

# 전력시설물의 내진설계 및 시공

이 순 형

(주)선강엔지니어링 대표이사(skengco@chol.com)

## 내진설계란?

내진설계란 일반적으로 구조물의 동적 특성, 지진의 특성 및 지반의 특성을 고려하여, 지진에 안전할 수 있도록 구조물을 설계하는 것을 말한다.

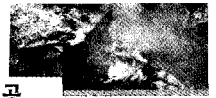
지진학과 지진공학이 정립되기 이전에는 지진의 발생으로 인한 지상구조물의 피해는 자연재해의 필연으로 받아들여졌다. 지진으로 인한 지반의 불규칙한 운동으로 구조물은 진동하게 된다. 지진력은 구조물의 기반에 작용하게 되며, 구조물 상층에 작용하는 전단력은 구조물의 동적 거동 결과에 따라 다르게 된다. 어느 특정지역에서 예상할 수 있는 지반운동의 크기와 특성을 알아내는 데는 한계가 있다. 그러나 과거에 일어난 지진기록을 참고하여 예상되는 지진의 크기와 특성을 유추하여 응답스펙트럼의 상대적인 크기와 특성을 결정한다. 지반운동에 대한 구조물의 탄성해석 결과는 일반적으로 과도한 응력 및 설계하중으로 나타나게 된다. 이에 대한 정확한 원인은 밝혀지지 않았지만, 구조물의 비선형거동에 의한 에너지 소산과 댐핑으로 인한 에너지의 소산이 그 주된 원인으로 알려지고 있다. 중요한 사실은 지반진동에 따른 실제 구조물의 동적 거동의 결과는 구조물 탄성해석결과 보다 일반적으로 적다는 것이다.

해석을 통해 구조물을 설계할 지진하중을 결정할 수는 있지만, 지진하중을 정확 하게 이해하여야 하

며 또한 적절하게 적용하여야 한다. 지진하중을 구조물의 탄성한계 내에서 동적 거동에 근거하여 결정할 수 있지만, 구조물이 비선형거동을 하게 되면 많은 양의 에너지를 흡수하게 되고, 따라서 탄성하중은 구조물의 소성 변위와에너지보존법칙에 따라 감소하게 되므로 구조물의 거동에 대한 이차적인 영향을 고려 하여야 한다. 구조물이 지진에 대하여 잘 견딜 수 있는 능력은 탄성한계를 넘어 비탄성범위에서 발휘될 수 있기 때문에 파괴를 일으키지 않고 비선형적으로 에너지를 소산시킬 수 있도록 구조물로 하여금 연성을 갖도록 하는 것이 바람직하다.

내진설계는 과학적인 원리, 공학적인 판단과 경험, 그리고 경제성과 확률에 근거를 두고 있다. 내진설계기준의 기본 목적은 어느 특정지역에서 발생 가능한 큰 규모의 지진으로부터 구조물 붕괴나 극심한 피해를 방지하여 구조물 안에서 그 주위에서의 인명 살상, 피해를 극소화하는 데에 있다. 큰 지진에 대한 내진설계는 자주 발생하는 규모가 작은 지진에 대하여서도 충분한 내진력을 갖추게 된다. 경우에 따라서는 강도가 큰 지진은 다른 모든 하중을 합한 것보다도 더 큰 응력과 처짐을 구조물에 일으키기도 하지만, 구조물의 예상수명기간 내에 지진이 발생할 확률은 그리 높지 않다. 이러한 극심한 지진하중과 낮은 발생확률을 효과적으로 고려하기 위하여 일반적으로 두 단계의 설계치침을 주로 채택하고 있다.

(1) 구조물의 예상수명기간 내에 발생 가능한 중간



정도의 지진을 설계지진으로 채택 한다. 심각한 구조적인 피해를 입지 않도록 방지하여야 하며 경미한 구조적 피해는 쉽게 복구할 수 있어야 한다(기능수행수준).

- (2) 구조물의 예상수명기간 내에 발생 가능성이 없는 강한 지진으로 심각한 구조적인 피해를 입더라도 붕괴되지 않아 인명피해를 극소화하여야 한다(붕괴 방지 수준).

위와 같은 두 단계 내진설계지침의 기본개념은 경제성과 인명피해 극소화의 관점에서 설정되어야 한다. 발생 가능성이 적은 강한 지진에 대하여 인명피해를 극소화하기 위하여 안전한 구조물을 설계할 수는 있지만, 경제적인 부담이 너무 크게 되어 비현실적이다. 따라서 내진설계의 극대화(optimization)는 구조물의 연성(ductility)을 증가시키고, 구조물의 비선형거동에 의한 진동에너지 소산으로 이를 수 있다. 재료의 소성변위 허용으로 구조적인 피해는 크지만 구조물의 완전한 붕괴는 일으키지 않을 정도의 유연성을 고려하여야 한다.

내진설계기준은 각 나라마다 그 당시의 지리적 및 경제적인 여건과 기술적인 수준을 고려하여 설정하게 된다. 내진설계법에는 크게 동적해석법과 동적 해석법이 있다. 동적해석법은 지진의 영향을 증가의 정적하중으로 환산한 후에 이를 이용하여 정적해석을 수행 함으로써 구조물의 지진에 의한 거동을 해석하는 방법이다. 동적 해석법이라 함은 동역학 이론에서 일반적으로 스펙트럼 해석법이라고 부르는 방법을 의미하는데, 이 방법은 설계용 응답스펙트럼을 이용하여 지진해석을 수행하여 구조물 전체의 지진 거동을 해석하는 방법을 말한다.

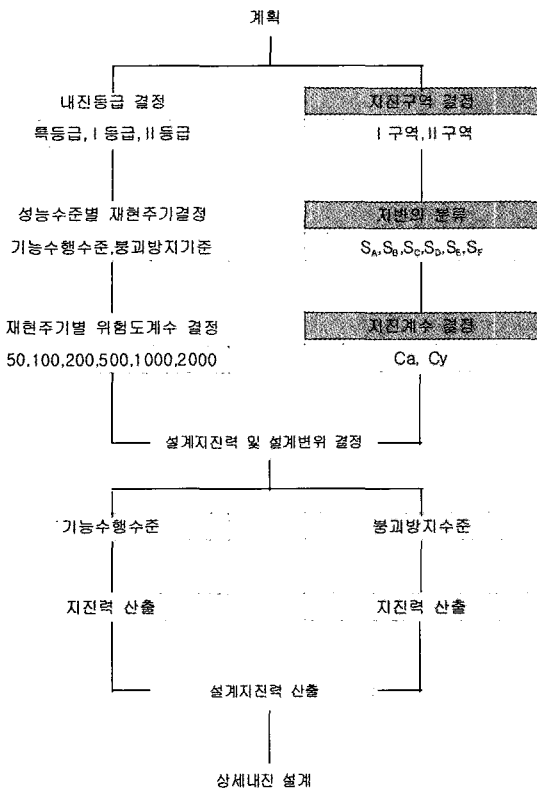
동적 내진설계에 있어서는, 지반을 변형하는 물체 혹은 진동하는 물체로 인식하는 것이 중요하다. 구조물이 구조체인 것과 마찬가지로 지반도 역시 구조체이다. 단지 구조물이 인공물이라면 지반은 자연물이다. 지진에 의해 지반이 흔들릴 때 구조물도 흔들린다. 이때 구조물과 지반은 서로 다른 물성을 가지고 있기 때문에 이들의 접촉면에서 부적합 변형을 일으키면서 흔들린다. 구조물의 내진구조계획은 이 부적합 변형을 고려한 지반-구조물의 동적 상호작용을 고려하여 수행하는 것이 보다 안전하다.

## 내진설계의 필요성

금세기에 들어서 세계적으로 대규모의 지진활동이 활발해지고 있으며, 그에 따른 피해 또한 크게 발생하고 있다. 일반적으로 우리 나라는 지진에 대해 안전지대로 생각되어져 왔지만, 조선왕조실록, 삼국사기, 고려사 등 역사 문헌과 중국화북조선지진목록(1987)에 나와 있는 지진피해 기록을 살펴보면 적지 않은 횟수의 강진이 발생했음을 알 수 있다. 이와 같은 역사지진이나 최근의 계기지진의 경향에 비추어 볼 때, 인명과 사회 및 경제 시스템에 큰 피해를 초래할 수 있는 대규모의 지진이 발생할 가능성은 항상 존재한다고 볼 수 있다. 구조물을 포함한 각종 시설물들이 강진에도 안전하도록 하기 위해서는 내진설계 기술이 절대적으로 필요하다. 선진 외국에서는 내진설계 기술이 최근에 급속하게 발전하여, 또 다단계 성능에 기초한 내진설계 기술을 도입하여 대형 구조물과 시스템을 강력한 지진에도 비교적 안전하도록 설계하고 건설하는 것이 가능하게 되었다. 지진발생시 지진피해의 규모는 지진에 대한 사회 전체의 준비태세와 내진설계의 중요성 인식, 특히 내진설계 기술의 수준 및 시공의 정밀도에 따라서 큰 차이가 있음을 지적해 둔다.

## 내진설계의 일반적인 절차

그림 1에서 보듯이 내진설계(성능기준)의 일반적인 절차는 우선 대상 시설물의 중요도나 지역별 지진재해 발생 가능성 등에 따라서 내진등급을 분류하고, 그 등급별 내진성능수준을 결정한다. 그 다음 재현주기별 위험도계수를 결정하고, 대상시설물이 속한 지역에 따라 지진구역이 결정되면 대상시설물이 위치할 지역의 지반등급을 분류한다. 이에 따라 지진계수가 결정되면 설계지진의 응답스펙트럼을 결정할 준비가 끝난 것이다. 설계응답스펙트럼을 결정하고 나면, 내진성능수준을 결정하고 이에 따라 설계지진동을 결정하고 적당한 내진설계방법으로 내진설계를 수행한다. 시설물별 내진설계는 우선 어떤 방법으로 내진설계를 수행할 것인가를 결정하고, 설계지진에 따라 설계지진력 및 설계변위를 결정한다. 그다음 구조별, 또는 부재별 설계가 적정한가를 판



[그림 1] 내진설계 성능기준의 일반적인 절차

단하는 순서로 내진설계를 수행한다.

### 내진설계 대상 20개 법정 시설물

정부에서는 1995년 12월에 자연재해대책법을 제정·공포하여 시행하고 있다. 자연재해대책법, 제5장 지진방재대책의 제 34조에는 20개 법정시설물들을 내진설계 대상으로 설정하여 내진설계를 시행할 것을 규정하고 있다. 이들 20개 법정시설물은 다음과 같다.

- (1) 건축법에 의한 건축물
- (2) 도로법에 의한 도로
- (3) 원자력법에 의한 원자로 및 관계시설
- (4) 특정다목적댐법에 의한 다목적 댐
- (5) 전기사업법에 의한 발전용 수력설비 및 화력설비
- (6) 공항법에 의한 공항시설

- (7) 철도법에 의한 철도
  - (8) 도시철도법에 의한 도시철도
  - (9) 한국고속도로건설공단법에 의한 고속철도
  - (10) 항만법에 의한 항만시설
  - (11) 어항법에 의한 어항시설
  - (12) 총포, 도검·화약류 등 단속법에 의한 화약류 저장소 및 취급소
  - (13) 석유사업법에 의한 석유정제시설·석유비축 시설 및 석유저장시설
  - (14) 수도법에 의한 수도시설
  - (15) 농어촌정비법에 의한 농업생산기반시설
  - (16) 도시가스사업법·고압가스안전관리법 등에 의한 도시가스·고압가스 및 액화석유가스의 저장시설
  - (17) 기타 대통령령으로 정하는 시설
- (17)항에는 다음과 같은 시설물이 해당된다.
- 1) 특정다목적댐법외의 다른 법령에 의한 댐
  - 2) 저수용량 2천만톤 이상의 저수지
  - 3) 특별시 및 광역시 관할구역안의 직할하천의 수문 및 배수펌프장
  - 4) 고유수면매립법·방조제관리법 등 관계법령에 의하여 설치·관리되고 있는 배수갑문

### 전력시설물의 내진설계 기법

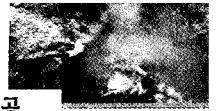
#### 내진대책

건축전기설비의 설계·시공에서 전력시설물의 내진은 중요하며 다음과 같은 부분에 중점을 두어야 한다.

- ① 중소지진에 대하여는 변형전도를 강성 범위 내에 억제하여 지진피해를 최소로 억제해야 한다.
- ② 대지진에 대해 작은 피해는 허용하지만 건축전체 붕괴로 인하여 인명손실과 전력시설 물의 정지로 인한 피해를 최소화 방지해야 한다.

#### 설계시 주의사항

1) 설비의 내진 중요도  
 전력시설물의 내진성은 건물의 사회적 중요도나 용도를 고려해서 등급을 설정한다. 중요도 등급의 구분은 2~5 단계 정도로 구분할 수 있지만, 일반적으로 3단계(중요도 A B C)로 분류하여 설명하면 다



음과 같다.

① 중요도 A

건물사용목적에 따라, 건물의 기능유지상 중요한 설비나 재해시의 인명안전확보상에 중요한 설비에 대해 기능유지의 확보를 해야 하는 전기설비.

② 중요도 B

손상 등으로 인해, 인명이나 중요설비기능에 관한 2차 재해가 발생할 염려가 있는 설비에 대해, 손상방지나 안전을 고려해서 정지나 긴급차단의 지진 관제 운전을 해야 할 사항.

③ 중요도 C

그밖에, 설비기능에 관해 다소의 피해가 있어도, 비교적 간단히 보수, 복구가 가능한 것.

※ 전력시설물을 설계를 할 경우, 이러한 등급에 따라 각 설비별로 중요도를 결정하고, 전력시설물의 내진계산을 하여 적용한다.

2) 건물 및 설비계의 지진반응특

건물의 지진반응, 건물입지장소의 지반조건, 건물형상 구조종별 건물강성에 따라 다르며, 동일건물이라도 층에 따라 가속도, 변위가 다르다. 또한 건물내에 설치된 설비들은, 지진입력을 받음으로써 반응치가 변화한다. 그러나, 이러한 지진입력을 설계·시공시점에서 정확히 예측하는 것은 곤란하므로, 일반적으로 다음과 같은 개략법으로 설계용 수평지진 산출을 위한 1계수(건물바닥 반응배율을 고려한 계수)로 사용한다.

3) 설비계의 적정배치

고압 및 특고압기기 및 배선의 배치에 따라서는, 지진입력의 영향정도에 따라 손상 또는 전도로 기능정지, 2차 재해발생으로 이어질 수도 있어, 고압용기기 및 배선설비는 적정 배선로로 기획해야한다. 구체적인 설계기법은 다음과 같이 들 수 있다.

- ① 중요도가 높은 전력용기기는, 작용하는 지진력이 비교적 적은 건물저층부에 배치 한다. (건축물의 내진설계가 잘되어 있는 경우)
- ② 지진입력으로 오동작할 염려가 있는 설비는, 작용지진력이 비교적 적은 아래쪽에 배치한다.
- ③ 공조, 위생설비의 다른 설비들에서 지진시 접촉으로 손상을 받지 않는 경로에 배치한다.

④ 점검, 확인 및 보수하기 쉬운 장소에 배치한다.

4) 사용자재의 강도확보

전기설비의 내진성 감시항목으로 자재강도를 들 수 있다. 즉 지진입력으로 건물이 반응하고, 동시에 건물내 설치된 설비계도 반응한다. 이 때 생기는 분성력 및 변위는, 설비계 각 부위의 강도를 검토하는데 중요한 요소가 된다. 분성력에 대해서는, 수평지진력으로 자재고정부에 가해지는 전단력(수평지진력에 의한 것), 인장력(지진입력으로 생기는 분성 모멘트에 의한 것) 및 이러한 복합된 힘을 계산하고, 이 수치를 넘는 허용반응력도(단기)가 있는 자재를 사용한다. 변위에 대해서는, 층간변위 1/200에 대해 강도적 탄성 범위 내에 있으며, 전기적 문제가 없는 설계·시공을 한다.

5) 공진방지

전기설비의 기기 및 배선들은, 건물의 지진반응에 대해, 공진이 없는 설계·시공으로 해야 한다. 건물설계용 1차주기는, 정적으로 다음 식으로 구한다.

$T1 = 0.028H$  (秒) (철골조)

$T2 = 0.020H$  (秒) 기타, 철근콘크리트조, 철골철근콘크리트조

여기서,  $H$  : 건물의 지상높이 [m]

또 설비에 대해서는 자유진동 성결에서 고유주기를 구하고, 건물과의 공진이 되지 않는 설계·시공을 해야 한다.

6) 기능보전

지진중의 전력시설물의 운전에 대해서는, 다음과 같은 조건이 있다.

- ① 지진 중에도 운전한다.
- ② 지진측정기로 감지하고, 지진정도에 따라 기기 운전이 자동적으로 잠시 정지되거나 보수원이 수동으로 잠시 정지시켜, 지진 후에 운전재개와 같은 두 가지의 큰 방식이 있으며, 또 지진후의 운전재개에 대해서도,
- ③ 자동적으로 재운전 개시 가능한 것.
- ④ 점검, 확인 후 재운전 개시 가능한 것.

이상 두 가지 방식이 있는데, 무정전이 요구되는 특수한 용도의 부하를 제외 하고는, 상기②·④의

운전조건이 일반적으로 적용되고 있다. 그러나 지진 중의 전원공급에 대해서 적극적으로 자가발전설비를 운전하고, 신속하게 공급을 재개하는지의 여부는 여러가지 안전도 측면을 검토 할 사항이 있으며 설계시 건축물의 중요도에 따라 건축 내진 설계를 고려하여 적용한다.

**내진설계에**

1) 기초의 설계

수변전설비의 주요기기에는 변압기, 차단기, 피뢰기, 변성기, 콘덴서, 발전기, 축전지, 등이 있고 대개는 콘크리트 기초로 되어 있다. 이것들은 모두 정지기기 이므로 동(洞)하중이 가해지는 일은 없지만 설계하중으로서는 기기나 기초 자체의 중량에 따르는 수직하중과 풍압과 지진에 의한 수평하중에 관해 안전율 2이상을 가지도록 설계하지 않으면 안 될 것이다. 또 설계상의 문제점으로는

- ① 될 수 있는 대로 콘크리트의 소요량이 적을 것.
- ② 홍수, 설해 등에 대해서 총중부의 이격 거리를 충분히 취할 수가 있을 것.
- ③ 지하수 등에 의한 지반의 변화도 충분히 예측해 둘 것.
- ④ 기기의 보수·점검작업에 편리하고, 안전한 배치나 형상일 것.
- ⑤ 케이블피트 등이나 다른 구조물과의 관련에 대해서도 충분한 고려를 해야 하며, 형상, 미관 등도 고려할 필요가 있다.

2) 내진설계

① 수변전 설비

수변전 설비의 내진 강도에 대해서는 그것이 건축

물에 시설되어 있을 경우는 건축 기준법에 의해서 지진에 대하여 안전한 구조로 하도록 규정되어 있다. 170kV를 초과하는 설비에 대해서는 JEAG 5003-1980 「변전소 등에 있어서의 전기설비의 내진 대책 지침」이 있는데, 기본적인 사고 방식은 3.3~77kV급 설비에 있어서도 참고가 되며, 또 「건축 설비 내진 설계·시공 지침」(1982)에도 수변전 설비의 내진 대책 가이드가 표시되어 있는데 표 1에 그 일부를 표시한다.

② 예비전원설비

가. 자가발전설비

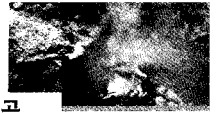
자가용 발전설비에 대한 설계지침으로서 내진조치의 최저한 필요 조건을 정한 “자가용 발전설비 내진 설계 가이드 라인”이 (사) 일본 내연력 발전설비 협회에서 1981년 3월에 발행된 것이 있는데 그 요점은 다음과 같다.

- ① 지진시의 운전 조건으로서 전내진형(주로 방재용 발전 설비)으로 할 것인가. 지진 관제형(주로 비상용 예비 발전 장치에 대해서 내진 성능 이하의 감도의 감진기의 동작에 의하여 지진시의 운전을 로크하는 방법)으로 할 것인가는 부하의 중요도, 건축물과 타설비와의 내진 강도의 밸런스, 2차 재해의 가능성, 계전기 등의 지진 중의 동작 등을 검토하여 결정하도록 하고 지진 후에는 안전·확실한 운전을 할 수 있는 것으로 한다.
- ② 내진 계산에 있어서는 종래의 정적 진도에 대하여 기기를 설치하는 바닥의 지진 시 응답이나 바닥에 대한 기기의 응답 배율 등, 동적 효과를 고려한 수정 진도법에 의하여 행하도록 구체적인 계산법이 표시되었다.

<표 1> 설계용 표준진도

	중요성이 높은 건축설비기기의 표준진도	통상의 건축설비기기의 표준진도	적용단층의 구분
최상층, 옥상 및 옥탑	1.5 (2.)	1.0	
2층 바닥이상	1.0 (1.3)	0.6	
지하층 및 1층	0.6	0.4	

[주] ( )내의 수치는 중요성이 높은 방진설비 기기의 경우 진도를 표시함



<표 2> 수변전 설비의 내진 대책 예

기기종류	내진대책예	비고
변압기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초 볼트의 정적 하중이 최대 체크포인트</li> <li>• 방진 장치가 있는 것은 내진 스톱퍼를 설치</li> <li>• 애자는 0.3G, 공진 3파에 견디는 것으로 한다.</li> <li>• 기계적 계전기류의 불필요 동작 대책을 세운다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본체의 공진 주파수는 일반적으로 10Hz이상 (방진 장치가 있는 것은 수 Hz)</li> <li>• 내진성을 향상시키기 위해서는 기초 부재를 크게 한다든가 부싱 지지부의 보강 등을 한다.</li> </ul>
육외 애자형 기기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공진시 동적 하중에 견디는 강도로 한다.</li> <li>• 가대를 포함한 내진 설계 검증을 한다.</li> <li>• 필요에 따라 고강도 애자를 사용한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공진 주파수는 수 Hz~15Hz 정도</li> <li>• 규격(JEC 2300, 196 등)에서는 정적 수평하중 0.5G가 기준이다.</li> <li>• 내진 조건에 따라서는 스테이애자로 보강할 수도 있다.</li> </ul>
가스 절연 개폐장치(GIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로는 기초부를 중심으로 한 정적 내진 설계로 대처할 수 있다.</li> <li>• 가공선 인입의 경우에 푸싱은 공진을 고려하여 동적 설계를 한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공진 주파수는 수 Hz~15Hz 정도</li> <li>• 진동 성상(性狀)이 다른 변압기 등과의 접속부는 플렉시블 조인트가 완충 효과가 있다.</li> </ul>
큐비클형 가스 절연 개폐장치(C-GIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본적으로는 스위치 기어와 동일하게 내진설계를 하고 있다.</li> <li>• 반(盤) 사이 및 변압기와의 접속에는 케이블을 사용하고 있으며 가요성이 있다.</li> <li>• 0.3G, 공진 3파의 검증도 실시하고 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 C-GIS 스위치 기어 본체 자체는 중심에서 2G정도의 내진 강도가 있으며 수납 기기의 지지, 비반(扉盤)의 계전기 내진성 등으로 전체의 내진성이 결정된다.</li> <li>• 베이스의 고정에 유의하면 거의 문제는 없다.</li> </ul>
스위치 기어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초 볼트나 베이스와 프레임의 고정 볼트가 인발력과 전단력이 가장 큰 체크 포인트이다.</li> <li>• 내진성 향상을 기하기 위해서는 부재의 강성을 높이고 기초부를 보강한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 몸체를 벽 등에 고정시키는 것도 전도 방지에 유효하다.</li> <li>• 중량물이나 내진성이 문제가 되는 것은 반고(軀高)의 1/2이하로 배 치한다.</li> <li>• 필요에 따라 문턱침점을 늘린다.</li> </ul>
보호 계전기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정지형 계전기나 디지털 릴레이를 사용한다.</li> <li>• 판의 강성을 높여서 응답 배율을 내린다.</li> <li>• 기초부를 보강한다.</li> <li>• 다른 종류의 계전기를 조합해서 사용 한다.</li> <li>• 협조상 가능한 범위에서 타이머를 넣는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 변압기의 기계적 보호 계전기에 대해서도 경보만으로 한다든가, 지진 검출기로 차단로를 체크하는 등 대책을 강구한다.</li> <li>• 수전점 계전기의 동작시한을 늦게 할 것을 전력회사와 협의하여 결정한다.</li> </ul>
설비전반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기실은 지하층이나 저층에 시설한다.</li> <li>• 육외 기기의 기초는 일체 구조로한다.</li> <li>• 배관이나 리드선에는 가요성을 부여 한다.</li> <li>• 지진시에는 변위량이 큰 것에는 내진 스톱퍼를 설치한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지진의 탁월 주파수는 지반이나 건물에 따라서 다르나 공진 유무를 사전에 검토하여 두는 것이 좋다.</li> </ul>

- ㉞ 원동기와 발전기에 방진 장치를 시설할 경우에는 지진 하중이 원동기, 발전 기의 중심(重心)에 작용한 경우의 수평 2방향과 연직 방향의 변위에 대하여 유효하게 구속하는 스톱퍼를 시설할 것.
- ㉟ 원동기의 배기, 냉각수, 연료, 윤활유, 시동용 공기의 각 출입구 부분에는 변 위량을 흡수하는 가요관을 시설할 것.

- ㊱ 보조기, 탱크류의 가대, 배관류, 배전반의 보강, 지지 방법을 구체적으로 제시하고 있다.
- 나. 축전지 설비  
축전지 설비의 내진대책으로는 다음 사항을 고려한다.
- ㊲ 가대의 내진 설계에 있어서는 축전지 단체의 동 마찰계수를 생각하지 않는다.
- ㊳ 앵글 프레임의 나사조임에 의한 마찰력만으로

고정시키는 것은 관통볼트에 의하여 고정시키거나 또는 용접 방식이 바람직하다.

- ㉔ 종래에는 전력 공급이 유지되면 다소의 어긋남이나 파손이 있어도 부득이한 것으로 여겼으나 상정 진도(想定震度)내에서는 이런 것이 전혀 없어야 한다.
- ㉕ 내진 가대의 바닥면 고정은 강도적으로 충분히 견딜수 있도록 처리한다.
- ㉖ 전조(電槽) 상호간의 틈을 없애고 또한, 내진 가대를 보강하기 위해서 2전조 정도 (2電槽程度)를 그룹하여 상하 2개소에 이동 방지틀 (스페이서)을 시설 하는 것이 바람직하다.
- ㉗ 축전지 인출선은 가요성이 있는 접속재로 충분한 길이의 것을 사용 하고 S자 형으로 배선하는 점 등을 고려한다.

③ 엘리베이터

엘리베이터의 내진설계는 다음과 같다.

- ㉘ 정해진 설계진도를 토대로 한 지진 하중에 대하여 기기의 이동이나 전도없이 구조 부분에는 위험한 변형이나 레일이탈이 발생하지 않도록 한다.
- ㉙ 지진시에 로프나 케이블이 승강로내의 돌출물에 걸리지 않도록 설계한다.
- ㉚ 정전이나 기타 외부요인에 의하여 엘리베이터 운행에 지장이 생길 우려가 있기 때문에 가능한 신속하게 가장 빨리 댈 수 있는 층에 정지시키는 「지진시 관제운전장치」를 설치하는 것이 바람직하다.

④ 기타

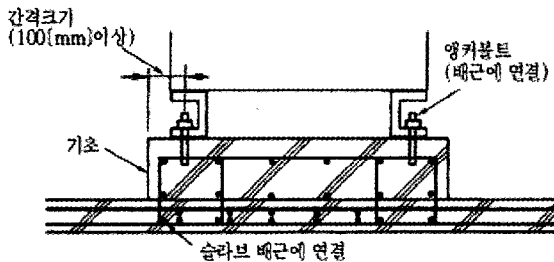
지진대책의 기본은 상정되는 지진력에 설비기기, 배선 등이 손상, 이동, 전도에 의한 이상을 일으키지 않도록 하는 것이다. 지진력에 의한 영향은 층수가 높아질수록 받기 쉽기 때문에 보다 충분한 대책이 필요하다.

일본 고베지진과 타이완 지진의 경우 다음 그림과 같이 건물의 구조형식이 RCF형인 경우(사무소 : 중간층붕괴, 학교 : 하층계단피해, 필로티부착 중층주택 : 1층 붕괴)가 많았으며, WPC, WRC구조형인 경우 부동침하에 의한 피해가 많았다. 그러므로 전력 시설물의 경우 이에 대한 대책도 같이 고려하여 설계되어야 한다.

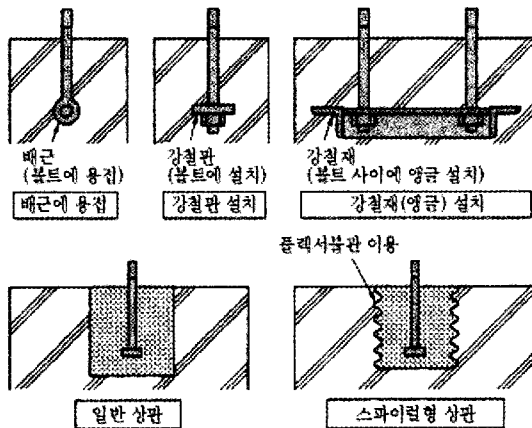
전력시설물의 내진시공 기법

바닥면 설치 기법

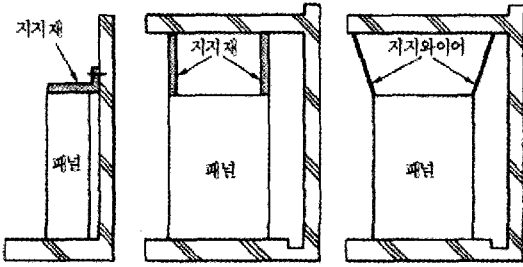
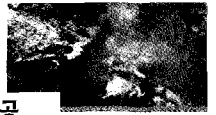
바닥면 설치 기기에서는 콘크리트 기초의 고정이나 앵커볼트의 고정에 의한 내진대책이 필요하다.콘크리트 기초는 바닥 슬라브근에 연결하여 이동방지를 시행한다. 앵커볼트는 내진설계에 의해 계산한 강도, 인발내력이 있는 것을 사용한다. 또한 앵커볼트의 간격 크기는 충분히(보통 100 [mm] 이상) 확보한다(그림 2).매입 앵커에서는 헤드 부착, L형, J형과 같은 볼트로 고정한다. 볼트를 철근에 용접 하면 내진성이 향상한다. 또한 상판앵커에서는 스파이럴형상판을 설치하면 일반 상판보다도 마찰이 커지므로 인발내력을 향상시킬 수 있다(그림 3).후시공 앵커 볼트를 크게 분류하면 금속확장계통 앵커와 접착계통 앵커가 있다.



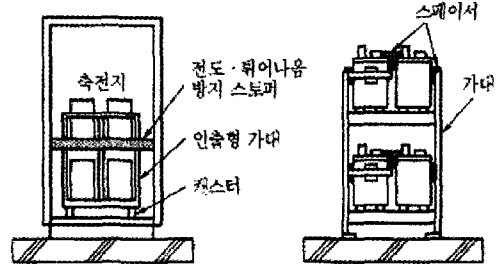
[그림 2] 콘크리트 기초의 내진보강



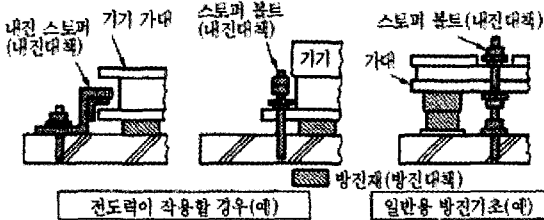
[그림 3] 앵커볼트의 내진보강



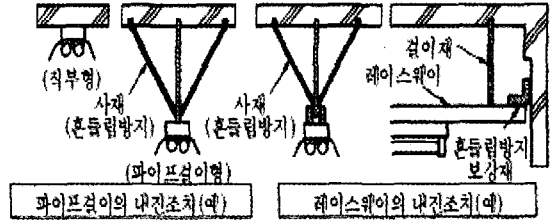
[그림 4] 박형 자립반의 전도방지 지지



[그림 5] 축전지 가대, 전해조의 튀어나옴 방지



[그림 6] 방진장치 부착 기기의 내진 스톱퍼

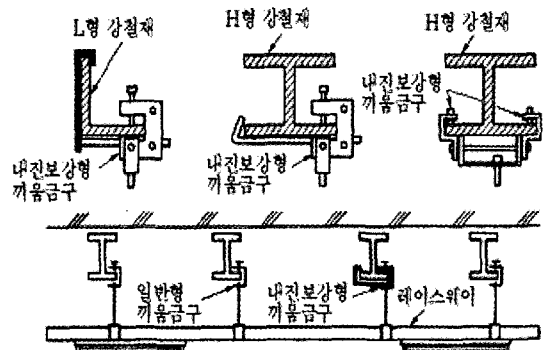


[그림 7] 걸이형 조명의 내진조치(흔들림방지)

금속확장계 통앵커에서는 앵커를 콘크리트에 미리 천공된 구멍에 일정한 깊이까지 삽입하고, 타격이나 회전 조임에 의해 확장부분을 열어 기계적으로 고정한다. 접착계통 앵커에서는 콘크리트에 미리 천공된 구멍에 접착제(캡슐형, 주입형)를 넣고 타격이나 회전에 의해 앵커를 매입한 후 화학반응에 의한 경화로 물리적으로 고정한다. 후시공 앵커에서 일정한 강도를 얻기 위해서는 공사요령에 기초하여 적절한 공사방법(앵커 각도, 천공 깊이의 확보, 매입, 조임에 의한 확실한 고정)을 실시하는 것이 중요하다. 인발시험기를 활용하여 인발내력 확인도 필요에 따라 실시한다. 박형의 자립반과 같이 중심이 높은 기기는 앵커볼트 이외에 강철재나 와이어로 패널 상부를 지지, 고정한다(그림 4). 인출기구의 기기에서는 튀어나옴 방지 스톱퍼를 설치한다. 축전지의 전해조 사이나 가대 공간에는 스페이서를 삽입한다(그림 5). 방진장치 부착 기기에는 내진 스톱퍼나 내진볼트를 설치해야 한다(그림 6).

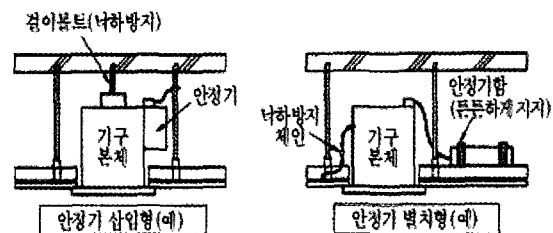
**천장걸이, 벽걸이**

기기걸이 지지에는 흔들림방지(사재)와 같은 내진



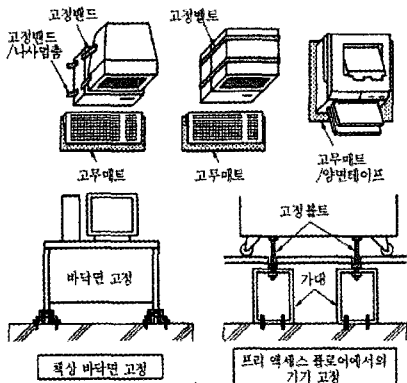
※ 내진보강형 끼움금구는 일정한 간격(수스팬) 마다에 설치.

[그림 8] 내진보강형 끼움금구의 추락, 낙하방지

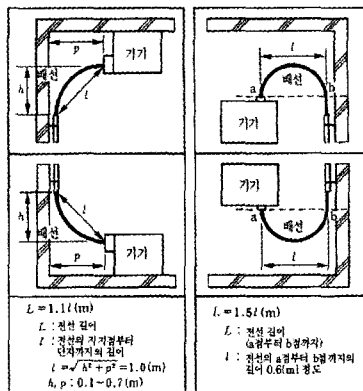


[그림 9] 매입형 조명의 낙하방지, 안정기 고정

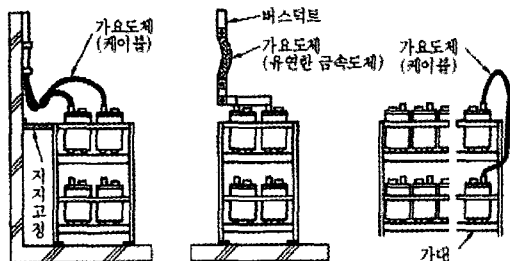




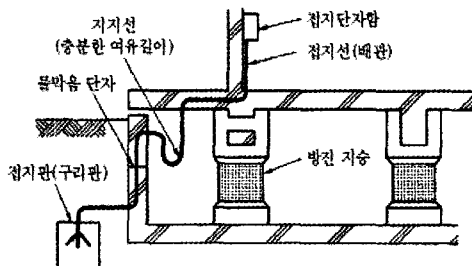
[그림 10] 감시제어장치의 이동, 전도, 낙하방지



[그림 11] 접속부분의 여유길이 계산



[그림 12] 접속부분의 공사(예) (축전지 설비)



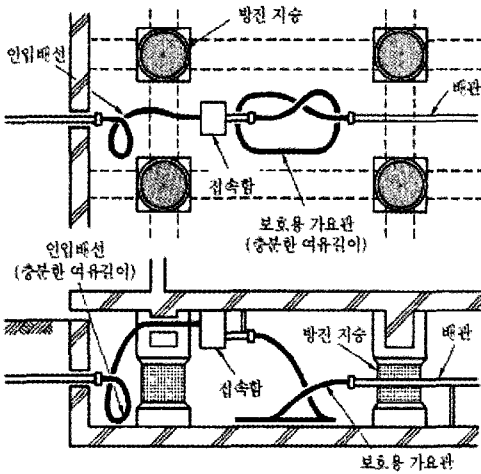
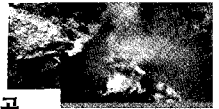
[그림 13] 방진 구조물의 내진대책(접지선)

지지재를 설치한다. 예를 들면 파이프걸이나 체인걸이 조명기구의 경우, 천장면이나 벽면에 직부 기구로 변경하는 것도 고려한다. 레이스웨이와 같이 연속되어 있는 경우, 수 스패(약 12 [m]) 마다에 흔들림방지와 같은 내진 지지재를 설치한다(그림 7). 걸이재나 흔들림방지 고정에 끼움금구를 사용할 경우, 내진형 끼움 금구로 하여 떨어지지 않도록 한다(그림 8). 이 경우에도 수 스패마다 내진형 끼움 금구를 사용하여 내진보강을 실시한다. 상들리에의 내진 대책은 디자인을 고려한 보강방법을 잘 검토할 필요가 있다. 기존 기구의 경우, 디자인이 어느 정도 손상된다. 길이 밑 금구의 강도는 제조사가 진단조사를 하여 강도가 부족할 경우에는 교환한다. 또한 와이어로 흔들림방지(3포인트 이상)에 의한 내진조치를 실시한다. 매입기구에는 걸이볼트나 낙하방지 체인을 설치하여 사람에 대한 2차적인 재해를 방지한다(그림 9). 특히 동철형의 별도설치 안정기는 무게

가 있으므로 지지재에 튼튼하게 고정하여 낙하를 방지한다. 벽걸이 패널과 같은 벽면으로의 앵커볼트에 의한 고정은 바닥면 설치나 천장걸이의 경우와 동일하다. 설치할 벽면은 내력이 있는 콘크리트 벽이나 철골조에서는 구체나 구체에 설치된 강철재로 고정해야 한다.

### 감시제어 시스템 기기

책상 위에 설치된 감시제어용 PC와 모니터, 프린터와 같은 주변기기는 고정되어 있지 않으므로 이동, 진락 또는 바닥으로 떨어질 가능성이 있다. 책상 위의 각 기기에는 고무매트에 의한 미끄럼 방지와 밴드, 양면테이프, 금구, 나사에 의한 기기 고정이 필요하다. 그리고 기기가 설치되어있는 책상의 바닥면 고정, 캐스터 부착 기기의 바닥면 고정도 실시한다. 프리 액세스 플로어에 설치되어 있는 기기의 경우, 가대를 끼워 바닥 슬라브에 고정한다(그림 10).



[그림 10] 감시제어장치의 이동, 전도, 낙하방지

### 기기의 접속부분

간선에서 기기로의 인입 접속부분에는 가요성이 있는 케이블이나 가요도체를 사용하고, 진동에 의한 변위를 흡수할 수 있는 여유길이를 고려한다. 여유길이는 배관, 배선과 같은 허용반경을 확보하고, 단자부분에 무게가 실리지 않도록 한다(그림 11, 12). 진행부분이나 인입 부분의 배전에서는 일반적으로 최단길이인 1.1.1.2 배 이상의 여유길이를 예정이다. 최신 방진구조 건물에서는 진동에 의한 구조물의 변위를 고려하여 배선은 진행 부분이나 인입 부분과 마찬가지로 케이블과 같은 가요도체 사용과 충분한 여유길이를 확보할 필요가 있다(그림 13, 14).

### 기기의 내진조치 포인트

기존 설비가 과거의 내진기준에 따라 어느 정도의 내진대책이나 고려가 이루어졌다면 비교적 간단한 보강공사로 대응할 수 있는 경우도 있다. 대규모 설비의 리뉴얼은 신축과 동일한 내진대책을 실시할 좋은 기회가 된다. 축전지 설비, 비상조명 설비와 같은 소방관련 설비가 문제를 일으키면 피난활동과 같은 긴급시 대응에 막대한 영향을 미친다. 설비는 시스템으로서 기능하지 않으면 비상사태에 대처할 수 없을 뿐 아니라 결과적으로 피해를 확대한다. 설비 시스템 전체를 고려하면서 각 설비의 내진조치 우선순위를 정하여 적절한 내진대책을 실시하는 것이 요구된다.

### 맺은말

위와 같이 전기의 내진조치에는 각종방법이 고려되고 있는데, 기기의 중요도나 설치 환경을 충분히 고려할 필요가 있다. 또한 책상 위의 내진대책뿐 아니라 계획대로 공사하는가를 확인해 두는 것이 마지막 포인트가 된다. 내진대책은 직접, 상시품질을 보증하는 설비는 아니지만, 만일의 경우 유효하게 작용하여 기기성능을 보증하는 것으로, 확실한 대책을 세워야 한다. 재해시 복구 에너지와 비용을 고려하면, 건물, 기타 설비와의 균형을 고려하여 사전에 충분한 대책을 세우는 것이 가장 간단한 내진대책이라고 할 수 있다. '재해는 잊기 때문에 발생한다'는 것을 염두에 둘 필요가 있다. ㉔