

국내외 건축물에 시설되는 수변전설비 지진 대책에 관한 조사 분석

(Analysis of Earthquake Countermeasure for Electrical Facility at Building
on Domestic and Foreign)

김기현* · 이상익 · 배석명

(Gi-Hyun Kim · Sang-Ick Lee · Suk-Myong Bae)

요 약

최근 한반도 주변국인 일본, 중국 등에서 크고 작은 지진 발생으로 많은 인명 및 재산 피해를 보고 있다. 국내에서도 지진 발생 횟수가 꾸준히 증가하여 이에 대한 대책을 세우기 위해 자연재해대책법에서 지진 관련 부분을 지진 재해대책법으로 2008년 3월에 제정하여 세부시설에 대한 지진 대책 제시 및 이를 강화하고 있다. 본 논문은 지진 발생시 건축물에서 위급상황에 대한 대처 및 여러 가지 구제 활동에 필수적인 전원공급 장치인 수변전설비의 전기설비 지진 대책에 관하여 국내 현황 및 문제점을 분석하였다. 또한 국외의 전기설비에 대한 내진 설계 및 시설에 관한 규정을 조사 분석하여 국내 건축물 수변전설비의 내진 설계 및 시공 방향을 제시하였다. 추후로 건축물 수변전설비의 전기설비 내진설계 방법 제시 및 그에 따른 시공의 신뢰성 검증을 위한 검사·점검 부분에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

Abstract

Recently life and properties damage at Japan and China by generating earthquake. For establishing measure for earthquake in domestic, earthquake disaster measure law was enacted on March, 2008 from a natural disaster of earthquake and present the detail part and enforce the measures. This paper analyzes domestic site and problems of electrical facility earthquake measures at transformer vault which the power supply the emergence situation at generating earthquake. Also we present the domestic seismic design and construction direction from research and analysis related law and regulation for the seismic design and construction in domestic and foreign for electrical facility. Afterward we will need to study reliability inspection for electrical facility seismic design method and construction at buildings transformer vault.

Key Words : Earthquake, Seismic design, Transformer Vault, Electrical facility, Inspection

* 주저자 : 전기안전연구원 연구원
Tel : 031-580-3057, Fax : 031-580-3052
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr
접수일자 : 2008년 9월 22일
1차심사 : 2008년 10월 1일
심사완료 : 2008년 10월 13일

1. 서 론

21세기에 들어와서 집중호우, 가뭄, 이상 기온 등 기후 변화로 인해 많은 인명 및 재산의 피해를 보고 있다. 이들 자연 재해는 어느 정도 현대 과학으로 예측이 가능하여 인명 피해를 최소한으로 할 수 있는 부분이 있지만, 지진은 그 예측의 어려움으로 발생하면 큰 인명 및 재산 피해를 입게 된다. 따라서 지진에 대한 사전 대비만이 피해를 최소화 할 수 있을 것이다. 최근 들어 한반도 주변 국가인 일본, 중국 등에 큰 지진이 발생을 하였다. 2008. 5. 12일 중국 사천성에서 리히터 규모(이하 규모) 7.8의 지진 발생으로 약 사망이 5만 명 정도로 발생을 하였고, 2008. 6. 14일 일본 도쿄 북쪽에서 리히터 규모 7.0의 강진이 발생하여 사망 3명, 부상 100명이 발생하였다. 국내에서는 지진 발생에 의해 사망 및 전기설비에 대한 피해 사례는 현재까지 보고되지 않았다. 하지만 최근 들어 건물 흔들림 및 붕괴 등 피해를 줄 수 있는 것으로는 2004. 5. 29일 울진에 규모 5.2 지진 발생, 2007. 1. 20일 강릉 근교 규모 4.8 지진이 발생하였다. 지진 발생에 의한 피해 발생시 위급 상황에서 인명 구조 등 여러 가지 대처 활동에 필수적인 영향을 주는 전기설비에 대한 내진 대책의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 논문은 국내 건축물 내에 시설된 수변전실의 전기설비에 대한 시설 현황을 조사하였다. 또한 국외의 전기설비 내진설계 규정 및 시설 현황에 대해 제시하여 국내 설비 시설의 문제점 및 개선 방향을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 국내 전기설비 지진 대책 관련법

국내 지진에 대한 대책을 규정하고 있는 법으로 크게 자연재해대책법에서 규정을 하고 있었으나, 2008. 3. 28일에 자연재해대책법에서 지진 관련 부분이 삭제 되고 새로이 지진재해대책법이 제정이 되었다. 지진재해대책법(2008.3.28)에서는 지진과 지진해일로 인한 재해로부터 국민의 생명과 재산 및 주요 기간시설을 보호하기 위하여 지진과 지진해일의

관측·예방·대비 및 대응, 내진대책과 지진재해를 줄이기 위한 연구 및 기술개발 등에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 하고 있다. 지진재해대책법의 제 14조에는 지진이 발생할 경우 재해를 입을 우려가 있는 시설에 대하여 내진설계기준을 정하고 그 이행에 필요한 조치를 취하여야 한다고 규정이 되어 있다. 그중에 전기설비에 관련 된 부분은 전기사업법에 따른 발전용 수력설비 및 화력설비, 송전설비, 배전설비, 변전설비에 대해 내진설계 기준 및 이를 이행할 수 있는 조치를 취하도록 규정하고 있다[1]. 원자력법 시행규칙(2008.3.4)에 원자로시설의 구조물·부품·기기 및 계통의 설치에 관하여 내진설계를 하도록 규정하고 있다[2]. 전기설비기술기준(2006.7.4)의 제2절 21조(발전소 등의 시설) 4항에 고압 또는 특별고압의 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 한다고 규정하고 있다. 하지만 아직 안전한 구조에 대한 제시 부분이 판단기준 등에 제정되어 있지 않은 실정이다[3].

건축 관련법에서는 건축물에 비구조요소인 전기설비에 관한 내진설계 부분으로는 건축법(2008.6.5) 제5장의 건축물의 구조에 대해 제48조에서 건축물은 고정하중, 적재하중(적재하중), 적설하중(적설하중), 풍압(풍압), 지진, 그 밖의 진동 및 충격 등에 대하여 안전한 구조를 가져야 한다고 규정하고 있고, 건축물 및 공작물의 구조체에 대한 설계, 실험 및 검사, 설계하중, 재료강도, 제작 및 설치, 품질관리 등의 기술적 사항을 규정함으로써 건축물 및 공작물의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위하여 건축구조설계기준(2005.4.6)을 제시하였다. 건축구조설계기준의 제 3장 설계하중에서 지진하중은 0306.9항의 건축, 기계 및 전기 비구조요소 부분에 대한 내진설계 부분이 있지만, 전기설비에 따른 구체적 제시가 없고, 설계 단계, 전기설비 내진설계 인식 부족 등의 원인으로 설계 및 시공되지 않고 있는 실정이다[4].

2.2 수변전설 전기설비 내진 대책 현황

2.2.1 국내 전기설비 시공 현황

건축물 내에 시설되는 수변전설의 설치 위치는 크게 지하공간, 지상 층 이상의 건물 내 그리고 옥상에 시설된다. 이 공간에서 시설되는 수변전설비의 설치 형태는 그림 1과 같이 큐비클식이 대부분이다. 일부 노출식 수변전설도 있지만 최근에는 대부분 큐비클식 및 소 용량의 단독 건물의 경우에는 일체형 수변전설비를 설치하고 있다. 전기설비가 지진 발생시에 지정된 지진 강도 이하에서는 넘어짐, 추락 등 구조적으로 문제가 없어야 한다. 따라서 국내의 수변전설의 전기설비 시공 현황에 대해 조사하고 그에 대한 문제점 및 대책을 제시 하였다.

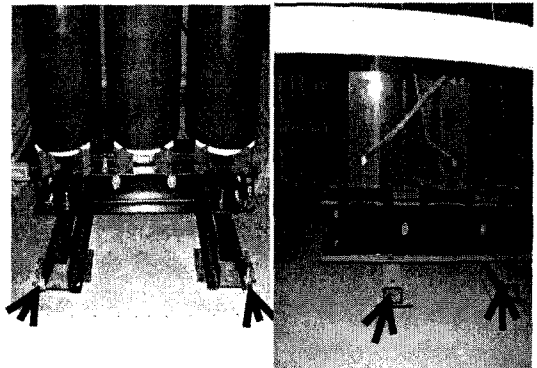
국내 건축물 내에 시설되는 수변전설비는 전기설계 도면에 설비 배치, 크기, 상세도 정도를 기입하여 설계하고 있다. 이런 전기설비를 수변전설 또는 일정 공간에 시설할 때에 설계 도면에 제시되지 않는 부분(고정, 낙하 방지 등)에 대해서는 시공자의 개념 및 상황에 따라 시설되고 있다. 따라서 지진시에 설비의 넘어짐, 추락, 이동 등에 대한 대책으로 내진설계 부분이 아직 국내 현장에 적용되고 있지 않는 경우가 대부분이다. 내진의 개념이 아니고 단지 고정, 부착 정도의 개념으로 설비를 시공하고 있다. 그에 대한 자료를 다음과 같이 조사하였다.



그림 1. 큐비클식 수·변전설비
Fig. 1. Cubicle type Transformer Vault

2.2.2 변압기

수변전설비에서 중요한 설비 중 하나인 변압기는 몰드 변압기, 유입 변압기가 대부분으로 시설되고 있다. 몰드 변압기 경우 제작자에서 기본 베이스를 제작하여 큐비클 내부 바닥 면에 직접 시설하는 경우가 대부분이다. 바닥 면과 변압기 베이스 사이에 방진고무가 시설되고 있다.



(a) 일부 앵커볼트시설 (b) 고정되지 않음

그림 2. 변압기 고정 앵커볼트 시설 현황
Fig. 2. Construction situation anchor bolt of Transformer

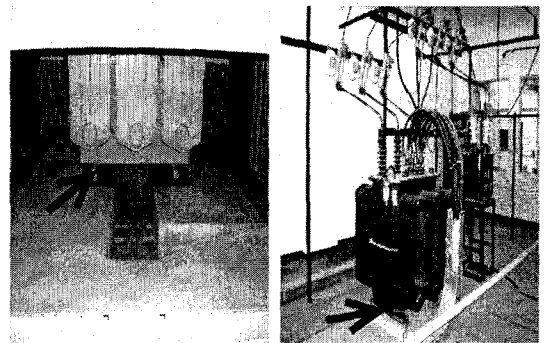


그림 3. 고정 없이 방진 패드위에 시설된 변압기
Fig. 3. Transformer on the vibration production by no fixing

방진고무의 두께 부분과 바닥 면과 변압기 베이스와의 고정 부분이 그림 2에서 보는 것처럼 한쪽 부분만 앵커볼트(Anchor bolt)로 고정된 부분이(그림 2에 (a)) 일부 있고, 아예 고정되지 않은 상태로(그림 2에 (b)) 시공된 곳이 대부분으로 조사되었다. 또한

유입 변압기 경우 그림 3처럼 방진고무 위에 바로 시설되고 있었다. 따라서 변압기 무게와 크기를 고려한 앵커볼트 굵기 선정 및 설치위치(개수) 등이 고려되어야 할 것이다. 또한 방진고무의 두께 및 성능에 대한 평가 부분도 이루어져야 할 것으로 판단된다.

2.2.3 큐비클 설비

대부분 수변전설의 전기설비 설치 형태는 그림 1에서 보는 것처럼 큐비클 형태이다. 일반적으로 큐비클 시설시 큐비클을 바닥 면과 고정시키지 않은 것으로 조사되었다. 일부 시공업체에서는 자체 시공 규격 서에 지그재그 식 방식에 의해 고정하는 경우가 있는 것으로 조사되었다. 일반적 큐비클 패널은 바닥 면과 고정할 수 있는 Hole을 제작사에서 제작시 그림 4처럼 뚫어 나오는 것으로 조사되었다. 하지만 국내에서 아직 큐비클 Hole의 크기 및 개수에 대한 근거는 없는 것으로 조사되었고, 현장에서 앵커볼트 시공의 어려움 등으로 인해 바닥 면과 큐비클이 고정 되고 있지 않는 것이 현실이다. 또한 큐비클이 바닥 면과 고정이 되어 진동에 넘어지거나, 미끄러지지 않는다고 해도 큐비클 내부에 시설된 설비와 큐비클이 제대로 고정되지 않아 이동 및 파손 등으로 수변전설비 본연의 역할을 하지 못하게 될 것이다. 따라서 큐비클과 바닥 면과의 고정과 내부에 있는 VCB, 계전기, MOF 등 각종 설비도 진동에 의해 이탈, 전선 결선 등으로 인해 설비 성능에 영향을 받지 않도록 내진 설계가 이루어져야 할 것이다.

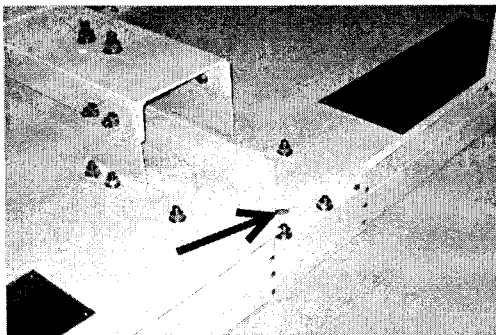


그림 4. 큐비클 Hole 예
Fig. 4. Example of cubicle hole

2.2.4 배관 설비

그림 5은 수변전설에는 케이블 이송 시설을 위한 케이블 트레이(Cable-Tray), 케이블 덕트(Cable-Duct) 시설 및 수변전설 조명설비의 전력 공급을 위한 레이스웨이(Race-Way)가 천장 및 벽면에 고정되어 있는 시설을 나타낸 그림이다. 이들 시설 무게 중량 및 폭 등을 고려하여 행거 로드 간격 및 두께 등 내진 설계가 이루어져야 할 것이다.

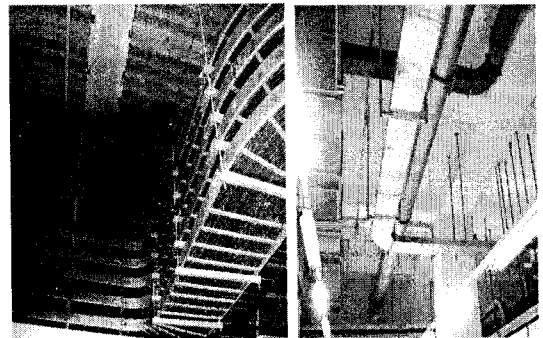


그림 5. 케이블 트레이, 덕트, 레이스웨이 시공 예
Fig. 5. Example of Cable Tray, Duct and race way

국내에서는 일반적 시공자의 의도에 따라 1.5~2.5[m] 간격으로 행거로드를 시설하는 것으로 조사되었다. 이 부분에 대한 구체적 내진 설계 및 시공 부분이 이루어 질수 있도록 해야 지진 발생시 추락 등으로 인해 재해를 막을 수 있고 원활한 전력공급이 이루어질 수 있을 것이다.

2.3 해외 전기설비 내진 설계·시공 관련 자료 분석

일본은 환태평양 지진대에 위치해 지진이 자주 발생하기에 전기설비 설치·관리에 있어서 충분한 내진설계 및 시공을 고려하고 있다. 전기 공급이 끊기면 거의 모든 기능이 정지해버리기 때문에 건물 측에서는 안정적으로 기기에 전원공급을 행할 만한 내진대책을 세우기 위해 1981년에 시행된 신내진설계법의 골자에 근거해, 중지진시에는 건축설비의 손상이 없도록 하고, 대지진시에는 건축설비가 건축물에서 탈락하거나 전도하여도 설비의 기능 확보, 혹은

국내의 건축물에 시설되는 수변전설비 지진 대책에 관한 조사 분석

긴급히 기능 회복이 가능한 수준을 목표로 설계를 하고 있다. 건축물 내에 전기설비의 내진설계의 기본사항은 '건축전기설비 내진설계·시공 지침(2006)'에서 제시하고 있다[7]. 대상으로는 철골조(S조), 철골 철근조(SRC조), 철근조(RC조)로 고도 60[m] 이하의 건물에 시설되는 전기설비, 즉 자가발전설비, 수변전설비, 조명설비, 축전기 설비, 약전설비에 대해 규정하고 있다. 이 지침에서 건물 전체에 대해서 준용하는 것은 약간 실행 부분에서 어려운 부분이 있기에 비교적 많이 존재하는 높이 60[m]이하의 건물에 대해서는 '구부진도법'이라는 계산방법으로 내진대책에 필요한 '표준 수평진도'를 구성하고 있다 [7]. 이 방법을 이용함으로써 기기의 내진계획상 필요한 '설계용 수평지진력(F_H)'을 아래 식으로 간단히 얻을 수 있다.

$$F_H = K_H \times W(\text{kgf})$$

$$K_H = Z \times K_S$$

$$K_H = \text{설계용 수평진도}$$

$$K_S = \text{설계용 표준수평진도}$$

$$Z = \text{지역계수(원칙 1.0)}$$

$$W = \text{기기의 질량(kgf)}$$

위에서 얻은 설계용 수평지진력을 이용해 기기 고정용 앵커볼트 등을 선정할 수 있도록 앵커의 인발력, 전단력 등 필요한 힘을 계산하도록 제시하고 있다.

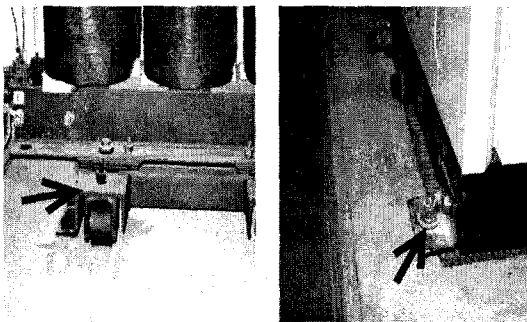


그림 6. 이동 및 넘어짐 방지형 내진 스톱퍼 사용
Fig. 6. Snubber example for prevention of movement and slide

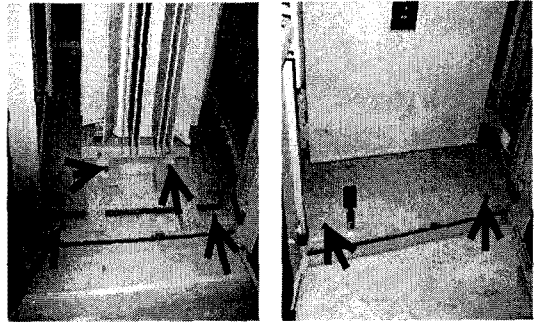


그림 7. 설비 넘어짐 방지형 앵커볼트 사용 예
Fig. 7. Anchor bolt example for prevention of slide

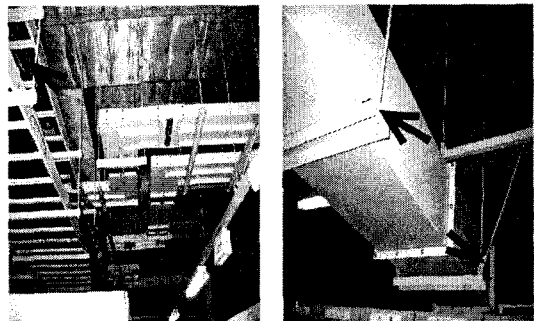


그림 8. 배관, 트레이 및 레이스웨이 내진 시공 예
Fig. 8. Seismic example for Cable Tray, Duct and Race way

내진 설계에 따라 전기설비의 올바른 시공 부분을 제시하기 위해 '전기설비공사 감리지침(2007)'을 제시하고 있다. 이 지침에서는 건물 내에 시설되는 전기설비의 설비 중요도 및 설치 층 등을 고려하여 설계요령 및 내진 시공 방법에 대해 구체적으로 제시하고 있다[8]. 그림 6, 7, 8은 일본 건축물 내에 시설된 수배전반의 전기설비 내진설계에 따라 시공된 예이다.

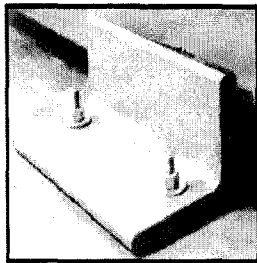
미국의 지진 대책 및 관리는 재난구제법을 기본법으로 연방재난관리청(FEMA)에서 재해와 재난에 대해서 같이 관리하고 있다. 미국 캘리포니아에서 1989에 규모 7.1 지진 발생 등 크고 작은 지진발생으로 피해를 보고 있어 그에 대한 대책을 세워 관리하고 있다. 우리나라에서 1988년 최초로 건축물 내진 설계기준이 만들어졌고, 12년 뒤인 2000년에 1차 개정이 있었다. 2005년에는 제 2차 개정기준이 만들어

졌는데, 이 기준에서 미국 건축구조 내진설계에 관련된 Uniform Building Code(UBC, 1997)과 International Building Code (IBC, 2000)을 기준으로 하여 개정하였다. IBC에서는 건물을 4 등급, 지진 및 성능을 3가지로 구분하였고, 건물 내진설계 계산식 및 각종 Factor를 제시하고 있다. 건축물 내의 전기설비 내진설계 및 시공 관련해서는 FEMA 413 (Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment)에서 바닥 고정형 설비, 벽 고정형 설비, 천장에 시설되는 설비로 구분하여 각 설비 별 내진 시공 방법을 그림으로 제시하고 내진 대책 제품 사양에 대해 예와 함께 설명하고 있다[6]. 그림 9는 FEMA 413에서 전기설비 내진 시공 방법에서 사용되는 제품을 소개한 예이다.

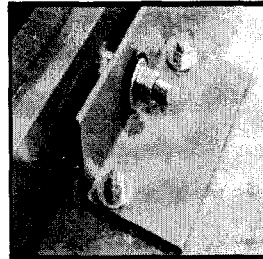
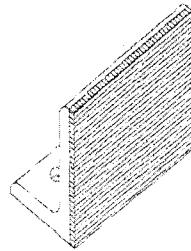
3. 결 론

최근 들어 중국, 일본의 한반도 주변국에서 크고 작은 지진이 발생을 하고 있다. 또한 국내에서도 규

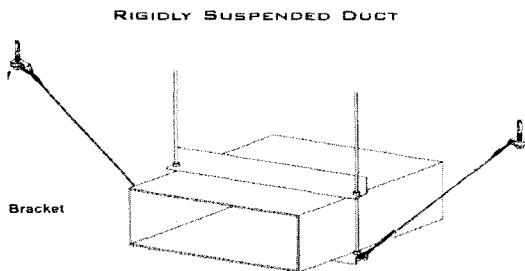
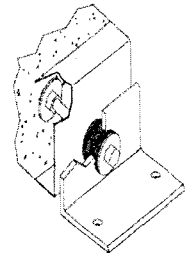
모 5.0 정도의 지진이 발생을 하고 있는 실정이다. 따라서 이를 대비하기 위해 2008. 3. 28일에 지진재해 대책법이 제정이 되었고 각 부처별 세부적으로 그에 대한 대책을 강구하고 있다. 전기설비 부분 중에 건축물에 시설되는 수변전설비의 경우 지진 발생에 의한 피해 발생시 위급 상황에서 인명 구조 등 여러 가지 대처 활동에 필수적인 영향을 주는 전기설비에 대한 내진 대책의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 논문은 국내 건축물 내에 시설되는 수변전설의 전기설비에 대한 시공 현황에 대해 조사하였다. 조사 결과 국내의 전기설비의 지진에 대한 근본적 설계 기준이 없는 현실에서 시공을 하고 있어 그 설비의 지진 내력 및 안전성에 대한 부분을 확인할 수 없는 것으로 조사되었다. 또한 국외의 전기설비 내진 설계 규정 및 시설 현황에 대해 분석하여 국내 수변전설비의 설계 및 시공 상의 문제점 및 개선 방향을 제시하였다. 따라서 국내 건축물에 시설되는 수변전설비에 대한 내진설계 및 시공 지침을 제정하고 그에 따른 시공 설비의 안정성에 대해 점검이 필요하



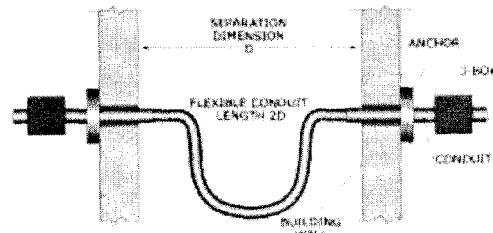
(a) 단방향 수직 고정



(b) 양 방향 수직, 수평 고정



(c) 덕트 고정 방법



(d) 연결 부분 내진 시공 방법 예

그림 9. 내진 시설 설비 및 시공 방법 예(미국)

Fig. 9. Seismic construction equipment and construction method example(USA)

다고 판단된다. 수변전설비의 내진설계 및 시공 관련하여서는 기본적으로 국내 건축구조설계기준에서 사용하는 등가정하중 식[4]을 이용과 구체적 설계 방법 및 예시는 국외 설계 자료를 인용하여 변압기, 큐비클, 케이블 트레이 등 각설비의 내진설계를 할 수 있도록 관련 식 및 설계 예시가 제시 되어야 할 것이다. 또한 그 설비의 설계 및 시공 부분에 대한 타당성을 검증할 수 있도록 내진 검사·점검 방법이 제시되어야 할 것으로 사료된다.

References

- (1) 법제처, 지진재해대책법, 법률 제 9001호, 2008.3.28.
- (2) 과학기술부, 원자력법 시행규칙, 과학기술부령 제1호 (2008.3.4).
- (3) 지식경제부, 전기설비기술기준, 고시 제2006-65호, 2006.7.4.
- (4) 국토해양부, 건축구조설계기준, 고시 제2005-81호, 2005.4.6.
- (5) 김기현 외 3명, “수변전설비의 국내외 내진 관련 현황 조사”, 대한전기학회 전기설비 춘계 학술대회, 2008. 4.
- (6) FEMA, FEMA 413: “Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment”, 2004. 1, US.
- (7) 建築電気設備の耐震設計施工マニュアル 改訂新版, 2006. 4, Japan.
- (8) 電気設備工事監理指針 平成9年版, 2007. 9, Japan
- (9) IEC 60364-series : “Electrical installations of buildings”, 2001. 8.

◆ 저자소개 ◆

김기현 (金基鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과, 2000년 8월 동 대학원 졸업(석사). 2008년 2월 동 대학원 졸업(박사). 2000년 6월~2003년 6월 한국전기연구원 재직. 2006년 전기안전 기술사 취득. 2003년 7월~현재 전기안전연구원 전기안전 IT센터 근무.

이상익 (李尙益)

1968년 12월 9일생. 1994년 호서대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 건국대학교 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 선임연구원

배석명 (裵錫銘)

1956년 10월 22일생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 근무. 1997년 전기안전연구원 근무. 현재 전기안전연구원 전기안전 IT센터 센터장.