

B-16

소방설비 내진설계에 관한 각국 기준 비교 연구

Review of Code Provisions on Seismic Design of Fire Protection System

이현진* · 신이철** · 이재영** · 서동구** · 한병찬 · 김재환*** · 권영진****

Lee, Hyun-Jin · Shin, Yi-Chul · Lee, Jae-young · Seo, Dong-Goo

Han, Byung-Chan · Kim, Jae-Hwan · Kwon, Young-Jin

Abstract

In this paper, provisions related with the seismic design and equipments of fire protection system are being considered. The provisions from various international codes on seismic design fire protection system were reviewed. The codes, reviewed are, Japanese code, NFPA guideline and Korean code. It is noted that all the codes excepted to korean code consider earthquake effect to evaluate seismic forces and behaviors. But, korean provision are not covered in seismic response in all. A brief description on limitations in korean code is also presented.

key words : Seismic Design, Fire Protection System, Earthquake

1. 서론

미국, 일본, 대만, 터키 등 지진 다발 지역을 포함하여 아시아권의 국가들에서는 최근 대형지진이 빈번히 발생하고 있고, 이로 인해 많은 인명피해와 재산피해가 발생하고 있다. 국내에서도 1995년 일본 효고현 남부지진(고베 지진) 발생 이후 지진에 대한 국민적 관심의 증가와 함께 정부 및 학계 주도의 관련 연구를 강화하고 내진 대책을 수립하여 왔다. 일본, 중국 등 주변 국가들에 비해 한반도는 지진 발생확률이 낮은 편이지만 그렇다고 대규모의 지진발생 가능성을 간과해서는 안 된다. 지진의 피해는 적은 규모의 지진에 의해 구조물이 붕괴되지 않더라도 구조물 내의 전기 및 가스시설의 파손 또는 기타 요인에 의해 화재가 발생하는 경우가 있는데 이 때, 소방 시설이 기능을 상실하여 초기화재진압을 하지 못한다면 더 큰 인명 및 재산 피해를 입게 될 것은 자명한 사실이다.

따라서 본 연구에서는 미국과 일본의 지진으로 인한 소방시설의 피해사례를 조사하여 한반도의 지진 발생 현황을 고찰한 후 미국과 일본의 내진기준을 검토하여 한국의 실정에 적합한 내진설계기준의 방향을 제시하고자 한다.

2. 국외의 지진에 의한 소방시설의 피해사례

2.1 효고현 남부(兵庫縣南部)지진

1995년 1월 17일 오전 5시 46분, 효고현 남부의 고베시, 니시노미야시, 아시야시, 아와지섬 등 넓은 범위에서 강도 7 이상의 강렬한 지진이 발생하였다. 본 지진으로 인해 건물·고속도로·철도 고가의 도괴, 화재, 사태, 토사붕괴 등이 잇따르고, 화재가 발생하였으나 표 1에 나와 있는 소방용시설의 피해로 인해 초기소화가 이루어지지 않아 고베시 중심부에 대규모 도시화재로 확산되어 사망자는 5,450명 이상, 부상자는 2만 6800명 이상, 가옥, 빌딩 등의 파괴, 소실 및 유출은 약 10만 건에 이르는 등 많은 인명 및 재산피해가 발생하였다.

* 정회원 · 호서대학교 소방방재학과 · E-mail: finklhj@naver.com

** 정회원 · 호서대학원 소방방재학과

*** 정회원 · (주)AMS 엔지니어링

**** 정회원 · 호서대학교 소방방재학과 · 교수 · 공박

표 1. 효고현 남부지진의 소방용시설 피해현황

소방용 시설	전체 개소	손상 개소	비고
배관의 헤드	138	122	변형
배관의 수조	138	75	파손
포, 이산화탄소, 할로겐화물, 분말소화설비	394	50	손상률(14.3%)
자동화재경보설비	542	109	손상률(20.1%)
방송설비	478	61	
자가발전설비	444	71	손상률(16%)
방화문	524	161	변형, 손상률(30.7%)

2.2 미국 캘리포니아 로스릿지(Northridge)지진

1994년 1월 17일 규모 6.8의 강진이 산페르난도의 노스릿지에서 발생하여 LA 전 지역에 큰 지반운동이 일어났다. 이 지진으로 인하여 58명의 사망자가 발생하였고, 1500여명이 부상으로 병원에 입원하였으며 약 80,000~125,000에 이르는 건축물과 구조물들이 붕괴 또는 파손되었다. 본 지진에 있어 소방설비의 피해 중 가장 큰 특징은 수직방향의 가속도 성분에 의하여 스프링클러 설비가 큰 피해를 입었다는 점이다. 표2는 노스릿지 지진으로 인한 소방설비별 피해상황으로, 이로 인한 많은 화재의 발화 및 연소를 막지 못하여 더 큰 피해를 가져왔다.

표 2. 캘리포니아 로스릿지 지진 시 소방설비별 피해상황

피 해	원 인	피 해	원 인
분기관 탈락	·구조부재에서 3/8 스크류로드 탈락 ·배관 파손	배관 재료 파손	·박막의 배관재료 ·이격 ·행거 손상/파괴
상향스프링 하향으로 이동	·조인트 취약	배관 파손	·내진 브레이스 ·조임세(시멘트로 스테드부착)
배관행거 파손	·시멘트로 스테드 부착	가요성 배관 파손	·큰 덕트의 이동 ·덕트에서의 조임채 파손
오버헤드배관의 파손	·구속 스트랩이 없는 C 클램프 ·내진브레이스 ·횡방향 브레이스 ·종방향 브레이스	스프링클러 롤	·유지 관리
스프링클러	·고형 천정 ·릿지 배관은 천정에서 이동하지 못함	스프링클러 파손	·이격거리 ·목재 보에 1/4~1/2 in 설치

3. 한반도의 지진 발생 규모 및 예상되는 피해

최근 한반도의 지진활동은 약 200년 동안 지진 정지기에 있다가 20세기부터 다시 활발해 지기 시작했다. 그림 1. 은 한반도주변지각구조(a)와 과거 한반도 지진 활동 분포도(b)를 나타낸 것이다.

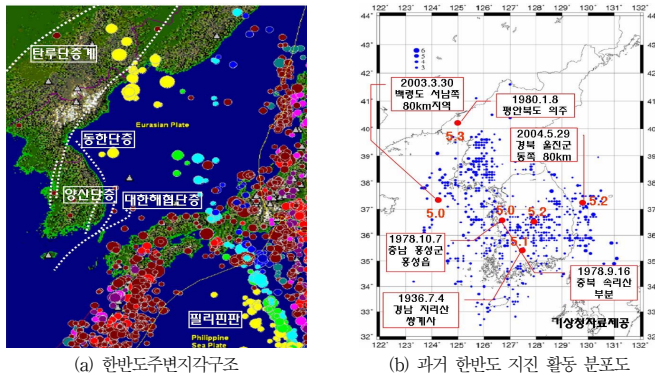


그림 1. 한반도주변지각구조 과거 한반도 지진 활동 분포

1905년 지진계가 설치된 이래로 지진관측을 살펴보면, 중부지역인 경기도와 서울지역에 비해 남부지역인 경상도 및 충청도에서 많은 지진을 관측 할 수 있었다. 남부지역 지형특성상 변형에너지의 축적과 방출이 균형을 이뤄왔다고 볼 수 있으나, 중부지방은 에너지의 축적만이 지속되어 지진 정지기로 생각할 수도 있다. 따라서 중부지역도 지진의 안전지대라고 판단할 수는 없으며, 따라서 서울 등 대도시 지역을 포함하여 전국적으로 지진피해를 대비하여 소방설비 내진대책을 특별히 강구해야 한다.

4. 국내의 소방시설 관련 내진기준

4.1 일본의 소방시설 관련 내진기준

일본의 소방설비에 관한 내진설계 규정은 표 3.에 언급하였듯이 소방설비 관련법과 기준 등에서 내진설계 요건의 기본사항만을 제시하고 상세한 내진설계 기술기준은 주로 「건축설비 내진설계·시공 지침(2005)」를 참조하도록 규정하고 있다.

일본에서 소방설비에 대한 내진지침으로 운용하고 있는 「건축설비 내진설계·시공 지침(2005)」에 관하여 조사한 결과 지진의 피해로 인해 수정·보완한 내용들이 있는데, 1978년 미야기현 지진으로 인해 지상 60m 이하의 건축물에 있어서 건축설비 내진의 안정성을 수정·보완하였고, 1995년 한신이와지 대지진의 피해로 인해 내진조치에 대한 개선을 통하여 「건축설비 내진설계·시공 지침1997년」에 개정 이후 단위계 등의 소폭을 수정을 가하여 「동 2005년 판」으로 수정·보완되어 현재에 이용하고 있다. 개정된 주요내용은 설비기기의 지진하중은 국부진도법에 의해 계산하도록 되어 있으며 건축용도와 내진성능의 목표정도에 대한 선택에 폭을 증가시켜 전체적으로 균형 있게 내진설계시공 할 수 있게 개정되었다.

표 3 소방설비의 내진설계를 위한 적용 기준

소방법 시행규칙 9항	소방용 설비 등의 운용기준
• 탱크, 가압송수장치, 비상전원, 배관 등(이하 "저수조 등" 이하 함)에는 지진에 의한 진동을 견디기 위한 유효한 조치를 취해야 한다.	1) 가압송수장치의 흡입관칙과 토출관 등에 가요성 이음장치를 사용하여 접속할 것. 2) 가요성 이음장치의 길이는 내경 80mm이하는 500mm 이상, 그 이상은 내경의 10배이상. 3) 가요성 이음장치는 「가압송수장치의 주변배관에 사용하는 가요성 관이음장치에 관하여」를 따를 것. 4) 저수조 등(탱크, 가압송수장치, 비상전원, 배관 등)은 벽과 바닥에 고정하되 그 설계 및 시공은 「건축설비 내진설계·시공 지침」에 따를 것.

4.2 미국의 소방시설 관련 내진기준

표 4.에서 알 수 있듯이 내진설계를 위한 지진하중에 대한 적용기준인 IBC 1614는 화재기준과 건축기준을 동시에 참고해야 한다. 또한 미국의 경우 소방관련 설비의 주요 기술기준을 포함하고 있는 국가화재방호협회(NFPA) 기준을 살펴보면 소방설비 중에서 소방용수를 공급하는 배관과 물탱크, 펌프 등 부속 장치들에 대하여 지진을 고려한 설계를 요구하고 있다. 배관의 내진설계에 관하여는 스프링클러 설치기준(NFPA 13)에서 지진에 대한 배관보호를 요구하고 있고, 그 외 연결수송관 및 호스 설비 설치기준(NFPA 14), 원심소화 펌프의 설치기준(NFPA 20), 사설 소방용수 주배관 및 부속장치의 설계기준(NFPA 24) 등의 개관의 지진에 의한 파손을 최소화하거나 방지하기 위한 내진설계요건은 스프링클러 설치기준(NFPA 13)을 참고로 한다.

표 4. 소방설비의 내진설계를 위한 적용 기준

기 준 특 징	화 재 기 준 설비의 내진설계 상세기준	건 축 기 준 내진하중 및 구조물 관련 기준
상세내용	• UFC • IFC • NFPA 13(2002)(2007)	• ASCE 7-02(9)(9.6.3.11.2) • ASCE 7-05 (13)(13.6.8.2)(13.6.8.3) • UBC • IBC(2003) (1621.1.1) • NFPA(5000) • CBC(2001) (1632)(1632.5)

특히, 스프링클러 설치기준인 NFPA 13 기준에 대하여 1951년 개정판에서 많은 부분이 보완되었는데, 대표적인 것

이 종방향, 횡방향 브레이스, 브레이스의 최대 세장비, 수직도판에서의 가요성 커플링 등이다. 이후 그림을 추가하여 브레이스의 위치와 형태, 앵글, 로드, 플랫, 배관의 최대 길이를 규정하는 등 이후 20년간 중요한 기준으로 이용되었다.

미국의 소방설비의 내진해석 및 설계와 관련하여 적용 기준을 분석하면 설비에 대한 지진력은 SEAOC(1996), UBC(1997), NEHRP(1997) 및 IBC(2000)의 식에 따라서 계산한다. 또한 설비기기에 대한 설계 가이드라인으로 UBC(1997)는 배관설비에 대한 지진하중 계산식을 규정하여 배관을 간편 설계 할 수 있도록 규정하고 있다.

4.3 한국의 소방시설 관련 내진기준

국내의 소방시설에 대한 내진기준 및 대책은 아직까지 일부에 대해서만 정립되어 있을 뿐 일반화 되어 있지 않다. 따라서 국내의 건축설비 내진설계 기준 및 현황에 관하여 분석함으로써 향후 소방시설에 있어 내진설계의 방향을 도출해내어야 한다.

국내의 건축설비 내진설계 관련 기준은 1988년에 제정한 '건교부의 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙' 제 14조 9항 '비구조 부재 및 건축설비의 내진설계'에 관한 규정에서 언급하고 있으나, 구체적인 기준이 제시되어 있지 않으며 내진설계 시 간단한 조치사항만 언급되어 있다고 할 수 있다. 건축구조설계기준(KBC 2000)은 미국 IBC 2000기준을 국내 실정에 맞게 재정립하여 건축, 기계 및 전기 비구조요소(0306.9절) 및 공작물의 내진설계(0306.10절)로 세분하여 설비에 관한 내진설계 기준을 제시하고 있으나 건축구조물 자체는 구조적으로 완벽하게 거동하였거나 손상이 적더라도 비구조요소의 파손에 의해 인명피해가 발생하고, 건물기능수행에 타격을주며, 주된 경제적 손실을 가져올 수 있는 등 명백하고 심각한 문제점을 안고 있어 KBC 2005에서는 구조물에 영구히 설치되는 건축, 기계 및 전기설비 등의 비구조요소는 0306.9의 규정에 따라 결정된 증가정적 하중과 변위에 견디도록 설계하여야 하는 실정이다. 예외 규정도 두고 있지만, 만약 미국의 예와 마찬가지로 소방설비의 내진 대책을 KBC 2005의 기준을 준용할 경우, 국내 구조물 중 대다수의 건축물이 소방설비의 내진대책을 강구하지 않아도 되는 경우가 발생한다는 문제점이 있다.

5. 결 론

한반도는 대규모의 지진 가능성은 낮지만 한반도 내에 다수 분포하는 활성단층대에 의한 지진의 가능성은 항상 상존하고 있기 때문에 지진에 관하여 안전한 지역이라고 할 수 없으며, 과거와 최근의 발생빈도 분석 결과로부터 지진에 대한 종합적인 대책이 시급한 실정이고, 특히 소방설비에 대한 내진설계에 중점을 두어 구체적인 내진기준이나 지침을 세워야 한다. 또한 국외의 피해사례를 바탕으로 소방용 설비 등이 지진에 의해 파손되어 화재 발생시 초기진화 실패로 인한 확산을 방지하기 위하여 소방시설의 내진설계를 세우고, 내진해석 및 설계를 의무화 하고 있는 모든 건축물에 대해서는 소방설비가 지진에 의해 손상을 받지 않도록 전부 적용 시켜야 할 것이다. 현재 건축법과 소방법의 양분화로 나뉘어져 명확하지 않은 내진기준 법체계의 문제점에 대해서도 배관, 자동화재경보설비, 방화문 등 소방용시설에 대한 소방설비의 내진설계를 소방법에 구체적으로 규정하여야 할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 프로젝트 『소방시설 내진설계 기준마련에 관한 연구』 중 일부로서, 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙. 1996.
2. 국립방재연구소, 내진설계 제도 및 기준에 관한 연구(Ⅰ)
3. NFPA, NFPA13, National Fire Protection Association, Inc., 1998
4. 財)⑤日本建築 「建築設備耐震設計・施工地針 2005年版