

누적절대속도 개념을 고려한 지진손상표시기의 실험적 연구

An Experimental Study on Seismic Damage Indicator Considering Cumulative Absolute Velocity Concept

이 종 립* 권 기 주** 이 상 훈***
Lee, Jong Rim Kwon, Ki Joo Lee, Sang Hoon

국문요약

원자력발전소(원전)는 운전기준지진(OBE) 초과지진 발생시 안전성 검사와 시험을 위하여 운전을 정지하여야 하는데, 계속된 지진기록의 누적절대속도(CAV) 계산 값이 0.16g-sec를 초과하고 OBE 응답스펙트럼을 초과하면 OBE를 초과한 것으로 고려하게 된다. 이 CAV 기준은 발전소의 지진 특성과 구조물의 특성에 따라 다르므로, 발전소에 적합한 CAV 기준을 설정하여야 한다. 국내 원전에 적합한 CAV 기준 값을 설정하기 위하여, 각 방향에서의 지진하중에 일관되게 반응하도록 고안한 원통모양의 아크릴 봉을 조립한 지진손상표시기(SDI)를 제작, 진동대 시험을 통하여 지진의 세기를 평가하고 국내 원전 내진설계에 적용된 CAV 값을 계산한 결과 0.3~0.5g-sec으로 나타나 OBE 초과기준으로 CAV 기준 값(0.16g-sec)의 적용은 충분히 보수적인 값으로 나타났다. 본 연구를 통하여 개발된 SDI는 발전소 운전원이 OBE 초과 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 운전 정지 후 원전의 지진 피해도를 정량적으로 판단하여 조치를 취하는 도구로 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : MM진도, 가속도 시간 이력, 운전기준지진, 누적절대속도, 지진손상표시기, 진동대 시험

ABSTRACT

The nuclear power plant(NPP) should be shut down for inspection and tests prior to a return to power if the earthquake exceeds the operating basis earthquake(OBE). The OBE at the plant is considered to have been exceeded if the computed cumulative absolute velocity(CAV) from the earthquake record is greater than 0.16g-sec. However, the CAV criterion should be determined considering the seismic and structural characteristics of the plant. An experimental study using shaking table is conducted in this study to evaluate intensity of CAV criterion. Appropriate level of CAV is evaluated based on the test results using the developed seismic damage indicator(SDI) model. The model consists of stacked acrylic cylinders and is developed to behave consistently for each directional seismic load. The result of the experimental study indicates that the CAV criterion of 0.16g-sec is conservative enough to be applied to Korean NPPs since the CAV value of the seismic input motion of the Korean standard NPPs ranges from 0.3 to 0.5 g-sec. The developed SDI is expected to be useful not only in easily determining OBE exceedance but also in evaluating earthquake damage quantitatively to provide guidelines for better post-shutdown inspection and test.

Key words : MM intensity, acceleration time history, operating basic earthquake, cumulative absolute velocity, seismic damage indicator, shaking table test

1. 서 론

1999년 6월 원전 부지 외곽에 지진관측망을 설치한 이래 월성 원전 인근에 위치한 경주변전소에 설치되어 있는 지진 관측소에서 그림 1과 같은 OBE 설계지반가속도인 0.1g를 초과(표 1 참조)하는 지진이 관측되어 진동수 분석 결과 그림 2와 같이 10Hz 부근의 고 진동수 대역에서 OBE설계스펙트럼을 초과하는 것으로 나타났다. 그러나 지진 발생 직후 경주변전소의 지진피해를 조사한 결과 전혀 피해가 발생하지 않은 것으로 밝혀졌다. 현재 국내 원전에는 지진 발생 시 최대지반가속도가 0.1g를 초과하고 응답스펙트럼을 초과하는 경우에는 운전기준지진(OBE)을 초과하는 것으로 규정하고 있다. 이러한 OBE를 초과하는 지진이 원전에 발생되면 운전원이 신속하게 지진 손상도를 판단하여 운전을 정지하고 OBE 초과로 인한 잠재적인 피해를 조사한 후 재 가동하도록 규정하고 있다.⁽¹⁾ 이와 같은, 소규모의 지진피해를 야기

하지 않는 고진동수 성분의 낮은 에너지를 갖는 지진동은 앞으로 발생할 가능성이 매우 높다. 미국에서도 이와 유사한 사례가 발생하여 운전중인 원전을 정지시킨 후 수 개월 동안 지진 손상도를 조사한 결과, 전혀 지진피해가 없는 것으로 나타났다.⁽²⁾ 이에 따라 발생한 지진이 잠재적인 피해를 초래할 정도인지 여부를 신속하고 합리적으로 판단할 수 있는 기술지침이 필요하게 되었다.

미국 전력연구소(EPRI)에서는 OBE를 초과하는 지진동은 OBE 설계스펙트럼의 초과 뿐만 아니라 잘 설계된 빌딩 구조물에 잠정적인 피해를 줄 수 있는 지진동으로 정의하고, 이를 정량화 할 수 있는 파라미터를 구하기 위하여 피해의 한계값 MM진도 VI를 잘 설계된 구조물에 피해를 줄 수 있는 보수적인 값으로 선택하여 가장 분별력이 좋은 파라미터를 구한 결과, 누적절대속도(CAV : cumulative absolute velocity)가 구조물의 피해 수준을 판별하는데 가장 양호한 파라미터라는 결론을 얻게 되어⁽²⁾ 개정된 규제지침에서는 이 CAV 값이 OBE 초과여부를 판단하는 기준으로 설정되고 지진 발생시 원전의 구조물 및 기기계통의 지진손상도에 따라 후속 성능을 평가하여 재운전을 하도록 규정하고 있다. 지진손상도를 판단하는 척도의 하나로 지진손상표시기(SDI

* 정회원 · 한국전력공사 전력연구원, 수석연구원(대표저자 : jrlee@kepri.re.kr)

** 정회원 · 한국전력공사 전력연구원, 책임연구원

*** 정회원 · 한국전력기술(주), 책임연구원

본 논문에 대한 토의를 2001년 8월 31일까지 학회로 보내 주시면 그 결과를 게재하겠습니다.
(논문접수일 : 2001. 3. 8 / 심사종료일 : 2001. 5. 10)

: seismic damage indicator)를 이용한다. 즉, 지진에 가장 취약한 구조물이나 설비를 지진손상표시기로 설정하고 지진발생 시 피해 정도에 따라 다른 후속성능 평가 규정을 적용한다. 그러나, 종래의 개념에 따른 지진손상표시기는 단순히 구조적 취약성에 따라 결정되기 때문에 보다 명확하고 근거있는 지진손상도를 결정하기 위해서는 별도로 정량적으로 평가된 지진손상표시기를 제작하여 발전소에 설치하는 것이 바람직하다. 이러한 배경에 따라 본 연구에서는 국내 원전의 새로운 내진설계 규정에 부합하는 SDI 실험 모형을 제작하여 진동대 시험을 통하여 정량적 평가를 시도하였다. 또한, 0.16g-sec로 규정된 CAV 기준 값의 국내 원전에서의 적용을 위하여 국내 원전 내진설계에 사용한 입력지진과의 부합 여부도 검토하였다.

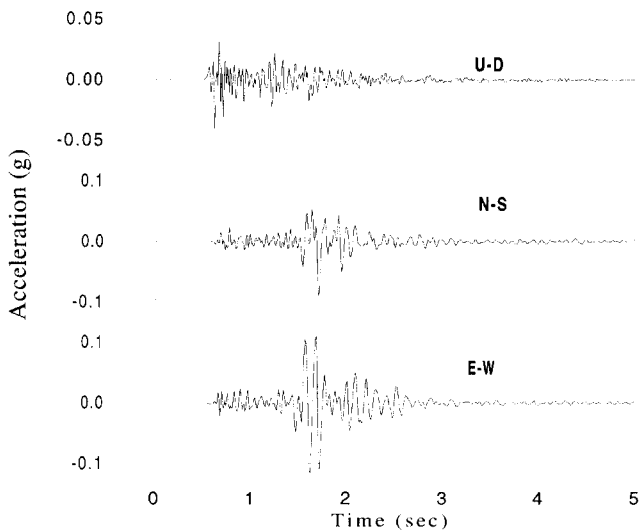


그림 1 경주변전소에서 계측된 지진가속도 기록

표 1 경주변전소에서 계측된 지진의 최대지반가속도

관측소명	진앙거리 (km)	최대지반가속도(g)		
		E-W	N-S	U-D
WSC	8.4	0.1153	0.0900	0.0403

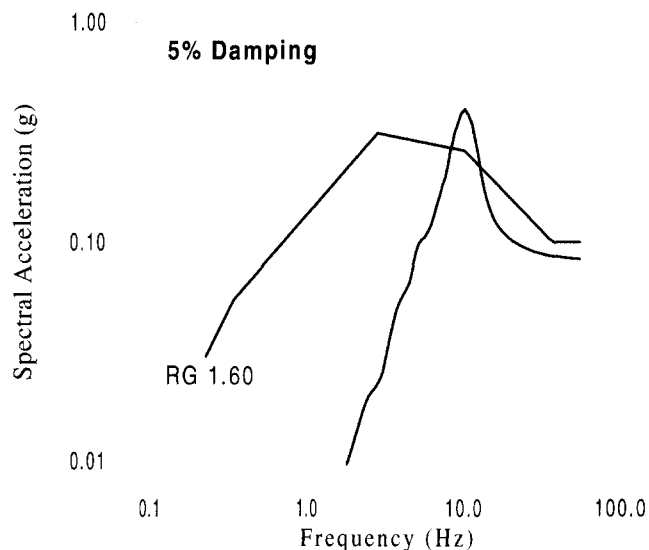


그림 2 지반응답스펙트럼과 NRC reg. guide 1.60 설계응답스펙트럼 비교

2. CAV 기본이론

CAV는 다음과 같이 절대 지진가속도의 시간적분으로 정의될 수 있으며, 잠재적으로 저진동수의 운동에 민감한 반면, 손상을 주지않는 고진동수 운동에는 둔감한 특성을 지닌다.

$$CAV = \int_0^{t_{max}} |a(t)| dt \quad (1)$$

여기서, $a(t)$: 가속도 시간이력
 t_{max} : 기록시간

식 (1)로 계산된 CAV에 기여하는 가속도 시간이력 성분 가운데 비손상성 부분을 보다 확실하게 제거하기 위하여, 가속도 시간이력에서 손상이 발생하는 강진구간을 다양한 방법을 통하여 설정한 후 이로부터 계산된 CAV 값과 손상도와와의 상관관계를 비교 분석하였다.⁽³⁾ 그 결과 식 (2)와 같이 1 초 단위로 구간을 선정하여 구조물에 피해를 줄 수 있는 크기인 0.025g를 초과하는 운동이 포함된 경우에만 CAV 계산에 누적해 나가는 방식을 최종적으로 채택하여 CAV 산정 절차를 식 (2)와 같이 표준화하였다.⁽³⁾

$$CAV_{TOTAL} = CAV_i + \int_{t_{i-1}}^{t_i} |a(t)| dt \quad (2)$$

여기서,
 $a(t)$: 1초의 시간 간격 중에서 가속도 값이 0.025g를 초과하는 것이 적어도 1개 이상 존재할 때의 가속도
 $I=1,n$ (n 은 1초 단위의 지진 기록 수)

식 (2)에 따라 결정된 CAV 값은 OBE 초과 판단의 근거로 사용되는데 다음 두 가지 경우를 만족시키는 경우에 OBE를 초과한 것으로 판단하게 된다.⁽⁴⁾

- ① 응답스펙트럼을 초과하는 경우
 5%의 감쇠를 고려한 지진동의 응답스펙트럼이 2~10Hz 사이에서 대응하는 OBE 설계응답스펙트럼 또는 0.2g 중 큰 것을 초과하고, 진동수 1~2Hz 사이에서는 OBE 속도응답스펙트럼 혹은 6in/sec 중 큰 것을 초과하는 경우.
- ② CAV를 초과하는 경우
 0.025g 이상의 가속도의 CAV가 0.16g-sec를 초과하는 경우.

CAV 한계 값인 0.16g-sec는 잘 설계된 빌딩에 지진피해를 주는 경우가 거의 없는 충분히 보수적인 값이다.⁽³⁾ 상기 방법에 따라 최근 발생된 경주지진의 CAV 값을 계산한 결과, 그림 3과 같이 약 0.04 g-sec로 매우 낮게 나타났기 때문에, 상기 ① 항의 조건은 만족하지만 ② 항의 조건은 만족하지 않는 것으로 나타났다.

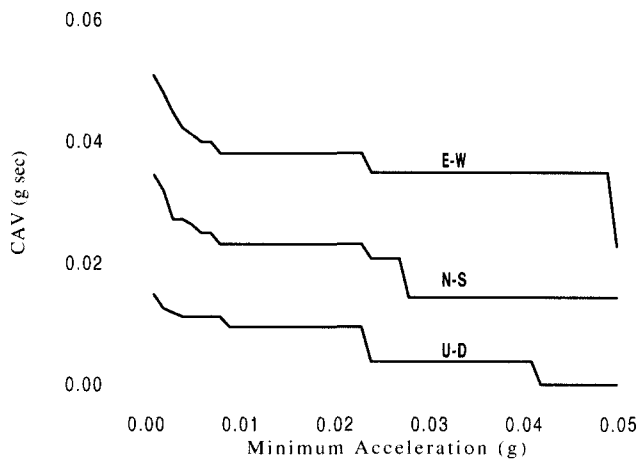


그림 3 경주변전소 기록지진의 CAV 값

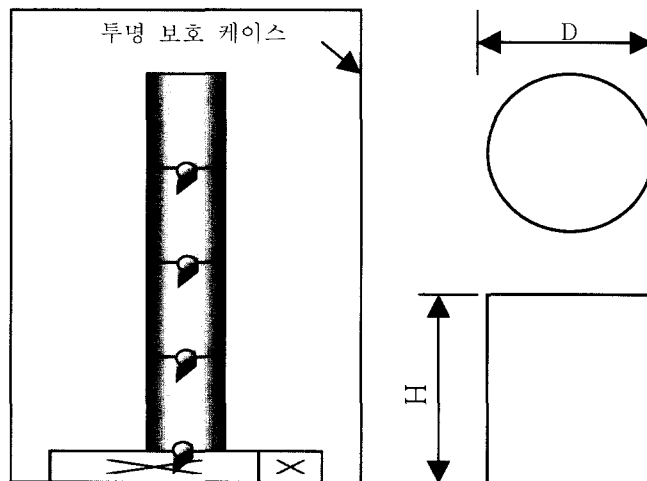


그림 4 지진손상표시기(SDI) 모형도

3. SDI의 정량적 평가를 위한 실험 모형 제작

1997년 3월에 개정된 미국 원자력규제위원회(NRC)의 규제기준에는 EPRI의 연구결과를 토대로 원전에 적용 가능한 CAV 기준으로 0.16g-sec을 제시한 바 있다. 그러나 국내 실정에 적합한 CAV 기준을 결정하기 위해서는 원전 부지의 지질조건, 지진특성과 구조물의 고유특성 및 전문가의 경험적 판단 등 여러 요소가 고려되어야 한다.⁽⁵⁾ 원전의 감지지진은 원전의 주요 위치에 설치된 센서로 감지되어 지진파분석시스템에서 수집과 분석이 이루어진다. 그러나 지진에 대한 전문지식이 없는 운전원이 자동으로 처리되는 시스템 이외에 보조적인 모형을 통해서 지진발생 사실을 확인할 수 있다면 보다 신속한 지진대응 조치 및 판단이 이루어질 수 있다. 따라서 지진감시시스템 이외의 보조적인 수단으로 원전에 설치되어 있는 구조물, 기기 또는 별도로 제작한 모형을 이용하여 지진 피해정도를 판단하고 조치를 취할 수 있다. 이러한 목적에 따라 지정한 설비를 지진손상표시기라고 부르고 있으며, 미국의 일부 원전에서는 지진에 가장 취약한 각종 변압기, 애자, 크레인, 캐비닛, 책장, 창문 등의 구조물이나 기기를 SDI로 지정하고 지진 발생 후 원전의 지진 손상도에 따른 후속 성능평가에 활용하고 있다. 그러나 이러한 방식으로 선정된 SDI는 정량적인 평가를 거치지 않았기 때문에 지진 손상을 결정하는 과정에서 많은 혼선을 초래할 가능성이 있다.

본 연구에서는 CAV 기준을 정량적으로 평가할 수 있도록 실험모형을 제작하여 진동대 시험을 거쳐 원전에 설치하여 실제 지진 발생시 지진 손상도를 판단할 수 있는 SDI로 사용토록 계획하였다. 지진발생시 SDI가 일관된 피해 정도를 나타낼 수 있도록 하기 위하여 기하학적으로 단순한 형태인 일정한 높이의 아크릴로 만든 원통형 기둥을 제작하여 그림 4와 같이 적절한 높이로 원형 기둥을 연속적으로 쌓으면서 진동대 시험을 수행하였다. 실험에서 선택된 원통형 기둥은 지진하중이 어느 방향으로 작용하더라도 구조물이 일관된 반응을 보이며, 조립, 분해 및 높이 조절 등이 편리하고 향후 SDI로 사용할 수 있도록 고안하였다. 예비실험을 통하여, 지진하중 작용시 원통형 기둥간의 미끄러짐 현상은 모형물

의 일관된 거동에 장애요소로 작용하는 것으로 밝혀졌기 때문에 원통형 기둥간에 직경 4.75mm(3/16in)의 베어링 볼을 설치하여 원통형 기둥의 미끄러짐에 의한 붕괴를 억제하도록 하였다.

원통형 기둥의 제원은 실험을 통해서 설계지진하중에 가장 적절한 반응을 보이는 크기와 개수를 결정하였으며, 실험용 SDI 모형 제작시 고려된 사항은 다음 표 2와 같다.

4. 입력 가진하중

입력지진으로는 1)CAV 기준(0.16g-sec)에 부합하는 인공 시간이력과 2)현행 원전 설계요건을 만족하는 인공 시간이력 두 종류의 실험하중을 준비한 후 이를 SDI가 설치될 위치의 입력 가진 하중으로 적절히 변형하여 가진 하중을 작성하였다.⁽⁶⁾ 전자의 하중은 원전 OBE 초과기준은 충족하나 설계입력지진을 초과하는 입력운동은 아니고, 후자의 하중은 원전의 OBE 초과기준과 원전의 설계입력지진을 모두 상회하는 인공 가속도 시간이력이다.

SDI의 설치 위치에 관한 별도의 규정은 없으나 주체어설 부근에 설치하면 운전원이 활용하기 편리하므로 SDI를 원전의 주체어설에 설치한다는 가정하에 입력 가진 하중을 선정

표 2 실험용 SDI 모형 제작시 고려사항

구분	규격/재료	비고
H/D	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	직경(D)=10cm, 높이(H)=5, 10, 15, 20cm
적층 높이	-	실험에서 요구하는 지진하중에 적절한 반응을 보이되 조합한 높이가 사람 신장을 넘지 않는 범위
재질	아크릴	부식의 방지, 재사용 가능, 지진하중의 관성력이 잘 나타나는 단위중량, 내구성이 좋은 재료 사용
바닥판	아크릴	상부 구조물의 중량을 충분히 지탱할 수 있도록 제작하여 진동대에 단단히 고정 (원통기둥 중량의 2배 이상으로 제작)

하였고, 입력 가진 하중의 산정 과정을 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째는 미국 NRC가 CAV 기준(0.16g-sec)으로 선정한 수준에 부합하는 인공 가속도 시간이력과 국내 원전의 OBE(0.1g)에 부합하는 인공 가속도 시간이력을 작성하였다. 작성방법은 지진하중을 식 (3)과 같이 위상차를 포함하는 일련의 조화 함수들의 선형 합으로 나타낸다.

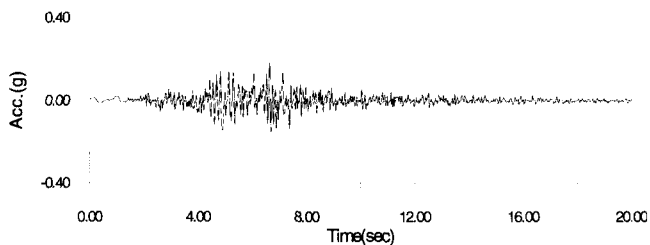
$$\ddot{Z}(t) = \sum_{i=1}^n A_i \sin(\omega_i t + \phi_i) \quad (3)$$

A_i 와 ϕ_i 는 각각 i 번째 조화함수의 진폭과 위상각이며, ω_i 는 i 번째의 진동수이다. 식 (3)을 이용해 생성된 인공가속도 시간이력을 설계요건에 부합하는 형태로 가공하기 위해 설계 응답스펙트럼과 지진응답스펙트럼의 편차를 보정하는 함수인 식 (4)와 같은 형태의 δR^{max} 를 연속적으로 가속도 시간이력에 반복 적용하여 원하는 형태의 가속도 시간이력을 얻는다.

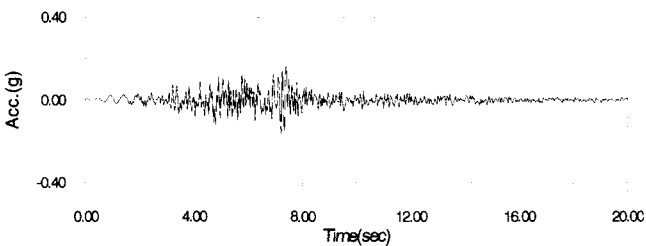
$$\delta R^{max}(\omega_i, \xi_k) = \int_0^{t_{mi}} \delta \ddot{Z}(\tau) h_{ik}(t_{mi} - \tau) d\tau \quad (4)$$

t_{mi} 는 최대응답이 발생할 때의 시간이며, 함수 $h_{ik}(t)$ 는 감쇠비 ξ_k 와 진동수 ω_i 에 대한 단위충격응답 함수(unit-impulse response function)이며 식 (5)와 같이 정의된다.

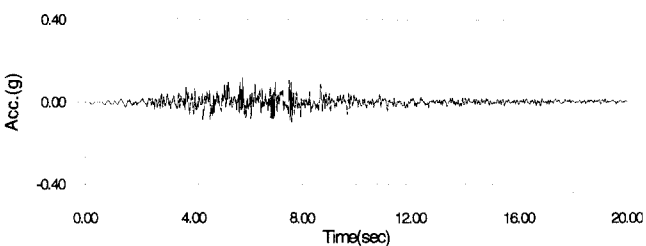
$$h(t) = -\frac{1}{\omega_{di}} \exp(-\omega_i \xi_k t) \sin \omega_{di} t \quad (5)$$



(a) 남북방향



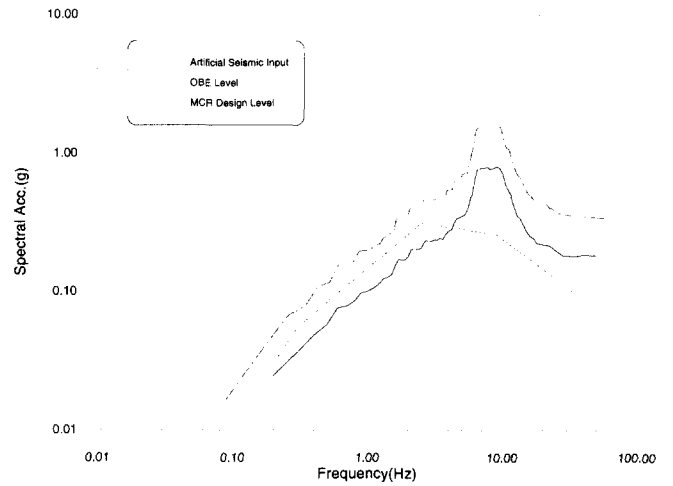
(b) 동서방향



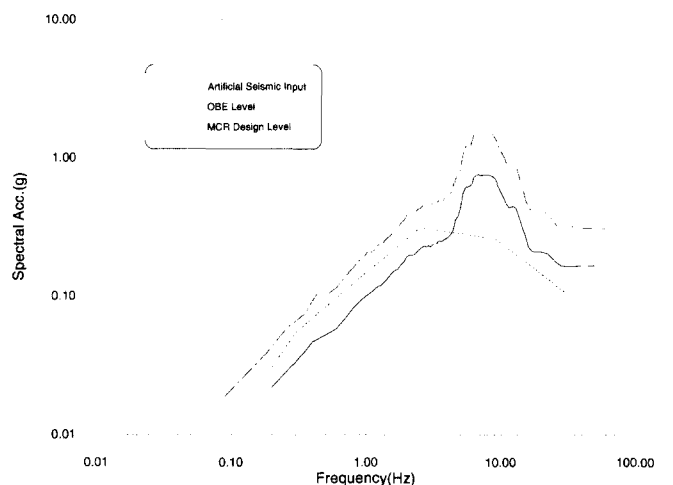
(c) 수직방향

그림 5 CAV(0.16g-sec)기준에 부합하는 가속도 시간이력

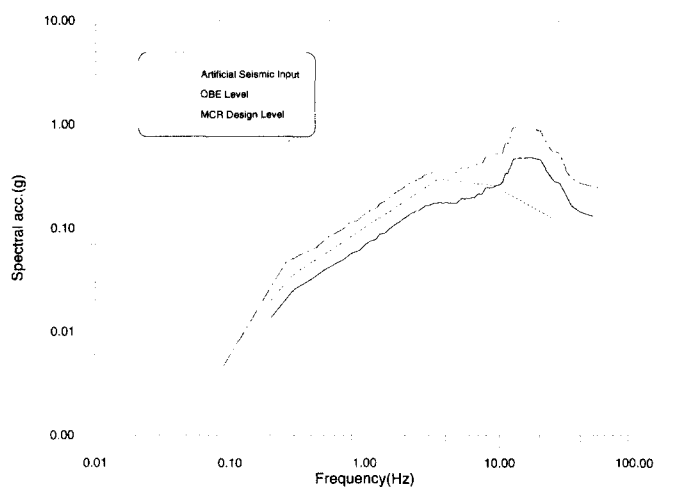
인공적으로 작성된 가속도시간이력과 가진 하중의 5% 감쇠비에 대한 응답스펙트럼을 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 가속도 시간이력의 총 지속시간은 20초이며, 시간 간격은 0.005초이다. 각 방향의 성분에 대한 최대 가속도는 남북, 동서 및 수직 방향에서 각각 0.179g, 0.165g, 0.120g 이다. 첫 번째 인공



(a) 남북방향



(b) 동서방향



(c) 수직방향

그림 6 CAV(0.16g-sec)기준에 부합하는 가속도 시간이력 응답 특성 (OBE level은 실제 지반응답스펙트럼, MCR design level은 주제어실의 응답스펙트럼을 나타냄)

가속도 시간이력은 CAV 기준(0.16g-sec)은 초과하지만 OBE 설계응답스펙트럼은 초과하지 않는 가상의 지진 입력 운동이다.

두 번째로 사용된 가진 하중은 CAV 기준과 OBE 설계응답스펙트럼을 동시에 초과하는 인공 가속도 시간 이력이다. 총 지속시간은 24초이며, 시간 간격은 0.005초이다. 각 방향 성분에 대한 최대 가속도는 남북, 동서 및 수직 방향에서 각각 0.316g, 0.329g, 0.229g 이다. 가진 하중의 가속도시간이력과 5% 감쇠비에 대한 응답스펙트럼을 그림 7과 그림 8에 표시하였다.

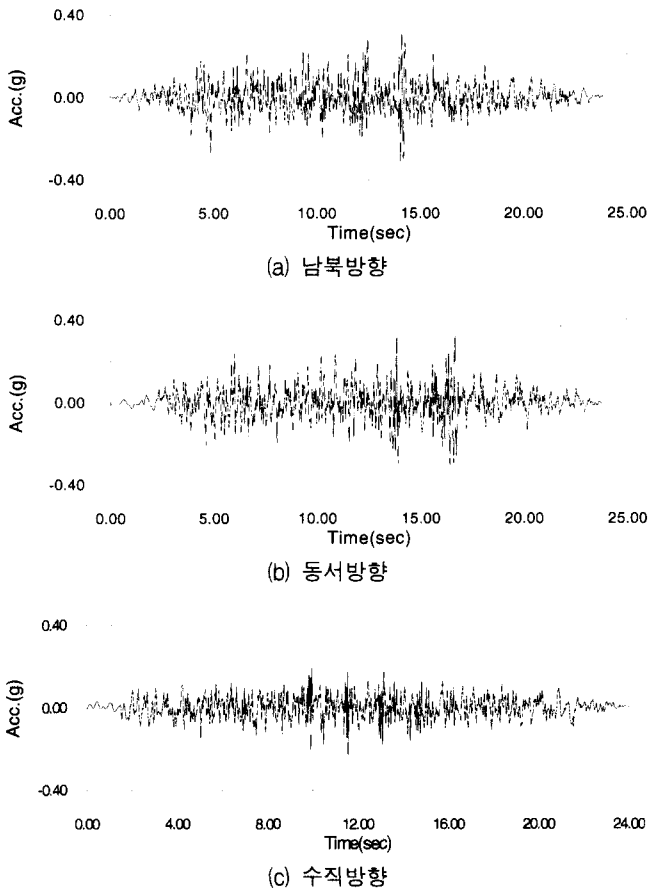


그림 7 OBE기준에 부합하는 가속도시간이력

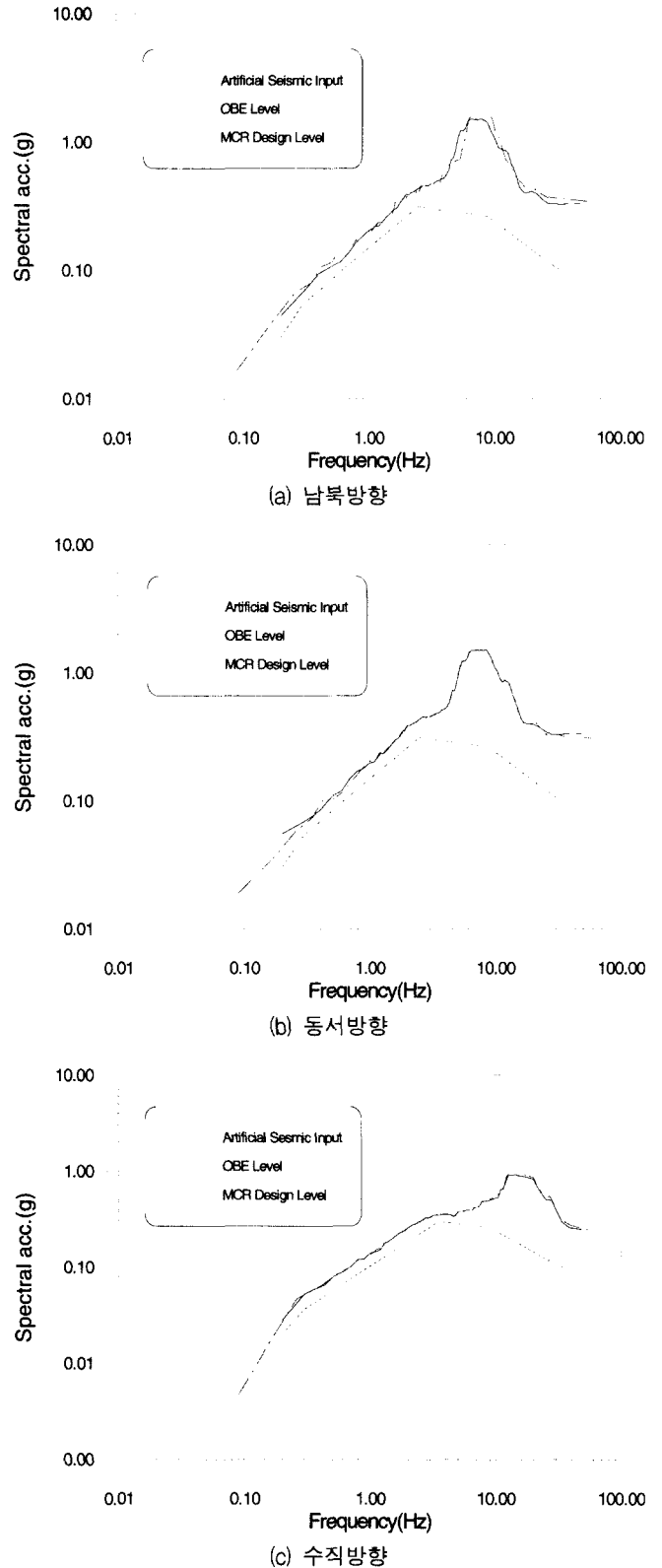


그림 8 OBE기준에 부합하는 가속도 시간이력 응답 특성(OBE level은 설계지반응답스펙트럼, MCR design level은 주제어실의 층 응답스펙트럼을 나타냄)

된 결과를 얻으면 주어진 하중에 적절히 반응하는 SDI로 간주된다. 두 번째로 OBE를 초과하는 실험도 동일한 과정을 거쳐 그림 7과 같은 가진 하중을 작용하였을 때 적절한 높이와 최적의 원형 기둥 조합을 찾는다.

이러한 실험과정을 통해 CAV 초과기준을 유발하는 지진

5. 실험 결과 및 설계 기준과의 비교

5.1 실험 결과

실험목적에 부합하는 3방향의 지진하중을 동시에 가진할 수 있는 한국기계연구원의 6자유도 진동시험대에 SDI 실험 모형을 그림 9, 그림 10과 같이 설치하였다. 첫 번째로 그림 5와 같이 CAV 기준에 부합하는 가진 하중을 실험 모형에 작용시켜 적절한 높이에서 실험 모형이 전도되는 실험을 수행하였다. 실험 모형의 높이를 변화시키면서 가진 하중의 크기를 역시 단계별로 변화를 주는 방법으로 실험을 수행하였다. 이때, 실험 모형이 가진 하중의 90% 수준에서는 전도현상이 발생하지 않고, 100% 수준에서는 일관되게 전도현상을 보이도록 실험을 통하여 알맞은 높이를 찾아 나간다. 일정한 높이의 실험 모형이 위와 같은 하중조건에서 3회에 걸쳐 일관

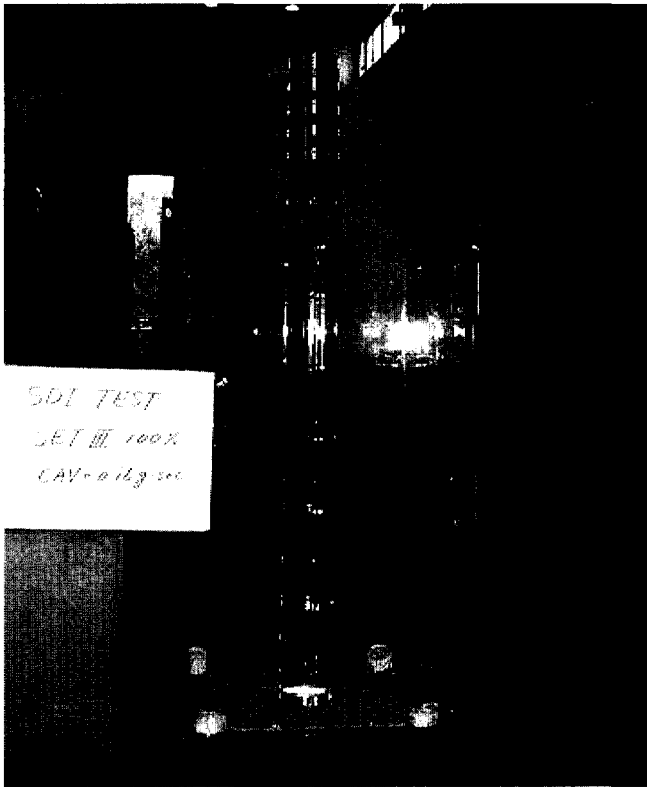


그림 9 CAV기준을 초과하는 가진 하중에 대한 SDI 최적 조합 실험

하중의 경우는 바닥으로부터 20cm×2+15cm×2+10cm×3+5cm×4로 조합한 120cm 높이의 실험 모형(그림 9 참조)이 가장 적절한 반응을 보였으며, OBE 기준을 초과하는 가진 하중의 경우는 바닥으로부터 10cm×3+5cm×3으로 조합한 45cm 높이의 실험 모형(그림 10 참조)이 최적의 반응을 보였다.

5.2 SDI 실험모형의 지진손상도 평가에의 적용성 고찰

5.2.1 CAV 기준(0.16g-sec)을 부합하는 SDI

OBE를 초과하는 지진이 발생하게 되면 원전의 운전을 정지하게 되고 그 이후 원전의 재운전을 위하여 원전의 후속 성능을 평가를 하게 되는데 이 평가는 지진손상도에 따라 검사 및 시험 범위가 달라지므로 지진손상도의 기준이 설정되어야 한다. 미국 EPRI는 지진손상도를 3등급으로 나누고, 지진손상도 확대검사 여부를 판단하는 최소 요건으로 사전에 설정한 변압기 예자, 전동 등과 같이 지진에 매우 취약한 설비의 피해 여부를 조사하는 절차를 제시하고 있다.⁽³⁾ 그러나, 이러한 설비는 정량적으로 내진력이 평가되어 있지 않으므로 적용상의 한계가 있다.

서론에서 기술한 바와 같이 CAV 기준(0.16g-sec)은 MM진도 VI 정도 이하의 지진에 평가되어 있으므로 내진설계가 잘 되어 있는 원전과 같은 구조물은 지진 피해가 없을 것으로 판단할 수 있다. 상기 SDI 실험 모형이 CAV 기준(0.16g-sec)을 부합하는 가진 하중에 전도되는 경우에는 MM진도 VI 이상의 지진에 대응하는 손상도이므로, 원전 설비 중에서 지진에 매우 취약한 설비의 지진손상의 가능성을 예측할 수 있는 기준이 될 수 있다. 따라서, 상기 SDI 실험 모형의 전도

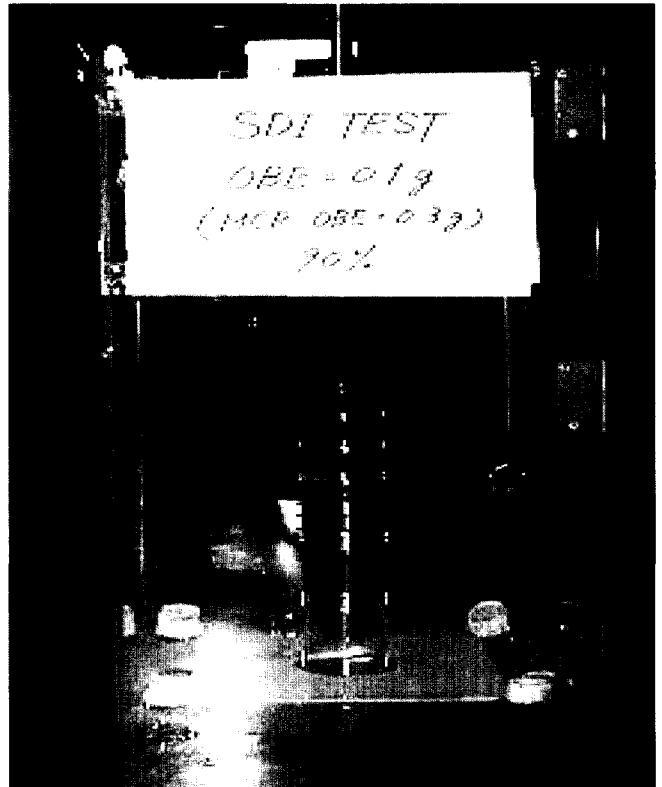


그림 10 OBE기준을 초과하는 가진 하중에 대한 SDI 최적 조합 실험

여부는 지진손상도를 평가하기 위한 확대검사 필요 여부를 판단하기 위한 기준으로 적용할 수 있다고 판단된다.

5.2.2 OBE 초과 기준에 부합하는 SDI

CAV 기준과 응답스펙트럼 기준 초과에 부합하는 SDI는 종래의 OBE 초과 기준으로 사용하였던 최대지반가속도(0.1g)나 응답스펙트럼에 의한 불필요한 원전의 가동중단을 방지할 수 있다.

또한, 지진감시시스템의 오작동 또는 지진 감지기에의 충격 등으로 인하여 OBE 초과 경보가 발생하는 경우에도 SDI 실험 모형을 설치해서 전도 여부를 확인하면 실제 지진의 발생 여부 및 심각성을 판단하는데 도움을 줄 수 있다. 특히, 지진피해를 거의 야기하지 않는 고진동수 성분의 낮은 에너지를 갖는 소규모 지진이 발생하는 경우는 CAV 기준을 초과하지 않게 되므로, SDI는 이러한 사실을 계기상으로 나타내지 않고 물리적으로 보여 줄 수 있게 됨으로써 운전원의 신속한 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

5.3 CAV 기준(0.16g-sec)의 국내 적용 적정성 평가

개정된 OBE 초과 기준으로 제시된 CAV 기준(0.16g-sec)을 국내 원전에 적용하기 위하여는 내진설계 입력지진에 부합하는 지 여부가 검토되어야 한다. 국내 표준 원전의 내진설계 입력 지진 운동의 CAV 값을 평가한 결과, 그림 11과 같이 수평 성분은 약 0.5g-sec, 수직 성분은 0.3g-sec인 것으로 나타났다. 따라서, 현행 미국 NRC의 OBE 초과기준으로 제시하고 있는 CAV(0.16g-sec) 값의 국내 적용은 충분히 보수적인 값으로 판단된다.

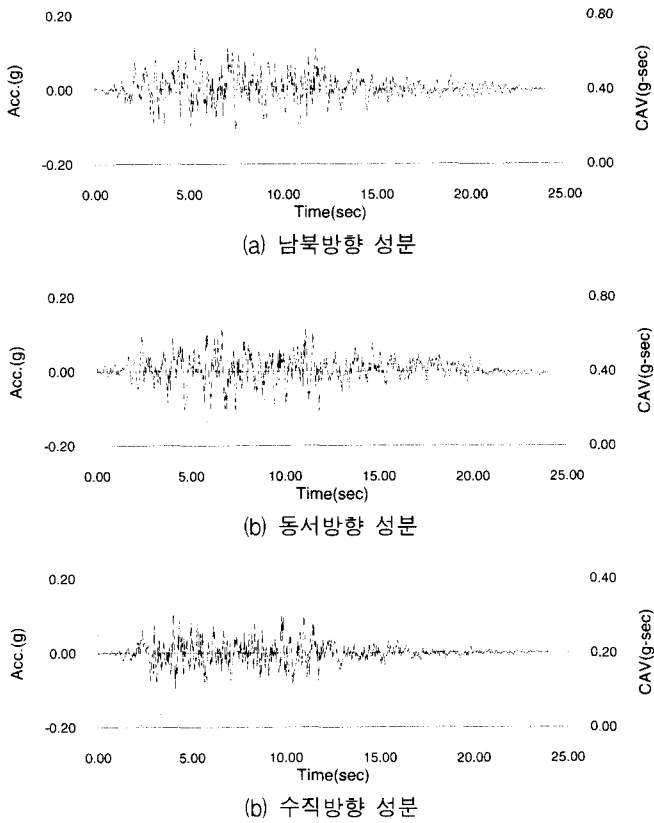


그림 11 표준원전에 사용된 인공 설계 가속도 시간이력의 CAV

6. 결 론

본 연구에서는 SDI 실험 모형을 제작, 진동대 시험을 통하여 새로운 OBE 초과 여부의 판단 기준으로 제시된 CAV 기준(0.16g-sec)과 OBE 초과 기준에 대하여 정량적 평가 실험을 하였다. 단순한 형태의 실험 모형물이지만 원전의 안전에 주요한 영향을 주는 두 가지 하중조건에 대하여 일관된 거

동을 입증하는 실험을 수행하였다. 실험 결과, CAV 기준(0.16g-sec)에 해당하는 가진 하중은 OBE를 초과하는 가진 하중에 비하여 세기가 매우 낮아 내진설계가 잘 되어 있는 원전과 같은 구조물은 지진 피해가 없을 것으로 판단된다. 또한, SDI 제작을 위한 실험 모형물은 CAV 개념을 적용함으로써 정량적인 지진 특성에 대해 일관된 거동을 보여주므로 CAV 기준이 추가된 새로운 OBE 초과기준이 규정을 적용하게 되면 지진발생시 운전원의 신속한 의사 결정과 발전소의 합리적인 지진손상도 평가에 도움을 주는 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Electric Power Research Institute, "Guidelines for nuclear plant response to an earthquake," EPRI NP-6695, Palo Alto, California, 1989. 12.
2. Electric Power Research Institute, "A criterion for determining exceedance of the operating basis earthquake," EPRI NP-5930, Palo Alto, California, 1988. 7.
3. Electric Power Research Institute, "Standardization of the cumulative absolute velocity," EPRI TR-100082, Palo Alto, California, 1991. 12.
4. U.S. NRC, *Regulatory Guide 1.666 Pre-earthquake Planning and Immediate Nuclear Power Plant Operator Post-earthquake Actions*, 1997. 3.
5. "지진발생시 원자력발전소 안전조치 및 후속성능평가기법 개발", 최종보고서, 한국전력공사 전력연구원, 2000, pp. 164.
6. "인공지진 가속도시간이력 작성기술 및 전산프로그램 개발", 기술개발과제 최종보고서, 한국전력기술(주), 1996, pp. 100.