최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토교통기술촉진연구사업	
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	사회이슈해결	
공고번호	공고-제2호	총괄연구개발 식별번호		-	
		연구개발과제번호		21CTAP-C153175-03	
국가과학기술 표준분류	건설구조재료	50%	건축시공기술	30%	자연재해 저감기술	20%

총괄연구개발명	국문	-
	영문	-
연구개발과제명	국문	동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발
	영문	Development of Seismic Safety Curtainwall System capable of withstanding Dynamic seismic waves of 0.4Hz and Displacement of ±150mm

주관연구기관	기관명	㈜신창산업	사업자등록번호	305-86-07085
	주소	(우) 대전광역시 서구 둔산대로 117번길 66, 2층(만년동, 골드벤처타워 201-1)	법인등록번호	160111-0286339

주관연구책임자	성명	곽장일	직위	차장
	연락처 직장전화	042-638-8045	휴대전화	010-5585-4017
	연락처 전자우편	sc8045@naver.com	국가연구자번호	1137 2113

연구개발기간	전체 2019. 04. 19 - 2021. 12. 31(2년 9개월)
	1년차 2019. 04. 19 - 2019. 12. 31(0년 9개월)
	2년차 2020. 01. 01 - 2020. 12. 31(1년 0개월)
	3년차 2021. 01. 01 - 2021. 12. 31(1년 0개월)

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				민간부담금		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	598,000	20,100	179,700	-	-	-	-	618,100	179,700	797,800	-
1년차	132,000	4,400	39,600	-	-	-	-	136,400	39,600	176,000	-
2년차	125,000	4,200	37,500	-	-	-	-	129,200	375,00	166,700	-
3년차	341,000	11,500	102,600	-	-	-	-	352,500	102,600	455,100	-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	(재)한국건설생활환경시험연구원	장민수	수석	010-9401-4648	tankjang@kcl.re.kr	공동	기타
위탁연구기관	금오공과대학교산학협력단	김우석	교수	010-5187-1626	kimw@kumoh.ac.kr	위탁	대학
연구기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	이유진	직위	사원	
	연락처 직장전화	042-480-2952	휴대전화	010-3270-7816	
	연락처 전자우편	dwf203@shinchang.kr	국가연구자번호	1249 6861	

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 1 월 14 일

주관연구책임자 : 곽 장 일 (직인)

주관연구기관의 장 : ㈜신창산업 김 용 호 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요 약 문 >

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">국토교통기술촉진연구사업</td><td>총괄연구개발 식별번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명</td><td colspan="3">사회이슈해결</td><td>연구개발과제번호</td><td colspan="2">21CTAP-C153175-03</td></tr>
<tr><td colspan="2">국가과학기술
표준분류</td><td>건설구조재료</td><td>50%</td><td>건축시공기술</td><td>30%</td><td>자연재해 저감기술</td><td>20%</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2019. 04. 19 - 2021. 12. 31(2 년 9 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 797,800 천원
(정부지원연구개발비 : 598,000 천원, 기관부담연구개발비 : 199,800 천원,
지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[ ] 개발[✔]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td>기술성숙도</td><td colspan="2">착수시점 기준(TRL 3)
종료시점 목표(TRL 9)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형</td><td colspan="6">지정공모 [✔] 자유공모 [ ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성</td><td colspan="6">실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="4">연구
개발
목표
및
내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="6">본 연구는 국내 지진빈도가 증가함에 따라 동적 지진파에 대응 가능하도록 <u>커튼월 Fastener 요소기술을 개발</u>하고, <u>3축 회전형 및 3축 층간 이동형 커튼월 모듈 시스템을 개발</u>하여 <u>실제 지진파에 대응 가능한 커튼월 시스템을 개발</u>하는데 목적이 있음</td></tr>
<tr><td>전체 내용</td><td colspan="6">1. [구조 해석 및 최적화] 커튼월 구조해석 및 내진 성능 최적화 기술
동적 지진파에 의한 변위 및 진동에 대응 가능한 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 시스템 최적화를 위한 유한요소법(FEM)에 의한 구조해석 및 LBNL Window&Therm 단열해석을 통한 내진 성능 및 단열성능 최적화 커튼월 시스템 설계안 도출
2. [내진 커튼월 시제품 개발] 내진 커튼월 시스템 모듈 시스템 시제품 개발
구조 해석을 통한 최적화 과정을 통해 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 수준 이상을 견디고 3축(X,Y,Z) 동적 지진 대응이 가능하면서, 커튼월의 현장적용 필수요건인 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능을 모두 만족하는 커튼월 시스템 개발
3. [내진성능평가] 지진파 모사 가능 3축 동적 내진 성능평가
국내 최초 지진파를 모사 가능한 3축 동적 내진성능평가 시험 조건을 만족하는 장비 마련하고, 실대형 규모 내진 커튼월 시스템 시제품을 제작하여 내진 성능 검증을 통한 상용화 조건 확보
4. [내진 시공지침 개발] 지진 2차 피해 방지를 위한 내진 커튼월 설계시공지침 개발
본 연구를 통해 내진 구조해석 모델의 신뢰성을 확보하고 다양한 변위량, 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 분석 DB구축을 토대로 커튼월 구성요소인 유리, Fastener, 커튼월 모듈에 대한 설계방법 및 시공지침 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1년차</td><td>목표</td><td colspan="5">내진 커튼월 시스템 핵심요소기술 구조해석 및 설계안 도출</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 3축 동적 지진파 대응 가능한 커튼월 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 구조 및 동적 거동 해석
- 내진 커튼월용 Fastener 및 커튼월 모듈 설계안 도출
- 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 커튼월 모듈 핵심 기술 개념 및 설계안 도출
- 동적 지진파에 대응 가능한 커튼월 핵심 기술 개념으로 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 2가지 방식의 커튼월 기본설계안 도출, 핵심 특허 출원
- AAMA 501.6 내진기준 성능평가 방법론 분석 및 실물 시험 조건 확보
- 실대형(최대 가로 5m×높이 10m) 동적 내진성능평가 시스템 시험을 위한 장비 시험조건 확보
- 지진파 0.4Hz, 3축 변위량 ±150mm 시험 조건 확보를 위한 데이터 수집 및 모니터링(Video, 변위량, 하중) 시스템 확보</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td rowspan="2">2년차</td><td>목표</td><td>내진 커튼월 시스템 최적화 시제품 제작 및 실물 성능평가</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>- 실물 Mock-up 내진성능 비교 분석을 통한 내진 구조해석 신뢰도 확보
- 내진성능 최적화 커튼월 시작품 설계안 도출
- 핵심 기술 개념 별 실물 시작품 제작 및 Mock-up 시험을 통한 내진성능 평가
- AAMA 501.6에 따른 3축 동적 내진성능평가 수행 및 기밀, 수밀, 내풍압 시험, KS F 2278 기준에 따른 단열성능 평가를 통한 현장 적용성 검토
- 지진파 변위 및 파형에 따른 동적 커튼월 내진성능평가 수행을 통한 성능 수준별 DB구축
- 구조해석을 통해 도출된 3축 회전형 또는 3축 층간 이동형 내진 커튼월 시스템 시작품에 대한 3축 동적 내진성능평가 수행
- 지진파 0.8Hz~0.4Hz, 변위량 ±40~150mm 범위에서 지진의 규모 수준에 따른 내진성능단계 설정 및 성능 DB 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3년차</td><td>목표</td><td>내진 커튼월 시스템 시제품 인증 및 상용제품 개발</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>- 변위량 및 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 및 설계 방법 DB 구축
- 내진성능 최적화 커튼월 상용 시제품 설계안 도출
- 3축 동적 내진성능 확보 및 사업화가 가능한 커튼월 시스템 시제품 도출
- 동적 내진성능 최적화 커튼월 시스템 상용화 시제품 개발
- AAMA 501.6 기준 및 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 시험을 통한 적용성 검토
- 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 성능인증 및 내진 커튼월 시공지침 개발
- 3축 동적 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 동적 내진, 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 인증 데이터 확보
- 내진 커튼월 시스템 설계 및 시공을 위한 가이드라인(시공지침) 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발성과</td><td>본 연구는 동적 지진파에 대응 가능한 내진 커튼월 시스템을 개발하는데 목적이 있으며 연구개발 성과물은 다음과 같음
[1] 3축 동적 변위 대응 가능 Fastener 요소기술 시제품 및 국내특허
[2] 3축 동적 변위 대응 가능한 커튼월 시스템 모듈 개발 및 국내특허
[3] 지진파 모사 가능 3축 동적 내진성능평가 공인 시험성적서
[4] 지진 2차 피해 방지를 위한 내진 커튼월 설계 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발성과
활용방안 및
기대효과</td><td>활용방안
- 본 연구과제에서 개발되는 3축 동적 지진파 대응 가능 커튼월 시스템은 국내 중고층 건축물에 적용되어, 지진 발생 시 2차 피해를 방지하는데 활용될 수 있음
- 주요 기술 수요처는 1)민간 및 공공 건설사, 2)공공/정부기관 및 중요 건축물, 3) 지진 빈도가 높은 지역 건축물에 활용 될 수 있음
기대효과
- 본 연구 과제를 통해 개발 되는 동적 내진 커튼월 시스템은 <u>1)기술적 측면</u>에서 정적 내진성능에 머물러있는 국내 커튼월 내진 기술 수준을 동적 내진성능 확보로 한 단계 향상시킬 수 있고, <u>2) 경제 산업적 측면</u>에서 지진에 대한 우려와 관심과 더불어 본 연구 과제를 통해 커튼월 내진 기술 개발 후 기술의 확산을 통해 내진 관련 외장재 시장 규모가 커질 것으로 기대되며, <u>3)사회적 측면</u>에서 지진 발생 시 2차 피해에 대해 사회적 혼란과 피해 방지 뿐만 아니라 안전을 보장할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발성과의
비공개여부 및 사유</td><td>해당없음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3">연구개발성과의
등록·기탁 건수</td><td rowspan="2">논문</td><td rowspan="2">특허</td><td rowspan="2">보고서
원문</td><td rowspan="2">연구
시설·
장비</td><td rowspan="2">기술
요약
정보</td><td rowspan="2">소프트
웨어</td><td rowspan="2">표준</td><td colspan="2">생명자원</td><td rowspan="2">화합물</td><td colspan="2">신품종</td></tr>
<tr><td>생명
정보</td><td>생물
자원</td><td>정보</td><td>실물</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">연구시설·장비
종합정보시스템
등록 현황</td><td>구입기관</td><td>연구시설·
장비명</td><td>규격
(모델명)</td><td>수량</td><td>구입
연월일</td><td>구입가격
(천원)</td><td>구입처
(전화)</td><td>비고
(설치장소)</td><td>ZEUS
등록번호</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>국문핵심어
(5개 이내)</td><td>지진</td><td>동적 지진파</td><td>지진 변위</td><td>비구조요소</td><td>내진 커튼월</td></tr>
<tr><td>영문핵심어
(5개 이내)</td><td>Earthquake</td><td>Dynamic seismic wave</td><td>Seismic displacement</td><td>None-structural elements</td><td>Seismic safety curtain wall</td></tr>
</table>

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 ····· 7

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 185

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) ····· 196

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 197

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 198

별첨자료(참고문헌 등) ····· 199

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

■ 본 연구의 목표는 **동적 지진파 대응 가능한 내진 커튼월을 개발**하는데 있으며, 성과물은 **1) 내진 Fastener 요소기술**, **2) 내진 커튼월 모듈 시스템**, **3) 내진성능 시험성적서 및 시공지침** 임.

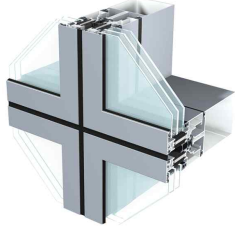
최종 목표	동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발

연차 목표	
1차년도	내진 커튼월 시스템 **핵심요소기술 구조해석 및 설계안 도출**
2차년도	내진 커튼월 시스템 **최적화 시제품 제작 및 실물 성능평가**
3차년도	내진 커튼월 시스템 **시제품 인증 및 상용제품 개발**

연구개발 성능목표			
3축 지진 변위량	3축(X,Y,Z) ±150mm이상 [세계최고수준:150,벨기에/Reynaers]	3축 지진파형	3축(X,Y,Z) 0.4Hz이상 [세계최고수준:0.4,벨기에/Reynaers]
기밀성능	1등급 이상 [세계최고수준:1등급,벨기에/Reynaers]	수밀성능	500Pa(50등급)이상 [세계최고수준:500,벨기에/Reynaers]
내풍압성능	3600Pa(360등급)이상 [세계최고수준:3600,벨기에/Reynaers]	단열성능	1.0W/m²K(1등급) 이하 [세계최고수준:1등급,벨기에/Reynaers]

세부 과제 목표			
1세부-주관 [(주)신창산업]		3축 동적 지진파 (0.4Hz, ±150mm) 대응 가능 내진 커튼월 시스템 개발	내진 커튼월 시스템 시제품 개발
위탁	금오공대		커튼월 구조해석 및 내진성능 최적화
2세부-공동 [KCL]			3축 동적 내진성능평가 및 시제품 인증

핵심 연구 내용	
① SSC-OD [구조 해석 및 최적화]	3축 동적 변위 대응 가능한 **커튼월 구조해석 및 내진 성능 최적화 기술** 동적 지진파에 의한 변위 및 진동에 대응 가능한 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 시스템 개발을 위한 구조해석 및 최적 설계안 도출
② SSC-MT [내진 커튼월 시제품 개발]	3축 동적 변위 대응 가능한 **내진 커튼월 시스템 모듈 시제품 개발** 구조 및 열전달 해석을 통한 3축 동적 지진 변위에 대응이 가능하고 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능을 모두 만족하는 커튼월 시스템 모듈 개발
③ SSC-EG [내진성능평가]	지진파 모사 가능한 **3축 동적 내진 성능평가 및 시공지침 개발** 3축 동적 내진성능평가 장비를 활용한 실대형 규모 커튼월 시스템 내진 성능 검증 및 비구조 요소인 커튼월에 대한 내진 시공지침 개발

핵심 성과		
		
3축 동적 변위 대응 가능한 **내진 Fastener 요소기술**	3축 동적 변위 대응 가능한 **내진 커튼월 시스템 모듈**	지진파 모사 가능 **3축 동적 내진성능평가 및 시공지침 개발**

SSC-OD : Seismic Safety Curtainwall-Optimal Design with structural analysis
SSC-MT : Seismic Safety Curtainwall-Manufacturing Technologies
SSC-EG : Seismic Safety Curtainwall-Evaluation of dynamic seismic Mock-up and Guideline

2) 연구개발과제의 년차별 목표

■ 본 연구에서는 동적 내진 커튼월 시스템을 개발 하는데 목적이 있고 **1차년도 핵심 기술에 대한 구조해석 및 설계안 도출**, **2차년도 시작품 제작 및 실물 성능평가**, **3차년도 상용화 시제품 도출 및 제품인증**을 진행 할 계획 임

구 분	1차년도	2차년도	3차년도
연구목표	내진 커튼월 시스템 **핵심요소기술 구조해석** **및 설계안 도출**	내진 커튼월 시스템 **최적화 시작품 제작** **및 실물 성능평가**	내진 커튼월 시스템 **시제품 인증 및** **상용제품 개발**
	TBL 3단계 → **TBL 4단계**	TBL 4단계 → **TBL 7단계**	TBL 7단계 → **TBL 9단계**
주관 **[(주)신도]** **+** **위탁** **[금오공대]** 구조해석 및 내진성능 최적화	SSC-OD **내진커튼월 요소기술 및 모듈 시스템 구조해석 및 내진성능 최적화 기술**		
	■ 3축 동적 지진파 대응 가능한 커튼월 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 구조 및 동적 거동 해석	■ 실물 Mock-up 내진성능 비교 분석을 통한 내진 구조해석 신뢰도 확보	■ 변위량 및 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 및 설계 방법 DB 구축
	■ 내진 커튼월용 Fastener 및 커튼월 모듈 설계안 도출	■ 내진성능 최적화 커튼월 시작품 설계안 도출	■ 내진성능 최적화 커튼월 상용 시제품 설계안 도출
주관 **[(주)신창산업]** 내진커튼월 시제품 개발	SSC-MT **3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 시제품 개발**		
	■ 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 커튼월 모듈 핵심 기술 개념 및 설계안 도출	■ 핵심 기술 개념 별 실물 시작품 제작 및 Mock-up 시험을 통한 내진성능 평가	■ 3축 동적 내진성능 확보 및 사업화가 가능한 커튼월 시스템 시제품 도출
	■ 동적 지진파에 대응 가능한 커튼월 핵심 기술 개념으로 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 2가지 방식의 커튼월 기본설계안 도출, 핵심 특허 출원	■ AAMA 501.6에 따른 3축 동적 내진성능평가 수행 및 기밀, 수밀, 내풍압 시험, KS F 2278 기준에 따른 단열성능 평가를 통한 현장 적용성 검토	■ 동적 내진성능 최적화 커튼월 시스템 상용화 시제품 개발 ■ AAMA 501.6 기준 및 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 시험을 통한 적용성 검토
공동 **[(재)한국건설생활환경시험연구원]** 내진성능평가 및 시공지침 개발	SSC-EG **지진파 모사 가능한 3축 동적 내진 성능평가 및 시공지침 개발**		
	■ AAMA 501.6 내진기준 성능평가 방법론 분석 및 실물 시험 조건 확보	■ 지진파 변위 및 파형에 따른 동적 커튼월 내진성능평가 수행을 통한 성능 수준별 DB구축	■ 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 성능인증 및 내진 커튼월 시공지침 개발
	■ 실대형(최대 가로 5m×높이 10m) 동적 내진성능평가 시스템 시험을 위한 장비 시험조건 확보	■ 구조해석을 통해 도출된 3축 회전형 또는 3축 층간 이동형 내진 커튼월 시스템 시작품에 대한 3축 동적 내진성능평가 수행	■ 3축 동적 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 동적 내진, 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 인증 데이터 확보
	■ 지진파 0.4Hz, 3축 변위량 ±150mm 시험 조건 확보를 위한 데이터 수집 및 모니터링(Video, 변위량, 하중) 시스템 확보	■ 지진파 0.8Hz~0.4Hz, 변위량 ±40~150mm 범위에서 지진의 규모 수준에 따른 내진성능단계 설정 및 성능 DB 구축	■ 내진 커튼월 시스템 설계 및 시공을 위한 가이드라인(시공지침) 개발

가. 내진 커튼월 요소기술 및 모듈 시스템 구조해석 및 내진성능 최적화 기술

구조해석 및 내진성능 최적화 [SSC-OD]	내진 커튼월 요소기술 및 모듈 시스템 구조해석 및 내진성능 최적화 기술

연구 기관	[주관기관] ㈜신창산업 / [위탁기관] 금오공대

연구 목표	구조해석을 통한 내진성능 (3축 동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm에 대응 가능) 최적 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 시스템 설계안 도출

연구 내용	1. 내진 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 시스템 구조해석을 통한 설계안 도출 2. 실물 Mock-up 내진성능 비교 분석을 통한 내진 구조해석 신뢰도 확보 3. 변위량 및 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 및 설계 방법 DB 구축

연구 프로세스

1차년도				2차년도				3차년도			
1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
1.구조해석 및 설계안 도출											
				2. 내진 구조해석 신뢰도 확보							
								3. 커튼월 거동 메커니즘 DB구축			

수행 방법	연차	주요 연구활동	세부 수행 방법
	1차 년도	1.내진 Fastener 요소기술 및 커튼월 모듈 시스템 구조해석을 통한 설계안 도출	▪ 내진 커튼월 Fastener 요소기술 및 모듈 시스템 구조해석을 위한 Boundary 조건, 해석 시뮬레이션 도구, 해석 방법론 관련 선행연구 사례 조사 ▪ 커튼월 모듈 시스템 핵심 개념(3축 회전형, 3축 층간 이동형) 기본 설계안에 대한 구조해석 모델링 및 동적 지진파(0.4Hz 파형, ±150mm) 유사 하중(Load) 구현을 통한 내진성능 구조해석 수행을 통한 최적 설계안 도출
	2차 년도	2.실물 Mock-up 내진성능 비교 분석을 통한 내진 구조해석 신뢰도 확보	▪ 구조해석을 통한 내진성능 최적화 시작품 제작 후 실대형 Mock-up 내진성능평가 수행 ▪ 실대형 Mock-up 내진성능평가 결과와 구조해석 간의 Calibration을 통한 민감도 분석 및 구조해석 신뢰도 향상 ▪ 시작품 개선 사항 도출 및 신뢰성 확보된 구조해석을 통한 시제품 설계안 도출
	3차 년도	3. 변위량 및 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 및 설계 방법 DB 구축	▪ 신뢰성 확보된 구조해석 모델 기반 다양한 변위량, 지진 파형에 따른 커튼월 거동 메커니즘 분석 DB 구축 ▪ 내진 커튼월 설계 시 커튼월 거동 메커니즘에 따른 유리, 커튼월, Fastener 설계방법 DB 구축

나. 3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 모듈 시제품 개발

내진 커튼월 시제품 개발 [SSC-MT]	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 모듈 시제품 개발

연구 기관	[주관기관] ㈜신창산업

연구 목표	3축 동적 지진파에 대응이 가능한 **커튼월 모듈 핵심 기술 개념 도출 및 제작, 성능 검증**을 통한 **동적 내진, 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능을 모두 만족**하는 커튼월 시스템 **시제품 개발**

연구 내용	1. 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 커튼월 모듈 핵심 기술 개념 및 설계안 도출 2. 핵심 기술 개념 별 실물 시작품 제작 및 Mock-up 시험을 통한 내진성능 평가 3. 3축 동적 내진성능 확보 및 사업화가 가능한 커튼월 시스템 시제품 도출

연구 프로세스

1차년도				2차년도				3차년도			
1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
1.핵심기술개념 및 설계안 도출											
				2. 시작품 제작 및 내진성능평가							
								3. 사업화 가능 시제품 도출			

수행 방법	연차	주요 연구활동	세부 수행 방법
	1차 년도	**1.3축 회전형 및 3축 층간 이동형 커튼월 모듈 핵심 기술 개념 및 설계안 도출**	▪ 동적 지진파에 대응 가능한 커튼월 핵심 기술 개념으로 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 2가지 방식의 커튼월 기본설계안 도출, 핵심 특허 출원 ▪ 구조해석을 통한 내진성능 분석을 통해 피드백을 얻고, 2차년도 시작품 실대형 Mock-up 시험을 위한 최적 설계안 도출 ▪ 단열해석(LBNL Window&Therm)을 통한 커튼월 열관류율 성능목표(1.0W/m²K) 확보 및 설계안 반영
	2차 년도	**2.핵심 기술 개념 별 실물 시작품 제작 및 Mock-up 시험을 통한 내진성능 평가**	▪ 구조 및 단열 성능 최적화 내진 커튼월 시작품 제작 ▪ 사업화를 위한 제품 인증(EPC, NEP) 추진을 위한 내진 커튼월 시스템 핵심특허 등록 ▪ AAMA 501.6에 따른 3축 동적 내진성능평가 수행 및 기밀, 수밀, 내풍압 시험, KS F 2278 기준에 따른 단열성능 평가를 통한 현장 적용성 검토 ▪ 최종 목표 기준인 동적 지진파형(0.4Hz파형, ±150mm) 대응 검증 및 개선사항 도출을 통한 시제품 설계안 도출
	3차 년도	**3. 3축 동적 내진성능 확보 및 사업화가 가능한 커튼월 시스템 시제품 도출**	▪ 3축 동적 지진파 구조해석 및 성능시험을 통한 동적 내진성능 최적화 커튼월 시스템 상용화 시제품 개발 ▪ AAMA 501.6 내진 성능기준 및 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 시험을 통한 적용성 검토

다. 지진파 모사 가능한 3축 동적 내진 성능평가 및 시공지침 개발

내진성능평가 [SSC-EG]	**지진파 모사 가능한 3축 동적 내진 성능평가 및 시공지침 개발**
연구 기관	**[공동기관] (재)한국건설생활환경시험연구원**

연구 목표	3축 동적 내진성능평가 장비를 활용한 **실대형 규모 커튼월 시스템 내진 성능 검증** 및 비구조요소인 커튼월에 대한 **내진 시공지침 개발**

연구 내용	1. AAMA 501.6 내진기준 성능평가 방법론 분석 및 실물 시험 조건 확보 2. 지진파 변위 및 파형에 따른 동적 내진성능평가 수행을 통한 커튼월 성능 수준 DB구축 3. 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 성능인증 및 내진 커튼월 시공지침 개발

연구 프로세스

1차년도				2차년도				3차년도			
1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
1.평가 방법론 및 시험조건 확보											
				2.내진성능평가 및 DB 구축							
								3. 시제품 성능인증 및 시공지침			

	연차	주요 연구활동	세부 수행 방법
수행 방법	**1차 년도**	**1.AAMA 501.6 내진기준 성능평가 방법론 분석 및 실물 시험 조건 확보**	▪ AAMA 501.6 기준 성능평가 방법론 분석 ▪ 실대형(최대 가로 5m×높이 10m) 동적 내진성능평가 시스템 시험을 위한 장비 시험조건 확보 ▪ 지진파 0.4Hz, 3축 변위량 ±150mm 시험 조건 확보를 위한 데이터 수집 및 모니터링(Video, 변위량, 하중) 시스템 확보
	2차 년도	**2.지진파 변위 및 파형에 따른 동적 커튼월 내진성능평가 수행을 통한 성능 수준별 DB구축**	▪ 구조해석을 통해 도출된 3축 회전형 또는 3축 층간 이동형 내진 커튼월 시스템 시작품에 대한 3축 동적 내진성능평가, 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능평가 수행 ▪ 지진파 0.8Hz~0.4Hz, 변위량 ±40~150mm 범위에서 지진의 규모 수준에 따른 내진성능단계 설정 ▪ 내진 커튼월 시작품에 대한 내진성능 단계별 성능 DB 구축
	3차 년도	**3. 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 성능인증 및 내진 커튼월 시공지침 개발**	▪ 3축 동적 내진 커튼월 시스템 시제품 사업화를 위한 동적 내진, 기밀, 수밀, 내풍압, 단열성능 인증 데이터 확보 및 공인 시험성적서 도출 ▪ 내진 커튼월 시스템 설계 및 시공을 위한 가이드라인(시공지침) 개발

라. 연차별 연구개발 목표

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2019)	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 Fastener 시작품 개발	내진 Fastener	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 Fastener 전무	-3축 동적 내진대응 가능한 Fastener 및 커튼월 설계안 -구조해석 결과 -단열해석 결과 -동적 내진확보	변위 기준 -AAMA 501.6-18 최고등급 변위 -건축물 내진설계기준 내진(특)등급 이상 단열기준 -KS F 2278	10
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 모듈 시작품 개발	내진 커튼월 시스템 모듈	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 커튼월 전무			10
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침 개발	내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침	국내/국외 3축 동적 내진성능평가 가능 장비 전무 시공지침 전무	-3축 동적 내진성능 평가 시험조건 확보 -AAMA 501.6 표준 방법론 분석	AAMA 501.6-18 표준 시험방법 AAMA 501.6-18 시험방법 참고 Y,Z축 성능평가	5
1년차 (2020)	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 Fastener 시작품 개발	내진 Fastener	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 Fastener 전무	-3축 동적 내진대응 가능한 Fastener 및 커튼월 시작품 -지진변위량 80mm -지진파형 0.4Hz -기밀성능 1등급 -수밀성능 300Pa -내풍압성능 2800Pa -단열성능 1.4W/m²K	변위 기준 -AAMA 501.6-18 최고등급 변위 -건축물 내진설계기준 내진(특)등급 이상 단열기준 -KS F 2278	10
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 모듈 시작품 개발	내진 커튼월 시스템 모듈	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 커튼월 전무			10
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침 개발	내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침	국내/국외 3축 동적 내진성능평가 가능 장비 전무 시공지침 전무	-3축 동적 내진성능평가 -내진설계 DB 구축 -시공지침 초안 개발	AAMA 501.6-18 표준 시험방법 AAMA 501.6-18 시험방법 참고 Y,Z축 성능평가	5
1년차 (2021)	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 Fastener 시작품 개발	내진 Fastener	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 Fastener 전무	-3축 동적 내진대응 가능한 Fastener 및 커튼월 시제품 -지진변위량 150mm -지진파형 0.4Hz -기밀성능 1등급 -수밀성능 500Pa -내풍압성능 3600Pa -단열성능 1.0W/m²K	변위 기준 -AAMA 501.6-18 최고등급 변위 -건축물 내진설계기준 내진(특)등급 이상 단열기준 -KS F 2278	20
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 모듈 시작품 개발	내진 커튼월 시스템 모듈	국내/국외 3축 동적 내진성능 확보 가능한 커튼월 전무			20
	3축 동적 변위 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침 개발	내진 커튼월 시스템 성능평가 및 시공지침	국내/국외 3축 동적 내진성능평가 가능 장비 전무 시공지침 전무	-3축 동적 내진성능평가 -시공지침서 개발	AAMA 501.6-18 표준 시험방법 AAMA 501.6-18 시험방법 참고 Y,Z축 성능평가	10

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

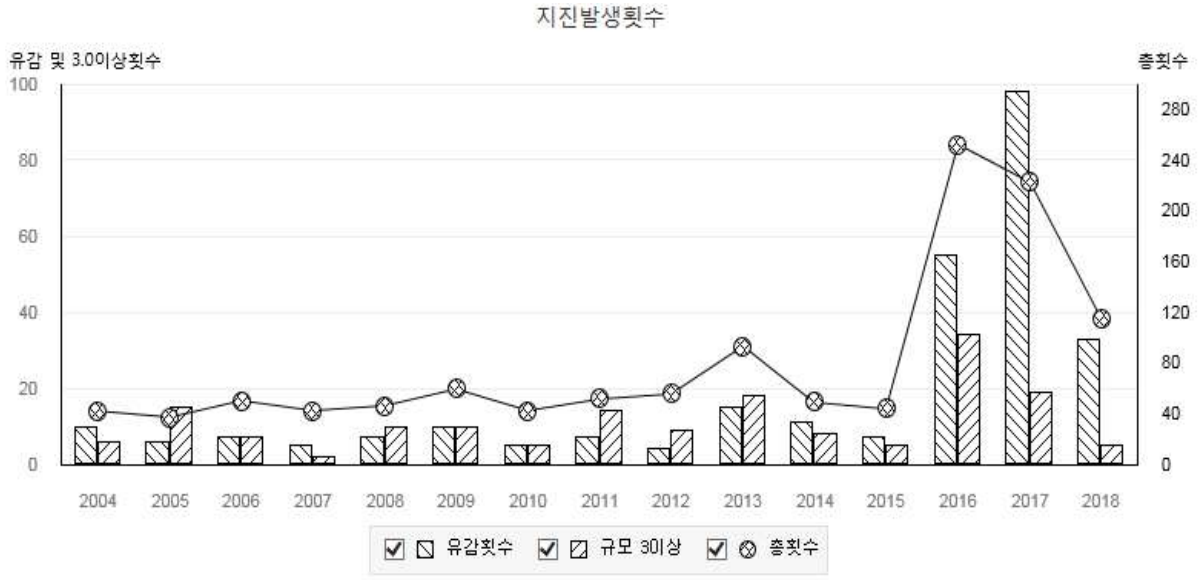
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

1. 국내 지진 발생 현황

- 국내 지진 발생의 빈도는 점차 증가 추세이며, 최근 2016년부터 급격하게 증가, 한해 200회 이상 지진 발생
- 국내 규모가 가장 큰 지진은 2016년 9월 경주 5.8 규모, 두 번째는 2017년 11월 포항 5.4 규모로 강진이 자주 발생하고 있음
- 최근 규모 3 이상의 지진이 전국에 걸쳐 발생하고 있으며, 경주 및 포항지역의 지진 빈도가 가장 큼
- 2016년 경주 지진에 이어 2017년 11월에 발생한 포항지진은 더 이상 우리나라도 지진 안전지대가 아니라는 사실을 전 국민에 각인시킴
- 특히 포항지진은 진앙지와 주민 거주지가 가까워 피해가 심각했는데 건물의 외장재가 떨어져 차량 등에 2차 피해를 유발한 모습이 언론보도를 통해 알려지면서 건물 외장재 안전에 대한 우려가 커지는 실정
- 이에 정부에서는 국토부 고시인 2016 건축구조기준을 개정해 건물 비구조요소에 대한 내진설계 기준을 마련
- 내외장재에 대한 내진설계 기준이 최초로 마련되었나, 내진성능이 확보된 커튼월 제품은 없는 상황임



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

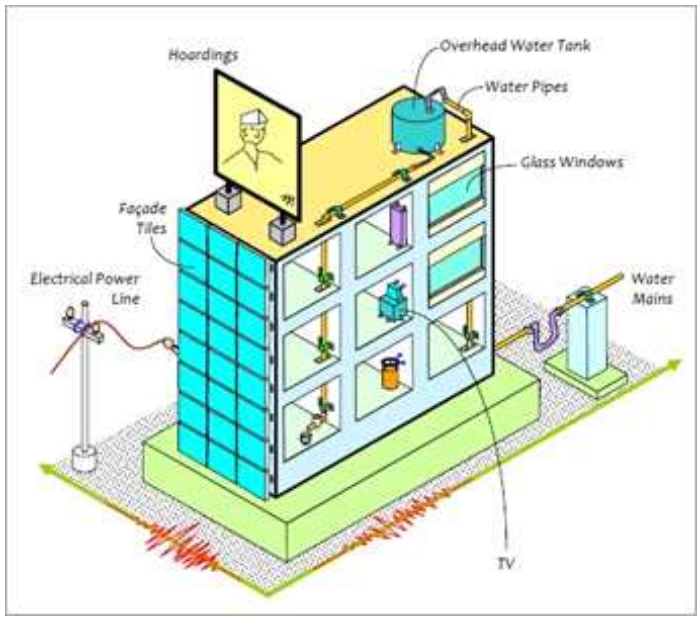
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
총횟수	60	42	52	56	93	49	44	252	223	115
유감횟수	10	5	7	4	15	11	7	55	98	33
규모 3이상	10	5	14	9	18	8	5	34	19	5

2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화

- 최근 지진 발생 경향에 따라 우리나라도 더 이상 지진으로부터 안전지대가 아님
- 이러한 지진 발생 경향으로 인해 건축물에 대한 내진 설계 강화
- 건축구조기준(KBC 2016)에서는 건물 비구조 요소에 대한 내진설계 기준을 마련함
- 비구조 요소 중 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리에 대한 내진설계 기준을 제시
- 건물 비구조 요소에 대한 기준 강화는 지진 발생 시 외장재의 파손, 낙하로 인한 2차 피해를 방지하기 위한 목적



비구조요소 지진 2차 피해

- 최근 국토교통부는 건축구조기준을 포함한 여러 설계기준을 KDS(Korean Design Standard)로 통일하고 있는 가운데, 올해 3월 14일 건축 비구조요소(커튼월, 창호 등 건축외장재, 천장재, 이중바닥 등이 해당됨)의 내진설계를 포함한 건축구조기준 KDS 41을 개정고시하였음
- 2019년 3월 14일 이후 기존 KBC(Korean Building Code)라고 부르던 건축구조기준은 KDS 41로 분류되어 총칙을 포함한 24개 코드로 변경됨
- 본 개정(안)의 주요 내용은 1) 내진설계 공통기준 반영, 2) 필로티구조 건축물 규정, 3) 비구조요소 내진설계 개선 등 크게 3가지로 요약할 수 있음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 이는 2016년과 2017년 경주와 포항에서 일어난 지진으로 우리나라도 더 이상 지진 안전지대가 아니라는 전국민적 관심이 본 개정안에 반영된 것으로 판단되며, 해당 지진발생시 많은 문제점이 노출된 다가구주택과 다세대주택의 1층 필로티 구조와 벽돌,유리 등 건축외장재의 낙하로 인한 지진 2차 피해를 최소화하는 목적으로 본 개정(안)이 발표되었음

3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격

○ 커튼월 관련 동적 내진성능평가 규격은 유럽, 미국, 일본에서 보유 중이며, 현재 국내에는 동적 내진성능평가 관련 규격이 없는 상황임

○ 동적 내진성능평가 규격 중에서 커튼월을 구체적으로 언급하는 규격은 아래 표와 같음

국가별 커튼월 내진성능 관련 기준

국가	규격명	시험 방법 기준	내진성능 요구사항
미국	AAMA 501.6	Yes	No
미국	FEMA 450	No	Yes
미국	ASCE 7-10	No	Yes
일본	JISS 1414-2	No	Yes
유럽	UNI EN 13830	Yes	No

○ Eurocode 8

- Eurocode 8 (2003)은 비구조적 요소의 설계에 대한 일반적인 내진설계 및 시험 방법을 을 제공함
- 힘 기반 접근법에 따르면, 시험방법은 일반적인 비구조요소의 설계 및 점검에 사용되는 지진파를 제공함

○ FEMA 450, ASCE 7-10

- 미국 코드 FEMA 450 (2003) 및 ASCE 7-10 (2013)에 따르면, 커튼월은 선택된 한계 상태에 대한 구조물의 내진 상대 변위 (Dp)를 수용 할 수 있어야함
- 아래 식 1에 나타내듯이 변위량(fallout)에 대한 최소값을 제공함
- (1), 여기서 I는 중요도계수를 나타냄

$$\triangle_{fallout} \geq 1.25ID_P \geq 13mm$$

- 유리의 탈락(Fallout)은 American Architectural Manufacturers Association (AAMA 501.6 2001)의 특정 규정에 표시 된 대로 실험적 동적 내진성능평가 또는 특정 수치 분석을 통해 평가할 수 있음
- ASCE 7-10 (2013)에 따르면, 초기 유리-프레임 접촉을 유발하는 변위(Dclear)가 1.25 Dp보다 높을 때 유리의 탈락(Fallout)의 평가를 피할 수 있음
- Dclear는 아래 수식과 같음

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

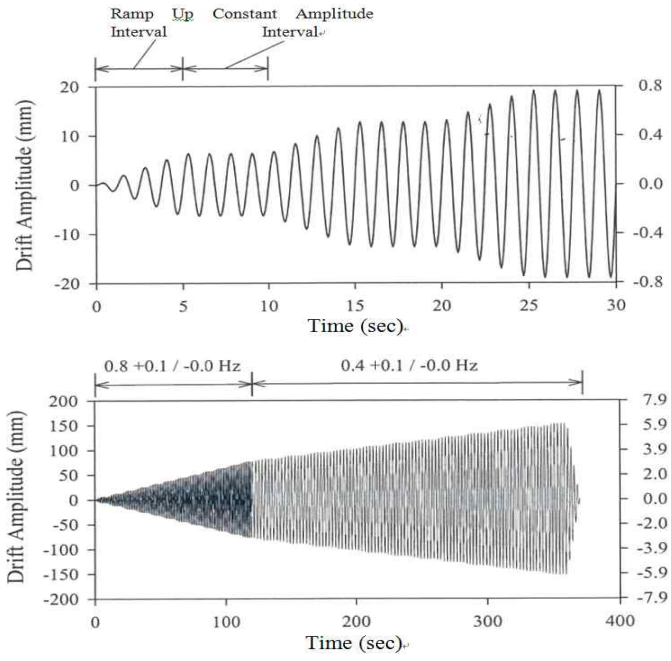
- 여기서, h 및 b는 각각 유리 패널 폭 및 높이이고, c는 유리 에지와 프레임 사이의 평균 간격임

$$\triangle_{clear} = 2c\left(1+\frac{h}{b}\right) \geq 1.25D_P$$

- 위의 규정에 의해 제공되는 clear에 대한 표현은 Bouwkamp and Meehan (1960)과 Sucuoğlu and Vallabhan (1997)의 연구에서 나온 것임

○ AAMA 501.6 동적 내진성능평가 시험 방법

- 미국 코드 FEMA 450, ASCE 7-10 규격은 AAMA 501.6 기준에 의해 시험을 진행함
- 유리의 탈락(Fallout)은 American Architectural Manufacturers Association (AAMA 501.6 2001)의 특정 규정에 표시 된 대로 실험적 동적 내진성능평가 또는 특정 수치 분석을 통해 평가할 수 있음
- AAMA 501.6에서 제공하고 있는 지진파는 아래 그림과 같은 “크레센도 파형”으로 0.8Hz, 0.4Hz 지진파를 모사하도록 규정하고 있음



AAMA 501.6의 크레센도 파형

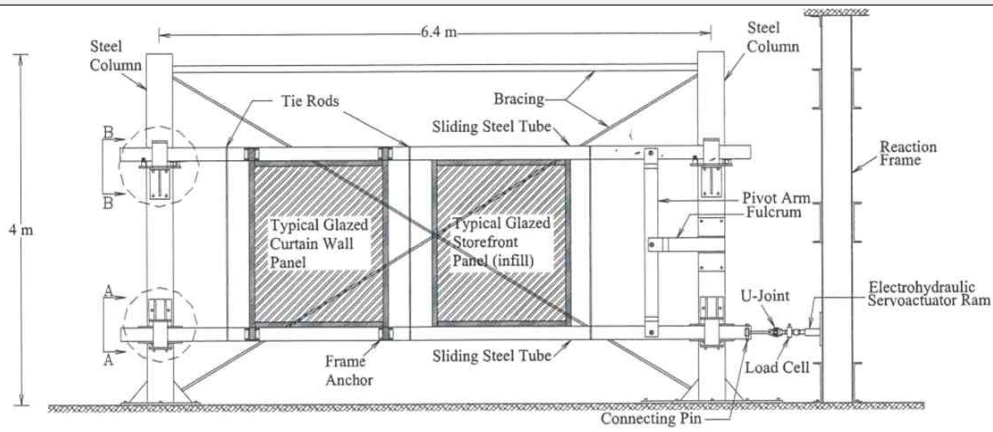
- AAMA 501.6의 기본적인 시험장비 및 시험체 설치 방법은 아래와 같음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

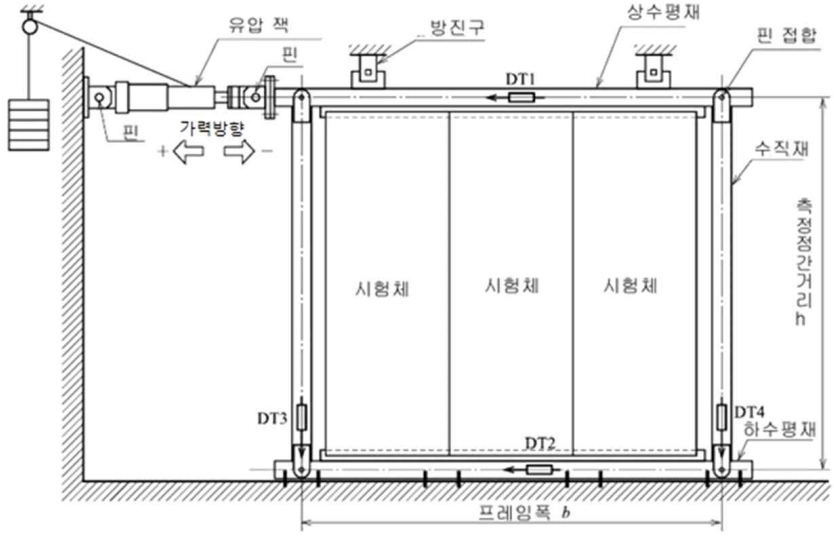
수행 과정 및 수행 내용



AAMA 501.6의 시험장비 및 시료 설치방법

○ JIS 1414-2 동적 내진성능평가 시험 방법

- FEMA 450, ASCE 7-10 규격과 유사하게, 일본 규격(JASS 1414-2)은 특히 지진 강도에 따른 글레이징 시스템의 내진 검증을위한 드리프트 용량의 최소값을 건물과 관련된 층간 높이의 함수로 식별함
- 수평재의 상대수평 변위(상수평재의수평변위(DT1)-하수평재의수평변위(DT2)]와 측정점간 거리(h)의 비[층간변형각(γ)]이 γi이될 때 까지 가력하여, 그때 마다 수평변위가 0이 될 때까지 제하한다.
- 또한, γi는 일반적으로 γ1=1/400rad, γ2=1/300rad, γ3=1/200rad, γ4=1/150rad, γ5=1/100rad, γ6=1/75rad, γ7=1/50rad 으로한다.
- 특히, 심각한 지진의 경우 유약 시스템은 층간 높이의 1 %의 상대 변위에 맞게 설계되어야함
- 아래 그림은 JIS 1414-2에 의한 시험장비와 시료 설치 방법을 나타내고 있음



JIS 1414-2의 시험장비 및 시료 설치방법

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ 국내 커튼월 내진설계 기준 변화

- 최근 국토교통부는 건축구조기준을 포함한 여러 설계기준을 KDS(Korean Design Standard)로 통일하고 있는 가운데, 올해 3월 14일 건축 비구조요소(커튼월, 창호 등 건축외장재, 천장재, 이중바닥 등이 해당됨)의 내진설계를 포함한 건축구조기준 KDS 41을 개정고시하였음
- 2019년 3월 14일 이후 기존 KBC(Korean Building Code)라고 부르던 건축구조기준은 KDS 41로 분류되어 총칙을 포함한 24개 코드로 변경됨
- 본 개정(안)의 주요 내용은 1) 내진설계 공통기준 반영, 2) 필로티구조 건축물 규정, 3) 비구조요소 내진설계 개선 등 크게 3가지로 요약할 수 있음
- 이는 2016년과 2017년 경주와 포항에서 일어난 지진으로 우리나라도 더 이상 지진 안전지대가 아니라는 전국민적 관심이 본 개정안에 반영된 것으로 판단되며, 해당 지진발생시 많은 문제점이 노출된 다가구주택과 다세대주택의 1층 필로티 구조와 벽돌,유리 등 건축외장재의 낙하로 인한 지진 2차 피해를 최소화하는 목적으로 본 개정(안)이 발표되었다고 생각해도 무방할 것임

4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계

- 현행 건축법규상 2층 이상 연면적 200 ㎡ 이상의 건축물은 내진설계 의무대상 건물로 여기서 내진설계라 함은 기둥, 보, 내력벽 및 슬래브와 같이 건물 주요구조부재가 대상이 됨
- 주요구조부재의 내진설계는 일반적으로 등가정적해석법 및 동적해석법 등을 이용하여 건물에 지진발생시 지진하중에 대하여 수학적으로 해석하게 되며 최종적으로 건물에 발생하는 최대층간변위량($\Delta_{\max}$)를 제한하여 내진설계를 완성
- 이 층간변위량이 비구조요소의 내진설계에 있어서 상당히 중요한 요소가 된다고 말할 수 있음
- 즉, 내가 거주하는 지역에 지진이 발생하면 일차적으로 건물이 서있는 지반을 통하여 지진하중이 건물 주요구조부재에 횡방향의 하중으로 영향을 미치고 건물에 층간변위를 야기하게 됨
- 이때 주요구조부재에 부착(앵커링)되어 있는 건축 비구조요소는 이러한 주요구조부재의 거동을 따라 피동적으로 움직일 수 밖에 없다는 것에 주목해야 함
- 이에 건축 비구조요소의 내진설계는 대부분 구조물에 발생하는 층간변위(상대변위) 해석 및 설명에 그 초점이 맞춰져 있다고 보면 됨

5. 비구조요소 커튼월의 내진설계 기준

- 개정된 KDS 41에 따르면 건축비구조요소는 1) 칸막이벽, 2) 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리, 3) 매달린 천장, 4) 이중바닥, 5) 피난경로상의 계단 및 램프, 6) 비구조벽체와 접합부, 7) 치장벽돌벽체와 그 접합부로 나뉨
- 먼저 내진설계 대상 비구조요소는 아래와 같은 3가지 조건에 해당되면 반드시 반영하도록 규정하고 있음
  - ① 중요도 계수(I_p)가 1.5인 비구조요소
  - ② 파라펫, 건물 외부의 치장 벽돌 및 외부치장마감석재
  - ③ 건축주가 요구하는 경우
- 위 내용을 살펴보면 외부 치장 벽돌 및 마감석재는 무조건 내진설계를 반영해야 하며, 창호 및 커튼월 등의 비구조요소는 별도로 내진설계를 하지 않아도 되나, 중요도(특)에 해당되는 병원 건물이나 비상시 긴급대피수용시설 등과 같은 중요건물에 설치되는 창호 및 커튼월의 비구조요소는

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

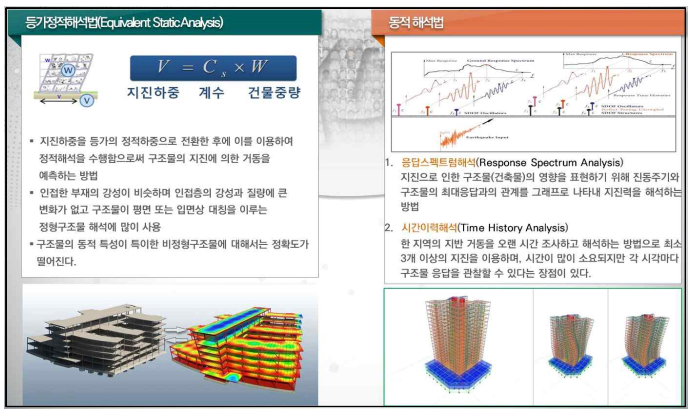
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

내진설계를 반영해야 함

- 아울러 건축주가 원하는 경우에도 내진설계를 반영하도록 규정하고 있음



주요 구조부재의 내진설계 방법

- 이때 내진설계가 반영되었다는 것은 아래의 3가지 중에 하나의 절차를 따랐으면 내진설계가 반영된 것으로 간주할 수 있다.

① 책임구조기술자가 해당건물내 비구조요소의 내진설계를 수행한 경우
② 비구조요소의 제조자가 정밀해석 및 실험을 통해 내진성능을 보유하고 있음을 입증하는 문서를 제출한 경우
③ 설계계산서 혹은 시험성적서를 근거로 시공상세도가 작성된 후 책임구조기술자가로 부터 검토 및 승인이 된 경우

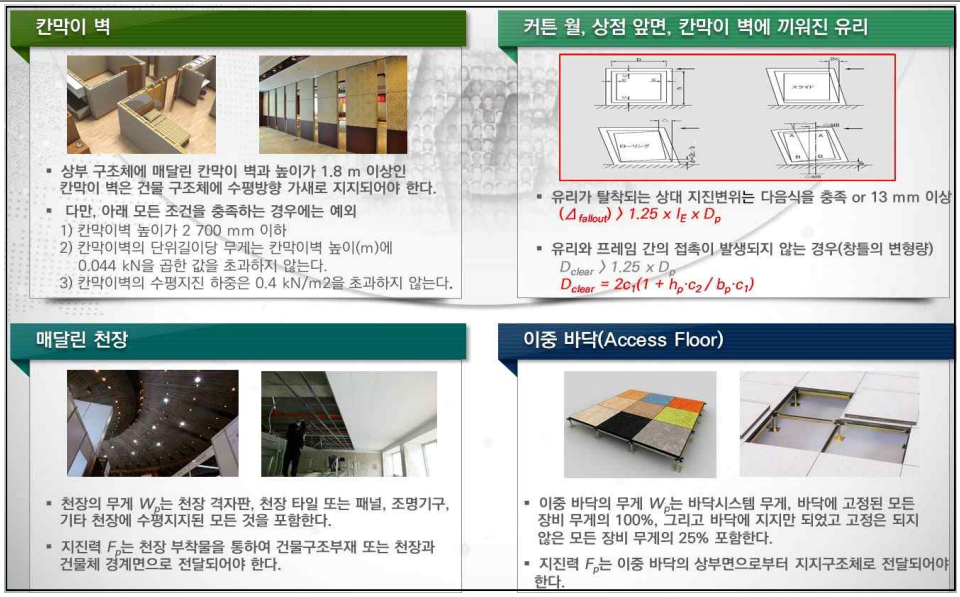
- 여기서 눈여겨볼 점은 2번째 항목으로 비구조요소 제조자 즉 창호 및 커튼월 시공업체가 내진설계를 입증하는 문서를 제출해야 한다는 점임
- 구조정밀해석을 하든 실험을 하든 그 납품하는 제품의 내진성능에 대한 입증은 제조자의 책임이라는 점을 명시하고 있음
- 본 연구진의 경험으로는 비구조요소의 수학적 구조정밀해석은 현실적으로 힘든 점이 너무 많아 아무래도 실험을 통해 그 성능을 검증하는 것이 대안으로 해석될 수 있음
- 다만, 본 개정(안)에 어떠한 시험표준을 적용하라는 구체적인 시험방법이 명기가 되어있지 않아 많은 아쉬움이 남음
- 이는 국내 시험표준인 KS에 내진시험 관련 표준이 전무하다는 것을 반증하는 대목임
- 건축관련 현업에 종사하며 건축시방서를 작성하는 건축설계사무소 직원 및 외장재 관련업체 직원들이 이러한 이유로 바뀐 개정(안)에 대해서 실제 현실에 적용하기에 많은 애로사항이 있는 것이 현실
- 이에 본 연구진은 KDS 41의 모태가 되는 미국의 ASCE 7 표준을 확인한 결과 미국의 경우에도 실험을 통해 유리가 시공된 비구조요소들의 내진성능을 평가하며 AAMA 501.6-18이라는 구체적인 시험표준을 따르도록 하고 있다는 것을 확인하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용



건축 비구조 요소

6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법

- 해당 시험표준을 살펴보면 유리가 시공된 시료를 최소 3세트 제작하여 시료에 "Crescendo Test" 라는 횡변위를 점증가압(최대 ±150㎜)하면서 어느 단계에서 Δ_{crack}과 $\Delta_{fallout}$이 발생하는지 확인할 수 있는 프로세스를 제공하고 있음
- 여기서, Δ_{crack}은 유리에 크랙이 발생하는 층간변위(상대변위)이며 $\Delta_{fallout}$은 유리가 탈락하는 층간변위를 말함
- 여기서 유리의 탈락이라 하면 시험시 낙하된 유리 파편의 무게가 15g 이상이면 탈락하는 것으로 간주함
- 본 AAMA 501.6-18 시험표준은 그동안 국내에서 커튼월 목업시험시 내진시험으로 진행하고 있는 AAMA 501.4-18 시험표준과는 전혀 다른 시험방법임
- AAMA 501.4 표준이 정적인 내진시험 방법으로 기밀시험 및 수밀시험과 연계된 사용성 검증 시험이라면 AAMA 501.6은 실제 지진과 유사한 지진파의 주기를 갖는 횡변위를 동적으로 가하여 지진 발생시 발생할 수 있는 유리의 최대내력을 검증하는 시험방법임
- 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리는 아래 식(1)의 상대변위 요구조건을 만족하도록 하고 있음

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 D_{pI} \text{---- 식(1)}$$

여기서, $D_{pI} = D_p I_E$

$\Delta_{fallout}$: 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에서 유리의 탈락이 발생하는 상대변위로 해석 혹은 실험을 통해 산정하되 13㎜ 보다 커야 한다.

I_E : 중요도 계수

D_p : 구조해석을 통해 구한 층간변위량

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 위의 식을 가지고 중요도(특)인 병원 건물에 커튼월을 시공할 때 커튼월 시공업자가 건축주 혹은 시공사에게 본인들이 시공하는 커튼월은 내진설계가 반영되었다고 주장할 때 제출하는 서류에 대해 알아보겠음
- 편의상 병원건물의 최대층고는 4.0m(4 000mm)로 가정함
- $D_{pI} = D_p I_E$ 이므로 $D_{pI} = D_p \times 1.5$, 여기서 D_p는 구조해석을 통한 층간변위량으로 건축구조기준에서 정하는 허용층간변위량(Δ_a)을 넘지 못하므로 D_p의 최대값, $D_p(\max)$는 다음과 같음
- $D_p(\max) = \text{층고} \times \text{내진등급(특) 허용층간변위량} = 4000mm \times 0.01 = 40mm$

  $\therefore \Delta_{fallout} \geq 1.25 \times 1.5 \times 40mm = 75mm$
- 즉, 앞서 설명한 AAMA 501.6-18 실험을 통해서 $\Delta_{fallout}$이 75mm 이상이라고 명기된 시험성적서를 제출하면 내진설계가 완료된 커튼월이라고 주장할 수 있는 것임
- 또한, 본 개정고시(안)에서는 아래와 같은 3가지 예외 규정을 두어 무분별한 내진시험 진행에 대해 제한을 두고 있다.

① 유리와 프레임 사이 유격이 식(2)를 만족하는 경우

$$D_{clear} \geq 1.25\, D_{pI} \text{ ---- 식(2)}$$

여기서, D_{clear} : 유리와 프레임 사이 접촉이 발생하는 틀의 상대변위로 사각형 유리의 경우 식(3)으로 산정한다.

$$D_{clear} = 2c_1\left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \text{ ---- 식(3)}$$

h_p : 유리 높이

b_p : 유리 폭

c_1 : 유리와 프레임 사이 좌우측 유격의 평균값

c_2 : 유리와 프레임 사이 상하부 유격의 평균값

② 내진 1등급 및 2등급 건축물에서 강화유리 재질의 통유리패널이 건물에 인접한 보도면으로부터 3m 이하의 높이에 설치된 경우

③ 열처리유리 혹은 중간층의 두께가 0.8 mm이하인 열강화이중유리가 노출창문틀 형식으로 사용되고 가장자리는 최소 13 mm폭의 탄성중합체 실런트, 습식보양재 등으로 보호된 경우

- 상기 3가지 내진설계 예외 규정을 살펴보면 3m 이하의 높이의 통유리를 사용한 경우(ex, 1층 상가 앞유리)와 이중접합유리가 적용되고 유리와 프레임사이 유격이 13mm 이상인 경우 알루미늄 프레임이 히든바(Hidden Bar)만 적용되지 않았다면 건물 높이에 상관없이 굳이 내진설계를 진행하지 않아도 무방함
- 마지막으로 건축 시방서 작성자나 외장업체 관계자가 가장 관심을 가져야 하는 항목이 첫 번째 항
- 본 항목에 대한 설명은 그림 3을 참조해서 설명하도록 하겠다. 그림 3의 2가지 커튼월 시공법 중 두 시료에

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

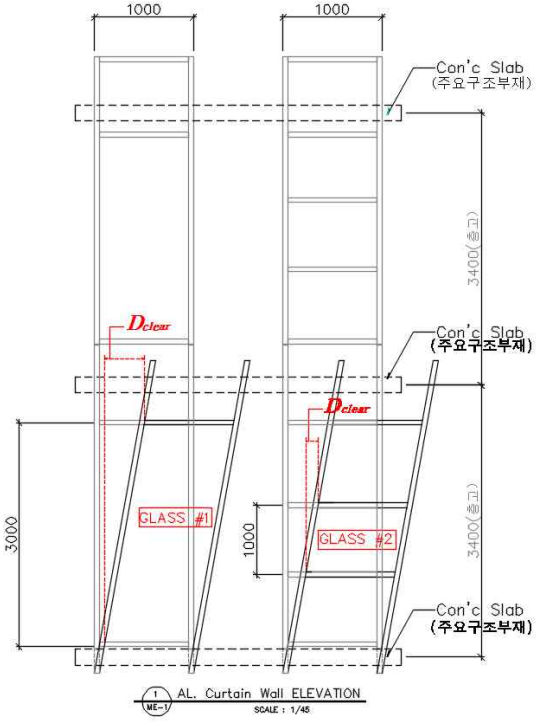
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

적용된 알미늄 프레임의 단면이 동일하고 유리와 프레임 사이 유격이 10mm로 동일하다고 가정하면 큰 유리(Glass #1)와 작은 유리(Glass #2)의 D_{clear}은 그림 3과 같이 산정할 수 있을 것임

- 위 두 식을 통해서 구한 D_{clear}은 상대변위로 Glass #2의 경우 산정한 값에 3을 곱한만큼의 횡변위량을 흡수할 수 있으므로 Glass #1과 같이 1장의 유리로 3.0m를 시공하는 것보다 수평재를 중간에 두어 3장의 유리로 Glass #2와 같이 커튼월을 구성한다면 내진성능에 있어서는 더 좋다고 말할 수 있음
- 여기서 2개의 D_{clear} 값을 앞서 산정한 병원 건물의 $\triangle_{fallout}$과 비교하면 물론 예로 삼은 2개 건물의 층고가 달라 단순 비교는 어렵겠지만 유리와 프레임 사이 유격만 충분히 확보할 수 있는 설계가 가능하다면 창호(Punched Window)보다 내진성능에 있어서는 불리한 커튼월 공법도 충분한 내진성능을 확보하고 있는 것으로 필자는 확신하고 있음
- 다만 위 D_{clear} 산정에 있어 유리 시공시 꼭 필요한 세팅블록(Setting Block)의 재질과 설치간격 등에 대한 변수가 공식에는 반영되지 않아 보수적으로 설계하는 것이 건물 안전적인 측면에서 맞다고 판단됨
- 우리 KCL 연구원 서산 에너지소재센터에서는 건축 비구조요소의 내진성능평가 시스템을 구축하고 있음
- 본 장비가 본격적으로 가동된다면 불확실성이 내포된 수식에 의한 D_{clear} 산정보다 정확한 $\triangle_{fallout}$을 실증할 수 있으므로 내진설계 데이터를 유관 기관에 제공할 수 있음.

유리 크기별 Dclear 비교



Glass #1 :

$$c_1 = c_2 = 10\ mm$$
$$b = 1.0\ m,\ h = 3.0\ m$$
$$D_{clear} = 2 \times 10 \times (1 + \frac{3}{1}) = 80\ mm$$

Glass #2 :

$$c_1 = c_2 = 10\ mm$$
$$b = 1.0\ m,\ h = 1.0\ m$$
$$D_{clear} = 2 \times 10 \times (1 + \frac{1}{1}) = 40\ mm$$

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향

○ 내진 커튼월 연구 일반 동향

- 지난 몇 년간 지진 발생시 비구조적요소의 내진성능에 대한 관심이 크게 높아졌음
- 최근의 지진은 앵커, Fastener 및 유리 등 건축 외장재의 비구조요소에 빈번한 손상을 보여왔음
- 지진 발생으로 인한 경제적 손실과 인적 손실을 방지 할 수있는 신뢰할 수있는 내진 커튼월 기술을 개발할 필요성이 확인됨
- 건축 외장재로 유리 커튼월 시스템을 많이 사용함으로써 연구원들은 지진이 발생했을 때 비구조요소의 지진발생 시 반응에 대한 많은 연구를 수행함
- 유리 커튼월은 비구조요소로 건물외피의 구성요소임
- 커튼월의 구성요소 손상은 민감한 경제적 손실과 보행자와 탑승자의 안전을 위해 위험을 야기함
- 커튼월의 평면 거동은 엄격히 주요 구조물의 거동에 의해 좌우됨

○ 내진 커튼월 연구 주제 동향

- 지진 조사(Evans, Kennett et al. 1988, Filiatrault, Christopoulos et al. 2002, Hosseini 2005, Baird, Palermo et al. 2011)는 커튼월 손상의 주요 원인이 다음과 같은 이유로 인한 평면 변위율 임을 확인함
- 커튼월 자체에 대한 가속 요구보다 더 많은 지지 구조 이동 주 구조물이 지진 작용에 노출될 때 연속된 상층 사이의 상대적 변위(층간 변위)가 발생함 외부 유리 시스템은 구조물의 빔/슬래브에 연결되어 있기 때문에 층간 드리프트는 유리 패널까지 커튼월 시스템에 손상을 입힘
- 알루미늄 프레임 멀리언(Mullion), 트랜섬(Transom)이있는 풀 스케일 규모 커튼월 내지성능평가 장치에서 여러 가지 실험이 수행되었음 (Lim and King 1991, Thurston and King 1992, Pantelides and Behr 1994, Behr, Belarbi et al. 1995a, Behr, Belarbi et al) (1995b, Sucuoğlu 및 Vallabhan 1997, Behr 1998)
- 다른 구조 유리 유형, 클리어런스 값 및 앵커리지 시스템 (예 : 실런트 분포 및 속성) 테스트 결과 단조로드에서의 응답이 로드 반전 테스트 동안 동일한 것으로 확인되었음
- 인식되는 일반적인 손상 메커니즘은 개스킷 제거, 모서리에서의 유리 파손, 유리 균열 및 유리 낙하임
- 또한 유리판은 접촉이 일어나는 알루미늄 프레임의 소성 변형을 일으킬 수있는 것으로 관찰되었음 (Behr, Belarbi et al. 1995a)
- 접합 유리 패널이 있는 커튼월에 대해 Thurston and King (1992), Pantelides and Behr (1994), Behr (1998)에 의해 조사되고 비교되었음
- 평면 내 하중을받는 스틸 프레임에 단일 유리 패널의 드리프트 용량과 응력 분포도 Huveners (2007)는 다양한 유리-프레임 조인트 구성에 대해 연구했음
- 면내 시험 실험에 널리 사용되는 부하 프로토콜은 소위 "크레센도 시험"임 (Pantelides, Truman et al. 1996)
- 단조롭게 증가하는 진폭 및 정현파 드리프트 사이클이 특징
- 일반적으로 평면 내 랙킹 변위에 영향을받는 건축용 유리 구성 요소에 대한 서비스 가능성 변위 한계 및 최종 변위 한계를 결정하는 데 사용됨

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 그러나 커튼 월 시스템에 대한 실험 테스트에는 다른 방법도 채택되었음 (Hutchinson, Zhang et al. 2011).
- 커튼 월 시스템의 평면 내 반응, 지진 격리 글레이징 시스템 (Brueggeman, Behr et al. 2000)에 대한 테스트는 서비스 가능성과 궁극적 인 응답 (유리 낙하) 측면에서 더 나은 성능을 보여주었음
- 유리 패널의 손상을 줄이기 위해 PET 필름은 종종 유리의 외부 층에 적용하는 연구도 진행됨 (Thurston and King 1992, Memari, Behr et al. 2004, Hutchinson, Zhang et al. 2011).
- 유리 패널 파쇄 균열은 일반적으로 모서리에 집중되므로, 모서리가 둥근 유리 패널에 대해 실험도 수행되었음 (Memari, Kremer et al. 2006).
- O'Brien, Memari et al.은 드리프트의 함수로서 손상의 가능성과 가능한 결과와 관련하여 글레이징 시스템의 취약성 곡선을 제시했음 (2012)
- O'Brien, Memari et al.은 크레센토 테스트에 의한 실험적인 평면 내 랙킹 테스트를 기반으로 하고 있음
- 커튼월 시스템의 변위를 예측할 수 있는 분석 제제의 부족이 인식되었기 때문에 Bouwkamp와 Meehan (1960)은 면내 하중을 받는 커튼월의 변위가 강체 회전, 유리 패널과 프레임 사이의 접촉 후 대각선 압축 변형의 두 가지 요소의 합으로 볼 수 있음을 관찰했음
- 이러한 가정에 기초하여, Sucuolu 및 Vallabhan (1997)은 유리의 변위량에 대한 분석 공식을 제안함
- Sivanerupan, Wilson et al.은 지진 수요와 드리프트 용량을 평가하기 위한 분석 절차의 적용을 연구함 (2009).
- Memari, Behr et al.은 소형 유리 패널의 파괴 하중에 기초한 풀 사이즈 글레이징 커튼 월의 최종 드리프트 용량 예측을위한 간단한 관계를 제안함 (2000)
- 비용이 많이 드는 실대형 실험을 피하기 위해 기존 커튼월의 균열 및 변위를 평가하기 위해 Memari and Shirazi (2004)가 내진 등급 시스템을 제안함
- 이 절차에 따르면, 커튼월의 형상 및 물리적 특성과 지진 변위에 따라 각 커튼월에 점수가 할당됨
- 커튼월 시스템의 거동 및 변위에 대한 일반적인 예측을 하기 위해 Memari, Shirazi et al.에 의해 유한요소 모델과 및 실험 결과에 대한 교정이 제안되었음 (2007, 2011)

8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과

○ 연구의 개요 및 방법

- 이 연구는 스틱 월 시스템에 중점을 두고 있음
- 연구의 흐름은 두 개의 풀 스케일 커튼월 시료 대한 실험 테스트 결과를 제시하고 유한요소 구조해석 프로그램(SAP2000)을 활용하여 실험 결과를 재현하는 것을 목표로하는 분석

○ 상업용 Stick 타입 커튼월에 대한 내진 거동 실험 평가

- 이탈리아 국립 연구위원회(CNR)의 건설 기술 연구소(ITC)의 실험실에서 2 개의 풀 스케일 스틱 타입 커튼월의 내진 거동 실험을 수행함
- 실험을 진행한 2 가지 유형의 스틱 타입 알루미늄 커튼월은 실제로 생산되어 시판되고 있음
- 2가지 유형의 스틱 타입 커튼월은 유럽의 커튼월 시장에서 주로 사용되고 있는 제품이며, 내진성능을 고려하지 않고 설계된 제품임
- 먼저 실험 조건 및 계측 방법을 소개하고 두 파사드 각각에 대한 내진 거동 및 결과를 제시하고 논의함

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

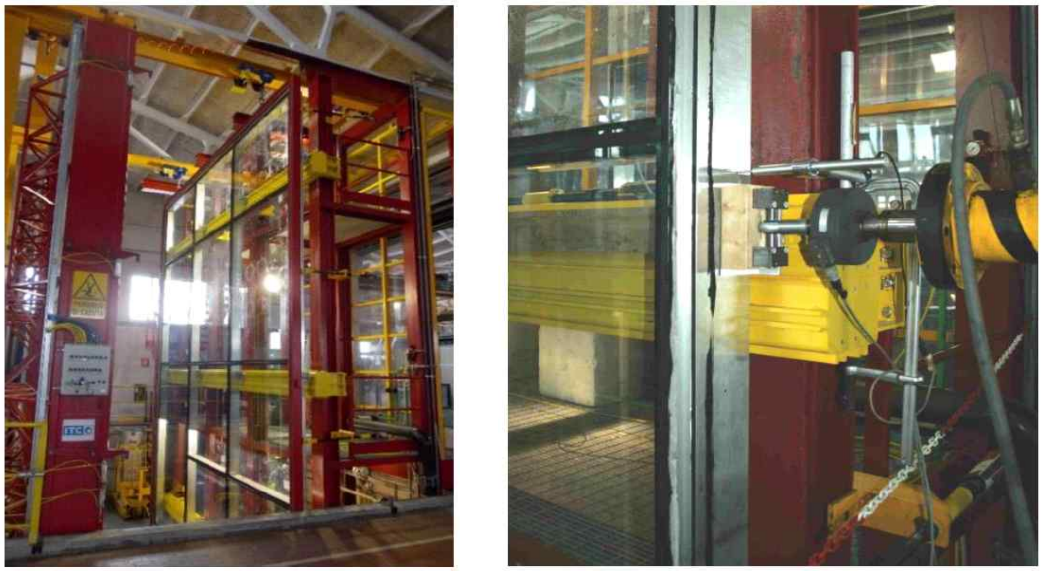
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 두 시편을 "파사드 A"및 "파사드 B"라고 명칭함

○ 내진성능 실험 조건 및 계측 방법

- 시험 시설은 3 개의 강성 빔이있는 5,72 × 7,37m의 철골 프레임으로 구성되며, 주요 구조물의 빔 또는 슬래브로 구성됨



(a) (b)

커튼월 내진성능평가 시험 시설(a) 및 유압 엑츄에이터(b)

- 시험 시설은 커튼월의 구성에 맞게 빔의 높이를 조절할 수 있음
- 수평 방향으로 움직여 지진 유발 측면 변위 측정이 가능함
- 여기에 설명 된 특정 테스트의 경우 중간 강철 빔만 수평 방향으로 밀린 반면, 위쪽 및 아래쪽 빔은 외부 프레임에 단단히 고정된 상태임
- 유압 엑츄에이터를 사용하여 멀리 언 빔 연결하고 평면 내 수평 방향으로 외부 멀리 언을 밀면서 실험을 수행하게 됨
- 유압엑츄에이터는 최대 변위량 600 mm, 최대 하중 200 kN의 성능을 갖음
- 로드셀은 50kN(LeBow 로드셀) 액추에이터에 의해 가해지는 힘을 측정하는 데 사용되었음
- 중심 강성 수평 빔의 수평 변위를 측정하기 위해, 액츄에이터의 축을 따라, 범위가 약 100 mm 인 2 개의 선형 전위차 변위 변환기 (즉, LVDT)가 2 개의 외부 멀리 언에 배치되어 있음
- 테스트 중에 부하 및 변위 데이터에 대해 10Hz 연속 데이터 수집이 수행되었음

○ Facade A 시료에 대한 내진성능평가 결과

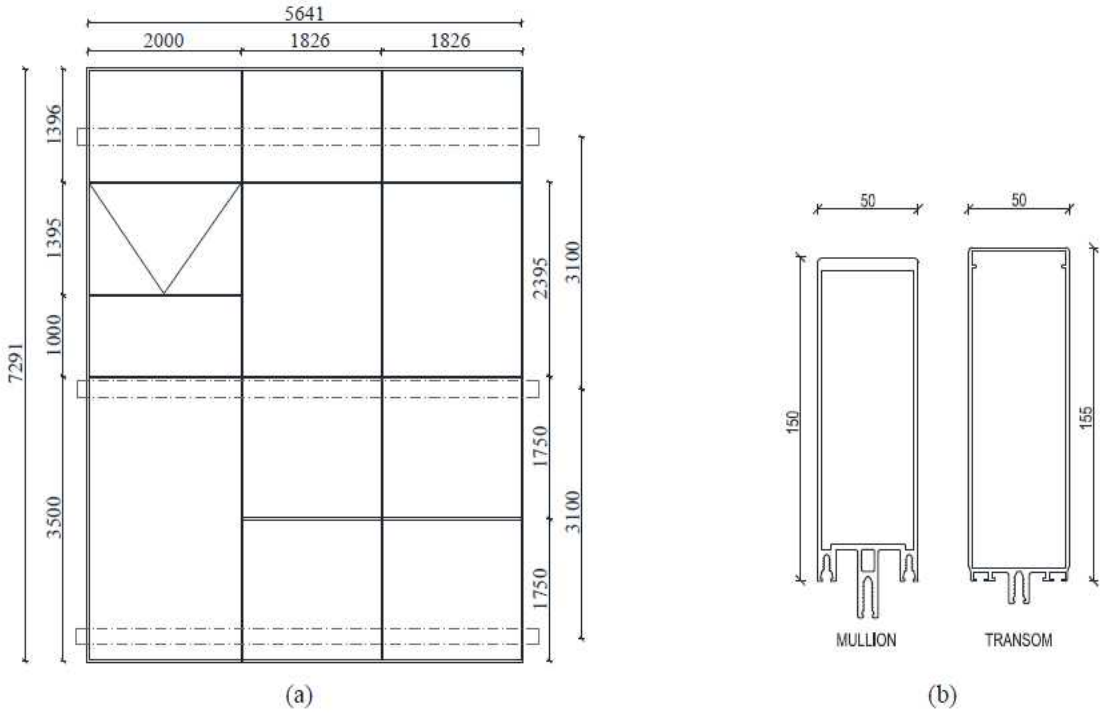
- 파사드 A는 층고가 3,100mm 인 2 층으로 7,300mm 높이, 5,650mm 폭으로 구성됨
- 입면은 4 개의 멀리언과 4 개의 트랜 섬으로 구성됨

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용



Facade A의 입면(a) 및 프레임 단면(b)

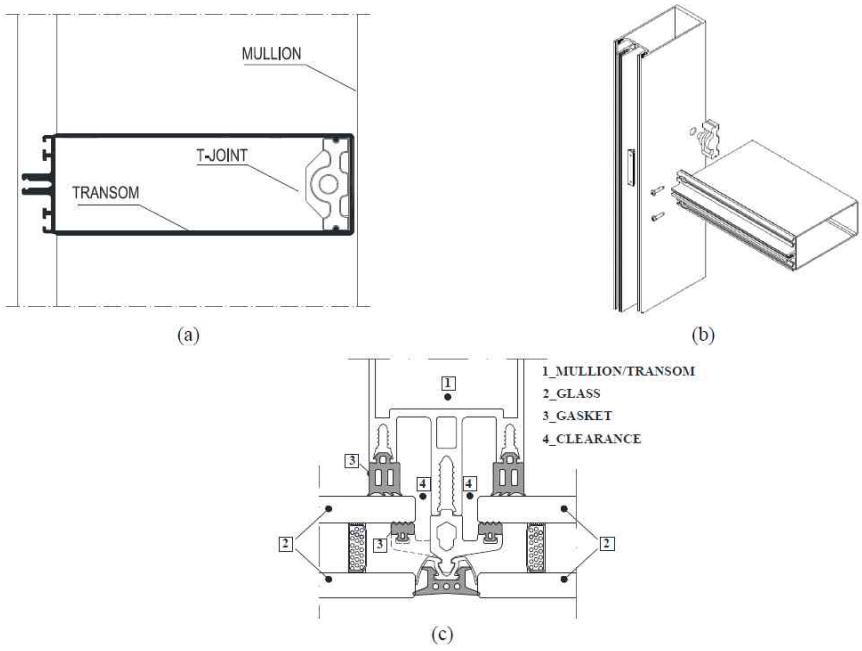
- 압출 알루미늄 프로파일은 멀리 언과 트랜 섬에 사용되며 그 단면은 아래 그림과 같음
- 복층유리의 글레이징은 실리콘 개스킷으로 고정되고, 두께 8 + 16 + 8 ㎜의 완전 강화 유리 패널로 제작되었음
- 이 시험편에는 하나의 벤트(Vent) 창이 있으며 다른 유리 패널은 고정(Fix)되어 있음
- 트랜섬과 멀리언 연결은 트랜섬을 멀리 언에 직접 연결하는 두 개의 나사와 트랜섬을 위한 특수 "T- 조인트"로 고정됨
- 나사는 멀리언과 결합 된 특수 L 자형 플레이트로 트랜섬을 멀리언에 연결함
- "T- 조인트"는 트리거 버튼으로 멀리 언을 트랜 섬에 연결함
- 이 트리거 버튼은 나사와 함께 단단하게 고정시키고, 연결된 요소 부분(트랜섬 실내측)의 회전이 가능하도록 함
- 유리-프레임 연결은 스틱 시스템에서 일반적으로 유리 패널 가장자리를 따라 실리콘 가스켓을 적용하여 고정함
- 준 정적 내진성능 시험은 반대편 멀리 언의 모니터링 지점에서 특정 변위 값에 도달 할 때까지 외부 멀리 언에 가해지는 힘을 증가시켜 수행하였음
- 힘이 0까지 감소하여 잔류 소성 변형이 나타나게 되고, 문제가 발생하기 전에 4사이클의 반복 시험이 수행되었음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용



Facade A의 트랜섬 단면(a), 투영도(b), 글래이징 구성(c)

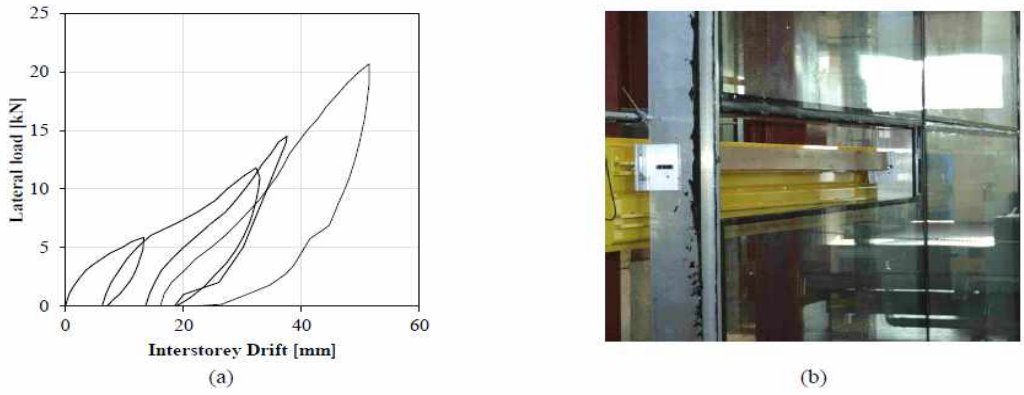
- 첫 번째 사이클 동안, 5.9 kN의 측 방향 힘에 대응하여 최대 13.07 mm의 변위가 달성되었음
- 하중을 점진적으로 제거하면 6.2mm의 잔류 변위 (사이클 피크 드리프트의 47.7 %)가 기록되었음
- 두 번째 사이클 동안 달성 된 최대 변위는 32.27 mm로 11.8 kN의 하중에 해당함
- 하중을 제거 후 잔류 변위는 13.52mm (사이클 피크 드리프트의 41.9 %)로 나타남
- 세 번째 사이클에서 달성 된 최대 변위는 14.7 kN의 측면 힘에 해당하는 37.35 mm였음
- 하중을 제거한 것으로 기록 된 잔류 변위는 14.5 mm (사이클 피크 드리프트의 38.8 %)였음
- 네 번째 및 마지막 사이클에서 달성 된 최대 변위는 20.7 kN 측면 힘에 해당하는 49.88 mm로 나타남
- 하중을 제거 할 때 기록 된 잔류 변위는 16.06mm (사이클 피크 드리프트의 32.2 %)였음
- 마지막 사이클 동안, 큰 전단 변형은 알루미늄 프레임이었고, 피크 변위의 30 % 내지 50 % 사이의 잔류 소성 변형이 기록되었음
- 마지막 사이클의 언로드 단계에서 실패 했으며, 트랜섬의 변형이 발생하며 유리 패널이 알루미늄에서 떨어졌음
- 따라서 시편 변위 용량은 49.88 mm였으며 이는 층고(3,100 mm)의 1.6 %에 해당함

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

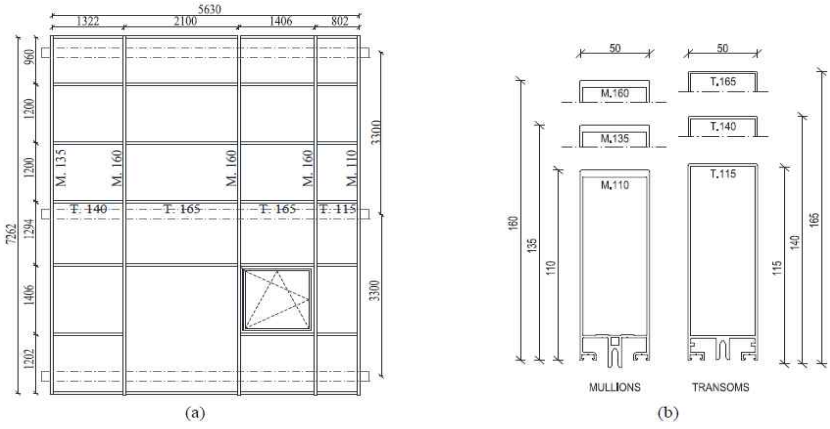
수행 과정 및 수행 내용



시험에 따른 변위-힘 사이클 그래프(a), 시험결과 이미지(b)

○ Facade B 시료에 대한 내진성능평가 결과

- Facade B의 입면은 높이 7,200 mm, 너비 5,600 mm이며 높이 3,300 mm 임
- Facade A와 달리 Facade B에는 5 개의 멀리언과 6 개의 트랜섬이 존재하며, 트랜섬과 같이 멀리언에는 세 가지 다른 프로파일이 사용되었음
- 특히, 사이드 스팬의 트랜섬은 중앙 스팬에 대한 관성이 더 낮은 단면을 특징으로 함
- 복층유리 패널의 두께는 8 + 8.2 + 16 + 6 mm이며 가장자리 실리콘 가스켓에 선형으로지지됨
- 이 시편 역시 밴트(Vent) 창은 하나만 구성됨



Facade B의 입면(a) 및 프레임 단면(b)

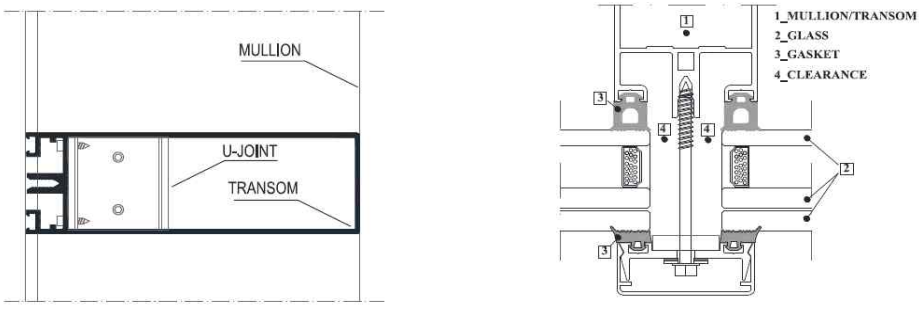
- 파사드 B에서 트랜섬-멀리온 연결은 U 자형 스틸 조인트를 사용하였음
- 이 조인트는 4 개의 스틸 나사만으로 멀리언과 트랜섬에 연결됨
- 이러한 종류의 연결은 상대적 회전과 관련하여 덜 강성이 발생함
- Façade B의 glass-to-frame 연결은 패널 가장자리를 따라 선형으로 분포 된 실리콘 개스킷을 채택하였음
- 개스킷은 패널 가장자리를 따라 연속적이며 유리 패널과 프레임 사이의 간격은 5mm임

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

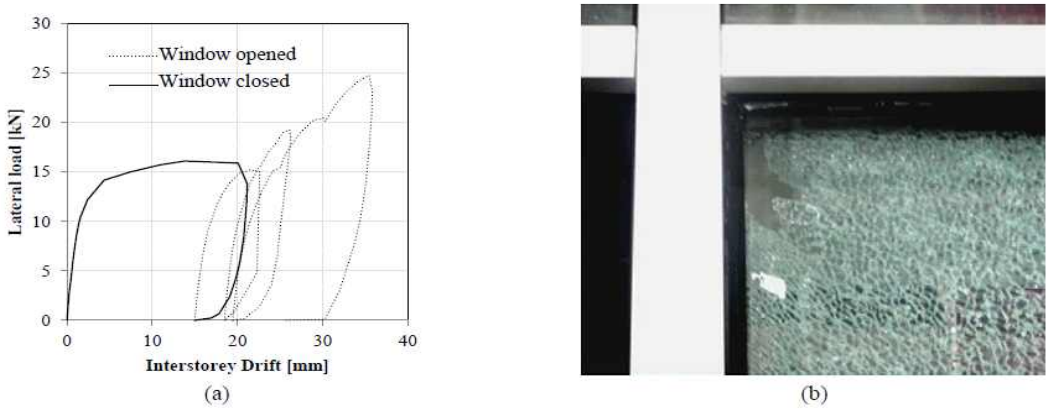
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용



Facade B의 트랜섬 단면(a), 글래이징 구성(b)

- 시편에 개방 가능한 창이 있었기 때문에, 먼저 닫힌 창문이 있는 파사드 (첫 번째 사이클)에 대해 테스트를 수행 한 다음, 닫힌 창문이 있는 표본 (후속 사이클)에 대해 테스트를 수행하였음
- 첫 번째 사이클 동안 (즉, 닫힌 윈도우가있는 시편) 달성 된 최대 변위는 21.18 ㎜로 15.9 kN에서 16.09 kN 사이 하중에 해당하였음
- 하중을 제거하면 15.02㎜ (드리프트 피크 값의 70.9 %)에 해당하는 잔류 변위가 기록되었음
- Façade 전역 응답에서 단일 유리 패널의 발생률을 평가하기 위해 열린 창이있는 시편에서 첫 번째 사이클이 반복함
- 시편에 15.9 kN의 횡력이 가해졌으며 도달 변위는 22.64 ㎜였음
- 곡선 강성은 첫 번째 사이클의 강성과 유사하므로 누락 된 유리 패널은 정면 동작을 수정하지 않았음
- 그러나, 큰 유리 패널의 내부 층 (두께 6㎜)을 제거하면 유리 패널 누락으로 인한 강도의 재분배로 인해 상단 모서리에 균열이 생겼고, 18.54㎜에 해당하는 잔류 변위가 기록되었음
- 그런 다음 26.29㎜ 및 35.86㎜의 최대 변위에서 다른 두 사이클을 수행하였고, 달성 된 최대 힘은 각각 19.25kN 및 23.48kN이었음
- 35.86 ㎜의 최대 변위까지 유리 낙하가 기록되지 않았으며, 이는 층간 높이 (3,300 ㎜)의 1.08 %에 해당함



시험에 따른 변위-힘 사이클 그래프(a), 시험결과 이미지(b)

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9. 내진 커튼월 시스템 개발

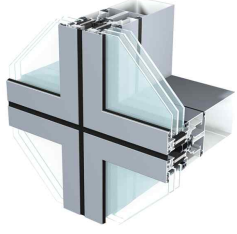
9.1 연구 목표 및 방법

9.1.1 내진 커튼월 시스템 개발 목표 및 내용

- 연구개발 목표 : 동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150㎜ 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발
- 제품 개발의 범위 : 동적 내진성능 확보가 가능한 Stick 타입 커튼월
- 최종 성과물 :
  ① 3축 동적 변위 대응 가능 Fastener 요소기술 개발
  ② 3축 동적 변위 대응 가능한 커튼월 시스템 모듈 개발
  ③ 지진파 모사 3축 동적 내진성능평가 및 시공지침 개발
- 1차년도 연구 내용(사업계획서 상 내용 동일)
  ① 3축 동적 변위 대응 가능 Fastener 요소기술 개발
  - 내진 커튼월 Fastener 요소기술 및 모듈 시스템 구조해석을 위한 Boundary 조건, 해석 시뮬레이션 도구, 해석 방법론 관련 선행연구 사례 조사
  - 커튼월 모듈 시스템 핵심 개념(3축 회전형, 3축 층간 이동형) 기본 설계안에 대한 구조해석 모델링 및 동적 지진파(0.4Hz 파형, ±150mm) 유사 하중(Load) 구현을 통한 내진성능 구조해석 수행을 통한 최적 설계안 도출

  ② 3축 동적 변위 대응 가능한 커튼월 시스템 모듈 개발
  - 동적 지진파에 대응 가능한 커튼월 핵심 기술 개념으로 3축 회전형 및 3축 층간 이동형 2가지 방식의 커튼월 기본설계안 도출, 핵심 특허 출원
  - 구조해석을 통한 내진성능 분석을 통해 피드백을 얻고, 2차년도 시작품 실대형 Mock-up 시험을 위한 최적 설계안 도출
  - 단열해석(LBNL Window&Therm)을 통한 커튼월 열관류율 성능목표(1.0W/m²K) 확보 및 설계안 반영

  ③ 지진파 모사 3축 동적 내진성능평가 및 시공지침 개발
  - AAMA 501.6 기준 성능평가 방법론 분석
  - 실대형(최대 가로 5m×높이 10m) 동적 내진성능평가 시스템 시험을 위한 장비 시험조건 확보
  - 지진파 0.4Hz, 3축 변위량 ±150mm 시험 조건 확보를 위한 데이터 수집 및 모니터링(Video, 변위량, 하중) 시스템 확보

① 3축 동적 변위 대응 가능 Fastener 요소기술 개발	② 3축 동적 변위 대응 가능한 커튼월 시스템 모듈 개발	③ 지진파 모사 3축 동적 내진성능평가 및 시공지침 개발
[내진 Fastener 요소기술]	[내진 커튼월 모듈 시스템]	[성능평가 및 시공지침]
		
[내진 Fastener 요소기술 예시]	[내진 커튼월 시스템 모듈 예시]	[실대형 동적 내진성능평가]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

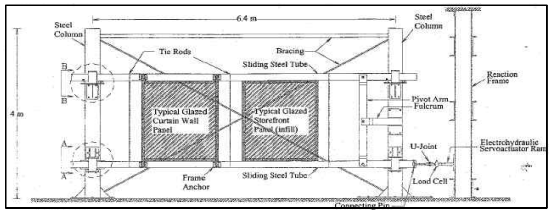
수행 과정 및 수행 내용

9.1.2 내진 성능기준 목표

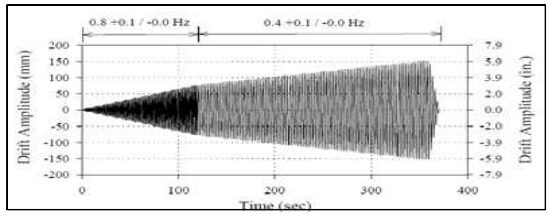
- 본 연구의 핵심 개념은 지진 발생 시 지진파에 커튼월 파손2차 피해가 발생하지 않도록 하기 위해 1) 3축 변위에 대응 가능한 Fastener 개발, 2) 3축 거동 가능한 커튼월 모듈 개발, +α) 커튼월 1등급 단열성능 확보에 있음.
- 기존 커튼월 시스템의 경우 정적(Static) 내진성능만 확보되고 있는 상황
- 본 연구개발은 동적(Dynamic) 내진 성능 확보하는 것을 목표로 함
- 동적 내진성능평가 방법은 AAMA 501.6 및 ISO TC 162 기준을 따름

내진 성능기준 목표 - AAMA 501.6 및 ISO TC 162

AAMA 501.6 규격

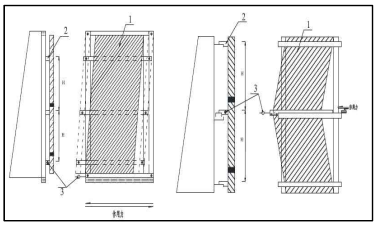


AAMA 501.6 내진성능평가 개념도

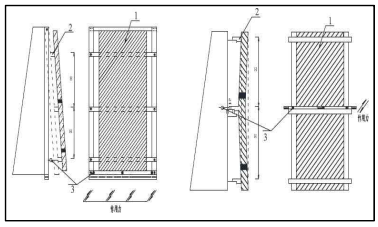


AAMA 501.6 ±150mm 변위량, 0.4Hz 진동

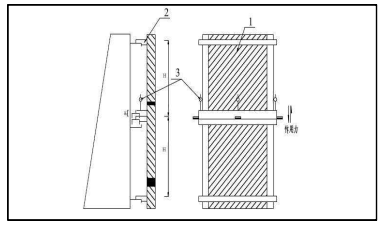
ISO TC 162 규격



X 축 변위



Y 축 변위

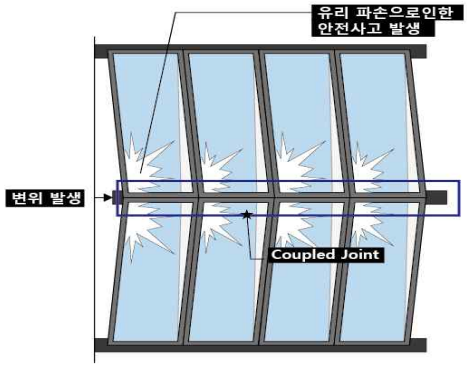


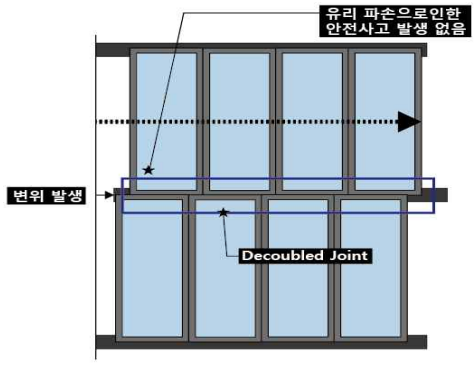
Z축 변위

- 본 연구개발 기술의 차별성은 3축 대응 가능 Fastener 및 커튼월 시스템 개발을 통한 유리 및 연결부위 파손, 탈락 방지

본 연구개발 기술의 차별성

기존 커튼월 시스템	본 연구개발 커튼월 시스템





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9.2 정적(Static) 내진성능 실험을 통한 기존 Stick 타입 커튼월 시스템 취약부위 검토

9.2.1 Cap type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가 및 취약부위 도출

가) Cap type 커튼월 개요

- 기존 Stick 타입 커튼월 중 Cap 타입 커튼월에 대한 내진성능평가를 수행함
- 본 실험의 목적은 기존 커튼월 시스템의 지진 발생 시 취약 부위를 검토하기 위함임
- 내진성능평가 방법은 AAMA 501.4 기준에 의한 정적(Static) 내진성능평가를 수행함
- 정적 내진성능평가 시 변위량은 4단계로 구분하여 수행함
  - ① 내진등급(특) ±36㎜ 3회
  - ② 내진등급(Ⅰ) ±54㎜ 3회
  - ③ 내진등급(Ⅱ) ±72㎜ 3회
  - ④ 연구과제 목표 변위량 ±150㎜ 3회

Cap 타입 커튼월의 시료 정보

시료명/모델명		Aluminum Curtain Wall / SC-ECW-ST-01
시료 크기	고정창	3 600 mm(W) x 7 600 mm
	환기창	None
Aluminum Frame	수직재	(60 mm x 150 mm) Extruded Bar
	수평재	(60 mm x 150 mm) Extruded Bar
	Thermal Break	Poly-Amid(수직재 및 수평재)
유 리		42 mm Low-E Triple Glass (6mm 반강화 + 12mm Air + 6mm 일반 + 12mm Air + 6mm 반강화)
AL. Sleeve of Expansion Joint		250 mm
앵커부 (Anchor Part)	스틸 앵커	2L - 110 x 100 x 9T x 120LG
	간격	첨부 4의 시료 도면 참조
Finish	AL. Bar	PVDF Coat
	Steel Anchor	Hot Dip Galv

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

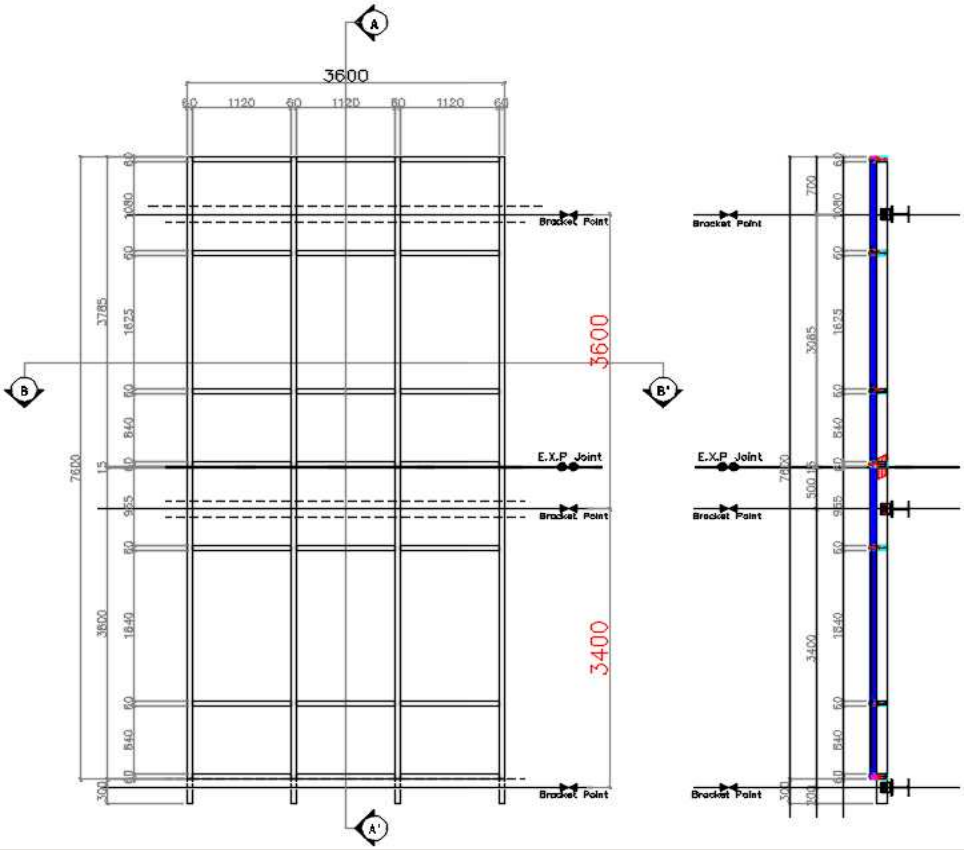
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

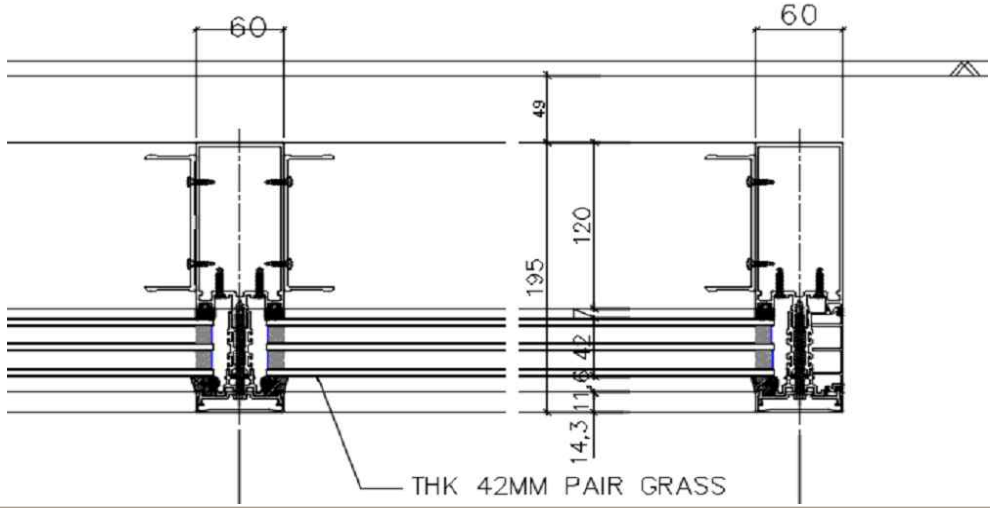
나) Cap type 커튼월 시료의 구성

Cap 타입 커튼월의 입면 및 단면 형상

커튼월 프레임 입면



커튼월 프레임 단면형상



연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

다) Cap type 커튼월 시료의 설치 과정

Cap 타입 커튼월 설치 과정

커튼월 프레임 조립	저층부 프레임 설치
	
알루미늄 프레임 설치 완료	**유리 설치**
	

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

라) Cap type 커튼월 시료의 설치 완료

- 본 AAMA 501.4 정적(Static) 내진시험 표준 이외에 AAMA 501.6 시험 표준은 커튼월 및 창호 등의 동적(Dynamic) 내진시험 표준이나 국내에는 아직 해당 표준을 만족하는 시험장비가 없어 본 프로젝트에서는 정적(Static) 내진시험으로 본 시험을 진행함.

정적(Static) 내진성능평가용 Cap type 커튼월 시료 설치 완료



마) Cap type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가

○ 정적 내진성능평가 시 변위량은 4단계로 구분하여 수행함

내진등급(특) ±36mm	내진등급(Ⅰ) ±54mm	내진등급(Ⅱ) ±72mm	연구과제 목표 변위량 ±150mm
			

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

바) Cap type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가 결과

○ Cap type 커튼월 내진성능평가 결과 요약

<table>
<tr><td>시험방법</td><td colspan="3">AAMA 501.4-09</td><td>Recommended Static Testing Method for Evaluating Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind Induced Interstory Drift</td></tr>
<tr><td>변위가압장치</td><td colspan="4">ENERPAC사(社) 20 톤급 Hydraulic Cylinder 1(EA) & 유압펌프</td></tr>
<tr><td rowspan="6">시험조건
및
시험결과</td><td>횡변위량
(수평변위량)</td><td>반복
싸이
클</td><td>시험결과
(육안검수)</td><td>비고</td></tr>
<tr><td>내진등급(특)
(0.010 x h_{sx}) = ±36.00 mm</td><td>3회</td><td>이상없음</td><td rowspan="4">-. h_{sx} = x층 층고로
본 시험에서는 커튼월 수직재 앵커 지점간 거리임
(= 3 600 mm)</td></tr>
<tr><td>내진등급(Ⅰ)
(0.015 x h_{sx}) = ±54.00 mm</td><td>3회</td><td>커튼월 외측에 시공된 Weather Sealant 일부 구간 파손</td></tr>
<tr><td>내진등급(Ⅱ)
(0.020 x h_{sx}) = ±72.00 mm</td><td>3회</td><td>커튼월 외측에 시공된 Weather Sealant 파손 구간 확대</td></tr>
<tr><td>연구 과제 목표 변위량
±150 mm</td><td>3회</td><td>1. 유리 파손
2. Weather Sealant 파손 후 잔류 변형</td></tr>
<tr><td colspan="4">☞ Note #4 :
-. AAMA 501.4-09 시험표준에는 층간변위시험 전·후에 기밀성능시험 및 수밀성능시험을 추천하고 있으나 본 프로젝트에서는 지진 시험 후 수밀성능시험은 진행하지 않음.
-. 상기 횡변위량은 KBC 2016 표준에서 정하는 건축물 내진 등급별 허용층간변위량(Δ_a)임.
-. 본 AAMA 501.4 정적(Static) 내진시험 표준 이외에 AAMA 501.6 시험 표준은 커튼월 및 창호 등의 동적(Dynamic) 내진시험 표준이나 국내에는 아직 해당 표준을 만족하는 시험장비가 없어 본 프로젝트에서는 정적(Static) 내진시험으로 본 시험을 진행함.</td></tr>
</table>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ Cap type 커튼월 주요 취약부위 도출

외측 Weather Sealant 및 프레임 파손





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

유리 파손





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

유리 파손





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

커튼월 프레임 및 Expansion Joint 파손





해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9.2.2 Hidden type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가 및 취약부위 도출

가) Hidden type 커튼월 개요

- 기존 Stick 타입 커튼월 중 Hidden 타입 커튼월에 대한 내진성능평가를 수행함
- 본 실험의 목적은 기존 커튼월 시스템의 지진 발생 시 취약 부위를 검토하기 위함임
- 내진성능평가 방법은 AAMA 501.4 기준에 의한 정적(Static) 내진성능평가를 수행함
- 정적 내진성능평가 시 변위량은 4단계로 구분하여 수행함
  ① 내진등급(특) ±36mm 3회
  ② 내진등급(Ⅰ) ±54mm 3회
  ③ 내진등급(Ⅱ) ±72mm 3회
  ④ 연구과제 목표 변위량 ±150mm 3회

Hidden 타입 커튼월 시료 정보

시료명/모델명		Aluminum Curtain Wall / SC-ECW-ST-03
시료 크기	고정창	3 600 mm(W) x 7 600 mm
	환기창	None
Frame	수직재	(60 mm x 150 mm) Aluminum Hidden Bar
	수평재	(60 mm x 150 mm) Aluminum Hidden Bar
	Thermal Break	Poly-Amid(수직재 및 수평재)
유 리		28 mm Low-E Pair Glass (6mm 반강화 + 16mm Air + 6mm 일반)
AL. Sleeve of Expansion Joint		250 mm
앵커부 (Anchor Part)	스틸 앵커	2L - 110 x 100 x 9T x 120LG
	간격	첨부 4의 시료 도면 참조
Finish	AL. Bar	PVDF Coat
	Steel Anchor	Hot Dip Galv

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

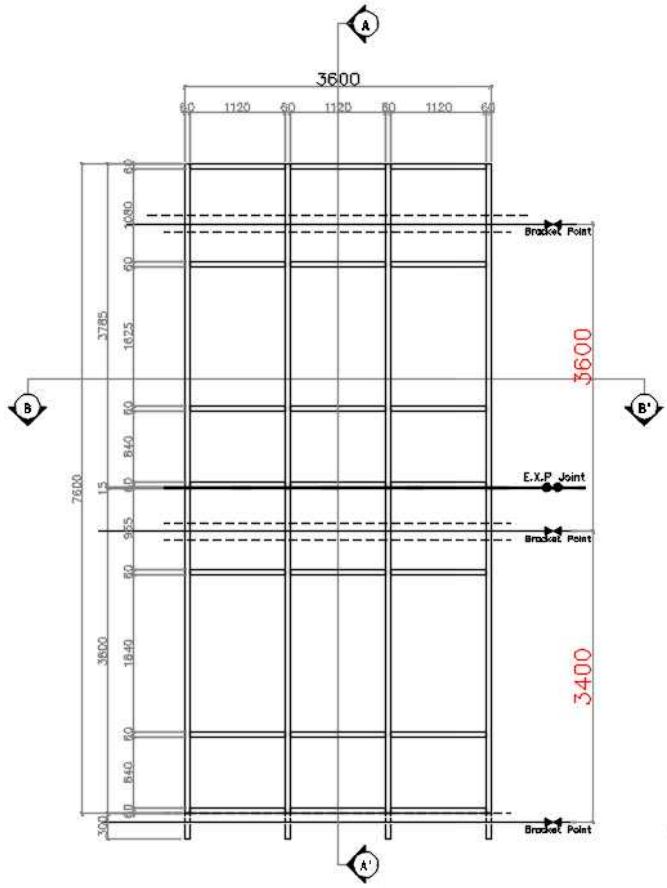
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

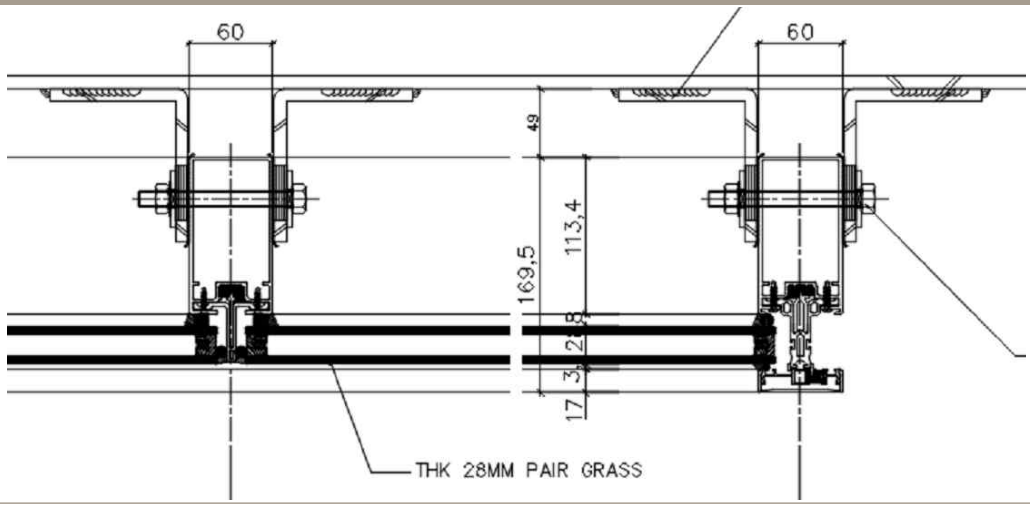
나) Cap type 커튼월 시료의 구성

Hidden 타입 커튼월의 입면 및 단면 형상

커튼월 프레임 입면



커튼월 프레임 단면형상



해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

다) Cap type 커튼월 시료의 설치 과정

Hidden 타입 커튼월 설치 과정

커튼월 프레임 조립	저층부 프레임 설치
	
알루미늄 프레임 설치 완료	유리 설치
	

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

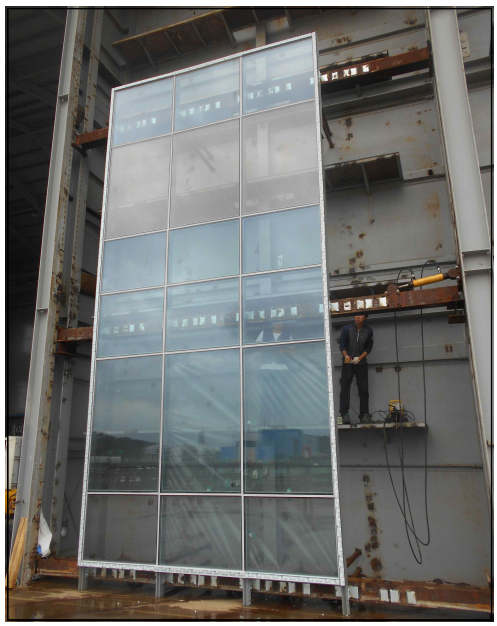
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

다) Hidden type 커튼월 시료의 설치 완료

- 본 AAMA 501.4 정적(Static) 내진시험 표준 이외에 AAMA 501.6 시험 표준은 커튼월 및 창호 등의 동적(Dynamic) 내진시험 표준이나 국내에는 아직 해당 표준을 만족하는 시험장비가 없어 본 프로젝트에서는 정적(Static) 내진시험으로 본 시험을 진행함.

정적(Static) 내진성능평가용 Hidden 타입 커튼월 시료 설치 완료

정적(Static) 내진성능평가용 Hidden type 커튼월 시료 설치 완료


라) Hidden type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가

○ 정적 내진성능평가 시 변위량은 4단계로 구분하여 수행함

내진등급(특)	내진등급(Ⅰ)	내진등급(Ⅱ)	연구과제 목표 변위량
±36mm	±54mm	±72mm	±150mm
			

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

마) Hidden type 커튼월 정적(Static) 내진성능평가 결과

○ Hidden type 커튼월 내진성능평가 결과 요약

시험방법	AAMA 501.4-09	Recommended Static Testing Method for Evaluating Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind Induced Interstory Drift		
변위가압장치	ENERPAC사(社) 20 톤급 Hydraulic Cylinder 1(EA) & 유압펌프			
시험조건 및 시험결과 (Note #3 참조)	횡변위량 (수평변위량)	반복 싸이클	시험결과 (육안검수)	비고
	내진등급(특) (0.010 x h_{sx}) = ±36.00 mm	3회	이상없음	-. h_{sx} = x층 층고로 본 시험에서는 커튼월 수직재 앵커 지점간 거리임 (= 3 600 mm)
	내진등급(Ⅰ) (0.015 x h_{sx}) = ±54.00 mm	3회	커튼월 외측/내측에 시공된 Weather Sealant 일부 구간 파손	
	내진등급(Ⅱ) (0.020 x h_{sx}) = ±72.00 mm	3회	커튼월 외측/내측에 시공된 Weather Sealant 파손 구간 및 정도 확대	
	연구 과제 목표 변위량 ±150 mm	3회	1. 유리 파손 2. Weather Sealant 파손 후 잔류 변형 3. 알미늄 트랜섬 영구변형	
	☞ Note #3 : -. AAMA 501.4-09 시험표준에는 층간변위시험 전·후에 기밀성능시험 및 수밀성능시험을 추천하고 있으나 본 프로젝트에서는 지진 시험 후 수밀성능시험은 진행하지 않음. -. 상기 횡변위량은 **KBC 2016 표준에서 정하는 건축물 내진 등급별 허용층간변위량**(Δ_a)임. -. 본 AAMA 501.4 정적(Static) 내진시험 표준 이외에 AAMA 501.6 시험 표준은 커튼월 및 창호 등의 동적(Dynamic) 내진시험 표준이나 국내에는 아직 해당 표준을 만족하는 시험장비가 없어 본 프로젝트에서는 정적(Static) 내진시험으로 본 시험을 진행함.			

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ Hidden type 커튼월 주요 취약부위 도출

외측 Weather Sealant 파손



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

유리 파손



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

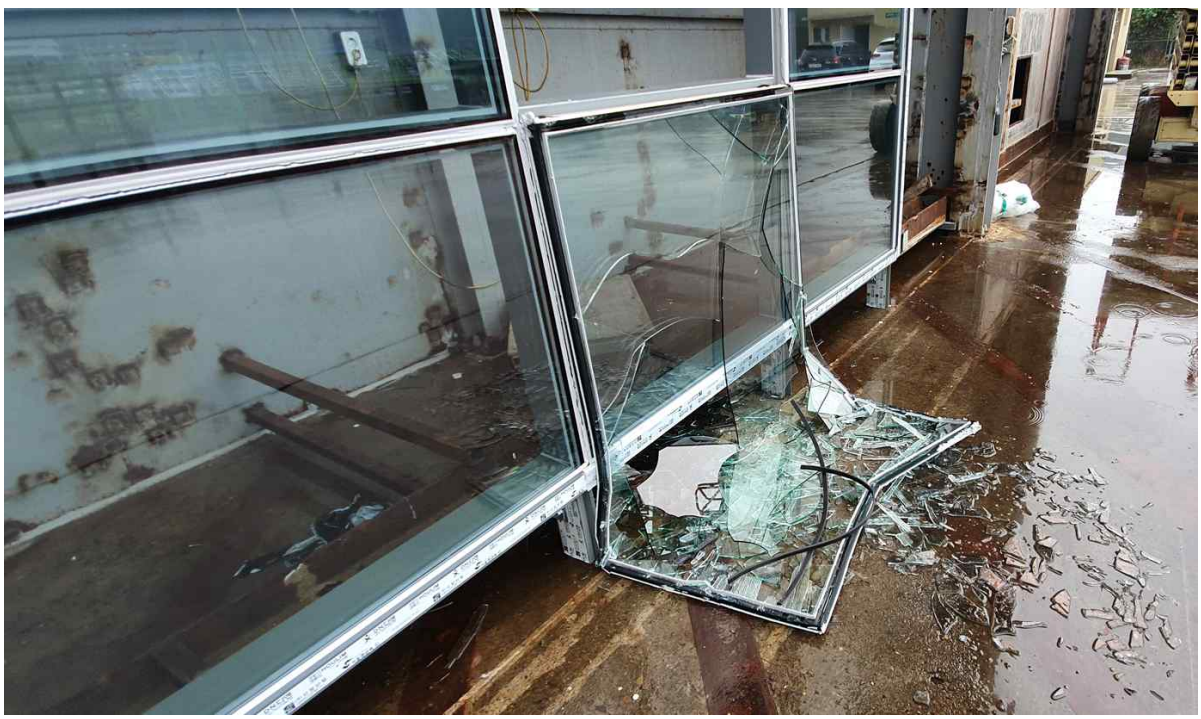
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

유리 파손





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

커튼월 프레임 및 Expansion Joint 파손





연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

커튼월 Expansion Joint 파손



해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

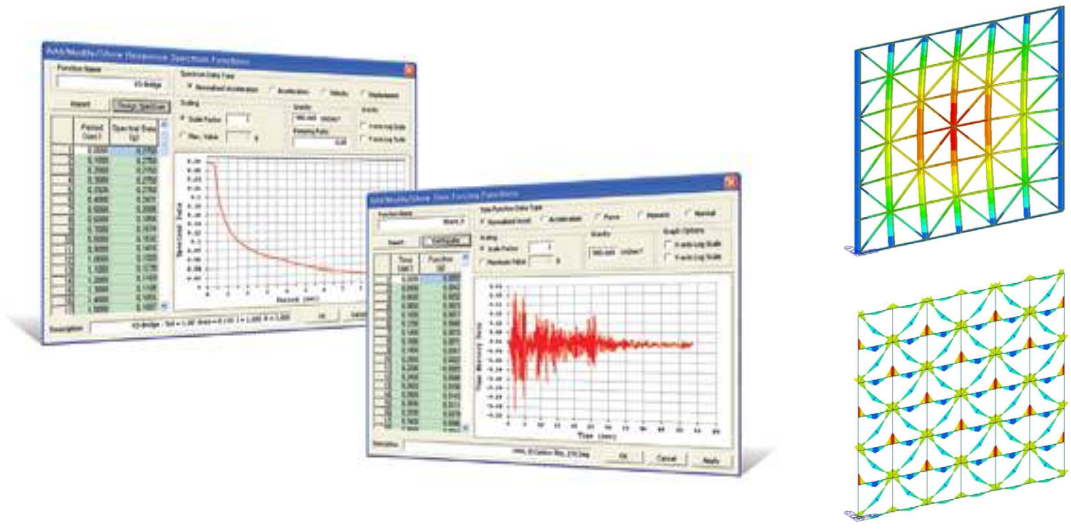
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9.3 구조해석을 통한 커튼월 취약부위 검토

9.3.1 커튼월 구조해석 방법론

- 커튼월은 일반적으로 Pre-Fab 부재에 의해 구성되기 때문에 이러한 부재 상호간의 접합부에서는 외력에 의한 여러 가지 요인이 작용하여 복잡한 변위가 발생함.
- 이러한 변위 발생에 따른 외장재의 박리, 파손 등에 대하여 실험을 통해서는 커튼월의 거동과 외관상(external) 발생되는 파손 정도만 확인할 수 있으며, 내부(internal)에 발생되는 접합부의 파손을 확인하고 변위를 측정하기에는 한계가 있음.
- 따라서, 각 부재의 취약부를 도출하기 위해서는 구조해석 프로그램을 이용하여 각 부재별 접합부에 발생되는 변위 및 응력분포를 상세히 분석할 필요가 있음.
- 비구조재에 대한 피해에 대하여 구조성능을 평가하기 위한 연구는 주로 풍하중에 대한 평가와 파손에 대한 연구가 주를 이루고 있으나 지진에 대한 해석적, 실험적 연구는 그리 많이 진행되지 않은 실정임.
- 따라서 본 연구에서는 기존 건축물의 외장재가 가지고 있는 Pre-Fab로 인한 문제점에 대하여 기존 커튼월의 거동 분석을 통해 취약부위를 도출하고, 건축물에 태풍 및 지진 등과 같은 외력 작용 시 3축 변위에 대응하기 위해 레일과 이동클립으로 구성된 Linear guide를 활용하여 변위 발생에 따른 외장재의 박리 및 파손과 같은 문제점을 해결하고자 함.



- 이를 위해 국내외에서 범용적으로 사용되는 상용프로그램인 ABAQUS 및 Midas FEA Tool을 이용하여 외장재의 구조성능 유한요소해석(FEA)을 통해 내진성능을 평가하고, 내진커튼월 설계기준을 만족할 수 있는지 여부에 대하여 확인.
- 커튼월의 거동 해석 및 내진성능 평가를 위해 AutoCAD를 활용하여 커튼월 모듈을 3D Modeling한 파일을 ABAQUS 프로그램에 Import하여 구조해석을 진행.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ Stick type 커튼월 모듈 구조해석은 다음과 같은 순서로 진행함.

① 커튼월 모듈 모델링(Modeling)
- 기존 커튼월 모듈에 정적(Statick) 변위 인가시 거동해석 및 취약부 도출을 위한 커튼월 전체 프레임 모델링 수행
- 기존 커튼월과 본 연구개발 커튼월 모듈과의 내진성능 비교 및 거동해석을 위해 하나의 프레임에 대하여 모델링 수행

② 각 부재(알루미늄, PVC, Fastener, 유리 등)에 해당되는 재료물성 입력

③ 각 파트별 Mesh 설정

④ 부재 상호간 Contact 및 Interaction 설정
- PVC to PVC, Aluminium to Aluminium, PVC to Aluminium, Fastener to Aluminium, 레일 to 이동클립 등 각 부재 상호간 실리콘에 의한 접합, 용접 및 볼트접합, 미끄러짐(Sliding) 등과 같은 조건 설정
- 부재 상호간 접합이 필요한 부분에 대해서는 부착력을 높여 강접합으로 설정하였으며, Linear guide의 경우 레일 위에 걸려있는 이동 클립이 이동(Sliding)될 수 있도록 부재 상호간(레일 to 클립) 마찰력을 줄여 거동에 방해되지 않도록 설정

⑤ 하중조건 설정
- 기존 커튼월의 전체 프레임에 대한 하중은 실물 커튼월 시험 조건과 동일하게 1축(X축) 방향에 대하여 정적(Statick) 변위하중을 가하는 것으로 설정하였으며, 총 3개의 Slab에 연결된 커튼월에서 중앙에 위치한 Slab에 대하여 최대 횡변위량(수평변위량) 150㎜에 해당되는 변위하중을 가하는 것으로 설정
- 기존 커튼월과 3축 변위 대응 가능 이동형 내진 커튼월 모듈의 내진성능 비교시 3축(X, Y, Z축) 방향에 대하여 정적(Statick) 변위하중을 가하는 것으로 설정하였으며, 하나의 프레임에 하중이 작용되는 것을 감안하여 50㎜의 변위하중을 가하는 것으로 설정하였으며, 하나의 커튼월 프레임을 상하부의 Slab에 구속 후 하중 작용점을 상부 Slab로 설정

⑥ 경계조건(Boundary condition) 설정
- 기존커튼월 해석시 바닥과 닿는 하부 알루미늄 프레임에 대하여 X, Y, Z축 방향에 대하여 변위 및 비틀림이 작용되지 않도록 구속시킴
- 내진성능 비교 해석시 바닥과 닿는 하부 Slab에 대하여 X, Y, Z축 방향에 대하여 축방향 변형 및 회전변형이 작용되지 않도록 구속시킴

⑦ 구조해석 결과도출
- 커튼월 모듈의 구조해석 결과를 통해 커튼월의 거동 및 응력분포 분석을 통해 취약부 도출

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

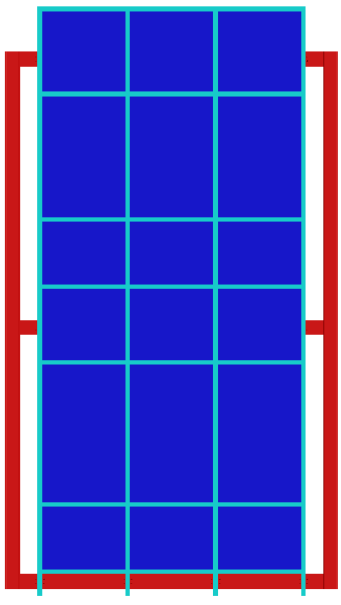
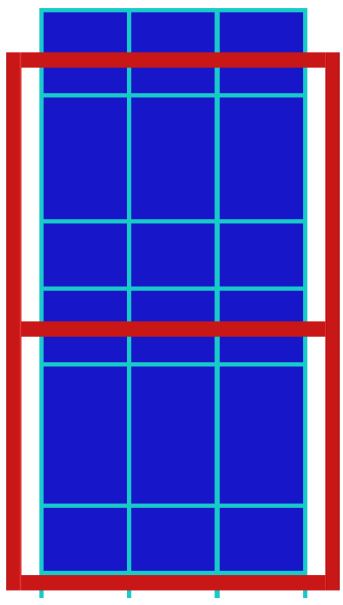
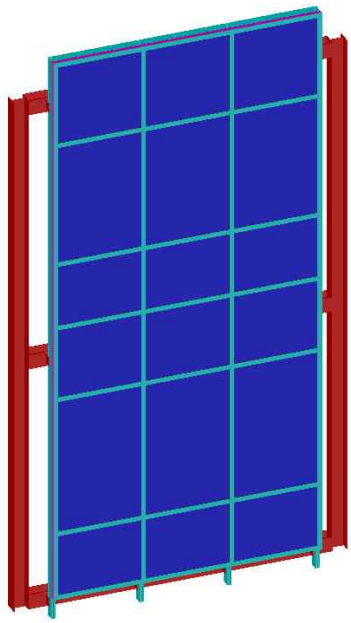
9.3.2 커튼월 구조해석 모델링

- 커튼월 모듈은 AutoCAD를 활용하여 3차원 Modeling을 수행하였으며, 기존 커튼월 모듈 및 본 연구개발 커튼월 모듈은 다음과 같은 구조로 Modeling 하였음.

○ 기존 커튼월 시스템 구조해석 모델링

- 실대형 내진성능평가 시험과 동일한 1:1 Scale로 모델링
- 치수 : 가로 7600㎜, 세로 3600㎜
- 해석모델에 사용된 부재: 알루미늄, PVC, 백업폼, 가스켓, 스페이서, 유리, Fastener 및 Expansion joint로 구성
- 뒤쪽 알루미늄 부재의 종방향 3800㎜ 지점에 Expansion joint를 장치하여 상하부 프레임을 접합
- H형강에 변위하중을 가하기 때문에 외장재와 H형강은 Bracket point에서 종방향 알루미늄에 Fastener를 설치하여 H형강과 볼트 접합

기존 커튼월 시스템 구조해석 모델링

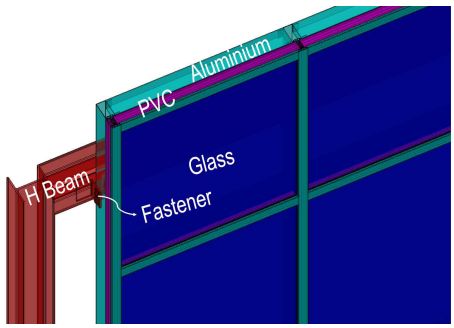
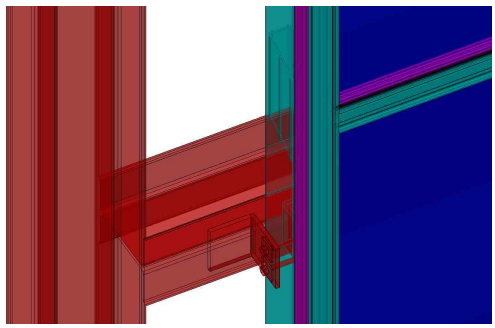
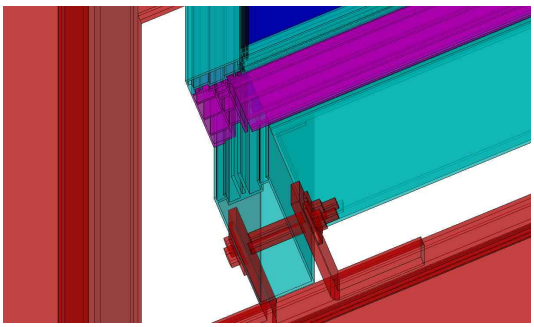
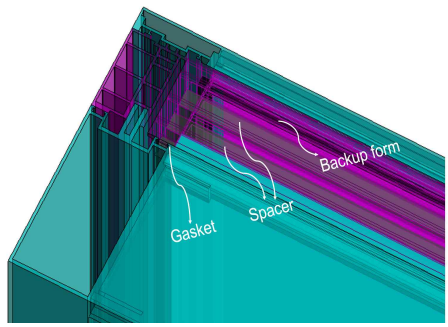
정면도	배면도	투영도
		

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

기존 커튼월 모듈 주요 부재 및 연결부 상세도 (X-Ray View)

실험 챔버 및 알루미늄 프레임	앵커 연결부위
	
앵커 연결부위	**알루미늄 프레임 및 유리 단면 상세**
	

9.3.3 기존 커튼월 구조해석 결과

○ 기존 커튼월 시스템 구조해석

- 기존 커튼월 시스템은 앞서 언급한 바와 같이 Pre-Fab 부재에 의해 일체화된 구조로 되어있기 때문에 구조물에 변형 발생 시 전단변형 및 좌굴이 발생할 수 있음
- 이로 인해 취약부에 응력이 집중되고 접합된 부재 상호간 이격이 발생하여 외장재의 파손 및 탈락이 발생할 수 있으며, 탈락된 부재가 추락하여 2차 피해의 원인이 됨.
- 기존 커튼월 구조는 앞 절의 모델링에서 보는 바와 같이 알루미늄, PVC, 백업폼, 가스켓, 스페이서, 유리, fastener 및 Expansion joint로 구성되어 있음
- 해석대상 모델은 변위로 제어하였으며, 모델의 H형강 중앙부 횡축(X축) 방향에 대하여 정적(Statick) 변위 150㎜를 가하였을 때 전체 프레임의 정적수평변위를 확인하고, 변형 및 파손여부 등의 구조적 성능 분석을 통해 취약부를 도출하고자 함
- 위와 같은 조건하에 수치해석을 수행하였으며, 기존 커튼월 시스템의 구조해석 결과는 다음과 같음
- 기존 커튼월 시스템 가력 후 전체 프레임의 변형을 살펴보면 중앙부에 위치한 H형강이 변위하중을 받아 이동됨에 따라 Fastener가 연결된 알루미늄 프레임에 가장 큰 변형을 나타내며 뒤틀림이 발생

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 해석결과 전반적으로 Fastener 접합부, Expansion joint에 의한 상하부 접합부 및 각 부재 상호간 접합부의 가장자리에서 큰 변형을 나타내며 응력이 집중되는 현상을 나타냄
- 특히, 유리 외장재를 구속하는 초탄성체인 가스켓이 뒤틀리면서 프레임과 탈락되는 현상이 발견되었는데, 이는 유리 외장재의 파손 및 프레임으로부터 탈락하여 추락할 가능성이 있음

부재명	문제점
알루미늄	▪ Fastener 연결부 뒤틀림 및 앞면 알루미늄이 유리 외장재로부터 탈락
Fastener	▪ 알루미늄 프레임과 연결부에 큰 변형이 나타났으며, 두 부재를 구속하는 볼트가 동적 지진파를 반복적으로 받으면 피로하중에 의해 볼트 축력이 한계에 도달하여 볼트가 파단될 가능성이 있으며, 이에 따라 프레임과 분리될 수 있음
유리 외장재	▪ 변위하중에 의해 처짐이 발생되며, 이는 곧 커튼월 프레임의 처짐을 유발함. ▪ 이 처짐에 의해 유리 외장재와 접합하는 가장자리 부분에서 직접 압력이 가해지고 유리 외장재의 파손이 발생
가스켓	▪ 초탄성체인 가스켓은 응력에 저항하지 못하고 큰 변형이 발생되면서 프레임과 유리 외장재 사이를 구속하는 기능을 상실하여 탈락됨
Expansion joint	▪ 상하부 알루미늄 프레임을 연결하는 Expansion joint에 응력이 집중되어 알루미늄 프레임 들뜸 현상이 발생

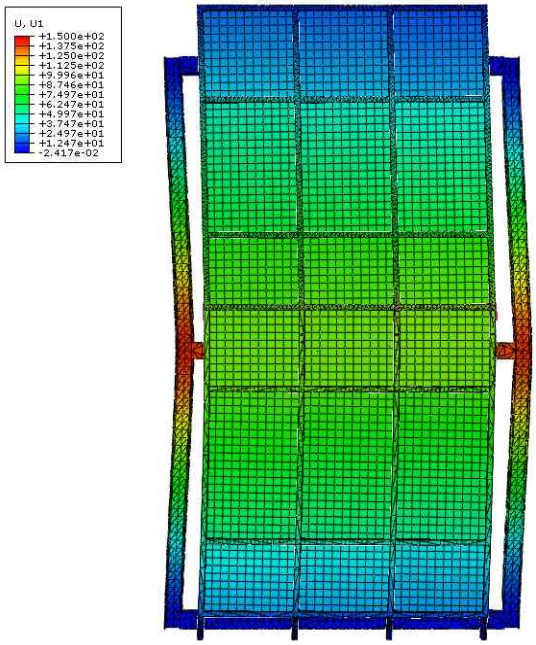
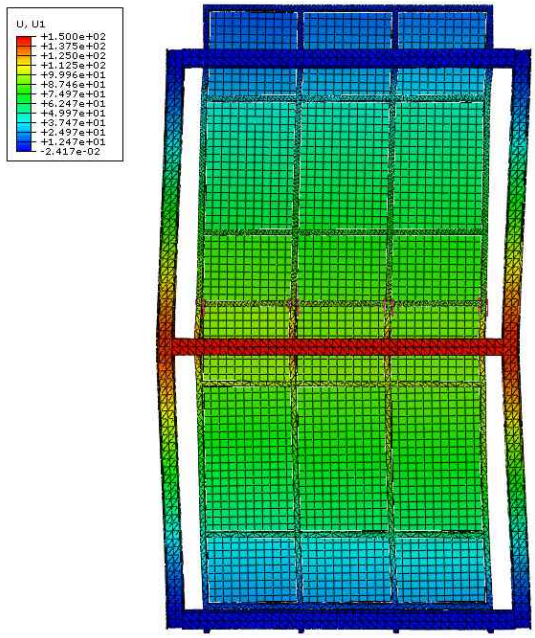
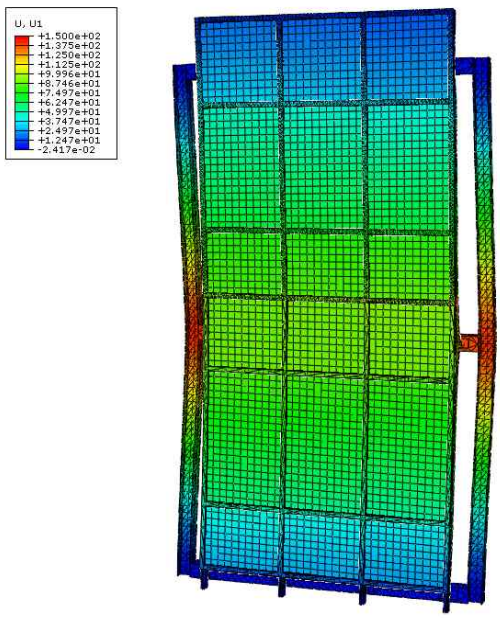
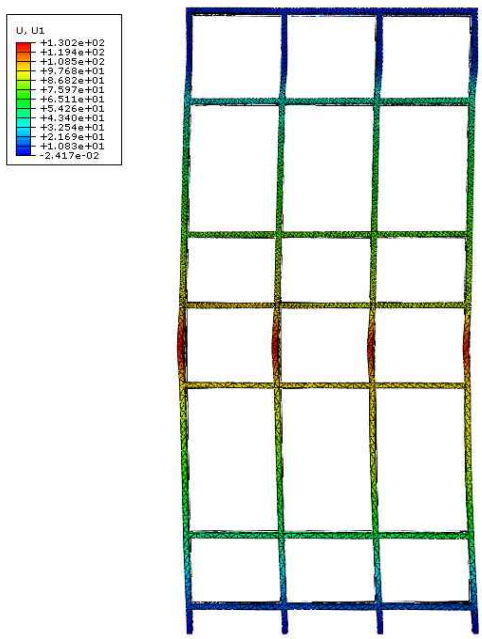
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

기존 커튼월 가력 후 형상 (횡축(X축)방향 변위 150㎜)

정면도	배면도
	
투영도	알루미늄 프레임 변형도
	

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

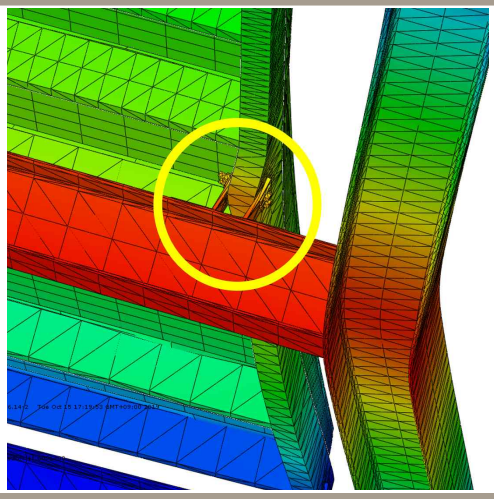
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

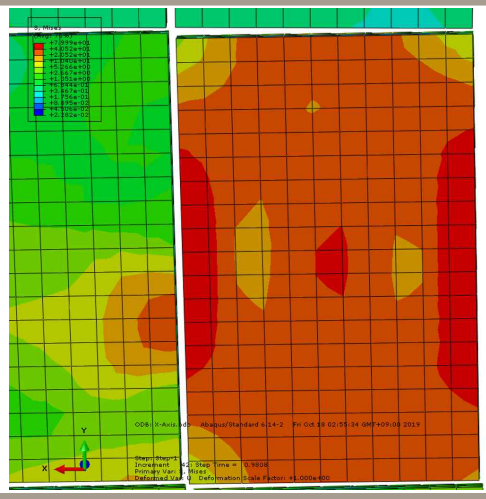
수행 과정 및 수행 내용

기존 커튼월 시스템 취약부

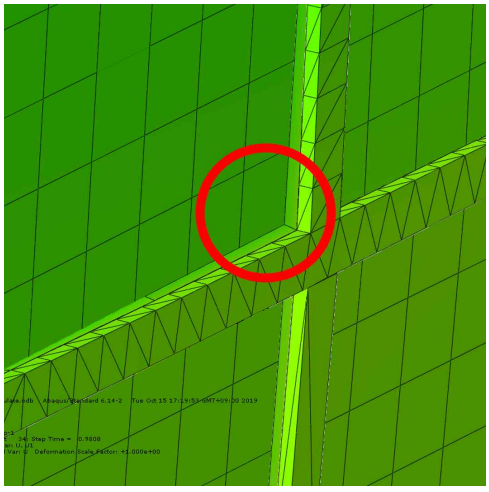
Fastener 뒤틀림



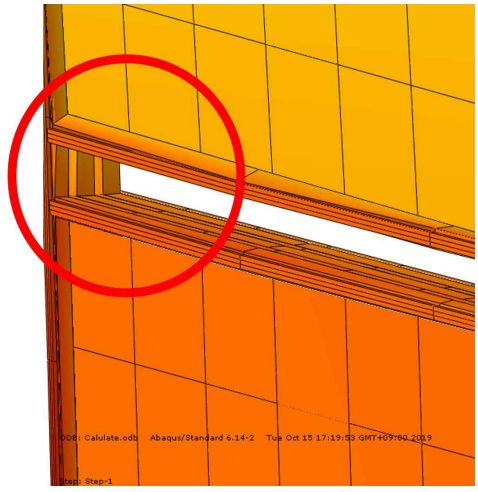
유리 외장재 가장자리 응력집중



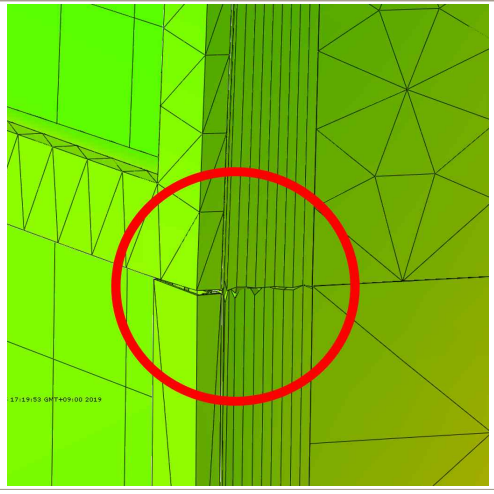
유리 외장재로부터 앞면 알루미늄 탈락



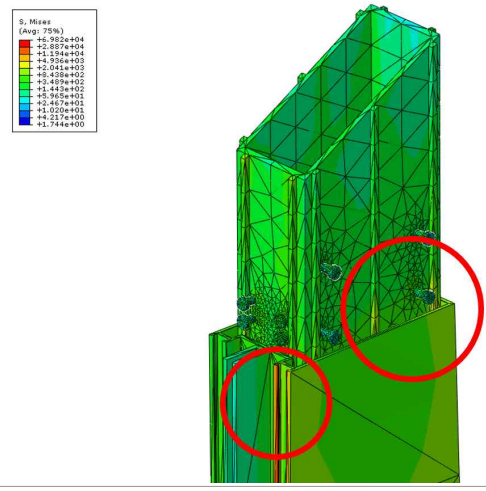
가스켓 뒤틀림



Expansion joint 들뜸현상



Expansion joint 상하부 연결부 응력집중



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

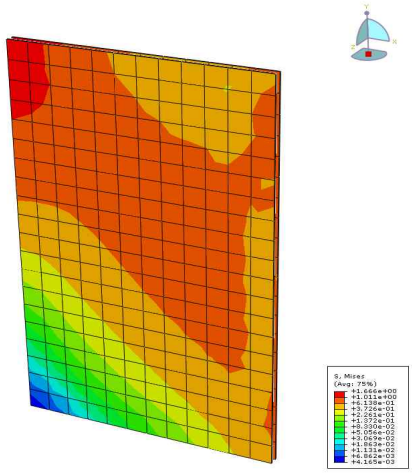
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

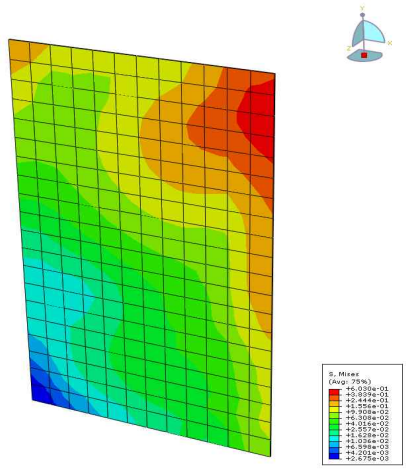
○ 기존 커튼월 시스템의 취약부위 도출

① X축 방향에 대하여 가력 시 발생되는 취약부위

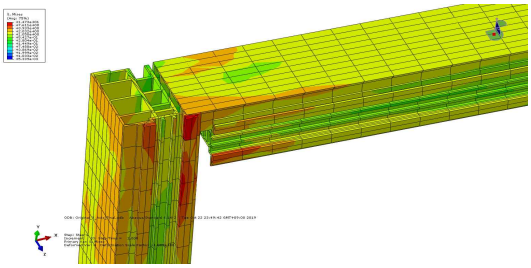
X축 방향 가력 시 기존 커튼월 모델 Von Mises 응력분포 및 취약부



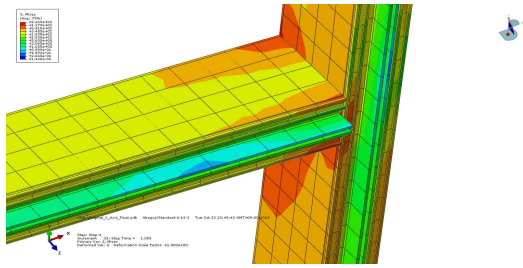
외곽 유리 외장재 좌측 상단 가장자리 응력집중



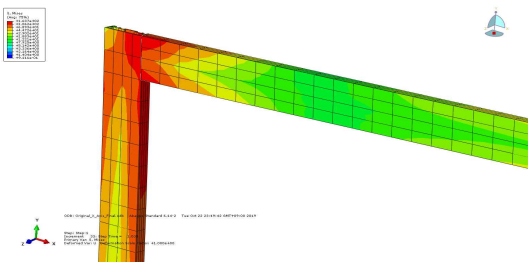
중간유리의 경우 반대편 가장자리에 응력집중



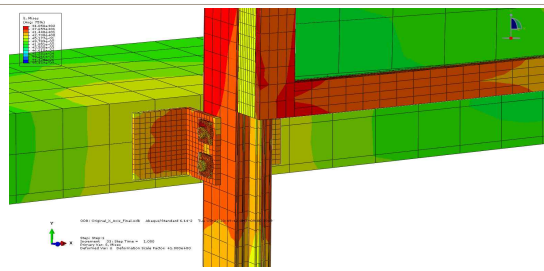
PVC 부재간 접합부 응력 집중



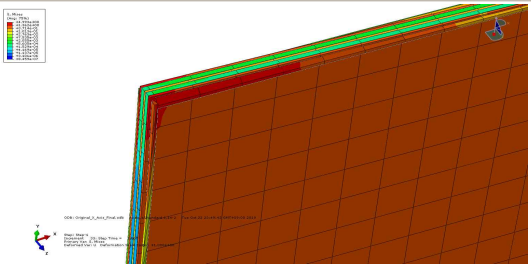
후면 알루미늄 부재간 접합부 응력집중



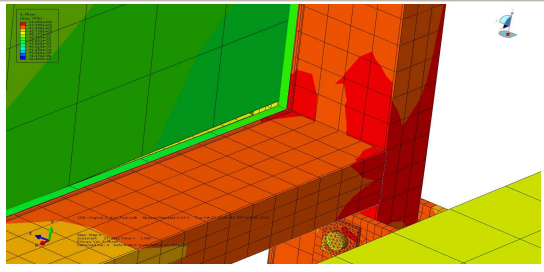
정면 알루미늄 부재간 접합부 응력집중



Fastener의 볼트접합부 응력집중



초탄성재료인 백업폼 및 가스켓에 심각한 변형이 발생함에 따라 유리 외장재 구속이 풀림



유리외장재가 알루미늄 프레임으로부터 이격되어 벌어짐

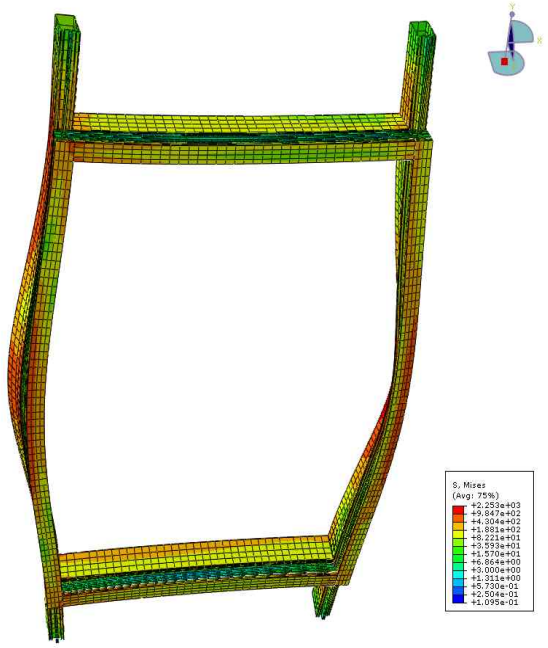
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

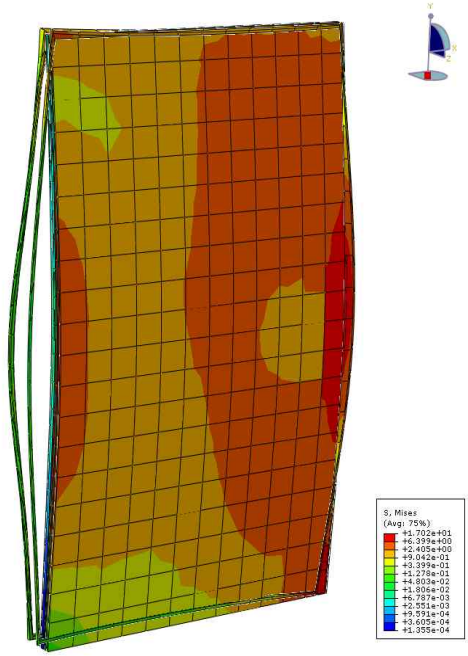
수행 과정 및 수행 내용

② Z축 방향에 대하여 가력 시 발생되는 취약부위

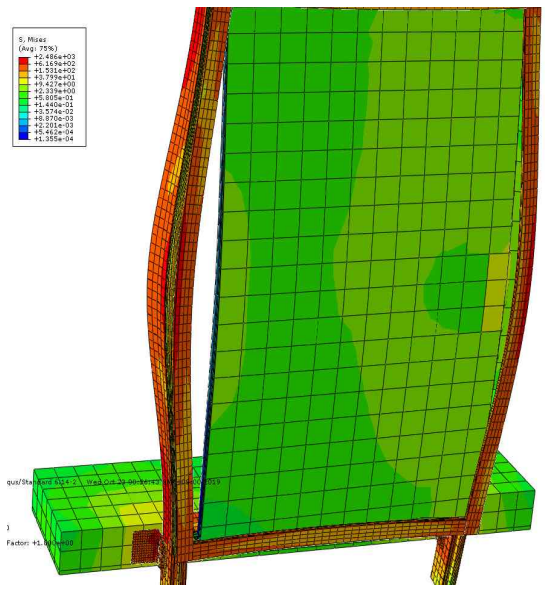
Y축 방향 가력 시 기존 커튼월 모델 Von Mises 응력분포 및 취약부



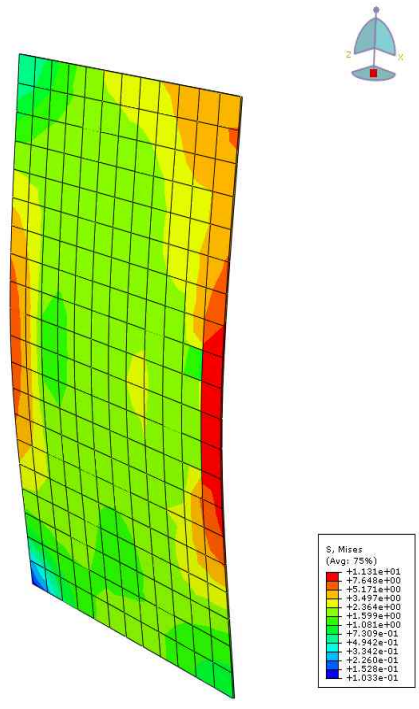
알루미늄 프레임에 국부적인 좌굴이 발생하여 심각한 변형이 발생



가스켓이 유리로부터 탈락됨에 따라 유리 외장재와 따로 거동



유리 외장재를 둘러싸고 있는 부재와 벌어지면서 유리외장재가 탈락됨



유리 외장재 좌우측 양끝단에서 응력집중

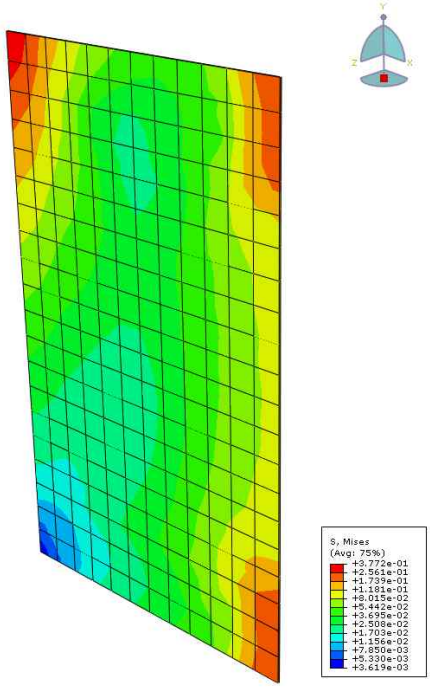
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

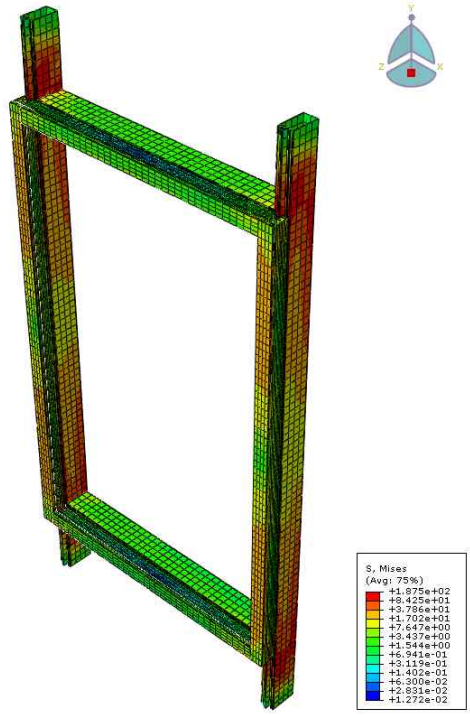
수행 과정 및 수행 내용

③ Y축 방향에 대하여 가력 시 발생되는 취약부위

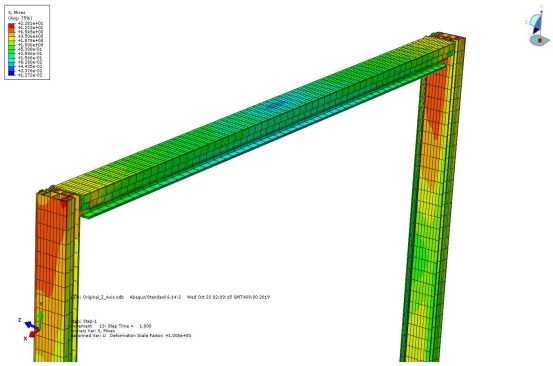
Z축 방향 가력 시 기존 커튼월 모델 Von Mises 응력분포 및 취약부



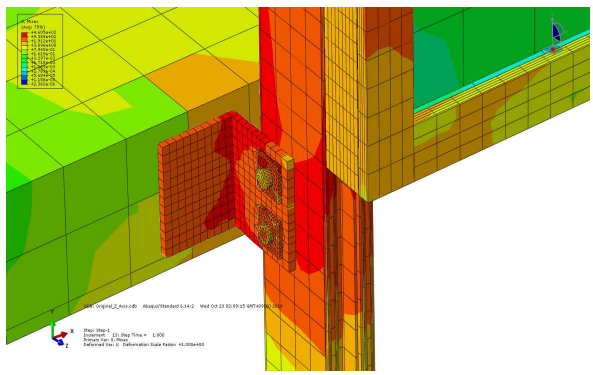
유리 외장재 가장자리 응력집중



알루미늄-Fastener 접합부 응력집중



PVC 부재간 접합부 응력 집중



Fastener의 볼트접합부 응력집중

- 기존 커튼월의 유한요소 해석결과를 통해 발생되는 취약부를 살펴보면 전반적으로 모든 축방향에서 유리 외장재를 둘러싼 프레임의 가장자리 부재 상호간 접합부에서 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있으며, 응력이 집중됨에 따라 초탄성재료인 백업폼 및 가스켓이 응력에 저항할 수 있는 내력을 상실하여 큰 변형이 발생하고 국부적인 탈락으로 이어지는 것으로 확인됨.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

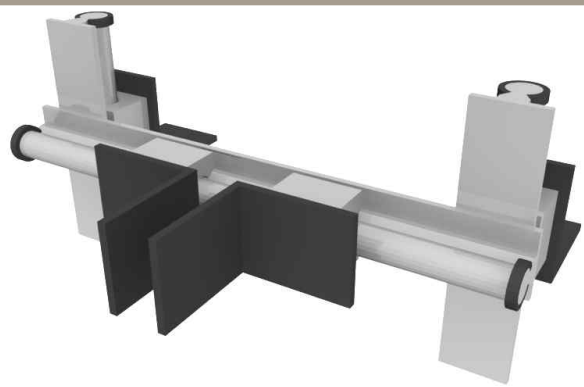
9.4 3축 동적(Dynamic) 내진 커튼월 시스템 설계안 도출

9.4.1 내진 커튼월 설계안 도출

- 본 장에서는 3축 동적 지진파를 대응하기 위한 축방향 이동형 Fastener 및 커튼월 시스템에 대한 설계안을 도출하고자 함
- 앞서 지진 발생 시 취약 부위 검토 결과 Expansion Joint 부분에서 응력이 많이 발생하고, 프레임과 유리의 경계부분에 해당하는 가스켓, 실리콘 부분이 취약함
- 또한 멀리언과 트랜섬 연결부위에서도 응력이 집중되어 취약한 부분으로 분석됨
- 따라서 층간 분리형 커튼월 모델을 적용하고, 3축으로 모듈의 이동이 가능한 형태로 Fastener 설계안을 도출함
- 내진 축방향 이동형 Fastener의 설계안은 아래 그림과 같으며 X축 및 Z축 방향으로 이동이 가능하도록 설계안을 도출하였음

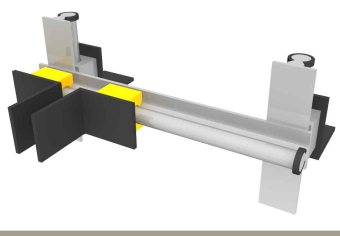
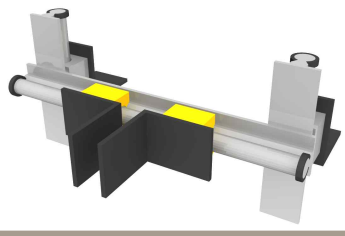
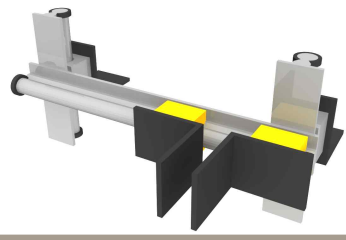
3축 동적 지진파 대응 가능 축방향 이동형 Fastener 설계안

3축 동적 지진파 대응 가능 Fastener 설계안

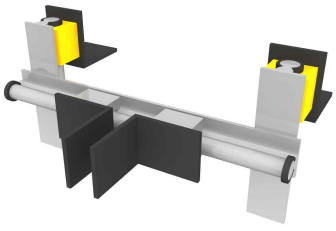
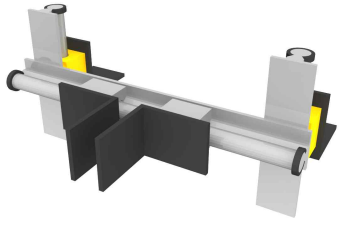
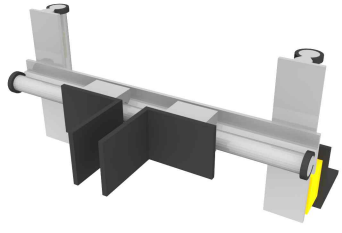


[3축 동적 지진파 대응 가능 Fastener 설계안]

X축 동적(Dynamic) 지진파 대응

Z축 동적(Dynamic) 지진파 대응

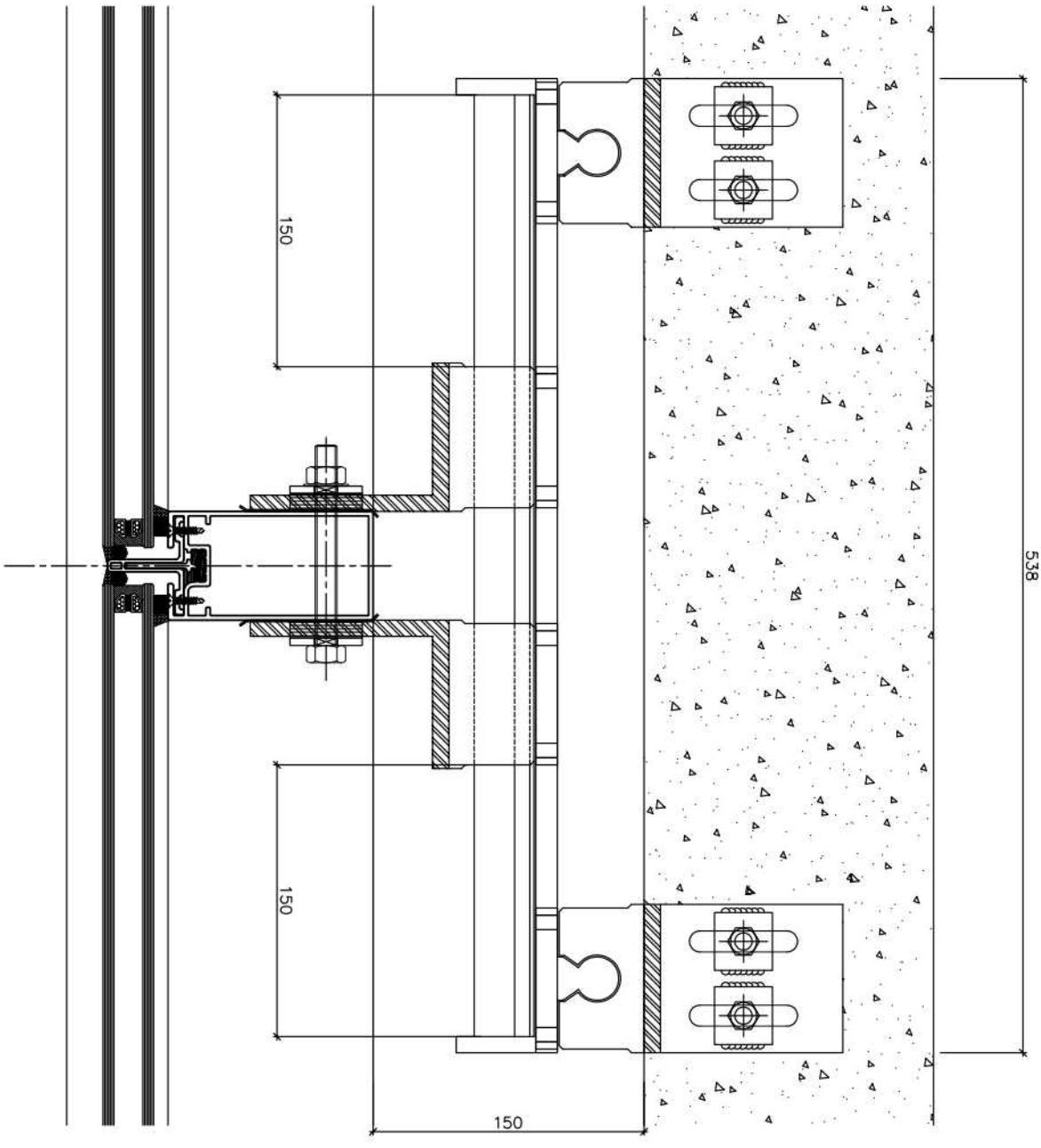




해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

3축 동적 지진파 대응 가능 Fastener 설계안



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

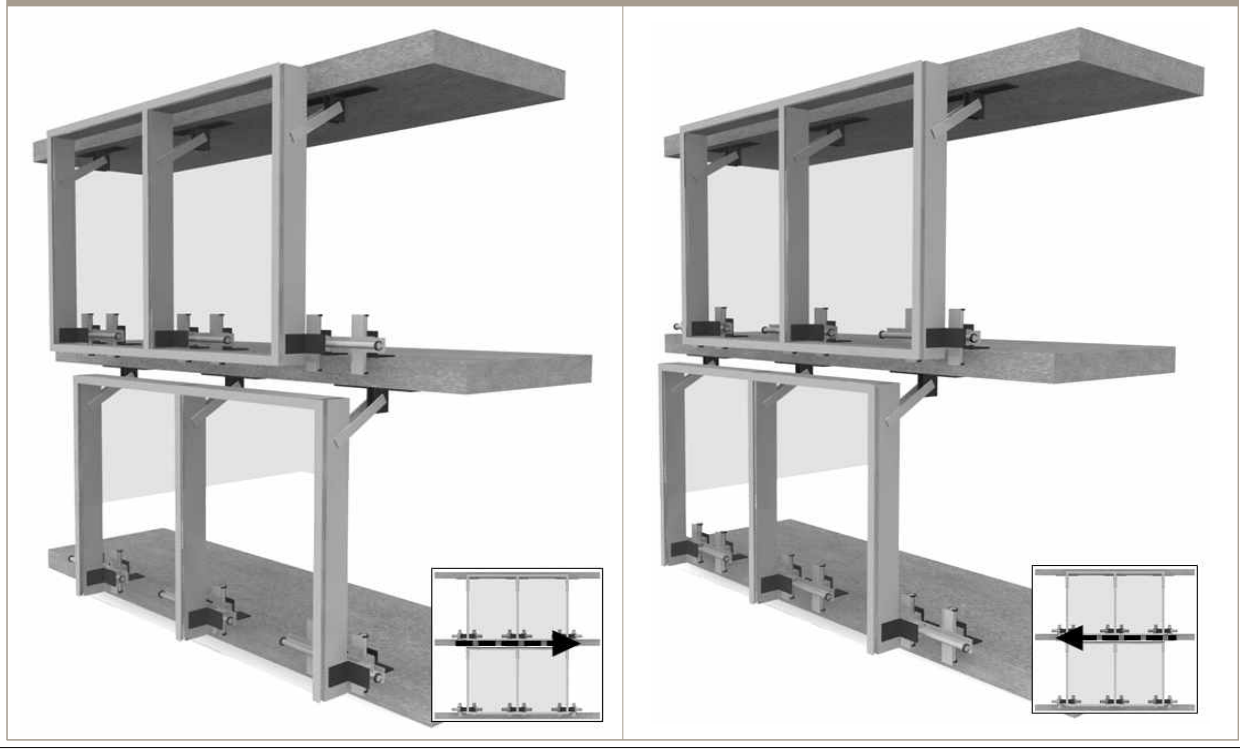
수행 과정 및 수행 내용

○ 3축 동적 지진파 대응 가능한 커튼월 시스템

- 기존 커튼월의 경우 유리를 둘러싼 프레임의 가장자리 부분에서 응력이 집중됨
- 응력이 집중 됨에 따라 초탄성재료인 가스켓, 실리콘이 내력을 상실하여 국부적 탈락
- 기존 커튼월 시스템은 층간 모듈이 일체화된 구조로 되어 있기 때문에 구조물에 변형 발생 시 전단변형 및 좌굴이 발생
- 기존 커튼월 시스템 가력 후 변형을 살펴보면, H형강이 변위 하중을 받아 이동 됨에 따라 Fastener가 연결된 알루미늄 프레임에 가장 큰 변형 및 뒤틀림이 발생함
- 전반적으로 Fastener 접합부, Expansion Joint에 의한 상하부 접합부 및 부재간 접합부의 가장자리에서 큰 변형 및 응력이 집중됨
- 유리 외장재를 구속하는 초탄성체인 가스켓이 뒤틀리면서 프레임과 탈락되는 현상이 발견되었는데, 이는 유리 외장재의 파손 및 프레임으로부터 탈락하여 추락할 가능성이 있음
- 이에 따라 본 연구에서는 응력이 집중되는 부분인 Fastener 및 Expansion Joint 부분을 해결하여 3축 동적 지진파 대응 가능한 커튼월 시스템을 개발하고자 함
- 아래 그림은 X, Z축 이동형 Fastener 및 층간 분리형 커튼월 모듈 적용에 따른 3축 동적 거동을 나타낸 그림임

X축 동적 지진파 대응

X축 동적 지진파 대응 가능 커튼월 시스템



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

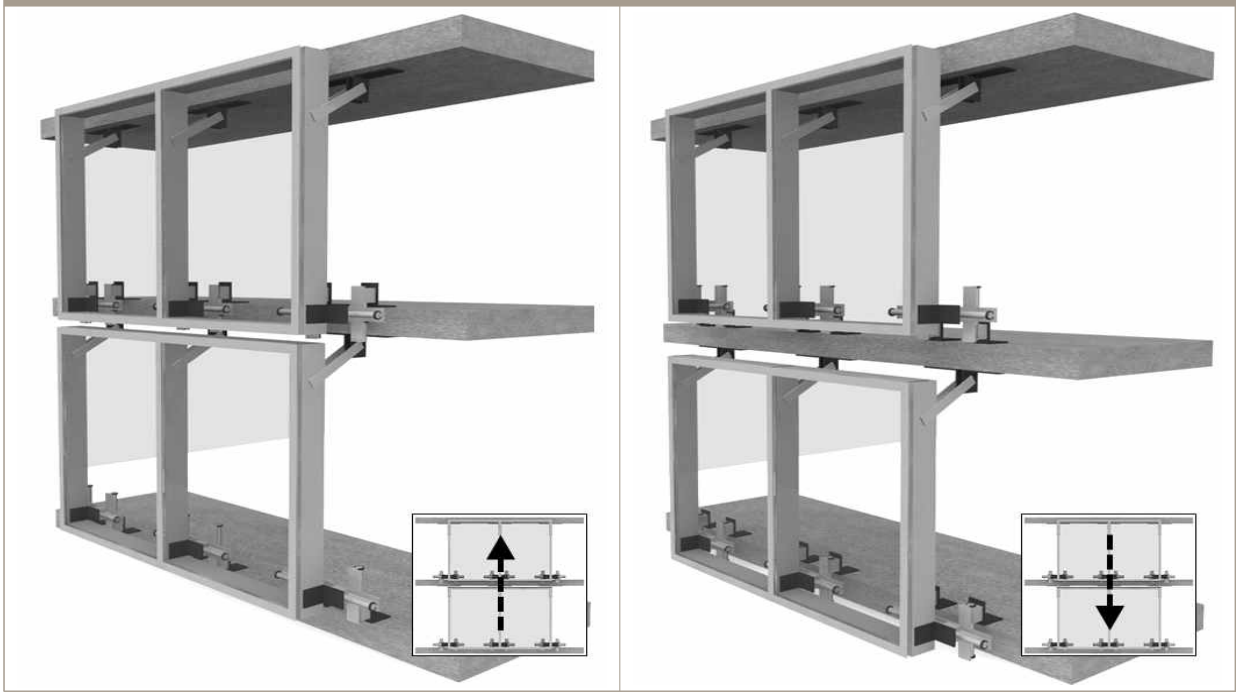
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

Z축 동적 지진파 대응

Z축 동적 지진파 대응 가능 커튼월 시스템



Y축 동적 지진파 대응

Y축 동적 지진파 대응 가능 커튼월 시스템



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

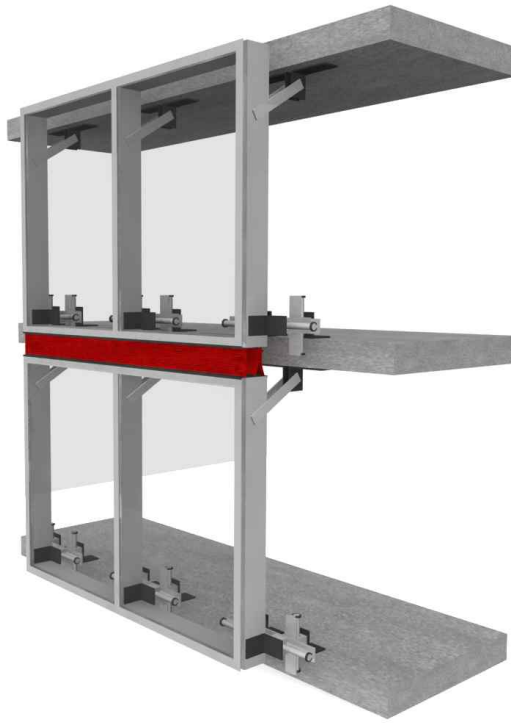
수행 과정 및 수행 내용

○ 층간 분리형 커튼월 모듈의 기밀, 수밀성능 보완

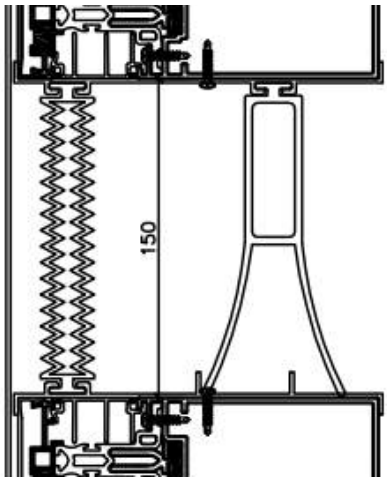
- Z축에 대한 지진 변위 흡수를 위하여 층간 커튼월 모듈 간격을 두게 되는데, 이 때 층간 모듈 공간에 의한 기밀, 수밀 성능 확보 어려움
- 이에 따라 아래와 같이 층간 모듈 사이 공간에 2중 차단 가스켓을 적용하여 기밀 및 수밀 성능을 확보하고자 함

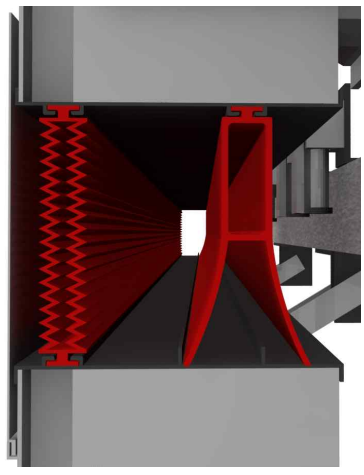
층간 분리형 커튼월 모듈의 기밀, 수밀 성능 보완

층간 분리형 커튼월 모듈의 기밀, 수밀 성능 보완



2중 차단 가스켓 적용





해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9.4.2 내진 커튼월 구조해석 결과

○ 기존 커튼월 시스템 및 3축 변위 대응 가능 이동형 커튼월 시스템 구조해석 모델링

- 기존 커튼월 시스템과 본 연구개발 커튼월 시스템을 비교하기 위한 것으로 외장재에 직접적으로 전달되는 응력의 분포와 이로 인한 취약부를 중점적으로 확인하기 위해 전체 프레임에서 하나의 프레임만 분리하여 동일한 치수의 한 프레임에 대하여 모델링을 수행함.
- 치수 : 가로 1240㎜, 세로 1960㎜
- 기존 커튼월 시스템은 위의 전체 프레임의 경우와 동일한 조건으로 모델링을 수행함.
- 이동형 커튼월 프레임 상부는 Fastener에 용접 접합한 경사 Plate를 알루미늄 프레임에 볼트 접합하여 슬라브와 접합
- 이동형 커튼월 프레임 하부는 슬라브와 외장재 사이에 Linear guide를 설치하고 Fastener를 통해 볼트접합
- 변위 발생 시 외장재에 전달되는 횡축(X축) 및 종축(Y축) 변위를 제어할 수 있는 Linear guide를 외장재에 연결함. 이러한 장치는 지진 등에 의한 변위 발생 시 레일 위에서 이동클립이 유격(Sliding) 되면서 외장재에 가해지는 횡축 및 종축 방향의 응력을 흡수·분산시켜 외장재의 탈락 및 파손을 방지할 수 있도록 모델링

내진성능 비교용 기존 커튼월 시스템

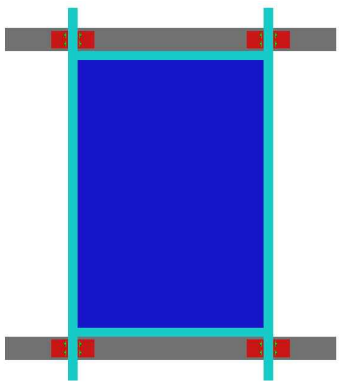
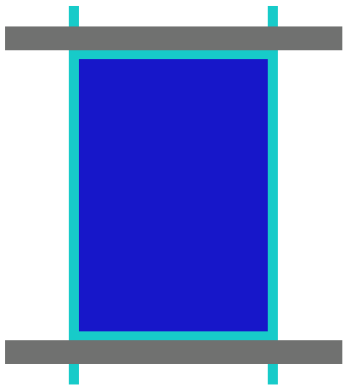
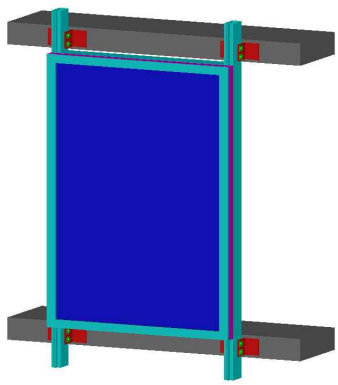
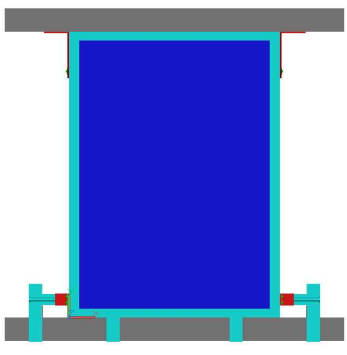
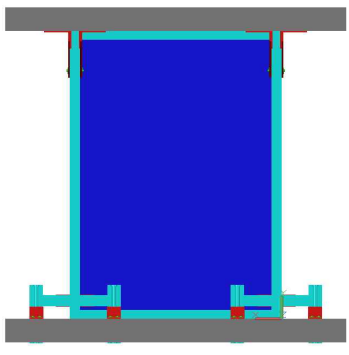
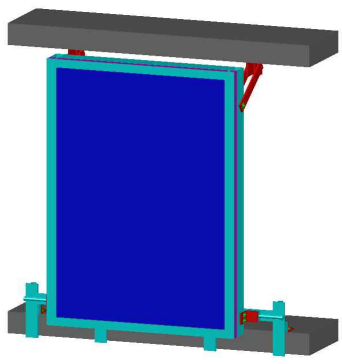
정면도	배면도	투영도
		

표 65. 본 연구개발 커튼월 시스템

정면도	배면도	투영도
		

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

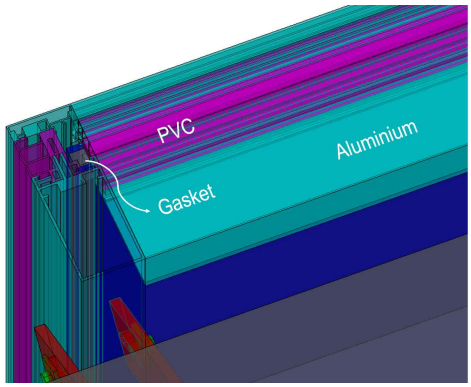
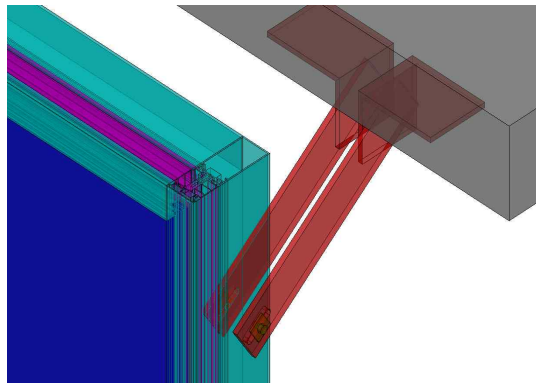
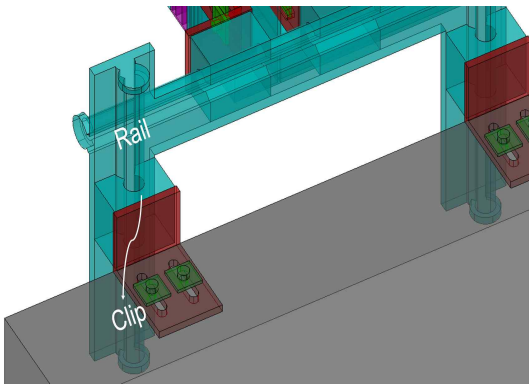
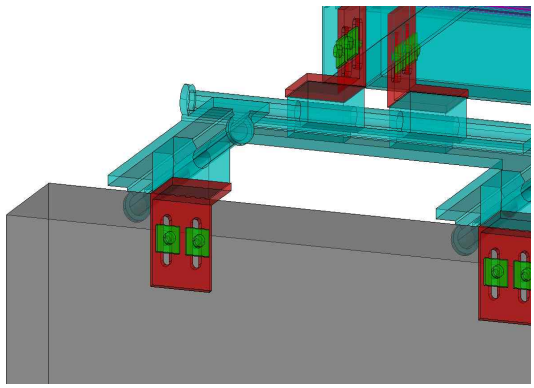
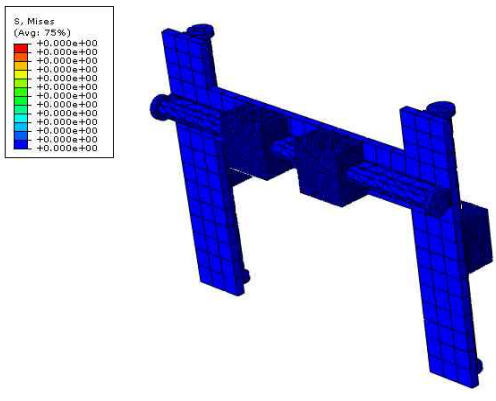
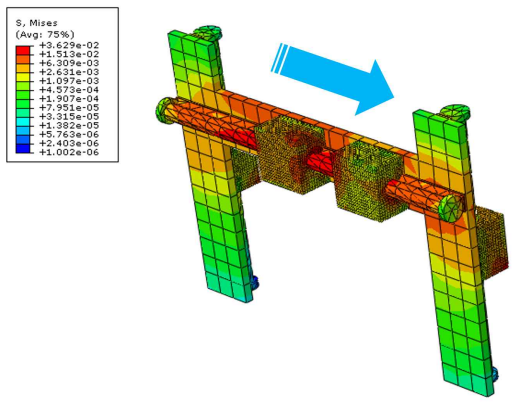
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ 3축 변위 대응 가능 이동형 커튼월 시스템 구조해석 모델링

본 연구개발 커튼월 시스템 주요 부재 및 연결부 상세도 (X-Ray View)

알루미늄 프레임 및 유리 단면 상세	상부 키커(Kicker) 설치
	
하부 Fastener 연결부위	하부 Fastener 연결부위
	
Fastener	Fastener 이동
	

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

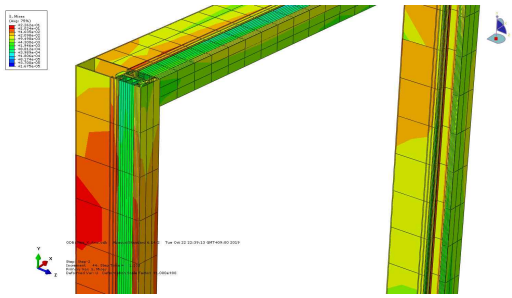
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

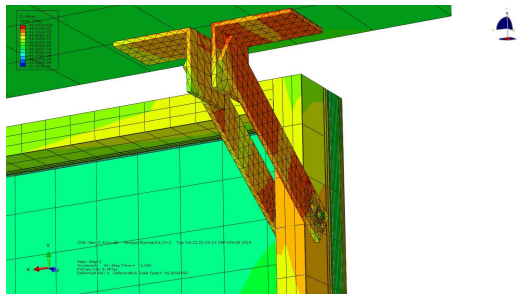
○ 이동형 커튼월 시스템의 부재별 응력분포

① X축 방향에 대하여 가력 시 부재별 응력분포

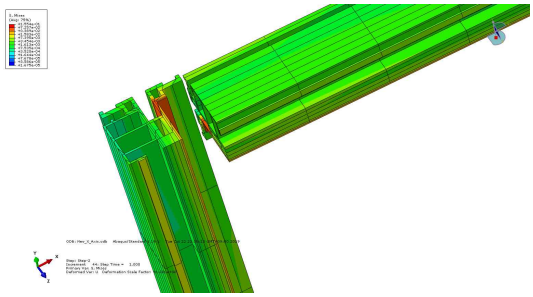
X축 방향 가력 시 이동형 커튼월 모델 Von Mises 응력분포



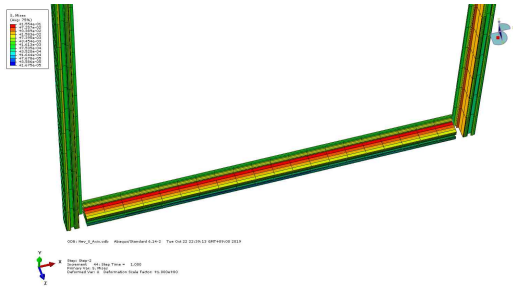
알루미늄 접합부



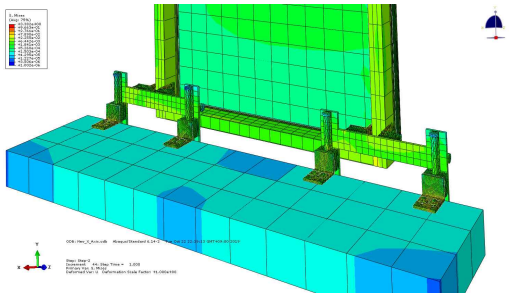
상부 Fastener



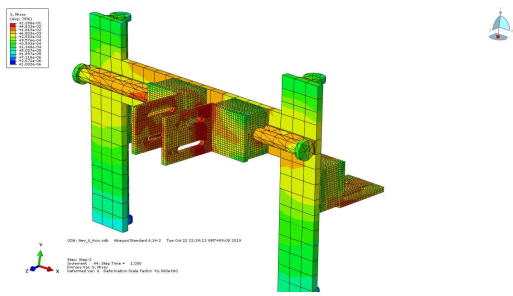
PVC 상부



PVC 하부



하부 슬라브와 Linear guide 접합부



Linear guide와 Fastenner 접합부

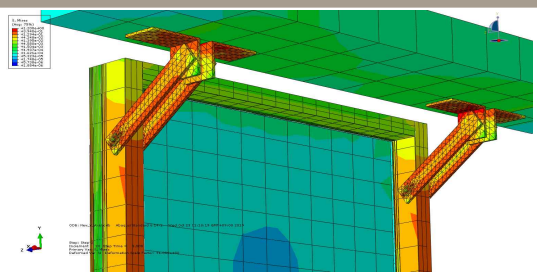
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

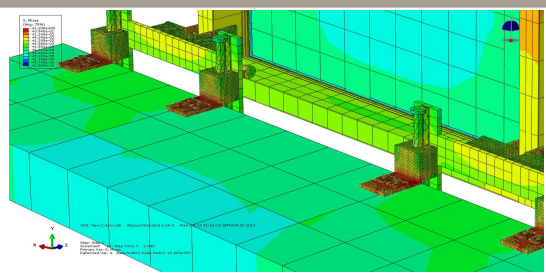
수행 과정 및 수행 내용

② Y축 방향에 대하여 가력 시 부재별 응력분포

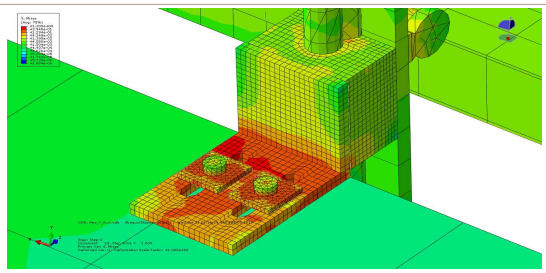
Y축 방향 가력 시 이동형 커튼월 모델 Von Mises 응력분포



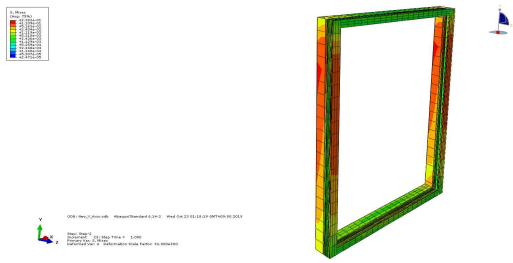
상부 슬라브와 Fastener 접합부



하부 슬라브와 Fastener 접합부



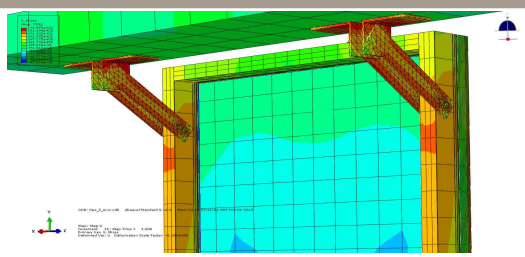
Fastener와 볼트간 접합부



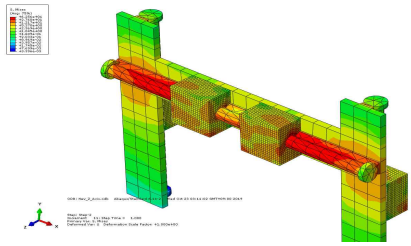
외곽부재 접합부

③ Z축 방향에 대하여 가력 시 부재별 응력분포

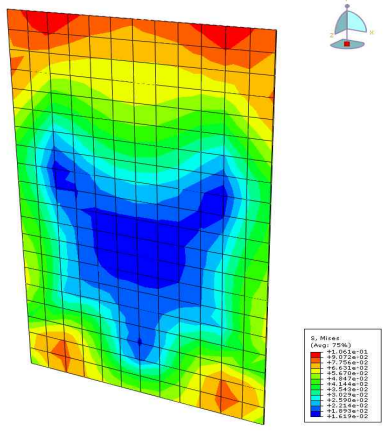
Y축 방향 가력 시 이동형 커튼월 모델 Von Mises 응력분포



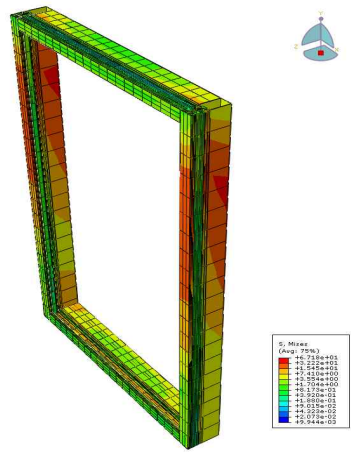
상부 슬라브와 Fastener 접합부



Linear guide의 레일과 이동클립간 접합부



유리 외장재



알루미늄-PVC간 접합부

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

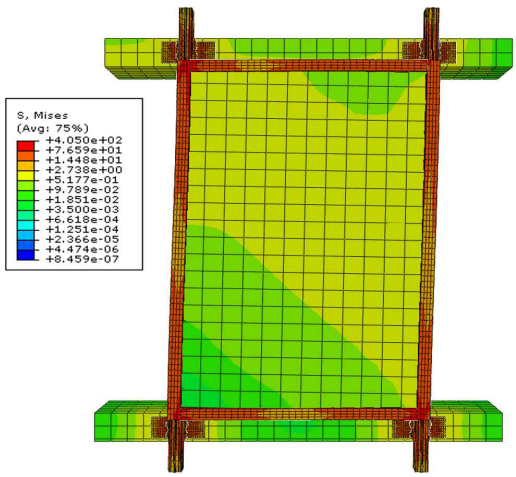
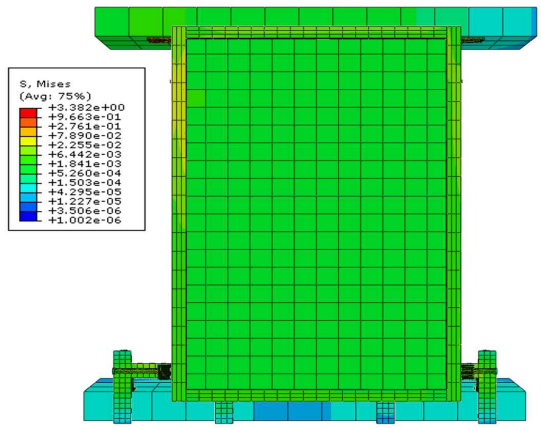
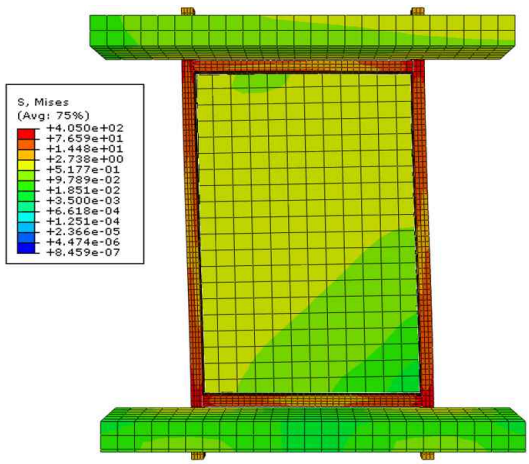
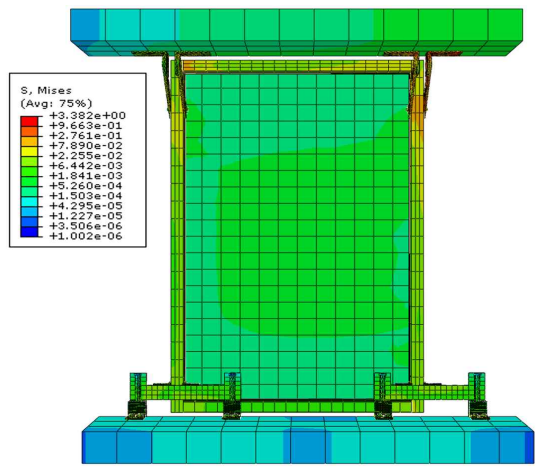
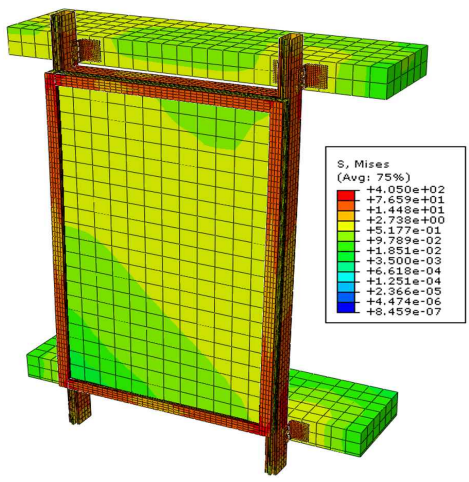
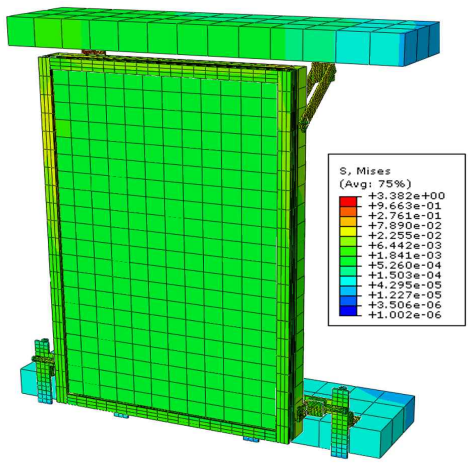
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ 기존 커튼월 시스템과 이동형 커튼월 시스템의 구조해석 결과 비교 · 분석

X축 방향 가력 시 기존커튼월(좌측)과 이동형 커튼월(우측)의 Von Mises stress 분포

기존 커튼월 시스템	3축 동적 내진 커튼월 시스템
	
	
	

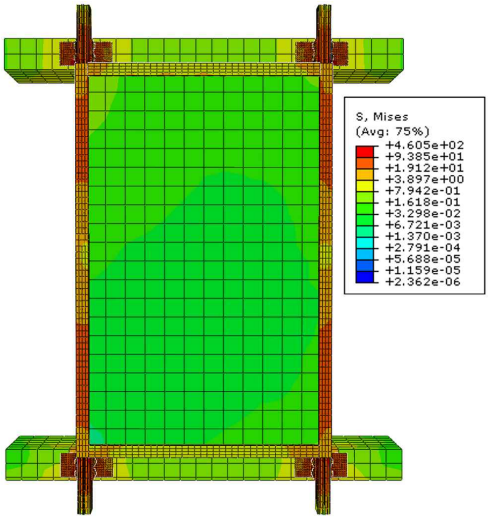
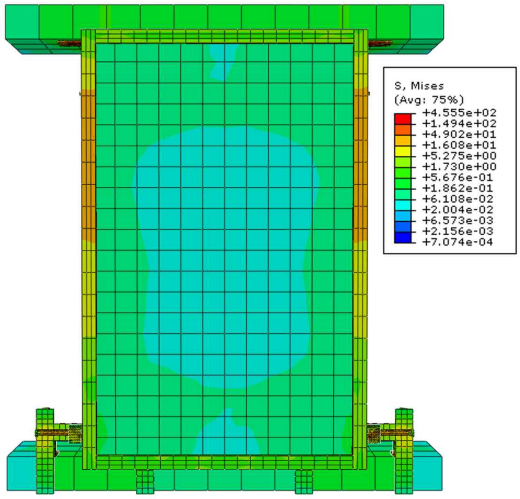
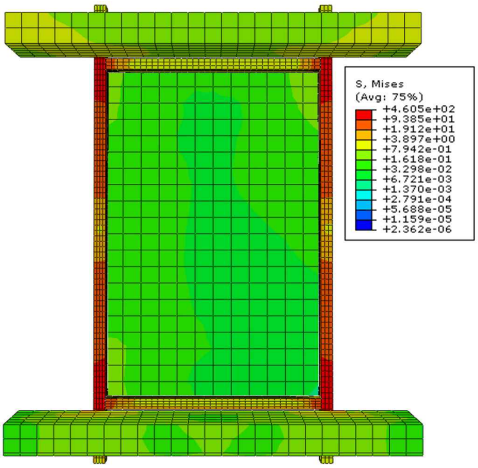
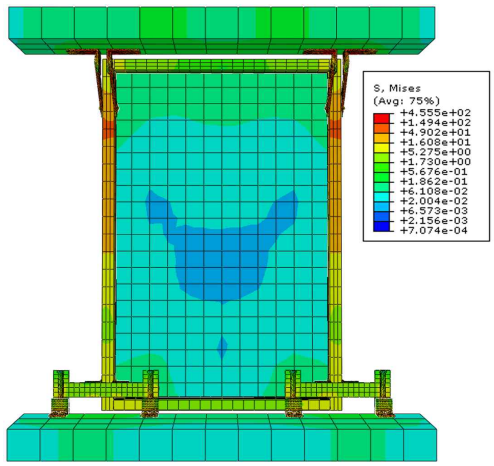
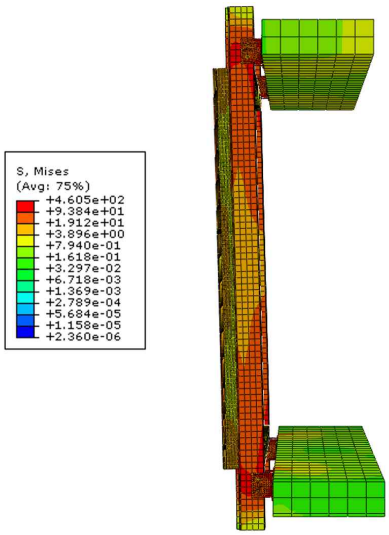
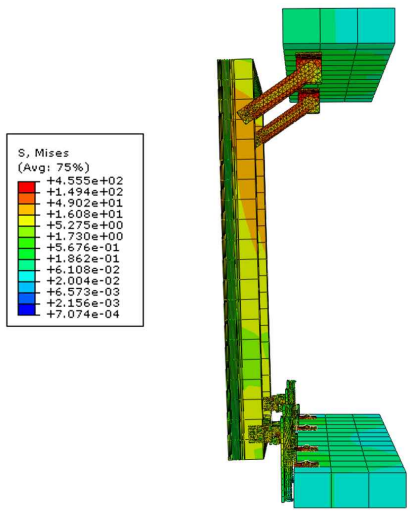
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

Y축 방향 가력 시 기존커튼월(좌측)과 이동형 커튼월(우측)의 Von Mises stress 분포

기존 커튼월 시스템	3축 동적 내진 커튼월 시스템
	
	
	

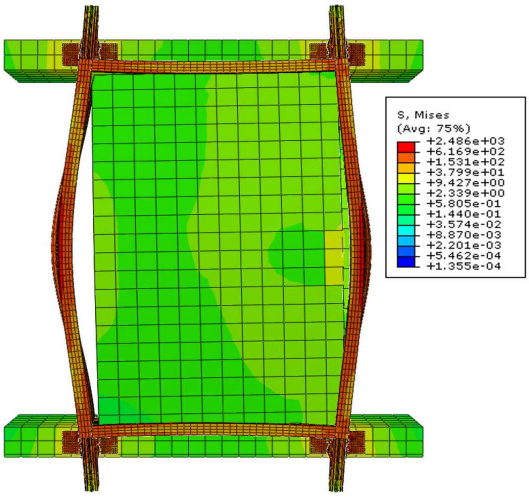
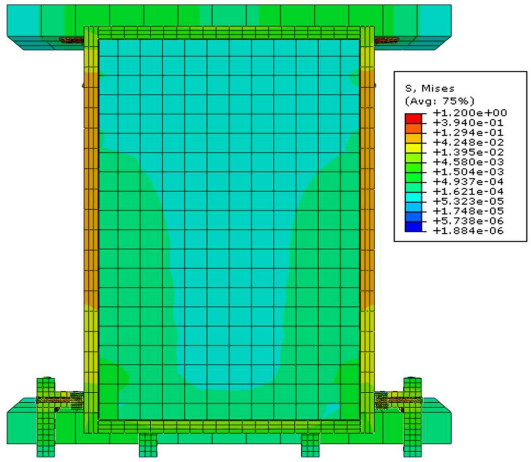
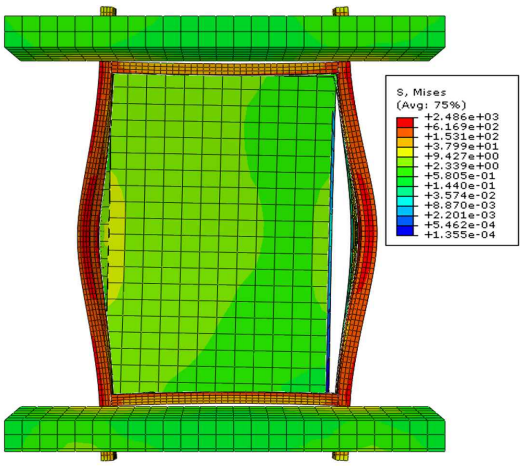
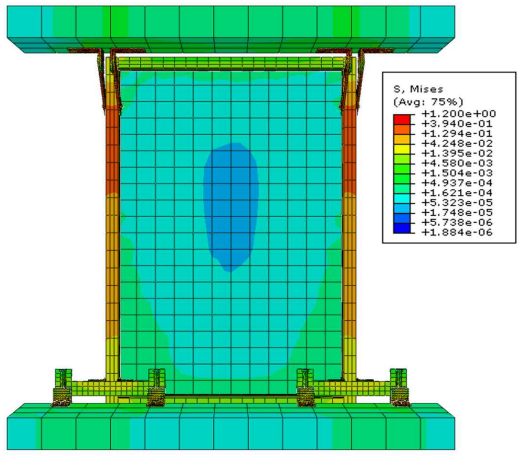
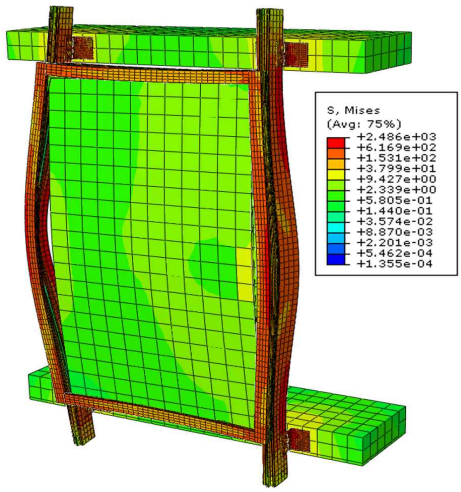
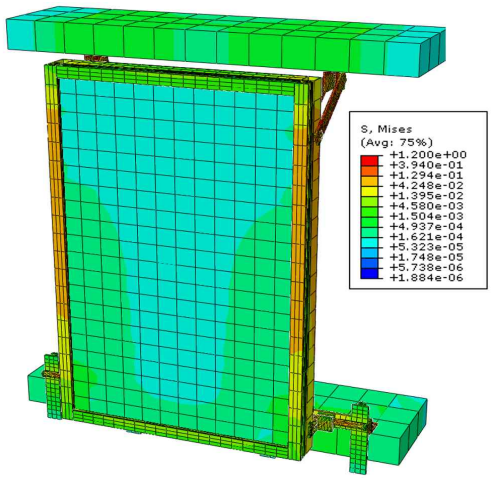
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

Z축 방향 가력 시 기존커튼월(좌측)과 이동형 커튼월(우측)의 Von Mises stress 분포

기존 커튼월 시스템	3축 동적 내진 커튼월 시스템
	
	
	

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

- 기존 커튼월과 이동형 커튼월의 X, Y 및 Z축 방향에 대하여 50㎜ 변위하중 가력 시 외장재의 Von Mises 응력 분포를 비교한 결과는 위와 같으며, 각 축방향에 대하여 변위하중 가력 시 최대응력과 최대응력 발생지점을 정리하면 다음과 같음.

축방향 별 최대응력 및 최대응력 발생지점

변위하중 가력방향	커튼월 Type	최대응력 (MPa)	최대응력 발생지점
X축	기존 커튼월	405	대각선 방향의 가장자리 알루미늄 및 Fastener의 접합부
	이동형 커튼월	3.38	변위하중 발생지점에서 가장 가까운 Fastener의 볼트접합부
Y축	기존 커튼월	460.5	상하부 Fastener 및 수직부재 가장자리
	이동형 커튼월	455.5	상부 슬라브에 접합된 Fastener
Z축	기존 커튼월	2486	상부에서 전달되어 내려오는 응력이 분산되지 못하고 종방향 외장재 중앙부에 국부적으로 좌굴하중이 발생하여 좌우로 벌어짐
	이동형 커튼월	1.2	상하부 슬라브에 접합된 Fastener

- 전반적으로 Z축을 제외한 나머지 축방향에 대해서 기존 커튼월과 비교시 이동형 커튼월이 받는 응력은 확연히 줄어든 것을 확인할 수 있음.
- 이는 변위하중 가력 시 기존 커튼월 모델의 경우 일체화된 구조를 갖기 때문에 변위하중에 대하여 저항하지 못하고 그대로 외장재에 응력을 전달하게 되어 변위하중이 증가함에 따라 점차적으로 응력이 커지는 것으로 나타남.
- 반면, 이동형 커튼월 모델의 경우 X축 및 Y축 방향에 대하여 변위하중이 전달될 때 아래 그림과 같이 Linear guide의 이동 클립이 레일에서 가력방향을 따라 이동함에 따라 변위를 제어하여 외장재에 가해지는 응력을 흡수 및 분산시키기 때문에 최대응력이 3.38MPa, 1.2MPa로 확연히 낮은 힘이 가해지는 것을 확인할 수 있음.
- 이러한 작용에 의해 구조물에 변위하중이 가해지더라도 외장재에 전달되는 응력을 흘려보내는 방식을 활용하면 동적 지진파에 대하여서도 대응할 수 있을 것으로 예측됨.
- 다만, Z축 방향에 대하여 가력 시 최대응력은 기존커튼월 모델과 유사한 값을 나타내는 것으로 확인됨.
- 그러나 이동형 커튼월 모델의 경우 층간 분리형으로서 상하부 프레임과 따로 거동을 하기 때문에 외장재 자체에는 응력이 크게 작용하지 않음.
- 이상의 해석결과에 따른 커튼월의 거동과 응력분포 분석을 통해 이동형 커튼월을 적용함으로써 기존 커튼월의 문제점을 완벽히 보완하고 동적지진파에 대응하는데 있어 유리하게 작용할 것으로 판단됨.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

9.4.3 내진 커튼월 시스템 단열해석 결과

○ 커튼월 열전달 해석 개요

- 본 분석은 열전달 해석을 통한 커튼월 특정 부위의 단열 및 결로 성능을 파악하기 위함임
- 유리 사양 : 28mm 로이 복층유리 (6mm SKN154⁞⁞Low-e glass + 16mm Argon + 6mm Clear)
- 시뮬레이션 조건 : KS F 2278 조건
- 유리 원판 제조사 : 한국유리공업

○ 시뮬레이션 환경 조건

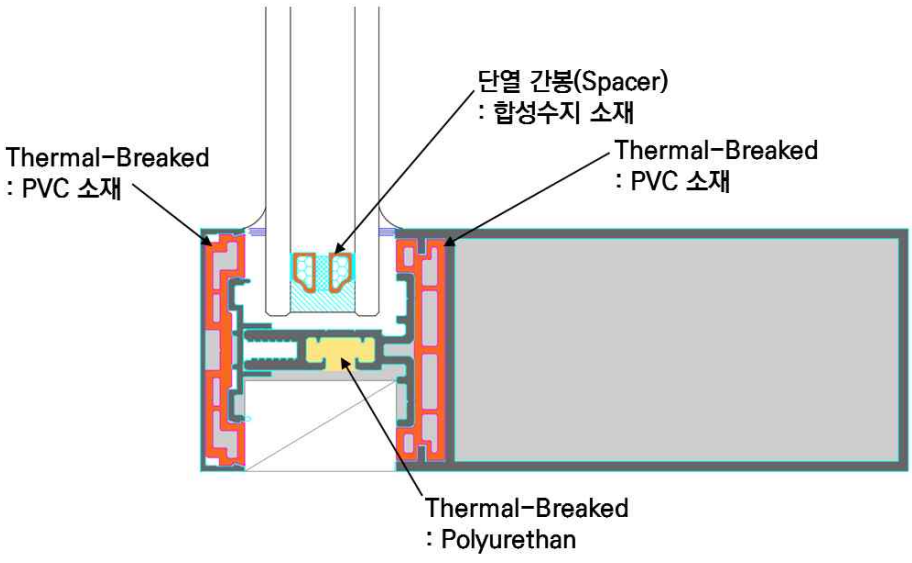
- 저온측 온도(외부) : 0℃
- 항온(고온)측 온도(실내) : 20℃
- 상대습도 : 50%
- 분석 프로그램 : LBNL Window 7.4 / LBNL Therm 7.4

○ 고단열 커튼월 프레임 설계안

- 단열성능 목표 : 1.4W/m² K
- 열교차단(Thermal-Break)을 위해 PVC 소재 Plate 적용
- 실내외 전도열손실 차단을 위해 Polyurethan 소재를 활용한 열교차단
- 유리 부분의 단열성능 향상을 위한 합성수지 소재 간봉(Spacer) 적용

고단열 커튼월 프레임 설계안

고단열 커튼월 프레임 설계안
(성능 목표 : 1.4W/m² K)



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

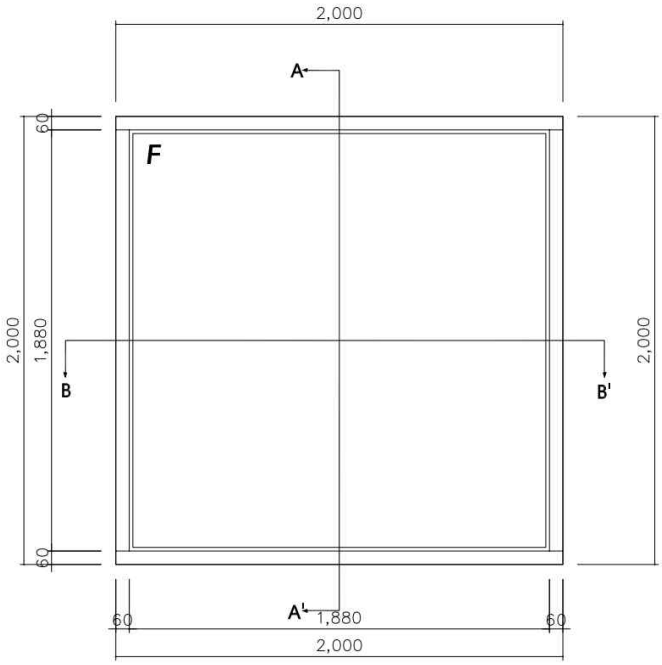
수행 과정 및 수행 내용

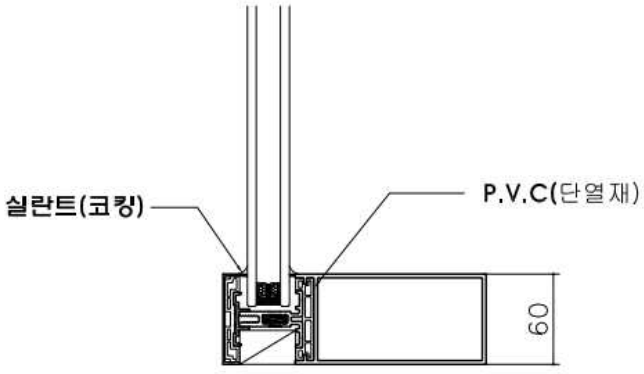
○ 커튼월 열전달 해석을 위한 도면 및 표면열전달계수

- 커튼월 창세트 크기 : 2,000㎜ × 2,000㎜
- 규격 : KS F 2278 기준 준용
- 실내측 표면열전달계수 : 9.090W/㎡ K
- 실외측 표면열전달계수 : 20.000W/㎡ K

커튼월 열전달 해석을 위한 도면

열전달 해석을 위한 도면





VERTICAL SECTION (A-A')

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

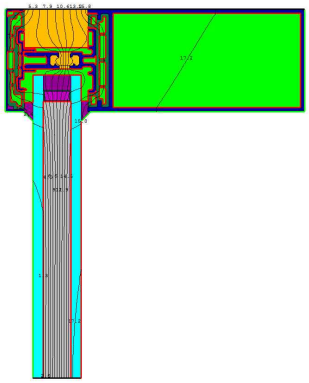
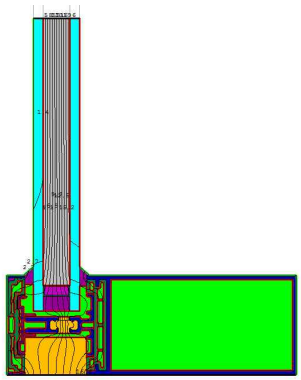
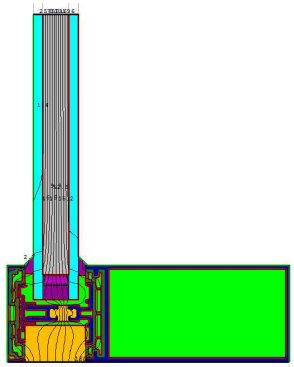
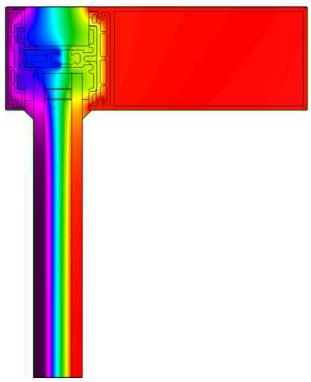
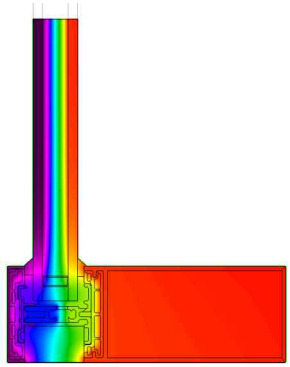
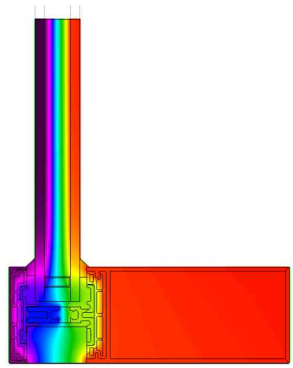
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

○ 커튼월 프레임 열전달 해석 결과

- 커튼월 창세트 크기 : 2,000mm × 2,000mm
- 규격 : KS F 2278 기준 준용
- 실내측 표면열전달계수 : 9.090W/m² K
- 실외측 표면열전달계수 : 20.000W/m² K

커튼월 열전달 해석 결과

	Head	Jamb	Sill
Isotherms			
Color Infrared			
Frame U-Factor	2.8304 W/m² K	2.9221 W/m² K	2.9191 W/m² K
Edge U-Factor	1.2319 W/m² K	1.2490 W/m² K	1.2488 W/m² K

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

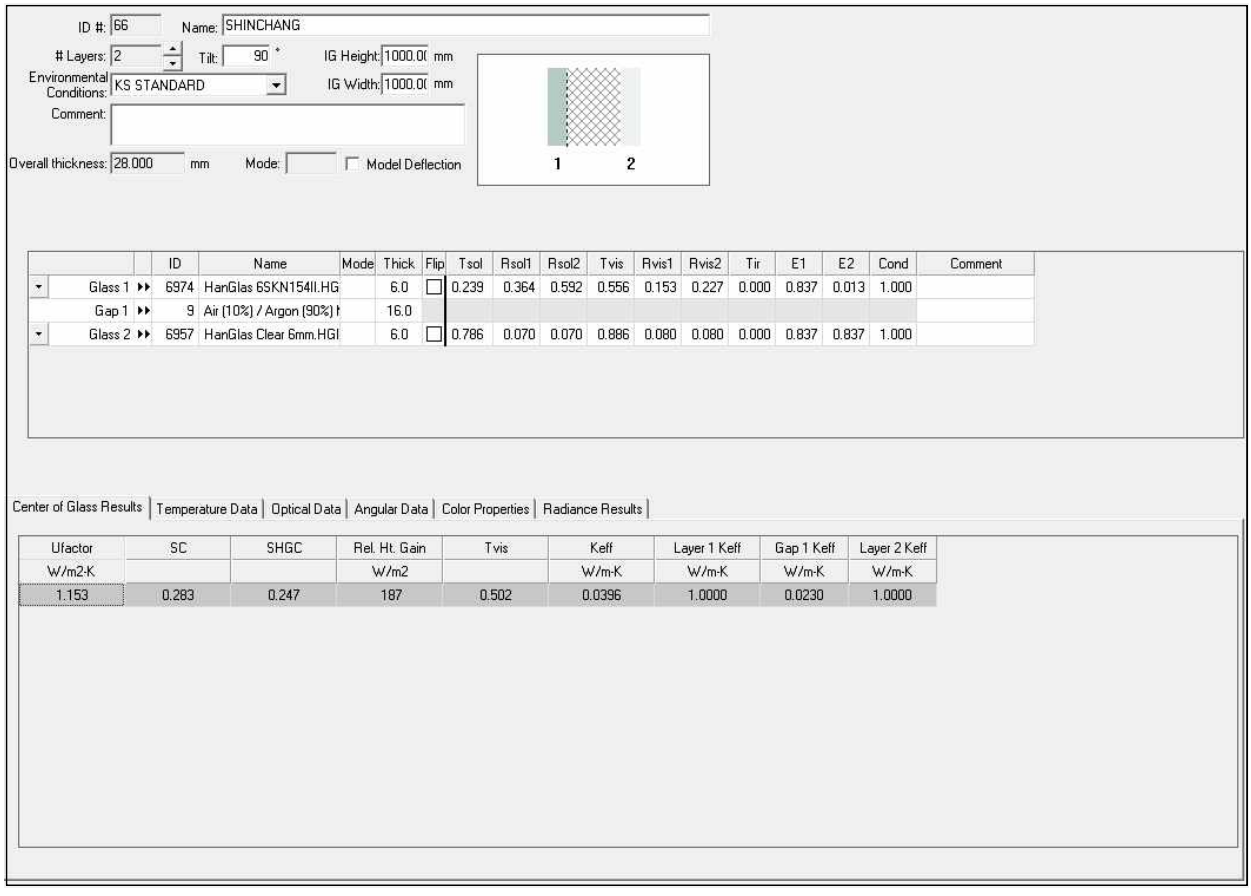
수행 과정 및 수행 내용

○ 복층유리 열전달 해석 결과

- 유리 사양 : 28mm 로이 복층유리
- 6mm SKN154ⅡLow-e glass : IDGB No. 6974
- 6mm Clear : IGDB No. 6957

복층유리 열전달 해석 결과

U-Factor	SHGC	Tvis
1.153 W/m² K	0.247	0.502



복층유리 열전달 해석 결과(Window 7.4 프로그램)

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

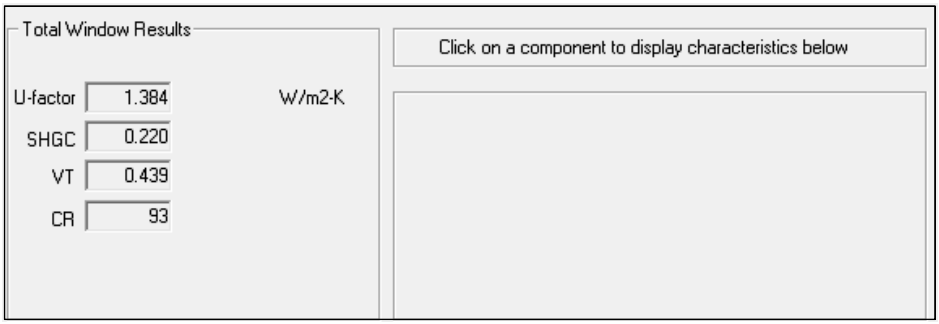
수행 과정 및 수행 내용

○ 커튼월 열전달 해석 결과

- 예상 열관류율 : 1.384 W/m² K
- 커튼월 열전달 해석결과 1.384 W/m² K으로 2차년도 목표 1.4 W/m² K 이하 달성 가능

커튼월 열전달 해석 결과

U-Factor	SHGC	Tvis
1.384 W/m² K	0.220	0.439



커튼월 열전달 해석 결과(Window 7.4 프로그램)

10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보

10.1 실대형 동적 내진성능평가 시스템 실험을 위한 장비 시험조건 확보

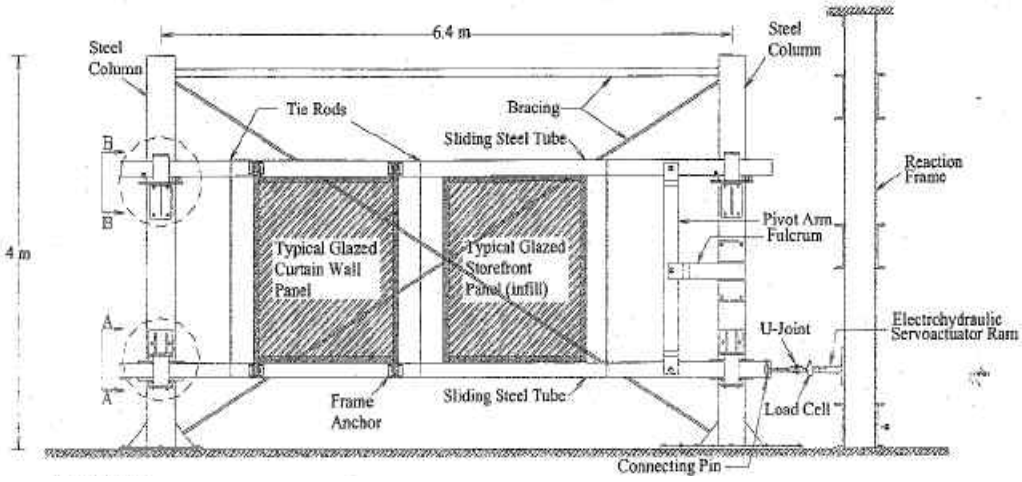
- 지진에 따른 건물 2차 피해는 지진이 끝난 뒤 커튼월, 창세트, 유리, 수도배관, 가스관, 전기 통신 시설 등의 각종 건물 비구조요소에 의한 낙하 피해, 파손 및 도시 혼란 및 마비 등의 직·간접적인 피해를 뜻함
- 선진국의 경우 내진 대책으로 건물 주요 구조부재 뿐만 아니라 지진 발생시 건물 외장재의 파손 및 부착물 낙하에 의한 2차 피해가 발생할 수 있는 외장 커튼월 및 창호 등의 건물 비구조요소에 대한 설계 요건을 강화하고 있음
- 본 장비는 지진 발생시 동반되는 지진파와 유사한 변위 이력(Displacement History)을 구현하여 외장 커튼월, BIPV, 창호, 문, 금속패널, 조적, 석재 등 비구조요소의 내진성능을 평가하는 동적(Dynamic) 지진 대응 시험평가 장비임
- AAMA 501.4 규격에 적합한 건물 비구조 내외장재의 내진성능평가

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

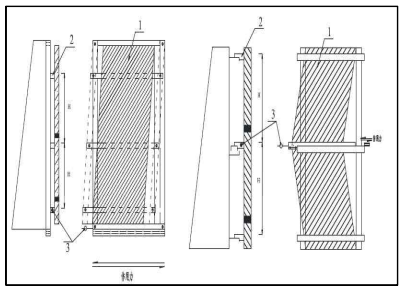
연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

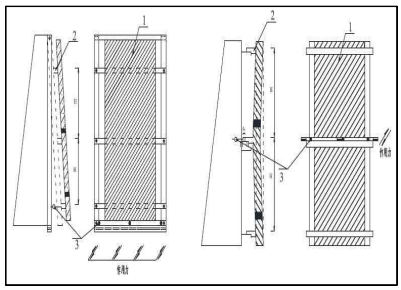
수행 과정 및 수행 내용

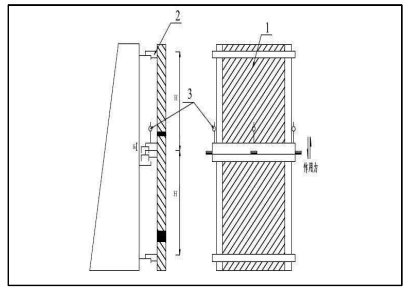


AAMA 501.6 기준에 따른 동적 내진성능평가 장비

- 또한 지진에 의한 건물 비구조 내외장재의 층간변위성능을 평가하는 3축(X/Y/Z-Direction) 정적(Static) 내진성능평가 시험 장비임.
- ISO, JIS, GB/T 규격에 적합한 건물 외장재 안정성 및 사용성 평가
- 기존 진동 Table 방식이 아닌, ISO 규격에 의한 측면 1축 및 3축 거동 방식의 지진파 변위이력 구현


<X-Direction>


<Y-Direction>


<Z-Direction>

○ 국내외 동적 내진성능평가 장비 구축현황

- 국외의 경우 미국, 일본, 유럽에서는 AAMA 501.6 및 JIS A 1414-2 기준에 의한 동적 내진성능평가 장비를 구축하여 운영중에 있음
- 국내는 아직 커튼월에 대한 동적 내진성능평가 장비가 전무한 상황

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

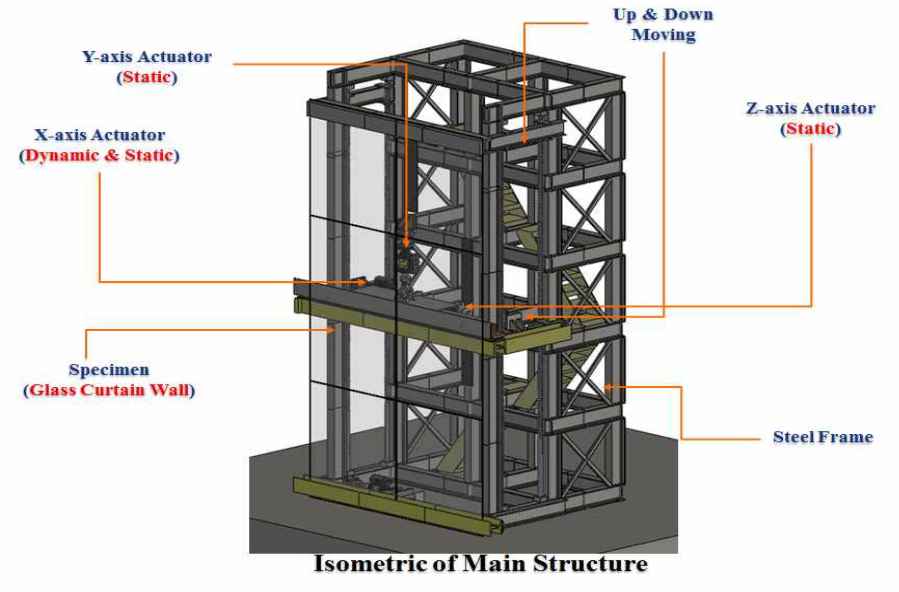
수행 과정 및 수행 내용



국외 커튼월 동적 내진성능평가장비 구축현황

○ 구축 예정 장비 모식도(2019년 11월 15일 구축 완료 예정)

- 한국건설생활환경시험연구원은 국내 최초로 커튼월 동적 내진성능평가장비를 구축 중에 있으며, 2019년 11월 구축 완료 예정임
- 구축 예정인 장비는 세계 최대 규모이며, 3축 동적 및 정적 내진성능 시험이 가능함



동적 내진성능평가 장비 모식도

○ 동적 내진성능평가 시험동 구축 완료

- 한국건설생활환경시험연구원은 충남 서산시 대산읍에 위치한 에너지소재센터 커튼월 시험장에 동적 내진성능평가 장비를 구축 예정임
- 커튼월 동적 내진성능평가를 위한 시험동 및 제어실 구축을 완료하였음
- 2019년 11월 장비 구축 후 운영 예정

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용





동적 내진성능평가 시험동 구축 완료

○ 장비 성능사양

- 3축 동적(Dynamic) 내진성능평가 장비
  ① Hydraulic Cylinder Stroke : Over ±150 mm
  ② Frequency of drift amplitude : 0.8+0.1/-0.0 Hz @ less ±75 mm
  0.4+0.1/-0.0 Hz @ more ±150 mm
- 3축 정적(Dynamic) 내진성능평가 장비
  ① Hydraulic Cylinder Stroke(X/Y/Z-3축 방향 설치) : Over ±150 mm
  ② Loading Duration : 3초 ~ 10초(X & Y Direction)
  60초(Z Direction per 1-Cycle)

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

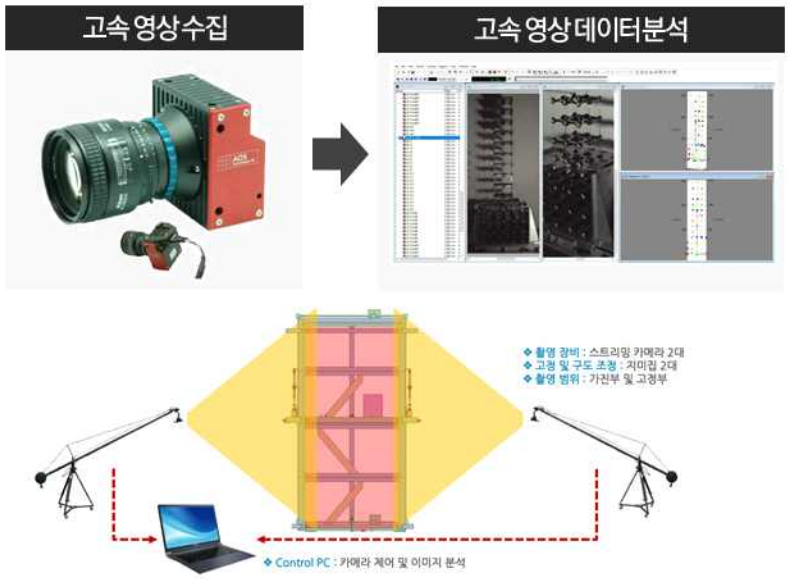
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

10.2 데이터 수집 및 모니터링 시스템 확보

- AAMA 501.6 기준은 커튼월에 대한 동적 내진성능평가와 관련된 규격으로 유리 파손 시점을 측정할 수 있는 영상 저장, 측정기술을 적용하도록 되어 있음
- 이에 따라, 본 연구의 원활한 수행을 위하여 고속 카메라, 고속 영상 데이터 분석 프로그램, Jimmy Jib을 2019년 11월 구축 예정임



고속 영상 데이터 분석 시스템

- 커튼월의 내진성능평가와 관련된 규격은 AAMA 501.4-09, AAMA 501.6-09, AAMA 501.7-11, JIS 1414-2, ISO TC 162 등의 규격이 있음
- AAMA 규격에서는 내진성능평가 시 유리 파손 시점을 측정할 수 있는 영상 저장, 측정기술을 적용하도록 되어 있음
- 국외 내진성능평가 시험기관은 영상 수집 및 분석 시스템을 운영 중
- 이와 관련하여, 본 연구의 원활한 수행을 위하 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템을 활용할 예정임

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

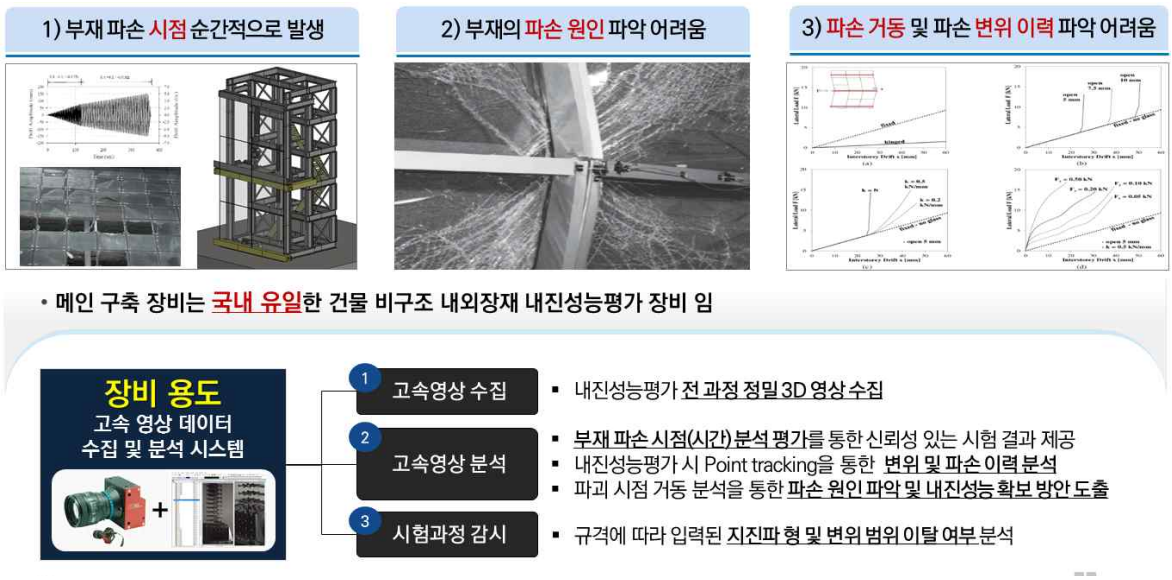
수행 과정 및 수행 내용



커튼월 동적 내진성능평가 시스템 관련 규격 및 영상 수집, 분석 시스템 요구

○ 모니터링 시스템으로서 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템의 장점

- 3축 동적(Dynamic) 내진성능평가 시 부재의 파손 시점은 순간적으로 발생하게되는데, 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템은 정확한 파손 시점, 정밀한 파손 양상 파악이 가능함
- 일반 카메라를 이용해서는 부재의 파손 원인을 파악하는데 어려움이 있음에 따라 고속 카메라를 이용한 전 과정 데이터 수집 필요
- 변위 측정이 가능한 영상 장비를 활용하여 파손 거동 및 변위 이력을 파악하기 위해 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템 필요



○ 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템 주요 특징

- Target 스티커 추착으로 변위 이력을 확인할 수 있어 지진변위에 대한 확인이 용이하고, 카메라의 왜곡현상을 보정할 수 있기 때문에 대면적 시료 측정에 용이
- 대면적 커튼월의 경우 수직재와 수평재가 다수 존재함에 따라 각 지점 별 Tracker 설치를 통한 변위 분석 가능

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용				
	1. 국내 지진 발생 현황	7p	6. 비구조요소 커튼월의 내진 성능평가 방법	14p
	2. 건물 비구조요소 건축구조기준 강화	8p	7. 내진 커튼월 연구 및 기술개발 동향	17p
	3. 커튼월 동적 내진성능평가 규격	9p	8. ITC-CNR 이탈리아 연구진 연구결과	18p
	4. 주요 구조부재의 층간변위와 비구조요소 상관관계	12p	9. 내진 커튼월 시스템 개발	24p
	5. 비구조요소 커튼월의 내진설계기준	12p	10. 동적 내진성능평가 시험조건 확보	72p

수행 과정 및 수행 내용

비 접촉식 변위 이력 분석 가능	측정범위 증대로 대면적 시료 대응 가능	동시에 다수 지점 분석 가능	다양한 형태의 분석 Diagram 제공
■ 기존 접촉식 변위 센서 ▪ 부착된 위치에 한정하여 계측 ▪ 케이블이나 센서 중량에 의해 거동 영향을 줄 수 있음 ■ 3D 고속영상 수집/분석 시스템 ▪ 카메라가 식별할 수 있는 Target 스티커만 부착하면 변위 이력에 대한 분석 가능	■ 기존 영상 분석 방법 ▪ 카메라의 촬영 시 위치 및 구조에 따라 변위 측정 시 왜곡 현상 발생 ■ 3D 고속영상 수집/분석 시스템 ▪ 카메라의 촬영 영역은 카메라의 위치 및 구도에 상관없이 왜곡 현상을 보정할 수 있는 기능을 적용하여 변위측정의 정확성 확보 ▪ 대면적 시료 특수 목적 시험 측정에 적합함	■ 다수 Tracker 측정 가능 ▪ 고속 영상 분석 시스템은 영상에 촬영된 모든 Tracker 를 동시에 측정이 가능함 ■ 대면적시료 변위거동 분석가능 ▪ 대면적 내외장재의 경우 수직재와 수평재가 만나는 지점이 다수 발생 ▪ 또한 복합 구조물임에 따라 프레임과 유리 등 다양한 재료가 적용됨에 따라 부위별 Tracker용 스티커 부착을 통한 변위 분석 가능	■ 직관적인 결과 분석 ▪ 영상 결과 뿐만 아니라 다양한 형태의 Diagram 생성 가능 ■ 제공 가능 Diagram ▪ X/T diagram : 시간대비 point의 dynamic/static 변위량 그래프 ▪ X/Y diagram : x 변위 대비 y 변위 비교 가능 ▪ Multiple axes diagram : 하나의 그래프에 변위/속도/가속도를 함께 비교 가능

구축 예정인 고속 영상 데이터 수집 및 분석 시스템 사양

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

1. 동적 지진파 대응 가능한 Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발

1.1 내진 Fastener 시작품 설계안 도출

1.1.1 내진 Fastener 시작품 설계안 도출

- 1차년도 연구 수행을 통해 내진 Fastener에 대한 기본 설계안을 도출하였음
- 내진 Fastener의 기본 개념은 지진 발생 시 X, Y, Z축 3축으로 발생되는 변위를 대응 가능하도록 개발하는 것이 핵심 기술임
- 3축 변위를 대응하기 위해 아래 그림1과 같이 좌우/상하 간으로 슬라이딩이 발생할 수 있도록 Fastener 설계를 진행하였음

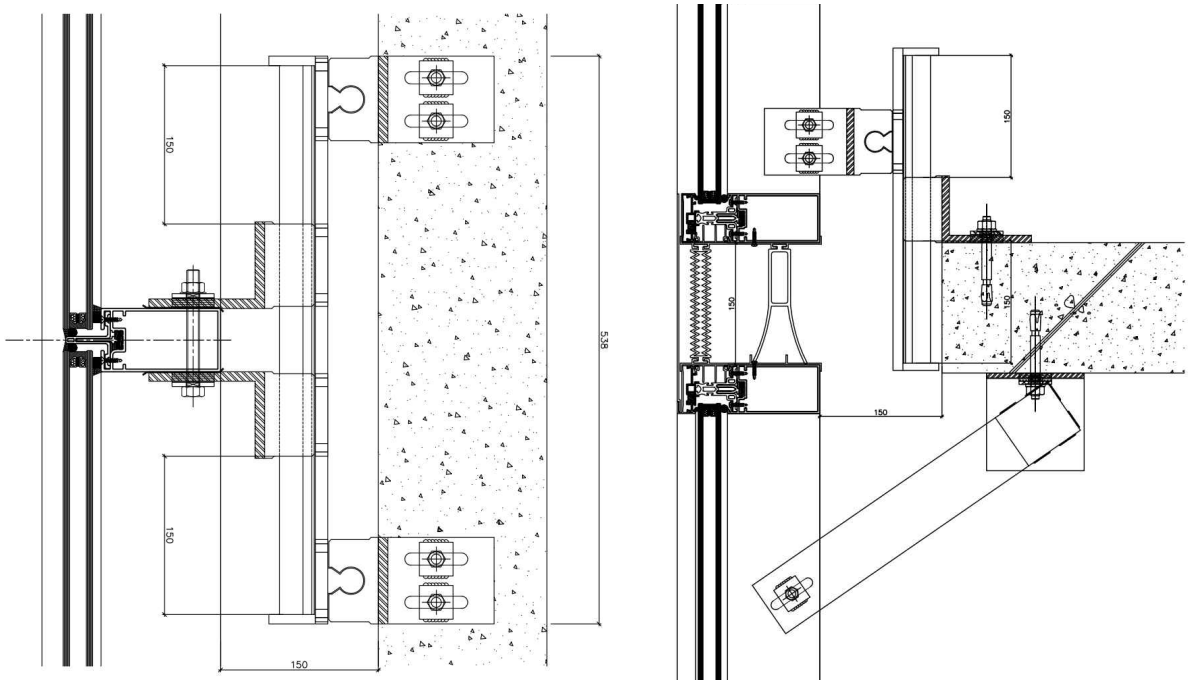


그림 1. Fastener 개발 제품 설계안 단면도

- 그림 1의 단면도의 좌측 그림은 위에서 바라본 단면도로서, Fastener가 150mm까지 좌우로 움직일 수 있도록 설계되어 있음
- 그림 2의 단면도의 우측 그림은 옆에서 바라본 단면도로서, Fastener가 150mm까지 위아래로 움직일 수 있도록 설계되었음
- 지진 발생 시 커튼월 모듈이 상하로 변위가 발생되면서 150mm 정도의 공간이 필요함에 따라 그림1의 우측 단면도와 같이 커튼월 모듈 사이에 신축성이 있는 가스켓을 적용하면서 이동이 가능하도록 설계되었음
- 여기서 가스켓의 역할은 사용성 측면에서 기밀, 수밀성을 확보하고자 함에 목적이 있고,

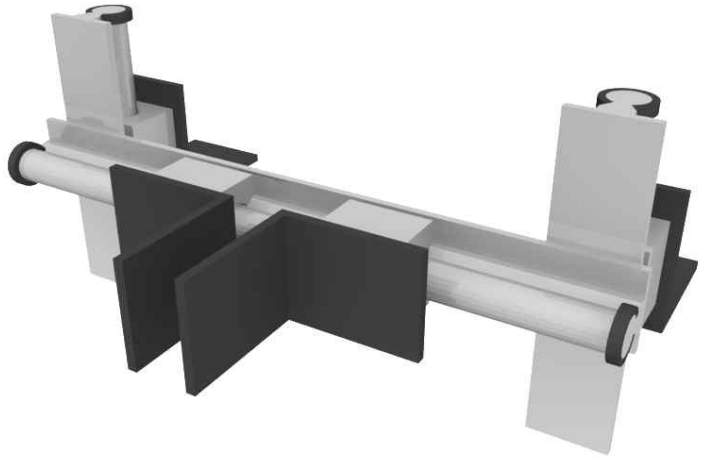
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

지진발생 시 완충 역할을 하게됨

- 그림 2는 내진 Fastener의 설계안을 3차원 그래픽을 통해 구현한 모습임
- 내진 Fastener의 설계안은 아래 그림과 같으며 X축 및 Z축 방향으로 이동이 가능하도록 설계안을 도출하였음
- 내진 Fastener는 지진 발생 시 표 1에 나타낸 그림과 같이 거동하게 되며, 좌우/상하 변위에 대응 가능한 형태임을 알 수 있음



[내진 Fastener 3차원 그래픽 구현 모습]

- 커튼월과 같은 비구조요소의 내진성능은 건축물의 내진등급에 따라 허용되는 층간변위가 다름
- 건축구조기준에서는 내진등급 (특)등급 건축물은 층고의 1/100, (I)등급 건축물은 층고의 1.5/100, (II)등급 건축물은 층고의 2/100를 최대허용층간변위로 보고 있음
- 여기서, 커튼월, 상점유리, 칸막이벽에 유리가 끼워진 경우는 수식(1)과 같이 1.25의 안전율 및 I_E 중요도 계수를 추가적으로 고려하고 있음

$$1.25\,D_{pI} = D_p I_E \qquad (1)$$

I_E : 아래 표 1의 내진설계 중요도계수

D_p : 아래 (2)의 규정에 의해 산정되는 상대변위

- 아래 표는 건축구조기준에서 제시하고 있는 내진설계 시 중요도 계수를 나타내고 있음
- 건축물의 중요도가 높을수록 중요도계수는 높아지며, 내진등급(특)등급 건축물은 중요도계수가 1.5, 내진등급(I)등급은 1.2, 내진등급(II)등급은 1.0 임

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[건축물의 중요도에 따른 내진설계 중요도계수]

건축물의 중요도	내진등급	내진설계 중요도계수(U_e)
중요도(특)	특	1.5
중요도(1)	I	1.2
중요도(2),(3)	II	1

- 지진 발생 시 상대변위를 산정하기 위해서는 건축물에 따라 구조계산을 통해 산정하여야 함
- 하지만 구조계산이 이뤄지지 않은 경우 아래 표의 최대허용층간변위를 기준으로 수식(2)에 따라 비구조요소에 미치는 상대변위를 산정할 수 있음

$$D_p = (X - Y)\frac{\triangle_{aA}}{h_{sx}} \qquad (2)$$

X : 구조물 밑면으로부터 상부부착지점 x까지의 높이
Y : 구조물 밑면으로부터 하부부착지점 y까지의 높이
$\triangle_{aA}$: 아래 표2 구조물의 허용층간변위
h_{sx} : 허용층간변위를 정의하기 위하여 사용된 층고

[최대허용층간변위]

내진등급		
특	I	II
$0.010h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.020h_{sx}$

- 위와 같은 방법으로 커튼월에 미치는 최대 상대변위를 계산해 보면 아래 표와 같음
- 층고에 따라 최대허용상대변위가 달라지며, 층고가 6000mm인 경우 내진등급(II)등급 건축물은 150mm까지 견딜 수 있어야 함
- 현행 법 상 건축구조기준에서는 내진등급(특)등급 건축물에 대해서만 비구조요소의 내진설계를 하도록 되어 있음
- 하지만, 건축주 또는 발주처의 요청이 있을 경우 내진설계를 할 수 있음에 따라 150mm까지 내진성능을 확보 할 수 있는 커튼월 개발이 필요함

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[층고에 따른 최대 허용 상대변위]

층고 (mm)	최대 허용 상대변위(mm) 내진등급		
	특	I	II
최대 허용 상대변위 백분율	1.88%	2.25%	2.50%
6000	112.5	135.0	150.0
5900	110.6	132.8	147.5
5800	108.8	130.5	145.0
5700	106.9	128.3	142.5
5600	105.0	126.0	140.0
5500	103.1	123.8	137.5
5400	101.3	121.5	135.0
5300	99.4	119.3	132.5
5200	97.5	117.0	130.0
5100	95.6	114.8	127.5
5000	93.8	112.5	125.0
4900	91.9	110.3	122.5
4800	90.0	108.0	120.0
4700	88.1	105.8	117.5
4600	86.3	103.5	115.0
4500	84.4	101.3	112.5
4400	82.5	99.0	110.0
4300	80.6	96.8	107.5
4200	78.8	94.5	105.0
4100	76.9	92.3	102.5
4000	75.0	90.0	100.0

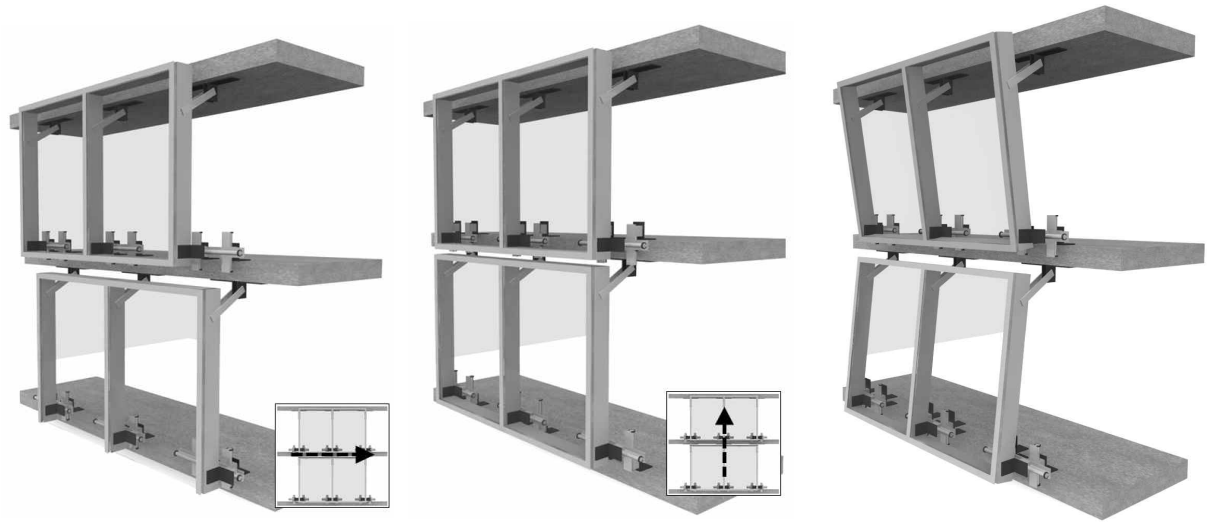
- 이에 따라 본 사업을 통해 150mm까지 견딜 수 있는 내진 커튼월을 개발하고자 함
- 커튼월의 경우 기본적으로 커튼월 프레임에 유리가 끼워질 수 있도록 홈을 구성하고 있음
- 복층 혹은 삼중유리와 유리가 끼워지는 홈 사이에는 움직일 수 있는 간격(Clearance)이 존재함
- 대략적으로 그 간격 5mm에서 20mm 사이로 커튼월의 종류에 따라 다름
- 이 간격에 의해 지진 발생 시 좌우 완충은 가능하고, 내진성능을 확보할 수 있는 간격을 확보하더라도 시공 시 간격에 대한 정확한 감리, 감독이 이뤄지지 않을 경우 실제 지진 발생 시 유리가 파손되어 탈락될 가능성이 있음
- 또한 기존 커튼월의 경우 X축 면내방향 내진성능 확보는 가능하더라도, 대부분 Y축, Z축에 대해 고려가 되지 않고 있음
- 이는 내진설계를 검증하는 방법이 X축 면내 방향에 대한 구조해석만 진행하거나, 시험을 진행해야하는데 커튼월 내진 시험에 대한 국내 표준이 현재 존재하지 않음
- 해외 표준에 따라 내진시험을 진행하더라도, 대표적인 시험방법인 AAMA 501.6-18 표준(미국단체표준)도 X축 면내 방향에 대한 성능평가만을 진행하고 있음
- 지진 발생 시 X, Y, Z축 모두 변위가 발생 할 수 있음에 따라 모든 경우에 대한 검증이 필요하고, 3축에 대해 대응 가능한 커튼월 시스템 개발이 요구됨
- 이에 따라 본 사업에서는 3축 대응한 Fastener 개발을 통해 아래 그림과 같이 커튼월 시스템이 지진 발생 시 대응 가능하도록 설계를 진행하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

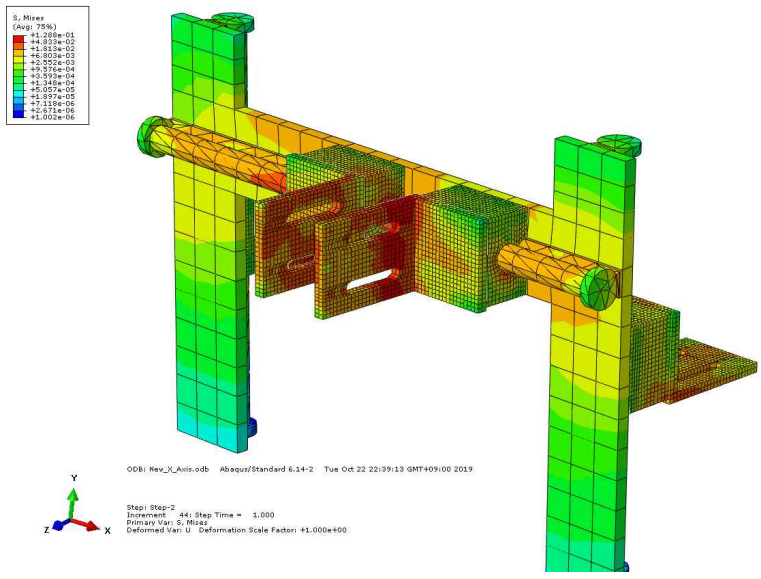
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용



[3축(X, Y, Z) 대응 가능한 커튼월 시스템]

- 내진 Fastener 설계안 도출 시 유한요소법에 의한 구조해석을 기반으로 분석을 통해 최적 Fastener 설계안을 도출 하였음
- 구조해석은 ABAQUS 프로그램을 활용하였으며, 내진 Fastener의 설계안을 그림 4와 같이 구현하여 해석모델을 구축하였음
- 현재까지 국내의 경우, 비구조요소에 대한 재난피해 관련 연구 및 구조해석은 주로 풍하중에 대한 분석이 주를 이루고 있으나, 지진에 대한 해석적, 실험적 연구가 진행되지 않고 있음
- 비구조요소 중 커튼월에 대한 내진 성능을 연구하고 구조해석 연구를 하는데 있어 본 사업이 큰 의미를 가지고 있음



[내진 Fastener 구조해석 모델]

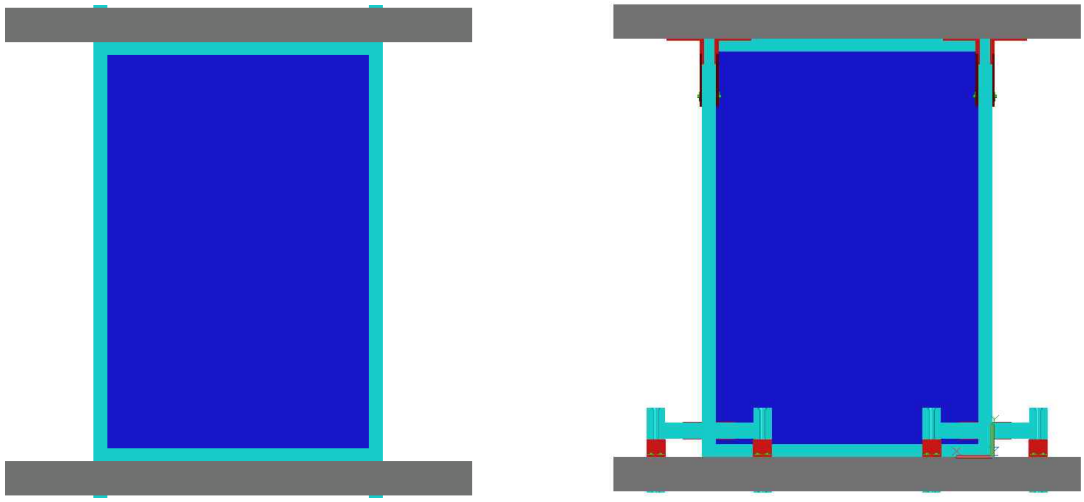
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 위의 그림과 같이 Fastener 구조해석 모델을 구축한 뒤, 그림 5와 같이 커튼월 모듈에 적용한 후 층간변위 발생 시 커튼월에 미치는 영향을 분석하였음
- 아래 그림에서 좌측은 기존 Fastener를 적용한 커튼월, 우측은 내진 Fastener를 적용한 커튼월의 구조해석 모델을 나타내고 있음



[커튼월 구조해석 모델(좌측 : 기존 Fastener 적용, 우측 : 내진 Fastener 적용)]

- 위의 그림에서 좌측은 기존 Fastener를 적용한 커튼월, 우측은 내진 Fastener를 적용한 커튼월의 구조해석 모델을 나타내고 있음
- 지진 발생 시 변위를 모사하기 위해 구조해석모델에 3축(X, Y, Z)에 대해 변위를 인가하였음
- 아래 표는 본 연구개발을 통해 개발된 Fastener의 성능을 확인하기 위해 비교 분석한 결과로서 기존 커튼월의 경우, 변위인가에 따른 변형이 발생되지만 개발된 Fastener가 적용된 커튼월은 변형이 일어나지 않는 것을 확인할 수 있음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

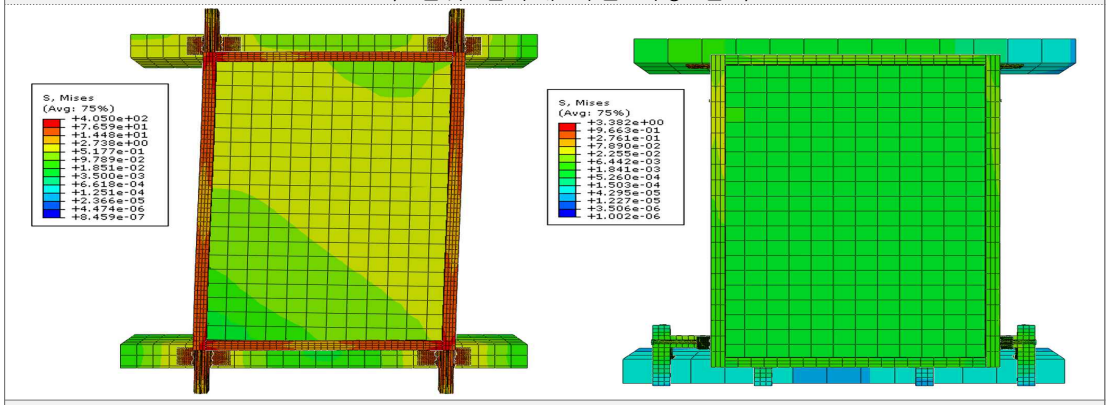
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

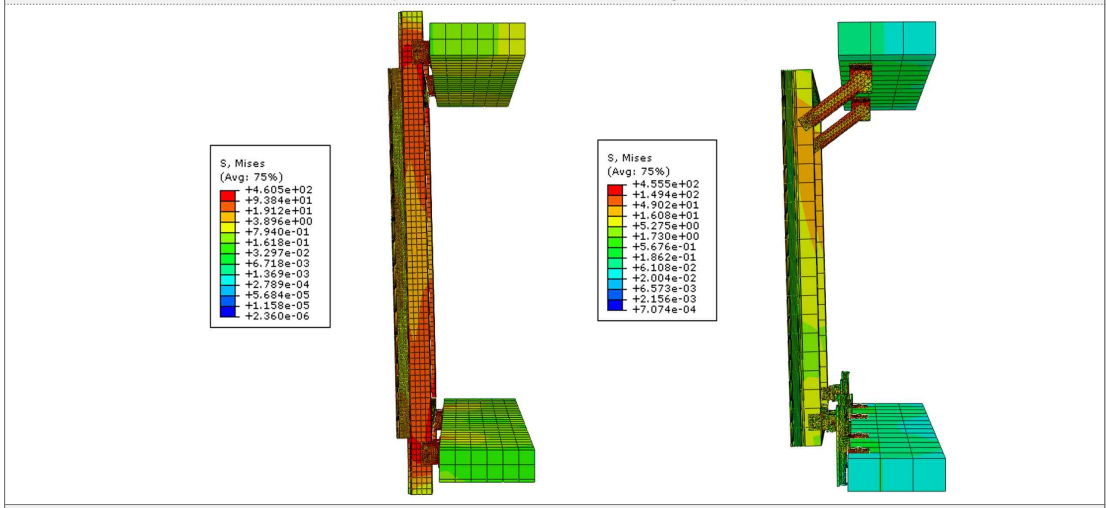
수행 과정 및 수행 내용

[3축(X, Y, Z) 변위 인가에 따른 커튼월 거동 분석]

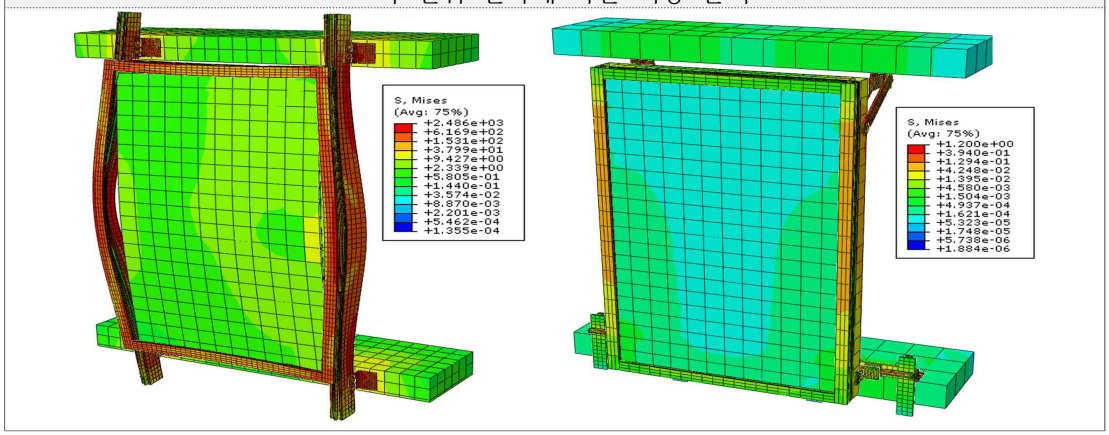
X축 변위 인가에 따른 거동 분석



Y축 변위 인가에 따른 거동 분석



X축 변위 인가에 따른 거동 분석



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

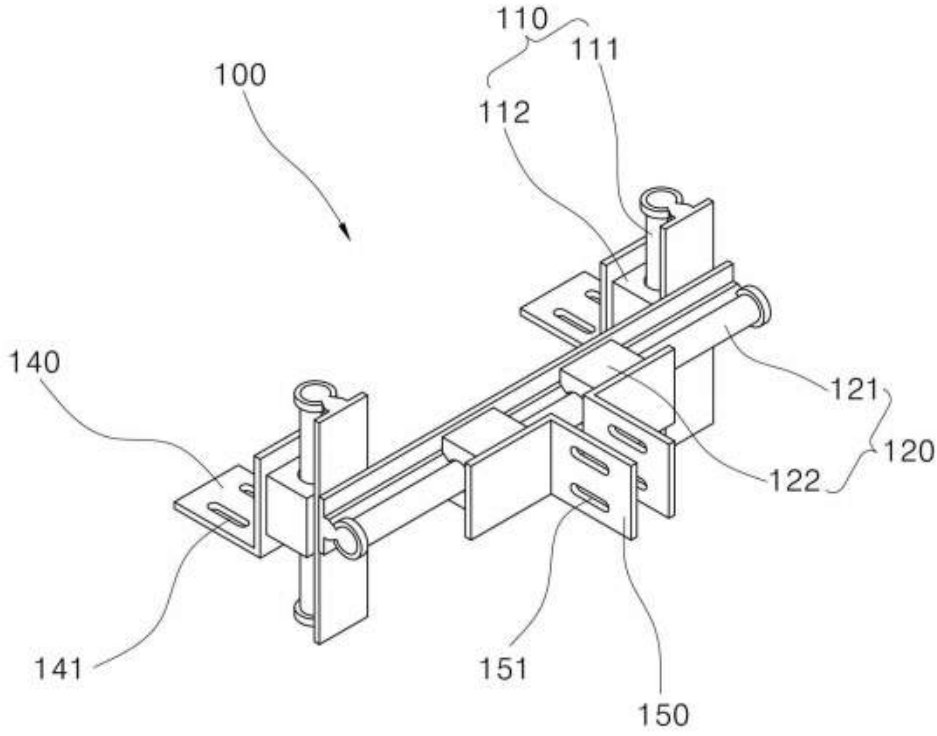
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

1.2 내진 Fastener 시작품 설계안 특허등록 완료

1.2.1 등록 특허 설명

- 본 연구개발에서는 동적 지진파에 커튼월이 파손없이 대응 가능하고, 동적 지진파에 대한 동적 거동이 가능하면서도 커튼월의 시공상 편리성도 달성할 수 있는 커튼월의 지진 변위 대응 화스너를 개발하였음
- 커튼월의 지진 변위 대응 화스너에 관한 것으로, N층의 건물에서 임의의 n층의 천정 슬라브에 상부가 고정되는 커튼월의 하부를 n층의 바닥 슬라브에 연결하되, 지진파에 의한 외력으로 발생된 건물의 진동이 커튼월로 전달되지 않도록 상기 커튼월의 하부를 건물의 폭방향과 높이방향으로 슬라이드 이동 가능하게 상기 바닥 슬라브에 연결하는 구조를 갖는 것을 특징으로 함



[특허 등록된 내진 Fastener 대표 도면]

- 내진 Fastener는 건물의 폭방향과 높이방향으로의 변위에 대해 커튼월을 보호하기 위하여 건물의 폭방향과 높이방향의 2축 거동에도 불구하고 건물에 장착된 커튼월의 파손을 방지하기 위한 구성으로서, 높이방향 변위에 대응하기 위한 제1이동체와, 폭방향 변위에 대응하기 위한 제2이동체로 구성됨
- 제1이동체는 건물의 높이방향으로 배치되는 제1가이드부와 제1가이드부에 안착되어 제1가이드부를 따라 슬라이드 이동되는 제1슬라이드부를 포함하고, 제2이동체는 건물의 폭방향으로

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

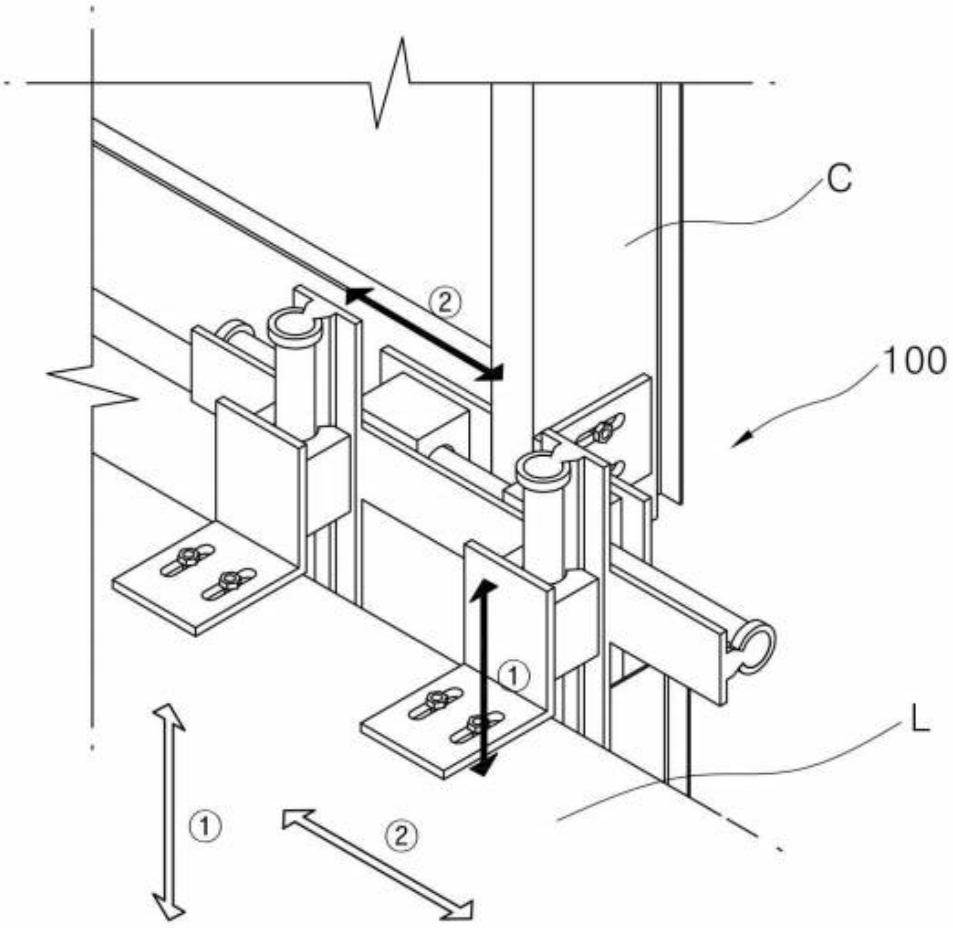
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

배치되는 제2가이드부와 제2가이드부에 안착되어 제2가이드부를 따라 슬라이드 이동되는 제2슬라이드부를 포함함

- 그리고 제1슬라이드부의 일단은 상기 바닥 슬라브에 연결되고 제2가이드부는 제1가이드부에 연결되며, 제2슬라이드부는 상기 커튼월의 하부에 연결됨



[내진 Fastener의 거동 설명]

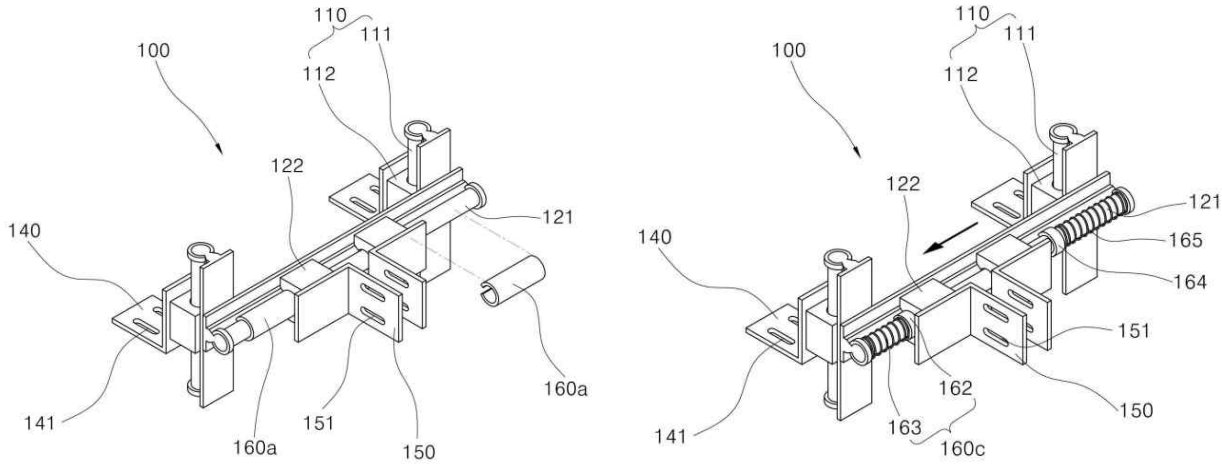
- 내진 Fastener 는 시공 좌우/상하로 움직이는 특징을 가지고 있에 따라 시공상 고정이 어렵기 때문에 별도의 고정장치가 필요한데, 두가지 방식을 제안하였음
- 첫 번째는 아래 그림의 왼쪽과 같이 시공시에만 고정될 수 있도록 합성수지계열의 고정 커버를 설치하여, 시공성을 향상시키는 방안 임
- 두 번째는 아래 그림의 오른쪽과 같이 시공성과 더불어, 설치 후에 제거하지 않아도 상태를 유지하다가 지진 발생 시 탄성을 발휘할 수 있는 스프링을 적용하는 방식임

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용



[시공성 향상을 위한 고정장치 설치]

1.2.1 커튼월의 지진 변위 대응 Fastener 특허증

- 아래 특허증과 같이 “커튼월 지진 변위 대응 화스너”로 특허 등록되었음


특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 Patent Number 제 10-2155752 호

출원번호 Application Number 제 10-2019-0138131 호
출원일 Filing Date 2019년 10월 31일
등록일 Registration Date 2020년 09월 08일

발명의 명칭 Title of the Invention
커튼월의 지진 변위 대응 화스너

특허권자 Patentee
(주)신창산업(160111-*******)
대전광역시 서구 둔산대로117번길 66 , 201-1(만년동, 골드벤처타워)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2020년 09월 08일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
김 용 래

특허청
Korean Intellectual Property Office

QR코드로 현재기준 등록사항을 확인하세요

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

1.3 내진 Fasterner 시작품 개발 완료

- 기존 커튼월 및 내진 커튼월에 대한 구조해석을 통해 내진 성능 확보가 가능한 설계안을 도출 한 뒤 최종적으로 아래 그림과 같이 내진 Fastener 시작품을 개발하였음
- 2차년도에는 X축 면내방향에 대해 대응 가능한 내진 Fastener 만 개발하였으며, 좌측 및 우측으로 150mm를 대응할 수 있도록 시작품을 제작하였음
- 시작품의 소재는 Steel이며, 구성은 좌우 이동이 가능한 레일과 이동형 앵글로 구성되며 구조체에 볼트체결 또는 용접으로 고정할 수 있는 방식임
- 본 시작품은 개발 후 AAMA 501.6-18 표준에 따라 동적 내진성능시험을 진행하였으며, 동적 내진시험 결과는 3장에서 설명함



[내진 Fastener 시작품 개발 완료]

1.4 구조해석을 통한 내진 Fastener 최적화 분석

1.4.1 커튼월 구조해석 방법론

- 커튼월은 일반적으로 Pre-Fab 부재에 의해 구성되기 때문에 이러한 부재 상호간의 접합부에서는 외력에 의한 여러 가지 요인이 작용하여 복잡한 변위가 발생함
- 이러한 변위 발생에 따른 외장재의 박리, 파손 등에 대하여 실험을 통해서는 커튼월의 거동과 외관상(external) 발생되는 파손 정도만 확인할 수 있으며, 내부(internal)에 발생되는 접합부의 파손을 확인하고 변위를 측정하기에는 한계가 있음
- 따라서, 각 부재의 취약부를 도출하기 위해서는 구조해석 프로그램을 이용하여 각 부재별 접합부에 발생되는 변위 및 응력분포를 상세히 분석할 필요가 있음
- 비구조재에 대한 피해에 대하여 구조성능을 평가하기 위한 연구는 주로 풍하중에 대한 평가와 파손에 대한 연구가 주를 이루고 있으나 지진에 대한 해석적, 실험적 연구는 그리 많이 진행되지 않은 실정임
- 따라서 본 연구에서는 기존 건축물의 외장재가 가지고 있는 Pre-Fab로 인한 문제점에 대하여 기존 커튼월의 거동 분석을 통해 취약부위를 도출하고, 건축물에 태풍 및 지진 등과 같은 외력 작용 시 3축 변위에 대응하기 위해 레일과 이동클립으로 구성된 Linear guide를 활용하여 변위 발생에 따른 외장재의 박리 및 파손과 같은 문제점을 해결하고자 함
- 이를 위해 국내외에서 범용적으로 사용되는 상용프로그램인 ABAQUS 및 Midas FEA Tool을 이용하여

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

외장재의 구조성능 유한요소해석(FEA)을 통해 내진성능을 평가하고, 내진커튼월 설계기준을 만족할 수 있는지 여부에 대하여 확인

- 커튼월의 거동 해석 및 내진성능 평가를 위해 AutoCAD를 활용하여 커튼월 모듈을 3D Modeling한 파일을 ABAQUS 프로그램에 Import하여 구조해석을 진행

① 커튼월 모듈 모델링(Modeling)

- 커튼월 모듈에 대하여 AAMA 501.6 지진파형 모사 동적(Dynamic) 변위 인가시 커튼월의 거동해석 및 취약부 도출을 위한 커튼월 모델링 수행
- 본 연구개발 커튼월 모듈에서 변위 흡수를 위한 핵심 요소인 Linear guide의 길이(50㎜, 100㎜, 150㎜)에 따른 내진성능 비교 및 거동해석을 위해 하나의 프레임에 대하여 모델링 수행

② 각 부재(알루미늄, PVC, Fastener, 유리, Gasket 등)에 해당되는 재료물성 입력

③ 각 파트별 Mesh 설정

④ 부재 상호간 Contact 및 Interaction 조건 설정

- PVC-PVC, Aluminium-Aluminium, PVC-Aluminium, Fastener-Aluminium, 레일-이동 클립 등 각 부재 상호간 실리콘에 의한 접합, 용접 및 볼트접합, 미끄러짐(Sliding) 등과 같은 조건 설정
- 부재 상호간 접합이 필요한 부분에 대해서는 강접합으로 설정하였으며, Linear guide의 경우 레일 위에 걸려있는 이동 클립이 이동(Sliding)할 수 있도록 부재 상호간(레일-클립) 마찰력을 줄여 거동에 방해되지 않도록 설정

⑤ 하중조건 설정

- 커튼월 모듈에 가해지는 하중은 실물 커튼월 시험 조건과 동일하게 1축(X축) 방향에 대하여 동적(Dynamic) 변위하중을 가하는 것으로 설정하였으며, 커튼월 프레임을 상하부의 Slab에 구속 후 하중 작용점을 상부 Slab로 설정하여 AAMA 501.6 지진파형에 따라 커튼월이 동적 거동할 수 있도록 설정

⑥ 경계조건(Boundary condition) 설정

- 바닥과 닿는 하부 Slab에 대하여 X, Y, Z축 방향에 대하여 축방향 변형 및 회전변형이 작용되지 않도록 3축 방향에 대하여 모두 구속함

⑦ 구조해석 결과도출

- 커튼월 모듈의 구조해석 결과를 통해 커튼월의 거동 및 응력분포 분석을 통한 취약부 도출

1.4.2 커튼월 구조해석 모델링

- 커튼월 모듈은 AutoCAD를 활용하여 3차원 Modeling을 수행하였으며, 기존 커튼월 모듈 및 본 연구개발 커튼월 모듈은 다음과 같은 구조로 Modeling 하였음.
- 기존 커튼월 모듈 및 3축 변위 대응 가능 이동형 커튼월 모듈 구조해석 모델링
- 기존 커튼월 모듈과 본 연구개발 커튼월 모듈에서 Linear guide 길이(50㎜, 100㎜, 150㎜))에 따른 구조적 성능을 비교하기 위한 것으로 외장재에 직접적으로 전달되는 응력의 분포와 이로 인한 취약부를 중점적으로 확인하기 위해 전체 프레임에서 하나의 프레임만 분리하여 동일한 차수의 한 프레임에 대하여 모델링을 수행함
- 해석모델에 사용된 부재: 알루미늄, PVC, 백업폼, 가스켓, 유리, Fastener, Linear guide, 콘크리트 슬라브
- 이동형 커튼월 프레임 상부는 Fastener에 용접 접합한 경사 Plate를 알루미늄 프레임에 볼트 접합하여 슬라브와 접합
- 변위 발생 시 외장재에 전달되는 횡축(X축) 및 종축(Y축) 변위를 제어할 수 있는 Linear guide를 외장재에 연결함. 이러한 장치는 지진 등에 의한 변위 발생 시 레일 위에서 이동클립이 유격(Sliding) 되면서 외장재에 가해지는 횡축 및 종축 방향의 응력을 흡수·분산시켜 외장재의 탈락 및 파손을 방지할 수 있도록 모델링

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

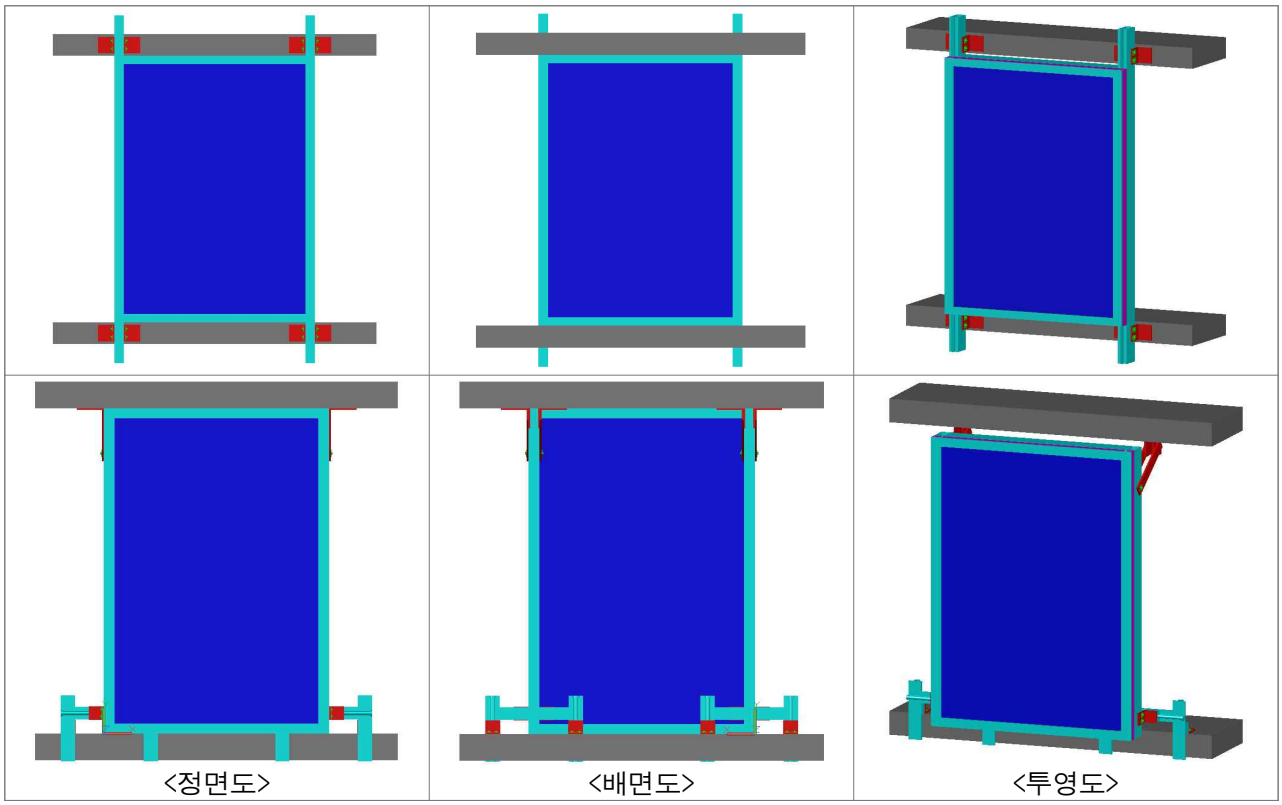
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 이때, Linear guide의 길이를 최소화하기 위하여 실대형 커튼월 모듈에 사용중인 150㎜에서 100㎜, 50㎜까지 Linear guide의 길이를 줄여 모델링을 수행함

[내진성능 비교용 기존 커튼월 모듈]



<정면도> <배면도> <투영도>

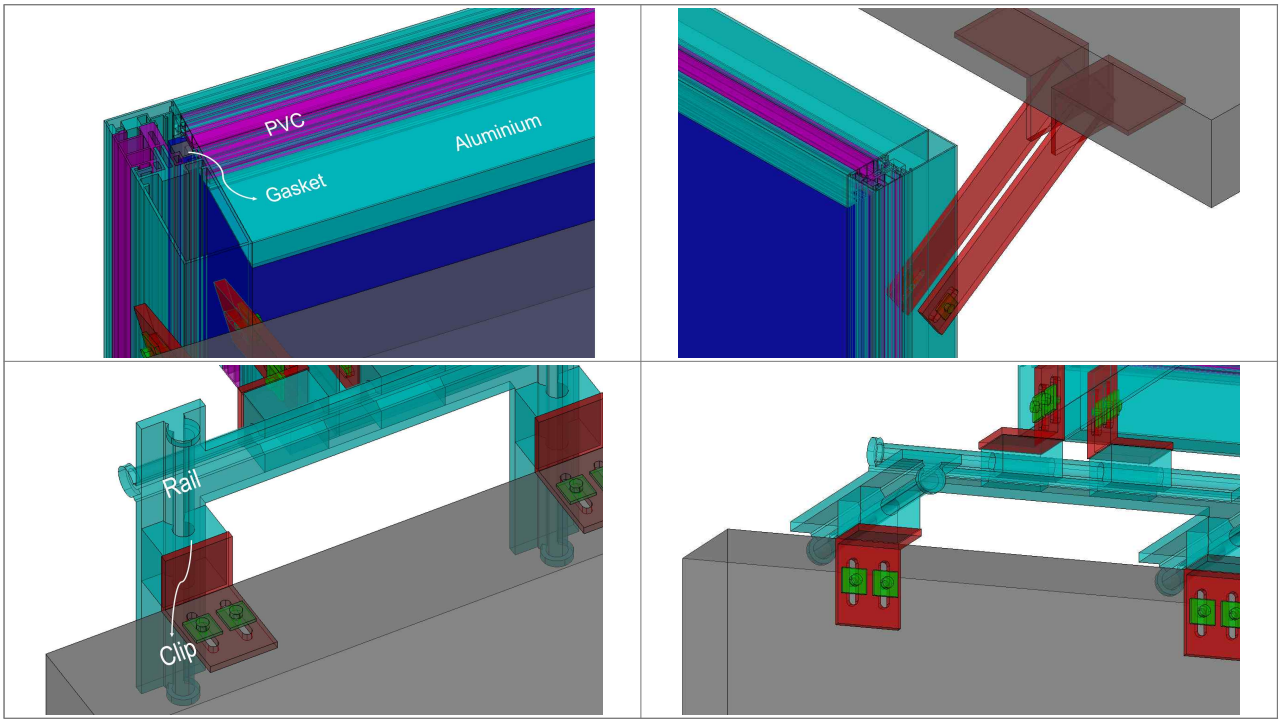
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

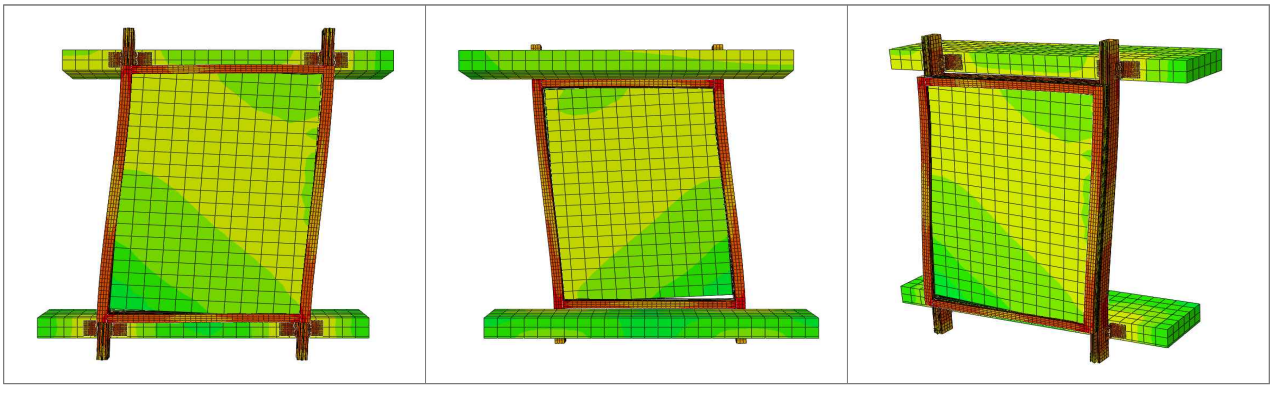
[본 연구개발 커튼월 시스템 주요 부재 및 연결부 상세도 (X-Ray View)]



1.4.3 기존 커튼월 모듈 구조해석 결과

- 기존 커튼월 모듈은 앞서 언급한 바와 같이 Pre-Fab 부재에 의해 일체화된 구조로 되어있기 때문에 구조물에 변형이 발생 시 전단변형 및 좌굴이 발생할 수 있음
- 이로 인해 커튼월에 발생되는 취약부에 응력이 집중되고 접합된 부재 상호간 이격이 발생하여 외장재의 파손 및 탈락이 발생할 수 있으며, 탈락된 부재가 추락하여 2차 피해의 원인이 됨
- 기존 커튼월 모듈은 볼트접합 방식에 의해 Fastener와 알루미늄 부재를 고정한 일체구조로 되어있으며, 실물실험과 동일하게 횡축(X축) 방향에 변위를 가하여 유한요소 해석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같음

[X축 방향 가력 시 기존 커튼월 변형도]



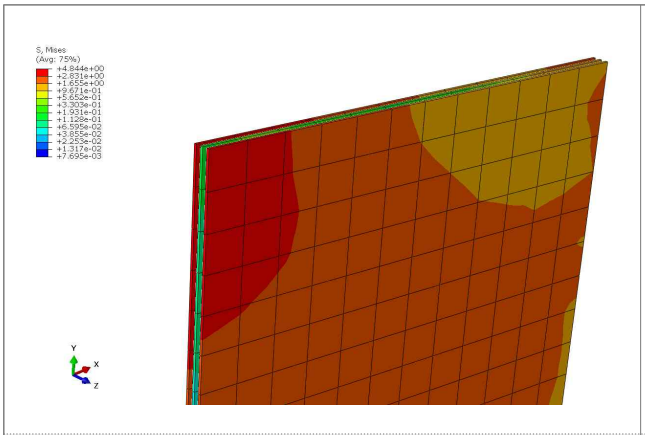
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

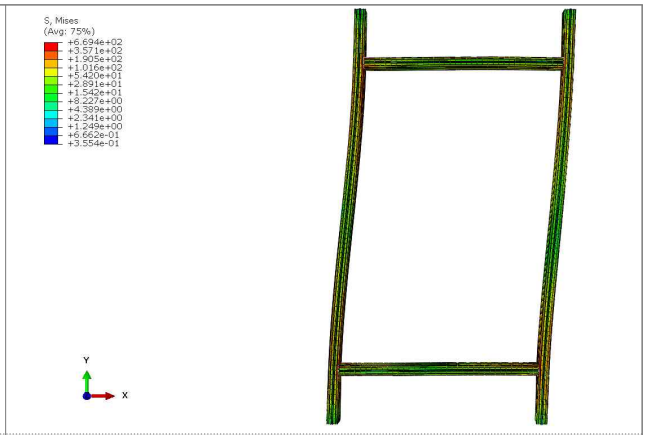
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

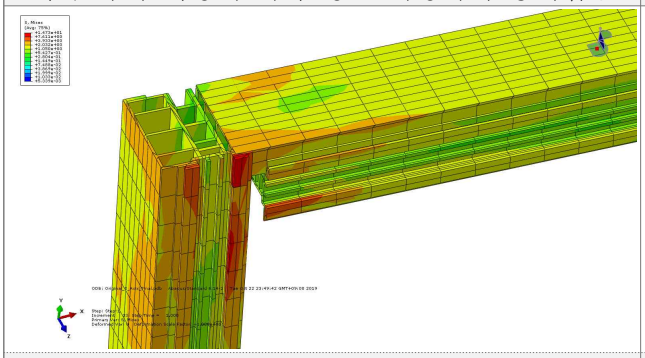
[커튼월 부위별 집중해석]



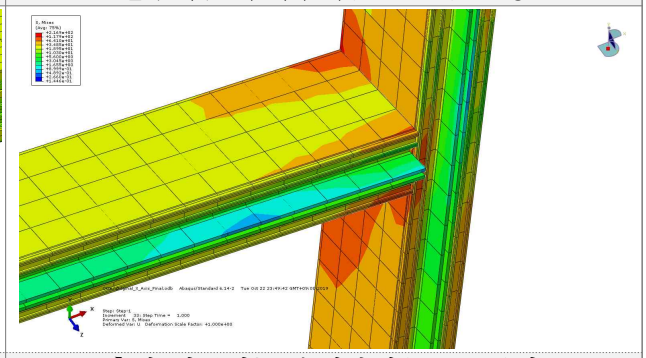
외곽 유리 외장재 좌측 상단 가장자리 응력집중



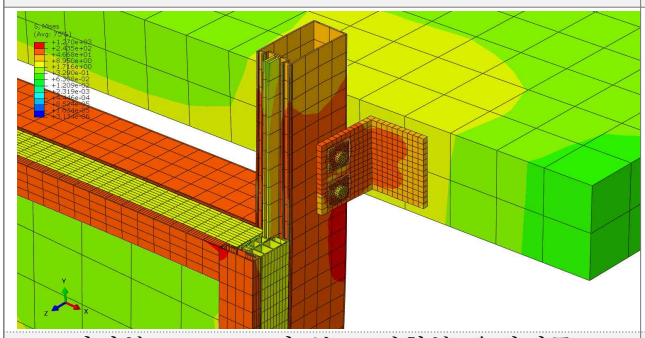
알루미늄 수직부재(Mullion) 변형



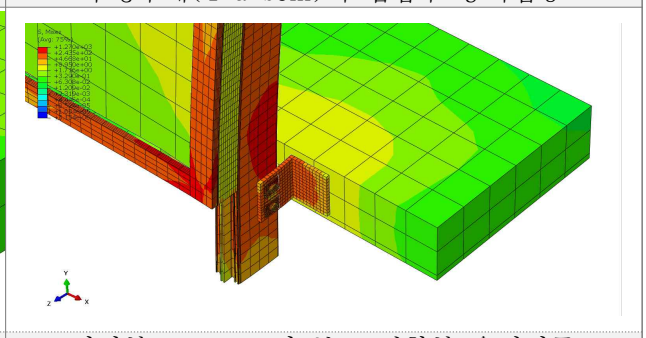
PVC 부재간 접합부 응력 집중



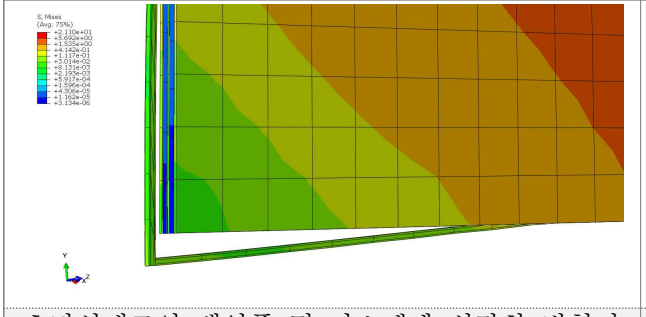
후면 알루미늄 수직부재(Mullion)와
수평부재(Transom)의 접합부 응력집중



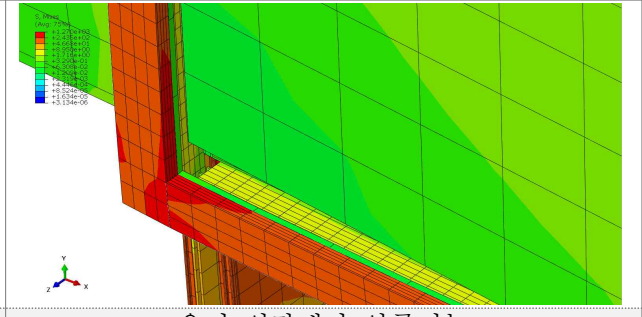
상단부 Fastener의 볼트 접합부 응력집중



하단부 Fastener의 볼트 접합부 응력집중



초탄성재료인 백업폼 및 가스켓에 심각한 변형이
발생함에 따라 유리 외장재 구속이 풀림



유리 외장재가 알루미늄
프레임으로부터 이격되어 벌어짐

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

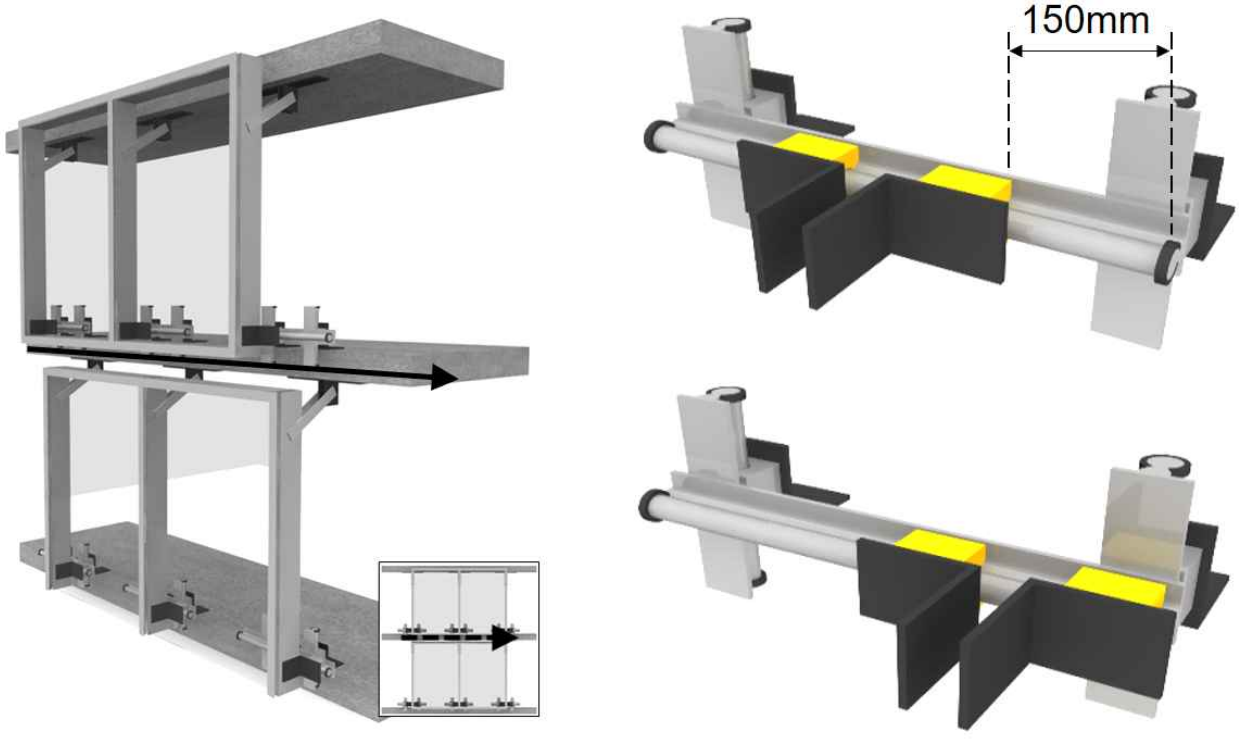
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 기존 커튼월의 유한요소 해석결과를 통해 발생되는 취약부를 살펴보면 전반적으로 유리 외장재를 둘러싼 수직부재(Mullion)와 수평부재(Transom) 상호 접합부 가장자리에서 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있으며, 응력이 집중됨에 따라 초탄성재료인 백업폼 및 가스켓이 응력에 저항할 수 있는 내력을 상실하여 큰 변형이 발생하고 국부적인 탈락으로 이어지는 것으로 확인되었으며, 특히 최대변위 150㎜에 도달하였을 때 유리 외장재가 프레임으로부터 탈락되어 분리되는 등 심각한 취약부를 나타내었음

1.4.4 내진 커튼월 모듈 구조해석 결과

- 이동형 커튼월 시스템 유한요소 해석을 통해 구조성능을 예측 및 평가하며, 구조해석 결과에 따른 내진성능 비교·분석을 통해 기존 커튼월 시스템에서 발생되는 문제점이 Linear guide 장치 및 층간 분리형 구조를 적용함으로써 3축(X, Y, Z축) 방향에 대한 변위에 대응하여 기존 커튼월 시스템에서 발견된 취약부를 보완할 수 있는지 여부를 확인하고자 함
- 횡축(X축) 방향에 대하여 AAMA 501.6 지진파형을 입력하여 동적(Dynamic) 변위를 가하여 유한요소 해석을 수행하였음
- Linear guide의 길이를 최소화하기 위하여 실대형 커튼월 모듈의 기본형태인 150㎜를 기준으로 100㎜, 50㎜로 Linear guide의 길이를 줄인 모델을 적용하였을 때 AAMA 501.6 동적 변위 인가 시 변위 흡수 구간의 범위가 줄어드는 것에 따른 커튼월의 거동과 내진성능을 비교하였으며, 각 길이에 따른 유한요소 해석 결과는 다음과 같음



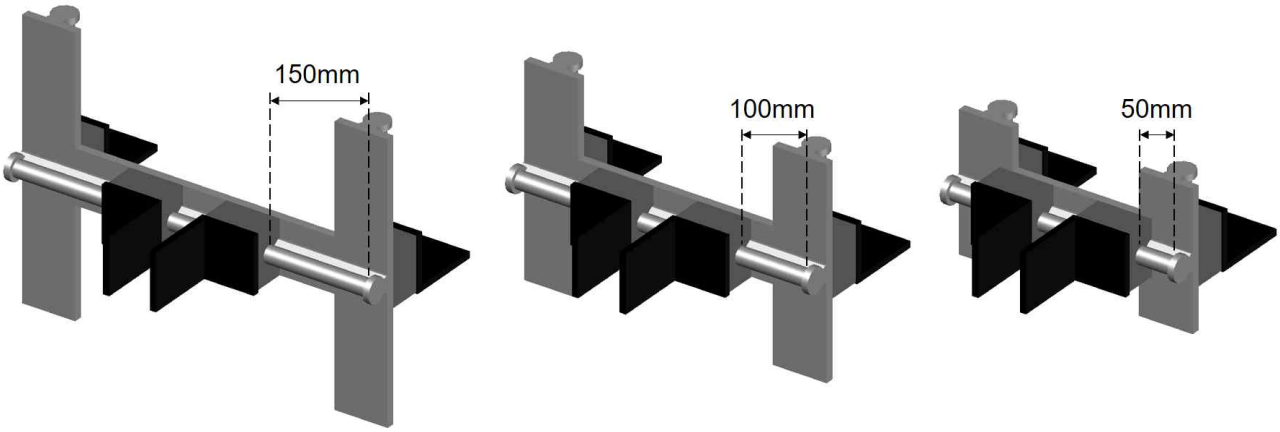
[본 연구개발 내진 커튼월 및 Fastener 기본 형태]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

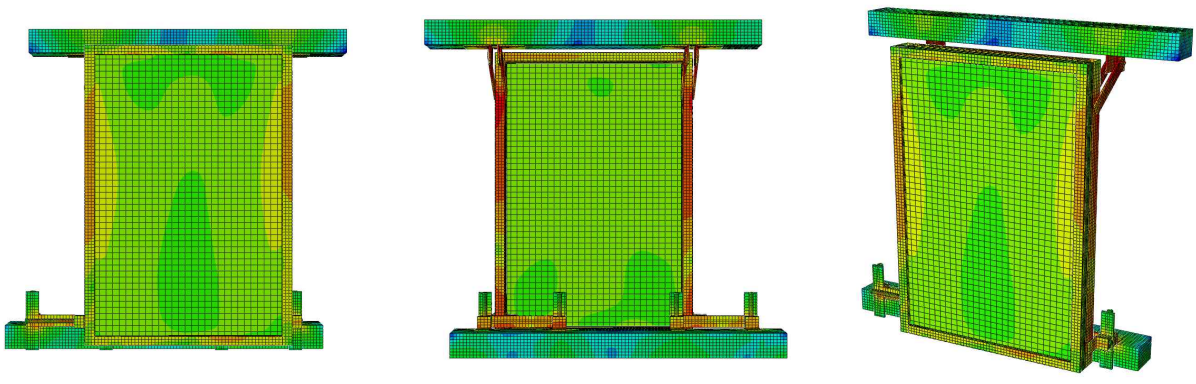


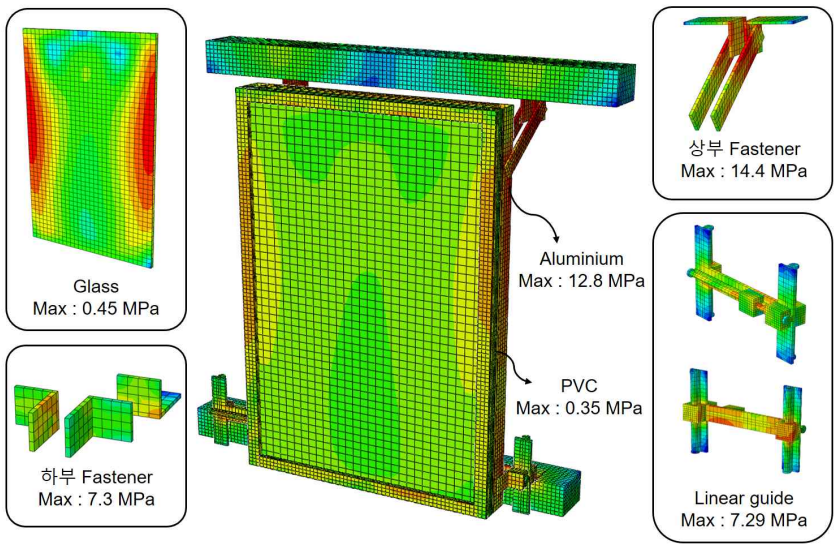
[Fastener 길이별 해석모델]

▪ Fastener 양단 길이에 따른 이동형 커튼월 모듈의 부재별 응력분포

① Fastener 양단 길이 150㎜

표 9. 내진커튼월 변형도(150mm)

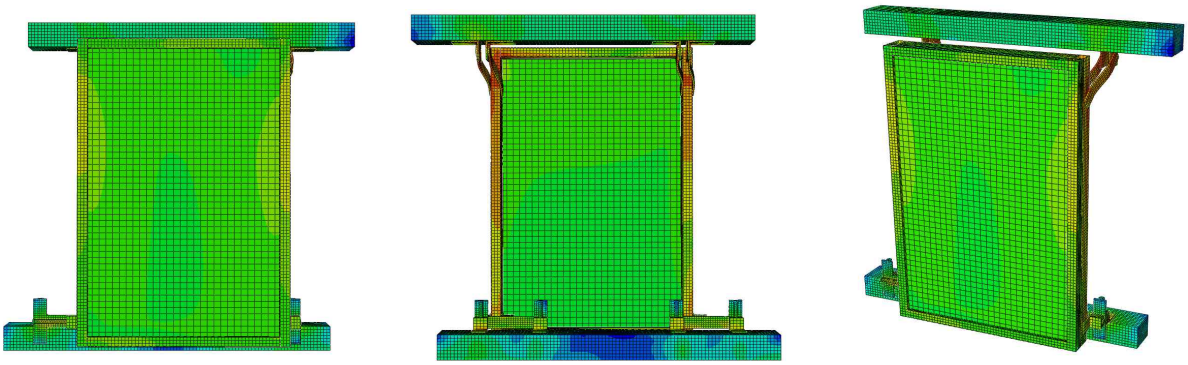


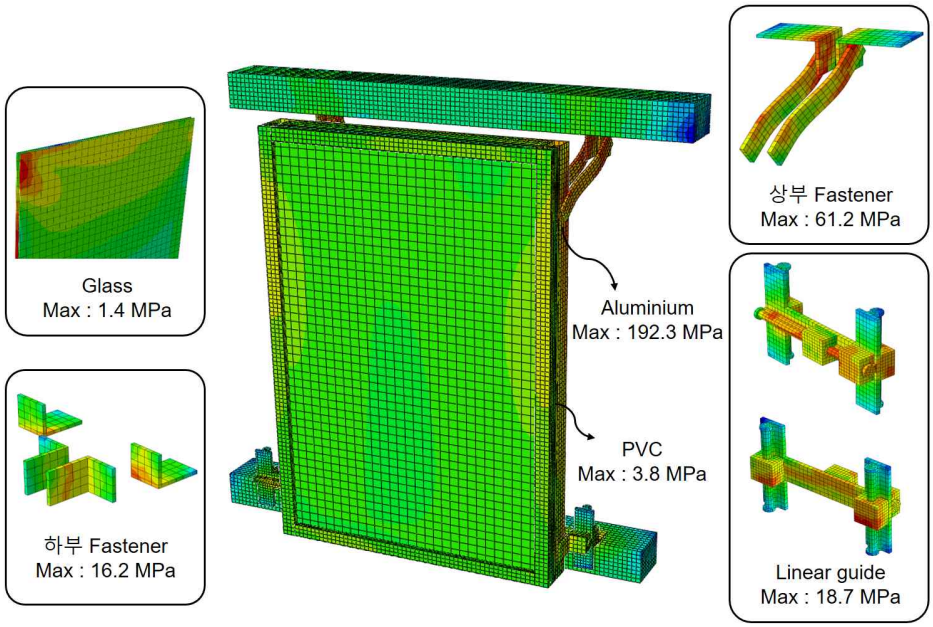


[각 부재에 적용되는 응력분포 : Fastener 양단 길이 150㎜]

② Linear guide 길이 100㎜

[내진커튼월 변형도(100mm)]



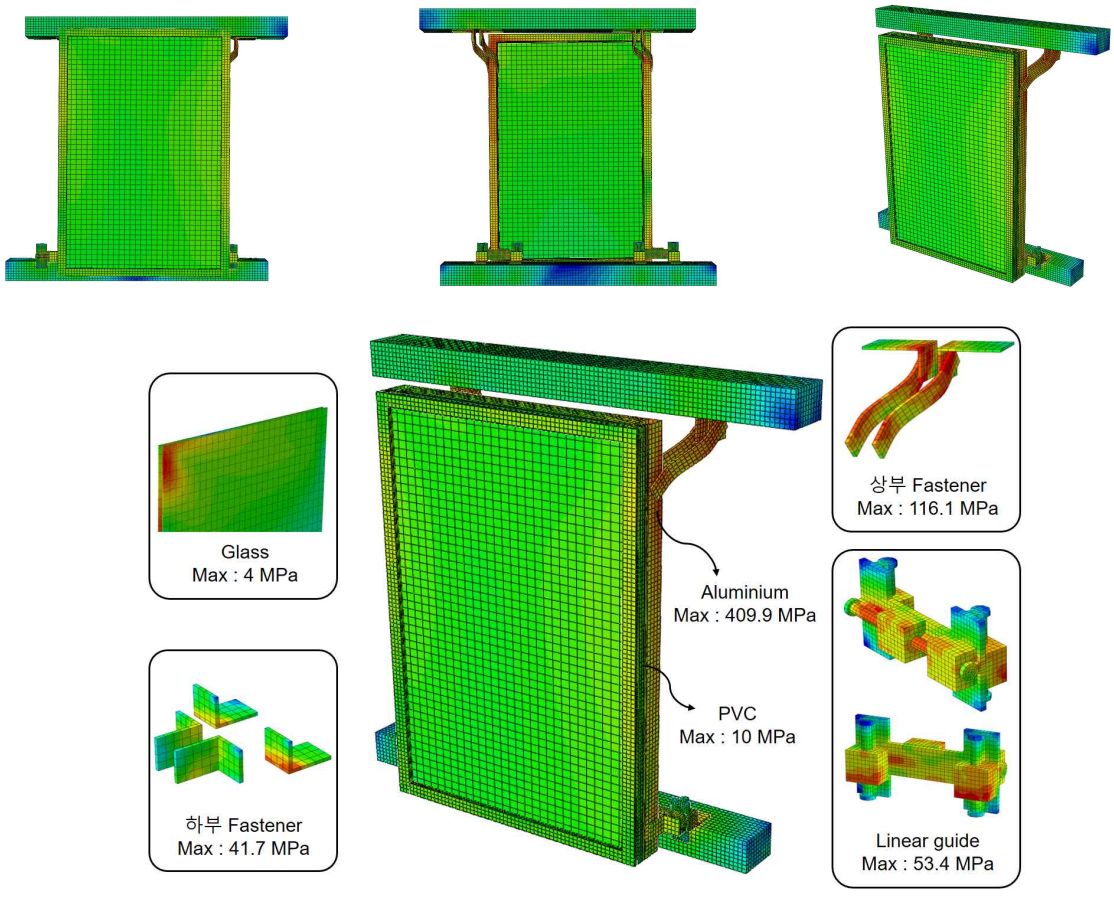


[각 부재에 적용되는 응력분포 : Fastener 양단 길이 100㎜]

수행 과정 및 수행 내용

③ Linear guide 길이 50㎜

[내진커튼월 변형도(150mm)]



[각 부재에 적용되는 응력분포 : Fastener 양단 길이 50㎜]

- 이동형 커튼월의 X축 방향에 대하여 AAMA 501.6 동적변위 인가 시 Linear guide 길이에 따른 외장재의 변형도 및 Von Mises 응력분포를 비교한 결과는 그림 9~13과 같으며, 각 부재에 발생되는 최대 응력과 최대 응력 발생지점을 정리하여 표 1에 나타내었음
- 동적 변위 인가 시 전반적으로 Linear guide의 이동 클립이 레일에서 가력 방향을 따라 이동함에 따라 변위를 제어하여 외장재에 가해지는 응력을 흡수 및 분산시키기 때문에 기존 커튼월과 비교 시 커튼월이 받는 응력이 확연히 줄어드는 것을 확인할 수 있음
- AAMA 501.6 동적 지진파에 따라 좌우로 반복적인 변위가 가해지지만 Linear guide를 적용한 변위 제어를 통해 외장재에 전달되는 응력을 흡수하여 흘려보내는 방식으로 동적 지진파에 대하여 내진 성능이 충분히 확보 가능하다는 것을 유한요소 해석 결과를 통해 확인하였음
- 동적 변위 인가 시 각 부재에 분포되는 응력을 살펴보면, 전반적으로 알루미늄 수직재(Mullion)가 받는 응력이 가장 큰 것으로 나타났으며 이동클립이 레일을 통해 변위를 흡수함에 따라 유리 외장재에 전달되는 응력에 의한 파손은 발생되지 않는 것으로 확인되었음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

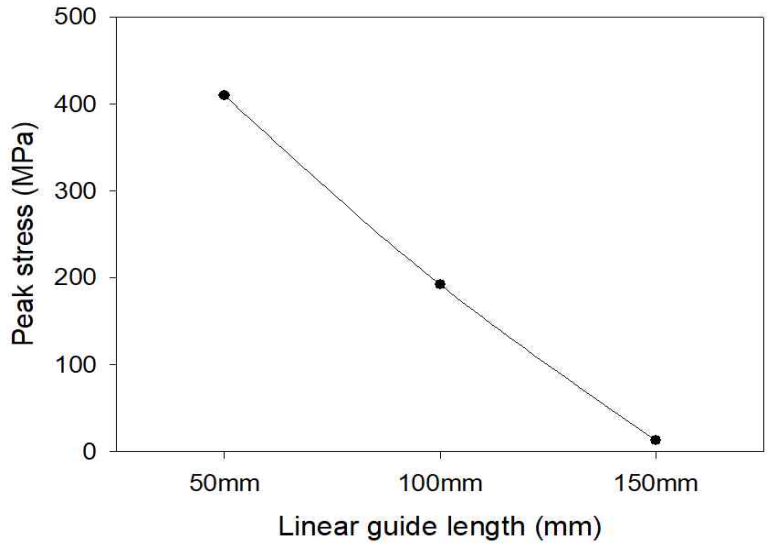
수행 과정 및 수행 내용

- Linear guide 길이 변화에 따른 결과를 살펴보면, 전체적으로 각 부재의 부분 탈락 및 파손은 발견되지 않았으며 150㎜를 기준으로 100㎜, 50㎜로 변위 흡수 구간이 감소함에 따라 커튼월에 가해지는 응력이 점진적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었음
- 이때 변위 흡수 구간 길이 감소에 따라 응력은 선형적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 이를 그림 14에 나타내었음

[각 부재에 적용되는 최대 응력 및 최대 응력 발생지점]

Linear guide 길이 (㎜)	최대 응력 (MPa)				
	Aluminium	PVC	Fastener	Linear guide	Glass
50	409.9	10	116.1	53.4	4
100	192.3	3.8	61.2	18.7	1.4
150	12.8	0.35	14.4	7.29	0.45

- 이상의 해석 결과에 따른 커튼월의 거동과 응력분포 분석을 통해 동적 지진파 발생 시 이동형 커튼월을 적용함으로써 기존 커튼월의 문제점을 완벽히 보완하여 구조적 안정성을 확보할 수 있는 것으로 확인되었음
- 다만, Linear guide의 길이를 50㎜까지 줄였을 경우 유리 외장재에 파손이 발생하지는 않았지만 변위가 커짐에 따라 상부 Fastener에 변형이 발생 되었으며, 이에 대한 보강이 필요할 것으로 판단됨
- 건축물 내진설계기준 상 커튼월이 수용해야할 상대변위는 $1.25D_PI_E$로 내진(특)등급의 허용층간변위 $D_P = 0.010h_x$, 중요도계수 $I_E = 1.5$ 임에 따라 층고의 1.875% 수준을 견디면 됨
- 이에 따라 층고 4,000 mm를 기준으로 75mm 변위를 견디면 됨으로, 50mm 이하의 Fastener로 상용화가 가능할 것으로 판단됨



[Fastener 길이 변화에 따라 커튼월이 받는 최대응력]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[기존 커튼월과 내진 커튼월의 해석결과 비교]

커튼월 Type	최대 응력 (MPa)	최대 응력 발생지점
기존 커튼월	1,270	대각선 방향의 가장자리 알루미늄과 접합되는 Fastener
이동형 커튼월 (Linear guide 50㎜)	409.9	상부 Fastener와 알루미늄 수직재(Mullion)의 접합부
이동형 커튼월 (Linear guide 100㎜)	192.3	
이동형 커튼월 (Linear guide 150㎜)	12.8	

- 동적 지진파 인가 후 기존 커튼월과 이동형 커튼월에 대한 유한요소 해석 결과 비교 시 이동형 커튼월이 받는 응력이 확연히 줄어든 것을 확인할 수 있음
- 이는 동적 변위 인가 시 기존 커튼월 모델의 경우 일체화된 구조를 갖기 때문에 반복적으로 가해지는 변위하중에 대하여 저항하지 못하고 그대로 외장재에 응력을 전달하게 되어 변위량이 증가함에 따라 점진적으로 응력이 커지는 것으로 나타남

2. 동적 지진파 대응 가능한 고단열 커튼월 시스템 시작품 개발

2.1 2차원 열전달 해석을 통한 내진 고단열 커튼월 설계안 도출

○ 커튼월 열전달 해석 개요
- 본 분석은 열전달 해석을 통한 커튼월 특정 부위의 단열 및 결로 성능을 파악하기 위함임
- 유리 사양 : 42mm 로이 복층유리 (6mm SKN154Ⅱ Low-e glass + 12mm Argon + 6mm Clear + 12mm Argon + 6mm SKN154Ⅱ Low-e glass)
- 시뮬레이션 조건 : KS F 2278 조건
- 유리 원판 제조사 : 한국유리공업

○ 시뮬레이션 환경 조건
- 저온측 온도(외부) : 0℃
- 항온(고온)측 온도(실내) : 20℃
- 상대습도 : 50%
- 분석 프로그램 : LBNL Window 7.4 / LBNL Therm 7.4

○ 고단열 커튼월 프레임 설계안
- 단열성능 목표 : 1.0W/m²K 이하
- 열교차단(Thermal-Break)을 위해 PVC 소재 Plate 적용
- 실내외 전도열손실 차단을 위해 Polyurethan 소재를 활용한 열교차단
- 유리 부분의 단열성능 향상을 위한 합성수지 소재 간봉(Spacer) 적용

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

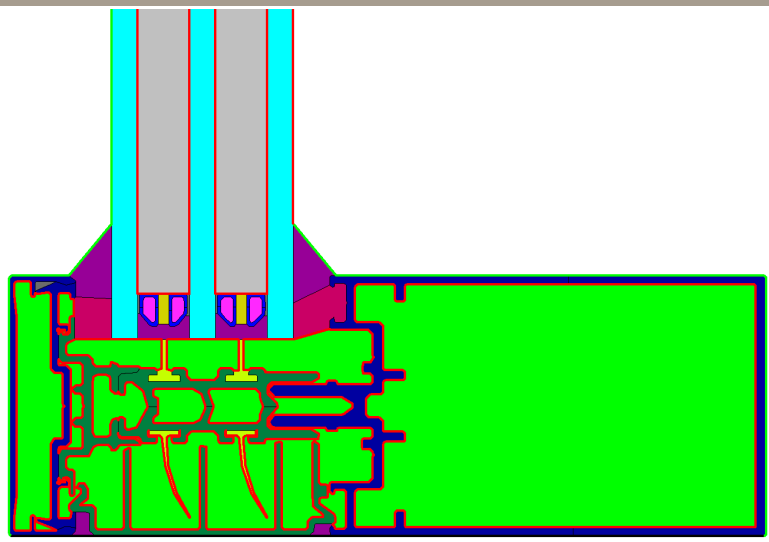
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[고단열 커튼월 프레임 설계안 및 해석모델]

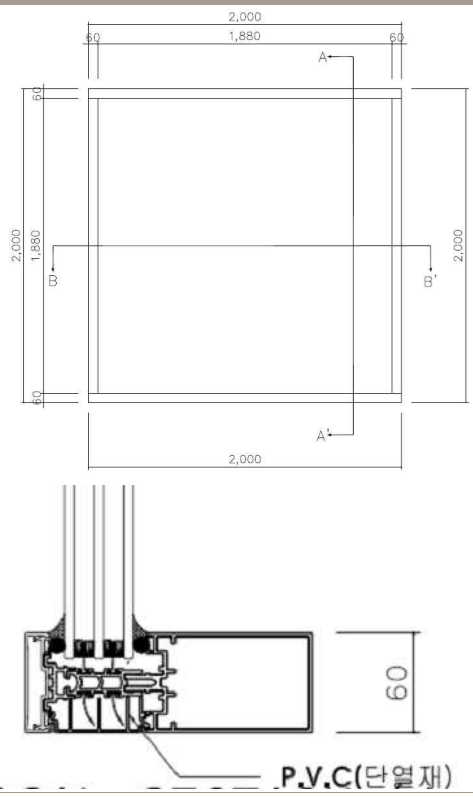
고단열 커튼월 프레임 설계안 및 해석모델(성능 목표 : 1.0W/m² K)



○ 커튼월 열전달 해석을 위한 도면 및 표면열전달계수

- 커튼월 창세트 크기 : 2,000mm × 2,000mm, 규격 : KS F 2278 기준 준용
- 실내측 표면열전달계수 : 9.090W/m²K , 실외측 표면열전달계수 : 20.000W/m²K

2차원 열전달 해석을 위한 도면



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

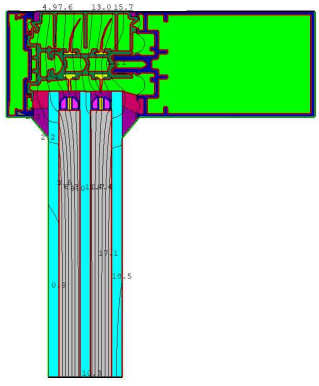
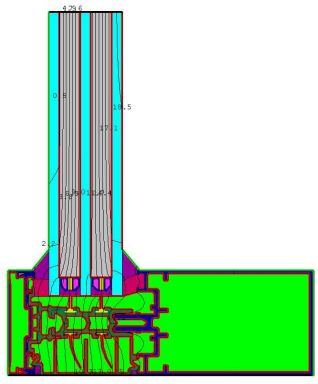
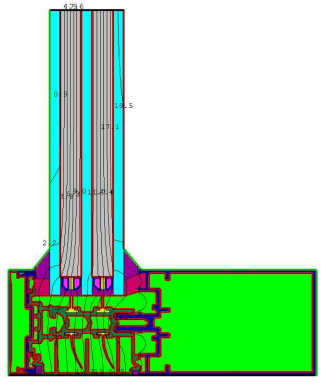
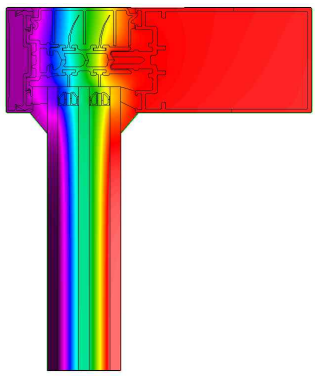
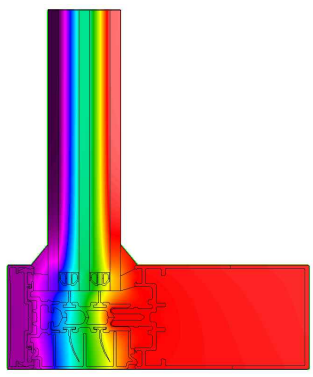
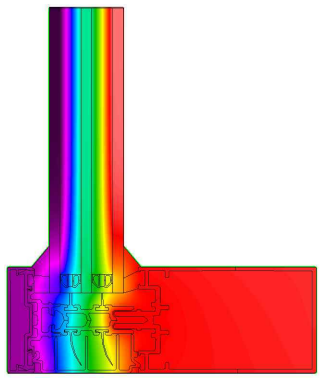
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 커튼월 프레임 열전달 해석 결과
- 커튼월 창세트 크기 : 2,000mm × 2,000mm
- 규격 : KS F 2278 기준 준용
- 실내측 표면열전달계수 : 9.090W/m²K
- 실외측 표면열전달계수 : 20.000W/m²K

[커튼월 열전달 해석 결과]

	Head	Jamb	Sill
Isotherms			
Color Infrared			
Frame U-Factor	2.6367 W/m² K	2.6192 W/m² K	2.6267 W/m² K
Edge U-Factor	0.9584 W/m² K	0.9511 W/m² K	0.9513 W/m² K

○ 삼중유리 열전달 해석 결과
- 유리 사양 : 42mm 로이 복층유리
- 6mm SKN154ⅡLow-e glass : IDGB No. 6974
- 6mm Clear : IGDB No. 6957

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

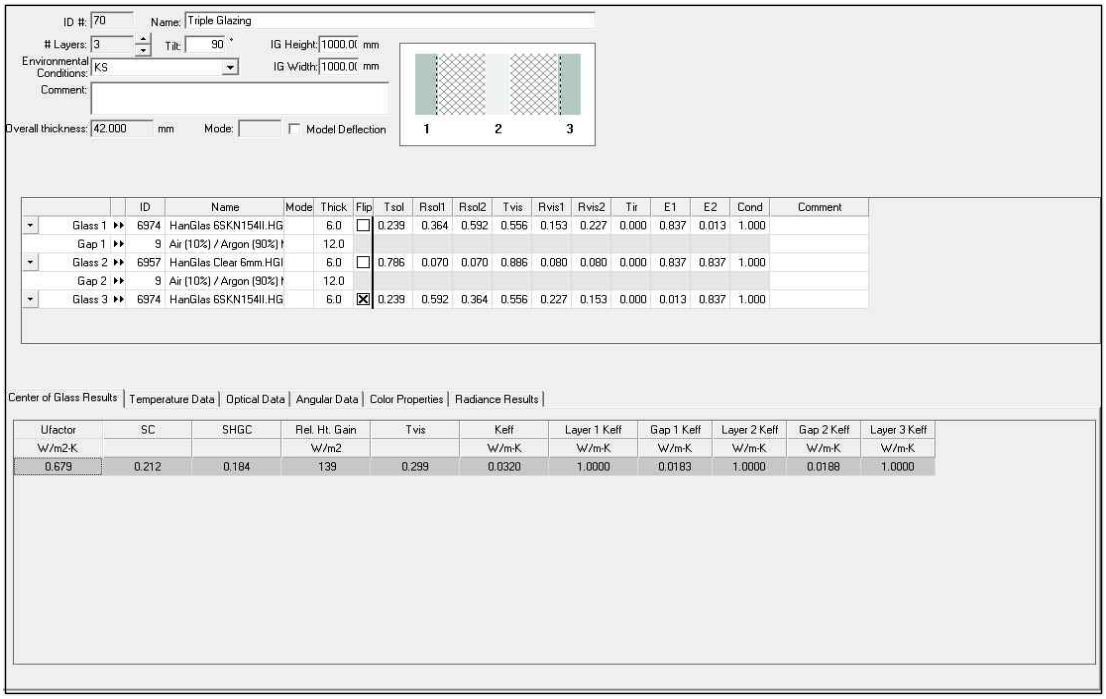
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[삼중유리 열전달 해석 결과]

U-Factor	SHGC	Tvis
0.679 W/m² K	0.184	0.299



[삼중유리 열전달 해석 결과(Window 7.4 프로그램)]

○ 커튼월 열전달 해석 결과

- 예상 열관류율 : 0.980 W/m²K
- 커튼월 열전달 해석결과 0.980 W/m²K으로 3차년도 목표 1.0 W/m²K 이하 달성 가능

[커튼월 열전달 해석 결과]

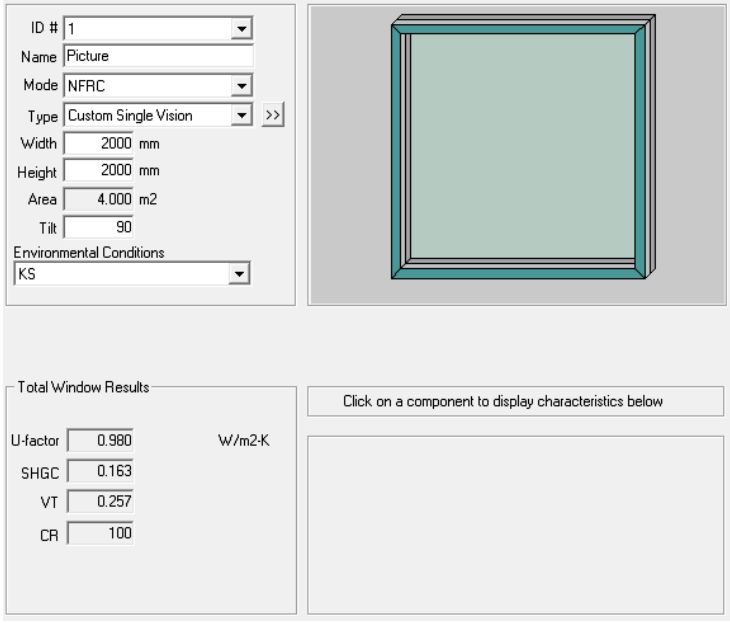
U-Factor	SHGC	Tvis
0.980 W/m² K	0.163	0.257

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

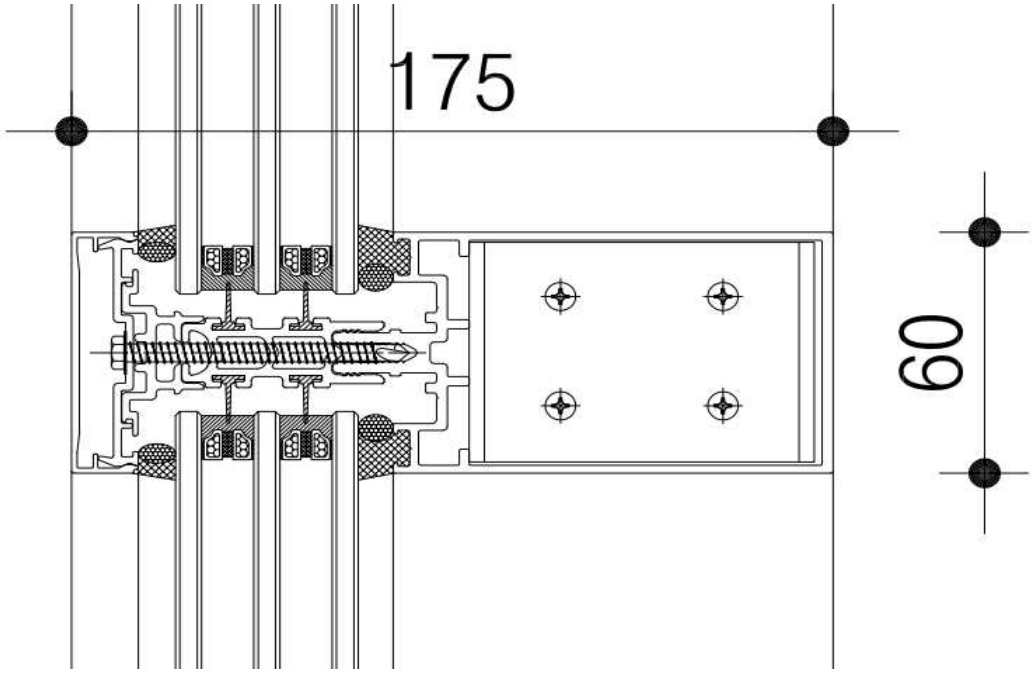
수행 과정 및 수행 내용



[커튼월 열전달 해석 결과(Window 7.4 프로그램)]

2.2 동적 내진성능 확보 가능한 고단열 커튼월 최종 설계안 도출

- 구조해석 및 2차원 열전달 해석을 통하여 아래와 같이 최종 설계안 도출



[내진 커튼월 단면 상세도]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

2.3 동적 내진성능 확보 가능한 고단열 커튼월 시작품 개발

- 내진 Fastener 적용 및 고단열 커튼월 프레임이 적용된 내진 커튼월 시작품 개발 완료
- 내진 Fastener 시작품 개발 완료



[내진 커튼월 시작품 및 동적 내진성능 시험 장비 설치]



[내진 Fastener 시작품]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

3. 동적 지진파 대응 가능한 고단열 커튼월 시스템 성능평가

3.1 동적 내진성능시험 장비 및 모니터링 조건 확보

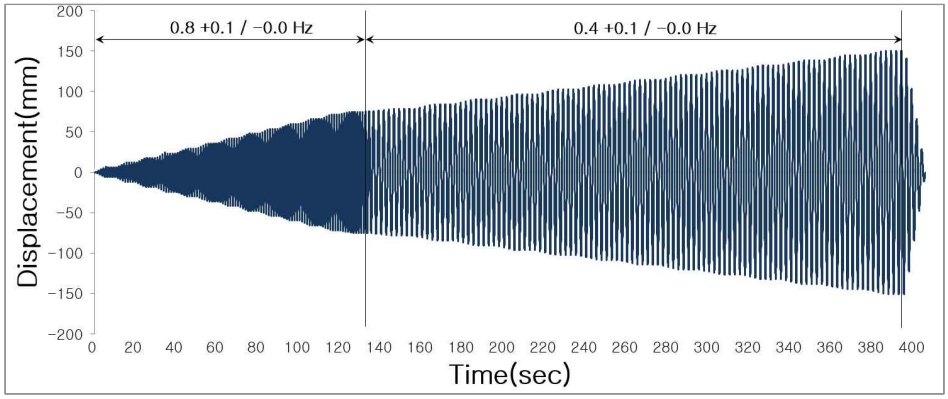
- 기상청에 따르면 국내 지진 발생의 빈도는 점차 증가 추세 경향, 최근 2016년부터 급격하게 증가, 한해 200회 이상 지진 발생
- 국내 규모 가장 큰 지진은 2016년 9월 경주 5.8 규모, 두 번째는 2017년 11월 포항 5.4 규모로 강진이 자주 발생하고 있음
- 건축구조기준(2016)은 2019년 3월 개정되면서 건물 비구조 요소에 대한 내진설계기준을 마련하였음
- 본 시스템은 건물 비구조 내외장재에 적용하는 커튼월, 창호, 외장재 등의 내진성능평가 시험을 수행하기 위한 장비
- AAMA 501.6-18 표준을 만족하는 시험평가가 가능함



[동적(Dynamic) 내진성능 시험 장비]

- 여기서, AAMA 501.6-18 규격의 정식명칭은 Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from a Wall System 로 1축 동적 시험으로 정의되어 있지만, 구축하고자 하는 장비는 AAMA 501.6-18 규격에 의해 3축

(x, y, z)으로 지진파와 유사한 변위를 가할 수 있음



[AAMA 501.6 표준에 따른 동적 지진파형]

- 동적(Dynamic) 지진 대응 성능평가가 가능하여야 함. 또한 ISO/TC 162(Draft N0343) 규격을 만족해야하며, 이는 3축(x, y, z)으로 정적(Static) 층간변위 저항 성능을 평가할 수 있음
- 정적(Static) 및 동적(Dynamic) 내진성능 시험장비와 융합되어 내진성능 시험 평가가 가능한 주요 철골 구조물임
- 주요 철골구조물은 아래 그림과 유사한 형태로 외장재 장착 부위의 크기는 가로 5m, 높이 10m로 구성되며, 내진성능평가를 하기에 진동 및 변형, 하중 측면에서 구조적으로 안정된 구조물
- 외장재 장착부는 그림과 같이 3개의 가로바 형태로 이뤄지며, 상단부, 중간부, 하단부로 나뉘고, 상단부와 중간부는 상하이송이 가능
- 변형 인가부 및 제어 시스템은 본 시스템에서 가장 중요한 부분으로, 지진파 모사가 가능
- AAMA 501.06-18 표준에 기술된 시험 수행이 가능하고 아래 그림과 같이 모니터링 시스템 구축을 완료 하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용			
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도
연구 내용	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발		79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발		99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가		105p

수행 과정 및 수행 내용



[동적 내진성능시험 모니터링 시스템]

3.2 실대형 동적 지진파 대응 가능 내진커튼월 동적 내진성능평가

3.2.1 기존 커튼월 시스템 동적 내진성능평가

○ 동적 내진성능평가 개요

- 기존 커튼월에 대한 동적 내진성능평가를 수행하였음
- 동적내진성능평가는 AAMA 501.6-18(Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems) 표준에 따라 수행하였음
- 아래 표 및 그림은 동적 내진성능 실험 환경 조건 및 시료 사진을 나타내고 있음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

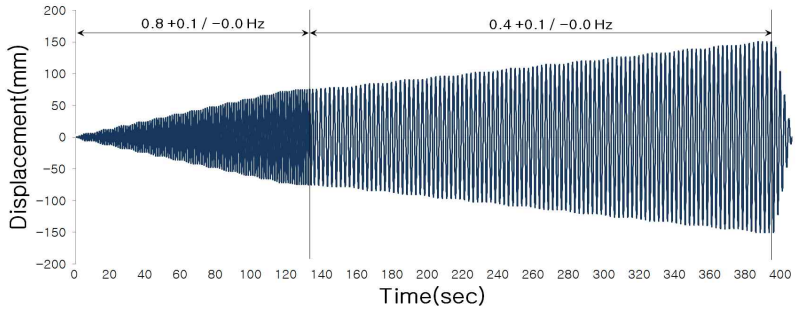
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[동적내진성능시험 환경 및 시험방법]

실험일자	2020.07.03	실험 시 환경	온도 : (25.5 ± 0.5) ℃ 습도 : (57.3 ± 2.0) % R.H. 기압 : (1008.5 ± 1.0) hPa

변위-시간 기록



기존 커튼월 시료사진



- 동적 내진성능평가를 수행한 시료의 사양은 아래와 같으며, 4,005mm × 4,200mm 크기의 커튼월을 4m 층고 기준으로 실험을 진행하였음
- 프레임은 60mm × 175mm의 알루미늄 바를 사용하였고, 열교차단재는 PVC 소재를 사용하였음
- 최대 유리크기는 1,279 mm × 1 449 mm 이고, 유리 물림깊이는 12.0mm, Clearance는 9.5mm의 시료를 사용하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

[동적 내진성능평가를 진행한 시료의 사양]

시료명/모델명			기존 커튼월			
시료 크기	시료크기		4 000 mm(W) x 4 200 mm(H)			
	환기창		-			
층고			4 000 mm			
Frame	수직재(높이x폭)		(60 mm x 195 mm) Aluminum Extruded Bar			
	수평재(높이x폭)		(60 mm x 195 mm) Aluminum Extruded Bar			
	Thermal Break		PVC - 수직재 및 수평재			
유리 사양	유리 두께 및 일반 사양		42 mm Triple Glass (*6Low-e(SKN154II) + 12Ar + 6Clear + 12Ar + *6Low-e(SKN154II))			
	강화 유리 사양		*6Low-e(SKN154II) - 반강화 제품			
	접합 유리 사양		없음			
	유리 크기	a	959 mm (b_p) x 1 453 mm (h_p)			
		b	959 mm (b_p) x 738 mm (h_p)			
	Gasket		없음			
	Sealant		외부 : Weather Sealant / 내부 : Structural Sealant			
물림깊이 및 간격	유리 물림깊이 (Glass Bite)		좌우	17.0 mm		Cap type
			상하	14.0 mm		Cap type
	구분			유리크기(mm)	프레임 내경(mm)	clearance
	유리-프레임 간격 (Clearance)	Fix	c_1(좌우)	959	968	4.5 mm
			c_2(상하)	1 453	1 467	7.0 mm
		Casement	c_1(좌우)	959	968	4.5 mm
			c_2(상하)	738	752	7.0 mm
AL. Sleeve of Expansion Joint			없음			
앵커부 (Anchor Part)	스틸 앵커		시료 도면 및 사진 참조			
	간격		시료 도면 참조			
Finish	AL. Bar		Powder Coat			
	Steel Anchor		Hot Dip Galv			

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

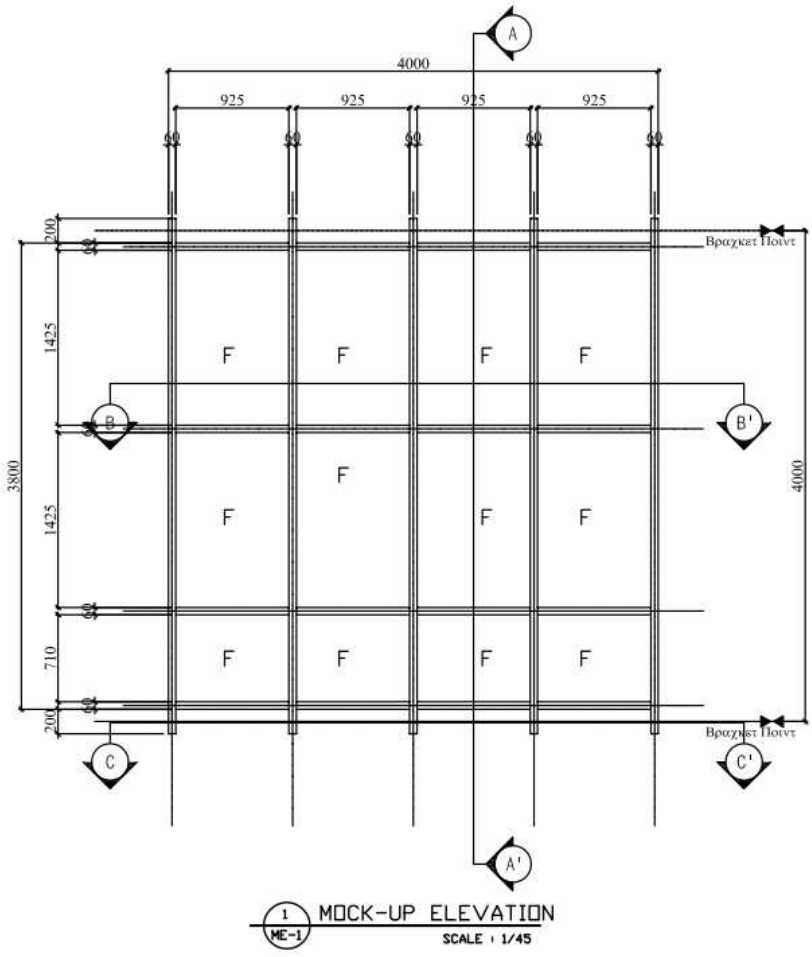
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

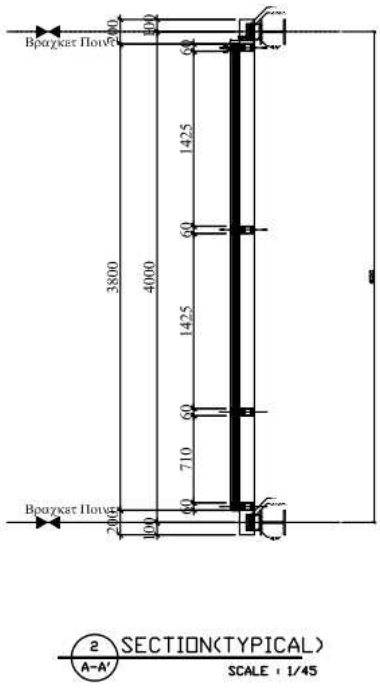
연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

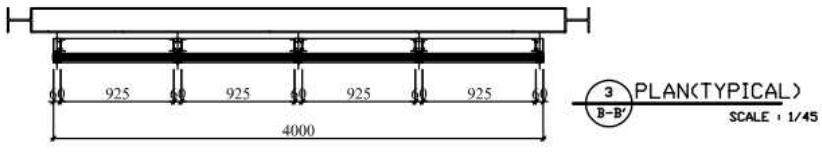
수행 과정 및 수행 내용

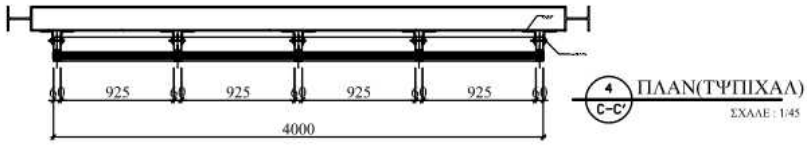
○ 동적 내진성능평가 시료 도면

- 동적 내진성능평가를 수행한 시료의 도면은 아래와 같음
- 아래 그림은 실험을 동적내진성능 진행한 시료의 입면도 및 단면도를 나타내고 있음









연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 동적 내진성능평가 시료 설치과정



<커튼월 화스너 형태 및 치수 확인>



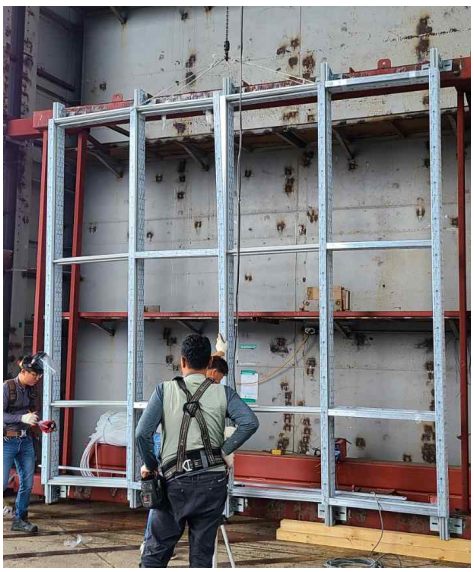
<커튼월 프레임 자재 입고>



<커튼월 알루미늄 프레임 단면 확인>



<커튼월 알루미늄 프레임 단면 확인>



<커튼월 프레임 시공>



<유리 설치 완료>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 동적 내진성능평가 결과

- AAMA 501.6-18 표준에 따라 75mm 까지는 0.8Hz, 150mm 까지 0.4Hz 로 진동을 가하고, 6mm 간격으로 4Cycle 씩 점차 변위량을 증가시키며 실험을 진행하였음
- 시험 결과 150mm(층고대비 백분율 3.75%)까지 실리콘 크랙, 프레임 파손, 유리 크랙, 유리 탈락 등의 문제가 전혀 발생하지 않음을 확인 할 수 있었음



<42mm(1.11%) 변위에서 실리콘 크랙 발생 >



<60mm(1.58%) 변위에서 유리 크랙 발생>



<커튼월 프레임 결합부 벌어짐 발생>



<커튼월 프레임 결합부 벌어짐 발생>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용



<90mm(2.37%) 변위에서 유리 크랙 및 탈락 발생 >



<90mm(2.37%) 변위에서 유리 크랙 및 탈락 발생 >



<90mm(2.37%) 변위에서 유리 크랙 및 탈락 발생 >



<90mm(2.37%) 변위에서 유리 크랙 및 탈락 발생 >

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

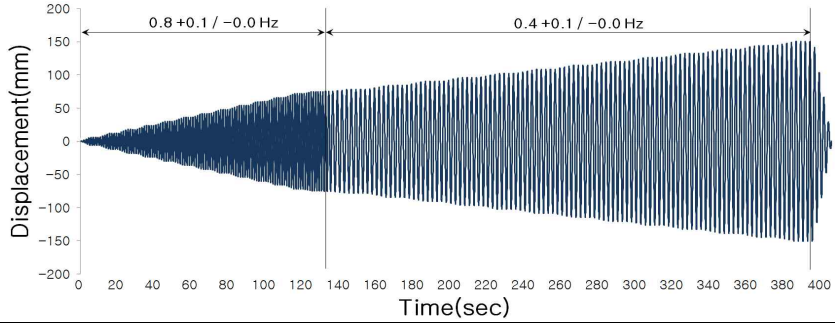
수행 과정 및 수행 내용

3.2.1 내진 커튼월 시스템 동적 내진성능평가

○ 동적 내진성능평가 개요

- 본 사업을 통해 개발된 내진 Fastener가 적용된 커튼월에 대한 동적 내진성능평가를 수행하였음
- 동적내진성능평가는 AAMA 501.6-18(Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems) 표준에 따라 수행하였음
- 아래 표 및 그림은 동적 내진성능 실험 환경 조건 및 시료 사진을 나타내고 있음

[동적내진성능시험 환경 및 시험방법]

실험일자	2020.09.07	실험 시 환경	온도 : (22.6 ± 0.5) ℃ 습도 : (93.9 ± 2.0) % R.H. 기압 : (988.1 ± 1.0) hPa
변위-시간 기록			
내진커튼월 시료사진			

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 동적 내진성능평가를 수행한 시료의 사양은 아래와 같으며, 4,005mm × 4,200mm 크기의 커튼월을 4m 층고 기준으로 실험을 진행하였음
- 프레임은 60mm × 175mm의 알루미늄 바를 사용하였고, 열교차단재는 PVC 소재를 사용하였음
- 최대 유리크기는 1,279 mm × 1 449 mm 이고, 유리 물림깊이는 12.0mm, Clearance는 9.5mm의 시료를 사용하였음

[동적 내진성능평가를 진행한 시료의 사양]

시료명/모델명			SC-175CW			
시료 크기	시료크기		4 005 mm(W) x 4 200 mm(H)			
	환기창		-			
층고			4 000 mm			
Frame	수직재(높이x폭)		(60 mm x 175 mm) Aluminum Extruded Bar			
	수평재(높이x폭)		(60 mm x 175 mm) Aluminum Extruded Bar			
	Thermal Break		PVC - 수직재 및 수평재			
유리 사양	유리 두께 및 일반 사양		42 mm Triple Glass (*6Low-e(SKN154II) + 12Ar + 6Clear + 12Ar + *6Low-e(SKN154II))			
	강화 유리 사양		*6Low-e(SKN154II) - 반강화 제품			
	접합 유리 사양		없음			
	유리 크기	a	1 279 mm (b_p) x 1 449 mm (h_p)			
		b	1 279 mm (b_p) x 734 mm (h_p)			
	Gasket		없음			
	Sealant		외부 : Weather Sealant / 내부 : Structural Sealant			
물림깊이 및 간격	유리 물림깊이 (Glass Bite)		좌우	12.0 mm		Cap type
			상하	12.0 mm		Cap type
	구분			유리크기(mm)	프레임 내경(mm)	clearance
	유리-프레임 간격 (Clearance)	Fix	c_1(좌우)	1 279	1 298	9.5 mm
			c_2(상하)	1 449	1 468	9.5 mm
		Casement	c_1(좌우)	1 279	1 298	9.5 mm
			c_2(상하)	734	753	9.5 mm
AL. Sleeve of Expansion Joint			없음			
앵커부 (Anchor Part)	스틸 앵커		시료 도면 및 사진 참조			
	간격		시료 도면 참조			
Finish	AL. Bar		Powder Coat			
	Steel Anchor		Hot Dip Galv			

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

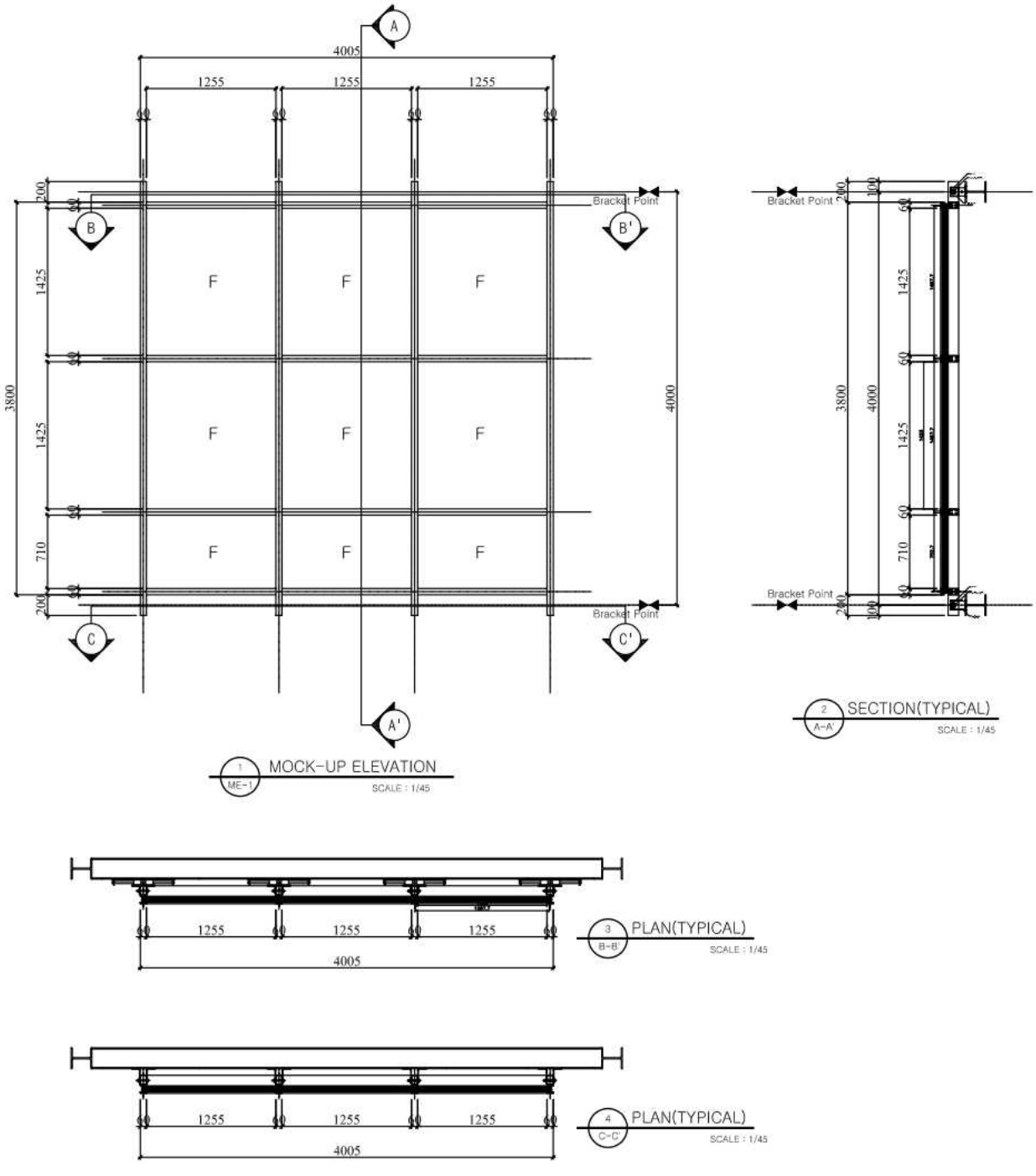
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 동적 내진성능평가 시료 도면

- 동적 내진성능평가를 수행한 시료의 도면은 아래와 같음
- 아래 그림은 실험을 동적내진성능 진행한 시료의 입면도 및 단면도를 나타내고 있음



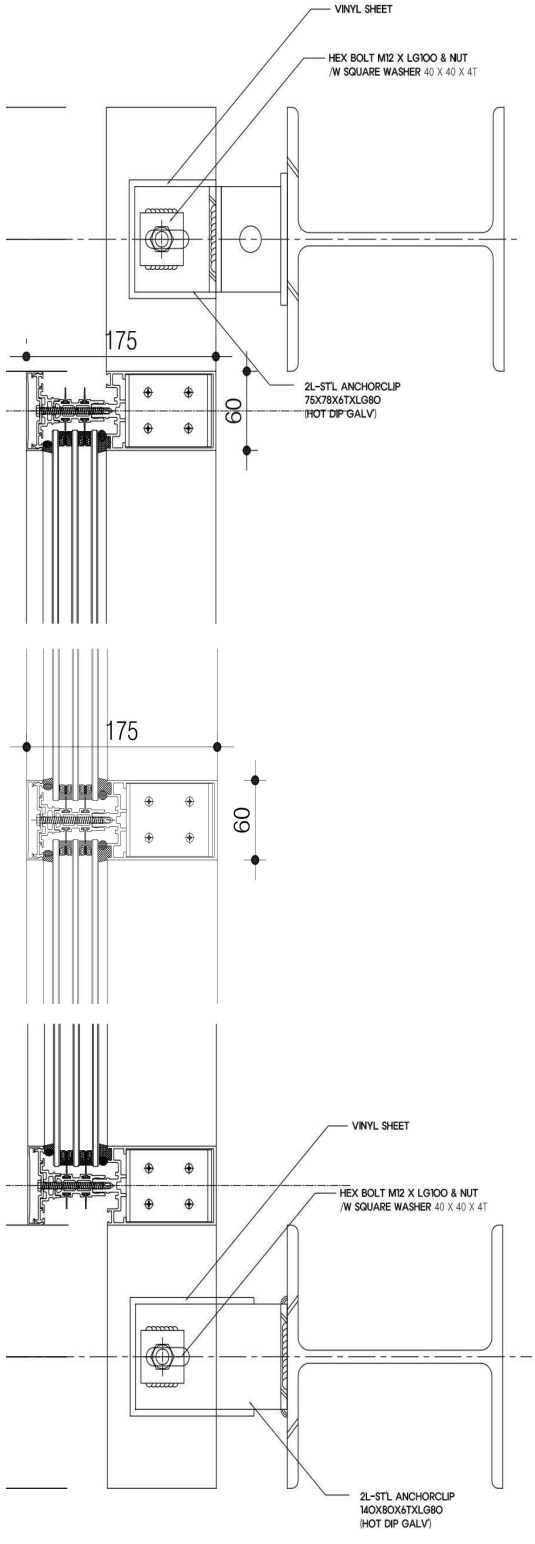
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 아래 그림은 동적내진성능 실험을 진행한 시료의 단면도를 나타내고 있음



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

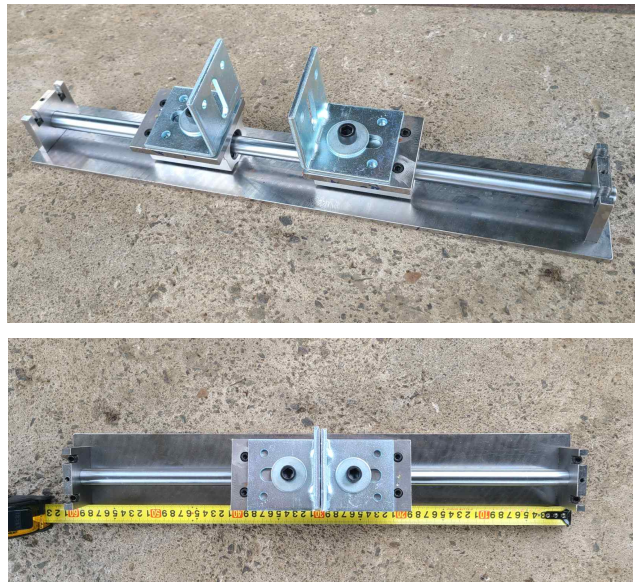
수행 과정 및 수행 내용

○ 동적 내진성능평가 시료 설치과정

- 아래 그림은 동적내진성능 실험 진행을 위한 시료 설치 과정을 나타내고 있음
- 본 사업에서는 동적 지진파를 대응하기 위한 내진 Fastener를 개발하고 단열 및 내진성능을 갖는 커튼월을 개발하는데 목적이 있음
- 이에 따라 아래 그림과 같이 하단부에는 스틸 앵글을 Fastener로 사용하여 고정시키고, 상부는 좌우 이동이 가능한 내진 Fastener를 적용하였음



<커튼월 하단 화스너 형태 및 치수 확인>



<커튼월 상단 화스너 형태 및 치수 확인>



<커튼월 상단 화스너 결합>



<커튼월 상단 화스너 결합 완료>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

- 아래 그림과 같이 하부 프레임에는 고정형 스틸 앵글 Fastener로 앵커링 하였고, 상부는 내진 Fastener를 적용하였음
- 커튼월 시스템 조립 후 지그에 두 종류의 Fastener를 용접하여 설치하였음
- 프레임 설치 후 삼중유리를 시공하였음



<커튼월 하단 화스너 결합 완료>



<알루미늄 커튼월 조립>



<알루미늄 커튼월 시료 설치>



<유리 설치 완료>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 동적 내진성능평가 결과

- AAMA 501.6-18 표준에 따라 75mm 까지는 0.8Hz, 150mm 까지 0.4Hz 로 진동을 가하고, 6mm 간격으로 4Cycle 씩 점차 변위량을 증가시키며 실험을 진행하였음
- 시험 결과 150mm(층고대비 백분율 3.75%)까지 실리콘 크랙, 프레임 파손, 유리 크랙, 유리 탈락 등의 문제가 전혀 발생하지 않음을 확인 할 수 있었음



<시험 종료 후 시료 전면 사진 - 유리 크랙 및 탈락 발생 없음>



<시험 종료 후 외부 및 내부 실리콘 크랙 및 파손 발생 없음>



<커튼월 하단 화스너 이상 없음>



<커튼월 상단 화스너 이상 없음>

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

3.3 동적 내진 커튼월 사용성(단열, 기밀, 수밀, 내풍압) 성능평가

○ 단열 및 기밀 성능 평가 개요

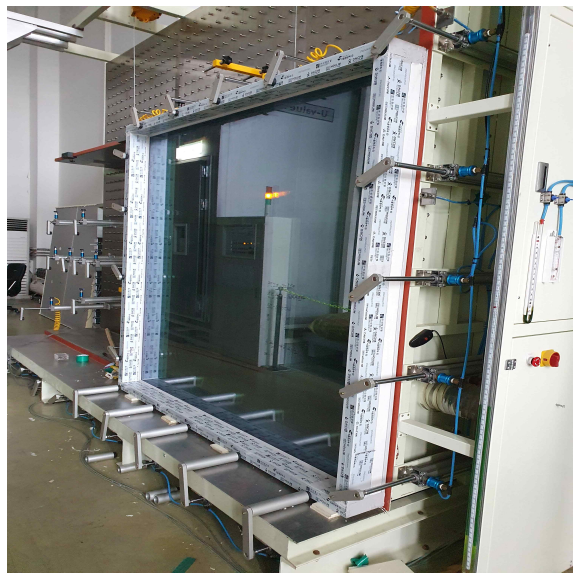
- 최근 건축물에 대한 에너지 규제가 강화되면서 고단열, 고기밀 커튼월 개발이 요구됨
- 본 사업은 내진성능 확보에 중점을 두고 있지만, 최종적으로 사업화를 위해서는 창세트 에너지효율 등급 1등급(열관류율 1.0W/m²K이하, 기밀 1등급 이상) 수준의 커튼월 개발이 필요함
- 이에 따라 본 연구에서는 2차원 열전달 해석을 통해 단열성능을 예측하고, 이에 따른 고단열 커튼월 설계를 진행하였음
- 내진 커튼월의 단열성능 평가를 위한 시료 사양은 아래 표와 같음
- 프레임 재질은 알루미늄이며, 내진 커튼월과 동일한 175mm 커튼월 프레임으로 시료를 제작하였음
- 유리 사양은 42mm 삼중유리를 적용하였으며, 간봉(Spacer)는 합성수지 단열간봉을 사용함

[단열 및 기밀 성능 평가를 위한 시료 사양]

프레임 재질		알루미늄	
개폐방식		고정창	
프레임 폭(㎜)		175	
단창/이중창		단창	
유리 구성	구분	두께(㎜)	유리종류
	-	42	삼중유리
		로이 6 mm(소프트코팅, SKN154Ⅱ, H/S) + 알곤가스 12 mm + 일반 6 mm + 알곤가스 12 mm + 일반 6 mm	
스페이서 재질	구분	재질	
	-	합성수지	



<단열 성능평가 시료>



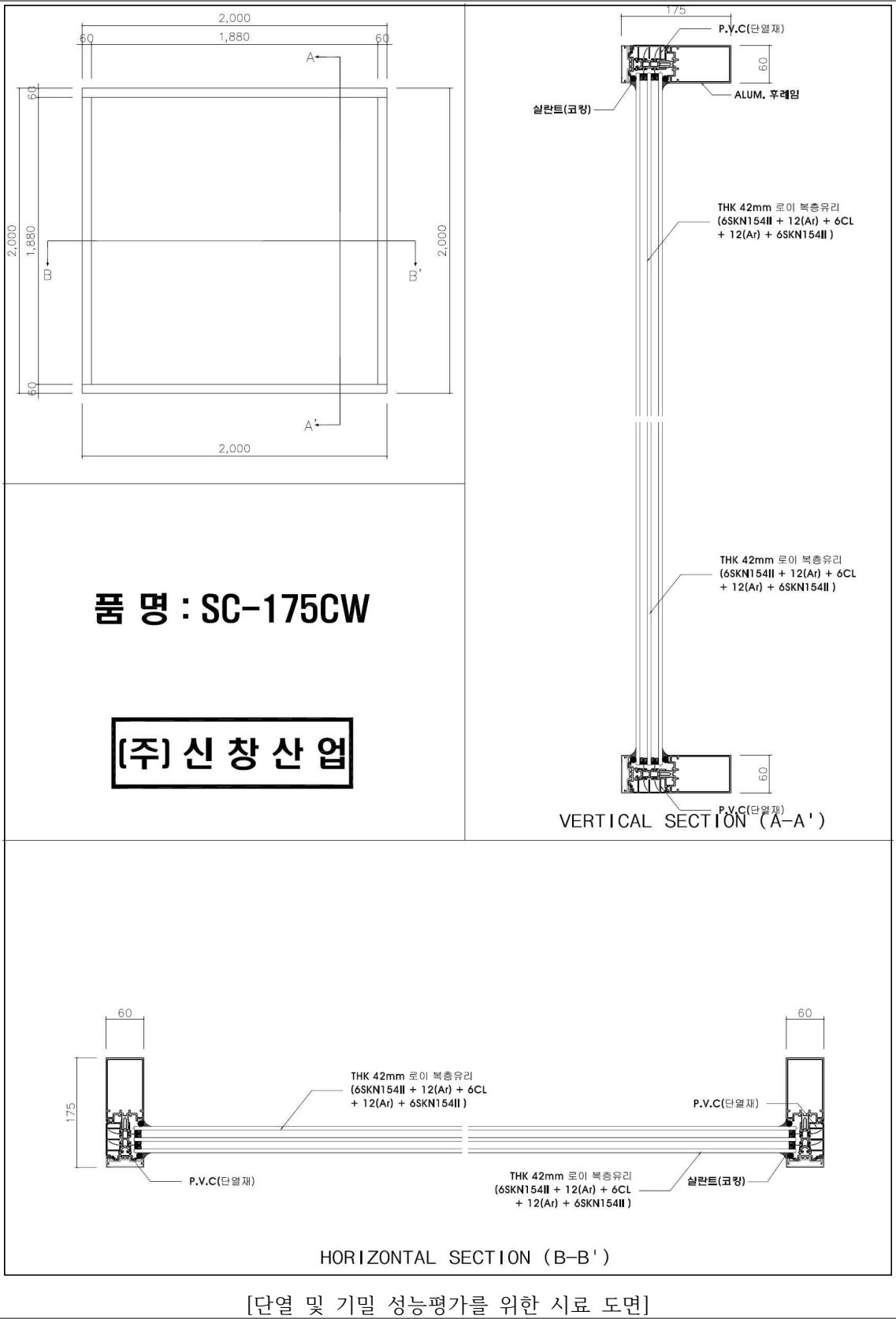
<기밀 성능평가 시료>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용



[단열 및 기밀 성능평가를 위한 시료 도면]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 단열성능 평가 결과

- 내진 커튼월에 대한 단열성능평가 결과 아래 표와 같이 평균 0.816 W/m²K으로 나타났음
- 이는 창세트 에너지소비효율등급 상 1등급에 해당하는(열관류율 1.0W/m²K 이하) 수준으로 고단열성능을 확보할 수 있는 것으로 나타났음

[열관류율 실험 결과]

구 분		1회	2회	3회
공기온도 [℃]	항온실	20.03	20.02	20.02
	보호열상자	19.86	19.85	19.85
	저온실	-0.50	-0.50	-0.51
	온도차※1	20.36	20.35	20.35
열량 [W]	총공급열량※2	103.44	103.38	104.05
	교정열량※3	38.16	38.16	38.18
	시험체 통과열량	65.28	65.22	65.87
시험체 양표면 열전달저항 [(m²·K)/W]	내표면 열전달 저항	0.12	0.12	0.12
	외표면 열전달 저항	0.06	0.06	0.06
	보정값	-0.02	-0.02	-0.02
열관류율 [W/(m²·K)]		0.813	0.813	0.821
		평균 : 0.816		
열관류 저항 [(m²·K)/W]		1.230	1.231	1.218
		평균 : 1.226		
비 고		1. 항온실 설정조건 : 온도 20 ℃ 2. 보호열상자 설정조건 : 온도 20 ℃ 3. 저온실 설정조건 : 온도 0 ℃, 기류속도 2.2 m/s 4. 기류방향 : 수평 5. 본 시험은 고객이 제공한 시료에 대한 시험결과임.		

※1 온도차 : 가열상자내 9지점(시료표면으로부터 10cm 지점)의 평균공기온도와 저온실내 9지점(시료표면으로부터 10cm 지점)의 평균공기온도와 온도차
※2 총공급열량 : 가열상자내 팬 및 히터에 의한 총공급열량
※3 교정열량 : 가열상자 둘레벽과 시험체 부착틀의 교정열량

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

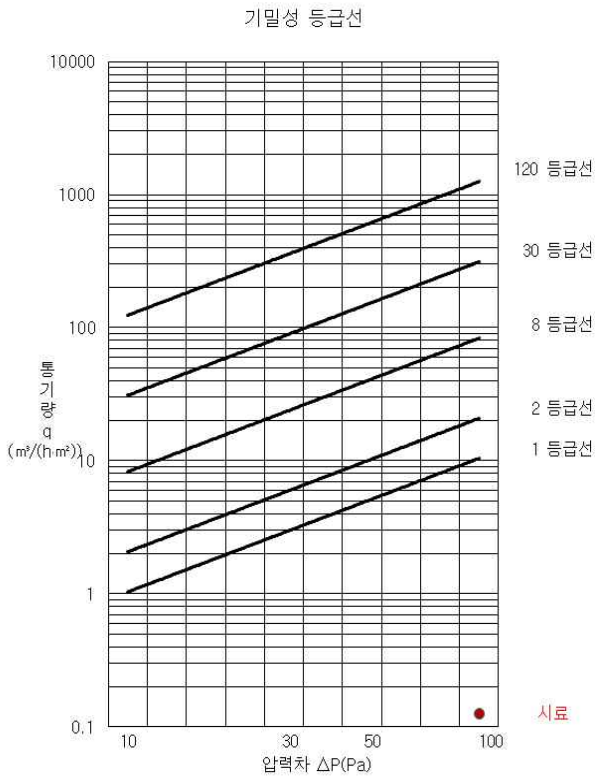
○ 기밀성능 평가 결과

▪ 기밀성능 평가 결과, 10Pa에서 0.00$m^3/(h·m^2)$, 30Pa에서 0.00$m^3/(h·m^2)$, 50Pa에서 0.00$m^3/(h·m^2)$, 100Pa에서 0.00$m^3/(h·m^2)$ 로 나타났으며, 각 압력차 별로 1등급선 미만에 해당함에 따라 기밀성 등급이 1등급으로 나타났음

치수	시험체 크기		창틀 안쪽치수 및 면적		
	높이(mm)	폭(mm)	높이(mm)	폭(mm)	면적(m^2)
	2 000	2 000	1 880	1 880	3.534 4

시험 결과	압력차(Pa)	통기량($m^3/(h·m^2)$)
	10	0.00
	30	0.00
	50	0.00
	100	0.13
	기밀성 등급	**1 등급**

기밀성 등급선



※ 10 Pa, 30 Pa, 50 Pa 압력에서의 통기량이 0.00 ㎥/(h. ㎡)이므로 기밀성 등급선에 표시되지 않음.

시험실 환경	온도 : (26.1 ± 1.0) ℃ 습도 : (61.7 ± 5.0) % R.H. 기압 : (1 013.2 ± 0.1) hPa

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

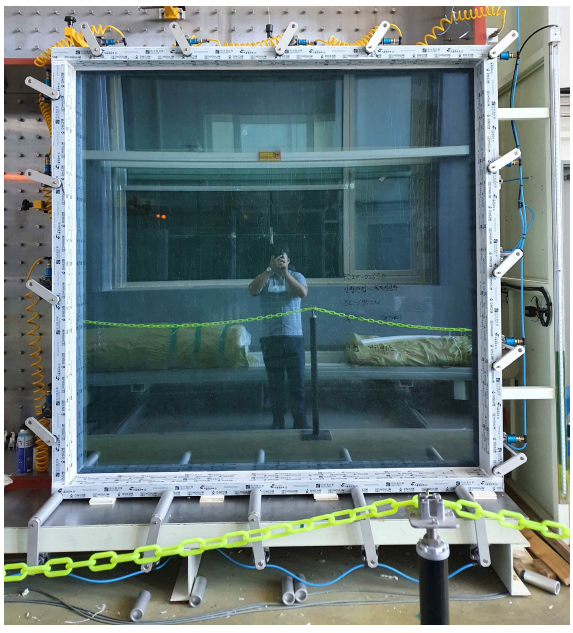
수행 과정 및 수행 내용

○ 수밀 및 내풍압 성능 평가 개요

- 커튼월의 사용성 측면에서 수밀성을 확보하지 못할 경우 하자요인이 될 수 있음에 따라 반드시 성능 확보할 수 있어야 함
- 또한 태풍 등 외력에 의해 유리가 파손되지 않도록 커튼월은 설계되어야하며, 이를 평가하기 위해 내풍압 성능평가를 반드시 수행해야 함
- 이에 따라 아래 표 및 그림과 같이 수밀 및 내풍압 성능평가를 수행하였음

[수밀 및 내풍압 성능 평가를 위한 시료 사양]

프레임 재질		알루미늄	
개폐방식		고정창	
프레임 폭(㎜)		175	
단창/이중창		단창	
유리 구성	구분	두께(㎜)	유리종류
	-	42	삼중유리
		로이 6 mm(소프트코팅, SKN154Ⅱ, H/S) + 알곤가스 12 mm + 일반 6 mm + 알곤가스 12 mm + 일반 6 mm	
스페이서 재질	구분	재질	
	-	합성수지	



<수밀 및 내풍압 성능평가 시료>



<수밀 및 내풍압 성능평가 시료>

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

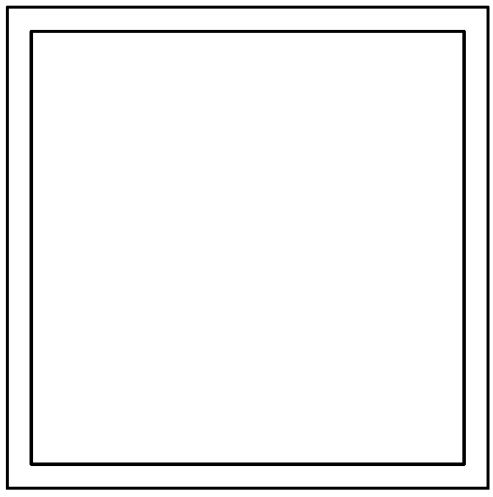
수행 과정 및 수행 내용

○ 수밀 성능 평가 결과

- 수밀성능평가 시 물 분무량은 4 L/(m²·min)이며, 시료의 크기는 2m × 2m 로 시험등급은 35 등급(시험압력 350 Pa)로 평가를 진행하였음
- 평가 결과 물 스며들기, 기포, 분사, 틀 밖으로 넘침 등 어떠한 누수현상도 일어나지 않았음
- 이에 따라 2차년도 목표인 35등급에 적합한 것으로 나타났음

치수 및 물 분무량	시험체 크기		물 분무량
	높이(mm)	폭(mm)	4 L/(m²·min)
	2 000	2 000	
시험등급	35 등급 [시험압력 : 350 Pa(175 Pa ~ 525 Pa)]		

시험 결과	누수현상		기호
	위 창틀	-	△ : 물 스며들기
	아래 창틀	-	○ : 기포
	선틀(좌측)	-	◪ : 유출
	선틀(우측)	-	◪ : 틀 밖으로의 유출 및 실내측으로의 현저한 유출
	상부 모서리	-	⊠ : 분사
	하부 모서리	-	⊠ : 틀 밖으로의 분사
	기 타	-	◐ : 물보라
			◑ : 틀 밖으로의 물보라
			● : 틀 밖으로의 넘침
	35 등급 적합		

누수위치	
	※ 누수현상 발생하지 않음.

시험실 환경	온도 : (25.3 ± 1.0) ℃ 습도 : (57.3 ± 5) % R.H.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

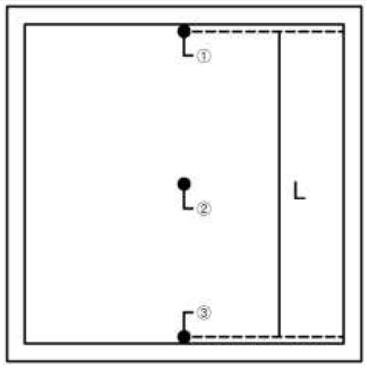
해당연차	1차년도	**2차년도**	3차년도

연구 내용		
	1. Fastener 설계안 도출 및 시작품 개발	79p
	2. 내진 커튼월 시스템 시작품 개발	99p
	3. 내진 커튼월 시스템 성능평가	105p

수행 과정 및 수행 내용

○ 내풍압 성능 평가 결과

- 내풍압 성능 시험시 시료의 크기는 2m × 2m 로 수행하였으며, 시험등급은 280 등급(±2,800 Pa)을 목표로 평가를 진행하였음
- 내풍압 성능평가 시 변형량이 ①, ③ 간의 거리(L)의 1/100을 넘어서면 안됨
- 각 압력별로 살펴보면, 변형률이 모두 0.01(1/100)을 넘지 않고 있음을 확인할 수 있음
- 이에 따라 변형시험, 반복시험, 안전성 시험에 이상이 없는 것으로 나타났음

시험체 크기	높이(mm)			폭(mm)			
	2 000			2 000			
시험등급	280 등급(최대시험압력 : ±2 800 Pa)						
시험 결과	압력 (Pa)	측정위치별 변위 (mm)			변위양 (A)※1	변위율 (A/H)※2	변형량 (δ)※3	변형률 (δ/L)※4
		①	②	③				
	700	−0.84	−6.54	−0.82	−6.54	−0.003 5	−5.71	−0.003 1
	1400	−2.09	−11.09	−1.63	−11.09	−0.005 9	−9.23	−0.005 0
	2100	−3.06	−14.64	−2.40	−14.64	−0.007 8	−11.91	−0.006 5
	2800	−4.03	−17.63	−3.09	−17.63	−0.009 4	−14.07	−0.007 6
	−700	0.36	6.55	0.64	6.55	0.003 5	6.05	0.003 3
	−1 400	1.11	11.41	1.30	11.41	0.006 1	10.21	0.005 5
	−2 100	2.29	15.39	1.91	15.39	0.008 2	13.29	0.007 2
	−2 800	3.41	18.54	2.42	18.54	0.009 9	15.63	0.008 5
	※1 변위양 (A) : 측정위치②에서의 변위 ※3 변형량 (δ) : δ = ②−(①+③)/2				※2 변위율 (A/H) : H = 1 880 mm ※4 변형률 (δ/L) : L = 1 840 mm			
	변 형 시 험				이상 없음			
	반 복 시 험				이상 없음			
	안 전 성 시 험				이상 없음			
	280 등급 적합							
변위측정위치								
시험실 환경	온도 : (25.3 ± 1.0) ℃ 습도 : (57.3 ± 5) % R.H.							

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

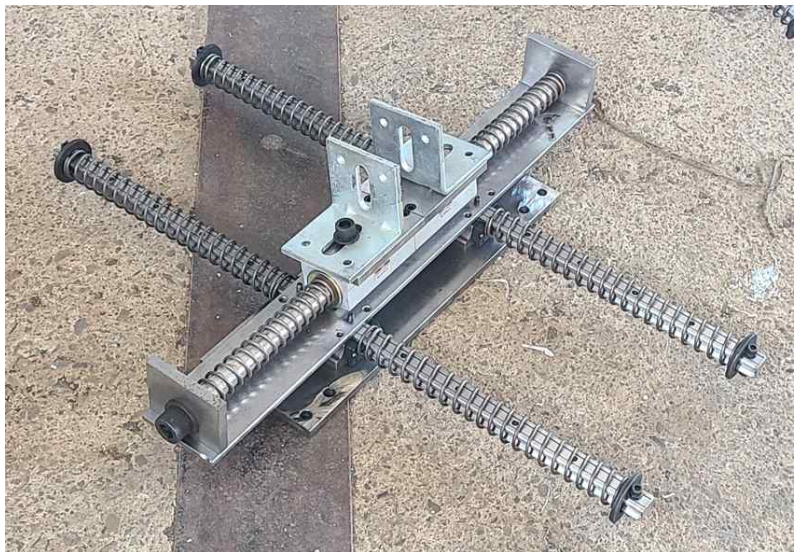
수행 과정 및 수행 내용

1. 동적 내진성능 확보 가능한 내진 화스너 시제품 개발

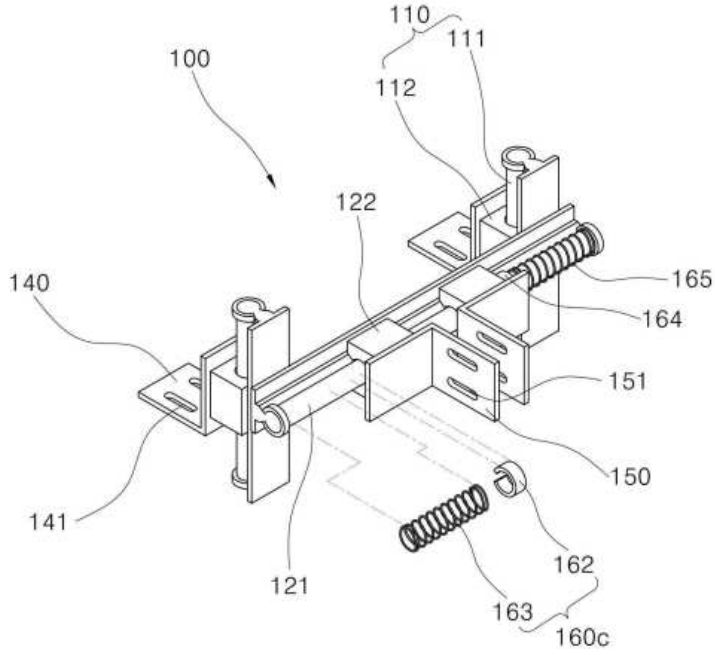
○ 스프링이 적용된 3축 동적 내진화스너 개발 완료

- 스프링이 없을 경우 시공 상 어려움 발생
- 3축 대응이 가능하고 스프링이 적용된 내진화스너 개발 완료

[3축 동적 내진성능 확보 가능한 내진화스너 개발 완료]



[특허 등록 상 도면과 일치]



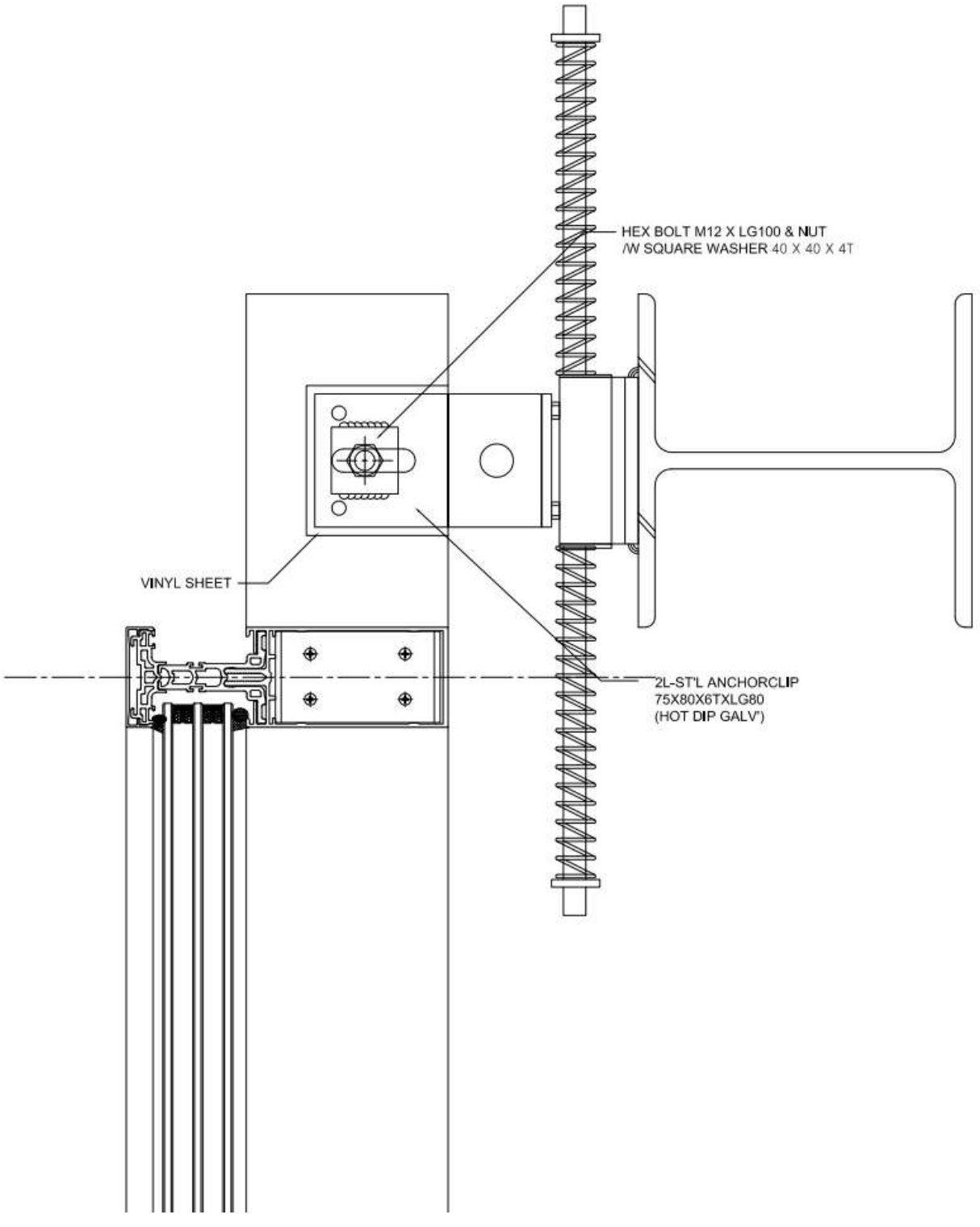
[개발 제품 단면도]

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용



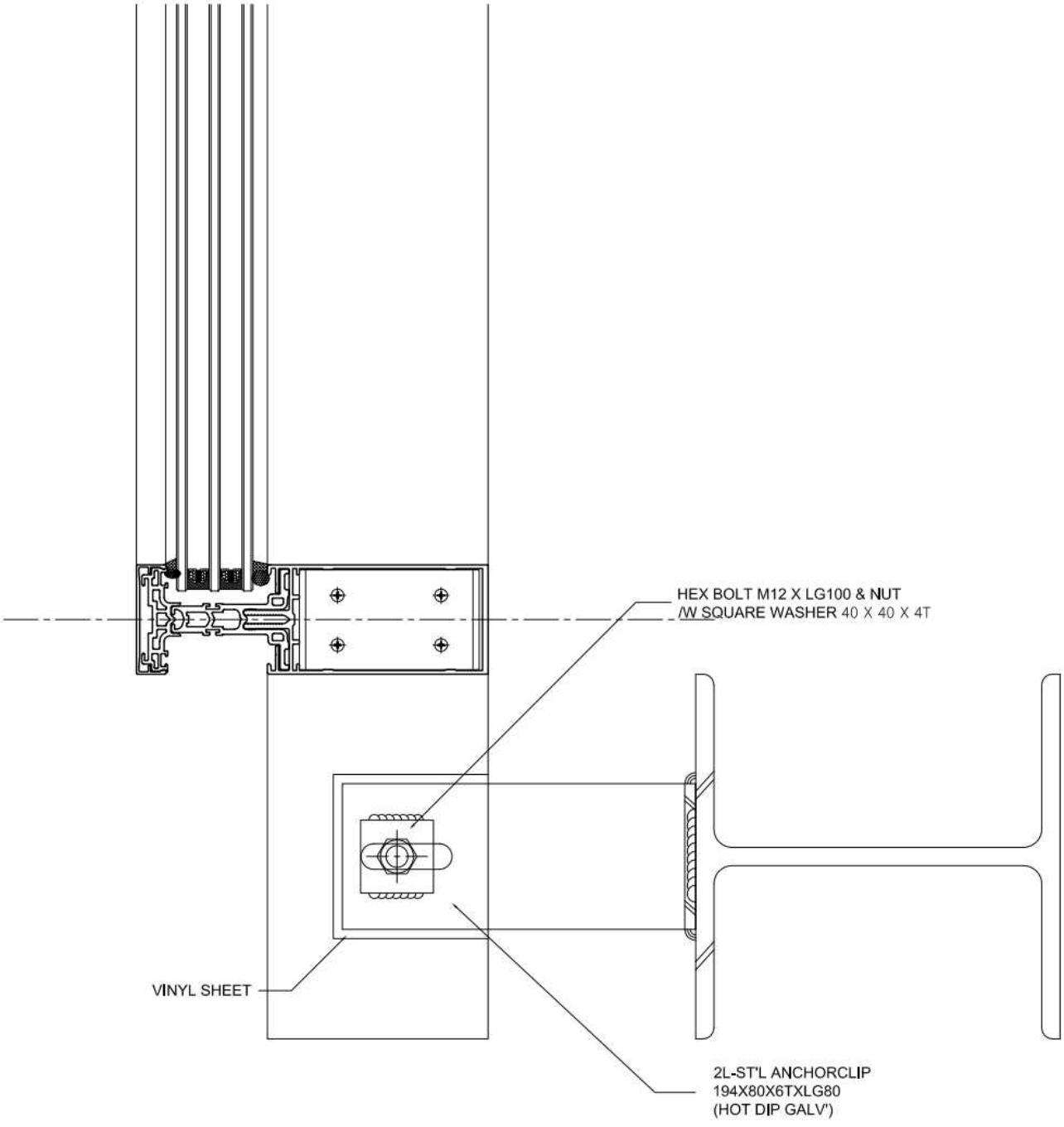
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

[개발 제품 단면도]



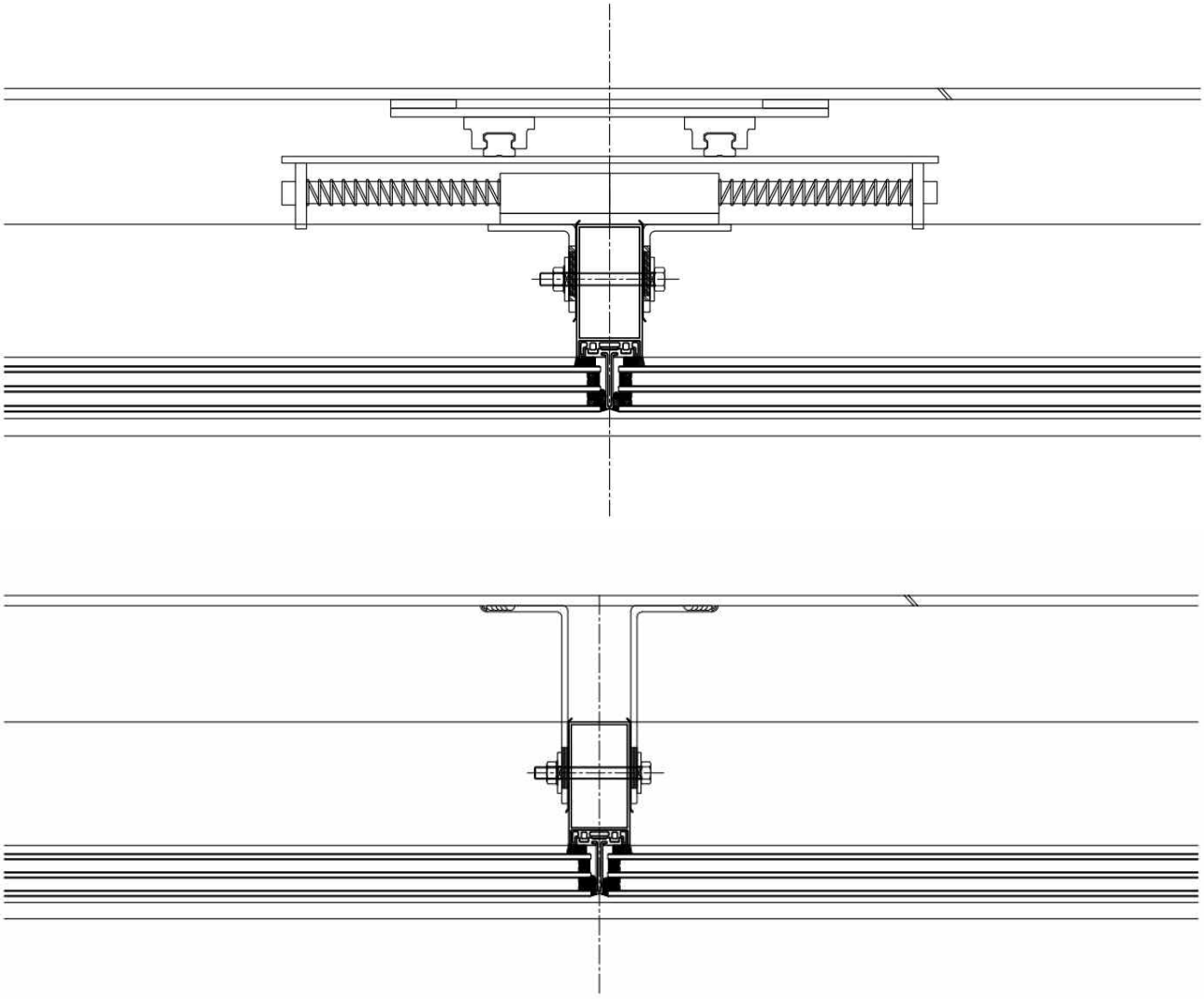
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

[개발 제품 단면도]



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

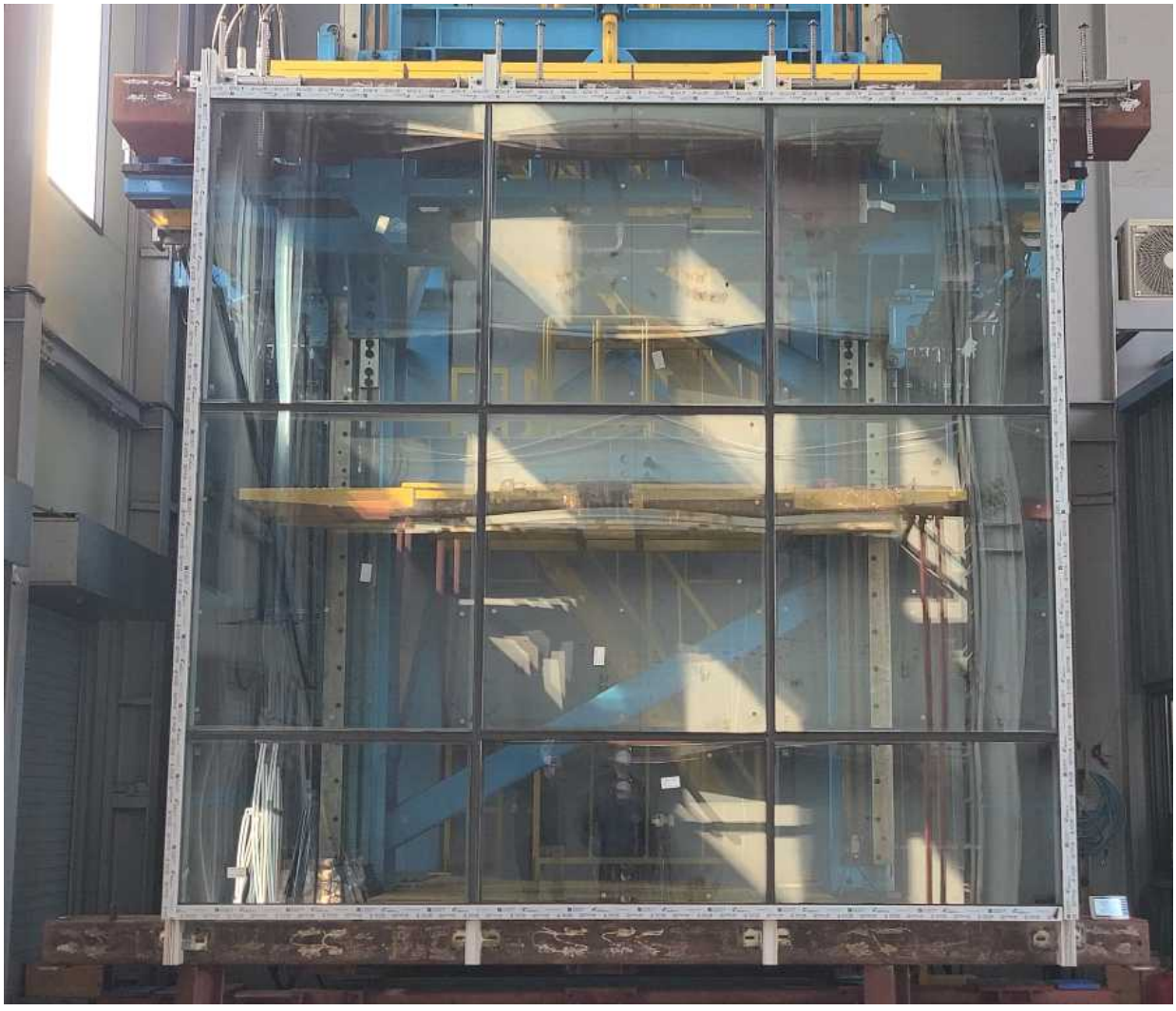
수행 과정 및 수행 내용

2. 동적 내진성능 확보 가능한 내진 커튼월 시스템 시제품 개발

2.1 내진 커튼월 시스템 시제품 개발

- 1~2차년도 구조 및 단열해석을 통한 커튼월 단면설계 완료
- 3축 동적 지진파 대응 가능한 화스너가 적용된 커튼월 시스템 개발 완료

[3축 동적 내진성능 확보 가능한 내진 커튼월 시스템 개발 완료]

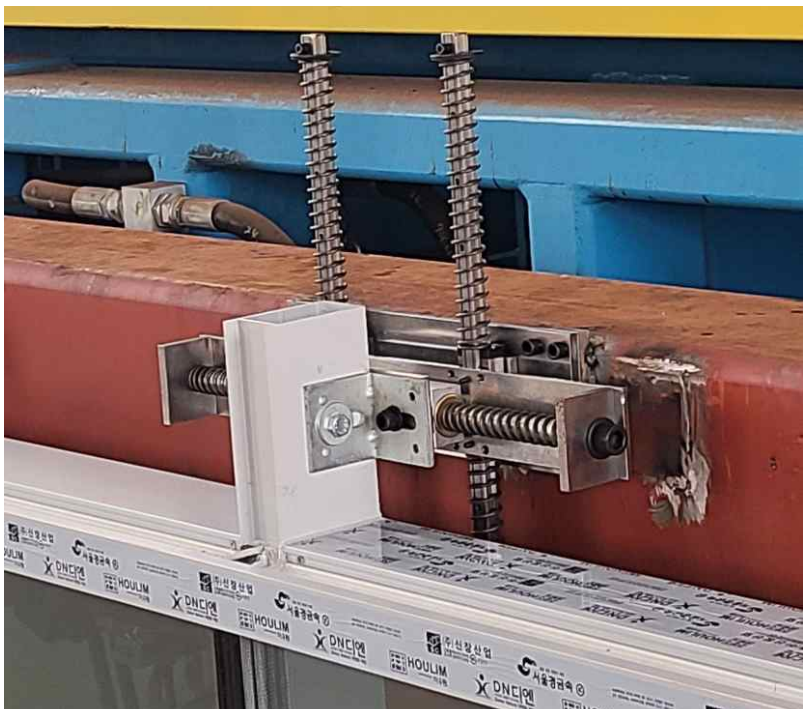


연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

[3축 동적 내진성능 확보 가능한 내진 화스너 적용된 커튼월 시스템 개발 완료]



2.2 내진 화스너의 커튼월 타입별 활용 방안

- 본 사업에서 개발된 커튼월 시스템은 커튼월과 화스너를 통합하여 적용해야 3축 변위에 대해 대응이 가능함
- 1) 내진커튼월의 층간분리, 2) 3축 내진화스너, 3) 단열성능이 확보된 커튼월 프레임, 이 3가지가 모두 적용될 경우 3축 변위 대응 가능함
- 유니트 타입(UNIT Type) 커튼월 : 유니트 커튼월은 내진화스너의 X축 가이드라인을 적용할 경우 X축 층간변위 대응이 가능하나, 유니트 커튼월 특성 상 상하부 유니트가 암수로 교차되어 있어 Y축 및 Z축 대응은 불가능함
- 스틱 타입(Stick Type) 커튼월 : 스틱 타입 커튼월은 일반적으로 멀리언의 상하 연결 시 익스펜션 조인트(Expansion joint)로 연결되어 있기 때문에 상하가 구속되어 있는 상태임에 따라 유니트 커튼월과 마찬가지로 내진화스너의 X축 가이드라인을 적용하여 X축 층간변위는 대응이 가능하지만, Y축 및 Z축은 대응이 불가능함(※ 다만, 스틱타입을 층간 분리시킬 경우 3축 대응이 가능함)
- 멀리언 적용 가능성 : 멀리언은 커튼월의 수직부재를 의미하며, 익스펜션 조인트로 연결 시 Y, Z축은 대응이 불가능하며, 익스펜션 조인트 없이 층간 분리되어 있을 경우 3축 대응이 가능함
- 스팬드럴 적용 가능성 : 스팬드럴은 커튼월 입면의 일부로서 층간 분리가 될 경우 스펜드럴 부분도 3축 내진성능 확보 가능함

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

3. AAMA 501.6-18 표준에 따른 동적 내진성능 평가

3.1 X축 동적 내진성능평가 결과

○ 시료 사양

시료명/모델명				SC-193HDCW (X축 동적내진성능시험)_2차시험
시료 크기	시료크기			4 005 mm(W) x 4 200 mm(H)
층고				4 000 mm
Frame #Note2,3	수직재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	수평재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	Thermal Break			Polyamide Thermal Break - 수직재 및 수평재
유리 사양 #Note2,3	유리 두께 및 일반 사양	Fix		42 mm Glass (*6 mm Low-e (SKN154II) + 12 mm Argon + 6 mm Clear + 12 mm Argon + *6 mm Low-e (SKN154II))
	강화 유리 사양			*6 mm Low-e (SKN154II) - 반강화 제품
	접합 유리 사양			없음
	유리 크기 #Note1,2	Fix	a	1 287 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			b	1 292 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			c	1 287 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			d	1 292 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			e	1 287 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
			f	1 292 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
	Gasket			없음
	Sealant			외부 및 내부 : 실리콘 실란트

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

물림깊이 및 간격 #Note2,3	유리 물림깊이 (Glass Bite)			좌우	13.0	Cap type 부분	
				상하	13.0	Cap type 부분	
	구분				유리크기(mm)	프레임 내경(mm)	clearance
	유리-프레임 간격 (Clearance)	Fix	a	c_1(좌우)	1 287	1 303	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			b	c_1(좌우)	1 292	1 308	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			c	c_1(좌우)	1 287	1 303	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			d	c_1(좌우)	1 292	1 308	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			e	c_1(좌우)	1 287	1 303	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm
			f	c_1(좌우)	1 292	1 308	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm
AL. Sleeve of Expansion Joint				없음			

※ Note 2. Product Qualification (AAMA 501.6-18 규격 참조)

-. AAMA 501.6 표준에서는 해당 시료가 요구되는 층고 대비 백분율에서 탈락(fallout)이 발생하지 않았을 경우, 아래 사항이 만족되면 다른 입면 구성의 커튼월(the other assembly) 에 대해 내진성능 자격이 있는(qualifies) 것으로 명기되어 있음

1) 해당 시료의 유리 보다 크기가 같거나 작은 유리로 구성된 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)
단, 유리의 가로 세로의 비(aspect ratio)의 효과가 탈락(fallout)에 어떠한 영향을 주는지는 표준에서 다루고 있지 않음

2) 해당 시료의 유리-프레임 간격(Clearance)보다 크거나 같을 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)

3) 접합유리의 접합필름 두께가 동일하거나 두꺼울 경우 (AAMA 501.6-18 10.2 참조)

4) 해당 시료의 유리사양(강화 및 접합사양)과 동일하거나 이상인 경우 (AAMA 501.6-18 10.3 참조)

5) 해당 시료와 동일한 Glazing system이고, 해당 시료의 프레임(Standard frame)보다 커지거나(deeper) 작아지는(shallower) 경우 (AAMA 501.6-18 10.5 참조)

※ 단, AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6 10.1~10.5 참조)에서 다른 입면 구성의 커튼월, 유리크기, 유리-프레임 간격, 유리사양, 프레임 크기의 변화 등은 내진 성능에 긍정 혹은 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 관련 감독관, 기술자 등과 현장 적용에 있어 협의가 필요(AAMA 501.6-18 표준 참조)하며, 상황에 따라 별도의 시험이 요구될 수 있음

※ 본 내용은 AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6-18 표준 10.1~10.5)을 일부 발췌한 참고사항으로, 표준 전문에 대한 확인이 필요하며, 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 한정된 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않음

※ 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 도면 및 시료로 시험한 결과임

※ Note 3. 용어 정리

- b_p는 직사각형 유리패널의 폭, h_p는 직사각형 유리패널의 높이를 나타냄
- c_1은 유리와 프레임 사이 좌우측 수평방향 유격 측정값, c_2는 유리와 프레임 사이 상하부 수직방향 유격 측정값을 나타냄

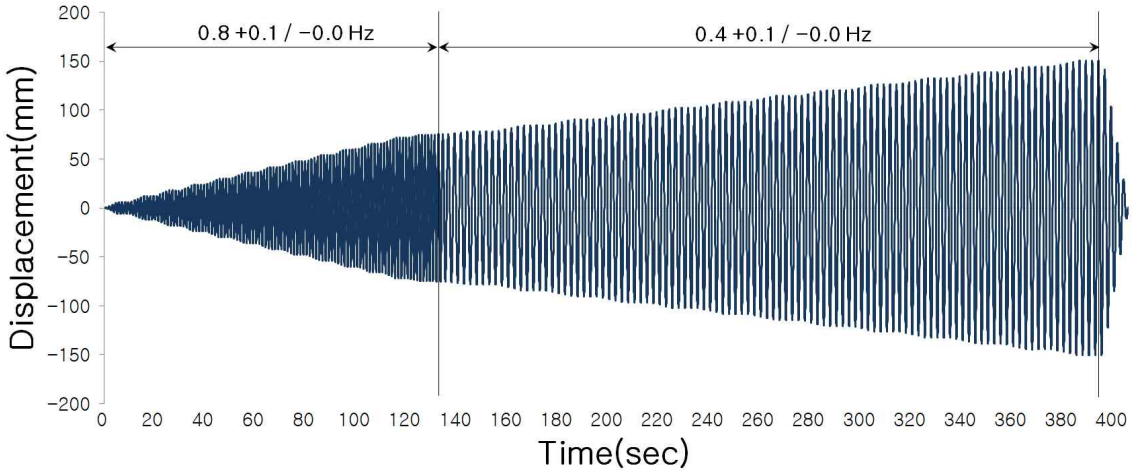
연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

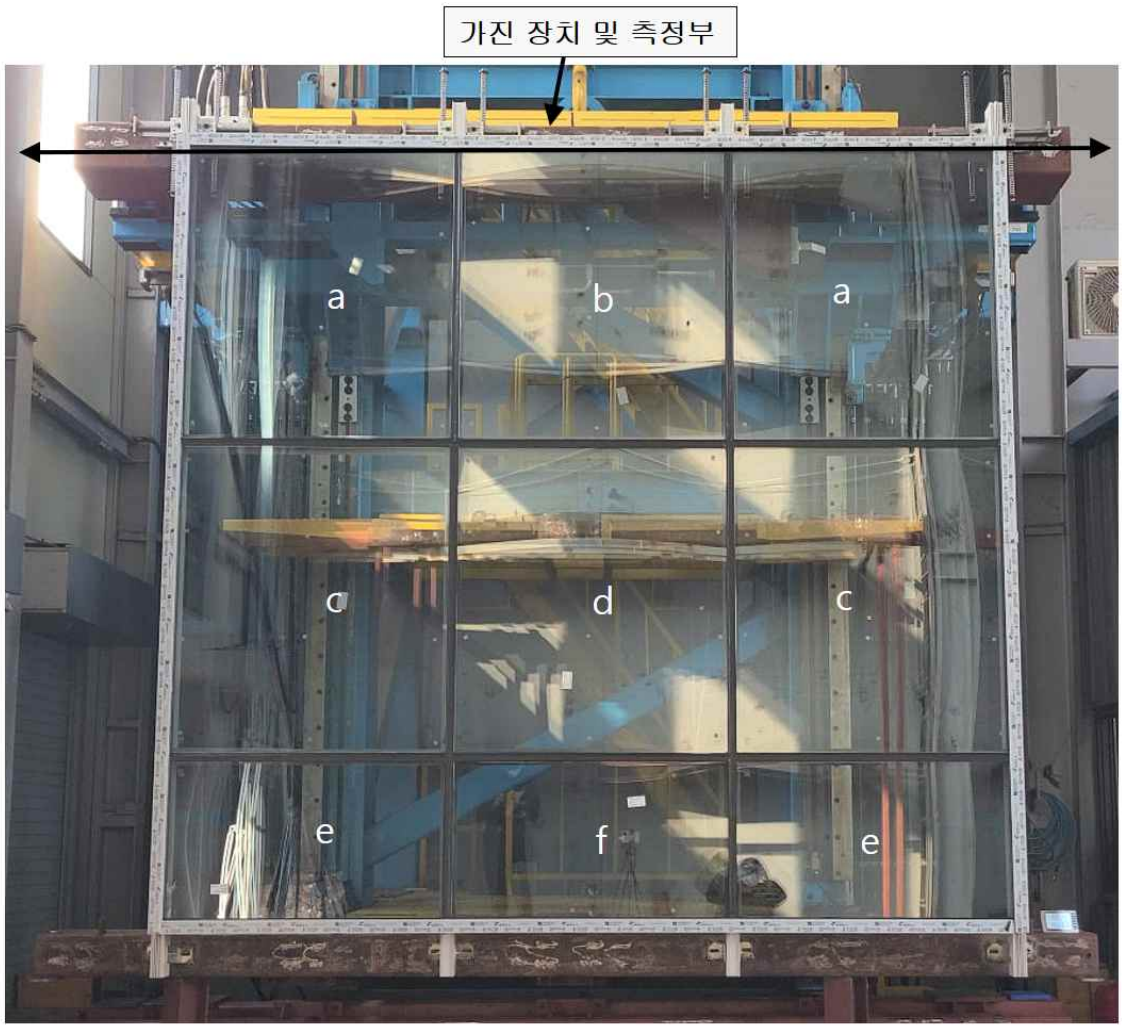
연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ X축 동적 지진 파형



○ 실험 장비 및 시료



해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 실험 결과

시험일자	2021.11.03		시험 시 환경	온도 : (14.8 ± 0.5) ℃ 습도 : (62.2 ± 2.0) % R.H. 기압 : (1 024.6 ± 1.0) hPa
의뢰업체	㈜신창산업		시료명/모델명	SC-193HDCW (X축 동적내진성능시험)_2차시험
시험방법	AAMA 501.6-18		Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems	
시험결과	시료명	항목명	시험결과	비고
	알루미늄 커튼월 일반제품	$\triangle_{fallout}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 탈락 발생 없음
		$\triangle_{cracking}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 크랙 발생 없음
		제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항	-	-
비고	-. 본 시험은 AAMA 501.6-18(Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems) 표준에서 권장하는 시험방법에 의해 수행하였음 -. 여기서, ΔFallout 은 유리가 탈락된 변위를 의미하며, ΔCracking 은 유리 크랙이 발생한 변위를 의미함 -. AAMA 501.6-18 규격에 따라 ΔFallout은 필수요건(Required)이며, ΔCracking은 선택사항(Optional) 임 -. AAMA 501.6-18 표준에 따라 제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항 명기함			

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

3.2 Y축 동적 내진성능평가 결과

○ 시료 사양

시료명/모델명				SC-193HDCW (Y축 동적내진성능시험)
시료 크기	시료크기			3 500 mm(W) x 4 200 mm(H)
층고				4 000 mm
Frame #Note2,3	수직재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	수평재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	Thermal Break			Polyamide Thermal Break - 수직재 및 수평재
유리 사양 #Note2,3	유리 두께 및 일반 사양	Fix		42 mm Glass (*6 mm Low-e (SKN154II) + 12 mm Argon + 6 mm Clear + 12 mm Argon + *6 mm Low-e (SKN154II))
	강화 유리 사양			*6 mm Low-e (SKN154II) - 반강화 제품
	접합 유리 사양			없음
	유리 크기 #Note1,2	Fix	a	1 118 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			b	1 125 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			c	1 118 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			d	1 125 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			e	1 118 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
			f	1 125 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
	Gasket			없음
	Sealant			외부 및 내부 : 실리콘 실란트

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

물림깊이 및 간격 #Note2,3	유리 물림깊이 (Glass Bite)			좌우	13.0	Cap type 부분	
				상하	13.0	Cap type 부분	
	구분				유리크기(mm)	프레임 내경(mm)	clearance
	유리-프레임 간격 (Clearance)	Fix	a	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			b	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			c	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			d	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			e	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm
			f	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm

※ Note 2. Product Qualification (AAMA 501.6-18 규격 참조)

-. AAMA 501.6 표준에서는 해당 시료가 요구되는 층고 대비 백분율에서 탈락(fallout)이 발생하지 않았을 경우, 아래 사항이 만족되면 다른 입면 구성의 커튼월(the other assembly) 에 대해 내진성능 자격이 있는(qualifies) 것으로 명기되어 있음

1) 해당 시료의 유리 보다 크기가 같거나 작은 유리로 구성된 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)
단, 유리의 가로 세로의 비(aspect ratio)의 효과가 탈락(fallout)에 어떠한 영향을 주는지는 표준에서 다루고 있지 않음

2) 해당 시료의 유리-프레임 간격(Clearance)보다 크거나 같을 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)

3) 접합유리의 접합필름 두께가 동일하거나 두꺼울 경우 (AAMA 501.6-18 10.2 참조)

4) 해당 시료의 유리사양(강화 및 접합사양)과 동일하거나 이상인 경우 (AAMA 501.6-18 10.3 참조)

5) 해당 시료와 동일한 Glazing system이고, 해당 시료의 프레임(Standard frame)보다 커지거나(deeper) 작아지는(shallower) 경우 (AAMA 501.6-18 10.5 참조)

※ 단, AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6 10.1~10.5 참조)에서 다른 입면 구성의 커튼월, 유리크기, 유리-프레임 간격, 유리사양, 프레임 크기의 변화 등은 내진 성능에 긍정 혹은 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 관련 감독관, 기술자 등과 현장 적용에 있어 협의가 필요(AAMA 501.6-18 표준 참조)하며, 상황에 따라 별도의 시험이 요구될 수 있음

※ 본 내용은 AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6-18 표준 10.1~10.5)을 일부 발췌한 참고사항으로, 표준 전문에 대한 확인이 필요하며, 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 한정된 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않음

※ 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 도면 및 시료로 시험한 결과임

※ Note 3. 용어 정리

- b_p는 직사각형 유리패널의 폭, h_p는 직사각형 유리패널의 높이를 나타냄
- c_1은 유리와 프레임 사이 좌우측 수평방향 유격 측정값, c_2는 유리와 프레임 사이 상하부 수직방향 유격 측정값을 나타냄

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

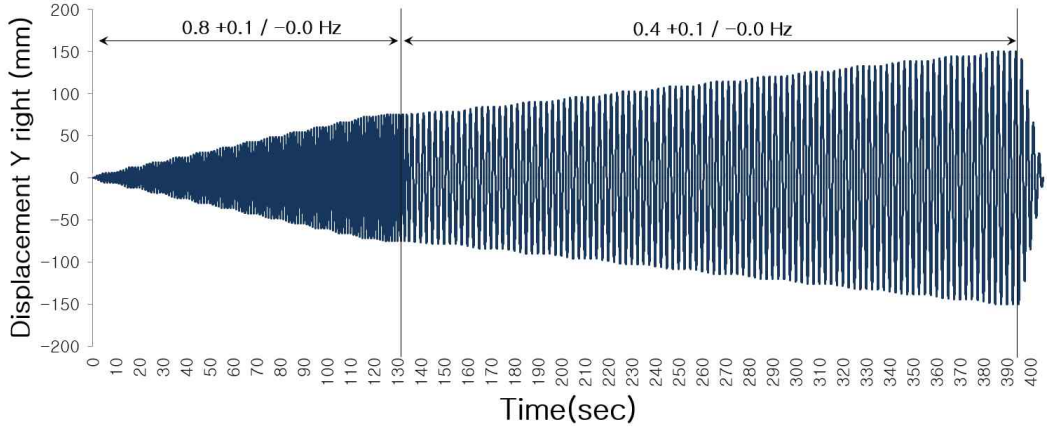
연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ Y축 동적 지진 파형

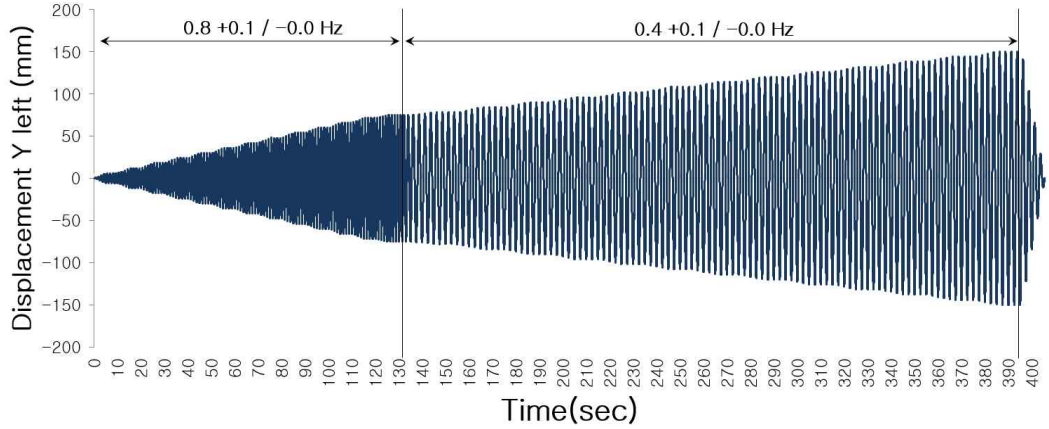
변위-시간 기록

[Y축(오른쪽) 엑츄에이터 변위-시간 기록 데이터]



※ 시간-변위 그래프는 시험 완료 후 Raw data를 기반으로 작성하였음

[Y축(왼쪽) 엑츄에이터 변위-시간 기록 데이터]



※ 시간-변위 그래프는 시험 완료 후 Raw data를 기반으로 작성하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

○ 실험 장비 및 시료



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 실험 결과

시험일자	2021.11.03	시험 시 환경	온도 : (15.0 ± 0.5) ℃ 습도 : (60.2 ± 2.0) % R.H. 기압 : (1 024.6 ± 1.0) hPa
의뢰업체	㈜신창산업	시료명/모델명	SC-193HDCW (Y축 동적내진성능시험)
시험방법	의뢰자 제시방법	AAMA 501.6-18 표준 참조 ※ 시험의 특수성 : AAMA 501.6-18 표준은 좌우(X축)으로 변위를 가진하며 시험하지만 본 시험은 AAMA 501.6-18 표준을 참조해 면외방향(Y축)으로 변위를 가진하였음	

시험결과	항목명	시험결과	비고
	$\triangle_{fallout}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 탈락 발생 없음
	$\triangle_{cracking}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 크랙 발생 없음
	제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항	-	-

비고	
비고	-. 본 시험은 AAMA 501.6-18(Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems) 표준에서 권장하는 시험방법에 의해 수행하였음 -. 여기서, ΔFallout 은 유리가 탈락된 변위를 의미하며, ΔCracking 은 유리 크랙이 발생한 변위를 의미함 -. AAMA 501.6-18 규격에 따라 ΔFallout은 필수요건(Required)이며, ΔCracking은 선택사항(Optional) 임 -. AAMA 501.6-18 표준에 따라 제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항 명기함

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

3.3 Z축 동적 내진성능평가 결과

○ 시료 사양

시료명/모델명				SC-193HDCW (Z축 동적내진성능시험)
시료 크기	시료크기			3 500 mm(W) x 4 200 mm(H)
층고				4 000 mm
Frame #Note2,3	수직재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	수평재(높이x폭)			(60 mm x 193 mm) Aluminum Extruded Bar
				(60 mm x 168 mm) Aluminum Extruded Bar
	Thermal Break			Polyamide Thermal Break - 수직재 및 수평재
유리 사양 #Note2,3	유리 두께 및 일반 사양	Fix		42 mm Glass (*6 mm Low-e (SKN154II) + 12 mm Argon + 6 mm Clear + 12 mm Argon + *6 mm Low-e (SKN154II))
	강화 유리 사양			*6 mm Low-e (SKN154II) - 반강화 제품
	접합 유리 사양			없음
	유리 크기 #Note1,2	Fix	a	1 118 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			b	1 125 mm (b_p) x 1 457 mm (h_p)
			c	1 118 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			d	1 125 mm (b_p) x 1 462 mm (h_p)
			e	1 118 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
			f	1 125 mm (b_p) x 742 mm (h_p)
	Gasket			없음
	Sealant			외부 및 내부 : 실리콘 실란트

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

	유리 물림깊이 (Glass Bite)			좌우	13.0	Cap type 부분
				상하	13.0	Cap type 부분
	구분				유리크기(mm)	프레임 내경(mm)	clearance
물림깊이 및 간격 #Note2,3	유리-프레임 간격 (Clearance)	Fix	a	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			b	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	1 457	1 473	8.0 mm
			c	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			d	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	1 462	1 478	8.0 mm
			e	c_1(좌우)	1 118	1 134	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm
			f	c_1(좌우)	1 125	1 141	8.0 mm
				c_2(상하)	742	758	8.0 mm

※ Note 2. Product Qualification (AAMA 501.6-18 규격 참조)

-. AAMA 501.6 표준에서는 해당 시료가 요구되는 층고 대비 백분율에서 탈락(fallout)이 발생하지 않았을 경우, 아래 사항이 만족되면 다른 입면 구성의 커튼월(the other assembly) 에 대해 내진성능 자격이 있는(qualifies) 것으로 명기되어 있음

1) 해당 시료의 유리 보다 크기가 같거나 작은 유리로 구성된 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)
단, 유리의 가로 세로의 비(aspect ratio)의 효과가 탈락(fallout)에 어떠한 영향을 주는지는 표준에서 다루고 있지 않음

2) 해당 시료의 유리-프레임 간격(Clearance)보다 크거나 같을 경우 (AAMA 501.6-18 10.1 참조)

3) 접합유리의 접합필름 두께가 동일하거나 두꺼울 경우 (AAMA 501.6-18 10.2 참조)

4) 해당 시료의 유리사양(강화 및 접합사양)과 동일하거나 이상인 경우 (AAMA 501.6-18 10.3 참조)

5) 해당 시료와 동일한 Glazing system이고, 해당 시료의 프레임(Standard frame)보다 커지거나(deeper) 작아지는(shallower) 경우 (AAMA 501.6-18 10.5 참조)

※ 단, AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6 10.1~10.5 참조)에서 다른 입면 구성의 커튼월, 유리크기, 유리-프레임 간격, 유리사양, 프레임 크기의 변화 등은 내진 성능에 긍정 혹은 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 관련 감독관, 기술자 등과 현장 적용에 있어 협의가 필요(AAMA 501.6-18 표준 참조)하며, 상황에 따라 별도의 시험이 요구될 수 있음

※ 본 내용은 AAMA 501.6 표준의 Product Qualification(AAMA 501.6-18 표준 10.1~10.5)을 일부 발췌한 참고사항으로, 표준 전문에 대한 확인이 필요하며, 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 한정된 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않음

※ 본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 도면 및 시료로 시험한 결과임

※ Note 3. 용어 정리

- b_p는 직사각형 유리패널의 폭, h_p는 직사각형 유리패널의 높이를 나타냄
- c_1은 유리와 프레임 사이 좌우측 수평방향 유격 측정값, c_2는 유리와 프레임 사이 상하부 수직방향 유격 측정값을 나타냄

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

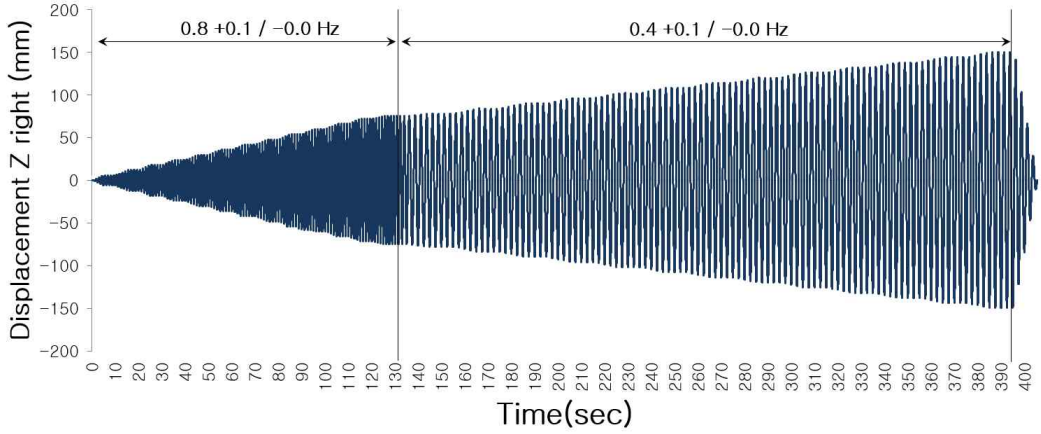
연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ Z축 동적 지진 파형

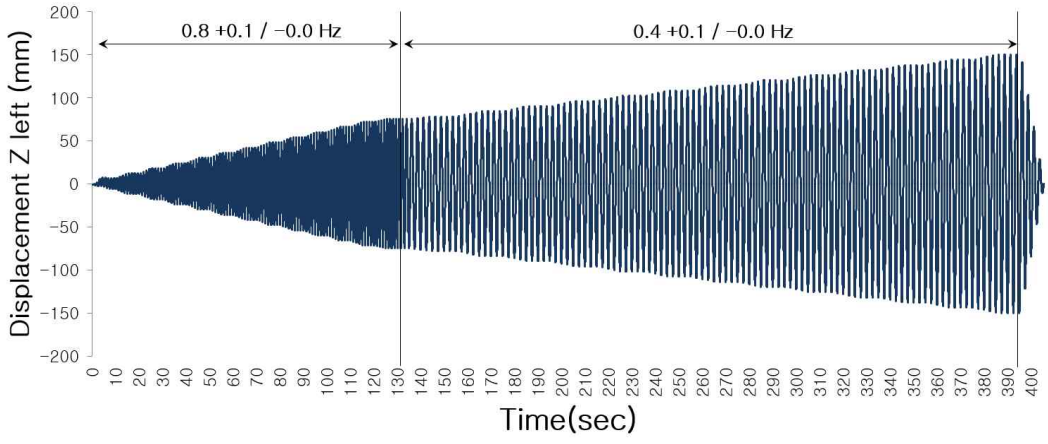
변위-시간 기록

[Z축(오른쪽) 엑츄에이터 변위-시간 기록 데이터]



※ 시간-변위 그래프는 시험 완료 후 Raw data를 기반으로 작성하였음

[Z축(왼쪽) 엑츄에이터 변위-시간 기록 데이터]



※ 시간-변위 그래프는 시험 완료 후 Raw data를 기반으로 작성하였음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

○ 실험 장비 및 시료



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 실험 결과

시험일자	2021.10.17	시험 시 환경	온도 : (11.6 ± 0.5) ℃ 습도 : (40.2 ± 2.0) % R.H. 기압 : (1 025.2 ± 1.0) hPa
의뢰업체	㈜신창산업	시료명/모델명	SC-193HDCW (Z축 동적내진성능시험)
시험방법	의뢰자 제시방법	AAMA 501.6-18 표준 참조 ※ 시험의 특수성 : AAMA 501.6-18 표준은 좌우(X축)으로 변위를 가진하며 시험하지만 본 시험은 AAMA 501.6-18 표준을 참조해 상하(Z축)으로 변위를 가진하였음	

시험결과	항목명	시험결과	비고
	$\triangle_{fallout}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 탈락 발생 없음
	$\triangle_{cracking}$	± 150 mm 초과 (층고대비 백분율 ± 3.75 % 초과)	-. ± 150 mm 변위까지 유리 크랙 발생 없음
	제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항	-	-

비고	
	-. 본 시험은 AAMA 501.6-18(Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems) 표준에서 권장하는 시험방법에 의해 수행하였음 -. 여기서, ΔFallout 은 유리가 탈락된 변위를 의미하며, ΔCracking 은 유리 크랙이 발생한 변위를 의미함 -. AAMA 501.6-18 규격에 따라 ΔFallout은 필수요건(Required)이며, ΔCracking은 선택사항(Optional) 임 -. AAMA 501.6-18 표준에 따라 제품 성능을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가적인 관찰/발견사항 명기함

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가

4.1 KS F 2278:2017(창호의 단열성 시험방법) 표준에 따른 단열성능 실험 결과

○ 실험체 사양

시험체명	SC-193HDCW			
창호형태	단창			
개폐방식	고정창			
프레임재질	알루미늄			
시험체크기 (mm)	너비		높이	두께
	2 000		2 000	193
유리 구성	구분	두께	상세	
	외측	42	6Low-e(소프트,SKN154II) + 12Ar + 6CL + 12Ar + 6Low-e(소프트,SKN154II)	
	내측	-	-	
스페이서 재질	외측	SWISSPACER		
	내측	-		

○ 실험체 사진



단열성 - 저온실측 사진



단열성 - 항온실측 사진

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 단열성능 실험 결과

시험실 환경	온도 (℃)	습도 (% R.H.)	기압 (hPa)
	22.3 ± 0.1	56 ± 1	1 020.5 ± 0.2
시험 설정 조건	항온실 온도	항온실 습도	보호열상자 온도
	(20 ± 1) ℃	(50 ± 5) % R.H.	(20 ± 1) ℃
	저온실 온도	저온실 기류풍속	기류 방향
	(0 ± 1) ℃	(2.0 ± 0.5) m/s	시험체 방향
시험장비 규격 (H×W×D)	보호 열상자 (mm)	항온실 (mm)	저온실 (mm)
	2 300 × 2 200 × 800	3 800 × 3 400 × 2 320	3 800 × 3 400 × 2 280

시험결과		1회	2회	3회
온도 (℃)	항온실 공기온도	19.85	19.81	19.86
	보호 열상자 공기온도	19.91	19.92	19.92
	저온실 공기온도	-0.15	-0.18	-0.18
열량 (W)	가열장치 공급열량	45.01	45.55	45.20
	기류교반장치 공급열량	34.75	34.63	34.75
	교정열량	18.48	18.89	18.53
	시험체 통과열량	61.29	61.29	61.42
표면 열전달저항 (m^2·K/W)	내표면 열전달저항	0.10	0.10	0.10
	외표면 열전달저항	0.06	0.06	0.06
	보정값	0.00	0.00	0.00
열관류저항 (m^2·K/W)		1.310	1.311	1.309
평균 열관류저항 (m^2·K/W)		1.310		
열관류율 (W/(m^2·K))		0.763		

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

4.2 KS F 2292:2019(창호의 기밀성 시험방법) 표준에 따른 기밀성능 실험 결과

○ 실험체 사양

시험체명	SC-193HDCW			
창호형태	단창			
개폐방식	고정창			
프레임재질	알루미늄			
시험체크기 (mm)	너비		높이	두께
	2 000		2 000	193
유리 구성	구분	두께	상세	
	외측	42	6Low-e(소프트,SKN154II) + 12Ar + 6CL + 12Ar + 6Low-e(소프트,SKN154II)	
	내측	-	-	
스페이서 재질	외측	SWISSPACER		
	내측	-		

○ 실험체 사진



기밀성 - 정면 사진



기밀성 - 측면 사진

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

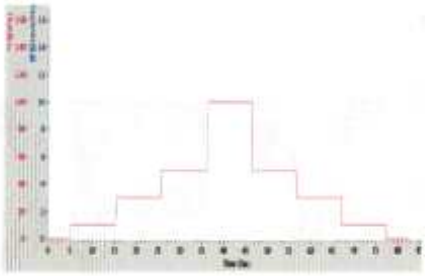
수행 과정 및 수행 내용

○ 기밀성능 실험 결과

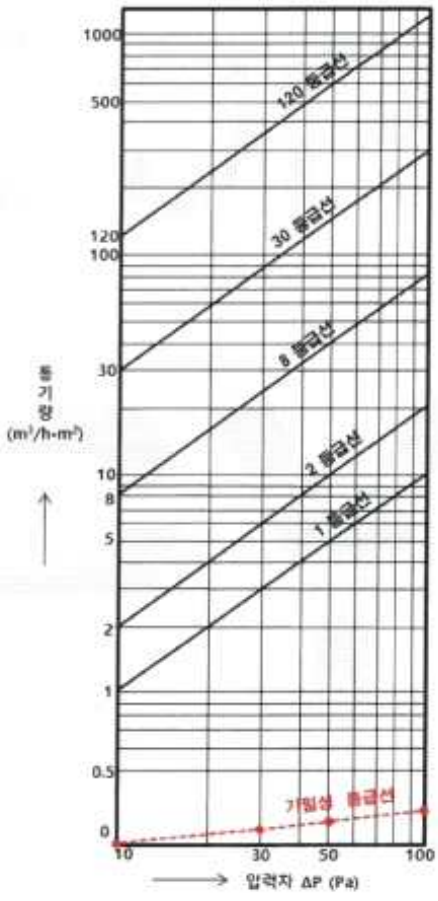
시험실 환경	날씨	온도 (℃)	습도 (% R.H.)	기압 (hPa)
	맑음	24.2	54.0	1 013.4

시험체 안쪽 치수 및 면적	너비 (mm)	높이 (mm)	면적 (㎡)
	1 880	1 880	3.534

시험순서 (가압선)



기밀성 등급선 그래프



측정 및 시험결과

차압(Pa)	통기량(㎥/h·㎡)
10	0.00
30	0.12
50	0.17
100	0.25

기밀성능		
	통기량 (차압 10 Pa 기준)	0.00 ㎥/h·㎡
	기밀성 등급	1등급

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

4.3 KS F 3117:2019(창세트 시험방법) 표준에 따른 내풍압성능 실험 결과

○ 실험체 사양

시험체명	SC-193HDCW		
창호형태	단창		
개폐방식	고정창		
프레임재질	알루미늄		
시험체크기 (mm)	너비	높이	두께
	2 000	2 000	193

유리 구성	구분	두께	상세
	외측	42	6Low-e(소프트,SKN154 II) + 12Ar + 6CL + 12Ar + 6Low-e(소프트,SKN154 II)
	내측	-	-

스페이서 재질	외측	SWISSPACER
	내측	-

○ 실험체 사진



내풍압 - 정면 사진



내풍압 - 측면 사진

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 내풍압성능 실험 결과

시험실 환경		온도 (℃)	습도 (% R.H.)		기압 (hPa)
		24.2	54.0		1 013.4
시험체 안목거리 L (mm)	측정점1	1 880	시험체 측정거리 l (mm)	측정점1	1 780
	측정점2	-		측정점2	-
	측정점3	-		측정점3	-

측정 및 시험결과										
구분	차압 (Pa)			측정점 위치별 변위 (mm)			변위량 (mm)	변위률	변형량 (mm)	휨률 (변형률)
				상	중	하				
변형 시험	측정점1	정압	900	1.600 40	7.906 02	1.201 04	7.906 02	0.004 21	6.505 30	0.003 66
			1 800	3.077 42	12.927 60	2.324 82	12.927 60	0.006 88	10.226 48	0.005 75
			2 400	4.101 63	15.820 48	3.153 55	15.820 48	0.008 42	12.192 88	0.006 85
			3 600	6.308 14	21.006 10	5.012 39	21.006 10	0.011 18	15.345 84	0.008 62
		부압	900	1.685 44	8.901 78	1.381 34	8.901 78	0.004 74	7.368 38	0.004 14
			1 800	3.916 64	15.576 19	3.417 86	15.576 19	0.008 29	11.908 94	0.006 69
			2 400	5.349 64	19.129 66	4.534 72	19.129 66	0.010 18	14.187 48	0.007 97
			3 600	8.016 44	25.034 45	6.469 61	25.034 45	0.013 32	17.791 42	0.010 00
	측정점2	정압								
		부압								
	측정점3	정압								
		부압								
	예비가압		500 Pa			개폐 확인(시험 전)		이상 없음.		
	잔류 변형		이상 없음.			개폐 확인(시험 후)		이상 없음.		
	성능기준(휨률)		1/100 이하							
반복 시험	차압 (Pa)		3 600			단속압 횟수 n		3		
	잔류 변형		이상 없음.			개폐 확인		이상 없음.		
안전성 시험	차압 (Pa)		3 600			잔류 변형		이상 없음.		

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

4.4 KS F 3117:2019(창세트 시험방법) 표준에 따른 수밀성능 실험 결과

○ 실험체 사양

시험체명	SC-193HDCW			
창호형태	단창			
개폐방식	고정창			
프레임재질	알루미늄			
시험체크기 (mm)	너비		높이	두께
	2 000		2 000	193
유리 구성	구분	두께	상세	
	외측	42	6Low-e(소프트,SKN154 II) + 12Ar + 6CL + 12Ar + 6Low-e(소프트,SKN154 II)	
	내측	-	-	
스페이서 재질	외측	SWISSPACER		
	내측	-		

○ 실험체 사진



연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

○ 수밀성능 실험 결과

시험실 환경	온도 (℃)	습도 (% R.H.)	기압 (hPa)
	24.2	54.0	1 013.4
시험체 치수	너비 (mm)	높이 (mm)	시험체 전면 면적 (㎡)
	2 000	2 000	4.00

분무량		16 L/min
시험에 사용한 압력차 P(중앙값)		500 Pa
시험에 사용한 압력차 범위		250 Pa ~ 750 Pa
누수 현상	현상 기호	누수 위치 및 정도 또한 누수 현상 정도
물 스며들기	△	
기포	○	
유출	◰	
틀 밖/실내 유출	◪	
분사	☒	
틀 밖으로의 분사	⧓	
물보라	◍	
틀 밖으로의 물보라	◑	
틀 밖으로의 넘침	●	
확인 결과		이상 없음

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발

21CTAP-C153175-03

국토교통기술촉진 연구사업 - 동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발

내진 커튼월 설계시공지침

2021.01.14

SHINCHANG

KCL 한국건설생활환경시험연구원 Korea Conformity Laboratories

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

제1장 건축물 내진설계기준

1.1 내진 커튼월 관련 기준 해설

1.2 건축물 내진설계기준 상 유리와 틀사이 유격 계산방법

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

제1장 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)

1.1 내진 커튼월 관련 기준 해설

내진 커튼월 관련 전문	해설
18. 비구조요소 **18.1 일반사항** 건축구조물에 영구히 설치되는 **건축, 기계 및 전기설비 등의 비구조요소**와 그 지지부 및 연결부는 이 절의 규정에 따라 설계되어야 한다. 단, 구조물 유효중량의 25%를 초과하는 비구조요소는 건물외구조로 분류하여 19장의 규정을 따른다. 또한 기계 혹은 전기 비구조요소를 내장하고 있는 높이 1.8m 이상의 모듈형 공장제작품으로서 18장에 해당 설계규정이 없는 경우 19장의 건물과 유사한 건물외구조물의 규정에 따른다. 하지만 모듈형 시스템에 내장되거나 모듈형 시스템에 의해 지지되는 비구조요소는 18장의 규정에 따라 설계되어야 한다. 건물외구조물(창고용 선반과 탱크 포함)은 19장의 규정에 따라 설계된다. **18.1.1 적용범위** 다음의 비구조요소는 18장의 규정에 따라 내진설계가 수행되어야 한다. (1) **중요도계수 I_p가 1.5인 비구조요소**	**18.1 일반사항** 내진 커튼월은 건축 비구조요소에 포함된다. **18.1.1 적용범위** 내진 커튼월의 중요도계수가 1.5에 해당할 경우 내진설계가 수행되어야한다. →18.1.2 중요도계수 참고

(2) 파라펫, 건물외부의 치장 벽돌 및 외부치장 마감석재 위의 규정에 속하지 않는 비구조요소의 내진설계 여부는 건축주와의 협의에 따른다. 다만, 다음에 해당하는 전기 및 기계비구조요소는 이 조항을 적용하지 않는다. (1) 중요도계수 I_p가 1.0이면서 바닥으로부터 설치높이 1.2m 이하, 중량 1,800N 이하이고 덕트나 파이프와의 연결부가 유연한 재료로 구성되어 있는 경우 (2) 중량 100N 이하, 단위길이당 중량이 70 N/m 이하인 경우	
18.1.2 중요도계수 비구조요소의 중요도계수 I_p는 1.0으로 한다. 단, 다음에 해당할 경우 I_p를 1.5로 한다. (1) 소화배관과 스프링클러 시스템 등 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소. 또한 피난경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량칸막이벽 등 손상시 피난경로 확보에 지장을 주는 비구조요소와 대형 창고형 매장 등에 설치되어 일반대중에게 개방된 적재장치 (2) 규정된 저장용량 이상의 독성, 맹독성, 폭발위험 물질을 저장하거나 지지하는 비구조요소 (3) **<u>표 2.2-1의 내진특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소</u>**	**18.1.2 중요도계수** 커튼월이 내진(특)등급에 해당하는 구조물에 설치될 경우, 지속적인 기능 수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 거동에 지장을 줄 수 있는 경우 내진설계를 하여야 한다.
18.1.3.2 실험적 절차 18장에 규정된 해석적인 설계절차를 대신하여 실험을 통해 비구조요소 및 그 지지부의 내진성	**18.1.3.2 실험적 절차**

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

능을 확인할 수 있다. 실험적 절차에는 내진설계책임구조기술자가 인정한 공인된 실험규약이 사용되어야 하며 실험을 통해 이 기준이 요구하고 있는 내진요구사항과 동등하거나 이를 초과하는 내진성능을 보유하고 있음이 증명되어야 한다. 실험적 절차를 적용할 경우 식 (18.2-1)에 의해 산정되는 최대지진력은 $3.2I_pW_p$를 초과할 필요는 없다.

18.2.3 상대변위

비구조요소가 수용해야 할 지진에 의한 상대변위 D_{pI}는 다음과 같이 계산한다.

$$D_{pI} = D_pI_E \qquad (18.2\text{-}6)$$

여기서,

I_E : 2.2의 중요도계수

D_p: 아래 (1)과 (2)의 규정에 의해 산정되는 상대변위

(1) 동일한 구조물 또는 구조시스템상의 수직 위치가 x와 y인 두 연결점에 대하여 D_p는 다음과 같이 계산한다.

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \qquad (18.2\text{-}7)$$

혹은 D_p는 7.3.3의 응답스펙트럼해석법 혹은 7.3.4.2의 선형시간이력해석에 의해 구해진 값을 사용할 수 있다.

D_p는 다음 값을 초과할 필요는 없다.

$$D_p = (X - Y)\frac{\Delta_{aA}}{h_{sx}} \qquad (18.2\text{-}8)$$

(2) 독립된 2개의 구조물 또는 구조시스템상의 수직 위치가 각각 x와 y인 두 연결점에 대하여

내진 커튼월의 검증은 건축물 내진설계기준 18장에 규정된 해석적 설계절차 또는 내진설계책임구조기술자가 인정한 공인된 실험규약에 의해 실험이 진행되어야 한다.

18.2.3 상대변위

커튼월이 수용해야할 상대변위는 $D_{pI} = D_pI_E$ 에 의해 계산된다.

D_p는 구조설계를 통해 구해진 값을 적용하며, 구조설계가 이뤄지지 않은 경우는 최대허용층간변위 값을 적용할 수 있다.

I_E는 해당 건축물의 중요도 계수로 내진(특)등급의 경우 1.5, 내진(I)등급의 경우 1.2, 내진(II)등급의 경우 1.0을 적용한다.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

D_p는 다음과 같이 계산한다.

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \quad (18.2\text{-}9)$$

D_p는 다음 값을 초과할 필요는 없다.

$$D_p = \frac{X\Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{Y\Delta_{aB}}{h_{sx}} \quad (18.2\text{-}10)$$

여기서, D_p : 비구조요소가 수용해야 할 지진에 의한 상대변위

h_{sx} : 허용층간변위를 정의하기 위하여 사용된 층고

δ_{xA}, δ_{yA}, δ_{yB} : 식 (7.2-13)에 의해 산정된 구조물 A 또는 B상의 수직위치 x 또는 y에서의 변위

X : 구조물 밑면으로부터 상부부착지점 x 까지의 높이

Y : 구조물 밑면으로부터 하부부착지점 y 까지의 높이

Δ_{aA}, Δ_{aB} : 8.2.3에 규정된 구조물 A 또는 B의 허용층간변위

18.3.4 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리

커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리는 식 (18.3-1)의 상대변위 요구조건을 만족하여야 한다.

$$\triangle_{fallout} \geq 1.25\, D_{pI} \quad (18.3\text{-}1)$$

여기서,

$\triangle_{fallout}$: 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에서 유리의 탈락이 발생하는 상대변위로 해석 혹은 실험을 통해 산정하되 13mm 보다 커야 한다.

D_{pI} : 18.2.3에 의해 산정되는 구조물의 상대변위

18.3.4 커튼월, 상점 앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리

커튼월에 해당되는 전문이다.

앞서 18.2.3에서 상대변위를 계산하고, 해당되는 상대변위에 1.25 안전율을 곱한 후 최종적인 상대변위를 도출한다.

해석적 방법 또는 실험을 통해 상대변위까지 유리의 탈락이 발생되는지 여부를 판단하게 된다.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

단, 다음 조건을 만족하는 경우 예외로 한다. (1) 유리와 틀사이에 유격이 충분하여 요구되는 상대변위에서 유리와 틀사이에 접촉이 발생하지 않는 경우, 즉, 식 (18.3-2)를 만족하는 경우 $D_{clear} \geq 1.25 D_{pI}$ (18.3-2) 여기서, D_{clear} : 유리와 틀사이에 접촉이 발생하게되는 틀의 상대변위로서 유리높이에 대해 정의됨. 직사각형 유리틀일 경우 식 (18.3-3)으로 산정한다. $D_{clear} = 2c_1\left(1+\frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right)$ (18.3-3) 여기서, h_p : 직사각형 유리패널의 높이 b_p : 직사각형 유리패널의 폭 c_1 : 유리와 틀 사이 좌우측 수직방향 유격의 평균값 c_2 : 유리와 틀 사이 상하부 수평방향 유격의 평균값 (2) 내진 1등급 혹은 2등급 건축물에서 강화유리 재질의 통유리패널이 건물에 인접한 보도면으로부터 3m 이하의 높이에 설치된 경우 (3) 열처리유리 혹은 중간층의 두께가 0.8 mm이하인 열강화이중유리가 노출창문틀 형식으로 사용되고 가장자리는 최소 13 mm폭의 탄성중합체 실런트, 습식보양재 등으로 보호된 경우	(1) 유리와 틀사이에 유격이 충분하여 요구되는 상대변위에서 유리와 틀사이에 접촉이 발생하지 않는 경우, 즉, 식 (18.3-2)를 만족하는 경우 → 이부분은 설계시공지침 1.2장에서 설명

1.2 건축물 내진설계기준 상 유리와 틀사이에 유격 계산방법

건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)에서는 유리와 틀사이에 유격 계산을 통해 내진성능을 만족하는지 여부를 판단하고 있다. 아래 내용은 이를 계산하는 방법이다.

① 유리와 프레임 사이 유격이 식(2)를 만족하는 경우

$$D_{clear} \geq 1.25\, D_{pI} \quad \text{---- 식(2)}$$

여기서, D_{clear} : 유리와 프레임 사이 접촉이 발생하는 틀의 상대변위로 사각형 유리의 경우 식(3)으로 산정한다.

$$D_{clear} = 2c_1\left(1+\frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \quad \text{---- 식(3)}$$

h_p : 유리 높이

b_p : 유리 폭

c_1 : 유리와 프레임 사이 좌우측 유격의 평균값

c_2 : 유리와 프레임 사이 상하부 유격의 평균값

② 내진 1등급 및 2등급 건축물에서 강화유리 재질의 통유리패널이 건물에 인접한 보도면으로부터 3m 이하의 높이에 설치된 경우

③ 열처리유리 혹은 중간층의 두께가 0.8 mm이하인 열강화이중유리가 노출창문틀 형식으로 사용되고 가장자리는 최소 13 mm폭의 탄성중합체 실런트, 습식보양재 등으로 보호된 경우

상기 3가지 내진설계 예외 규정을 살펴보면 3m 이하의 높이의 통유리를 사용한 경우(ex, 1층 상가 앞유리)와 이중접합유리가 적용되고 유리와 프레임사이 유격이 13mm 이상인 경우 알루미늄 프레임이 히든바(Hidden Bar)만 적용되지 않았다면 건물 높이에 상관없이 굳이 내진설계를 진행하지 않아도 무방하다. 마지막으로 건축 시방서 작성자나 외장업체 관계자가 가장 관심을 가져야 하는 항목이 첫 번째 항인데, 본 항목에 대한 설명은 아래 그림을 참조해서 설

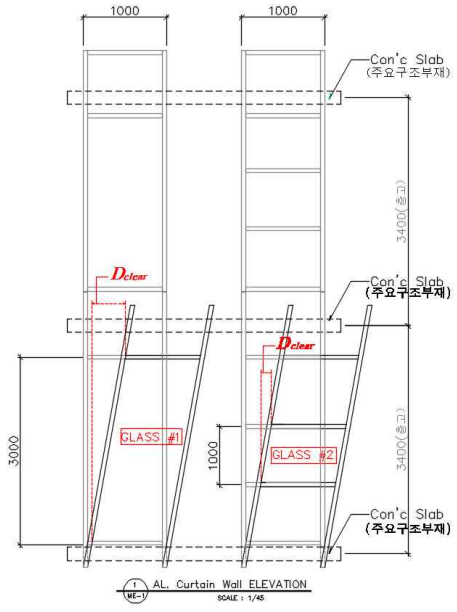
해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

명하도록 하겠다. 그림 3의 2가지 커튼월 시공법 중 두 시료에 적용된 알미늄 프레임의 단면이 동일하고 유리와 프레임 사이 유격이 10mm로 동일하다고 가정하면 큰 유리(Glass #1)와 작은 유리(Glass #2)의 D_{clear}은 그림 3과 같이 산정할 수 있다.

위 두 식을 통해서 구한 D_{clear}은 상대변위로 Glass #2의 경우 산정한 값에 3을 곱한만큼의 횡변위량을 흡수할 수 있으므로 Glass #1과 같이 1장의 유리로 3.0m를 시공하는 것보다 수평재를 중간에 두어 3장의 유리로 Glass #2와 같이 커튼월을 구성한다면 내진성능에 있어서는 더 좋다고 말할 수 있다. 여기서 2개의 D_{clear} 값을 앞서 산정한 병원 건물의 $\triangle_{fallout}$과 비교하면 물론 예로 삼은 2개 건물의 층고가 달라 단순 비교는 어렵겠지만 유리와 프레임 사이 유격만 충분히 확보할 수 있는 설계가 가능하다면 창호(Punched Window)보다 내진성능에 있어서는 불리한 커튼월 공법도 충분한 내진성능을 확보하고 있는 것으로 필자는 확신하고 있다. 다만 위 D_{clear} 산정에 있어 유리 시공시 꼭 필요한 세팅블록(Setting Block)의 재질과 설치간격 등에 대한 변수가 공식에는 반영되지 않아 보수적으로 설계하는 것이 건물 안전적인 측면에서 맞다고 판단된다.



Glass #1 :

$c_1 = c_2 = 10\ mm$

$b = 1.0\ m,\ h = 3.0\ m$

$$D_{clear} = 2 \times 10 \times (1 + \frac{3}{1}) = 80\ mm$$

Glass #2 :

$c_1 = c_2 = 10\ mm$

$b = 1.0\ m,\ h = 1.0\ m$

$$D_{clear} = 2 \times 10 \times (1 + \frac{1}{1}) = 40\ mm$$

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

제2장 관련 실험 및 기준

2.1 동적 내진성능시험

2.2 동적 내진성능시험 관련표준

2.3 정적 및 동적 내진성능시험

2.4 층간변위 또는 상대변위

2.5 내진커튼월 관련 기준 및 법령

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

제2장 커튼월 내진설계 관련 실험 및 기준

2.1 AAMA 501.6-18 동적 내진성능시험

동적 내진성능시험의 시험 품목은 건축 외장재 비구조요소 중 커튼월 및 외장재에 해당되고 지진에 의한 외장재의 변형, 파손, 탈락 등을 판단해 지진 안전성을 평가하는 시험입니다. 관련 기준으로는 건축물 내진설계 기준이 있습니다. 건축물 내진설계기준에서는 내진특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상 시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소에 대해 내진설계를 하도록 하고 있습니다. 이 때 내진설계는 내진설계 책임구조기술자가 내진설계를 수행하거나, 실험적 절차를 통해 내진성능을 보유하고 있음을 입증하는 문서를 제출하여야 합니다.



본 내진성능시험은 실험적 절차로서 내진성능을 보유하고 있음을 입증하는 절차입니다. 동적 내진성능평가는 미국 건축제조협회 단체표준인 AAMA 501.6 표준을 따르고 있으며, 오른쪽에 보이는 사진과 같이 장비에 1개층 규모로 시료를 설치하고, 상부 지그를 좌우로 반복하중을 가하며 점진적으로 변위를 증가시키며, 변형, 파손, 탈락이 발생하는 변위값을 판단하는 시험입니다.

2.2 동적 내진성능시험 관련 표준

동적 내진성능시험은 미국 건축제조협회 단체표준인 AAMA 501.6(AAMA;American Architectural Manufacturers Association) 표준을 따르고 있습니다. AAMA 501.6 표준은 통제된 실험실 조건에서 지진발생 시 커튼월, 창호에서 유리가 탈락되거나 석재, 금속재, 테라코

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

타 등 외장재의 탈락이 발생되는 층간 변위값을 판단하는 수단을 제공하고 있습니다. 아래 그림은 AAMA501.6 표준에 따른 동적 내진성능시험으로 수행할 수 있는 품목의 예시를 나타내고 있습니다. 그림과 같이 유리가 끼워진 커튼월, 창호, 상점앞면 유리, 칸막이벽 등을 시험할 수 있고, 석재, 테라코타, 금속복합패널 등 외장재에 대한 내진성능평가가 가능합니다.

커튼월, 창호, 상점 앞면유리, 칸막이벽



석재, 테라코타 외장재

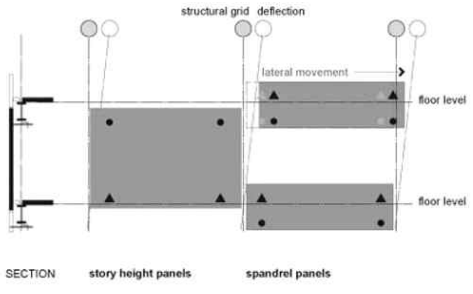


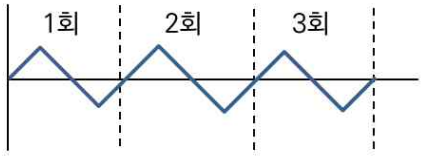
금속복합패널 외장재



2.3 정적(AAMA 501.4) 및 동적(AAMA 501.6) 내진성능시험 비교

다음으로 정적 내진성능시험과 동적 내진성능시험의 차이점에 대해 알아보도록 하겠습니다. 커튼월 및 외장재 정적 내진성능시험과 관련된 표준으로 AAMA 501.4가 있는데, 이 표준은 유리나 다른 외장재에 정적 층간변위를 가진하여 내진 성능을 평가하게 됩니다. 아래 그림과 같이 정적층간변위는 원점에서 시작해 의뢰자가 요구하는 층간변위 까지 좌우로 이동 후 다시 원점으로 돌아오는 사이클로 총 3회 이상을 가진하도록 되어있습니다. 정적 내진성능시험은 시험 종료 후 기밀, 수밀 성능에 대한 시험을 하도록 권장하고 있습니다. 따라서 이 시험방법은 지진 발생 후 커튼월이나 외장재의 기능이 유지되는지에 대한 사용성 측면을 판단하는데 중점을 둔 시험입니다.





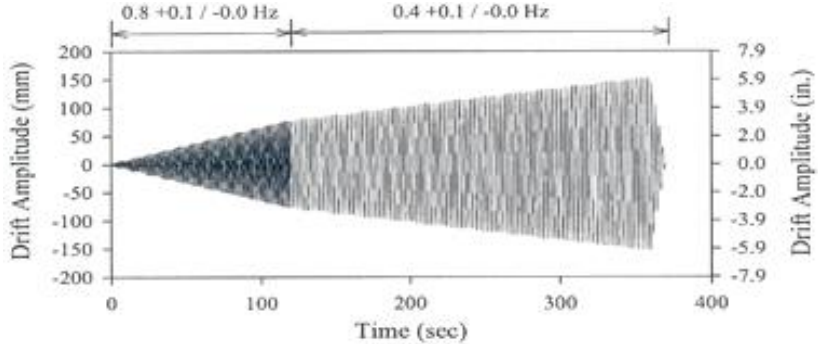
반면에 동적 내진성능시험인 AAMA 501.6 표준은 정적 층간변위 시험인 AAMA 501.4

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

표준을 보완하는 시험 방법으로서 동적으로 층간변위를 가해줌으로써 유리나 외장재의 탈락 발생 여부에 대한 안전성 측면에 중점을 둔 시험입니다. 아래 그림과 같이 정적 내진성능시험과 달리 동적 내진성능시험은 일정한 진폭의 반복하중과 연속적인 상승을 가해 줌으로써 정적 내진성능보다 더 가혹한 조건에서 시험을 진행하게 됩니다.



즉, 지진 발생 시 기둥이나 벽, 보 등과 같은 건물의 주요 구조부가 붕괴되지 않고 기능을 유지한다면, 층간에 반복적인 변위와 진폭이 발생하게 되는데, 이 때 슬라브에 고정되어 있는 커튼월 또는 외장재가 이 층간변위에 의하여 탈락이 발생하는지를 판단하는 시험이 동적 내진성능시험입니다. 따라서 AAMA 501.4 표준은 정적 층간변위를 시험장비로 가진 한 뒤, 기밀, 수밀 성능시험을 추가적으로 수행함으로써 지진 발생 후에도 기능유지가 가능한지 여부를 확인하는 사용성 측면에 중점을 둔 시험이고, AAMA 501.6 표준은 반복하중에 의한 동적 층간변위를 가해 유리 혹은 외장재의 탈락이 발생하는지를 판단하는 안전성에 중점을 둔 시험인 점에서 차이가 있습니다.

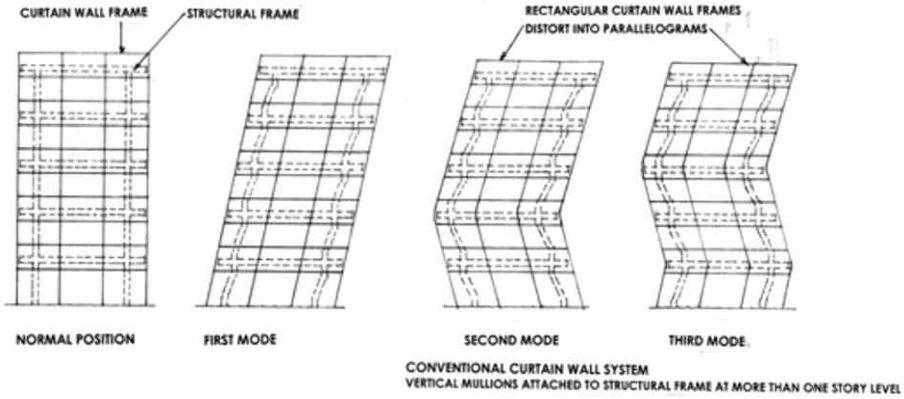
2.4 층간변위 또는 상대변위

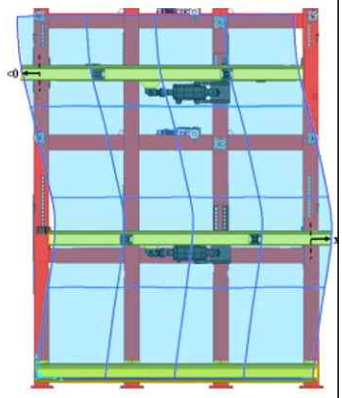
여기서 층간변위 또는 상대변위는 지진이 발생 했을 때 상부와 하부 슬라브 간의 위치 이동으로 발생되는 변위를 나타냅니다. 다시 말씀드리자면, 지진이 발생하면 건물은 좌우로 움직이게 됩니다. 이 때 건물 바닥의 위치가 좌우로 이동하면서 층간에 위치가 이동하는 변위가 발생되는데 이를 층간변위 또는 상대변위라고 합니다. 동적내진성능시험은 아래 그림과 같이 건물의 동적 층간변위를 모사할 수 있는 장비로 시료를 지그에 설치하고 인위적으로 좌우 층간변위를 가진할 수 있습니다.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용





2.5 내진 커튼월 관련 기준 및 법령

동적 내진성능시험의 목적은 유리 혹은 외장재의 탈락을 유발하는 면내방향 층간변위에 의한 유리나 외장재가 탈락하는 변위를 파악하기 위한 시험입니다.본 시험을 통해 판단되는 유리나 외장재가 탈락하는 변위는 건축물 내진설계기준에 의한 지진발생 시 건물 주요 구조부재의 상대변위 값보다 커야합니다. 우리나라는 건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00에서 비구조요소인 커튼월 및 외장재의 상대변위에 대한 내진설계 기준을 제시하고 있습니다.

커튼월, 창호와 같이 유리가 포함되는 제품에 대한 건물의 상대변위 값을 산정하는 방법을 알아보겠습니다. 건물의 상대변위 값을 산정하는 방법은 미국토목학회(ASCE)에서 발행하는 ASCE7-16에서 제시하고 있습니다.

▪ ASCE 7-16

- 미국토목학회(ASCE)의 ASCE 7-16 기준은 건축물의 상대변위 산정 기준 제시

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25\, D_{pI}$$

$$D_{pI} = D_p I_e$$

- $\Delta_{fallout}$: 유리가 탈락한 변위
- D_p : 선형시간이력해석에 의해 구해진 건축물의 상대변위 값
- I_e : 건축물의 중요도 계수

※ ASCE 7-16 에서는 $\Delta_{fallout}$ 산정 시 AAMA 501.6 표준의 실험적 방법으로 입증하도록 함

지진발생 시 건물의 층간변위는 해당 건축물의 구조설계를 통해 건물별로 산정하게 됩니다. 우선 유리가 끼워진 커튼월, 창호, 상점앞면유리, 칸막이벽에 대한 계산방법은 안전율 1.25

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

에 해당 건축물의 중요도계수, 구조설계를 통한 도출된 상대변위를 곱하여 산정하게 됩니다. 여기서, 델타 fallout은 동적 내진성능시험 시 시료에서 유리가 탈락한 변위를 나타냅니다. 결국, 중요도계수, 상대변위값을 바탕으로 도출된 건축물의 상대변위보다 동적 내진성능시험으로 도출된 유리가 탈락한 변위값이 커야 시험체가 내진성능을 갖는다고 할 수 있습니다. ASCE 7-16에서는 AAMA 501.6 표준에 따라 실험하여 유리가 탈락하는 변위를 산정하도록 하고 있습니다.

▪ 건축물 내진설계기준 KSD 41 17 00

- 국내 건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00 에서는 건축물의 상대변위 산정 기준 제시
- 아래 식에 의해 결정된 상대 지진 변위(D_{pI}) 또는 13mm 중 큰 값에 해당하는 층변형에서 탈락이 없어야 함
- ASCE 7-16 과 상대변위 산정 기준을 준용하고 있음

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25\, D_{pI}$$

$$D_{pI} = D_p I_e$$

- $\Delta_{fallout}$: 유리가 탈락한 변위
- D_p : 응답스펙트럼해석법 또는 선형시간이력해석에 의해 구해진 건축물의 상대변위 값
- I_e : 건축물의 중요도 계수 (내진(특)등급 : 1.5, 내진(I)등급 : 1.2, 내진(II)등급 : 1.0)

※ 최종적으로 구조설계가 이루어지기 전까지는 D_p 을 알 수 없음으로 허용층간변위 상한치를 적용할 수 있음

※ 상한치 : 내진특등급 $1.25 \times 0.010\, h_{sx} \times 1.5$ / 내진(I)등급 $1.25 \times 0.015\, h_{sx} \times 1.2$ / 내진(II)등급 $1.25 \times 0.020\, h_{sx} \times 1.0$

※ 주의 : 동적 내진성능시험 시 반드시 1.25 안전율, 중요도계수, 층간변위 값을 모두 곱하여 도출된 상대변위를 만족하여야 함

국내 건축물 내진설계기준 인 KDS 41 17 00에서도 커튼월, 창호, 상점앞면유리, 칸막이벽에 대해서 ASCE7-16과 동일한 방법으로 상대변위를 산정하고 있습니다. ASCE7-16과 동일하게 델타 fallout은 유리가 탈락한 변위 값을 나타내고, 건축물의 상대변위 값과 중요도계수를 곱하고, 안전율 1.25를 곱하여 해당 건축물의 상대변위를 산정하게 됩니다. ASCE 7-16과 마찬가지로 유리가 탈락한 변위 값이 건축물의 상대변위보다 커야 시험체가 내진성능을 갖는다고 할 수 있습니다.

앞서 말씀드린바와 같이 지진이 발생하게되면 건물을 좌우로 움직이게되고 상대변위가 발생하게 됩니다. 즉, 건축물은 지진 발생 시, 구조설계를 통해 도출된 상대변위를 넘어설 수 없습니다. 결국, 지진 발생 시 건물은 좌우로 층간변위가 발생하게 되고, 이 층간변위는 구조설계된 상대변위를 넘을 수 없습니다.AAMA 501.6 표준에 의한 동적 내진성능시험은 탈락 변위값을

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

판단하고, 그 값이 구조설계에 의한 상대변위보다 큰지를 판단하는데 활용할 수 있습니다.

만약, 커튼월 제품에 대해 동적 내진성능시험을 진행하여 유리가 탈락되는 변위값을 알고 있는데, 건물에 대한 상대변위를 알 수 없을 때 허용층간변위 상한치를 적용하여 계산할 수 있습니다. 내진 등급별로 상한치를 살펴보면, 내진특등급은 허용층간변위 최대값인 층고의 1%, 중요도계수 1.5를 곱하여 상대변위를 알 수 있습니다.

허용층간변위 최대값은 건축물 주요구조부 내진설계 시 내진등급별로 이 값 이상은 넘을 수 없다고 정한 값으로서, 건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00에서는 내진(특)등급은 0.01, 내진(I)등급은 0.015, 내진(II)등급은 0.02의 기준을 제시하고 있습니다.

중요도계수는 내진(특)등급은 1.5, 내진(II)등급은 1.2. 내진(I)등급은 1.0으로 각 내진등급에 해당하는 값을 곱하여 상대변위를 계산할 수 있습니다. 여기서 hsx는 층고 또는 지점간 거리를 나타내고 있습니다.

건축물 내진설계기준 KDS 41 17 00에서는 치장벽돌을 제외한 구조물에 부착되거나 구조물을 둘러싸는 외부의 비구조벽 패널 또는 그 요소에 대해 상대변위 기준을 제시하고 있습니다. 외장재는 결정된 상대변위 또는 13mm 중 큰 값에 해당하는 층변형을 수용해야 합니다.외장재의 경우 유리와 달리 중요도계수, 구조설계를 통한 상대변위를 곱하여 산정하게 되어 안전율 1.25를 곱하지 않는 점에서 차이가 있습니다.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도		2차년도		3차년도	
연구 목표	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p		
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p		
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p				

수행 과정 및 수행 내용

제3장 커튼월 내진성능평가

3.1 시료제작 방법

1.2 동적 내진성능시험 방법

1.3 시료제작 및 설치 방법

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

제3장 커튼월 동적 내진 성능평가 방법

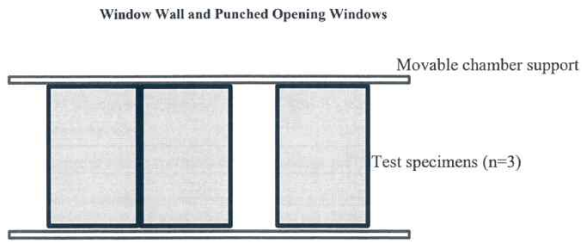
3.1 시료 제작 방법

기본적으로 AAMA 501.6 표준에서는 3개 동일 시료를 준비하여 시험하거나, 의뢰자의 요구, 현장의 조건에 따라 1개 층에 대한 표준 입면에 대한 시료로 구성하여 시험하도록 하고 있습니다. 시료 제작방법 첫 번째 케이스로 3개의 개별 유닛으로 시험하는 경우입니다. 개별 창문과 같이 천공된 개구부에 설치하는 제품의 경우, 3개의 개별 유닛으로 구성하고, 장비에 3개의 유닛을 모두 설치하여 3개를 동시에 시험하거나 한 번에 하나씩 시험할 수 있습니다. 이 때 개구부를 구현하기 위해 시료는 아래 그림과 같이 상단 지그의 아래쪽, 하단지그의 위쪽에 고정시켜 시험을 진행하게됩니다.

▪ Case 1 : 천공된 개구부에 설치하는 제품

- 개별 창호와 같이 천공된 개구부에 설치하는 제품
- 3개의 개별 유닛을 준비해야 함
- 장비에 3개 유닛을 모두 설치하여 3개를 동시에 시험 또는 한번에 하나씩 3번 시험할 수 있음





두 번째 케이스로 커튼월이나 석재, 금속재 외장재와 같이 개별 창문이나 구멍이 있는 개구부에 설치하는 제품이 아닌 연속된 시스템의 시료의 경우 3개의 시편을 하나의 시스템으로 함께 설치하고 동시에 시험 할 수 있습니다. 즉, 아래의 그림과 같이 연속된 유리나 외장재로 구성된 시료는 3개의 시편을 하나의 시료로 시험이 가능합니다.이 때 연속된 시스템의 시료는 주로 슬라브의 바깥쪽 면에 구조체 앵커부를 고정하기 때문에 지그의 바깥쪽면에 시료를 고정시키고 시험을 진행하게됩니다.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

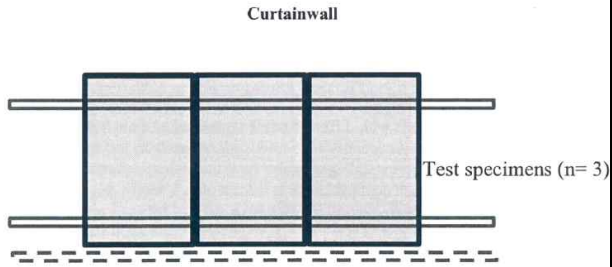
수행 과정 및 수행 내용

▪ Case 2 : 연속된 시스템으로 구성된 제품

- 커튼월이나 석재, 금속재 외장재와 같이 연속된 시스템의 시료
- 3개의 시편을 하나의 시스템으로 함께 설치하고 동시에 시험이 가능

※ 연속된 유리나 외장재로 구성된 시료는 3개의 시편을 하나의 시료로 시험이 가능함





3.2 동적 내진성능시험 방법

동적 내진성능시험은 점진적으로 변위가 증가하는 크레센도 시험이며, 변위가 증가할 때 연속적인 상승(Ramp up)과 일정한 진폭(Constant amplitude)으로 구성됩니다. 변위는 6mm 간격으로 증가하며 단계별로 증가하며 연속적인 상승과 일정한 진폭에서 모두 4개의 정현파 사이클로 구성됩니다. 크레센도 시험은 변위가 ±75mm 이하인 경우에는 0.8Hz의 주파수로 일정한 진폭을 가하며, ±75mm 초과하는 변위에서는 0.4Hz의 일정한 진폭을 갖습니다. 여기서 변위를 가할 때 ±2mm 이내의 정확도를 가진 장비를 활용하여 측정하여야 합니다. 크레센도 시험은 완료될 때까지 연속적으로 수행하게되는데 다음 조건 중 첫 번째 조건이 나타날때까지 진행하게됩니다.[

시험을 종료하는 조건은 유리나 외장재가 탈락되었을 때, 높이 백분율로 층간변위가 0.10(10%)이상이거나 변위가 ±150mm에 도달했을 때 시험을 종료하게 됩니다. 여기서 높이 백분율은 층고 또는 지점간 거리를 기준으로 높이를 산정하고, 이 높이 대비 해당 변위의 백분율을 의미하며, 시험성적서에는 탈락 변위값과 함께 높이 백분율을 표기하고 있습니다.

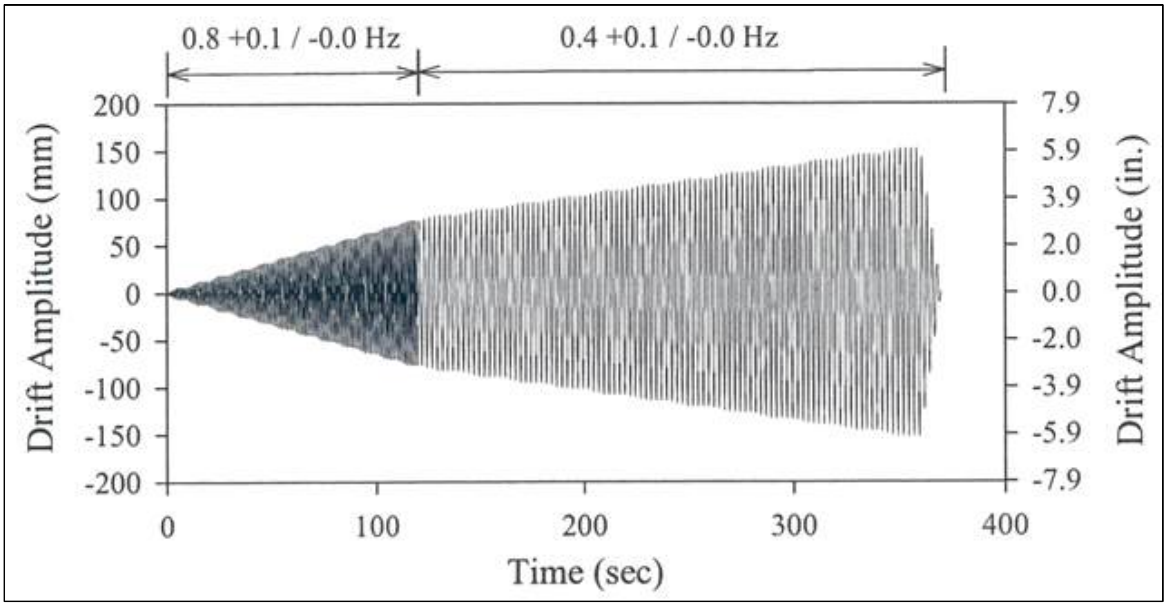
예를 들어 층고가 4000mm이고, 탈락된 변위가 150mm 일 경우 150mm를 4000mm로 나누어 백분율을 산정해 0.0375, 즉 3.75%가 됩니다. 동적 내진성능시험은 ±150mm에 도달했을 때 시험이 종료됨으로 최대 가진할 수 있는 변위는 ±150mm입니다.

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용



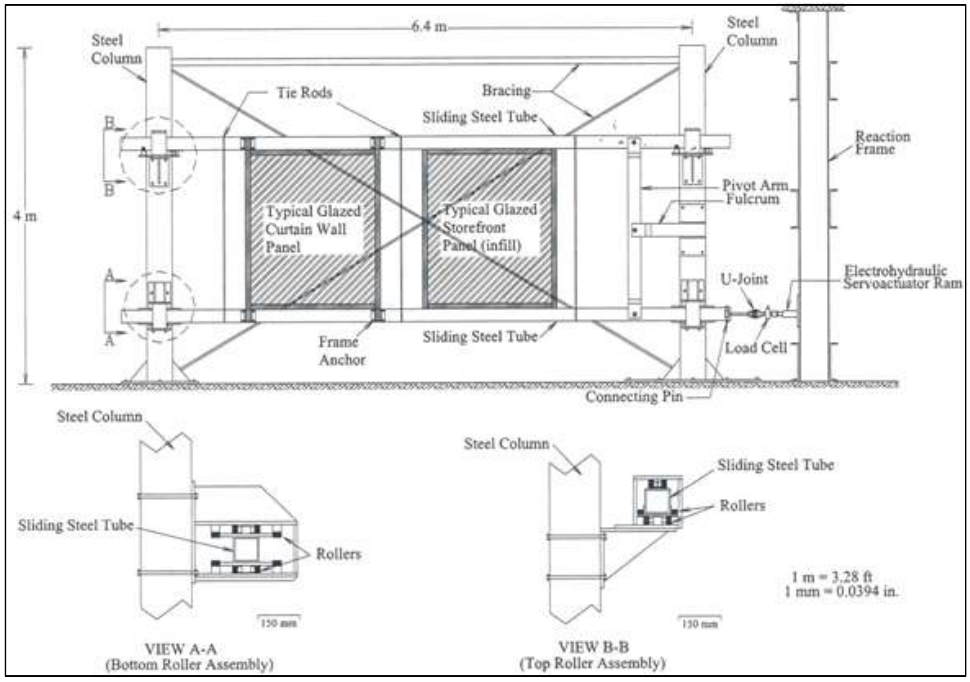
동적 내진성능시험은 창호와 같이 개구부가 있는 조건은 3개의 개별 시료로 구성하고, 커튼월과 같이 시스템으로 구성된 경우는 3개의 시료를 한 시스템으로 크레센도 시험을 진행하게 됩니다. 3개의 개별 시료로 시험할 경우 유리가 탈락된 최저 변위값을 성적서에 기록하게 되고, 3개의 시료를 한 시스템으로 구성하여 시험하는 경우는 최초 유리가 탈락된 변위값을 성적서에 기록하게 됩니다.본 시험방법은 유리 탈락에 중점을 두지만, 다른 외벽 시스템인 석재, 알루미늄 패널, 테라코타 등과 외부 장식, 차양막 등의 탈락된 변위값도 참고 목적으로 기록하게 됩니다.

아래 그림은 동적내진성능시험 장비의 구성도를 나타내고 있습니다. 시료를 거치할 수 있는 상하부 지그와 좌우 변위를 줄 수 있는 스트로크 제어 시스템으로 구성됩니다. 장비에 시료를 고정하는 방법은 AAMA 501.6 표준에서는 아래와 같이 장비의 지그에 화스너를 용접 고정한 후 화스너에 수직재에 체결하는 방법을 권장하고 있습니다. 이 때 화스너를 벗어나는 수직재의 길이는 200mm를 넘지 않도록 권장하고 있습니다.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용



3.3 시료의 제작 및 설치 방법

앞서 말씀드린바와 같이 창호와 같이 천공된 개구부에 설치하는 제품의 경우 3개의 개별 유닛을 준비해야합니다. 커튼월과 같이 하나의 시스템으로 구성되는 제품은 가로방향으로 3개 이상의 유리 혹은 외장재가 구성된 시료를 준비하여야 합니다. 하나의 시스템으로 구성되는 커튼월이나 외장재는 가로방향 3개 모듈이 모두 동일한 구성과 레이아웃으로 제작되어야 합니다.

관련하여 시료 제작 전 시험자와 제작 도면을 검토해서 표준에서 요구하는 사양을 만족하는지 확인이 반드시 필요합니다. 커튼월은 우선 제단된 알루미늄 프레임과 유리를 시험장으로 입고하는 것으로 시작됩니다. 입고된 시료의 프레임과 유리, 화스너, 기타 부자재는 미리 제출한 도면과 일치하는지 측정하게됩니다.

측정 후 시험장에서 현장에 설치하는 방식과 동일하게 의뢰자가 직접 시료를 조립 및 설치하게 됩니다. 우선 프레임을 조립하고, 미리 준비되어있는 지그에 화스너를 용접하여 프레임을 설치하게됩니다.

그리고 유리를 설치하고 실란트까지 작업하게되면, 시료설치는 완료하게 됩니다. 시료 설치 완료 후 실란트 양생이 필요함에 따라 1주에서 2주정도 양생 후 시험을 진행하게 됩니다.

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

제4장 내진성능 DB 및 판단 기준

4.1 내진설계 DB 및 판단기준

제4장 커튼월의 내진성능 DB 및 판단 기준

4.1 내진 수준 별 내진설계 DB 및 판단기준

커튼월과 같은 비구조요소의 내진성능은 건축물의 내진등급에 따라 허용되는 층간변위가 다릅니다. 건축구조기준에서는 내진등급 (특)등급 건축물은 층고의 1/100, (I)등급 건축물은 층고의 1.5/100, (II)등급 건축물은 층고의 2/100를 최대허용층간변위로 보고 있습니다. 여기서, 커튼월, 상점유리, 칸막이벽에 유리가 끼워진 경우는 수식(1)과 같이 1.25의 안전율 및 I_E 중요도계수를 추가적으로 고려하고 있습니다.

$$1.25\,D_{pI} = D_p I_E \qquad (1)$$

I_E : 아래 표 1의 내진설계 중요도계수

D_p : 아래 (2)의 규정에 의해 산정되는 상대변위

아래 표는 건축구조기준에서 제시하고 있는 내진설계 시 중요도 계수를 나타내고 있고, 건축물의 중요도가 높을수록 중요도계수는 높아지며, 내진등급(특)등급 건축물은 중요도계수가 1.5, 내진등급(I)등급은 1.2, 내진등급(II)등급은 1.0입니다.

[건축물의 중요도에 따른 내진설계 중요도계수]

건축물의 중요도	내진등급	내진설계 중요도계수(U_e)
중요도(특)	특	1.5
중요도(1)	I	1.2
중요도(2),(3)	II	1

지진 발생 시 상대변위를 산정하기 위해서는 건축물에 따라 구조계산을 통해 산정하여야 함

하지만 구조계산이 이뤄지지 않은 경우 아래 표의 최대허용층간변위를 기준으로 수식(2)에 따라 비구조요소에 미치는 상대변위를 산정할 수 있습니다.

$$D_p = (X - Y)\frac{\triangle_{aA}}{h_{sx}} \qquad (2)$$

X : 구조물 밑면으로부터 상부부착지점 x까지의 높이

Y : 구조물 밑면으로부터 하부부착지점 y까지의 높이

$\triangle_{aA}$: 아래 표2 구조물의 허용층간변위

h_{sx} : 허용층간변위를 정의하기 위하여 사용된 층고

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

[최대허용층간변위]

내진등급		
특	I	II
$0.010h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.020h_{sx}$

위와 같은 방법으로 커튼월에 미치는 최대 상대변위를 계산해 보면 아래 표와 같고, 층고에 따라 최대허용상대변위가 달라지며, 층고가 6000mm인 경우 내진등급(II)등급 건축물은 150mm까지 견딜 수 있어야 합니다.

현행 법 상 건축구조기준에서는 내진등급(특)등급 건축물에 대해서만 비구조요소의 내진설계를 하도록 되어 있습니다. 하지만, 건축주 또는 발주처의 요청이 있을 경우 내진설계를 할 수 있음에 따라 150mm까지 내진성능을 확보 할 수 있는 커튼월 개발이 필요합니다.

[층고에 따른 최대 허용 상대변위]

층고 (mm)	최대 허용 상대변위(mm)		
	내진등급		
	특	I	II
최대 허용 상대변위 백분율	1.88%	2.25%	2.50%
6000	112.5	135.0	150.0
5900	110.6	132.8	147.5
5800	108.8	130.5	145.0
5700	106.9	128.3	142.5
5600	105.0	126.0	140.0
5500	103.1	123.8	137.5
5400	101.3	121.5	135.0
5300	99.4	119.3	132.5
5200	97.5	117.0	130.0
5100	95.6	114.8	127.5
5000	93.8	112.5	125.0
4900	91.9	110.3	122.5
4800	90.0	108.0	120.0
4700	88.1	105.8	117.5
4600	86.3	103.5	115.0
4500	84.4	101.3	112.5
4400	82.5	99.0	110.0
4300	80.6	96.8	107.5
4200	78.8	94.5	105.0
4100	76.9	92.3	102.5
4000	75.0	90.0	100.0

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

6. 사업화 계획 및 전략

6.1 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	o 상용화 형태: - 3축 동적 내진 커튼월 시스템 o 수요처: - 민간 및 공공 건설사, 공공/정부기관 및 중요건축물 - 지진 빈도가 높은 지역의 건축물 o 예상 단가: - 3축 동적 내진 커튼월 시스템 : 24,500원/kg o 개발 투입 인력 - 제품개발부분 5명 - 시공부분 5명 o 기간 : 1년
상용화 능력 및 자원 보유	o ㈜신창산업은 충북 청주시 자체공장을 보유하고 커튼월 제작 설비가 완비되어 있어 별도의 설비 투자 없이 시제품 및 본 제품 생산이 용이함
상용화 계획 및 일정	o 과제 진행 완료 후 3개월 내 시제품 생산 실시 o 연구 과제 완료 후, 성능인증, 우수제품 인증 등을 통한 공공기관 납품 o 연구 과제 완료 후, 내진 관련 커튼월 성능 확보를 바탕으로 우수성을 알리고, 기 구축된 ㈜신창산업의 영업 인프라 최대한 활용

6.2 사업화 비즈니스 모델

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경

○ 국내 최초 동적 지진파 대응 가능한 커튼월 시스템 개발을 통한 성능 부분 차별화 된 경쟁력을 확보하고, 지진관련 이슈 및 대응 가능 건축자재의 수요가 발생하고 있는 상황에서 시의 적절한 제품 개발, 상용화를 통한 커튼월 신규 시장 진출 및 사업화 성공 견인

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

○ 국내 최초 동적 지진파에 대응 가능한 커튼월 시스템 개발

○ 국내 최초 AAMA 501.6기준에 따른 지진파 모사 가능 동적 내진성능평가를 통한 제품 인증

○ 최근 3년 이내 연간 200회 이상 지진 발생 및 규모 5.0 이상의 강진이 발생함에 따라 건물 구조물에 대한 기준 강화 및 내진 관련 제품에 대한 수요 발생

○ 지진관련 사회적 이슈 배경 및 내진 성능 수준 확보를 통한 건축 자재 관련 주요 인증(EPC, NEP, 우수제품) 취득을 통한 성능인증 및 공공부문 사업화

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

- 커튼월 분야의 국내 시장규모는 약 1조원으로 주요 경쟁사로는 일진유니스코, 알루이엔씨, 다중씨엠씨, 이건창호 등이 있으며, 주요 커튼월 제조 관련 기업들은 현재 동적 내진성능에 대한 기술 확보가 되어 있지 않은 상황

(2) 시장 진입 장벽

- 지진 관련된 이슈가 점차 확대되고 건물의 기둥, 보, 벽 등 주요 구조물에 대한 내진 설계기준이 강화되었지만, 건물 비구조 요소인 커튼월에 대해서는 현재 기준이 마련되고 있는 단계
- 정책 및 관련 기준의 강화, 내진 커튼월에 대한 제도적 마련이 뒷받침 될 경우 시장 진입이 수월하지만, 현재까지는 초기 단계로 관련 기준에 대한 고려가 필요함

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

- 민간 및 공공 건설사, 공공/정부기관 및 중요건축물
- 지진 빈도가 높은 지역의 건축물

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

- ㈜신창산업이 확보하고 있는 주요 영업 인프라를 활용한 수익 창출
- 커튼월 관련 인증(NEP, EPC, 신기술인증, 녹색기술인증, 우수제품인증) 등을 통한 공공 및 정부기관 대상 수익 창출

마. 사업화 계획

(1) 국내 커튼월 시장 규모

- 국내 창호시장 규모는 2019년 기준 3조 5000억이며 2020년은 코로나19로 인한 영향으로 예년 수준의 시장규모를 유지, 소폭 하락한 것으로 확인됨(2020년 창호업체 실적 기준)
- 국내 관급 창호 시장은 금속제창과 합성수지제창으로 나뉘며 2019년 기준 금속제창은 4103억원 합성수지제 창은 992억원으로 합계 5095억원을 기록하였음
- 관공서 등의 상업용 건물이 큰 비중을 차지하는 관급 창호 시장 특성상 금속제창 커튼월이 약 70%를 차지하며 2019년 기준 3000억원을 기록하였음
- 국내 알루미늄 커튼월의 사급 시장은 업계 매출액 기준 1조원 내외로 추정되어지며 관급 커튼월 시장의 3500억원을 더한 총 시장 규모는 1조 3500억원으로 예상 되어짐
- 2020년 커튼월 시장은 코로나19로 인한 수요 위축 등의 영향으로 성장이 주춤하였지만 공공기관의 지방이전과 지식산업센터의 수요, 노후 공공기관 신축 및 보수공사 등의 꾸준한 수요를 바탕으로 시장규모의 유지와 성장이 예상됨
- 과거 커튼월 시장 조사자료의 경우 2008년, 2009년 커튼월 시장규모는 각각 8000억원, 9600억원 수준이였으며 Market Share의 경우 중견기업 상위 10개 업체가 전체시장의 70%를 점유하고 있는 구조임

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

[국내외 커튼월 시장 규모] (단위 : 억원)

구 분		현재의 시장규모(2019년)	예상 시장규모(2026년)
세계 시장규모		424,000	645,000
국내 시장규모	사급 시장	13,500	-
	관급 시장	3,000	-
산출 근거		▪ 국내시장규모 : 월간 창호기술 (2019.08) ▪ GMI Aluminum Curtain Wall Market Size(2020.09)	

(2) 국내 사급시장 주요 수요처 현황

- 특판과 시판 시장은 규모는 비슷한 수준이며 상업용 건물에 주로 사용되는 커튼월 특성상 규모있는 건설사가 주요 수요처임
  ※ 주요 수요처: 삼성물산, 현대건설, 대림산업, GS건설, 포스코건설, 대우건설, 현대엔지니어링, 롯데건설, HDC현대산업개발, SK건설 등
- 주택건설 경기 하락과 규제, 상업용건물의 대형화(지식산업센터), 주상복합 건물의 수요 등을 바탕으로 상업건물 시장은 지속적으로 성장하고 있으며 건설사의 관심 및 투자가 증가하고 있음



[국내 사급 시장 주요 건설사 수요처]

(3) 국내 관급시장 주요 수요처 현황

- 관급(조달)시장은 조달청 나라장터종합 쇼핑몰에 제품을 등록(계약)하여 입찰에 참여할 수 있으며 수요처는 정부 부처, 공기업, 지자체 등의 공공기관 임
- 나라장터에 등록된 제품은 우수제품과 일반제품으로 분류되어 있으며 우수제품은 수의계약이 가능하고 일반제품은 2개 이상의 업체가 경쟁 입찰하는 방식인 다수공급자계약 제도를 통하여 계약이 이루어지는 구조
- 공공기관의 지방 이전과 공공청사, 학교 등 신축 및 유지보수 지속적 수요로 시장 성장 예상됨

(4) 국내 경쟁기관 현황

- 국내 알루미늄 커튼월 업계는 약 100여 업체가 시장에 참여하고 있음
- 1조 규모의 사급시장 주요 업체로는 엘지하우시스, 케이씨씨 등 그룹사에 건설사를 확보하고 있는 대형업체와 일진유니스코(1,100~1,200억), 알루이엔씨(900~1,000억), 현대알루미늄(6~700억)의 Top3 업체, 다중CMC, 이건창호, 남선알미늄, 신양금속공업, 대원씨엠씨, 은산건업 등 2~300억 규모의 10여 업체와 그 외 업체들이 시장을 점유하고 있음
- 3500억 규모의 관급 시장은 유진시스템, 경원알미늄, 선우시스, 원진알미늄, 거광기업 순으로 Top5 주요 업체와 그 외 업체들이 시장을 점유하고 있음.
- 국외 주요 업체로는 LG하우시스와 합작하여 잠실 롯데월드 타워에 커튼월을 공급한 일본 릭실사, 이건창호와 기술제휴사인 미국 커튼월 전문기업 ENCLOS사, 독일 슈코사 등이 있음

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

- 주요 커튼월 제조 관련 기업들은 현재 동적 내진성능에 대한 기술 확보가 되어 있지 않은 상황
- 주로 단열성능, 기밀성능, 내풍압 성능에 대한 기술적 성능을 확보하고 있으며, 내진성능과 관련해서 AAMA 501.4 및 AAMA 501.7에 의한 정적(Static) 내진성능을 확보하고 있어 지진 발생 시 외장재 파손으로 인한 2차피해 발생 가능성이 큼

(5) 사업화 전략 수립을 위한 PEST 분석

정책적 추세 Political Trend	▪ 비구조요소 내진설계 기준 마련 및 건축물 안전 기준 강화
경제적 추세 Economic Trend	▪ 구조 안전성 확보를 위한 건축비 상승이 일반화 됨
사회적 추세 Social Trend	▪ 2017년 경주, 포항 지진 발생, 2021년 제주 지진 발생 등 우리나라도 더 이상 지진 안전지대가 아님 ▪ 건축물의 지진 안전성 확보를 위한 학계, 산업계 움직임 발생
기술적 추세 Technological Trend	▪ 건축물 내진설계기준 상 비구조요소 커튼월에 대한 내진성능 확보 기술 개발이 활발함

사업화 전략 분석 결과

- 내진 커튼월은 정책적으로 요구되는 기술로 아직 초기 시장 단계임에 따라 기술력 확보 및 시장 진입, 선점을 통한 저변 확대가 요구됨
- 관공서 및 공공건축물의 내진 보강공사가 활발히 이뤄짐에 따라 비구조요소에 대한 수요도 발생할 것으로 판단됨
- 커튼월에 대한 내진성능 확보를 통한 시장진입 가능성 높음

(6) 사업화 전략

- 당사는 조달청 등록 업체로써 지난 지속적으로 관급 공사를 진행해왔으며, 이런 경험을 바탕으로 조달 혁신제품 및 우수제품으로 등록하고, 내진 커튼월 비구조요소의 수요가 있는 관공서 및 관급 시장을 공략 할 계획임
- 당사가 보유하고 있는 영업망을 최대한 활용하여 민간 및 관급 초기 시장 진입할 계획임
- 본 연구개발을 통해 개발된 제품에 대한 홍보물 제작, 설계사무소, 건설사 등 홍보활동 및 기술세미나를 통해 비구조요소 내진성능 관련 기술 및 정보, 기준 등에 대한 저변 확대 계획

사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		300,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			0	1,600,000	3,200,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0%	자사 총매출액 대비 20%	자사 총매출액 대비 40%
		국외	-		
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		본 기술로 달성한 커튼월의 단열성, 기밀성 최고등급을 유지하며 내진 Fastener의 일반 건축물 적용 규격을 정립하고 구조설계, 원가분석 등을 통한 추가 제품 개발 및 관련인증 취득으로 보다 안정적인 시장 진입 목표 계획		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

해당연차	1차년도	2차년도	3차년도

연구 목표				
	1. 내진 화스너 시제품 개발	128p	4. KS 표준에 따른 창세트 성능평가	128p
	2. 내진 커튼월 시스템 시제품 개발	132p	5. 내진 커튼월 설계시공지침 개발	156p
	3. AAMA 501.6 동적 내진성능 평가	134p		

수행 과정 및 수행 내용

바. 개발제품의 경제성 분석

▪ 기존 커튼월 시스템 (가격)
- 민간 시장 : 남선알미늄 18,275원 / 동양강철 19,300원 / 일진 18,800원
- 관급 시장 : 경원알미늄 14,600원 / 유니크 14,700원 / 원진알미늄 15,500원
- 커튼월의 가격 범위는 민간시장은 18,200~19,300원, 관급시장은 14,600~15,500원으로 분석됨
- 내진관련 제품은 전무함

(1) 기존 커튼월 시스템 (KG) 1000*1000
- 산출 내역표

구분	재료명	재질 및 규격	단위	수량	단가	금액	비고
1)	알루미늄바	알루미늄 6063-T5	kg	15.472	6,000	92,382	
2)	PVC	열교차단재	kg	1.947	2,580	5,023	
3)	PVC	열교차단재	kg	1.676	2,442	4,093	
4)	PVC	열교차단재	kg	1.667	2,342	3,904	
5)	PVC	열교차단재	kg	0.54	2,867	1,548	
6)	폴리아미드	열교차단재	kg	0.255	2,780	709	
7)	스텐피스	5*60	ea	12	117	1,404	
8)	화스너	STEEL	ea	8	6,850	54,800	
9)	제작비	1)+2)+3)+4)+5)+6)	kg	21.557	2,000	43,114	
10)	시공비	1)+2)+3)+4)+5)+6)	kg	21.557	3,500	75,450	

- 예상 공급가 13,122원/kg(부가세별도 금액임)
  산출내역 총금액 - 282,877원 / 총중량 21.557KG (1)+2)+3)+4)+5)+6))

(2) 내진 커튼월 시스템 (KG) 1000*1000
- 산출 내역표

구분	재료명	재질 및 규격	단위	수량	단가	금액	비고
1)	알루미늄바	알루미늄 6063-T5	kg	15.504	6,000	93,024	
2)	PVC	열교차단재	kg	2.795	1,950	5,450	
3)	PVC	열교차단재	kg	4.392	2,150	9,442	
4)	POLY	열교차단재	kg	1.301	2,560	3,330	
5)	스텐피스	5*60	ea	12	117	1,404	
6)	화스너	내진대응 하스너	ea	2	105,000	210,000	
7)	제작비	1)+2)+3)+4)	kg	23.992	2,000	47,984	
8)	시공비	1)+2)+3)+4)	kg	23.992	3,500	83,972	

- 예상 공급가 18,948원/kg(부가세별도 금액임)
  산출내역 총금액 - 454,608원 / 총중량 23,992KG (1)+2)+3)+4))

▪ 당사가 개발한 내진 커튼월 시스템은 kg 당 18,948원, 기존 커튼월 시스템은 kg 당 13,122원으로 내역이 산출되었음

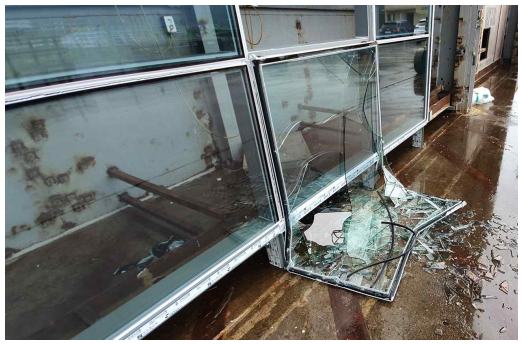
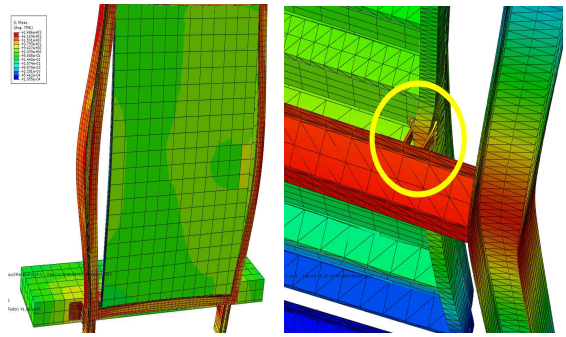
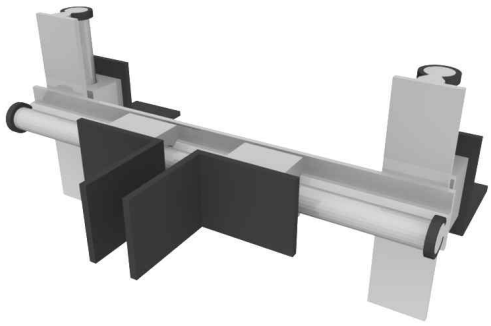
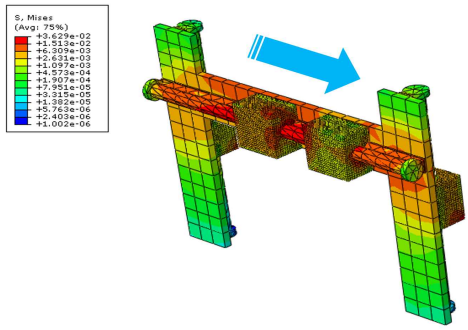
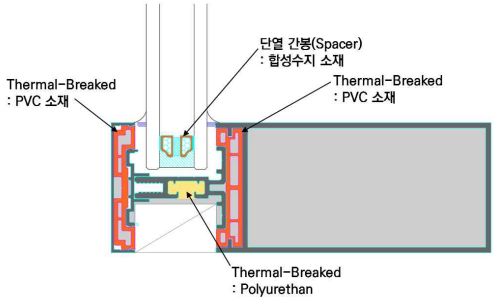
▪ 가격 경쟁력 측면에서 불리한 상황이지만, 기존 커튼월 제품을 보유하고 있는 경쟁업체의 경우 3축 지진파에 대응 가능한 제품이 전무한 상황임에 따라 혁신제품, 우수제품인증 취득을 통한 초기 시장 진입을 추진하고, 관련 제품 홍보 및 기술세미나를 통해 저변 확대 후 고성능 비구조요소로서 시장을 확대할 계획임

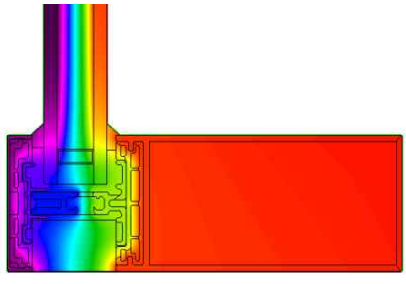
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

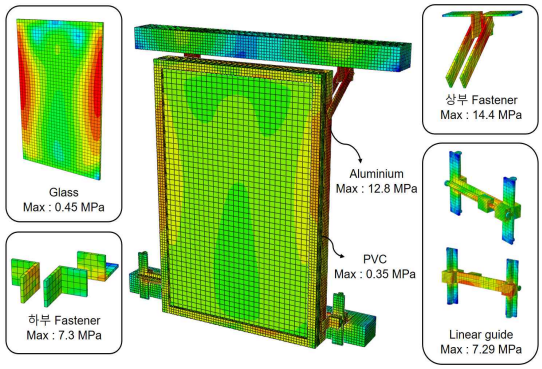
1) 연구수행 결과

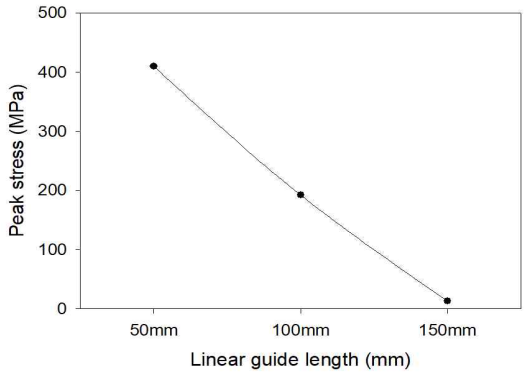
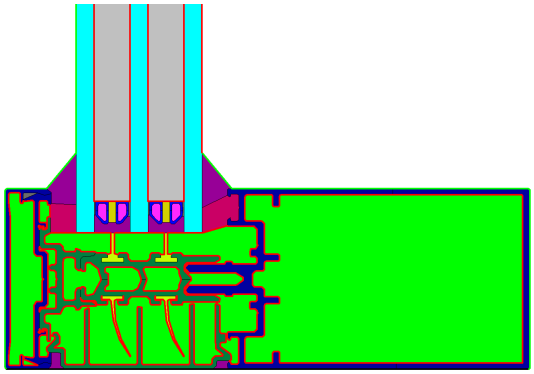
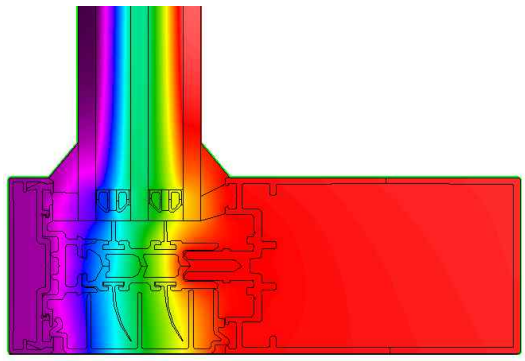
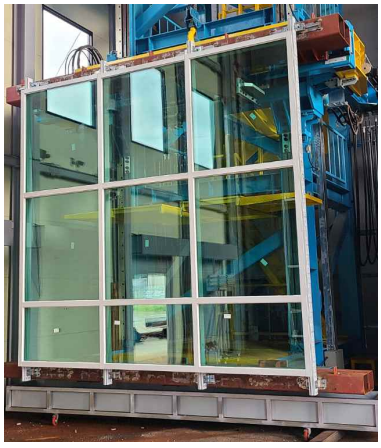
(1) 정성적 연구개발성과

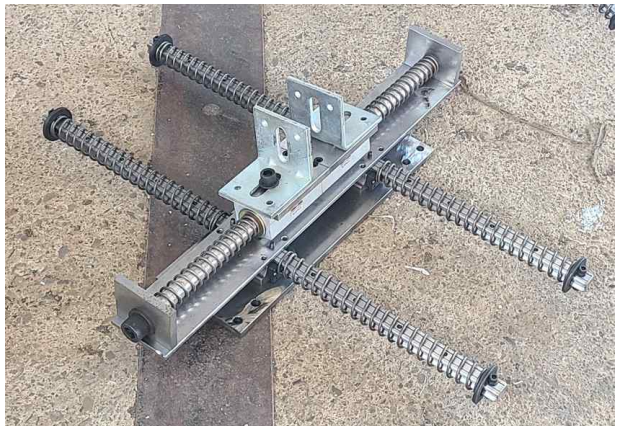
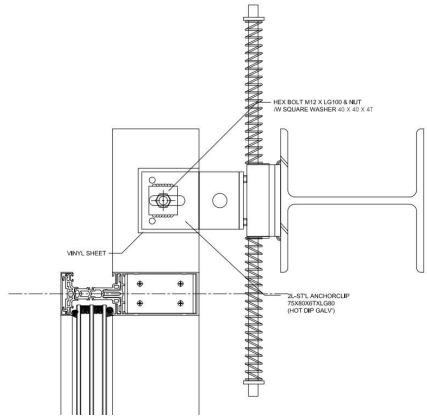
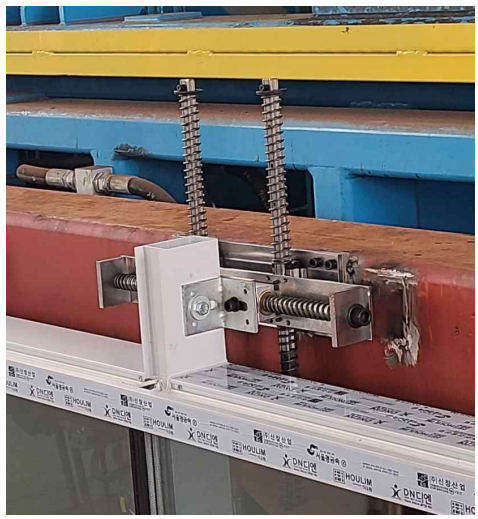
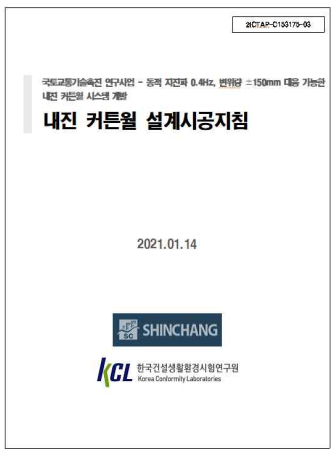
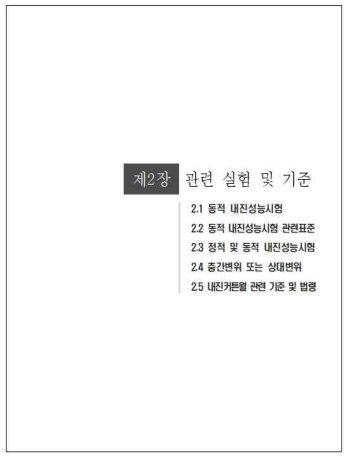
○ 연차별 정성적 연구개발 성과

<table>
<tr><th>해당
연차</th><th>순
번</th><th>수행내용</th><th>보고서
해당페이지</th></tr>
<tr><td rowspan="9">1차
년도</td><td rowspan="3">1</td><td>▪ 실험 및 구조해석을 통한 기존 커튼월 시스템 취약부위 검토</td><td>26p~54p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[실험을 통한 커튼월 시스템 취약부위 검토]
 
[구조해석을 통한 커튼월 시스템 취약부위 검토]
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">2</td><td>▪ 내진 Fastener 설계안 도출 및 구조해석</td><td>55p~67p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[내진 Fastener 설계안 도출]
 
[내진 Fastener 구조해석]
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">3</td><td>▪ 내진 커튼월 설계안 도출 및 2차원 열전달 해석 결과
▪ 열관류율 <u>1.4W/m² K 이하</u> 목표</td><td>68p~72p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[내진 커튼월 설계안 도출]
 

[내진 커튼월 2차원 열전달 해석]
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>해당
연차</th><th>순
번</th><th>수행내용</th><th>보고서
해당페이지</th></tr>
<tr><td rowspan="6">2차
년도</td><td rowspan="2">2</td><td>▪ 내진 Fastener 길이에 따른 변위 대응성 구조해석 결과</td><td>89p~98p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[Fastener 길이에 따른 구조해석]
 

[Fastener 길이에 따른 응력변화]
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td>▪ 내진 커튼월 설계안 도출 및 2차원 열전달 해석 결과
▪ 열관류율 <u>1.0W/m² K 이하</u> 목표</td><td>99p~103p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[내진 커튼월 설계안 도출]
 
[내진 커튼월 2차원 열전달 해석]
  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>▪ 내진 Fastener 및 커튼월 시스템 시작품 개발</td><td>89p~103p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지</td></tr>
<tr><td colspan="2">[내진 커튼월 시스템 시작품 개발]
 
[내진 Fastener 시작품 개발]
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>해당
연차</th><th>순
번</th><th>수행내용</th><th>보고서
해당페이지</th></tr>
<tr><td rowspan="6">3차
년도</td><td rowspan="2">1</td><td>▪ 3축 동적 내진 Fastener 시작품 개발</td><td>127p~132p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지
[3축 동적 내진 Fastener 시제품 개발]
 
[3축 동적 내진 Fastener 시제품 개발]
  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>▪ 3축 동적 내진 커튼월 시스템 개발 완료</td><td>131p~132p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지
[3축 동적 내진 Fastener 시제품 개발]
 
[3축 동적 내진 Fastener 시제품 개발]
  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>▪ 내진 커튼월 설계시공지침</td><td>155p~178p</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표 수행결과 이미지
 
 
  </td></tr>
</table>

(2) 정량적 연구개발성과

○ 정량적 성과 (질적 성과)

순번	성과지표			성과 목표	달성 여부	증빙자료
1	질적 성과	지진변위량	지진변위량 (X축)	≥±150	달성	추진실적증빙자료집 4p
			지진변위량 (Y축)	≥±150	달성	추진실적증빙자료집 5p
			지진변위량 (Z축)	≥±150	달성	추진실적증빙자료집 6p
2		지진파형	지진파형 (X축)	≥0.4	달성	추진실적증빙자료집 7p
			지진파형 (Y축)	≥0.4	달성	추진실적증빙자료집 8p
			지진파형 (Z축)	≥0.4	달성	추진실적증빙자료집 9p
3		기밀성능		≥1	달성	추진실적증빙자료집 10p
4		수밀성능		≥500	달성	추진실적증빙자료집 11p
5		내풍압성능		≥3600	달성	추진실적증빙자료집 12p
6		단열성능		≤1.0	달성	추진실적증빙자료집 13p
7		내진설계 DB		1건	달성	최종보고서 182p
8		시공지침서		1건	달성	최종보고서 160p
9	양적 성과	특허출원		2건	달성	추진실적증빙자료집 15p, 16p
10		특허등록		1건	달성	추진실적증빙자료집 17p
11		논문(SCI)		1건	달성	추진실적증빙자료집 18p
12		논문(비SCI)		2건	달성	추진실적증빙자료집 19p, 20p

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	층간 분리형 모듈과 3축 이동현 패스너 활용 커튼월의 구조적 성능 연구	한국복합신소재구조학회 논문집	이헌석	제11권, 5호	대한민국	한국복합신소재구조학회	비SCIE	2020.10	ISSN 2093-5145	100
2	Seismic and energy performance evaluation of large-scale curtain walls subjected to displacement control fasteners	Applied sciences	Heonseok Lee	11	스위스	MDPI	SCIE	2021.7.22	ISSN 2076-3417	100
3	동적 지진파 대응 가능한 실대형 내진커튼월의 동적 내진성능평가	한국복합신소재구조학회 논문집	이헌석	제12권 1호	대한민국	한국복합신소재구조학회	비SCIE	2021.02	ISSN 2093-5145	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2020 한국복합신소재구조학회 학술발표회	3축 변위 흡수형 커튼월의 구조성능 평가	이헌석	2020.7.9	제주 오리엔탈호텔	대한민국
2	The 2020 Structures Congress (Structures20)	A Study on the Numerical Analysis of Curtain Wall with 3-Axis Displacement Absorption	Heon-seok Lee	2020.8.27	On-line	대한민국
3	2021 한국복합신소재구조학회 학술발표회	내진 Fastener가 적용된 커튼월의 동적 구조성능 분석	이헌석	2021.4.20	제주 오리엔탈호텔	대한민국
4	The 2021 Structures Congress (Structures20)	Dynamic seismic performance of curtain wall fasteners with displacement absorption	Heon-seok Lee	2021.8.25	On-line	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	커튼월의 지진 변위 대응 화스너	대한민국	(주)신창산업	2019.10.31	10-2019-0138131	(주)신창산업	2020.09.08	10-2155752	100	
2	특허	창호로의 충격의 전달을 차단하는 충격 흡수 장치	대한민국	(주)신창산업	2020.10.30	10-2020-0143609	-	-	-	100	

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

ㅇ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	동적 내진 커튼월 (SC-193HDCW)	2021.12.24	㈜신창산업	㈜신창산업	건축물 외장재	1년	-	-

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			-		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		300,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			0	1,600,000	3,200,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0%	자사 총매출액 대비 20%	자사 총매출액 대비 40%
		국외	-		
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		본 기술로 달성한 커튼월의 단열성, 기밀성 최고등급을 유지하며 내진 Fastener의 일반 건축물 적용 규격을 정립하고 구조설계, 원가분석 등을 통한 추가 제품 개발 및 관련인증 취득으로 보다 안정적인 시장 진입 목표 계획		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	우수논문상	한국복합신소재구조학회 학술대회 우수논문상	내진 Fastener가 적용된 커튼월의 동적 구조성능 분석	2021.04.20.	한국복합신소재구조학회

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

2) 목표 달성 수준

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 커튼월 Fastener 요소기술 설계안 도출	○ Fastener 구조해석 결과 - 보고서 26p~54p	100
	○ Fastener 최적화 설계안 - 보고서 55p~67p	100
○ 내진 구조해석 신뢰도 확보 및 시제품 설계안	○ 구조해석 민감도 분석 - 보고서 26p~54p	100
	○ Fastener 시제품 설계안 - 보고서 127p~132p	100
○ Fastener 연결부위 거동 메커니즘 및 설계 DB	○ 연결부위 거동 메커니즘 분석 - 보고서 60p~67p	100
	○ 내진 설계방법 DB - 보고서 12p~16p / 보고서 80p~82p - 보고서 176p~178p	100
○ Fastener 요소기술 시작품	○ Fastener/요소기술 시작품 - 보고서 89p~103p	100
○ Fastener 요소기술 시제품	○ Fastener/요소기술 시제품 - 보고서 127p~132p	100
○ 커튼월 모듈 시스템 최적 설계안 도출	○ 커튼월 내진 구조해석 결과 - 보고서 26p~54p / - 보고서 55p~67p - 보고서 89p~98p	100
	○ 커튼월 최적화 설계안 - 보고서 99p~103p	100
○ 커튼월 단열해석	○ 열관류율(W/m²K) - 보고서 68p~72p / - 보고서 99p~103p	100
○ 커튼월 거동 메커니즘 및 설계방법 DB 구축	○ 커튼월 거동 메커니즘 분석 - 보고서 60p~67p	100
	○ 내진 설계방법 DB - 보고서 12p~16p / 보고서 80p~82p - 보고서 176p~178p	100
○ 커튼월 시스템 시제품	○ 커튼월 시스템 시작품 - 보고서 60p~67p	100
○ 커튼월 시스템 시작품	○ 커튼월 시스템 시제품 - 보고서 89p~103p	100
○ AAMA 501.6 성능 평가 방법론 분석 및 성능 평가 시험조건 확보	○ AAMA 501.6 방법론 분석 - 보고서 9p~11p	100
	○ 내진성능평가 시험조건 확보 - 보고서 72p~78p / - 보고서 105p~106p	100
	○ 모니터링 시스템 확보 - 보고서 72p~78p / - 보고서 105p~106p	100
○ 내진 커튼월 시작품 성능평가	○ 지진변위량(mm) - 추진실적증빙자료집 4~6p	100
	○ 지진파형(Hz) - 추진실적증빙자료집 7~9p	100
	○ 기밀성능(등급) - 추진실적증빙자료집 10p	100
	○ 수밀성능(Pa) - 추진실적증빙자료집 11p	100
	○ 내풍압성능(Pa) - 추진실적증빙자료집 12p	100
	○ 단열성능(W/m²K) - 추진실적증빙자료집 13p	100
○ 내진 수준별 내진설계 DB구축	○ 내진설계 DB구축 - 보고서 182p	100
○ 내진 커튼월 시제품 성능평가	○ 지진변위량(mm) - 추진실적증빙자료집 4~6p	100
	○ 지진파형(Hz) - 추진실적증빙자료집 7~9p	100
	○ 기밀성능(등급) - 추진실적증빙자료집 10p	100
	○ 수밀성능(Pa) - 추진실적증빙자료집 11p	100
	○ 내풍압성능(Pa) - 추진실적증빙자료집 12p	100
	○ 단열성능(W/m²K) - 추진실적증빙자료집 13p	100
○ 내진커튼월 시공지침	○ 시공지침서 - 보고서 160p	100
○ 특허출원	- 추진실적증빙자료집 15~16p	100
○ 특허등록	- 추진실적증빙자료집 17p	100
○ SCI 논문	- 추진실적증빙자료집 18p	100
○ 비SCI 논문	- 추진실적증빙자료집 19~20p	100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

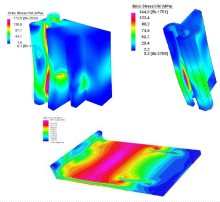
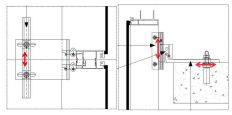
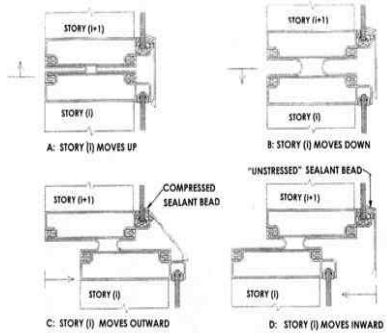
1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

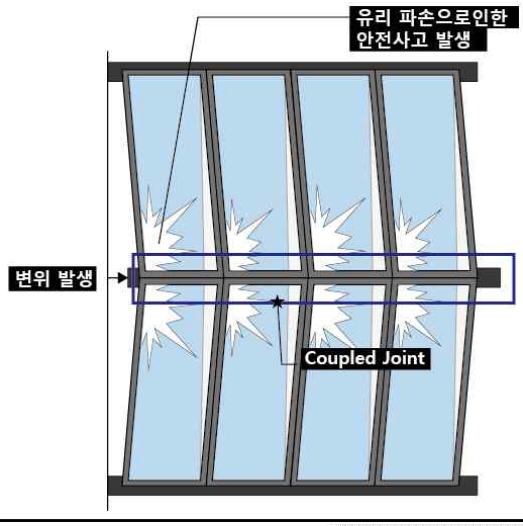
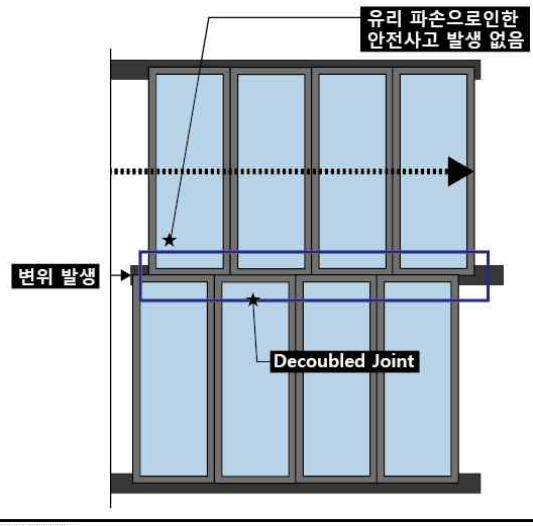
2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

■ 본 연구의 핵심 개념은 지진 발생 시 **지진파에 커튼월 파손2차 피해가 발생하지 않도록** 하기 위해 **1) 3축 변위에 대응 가능한 Fastener 개발**, **2) 3축 거동 가능한 커튼월 모듈 개발**, **+α) 커튼월 1등급 단열성능 확보**에 있음.

핵심 개발 내용	(a) 3축 변위 대응 가능 Fastener	(b) 지진 발생 시 커튼월 모듈 간 3축 거동
• [a] 3축 지진변위 대응 가능 Fastener 개발 – 구조 해석을 통한 3축(x,y,z) 거동이 가능한 Fastener 개발 • [b] 3축 거동 가능한 커튼월 모듈 개발 – 3축 거동이 가능하며 기밀, 수밀성능 확보가 가능한 커튼월 층간분리모듈(Decoupling Unit) 개발 • [+α] 단열성능(1W/m²K) 확보가능 커튼월개발 – 내진 성능 확보 및 건물에너지 성능 향상이 가능한 열관류율1.0W/m²K 이하 고성능 커튼월 개발	구조해석 및 분석  최적 설계안 도출 	3축(x,y,z)변위 대응형 커튼월 모듈 

구 분	기존 커튼월 기술			본 연구개발 커튼월 기술		
확보가능 내진성능 기준 *	정적(Static) 내진 성능확보	AAMA 501.4 * AAMA 501.7 *	○	정적(Static) 내진 성능확보	AAMA 501.4 * AAMA 501.7 *	○
	동적(Dynamic) 내진 성능확보	AAMA 501.6 *	×	동적(Dynamic) 내진 성능확보	AAMA 501.6 *	○
기술적 특징	1축(X or Z축) 방향 정적(Static) 지진 변위 대응			3축(X, Y, Z 축) 방향 동적(Dynamic) 변위 대응		
	지진파와 유사한 동적 변위 인가 시 유리 및 연결부위 파손으로 인한 지진 2차 피해 발생			횡축 이동 가능 Fastener 및 내진 커튼월 모듈 개발을 통한 유리 및 연결부위 탈착 방지		
핵심기술 차별성						

국내 최초 AAMA 501.6의 동적 지진파 성능시험 기준을 만족하는 **내진 커튼월 기술개발**

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 연구개발성과의 활용방안

• 본 연구과제에서 개발되는 3축 동적 지진파 대응 가능 커튼월 시스템은 국내 중고층 건축물에 적용되어, 지진 발생 시 2차 피해를 방지하는데 활용될 수 있음.

기술수요처	활용 방안
민간 및 공공 건설사	▪ 국내 민간 건설사에서 시공되는 중고층 건축물의 경우 대부분 커튼월이 적용되고 있음에 따라 기존 커튼월을 대체하여, 3축 동적 내진성능이 확보된 커튼월 시스템을 시공하여 지진 2차 피해를 방지
공공/정부기관 및 중요 건축물	▪ 공공 및 정부기관의 건축물은 중요도로 인해 내진에 대한 고려가 반드시 필요하며, 그 외 방송국, 병원 등 중요 건축물에 대해서는 지진파에 대응 가능한 동적 내진 커튼월에 대한 수요가 발생하고 활용될 수 있음
지진 빈도가 높은 지역 건축물	▪ 최근 지진 빈도가 증가하고, 특히 경북 지역에서 지진이 자주 발생할 뿐만 아니라 규모도 5.0 이상으로 큼에 따라 지진파에 대응 가능한 동적 내진 커튼월 시스템의 적용이 시급하여 활용될 수 있음

○ 기대효과

• 본 연구과제를 통해 개발 되는 동적 내진 커튼월 시스템은 1)기술적 측면에서 정적 내진성능에 머물러있는 국내 커튼월 내진 기술 수준을 동적 내진성능 확보로 한 단계 향상시킬 수 있고, 2) 경제 산업적 측면에서 지진에 대한 우려와 관심과 더불어 본 연구과제를 통해 커튼월 내진 기술 개발 후 기술의 확산을 통해 내진 관련 외장재 시장 규모가 커질 것으로 기대되며, 3)사회적 측면에서 지진 발생 시 2차 피해에 대해 사회적 혼란과 피해방지 뿐만 아니라 안전을 보장할 수 있음

분류	기대 효과
기술적 측면	▪ 국내 기술력을 통해 국내 최초 동적 내진성능을 확보할 수 있는 내진 커튼월을 기술 개발을 통해 정적 내진성능에 머물러있는 국내 커튼월 내진 기술 수준을 동적 내진성능 확보로 한 단계 향상시킬 수 있고, 기술 확산을 통해 커튼월 외장재 업체들도 기술적 수준의 향상이 기대됨
경제・산업적 측면	▪ 지진의 빈도 및 규모가 커짐에 따라 내진 기준이 강화되고 있으며, 본 연구 과제를 통한 기술 개발 후 내진 커튼월 기술의 확산을 통해 국내 내진관련 외장재 시장의 규모가 커질 것으로 기대됨
사회적 측면	▪ 지진 발생 시 건축 구조물의 파손보다 비구조 요소에 의한 2차 피해가 더 큰 인명피해와 재산 피해를 가져옴에 따라, 본 기술 개발을 통해 사회적으로 발생될 수 있는 혼란과 피해를 방지하고 안전을 보장할 수 있음

[별첨] 참고문헌

1. American Architectural Manufacturers association (AAMA) (2001), Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from a Wall System, AAMA 501.6-01.
2. ASCE (2013), Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE 7-10, Reston, VA.
3. European Standard (2003), Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, EN 1998-1, Brusselles, Belgium.
4. JISS A 1414-2 (2019), Japanese Architectural Standard Specification Curtain Wall, AIJ, Architectural Institute of Japan.
1. Evans, D., Kennett, E., Holmes, W.T. and Ramirez, F.J.L. (1988), "Glass damage in the September 19, 1985 Mexico City earthquake", Steven Winter Associates.
2. Lim, K.Y.S. and King, A.B. (1991), "The behavior of external glazing systems under seismic in-plane racking", Building Research Association of New Zealand, BRANZ
3. Behr, R.A., Minor, J.E. and Norville, H.S. (1993), "Structural behavior of architectural laminated glass", J. Struct. Eng., 119(1), 202-222.
4. Behr, R.A., Belarbi, A. and Culp, J.H. (1995b), "Dynamic racking tests of curtain wall glass elements with in-plane and out-of-plane motions", Earthq. Eng. Struct. Dyn., 24(1), 1-14.
5. Behr, R.A., Belarbi, A. and Brown, A.T. (1995a), "Seismic performance of architectural glass in a storefront wall system", Earthq. Spectra, 11(3), 367-391.
6. Thurston, S.J. and King, A.B. (1992), "Two-directional cyclic racking of corner curtain wall glazing", Building Research Association of New Zealand, BRANZ.
7. Behr, R.A. (1998), "Seismic performance of architectural glass in mid-rise curtain wall", J. Arch. Eng., 4(3), 94-98.
8. Sucuoğlu, H. and Vallabhan, C.G. (1997), "Behaviour of window glass panels during earthquakes", Eng. Struct., 19(8), 685-694.
9. Huveners, E. M. P., van Herwijnen, F., Soetens, F. and Hofmeyer, H. (2007), "Glass panes acting as shear wall", Heron-English Edition, 52(1-2), 5.
10. Pantelides, C.P., Truman, K.Z., Behr, R.A. and Belarbi, A. (1996), "Development of a loading history for seismic testing of architectural glass in a shop-front wall system", Eng. Struct., 18(12), 917-935.
11. Hutchinson, T.C., Zhang, J. and Eva, C. (2011), "Development of a drift protocol for seismic performance evaluation considering a damage index concept", Earthq. Spectra, 27(4), 1049-1076.
12. Brueggeman, J.L., Behr, R.A., Wulfert, H., Memari, A.M. and Kremer, P.A. (2000), "Dynamic racking performance of an earthquake-isolated curtain wall system", Earthq. spectra, 16(4), 735-756.
13. Memari, A.M., Kremer, P.A. and Behr, R.A. (2006), "Architectural glass panels with rounded corners to mitigate earthquake damage", Earthq. spectra, 22(1), 129-150.
14. O' Brien Jr, W.C., Memari, A.M., Kremer, P.A. and Behr, R.A. (2012), "Fragility Curves for Architectural Glass in Stick-Built Glazing Systems", Earthq. Spectra, 28(2), 639-665.
15. Bouwkamp, J. G. and Meehan, J. F. (1960), "Drift limitations imposed by glass", Proceedings of the Second World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Japan.
16. Bouwkamp, J.G. (1961) "Behavior of window panels under in-plane forces", Bull. Seismol. Soc. Am., 51(1), 85-109.

17. Sucuoğlu, H. and Vallabhan, C.G. (1997), “Behaviour of window glass panels during earthquakes”, Eng. Struct., 19(8), 685-694.
18. Memari, A.M., Behr, R.A. and Kremer, P.A. (2000), “Toward development of a predictive model for drift limits in architectural glass under seismic loadings”, Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.
19. Memari, A.M., Behr, R.A. and Kremer, P.A. (2004), “Dynamic racking crescendo tests on architectural glass fitted with anchored pet film”, J. Arch. Eng., 10(1), 5-14.

별첨 자료

1. 참고문헌

2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료

3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료(총 연구개발기간 성과점검기준표 실적 증빙자료에 기 포함되어 있는 증빙자료 제외)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '동적 지진파 0.4Hz, 변위량 ±150mm 대응 가능한 내진 커튼월 시스템 개발' 연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.