

지진과 급배수 위생설비

김철영

풍림산업 (rrkcy@poonglim.co.kr)

머리말

지진하면 아직도 우리는 일본이나 다른 지진이 많이 발생하는 나라들의 문제로 보고 있으며 우리나라는 괜찮은 것으로 인식을 한다. 사실 이 글을 쓰는 필자도 지금까지 지진을 겪어보지는 못했으니 이러한 생각이 드는 것은 당연할 지도 모른다. 인간은 환경에 의해 지배를 받고 있어 지진이 많이 발생하는 지역에 사는 사람들은 항상 지진에 대비를 하고 있지만 그렇지 않은 지역에 사는 사람들은 지진이 날 것이라는 생각은 전혀 하지 못하고 또한 그에 대한 준비도 안 되어 있다. 하지만 기상청에서 올해 발표한 우리나라 지진 자료를 놓고 볼 때 그런 안이한 생각은 고쳐야 할 것 같다. 기상청 발표에 따르면 올 한해 9월 까지 발생한 지진 현황은 다음과 같다.

표 1에서 보는바와 같이 올 한해 9월까지 26번에 걸쳐서 지진이 발생하였다. 또한 기상청 통계자료에 의하면 2000년 이후 규모4 이상의 지진이 약 7차례나 있어서 결코 우리나라도 지진의 안전지대가 아니라는 것임을 확연히 보여주고 있다.

지진은 그 자체로서는 인명에 대하여 위협적이지는 않은 것으로 지진 전문가는 보고 있다. 즉 땅이 갈라져 그사이로 사람이 파묻혀 사망하는 직접적인 위협은 없다고 보고 있으나 이로 인한 구조물의 붕괴는 많은 사상자를 초래하게 하고 막대한 경제적

손실을 입히게 된다. 지진의 발생으로 예상되는 피해를 보면 다음과 같다.

- 1) 건물 및 기타 구조물의 붕괴
- 2) 장식물, 파라펫, 외장재 등의 낙하로 인한 사고
- 3) 댐의 파괴에 따른 홍수
- 4) 가스파이프의 절단, 화로의 전복에 의한 화재
- 5) 가스, 유류탱크 및 기타 유해 화학물질의 폭발
- 6) 원자력 발전소로부터의 방사능물질의 유출

상기와 같은 피해와 더불어 수도배관, 가스배관, 전기, 전화 등 즉 라이프라인(LIFE LINE)이 두절되면 건물은 기능을 상실한다. 또한 지진 발생 후 복구하는데 있어 라이프 라인의 파손여부에 따라 2차 화재 예방 및 복구에 많은 영향을 미칠 수 있다. 이러한 점을 고려하여 지진과 관련한 급수 및 배수설비를 짚어보고자 한다.

지진에 의한 설비 피해

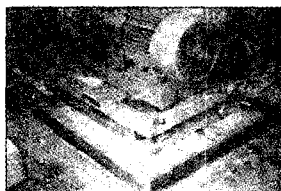
보통 건물에서는 옥상의 흔들림이 크기 때문에 옥상에 설치한 무거운 기기의 이동이나 전도의 피해가 발생한다. 효고현(兵庫縣) 남부 지진에서는 옥상의 수조류와 중량기기의 피해 외에도, 중간층의 공조기와 저층의 기기에도 피해가 있었다. 이것은 대부분의 구조체에 앵커(U자형 볼트)가 되어있지 않거나 앵커 및 기초의 강도 부족에 의한 것이다. 옥상기기 중 FRP제 판넬 수조의 피해 특징으로서, 슬로싱의

<표 1> 2005년 지진현황(기상청)

연 번	발생일시		발생위치		규모 M	비고
	월-일	시:분:초	위도(°N)	경도(°E)		
1	02-03	07:48:31.3	38.95	130.39	2.4	강원 고성 북동쪽 약 150 km 해역
2	02-05	11:27:27.6	33.49	126.36	2.5	제주시 서쪽 약 10 km 해역
3	02-07	20:16:04.0	36.59	130.02	2.8	경북 영덕 동북동쪽 약 60 km 해역
4	02-20	22:18:39.0	35.40	126.22	3.4	전남 영광군 서북서쪽 약 30 km 해역
5	03-12	11:56:48.1	38.82	127.14	2.4	함경남도 원산시 남남서쪽 약 45 km 지역
6	03-17	23:39:52.1	32.47	125.85	3.1	제주도 서귀포시 남남서쪽 약 105 km 해역
7	03-31	19:32:40.5	36.43	125.57	2.2	충남 격렬비열도 남남동쪽 약 20 km 해역
8	04-01	00:15:19.6	33.56	126.97	2.4	제주 성산 북북동쪽 약 25 km 해역
9	04-09	19:13:59.9	37.17	125.41	2.4	인천 덕적도 서쪽 약 60 km 해역
10	04-09	23:04:50.6	35.67	130.03	2.4	울산광역시 동쪽 약 70 km 해역
11	04-21	12:37:33.6	34.91	125.47	3.0	전남 흑산도 북쪽 약 25 km 해역
12	05-01	16:27:08.7	35.04	123.00	3.6	전남 흑산도 서쪽 약 225 km 해역
13	05-15	07:22:32.2	38.13	125.60	2.6	황해도 해주 북서쪽 약 15 km 지역
14	06-08	00:07:29.4	37.51	124.76	2.5	인천광역시 백령도 남동쪽 약 30 km 해역
15	06-10	12:49:54	36.73	128.48	2.4	경북 예천 북북동쪽 약 6 km 지역
16	06-10	21:14:36	36.78	128.48	2.5	경북 예천군 북북동쪽 약 9 km 지역
17	06-15	07:07:02	33.15	126.14	3.7	제주도 서귀포시 서쪽 약 41 km 해역
18	06-15	07:37:47	33.00	126.15	3.0	제주도 서귀포시 서남서쪽 약 48 km 해역
19	06-20	15:31:49	38.81	125.57	3.0	평양 남서쪽 약 20 km 지역
20	06-29	23:18:05	34.50	129.05	4.0	경남 거제 동남동쪽 약 54 km 해역
21	06-30	00:25:04	36.66	129.63	3.1	경북 영덕 동북동쪽 약 35 km 해역
22	07-30	03:01:36	34.14	127.47	3.1	전남 고흥군 남남동쪽 약 38 km 해역
23	08-24	05:06:26	34.06	126.95	3.5	전남 완도군 동남동쪽 31 km 해역
24	08-25	19:33:47	36.75	126.30	2.2	충남 태안군 북동쪽 약 2 km 지역
25	08-31	12:58:10	37.12	129.70	2.1	경북 울진 동북동쪽 약 35 km 해역
26	09-07	17:11:10	37.09	127.86	2.1	충북 음성군 동북동쪽 약 22 km 지역



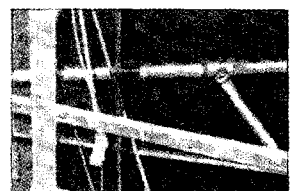
FRP제 판넬 수조 천장판의 피해



펌프 콘크리트 기초의 이동

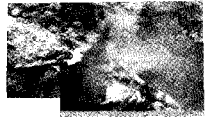


목의 우수관 경질 영화 비닐관의 파단



배관 나사부의 파손

[그림 1] 설비 기기 배관의 피해



영향으로 보이는 수조의 천정판과 측판 상부의 파손이 있었다. 또한 배관류는 지진에 의해 자체, 특히 배관 부속이 파손되거나 접속된 기기의 이동에 따른 파손, 가까운 곳에 있는 건축 부재를 파손시킨다. 원인은 지지 철물과 강성의 부족 또는 잘못된 고정 방법에 의한 것이다. 기기와 배관의 접속에는 변위 흡수 이음을 효과적으로 사용하지 않으면 피해의 원인이 된다.

또한 건물의 익스펜션 조인트부를 횡단하고 있는 배관이 지진에 의한 건물간의 서로 다른 움직임을 흡수하지 못하여 파단·변형되거나 급수·배수관과 가스관의 건물 도입부에서 지반의 움직임을 찌지 못하여 파단된 피해가 보고되고 있다.

건축설비 관련 기준

국내의 내진 설계는 지난 1985년 멕시코 대지진을 계기로 '86년에 내진 설계법이 마련되어 건축법 제 38조 및 시행령 32조 2항에 다음과 같이 명시되어 내진 설계를 의무화 하였다.

건축법

제38조(구조내력등) ①건축물은 고정하중·적재하중·적설하중·풍압·지진 기타의 진동 및 충격 등에 대하여 안전한 구조를 가져야 한다.
② 제8조제1항의 규정에 의한 건축물을 건축하거나 대수선하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 그 구조의 안전을 확인하여야 한다.
③ 제1항의 규정에 의한 구조내력의 기준 및 구조 계산의 방법등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부령으로 정한다. <개정 1997.12.13>

건축법 시행령

제32조(구조안전의 확인) ②다음 각호의 1에 해당하는 건축물을 건축하거나 대수선하는 경우에는 지진에 대한 안전여부를 확인하여야 한다. 다만, 사용승인서를 교부받은 후 5년이 경과된 건축물의 중축(연면적의 10분의 1이내의 중축 또는 1개층의 중축에 한한다) 및 일부개축의 경우에는 그러하지

아니하다.

1. 층수가 6층이상인 건축물
 2. 연면적이 1만제곱미터이상인 건축물
 3. 건설교통부령이 정하는 지진구역안의 건축물
 4. 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 건설교통부령이 정하는 것
- [전문개정 1999.4.30]

또한 2005년 4월 6일에 “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙”을 개정하여 공포 시행하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 건축물 내진설계 기준의 강화
- 2) 소규모 건축물의 구조안전 기준 도입
- 3) 건축물의 구조안전 관련 설계 기준 통합(건축구조설계 기준)
- 4) 목구조 건축물의 규모제한 완화

개정규칙 제1장 총칙 제 3조에 의하면 “구조설계방법에 관하여 이 규칙에 규정된 사항 외의 세부적인 기준은 「건축법」 제59조의3 및 이 규칙의 위임에 의하여 건설교통부장관이 고시하는 기준(이하 “건축구조설계기준”이라 한다)에 따른다.”라는 내용과 개정규칙 제2장 3절 14조 지진 하중 편에서는 이번에 새롭게 개정된 신 내진설계기준 내용을 언급하고 있다.

위에서 언급한 건축구조설계기준(Korea Building Code-Structural, KBCS) 2005에서는 제1장 총칙, 제2장 구조실험 및 검사, 제3장 설계하중, 제4장 기초구조, 제5장 콘크리트 구조, 제6장 조적식 구조, 제7장 강구조, 제8장 목구조 등 총 8개장으로 되어 있으며 이중에서 0306 지진하중은 신내진 설계기준을 따르고 있다. 특히 기계 및 전기에 관해서는 「0306.9 건축, 기계 및 전기 비구조요소」에서 다음과 같이 언급을 하고 있다.

「구조물에 영구히 설치되는 건축, 기계 및 전기설비 등의 비구조요소는 0306.9의 규정에 따라 결정된 등가정적 하중과 변위에 견디도록 설계하여야 한다. 단, 다른 구조물에 의하여 지지되는 공작물의 중량이 전체 중량의 25%를 초과하는 경우에는 10의 규정에 따른다.」

설비의 내진

설비기기, 배관

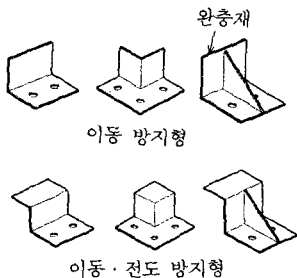
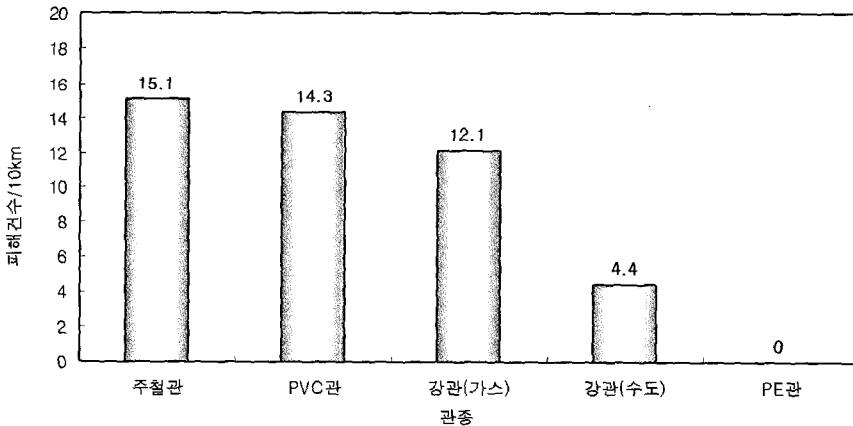
설비 기기의 흔들림 강도는 기기가 설치된 건물의 구조, 높이, 설치 층수와 설치 방법에 따라 변한다. 따라서 기초와 앵커 볼트의 강도가 필요하며 확실한 설치에 의해 기능이 유지 될 수 있다. 방진 장치를 통해서 설치한 기기의 스톱퍼(Stopper)는 수평 방향 뿐 아니라 수직방향의 강도도 고려한다(그림 2). 지금까지의 FRP제 판넬 수조의 천장판은, 수리 시에 사람이 올라가도 괜찮을 정도의 강도만 허용되고, 슬로싱에 의한 강도는 고려되어 있지 않았다. 지진에 의한 천장판의 손상을 근거로 해서 강도가 있는 수조도 검토한다. 또한 옥상에 설치하 냉각탑은 본래 FRP제가 많아 변형과 내부 충전재의 탈락이 있기 때문에 강도의 확인도 필요하다(그림 3).

배관은 재료, 유체, 구경에 따라 지진 시간이 정해지고 길이·장치 장치 층수에 따라 지진 방법도 달라진다.

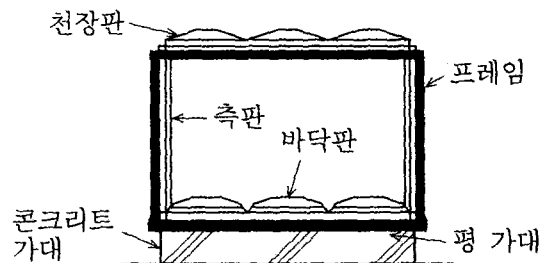
배관에는 고정지지와 축직각 방향의 흔들림 멈춤을 대상으로 한 지지틀 사용상 분리한다. 배관은 관 자체와 이음 부분의 강도가 문제가 되며, 이음 부분의 강도, 즉 이음 효율은 배관재료와 이음 종류에 따라 달라진다.

1995년 1월 17일 발생한 고베 대지진 직후 여러 곳의 상수설비와 수도사업국에서 입은 피해로 물 공급이 중단되어 시민들의 생활에 커다란 불편을 초래하게 되었다. 상수관로시설의 지진에 의한 피해상황은 관의 파손으로, 각 관종별로 확연한 차이를 보였다. 대부분의 문제 발생은 접합부위에서 발생하였는데, 닥타일 주철관은 연결부위가 빠져버리는 문제가 발생하였으며, PVC관은 접착부분이 끊어지는 문제점이 드러났다.

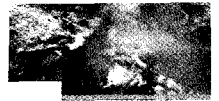
<표 2> 고베 지진 시 관종별 피해상황



[그림 2] 기기 스톱퍼



[그림 3] FRP제 판넬 수조의 보강(프레임에 의한 보강 예)



가장 내진성이 있는 이음에는 스토퍼가 부착되어 있는 S형이라는 것이 있다(그림 4). 복구하는데 어려움이 많아 가스관은 수도관 이상으로 내진성이 요구된다. 또한 라이프라인의 건물 도입부는 건물의 흔들림과 상이한 지반의 움직임에 대응하기 위하여 변위 흡수 이음을 사용하는 방법 등을 고려한다(그림 5).

내진 설계

옥상에 설치한 기기는 단순한 기초를 설치할 경우 피해가 크기 때문에 기초와 설치하는 부분의 밀착성을 잘 생각하는 것이 필요하다. 따라서 기기를 설치할 때 앵커 볼트는 충분한 강도가 있는지를 확인하고 사용한다. 특히, 천장에 노출 시켜 설치하는 기기의 지지재에는 경사보강재에 따라 흔들림 방지기를 설치하고, 방진 장치를 통해서 설치하는 기기에는 스토퍼를 고려해야 한다. 수조는 중간 칸막이를 둔 이조식 보다 두 대의 수조를 분리 설치하는 것이 화재의 피해 분산과 복구 면에서 효과적이다. 건물에 설치하는 내진벽은 일정규모 이상의 지진에서는 부서지는 것을 전제로 하고 있기 때문에, 보수를 고려해서 위생 기구와 기기의 내진벽에 설치하는 것은 피한다.

건물내의 입상배관의 경우 건물 층간 변형각에 대응할 수 있게 하며 익스펜션 조인트의 피해를 고려하여 건물의 저층부, 가능한 한 1층 이하에서 통과하도록 한다. 또한 옥상 노출배관 가대와 기초의 이동에

따른 피해를 고려하여 배관지지의 세곳 중 한 곳은 내진 고정하도록 한다.

급수배관의 경우 앞의 표2에서 보았듯이 고베 지진 경우 PE관이 거의 피해가 없었음에 주목할 필요가 있다.

PE관의 지진에 대한 우수성은 다음과 같이 살펴볼 수 있겠다.

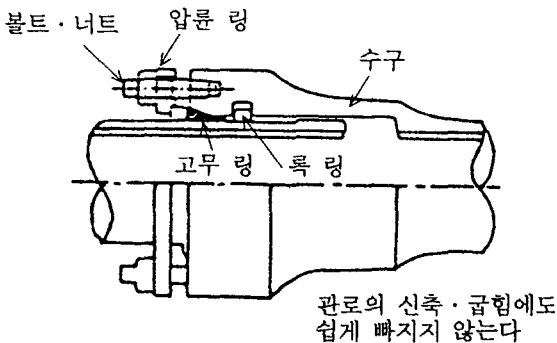
첫째, PE관은 고강도로써 부동침하에 강한 성질을 가진다. 즉 매설용 관중으로 사용하기에 적절한 강성을 가지고 있는 것이다. 큰 부동침하와 지반변동에 대해 높은 안정성을 가지고 있다.

둘째, PE관은 화학적 영향에 안정하다. 전기절연성이 보통이상으로 높은 수준이며, 땅속에 직접 매설을 해도 부식의 위험은 없다. 또한 지하수에 염분이 포함되어 있는 토양과 산성, 알칼리성이 강한 토양에도 부식이 없다.

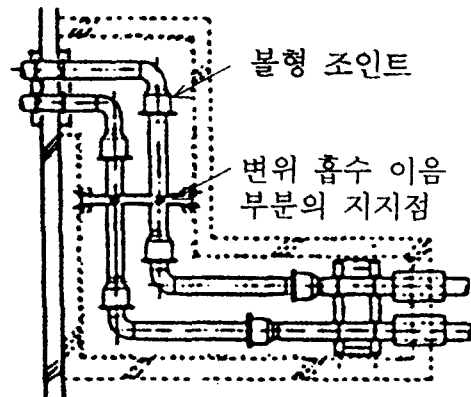
셋째, PE관의 관접속은 용착법을 사용하여 확실하게 접합이 된다. PE관의 연결은 접합면을 그대로 용착한 열융착이다. 이것은 금속재료의 용접접합과 같으며, 접속부가 불연속적으로 되지 않는 일체형 관로가 된다.

넷째, PE관은 유연성이 우수하다. 지진발생 시 어느 정도의 경미한 구부러짐에 대해서도 유연성으로 대처할 수 있다.

따라서 급수관의 경우 인입되는 매립배관의 경우에 PE관을 사용한다면 재질의 선택으로 지진에 대처하는 경우라고 볼 수 있겠다.



[그림 4] 내진 어음

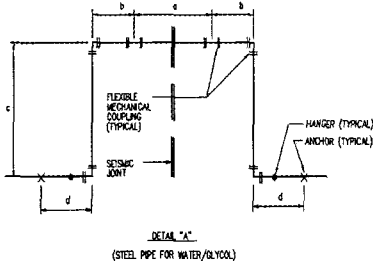


[그림 5] 건물인입 배관의 내진 예

내진설계 사례

당사가 3년전 사할린의 EXXON OFFICE 건물에 입찰한 설계도서에 내진 관련한 DETAIL DWG 이 있

어서 여기에 소개하고자 한다. 사할린 지역은 1995년에 규모 7.5의 강진이 일어나 주민 1800명이 사망했던 지역으로 내진 설계는 미국 MASON에서 설계하였다.

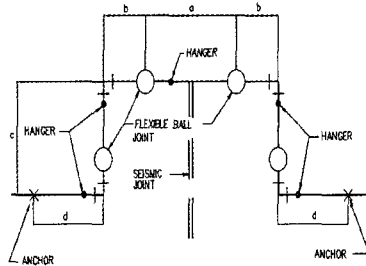


DETAIL "A"
(STEEL PIPE FOR WATER/OIL/COOL)

PIPING CROSSING A SEISMIC JOINT
DETAIL "A"

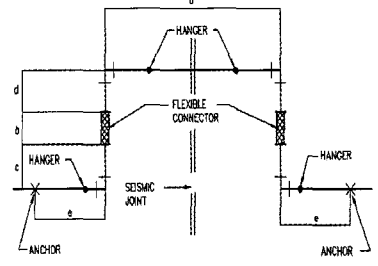
NOTE:

- SEISMIC SEPARATION ASSEMBLY DETAIL SHOWN IN NFPA 13 (SPRINKLER APPLS), UTILIZING FLEXIBLE MECHANICAL COUPLINGS, MAY BE USED IN lieu OF PIPING DETAIL SHOWN ABOVE.



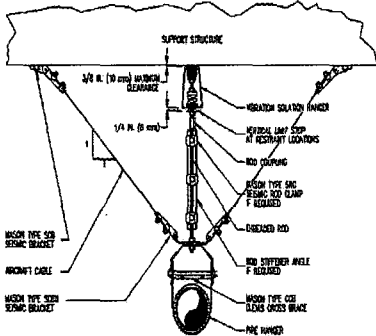
DETAIL "D"
(STEEL PIPE FOR STEAM OR WATER)

PIPING CROSSING A SEISMIC JOINT
DETAIL "D"

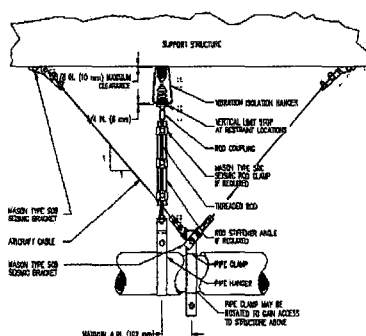


DETAIL "E"
(STEEL OR COPPER PIPE)

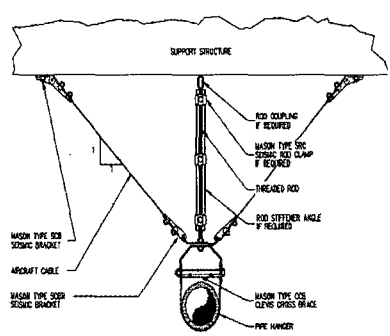
PIPING CROSSING A SEISMIC JOINT
DETAIL "E"



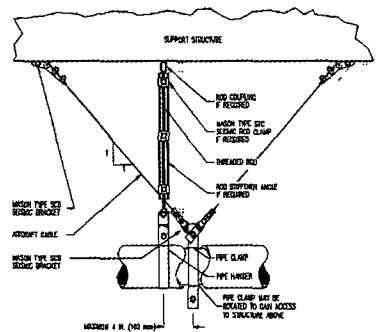
TRANSVERSE SEISMIC CABLE BRACE
FOR SPRING-ISOLATED CLEVIS SUPPORTED PIPE



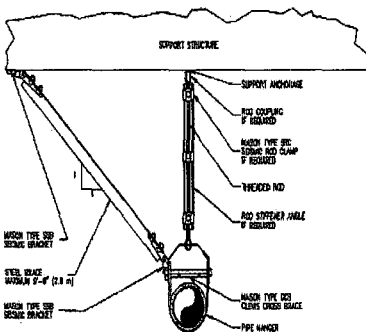
LONGITUDINAL SEISMIC CABLE BRACE
FOR SPRING-ISOLATED CLEVIS SUPPORTED PIPE



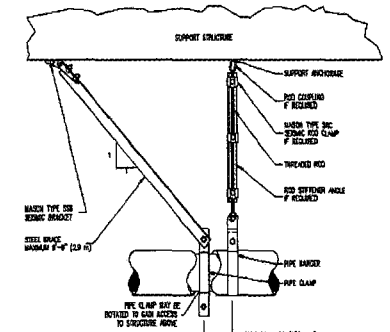
TRANSVERSE SEISMIC CABLE BRACE
FOR CLEVIS SUPPORTED PIPE/CONDUIT



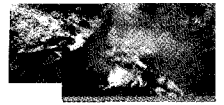
LONGITUDINAL SEISMIC CABLE BRACE
FOR CLEVIS SUPPORTED PIPE/CONDUIT



TRANSVERSE SEISMIC SOLID BRACE
FOR CLEVIS SUPPORTED PIPE/CONDUIT



LONGITUDINAL SEISMIC SOLID BRACE
FOR CLEVIS SUPPORTED PIPE/CONDUIT



맺음말

이상 간단하게 지진과 관련하여 급배수 설비에 대하여 살펴보았다. 지금까지 국내 설비부문에서 내진에 대한 설계 및 시공은 극히 미미하다고 볼 수 있겠다. 하지만 앞으로는 재난에 대비하여 유사시에 인명을 최우선으로 생각하면서 경제적 부담을 최소화하는 설계 및 시공을 하는 것이 우리 설비인들의 임무라고 할 수 있겠다. 끝으로 미국 SEAOC(Structural Engineers Association of California)의 Blue Book에 나와 있는 내진설계의 철학에 관하여 소개하고 마친다.

With regard to earthquake response, the aim of

the code is to lead to structures that can resist minor earthquakes undamaged, resist moderate earthquakes without significant structural damage even though incurring nonstructural damage and resist severe earthquakes without collapse. (작은 규모의 지진에 대해서는 구조물이 피해를 입지 않도록 하고, 중간정도 규모의 지진에 대해서는 비록 구조 부분이 아닌 부분에 대해서는 피해를 허용하지만 심각한 구조적 피해는 없는 것으로 하며 심각한 지진에 대해서는 구조물이 붕괴되지 않도록 하는 것이 이 기준의 목표이다.) ㉞