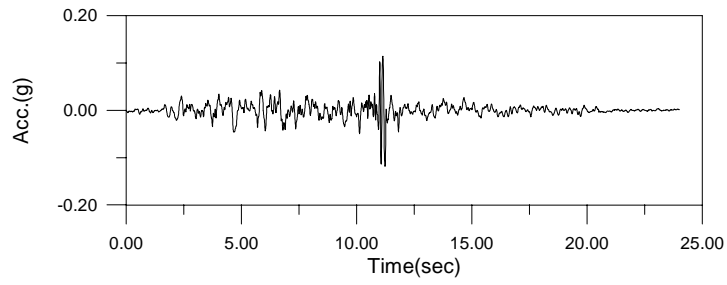
- 지진 가속도 시간이력곡선에서 시간 간격을 1초 단위로 나누었을 때, 0.025g를 초과하는 피크가 매 1초 간격 내에 존재하면 CAV에 누적 계산된다.
 - 1초 단위 시간 간격 내에 0.025g를 초과하는 피크가 없으면 CAV 누적계산에서 제외된다.
- 위 방법에 따라CAV를 계산한 결과 CAV가 0.16g-sec를 초과하면 OBE를 초과한 것으로 간주한다.⁴⁾

4. 입력하중

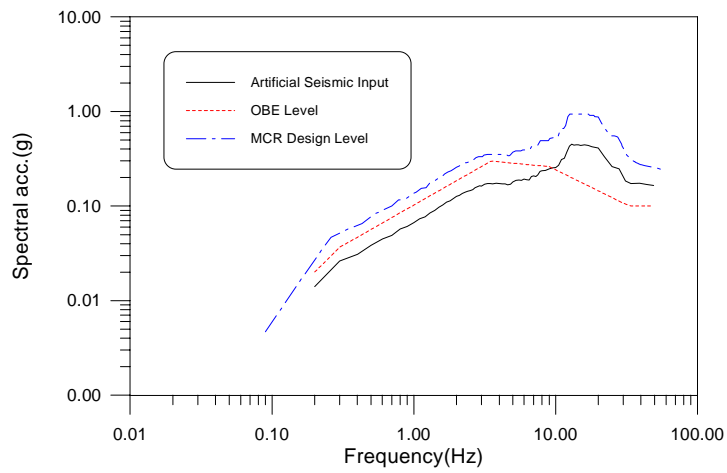
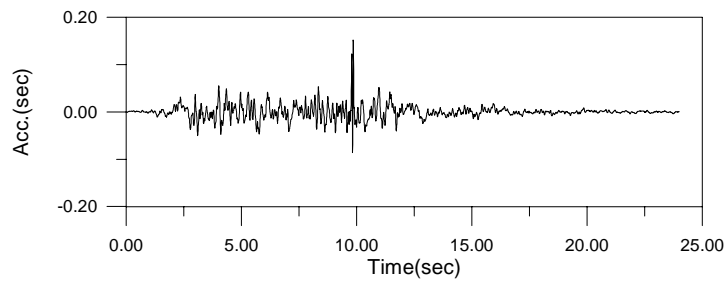
입력지진으로는 미국 NRC의 표준설계지반응답스펙트럼에 부합하는 인공 시간이력과 CAV기준을 만족하는 인공 시간이력을 사용하였다. 지진손상표시기의 실험을 위한 가진하중을 다음과 같이 구분하였다. 1) 현행 원전 설계요건을 만족하는 인공 시간이력과 2) CAV 기준(0.16g-sec)에 부합하는 인공 시간이력 두 종류의 실험하중을 준비한 후 이를 지진손상표시기가 설치될 위치의 가진하중으로 적절히 변형하여 작성하였다. 전자의 하중은 발전소의 OBE 초과기준 요건 충족과 원전의 설계입력지진 요건을 모두 상회하는 인공시간이력이며, 후자의 하중은 원전 OBE 초과기준은 충족하나 설계요건을 만족하는 입력운동은 아니다. 지진손상표시기의 설치위치에 관한 별도의 규정은 없으나 일반적으로 주 제어실 부근에 많이 설치하여 사용하고 있으므로 지진손상표시기의 실험을 원전의 주 제어실에 설치한다는 기본 가정에 맞추어 진행하였다. 가진하중의 작성과정을 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.



(a) 남북방향

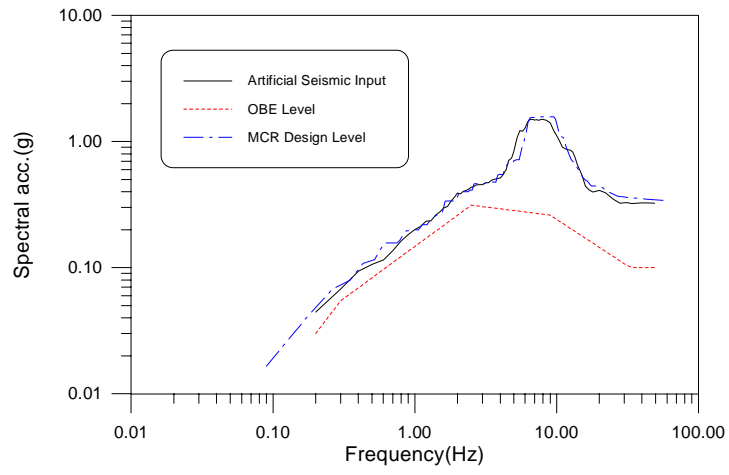
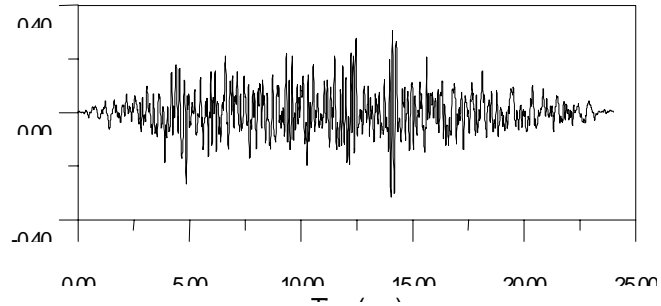


(b) 동서 방향

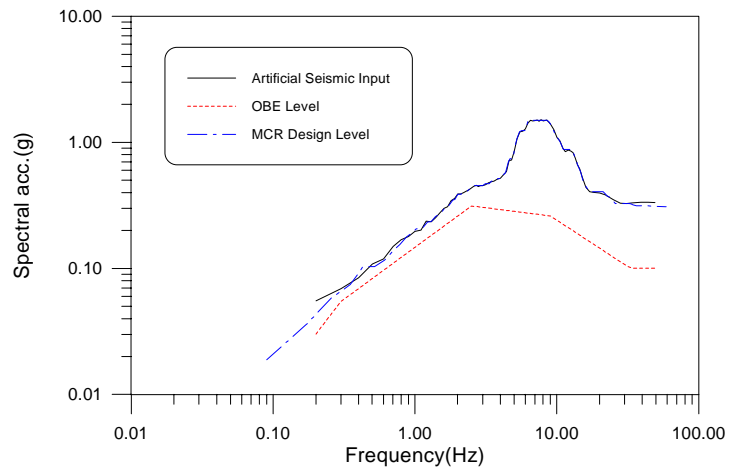
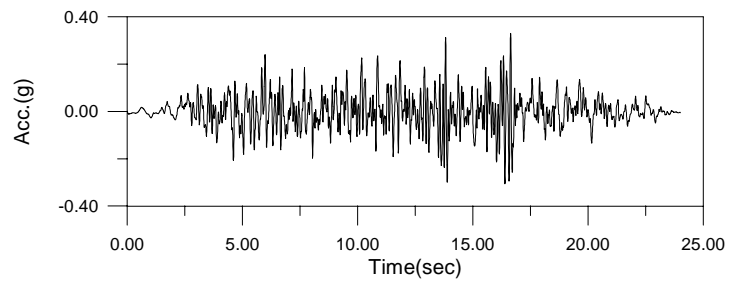


(c) 수직방향

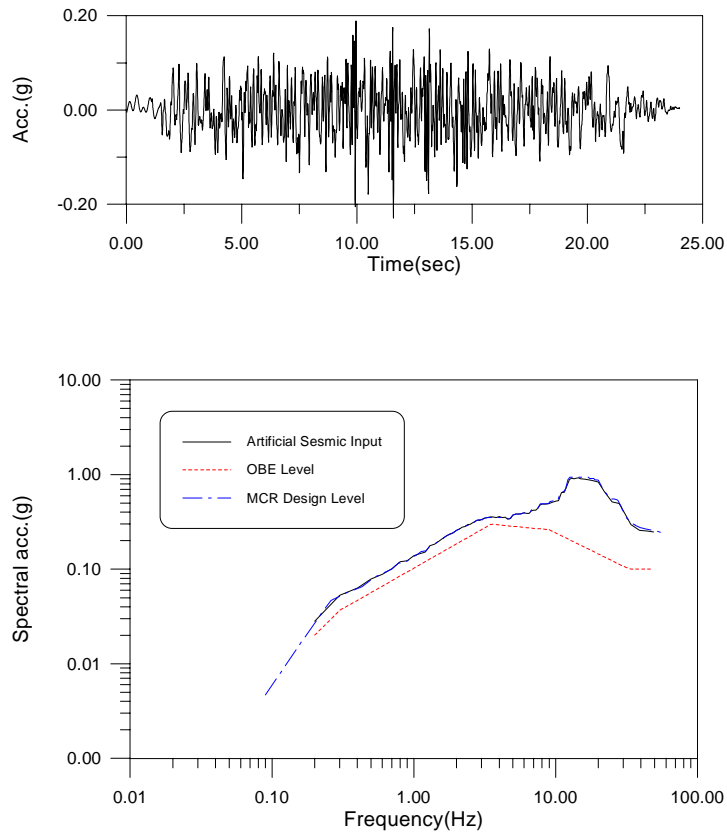
그림 3. CAV(0.16g-sec)기준에 부합하는 가속도 시간이력 및 응답특성



(a) 남북방향



(b) 동서방향



(c) 수직방향

그림 4. OBE기준에 부합하는 가속도시간이력 및 응답특성

첫째는 미국 NRC가 CAV 기준(0.16g-sec)으로 선정한 수준에 부합하는 인공 가속도 시간 이력과 현재 건설되었거나 건설중인 원전의 OBE(0.1g)에 부합하는 인공 가속도 시간이력을 작성하였다. 인공적으로 작성된 가속도 시간이력과 가진하중의 5% 감쇠비에 대한 응답스펙 트럼을 그림1과 그림2에 나타내었다. 가속도 시간이력의 총 지속시간은 24초이며, 시간 간격은 0.005초이다. 각 방향성분에 대한 최대 가속도는 남북, 동서 및 수직방향에서 각각 0.128g, 0.119g, 0.152g 이다. 첫 번째 인공 가속도 시간이력은 CAV기준을 초과하고, 일부 구간에서 최대가속도가 OBE(0.1g)를 초과하지만, OBE 설계응답스펙트럼은 초과하지 않는 가 상의 지진입력운동이다.

두 번째로 사용된 가진하중은 CAV초과기준과 OBE 설계응답스펙트럼을 동시에 초과하 는 인공 가속도 시간이력이다. 총 지속시간은 24초이며, 시간간격은 0.005초이다. 각 방향성 분에 대한 최대 가속도는 남북, 동서 및 수직방향에서 각각 0.316g, 0.329g, 0.229g 이다. 가 진하중의 가속도 시간이력과 5% 감쇠비에 대한 응답스펙트럼을 그림3과 그림4에 표시하였 다. 시간이력 및 응답스펙트럼만 보아도 두 번째 하중이 첫 번째 가진하중에 비하여 파괴력 이 큰 지진임을 짐작할 수 있다.

5. 지진손상표시기 모형물

지진손상표시기는 원전에 설치되어 있는 지진에 취약한 기기 또는 구조물가운데서 몇 가 지를 선정하여 지진발생시 파손 또는 변형상태를 보고 지진발생을 인지하여 운전원이 즉시 대응조치를 취하는 데 도움을 주는 기기를 지진손상표시기로 정의하고 있다. 그러나, 일부

원전에는 책장처럼 시스템과 무관한 별도의 모형물을 발전소 주 제어실 부근에 설치하여 운영하기도 한다. 본 연구에서는 지진발생시 지진손상표시기가 일관된 피해정도를 나타낼 수 있도록 하기 위해 모형의 기본형상을 기하학적으로 단순한 형태인 일정한 높이의 원통형 기둥으로 하였다. 가진하중에 대하여 일관된 반응을 보이는 모형을 결정하기 위해 적절한 높이로 원형기둥을 쌓는다(그림5 참조). 실험에서 선택된 원통형 기둥은 수평방향의 지진하중에 대해 어느 방향으로 작용하더라도 구조물이 일관된 반응을 보이며, 조립, 분해 및 높이조절 등이 편리하고 반영구적으로 사용할 수 있다. 다만, 지진하중 작용시 원통형 기둥간의 미끄러짐 현상은 모형물의 일관된 거동에 방해요소로 작용하는 것으로 밝혀졌기 때문에 원통형 기둥간에 베어링볼을 설치하여 원통형 기둥의 미끄러짐에 의한 붕괴현상을 최대한 억제하였다. 제작 재료는 표 1의 검토결과와 같이 제작비용이 싸고, 가공하기가 비교적 쉬우며 마찰력을 일정하게 유지할 수 있고, 미관이 좋은 아크릴 원형기둥으로 하였다.

표 1. 지진손상표시기 모형물 제작시 고려사항

구 분	규 격	비 고	
평면형상	원형	각 방향의 하중에 대하여 일정한 반응을 보이는 원형 형상	
직경(D)	10cm		
높이(H)	5, 10, 15, 20 cm		
원통개수	10개 이내	지진하중에 가장 적합한 반응을 보이는 개수 선택	
미끄럼 방지	베어링 볼 삽입	원통면 사이의 일정한 마찰력 유지가 불가능하므로 전 단력의 작용을 하는 베어링 볼 삽입(4.75 mm 와 9.5 mm 중에서 실험을 통하여 결정 함)	
재 질	스테인리스	장점	- 부식이 되지 않아 일정한 마찰계수 유지 - 재 사용 가능 - 미관이 좋음
		단점	- 제작 비용이 비쌈 - 큰 단위중량으로 인한 재료사이의 마찰력이 커져서 지진 손상표시기의 높이가 높아질 우려가 있음
	철 금 속	장점	- 제작 비용이 비교적 싸 - 재 사용 가능
		단점	- 부식 방지를 위하여 별도의 코팅이 필요하며 코팅을 할 경우 마찰력의 차이가 발생할 수 있음 - 큰 단위중량으로 인한 재료사이의 마찰력이 커져서 지진 손상표시기의 높이가 높아질 우려가 있음
	아 크 릿	장점	- 제작 비용이 비교적 싸 - 재 사용 가능 - 가공하기가 비교적 쉽고 마찰력을 일정하게 할 수 있음 - 미관이 좋음 - 부식을 위한 처리 불필요
		단점	- 전도시 코너 부위가 깨질 우려가 있음(바닥 완충재 필요) - 마찰력이 작아 작은 충격에도 미끄럼 발생 우려가 있음(중앙부에 반구형 홈을 파 Ball 삽입)
	나 무	장점	- 제작 비용이 싸 - 재 사용 가능 - 가공하기 쉬움
		단점	- 외부 환경에 따라 마찰력이 변할 우려가 있음 - 마찰력을 일정하게 가공하기가 어려움 - 부패와 변형 방지를 위한 코팅처리 필요

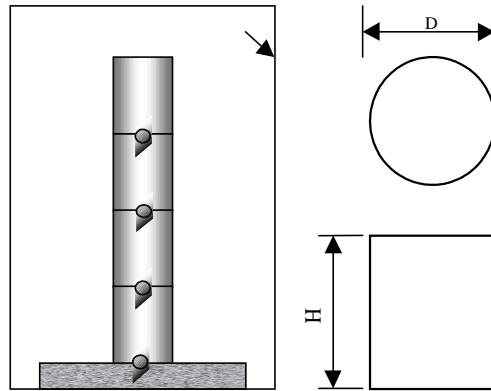


그림5. 지진손상표시기(지진손상표시기) 모형도

구체적인 원통형 기둥의 제원은 실험을 통해서 설계지진하중에 가장 적절히 반응을 보이는 크기와 개수를 결정하였으며, 실험용 지진손상표시기의 제원은 표1과 같다. 한편, 평상시 지진손상표시기를 발전소에 설치할 때는 보호케이스를 설치하여 지진손상표시기 자체와 지진손상표시기로부터 운전원 및 기타 시설물을 보호해야 하며, 지진손상표시기 설치위치의 일정한 마찰력을 보장하기 위해 같은 재질로 만든 바닥판위에 베어링 볼을 설치하고 원통형 기둥을 올려놓아야 한다.

6. 실험 및 결과

실험 목적에 부합하는 3방향의 지진하중을 동시에 가진할 수 있는 6자유도 진동대 실험장비를 갖춘 한국기계연구원에 지진손상표시기 실험 모형물을 그림7, 그림8과 같이 설치하였다. 실험 모형물은 2세트를 마련하였는데, 각각은 미끄러짐 방지를 위해 원통형 기둥간에 장착한 베어링볼의 크기만 4.75mm와 9.5mm로 다르고 그 밖의 실험 모형물의 조건은 동일하다. 첫 번째로 그림3과 같이 누적절대속도기준에 부합하는 가진하중을 동시에 실험모형물에 작용시켜 적절한 높이에서 실험 모형물이 전도되는 실험을 수행하였다. 실험 모형물의 높이를 변화 시키면서 가진하중의 크기를 역시 단계별로 변화를 주는 방법으로 실험을 수행하였다. 이때, 실험 모형물이 가진하중의 90% 수준에서는 전도현상이 발생하지 않으며, 100% 수준에서는 일관되게 전도현상을 보이도록 실험을 통하여 알맞은 높이를 찾아 나간다. 일정한 높이의 실험 모형물이 위와 같은 하중조건에서 3회에 걸쳐 일관된 결과를 얻으면 주어진 하중에 적절히 반응하는 지진손상표시기로 간주된다. 두 번째 실험도 동일한 과정을 거쳐 그림4와 같은 가진하중을 작용하였을 때 적절한 높이와 최적의 원형기둥 조합을 찾는다.

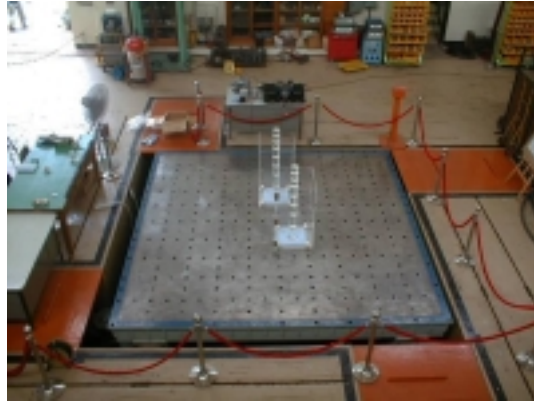


그림 6. 지진손상표시기 진동대 실험 장면

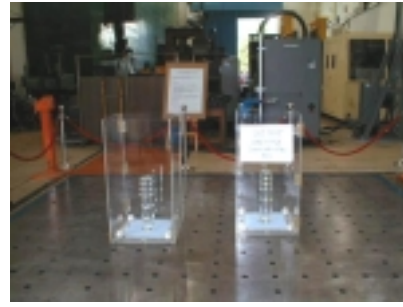


그림 7. 조합결정을 위한 실험(CAV 기준) 그림 8. 조합결정을 위한 실험(OBE 기준)

이러한 실험과정을 통해 누적절대속도 초과기준을 유발하는 가진하중의 경우(첫 번째 실험) 4.75mm 베어링볼을 사용하여 바닥으로부터 $20\text{cm} \times 2 + 15\text{cm} \times 2 + 10\text{cm} \times 3 + 5\text{cm} \times 4$ 로 조합한 120cm 높이의 실험 모형물(그림7)이 가장 적절한 반응을 보였으며, 두 번째 하중(OBE를 초과하는 하중)의 경우, 4.75mm 베어링볼을 사용하여 바닥으로부터 $10\text{cm} \times 3 + 5\text{cm} \times 3$ 로 조합한 45cm 높이의 실험 모형물(그림8)이 최적의 반응을 보였다. 첫 번째 하중에 반응을 보이는 실험 모형물의 높이는 두 번째 하중(OBE를 초과하는 하중)에 반응을 보이는 실험 모형물보다 높은 크기의 지진손상표시기가 필요함을 그림을 통해 손쉽게 확인할 수 있다. 한편, 9.5mm 크기의 베어링볼을 장착한 실험 모형물은 4.75mm 크기의 베어링볼이 장착된 실험 모형물에 비하여 전도현상이 발생하지 않아 부적합한 것으로 판명되었다. 이와같은 결과에 따라 발전소의 운전원실에 설치할 지진손상표시기를 그림 9와 같이 제작하였다.



그림 9. 제작된 지진손상표시기(OBE 하중)

7. 결 론

운전원이 지진발생 사실을 손쉽게 판단하고 신속한 대응조치를 취할 수 있기 위한 도구로서 지진손상표시기를 제작하였다. 기본적인 형태는 각 방향의 지진하중에 대하여 일정한 반응을 보일 수 있는 아크릴의 원형기둥으로 하였으며, 기둥간의 미끄러짐에 의한 탈락을 막기 위하여 기둥간 각각 4.75mm와 9.5mm 크기의 베어링 볼을 삽입하여 제작하였다. 입력하중으로는 CAV 기준과 표준설계지반응답스펙트럼 기준 인공시간이력을 사용하였다. CAV 기준에 의한 실험결과 원형기둥은 4.75mm 베어링 볼을 사용한 총높이 120cm(20cm × 2 + 15cm × 2 + 10cm × 3 + 5cm × 4)의 조합에서 기준하중의 90%에서는 탈락되지 않았고 100%에서는 탈락되었다. 표준설계지반응답스펙트럼 기준에 의한 실험결과는 원형기둥이 총높이 45cm(10cm × 3 + 5cm × 3)이었을 때 90% 기준하중에서 탈락되지 않았고, 100% 기준하중에서는 탈락하였다. 그러나 CAV 기준에 의한 120cm 지진손상표시기의 경우 입력하중인 CAV 기준이 누적된 지진하중을 나타내고 있는데 반하여 지진손상표시기가 누적된 손상을 표시하기에는 무리가 있고 높이가 높아 설치 및 유지관리에 문제가 있어 지진손상표시기로는 45cm를 선정하였다.

본 연구를 통해 선정된 지진손상표시기를 위한 모형물이 원전에 설치될 경우 지진감시시스템의 오동작을 예방할 수 있고 지진발생후 8시간안에 수행해야 하는 현장조사의 기기 및 구조물 손상조사범위 및 정도 결정시 판단의 근거를 제공하는 등, 불필요한 운전중지를 예방할 수 있고 또한, 운전원이 지진발생 여부를 쉽게 인지하여 즉각 대응하여 신속한 대응조치에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Guidelines for Nuclear Plant Response to an Earthquake, EPRI NP-6695, Palo Alto, California: Electric Power Research Institute, prepared by MPR Associates, Inc., December 1989
2. Standardization of the Cumulative Absolute Velocity, EPRI TR-100082, Palo Alto, California: Electric Power Research Institute, prepared by Yankee Atomic Electric Company, December 1991

3. A Criterion for Determining Exceedance of the Operating Basis Earthquake, EPRI NP-5930, Palo Alto, California: Electric Power Research Institute, prepared by Jack R. Benjamin and Associates, Inc., July 1988
4. NRC Reg Guide 1.166, March 1997