제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "건물 내 정보통신설비의 지진피해 보호장치 개발에 관한 연구"의 보고서로 제출합니다.

2011 . 11. 30

주관연구기관명 : (주)에코닝
주관연구책임자 : 황 기 태

협동연구기관명 : 서울과학기술대 산학협력단
협동연구책임자 : 장 극 관

위탁연구기관명 : (재)한국건설생활환경시험연구원
위탁연구책임자 : 안 석 헌

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>09기술혁신D01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2009.06.26
~
2011.10.25</td><td>단 계 구 분</td><td>2단계/총2단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">건설기술혁신사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">건물 내 정보통신설비의 지진피해 보호장치 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">황 기 태</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 20명
내부 : 13명
외부 : 7명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 210,000천원
기업 : 90,000천원
계 : 300,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 20명
내부 : 13명
외부 : 7명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 300,000천원
기업 : 144,000천원
계 : 444,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(주)에코닝
서울과학기술대학교 산학협력단
(재)한국건설생활환경시험원</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주)한국종합건축사사무소
(주)종합건축사사무소동일건축
(주)일호산업, 지에프시스템,
(주)원준하이테크</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : (재)한국건설생활환경시험연구원 연구책임자 : 안 석헌</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>183면</td></tr>
<tr><td colspan="6">- 본 연구는 지진시 건물의 흔들림에도 지진동의 전달을 저감시켜서 정보통신설비가 지진피해를 저감하여 유사시에도 정보통신설비가 안정적으로 운영될 수 있도록 하는 장치를 1차년도에 내진액세스플로어와 면진테이블을 개발하고 2차년도에 면진액세스플로어시스템을 개발하는 것이 최종목표임
- 기존 국내외 통신설비의 요구내진성능 및 내진대책에 대한 자료수집 및 분석을 통하여 이 분야의 국외연구 및 기술동향을 파악하였으며, 국내 통신설비의 내진성능을 만족할 수 있는 요구응답스펙트럼 및 시간이력데이터를 생성하였고 이를 성능 검증실험에 사용할 수 있도록 하였음.
- 제품의 개발을 위해 다양한 액세스플로어장치의 구성품들에 대한 각종의 성능시험을 수행하였다. 평판도, 내국압성, 내충격성, 내연소성, 대전성, 누설저항성, 내식성에 대한 성능을 평가 및 검증하였으며, 유한요소해석을 통해 제품개발에 따른 위험요인을 최소화할 수 있도록 함. 내진성능, 내구성강화, 경제성이 확보된 내진액세스플로어를 개발하였으며, 진동대 실물테스트를 통하여 내진성능을 검증하였음
- 본 연구에서는 국내 실정에 적합한 건물내부 바닥의 지진응답을 고려한 설계지진력 설정과 정보통신설비의 설치가 원활하고 지진시에도 지진피해를 저감할 수 있는 면진액세스플로어시스템을 개발 및 설계하고 내진성능을 검증 및 평가하였으며, 안전성을 확보 할 수 있도록 평가지침서를 개발하였음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어</td><td>한 글</td><td colspan="4">액세스플로어, 면진플로어, 정보통신, 면진이중 바닥시스템, 내진구조</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Access Floor, Isolation Table, Information Communication Technology, Isolated Access Floor, Earthquake Resistant Structure</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

건물 내 정보통신설비의 지진피해 보호장치 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구에서 개발하게 될 건물내 정보통신설비의 지진피해저감장치는 정보통신설비의 공조설비 및 전원케이블, 통신선 등의 설치가 원활하고 지진시의 건물의 흔들림에도 붕괴되지 않도록 하거나, 지진동의 전달을 저감시켜서 정보통신설비가 지진피해를 입지 않도록 하여 지진재해발생시 통신기능 중단으로 인한 인명구조와 사회적 혼란 상태를 해결하기 위한 통신서비스 기능의 유지는 현대 정보통신 시대에 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 따라서 중요 정보통신 설비는 유사시에도 안정적으로 운영될 수 있도록 건물과 내부설비를 구축할 필요성이 있다.

○ 정보통신설비에 대한 지진피해보호 장치 개발 연구의 목표는 다음과 같다.

① 1차년도 : **통신설비별 요구 성능에 부합되는 내진 또는 면진 기능을 수행 할 수 있는 독립제품 내진액세스플로어, 면진테이블**

② 2차년도 : **중요 상황실 등과 같이 층의 바닥전체 또는 특정 용도의 룸(Room) 전체에 대한 지진대책을 위한 요소기술을 융합한 시스템화 기술 개발(면진액세스플로어 시스템)제품이다.**

본 연구에서는 국내 실정에 적합한 건물의 지진응답을 고려한 정보통신설비의 설치가 원활하고 지진시에도 피해를 저감할 수 있도록 기존의 프리액세스플로어를 개량하여 보강하는 **내진액세스플로어**와 컴퓨터 등의 정보통신시설 등의 기기에 입력되는 지진동을 저감할 수 있는 **면진테이블 및 면진액세스플로어시스템에 대한 개발**을 하여 **설계지침**과 **시제작품제작** 및 **Mockup시공을 통한 현장 적용성 연구**를 수행하고 **각 개발제품 별 내진성능을 검증과 내진성능평가 지침을 개발**하는 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구의 총 연구기간은 2년이고, 연차별 연구개발 목표 및 내용은 다음과 같다.

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	(1) 관련 기술 자료수집 및 분석	-국내외 통신설비의 요구 내진성능 조사 -국내외 정보통신기기의 내진대책 -국내 건축물의 지진응답율의 평가 -통신설비의 설계용 스펙트럼 평가 -통신설비의 고유진동수 평가 -통신설비의 요구내진성능조사
	(2) 내진액세스플로어의 개발 및 설계	-국내외 액세스플로어 관련 표준화 현황조사 -국내외 내진액세스플로어 기술현황 조사 -내진액세스플로어 설계 -내진액세스플로어 구조 성능기준 및 평가지침(안)개발 -내진액세스플로어 시공 지침(안)개발
	(3) 면진테이블의 개발 및 설계	-국내외 면진테이블 관련 기술현황 조사 -면진테이블 설계 -면진테이블 구조 성능기준 및 평가 지침(안)개발 -면진테이블 시공지침(안)개발
	(4) 1차 시제작품 제작	-내진액세스플로어 시제작 -내진액세스플로어 Mockup 및 시공성 평가 -면진테이블 시제작 -면진테이블 Mockup 및 시공성 평가
2차년도	(1)통신설비 내진성능평가법 개발	-국내외 면진액세스플로어시스템 관련 기술현황 조사 -국내외 정보통신설비 내진성능평가 관련 기술현황 조사 -통신설비 내진성능평가 기준(안)개발 -통신설비의 내진성능 간이평가법 개발
	(2)면진액세스플로어시스템 개발 및 설계	-면진액세스플로어시스템 설계 -면진액세스플로어시스템 시제작 -면진액세스플로어시스템 Mockup 및 시공성평가 -면진액세스플로어시스템의 시공지침(안)개발 -면진액세스플로어시스템 간이(해석적) 성능평가 -면진액세스플로어시스템 내진성능평가 지침(안) 개발
	(3)면진액세스플로어시스템 내진성능 평가 및 결과분석과 개량	-면진액세스플로어시스템 내진성능평가 -면진액세스플로어시스템 내진성능 결과분석 -면진액세스플로어시스템 내진성능 개량 -면진액세스플로어시스템의 구축매뉴얼(안) 작성

Ⅳ. 연구개발결과

(1) 기존 국내외 통신설비의 요구내진성능 및 내진대책에 대한 자료수집 및 분석을 통하여 이 분야의 연구를 위한 기반기술을 확보하였다. 국내 통신설비의 내진성능을 만족할 수 있는 요구응답스펙트럼 및 시간이력데이터를 생성하였고 이를 성능 검증 실험에 사용할 수 있도록 하였다.

(2) 기존 액세스플로어의 지진피해시의 파괴매카니즘을 파악하고, 요구성능을 설정하였으며, 이를 통해 기존제품보다 성능이 우수한 제품이 개발될 수 있게 하였다.

(3) 제품의 개발을 위해 다양한 액세스플로어장치의 구성품들에 대한 각종의 성능시험을 수행하였다. 평판도, 내국압성, 내충격성, 내연소성, 대전성, 누설저항성, 내식성에 대한 성능을 평가 및 검증하였으며, 유한요소해석을 통해 제품개발에 따른 위험요인을 최소화할 수 있도록 하였다. 내진성능, 내구성강화, 경제성이 확보된 내진액세스플로어를 개발하였으며, 진동대 실물테스트를 통하여 내진성능을 검증하였다.

(4) 내진장치가 되어있지 않은 바닥에서 사용가능한 면진테이블을 개발하였으며, 전파연구소에서 공고된 방법에 의해 내진성능 및 면진효과를 검증하였다.

(5) 정보통신시설의 지진피해 보호장치로서 미끄럼 마찰방식의 면진액세스플로어를 개발하였으며, 진동대 실험결과 수평방향에 대한 면진효과를 확인할 수 있었다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

(1) 본 연구 개발제품인 내진액세스플로어시스템을 주관연구기관인 (주)에코닝에서 사업화 할 예정이다.

(2) 본 연구 개발제품인 면진장치(면진테이블 및 면진액세스플로어) 시스템을 주관연구기관인 (주)에코닝에서 사업화 할 예정이다

(3) 본 연구에서 개발된 제품을 본연구의 참여기업인 (주)동일건축과 (주)한국종합건축 등과 협의하여 통신용 건축물의 설계프로젝트에 적용할 예정이며, 이를 적극적으로 홍보할 예정이다.

(4) 내진액세스플로어와 면진장치(면진테이블 및 면진액세스플로어) 제품의 설계 및 제

작에 대한 원천기술을 확보하고 향후 안전한국 구축을 위한 자연재해저감기술 및 기계산업 분야 등에 적용하기 위한 후속 연구를 수행할 예정이다.

S U M M A R Y

Ⅰ. Title

Developing an earthquake protection equipment of building telecommunication system

Ⅱ. Objective and needs

Earthquake protection equipment of building telecommunication system to be developed in this study promotes easier installation of air conditioning, power supply cable, and lines of telecommunication system, prevents collapse of the system by tremors of earthquake and reduces the transmission of ground shaking in order to maintain telecommunication service for rescue operation and to prevent the disorder of the community when earthquake occurs. Maintaining telecommunication service is very critical in these days. Therefore, building and its internal equipment are required to be constructed as important telecommunication system can be stably operated in emergency.

° The objectives of this study of developing earthquake protection equipment for telecommunication system are like follows:

① First year : Independent product that can perform functions as earthquake resistant or seismic isolation that satisfies requirement of each telecommunication device (Earthquake resistant access floor, Seismic isolation equipment(Seismic isolation table)

② Second year : systematized technology development product(Seismic isolated raised floor system) that converges component technology for an earthquake protection of whole room for a specific function or whole floor of main situation room.

In this study, we established a design guideline, manufactured a prototype, performed a on-site applicability study through mockup construction, evaluated the earthquake-resistant performance of each product and developed a evaluation guideline for earthquake resistant performance by developing an earthquake resistant access floor that improves and reinforces the existing free access floor to easily install a telecommunication system considering the earthquake response of the buildings fit to circumstances in Korea and to reduce the earthquake damage, and a seismic isolation equipment(seismic isolation table) and seismic isolation raised floor system that can reduce ground shaking that is introduced to telecommunication devices including computer.

Ⅲ. Contents and scope of research

Total period of this study is 2 years. Goals and projects of research and development in each year are like follows:

Year	Research objective	Main research projects
1st year	(1) Data collection and analysis of related technical material	-Survey on the earthquake resistant requirement of telecommunication equipment in Korea and abroad -Earthquake resistant plan for telecommunication system in Korea and abroad -Evaluating earthquake response rate of buildings in Korea -Evaluating design spectrum of telecommunication system -Evaluating natural frequency of telecommunication system -Survey on earthquake resistant requirement of telecommunication system

	(2) Developing and designing of earthquake resistant access floor	-Survey on standardization status of access floor in Korea and abroad -Survey on technical status of earthquake resistant access floor in Korea and abroad -Designing earthquake resistant access floor -Developing structural performance standard and evaluation guideline of earthquake resistant access floor -Developing construction guideline(plan) of earthquake resistant access floor
	(3)Developing and designing of Seismic isolation equipment (Seismic isolation table)	-Survey on technical status of Seismic isolation equipment(Seismic isolation table)in Korea and abroad -Designing seismic isolation equipment(Seismic isolation table) -Developing structural performance standard and evaluation guideline(plan) of seismic isolation equipment(Seismic isolation table) -Developing construction guideline(plan) of seismic isolation equipment(Seismic isolation table)
	(4) 1st prototype manufacturing -Earthquake resistant access floor prototype	-Earthquake proof access floor mockup and workability evaluation -Seismic isolation equipment(Seismic isolation table) prototype -Seismic isolation equipment(Seismic isolation table) mockup and workability evaluation
2nd year	(1)Developing an evaluation method of earthquake-proof performance of telecommunication equipment	-Survey on technical status of seismic isolation raised floor system in Korea and abroad -Survey on technical status of earthquake-resistant performance evaluation of telecommunication in Korea and abroad

		−Developing guideline(plan) for earthquake−resistant performance of telecommunication system −Developing simplified evaluation method for earthquake−resistant performance of telecommunication system
	(2)Developing and designing of seismic isolation dual floor system −Designing seismic isolation raised floor system	−Seismic isolation dual floor system prototype −Seismic isolation dual floor system mockup and workability evaluation −Developing construction guideline(plan) for seismic isolation raised floor system −Simplified(analytical) performance evaluation Seismic isolation raised floor system −Developing performance evaluation guideline(plan) of seismic isolation raised floor system
	(3)Evaluating earthquake −resistant performance, result analysis and improvement of seismic isolation raised floor system	−Earthquake−proof performance evaluation of seismic isolation raised floor system −Result analysis of earthquake−resistant performance of seismic isolation dual floor system −Improving earthquake−resistant performance of seismic isolation dual floor system −Making construction manual(plan) of seismic isolation raised floor system

Ⅳ. Research result

(1) We secured base technology for this study through material collection and analysis of existing required earthquake proof performance and earthquake proof countermeasure for telecommunication system in Korea and abroad. We created a demand response spectrum that can satisfy the earthquake proof performance of domestic telecommunication system and made it

available to be used in performance evaluation test.

(2) We figured out the destruction mechanism in earthquake damage of existing access floor and established the required performance so that a product of better performance can be developed.

(3) We performed performance test of various components of dual floor equipment for product development. Flatness, pressure resistance, impact resistance, electricity, leakage resistance, and corrosion resistance were evaluated and examined, and risk in product development was minimized through limited component analysis. We developed an earthquake resistant access floor that secured earthquake resistance performance, improved durability, and economic efficiency, and we verified the earthquake proof performance through real life test on vibration table.

(4) We developed seismic isolated table that can be used on a floor without earthquake resistant equipment and verified the seismic isolation effect by a method specified by Radio Research Laboratory.

(5) A isolated access floor is developed to protect the seismic sensitive telecommunication equipments. The isolated access floor system has the effect of lowering the acceleration response of the equipment regardless the direction of seismic excitation in the horizontal plane.

Ⅴ. Plan for application of the result

(1) Earthquake resistant access floor system developed in this study is planned to be commercialized by Econing Co., Ltd., the main research organization.

(2) Seismic isolation equipment(Seismic isolation table, Seismic isolated access floor) system developed in this study is planned to be commercialized by Econing Co., Ltd., the main research organization.

(3) Products developed in this study are planned to be applied to design project of telecommunication building through discussion with Dongil Construction Inc. and Korea General Construction Inc., participating corporations in this study and to be aggressively promoted.

(4) We are planning to perform follow up study to secure the source technology of design and development of earthquake resistant access floor and seismic isolation equipment (Seismic isolation table, Seismic isolated access floor) product and to apply this technology to natural disaster protection technology and to mechanical industry for safer Korea.

C O N T E N T S

Chapter 1 : Introduction ····· 1

Section 1. Needs of Research ····· 1
1. Technical Aspect ····· 1
2. Economical and Industrial Aspect ····· 7

Section 2. Objectives and Scope of Research ····· 16
1. Final Objectives ····· 16
2. Objectives and Contents on Yearly Program ····· 18

Chapter 2 : Present Korean-abroad Technology ····· 21

Section 1. Domestic ····· 21

Section 2. Overseas ····· 27
1. Japan ····· 27
2. America ····· 33
3. Europe ····· 34

Chapter 3 : Achievements and Results of Research ····· 39

Section 1. Failure Mechanism of IT Equipments ····· 39

Section 2. Development of Earthquake resistant performance evaluation of telecommunication equipment ····· 52
1. Standard of IT Equipments(overseas) ····· 52
2. Standard of IT Equipments(domestic) ····· 60
3. Seismic Performance Evaluation Method ····· 66

Section 3. Development of Earthquake-resistant Access Floors ····· 78
1. Design of Earthquake-resistant Access Floors ····· 78
2. Performance Tests ····· 81
3. Lateral Performance Tests ····· 95
4. Seismic Performance Tests ····· 97
5. Comparison of Precedent Technology ····· 110

Section 4. Development of Isolation Table ····· 113
1. Overview ····· 113
2. Dynamic Characteristics of Isolated Table ····· 116
3. Design of Isolation Table ····· 118
4. Seismic Performance Test of Isolated Table ····· 121
5. Comparison of Precedent Technology ····· 136

Section 5. Development of Isolated Access Floor Systems ····· 129
1. Overview ····· 129
2. Friction ····· 132
3. Friction-Sliding Materials ····· 132
4. Friction Test ····· 132
5. Spring ····· 132
6. Design of Isolated Access Floor Systems ····· 132
7. Analysis of Isolated Access Floor Systems ····· 132
8. Seismic Performance Test of Isolated Access Floor Systems ····· 132
9. Comparison of Precedent Technology ····· 132

Section 6. Development of Specification ····· 138
1. Seismic Resistant Access Floor systems ····· 138
2. Seismic Isolation Table ····· 150
3. Isolated Access Floor Systems ····· 150

Section 7. Earthquake Resistant Performance Evaluation Method ····· 231

Section 8. Conclusions ····· 245

Chapter 4 : Achievements and Contribution ····· 247

Section 1. Achievement of Research ····· 247
1. First year ····· 247
2. Second year ····· 250

Section 2. Contribution ····· 253
1. Technical Effect ····· 253
2. Social and Economical Effects ····· 254

Chapter 5 : Availability of Research Results ····· 255

Chapter 6 : Scientific Technical Informations ····· 259

Section 1. Technical Exchange ····· 259

Section 2. Technical Information ····· 260

Section 2. Internet Information ····· 263

Chapter 7 : Reference ····· 265

Appendix ····· 269

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1

제 1 절 연구의 필요성 ····· 1
1. 기술적 측면 ····· 1
2. 경제 · 산업적 측면 ····· 7

제 2 절 연구개발 목표 ····· 16
1. 연구개발 최종목표 ····· 16
2. 연차별 연구개발 목표 및 내용 ····· 18

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 21

제 1 절 국내 기술동향 ····· 21

제 2 절 국외 기술동향 ····· 27
1. 일본 ····· 27
2. 미국 ····· 33
3. 유럽 ····· 34

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 39

제 1 절 정보통신 시설의 지진피해 메커니즘 ····· 39
1. 정보통신시설의 지진피해 ····· 39
2. 정보통신설비의 지진피해 예측 ····· 43

제 2 절 전기통신설비의 요구내진성능 평가방법 개발 ····· 52
1. 해외 기준 ····· 52
2. 국내 기준 ····· 60
3. 내진액세스플로어의 성능평가법 ····· 66

제 3 절 내진액세스플로어 개발 ····· 78
1. 내진액세스플로어의 설계 ····· 78
2. 내진액세스플로어 구성재 성능실험 ····· 81
3. 액세스플로어의 횡방향 강도실험 ····· 95
4. 내진액세스플로어 내진성능 시험 ····· 97
5. 국내·외 기술과의 비교 ····· 110

제 4 절 면진테이블 개발 ····· 113
1. 개요 ····· 113
2. 면진테이블의 동적특성 ····· 116
3. 면진테이블의 설계 ····· 118
4. 면진테이블의 내진성능실험 ····· 121
5. 국내·외 기술과의 비교 ····· 136

제 5 절 면진액세스플로어의 개발 ····· 138
1. 개요 ····· 138
2. 마찰 ····· 139
3. 미끄럼마찰장치 소재 ····· 149
4. 마찰시험 ····· 152
5. 스프링 ····· 154
6. 면진액세스플로시스템의 설계 ····· 166
7. 면진액세스플로의 해석 ····· 169
8. 면진액세스플로어의 내진성능 실험 ····· 174
9. 국내·외 기술과의 비교 ····· 187

제 6 절 시공지침 개발 ····· 188
1. 내진액세스플로어의 시공지침 ····· 188

2. 면진테이블의 시공지침 ····· 200
3. 면진액세스플로어의 시공지침 ····· 214

제 7 절 내진(면진)액세스플로어 및 면진테이블의 내진성능평가기준(안) ····· 232

제 8 절 결 론 ····· 245
1. 내진액세스플로어의 개발 ····· 245
2. 면진테이블의 개발 ····· 245
3. 면진액세스플로어의 개발 ····· 246

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 247

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 247
1. 1차년도 연구개발 목표 및 달성도 ····· 247
2. 2차년도 연구개발 목표 및 달성도 ····· 250

제 2 절 연구개발의 대외기여도 ····· 253
1. 기술적 효과 ····· 253
2. 사회 · 경제적 효과 ····· 254

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 255

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 259
1. 기술교류 ····· 259
2. 입수 기술자료 ····· 260
3. 인터넷 정보 ····· 263

제 7 장 참고문헌 ····· 265

부 록 ····· 269

부록 1. KS F 4760 이중바닥재 ····· 269

부록 2. 개발제품의 설계도면 ····· 295

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구의 필요성

1. 기술적 측면

2007년 1월 20일 20시 56분경 강원도 평창군 오대산 일원에서 발생한 지진은 리히터규모 4.8로 진부면, 도암면 일대의 지역주민과 강릉시내에서 심한 흔들림을 느낄 정도로 공포감을 주었으며, 진도4~5정도로 발표된 강릉지역에서는 유리창이 깨어지고 타일이 떨어지는 경미한 피해 정도에 머물렀고, 다행히 수도권은 멀리 떨어진 지역에서 발생하여 그 피해는 적었다고 볼 수 있다. 이 지진은 1978년 발생한 홍성지진(리히터규모 5.0)다음으로 큰 것이었다.

[그림 1.1]은 우리나라의 피해지진인 홍성지진과 오대산지진의 건축물피해 상황이다. 오대산 지진의 전국 각 지역별로 흔들림의 정도를 나타낸 진도분포도이다. 강릉 시내가 진도 Ⅴ를 나타내고 있으며, 서울과 경기 일원에서도 실내에 있었던 사람들은 흔들림을 느낄 수 있었다고 한다.

[그림 1.2]는 최근 우리나라의 지진발생 현황이다. 기상청 통계에 의하면 최근 10년 동안 지진이 년 평균 30회 이상 발생하고 있으며, 지진발생 횟수가 증가하는 경향을 나타내고 있어, 중요시설물에 대한 건물의 내진설계와 더불어 유사시에도 기능(운전)이 유지되어야 하는 중요설비에 대해서는 내진성능이 구비된 제품의 개발이 절실히 요구되고 있다.

특히 수도권 집중현상이 극심한 우리나라의 경우 정보통신시스템 시설 운영센터도 집중되어 있고, 현재는 대부분의 경우 건물에 대한 내진설계에만 국한되고 있는 실정이다.

그러나 내진설계는 건물의 붕괴방지를 목표로 설계하는 최소한의 기준으로, 지진시에 건물의 흔들림은 내부에 설치된 정보통신 설비 시스템 등을 비롯한 정밀기기 등이 이동, 전도, 낙하 등의 원인으로 기능 장애가 발생하게 된다.

대부분 그 원인은 건물이 붕괴되지 않더라도 비구조부재인 천정과 칸막이 벽 및 액세스플로어가 흔들리게 되어 낙하 또는 전도되는 현상이 발생하여 통신기능이 마비되는 등의 피해가 발생하게 되면 현대 사회는 대혼란에 빠지고 경제적인 피해도 심각하게 될 가능성이 크다.



(a) 홍성지진(홍성초교-유리창파손 및 기둥의 전단균열)



(b) 홍성지진(홍주성-성곽붕괴)



(c)평창지진 진도분포



(d) 평창지진(정지된 스키장 리프트)





(e) 평창지진(거문초등학교 벽과 기둥의 전단균열)

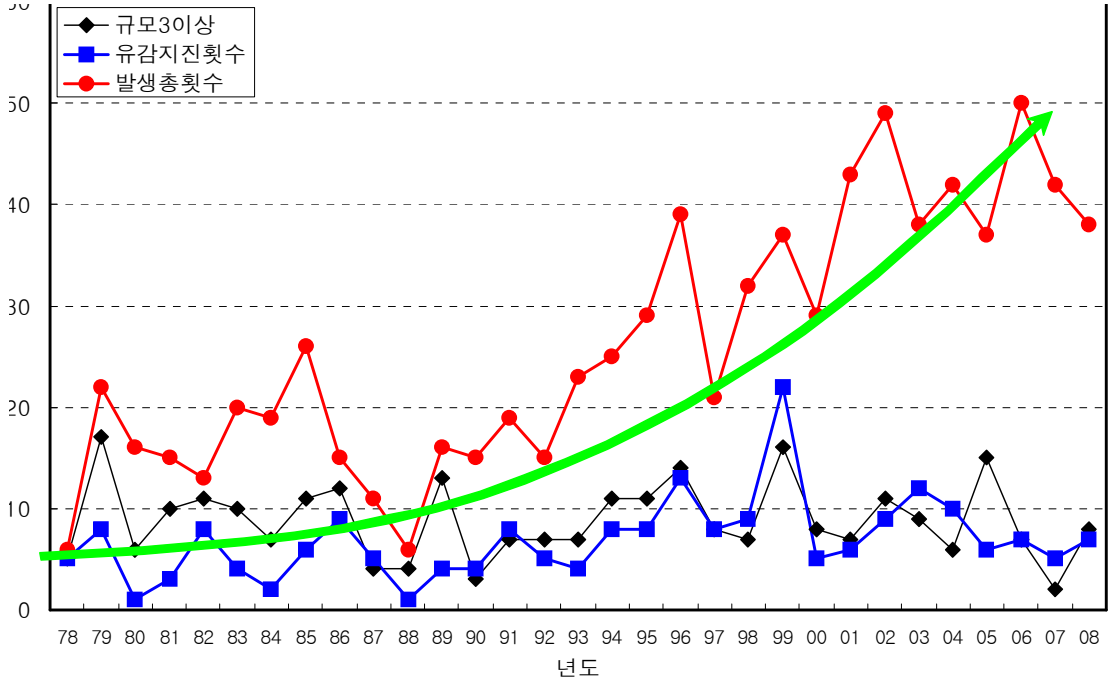




(f) 평창지진(대관령고교-내벽전단균열 및 전도낙하)

[그림 1.1] 우리나라 지진피해 사례

특히 정보통신시스템은 컴퓨터의 사용 환경을 유지하기 위하여 액세스플로어 상부에 설치되므로 흔들림의 정도가 더욱 커지게 되고, 설치된 기기의 하중은 관성력으로 작용하게 되므로 액세스플로어 패널의 강도와 함께 지지구조에 강한 전단력으로 작용하여 지주가 전도되어 정보통신시스템의 가동이 중단되는 가장 큰 요인이라는 사실은 외국의 지진피해 사례에서 30%정도 차지하고 있어 이에 대한 대책마련이 필요하다.



[그림 1.2] 우리나라의 지진발생 현황

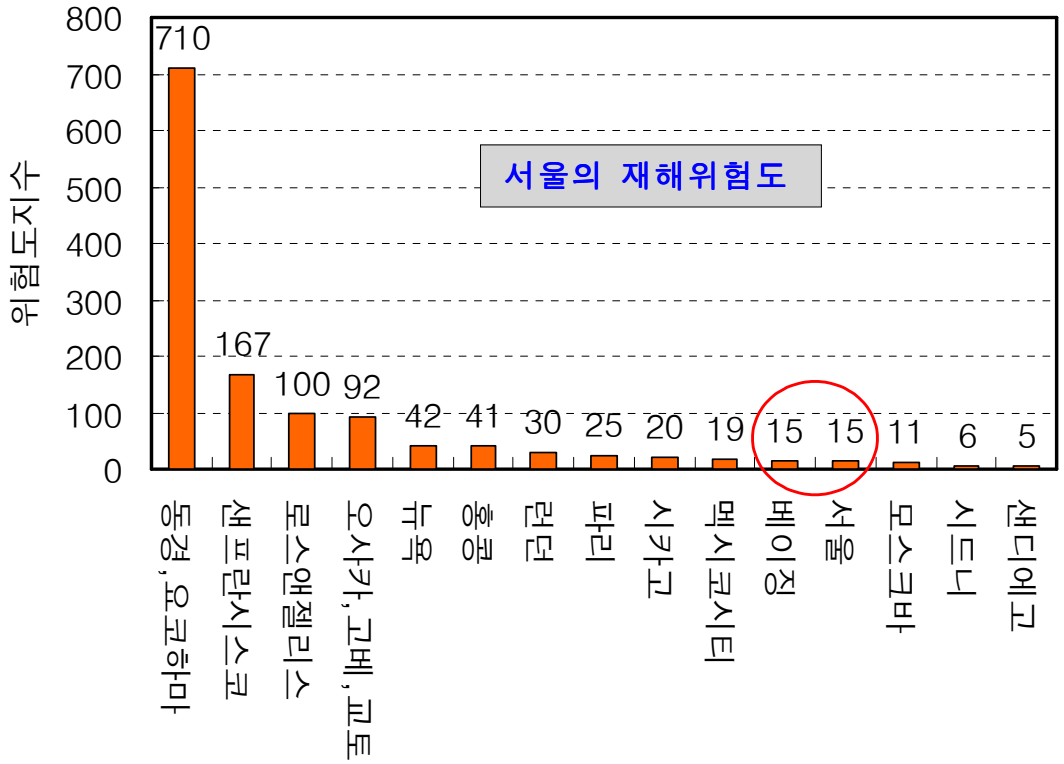
우리나라의 지진피해 역사기록을 살펴보면 수십 년에서 수백 년 간격으로 총 45회에 걸쳐서 지진피해가 발생하였고, 해저지진으로 인한 지진해일피해 기록도 17세기이후 서해안 1회, 동해안 8회 등 총 9회나 발생하였다.

[그림 1.3]은 독일의 재보험회사인 뮌헨리가 조사하여 발표한 세계 주요도시의 "재해위험도지수"이다. 여기서 일본의 동경과 요코하마가 가장 재해위험도 지수가 가장 높고, 서울은 중국의 북경과 동일한 위험도 지수를 나타내고 있다. 이 위험도 지수는 지진과 같은 자연재해가 발생할 위험성과 경제적인 영향, 도시의 취약성을 산정한 위험도 랭킹이라고 할 수 있다.

이 위험도 지수는 2002년에 처음 발표되었다. 그러나 우리나라의 경우, 수도권에 전 국민의 절반에 가까운 인구집중과 정치, 경제, 금융, 통신 등의 인프라가 집중되어 있어, 광역재해인 지진과 같은 자연재해에 대한 취약성을 고려한다면 발생 가능성이 낮아도, 만약 피해지진이 발생한다면 그 피해가 수도권 전역에 걸쳐 광범위하게 발생하는 광역재해가 될 가능성이 상대적으로 높다고 할 수 있다.

이러한 지진은 발생하지 않아야 하겠지만, 지진이 발생한다면 예상되는 피해는 상상을 초월하는 복합재난 상황이 되어, 사회적인 혼란을 초래하게 되어 복구에도 상당한 시일과 천문학적인 비용이 소요된다는 사실을 인식을 하고 있지만, 지금까지는 우선순위에서 간과되고 있는 실정이다.

최근 정보통신시스템 등의 시설의 효율적인 관리를 위해 집중·집약화 하는 경향이 있다. 이것은 운영적인 측면에서는 효율적인 반면 재해에 대해서는 상대적으로 취약할 수 있다.



[그림 1.3] 세계 주요도시의 재해위험도

또한 <표 1.1>의 1인당 국민소득과 국가재정규모를 보면, 우리나라에 내진설계법이 도입된 1988년을 기준으로 국가재정 규모가 약 8배의 성장을 하였으며, 국가 경제 규모는 10배 가까이 커졌다는 것을 의미하고, 이에 따른 위험도와 사회적 취약도도 그 만큼 커졌다는 것을 의미하게 된다. 그러나 내진설계 도입 당시의 내진설계목표와 추구하는 안전성은 도입당시와 수준이 동일하다. 즉 내진설계 도입 당시에는 건물의 붕괴로 인한 인명피해를 최소화 하는 것을 목표하고 있다. 이것은 IT고도정보화 사회에 대해서 미처 예측을 하지 못하였고, 재해도 발생하지 않았기 때문에 방재에 대한 패러다임의 전환을 하지 못하고, 현재에도 내진설계기준 제정당시의 철학을 만족하는 수준에 그치고 있는 실정이다.

21세기 IT고도화 사회의 재난은 복합재난의 양상이 되므로 건물구조와 고가의 설비 및 인적재산을 보호하는 개념으로 전환하여야 한다.

그러나 국가경제규모의 양적 성장과 IT고도화 정보사회의 근간인 통신과 금융 등의 정보통신시스템 건물의 붕괴는 물론 내장재의 낙하, 전도 등으로 인한 정보통신시스템 및 운용시스템설비에 장애가 발생하는 기능정지, 그리고 기타 장비의 전도 및 이동에 따른 기능 정지 등이 예상된다. 따라서 예상되는 피해를 최소화하기 위해서는 지금까지 간과하였던 부대설비(천정, 벽, 액세스플로어)에 대한 설계와 고정방법 등과 함께 지진동의 전달을 저감하여 재해시에도 기능을 유지할 수 있는 제품개발과 대책이 필요하다. 만약 재해로 인한 시스템장애가 발생한다면 큰 사회적 혼란과 국가경제의 마비 등 막대한 경제적 손실을 초래하게 될 것이다.

이러한 것을 고려할 때, 우리나라도 지진에 대해 안전지대가 아님은 주지의 사실이고, 언제 어디서 어떤 규모로 우리에게 엄습해 올지는 어느 누구도 예측할 수 없으므로 이제라도 지진재해의 재앙에 대비하여 국가경제와 국민의 생존을 지키기 위한 다 방면의 수단과 방법을 동원한 효율적인 지진재해를 경감할 수 있는 방재대책이 절실히 필요한 시점이라고 할 수 있다.

<표 1.1> 1인당국민소득과 국가재정규모

년도	국내 총생산 (조원)	국민 총소득 (조원)	국민 소득 (1인당/달러)	국가 예산 (조원)	비고 (내진설계 제정시 기준)	주요사항
1988	**137.1**	**136.2**	**4,435**	**29.3**	**1.00**	**내진설계법제정**
1990	186.7	186.6	6,147	43.1	1.47	
1995	398.8	397.5	11,432	95.4	3.26	고베지진발생 내진설계 대상강화 토목내진설계법제정 **자연대책법입법**
1999	529.5	523.4	9,438	150.0	5.12	대만지진 터어키코자에리지진
2000	578.7	576.2	10,841	161.7	5.52	**내진설계대상강화**
2001	622.1	621.0	10,162	168.9	5.76	인도구자라트지진
2004	779.4	781.1	15,082	186.0	6.35	니이가타지진 고속철도탈선 **원자력발전소 2차피해로 현재 가동중단** 인도네시아지진
2005	**806.6**	**864.4**	**17,531**	**195.8**	**6.65**	후쿠오카지진 **부산경남지역흔들림** **내진설계대상강화**
2006	**908.7**	**910.1**	**19,722**	**204.2**	**6.97**	
2007	**975.0**	**941.3**	**21,695**	**200.9**	**6.86**	오대산지진
2008	**1026.5**	**935.2**	**19,296**	**228.2**	**7.79**	**중국쓰촨지진** **니이가타지진** **지진재해대책법제정** **전기통신관련법개정**
2009	**1065.0**	**950.0**	**17,193**	**256.5**	**8.75**	
2010	**1172.8**	**1002.5**	**20,759**	**255.3**	**8.71**	**아이티지진** **칠레대지진** **대만지진**
2011				**264.1**	**9.01**	**동일본대지진** **후쿠시마원전피해**

[출처 : 통계청 통계연감]

■ 국가 경제규모 및 위상을 고려
■ 국가 위험도 상대적 취약성
■ 국가 위상과 이미지 재고를 위한 안전대책 수준 필요
■ 고도 **IT정보화 사회의 정보통신 설비는 대동맥**이다.

따라서, 중요기간 인프라 설비는 발생 가능성이 있는 최대 지진에서도 통신기능을 유지할 수 있는 **사전대비가 절실히 필요**하다.

2. 경제 · 산업적 측면

가. 국외지진 발생현황과 정보통신시설의 피해

2006년 12월 26일 21시30분 대만남부에서 규모6.7의 강진이 2회에 걸쳐 발생하여 국제해저중계케이블이 절단되어([그림 1.4]참조), 중국, 한국, 일본, 동남아시아 등에 정보통신 대란이 발생하였다. 이 사고로 일본의 경우 마쯔이 증권, 오릭스 증권 등 인터넷 증권의 중국관련 증권 거래서비스에 장애가 발생하였고, 우리나라를 비롯한 통신회사들의 국제통화서비스에 장애가 발생하였다.

중국의 경우, 자국 내의 Web유저 1만 여명의 도메인명이 소실되었다고 신화사 통신이 China International Network Information Center(CINIC)의 발표를 인용하여 보도하였다. 이 사고로 도메인 명을 갱신할 수 없었거나 기간만료 되어 재등록을 할 수 없어, 소실된 도메인명은 자연재해로 인한 "불가항력" 이기 때문에 도메인서버 관리자는 책임이 없다고 보도하였다. 그러나 도메인서버 관리자는 아직 최종적인 결론을 내린 것은 아니지만 개인과 기업에 어떤 보상을 할 수도 있다고 한다. 이때 우리나라에서도 씨티 은행의 인터넷뱅킹과 ATM 서비스를 이용할 수 없게 되었다.([그림 1.5]참조)



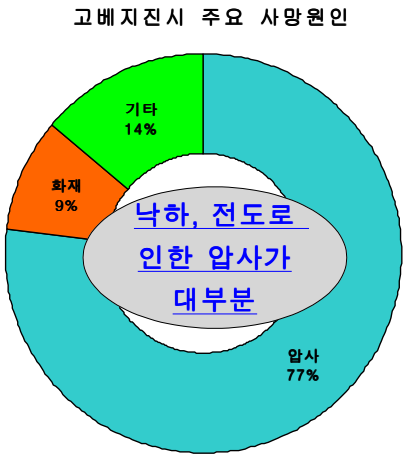
[그림 1.4] 해저광케이블손상지점



[그림 1.5] 중단된 은행단말기

이 지진으로 대만의 건물피해에 의한 인명피해보다 약 1천만 명의 인터넷유저의 통신이 단절되었으며, 동아시아의 많은 기업들에게도 대금결제 및 송금 등 금융거래 업무에 장애가 발생하여 혼란이 초래된 사실이 세계적으로 부각되었다.

1995년 1월17일 새벽 인구 약 350만 명의 대도시 고베를 엄습한 지진은 고베시 전역에 걸쳐서 방대한 피해를 발생시켰다. 특히, 전기, 가스, 수도, 철도, 고속열차인 신칸센, 고속도로, 지하철, 항만부두 등 피해가 도시전역에 걸쳐서 광범위한 피해가 발생하였고 주요피해 상황 비율은 [그림 1.6]과 같으며 [그림 1.7]은 건물 내부 수장물의 전도 및 이동에 따른 피해 상황이다.



[그림 1.6] 고베지진시 주요 사망원인



[그림 1.7] 건물내부의 상황(전도)

- 내진설계를 적용하면 건물의 붕괴로 인한 인명피해는 저감할 수 있으나, 설비 등 비구조재의 낙하, 전도 및 기기의 이동 등으로 인한 피해 발생.
- 고베지진시 사망원인의 약 80%가 가구, 비구조재, 설비 등의 낙하와 전도로 인한 압사.
- 따라서 비구조재에 대한 지진피해 경감 대책이 필요.

재해에는 지진이외에도 태풍, 화재, 폭우, 폭설, 낙뢰 등 여러 가지 요인이 있지만, 그 가운데서 지진은 시간과 장소, 규모 등 예측불허이고, 한 순간에 피해가 발생하며, 피해지역 또한 중국 스쫜 지진처럼 광범위하다. 중국 스쫜 지진은 그 피해지역이 10만㎢(우리나라 면적)에 달한다.

지진은 <표 1.2>에서와 같이 지면이 흔들려서 건물과 각종 시설(설비)의 기능장애, 부대설비(천정, 벽, 액세스플로어 등)의 손상, 전도, 이동, 낙하, 산사태 등의 1차적인 직접피해와 화재와 정전 등의 2차적인 피해가 발생하게 되므로 지진방재는 지진으로 인한 흔들림에 대한 1차재해와 2차재해도 포함하여 종합적인 대책이 필요하다. 특히, 정보통신시스템에 대한 지진재해대책에는 사전에 대비하는 방재대책과 발생 후의 응급대응과 조기복구가 있다.

<표 1.3>은 최근 세계의 주요 지진과 피해액이다. 각국의 내진설계적용 수준과 소득수준에 따라 피해액수가 천문학적으로 달러 피해액이 50조원에 이르고, 고베 지진(규모 7.2)의 경우에는 140조원에 이른다. 또한 2003년도에 발생한 니이가타 지진의 경우에도 48조원에 이른다고 한다.

<표 1.2> 지진재해의 피해양상

구 분	지진피해 양상
1차 피해	– 지반의 붕괴, 액상화, 산사태 **– 건물 등의 피해, 붕괴** **– 각종설비의 기능장애, 손상, 전도, 이동, 낙하**
2차 피해	– 화재, 해일 – 위험물 유출, 폭발 **– 전기, 가스, 수도, 통신, 교통의 두절** – 유언비어, 사회적 혼란

<표 1.3> 세계주요지진과 피해액

지 진 명	발 생 년 도	지 진 규 모	사 망 자 (명)	피 해 액	비 고
중국 당산	1976.07.26	M 7.8	242,419	–	
미국 노스릿지	1994.01.17	M 6.7	61	50 조원	도시광역재해
일본 고베	**1995.01.17**	**M 7.2**	**6,434**	**140 조원**	**도시광역재해 통신,전기등 피해 국가예산:980조원**
터어키 코자에리	1999.08.17	M 7.4	15,756	2 조원	
대만 지지	1999.09.21	M 7.6	23,331	11 조원	
인도 구자라트	2001.01.26	M 7.7	20,005	6 조원	
일본 니이가타 주에쯔	2004.10.23	M 6.8	40	48 조원	**고속철도피해**
인도네시아 스마트라	2004.12.26	M 9.3	226,566	–	
일본 후쿠오카	2005.03.20	M 7.0	1	0.5 조원	
파키스탄	2005.10.08	M 7.6	86,000	2.8 조원	
일본 니이가타 주에쯔 오키	2007.07.16	M 6.8	15	24 조원	**원자력발전소피해**–현재가동중단
중국 쓰촨지진	**2008.5.12**	**M 7.8**	**69,197**	**22 조원**	**광역재해 학교 및 병원피해집중**
아이티지진	**2010.1.12**	**M 7.0**	**316,000**	**17조원**	**대통령궁, 국회의사당붕괴. 전기,통신 라이프라인괴멸**
칠레대지진	**2010.2.27**	**M 8.8**	**708**	**37.8조원**	**국제공항폐쇄 대정전**
동일본대지진	**2011.3.11**	**M 9.0**	**13,895**	**350조원 이상**	**광역재해 지진,해일,원전재해 국가예산:1100조**

발생빈도와 규모는 작지만 모든 산업과 경제의 중심이 수도권에 집중하고 있는 우리나라의 경우에도 대규모 지진이 발생한다면 상상을 초월하는 피해가 예상된다는 사실을 누구나 인식할 수 있을 것이다.

고베 지진의 경우 재해를 복구하기 위해 10년의 기간과 피해액의 4배에 가까운 경제적 부담을 하였다고 한다.

나. 국외 정보통신시설의 지진피해 사례

고베 지진은 지진 발생시간이 연휴 다음날의 새벽시간이어서 많은 시스템들이 가동 전이었다는 것을 고려하면 그 피해가 적었다고도 볼 수 있다. 또한 이러한 이유로 컴퓨터 기기의 전도 및 이동으로 인한 사상자는 없었다고 한다.

피해의 대부분은 시스템장애였고, 피해상황은 컴퓨터 하드웨어에 대한 장애, 데이터와 소프트웨어를 격납하고 있는 기기와 매체의 손상으로 인한 피해, 컴퓨터를 가동시키기 위한 설비기기에 대한 피해와 피해를 입은 컴퓨터가 가동불능이 된 피해, 전력과 수도 등 라이프라인이 정지하였기 때문에 컴퓨터의 가동이 불가능한 피해, 건물의 붕괴, 건물의 출입이 금지되어 가동할 수 없는 피해 등이었다.

컴퓨터 하드웨어에 대한 피해는 “조사보고서(일본건축학회 외 4개 기관 공동조사, 1998)”에 의하면 1,690개 시스템을 지역별로 기기전도, 경사, 이동, 낙하, 기타로 분류하였다.

<표 1.4>는 고베지진시 진원지 주변지역에서 가동되고 있던 전산센터 및 통신회사의 대형컴퓨터 시스템에 대한 피해상황을 피해유형별로 조사한 결과이다. 진원지와 가까운 고베지역에서는 약60%에 가까운 시스템에 피해가 발생하였고, 정보통신기기는 주로 전도와 이동으로 인한 피해라고 조사되었다.

일본 IBM주식회사의 피해조사 보고서에 의하면 컴퓨터가 있는 건물붕괴는 0.7-5.7% 정도 발생하였고, 지역은 대부분 고베시에 집중하였다고 한다.

<표 1.4> 시스템의 지진피해 상황(피해조사보고서,일본건축학회,1998)

지역	피해상황					기기피해 상황				
	시스템수	초기정상가동		**피해시스템수**		전도	경사	이동	낙하	기타
고 베	371	161	43.3%	210	**56.6%**	**54**	19	**103**	11	23
오사카	885	718	81.1%	167	18.9%	8	6	**128**	7	18
기 타	434	427	98.4%	7	1.6%	1	1	4	0	1
합 계	1,690	1,306	77.3%	384	22.7%	63	26	235	18	42

또한 붕괴되지는 않았지만 건물 구조체의 손상이 있는 것으로 판명되어 시스템복구 후에 건물출입이 금지된 사례도 있다. 출입금지는 되지 않았지만, 엘리베이터의 피해로 컴퓨터시스템 수리용 기자재를 반입할 수 없는 등, 건물을 사용할 수 없게 되어 컴퓨터시스템을 이설해야만 하는 경우도 있었다고 한다.

정전과 단수로 공기조화설비의 중단으로 컴퓨터를 가동할 수 없는 경우도 있었다. 장시간에 걸쳐서 정전되어, 무정전 장치(UPS)를 준비하고 있어도, 축전지의 용량부족으로 시스템이 정지하거나, 연료가 떨어지고, 냉각수가 없어서 가동할 수 없었다는 사례도 보고되고 있다. 또한, 분전반, 공조기 등 관련설비기기의 전도, 이동에 의해 기기의 파손, 케이블, 배관의 파단이 발생하여 시스템복구를 지연시키기도 하였다고 한다.

통신회선과 기기의 피해로 네트워크시스템에도 영향을 주었지만, 전용회선의 복구가 조속히 이루어져 피해는 비교적 적었다고 한다. 그러나 백업을 일반회선에 의존한 기업들은 접속의 폭주로 연결이 잘되지 않아, 그 기능을 수행할 수 없었다고 한다. 또한 고속도로와 철도 등 교통의 단절로 시스템유지관리 요원, 오퍼레이터, 수리용기자재의 운송이 곤란하게 되어 복구 작업에 장애가 되기도 하였다.

NTT기술저널(1995, Vol.7, No.6)에 의하면 내진설비를 하고 있었던 시스템은 7-20%정도 있었다고 한다. 역시 지진대책의 효과는 각 업체의 피해 상황을 종합해보면 <표 1.5>에서 보는바와 같이 설비기기류의 내진대책을 하면 기기의 전도, 이동 및 복구가동에 효과가 있음을 알 수 있다.

<표 1.5> 내진대책과 기기의 피해상황(피해조사보고서, 일본건축학회,1998)

시 공 상 태	기기의 전도	기기의 이동
내진대책 있음	6	13
내진대책 없음	56	60
합 계	62	73

<표 1.6> 은 고베지진시 건물의 상층부에 거주하는 사람들의 부상자 수를 나타낸 것으로 건물의 중층부와 상층부에 거주하는 사람들이 **가구의 전도, 이동, 낙하 등으로 경상 이상의 피해**를 입었다는 것을 알 수 있다.

<표 1.6> 고베지진시 건물내부의 부상자수(일본건축학회, 건축내부공간에 있어서 피해)

구 분	중 상	경 상	경미(혹) 정도
상층부	8	20	20
중층부	3	15	20
하층부	0	8	8

일본 대장성(우리나라의 지식경제부)자료인 (재)금융정보시스템센터(FISC)조사에 의하면 1995년1월17일 휴업을 한 금융기관 점포는 고베지역에 607개 점포 가운데 74.1%인 450개 점포가 휴업을 하였고, 20일간 휴업한 점포수가 1/3이었으며, 지진발생 14일 이후인 2월1일에 전 점포가 업무를 재개하였다고 한다.

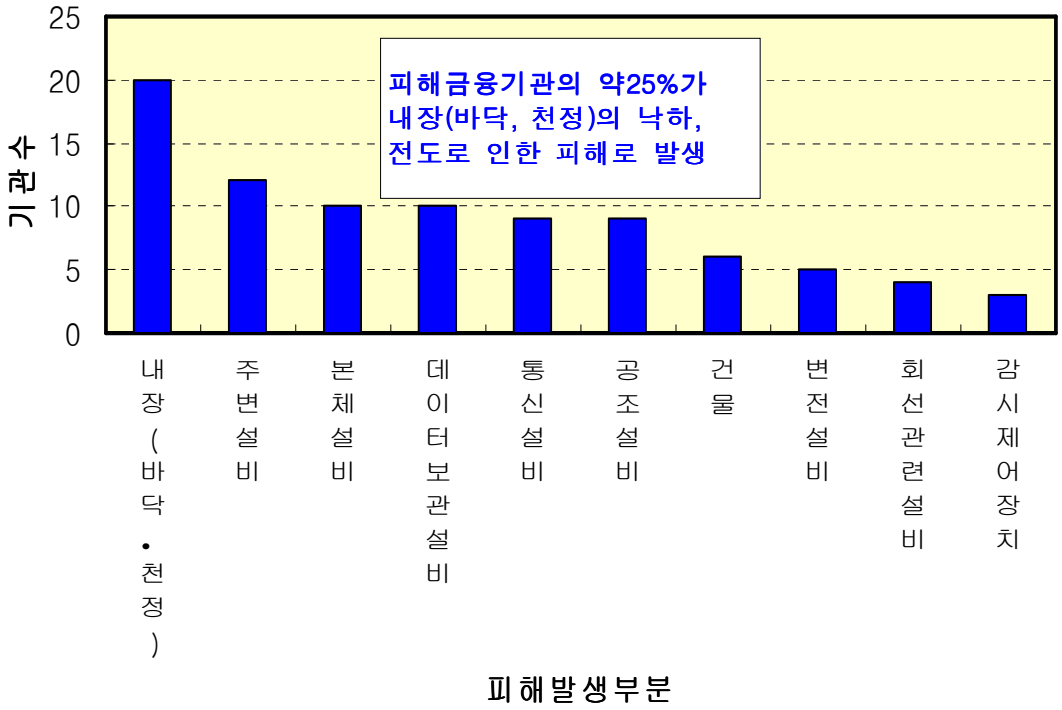
또한 그 조사에서 고베지진으로 컴퓨터센터 또는 영업점 등에서 어떤 피해를 입었는지에 대한 설문조사를 한 결과 답변을 보내온 843개 기관 중 피해기관의 수는 176개 기관에 이르렀다고 한다. 약 21%에 해당하는 결과라고 할 수 있다.

이 176개 기관의 컴퓨터센터의 주요 피해내용은 [그림 1,8]와 같다(고베지진 피해조사보고서, 일본건축학회,1998). 조사대상에는 은행, 신용금고, 신용조합, 생명보험, 손해보험 등 20개 기관을 대상으로 조사하였고, 주요피해 부분은 다음과 같다.

지진이 자주 발생하는 일본의 경우에서도 지진대책이 미흡하였던 정보통신시스템의 사용환경 구축 부대설비(천정, 벽, 액세스플로어)에 대한 부분에서 피해가 발생하여 시스템 장애 요인으로 파악되어 이에 대한 대책을 수립하게 되었다.

기기의 이동, 전도에 따른 피해가 현저하였지만, 일반기업들에 비해서는 피해가 경미하였다. 그 이유는 컴퓨터센터의 건물이 붕괴된 경우는 없었다.

컴퓨터센터를 설치한 대부분의 기업들이 액세스플로어의 내진보강을 하고 있었기 때문이다(일본IBM(주),고베지진피해조사보고서). 이것은 (재)금융정보시스템센터와 일본IBM(주)의 조사에서 공통으로 지적되고 있는 부분이다.



[그림 1.8] 주요 금융기관 전산실 피해상황

[그림 1.9]는 고베 지진시 붕괴된 OOO은행 건물 붕괴 모습이다.



[그림 1.9] OOO은행의 붕괴

① 하드웨어(본체, 주변기기 등)의 피해가 액세스플로어의 구조와 설치방법 그리고 플로어 상부에 하드웨어를 설치하는 방법에 따라 양상이 크게 달랐다. 특히 **면진액세스플로어를 설치한 기관은 4개(20%)**있었지만, **약간 이동한 정도**였다. 또한 **액세스플로어에 대한 내진보강이 효과가 있었다고 한다**.

② 조사대상 전 기관이 이중 백업시스템을 하고 있었기 때문에 데이터의 파손은 없었다. 그러나 **데이터 보관매체(자기테이프 등)의 파손**은 있었다.

③ 컴퓨터센터 건물 붕괴는 없었지만, 영업점에서는 붕괴가 있었다. 또한, 벽의 손상, 천정낙하 등의 피해는 있었지만, 컴퓨터의 가동에는 지장이 없었다고 한다.

④ 관련 설비의 피해는 공조기의 전도, 냉각기의 파손, 단수에 의한 수냉식 공조기의 정지 등이었고, 대부분의 기관이 무정전설비(UPS)를 보유하고 있어 정전에는 잘 대응했지만, 무정전전원장치의 축전지가 파손되거나, 단수에 의해 냉각수를 확보할 수 없어 전원을 공급할 수 없었다고 하는 기관도 있었다.

⑤ 기관들의 가입자회선망과 **통신기기의 피해가 발생**하여 온라인시스템에 영향을 주었지만, 전용선의 복구는 조기에 이루어 졌다. 백업 회선망을 대부분의 금융기관이 보유하고 있었지만, 일반 회선망을 이용한 기관은 회선망의 폭주 등으로 제대로 기능을 하지 못한 사례도 많았다고 한다.

⑥ **불의의 사고에 대한 계획(Contingency Plan)**은 유지관리 정비 상황과 계획 실시상황, 그리고 실제의 대응은 업종별로 약간의 차이는 있었지만, 비즈니스를 지속적으로 하는 것을 주목적으로 하는 계획을 지니고 있었던 기관은 적었다.

일본의 기간통신시스템이 1시간이상 정지하였을 경우 경영에 미치는 영향(피해액)이 어느 정도나 될 것으로 예상하는가? 하는 설문조사를 2003년에 일본정보처리산업협회에서 하였다.(*주: 피해액에는 매출액의 손실액, 배상금액, 원상회복비용금액을 포함) 그 결과는 다음과 같다(<표 1.7>, <표 1.8> 참조).

<표 1.7> 예상피해액은 어느 정도 될 것으로 예상하는가?

설 문 문 항	응 답
예상하고 있다	21.7%
예상하지 못하고 있다(상상초월)	**77.0%**
무응답	1.3%

이 설문조사에서 약20%는 예상피해액을 추정하고 있었지만, 약80%는 기간통신 시스템에 1시간이상의 장애가 발생한다면 상상할 수 없을 정도의 피해가 발생할 수 도 있을

것이라고 조사되었다. 또한 1일당 150억원 이상의 피해가 예상된다는 곳도 10%나 되었다.

<표 1.8> 1일당 예상 추정피해액은 어느 정도 되는가?

설 문 문 항	응 답
1,000,000,000 엔 이상(**150 억원 이상**)	10.7 %
500,000,000 엔 이상 ~ 1,000,000,000 엔 미만	0.8 %
100,000,000 엔 이상 ~ 500,000,000 엔 미만	10.7 %
50,000,000 엔 이상 ~ 100,000,000 엔 미만	5.3 %
10,000,000 엔 이상 ~ 50,000,000 엔 미만	25.2 %
10,000,000 엔 미만(**1. 5 억원 이상**)	41.2 %
무 응 답	6.1 %

IT 기술의 선도국가라고 하는 우리나라는 문제가 없는가? 점검하고 사전에 준비한다면 많은 비용을 투자하지 않고서도 피해를 예방할 수 있을 것이며 경제력이 커지고 집중화된 만큼 안전에 대한 **사전예방이 결국에는 피해를 줄이는 방법**일 것이다.

따라서 국내 지진발생 추이와 국외의 피해사례를 분석하면 정보통신시스템 지지구조를 내진성능이 있도록 하는 것만으로도 많은 피해를 경감시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 여기에 지진력의 전달을 차단하는 면진구조가 결합되면 **완벽한 지진피해 저감 기술은 면진액세스플로어시스템**이다.

제 2 절 연구개발 목표

1. 연구개발 최종목표

본 연구에서 개발하게 될 건물내 정보통신설비의 지진피해저감장치는 정보통신설비의 공조설비 및 전원케이블, 통신선 등의 설치가 원활하고 지진시의 건물의 흔들림에도 붕괴되지 않도록 하거나, 지진동의 전달을 저감시켜서 정보통신설비가 지진피해를 입지 않도록 하여 지진재해발생시 통신기능 중단으로 인한 인명구조와 사회적 혼란 상태를 해결하기 위한 통신서비스 기능의 유지는 현대 정보통신 시대에 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 따라서 중요 정보통신 설비는 유사시에도 안정적으로 운영될 수 있도록 건물과 내부설비를 구축할 필요성이 있다.

- ○ 컴퓨터 등의 정보통신시설을 설치하는 바닥구조는 일반 사무실의 바닥과 다른 구조로 구성 된다.
- ○ 이러한 구조를 프리액세스플로어(Free Access Floor)또는 Double Floor 등으로 부르고 있고, 건물 자체의 구조체 바닥(슬래브) 위에 하나의 바닥을 더 설치하는 이중바닥이다.
- ○ 이중바닥(내진액세스플로어, 면진액세스플로어시스템)은 기기 또는 설비에 필요한 공조냉방을 위한 공간이고, 컴퓨터(정보통신설비) 등에 접속하는 전원 및 통신케이블의 배선을 위한 스페이스이다.
- ○ 또한 이러한 공간의 필요성은 정보통신설비 등을 교체할 경우에 상부패널을 자유롭게 철거 교체할 수 있고, 전기배선 등의 교체를 편리하게 하기 위함이다.
- ○ 현재 정보통신시설에서 가장 간단한 구조로 구성되어 있고, 경제성 등의 이유로 거의 대부분의 컴퓨터 등의 정보통신시설에 이용되고 있다.
- ○ 그러나, 이러한 기존 프리액세스플로어 바닥패널은 지지구조(지주) 상부에 패널을 걸쳐 올려놓는 상태(점 지지구조, 면지지구조이기 때문에 지진발생시에 패널이 어긋나거나, 패널이 부딪쳐 튀어올라 낙하하거나, 지지구조의 전도 등의 피해가 발생하여 정보통신설비에 중대한 피해가 발생하기 쉬운 취약한 구조로 해외의 지진피해 사례에서 보고되고 있다.
- ○ 지진시에 건물의 흔들림으로 정보통신설비가 미끄러지거나, 이동하여 프리액세스플로어 바닥의 케이블 아웃렛박스 구멍에 기기의 캐스터 또는 스크류잭 등의 다리가 빠져 기기가 전도하거나, 기기류 끼리 충돌하여 케이블이 절단되는 등의 손상이 발생하게 된다.
- ○ 따라서 컴퓨터 등이 전도 및 이동 등으로 지진시에 치명적인 손상을 받지 않도록 하기 위하여 기존의 프리액세스플로어를 보강하는 방법(내진액세스플로어)과 컴퓨터 등

의 정보통신시설 등의 기기에 입력되는 지진동을 저감하는 등의 방법(면진테이블, 면진액세스플로어시스템)으로 액세스플로어의 붕괴 또는 기기의 이동 및 전도가 발생하지 않도록 대책을 수립할 필요성이 있다.

○ 정보통신설비에 대한 지진피해보호 장치 개발 연구의 목표는 다음과 같다.

① 1차년도 : 통신설비별 요구성능에 부합되는 내진 또는 면진 기능을 수행 할 수 있는 독립제품(내진액세스플로어, 면진테이블)

② 2차년도 : 중요 상황실 등과 같이 층의 바닥전체 또는 특정 용도의 룸(Room) 전체에 대한 지진대책을 위한 요소기술을 융합한 시스템화 기술 개발(면진액세스플로어시스템)제품이다.

본 연구에서는 국내 실정에 적합한 건물의 지진응답을 고려한 정보통신설비의 설치가 원활하고 지진시에도 피해를 저감할 수 있도록 기존의 프리액세스플로어를 개량하여 보강하는 내진액세스플로어와 컴퓨터 등의 정보통신시설 등의 기기에 입력되는 지진동을 저감할 수 있는 면진테이블 및 면진액세스플로어시스템에 대한 개발을 하여 설계지침과 시제작품제작 및 Mockup시공을 통한 현장 적용성 연구를 수행하고 각 개발제품 별 내진성능을 검증과 내진성능평가 지침을 개발하는 것이다.

2. 연차별 연구개발목표 및 내용

본 연구의 총 연구기간은 2년이고, 연차별 연구개발 목표 및 내용은 다음과 같다.

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	(1) 관련 기술 자료수집 및 분석	-국내외 통신설비의 요구 내진성능 조사 -국내외 정보통신기기의 내진대책 -국내 건축물의 지진응답율의 평가 -통신설비의 설계용 스펙트럼 평가 -통신설비의 고유진동수 평가 -통신설비의 요구내진성능조사
	(2) 내진액세스플로어의 개발 및 설계	-국내외 액세스플로어 관련 표준화 현황조사 -국내외 내진액세스플로어 기술현황 조사 -내진액세스플로어 설계 -내진액세스플로어 구조 성능기준 및 평가 지침(안)개발 -내진액세스플로어 시공 지침(안)개발
	(3) 면진테이블의 개발 및 설계	-국내외 면진테이블 관련 기술현황 조사 -면진테이블 설계 -면진테이블 구조 성능기준 및 평가 지침(안)개발 -면진테이블 시공지침(안)개발
	(4) 1차 시제작품 제작	-내진액세스플로어 시제작 -내진액세스플로어 Mockup 및 시공성 평가 -면진테이블 시제작 -면진테이블 Mockup 및 시공성 평가

연 차	연구목표	주요 연구내용
2차년도	(1)통신설비 내진성능평가법 개발	-국내외 면진액세스플로어시스템 관련 기술 현황 조사 -국내외 정보통신설비 내진성능평가 관련 기술현황 조사 -통신설비 내진성능평가 기준(안)개발 -통신설비의 내진성능 간이평가법 개발
	(2)면진액세스플로어시스템 개발 및 설계	-면진액세스플로어시스템 설계 -면진액세스플로어시스템 시제작 -면진액세스플로어시스템 Mockup 및 시공성평가 -면진액세스플로어시스템의 시공지침(안)개발 -면진액세스플로어시스템 간이(해석적) 성능평가 -면진액세스플로어시스템 내진성능평가 지침(안)개발
	(3)면진액세스플로어시스템 내진성능 평가 및 결과분석과 개량	-면진액세스플로어시스템 내진성능평가 -면진액세스플로어시스템 내진성능 결과분석 -면진액세스플로어시스템 내진성능 개량 -면진액세스플로어시스템의 구축매뉴얼(안) 작성

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술동향

액세스플로어는 1962년경 미국에서 대형전자계산기시스템이 도입될 무렵 기기의 레이아웃의 자유배치도를 유지하면서 바닥하부의 배선과 공조를 효율적으로 가능하게 하기 위하여 액세스플로어를 이용하는 계기가 시작되었다.

우리나라에는 1980년대에 (주)카본데일인터내셔널을 통하여 처음소개 되었으며, 건물의 자동화(IB) 또는 사무자동화의 개념이 도입된 이래 건축생산관련 기술은 급속도로 발전하고 있고, 특히 자동화와 인텔리전트 빌딩 시스템을 구축하기 위해 여러 가지 종류의 신자재가 개발되어 사용되고 있다. 또한 IT 정보네트워크 사회가 구축되면서 데이터센터 등의 수요가 증가하고 있는 실정이다.

액세스플로어는 플랫폼플로어(Platform floor), 레이즈드플로어(raised floor), 더블플로어(double floor) 등의 용어로도 사용되는데, 용어에서도 알 수 있듯이 철근콘크리트나 철골조의 구조체 바닥위에 일정한 공간을 확보하여 마감바닥을 구조체 위에 위치하게 하는 건축자재로서 구조체 바닥과의 공간에 전화 및 통신배선, 전기 및 전산배선, 각종 유틸리티 등을 설치하여 사무공간의 자유화를 도모하고 실내공간을 쾌적하게 하며 케이블작업의 시공능률을 향상시키는 자재이다.

<표 2.1> 액세스플로어의 정의

구 분	내 용
정 의	액세스플로어란 액세스(ACCESS: 접근, 컴퓨터용어로는 컴퓨터 시스템에 정보를 넣거나 빼내는 일)와 플로어(FLOOR: 마루, 바닥)의 합성어로서 **이중마루, 이중바닥, 더블 플로어** 또는 **오-에이 플로어(O/A floor)**라고도 한다.
특 징	정보통신시스템의 전산실, 기계실, 또는 반도체 공장이나 일반사무실 등에서 **기존 구조체의 바닥에서 20 ~ 60㎝ 정도의 높이에 바닥재를 설치**하고 그 하부에 **별도의 배관이나 전선트레이의 설치 없이 전선 및 통신선을 배선**하거나, 온도 및 습도변화에 민감한 전자장비나 반도체장비를 사용하는 실의 경우에는 별도의 덕트 없이 바닥을 통하여 **주요장비에 집중공조(air conditioning)**가 가능하도록 하여 **정보통신시스템의 효율적 관리를 위하거**나 컴퓨터의 활용이 증대되는 **정보화시대에 보다 쾌적하고 효율적인 사무공간 확보를 위해 제안된 액세스플로어**를 말한다.

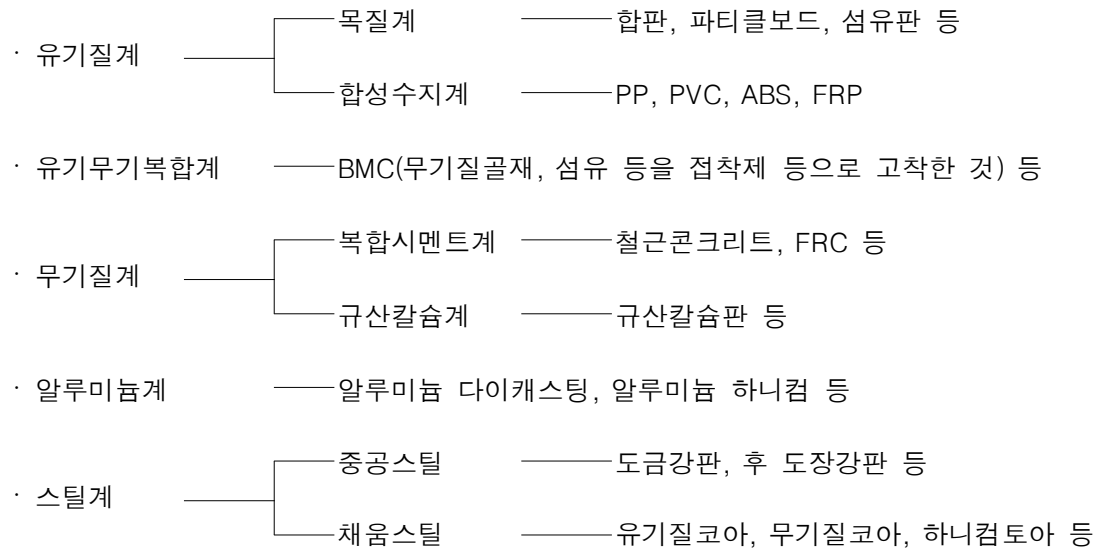
최근 들어 적용범위가 넓어지고 있으며 사무소건물 등에도 활발하게 적용되고 있는 신수요 건축자재인 액세스플로어는 성능 및 치수가 확립되어 있지 않아 액세스플로어의 생산업체별 또는 수입업체에 따라 규격과 성능에 차이를 보이고 있다. 또한 국내에 액세스플로어와 관련된 사용기준이 마련되지 않은 상태에서 생산되다가 1997년 12월에 패널(상부판)요소에 대한 한국산업규격(KS)만이 제정되어 있는 실정이다. 이상에서 보듯이 액세스플로어는 평탄한 바닥 위에 일정한 높이의 공간을 두어 바닥을 하나 더 만드는 것을 의미한다. 그리고 그 공간에 케이블을 배치하고 케이블의 재배치를 위해 필요에 따라 바닥을 개폐할 수 있도록 되어 있는 구조를 형성하고 있다.

액세스플로어의 설치가 요구되는 곳은 다음과 같다.

- 전산실(기업, 금융기관)
- 기간통신시설(별정통신시설, 전송망시설)
- 반도체공장의 클린룸(clean room)
- 의료정보시스템(영상의학, 병원 수술실)
- 화학실험실(공기정화)
- 음향컨트롤 룸(녹음실, 스튜디오의 케이블 보호, 방진, 방음)
- 강의실(컴퓨터교육, 시청각교육)
- 회의실(화상회의실, 음향장비가 많은 회의실)
- 사무실(컴퓨터를 많이 활용하는 관공서, 기업)
- 기타 첨단설비공장(먼지, 균 발생억제)
- 행정통신망
- 소방통신망
- 군사통신망
- 교육행정전산망
- 데이터통신 사업자(SI)

사무자동화나 전산시스템의 복잡화는 새로운 기능을 갖춘 건축 재료를 요구하게 되었고, 그로 인해 등장한 자재가 액세스플로어(Access Floor)이다. 초기에는 전산실용 프리액세스플로어로 적용되었으나, 최근에는 높이가 낮은 프리액세스나 오피스시스템플로어 등의 형태로 사무소나 반도체 공장 등에 많이 사용되고 있다.

액세스플로어시스템의 구성 재료에 의한 분류는 [그림 2.1]과 같다. 액세스플로어의 종류는 패널의 재료에 따라 스틸우드 복합형, 우드형, 스틸형, 알루미늄형 등으로 분류되고 같은 재료를 사용하더라도 제작형태나 제작방법에 따라 다음과 같은 종류로 구분한다.



[그림 2.1] 액세스플로어의 구성재료에 의한 분류

① 목재형 (Wood Core Panel)

목재형은 목재 특유의 보행감각을 유지시켜 줄 뿐만 아니라 흡음성이 뛰어나 진동과 소음을 감소시켜 주는 특성이 있고 비용이 저렴하여 활용도가 높다. 방송실, 강의실, 회의실, 사무실, 연구실, 전화 교환실, 금융기관이나 공공기관의 영업장, 전산실, 통신기계실, 컨트롤 룸 등에 폭넓게 사용되고 있다. 최근에는 화재발생 위험을 없애기 위하여 고밀도 분자 보드(High Density Particle Board)를 채용하고 있다.

② 철제형 (Steel Panel)

철제형은 상하 패널이 모두 강판(Steel)으로 되어 있으며 특히 아래쪽 패널은 역학적인 구조로 되어 있어 강도가 뛰어나다. 내하중성, 내구성, 견고성, 안전성, 내화성이 우수하여 중앙제어반(MDF)실, 기계실, 방제실 등에 주로 사용되고 있다. 그리고 경우에 따라서는 이와 같은 철제형 패널의 단점을 보완하고 방진, 방음의 효과를 높이고 변형을 방지하기 위해 상하 강판 사이에 콘크리트를 채운 철제 시멘트 패널(Steel Cement Panel)을 사용하는 경우도 있다.

③ 알루미늄형 (Aluminum Panel)

알루미늄형은 고 순도의 알루미늄 합금으로 만든 패널로 내부식성, 내구성이 매우 우수한 경량형 패널이다. 특히 무균, 정전기에 대한 도전성 및 정밀성이 요구되는 반도체 공장이나 정밀측정 기기실, 광학기기실, 시계 조립실, 전자기기실 등에서 주로 사용되고 있다.

④ 복합형 (Steel & Wood)

목재형과 철제형의 단점을 보완하고 장점을 최대한 살리기 위해 개발된 액세스플로어이며 목재 특유의 보행성을 유지하면서 내하중성과 견고성을 충족시키고 있어 사용량이 급증하고 있다. 일반 목재형과 비교할 때 하중성이 탁월하여(약30%이상) MDF실, 기계실, 전자 교환실, 전산실(학교, 기업체, 공공기관), 영업장 등에서 다양하게 사용되고 있다.

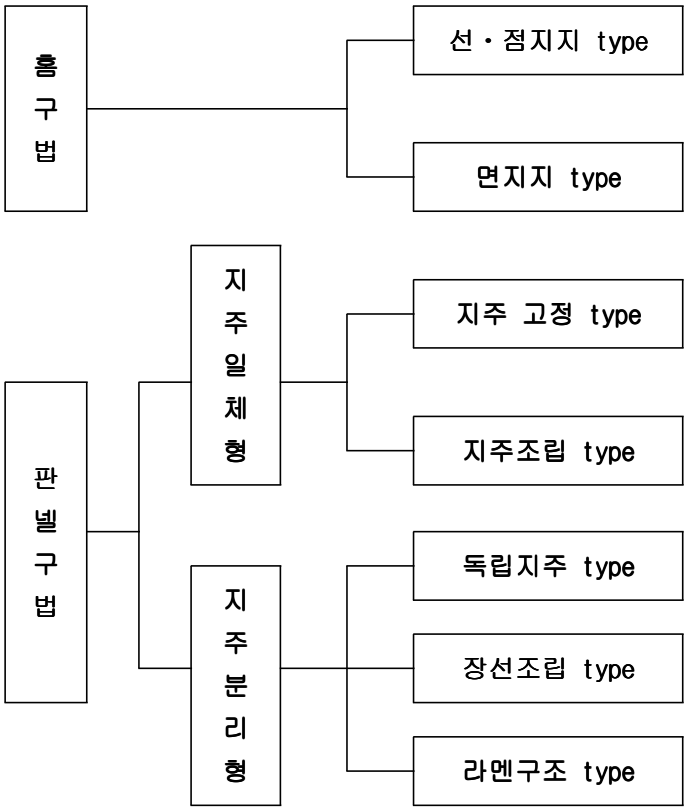
또 패널의 표면 마감재는 비닐타일과 카펫타일이 일반적이지만, 전산실 기기의 오작동 요인이 되지 않도록 대전방지 성능이 있는 것을 사용하는 경우도 많다. 액세스플로어시스템은 [그림 2.2]와 같은 형태로 구성되어 있다. 즉, 지지요소(지지유닛) 상부에 패널요소(플로어 패널)와 마감자재가 설치되며, 패널요소 아래 공간에는 케이블 트레이 등을 이용하여 전화, 전기배선, 네트워크 배선 등이 연결되게 된다.



[그림 2.2] 액세스플로어(기존 액세스플로어의 구조)

종래의 액세스플로어의 설치는 가로세로 50cm×50cm 또는 60cm×60cm 정도 되는 정사각형 판에 지주를 세워 보통 바닥에서 20~60cm 정도의 공간을 형성하여, 이 밑의 공간에 전기배선, 통신데이터 선 등을 설치하는 방식으로 한다. 종래의 액세스플로어는 설치장소에서 지주를 개별적으로 세워 접착제로 바닥 구조체에 부착하고 이 위에 상부패널을 얹어 시공한다. 이 경우 독립적으로 설치하는 구조협식의 액세스플로어는 구조적으로 취약성을 가지고 있다.

액세스플로어의 지지구조 형식과 공법은 [그림 2.3]과 같이 분류하고 있다. 액세스플로어시스템은 지지구조 형식과 구법에 따라 설치방법이 다르다. 홈 구법 및 패널공법의 지주일체형은 슬래브에 고정하지 않는 방식이다. 그러나 패널공법의 지주분리형은 슬래브에 접착제 또는 앵커로 고정한다. 또 독립 지주형은 마감레벨의 조정이 가능하다.



[그림 2.3] 액세스플로어 지지 구조형식

우리나라에서는 1980년대 초반에 중소기업 형태로 생산 시공이 이루어져 왔으나, 1990년대에 들어서 카펫타일, 전도성타일 등의 표면마감재를 생산하는 대기업의 OEM으로 공급에 나섰고 최근에는 수입제품도 등장하고 있다.

1988년 액세스플로어의 시장규모는 400~500억원 정도였으나, 10년 뒤인 1998년에는 1,000억원 규모로 성장하였으며, 최근 2008년도에는 3,000억원 정도로 매년 15 ~ 20% 씩 성장한 것으로 추정되며, 특히 9·11테러와 자연재해 등에 대비하기 위한 백업 시스템 구축사업인 정부통합 제3전산백업센터, 기간통신사업자의 데이터센터 구축, 주한미군부대 이전 등이 예상되며, 상업용 업무용 빌딩의 인텔리전트화와 데이터센터 구축의 증가로 액세스플로어를 채택하는 빌딩이 크게 증가하고 있는 추세에 있으므로 향후 시장 잠재력은 상당한 것으로 예상된다.

국내 액세스플로어 주요생산 기업체의 현황은 <표 2.2>와 같으며, 현재 패널에 대한 KS규격 취득업체는 18개 정도이다.

<표 2.2> 액세스플로어 주요생산 기업체[1)]

업 체 명	품 목	생 산 량	비 고
LG화학	OEM 공급	300억/년	카펫타일, 전도성타일 등 마감자재생산
한화 L&C		180억/년	
(주) 일호산업	OA 플로어 액세스플로어	100억/년	-
(주) 세양		150억/년	-
(주) 대창	OA플로어 액세스플로어 알루미늄패널	300억/년	-
(주) 해광		500억/년	클린룸용 알루미늄판 해외수출

자료출처 : 각 기업체 홈페이지 및 건축용강건재 시장분석 및 수요전망

① 업체별 시장점유율은 액세스플로어의 경우 1997년까지 (주)관수가 전체의 50% 이상을 차지하고 수입품이 30%, 기타 20% 정도를 점유하였으나, IMF를 개기로 (주)관수가 부도 처리되면서 시장이 변화하여, (주)건화와 (주)해광이 주도를 하다가 2008년에 (주)건화가 부도 처리되면서 현재는 (주)해광이 가장 큰 생산업체로 부상하고 있다.

② 소재별로 보면 목질계가 20%정도이고 스틸계가 약80%정도 이다. 목질계의 경우 비용이 저렴하여 OA 플로어에 많이 사용되었으나 변형 등의 문제로 스틸시장을 잠식하는 것은 불가능하다.

③ 알루미늄패널이 스틸 시장을 잠식하는 것은 가격경쟁력이 취약하여 불가능하다.

④ 알루미늄 액세스플로어는 주로 반도체공장의 클린룸에 사용되는데, 스틸계 액세스플로어의 발청 등의 문제가 있어 알루미늄 액세스플로어 시장을 잠식하는 것은 곤란한 상태이다.

⑤ 1990년대 중반까지는 10여개 업체이었지만 현재는 25개 업체로 치열한 가격경쟁과 품질경쟁을 하고 있는 실정이다.

⑥ 그러나 지진재해저감을 위한 액세스플로어를 생산하는 업체는 없는 실정이다. 그 이유는 액세스플로어 생산업체들이 영세하고, 건축물의 지진응답 특성에 대한 이론적 배경에 대한 이해부족 등으로 기술개발이 이루어지지 못하고 있기 때문이다.

제 2 절 국외 기술동향

외국의 경우 액세스플로어와 관련된 규격은 영국, 독일, 미국, 일본 등의 예에서 찾아볼 수 있다. 그러나 액세스플로어를 국가규격으로 정한 나라는 없으나 단체기술 규격을 제정하여 품질과 성능시험방법을 규정하고 있다.

일본의 경우에는 단체규격에서 품질규격을 정하고 성능시험방법은 국가규격으로 규정하고 있다.

1. 일본

일본의 경우 많은 지진피해와 전신실의 피해 경험을 바탕으로 기술규격과 시험방법의 정립 등 이론적, 실험적인 개발이 정립되어 기술이 안정되었다고 할 수 있다.

일본은 일본산업규격(JIS A1450)에서 액세스플로어 구성재 시험방법(Test Methods Components for Raised Access Floor)을 1997년에 제정하고 있고, 이들 구성 재료의 성능을 시험하기 위한 방법을 제시하고 있다. 또 제품 품질규격은 1994년에 일본프리액세스공업협회(Japan Free Access Floor Association)에서 단체규격을 정하고 있다. 2009년에 기술성능 기준에 대한 개정작업을 진행하고 있다.

① 일본 액세스플로어 시장은 1960년대에 전산실용 바닥재로 사용하기 시작하여 1970년대에 대형컴퓨터도입으로 본격적으로 확산되기 시작하였다.
② 1980년대 이후에는 사무실의 OA 화가 진행되면서 복잡한 전기 및 통신배선을 고려하여 급속하게 보급되었다.
③ 1986년 뉴 오피스운동과 더불어 연평균 35.6%의 높은 성장률을, 1997년에는 액세스플로어 수요가 780만 ㎡를 피크로 2000년까지 유지하다가, 이후 약간 감소하여 2007년에는 560만 ㎡로 약30% 감소한 경향이다. 그러나 최근 데이테센터 구축 붐이 일어나면서 내진액세스플로어의 수요는 증가하는 추세임.
④ 1997년 에는 신축40%, 리뉴얼 60%의 비율이었으나, 2007년에는 신축53%, 리뉴얼 47%의 수준을 나타내고 있다.
⑤ 2007년 용도별출하 경향은 OA Floor이 95%를 차지하고 있으며, 전산실용 2%, 클린룸용 2.7%의 점유율을 보이고 있다.
⑥ 그러나 1968년 도카치오키지진시 전산센터의 피해와 1978년 미야기오키 지진시 비구조재인 액세스플로어 등의 파손 피해를 계기로 액세스플로어 등에 대한 내진대책을 수립하고, 1995년 고베지진을 계기로 기간통신사와 데이터센터, 반도체업계를 중심으로 지진과 같은 재해시에도 안정적으로 가동되는 것을 목표로 설계지침에서 건물자체를 면진화하거나 부분면진화 기술을 적용한 기기 개별대책(일본과 이탈리아의

경우 문화재에도 적용) 또는 정보통신시스템이 설치되는 층 전체를 면진액세스플로어화 또는 3차원 면진플로어시스템을 구축하는 등 지진피해를 최소화하여 조기에 복구를 하기 위한 노력을 하고 있다.

<표 2.3> 액세스플로어의 세계시장규모(2008년) (단위:억원)

구분	미국	일본	영국	독일	중국
시장규모	172,500	34,500	5,900	27,700	138,000

자료출처:각 기업 홈페이지 및 일본프리액세스공업협회 자료

<표 2.4> 면진테이블의 세계시장규모(2008년) (단위:억원)

구분	미국	일본	영국	독일	중국
시장규모	2,500	4,500	600	700	1,800

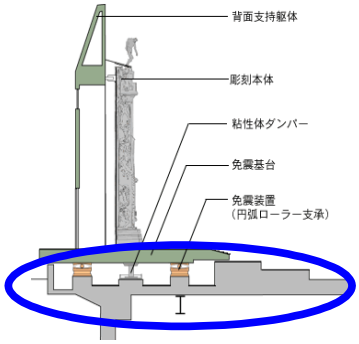
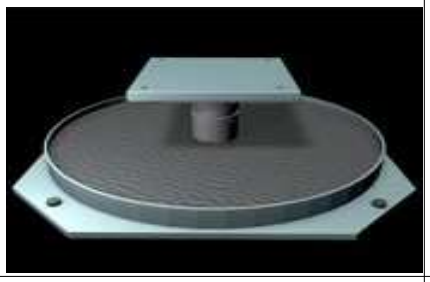
자료출처 : 각 기업 홈페이지 및 일본프리액세스공업협회 및 JAVIT 자료, 주요국정보통신현황(2009, 한국정보통신진흥연구원,KOTRA)

<표 2.5> 면진액세스플로어시스템의 세계시장규모(2008년) (단위:억원)

구분	미국	일본	영국	독일	중국
시장규모	1,500	3,500	300	1,000	1,500

자료출처 : 각 기업 홈페이지 및 일본프리액세스공업협회 및 JAVIT 자료, 주요국정보통신현황(2009, 한국정보통신진흥연구원,KOTRA)

일본의 경우 면진을 적용한 지진동 저감장치가 지속적으로 개발되어 실용화 단계에 있으며 대표적인 사례는 아래와 같다.

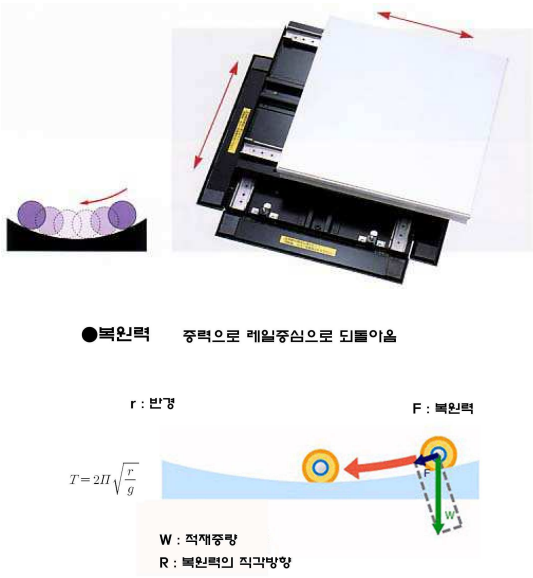
● 원호형 롤러베어링과 점성댐퍼를 이용한 로뎅의 지옥의문 조각상		
▪ 이 청동조각은 지진력에 저항하는 힘이 작아 조각에 작용하는 지진력을 저감하여 도괴 방지를 도모 ▪ 고베지진과 같은 대지진에도 귀중한 조각상을 보호하고자 면진화 공법을 적용		
 면진장치	 	
면진화 단면도	면진장치	면진구조적용내진보강 완성

● 원호형 마찰베어링을 이용한 수족관에 적용한 진동저감장치

- 작용하는 지진력을 저감하여 도괴 방지를 도모
- 고베지진과 같은 대지진에도 귀중한 수족관을 보호하고자 면진화 공법을 적용



설치예

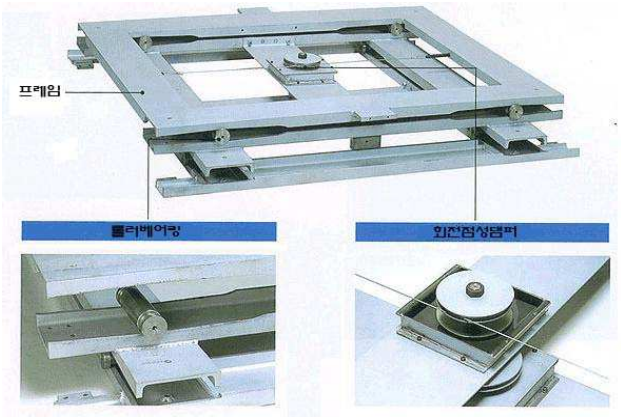


진동저감장치(**수평이동시 높이가 변함**)

● 원호형 롤러베어링을 이용한 전시케이스 적용 사례



전시케이스

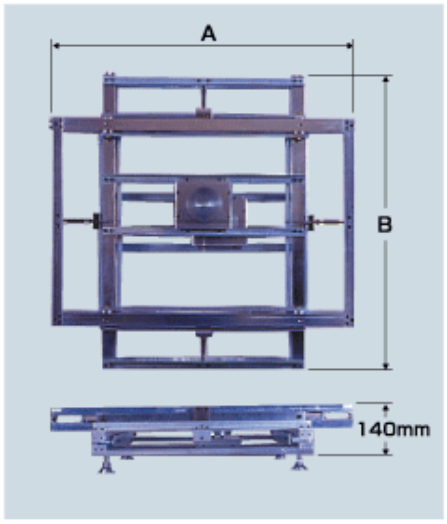


진동저감장치

• 리니어가이드를 이용한 진동저감장치



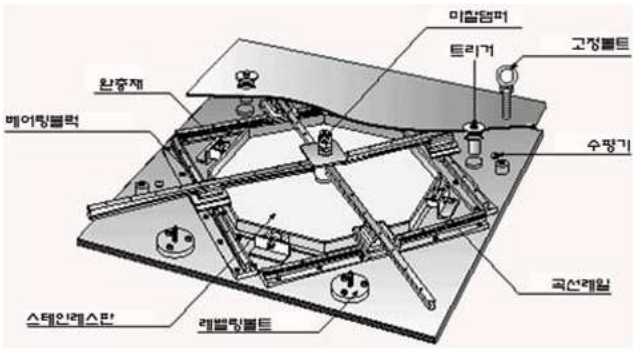
조각상적용예

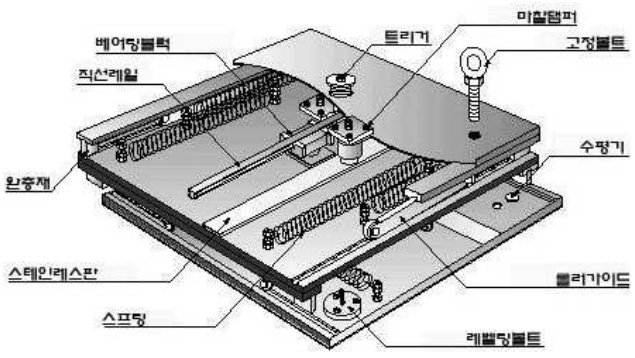


진동저감장치

시미즈 건설의 면진받침장치

● 곡선레일타입 및 코일용수철타입

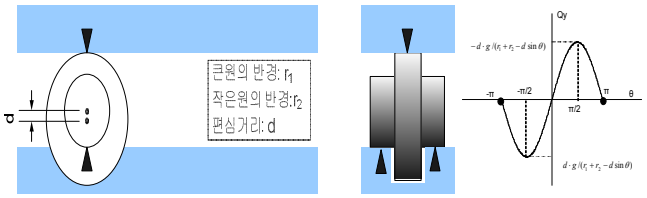


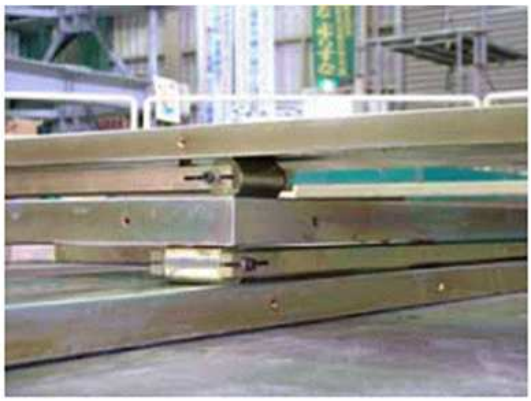


- 4tonf의 중량물까지 적재가능
- 100㎜미만의 아주 얇은판이므로 기존의 전시케이스의 하부에도 지장없이 설치가능
- 전용의 이동장치를 이용하므로 이동이 용이

옥구무라구미의 면진받침장치

● 코사인 레일타입(곡선형 레일)

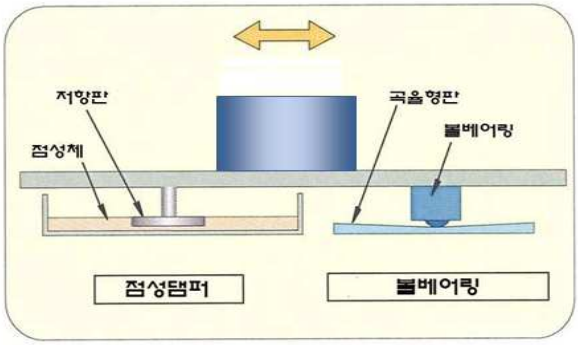




- 곡선형의 레일곡율과 편심롤러를 이용
- 롤러표면에 마찰저항을 이용
- 큰 변위가 발생할 경우 탈락할 우려 있음

다이세이건설의 면진받침장치

● 볼받침형 면진전시케이스





- 깨지기 쉽고 전도하기 쉬운 전시품을 대상으로 한 약지진 감지형 면진전시케이스
- 볼형태의 Isolator와 점성댐퍼에 의해 대지진으로부터 작은 지진까지 폭 넓게 대응하여 지진을 효과적으로 저감

2. 미국

① 미국에서는 천정과 실내재료 건설협회(Ceiling and Interior Systems Construction Association, CISCA)에서 “Recommended Test Procedures for Access Floors"로 규격을 정하고 있으나, 제품에 대한 등급이나 기준치가 제정되어 있지 않고 시험방법에 대해서만 규정하고 있다.

② 미국방부 등의 통신실과 전산데이터 센터의 액세스플로어에 대한 사용제품의 경우 CISCA 규정에 의한 시험을 하도록 요구하고 있다.

③ 911테러이후 Federal Information Processing Standards Publication(연방정보처리규격)에서 정보통신설비의 설치에 있어서 물리적 및 환경적 보호에 관한 최소한의 요구수준을 제시하고 있다.

④ Tate 사는 액세스플로어의 기술개발과 생산, 판매를 하는 북미지역는 가장 큰 업체이다. 생산시설은 미국에 4곳과 영국, 브라질, 남아프리카공화국 등에 위치하고 있으며, 연간 총생산량은 6,700만㎡이고, 전세계 40여개국에 판매하고 있는 선두업체이다.

⑤ 2001년에 영국 아일랜드의 Kingspan Group 을 인수하여 액세스플로어 분야에서 세계선두의 자리를 차지하고 있다.

⑥ 미국내 경쟁업체는 Interface Architectural Resources, Inc., Maxcess Tecolgies, Inc. 가 있으며, Access Floor Market Share 는 약 40%를 차지하고 있다.



[그림 2.4] 데이터 센터의 액세스플로어(Tate사)

3. 유럽

가. 영국

영국에서 액세스플로어와 관련된 규격은 PSA(Property Service Agency)에서 정한 The Quality Assurance Unit for Method of Building에서 “Platform Floors(Raised Access Floors , MOB PF2 PS"로서 제품 단일체와 시공후 예상되는 문제점에 대한 복합적인 시험 방법에 대하여 규정하고 있다.

① 영국의 경우 오피스, 컴퓨터실, 장비실, 크린룸 등에 사용되는 Access Floor 생산분야에서는 영국의 HEWETSON 사가 선두 주자이다.
② 불의의 사고에 대한 업무연속계획(Contingency Plan)의 일환으로 BCM(Business Continuity Management;업무연속성매니지먼트)을 영국 FSA(Financial Services Authority:금융감독원)에서 가이드라인으로 이용되고 있으며, 런던증권거래소에 상장기업 전체에 대해서 업무연속성 확보하도록 하고 있다. 또한 외국은행이 영국에서 은행업에 신규 참여할 경우에는 유사시 정보시스템의 최대허용정지시간을 4시간이내가 되도록 정보시스템기반설비를 갖추도록 하고 있다.
③ 이러한 개념은 BS25999의 프레임워크에 도입되어 이용하고 있다.
④ 이 가이드라인과 더불어 ISO/IEC 27001:2005 Information Security Management System-Requirements
⑤ BS 7799-3:2006-Information Security Management Systems-Guidelines for Information Security Risk Management
⑥ ISO/IEC TR 13335-3:1998-Guidelines for the Management of IT Security - Techniques for the Management of IT Security

등에 발생가능성은 적지만 발생하였을 때 심각한 영향을 미치지 않도록 설비 등과 부정 악세스 등의 대응계획을 수립하고 훈련하도록 하고 있다.

나. 독일

독일에서는 German Institute for Quality Assurance and Marking에서 “Access Floor Quality Assurance, RAL-GZ941"에서 제품 단일체에 대한 규격만을 제시하고 있다.

다. 이탈리아

이탈리아는 매우 많은 문화재를 가지고 있기 때문에 문화재와 관련된 분야는 이탈리아에서 매우 중요하게 다루어지고 있는 분야이다. 특히 이탈리아는 SVPC(Seismic Vibrations Passive Control)를 이용하여 지진으로부터 문화재를 보호하고자 하는 분야에서 실질적인 세계적 선두주자라 할 수 있으며, 역사적 가치가 있는 건물들에 대해서는 이미 SVPC를 이용한 내진성능의 주요 개수가 완료된 상태이다. 하지만 이 분야에서 SVPC 시스템의 적용은 여전히 상당한 연구개발에 노력하고 있다.

이탈리아의 경우 문화재를 지진손상으로부터 보호하기 위하여 두 가지 개념이 적용되고 있는데, 그 첫 번째이자 가장 최선의 방법은 그것들을 수용하고 있는 박물관을 면진(seismic isolation)[1] 을 이용하여 건립하거나 면진시스템을 적용하여 기존 박물관들을 개수하는 것이다. 다른 한 방법은 개개의 문화재들을 진동저감장치를 활용하는 방법인데 이는 문화재들이 일반 내진설계 또는 내진설계되지 않은 방법으로 건립된 박물관에 수용되어 있거나 주위 구조물의 붕괴로부터 적절하게 보호되어 있는 경우에 주로 적용된다.

• 3단계 HDRB 시스템을 적용한 Riace상의 보호

SVPC, 특히 면진시스템을 적용하여 문화재를 보호한 사례로서 먼저 Perugia 국립박물관에 있는 Germanicus Emperor의 동상과 Satyr of Mazaradel Vallo의 동상뿐 아니라 Reggio Calabria 박물관에 있는 Riace 동상(그림)의 보호를 위해 설치된 3단계의 HDRB(High Damping Rubber Bearings)[2]시스템(그림)의 적용을 들 수 있다.



[그림 2.5] 진동저감장치 적용 사례(The Riace bronzes in Calabria(left) and Satyr of Mazaradel Vallo(right), Italy)

1) 면진(Seismic Isolation): 진동저감장치(적층고무,베어링 등)을 이용하여 지진동이 전달되는 것을 감쇠에너지로 흡수하여 지진에너지를 감소시켜서 건물 또는 문화재 등을 보호하는 방법
2) HDRV(High Damping Rubber Bearing:고감쇠적층고무장치): 감쇠력이 큰 고무로 적층고무면진장치를 이용한 진동감쇠장치

고감쇠적층고무장치의 높이는 설계 수평변위에 의해 결정되는 반면 진동저감효과는 낮은 수평강성이 요구되기 때문에 문화재에 적용하기 위해서는 작은 직경의 고감쇠적층고무가 필요하게 되어 형상의 불안정 문제가 발생할 우려가 있다.

• 형상기억합금을 사용한 넵튠과 실라상의 보호

Messina 박물관에 있는 Neptune과 Scylla의 조각상으로서, 이 걸작품들에는 에너지소산과 복원력을 제공하는 SMADs(Shape Memory Alloy Devices)[3]와 이와 병행하여 설치된 steel-teflon 슬라이딩장치(SDs, Sliding Devices)로 구성된 또 다른 혁신적인 면진시스템이 사용되었다([그림 2.6]).



[그림 2.6] Scylla and Neptune, protected by a SD/SMAD SI system)

3) SMADs(Shape Memory Alloy Devices : 형상기억합금을 이용하여 지진시의 변형을 지진이후 상온에서 복원되도록한 장치

• 3D 면진시스템을 적용한 로마시대 선박(Raman ship)의 보호

최근에는 4개의 **3차원 진동저감장치의 면진시스템을 개발**하여 AD 79년에 베수비우스 화산폭발(Vesuvius volcano)로 분출된 물질들에 의하여 오랜 기간 묻혀 있던 매우 부서지기 쉬운 Ercolano(Naples)에서 발굴된 Roman ship 보호에 적용하였다. 이 배는 Ercolano(이탈리아 남부)에 있는 고대 로마 도시의 항구를 발굴하는 중에 1982년에 발견된 나무로 된 배로서, 크기는 길이가 8.5m, 최대 폭이 2.6m이다(그림).



로마시대 선박



3차원 진동저감장치

• 마찰진자베어링을 사용한 헤르메스상의 보호

고대 그리스 신들 중의 하나인 **헤르메스 대리석 조각상**은 올림피아 고고학 박물관의 가장 중요한 유물 중의 하나이다. 잘 알려진 지역적인 지진활동과 상(像)의 엄청난 예술적 가치로 인하여 요구되는 보호레벨을 확신할 수 있는 **특별한 지진보호 장치**로 **마찰진자베어링**은 철근콘크리트 기초 아래에 설치되었으며, 조각상은 그 단상부에 놓여졌다 (그림)[4].



조각상



진동저감장치



진동저감장치
(마찰진자형베어링)

이외에도 이탈리아의 경우 소방서와 전화국 및 해군시설물에 면진구조를 적용한 사례가 있다.

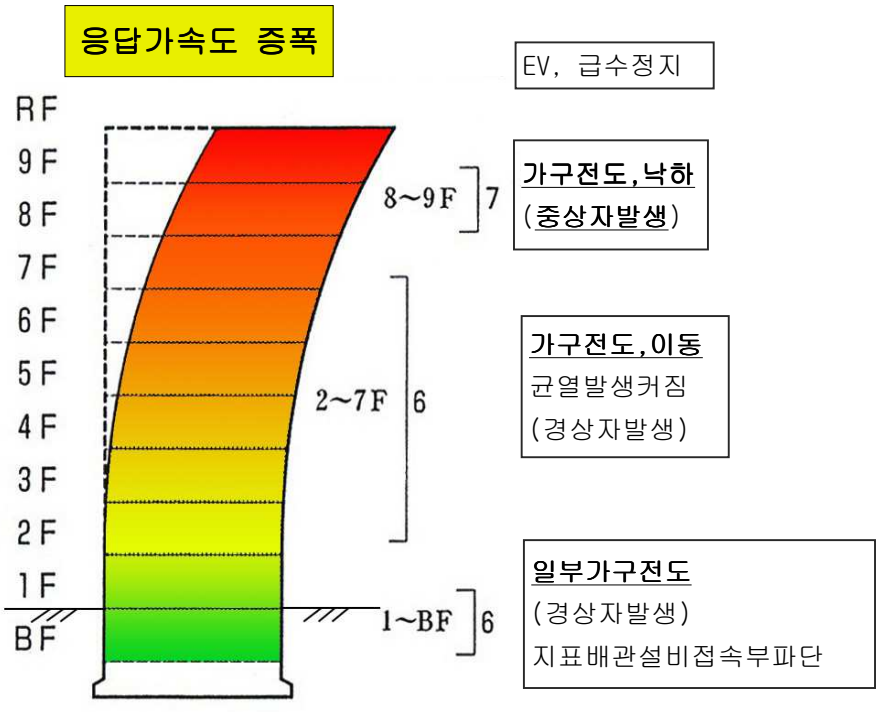
4) Buffalo에 있는 뉴욕주립대학 홈페이지에서 얻은 것임

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 정보통신 시설의 지진피해 메커니즘

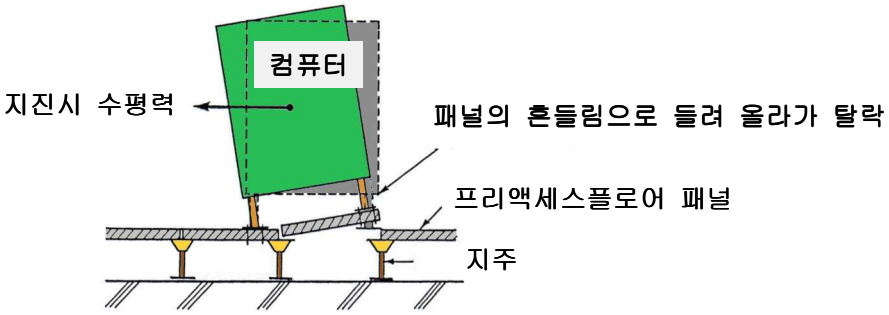
1. 정보통신시설의 지진피해

고도 IT정보화 사회의 정보통신시스템과 운용시스템설비는 인텔리전트 빌딩(IB) 등에 수용되어 있고, 그 실내에는 온도와 습도에 민감한 정보통신시스템과 운용시스템 설비의 설치를 위하여 건물 바닥에서 일정한 공간을 확보할 수 있는 액세스플로어 구조가 설치되어 있다. 이러한 액세스플로어 구조는 구조안전성 측면에서 보면 태생적으로 취약성을 지니고 있으며, 특히 지진재해 발생 시에는 지반이 흔들리고, 이 흔들림은 건물에 입력되어 건물의 각층 바닥은 [그림 3.1]과 같이 상층부로 올라가면 갈수록 그 흔들림이 더욱 더 커지게 된다. 이러한 흔들림(응답가속도)은 건물 내부에 수용되어 있는 정보통신시스템과 운용시스템설비 등의 전도, 이동, 낙하 등으로 중요한 기능을 마비시켜, 국가 정보통신망을 정지시키는 것은 물론 산업, 경제, 기술 등 사회전반에 끼치는 피해는 국가적 차원에서 천문학적인 손실을 보게 될 것임으로, 이에 대한 대책이 절실히 필요하다고 하겠다.

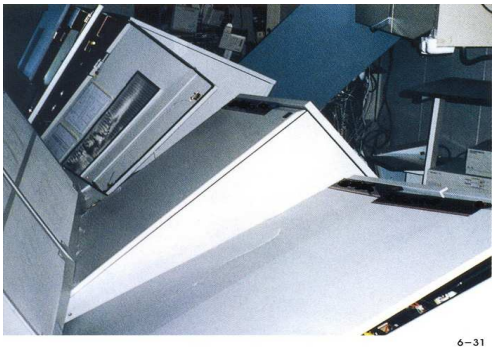


[그림 3.1] 건물의 흔들림 정도(진도-바닥응답가속도)

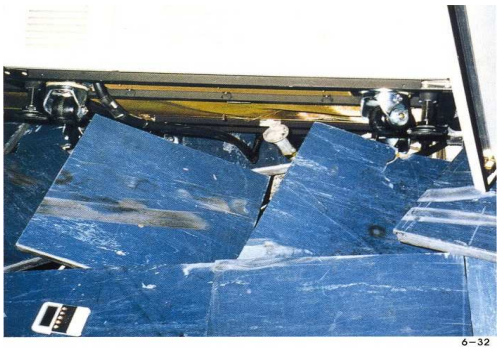
지진으로 인한 건물의 흔들림에 의해 액세스플로어의 주요 피해발생 매커니즘은 일본 건축학회 등의 피해조사보고서 등을 참고하면 다음 [그림 3.2]와 같다.



[그림 3.2] 액세스플로어의 파괴 메커니즘



(a) CPU 전도



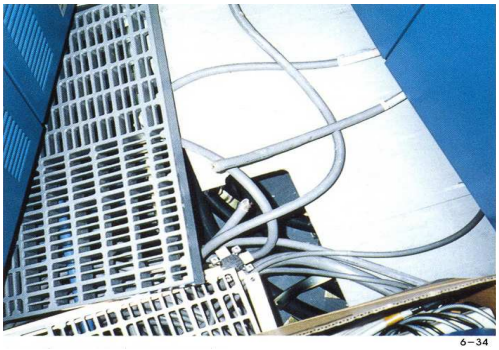
(b) 프리액세스플로어 파손피해



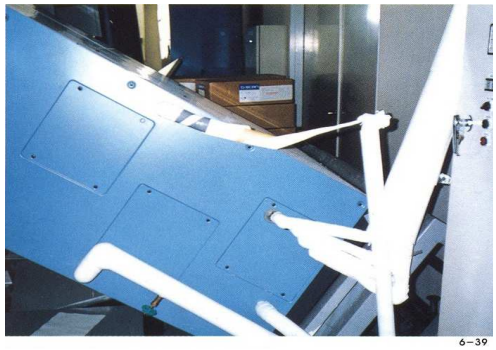
(c) 단말기 낙하



(d)축전지 전도



(e) 케이블 커넥터 파손

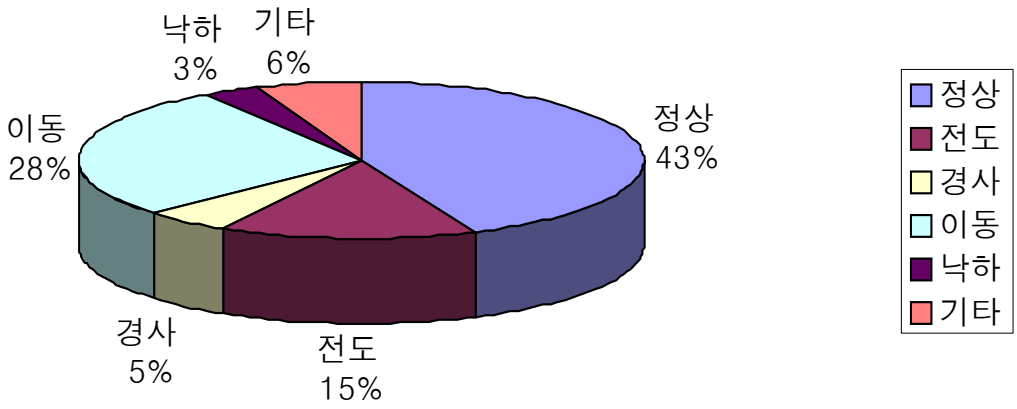


(f) 공조기 전도 및 파손

[그림 3.3] 컴퓨터 시스템의 지진피해 사진 (피해조사보고서, 일본건축학회,1998)

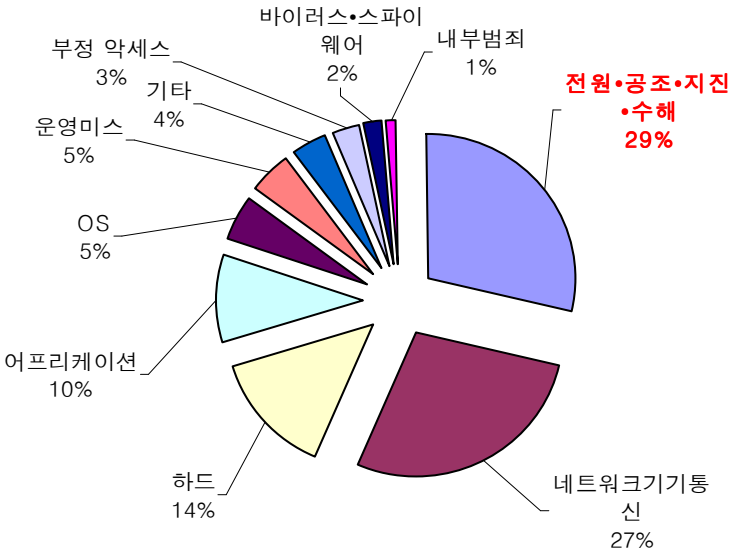
[그림 3.3]은 일본 고베 지진시 전산센터의 컴퓨터와 주변설비에 대한 내부피해 사진이다. 주요 피해상황은 아래 [그림 3.4], [그림 3.5]와 같다.

① 가동시스템 가운데 50% 이상이 전도 및 이동 등의 피해를 입었다.



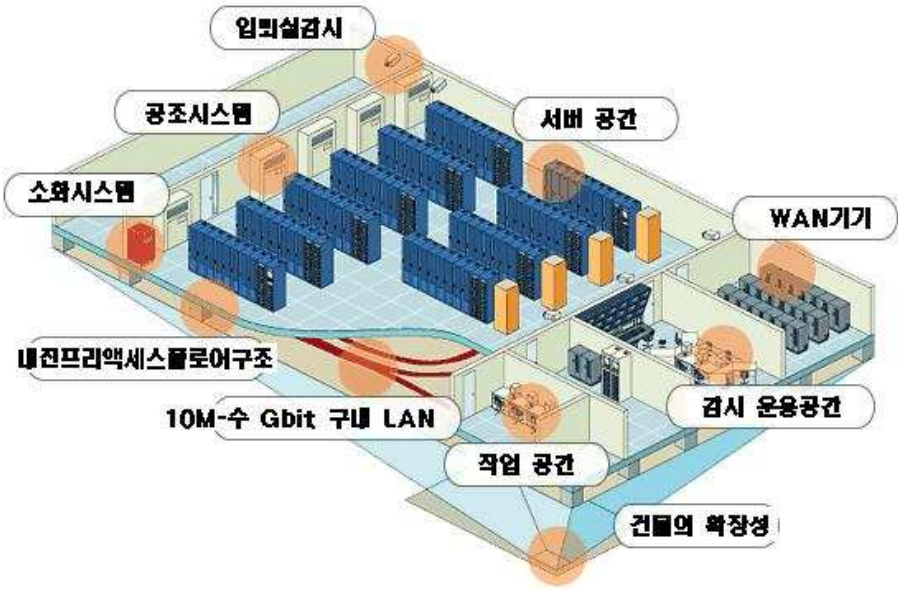
[그림 3.4] 컴퓨터 시스템의 운영상황과 피해유형

② 일본 (재)금융정보시스템센터(The Center of Financial Industry Information System)의 조사에 의하면 금융기관 정보시스템의 주요 시스템장애 원인 가운데 약 30%가 가동환경(통신설비)에 기인하거나 관계가 있다고 한다.



[그림 3.5] 금융기관 정보시스템의 주요 시스템장애 원인

③ 일반적인 정보통신 시스템이 구축된 건물의 개념도는 다음과 같다.



[그림 3.6] 데이터센터의 시스템

따라서 지진피해를 저감하기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

- 이러한 정보통신 시스템이 구축된 건물을 지진으로부터 차단할 수 있는 면진구조의 채택
- 상기 면진구조를 특정한 층에 도입하는 면진액세스플로어(면진플로어) 시스템
- 설비 또는 기기 등에 개별적으로 적용하는 면진테이블장치
- 액세스플로어의 지주와 패널이 전도 또는 탈락되지 않도록 하는 내진액세스플로어 구조

2. 정보통신설비의 지진피해 예측

본 절에서는 지진 발생시 정보통신시설의 거동을 분석하고, 내부 층가속도의 증가에 따른 내부 설비의 피해를 구조해석에 의해 예측하였다. 지진파의 증폭이 큰 RC조 건물을 대상으로 지진에 의한 건물의 거동을 평가하였으며, 증폭된 가속도에 의한 내부 설비의 안전성을 함께 평가하고자 하였다.

가. 해석모델 및 해석방법

해석모델은 [그림 3.7]과 같은 국내 전형적인 전단벽 및 모멘트 골조를 갖는 RC조의 건물을 대상으로 하였으며, 그림과 같은 4층의 RC조 건물이며, 3층에 전산실이 있는 것으로 가정하여 건물의 내진성능 만족여부와 함께 내부 설비의 지진에 대한 안전성 여부를 평가하였다. 평면은 36m×27.6m이며, 중간에 코어를 갖는 구조이다. 해석대상 건물의 부재단면은 <표 3.1>, <표3.2>에 나타낸 바와 같다.

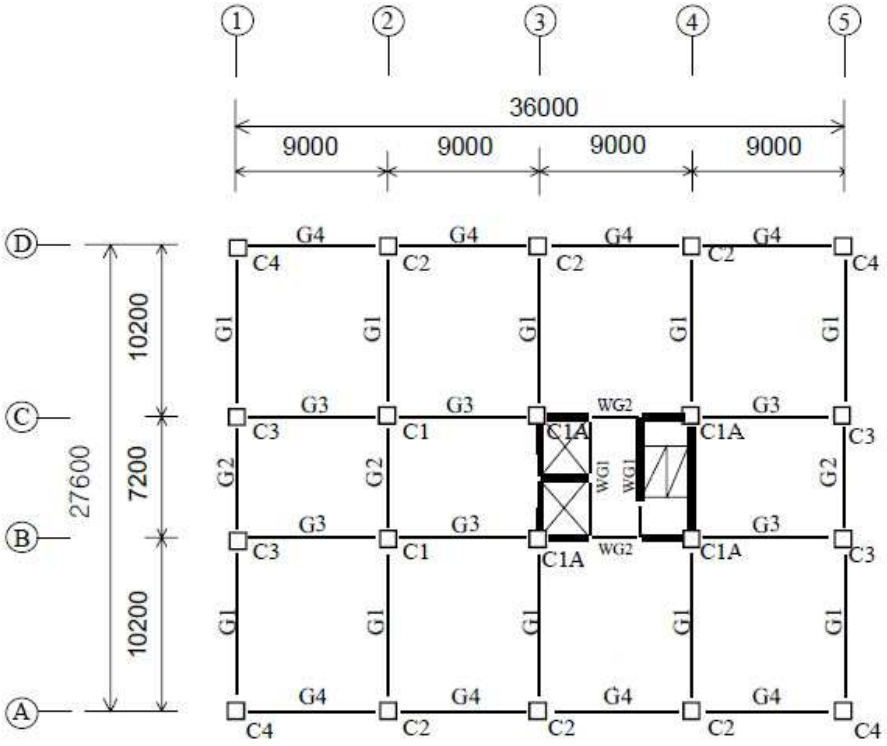
해석 방법은 [그림 3.8]과 같이 Elcentro, Taft, Northridge 3개의 지진가속도에 대하여 국내에서 발생할 수 있는 지진의 크기로 PGA 0.2g를 가정하여 시간이력해석을 수행하였다. 해석결과에서 건물의 안전성을 평가하였으며, 전산실 위치로 가정한 3층에서의 층응답 가속도를 추출하여 지진가속도의 종류, 크기에 따른 증폭효과를 분석하고, 내부 설비의 안전성평가에 사용하고자 하였다.

<표 3.1> 부재 리스트(기둥)

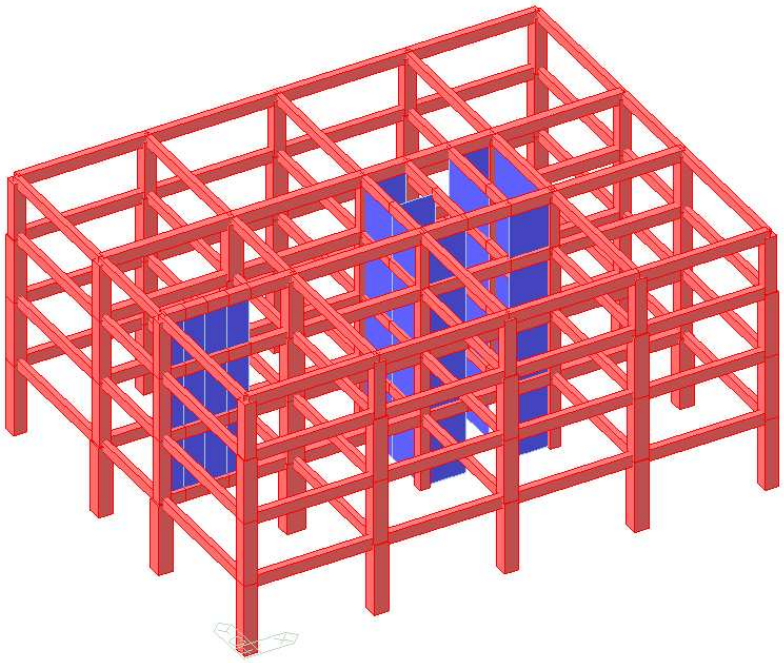
층	C1	C1A	C2	C3	C4
4	1000×1000	600×600	800×800	800×800	800×800
2~3	1000×1200	700×700	900×900	800×800	900×900
1	1000×1300	700×700	1000×1000	1000×1000	900×900

<표 3.2> 부재 리스트(보)

부재명	단면치수	부재명	단면치수
G1	400×700	WG1	400×700
G2	400×700	WG2	600×800
G3	600×800	WG3	600×800
G4	500×800		
G3A	600×800		

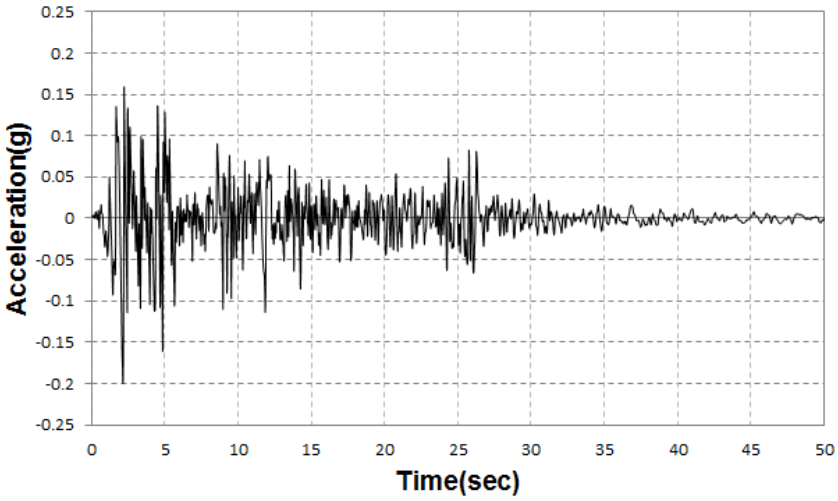


(a) 평면도

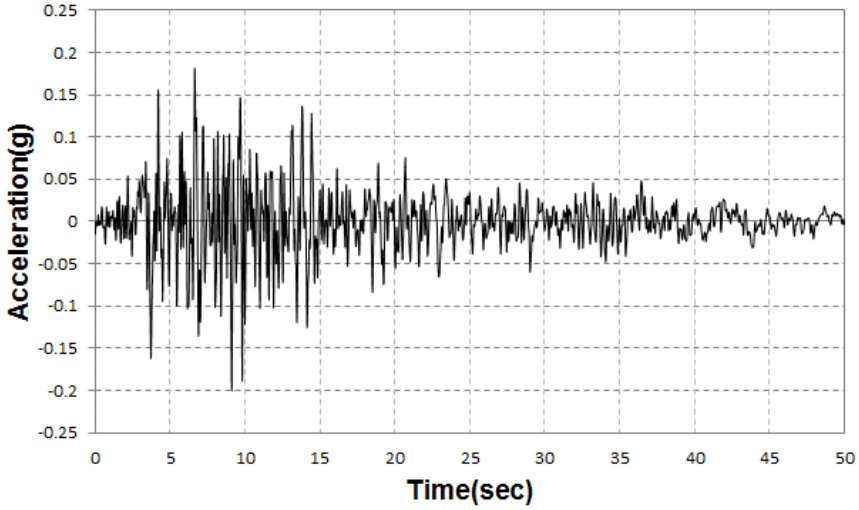


(b) 건물 형상

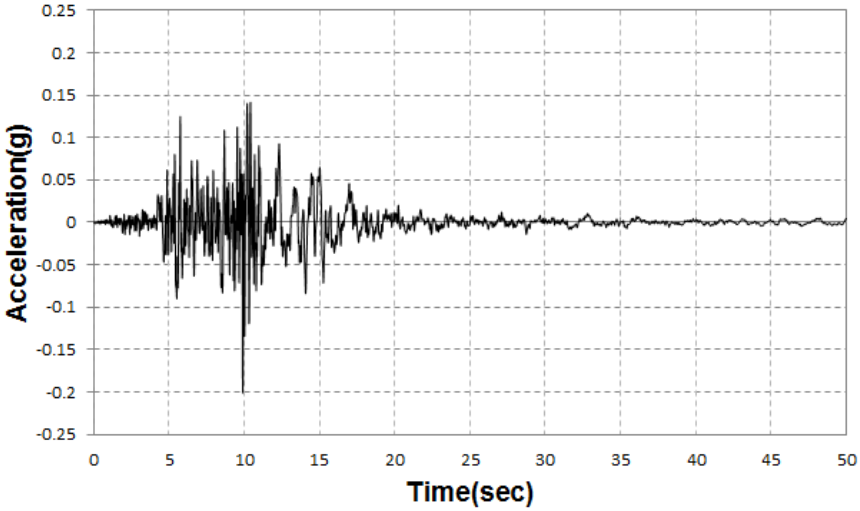
[그림 3.7] 해석모델



(a) Elcento (270 Deg,, 1940), PGA = 0.2g



(b) Taft Eathquake (69 Deg,, 1952), PGA = 0.2g

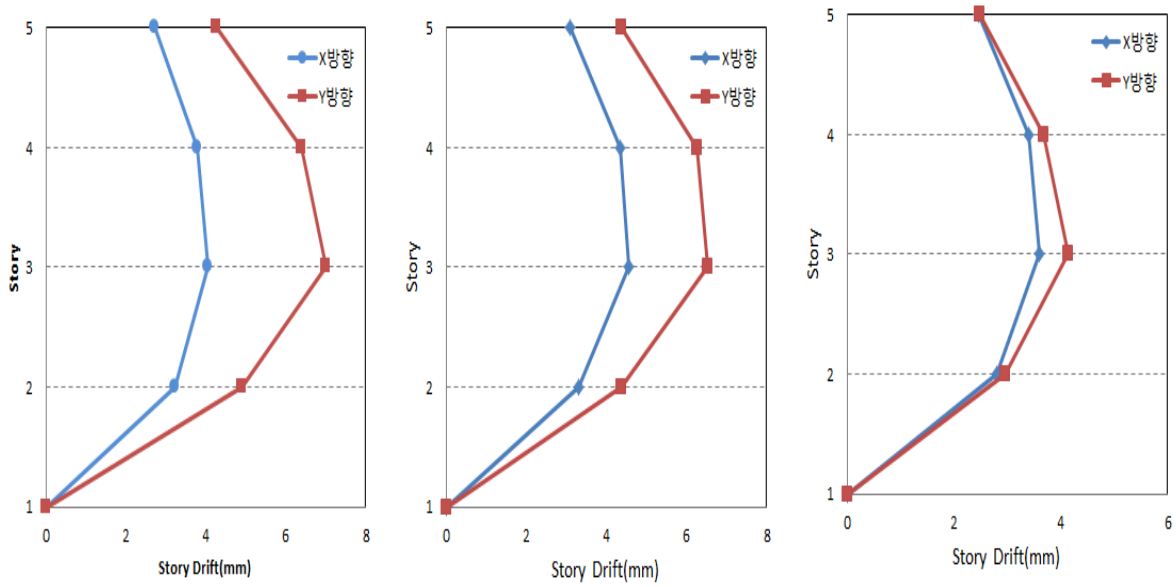


(c) Northridge Earthquake(0 Deg., 1994), PGA = 0.2g

[그림 3.8] 입력 지진가속도

나. 건물의 지진응답

대상 건물은 시간이력해석결과에 대해 모든 부재가 현행 건축구조기준을 만족하는 결과를 나타냈으며, [그림 3.9]에 나타낸 바와 같이 층간변위기준($0.010h_{sx}$=45mm)을 모두 만족하는 안정적인 거동을 나타내었다.



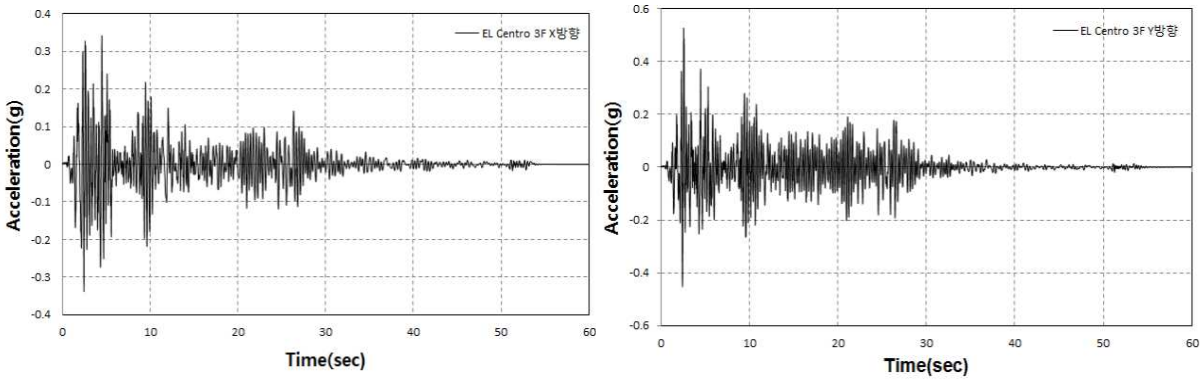
(a) Elcentro (b) Taft (c) Northridge

[그림 3.9] 해석대상 건물의 층간변위

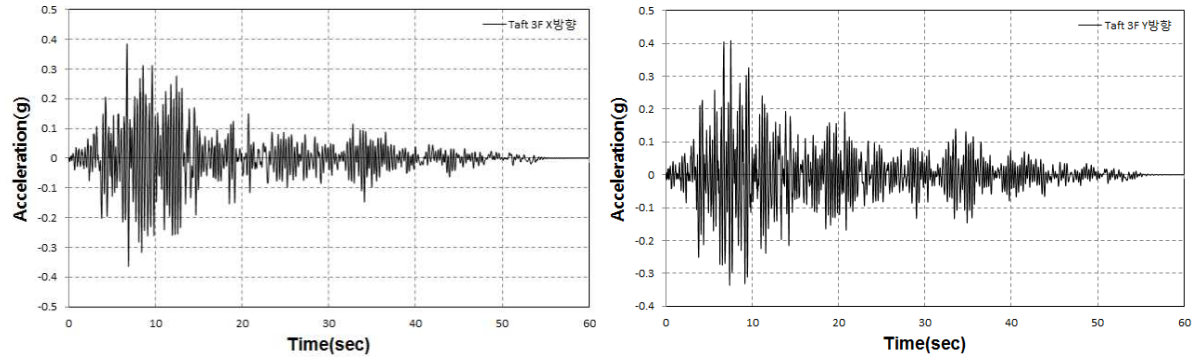
[그림 3.10], <표 3.3>은 시간이력 해석결과에서 추출된 3층의 층응답 가속도이다. 전산실의 위치로 가정한 3층에서 입력가속도 0.2g에 대해 사용한 입력가속도의 파형에 따라 1.56~2.64배의 증폭효과를 나타내었다. 이는 지진파의 성질에 따라 차이가 있기는 하지만 일반적으로 지진에너지가 진동주기가 짧은 영역에 집중되어 있으므로 해석대상과 같은 저층건물에서 지반가속도가 증폭되게 되는 것으로 판단된다.

<표 3.3> 3층 최대응답가속도

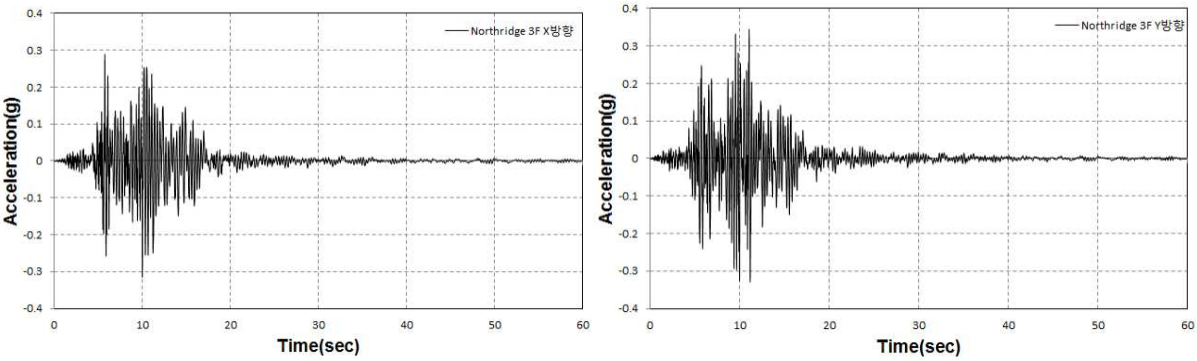
입력지진파형 (PGA, g)	입력가속도 (g)	X방향		Y방향	
		3층 최대 응답가속도 (g)	가속도 증폭비	3층 최대 응답가속도 (g)	가속도 증폭비
Elcentro (270Deg., 1940)	0.20	0.342	1.71	0.528	2.64
Taft (69Deg., 1952))	0.20	0.386	1.93	0.409	2.05
Northridge(0Deg., 1994)	0.20	0.315	1.56	0.344	1.72



(a) Elcentro (0.2g) 시간이력해석결과 3층 층가속도



(b) Taft (0.2g) 시간이력해석결과 3층 층가속도

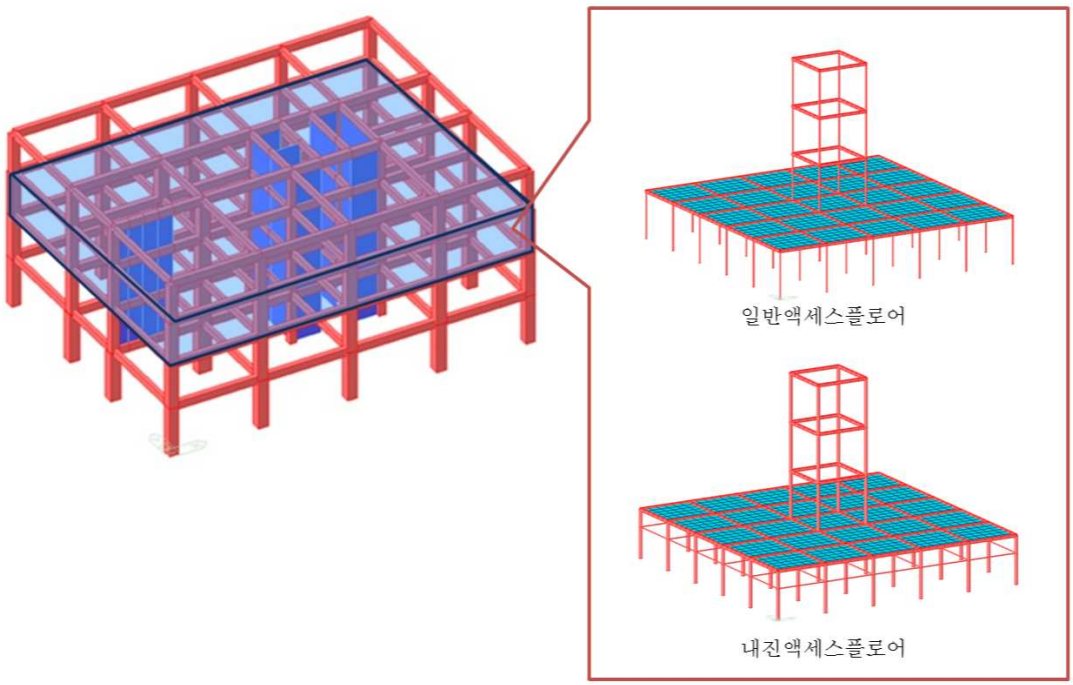


(c) Northridge (0.2g) 시간이력해석결과 3층 층가속도

[그림 3.10] 시간이력해석결과에 의한 3층 층가속도

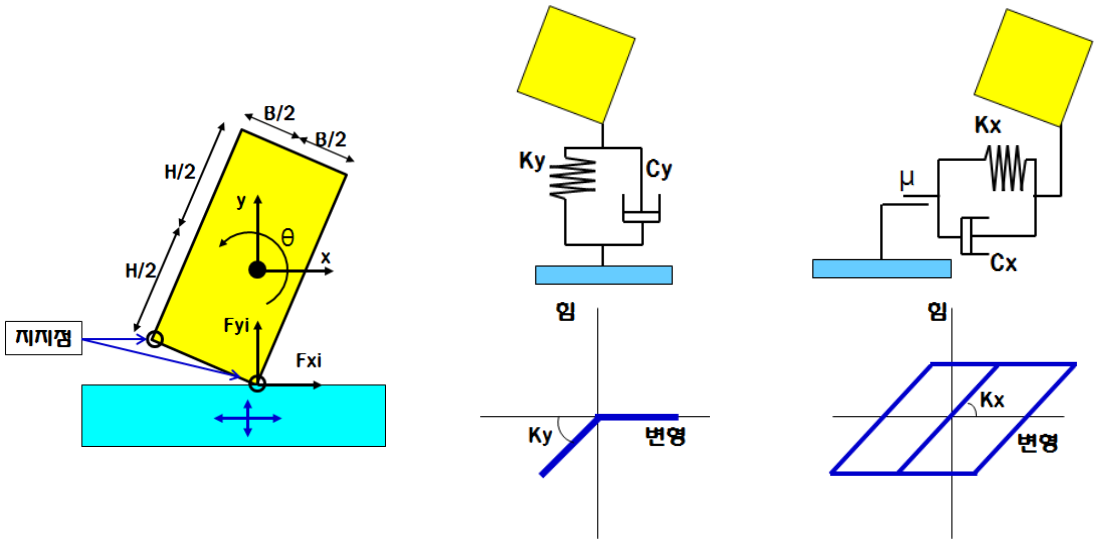
다. 내부 설비 피해

추출된 층응답가속도를 사용하여 3층에 가정된 내부 전산실의 지진피해를 조사하였다. 사용된 층응답 가속도는 건물에 가장 큰 가속도 증폭을 발생시킨 Elcentro 지진파의 시간이력 해석결과를 사용하였으며, 해석모델은 [그림 3.11]과 같이 액세스플로어 마감 위에 서버랙이 1대 설치되어 있는 경우로 가정하였다. 액세스플로어 해석모델은 높이 600mm, 패널의 크기는 600×600mm로서 실제 전산실 등에 사용되는 액세스플로어를 기준으로 모델링을 수행하였다. 상부에는 3단의 서버랙을 추가로 탑재하였으며, 액세스플로어의 상부에는 평균적재하중을 300kgf/m^2으로 가정하여 해석을 수행하였다.



[그림 3.11] 층 해석모델

랙에 대한 해석모델은 [그림 3.12]와 같이 하부에 2점으로 지지된 강체모델로 가정하였다.



설비의 해석모델 지지점의 모델화(접촉하고 있는 경우)

[그림 3.12] 설비의 해석모델

다음식과 같이 중심에 있어서의 운동방정식으로 시간이력수렵계산을 하면서 응답해석을 실시하였다.

$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & j \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}(t) \\ \ddot{y}(t) \\ \ddot{\theta}(t) \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} m\ddot{\mu}_x(t) \\ m(\ddot{\mu}_y(t)+g) \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^{2} F_{x,i}(t) \\ \sum_{i=1}^{2} F_{y,i}(t) \\ \sum_{i=1}^{2} M_i(t) \end{Bmatrix} \tag{3.1}$$

여기서, m, j 는 강체의 질량과 중심의 회전관성, $\ddot{x}(t)$, $\ddot{y}(t)$, $\ddot{\theta}(t)$는 중심의 수평, 상하 및 회전방향 가속도성분이고, $\ddot{\mu}_x(t)$,$\ddot{\mu}_y(t)$ 는 수평과 상하방향의 입력가속도이다.

또한 g는 중력가속도, $F_{x,i}(t)$, $F_{y,i}(t)$, $M_i(t)$ 는 지지점 i에서의 바닥의 반력 및 중심축 모멘트이다.

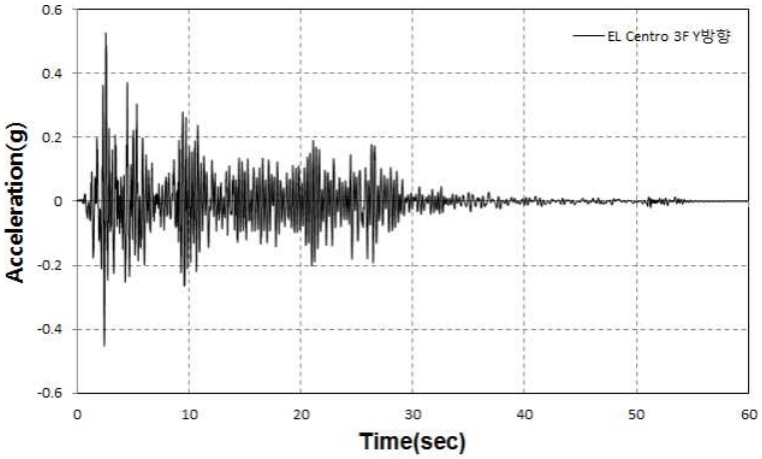
지지점에서의 모델화는 [그림 3.12]의 우측과 같이 나타내었다. $F_{x,i}(t)$, $F_{y,i}(t)$는 다음식과 같이 스프링에 의한 복원력과 감쇠력의 조합으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{x,i}(t) &= F_{\xi,e}(t) + F_{\xi,d}(t) \\ &= K_x \delta_{x,i}(t) + C_x \dot{\delta}_{x,i}(t) \end{aligned} \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned} F_{y,i}(t) &= F_{y,e}(t) + F_{y,d}(t) \\ &= K_y \delta_{y,i}(t) + C_y \dot{\delta}_{y,i}(t) \end{aligned} \tag{3.3}$$

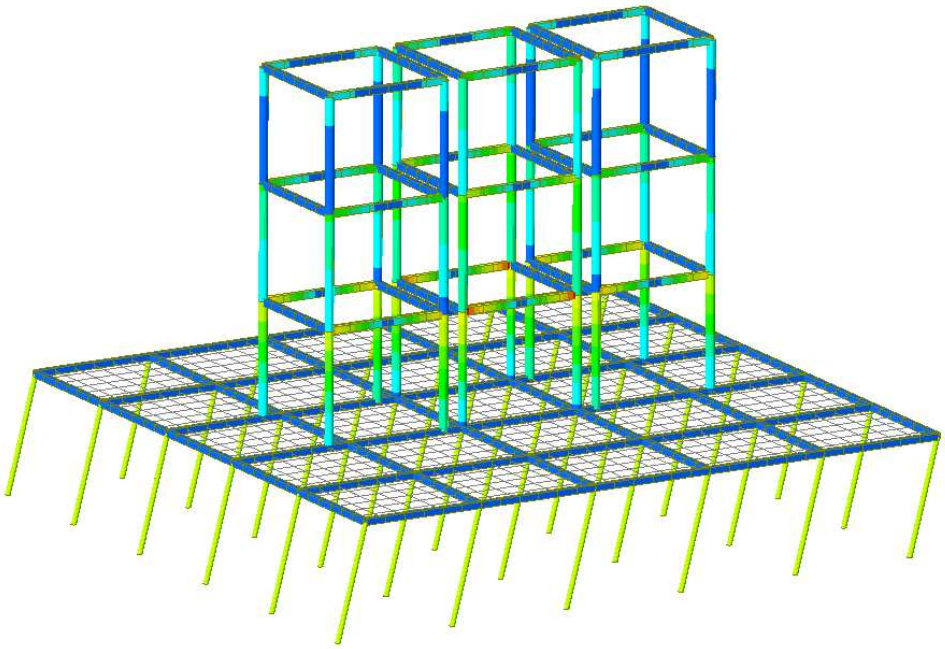
K_x ,K_y ,C_x ,C_y 는 수평과 상하방향의 강성과 감쇠계수이고, δ_x ,δ_y 는 수평 및 상하방향의 변위이다. 접촉점에서는$F_{y,i(e)}(t) = 0$ 일때(다리가 떨어져 있을 경우)에 $F_{x,i}(t) = 0$,

$F_{y,i}(t)=0$ 가 된다. 또한 $|F_{x,i(e)}(t)|>\mu \cdot F_{y,i(e)}(t)$ 일때 (수평력이 마찰력보다 커질때)에 강체는 미끄러지고 $|F_{x,i(e)}(t)|=\mu \cdot F_{y,i(e)}(t)$ 가 된다.

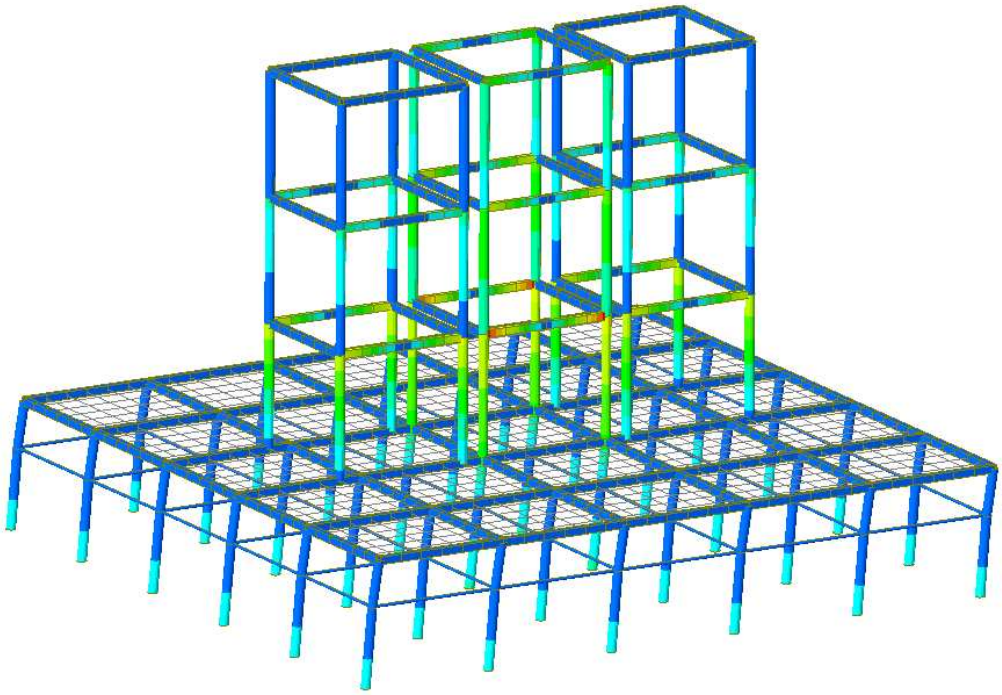


[그림 3.13] 입력 층응답가속도

기존 액세스플로어를 설치한 상태에서의 거동은 [그림 3.14]과 같으며, 변위 75mm를 초과하여 서버랙 간의 충돌에 의한 피해가 우려되었으며, 하부고정이 되지 않았을 경우 전도가 우려되는 변위를 나타내었다. 또한 액세스플로어의 파손은 주로 페데스탈 및 스트링거 등이 변형 및 파손되어 패널이 탈락하는 매카니즘을 보이게 되는데, 해석결과에서 최대지진가속도 2.0g에 대한 층응답에 대해 여 내부 설비들의 파손에 의한 건물의 기능정지 등 2차 피해가 우려되는 것으로 나타났다.



(a) 일반액세스플로어



(b) 내진액세스플로어

[그림 3.14] 3F 액세스플로어의 거동

제 2 절 전기통신설비의 요구내진성능 평가방법 개발

1. 해외 기준

(1) NEBS Requirements : Physical Protection(GR63Core)

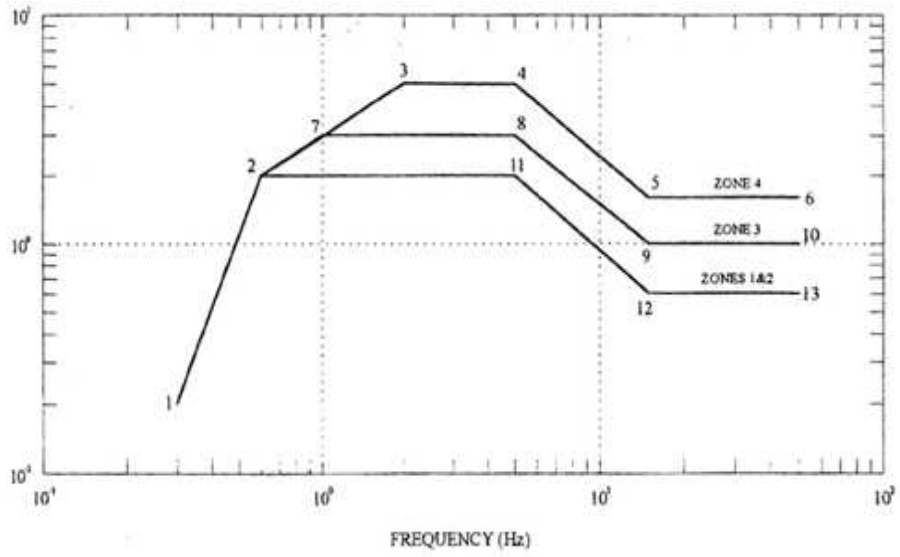
미국의 통신업자인 Telcodia에서는 NEBS Requirements : Physical Protection(GR63CORE)에서 통신국사에 시설되는 장비에 대한 적합한 내진규격을 규정하고 있다. 시험방법은 지진, 사무실 진동, 및 교통진동으로 구분하여 성능실험 방법 제시하였으며 지진실험의 경우 아래 [그림 3.14]과 같은 요구 응답스펙트럼을 만족하여야 한다.

■ 지진실험
- 프레임의 세 직교방향에서 지진모사실험
- 시간이력 모델 제시(VERTEQⅡ)
- 진동대 규격 : stroke 최소 250mm(**진동시험기의 성능규격**)

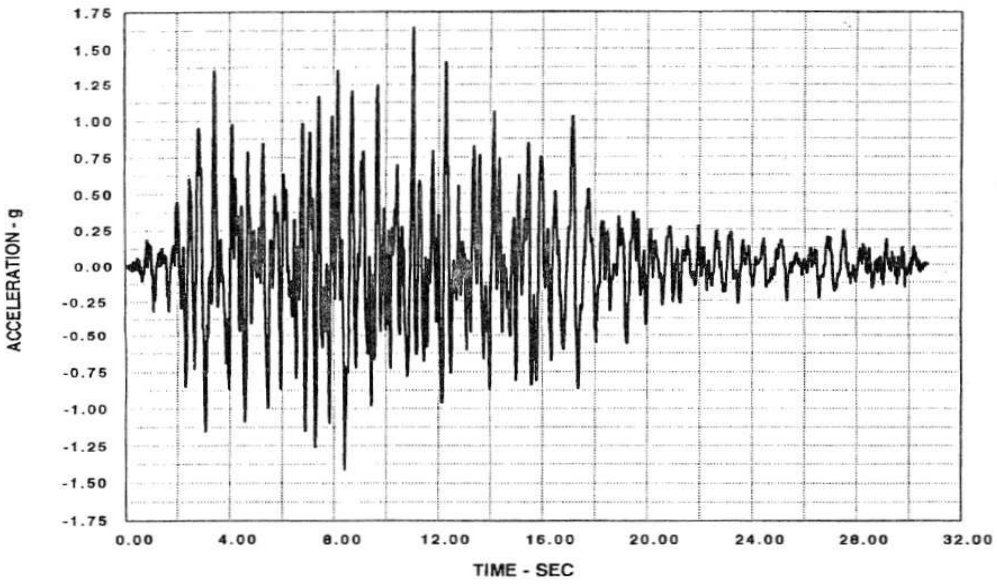
■ 진동수 범위 1.0 – 100 Hz(**진동시험기의 성능규격**)
- 지진파 : 미국에서는 전 지역을 0~4구역으로 구분하고 있으며, 지진구역에 따라 최대가속도 레벨을 Zone 1,2, Zone 3, Zone 4로 구분하여 제시하였다(<표 3.4>).

<표 3.4> 지반조건에 따른 층가속도 레벨

Frequency(Hz)	Values for Upper Floor Acceleration(g)	Frequency(Hz)	Values for Upper Floor Acceleration(g)
Zone 1&2		Zone 3	
0.3	0.2	0.3	0.2
0.6	2.0	0.6	2.0
5.0	2.0	2.0	5.0
15.0	0.6	5.0	5.0
50.0	0.6	15.0	1.6
Zone 3		50.0	1.6
0.3	0.2		
0.6	2.0		
1.0	3.0		
5.0	3.0		
15.0	1.0		
50.0	1.0		



(a) Required Response Spectrum



(b) Earthquake Synthesized Waveform

[그림 3.15] Telcodia의 층응답스펙트럼 및 시간이력모델

시험 절차는 크게 정적 실험과 진동실험으로 나뉜다. 진동 실험에 앞서 정적 시험이 먼저 수행되며, 축의 앞뒤 및 좌우 방향으로 골조의 상부에 수평하중이 약 45N/sec로 천천히 적용된다. Zone 4일 경우 하중이 0부터 cable 무게를 포함한 전체무게 또는 그 이상이 될 때까지의 변형과 하중을 기록한다. (Zone 3에서 60%, Zone 1&2에서 40%) 하중이 천천히 제거될 때까지의 변형과 하중을 기록하며, 구조물의 손상을 관찰한다. 수

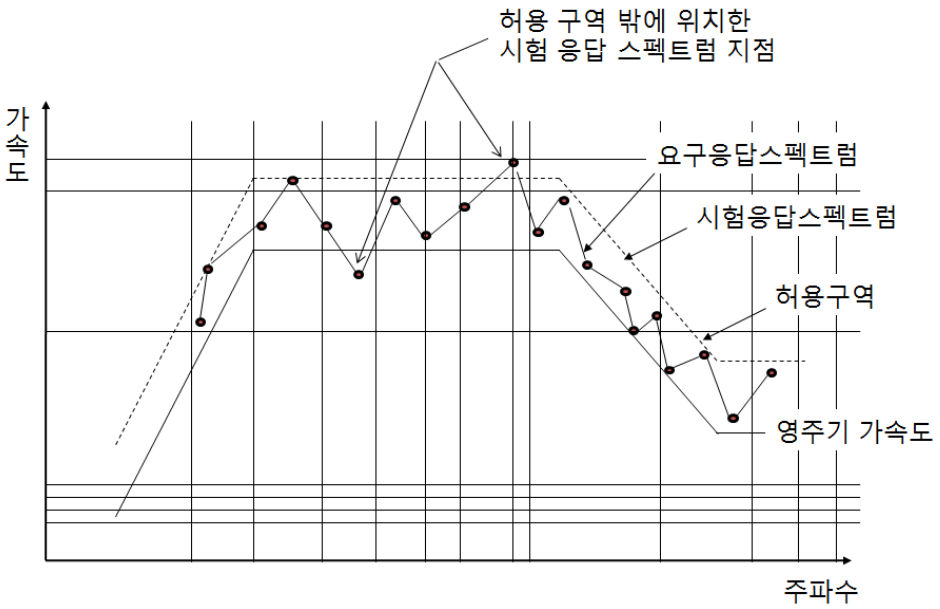
평 정적 인정 실험으로 골조의 대략적인 강도와 강성을 알 수 있다.

진동 실험의 경우에는 실험체 축의 좌·우 및 수직방향으로 3축 하중이 적용된다. 분당 1옥타브의 곡률에서 1Hz~50Hz까지 0.2g의 가속도 증폭에 따른 swept sine법이 수행된다. 장비의 응력을 줄이기 위해 더 높은 곡률을 사용할 수 있으며, 장비의 기능적 및 물리적 상태를 확인한다. 시험응답스펙트럼을 만족하거나 진동수 범위 1~50Hz에서 요구응답스펙트럼을 초과하는지 확인해야한다. 시험응답스펙트럼은 진동수범위 1~7Hz에서 요구응답스펙트럼의 30%를 초과해서는 안되며 만약 이 범위의 진동수에서 시험응답스펙트럼이 요구응답스펙트럼의 30%보다 초과했을때 장비의 파괴가 발생하면 그 실험은 타당하지 못한 것으로 간주한다. 진동실험이 진행되는 동안 변위와 가속도를 기록하며, 장비의 기능적, 물리적 상태의 모든 변화를 확인해야한다.

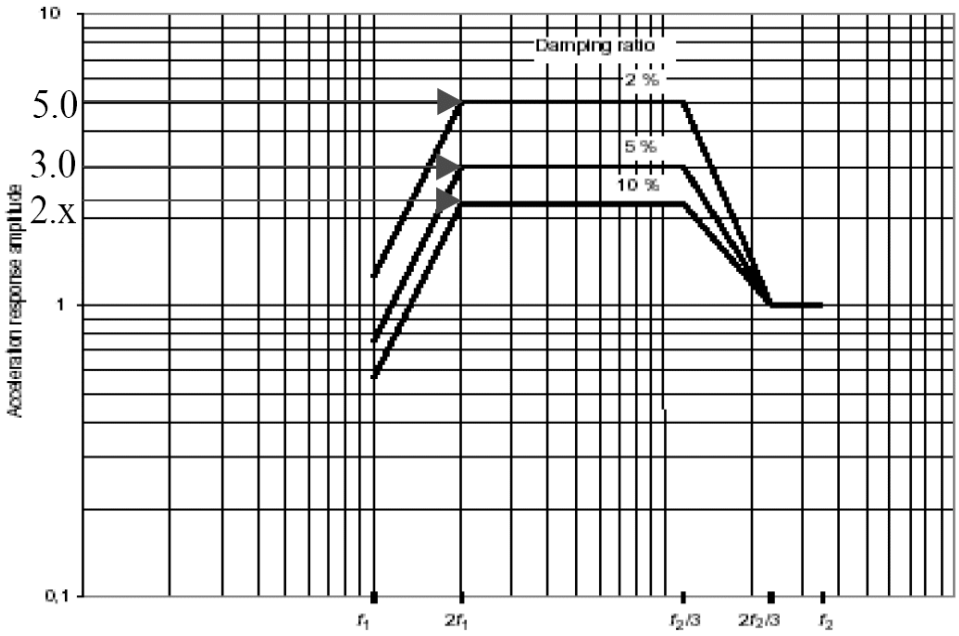
(2) IEC600068-2-57

국제 표준화기구인 IEC(International Electrotechnical Commission)에서는 통신국사의 층 응답스펙트럼에 대한 기본모델 규격을 제시하고 있으며, 진동-시간 이력시험방법을 규정하였다. 시험 요건은 크게 진동응답검사, 시간이력시험, 시험부착으로 나뉘며, 이 중, 진동응답검사는 임계 주파수와 감쇠비를 결정하기 위해 수행된다. 시간이력시험은 기본운동, 다각 측정 운동, 회전 운동으로 나누어 시험되며 요구 응답 스펙트럼에 사용될 허용도는 0~50% 범위내로 한다.([그림 3.16]) 또한 기준점의 신호는 시험 설비나 시험체에서 유도된 주파수를 제외하고는 시험 범위보다 높은 주파수를 모두 포함한다. 시험체에 관계없이 시험 설비를 위해 유도된 시험 주파수의 범주를 벗어난 신호의 최대값은 기준점에서 나온 특정 신호 중 최대값의 20%를 넘어서는 안된다.

별도의 규정이 없을 경우 시험체는 각 3축으로 가진해야 하며, 축에 대한 시험 순서는 규정이 없다면 중요하지 않다. 시험품의 동적 응답은 제품 규격에 규정되어있는 경우 조사되어야 하며 주파수 범주 내에서 사인 또는 랜덤 진동으로 규정된 시험 레벨에서 이루어 져야한다. 정현파 가진의 응답 조사는 분당 1옥타브를 넘지 않는 sweep 속도로 하지만 응답특성에 대해 더 정확한 판단이 되면 감소시켜야 한다. 랜덤 진동의 응답 조사는 통계의 편차를 최소화할 수 있게 충분한 시험 시간을 두어야 한다.



(a) 요구 응답 스펙트럼의 정의

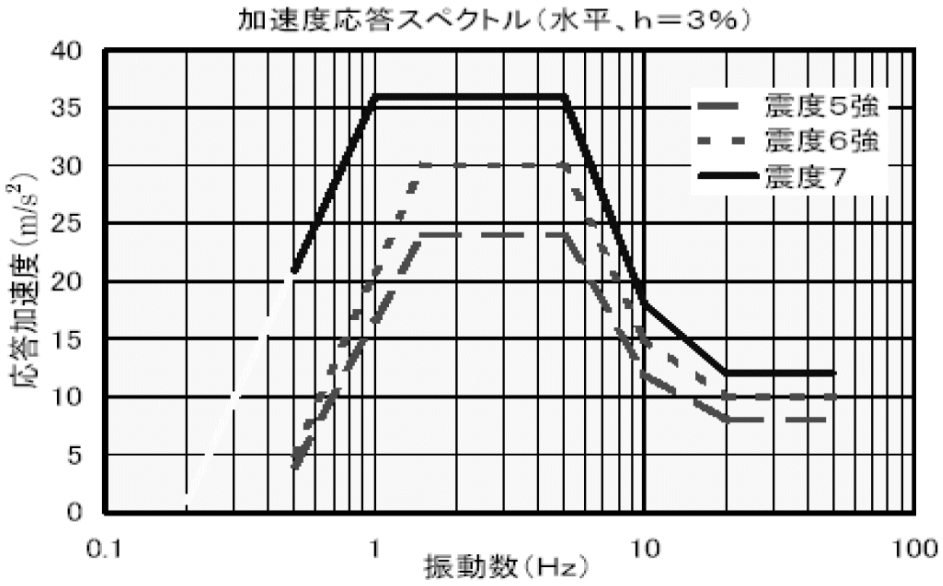


(b) 응답스펙트럼

[그림 3.16] IEC60068의 응답스펙트럼 가속도

(3) NTT

일본 통신사업자 NTT에 의한 규격인 “통신장치 등의 내진시험방법 규격” 에 따르면 지진가속도스펙트럼은 [그림 3.17]과 같다. 진도별로 구분이 되어 있어서, 진도 7의 경우 최대 가속도 레벨 3.67, 진도 6은 3.06, 진도 5는 2.45가 된다.

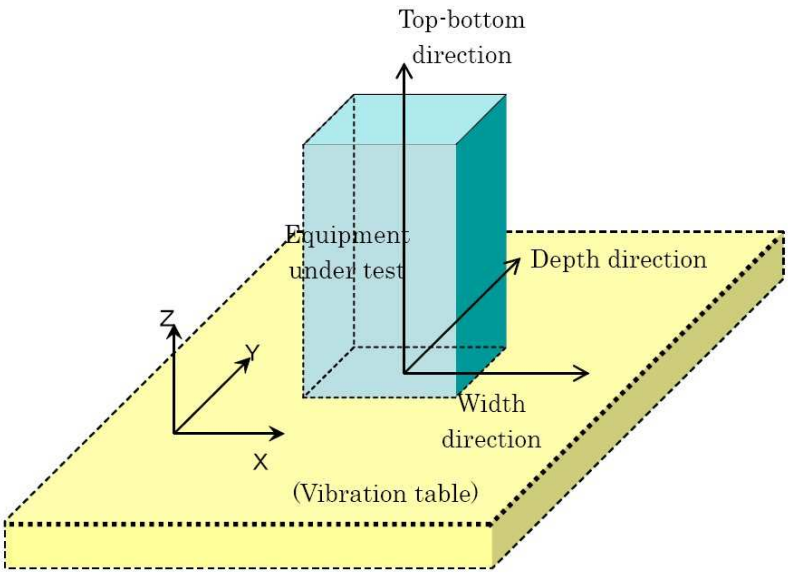


[그림 3.17] NTT 의 층응답 스펙트럼]

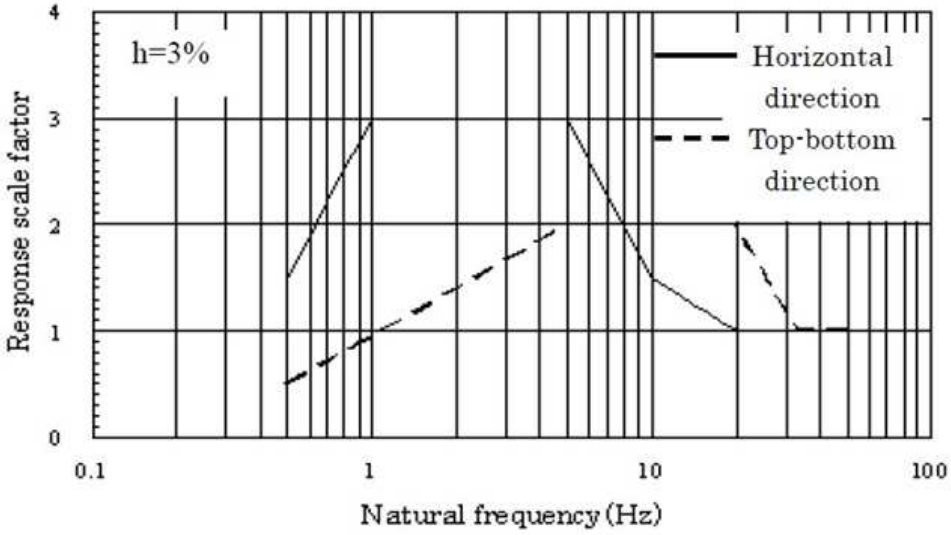
(4) NTT DoComo

NTT DoComo의 기준은 캐비넷, 랙과 같은 범용장치의 내진시험규격을 제시하고 있다.

- 지진파 실험은 3차원 진동대에서 수행한다([그림 3.18] (a) 참조).
- 각 방향(X,Y,Z)의 파형은 아래 그림의 Scale Factor를 사용하여 인공지진파형을 사용할 수 있다.

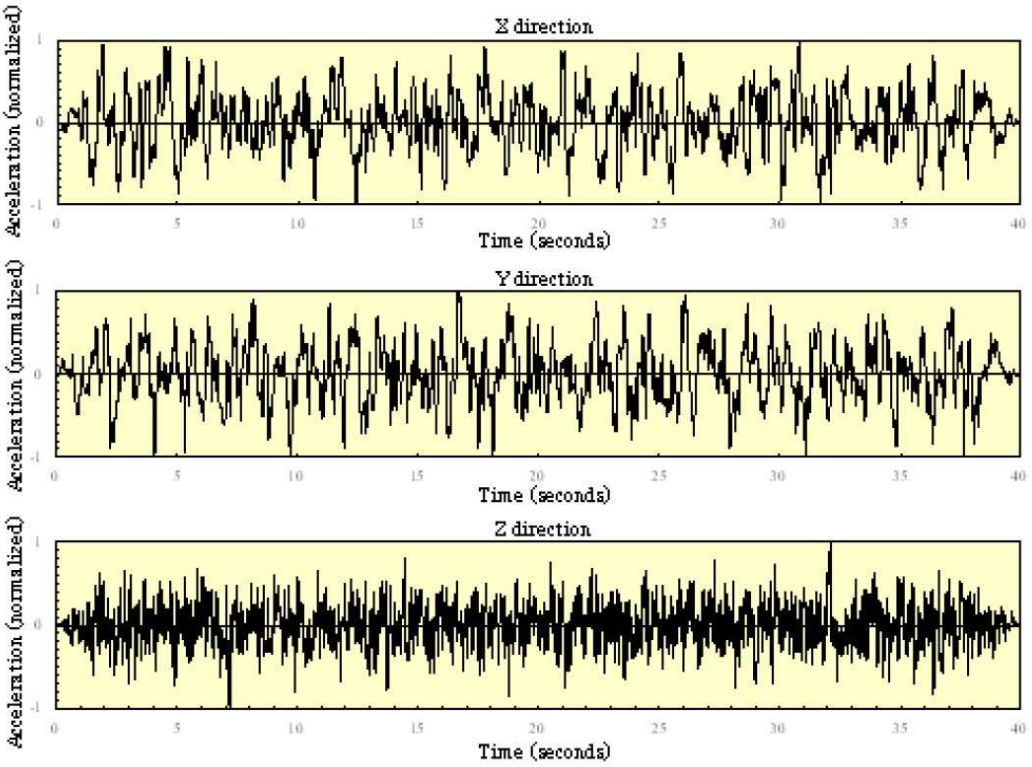


(a) Simultaneous Excitation



(b) Acceleration Response Scale Factor

[그림 3.18] NTT DoComo 기준



[그림 3.19] NTT DoComo 요구응답스펙트럼

■ 지진파형은 <표 3.5>에 나타낸 바와 같이, R04 에서 R12까지 단계적으로 최대가속도를 증가시킬 수 있으며, <표 3.6>의 기준에 의해 내진성능을 판정한다.

<표 3.5> 최대가속도의 목표값(target value)

Excitation Level	R04	R06	R08	R10	R12
Maximum Acceleration (m/s^2)	4	6	8	10	12
Maximum Velocity (m/s)	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5

<표 3.6> 시험설비의 성능평가 기준

Determination requirements		
기능적 문제 (Functional Problem)	F1	진동실험 중 및 이후 기능유지
	F2	진동실험중 기능이 멈췄지만 실험 후 기능회복
물리적 피해 (Physical damage)	P1	주요 구조에 손상이 없음
	P2	균열 및 소성변형이 주요구조에 발생하지 않음(상부변위 50mm 이하)
	P3	주요구조부에서 붕괴나 파괴가 발생하지 않음

(5) 종합

■ 선행기준들을 비교하여 보면 아래 표와 같으며, 가속도 스펙트럼 모형에 대하여는 Telcodia 규격 및 NTT 규격형태를 선별 사용할 수 있다

<표 3.7> 선행 기준의 가속도 레벨의 비교

규격 / 요소	Telcordia		NTT		NTT DoCoMo	IEC	
가속도레벨 (g)	Zone 1/2	2.0	진도5강	2.45	2~3	damp 10%	2.3
	Zone 3	3.0	진도6	3.06		5%	3
	Zone 4	5.0	진도7	3.67		2%	5

2. 국내 기준

(1) 내진설계 적용대상 통신설비

법적인 규격기준으로 내진설계적용대상이 될 수 있는 통신설비의 부류는 제2006-69호 (전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준)의 [별표]내용에서 진동 또는 내진과 관련된 시설조건으로서 다음과 같이 기술되어 있다.

> 제1장 설비기준
> 제2절 옥외설비
> 3. 진동대책 : 옥외설비를 설치할 경우 지진 등에 의한 진동에 의한 진동에 대해 고장 등의 방지조치를 강구한다.
> 제2장 통신국사 및 통신기계실의 조건
> 2. 건축물의 선정
> - 통신국사는 내진구조의 건축물을 선정한다.
> 3. 통신기계실의 구조조건
> - 바닥, 내벽, 천장 등의 내장재는 통상적 예상규모의 지진으로 인한 낙하, 전도 등을 방지할 수 있도록 조치를 강구한다.

상기의 '통신국사'는 전기통신설비를 안전하게 설치·운영·관리하기 위한 건축물로, '통신기계실'은 교환설비나 전송설비, 전산설비 등이 설치되는 장소로 정의하고 있다. 우리나라의 내진설계 적용대상으로 지정된 통신설비의 분류는 <표 3.8>와 같다.

<표 3.8> 내진설계(내진대책)가 필요한 정보통신설비의 종류

대분류	중분류	세부항목	비고
통신국사	–	건물자체	건물의 내진설계
통신 기계실	직접 **통신중계** 및 **전송장치류**	교환기, 단국장치, 전송장치, 변환장치, 분배장치 등	옥내설비 개발 대상
	정보화 기기류	중앙처리장치, 서버, 데이터저장장치, 수요자 인터페이스 망 접속장치 등	
	케이블 시설류	배전반(MDF), 배선/배관시설, 케이블트랙 및 이들의 고정장치류	
	전원 및 전력시설물	자체발전기, 정류기, 전원공급장치류, 전원분배시설, 변압기, 배터리, 예비전원 관련시설, UPS, 설치부대트레이류, 전원케이블, 전원케이블 인터페이스 고정장치류	
	기타부대 시설	**액세스플로어**, 냉방기(에어컨 등), 항온항습기, 온도조절제어장치 및 시설류	
옥외 설비	공중선주	철탑시설류(나대지 또는 산 정상 기지국 시설 및 옥상철탑, 철주), 전주류(강관주, 콘크리트주, 광중계기를 포함한 전주), 간이폴, 원폴 등)	
	컨테이너 시설	컨테이너박스자체와 그 내부장비 시설류	
	함체 시설류	국사내시설장비류를 대지기반에 직접 시설하는 유형의 독립적 장비 시설류	
	선로 구조물류	통신구, 관로, 맨홀/핸드홀 등	
	기타	안테나독립시설(위성안테나, 방송안테나), 특정 전주시설 등	

(2) 건축구조설계기준

지진관련계수들은 지역적 특성에 의하여 결정되나, 실제 내진설계 대상 통신장비들이 어느 지역 어느 위치에 시설될지를 알 수 없으므로 범용적으로 다음과 같이 **건축구조설계기준(KBC 2009)**에 의해 지반응답스펙트럼을 작성한다.

가. 지역계수

<표 3.9> 지역계수(KBC 2009 표 0306.3.1)

지진구역	행정구역	지역계수, S
1	지진구역 2를 제외한 전지역	0.22
2	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.14

※ 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시, 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

나. 지반의 종류

- 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위해 지반을 아래 표와 같이 5종으로 분류한다.
- 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고 지반의 종류가 S_E일 가능성이 없는 경우에는 지반종류 S_D를 적용할 수 있다.

다. 지반분류의 기준면

- 일반적으로 지반분류는 지표면을 기준으로 한다. 다만, 지하층을 가진 구조물로서 직접 기초를 사용하고 기초저면의 지반종류가 S_C 이상의 단단한 지반인 경우에는 기초면을 지반초면을 지반분류의 기준면으로 사용할 수 있다. 이때 지진에 의하여 지하층 구조벽에 작용하는 횡토압에 대하여 상부구조의 안전성을 확보하여야 한다.
- 말뚝기초를 사용하는 경우에는 지하구조 저면의 지반종류가 S_C 이상이고, 건물진동의 입력이 지하구조의 저면을 통하여 전달되도록 설계, 시공되는 경우에 한하여 지하구조의 저면을 기준면으로 사용할 수 있으며, 그렇지 않은 경우에는 지표면을 기준으로 사용하여야 한다.

<표 3.10> 지반의 분류(KBC 2009 표0306.3.2)

지반종류	지반종류의 호칭	상부 50m에 대한 평균지반특성		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 N (타격횟수/300mm)	비배수전단강도 Sa($\times 10^{-3}$ MPa)
S_A	경암지반	1500 초과	–	–
S_B	보통암지반	760에서 1500		
S_C	매우조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	>50	>100
S_D	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사지반	180미만	<15	<50

라. 설계스펙트럼 가속도

단주기와 주기1초의 설계스펙트럼 가속도 S_{DS}, S_{D1}은 아래 식에 의하여 산정한다.

$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$

$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$

<표 3.11> 단주기 지반 증폭계수, F_a(KBC 2009 표 0306.3.3)

지반종류	지진지역		
	$S_s \leq 0.25$	$S_s \leq 0.50$	$S_s \leq 0.75$
S_A	0.8	0.8	0.8
S_B	1.0	1.0	1.0
S_C	1.2	1.2	1.1
S_D	1.6	1.4	1.2
S_E	2.5	1.9	1.3

<표 3.12> 1초주기 지반증폭계수, F_v

지반종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S_A	0.8	0.8	0.8
S_B	1.0	1.0	1.0
S_C	1.7	1.6	1.5
S_D	2.4	2.0	1.8
S_E	3.5	3.2	2.8

마. 설계스펙트럼 가속도 산정

설계스펙트럼 가속도는 다음과 같이 산정한다.

① 지진지역을 선택한다.

② 해당 지반종류를 선택한다.

③ 지진지역과 지반종류로부터 단주기 설계스펙트럼 가속도(SDS), 주기1초 설계스펙트럼 가속도(SD1)를 선택한다.

④ 제어주기(T0, Ts)를 산정한다.

$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS}$

$T_s = S_{D1} / S_{DS}$

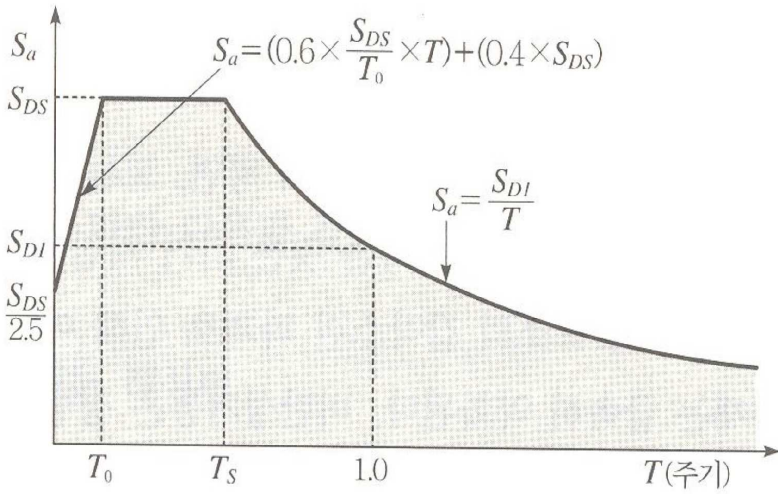
⑤ 설계스펙트럼 가속도(Sa)를 그림과 같이 작성한다.

$T \leq T_0$ 일 때 $S_a = 0.6 \frac{S_{DS}}{T_0} T + 0.4 S_{DS}$

$T_0 \leq T \leq T_s$ 일 때 $S_a = S_{DS}$

$T > T_s$ 일 때 $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$

여기서, T : 구조물의 고유주기(초)



[그림 3.20] 설계스펙트럼가속도

3. 내진액세스플로어의 성능평가법

내진액세스플로어는 수직하중에 대한 안전성뿐만 아니라 수평하중에 대한 안전성을 만족해야 하며 이에 따라 기존의 성능평가법 이외에 추가적인 성능평가가 필요하다. 해외 및 국내 관련기준 및 제품의 요구특성에 따른 내진액세스플로어의 성능평가법을 정리하면 다음과 같다.

가. 수직하중에 대한 성능

내진액세스플로어 시제품에 대한 KS F 4760(이중 바닥재)에서 규정하는 성능기준 부합여부를 평가하기 위하여 성능시험을 수행하였다. KS F 4760(이중 바닥재) 규격에서는 성능기준은 <표 3.13>과 같으며, 수직하중에 대한 시험방법은 <표 3.14>와 같이 집중하중, 등분포하중, 충격하중, 극한하중, 이동하중 등이 있다.

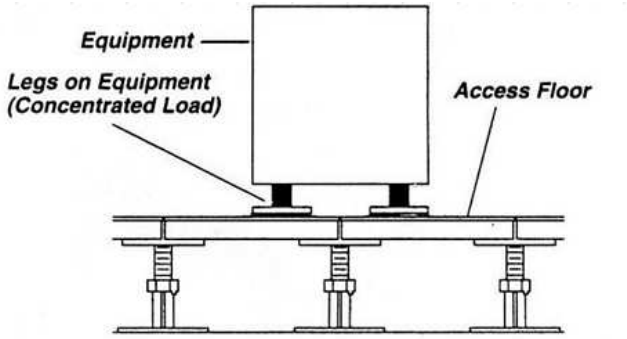
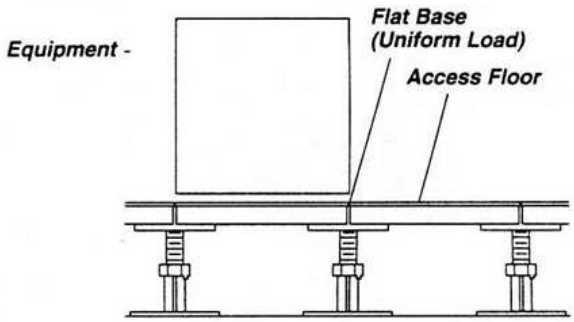
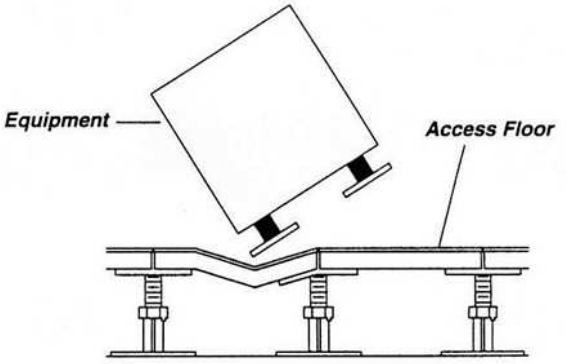
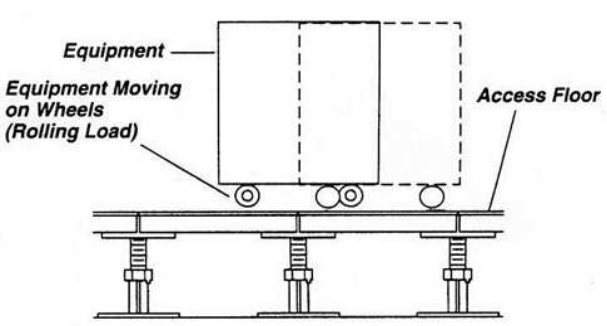
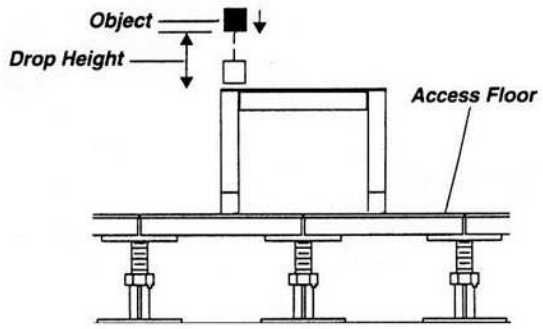
수직하중에 대한 시험방법 중 KS F 4760에 기 규정되었거나 본 연구결과에서 KS에 추가제안된 시험들에 대한 시험방법은 다음과 같다.

<표 3.13> KS F 4760(이중 바닥재) 성능기준

항 목	품 질
길 이	치수의 허용차는 각 변 길이의 ±0.5mm 이하이어야 한다.
직각도	한 변 길이의 0.1% 이하이어야 한다.
평판도	주변부에서 1.0mm이하이어야 한다. 중앙 및 그 밖의 부위에서 2.0mm 이하이어야 한다.
내국압성	R형 : 국부 압축 하중 2,940N에서 4.0mm이하의 변형량 이어야 한다. SP형 : 국부 압축 하중 4,900N에서 4.0mm이하의 변형량 이어야 한다.
내충격성	갈라짐이나 균열이 발생하지 않아야 한다.
내연소성	잔염 시간(1) 이나 잔진 시간(2)이 0 이어야 한다.
대전성	인체 대전압 Vp<3000v 이어야 한다.
누설 저항성	저항값은 $1\times10^{5}\Omega \leq R < 2\times10^{10}\Omega$이상이어야 한다.
내식성	도막의 밀착성 등급은 4B 이상이어야 한다. 염수 분무 시험에 의한 도장면의 변형이나 들뜸이 없어야 한다.

(1) 잔염시간 : 구성재의 잔염 현상시간을 말한다.
(2) 잔진시간 : 구성재의 불길이 사라진 연소시간을 말한다.

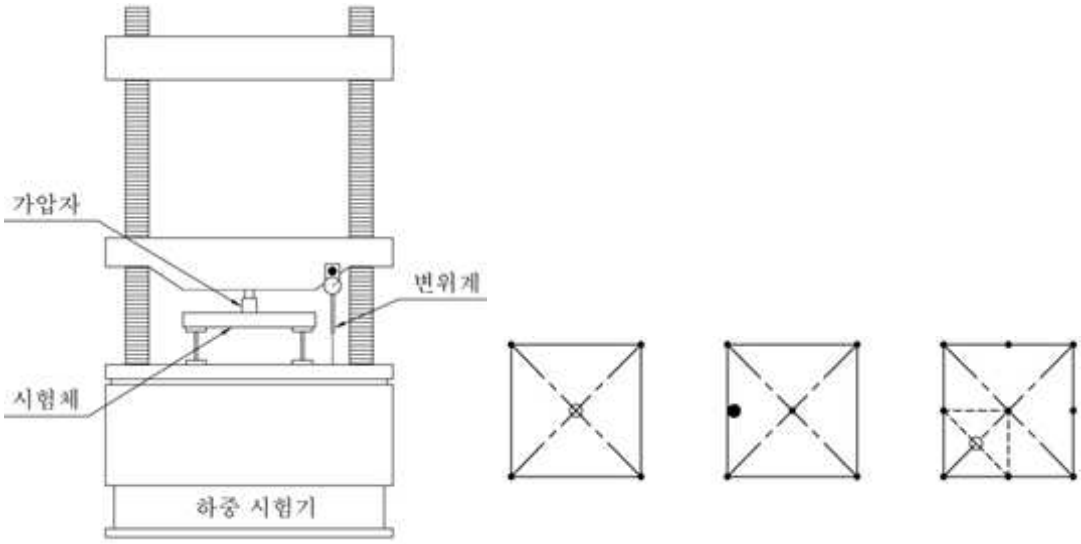
<표 3.14> 수직하중에 대해 요구되는 성능실험(CISCA, 2006)

정적하중	집중하중 (concentrated test)	
	등분포하중 (uniform test)	
	극한하중 (ultimate test)	
동적하중	롤링테스트 (rolling test)	
	충격하중 (impact test)	

① 국부압축시험

재하장치는 만능시험기나 하중시험기를 이용하며, 가압자는 원기둥 모양으로 된 강철재로서 지름 50mm의 것을 사용한다.

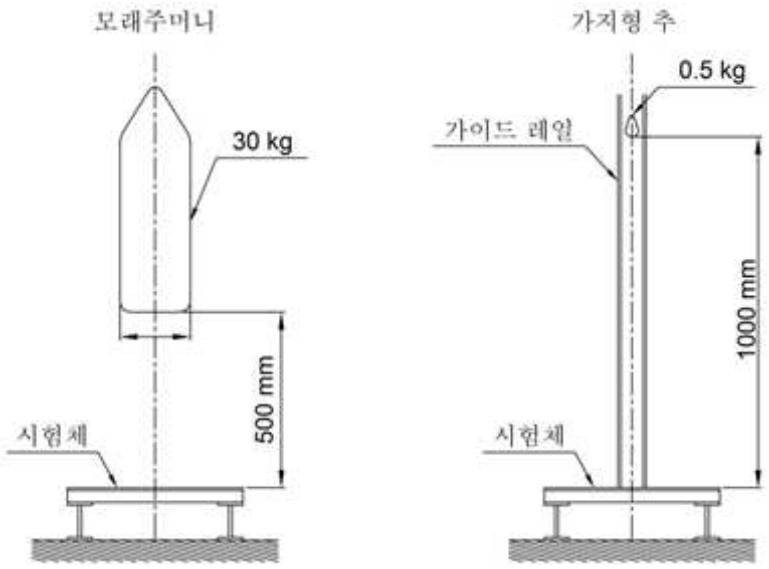
시험은 패널 1매에 부속되는 지주를 포함한 구성체로 하며 재하점은 중앙과 가장자리 중앙으로 하고, 하중가력은 매초 약 196N의 속도로 가력하고 980N, 1960N, 2940N, 3920N, 및 4900N 일때의 변형량을 측정한다.



[그림 3.21] 국부압축시험 및 시료의 재하점

② 충격시험

시험은 마감재를 설치하지 않은 상태에서 모래주머니에 의해 충격을 가하는 방법과 가지형 추에 의해 자유낙하하는 방법이 있다. [그림 3.22]과 같이 모래주머니의 경우 높이 500mm, 가지형 추는 1,000mm 에서 패널의 중앙위치에 자유 낙하시키며, 충격 후 표면의 갈라짐이나 균열의 발생여부를 조사한다.



[그림 3.22] 충격시험

③ 롤링로드 시험

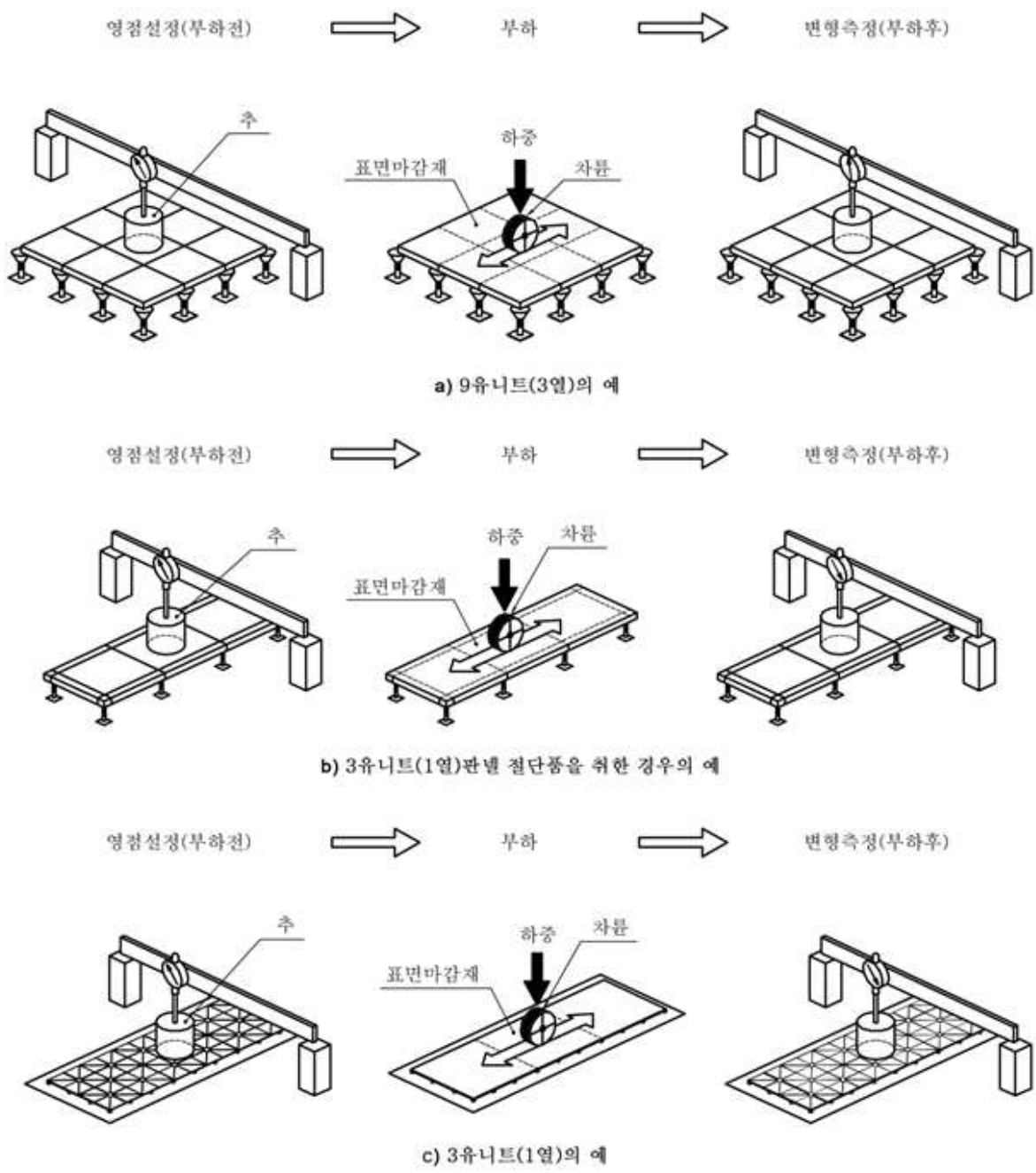
시험장치는 차륜 또는 시험체를 이동하는 방식으로 [그림 3.23]과 같이 설치한다. 롤링로드 시험은 가로세로로 설치한 9 유니트 중앙 1열에 대하여 실시한다. 단 3유니트 1열에서 실시한 경우의 변형 및 손상의 정도가 9유니트 시험체에서 실시한 경우와 동등 또는 그 이상인 것이 명확한 경우 3유니트 1열 시험체에서 실시하여도 된다.

하중재하는 차륜에 하중을 가한 상태에서 3유니트의 방향으로 최약부를 통과하도록 하여 5000회 왕복시킨다. 하중 및 차륜은 <표 3.15>과 같이 한다.

<표 3.15> 롤링로드 시험의 차륜 기준

소정하중	차륜
700 N	직경 130mm, 폭 40mm, 경도 85HS
1000 N	직경 150mm, 폭 40mm, 경도 85HS

실험결과의 확인은 차륜의 하중을 제거하고 3유니트(1열)의 덜컹거림 발생의 유무를 확인 후, 표면마감재를 제거하여 파손의 유무를 준으로 확인하며, 최약부에 추를 올려놓고 추 상단의 높이를 변위측정기로 변형량을 측정한다.



[그림 3.23] 롤링로드 시험

나. 액세스플로어의 요구 횡방향강도

일반적으로 기존의 액세스플로어는 수직방향에 대한 안전성만을 확인하였으며, 지주 및 접착제의 횡하중에 대한 강도는 검증하지 않았다. 그러나 내진액세스플로어의 경우 지진과 같은 비정상하중이 발생할 때 액세스플로어의 전도 및 파괴에 대한 안전성이 확보되어야 하므로 횡방향에 대한 강도 검증이 필요하다.

액세스플로어와 같은 비구조재의 내진성능을 해석하기 위해 대부분 등가정적횡력 개념을 도입하여 비구조재의 내진 요구도를 구할 수 있다. 보통 등가정적하중은 비구조재의 중량, 지반으로부터의 높이(동적 증폭), 중요도, 초기강도와 소성변형능력, 초과강도와 소성변형능력, 그리고 지반가속도의 크기 등을 고려하여 정한다.

일본의 경우 건축기준법, 건축기준법 시행령, 건설성고시, 그리고 건설성 주택국 건설지도 과장 통지 등에서 비구조재에 대한 내진규준이 있으며, 미국의 비구조재에 대한 내진시방서에는 UBC 97, NEHRP2000, IBC 2000 등이 있다. UBC 97에서는 약진지역에 있는 비구조재는 주구조재에 앵커를 사용한 접합이나 내진가새를 사용하지 않아도 된다고 되어 있으며, 중진지역에서는 켄틸레버형 난간과 같은 지진에 위험한 비구조재에 한하여 내진가새의 사용을 요구하고 있다. 강진지역에서는 중량이 180kgf 이하만 제외하고 앵커를 사용한 접합이나 내진가새를 사용하도록 되어있다.

그러나 우리나라의 경우에는 비구조부재의 보강에 대한 규정이 없으며, 건축구조기준에서는 비구조부재의 등가정하중을 다음 식(3.4)과 같이 산정하도록 하고 있다. 따라서 액세스플로어의 설치위치 등을 고려하여 식(3.4)을 적용하여 액세스플로어의 요구하중을 산정할 수 있다.

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)}\left(1+2\frac{z}{h}\right) \qquad (3.4)$$

여기서, a_p : 1.0~2.5 사이의 값을 갖는 증폭계수

I_p : 비구조요소의 중요도계수(1.0, 1.5)

h : 구조물의 밑면으로부터 지붕층까지의 평균높이

R_p : 비구조요소의 반응수정계수

S_{DS} : 단주기에서의 설계스펙트럼 가속도

W_p : 비구조요소의 가동중량

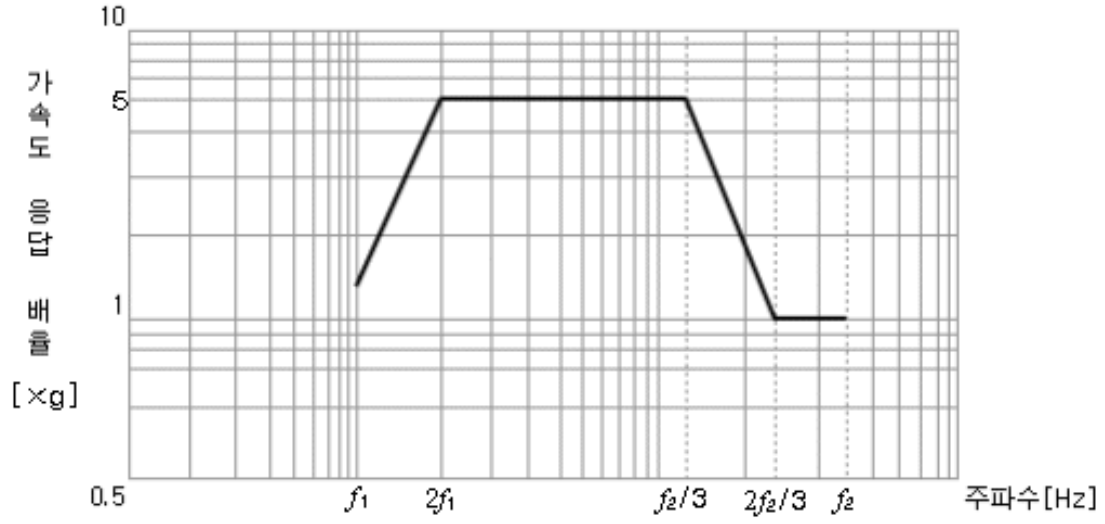
z : 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이

위의 식 (3.4)에서 중요도계수는 정보통신시설이 내진등급(특)에 해당하므로 1.5를 적용하며, 국내에서 액세스플로어의 시공에 접착제의 사용이 많으므로 R_p는 1.5를 사용한다.

다. 액세스플로어의 내진성능실험(진동실험)

액세스플로어의 경우 건물내 바닥에 설치가 되므로 건축구조기준에서의 지반응답스펙트럼이 아닌 건물의 층응답 스펙트럼에 의한 성능평가를 수행해야 한다. 일반적인 지진의 경우 지진에너지는 진동주기가 짧은 영역에 집중되어 있으므로 중저층 건물에서 지진에 의한 지반운동을 증폭하게 되어 각 층에서의 가속도는 위로 갈수록 커지게 되며 건물이 구조적인 파괴에 이르지 않더라도 앞 절에서 해석적으로 검증한 바와 같이 건물내의 시설물에 심각한 피해를 입히게 된다.

따라서 건물내 액세스플로어의 성능평가를 위해서는 건물의 위치, 종류에 따라 건축구조설계기준에 따라 지반응답스펙트럼을 작성하고 이것으로부터 층응답스펙트럼을 작성하거나 기준에서 제시한 층응답스펙트럼을 사용할 수 있다. 국내의 경우 전술한 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준에서는 다음 [그림 3.24]과 같은 층응답스펙트럼을 제시하고 있다.

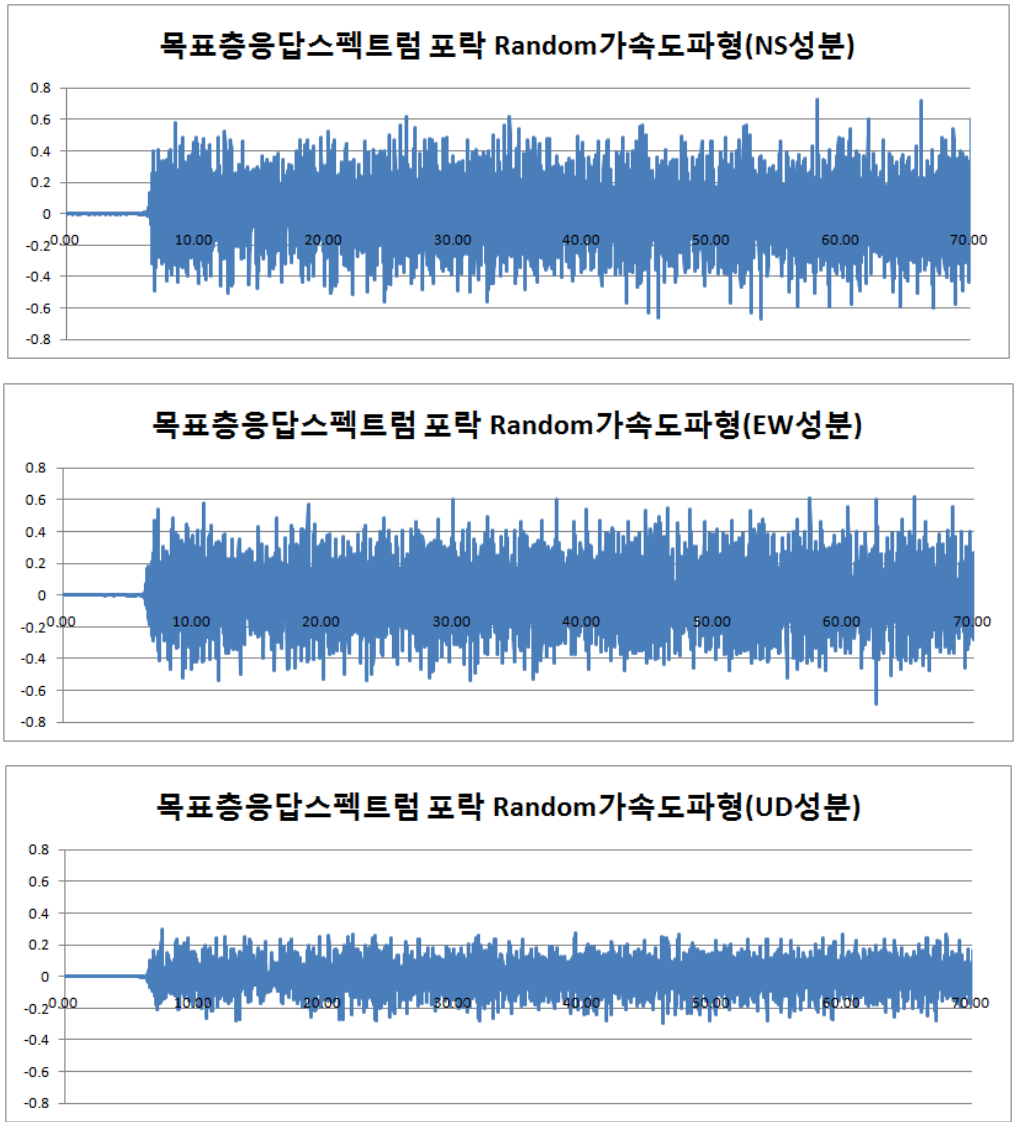


[그림 3.24] 요구응답스펙트럼

[그림 3.24]의 요구응답스펙트럼에 대한 세부 사항은 다음과 같다.

- f_1=1Hz, f_2=35Hz
- 영주기 가속도는 0.6g
- f_1에서 $2f_1$까지의 가속도 변화는 12dB/octave의 기울기를 갖도록 함
- 감쇠율(damping ratio)은 2%를 적용
- $2f_1$에서 $f_2/3$까지의 최대증폭가속도는 영주기 가속도에 5배 하여 3g로 함
- 차단주파수는 $2f_2/3$으로 함
- $f_2/3$에서 차단주파수 $2f_2/3$까지의 변화는 로가리즘 단위에 대한 선형보간법을 적용

– 수직방향의 진동에 대한 층응답스펙트럼의 경우 영주기 가속도를 최대 50%까지 경감하여 적용 가능



[그림 3.25] 목표 층응답스펙트럼을 포락하는 인공지진파 가속도파형
(수평2성분, 상하1성분)

[그림 3.25]는 제안된 층응답스펙트럼에 의해 작성한 인공 지진가속도의 예이며, 이를 사용한 동적실험결과에 대한 내진성능의 만족을 위해 실험체의 외관에 있어서 다음과 같은 손상이 없어야 한다.

① 시험대상설비의 전복 또는 전도
② 시험대상설비의 바닥고정부 이탈
③ 설치된 구성품의 이탈
④ 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손

⑤ 액세스플로어 구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈
⑥ 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단
⑦ 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손

또한, 실험체에 함께 설치된 통신설비의 경우 내진시험검중과 종결 후에 통신신호 전송에 지장을 주지 않도록 정상상태를 유지하여야 하며, 정보통신 설비간의 충돌 등에 의한 피해를 막기 위해 내진시험 중에 해당설비의 바닥면을 기준으로 설비상단의 진동 변이폭이 최대 75mm를 초과하여서는 안된다.

라. 정보통신설비의 간이 응답평가법 개발

지진시 건물의 각층 바닥의 바닥응답가속도 값은 건물의 동적특성을 고려하여 지진응답해석을 수행 하여야 산정할 수 있다. 그러나 건물의 구조적 특징을 적절하게 고려하여 지진응답해석을 수행하는 것은 용이하지 않다. 따라서 본 연구에서는 참고문헌을 바탕으로 건물의 각층 바닥 가속도의 증폭율을 간이적으로 평가하는 방법을 제안하고자 한다.

이 간이 평가법은 각층의 응답증폭율을 산정하여 지진응답해석을 수행하지 않고 각층의 바닥응답을 바닥응답배율로 예측하는 방법이다. 적용 타당성을 고려하여 포락선으로 이용할 수 있도록 하였다.

각층바닥에서의 최대응답가속도 $A_i(cm/\sec^2)$를 최대입력지진가속도 $A_g(cm/\sec^2)$로 나눈 응답배율을 B_i라고 가정한다.

B_i:가속도응답배율

$A_g(cm/\sec^2)$:최대입력지진가속도

$A_i(cm/\sec^2)$:i층의 최대응답바닥절대가속도

층고가 다른 모델을 동일하게 평가하기 위하여 기준화 높이($x' = \frac{x}{H} = \frac{(i-1)}{N}$)로 하였다.

N:층수

i: 해당 층

골조와 바닥진동에 대한 감쇠정수h가 서로 다르므로 바닥응답증폭율 5%에 대한 비율을 감쇠수정계수γ_d로 고려하였으며, 철골조의 경우 h=2%, 철근콘크리트조 및 철골철근콘크리트조의 경우에는 h=5%로 하였다.

γ_d:감쇠수정계수

건물의 1차고유주기는 약산식으로 널리 사용하고 있는 철골조의 경우

$T_i = 0.02 \times H(m)$, 철근콘크리트조의 경우 $T_i = 0.03 \times H(m)$ 을 이용하였다.

T_i(sec):건물의1차고유주기

$H(m)$:전체건물높이

$B_i = \frac{A_i}{A_g}$

$A_g(cm/\sec^2)$:최대입력지진가속도

$A_i(cm/\sec^2)$:i층의 최대응답바닥절대가속도

$x' = \frac{x}{H} = \frac{(i-1)}{N}$

$\gamma_d = \frac{1.5}{(1+10h)}$: 감쇠에 따른 보정계수(철골조 h=0.02, 철근콘크리트조 및 철골철근콘크리트조 h=0.05)

또한, 각 지진파에 대한 특성을 설계스펙트럼 등을 고려한 평균증폭율β에 대한 예측식으로 표현하면 다음과 같다.

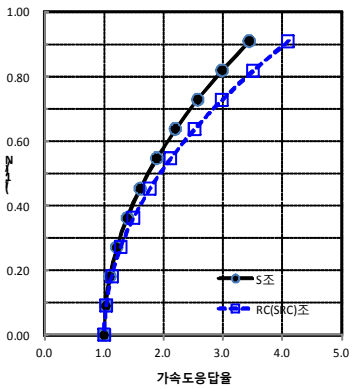
고유주기(T_i)	$T_i \leq 0.6$	$T_i > 0.6$
평균증폭율(β)	$3.2\gamma_d$	$\frac{1.9 \times \gamma_d}{T_i}$

이러한 사항을 고려하여 각층바닥의 가속도 증폭율 산정식을 식(3.5)과 같이 예측할 수 있다.

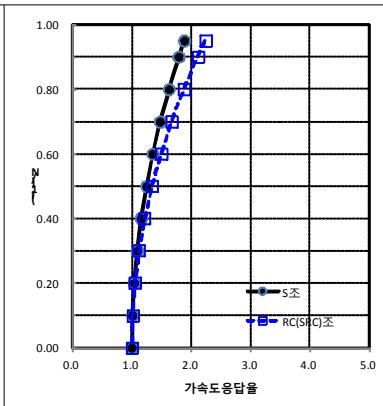
$$B_i = (2\beta - 1)x^{'2} - 1 \qquad (3.5)$$

다음은 증폭율의 산정예를 나타내었다.

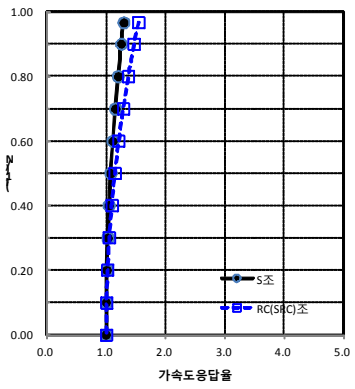
10층건물				20층건물				30층건물			
층	i-1/N	S조	RC, SRC조	층	i-1/N	S조	RC, S R C조	층	i-1/N	S조	RC, SRC조
R	0.91	3.44	4.10	20	0.95	1.88	2.24	30	0.97	1.30	1.55
10	0.82	2.98	3.51	19	0.90	1.79	2.11	28	0.90	1.26	1.47
9	0.73	2.56	2.98	17	0.80	1.63	1.88	25	0.80	1.20	1.37
8	0.64	2.20	2.52	15	0.70	1.48	1.67	22	0.70	1.16	1.29
7	0.55	1.88	2.12	13	0.60	1.35	1.50	19	0.60	1.12	1.21
6	0.45	1.61	1.77	11	0.50	1.24	1.34	16	0.50	1.08	1.15
5	0.36	1.39	1.50	9	0.40	1.16	1.22	13	0.40	1.05	1.09
4	0.27	1.22	1.28	7	0.30	1.09	1.12	10	0.30	1.03	1.05
3	0.18	1.10	1.12	5	0.20	1.04	1.06	7	0.20	1.01	1.02
2	0.09	1.02	1.03	3	0.10	1.01	1.01	4	0.10	1.00	1.01
1	0.00	1.00	1.00	1	0.00	1.00	1.00	1	0.00	1.00	1.00
기본사항	T (sec)	1.20	0.80	기본사항	T (sec)	2.40	1.60	기본사항	T (sec)	3.60	2.40
	β	1.98	2.38		β	0.99	1.19		β	0.66	0.79



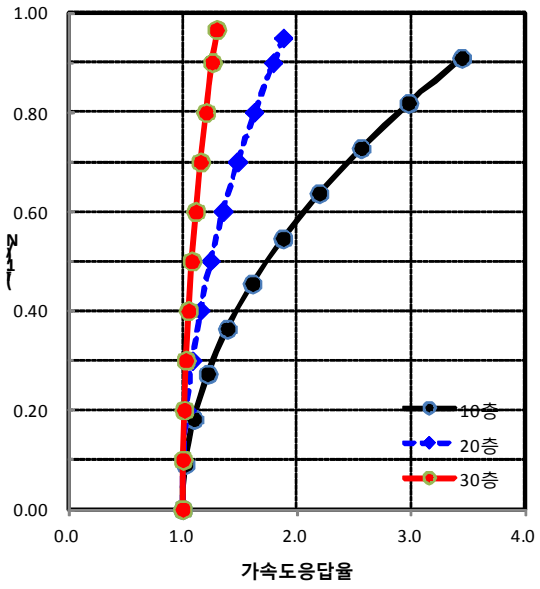
10층건물의 가속도응답율



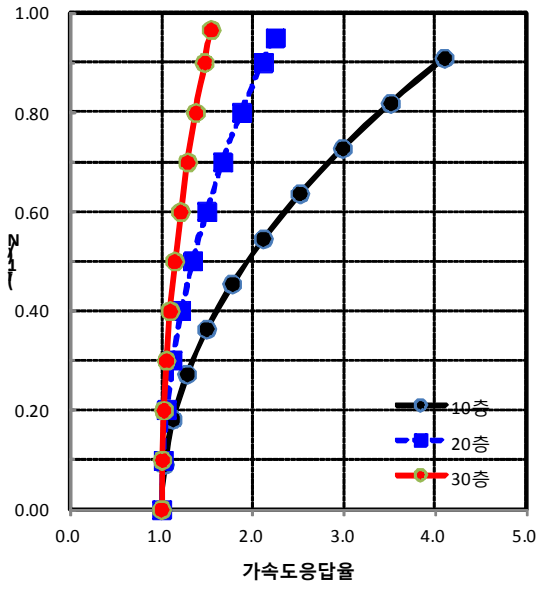
20층 건물의 가속도응답율



30층 건물의 가속도응답율



철골조 건축물의 가속도응답율



철근콘크리트조(SRC조)건물의 가속도응답율

본 연구에서 제안한 정보통신설비의 간이 응답평가법으로 10층, 20층 30층의 철골조와 철근콘크리트조 및 철골철근콘크리트조의 가속도응답배율을 산정한 예를 표++++에 나타내었으며, 그결과를 그림+++에 나타내었다. 철근콘크리트조의 경우 가속도응답배율이 1.55배~4.1배로 나타났으며, 철골조의 경우 1.3배~3.44배 정도로 예측되었다.

제 3 절 내진액세스플로어 개발

1. 내진액세스플로어의 설계

(1) 개요

본 연구에서는 액세스플로어의 내진성능을 만족하는 동시에 시공성 및 경제성을 만족하기 위한 방법으로 [그림 3.26]와 같은 구조의 내진액세스플로어시스템이 개발되었다. 기존의 내진성능이 고려되지 않은 액세스플로어와 본 연구에서 개발된 내진액세스플로어를 비교하면 <표 3.16>과 같다. [그림 3.26], <표 3.16>에 나타낸 바와 같이 개발된 내진액세스플로어는 일반형 액세스플로어에서 고려되지 않는 횡방향 강도를 만족하도록 페데스탈과 스트링거의 단면성능을 향상시켰으며, 수평방향 스트링거의 추가에 의해 강성을 높이는 방법으로 시공성과 내진성능을 확보하고 패널탈락을 방지하도록 설계되었으며, 해외 강진지역에서 사용되어지는 브레이싱형 액세스플로어에 비해 설치 및 해체가 용이하여 지진의 규모와 빈도가 상대적으로 낮은 국내 실정에 적합한 구조이다.

또한 국내 일반적으로 시공되는 액세스플로어는 건물의 바닥에 앵커로 고정하기 보다는 접착제 등에 의한 시공방법이 보다 일반적이며, 이에 따라 상부와 하부에 설치되는 횡방향 보강재는 페데스탈의 거동을 구속하여 페데스탈의 들뜸이나 패널의 탈락을 방지하게 되며, 횡하중에 의한 스트링거의 응력집중에 의한 파손이나 변형을 막아 지진에 의한 2차 피해를 방지할 수 있도록 하는 구조이다. 또한 페데스탈 및 베이스의 단면증가는 바닥과의 접합부에서 항복 및 손상발생을 방지할 수 있다.



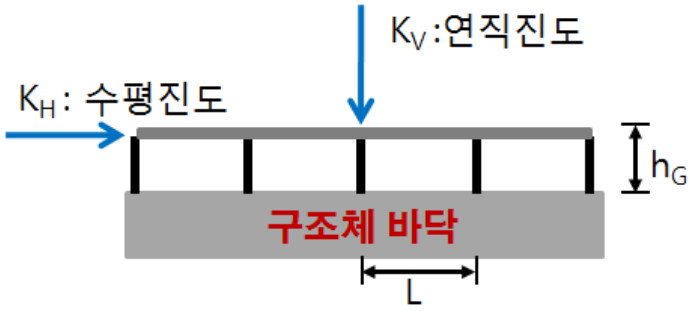
[그림 3.26] 개발된 내진액세스플로어의 형상 및 주요 구성

<표 3.16> 내진액세스플로어와 일반액세스플로어의 비교

구분	내진액세스플로어	일반액세스플로어
형상		
패널	알루미늄 아연합금 도금강판	압연 강판
헤드	145.0×145.0×2.0T	100×100×2.0T
수평연결대	33.0×26.0×538.0×1.6T	30.0×25.0×550.0×0.8T
헤드볼트	ϕ25.4×120.0L	ϕ19.1ϕ100.0L
보강연결대	ϕ12.7×545.L×1.1T	없음
연결플레이트	130.0×130.0×3.0T	없음
지주	ϕ42.7×	
지주베이스		

(2) 내진액세스플로어의 설계

통신장비실의 전기 및 통신 배선을 위하여 액세스플로어를 설치하는 경우 액세스플로어 지지구조에 작용하는 지진력은 [그림 3.27]과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 3.27] 액세스플로어구조에 작용하는 지진력

여기서:

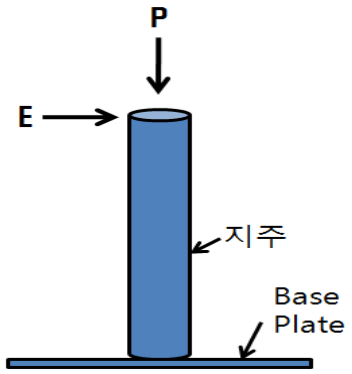
K_v: 액세스플로어 상부에 설치되는 장비등의 하중(M*g)

K_H: 액세스플로어지지구조에 작용하중 지진력(M*Sa)

h_G: 액세스플로어구조의 높이

L: 액세스플로어 지주간 간격
M: 장비 또는 바닥의 설계하중
g: 중력가속도
S_a: 설계가속도스펙트럼 EH는 층응답가속도스펙트럼

따라서 본 연구에 적용된 내진액세스플로어인 독립지주에 작용하는 지진력은 [그림 3.28]와 같이 산정할 수 있다.



[그림 3.28] 액세스플로어 지주에 작용하는 지진력

액세스플로어에 작용하는 지진력은 건축설계구조기준(KBC2009)의 설계스펙트럼과 "전기통신기본법" 및 "전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 관한 기술기준"의 "층응답스펙트럼"을 적용하여 식(3.6)과 같이 산정할 수 있다.

$$Q_E = ma = W\frac{a}{g} \tag{3.6}$$

여기서, Q_E : 작용 지진력
m : 질량
a : 작용 가속도
W : 적재하중(300kg/㎡)
α : 수평진도
$\alpha_i = \sqrt{\frac{N}{i}}\left(1+0.3\frac{N-i}{N}\right)$ (여기서, N: 전 층수, I:검토대상층)

2. 내진액세스플로어 구성재 성능시험

가. 치수 및 평탄도

개발된 내진액세스플로어의 직각도, 치수 및 평탄도에 대하여 KS F 4760 (이중 바닥재) 규격에 따라 시험하였다. KS F 4760(이중 바닥재) 규격에서는 치수 허용차를 각변 길이의 ±0.5mm 이하, 직각도는 한변 길이의 0.1% 이하, 평탄도는 주변부에서 1.0mm 이하, 중앙 및 그 밖의 부위에서는 2.0mm 이하로 규정하고 있다. 내진액세스플로어의 치수 및 평탄도 시험결과는 다음의 <표 3.17>와 같다.



[그림 3.29] 치수 측정

<표 3.17> 내진액세스플로어 시제품의 치수 및 평탄도 시험결과

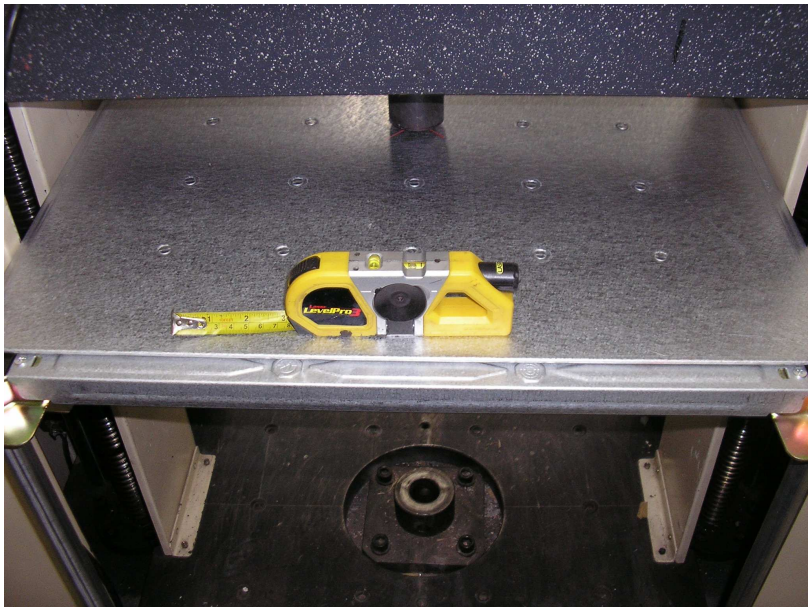
시험항목		시험결과	기준값 (KS F 4760)	시험방법
직각도		0.2mm	각변 길이의 0.1% 이하	KS F 4760 -2008
길이	1변	599.9mm	각변 길이의 ± 0.5mm 이하	
	2변	599.9mm		
	3변	599.9mm		
	4변	600.1mm		
평탄도	중앙 및 그 밖의 부위	0.2mm		
	주변부	0.4mm	1.0mm 이하	

시험결과, 내진액세스플로어 시제품의의 치수 및 평탄도 시험결과, KS F 4760 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

나. 내국압성

시공 후 적재하중에 노출되어 있는 바닥재로서의 구조적 안전성을 평가하기 위하여 내진액세스플로어에 대한 내국압성능을 KS F 4760(이중 바닥재) 규격에 따라 시험하였다. 이 때 사용기기는 만능재료시험기(UTM, SHIMADZU, UH-100A, JAPAN)이었으며, 초당 196N의 속도로 하중을 가하고 4,900N 시점의 변위량을 측정하였다.





[그림 3.30] 내국압성 시험

일반형 액세스플로어와 내진액세스플로어에 대한 내국압 성능 시험 결과는 <표 3.18>과 같다.

<표 3.18> 내국압 성능시험 결과

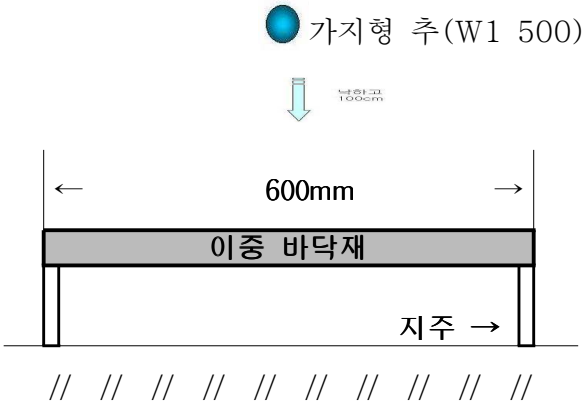
SAMPLE	변위량 (mm)	성능기준(mm) (KS F 4760)
내진액세스플로어(3000N)	3.0	4mm 이하
내진액세스플로어(5000N)	3.5	4mm 이하

<표 3.18>에서 알 수 있듯이 3,000N, 5,000N용 패널의 하중 재하시 내진액세스플로어 시작품의 변위량은 3.0mm와 3.5mm로, KS F 4760 성능 기준값 4mm 이하를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 이 결과로부터 내진액세스플로어는 점차 대형화되고 있는 통신설비의 적재하중에 대한 안전성을 충분히 확보하고 있는 것으로 평가된다.

다. 내충격 시험

액세스플로어는 고정하중에 의한 정적인 변형 외에도 중량물의 낙하 등에 의한 동적인 하중이 발생한다. 따라서 내진액세스플로어 시제품의 내충격성을 평가하기 위하여 KS F 4760(이중 바닥재)에서 규정하고 있는 내충격 시험방법에 따라 실시하였으며, 실험은 [그림 3.31]에 나타낸 바와 같이 W_1-500의 가지형 추를 100㎝의 높이에서 시험체의 중앙에 낙하시키고 바닥재에 유해한 손상이 발생하는지에 대한 여부를 관측하였다.

상기의 방법에 따라 내진액세스플로어 시제품에 대한 내충격성 시험결과, 표면의 갈라짐이나 균열 등 사용상 유해한 변형은 발생하지 않았다. 또한 필요에 따른 액세스플로어 상부에 시공되는 최종 마감재의 선정에 따라 내충격 성능을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 3.31] 바닥재의 내충격 시험 모식도

라. 내연소성

건물내에 시공되는 내진액세스플로어의 화재에 대한 안정성 평가를 목적으로 KS F 4760의 규정에 따라 측정하였다.

(1) 시험장치

① 코르크판

크기는 20×20mm, 두께는 5mm 이상의 코르크 판을 사용하지만 동등 이하의 열전도성을 지진 재질로 변경할 수 있다.

② 연료용기

바깥지름 17.5mm 에 높이 7.1mm 이며, 용기 재질의 두께는 0.8mm 인 금속제 용기를 사용한다.

③ 연료

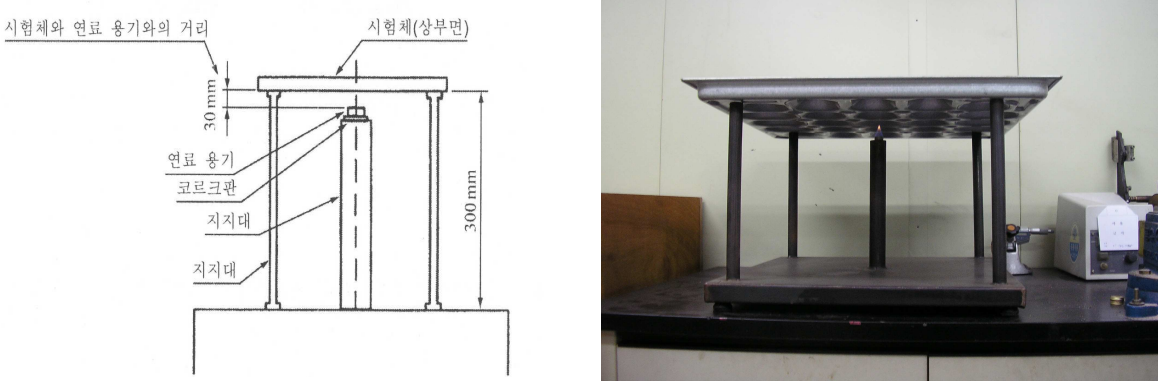
공업용 무수 알코올 0.5cm^3를 사용한다.

(2) 시험방법

① [그림 3.32]와 같이 시험용 연소 불꽃이 닿는 패널의 윗부분을 관찰할 수 있어야 하며, 바람의 영향이 없어야 한다.

② 시험체는 패널을 받치는 기둥이 300mm 이상 되어야 하며, 연료가 담긴 용기는 패널의 중앙에 위치하도록 한다. 연료용기 상단부에서 패널의 아래 부분까지 거리는 30mm로 한다.

③ 공업용 무수알코올 0.5cm^{3}가 다 연소된 시점부터 스톱워치를 작동하여 측정을 시작하며 잔염시간과 잔진시간을 기록한다.



[그림 3.32] 연소 성능 시험 구성도

<표 3.19> 내진액세스플로어 시제품의 연소성능 시험 결과

시험항목		단위	시험결과	기준값 (KS F 4760)	시험방법
내연소성	잔염시간	초	0	잔염 시간 이나 잔진 시간이 0 이어야 한다.	KS F 4760 −2008
	잔진시간	초	0		

<표 3.19>과 같이 내진액세스플로어 시제품의 연소성능 시험 결과, F 4760 성능기준을 만족하여 화재에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 이는 이중 평가대상 액세스플로어의 재질이 강재로 구성되어 있으므로 잔염 및 잔진시간이 발생하지 않은 것이며, 이후 목재, 합성수지계 등의 연소성 재료로 구성된 액세스플로어를 생산하는 경우에는 내연소 성능에 대한 면밀한 검증이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

마. 내식성

이중 바닥재는 상판, 지주 등 대부분의 재료가 금속재료로 구성되어 있으며, 시공 후

습기 등 사용환경에 의한 부식이 노출되어 있다. 따라서 액세스플로어 제조시 금속재료의 표면에 도장 또는 아연도금 등의 부식방지를 위한 공정이 수반되게 된다.

본 시험에서는 내진액세스플로어 구성체에 대하여 KS D 9502에 따라 48시간 염수분무 시험을 수행하고, 사용상 유해한 시험체 도장면의 변형이나 들뜸의 발생여부를 평가하였다. 이때. 구성체의 시험이 불가능한 경우 부품을 분리하여 실시하였으며, 절단 등이 행하여진 부위의 10㎜ 이내는 판정에서 제외하였다.

<표 3.20>의 결과와 같이 액세스플로어는 도장면의 변형이나 들뜸이 발생하지 않았으며, 시공 후 습기 등의 부식환경에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

<표 3.20> 내진액세스플로어 시제품의 내식성 시험결과

시험 항목		시험 결과	시험 방법
염수분무시험 (48H)	외관 (도장면의 변형이나 들뜸이 없어야 한다)	이상없음	KS F 4760 -2008

바. 대전 성능 시험

대전성능 시험은 액세스플로어가 바닥면에 발생한 정전기를 처리하는 성능을 시험하는 것으로 액세스플로어가 정전기를 마감재에 희석 시키거나 표면처리재에서 희석 확산시키는 성능측정을 목적으로 KS F 4760의 규정에 따라 수행하였다.

(1) 시험체

① 품명 : 액세스플로어

② 규격 : 600mm(L) × 600mm(W)

③ 수량 : 1set(4개)

- 성능기준 : 인체 대전압은 Vp 는 3000 V 이하

(2) 시험기준

KS F 4760 이중 바닥재 (Raised Access Floor)

(3) 시험장치 및 시험조건

① 전위측정기 : Range -20~20kV(최소조건 0.01kV)

② 표준시료 : 나일론 레벨 카펫, 도전성 섬유를 함유한 나일론 레벨 카펫

③ 시험실 온도 : 21℃

④ 시험실 습도 : 37% RH

(4) 시험방법 및 성능기준

① 시험방법

㉠ 시험편과 표준시료 및 선발은 온도 20±5℃, 상대습도 30±10%의 환경에서 24시간 이상 방치하고, 선발은 시험전에 먼지 등을 제거하고, 에탄올을 묻힌 천으로 신발 바닥을 깨끗하게 닦는다.

㉡ 시험실 바닥 위에 금속판을 설치하고 측정 장치 등에 이상이 없는가를 확인하기 위하여 2종류의 표준시료를 이용하여 예비시험을 실시한다.

㉢ 시험 전에 인체용 접지판에서 대전압을 제거한 후 설치된 표준 시료의 상부에 올라 리드선을 잡고 전위계가 영접을 가리키는 것을 확인한 후, 리드선을 잡은 상태에서 표준시료위를 분당 100보의 속도로 30초간 보행하고 대전량이 평형에 달할 때까지 보행을 계속한다.

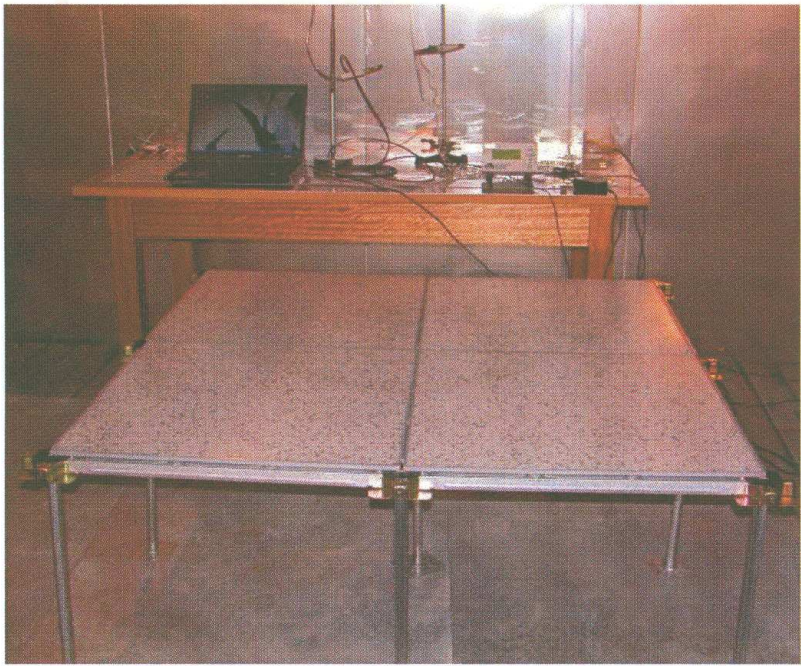
㉣ 예비시험결과에 이상이 없는 경우 시험체에 대한 본시험을 실시한다. 시험방법은 표준시료에 대하여 실시했던 예비시험과 동일하게 하며, 한 시험체에 대하여 3회씩 시험을 실시한다.

② 성능기준

인체 대전압은 V_p는 3000V 이하이어야 한다.

<표 3.21> 대전성능 실험결과

구 분 \ 시험횟수	1회 평균	2회 평균	3회 평균	평균	판정
인체 대전압[Ω]	－33	－27	－21	－27	적합



[그림 3.33] 대전성능실험

사. 누설 저항 시험

(1) 시험체

① 품명 : 액세스플로어

② 규격 : 600mm(L)×600mm(W)

③ 수량 : 1set

(2) 시험기준

KS F 4760 이중 바닥재 (Raised Access Floor)

(3) 시험장치 및 시험조건

① 절연저항 시험기 : Range 10 ~ 1,000V

② 시험실 온도 : 21℃

③ 시험실 습도 : 37% RH

(4) 시험방법 및 성능기준

① 시험방법

㉠ 시험체를 온도 20±5℃, 상대습도 30±10%의 환경에서 2시간 이상 방치한 후 시험체의 중앙부분에 완충판을 놓아 그 위에 전극을 설치한다.

㉡ 절연 저항계 측정 단자의 한쪽 끝을 전극에 연결하고 다른 끝을 시험체의 지주요소에 접속한다.

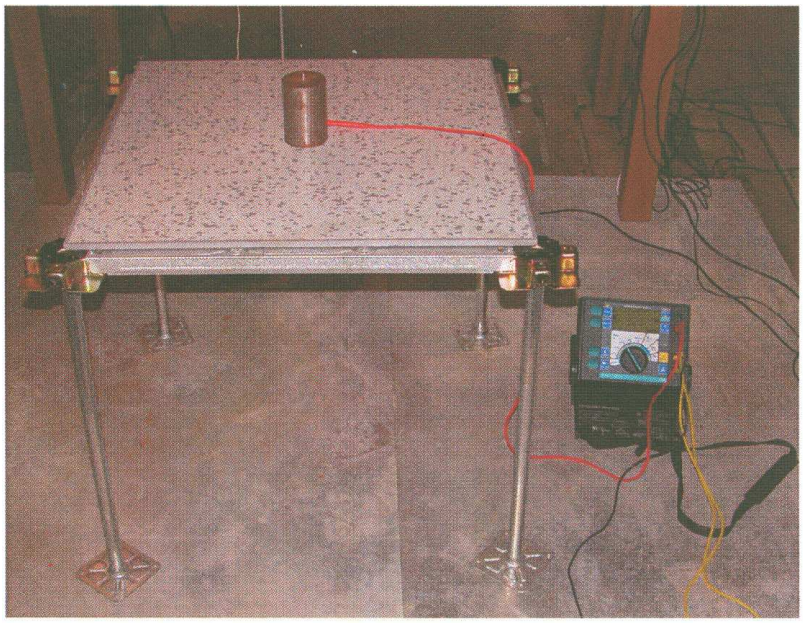
㉢ 시험체에 DC 500V의 전압을 1분간 가한 후 저항값을 측정한다.

② 성능기준

누설저항의 측정값이 1×10^5 [Ω] 초과, 2×10^{10} [Ω] 미만이어야 한다.

(5) 시험결과

내진액세스플로어의 누설저항의 측정값이 1.7×10^5[Ω]로서 기준값인 1×10^5[Ω] 초과, 2×10^{10}[Ω] 미만에 적합한 것으로 나타났다.



[그림 3.34] 누설저항 시험장면

<표 3.22> 시험결과

구 분 \ 시험횟수	1	2	3	평균	판정
누설저항[Ω]	2.0×10^5	1.4×10^5	1.8×10^5	1.7×10^5	적합

아. 롤링로드 시험

■ 실험 개요

서버 등 전산설비의 대형화 추세에 따른 액세스플로어 상에서 중량물 이동시 차륜하중에 대한 내진액세스플로어의 구조 안전성 시험 및 평가하고자 하였다.

실험장치는 차륜이 직선상 유니트 1개를 초과하는 거리의 왕복운동 장치로 제작되었으며,

실험방법은 액세스플로어 위에 소정하중을 가한 상태에서 차륜 또는 시험체를 이동시키는 방식으로 수행하였다.

■ 시험체 개요

– 시험수량 : 내진액세스플로어 2종

–· 시험체 규격 : 1) 가로× 세로× 제품높이(B× D× H :600×600× 450mm)
2) 가로× 세로× 제품높이(B× D× H :600×600× 400mm)

■ 시험기준 : KS F 4706(이중 바닥재) 개정(안) 중 롤링로드시험

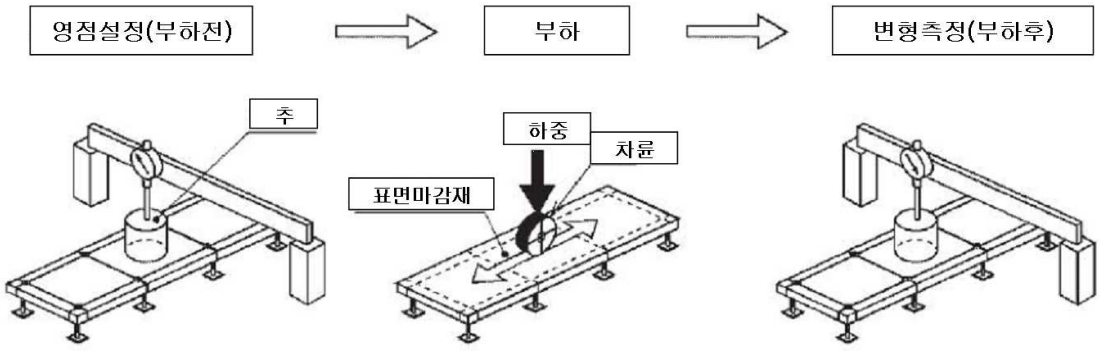
■ 시험조건

– 하중 및 차륜 종류

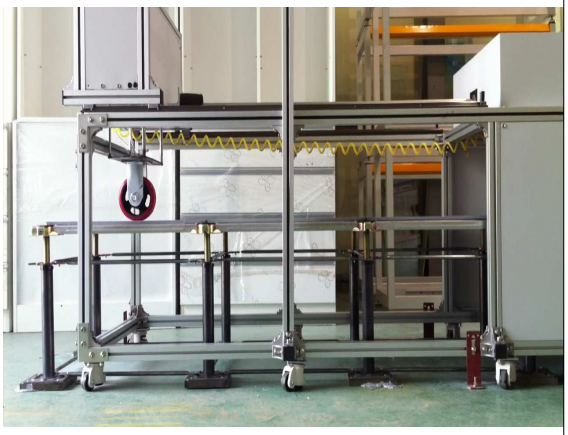
하중	차륜
1000N	직경 150mm, 폭 40mm, 경도 85HS 이상

– 왕복회수 : 5,000회

– 시험장치

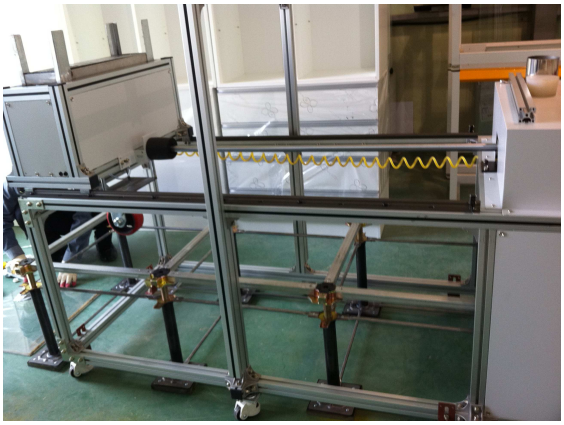


[그림 3.35] 시험장치 및 시험방법 모식도

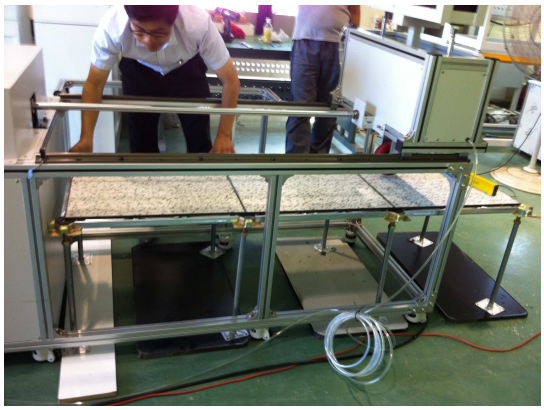




롤링로드 시험장비



지주 설치

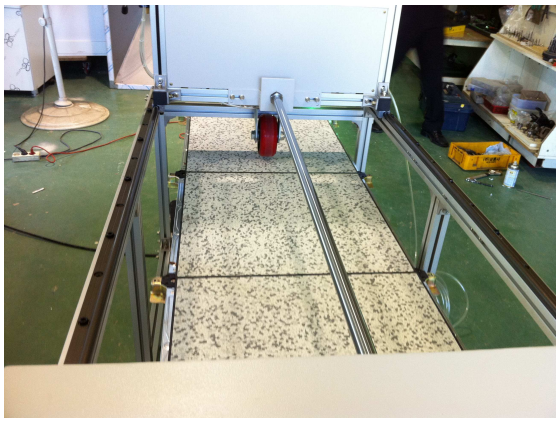


상판 설치

내진액세스플로어 시험체 설치



롤링로드 시험



롤링로드 시험

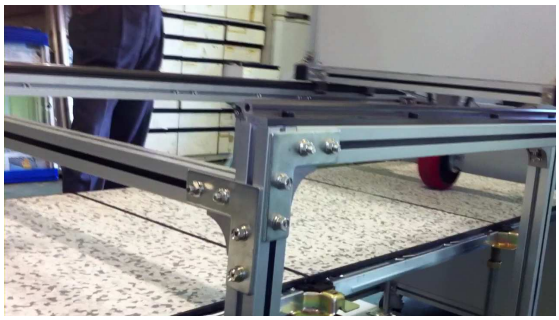
■ 시험결과

– 소정 하중값 : 1000N

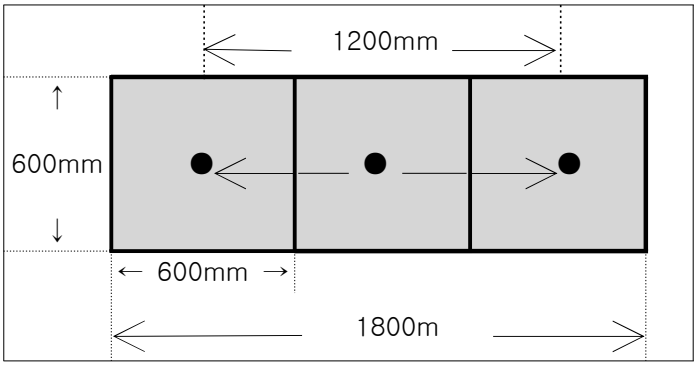
– 시험체의 설치상황 및 부하위치

– 시험체의 설치상황





– 부하위치 : 3매 시험체 중 가운데 시험체 정중앙을 기준으로 좌우 6000mm, 총 1,200mm 거리



[그림 3.36] 롤링로드시험 부하위치

– 시험체 치수

A 시험체) 가로× 세로× 제품높이(W× L× H :600×1200× 450mm)

B 시험체) 가로× 세로× 제품높이(W× L× H :600×1200× 400mm)

– 변형량

A 시험체 : 1.2mm

B 시험체 : 1.1mm

– 눈에 의한 파손의 유무

A 시험체 : 파손 없음

B 시험체 : 파손 없음



시험 후 시험체



시험 후 시험체 상판

-덜컹거림 유무

A 시험체 : 덜컹거림 없음

B 시험체 : 덜컹거림 없음

■ 결 론

- 개발한 내진액세스플로어 시제품에 대하여 롤링로드시험을 실시한 결과, 중량물 이동에 대한 우수한 구조적 안전성을 확보하고 있음을 확인 하였다.

자. 접착제 시험

■ 실험목적

- 내진액세스플로어 시공시 액세스플로어의 수직부재와 시공 바닥면의 접착에 사용되는 접착제의 최적선정을 위한 실험
- 2차 진동시험 시 발생한 접착제의 부착성능 미흡으로 인한 내진액세스플로어의 붕괴를 개선하기 위하여 개발된 반강성 접착제(개발봄드2)에 대한 부착성능 검증 및 효율적인 양생시간 선정

■ 시험방법

- 적용규격 : KS L 1593-2009(도자기질 타일용 접착제)
- 양생기간 : 1일, 3일, 7일, 14일
- 양생조건 : 기중 양생(20±2℃, 60±10(RH%)
- 피착체 : 표준 모르타르 평판(70mm×70mm×20mm)
- 철제 지그 : 40mm×40mm×10mm

- 인장속도 : 3mm/min

■ 시험결과

(N/cm^2)

재령 / 종류	1일	3일	7일	14일
에폭시 (1차적용일제)	155.0	160.3	164.7	170.5
	모르타르 파괴	모르타르 파괴	모르타르 파괴	모르타르 파괴
EP940 (에폭시오공)	169.3	178.6	182.8	192.8
	모르타르 파괴	모르타르 파괴	모르타르 파괴	모르타르 파괴
日155 (일본상용품)	128.1	151.4	152.2	158.8
	계면파괴	계면파괴	계면파괴	계면파괴
889 (2차적용오공)	116.7	123.6	133.4	136.3
	계면파괴	계면파괴	계면파괴	계면파괴
330Ⅱ (국내상용품)	23.2	91.4	113.2	110.9
	계면파괴	계면파괴	계면파괴	계면파괴
개발본드 (오공)	24.9	88.2	91.3	89.6
	계면파괴	계면파괴	계면파괴	계면파괴
개발본드 2 (오공, 반강성)	10.0	161.1	191.5	196.4
	계면파괴	계면파괴	모르타르 파괴	모르타르 파괴

■ 결론

- 2차 진동시험시 발생한 액세스플로어용 접착제의 부착성능 미흡을 개선하기 위하여 개발된 본드2에 대한 부착성능을 검증한 결과, 접착시공 후 3일 이후 160(N/cm^2, 계면파괴)의 접착강도를 발현하였다.
- 이는 일본에서 상용되고 있는 접착제의 3일 부착강도 약 150(N/cm^2, 계면파괴)를 상회하는 우수한 성능을 나타내었다.
- 개발된 본드2의 양생기간은 3일이면 충분한 것으로 나타났다.

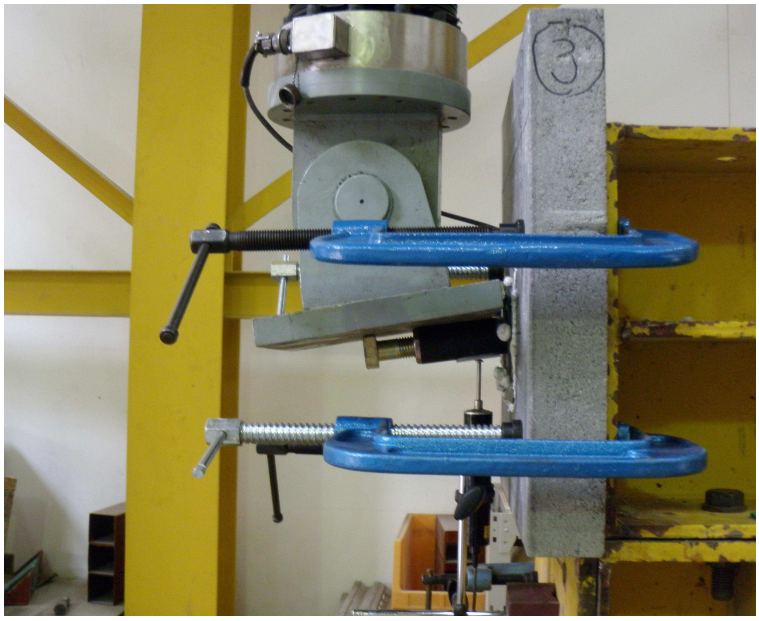
3. 액세스플로어의 횡방향 강도실험

지진하중을 받을 때 액세스플로어는 수평하중에 대한 저항성능을 확보하기 위해 지주의 강도 검증이 필요하다. 또한 국내에서 일반적인 시공방식인 접착제에 의한 시공을 할 경우 접착제 성능부족으로 액세스플로어가 전도될 수 있으므로 접착제에 대한 성능검증이 함께 필요하다. 따라서, 액세스플로어의 요구강도 및 바닥과의 접착강도를 평가하기 위하여 [그림 3.37]와 같은 횡하중 테스트를 수행하였다. 실험대상인 페데스탈은 높이 250mm를 사용하였으며, 콘크리트 패널에 접착제로 고정하여 3일 후 실험을 수행하였다. 실험체의 설치는 액세스플로어 지주가 설치된 콘크리트 바닥판을 C형 클램프로 강재 프레임에 고정하여 횡방향 하중을 가력하여 하중 및 변위관계, 접착제의 강도, 및 페데스탈의 변형유무에 따른 강도를 평가하였다.

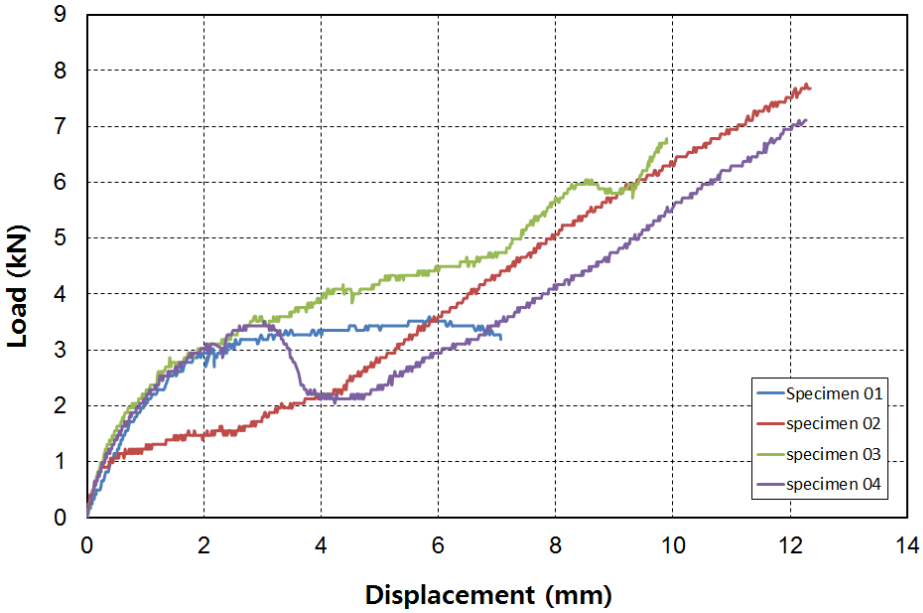
소요강도는 식(3.6)에 의해 산정하였으며, 앞 절에서의 5층 건물의 3층에 설치된다고 가정할 때 각각 액세스플로어의 요구강도는 8.78 kN이 되며 페데스탈 1개의 요구강도는 2.2kN이다. [그림 3.39], <표 3.23>에 나타낸 바와 같이 내진액세스플로어 지주의 횡방향에 대한 전단강도는 3.22~5.63배의 안전치를 갖는 것으로 나타나 만족하는 것으로 나타났으며, 사용된 접착제 역시 액세스플로어의 지주의 파괴시까지 지주와의 접착에 문제가 없는 것으로 나타났다.



[그림 3.37] 지주 횡강도 실험체 설치



[그림 3.38] 지주의 변형



[그림 3.39] 지주의 하중-변위 관계

<표 3.23> 액세스플로어 지주 및 접착제 전단강도실험결과

구분	최대하중 (kN)	최대변위 (mm)	최대전단응력 (N/mm^2)	요구강도	최대강도/ 요구강도
01	3.59	7.06	0.16	2.19	3.22
02	7.76	12.34	0.35	2.19	5.63
03	6.78	9.89	0.30	2.19	4.53
04	7.10	7.11	0.32	2.19	3.24

4. 내진액세스플로어 내진성능 시험

가. 일반액세스플로어 실험체 및 내진액세스플로어 실험체의 비교

(1) 실험개요

1차년도에 개발한 내진액세스플로어 시제품에 대하여 전기통신설비의 내진 시험방법, 전파연구소 공고 제2009-3호에 따라 시험을 실시하여 내진성능을 확인하였다.

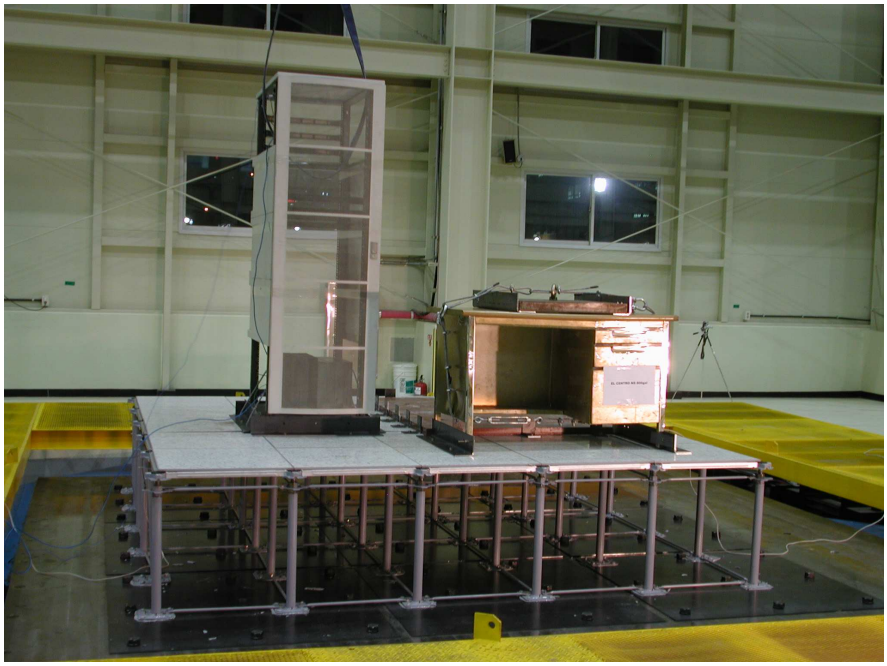
실험체는 일반액세스플로어와 내진액세스플로어로 구분하여 실험을 수행하였으며, 지주높이는 600mm, 패널치수는 600×600mm로서 X, Y방향에 대해 가각 5장씩 실제 사이즈로 시공되었다. 실험은 부산대학교 지진실험센터에서 수행되었으며, 전기통신설비의 내진시험방법(전파연구소 공고 제2009-3호), KT 통신설비 내진설계기준(2009.08.25)의 실험방법을 준용하였으며, 사용된 진동대의 사양은 아래 표와 같다.

<표 3.24> 진동대 제원

진동대		2차원 진동대
Table Size(m×m)		4m×4m
Full Payload(kN)		300
Normal Payload(kN)		200
Overturning Moment(kNm)		2,000
Acceleration at Full Payload(g)	X-dir	850
	Y-dir	850
Acceleration at Normal Payload	X-dir	1,000
	Y-dir	1,000
Maximum Velocity(mm/sec)	X-dir	1,000
	Y-dir	1,000
Maximum Stroke(mm)	X-dir	± 300
	Y-dir	± 200
Operation Frequency range(Hz)		0.1 ~ 60



[그림 3.40] 일반액세스플로어 실험체 설치 장면



[그림 3.41] 내진액세스플로어 실험체 설치 장면

실험체의 구성은 실제 사용환경과 동일한 환경으로 계획하였으며, 가진 진동대 상부에 일반액세스플로어의 경우 지주베이스를 접착본드로 양생 후 패널을 설치하였다. 패널상부에는 사무용책상(700×1,200×650 : 160㎏f)과 19″ 표준 Server Rack (600×750× 1,800 : 500㎏f) 을 탑재하였으며, 액세스플로어에 적용된 적재하중은 평균 500㎏f/㎡였다.

사용된 지진가속도는 mperial Valley 지진(1940) EL Centro NS(PGA:341.7gal(=

㎝/sec^2))이며, 건물 바닥의 응답가속도를 고려하여 300gal(3층),500gal(5층), 800gal(10층)로 이상화하여 60sec간 X방향으로 가진하였다. 실험 후 판정기준은 전술한 전기통신설비의 내진 시험판정기준(전파연구소 공고 제2009-3호)에 의해 다음과 같은 사항들을 검토하였다.

① 시험대상설비 중 통신장비는 내진 시험 중과 완료 후에 통신 신호 전송에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

② 내진 시험중에 해당 설비의 바닥면을 기준으로 상단의 단방향 진동 변위 폭이 최대 75㎜를 초과하지 않아야 한다.

③ 내진 시험 후 다음 각 호와 같은 손상이 없어야 한다.

1) 시험대상설비의 전복 또는 전도
2) 시험대상설비의 바닥 고정부 이탈
3) 설치된 구성품의 이탈
4) 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손
5) 액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈
6) 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단
7) 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손

(2) 실험결과

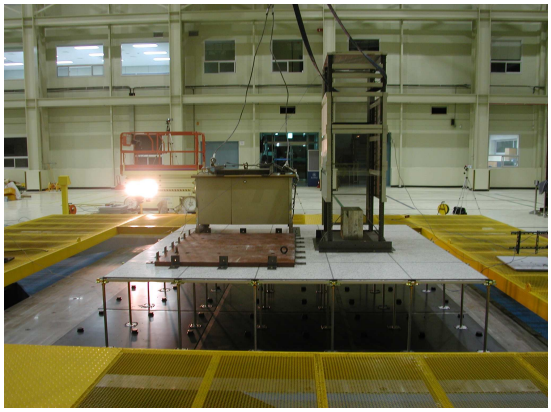
[그림 3.42]에 입력가속도와 응답가속도를 비교하였으며, 실험 후의 액세스플로어를 <표 3.25>에 나타내었다. 실험결과 최대가속도 300gal에서 응답가속도는 약 4.6배 증폭하였으며, 실험중에 액세스플로어의 지주의 기울어짐이 발생하고, 이에 의한 패널의 들림 현상이 발생하였다. 이후 급작스러운 액세스플로어의 전도에 의해 파괴가 발생하여 실험이 종료되었다.

따라서 현재 일반적으로 시공되는 일반형 액세스플로어의 경우 지진하중에 대해 전도 등에 의한 파괴가 발생할 수 있으며, 이에 따른 건물 기능유지가 중단되는 2차피해가 심각하게 우려되는 것으로 나타났다.

이에 비해 내진액세스플로어는 <표 3.26>에 나타낸 바와 같이 최대가속도(PGA) 300, 500, 800gal까지 실험이 진행되는 동안 지주 및 스트링거 등의 부속품에서 손상이 발생하지 않았으며, 상부에 탑재된 책상, 서버랙 등의 변형도 기준 이내에서 거동하는 것을 확인할 수 있었다.

이는 하부 지주 및 스트링거의 강성 증가와 연결보강재의 효과에 의해 횡하중에 대한 강성이 크게 증가하였기 때문으로 판단되며, 지진발생시 액세스플로어 뿐만 아니라 상부 탑재된 설비들에 대한 안전성을 확보할 수 있다.

<표 3.25> 일반액세스플로어의 내진성능 평가(300gal)(계속)



일반지주 실험체설치



지주의 기울어짐



지주의 기울어짐



지주의 기울어짐



지주의 기울어짐과 패널의 들어올림

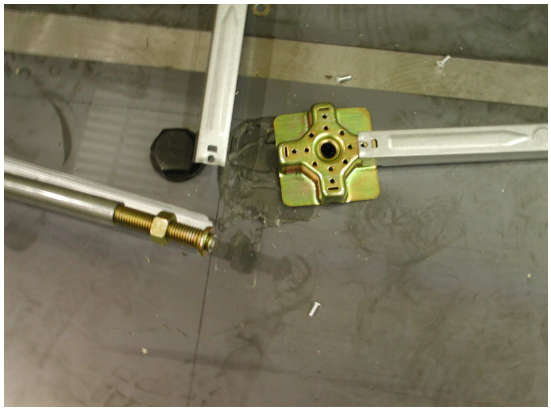


지주의 전도

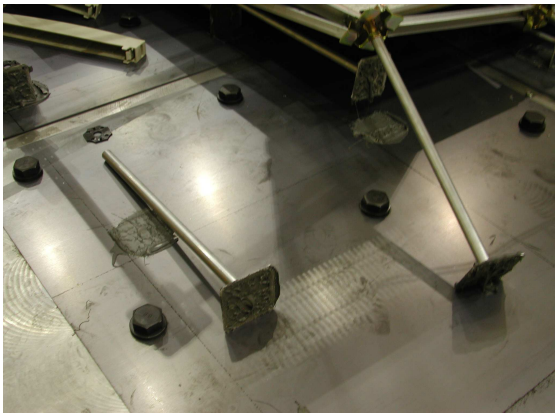
<표 3.25> 일반액세스플로어의 내진성능 평가(300gal)



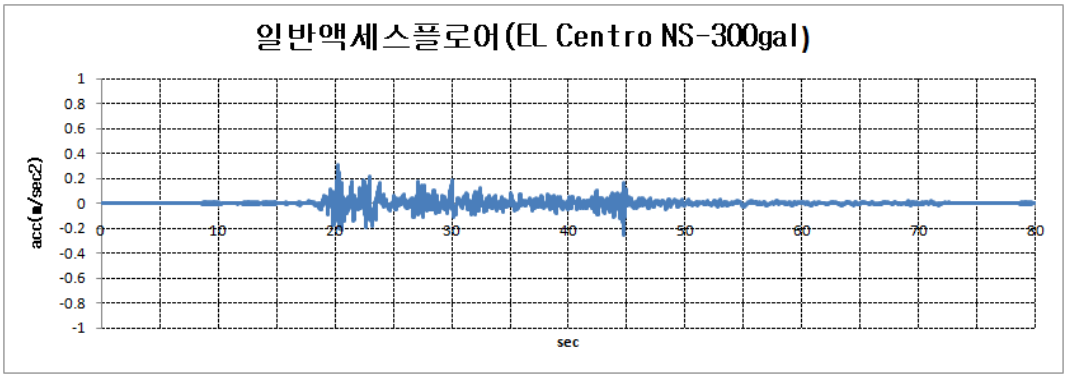
완전붕괴



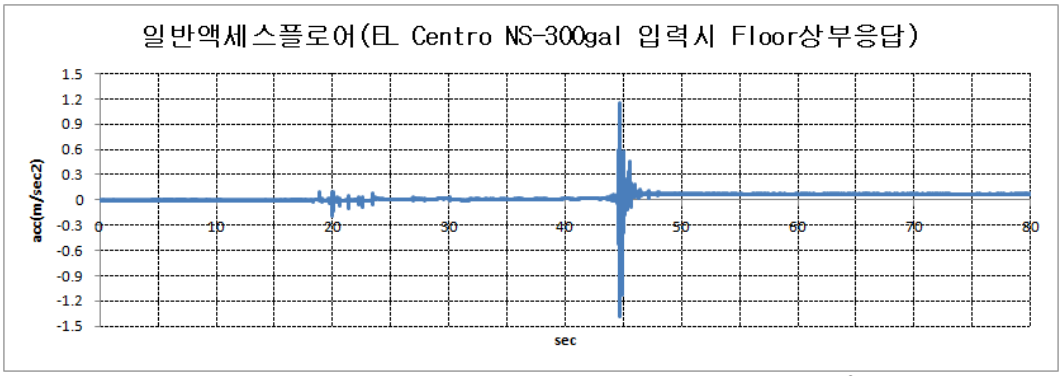
해드접합부의 파손



지주의 전도 및 탈락



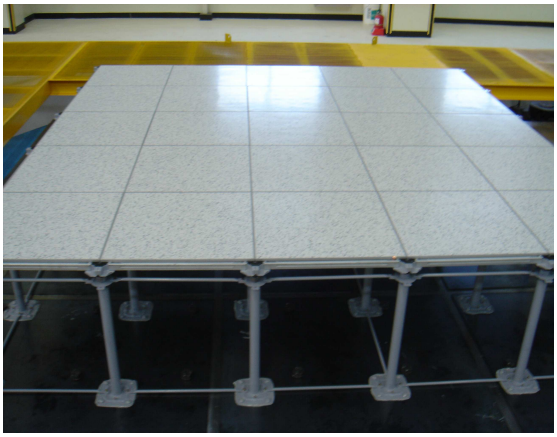
(a) 입력지진가속도(EL Centro NS 300gal)



(b) 액세스플로어상부응답가속도(max=1.385m/sec^2)

[그림 3.42] 일반 액세스플로어 진동대 실험의 입력가속도 및 실험결과

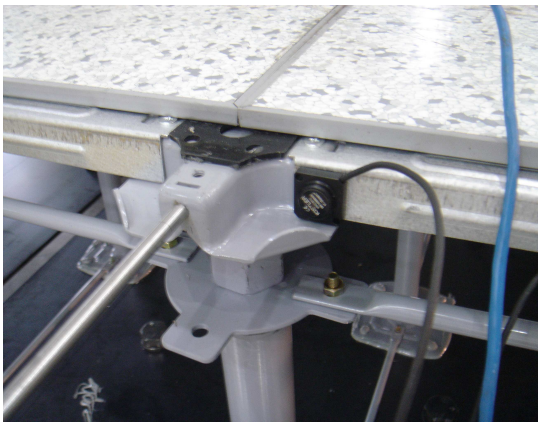
<표 3.26> 내진액세스플로어의 내진성능 평가(800gal) (계속)



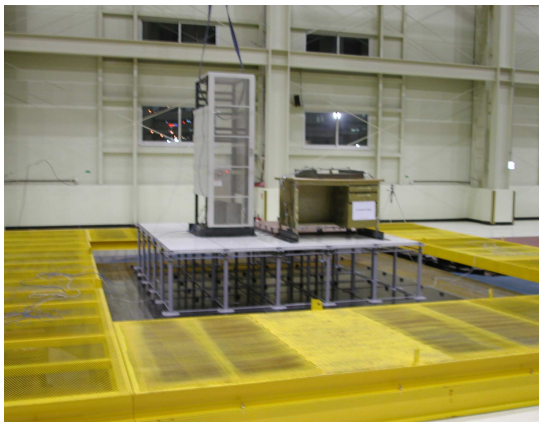
내진지주 실험체설치



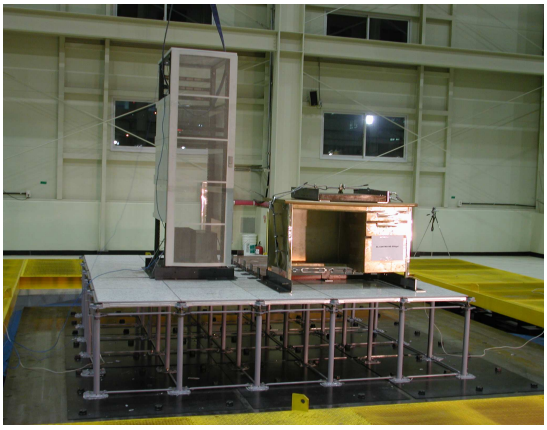
적재하중과 서버 및 워크데스크 탑재



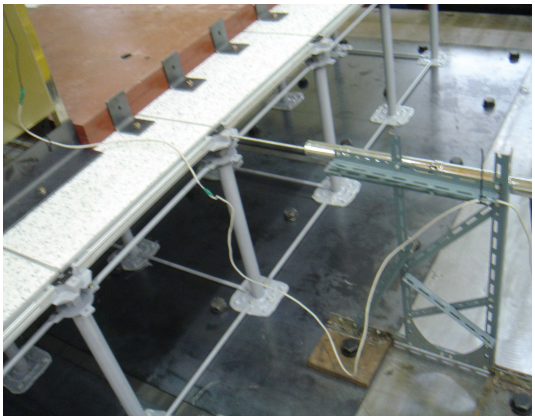
가속도계 및 LVDT설치



실험종료후 모습

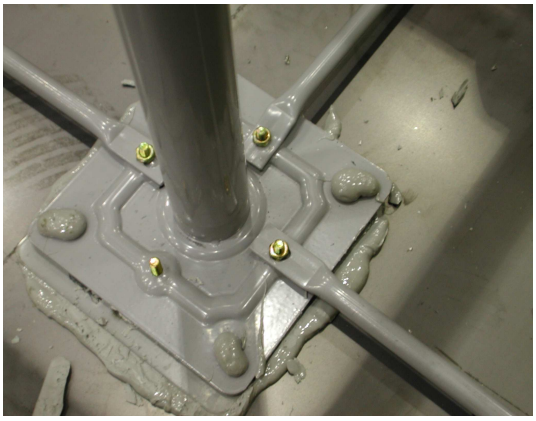


실험종료후 패널 및 지주의 이상유무확인

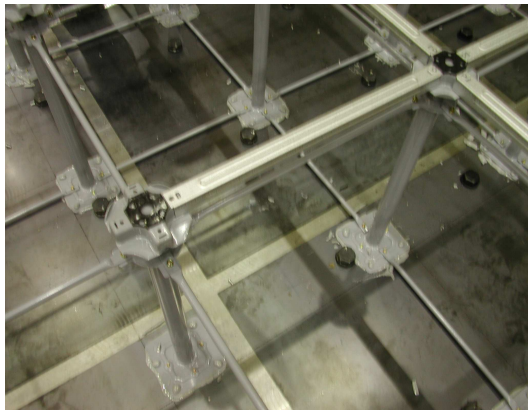


실험종료후 패널 및 지주의 이상유무확인

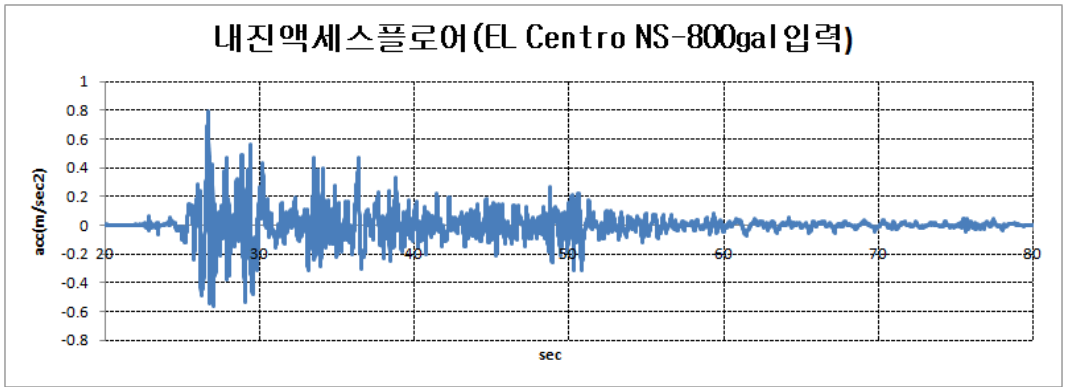
<표 3.26> 내진액세스플로어의 내진성능 평가(800gal)



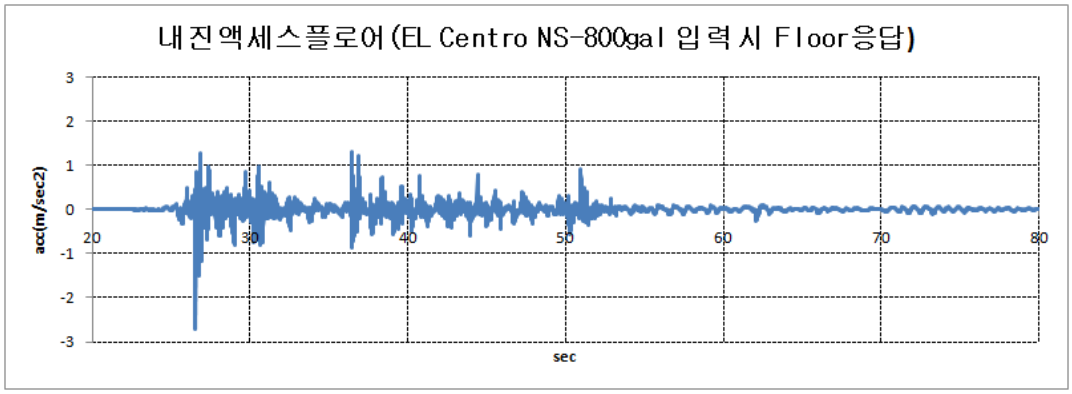
실험후 지주 및 베이스(800gal지진실험후)



실험종료후 해드 및 접합부(800gal)



(a) 입력가속도지진파형(El Centro NS 800gal입력)



(b) 내진액세스플로어 상부응답가속도(max=2.723m/sec^2)

[그림 3.43] 내진액세스플로어 진동대 실험의 입력가속도 및 실험결과

■ 일반(기존)액세스플로어와 내진액세스플로어 비교 내진성능 시험결과

구 분		일반액세스플로어 및 내진액세스플로어 내진성능실험
패널크기	mm	600× 600
지주높이	mm	600
적재하중	kg/㎡	500
탑재서버	1ea	19″ 표준 Server Rack(600× 750× 1,800):500kgf
워크데스크	1ea	사무용책상(700× 1,200× 650)160kgf

내진성능평가결과 요약							
내진성능평가	시험체명	일반 액세스플로어			내진액세스플로어		
	입력가속도 (㎝/sec^2)	300	500	800	300	500	800
	플로어붕괴	**붕괴**	–	–	이상없음	이상없음	이상없음
	지주의 변형	변형	–	–	이상없음	이상없음	이상없음
	패널의 탈락	탈락	–	–	이상없음	이상없음	이상없음
	패널 치솟음	치솟음	–	–	이상없음	이상없음	이상없음
	헤드접합부파손	파손	–	–	이상없음	이상없음	이상없음
	탑재물 (서버,책상)	전도	–	–	이상없음	이상없음	이상없음

1차 예비 내진성능실험결과 내진액세스플로어의 성능을 확인할 수 있었으나, 성능평가의 적정성을 실제로 액세스플로어의 설치가 콘크리트 슬래브 위에 시공되어지는 것을 고려한 실험조건이 필요할 것으로 판단되었다. 따라서, 콘크리트 슬래브 위에 실제조건과 같이 시공된 액세스플로어의 추가 성능실험을 계획하였다.

나. 내진액세스플로어의 진동대 실험(2차)

(1) 실험개요

내진액세스플로어의 2차 성능 실험은 실제 시공조건과 동일하게 콘크리트 슬래브 위에 접착제로 시공하는 실제 현장에서의 시공조건을 고려하여 실험체를 계획하였다. 실험방법은 1차 실험과 동일하게 계획하였으나 입력 지진가속도를 Kobe 지진파(1995)를 사용하였으며 3차원 가진으로 계획하여 실험을 수행하였다. 실험일반사항은 아래와 같다.

- 1차년도 개발한 내진액세스플로어 시제품에 대하여 전기통신설비의 내진 시험방법, 전파연구소 공고 제2009-3호에 따라 시험을 실시하여 내진성능을 확인

- 시험체

· 시험체명 : 내진액세스플로어와 면진테이블
· 제품규격 : 지주높이 500mm, 패널치수 600× 600mm(Steel판)실물크기
· 시험체 수량 : 1set(내진액세스플로어), 3m× 3m(패널25장)
· 시험일시 : 2010년 3월 26일
· 시험장소 : 부산대학교 지진실험센터

- 시험기준 : 전기통신설비의 내진 시험방법(전파연구소 공고 제2009-3호)
KT 통신설비 내진설계기준(2009.8.25)



[그림 3.44]내진액세스플로어 내진성능실험 장면

· 진동대제원

진 동 대		6자유도 3차원 진동대
Table Size(m×m)		4m×4m
Full Payload(kN)		300
Normal Payload(kN)		200
Overturning Moment(kNm)		1,200
Acceleration at Full Payload(g)	X-dir	1,200
	Y-dir	1,200
	Z-dir	800
Acceleration at Normal Payload	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Velocity(mm/sec)	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Stroke(mm)	X-dir	± 300
	Y-dir	± 200
	Z-dir	± 150
Operation Frequency range(Hz)		0.1 ~ 60

- 시험장치 및 시험조건

· 시험조건

- 지진파가진 시험은 Hyogoken Nanbu EQ Kobe JMA(1995)의 3성분(NS,EW,UD)의 원파형을 90초간입력
- 입력가속도: 수평(NS)817gal, 수평(EW)617gal, 상하(UD)332gal, 입력시간 : 90초

* 1gal=1㎝/sec^2

· 판정기준 : 전기통신설비의 내진 시험판정기준(전파연구소 공고 제2009-3호)

① 시험대상설비 중 통신장비는 내진 시험 중과 완료 후에 통신 신호 전송에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

② 내진 시험중에 해당 설비의 바닥면을 기준으로 상단의 단방향 진동 변위 폭이 최대

75㎜를 초과하지 않아야 한다.

③ 내진 시험 후 다음 각 호와 같은 손상이 없어야 한다.

1) 시험대상설비의 전복 또는 전도

2) 시험대상설비의 바닥 고정부 이탈

3) 설치된 구성품의 이탈

4) 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손

5) 액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈

6) 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단

7) 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손

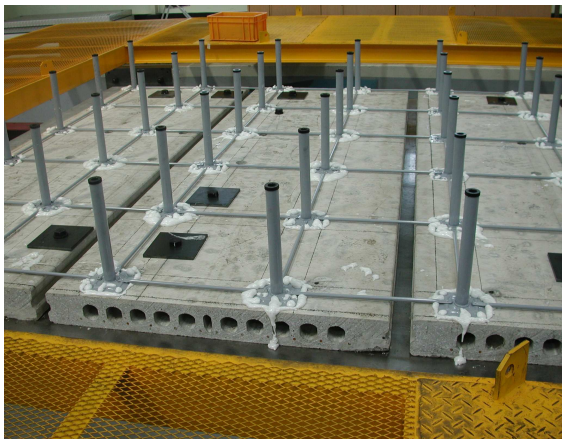
<표 3.27> 내진액세스플로어의 내진성능 평가(고베지진원파형3차원실험) (계속)



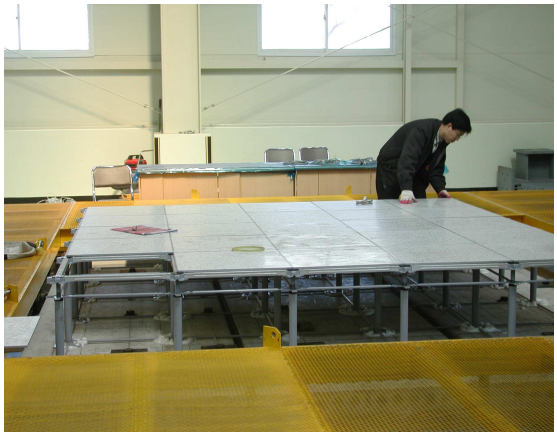
콘크리트판설치



발포성우레탄계접착제도포



지주설치



상부패널 설치

<표 3.27> 내진액세스플로어의 내진성능 평가(고베지진원파형3차원실험)



서버랙 및 적재하중



실험체 설치완료



진동실험



접착력 부족으로 시험중단



접착력 부족에 의한지부베이스의 탈락

(2) 실험결과

실제 조건과 유사하게 콘크리트 슬래브 위에 내진액세스플로어를 설치하여 수행된 2차 실험에서 Kobe 원파형에 의한 실험을 수행하였으며, 실험결과 액세스플로어의 변형

은 발생하지 않았으나, 실험이 진행되면서 접착제의 콘크리트 바닥과의 박리에 의한 파괴가 발생하였다. 해외 강진지역에서는 액세스플로어를 앵커로 고정할 것을 요구하고 있으나, 국내의 경우 접착제에 의한 시공이 일반적이므로 액세스플로어의 강도 및 성능 뿐 아니라 시공을 위한 접착제의 강도 확보도 함께 필요할 것으로 판단된다.

이에 따라 2차년도에는 액세스플로어에 시공되는 접착제의 개발을 함께 진행하였으며, 전 절에 지주의 횡방향 강도실험 및 접착제 실험에서 검증된 바와 같이 지주의 횡방향 하중시 지주의 손상까지 접착제의 박리가 발생하지 않음에 따라 성능향상이 확인되었다.

■ **일반(기존)액세스플로어와 내진액세스플로어 비교 내진성능 시험결과**

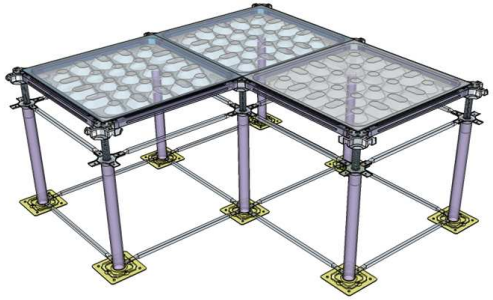
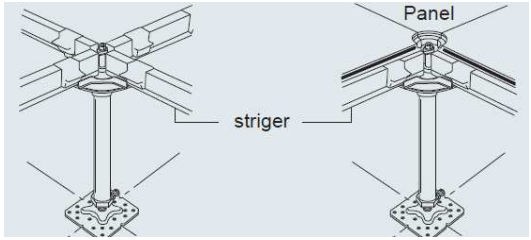
구 분		내진액세스플로어 3차원진동대 내진성능실험
패널크기	mm	600× 600
지주높이	mm	600
적재하중	kg/㎡	500
탑재서버	1ea	19″ 표준 Server Rack(600× 750× 1,800):500kgf
워크데스크	1ea	사무용책상(700× 1,200× 650)160kgf

내진성능평가결과 요약				
내진성능평가	시험체명	내진액세스플로어		
	입력가속도 (㎝/sec^2)	수평(NS)	수평(EW)	상하(UD)
		817	617	332
	플로어붕괴	**붕괴(접착제 박리)**		
	지주의 변형	이상없음		
	패널의 탈락	이상없음		
	패널 치솟음	이상없음		
	해드접합부파손	이상없음		
	탑재물 (서버,책상)	전도		

5. 국내 · 외 기술과의 비교

(1) 기술내용 및 성능비교

국내 · 외 특허문제 및 개발기술의 신규성을 평가하기 위해 해외의 강진지역에서 사용되는 액세스플로어와 본 연구에서 개발된 기술내용을 비교 분석하였다. 국내에는 유사한 제품 및 기술이 개발된 사례 및 특허가 조사되지 않았다.

	에코닝	IB Floor(일본)	ISO Floor(Worksafe사, 미국)
형상			
기술내용	상부패널탈락방지 스트링거 상하 뒤틀림 및 전도방지용 수평지지대 하부 베이스 플레이트에 의한 전도방지	상부 패널 스톱퍼에 의한 패널탈락방지 하부 베이스 플레이트에 의한 전도방지	브레이싱에 의한 횡방향 강도 증진 및 내진성능향상
차이점	상하부의 보강대에 의해 X, Y방향 뿐 아니라 뒤틀림에 강한 구조 기존 타 기술과 형상 및 지진하중에 대한 저항시스템의 차이가 있음	추가의 보강재 없이 스트링거와 지주의 단면성능 증대 및 지주 헤드의 스톱퍼에 의한 탈락방지 효과 기대	하부 베이스 플레이트의 앵커 시공에 의한 시공성 저하
성능	진동실험결과 Kobe 지진 원파에 대해 손상 없음 정보통신규격 만족	설계기준 만족(일본)	설계기준 만족(미국)

(2) 경제성 비교

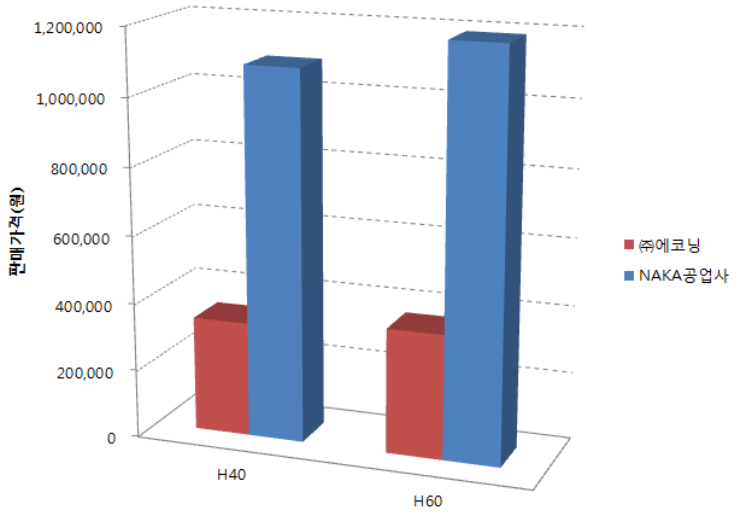
가. 내진액세스플로어의 외산제품 및 국내제품 대비 성능 가격 경쟁력

국내 지진재해저감을 위한 액세스플로어를 생산하고 있는 곳은 전무하며, 국내 물가정보지에 명시되어 있는 자료를 바탕으로 일본 NAKA공업사의 내진액세스플로어를 비교하였다.

<표 3.28> 국외제품 단가 비교

	NAKA공업사		㈜에코닝	
추정 판매가격(㎡)	NSM-H40	NSM-H60	SES-H40	SES-H60
	1,090,000 원	1,190,000 원	339,000 원	369,000 원
비고	68.9% ▼			

내진액세스플로어는 현장에 따라 높이가 다양하며 [그림3.45]은 높이 40㎝, 60㎝ 제품에 대한 비교 그래프이다.



[그림 3.45]국외제품 단가비교

일본의 NAKA공업사의 제품과 본 연구에서 개발 한 제품은 동일한 높이에 대해 ㎡당 판매가격이 68.9% 차이가 난다.

[표 3.29] 현장적용 국외제품 단가비교

		현장 적용	
적용현장		함양군 재난종합상황실	의성군 재난종합상황실
공사기간		5/3~5/5	7/14
발 주 처		함양군청	의성군청
공사비	㈜에코닝	25.4 백만원	8.3 백만원
	국외	115.5 백만원	31.6 백만원
비 고		78% 절감	74% 절감

본 연구에서 개발한 제품은 함양군과 의성군의 재난종합상황실에 적용된 제품으로 국외 제품을 사용할 때 보다 약 74~78%의 절감효과를 볼 수 있다.

제 4 절 면진테이블 개발

1. 개요

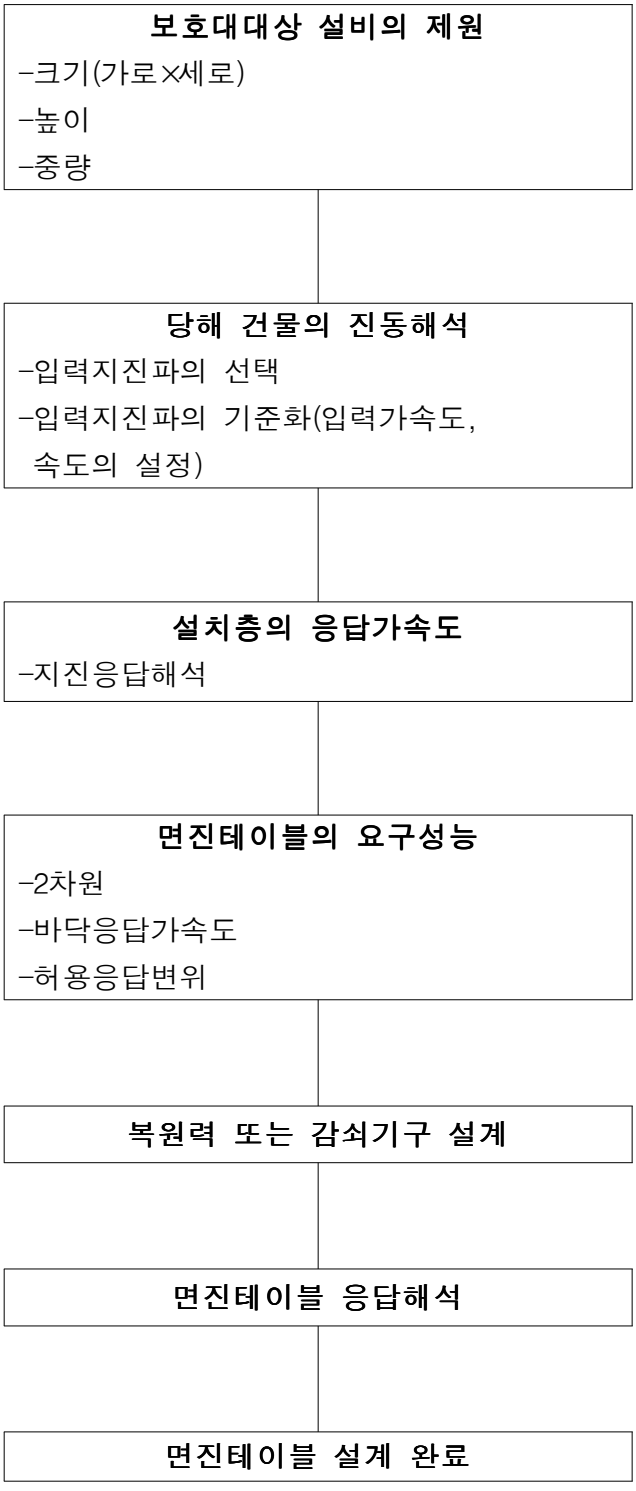
지진은 외부 진동으로 건물 구조체에 작용하여 건물 바닥과 실내 마감재를 통하여 기기(설비)에 전달되게 된다. 이 과정에서 지진력을 어떤 방법으로 흡수(저감)하는 것이 면진이다. 흡수율(진동저감율)이 높을수록 기기(설비)에 전달되는 충격력이 작아지게 된다. 효율적인 면진테이블을 설계하기 위해서는 흡수율(진동저감율)을 높일 수 있도록 구성하는 것이 중요하다.

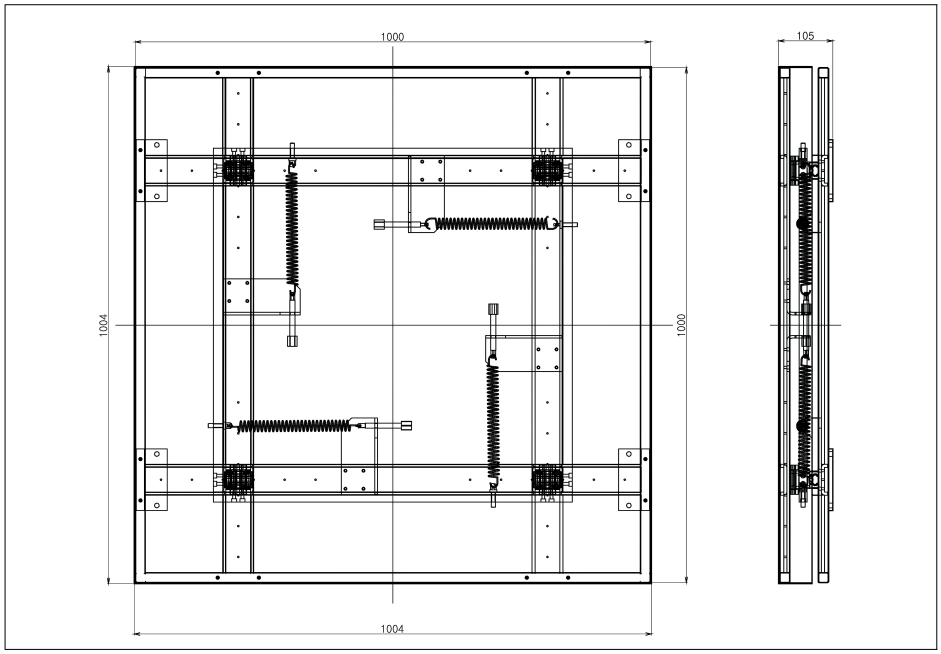
진동저감율 효과를 높이기 위해서는 마찰력이 작은 기구로 구성하면 되지만, 마찰력이 작으면 지진시에 상대변위가 그 만큼 커지게 되므로 무조건 커지는 것은 설치면적이 그만큼 커지게 되므로 적당한 균형이 필요하다.

면진테이블은 지진시 건물의 진동과 건물내부 바닥에 설치되는 바닥의 진동으로부터 중요 정보통신 설비를 보호하기 위한 장치로 기기로 전달되는 가속도를 차단하여 기기에 입력되는 진동에너지를 저감하는 면진의 원리를 이용한 제품개발이다.

건물내부에 설치되는 정보통신 설비의 각 기기를 지진으로부터 보호할 수 있는 면진테이블에 대한 설계는 건물에 입력되는 지진동의 크기, 건물바닥의 응답가속도와 응답변위의 허용범위, 면진테이블에 탑재되는 장비의 하중을 설정할 필요가 있다.

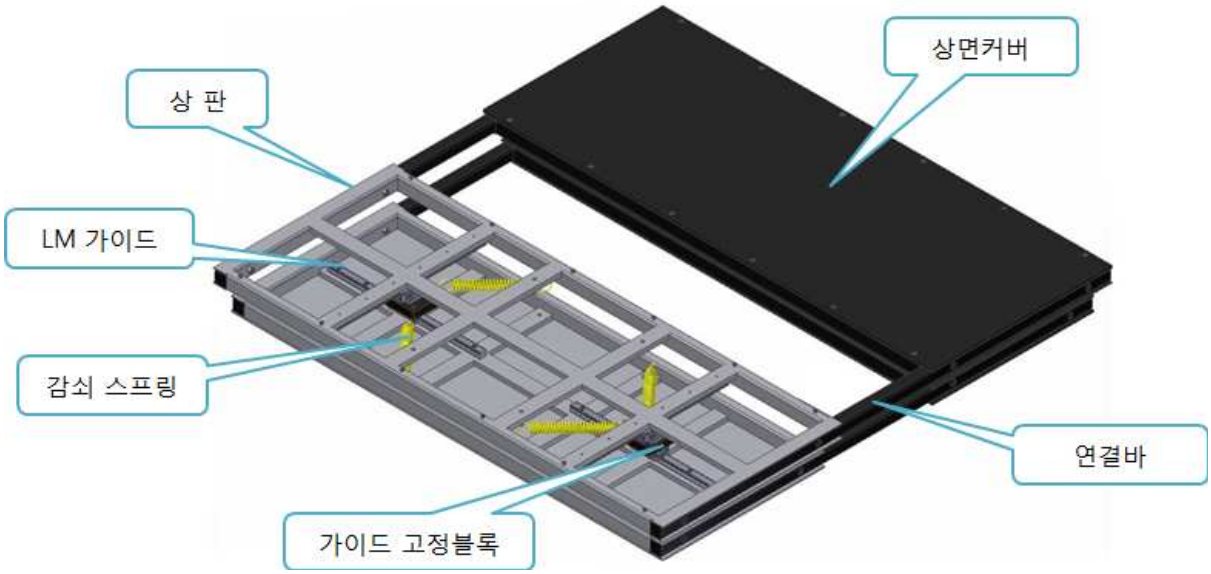
면진테이블을 설계하기 위한 플로우는 [그림 3.46]과 같다. 면진테이블을 설계하기 위해서는 면진테이블을 설치하는 구조물의 바닥응답가속도를 산정해야 한다. 구조물의 바닥응답가속도를 산정하기 위해서는 지반종류, 건물의 구조종류, 규모, 설치층 등에 따라서 바닥응답가속도가 다르다. 바닥응답가속도를 산정하여 면진테이블의 설계입력지진파를 결정한다. 일반적으로는 구조물의 지진응답해석에 이용하는 지진파와 해석프로그램을 이용할 수 있다. 또한 예상하는 지진동의 크기에 부합되도록 기준화한 지진파를 사용하여 지진응답해석을 수행하여 설치층의 응답가속도파형을 산정한다. 그 다음에 이 응답가속도파형을 입력파로 하여 면진테이블의 지진응답해석을 수행한다. 요구성능에 부합되도록 면진테이블의 최대응답가속도와 최대응답변위가 설계치 이내에 수렵하도록 몇 번 시뮬레이션하여 스프링과 댐퍼의 사양을 결정한다.


보호대대상 설비의 제원
-크기(가로×세로)
-높이
-중량
당해 건물의 진동해석
-입력지진파의 선택
-입력지진파의 기준화(입력가속도,
속도의 설정)
설치층의 응답가속도
-지진응답해석
면진테이블의 요구성능
-2차원
-바닥응답가속도
-허용응답변위
복원력 또는 감쇠기구 설계
면진테이블 응답해석
면진테이블 설계 완료



[그림 3.46] 면진테이블 설계플로우

상기와 같은 설계과정에 의해 면진테이블은 [그림 3.47]과 같은 구성으로 설계되었다. 연직하중은 가이드 블록이 지지하고 마찰력이 매우 작은 롤러가이드를 +형으로 배치하여 수평지진력을 절연하도록 계획되었다. 또한 탑재하중의 증감, 상하진동에 대해서도 가이드의 롤러가 대응할 수 있도록 하였다. 테이블의 복원은 설치된 스프링에 의해 원래의 위치로 복원되며 면진테이블의 주기는 스프링의 강성을 사용용도 및 적재되는 장비의 중량에 따라 다양하게 조절 가능하도록 하여 탑재물의 다양한 대응이 가능한 구조이다.



[그림 3.47] 면진테이블 제품 구성도

2. 면진테이블의 동적특성

(1) 면진테이블시스템의 기본원리

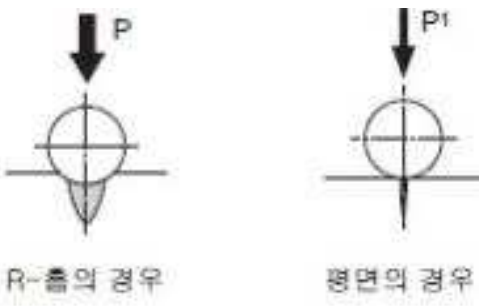
본 연구에서 개발된 면진테이블시스템은 다음과 같은 면진구조의 원리를 이용한 변형-조립형의 면진테이블이다.

- 건물의 바닥에서 통신장비기기로 전달되는 지진력을 저감하는 방법으로 바닥과 통신장비기기사이에 마찰저항력이 아주 작은 리니어가이드와 리니어가이드불록을 통하여 리니어가이드를 +형으로 결합하여 지진력의 전달을 차단하는 시스템이다.
- 지진시에 리니어가이드의 베어링 기구(면진테이블)이 구름운동을 하면 슬라이딩되어 상대적인 변위 δ가 발생하여 리니어가이드불록에는 P δ모멘트가 발생한다.
- 이러한 P δ모멘트가 통신장비기기에 전달되는 것을 차단하기 위해 리니어가이드의 하부프레임과 상부플레임을 사용하고 복원력장치를 통하여 위치의 변화나 이동이 없이 원래의 위치로 되돌아올 수 있도록 하는 것을 표준적인 시스템의 구성으로 한다.
- 지진시에는 건물의 흔들림과 바닥슬래브로부터 전달되는 수평지진동이 리니어가이드의 미끄럼운동으로 지진에너지가 저감된다.

(2) 본 시스템의 면진원리

LM가이드는 이상적인 4열의 서큘러 아크홈의 2점 접촉구조를 채택하여 장착면의 오차를 흡수하는 우수한 효과가 있다.
또한 허용하중능력이 큰 고강성이면서 낮은 마찰계수를 지니는 것을 특징으로 한다.

이러한 낮은 마찰계수는 LM 가이드시스템이 수평하중을 받아 구름운동을 하는 경우 탑재물 또는 적재물에 수평하중의 전달을 저감효과가 탁월한 역할을 한다. 이러한 원리를 이용하여 면진테이블시스템을 고안하였다.



[그림3.48] 볼베어링 1개의 지지능력



[그림3.49] LM가이드의 하중지지원리

(3) 면진테이블의 동적특성

면진테이블의 효율적인 거동을 위해서는 건물의 주된 진동수와 면진테이블의 진동수가 멀수록 효과적이다. 이를 위한 면진테이블의 고유주기는 식(3.7)과 같이 스프링 강성에 의해 계산되어지면 조절이 가능하다.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{W_E}{k_s\, g}} \tag{3.7}$$

여기서, T=면진테이블의 주기

W_E=탑재물의 중량

k_s=스프링의 강성(tonf/cm)

g=중력가속도(cm/sec^2)

이 때 면진장치는 가이드 레일을 따라 이동하게 되며, 각 방향에 대해 스프링은 2개가 작용하게 되므로, 스프링의 강성은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$k_s = \frac{4\pi^2 W_E}{T_f g}\,(\text{tonf/cm}) \tag{3.8}$$

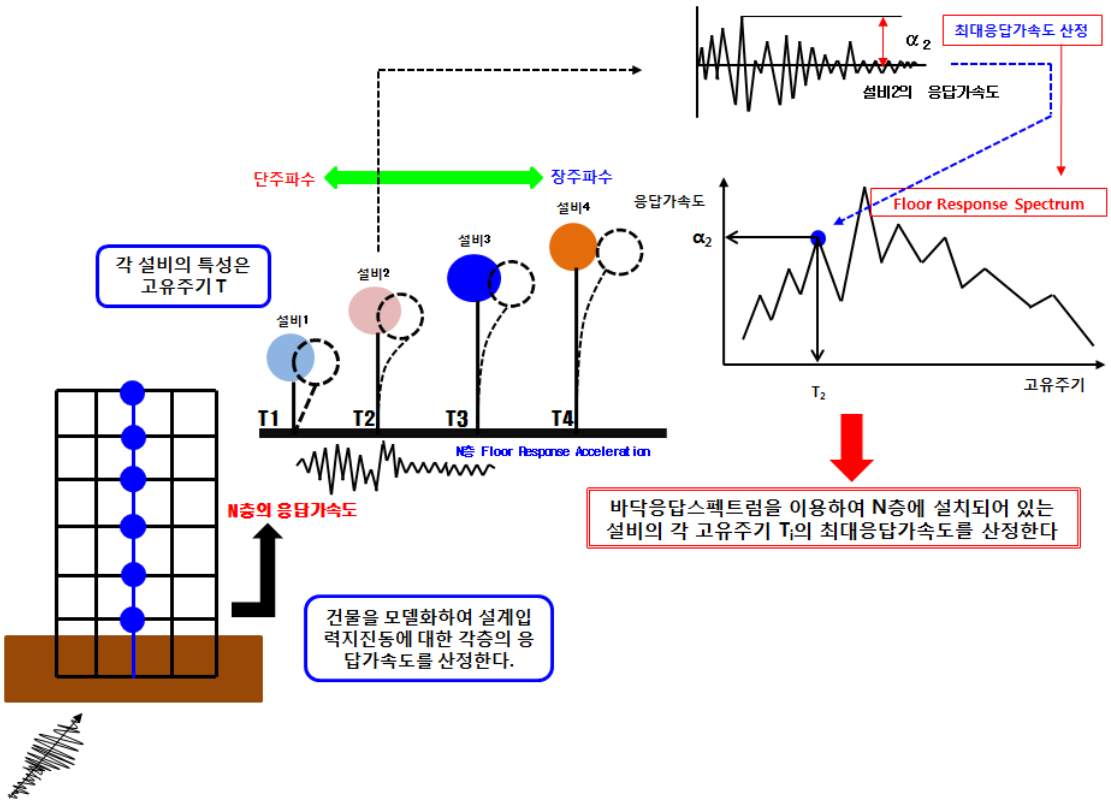
여기서, T_f=가정된 면진테이블의 주기(sec)

주기를 2초 내외로 조절할 경우 고유진동수는 약 0.5Hz가 되면, 국내 많은 정보통신국에 사용되는 일반적인 RC구조 3~5층 건물의 1차 모드 고유진동수가 3~4Hz임을 감안할 때 큰 면진성능을 기대 할 수 있다.

3. 면진테이블의 설계

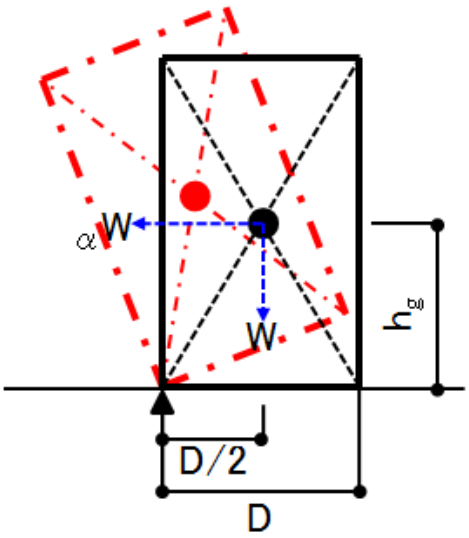
면진테이블시스템을 설계하기 위하여 통신장비실 바닥에 작용하는 가속도를 설정할 필요가 있다. 또한 통신장비가 설치된 내진액세스플로어가 붕괴 되지 않을 경우 통신장비와 랙의 한계 전도가속도의 파악이 중요하다.

따라서 한계전도가속도는 [그림 3.50]와 같은 방법으로 바닥응답가속도를 산정하여 장비에 작용하는 전도가속도를 예상할 수 있다.



[그림 3.50] 장비 또는 설비에 작용하는 바닥응답가속도의 산정 프로세스

통신장비 또는 랙의 지진시 전도매카니즘은 [그림 3.51]과 같다. 따라서 지진시 전도모멘트와 한계전도가속도는 다음과 같이 산정할 수 있다.



[그림 3.51] 장비 또는 설비의 전도 매카니즘

랙에 작용하는 수평력과 전도가속도는 [그림 3.51]과 같이 산정할 수 있으므로, 랙에 작용하는 수평력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$ {}_{\alpha}W \cdot h_g = W \times \frac{D}{2} \tag{3.9a} $$

$$ {}_{\alpha}W = \frac{W \times \frac{D}{2}}{h_g} \tag{3.9b} $$

또한 랙에 작용하는 전도가속도는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$ \alpha = \frac{D}{2h_g} \times G \tag{3.10} $$

여기서,

${}_{\alpha}W$: 랙에 작용하는 수평력
h_g : 랙의 중심높이
W : 랙의 전중량
G : 중력가속도

랙을 모델화하여 진동해석으로 고유주기를 산정한 다음, 랙의 설치레벨 바닥의 바닥응답스펙트럼으로부터 랙의 고유주기로 수평진도 및 연직진도를 산정한다. 산정한 수평 및 수직진도를 이용하여 랙에 작용하는 지진하중(수평력, 연직력, 모멘트)를 산정하여 다음과 같은 응력평가식으로 구조안전성을 평가할 수 있다.

$$ {}_{\alpha}W = C_H \cdot W \tag{3.11} $$

$$M = {}_{\alpha}W \cdot h_g \tag{3.12}$$

$$V = (1 + C_V) \cdot W \tag{3.13}$$

여기서, C_H : 수평진도

M : 랙의 전도모멘트

V : 수직력

C_V : 수직진도

$\sigma = \frac{V}{A} + \frac{M}{Z}$(인장응력)

$\tau = \frac{{}_{\alpha}W}{A}$(전단응력)

조합응력 $= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$

4. 면진테이블의 내진성능실험

가. 면진테이블의 내진성능시험

(1) 실험개요

개발된 면진테이블의 성능평가를 위해 시제품의 진동대 실험을 수행하였다. 실험방법은 <표 3.30>과 같이 진동대 위에 면진테이블를 설치한 후 입력가속도와 테이블 상부 및 서버랙의 상부에서 측정된 가속도를 비교하여 면진테이블의 효과를 분석하였다.

- 면진테이블 시제품에 대하여 전기통신설비의 내진 시험방법, 전파연구소 공고 제2009-3호에 따라 시험을 실시하여 내진성능 및 면진효과를 확인

· 시 험 체 : 면진테이블
· 제품규격 : 가로× 세로× 제품높이(B× D× H :1000× 1250× 90mm):개별 통신기기 보호용 실물크기
· 시험수량 : 1set, 19″ 표준랙(탑재하중: 500㎏f)
- 시험기준 : 전기통신설비의 내진 시험방법(전파연구소 공고 제2009-3호)
- 시험장치 및 시험조건

· 시험조건
- 지진파가진 시험은 Hyogoken Nanbu EQ Kobe JMA(1995)의 3성분(NS,EW,UD)의 원파형을 90초간입력
- 입력가속도: 수평(NS)817gal, 수평(EW)617gal, 상하(UD)332gal, 입력시간 : 90초

* 1gal=1㎝/sec^2

· 판정기준 : 전기통신설비의 내진 시험판정기준(전파연구소 공고 제2009-3호)

① 시험대상설비 중 통신장비는 내진 시험 중과 완료 후에 통신 신호 전송에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

② 내진 시험중에 해당 설비의 바닥면을 기준으로 상단의 단방향 진동 변위폭이 최대 75㎜를 초과하지 않아야 한다.

③ 내진 시험 후 다음 각 호와 같은 손상이 없어야 한다.

1) 시험대상설비의 전복 또는 전도
2) 시험대상설비의 바닥 고정부 이탈
3) 설치된 구성품의 이탈
4) 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손

5) 액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈

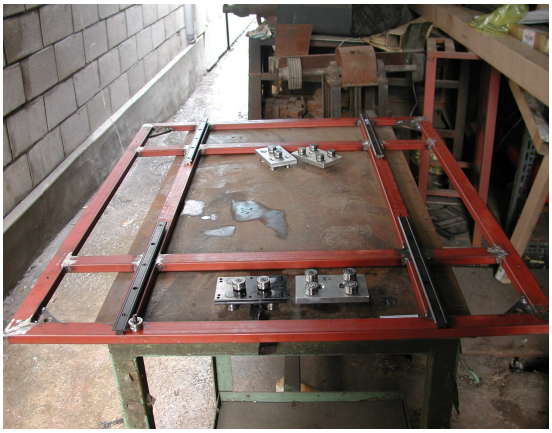
6) 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단

7) 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손

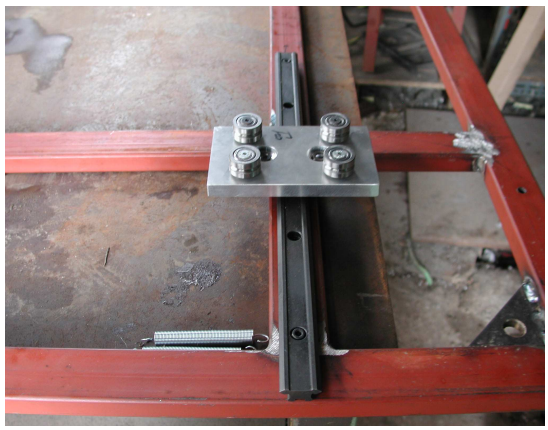
· 진동대제원

진동대		6자유도 3차원 진동대
Table Size(m×m)		4m×4m
Full Payload(kN)		300
Normal Payload(kN)		200
Overturning Moment(kNm)		1,200
Acceleration at Full Payload(g)	X-dir	1,200
	Y-dir	1,200
	Z-dir	800
Acceleration at Normal Payload	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Velocity(mm/sec)	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Stroke(mm)	X-dir	± 300
	Y-dir	± 200
	Z-dir	± 150
Operation Frequency range(Hz)		0.1 ~ 60

<표 3.30> 면진테이블의 제작 및 실험체 설치



프레임제작



면진블럭설치



면진테이블제작



면진테이블설치



실험용서버랙탑재

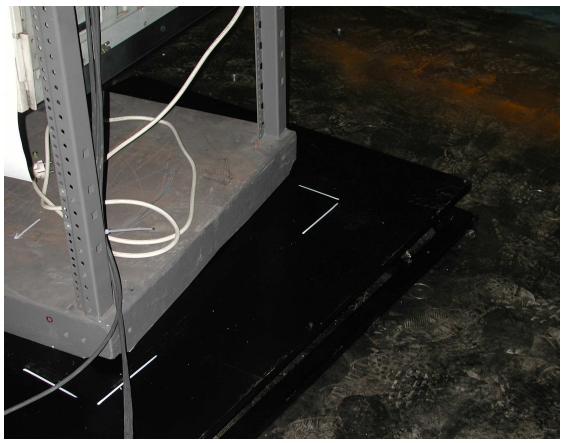


진동실험

(2) 실험결과

실제 크기의 면진테이블을 설치하고 상부에 서버랙을 설치한 모델의 해석결과 <표 3.31>에 나타낸 바와 같이 서버랙의 손상이 없었으며, 지진응답은 [그림 3.52]에 나타낸 바와 같이 수평방향(X, Y)에 대해서는 약 50%의 저감율을 나타내었으며, 수직(Z)방향에 대해서는 25% 저감율을 나타내어 지진저감효과가 확인되었다. 수직방향에 대한 진동의 영향으로 서버랙의 위치가 50mm 이동하였으나, 면진테이블 바깥으로 이동하거나 전도되는 피해는 발생하지 않음에 따라 지진발생시 정보통신 설비의 안전성 확보에 효과적인 것으로 판단된다.

<표 3.31>면진테이블 진동실험 결과



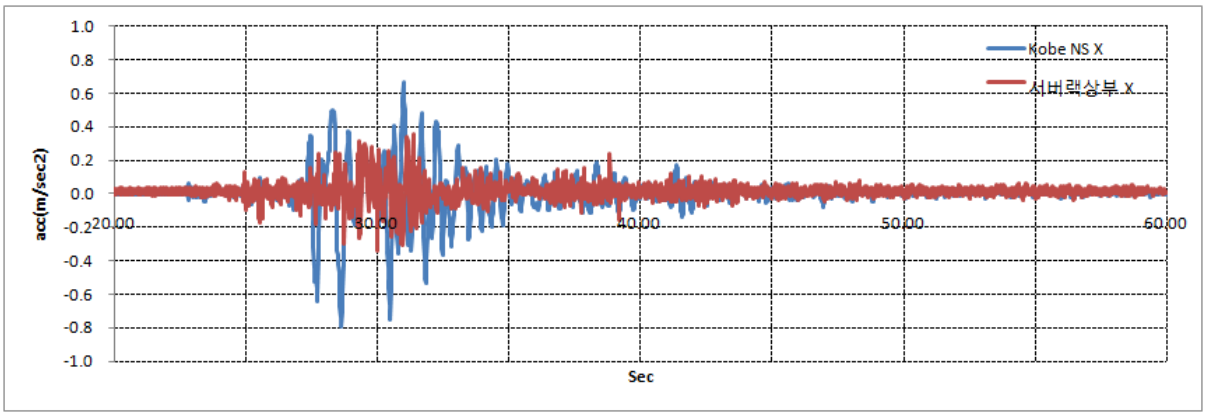
실험종료 후 랙의 미끄럼



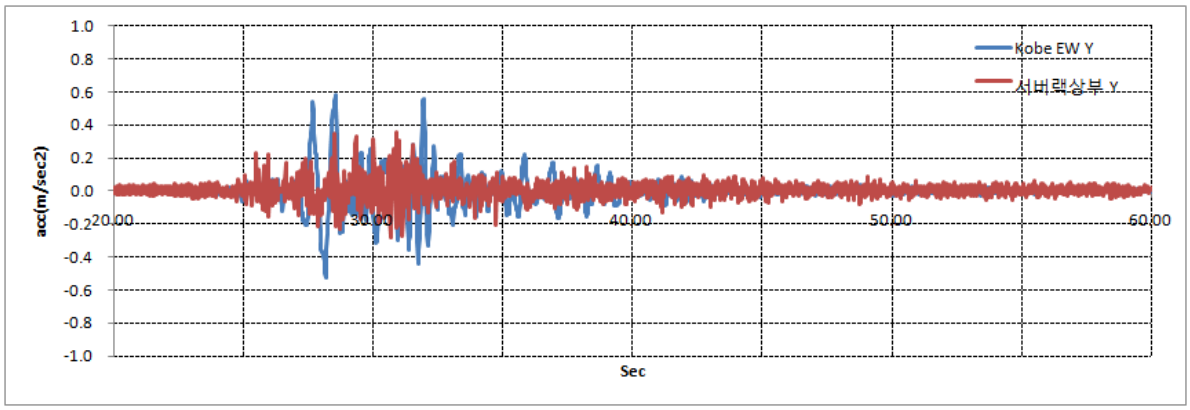
실험종료 후 랙의 비틀림



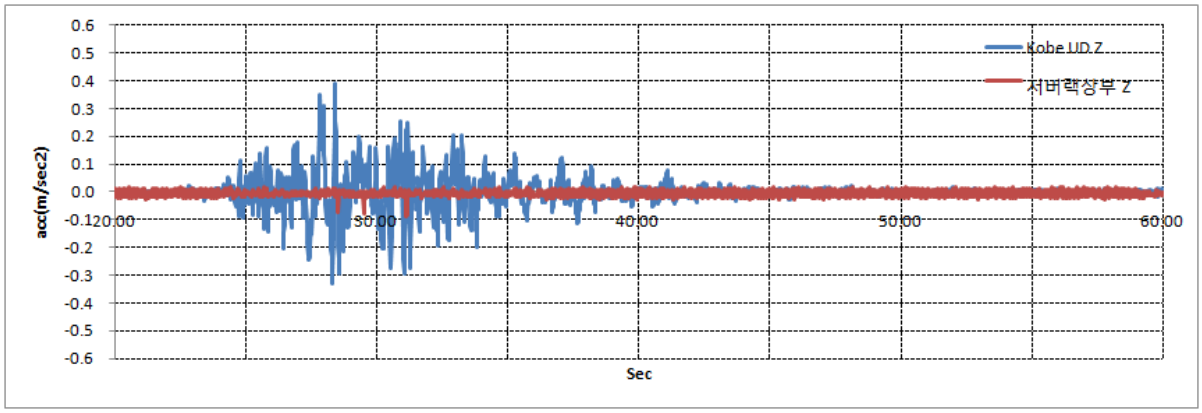
실험종료 후 실험체



(a) X방향(NS) 면진효과(서버랙Top)



(b) Y방향(EW) 면진효과(서버랙Top)



(c) Z방향(UD) 면진효과(서버랙Top)

[그림 3.52] 면진테이블의 지진응답

나. 면진테이블 단독형/확장형 내진성능 실험

(1) 실험개요

면진테이블에 탑재되는 통신장비는 여러 가지 종류의 다양한 정보통신 설비가 있으나 19” 표준 랙(Rack)을 대상으로 선정하였으며, 실제 전산실 또는 상황실 등에서의 사용환경에 대한 전문가의 의견을 수렴하여 랙(Rack) 단독형일 경우와 Rack이 복수로 연결되는 확장형에 대해서 내진성능 평가를 수행하여 상용화를 위한 준비단계로 하였다. 단독형에 대한 2차년도에 개선된 면진테이블의 성능 검증과 확장형 면진테이블의 성능 평가를 위하여 부산대학교 지진 실험센터에서 진동대 실험을 추가로 수행하였으며, 실험체 개요는 아래와 같다.

단독형 면진테이블의 경우 1차년도에 실험된 방법과 동일하게 진행되었으며, 확장형의 경우 면진테이블 확장형위에 서버랙을 탑재한 상태에서 입력가속도와 면진테이블, 서버랙의 저감효과를 검증한 실험과, 실제 설치조건을 고려하여 액세스플로어 상부를 콘크리트 슬래브 위에 설치하고 상부에 면진테이블 및 서버랙을 탑재한 경우로 구분하여 실험을 수행하였다.

1) 단독형

① 시험체명 : 면진테이블 시스템(단독형 : 단위모듈 2개)

② 규격

- 면진테이블시스템 단위모듈 : (W×D×H : 300mm×1,000mm×90mm)
- 면진테이블시스템(단독형) : 단위모듈2개(W×D×H : 800mm×1,000mm×90mm)

③ 시험기준

전기통신설비의 내진 시험방법(전파연구소 공고 제2009-3호)

④ 시험장치

- 시험장치 : 3차원 진동대의 제원
- 시험방법 : 전기통신설비의 내진 시험방법 (전파연구소 공고 제2009-3호)
  19 “ 표준 Server Rack(1,000N) 1대 탑재 (적재하중 3,000N)
  3차원 진동대 (가진파형 : 전파연구소 고시파형 / 입력시간 : 60초)
- 시험장소 : KOCED 지진모사 실험센터

가진진동대		Table C
Full Payload(kN)		300
Normal Payload(kN)		200
Overturning Moment(kNm)		1,200
Acceleration at Full Payload(㎝/sec^2=gal)	X-dir	1,200
	Y-dir	1,200
	Z-dir	800
Acceleration at Normal Payload(㎝/sec^2=gal)	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Velocity(mm/sec)	X-dir	1,500
	Y-dir	1,500
	Z-dir	1,000
Maximum Stroke(mm)	X-dir	± 300
	Y-dir	± 200
	Z-dir	± 150
Operation Frequency range(Hz)		0.1 ~ 60

⑤ 시험조건 :

- 면진테이블시스템의 성능확인을 위해 실제와 유사하게 구현하여 실시한다.
- 19 " 표준 Server Rack은 면진테이블시스템의 상부에 고정하지 않고 설치한다.
- Rack 내부에 장비와 유사한 하중체를 설치하고 Rack의 무게중심을 확인한다.
- 전파연구소 공고 제2009-3호에 의한 층 응답스펙트럼을 포락하여 60초간 입력한다.

⑥ 판정조건

시험 전 과정에 대하여 Server Rack의 비틀림과 면진테이블시스템의 거동을 육안으로 관찰하고 아래와 같이 전파연구소 고시(제2009-3호)의 내진시험 판정기준을 준용하여 판정하였다.

① 시험대상 설비 중 통신장비는 내진 시험 중과 완료 후에 통신 신호 전송에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

② 내진 시험중에 해당 설비의 바닥면을 기준으로 상단의 단방향 진동 변위폭이 최대 75㎜를 초과하지 않아야 한다.

③ 내진 시험 후 다음 각 호와 같은 손상이 없어야 한다.

1. 시험대상설비의 전복 또는 전도
2. 시험대상설비의 바닥 고정부 이탈
3. 설치된 구성품의 이탈
4. 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손
5. 액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈
6. 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단
7. 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손



가진조건

시험일시	2011년 5월 25일
기 온	20.3℃
습 도	41%
시험시각	16시37분

계측위치

센 서	계 측 위 치
①	Rack-상단부(TOP)
②	Rack-중앙부(Middle)
③	Rack-하단부(Bottom)

[그림 3.53] 단독형 면진테이블 실험체 설치

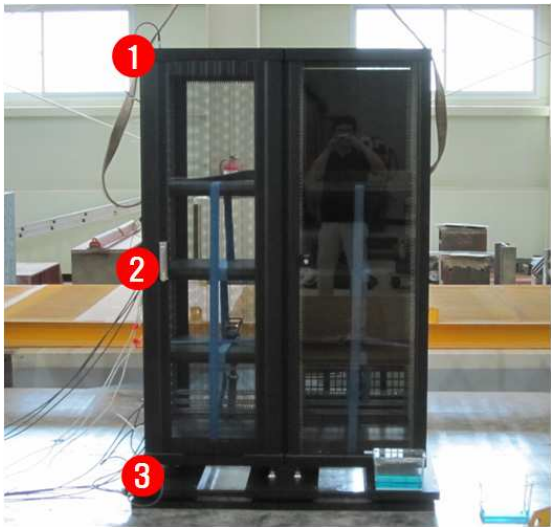
2) 확장형

① 시험체명 : 면진테이블시스템 (확장형 : 단위모듈 3개)

② 규 격

- 면진테이블시스템 단위모듈 : (W×D×H : 300mm×1,000mm×90mm)
- 면진테이블시스템 (확장형) : 단위모듈 3개
  (W×D×H : 1,300mm×1,000mm×90mm)
- 19 " 표준 Server Rack (W×D×H : 600×750×2,000mm) 2대

③ 시험기준, 시험방법, 판정기준 등은 단독형과 동일



가진조건

시험일시	2011년5월25일
기 온	20.3℃
습 도	41%
시험시각	15시15분

계측위치

센 서	계 측 위 치
①	Rack-상단부(TOP)
②	Rack-중앙부(Middle)
③	Rack-하단부(Bottom)

[그림 3.54] 확장형 면진테이블 실험체 설치

3) 내진액세스플로어 + 단독형 면진테이블

① 시험체명 : 내진액세스플로어 + 단독형 면진테이블 시험체

② 규 격 : 이전 실험체와 동일



[그림 3.55] 내진액세스플로어, 단독형 면진테이블

(2) 실험결과

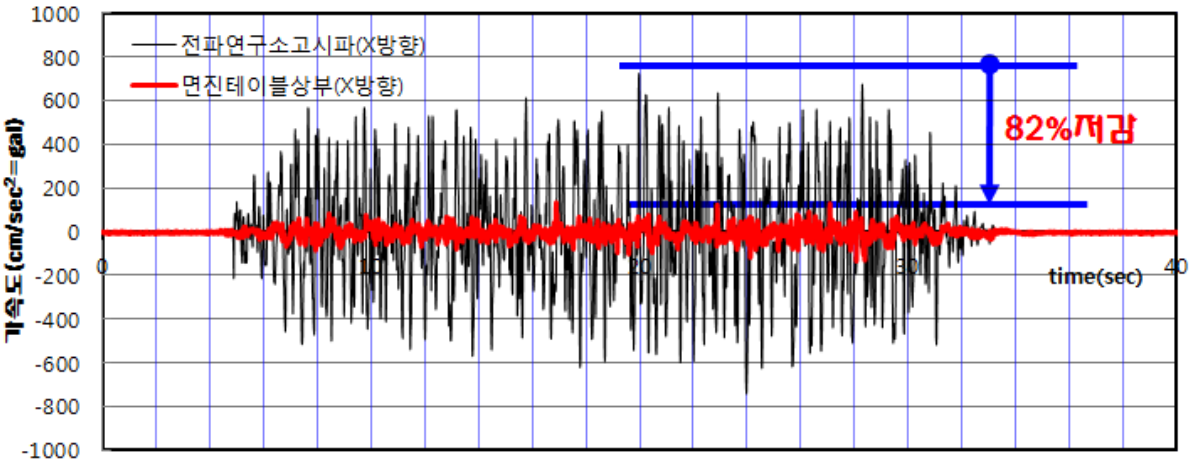
1) 단독형

단독형 면진테이블의 실험결과는 <표 3.32>, [그림 3.56]에 나타낸 바와 같이 X, Y방향에 대해 입력가속도의 80% 이상이 저감되었으며, Z방향에 대해서도 50%의 가속도 저감효과가 관측되었다.

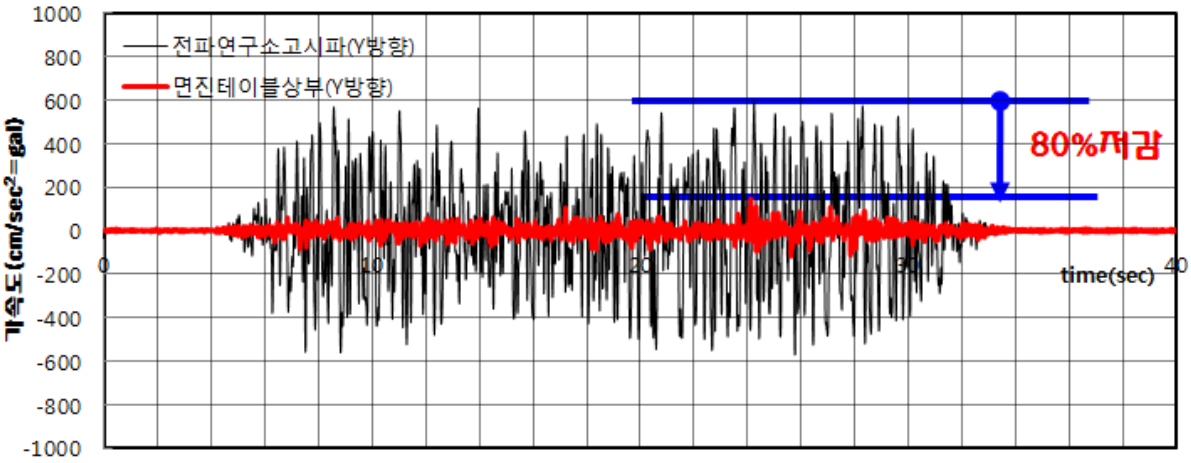
<표 3.32> 단독형 면진테이블 진동실험결과

구 분			내 용		
시 험 체 명			면진테이블시스템(단독형)		
면진테이블크기		mm	800× 1,000× 90		
적재하중	하중체	N	3,000		
	서버랙		19″ 표준 Server Rack : 1,000		
성능평가	가진파형		전파연구소 고시파형(제2009-3호)		
	가진시간		60sec		
	구 분		X방향	Y방향	Z방향
	최대입력가속도(㎝/sec^2)		-742.7	594.8	414.2
	최대응답가속도 (㎝/sec^2)	Rack-상	-64.4	-100.9	191.4
		Rack-중	7.9	13.6	-85.0
		Rack-하	133.2	118.0	-191.8
	상단 최대 변위 폭(mm)		11	9	2

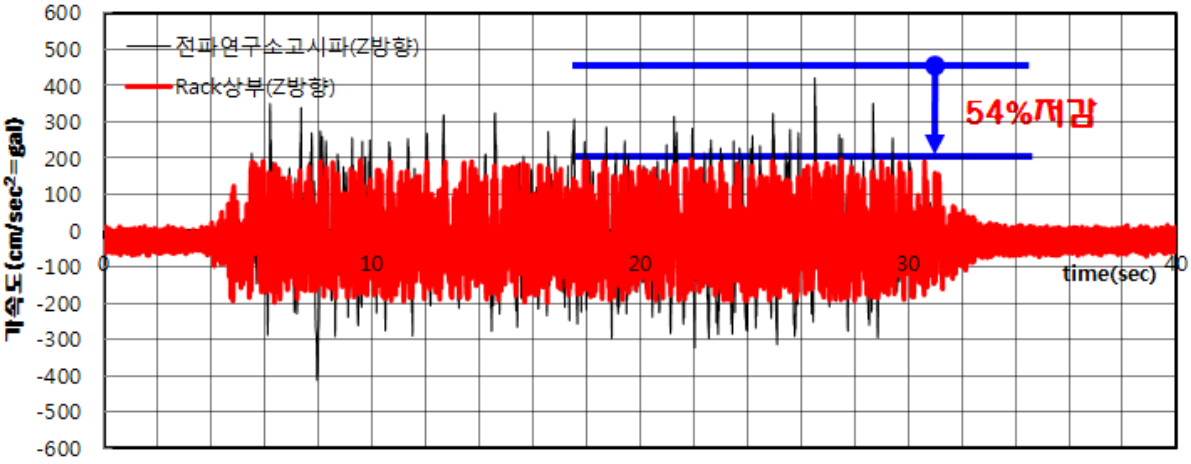
항 목	이상여부	비 고
◦시험 전·후와 시험중 시험대상설비의 통신신호 전송상태	해당없음	
◦시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위폭 (<75㎜)	11mm	X방향
◦시험대상설비의 전복 또는 전도	이상없음	
◦시험대상설비의 바닥 고정부 이탈	이상없음	
◦설치된 구성품의 이탈	이상없음	
◦시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손	이상없음	
◦면진테이블시스템 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	이상없음	
◦앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	이상없음	
◦기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	이상없음	
판 정	**성능기준에 적합**	



(a) X방향



(b) Y방향



(c) Z방향

[그림 3.56] 단독형 면진테이블의 입력가속도 및 응답가속도의 비교

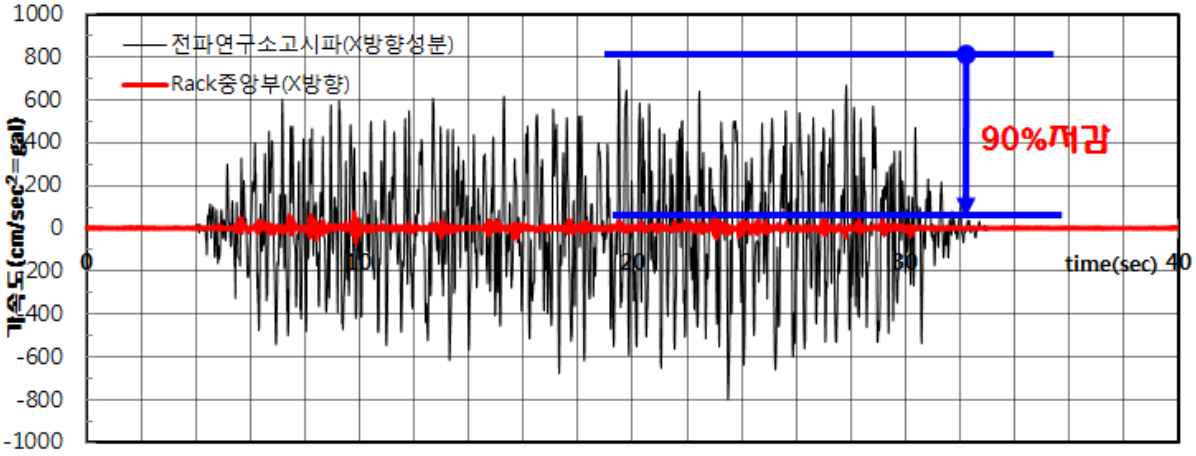
2) 확장형

<표 3.33>과 [그림 3.57]은 확장형 면진테이블의 진동대 실험결과이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 X, Y, Z 세 축에 대해 각각 90, 85, 80%의 가속도 저감효과를 나타내었으며, 탑재된 서버랙 간의 충돌이나 이동 등이 관찰되지 않고, 성능기준에 만족함에 따라 지진피해 저감에 효과적인 시스템으로 판단된다.

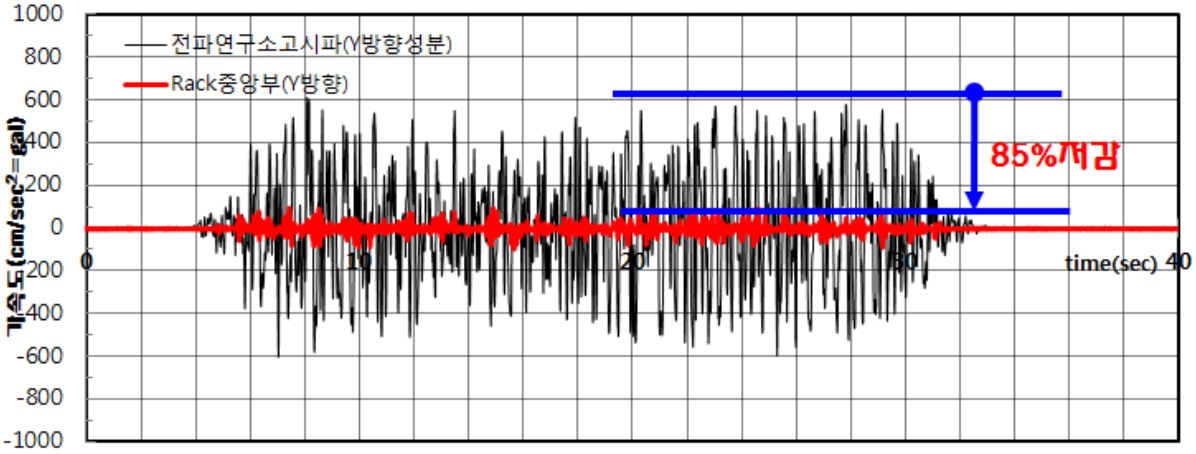
<표 3.33> 확장형 면진테이블의 진동대 실험결과

구 분			내 용		
의뢰인			주식회사 에코닝		
제조원			삼익THK 주식회사		
제품명			면진테이블시스템(확장형)		
면진테이블크기		mm	1,300× 1,000× 90		
적재하중	하중체	N	6,000 (3,000/Rack)		
	서버랙		19″ 표준 Server Rack 2대 (1,000/대)		
성능평가	가진파형		전파연구소 고시파형(제2009-3호)		
	가진시간		60sec		
	구 분		X방향	Y방향	Z방향
	최대입력가속도(㎝/sec^2)		-794.8	608.5	429.3
	최대응답가속도 (㎝/sec^2)	Rack-상	-199.5	198.0	198.3
		Rack-중	-64.8	92.2	-88.1
		Rack-하	148.3	-173.1	-198.7
	상단 최대 변위 폭(mm)		17	13	2

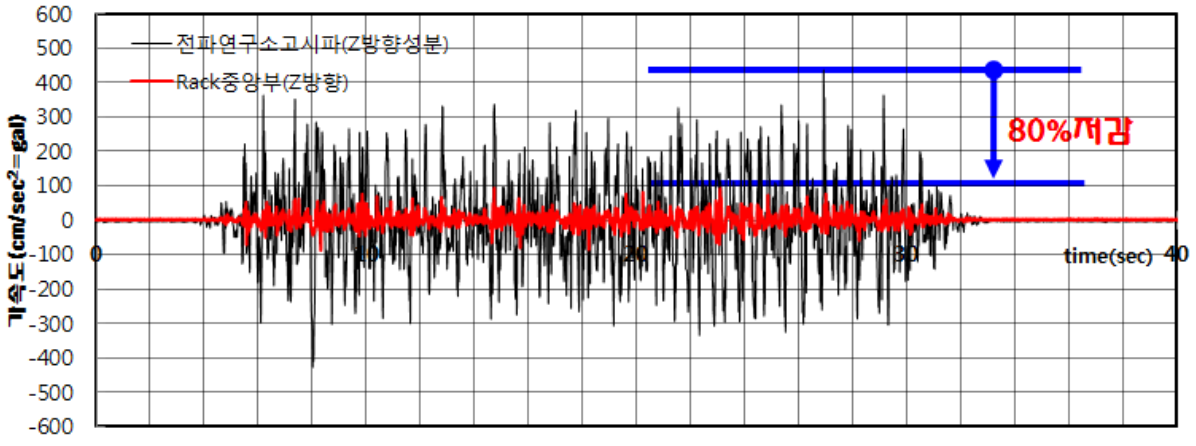
항 목	이상여부	비 고
◦시험 전·후와 시험중 시험대상설비의 통신신호 전송상태	해당없음	
◦시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위폭 (<75㎜)	11mm	X방향
◦시험대상설비의 전복 또는 전도	이상없음	
◦시험대상설비의 바닥 고정부 이탈	이상없음	
◦설치된 구성품의 이탈	이상없음	
◦시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손	이상없음	
◦면진테이블시스템 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	이상없음	
◦앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	이상없음	
◦기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	이상없음	
판 정	**성능기준에 적합**	



(a) X방향



(b) Y방향

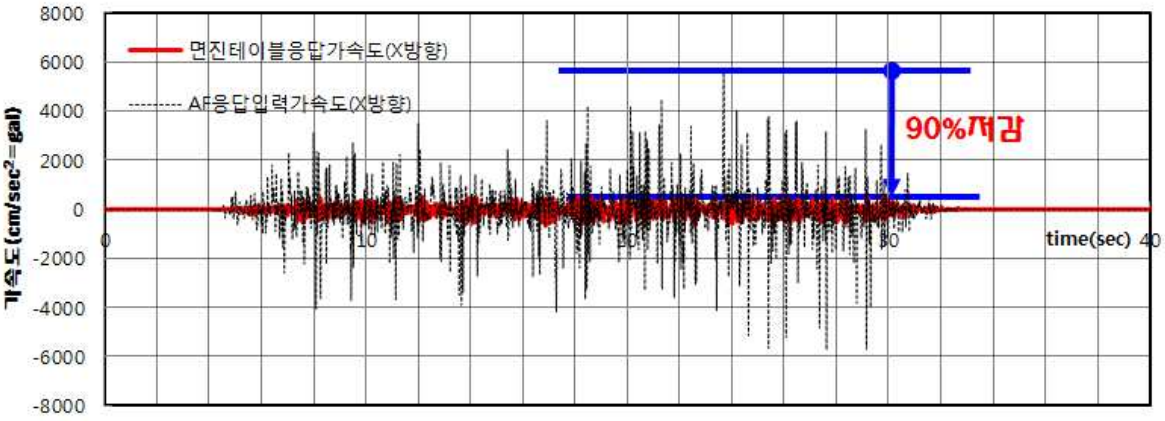


(c) Z방향

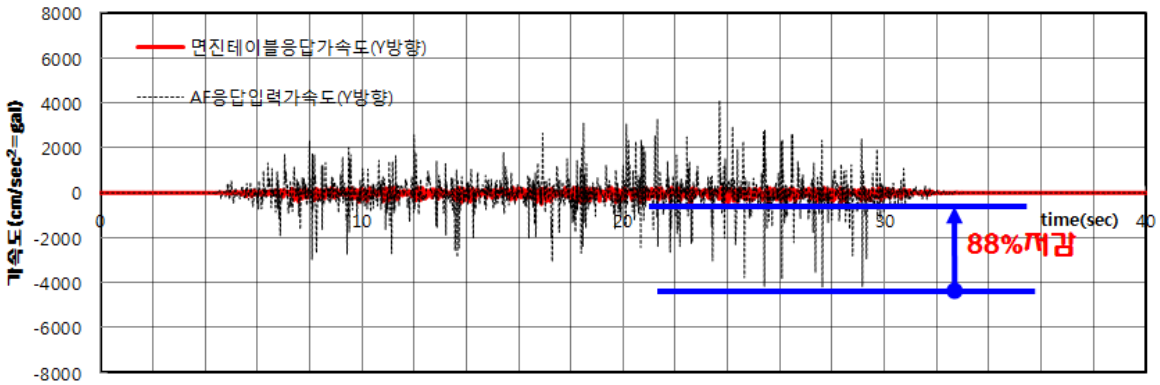
[그림 3.57] 확장형 면진테이블의 입력가속도와 응답가속도의 비교

3) 내진액세스플로어+면진테이블

[그림 3.58]은 콘크리트 슬래브 위에 액세스플로어 설치 후 액세스플로어 상부에 면진테이블 및 서버랙을 설치한 형태로서 실제 상황을 모사한 실험체의 입력가속도와 상부 면진테이블 위에 설치된 서버랙의 응답가속도의 비교이다. X, Y방향에 대해 90%의 가속도 저감효과를 나타내었으며, 그림에서 확인할 수 있는 바와 같이 사용된 액세스플로어의 경우 본 연구에서 개발된 내진액세스플로어로서 지진하중에 대해 하부 및 상부 패널 모든 부분에서 피해가 발생하지 않았다. 또한 [그림 3.59], [그림 3.60]은 입력가속도 및 면진테이블에서의 응답가속도 스펙트럼을 나타낸 것으로 입력가속도에 비해 면진테이블의 탁월주기가 길어짐에 따라 가속도 및 변위의 저감효과가 나타나게 된다. 또한 면진테이블의 응답특성에 의해 특정 주기(진동수)에서 첨두 스펙트럼 속도가 나타나기보다는 전제적으로 감소한 특성을 보이고 있다.

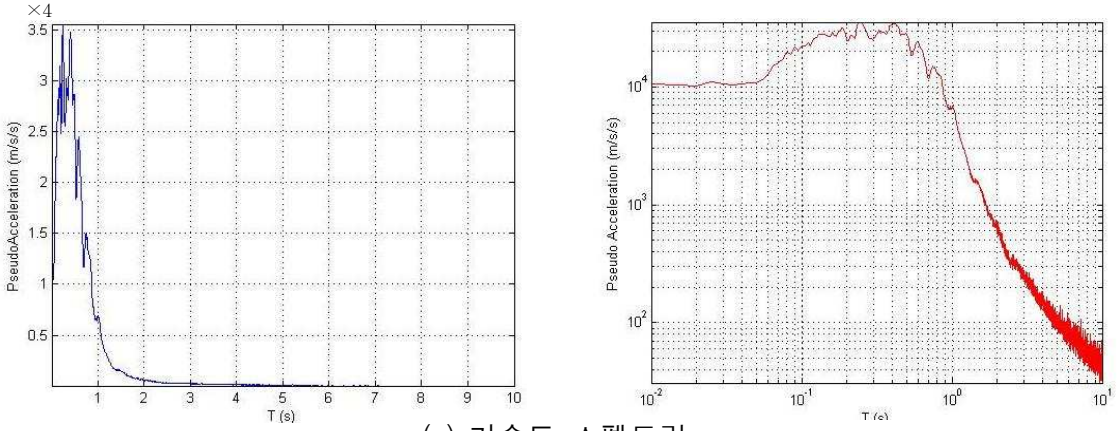


(a) 면진테이블의 X방향 응답가속도

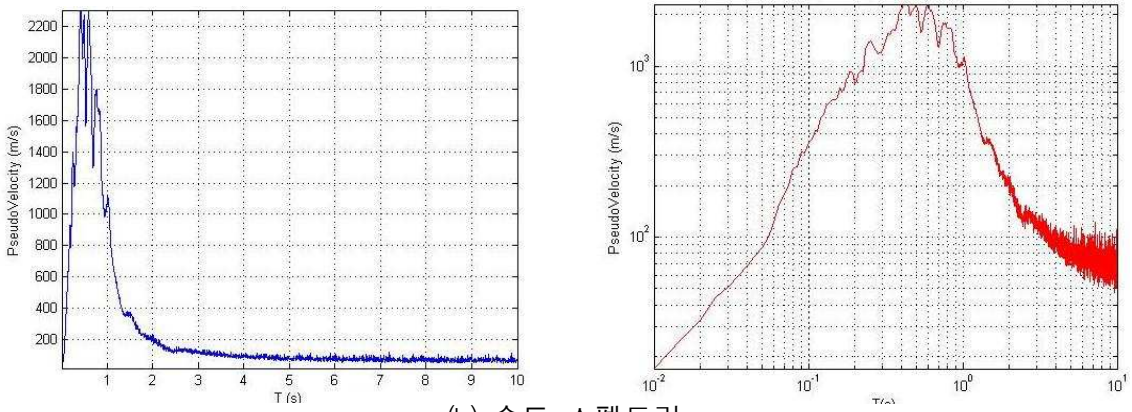


(b) 면진테이블의 Y방향 응답가속도

[그림 3.58] 면진테이블의 진동대 실험 결과

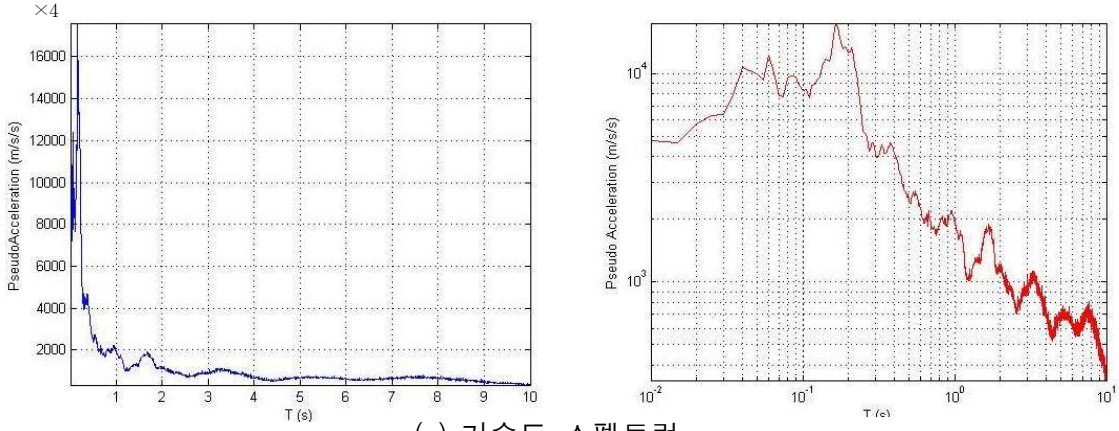


(a) 가속도 스펙트럼

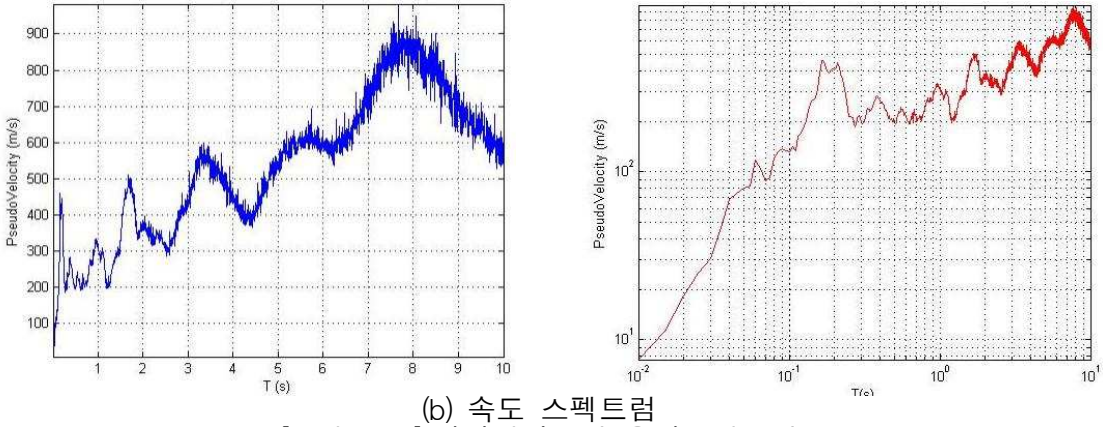


(b) 속도 스펙트럼

[그림 3.59] 입력가속도의 스펙트럼



(a) 가속도 스펙트럼



(b) 속도 스펙트럼

[그림 3.60] 면진테이블의 응답스펙트럼

5. 국내 · 외 기술과의 비교

(1) 성능비교

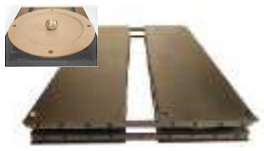
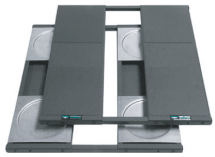
국내외 특허문제 및 개발기술의 신규성을 평가하기 위해 국내외 면진 테이블과 기술내용을 비교 분석하였다. 비교대상은 국내외 연구문헌 및 카달로그에서 얻은 결과들을 대상으로 하였으며, 비교결과 지진파형에 따른 차이는 있으나 입력가속도에 대해 80~90% 이상 저감효과를 갖는 것으로 나타났으며, 타 제품들과 기술내용의 차이는 아래와 같다.

구분	에코닝	E사(국내)	W사(미국)
형상			
기술내용	연직하중은 가이드 블록이지지하고 마찰력이 매우 작은 롤러가이드에 의해 수평지진력을 절연	볼베어링과 탄성스프링, 스토퍼제어장치에 의한 면진테이블	볼베어링과 탄성스프링, 스토퍼제어장치에 의한 면진테이블
차이점	볼베어링 방식에 의한 타 제품과 비교하여 가이드레일에 의한 면진기능으로 면진장치의 상하이동이 없으며, 탑재물의 중량에 따른 최적설계 가능	비교적 간단한 형식으로 볼베어링에 의한 면진장치의 이동으로 인한 상하 진동우려	비교적 간단한 형식으로 볼베어링에 의한 면진장치의 이동으로 인한 상하 진동우려
성능	입력가속도에 대해 80~90% 이상 저감	입력가속도에 대해 80~90% 이상 저감	입력가속도에 대해 80~90% 이상 저감

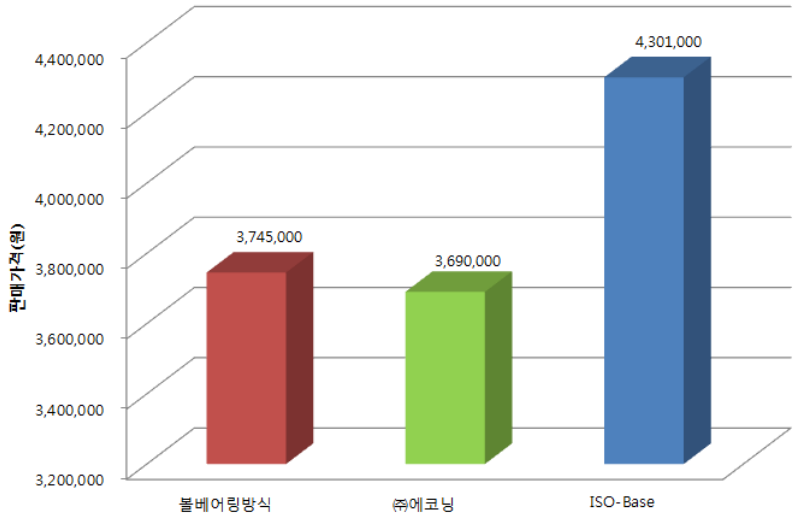
(2) 경제성 분석

본 연구개발에서 개발된 면진테이블과 국내외에 타 면진테이블의 경제성은 다음과 같이 분석되었다. 분석방법은 외산 제품에 대해서는 물가유통의 정보를 참고하였으며, 국내 볼베어링방식의 경우 가격정보가 공개되지 않은 관계로 구성부품들의 생산 및 유통되는 가격 및 제작 비용을 추정 산출하여 나타내었다.

<표 3.34> 면진테이블 단가 비교

	국내 볼베어링방식	㈜에코닝	W사
추정 판매가격(㎡)	3,745,000 원	3,690,000 원	4,301,000 원
비고	1.5%▲	-	16.6%▲
			

각 3개의 면진테이블은 크기 300×900(mm) 기준으로 하여 가격을 비교하였으며, 국내 볼베어링 방식과는 큰 가격차이가 없었으나, 외산제품에 대해서는 약 17%의 점감효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구개발 결과에서의 면진테이블의 특징인 장치의 확장성을 고려한다면, 상부 탑재물(서버랙 등)의 수가 증가할 때 개별 유닛제품이 아닌 확장형 면진테이블에 의해서도 동일 면진성능을 나타낼 수 있으므로 더욱 경제성이 있을 것으로 판단된다.



[그림 3.61] 면진테이블 단가 비교

제 5 절 면진액세스플로어의 개발

1. 개요

면진액세스플로어는 수평방향 지진력에 대한 면진기능과 OA플로어라고도 하는 프리액세스플로어의 기능을 동시에 할 수 있도록 하는 것이다. 서로 다른 용도의 목적과 기능을 하나의 새로운 복합 기능을 수행 할 수 있도록 하기 위해서는 각 기능을 수행하는 디바이스의 특성을 융합하였다. 수평방향 면진기능을 수행할 수 있는 장치로서는 적층고무, 미끄럼마찰기구, 구름운동기구가 있다. 적층고무계 장치는 건물전체에 대해서 면진기능을 하는 대표적인 장치이지만, 건물내 정보통신설비와 같이 작은 중량과 특정면적(플로어)을 대상으로 할 경우 적정하지 않다.

그 이유는 적층고무만으로 주기 3초 이상의 면진기능을 수행하기 위한 강성으로 장치를 제작하기 위해서는 장치의 외경과 고무층 두께의 비가 매우 작아지고, 상대적으로 장치의 높이비가 커지므로 작은 변형에도 좌굴하는 등의 위험성도 있다.

구름운동기구는 마찰저항이 작아 장주기화(면진기능향상)를 할 수 있고, 중량과 변형에 대한 제한에서 자유롭기 때문에 경량구조물과 설비에 적합하다. 그러나 마찰저항이 너무 작아 평상시 운전 중 약간의 수평력에도 민감하게 거동할 수 있으므로 평상시에는 움직이지 않도록 하고, 지진시에만 거동할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

따라서, 본 연구개발의 면진액세스플로어시스템에서는 미끄럼마찰장치와 고유주기를 조정하기 위한 인장스프링을 조합한 면진시스템을 채택하였다. 미끄럼마찰장치는 저마찰을 이용하여 장주기화(면진기능향상)를 할 수 있고, 중량과 변형에 대한 제한에서 자유롭기 때문에 경량의 기기(설비)에도 적용할 수 있다.

본 시스템의 감쇠장치는 면진시스템에 있어서 고유진동수 영역에서 급격히 증대하는 가속도와 변위를 억제하기 위해 필요하다. 그러나 감쇠정수를 크게 하면 저항력이 커지므로 건물의 붕괴 전까지 중요핵심설비를 지진동으로 보호해야 한다는 목적과 지진발생빈도가 상대적으로 높은 중소규모의 지진동에 대해서 면진테이블로서의 기능을 적절하게 수행할 수 없을 가능성이 있다.

따라서 본 시스템에서는 정보통신설비의 기능 수행 목적 달성을 위해 중소규모지진시의 기능 수행이 중요하므로 마찰저항만으로도 충분한 것으로 판단되어 별도의 감쇠기구는 설치하지 않은 것으로 하였다.

2. 마찰

(1) 마찰의 기본 원칙

마찰은 '접촉하고 있는 두 물체가 외력을 받는 상태에서 상대물체의 표면을 따라 상대운동을 할 때, 또는 상대운동을 하려고 할 때 그 운동을 방해하는 방향으로 저항하는 힘(마찰력)이 접촉면의 접선방향으로 발생하는 현상' 이라고 정의할 수 있다.

마찰은 자동차의 제동장치인 브레이크나 동력전달을 위한 클러치와 같이 긍정적인 측면으로 활용되기도 하며, 동력의 낭비를 최소한으로 줄여야 하는 자동차, 선박 등의 엔진 기어 트레스미션과 자이로스코프와 같이 정밀한 동작이 요구되는 장치에 발생하는 마찰을 최소화하기 위해 많은 노력을 기울이기도 한다.

마찰에 대한 연구는 15세기에 Leonardo da Vinci에 의해 마찰의 기본개념이 확립되었고 17세기말 Amontons의 실험을 통해 마찰에 대한 기본법칙이 발표되었으며 Coulomb는 이를 확장시켰다. 이들에 의해 알려진 마찰의 기본법칙은 다음과 같다.

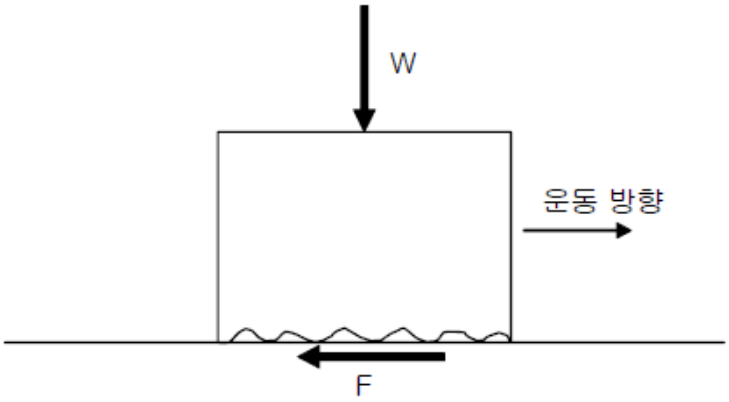
① 마찰력은 가해진 하중에 비례한다.
② 마찰력은 외형적 접촉면적의 영향을 받지 않는다.
③ 마찰력은 미끄럼 속도의 영향을 받지 않는다.

어떤 물체가 [그림 3.62]과 같이 하중 W가 가해진 채 미끄럼 운동을 하면 이에 저항하는 힘은 마찰력 F가 접촉면에 운동방향의 반대방향으로 발생하며 다음 식 (3.14)과 같이 표현할 수 있다.

$$F = \mu W \tag{3.14}$$

여기에서, μ는 마찰계수로 정의되며 식(3.14)는 Coulomb의 법칙으로 불린다.

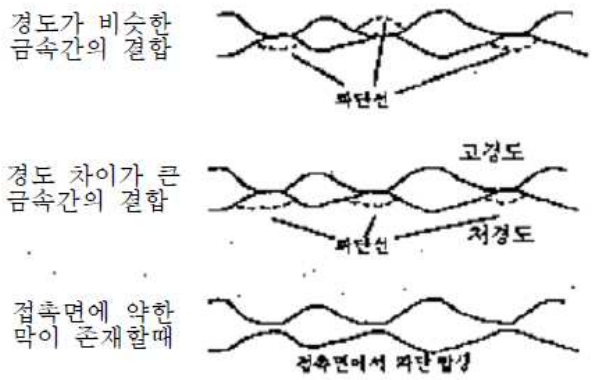
상기의 ①항은 큰 하중에 의해 큰 접촉압력이 작용하여 실 접촉면적이 외관접촉면적에 수렴해가는 경우를 제외한 모든 접촉현상에 적용되나, ②항은 일반 금속과는 달리 고정된 항복점을 가지고 있지 않는 탄성 및 점탄성재료에는 적용되지 않으며 ③항은 모든 재료에 일관성 있게 적용할 수 없는 문제점이 있음을 유의해야 한다.



[그림 3.62] 마찰력의 발생

(2) 응착이론

표면에 오염이나 어떤 종류의 물리화학적 막도 전혀 존재치 않는 절대적으로 깨끗한 금속체가 같은 금속체와 접근하여 양 표면간 거리가 단위 원자간격 이내로 근접되면 두 금속체간에는 아주 강한 결합(응착)이 이루어진다. 이 결합이 가지고 있는 에너지는 Van der Waals 힘에 의한 결합에너지보다 10배이상 큰 것으로 알려져 있다. 만일 동일한 금속간에 상기한 바와 같이 절대적으로 깨끗한 표면을 가진 상태에서 접촉이 이루어진다면 접촉면에 형성된 강한 결합에 의해 접촉면은 그 금속의 입자경계와 같은 역할을 하며 접촉부위에 소성변형과 표면경화 현상이 수반되었을 경우 그 접촉면은 오히려 상하부의 금속본체내의 원자간의 결합보다도 강한 결합상태를 이루게 된다. 따라서 접촉하고 있던 두 금속을 강제로 분리시킬 경우 [그림 3.63]과 같은 세 가지 경우를 생각할 수 있다.



[그림 3.63] 깨끗한 금속 표면간의 접촉 후 접촉면이 분리될 때 파단이 발생하는 유형

(3) 마찰의 일반적인 진행과정

미시적인 관점에서 마찰의 진행과정을 정리하면 마찰은 무엇보다도 표면돌기 사이의 직접적 접촉에 의해 발생하여 이에 따라 형성된 미시적 접촉부위(microcontacts)의 접합과 분리과정을 포함한 에너지의 소산과정이다. 거시적 관점에서의 마찰력은 모든 미시적 접촉에 의해 발생한 마찰력의 합으로 생각할 수 있으며 접촉운동시 소요된 총 에너지는 표면돌기 개개의 접촉시에 소산된 에너지의 합으로 간주한다.

미시적 접촉점들이 형성되고 분리되는 과정에는 주로 다음과 같은 단계를 거치게 된다.

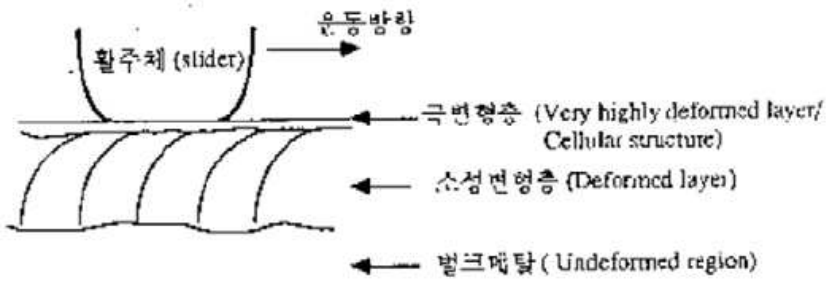
① 탄성변형
② 소성변형
③ 접촉 경계면의 응착이(adhesion)
④ 응착된 접합점의 전단(shearing)
⑤ 표면막의 파괴
⑥ 경한 표면돌기에 의한 절삭(abrasion, ploughing, micro-cutting)

마찰의 일반적인 진행과정을 정리하면 다음과 같다.

두 개의 표면이 하중을 받으며 접촉하고 여기에 접촉면의 접선방향으로 상대운동이 진행될 때 표면의 파형이나 거칠기에 의해 외관상의 접촉면 내에 실 접촉점들이 분산되어 분포가게 된다. 실제 표면돌기들은 모두 서로 다른 높이로 분포하고 있으므로 접촉면적과 변형정도에 차이가 있게 된다. 응착되어 형성된 접합점이 미끄럼 운동에 의해 탄성변형을 하는 높이가 낮거나 접촉조건이 심각하지 않은 상태의 표면돌기는 표면막이 존재치 않을 경우 분리된 수 원형으로 복귀되며 고주파의 미세진동을 하여 소음을 발생시킨다. 소성변형을 한 표면돌기는 접촉경계면에 표면막이 존재치 않을 경우 양 표면간의 강한 응착이 수반되며 접합점을 전단해 표면이 분리될 때 물질전달 현상이 뒤따르기도 하며 표면돌기가 분리되어 이동시 상대 표면을 절삭해 나아가면 그 전반부에 물질이 축적되는 소성돌출 현상을 초래하기도 한다.

(4) 마찰열과 접촉표면온도

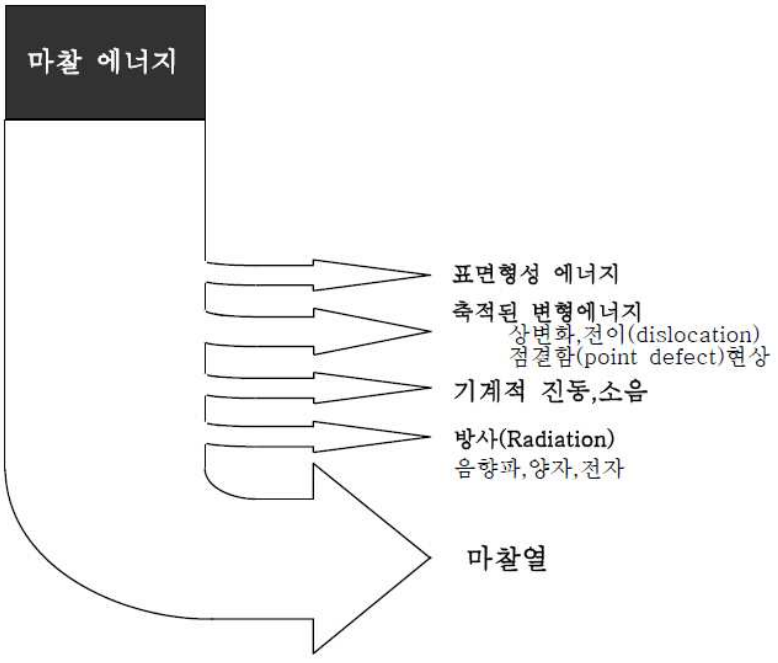
무 윤활(dry contact)상태의 미끄럼 운동 시 두가지의 근본적인 작용을 들 수 있다. 첫째 접촉 경계면의 접합 그리고 둘째로 접촉부위의 소성변형이다.



[그림 3.64] 금속표면부의 소성변형

마찰에너지의 일부는 표면부(near-surface regions)의 소성변형을 위해 사용된다. [그림 3.64]은 미끄럼 접촉 운동을 한 금속의 깊이 방향 단면을 개략적으로 본 것으로 가장 위에 있는 층인 극변형층(very highly deformed layer)은 그 두께가 조건에 따라 2~20㎛ 정도이며 변형과 회복의 심한 반복에 의해 극히 미세한 금속조직을 형성하며 그 아래에서 100~200㎛ 정도 두께로 극변형층에 비해 소성변형 정도가 심하지 않은 변형층이 존재한다. 그러나 변형층 역시 소성유동(plastic flow)이 미끄럼 방향으로 진행되어 있는 것을 명백하게 볼 수 있다.

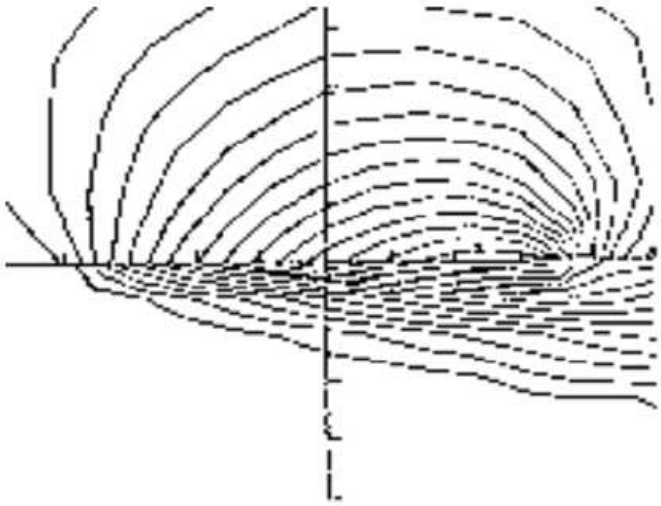
접촉 표면부 특히 극변형층의 심한 소성변형을 일으키기 위해서는 마찰에너지의 일부가 소모가 됨은 물론이나 대부분의 마찰에너지는 열(마찰열)로서 소산된다.([그림 3.65] 참조)



[그림 3.65] 마찰에너지의 소모

기계적 마찰에너지가 변환되어 생성된 마찰열은 접촉면을 중심으로 하여 아주 얇은 표면 접촉부위에 집중된다. 따라서 접촉표면과 그 부표면(sub-surface)의 온도를 증가시키므로 미끄럼 운동하는 기계요소의 설계시 표면온도의 크기에 대한 예측이 필요하다.

[그림 3.66]는 정지해 있는 금속(위)과 오른쪽으로 미끄럼 운동하는 금속(아래)의 접촉부위에 형성되는 등온선의 예이다. 표면주변, 특히 움직이는 접촉체의 표면부에 등온선이 밀집되어 있어 표면으로부터 부 표면으로 내려가며 높은 온도구배(temperature gradient)가 존재함을 알 수 있다.



[그림 3.66] 미끄럼 접촉에 의한 접촉부위의 온도상승

정지하고 있는 접촉체 1이 [그림 3.67]과 같이 원형의 접촉면을 형성하며 여기에 접촉제 2가 속도 V로 미끄럼 운동을 하고 접촉면에 작용하는 하중이 W라 할 때 접촉면의 총면적 A에 발생되는 전체 열 Q는 다음과 같이 주어진다.

$$Q = \mu WV/J \tag{3.15}$$

여기서 μ는 마찰계수이고 J는 열의 일 상당량이다. 접촉면에 발생한 열 Q는 외부로의 유출없이 정지하고 있는 접촉체 1과 움직이는 접촉체 2로 분배가 된다고 가정할 때 접촉체 1로 유입되는 열을 λQ라 하면 접촉체 2로는 $(1-\lambda)Q$가 유입될 것이다.(λ는 1보다 작다.)

한편 정지되어 있는 열원(heat source)과 빠르게 움직이는 열원이 반무한체(semi-infinite solid)에 작용해 [그림 3.67]과 같은 원형접촉면을 형성했을 경우에 대한 표면온도의 증가 T에 대한 식은 각각 다음과 같다.

정지하고 있는 열원(stationary heat source)이 작용할 때

$$T = Q/4ak \tag{3.16}$$

빠르게 움직이는 열원(moving hear source)이 작용할 때

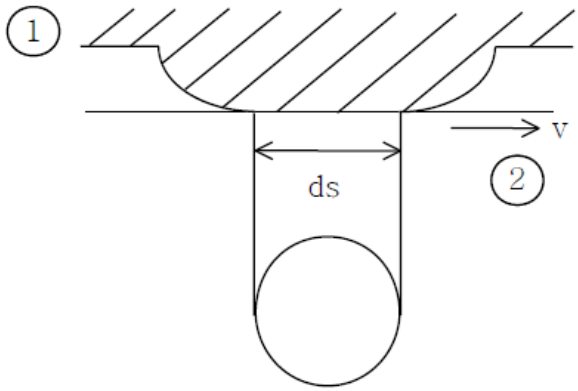
$$T = 0.3180/1(ak\rho cV)^{1/2} \tag{3.17}$$

여기서, k : 열전도율(thermal conductivity)

ρ : 밀도(density)

c : 비열(specitic heat)

비록 [그림 3.67]의 접촉현상은 엄밀히 보아 반 무한체간의 접촉은 아니나 큰 오차없이 반 무한체간의 접촉으로 가정하며 따라서 식 (3.18)과 (3.19)을 이용할 수 있다.



[그림 3.67] 원형접촉

즉, 정지하고 있는 접촉체 2의 표면온도 증가 T는

$$T = \frac{\lambda_\mu WV}{4ak_1 J} \tag{3.18}$$

빠르게 움직이는 접촉체 2의 표면온도 증가 T는

$$T = \frac{0.318(1-\lambda)}{aJ}\left(\frac{V}{ak_2\rho_2 c_2}\right)^{1/2} \tag{3.19}$$

일반적으로 열의 배분을 나타내는 λ는 양 접촉체의 열확산율(thermal diffusitivity)의 비로서 정의되며 다음과 같은 식에서 구할 수 있다.

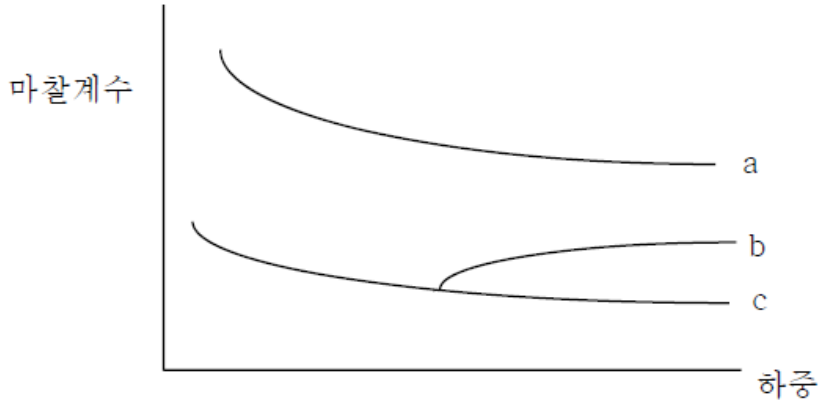
$$\frac{\lambda}{1-\lambda}=\frac{k_1/\rho_1 c_1}{k_2/\rho_2 c_2} \tag{3.20}$$

표면온도(surface temperature)는 열의 생성 및 그 분포형태, 접촉한 재료들의 열적 성질(thermal properties)과 실 접촉면의 특성에 따라 좌우된다. 만일 표면온도가 매우 높으면 다음과 같은 현상들이 수반된다.

- 접촉하고 있는 재료의 접촉부위의 표면용융(surface melting)
- 금속 접촉체의 산화 및 산화마모(oxidational wear)의 촉진
- 고체윤활제 및 경계윤활제의 파괴
- 폴리머계통 접촉제의 마모 급증 또는 열화(deterioration)

(5) 하중과 속도의 영향

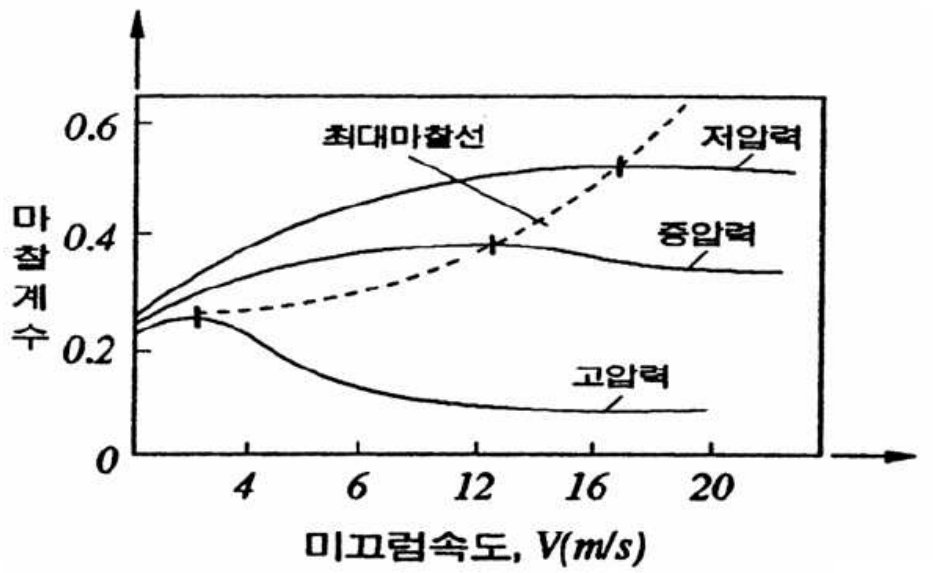
마찰력에 미치는 하중의 영향을 요약하면 일반적으로 [그림 3.68]과 같이 크게 세 가지 유형으로 하중의 증가에 따라 마찰계수 값이 변화한다. 그림에서 a곡선은 가공된 금속표면에서 일반적으로 볼 수 있는 전형적인 마찰계수의 변화유형으로서 하중이 커짐에 따라 마찰계수가 감소하는 이유는 하중이 커짐에 따라 진전되는 표면부의 재결정현상(recrystallization), 탄성변형하는 표면돌기 수의 증가와 하중증가에 따른 표면의 극 변형층(textured cell layer) 형성을 들 수 있다. 곡선 b는 취약한 산화막(brittle oxides)이 존재하는 금속표면에서 산화막이 떨어져 나간 후에 초래되는 금속과 금속간의 직접적 접촉에 의해 소성변형이 진전된 경우의 유형이며, 곡선 c는 이상적으로 깨끗한 표면을 가진 금속의 경우로서 접촉면에 형성된 강력한 응착력에 의해 마찰계수가 다른 경우에 비해 높으며 특히 하중이 작은 경우 그 효과가 크게 나타나 극히 높은 마찰계수 값을 갖게 된다.



[그림 3.68] 접촉면에 작용하는 하중과 마찰계수의 일반적인 관계

Coulomb에 의해 제시된 마찰의 기본 법칙으로서 마찰력은 미끄럼 속도의 변화와 무관하다고 하였으나 그의 실험결과는 비교적 낮은 속도범위에서 행해졌으며 그 후 많은 과학자들이 연구결과, 일반적으로 볼 때 [그림 3.69]과 같이 속도가 변화함에 따라 마찰력(마찰계수)이 변화함을 관찰할 수 있었다. 즉 접촉면에 작용하는 압력 또는 접촉면의 응력이 큰 경우 마찰계수는 속도증가에 따라 그 최대치를 거쳐 점차적으로 감소하며 접촉압력이 커질수록 마찰계수의 최대치는 점차 고속 쪽으로 이동하며 그 크기도 커진다.

속도가 마찰계수에 미치는 영향은 속도증가에 의한 표면 및 표면부의 온도증가와 밀접한 관계가 있으며 표면으로부터 깊이 방향의 온도구배의 크기 또한 마찰력에 중요한 영향을 미친다. 즉, 속도가 크게 증가하면 소성변형의 깊이방향 확산율이 감소하여 얇은 두께의 표면부만이 소성변형을 받아 마찰력이 감소된다. 또한 속도가 낮은 경우 접촉표면에 보호막이 형성되기가 힘들어 마찰력은 속도증가에 따라 증가하나 속도가 어느 정도 증가하면 표면의 마모를 감소시키는 보호막이 충분한 두께로 형성되어 마찰력은 감소하기 시작하며 계속된 속도의 증가는 표면 보호막의 강도를 감소시켜 접촉 경계면의 전단을 용이하게 하므로 마찰력은 [그림 3.69]와 같이 계속 감소하게 된다.



[그림 3.69] 마찰계수와 속도와의 관계

(6) 구름마찰(rolling friction)

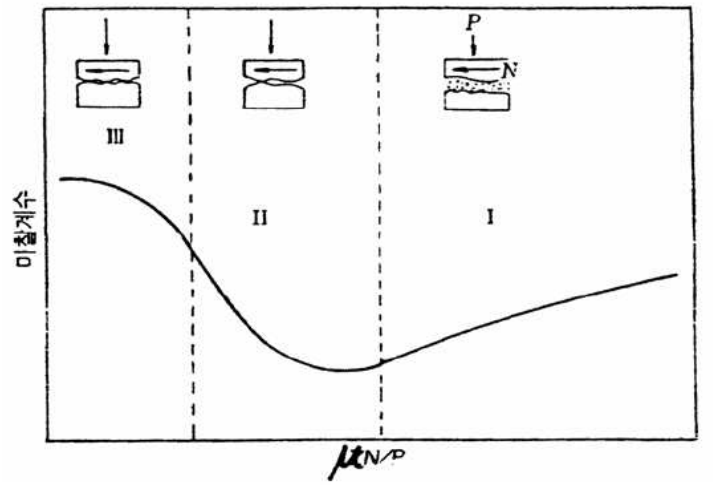
기계요소 중에는 볼베어링, 로울링 엘리먼트 베어링과 같이 구름작용이 일어나는 요소들이 많다. 이 때 접촉표면이 매우 거친 경우 구름 운동이 시작되기 위해서는 일단 구르고 있는 상태를 유지하기 위해 필요한 힘보다 매우 큰 힘이 요구된다. 구름운동을 유지하는 데에는 무 윤활면의 미끄럼 운동 시의 약 1/00 정도의 힘이 요구된다. 구름운동에 작용하는 마찰요소로는 크게 세 가지를 들 수 있다. 첫째로 접촉부위에 형성된 변형의 영향으로 마찰력이 발생한다. 구름운동시 양 접촉체의 각 접촉부위는 복잡한 변형주기를 거치며 이 변형주기가 진행되는 동안 소모된 에너지는 마찰에너지로 표현된다. 둘째로, 접촉면에 발생되는 미소 미끄럼(micro slip) 현상이 마찰력 발생에 기여한다. 그 예로 손박닥을 연필지우개로 누르면 손바닥과 접촉하고 있는 지우개 면의 늘어나는 크기보다 손바닥의 접촉면 주변의 피부는 더 늘어난다. 따라서 손바닥과 지우개 사이에 상대적 미끄럼 현상이 발생한다. 이와 마찬가지의 현상을 볼과 편평한 면의 구름접촉시에 볼 수 있다. 세 번째로, 구름마찰현상은 구름 접촉을 하는 접촉체가 힘이 작용하는 방향과 일치하여 구르고 있지 않을 경우에 발생한다. 즉, 정렬이 제대로 안된 롤러베어링의 롤러(misaligned roller)는 어느 정도 롤러 축방향으로 미끄러지며 볼베어링의 볼이 제대로 지지가 안 될 경우 볼이 접촉면에서 회전(spin)을 하게 된다. 이러한 현상들은 윤활을 통해 그 크기를 크게 감소시킬 수 있다.

(7) 윤활상태의 마찰

접촉경계면에 윤활제가 존재하여 윤활막을 형성할 경우 마찰계수는 다른 특성을 가지고 변화한다. 즉, 마찰계수는 [그림 3.70]의 Stribeck 곡선이 제시하는 바와 같이 ZN/P 의

값의 변화에 따라 변화한다.

ZN/P가 점차 증가할 때에는 비록 그 두께는 얇지만 유막이 형성되기 시작하여 두 접촉면간의 직접적인 접촉의 기회가 감소하므로 마찰계수는 점차 감소한다. 그러나 ZN/P가 더욱 증가하기 시작하면 유막두께가 계속 커지고 이에 따라 윤환유의 점성마찰(viscous damping)효과가 커지므로 마찰계수는 점차 커진다. 따라서 마찰계수의 변화는 유막의 존재 여부 및 그 두께가 밀접하게 관련되며 이에 따른 윤활영역의 분류를 [그림 3.70]에 나타내었다.

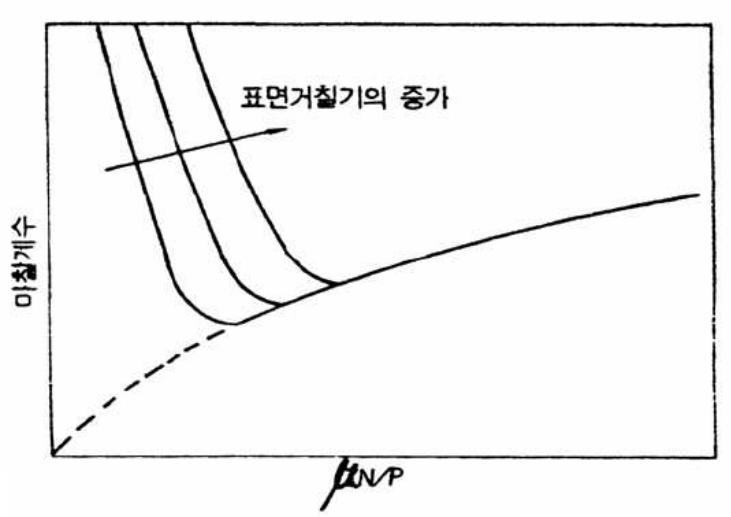


[그림 3.70] Stribeck 곡선과 윤활영역의 분류
Ⅰ. 유체윤활 및 탄성유체윤활 영역
Ⅱ. 부분탄성유체윤활 및 혼합윤활 영역
Ⅲ. 경계윤활영역

저널베어링의 윤활과 같이 유막이 충분히 두꺼워 상대운동하는 두 표면을 완전히 분리시킬 때(영역 Ⅰ)에는 ZN/P는 큰 값을 가지며 이 영역을 유체윤활영역이라 하며 기어나 볼베어링과 같이 작은 작용하는 접촉(nonconformal contacts)의 경우 유체윤활시의 유막두께 보다는 얇으나 두 접촉체간의 직접적 접촉을 막기에 충분한 두께의 유막을 가지며 두 접촉제의 접촉부위의 탄성변형을 고려해야 하는데 이 영역을 탄성유체윤활(Elastodynamic(EHO) lubrication) 영역이라 한다. ZN/P 값이 아주 작은 경우 즉 하중이 매우 높거나 회전속도, 윤활제의 점도가 매우 낮은 경우, 실제적인 유막은 존재치 않으며 따라서 윤활제의 점도는 중요하지 않으며 두 접촉체와 윤활제 사이의 물리, 화학적 작용에 의해 형성된 단분자(monolayer) 두께의 흡착층(adsorbed layer)이 접촉면에 존재하는 영역을 경계윤활(Boundary lubrication : 그림의 III 영역) 영역이라 한다. I 영역과 III 영역 사이에는 접촉면에 부분적인 유체윤활(또는 탄성 유체 윤활)상태와 경계윤활상태가 공존하는 혼합윤활(Mixed lubrication) 영역이 존재한다.

접촉체 표면의 거칠기는 무 윤활상태의 미끄럼운동시보다, 접촉면이 윤활 될 때 마찰

계수에 영향을 크게 미치게 되어 특히 표면이 거칠게 되면 그 효과가 점차 커진다. 즉 표면이 거칠어질수록 [그림 3.71]과 같이 경계윤활 및 혼합 윤활영역이 확대된다.
그림



[그림 3.71] 윤활접촉시의 표면거칠기가 마찰에 미치는 영향

3. 미끄럼마찰장치 소재

(1) PTFE(폴리테트라플루오르에틸랜)

불소수지의 분자구조는 C-C 결합으로 이루어진 폴리에틸렌과 같은 구조인데 폴리에틸렌 수소의 일부 도는 전부가 불소원자로 대치된 구조를 가진 합성수지이다.

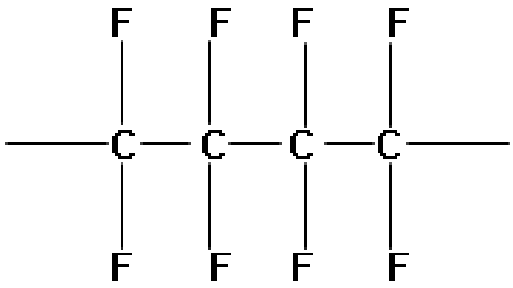
불소수지의 전 수요 중 60%를 차지하는 대표적인 불소수지로, 내열성, 내한성, 내약품성, 저마찰 특성, 비점착성, 전기적 성질이 뛰어나며, 모든 고체 중에서 가장 작은 마찰계수를 나타낸다.

특징으로는 모든 불소화합물 중에서 가장 높은 내열온도(260℃, 연속사용온도)를 가진다. 거의 모든 화학약품에 침식되지 않으며 좋은 절연성과 전기적 특징을 가지고 있으며 모든 고체 중에서 가장 낮은 마찰계수를 지닌다. 불소수지 중에서 가장 많이 사용되며 그 용도로는 O-Ring, 가스켓, 튜브, 와이어, 특유의 비점착성으로 슬라이딩 베어링과 탱크 라이닝제로 쓰인다.

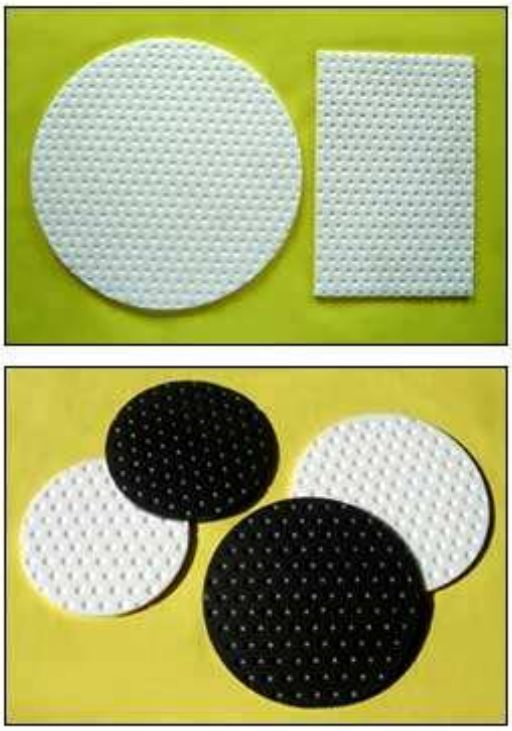
매우 안정한 C-F 결합으로 인하여 PTFE는 열적, 화학적 저항성, 전기절연성, 매우 낮은 마찰계수 등을 나타낸다.

<표 3.35> PTFE의 특성

Properties	Unit	Result
Apparent density	g/cm^3	2.10-2.25
Tensile strength (min)	MPa	30
Ultimate elongation (min)	%	250
Square Type		
Standard (mm)	Thickness (mm)	
300x300	5-10	
400x400	5-10	
500x500	5-10	
600x600	5-10	
800x800	5-10	
900x900	5-10	
1000x1000	5-10	



[PTFE의 분자구성]



[그림 3.72] PTFE

(2) 스테인레스(SUS, Steel use stainless)

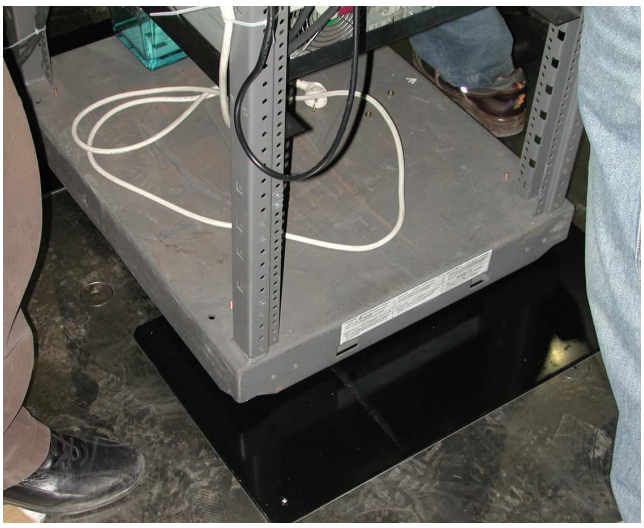
스테인레스 강은 내식성이나 내구성이 우수하고 표면의 광택을 살려서 내외의 마감재에 사용이 된다.

보통강에 비해서 탄성계수가 약간 낮고 항복흐름(plastic flow)이 없고 연강보다는 탄성한도가 낮다.

4. 마찰시험

마찰 미끄럼 장치의 감쇠기능을 제공하는 마찰계수의 평가를 위해, 수직하중 하에서의 수평정속시험을 속도별로 수행하고 마찰력을 측정하였다. 실험은 부산대학교 지진실험센터에서 수행하였다.

이 때 수직하중으로는 실제 서버랙(하중 500kg)을 적재하였으며 속도는 진동대를 사용하여 0.1mm/sec 부터 마찰계수가 수렴하는 100mm/sec 까지 수행하였다. 실험결과 마찰계수는 [그림 3.]과 같이 마찰계수는 10% 내외로 나타났으며, 계획된 마찰계수 5%보다 다소 크게 나타났으나, 일반적인 PTFE와 스테인레스판 간의 마찰계수가 10~20%로 타 문헌에서 보고되고 있어 적정한 것으로 판단되었다.

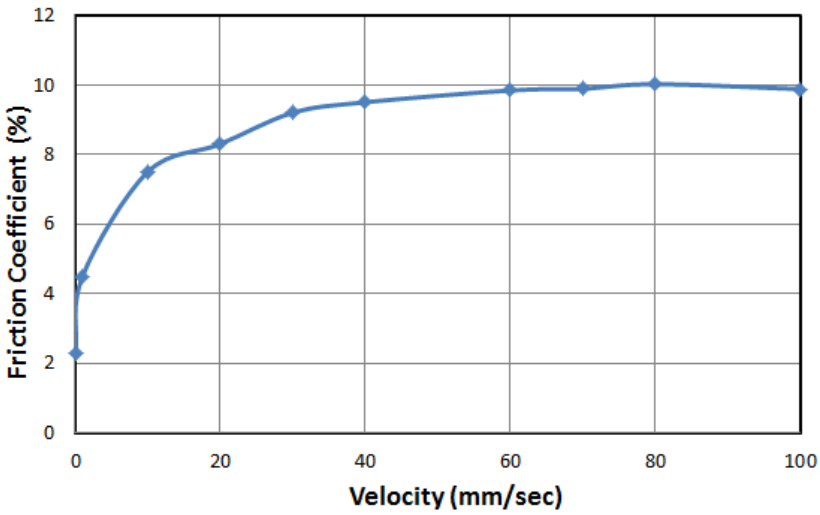




[그림 3.73] 마찰시험

<표 3.36> 마찰 미끄럼장치의 마찰계수

구분	마찰계수(%)
최대마찰계수	2.39
최소마찰계수	9.89

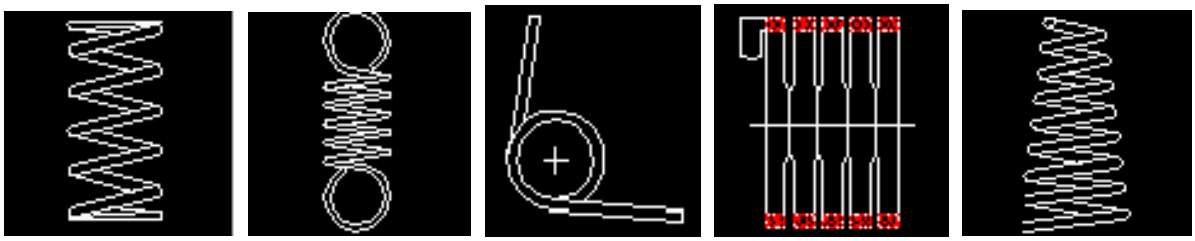


[그림 3.74] 마찰미끄럼 장치의 마찰시험 결과

5. 스프링

(1) 개요

스프링은 탄성을 이용하여 에너지를 축적하거나, 충격을 완화하거나 또는 작용하는 힘의 크기를 측정하는 데 이용하는 요소부품이며, 형태에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다. 스프링은 외견상 단순한 제품이지만 스프링의 하중과 변위관계인 스프링 특성계산은 다양한 조건들이 포함되어 매우 복잡한 설계계산식을 가진다.



(a) 압축스프링 (b) 인장스프링 (c) 비틀림스프링 (d) 판스프링 (e)원추형스프링

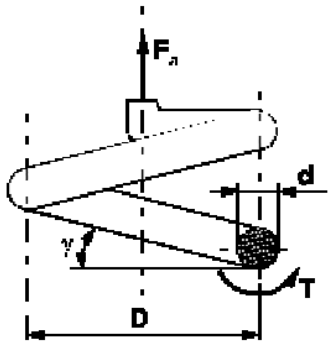
[그림 3.75] 스프링의 종류

(2) 인장, 압축스프링의 설계 이론

축방향의 하중이 정적으로 작용할 때 스프링은 전단강도에 의해 파괴되고, 스프링 반경과 동일한 스프링의 암(arm)에 작용하는 축방향의 힘에 의해 다음과 같은 크기의 모멘트 T가 발생한다.

$$T = 0.5F_aD \tag{3.21}$$

여기서, F_a는 스프링 축에 작용하는 인장 또는 압축력이고, D는 스프링의 평균직경이다.



[그림 3.76] 인장, 압축 스프링 설계

따라서 비틀림 모멘트는 스프링 단면에 전단응력 τ를 발생시키므로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{8F_aD}{\pi d^3} \tag{3.22}$$

여기서, $W_p = \pi d^3/16$는 원형단면에 대한 극단면계수(polar moment of resistance)이고, d는 스프링 소선의 직경이다. 식(3.22)은 코일면에 수직한 방향과 스프링 축사이의 각이 나선각 r와 같고 $\tan(\gamma) = \frac{t}{\pi D}$라는 사실을 고려하면 더 정밀한 값을 구할 수 있다.

여기서 t는 스프링 피치이므로 식(3.22)로부터 전단강도를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\tau = k\frac{8F_aD}{\pi d^3} \le \tau_a \tag{3.23}$$

여기서, k는 수정계수이다.

만약 나선각 r가 $r = (6 \sim 12)^0$의 범위에 있으면 수정계수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$k = \frac{4C+2}{4C-3} \tag{3.24}$$

여기서, $C = D/d$로 스프링 지수(spring index)라고 한다.

<표 3.37> 스프링지수(spring index)

d(mm)	1~2.5	3~5	6~10
C	5~12	4~12	4~9

직경이 큰 스프링은 스프링지수의 상한 범위를 다소 크게 해야 한다. $C \le 4$이면 곡률이 커서 코일의 바깥 층 부분에서 파열이 발생하고 소성 변형이 발생할 수 있으므로 이러한 스프링 지수값으로 만들어진 스프링은 권장하지 않는다. 스프링을 설계한다는 것은 주어진 하중과 변위에 대한 스프링의 크기를 결정하는 것이다. 일반적으로 스프링을 설계할 때 식 (3.23)로부터 구할 수 있는 강도 계산법을 이용하여 구한다.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8kF_aD}{\pi\tau_a}} \tag{3.25}$$

때때로 주어진 소선 직경에 대한 스프링의 직경을 구하기 위하여 설계해석 결과가 적용되기도 한다.

$$D \leq \frac{d^3\pi\tau_a}{8kF_a} \tag{3.26}$$

변형될 코일의 수 가 주어지면 스프링의 축 방향 이동거리(settlement)는 코일 변형량의 합으로 계산하며, 각 코일은 곡률(curvature)이 큰 보(beam)로 간주하여 해석한다. 전체 이동거리 는 다음과 같이 계산한다.

$$\delta = \frac{8F_aD^3z}{Gd^4} \tag{3.27}$$

여기서, G는 전단탄성계수이다.
설계해석에 필요한 스프링의 이동거리를 제공하는 코일의 수를 결정할 필요가 있으면 식 (3.27)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$z = \frac{Gd^4\delta}{8F_aD^3} \tag{3.28}$$

따라서 소선의 직경은 식 (3.23)의 정적 강도조건을 이용하여 계산하는 반면, 코일의 감긴 수는 식 (3.28)에서 요구된 이동거리를 만족할 수 있도록 계산한다.

스프링의 정적해석은 스프링의 크기를 결정하기 위한 것으로 압축 스프링의 기하학적 형상은 다음과 같이 계산한다. [그림 3.77]에서 압축된 상태의 스프링 길이 L_0는 다음과 같다.

$$L_0 = t_0(z-2) + d(z_a+1) \tag{3.29}$$

여기서, $t_0 = d+s$는 압축된 상태에서의 스프링 피치, $s = (0.1 \sim 0.15)d$는 스프링이 압축되었을 때의 간격(최소 허용간격)이며, $z_a = (1.5 \sim 3)$는 스프링의 변형이 발생하지 않고 지지하는 코일의 수이다. 최소 상대 간격은 소선의 직경에 대한 최소간격의 비로 정의된다.

하중을 받지 않는 자유상태의 스프링 길이는 다음과 같다.

$$L = L_0 + \delta \tag{3.30}$$

자유상태에서 스프링 피치는 다음과 같다.

$$t = \frac{L - d(z_a + 1)}{z - 2} \tag{3.31}$$

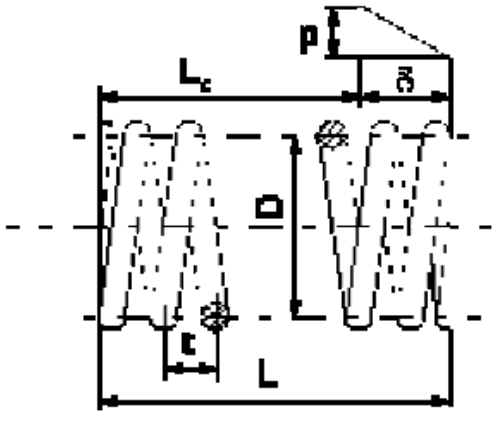
스프링 소선의 전체길이 를 결정하기 위하여 스프링의 나선각을 고려하지 않은 근사공식을 사용할 수 있으며, 스프링 소선의 실제 길이는 기술적으로 불가피한 스크랩을 고려하여 다음과 같이 계산된 값에 5~10%를 추가하여 구할 수 있다.

$$L_0 = (1.05 \sim 1.1)\pi D(z + z_a) \tag{3.32}$$

스프링의 설계 외에도 주어진 스프링 크기에 대하여 응력과 변형율이 결정되면 스프링의 검증해석도 할 수 있다.

압축 스프링의 특성은 스프링의 길이가 길면 안정성을 상실할 수 있다는 것이므로, 압축 스프링은 안정성 점검이 요구된다. 스프링이 안전성을 상실하면 측면 형상이 돌출하게 되며, 이러한 현상은 끝부분의 평행상태와 가이드의 존재여부에 의해 결정된다.
순수한 중심 하중이 스프링에 작용하고 스프링의 양끝이 평행하게 유지될 경우 스프링의 안정성은 $L/D \leq 5$의 조건에 의해 결정되고, 중심이 힌지된 스프링의 안정조건은 $L/D \leq 2.5$가 된다.

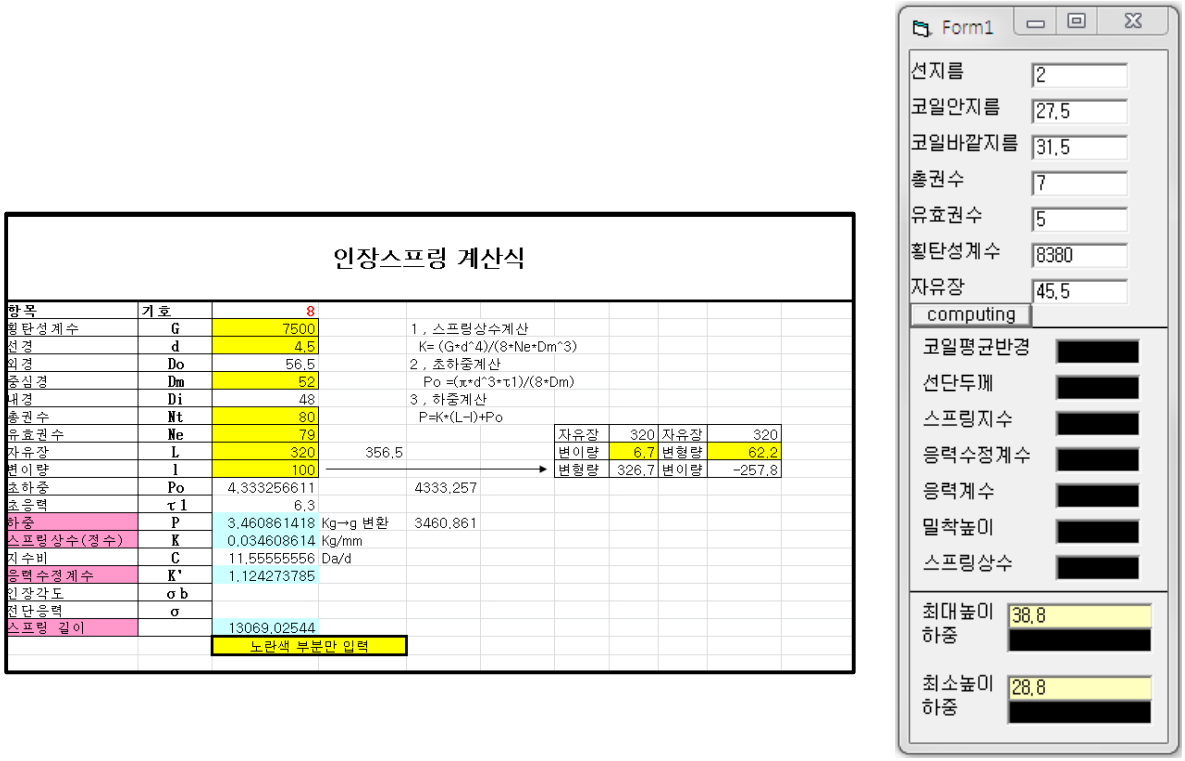
중심하중이 아닐 경우 이 비율은 1.5~2 배 정도 감소하며, 긴 스프링은 안정성을 상실할 수 있으므로 권장하지 않는다. 만약 구조적으로 긴 스프링을 사용해야 할 경우는 짧은 스프링을 조합하여 사용할 수 있다.



[그림 3.77] 압축 스프링설계

(3) 스프링의 계산

[그림 3.78]는 위의 식들에 따라 인장스프링을 설계하는 예이며, 본 연구에서는 면진 액세스플로어의 복원력을 위해 인장스프링을 설계하기 위해 [그림 3.78]과 같이 엑셀 시트 및 비쥬얼베이직에 의한 스프링 설계프로그램을 사용하였다.



인장스프링 계산식

항목	기호	8		
횡탄성계수	G	7500		1, 스프링상수계산
선경	d	4.5		K=(G*d^4)/(8*Ne*Dm^3)
외경	Do	56.5		2, 초하중계산
중심경	Dm	52		Po=(π*d^3*τ1)/(8*Dm)
내경	Di	48		3, 하중계산
총권수	Nt	80		P=K*(L-l)+Po
유효권수	Ne	79		
자유장	L	320	356.5	
변이량	l	100		
초하중	Po	4.333256611		4333.257
초응력	τ1	6.3		
하중	P	3.460861418	Kg→g 변환	3460.861
스프링상수(정수)	K	0.034608614	Kg/mm	
지수비	C	11.55555556	Da/d	
응력수정계수	K'	1.124273785		
인장각도	σb			
전단응력	σ			
스프링 길이		13069.02544		

노란색 부분만 입력

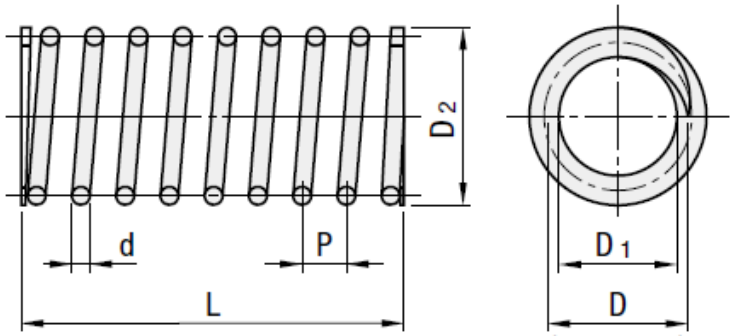
자유장	320	자유장	320
변이량	6.7	변형량	62.2
변형량	326.7	변이량	-257.8

[그림 3.78] 스프링 계산 프로그램

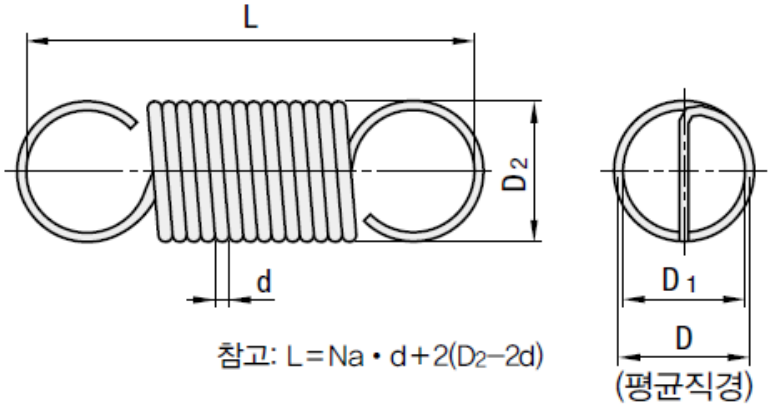
본 프로그램은 상기 이론에 따라 JIS B 2704의 식을 참고하여 입력변수를 결정하였으며, 스프링의 계산 프로그램의 사용을 위해서는 다음과 같은 기호 및 입력변수들이 사용된다.

<표 3.38> 기호의 의미

기호	기호의 의미	단위
d	재료의 직경	mm
D_1	코일 내경	mm
D_2	코일 외경	mm
D	코일 평균 직경 $=\frac{D_1+D_2}{2}$	mm
N_t	총 권수	–
N_a	유효 권수	–
L	자유 높이(길이)	mm
H_s	밀착 높이	mm
p	피치	mm
P_i	초장력	$N(kgf)$
c	스프링 지수 $c=\frac{D}{d}$	–
G	횡탄성 계수	$N/mm^2\{kgf/mm^2\}$
P	스프링에 걸리는 하중	$N(kgf)$
δ	스프링의 굴곡	mm
k	스프링 정수	$N/mm\{kgf/mm\}$
τo	뒤틀림 응력	$N/mm^2\{kgf/mm^2\}$
τ	뒤틀림 수정 응력	$N/mm^2\{kgf/mm^2\}$
τi	초응력	$N/mm^2\{kgf/mm^2\}$
X	응용 수정 계수	–
f	진동수	Hz
U	스프링에 축적되는 에너지	$N \cdot mm\{kgf \cdot mm\}$
w	재료의 단위 체적당 질량	kg/mm^3
W	스프링의 운동 부분의 질량	kg
g	중력의 가속도	mm/s^2



참고: L=Na • P+1.5d



[그림 3.79] 스프링 형상

① 압축스프링 및 초기장력이 없는 인장스프링의 경우

$$\delta = \frac{8N_aD^3P}{Gd^4} \qquad T = XT_0$$

$$k = \frac{P}{\delta} = \frac{Gd^4}{8N_aD^3} \qquad d = \sqrt[3]{\frac{8DP}{\pi T_0}}$$

$$T_0 = \frac{8DP}{\pi d^3} \qquad N_a = \frac{Gd^4\delta}{8D^3P} = \frac{Gd^4}{8D^3k}$$

$$T_0 = \frac{Gd\delta}{\pi N_aD^2} \qquad U = \frac{P\delta}{2} = \frac{k\delta^2}{2}$$

② 초기장력이 있는 인장 스프링의 경우(단, $P_i > P$)

$$\delta = \frac{8N_aD^3(P-P_i)}{Gd^4} \qquad T = XT_0$$

$$k = \frac{P-P_i}{\delta} = \frac{Gd^4}{8N_aD^3} \qquad d = \sqrt[3]{\frac{8DP}{\pi T_0}}$$

$$T_0 = \frac{8DP}{\pi d^3} \qquad N_a = \frac{Gd^4\delta}{8D^3(P-P_i)} = \frac{Gd^4}{8D^3k}$$

$$T_0 = \frac{Gd\delta}{\pi N_aD^2} + T_i \qquad U = \frac{(P_i+P)\delta}{2} = \frac{k\delta^2}{2}$$

스프링의 설계에 사용하는 횡탄성계수 G의 값은 <표 3.39>에 따르는 것이 좋다.

<표 3.39> 횡탄성계수(G)

재 료		G의 값 $N/mm^2(kgf/mm^2)$	기 호
스프링강 강재		$78\times10^3(8\times10^3)$	SUP6, 7, 9, 9A, 10, 11A, 12, 13
경강선		$78\times10^3(8\times10^3)$	SW-B, SW-C
피아노 선		$78\times10^3(8\times10^3)$	SWP
오일 템퍼 선		$78\times10^3(8\times10^3)$	SWO, SWO-V, SWOC-V, SWOSC-V, SWOSM, SWOSC-B
스테인리스강선	SUS 302	$69\times10^3(7\times10^3)$	SUS 302
	SUS 304		SUS 304
	SUS 304N1		SUS 304N1
	SUS 316		SUS 316
	SUS 631 J1	$74\times10^3(7.5\times10^3)$	SUS 631 J1

가. 유효권수

스프링의 설계에 사용하는 유효권수는 다음에 따른다.

① 압축스프링의 경우

$$N_a = N_t - (X_1 + X_2)$$

여기서, X_1, X_2: 코일 양단부 각각의 좌권수

(a) 코일 선단만이 다음의 자유코일에 접해있는 경우([그림 3.81]의 (a)~(c))

$$X_1 = X_2 = 1$$

따라서,

$$N_a = N_t - 2$$

(b)코일 선단이 다음의 코일에 접하지 않고 좌권부의 길이 3/4권인 경우([그림 3.81](e)~(f))

$$X_1 = X_2 = 0.75$$

따라서,

$$N_a = N_t - 1.5$$

② 인장 스프링의 경우

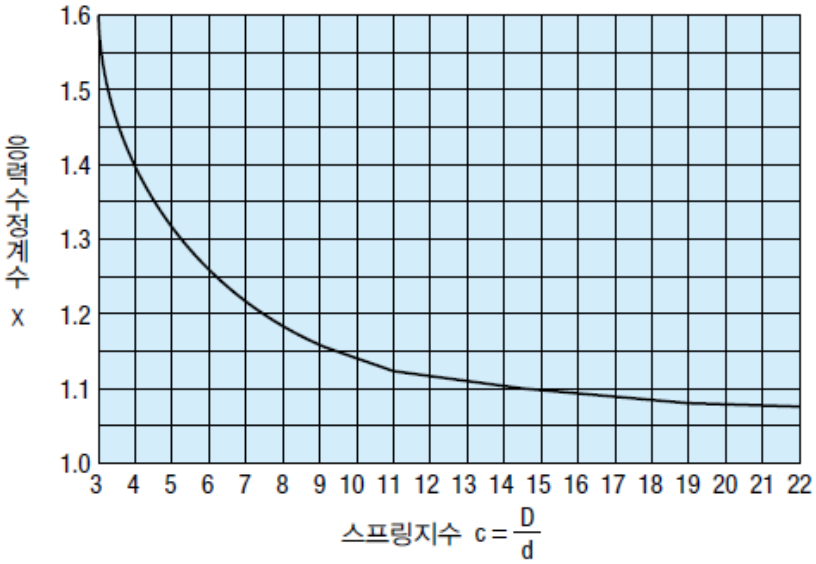
인장 스프링의 유효권수는 다음에 따른다. 단 후크부를 제외

$$N_a = N_i$$

나. 응용수정계수

스프링지수 c의 값에 대한 응력수정계수는 다음 식 또는 [그림 3.80]에 따른다.

$$X=\frac{4c-1}{4c-4}+\frac{0.615}{c} \tag{3.33}$$



[그림 3.80] 응력수정계수 : X

다. 밀착높이

스프링의 밀착높이는 일반적으로 다음의 개략적인 계산식에 의해 산출된다. 단, 압축스프링의 밀착높이는 일반적으로 발주자가 지정하지 않는다.

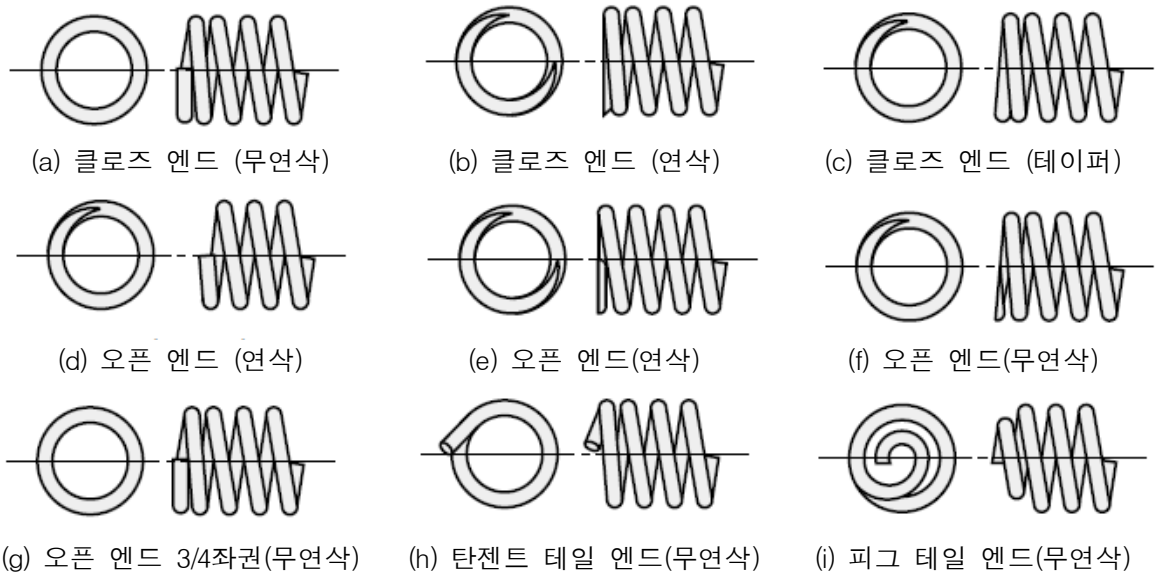
$$H_s=(N_t-1)d+(t_1+t_2) \tag{3.34}$$

여기서, (t_1+t_2) : 코일 양단부 각각의 두께의 합

또한 양단부가 [그림 3.81]의 (b), (c), (e) 및 (f)의 압축스프링이며, 특히 밀착높이의 지정이 필요할 때에는 다음 식으로 구한 값을 밀착높이의 최대치로 지정하지만, 스프링의 형상에 따라서는 이 값보다 커지는 일이 있으므로 주의를 필요로 하다.

$$H_s=N_t\times d_{\max} \tag{3.35}$$

여기서, $d_{\max}$: 허용차의 최대값을 취한 직경



(a) 클로즈 엔드 (무연삭) (b) 클로즈 엔드 (연삭) (c) 클로즈 엔드 (테이퍼)

(d) 오픈 엔드 (연삭) (e) 오픈 엔드(연삭) (f) 오픈 엔드(무연삭)

(g) 오픈 엔드 3/4좌권(무연삭) (h) 탄젠트 테일 엔드(무연삭) (i) 피그 테일 엔드(무연삭)

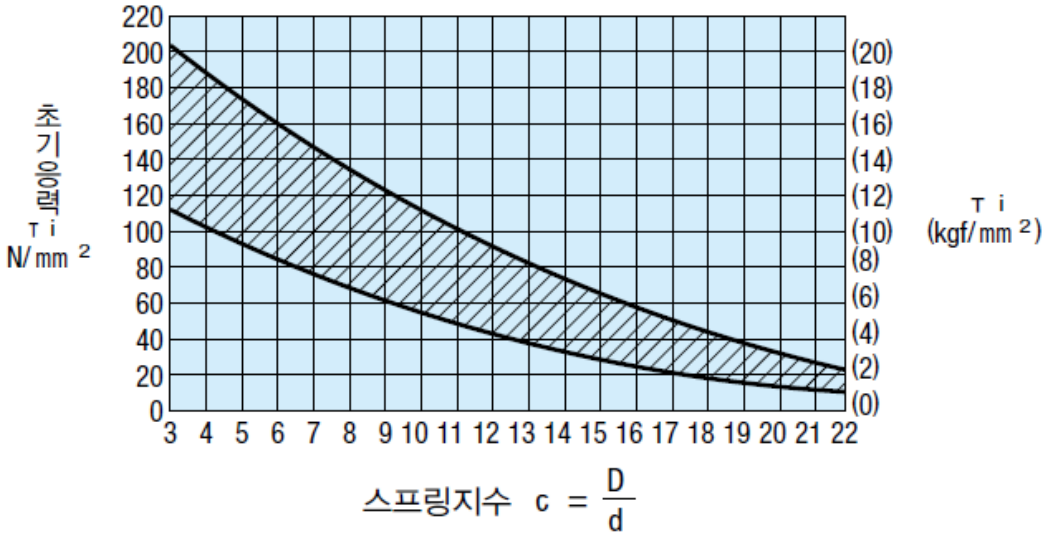
[그림 3.81] 코일 단부형상

라. 인장스프링의 초기장력

밀착코일의 냉간 성형 인장코일 스프링에는 초기장력 P_i가 발생한다. 이 경우의 초기장력은 다음 식에 따라 산출한다.

$$P_i = \frac{\pi d^3}{8D} T_i \tag{3.36}$$

또한 피아노선, 경강선 등의 강선으로 밀착 감기로 성형해서 저온 어닐링을 하지 않는 저온 어닐링을 하지 않는 경우의 초기응력 T_i 는 [그림 3.82]의 사선 범위 안으로 한다. 단, 강선 이외의 재질 및 저온 어닐링의 실시에 따라서는 [그림 3.82]의 사선 범위 안에서 판독한 초기응력의 값을 다음과 같이 수정한다.



[그림 3.82] 초기응력

ⓐ 스테인레스 강선의 경우는 강선 초기 응력의 15% 감소로 한다.

ⓑ 성형 후에 저온 어닐링을 실시하는 경우는 위에서 구한 값에 대해서 피아노선, 경강선 등의 강선에서 20~35% 감소, 스테인레스 강선에서 15~25% 감소로 한다.

※ 저온 어닐링 전 초기응력의 값을 [그림 3.82]에서 판독하는 대신 다음 경험식에 따라 산출할 수 있다.

$$T_i = \frac{G}{100c} \tag{3.37}$$

피아노선 및 경강선의 경우(G=78×10^3 N/mm^2)

초기응력 $T_i = \frac{G}{100c} \times 0.75$ (0.75는 저온 어닐링 실시에 의한 25% 감소)

초기장력 $P_i = \frac{\pi d^3}{8D} T_i = \frac{Gd^4}{255D^2} \times 0.75 = \frac{229d^4}{D^2}\left(\frac{24d^4}{D^2}\right)$

스테인레스 강선의 경우(G=69×10^3 N/mm^2)

초기응력 $T_i = \frac{G}{100c} \times 0.8$ (0.75는 저온 어닐링 실시에 의한 25% 감소)

초기장력 $P_i = \frac{\pi d^3}{8D} T_i = \frac{Gd^4}{255D^2} \times 0.8 = \frac{216d^4}{D^2}\left(\frac{22d^4}{D^2}\right)$

라. 서징

서징을 피하기 위해서 스프링의 고유진동수는 스프링에 작용하는 가진원의 모든 진동과 공진하는 것을 피하도록 선택해야 한다. 또한 스프링의 고유진동수는 다음 식에 따라 산출한다.

$$f = a\sqrt{\frac{kg}{W}} = a\frac{70d}{\pi NaD^2}\sqrt{\frac{G}{w}} \tag{3.38}$$

여기서, $a = \frac{i}{2}$: 양단 자유 또는 고정인 경우

$a = \frac{2_i - 1}{4}$: 1단고정이며 다른 단 자유인 경우, i=1, 2, 3…

강의 G=78×10^3 N/mm^{2}로 하고, 스프링 양단을 자유 또는 고정으로 한 경우, 스프링의 고유 진동수는 다음 식에 따라 산출한다.

$$f_1 = 3.56 \times 10^5 \frac{d}{N_a D^2} \tag{3.39}$$

마. 기타 고려해야 할 사항

스프링의 설계 계산에서는 다음에 표시하는 사항에 대해서도 고려해야 한다.

ⓐ 스프링 지수 : 스프링 지수가 작아지면 국부 응력이 과대해지고 스프링 지수가 큰 경우 및 작은 경우는 가공성이 문제가 된다. 따라서 스프링 지수는 열간으로 성형하는 경우에는 4~15, 냉간으로 성형하는 경우에는 4~22의 범위에서 선택하는 것이 좋다.

ⓑ 종횡비 : 압축스프링의 종횡비(자유높이와 코일 평균 직경과의 비율)는 유효권수의 확보를 위해 0.8이상으로 하며, 또한 좌굴을 고려해서 일반적으로는 0.8~4.0의 범위에서 선택하는 것이 좋다.

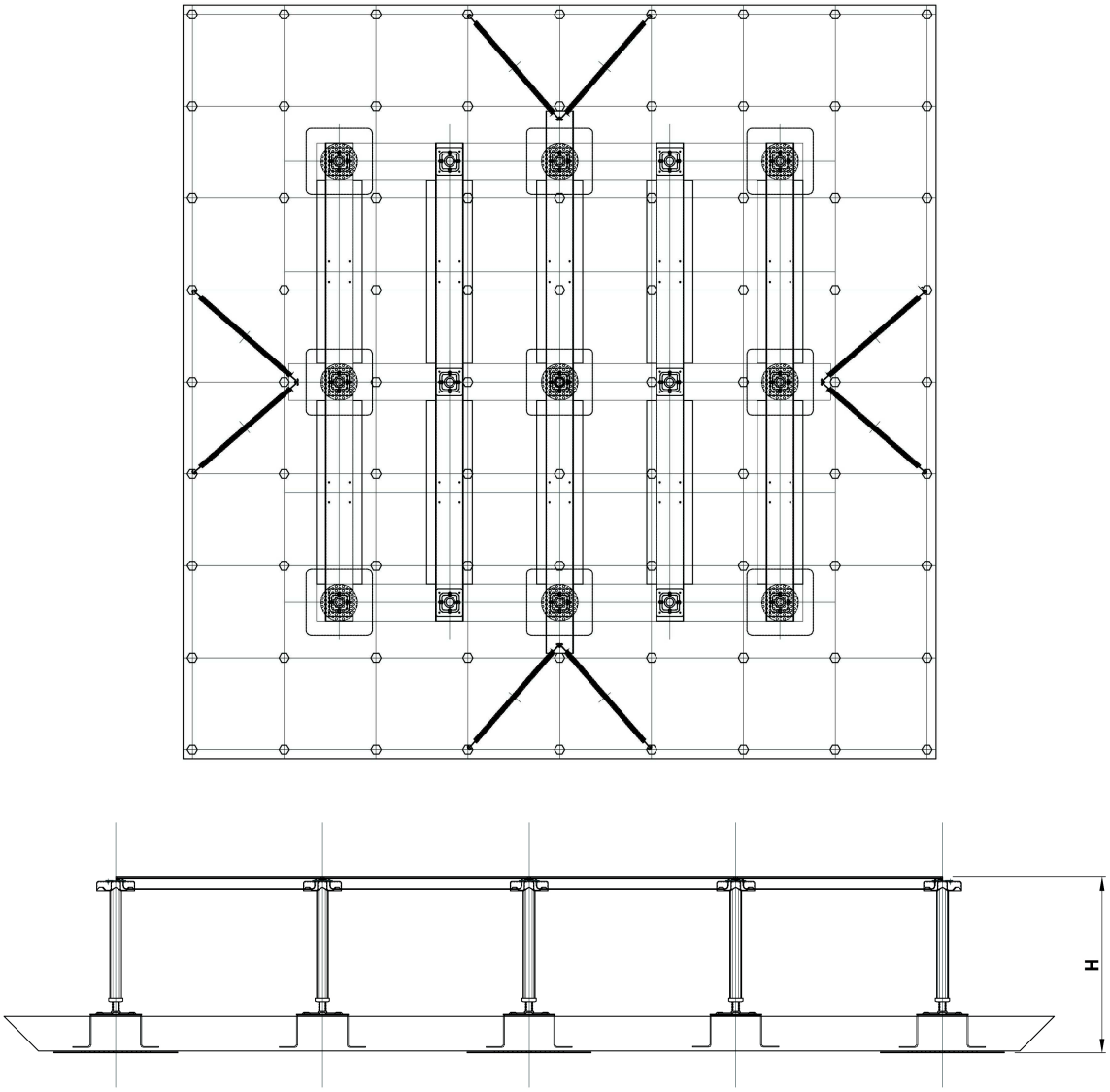
ⓒ 유효권수 : 유효권수는 3 미만에서는 스프링 특성이 불안정해지므로 3 이상으로 하는것이 좋다.

ⓓ 피치 : 피치가 0.5D를 넘으면 일반적으로 굴곡(하중)의 증가에 따라 코일 직경이 변화하므로, 기본식으로 구한 굴곡 및 뒤틀림 응역의 수정이 필요해지기 때문에 0.5D 이하로 한다. 또한 일반적으로 피치의 추정은 다음의 개략적인 계산식에 따른다.

$$\rho = \frac{L - H_s}{N_a} + d \tag{3.40}$$

6. 면진액세스플로어시스템의 설계

면진액세스플로어시스템은 [그림 3.83]과 같다.



[그림 3.83] 면진액세스플로어시스템

① 설계하중 : 2.06tf (19 “표준서버랙중량 400kgf, 액세스플로어중량 400kgf, 적재하중: 600kgf, 면진가대중량 660kgf)
② 면진테이블 : 9개(PTFT+SUS, PTFE+불소수지코팅, PTFE+AL)
③ 면진테이블1개당 평균지지하중:229kgf
④ 허용변위 : ±100mm
⑤ 마찰계수(μ) : 0.05
⑥ 마찰력(Fd):103kgf

⑦ 마찰감쇠 : 6%(μ=0.05, 초기변위 100mm의 자유진동할 때 등가감쇠정수를 1싸이클당 에너지소비량으로 산정)

마찰감쇠는

$$h_e = \frac{C}{2\sqrt{MK}} = \frac{2F_d}{\pi UK} \cdot \frac{\omega_o}{\omega} \tag{3.41}$$

여기서, h_e : 등가감쇠정수

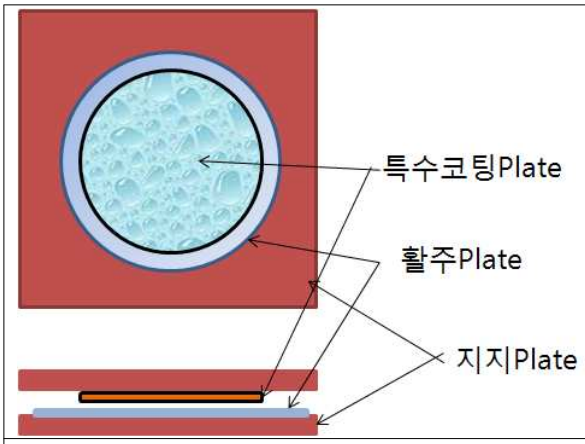
C : 감쇠정수

M : 질량

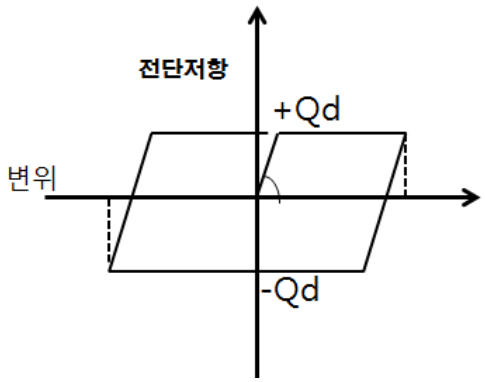
U : 변위진폭

ω_o : 고유진동수

면진액세스플로어의 면진테이블부분의 구성도와 복원력특성은 다음과 같다.



면진부분의 구성도



면진테이블의 복원력특성

또한 최적의 면진테이블 구성요건을 비교검토하기 위하여 면진테이블의 사양 및 성능제원은 다음과 같다.

항 목		규 격
재료구성	미그럼재	PTFE
	활주판	SUS304, AL Plate, 특수코팅Plate
마찰계수	마찰계수 μ	0.105, 0.2, 0.3
	기준속도 Vo(mm/s)	40
형상, 치수	미끄럼재 외경(mm)	200
	활주판외경(mm)	150
한계성능	한계변형(mm)	130
	하중이력Po(kN)	$P_o = P_v \cdot \mu$
연직성능	연직강성Kv(kN/mm)	$K_v = E_c \cdot A_t / T_{ss}$ E_c:미끄럼판종탄성계수 A_t:미끄럼판면적 T_{ss}:미끄럼판두께
	기준면압 (N/mm2)	10
수평강성	절평하중 Qd(kN)	$Q_d = P_v \cdot \mu$
	등가점성감쇠정수 heq	$h_{eq} = 2Q_d/(\pi \cdot K_{eq} \cdot \delta_1)$

(1) 스프링 설계사양

① 설계하중 : 2.06tf (19 “표준서버랙중량400kgf, 액세스플로어중량 400kgf, 적재하중: 600kgf, 면진가대중량 660kgf)

② 수평방향고유주기:2.5초

③ 수평강성: ($K_h = \frac{W}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$, g=980cm/sec^2)

④ 인장스프링수:8개(정방향 2개1세트, 부방향 2개 1세트로 작용)

⑤ 허용변위: 100mm

⑥ 코일스프링정수:13.3kg/cm (규격품에 가까운 제품 사용)

인장스프링의 강성은

$$K_s = \frac{G \times d^4}{8 \times n \times D^3} = 6.47 \text{kgf/cm}$$

여기서, G : 횡탄성계수 (8,000kgf/mm^2)

d : 선경(4mm)

D : 코일유효경(26mm)

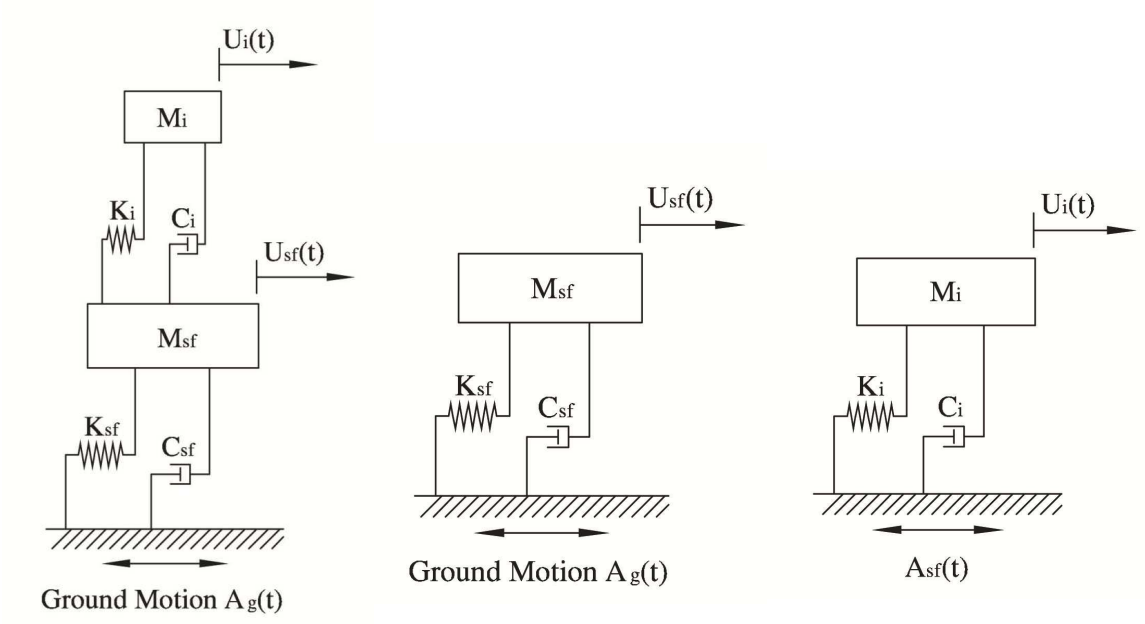
n : 유효권수(22.5)

(2) 적재하중체

바닥적재하중체는 제작 및 조립해체가 용이하도록 고려하여 가로 800mm, 세로 120mm, 높이 40mm (중량:300kgf)의 철판을 액세스플로어 상부에 올려서 바닥적재하중으로 하였다.

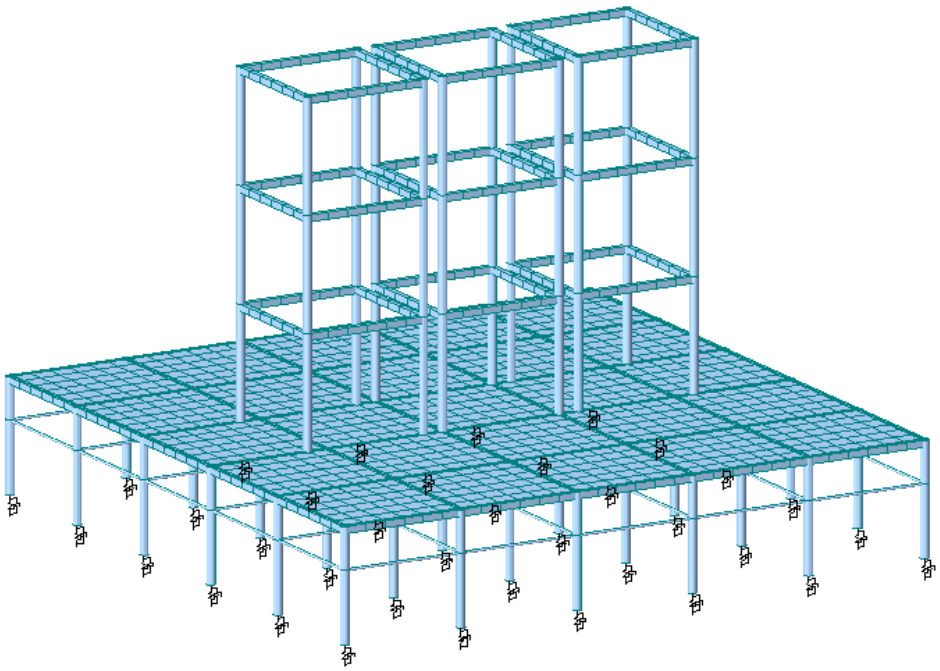
7. 면진액세스플로어의 해석

개발된 면진액세스플로어의 성능검증을 위해 유한요소해석을 수행하였다. 면진액세스플로어의 거동을 해석하기 위해 액세스플로어 하부에 비선형 연결요소를 사용하였다. 2개의 전단방향에 대해서는 2축소성(biaxial plasticity)의 특성을 가지며, 나머지 3개의 변형에 대해서는 독립된 선형탄성 스프링의 특성을 갖는다. 그러나 마찰면에서 발생하는 마찰력은 마찰면에 작용하는 압축력과 마찰계수의 곱에 의해 결정되므로 전단스프링은 시간에 따라 변화하는 압축력의 영향도 받게 된다. 축박향 변형에 대해서 갭(gap)으로 모델링 되는 것은 본 연구에서 개발된 마찰 미끄럼형 면진테이블의 경우 상부구조가 마찰 미끄럼장치 위에 얹어진 형태를 취하고 있어 축방향 인장력에 대한 구속이 없기 때문이다.

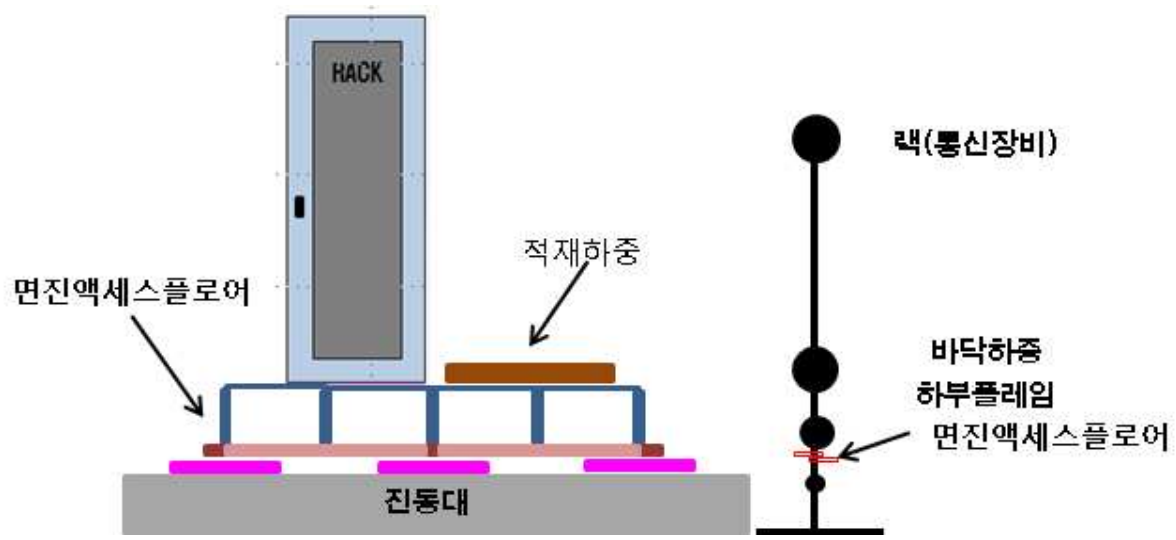


(a) 전체 해석모델 (b) 면진액세스플로어 (c) 상부 탑재물 모델

[그림 3.84] 해석모델의 스프링 구성



[그림 3.85] 해석모델



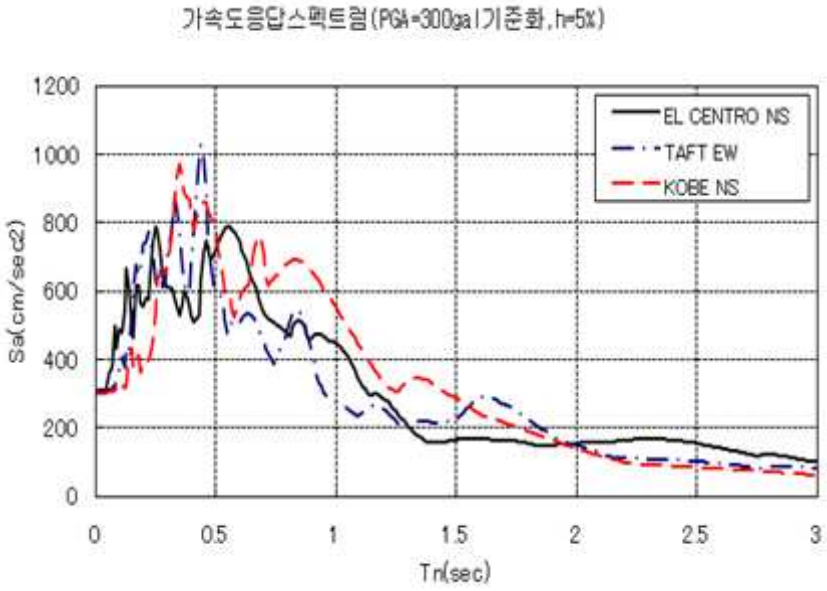
[그림 3.86] 면진액세스플로어 진동해석모델 개념도

해석에 사용된 입력가속도는 1절에서 정보통신 시설의 안전성평가에서 추출된 3층 층가속도를 사용하였으며, 사용된 결과 중 Elcentro 지진파형에 대한 응답이 가장 크게 나타남에 따라 이를 사용하여 해석을 수행하였다. 해석결과는 [그림 3.88]와 같으며 그림에서 나타난 바와 같이 입력가속도에 대해 60% 이상의 감소가 나타났다.

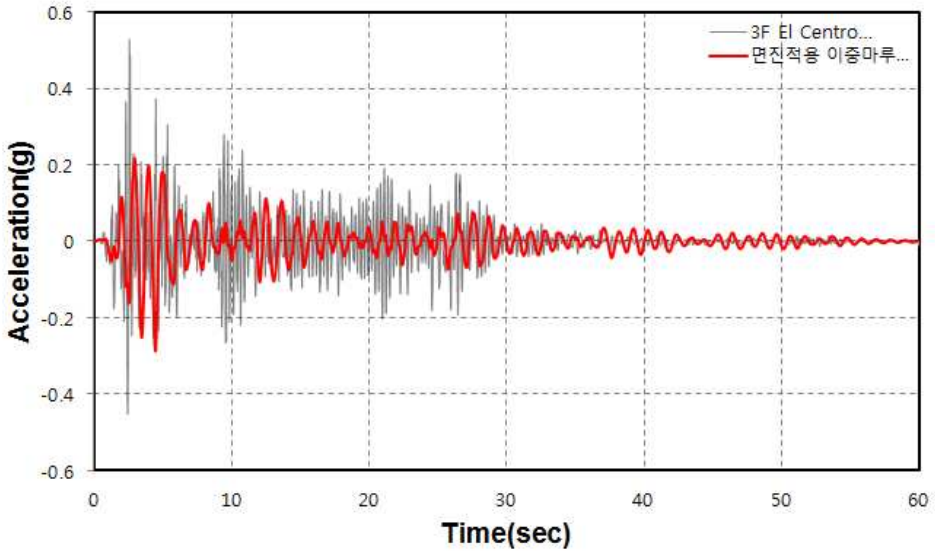
1절에서의 해석결과와 비교하여 3층 액세스플로어 상부에서의 응답가속도의 비교는 층가속도의 비교와 유사한 결과가 나타났는데, 이는 내진액세스플로어의 높이가 낮고(600mm) 보강에 의해 강성이 큰 관계로 거의 강체거동을 하여 입력가속도와 거의 같

은 결과가 나타났기 때문이다.

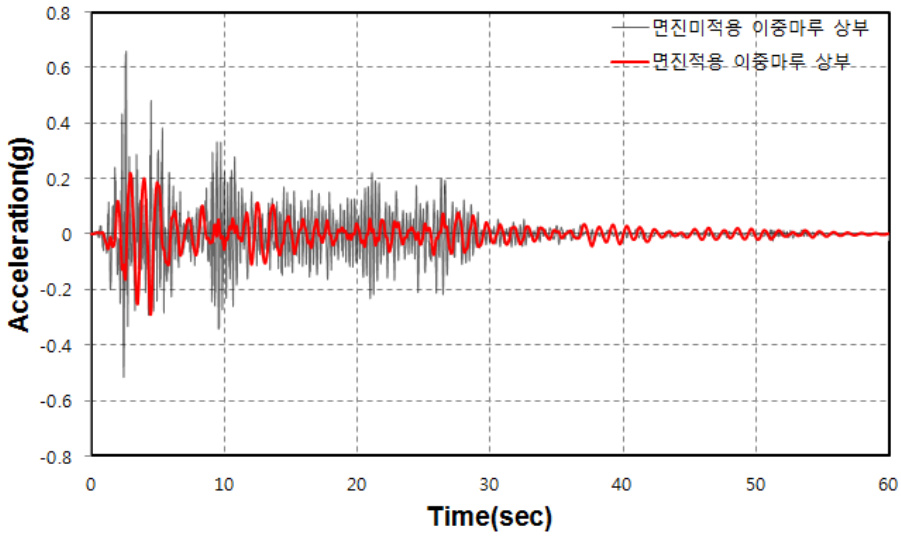
액세스플로어에서의 면진테이블의 적용은 주기와 감쇠비를 증가시켜 상부 탑재물에 유입되는 지진하중을 감소시켜 정보통신 설비의 피해를 막을 수 있으며, 기능유지에 가장 효율적인 방안이라 할 수 있다.



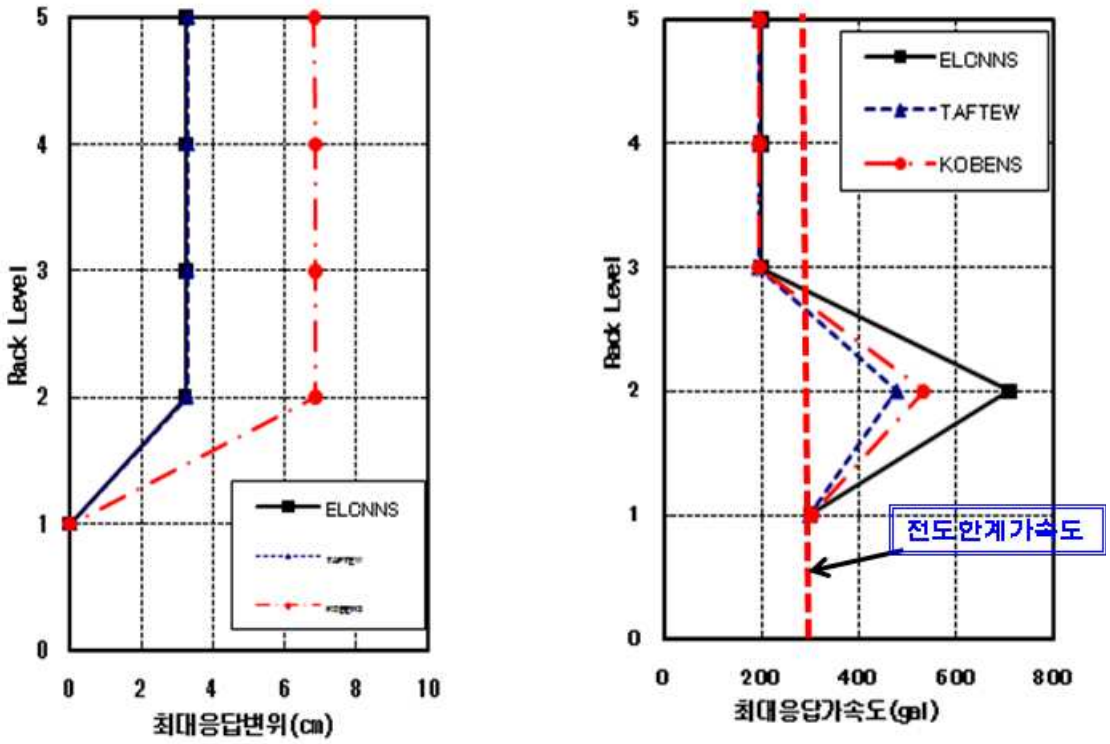
[그림 3.87] 해석에 사용한 가속도응답스펙트럼



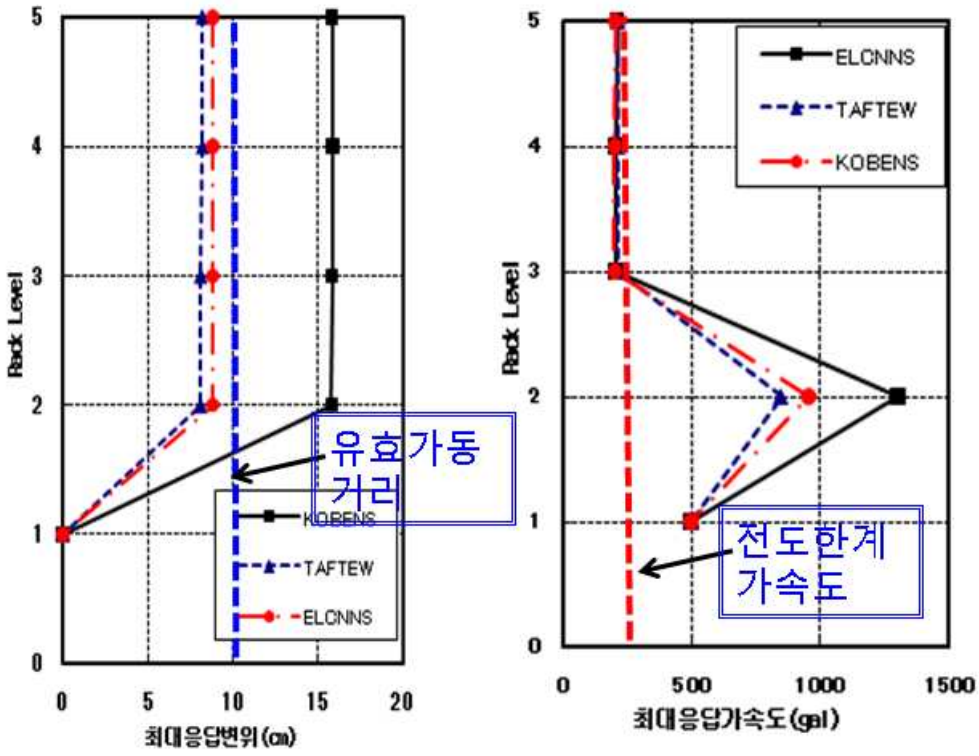
[그림 3.88] 면진액세스플로어의 입력가속도와 응답가속도의 비교



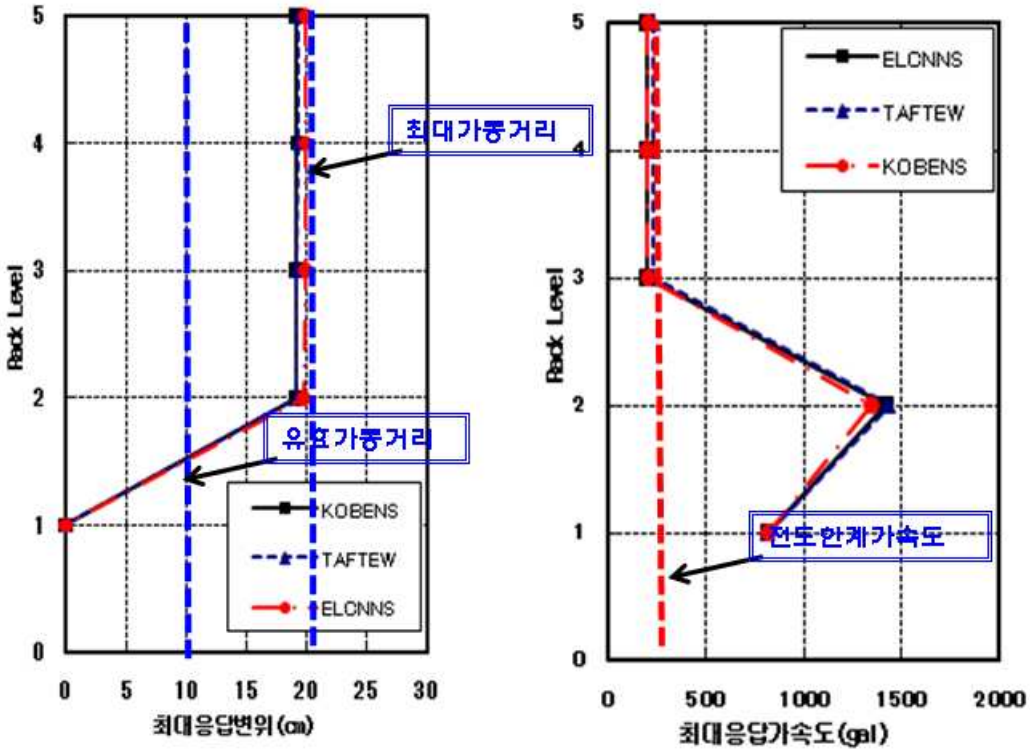
[그림 3.89] 액세스플로어와 면진액세스플로어 응답가속도의 비교



300gal 입력시 최대응답변위와 최대응답가속도



500gal 입력시 최대응답변위와 최대응답가속도



고베지진 원파형 입력시 최대응답변위와 최대응답가속도

8. 면진액세스플로어의 내진성능 실험

(1) 개요

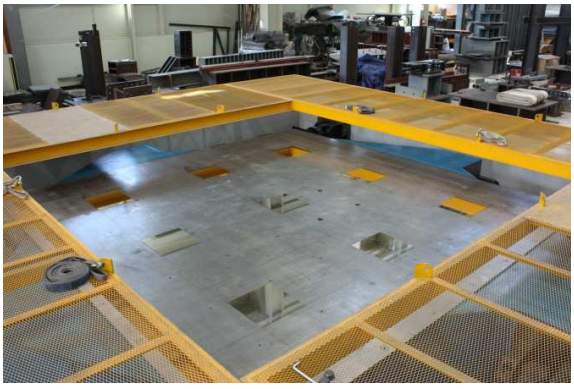
진동실험을 통한 내진성능평가에 있어서 면진액세스플로어시스템의 거동과 면진효과를 파악하기 위하여 실시하였다. 입력지진파는 국내 전기통신설비에 대한 시험규격인 전파연구소 고시(제2009-3호)파와 고베해양기상대의 KOBE JMA 파형으로 하였다. 특히 고베파형에 대해서는 진동대와 실험체의 허용변위 등의 제약으로 300gal, 500gal 로 가속도 배율을 조정하였으며, 가진방향은 수평2방향과 상·하 동시가진으로 구분하여 수행하였다.

상·하방향의 가진가속도는 전파연구소 고시파의 경우 수평가속도의 1/2을 입력하였고, KOBE JMA의 경우 수평지진동가속도레벨과 같은 가속도배율을 적용하였다.

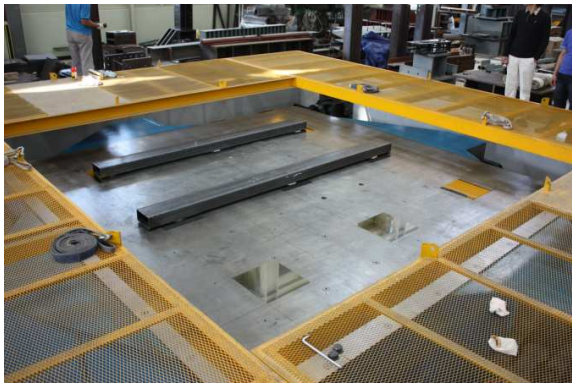
계측센서는 진동실험실의 가용계측센서를 활용하였다. 가속도계측센서는 면진장치상부 1개소 (X,Y,Z)와 액세스플로어 상부바닥면 1개소에 각각(X, Y, Z), 변위계측을 위한 LVDT는 액세스플로어 상부면 X방향 중앙부와 측면 각1개소, Y방향 중앙부 1개소에 설치하여 면진장치 거동시 평심의 발생 등을 계측하였다.

3차원가진시에 변위계측을 위해서는 레이저센서 또는 모션센서가 있어야 하나 진동실험실의 제약으로 상하방향의 변위를 계측을 수행 할 수 없어, 가속도응답에 대해서만 계측하였다.

<표 3.40> 실험체 설치과정 사진(계속)

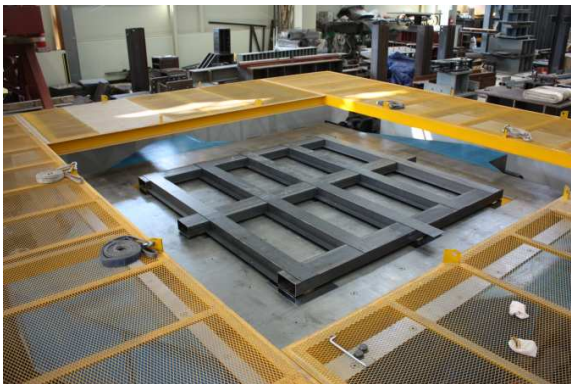


미끄럼 마찰장치 설치



하부 프레임 설치

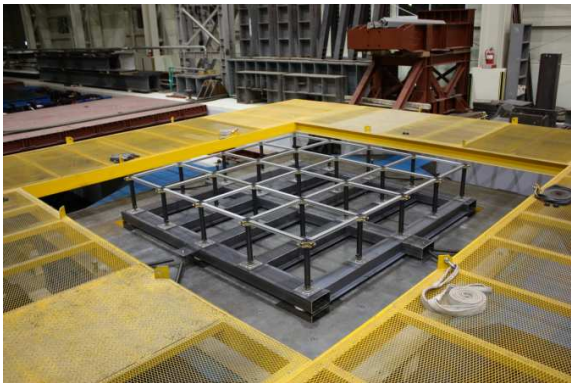
<표 3.40> 실험체 설치과정 사진(계속)



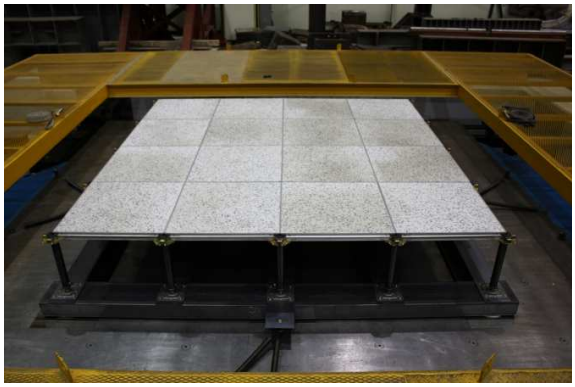
하부 프레임 설치



액세스플로어 지주설치



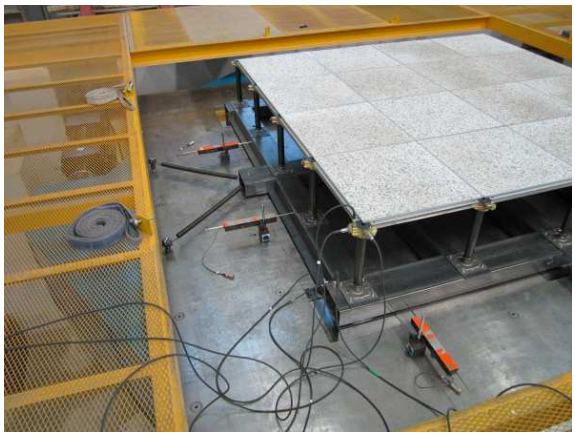
액세스플로어 스트링거설치



액세스플로어 패널 설치



스프링 설치



가속도계 및 변위계설치

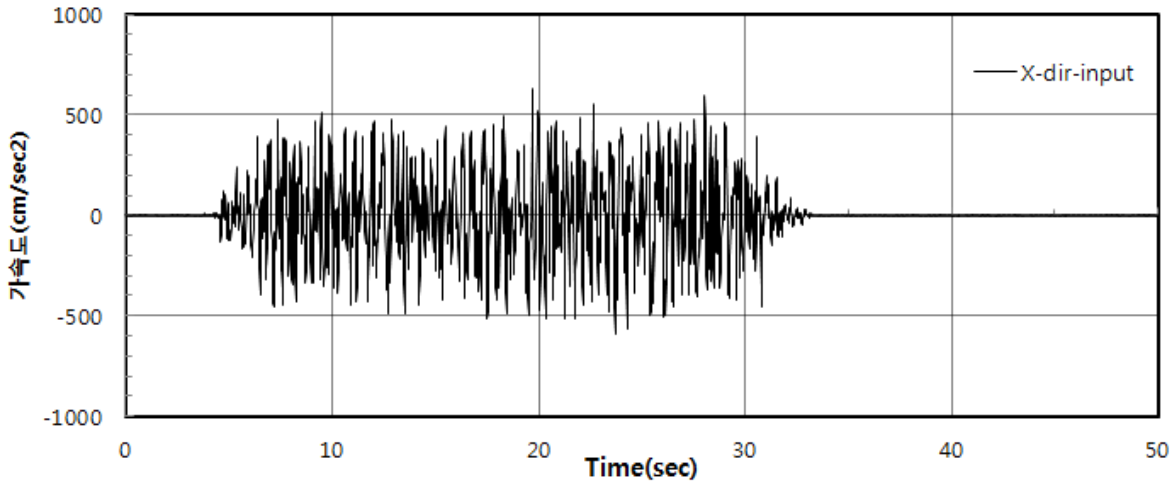


하중체 및 서버랙 설치



진동대 실험

실험에 사용한 가진파형은 다음 [그림 3.90]과 같이 전파연구소 고시 스펙트럼에 적합한 인공지진파를 사용하였다.

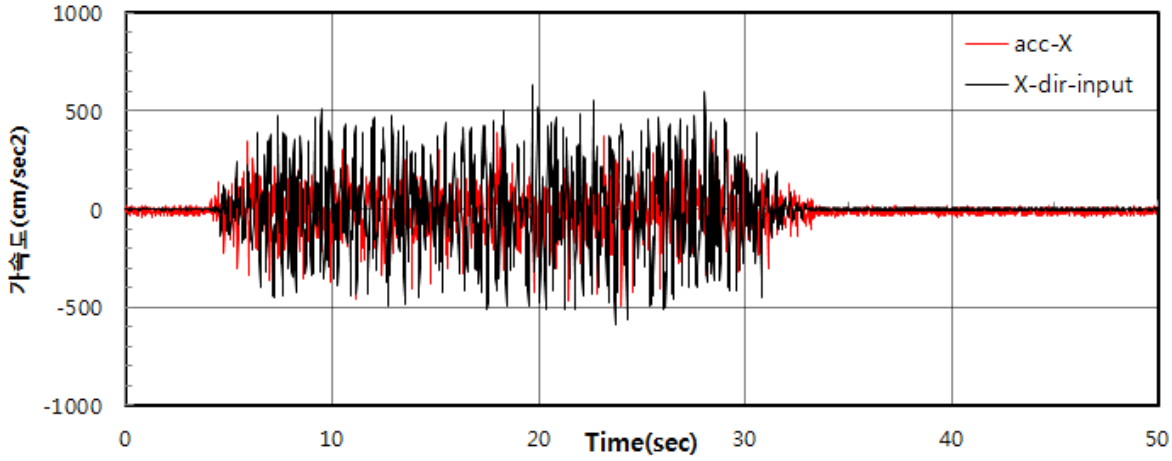


[그림 3.90] 입력가속도(전파연구소 고시(제2009-3호)파)

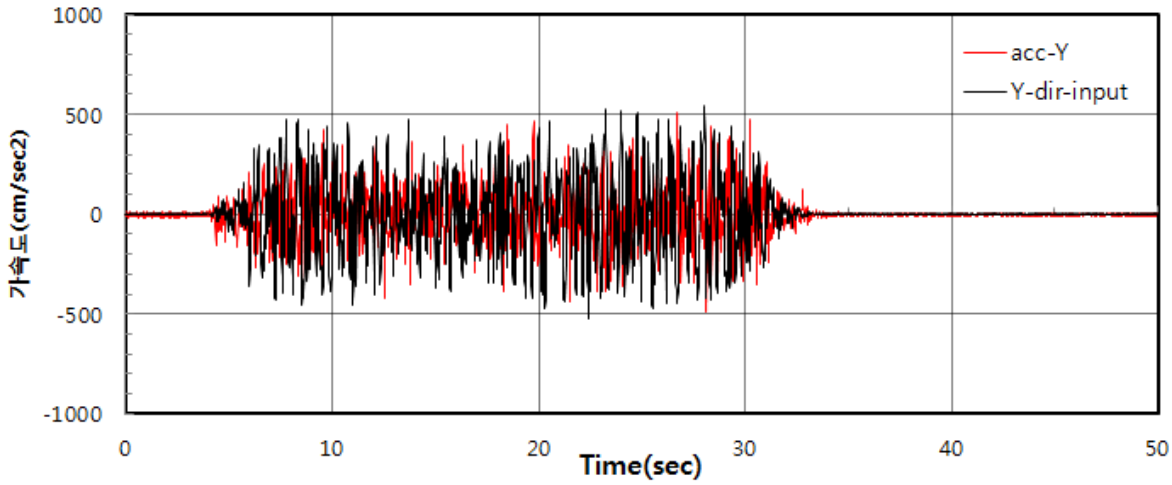
면진액세스플로어시스템의 면진효과를 파악하기 위하여 중량과 주기에 제한이 없도록 하여 경량물을 대상으로 한 면진시스템을 개발하기 위하여 3가지 타입의 마찰장치에 대한 가진실험을 수행하였다.

① 실험체1 (상부면:PTFE+하부면:스테인레스)
② 실험체2 (상부면:PTFE+하부면:불소수지코팅)
③ 실험체3 (상부면:PTFE+하부면:알루미늄판)

수평방향 가진실험결과 전체적으로 면진장치에 의한 가속도저감효과가 예상보다 작은 결과로 나타났다. [그림 3.91]~[그림 3.93]은 수평방향 입력가속도와 액세스플로어 상부에서의 응답가속도를 비교한 것으로 본 면진액세스플로어시스템의 경우 1차고유주기 영역대 부근에서 가속도응답이 커지는 경향을 나타내고 있고, 상부면:PTFE+하부면:스테인레스 형식의 실험체 1, 상부면:PTFE+하부면:불소수지코팅 형식의 실험체 2에서는 10~30% 정도의 가속도 저감이 관측되었으나. 상부면:PTFE+하부면:알루미늄판의 실험체 3에서는 가속도 저감이 발생되지 않고 오히려 가속도 응답이 증폭되어 나타났다. 이는 조립된 액세스플로어 실험체는 지주와 패널이 지주상부 헤드에 결합구에 올려져 있는 상태이므로 완전 고정되지 않아 좌우로 움직일 때 패널이 헤드에 부딪치게 된다. 이 충돌은 가진시 가속도응답이 커지게 하는 원인이 되는 것으로 파악된다.

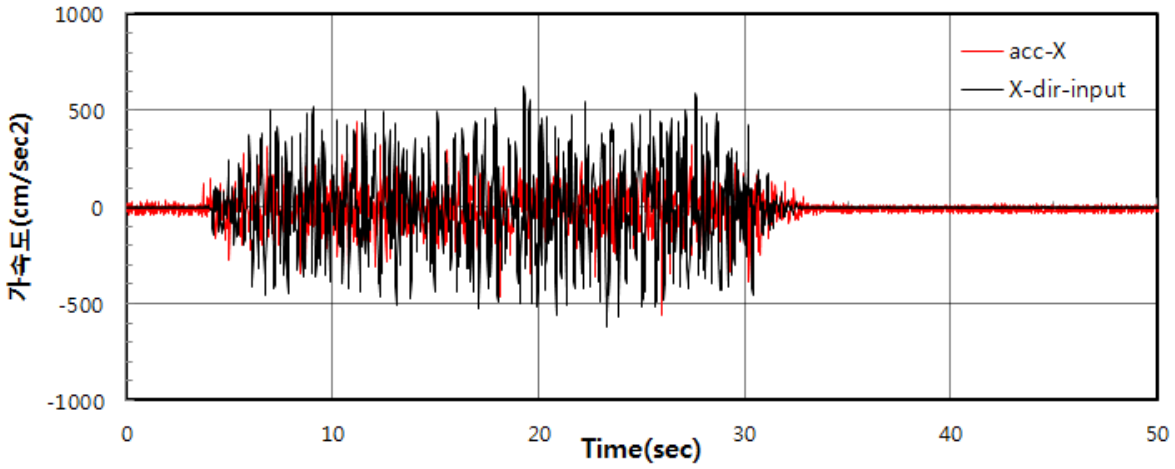


(a) X방향

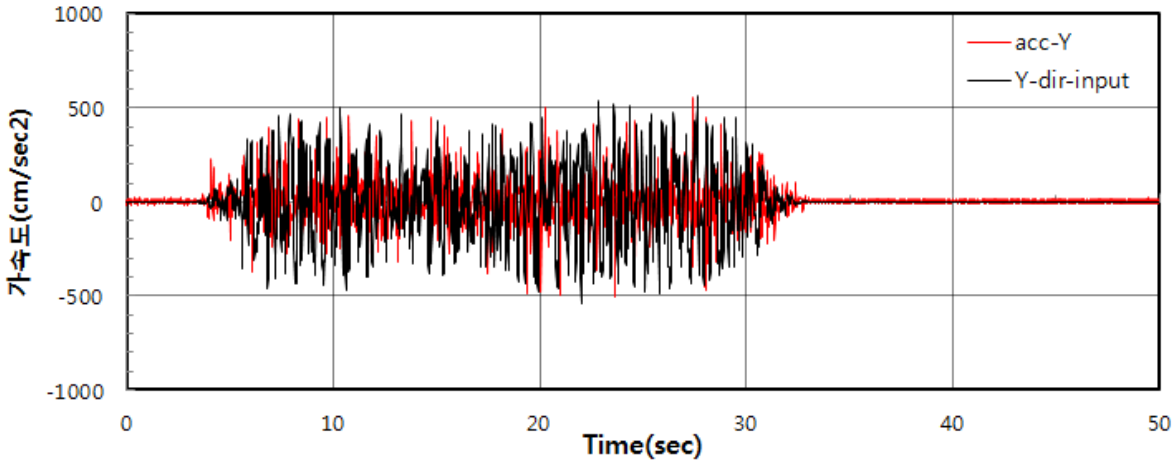


(b) Y방향

[그림 3.91] (상부면:PTFE+하부면:스테인레스) 면진액세스플로어의 응답가속도

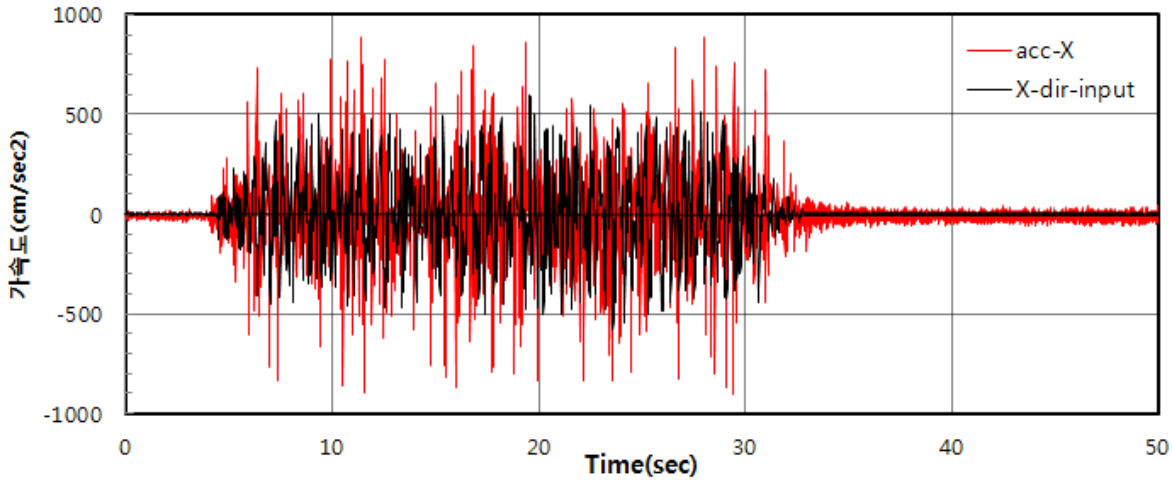


(a) X방향

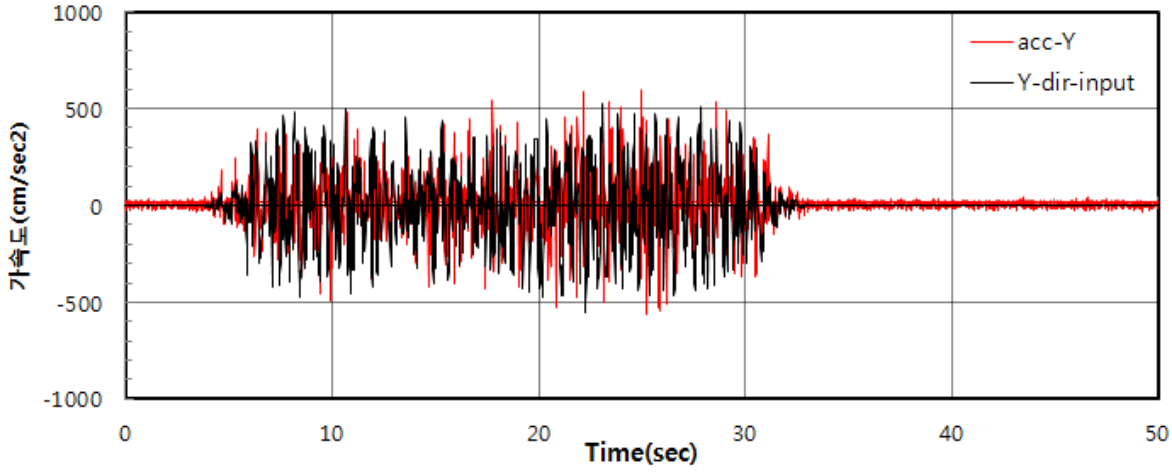


(b) Y방향

[그림 3.92] (상부면:PTFE+하부면:불소수지코팅) 면진액세스플로어의 응답가속도



(a) X방향



(b) Y방향

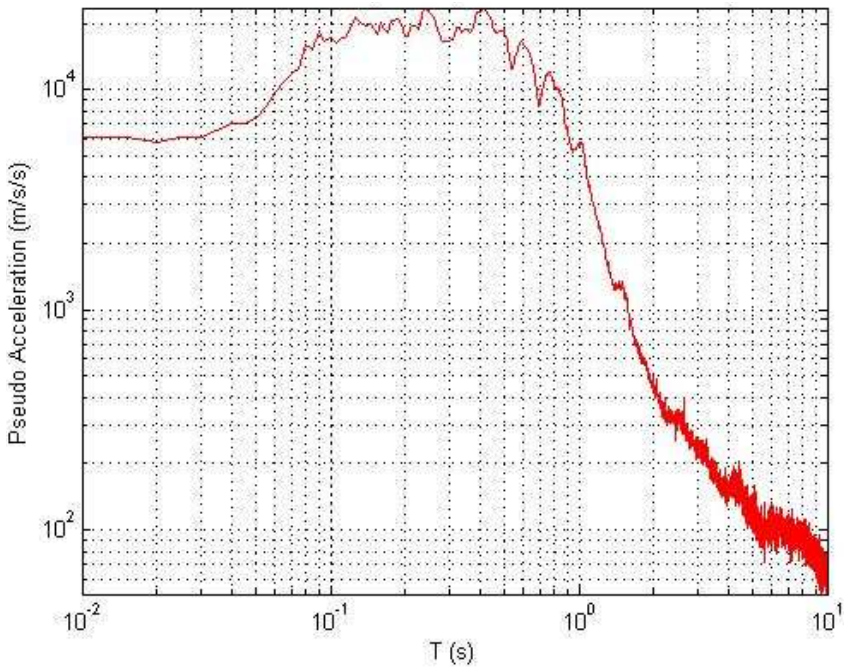
[그림 3.93] (상부면:PTFE+하부면:알루미늄판) 면진액세스플로어의 응답가속도

[그림 3.94]~[그림 3.96]은 실험결과에 대한 X방향의 응답스펙트럼을 나타낸 것으로, 진동대 테이블 상부에서의 가속도와 액세스플로어 상부에서의 가속도에 대한 응답스펙트럼이다.

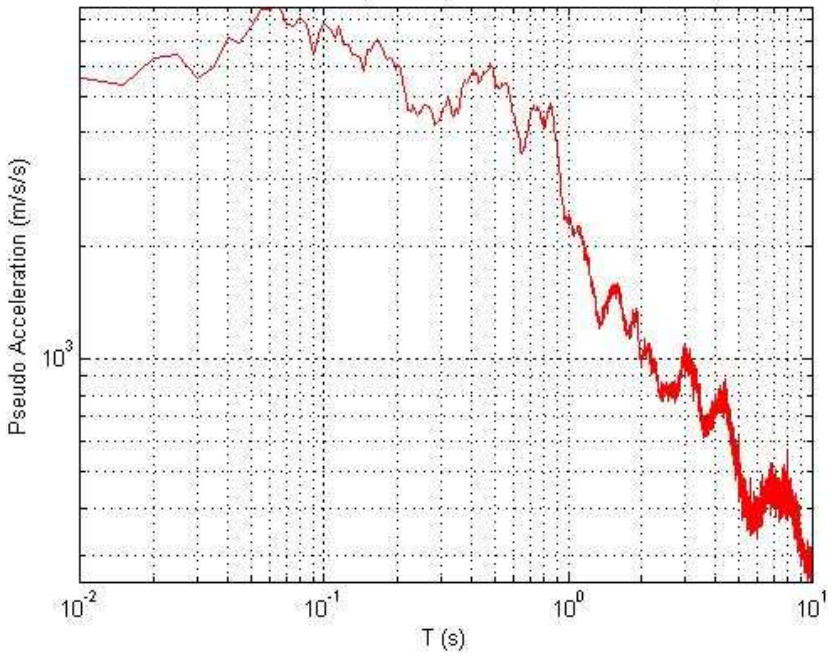
[그림 3.94]에 나타낸 바와 같이 상부면 : PTFE+하부면:스테인레스인 실험체 1에서는 진동테이블의 응답스펙트럼에 비해 X방향에 대해 30% 이상 감소되고 1초 이하의 주기 대역에서 전체적으로 감소하는 양상을 나타내고 있으며, 이는 PTFE+스테인레스 마찰 미끄럼장치의 저감특성에 의한 것으로 판단된다.

[그림 3.95]은 상부면 PTFE+하부면 불소수지 코팅 판이 설치된 실험체 2의 응답가속도 스펙트럼으로서 주기 1초 이하의 구간에서 10% 내외의 감소가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[그림 3.96]은 상부면 PTFE+하부면 알루미늄 판을 설치한 실험체 3의 응답 가속도 스펙트럼으로 가속도 비교에서도 언급한 바와 같이 측정된 가속도가 일부 크게 나타난 실험체이다. 응답스펙트럼에서 나타난 바와 같이 단주기에서 주기 0.1초 이하에서 진동대 테이블의 가속도보다 크게 나타나는 양상을 나타내었으며, 이는 미끄럼 마찰장치의 영향보다는 상부 패널의 충돌 등에 따른 데이터의 간섭에 의한 것으로 판단된다. 주기 0.1초~1초 사이에서는 10% 내외의 가속도 감소 효과가 나타났다.

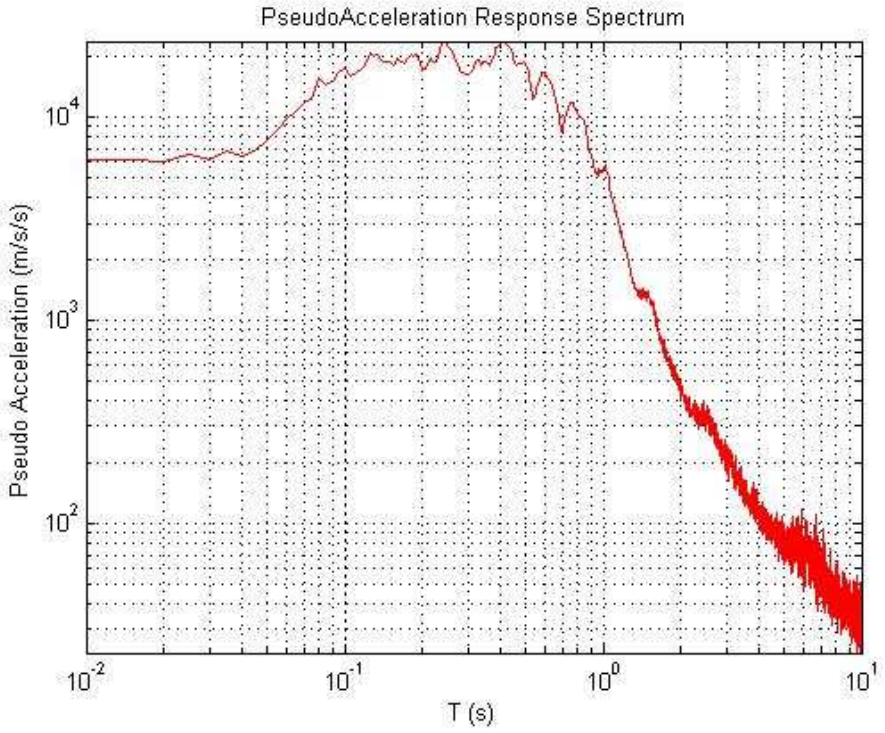


(a) 진동테이블의 가속도 스펙트럼

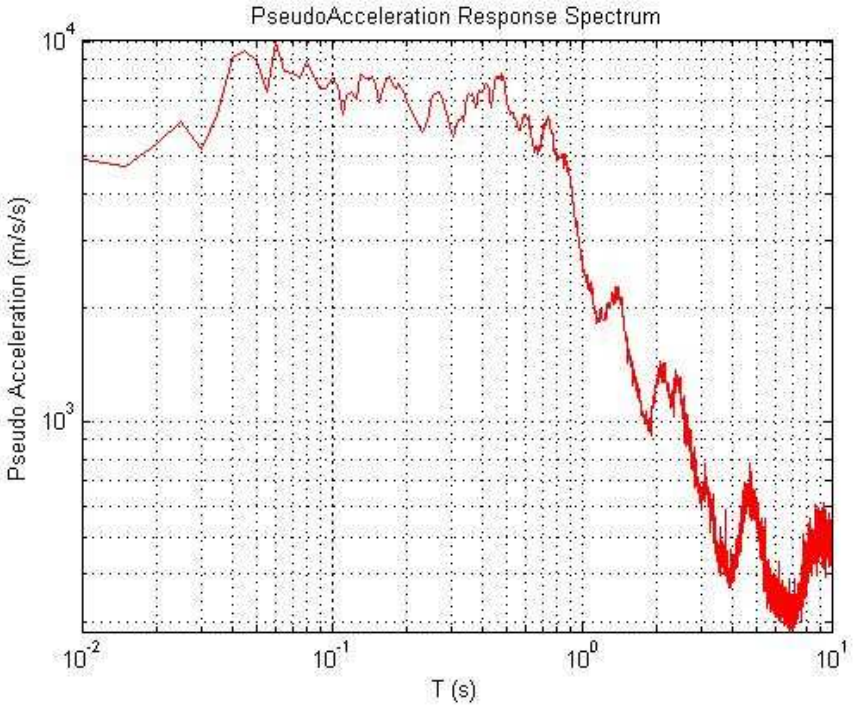


(b) 액세스플로어 상부 가속도 스펙트럼

[그림 3.94] (상부면:PTFE+하부면:스테인레스) 면진액세스플로어의 가속도 스펙트럼의 비교

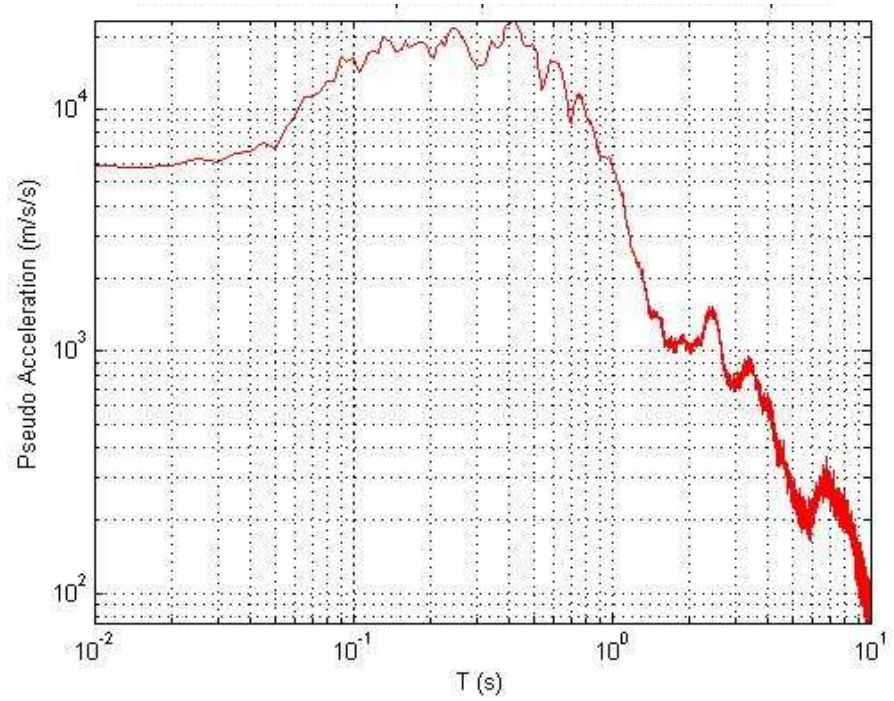


(a) 진동테이블의 가속도 스펙트럼

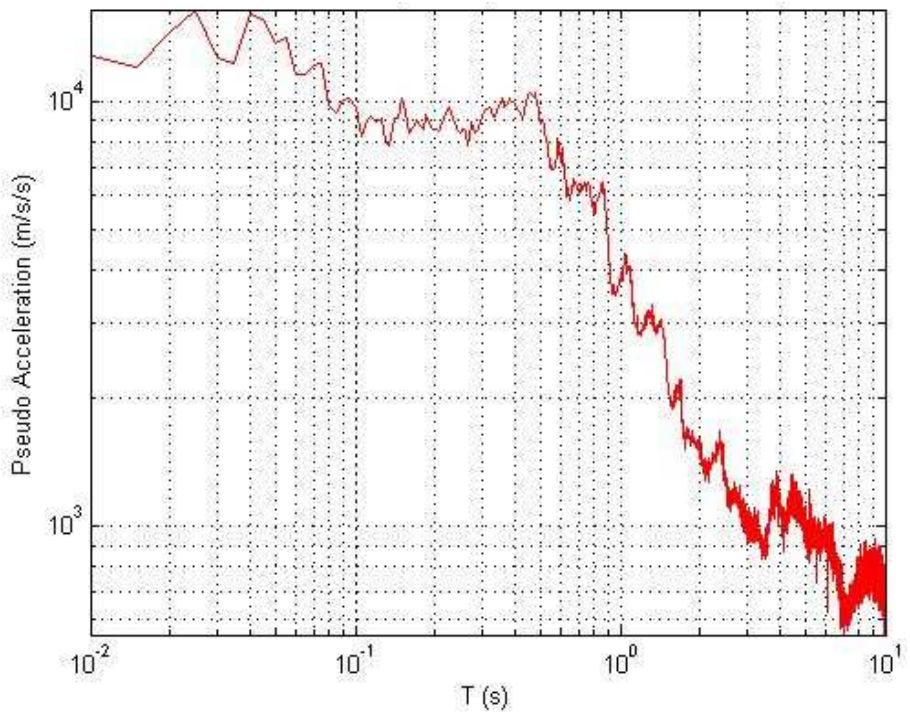


(b) 액세스플로어 상부 가속도 스펙트럼

[그림 3.95] 상부면:PTFE+하부면:불소수지코팅판 면진액세스플로어의 가속도 스펙트럼 비교

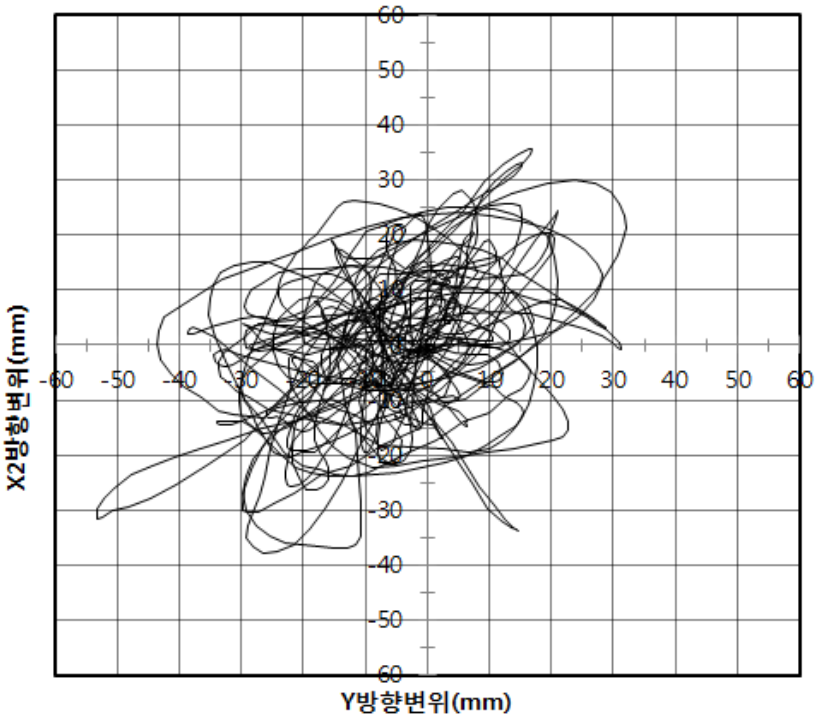


(a) 테이블 가속도 스펙트럼

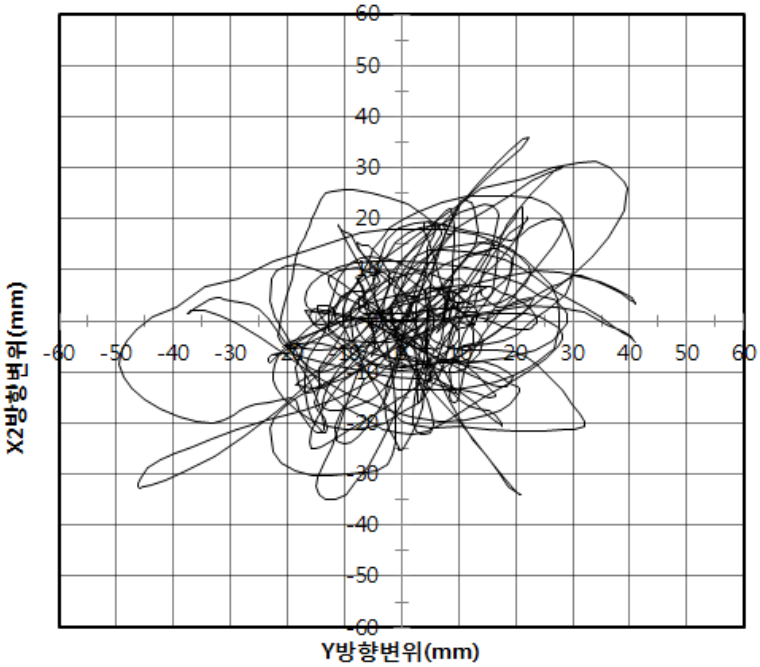


(b) 액세스플로어 상부 가속도 스펙트럼

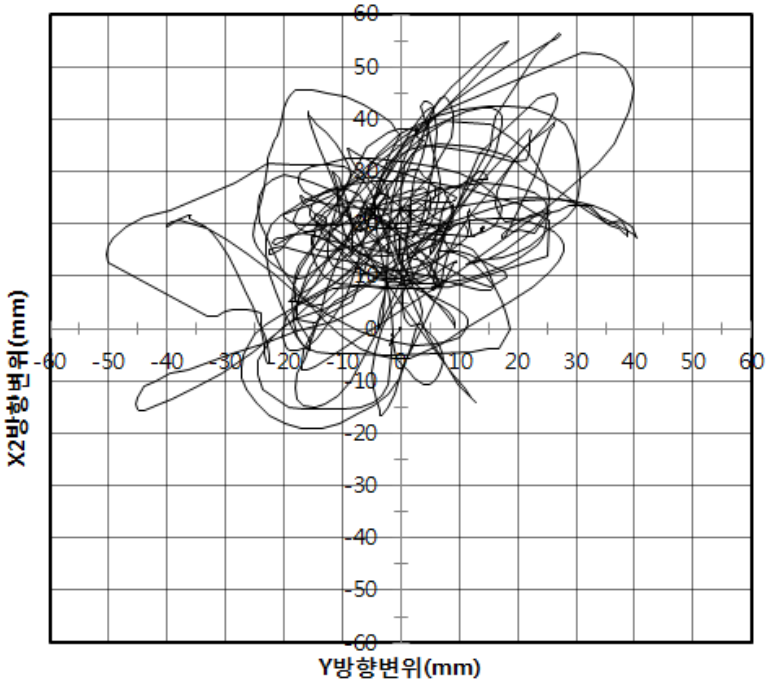
[그림 3.96] (상부면:PTFE+하부면:알루미늄판) 면진액세스플로어의 가속도 스펙트럼 비교



[그림 3.97] (상부면:PTFE+하부면:스테인레스) 면진액세스플로어의 변위



[그림 3.98] 상부면:PTFE+하부면:불소수지코팅판 면진액세스플로어의 변위



[그림 3.99] (상부면:PTFE+하부면:알루미늄판) 면진액세스플로어의 변위

[그림 3.97]~[그림 3.99]는 미끄럼 마찰장치의 종류에 따른 변위의 비교이다. 그림에서 나타난 바와 같이 PTFE+스테인레스의 경우 계획된 변위 50mm 이내의 안정된 거동을 나타내었으며, 인장스프링의 복원력이 효과적인 것으로 나타났다.

그러나 PTFE+알루미늄판이 설치된 실험체 3의 경우 실험초기에 미끄럼 마찰장치의 이동후에 원점으로 복원되지 못한 상태에서 실험이 진행됨에 따라 X방향에 대한 변위가 50mm 이상 발생하였으며, 실험종료 후에 미끄럼 마찰장치의 위치가 다소 이동되었다.

이러한 결과로부터 진동실험에 의한 내진성능평가는 용이하지 않았다. 그 이유는 몇 가지로 분석할 수 있다.

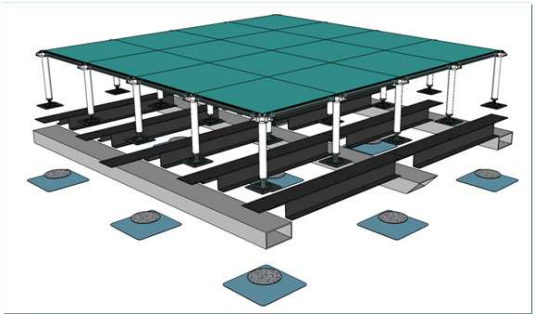
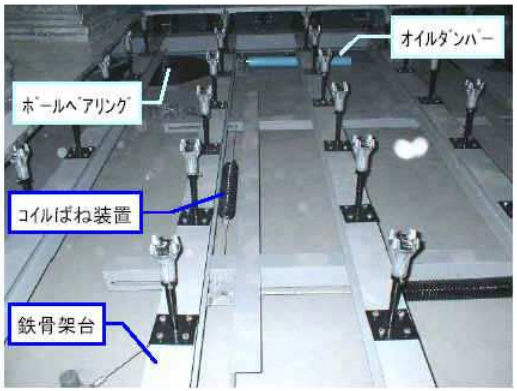
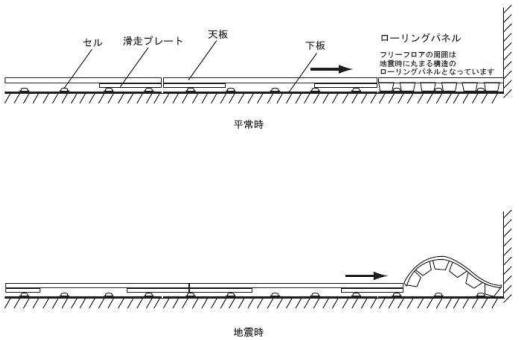
① 본 연구과제와 같은 액세스플로어, 면진테이블, 면진액세스플로어시스템과 같은 경우에는 실물과 동일한 실험체를 구성해야 하기 때문에 사용할 수 있는 대형진동실험실이 제한적이고, 진동대와 운영요원의 오퍼레이팅 미숙으로 실험계획 수립시 사전에 특성을 고려하기 어려운 점이 있었다.

② 구성제품을 진동대 상부에서 조립하여 가진하므로 일체적인 거동확보가 어려워 계측시에 노이즈성 가속도성분에 대한 필터링이 어렵다.

③ 진동실험실의 계측장비가 전반적으로 부족하여 한 번의 실험에서 진동특성을 파악하기 어려움이 있었다.

또한 진동중의 강성, 관성력, 감쇠 또는 가진 외력의 불규칙에 따라 연동하는 진동특성에 대해서는 본 연구개발과제 수행에서 습득한 귀중한 경험과 시행착오를 향 후 진동실험 등으로 규명해갈 예정이다.

9. 국내 · 외 기술과의 비교

	면진액세스플로어(에코닝)	바닥면진시스템(후지타)	면진프리플로어시스템(아이티 브레인, 일본)
		 施工中の免震床	
기술내용	미끄럼 마찰장치에 의한 진동저감 및 인장 스프링에 의한 복원	2차원 면진 볼베어링(하중지지), 코일용수철장치, 오일댐퍼 또는 점성댐퍼를 조합 철골가대 위 액세스플로어 설치	스레인레스제의 볼록곡면의 셀과 특수수지코팅의 활주플레이트사이에 미끄러지는 바닥면진시스템
장점	마찰미끄럼장치의 단순화에 의한 비용 및 설치기간 감소	댐퍼에 의한 감쇠 및 면진성능 우수	두께가 작고 시공 후에도 천장고가 변하지 않는다. 공사기간이 짧고 가격이 저렴 설치, 철거가 쉽다.
단점	면진성능의 지속적 개선필요	시공시 댐퍼 등의 설치에 의한 비용증가 장치구성이 복잡하여 설치기간 증가	상부에 액세스 플로어 설치가 어려움
차이점	기존 방식의 경우 볼베어링 타입 등으로 면진테이블 원리가 다르며, 본 기술과 같은 미끄럼 마찰장치에 의한 구조에 비해 형상 및 설치가 복잡함	–	–

제 6 절 시공지침 개발

1. 내진액세스플로어의 시공지침

내진액세스플로어 시방서

Eco-Floor-Steel

내진액세스플로어 SR-SES

2011. 04

KICTEP
한국건설교통기술평가원

(주) 에 코 닝
지진방재기술연구소

본 시방서는 국토해양기술연구개발 사업의 성과기술자료 이므로 무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 목 차 ■

1. 일반사항

1.1. 적용 범위 ·····
1.2. 관련 시방 ·····
1.3. 관련 규정 ·····
1.4. 용어 정의 ·····
1.5. 제출 서류 ·····
1.5.1. 설치 계획서 ·····
1.5.2. 제품 설계서 ·····
1.5.3. 설치 상세도 ·····
1.5.4. 품질 인증서 ·····
1.5.5. 견본 자료집 ·····
1.6. 품질 보증 ·····
1.7. 취급 요령 ·····
1.8. 작업 환경 ·····
1.9. 품질 관리 ·····

2. 자 재

2.1. STEEL PANEL & PEDESTAL ·····
2.1.1. 일반 사항 ·····
2.1.2. 품질 기준 ·····
2.1.3. 제품 제작 ·····

3. 설 치

3.1. 준비 ·····
3.2. 설치 ·····
3.3. 검사 ·····
3.4. 관리 ·····

1. 일반사항

1.1 적용 범위

이 절은 단위 패널과 지주로 구성된 이중 바닥재 설치 부위에 대하여 적용하고 그 범위는 관련 설계도서의 내용을 포함하며 이 시방 총칙의 해당 규정 사항이 적용된다.

1.2 관련 시방

(1) 건축공사 표준시방서 [국토해양부 2006] 13000 금속공사, 19000 수장공사, 22000 특수건축공사

(2) 건축전기설비공사 표준시방서 [국토해양부 2009] 제5장 옥내배선공사, 제10장 통신 및 약전설비공사

1.3 관련 규정

(1) 건축구조기준 [국토해양부 고시 제2009-1245호] 0306 지진하중

(2) KS F 4760 : 2008 이중 바닥재【Raised access floor】

(3) 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준【전파연구소 고시 제2008-46호】

(4) 전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】

1.4 용어 정의

(1) **전기통신** : 유선·무선·광선 및 기타의 전자적 방식에 의하여 부호·문언·음향 또는 영상을 송신하거나 수신하는 것을 말한다.

(2) **전기통신설비** : 전기통신을 하기 위한 기계·기구·선로 및 기타의 전기통신 및 주변운용에 필요한 설비를 말한다.

(3) **내진설비** : 전기통신을 하기 위한 전기통신설비가 지진 발생 이후에 수행해야 할 기능의 요건에 따라 각 기기에 부합되도록 결정한 내진성의 정도를 고려하여 설치하는 설비를 말한다.

(4) **이중 바닥재** : 전기통신을 하기 위한 전기통신설비를 설치하기 위하여 구조물 바닥 위에 일정한 공간을 형성시켜 전력·통신·정보 및 기타의 배선 또는 공조 등을 수용하기 쉬운 기능을 가진 단위 패널과 지주로 구성된 바닥재를 말하며, 이중 마루재라고도 말한다.

(5) **ACCESS FLOOR** : 패널의 치수가 600㎜X600㎜ 인 이중 바닥재를 말한다.

(6) **OA FLOOR** : 패널의 치수가 500㎜X500㎜ 인 이중 바닥재를 말한다.

(7) **구성재** : 이중 바닥재를 구성하는 패널과 지주를 말하며, 완충재 및 마감재를 포함한다.

(8) **SP형** : 대형 전산 기기나 정보 처리 장치, 그 밖의 특수 기기가 설치되는 공간 등에 주로 사용하는 것으로, **ACCESS FLOOR**(600㎜X600㎜)를 주로 설치하며 국부압축시험에서 4,900N의 하중을 적용한다.

(9) **R형** : 사무 자동화 공간이나 일반 업무용 공간 등에 주로 사용하는 것으로, **OA FLOOR**(500㎜X500㎜)를 주로 설치하며 국부압축시험에서 2,940N의 하중을 적용한다.

1.5 제출 서류

1.5.1 설치 계획서

다음 각 사항이 포함된 설치계획서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 작업개요
작업개요·작업조건·작업범위 및 작업공정 등

(2) 관리조직
설치자·제조자 또는 공급자의 역할분담 등

(3) 제품개요
이중 바닥재의 성능, 종류, 바탕, 보호, 마감 등

(4) 품질관리
1.6 품질 보증 및 1.9 품질 관리 에 의한 보증 및 관리 등

(5) 양생계획
타 작업에 의한 손상 방지 및 작업 중단 시의 대책 등

(6) 가설계획
1.7 취급 요령에 의한 운반, 보관, 취급 등에 관한 계획 등

(7) 환경계획
1.8 작업 환경을 포함한 안전·위생·환경 및 유지관리 계획 등

1.5.2 제품 설계서

「전기통신설비의 내진 시험방법」제5조에 의하여 제품을 설치하고자 하는 건축물등급, 지역계수 및 지반분류를 이용하여, 「건축법」제48조 3항 및 「건축물의 구조 등에 관한 규칙」제3조 1항에 의한 「건축구조설계기준」0306.지진하중에 따라 지진응답가속도를 산정하고 내진대책 대상 장비 제원 등에 따라서 허용변위를 설정하여 해석검증하고, 「전기통신설비의 내진 시험방법」제14조 제2항에 의하여 다음 사항을 포함한 제품설계서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 해석검증 방법 및 검증결과

(2) 입력 및 출력 데이터와 적용된 해석모델

(3) 지지구조물 연결부의 반발력 및 고정부(앵커링)와 기타 연결 부분들에 대한 경계조건

1.5.3 설치 상세도

주요 상세가 필요한 부위의 설치 상세도를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.4 품질 인증서

한국산업규격 또는 부품·소재 신뢰성 인증자재를 사용하여 품질경영시스템 인증공장에서 제품제작을 하여야 하며, 「전기통신 설비의 내진 시험방법」제14조 및 제15조에 의한 시험검증 결과 등 1.3 관련규정에 의한 품질인증 관련서류를 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.5 견본 자료집

제품 선정 및 확인을 위해 견본 및 자료 등을 담당원에게 제출하여야 한다.

1.6 품질 보증

(1) 작업의 품질보증을 위해 설치 전 설계도서와 현장여건의 이상 유무를 충분히 파악하여 작업 착수에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(2) 작업의 품질보증을 위해 바닥면적 3㎡이상의 시험설치를 하여야 하며 이 시험설치 부위는 작업의 일부분으로 간주한다.

(3) 작업의 품질보증을 위해 관련 시방 및 규정 등의 기준에 적합하게 설치 전·후 및 설치 과정을 기록하여 소정의 품질이 확보되고 있다는 것을 항상 확인하고 관리하여야 한다.

1.7 취급 요령

(1) 제품 확인이 가능하도록 포장된 상태로 반입하여야 하며, 설치 부위와 가까운 장소에 적재하중 600㎏/㎡이하, 적재높이 1.2m이하로 분산하여 보관하고 주변에는 안전시설을 설치하여야 한다.

(2) 제품 보관 및 취급에 있어서는 온도 5℃ 이상, 습도 75% 이하의 조건에서 빗물, 이슬이나 직사광선이 닿지 않는 장소에서 가급적 습기의 영향을 받지 않고 통풍이 잘되는 장소에 보관하여야 한다.

(3) 제품은 패널 및 부속 자재가 손상되지 않도록 주의하여 운반, 보관하여야 하고, 손상된 제품은 즉시 장외로 반출하여야 한다.

1.8 작업 환경

(1) 기온이 5℃미만으로 현저하게 낮고, 바탕이 동결되어 설치에 지장이 있다고 예상되는 경우에 작업를 하여서는 안 된다. 다만 적절한 보온 조치를 취할 경우에는 담당원과 협의를 한 후 주의하여 설치하여야 한다.

(2) 강풍 및 고온, 고습일 때는 설치에 세심한 주의를 하여야 한다.

(3) 안전·위생 등의 작업환경에 적합하게 환기·채광 및 인공조명 설비를 갖추어야 한다.

(4) 전·후 과정의 관련 작업 연속성을 고려하고, 타 작업 관계자와 긴밀한 협의를 하여 전체 작업에 지장을 주어서는 안 되며, 특히 바닥 배선 및 공조 작업 등과는 작업 전 충분한 협의를 한 후 설치하여야 한다.

(5) 작업 종료 후 만일의 사고 등을 대비한 유지관리 계획을 수립하고, 담당원과 긴밀한 협의를 하여 유지관리에 지장을 주어서는 안 된다.

1.9 품질 관리

(1) 공장에서의 품질관리는 KS F 4760:2008 이중 바닥재【Raised access floor】에 의한 품질기준에 적합하도록 관리하여 합격품에 한하여 현장에 반입하여야 한다.

(2) 현장에서의 품질관리는 2. 제품의 품질기준 항목에 따라 3. 설치의 검사 기준에 적합하도록 실시하고 특히, 작업 착수 전에 설치 부위의 마감 상태를 사전에 점검하여 작업에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(3) 제품 반입 시에는 종류·규격·반입량·제조자명·공급자명 및 제조 년월일 등이 설치계획서에 기재된 내용과 일치하는지를 담당원 입회하에 검수를 받고 현장에 반입하여야 한다.

2. 자재

2.1 STEEL PANEL & PEDESTAL

2.1.1 일반사항

(1) 패널에 사용되는 KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금도금 강판은 알루미늄의 장기내구성과 아연의 희생방식성을 이상적으로 겸비한 고내열성·고내식성·열반사성 및 내열성이 우수한 재질이면서, 친환경적 요소인 유해물질저감·실내공기오염저감·유효자원재활용 및 자원절약 등을 할 수 있는 제품으로서 아래의 장점을 갖추어야 한다.

①. 고내식성을 제공하기 위해 합금도금층 위에 유기피막으로 처리한 자재.
②. 아연의 희생방식성으로 인한 패널 절단면에서도 녹 발생이 없는 자재.
③. 315℃ 고온에서도 표면 변색 및 산화 없이 장기간 사용 가능한 자재.
④. 패널 표면이 미려하고 내스크래치성을 제공하는 우수한 내구성 자재.
⑤. 100% 자원재활용 및 환경유해물질의 배출이 없는 친환경적인 자재.
⑥. 열반사성이 우수하여 고 에너지효율을 제공하는 에너지절감형 자재.

(2) 합금도금강판의 중량비 및 용적비는 아래와 같이 조성되어야 한다.

조 성	중량비(%)	용적비(%)	특 성
알루미늄	55.00	80.00	장기내구성
아 연	43.40	19.00	희생방식성
실 리 콘	1.60	1.00	내열성

(3) OA FLOOR 패널의 상부철판 하부에는 물리적 특성과 내후성이 우수한 경질의 화학수지와 차음 성능이 우수한 연질의 화학수지를 복합시키고 기능성 충전제 및 가소제, 안정제 등의 첨가제를 배합하여 차음성능이 뛰어나게 만들어 충격 흡수성, 내수성, 내후성이 우수한 수지계열의 차음시트를 삽입하여 공명현상을 방지할 수 있어야 한다.

(4) 패널의 가장자리를 180°벤딩 처리하여 단면을 키워 장기적인 사용에도 패널의 휨 현상을 방지할 수 있어야 하고, 패널과 패널 사이에서 발생할 수 있는 소음과 충격을 감소시키기 위한 EDGE TRIM을 장착하여 기밀성 및 탈착방지 시스템의 역할을 하여야 한다.

(5) 지주의 헤드 플레이트와 패널의 코너부분을 결속하기 위하여 헤드 플레이트 코너부분을 90°벤딩 처리하여 진동에 의한 패널의 탈락을 방지할 수 있어야 한다.

(6) 패널 생산 공정상의 유해물질 발생을 근절시키고 사용상에서도 유해물질 및 건축 폐기물 발생이 없도록 패널 내외부의 도장 공정 및 패널 내부의 무기질 충진 공정이 없는 제품이어야 한다.

(7) 패널은 KS F 4760 : 2008 이중 바닥재【Raised access floor】에 의한 한국 산업규격 표시 인증을 받은 제품을 사용하여야 한다.

(8) 패널과 지주는 전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】에 의한 내진 시험검증에 따른 성능기준에 적합한 제품을 사용하여야 한다.

2.1.2 품질기준

(1) STEEL 이중 바닥재의 각 구성재 규격과 재질은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	품 명		규 격	재 질	비고
패널 (PANEL)	상부철판 (Top Steel Plate)	SP형	614.4×614.4×1.6T	KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판	
		R형	518.4×518.4×1.2T		
	하부철판 (Bottom Steel Plate)	SP형	670.0×670.0×1.5T	KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판	
		R형	560.0×560.0×1.2T		
	차음시트 (DAMPING SHEET)		475.0×475.0×1.5T	PDS 수지계	R형
	리벳 (RIVET)		AL-∅10×M6×9.0L	ALUMINUM	
	마감타일 (SURFACE TILE)		590.0×590.0×3.0T	KS M 3802 비닐계바닥재(전도성)	SP형
	접착제 (ADHESIVE)		8.0kgf/㎠	KS F 3218 비닐계바닥재용접착제	
	EDGE TRIM		ㄷ 5.0×600×3.0T	PVC 폴리염화비닐	SP형
지주 (PEDESTAL)	완충재 (GASKET)		PVC 폴리염화비닐		
	헤드 플레이트 (HEAD PLATE)		KS D 3512 SPCC 냉간압연강판		설계지진력에 따라 두께 및 크기 결정
	수평 연결대 (STRINGER)		KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판		
	헤드 볼트 (HEAD BOLT)		KS D 3752 기계구조용탄소강제		
	보강 연결대 (REINFORCED BAR)		KS D 3566 일반구조용 탄소강관		
	연결 플레이트 (CONNECTOR PLATE)		KS D 3512 SPCC 냉간압연강판		
	파이프 캡 (PIPE CAP)		PE 폴리에틸렌		
	지주 파이프 (PEDESTAL PIPE)		KS D 3566 일반구조용 탄소강관		
	나사 (SCREW)		KS D 3752 기계구조용탄소강제		
	지주 베이스 (BASE PLATE)		KS D 3512 SPCC 냉간압연강판		

(2) STEEL 이중 바닥재의 완제품 항목별 성능은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	항 목	ACCESS FLOOR SP형	OA FLOOR R형	비고
패널 (PANEL)	치수 (SIZE)	600.0×600.0×32.0T	500.0×500.0×23.0T	마감제외
	중량 (WEIGHT)	30.0kg/㎡	22.5kg/㎡	마감제외
지주 (PEDESTAL)	설계층고 (DESIGN HEIGHT)	297.0~897.0	145.0~245.0	마감제외
	배선공간 (WIRING SPACE)	165.0~/865.0	122.0~222.0	
	중량 (WEIGHT)	8.0~14.0kg/㎡	6.0~8.0kg/㎡	마감제외
설계하중 (DESIGN LOAD)		600.0kgf/㎡	400.0kgf/㎡	마감제외
사용하중 (ULTIMATED LOAD)		1,500.0kgf/㎡	1,000.0kgf/㎡	마감제외
내진성능 (QUAKE RESISTANCE)		5,000N/㎡ 0.3G~0.8G	5,000N/㎡ 0.3G~0.8G	

(3) STEEL 이중 바닥재의 한국 산업규격 성능은 다음과 같다.

항 목	품 질	비고
길 이	치수의 허용차는 각 변 길이의 **±0.5mm** 이하이어야 한다.	
직 각 도	한 변 길이의 **0.1%** 이하이어야 한다.	
평 탄 도	주변부에서 **1.0mm** 이하이어야 한다. 중앙 및 그 밖의 부위에서 **2.0mm** 이하이어야 한다.	
내 국압성	R형 : 국부 압축 하중 **2,940N** 에서 **4.0mm** 이하의 변형량 이어야 한다. SP형 : 국부 압축 하중 **4,900N** 에서 **4.0mm** 이하의 변형량 이어야 한다.	
내 충격성	갈라짐이나 균열이 발생하지 않아야 한다.	
내 연소성	잔염 시간이나 잔진 시간이 **0** 이어야 한다.	해당없음
대 전 성	인체 대전압 **Vp<3000V** 이어야 한다.	
누설저항성	저항값은 $1\times10^{5}\Omega < R < 2\times10^{10}\Omega$ 이상이어야 한다.	
내 식 성	도막의 밀착성 등급은 **4B** 이상이어야 한다. 염수 분무 시험에 의한 도장면의 변형이나 들뜸이 없어야 한다.	

(4) STEEL 이중 바닥재의 전기통신설비의 내진시험 판정기준은 다음과 같다.

항 목	판 정 기 준	비고
시험 전·후와 시험 중 시험대상설비의 통신신호 전송상태	지장 없어야 함	
시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위 폭	**75.0mm** 이하	
시험대상설비의 전복 또는 전도	전복·전도 없어야 함	
시험대상설비의 바닥 고정부 이탈	이탈 없어야 함	
설치된 구성품의 이탈	이탈 없어야 함	
시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손	변형·파손 없어야 함	
액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	이탈 없어야 함	
앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	균열·변형·절단 없어야 함	
기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	변형·파손 없어야 함	

2.1.3 제품 제작

(1) **패널 (PANEL)**

① 상부철판을 정사각형으로 1차 가공 시 하판을 감싸 벤딩 처리할 수 있게 네 변의 모서리에 귀따기 및 리벳조립용 ∅6의 HOLE 25개소를 가공하며 90°밴딩 처리한다.

② 하부철판을 1차 500TON 이상의 유압프레스에서 반복되는 집중하중 및 동하중에 견딜 수 있는 팔각형 돔 구조 25개소를 성형한다.

③ 1차 성형이 완성된 하판을 정사각형으로 트리밍 하면서 상판과 리벳팅 결합이 되도록 리벳조립용 ∅6의 HOLE 25개를 펀칭(PUNCHING)한다.

④ 2차 트리밍이 완성된 하판은 헤드플레이트와 결합이 되도록 하판의 네 귀퉁이에 32mm×4mm 의 직사각형 홀을 펀칭한다.

⑤ 상 하판의 공정이 완료된 패널은 상판 속으로 하판을 끼워 넣은 후 자동 리벳공급기로 이송하여 25개의 리벳을 삽입하고 자동 클램핑 금형에서 450톤 유압프레스로 리벳팅 및 압착한다.

⑥ 상기 제작된 패널은 용융 55%알루미늄-아연합금도금 강판으로 페인트 공정이 생략되어 일정수량으로 포장 및 마감재 부착을 위해 대기 한다.

⑦ 마감재 부착형의 지정 사양 타일과 패널 상판에 본드를 고르게 도포하여 건조로에서 일정 시간을 건조, 부착 후 타일의 들뜸, 탈착 현상을 방지하기 위해 타일압착기(로울러 또는 프레스)로 일정 압을 가하여 압착하며, 패널 가장자리 4변에 EDGE TRIMM의 삽입이 가능하도록 일정 치수를 확보한다.

⑧ 마감재 부착형의 EDGE TRIM은 아래 부분에 후크구조로 성형되어 있어, 패널의 가장자리 4변에 끼워서 탈착되지 않게 마감한다.

⑨ PANEL의 가공치수 및 타일의 부착 상태 등을 최종 점검 확인한다.

(2) **지주 (PEDESTAL)**

① 헤드는 패널의 조립이 용이하게 1차 +자형으로 성형하고 2차로 패널의 코너부분과 탈착되지 않도록 코너 부분을 11㎜수직으로 벤딩 처리하고, 조립을 위한 4개의 M6 HOLE 과 나사산을 가공하여 헤드 볼트를 압입 후 압착한다.

② 지주 베이스는 블랭킹하여 본드 분출구로 4개의 HOLE과 함께 힘받이 구조로 성형하고, 조립을 위한 4개의 M6 HOLE을 피어싱하고 SCREW조립을 위한 나사산을 가공한다.

③ 지주 파이프는 높이에 따라 절단하여 완성된 지주 베이스에 90도 직각으로 압입 후 지주 베이스에 밴딩 압착하고 상부에 파이프 캡을 끼워 넣어 완성한다.

④ 파이프 캡은 금형에 의하여 압출 성형한 후 헤드 볼트와 결합을 위하여 볼트에 맞도록 나사산을 가공한다.

⑤ 수평 연결대는 ㄇ 형태의 힘받이 구조로 성형하여 완성하고 지주의 간격을 유지할 수 있도록 양단에 헤드 플레이트와의 조립용 HOLE을 피어싱하고 SCREW조립을 위한 나사산을 가공한다.

⑥ 보강 연결대는 PIPE를 재단한 후 유압프레스로 양쪽 끝부분 40㎜를 압착하며 연결 플레이트와의 조립을 위해 1차 5㎜를 90°밴딩 처리하고 2차로 2개의 타원형 M6 HOLE 을 가공한다.

⑦ 연결 플레이트는 ⊕형으로 가공한 후 가장자리를 90°밴딩과 보강 연결대를 연결할 수 있는 20㎜×3㎜의 직사각형 홀 및 M6 HOLE 과 나사산을 가공하고 가운데 홀에는 헤드 볼트와 결합할 수 있도록 볼트에 맞게 나사산을 가공한다.

⑧ 패널 설치시 패널과 헤드사이에서 발생되는 소음을 방지하고 충격흡수를 위하여 금형에 의해 사출 성형한 가스켓을 헤드 플레이트에 설치한다.

3. 설치

3.1 준비

(1) 패널 설치 작업은 천정, 벽 등의 마감 및 배관, 배선 등의 설비 작업이 완료된 상태에서 하는 것이 원칙이며, 일정상 타 작업과 동시에 작업할 경우에는 담당원 및 작업 관계자와 사전에 패널 보양 관계 등을 협의한 후 작업에 착수하여야 한다.

(2) 설치 부위 바닥과 벽체의 평활도 및 수직도를 미리 확인하고, 설치 중에 타 작업과 발생할 수 있는 문제를 사전에 파악하여 작업 관계자와 협의하여야 한다.

(3) 설치 부위 바닥의 표면 온도는 5℃ 이상이어야 하며 습도는 75%를 초과하지 말아야 하고 실내는 온도와 습도의 과다한 변화가 없도록 충분한 환기가 되어야 한다.

(3) 설치 부위에는 장애물 및 지장물이 없어야 하며, 분진 및 불순물을 제거하여 청결이 유지 되어야 한다.

(4) 설치 부위 바닥이 균열 등으로 틈새가 벌어진 표면은 패널과 바닥 사이에 습기가 발생할 수 있으므로 이러한 현장 여건에서는 작업을 진행하여서는 안 된다.

(5) 설치 부위의 패널 상부에 중량물의 장비나 기기의 설치가 예상될 경우에는 사전에 담당원과 협의하여 구조적인 문제를 해결하고 작업을 진행하여야 한다.

3.2 설치

(1) 패널 설치 전에 작업 부위를 실측한 후, 현장 여건에 맞추어 가장 경제적인 기준점을 정한 후 설계 도서를 기본으로 실내 평면상 좌우 대칭이 되도록 절단부위의 마감을 고려하여 줄눈 나누기 작업을 진행한다.

(2) 지주의 설치 높이를 확인할 수 있는 수평기를 설치하고, 줄눈 나누기의 지주 위치에 정확하게 맞추어 지주 베이스 바닥에 접착제를 도포하여 일정 간격으로 지주를 설치한다.

(3) 설치된 지주 위에 헤드 플레이트의 수평을 맞추고, 패널과 헤드 플레이트 사이의 소음을 최대한 방지하고 충격 흡수를 위하여 가스켓을 안착한 후, 수평 연결대를 설치하면서 정 규격의 패널을 설치한다.

(4) 정 규격 패널의 설치가 완료되면, 설치된 정 규격 패널의 간격, 이동, 수평 등을 확인한 후 지주의 수직을 유지하며 부분적인 이동 및 수정을 한다.

(5) 벽면, 기둥, 코너 및 기기 주변 등의 마감 부위는 설치된 정 규격 패널을 기준으로 하여 절단 패널 1매당 최소 2곳 이상의 치수를 측정한 후, 정밀 가공하여 벽면 등과의 틈새가 최소화되도록 설치하여야 하며, 특히 패널 절단면과 접촉하는 전선의 피복이 손상하지 않도록 GRINDING 작업을 통해 패널의 날카로운 모서리를 부드럽게 가공한 후 설치하여야 한다.

(6) 패널 설치 후, 계단 및 경사로 설치 부분 등과, BOX류 및 GRILL류 등의 설치를 위한 패널 절단이 필요한 부분 등은 담당원 및 공사 관계자와 협의를 한 후 지정한 위치에 최종 마감 작업을 고려하여 설치하여야 한다.

3.3 검사

(1) 작업 완료 후, 잔여자재 및 폐자재 등을 장외 반출하고 설치 부위를 청결히 한 다음에 담당원에게 검사를 받아야 하고, 만약 불합격이 발생하는 경우에는 적절한 조치를 강구하여 소정의 성능을 만족하도록 신속히 조치하여야 한다.

(2) 검사 완료 후 지주의 접착제가 응고될 때까지 48시간 정도는 사람의 통행 및 사물의 이동을 통제하여 시공 부위의 초기 품질 확보를 하여야 한다.

3.4 관리

이중 바닥재 부분은 건축 마감의 한 부분이므로 반드시 치명적인 손상을 방지하고 규정 이상의 과적을 피해야 하며 유지 관리를 위하여 다음 사항을 반드시 지켜야 한다.

(1) 중량물의 장비 및 기기 반입 시에는 합판 또는 기타 보양재로 패널을 보양한 후, 이동 및 설치 작업을 하여야 한다.

(2) 이중 바닥재의 해당 규격 하중을 초과한 장비 및 기기를 설치할 때에는 사전에 충분히 협의한 후, 패널 하부에 추가 보강 조치를 하여야 한다.

(3) 장비 및 기기의 이동시 과다한 집중하중 및 구름하중(동하중)에 주의하여 이동하여야 하며, 특히 순간적인 충격을 주어서는 안 된다.

(4) 패널의 개폐 시에는 고무 LIFTER로 패널 가장자리를 살짝 들어 올린 후 양손으로 들어내어야 하며, 패널에 손상을 입히는 드라이버 등으로 개폐 하여서는 안 된다.

(5) 패널 하부의 배선 및 배관 작업 등을 위하여 다량의 패널을 해체할 시에는 한 번에 최소량의 패널을 해체하여야 하고, 구역이 넓을 경우에는 작업 책임자가 최소한의 구역을 정하여 구역별로 이동하여 안전하게 작업을 진행하여야 한다.

(6) 해체 패널을 재설치 할 경우 제자리의 제 방향으로 고무 LIFTER를 사용하여 패널 가장자리부터 충격을 주지 말아야 하고, 만약 지주의 이동이 있었다면 반드시 원 위치에 고정하여 설치하여야 한다.

(7) 이중 바닥재 하부 배선에는 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 하부에 배관, 몰드, 덕트 등을 사용하여 보호하는 경우에는 절연 전선을 사용할 수 있다.

(8) 이중 바닥재 하부 배선은 바닥이 건조한 장소로서 점검이 가능한 곳이어야 한다. 특히, 냉방으로 인한 결로 등으로 수분이 생길 수 있는 경우는 수분의 제거 또는 경보장치를 설치하여야 한다.

(9) 패널 청소 시 마감재가 전도성 타일이면 전도 유지를 위해 전도성 왁스로 이물질을 깨끗이 제거 한 후, 마른 걸레로 잔여분을 닦아내야 하며, 특히 패널 마감 타일면의 물청소는 타일 들뜸 현상 등이 발생될 우려가 있으므로 피하여야 한다.

면진테이블 시방서

Eco-Table-Steel

면진테이블시스템 ITS-30(40)

2011. 04

KICTEP
한국건설교통기술평가원

(주) 에 코 닝
지진방재기술연구소

본 시방서는 국토해양기술연구개발 사업의 성과기술자료 이므로 무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 목 차 ■

1. 일반사항

1.1. 적용 범위 ·····
1.2. 관련 시방 ·····
1.3. 관련 규정 ·····
1.4. 용어 정의 ·····
1.5. 제출 서류 ·····
1.5.1. 설치 계획서 ·····
1.5.2. 제품 설계서 ·····
1.5.3. 설치 상세도 ·····
1.5.4. 품질 인증서 ·····
1.5.5. 견본 자료집 ·····
1.6. 품질 보증 ·····
1.7. 취급 요령 ·····
1.8. 작업 환경 ·····
1.9. 품질 관리 ·····

2. 자 재

2.1. PANEL & 요소부품 ·····
2.1.1. 일반 사항 ·····
2.1.2. 품질 기준 ·····
2.1.3. 제품 제작 ·····

3. 설 치

3.1. 준비 ·····
3.2. 설치 ·····
3.3. 검사 ·····
3.4. 관리 ·····

1. 일반사항

1.1 적용 범위

이 절은 단위 패널과 블록으로 구성된 면진테이블 설치 부위에 대하여 적용하고 그 범위는 관련 설계도서의 내용을 포함하며 이 시방 총칙의 해당 규정 사항이 적용된다.

1.2 관련 시방

(1) 건축공사 표준시방서 [국토해양부 2006] 13000 금속공사, 19000 수장공사, 22000 특수건축공사

(2) 건축전기설비공사 표준시방서 [국토해양부 2009] 제5장 옥내배선공사, 제10장 통신 및 약전설비공사

1.3 관련 규정

(1) 건축구조기준 [국토해양부 고시 제2009-1245호] 0306 지진하중

(2) KS F 4760 : 2008 이중 바닥재【Raised access floor】

(3) 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준【전파연구소 고시 제2008-46호】

(4) 전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】

1.4 용어 정의

(1) **전기통신** : 유선·무선·광선 및 기타의 전자적 방식에 의하여 부호·문언·음향 또는 영상을 송신하거나 수신하는 것을 말한다.

(2) **전기통신설비** : 전기통신을 하기 위한 기계·기구·선로 및 기타의 전기통신 및 주변운용에 필요한 설비를 말한다.

(3) **내진설비** : 전기통신을 하기 위한 전기통신설비가 지진 발생 이후에 수행해야 할 기능의 요건에 따라 각 기기에 부합되도록 결정한 내진성의 정도를 고려하여 설치하는 설비를 말한다.

(4) **면진테이블** : 지진동 발생 시 지진동을 경감시키는 감쇠기능을 가진 내진설비를 말한다.

(5) **모듈** : 상하부 패널과 요소부품으로 결합하여 구성되는 면진테이블 단위「개」의 규격을 말한다.

(6) **세트** : 단위 모듈을 2개 이상 연결하여 사용하는 경우의 단위를 말한다.

(7) **구성재** : 면진테이블을 구성하는 패널과 요소부품을 말하며 부속자재를 포함한다.

(8) **단독형** : 전기통신설비를 수용하는 통신장비, 전원설비 등을 개별적으로 한 대씩 수용하기 위해 단위 모듈을 1~2개 이용하여 설치되는 면진테이블 세트를 말한다.

(9) **확장형** : 전기통신설비를 수용하는 통신장비, 전원설비 등을 연속적으로 여러 대를 수용하기 위해 단위 모듈을 2개 이상 이용하여 설치되는 면진테이블 세트를 말한다.

1.5 제출 서류

1.5.1 설치 계획서

다음 각 사항이 포함된 설치계획서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 작업개요
작업개요·작업조건·작업범위 및 작업공정 등

(2) 관리조직
설치자·제조자 또는 공급자의 역할분담 등

(3) 제품개요
면진테이블의 성능, 종류, 바탕, 보호, 마감 등

(4) 품질관리
1.6 품질 보증 및 1.9 품질 관리 에 의한 보증 및 관리 등

(5) 양생계획
타 작업에 의한 손상 방지 및 작업 중단 시의 대책 등

(6) 가설계획
1.7 취급 요령에 의한 운반, 보관, 취급 등에 관한 계획 등

(7) 환경계획
1.8 작업 환경을 포함한 안전·위생·환경 및 유지관리 계획 등

1.5.2 제품 설계서

「전기통신설비의 내진 시험방법」제5조에 의하여 제품을 설치하고자 하는 건축물등급, 지역계수 및 지반분류를 이용하여, 「건축법」제48조 3항 및 「건축물의 구조 등에 관한 규칙」제3조 1항에 의한 「건축구조설계기준」0306.지진하중에 따라 지진응답가속도를 산정하고 내진대책 대상 장비 제원 등에 따라서 허용변위를 설정하여 해석검증하고, 「전기통신설비의 내진 시험방법」제14조 제2항에 의하여 다음 사항을 포함한 제품설계서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 해석검증 방법 및 검증결과

(2) 입력 및 출력 데이터와 적용된 해석모델

(3) 지지구조물 연결부의 반발력 및 고정부(앵커링)와 기타 연결 부분들에 대한 경계조건

1.5.3 설치 상세도

주요 상세가 필요한 부위의 설치 상세도를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.4 품질 인증서

한국산업규격 또는 부품·소재 신뢰성 인증자재를 사용하여 품질경영시스템 인증공장에서 제품제작을 하여야 하며, 「전기통신 설비의 내진 시험방법」제14조 및 제15조에 의한 시험검증 결과 등 1.3 관련규정에 의한 품질인증 관련서류를 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.5 견본 자료집

제품 선정 및 확인을 위해 견본 및 자료 등을 담당원에게 제출하여야 한다.

1.6 품질 보증

(1) 작업의 품질보증을 위해 설치 전 설계도서와 현장여건의 이상 유무를 충분히 파악하여 작업 착수에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(2) 작업의 품질보증을 위해 1세트 이상의 시험설치를 하여야 하며 이 시험설치 부위는 작업의 일부분으로 간주한다.

(3) 작업의 품질보증을 위해 관련 시방 및 규정 등의 기준에 적합하게 설치 전·후 및 설치 과정을 기록하여 소정의 품질이 확보되고 있다는 것을 항상 확인하고 관리하여야 한다.

1.7 취급 요령

(1) 제품 확인이 가능하도록 포장된 상태로 반입하여야 하며, 설치 부위와 가까운 장소에 적재하중 600㎏/㎡이하, 적재높이 1.2m이하로 분산하여 보관하고 주변에는 안전시설을 설치하여야 한다.

(2) 제품 보관 및 취급에 있어서는 온도 5℃ 이상, 습도 75% 이하의 조건에서 빗물, 이슬이나 직사광선이 닿지 않는 장소에서 가급적 습기의 영향을 받지 않고 통풍이 잘되는 장소에 보관하여야 한다.

(3) 제품은 패널 및 부속 자재가 손상되지 않도록 주의하여 운반, 보관하여야 하고, 손상된 제품은 즉시 장외로 반출하여야 한다.

1.8 작업 환경

(1) 기온이 5℃미만으로 현저하게 낮고, 바탕이 동결되어 설치에 지장이 있다고 예상되는 경우에 작업를 하여서는 안 된다. 다만 적절한 보온 조치를 취할 경우에는 담당원과 협의를 한 후 주의하여 설치하여야 한다.

(2) 강풍 및 고온, 고습일 때는 설치에 세심한 주의를 하여야 한다.

(3) 안전·위생 등의 작업환경에 적합하게 환기·채광 및 인공조명 설비를 갖추어야 한다.

(4) 전·후 과정의 관련 작업 연속성을 고려하고, 타 작업 관계자와 긴밀한 협의를 하여 전체 작업에 지장을 주어서는 안 되며, 특히 바닥 배선 및 공조 작업 등과는 작업 전 충분한 협의를 한 후 설치하여야 한다.

(5) 작업 종료 후 만일의 사고 등을 대비한 유지관리 계획을 수립하고, 담당원과 긴밀한 협의를 하여 유지관리에 지장을 주어서는 안 된다.

1.9 품질 관리

(1) 공장에서의 품질관리는 부품·소재 신뢰성 인증자재를 사용하여 품질경영시스템 인증공장에서 품질기준에 적합하도록 관리하여 합격품에 한하여 현장에 반입하여야 한다.

(2) 현장에서의 품질관리는 2. 제품의 품질기준 항목에 따라 3. 설치의 검사 기준에 적합하도록 실시하고 특히, 작업 착수 전에 설치 부위의 마감 상태를 사전에 점검하여 작업에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(3) 제품 반입 시에는 종류·규격·반입량·제조자명·공급자명 및 제조 년월일 등이 설치계획서에 기재된 내용과 일치하는지를 담당원 입회하에 검수를 받고 현장에 반입하여야 한다.

2. 자재

2.1 PANEL & 요소부품

2.1.1 일반사항

(1) 면진테이블은 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준 제5조 규정과 관련하여 전기통신설비의 기술기준을 만족하기 위하여 『전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】』에 따라 시험검증을 받은 제품을 사용하여야 한다.

(2) 면진테이블에 적용되는 요소 부품은 면진테이블의 신뢰성 인증과는 별개로 리니어 모션 가이드와 같은 부품·소재 신뢰성 인증 등을 받은 제품을 사용하여야 한다.

(3) 상하부 패널에 사용되는 도장은 물질안전 보건자료(MSDS)에 적합한 분체도료를 사용하여야 한다. 면진테이블에 적용된 분체도장의 시험항목 및 결과는 다음과 같다.

시험항목	시 험 방 법	결 과
부 착 성	CROSS-CUT 100/100, 1㎜ 간격	100/100
내충격성	DUPONT IMPACT TESTER, ∅1/2"	1kg×30㎝
내 식 성	5% SALT SPRAY 240h	양호
내굴곡성	MANDREL TESTER	양호

2.1.2 품질기준

(1) 면진테이블 모듈 03형의 각 구성재 규격과 재질은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	품 명	규 격	재 질	비 고
패널(PANEL)	상부 패널 (TOP PANEL)	300×1000×34.5T	KS D 3512 냉간압연 강판, 강대 및 일반구조용 압연강재 KS D 3503 일반구조용 압연강재	ITS-0310 기준
	하부 패널 (BOTTOM PANEL)	260×960×31.6T	KS D 3512 냉간압연 강판, 강대 및 일반구조용 압연강재 KS D 3503 일반구조용 압연강재	ITS-0310 기준
	연결바 (CONNECTOR BAR)	20×25×1.4T×L	KS D 3503 일반구조용 압연강재	L 은 변화 치수
	블록 스페이서 (BLOCK SPACER)	60×75x16T	KS D 3503 일반구조용 압연강재	
요소부품	리니어 모션 가이드 (LINEAR MOTION GUIDE)	SR15W1UU+256LY	복합재질	
		SR15TB1UU+256LY	복합재질	
	스프링 (SPRING)	100L	KS D 3535 스프링용 스테인레스 강선	RoHS 선경, 외경은 설계하중에 따라 변경

(2) 면진테이블 모듈 04형의 각 구성재 규격과 재질은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	품 명	규 격	재 질	비 고
패널(PANEL)	상부 패널 (TOP PANEL)	400×1000×34.5T	KS D 3512 냉간압연 강판, 강대 및 일반구조용 압연강재 KS D 3503 일반구조용 압연강재	ITS-04100 기준
	하부 패널 (BOTTOM PANEL)	360×960(×31.6T	KS D 3512 냉간압연 강판, 강대 및 일반구조용 압연강재 KS D 3503 일반구조용 압연강재	ITS-04100 기준
	연결바 (CONNECTOR BAR)	20×25×1.4T×L	KS D 3503 일반구조용 압연강재	L 은 변화치수
	블록 스페이서 (BLOCK SPACER)	60×75x16T	KS D 3503 일반구조용 압연강재	
요소부품	리니어 모션 가이드 (LINEAR MOTION GUIDE)	SR15W1UU+340LY	복합재질	
		SR15TB1UU+340LY	복합재질	
	스프링 (SPRING)	100L	KS D 3535 스프링용 스테인레스 강선	RoHS 선경, 외경은 하중에 따라 변경

(3) 면진테이블의 완제품 항목별 성능은 다음과 같다.

단위 : ㎜

항 목	MODULE 03형	MODULE 04형	비 고
치 수 (DIMENSION)	300×L×90T	400×L×90T	L 은 변화치수
중 량 (WEIGHT)	60㎏	80㎏	
설 계 층 고 (DESIGN HEIGHT)	90	90	
배 선 공 간 (WIRING SPACE)	80~400	80~400	모듈간격
설 계 하 중 (DESIGN LOAD)	600㎏f/㎡	750㎏f/㎡	하중에 따라 변경
최 대 하 중 (MAX LOAD)	4,000㎏f/㎡	4,000㎏f/㎡	
내 진 성 능 (QUAKE RESISTANCE)	5,000N/㎡ 0.2G~0.8G	5,000N/㎡ 0.2G~0.8G	
허 용 변 위 (ALLOWABLE DEFORMATION)	±140	±180	가동범위

(4) 면진테이블의 주요 구성 부품·소재별 정밀도 기준은 다음과 같다.

명칭	구 분		허용치 또는 규격치		비 고
면진장치	형식	단독형 / 확장형	설계서 규격		
	가로크기	D	± 5 ㎜이내		
	세로크기	W	± 10 ㎜이내		
	전체높이	H	± 5 ㎜이내		
	외관상태	-	녹, 외상 흔적 없음		
리니어모션가이드	높이	M	24 ㎜		
	폭	W	SR15W	34 ㎜	
			SR15TB	57 ㎜	
	길이	L	설계서 규격		
	구멍위치	B,C,F,G	SR15W	26,26,60,20 (㎜)	
			SR15TB	41,26,60,20 (㎜)	
	외관상태	-	균열, 비틀림, 녹, 외상 흔적 없음		
스프링	스프링치수	외경	설계서 규격		
		선직경	설계서 규격		
		길이	설계서 규격 ± 선직경분		
	스프링상수	k	설계서 규격 ± 10% 이내		

(5) 면진테이블 리니어모션 가이드에 대한 주요 부품·소재 신뢰성 평가 기준은 다음과 같다.

구분	항 목	시 험 조 건	판 정 기 준	비고
성능시험	외 관 검 사	제품의 이상 유무 확인	흑피, 녹, 흠집 없어야 함	
	경 도 시 험	레일 및 블록 / 강구의 경도를 측정	HRC 58~64유지	
	상 하 방 향 주행 평행도	블록을 레일의 전길이에 걸쳐 이동시켜 블록의 상부를 측정하여 게이지 값의 최대치수와 최소치수의 차를 측정	평행도 23㎛ 이하	
	좌 우 방 향 주행 평행도	블록을 레일의 전길이에 걸쳐 이동시켜 블록의 측면을 측정하여 게이지 값의 최대치수와 최소치수의 차를 측정	공차 ±0.1㎜ 이하	
	마찰력 측정 (구름 저항)	스트레인게이지를 활용하여 마찰력을 측정	기준값 이내	
	소 음 측 정	측정거리 1m / 반사면거리로부터 1.6m / 측정포인트 4개(전후좌우)	75dB(A) 이하	
환경시험	저 온 시 험	(-5±3)℃에서 8시간 저장 / (5±3)℃로 8시간 유지 후 작동시험 수행	작동이 원활	
	고 온 시 험	(55±3)℃에서 8시간 저장 / (45±3)℃로 8시간 유지 후 작동시험 수행	작동이 원활	
	습 도 시 험	(40±3)℃, 상대습도 (95±4)%로 6시간 유지 / (30±3)℃ 상대습도(85±4)%로 16시간 유지 / 10 주기 동안 반복	부식, 기포발생 등이 없어야 함	
	침 전 먼 지	먼지 크기 105 ㎛ 이하 / 시험 중 먼지 농도 1일 6 g/㎡ / 0.2m/sec 미만의 속도로 먼지를 0.25 g/㎡를 (60±5) 초간 주입 후 59분간 먼지를 침전	먼지 유입이 없어야 함	
수명 · 고장률시험		샘플 10개 모두를 수명시험하여 6,300㎞ 까지 실시	종합성능의 평가기준을 만족하여야 함	

(6) 면진테이블의 전기통신설비의 내진시험 판정기준은 다음과 같다.

항 목	판 정 기 준	비고
시험 전·후와 시험 중 시험대상설비의 통신신호 전송상태	지장 없어야 함	
시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위 폭	**75.0mm** 이하	
시험대상설비의 전복 또는 전도	전복·전도 없어야 함	
시험대상설비의 바닥 고정부 이탈	이탈 없어야 함	
설치된 구성품의 이탈	이탈 없어야 함	
시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손	변형·파손 없어야 함	
액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	이탈 없어야 함	
앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	균열·변형·절단 없어야 함	
기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	변형·파손 없어야 함	

2.1.3 제품 제작

(1) **패널**

① 하부 패널의 테두리는 20x30 각관을 이용하며, 내부에는 냉간압연강판을 레이저 가공하여 각관에 용접한다. 상기 작업 완료 후 하부에 두께 1.6㎜의 냉간압연강판을 추가로 용접한다. 상기 작업 완료 후 “ㄷ”자 형태의 절곡품을 전, 후 방향에 용접한다.

② 상부 패널의 경우 하부 패널과 유사하게 20x30 각관 및 냉간압연강판을 용접하여 제작하며, 전, 후 방향에 “ㄷ”자 형태의 절곡품을 용접한다.

③ 상,하부 각관 내부의 강판에는 LM GUIDE 및 기타 구성품들을 조립할 수 있도록, 탭 작업 등을 한다.

④ 상면커버는 냉간압연강판을 이용하여 제작하며, 상부 패널의 상면에 볼트를 이용하여 체결할 수 있도록 한다. 볼트 체결 부위는 카운터 싱크를 하며, 볼트 머리가 돌출되지 않도록 충분한 깊이로 가공한다.

⑤ 연결블록은 상하부 패널에 부착되는 LM 블록이 상호 연결되도록 하는 기능을 가지고 있으며, 각각의 위치 및 규격에 맞게 탭, 카운터 보어 등의 가공을 한다.

⑥ 상하부 패널의 가공치수, 커버, 연결블록의 부착 상태 등을 최종 점검 확인한다.

(2) **요소부품**

① LM 가이드는 상하부 패널 조립면을 확인한 이후 조립을 실시한다. 일반적으로는 SR15W, SR15TB 형번을 사용하지만, 제품의 대상물 및 용도에 따라 형번이 변경될 수 있으며, 사용 용도에 따라 DLC(Diamond-Like Carbon), 레이던트, UV 코팅 등의 후처리를 실시한다.

② 상하부 패널간 조립 이후 스프링 조립을 위하여 스프링 포스트를 해당 위치에 조립한다.

③ 스프링 포스트 조립 이후 스프링을 각각의 연결고리에 조립한다. 제품에 적용되는 스프링은 스테인레스 등과 같은 내부식성이 강한 재질을 사용한다. 스프링은 상하부 패널간 조립 이후 상면 커버를 씌우기 이전에 조립한다.

(3) **조립순서**



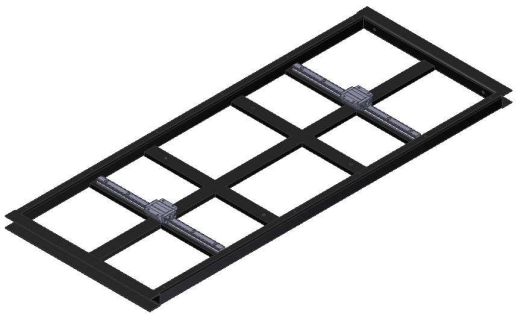
1. 상부, 하부 패널 제작



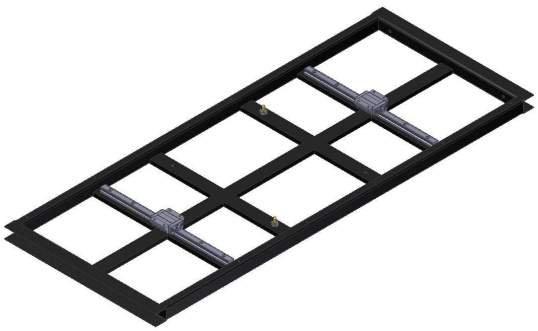
2. 하부 패널에 LM 가이드 조립



3. 하부 패널에 스프링 포스트 조립



4. 상부 패널에 LM 가이드 조립



5. 상부 패널에 스프링 포스트 조립



6. 상부, 하부 패널 조합



7. 스프링 조립



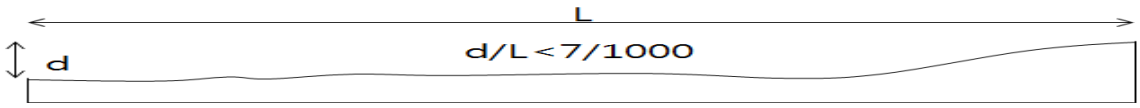
8. 완제품(ITS-0410)

3. 설치

3.1 준비

(1) 설치 작업은 액세스플로어 등, 바닥 마감 및 배관, 배선 등의 설비 작업이 완료된 상태에서 하는 것이 원칙이며, 일정상 타 작업과 동시에 작업할 경우에는 담당원 및 작업 관계자와 사전에 면진테이블 보양 관계 등을 협의한 후 설치 작업에 착수하여야 한다.

(2) 설치 작업 부위의 액세스플로어 등, 바닥 마감면의 평활도를 그림과 같이 미리 확인하고, 설치 작업 중에 타 작업과 발생할 수 있는 문제를 사전에 파악하여 작업 관계자와 협의하여야 한다.



(3) 설치 부위 바닥의 표면 온도는 5℃ 이상이어야 하며 습도는 75%를 초과하지 말아야 하고 실내는 온도와 습도의 과다한 변화가 없도록 충분한 환기가 되어야 한다.

(3) 설치 부위에는 장애물 및 지장물이 없어야 하며, 분진 및 불순물을 제거하여 청결이 유지 되어야 한다.

(4) 설치 부위 바닥이 균열 등으로 틈새가 벌어진 표면은 면진테이블과 바닥 사이에 습기가 발생할 수 있으므로 이러한 현장 여건에서는 작업을 진행하여서는 안 된다.

(5) 설치 부위 면진테이블 상부에 중량물의 장비나 기기의 설치가 예상될 경우에는 사전에 담당원과 협의하여 구조적인 문제를 해결하고 작업을 진행하여야 한다.

3.2 설치

(1) 설치 전에 작업 부위를 실측한 후, 현장 여건에 맞추어 가장 효과적인 기준점을 정한 후 설계 도서를 기본으로 실내 평면상 최대 허용변위 범위의 이격거리를 고려하여 단위 모듈의 배치 계획을 수립한 후, 담당원의 확인을 받아야 한다.

(2) 면진테이블은 무 적재 상태에서 움직이기 쉽기 때문에 개별 단위모듈을 가 고정 핀으로 고정시켜서 설치 작업 시 면진테이블에 수평력이 작용하지 않도록 하고 면진테이블 설치 완료 시 제거하여 검사 한 후, 가 고정 핀의 재설치 또는 제거 여부는 제품설계서에 의한다.

(3) 단위 모듈을 설치 할 때에는 단위 모듈 간의 수평면을 확인 한 후, CONNECTOR BAR를 이용하여 단위 모듈 간을 견고하게 연결하고, 단위 모듈 간의 상부 면이 수평임을 재확인하여야 한다.

(4) 면진테이블 상부 면이 수평임을 확인한 후 통신장비 및 전원설비 등과 면진테이블 상부 면이 수평상태가 되도록 설치하여야 하며, 하부에 이동용 캐스터가 있을 경우에는 고정한 후 설치하여야 한다. 또한 통신장비 및 전원설비 등의 BASE PLATE 또는 LEVELLING FEET가 미끄러지지 않도록 고정 등의 조치를 하여야 한다.

(5) 통신장비 및 전원설비 등이 운용 가동 시의 면진테이블 설치는 통신장비 및 전원설비 등의 기능에 지장을 주지 않는 잭 업·다운 등이 가능한 전문장비를 이용하여 신속하고 정확하게 설치하여야 한다.

3.3 검사

(1) 작업 완료 후, 잔여자재 및 폐자재 등을 장외 반출하고 설치 부위를 청결히 한 다음에 담당원에게 검사를 받아야 하고, 만약 불합격이 발생하는 경우에는 적절한 조치를 강구하여 소정의 성능을 만족하도록 신속히 조치하여야 한다.

(2) 검사 완료 후, 통신장비 및 전원설비 등의 정상적인 기능을 확인하여 설치 부위의 초기 품질 확보를 하여야 한다.

3.4 관리

면진테이블 부분은 통신장비 및 전원설비 등의 기능을 유지하여야 하는 설비의 한 부분이므로 반드시 치명적인 손상을 방지하고 규정 이상의 과적을 피해야 하며 유지 관리를 위하여 다음 사항을 반드시 지켜야 한다.

(1) 중량물의 장비 및 기기 반입 시에는 합판 또는 기타 보양재로 패널을 보양한 후, 이동 및 설치 작업을 하여야 한다.

(2) 면진테이블의 해당 규격 하중을 초과한 통신장비 및 전원설비 등을 설치할 때에는 제품설계서를 재검토한 후, 제품설계서에 의하여 추가 조치를 하여야 한다.

(3) 면진테이블은 통신장비 및 전원설비 등의 이동시 과다한 집중하중 및 구름하중(동하중)에 주의하여 이동하여야 하며, 특히 순간적인 충격을 주어서는 안 된다.

(4) 면진테이블의 해체 시에는 전문 공급자에게 의뢰하여야 하며, 임의적으로 면진테이블에 손상을 입히는 드라이버 등으로 해체 하여서는 안 된다.

(5) 면진테이블 하부의 배선 및 배관 작업 등을 위하여 이중 바닥재 패널에 배선구를 확보할 때에는 최소량의 배선구(권장 250mm각 이내)를 타공하여 면진테이블의 구조적인 결함이 발생하지 않도록 하여야 하며, 면진테이블 하부 배선에는 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 하부에 배관, 몰드, 덕트 등을 사용하여 보호하는 경우에는 절연 전선을 사용할 수 있다.

(6) 면진테이블 상부의 통신장비나 전원설비 등과 연결된 배선 및 배관 등은 그 여장을 충분히 확보하여야 하고, 면진테이블 주변에는 면진테이블의 움직임을 방해하는 지장물을 제거하여, 지진 발생 시 최대 허용변위 범위에 영향을 주지 말도록 하여야 한다.

(7) 면진테이블 하부 배선은 바닥이 건조한 장소로서 점검이 가능한 곳이어야 한다. 특히, 냉방으로 인한 결로 등으로 수분이 생길 수 있는 경우는 수분의 제거 또는 경보장치를 설치하여야 한다. 만약, 침수 등의 피해 발생 시에는 전문 공급자에게 점검을 의뢰 하여야 한다.

(8) 패널 청소 시 마른걸레나 중성세제로 희석된 미지근한 물을 묻힌 천 등으로 깨끗이 닦은 후, 마른 걸레로 잔여분을 닦아내야 하며 특히, 패널 마감 면을 신너, 벤젠, 알콜, 연마제 등의 화학성 물질로 문지르거나 장시간 접촉 시, 도장 들뜸 현상 등이 발생될 우려가 있으므로 피하여야 한다.

(9) 면진테이블 설치 후, 진도 6.0 이상의 지진 발생 시에는 면진테이블 상부의 통신장비나 전원설비 등의 기능을 점검하고 전문 공급자에게 점검을 의뢰 하여야 한다.

면진액세스플로어 시방서

Eco-Isolated Raised Floor

면진액세스플로어

2011. 10

KICTEP
한국건설교통기술평가원

(주) 에 코 닝
지진방재기술연구소

본 시방서는 국토해양기술연구개발 사업의 성과기술자료 이므로 무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 목 차 ■

Ⅰ. 액세스플로어

1. 일반사항

1.1. 적용 범위 ·····
1.2. 관련 시방 ·····
1.3. 관련 규정 ·····
1.4. 용어 정의 ·····
1.5. 제출 서류 ·····
1.5.1. 설치 계획서 ·····
1.5.2. 제품 설계서 ·····
1.5.3. 설치 상세도 ·····
1.5.4. 품질 인증서 ·····
1.5.5. 견본 자료집 ·····
1.6. 품질 보증 ·····
1.7. 취급 요령 ·····
1.8. 작업 환경 ·····
1.9. 품질 관리 ·····

2. 자 재

2.1. STEEL PANEL & PEDESTAL ·····
2.1.1. 일반 사항 ·····
2.1.2. 품질 기준 ·····
2.1.3. 제품 제작 ·····

3. 설 치

3.1. 준비 ·····
3.2. 설치 ·····
3.3. 검사 ·····
3.4. 관리 ·····

Ⅱ. 면진테이블

1. 일반사항

2. 재 료

2.1. 강재 ·····
2.2. 불소수지판(PTFE) ·····
2.3. 윤활제 ·····

3. 설계조건

3.1. 한계상태에서의 요구사항 ·····
3.2. 수평력 ·····
3.3. 불소수지판 ·····
3.4. 스테인레스 강판 ·····

4. 제조

5. 품질

6. 설치방법

7. 표시

1. 일반사항

1.1 적용 범위

이 절은 면진액세스플로어 상부의 단위 패널과 지주로 구성된 이중 바닥재 설치 부위에 대하여 적용하고 그 범위는 관련 설계도서의 내용을 포함하며 이 시방 총칙의 해당 규정 사항이 적용된다.

1.2 관련 시방

(1) 건축공사 표준시방서 [국토해양부 2006] 13000 금속공사, 19000 수장공사, 22000 특수건축공사

(2) 건축전기설비공사 표준시방서 [국토해양부 2009] 제5장 옥내배선공사, 제10장 통신 및 약전설비공사

1.3 관련 규정

(1) 건축구조기준 [국토해양부 고시 제2009-1245호] 0306 지진하중

(2) KS F 4760 : 2008 이중 바닥재【Raised access floor】

(3) 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준【전파연구소 고시 제2008-46호】

(4) 전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】

1.4 용어 정의

(1) **전기통신** : 유선·무선·광선 및 기타의 전자적 방식에 의하여 부호·문언·음향 또는 영상을 송신하거나 수신하는 것을 말한다.

(2) **전기통신설비** : 전기통신을 하기 위한 기계·기구·선로 및 기타의 전기통신 및 주변운용에 필요한 설비를 말한다.

(3) **내진설비** : 전기통신을 하기 위한 전기통신설비가 지진 발생 이후에 수행해야 할 기능의 요건에 따라 각 기기에 부합되도록 결정한 내진성의 정도를 고려하여 설치하는 설비를 말한다.

(4) **이중 바닥재** : 전기통신을 하기 위한 전기통신설비를 설치하기 위하여 구조물 바닥 위에 일정한 공간을 형성시켜 전력·통신·정보 및 기타의 배선 또는 공조 등을 수용하기 쉬운 기능을 가진 단위 패널과 지주로 구성된 바닥재를 말하며, 이중 마루재라고도 말한다.

(5) **ACCESS FLOOR** : 패널의 치수가 600㎜X600㎜ 인 이중 바닥재를 말한다.

(6) **OA FLOOR** : 패널의 치수가 500㎜X500㎜ 인 이중 바닥재를 말한다.

(7) **구성재** : 이중 바닥재를 구성하는 패널과 지주를 말하며, 완충재 및 마감재를 포함한다.

(8) **SP형** : 대형 전산 기기나 정보 처리 장치, 그 밖의 특수 기기가 설치되는 공간 등에 주로 사용하는 것으로, **ACCESS FLOOR**(600㎜X600㎜)를 주로 설치하며 국부압축시험에서 4,900N의 하중을 적용한다.

(9) **R형** : 사무 자동화 공간이나 일반 업무용 공간 등에 주로 사용하는 것으로, **OA FLOOR**(500㎜X500㎜)를 주로 설치하며 국부압축시험에서 2,940N의 하중을 적용한다.

1.5 제출 서류

1.5.1 설치 계획서

다음 각 사항이 포함된 설치계획서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 작업개요
작업개요·작업조건·작업범위 및 작업공정 등

(2) 관리조직
설치자·제조자 또는 공급자의 역할분담 등

(3) 제품개요
이중 바닥재의 성능, 종류, 바탕, 보호, 마감 등

(4) 품질관리
1.6 품질 보증 및 1.9 품질 관리 에 의한 보증 및 관리 등

(5) 양생계획
타 작업에 의한 손상 방지 및 작업 중단 시의 대책 등

(6) 가설계획
1.7 취급 요령에 의한 운반, 보관, 취급 등에 관한 계획 등

(7) 환경계획
1.8 작업 환경을 포함한 안전·위생·환경 및 유지관리 계획 등

1.5.2 제품 설계서

「전기통신설비의 내진 시험방법」제5조에 의하여 제품을 설치하고자 하는 건축물등급, 지역계수 및 지반분류를 이용하여, 「건축법」제48조 3항 및 「건축물의 구조 등에 관한 규칙」제3조 1항에 의한 「건축구조설계기준」0306.지진하중에 따라 지진응답가속도를 산정하고 내진대책 대상 장비 제원 등에 따라서 허용변위를 설정하여 해석검증하고, 「전기통신설비의 내진 시험방법」제14조 제2항에 의하여 다음 사항을 포함한 제품설계서를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

(1) 해석검증 방법 및 검증결과

(2) 입력 및 출력 데이터와 적용된 해석모델

(3) 지지구조물 연결부의 반발력 및 고정부(앵커링)와 기타 연결 부분들에 대한 경계조건

1.5.3 설치 상세도

주요 상세가 필요한 부위의 설치 상세도를 작성하여 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.4 품질 인증서

한국산업규격 또는 부품·소재 신뢰성 인증자재를 사용하여 품질경영시스템 인증공장에서 제품제작을 하여야 하며, 「전기통신 설비의 내진 시험방법」제14조 및 제15조에 의한 시험검증 결과 등 1.3 관련규정에 의한 품질인증 관련서류를 담당원에게 제출하여야 한다.

1.5.5 견본 자료집

제품 선정 및 확인을 위해 견본 및 자료 등을 담당원에게 제출하여야 한다.

1.6 품질 보증

(1) 작업의 품질보증을 위해 설치 전 설계도서와 현장여건의 이상 유무를 충분히 파악하여 작업 착수에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(2) 작업의 품질보증을 위해 바닥면적 3㎡이상의 시험설치를 하여야 하며 이 시험설치 부위는 작업의 일부분으로 간주한다.

(3) 작업의 품질보증을 위해 관련 시방 및 규정 등의 기준에 적합하게 설치 전·후 및 설치 과정을 기록하여 소정의 품질이 확보되고 있다는 것을 항상 확인하고 관리하여야 한다.

1.7 취급 요령

(1) 제품 확인이 가능하도록 포장된 상태로 반입하여야 하며, 설치 부위와 가까운 장소에 적재하중 600㎏/㎡이하, 적재높이 1.2m이하로 분산하여 보관하고 주변에는 안전시설을 설치하여야 한다.

(2) 제품 보관 및 취급에 있어서는 온도 5℃ 이상, 습도 75% 이하의 조건에서 빗물, 이슬이나 직사광선이 닿지 않는 장소에서 가급적 습기의 영향을 받지 않고 통풍이 잘되는 장소에 보관하여야 한다.

(3) 제품은 패널 및 부속 자재가 손상되지 않도록 주의하여 운반, 보관하여야 하고, 손상된 제품은 즉시 장외로 반출하여야 한다.

1.8 작업 환경

(1) 기온이 5℃미만으로 현저하게 낮고, 바탕이 동결되어 설치에 지장이 있다고 예상되는 경우에 작업를 하여서는 안 된다. 다만 적절한 보온 조치를 취할 경우에는 담당원과 협의를 한 후 주의하여 설치하여야 한다.

(2) 강풍 및 고온, 고습일 때는 설치에 세심한 주의를 하여야 한다.

(3) 안전·위생 등의 작업환경에 적합하게 환기·채광 및 인공조명 설비를 갖추어야 한다.

(4) 전·후 과정의 관련 작업 연속성을 고려하고, 타 작업 관계자와 긴밀한 협의를 하여 전체 작업에 지장을 주어서는 안 되며, 특히 바닥 배선 및 공조 작업 등과는 작업 전 충분한 협의를 한 후 설치하여야 한다.

(5) 작업 종료 후 만일의 사고 등을 대비한 유지관리 계획을 수립하고, 담당원과 긴밀한 협의를 하여 유지관리에 지장을 주어서는 안 된다.

1.9 품질 관리

(1) 공장에서의 품질관리는 KS F 4760:2008 이중 바닥재【Raised access floor】에 의한 품질기준에 적합하도록 관리하여 합격품에 한하여 현장에 반입하여야 한다.

(2) 현장에서의 품질관리는 2. 제품의 품질기준 항목에 따라 3. 설치의 검사 기준에 적합하도록 실시하고 특히, 작업 착수 전에 설치 부위의 마감 상태를 사전에 점검하여 작업에 지장이 없음을 확인하여야 한다.

(3) 제품 반입 시에는 종류·규격·반입량·제조자명·공급자명 및 제조 년월일 등이 설치계획서에 기재된 내용과 일치하는지를 담당원 입회하에 검수를 받고 현장에 반입하여야 한다.

2. 자재

2.1 STEEL PANEL & PEDESTAL

2.1.1 일반사항

(1) 패널에 사용되는 KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금도금 강판은 알루미늄의 장기내구성과 아연의 희생방식성을 이상적으로 겸비한 고내열성·고내식성·열반사성 및 내열성이 우수한 재질이면서, 친환경적 요소인 유해물질저감·실내공기오염저감·유효자원재활용 및 자원절약 등을 할 수 있는 제품으로서 아래의 장점을 갖추어야 한다.

①. 고내식성을 제공하기 위해 합금도금층 위에 유기피막으로 처리한 자재.
②. 아연의 희생방식성으로 인한 패널 절단면에서도 녹 발생이 없는 자재.
③. 315℃ 고온에서도 표면 변색 및 산화 없이 장기간 사용 가능한 자재.
④. 패널 표면이 미려하고 내스크래치성을 제공하는 우수한 내구성 자재.
⑤. 100% 자원재활용 및 환경유해물질의 배출이 없는 친환경적인 자재.
⑥. 열반사성이 우수하여 고 에너지효율을 제공하는 에너지절감형 자재.

(2) 합금도금강판의 중량비 및 용적비는 아래와 같이 조성되어야 한다.

조 성	중량비(%)	용적비(%)	특 성
알루미늄	55.00	80.00	장기내구성
아 연	43.40	19.00	희생방식성
실 리 콘	1.60	1.00	내열성

(3) OA FLOOR 패널의 상부철판 하부에는 물리적 특성과 내후성이 우수한 경질의 화학수지와 차음 성능이 우수한 연질의 화학수지를 복합시키고 기능성 충전제 및 가소제, 안정제 등의 첨가제를 배합하여 차음성능이 뛰어나게 만들어 충격 흡수성, 내수성, 내후성이 우수한 수지계열의 차음시트를 삽입하여 공명현상을 방지할 수 있어야 한다.

(4) 패널의 가장자리를 180°벤딩 처리하여 단면을 키워 장기적인 사용에도 패널의 휨 현상을 방지할 수 있어야 하고, 패널과 패널 사이에서 발생할 수 있는 소음과 충격을 감소시키기 위한 EDGE TRIM을 장착하여 기밀성 및 탈착방지 시스템의 역할을 하여야 한다.

(5) 지주의 헤드 플레이트와 패널의 코너부분을 결속하기 위하여 헤드 플레이트 코너부분을 90°벤딩 처리하여 진동에 의한 패널의 탈락을 방지할 수 있어야 한다.

(6) 패널 생산 공정상의 유해물질 발생을 근절시키고 사용상에서도 유해물질 및 건축 폐기물 발생이 없도록 패널 내외부의 도장 공정 및 패널 내부의 무기질 충진 공정이 없는 제품이어야 한다.

(7) 패널은 KS F 4760 : 2008 이중 바닥재【Raised access floor】에 의한 한국 산업규격 표시 인증을 받은 제품을 사용하여야 한다.

(8) 패널과 지주는 전기통신설비의 내진 시험방법【전파연구소 공고 제2009-3호】에 의한 내진 시험검증에 따른 성능기준에 적합한 제품을 사용하여야 한다.

2.1.2 품질기준

(1) STEEL 이중 바닥재의 각 구성재 규격과 재질은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	품 명		규 격	재 질	비고
패널 (PANEL)	상부 철판 (Top Steel Plate)	SP형	614.4×614.4×1.6T	KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판	
		R형	518.4×518.4×1.2T		
	하부 철판 (Bottom Steel Plate)	SP형	670.0×670.0×1.5T	KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판	
		R형	560.0×560.0×1.2T		
	차음시트 (DAMPING SHEET)		475.0×475.0×1.5T	PDS 수지계	R형
	리 벳 (RIVET)		AL-∅10×M6×9.0L	ALUMINUM	
	마감타일 (SURFACE TILE)		590.0×590.0×3.0T	KS M 3802 비닐계바닥재(전도성)	SP형
	접착제 (ADHESIVE)		8.0㎏f/㎠	KS F 3218 비닐계바닥재용접착제	
	EDGE TRIM		ㄷ 5.0×600×3.0T	PVC 폴리염화비닐	SP형
지주 (PEDESTAL)	완충재 (GASKET)		55.0×55.0×3.0T	PVC 폴리염화비닐	
	헤드 플레이트 (HEAD PLATE)		145.0×145.0×2.0T	KS D 3512 SPCC 냉간압연강판	
	수평 연결대 (STRINGER)		ㄇ33.0×26.0×438.0/538.0L×1.6T	KS D 3770 용융 55% 알루미늄 아연 합금 도금 강판	
	헤드 볼트 (HEAD BOLT)		∅25.4/19.1×120.0L	KS D 3752 기계구조용탄소강제	
	보강 연결대 (REINFORCED BAR)		∅12.7×445.0/545.0L×1.1T	KS D 3566 일반구조용 탄소강관	
	연결 플레이트 (CONNECTOR PLATE)		⊕130.0×130.0×3.0T	KS D 3512 SPCC 냉간압연강판	
	파이프 캡 (PIPE CAP)		∅46.0/35.0×55.0L	PE 폴리에틸렌	
	지주 파이프 (PEDESTAL PIPE)		∅42.7~31.8×120.0~820.0H×1.8T	KS D 3566 일반구조용 탄소강관	
	나사 (SCREW)		M6×14.0L	KS D 3752 기계구조용탄소강제	
	지주 베이스 (BASE PLATE)		150.0×150.0×3.0T	KS D 3512 SPCC 냉간압연강판	

(2) STEEL 이중 바닥재의 완제품 항목별 성능은 다음과 같다.

단위 : ㎜

구분	항 목	ACCESS FLOOR SP형	OA FLOOR R형	비고
패널 (PANEL)	치수 (SIZE)	600.0×600.0×32.0T	500.0×500.0×23.0T	마감제외
	중량 (WEIGHT)	30.0㎏/㎡	22.5㎏/㎡	마감제외
지주 (PEDESTAL)	설계층고 (DESIGN HEIGHT)	297.0~897.0	145.0~245.0	마감제외
	배선공간 (WIRING SPACE)	165.0~/865.0	122.0~222.0	
	중량 (WEIGHT)	8.0~14.0㎏/㎡	6.0~8.0㎏/㎡	마감제외
설계하중 (DESIGN LOAD)		600.0㎏f/㎡	400.0㎏f/㎡	마감제외
사용하중 (ULTIMATED LOAD)		1,500.0㎏f/㎡	1,000.0㎏f/㎡	마감제외
내진성능 (QUAKE RESISTANCE)		5,000N/㎡ 0.3G~0.8G	5,000N/㎡ 0.3G~0.8G	

(3) STEEL 이중 바닥재의 한국 산업규격 성능은 다음과 같다.

항 목	품 질	비고
길 이	치수의 허용차는 각 변 길이의 ±0.5mm 이하이어야 한다.	
직 각 도	한 변 길이의 0.1% 이하이어야 한다.	
평 탄 도	주변부에서 1.0mm 이하이어야 한다. 중앙 및 그 밖의 부위에서 2.0mm 이하이어야 한다.	
내 국압성	R형 : 국부 압축 하중 2,940N 에서 4.0mm 이하의 변형량 이어야 한다. SP형 : 국부 압축 하중 4,900N 에서 4.0mm 이하의 변형량 이어야 한다.	
내 충격성	갈라짐이나 균열이 발생하지 않아야 한다.	
내 연소성	잔염 시간이나 잔진 시간이 0 이어야 한다.	해당없음
대 전 성	인체 대전압 Vp<3000V 이어야 한다.	
누설저항성	저항값은 $1\times10^{5}\Omega < R < 2\times10^{10}\Omega$ 이상이어야 한다.	
내 식 성	도막의 밀착성 등급은 4B 이상이어야 한다. 염수 분무 시험에 의한 도장면의 변형이나 들뜸이 없어야 한다.	

(4) STEEL 이중 바닥재의 전기통신설비의 내진시험 판정기준은 다음과 같다.

항 목	판 정 기 준	비고
시험 전·후와 시험 중 시험대상설비의 통신신호 전송상태	지장 없어야 함	
시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위 폭	75.0mm 이하	
시험대상설비의 전복 또는 전도	전복·전도 없어야 함	
시험대상설비의 바닥 고정부 이탈	이탈 없어야 함	
설치된 구성품의 이탈	이탈 없어야 함	
시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손	변형·파손 없어야 함	
액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	이탈 없어야 함	
앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	균열·변형·절단 없어야 함	
기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	변형·파손 없어야 함	

2.1.3 제품 제작

(1) **패널 (PANEL)**

① 상부철판을 정사각형으로 1차 가공 시 하판을 감싸 벤딩 처리할 수 있게 네 변의 모서리에 귀따기 및 리벳조립용 ∅6의 HOLE 25개소를 가공하며 90°밴딩 처리한다.

② 하부철판을 1차 500TON 이상의 유압프레스에서 반복되는 집중하중 및 동하중에 견딜 수 있는 팔각형 돔 구조 25개소를 성형한다.

③ 1차 성형이 완성된 하판을 정사각형으로 트리밍 하면서 상판과 리벳팅 결합이 되도록 리벳조립용 ∅6의 HOLE 25개를 펀칭(PUNCHING)한다.

④ 2차 트리밍이 완성된 하판은 헤드플레이트와 결합이 되도록 하판의 네 귀퉁이에

32mm×4mm 의 직사각형 홀을 펀칭한다.

⑤ 상 하판의 공정이 완료된 패널은 상판 속으로 하판을 끼워 넣은 후 자동 리벳공급기로 이송하여 25개의 리벳을 삽입하고 자동 클램핑 금형에서 450톤 유압프레스로 리벳팅 및 압착한다.

⑥ 상기 제작된 패널은 용융 55%알루미늄-아연합금도금 강판으로 페인트 공정이 생략되어 일정수량으로 포장 및 마감재 부착을 위해 대기 한다.

⑦ 마감재 부착형의 지정 사양 타일과 패널 상판에 본드를 고르게 도포하여 건조로에서 일정 시간을 건조, 부착 후 타일의 들뜸, 탈착 현상을 방지하기 위해 타일압착기(로울러 또는 프레스)로 일정 압을 가하여 압착하며, 패널 가장자리 4변에 EDGE TRIMM의 삽입이 가능하도록 일정 치수를 확보한다.

⑧ 마감재 부착형의 EDGE TRIM은 아래 부분에 후크구조로 성형되어 있어, 패널의 가장자리 4변에 끼워서 탈착되지 않게 마감한다.

⑨ PANEL의 가공치수 및 타일의 부착 상태 등을 최종 점검 확인한다.

(2) **지주 (PEDESTAL)**

① 헤드는 패널의 조립이 용이하게 1차 +자형으로 성형하고 2차로 패널의 코너부분과 탈착되지 않도록 코너 부분을 11㎜수직으로 벤딩 처리하고, 조립을 위한 4개의 M6 HOLE 과 나사산을 가공하여 헤드 볼트를 압입 후 압착한다.

② 지주 베이스는 블랭킹하여 본드 분출구로 4개의 HOLE과 함께 힘받이 구조로 성형하고, 조립을 위한 4개의 M6 HOLE을 피어싱하고 SCREW조립을 위한 나사산을 가공한다.

③ 지주 파이프는 높이에 따라 절단하여 완성된 지주 베이스에 90도 직각으로 압입 후 지주 베이스에 밴딩 압착하고 상부에 파이프 캡을 끼워 넣어 완성한다.

④ 파이프 캡은 금형에 의하여 압출 성형한 후 헤드 볼트와 결합을 위하여 볼트에 맞도록 나사산을 가공한다.

⑤ 수평 연결대는 ㄇ 형태의 힘받이 구조로 성형하여 완성하고 지주의 간격을 유지할 수 있도록 양단에 헤드 플레이트와의 조립용 HOLE을 피어싱하고 SCREW조립을 위한 나사산을 가공한다.

⑥ 보강 연결대는 PIPE를 재단한 후 유압프레스로 양쪽 끝부분 40㎜를 압착하며 연결 플레이트와의 조립을 위해 1차 5㎜를 90°밴딩 처리하고 2차로 2개의 타원형 M6 HOLE 을 가공한다.

⑦ 연결 플레이트는 ⊕형으로 가공한 후 가장자리를 90°밴딩과 보강 연결대를 연결할 수 있는 20㎜×3㎜의 직사각형 홀 및 M6 HOLE 과 나사산을 가공하고 가운데 홀에는 헤드 볼트와 결합할 수 있도록 볼트에 맞게 나사산을 가공한다.

⑧ 패널 설치시 패널과 헤드사이에서 발생되는 소음을 방지하고 충격흡수를 위하여 금형에 의해 사출 성형한 가스켓을 헤드 플레이트에 설치한다.

3. 설치

3.1 준비

(1) 패널 설치 작업은 천정, 벽 등의 마감 및 배관, 배선 등의 설비 작업이 완료된 상태에서 하는 것이 원칙이며, 일정상 타 작업과 동시에 작업할 경우에는 담당원 및 작업 관계자와 사전에 패널 보양 관계 등을 협의한 후 작업에 착수하여야 한다.

(2) 설치 부위 바닥과 벽체의 평활도 및 수직도를 미리 확인하고, 설치 중에 타 작업과 발생할 수 있는 문제를 사전에 파악하여 작업 관계자와 협의하여야 한다.

(3) 설치 부위 바닥의 표면 온도는 5℃ 이상이어야 하며 습도는 75%를 초과하지 말아야 하고 실내는 온도와 습도의 과다한 변화가 없도록 충분한 환기가 되어야 한다.

(3) 설치 부위에는 장애물 및 지장물이 없어야 하며, 분진 및 불순물을 제거하여 청결이 유지 되어야 한다.

(4) 설치 부위 바닥이 균열 등으로 틈새가 벌어진 표면은 패널과 바닥 사이에 습기가 발생할 수 있으므로 이러한 현장 여건에서는 작업을 진행하여서는 안 된다.

(5) 설치 부위의 패널 상부에 중량물의 장비나 기기의 설치가 예상될 경우에는 사전에 담당원과 협의하여 구조적인 문제를 해결하고 작업을 진행하여야 한다.

3.2 설치

(1) 패널 설치 전에 작업 부위를 실측한 후, 현장 여건에 맞추어 가장 경제적인 기준점을 정한 후 설계 도서를 기본으로 실내 평면상 좌우 대칭이 되도록 절단부위의 마감을 고려하여 줄눈 나누기 작업을 진행한다.

(2) 지주의 설치 높이를 확인할 수 있는 수평기를 설치하고, 줄눈 나누기의 지주 위치에 정확하게 맞추어 지주 베이스 바닥에 접착제를 도포하여 일정 간격으로 지주를 설치한다.

(3) 설치된 지주 위에 헤드 플레이트의 수평을 맞추고, 패널과 헤드 플레이트 사이의 소음을 최대한 방지하고 충격 흡수를 위하여 가스켓을 안착한 후, 수평 연결대를 설치하면서 정 규격의 패널을 설치한다.

(4) 정 규격 패널의 설치가 완료되면, 설치된 정 규격 패널의 간격, 이동, 수평 등을 확인한 후 지주의 수직을 유지하며 부분적인 이동 및 수정을 한다.

(5) 벽면, 기둥, 코너 및 기기 주변 등의 마감 부위는 설치된 정 규격 패널을 기준으로 하여 절단 패널 1매당 최소 2곳 이상의 치수를 측정한 후, 정밀 가공하여 벽면 등과의 틈새가 최소화되도록 설치하여야 하며, 특히 패널 절단면과 접촉하는 전선의 피복이 손상하지 않도록 GRINDING 작업을 통해 패널의 날카로운 모서리를 부드럽게 가공한 후 설치하여야 한다.

(6) 패널 설치 후, 계단 및 경사로 설치 부분 등과, BOX류 및 GRILL류 등의 설치를 위한 패널 절단이 필요한 부분 등은 담당원 및 공사 관계자와 협의를 한 후 지정한 위치에 최종 마감 작업을 고려하여 설치하여야 한다.

3.3 검사

(1) 작업 완료 후, 잔여자재 및 폐자재 등을 장외 반출하고 설치 부위를 청결히 한 다음에 담당원에게 검사를 받아야 하고, 만약 불합격이 발생하는 경우에는 적절한 조치를 강구하여 소정의 성능을 만족하도록 신속히 조치하여야 한다.

(2) 검사 완료 후 지주의 접착제가 응고될 때까지 48시간 정도는 사람의 통행 및 사물의 이동을 통제하여 시공 부위의 초기 품질 확보를 하여야 한다.

3.4 관리

이중 바닥재 부분은 건축 마감의 한 부분이므로 반드시 치명적인 손상을 방지하고 규정 이상의 과적을 피해야 하며 유지 관리를 위하여 다음 사항을 반드시 지켜야 한다.

(1) 중량물의 장비 및 기기 반입 시에는 합판 또는 기타 보양재로 패널을 보양한 후, 이동 및 설치 작업을 하여야 한다.

(2) 이중 바닥재의 해당 규격 하중을 초과한 장비 및 기기를 설치할 때에는 사전에 충분히 협의한 후, 패널 하부에 추가 보강 조치를 하여야 한다.

(3) 장비 및 기기의 이동시 과다한 집중하중 및 구름하중(동하중)에 주의하여 이동하여야 하며, 특히 순간적인 충격을 주어서는 안 된다.

(4) 패널의 개폐 시에는 고무 LIFTER로 패널 가장자리를 살짝 들어 올린 후 양손으로 들어내어야 하며, 패널에 손상을 입히는 드라이버 등으로 개폐 하여서는 안 된다.

(5) 패널 하부의 배선 및 배관 작업 등을 위하여 다량의 패널을 해체할 시에는 한 번에 최소량의 패널을 해체하여야 하고, 구역이 넓을 경우에는 작업 책임자가 최소한의 구역을 정하여 구역별로 이동하여 안전하게 작업을 진행하여야 한다.

(6) 해체 패널을 재설치 할 경우 제자리의 제 방향으로 고무 LIFTER를 사용하여 패널 가장자리부터 충격을 주지 말아야 하고, 만약 지주의 이동이 있었다면 반드시 원 위치에 고정하여 설치하여야 한다.

(7) 이중 바닥재 하부 배선에는 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 하부에 배관, 몰드, 덕트 등을 사용하여 보호하는 경우에는 절연 전선을 사용할 수 있다.

(8) 이중 바닥재 하부 배선은 바닥이 건조한 장소로서 점검이 가능한 곳이어야 한다. 특히, 냉방으로 인한 결로 등으로 수분이 생길 수 있는 경우는 수분의 제거 또는 경보장치를 설치하여야 한다.

(9) 패널 청소 시 마감재가 전도성 타일이면 전도 유지를 위해 전도성 왁스로 이물질을 깨끗이 제거 한 후, 마른 걸레로 잔여분을 닦아내야 하며, 특히 패널 마감 타일면의 물청소는 타일 들뜸 현상 등이 발생될 우려가 있으므로 피하여야 한다.

마찰미끄럼장치

1. 일반사항

1. 1 면진액세스플로어의 상부구조를 지지하는 마찰미끄럼장치는 국가 공인시험기관(KOLAS)에서 발급한 시험성적서를 제출하여 감독원의 승인을 득하여야 한다.

2. 재 료

2. 1 강 재
마찰미끄럼장치의 금속 부분은 모두 강재라야 한다

2. 2 불소수지판 (PTFE)
윤활구멍을 가진 순수한 불소수지판 (Virgin Dimpled PTFE sheet)을 사용한다

2. 3 윤활제
PTFE판의 지압표면에 주입하는 윤활제는 금속성 비누를 혼합시킨 실리콘 그리스(Silicone grease)을 사용한다.

3. 설계조건

3. 1 한계상태에서의 요구사항
미끄럼마찰장치의 강도와 안정은 극한 설계하중과 변위를 견딜 수 있도록 적절해야 하며, 정확한 기능에 영향을 줄만한 손상이 일어나지 않아야 한다.

3. 2 수평력
미끄럼마찰장치의 수평력에 대한 강도와 안정은 구조계산서에 명시된 지진하중에 의한 수평력에 견딜수 있도록 설계 및 제작되어야 한다.

3. 3 불소수지판

(1) 가동받침에 대한 마찰계수
계속적으로 윤활상태인 PTFE판과 그 위에 맞물려서 활동하는 스테인레스 강판이 마찰계수는 공기온도가 -24℃ 까지의 저온에서는 적용할 수 있다.

지 압 응 력 (kgf/㎠)	마 찰 계 수
50	0.08
100	0.06
200	0.04
300 이상	0.03

주 : 중간값은 선형 보간법으로 구한다.

(2) PTFE판의 최대 접촉압력

홈에 끼워 넣는 PTFE판에서 평균접촉압력과 연단의 최대접촉압력은 다음표의 값을 초과해서는 안된다.

설 계 하 중	중심축 반력에 의한 최대평균접촉압력(kgf/㎠)	편심축 반력에 의한 최대연단압력 (kgf/㎠)
영구설계하중	300	375
전 설 계 하 중	450	550

(3) PTFE판의 최소두께 및 최대 돌출높이

PTFE판은 피스톤 강판위의 오목한 원형 홈에 그 두께의 반 이상을 끼워야 한다.
이 경우에 불소수지판의 최소두께와 홈위로 돌출할 수 있는 최대 돌출 높이는 다음과 같다.

PTFE의 평면치수 D 지름 또는 대각선길이(㎜)	PTFE의 최소두께(㎜)	최대돌출높이 (㎜)
D ≤ 600	4.5	2.0
600 〈 D ≤ 1200	5.0	2. 5
1200 〈 D ≤ 1500	6.0	3.0

3. 4 스테인레스 강판

스테인레스 강판의 두께는 다음표의 값 이상이라야 한다.

스테인레스강판과 불소수지판 과의 직경의 차이 ΔD (㎜)	스테인레스강판의 최소두께 (㎜)
$\Delta D \leq$ 300	1.5
300 $< \Delta D \leq$ 500	2.0
500 $< \Delta D \leq$ 1500	3.0

4. 제 조

4. 1 강재는 도면과 치수에 의해 정밀하게 가공한다.

4. 2 스테인레스 강판은 용접으로 부착시키며, 부착 후에 휨이 없어야 한다.

4. 3 윤활구멍이 있는 순수 PTFE판은 규격에 따라 정교히 처리되야 하며, 반드시 윤활 구멍과 가동사이에 대치하도록 절단한다.

4. 4 도장은 표면을 완전 브라스팅(Blasting)한 후 표면 브라스팅 (Blastisng) 4시간 이내에 2액형 에폭시 프라이머로 50마이크론 두께 1차 도포하고, 운모상 산화철을 함유한 에폭시 수지 포리마이드 수지의 2액형 도료로 공기 접촉면은 100마이크론 2차 도장을 한다.

4. 5 유도궤도 양면에 부착하는 마찰감소용 판(DU Dry bearing)은 정밀하게 절단후 강력한 접착제로 접착하며, 양끝 부분은 용접처리한다.

5. 품 질

5. 1 재료의 품질

(1) 강재(steel)는 KS D 3515의 용접구조용 강재 SM 490B 이상을, 주강품(cast steel)은 KS D 4102의 저합금 주강품 LMnSC 2A 이상을 사용한다.
(2) 스테인레스 강판은 KS D 3698의 STS 316 Mirror #8이상 또는 동등이상의 제품을 사용하며, 또한 불소수지판보다 경도가 커야하고 부식에 대한 저항력이 커야 한다.

항 목		단 위	고 무 판	
			천연고무	합성고무
인 장 강 도		kgf/㎠	155 이상	155 이상
신 장 율		%	450 이상	400 이상
경 도		HS	50 +5 -4	50 +5 -4
노 화 후 (70℃, 168시간)	경도변화	HS	10 이하	15 이하
	인장강도 변 화 율	%	15 이하	15 이하
	신 장 율 변 화 율	%	20 이하	40 이하
압축영구줄음율 (70℃,22시간)		%	30 이하	35 이하
오 존 균 열 시 험	50 ± 5 ppm 40 ± 2℃ 신장율 20% 48 시간		균열없음	균열없음

(4) 순수한 PTFE 판은 다음표 값을 따른다.

항 목	단 위	규 격
인 장 강 도	kgf/㎠	175 이상
신 장 율	%	200 이상
비 중	-	2.10 ~ 2.23

6. 설치방법

6. 1 미끄럼 마찰장치 받침을 설치할때는 우선 설치도면상 나타나 있는 규격 및 치수를 확인한 후 종류에 따라 정확히 구분 설치하여야 하며, 설치하기 전 수평여부를 확인한 후 고강도 몰탈을 사용한다.

6. 2 모든 설치는 현장 기술자 및 감독원의 감독하에 이루어져야 한다.

7. 표　시

이 규격에 적합한 미끄럼마찰장치에는 명판, 각인 또는 지워지지 않는 잉크나 페인트로 제조회사명, 제품명, 제조일 등을 보이도록 표시하여야 한다.

제 7 절 내진(면진)액세스플로어 및 면진테이블의 내진성능 평가기준(안)

1. 목적 및 적용범위

1.1 목적

이 기준(안)은 건물에 설치되는 정보통신시설용 내진(면진) 액세스플로어 및 면진테이블의 내진성능평가를 위한 것이며, 건축구조기준(KBC 2009)에서 규정하고 있는 내진설계기준을 만족할 수 있도록 내진(면진) 액세스플로어 및 면진테이블의 특성을 고려한 하위 개념의 성능평가법을 제시함에 있다.

1.2 적용범위

① 본 기준(안)은 건물에 설치되는 정보통신시설을 위한 액세스플로어, 면진테이블, 면진액세스플로어 와 같은 비구조재의 내진성능평가에 적용한다.
② 본 기준(안)의 성능평가법은 책임기술자의 판단에 따라 안전성 검토를 강화 및 생략 할 수 있다.

1.3 관련기준

내진액세스플로어, 면진테이블, 면진액세스플로어의 내진성능평가에 있어 기술되지 않은 사항은 다음의 기준을 참고하여 적용할 수 있다.

- 건축구조기준(KBC 2009, 국토해양부)
- 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준(전파연구고시 제 2008-46호)
- KS C IEC 60068-2-57 환경시험-제2-57부 : 시험-시험 Ff : 진동-시간이력 방법
- KS F 4760 이중바닥재

2. 용어 및 기호의 정의

2.1 용어의 정의

- 고유주기(natural period, T) : 자유 진동하는 구조물의 진동주기(sec)
- 고유진동수(natural frequency) : 구조물의 자유진동에서 시간당 발생 진동수(Hz), 진동운동을 원운동으로 환산하였을 때 단위시간당 회전한 각도에 해당
- 설계스펙트럼가속도 : 설계지진에 대한 단주기와 주기 1초에서의 응답스펙트럼가속도
- 응답스펙트럼(response spectrum) : 어떤 일정한 감쇠비를 가진 구조물의 고유주기나 진동수에 따른 지진의 최대응답을 나타낸 그래프
- 중요도계수 : 구조물의 중요도에 따라서 정해지는 내진설계상의 등급
- 지진구역 : 동일한 지진위험도에 따라 분류한 지역
- 지진력 : 지진운동에 의한 구조물의 응답에 대하여 구조물과 그 구서요소를 설계하기 위하여 결정된 힘
- 최대지반가속도(peak ground acceleration) : 지진에 의해 발생되는 최대의 지반가속도(m/sec^2)
- 평균재현주기 (mean return period) : 어떤 크기나 특성을 가진 지진이 발생하는 평균시간 간격

2.2 기호의 정의

$A_g(cm/\sec^2)$:최대입력지진가속도

$A_i(cm/\sec^2)$:i층의 최대응답바닥절대가속도

$B_i = \frac{A_i}{A_g}$

h : 구조물의 밑면으로부터 지붕층까지의 평균높이

$H(m)$: 전체건물높이

I_p : 비구조요소의 중요도계수(1.0, 1.5)

R_p : 비구조요소의 반응수정계수

γ_d:감쇠수정계수

S_{DS} : 단주기에서의 설계스펙트럼 가속도

T_i(sec):건물의1차고유주기

$\gamma_d = \frac{1.5}{(1+10h)}$: 감쇠에 따른 보정계수(철골조 h=0.02, 철근콘크리트조 및 철골철근콘크리트조 h=0.05)

W_p : 비구조요소의 가동중량

$x' = \frac{x}{H} = \frac{(i-1)}{N}$

z : 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이

3. 내진설계의 기본 방침

3.1 내진설계의 기본개념

내진설계란 지진 시나 지진이 발생한 후에도 구조물이 안전성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있도록 설계시에 지진하중을 추가로 고려하여 설계를 수행하는 것을 의미한다. 건물내에 설치되는 정보통신설비 및 내진(면진)액세스플로어, 면진테이블의 내진설계는 성능에 기초한 내진설계 개념에 의해 평가하도록 하였으며, 성능수준은 기능수행수준, 붕괴방지수준으로 구분하고, 건물내 설비들에 대한 각 성능수준에서의 설계 기본원칙은 다음과 같이 설정하였다.

<표 1> 성능수준에 따른 내부 기기, 설비의 거동한계

시스템	즉시사용수준 (IO)	기능수행수준 (DC)	인명안전 (LS)	붕괴방지 (CP)
기계설비 (mechanical equipment)	무시할 수준의 손상, 모든 장비 가동가능	사소한 손상, 일부 부수장비 고장	많은 장비가 고장, 일부 미끄러지거나 전복	대부분의 장비가 고장 많은 장비가 미끄러지거나 전복 일부 매달린 장비 떨어짐
덕트 (Duct)	무시할 수준의 손상	사소한 손상, 대부분의 시스템 가동가능	일부 덕트 붕괴 일부지주파괴, 덕트는 떨어지지 않음	일부 시스템 가동불능 일부 덕트 떨어짐
파이프 (Piping)	무시할 수준의 손상	사소한 손상, 사소한 누수 가능	일부 파이프 접합부에서 파열 많은 받침대 파괴 스프링쿨러는 거의 파괴되지 않음	많은 파이프가 붕괴 받침대 파괴, 일부파이프 시스템 붕괴
전기설비 (Electrical equipment)	무시할 수준의 손상	사소한 손상, 판넬의 구속, 부수적 시스템의 고장	보통의 손상 전복으로 판넬이 구속 주시스템의 일부기능 고장	광범위한 손상, 작동중지
가구 (Furniture)	무시할 수준의 손상	사소한 손상 일부 미끄러지고 전복	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
사무집기 (Office equipment)	무시할 수준의 손상	사소한 손상 일부 미끄러지고 전복	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
컴퓨터 시스템 (Computer system)	사소한 손상, 일부 미끄러지고 전복 대부분 작동	사소한 손상, 일부 미끄러지고 전복 대부분 작동	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
파일 캐비닛 (File cabinets)	무시할 수준의 손상	사소한 손상, 일부 미끄러지고 전복	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	미끄러짐, 전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
책장	무시할 수준의 손상	사소한 손상, 일부 전복, 책이 쏟아짐	전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
캐비닛 (Cabinets)	무시할 수준의 손상 전복되지 않음	사소한 손상 전복되지 않음 일부내용물 유출	전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상	전복, 내용물 유출, 파손 등으로 광범위한 손상
미술품, 수집품 (Art works, collections)	미소한 손상 전복되지 않음	사소한 손상, 전복은 없음, 일부는 떨어짐	전복, 파손 등으로 광범위한 손상	전복, 파손 등으로 광범위한 손상

3.2 내진등급 및 내진성능 목표

본 내진성능평가 기준(안)에서 내진액세스플로어, 면진테이블 및 면진액세스플로어는 『내진 1등급』의 내진 성능을 갖도록 하며 등급별 내진성능 목표에서 고려하는 설계지진강도는 기능수행수준에서는 평균재현주기 500년, 붕괴방지수준에서는 평균재현주기 1600년에 해당하는 지진지반운동에 대한 건물의 층응답가속도로 한다.

4. 내진(면진)액세스 플로어의 지주강도 결정 및 정적 성능평가법

4.1 기본성능

내진(면진) 액세스플로어는 하기의 국내기준에 적합한 강도를 갖추어야 한다. 각 성능시험방법은 KS F 4760의 시험방법에 의한다.

<표 2> KS F 4760(이중 바닥재) 성능기준

항 목	품 질
길 이	치수의 허용차는 각 변 길이의 ±0.5mm 이하이어야 한다.
직각도	한 변 길이의 0.1% 이하이어야 한다.
평판도	주변부에서 1.0mm이하이어야 한다. 중앙 및 그 밖의 부위에서 2.0mm 이하이어야 한다.
내국압성	R형 : 국부 압축 하중 2,940N에서 4.0mm이하의 변형량 이어야 한다. SP형 : 국부 압축 하중 4,900N에서 4.0mm이하의 변형량 이어야 한다.
내충격성	갈라짐이나 균열이 발생하지 않아야 한다.
내연소성	잔염 시간(1) 이나 잔진 시간(2)이 0 이어야 한다.
대전성	인체 대전압 Vp<3000v 이어야 한다.
누설 저항성	저항값은 $1\times10^{5}\Omega \leq R < 2\times10^{10}\Omega$이상이어야 한다.
내식성	도막의 밀착성 등급은 4B 이상이어야 한다. 염수 분무 시험에 의한 도장면의 변형이나 들뜸이 없어야 한다.
(1) 잔염시간 : 구성재의 잔염 현상시간을 말한다. (2) 잔진시간 : 구성재의 불길이 사라진 연소시간을 말한다.	

4.2 지주 강도 성능

① 내진(면진) 액세스플로어의 지주강도는 설치 위치에 따라, 다음의 요구 하중을 만족하여야 하며, 강도의 부족시 추가의 보강 및 단면성능의 변경이 필요하다.

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)}\left(1+2\frac{z}{h}\right) \quad (1)$$

② 상기 식에서 액세스플로어의 지주 산정시 중요도계수는 1.5를 적용하며, 반응수정계수는 접착제 시공을 고려하여 1.5를 사용한다.

③ 식(1)에 의한 요구강도에 대한 액세스플로어의 안전성 평가는 단면성능에 대한 해석으로 평가할 수 있으며, 필요시에 횡방향 실험에 의한 검토를 수 있다. 실험방법은 액세스플로어의 수평방향에 대한 횡방향 하중의 가력에 대한 액세스플로어의 내력을 측정하여 평가한다.

5. 내진(면진) 액세스플로어 및 면진테이블의 동적 성능평가

5.1 동적성능평가방법

① 내진(면지) 액세스플로어가 설치되는 건물의 동적해석 후 증폭된 층가속도를 산정하여 평가에 사용한다.

② 건물의 해석은 건축구조기준(KBC 2009)의 설계지반운동 및 설계스펙트럼에 기준하여 수행한다.

ⓐ 설계지반운동 수준의 결정

설계지반운동 수준은 지역계수에 따라 결정한다. 설계지반운동의 수준은 기본적으로 건축구조기준(KBC 2009)에서 제시하고 있는 방법에 따르면, 설계지반운동수준을 결정하기 위한 지진구역의 구분은 다음 표 와 같다.

<표 2> 지역계수(KBC 2009 표 0306.3.1)

지진구역	행정구역	지역계수, S
1	지진구역 2를 제외한 전지역	0.22
2	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.14

※ 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시, 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

ⓑ 지반의 분류

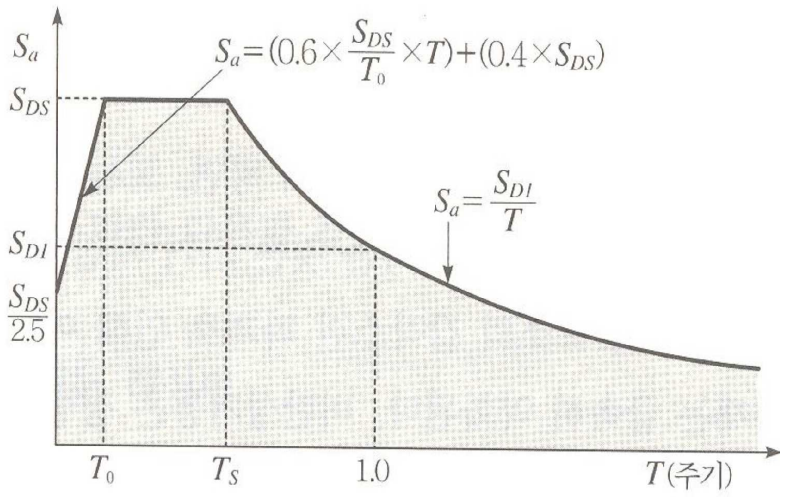
국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 자하지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 다음과 같이 5종으로 분류한다.

<표 3> 지반의 분류(KBC 2009 표0306.3.2)

지반종류	지반종류의 호칭	상부 50m에 대한 평균지반특성		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 N (타격횟수/300mm)	비배수전단강도 Sa($\times 10^{-3}$ MPa)
S_A	경암지반	1500 초과	–	–
S_B	보통암지반	760에서 1500		
S_C	매우조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	>50	>100
S_D	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사지반	180미만	<15	<50

ⓒ 표준설계응답스펙트럼

건물에 미치는 지진력의 산정을 위한 설계스펙트럼 가속도는 재현주기 2400년의 지진위험도로 정의한 최대예상지진에 대한 유효스펙트럼 가속도에 지반의 증폭효과와 이에 대한 2/3 값으로 정의한다.



[그림 1] 설계스펙트럼가속도

ⓓ 가속도 시간이력

- 지반운동은 지반가속도의 시간이력으로 표현될 수 있다.
- 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도 성분(수평 2방향, 수직방향)으로 구성되어야 한다.
- 필요시에는 인공지진파 시간이력을 사용할 수 있다.

ⓔ 인공 지진파 시간이력

- 인공지진파의 시간이력은 전파연구소 고시 2009-3호의 층응답 설계스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다.
- 층가속도의 장주기 성분이 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성해야 한다.
- 인공지진파의 시간이력의 지속시간은 30초 이상으로 하고, 지진의 규모와 특성, 전파경로 및 대지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.
- 수직 3방향 성분의 인공 지진파 시간이력 상호간에는 통계적 독립성이 유지되어야 한다.

③ 건물의 동적 해석결과에서 액세스플로어 혹은 면진테이블의 설치 위치(층수)에 대한 증폭된 층가속도를 구하여 이를 사용한 동적해석결과를 기준으로 액세스플로어의 안전성 및 상부 탑재물의 안전성을 검토한다.

5.2 간이평가방법

① 5.1절의 층응답 가속도는 건물의 시스템에 따른 각 층의 증폭율을 고려한 간이 평가법을 사용하여 산정할 수 있다.

고유주기(T_i)	$T_i \leq 0.6$	$T_i > 0.6$
평균증폭율(β)	$3.2\gamma_d$	$\frac{1.9 \times \gamma_d}{T_i}$

건물의 1차고유주기는 약산식으로 널리 사용하고 있는 철골조의 경우 $T_i = 0.02 \times H(m)$, 철근콘크리트조의 경우 $T_i = 0.03 \times H(m)$ 을 이용

② 단, 상기의 평가법에 의해 산출된 층가속도 증폭율은 5.1절의 층가속도 증폭율 이상이어야 한다.

6. 진동시험에 의한 성능평가법

6.1 시험체

시험체 계획에 있어서는 다음사항에 유의한다.

① 시스템의 기능상, 복수의 장치를 연결하여 설치해야하는 경우를 제외하고 기본적으로는 장비 단독으로 평가한다,
② 시험체는 가장 질량이 크고 가장 강성이 작은 조건(고유진동수가 작은 조건)으로 한다.
③ 실제 장치를 탑재할 수 없을 경우에는 질량과 중심높이가 실제 장치와 유사하도록 조건을 구현하여 평가한다. 이때 시험체 장치의 강성은 실제장치의 강성보다 상회하지 않도록 한다.
④ 시험체의 질량은 진동실험전에 계측하여 최대질량조건을 만족하는지 확인한다. 중심높이도 계측하고 실제 탑재조건에 가능한 만족시킨다.
⑤ 시험을 수행하는 장치는 진동환경시험 수행상 가장 불리한 조건에서 시험을 실시한다.

6.2 진동특성 시험

① 지진파 가진시험에 있어서 시험체의 고유진동수 변화를 조사하기 위해 시험전과 가진 후의 진동특성시험을 실시한다.

② 진동특성시험 방법은 다음과 같다.

ⓐ 진동특성시험은 다음과 같은 방법 중 하나로 시험체의 고유진동수를 조사한다.

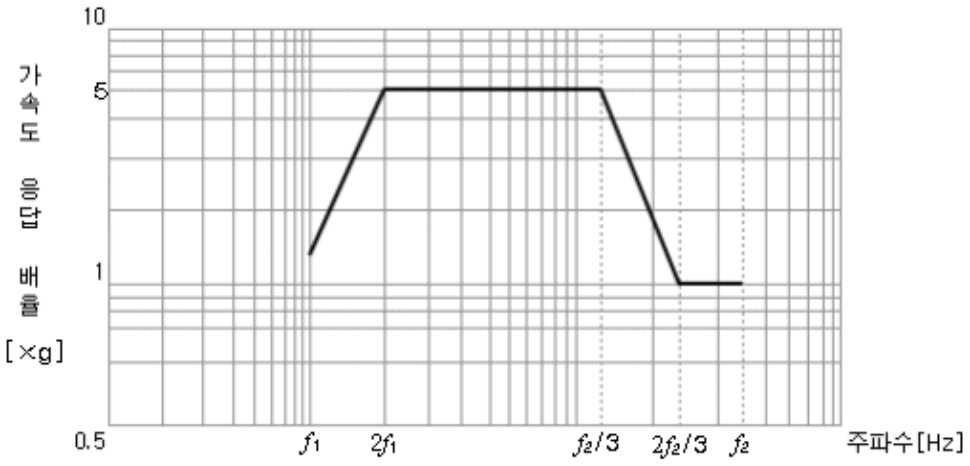
- 램덤파 가진(White Noise가진)
- 정현파(sine 파) Sweep 가진

ⓑ 진동특성시험의 최대가속도는 50cm/sec^{2}정도로 하고 주파수범위는 0.5Hz~50Hz로 한다. 진동대 특성의 제약으로 50Hz이상 가진 할 수 없더라도 35Hz이하가 되지 않도록 한다.

6.3 면진테이블 진동시험(지진파 가진 시험)

① 진동대 실험에 사용하는 지진가속도는 지반조건에 상응하는 실제의 지진파에 대한 증폭율을 고려한 가속도에 의한다.

② 필요시에는 인공가속도를 사용할 수 있다. 단, 실험시의 인공가속도는 건물의 층응답 가속도를 해석에 의해 구하거나, 다음의 층응답스펙트럼에 적합하도록 작성한다.



[그림 2] 요구응답스펙트럼

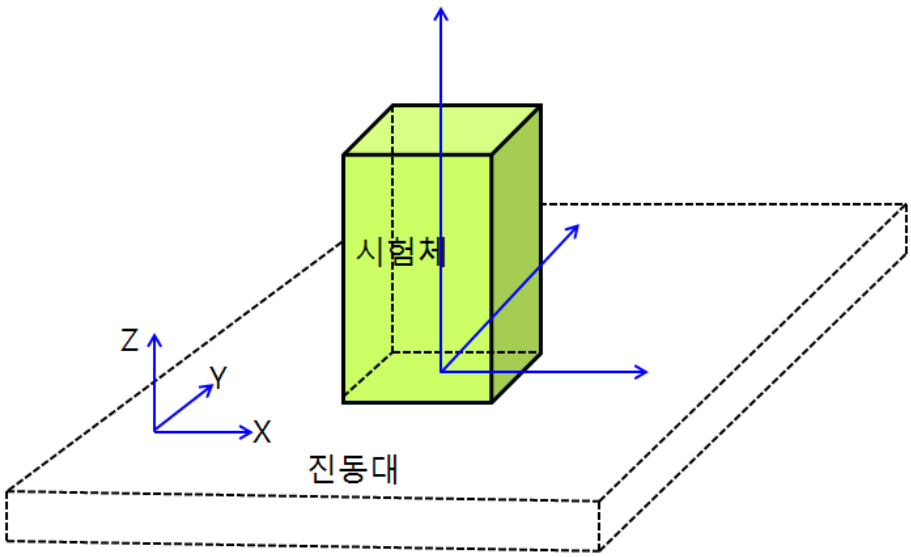
- f_1=1Hz, f_2=35Hz

- 영주기 가속도는 0.6g
- f_1에서 $2f_1$까지의 가속도 변화는 12dB/octave의 기울기를 갖도록 함
- 감쇠율(damping ratio)은 2%를 적용
- $2f_1$에서 $f_2/3$까지의 최대증폭가속도는 영주기 가속도에 5배 하여 3g로 함
- 차단주파수는 $2f_2/3$으로 함
- $f_2/3$에서 차단주파수 $2f_2/3$까지의 변화는 로가리즘 단위에 대한 선형보간법을 적용

③ 수직방향진동에 대한 층응답스펙트럼의 경우 영주기 가속도를 최대 50%까지 경감시켜 적용할 수 있다.

④ 통신장비, 전원설비, 부대설비는 설치하고자 하는 건물 층에 대한 층응답스펙트럼을 사용할 경우 내진설계 등급은 건축구조설계기준에 의한 특등급을 적용한다.

⑤ 통신장비, 전원설비, 부대설비에 대한 내진성은 시험 검증되어야 한다. 시험 검증에 사용되는 층응답스펙트럼은 통신장비, 전원설비, 부대설비를 설치하고자 하는 건물 층에서 정한 층응답스펙트럼을 포괄하여야 한다.



[그림 3] 3차원가진 진동대

6.4 실험결과의 정리

데이터의 정리 및 해석항목은 다음과 같다.

① 진동특성시험

- 진동대를 기준으로 한 시험체 각부의 주파수응답(가속도진폭비 및 위상차)
- 각 가진레벨에서의 가진전과 가진후에 있어서 고유진동수 변화

② 내진시험
- 가진 전·후 및 가진중에 있어서 장치의 기능장애와 기능저하의 발생유무
- 주요구조부의 영구변형, 용접부의 균열, 볼트의 이완 등 발생유무
- 탑재물의 탈락, 커버류의 변형, 도아 개폐 등 유무
- 진동대 및 시험체각부의 가속도시간이력
- 가진파의 가속도응답스펙트럼
- 진동대 및 시험체의 최대가속도
- 진동대에 대한 시험체의 가속도응답배율
- 시험체 상부의 최대수평변위

6.5 시험결과의 평가

① 시험 후 육안에 의한 평가 결과 다음과 같은 손상이 없어야 한다.

- 시험대상설비의 전복 또는 전도
- 시험대상설비의 바닥고정부 이탈
- 설치된 구성품의 이탈
- 시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손
- 액세스플로어 구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나 진동대 고정부분 이탈
- 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단
- 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손

② 실험체에 함께 설치된 통신설비의 경우 내진시험검중과 종결 후에 통신신호 전송에 지장을 주지 않도록 정상상태를 유지하여야 한다.

③ 정보통신 설비간의 충돌 등에 의한 피해를 막기 위해 내진시험 중에 해당설비의 바닥면을 기준으로 설비상단의 진동 변이폭이 최대 75mm를 초과하여서는 안된다.

6.6 계측결과보고

내진성능시험결과를 다음 항목에 대해서 정리 보고서를 작성한다.

(양식 1) 성능평가보고서

시험실시개요 (시험년월일,시험기관,장소,시험담당자)

시험체개요 (장치구성도,치수,질량,설치방법,설치개요도)

진동특성시험방법

지진파가진방법

내진성능시험결과

시험 책임자 : **(인)**

1.시험대상 설비 명	
2.의 뢰 자	
3.시험기간	200 . . . ~ 200 . . .

4.시험결과

항 목	이상여부	비 고
◦시험 전·후와 시험중 시험대상설비의 통신신호 전송 상태		
◦시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위폭 (<75㎜)		
◦시험대상설비의 전복 또는 전도		
◦시험대상설비의 바닥 고정부 이탈		
◦설치된 구성품의 이탈		
◦시험대상설비의 프레임 변형 또는 파손		
◦액세스플로어구조물 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈		
◦앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단		
◦기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손		

5. 판정결과	

제 8 절 결 론

본 과제와 관련하여 당해연도인 2차년도 연구기간 중에 1차년도 연구의 보완과 함께 당초 계획된 면진액세스플로어의 개발 및 실험 검증연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 내진액세스플로어의 개발

(1) 지주와 스트링거의 단면성질 및 강성을 증진시키고, 보강연결대에 의해 보강된 내진액세스플로어의 경우 전도모멘트 및 지진하중에 의한 횡하중에 대한 효율적인 저항특성을 나타내었다.
(2) 기존의 일반 액세스플로어의 경우 진동대 실험에서 최대지반가속도(PGA) 300gal에서 붕괴하였으며, 상부 탑재된 서버랙 등이 함께 손상됨에 따라 지진에 대해 취약한 것으로 나타났으며, 내부 설비들의 손상, 파괴에 따른 건물의 기능정지가 예상되었다.
(3) 본 연구에서 개발된 내진액세스플로어의 경우 진동대 실험결과에서 800gal까지 안정된 거동을 나타내었으며, 외관의 손상, 뒤틀림 등이 발견되지 않아 우수한 성능을 나타내었다.
(4) 국내 액세스플로어의 시공은 바닥에 앵커를 하기보다는 접착제에 의한 시공이 일반적이므로 액세스플로어의 강도확보 뿐만 아니라 접착제의 강도도 함께 고려되어야 한다.
(5) 본 연구개발의 일환으로 내진액세스플로어의 성능평가법을 함께 개발하였으며, 수직방향 기본성능, 횡방향 요구강도, 진동 실험 등의 성능평가가 이루어져야 하며, 개발된 액세스플로어의 경우 요구성능을 만족하였다.

2. 면진테이블의 개발

(1) 지진 발생시에 건물내 정보통신 설비의 안전성 확보를 위해 개발된 면진테이블은 마찰력이 작은 리니어 가이드와 가이드 블록을 통하여 리니어 가이드를 +자형으로 결합한 형태로 바닥과 통신장비 사이의 지진력을 차단하는 시스템이다.
(2) 진동대 실험결과 단독형과 확장형 모두 입력가속도에 대해 수평방향에 대해서는 80% 이상, 수직방향에 대해서는 50% 이상의 가속도 저감효과를 나타내었으며, 상부 탑재물의 이동, 전도 등에 의한 피해를 방지하는데 있어 효과적으로 판단된다.
(3) 실제 시공상태를 고려한 액세스플로어 상부 면진테이블을 설치한 경우에도 진동대

실험결과 80% 이상의 가속도 저감효과를 나타내었다. 다만 면진테이블이 신뢰성있는 거동을 하기 위해서는 하부 바닥의 전도 또는 붕괴가 발생하지 않도록 해야하며, 본 연구에서는 내진액세스플로어를 설치한 상부에 설치하여 진동대 실험을 수행한 결과 우수한 면진성능을 나타내었다.

3. 면진액세스플로어의 개발

(1) 면진액세스플로어는 액세스플로어 하부에 수평방향 면진기능을 위한 미끄럼 마찰기구를 설치하고 고유주기를 조절하기 위한 인장스프링을 조합한 형태로 개발되었다.

(2) 중량과 변형에 대한 제한에서 자유로운 형태로서 스프링의 조절에 따라 액세스플로어시스템의 주기를 조절할 수 있으며, 옥내의 설비기기와 같은 경량에도 적용이 가능한 시스템이다.

(3) 진동대 시험결과 상부면: PTFE + 하부면: 스테인레스, 상부면 : PTFE + 하부면: 불소수지코팅판 의 경우에는 30% 정도의 진동저감 효과가 관측되었으나, 예측값보다 작은 효과를 나타내었다. 또한 하부면 알루미늄 판의 경우 오히려 가속도가 증폭되는 결과가 나타났다. 이는 진동시의 기기의 흔들림 및 상부 패널의 이동 등에 의한 효과들이 계측에서 충분히 필터링 되지 못한 결과로 추후 보완연구를 필요로 한다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표의 달성도

1. 1차년도 연구개발 목표 및 달성도

(1) 1차년도 연구개발 목표

① 내진액세스플로어 개발
- 내진액세스플로어 설계
- 내진액세스플로어 시작품 제작
- 내진액세스플로어 Mockup
- 내진액세스플로어 시공성 평가
- 내진액세스플로어 구성재 성능시험

② 면진테이블 개발
- 면진테이블 설계
- 면진테이블 시작품 제작
- 면진테이블 Mockup
- 면진테이블 시공성평가
- 면진테이블 성능시험

③ 실용화를 위한 시공지침 작성
- 내진액세스플로어 시공지침(안)개발
- 면진테이블 시공지침(안)개발

④ 통신설비의 요구내진성능
- 통신설비의 요구성능 파악

(2) 1차년도 연구개발 목표의 달성도

가. 연구개발 수행 진도율

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	진도(%)
국내외통신설비의 요구내진성능조사	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획									100%
	실적	실적	실적	실적									
국내외통신설비의 내진대책조사			당초계획	당초계획	당초계획	당초계획							100%
			실적	실적	실적	실적							
통신설비의 설계스펙트럼			당초계획	당초계획	당초계획	당초계획							100%
			실적	실적	실적	실적							
액세스플로어 표준화 조사		당초계획	당초계획										100%
		실적	실적										
내진액세스플로어 개발				당초계획	당초계획	당초계획							100%
				실적	실적	실적							
면진테이블개발			당초계획	당초계획	당초계획	당초계획							100%
			실적	실적	실적	실적							
내진액세스플로어 구성재시험					당초계획	당초계획							100%
					실적	실적							
내진액세스플로어 내진성능시험					당초계획	당초계획	당초계획						100%
					실적	실적	실적						
면진테이블 내진성능시험					당초계획	당초계획	당초계획						100%
					실적	실적	실적						
내진액세스플로어 시공지침(안)개발						당초계획	당초계획	당초계획					95%
						실적	실적						
면진플로어 시공지침(안)개발						당초계획	당초계획	당초계획					95%
						실적	실적						
종합보고서작성							당초계획	당초계획					95%
							실적						
총 진도율	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획	당초계획					97%
	실적	실적	실적	실적	실적	실적	실적	실적					

당초계획
실 적

나. 연구개발 목표의 달성도

목 표	달성도(%)	내 용
내진액세스플로어 설계	100%	- 통신설비의 요구 성능과 설계기준 설정 - 패널의 유한요소해석 실시 완료
내진액세스플로어 구성재 성능시험	100%	KS F 4760에 규정되어 있는 성능시험 완료
내진액세스플로어 시작품제작	100%	- 내진액세스플로어 구성재 시험완료 - 내진액세스플로어 제작을 위한 부품제작완료 - 설계지진가속도 및 적재하중에 따른 시제작품 제작
내진액세스플로어 Mockup 시공	100%	- 내진액세스플로어 시공을 위한 순서 및 조건완료 - 내진액세스플로어 설치 시방서 작성완료
내진액세스플로어 내진성능시험	100%	- 내진액세스플로어 시제품에 대한 3차원 6자유도 진동실험 완료
면진테이블설계	100%	- 면진테이블 형상제시 - 면진테이블 표준형 제시
면진테이블 시작품제작	100%	- 면진테이블 제작을 위한 부품 제작완료 - 설계지진가속도와 적재하중에 따른 시제작품 제작
면진테이블 Mockup 시공	100%	- 면진테이블 시공을 위한 순서 및 조건완료 - 면진테이블 시방서 작성완료
면진테이블 내진성능시험	100%	- 면진테이블 시제품에 대한 3차원 6자유도 진동실험 완료

2. 2차년도 연구개발 목표 및 달성도

(1) 2차년도 연구개발 목표

① 통신설비 내진성능평가법 개발
- 국내외 면진액세스플로어시스템 관련 기술현황조사
- 국내외 정보통신설비 내진성능평가 관련 기술현황조사
- 통신설비 내진성능평가 기준(안)개발
- 통신설비 내진성능 간이평가법 개발

(2) 면진액세스플로어시스템 개발 및 설계
- 면진액세스플로어시스템 설계
- 면진액세스플로어시스템 시제작
- 면진액세스플로어시스템 Mockup 및 시공성평가
- 면진액세스플로어시스템의 시공지침(안)개발
- 면진액세스플로어시스템의 간이 성능평가
- 면진액세스플로어시스템의 내진성능평가 지침개발

(3) 면진액세스플로어시스템 내진성능 평가 및 결과분석과 개량
- 면진액세스플로어시스템의 내진성능평가
- 면진액세스플로어시스템의 내진성능 결과분석
- 면진액세스플로어시스템의 내진성능 개량
- 면진액세스플로어시스템의 매뉴얼(안) 작성

(2) 2차년도 연구개발목표의 달성도

가. 연구개발 수행 진도율

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	진도(%)
1차년개발제품 성능평가 분석 개량 및 보완																	100%
국내외면진액세스플로어시스템관련 기술현황조사																	100%
국내외정보통신설비내진성능평가관련기술현황조사																	100%
통신설비의 내진성능간이 평가법개발																	100%
면진액세스플로어 시스템개발																	100%
면진액세스플로어 시스템시제작																	100%
면진액세스플로어 시스템목업및시공성평가																	100%
면진액세스플로어 시스템내진성능평가지침개발																	100%
면진액세스플로어 시스템의간이성능평가																	100%
면진액세스플로어 시스템의내진성능평가																	100%
면진액세스플로어 시스템의시공지침(안)작성																	100%
종합보고서작성																	100%
총 진도율																	100%

당초계획
실 적

나. 연구개발 목표의 달성도

목 표	달 성 도 (%)	내 용
실용화를 위한 1차년개발제품 성능개량보완	100%	- 1차년 내진성능평가분석 보완 - 개량설계(내진액세스플로어, 면진테이블, 확장연결형면진테이블) - 성능평가시험 - 상용화 준비
국내외면진액세스플로어시스템관련기술조사	100%	- 국내외면진액세스플로어 기술현황 조사 및 분석 - 특허분석, 적용현황 조사 분석
국내외정보통신설비내진성능평가관련기술현황조사	100%	- 내진액세스플로어 구성재 시험완료 - 내진액세스플로어 제작을 위한 부품제작 완료 - 설계지진가속도 및 적재하중에 따른 시제작품 제작
통신설비의 내진성능 간이 평가법 개발	100%	- 정보통신건물의 응답특성 - 설비의 응답특성 - 정보통신설비의 설계응답스펙트럼
면진액세스플로어시스템설계	100%	- 면진테이블설계 - 액세스플로어시스템설계 - 정보통신설비의 안정성 - 면진테이블과 액세스플로어시스템 접합시스템설계 - 복원 및 감쇠기구 설계
면진액세스플로어시스템 시제작	100%	- 정보통신설비의 안정성 - 면진시스템 형상제시 - 면진시스템 적정성 비교 분석
면진액세스플로어시스템 목업 및 시공성평가	100%	- 면진액세스플로어시스템 목업시공 - 목업시공에 의한 시공성평가 - 시공지침안 개발
면진액세스플로어시스템 내진성능평가지침개발	100%	- 내진성능평가를 위한 진동실험계획 - 실험체계획수립 및 제작 - 설계용스펙트럼과 가진계획
면진액세스플로어시스템 내진성능시험	100%	- 면진액세스플로어시스템 시제품에 대한 진동실험 - 면진액세스플로어시스템 진동실험 평가법 개발
면진액세스플로어시스템 시공지침개발	100%	- 면진액세스플로어시스템 시공지침 개발 - 면진액세스플로어시스템 기술지침개발

제 2 절 연구개발의 대외 기여도

1. 기술적 효과

○ 지금까지 정보통신설비에 대한 지진피해 저감용 장치는 전량 수입에 의존하였으나, 국내 실정에 적합한 기술개발로 실용화 제품을 생산할 수 있을 것이다.

○ 특히 지진재해대책법과 전기통신설비의 신뢰성 및 안전성에 관한 기술 기준 등 관련 법은 지금까지 비구조재로 내진대책을 수립하지 않아 많은 정보통신설비의 피해와 기능정지 등의 주변국의 지진사례에서 지진재해를 저감하기 위해 우리나라에서도 대비를 하고 자 하는 취지로 관련법이 정비 되었으나 아직까지 국산화 제품의 개발이 없는 실정이다. 따라서 본 제품의 개발은 우리나라의 지진재해 저감기술 개발의 경쟁 효과도 있을 것으로 기대된다.

○ 현재 액세스플로어와 관련된 내장공사는 기술 혁신화와 최적화의 정도가 매우 낮고, KS 기준에도 내진성능 기준을 요구하고 있지 않다. 본 기술의 개발과 더불어 지진피해저감 기술에 대한 기준 정비와 관련 업체의 기술개발 및 공정 개선에도 기여할 수 있을 것으로 기대 된다.

○ 관련 요소기술의 발전에 따라 향후 지진재해저감 기술의 동반 발전이 예상된다.

○ 따라서 본 연구에서는 지금까지 비구조재로 건축마감공사로 취급되어 품질과 성능에 제조업체에 따른 편차가 많았던 정보통신 설비 구축을 위한 지지시스템에 적용 가능하여 지진재해시에도 안정적으로 기능을 유지할 수 있도록 하는 기술로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 향후 면진기술과 해석적 및 진동실험 기술의 발전은 원전설비 등에도 응용할 수 있어 본 기술의 활용도가 높아질 것으로 기대 된다.

2. 사회 · 경제적 효과

○ 현재 지진재해저감 기술 관련제품이 수입되어 국립중앙박물관 등에 설치되고 있지만, 향후 관련법령(지진재해대책법, 전기통신설비의 안정성 및 신뢰성에 관한 기술 기준) 적용 대상건물에는 건물내 정보통신 설비의 지진피해 보호장치의 개발을 통하여 수입 대체 효과와 수출로 인한 외화획득에 대한 기대도 예상된다.

○ 또한 현대사회는 고도정보화사회이고 정보화 사회의 중요기간 인프라시설인 정보통신 설비가 지진피해로 인하여 기능이 정지된다면 큰 사회 경제적인 혼란이 발생하게 될 것이다. 이러한 정보통신 설비에 본 연구 개발 제품을 적용하여 지진피해로부터 통신 설비를 보호 할 수 있다면 국가안보와 위험관리에 대비한 선진한국의 국가 이미지를 제고할 수 있을 것으로 예상된다.

○ 또한 국내의 경우 고도IT정보화 사회와 디지털 방송 통신융합 등은 방대한 데이터를 고속처리 해야 하는 필수적 요건으로 신규 데이터센터의 구축과 기존 데이터센터의 리모델링 등 꾸준한 수요의 증가가 예상된다.

○ 중국과 인도, 터키, 대만 등의 경우 우리나라 보다 강진지역이고 신흥 개발도상국으로 무한한 정보통신 시장의 잠재력을 지니고 있어 국내업체에서 신속한 개발이 필요하다.

○ 금융시장의 글로벌화와 고도IT정보화 사회는 24시간 안정적 시스템 운영이 목표가 되고 있다. 따라서 지진과 같은 물리적 충격에 시스템을 안정적으로 운영할 수 없게 된다면 국가적 혼란과 대외신용도에도 큰 영향을 미칠 수 있다는 것은 농협전산망 마비 사태, 일본 원전의 통제불능사고 등 에서 간접적으로 가름할 수 있을 것이다.
 따라서 금융전산망, 철도교통전산망, 항공전산망 등의 경우에는 정보통신설비에 대한 지진취약도 분석을 통한 법적 제도정비를 하여 최소한의 대책을 수립할 필요가 있다.

○ 따라서 본 연구개발 과제에서 개발한 3개 제품은 중요 핵심기간시설은 집중시설이 되므로 만반의 준비를 하지 않는다면 업무연속성계획(Business Continuity Plan)을 통한 지속성장이 어려울 것이다. 다양한 정보통신설비와 중요도와 지진재해경감대책 수립비용에 따라 선택할 수 있는 솔루션을 제공하기 위한 것으로 소비자의 선택기회의 폭을 넓히고 인식을 향상시키는데도 기여하였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구개발과제는 정보통신설비의 지진재해저감장치로 각 용도에 따른 3개 제품을 개발하는 것으로 제품설계 및 제작, 성능검증, 설치 및 시공의 측면으로 접근된 실용화 제품개발 연구이다. 건물내에 설치되는 정보통신설비는 건물의 진동특성과 설치되는 층, 설비(기기)에 따라 지진시 흔들림의 정도가 다르게 나타난다. 또한 정보통신설비의 발달로 신규 대체장비로 교체될 때 기존의 지진재해저감 장치를 사용할 수 있는지에 대한 확장성이 요구되지만, 현재사회는 정보통신사회로 중요핵심설비와 시스템을 유사시에도 보호해야만 상황대처가 가능하다는 인식을 하여야 한다.

각 분야의 연구 결과와 추가 연구의 필요성, 응용, 기업화 추진 방안을 다음과 같이 기술한다.

(1) 기업화 추진방안

- 현재 지진재해대책법(2009년3월 시행)과 정보통신설비의 신뢰성 및 안전성에 관한 기술기준(2009년 10월시행)에서 기간통신사업자 및 방송통신 사업자는 지진피해 저감을 위한 대책을 수립해야하기 때문에 본 연구의 건물내 정보통신 설비의 지진피해 보호 장치인 면진액세스플로어시스템이 개발될 경우 국가기간통신시설에 설치가 될 것으로 예상되고, 건물의 내진설계와는 별도로 중요설비에 대한 국가지진방재종합대책의 수립으로 지진재해경감대책을 수립하게 되면 점차 수요는 늘어날 것으로 예상된다. 또한, 현재 특별요구 수요의 경우 수입하여 설치하므로 수입대체 효과도 예상된다.
- 정보통신설비의 다양성과 중요핵심설비의 기능과 용도와 지진재해경감 대책 그레이드에 따라 내진액세스플로어, 면진테이블, 면진액세스플로어시스템으로 선택할 수 있는 다양성을 제공한다.
  - 내진액세스플로어 개발
    - 패널의 탈락방지
    - 지주의 전도방지
    - 설비의 인터페이스확보
    - 배선공간의 확보
  - 면진테이블 개발
    - 개별장비에 대한 지진대책
    - 내부공간 가변성에 대한 확장연결형 모델 제시
    - 확장연결형의 연결시스템의 안전성 검증
    - 지진시 거동 공간확보

▪ 설비배선 인터페이스

– 면진액세스플로어시스템 개발

■ 본 연구는 실용화 개발 연구이기 때문에 제품의 상용화를 위한 시공성 검토 등 추가적 연구가 진행된다면 널리 활용될 것으로 기대된다.

■ 본 연구의 참여기업인 (주)한국종합건축사사무소는 설계 및 시공감리업체로 우체국과 철도청 및 공공기관 관련 건축물의 설계 및 감리에 최고의 수행실적을 보유하고 있는 기업으로 본 연구의 개발이 완료되면 설계에 제안 및 적용을 계획하고 있다.

■ 본 연구의 참여기업인 (주)동일건축은 설계 및 시공감리 업체로 국방관련 시설의 설계 및 감리에 최고 수행실적을 보유하고 있는 기업으로 본 연구개발 제품의 설계적용을 계획하고 있다.

■ 본 연구의 참여기업인 GF SYSTEM은 면진테이블 요소기술을 보유한 생산업체로 본 연구 개발제품인 면진액세스플로어시스템의 시제작품에 제작에 참여하여 실용화와 제품화를 추진할 예정이다.

■ 본 연구의 참여 기업인 (주)일호산업은 건축용 액세스플로어 제조 및 시공업에 17년을 종사한 기업으로 액세스플로어에 풍부한 지식과 경험을 갖추고 있어 본 연구의 면진액세스플로어시스템의 내진액세스플로어 시제작품 제작에 참여하고 실용화와 제품화를 추진할 예정이다.

■ 본 연구의 참여기업인 (주)원준하이테크는 학교건물의 내진보강 시공 업체로 다수의 시공실적을 보유하고 있어 본 연구개발 제품을 학교시설의 통신설비에 적용할 예정이다.

■ 본 연구의 최종결과인 면진액세스플로어시스템은 지진재해를 저감하는 장치이므로 자연재해저감신기술 인증 절차를 추진하여 신기술인증제품 구매촉진제도와 우수조달제품 등록 등을 통한 실용화를 추진할 예정이다.

■ 본 연구 개발제품인 내진액세스플로어시스템은 통신설비 시설을 구축하는 기간설비로서 지진재해대책법과 방송통신발전기본법의 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 관한 기술기준의 시행으로 신규수요가 있을 것으로 판단되며, 본 연구개발과정에서 지자체 상황실 등에 시험시공하는 등 상용화를 위한 양산준비과정에 대한 검토도 수행하여 주관연구기관인 (주)에코닝에서 사업화 할 예정이다.

■ 본 연구 개발제품인 면진테이블시스템은 통신장비 또는 개별기기를 지진으로부터 보호하고자 하는 장치로서 지진재해대책법과 방송통신발전기본법의 전기통신설비의 안전성 및 신뢰성에 관한 기술기준의 시행으로 신규수요가 있을 것으로 판단되며, 본 연구개발과정에서 지자체 상황실 등에 시험시공하는 등 상용화를 위한 준비를 거쳐 주관연구기관인 (주)에코닝 또는 참여기업에서 사업화 할 예정이다.

■ 본 연구 개발제품인 면진액세스플로어시스템은 일정한 지역 또는 면적에 대하여 부분

면진을 하는 방법으로 국내에서는 아직 도입되지 않은 단계이다. 그러나, 2011년3월 11일 동일본대지진으로 인한 원자력발전소의 통제불능 사고는 국내 원자력발전소의 안전기준 향상에도 영향을 미쳐 현재 면진액세스플로어 도입을 위한 기술적 검토를 시작한 것으로 알려지고 있다. 또한 국가지진방재대책 수립으로 중요핵심시설의 상황실 등에는 면진액세스플로어시스템의 적용가능성도 높아지고 있다고 할 수 있다.

- 본 연구 개발제품인 면진액세스플로어시스템은 시작품제작과 내진성능검증을 수행한 단계로 원자력시설 등에 적용하기 위해서는 추가적으로 실제 사용환경을 고려한 제품 설계와 내진성능 검증을 위한 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.
  이를 위해 유관기관 및 단체와 협의하여 기술이전 또는 상용화 할 예정이다.
- 본 연구에서 개발된 제품을 본연구의 참여기업인 (주)동일건축과 (주)한국종합건축 등과 협의하여 통신용 건축물의 설계프로젝트에 적용할 예정이며, 이를 적극적으로 홍보할 예정이다. 또한 지방공공청사이전의 발주처와 대형 건축설계사무소를 대상으로 적극 홍보할 예정이다.
- 크라이스처치 지진이후 지진대책에 대한 정비를 하고 있는 뉴질랜드에는 뉴질랜드 상공회의소와 MOU를 체결하여 홍보 및 판매를 할 예정이다.

(2) 추가연구의 필요성 및 타연구에의 응용

- 내진액세스플로어와 면진테이블 제품의 설계 및 제작에 대한 원천기술을 확보하고 향후 안전한국 구축을 위한 자연재해저감기술 및 기계 산업 분야 등에 적용하기 위한 후속 연구를 수행할 예정이다.
- 본 연구과제수행을 통하여 2개의 특허를 출원하여 국내 실정에 적합한 정보통신설비의 지진재해경감 대책으로 적용가능성을 제시하였다.
- 본 연구과제 수행을 통해 추후 필요한 연구분야는 다양한 정보통신설비를 대상으로 한 지진 재해경감이 가능한 제품 개발의 지속적인 제안과 실험이다.
- 다양한 종류의 정보통신설비에 최적의 지진재해경감 대책을 위한 효과적인 장치는 설계목표성능의 설정과 지진시에 효과 검증에 있으며 이를 달성하기 위하여 지속적인 관련 연구로 제품설계, 제작, 설치시공, 효율적인 면진테이블 개발과 진동실험방법 등에 대한 후속연구가 필요하다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구개발 과제는 아직 도입되지 않은 내진액세스플로어와 면진액세스플로어시스템, 초보단계인 면진테이블 기술을 개발하여 선진국 제품 성능 이상으로 향상시키기 위하여 해외과학지술정보와 선진기술 등을 검토하는 작업이 필요하였다.

본 과제는 2회의 외국 선진 설계사무소 방문 및 회의, 2회의 외국 선진 업체 방문 및 회의와 세계적인 전문가 3명의 자문을 통하여 국내 연구진의 안목 및 기술력을 향상시켰다. 특히 본 연구개발 과제에서 개발한 제품에 대한 진동실험과 내진성능평가법은 국내에는 전무한 상태이고 대형진동실험시설이 구축된 초기단계이어서 실험계획과 실험방법에 대한 프로세스 정립도 필요하였다.

액세스플로어에 대한 내진성능평가와 통신장비에 대한 진동실험 및 내진성능검증방법은 일본철도기술연구소와 일본전신전화공사(NTT), 일본건재센터(JSTM)의 진동실험실 방문과 회의로 국내 연구진의 기술력과 규격실험기준을 향상시켰다.

결과적으로 신제품의 개발과 내진성능평가법을 실현하기 위한 제품개발을 위한 설계기술과 검증평가를 위한 진동실험법에 대한 기술정보 획득에 큰 의의가 있다.

1. 기술교류

외국학자 및 기술진과의 교류를 통한 기술력향상 부분은 다음과 같다.

가. NTT 기술연구소 Suzuki 박사의 통신장비 진동실험 기법 기술자문

일본의 국가 기간통신사업자인 NTT는 재해대책기본법에서 지정공공기관으로 지정되었고 전기통신사업법에서 지진등 천재지변시에도 교통, 통신,전력공급의 확보를 할 수 있도록 하는 대책을 수립하였다. 그 후 NTT에 설치되는 통신설비는 중요도에 따라 NTT기술연구소에서 진동실험 등의 검증을 거친 후 설치하도록 되었다.

주요기술자문내용은 다음과 같다.

- 일본의 전기통신설비의 지진대책현황
- 통신장비 내진설계를 설계스펙트럼
- 통신장비의 진동실험방법
- 통신장비의 진동실험을 위한 실험체 계획
- 통신장비 진동실험을 위한 가진방법과 평가법

나. 일본 프리액세스플로아 공업회(JAFA)

1990년에 설립된 일본프리액세스플로아 공업회는 액세스플로어에 대한 기술정보수집과 조사, 연구를 하는 단체로 기술기준(JIS기준)과 시험방법에 대한 연구를 하는 단체이다. 본 연구회를 통하여 JIS A1450의 규격과 진동시험방법, 롤링로드시험기 설계를 도입하였다.

주요자문내용 및 정보는 다음과 같다.

- 내하중시험법
- JIS A 1450의 개정방향과 세계 액세스플로어 기술동향
- 롤링로드시험기 및 시험방법
- 프리액세스플로어 내진성능평가법

2. 입수 기술자료

(1) 액세스플로어 · 면진테이블 관련서 및 시방서

No.	제 목	출판 년도	출처
1	ICE 600068-2-57	2003	IEC
2	Guideline on Seismic Evaluation and Upgtading of Non-Structural Building Componebts	1995	Public Works and Goverment Services Canada
3	Internet Services Equipment On Access Floor Engineering and Installation Requirements	2006	AT&T
4	면진구조설계지침 및 예제집	2010	대한건축학회
5	Structural Dynamic System Computational Techniques and Optimization	1999	Gordon and Breach Publishers
6	Design Guide- Seismic Design of High Level Storage Racking Systems with Public Access	2007	BRANZ
7	AT&T-TP-76402 AT&T Raised Access Floor Engineering and Installation Requirements	2010	at@t
8	Installation of Access Floor Systems in General Office Area and Compur Room	2002	LADBS
9	Earthquake Resistance Standards for Communications Equipment	2009	NTT DOCOMO, INC.

No.	제 목	출판 년도	출처
10	Earthquake Resistance Test Specifications for Communications Equipments	2009	NTT DOCOMO, INC.
11	ISO Base Seismic Isolation Platform Technical Documentation	2003	WorkSafe Technologies
12	면진부재표준품리스트		

(2) 표준 시험법

No.	제 목	출판 년도	출처
1	Earthquake Resistance Test Specimens for Communications Equipement	2009	NTT DOCOMO
2	Recommended Test Procedures For Acess Floors	2007	CISCA
3	KS F 4760 이중바닥재	2008	기술표준원
4	KS F 2273 조립용 판의 성능시험방법	2009	기술표준원
5	KS T 1058 셀로판 접착테이프	2007	기술표준원
6	KS A 0006 시험장소의 표준상태	2001	기술표준원
7	KS D 9502 염수 분무 시험방법	2009	기술표준원
8	KS F 2221 건축용 보드류의 충격시험방법	2009	기술표준원
9	KS B 5206 다이얼 게이지	2001	기술표준원
10	建築材料設備機材等品質性能評價事業	2009	공공건축협회
11	JIS A 1450 프리액세스플로어 구성재시험방법	2010	

(3) 해외 학위논문, 학술논문

No.	제 목	출판 년도	출처
1	Taking center Legislator floor behavior in Australia, Canada, and United States	2000	University of Iowa
2	Seismic Isolation of Semiconductor Production Facilities	1998	ATC 29-1
3	Development of Seismic Isolation Table Composed of An X-Y Table and Wire Rope Isolators	2000	WCEE
4	Shaking Table Tests of Motion Sensitive Equipment Isolated with Static Dynamic Interchangeable Ball Pendulum System	2008	WCEE
5	Development of a Friction Pendulum Bearing Base Isolation System for Earthquake Engineering Eudcation	2008	ASCE
6	Implementation issues and testing of a hybrid sliding isolation system	1998	Engineering Structures
7	Proposed Canadian code provisions for seismic design of elements of structures, nonstructural components, and equipment	2003	NRC Canada
8	A Design Guide for High Levle Storage Racking with Public Access	2006	NZSEE Conference
9	Base Isolation Technologies for Seismic Protection of Muesum Artifacts	2003	IMAFA

(4) 해외 전문도서

No.	제 목	출판 년도	출처
1	Vibration Problems in Structures	1995	BIRKHUSER VERAG
2	System Dynamics	2004	PEARSON PRENTICE HALL
3	Design of Seismic Isolated Structureres from Theory to Practice	1989	John Wiley & Sons, INC.
4	Recommendations for Aseismic Design and Construction of Nonstructural Elements	2006	AIJ

(5) 연구보고서

No.	제 목	출판 년도	출처
1	Guidelines, Specifications, and Seismic Performance Characterization of Nonstructural Building Components and Equipment	2002	University of California, San Diego

3. 인터넷 정보

- The Critical Facilities Roundtable : http://www.cfroundtable.org/
- FEMA : http://www.atcouncil.org/FEMA74/FEMA74index.html
- Hitachi Metals Techno : http://www.hitachi-metals-techno.com
- Raised Acess Floor CORP : http://www.accessfloorcorp.com/
- ITOKI : http://www.itoki.jp/english/products/construction/index.html

제 7 장 참고문헌

1. 국가문화유산포털 (www.heritage.go.kr)
2. 기상청 홈페이지
3. 김민규, 전영선, 최인길, 서정문, 면진장치를 이용한 원전기기의 내진성능 분석, KAERI/TR-2765/2004, 한국원자력연구소, 2004
4. 김민규, 전영선, “Coil Spring & Viscous Damper System의 동특성 분석”, 한국지진공학회 논문집, 제11권 2호(통권 54호), 19-26, 2007
5. 김민규, 大鳥靖樹, 전영선, 최인길, “면진장치를 설치한 회전기기의 지진취약도 개선효과 분석,” 한국지진공학회 논문집, 제11권 6호(통권 58호), 69-78, 2007
6. 김영중, 허영철, 김병현, “마찰진자형 면진베어링의 특성연구,” 한국지진공학회 2000년도 추계학술대회 논문집, 407-414, 2000
7. 김우범, 이경진, “마찰진자를 이용한 면진장치의 원전 주 제어실 적용에 관한 연구,” 한국강구조학회 논문집, 제17권 4호(통권 77호), 407-417, 2005
8. 김재관 외, 쌍계사 오층석탑 실물 크기 모델의 지진시험, 한국지진공학회 추계 학술발표회 논문집, 1999
9. 김종호,LG경제연구소, 위기에 대한준비, 2001.12.19
10. 건축보전센터, 관청시설의 종합내진진단 개수 기준및 동해설, 1996
11. 대한건축학회, 건축구조설계기준, 2009
12. 문화재청 (www.cha.go.kr)
13. 문화재청 주요업무 통계자료집, 2009.09, 문화재청, http://www.beengineers.com/photo/view.php?bid=84&page=1&search=&choice=&ban=9&Table Name=course_lab
14. 머니투데이, “현대건설, 국내 최초 면진시스템 개발”, 뉴스 홈 경제면, 2001.1.31.
15. 신울진, 1,2호기 최종안전성 분석보고서(FSAR : Final Safety Analysis Report)
    이경진, 김갑순, 서용표, “FPS 면진장치의 기계적 특성에 관한 실험적 평가,” 한국지진공학회 2003년도 춘계학술발표회논문집, 2003
16. 이경진, 원전 주제어실 층면진 기술협의 공무 국외 출장보고서, ‘04 전력연-단717, TC.03NK01.02004. 717한국전력공사 전력연구원, 2004
17. 이경진, 함경원, 서용표, 윤현도, “원전 주제어실 3차원 층 지진격리시스템의 진동대 실험연구,” 한국지진공학회 논문집, 제12권 제1호(통권 제59호), 57-66, 2008.
18. 이상무, 조평동, 통신설비 내진시설 기술기준(안) 수립, 전자통신동향분석 제23권, 제1호, 2008
19. 일본건축학회, 비구조재의 내진설계시공지침 동해설 및 내진설계시공요령
20. 일본건축학회, 한신아와지 대지진조사 보고, 건축편-5
21. 일본건축학회, 한신아와지 대지진조사 보고, 건축편-6

22. 일본프리액세스공업협회, 프리액세스플로어 구성재 시험규격,1996
23. 일본 원자력공학실험센타, “원자력발전시설 신뢰성 실증시험의 현황,” 1989
24. 정보서비스산업협회, 정보시스템 안전대책 기준 해설서,1996
25. 한국건설산업연구원,건축용강건재시장분석및수요전망,2001
26. 황재승, 주석준, 김윤석, Kurabayashi, 면진테이블 시스템의 동적특성 및 면진성능, 한국지진공학회 논문집, 제5권 4호, 2001
27. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2005
28. Application of Base Isolation to Nuclear Equipment, Report, Computech Engineering Services, Inc., Berkeley, CA, 1981
29. BS 7799-3:2006-Information Security Management Systems-Guidelines for Information Security Risk Management
30. Bujar Myslimaj, Scott Gamble, Darron Chin-Quee and Anton Davis, Base Isolation Technologies for Seismic Protection of Museum Artifacts, IAMFA, 2003
31. Bellcore, GR-63-CORE, Network Equipment-Building System(NEBS) Requi-rements : Physical Protection, 1995
32. Chang, I. K. Isolation System for computer Floors, Proc., Workshop on earthquake Damage Mitigation for Computer Systems, San Francisco, CA, July, 1983
33. Chang, I. K., Liu, S. C. and Shah, H. C. Seismic Protection of Raised Floor Supported Electronic and Computer Facilities, Proceedings, Seismic Risk and Heavy Industrial Facilities Conference, San Francisco, CA, May, 1983
34. Chopra, A. K., “Earthquake Analysis of Linear System,” *in Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Pretice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, pp.507-592, 2001
35. Computer Security against Earthquake Lessons Learned From the Miyagi Ken-Oki Earthquake, *Japan Computer News, 1978*
36. CISCA, Recommended Test Procedures for Access Floors
37. Delfosse, G. C., *et al.* Dynamic Testing of a Computer Model on a Base Isolation System, John Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, Jan, 1984
38. Delfosse, G. C. The GAPEC System: A New Highly Effective Aseismic System, Proceedings, Sixth World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey. 1979
39. Ebisawa, K, Ando, K., Shibata, K., “Progress of a research program an seismic base isolation of nuclear components.” Nuclear Engineering and Design, Vol.

198, 61-74, 2000
40. Federal Emergency Management Agency, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2004
41. FIPS PUB 200,연방정부의 정보 및 정보시스템에 대한 최전한의 세큐리티 요구수준,2006
42. ISO/IEC 27001:2005-Information Security Management System-Requirem ents
43. ISO/IEC TR 13335-3:1998-Guidelines for the Management of IT Security - Techniques for the Management of IT Security
44. Kemeny, Z, ISO-Base™, Seismic Isolation Platform, WorkSafe Technologies, Valencia, CA, 2003
45. Kelly, J. M., *et al.* Aseismic Base Isolation: A Review, 2nd U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Sanford, CA, 1979
46. Lambrou, V., and Constantinou, M.C., Study of seismic isolation system for computer floors, *Technical Report NCEER-94-0020*, National Center for Earth- quake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, NY, July, 1994
47. NTT-BTI, 멀티미디어시대의 지진방재,
48. Papageorgiou, A., Halldorsson, B., and Dong, G., Target Acceleration Spectra Compatible time Histories, *TARSCTHS-User's Manual, Version 1.0,* Engineering Seismology Laboratory, University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, NY, (http://civil.eng.buffalo.edu/engseislab/Publications/tarscths/tarscths.pdf), 1999
49. Prause, R. H., *et al.* Seismic Evaluation of an Electrical Equipment Enclosure, ASME Conference, Cincinnati, Ohio, 1973
50. Shiohara 외2, RC건물의 비구조부재와 설비기기류가 라이프사이클내진수복경비에 미치는 영향,콘크리트공학회년차논문집
51. Stevenson, J. F., Earthquake-Resistant Raised Floor Systems, Tech. Memo. (unpublished), 1975
52. Vargas, R. E. and Bruneau, M., Analytical Investigation of the Structural Fuse Concept, *Report NO. MCEER-06-0004*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, NY, 2006a
53. Vargas, R. E., and Bruneau, M., Experimental Investigation of the Structural Fuse Concept, *Report NO. MCEER-06-0005*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, NY, 2006b
54. W.E. Mckevit, Proposed Canadian Code Provisions for Seismic Design of

Elements of Structures, Nonstructural Components, and Equipment, NRC Canada, 2003

55. 京都府防災會議, 京都府戰略的地震防災對策指針(案)

56. www.adthree.com/earthq/earthq.htm

57. 文化財廳文化財保護課,文化財の防災に關する手引,2004