

국내 건축 설비의 내진 설계 기준과 적용 사례

국내와 일본의 건축 설비에 대한 내진 설계 기준을 비교하고 현재 당사에서 적용되고 있는 내진 설계 적용 현황을 소개하고자 한다.

전 재 홍

현대건설 (jaehong1224@yahoo.co.kr)

장 창 익

현대건설 (chang@hdec.co.kr)

서 론

2005년 4월 건설교통부에서 고시된 건축구조설계 기준(KBC2005) 중 지진 하중에 대한 설계 기준의 강화로 건축 구조물 뿐만 아니라 건축, 기계 및 전기 비구조에 대한 기준 또한 한층 엄격히 적용되리라 예상된다.

하지만 내진 구조라고 하는 것이 지진이라고 하는 천재지변이 발생하기 전까지는 그 구조의 신뢰성을 검증할 만한 적절한 방법이 여의치 않은 것은 물론이고 투입되는 비용과 시간 또한 적지 않다.

그럼에도 불구하고 지진의 발생이 상대적으로 거의 없었던 과거와는 달리, 우리나라도 더 이상 지진에 대해 안전지대가 아니라는 공감대의 형성이 지진 하중에 대한 설계 기준의 강화를 야기하였음은 이르지 않을 것으로 사료된다.

이에 일찍부터 지진 발생이 잦았던 일본의 건축 설

<표 1> 지진 발생 빈도 비교 (기상청 자료 : 회/년)

규모	한국	일본	전세계
6.0 이상	0.0	10	100
5.0 이상	0.2	100	3,000
4.0 이상	1.3	400	15,000
3.0 이상	9.0	1,200	100,000

비에 대한 내진 설계 기준과 국내의 그것을 비교하여 건축 설비 내진 설계 기준의 적용 시 고려할 사항들을 고찰함과 아울러 현재 당사에서 적용되고 있는 내진 설계 적용 현황을 살펴보고자 한다.

국내와 일본 기준의 비교

표 2의 UBC97(1997 edition of the Uniform building code)의 International Seismic Zone에서는 전세계의 지진 구역을 1, 2A, 2B, 3, 4(낮을수록 지진

<표 2> International seismic zone

Location	Seismic Zone
Japan	
Fukuoka	3
Itazuke AFB	3
Misawa AFB	3
Naha, Okinawa	4
Osaka/Kobe	4
Sapporo	3
Tokyo	4
Wakkami	3
Yokohama	4
Yokota	4
Jordan	
Ainman	3
Korea	
Kimhae	1
Kwangju	1
Pusan	1
Seoul	0

발생 가능성은 낮음)의 5개 등급으로 구분하고 있으며, 서울이 0, 부산과 광주가 각각 1로써, 일본의 동경(4) 및 기타 지역(3)에 비해 국내의 지진 발생 가능성은 낮은 편이다.

한편, 우리나라와 일본의 내진 설계 기준은 표 3,

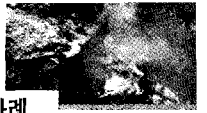
4, 5에서와 같이 비교하였으며, 표에서 나타난 바와 같이 일본의 건축 설비의 내진 시공이 국내 기준에 비해 다소 구체적인 것을 볼 수 있으며, 국내의 시공 기준 또한 국내 실정을 감안하여 정량적인 기준 설정이 필요하리라 사료된다.

<표 3> 건축구조물 및 비구조 요소의 법적 기준 비교

구분		한국	일본
건축 구조물	관련법	1988년 건축법 시행령 '구조안전의 확인' 제정 및 2005년 개정	1981년 건축 기준법 및 시행령 (신내진 설계법)
	설계 기준	리히터 규모 5.5~6.5, 대한건축학회 제정 '건축물 하중기준 및 해설'	일본 건설성 고시
	대상	3층 이상, 연면적 1,000 m ² 이상 건축물	건축기준법상 모든 건축물
비구조 요소	관련법	미제정	현행 건축기준법 시행령(신 내진 설계법, 1981년)에 저수조, 배관 설비, 엘리베이터 등에 관한 내진 규정 명시
	설계 및 시공지침	-건축구조설계기준(KBC2005) 0306.9건축,기계 및 전기 비구조요소 -건교부 건축 기계 설비 공사 표준 시방서 제9절 내진공사	-1984 (사)일본동센터 건축설비용 등배관 내진설계 시공지침(안) -(사)공기조화 위생공학회 '건축설비 내진 설계시공법'
	시공지침 활용도	법적 구속력은 없으나, 건축 구조 설계 기준의 비구조 요소 포함으로 내진 설계에 대한 적용 증가 예상	내진 기준 및 지침이 법적 구속력을 가지고 있으며 구체적 방안이 마련되어 널리 활용되고 있음
법규 개정 추이		내진 설계 대상 범위 확대 및 기준 강화 추세임	현재의 시방 규정 내진설계에서 벗어나 각기 다른 지진레벨에서 내진성능을 확보하는 성능규정 설계 방법으로 전환중임

<표 4> 국내 건축 설비 내진 설계 및 시공 지침

구분		내진 시공 기준
장비	앵커볼트	장비 전도, 이탈 등의 방지를 위해 바닥 또는 보에 앵커볼트 설치
	정상부 지지재	가로 세로비가 큰 기기 등은 다리 고정 및 외부분 고정하여 전도 방지
	스토퍼	방진장치를 사용하여 기초에 설치되는 기기에 내진 스톱퍼 설치
덕트	수평 덕트	축 직각 방향의 과대한 변위를 억제하도록 내진 지지
	수직 덕트	과대변형을 억제하기 위하여 각층마다 지중을 지지
	지지재	미끄러짐, 탈락, 파손 등이 발생되지 않도록 서포트를 설치
배관	수평관	축의 직각 방향으로의 과대한 변위를 억제하도록 내진 서포트 설치
	수직관	축 직각 방향의 과대한 변형을 억제하고 건축물의 층간 변위에 따르도록 지지 요망
	건축물 신축 이음부 통과 배관	양측의 건축물에 생기는 최대 상대 변위량을 흡수할 수 있도록 한다.
	건축물 인입부 배관	건축물과 지반과의 사이에 생기는 상대 변위량을 흡수할 수 있도록 조치요망
기기와 배관접속부		1) 기기 및 배관과의 사이에 생기는 상대변위를 흡수 조치 요망 2) 기기에 배관 중량이 걸리지 않도록 한다



<표 5> 일본 건축 설비 내진 설계 기준

구분		내진 시공 기준
장비	기초	구조체(바닥판 또는 보)와 분리 또는 일체로 설치
	앵커볼트	장비의 이동, 전도 방지를 위해 기초 앵커볼트 설치
	정상부 지지재	중형비가 큰 장비의 전도 방지를 위해 정상부를 구조체에 연결하여 고정
	스토퍼	앵커볼트로 지지 고정할 수 없는 경우 사용됨
배관	공통사항	1) 배관 및 지지재의 응력이나 변형 등이 허용 범위 내에 있도록 검토조치 요망 2) 내진 지지재간의 배관 중량(내용물을 포함한다)을 고려하여 적정 지지 부재 선정
	수평관	1) 축의 직각 방향으로의 과대한 변위를 억제하도록 지지 2) 지지재에 가해지는 수평 하중을 지지재간 배관 중량의 0.6배, 수직 하중을 지지재간 배관 중량의 1배로 간주 3) 배관 도중에 중량이 큰 밸브 등을 설치할 경우 밸브 중량에 맞는 조치 강구 요망 4) 굽은 배관으로부터 가는 배관으로 응력 전달되지 않도록 배관 형상 및 지지방법 고려 요망
	수직관	1) 지진에 의한 배관의 축 직각 방향의 과대한 변형을 억제하고 동시에 건축물의 층간 변위에 따르도록 내진지지를 한다. 2) 층간 변형각을 철골구조(S구조)의 경우 1/100, 철근 콘크리트 구조(RC구조) 및 철골 철근 콘크리트 구조(SRC구조)의 경우 1/200로 고려한다.
	건축물 신축 이음부 통과배관	신축 이음부에서의 양 건축물의 상대 변위량 δ 흡수가 가능하도록 조치한다. 건축물 상층부에서는 δ 가 커지므로 주요한 배관들은 가능한 건축물의 하층부에서 신축 이음부를 통과하도록 하는 것이 바람직하다. $\delta = 2Rh$ (h : 배관이 통과하는 부분의 지상 높이(m), R : 층간 변형각)
	건축물 인입부 배관	1) 지반 상태가 아주 불안정하여 건축물과 지반간에 변위가 생길 우려가 있는 경우 건축물 도입부의 배관 등에 내진조치를 취해야 한다. 2) 관의 황성을 이용하거나, 기계적 이음, 클로저형 관 이음, 플렉시블 조인트, 볼 조인트, 하우징형 관 이음 등을 사용하거나, 콜게이트관 또는 슬라이드형 이음 등을 사용한다.
기기와 배관 접속부	1) 기기는 고정하고 배관은 과대한 변위가 생기지 않도록 지지함으로써 접속부에 손상이 생기지 않도록 한다. 2) 본체나 배관 등에 손상이 발생할 우려가 있는 경우 신축성이 충분한 접속 방법으로 연결한다	

국내 건축 설비의 내진 설계 적용 사례

현재 당사에서 완공 및 수행중인 프로젝트의 내진 설계 적용 사례를 시방서, 도면 및 시공의 측면에서 발췌하여 소개하면 다음과 같다. 아울러 하기의 적용 사례는 현장별 특수성이 고려된 것으로 일반적인 현장에 적용하기에는 다소 무리가 있을 수 있으며, 각 현장별 시방 및 설계가 우선하는 것은 당연하리라 사료된다.

시방서

1) 장비

① 바닥 설치형

공조기 및 송풍기의 방진은 스프링의 정적변위를 외부에서 육안으로 확인할 수 있는 밀폐형으로 지하층에는 스프링 변위량이 25 mm인 HSM(하우징 스프링 마운트)를 지상층에는 스프링 변위량이 50 mm인 HSM(하우징 스프링 마운트)를 설치한다. 이때 공조기 및 송풍기의 하부 프레임은 최소 100 mm 찬

널로 구성한다.

② 천정 설치형

천정 설치형 환은 진동과 소음을 원활히 차단 및 흡수할 수 있는 네오프렌과 스프링의 혼합형인 SH (네오프렌 스프링 방진 행거)를 설치 한다.

③ 시험 및 검사

방진 스프링 시험성적서와 ISO 9001의 품질인증에 준한 검사 보고서를 제출한다.

방진 고무재료에 대한 고무시편 시험검사는 KS M 6518 규격에 따라 실시한 시험 성적서를 제출한다.

2) 배관 및 덕트

하기 사항을 제외한 배관과 덕트의 지지는 지진으로부터 보호될 수 있도록 시공되어야 한다.

① 기계실내 구경이 32 mm 이하 배관

② 내경이 65 mm 이하 배관

③ 면적이 0.56 m² 이하인 사각 덕트

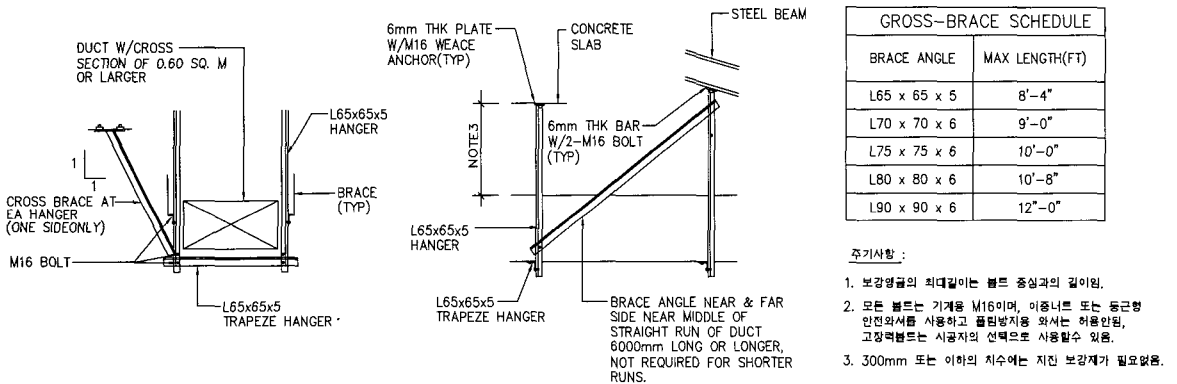
④ 지름이 711 mm 이하의 원형 덕트

⑤ 배관이나 덕트의 상부에서 지지 구조물까지의 길이가 300 mm 이하인 행거에 지지된 배관이나 덕트

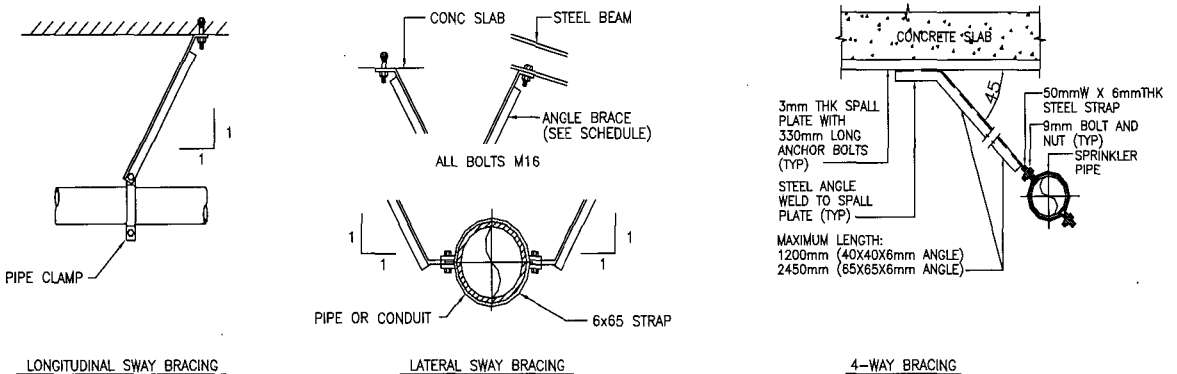
상세도

그림 1은 수평 덕트의 축 직각 방향으로의 변위를 억제하기 위해 추가로 설치하는 부재의 크기와 이격 거리를 표시하고 있다.

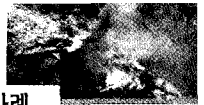
그림 2는 수평 배관의 경우, 축 방향, 축의 직각 방향 및 수평 방향의 변위를 억제하기 위한 배관의 지



[그림 1] 내진 덕트 행거 상세도



[그림 2] 내진 배관 행거 상세도



지 방법이며, 그림 3은 지지 부재의 이격 거리를 표시하고 있다.

그림 4의 경우 상층부나 지하층 등 대형의 장비가 설치되는 기계실의 장비 기초가 지진에 의한 진동의 전달이나, 장비에 의한 진동의 구조체로의 전달을

감쇄시키기 위한 floating floor(뜰바닥) 구조의 설치 상세 및 순서를 표시하고 있다. 뜰 바닥 구조는 최근 관련 업체들의 기술 개발의 결과로 다양한 형태의 제품들이 적용 검토되고 있다.

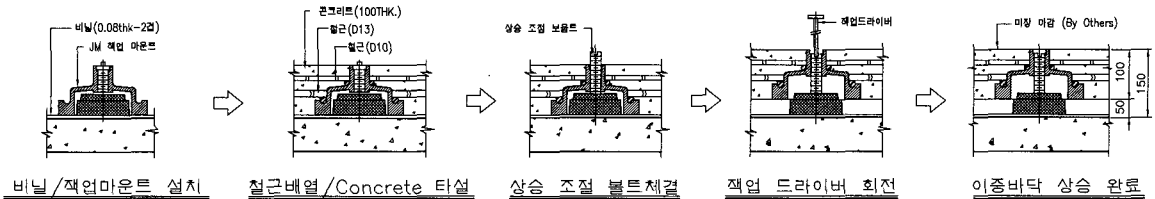
시공 현황

그림 5은 OO주상복합에 배관의 신축 이음 부위에 설치한 injection ball joint이며, 그림 6는 injection multi joint로 배관의 열적 팽창의 흡수와 함께 외부의 힘에 의한 건축 구조물의 변위를 흡수하기 위해 설치하였다.

그림 7은 스프링클러 및 소화전 연결 fitting으로 개발된 제품으로 일본 건자재 연구소에서 시행한 시험에서 리히터 규모 6-7의 지진에서도 견딜 수 있도록 고안된 스프링클러 및 소화전 연결용 fitting으로 구조 설계의 기준 강화로 적용 사례가 증가할 것으로 사료된다.

DIAMETER INCHES	STD. WT. STEEL PIPE 40S	EX. STRONG STEEL PIPE 80S	COPPER TUBE TYPE K	COPPER TUBE TYPE L	COPPER TUBE TYPE M	85 RED BRASS & SPS COPPER PIPE
25	1,950	1,950	1,500	1,425	1,350	1,650
40	2,250	2,325	1,725	1,650	1,650	1,950
50	2,550	2,550	1,950	1,950	1,880	2,100
65	2,780	2,850	1,480	2,100	2,100	2,400
80	3,080	3,150	1,650	2,250	2,250	2,225
100	3,300	3,300	2,480	2,480	2,400	2,780
125	3,825	3,900	3,000	2,850	2,850	3,225
150	4,125	4,200	3,225	3,150	3,080	3,150

[그림 3] 내진 배관 행거 이격 거리



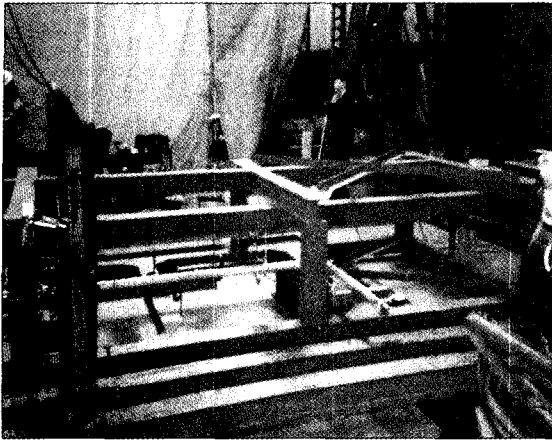
[그림 4] Floating floor 설치 상세도



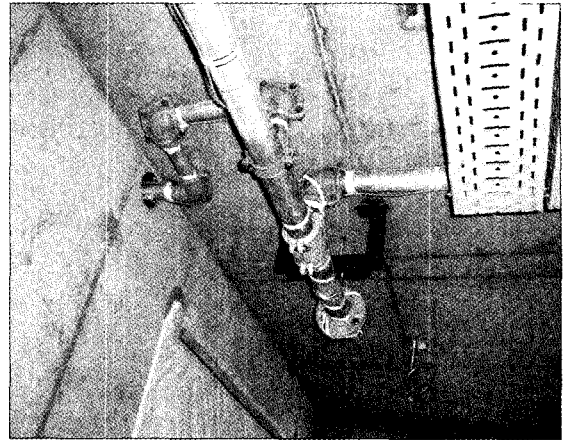
[그림 5] injection ball joint



[그림 6] injection multi joint



[그림 7] 일본건자재 시험센터 성능 시험



[그림 8] 시공 사례

맺음말

건축 설비의 내진 설계와 관련한 자료를 정리하기 위해 당사에서 시공하고 있는 현장의 기술 자료와 연구소에서 축적한 자료들을 검토한 결과, 건축이나 토목 구조물에 비해 구체적인 기준 정립에 대한 필요성이 절실함을 느꼈다. 또한 시공사의 입장에서 동 설비의 적용이 얼마만큼의 효용이 있으며, 지진으로부터 고객의 생명과 재산을 보호할 수 있는지에 대한 확신이 부족한 것이 사실이었다.

아울러 지진의 발현이 상대적으로 적었던 국내 실정상 많은 자료들을 외국의 기준을 참조하고 있으나, 이 또한 100% 신뢰할 수 없다는 의구심이 강하게 드는 것을 감출 수 없었다. 일례로 UBC94에서는 서울의 지진 발생 가능성은 2A였으나, 97년 개정판

에는 0으로 완화되었으며, 정부에서도 이 판정을 반영하고 있다.

따라서 지진의 발생과 이에 따른 피해에 대한 불필요한 우려를 감소시키기 위해 내진 설계 항목에 대한 성능 시험 및 인증 제도의 확립과 함께 국내 실정을 구체적으로 반영한 자료들의 정리 및 공유가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. 건축구조설계기준2005
2. 1997 edition of the Uniform Building Code
3. 현대건설 류호열 : 건축설비 내진설계 현황 및 개선 방안 검토 보고서 (주)