

# 송배전 설비의 내진설계 실무지침서 개정에 따른 전주의 내진설계 검토

2019. 8. 29  
건국대학교 사회환경공학부  
이태형

# Contents

1. 송배전설비 내진설계 실무지침서 개정 (배전설비)
2. 연구 개요
3. 전주의 내진설계
  - 1) 최대 지반가속도 산정
  - 2) 전주의 지진요구력
  - 3) 전주 예제
4. 결론

# 송배전설비 내진설계 실무지침서 개정 (배전설비)

# 송배전설비 내진설계 실무지침서 개정 (배전설비)

## 1. 공통규정

- '내진설계 일반' 변경 내용 반영
- '에너지시설 내진안전 종합대책 세부 이행계획(안)'의 내진기준 상향 요구 반영
- 주요 변경 부분
  - 1.2.1 내진 등급의 분류, 1.2.2 설계지진의 수준, 1.2.3 지반의 분류, 1.2.4.2 가속도계수, 1.2.4.3 설계응답 스펙트럼 등
- 변경된 내용과 기존 내용들 간의 정합성 분석

### 산업통상부 요구수준(2018) 반영 송배전 설비 내진성능

구 분				내진설계기준	
				변경 전	변경 후
핵심	송변전	765kV 급	철탑, 변전기기	0.154 g (6.3)	신설 : 0.3 g (7.0) 기설 : 0.22 g (6.6)
			건물	0.22 g (6.6)	
일반	송변전	345kV 이하	철탑, 변전기기	0.154 g (6.3)	0.22 g (6.6)
			건물	0.22 g (6.6)	
		전력구		0.154 g (6.3)	
기타	배전			0.154 g (6.3)	0.154 g (6.3)

# 송배전설비 내진설계 실무지침서 개정 (배전설비)

## 2. 배전설비

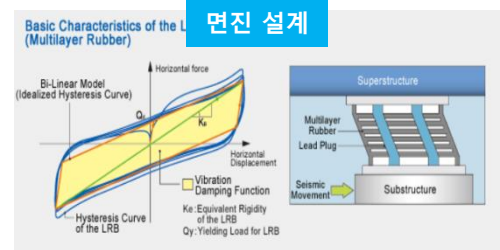
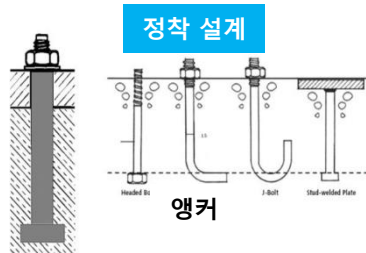
- **대상시설물: 지상변압기, 지상개폐기, 전주 + 배전스테이션**
- 설비의 지진응답해석의 경우, 등가정적해석법, 응답스펙트럼 해석법 또는 정밀한 동적해석법을 사용
- 지진응답해석 시 “내진설계 일반”의 **개정된 표준설계응답스펙트럼을 사용**
- 전주의 내진설계 시 주상변압기의 편심하중을 고려
- 최근 개정된 「내진설계 일반」과 「에너지시설 내진안전 종합대책 세부 이행계획(안)」을 통하여 **상향된 내진설계기준을 적용하여 변전설비 실무지침 및 예제 개정**

# 연구 개요

# 연구 개요

## 1. 최종목표 및 연구범위

- 송배전설비의 내진설계 실무지침서 개정
  - ✓ 개정된 최신 내진설계기준을 반영
  - ✓ 개정내용을 반영한 내진설계 실무예제 재해석



# 연구 개요

## 2. 내진설계 실무지침 개정 세부전략

내진설계기준 목차 (안)	주요참조기준	주요 개정내용	담당 TF	가중치 (%)
제4장 배전설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASCE 7-16 (2016), ASCE 4-16 (2017)</li> <li>송배전 내진설계 실무 지침서 (2012)</li> <li>KEPIC-STA (2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>최대 유효 지반 가속도에 대한 최대 수직 지반 가속도 비 증가(0.5 → 0.77)에 따른 등가정적해석 개정</li> </ul>	TF-1	13

## 3. 연구 목표

- + 국내·외 최신 내진설계 기술동향 분석
- + 내진설계 절차
- + 내진해석모델 작성 및 개정
- + 내진설계 실무지침 개정
- + 내진설계 예제집 개정



# 연구 개요

## 4. 국내·외 최신 내진설계 기술동향 분석

	규정 및 지침	비고
미국	ASCE 7-16 (2016), ASCE 4-16 (2017), IEEE-693 (2005)	송배전기기 (배전/제어 캐비닛, 변압기)
국내	송배전 내진설계 실무지침서 (2012) 국내 화력발전설비의 내진설계기준 연구(2012)	송배전기기 (디젤발전기, 배전/제어 캐비닛, 변압기)
일본	배전규정 (JEAC 7001, 2017)	

## 5. 주요 반영 내용

- 9.12 경주지진 이후 상향 개정된 “내진설계 일반 (KDS 17 10 00)” 내용 반영
  - “내진설계 일반” 반영 (국민안전처 공표 2017, 행안부 고시 2019)
    - ✓ 지역계수, 지반분류, 설계응답스펙트럼 등 개정내용 반영
  - 에너지시설 내진안전 종합대책 이행방안 (산업통상부, 2017. 02. 03)
    - ✓ 설계 최대지반가속도 상향 설정 (핵심 = 0.3 g, 일반 = 0.2 g, 기타 = 0.154 g)

## 6. 주요 개정 방향

구분		주요내용	개정내용 (2014 → 2019)
4장	배전 설비	기기 증폭비, 건물 증폭비, 감쇠비, 변압기 마찰 계수 등 송배전설비의 내진설계 변수 및 구체적인 내진설계 방법, 절차를 포함한 상세 기준	국외기준을 적용 중인 내진설계변수에 대하여, 수치해석 및 내진시험 연구를 통한 최적화 (변전소 건물, 주변압기 등)
		배전스테이션의 내진안전성 평가	배전설비의 대상 구조물에 배전스테이션 추가
		전주의 내진안전성 평가 재고	실무지침서에 기 작성된 전주의 내진안전성 평가에 문제점 발견, 보다 합리적인 평가 방법 제안

# 전주의 내진설계

# 전주의 내진설계

## 1) 최대 지반가속도 산정 (Back ground theory)

One of the parameters that directly affects the seismic demand on a bridge is the

*excitation angle of the ground motion.*

Since analyzing a bridge with all possible excitation angles is impractical,

*combination rules*

have been used for computation of seismic demand.

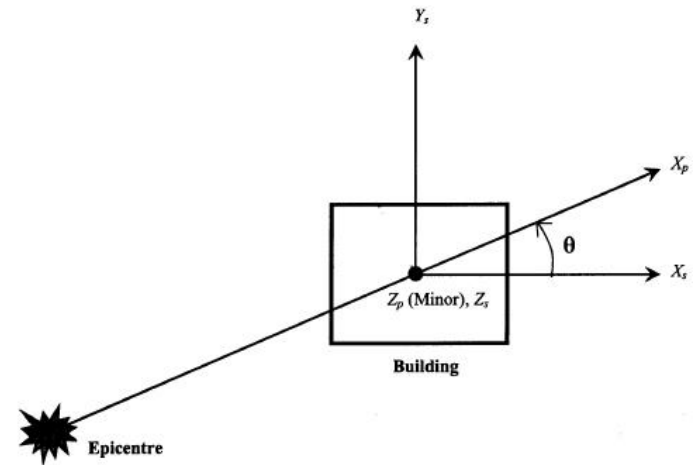
▪ 100/30 rule

▪ 100/40 rule

▪ SRSS rule

$R = \text{the larger of } \{ p \times R^{1X} + R^{1Y}; R^{1X} + p \times R^{1Y} \}$

$$R_{total} = \sqrt{(R^{1X})^2 + (R^{1Y})^2}$$



# 전주의 내진설계

## 1) 최대 지반가속도 산정 (현행 기준의 문제점)

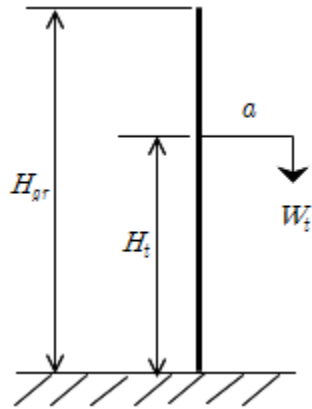
- **현행 기준식** →  $E_{total} = \sqrt{(R^{1X})^2 + (0.4R^{1Y})^2}$

- ✓ 100/40 Percentage Rule과 SRSS 방법을 동시에 사용하고 있음
- ✓ 기존의 방법은 전주에 작용하는 최대 지반가속도를 과대 평가
- ✓ 두 방법 중 한가지를 특정하여 사용하는 것이 합리적
- ✓ 본 연구에서는 100/40 Percentage Rule을 사용

- **개정 기준식** →  $E = \text{the larger of } \{0.4 \times R^{1X} + R^{1Y}; R^{1X} + 0.4 \times R^{1Y}\}$

# 전주의 내진설계

## 2) 전주의 지진요구력 (Back ground theory)



$$P_1 = \frac{E}{H_{gr} - 0.25} (W_t H_t + W_{cp} H_{cp} + S \sum \omega H_c)$$

변압기 모멘트 기여도

전주 모멘트 기여도

케이블 모멘트 기여도

$$P_2 = \frac{a \times W_t}{H_{gr} - 0.25 - H_t}$$

- ✓ 전주의 지진요구력은  $P_1$ (설계 지진하중)과  $P_2$ (주상변압기의 편심하중)의 합으로 정의
- ✓ 설계 지진하중은, 전주의 상부 끝단으로부터 25cm 떨어진 지점에서 본 하중을 가했을 때 발생하는 휨 모멘트에 의하여 전주의 근입부에 0.25mm 이상의 균열이 발생하지 않도록 규정된 값으로서 내진설계 시 전주의 허용력의 지표로 활용

# 전주의 내진설계

## 2) 전주의 지진요구력 (현행 기준의 문제점)

$$P_1 = \frac{E}{H_{gr} - 0.25} (\cancel{W_t H_t} + W_{cp} H_{cp} + S \sum \omega H_c)$$

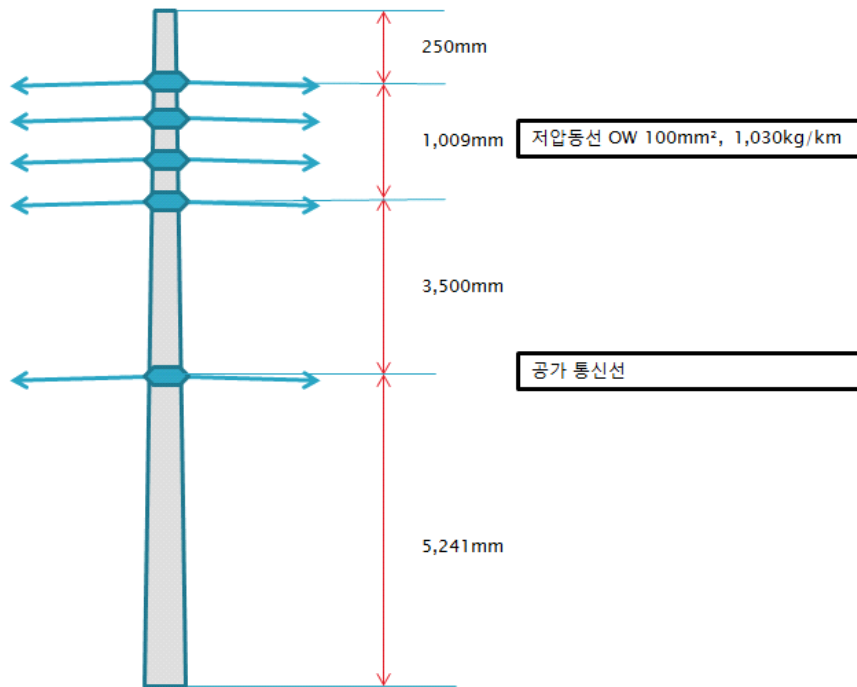
↙
↘
↘

변압기 모멘트 기여도      전주 모멘트 기여도      케이블 모멘트 기여도

- ✓ **현행 기준에서 변압기 모멘트 기여도에 해당하는 지진요구력이 누락**
- ✓ **전주에 작용하는 지진하중이 과소평가**

# 전주의 내진설계

## 3) 전주 예제 (12m 전주)



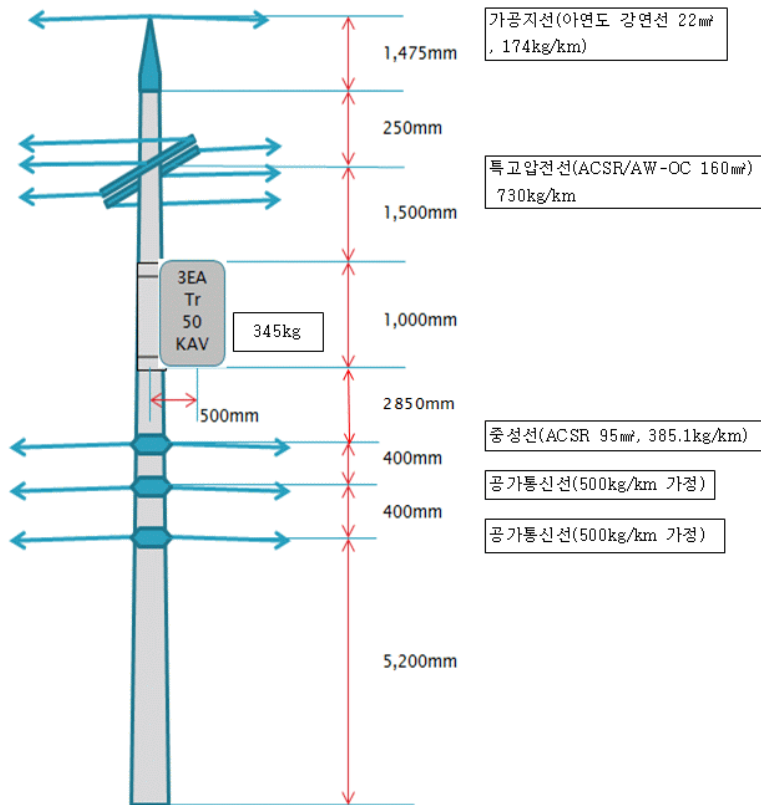
	현행	개정
최대지반가속도 (E)	0.331726	0.110042
설계 지진하중 (P <sub>1</sub> )	1.6503 kN	0.5474 kN
편심 하중 (P <sub>2</sub> )	-	-
지진 요구력 (P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub> )	1.6503 kN	0.5474 kN
설계 하중 (L)	5.0 kN	5.0 kN
안전율 (L/P)	3.03	9.13

✓ 설계 하중은 Given value



# 전주의 내진설계

## 3) 전주 예제 (14m 전주)

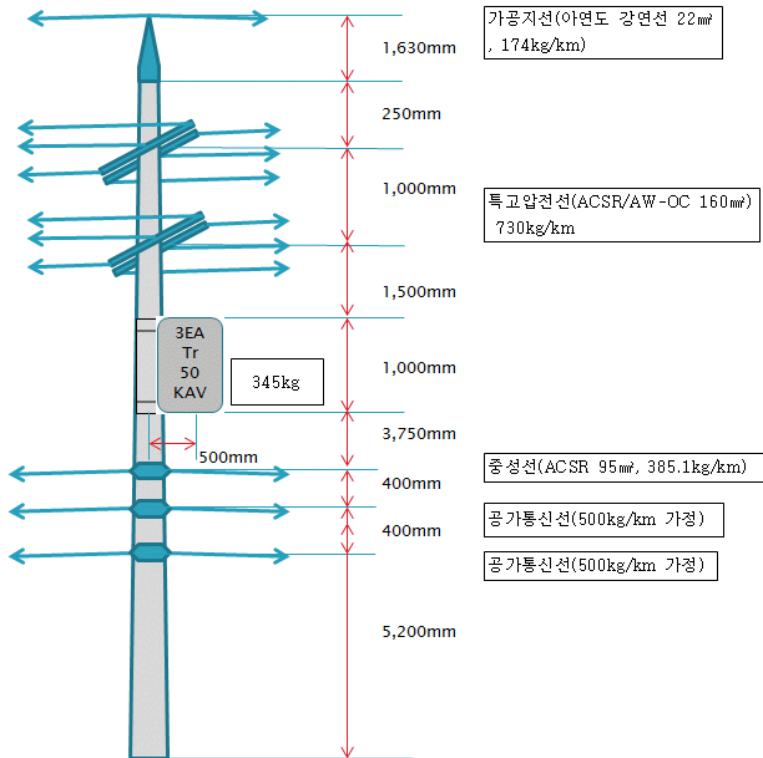


	현행	변압기 추가	개정
최대지반가속도 (E)	0.331726	0.331726	0.110042
설계 지진하중 ( $P_1$ )	1.810 kN	4.290 kN	1.423 kN
편심 하중 ( $P_2$ )	1.643 kN	1.643 kN	1.643 kN
지진 요구력 ( $P_1 + P_2$ )	3.453 kN	5.933 kN	3.066 kN
설계 하중 (L)	5.0 kN	5.0 kN	5.0 kN
안전율 (L/P)	1.45	0.84	1.63

✓ 설계 하중은 Given value

# 전주의 내진설계

## 3) 전주 예제 (16m 전주)



	현행	변압기 추가	개정
최대지반가속도 (E)	0.331726	0.331726	0.110042
설계 지진하중 (P <sub>1</sub> )	2.345 kN	4.470 kN	1.483 kN
편심 하중 (P <sub>2</sub> )	1.643 kN	1.643 kN	1.643 kN
지진 요구력 (P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub> )	3.988 kN	6.113 kN	3.126 kN
설계 하중 (L)	5.0 kN	5.0 kN	5.0 kN
안전율 (L/P)	1.25	0.82	1.60

✓ 설계 하중은 Given value

# 결론

## 1) 내진설계 결과 (현행)

규격	요구력 $P_1$ (kN)	요구력 $P_2$ (kN)	총 요구력 (kN)	설계하중 (kN)	안전율
12m	1.650	-	1.650	5.0	3.03
14m	1.810	1.643	3.453	5.0	1.45
16m	2.345	1.643	3.988	5.0	1.25

## 2) 내진설계 결과 (변압기 모멘트 기여도 추가)

규격	요구력 $P_1$ (kN)	요구력 $P_2$ (kN)	총 요구력 (kN)	설계하중 (kN)	안전율
12m	1.650	-	1.650	5.0	3.03
14m	4.290	1.643	5.933	5.0	0.84
16m	4.470	1.643	6.113	5.0	0.82

## 3) 내진설계 결과 (전체 개정안 반영)

규격	요구력 $P_1$ (kN)	요구력 $P_2$ (kN)	총 요구력 (kN)	설계하중 (kN)	안전율
12m	0.547	-	0.547	5.0	9.13
14m	1.643	1.643	3.066	5.0	1.63
16m	1.483	1.643	3.126	5.0	1.60

# 결론

- 1) 송배전 설비의 내진설계 실무지침서 개정에 따라 전주의 내진설계 검토 수행
  - 2) 현행 실무지침서에 사용된 전주의 내진설계절차에 **문제점(최대 지반가속도 & 지진요구력) 발견**
  - 3) 최대 지반가속도는 **100/40 Percentage Rule**을 사용 (현행 방법은 최대 지반가속도를 과대평가)
  - 4) 지진요구력에 누락된 **변압기 모멘트 기여도 추가 적용** (현행 방법은 지진요구력을 과소평가)
  - 5) 변압기 모멘트 기여도만 추가 적용 했을 시, **설계하중 < 총 요구력 (N.G) Case 발생**
  - 6) 전체 개정안 반영 시, 모든 Case에서 설계 만족
- \* 12m 전주의 경우, 안전율이 지나치게 높은 경향을 보임

감사합니다.