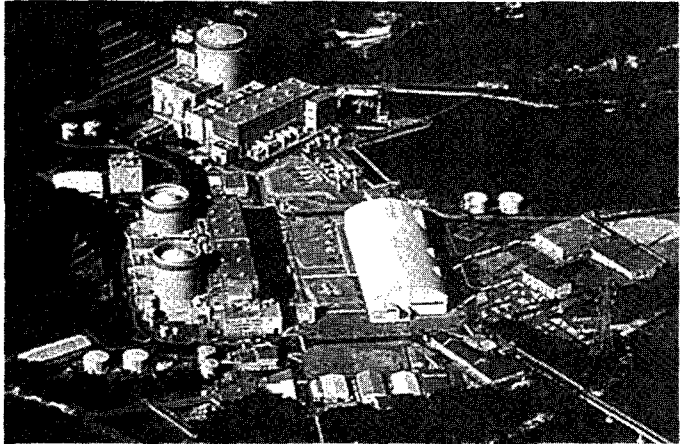


고베지진과 원자력발전소

일본원자력산업회의



관서지방의 대지진에도 정상가동한 미하미원전

지 금까지 관서지역(일본 본도 서부지역)을 강타한 지진중 위력이 가장 강한 지진이 1995년 1월 17일 오전 5시 46분 호고현 남부를 강타하였다.
기상청에 따르면 지진의 진앙은 세토나이해의 아와지島 밑 20km 지점에 위치해 있었다.

지진의 강도는 리히터 규모(매그니튜드) 7.2로 기록되었으며, 피해정도를 나타내는 진도를 추정하면 일본 진도로는 고베에서 7이었다.
이는 일본 지진순위에서 가장 심한 것이며 교토에서 5, 오사카에서는 4로 나타났다.
이 규모는 가옥 30% 이상이 붕괴

되고, 산사태가 일어나면서 땅이 갈라져 단층이 발생하는 경우를 말한다.
고베에는 원전이 없다. 다만 진앙에서 약 160~180km 떨어진 후쿠이현 와카사 지역에는 미하마 2호기 등 운전중 원전 8기, 다카하마 1호기 등 출력조정운전중 원전 2기, 미하마 1호기 등 정기검사중 원전 4기, 성능시험중 원전 1기(고속중식로 몬주) 등 15기의 원전이 있으나 이번 지진으로 어떤 피해도 입지 않았다.

1월 17일 일본 과학기술청(STA)의 발표에 따르면 이들 원자력시설은 이번 지진으로부터 어떠한 영향도 받지 않았으며, 진앙에서 비교적 가까운 지역에서도 여느 때와 같이 운전과 검사업무를 계속 수행하고 있다고 하였다.

위에서 언급한 15기의 원전 이외에도 교토대학교 긴키대학에서 운영하고 있는 2기의 연구로와 핵연료제조회사의 제조공장들도 진앙 근처에 위치해 있었으나, 마침 이때 가동은 하지 않고 있었다.

오카야마현의 PNC 산하 닌교 토게부지내의 우라늄농축시설은 계속 가동을 하고 있었다.

일본의 원자력발전소는 단단한 암반위에 건설되었다.

즉 발전소가 위치한 지역에서 최대 규모의 지진을 일으킨 것보다 더욱 강력한 지진에도 견딜 수 있도록 설계·건설되었다.

설정된 비상정지 가속도값을 초과하는 강한 지진이 운전중인 원전을 강

타하였을 때는 원자로가 자동으로 정지하도록 설계되어 있다.

미하마원전의 경우 비상정지 가속도값이 수평방향 160gal, 수직방향 80gal로 설정되어 있다.

효고현 남부 지진의 경우, 이 발전소 기초에 설치된 지진계의 기록수치는 설정치의 1/10인 수평방향 16gal이었다.

실제로 비상정지는 약간의 편차를 고려할 때 비상정지 가속도 설정치보다 약간 낮은 수치에서 작동되도록 되어 있다.

일본원자력안전위원회는 1월 19일 특별위원회를 소집하여 1995년 일본 효고현 남부에서 발생한 지진을 고려해 「원자력시설지진안전소위원회」를 설립키로 결정하였다.

이 소위는 8인의 지진 전문가로 구성되며, 효고현 남부지진을 거울삼아 원자력시설의 내진설계 관련지침과 원자력시설의 내진설계에 필요하다고 생각되는 추가조치들이 과연 적절한가를 확인하는 것이 임무이다. 이 결정은 자문정책으로 채택되었다.

이번 지진으로 70,000 ~ 100,000채의 가옥과 빌딩, 항만시설 일부, 교량, 철도시설 그리고 고베시와 효고현의 해안마을에서도 가장 강한 지진에도 견딜 수 있다고 생각되었던 고속도로마저 무너져 버렸다.

이번 지진은 인구밀집지역인 도시 지역에서 일어났다는 점에서 현대 일본의 지진 역사상 처음이다.

이 지역에서 발생한 지진에 피해를 입은 전선 케이블·수도관·전화선·가스 공급·목욕탕·냉방 등의 사회간접 자본의 시설물도 기능이 거의 마비되었다.

일본 경시청에 따르면, 사망자는 2월 6일 현재 5,090명에 이른다. 고베시 전체인구는 약 150만명이다.

그 중 이재민은 무려 30만여명에 이른다고 추정했다.

효고현은 지진피해액이 9조 5천억 ~ 10조엔이나 된다고 추정했다.

원자력발전시설의 내진설계

일본에서 원자력발전시설 주변주민 및 시설종사자들의 안전을 위해 원자력발전시설은 다음과 같은 개념에 기초한 내진설계를 채택하고 있다.

1. 활동단층 또는 약한 토양층 위에는 건설되지 않음

시설 예정부지가 원자력발전시설지역으로 적합한지 아닌지의 여부는 과

거의 지진, 시설 주변지역의 활동단층 및 토양층의 기록 등을 충분히 조사한 후에 고려된다.

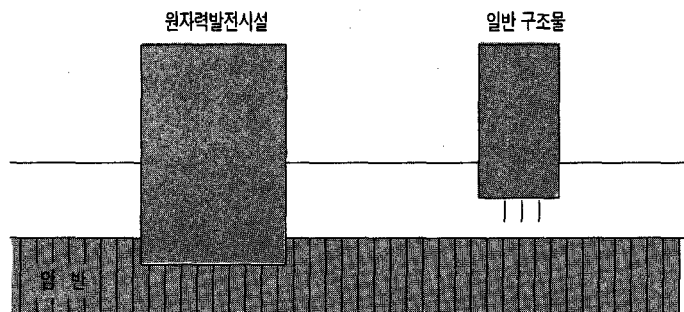
2. 최악의 지진활동 시나리오의 예상결과를 알아내는 연구 수행

최악의 시나리오를 가상하기 위해 최대 규모의 지진은 예정부지지역에 영향을 주었던 과거 지진의 규모를 조사해 나온 결과물과 부지주변의 활동단층(과거에는 지진이 발생하였고 휴면상태로 들어갔지만, 미래에 지진이 발생할 가능성이 있는 단층)의 분포를 기초로 하여 추정하고 있다

3. 정적 및 동적인 지진력에도 견딜 수 있는 구조물 설계

구조물이 지진에 견딜 수 있는 가능성은 「동적 지진력」과 「정적 지진력」에 기초하여 평가되고 있다.

동적 지진력은 위의 평가결과에 따라 산출되어 설계에 사용되는 강한 지진의 지면운동이며, 정적 지진력은 건축 표준법에 기초한다.



〈그림〉 원자력발전시설과 일반구조물의 기초 차이

동적 지진력이란 지진에 의한 지표의 움직임에 따라 구조물 자체가 진동하는 것을 고려하여 진동상태를 계산함으로써 정해진다.

정적 지진력은 정적인 수평방향의 힘으로 간주된다.

원자로건물의 지진에 의한 설계 지면력은 보통 구조물보다 3배 강하다.

4. 원자로 구조물의 기초는 단단한 암반위에 세워짐

토양층을 평가하기 위해 단층의 연구 및 암반의 힘 그리고 변화특성이 조사와 시추조사 같은 지질 및 암석 조사를 기초로 수행된다.

원자로건물과 같은 중요한 시설물은 지진이 일어나는 동안 진동이 약한 암반위에 세워져야 한다.

5. 강한 지진이 발생할 때, 원자로 는 자동으로 그리고 즉시 정지하도록 설계됨

원자로건물에는 지진이 일어날 때 시설을 자동으로 그리고 즉시 정지할 수 있도록 하기 위해 Scram(원자로비상정지)을 위한 지진감지장치가 있다.

강한 지진이 일어날 때는 지진감지 장치의 신호에 의해 원자로가 자동으로 즉시 정지된다.

한신지진 이후 관서전력의 원전 운전현황(1995. 2. 10)

1월 17일 이른 아침, 효고현 중에

서도 특히 고베시 남부 지역은 한신지진(효고현 남부지진)으로 매우 큰 피해를 입었다.

지진 이후 관서전력의 원전들에 대한 안전성은 다음과 같은 사항에 근거하여 확인되었으며, 이 지진에도 영향을 받지 않고 계속 운전되었다.

지진이 일어났을 때, 관서전력이 운영하고 있는(진양로부터 약 100km 북부지역에 위치한) 11기의 원전중 8기(3기의 미카마 원전중 2기, 4기의 다카하마 원전중 3기, 4기의 오히 원전중 3기)의 원전이 운전되고 있었다. 각 원전지역에서는 지진계가 작동되었으며 표 1와 같이 암반위의 지진 운동을 기록했다.

지진 이후 즉시, RCP(Reactor Coolant Pump : 원자로냉각재펌프) 진동 및 탱크 수위에 대해 몇가지 경고가 작동되었다. 그러나 운전중인 어떠한 원전도 자동정지(Automatic Trip)까지는 이르지 않았다.

왜냐하면 측정된 가속도값은 상대적으로 표에 나타난 설정된 자동정지 가속도값보다 낮았기 때문이다.

지진 후, 각 발전소 시설물이 피해를

입었는지 확인하기 위해 검사가 실시되었고 이때도 원전은 계속 운전되었다.

원자력발전소의 내진설계에 대해서는 아래의 정책들이 일본에서 채택되고 있다.

원자로건물은 활동단층을 피하고 단단한 암반위에 건설되고 있다(일반적으로 퇴적암 위의 지진력은 암반위의 지진력보다 2 ~ 3배나 크다).

기본적인 지진의 지반운동은 과거에 시설주변 지역에서 일어난 지진을 고려해 평가되며, 주변에서 일어나는 지진도 비록 활동단층들을 피했다 하더라도 또한 고려의 대상이 된다.

구조물의 동적 해석은 평가된 지반 운동을 사용하여 행해진다.

정적인 해석들은 지진력을 평가하기 위해 과거의 지진을 기초로 한 건축물 표준법에 명기된 것보다 3배나 큰 지진력을 가정해서 행해진다.

위와 같은 조건들을 기초하여 원자력발전소에서의 안전성 관련시설의 내진설계를 위해 암반위에서의 360 ~ 450gal의 최대 가속도 지진이 고려의 대상이 된다.

운전중인 원전은 160 ~ 210gal의

(표 1) 원전지역 지진운동 기록

원 전 명	측정 가속도값(gal)	자동정지설정가속도값(gal)
미 하 마	16	160
다 카 하 마	22	160~190
오 히	13	160~210

주) gal=cm/sec² 1G(gravitational acceleration)=980gal

지진 지반 가속도 크기에 도달하면 자동적으로 정지하도록 설계되어 있다.

안전상 주요한 시설에 관해서는 실제시설 또는 실제시설을 모사한 모의 모델로서 내진설계에서 고려되는 것보다 더 큰 지진의 운동으로 세계에서 가장 큰 가진시험기로 흔들어 보아서 안전성을 확인한다.

비록 한신지진의 규모와 같은 크기의 지진이 일어난다면, 위와 같은 사실들에 근거하여 설계 여유도를 고려하면 안전상 주요한 시설들은 절대 피해를 입지 않는다는 것으로 평가되고 있다.

예나하면 고베 지표면에서 기록된 약 800gal의 최대 지진가속도조차도 암반에서의 지면운동으로는 그 크기의 1/3에서 1/2 정도이기 때문이다.

위에서 본 바와 같이 일본의 원전들은 지진에 대한 충분한 대책을 채택하고 있다.

그러나 한신지진으로 발생한 엄청난 피해를 고려할 때, 일본원자력안전위원회는 현재의 지진에 관한 지침들이 적절한지를 조사하기 위해 특별조사단을 발족시켰다. 여기에는 여러가지 논의가 진행중에 있다.

완전 내진설계된 고속증식로 원형로인 몬주

2월 6일 개최된 기자회견에서 PNC는 이번 4월에 전력망에 처음으로 연결되는 고속증식로 원형로인 몬주에 대해 지진의 피해로부터 보호하

기 위한 조치들이 충분히 취해졌음을 다음과 같이 강조하였다.

「최근의 고베지역의 한신대지진을 일으킬 만한 어떠한 활동단층도 몬주의 부지 지하에는 없었다.

몬주는 아주 단단한 화강암 지하반위에 건설되었는데, 이 암반이 흔들리는 것은 외부 지층이 흔들리는 것의 1/3에서 1/2 밖에 안된다. 또한 몬주의 지진설계로 볼 때, 극한 강도의 지진이 일어날 가능성까지도 고려하였으며, 발전소는 어느 정도 큰 지진이 일어날 때마다 자동적으로 정지가 된다」

일본에서 원자력관련 시설을 건설할 때 내진설계는 As, A, B, C와 같은 몇가지 다른 분류가 있다.

내진설계표준은 지진이 일어날 때 방사능이 차단되어야 한다는 중요한 원칙에 기초해, 설비 및 시설의 성격에 따라 각 분류별로 명시되어 있다.

예를 들면, 몬주의 내진설계에서 원자로용기 및 격납용기는 As로 분류되었으며, 배기굴뚝은 A, 방사성폐기물 처리시설은 B, 터빈 발전기는 C로 분류되었다.

설계과정에서 다음과 같은 지진력이 여러가지 지진설계 분류를 위해 고려된다.

극한 설계기준 지진은 As, 최대 설계기준 지진과 일반구조물보다 3배 강한 지진력은 A, 일반 구조물보다 1.5배 강한 지진력은 B, 일반구조물에서 사용되는 지진력은 C로 분류된다.

「최대설계기준 지진」은 부지 주위에서 일어날 수 있다고 생각되는 가장 강한 지진이다.

「극한 설계기준 지진」이란 「최대 설계 기준 지진」보다 위력이 큰데 다시 말하면 부지주위에서 실제로 일어날 수 있다고 생각되는 것보다도 위력이 세다.

몬주의 내진설계를 위해 PNC는 「최대 설계 기준 지진」은 280gal (1gal=1cm/s²)로 정하고 「극한 설계 기준 지진」은 470gal로 정했다. 몬주는 이러한 지진에도 견딜 수 있도록 설계되었다.

몬주 부지에 가장 가까운 활동단층은 동해를 따라 북동쪽으로 11km 떨어진 가부라비(Kaburabi) 단층이다.

진앙인 가부라비에서 강력한 지진이 일어난다면 리터 규모로 최대 7(지진 가속도 410gal)이 될 것으로 추정되는데, 이는 몬주의 「극한 설계 기준 지진」보다도 세력이 약하다.

또한 비록 몬주의 부지밀에는 활동단층이 없음이 지형과 지하암반의 조사 결과 확인되었다 하더라도, PNC는 안전을 위해 몬주 부지 바로 밑에서 일어나는 지진에 대비하여 내진설계(규모 M 6.5급, 400gal)를 하였다.

지진감지장치가 몬주의 원자로 부속건물에 설치되어 있으며, 이로써 어떠한 강력한 지진(규모 M5급, 160gal)에서도 제어봉은 원자로 운전을 안전하게 자동적으로 Scram(원자로 비상정지)할 것이다. ☞