



金 暎 湜

(과학기술처 원자력협력과장)

●최근의 지진발생 현황

최근 세계 여러 곳에서 크고 작은 지진이 빈번히 발생하여 발생지역에 막대한 인적·물적 피해를 주고 있다. 금년 들어서만도 지난 1월17일에는 일본 간사이(관서)지방을 강타한 지진강도(intensity) 7.2의 고베지진으로 5천5백명이 사망하고 고가도로 파괴 등 경제적으로도 엄청난 재산 피해를 가져왔으며, 5월 29일에는 사할린 북부의 네프테고로스크지역에서 지진강도 7.6의 강진이 발생하여 수천명의 인명피해를 내기도 했다.

있다.

그러나 다행히도 한반도는 지질학적으로 북남미 서부와 일본 동부 및 필리핀 열도로 연결되는 「환태평양 지진대」의 후방에 위치하여 지진이 많이 발생하는 미국이나 일본과는 달리 대규모지진 발생확률이 극히 적은 지역으로 분류되고 있다.

우리나라 지진발생 3백9회

즉 우리나라의 경우 서기 27년부터 1904년까지 총 3백9회의 지진이 발생하였다는 기록이 있는데 기록중 물

# 우리 原電 안전한가

## 한반도 지진발생현황 진단

이러한 지진은 세계적으로는 매년 1천만회 정도 발생하고 있으나 아직 까지 9 이상 강도를 지닌 지진은 관측되지 않았으며, 리히터(Richter) 지진계로 지진강도 6 이상은 매년 약 1백회 이상 그리고 강도 4~6 정도는 1만 5천회 정도 발생하고 있다.

체가 흔들리고 건물이 약간 파손되는 지진강도 5 이상에 해당하는 지진은

〈표 1〉 금세기 지진으로 인한 주요 인명피해 현황

발생년도	지역	사망자수	규모
1905	인도 캄그라지방	19,000	8.1
1908	이탈리아 메시나	160,000	7.2
1915	이탈리아 아베차노	30,000	6.9
1920	중국 칸수	180,000	8.6
1923	일본 간토	140,000	8.2
1927	중국 상하이	40,000	7.9
1935	파키스탄 쿠에타	30,000	7.6
1939	칠레 콘셉시온	25,000	7.8
1939	터키 에르진산	240,000	7.9
1970	페루 웅가이	70,000	7.6
1974	중국 체찬	20,000	6.8
1976	중국 당산	500,000	7.9
1978	이란 타바스	25,000	7.2
1988	아르메니아	25,000	6.9
1993	인도 마하라슈트라	35,000	6.4

특히 지진이 많이 발생하고 있는 미국의 경우에는 LA지역에서만도 89년에 지진강도 7.1의 강진이 발생하여 67명이 사망하였고, 6천만달러의 경제손실을 가져왔으며, 93년에는 6.6의 지진이 발생하여 32명의 인명피해를 낸 바

지난 7월25일 오후 7시경 서해 백령도부근에서 규모 4.0의 지진이 발생했다. 비록 50초간의 별 피해없는 약진이었지만 백령도에서는 물론 서울을 비롯한 경기 서북부 일대에서도 건물 유리창이 흔들릴 정도의 수준이었다. 이에 따라 한반도 지진발생현황을 살펴보고 우리 原電의 안전성을 점검해본다.

51회 발생했으며, 지진관측이 기록되기 시작한 1905년 이후에 한반도에 영향을 미친 지진은 약 1천회 발생하였으나 지진강도 5 이상에 해당하는 지진은 11회 발생했고, 최대규모의 지진은 78년에 속리산에서 발생한 지진강도 5.2 지진으로 당시 넓은 가옥이 파손되었다.

지난 4월30일 대구지역에서 발생한 지진은 지진강도 2에 해당하는 약진으로 이 정도의 지진규모는 지진계에만 기록된다.

●지진발생시 강도 판정방법

지질학적 관점에서 볼 때 지진은 대체로 북미판과 태평양판 사이에 끼인 COCOS 판이 북미판의 하부로 서서히 밀려들어가면서 거대한 응축응력이 일시에 발생하고 이러한 응력이 외부로 방출되어 강력한 지진이 발생한다는 판구조이론(Plate Theory)에 따라 지진의 대부분이 판의 경계에서 발생하게 되어 미국 서부해안과 일본·필리핀·하와이군도 등이 위치한 환태평양지진대에서 지진이 빈번히 발생하는 것으로 평가된다.

그리고 동일한 지진력이 가해져도 지반의 특성과 구조물의 형태에 따라 미치는 힘이 다르기 때문에 지표의 퇴적층에 가해지는 지진력은 기초암반에 가해질 때보다 약 2~3배 피해가 크게 나타난다.

따라서 동일 강도의 지진이 발생한다 하더라도 어떤 시설물이 단단한 기초암반 위에 설치되어 있다면 일반 표층에 설치된 시설물보다 그만큼 더 안전하게 된다.

고베지진때도 原電은 정상

지난 1월 일본에서 발생한 고베지진

〈표2〉 연평균 지진발생 빈도

(단위 : 회/리히터지진계)

규모	전세계	일본	한국
8이상	2	0.1	-
7이상	20	1	-
6이상	100	10	-
5이상	3,000	100	0.4
4이상	15,000	400	1~2
3이상	100,000이상	1,200이상	8~9

지진을 관측한 다음 나타난 지진파를 분석하여 그 등급을 판정하고 있는데 지진의 크기는 보통 리히터 지진계로 나타내며 대체로 지진에너지가 약 30배 정도 증가하면 강도는 1 정도 증가한다.

이처럼 기상청을 통한 관측 이외에도 지질연구를 중점 수행하는 한국자원연구소가 포항과 대전지역에 설치한 3성분 디지털 지진계로 광대역 성분과 단주기 성분을 이중으로 체크하고 있다.

국내 원자력발전소 역시 지진 발생감지와 지진시 안전운전을 도모하기 위하여 원전별로 지진감시계와 지진강도 측정기 및 현장 기록장치 등을 설치,

〈표3〉 LA지역에서의 지진피해 현황

일시	장 소	사망자	피해액(US\$)	규 모
1906	샌프란시스코	700	2,000,000,000	8.3
1933	롱비치	115	266,000,000	6.2
1950	임페리얼밸리	9	33,000,000	6.7
1952	컨카운트	12	150,000,000	7.7
1971	산파넬도	62	1,000,000,000	6.6
1983	코알링가	-	31,000,000	6.5
1987	로스앤젤리스	-	수백만	5.9
1987	웨스트모어랜드	-	수백만	6.3
1989	산타크루즈	67	60,000,000	7.1
1992	로스앤젤리스	-	소규모	6.3
1992	로스앤젤리스	2	소규모	7.4
1993	로스앤젤리스	32	-	6.6

의 경우에도 진앙지로부터 북쪽으로 약 100km 지점에 위치하여 운전중에 있던 관서전력의 원전(原電) 8기 역시 기초암반 위에 설치된 관계로 모두 정상으로 운전되었다.

이러한 지진은 그 발생형태에 따라 크게 지표 바로 밑에서 발생하는 「직하형 지진」과 해상에서 발생하는 「해상발생형 지진」으로 구분하는데, 특히 직하형 지진이 발생하게 되면 지진을 일으킨 땅속지점(진원)과 지표와의 거리가 짧아 지진에너지의 감쇠정도가 작게되어 지표상의 건축물에 큰 피해를 주게 된다.

우리나라의 경우 지진강도는 기상청이 서울, 부산, 광주 등 전국 12개 지진관측망을 통해 단주기 수직성분을 종이 위에 기록하는 방식으로 탐지된

운영하고 있다.

국내 원전이 보유한 주요 관측·기록기기로는 감지된 진동측정치를 주파수대별로 측정하는 삼축반응스펙트럼 기록기(R/S : Triaxial Response Spectrum Recorder), 진동진폭의 최대치를 기록하는 삼축최대 가속도계(P/A : Triaxial Peak Accelerograph), 지진측정치가 설정치에 도달하면 이를 제어반에 전송하여 기록케 하는 삼축시간이력가속도계(T/A : Triaxial Time-History Accelerograph), 전송신호를 분석하여 제어하는 지진감시제어반과 설정치 초과시 지진감시제어반에 경보신호를 울리는 삼축지진경보계(S/S : Triaxial Seismic Switch) 등이 설치되어 있다.

〈표4〉 주요 역사지진 피해기록 내용

일시	지역	기록 내용	기록근거
89. 6월	미상	땅이 흔들려 갈라지고 죽은 사람이 많았다	백제본기
304. 9월	경주	땅이 흔들려 민가가 무너지고 죽은 사람이 많았다	신라본기
502. 10월	미상	땅이 흔들리고 민가가 무너져 땅바닥에 깔려 죽은 사람이 있었다	고구려본기
1260. 6. 24	개성	땅이 크게 흔들리고 기와집과 담이 무너지고 부서졌다	세가권
1409. 7. 26	서울	한강변에 지진이 일어나 도로가 길이 24자, 넓이 5자로 갈라졌다	태종실록
1643. 6. 9	진주, 함천, 서울	바위가 무너져 2인이 깔려 죽었고 오래 말랐던 샘에서 흙탕물이 솟아 나왔으며 관아의 문 앞길이 10여리 갈라졌다	인조실록
1757. 7. 30	덕산	지진이 일어나 사람이 죽었다	영조실록

〈표5〉 우리나라에서 발생한 주요지진 현황

일시	지역	규모	피해 현황
78. 9. 16	속리산	5.2	일부 낮은 기옥 파손
78. 10. 7	홍성	5.0	부상 2명, 건물 1백18동 파손
80. 1. 8	삭주	5.0	서울에서 감지
81. 4. 15	포항	5.0	일부기옥 파손
82. 2. 14	사리원	5.1	서울에서 놀랄 정도, 대전에서도 감지
82. 3. 1	울진	5.0	물건이 떨어짐, 남한 대부분 감지
82. 5. 26	일본 아까다 북서해역(동해북동부)	7.7	동해안 지진해일, 3명 사망, 선박 81척 파손, 이재민 4백명
92. 1. 21	울산 동남쪽 50km해상	4.0	5초가량 지진 감지

●국내 원전의 내진현황

국내 원전은 지진과 같은 천재지변 하에서도 방사선 재해가 일어나지 않도록 완벽한 안전대책을 적극 반영하고 있다.

다시 말해 국내 원전은 내진성 확보를 위해 부지의 선정단계에서부터 설계·건설·운영에 이르는 전 단계에 걸쳐 지진에 대한 철저한 대비책을 마련하여 시행하고 있다.

즉, 부지의 선정단계에서는 원전의 예상입지를 중심으로 320km 내의 지진특성과 과거 지진기록을 면밀히 분석, 반영하고, 부지중심으로부터 반경 8km 내에 대해서는 정밀지질조사를 실시하여 단층대나 연약지반 등 지진 발생 가능지역은 제외시키고 있으며, 구조물의 설계와 설치시에는 과거의

지진발생 기록을 근거로 하여 발전소 인근지역에서 발생이 가능한 최대 지진과 부지의 지반특성 그리고 구조물의 하중 등을 복합적으로 고려하여 내진설계를 하고 있다.

이러한 내진설계는 자국의 지진상황 등에 따라 다르게 되는데 미국의 경우 동부와 중부지역에 위치한 원전의 대부분은 0.2g 이하를 적용하고 있고 지진빈도가 큰 서부지역은 Diablo Canyon원전의 0.75g, San Onofre 원전의 0.67g 등과 같이 0.2g 이상을 적용하고 있다. 일본 역시 지진발생 빈도가 커 보통 0.34g~0.6g의 내진설계를 적용하고 있다.

국내 原電 지진에 철저 대비

현재 우리나라의 원전은 설계시 과

거 지진기록 등을 참고하여 지반가속도(지진의 강도를 계산한 가속도) 0.2g을 채택한 내진설계로 리히터 지진강도 7에도 안전하도록 설계되어 있다.

그리고 원자력발전소를 건설하는 단계에서는 구조물의 강도와 기기의 안전성에 대한 계속적인 검사를 통해 완벽한 시공이 이루어지도록 하고 있고, 가동중에는 각종 자동 지진감시계통이 지진발생 여부를 지속적으로 계속한 후에 설계 지진값의 절반인 지반가속도 0.1g 이상의 지진을 감지하면 자동경보장치를 작동시켜 즉각 운전이 정지되도록 설계되어 있다.

다시 말해 고리와 울진원전은 10 CFR 100 규정에 따라 77년과 79년에 반경 320km 내를 대상으로 지진 기록조사 및 설계에 영향을 주는 단층조사 등 광역지질 조사를 수행하고, 반경 8km 내의 시추와 현지답사를 통해 부지 지질조사와 지표 단층조사를 하였다.

이를 토대로 고리 3·4호기는 지진강도 6.1의 지리산 지진이 원전에서 106km 지점에서 발생한다고 가정하여 지반가속도가 0.19g으로 산출되었고, 울진 1·2호기는 지리산 지진이 부지직하에서 발생한다고 가정하여 지반가속도가 0.15g으로 산출되었으나 실제 설계에는 안전여유를 감안하여 0.2g을 적용했다.

아울러 월성원전은 CAN 3-N 289.2 규정에 따라 역사지진 조사 및 광역지진 전달특성 조사를 통한 지진 조사와 지각구조조사, 시추·지표지질조사 등 지질조사를 수행하였고, 77년에 단층조사결과 양산단층은 활성단층이 아니며 변위를 일으킬 가능

성도 없으나 지진설계치의 보수성확 보를 위해 활성으로 가정하여 월성 1호기는 1643년 7월 동해에서 발생한 8.2의 역사지진이 75km 떨어진 지점에서 발생한다는 가정과 양산단층에 의해 강도 6등급 지진이 부지에서 22.5km 떨어진 지점에서 발생한다는 가정하에서 지반가속도가 0.15g으로 산출되었으나 실제 설계에는 0.2g이 적용되었다.

●국내 원전에 대한 지진 안전성 종합평가

이처럼 국내 원전은 과거의 지진발생 기록을 근거로 내진설계에 반영되었고 설계기준 이상의 지진이 발생하여 일반계통이 손상되고 송전탑이 붕괴되어도 자동설비에 의해 발전소가 안전하게 정지되도록 안전여유를 확보하는 등 엄격한 내진설계와 자동 지진감시시스템의 안전운전 등을 통해 지진 안전성을 확보하고 있다.

특히 우리나라의 원전 구조물은 내진설계시 지진발생 상태를 과학적으로 고려하여 역사적 최대 지진규모로 산출된 0.165g 보다 여유도가 큰 지반가속도 0.2g을 안전정지지진(SSE : Safe Shutdown Earthquake)으로 채택하고 있어 리히터 지진강도 7.5 이상의 직하형 지진이 원전 인근

지역에서 발생되지 않는 한 그 안전성이 보장되도록 설계되어 있고, 0.1g 이상의 지진이 발생할 경우 자동경보가 울리면서 원자로가 자동으로 정지되도록 운전기준지진(OBE : Operating Basis Earthquake)을 반영하고 있어 지진 안전성을 보장하고 있다고 전문가들은 평가하고 있다.

●지진 관측기능의 보강과 지진연구 강화방향

과학기술처는 원전의 건설 초기단계에서부터 이에 대한 철저한 지진대책을 마련해오고 있어 지진의 안전성은 별 문제가 없을 것으로 판단하고 있으나, 최근들어 국내 일각에서 양산단층의 활성(수만년 또는 수십만년의 운동여부를 평가)여부가 제기되어 이에 대한 해결과 세계 최고수준의 지진 관측망 형성을 위해 최대한 노력하고 있다.

이런 맥락에서 정부는 김해에서 양산, 포항에 이르는 약 150km의 양산단층(고리에서 23km, 월성에서 25km)에 대한 활성여부를 명확히 판단하기 위하여 올 6월부터 약 8억4천만원을 투입하여 한국자원연구소를 중심으로 국내·외 지진 및 지질전문가(일본·미국·그리스·뉴질랜드 등)를 초청, 활용하여 향후 3년간 양산단층의 활동성 규명조사를 수행해 나갈 계획이다.

지진관측소 6개소 운영

지금까지의 연구 및 조사결과에 따르면 양산단층은 두꺼운 충적층(Alluvial Deposit)으로 덮여있고 단층선상을

따라 하천이 발달되어 있으며 약 2백~3백만년 전에 생성된 제 4기(Quaternary)의 하천에서 어떠한 변위도 발견되지 않아 양산단층은 비활성 단층(Non-active Fault)으로 인식되어 왔다.

이외에도 정부는 한반도 내의 지진 연구를 더욱 강화해 나가기 위하여 94년부터 '한반도 지진활동 및 지각변동에 관한 연구'(98년까지 매년 4.3억원 투입)와 '해저지질 및 지구물리 D/B 구축 연구'(97년까지 매년 1.19억원 투입) 등을 수행해 오고 있다.

이와 함께 지진의 고감도 관측정밀도를 제고시켜나가기 위하여 95년 4월 자원연구소에 「방재지질 연구센터」를 신설하여 지진·화산·지진해일 등 자연재해 감소를 위한 연구와 함께, 고리·월성 원전지역에 대한 지진 관측을 강화해 나가기 위하여 운영중에 있는 6개의 지진관측소 외에 95년 말까지 6개의 지진관측소를 추가로 설치해 나갈 예정이다.

또한 기상청의 지진관측망을 유기적으로 연계, 활용해 나가면서 국내 지진관측망을 보강해 나가기 위하여 매우 작은 변위까지 감지가 가능하고 세계 최고수준의 지진관측망을 보유한 미공군의 지진 감지·해석 탐지시설(Korea Seismic Monitoring Station) 인수도 추진하고 있다. ①7

〈표6〉 리히터 지진계의 등급별 피해정도

구분	느낌 또는 현상
2등급	지진계에는 나타나나 느끼지 못함
3등급	이주 약하나, 민감한 사람은 느낌
4등급	대부분의 사람이 느낌
5등급	약간 강함, 물체가 흔들리고 약간 파손
6등급	강함, 건물이 부분적으로 파손
7등급	매우 강함, 땅이 갈라지고 석조와 목조 건물 파손
8등급	땅이 갈라지고 물이湧출, 해일을 일으킴
9등급	물체가 공중으로 튀어 오름