

11

2020 NOVEMBER

The ^{LED} Lighting

전기·소방·통신
시공 전문업체



SAFETY
"CONSTRUCTION"
PERFECT



ISO 9001 / 메인비즈
에너지절약전문기업(ESCO)
기업기술기업인증(우수)



WOO KWANG E&C
(주)우광이엔씨

경기도 용인시 수지구 광교중앙로 338, B동 808,809호(광교우미뉴브)
TEL. 031-215-9872 FAX. 031-215-9873



KLFLC 한국전등기구LED산업협동조합



건축물의 내진설계 기준에 대한 제언



고재완 진우씨스템 대표

시작하는 말

전기설비 내진 대책 관련 기준은 그동안 자연재해대책법에서 규정을 하고 있었으나, 2008년 3월 28일 이 법에서 지진 부분에 대한 규정이 삭제되고 새롭게 지진재해대책법이 제정됐다.

이 지진재해대책법에서는 지진과 지진해일로 인한 재해로부터 국민의 생명과 재산 및 주요 기간시설을 보호하기 위해 지진과 지진해일의 관측·예보·대비 및 대응, 내진대책과 지진재해를 줄이기 위한 연구 및 기술 개발 등에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 하고 있다.

또 2017년 7월 1일부로 「내진설계기준 공통적용사항, (행정안전부)」이 시행되고 이에 따라 1년 6개월 이내에 31층 시설에 대한 내진설계기준이 개정·시행됐다. 특히, 2017년 11월에 포항에서 발생한 진도 5.4의 지진으로 큰 피해가 발생하는 등 최근 10년 동안 진도 5.0 이상의 지진만 10여 차례 이상 발생해 국내도 더 이상 지진 안전지대가 아님이 밝혀지고 있다.

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 된다.

2005. 04. 06	「건축물의구조기준등에관한규칙, (건설교통부령 제433호) 전부개정
2014. 03. 00	「건축전기설비 설치부 내진설계 시공지침서 KECG 9701-2019, (대한전기협회) 제정
2017. 07. 01	「내진설계기준 공통적용사항, (행정안전부) 제정사항
2018. 11. 09	「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙, (국토교통부령 제555호) 개정·시행
2019. 03. 14	「건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00, (국토교통부) 개정
2019. 03. 00	「건축전기설비 설치부 내진설계및시공지침 KECG 9701-2019, (대한전기협회) 전면 개정
2019. 08. 00	「건축전기설비의 내진 설치요령, (서울특별시) 제정
2019. 06. 29	교육:건축전기설비 내진설계 (대한전기협회)
2019. 10. 19	교육:건축전기설비 내진설계 (대한전기협회)

표 1. 국내 건축전기설비 내진설계기준의 제·개정 일정

이에 따라 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙, (국토교통부령 제555호, 2018.11.9) 개정안, 「건축물 내진설계기준, (국토교통부 2019. 03. 14) 개정으로 건축물 내에 설치하는 전기시스템과 이를 지지하는 부속 및 장비를 건축 비구조요소로 정의하고, 지진에 대한 안전한 내진성능을 갖춘 것을 명시하고 있다.



이에 대한전기협회도 전기설비기술기준 및 판단기준에서 건축물에 시설하는 고압 및 특고압의 전기기계기구·모선 등의 전기설비는 지진의 진동과 충격에 대해 안전구조임을 명시하고 건축전기설비의 설계·시공·유지관리 등 현장 적용 시 참조 할 수 있도록 내진설계에 관한 기준, 품셈의 제정 및 내진교육을 실시했다.

이러한 과정에서 관련 종사자들의 내진에 대한 이해를 돕기 위해 여러 자료를 종합해 정리해 보고자 한다.

건축전기설비 내진설계 시공지침서

전기설비 내진 검사 점검 지침은 건축전기설비 내진설계 시공지침서에 준해 건축전기설비를 구성하는 기기 및 배관 등이 지진으로 인해 활동, 진도 또는 낙하되는 것을 방지하기 위해서 시행한 내진설계 및 시공결과에 대한 검사 점검 방법을 나타낸다.

건축전기설비 내진설계 시공지침서는 대한전기협회에서 국내 2005년 건축구조기준(KBC)과 일본 건축전기설비 내진 설계·시공 매뉴얼 등을 검토해 2009년 제정 발간했으며, 그 이후 2009년 KBC 개정에 따른 2014년 건축전기설비 내진설계 시공지침서를 발간해 내진설계에 관해 쉽게 이해할 수 있도록 했다.

건축구조기준은 국토교통부 고시로 「건축법」과 「주택법」 등의 관련 법령에 따라 건축물 및 공작물의 구조에 대한 설계, 검사 및 실험, 설계 하중, 재료별 설계 방법, 재료강도, 제작 및 설치, 시공, 품질관리 등의 기술적 사항을 규정함으로써 건축물 및 공작물의 안전성, 사용성, 내구성 및 친환경성을 확보하는 것이 목적이다.

이 기준의 제0306절은 건축물과 건물외구조물의 구조체와 부구조체 및 건축·기계·전기 비구조요소의 지진 하중을 산정하는데 적용하는 것으로, 기계·전기 비구조요소는 표 0306.10.2에 일반 전기, 전기조명기구 등을 포함하고 있다.

건축전기설비 내진설계 시공지침서(KECC 9701-2014)는 전기설비기술기준 제21조제5항 및 건축구조

기준 제0306 절의 규정에 의거 내진설계대상 건축물에 시설되는 고압 및 특고압의 전기기계기구·모선 등을 시설하는 수전설 등 전기설비의 정착 및 고정을 위한 설계와 시공에 적용하며, 구체적인 대상 건축물은 강구조, 콘크리트 강합성구조 및 철근콘크리트 구조인 70m 이하의 건물에 적용한다. 이 지침서는 제3장 정착설계와 제4장 정착설계 예제를 통해 자가용 발전설비, 배전반, 변압기 등의 앵커볼트 설계 예시를 나타내고 있다.

이 지침서의 적용 대상 건물은 기본적으로 강구조, 콘크리트 강합성구조 및 철근콘크리트구조인 70m 이하의 건물이다.

다만, 70m를 초과하는 건물에 설치된 건축전기설비는 동적해석법을 적용해 건물의 총지진력을 계산하고, 이와 함께 설비의 동적중폭을 고려해 기기의 중심에 작용하는 설계지진력을 결정한다.

대상 설비는 다음의 설비에 포함되는 기기 및 배관 등을 대상으로 한다. 여기서, 배관 등이란 배관, 케이블락(cable lock), 버스덕트(bus duct) 등을 말한다.

내진설계 개념

건축전기설비에 대한 내진설계의 목적은 지진으로 인해 조명을 비롯해 전기기기 및 배관 등이 파손 피해를 입거나 기능을 상실하는 것을 방지함으로써 인명의 안전을 도모하고 재산을 보호하며 지진 후에 필요한 활동을 가능하게 하는 것이다.

건축전기설비에 대한 내진설계의 기본개념은 지진동(지진으로 일어나는 지면의 진동)으로 인해 건축전기설비의 기기 및 배관이 활동, 진도, 낙하하지 않도록 기기 및 배관을 건축물에 견고하게 고정 혹은 정착하는 것이다. 건축전기설비의 내진설계를 위한 구조설계는 건축물의 각 위치에서 지진입력을 설정해 기기 및 배관 등의 정착부에 작용하는 부지력을 계산하고, 그 수치가 정착부가 저항할 수 있는 허용 내력 이내에 있는지를 판별하는 것이다.



이 지침에서 정착부의 구조설계법은 기본적으로 허용 응력법을 적용한다.

일반적인 경우에 정착부 설계는 기기 및 배관에 따라 근사적으로 설계지인력을 결정하는 등가하중법을 적용한다. 그리고 특별히 건축물의 동적해석을 실시 한 경우에는 개별적으로 지진인력을 결정 하게 된다.

정착 방법의 분류 기기의 정착부에 대한 설계 개념 및 전제조건 등을 포함한 정착방법별 각 정착부에 작용하는 부재력은 계산 방법에 따라 계산한다.

앵커볼트의 설계 조건 건축전기설비 기기는 일반적으로 앵커볼트를 사용해 구조물에 고정된다. 따라서 건축 전기설비 기기가 지진으로 인해 활동 혹은 전도되는 것을 방지하기 위해서는 다음의 두 조건식을 동시에 만족시켜야 한다.

- 1) 앵커볼트의 허용인장력 > 지진력에 의해 요구되는 앵커볼트의 인장력
- 2) 앵커볼트의 허용전단력 > 지진력에 의해 요구되는 앵커볼트의 전단력)

번호	지진명	발생일	규모	특 징
1	속리산	78.09.16	5.2	김자방위 22km, 낮은 가옥 피해
2	홍 성	78.10.07	5.0	김자방위 200km, 부상 2명, 가옥 118동 파괴
3	의 주	80.01.08	5.3	김자방위 300km
4	백령도	03.03.30	5.0	백령도 서남쪽 80km 해역
5	울 진	04.05.29	5.2	경북 울진 동쪽 80km 해역
6	경 주	16.09.12	5.8	경주시 남서쪽 8km

표 2. 국내에서 발생한 지진 현황 (규모 5.0 이상의 지진)

건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00

18.13.4 내진성능의 증명이 요구되는 비구조요소

지진 이후에도 반드시 기능이 유지되어야 하는 비구조요

소의 경우 다음의 규정을 통해 내진성능을 증명해야 한다. 기능수행 목표의 설계지진은 2장 및 5장을 따른다.

- (1) 기능유지가 요구되는 기계 및 전기 비구조요소의 구동부분 혹은 동력부 부분은 18.13.2의 규정에 의한 진동대 실험을 통해 해당 설계지진 후에도 정상작동함을 증명해야 한다.

18.3 건축 비구조요소

18.3.1 일반사항

표 18.3-1에 열거된 건축 비구조요소 및 그 지지부와 연결부는 이 절의 규정에 따라 설계해야 한다. 단, 체인이나 다른 형태로 구조물에 매달린 비구조요소의 경우 다음의 모든 조건을 만족하는 경우 이 절의 지진하중과 상대변위에 대한 검토를 수행하지 않아도 된다.

18.4 기계 및 전기 비구조요소

18.4.1 일반사항

기계 및 전기 비구조요소와 그 지지부는 18.4의 규정에 따라 설계해야 한다. 설계계수는 표 18.4-1 중 적절한 값을 선택한다. 기계 및 전기 비구조요소의 지지부와 정착부는 18.5의 규정을 따른다. 단, 체인이나 다른 형태로 구조물에 매달려 있으면서 덕트나 파이프에 연결되지 않은 조명기구, 시인보드, 천장 선풍기는 다음의 모든 조건을 만족하는 경우 이 절의 지진하중과 상대변위에 대한 검토를 수행하지 않아도 된다.

18.4.2 전기 비구조요소

- (1) 지진 시 비구조요소사이의 부딪힘으로 인해 충격이 발생하지 않도록 설계되어야 한다
- (2) 서로 다른 구조물 사이에 연결된 설비 및 관로에서 발생하는 하중을 평가하여야 한다.
- (3) 선반위의 축전지는 낙하하지 않도록 둘러싸는 고정장치로 고정되어야 하며 고정장치와 축전지 사이에 스페이서를 두어 용기의 충돌로 인한 손상을 방지하여야 한다. 선반은 충분한 항하중저항능력을 가져야 한다.



- (4) 건식 변압기의 내부코일은 용기내 하부지자구조에 적절히 고정되어야 한다.
- (5) 돌출 미닫이식반을 가진 전기설비지아장치, 컴퓨터 장비, 혹은 그 밖의 장비들은 각 부분을 제자리에 고정시키기 위한 결속장치가 있어야 한다.
- (6) 전기 케이블은 관련 산업규격에 따라 충분한 강도를 가지도록 설계되어야 한다.
- (7) 450N을 초과하는 장비의 정착부는 제조사가 인증하지 않은 경우 개별적으로 안전성을 검토하여야 한다.
- (8) 먼진구조물에서 먼진충을 통과하는 도관, 케이블 트레이 혹은 이와 유사한 배선 장치들은 18.2.3에 의한 상대변위 요구량을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

18.4.4 도관, 케이블 트레이 및 전선로

케이블 트레이와 전선로는 18.2의 설계지진력과 상대변위에 대해 설계되어야 한다.

60mm 이상의 규격을 가진 도관으로 패널, 케이블, 혹은 지진에 의해 상대변위가 발생하는 요소에 연결된 경우 18.2의 설계지진력과 상대변위를 만족하도록 설계되거나 유연한 연결부를 가져야 한다.

다음의 경우는 예외로 한다.

- (1) 가 1.0인 전선로써 상대변위를 수용할 수 있도록 유연한 연결부 혹은 그 밖의 장치가 적용되고 케이블 트레이나 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.

19. 건물외구조물

19.1 일반사항

19.1.1 적용범위

이 절은 건물외구조물의 내진설계에 적용한다. 건물외구조물은 이 절에서 규정된 최소 설계지진력에 저항할

수 있도록 설계되어야 한다. 이 절에서 제시되지 않은 설계절차는 다른 장의 규정과 부합해야 한다.

19.1.2 구조해석

건물외구조물의 구조해석은 7.1에 규정된 해석법 또는 15장에 규정된 해석절차를 따를 수 있다.

19.1.3 건물외구조물의 건축, 기계 및 전기 비구조요소

건물외구조물에 의해 지지되는 건축, 기계 및 전기 비구조요소의 설계는 18장에 따른다.

19.6.4 배관 연결부의 유연성

배관시스템 파괴로 인한 누출을 방지하기 위해 탱크 및 저장용기에 연결되는 배관의 접합부는 지진에 의한 배관의 변위를 수용할 수 있도록 충분한 신축성을 가져야 한다. 배관시스템과 그 지지부는 연결부에 큰 하중이 전달되지 않도록 설계해야 한다. 필요할 경우, 지지변위 및 사용 중 압력에 대하여 충분한 신축성을 가진 기계장치 또는 특수상세를 배관 접합부에 사용할 수 있다.

배관 연결부는 표 19.6-1에 제시된 최소변위를 수용할 수 있도록 설계되어야 한다. 지지부 혹은 기초보다 높은 곳에 위치한 연결부의 경우 표 19.6-1의 최소변위에 추가해 지지부와 탱크 및 저장용기 사이에서 발생하는 상대변위를 고려하여야 한다.

별도로 계산하지 않는다면 배관시스템과 그 접합부는 표 19.6-1에 제시된 최소변위의 배개지 판단없이 건디도록 설계해야 한다. 이 경우 배관 지지부와 탱크의 비탄성거동과 그로 인한 연구변형의 발생은 허용된다. 지지부 혹은 기초보다 높은 곳에 위치한 연결부의 경우 지지부와 탱크 및 저장용기 사이에서 발생하는 상대변위를 추가로 고려하여야 한다.

표 19.6-1에 제시된 값은 침하와 지지변위 등에 의한 기초의 움직임은 고려되어 있지 않다. 배관시스템 설계 시 기초 움직임의 영향은 탱크 및 저장용기의 설계



하중과 배관연결부의 전체변형능력 검토 시 고려되어야 한다.

내진성능 평가를 위한 진동대

내진성능 평가를 위한 진동대 시험은 ASCE 7-10(1)에서 제안한 비구조요소의 진동대 시험방법 인 ICC ES AC156(2)을 준용하여 수행한다.

1. American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2010.
2. International Code Council Evaluation Service, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake Table Testing of Nonstructural Components, AC 156, 2016.

	ICC-ES AC156	Telcordia GR-63-CORE Iessue 4, April 2012 5.4.1 Earthquake Test Methods (Zone 4 level)
내진설계기준	KDS 41 17 00 : 2019 국내 건축물 내진설계기준(비구조요소)의 요구시험 공인시험진동대 시험	국내 기준 시험이 아닌 해외(미국)기준 시험 방식
Richter Magnitude	-	7.0-8.3
Modified Mercalli Index(MMI)	-	IX-XII
* ICC-ES AC156 시험은 시험기관에서는 리히터 규모나 진도로 환산하여 표시 할수 없음.		
* Telcordia GR-63-CORE Iessue 4, April 2012 5.4.1 Earthquake Test Methods(Zone 4 level) 시험은 리히터 규모 관련 표기 포함되어있음.		

표3. 진동대에 의한 내진시험 방식 비교

* ICC-ES AC156 방식은 건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00의 요구 사항에 의한 시험방법이다. 단지 리



히터 지진강도가 표시되지 않는다.

* Telcordia GR-63-CORE 방식은 국내 요구 사항에 의한 시험방법은 아니지만, 리히터 지진강도가 표시된다.

진우씨스템의 내진제품 시험의뢰 추진내용

Earthquake Risk Zone	Richter Magnitude	Modified Mercalli Index (MMI)	Low Frequency Ground Acceleration (% g)	Low Frequency Upper Building Floor Acceleration (% g)
4	7.0-8.3	IX-XII	>48	60-100
3	6.5-7.0	VIII-IX	16-48	40-60
2	5.7-6.5	VII-VIII	8-16	30-40
1	4.3-5.7	V-VII	4-8	20-30
0	<4.3	V	<4	<20

NOTE: For each risk zone, there is a 2% likelihood that an earthquake event of this severity will be exceeded over a 50-year period.

표4. 지진강도 5단계 비교 - 리히터 지진과 MMI

진우씨스템은 '한국에스지이에스'에 2020년 4월 13일 시험을 의뢰해 2020년 5월 7일 'Telcordia' 방식으로 'Zone 4 Level (리히터 7.0-8.3)'을 받았다. 또 '대한전기협회'에 시험결과를 분석의뢰 하였으며 '건축전기설비 내진 견전성 검토 보고서'도 받아서 시험결과에 대한 평가를 받았다.





마무리 제언

국내에서 지진이 꾸준히 발생을 하고 있고 그 규모도 6.0에 가깝게 발생을 하고 있어 그에 대한 대책을 사회 전체적 공감대 속에 체계적으로 강구해야 한다고 생각 한다.

본 기고문에서는 대한전기협회에서 2014년에 개정해 발간한 '건축전기설비 내진설계 시공지침서'를 기준으로 건축물에 시설되는 전기설비의 내진설계 방법에 대해 개략적으로 소개를 했고, 또한 2016년 10월 23일 개정된 건축구조기준에 따라 설계지점역의 계산에 사용되는 맥터 등을 개정해 본 지침서도 개정할 예정이다.

건축물의 안전뿐만 아니라 건축물 내부에 시설되는 수변전설비의 경우 지진 피해 발생 시 위급 상황에서 인명 구조 등 여러 가지 대처 활동에 필수적인 영향을 주는 전기설비에 대한 내진대책의 필요성이 더욱 증가할 것으로 보인다.

최근 국가 내진설계기준 공동 적용사항 및 에너지시설 내진기준 공동 사항의 제정으로 하위 시설에 대한 기

준, 규정 및 지침의 개정 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 전기설비의 내진 관련 사항은 전기설비기술기준 등 하위 규정, 지침을 명확히 분석해 일관성 있는 체계가 확립 될 수 있을 것이다.

국내에서도 지반의 조건과 위치에 따라 다양한 내진 요구조건이 다르게 나타나고 있다. 따라서 건물외의 비구조 요소에서 중요도와 함께 강제 요구사항이 적용되지 않는 60mm 이하의 도관, 케이블 트레이 및 전선로 규격으로 경제적인 시설을 선택할 필요가 있다.

진우씨스템은 지난 2020 대한전기학회 하계학술대회 산업전기위원회 전문 워크숍 및 논문발표회(2020. 07. 15 부산 Bexco 제1전시장 313호 15:00~)에서 KDS 41 17 00(건축물 내진설계기준) 18.4.4와 18.4.5 도관 및 전선로 덕트 등의 중요도계수와 관계없는 60mm 미만의 규격에 대해서는 비구조물의 면진조건에 해당해 경제적인 시설을 할 수 있다는 내용을 강조했다. ■

참조문헌

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| (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 열거 설계기준(국가건설기준 KDS 14 20 54) |
| (7) 건축전기설비 내진설계 시공지침서(대한전기협회) | (8) 내진시공 범위의 시공시 확인항목 및 방법(한국소방시설협회) |
| (9) 건축전기설비 내진설계 시공지침서 개정안(대한전기협회, 2017.4.19), 조상국 | |
| (10) 건축전기설비 내진설계방법 및 수변전설비 내진설계 사례(대한전기 협회, 2019.4.9), 서대원 | |
| (11) 건축물 내진설계기준 개정 고시에 따른 기계전기비구조요소의 내진 설계한국조명전기설비학회, 2019.5.16], 서대원 | (13) 산업통상자원부, "전기설비기술기준 및 편찬기준", 2017. |
| (12) 행정안전부, "내진설계기준 공동적용사항", 2017. | (14) 대한전기협회, "별-변전규정", 2014. |
| (14) 대한전기협회, "별-변전규정", 2014. | (15) 대한전기협회, "발전소 등에서의 내진설계 지침서", 2008. |
| (16) 한국전력공사, "중·변전 내진설계 실무지침서", 2003. | (17) 대한전기협회, "건축전기설비 내진설계 시공지침서", 2014. |
| (18) 건축물에 시설되는 수변전설비 내진 설계 방안, 조영-전기설비학회 논문지 제23권 제2호, (2009. 2) 김기현 외 2명. | |
| (19) 대한전기협회 제51회 하계학술대회 전문워크숍 "비구조요소 내진설계" (2020.7.15) 진우씨스템 고재환 | |
| (20) 대한전기학회 전기설비부문의 추계학술대회 "국내 전기설비내진기준 현행에 관한 연구" (2017. 10. 18) 신기현외 4명 | |