

JSSI(Japanese Society of Seismic Isolation) 10th Anniversary Symposium 참석기



이성재 국제위원회 위원장
(주)단구조 기술사무소 대표



김원중 국제위원회이사
대우 엔지니어링 상무

□ 출장 일정

- 출장일정 : 11월 16일(화) ~ 11월 19일(금)
- 출장지 : 일본 요코하마
Tokyo Institute of Technology (長津田Campus)
- 출장 목적 : JSSI(Japanese Society of Seismic Isolation) 10주년
기념 세미나 참석 (11월 17일 ~ 11월 19일)
- 세부 일정
11월 16일(화)

10:55 인천 공항 출발
13:10 일본 나리타 공항 도착
14:25 YCAT(요코하마 City Air Terminal)행 버스 출발
16:30 숙소(New Otani Inn-요코하마 시내)도착

- 11월 17일(수)
- 9:00 세미나 장소에 도착 및 등록
Keynote Speaker - J.M. Kelly(UC Berkeley교수) 점
심은 주최측에서 도시락으로 제공
17:30 세미나 종료 후 음료 파티 참석

- 11월 18일(목)
- 9:00 세미나 장소에 도착
Keynote Speaker - A. Martelli(Italy)
13:00 일본 동경 武蔵工業大學 연구소 방문
Bearing Pad 실험상황 및 Niigata보고서 요청

- 11월 19일(금)
- 9:00 세미나 장소에 도착(비가 내림)
Keynote Speaker - Jinping Ou(Harbin Institute of
Tech.)
11:00 숙소로 출발
13:10 요코하마 City Air Terminal 출발
17:50 일본 나리타 출발
19:50 인천국제공항 도착 및 해산

5. 세미나 구성방식
Part 1 - 방진 재료 / Part 2 - 설계 기준
6. 주요 내용
- 각 국에서 Bearing Pad를 적용한 실태 및 문제점 보고
- 적용 사례(교량 및 새로운 방진 기술 소개)
7. 기타사항
- 한국에서는 과학원에서 연구한 damper 시스템 등 소개
- 중국의 활약이 많이 나타남.
- 출장기간중 접촉한 사람
- (1)일본
- hin Okamoto, Dr.Eng (현 JSSI회장)
- hoi chi Yamaguchi, Dr.Eng (전 JSSI 회장)
- ani Nagahide S,E (JSSI 임원)
- kira Wada, Dr.Eng (동경공업대 교수)

- arayuki, Teramoto, Dr.Eng

(2)국내

- 오상훈(KAIST) 황기태(아키엔지니어링)
- 정형조(세종대학교수), 조상원(KAIST) - 이상 논문 발표자 -

□ JSSI 10주년 기념 세미나 참석 내용

JSSI는 Japanese Society of Seismic Isolation의 머리 글자를 의미하며 1993년 6월에 창립되었다. JSSI는 글자가 나타내듯이 방진 장치에 대한 설계, 설치 및 유지관리에 대한 기술과 지침을 제공하고 이와 관련된 훈련과 교육을 그 목적으로 하고 있다.

금번 국제 심포지엄에서 소개된 총 논문 수는 73개로서, 내용별로 분류하면 하기와 같다.

- 방진 기구의 소개 (7편)
- 방진 기구의 해석 및 실험 (17편)
- 방진 설계된 건물의 성능 평가 (10편)
- 방진 설계 기준(안) 소개 (11편)
- 방진 설계 및 시공 소개 (11편)
- 방진 성능 향상 개선 방안 소개등 (17편)

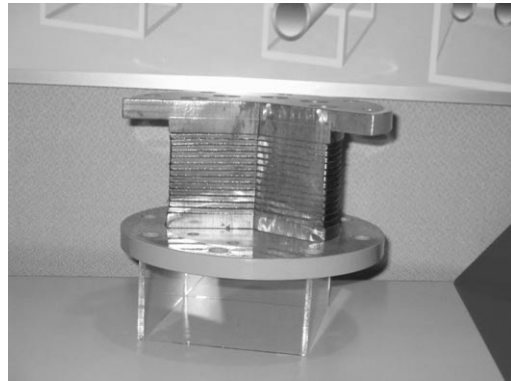
위의 내용중 건축 구조물과 관련하여 언급된 기술의 일반사항은 다음과 같으며, 각 논문의 세부 사항은 별도 CD참고 바람.

1. 방진 형식의 분류

댐퍼(damper)와 같이 진동을 흡수하는 장치(energy dissipating device)를 구조물에 설치하여 진동을 제어하는 수동제어(passive control)라 하고, 인위적인 힘을 운동방향의 반대방향으로 작용시켜 제어하는 능동제어(active control)라 한다. 수동제어 방식은 구조가 단순하고 큰 설치 공간도 필요하지 않고 동력도 불필요하다는 장점이 있으며, 능동 제어 방식은 구조물에 설치한 기계 장치를 움직여 요동을 억제함으로써 반응이 빠르고, 진동 제어 효과가 크다는 장점이 있다.

2. 방진패드

수동제어방식(Passive control system)의 대표적인 형태가 Bearing Pad(이를 달리 Base Isolation System이라고 한다)인데, 이를 LRB(Lead Rubber Bearing)라고도 표시하기도 하며 경우에 따라서는 HDR(High-Damping Rubber Bearing)로 나타내는 사람도 있다. 이 Bearing Pad의 단면을 살펴보면 다음과 같다.



- 방진패드의 실험 장면

이러한 방진 패드는 내부 구성이 고무와 철로 구성되어 있어 그 거동이 매우 복잡하므로 진동을 받는 상태에서의 거동에 대하여 많은 연구가 아직도 진행되고 있다. 다음 그림은 압축력을 받는 상태에서의 방진패드의 전단내력에 대한 실험의 예이며, 다음 사진은 대학교에서 진행 중인 실험에 대한 사진이다. 이는 방진패드의 두께, 적층 방식 등에 대하여 거동이 다르게 나타나므로 이에 대한 기준 정립을 위하여는 많은 실험이 필요하다고 보여진다.

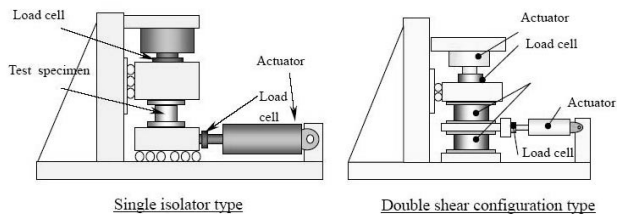
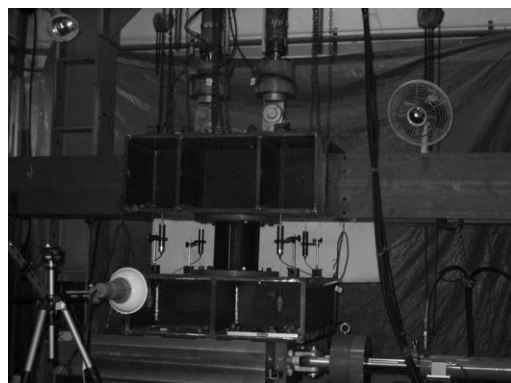
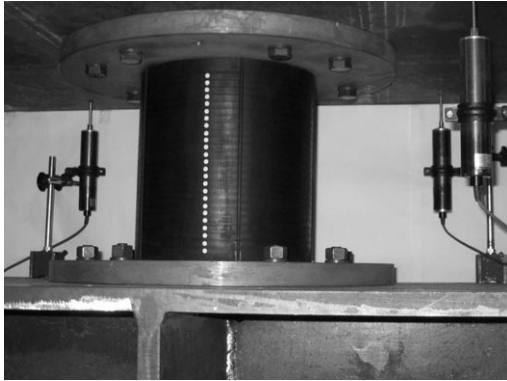


Figure 2. Conceptual view of compression-shear test





3. 방진 구조물의 현황

이번 JSSI 10주년 세미나에서는 3명의 Keynote speaker들이 각 지역(미국, 유럽, 중국)을 대표하여 현황을 소개하였는데, 이를 정리하면 다음과 같다. 또한, 금번 JSSI 에 제시된 자료에 의하면, 2003년까지 일본에서는 약 1700여개의 구조물에 방진 장치가 설치되어 있으며, 러시아와 중국에는 500여개, 미국에는 100여개, 이탈리아에 25개의 방진 장치가 설치되어 있다고 한다. 일본에서는 1995년 Hyogo-ken Nambu 지진 이후로 방진장치가 설치된 구조물이 급격하게 늘어났다고 한다. 참고로 중국에서는 최대 지진가속도가 0.48g 이며, 대만에서는 최대지진가속도가 0.33g(일부 지역에서는 0.23g)로 우리나라(0.11g)보다 높은 수치를 알 수 있었다.

(1) 미국(keynote speaker : Kelly)

- 미국의 경우에는 방진패드를 사용한 구조물이 많지 않다.
 - 이는 방진설계규준을 활용할 경우에 경제적으로 큰 이점이 없기 때문이다.
 - 그 중의 하나는 일반구조물의 설계시 R(Response Modification Factor)가 2.2부터 8.5까지 적용할 수 있으나, 방진구조물에서는 거의 모든 경우에 2.0을 적용한다. 이는 매우 안전측인 값으로 볼 수 있다.
 - 그러나 방진설계를 적용한 구조물로 설계를 하는 경우에는 다음과 같은 장점이 있다.
- ① 방진구조로 설계하면 구조해석이 매우 간단해진다.
 - ② 방진구조로 설계하면 지반 거동의 불확실성을 고려할 필요가 없다.
 - ③ 각 부재들이 보다 신뢰할 만한 내력을 나타낸다.
- 본 주제외에 탄소섬유와 고무를 결합한 가볍고 저가의 방진패드를 소개하였으나, 본 방진 패드는 우리나라의 동일고무에서 산업자원부 지원을 받아 수행한 연구임을 알게 되었다.

(2) 유럽(keynote speaker : A. Martelli)

이탈리아에서 온 발표자는 유럽에서 적용되고 있는 방진 설계의 사례를 실무적인 관점에서 발표. 이탈리아는 지진이 많으며 문화재 건물이 많아 이를 보존하기 위하여 방진 장치 설치에 많은 노력을 하고 있음.

(3) 중국(keynote Speaker : J. Ou)

중국에서는 방진 장치를 많이 활용하고 있음. 특히 새로 설치되는 현수교 등에 MR Damper를 설치하여 많은 효과를 보고 있음. 최근 들어 다양한 연구성과와 적용사례로 구조물의 방진설계에 많은 효과가 있음.

4. 새로운 방진 장치

이번 JSSI에서는 새로운 형태의 방진 장치도 전시되었다.

(1) 나사 형태의 방진 저항 장치

축력을 나사운동으로 변환

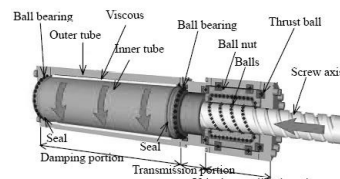


Figure 3. Gyro/Mass-Viscous damper

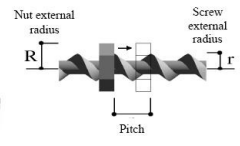


Figure 4. Relation of Screw pitch and Nut

(2) Oil damper

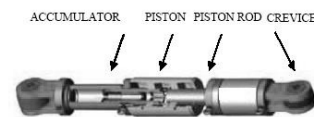


Fig.2. Outline of Oil Damper

(3) MR(MagnetoRheological) Damper

MR Damper의 MR은 Magneto-Rheological Damper를 의미한다. 이는 damper 내에 제어성 유체를 넣어 진동을 흡수하는 장치를 의미하는데, 제어성 유체라 함은 전기장이나 자기장이 가해짐에 따라 유체의 유성학적 거동이 크게 변화되는 물질을 지칭하며 크게 ER(Electro-Rheological) 유체와 MR(Magneto-Rheological) 유체로 대별된다. 이 제어성 유체의 근본적인 특징은 선형점성액체 상태에서 전기장 또는 자기장이 가해짐에 따라 순간적인 제어가 가능한 항복강도를 갖는 반고체상태로 변할 수 있고 또 그 반대 작용, 즉 전기장을 제거하면 원상태로 되돌아 갈 수 있는 능력이다. 이러한 제어성 유체가 반응동 제어 시스템으로서 움직이는 부속이 없이 신속한 유체 밸브로 직접 사용될 수 있다는 점에서 최근 제어성 유체의 개발에 박

차를 가하고 있다. 이러한 성질을 이용하여 만든 damper를 설치한 교량의 예가 다음 그림에 나타나 있다.



a. Dongting Lake Bridge



b. Binzhou Yellow River Highway Bridge

5. Damper의 설치

(1) Oil damper

Oil damper를 실제 건물에 적용한 예가 그림에 나타나 있다.



FIGURE 8
TAYLOR DAMPERS READY FOR SHIPMENT



FIGURE 9
TAYLOR DAMPER INSTALLATION,
LONG WALLS

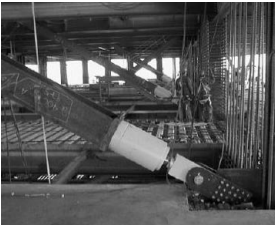


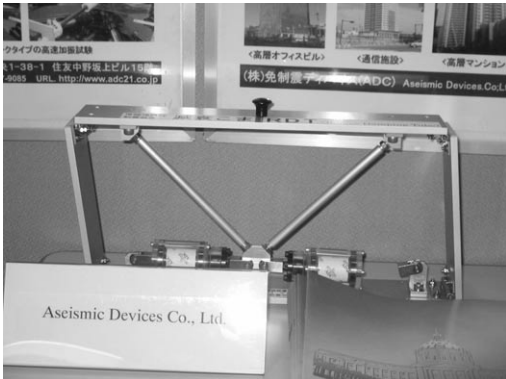
FIGURE 10
TAYLOR DAMPER INSTALLATION,
SHORT WALLS



FIGURE 11
TAYLOR DAMPER INSTALLATION,
SHORT WALLS

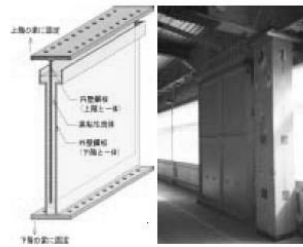
(2) Damper를 이용한 브레이싱 진동제어 시스템

damper를 브레이싱이 아닌 바닥에 설치하는 진동 제어 시스템에 대한 모형은 다음과 같다.



(3)벽체 방진장치

벽체에 방진 장치를 설치하는 방식도 소개되었는데, 이를 모형과 실제 설치된 모습을 표시하면 다음과 같다.



材料的構成概要圖

6. 기타 사항

(1) Niigata 지진 보고서

Niigata 지진에 대한 보고가 있었음. 별도의 일본 건축학회 현장조사보고서를 참조하기 바람, 지진에 대한 일반적인 사항은 다음과 같다.

- 지진 발생 시각 : 2004년 10월 23일 5:56(일본 표준시)
- 진원지 : 북위 37.3 도, 동경 138.8도
- 진도 : 6.6(USGS, ERI) 또는 6.8(JMA)

(2) 일본 대학 연구소 방문

- 武蔵工業大學 연구소를 방문하여 방진패드의 실험과 진동실험대 실험 진행상황을 참관하였다.