

- 지진대비 전기설비의 기능유지를 위한 -

건축전기설비의 내진 설치요령

2019

 서울특별시



건축전기설비 내진 설치요령을 내면서

지난 2017년 11월에 포항에서 발생한 진도 5.4의 지진으로 큰 피해가 발생하는 등 최근 10년 동안 진도 5.0 이상의 지진만 10여 차례 이상 발생하여 국내도 더 이상 지진 안전지대가 아님이 밝혀지고 있습니다. 또한 서울시를 비롯한 대도시는 인구의 과밀화에 따른 건물의 고층화·집약화는 물론 교통, 지하철 등 인프라가 복잡하게 얽혀 있어 지진에 의한 대규모 전력공급 중단 등의 피해가 발생할 경우 연쇄적으로 사회·경제 전반에 큰 영향을 미치게 됩니다. 따라서 전력공급에 지장을 초래하는 지진에 의한 피해를 줄이고 건축물에 안정적인 전기공급을 하기 위해서는 건축전기설비의 설치 및 유지관리에 있어서 충분한 내진 성능을 고려할 필요가 있습니다.

또한, 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」(국토교통부령 제555호, 2018.11.9.) 개정에 따라 건축물내에 설치하는 전기시스템과 이를 지지하는 부착물 및 장비를 건축 비구조요소로 정의하고 지진에 대한 안전한 내진성능을 갖출 것을 명시하였으며 전기설비기술기준 및 판단기준에서도 건축물에 시설하는 고압 및 특고압의 전기기계기구·모선 등의 전기설비는 지진의 진동과 충격에 대하여 안전 구조일 것임을 명시하고 있어 건축전기설비의 설계·시공·유지관리 등 현장 적용시 참조 할 수 있는 내진설계에 관한 요령이 필요한 실정입니다.

따라서 이 요령은 전기설비 관련 내진설계 법적근거, 대상시설 및 지진발생시 건축전기설비의 성능을 확보하기 위한 내진설계, 설치사례, 설치공량에 대한 기술적 사항을 제공하기 위해 제정된 것이며 향후에도 법령 개정 및 전기 내진설계 기술 발전사항을 반영하여 자료 추가 등 지속적으로 개정을 추진하도록 하겠습니다.

끝으로 서울시 건축전기설비 내진설계 요령이 발간될 수 있도록 참여해 주신 관계기관, 학계, 단체 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

2019. 8.

서울특별시 재무국장

- 건축전기설비 내진 설치요령은 서울특별시(본청, 본부, 사업소 및 자치구, 투자·출연기관 등 포함)에서 건설하는 공공 건축물에 대한 전기 설계, 시공 등 업무수행에 편의를 제공하기 위해 관련 법령·규정 등을 체계화함으로써 서울시 공공건축물의 안전을 향상시키기 위해 제정하였습니다. 아울러 본 요령은 실무능력을 배양하기 위한 참고도서임을 밝혀 둡니다.
- 또한 본 요령은 서울특별시가 갖는 사회적, 지형적, 일반적 특성을 감안하여 작성된 것으로 법령·규정의 개정, 제도개선 또는 내부지침의 변경에 따라 내용이 달라질 수 있으므로 변경된 내용을 반드시 확인 후 적용하시기 바라며, 실제 전기공사 등 건설사업 시공에 있어 사업별 여건, 현장의 특수성을 고려하여 탄력적으로 적용하시기 바랍니다.
- 본문 내용 중 수정·보완 사항에 대한 의견은 계약심사과로 보내 주시면 검토·보완하도록 하겠습니다.

서울특별시 계약심사과

- ♣ 본 요령 발간이후, 건축법, 건축물의 구조기준에 관한 규칙, 전기 관련 법령 등 관련 규정이 개정될 수 있으므로 반드시 관련 규정 원문을 참고하여 주시기 바랍니다.
- ♣ 본 요령은 서울특별시 기준으로 제정된 것이므로 타 지방자치단체 및 기관의 건축 전기설비 내진 설계요령과는 다를 수 있다는 점을 알려드립니다.
- ♣ 본 요령 상의 사진 및 그림은 이해를 돕기 위한 것으로 특정제품과는 관련이 없음을 알려드립니다.

목 차

1. 개 요

| | |
|---|----|
| 1-1. 지진발생 및 피해사례 ----- | 1 |
| 1-2. 내진설계 법적근거 ----- | 2 |
| 1-2-1. 건축법령 관련 규정 ----- | 2 |
| 1-2-2. 전기법령 관련 규정 ----- | 4 |
| 1-2-3. 그 밖의 규정 ----- | 4 |
| 1-3. 내진설계 대상 시설 ----- | 5 |
| 1-3-1. 국가건설기준(KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준)에 규정된 사항----- | 5 |
| 1-3-2. 내진설계 대상 전기설비 ----- | 7 |
| 1-4. 내진설계 개념 ----- | 8 |
| 1-4-1. 건축물 내진설계 ----- | 8 |
| 1-4-2. 전기설비의 내진설계 성능목표 및 대상설비 ----- | 9 |
| 1-4-3. 전기설비의 정착설계 개념 및 설계지진력----- | 11 |

2. 건축전기설비의 내진설계

| | |
|--------------------------------|----|
| 2-1. 내진 대상설비의 정착설계 ----- | 17 |
| 2-1-1. 정착방법의 분류 ----- | 17 |
| 2-1-2. 정착설비의 종류 ----- | 18 |
| 2-1-3. 정착 시공방법 ----- | 20 |
| 2-2. 전기 비구조요소의 내진설계 ----- | 23 |
| 2-2-1. 전기 비구조요소란----- | 23 |
| 2-2-2. 전기 비구조요소의 내진 설계절차 ----- | 23 |
| 2-2-3. 전기 비구조요소의 정착설계 ----- | 28 |

3. 전기사설별 내진 설치사례

| | |
|---------------------------|----|
| 3-1. 조명설비 내진 설치사례 ----- | 31 |
| 3-2. 케이블트레이 내진 설치사례 ----- | 32 |
| 3-3. 수변전설비 내진 설치사례 ----- | 32 |
| 3-4. 발전기설비 내진 설치사례 ----- | 34 |

4. 건축전기설비 내진 설치공량

| | |
|-----------------------------|----|
| 4-1. 앵커볼트 설치품 ----- | 35 |
| 4-2. 케이블트레이 내진버팀대 설치품 ----- | 35 |
| 4-3. 내진스토퍼 설치품 ----- | 36 |

| | |
|-----------|----|
| 부 록 ----- | 37 |
|-----------|----|

| | |
|------------|----|
| 참고문헌 ----- | 44 |
|------------|----|

1-1 지진발생 및 피해사례

- 지진의 직접적인 원인은 암석권에 있는 판(plate)의 움직임이다. 이러한 움직임이 직접 지진을 일으키기도 하고 다른 형태의 지진 에너지를 제공하기도 한다. 판을 움직이는 힘은 다양한 형태로 나타나는데, 판이 암석권 밑의 상부맨틀에 비해 차고 무겁기 때문에 이를 뚫고 들어가려는 힘, 상부 맨틀 밑에서 판이 상승하여 분리되거나 좌우로 넓어지려는 힘, 지구내부의 열대류에 의해 상부맨틀이 판의 밑부분을 끌고 이동하는 힘이 지진이다
 - 진원(震源): 지진이 최초로 시작된 지점. P파와 S파의 도착시간의 차를 이용하는 방법과 지진파가 진원으로부터 관측점에 도달하는데 걸리는 시간과 진원거리의 관계를 나타내는 주기곡선을 이용하여 산출한다.
 - 진앙(震央): 지진이 발생한 지하의 진원 바로 위에 해당하는 지표상의 지점을 가리키며, 진원 지라고도 한다. 보통 지진의 피해가 가장 큰 지역이다.
 - 진도(Intensity scale): 지진의 크기를 나타내는 척도이다. 진도는 각 나라마다 사정에 맞게 서로 다른 기준을 정하여 쓰고 있다. 지진의 강도를 기준으로 하는 리히터 규모와 사람이 지진을 느끼는 정도와 땅 위의 피해를 기준으로 하는 수정 레르칼리 진도계급이 일반적이다.
 - 규모(Magnitude): 지진계에서 기록된 값을 기준으로 계산되는 것으로 지진이 발생한 곳에서 방출된 총 에너지를 말한다. ‘M5.8 지진’과 같은 말은 이 규모(M)값을 말하는 것이다.
- 최근 국내에서도 지진의 발생하여 더 이상 지진 안전지대가 아님이 밝혀지고 있다.
 - 지난 2017. 11월에 포항에서 발생한 규모 5.4의 지진, 2016. 9월 발생한 규모 5.8의 경주 지진 등 최근 10년 동안 규모 5.0이상의 지진만 10여 차례 이상이 발생
 - 전기설비 내진은 최근까지도 법적 설치 규정이 마련되지 않아 지진 발생시 건물내 정전은 물론 수배전반, 조명기구 등이 전도, 낙하 등으로 인해 2차 인명사고로 이어지고 있음



배관 파손으로 전기케이블 손상



변압기 낙하



케이블트레이 파괴로 통신케이블 파손

1-2 내진설계 법적근거

1-2-1. 건축법령 관련 규정

- 건축법 제48조(구조내력 등) 및 국토교통부령 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(국토교통부령 제 555호, '18.11.9.)」에 의거 건축물 내 전기 비구조요소의 내진설계 의무화

〈 건축법 〉

제48조(구조내력 등)

- ① 건축물은 고정하중, 적재하중(積載荷重), 적설하중(積雪荷重), 풍압(風壓), 지진, 그 밖의 진동 및 충격 등에 대하여 안전한 구조를 가져야 한다.
- ④ 제1항에 따른 구조내력의 기준과 구조 계산의 방법 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

〈 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(국토교통부령 제555호, 2018.11.9.) 〉

제2조(정의) 7. "비구조요소"란 다음 각 목의 것을 말한다.

- 가. 건축비구조요소: 구조내력을 부담하지 아니하는 건축물의 구성요소로서 배기구, 부착물 및 비구조벽체 등의 부재
- 나. 기계·전기비구조요소: 건축물에 설치하는 기계 및 전기 시스템과 이를 지지하는 부착물 및 장비

제4장 구조안전의 확인

제56조(적용범위) ① 영 제32조제1항에 따른 각 단계별 구조안전(지진에 대한 구조안전을 포함한다)확인 절차, 내용 및 방법은 제57조에서 제59조까지에 따른다.

- ② 영 제32조제2항제6호[건축물의 용도 및 규모를 고려한 중요도가 높은 건축물로서 국토교통부령으로 정하는 건축물]에서 "국토교통부령으로 정하는 건축물"이란 별표 11에 따른 중요도 특 또는 중요도 1에 해당하는 건축물을 말한다.

| 내진 등급 | 중요도 | 용도 및 규격 | 중요도계수 |
|-------|-----|---|-------|
| 특등급 | 특 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 연면적 1,000[m²] 이상인 - 위험물 저장 및 처리시설 - 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 - 종합병원, 수술시설이나 응급시설이 있는 병원 | 1.5 |
| I | 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 연면적 1,000[m²] 미만인 - 위험물 저장 및 처리시설 - 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 | 1.2 |

| 내진 등급 | 중요도 | 용도 및 규격 | 중요도계수 |
|-------|-----|---|-------|
| I | 1 | ■ 연면적 5,000[m²] 이상인 - 공연장, 집회장, 관람장 - 전시장, 운동시설, 판매시설, 운수시설(화물터미널, 집배송시설 제외) - 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설 - 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사, 아파트 - 학교 - 수술시설과 응급시설 모두 없는 병원, 기타 연면적 1,000[m ²] 이상인 의료시설로서 중요도 (특)에 해당하지 않는 건축물 | 1.2 |
| | | - 중요도 특,1,3 등급에 해당되지 않는 건축물 | |
| II | 2 | - 농업시설물, 소규모 창고, 가설 구조물 | 1.0 |
| | 3 | - 농업시설물, 소규모 창고, 가설 구조물 | 1.0 |

* 특등급: 지진 시 매우 큰 재난이 발생하거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 매우 큰 영향을 줄 수 있는 시설 등급
 I 등급: 지진 시 큰 재난이 발생하거나 기능이 마비된다면 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 시설의 등급
 II 등급: 지진 시 재난이 크지 않거나, 기능이 마비되어도 사회적으로 영향이 크지 않은 시설의 등급

③ 영 제32조제2항제7호에서 "국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 국토교통부령이 정하는 것"이란 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 박물관·기념관 그 밖에 이와 유사한 것으로서 연면적의 합계가 5,000[m²] 이상인 건축물을 말한다.

제57조(구조설계도서의 작성) 구조설계도서는 이 규칙에 적합하도록 작성하여야 하며 구조설계도서에 포함할 내용과 구조안전 확인의 기술적 기준은 「건축구조기준」 또는 「소규모건축구조기준」에서 정하는 바에 따른다.

제58조(구조안전확인서¹⁾ 제출) 영 제32조제2항 각 호의 어느 하나에 해당하는 건축물로서 법 제21조에 따른 착공신고를 하는 경우에 다음 각 호의 구분에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서를 작성하여 제출하여야 한다.

1. 6층 이상 건축물: 별지 제1호서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서
2. 소규모건축물: 별지 제2호서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서 또는 별지 제3호서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서
3. 제1호 및 제2호 외의 건축물: 별지 제2호 서식에 따른 구조안전 및 내진설계 확인서²⁾

1), 2) 별첨 내진설계 확인서 부록 참조

1-2-2. 전기법령 관련 규정

○ 전기설비기술기준

제2절 제21조(발전소 등의 시설)

⑤ 고압 또는 특고압의 전기기계기구·모선 등을 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 전기설비는 자중, 적재하중, 적설 또는 풍압 및 지진 그 밖의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조이어야 한다.

○ 판단기준

제2장 제44조(발전소 등의 울타리, 담 등의 시설)

⑥ 기술기준 제21조 제5항에 따라 내진설계를 하는 경우에는 한국전기기술기준위원회 표준 KECG 9701-2014 및 KECC 7701-2014를 참고할 수 있다.

1-2-3. 그 밖의 규정

1) 관련 법령

○ 지진·화산 재해대책법(약칭: 지진대책법)

제17조(재난안전상황실과 지역재난안전 대책본부의 내진대책), 제14조(내진설계기준의 설정)

○ 자연재해 대책법

○ 재난 및 안전관리 기본법

○ 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법

2) 관련 기준

○ 국토교통부 국가건설기준 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준)

○ 대한건축협회: 건축구조기준, 건축, 기계 및 전기 비구조요소

○ 전기통신설비의 기술 기준에 관한 규정

○ 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준

○ 지진대책대상 전기통신설비의 범위와 지진대책기준 고시

○ 재해 경감을 위한 기업의 자율활동 지원에 관한 법률

3) 관련 지침

○ 대한전기협회: 발·변전 규정 제1435절 내진 시설

○ 대한전기협회: 변전소 등에서의 내진설계 지침서

○ 대한전기협회: 건축전기설비 내진설계시공지침서

○ 중앙소방본부: 행정안전부 고시 “소방시설의 내진설계기준”

- 한국전력공사: 송변전 내진설계 실무 지침서
- 전파연구소: 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준
- 국립전파연구원: 방송통신표준 KCS.KO-05.0800/R1 “방송통신설비의 내진시험방법 ”

4) 해설서

- 중앙소방본부: 소방시설의 내진설계 화재안전기준 해설서
- 소방청: 전력·통신설비 등의 내진대책 가이드라인
- 행정안전부: 전력·통신설비 등의 내진대책 가이드라인

1-3 내진설계 대상 시설

1-3-1. 국가건설기준(KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준)에 규정된 사항

1) 용어의 정의

- 내진설계책임구조기술자 : KDS 41 10 05의 7장에서 규정된 책임구조기술자의 자격을 갖춘 자로서 내진설계에 관련된 설계경험과 공학적 지식이 있는 자.
- 내진성능목표: 설계지반운동에 대해 내진성능수준을 만족하도록 요구하는 내진설계의 목표
- 내진성능수준: 설계지진에 대해 시설물에 요구되는 성능수준. 기능수행수준, 즉시복구수준, 장기복구/인명보호수준과 붕괴방지수준으로 구분
- 밀면: 지반운동에 의한 수평지진력이 작용하는 기준면
- 밀면전단력: 구조물의 밀면에 작용하는 설계용 총 전단력
- 비구조요소: 건축비구조요소와 기계·전기비구조요소를 총칭
- 설계변위: 면진시스템의 강성 중심에서 구한 설계지진 시 횡변위
- 설계스펙트럼가속도: 설계지진에 대한 단주기와 주기 1초에서의 응답스펙트럼가속도(S_{DS} , S_{D1})
- 설계지진: 건축물 혹은 비구조요소의 중요도 및 성능목표별 지진의 재현주기에 따라 2장에서 정의한 기본설계지진에 중요도계수 및 위험도계수를 곱한 지진
- 유효지반가속도: 지진하중을 산정하기 위한 기반암의 지반운동 수준으로 유효수평지반가속도와 유효수직지반가속도로 구분
- 응답스펙트럼: 지반운동에 대한 단자유도 시스템의 최대응답을 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼
- 지진력: 지진운동에 의한 구조물의 응답에 대하여 구조물과 그 구성요소를 설계하기 위하여 결정된 힘

2) 지진위험도

- 최대고려지진은 내진설계에서 고려하는 가장 큰 지진으로서 국가지진위험지도의 2,400년 재현주기에 해당하며, 그 유효지반가속도의 크기는 3장의 규정에 따라서 정한다.

- 기본설계지진은 스펙트럼가속도가 최대고려지진에 의한 값의 2/3 수준에 해당하는 지진으로 정의한다.

3) 성능목표

- 건축물의 성능수준은 기능수행, 즉시복구, 인명보호, 붕괴방지 수준으로 구분할 수 있으며, 이를 만족하기 위하여 건축물을 구성하는 구조요소와 비구조요소가 각각 갖추어야 할 성능수준은 표 1.1과 같다.

〈표 1.1 건축물의 성능수준과 구조요소 및 비구조요소의 성능수준 사이의 관계〉

| 건축물의 성능수준 | 구조요소의 성능수준 | 비구조요소의 성능수준 |
|-----------|------------|-------------|
| 기능수행 | 거주가능 | 기능수행 |
| 즉시복구 | 거주가능 | 위치유지 |
| 인명보호 | 인명안전 | 인명안전 |
| 붕괴방지 | 붕괴방지 | - |

- * 기능수행: 지진 이후에도 정상적으로 기능을 유지
- * 위치유지: 기능 수행과 인명 안전의 중간 수준
- * 인명안전: 손상을 허용하지만, 인명 피해를 유발하지 않음(탈락 방지)
- * 붕괴방지 (미고려): 구조물의 붕괴여부를 고려할 정도로 큰 지진시에는 비구조요소의 성능을 고려하지 않음

- 내진안전성을 위하여 건축물의 내진설계에서 고려되어야 하는 내진등급별 최소 성능목표는 표 1.2와 같다.

〈표 1.2 건축물의 내진등급별 최소 성능목표〉

| 내진등급 | 성능목표 | | 설계지진 |
|------|--------|------|-------------------------|
| | 재현주기 | 성능수준 | |
| 특 | 2,400년 | 인명보호 | 기본설계지진 × 중요도계수(I_E) |
| | 1,000년 | 기능수행 | - |
| I | 2,400년 | 붕괴방지 | - |
| | 1,400년 | 인명보호 | 기본설계지진 × 중요도계수(I_E) |
| II | 2,400년 | 붕괴방지 | - |
| | 1,000년 | 인명보호 | 기본설계지진 × 중요도계수(I_E) |

※ 설계 대상: 건축구조물에 영구히 설치되는 건축, 기계 및 전기설비 등의 비구조요소와 그 정착부

- ✓ 인명안전: 탈락방지를 위한 정착부(지지부, 앵커) 설계, 상대변위 수용여부 확인
- ✓ 기능수행: 비구조요소 자체의 정상 작동여부에 대한 확인(해석 혹은 실험적 검증)
- ✓ $I_p = 1.5$ 인 비구조요소: 인명보호 + 기능수행
- ✓ $I_p = 1.0$ 인 비구조요소: 인명보호

- 비구조요소는 18장에 따라 설계한 경우 성능목표를 만족하는 것으로 간주한다. 기계/전기 비구조요소의 경우 20장에 따라 장치의 작동여부를 추가로 검토하여야 한다.
- 설계자는 성능목표에 대하여 건축주 또는 발주처와 협의하여야 하며, 건축주 또는 발주처가 요구하는 경우 표 2.4-2의 성능목표를 만족시키는 동시에 추가적인 성능목표를 설정하여 설계하여야 한다.

1-3-2. 내진설계 대상 전기설비

1) 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 규정

- 전기비구조요소로서 건축물에 설치하는 전기시스템과 이를 지지하는 부착물 및 장비

2) 「전기설비기술기준」 규정

- 고압 또는 특고압의 전기기계기구, 모선 등을 시설하는 발전소.변전소.개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 전기설비

3) 「국가건설기준 KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준」 규정

- 인명 안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소
- 피난 경로 확보에 지장을 주는 비구조요소(비상 유도등)
- 내진 특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소

♣ 중요도계수

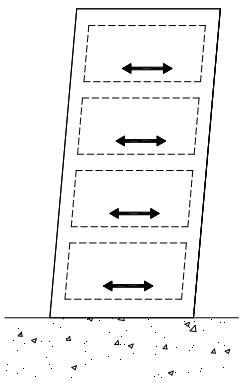
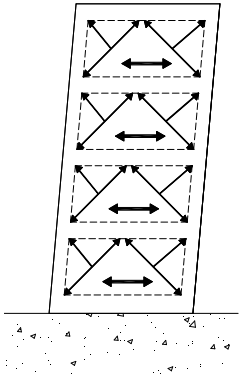
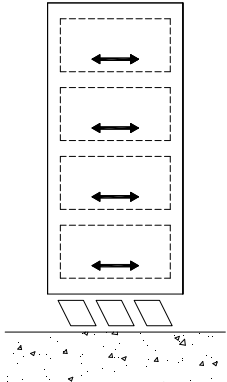
비구조요소의 중요도계수 I_f 는 1.0으로 한다. 단, 다음에 해당할 경우 I_f 를 1.5로 한다.

- (1) 소화배관과 스프링클러 시스템 등 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소. 또한 피난 경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량칸막이벽 등 손상시 피난 경로확보에 지장을 주는 비구조요소와 대형 창고형 매장 등에 설치되어 일반대중에게 개방된 적재장치
- (2) 규정된 저장용량 이상의 독성, 맹독성, 폭발위험 물질을 저장하거나 지지하는 비구조요소
- (3) 내진특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소

1-4 내진설계 개념

1-4-1. 건축물 내진설계

- 건축물의 내진은 철근 콘크리트 내진벽으로 건물을 단단하게 설계하는 것으로 면진과 제진을 포함한 광의의 개념이다.

| 구분 | 형태 | 내용 |
|------------|---|--|
| 내진 (耐震) |  | <ul style="list-style-type: none"> ○ 내진구조는 건축물 내부에 철근 콘크리트의 내진벽과 같은 부재를 설치해서 지진시 강한 흔들림에도 붕괴되지 않도록 하는 가장 기본적인 구조로 건물 본체가 진동에너지를 흡수 ○ 건축물의 완전붕괴는 방지할수 있으나 내부의 설비들까지 보호하지는 못함 ○ 제진이나 면진에 비해서는 비용이 적게 소요되나 100m를 넘는 고층빌딩에 이 방식을 적용하면 지나치게 많은 양의 철과 콘크리트가 사용됨 |
| 제진 (制震) |  | <ul style="list-style-type: none"> ○ 지진이 날 때 그 진동에 맞춰 건물을 적당히 흔들리게 해서 에너지를 분산, 흡수하는 방법 ○ 제진 댐퍼(damper)라 불리는 기둥이 진동에너지를 먼저 흡수 ○ 빌딩이 붕괴되지는 않지만, 건물이 크게 흔들려 이에 따른 피해가 발생함 ○ 설치비용은 통상 내진과 면진의 중간비용 수준 ※ 댐퍼(damper): 진동을 감쇠시키거나 공진 부근의 진동 레벨을 낮추거나 하기 위해서 감쇠력을 발생하는 장치 |
| 면진 (免震) |  | <ul style="list-style-type: none"> ○ 진동이 가진원(加振源)에서 방진하고 싶은 대상으로 전파하는 것을 방지하기 위해서, 전파경로의 도중에 탄성재(彈性材) 등을 삽입하는 방진대책 ○ 고무처럼 모양이 쉽게 바뀌는 건축자재로 만들어진 장치 위에 건물을 세워 지진으로 발생하는 에너지가 건물에 쉽게 전달되지 않도록 한 설계 방식 ○ 건물의 기초부분에 부착된 면진 장치가 진동에너지를 흡수 ○ 비용은 가장 많이 소요됨 |

1-4-2. 전기설비의 내진설계 성능목표 및 대상설비

1) 적용범위

- 건축구조물에 영구히 설치되는 전기설비 등의 비구조요소와 그 지지부 및 연결부는 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준) 18장의 규정에 따라 설계되어야 한다.
- 구조물 유효중량의 25%를 초과하는 비구조요소는 건물외구조로 분류하여 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준) 19장의 규정을 따른다.

2) 성능 목표

- 비구조요소는 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준)의 18장에 따라 설계한 경우 성능 목표를 만족하는 것으로 간주한다.
- 기계/전기 비구조요소의 경우 KDS 41 17 00의 20장에 따라 장치의 작동여부를 추가로 검토하여야 한다.

3) 중요도계수

- 중요도 계수 I_p 가 1.5(인명보호 + 기능수행)인 비구조요소
 - ① 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소
 - ② 피난경로 확보에 지장을 주는 비구조요소(비상유도등 등)
 - ③ 내진 특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소
⇒ 전기비구조요소 자체의 정상 작동여부의 확인이 필요함: 해석 혹은 실험적 검증
- 중요도 계수 I_p 가 1.0(인명보호)인 비구조요소
 - ① 지진 시 발생하는 관성력 혹은 상대변위에 의해 지지부의 탈락이 발생하지 않아야 함
 - ② 지지하중을 지지할 수 있도록 지지부(앵커) 설계
 - ③ 발생하는 상대변위를 수용할 수 있는 상세 사항 확인
 - ④ 비구조요소 자체의 정상 작동여부는 대상이 아님

4) 내진설계 대상 비구조요소

- 중요도계수 I_p 가 1.5인 비구조요소는 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준) 18장의 규정에 따라 내진설계가 수행되어야 하고 이외의 비구조요소의 내진설계 여부는 건축주와의 협의에 따른다.

| 비구조요소의 종류 | 내진 특등급 건물 | 내진 1, 2등급 건물 | 비 고 |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 소화배관, 스프링클러 시스템 등 | 내진 설계대상 ($I_p = 1.5$) | 내진 설계대상 ($I_p = 1.5$) | * 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 작동하여야 하는 비구조 요소 |

| 비구조요소의 종류 | 내진 특등급 건물 | 내진 1, 2등급 건물 | 비 고 |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| 피난경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량 칸막이벽 등 | 내진 설계대상 ($I_p = 1.5$) | 내진 설계대상 ($I_p = 1.5$) | * 손상 시 피난경로 확보에 지장을 주는 비구조요소 |
| 기능유지에 필요하거나 영향을 주는 비구조요소 | 내진 설계대상 ($I_p = 1.5$) | 건축주와의 협의 ($I_p = 1.0$) | * 특등급건물내 대부분의 비구조요소가 해당 * 병원내의 의료장비, 소방펌프 장비 및 병원용 비상전원, 무정전전원공급장치 등은 내진 성능의 인증이 요구되는 특정 비구조요소로 내진성능의 증명이 필요 |
| 기능유지와 상관없는 기타 비구조 요소 | 건축주와의 협의 ($I_p = 1.0$) | 건축주와의 협의 ($I_p = 1.0$) | |

5) 내진설계 예외 설비

- 중요도 계수가 1.0이면서 바닥으로부터 설치높이 1.2[m] 이하, 중량 1,800(N) 이하이고, 덕트나 파이프와의 연결부가 유연한 재료로 구성되어 있는 경우
- 중량 100(N) 이하, 단위길이 당 중량이 70(N/m) 이하인 경우

6) 내진 설계 고려사항

가) 설계 절차

비구조요소의 설계는 다음 중 하나의 절차에 의해 수행될 수 있다.

- ① 내진설계책임구조기술자가 KDS 41 17 00의 제18장의 규정에 따라 해당 건물내 비구조요소의 내진설계를 수행하는 경우
- ② 해당 비구조요소의 제조자가 정밀해석 혹은 18.1.3.2의 규정에 의한 실험을 통해 내진성능을 보유하고 있음을 입증하는 문서를 제출하는 경우
- ③ 실험적 절차에 따라 검토되고 승인된 경우

♣ 실험적 절차

KDS 41 17 00 제18장에 규정된 해석적인 설계절차를 대신하여 실험을 통해 비구조요소 및 그 지지부의 내진성능을 확인할 수 있다. 실험적 절차에는 내진설계책임구조기술자가 인정한 공인된 실험규약이 사용되어야 하며, 실험을 통해 이 기준이 요구하고 있는 내진요구사항과 동등하거나 이를 초과하는 내진성능을 보유하고 있음이 증명되어야 한다. 실험적 절차를 적용할 경우 최대지진력은 $3.2I_p W_p$ 를 초과할 필요는 없다.

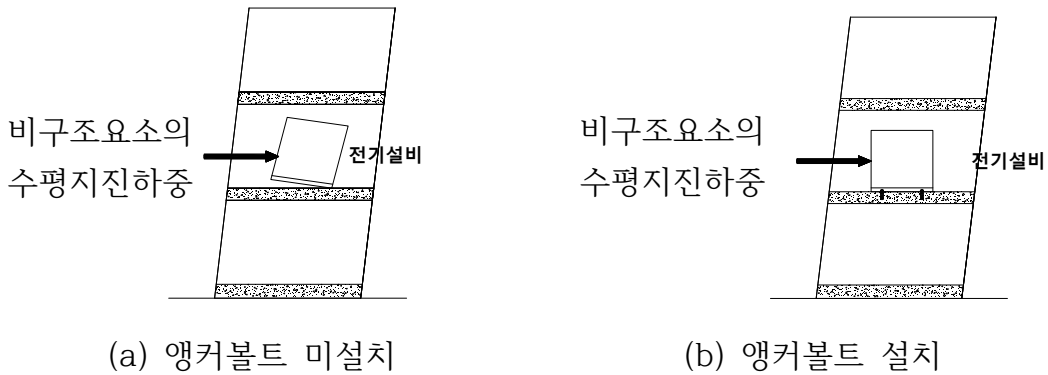
나) 설계의 검토와 승인

개별 비구조요소의 공인된 설계기준에 따라 내진설계를 수행하고 내진설계책임구조기술자가 이를 승인하는 경우 비구조요소의 내진설계는 구조체의 내진설계와 분리하여 수행될 수 있다.

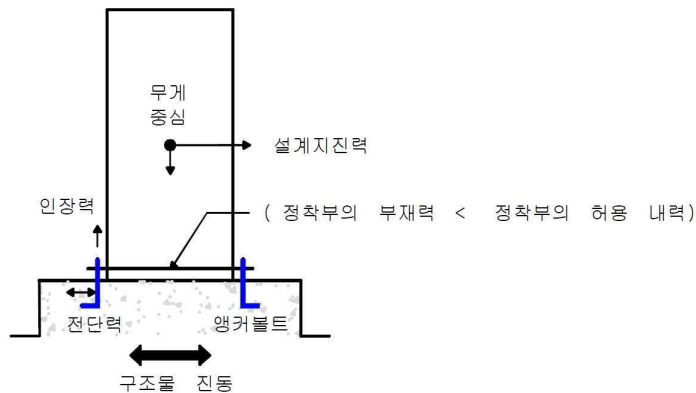
1-4-3. 전기설비의 정착설계 개념 및 설계지진력

1) 전기설비의 내진설계 개념

○ 건축전기설비에 대한 내진설계의 목적은 지진으로 인하여 전기기기 및 파손 피해를 입거나 기능을 상실하는 것을 방지하고, 인명의 안전을 도모하고, 재산을 보호하며, 지진 후에 필요한 활동을 가능하게 하는 것으로 건축전기설비에 대한 내진설계의 기본개념은 지진동(지진으로 일어난 지면의 진동)으로 인하여 건축전기설비의 기기 및 배관이 전도, 낙하하지 않도록 기기 및 배관을 건축물에 견고하게 고정 혹은 정착하는 것이다. 그림 1.1(a) 및 그림 1.1(b)는 전기설비의 내진설계 이해도 및 개념도를 나타낸 것이다.



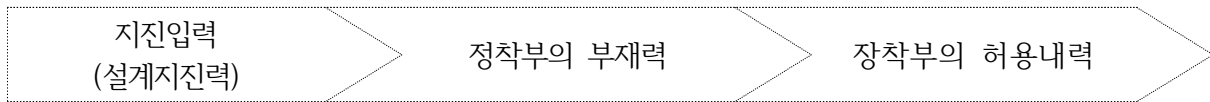
【그림 1-1(a)】 전기설비의 내진설계 이해도



【그림 1.1(b)】 전기설비의 내진설계 개념도

2) 전기설비의 정착설계

- 건축전기설비의 내진을 위해 설비를 방진장치를 통해 정착시키는 방법을 사용하는데 건축물의 각 위치에서 ① 지진입력(설계지진력)을 설정하고 → ② 기기 및 배관 등의 정착부에 작용하는 부재력을 계산 후 → ③ 그 수치가 정착부가 저항할 수 있는 허용내력 이내에 있는지 판별하는 순으로 검토 후 계산한다.



3) 설계지진력

- 지진력은 설비의 전체 질량에 가속도를 곱하여 구한다. 설비의 질량은 중량을 중력가속도로써 나눈 값이며, 가속도계수는 작용하는 가속도를 중력가속도로 나눈 값이므로 지진력 = (가속도계수 × 기기 중량)이 된다.
- 기기에 작용하는 설계지진력은 그 작용점을 중심으로 수평방향과 수직방향으로 나누어 다음과 같이 표현한다.

① 기기의 수평방향 설계지진력(전단력)

$$F_H = F_p(kgf) \quad (1)$$

여기서, F_p : 건축전기설비의 질량 중심에 작용하는 수평방향 설계지진력

② 기기의 수직방향 설계지진력(인장력)

$$F_V = \frac{1}{2} F_H (kgf) \quad (2)$$

수직방향 지진력은 수평방향 지진력의 1/2 수준으로서 이는 외국의 지진피해 경험을 토대로 결정된 것이다. F_p 를 구하면 기기에 작용하는 지진력을 계산할 수 있다. F_p 는 등가정적하중 또는 건물의 동적해석을 이용한 방법으로 계산할 수 있으나, 원칙적으로는 등가정적하중에 의하여 구한 설계지진력을 사용한다.

○ 설계지진 가속도계수

설계 지진력은 건축전기설비의 중량에 대한 지진력의 비율, 즉 가속도계수로서 표현하는 것이 업무의 효율성을 위하여 편리하다.

식 (1)과 식 (2)의 수평방향과 수직방향의 설계지진력은 다음과 같은 방법으로 표현할 수 있다.

$$F_H = \alpha_H \cdot M_P \cdot g = \alpha_H \cdot W_P \quad (3)$$

$$F_V = \alpha_V \cdot M_P \cdot g = \alpha_V \cdot W_P \quad (4)$$

여기서, F_H : 수평방향 설계지진력,

F_V : 수직방향 설계지진력

α_H : 수평방향 설계지진가속도계수

α_V : 수직방향 설계지진가속도계수

M_P : 기기의 질량 (kg)

W_P : 기기의 중량 (kgf)

g : 중력가속도 = $9.80(m/sec^2)$

○ 기기에 작용하는 설계 지진력의 결정방법

기기에 작용하는 설계지진력은 다음의 두 가지 방법 중에서 하나의 방법으로 구한다.

① 등가정적하중으로 결정하는 설비 및 기기의 지진력 (지진력 #1)

: 건축물 높이 70[m] 이하

② 건축물의 동적해석을 실시한 경우의 설비 및 기기의 지진력 (지진력 #2)

: 건축물 높이 70[m] 초과

동적해석을 통하여 건축물의 진동응답가속도의 최대값이 주어진 경우이며, 이 경우는 기기에 개별적으로 계산된 건축물의 층가속도와 설비 및 기기의 동적 증폭을 고려하여 결정된 지진력이 작용하도록 설계한다.

4) 설계지진하중 산정

가) 등가정적하중법에 의한 수평방향 설계지진력: 일반적인 구조의 건축물 높이 70[m] 이하에 적용

$$F_P = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left[\frac{R_p}{I_p} \right]} \left[1 + 2 \frac{z}{h} \right] \quad (5)$$

여기서, F_P : 건축전기설비의 질량 중심에 작용하는 수평방향 설계지진력

S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼 가속도로서 설계응답스펙트럼곡선의 정상부 가속도

【표 1.4.1】 단주기 설계스펙트럼 가속도 S_{DS}

| 지반종류 | 지진 지역 | |
|---------------------|------------------|--------------------|
| | 1 (2를 제외한 지역) | 2 (강원도 북부, 제주도) |
| S_A (경암지반) | 0.293 | 0.168 |
| S_B (보통암지반) | 0.366 | 0.233 |
| S_C (매우 조밀한 토사지반) | 0.439 | 0.279 |
| S_D (단단한 토사지반) | 0.527 | 0.372 |
| S_E (연약한 토사지반) | 0.732 | 0.559 |

a_p : 비구조요소의 증폭계수, 전기설비에 대하여 1.0을 적용

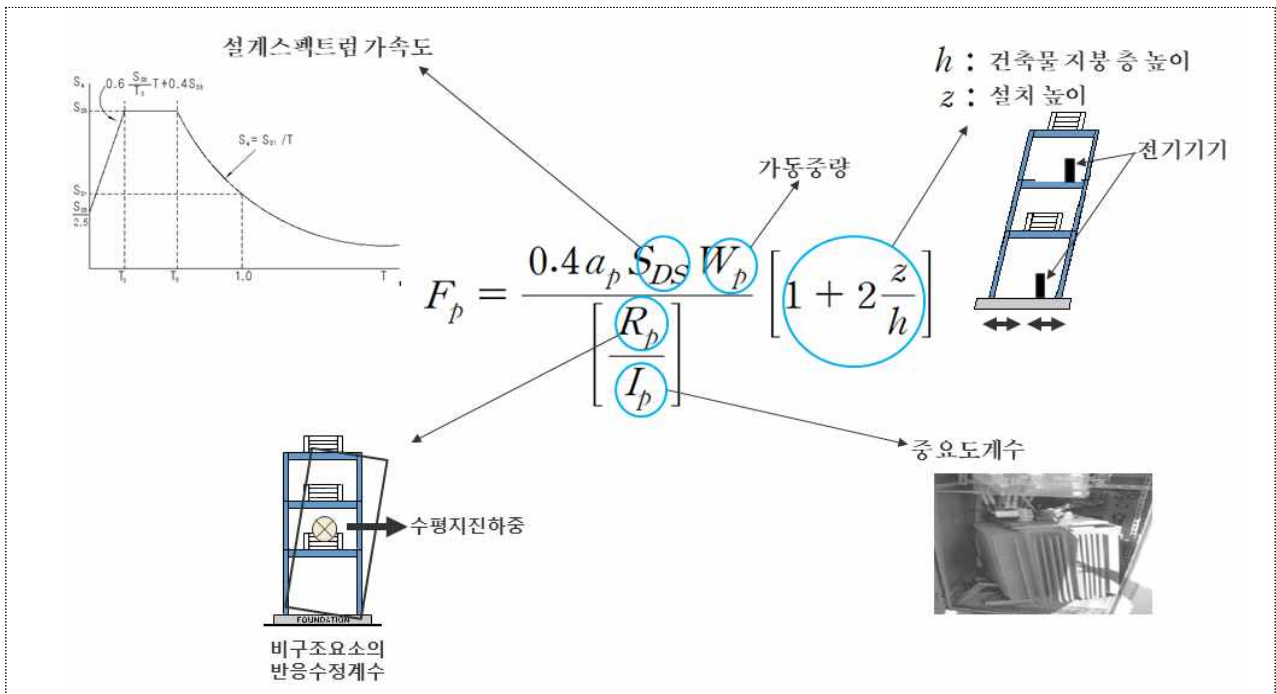
W_p : 건축전기설비의 가동 중량

R_p : 전기 비구조요소(설비)의 반응수정계수로서 정착부에 작용하는 설계지진력은 탄성설계지진력을 기준으로 산출되어야 하므로 1.0을 적용

I_p : 건축전기설비의 중요도계수이며, 인명안전과 관련된 비구조요소로 지진 후에도 작동이 필요한 경우이므로 1.5를 적용

z : 구조물의 밑면으로부터 전기설비가 부착된 슬래브까지의 높이

h : 건물의 밑면(기초 하단)으로부터 지붕층까지의 높이



【그림 1.2】 등가정적하중에 의한 수평방향의 설계지진력 산정식의 개념도

○ 【참고】 설계스펙트럼 가속도

(1) 단주기와 주기 1초의 설계스펙트럼가속도 S_{DS} , S_{D1} 은 다음과 같이 산정한다.

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$$

여기서, F_a 와 F_v 는 각각 규정된 지반증폭계수이다.

(2) 기반암의 깊이가 20[m]를 초과하고 지반의 평균 전단파속도가 360[m/s] 이상인 경우, 규정된 F_v 의 80%를 적용한다.

(3) 지반분류가 s_5 이고 기반암의 깊이가 불분명한 경우, 규정된 F_a 와 F_v 의 110%를 적용한다.

| 단주기 지반증폭계수, F_a | | | | 1초 주기 지반증폭계수, F_v | | | |
|-------------------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------------|-----------|-----------|
| 지반종류 | 지진지역 | | | 지반종류 | 지진지역 | | |
| | $s \leq 0.1$ | $s = 0.2$ | $s = 0.3$ | | $s \leq 0.1$ | $s = 0.2$ | $s = 0.3$ |
| s_1 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | s_1 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| s_2 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | s_2 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| s_3 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | s_3 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| s_4 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | s_4 | 2.2 | 2.0 | 1.8 |
| s_5 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | s_5 | 3.0 | 2.7 | 2.4 |

* s 는 설계스펙트럼 가속도 산정식에 적용된 값이다. 위 표에서 s 의 중간값에 대하여는 직선보간한다.

* s 는 설계스펙트럼 가속도 산정식에 적용된 값이다. 위 표에서 s 의 중간값에 대하여는 직선보간한다.

나) 동적해석법에 의한 설계지진력: 면진구조와 제진구조의 건축물, 높이 70[m] 초과
건축물에 적용

- 구조물의 해석결과로부터 비구조요소의 설계지진하중을 산정
- 응답스펙트럼해석법, 시간이력해석법 ⇒ 구조물의 동적특성 반영
- 층응답스펙트럼해석법, 간략 층응답스펙트럼해석법 ⇒ 구조물 + 비구조요소의 동적특성 반영

$$F_p = \frac{a_i a_p W_p}{R_p I_p} A_x$$

여기서, F_p : 건축전기설비의 질량 중심에 작용하는 수평방향 설계지진력

a_i : 건물 i 층의 층응답가속도

a_p : 비구조요소의 증폭계수

W_p : 건축전기설비의 가동 중량

R_p : 전기 비구조요소(설비)의 반응수정계수

I_p : 건축전기설비의 중요도계수

A_x : 건물의 비틀림 증폭계수(KDS 41 17 00, 7.2.6.5 참조)

| 방법 | a_i | a_p | 비고 |
|-------------|------------------------------------|--------|--|
| 응답 스펙트럼법 | 해당층의 최대응답가속도 | Table | 구조물의 응답스펙트럼 해석 ($R=1$) |
| 시간 이력해석법 | 지진파별 최대응답가속도의 평균값 (7개 이상의 지진파 이용시) | Table | 시간이력해석, 지진파가 7개 미만일 경우 지진파별 응답값 중 최대값 사용 |
| 층응답 스펙트럼법 | 지진파별 층응답가속도를 이용한 가속도 스펙트럼중 최대값 | 1.0 | 각 지진파, 각 층별 층응답가속도를 사용하여 스펙트럼 작성 |
| 간략층 응답스펙트럼법 | 각 모드의 스펙트럼가속도모드 참여계수 | 그래프 사용 | 구조물의 응답스펙트럼 해석 ($R=1$)(최소 3차 모드 이상 고려) |

2

건축전기설비의 내진설계

2-1 내진 대상설비의 정착설계

2-1-1. 정착방법의 분류

- 건축전기설비 내진보호는 내진장치를 이용하여 지진시에도 전도, 이동, 탈락 등이 발생되지 않도록 바닥, 벽 등에 정착(단단히 고정)하는 방법이 효과적이다.
- 기기의 정착부에 대한 설계 개념 및 전제조건 등을 포함하여 정착방법별 구분과 방법은 다음과 같으며 단독 또는 상호 보완하여 시공한다.

| 정착 방법 | 상 세 도 | 개 요 |
|---------|---|---|
| 앵커볼트 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 기기를 정착용 바닥에 고정 - 매립형 또는 후 시공형 |
| 기초 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 바닥 콘크리트슬래브와 결합된 부재 |
| 상단,배면지지 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 기기 하단 정착에 추가 장착 - 내진성 증대 |
| 내진 스톱퍼 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 방진고무 혹은 고정철물로 고정 - 직접앵커볼트 연결이 어려울 경우 |
| 받침대 |  | <ul style="list-style-type: none"> - 앵커볼트로 직접 구조물에 연결이 어려운 경우 - 기기와 건축물 사이 프레임 설치 |

2-1-2. 정착설비의 종류

1) 앵커볼트: 콘크리트 구조물의 내부 및 외부에 장비를 고정하는 볼트를 말한다.

- 앵커볼트 시공방법에 따라 선 시공형, 후 시공형 앵커볼트로 분류된다.
- 규격은 $\varnothing 6$, $\varnothing 8$, $\varnothing 10$, $\varnothing 12$, $\varnothing 16$, $\varnothing 20$ 등 다양하다.
- 선 시공형 앵커볼트: 기초 콘크리트 타설 전에 앵커볼트를 고정하는 방식

| L형, L-A형 | 머리 부착형 | J형, J-A형 |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

- 후 시공형 앵커볼트: 콘크리트면에 드릴 등으로 구멍을 내고, 앵커를 세트한 다음 하부를 기계적으로 확장시켜 콘크리트에 고정시키는 방식

| 셋트 앵커 | 스트롱 앵커 | 드롭인 앵커 |
|---|---|---|
|  |  |  |

2) 스톱퍼: 방진고무 등의 방진재를 끼워 설치한 기기에 있어서 지진 시의 진동으로 인한 전도나 이동을 방지하기 위한 철물을 말한다.


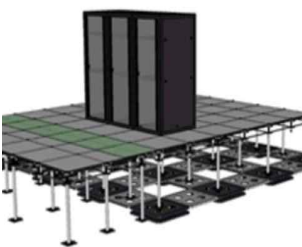

- 스톱퍼는 형태에 따라 이동 방지형, 이동 및 전도방지형, 기타로 분류된다
- 이동방지형은 형강 또는 강판으로 제작되며 주로 수평방향 활동을 방지하기 위하여 사용된다.
- 이동 및 전도방지형은 형강 또는 강판으로 제작되며 수평방향 이동 및 전도를 방지하기 위하여 사용된다.

| | | |
|---|---|---|
| 이동 방지형 | | |
|  |  |  |
| L형 플레이트형 | L형 플레이트형(코너) | 보강 L형 플레이트형 |
| 이동 및 전도방지형 | | |
|  |  |  |
| 크랭크 플레이트형 | 크랭크 플레이트형(코너) | 보강 크랭크 플레이트형 |
| 기타 | | |
|  |  |  |
| 스너버형 | 관통 볼트형 | 관통 볼트형 |

3) 정착설비 외 내진설비(면진장치)

1) 면진 설치

- 주로 통신장치 등 기기 내연성이 있는 설비에 적용하며, 수변전설비와 같은 대용량 설비는 케이블 등이 복잡하게 구성되어 있어 적용시 면밀한 검토가 필요하다.

| 구분 | 장비단위 적용 | 일괄 적용 | 랙단위 적용 |
|----|---|--|---|
| 형태 |  |  |  |
| 방법 | 면진 테이블 | 이중 마루 | 면진 랙 |

2-1-3. 정착 시공방법

1) 앵커볼트 설치

- 앵커볼트는 반드시 구체 콘크리트면에서 타설하며, 몰타르 사상면, 발포 콘크리트면 등에는 타설하지 않는다.
- 앵커볼트를 시공할 때 앵커볼트와 설비 사이에 충분한 용접연결 또는 볼트연결을 제공하여 앵커볼트가 설비를 충분히 지지할 수 있도록 해야 한다.
- 앵커볼트의 설치 시에는 콘크리트 슬래브의 쪼갬 파괴를 방지하기 위한 연단거리, 앵커 설치간격, 두께 등에 대한 상세한 사항은 콘크리트용 앵커 설계기준(KDS 14 20 54)을 참조하여 시공한다.

♣ 콘크리트용 앵커설계기준(KDS 14 20 54)

4.6 쪼갬 파괴를 방지하기 위한 연단거리, 앵커 간격, 두께

- (1) 쪼개짐을 제어하기 위한 보조철근이 배치되어 있지 않으면, 앵커의 최소 간격과 연단거리 및 부재의 최소 두께는 (2)부터 (7)까지 규정에 따라야 한다. 혹은 별도의 제품 시험을 통해 더 작은 값을 사용할 수 있다.
- (2) (5)에 의해 결정되지 않는 경우, 앵커의 최소 중심 간격은 비틀림이 가해지지 않는 선설치앵커에서 $4d_a$ (앵커 외경), 비틀림이 가해지는 선설치앵커 및 후설치앵커에서 $6 d_a$ 이어야 한다.
- (3) (5)에 의해 결정되지 않는 경우, 비틀림이 가해지지 않는 선설치 헤드앵커에 대한 최소 연단거리는 KDS 14 20 50(4.3)의 철근의 피복 두께 요구 조건에 근거하여야 한다. 비틀림이 가해지는 선설치 헤드앵커에 대한 최소 연단거리는 $6 d_a$ 이상이어야 한다.
- (4) (5)에 의해 결정되지 않는 경우, 후설치 헤드앵커에 대한 최소 연단거리는 KDS 14 20 50(4.3)의 철근의 피복 두께 요구 조건 이상이거나 별도의 시험에 따른 제품의 최소 연단거리 요구 조건에 근거하여야 하되, 최대 골재 크기의 두 배 이상이어야 한다. 별도의 시험을 거치지 않은 경우 최소 연단거리는 다음 값 이상이어야 한다.

| | |
|------------|----------|
| ① 언더컷앵커 | $6 d_a$ |
| ② 비틀림제어 앵커 | $8 d_a$ |
| ③ 변위제어 앵커 | $10 d_a$ |
- (5) 비틀림이 가해지지 않거나 설치할 때 쪼개짐을 발생시키지 않는 앵커에 대해, 연단거리나 앵커 간격이 (2)에서 (4)까지 규정된 값보다 작으면 d_a 를 (2)에서 (4)까지 요구 조건을 만족시키는 더 작은 값 d'_a 로 대체하여 계산할 수 있다. 앵커에 가해지는 힘은 지름 d'_a 를 갖는 앵커에 상응하는 값으로 제한된다.

(6) 확장 또는 언더컷 후설치앵커에 대한 h_{ef} 값은 부재치수의 2/3와 (부재치수 - 100 mm) 중 큰 값 이하이어야 한다.

(7) 별도의 인장 실험에 의해 결정되지 않는 경우, 위험 연단거리 c_{ac} 는 다음 값 이상이어야 한다.

- | | |
|------------|-------------|
| ① 언더컷앵커 | $2.5h_{ef}$ |
| ② 비틀림제어 앵커 | $4h_{ef}$ |
| ③ 변위제어 앵커 | $4h_{ef}$ |

(8) 시공 도면과 시방서에 설계에서 가정된 최소 연단거리를 갖는 앵커를 사용할 것을 명기하여야 한다.

2) 스톱퍼 설치

- 방진장치 등이 설치되어 앵커볼트로 고정할 수 없을 경우에는 내진 스톱퍼(stopper)를 설치한다.
- 내진스톱퍼 설치시 스톱퍼와 본체의 간격은 정상운전 중에 접촉하지 않는 범위 내에서 최대한 간격이 좁아지도록 한다.
 - 스톱퍼와 장비의 틈새 이격거리: 최소 3[mm] ³⁾
- 스톱퍼의 내력에 대한 성능 성적서 또는 확인서는 반드시 확인이 필요하다.

3) 기초 설치

- 기초는 주요 구조체(바닥슬래브, 기둥)와 분리하여 설치하는 방식과 주요 구조체와 일체식으로 설치하는 방법이 있다.
- 구조체와 일체식으로 설치하는 방법은 건축구조설계자에 의해 구조체로 설계되어야 한다.
- 기초의 형상별 검토 방법과 기초의 단면형상 및 시공법은 건축전기설비 내진설계 시공지침서(대한전기협회)을 참조하여 시공한다.

4) 지지(상단, 배면)⁴⁾

- 자립반은 중회비가 크고 중심이 높기 때문에 전도 모멘트도 커지게 되어 바닥부만으로 고정하는 경우는 앵커볼트에 작용하는 인발력도 커지게 된다.

3) ASHRAE(미국 공조냉동 공학회) - Practical Guide to Seismic Restraint - Second Edition, Chapter 3: Specification Guidelines, Product Specification에서 snubber (45page) 참조

4) 상세한 사항 건축전기설비 내진설계 시공지침서(대한전기협회) 참조

○ 이러한 경우 상단에서 지지부재로 구조물에 단단히 고정한다든가 배면 지지부재로 기초 또는 콘크리트 바닥에 고정하는 보강방식을 채택한다.

○ 상단 지지부재의 설계

- 지지부재의 설계는 표준 강재의 허용응력을 참조하여 압축력과 인장력에 대하여 다음 조건을 만족하도록 부재를 선정하여야 한다.

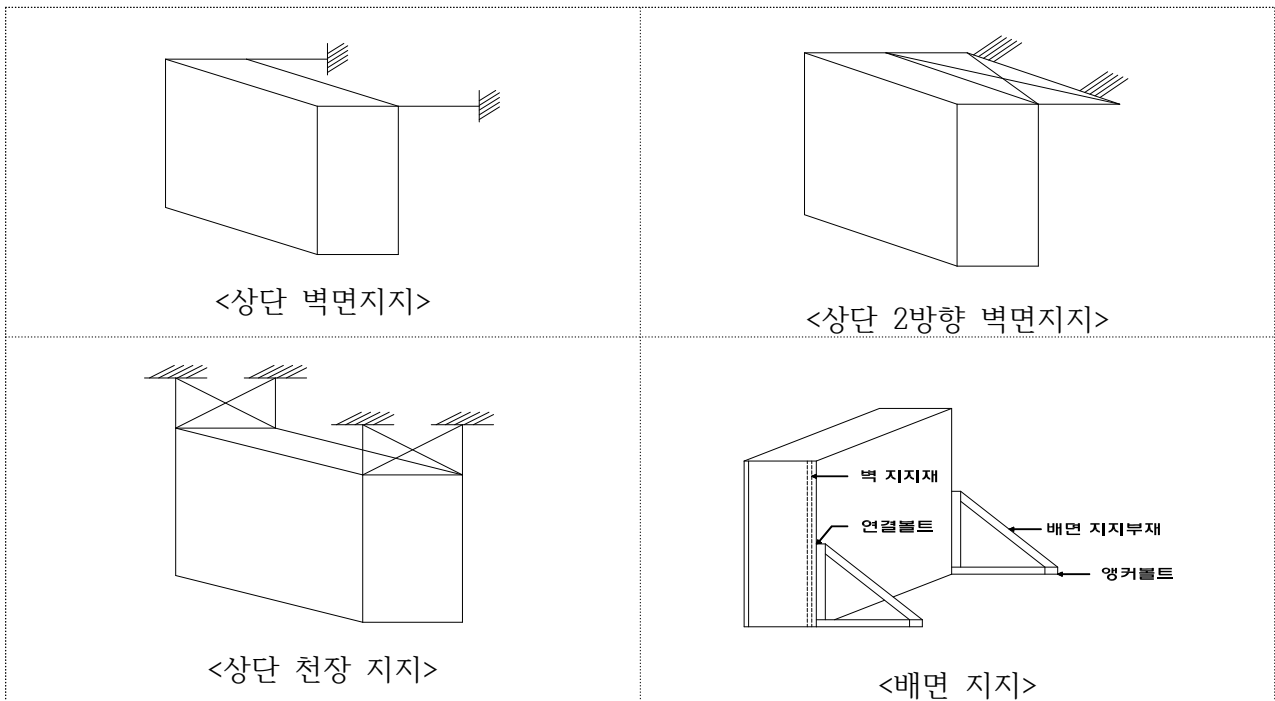
$$C \leq C_a$$

$$T \leq T_s$$

여기서, C : 부재의 압축력
 C_a : 부재의 허용압축력
 T : 부재의 인장력
 T_s : 부재의 허용인장력

- 부재의 설계는 외력 N 에 대하여 부재 단면의 가정 \rightarrow 단면적 $A \rightarrow$ 응력 계산 ($\sigma = N/A$) \rightarrow 허용응력(f_a)과의 비교라는 절차를 적용한다.

○ 지지방법: 상단 벽면지지, 상단 2방향 벽면지지, 상단 천장지지, 배면지지



2-2-1. 전기 비구조요소란

건축물에 설치하는 기계 및 전기 시스템과 이를 지지하는 부착물 및 장비를 말한다.

2-2-2. 전기 비구조요소의 내진 설계절차

1) 전기비구조요소

- ① 지진 시 비구조요소 사이의 부딪힘으로 인해 충격이 발생하지 않도록 설계되어야 한다
- ② 서로 다른 구조물 사이에 연결된 설비 및 관로에서 발생하는 하중을 평가하여야 한다.
- ③ 선반 위의 축전지는 낙하하지 않도록 둘러싸는 고정장치로 고정되어야 하며, 고정장치와 축전지 사이에 스페이서를 두어 용기의 충돌로 인한 손상을 방지하여야 한다. 선반은 충분한 횡하중 저항능력을 가져야 한다.
- ④ 건식 변압기의 내부코일은 용기 내 하부지지구조에 적절히 고정되어야 한다.
- ⑤ 돌출 미달이 선반을 가진 전기설비제어장치, 컴퓨터장비, 혹은 그 밖의 장비들은 각 부분을 제자리에 고정시키기 위한 결쇠장치가 있어야 한다.
- ⑥ 전기 캐비닛은 관련 산업규격에 따라 충분한 강도를 가지도록 설계되어야 한다.
- ⑦ 450N을 초과하는 장비의 정착부는 제조사가 인증하지 않은 경우 개별적으로 안전성을 검토하여야 한다.
- ⑧ 면진구조물에서 면진층을 통과하는 도관, 케이블 트레이 혹은 이와 유사한 배선 장치들은 상대변위(KDS 41 17 00 18.2.3항) 요구량을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

2) 지지부

지지부의 종류로는 구조부재, 골조, 케이블, 버팀줄 등과 주물 혹은 단조로 제작된 설비의 일부분 등이 있다.

- ① 전기 비구조요소의 지지부가 표준규격을 따를 경우, 지지부는 실험을 통해 결정된 정격하중 혹은 기준에 의한 지진하중 중의 하나를 사용하여 설계할 수 있다. 또한 설계 시 가정과 같이 하중이 전달되게 하기 위해 필요할 경우 지지부의 강성도 설계되어야 한다.
- ② 지지부는 KDS 41 17 00 18.2.3(상대변위)에 의해 산정되는 각 지점사이의 상대변위를 수용할 수 있게 설계되어야 한다.
- ③ 중요도계수가 1.5인 비구조요소에서 지지부가 일체형(즉, 주물이나 단조 등으로 제작된 경우)이 아닌 부착형일 경우 부착된 지지부와 본체 사이의 하중 전달에

문제가 없는지 검토되어야 한다. 지지부의 재료는 비구조요소의 작동환경(예를 들어, 저온환경)에 맞는 적절한 재료로 구성되어야 한다.

- ④ 얇은 판에 볼트 접합부가 사용될 경우 하중전달에 문제가 없도록 스티프너 혹은 스프링와셔로 보강하여야 한다. 18.1.3.2(실험적 절차) 혹은 18.1.3.3(설계의 검토와 승인)에 따라 인증을 받은 비구조요소일 경우 인증시 적용된 앵커볼트와 그 밖에 고정에 필요한 부품을 제조자가 고지한 절차에 따라 설치하여야 한다. 인증을 받지 않았거나 설치절차가 고지되지 않은 경우 내진설계책임기술자가 보강상세를 제시하여야 한다.
- ⑤ 지지부에서 지진하중이 냉간 성형된 강재 부재의 약축방향 힘을 통해 지지될 경우 지지부의 안전성을 개별적으로 검토하여야 한다.
- ⑥ 진동격리장치를 가진 비구조요소는 수평방향으로 변위제한장치(범퍼)를 가져야 하며, 전도방지를 위해 필요할 경우 수직방향으로도 구속되어야 한다. 진동격리장치의 덮개와 변위제한장치는 연성이 있는 재료를 사용하여야 한다. 범퍼와 비구조요소 사이에는 충격하중을 감소시키기 위해 적절한 두께를 가진 점탄성 혹은 이와 유사한 재질의 패드가 사용되어야 한다.

3) 케이블 트레이 및 전선로

케이블 트레이와 전선로는 18.2(설계지진력 및 변위)의 설계지진력과 상대변위에 대해 설계되어야 한다. 60[mm] 이상의 규격을 가진 도관으로 패널, 케비넷, 혹은 지진에 의해 상대변위가 발생하는 요소에 연결된 경우 18.2의 설계지진력과 상대변위를 만족하도록 설계되거나 유연한 연결부를 가져야 한다. 단, 다음의 경우는 예외로 한다.

- ① I_p 가 1.0인 전선로로서 상대변위를 수용할 수 있도록 유연한 연결부 혹은 그 밖의 장치가 적용되고 케이블트레이나 전선로가 구조물에 튼튼히 고정된 경우 설계지진력과 상대변위를 고려하지 않을 수 있다.
- ② 중요도계수와 상관없이 도관의 크기가 60[mm] 미만의 규격을 가지는 경우 설계지진력과 상대변위를 고려하지 않을 수 있다.
- ③ 내진조인트를 지나가는 도관, 케이블 트레이 및 전선로로서 I_p 가 1.5인 경우 규격과 상관없이 상대변위에 대해 설계되어야 한다.

4) 덕트

HVACR⁵⁾ 및 그 밖의 덕트는 18.2의 설계지진력과 상대변위에 대해 설계되어야 한다.

5) Heating, Ventilating and Air Conditioning & Refrigeration 난방, 환기, 공기조화, 냉방

단, 독성, 맹독성, 가연성 가스를 수송하거나, 배연설비로 사용되지 않는 덕트로서 다음의 조건을 만족하는 경우 예외로 한다.

- ① L_p 가 1.0인 덕트로서 상대변위를 수용하는 유연한 연결부 혹은 그 밖의 장치가 적용되고 덕트가 구조물에 튼튼히 고정된 경우 설계지진력과 상대변위를 고려하지 않을 수 있다.
- ② 18.2의 지진력 및 상대변위에 대한 설계는 다른 덕트 또는 기계 구성 요소와의 충돌을 방지하거나 그러한 충격이 가해질 경우 덕트를 보호하기 위한 조항이 있는 경우, 혹은 단면적이 $0.6[m^2]$ 미만이고 무게가 $300[N/m]$ 이하인 덕트가 구조물에 튼튼히 부착된 경우 요구되지 않는다.

팬(fan), 터미널 장치, 열교환기 및 가습기와 같이 덕트와 함께 설치되는 비구조 요소로서 무게가 $330 N$ 이상인 요소는 덕트와 별도로 횡지지되어야 하며 그 횡지지력은 18.2의 설계지진력보다 커야 한다. 덕트와 나란히 설치되고 소형 터미널 장치, 댐퍼, 루버, 디퓨저와 같이 무게가 $330[N]$ 이하이며 독립적으로 횡지지되지 않는 구성요소는 기계적 정착장치를 통해 덕트의 양쪽에 확실히 고정되어야 한다. 파이프 및 도관은 18.2.3(상대변위)를 수용할 수 있도록 적절한 유연성을 가지고 있어야 한다.

5) 파이프 및 배관 시스템

파이프 및 배관 시스템은 18.2의 설계지진력 및 상대변위를 만족할 수 있도록 설계되어야 한다. 적용할 재료설계기준이 없을 경우 배관설계 시 각 부분별로 다음과 같이 제시된 허용응력을 기초로 설계한다.

- ① 연성재료(예: 강철, 알루미늄 또는 구리)로 이루어진 배관의 경우 공칭항복강도의 90%
- ② 연성재료로 이루어진 배관의 나사부분의 경우 공칭항복강도의 70%
- ③ 비연성재료(예: 주철 또는 세라믹)로 이루어진 배관의 경우, 공칭 인장강도의 10%
- ④ 비연성재료로 이루어진 배관의 나사부분의 경우 공칭인장강도의 8%

다른 요소와의 연결부에 상대변위를 수용하기 위한 상세가 사용되지 않은 경우 유연한 연결부가 사용되어야 한다.

배관시스템의 수평보강의 필요성과 보강부재크기를 결정할 때 밸브, 스트레이너, 트랩, 펌프, 공기분리기 및 탱크와 같이 배관에 단단히 연결되고 지지되는 요소는 배관 시스템의 일부로 고려한다. 만약 이들 요소가 중량으로 인해 독립적으로 보강되지만 배관이 보강되지 않은 경우 상대변위를 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

6) 기타 전기 비구조요소

설계법이 규정되지 않은 전기 비구조요소는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- ① 구성요소와 그 지지물 및 부착물은 18.5(비구조요소의 정착부), 18.4.2.1(기계 비구조요소), 18.4.2.2(전기 비구조요소) 및 18.4.2.3(지지부)의 요구 사항을 만족해야 한다.
- ② 위험물질과 관련되어 중요도가 1.5인 기계비구조요소 그리고 공인된 전문기준에 따라 설계되지 않은 보일러와 압력용기의 사용하중 및 그 밖의 환경적 영향과 조합된 지진하중에 대한 설계강도는 다음의 허용응력에 근거해야 한다.
 - a. 연성재료(강재, 알루미늄, 구리 등)로 이루어진 기계부품의 경우 공칭강도의 90%
 - b. 연성재료로 이루어진 나사 접합부의 경우 공칭강도의 70%
 - c. 비연성재료(플라스틱, 주철, 세라믹)로 이루어진 기계부품의 경우 공칭인장강도의 10%
 - d. 비연성재료로 이루어진 나사부분의 경우 공칭인장강도의 8%

【표 2.1】 기계 및 전기 비구조요소의 설계계수

| 기계 및 전기 비구조요소 | 증폭계수 a_p | 반응수정계수 R_p | 초과강도계수 Ω_0 |
|---|------------|--------------|-------------------|
| 기계 및 전기 비구조요소 | | | |
| 건기측 HVACR, 팬, 공조기, 냉난방장치, 캐비닛히터, 공기분배기 및 판금(sheet metal)으로 구성된 기타 기계 구성 요소 | 2.5 | 6 | 2 |
| 습기측 HVACR, 보일러, 용광로, 공기탱크 및 통, 칠러, 온열기, 열교환기, 증발기, 공기분리기, 제조장비, 고변형성 재료로 구성된 기계부품 | 1 | 2.5 | 2 |
| 에어 쿨러 (핀 팬), 공냉식 열교환기, 응축기, 건식쿨러, 원격 라디에이터 및 일체형 구조강 또는 판금 지지대로 지지되는 기계부품 | 2.5 | 3 | 1.5 |
| 스커트지지로 지지되지 않고 19장에 포함되지 않은 엔진, 터빈, 펌프, 압축기 및 압력 용기 | 1 | 2.5 | 2 |
| 19장에 포함되지 않으면서 스커트지지로 지지되는 압력용기 | 2.5 | 2.5 | 2 |
| 엘리베이터 및 에스컬레이터 구성품 | 1 | 2.5 | 2 |
| 발전기, 배터리, 인버터, 모터, 변압기 및 고변형재료로 구성된 전기부품 | 1 | 2.5 | 2 |
| 모터 컨트롤 센터, 패널 보드, 스위치 기어, 계기 캐비닛 및 금속 박판 골조로 만들어진 유사한 비구조요소 | 2.5 | 6 | 2 |
| 엘리베이터 및 에스컬레이터 구성품 | 1 | 2.5 | 2 |
| 발전기, 배터리, 인버터, 모터, 변압기 및 고변형재료로 구성된 전기부품 | 1 | 2.5 | 2 |
| 모터 컨트롤 센터, 패널 보드, 스위치 기어, 계기 캐비닛 및 금속 박판 골조로 만들어진 유사한 비구조요소 | 2.5 | 6 | 2 |

| 기계 및 전기 비구조요소 | 증폭계수 a_p | 반응수정계수 R_p | 초과강도계수 Ω_0 |
|--------------------------------------|------------|--------------|-------------------|
| 통신 장비, 컴퓨터, 계측기 및 제어 장치 | 1 | 2.5 | 2 |
| 질량중심 아래에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝 | 2.5 | 3 | 2 |
| 질량중심 위에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝 | 1 | 2.5 | 2 |
| 조명기구 | 1 | 1.5 | 2 |

진동 격리된 부품 및 시스템

| | | | |
|---|-----|-----|---|
| 탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 네오프렌 요소 및 네오프렌 격리층으로 격리된 요소 및 시스템 | 2.5 | 2.5 | 2 |
| 탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 스프링 격리 장치 및 진동격리 바닥으로 격리된 요소 및 시스템 | 2.5 | 2 | 2 |
| 내부적으로 격리된 요소 및 시스템 | 2.5 | 2 | 2 |
| 매달림 형태의 진동방지장치를 가진 덕트 및 요소 | 2.5 | 2.5 | 2 |

배관시스템

| | | | |
|--|-----|-----|---|
| 관련전문기준에 따른 파이프로 용접 또는 납땀을 사용한 접합부를 가진 경우 | 2.5 | 12 | 2 |
| 관련전문기준에 따른 파이프로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우 | 2.5 | 6 | 2 |
| 관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 튜브로 대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땀을 사용한 접합부를 가진 경우 | 2.5 | 9 | 2 |
| 관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 튜브로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우 | 2.5 | 4.5 | 2 |
| 주철, 유리 및 비연성 플라스틱과7 같이 변형이 적은 재료로 제작된 파이프 및 튜브 | 2.5 | 3 | 2 |
| 대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땀 접합부를 가진 덕트 | 2.5 | 9 | 2 |
| 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땀이 아닌 형식의 접합부를 가진 덕트 | 2.5 | 6 | 2 |
| 주철, 유리 및 비연성 플라스틱 등의 변형이 적은 재료로 제작된 덕트 | 2.5 | 3 | 2 |
| 전기 전선 및 케이블 트레이 | 2.5 | 6 | 2 |
| 버스 덕트 | 1 | 2.5 | 2 |
| 급배수 배관(Plumbing) | 1 | 2.5 | 2 |
| 공압 튜브 수송 시스템 | 2.5 | 6 | 2 |

a. 강제요소와 단단히 부착된 요소의 경우 $a_p = 1$ 이며, 유연한 요소와 유연하게 부착된 요소의 경우 $a_p = 2.5$ 이다. 상세한 동적해석에 의해 증명되는 경우 표에 규정된 값보다 더 낮은 a_p 를 사용할 수 있다. a_p 의 값은 1보다 작아서는 안 된다.

b. 방진 장치에 장착된 부품은 각 수평 방향으로 범퍼구속 또는 완충장치가 있어야 한다. 설계하중은 공칭 유격이 6 mm보다 큰 경우 $2F_p$ 로 하고 시공도면에 명시된 공칭유격이 6 mm이하일 경우 F_p 로 할 수 있다.

c. 초과강도계수는 콘크리트 및 조적조에 비연성앵커가 사용되었을 경우 적용한다

2-2-3. 전기 비구조요소의 정착설계

- 건축전기설비 내진보호는 지진시에도 전도, 이동, 탈락 등이 발생되지 않도록 바닥, 벽 등에 정착(단단히 고정)하는 방법이 효과적인 만큼 대표적 내진방법인 앵커볼트의 정착 방식별 작용력 산정을 중심으로 설명한다.⁶⁾

1) 기초 정착방식(직사각형)

| | |
|--|---|
| | |
| <p>G: 기기 무게중심 위치 W: 기기 중량 R_b: 앵커볼트 1 개당 작용하는 인장력 n: 앵커볼트 총 개수 n_t: 기기가 전도될 때, 인장을 받는 쪽열에 배열된 앵커볼트의 총 개수 (그림 에서 검토 방향의 줄에 설치된 앵커볼트의 개수)</p> | <p>h_G: 정착면에서 기기 중심까지의 높이 l: 검토 방향 볼트의 열 간격(span) l_G: 검토 방향으로 볼트 중심에서 기기 중심까지의 거리 (단, $l_G \leq l/2$) F_H: 수평방향 설계지진력 $(F_H = \alpha_H \cdot W)$ F_V: 수직방향 설계지진력 $(F_V = \frac{1}{2} F_H)$</p> |

$$\text{앵커볼트의 인장력 } R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot l_G}{l \cdot n_t}$$

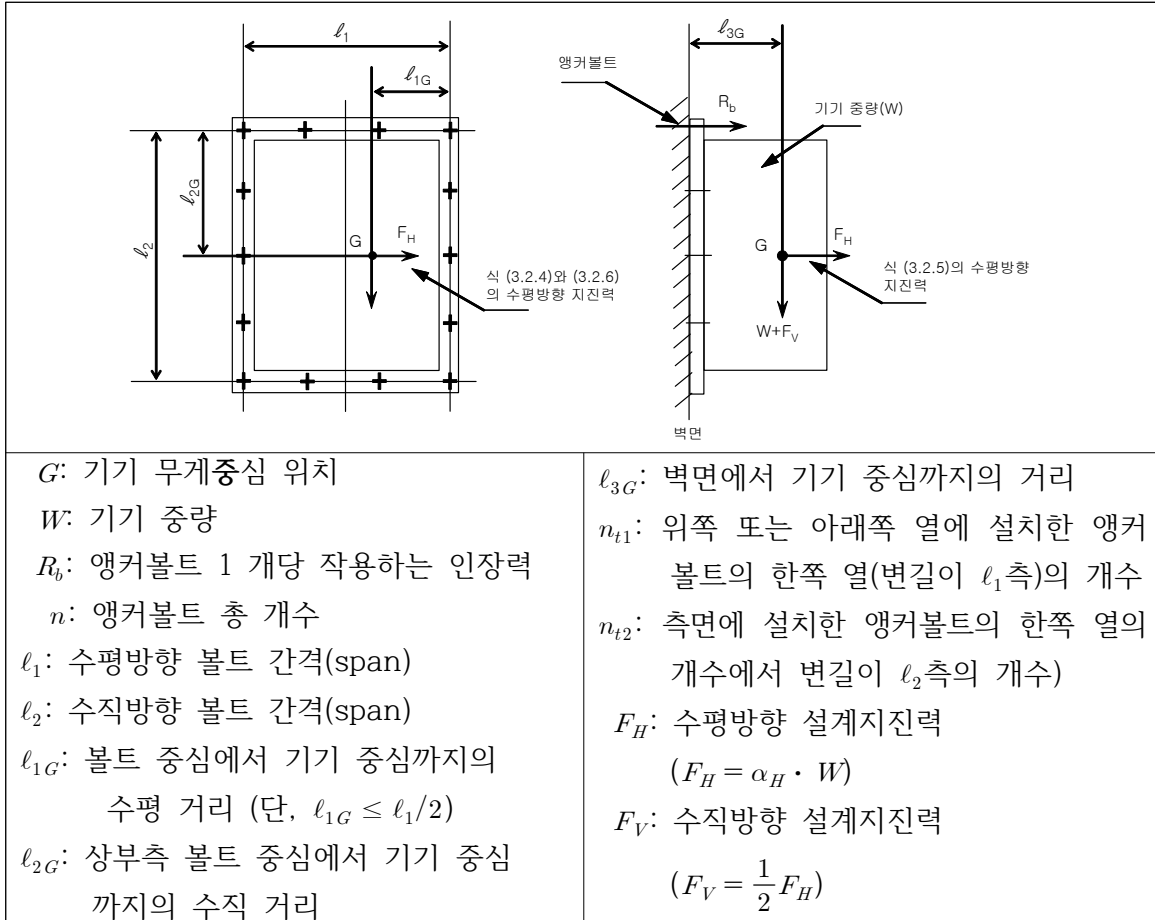
$$\text{앵커볼트의 전단력 } Q = \frac{F_H}{n}$$

여기서 Q : 볼트에 작용하는 전단력

6) 상세한 사항 건축전기설비 내진설계 시공지침서(대한전기협회) 참조

F_H : 수평방향 설계지진력
 n : 앵커볼트의 총 개수

2) 벽면 정착방식



앵커볼트의 인장력: 위쪽 열 앵커볼트 1개에 작용하는 인장력 R_b 는 아래의 2가지 식에서 큰 값을 선택한다.

$$R_b = \frac{F_H \cdot l_{3G}}{l_1 \cdot n_{t1}} + \frac{(W + F_V) \cdot l_{3G}}{l_2 \cdot n_{t1}}$$

$$R_b = \frac{F_H \cdot (l_2 - l_{2G})}{l_2 \cdot n_{t1}} + \frac{(W + F_V) \cdot l_{3G}}{l_2 \cdot n_{t1}}$$

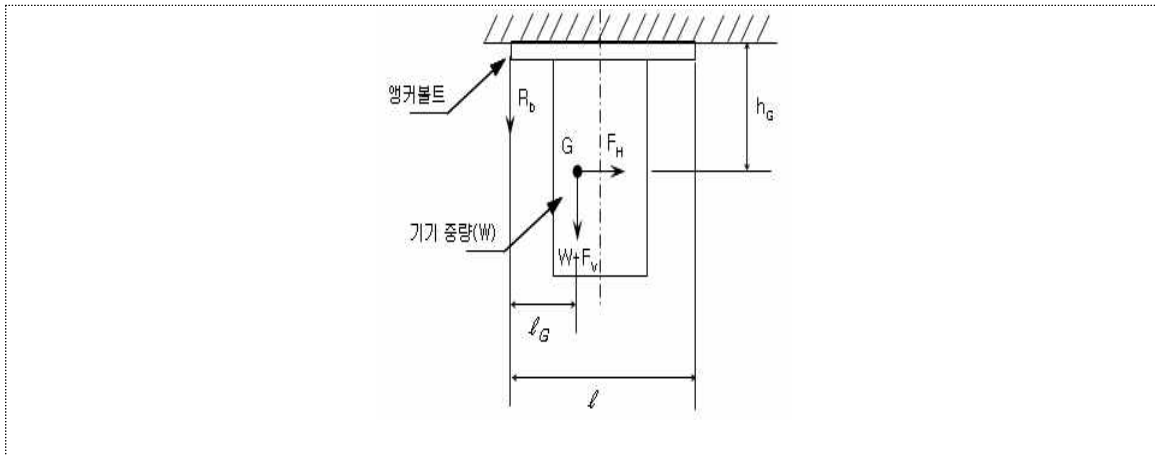
앵커볼트의 전단력 $Q = \frac{\sqrt{F_H^2 + (W - F_V)^2}}{n}$

여기서 Q , F_H 및 n 은 기초정착방식과 같다.

W : 기기의 중량

F_V : 수직방향 설계지진력

3) 천장면 정착방식



G : 기기 무게중심 위치

W : 기기 중량

R_b : 앵커볼트 1 개당 작용하는 인장력

n : 앵커볼트 총 개수

n_t : 기기가 전도될 때, 인장을 받는 쪽열에 배열된 앵커볼트의 총 개수 (그림에서 검토 방향의 줄에 설치된 앵커볼트의 개수)

h_G : 정착면에서 기기 중심까지의 높이

l : 검토 방향 볼트의 열 간격(span)

l_G : 검토 방향으로 볼트 중심에서 기기 중심까지의 거리 (단, $l_G \leq l/2$)

F_H : 수평방향 설계지진력

$$(F_H = \alpha_H \cdot W)$$

F_V : 수직방향 설계지진력

$$(F_V = \frac{1}{2} F_H)$$

앵커볼트 1개에 작용하는 인장력

$$R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot (l - l_G)}{l \cdot n_t}$$

앵커볼트의 전단력 $Q = \frac{F_H}{n}$

여기서 Q : 볼트에 작용하는 전단력

F_H : 수평방향 설계지진력

n : 앵커볼트의 총 개수

3

전기시설별 내진 설치사례

3-1. 조명설비 내진 설치사례

- 지하층 조명기구를 레이스웨이로 시공하면서 수평 및 수직와이어를 이용하여 지진시에도 레이스웨이가 변형되지 않도록 천장 벽에 단단히 고정 설치
 - 수평와이어: STS 4.0 ϕ , 100[mm] \pm 10[mm] 설치(길이는 레이스웨이와 연계)
 - 수직와이어: STS 2.0 ϕ , 3[m] 간격 설치

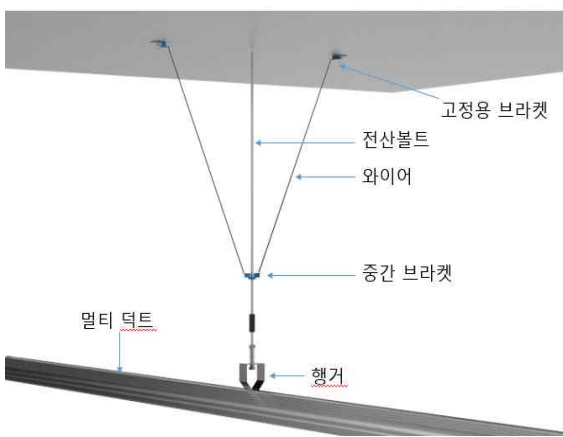


설치 전 경



수평와이어와 수직와이어 사용 지지

- 멀티덕트(조명기구, 주차 안내등 외 설치)로 시공하면서 멀티덕트가 변형되지 않도록 내진에 대응한 고정용 브라켓 및 와이어를 추가로 설치



설치 상태

- ① 멀티덕트를 전산볼트와 행거로 고정한다. 외부 충격으로 인한 탈락에 대비하여 행거 윗부분에 스프링과 플림방지너트를 추가로 설치한다.
- ② 외부충격에 대한 보강을 목적으로 고정용 브라켓 및 와이어를 추가로 설치한다. 설치순서는 다음과 같다.
- ③ 앵커볼트를 설치할 위치의 천장에 타공
- ④ 타공 후 앵커볼트, 고정용 브라켓, 너트를 설치한다.
- ⑤ 와이어를 고정용 브라켓에 연결한 후 중간 브라켓과 길이를 조절하여 조인다.

작업 순서

3-2. 케이블트레이 내진 설치사례

- 케이블트레이 설치시 10[m] 간격으로 좌, 우로 버팀대를 추가 설치하여 지진 시에도 탈락되지 않도록 천장벽에 단단히 고정 설치
- 버팀대: 전산볼트 1,000[mm], 셋트 앵커볼트 $\varnothing 13$ 이하를 좌, 우 설치



3-3. 수변전설비 내진 설치사례

3-3-1. ○○공단 실험실 내진 신축현장

- 수배전반 설치시 지진 등 자연재해에 의한 피해를 방지하기 위하여 각 수배전반은 각 반과 반 사이를 내진스프링과 스트롱앵커볼트로 고정 설치.
- 내진스프링과 스트롱앵커 $\varnothing 13$ 이하로 수배전반 지지대 고정



3-3-2. ○○시 청사 변압기 내진 보강현장

- 기존 지하 변전실 내 변압기를 지진시에도 이동 또는 전도되지 않도록 바닥에 보강철재를 사용하여 단단히 고정 내진 보강
- 철재로 만든 보강재를 이용 변압기 좌대를 고정
- 셋트 앵커볼트 사용하여 바닥 고정



내진보강 전



내진보강 후

3-3-3. ○○시 청사 수변전설비 내진 보강

- 기존 지하 변전실내 수변전설비를 지진시에도 이동 또는 전도되지 않도록 바닥에 내진 보강용 패드와 스톱퍼를 설치하여 내진 보강
 - 내진패드와 내진스톱퍼를 이용하여 수배전반 좌대 고정



내진보강 전



내진보강 후

3-3-4. ○○시 지하철역사 내 전기실 내진 보강

- 지하철 역사내 전기실에 설치되는 수변전설비 간 연결되는 모선덕트를 철재보강재와 앵커볼트 $\varnothing 16$ 이하로 천장에 단단히 고정하여 보강
 - 모선덕트 손상 및 충격흡수를 위해 고무패킹을 삽입하여 보호



수변전실 모선덕트 내진 보강 시공 사진

3-3-5. ○○시 청사 수변전설비 내진 보강

- 수변전설비의 바닥 고정을 위해 철재 보강재를 추가 설치하고 앵커볼트 $\varnothing 13$ 이하로 단단히 고정하여 내진 보강



3-4. 발전기설비 내진 설치사례

3-4-1. ○○ 신축현장

- 발전기 설치에 있어 방진스프링, 앵커볼트, 내진스토퍼를 가지고 시공
 - 방진스프링은 10개, 내진스토퍼는 앞·뒤 각각 3개, 옆면 각각 2개 설치
 - 앵커볼트는 $\varnothing 15$ 이하를 사용 총 12개 설치



4

건축전기설비 내진 설치공량

4-1

앵커볼트 설치품[기존 전기품셈 5-29 옥내 잡공사 준용]

(단위: 내선전공)

| 공 종 | 규 격 | 단위 | 공량 |
|---------|-------------|----|--------|
| 앵커볼트 설치 | Ø 13 이하 | 개 | 0.036인 |
| | Ø 14 ~ Ø 15 | | 0.08인 |
| | Ø 16 ~ Ø 19 | | 0.12인 |
| | Ø 22 ~ Ø 25 | | 0.23인 |
| | Ø 28 이상 | | 0.30인 |

【해설】

- ① 천장의 경우 150%
- ② 방폭형 200%
- ③ 셋트앵커, 스트롱앵커. 익스팬션(expansion: 팽창) 볼트는 앵커볼트 설치품 적용
- ④ 앵커볼트 설치품에는 구멍파기 포함

4-2

케이블트레이 내진버팀대 설치품[신규]

(단위 : set)

| 전산볼트 직경 | 내선전공 |
|---------|------|
| Ø 13 이하 | 0.16 |

【해설】

- ① 버팀대 2개 1set, 천장 설치 기준
- ② 전산볼트, 앵커볼트, 찬넬 구멍뚫기, 브라켓 설치 포함. 단, 케이블트레이 지지대는 별도 계상
- ③ 앵커볼트 품에는 구멍파기 포함
- ④ 앵커볼트, 셋트앵커, 스트롱앵커 동일 적용

4-3 내진스토퍼 설치품 [신규]

(단위 : 개)

| 스토퍼 구멍 직경 | 내선전공 |
|-------------|------|
| Ø 13 이하 | 0.10 |
| Ø 14 ~ Ø 15 | 0.18 |

【해설】

- ① 스토퍼 1개당 앵커볼트 2개를 설치하는 기준, 3개 이상인 경우 추가 1개당 60% 가산
- ② 스토퍼 1개당 앵커볼트 1개용인 경우 본 품의 80% 적용
- ③ 앵커볼트, 셋트앵커, 스트롱앵커 동일 적용
- ④ 동일장소에 스토퍼 2개 설치시는 180%, 3개 설치시는 260%, 4개 설치시는 340%, 4개 초과시 초과 1개당 80% 가산

부 록

【부록 1】

구조안전 및 내진설계 확인서

| 구조안전 및 내진설계 확인서(6층 이상의 건축물) | | | | | |
|--|--|---|-------------------|---------------------------------|----|
| 1) 공사명 | | | | | 비고 |
| 2) 대지위치 | / 지역계수 | | | | |
| 3) 용도 | | | | | |
| 4) 중요도 | | | | | |
| 5) 규모 | 연면적 | m ² | 층수 (높이) | / (m) | |
| 6) 사용설계기준 | | | | | |
| 7) 구조계획 | 구조시스템에 대한 공통분류 체계 마련 | | | | |
| 8) 지반 및 기초 | 지반분류 | | 지하수위 | | |
| | 기초 형식 | | | | |
| 9) 풍하중 개요 | 지내력 기초 | 설계지내력 f _e = t/m ² | 파일기초 | 적용파일직경= f _p = ton | |
| | 기본풍속 | V ₀ =(m/sec) G _f | 노풍도 | A, B, C, D | |
| 10) 풍하중 해석 결과 | | X 방향 | Y 방향 | | |
| | 최고층 변위 | δx-max | δy-max | | |
| | 최대층간변위 | Δx,max | Δy,max | | |
| 11) 내진설계 개요 | 「건축물의 구조기준에 관한 규칙」 및 「건축구조기준」에 따른 지진하중 산정 시 필요사항 | | | | |
| | 해석법 | 내진설계범주(A,B,C,D) 등가정적해석법, 동적해석법 | | | |
| | 중요도계수 | I _E = | 건물유요 중량 | W= | |
| 12) 기본 지진 저항 시스템 | | X 방향 | Y 방향 | | |
| | 횡력저항시스템 | | | | |
| | 반응수정계수 | R _x = | R _y = | | |
| | 초과강도계수 | Q _{ox} = | Q _{oy} = | | |
| | 변위증폭계수 | C _{dx} = | C _{dy} = | | |
| | 허용층간변위 | Δax = (0.010 h _s , 0.015h _s , 0.020h _s) | | | |
| 13) 내진설계 주요 결과 | | X 방향 | Y 방향 | | |
| | 지진응답계수 | C _{Sx} = | C _{Sy} = | | |
| | 밀면전단력 | V _{Sx} = | V _{Sy} = | | |
| | 근사고유주기 | T _{ax} = | T _{ay} = | | |
| | 최대층간변위 | Δx,max | Δy,max | | |
| 14) 고유치 해석 (동적해석 시) | | 진동주기 | | 질량참여율 | |
| | 1 st 모드 | Sec | | % | |
| | 2 nd 모드 | Sec | | % | |
| | 3 rd 모드 | Sec | | % | |
| 15) 구조요소 내진 설계 검토사항 | 특별지진하중 적용 여부 | 피로티 | ☐, ☐ | | |
| | | 면외어긋남 | ☐, ☐ | | |
| | | 횡력저항 수직요소의 불연속 | ☐, ☐ | | |
| | 수직시스템 불연속 | | ☐, ☐ | | |
| 16) 비구조요소 | 건축비구조요소 | | | | |
| | 기계·전기 비구조요소 | | | | |
| 17) 특이사항 | | | | | |
| 「건축법」 제48조 및 같은 법 시행령 제32조에 따라 대상 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출합니다. | | | | | |
| 작성자: 건축구조기술사 | | 설계자: 건축사 | | | |
| 소속: ㉠ | | 소속: ㉠ | | | |
| 연락처: | | 연락처: | | | |

| 구조안전 및 내진설계 확인서(5층 이하의 건축물 등) | | | | |
|--|-----------------------------|---|-------------------|---------------------|
| 1) 공사명 | | | | 비고 |
| 2) 대지위치 | / 지역계수 | | | |
| 3) 용도 | | | | |
| 4) 중요도 | | | | |
| 5) 규모 | 연면적 | m ² | 층수 (높이) | / (m) |
| 6) 사용설계기준 | | | | |
| 7) 구조계획 | <i>구조시스템에 대한 공통분류 체계 마련</i> | | | |
| 8) 지반 및 기초 | 지반분류 | | 지하수위 | |
| | 기초 형식 | | | |
| | 지내력 기초 | 설계지내력 fe= t/m ² | 파일기초 | 적용파일직경= fp = ton |
| 9) 내진설계 개요 | 해석법 | 내진설계범주(A,B,C,D) 등가정적해석법, 동적해석법 | | |
| | 중요도계수 | I _E = | 건물유형 중량 | W= |
| | 기본 지진력 저항시스템 | X 방향 | | Y 방향 |
| 10) 기본 지진력 저항시스템 | 횡력저항시스템 | | | |
| | 반응수정계수 | | | |
| | 허용층간변위 | $\Delta_{ax} = (0.010 h_s, 0.015 h_s, 0.020 h_s)$ | | |
| 11) 내진설계 주요 결과 | 지진응답계수 | C _{Sx} = | C _{Sy} = | |
| | 밀면전단력 | V _{Sx} = | V _{Sy} = | |
| | 근사고유주기 | T _{ax} = | T _{ay} = | |
| | 최대층간변위 | $\Delta_{x,max}$ | $\Delta_{y,max}$ | |
| 12) 구조요소 내진 설계 검토사항 | 특별지진하중 적용 여부 | 피로티 | | 유, 무 |
| | | 면외어긋남 | | 유, 무 |
| | | 횡력저항 수직요소의 불연속 | | 유, 무 |
| | | 수직시스템 불연속 | | 유, 무 |
| 13) 비구조요소 | 건축비구조요소 | | | |
| | 기계·전기 비구조요소 | | | |
| 14) 특이사항 | | | | |
| <p>「건축법」 제48조 및 같은 법 시행령 제32조에 따라 대상 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: center;">년 월 일</p> <p> 작성자: 건축구조기술사 ① 설계자: 건축사 ① 주 소: 또는 주 소: 연락처: 연락처: </p> | | | | |

구조안전 및 내진설계 확인서(소규모건축물-콘크리트구조)

| | | | | | |
|---|---------------------------|---------------|--------|-------------------------|----------------|
| 1) 공사명 | | | | | |
| 2) 대지위치 | | | | | |
| 3) 규모 | 지상 2층 층고 | | m | 층수 | 지하()층/지상()층 |
| | 지상 1층 층고 | | m | 연면적 | m ² |
| | 지하층 층고 | | m | | |
| 4) 용도 | 주거 시설() / 근린생활 시설() | | | | |
| 5) 구조형식 | 횡구속골조() / 비횡구속골조() | | | | |
| 6) 적용제한 | 설계 하중 | 바닥 고정하중 초과 유무 | | 유 / 무 | |
| | | 바닥 활하중 초과 유무 | | 유 / 무 | |
| | | 적설하중 초과지역 해당 | | 유 / 무 | |
| | | 풍하중 초과지역 해당 | | 유 / 무 | |
| | 구조 계획 | 수직부재 불연속 | | 유 / 무 | |
| | | 1,2층 구조형식 동일성 | | 유 / 무 | |
| | | 캔틸레버보 | | 길이 | m |
| 7) 평면 계획 | 평면 크기 | 가로길이: | m | *가로 세로 비율 1:5 이하 | |
| | | 세로길이: | m | | |
| | 기둥경간 | 최대 | m, 최소 | m | |
| | 보 배치간격 | 최대 | m, 최소 | m | |
| 8) 재료 강도 | 콘크리트 | $f_{ck} =$ | MPa | 철근 | $f_y =$ MPa |
| 9) 슬래브 | 단변방향 최대경간 | | m | 두께 | mm |
| 10) 보 | 구분 | 최대경간(m) | | 단면크기(mm) | |
| | | 폭 | | 깊이 | |
| | 작은보 | | | | |
| | 큰보 | | | | |
| | 작은보를 지지하는 큰보 | | | | |
| 11) 기둥 | 최대누적부하면적(m ²) | | | 단면크기(mm) | |
| | | 폭 | | 깊이 | |
| | 2층 기둥 | | | | |
| | 1층 기둥 | | | | |
| | 지하층 기둥 | | | | |
| 12) 기초 | 매립지역/연약한 토사지반 해당 유무 | | | 유 / 무 | |
| | 기초형식/두께 | | | 기둥하부: | / |
| | | | | 벽체하부: | / |
| 13) 전단벽 | 배치 방향 | 총 벽체길이(m) | | 벽체두께(mm) | |
| | | 1층 | 2층 | | |
| | 가로 방향 | | | | |
| | 세로 방향 | | | | |
| 14) 비구조요소 | 건축비구조요소 | | | 공사단계에서 확인이 필요한 비구조요소 기재 | |
| | 기계·전기 비구조요소 | | | | |
| 15) 특이사항 | | | | | |
| 「건축법」 제48조 및 같은 법 시행령 제32조에 따라 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출합니다. | | | | | |
| 년 월 일 | | | | | |
| 작성자(설계자): (인) | | | | | |
| 주소: | | | / 연락처: | | |

【부록 2】

지진구역 및 지역계수

| 지진 구역 | 행정 구역 | | 지진구역계수 |
|---|-------|---|--------|
| I | 시 | 서울특별시, 부산광역시, 인천광역시, 대구광역시, 대전광역시, 광주광역시, 울산광역시, 세종특별자치시 | 0.22g |
| | 도 | 경기도, 강원도 남부 ^{주1)} , 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 | |
| II | 도 | 강원도 북부 ^{주2)} , 제주도 | 0.14g |
| <p>비고</p> <p>주1) 강원도 남부: 강릉시, 동해시, 삼척시, 원주시, 태백시, 영월군, 정선군</p> <p>주2) 강원도 북부: 속초시, 춘천시, 고성군, 양구군, 양양군, 인제군, 철원군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군</p> | | | |

○ 지반의 분류

- (1) 땅속 깊이에 따른 지반공학적인 특성을 분류한 것
(흙의 전단파속도, 전단강도, 변형률, 암석학상의 차이 등)
- (2) 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위함. 기반암: 760 m/s 이상인 지층
- (3) 우리나라는 내진설계를 위한 지반종류를 6종을 구분
($S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$) > 흙이 단단 할수록 S_A 쪽에 속함

【부록 3】

내진 관련 용어

- 내진등급(seismic classification): 시설물의 중요도에 따라 내진설계수준을 분류한 범주로서 내진특등급, 내진I등급, 내진II등급으로 구분
- 내진설계(seismic design): 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업
- 설계응답스펙트럼: 구조물의 내진설계를 위하여 여러 지진에 대한 응답스펙트럼을 통계적으로 조합하고 최대한 단순하게 수정하여 만든 것
- 가속도계수: 지진운동의 가속도 또는 구조물이나 기기등의 지진응답으로 발생하는 가속도의 크리를 중력가속도로 나누어 계수로 나타낸 값
- 설계지진가속도계수: 기기에 작용하는 설계지진력을 기기의 중량으로 나눈 값으로 중력가속도의 비율에 해당하는 값
- 액상화(liquefaction): 포화된 사질토 등에서 지진동, 발파하중 등과 같은 동하중에 의하여, 지반 내에 과잉간극수압이 발생하고, 지반의 전단강도가 상실되어 액체처럼 거동하는 현상
- 위험도계수(risk factor): 평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평지반가속도를 기준으로 하여, 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도를 상대적 비율로 나타낸 계수
- 유효지반가속도(effective peak ground acceleration): 지진하중을 산정하기 위한 기반암의 지반운동 수준으로 유효수평지반가속도와 유효수직지반가속도로 구분
- 재현주기(return period): 지진과 같은 자연재해가 특정한 크기 이상으로 발생할 주기를 확률적으로 계산한 값으로, 일년 동안에 특정한 크기 이상의 자연재해가 발생할 확률의 역수
- 지반종류(soil profile type): 지반의 지진증폭특성을 나타내기 위해 분류하는 지반의 종류
- 지반증폭계수(site coefficient): 기반암의 스펙트럼 가속도에 대한 지표면의 스펙트럼 가속도의 증폭비율
- 지진구역(seismic zone): 유사한 지진위험도를 갖는 행정구역 구분으로서 지진구역I, 지진구역II로 구분

- 지진구역계수(seismic zone factor): 지진구역I과 지진구역II의 기반암 상에서 평균재현주기 500년 지진의 유효수평지반가속도를 중력가속도 단위로 표현한 값
- 지진격리(seismic isolation) (=면진): 시설물의 지진가속도응답을 줄이기 위해, 시설물을 장주기화와 함께 고감쇠화 시킨 상태
- 지진보호장치(seismic protection device): 시설물을 지진으로부터 보호하기 위한 모든 장치. 지진격리(면진)받침, 감쇠기, 낙교방지장치, 충격전달장치(STU: Shock Transmission Unit) 등
- 지진위험도(seismic hazard)(=지진재해도): 내진설계의 기초가 되는 지진구역을 설정하기 위하여 과거의 지진기록과 지질 및 지반특성 등을 종합적으로 분석하여 산정한 지진재해의 연초과 발생빈도
- 지진위험지도(seismic hazard map)(=지진재해지도): 내진설계 등에 활용하기 위하여 정밀한 지진위험도(또는 지진재해도) 분석결과를 표시한 지도로서 정의된 재현주기 또는 초과확률 내에서 지리적 영역에 걸쳐 예상되는 유효지반가속도를 등고선의 형태로 나타낸 지도
- 진동전단응력비(cyclic stress ratio): 지진 시, 해당 깊이에서 지반에 발생하는 전단응력과 유효상재압의 비
- 기반암(bed rock): 연암층, 퇴적층 또는 토층의 아래에 위치하는 전단파속도가 760 m/s 이상인 단단한 암석층(보통암 등)
- 진동저항전단응력비(cyclic resistance ratio): 해당 깊이에서 지반의 전단저항응력과 유효상재압의 비
- 최대응답(peak response): 응답의 절댓값의 최댓값
- 최대지반가속도(PGA; peak ground acceleration): 지진에 의한 진동으로 특정위치에서의 지반이 수평 2방향 또는 수직방향으로 움직인 가속도의 절댓값의 최댓값
- 탁월주기(dominant period): 지진파와 같은 불규칙파의 주기성분 중 빈도나 진폭이 다른 주기에 비하여 탁월한 주기
- 파워스펙트럼(power spectrum): 진동의 각 진동수 성분이 가지는 파워를 나타내는 스펙트럼
- 표준설계응답스펙트럼(standard design spectrum): 설계지진에 대하여 5% 감쇠비를 가진 단자유도 시스템의 설계응답스펙트럼

참 고 문 헌

- (1) 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙
- (2) 건축물 내진설계기준(국가건설기준 KDS 41 17 00)
- (3) 건축구조기준 총칙(국가건설기준 KDS 41 10 05)
- (4) 내진설계 일반(국가건설기준 KDS 17 10 00)
- (5) 전기설비 관련 기준(국가건설기준 KDS 31 00 00)
- (6) 콘크리트용 앵커 설계기준(국가건설기준 KDS 14 20 54)
- (7) 건축전기설비 내진설계 시공지침서(대한전기협회)
- (8) 내진시공 범위와 시공시 확인항목 및 방법(한국소방시설협회)
- (9) 조성국, 건축전기설비 내진설계 시공지침서 개정안(대한전기협회, 2017.4.19.)
- (10) 서대원, 건축전기설비 내진설계방법 및 수변전설비 내진설계 사례(대한전기협회, 2019.4.9.)
- (11) 김승남, 건축물 내진설계기준 개정 고시에 따른 기계전기 비구조요소의 내진 설계(한국조명전기설비학회, 2019.5.16.)