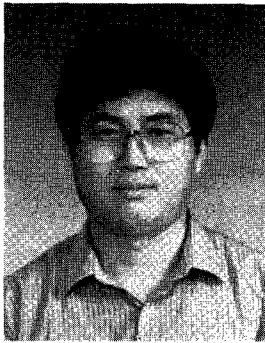


국내 원자력 관련시설의 지진에 대한 대비

모든 원자력관련시설들은 지진으로부터 공중에 아무런 피해를 주지 않는 안전한 설계를 위하여, 일반구조물인 건물, 교량 등의 설계·건설을 위하여 정해져 있는 내진설계법규보다도 훨씬 보수적으로 내진설계를 규정하는 원자력법규에 따라 설계 건설되고 있다.

국내의 원자력법규에 정해진 설계기준지진은 안전정지지진(Safe Shutdown Earthquake, SSE)이라 하며, 국내의 원자력발전소 및 원자력관련시설은 안전정지지진의 지반가속도 크기를 0.2g(g는 중력가속도, 1g = 1,000gal = 980cm/sec²)로 정하여 사용되고 있다.



유 봉

한국원자력연구소
기계구조설계개발팀
책임연구원

이웃나라인 일본의 고베시에 리히터 규모 M=7.2의 효고현 남부지진이라 이름지어진 강진이 1995년 1월 17일 새벽에 발생하여 많은 건물 및 고가도로가 파손되고 5,000여명이 사망하였다.

그러면 '이러한 강진에 대해서 원자력발전소 및 원자력 관련시설은 안전하게 설계되어 있으며, 과연 견디어 낼 수 있는가?'를 한번쯤 짚고 넘어가야 할 필요가 있다고 본다.

이번 지진피해중에서도 그나마 불행 중 다행인 것은 지진 피해지역으로부터 북서쪽 약 110km 지점에 위치한 관서전력 소유의 원자력발전소는 지진

에 아무런 피해없이 정상운전중에 있는 반면 피해지역 부근의 다른 화력발전소는 가동 정지중에 있다고 한다.

그동안 우리나라에서 발생한 지진은 AD 27년부터 1903년까지 삼국유사, 조선왕조실록 등의 역사기록에 남아 있는 약 200회 정도 발생한 역사지진과 1904년부터 현재까지 지진계로 기록되어 있는 계기지진으로 구분해 볼 수 있다.

역사지진은 지진발생 당시의 피해 정도의 기록에 따라 역사학자 및 지진학자들에 의해 진도(예: MMI등급, 인텐시티)가 결정되며, 계기지진은 지진의 규모(예: 리히터 규모 M 또는 강도,

〈표〉 지진규모에 따른 대응현상

일본기상청 (JMA)진도	리히터 진도	구조물, 자연계 등에 대한 영향	인 체 영 향
0 (무감)	미만	지진계에만 기록	감지 불가
I (미진)	2.5	"	일부감지
	3.0		
II (경진)	3.5	창문·전등이 다소 흔들림, 그릇안의 수면이 움직임	대부분 감지
III (약진)		건물 흔들림, 창문 소리나고 매달린 물체 크게 흔들림, 그릇의 물이 넘침	약간 놀람, 자다 깨
IV (중진)	4.0	건물 심히 흔들려 불안정하게 놓인 물건이 넘어지며 그릇의 물이 넘침	매우 놀람, 자다 깨 나옴
	5.0		
V (강진)	6.0	벽에 금이 가고 비석이 넘어짐, 굴뚝 돌담 석축 등이 파손됨	서있기 곤란, 심한 공포감
VI (열진)	7.0	건물파괴 30% 이하, 산사태 발생, 지면균열	도움없이 걷기불가
	8.0	건물파괴 30% 이상, 산사태와 땅갈라짐	이상상실
VII (격진)	9.0	건물 완전 파괴됨, 철로 휘고 지면에 단층 현상 발생	대공황
	이상	관측된바 없음	

매그니튜드)로 나타내어 국내의 모든 지진 등이 분류되어 있다.

역사지진중에는 MMI 8이 10여차례 정도 발생한 지진이 있었으며, 계기지진중 최대지진은 리히터 M=5.2의 속리산지진(1978년 9월 15일)과 지리산지진(M=5.0, 1936년 7월 3일) 및 홍성지진(M=5.0, 1978년 10월 6일)이 있다.

우리나라는 환태평양판과 유라시아판 경계에서 멀리 떨어진 유라시아판 내에 속해 있어, 경계면에서 강진이 자주 발생하고 있는 일본과는 달리 그동안 M=6.0 이상의 강진은 발생한 적이 없다.

그래서 지진에 의한 피해라고는 홍성지진 때 이외에는 거의 없었으므로

지금까지는 적어도 지진에 관련한 피해가 적었던 나라임은 분명한 일이다.

우리나라에는 현재 9기의 원자력발전소(경상남도 고리 가압경수형 4기, 경상북도 경주 월성 가압중수형 1기, 전라남도 영광 가압경수형 2기, 경상북도 울진 가압경수형 2기)가 가동중에 있으며, 2002년까지 또 다른 9기의 원자력발전소(월성 3기, 영광 4기, 울진 2기)가 설계·건설될 예정으로 있다.

또한 원자력 관련시설로는 국내의 기술로 건설된 다목적 연구용원자로인 '하나로'와 정부에서 추진하여 건설할 예정인 서해 굴업도의 원자력폐기물관리시설 등을 들 수 있다.

이들 모든 원자력관련시설들은 지진으로부터 공공에 아무런 피해를 주

지 않는 안전한 설계를 위하여, 일반 구조물인 건물, 교량 등의 설계·건설을 위하여 정해져 있는 내진설계법규보다도 훨씬 보수적으로 내진설계를 규정하는 원자력법규에 따라 설계 건설되고 있다.

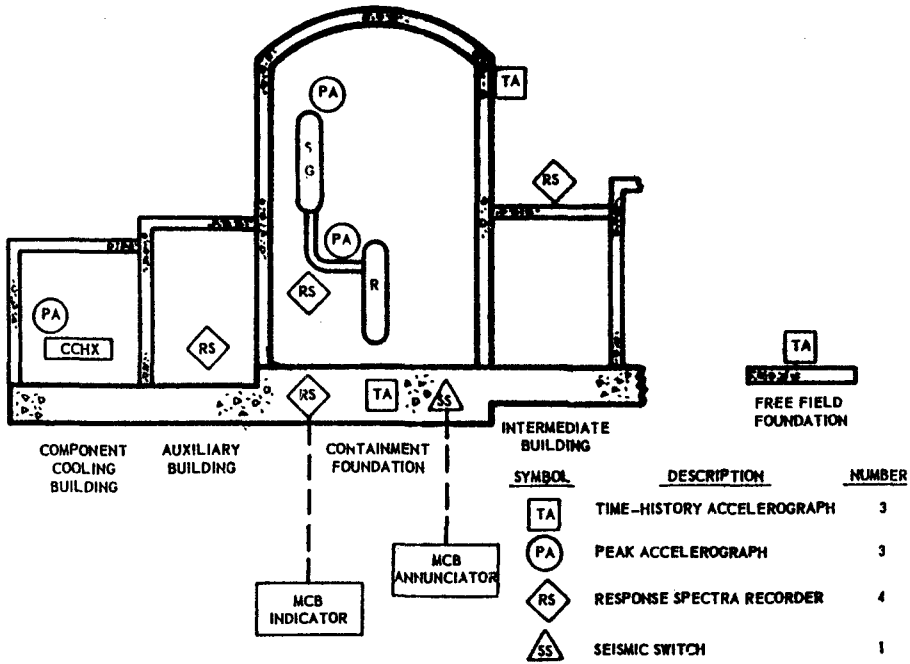
국내의 원자력법규에 정해진 설계기준지진은 안전정지지진(Safe Shutdown Earthquake, SSE)이라 하며, 국내의 원자력발전소 및 원자력관련시설은 안전정지지진의 지반가속도 크기를 0.2g(g는 중력가속도, 1g=1,000gal=980cm/sec²)로 정하여 사용되고 있다.

이 크기는 국내의 역사지진 및 계기지진을 모두 평가하여 일천년~일만년에 한번 정도 발생하는 지진의 가속도로써, 대략적으로 리히터 규모 M=7.4 정도에 해당한다.

또한 국내의 원자력발전소에서는 지진발생시에 대비하여 발전소의 운전을 안전하게 하기 위해 운전기준지진(Operating Basis Earthquake, OBE)을 정하여 따르고 있으며, 이때의 지반가속도 크기는 0.1g로서 이는 약 이백년~삼백년에 한번 정도 발생하는 지진에 해당한다.

1978년 4월에 처음으로 원자력발전소의 상업운전이 시작된 고리 1호기부터 2002년 6월 건설완료예정인 영광 6호기까지의 18기 원자력발전소에는 원자력발전소가 지진발생시 안전하게 정지될 수 있도록 지진감시계통과 제어봉구동장치기 설계되어 있다.

(고리 2호기 지진감시계통 배치도)



지진감시계통은 지진발생의 감지, 기록 및 운전원 경보기능을 갖고 있으며, 제어봉구동장치에 열에너지를 발생시키는 원자로를 점화, 출력조절 및 출력정지기능을 갖고 있다.

원자력발전소에서 지진이 발생한 후 안전하게 정지될 때까지의 절차를 살펴본다.

먼저 지진이 발생하면 지진감시계통에서 가속도계를 통하여 지진을 감지하고 모든 구조물에 설치된 여러 가속도계들을 통해 그 위치에서의 지진 가속도값들을 기록한다. 이때 안전정지지진의 절반인 운전기준지진의 2/3에 정해진 가속도값보다 큰 지진이 발

생하면 운전원에게 경고신호가 보내지며 운전기준지진값에 미달이면 계속 운전을 하게 된다.

만약 미리 설계에서 정해진 운전기준지진 크기 이상의 지진값이 기록되면 즉시 운전원에게 비상신호가 보내진다.

이를 운전원이 지진감시기록판넬에서 확인한 후 주제어실에서 수동으로 정지시키면, 제어봉구동장치의 제어봉집합체가 원자로 내부에서 자유낙하하여 자중에 의해 출력정지되어 원자력발전소를 완전 정지시킨다.

한편 원자력발전소 및 원자력관련 시설의 지진에 대한 다중안전설계를 대략적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 지진에 대한 설계지진의 결정에서 국내에서는 1904년 이후 90년간 한번도 0.1g를 넘어가는 지진이 기록된 바가 없지만 일천, 일만년에 한번 발생할 만한 지진가속도 0.2g를 안전정지지진으로 정하여 설계에 사용하고 있다.

또한 운전기준지진은 발전소 수명 기간동안 발생가능한 가장 큰 지진을 말하는데, 국내지진을 평가해보면 대략 0.05g 정도이지만 실제 원자력발전소에서 운전·설계에 사용하고 있는 운전기준지진 0.1g는 실제보다 더 보수적으로 정해진 값으로 볼 수 있다.

둘째, 원자력발전소를 안전하게 설계

하기 위해 그동안 세계적으로 가동 및 건설계획중인 약 550기의 모든 원자력 발전소 및 관련시설의 구조물 및 기기는 그동안 경험적으로 축적한 모든 자료를 활용하여 공학적으로 선정된 설계 기준에 적합하도록 설계, 인허가, 제작, 시험, 건설되는 모든 절차를 밟고 있다.

이때 설계자가 만족해야 하는 설계 기준 자체에도 기준설정시 충분한 설계여유도를 갖고 있다.

셋째, 발전소의 안전에 관련된 모든 구조물, 기기 및 부품은 안전기준지진 및 운전기준지진의 설계지진에 대해서도 견딜 뿐 아니라 모든 자연 재난 사고(태풍, 바람, 홍수 등)와 인간이 생각할 수 있는 모든 사고에 대비하여 설계에 반영되어 있다.

특히 지진발생시 성능이 반드시 요구되어야 하는 중요 부품은 지진에 견디는 것을 입증하기 위한 검증시험을 거쳐 법규에서 규정한 품질보증을 보장하는 것이어야 사용될 수 있다.

넷째, 원자력발전소를 안전하게 정지시키기 위해서 안전정지지진 크기에서 운전을 정지시키는 것이 아니라 안전정지지진 크기의 절반인 운전기준지진을 정의하고 지진가속도값이 운전기준지진을 초과할 때는 발전소를 정지시킨다.

이때에도 운전기준지진의 2/3 정도에서 운전원에 경고신호를 알려주어 운전원이 지진에 대한 대비를 하도록 설계되어 있다.

운전기준지진을 초과하는 지진의

발생시에는 발전소를 안전하게 정지시킨 뒤, 지진이 끝난 후 발전소의 모든 구조물에 대한 면밀한 조사검토 및 평가가 이루어지며, 원자력발전소의 안전이 확인되면 원자력발전소는 재가동하게 된다.

이상에서 원자력발전소 및 원자력관련시설이 지진에 대해 얼마만큼 안전하게 설계되어 있는가를 살펴보았다.

그러면 지금 국내에서 결정된 안전정지지진보다 더 큰 지진을 설계지진으로 정하면 경제적 관점에서 어떤 영향이 있는지를 간단한 예를 들어 알아본다.

북한에 공급하고자 하는 한국형 경수로 1기의 값은 안전정지지진을 0.2g라 할 경우 약 2조원에 해당하며, 0.3g로 올려 설계할 경우 추가비용은 대략 15%정도가 될 것으로 추정된다.

0.4g로 될 경우에는 0.2g의 경우보다 약 40% 정도 추가되어 설계건설 비용이 지진크기에 비례적으로 늘어나는 것이 아니라 기하급수적으로 늘어나게 된다.

이처럼 국내의 원자력발전소는 발전소의 수명이 40년에서 60년인 것을 감안하여 일천년에서 일만년에 한번 정도 발생하는 큰 지진에 대해 보수적으로 설계하는 것을 따르고 있으므로, 필자는 현재의 원자력발전소 및 원자력관련시설이 지진에 대하여 기술적 측면 및 경제적 측면에서 효과적으로 설계되었을 뿐만 아니라 특히 안전성 측면에서 매우 안전하게 설계·운영되고 있는 것으로 믿고 있다.

끝으로 지진에 대한 향후 대책으로서 필자가 원하는 바를 느낀대로 간단히 피력해 본다.

큰 규모의 지진이 몰고 올 국가적 경제피해는 이번 일본 효고현 남부지진을 통해 좋은 교훈을 얻은 바이나, 아무리 큰 일이라도 사람들은 곧 잊어버리는 습성이 있어서 지진에 대한 대비책이 자칫 소홀해지기 쉽다.

더구나 지진에 대한 대비책을 마련할 수 있는 전문가가 부족하며 전문지진공학연구소 하나 변변히 갖추지 못한 국내 형편을 볼 때, 이번 일본지진의 1/30 크기에 해당하는 리히터 규모 M=6.0 정도의 지진이 국내에 발생한다고 가정하면 그 피해가 어느 정도일까?

필자는 국내의 원자력관련시설을 제외하면 건물, 교량, 도로, 철도, 병원, 학교 및 중요 산업시설 등 모든 구조물에서 일어나게 될 '중간규모크기 지진 후(The Day After Medium One)' 결과는 상상하고 싶지도 않다.

그러므로 정부는 큰 지진에 대한 국가적 피해를 최소화하기 위하여 사전에 준비하는 자세로 지진발생에 대한 연구, 발생지진에 대한 공학적 연구, 현재 지어진 구조물의 지진에 대한 보완책 연구 등을 조직적으로 수행할 수 있는 종합적 지진공학전문기관을 설립하여 전문가 양성 및 실험시설 구축에 최대한의 투자를 아끼지 말아야 할 것이다. ☸