최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토교통기술촉진연구사업
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	창의도전 사회이슈해결
공고번호	공고-제37호	총괄연구개발 식별번호		18CTAP-C143300
		연구개발과제번호		20CTAP-C143300-03

국가과학기술 표준분류	EI1102 구조물보수보강기술	50%	EI0407 건설마감재료	30%	SE0699 달리 분류되지 않는 주거	20%

총괄연구개발명	국문	-
	영문	-
연구개발과제명	국문	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발
	영문	Development of Fire Protection and Reinforcement System to Ensure 30 Minute Fire Evacuation Time of Exterior Insulated Building Using Flammable Materials

주관연구기관	기관명	공주대학교 산학협력단	사업자등록번호	307-82-06478
	주소	(우)충남 공주시 공주대학로 56	법인등록번호	161271-0002710
주관연구책임자	성명	김 봉 주	직위	교수
	연락처 직장전화	041-521-9334	휴대전화	010-6433-3783
	연락처 전자우편	bingma@kongju.ac.kr	국가연구자번호	1015 4643

연구개발기간	전체 2018. 10. 10 - 2021. 06. 30(2 년 9 개월)
	1년차 2018. 10. 10 - 2018. 12. 31(년 3 개월)
	2년차 2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1 년 개월)
	3년차 2020. 01. 01 - 2021. 06. 30(1 년 6 개월)
	m년차 YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)
	n년차 YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	600,000	20,003	180,027	-	-	-	-	620,003	180,027	800,030	-
1년차	150,000	5,000	45,000	-	-	-	-	155,000	45,000	200,000	-
2년차	200,000	6,668	60,012	-	-	-	-	206,668	60,012	266,680	-
3년차	250,000	8,335	75,015	-	-	-	-	258,335	75,015	333,350	-
m년차				-	-	-	-				-
n년차				-	-	-	-				-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	㈜중앙알텍	연규석	부장	010-2362-2834	jaaltec@chol.com	공동	중소기업
위탁연구기관							
연구기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	정 의 인	직위	연구교수
	연락처 직장전화	041-521-9494	휴대전화	010-9784-8292
	연락처 전자우편	prince8292@kongju.ac.kr	국가연구자번호	1113 6308

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

2021 년 08 월 11 일

주관연구책임자 : 김 봉 주 (서명)

주관연구기관의 장 : 공주대학교 산학협력단 김 길 희 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토교통기술촉진연구사업
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	창의도전 사회이슈해결
공고번호	공고-제37호	총괄연구개발 식별번호		18CTAP-C143300
		연구개발과제번호		20CTAP-C143300-03

국가과학기술 표준분류	EI1102 구조물보수보강기술	50%	EI0407 건설마감재료	30%	SE0699 달리 분류되지 않는 주거	20%	

총괄연구개발명	국문	-
	영문	-
연구개발과제명	국문	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발
	영문	Development of Fire Protection and Reinforcement System to Ensure 30 Minute Fire Evacuation Time of Exterior Insulated Building Using Flammable Materials

주관연구기관	기관명	공주대학교 산학협력단	사업자등록번호	307-82-06478
	주소	(우)충남 공주시 공주대학로 56	법인등록번호	161271-0002710
주관연구책임자	성명	김 봉 주	직위	교수
	연락처 직장전화	041-521-9334	휴대전화	010-6433-3783
	연락처 전자우편	bingma@kongju.ac.kr	국가연구자번호	1015 4643

연구개발기간	전체 2018. 10. 10 - 2021. 06. 30(2 년 9 개월)
	1년차 2018. 10. 10 - 2018. 12. 31(년 3 개월)
	2년차 2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1 년 개월)
	3년차 2020. 01. 01 - 2021. 06. 30(1 년 6 개월)
	m년차 YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)
	n년차 YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	600,000	20,003	180,027	-	-	-	-	620,003	180,027	800,030	-
1년차	150,000	5,000	45,000	-	-	-	-	155,000	45,000	200,000	-
2년차	200,000	6,668	60,012	-	-	-	-	206,668	60,012	266,680	-
3년차	250,000	8,335	75,015	-	-	-	-	258,335	75,015	333,350	-
m년차				-	-	-	-				-
n년차				-	-	-	-				-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	㈜중앙알텍	연규석	부장	010-2362-2834	jaaltec@chol.com	공동	중소기업
위탁연구기관							
연구기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	정 의 인	직위	연구교수	
	연락처 직장전화	041-521-9494	휴대전화	010-9784-8292	
	연락처 전자우편	prince8292@kongju.ac.kr	국가연구자번호	1113 6308	

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

2021 년 08 월 11 일

주관연구책임자 : 김 봉 주 (직인)

주관연구기관의 장 : 공주대학교 산학협력단 김 길 희 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 서식은 「국가연구개발혁신법」 시행('21.01.01) 이전에 최종 협약하여 '21.01.01 이후에 최종평가를 시행하는 일반과제용 입니다.

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성

사업명	국토교통기술촉진연구사업			총괄연구개발 식별번호		18CTAP-C143300	
내역사업명	창의도전 사회이슈해결			연구개발과제번호		20CTAP-C143300-03	
국가과학기술 표준분류	EI1102 구조물보수보강기술	50%	EI0407 건설마감재료	30%	SE0699 달리 분류되지 않는 주거	20%	
총괄연구개발명	-						
연구개발과제명	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발						
전체 연구개발기간	2018. 10. 10 - 2021. 06. 30(2 년 9 개월)						
총 연구개발비	총 800,030 천원 (정부지원연구개발비 : 600,000 천원, 기관부담연구개발비 : 200,030 천원, 지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[✔] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]			기술성숙도		착수시점 기준(5) 종료시점 목표(6)	
연구개발과제 유형	지정공모 [ ] 자유공모 [✔]						
연구개발과제 특성	실용화						

연구개발 목표 및 내용	최종 목표	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재 대피 시간 확보를 위한 방화보수 보강 시스템 개발을 위한 사회이슈해결연구임. 1. 가연성 재료를 사용한 외단열 건물 방화보수 보강공법 개발 2. 내부화재 시 창틀에서 외부로의 화재 전파로 인한 건물 화재 방지 공법 개발 3. 필로티 구조 주차장 화재 시 화재 전파로 인한 건물 화재 방지 공법 개발 4. 경량, 강도, 방화성능이 뛰어난 보수 보강재 개발
	전체 내용	외단열 공법 중 많이 사용되고 있는 발포 EPS에 접착 모르터를 바른 단열재를 사용한 공법은 화재에 매우 취약하다. 따라서 화재에 대한 피해를 막기 위해 방화성능을 확보해 재산 피해, 인명 피해를 최소화해야 한다. ◦ 최종 목표 1. 가연성 재료를 사용한 외단열 건물 방화보수 보강공법 개발 : 방화보수 보강공법 적용으로 30분 화재 대피 시간(화재확산 지연) 확보 2. 내부화재 시 창틀에서 외부로의 화재 전파로 인한 건물 화재 방지 공법 개발 : 실내화재 → 창틀로의 화재 전파 방지 보수 공법 개발 3. 필로티 구조 주차장 화재 시 화재 전파로 인한 건물 화재 방지 공법 개발 : 주차장 화재 시 건물 상부로 전파되는 것을 방지하는 보수 공법 개발 4. 경량, 강도, 방화성능이 뛰어난 보수 보강재 개발 : 배합실험을 통한 경량, 강도, 방화성능 검토 후 최적 배합비 도출 ◦ 세부 목표 1) 국내외 자료 수집 및 분석 - 국내외 외단열 공법 관련 정보 파악 - 국내외 방화 재료 관련 정보 파악

			- 국내외 외단열 관련 법령 분석 - 기존 시공된 공동주택의 현황조사(외부 마감 및 제반 사항) 2) 목표성능 설정 - 관련 논문 및 문헌 검토 - 유사 특허와 관련된 내용 파악을 통한 연구개발 화재 기준선정 반영 3) 배합실험을 통한 배합비 도출 - 현장 시공에 알맞은 제품 제작을 위해 배합실험을 통한 배합비 도출 4) 방화보수 외장재 시공 방법 - 방화보수 보강재 기존 외단열의 적용성 관련 검토 - 방화보수 보강재 시공 방법 관련 검토 5) 시제품 제작 - 시제품 제작으로 경량, 강도 성능 평가 - 내화성능 검사로 차염 및 차열성 검증 6) Field Test(TEST BED)설치 및 검토 - TEST BED 전 사전 실험 진행 - 개선사항 및 해결방안 도출 7) 화재확산 방지 시공 Test-Bed를 통한 실용성 검증 - TEST BED를 통해 성능 검토를 통한 실용성 검사(시방서 작성) - 제조 및 시공에 대한 공법 원가분석
	1년차	목표	◦ 단열재의 종류별 물성 및 화재이론 검토 ◦ 기존 외단열 시공법 및 시장조사(공동주택 현황조사)
		내용	1) 유·무기계 단열재에 관한 기존 자료 수집 2) 단열재의 종류별 물성 검토 : 밀도, 흡수율, 흡습, 압축강도, 굴곡강도 3) 단열재의 종류별 양생 및 경시 변화 검토 : 내열성, 숙성에 따른 길이 변화 등 4) 내·외부 화재에 관한 이론 검토 : 외단열 건축물 화재확산에 이론 및 배경 정립 5) 기존 외단열 시공 건축물에 대한 시공도면 및 현황검토 분석
	2년차	목표	◦ 단열재의 물성 및 내구성 검토(장기내구성) ◦ 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토 ◦ 보수재 및 보강재의 최적 재료 및 배합 도출 ◦ 화재확산 방지를 위한 기초도면 및 시공법 작성
		내용	1) 기존 단열재의 종류별 물성 검토(유기계 단열재 종류별 선정) : 밀도, 흡수율, 흡습, 압축강도, 열전도율 2) 기존 단열재의 종류별 양생 및 경시 변화 검토(장기내구성) : 내열성, 숙성에 따른 길이 변화 등 3) 기존 단열재의 물성 및 내구성 검토에 따른 재료도출 4) 화재(가열)실험을 통한 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토 : 기존 단열재 수열 온도에 따른 재료 성능 도출 : 외단열 건축물 화재확산 지연 사용재료 및 두께 선정

			5) 선정 재료에 대한 보수재 및 보강재 배합설계 : 정량적 목표에 따른 최적 배합 도출 6) 화재확산 방지 공법 시공을 위한 기초도면 작성 : 기존 외단열 공법 및 보수 보강 관련 시공 방법 검토
	3년차	목표	◦ 화재확산 방지(지연에 따른 대피 시간 확보)보수재 및 보강재 최적배합 실험 ◦ 시작품 제작 및 TEST BED 구축을 통한 화재확산 방지 시공법 검토 ◦ 연구과제 정량목표에 대한 공인인증 시험 ◦ 시방서 작성(외부전문기관 자문평가) 및 공법 원가분석
		내용	1) 단열재에 관한 장기 모니터링을 통한 특성(경시)변화 분석 : 단열재의 건물설치 상태에 대한 장기 모니터링(외부 노출 및 온도 조건 등) 2) 최적 배합에 따른 보강재 및 보수재 화재실험을 통한 재료 성능 검토 : 외단열 건축물 화재확산 사용재료 선정 3) TEST BED 시공 및 분석을 통한 화재확산 방지 공법에 관한 재료 정량화 : 확산 방지 기준(단열 두께) 등에 따른 적용 재료 정량화 : TEST BED 설치 단열재 화재실험(내화 성능 정량적 목표 공인인증) 4) 선정 재료 및 두께에 따른 시작품 제작 5) TEST BED를 통한 보완사항 도출 : 시멘트 블록 2면 벽체, 2개 층 시공 : 개구부 크기 및 시공 조건 반영 / 기존 단열재 시공 : 외부 외벽 미장 마감 설치 6) TEST BED 설치를 통한 화재확산 방지 시공법 모니터링 : 개구부 및 다양한 Case 별 대책 제시(시방서 작성 검토) : 화재확산 방지 시공법에 대한 적정 여부 분석(적용 가능성 평가) 7) 공법 원가분석을 위한 자료정리 및 의뢰 / 경제성 평가 8) 화재확산 방지 공법 및 구법에 관한 디테일 설계 9) 화재확산 방지 보수 보강에 관한 시방서 및 설계도 작성(외부전문기관 자문)
연구개발성과			○ 화재확산 방지를 위한 기존 외단열 공법의 보수보강기술 확보 · 가연성 재료를 사용한 외단열 건물 방화보수 보강 시스템 개발 · 필로티 구조 및 가연성 재료를 사용한 외단열 공법으로 인한 화재 피해 감소 · 해체 공정 없는 시공법으로 공기 단축 및 경제성 확보 · 인근 화재로 인한 화재 전파 피해 감소 효과 · 외단열 공법의 화재에 대한 불안도 감소, 건축 시장의 활성화 · 신규 화재확산 방지 공법 및 기술력 확보
연구개발성과 활용방안 및 기대효과			1) 가연성 재료를 사용한 외단열 건물 방화 보수 보강 시스템 개발 2) 필로티 구조 및 가연성 재료를 사용한 외단열 공법으로 인한 화재 피해 감소 3) 해체 공정 없는 시공법으로 공기 단축 및 경제성 확보 4) 인근 화재로 인한 화재 전파 피해 감소 효과 5) 외단열 공법의 화재에 대한 불안도 감소, 건축 시장의 활성화

	(1) 기대효과 · 외단열 공법 방화보수 공법 획득(기술적 측면) · 철거 작업 등의 추가공정 없이 적용 가능하므로 경제적 이득(경제적 측면) · 인근 화재로 인한 건물의 화재 전파 피해 감소(사회적 측면) · 외단열 공법 건축 시장의 활성화(경제적·산업적 측면) · 필로티 구조, 가연성 외단열 공법 사용으로 인한 화재 피해 감소(사회적 측면) (2) 파급효과 · 화재로 인한 재산피해, 인명피해 감소(사회적 측면) · 건축법 적용 이전 준공된 건물에 철거 작업 등이 없이 적용 가능함으로써 빠른 보수 작업 가능(기술적 측면, 경제적·산업적 측면)
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	2	5	1									

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	외단열	화재대피시간	보수 · 보강	가연성 재료	화재 전파
영문핵심어 (5개 이내)	Outside insulation	Fire escape time	Repair · Reinforcement	Combustibility material	Fire propagation

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요
  1) 연구개발과제의 배경 및 필요성
  2) 연구개발과제의 최종목표
  3) 연구개발과제의 최종목표 : 세부개발내용
  4) 연구개발과제의 연차별 목표

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
  1) 기존 공동주택 현황조사
  2) 공동주택 적용 단열재의 종류 및 특성
  3) 외단열 미장 마감 공법
  4) 화재이론 성상 및 화재·피난 관련 법규
  5) 단열재 성능 및 내구성 평가
  6) 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토
  7) 화재확산 방지 보수재
  8) 화재확산 방지 보강재
  9) 화재확산 방지 TEST BED
  10) 화재확산 방지 시공 시방서
  11) 화재확산 방지 시공 공법 원가분석

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
  1) 연구수행 결과
  2) 목표달성 수준

4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨자료(참고문헌 등)

◎ 연구개발과제 정량적 성과

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증 방법	가중치			
주관 / 공동	1	*방화보수 보강재*	1-1	*보강재*	①	차열성 (℃)	280 이하	KS F 2257-1 KS F 2257-8	30	KTR& KCL		특허 : 출원 1/2 건 등록 건 논문 : 1/1 건 시제품 : 건 S/W : 건
					②	차염성 (통과하지않음)	통과하 지않음		20			
					③	가스유해성 (분)	9 이상	KS F 2271	30			
					④	휨강도 (N/㎟)	2 이상	KS L ISO 679	20			
			1-2	*보수재*	①	부착강도 (N/㎟)	0.6 이상	KS F 4716	40	KTR& KCL		특허 : 출원 1/1 건 등록 건 논문 : 1/1 건 시제품 : 건 S/W : 건
					②	습기투과성(Sd) (m)	2 이하	KS F 4716	30			
					③	물흡수계수 ($kg/(m^2 \cdot H^{0.5})$)	0.2 이하	KS F 4716	30			
주관 / 공동	2	*방화보수 보강공법*	2-1	*공법*	①	시방서 (공법설명서)	1건 이상	자문 평가	60	외단열 협회		특허 : 출원 2/2 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1/1 건 S/W : 건
					②	설계도	3건 이상	자문 평가	40			
			2-2	*공법 원가분석*	①	공법원가분석	1건 이상	인증서& 보고서	100	-		-
	3	*TEST BED를 통한 실용성*	3-1	*시작품*	①	시작품	2건 이상	자문 평가	100	외단열 협회		특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1/1 건 S/W : 건
계												특허 : 출원 4/5 건 등록 건 논문 : 2/2 건 시제품 : 2/2 건 S/W : 건

◎ 연구개발과제 단위성과물 달성 여부

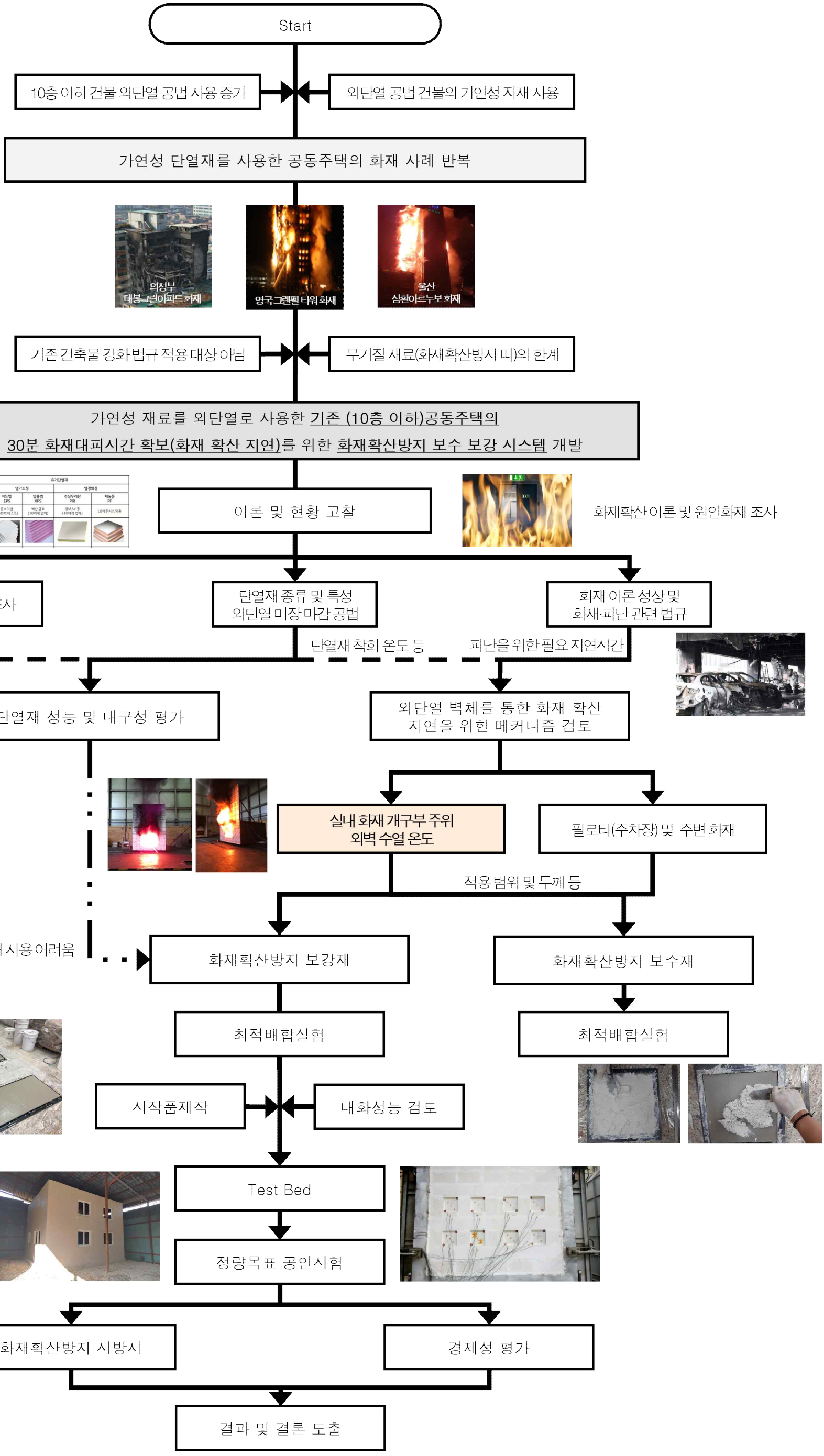
단위성과물	질적목표	목표치	시험결과	달성여부
보강재 (질량비 1:5)	차열성(℃)*	280 이하	210	달성
	차염성	통과되지않음	통과되지않음	달성
	가스유해성(분)	9 이상	14.56	달성
	휨강도(㎫)	2 이상	3.8 ~ 4.3	달성
보수재 (20% 대체)	습기투과성(m)	2 이하	1.5 ~ 1.7	달성
	물흡수계수 ($kg/(m^2 \cdot H^{0.5})$)	0.2 이하	0.02	달성
	부착강도(N/㎟)	0.6 이상	0.8 ~ 1.6	달성
공법	시방서(건)	1 이상	1	달성
	설계도(건)	3 이상	3(벽체, 개구부, 필로티)	달성
공법원가분석	공법원가분석(건)	1 이상	1	달성
시작품	시작품(건)	2 이상	2	달성

*** 차열성의 경우, 30분 화재 대피 시간 확보에 필요한 값**

◎ 연구개발과제 실적목표 달성 여부

실적목표	목표치	성과치	달성여부
특허출원	4	4	달성
특허등록	-	-	-
논문	2	2	달성
시제품	2	2	달성
S/W	-	-	-

◎ 연구개발과제의 흐름도


Start
10층 이하 건물 외단열 공법 사용 증가
외단열 공법 건물의 가연성 자재 사용
가연성 단열재를 사용한 공동주택의 화재 사례 반복
의정부 대봉그린아파트 화재
영국 그렌펠 타워 화재
울산 삼환아르누보 화재
기존 건축물 강화 법규 적용 대상 아님
무기질 재료(화재확산방지 띠)의 한계
가연성 재료를 외단열로 사용한 기존 (10층 이하)공동주택의
30분 화재대피시간 확보(화재 확산 지연)를 위한 화재확산방지 보수 보강 시스템 개발
이론 및 현황 고찰
화재확산 이론 및 원인화재 조사
공동주택 현황조사
단열재 종류 및 특성
외단열 미장 마감 공법
화재 이론 성상 및
화재·피난 관련 법규
단열재 착화 온도 등
피난을 위한 필요 지연시간
단열재 성능 및 내구성 평가
외단열 벽체를 통한 화재 확산
지연을 위한 메커니즘 검토
실내 화재 개구부 주위
외벽 수열 온도
필로티(주차장) 및 주변 화재
적용 범위 및 두께 등
유기 단열재 사용 어려움
화재확산방지 보강재
화재확산방지 보수재
최적배합실험
최적배합실험
시작품제작
내화성능 검토
Test Bed
정량목표 공인시험
화재확산방지 시방서
경제성 평가
결과 및 결론 도출

1. 연구개발과제의 개요

◎ **연구개발과제 용어의 정의**

◦ **보수재 :** 연구개발 재료로 외벽의 마감에 사용하는 미장마감재를 의미하며, 기존 단열재 설치 부위 표면에 바름 및 마감하여, 기존 단열재의 착화를 지연하는 재료

◦ **보강재 :** 연구개발 재료로 기존의 외벽 마감에 추가로 설치되는 방화재료를 의미하며, 기존에 설치된 단열재의 착화 및 화재확산 방지를 위한 방화재료

◦ **30분 화재 대피 시간 :** 연구과제명의 30분 화재 대피 시간은 기존 연구 문헌 등을 통해 10층 이하의 규모에서 발생되는 화재에서 노약자의 야간 화재 대피 시간을 고려하여 선정된 시간으로 화재발생 후 필요한 시간 15분의 2배에 해당하는 30분 동안 외피의 단열재에 화재확산을 방지하여 다른 세대의 거주자가 피난할 수 있는 피난시간을 확보하여 주는 것을 의미

◦ **가연성 재료 :** 불에 잘 타는 성질을 가진 재료로 일반적으로 외단열에 사용된 유기계 단열재 중 불연성능이 포함되지 않은 것을 의미함

1) 연구개발과제의 배경 및 필요성

(1) 연구개발과제의 배경



그림 1.1 2015년 발생 의정부 아파트 화재

광역지자체 기준 도시형생활주택 단지 대비 취약자재 사용 건물 현황 /자료=윤영일의원실

시·도	단지수	외벽마감(화재취약자재)	비율
서울	5,032	1,253	24.90
부산	2,160	617	28.56
인천	683	385	56.37
대구	104	46	44.23
광주	176	70	39.77
대전	120	47	39.17
울산	152	59	38.82
세종	44	9	20.45
경기	3,727	1,027	27.56
강원	60	17	28.33
충북	331	50	15.11
충남	338	70	20.71
전북	186	24	12.90
전남	159	106	66.67
경북	242	104	42.98
경남	164	93	56.71
제주	315	228	72.38

그림 1.2 화재 취약자재 사용 도시형생활주택 실태

· 중단열 혹은 내단열 공법을 사용한 건물의 열교, 결로 문제 등으로 **외단열 공법의 사용이 확대**되고 있다. 그 중 발포 EPS에 접착 모르터를 바른 단열재를 사용한 외단열 공법은 저렴하면서도 단열효과가 좋은 공법으로 많은 인기를 끌며 도시형생활주택(단지형 연립주택, 단지형 다세

대주택, 원룸형)등에 많은 사용이 이루어졌다. 그러나 이 공법의 가장 큰 문제는 화재에 취약하다는 점이다. 이 외단열 공법은 **건물 내·외부 화재 시 단열재를 타고 건물 전체로 화재가 번져** 사용을 금해야 하지만 좋은 이점만 부각되어 이미 빠른 속도로 퍼져 전국에 많은 건물에 상용화 되었다.

· 제천 스포츠센터 화재나 의정부 아파트 화재 역시 이 공법의 사용과 필로티 구조, 건물 간 좁은 간격으로 큰 피해를 입은 바 있다. 하지만 화재가 난 시점부터 지금까지 여전히 개선점은 보이고 있지 않은 상황이다. **서울시 화재취약자재 사용 단지수는 5,032개 중 1,253개로 25%에 이를 정도로 화재로 인한 인명피해, 재산피해는 위험한 상황에 노출**되어있다. 광역지자체를 종합적으로 계산하면 훨씬 더 많은 건물이 이에 해당한다. 신규로 지어지는 건물의 경우, 건축법규 및 소방법의 기준 강화에 따라 준불연 단열재 등을 사용하여 화재확산 위험이 일부 감소한 반면, 기존 취약자재 사용 건축물에 대한 화재확산방지 대책 마련은 부족한 상황이다. 이에 따라 **기존 가연성 외단열 공법 건물에 대한 방화 보수 보강 시스템의 개발**이 필요하다.

(2) 연구개발과제의 필요성

① 기술적 측면

· 외단열 공법에서 가장 많은 사용 중인 발포 EPS(비드법 1종)에 접착 모르터를 바른 단열재를 사용한 외단열 공법은 값싼 시공비와 단열효과로 긍정적으로 평가되어 빠른 속도로 사용되었다. 값비싼 불연재 탓에 발포EPS 등 가연성 단열재를 사용하는 것이 대부분이기 때문에 화재에 매우 취약한 상황이다. 따라서 건물 외부에 이 외단열 공법을 사용하는 것은 불쏘시개를 겉에 두르는 것과 마찬가지 이다. 현재 **암면이나 유리면 등으로 외부 마감을 추가**한다는 방법이 모색(방화띠)되었지만 시공성이 떨어지고 처짐이 생기며 이질 재료의 접합 등으로 인한 문제가 발생될 소지가 있으며, 또한 무기질 재료의 흡습 및 흡수 등에 의해 결로가 생길 우려가 있어 화재확산방지에 관한 마땅한 해결방안이 나오지 않은 상태이다.



그림 1.3 EPS 단열재를 사용한 외단열 미장 마감

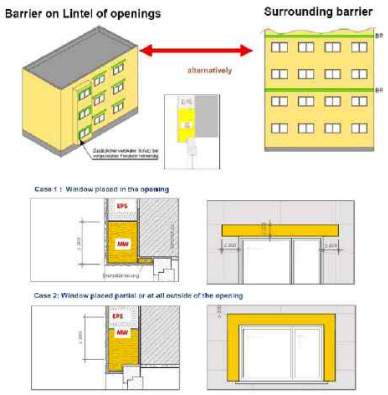


그림 1.4 무기질 단열재를 사용한 화재확산방지띠

· 기존 외단열 공법이 많이 사용되는 건물은 도시형생활주택으로 대부분 필로티 구조로 이루어져 있는데 **필로티 구조에서 외부 화재 발생할 경우 발포EPS를 타고 건물 전체로 화재가 전파되며 출입구가 봉쇄될 우려**가 있고 대부분 밀집되어 분포하고 있기 때문에 건물로 화재가 전파될 가능성도 배재할 수 없다. 또한, 이 외단열 공법 자체가 발포EPS를 기본적인 단열재로 구성하고

있기 때문에 가연성이며 일부 마감으로 사용되는 페인트의 경우 석유화합물로 구성되어 **화재 시 빠른 확산과 독성가스까지 나올 수 있다.** (실제 대부분의 건물화재의 경우 질식사가 70% 이상)

· 또한, 자재가 약하기 때문에 파손 우려가 있으며 10년 이상 사용 기간이 경과하면 페인트 도료가 일부 떨어지고 비바람에 의한 침식으로 외부 충격에도 손쉽게 손상이 되며 외단열 자체의 기능성이 떨어질 우려가 있고 되려 단열효과가 낮아지며 누수 가능성을 높일 수 있다.

· 건축법의 강화로 신축 건물에 대한 화재 관련 규정은 높아지고 있지만 아직 부족한 실정이며 **또한 앞서 언급한 것과 같이 개정 이전에 지어진 건축물은 강화된 법적 기준 적용 대상이 아니기 때문에 기존 외단열 공법에서 화재로 인한 피해는 앞으로도 그 위험성이 필연적으로 높아질 수 밖에 없다.** 이러한 위험을 방지하기 위해 사용되는 자재는 화재확산을 방지하는 방화성능을 가져야 하며 외부 피해로 인한 단열 효과 저해 및 손상 요인을 막기 위해 강도 성능 또한 필요하다.

· 또한, 건물 내부에서 화재 시 창틀로 화재가 전파되면서 건물의 외벽을 타고 건물 전체로 퍼지는 위험에 대해서 언급된 바 있지만, 시공이 어렵다는 이유와 개발비용으로 실현되지 못하고 있다.

· 따라서 **가연성 재료를 사용한 기존 외단열 건물에 대한 방화보수를 위한 시스템 개발을 위해 방화성능을 가진 경량 방화 보수·보강재의 개발**을 통해 **필로티 주차장 및 주변과 쓰레기장 등의 화재와 실내에서 개구부를 통해 확산되는 화재 예방에 관한 연구**가 필요하다.

- 값싼 가연성 단열재를 사용한 외단열 건물의 화재 취약
- 도시형생활주택이 주로 문제의 외단열 공법으로 시공되었으며 필로티 구조로 차량 및 외부 화재의 확산 피해 우려가 큼
- 문제의 외단열 공법은 외부 충격에 약하고 오염의 우려가 많아 시간의 경과에 따른 단열성능 효과 보장을 할 수 없음
- 건물 내부 화재 시 창틀을 통해 화재가 외부로 전파되어 건물 전체로 화재가 퍼질 우려가 있음

② 사회적 측면

· 국토교통부에서 조사한 바 **도시형생활주택 중 문제의 외단열 공법을 사용하고 있는 준공된 도시형생활주택은 전체의 30% 수준**이며 화재에 대한 피해로 경각심이 커진 듯 보이지만 아직도 **건축 시장에서는 저렴한 가격과 간단한 공사로 이 공법의 사용을 선호**하고 있다.

· 최근 필로티 구조와 문제의 외단열 공법 사용 건물 화재 사고가 계속해서 일어나면서 문제가 대두화 되고 있고 정부 정책으로 외단열 의무화를 외치며 2025년부터 모든 신축 건축물에 제로에너지 의무화 방향을 발표한 바 있지만 현실적인 방안이 나오지 않아 계속 시기를 늦추고 있는 시점이다. 따라서 외단열 공법 화재에 대한 피해를 우려해 보수 공법의 개발이 필요하다. **보수 및 보강공법을 행하는 이유는 기존의 외단열 공법을 사용하고 있는 건물 외단열 외장재를 제거(철거)하고 새로운 외장재를 설치하는 것은 경제적인 비용의 발생은 물론 기존 단열재와의 연결 등 새로운 문제점을 유발**한다. 게다가 이러한 도시형생활주택의 거주민은 큰 돈을 지불하기 힘든 여건에서 생활하는 경우가 많기 때문에 기존 외단열 자재 철거 등으로 인한 불필요한 공사비, 시간 지연이 발생되지 않기 때문에 빠른 시공이 필요하다. 따라서 기존의 화재 취약 건물들의 추가 보수를 통한 건축법에 어긋나지 않으면서 **방화성능을 갖출 수 있는 보수 공법의 개발**이 필요하다. 보수 공법 개발을 통해 기존 외단열 공법에 추가적인 단열성능 확보와 내구성 확보, 방화성능을 통한 피난시간 확보, 인명피해 및 재산피해를 낮출 수 있다.

- 문제의 외단열 공법을 사용한 도시형생활주택은 전체의 30% 수준
- 피해가 잇따라 발생하고 있지만 경제성으로 아직도 많이 선호
- 외단열의 의무화 방향이 발표됨에 따라 화재에 대한 방지대책 개발이 필연적
- 문제의 외단열 공법의 문제점을 해결할 수 있는 방화성능과 내구성 확보로 피난시간 확보를 통해 인명피해 및 재산피해 방지 필요
- 해제 공정 등으로 인한 공사비, 공사기간 동안의 피해 등의 우려

③ 경제·산업적 측면

· 방화성능을 가진 외단열 공법 개발을 통해 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 보수로 안전성을 보장시킬 수 있으며 도시형생활주택의 30% 수준에 이르는 건물들을 보수와 신축 건물들에 적용시키기 위한 건축 시장이 활성화 되며 아직 제대로 성장을 하지 못한 외단열 공법의 활성화가 이루어질 것이다.

(3) 국내외 기술 개발 현황

· 현재 건축법 시행 이전 준공된 건물에 대한 제한은 마땅히 없기 때문에 화재에 대한 피해는 불가피한 상황이지만 그렇다고 해서 기존의 것을 다 철거할 수는 없다. 가격에서도 일뿐만 아니라 시공 중간에도 사용에 지장이 없어야 하며 가능한 빠르게 진행이 되어야 한다. 따라서 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 방화 보수 보강 공법 개발을 통해 문제를 해결하고자 한다.

2) 연구개발과제의 최종목표

(1) 연구개발 최종목표 및 최종성과물

① 최종목표 및 최종성과물

· 본 연구개발의 최종목표는 배합설계를 거쳐 최적배합비의 보수 보강재를 생산하고 방화 보수 공법 개발을 통해 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발을 위함이며 더불어 강도 보강을 통해 벽체의 단열성을 보존한다. 개발 단계를 거친 방화 보수 공법은 최종적으로 Test-bed 과정을 통해 성능을 평가하는 것이다.
· 본 최종성과물은 가연성 재료를 사용한 외단열 건물에 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 공법 개발이며 정량적, 정성적 성과물은 다음과 같다.

· 경량 보수 보강재 개발
· 강도가 높은 보수 보강재 개발
· 외관에 문제가 없는 보강재 개발
· 변형(숙성변형, 온도변형, 열변형 등)에 대한 저항이 있는 보강재 개발
· 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 구법 개발

② 설정근거

· 가연성 재료를 사용한 외단열 공법 위에 설치하는 것이므로 경량성을 가져야 하며 외부 조건에

따른 파괴나 오염이 없어야 하므로 강도가 높아야한다. 또한 외부에 설치하므로 외관에 문제가 없어야 하며 변형(숙성변형, 온도변형, 열변형 등)에 저항성이 있어야 화재에 대한 내구성을 지닐 수 있어 화재의 전파나 대피시간을 증대시킬 수 있다. 이러한 목표들을 보수 보강재를 사용해 기존 가연성 외단열 공법 건물에 적용 가능한 방화 보수 보강 구법을 개발하여 실용화 가능하여야 한다.

· 연구 기간 : 2018년 10월 - 2021.06.30. (33개월)
· 연구비 : 정부출연금 총 6억원(1차년 1.5억원 / 2 - 3차년 4.5억원)
· 지원내용 : 사회이슈해결
· 현 단계의 기술 수준 한계 : 모든 건물들이 Case by Case로 적용되기 때문에 폭넓게 적용하기에는 문제가 있는 초기 기술이다. 따라서 실용화가 아닌 실용화 전 단계까지를 목표로 한다. 이에 본 기술 수준은 드라이비트 외단열 공법의 문제점을 해결하여 외단열 공법 방화성능 향상에 이바지하는 것을 목표로 한다.

(2) 최종성과물의 기술성숙도 설정 근거

최종성과물	기술성숙도		설정 근거
	유형	단계	
가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 방화 보수 보강 공법	공법 기법 유형	TRL 6	가연성 재료를 사용한 기존 외단열 건물의 화재에 대한 취약한 문제점을 해결하여 외단열 공법 방화 성능 향상에 이바지함

(3) 연구개발 핵심성과 및 연구내용

연번	핵심성과물	성과유형	핵심성과 개요
1	방화 보수 보강재 개발	*재료*	· 최적 배합비 도출을 통한 현장에 알맞은 경량, 강도, 방화성을 갖춘 재료 개발
2	방화 보수 보강 공법 개발	*공법*	· 가연성 재료를 사용한 외단열 건물에 적용 가능한 방화 보수 가능한 공법 개발
3	Test-Bed를 통한 실용성 검증	*자체평가 (외부기관 자문평가)*	· 성능 검토를 통한 실용성 검증

① 핵심성과명 1

• 핵심성과물 : 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화보수 보강 외장재 개발

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도	· 국내외 자료 수집 및 분석	- 국내외 외단열 공법에 관한 자료 수집 - 국내외 방화 재료에 관한 자료 수집 - 국내외 외단열에 관한 법령 분석
	· 목표성능 설정	- 보수 보강재의 경량, 강도, 방화성능 목표성능 설정
	· 보수 및 보강재에 대한 연구	- 보수 및 보강재의 목표성능 설정 - 보수 및 보강재의 배합비 설정
	· 배합실험을 통한 배합비 도출	- 현장 적용에 알맞은 최적 배합비 도출
2차년도	· 실험체 제작	- 도출된 최적 배합비를 통한 인증평가 진행 실험체
	· 경량, 강도 검증	- 시제품 목표 성능 평가
	· 내화성능 검증	- 시제품 목표 성능 평가
	· 시제품 제작	- 도출된 최적 배합비를 통한 시공에 알맞도록 성형
	· 화재확산방지 보수보강 시공법 개발	- 개구부 화재확산방지 보수보강 시공기술개발 - 외벽 및 필로티 부근 화재확산방지 보수보강 시공 기술 및 구법 개발
	· 문제점 및 해결방안	- 방화 보수 보강재의 성능 평가 - 방화 보수 보강재의 문제점 확인 - 해결 방안 평가
3차년도	· Test Bed 구축	- 화재확산 방지에 관한 Mock Up Test Bed 구축 - 단열재별 성능 분석 및 보완사항 도출
	· 모니터링	- 3개월 단위 모니터링 평가 및 분석을 통한 최적보수 보강 재료에 관한 정량성능 도출
	· 문제점 및 해결방안	- 방화 보수 보강재의 성능 평가 - 방화 보수 보강재의 문제점 확인 - 해결 방안 평가

② 핵심성과명 2

• 핵심성과물 : 가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화보수 보강 구법 개발

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
2차년도	· 보수보강 재료에 관한 시공법 개발	- 개구부 및 외벽 관련 화재확산방지 시공법 및 구법 개발 - 건물 형태 유형 구분 및 타입별 시공도면 작성
	· 보수보강 재료에 관한 구법 개발	
3차년도	· Test Bed 구축	- Test bed를 통한 화재확산 지연 방지 시공에 관한 적용성 검토(개선사항 도출 및 반영) - 최종 화재확산 방지(화재 지연)시방서 및 공법원가분석을 통한 경제성 평가
	· 모니터링	
	· 시공 시방서 및 공법원가분석	

3) 연구개발과제의 최종목표 : 세부개발내용

○ 가연성 재료를 사용한 외단열 건물 방화 보수 보강 공법 개발
○ 내부화재 시 창틀에서 외부로의 화재 전파로 인한 건물화재 방지 공법 개발
○ 필로티 구조 주차장 화재 시 화재 전파로 인한 건물화재 방지 공법 개발
○ 경량, 강도, 방화성이 뛰어난 보수 보강재 개발

(1) 국내외 자료 수집 및 분석
- 국내외 외단열 공법 관련 정보 파악
- 국내외 방화 재료 관련 정보 파악
- 국내외 외단열 관련 법령 분석

(2) 목표성능 설정
- 관련 논문 및 문헌 검토
- 유사 특허와 관련 된 내용 파악을 통한 연구개발 화재선정 반영

(3) 배합실험을 통한 배합비 도출
- 현장 시공에 알맞은 제품 제작을 위해 배합실험을 통안 배합비 도출

(4) 시제품 제작
- 시제품 제작으로 경량, 강도 성능 평가
- 난연성 검사로 방화 성능 검증
- 시제품 형태 관련 검토

(5) 방화 보수 외장재 시공 방법
- 방화 보수 보강재 기존 외단열의 적용성 관련 검토
- 방화 보수 보강재 시공 방법 관련 검토

(6) 테스트 진행
- Test-Bed전 사전 실험 진행
- 문제점 및 해결방안

(7) 화재확산방지 시공 Test-Bed를 통한 실용성 검증
- Test-Bed를 통해 성능 검토를 통한 실용성 검사(시방서작성)
- Test-Bed 도출 결과를 토대로한 공법원가분석

4) 연구개발과제의 연차별 목표

(1) 1차 연도

① 개발 목표

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단): 단열재의 종류별 물성 및 화재이론 검토

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍): 기존 외단열의 시공법 및 시장조사

② 개발 내용 및 범위

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단):

- 유·무기계 단열재에 관한 기존 자료 수집
- 단열재의 종류별 물성 검토
  : 밀도, 흡수율, 흡습, 압축강도, 굴곡강도
- 단열재의 종류별 양생 및 경시변화 검토
  : 내열성, 숙성에 따른 길이 변화 등
- 내·외부 화재에 관한 이론 검토
  : 외단열 건축물 화재확산에 이론 및 배경 정립

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍):

- 기존 외단열 시공 건축물에 대한 시공도면 분석
- 기존 외단열 시공법 및 시장분석
- 기존 공동주택의 외부 마감 등 현황조사

(2) 2차 연도

① 개발 목표

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단) : 단열재의 물성검토 및 배합설계 최적 보수보강 재료도출

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍) : 화재확산 방지를 위한 기초도면 및 시공법 작성

② 개발 내용 및 범위

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단)

- 기존 단열재의 종류별 초기 물성 검토(유기계 종류별 선정)
  : 밀도, 흡수율, 흡습, 압축강도, 굴곡강도
  : 유기계 단열재의 내구성 평가를 통한 보강재 사용성 검토
- 화재 성상 이론 및 화재 피난 관련 법규 검토
  : 공동주택의 외단열 벽체를 통한 화재확산 이론 검토
  : 공동주택에서 발생될 수 있는 화재의 유형 및 특성 검토
  : 건축법 등에 따른 화재 시 피난 이론 및 관련 법규 검토
- 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토
  : 필로티(주차장) 및 주변 화재

: 실내화재에 따른 개구부 상부로의 화재확산에 대한 외벽 수열 온도 검토

: 개구부 주위 차단범위 및 보수·보강재의 두께 등 요구성능 도출

- 화재확산방지 보수재(기존 외단열 미장 마감 요구성능)의 기초 물성 검토

: 부착강도, 습기투과성, 물흡수계수

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍)

- 기존 외단열 시공법 분석

: 재료의 연결 및 설치, 접착, 메쉬의 설치 등등

- 기존 외단열 화재확산 방지 관련 보수보강 방법에 관한 검토(이론적 고찰)
- 화재확산 방지 공법 시공을 위한 기초도면 작성
- 신규 화재확산 방지 시공 시방서(안) 작성

: 기존 필로티 화재확산 방지 공법 시방서 및 일부 개구부에 대한 시공법 제안

(2) 3차 연도

① 개발 목표

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단): 단열재 내구성 모니터링 및 화재확산 방지(화재지연을 통한 대피시간 확보)보수·보강재 최적배합

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍): Test Bed 구축을 통한 화재확산 방지 시공법 검토

② 개발 내용 및 범위

◦ 주관연구기관(공주대학교 산학협력단)

- 단열재에 관한 장기 모니터링(경시 변화)을 통한 특성 변화 분석

: 단열재의 외부 보관 상태에 대한 장기 모니터링(온·습도, 노출 조건 등)

: 흡수율, 열전도율에 대한 장기 성능 평가

- 최적배합 보강재 및 보수재 화재실험을 통한 재료 성능 검토

: 외단열 건축물 화재확산 사용재료 선정

- 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토 및 재료 특성 정량화

: 화재확산 방지 보강재 적용 두께, 길이, 연결 방법에 대한 구체화

: 보강재에 관한 정량적 성능 평가항목 공인인증(차열성, 차염성, 가스유해성, 휨강도)

- 시작품 제작 및 성능분석
- Test Bed 시작품 설치 및 개선사항 도출
- 공법 원가분석을 위한 자료정리 및 제조 비용 검토
- 공법 원가분석에 따른 기존 공법과의 경제성 평가

◦ 공동연구기관((주)중앙알텍):

- 화재확산 방지 공법 및 구법에 관한 디테일 설계
- Test Bed 설치를 통한 화재확산 방지 시공법 모니터링
  : 개구부 및 다양한 Case 별 대책 제시
  : 화재확산 방지 시공법에 대한 적정 여부 분석
- TEST BED를 통한 보완사항 도출
- TEST BED 설치 계획(현장 협의 여건에 따른 변경 가능)
  : 시멘트 블록 2면 벽체, 2개 층 시공
  : 개구부 크기 및 시공 조건 반영
  : 기존 단열재 중 비드법 1종 단열재 선정 시공
  : 외부 외벽미장마감 설치
- 공법 원가분석을 위한 자료정리(시공비용 검토) 및 의뢰
- 화재확산 방지 보수보강에 관한 시방서 및 설계도 작성(한국외단열협회 전문기관 자문)

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	국내·외 자료 수집 및 분석	단열재의 종류 및 특성 검토	**국내** 유기계 단열재 시장 74.3% 무기계 단열재 시장 21.8% 복합단열재 3.9% **국외** 미국 무기계 단열재 88% 유럽 무기계 단열재 63% 일본 무기계 단열재 62%	-	후순위 과제 선정으로 별도의 실험이 진행되지 않음. 차년도 연구개발 진행 검토 및 이를 위한 현재 국내에 사용되는 단열재의 특성에 대한 검토 진행	25
		외단열 미장 마감 공법 및 시공 현황(도면 검토)	습식, 반건식, 건식으로 외단열 미장 마감 진행 **(접착제 및 단열재 품질기준 부족)**	-	후순위 과제 선정으로 별도의 실험이 진행되지 않음. 차년도 연구개발 진행 검토 및 이를 위한 적용 대상인 외단열 미장 마감 공법에 대한 이론적 고찰	25
	공동주택 현황조사	기존 10층 이하 공동주택의 시공 현황	-	-	기존 10층 이하 공동주택의 시공 상황을 검토하여 확산 방지를 위한 범위 및 사전 주의사항 등에 관한 도출이 필요	50
2년차 (2019)	화재 성상 이론 및 화재 피난 관련법규	공동주택 화재 성상 건축법 등 화재 시 피난 이론 소방 및 피난에 관한 법규	**건축법** 건축물 내화구조기준 피난시설 방화구획, 방화문 건축물 내부 및 외부 마감재료	-	기존 시공된 10층 이하의 외단열 건물에 관한 적용 법규에 대한 검토 화재확산 방지를 위한 대책 마련을 위한 연구목표설정	15
	유기계 단열재 내구성 평가	유기계 단열재의 내구성 평가를 통한 불연성능 건축자재 평가	**준불연 및 난연 유기계 단열재** (난연 EPS, PIR, PF 보드)	**-**	기존 및 신규 공동주택에 사용되는 유기계 단열재의 내구성 평가를 통해 기존 단열재의 내화 성능 평가 및 본 연구 보강재 적용 가능성 검토를 위해 목표 설정	25
	기존 화재확산 방지 관련 보수보강 방법	국토교통부 고시 화재확산방지 보수보강 방법	**필로티, 캔틸레버 차양, 외벽 전면보강 등**	**-**	본 연구와 유사한 국토교통부 화재보강 공법이 고시된 바, 이에 대한 차별성 검토와 고시된 공법의 문제점 및 개선사항 도출을 위한 목표 설정	15

2년차 (2019)	외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토	필로티(주차장) 및 주변화재	**화재확산방지 띠 외**	-	공동주택 화재성상 조사 결과에 따른 유형 대처방안으로 필로티(주차장) 및 주변 화재와 실내 화재로 인한 개구부 확산이 주된 요인으로 파악되었고 이에 따른 실험을 통한 외벽수열온도 검토 및 개구부 화재확산 지연 방안 마련을 위함	25
		실내화재 개구부 주위 외벽 수열 온도	-	-		
	화재확산 방지 보수재	화재확산 방지 보수재	**부착강도** 0.6N/㎟ 이상 **습기투과성(sd)** 2m 이하 **물흡수계수** 0.2㎏/(㎡·$H^{0.5}$)이하	**부착강도** 0.6N/㎟ 이상 **습기투과성(sd)** 2m 이하 **물흡수계수** 0.2㎏/(㎡·$H^{0.5}$)이하	기존 외단열 미장마감 제품에 칼슘계 재료를 필러로 혼합하여 보수재의 기초적 물성 성능에 관한 평가를 진행	20
3년차 (2020~ 2021)	화재확산 방지 보강재	화재확산 방지 보강재	**차열성** 350℃ 이하(일본) **가스유해성** 9분 이상(국내) **차염성** 통과하지 않음 **휨강도** 2N/㎟ 이상	**차열성** 280℃ 이하 **가스유해성** 9분 이상 **차염성** 통과하지 않음 **휨강도** 2N/㎟ 이상	화재확산 방지를 위해서는 기존 단열재의 자기발화(착화)온도 이하인 280℃ 이하를 만족해야 할 것으로 판단되며, 이 외에 강도성능을 통해 외부충격에 대한 대비가 필요하여 다음의 목표를 선정	35
	방화보수보강공법	화재확산 방지를 위한 보수보강 공법	국토교통부 고시	**시방서** (공법설명서)	19년도 국토교통부 화재확산방지 공법에 대한 고시가 진행되었으나 본 연구에서는 개구부 화재확산 지연을 통한 대피시간 확보라는 차별성을 갖고 있으며 이에 대한 공법 시방서를 작성	20
	공법 원가분석	화재확산 방지를 위한 보강재 공법 원가분석	국토교통부 고시	공법 원가분석 (외부기관의뢰)	국토교통부 고시에 의해 화재방지 공법에 대한 대략적 공사 금액이 공법별로 제시되어 있으며, 이에 대한 검토 진행	15
	TEST BED	TEST BED를 통한 시방서 작성 및 공법 원가분석 / 시작품 제작	-	2건 이상	Test Bed를 통해 개구부 화재지연을 위한 시작품 제작 목표 선정	30

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

1) 기존 공동주택 현황조사

○ 연구의 목적

· 서울시 전 지역에 분포되어 있는 10 층 이하의 공동주택 중, 공공기관 매입 임대 주택에 대한 현황 조사를 통해 적용된 단열재 및 시공 상태와 제반 사항에 대하여 조사하고 분석하였다.

- 드라이비트 시공 상세 검토
- 1층 필로티 부분의 드라이비트 검토
- 1층 외벽 드라이비트 연결부위 및 시공부위
- 현장조사를 통한 시공 상태와 제반사항의 조사 및 검토
  : 예외사항 등의 확인 및 분석
- 예외사항 등에 대한 상세도면 작성

표 2.15 공동주택 현황조사 대상

구 분	지 역	주 소	비 고
1	강동구	둔촌동 46-16	
2	중랑구	면목동 1252	
3	중랑구	면목동 173-8 가동	
4	중랑구	면목동 173-8 나동	
5	도봉구	방학동 605-14	
6	도봉구	쌍문동 708-26	
7	강북구	수유동 569-17	
8	성북구	하월곡동 90-1110	
9	은평구	갈현동 136-43	
10	은평구	갈현동 515-29	
11	마포구	성산동 71-2	
12	강서구	화곡동 810-23	
13	강서구	화곡동 56-576	
14	양천구	신월동 200-28	
15	구로구	온수동 10-27	
16	동작구	사당동 316-180	
17	관악구	신림동 626-15	

(1) 강동구 둔촌동 46-16(명일로 153)

① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천정

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.37M

· 입면



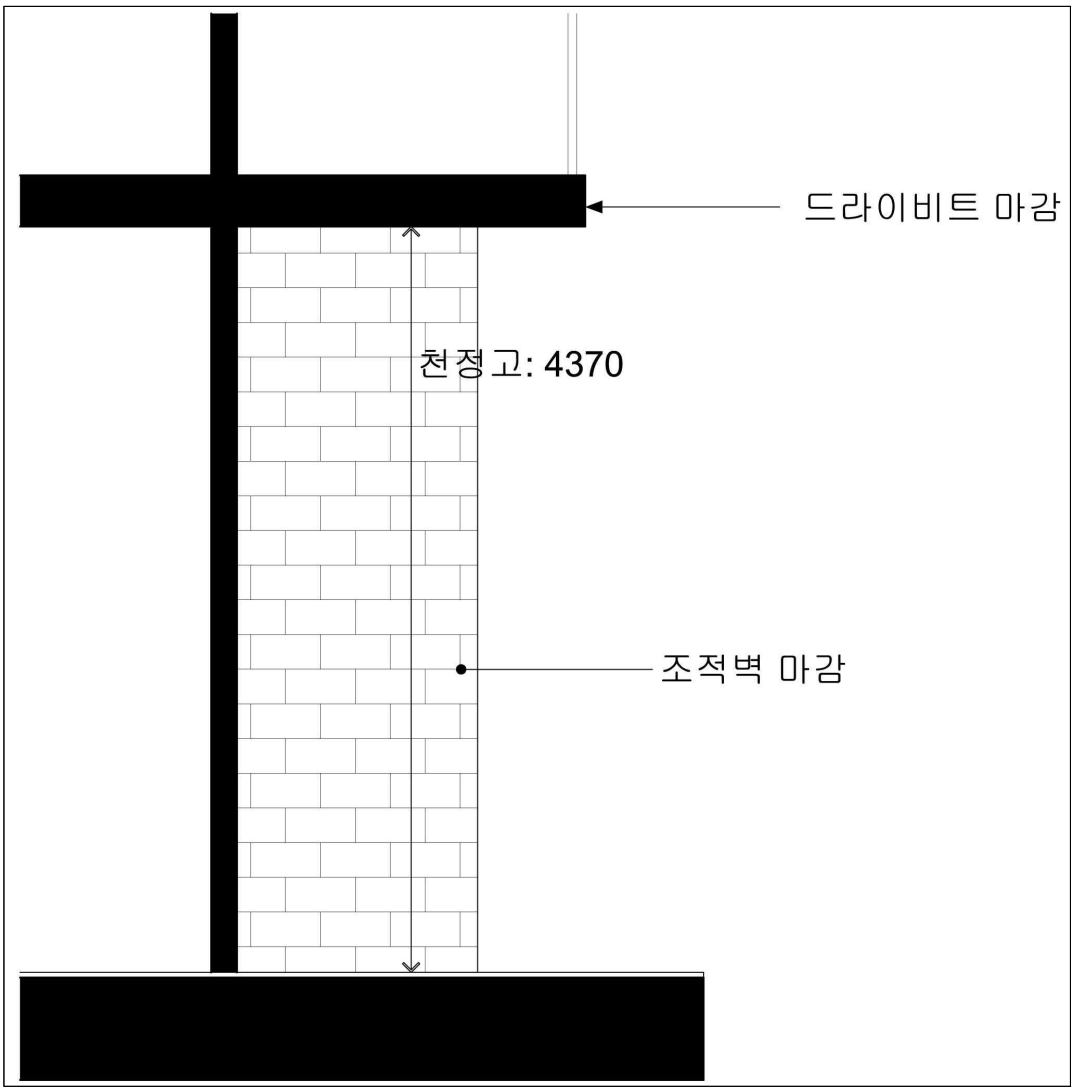
· 외벽 일부 제외 조적벽 마감
· 노대 하부 일부분 드라이비트 마감

· 예외사항

· 3층 기존 노대 또는 발코니 부분 확장하여 사용중

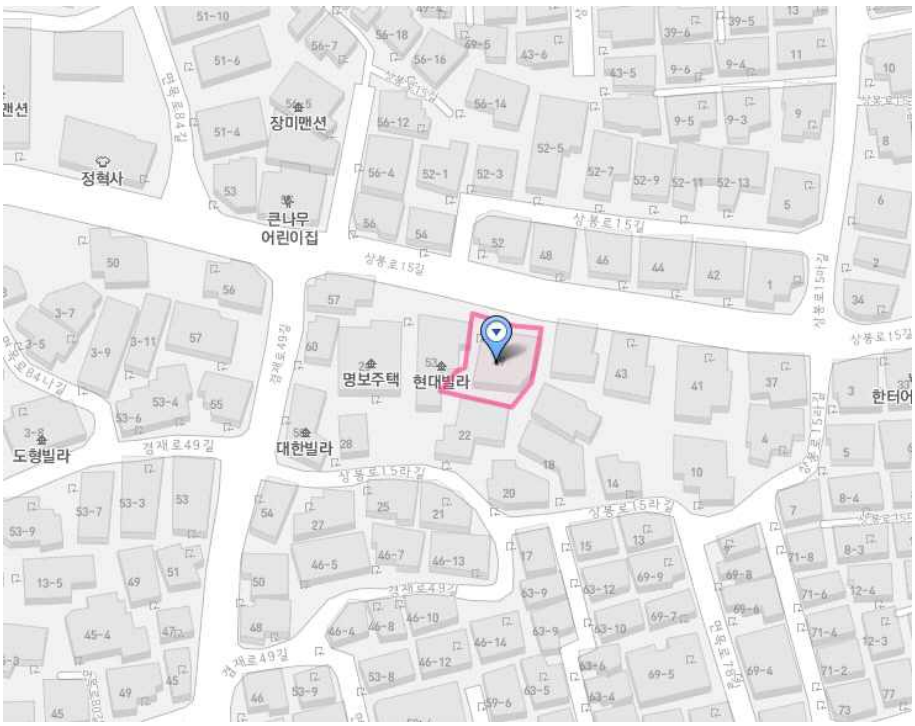
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

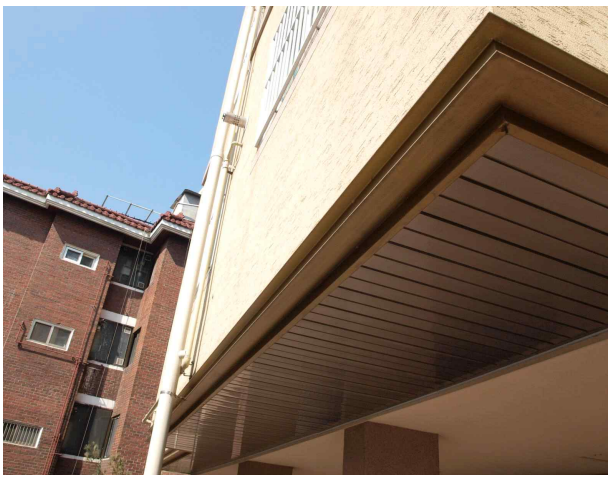


(2) 중랑구 면목동 1252(상봉로15길 49)

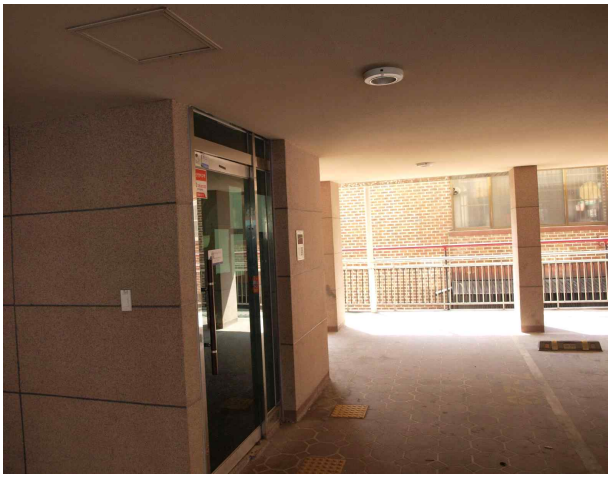
① 건물개요



② 조사항목







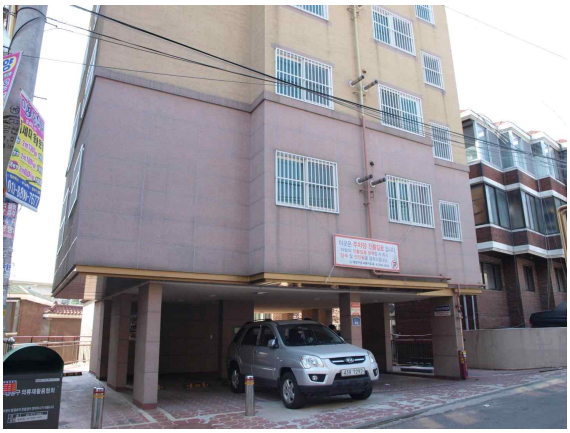


· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



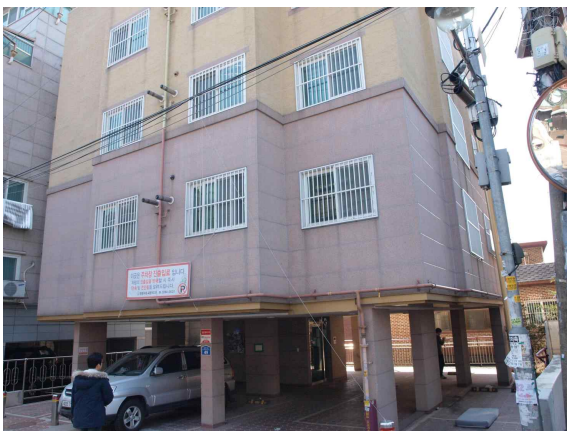
· 출입구의 기둥은 스톤코트 마감
· 높이 2.345M
· 출입구 외부는 스톤코트 마감

· 필로티 층의 천장



· 석고보드 마감
· AL 스펜드럴 마감

· 입면



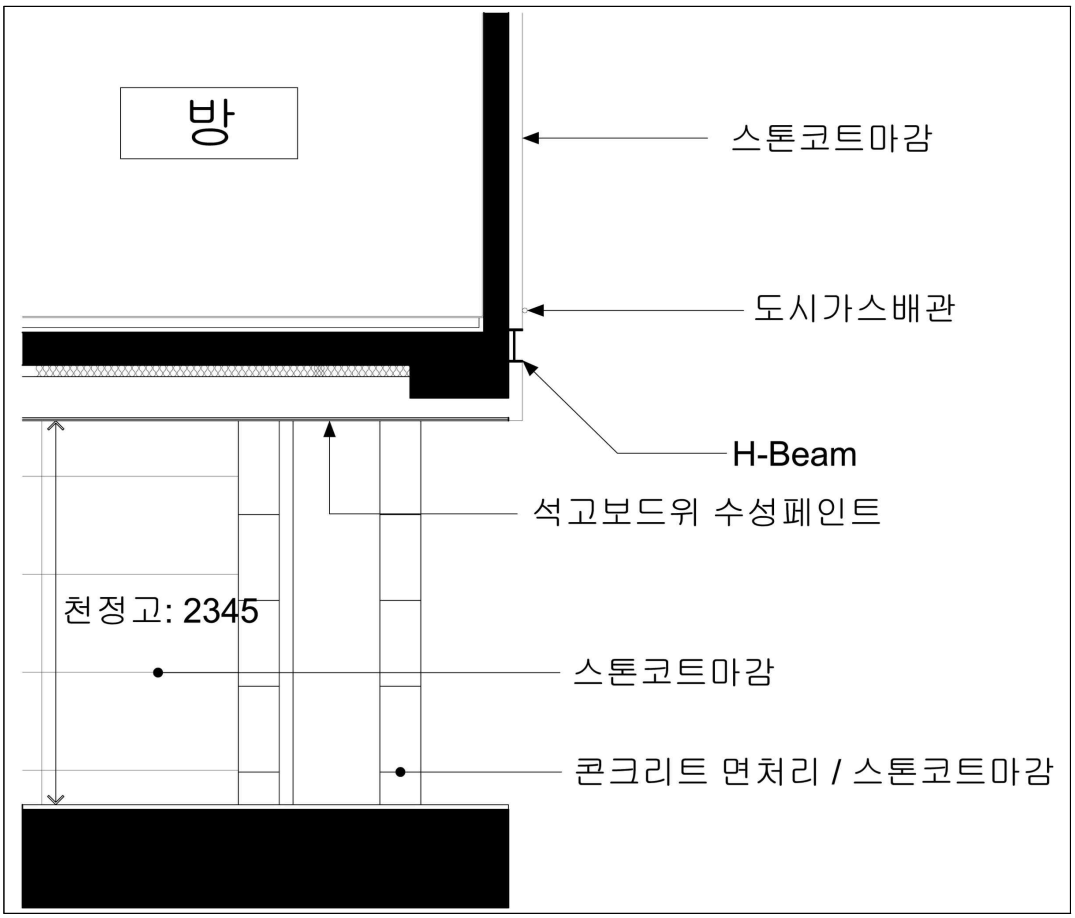
· 1층 천장과 2층 입면부분 H-Beam
· 도시가스 배관설치
· 일부 스톤코트 마감 및 상부 드라이 비트 마감

· 예외사항

· 1층 천장부분은 석고보드 마감 및 일부 AL 스펜드럴 마감
· 1층 천장부분 외곽에 H-Beam 설치
· 외벽을 따라 각층의 도시가스 배관 설치

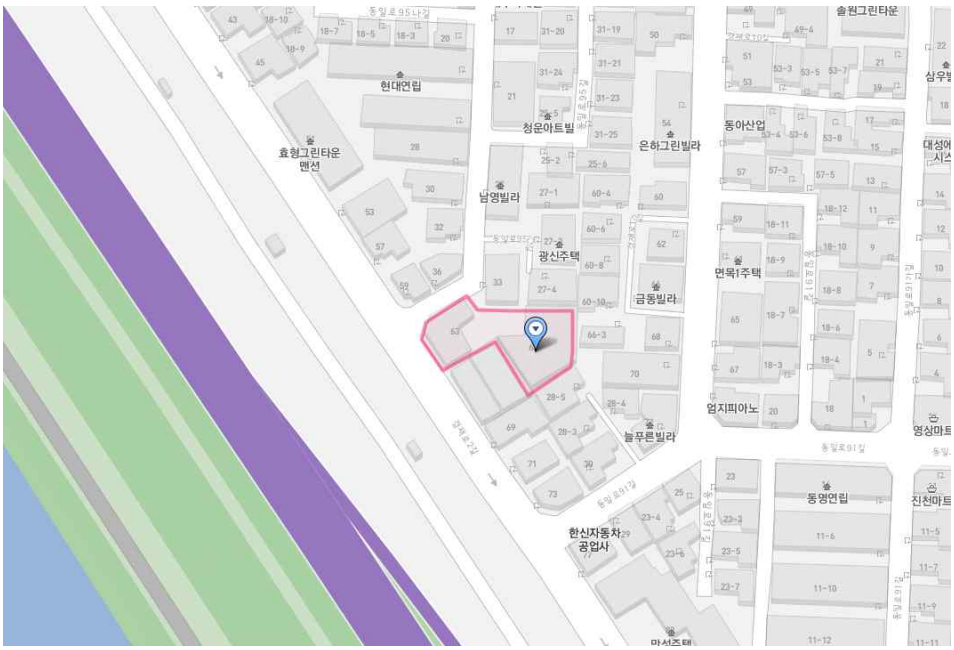
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



(3) 중랑구 면목동 173-8 가동(겸재로2길 63)

① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천정

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

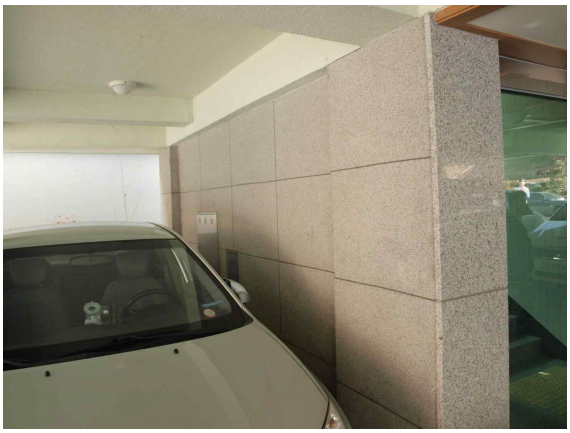
③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.36M
· 출입구 일부 및 우측면 도로쪽 화강석 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 단열재 위 페인트 마감

· 입면



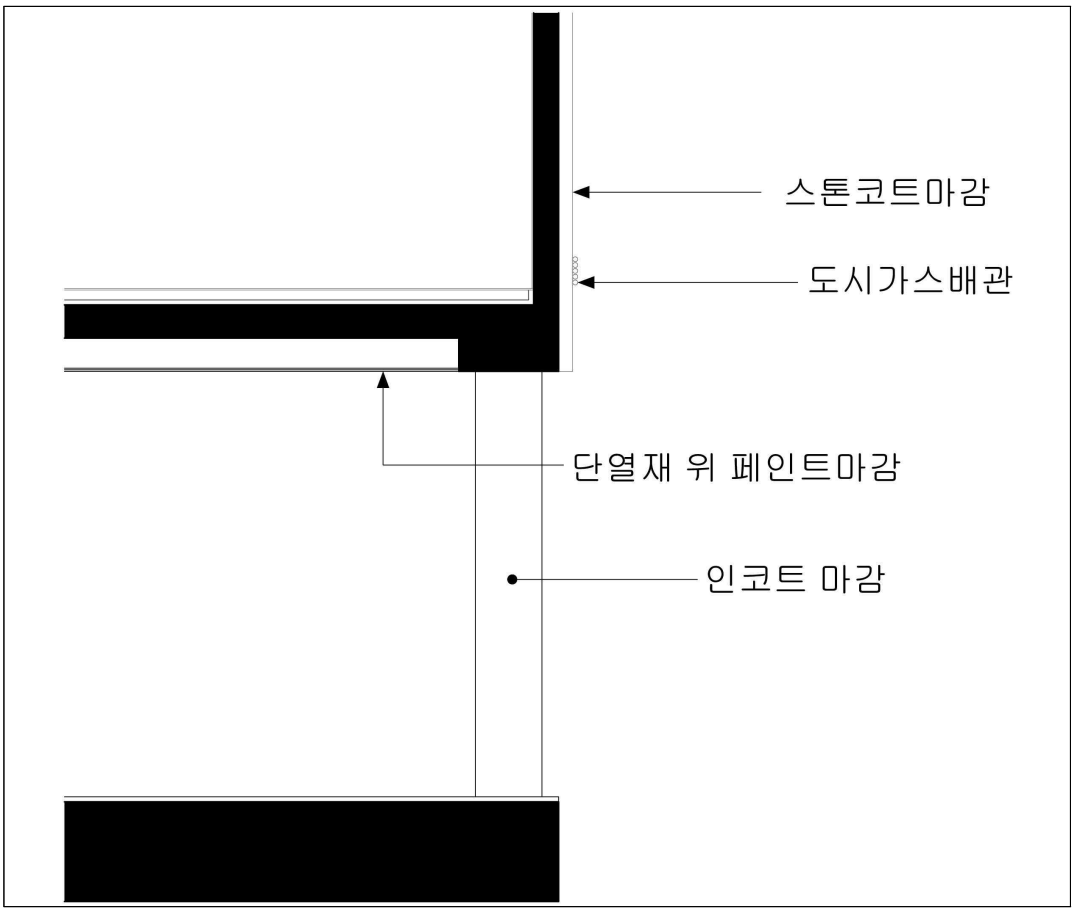
· 정면, 좌측면, 배면 스톤코트 마감
· 배면 일부 화강석 마감

· 예외사항

· 1층 CORE 입구부분은 화강석 물갈기, 좌측, 우측면은 스톤코트 마감
· 필로티 기둥부분 인코트 마감
· 외벽에 가스배관 외 장애물 없음

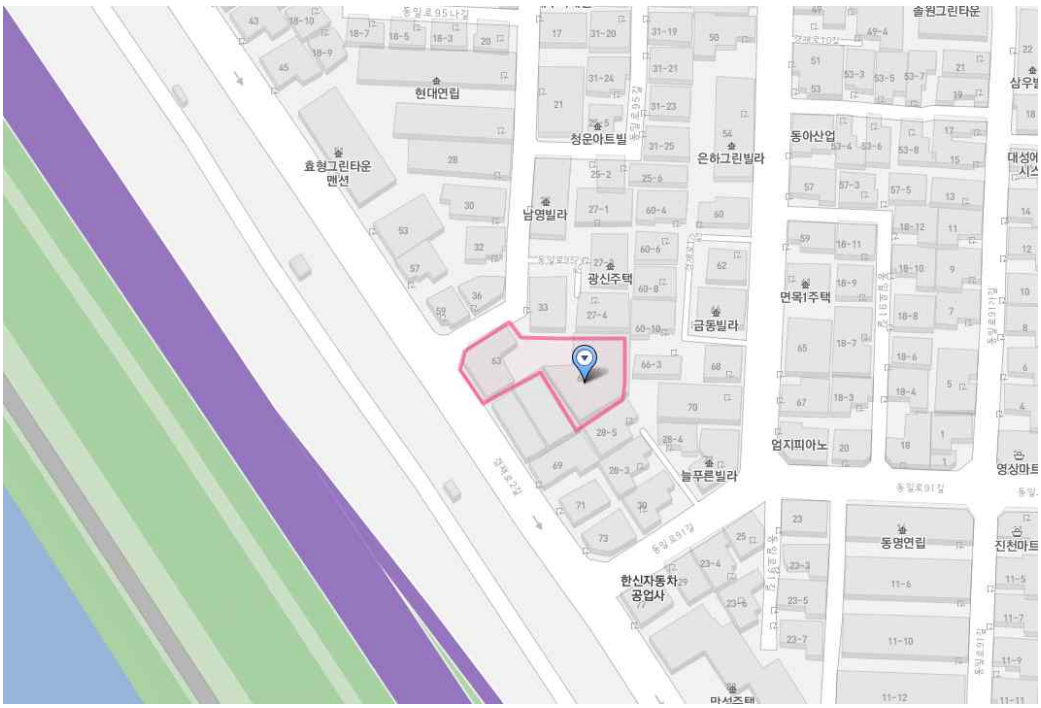
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



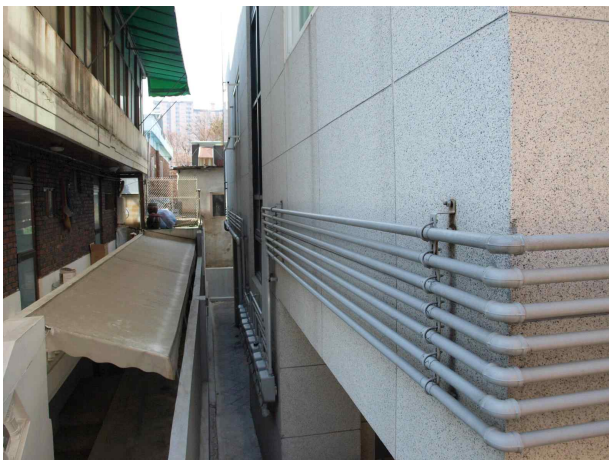
(4) 중랑구 면목동 173-8 나동(겸재로2길 63)

① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.34M
· 출입구 정면은 화강석 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 단열재 위 페인트 마감

· 입면



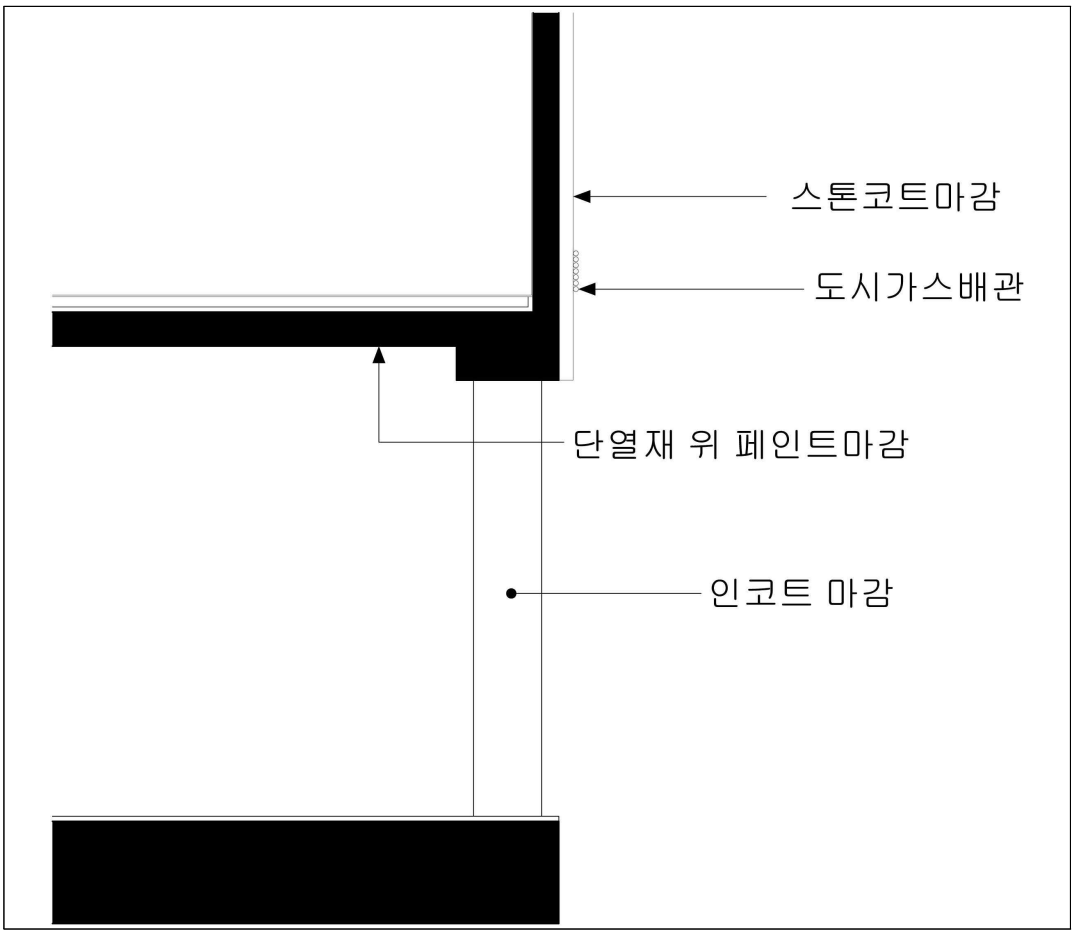
·정면 및 우측면은 화강석 마감
·좌측면 및 배면 스톤코트 마감

· 예외사항

· 1층 CORE 입구부분은 화강석 물갈기, 좌측, 우측면은 스톤코트 마감
· 필로티 기둥부분 인코트 마감
· 외벽에 가스배관 외 장애물 없음

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

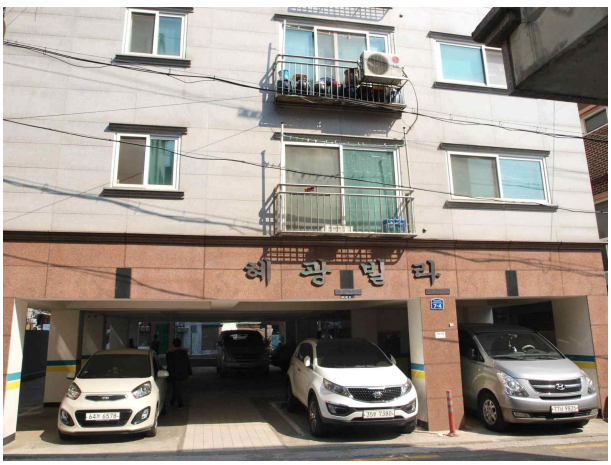


(5) 도봉구 방학동 605-14(시루봉로15라길 7-4)

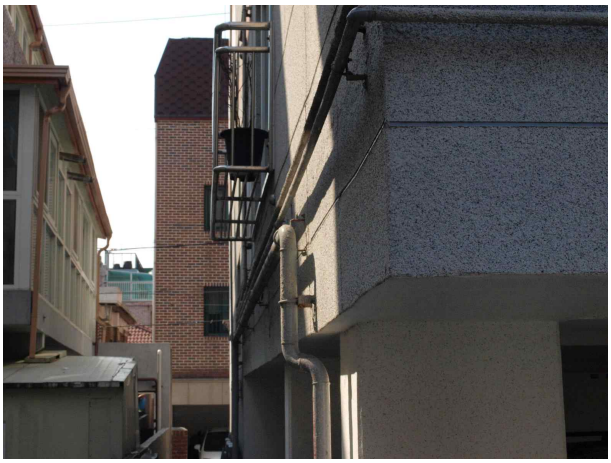
① 건물개요



② 조사항목





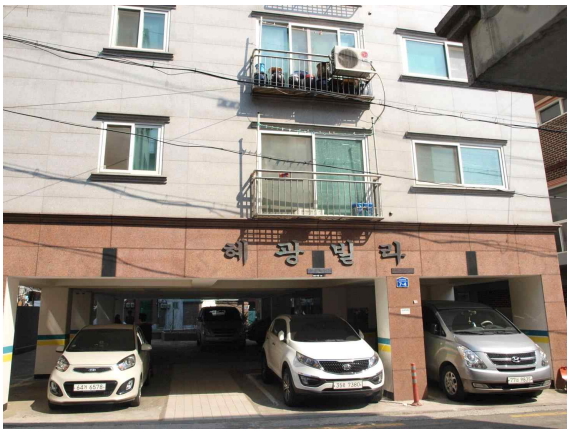




· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장
· 마감재의 종류, 시공 부위에 대한 검토, 조인트 부분

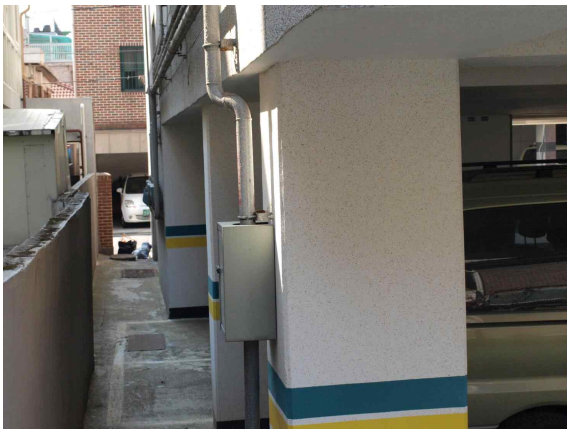
③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



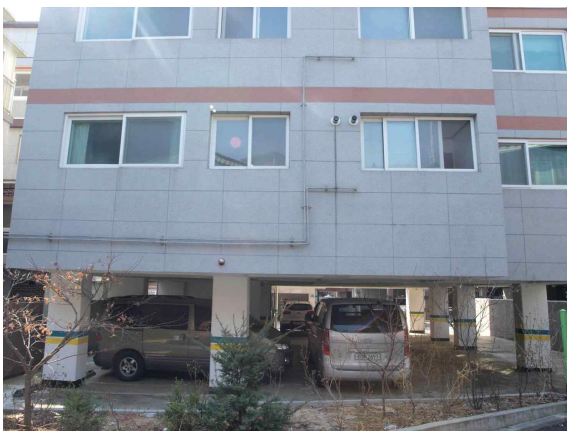
· 높이 2.33M
· 정면 필로티 상부 보 및 기둥 부분 석재마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 상부 단열재 위 인코트 마감

· 입면



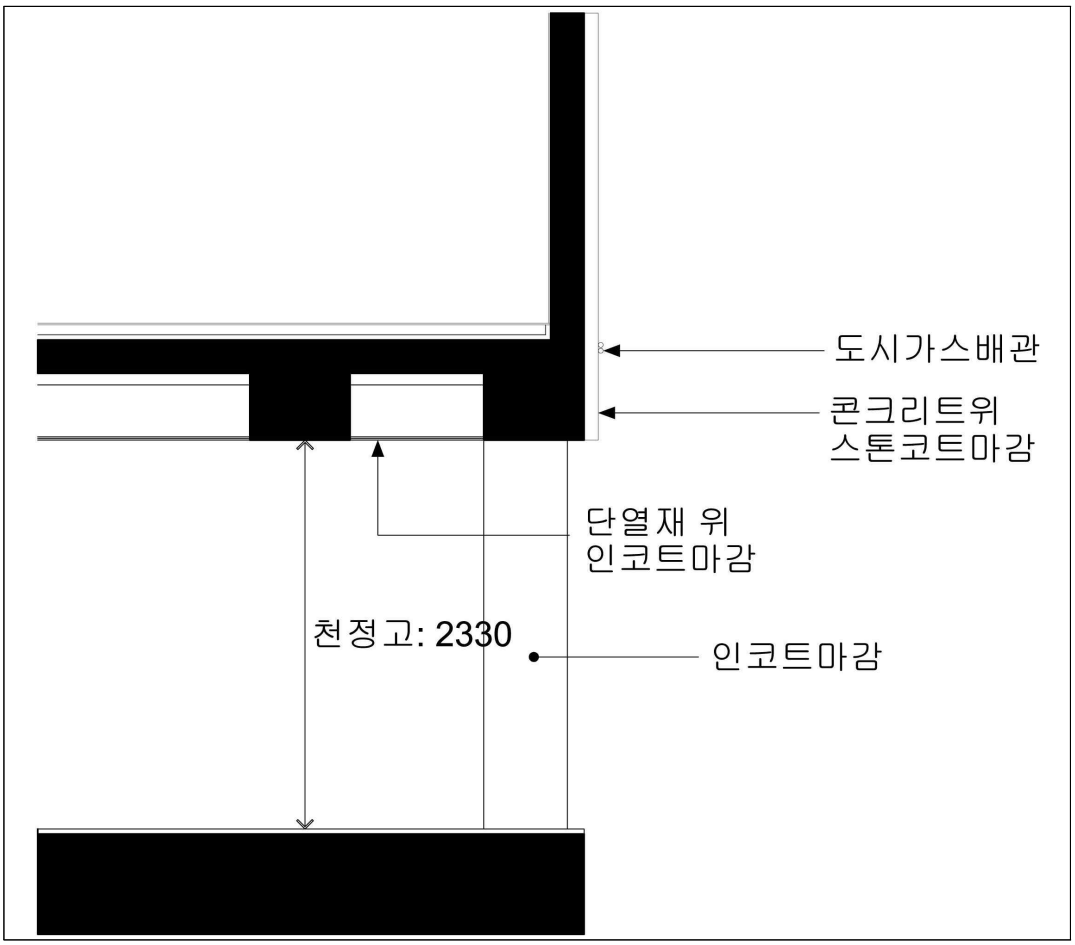
· 정면 화강석마감, 좌측 후면 스톤코트마감, 우측면 드라이비트 마감
· 도시가스 배관설치

· 예외사항

· 1층 CORE 1면 화강석, 나머지는 스톤코트 마감
· 필로티 기둥 부분은 인코트 마감
· 가스 배관, 유리창 가드레일로 인한 시공부분 침범

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



(6) 도봉구 쌍문동 708-26(도봉로139길 24)

① 건물개요



② 조사항목



· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.29M
· 출입구 외벽 스톤코트마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 석고보드 마감
· 필로티 천장과 외벽 스톤코트 사이는 단열재 위 페인트 마감

· 입면



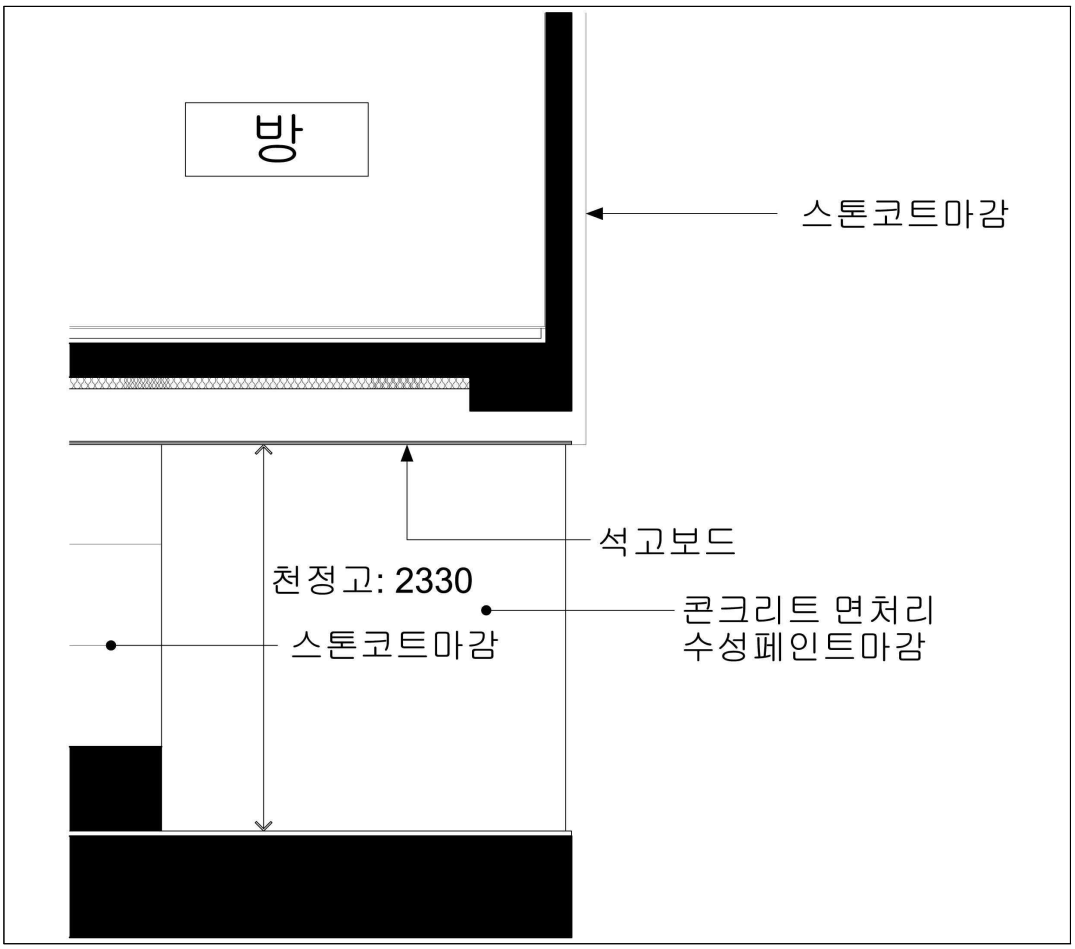
·건물 외벽 전체 스톤코트 마감

· 예외사항

· 1층 CORE 외벽 스톤코트 마감
· 필로티 기둥 부분 수성페인트 마감
· 가스 배관 시공부분 설치로 시공에 어려움 예상

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



(7) 강북구 수유동 569-17(삼양로131길 68)

① 건물개요



② 조사항목






· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장
· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



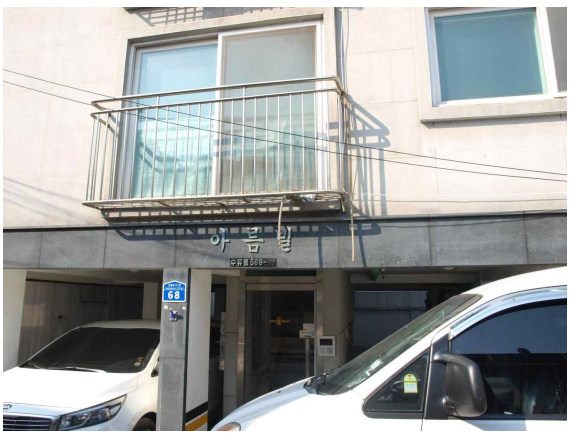
· 높이 2.29M
· 출입구 외벽 드라이비트 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 석고보드 위 수성페인트 마감

· 입면



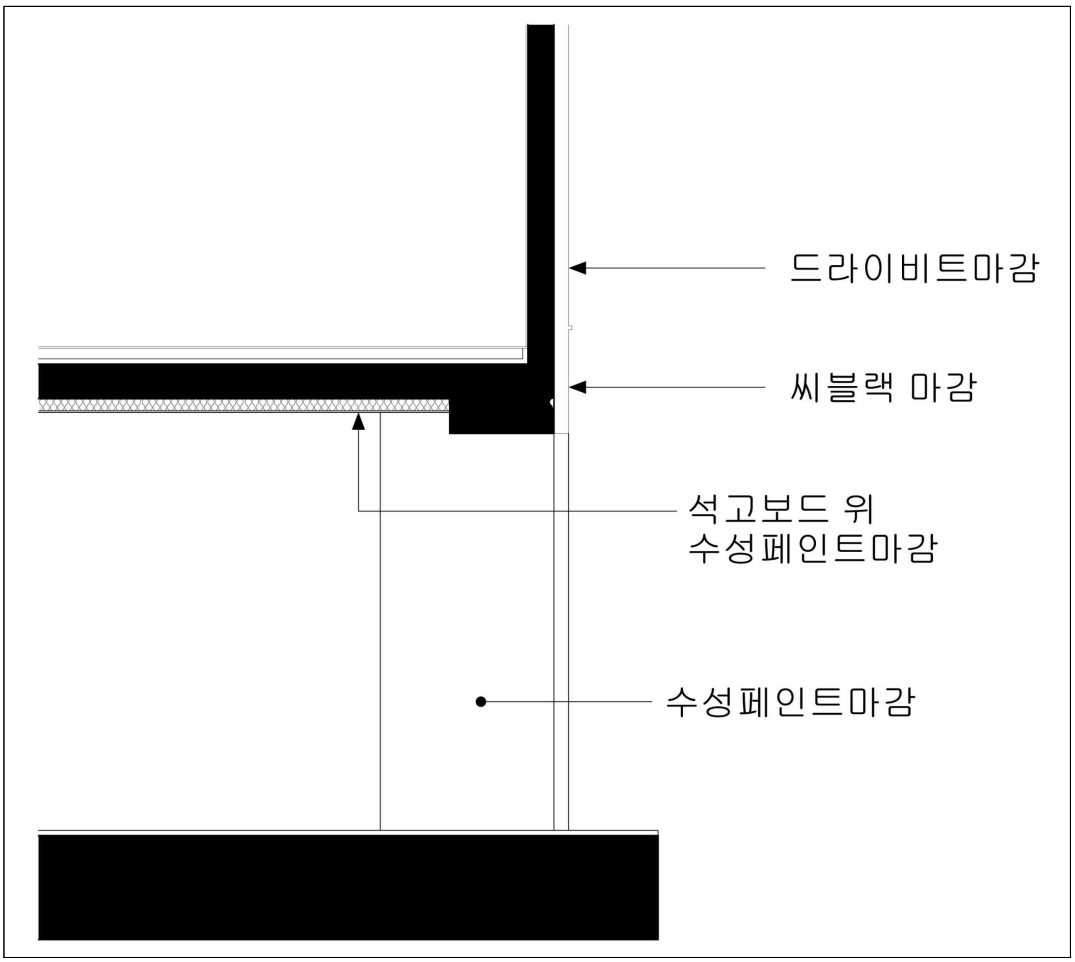
· 건물 전체 드라이비트 마감
· 필로티 정면 보 부분만 씨블랙 마감

· 예외사항

· 진입도로가 좁아 공사차량 진입의 어려움 예상
· 1층 CORE 전체 스톤코트 마감
· 필로티 기둥 수성페인트 마감

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

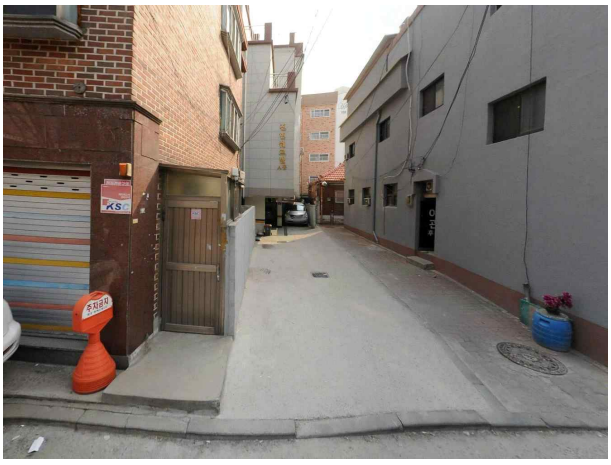


(8) 성북구 하월곡동 90-1110(화랑로1길 40)

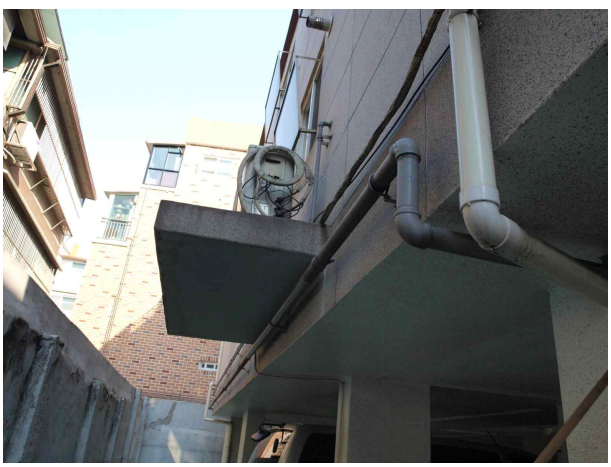
① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.37M
· 출입구 외벽 스톤코트마감

· 필로티 층의 천장



· 슬라브 부분 내수합판 위 인코트 마감
· 보 부분 콘크리트 위 인코트 마감

· 입면



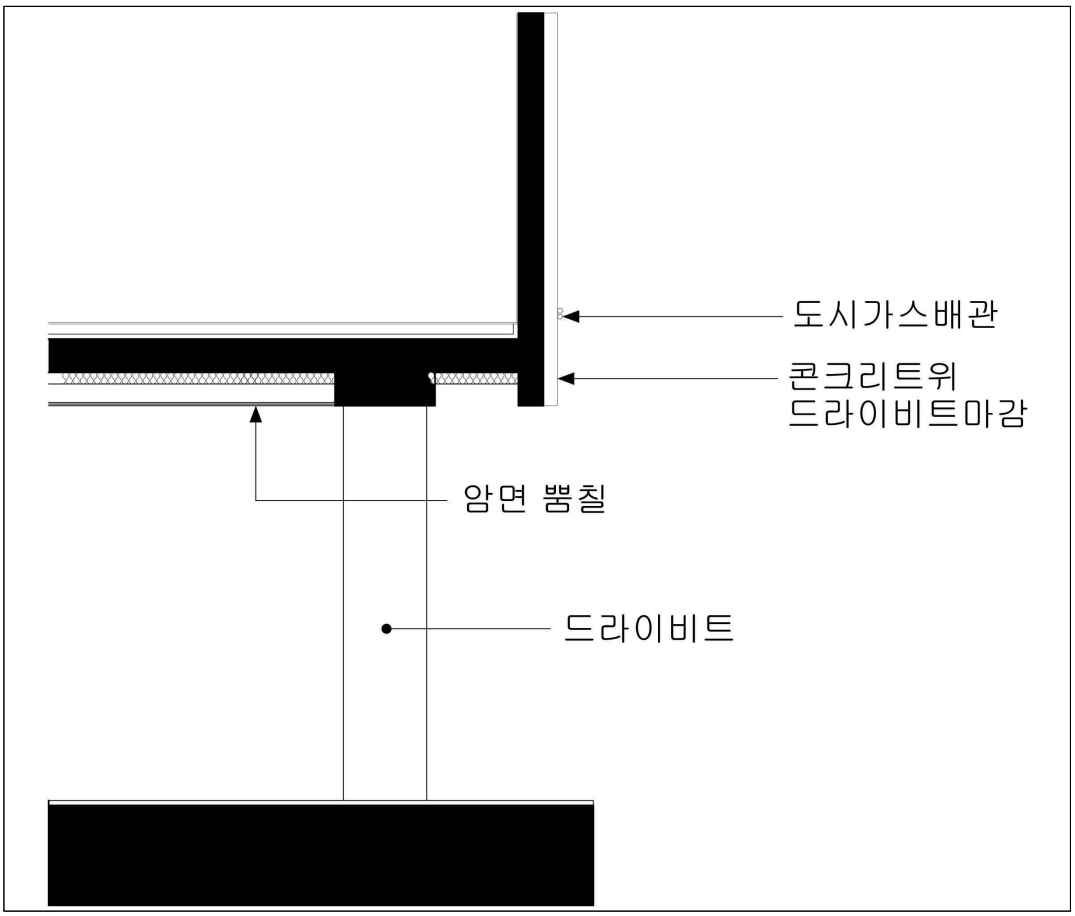
· 외벽 스톤코트 마감
· 도시가스 배관 설치

· 예외사항

· 도시가스 배관으로 인한 시공부분 침범
· 우수관 설치로 인한 시공부분 침범
· 진입도로가 좁아 공사차량 진출입의 어려움 예상

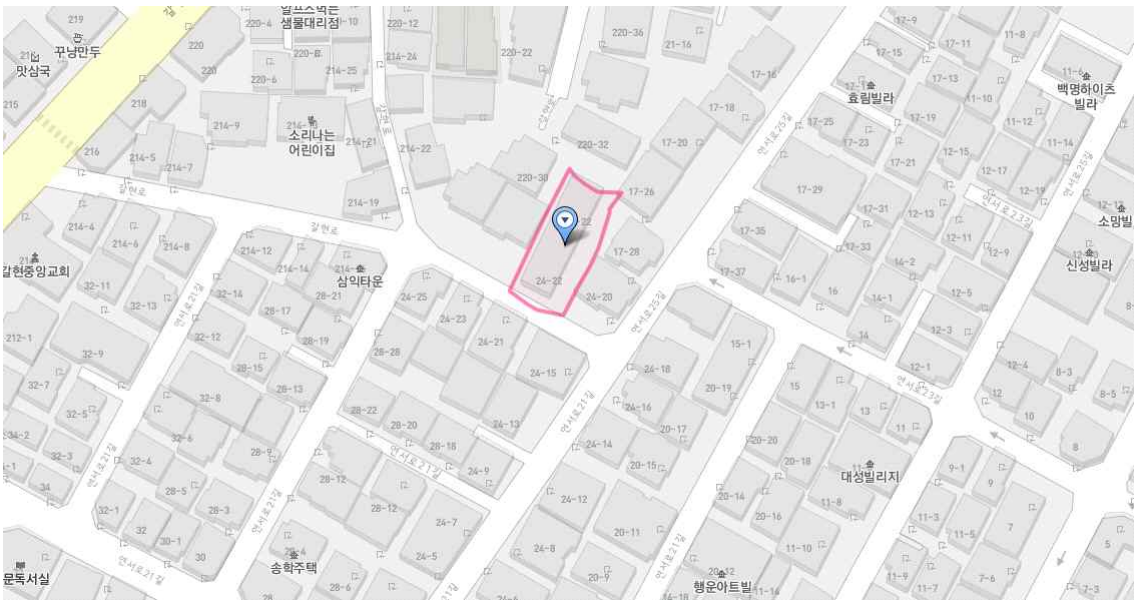
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



(9) 은평구 갈현동 136-43(연서로21길 24-22)

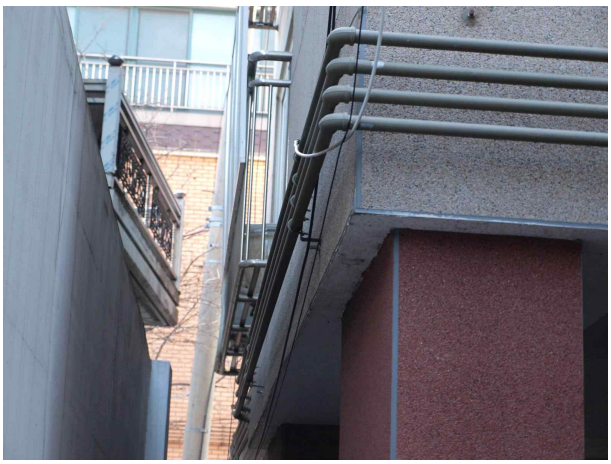
① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.4M
· 출입구 정면 화강석 및 벽돌타일 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 단열재 위 인코트 마감

· 입면



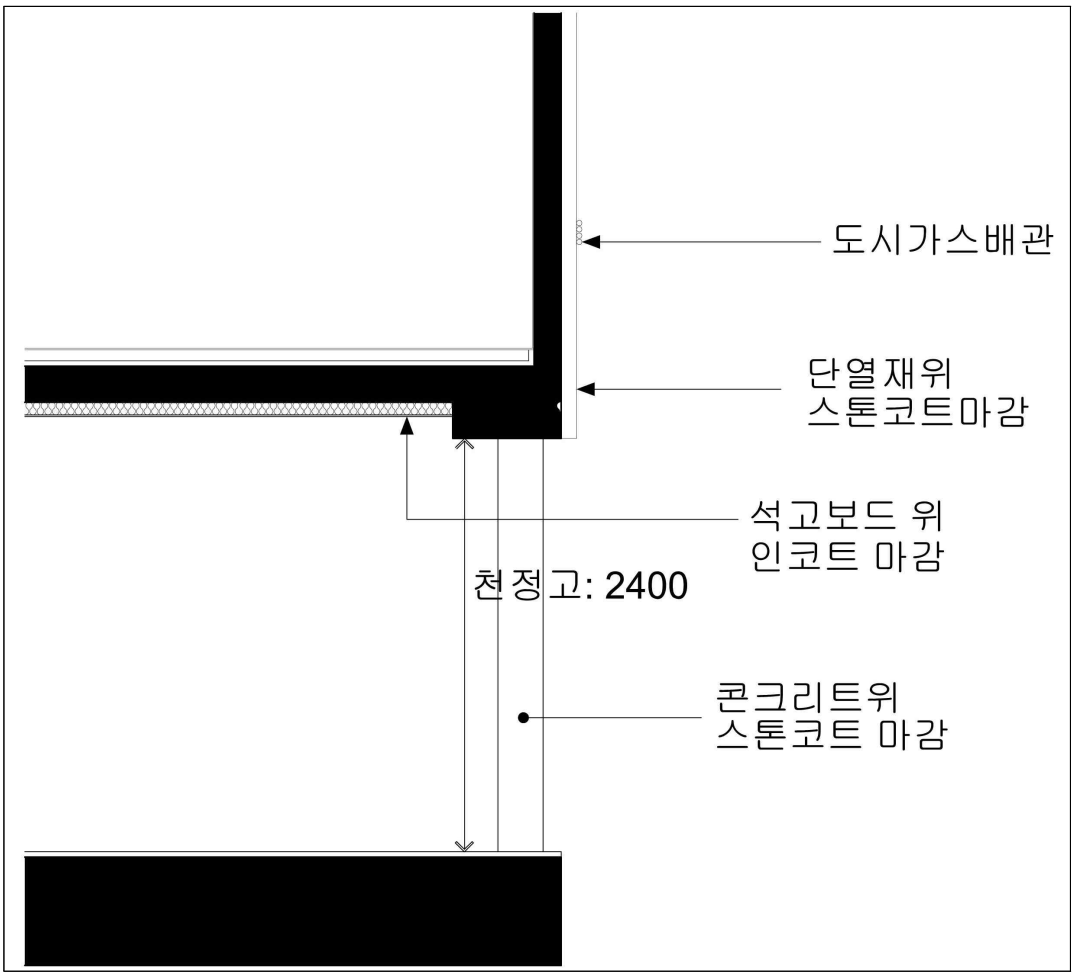
· 후면 동은 전체 스톤코트 마감
· 좌/우측, 배면은 스톤코트 마감

· 예외사항

· 갈현동은 도로면 및 후면 2개동
· 1층 CORE 정면 화강석 마감, 나머지면 스톤코트 마감
· 필로티 기둥 콘크리트 위 스톤코트 마감

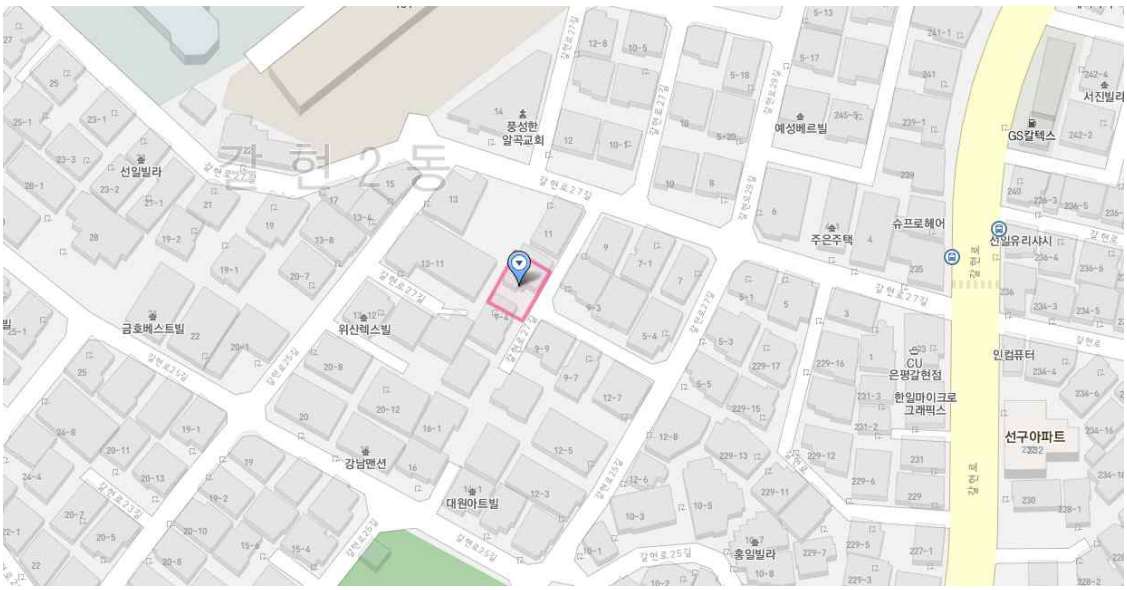
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



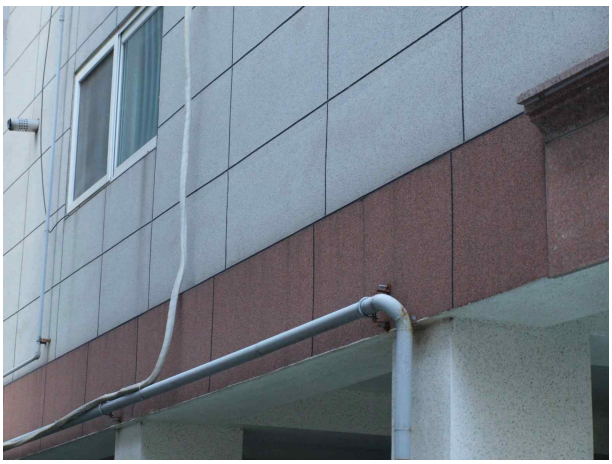
(10) 은평구 갈현동 515-29(갈현로27길 9-4)

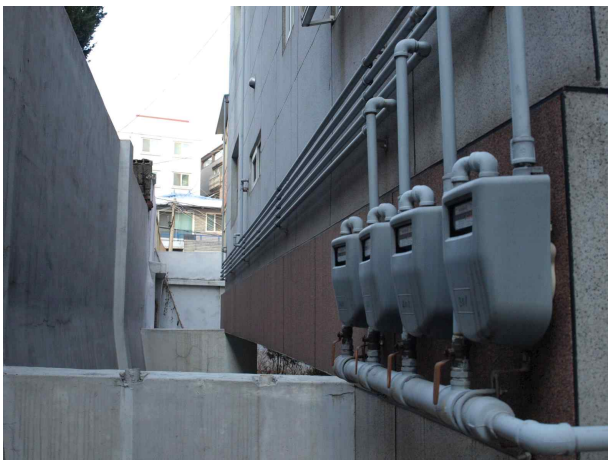
① 건물개요

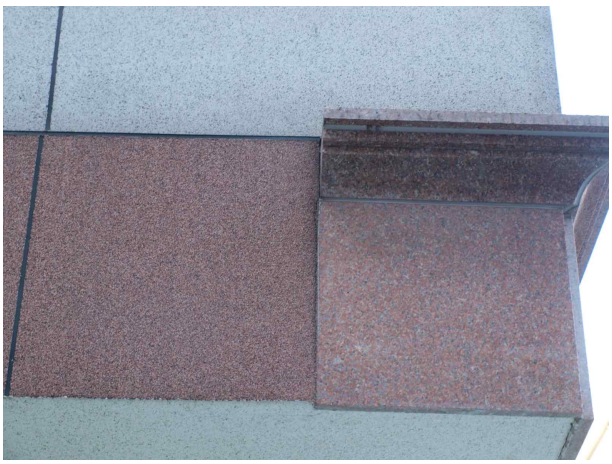


② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천정

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.45
· 출입구 정면 화강석 물갈기 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 슬라브면은 단열재위 인코트 마감
· 보 하부는 콘크리트위 인코트 마감

· 입면



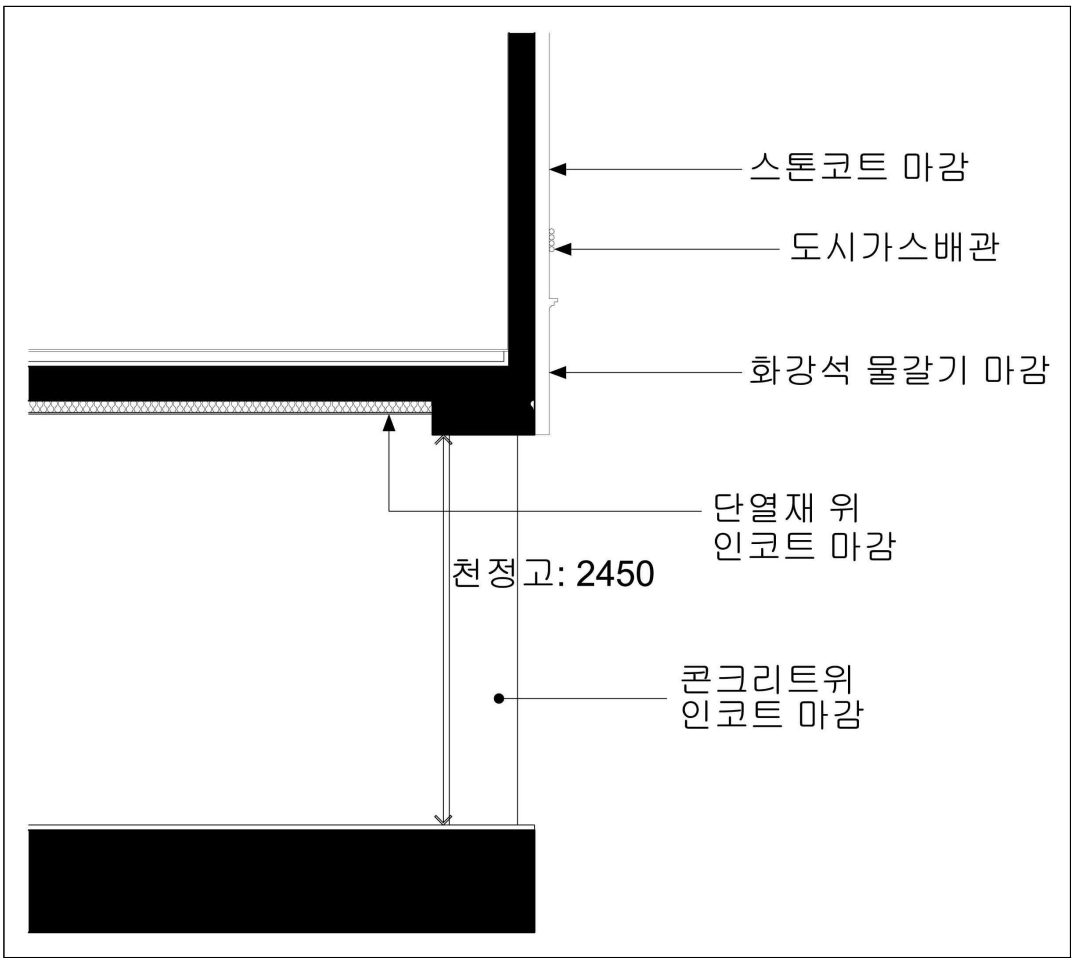
· 정면 2층 보 부분 화강석 마감
· 입면 전체 스톤코트 마감

· 예외사항

· 도시가스 배관 외 장애물 없음
· 1층 CORE 정면 화강석 마감, 나머지면 스톤코트 마감
· 필로티 기둥 인코트 마감
· 1층 바닥은 우레탄 마감

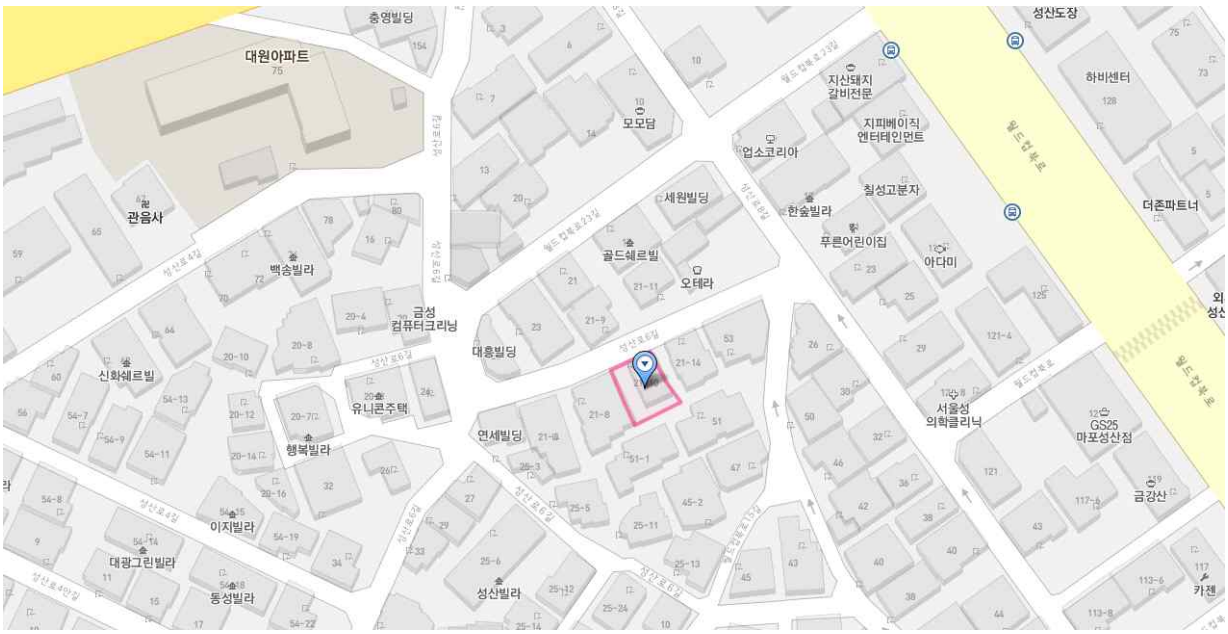
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



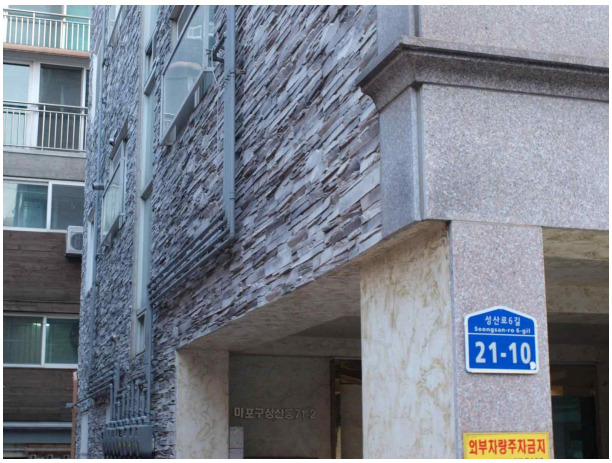
(11) 마포구 성산동 71-2(성산로6길 21-10)

① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

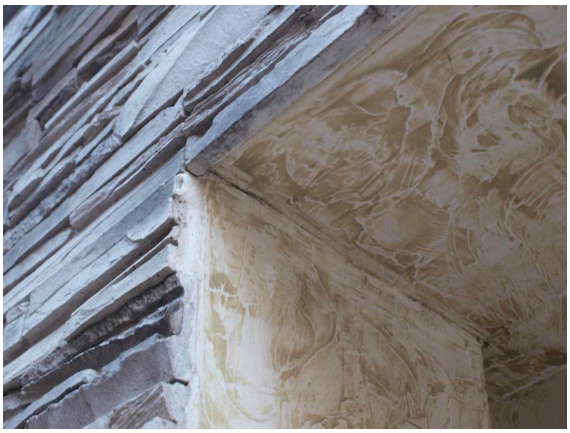
③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.29M
· 정면 화강석 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장(슬라브/보 하부) 단열재 위 핸드코트 마감
· 필로티 천장과 외벽 마감 사이 단열재 위 핸드코트 마감

· 입면



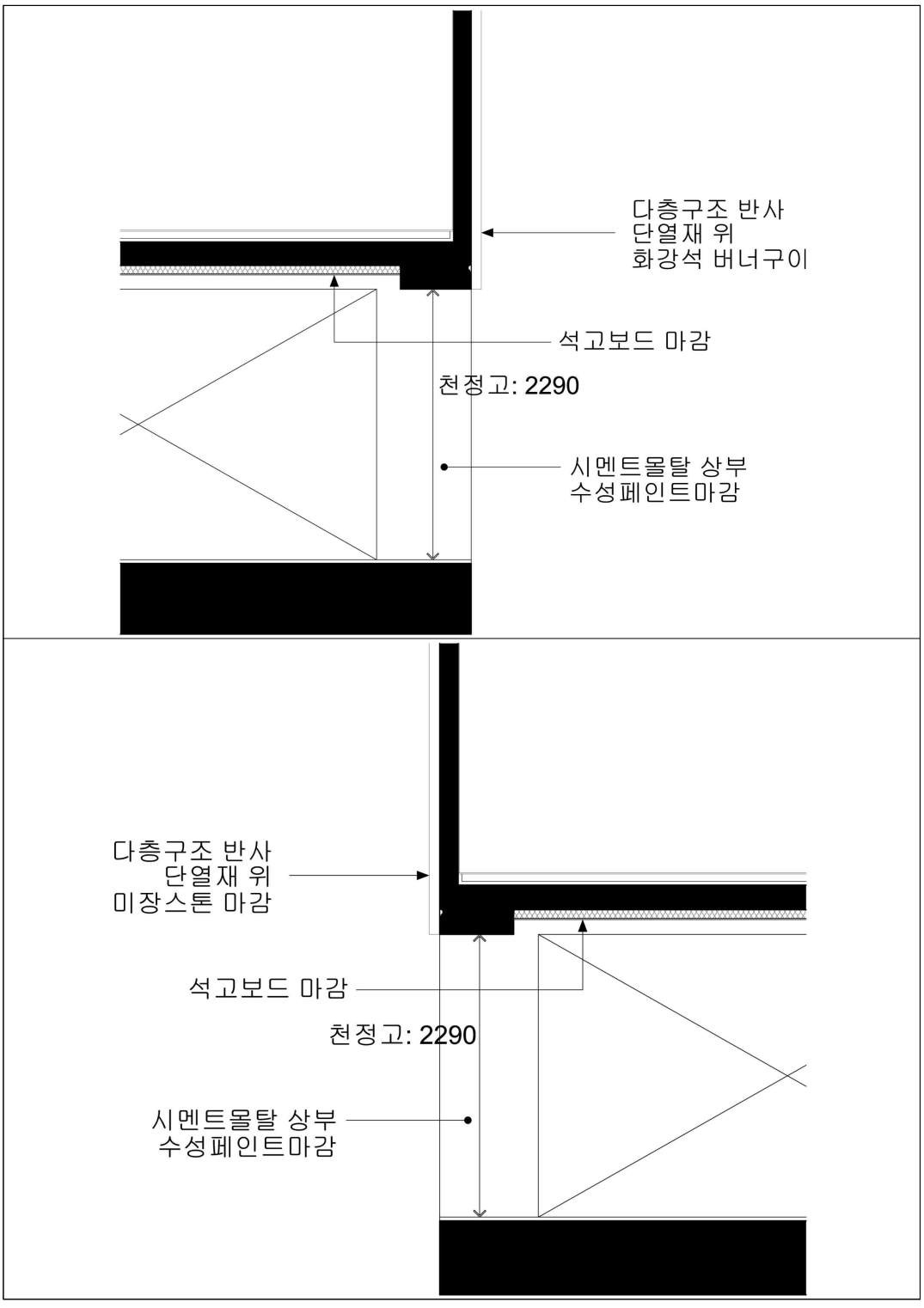
· 측면 및 후면 석재타일 마감

· 예외사항

· 출입구 외벽 단열재 위 핸드코트 마감
· 1층 CORE 입구 화강석 물갈기, 나머지 부분 석재타일 마감

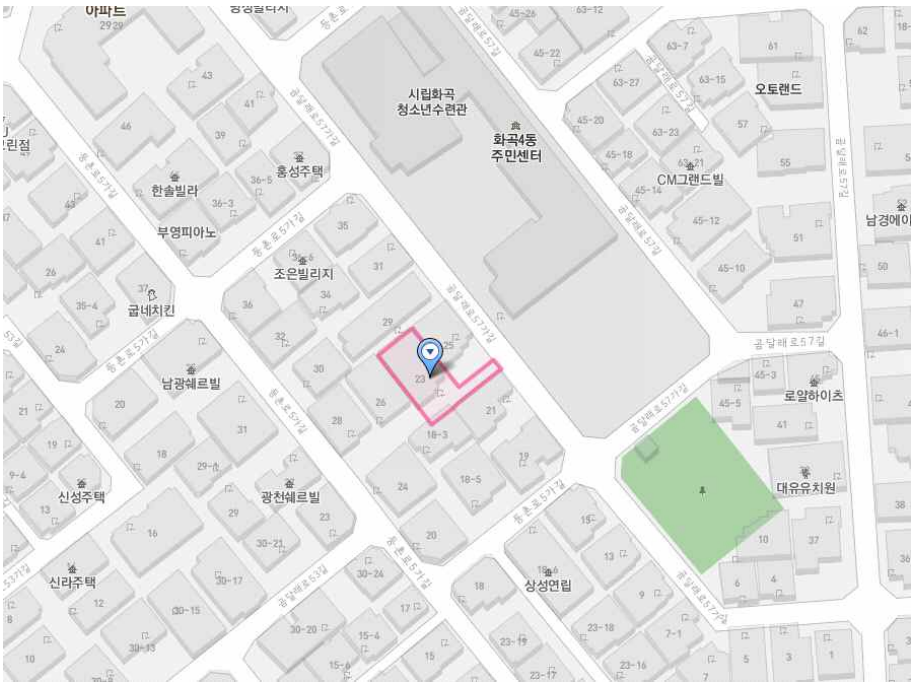
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



(12) 강서구 화곡동 810-23(곰달래로57가길 23)

① 건물개요



② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.42M
· CORE 콘크리트위 스톤코트 마감

· 필로티 층의 천장



· 핸드코트 마감

· 입면



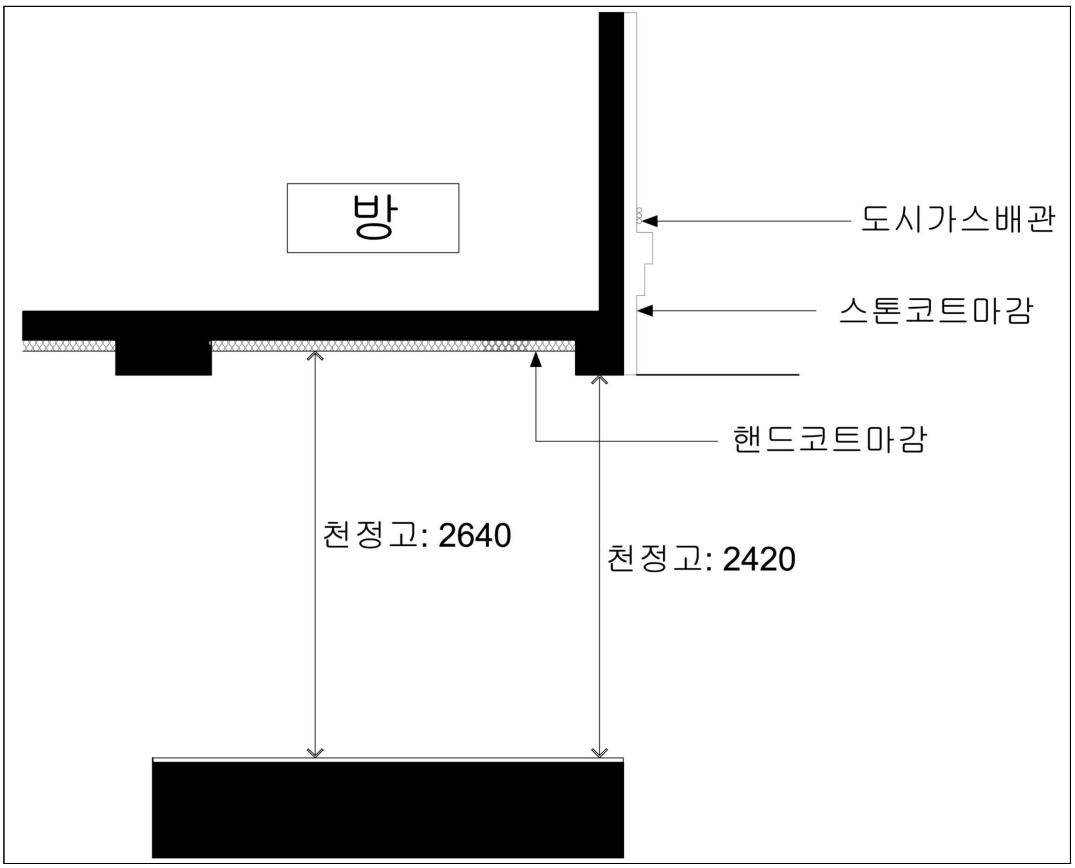
· 2층 외벽 스톤코트 마감
· 도시가스 배관 설치
· 일부 스톤코트마감

· 예외사항

· 2층 유리창 시공부분 침범
· 도시가스 배관 설치로 시공부분 침범

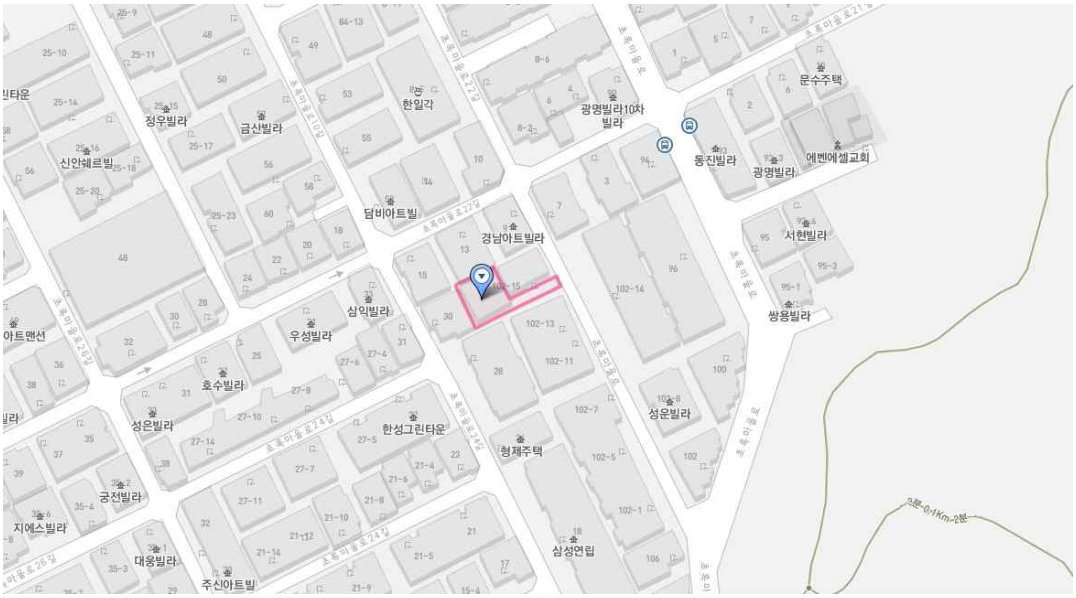
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

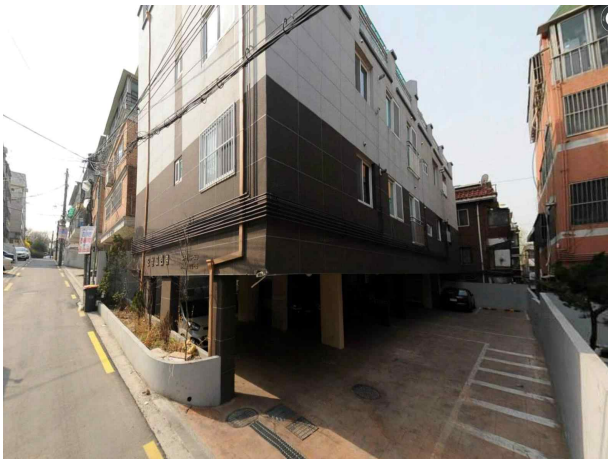


(13) 강서구 화곡동 56-576(초록마을로 102-15)

① 건물개요



② 조사항목





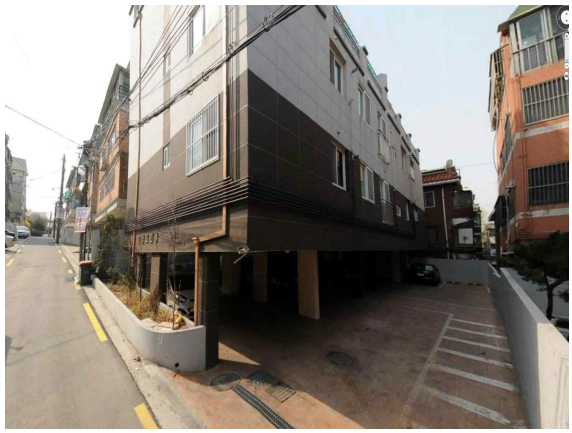


· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.29M

· 필로티 층의 천장

· 필로티 천장 단열재 위 페인트 마감

· 입면



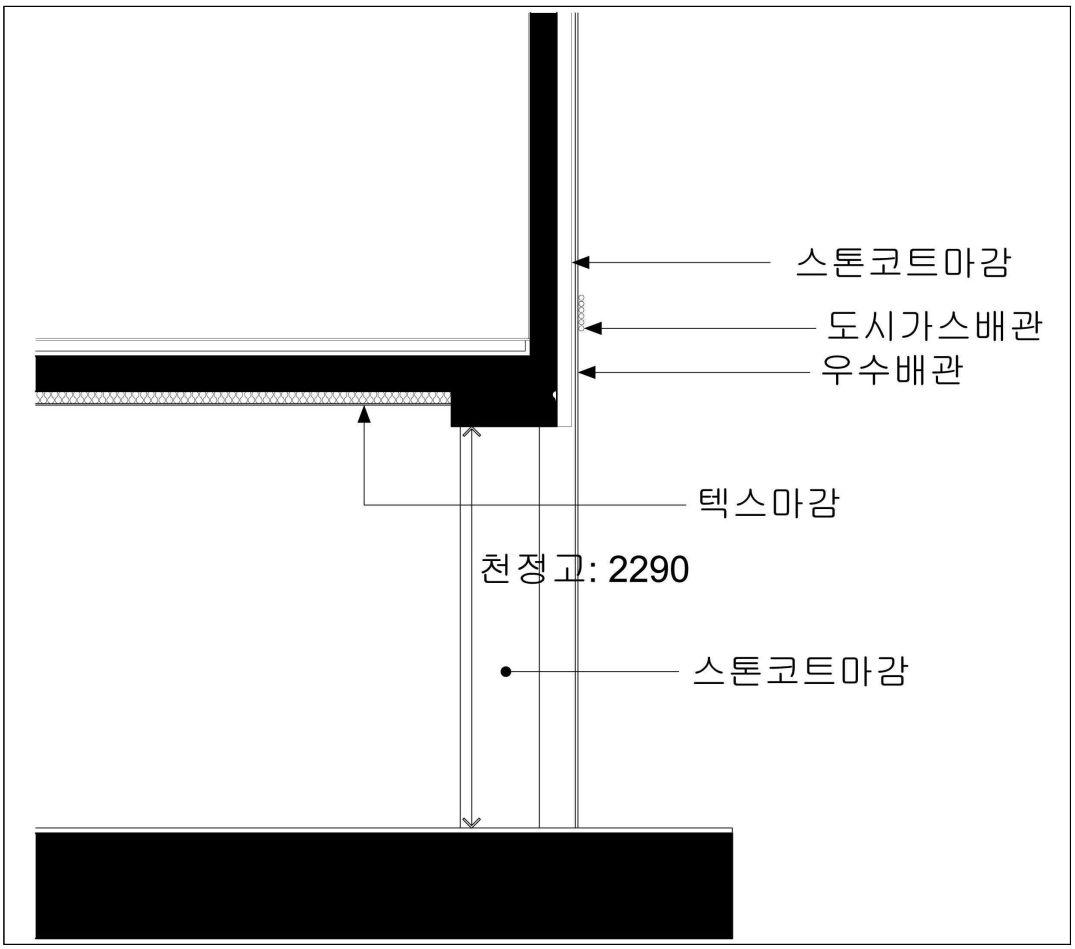
· 건물 전체 스톤코트 마감

· 예외사항

· 정면 및 좌, 우측면 2층 벽면에 도시가스 배관 설치
· 도로가 좁아 공사차량 진입 어려움 예상

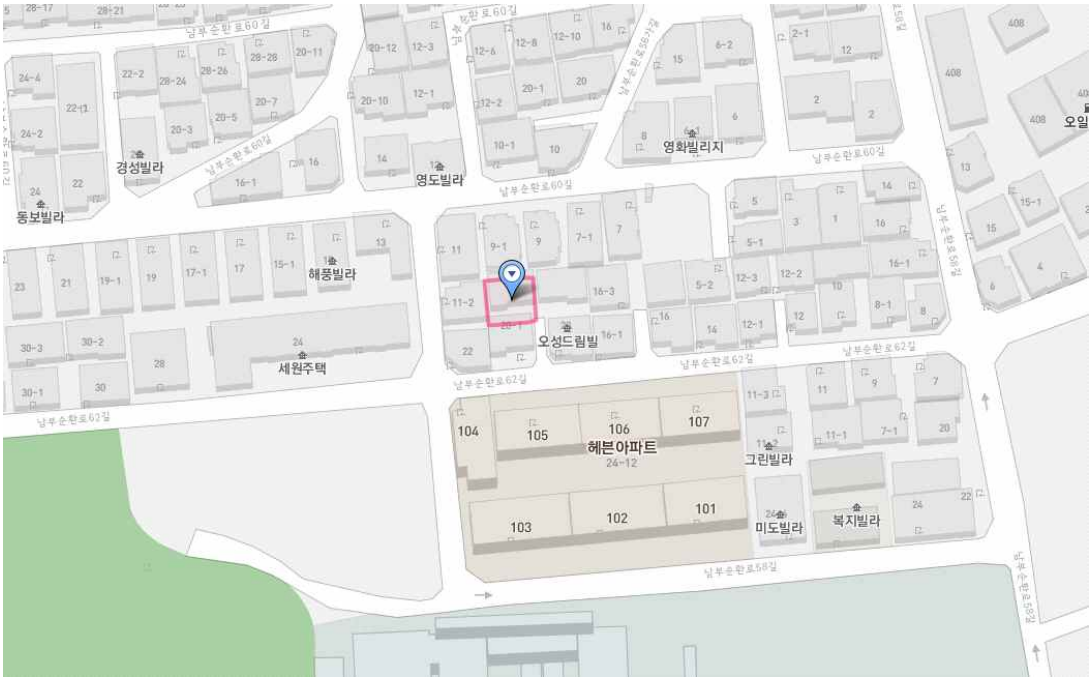
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

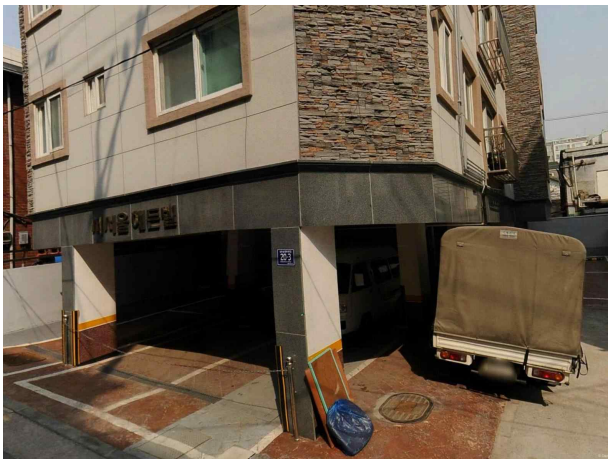


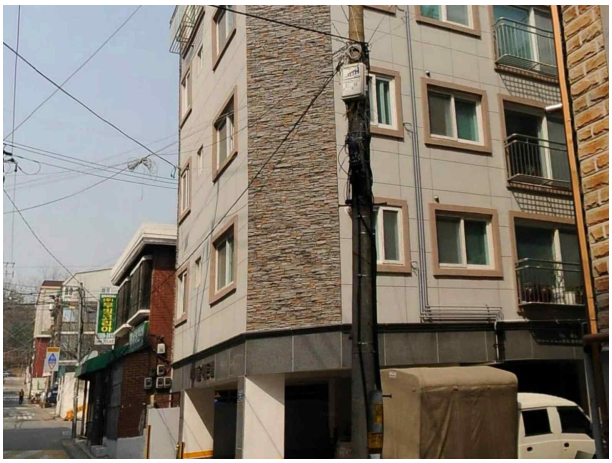
(14) 양천구 신월동 200-28(남부순환로62길 20-1)

① 건물개요



② 조사항목





· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

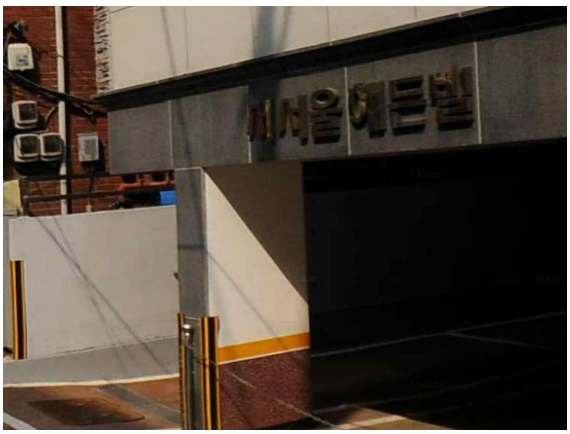
③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



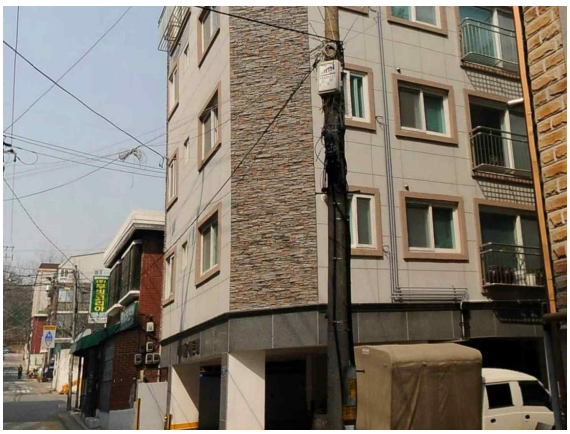
· 높이 2.42M
· 정면 및 우측면 씨블랙 띠석 설치

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 슬라브 및 보 단열재위 페인트 마감

· 입면



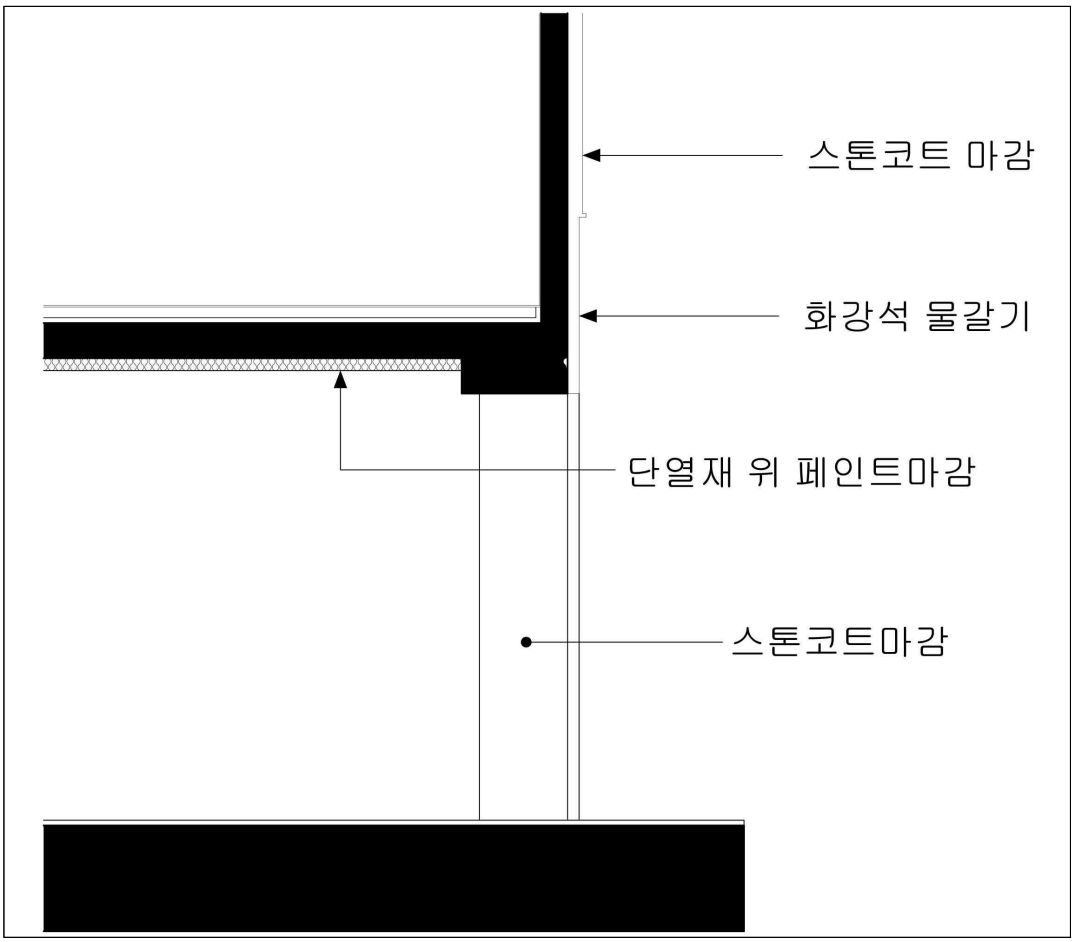
· 좌측면 배면은 스톤코트 마감

· 예외사항

· 정면 및 우측면 사이 사선면은 석재타일 마감

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



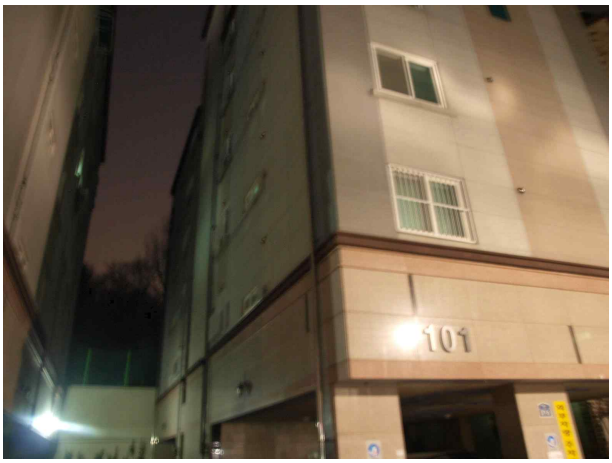
(15) 구로구 온수동 10-27(부일로 871-16)

① 건물개요

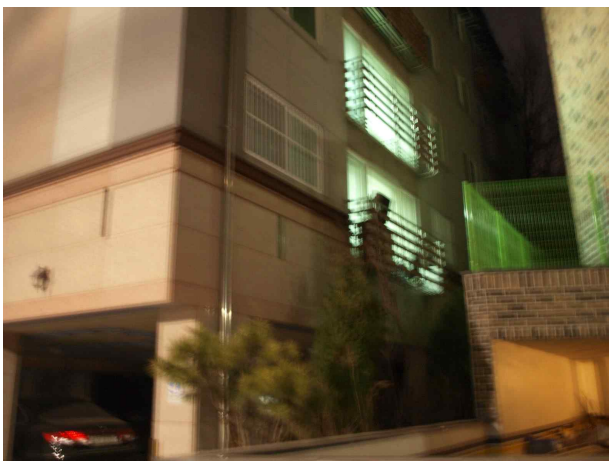


② 조사항목









· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장

· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



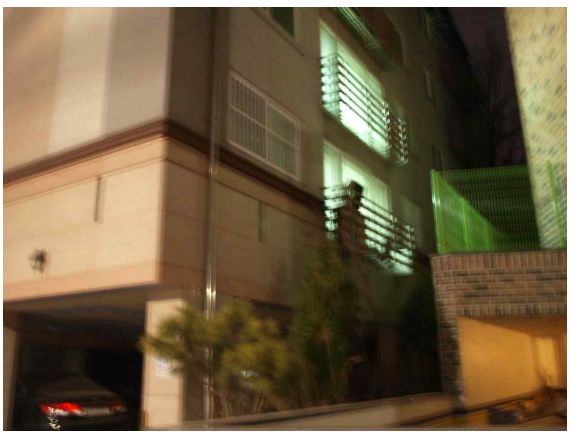
· 높이 2.4M
· 출입구 외벽 화강석 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 금속천장재 마감

· 입면



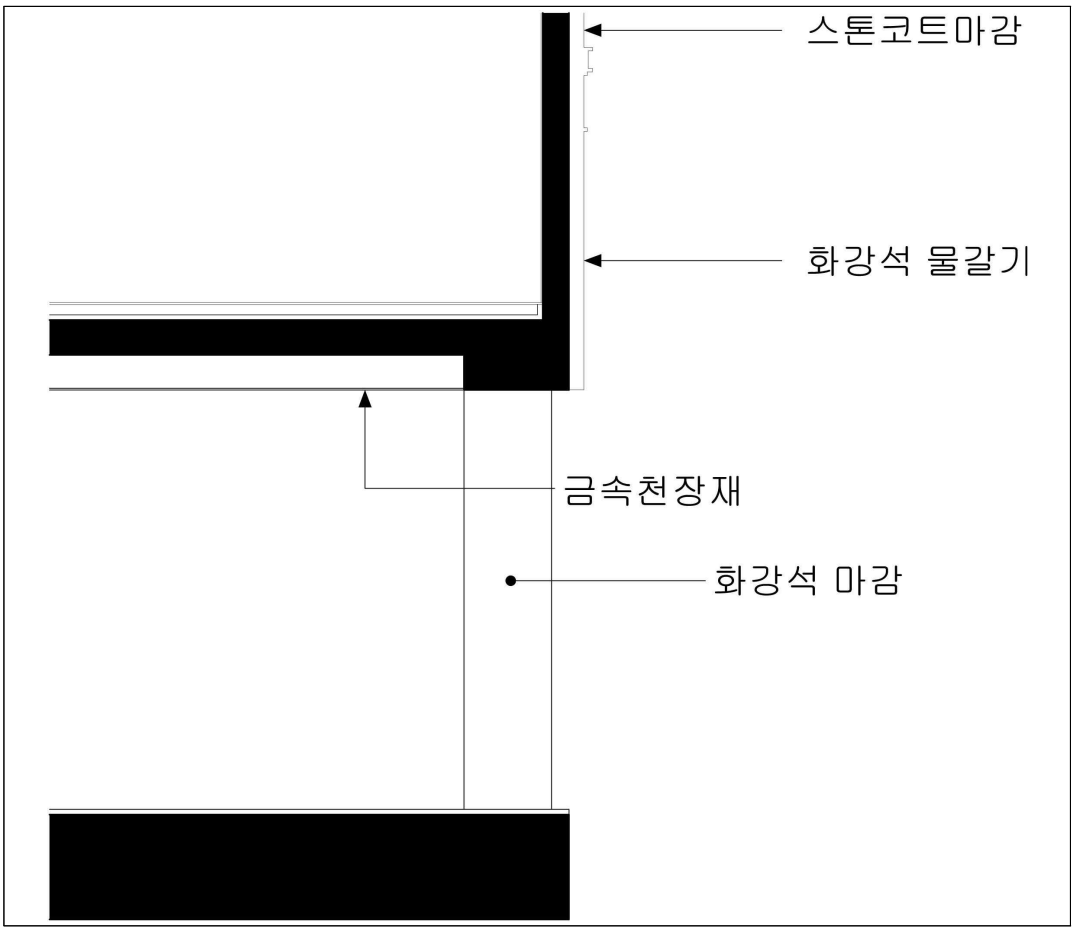
· 2층 창 하단부까지 화강석 마감
· 상부 스톤코트 마감

· 예외사항

· 온수동 10-27번지는 101, 102동 2동 위치
· 1층 CORE 대리석 마감
· 외벽에 우수배관 외 장애물 없음

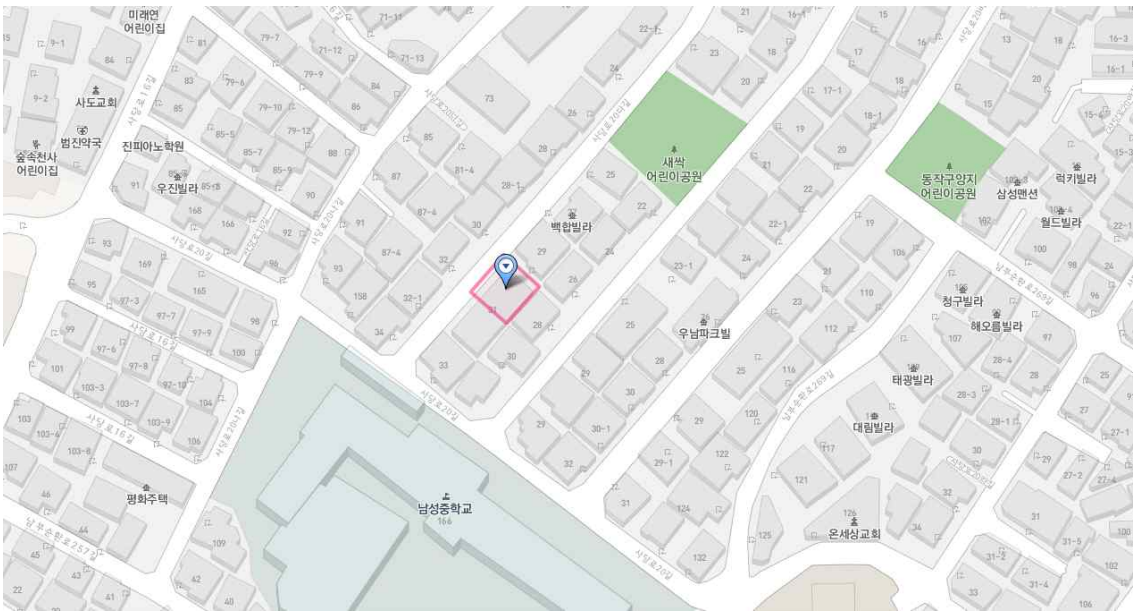
④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

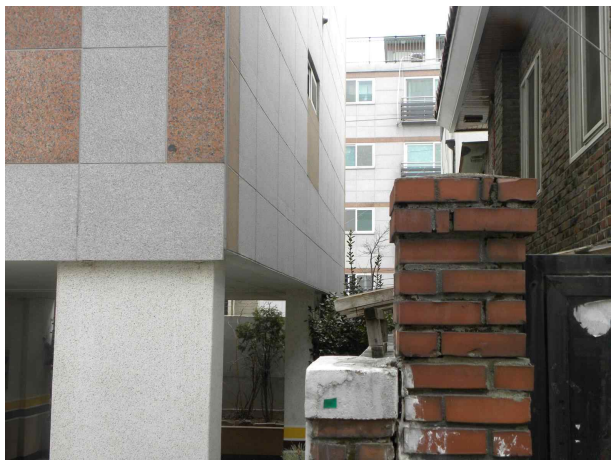
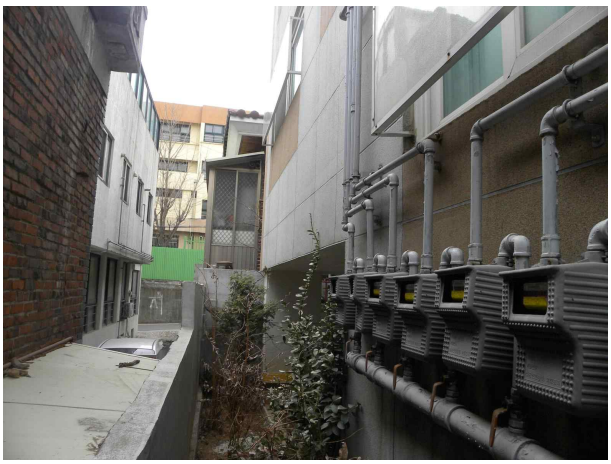


(16) 동작구 사당동 316-180(사당로20다길 31)

① 건물개요



② 조사항목


· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장
· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

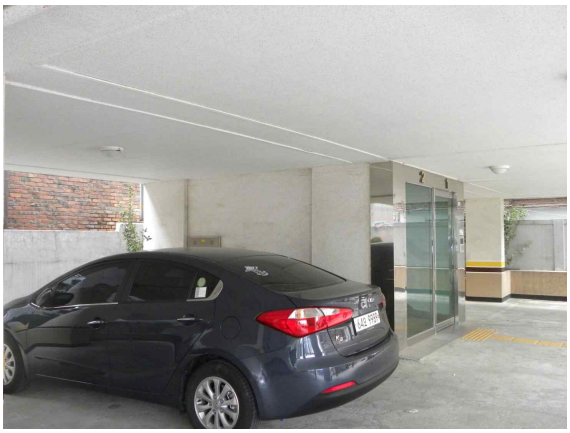
③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



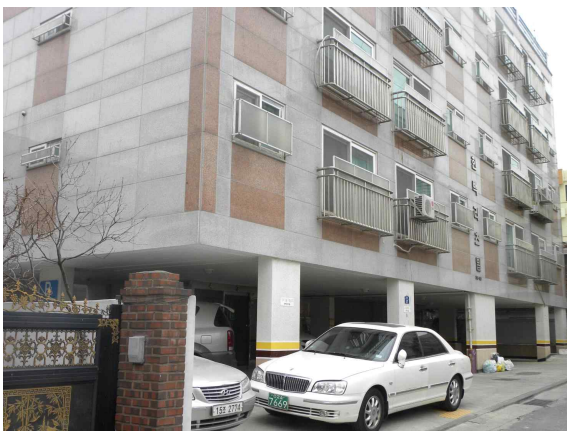
· 높이 2.36
· 출입구 정면 일부 화강석 물갈이, 나머지 스톤코트 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 석고보드위 수성페인트

· 입면



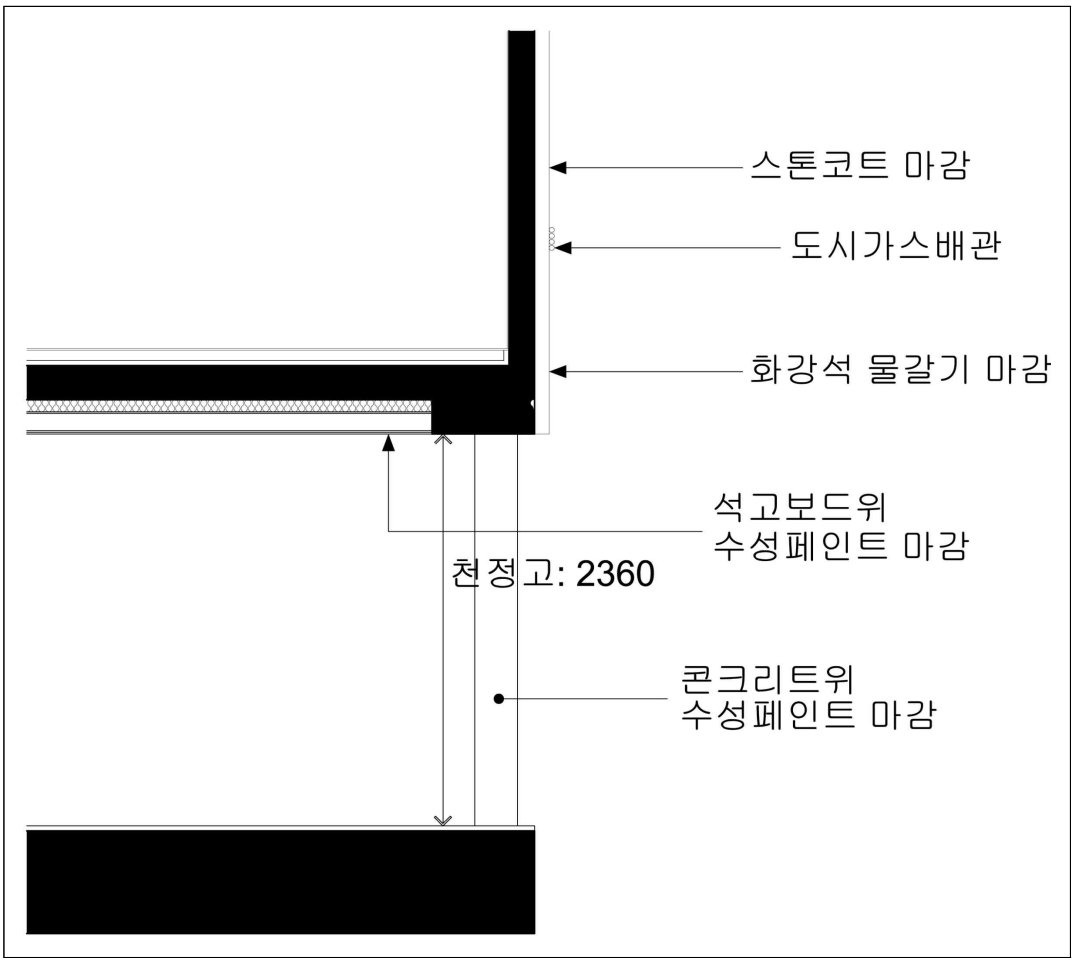
· 정면, 좌측면 스톤코트 마감

· 예외사항

· 도시가스 배관 외 장애물 없음
· 1층 CORE 정면 스텐레스 스틸, 나머지면 수성페인트 마감
· 필로티 기둥 수성페인트 마감

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도

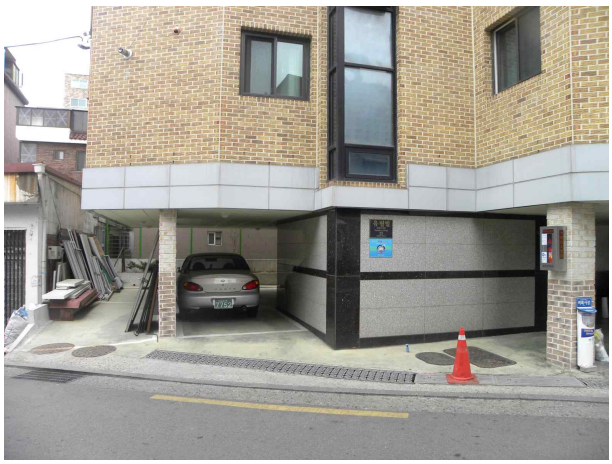


(17) 관악구 신림동 626-15(난곡로34길 33)

① 건물개요



② 조사항목





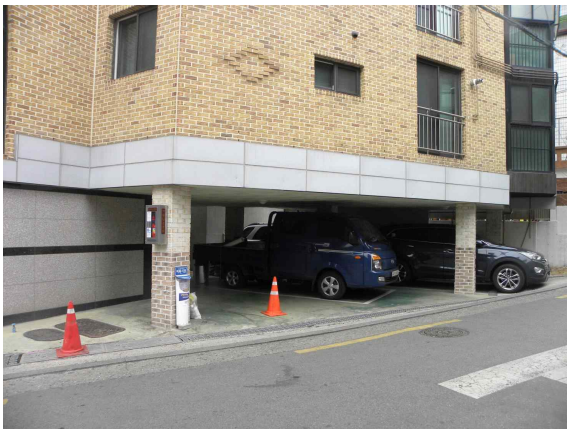




· 주출입구, 필로티 층의 기둥, 1층 벽면, 필로티 층의 천장
· 마감재의 종류, 시공부위에 대한 검토, 조인트 부분

③ 조사결과 및 분석(예외사항)

· 출입구



· 높이 2.14M
· 출입구 정면 일부 스톤코트 마감 및 나머지 부분 치장벽돌 마감

· 필로티 층의 천장



· 필로티 천장 금속 천정재 마감

· 입면



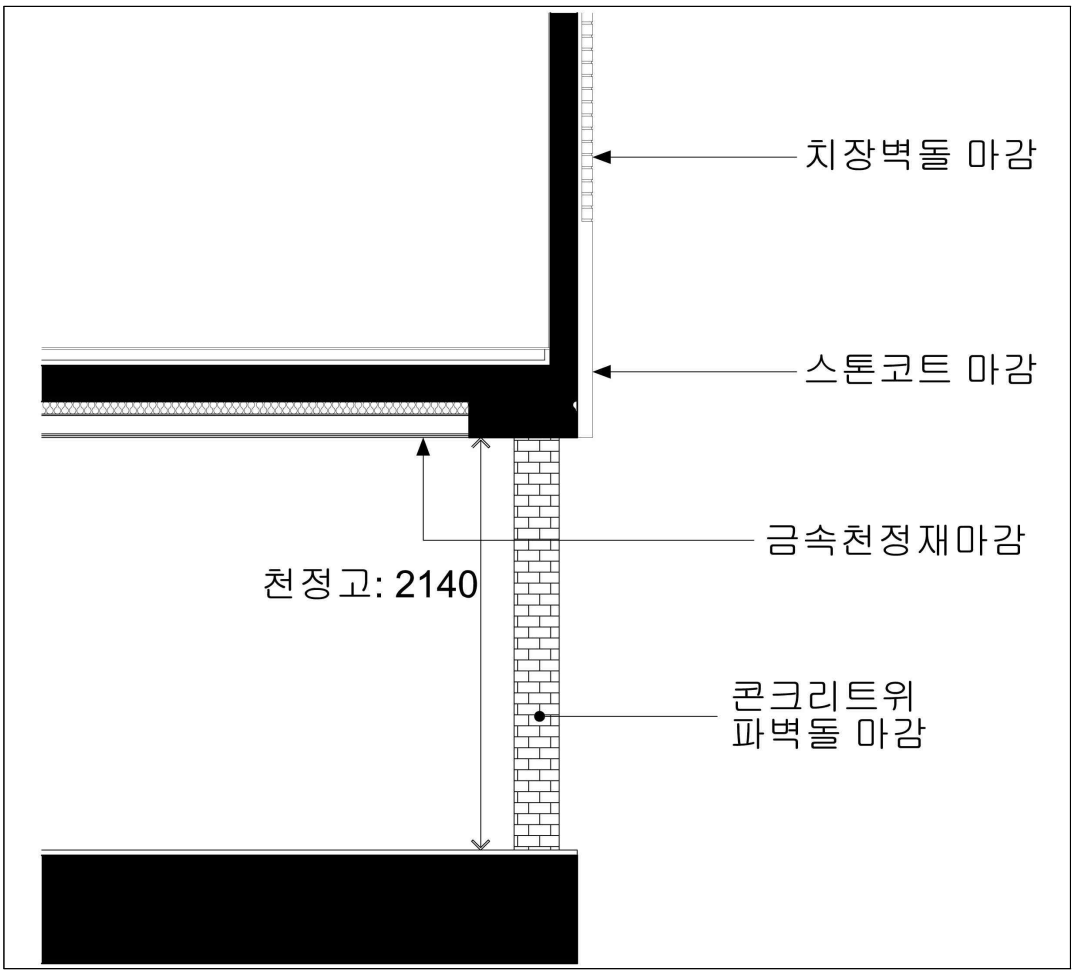
· 정면, 좌/우측 일부 치장벽돌 마감
· 좌/우측 일부, 배면 스톤코트 마감

· 예외사항

· 도시가스 배관, 우수배관 외 장애물 없음
· 1층 CORE 정면 화강석 물갈기 마감
· 필로티 기둥 파벽돌 타일 마감

④ 참고 도면

· 외벽 상세 단면도



○ 기존 공동주택 현황조사 결과

· 서울시에 분포되어 있는 10층 이하의 공동주택(도시형 생활주택 및 매입 임대 주택)에 대하여 건축물의 적용 단열재, 마감 등의 시공 상태와 보수 등을 위한 제반조건에 대하여 조사한 결과를 다음의 표에 정리하였다.

(1) 보수보강 부분 입면 마감재

표 2.2 보수보강 부분 입면 마감재 종합

주소	보강 부분 입면 마감재					
	조적벽돌	스톤코트	드라이비트	석재	벽돌타일	석재타일마감
둔촌동 46-16	●		●			●
면목동 1252		●	●			
면목동 173-8 가동		●		●		
면목동 173-8 나동		●		●		
방학동 605-14		●				
쌍문동 708-26		●				
수유동 569-17		●		●		
하월곡동 90-1110		●				
갈현동 136-43		●		●	●	
갈현동 515-29		●		●		
성산동 71-2				●		●
화곡동 810-23		●				
화곡동 56-576		●				
신월동 200-28		●		●		●
온수동 10-27				●		
사당동 316-180		●		●		
신림동 626-15		●			●	
합 계	1	14	2	9	2	3

· 17동의 건물의 입면 부분의 마감재는 조적 벽돌, 스톤 코트, 드라이 비트, 화강석, 벽돌 타일, 석재 타일, 씨블랙 마감으로 총 7개의 마감 재료를 사용하였다.

· 이중 3개 동을 제외한 14개 동에 스톤 코트가 사용되었으며, 전면 및 측변 2층 하단부 일부에 석재가 사용되었다.

· 2개 동에는 전체에 석재타일 및 부분적으로 석재(화강석)가 사용되었으며, 1개 동은 전체 조적에 일부 금속 판넬 및 드라이 비트가 사용되었다.

(2) 1층 천장 마감재

표 2.3 1층 천장 마감재 종합

주소	1층 천장 마감재					
	인코트	수성페인트	핸디코트	AL 스펜드럴	텍스	금속천장재
둔촌동 46-16	●					
면목동 1252		●		●		
면목동 173-8 가동	●					
면목동 173-8 나동	●					
방학동 605-14	●					
쌍문동 708-26		●				
수유동 569-17	●					
하월곡동 90-1110		●	●			
갈현동 136-43	●					
갈현동 515-29	●					
성산동 71-2			●			
화곡동 810-23			●			
화곡동 56-576					●	
신월동 200-28	●	●				
온수동 10-27						●
사당동 316-180		●				
신림동 626-15						●
합 계	8	5	3	1	1	2

· 17동의 건물에서 1층 필로티 천장 마감재는 인코트, 수성페인트, 핸디코트, 알루미늄 스팬드럴(일부분), 텍스, 금속 천장재, 석고보드 등 7개의 마감재로 나타났으며 모두 단열재 위에 마감처리가 되어 있었다.

· 이중 8개 동에 인코트가 사용되었으며, 5개 동에는 수성페인트가 사용되었다.

· 5개 동의 건물은 2가지 재료를 혼합하여 사용하여 마감하였다.

(3) 외벽 장애물

표 2.4 외벽 장애물 종합

주소	외벽 장애물		
	도시가스배관	우수 선홈통	발코니 난간
둔촌동 46-16			
면목동 1252	●	●	
면목동 173-8 가동	●		
면목동 173-8 나동	●		
방학동 605-14	●		●
쌍문동 708-26	●		
수유동 569-17	●	●	●
하월곡동 90-1110	●	●	
갈현동 136-43	●		●
갈현동 515-29	●		●
성산동 71-2	●		
화곡동 810-23	●		
화곡동 56-576	●	●	
신월동 200-28	●		●
온수동 10-27	●	●	
사당동 316-180	●		●
신림동 626-15	●	●	
합 계	16	6	6

· 보수보강 공사에 방해가 되는 부분은 현장조사에서 도시가스 배관, 우수배관, 발코니 난간 등이 있는 것으로 조사되었다.

· 17개 동 중 16개 동의 건물에는 도시가스 배관이 설치되어 있었고, 6동의 건물에는 우수배관과 발코니 난간(일부 창호)이 설치되어 있어 보수보강 시 면밀한 검토가 필요하다.

○ 기존 공동주택 현황조사 결론

· 조사 결과에서와 같이 일부 건물을 제외한 전체 건물에 스톤코트가 주요 재료로 사용되었으며, 부분적으로 석재 및 석재타일, 드라이비트 등이 사용되었다.

· 일부의 건물을 제외한 건물의 1층 필로티 천장에는 인코트가 주요 재료로 사용이 되었으며, 부분적으로 수성페인트 및 핸디코트 등이 사용되었다.

· 보수 및 보강 시 장애 요소로는 **1개 동을 제외한 모든 건물의 보수 보강 부분에 도시가스 배관이 설치되어 있어 장애가 되고 있으며**, 일부 **우수배관과 발코니 난간 등이 장애 요소**로 작용하고 있다.

· **도시가스 배관의 경우 가스공사에 반드시 확인을 한 뒤 시공**을 해야 하며, **우수 선홈통, 발코니 난간의 경우에는 관리자와 협의 후 시공**을 하도록 하여야 한다.

· 기본적 형태가 아닌 경우에는 화재보수보강을 위한 전문가 및 시설물 관리자와 긴밀한 협의 후, 보수보강 방법을 확정하여 시공하여야 한다.

2) 공동주택 적용 단열재의 종류 및 특성

(1) 단열의 개요

· 단열이란 열의 이동을 차단하는 것을 뜻한다. 단열은 끊을 단(斷) 더울 열(熱)이라는 말로 열의 이동 방법인 대류, 전도, 복사에 의한 열의 흐름을 막는 것을 의미하며 **단열재란 열이 높은 곳에서 낮은 방향으로 이동하는 것을 방지하는 모든 구조체**를 말한다. 본래에는 저온열에서는 보냉재, 상온 및 중온열에서는 보온재, 고온열에서는 단열재라 분류하였으나 현재를 이를 모두 단열재라고 부르고 있다. 일반적인 단열 수준의 건축물(공동주택)에서는 구조체를 통한 열 손실이 가장 크고, 여기에 개구부와 환기, 틈새에 의한 열 손실이 부가된다. 이러한 열 손실 부위들을 필요에 따라서 억제하는 것이 쾌적한 실내 환경 유지와 에너지 절약을 위한 기본적인 과제이다. 이를 위한 구체적인 방법은 구조체의 단열이나 기밀화 방안, 개구부를 통한 채열·채광이나 통풍 효과 등을 어떻게 고려하여 요구되는 실내 환경의 실현에 필요한 냉난방 에너지를 감소시키느냐 하는 문제로 이어진다. 단열 성능이 부족한 건물에서의 냉난방은 실제로 많은 에너지를 끊임없이 실내로 투입하여야 하며, 그로 인해 결국은 실내 환경의 질을 손상시키게 된다.

· 단열재는 주로 건축물의 실내 공간에서 배출되는 열과 실외에서 들어오는 열을 막기 위한 기능을 하며 이를 통해 실내 환경의 쾌적성 유지 및 향상과 냉·난방을 할 경우에는 효율을 높여 경제성 측면에서도 중요한 역할을 한다.
· 본래 내단열과 중단열을 통해 내·외부의 열의 이동을 막아 주는 역할을 하였으나 열교나 표면결로의 문제와 제로에너지화 등의 이유로 외단열이 이슈화 되며 건축물들에 적용이 되고 있다. 하지만 **현재 화재 등의 이유로 난연, 방화성능 또한 요구**되고 있다.

(2) 단열의 원리

· 단열은 건물 외피와 주위 환경 간의 열류를 차단하는 역할을 하며, 순간적인 효과가 있는 저항형 및 반사형 단열과 시간의 함수로서 작용하는 용량형 단열 등 3가지 형태의 단열 메커니즘이 있다.

① 저항형 단열

· 일반적으로 다공질 또는 섬유질의 기포성 단열재는 무수한 기포로 구성되어 있기 때문에 열전도율이 낮다. 대류가 생기지 않는 정지되어 있는 공기가 가장 좋은 단열재이며, 기포성 단열재의 역할은 공기를 정지시키기 위한 것이다. 이러한 재료는 밀도가 작고 기포가 많은 것들이 대부분이다. 기본적인 기포성 단열의 재료 유형은 다음과 같다.

- 얇은조각 : 공기층을 세세하게 분할하는 흑운모나 팽창 운모 같은 작은 입자나 얇은 조각에 의한 단열효과
- 섬유질 단열 : 공기층을 분할하는 유리면이나 암면 같은 얇은 섬유질에 의한 단열 효과
- 입자상 단열 : 콜크와 같은 구멍 공간이 있는 작은 마디처럼 공기가 각 공간 사이로 전달될 수 있는 입자에 의한 단열 효과

· 공기가 충전된 작은 입자 내에서는 대류나 복사 열전달은 무시할 정도이며, 재료의 열전도율은

정지된 공기의 전도율 값에 가까워진다. 섬유질 재료의 섬유가 겹치게 배열된다면, 단열 효과는 좋아지며 겹친 층의 평면에 수직한 열흐름에 대한 저항은 최대치가 된다.

② 반사형 단열

· 반사형 단열은 복사의 형태로 열이동이 이루어지는 공기층에 유효하다. 반사형은 반사율이 높은 흡수율과 복사율이 낮은 표면에 효과가 있으며, 전형적인 예는 알루미늄 박판이다. 공기층 안의 방열면과 수열면에 평행으로 나란히 하여 알루미늄 박판을 설치하면 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다. 공기층 가운데 자유스럽게 박판을 매달 수 있다면 같은 효과를 얻을 수 있다. 만약에 반사하는 표면이 다른 재료와 접촉되어 있으면 전도열이 생겨 단열효과는 저하된다.
표면에 금속판을 사용하는 것은 복사율을 낮추기 위한 것으로 대부분의 구조 재료에서는 복사율이 0.9 정도이지만 광택성 알루미늄을 사용하면 0.05로 낮아진다. 실내 표면에서나 대류가 잘 일어나지 않는 곳에서는 높은 복사율의 표준값에서 낮은 값으로 감소하면 표면 저항은 크게 증가된다.
통풍되지 않는 중공벽 속에 저온측 표면에 광택성 금속 박판을 설치하면 고온측의 복사열을 재방사하므로 유리하다. 이로 인해 구조물의 열전달율은 감소된다. 2개의 반사재를 분리시켜 넣으면 그 효과는 거의 배로 증가한다.
벽에 생긴 결로나 금속 표면의 먼지층은 흡수율과 복사율을 증가시키며, 반사성 단열 재료의 효율을 감소시킨다. 보통 조건하에서, 유리면과 같은 약 10㎜의 저항형 단열재는 공기층에 반사형 단열재(알루미늄 박판 등)를 넣는 것과 비슷한 단열 효과가 있다.

③ 용량형 단열

· 벽의 열용량은 단위 면적당 질량(㎏/㎡)과 재료의 비열(J/㎏℃)의 곱으로 표시한다. 정상상태에서 열용량은 벽을 통과하는 열량에 영향을 미치지 않으므로 용량형 단열 효과는 없다. 두께 220㎜ 벽돌벽에서 흐르는 열량은 약 10㎜ 두께의 폴리스틸렌판에서 흐르는 열량과 같다. 그러나 건물의 열취득 및 열손실의 계산을 위하여 정상상태(steady state)로 가정을 하는데 실제로는 시간이 경과함에 따라 열의 전달이 일정하지 않은 비정상상태(unsteady state)로 된다. 건물의 내부 온도가 일정하게 유지된다 하더라도 외부 온도는 항상 변화한다. 하루의 외기 온도 변화는 반복되는데 이것을 주기열류(periodic heat flow)라고 한다. 어느 중량벽의 한면에 열이 전달되면 처음의 층은 많은 열을 흡수하여 그 열을 다음 층으로 전달한다. 이것이 지연 효과를 일으킨다. 실내외가 정상상태로 안정되면 벽체내에서 열흐름의 구배가 형성되고 열용량의 효과는 없어지며, 벽의 열저항에 의해서 열류가 제어된다.

(3) 단열재의 기능 및 특성

① 단열재의 일반적인 기능

· 단열재란 전도, 대류, 복사에 의한 열의 흐름을 크게 줄일 수 있는 단일재료 또는 여러 재료의 조합을 말한다. 따라서 종류별로 각각의 독특한 특성과 기능을 갖기 때문에 어떠한 대상물에 어떤 종류의 단열재를 사용할 것인지는 단열·대상물의 안전 사용 온도, 주변 조건, 필요한 기계적 강도, 내화성, 내약품성, 용적, 흡음, 방습 및 결로에 대한 저항치 및 가격 등을 충분히 검토한 후에 결정해야 할 것이다. 단열재의 일반적인 특성은 다음과 같다.

- 열손실 및 열획득을 차단하여 에너지를 절약한다.
- 표면 온도 강하로 나타나는 표면 결로를 방지한다
- 냉난방이 필요없거나 불가능할 때 실내 기온의 변동을 줄여준다.
- 공간내의 온도 변동을 줄임으로써 재실자의 쾌적감을 증진시킨다.
- 침기와 투습을 방지한다.
- 벽, 천정, 바닥 등의 구조적 강도를 일부 증진시킨다.
- 표면 마감의 용이성을 제공한다.
- 소음이나 진동의 저감 효과를 갖는다.

② 단열재의 특성

· 열전도율은 동질 재료(homogeneous material)에 대한 물성치이며, 대부분의 재료에서 온도에 따라 변하게 된다. 고체의 열전도율은 액체의 열전도율보다 크고, 액체의 열전도율은 기체의 열전도율 보다 10^4 배 더 크다.

· 대부분 단열재는 몇몇 반사형 단열재를 제외하고는 내부에 작은 기포들이 포함되어 있는 고체이다. 따라서 열전달 방법은 전도, 대류, 복사를 모두 포함하게 되고, 열류량도 열류 방향 등에 따라 달라지게 된다. 이러한 재료에서 단위 온도 구배당 등온면에 수직으로 흐르는 열류량의 측정치를 유효 열전도율이라 한다. 단열재의 유효 열전도율은 형태와 물리적 구조, 주위 환경과 적용 방법 등에 따라 달라진다. 형태와 물리적 구조는 재료의 종류와 제조 과정에 따라 달라지는데, 가변적인 특성으로는 밀도, 공극의 크기, 섬유의 직경과 배열상태, 접착제의 종류와 양, 복사 투과율, 내부 공기의 종류와 압력 등이 있다.

· 단열재의 유효 열전도율은 밀도에 따라 달라진다. [그림 2.1]은 주요 단열재의 대해 일정 평균 온도에서 밀도에 따른 유효 열전도율의 변화를 보여주고 있다. 단열재의 열성능에 영향을 주는 다른 요인으로는 단열재의 설치방법, 섬유나 입자간의 접촉 상태 등이 있을 수 있다. 대부분의 다공성 단열재에는 저마다 밀도에 대한 유효 열전도율의 하한치가 있다. 이 하한치는 재료의 종류와 형태, 온도, 열류의 방향에 의해 결정된다. 섬유질 재료에 대한 하한치에서의 밀도는 섬유의 직경과 공극의 크기, 평균 온도에 비례하여 증가한다.

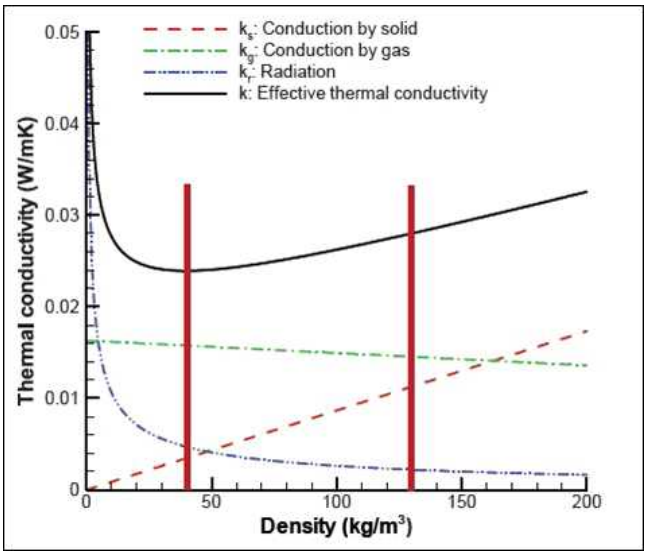


그림 2.1 단열재의 열전도율과 밀도의 관계

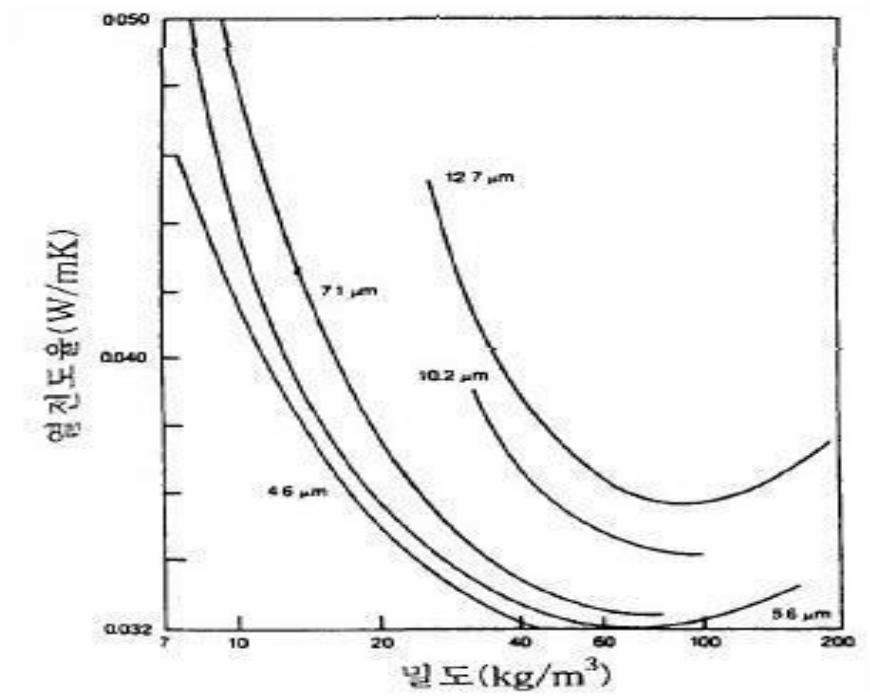


그림 2.2 섬유질 재료의 밀도와 직경에 따른 유효 열전도율의 변화
(열류는 섬유 방향에 수직이며, 평균 온도 24℃에서의 결과)

· 섬유질 단열재는 섬유들이 일정하게 나란히 열류에 직각 방향으로 배열될때 최소 유효 열전도율을 갖는다. 일반적으로 같은 밀도에서 지름이 줄면 유효 열전도율도 낮아진다. 다공성 단열재에서 재료의 단열성에 영향을 주는 요소는 공극의 크기와 모양, 공극의 두께, 공극내의 기체 종류, 공극의 방향, 공극 표면의 복사 특성등이 있으며 이에 따라 유효 열전도율이 달라진다. 입자상 단열재에서 압축에 의한 밀도 변화는 유효 열전도율에 영향을 미친다. 경량 골재로 만들어지는 단열 콘크리트는 유효 열전도율에 따라 밀도의 범위를 다양하게 할 수 있다.

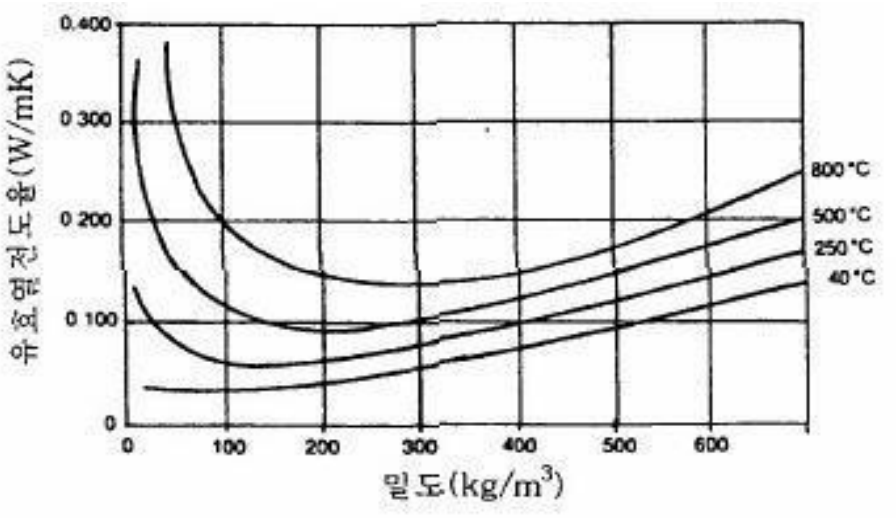


그림 2.3 섬유질 재료의 평균 온도와 밀도에 따른 유효 열전도율의 변화

· 200 ~ 300℃ 이하의 온도에서 단열재 내부의 열전달은, 대부분 단열재 내부의 공기나 혹은 기타 다른 기체에 의한 전도를 통해 이루어진다. 따라서 단열재 내부의 기체를 다른 기체로 바꾼다면 단열재 전체의 유효 열전도율은 두 기체의 열전도율 차이에 따라 달라진다. 단일 고밀도 재료에서 열전달은 대부분 전도에 의해 이루어진다. 그러나 온도와 재료의 투과도가 증가할

수록 복사와 대류에 의한 열전달량이 점점 많아지게 된다. 복사 및 대류에 의한 열전달율은 온도차, 열류의 방향, 재료 고유의 성질, 기하학적 형상 등에 좌우된다.

· 한편, 단열재 안에 결로가 생기면 열성능을 저하시키고 물리적인 손상이 발생한다. 열저항의 손실 정도는 재료의 종류, 수분 함유량 분포 등에 의해 결정된다. 물이나 얼음의 열전도율은 기체보다 훨씬 크기 때문에 단열재내의 습기는 열성능에 치명적인 영향을 준다.

③ 공기층의 열 성능

· 공기층의 표면 특성과 방향, 열류 방향 등은 공기층내 열전달에 많은 영향을 미친다. 공기층내의 열전달율은 공기층의 한 표면에서 다른 표면으로의 열전달율(전도, 대류, 복사)을 의미하며, 이 경우 대개 공기층 내외로의 침기는 없는 것으로 가정한다. 공기층내에서 복사에 의한 열전달율은 표면의 온도와 표면 특성에 의해 결정된다. 표면 특성은 방사율에 의해 규정할 수 있으며, 방사율에 의한 효과는 유효 방사율로 표현한다. 공기층내에서 복사에 의한 열전달율은 공기층의 두께, 방향, 열류방향 등에 의해서는 영향을 받지 않는다. 반면 대류와 전도에 의한 열전달율은 공기층의 방향과 열류의 방향, 공간내의 온도차, 공기층의 두께 등에 의해 큰 영향을 받는다. 이처럼 건물 구조체내 공기층의 열전달에서 전도, 대류, 복사는 서로 독립적으로 작용한다.

· 반사형 단열재에서 높은 열저항을 얻으려면 여러겹의 공기층이 필요하다. 총열저항은 모든 공기층에 걸쳐 있는 저항의 합이기 때문이다. 각 공기층간의 유동은 열저항을 낮추기 때문에 공기층은 반드시 밀폐되어야 한다. 반사형 단열재의 표면은 한면이나 혹은 양면 다 높은 표면 반사율을 지니게 된다. 반사면에서의 결로는 반사성능을 떨어뜨리기 때문에 방지되어야 한다. 고온측(실내측)에 위치한 반사면은 일반적으로 결로가 발생하지 않으므로 열저항을 계속 유지시킬 수 있고 투습 저항의 역할도 할 수 있다.

· 표면 방사율은 표면에 도달한 총 복사에너지중 방사된 복사에너지의 비율을 말하며, 평형 상태에서는 흡수율과 동일하다. 표면에 도달한 복사에너지 중 반사되는 비율을 반사율이라 하며, 불투명 표면에서 반사율은 [1-흡수율]과 동일하다. 방사율은 표면 상태와 파장 길이에 따라 달라진다.

· 일상적으로 쓰이는 반사형 단열재는 단파복사보다는 장파복사(자외선)에 대한 방사율이 중요하다. 재료의 가시적인 밝기는 빛과 장파 복사에 의한 영향을 고려하지 않으므로 복사 에너지에 대한 반사율의 척도가 될 수 없다.

(4) 단열재의 종류

· 단열재의 종류에는 유기질 단열재와 무기질 단열재가 있으며 진공단열재는 내부 심재에 따라 유기질 단열재 혹은 무기질 단열재로 분류된다. 무기질 단열재는 흡습과 이로 인한 처짐 등이 문제가 생겨 성능 저하를 야기할 수 있기 때문에 별도의 외부마감과 투습방수성능이 필수적이다. 하지만 유기질 단열재의 값싼 재료 단가와 시공 시 별도의 추가적인 비용이 들지 않아 시공 단가가 저렴하기 때문에 현장에서는 유기질 단열재를 선호해 많이 사용하고 있다.

① 비드법 단열재 (Expended Polystyrene, EPS)

· 비드를 발포시켜 만들기 때문에 비드법 단열재라고 불리며 Polystyrene resin에 Hydro carbon을 주입 후 증기로 부풀려 발포하는 방식으로 생산되고 다공성의 기포 플라스틱으로 체적의 약 97%가 공기이기 때문에 단열성이 우수하다. 가격이 저렴하고 현장에서 절단 및 가공이 가능하며 시공에 따른 단열 성능의 오차가 적은 특징이 있고 흑연을 첨가하여 열에 대한 저항 기능을 향상시킨 친환경 발포 Polystyrene인 난연 EPS도 개발되었다.



그림 2.4 비드법 1종 단열재(좌) 및 비드법 2종에 사용되는 비드(우)

표 2.5 비드법 단열판의 특성

종 류		밀도 (kg/㎥)	초기 열전도율 [평균 온도 (23±2)℃] (W/m·K)		굴곡 파괴 하중 (N)	압축 강도 (N/㎠)	흡수량 (g/100㎠)	연소성	(참고) 투습 계수 (두께 25㎜당) (ng/㎡·s·Pa)
			비드법 1종	비드법 2종					
단열판	1호	30 이상	0.036 이하	0.031 이하	35 이상	16 이상	1.0 이하	연소시간 120초 이내이며, 연소 길이 60㎜ 이하 일 것	146 이하
	2호	25 이상	0.037 이하	0.032 이하	30 이상	12 이상			208 이하
	3호	20 이상	0.040 이하	0.033 이하	25 이상	8 이상			250 이하
	4호	15 이상	0.043 이하	0.034 이하	20 이상	5 이상	1.5 이하		292 이하

· 하지만 비드법 단열재는 열에 취약하며 화재 시 유해한 가스가 발생한다는 큰 단점이 있다. 또한 흡수율이 약 2~4%대로 상대적으로 흡수율이 높다. 이는 비드법 단열재가 Closed Cell 형식이나 부분적으로 완전히 닫힌 구조가 아니기 때문에 이를 통한 수분의 침투가 비교적 용이하기 때문이다. 따라서 EPS는 흡수율로 인해 내부 조직의 파괴 등과 경시변화가 나타날 수 있으므로 수분에 대한 주의가 요구되며 지하실이나 외단열 등에서는 적합하지 않고 시공시 수분에 대한 대비가 필요하다.

· 대신에 임순현 (2015)에 의해 조사된 바 EPS는 표준 환경조건에 의한 경시변화는 나타나지 않고 열전도율 성능이 대부분 일정하게 나타났다. 이는 비드법 단열재 생산 후 일정 시간이 지나면 발포가 완료되고 이에 따라 조직의 변화가 나타나지 않기 때문인 것으로 판단된다. 따라서

초기 생산 후 일정 시간의 양생이 필요하며 발포 완료 후에는 수분에 의한 영향을 고려하면 장기간 사용에도 문제가 없을 것으로 판단된다.

② 압출법 단열재 (Extruded Polystyrene, XPS)

· Polystyrene resin에 원료를 가열, 용융하고 연속적으로 압출 및 발포하는 과정을 통해 생산되며 우수한 단열 효과와 탁월한 압축 강도를 나타낸다. 동일한 밀도의 비드법 단열재보다 단열성능이 높기 때문에 동일한 두께로 벽체 두께를 줄일 수 있다.

· 그러나 EPS와 똑같이 열에 취약하고 화재 시 유해한 가스가 발생한다는 큰 단점이 있다. 또한 최근 XPS 생산 과정 중 발포제로 사용되는 냉매 가스인 CFC(Chloro Fluoro Carbon, 염화불화탄소)의 사용 규제로 인해 천연 CO2 가스를 사용하여 발포시키는 연구가 진행 중이지만 천연 CO2 가스는 HCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon, 염화불화탄화수소) 대비 열전도율 선능이 68% 정도 떨어져 연구가 계속 되고 있다.(ODP의 오존파괴지수는 1이며 HCFC는 0.1이다.)

표 2.6 압출법 단열판의 특성

종 류		열전도율 [평균 온도 (23±2)℃] (W/m·K)		굴곡 파괴 하중 (N)	압축 강도 (N/㎠)	연소성	(참고) 투습 계수 (두께 25㎜당) (ng/㎡·s·Pa)
		초기 열전도율	장기 열전도율				
단열판	특호	0.027 이하	0.029 이하	45 이상	25 이상	연소시간 120초 이내이며, 연소 길이 60㎜ 이하일 것	146 이하
	1호	0.028 이하	0.030 이하	35 이상	18 이상		
	2호	0.029 이하	0.031 이하		14 이상		
	3호	0.031 이하	0.033 이하		10 이상		

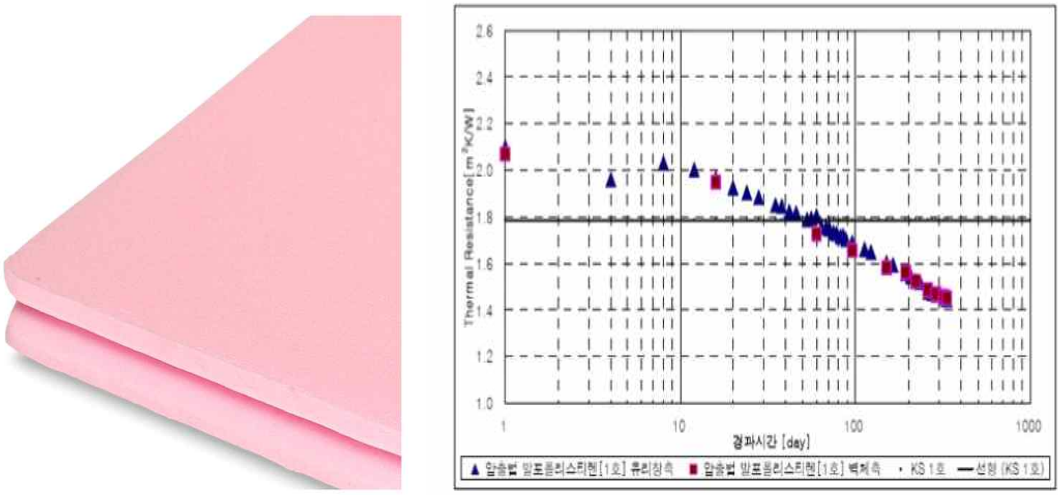


그림 2.5 압출법 단열재의 시간 경과에 따른 열전도율

· 더해서 압출법 단열재는 흡수율이 거의 없고 밀도가 높기 때문에 수분의 우려가 있는 지하층 등의 시공이 가능하다는 장점이 있으나 가장 큰 문제점은 시간 경과에 따라 단열 성능이 떨어진다는 것이다. 이승언 외 (2003)에 의하면 두께 50㎜인 압출법 단열재 1호의 열전도율 성능이 Fig. 2.1과 같이 시간 경과에 따라 실험 초기 0.0238W/mK(50㎜/2.1㎡K/W=0.0238W/mK)에서 약 120일 경과 후 0.0357W/mK(50㎜/1.4㎡K/W=0.0357W/mK)로 지속적인 성능 저하가 나타난 것으로 측정되었다. 이는 시간의 경과에 따라 내부에 차 있던 가스가 공기와 치환되며 조직의 파괴에 의한 원인이 되기 때문이다.

③ 경질 폴리우레탄 폼 단열재 (Polyurethane, PU)

· 우레탄 폼은 크게 PUR(Polyurethane)과 PIR(Polyisocyanurate)로 분류되며 같은 PU 계열이나 PIR는 배합을 통해 분자구조를 더욱 안전화 시켰다는 차이가 있다. Polyol과 Isocyanate를 주원료로 하여 발포제, 촉매제, 안정제, 난연제 등을 혼합시켜 발포하여 생산된다. 1종은 표면 처리가 안 된 것을 의미하며 2종은 부직포나 알루미늄으로 표면 처리가 되어 있다.
· 폴리우레탄의 발포는 현장 발포와 공장 발포로 나뉘어지는데 흔히 보는 보드형식의 단열재는 모두 공장 발포 되어 판매되는 것이다. 폴리우레탄폼은 Closed Cell 이긴 하나 완전체는 아니기 때문에 흡수와 투습이 작게나마 나타난다.(Closed Cell 비율이 90% 이상)
· 폴리우레탄 폼 단열재 또한 압출법 단열재처럼 내부에 차 있던 가스가 공기와 치환되며 단열성능이 감소하는 것으로 나타났으며 최현중 외 (2003)에 의하면 초기 측정값 0.0190W/mK에서 365일 이상 경과 후 0.0229W/mK로 21.1%의 성능 감소가 나타난 것으로 연구된 바 있다.

표 2.7 경질 폴리우레탄 폼의 특성(1)

종 류			밀도 (kg/㎥)	열전도율 (W/m·K)[평균 온도 20±5℃]	굽힘 강도(N/㎠)	압축 강도(N/㎠)
보온판	1종	1호	45 이상	0.024 이하	35 이상	30 이상
		2호	35 이상	0.024 이하	25 이상	20 이상
		3호	25 이상	0.025 이하	15 이상	10 이상
	2종	1호	45 이상	0.023 이하	35 이상	15 이상
		2호	35 이상	0.023 이하	25 이상	10 이상
		3호	25 이상	0.024 이하	15 이상	8 이상
보온통		1호	45 이상	0.024 이하	35 이상	30 이상
		2호	35 이상	0.024 이하	25 이상	20 이상
		3호	25 이상	0.025 이하	15 이상	10 이상

표 2.8 경질 폴리우레탄 폼의 특성(2)

종 류			흡수량 (g/100㎠)	연소성	(참고)투습 계수 [두께 25㎜ 당] ng/㎡·s·Pa)	(참고) 녹시험
보온판	1종	1호	3.0 이하	연소 시간 120초 이내이며 또는 연소 길이가 60㎜ 이하일 것	145 이하	두께 감소율이 무첨가 시험편인 것에 비교하여 동등 이하일 것
		2호			185 이하	
		3호			225 이하	
	2종	1호		–	40 이하	
		2호			40 이하	
		3호			40 이하	
보온통		1호		연소 시간 120초 이내이며 또한 연소 길이가 60㎜ 이하일 것	145 이하	
		2호			185 이하	
		3호			225 이하	

표 2.9 경질 폴리우레탄 폼의 종류

종 류			적 요	특 징
보온판	1종	1호	Polyisocyanates, Polyol 및 발포제를 주제로 하여 발포 성형한 면재가 없는 판모양의 보온재	고밀도
		2호		중밀도
		3호		저밀도
	2종	1호	Polyisocyanates, Polyol 및 발포제를 주제로 하여 면재 사이에서 발포시켜 자기 접착에 의해 샌드위치 모양으로 성형한 면재 부착한 판모양의 보온재	고밀도
		2호		중밀도
		3호		저밀도
보온통		1호	Polyisocyanates, Polyol 및 발포제를 주제로 하여 발포 성형한 통모양의 보온재 또한 보온통에서는 길이 방향으로 분할해도 좋다.	고밀도
		2호		중밀도
		3호		저밀도

비고 : 보온판 2종의 외피에 사용하는 면재는 KS A 1505에 규정하는 폴리에틸렌 가공지, KS D 9003에 규정하는 접착 알루미늄 박 또는 이와 동등 이상의 품질인 것을 사용한다.

④ 페놀 폼 단열재 (Phenolic Form, PF)

· PF는 현재 따로 분류된 표준이 없으며 KS M ISO 4898「경질 발포 플라스틱-건축물 단열재-규격서」에 다른 EPS, XPS, PUR과 함께 명시되어 있다. 또한 특성이나 종류 등에 대한 설명은 표기되어 있지 않다. 열에 강한 유기화학 물질인 페놀계방향족레진을 단열재 용도로 개질하여 발포 성형 시켜 만든 고성능 내화 단열재로 Phenol, Formaldehyde의 축합중합 반응으로 생성된 Phenol resin을 발포제, 촉매 등과 함께 발포하여 생산하며 친환경 발포가스를 사용하기 때문에 지구 온난화에 영향을 주지 않는다. 90% 이상의 Cloesd Cell 구조로 단열 성능이 우수하고 장기간 지속성을 유지해 장기내구성 측정 결과 성능 저하가 없는 것으로 나타났으며 유기질 단열재 중 0.019W/mK라는 가장 낮은 열전도율을 가졌다.

표 2.10 건축물 단열재용 페놀 폼의 물성

물성	단위	I		II		III	시험방법
		A	B	A	B	A	
밀도	kg/㎥	30	30	40	40	60	KS M ISO 845
압축 강도	kPa	60	60	100	100	250	KS M ISO 844
열 전도도 (조건1)	mW/(m·K)	20	35	20	35	37	KS L ISO 8301 또는 KS L ISO 8302
열 전도도 (조건2)	mW/(m·K)	22	37	22	37	39	
열 저항	(㎡K)/W	제조자가 제시					KS M ISO 11561
치수 안정성	%	2	2	2	2	2	(8.5 참조)KS M ISO 2796
압축 크리프 (조건1)	%	–	–	5	5	–	(8.6.1, 8.6.2 참조)KS M ISO 7616 또는 KS M ISO 7850
압축 크리프 (조건2)	%	–	–	–	–	5	
수증기 투과도	ng/(Pa·s·m)	12 ~ 1.5		6.5 ~ 0.5			KS M ISO 1663
흡수성	%(V/V)	4					KS M ISO 2896
굴곡 파괴 하중	N	15		25		35	(8.9 참조)KS M ISO 1209-1

* Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ : 범주(5.1 참조) 및 하위 범주(5.2 참조)
* 각 항목의 자세한 조건은 KS M 4898 p.10 참조

· 이처럼 PF단열재는 단열 성능과 준불연 및 내화 성능의 화재안전성을 가진 단열재로 알려지며 빠른 속도로 보급되었고 국내 생산기업에서 생산규모를 2배 이상으로 증설하겠다고 하며 앞으로도 한동안 단열재 시장에서 급부상할 것으로 보인다.

· Dow Chemical「Rigid Polymeric Foam Boardstock Technical Assessment」보고서에 따르면 PF는 수분 흡수율이 높아 열저항 성능 저하, 금속 부식의 가속화, 발암물질인 포름알데히드 발

생 등을 야기한다고 지적하고 있다. 또한 미국과 캐나다에서는 1990년대 초 PF계 데크 플레이트에서 부식 문제가 제기되어 집단 소송이 발생한 기록이 있다. 이에 따라 내열 및 난연성의 장점을 살려 대부분 산업용 단열재로 덕트나 파이프 등 산성화나 포름알데히드로 인한 인체에 영향을 주지 않는 부분에만 적용되어 사용되어 왔다.

· PF의 가장 문제점으로 제기된 **산성화는 유기설폰산(Organic Sulfonic Acid)계 촉매를 혼합함에 따라 물과 혼합되면 pH 4.0 이하의 산성을 갖고 상황에 따라서는 pH 2.5~3.0 수준으로 강산성으로 전환되기 때문에 철 제품을 부식시킬 우려**가 있기 때문이다. 이 문제로 최근에는 pH가 4.0 이상으로 부식이 되지 않는 수준으로 개선되었으며 일본의 기업의 경우 pH 6.0 이상의 PF 개발로 문제점을 많이 보완한 상태이다.

· 하지만 건강성, 부식 문제 등이 상당 부분 해소되며 건물 적용에 문제가 없는 것으로 보고되고 있지만 최근 기사에서도 PF의 문제점이 언급되면서 사용 여부에 대해 논쟁이 계속되고 있다. 따라서 PF에 대한 정확한 성능 평가가 이루어져 공개되어야 할 것으로 판단된다.

⑤ 글라스 울 (Glass Wool)

· 글라스 울은 규사, 석회석, 장석, 소다회 등 글래스계 광물질을 주원료로 만들어진 단열재이며, 가는 유리섬유 덩어리 사이에 공기가 밀봉되어 단열효과를 발휘함.

· 글라스 울은 폐유리를 고온에 녹인 후 섬유처럼 뽑아내 만든 단열재로서 맨손으로 만지면 따가움을 느끼게 되어 인체 유해성에 대한 논란이 있음. 그러나 글라스 울의 섬유크기가 호흡기로 들어가기에는 큰 구조이기 때문에 인체에 접촉하여 아픔을 줄 수는 있으나, 체내에 유입되지는 않기 때문에 인체에 유해하지 않다는 의견이 지배적임.

· 글라스 울은 단열성(열전도율 0.040W/mK 내외) 외 불연성(용융점 약 500℃), 흡음성, 시공성, 운반성이 우수한 반면, 압축이나 침하에 의한 유효두께의 감소나 함수에 의한 단열성 저하의 위험이 있음.

· 또한 재료자체에는 투습저항이 없기 때문에 별도의 방습층을 설치할 필요가 있으며, 그라우트지에 아스팔트를 코팅한 것이나 알루미늄 은박지를 부착한 것, 비닐포장된 것 등이 있음.

⑥ 미네랄 울 (Mineral Wool)

· 미네랄 울은 규산 칼슘계의 광석을 고온으로(1600℃) 용융시켜 만든 무기질의 인조 광물 섬유 단열재로, 물리적 성질이나 특징은 유리면과 유사함.

· 미네랄 울은 섬유가 유연하고 복원력이 우수하며 건축물의 내화, 흡음, 단열은 물론 각종 플랜트, 선박 등의 보온, 단열, 보냉과 농업용에 이르기까지 널리 사용되고 있으나 상대적으로 열전도율이 높아 에너지 절감효과는 낮은 단점이 있음.

· 보건·환경 규제가 엄격한 미국, 일본 등 선진국에서도 100여년 동안 꾸준히 사용되고 있으며, 글라스 울과 함께 가장 많이 쓰이는 단열재임.




그림 2.6 글라스 울 단열재(좌) 및 미네랄 울(우) 단열재

⑦ 세라믹 화이버(Ceramic Fiber)

· 세라믹 파이버는 사용 온도에 따라 Standard Fiber 및 Zirconia Fiber로 구분할 수 있으며, Standard Fiber와 비교하여 Zirconia Fiber는 고온에서의 수축률이 작고 화학적으로 안정되어 있어 환원 분위기에 대한 저항력이 강하다. 또한 국민의 안전을 위협하는 석면이 함유되어 있지 않으며, 열전도율이 내화벽돌의 약 1/3 수준이고 석면 제품보다도 단열특성이 우수하다. 그리고 밀도(단열내화 벽돌의 1/6수준)가 낮아 축열량이 적어 로의 가열 및 냉각시간이 단축되어 연료절감 효과를 볼 수 있으며, 설비의 구조가 간단하여 취급이 용이하다. 열 충격에 대한 저항력이 강하고 급속 가열 혹은 냉각에도 제품 형태가 손상되지 않는다. 흡음성이 우수하기 때문에 고온 상태에서의 소음 감소용 재료로 사용되며, 탄력성이 좋아 진동에 내성을 가진다.
· 특히 Zirconia Fiber는 화학적 변화에 대한 저항력이 강하며, 대부분의 산과 다량의 알칼리에 대한 저항력이 있다. 그리고 기름, 물, 증기에 의해서 영향을 받지 않으며, 물을 흡수하지만 다시 마르면 화학적 변화 없이 원상으로 회복된다. Standard Fiber는 고온의 강한 환원분위기에서는 사용이 안되지만 다양성이 많은 재료이다. 솜 모양의 벌크, 담요 형태의 블랑켓 및 모듈 등의 형태로 제조가 가능하다.




그림 2.7 세라믹 화이버 블랑켓(좌) 및 보드(우)

(5) 국내 건축물 단열시스템

· 건축물의 단열공사란 단열 성능을 갖춘 재료를 구조물의 요소에 설치하여 건축물 내/외부 간 열적 성능교환 즉, 필요한 열의 유출과 불필요한 열의 유입을 차단시키는 공사를 의미한다. 여기서 열의 이동을 차단하기 위한 목적으로 사용되는 단열 성능을 갖춘 재료란 비중과 열전도율이 낮은 재료를 사용하는 것이 일반적이며 크게 무기질계와 유기질계로 나눌 수 있는데 이를 통틀어 단열재(thermal insulating material)라고 한다. 건축물에 있어 단열의 필요성을 정리하면 다음과 같다.

- 결로 방지 등에 다른 쾌적한 실내 환경 조성
- 냉난방 부하의 저감으로 인한 에너지의 효율적 이용
- LCC(life cycle cost)관점에서 유지관리비 절감과 건축물의 경제성 제고

① 내단열 시스템

· 내단열 시스템이란, 단열재를 구조체 내부에 설치하는 것을 의미함. 즉, 내단열은 실내에 단열재를 넣고 석고보드 등으로 벽면을 만드는 공법으로 시공이 간편하고 공사비가 비교적 저렴하여 공기의 영향을 받지 않을 수 있음. 그러나 T자형과 같은 교차부나 구석에 단열 측면에서 공백이 생겨 내기와 외기가 만나 결로현상이 생길 우려가 있음.

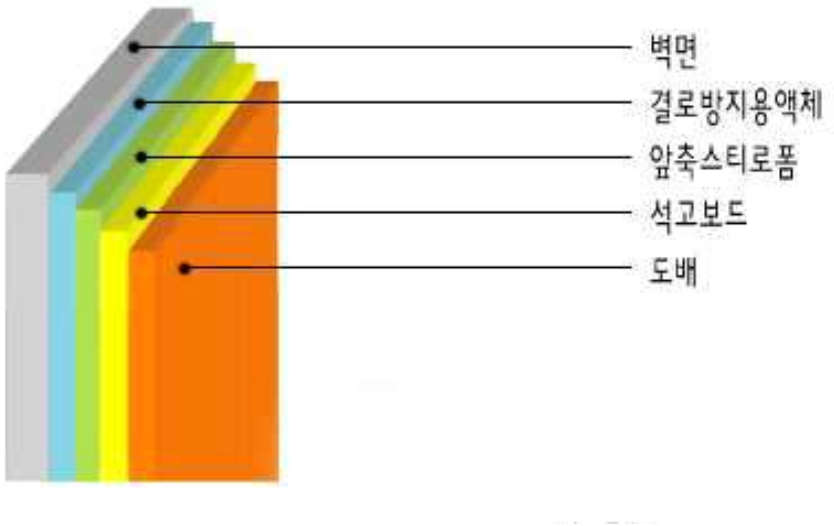


그림 2.8 내단열 시스템 구성

- 장점: 시공이 간편하다, 공사비가 싸다.
- 단점: 열교 발생 - 구조체를 통한 에너지 손실이 발생
  결로 발생 - 결손부위 즉 단열재가 연결되는 부위가 발생

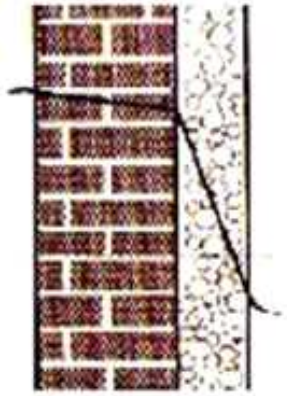
개념 및 특징	단열재를 구조체 내부에 설치하는 것	
	내단열은 단열재의 위치가 내부 (외부의 열이 안으로 들어오지 못하게 함)	
	장점	시공이 간편하다. 공사비가 싸다.
	단점	결로 발생 (결손부위 즉 단열재가 연결되는 부위가 발생한다)

그림 2.9 내단열 시스템의 특징

· 이와 같은 내단열 공법의 문제점을 살펴보면 기존의 콘크리트 벽식 구조에서는 건물의 외측 벽체 안측에 단열재를 설치하는 내단열(內斷熱) 구조를 채택하고 있어, 바닥 난방이 주종을 이루고 있는 우리나라의 공동주택에서는 다음 그림 11에서 보는 바와 같이 특히 바닥 슬래브를 통하여 외측벽체로 유출되는 난방 에너지의 손실이 문제점으로 지적되고 있음. 따라서 저탄소·녹색성장 및 그린 홈·그린 빌딩을 실질적으로 구현하기 위해서는 건물 외피를 통한 불필요한 열 손실을 제로화하는 것이 선행되어야 함. 그러나 현행 내단열 중심의 건물 단열기술은 열교 현상을 근본적으로 포함하고 있어 혁신적 개선이 시급하나, 이를 구현하기 위한 제반 기술개발은 현저히 미흡한 수준임. 특히 기존의 대다수 공동주택에서 적용되고 있는 온돌구조와 내단열 구조는 그림에서 보는 바와 같이 슬래브 및 내벽 교차부에서의 열교 현상으로 인하여 많은 난방에너지가 손실되는 문제점을 내포하고 있으며, 또한 커튼월 형태로 시공되는 사무소 건축물에서도 외벽체로의 에너지 손실이 상당 부분 간과되어 왔다.

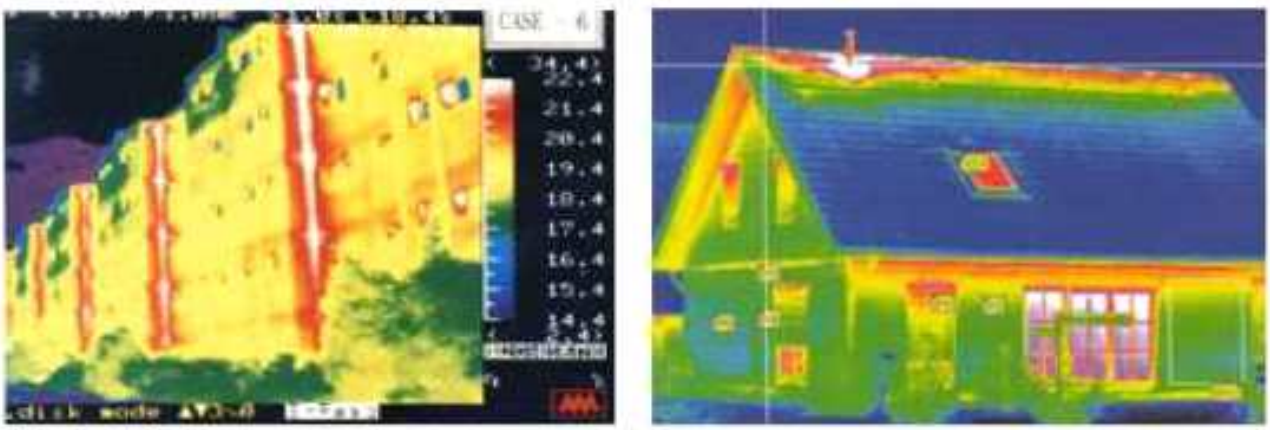


그림 2.10 내단열 시스템의 열교

② 중단열 시스템

· 중단열 시스템이란 단열재를 조적조 이중벽 등 중간층에 설치하는 것을 의미한다. 즉, 중단열은 시멘트 벽돌 사이에 단열재를 설치하는 공법으로, 일반적으로 학교, 공장, 관리사무실, 노인정 등에 주로 사용된다. 본 공법에서는 단열재의 양면에 다른 마감재가 설치되므로단열재를 위한 특별한 마감을 고려하지 않아도 된다는 장점이 있으나, 마감벽체의 두께가 두꺼워 진다는

단점이 있다.

- 장점: 결로 위험이 적고, 시공이 간편하며, 가격이 저렴하다.
- 단점: 벽체가 두꺼워지며, 조밀한 단열재 시공이 힘들다..

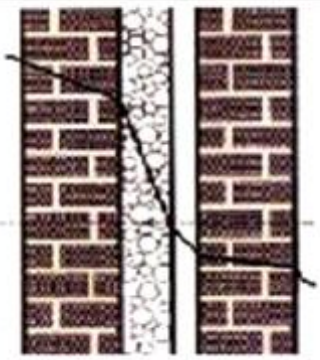
개념 및 특징	단열재를 조적조 이중벽 등 중간층에 설치하는 것	
	단열재의 위치가 중간 (내단열과 외단열의 중간)	
	장점	결로 위험이 적다. 시공이 간편하다. 가격이 저렴하다.
	단점	벽체가 두꺼워진다. 조밀한 단열재 시공이 힘들다.

그림 2.11 중단열 시스템의 특징

③ 외단열 시스템

· 외단열이란 단열재를 구조체 외측에 설치하여 외기로부터 발생되는 냉·열교(cold bridge/heat bridge)를 차단하는 것을 특징으로 하는 단열시스템의 일종이다. 외단열은 일반적으로 빌라, 저층 오피스, 오피스텔 등의 건물에 많이 사용된다. 시공방식으로는 철근콘크리트 벽체 외부에 단열재를 설치하고, 보강메쉬를 부착하여 드라이비트라는 외장재를 도포한다. 본 공법은 외부에 단열재를 설치하다 보니 외장까지 고려해야 하므로 드라이비트라는 외장재를 많이 사용한다.

- 장점: 단열성능 확보 가능, 열교발생저하, 구조체 열화 방지
- 단점: 시공이 어렵다. 공사비가 비싸다.



그림 2.12 외단열 시스템의 구성

3) 외단열 미장 마감 공법

(1) 외단열 시스템 개요

· 국내 아파트나 일반 건축물의 기존 단열공법은 내단열 방식으로, 건물 내에 단열재를 시공하고, 건물 바깥에 콘크리트가 오픈되어 있는 형태를 가짐. 이로 인해 벽-슬라브, 벽-벽 접합부 등에서 단열재가 불연속될 수 밖에 없어 필연적으로 많은 열교(thermal bridge)가 발생하여 에너지 손실 및 결로 등의 문제가 발생하고 있음.
· 특히, 국내 공동주택의 경우 난방용 온수배관이 바닥에 설치되므로 구조체를 통한 실외로의 전도 열손실 방지가 매우 중요함에도 불구하고, 내단열 구조는 벽-슬라브 접합부 열교부위를 통해 매우 큰 전도 열손실이 발생할 수밖에 없어 에너지 효율이 매우 떨어짐.
· 반면, 외단열의 경우 구조체 실외측에 단열재가 설치되므로 열교 발생을 근원적으로 차단해주며, 콘크리트 벽체 등과 같은 축열재가 단열재로부터 실내측에 위치하므로 난방열 축열에 의한 난방효율 향상이 가능하다는 이점이 있음.

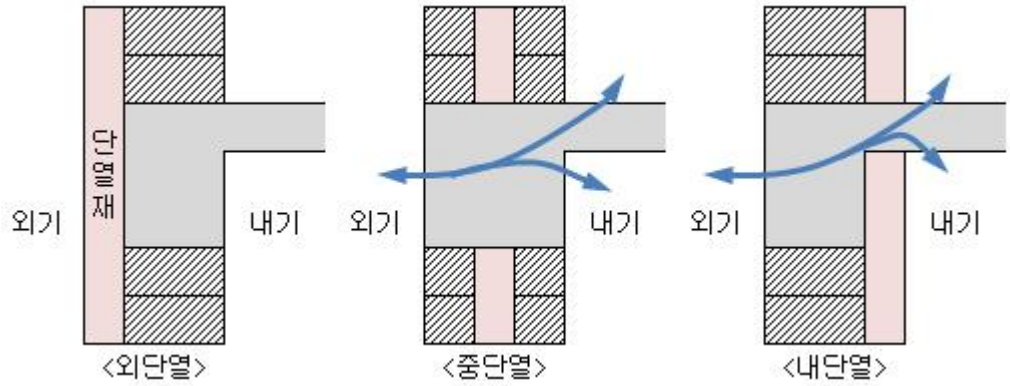


그림 2.13 단열공법의 종류

· 외단열 시스템(Exterior Insulation Finish System: EIFS)은 [그림 2.14]와 같이 접착재료, 단열재, 보강메쉬함침 및 마감재로 구성되어 있음. 외단열 시스템은 벽체의 외부에 단열재를 부착하고 내수성과 내충격성이 있는 재료로 마감하는 공법으로 단열의 불연속 부위가 없어져 외부로의 손실열량을 줄일 수 있으며, 표면 결로 및 내부 결로를 방지할 수 있어 열에 의한 구조체 손상을 방지함.

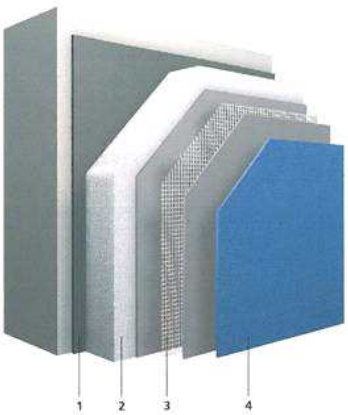


그림 2.14 외단열미장마감

① 접착재료
: 시멘트 모르타르 + 폴리머 바인더
② 단열재
③ 베이스 코팅제, 보강메쉬
④ 탑코트
: 시멘트 모르타르 + 폴리머 바인더 + 기능성 재료

· 외단열 시스템은 단열성능에 따른 외벽 두께 최소화, 다양한 마감면 형성 가능, 유지보수의 용이성, 마감을 위한 자재물량 최소화 및 경량 마감 가능이라는 여러 장점을 갖고 있으나, 설계 또는 시공방식에 따라 결과의 편차가 다른 공법에 비해 크게 나타나는 특징을 갖고 있음.
· 최근 외단열 시스템에서 발생하고 있는 하자사례의 대부분은 검증된 적정 자재의 사용과 제대로 된 시공방법을 준수하지 않아 초래된 단열성능 저하, 탈락, 변색, 백화, 부실화 등의 문제로 볼 수 있음.
· 즉, 외단열 시스템은 적절한 시공방법 및 기준 준수만 이루어진다면 단점이 많지 않은 공법이기 때문에 외단열 시스템의 표준 시방기준, 품질기준 및 관리방안을 명확히 한다면 외단열 시스템의 단열성능을 보장하면서 일부 단점을 최소화할 수 있음.

(2) 외단열 시스템 시공방법

· 국내외 외단열 시스템 제품 유형은 구조체에 외단열 시스템을 고정시키는 방법에 따라 크게 습식, 반건식, 건식(통기식)으로 구분할 수 있으며, 대부분의 외단열 시스템 공사에서는 접착재료로 고정하는 습식공법이 일반적으로 사용되고 있음.
· [표 2.11]은 국내 외단열 시스템에서 가장 많이 사용되고 있는 습식공법의 일반적인 시공순서 및 방법을 정리한 것임.

표 2.11 외단열 시스템 습식공법 시공순서 및 방법

시공순서	시공방법
① 바탕판재 시공	· 바탕판재는 설계상 바탕판재가 있는 경우 시공하며, 일반적인 외단열은 콘크리트/조적면에 시공함.
② EPS보드시공	· 접착재료 혼합 · EPS보드 위에 접착모르타르 시공 · EPS보드 설치
③ 메쉬, 접착모르타르 시공	· 최소한의 접착모르타르 두께는 메쉬가 완전히 함침될 수 있도록 충분해야 함 · 일반시공, 개구부시공, 단부시공 방식 고려
④ 부자재 시공	· 헤비메쉬, 코너비드, 스타트 트랙 설치
⑤ 마감재 시공	· 마감재는 자연적인 마감선까지 습윤한 마감상태에서 연속 시공 되어야 함.
⑥ 조인트 실란트 시공	· 접착모르타르에만 실런트를 시공하고 마감재에는 실란트를 시공하지 않음.
⑦ 청소	· 외단열 시공을 위해 설치된 모든 임시 보호물들을 제거
⑧ 시공품질 검사	· 현장품질관리 · 제3자 검사자 승인

· 외단열 시스템을 시공하는데 있어 가장 기초가 되는 것은 바탕면의 처리임. 이는 평활도와 함께 청결함을 유지해야한다는 의미인데, 접착재료의 성능이 아무리 우수해도 바탕면에 이물질이 있으면 충분한 접착강도를 확보하기 어려움.

· 단열재의 접착이나 마감재로 사용되는 재료는 표면온도 5℃ 이상의 날씨에서 시공하는 것이 좋으며, 비나 눈이 오는 날은 피하는 것이 좋음. 접착재료의 성분은 무기질계와 유기질계, 그리고 유기와 무기 혼합형 등이 모두 허용되며 재료의 성질보다 중요한 것은 접착력의 확보임.
· 접착모르타르는 [그림 2.15]와 같이 테두리를 모두 바르고, 내부에 3~4개의 덩어리 형태로 도포하여야 함. 이때 접착면은 전체 단열재면의 40% 정도를 확보해야 충분한 접착 강도를 확보할 수 있는데, 아직 국내에는 접착면적 및 접착 두께에 대한 별도의 규정이 없는 상황임.



그림 2.15 외단열 마감 단열재 탈락사례(좌) 및 국외의 접착 모르타르의 접착면적(우)

· 접착재료를 테두리와 내부에 모두 발라주는 것은 여름, 겨울철 온도차에 의한 외벽 표면의 수축/팽창을 막기 위한 것으로, 테두리부분에 접착재료를 도포하지 않으면 테두리 쪽이 외부로 휘어지는 현상이 발생하고, 내부 덩어리 형태의 접착재료를 도포하지 않으면 내부가 부풀어 오르면서 하자의 원인이 될 수 있음.
· 국내 현장에서는 외단열 작업을 실시하기 위해 골조공사가 끝난 후 외부비계를 설치하거나 곤도라 시스템, 워크 플래폼(Work Platform)을 이용하여 작업자가 고소작업을 통해 외단열 시공을 실시해 옴. 외부 비계의 경우 설치가 용이하고 경제적인 장점이 있으나 층고가 높아질수록 지속적인 비계 투입으로 인한 비용 증가뿐만 아니라 하부의 하중 부담이 증가하는 문제점을 가지기 때문에 최근 건물의 고층화 추세를 감안하였을 때 작업의 제한이 발생함.
· 최근 초고층에서는 자동화된 장비를 사용하여 단열 및 외부 마감공사를 실시하고 있으며 이중 Work Platform은 건물외주부에 가이드레일을 설치하고 건물구조에 따른 폭과 길이조절이 가능한 작업발판대가 가이드 레일의 상하로 이동하면서 단열 및 외부 마감공사의 고소 작업공간으로 사용됨(SH공사 도시연구소, 2012).

(3) 외단열 시스템 적용부위별 시공방법

① 기초와 외벽 접합부

· 단열이 치밀하지 않은 건물에서 다량의 열손실을 보이는 부위가 특히 기초 측면임. 바닥난방의 공급열이 이 부위로 빠져나가기 때문에 에너지 손실의 양이 매우 크며, 이로 인해 결로가 생기는 문제도 발생함.
· 물이 직접 닿는 부위에는 흡수율이 낮은 압출법 단열재를 사용하는데, Ground Level + 300mm까지는 압출법 단열재를 사용함. 이는 외부 발코니 외벽도 동일하게 적용되어야 하는데 국내에는 아직 이와 관련한 별도의 지침이 마련되지 않음.

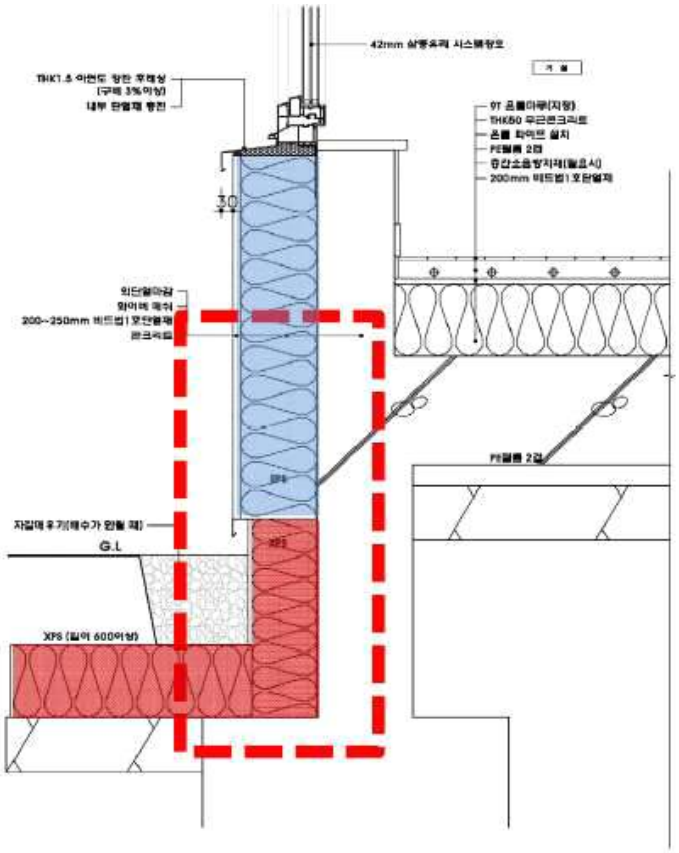


그림 2.16 기초와 외벽 접합부 외단열 시공도면

· 또한 기초 부위의 외벽 오염방지와 단열재 속으로의 우수 침투를 막기 위해 쇄석 또는 자갈을 채우기도 함. 기초단열재와 외벽단열재의 접합에는 우수 침투를 막기 위해 팽창 밴드를 이용하여 상부 비드법 단열재를 시공한 후 기초부위의 단열재를 시공하기도 함.



그림 2.17 외벽 하단의 자갈층



그림 2.18 팽창 밴드

② 코너 부위

· 외벽의 코너 부위에 시공되는 외단열 시스템은 단열재 부착 시 통줄눈이 되지 않도록 지그재그로 배열한 후 유리섬유 메쉬를 중첩하여 시공함으로써 추후 단열재 탈락으로 인한 하자발생을 예방할 수 있음.
· 이때 코너의 표준 유리섬유 메쉬 시공은 좌, 우면 양측의 메쉬가 약 200mm 정도 각각 겹쳐질 수 있도록(over wrapping) 정밀 시공하며, 고층건물의 경우 3개 층마다 유리섬유 메쉬를 중첩하여 시공하는 것이 좋음.

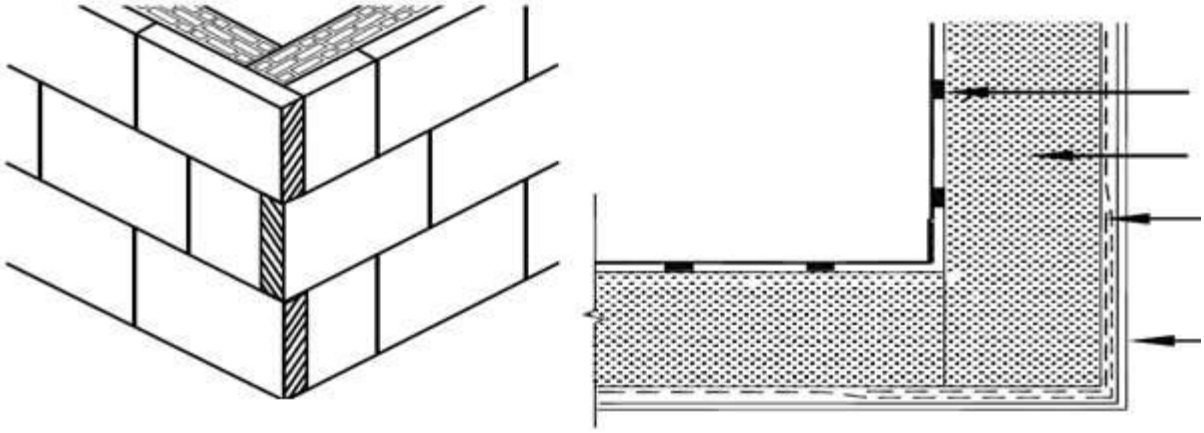


그림 2.19 외단열 시스템 코너 부위 시공

③ 창호 부위

· 창호 주변 모서리와 단열재가 만나는 지점은 균열이 자주 발생하는 지점이기 때문에 단열재 부착 시 통줄눈 시공을 지양해야 함.
· 창호 주변 균열 발생으로 인한 단열재 탈락 현상을 방지하기 위해서는 창호 모서리 부위에 L자형 단열재를 적용하거나 창호의 모든 모서리에 보강 메쉬를 시공하는 방법을 적용할 수 있음.

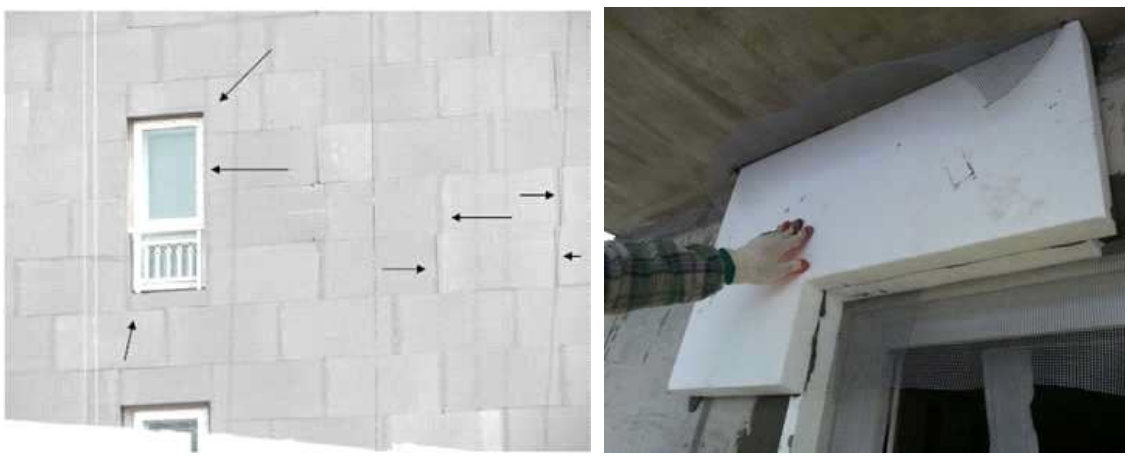
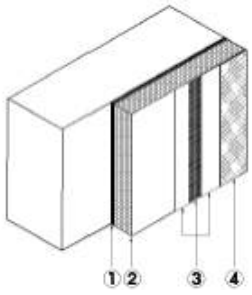
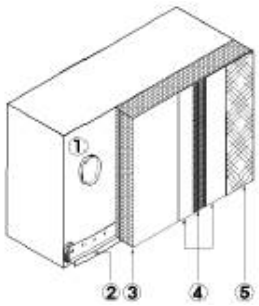
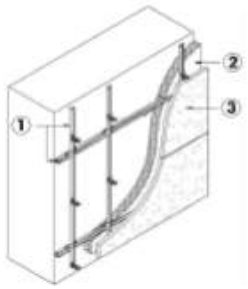


그림 2.20 창호 주변 부위 통줄눈 단열재 시공사례(좌) 및 L자형 단열재 시공사례(우)

(4) 공법에 따른 외단열 시스템 종류

· 국내외 외단열 시스템 제품 유형은 구조체에 외단열 시스템을 고정시키는 방법에 따라 크게 습식, 반건식, 건식(통기식)으로 구분할 수 있으며, 각 시스템의 방식에 따라 외단열 시스템 시공법별 작업순서 및 공법의 특성 차이가 발생함.
· 습식공법의 경우 접착재료를 이용하여 외단열 시스템을 고정하고, 반건식공법의 경우 PVC 트랙과 약간의 접착재료를 이용하여 외단열 시스템을 고정하는 데 이 때 단열재에는 PVC 트랙이 끼워질 수 있는 홈이 생기게됨. 통기식 공법은 석재 혹은 금속재 패널 등을 외부 마감재로 할 경우 적용되며, 단열재와 외부 마감재 사이에 통기층이 형성됨.

표 2.12 시공방식에 따른 외단열 시스템 분류

구분	습식	반건식	건식(통기식)
개념도			
구성	①접착재료 ②단열재 ③베이스 코팅 + 보강메쉬 ④탑코트	①접착재료 ②트랙 ③단열재 ④베이스 코팅 + 보강메쉬 ⑤탑코트	①메탈프레임 ②단열재 – 통기층 ③탑코드
적용부위	일반 외벽	일반 외벽	공동주택 저층부위 석재마감 외벽

(5) 외단열 시스템의 구성 요소별 특징

· 외단열 시스템은 단열재, 접착재료, 메쉬(유리망 섬유), 마감재의 4가지 요소로 이루어져 있으며, 각각의 구성요소가 서로 유기적인 결합을 이루면서 외벽 단열 마감재 기능을 하고 있음.

· 외단열 시스템의 구성요소 중 단열재는 철근 콘크리트나 벽돌 등 이미 만들어진 구조체에 덧대는 것으로 외벽 단열을 위한 기본 자재임. 스티로폼이나 불연성 암면, 난연성 발포 폴리스틸렌 폼이 주로 쓰이는 소재이며 최대 크기 600×1,200mm의 스티로폼이 사용됨. 두께는 건축물의 용도나 상황, 건축주의 요구에 따라 다르게 적용되며 통상 20~150mm까지 사용할 수 있으나 건축물에너지절약설계기준의 지역별 열관류율을 기준한 열저항값을 우선적으로 고려해야 함.

표 2.13 외단열 시스템 적용 유기 단열재 종류

구분	EPS (비드법 1종)	EPS (비드법 2종)	XPS (압출법 단열재)	PF 보드 (페놀 폼 보드)	PIR (경질우레탄보드)
사진					
구성	Polystyrene	Polystyrene	Extruded Polystyrene Foam	Phenol Resin	Polyisocyanurate

· 접착재료는 강력한 접착성 및 방수, 방습효과가 탁월한 도포제로서 내알칼리성 및 투습 저항이 크고 시멘트, 벽돌, 콘크리트 등 기타 단열재와의 접착력도 강함. 일반적인 가사시간(Open Time)은 재료 혼합 후 1시간 이내로 함.

· 메쉬(Mesh, 유리망 섬유)는 외벽의 균열 방지 및 충격 보강 기능을 위해 100% 유리섬유로 제작된 인장강도가 강한 망임. 내구성 증대를 위해 알칼리 성분에 저항이 강하도록 특수 코팅 처

리돼 만들어졌으며 사용하는 곳에 따라 표준 메쉬, 고강도 메쉬, 초고강도 메쉬로 분류됨.
· 외단열의 마감재는 무기, 유기 화합물의 조합물로 구성됨.
· 외단열 마감재료 화합물의 종류에 따른 마감방식은 유기질 마감, 무기질 마감, 유기+무기질 마감, 타일(세라믹)마감으로 구분할 수 있음.

(6) 단열재 탈락 방지를 위한 파스너 설치

· 단열재를 시공함에 있어 추후 탈락을 방지하기 위한 고정용 앵커로 파스너를 설치함. 파스너의 설치는 지역의 풍압에 따른 구조계산 후 시공하게 되며, 일반적으로 4-6EA/㎡ 정도로 시공하나 탈락의 우려가 있는 곳은 추가 시공할 수 있음.
· 파스너 시공시 접착 모르타르에 의해 콘크리트 벽면에 부착된 단열재 위에 전동드릴로 드릴링 작업을 하여 콘크리트 벽체에 깊이 3㎝ 정도가 되도록 한 후 파스너의 원형 디스크가 단열재에 밀착될 수 있도록 타격 방식으로 고정시킴.
· 파스너는 열교차단을 위해 [그림 2.21]의 왼쪽 그림처럼 파스너 나사의 머리가 단열재 안으로 깊이 박히는 경우와 오르쪽 그림처럼 나사머리가 들어가지 않는 경우로 구분할 수 있음.

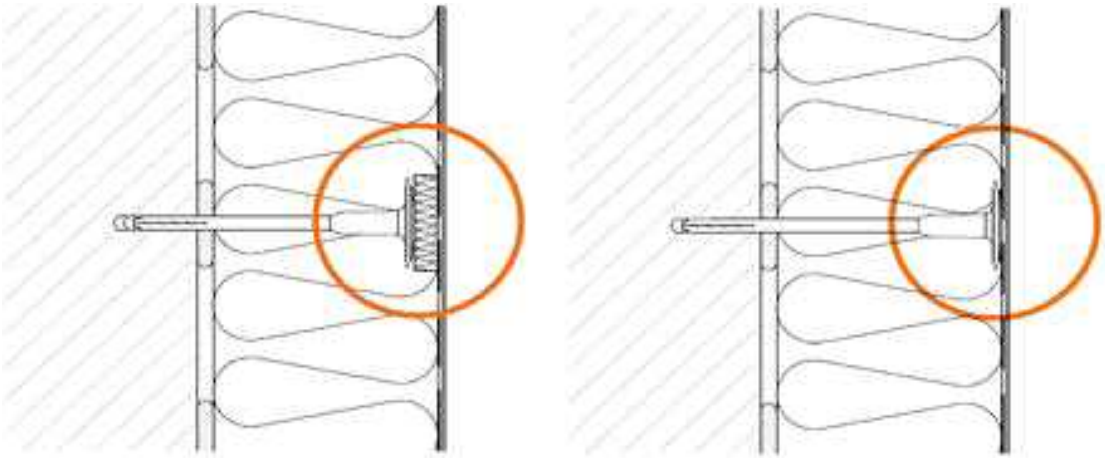


그림 2.21 단열재 탈락방지용 파스너 설치 사례

· 또한 EPS 및 XPS와 같이 rigid한 단열재를 사용할 경우 [그림 2.22-좌]과 같이 T타입으로 패스너의 시공위치를 결정하게 되며, 미네랄울 및 글라스울과 같은 단열재의 경우 [그림 2.22-우]와 같이 W타입으로 패스너를 설치함.

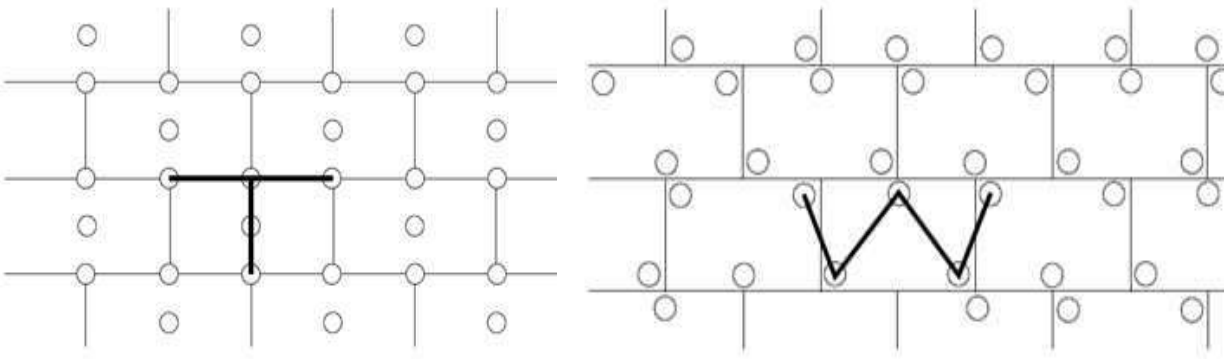
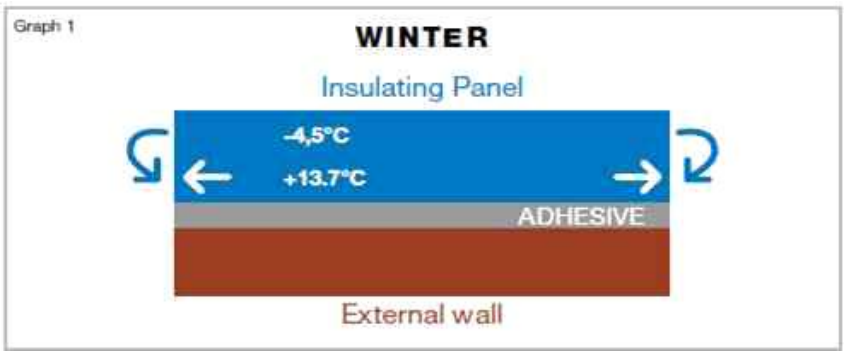
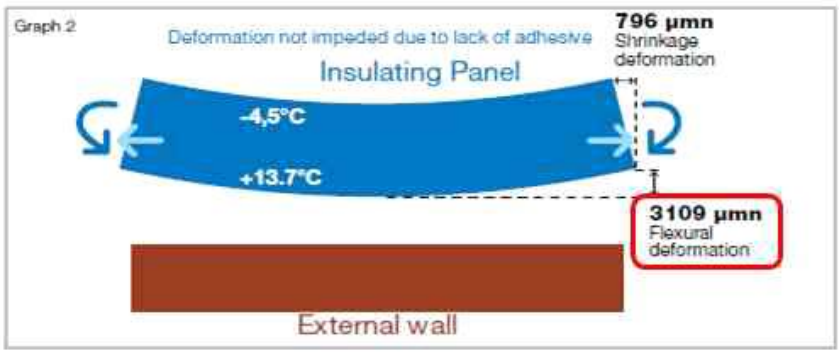
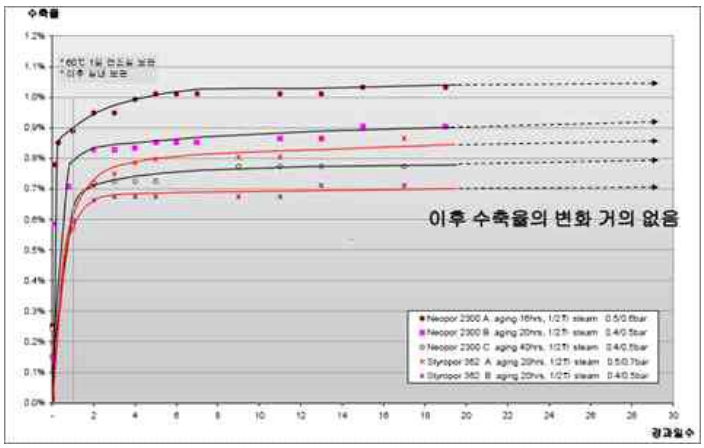


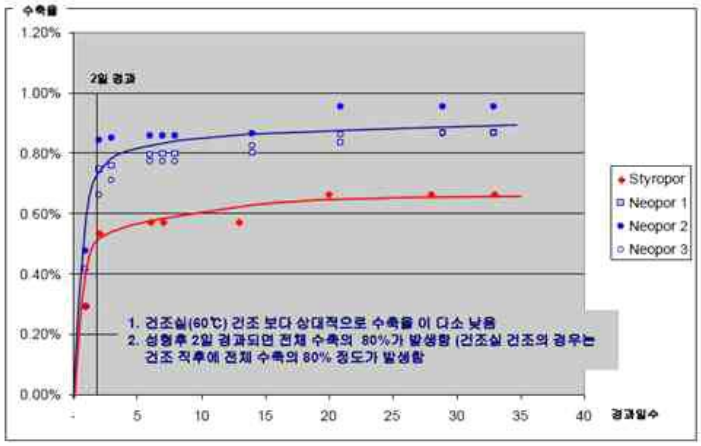
그림 2.22 유기계 단열재 파스너 설치(좌) 및 무기계 단열재 파스너 설치위치(우)

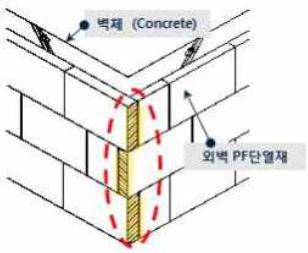
(7) 외단열 시스템의 적용 현황에 따른 문제점 도출

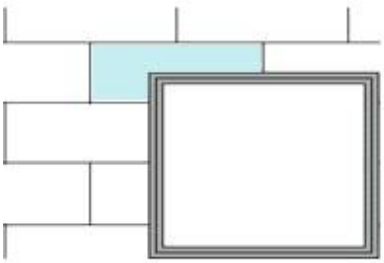
· 본 장에서 검토한 외단열 시스템의 시공방법 및 구성요소, 하자사례에 대한 분석 결과를 바탕으로 외단열 시스템의 적정 품질기준 확보를 위한 개선방안을 도출할 수 있음.
· 외단열 시스템의 적정 품질기준 확보를 위해서는 시스템 구성요소 자체에 대한 자재 품질기준 개선방안과 접착방식 및 시공방법 등과 같은 시공 기준 개선방안을 제시할 수 있음.

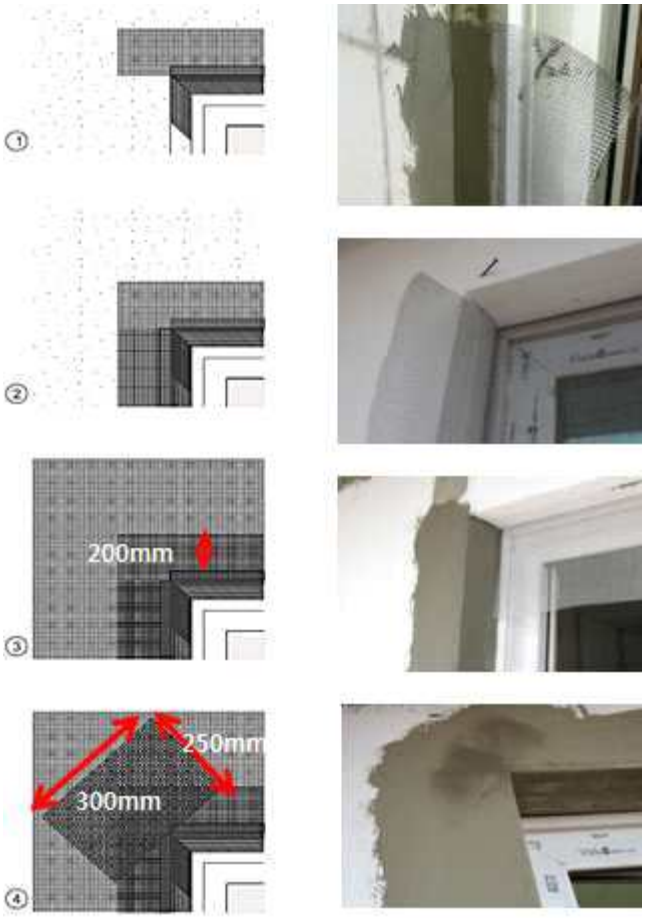
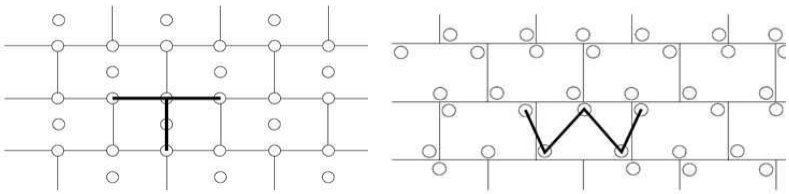
표 2.14 외단열 미장 마감 시스템의 품질 확보방안

대분류	중분류	품질 확보방안
외단열 사용재료 품질 개선을 통한 품질확보 방안	접착재료의 접착강도 확보	· 단열재와 접착재료 사이의 접착강도 확보 · 접착재료와 외벽 사이의 접착강도 확보(Dry or Wet condition) · 접착재료와 단열재 사이의 접착강도(Dry or Wet condition) · 동절기 및 하절기 온도차에 따른 단열재 수축팽창 변형에 견딜 수 있는 품질기준 확보  
	단열재의 숙성기간 (기준)확보	· 단열재의 적정 품질 확보를 위한 6주 이상의 숙성기간 필요 – 단열재의 밀도, 크기 등에 따라 상이할 수 있으므로 이에 대한 정량화 필요 

<table>
<tr><td></td><td></td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="4">외단열 설계 및 시공기준 개선을 통한 품질확보 방안</td><td>접착 모르타르의 접착방식 기준</td><td>· 단열재와 외벽체 사이에 공기가 순환되지 않도록 시공
: 이행되지 않을 경우, 굴뚝 효과 발생으로 탈락할 수 있음
· 리본댑 방식의 접착면적 40% 준수
· 접착재료 품질관리를 위한 분말형 접착재료 사용
 


</td></tr>
<tr><td>메쉬 함침 두께 확보</td><td>· 메쉬 함침 두께는 최소 4mm 이상이 되도록 시공
· 모서리(코너)에서의 표준 유리섬유 메쉬 시공은 좌, 우면 양측의 메쉬가 200mm(8")겹쳐 질 수 있도록(Over Wrapping) 정밀 시공
· 고층 건물의 경우 3개 층 마다 유리섬유 메쉬 중첩하여 시공</td></tr>
<tr><td>통줄눈 시공 지양 기준 마련</td><td>· 단열재 부착은 통줄눈이 되지 않도록 시공
· 특히 코너 부위는 엇갈려 배열한 후 유리섬유메쉬 겹쳐서 시공
 

 </td></tr>
<tr><td>개구부 주변 크랙방지 시공</td><td>· 창호 주변 부위 통줄눈 단열재 시공 지양하고 창호 모서리 부위에 L자형 단열재를 사용하여 크랙 발생으로 인한 단열재 탈락을 예방
 
 </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td>· 창호 주변의 모든 모서리 부위 보강메쉬 시공
 
</td></tr>
<tr><td></td><td>단열재
탈락방지용
파스너
설치</td><td>· 단열재 시공 시 탈락방지를 위한 고정용 앵커로 파스너 설치
· 파스너는 일반적으로 4~6Ea/㎡ 정도 시공
· EPS, XPS와 같은 단열재는 T타입으로 파스너를 설치하며, 미네랄울 및 글라스울의 경우에는 W타입으로 설치
  </td></tr>
</table>

(8) 외단열 시스템 화재사례

① 국내 외단열 화재 현황

· 2014년 국민안전처 국가화재정보센터 화재통계에 의하면 2014년 전체 화재 발생 건수 42,135건 중 건축구조물(주거, 비주거 합산)에서 발생한 화재는 25,822건으로 61.28%에 달하며, 그 중 구조물에서 발생한 화재는 3,785건, **구조 부위 중 외벽에서 발생한 화재는 1,463건으로 구조 항목 중 가장 높은 비율(38.65%)을 보이는 것으로 나타남** [표 2.15].

· **매년 1,000건이 넘는 화재가 외벽에서 발생하고 있으며, 외단열 마감재의 화재 취약성에 대한 기준 마련 필요성에 대해 여러 연구에서 지적하고 있으나, 아직까지 외단열 화재 성능 확보를 위한 별도의 규정 및 기준은 없는 실정**임.

표 2.15 2014년 발화지점별 화재 현황(출처:국민안전처 국가화재정보센터 화재통계, 2014)

발화지점	주거(건)	비주거(건)	소계(건)	비율(%)
굴뚝, 연통	138	172	310	8.19
기둥	16	51	67	1.77
누각	1	4	5	0.13
담장(울타리 등)	54	78	132	3.49
베란다, 발코니	295	163	458	12.1
연결 덕트/피트	29	131	160	4.23
옥상	134	163	297	7.85
옥탑	15	19	34	0.9
외벽	**386**	**1,077**	**1,463**	**38.65**
지붕	119	181	300	7.93
창문	5	24	29	0.77
기타 구조	172	358	530	14
계	1,364	2,421	3,785	100

② 국내 외단열 화재사고 사례

· 지난 2015년 1월 10일 경기도 의정부에서 발생한 대봉그린아파트 화재사고는 사망자 4명, 부상자 126명의 인명피해를 일으킴.
· 발화지점 : 도시형 생활주택 대봉 그린아파트 1층 주차장 (경기도 의정부시 의정부동 평화로 483번길 44)
· 피해규모 : 사망 4명, 부상자 126명, 재산상 추정 피해액 약 90억
· 화재 진행 경과
- 오전 9시 15분: 대봉 그린아파트 1층 주차장내 산악용 4륜 오토바이에서 화재 발생
- 오전 9시 27분: 119 신고 접수
- 오전 9시 33분: 의정부 소방서 현장 도착
- 오전 9시 35분: 불길 번지며 유독가스 확산 (드림타운 2차, 주차타워 1개동, 해 뜨는 마을아파트)
- 오전 9시 55분: 중앙 119 헬기구조본부 헬기 도착 후 구조 활동 시작
- 오전 11시 44분: 화재 완전 진화

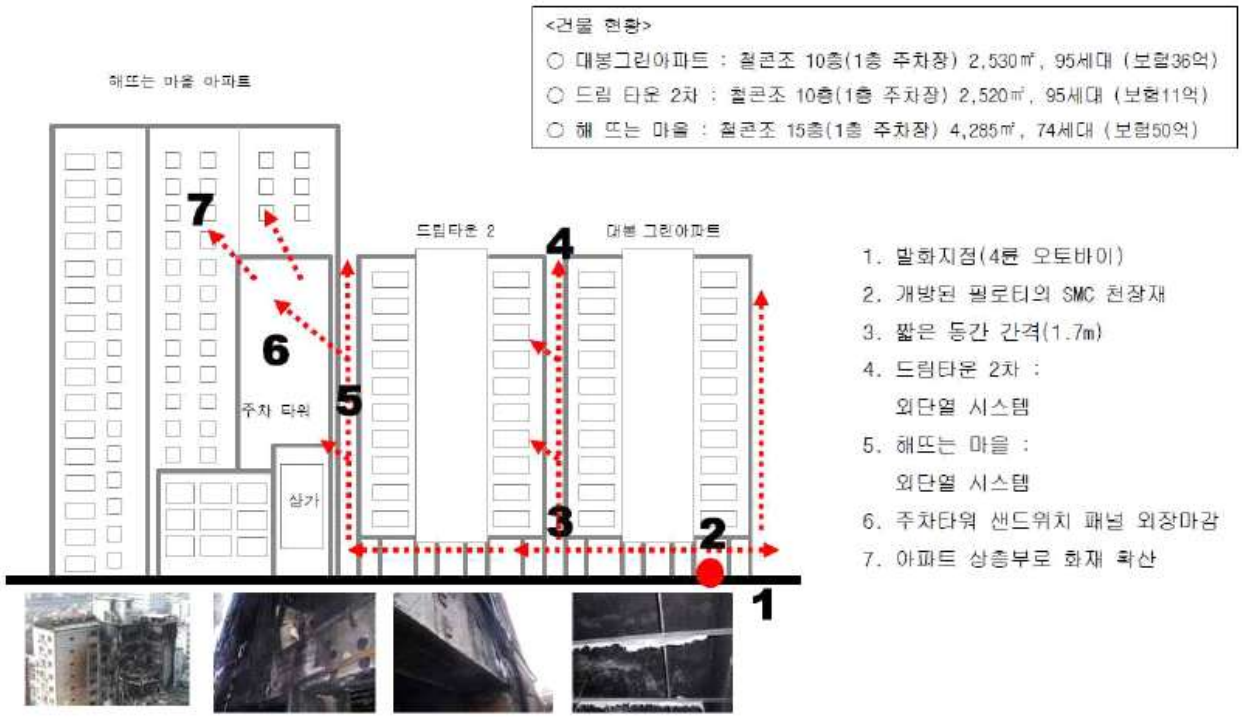


그림 2.23 의정부 아파트 화재 진행 경과

· 의정부 대봉그린아파트 화재사고는 짧은 시간 동안 인접 건물로 불길이 급속히 번져 피해 규모를 더욱 키움. 당 화재사례의 화재확산 원인은 다음과 같이 추정됨.
- 최초 발화점인 주차장 필로티 천장의 SMC(열경화수지, 폴리에스테르)로 인한 화재 수평 확산에 따라 외장재로 화재 연결
- 대봉그린아파트와 인접 건물까지의 간격이 매우 협소하여(2m 이내) 화재 시 불이 옮겨 붙기 쉬운 구조임
- 당 사고현장은 자소성이 없는 일반 EPS 단열재를 사용한 것으로 추정됨
- 외벽 화재로 인하여 화재 및 유독가스의 실내 유입
- 전기 배선반을 통한 화재의 층간 이동으로 최상층 천장 전소
- 계단 통로를 통한 유독가스 이동

③ 국외 외단열 화재사고 사례

· 최근 중국에서는 외단열 시스템으로 시공된 초고층 건물의 화재사례가 다수 발생하면서 외단열 시스템의 화재성능 확보와 관련한 기준들이 강화되고 있음.
· 상해 공동주택 화재 사례 (Jin An Teachers' Apartment, Shanghai, China)
 - 화재발생 일시: 2010년 11월 15일 오후 2시 15분
 - 발화지점: 리모델링 시공 중이던 건물의 10층에서 최초 발화 시작
 - 피해규모: 사망 53명, 71명 부상 추정
 - 화재 발생 원인: 용접과정에서 발생한 불꽃이 외단열 외벽재를 타고 번짐



그림 2.24 상해 공동주택 화재 사례

· 북경 CCTV 본사 화재 사례 (Beijing Television Cultural Center Fire)
 - 화재발생 일시: 2009년 2월 9일 오전 8시 30분
 - 발화지점: 건물 지붕에서 최초 발화 시작
 - 피해규모: 사망 1명, 부상 7명, 재산상 피해액 약 US$ 23.99million
 - 화재 발생 원인: 신년축하 불꽃놀이의 불꽃이 건물의 지붕으로 번진 후 외단열 외별재를 타고 건물 전체를 태움



그림 2.25 북경 CCTV 본사 화재 사례

· 그렌펠 타워 화재 (Grenfell Tower Fire)
· 그렌펠 타워 화재 참사 또는 런던 아파트 화재 참사는 2017년 6월 14일 밤 12시 54분(현지시각)에 영국 런던 켄징턴 북부에 있는 24층 높이의 임대아파트 그렌펠 타워에서 발생한 대형 참사이다.
· 화재 진압 초기에는 적어도 소방관 200명과 소방차 40대가 투입되어 화재를 진압하고 있지만 불길을 잡지 못한 상태였다. 많은 사람들이 불길에 갇혀 있다고 보도되었다. 런던 시장 사디크 칸은 이 화재를 대형 참사라고 발표했다. 화재 건물에서 사람들이 뛰어 내리는 것을 목격한 사람들이 있다고 보도되었다.

- 화재발생 일시: 2017년 6월 14일 오전 12시 54분(현지시각)
- 발화지점 : 4층
- 피해규모 : 사망 72명, 부상 74명
- 화재 발생 원인 : 4층에서 냉장고의 전기 합선으로 플라스틱 외장재가 화재를 키운 것으로 추정됨.

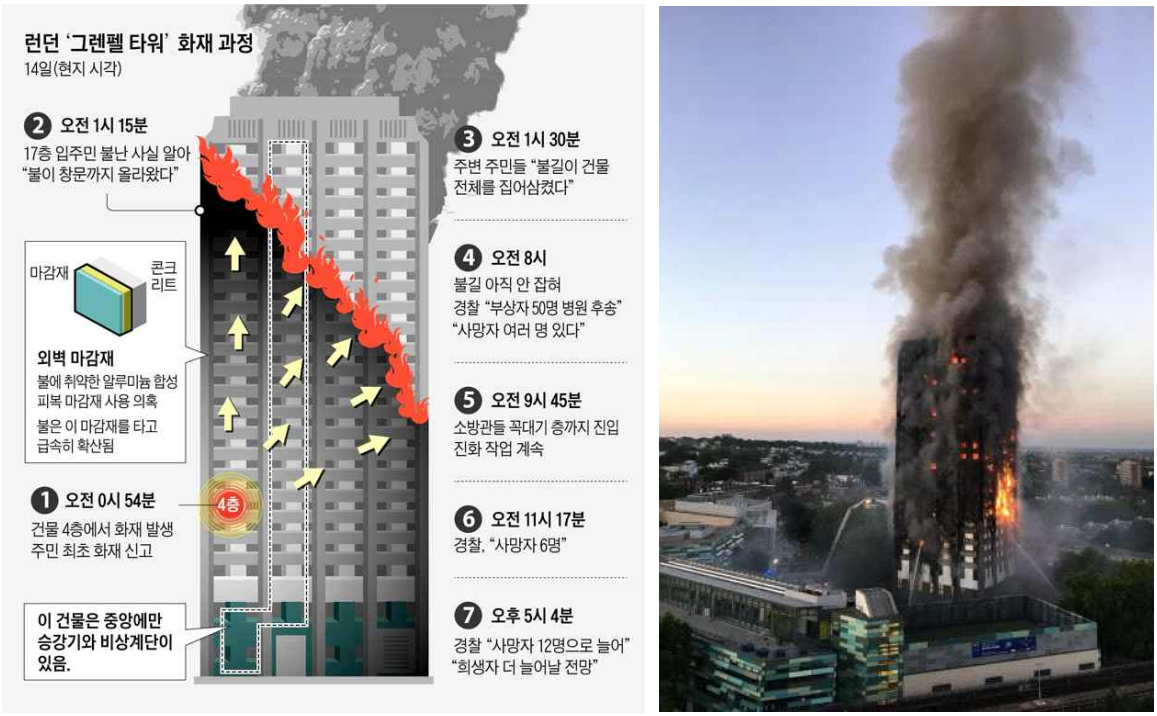


그림 2.26 영국 그렌펠 타워 화재 사례

4) 화재이론 성상 및 화재·피난 관련 법규

(1) 화재의 개요

· 건축물이란 토지에 정착(定着)하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 딸린 시설물, 지하나 고가(高架)의 공작물에 설치하는 사무소·공연장·점포·차고·창고 등을 말한다. 이러한 건축물이 대규모화, 복잡화, 다기능화함에 따라 화재·폭발 등의 재해 시 인명 및 재산피해의 경감을 위해 건축물의 방화계획이 중요하게 작용하고 있다.
· 즉, 건축방화란 문명이 이기인 불에 의해 건축물 내에서 연소하면서 재해가 발생할 경우 [그림 2.27]과 같이 화재 규모를 국한시켜야 하고, 적절한 내장재를 사용하여 화재확산을 지연시켜야 하며, 외기유입을 고려한 개구부(외부창)를 선정하여야하는 일련의 과정이며, 화재를 초기에 소화하기 위해 가연물 제거, 열원 냉각, 산소농도를 낮추는 질식, 연쇄반응 차단을 위한 부촉매 사용 등 소방대책이 필요한 것이다.



그림 2.27 건축 방화 개요

· 화재를 지연, 국한 시키는 과정은 흔히 수동적 대응(Passive System)이라 하여 건축물이 기본적으로 갖추어야 할 사항이며, 소화는 적극적으로 불을 끈다는 개념에서 능동적 대응(Active System)이라 하여 본격 소화하는 과정으로 [그림 2.28]과 같다.
· 이는 다시 [그림 2.29]와 같이 연기의 확산 및 유동을 억제하기 위한 방연구획, 연소범위를 국한시키기 위한 방화구획, 피난 경로 확보를 위한 안전 구획, 소방시설물을 운용하기 위한 관리구획으로 구분할 수 있다.



그림 2.28 재해대책 개요

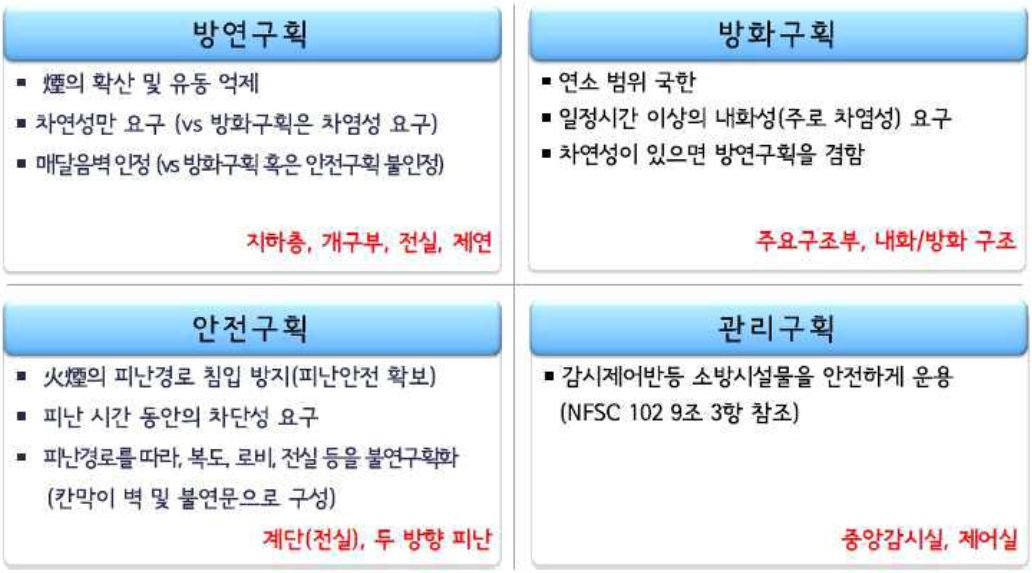


그림 2.29 방화구획의 종류

① 건물의 화재

· 화재가 확대하는 상황을 나타내는 데는 일반적으로 온도의 시간적 변화가 사용되며 이는 [그림 2.30]과 같이 실내화재의 일반적 경과로 나타낸다. 그림에서 0점에서 A점까지는 출화단계이고 실내의 온도(실내의 평균적인 온도를 나타내는 의미로서 실내 중앙부의 천정 가까운 부분에서 측정하는 경우가 많다)는 아직 크게는 상승하지 않으며 그 시간은 화원(火源)이나 착화물(着火物)을 종류 등에 따라 일정하지 않다. 즉 석유난로가 미닫이 옆에서 넘어져 발화한 경우는 시간적으로는 0에 가까우나 방석 등 타기 쉬운 물체 사이에 끼인 담뱃불로부터 방석에 착화하는 경우는 수 시간 이상 경과하는 경우가 있다.

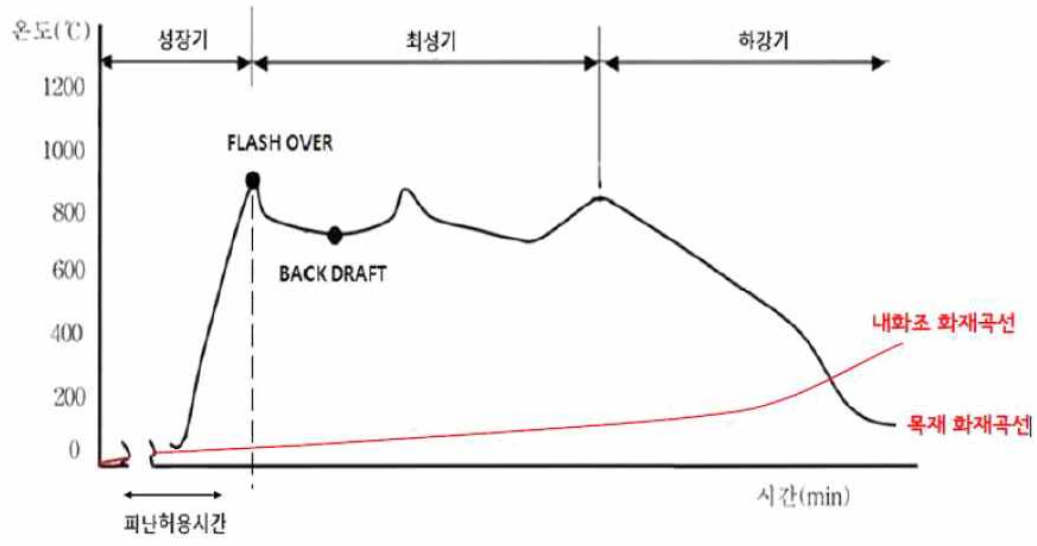


그림 2.30 실내 화재의 일반적 경과

· 그러나 건구라든가 벽판 등에 옮겨 붙고 난 후는 그 이전의 상황에 건의 무관하게 그 실의 조건에 따라서 연소, 화세(火勢)가 확대된다. [그림 2.30]에서 A점은 내장재 등에 착화한 시점에 상당하고 그 후의 실내 온도는 급격히 상승한다. 화염이 천장 면에 달하면 급속히 천정 하면을 따라 수평 방향으로 확대되고 따라서 급속히 천장 면에 화염이 회오리치며 실내 전체가 화염에 휩싸인 형태가 된다. 이와 같은 현상을 'Flash-Over'(이하 F.O로 약기)라 부르며 온도도 B점, 즉 최고점 가까이 달한다.

· B점 이후는 실내에는 화염이 충만하게 되고 모든 가연물이 연소를 계속하고 드디어는 가연물의 대부분이 타버리고 화세도 쇠약해지기 시작하며 온도도 C점부터 D점으로 향해 서서히 하강한다. D점 이후는 다 타지 않은 큰 목재 등의 숯더미가 바닥에 쌓이고 방치해두면 그 부근에는 꽤 장시간 고온이 계속되기 때문에 실내 온도는 200~300℃를 유지하는 상태가 된다. 이상은 일반적인 실내화재의 진행 상황을 실온의 변화의 모양으로 나타낸 것이며 0점부터 B점까지를 성장기(成長期), B점에서 C점 까지를 최성기(最盛期), C점에서 그 이하를 감쇠기(減衰期)라 부른다.

② Flash-Over(F.O)

· F.O 현상은 실내화재에서 아주 중요한 의미를 가진 특별한 현상이다. F.O는 출화단계에서 연소가 착화물 주변에 한정되어 있지만 점차 그 범위를 확대하여 가는 과정에서 연소에 따라 발생한 가연성 가스가 천정부근에 축적되면서 공기와 혼합하여연소범위에 들어가 일거에 인화하여 큰 화염이 되고 실 전체를 화염으로 충만 시키는 상태를 말하고, 명료하게 나타나는 경우도 있지만 조건에 따라서는 거의 나타나지 않고 끝나는 경우도 있다.

· F.O가 생기면 당연히 인간은 실내에서 생존할 수 없기 때문에 재실자(在室者)는 그 이전에 실외로 탈출하지 않으면 안 된다. 또 F.O를 계기로 하여 격렬한 연소에 동반하는 연기(가스)가 실외로 대량 분출되고, 그것이 건물 전체에 급속하게 유동, 충만하는 위험이 있기 때문에 발화실 이외에도 그 부근에 있는 사람 또는 동일 층에 있는 사람들은 가능한 한 이 시점까지 계단이나 기타 피난시설을 통하여 안전한 장소까지 피난하여야 한다.

· 이 피난 허용시간을 정하는 목표가 되는 점이 F.O의 가장 중요한 의의이고 이러한 의미에서 F.O까지의 시간을 1초라도 늦게 하는 대책이 중요하다. 이 F.O점까지의 시간(이하 F.O.T라 한다)에 영향을 주는 요인을 모형실험결과에 따라 살펴보면다음과 같다.

- 실내의 내장재에 있어 되도록 잘 안타는 재료로서 두께가 두껍고 열전도율이 큰 재료를 되도록 천장면과 벽 상부 등의 실내 높은 위치부터 우선적으로 쓸 것.
- 개구율 즉 벽 면적에 대한 개구부의 면적을 작게 할 것.
- 화원의 크기가 클수록 F.O까지의 시간이 짧아지므로 가연성 가구 등은 되도록 소형으로 할 것. 화원의 크기라 함은 실내의 벽이나 바닥 등의 전 표면적에 대한 가연물 표면적의 비로 표현되는 것을 말함.

③ 화재화중(Fire Load)

· 불을 분석하면 열을 포함하는 것(불꽃, 열)과 열을 포함 않는 것(연기, 가스)으로 나누어진다. 화재 시 인명과 재산을 보호하기 위하여 발화를 억제하고 피난 시설을 설치하고 연소(延燒)하지 않도록 화재를 차단하여야 한다. 이러한 차단은 화재로 생기는 열응력 및 가스팽창압력에 견딜 수 있어야 한다.

· 차단을 어느 정도 강하게 해야 하는가를 결정하거나 구조체를 화재에서 어느 정도까지 견디도록 해야 하는가를 결정하기 위하여 화재화중을 평가해야 한다.

· 화재화중이란 주어진 지역 내에 있는 예상최대 가연물질의 량을 말하며 일반적으로 건물 내에 있는 가연성 구조체와 가연성 물품의 량을 말한다. 화재화중의 단위는 단위면적당 가연물질의 무게로 표시하며 발열량으로 표시하기도 한다. 또한 실내가연물에는 여러 가지의 재료가 있고, 연소 시 발열량도 다르기 때문에 실제로 존재하는 가연물을 그에 상응하는 발열량의 목재로 환산하여 등가 목재중량을 이용하는 것이 편리하다.

④ 연기의 유동(流動)

· 화재실로부터 복도에 유출한 연기는 고온의 열기류를 타고 유동하므로 그 거동은 천장 밑을 층상(層狀)으로 흐른다. 이 연기의 온도가 주위의 공기온도까지 떨어지면 연기는 방바닥까지 가득 차게 된다. 연기의 유동속도는 화재실의 온도, 화재실로부터 매초당 분출량, 유로(流路)의 폭, 화재실로부터의 거리 등에 따라서 다르게 되나, 대략적으로 보아 수평방향은 0.3~1m/s, 수직방향은 2~3m/s로 볼 수 있다.

· 화재층의 상부에 있는 층이 그 개구부(창)가 외기에 대해서 폐쇄되어 있을 때 계단을 통해서 상승하는 연기의 유동은 최상층에 흐른다. 최상층이 충분히 충만하게 되면 그 아래층으로 순차 축적되는 경향으로 된다. 단 중간에 창이 외기에 개방되어 있는 층이 있으면 계단 → 복도 → 창 → 외기의 유로의 저항이 적으므로 연기가 둘로 나뉘어 유동하게 되며, 따라서 창이 개방된 층과 최상층이 가장 빠르게 위험상태가 된다.
· 계단이 개방되어 있는 상태의 건물 내 공간은 연속 일체적이므로, 화재층의 상부층은 일반적으로 정압이 되고 하부층은 부압으로 된다. 그래서 상부층에서는 연기의 흐름이 천장부터 바닥까지 균일하게 되는 경향이 있다. 일반적으로 화재층의 상부층에 도달한 연기는 층상류(層狀流)를 형성함이 없이 유동하는데 이것이 피난자의 시계를 상실케 하고 저자세로서 공기층을 호흡하면서 피난하게 되는 화재층의 상태도 기할 수 없고 때로는 화재층보다도 상부층이 위험하게 되는 일이 있다.
· 실재 건물의 실험결과에 의하면 점화 후 약 2분에서 화재실로부터 분출하기 시작한 연기는 약 30m 떨어진 계단실에 즉시 유입하고 점화 후 약 3분경부터 연기는 일제히 각층 복도로 진입하기 시작하여 5~7분에서 상층의 복도부분은 위험한 상태로 되었다. 또한 동실험에서 계단실 내의 연기 상승속도는 최대 3~5m/s로 추정되고 수직방향의 상승속도는 예상 이상으로 빠르고 출화층(出火層)보다 상층의 각층에서는 조금이라도 방심을 하여 피난개시 시기를 아주 위험한 상태에 이를 수가 있다.

⑤ 연기의 특성

· 근래에 내화건물의 화재 시 연기가 빠질 구멍이 없이 건물 내에 충만하고 그 연기로 인해서 희생자가 나타나게 됨에 따라서 연기의 무서움이 인식되고, 연기의 처리, 방연(防煙)의 방법을 연구하게 되었다. 건물화재 시 생기는 연기의 특징은 다음과 같다.

㉠ 연기는 광선을 흡수한다.

· 발연량이 적을 때는 천장면을 따라 층류를 이루어 비교적 빠르게 흐르므로 유도등·표시등이 보이나, 발연량이 많아지고 바닥부터 1m 정도까지 연기로 차이면 암흑세계로 되어 동서남북의 방향감각이 없어지게 된다. 그래서 유도등·표시등은 그 설치위치를 고려하여 가급적 낮은 위치에 설치하게 된다.

㉡ 연기는 유독가스를 다량으로 함유한다.

· 화재연소는 각종 가연물의 혼합 연소임으로 그 결과 생기는 생성 가스도 복잡하다. 새로운 건축재료에는 고분자유기물(高分子有機物)이 사용되며 연기의 농도와 유독성이 증가되고 있다.

㉢ 고온도의 화염을 수반하고 화재확대 연소(延燒)의 주역이 된다.

· 건물 내에서 기체 전달에 사용되는 공기조화용 닥트는 화염과 연기의 전달 관로가 되므로 닥트의 주요 관통부에는 내화성과 기밀을 구비한 방화댐퍼를 설치하는 것이 의무화 되고 있다.

㉣ 산소결핍

· 연소 시 공기 중의 산소가 소비되므로 산소농도는 15% 이하로 되기 쉽다. 인명의 위험은 16% 이하이며 또 유독가스, 자극성 가스가 있으면 산소량과는 관계없이 위험하다.

㉤ 화재 시 발생하는 연기는 고열이며 유동(流動)·확산(擴散)이 빠르다.

· 화재 시 연기는 연소온도에 가까운 고열이며 다량의 에너지를 보유하고 있으므로 유동성·확산성이 빠르나 열을 방출하고 나면 실내공기와 혼합되어 희석된다. 고온의 연기는 천장면을 따라서 확산하므로 방연벽으로 일시 유동을 저지할 수 있으나 온도가 떨어지면 바닥면까지 충만하게 되고 방연용 수직벽도 그 역할을 상실하게 된다.

· 연기를 마시지 않으면 산소결핍·질식·중독의 위험은 적으나, 바닥면 가까이까지 낮은 농도의 연기로서 충만하게 되면 연기가 희석되어 가스·산소결핍의 위험도는 저하하지만 시간의 경과에 따르는 독성의 축적은 피할 수 없다.

· 건물 내 어떤 실 또는 구획 내에서 화재가 발생한 경우 거기서 발생한 연기는 창으로부터 직접 옥외로 유출하는 경우 외에는 일반적으로 실의 출입구(문틈)로부터 복도 및 계단(또는 엘리베이터, 에스컬레이터의 승강로 등)을 따라 상승하거나, 공조닥트, 파이트 샤프트를 통하여 타 층의 각 부분으로 유동, 확산하지만 연기발생량, 유동경로, 유속, 연기농도 등은 화재실에서의 연소발연성상, 유동경로의 형상, 길이, 각 장소의 개구조건(開口條件), 건물내외의 온도차, 외기의 풍향·풍속을 포함한 압력조건 등에 의해 좌우된다.

(2) 방화구획

① 개요

· 방화구획은 화염의 확산을 방지하기 위하여 건축물의 특정 부분과 다른 부분을 내화구조로 된 바닥, 벽 또는 갑종 방화문(자동방화셔터 포함)으로 구획하는 것이다. 방화구획은 대규모 건축물 화재시 그 피해가 일정범위 이외로의 연소를 방지하여 피해를 국부적으로 한정시키기 위한 방책으로 건축법규에서 강력하게 규제되어 있다.

· 방화구획의 종류로는 대규모 내화건축물의 방화구획(면적별, 용도별, 층별)과 목조건축물의 방화벽 설치가 있으며, 기타 공동주택의 세대 간 경계벽, 학교, 병원, 숙박시설 등의 객실간의 간벽을 내화구조로 하여야 하는 것 등이 있다.

· 방화구획은 건물의 어느 한 부분만을 중점적으로 설정한다는 것은 옳지 않다. 화재는 화재하중의 변화 및 방화 등으로 전체 건물 어느 곳에서도 발생할 수 있으므로 건물 전체를 보아 구획함이 타당하다.

· 현대에 와서 건축개념이 변화하여 개방된 넓고 높은 공간이 생기고 이로 인하여 인명 탈출이 곤란해지고 새로운 건축재료가 개발되는 등 이 모두가 방화에 대한 과거의 관념을 쇄신하지 않을 수 없도록 하고 있다. 최근의 화재는 화재확대에 대하여 우리가 알고 있는 범위를 초월한 상황과 지역에서 발생하고 있다. 소위 고층건물에서의 굴뚝현상, 외벽창을 통한 상층으로서의 연소, 연기나 유독가스의 건물 내에서의 유동속도 등은 방화구획의 필요성을 증가시키고 있다.

② 목적

· 방화구획은 화재에 대한 Passive적인 대책으로 건축물 내에서 그 내부를 일정한 크기의 면적 및 층으로 구분하여 화재를 하나의 공간으로 한정함으로써 화재가 다른 공간으로 확산되는 것을 방지하기 위함이다. 따라서, 방화구획은 Post-flashover 까지 화재를 한정하는 구획하는 것으로 구조적안정성과 구획기능인 차염성과 차열성을 유지하여 화재확산을 방지하는데 목적이 있다.

③ 설치대상

· 건축법 시행령 제46조 근거하여, 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물로서 연면적이 1000㎡ 넘는 것은 내화구조의 바닥과 벽, 갑종 방화문, 자동방화 셔터로 구획해야 한다.

④ 구획기준

· 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하 '건피방') 제14조에 근거하여 아래와 같이 방화구획을 구획하고 있으며 그 상세 내용은 [그림 2.31] 방화구획 구분, [표 2.16] 방화구획 기준과 같다.

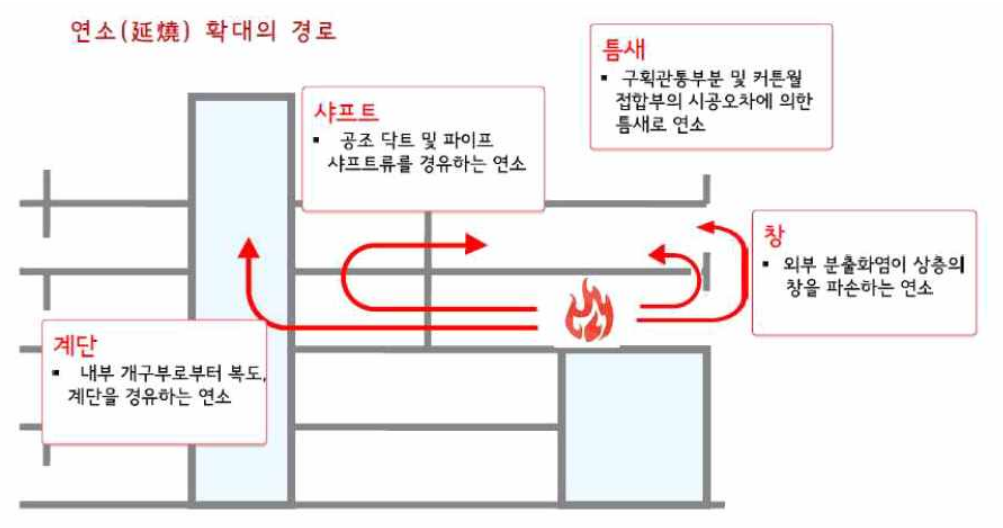


그림 2.31 방화구획 구분

㉠ 면적별 구획

· 면적별 방화구획은 실내와 건물 내 연소확대를 방지하기 위한 수평적인 구획으로 그 구획의 크기는 건축물의 구조, 층수, 내장재의 사양에 따라 구분되며 스프링클러 설비가 설치된 경우는 구획 면적이 3배까지 완화된다.

㉡ 층별 구획

· 층별 방화구획은 상층 또는 하층으로의 연소확대 방지를 목적으로 하고 있으며, 건축법에서는 3층 이상인 층과 지하층은 층마다 구획하게 되어 있다.

㉢ 수직관통부 구획

· 수직관통부 방화구획은 화재실에서 수직관통부로 이동하면 연돌효과나 엘리베이터 피스톤효과, 외부풍력 등에 의한 수직으로 빠르게 이동하는 것을 방지하기 위한 것으로 사람이 수직방향으로 이동하기 위한 계단실, 승강로, 에스컬레이터 및 물품을 수직으로 이송하는 린넨슈트, 덤웨이터, 설비용 샤프트 등이 있다.

㉣ 용도별 구획

· 용도별 방화구획은 동일 건축물 내에 사용방식이나 관리형태가 2개 이상의 용도로 존재하는 경우에는 그 사이에 방화구획을 설치하여 안정성을 기할 필요가 있다.

표 2.16 방화구획 기준

종류	구획	구조
면적별 구획	10층 이하의 층: 1,000㎡ 이내	· 내화구조 바닥, 벽 · 갑종 방화문 · 내화충전구조 · 자동방화셔터 · 방화댐퍼
	11층 이상의 층 : 200㎡(불연재 : 500㎡)	
	스프링클러 설치 시 : 상기 면적의 3배까지 완화	
층별 구획	3층 이상의 층과 지하층은 층마다	
수직관통부 구획	계단실, 승강로 등	
용도별 구획	건축물 내 용도가 다른 부분과 구획	
소방법 상 구획	비상전원 설치장소 제어반 설치장소 소화가스 제어반 설치장소	

(3) 피난원칙

① 개요

· 건축물의 내부에서 화재와 같은 재해가 발생할 경우 패닉현상으로 인해 사람들이 동물적인 본능에 지배되어 평상시에는 생각되지 않은 혼란을 일으킬 가능성이 크다. 따라서 인간의 피난행동 특성을 고려하여 일반적인 피난원칙에 근거한 피난계획을 세워서 피난시간을 줄이는 방법을 계획할 필요가 있다.

· 피난은 화재 기타 재해 등의 비상시에 생명의 안전을 지키기 위해, 보다 안전한 장소로 이동하는 행위이며, 피난 계획에는 건물의 용도, 규모에 따라 수용인원의 성격과 양에서 서로 다르고, 피난 능력에도 차이가 있는 것을 고려해, 피난자가 원활하게 안전한 구획을 지닌 계단 등의 경로를 지나, 최종적으로는 옥외까지 퇴피(退避)할 수 있도록 계획하여야 한다.

· 피난 계획과 건물 전체의 건축 계획과의 관계에서 건물의 기본 계획이 수립되고, 대체적인 규모(바닥 면적, 층수) 및 기본평면 계획(주단면, 입면 계획을 포함)이 책정되고, 검토 결과 기본평면 계획에도 수정이 가해지는 등의 소위 피드백(feed back)이 행해지게 된다. 피난 계획은 비상시 인간 행동에 대한 심리적인 분석을 행하여 입안해 두지 않으면 안된다.

· 한편, 전 건물에 화재 경보를 알려 각층의 사람이 동시에 한정된 피난 계단으로 쇄도(殺到)하면 패닉(panic)상태가 일어나기 쉽기 때문에 계획적으로 적당한 때 피난을 지시할 필요가 있으며, 분산 피난이 가능한 피난로를 계획하고, 그 외에 피난 완료까지 그 피난로가 연기와 가스, 열기류로부터 보호되도록 하여야 한다. 물론, 피난은 반드시 계산대로 행하는 것은 아니기 때문

에 조건에 따라 적정한 안전율을 가미하여 두는 것은 당연하다.

· 지금까지는 이 피난 계획과 같은 방재 안전 관계의 계획이 자칫하면 경시되어 후에 손을 쓰게 되는 경향이 많았던 것이지만, 반드시 당초부터 다른 모든 계획과 동등하게 중요시되어, 전체의 건축계획에 포함되는 것이 필요하다.

② 피난원칙

· 종래의 많은 재해 사례의 경험과 그들로부터 얻어진 교훈에서, 중요한 몇 가지 일반적인 원칙을 발견할 수 있다.

· 피난원칙은 간단명료하고 원시적인 방법으로 일상생활의 동선과 일치시키고 피난자가 원활하고 피난할 수 있도록 안전하게 구획된 계단 등을 통하여 최종적으로 옥외까지 피난할 수 있도록 아래와 같이 계획되어야 한다.

- 전실화재(Flash Over) 발생 이전에 피난이 되어야 한다
- 건물 내 어느 곳에서나 양방향 피난이 가능해야 한다(A 아니면 B 경로)
- 모든 층에는 안전구획이 있어야 한다(피난계단 등)
- 같은 층에서 두 개의 피난계단 상호간에 연결복도가 있어야 한다
- 모든 문은 피난방향으로 열리는 것을 우선한다
- 피난의 완료는 건축물의 대지 밖에 도달하는 것이 원칙이다

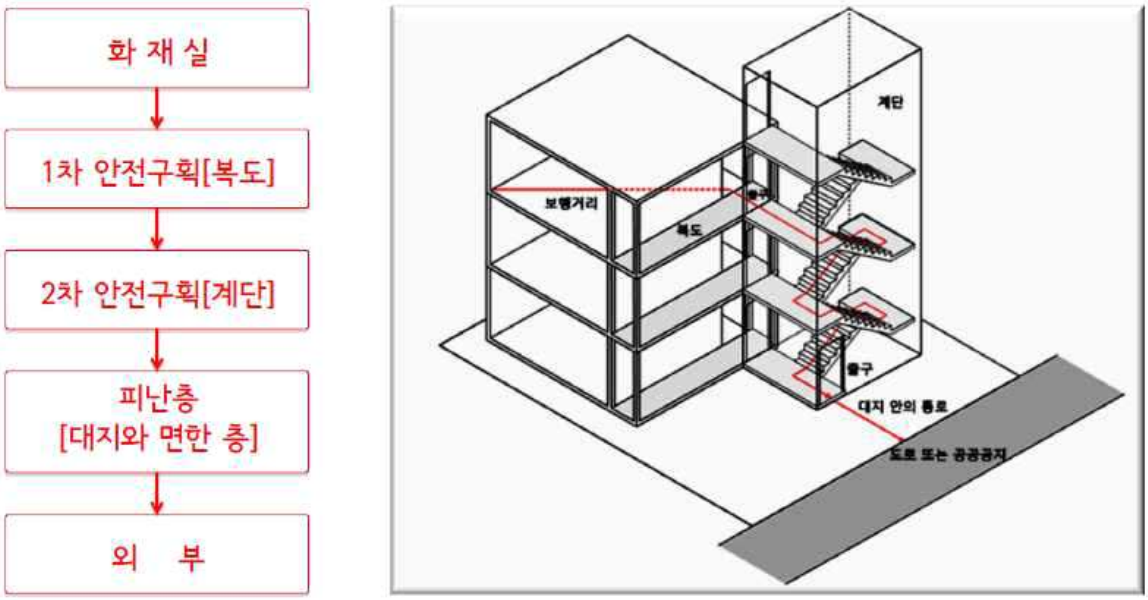


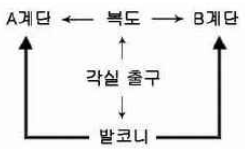
그림 2.32 피난로 구성

㉠ 피난로의 구성

· 화재발생 시 피난로는 화재실 → 1차 안전구획[복도 등] → 2차 안전구획[계단등] → 피난층[대지와 면한 층] → 외부로 이루어져야 한다.

· 즉, 피난로는 화재실에서 탈출하여 복도, 비상구 접근로(exit access), 피난통로(exit), 계단에서 피난층, 건축물 바깥쪽으로의 출구(exit discharge)로 이어져야 하며, [그림 2.32]와 같이 피난로를 구성하여 [표 2.17] 피난로의 존(Zone)별 구획 같이 최종으로 옥외공공도로까지 안정성을 확보해야 한다.

표 2.17 피난로의 존(Zone)별 구획

존	목적	대책
출화실 또는 구획	출화실 또는 구획에서 재실자 탈출	가능한 한 서로 떨어진 위치에 설치한 2개 이상의 출구
실 출구→복도→계단	출화층 각실 출구에서 계단까지 출화층에 있던 전원탈출	실 출구→복도(로비)→계단실의 피난 경로에 있어서도 양방향 피난이 확보되어 있을 것 
계단실 포함한 수직 통로 부분 구획	출화층 이외 전 재실자가 계단을 통해 안전하게 피난 할 것	계단실을 포함하는 수직 통로 부분의 방화방연구획이 확보되어 있을 것
건물의 외부 및 주변부	위에서 기술한 각각의 수단으로 탈출이 늦은 사람의 구조	높이 31m 이하의 건물에 대하여는 소방대에 의한 구조활동을 위한 진입구, 발코니, 소방사다리차의 접근로를 확보할 것 높이 31m를 넘는 건물에 대하여는 소방대용 엘리베이터, 전진 거점이 되는 전실외에 소방 대용 소화전, 소방대용 전원 등의 설비를 설치할 것

㉡ 양방향 피난로의 확보

· 한 방향이 화재로 사용이 불가능할 경우에 다른 방향이 사용 가능 하도록 한다.

㉢ 피난로의 안전확보

· 설정된 피난로가 연기나 불, 열에 의해서 오염되지 않고 안전하게 피난할 수 있도록 피난로는 방화구획으로 구획하고, 출입문 등의 개구부는 자동폐쇄장치가 설치된 방화문으로의 계획이 필요하다.

③ 피난계획

㉠ 계획 방침

· 피난 계획은 최우선적으로 화재층의 피난을 생각해야 하며, 직상층과 그상부의층을 동시에 피난시키면 계단의 혼란이 일어나 출화층의 피난을 방해하고 연기의 유입을 불러들일 염려도 있기 때문에 가장 빨리 위험이 닥쳐온다고 생각되는 층 및 피난 대상 인원이 많은 층을 우선적으

로 피난시키는 것이 중요하며, 어느 경우도 계단에 연기를 유입시키지 않도록 하여 피난하는 것이 가장 중요한 일이다.

· 피난을 순서있게 하기 위하여는 적당한 방연구획을 하여 조닝(zoning)피난을 행하는 것이 바람직하고, 다음에 고차 안전구획으로 옮겨 최종적으로는 지상의 안전한 장소까지 일정 시간 내에 옮겨지도록 하는 것이 기본이다.

㉡ 피난문

· 각 존(zone)마다 적절한 시간 내에 피난이 가능하도록 개폐기구(mechanism), 문폭, 방화·방연구조를 가진 피난문이 적정한 위치에 배치되어 있을 필요가 있다. 방화문으로서의 셔터를 남용해서는 안된다.

· 피난을 위해서는 밖열림(밖여닫이)이 가장 유리하다고 생각되지만, 복도와 거실의 중간에 설치할 경우는 피난 방향이 일정하지 않기 때문에 스윙형으로 하지 않을 수 없다. 거실과 복도와의 경계는 피난 후의 폐쇄확보를 위하여는 안열림(안여닫이)이 압력차를 생각하면 유리하기 때문에, 집회실 등을 제외하고 일반적으로는 안열림(안여닫이)으로 한 쪽이 복도의 통행을 위해서도 유리할 것이다.

· 엘리베이터 로비 입구의 방화문은 피난보다도 방연에 중점을 두어야 하며, 계단입구는 피난과 방연 성과를 겸비 대형의 것은 개폐가 어렵고, 미닫이문(가로닫이문)은 기밀성이 낮아 방연은 어렵다.

· 자동문은 1인당의 개구 시간이 길고, 또한 고장, 정전 대책이 필요하며 현관 로비등에 잘 사용되는 회전문은 패닉 상태시의 사용이 어려워 일반적으로는 인정되지않는다.

㉢ 보행거리

· 과도한 보행거리는 피난시간을 증가시키기 때문에 건피방 제11조에서는 피난출구에서 옥외출구까지의 보행거리를 아래와 같이 제한하고 있다.

표 2.18 보행거리

구분	보행거리	주요구조부가 내화구조, 불연재료
계단으로부터 옥외출구까지	30m 이하	50m 이하 (16층 이상 공동주택 : 40m)
거실로부터 옥외출구까지	60m 이하	100m 이하 (16층 이상 공동주택 : 80m)

㉣ 피난계단

· 계단은 가장 중요한 수직 방향의 피난 경로이고, 그 배치·구조·출입구 등에 대하여 피난상의 조건을 만족시킬 것과 동시에, 방연에 대하여는 최대의 배려를 행해 절대로 연기의 상층 전파로가 되지 않도록 하며, 피난·구출·소화활동 등의 거점으로서 최후까지 유용하도록 계획하지 않으면 안된다.

· 계단의 위치는 피난에 이해하기 쉽고, 동시에 방연에 유리한 장소를 선택하여야 하며, 주로 비상시의 안전성에 중점을 두어 그 위치·구조를 결정해야 할 것으로 생각된다. 다음은 계단을 위치, 구조, 기능별로 분류한 것이다.

◦ 특별 피난계단

· 특별 피난계단은 발코니 또는 부속실을 갖는 피난계단이고, 부속실은 옥외 배연을 위한 개구 또는 자연 급기와 배연설비를 갖춘 것이며, 옥내에 면한 부분은 피난상 필요한 출입구(갑종 방화문) 이외는 전부 내화구조의 벽으로 구획되어 있을 필요가 있다. 계단 부속실에 대하여도 같은 구조로 하는 것이 원칙이다.

◦ 직통계단

· 일반 건물에서는 피난층(직접 옥외의 안전한 장소로 나갈 수 있는 층으로 통상은 1층)까지 임의의 층에서 직통하도록 설치한 계단이지만, 물론 옥내에 면한 부분은 전부 내화 구조의 벽 또는 바닥으로 구획되어 있을 필요가 있으며, 피난 상 필요한 출입구는 원칙적으로 갑종 방화문으로 상시 폐쇄식으로 하든지 연기 감지기 연동 자동 폐쇄장치를 부착한 문으로 할 필요가 있다.

· 직통계단이란 피난층, 지상층 까지 계단과 계단참으로 연결된 계단을 말하며, 피난계단은 직통계단에 피난상의 안전이 확보된 구조의 계단으로 그 설치대상과 구조는 [표 2.19]와 같다.

표 2.19 피난구조 설치대상 및 구조

구분	원칙	관련법규
피난계단 설치대상	지상5층 이상 또는 지하2층 이하인 층	건축법 시행령 제35조
피난계단의 구조	건축물 내부에서 계단실로 통하는 출입구에 갑종 방화문 설치	건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제9조

◦ 옥외 계단

· 옥외 계단은 배연설비를 필요로 하지 않으며 연돌효과를 수반할 걱정이 없기 때문에, 옥상까지 관통시키는 것이 가능하고, 동시에 복수층 에서의 피난이 생기더라도 각 층의 인원을 운반하기에 충분한 계단 면적이면 혼란은 발생하지 않지만, 계단면적이 부족할 때는 발코니를 넓게 취해 계단이 한가해질 때까지의 대피 장소로 충당할 필요가 있다.

◦ 부분계단

· 집회실 전용계단, 지상층 전용계단, 지하층 전용계단 등 건물 일부의 층을 연결하기 위한 계단으로 부착방식에 따라 피난 상 유리하거나 또는 불리하게도 된다.

· 다수의 사람이 모이는 실과 피난층 연결하는 계단을 일반 계단을 공용하기 보다도 전용계단의 의한 방식이 유리하며, 하층이 로비 전용 등의 경우는 통로에 설치한 장식적인 계단이라도 좋은 것이 될 것이다.

④ 각 직통계단 상호간 연결 복도

· 건피방 제8조에서는 각 직통계단 상호간에는 각각 거실과 연결된 복도 등 통로를 설치하고 직통계단의 출입구는 피난에 지장이 없도록 [그림 2.33]과 같이 일정한 간격을 유지할 것을 규정하고 있다.



그림 2.33 복도 및 직통계단 규정

(4) 피난특성

· 건축물의 내부에서 화재와 같은 재해가 발생한 경우, 그것을 어떠한 형태로 포착할까가 사람들의 행동이나 안부를 크게 지배한다. 정보가 순서 있고 적절하게 전달된 경우 정연한 피난이 행해질 가능성 크지만, 정보 전달이 늦어져 갑자기 맹렬한 연기가 덮치든지 정전에 의한 혼란이 증가하며, 더욱이 사람들이 동물적 본능에 지배되어 평상시에는 생각지도 않은 혼란을 일으킬 가능성이 크다. 이 경우 인간의 행동을 지배하는 다음과 같은 본능적 행동을 피난 계획에 넣어 두지 않으면 안된다.

① 귀소본능(歸巢本能)

· 인간은 비상 재해 시에 본능적으로 신체를 보호하기 위하여 원래 온 길로 되돌아가고, 또한 일상 사용하는 경로에 의해 탈출을 도모한다고 하며, 항상 사용하는 복도와 계단, 엘리베이터 부근에 모이는 경향이 있기 때문에, 그것으로부터 피난 계단 또는 출구 까지 안전하게 계획하여 둘 필요가 있다.

② 퇴피본능(退避本能)

· 이상하다 눈치 챈 사람들은 우선 실태를 확인하려고 하며 그 근방에 접근하려고 하지만, 사태의 급함을 안 경우 반사적으로 그 지점에서 멀어지려고 한다. 건물의 중심부에서 연기와 불꽃이 상승하면 외주 방향으로, 외주부에서 상승하면 중앙 방향으로 퇴피하려고 한다.

③ 지광본능(指光本能)

· 화재 시에는 검은 연기가 유동하고, 정전되는 경우도 많아, 사람들은 밝은 곳을 찾아 외주로 달아나는 성질이 있기 때문에, 발코니와 옥외 계단과 같은 외주 피난로가 유리하게 된다.

④ 좌회본능(左廻本能)

· 일반적으로 오른손잡이인 사람이 많기 때문에 오른손 오른발이 발달해 어둠속에서 보행하면 자연히 왼쪽으로 돌게 되므로 좌측의 벽면을 따라 피난하는 쪽이 유리하며, 좌측으로 내려가는 것으로 생각하여 두는 편이 혼란이 적다고 말해지고 있다.

⑤ 추종본능(追從本能)

· 비상시에는 한사람의 리더(leader)에 많은 군집이 추종하는 경향이 있으며, 최초의 사람의 행동이 올바른 방향인지 아닌지가 많은 사람의 생명을 지배하는 경우가 있을 수 있다. 따라서 불특정 다수의 사람들이 모이는 시설에서는 피난 유도를 적절하게 행하는 지도자의 육성 및 훈련이 중요한 문제가 된다.

5) 단열재 성능 및 내구성 평가

○ 연구의 목적

· 현재 사용되는 유기계 단열재 중, 페놀 폼 단열재와 경질우레탄 폼 단열재의 경우 준불연재료로 알려져 있다. 현재 고시된 국토교통부의 화재안전성능 보강공사와 관련하여 사용되는 대부분의 재료는 무기계 단열재로 선정되어 있으나 일부에서는 페놀 폼 단열재를 사용하는 것으로 기재되어 있다.

· 그러나 현재 페놀 폼 단열재에 대한 사회적 인식 및 관련 연구의 부족으로 단열재의 경시 변화에 의한 변형, 성능 및 열에 대한 저항성 등의 연구 결과가 부족하여 본 연구에서는 이에 대한 실험 및 측정을 통한 결과도출을 통해 경질우레탄 폼(PIR)과 페놀 폼(PF)을 대상으로 화재확산 방지 보수보강의 용도로의 사용 가능 여부를 검토하고자 하였다.

(1) 실험 및 측정개요

· 실험에 사용한 유기질 단열재는 공장 생산 후 재단 된 단열재를 공시체로 하였으며, 유기질 단열재 중 점유율이 높은 난연 EPS, XPS, PIR 2종2호, 준불연 PIR, PF 총 5종을 선정해 실험 대상으로 정하였다. 노출 환경에 따른 분류를 위해 A, B, C 세 가지 환경 조건으로 분류해 노출시키고 시간의 경과에 따라 물성을 측정하였으며 유기질 단열재를 침지시켜 흡수량을 측정해 물성 변화를 검토하였다. 노출 환경 A, B, C에 대한 가정은 다음과 같다.

- A : 보관, 운반, 적재 등 직사광선에 의한 영향을 받는 상태를 가정
- B : 외단열 등 직사광선의 영향을 받지 않는 외부 환경에 접촉된 마감재 내부 상태를 가정
- C : 내단열 등 실내에서의 온·습도 변화의 영향을 받으며 외기와는 접하지 않는 상태를 가정

· 현재 규정상 EPS는 자외선 차단막을 사용해서 보관, 운반을 하게 되어 있으나 현실적으로 불가능하며 실제 시공 시 적용되지 않고 있다. 따라서 단열재는 태양광으로 인한 영향으로 경시 변화가 일어날 수 있으며 본 논문에서 이로 인한 경시 변화를 알아보고자 한다.

(2) 실험계획

· 본 연구는 유기질 단열재를 선정하여 노출 환경에 따른 물성 변화와 단열재의 내구 성능을 평가하였다. 이를 통해 유기질 단열재의 노출 환경과 시간에 따른 영향과 물성 변화 파악을 목적으로 한다.
· 본 실험의 인자 및 수준은 다음의 [표 2.20]과 같다.

표 2.20 인자 및 수준

인자	수준	수준 수	측정항목
노출 환경	A, B, C	3	열전도율, 함수율(흡습율), 질량, 색, 변형
단열재 종류	난연 EPS, XPS, PIR 2종2호, 준불연 PIR, PF	5	

(3) 실험체 규격

· 사용한 실험체는 두께 50㎜의 단열재를 100 × 100㎜, 300 × 300㎜ 크기로 재단하여 사용하였으며, 각각의 특성은 아래와 같다. 각 재료의 기초 물성은 본 연구에 사용의 적합성을 파악하고 초기 수치 교정 및 정확도와 KS규격에 적합한지 파악을 위해 공인기관을 통한 초기 성능 검토를 진행하였다.

① 비드법 2종(난연 EPS)

· 사용한 EPS는 2종 3호 비중 20kg/㎥로 기존 EPS에 탄소가루를 넣어 제작한 난연성을 가진 제품이다. 다음의 [표 2.21]은 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 난연 EPS의 성능치이다.

표 2.21 난연 EPS 단열재 시험성적서

시험항목	단위	결과치	KS	시험방법
압축 강도	N/㎠	16	8 이상	KS M 3808
굴곡 파괴 하중	N	44	25 이상	KS M 3808
겉보기 밀도	kg/㎥	26	20 이상	KS M ISO 845
초기 열전도율 [평균온도 (23±2)℃]	W/m·K	0.031	0.033 이하	KS M 3808

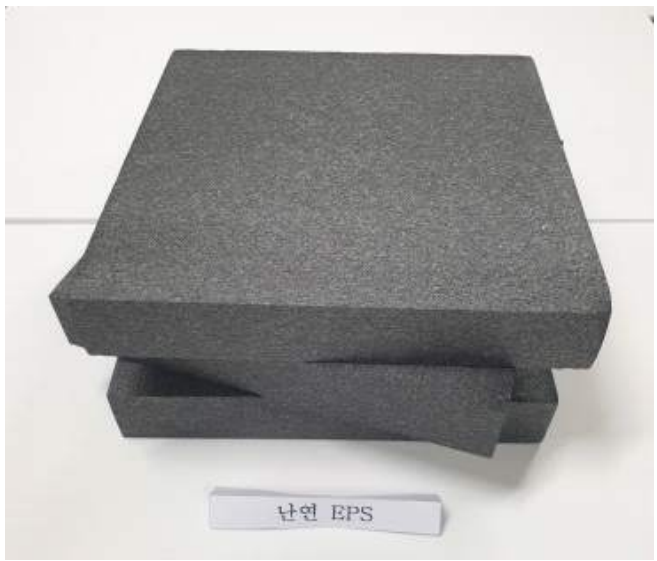


그림 2.34 비드법 2종(난연 EPS)

② 압출법(XPS)

· 다음의 [표 2.22]는 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 XPS의 성능치이다.

표 2.22 XPS 단열재 시험성적서

시험항목	단위	결과치	KS	시험방법
압축 강도	N/㎠	22	18 이상	KS M 3808
굴곡 파괴 하중	N	76	35 이상	KS M 3808
겉보기 밀도	kg/㎥	35	-	KS M ISO 845
초기 열전도율 [평균온도 (23±2)℃]	W/m·K	0.022	0.028 이하	KS M 3808

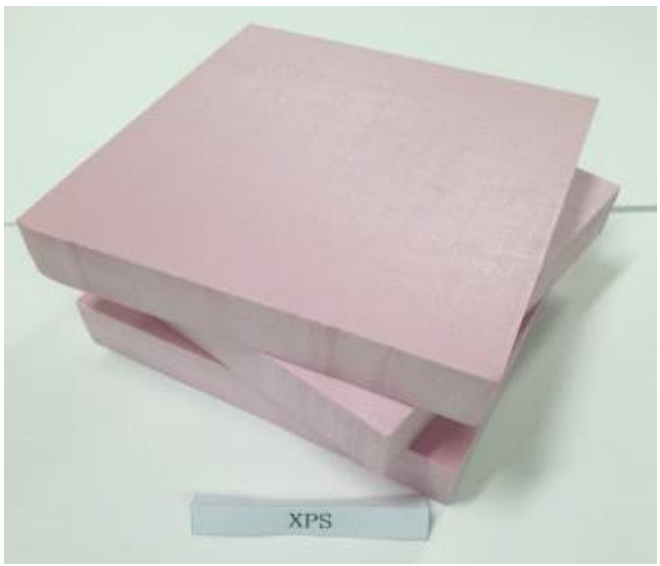


그림 2.35 XPS 단열재

③ 경질우레탄폼(PIR) 2종2호

· PIR 2종2호는 양쪽 표면이 부직포로 표면 처리가 된 단열재이다. 다음의 [표 2.23]은 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 PIR 2종2호의 성능치이다.

표 2.23 PIR 2종2호 단열재 시험성적서

시험항목	단위	결과치	KS	시험방법
압축 강도	N/㎠	20	10 이상	KS M 3809
굴곡 강도	N	25	25 이상	KS M 3809
겉보기 밀도	kg/㎥	37	35 이상	KS M ISO 845
초기 열전도율 [평균온도 (23±2)℃]	W/m·K	0.021	0.023 이하	KS M 3809

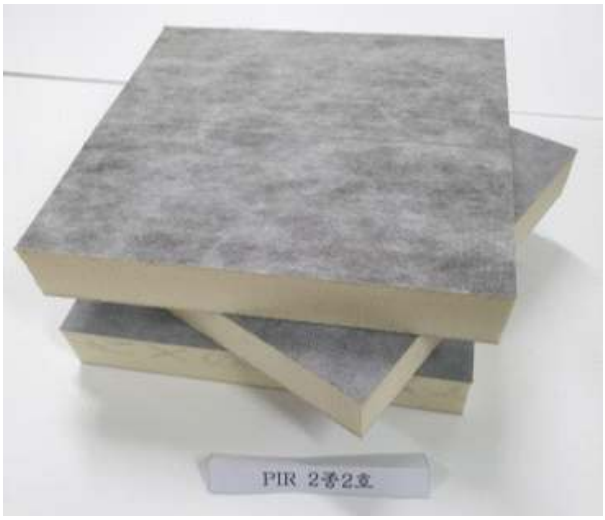


그림 2.36 PIR 2종2호 단열재

④ 준불연 경질우레탄폼(PIR)

· 준불연 PIR는 양쪽 표면이 알루미늄 박막으로 표면 처리가 되어있으며 기존의 PIR 1종이나 2종에서 준불연 성능을 더 강화한 단열재이다. 다음의 [표 2.24]는 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 준불연 PIR의 성능치이다.

표 2.24 준불연 PIR 단열재 시험성적서

시험항목	단위	결과치	KS	시험방법
압축 강도	N/㎠	32	30 이상	KS M 3809
굴곡 강도	N	45	35 이상	KS M 3809
겉보기 밀도	kg/㎥	47	45 이상	KS M ISO 845
초기 열전도율 [평균온도 (23±2)℃]	W/m·K	0.021	0.024 이하	KS M 3809

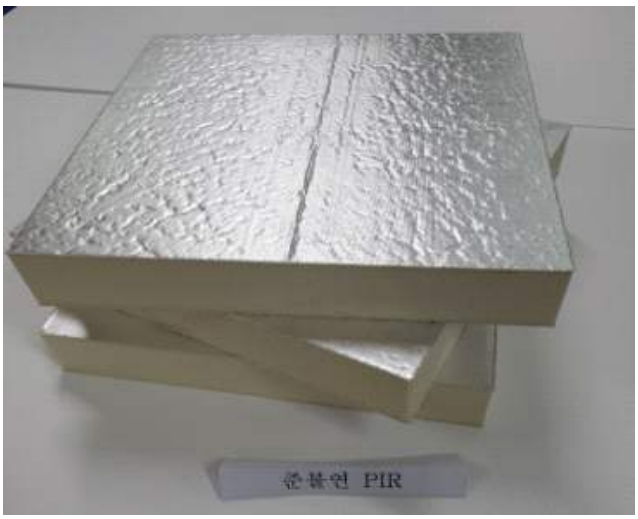


그림 2.37 준불연 PIR 단열재

⑤ 페놀 폼 보드(PF)

· PF는 양쪽 표면이 각각 부직포와 알루미늄 박막으로 표면 처리가 된 단열재이다. 다음의 표는 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 PF의 성능치이다.

표 2.25 PF 단열재 시험성적서

시험항목	단위	결과치	KS	시험방법
압축 강도(10% 변형)	kPa	164	60 이상	KS M ISO 4898
굴곡 파괴 하중	N	42	15 이상	KS M ISO 4898
겉보기 밀도	kg/㎥	38	30 이상	KS M ISO 845
초기 열전도율 [평균온도 (23±2)℃]	W/m·K	0.021	-	KS L 9016
열 전도도 [평균 10℃, 28일 이상]	mW/(m·K)	-	20 이상	KS L ISO 4898 [범주 Ⅰ (벽 단열용)]



그림 2.38 페놀 폼 보드

(4) 노출 환경 및 실험조건

· 노출 환경에 따른 경시변화를 보기 위해 환경 조건을 A, B, C 세 가지 조건으로 잡아 환경을 조성하고 거치대를 설치해 단열재를 노출 시켰다. 거치대는 다음의 [그림 2.39 및 2.40]과 같이 열을 받아 단열재에 영향을 줄 수 있으므로 아이보리색 PVC관을 사용하여 제작하였고 단열재에 닿는 부위를 최소한으로 하기 위해 뒷판이 뚫린 형태에 단열재가 눌리지 않을 정도의 고정핀과 날림방지판을 두었다.

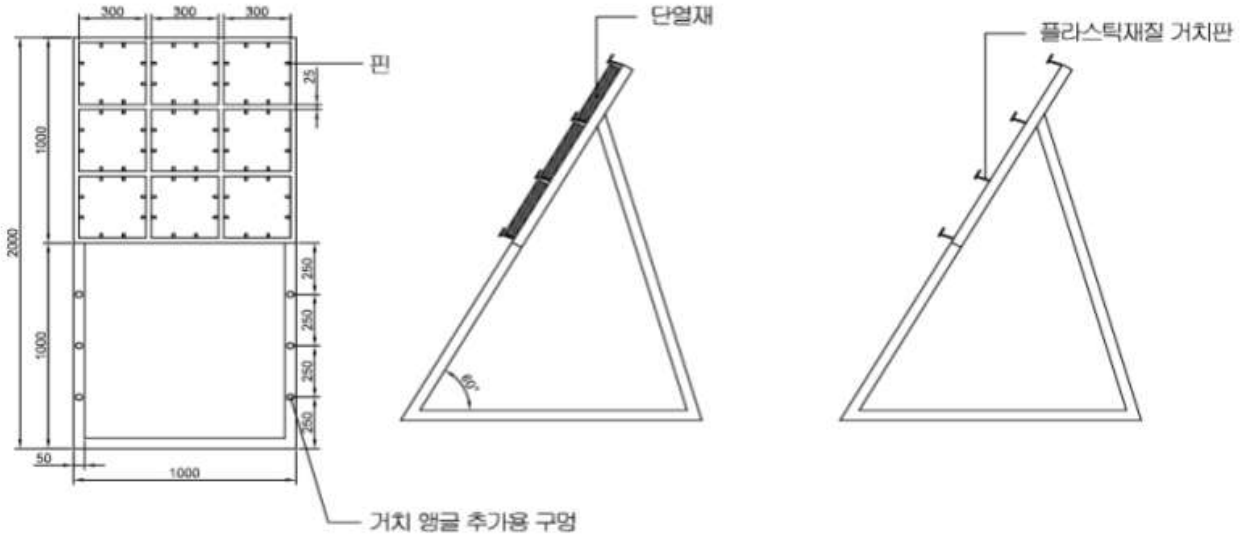


그림 2.39 단열재 거치대 도면

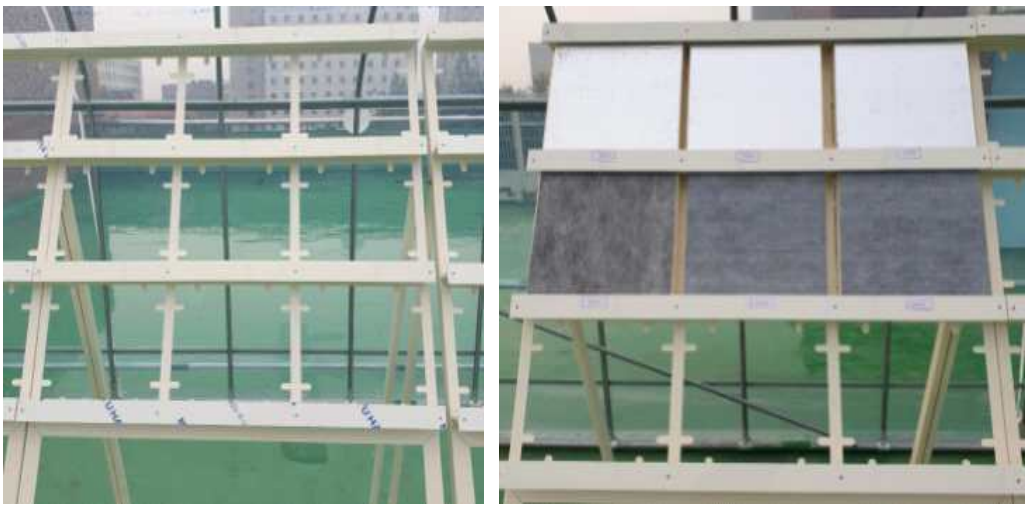


그림 2.40 단열재 거치대(좌) 및 단열재 거치된 모습(우)

· A 조건은 [그림 2.41]과 같이 보관, 운반, 적재 등 직사광선에 의한 영향을 받는 상태를 가정하였으며 비에 의한 영향을 제외한 단열재의 직사광선과 외부 습도 등 외부 환경의 노출에 대한 영향을 알아보고자 하였다.



그림 2.41 A 조건과 해당 조건에 노출시킨 단열재

· B 조건은 [그림 2.42]와 같이 외단열 등 직사광선의 영향을 받지 않는 외부 환경에 접촉된 마감재 내부 상태를 가정하였으며 직사광선을 받지 않는 외부 환경 노출에 대한 영향을 알아보고자 하였다.



그림 2.42 B 조건과 해당 조건에 노출시킨 단열재

· C 조건은 [그림 2.43]과 같이 내단열 등 실내에서의 온습도 변화의 영향을 받으며 외기와는 접하지 않는 상태를 가정하였으며 단열재가 특별한 환경 인자에 영향을 받지 않는 실내 조건에서 시간 경과에 따라서 어떻게 변화하는지를 알아보고자 하였다.



그림 2.43 C 조건에 노출시킨 단열재

· 위의 A, B, C 세 가지 노출 환경에 따라 단열재를 보관하고 각각의 보관 장소의 온·습도계(TM-305U)를 설치해 환경 조건과 시간 경과에 따라 단열재가 받는 영향을 실험을 통해 측정하고 비교하여 단열재의 변화를 측정하였다.

표 2.26 온·습도 측정기 사양

항목		수치
측정 범위	온도	-40℃~85℃
	습도	1~99%
정확도	온도	±0.6℃
	습도	±3%RH
분해능	온도	0.1℃
	습도	0.1%RH
Logging rate		5s~2h
배터리 수명		약 12개월
방수 등급		IP54



그림 2.44 온습도 측정기

(5) 측정기기 및 방법

① 열전도율

㉠ 측정개요

· 열과 습도 등 노출 환경과 시간 경과에 따른 단열재의 단열성능 변화를 측정하기 위해 A, B, C에 단열재를 각각의 환경에 노출시키고 시간 경과에 따라서 열전도율을 측정하였다.

㉡ 재료

· 300 × 300 × 50㎜ 크기의 실시체 3개

㉢ 사용기기

표 2.27 열전도율 측정기 사용

항목	수치
표본 크기	300㎜ (12") square 0 to 102㎜ (0 to 4") thick
온도 범위	-20℃ to 75℃
온도 제어 정확도	±0.01℃
측정 정확도	±2%
재현성	±0.5%
측정 범위	0.005~0.35 W/m·K



그림 2.45 열전도율 측정기

· 사용한 열전도율 측정기는 [그림 2.45]의 FOX 314로 ASTM C518 및 ISO 8301에 준하여 열전도율을 측정하기 위한 장비이다. 열전도율 측정기 사양은 [표 2.27]과 같으며 실험시 20℃의 온도차를 두기 위해서 상판 온도 30℃, 하판 온도 10℃로 고정해서 실험하였다. 열전도율 측정기 작동 시 장비가 자동으로 이동하여 시료에 접촉해 측정기 각 모서리에 위치한 4개의 광학 인코더가 시료의 두께를 측정해 열전도율을 계산한다.

· 열전도율 산출식은 다음과 같다.

$$\text{열전도율(W/m·K)} = \frac{l}{Rc}$$

$$Rc = \frac{\theta_1 - \theta_2}{q}$$

$$q = \frac{1}{2}(K_1 \times e_1 + K_2 \times e_2)$$

여기에서 l : 시험체의 두께(m)

Rc : 시험체의 열저항(㎡·K/W)

θ_1 : 시험체 고온면의 온도(K)(℃)

θ_2 : 시험체 저온면의 온도(K)(℃)

q : 단위 면적당 열류량(열류 밀도)(W/㎡)

K, K_1, K_2 : 열류계의 감도 계수(W/㎡·V)

$e, e_1 e_2$: 열류계의 출력(V)

㉣ 실험방법

· 단열재를 KS L 9016「보온재의 열전도율 측정방법-6.3 평판 열류계법」2매 열류계 방식에 준하여 실험하였다. 입고 시 열전도율을 측정하고 노출 환경에 따라 분류해 노출시켜 4일 후, 7일 후 이후 28일 단위로 측정해 노출 환경에 따른 열전도율의 변화를 측정하였다.

② 질량

㉠ 측정개요

· 열과 습도 등 노출 환경과 시간 경과에 따른 단열재의 질량 변화를 측정하기 위해 A~C 조건에 단열재를 노출시키고 시간 경과에 따라서 질량을 측정하였다.

㉡ 재료

· 300 × 300 × 50㎜ 크기의 실험체 3개

㉢ 사용기기

· 질량 측정은 [그림 2.46]과 같은 AND GX-6100 산업용 자동교정 초정밀 발란스 전자저울을 사용하였으며 사양은 [표 2.28]과 같다.

표 2.28 전자저울 사양

항목	수치
용량	6,100g
최소표시	0.01g
재현성	0.01g
직선성	0.03g
안정시간	약 1.5초
사용온도/습도	5~40℃, 습도 85% 이하



그림 2.46 측정 저울

㉣ 실험방법

· 단열재의 입고 시부터 측정을 시작하였고 노출 환경에 따라 분류·노출해 4일 후, 7일 후 이후 28일 단위로 환경 조건에 따른 질량 변화를 측정하였다.

③ 색, 변형

㉠ 측정개요

· 노출 환경에 따른 단열재의 색 변화나 변형을 파악하고 디지털 현미경을 통해 A, B, C 조건에 따른 변화가 있는지 알아보았다.

㉡ 재료

· 300 × 300 × 50㎜ 크기 실험체 3개

㉢ 사용기기

· 색과 변형은 육안으로 변화를 관찰하였으며 [그림 2.47, 48]과 같이 마이크로 디지털 현미경 MSP -5000으로 230X로 확대해 A, B, C 조건에 따른 변화가 있는지 알아보았다. 디지털 현미경의 사양은 [표 2.29]와 같다.



그림 2.47 디지털 현미경

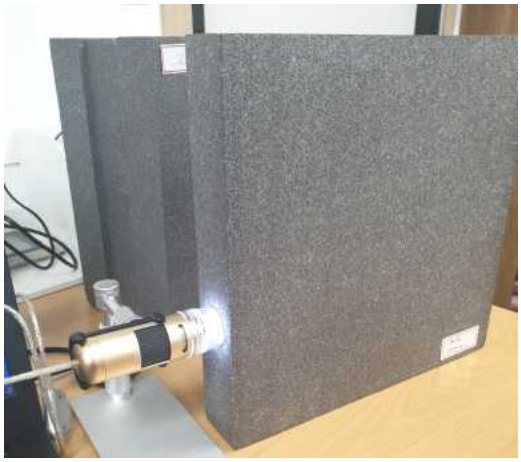


그림 2.48 표면 조직 촬영

표 2.29 디지털 현미경 사양

항목	수치
해상도	2.00 Mega pixels (1,600 × 1,200)
확대율	10~230X

㉣ 실험방법

· 단열재를 보관일로부터 95일 경과 후 디지털 현미경 230X로 촬영해 노출 환경에 따른 변화가 있는지 알아보았으며 색, 변형 등은 육안으로 파악하여 변화를 기록하였다.

④ 함수율(흡습량)

㉠ 측정개요

· 단열재가 노출 환경에 따라 흡습한 양의 차이로 생긴 내부 함수율의 차이를 파악하기 위해 실시하였다.

㉡ 재료

· 300 × 300 × 50㎜ 크기의 실험체 3개

㉢ 사용기기

· 단열재 건조에 사용한 건조는 [그림 2.49]와 같으며 질량 측정은 전자저울을 사용하였다.



그림 2.49 건조로

㉣ 실험방법

· 단열재를 노출 환경에 따라 분류하여 노출시켜 100일 후에 측정하였으며, 질량 측정 후 내부 온도 60℃의 건조로에 24시간 보관 후 질량을 측정하고 7일 간격으로 28일까지 절건 질량을 측정하였다. 건조로 내부 온도를 60℃로 동일하게 맞춰준 이유는 단열재의 인화점 및 미세 조직의 파괴를 막기 위함이며 60℃에서 천천히 건조를 시켜 단열재 내부 수분을 증발시켰다.

⑤ 흡수량

㉠ 측정개요

· 단열재를 침지시켜 시간경과에 따른 변화를 알아보기 위해 실시하였다. 앞서 이론적 고찰에서 말한 바와 같이 각 단열재마다 시편 크기부터 측정법까지 다르기 때문에 상호 결과 데이터를 비교하기 위해 같은 방법으로 측정하였다.

㉡ 재료

· 100 × 100 × 50㎜ 크기의 실험체 3개(KS M 3808에 따라 성형 스킨이 있는 경우 두께 그대로 시험하기 때문에 50㎜로 통일하였다.)

㉢ 실험방법

· 흡수량 측정은 이론적 고찰에서 말한 바와 같이 KS M 3808과 KS M 3809은 같은 방법을 사용하고 있으며 KS M ISO 4898는 다른 방법을 사용해 측정한다. 따라서 기존 측정방법이며 실험실에서 가능한 KS M 3808(KS M 3809와 동일)의 방법에 준하여 실험하였다.
· 시편마다 표피나 박판이 다르지만 KS에 나온 바와 같이 제거 등의 특별한 가공이 없이 표피나 박판이 있는 상태로 실험을 실시하였다.

- 시편을 (23±3)℃의 맑은 물을 넣은 용기 수면에서 50㎜ 아래에 담근다.
- 10초 후에 시편을 꺼내어 연직에서 30°기울인 그물 눈금의 크기가 약 3㎜인 철망에 놓고 30초간 방치시킨다.
- 무게를 0.01g의 정밀도로 측정하고 이를 기준 무게(C)로 한다.

- 다시 맑은 물에 담그고 24시간 흡수시킨 후 기준 무게를 측정할 때와 같은 방법으로 무게(B)를 측정한다.
- 흡수량은 다음 식에 따라 구한다.

$$\text{흡수량}(\frac{g}{100cm^2}) = \frac{B-C}{\text{표면적}} \times 100$$

B : 최종 흡수 후의 무게(g)

C : 기준 무게(g)

· 24시간 이후 흡수량 측정은 7일 간격으로 실시하였으며 기준 무게(B)는 같고 무게(C_χ)를 새로 측정하여 흡수량의 변화를 알아보았다.(χ는 침지 기간)

· 다음의 [그림 2.50~2.52]는 흡수량 측정 과정을 나타낸 것이다.



그림 2.50 단열재 수중 침지 보관

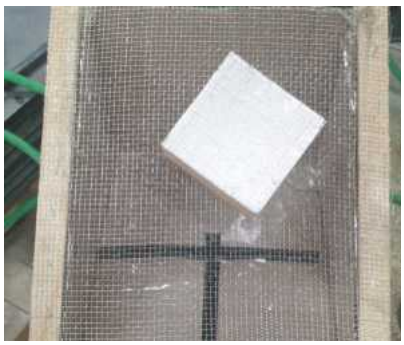


그림 2.51 철망에 30초 방치



그림 2.52 흡수량 무게 측정

(6) 실험결과 및 분석

· 공시체를 환경 조건에 따라 분류하고 시간 경과에 따른 경시변화를 측정하였으며 유기질 단열재를 침지시켜 단열재의 흡수량을 알아 본 결과는 다음과 같다.

① 노출 환경에 따른 경시변화

㉠ 노출 환경의 온·습도

· A, B, C 각각의 노출 환경을 조성하고 환경에 따라 온도와 습도를 측정하였다. 비교를 위해 조건의 시설을 설치한 옥상의 온도 또한 측정하였으며 기상청에서 조사한 천안시 평균 온도·상대습도를 기록하였다[그림 2.53].
· 2019.05.15.부터 2019.09.10.까지 노출 환경 공간의 평균 온·습도 변화를 나타낸 그래프는 [그림 2.54~2.57]과 같다.

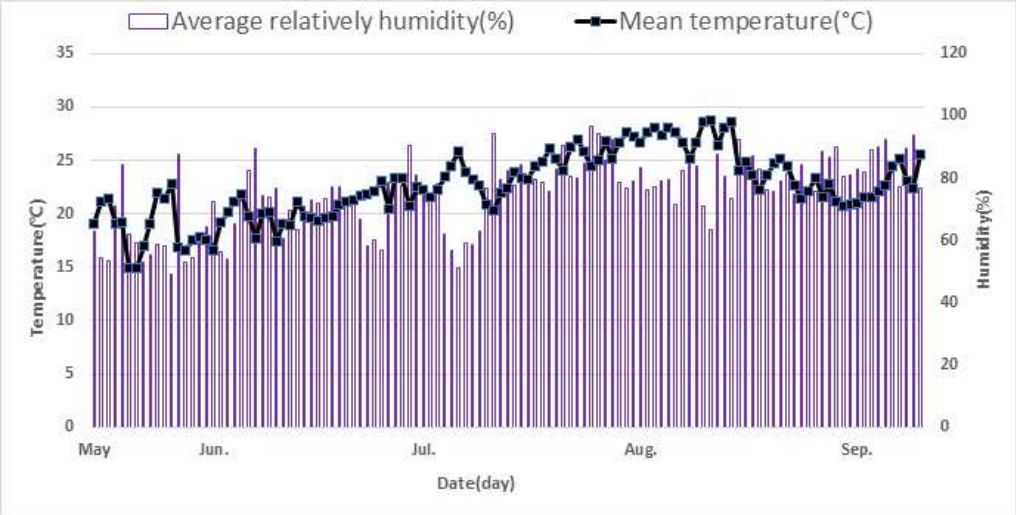


그림 2.53 천안 평균 온도 및 상대습도(출처 : 기상자료개방포털)

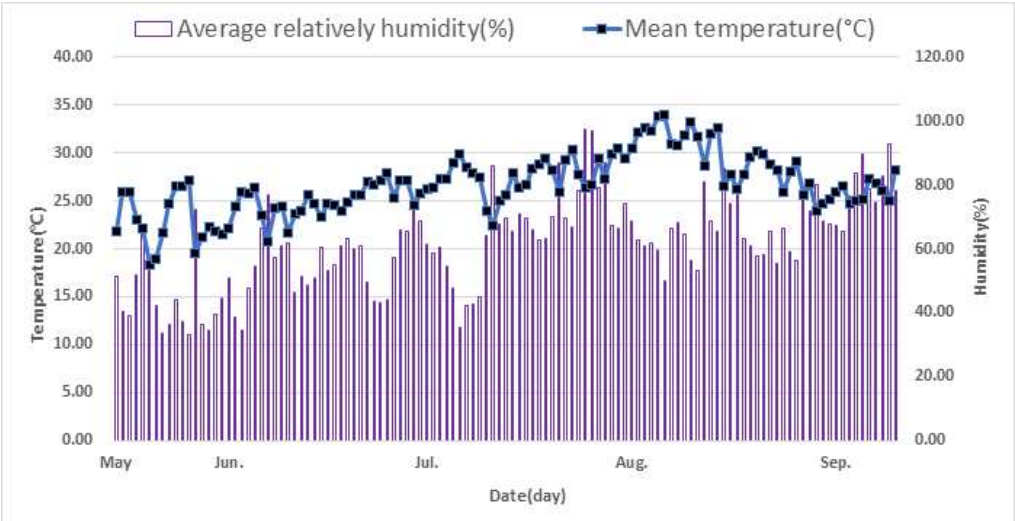


그림 2.54 옥상 평균 온도 및 습도

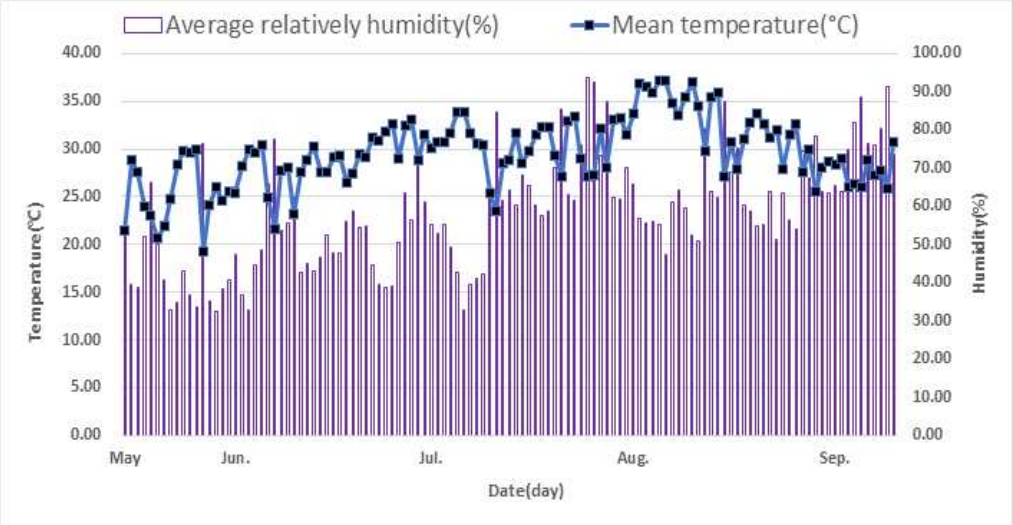


그림 2.55 A 조건 평균 온도 및 습도

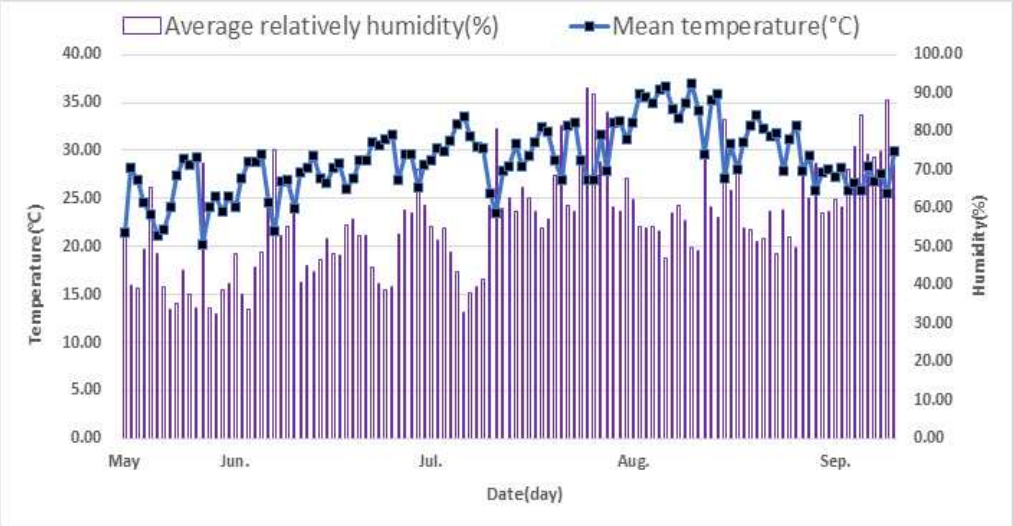


그림 2.56 B 조건 평균 온도 및 습도

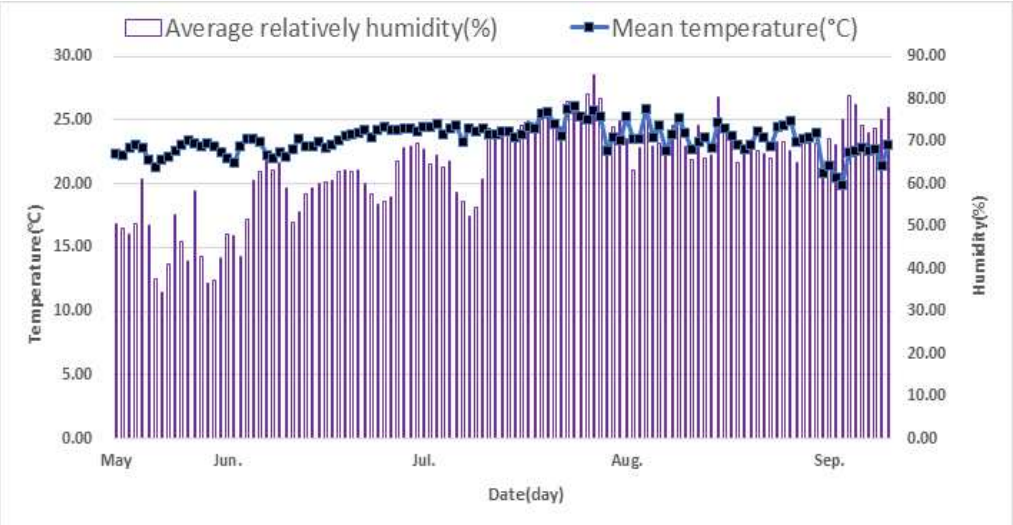


그림 2.57 C 조건 평균 온도 및 습도

· 옥상의 평균 온·습도보다 A와 B 조건의 평균 온·습도가 높게 나타났으며 C 조건은 20~25℃ 사이의 평균 온도가 나타났다. 또한. C 조건은 다른 조건들과 다르게 5월을 제외하고는 40~80% 이상의 습도가 계속해서 나타났다.

· [그림 2.59~61]은 A, B, C 조건과 옥상의 온·습도 분포를 나타낸 그래프이다.

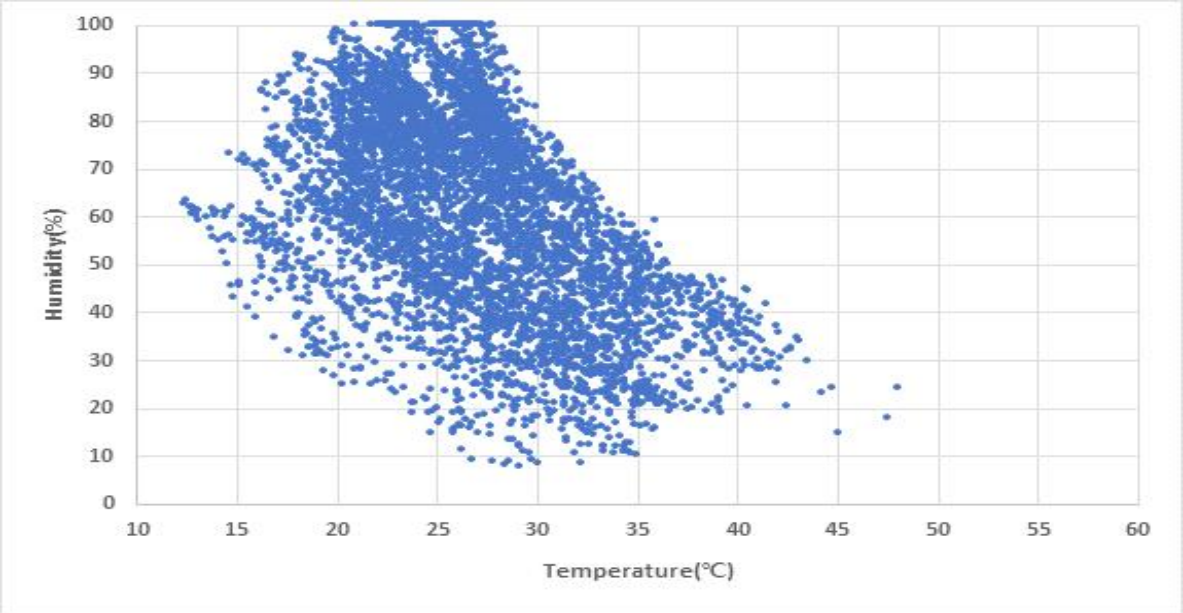


그림 2.58 옥상 온도 및 습도 분포

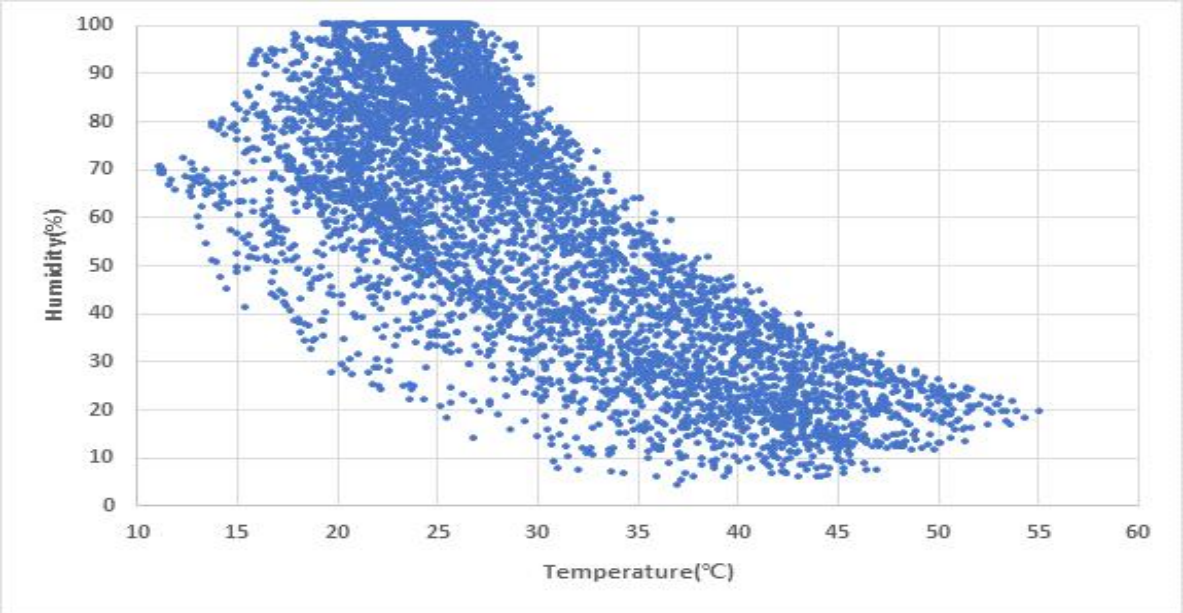


그림 2.59 A 조건 온도 및 습도 분포

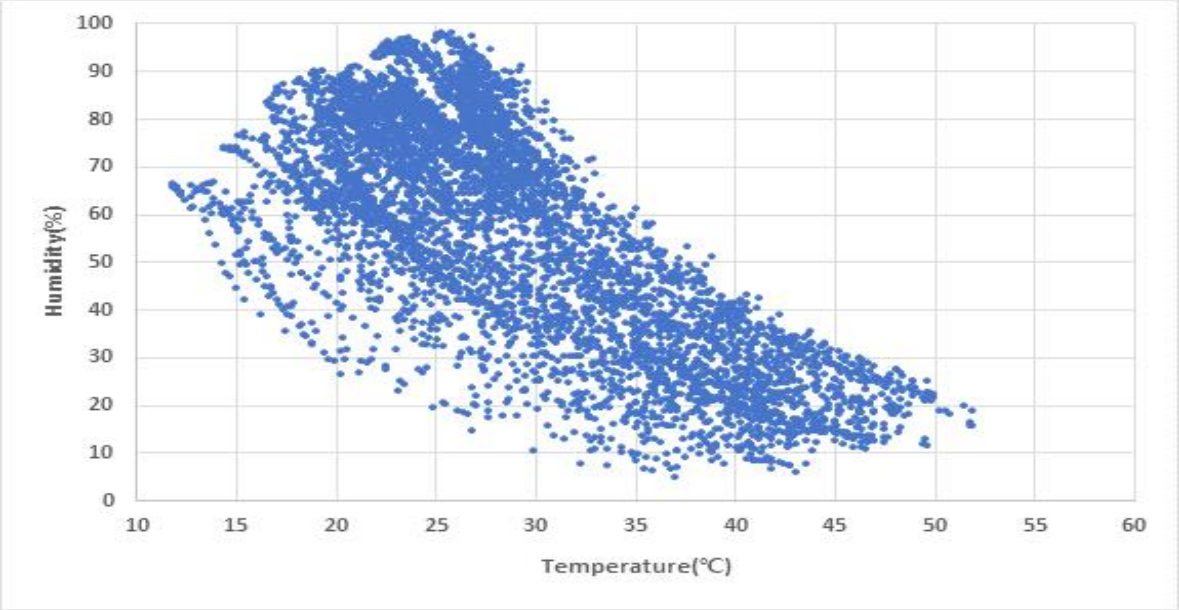


그림 2.60 B 조건 온도 및 습도 분포

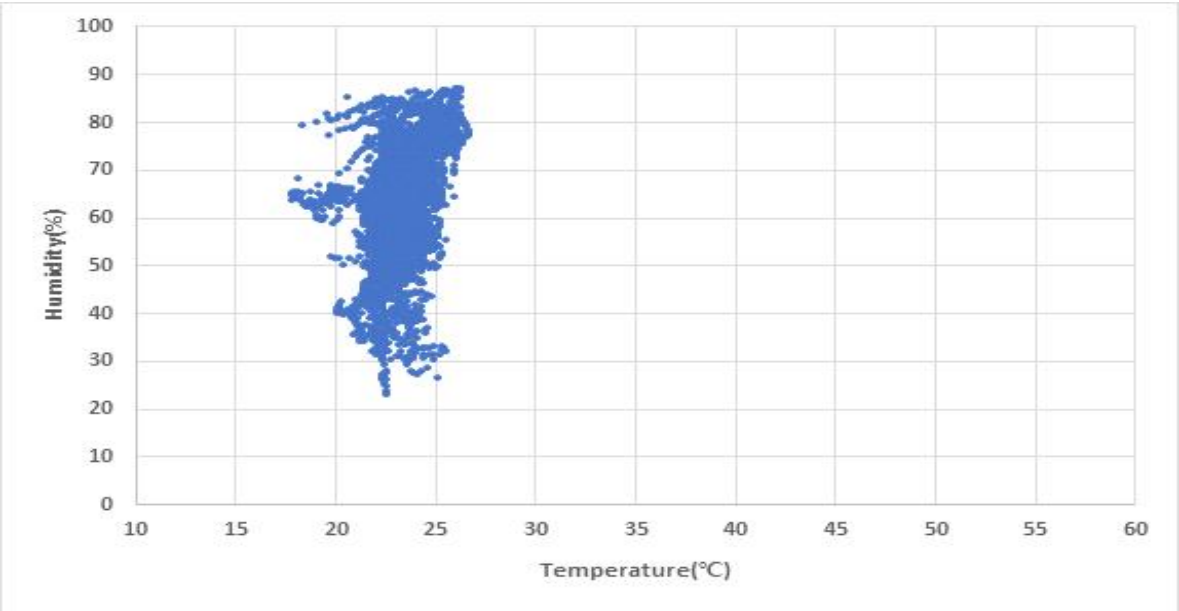


그림 2.61 C 조건 온도 및 습도 분포

· 옥상 온·습도보다 A 조건의 온도 분포가 더 넓게 나타났으며 B 조건은 A 조건과 옥상의 중간 형태가 나타나며 외부보다 고온·건조하고 저온·다습한 것으로 나타났다. 또한, C 조건은 대부분 20~25℃ 부분 5℃ 온도 범위 내에서 습도의 변화는 20~90%로 큰 변화가 나타났다.

② 열전도율

· 열전도율 측정은 난연 EPS, XPS, PIR 2종2호, 준불연 PIR, PF 5종의 단열재를 300 × 300 × 50㎜ 크기로 재단한 단열재가 입고되고 A, B, C 노출 환경에 따라 노출 시켜 KS L 9016「보온재의 열전도율 측정방법-6.3 평판 열류계법」에 따라 측정하였다. 거치하고 4일 후, 7일 후 열전도율을 측정하였으며 이후 28일 단위로 95일까지 단열재의 열전도율을 측정하였다. 입고일의 열전도율은 아직 환경 인자에 따라 분류가 되지 않고 똑같은 조건의 단열재이기 때문에 입고 된 단열재 중 무작위로 3개를 뽑아 측정한 평균값을 적용하였다. 노출 환경에 따른 열전도율의 변화를 다음의 [표 2.30]과 같다.

표 2.30 노출 환경에 따른 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
비드법 2종	A	0.03144	0.03107	0.03119	0.03140	0.03168	0.03194
	B		0.03120	0.03119	0.03138	0.03154	0.03163
	C		0.03131	0.03129	0.03142	0.03155	0.03193
XPS	A	0.02225	0.02244	0.02283	0.02368	0.02435	0.02481
	B		0.02255	0.02292	0.02373	0.02458	0.02486
	C		0.02239	0.02281	0.02350	0.02459	0.02480
PIR 2종 2호	A	0.02116	0.02117	0.02149	0.02148	0.02216	0.02200
	B		0.02109	0.02145	0.02148	0.02190	0.02190
	C		0.02140	0.02174	0.02228	0.02257	0.02288
준불연 PIR	A	0.02125	0.02124	0.02166	0.02244	0.02252	0.02285
	B		0.02133	0.02172	0.02254	0.02265	0.02292
	C		0.02133	0.02165	0.02246	0.02286	0.02315
PF	A	0.02217	0.01983	0.01948	0.02022	0.02137	0.02182
	B		0.01966	0.01949	0.02011	0.02124	0.02150
	C		0.02119	0.02045	0.02051	0.02126	0.02182

· 열전도율 측정 결과 초기 성능 검토를 위해 진행한 한국화학융합시험연구원에 의뢰한 결과와 거의 비슷한 것으로 측정되었다.

㉠ 비드법 2종

표 2.31 난연 EPS 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
비드법 2종	A	0.03144	0.03107	0.03119	0.03140	0.03168	0.03194
	B		0.03120	0.03119	0.03138	0.03154	0.03163
	C		0.03131	0.03129	0.03142	0.03155	0.03193

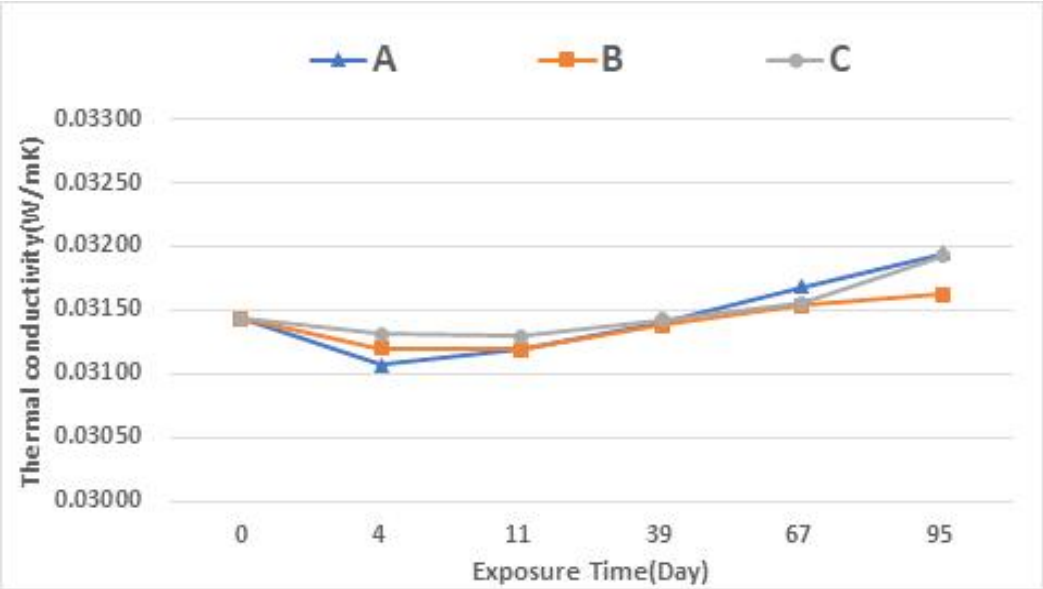


그림 2.62 비드법 2종(난연EPS) 열전도율

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 결과 초기 노출 시간 4일에는 오히려 단열 성능이 소폭 상승하였으나 이후 지속적으로 감소하여 노출 시간 39일 이후 초기 수준의 열전도율이 측정되었다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서 0.00050W/mK, B 조건에서 0.00019W/mK, C 조건에서 0.00049W/mK만큼 단열성능이 감소하였으며 이는 초기 열전도율과 거의 비슷한 수치로 난연 EPS는 환경 조건에 따른 노출 조건이 단열 성능에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

㉡ 압출법 단열재(XPS)

표 2.32 압출법(XPS) 단열재 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
XPS	A	0.02225	0.02244	0.02283	0.02368	0.02435	0.02481
	B		0.02255	0.02292	0.02373	0.02458	0.02486
	C		0.02239	0.02281	0.02350	0.02459	0.02480

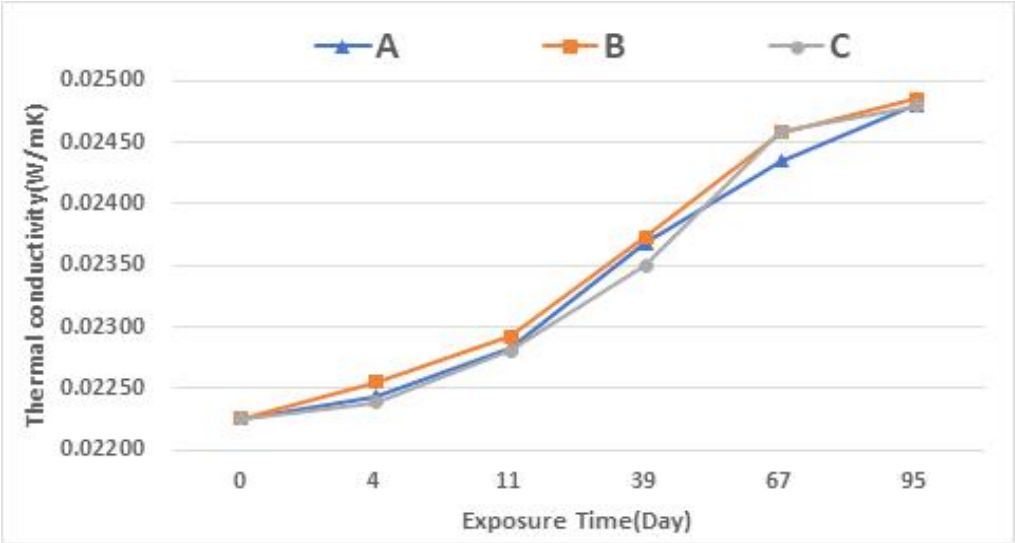


그림 2.63 압출법 단열재(XPS) 열전도율

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 결과 지속적으로 단열 성능이 감소하였으며 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 0.00256W/mK, B 조건에서는 0.00261W/mK, C 조건에서는 0.00255W/mK만큼 단열 성능이 감소하였다. 이론적 고찰에서 말한 바와 같이 XPS는 지속적으로 단열 성능이 감소하였다. 하지만 환경 조건에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따라서 XPS는 환경 조건의 영향을 받지 않고 시간 경과에 따라 단열 성능이 감소하는 것으로 나타났다.

㉢ 경질우레탄폼(PIR) 2종2호

표 2.33 경질 우레탄 폼 2종2호 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
PIR 2종 2호	A	0.02116	0.02117	0.02149	0.02148	0.02216	0.02200
	B		0.02109	0.02145	0.02148	0.02190	0.02190
	C		0.02140	0.02174	0.02228	0.02257	0.02288

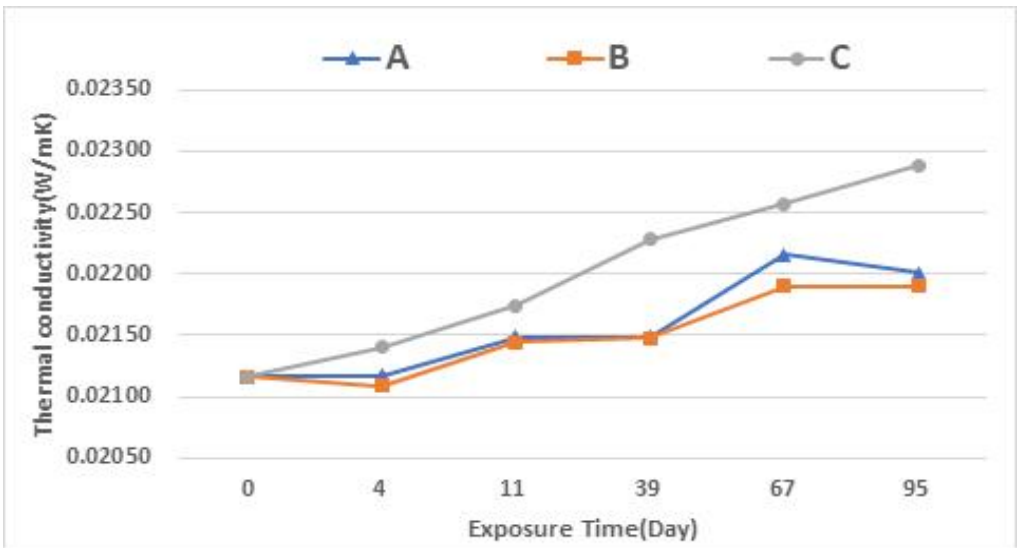


그림 2.64 경질우레탄폼(PIR) 2종2호 열전도율

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 결과 C 조건에서 단열 성능 감소가 가장 크게 나타났으며 95일 노출 경과 후 측정 시 0.02288W/mK로 KS의 초기 열전도율 0.02300W/mK에 거의 근접하게 나타났다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 0.00084W/mK, B 조건에서는 0.00074W/mK, C 조건에서는 0.00172W/mK로 이론적 고찰에서 말한 바와 같이 지속적으로 단열 성능이 감소하였다. PIR 2종2호는 시간 경과에 따른 단열 성능의 감소와 환경 조건에 따른 열전도율 변화 차이가 약간 있는 것으로 나타났다.

㉣ 준불연 경질우레탄폼(PIR)

표 2.34 경질 우레탄 폼 준불열 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
준불연 PIR	A	0.02125	0.02124	0.02166	0.02244	0.02252	0.02285
	B		0.02133	0.02172	0.02254	0.02265	0.02292
	C		0.02133	0.02165	0.02246	0.02286	0.02315

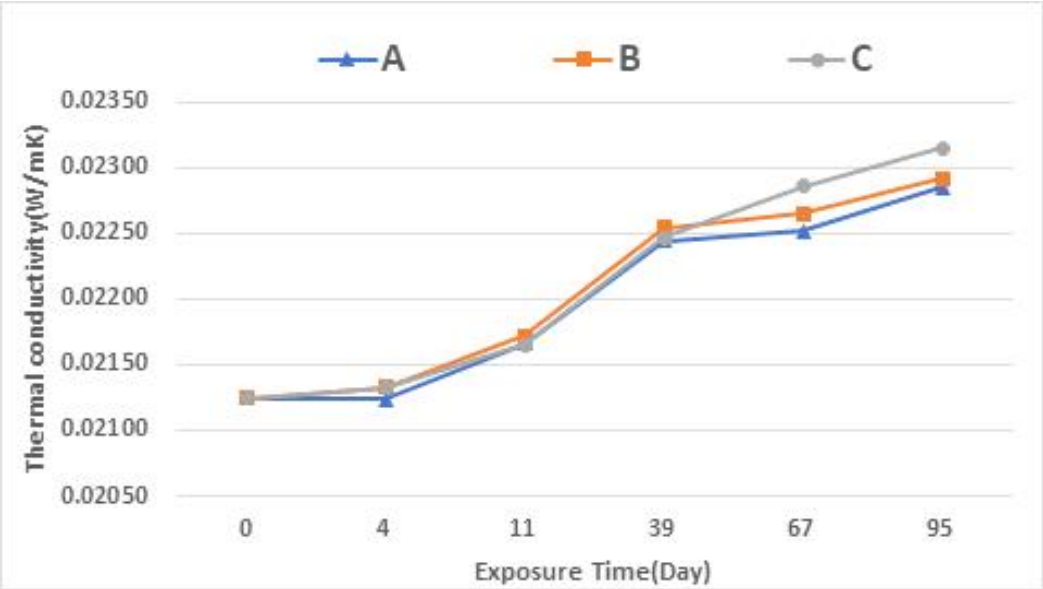


그림 2.65 준불연 경질우레탄폼(PIR) 열전도율

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 결과 이론적 고찰에서 말한 바와 같이 지속적으로 단열 성능이 감소하였으며 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서 0.00160W/mK, B 조건에서 0.00167W/mK, C 조건에서 0.00190W/mK만큼 단열성능이 감소하였다. 하지만 환경 조건에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따라서 준불연 PIR는 환경 조건의 영향을 받지 않고 시간 경과에 따라 단열성능이 감소하는 것으로 나타났다.

㉤ 페놀 폼 보드(PF)

표 2.35 페놀 폼 열전도율 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 열전도율(W/mK)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
PF	A	0.02217	0.01983	0.01948	0.02022	0.02137	0.02182
	B		0.01966	0.01949	0.02011	0.02124	0.02150
	C		0.02119	0.02045	0.02051	0.02126	0.02182

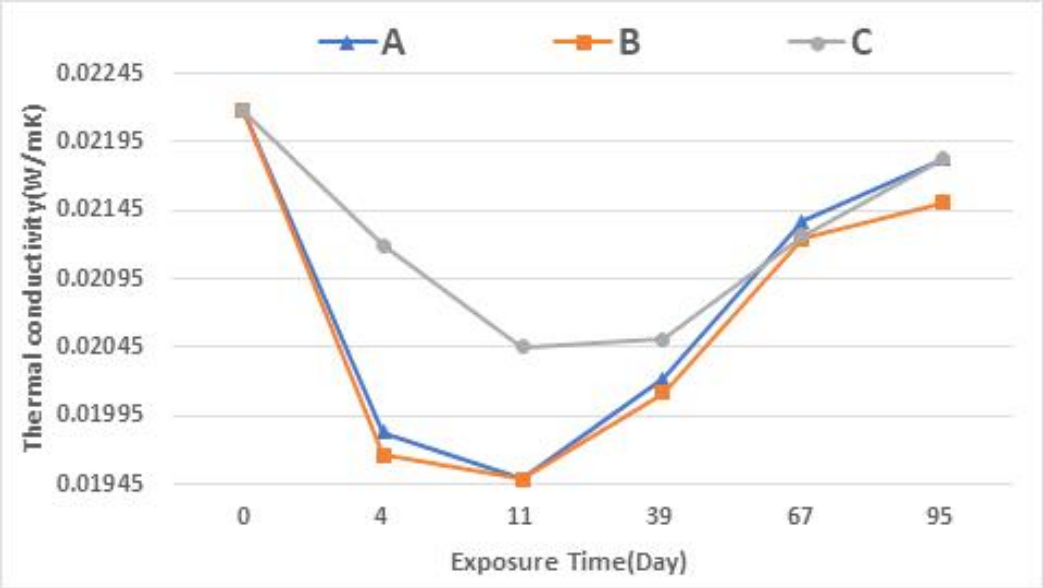


그림 2.66 페놀 폼 보드(PF) 열전도율

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 결과 초기 측정 시 노출 경과 시간 11일까지 단열 성능이 초기보다 A 조건에서 0.00269W/mK, B 조건에서 0.00268W/mK, C 조건에서 0.00172W/mK만큼 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이후 단열 성능이 감소하였으며 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서 0.00035W/mK, B 조건에서 0.00067W/mK, C 조건에서 0.00035W/mK로 A, B, C 모두 초기 측정 열전도율과 비슷하게 나타났다. PF는 환경 조건에 따라 성능 변화의 차이가 생기며 시간 경과에 따라 초기에는 단열 성능이 상승하였지만 다시 점점 감소해 초기 수치와 비슷하게 나타나는 것을 확인하였다. 따라서 이후의 열전도율 성능변화에 대한 지속적인 관찰이 요구된다.

○ 열전도율 측정 결과 비교

· 노출 환경에 따른 열전도율을 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.36 열전도율 측정 결과 비교

단열재 종류	조건	초기 열전도율 (W/mK)	최종 열전도율 (W/mK)	열전도율 차이 (W/mK)	초기 단열 성능 차이 증감 중 노출 환경에 따른 최대 차이(%)	초기-최종 단열 성능 차이 증감(%)
난연 EPS	A	0.03144	0.03194	0.00050	-1.590	-1.590
	B		0.03163	0.00019	-0.604	-0.604
	C		0.03193	0.00049	-1.559	-1.559
XPS	A	0.02225	0.02481	0.00256	-9.438	-11.506
	B		0.02486	0.00261	-10.472	-11.730
	C		0.02480	0.00255	-10.517	-11.461
PIR 2종2호	A	0.02116	0.02200	0.00084	-1.512	-3.970
	B		0.02190	0.00074	-1.512	-3.497
	C		0.02288	0.00172	-5.293	-8.129
준불연 PIR	A	0.02125	0.02285	0.00160	-5.596	-7.529
	B		0.02292	0.00167	-6.588	-7.859
	C		0.02315	0.00190	-7.576	-8.941
PF	A	0.02217	0.02182	0.00035	+10.555	+1.579
	B		0.02150	0.00067	+11.322	+3.022
	C		0.02182	0.00035	+4.420	+1.579

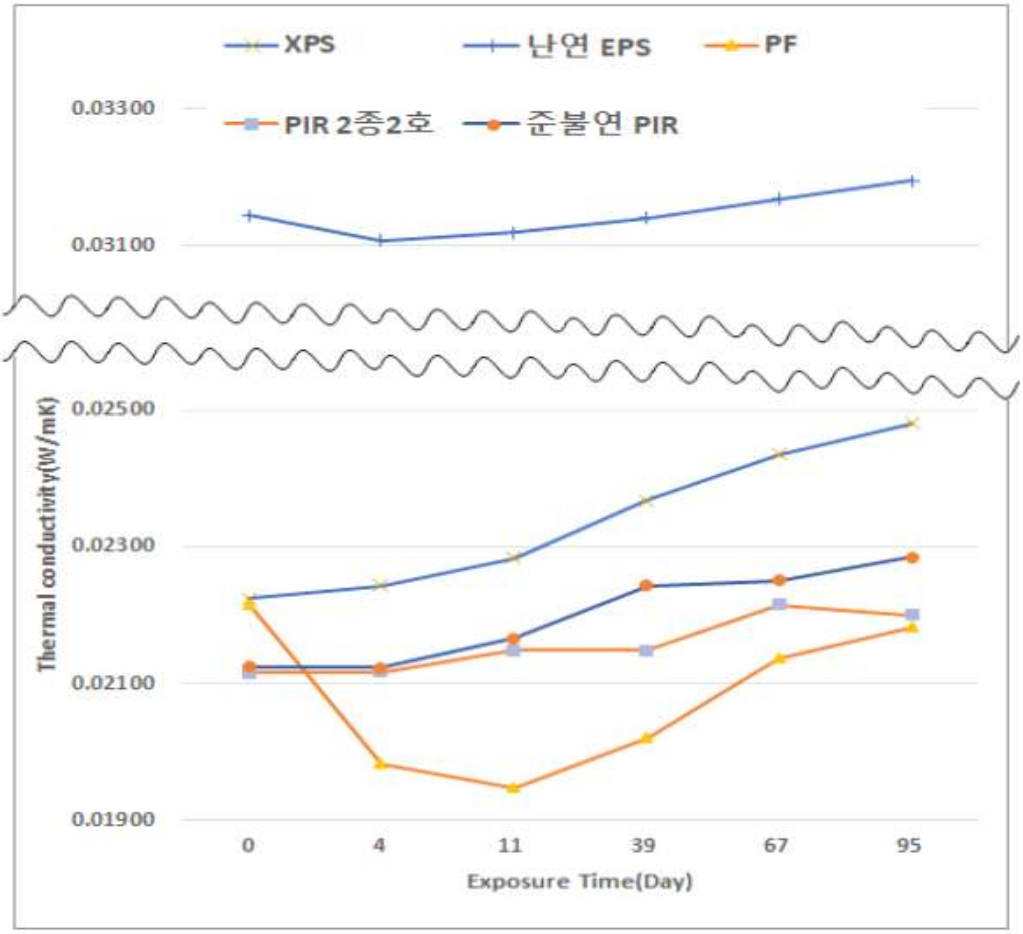


그림 2.67 A 조건에서의 열전도율 비교

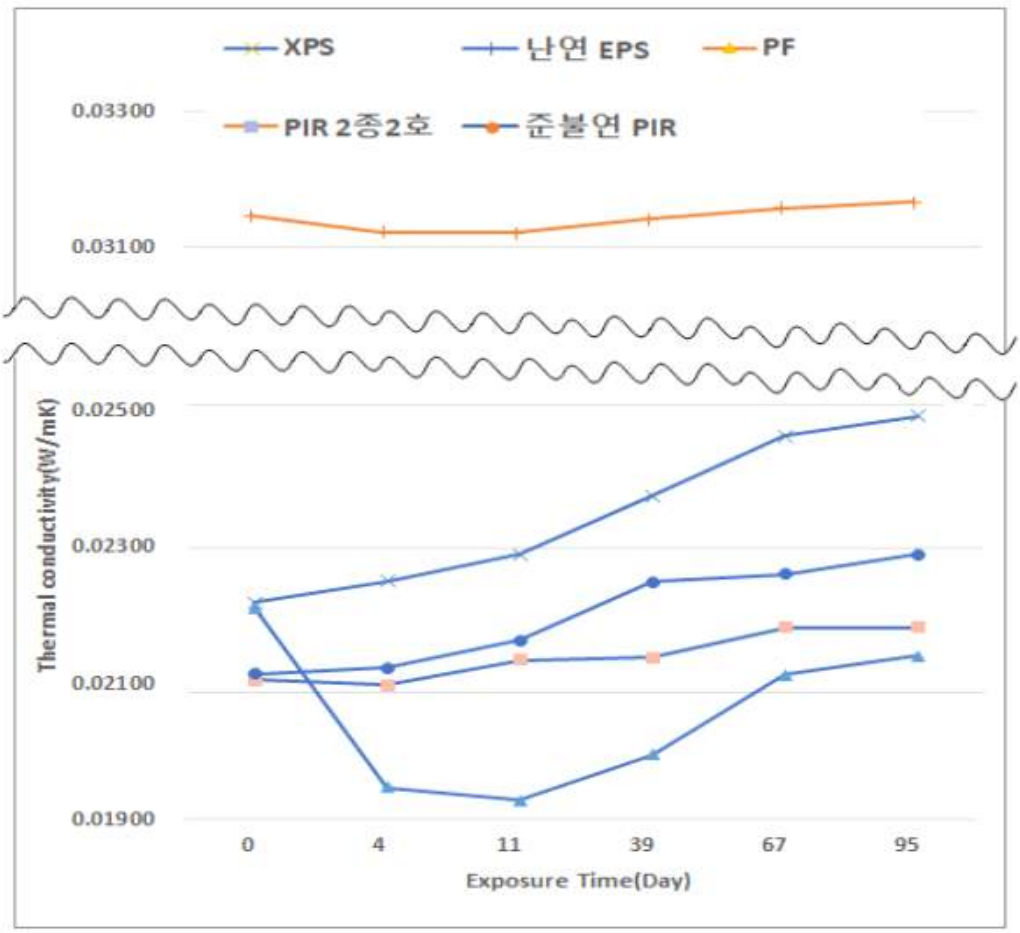


그림 2.68 B 조건에서의 열전도율 비교

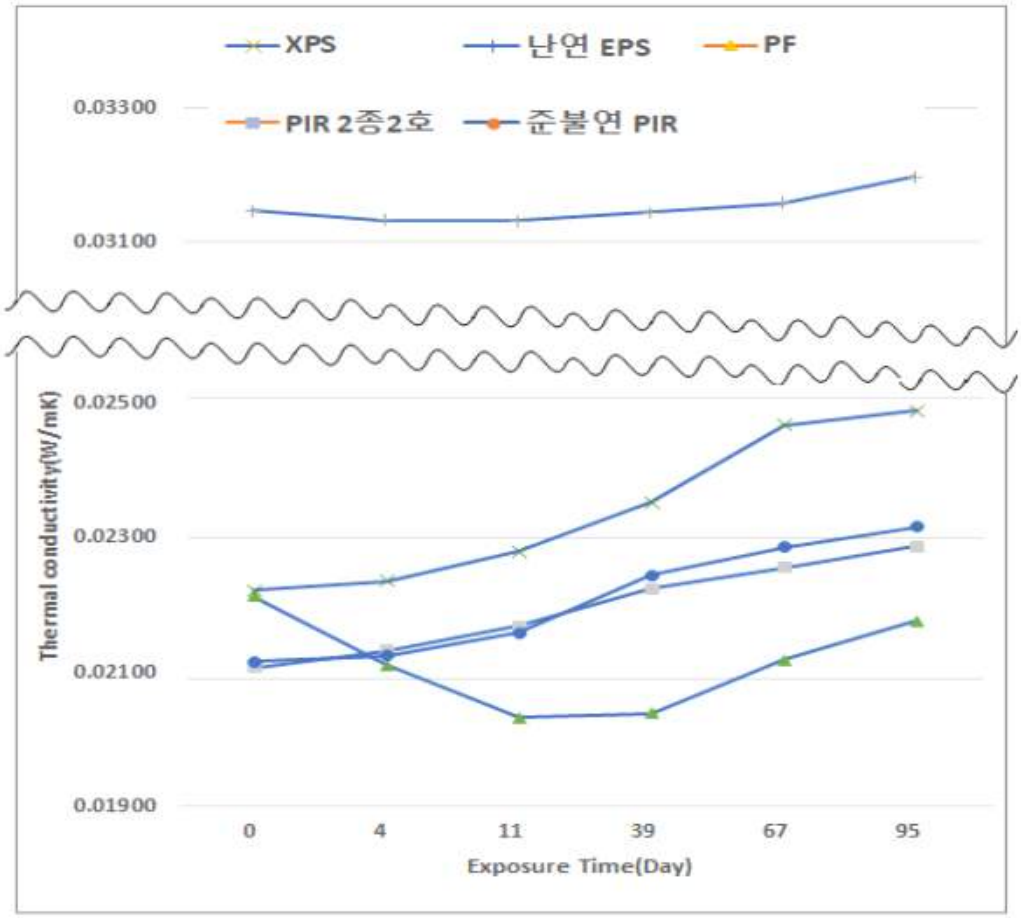


그림 2.69 C 조건에서의 열전도율 비교

· XPS와 PIR의 단열 성능 감소는 내부 단열가스가 공기와 치환되며 가장 크게 나타난 것으로 판단된다. 하지만 PIR는 단열 성능이 낮아져도 난연 EPS, XPS의 초기 단열성능보다 더 좋게 나타났으므로 사용에 문제가 없을 것으로 판단된다.

· 대체로 A, B 조건보다 C 조건의 경시변화가 적은 것으로 나타났다. 이는 A, B 조건의 열, 직사광선, 습도의 수착 등의 영향으로 경시변화의 가속화가 나타난 것으로 판단된다.

· PF의 초기 단열 성능은 오히려 크게 증가했다가 다시 감소하였다. 생산 후 초기 양생으로 인한 변화이거나 내부 공극의 변화가 생기며 어느 정도의 단열 성능 향상 현상이 나타난 것으로 보이며 이에 대한 화학적 접근방법의 연구와 이후에도 열전도율을 측정하여 변화에 대한 관찰이 필요할 것으로 판단된다.

③ 질량

· 질량 측정은 난연 EPS, XPS, PIR 2종2호, 준불연 PIR, PF 5종의 단열재를 300 × 300 × 50 ㎜ 크기로 재단한 단열재 입고 후 최초 1회 측정한 뒤 A, B, C 노출 환경에 따라 노출시키고 4일 후, 7일 후 측정하였으며 이후 28일 단위로 95일까지 단열재의 질량을 전자저울로 소수 둘째자리까지 측정하였다.(입고 시 오차를 줄이기 위해 단열재 실험체의 이름표기를 바로 실시하고 질량을 측정하였으며 실험체의 이름표 질량은 0.2g 내이며 단열재 질량에 포함시킨다.) 노출 환경에 따른 질량의 변화는 [표 2.37]과 같다.

표 37 노출 환경에 따른 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
난연 EPS	A	133.55	133.07	133.14	132.80	132.51	132.86
	B	127.24	126.84	126.86	126.55	126.29	126.68
	C	144.27	144.47	144.54	144.41	144.17	144.37
XPS	A	159.15	159.38	159.69	160.03	160.14	160.10
	B	159.32	159.50	159.80	160.10	160.06	160.10
	C	159.10	159.28	159.50	159.86	159.95	159.88
PIR 2종 2호	A	174.66	171.77	172.31	170.74	171.12	171.07
	B	171.69	170.63	171.36	169.90	170.27	170.19
	C	170.63	175.12	175.61	175.48	175.76	175.70
준불연 PIR	A	257.13	256.94	257.20	257.30	256.34	256.50
	B	258.47	258.26	258.33	258.25	257.46	257.71
	C	257.92	257.77	258.26	258.85	258.97	259.51
PF	A	194.24	185.56	182.12	184.63	186.57	185.42
	B	196.92	185.97	182.64	185.37	187.50	186.78
	C	194.55	190.78	188.28	190.30	193.26	190.40

㉠ 난연 EPS

표 2.38 난연 EPS 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
난연 EPS	A	133.55	133.07	133.14	132.80	132.51	132.86
	B	127.24	126.84	126.86	126.55	126.29	126.68
	C	144.27	144.47	144.54	144.41	144.17	144.37

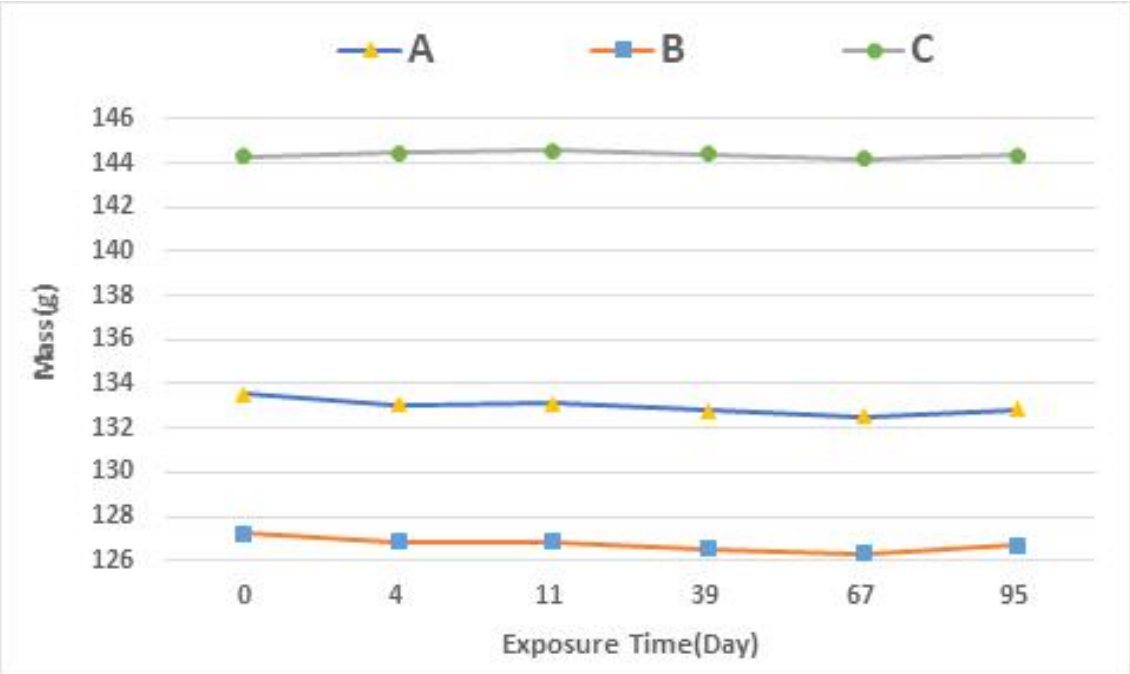


그림 2.70 비드법 2종 단열재 질량

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 난연 EPS 공시체의 질량을 측정한 결과 초기와의 차이가 없이 거의 일정하게 나타나며 질량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 -0.69g, B 조건에서는 -0.56g, C 조건에서는 +0.10g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 난연 EPS는 환경 조건과 시간 경과에 따른 영향이 질량 변화에 미치지 않는 것으로 나타났다.

㉡ 압출법 단열재(XPS)

표 2.39 XPS 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
XPS	A	159.15	159.38	159.69	160.03	160.14	160.10
	B	159.32	159.50	159.80	160.10	160.06	160.10
	C	159.10	159.28	159.50	159.86	159.95	159.88

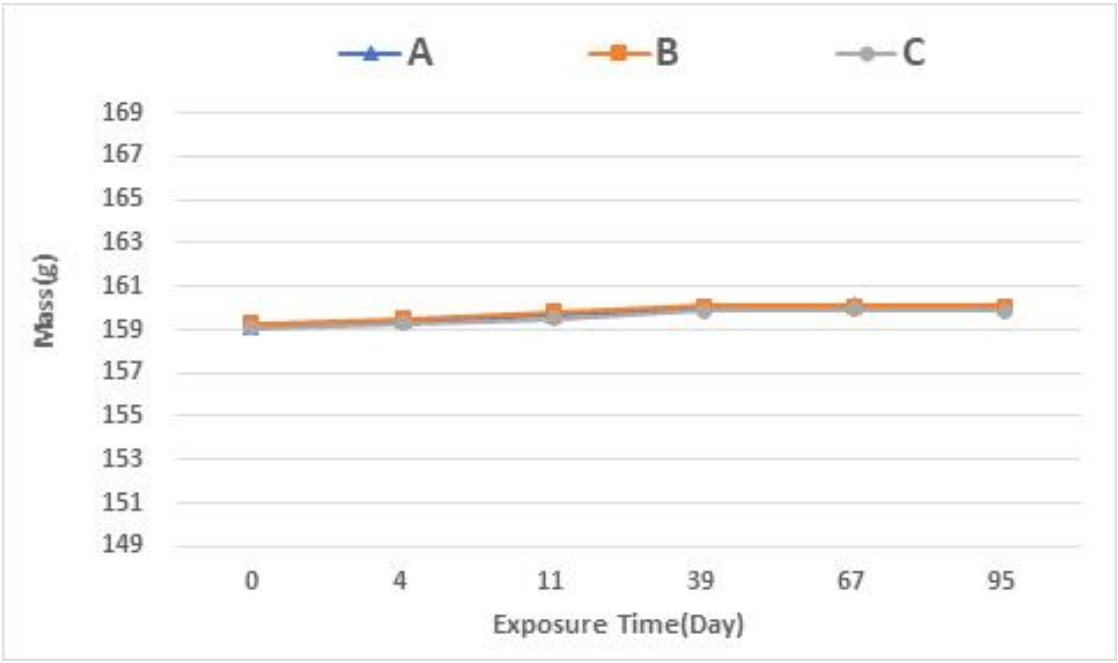


그림 2.71 압출법 단열재(XPS) 질량

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 후 질량을 측정한 결과 초기와 거의 비슷한 수치로 일정하게 나타나며 질량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 +0.95g, B 조건에서는 +0.78g, C 조건에서는 +0.78g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 XPS는 환경 조건과 시간 경과에 따른 영향이 질량 변화에 미치지 않는 것으로 나타났다.

㉡ PIR 2종2호

표 2.40 경질 우레탄 폼(PIR) 2종 2호 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
PIR 2종 2호	A	174.66	171.77	172.31	170.74	171.12	171.07
	B	171.69	170.63	171.36	169.90	170.27	170.19
	C	170.63	175.12	175.61	175.48	175.76	175.70

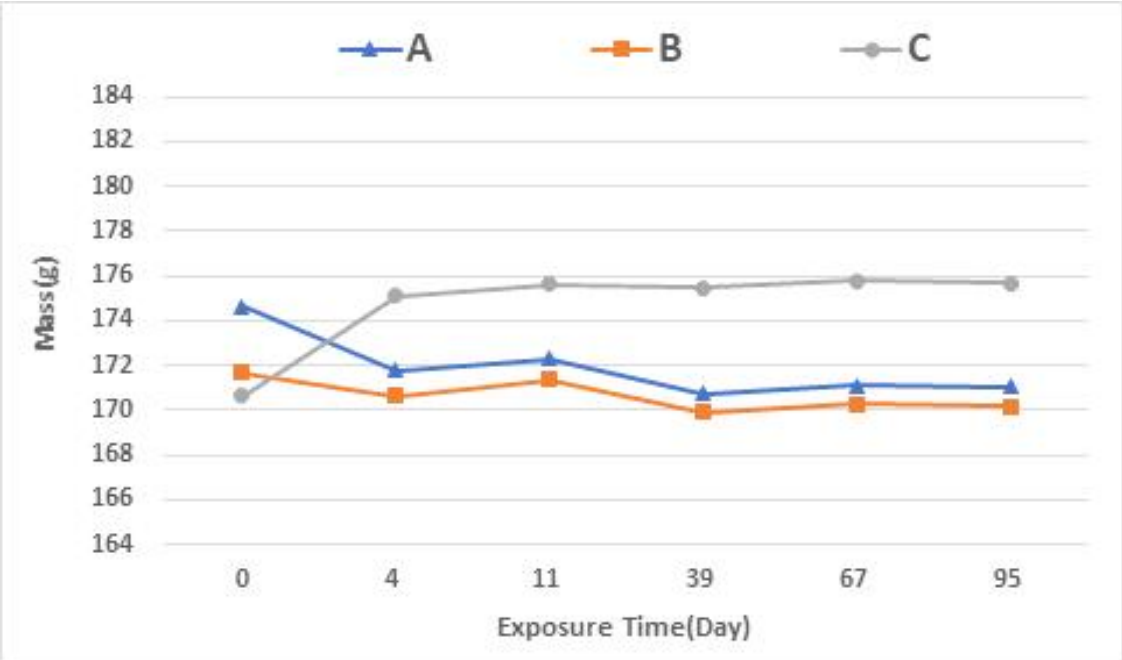


그림 2.72 경질우레탄폼(PIR) 2종 2호 질량

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 후 질량을 측정한 결과 초기 질량 측정 시 C 조건에서는 질량이 상승하였지만 A와 B 조건에서는 오히려 질량이 감소한 것으로 나타났다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 -3.59g, B 조건에서는 -1.50g, C 조건에서는 +5.07g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 PIR 2종2호는 초기에 시간 경과에 따른 질량 변화가 나타나며 환경 조건의 차이에 따라 질량 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

㉣ 준불연 PIR

표 2.41 경질 우레탄 폼(PIR) 준불연 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
준불연 PIR	A	257.13	256.94	257.20	257.30	256.34	256.50
	B	258.47	258.26	258.33	258.25	257.46	257.71
	C	257.92	257.77	258.26	258.85	258.97	259.51

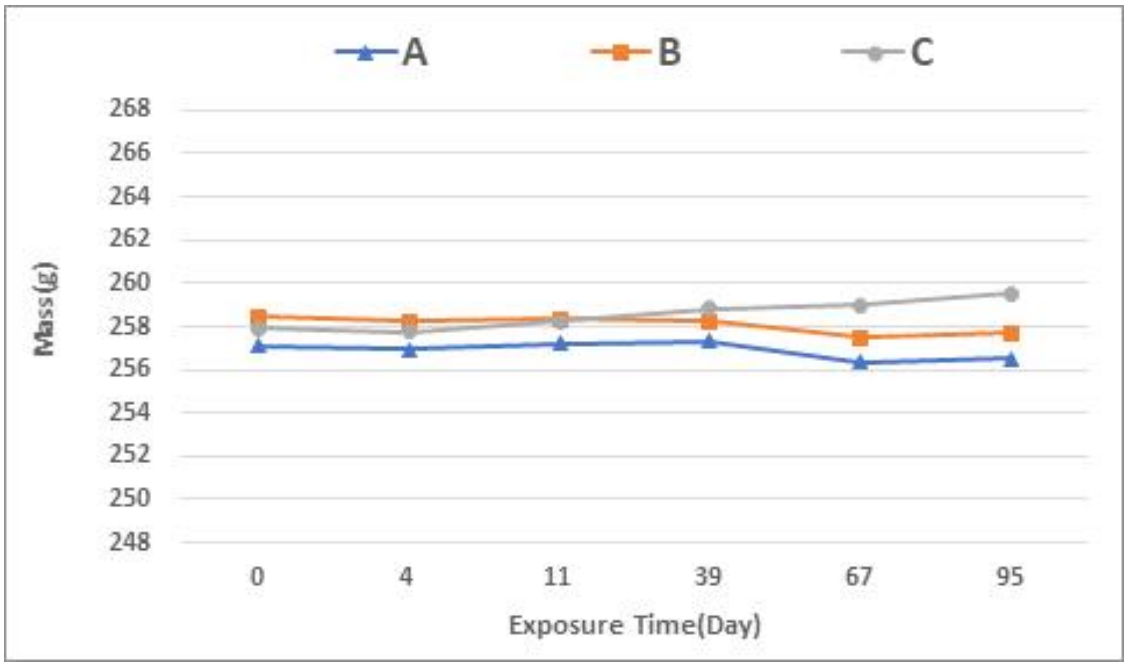


그림 2.73 준불연 경질 우레탄 폼(PIR) 질량

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 후 질량을 측정한 결과 C 조건에서는 조금 상승하고 A, B 조건에서는 조금 감소하였지만 초기와 거의 비슷한 수치가 일정하게 나타났다. 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 -0.63g, B 조건에서는 -0.76g, C 조건에서는 +1.59g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 준불연 PIR는 시간 경과에 따라 질량 변화는 거의 나타나지 않지만 환경 조건에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다.

㉤ 페놀 폼 보드(PF)

표 2.42 페놀 폼 질량 측정 결과

종류	조건	노출 시간(Day)에 따른 질량(g)					
		0	4(+4)	11(+7)	39(+28)	67(+28)	95(+28)
PF	A	194.24	185.56	182.12	184.63	186.57	185.42
	B	196.92	185.97	182.64	185.37	187.50	186.78
	C	194.55	190.78	188.28	190.30	193.26	190.40

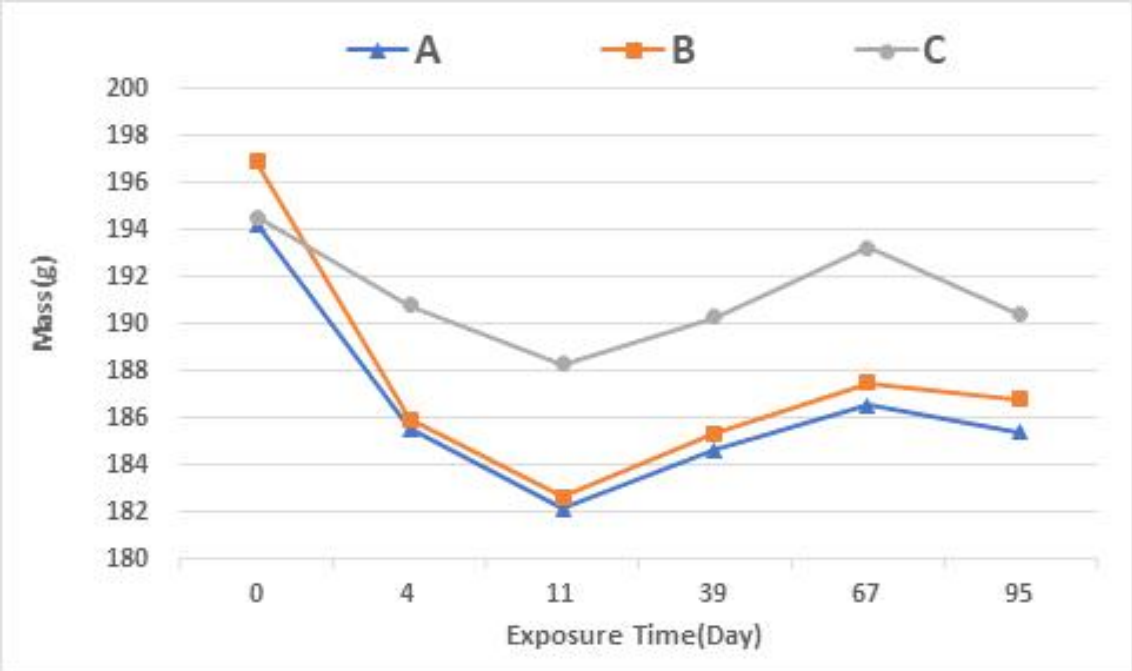


그림 2.74 페놀 폼 보드(PF) 질량

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 후 질량을 측정한 결과 노출 경과 시간 11일까지 질량이 감소하다가 11일 이후 증가하고 67일 이후 다시 감소하는 것으로 나타났다. C 조건에서는 A와 B 조건에서의 절반 정도의 수치 변화가 나타났으며 95일 노출 경과 후 측정 시 초기보다 A 조건에서는 -8.82g, B 조건에서는 -10.14g, C 조건에서는 -4.15g로 다른 단열재에 비해 질량의 변화가 크게 나타났다. 따라서 PF는 시간 경과와 환경 조건에 따른 영향이 질량 변화에 미치는 것으로 나타났다.

○ 측정 결과 비교

· 노출 환경에 따른 질량을 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.43 질량 측정 결과 비교

단열재 종류	조건	초기 질량 (g)	최종 질량 (g)	질량 차이 (g)	초기 질량 변화 차이 증감 중 노출 환경에 따른 최대 차이(%)	초기-최종 질량과의 차이 증감(%)
난연 EPS	A	133.55	132.86	-0.69	-0.78	-0.51
	B	127.24	126.68	-0.56	-0.74	-0.44
	C	144.27	144.37	+0.10	-0.07	+0.07
XPS	A	159.15	160.10	+0.95	+0.62	+0.59
	B	159.32	160.10	+0.78	+0.47	+0.49
	C	159.10	159.88	+0.78	+0.54	+0.49
PIR 2종2호	A	174.66	171.07	-3.59	-2.24	-2.05
	B	171.69	170.19	-1.50	-1.04	-0.87
	C	170.63	175.70	+5.07	+2.84	+2.97
준불연 PIR	A	257.13	256.50	-0.63	-0.25	-0.25
	B	258.47	257.71	-0.76	-0.30	-0.30
	C	257.92	259.51	+1.59	+0.62	+0.62
PF	A	194.24	185.42	-8.82	-6.24	-4.54
	B	196.92	186.78	-10.14	-7.25	-5.15
	C	194.55	190.40	-4.15	-3.22	-2.13

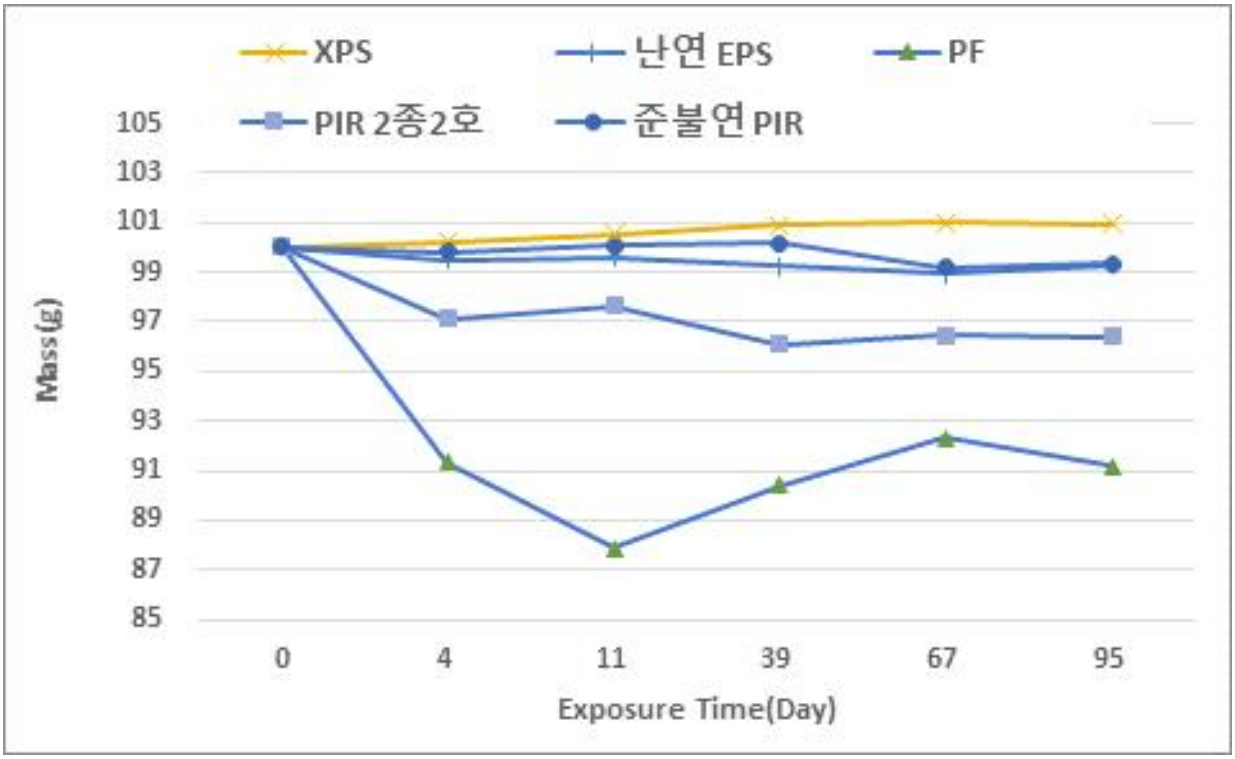


그림 2.75 A 조건에서의 질량 비교

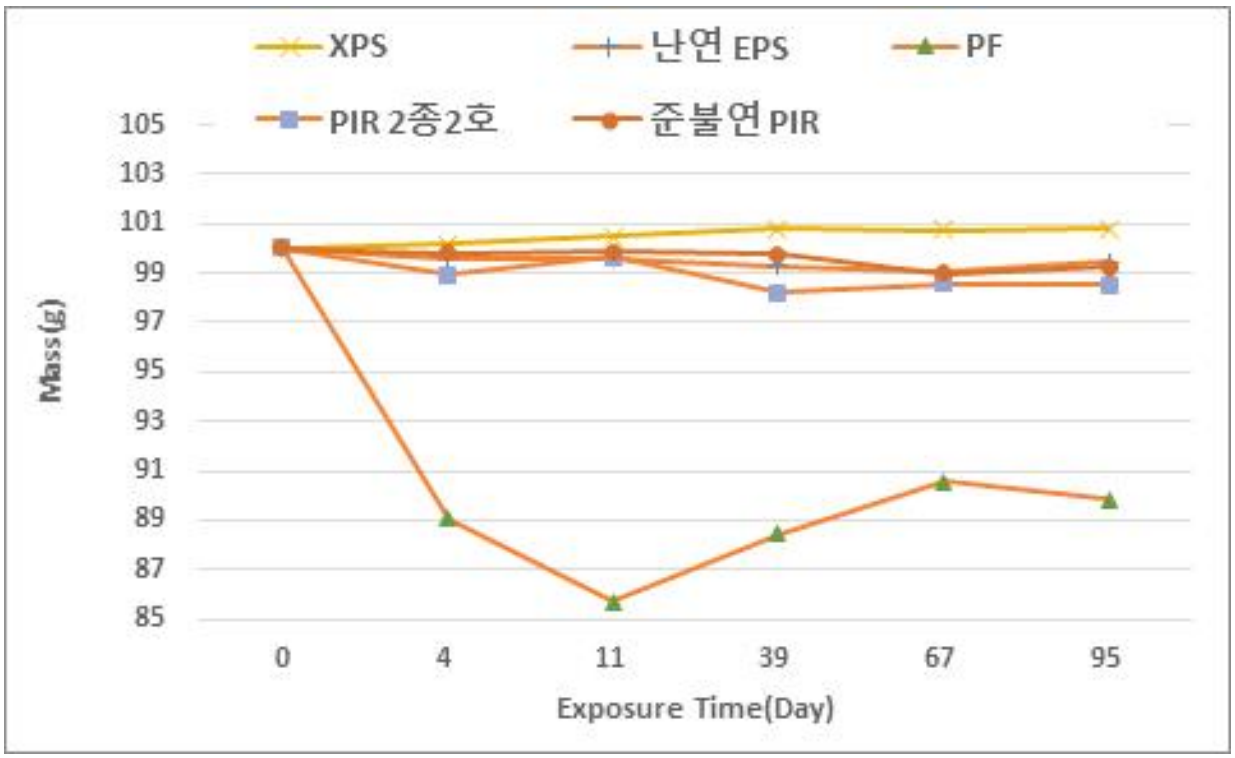


그림 2.76 B 조건에서의 질량 비교

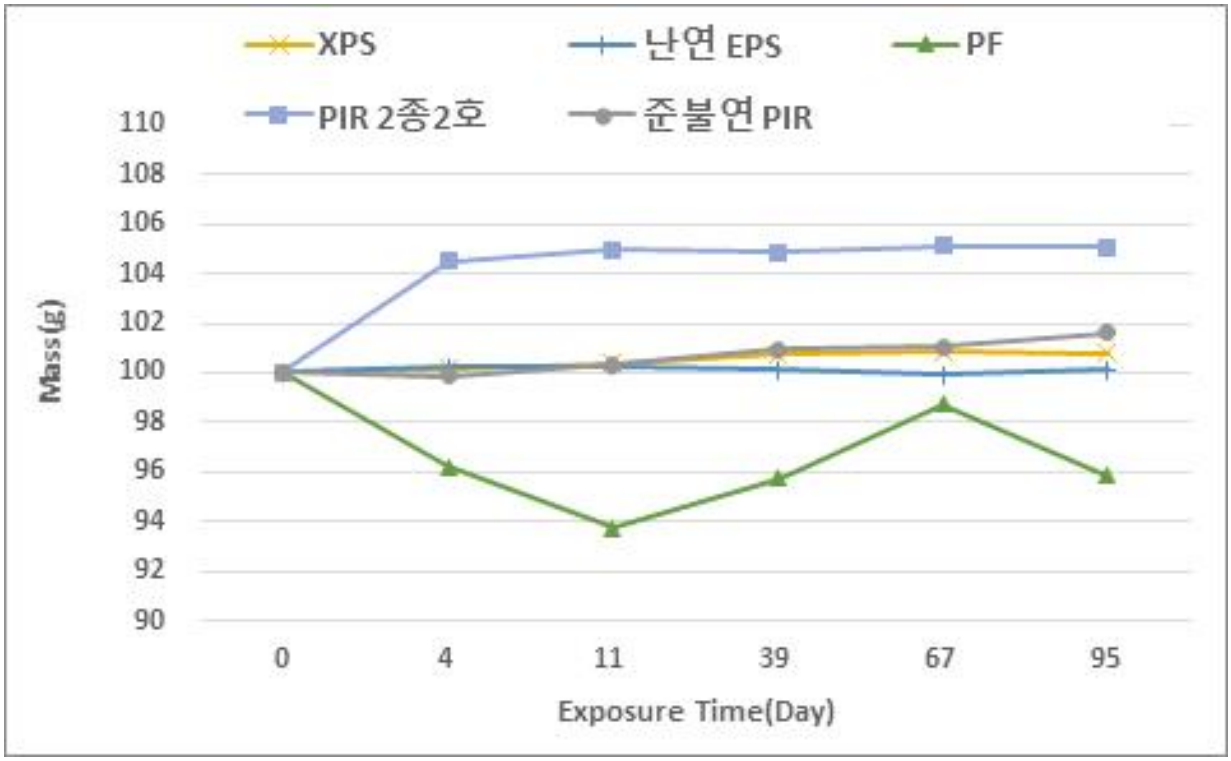


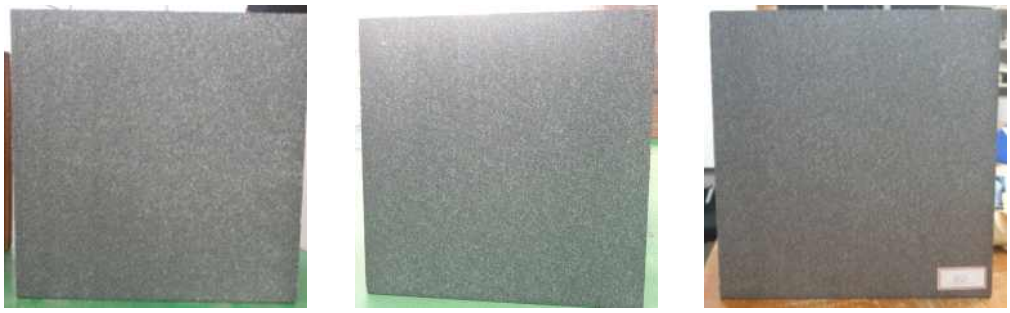
그림 2.77 C 조건에서의 질량 비교

· XPS, 난연 EPS, 준불연 PIR는 A, B, C 모든 조건에서 질량 변화는 거의 나타나지 않았거나 혹은 미세하였다.
· 반면 PIR 2종2호는 A, B 조건에서는 질량이 감소하고 C 조건에서는 오히려 증가하였다. 또한 B 조건에서 보다는 A 조건에서 질량의 감소가 더 많은 것으로 측정되었다.
· 이는 열과 직사광선에 의해 A, B 조건에서는 질량의 감소가 나타났으며 표피가 부직포이기 때문에 그 양의 차이가 발생한 것으로 판단된다. 또한, C 조건은 평균 습도가 50% 이상인 조건을 나타냈으므로 단열재 내부로 흡습이 많이 나타난 것으로 예상된다.
· 준불연 PIR과 PIR 2종2호의 변화의 차이는 표피의 영향이 큰 것으로 판단되며 습기에 대한 관리가 필요할 것으로 사료된다.
· PF는 열전도율과 비슷하게 초기 질량이 감소하였으며 이후에 증가하였다가 다시 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 마찬가지로 생산 후 초기 양생으로 인한 변화이거나 내부 공극의 변화가 생긴 것으로 판단되며 이로 인해 단열 성능에도 영향을 미친 것으로 판단되며 이후에도 지속적인 측정이 필요할 것으로 생각된다.

④ 색, 변형

· 노출 환경에 따른 단열재의 색이나 변형을 파악하고 디지털 현미경을 통해 A, B, C 조건에 따른 변화가 있는지 파악한 결과는 다음과 같다.

㉠ 난연 EPS



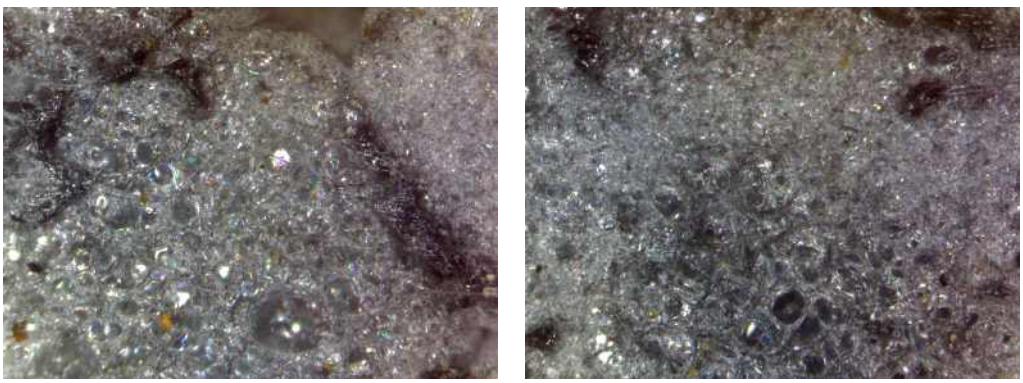
A B C

그림 2.78 난연 EPS 전면부 비교



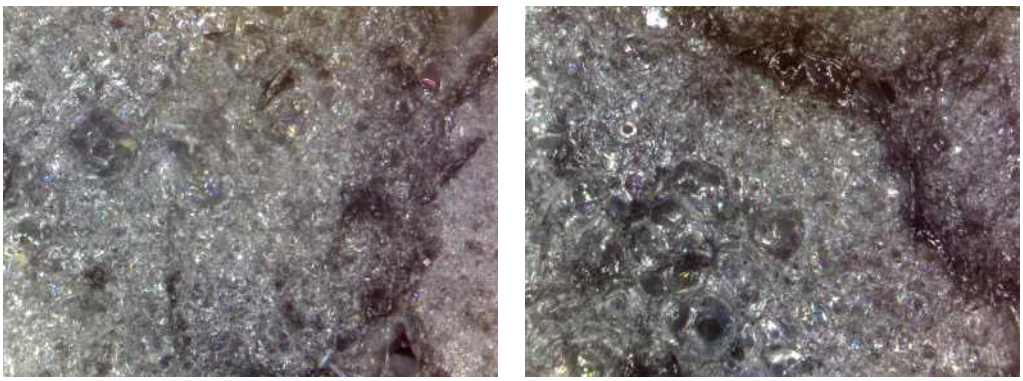
A B C

그림 2.79 난연 EPS 측면부 비교



전면부 후면부

그림 2.80 난연 EPS A 조건 전·후면부 디지털 현미경 비교



B C

그림 2.81 난연 EPS B, C 조건 전면부 디지털 현미경 비교



A B C

그림 2.82 난연 EPS 측면부 디지털 현미경 비교

· 난연 EPS는 A 조건에서 직사광선으로 인한 전면부의 색 변화나 표면 상태 변화 등도 나타나지 않고 입고 시와 같은 암회색을 띄었으며 B와 C 조건에서 또한 암회색을 띄었다. 측면부에서도 별다른 특이사항이 발견되지 않고 같은 색을 띄었으며 단열재의 가로, 세로, 두께 또한 변화하지 않았다. 디지털 현미경으로 전·후·측면을 촬영해 보아도 특이한 차이는 나타나지 않았다. 따라서 난연 EPS는 환경 조건과 시간 경과에 따라 영향을 받지 않고 동일한 것으로 확인된다.

㉡ XPS



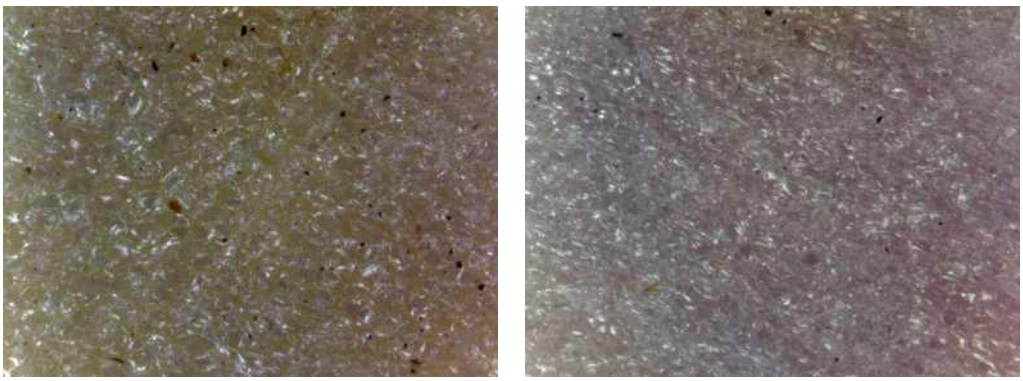
A B C

그림 2.83 XPS 전면부 비교



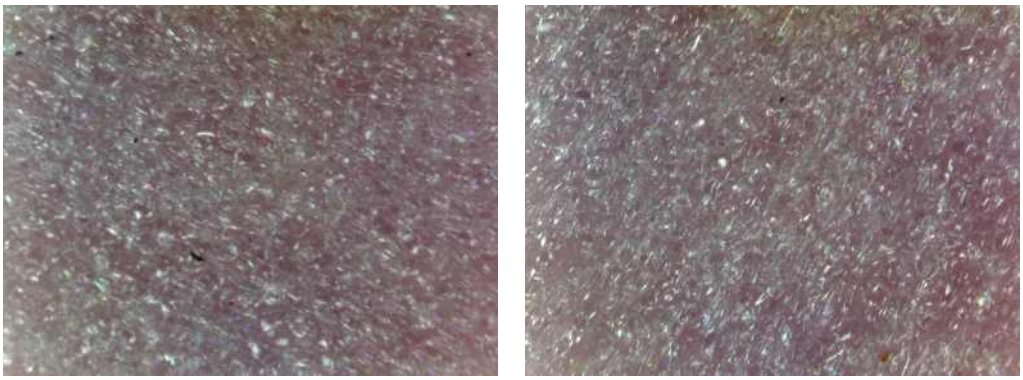
A B C

그림 2.84 XPS 측면부 비교



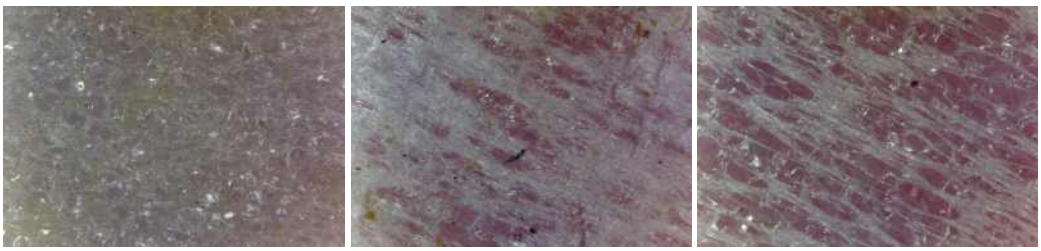
전면부 후면부

그림 2.85 XPS A 조건 전·후면부 디지털 현미경 비교



B C

그림 2.86 XPS B, C 조건 디지털 현미경 비교



A B C

그림 2.87 XPS 측면부 디지털 현미경 비교

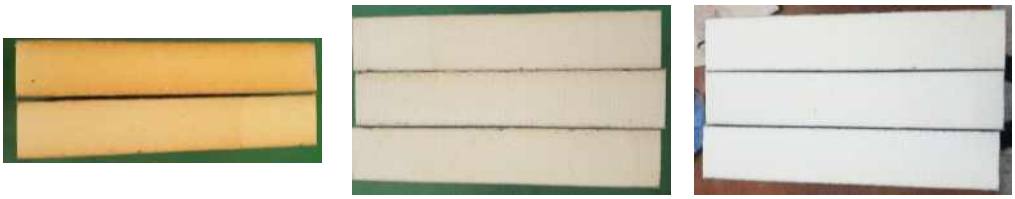
· A 조건에서 XPS는 직사광선으로 인해 노출된 전면부 부분이 핑크색에서 상아색으로 변하였고 단열재 거치대의 바람 날림 방지용으로 설치한 턱 부분은 색이 변하지 않고 핑크색으로 나타났다. B와 C 조건에서는 색상의 변화가 없었으며 측면부에서는 A 조건에서 XPS의 전면부 쪽의 절반 정도가 상아색으로 나타났다. 단열재의 가로, 세로, 두께의 변화는 나타나지 않았고 디지털 현미경으로 비교했을 경우 상아색으로 변한 A 조건에서 전면부와 전면부 쪽 측면부의 색상이 다르게 나타나고 후면부와 B, C 조건에서는 특이한 변화가 나타나지 않았다.

㉢ PIR 2종2호



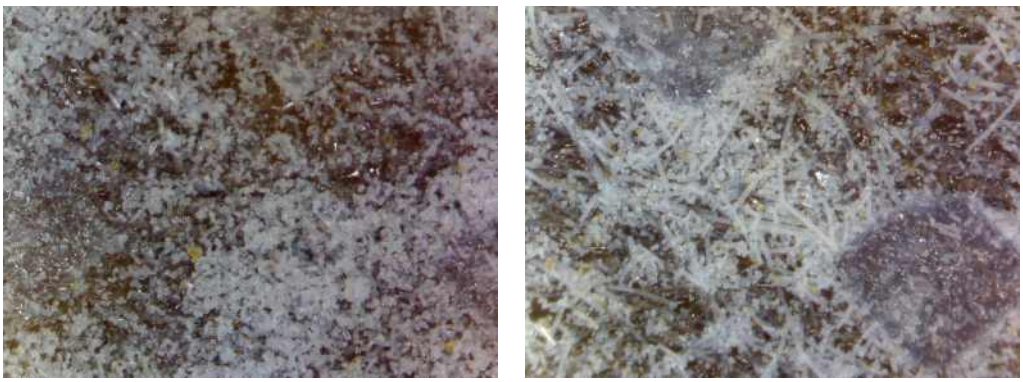
A B C

그림 2.88 PIR 2종2호 전면부 비교



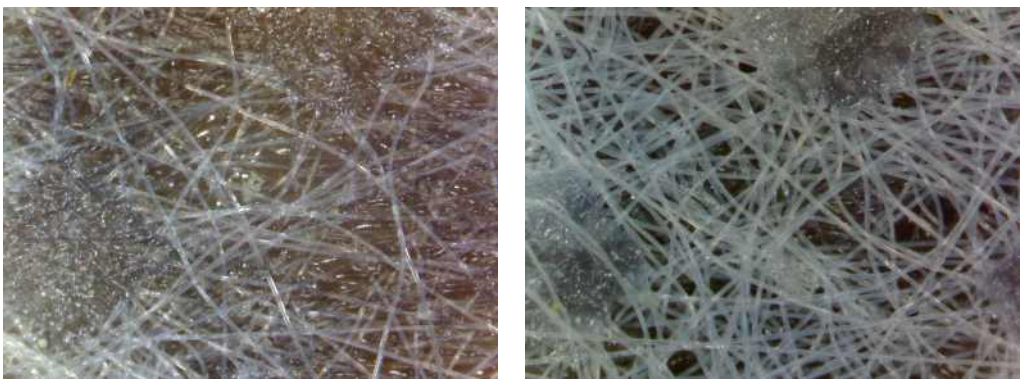
A B C

그림 2.89 PIR 2종2호 측면부 비교



전면부 후면부

그림 2.90 PIR 2종2호 A 조건 전·후면부 디지털 현미경 비교



B C

그림 2.91 PIR 2종2호 B, C 조건 디지털 현미경 비교

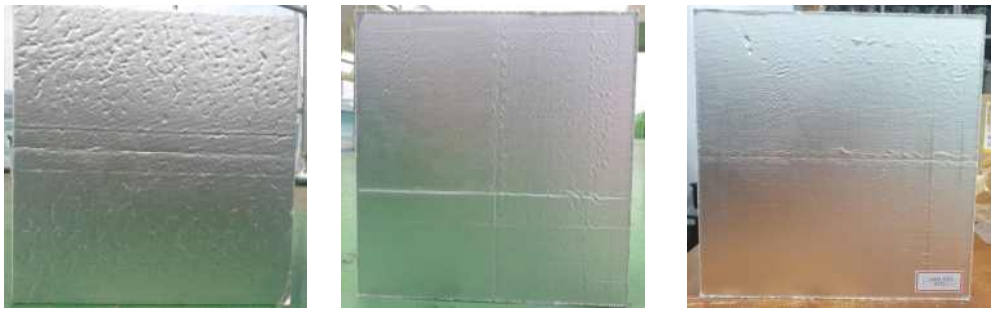


A B C

그림 2.92 PIR 2종2호 측면부 디지털 현미경 비교

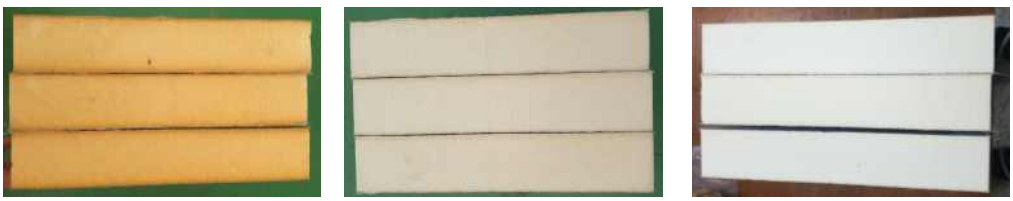
· PIR 2종2호는 부직포로 된 표피가 전·후면부에 부착되어 있는 단열재이다. A 조건에서 B, C 조건에서 발견되지 않는 흰색 가루가 전·후면 표피에서 나타났으며 디지털 현미경으로 촬영한 [그림 2.92]에서도 다른 조건에서는 발견되지 않는 흰색 가루가 확인되었다. A 조건에서 직사광선으로 인한 전·후면부의 차이는 나타나지 않았다. 측면부 비교 시 A 조건에서 PIR 2종2호는 노란색으로 변하였고 B 조건에서는 상아색, C 환경 조건에서는 입고 시와 동일한 흰색을 띄었다. 단열재의 가로, 세로, 두께의 변화는 나타나지 않았다.

㉣ 준불연 PIR



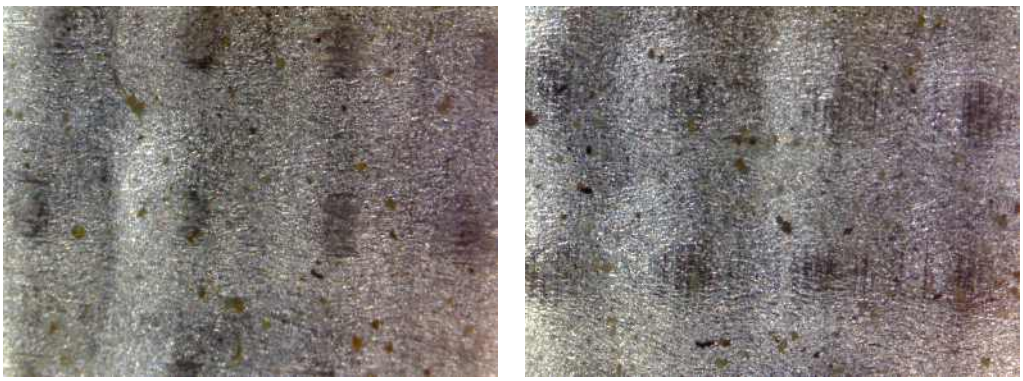
A B C

그림 2.93 준불연 PIR 전면부 비교



A B C

그림 2.94 준불연 PIR 측면부 비교



전면부 후면부

그림 2.95 준불연 PIR A 조건 전·후면부 디지털 현미경 비교



B C

그림 2.96 준불연 PIR B, C 조건 디지털 현미경 비교



A B C

그림 2.97 준불연 PIR 측면부 디지털 현미경 비교

· 준불연 PIR는 표피에 알루미늄 박막이 부착되어 있는 단열재이다. A 조건에서 직사광선으로 인한 전·후면부의 차이는 나타나지 않았으며 다른 조건에서 또한 표피의 변화는 나타나지 않았다. 측면부는 PIR 2종2호와 동일하게 A 조건에서는 노란색, B 조건에서는 상아색, C 조건에서는 입고 시와 동일한 흰색을 띄었다. PIR 2종2호에서 발생한 A 조건에서 표피에 나타났던 흰색 가루는 나타나지 않았으며 단열재의 가로, 세로, 두께의 변화 또한 나타나지 않았다.

㉤ PF



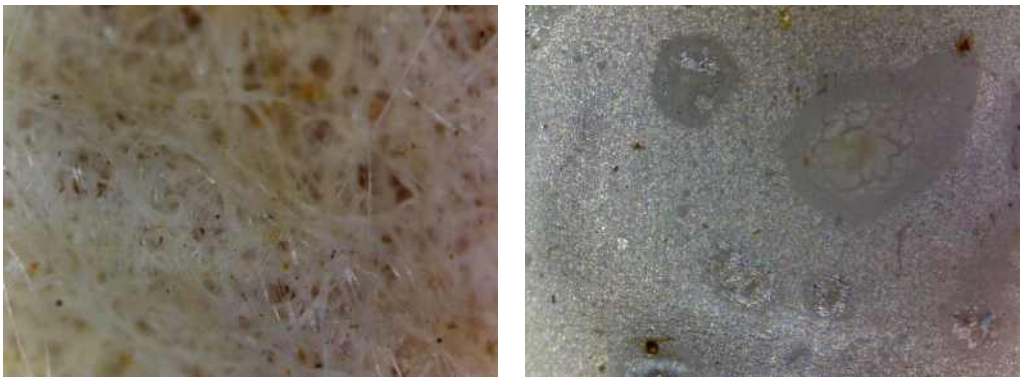
A B C

그림 2.98 PF 전면부 비교



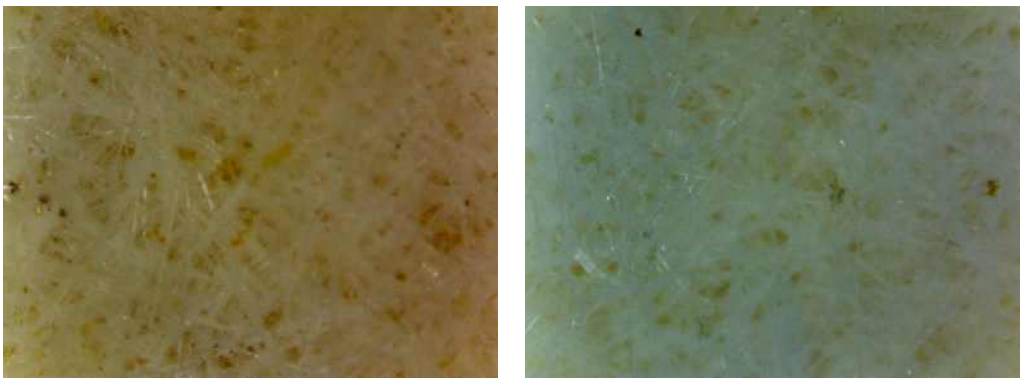
A B C

그림 2.99 PF 측면부 비교



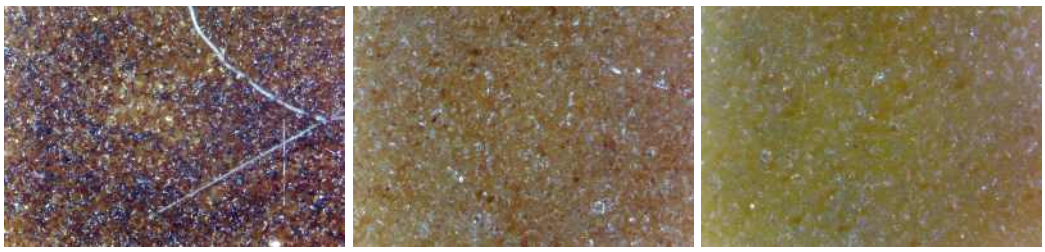
전면부 후면부

그림 2.100 PF A 조건 전·후면부 디지털 현미경 비교



B C

그림 2.101 PF B, C 조건 디지털 현미경 비교



A B C

그림 2.102 PF 측면부 디지털 현미경 비교

· PF는 표피가 부직포와 알루미늄 박막으로 전·후면부가 다른 단열재이다. 단열재 거치 시 부직포 부분이 직사광선을 받게 거치시켰으며 후면부의 알루미늄 박막에서는 조건에 따른 변화나 나타나지 않았고 전면부의 부직포 부분에서는 C 조건에서는 입고 시와 동일하게 아이보리색, B 조건에서는 약간 노란색의 연회색, A 조건에서는 베이지색과 일부 짙게 변하였다. 디지털 현미경으로 전면부 촬영 시 색상의 차이만 나타났으며 특이한 차이는 나타나지 않았다. 측면부는 A 조건에서는 적갈색으로 거의 검은색으로 색이 변하였고 B 조건에서는 살구색, C 조건에서는 입고 시와 같이 연노랑이 나타났다. 또한 A 조건에서 중앙부가 움푹하게 들어가는 현상이 나타나면서 점점 부직포 표피 쪽의 면적이 후면부에 비해 약간 수축하며 전면부 쪽이 들어가며 휨이 발생하였다. 그 후 부직포 표피가 탈락하는 현상이 발생하였다. B 환경 조건에서도 휨과 중앙부가 움푹 들어가는 현상이 나타났다.

· 다음은 실제 시공을 위해 외부에 보관되어 있는 PF 단열재를 촬영한 것으로 보관된 지 1주일의 모습이다. 비닐로 외부 포장이 되어있으나 옥외폭로 환경 조건에서 실험한 바와 같이 생산 시 절단면 쪽의 측면부의 색이 적갈색과 검은색으로 변화한 것으로 확인하였다.



그림 2.103 외부에 보관된 PF 단열재

○ 측정 결과 비교

· 노출 환경에 따른 색과 변형을 측정하고 디지털 현미경으로 촬영한 결과는 다음과 같다.

표 2.44 색 및 변형 측정 결과 비교

단열재 종류	조건	색 변화	변형 유무	기타
난연 EPS	A	-	-	-
	B	-	-	-
	C	-	-	-
XPS	A	전면 상아색 측면 상아색	-	-
	B	-	-	-
	C	-	-	-
PIR 2종2호	A	측면 노란색	-	표면 가루 발생
	B	측면 상아색	-	-
	C	-	-	-
준불연 PIR	A	측면 노란색	-	-
	B	측면 상아색	-	-
	C	-	-	-
PF	A	부직포 표피 짙은 베이지 측면 적갈, 검정색	중앙부 움푹 들어감 부직포 면 쪽 휨 부직포 면 쪽 수축	부직포 표피 박탈
	B	부직포 표피 연회색 측면 살구색	중앙부 약간 들어감 부직포 면 쪽 약간 휨	-
	C	-	-	-

⑤ 함수율(흡습량)

· 함수율(흡습량) 측정은 단열재가 노출 환경에 따라 습기를 흡습한 양의 차이로 생긴 내부 함수율의 차이를 파악하기 위해 300 × 300 × 50㎜ 크기의 단열재를 노출 환경에 따라 분류하여 노출 시킨 후 100일 후에 측정하였다. 절건 시 단열재의 인화점 및 미세 조직의 파괴를 막기 위해 60℃에서 천천히 건조 시켜 단열재 내부 수분을 증발시켰다. 다음의 표는 건조로에서 건조한 단열재의 무게 변화이다.

표 2.45 노출 환경에 따른 함수율(흡습량) 측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
난연 EPS	A	122.98	122.50	122.61	122.20	122.22	122.18
	B	128.30	127.76	127.82	127.36	127.42	127.22
	C	141.64	141.14	140.87	140.66	140.64	140.52
XPS	A	162.19	161.85	161.62	161.22	160.99	160.81
	B	160.93	160.55	160.27	159.97	159.74	159.64
	C	160.60	160.16	159.99	159.71	159.52	159.48
PIR 2종 2호	A	167.18	165.67	165.47	165.37	165.18	165.37
	B	167.20	165.74	165.64	165.71	165.68	166.00
	C	173.47	170.77	170.52	170.76	170.62	170.89
준불연 PIR	A	255.00	253.67	253.29	253.17	252.70	252.90
	B	257.58	256.31	255.75	255.67	255.26	255.45
	C	258.63	256.03	254.95	254.69	254.23	254.35
PF	A	189.77	182.13	180.03	180.18	179.70	179.18
	B	190.30	183.79	180.41	180.54	180.02	179.45
	C	195.69	184.88	181.43	181.59	181.02	180.34

㉠ 난연 EPS

표 2.46 난연 EPS 함수율(흡습량) 측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
난연 EPS	A	122.98	122.50	122.61	122.20	122.22	122.18
	B	128.30	127.76	127.82	127.36	127.42	127.22
	C	141.64	141.14	140.87	140.66	140.64	140.52

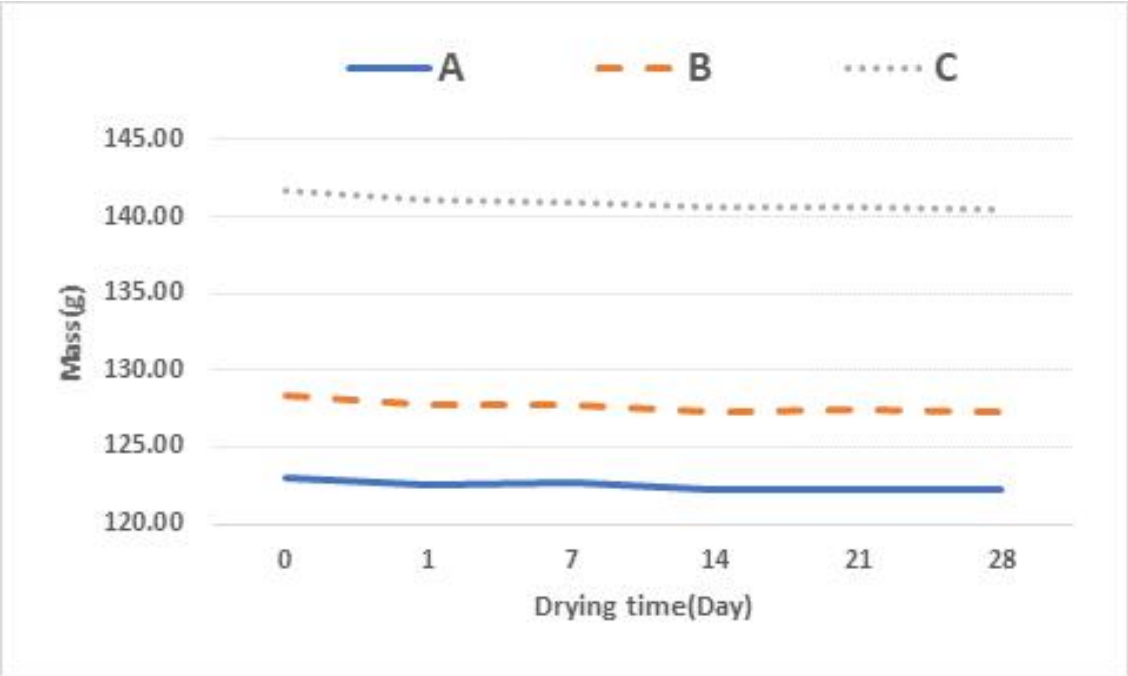


그림 2.104 비드법 2종(난연EPS) 함수율(흡습량)

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 공시체의 절건 질량을 측정한 결과 초기와의 차이가 없이 거의 일정하게 나타나며 질량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 절건 질량과의 질량 차이는 A 조건에서는 -0.80g, B 조건에서는 -1.08g, C 조건에서는 -1.12g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 난연 EPS는 함수율과 흡습량이 거의 없으며 환경 조건에 따라서도 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

㉡ XPS

표 2.47 XPS 함수율(흡습량) 측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
XPS	A	162.19	161.85	161.62	161.22	160.99	160.81
	B	160.93	160.55	160.27	159.97	159.74	159.64
	C	160.60	160.16	159.99	159.71	159.52	159.48

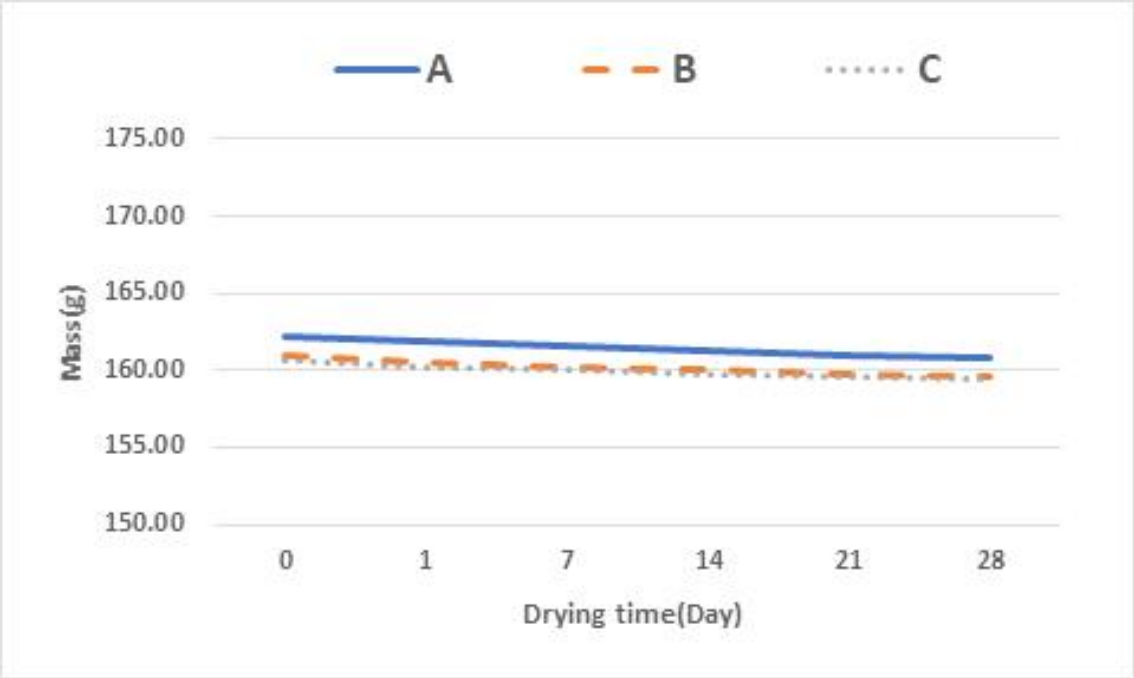


그림 2.105 압출법 단열재(XPS) 함수율(흡습량)

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 후 절건 질량을 측정한 결과 초기와의 차이가 없이 거의 일정하게 나타나며 질량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 절건 질량과의 질량 차이는 A 조건에서는 -1.38g, B 조건에서는 -1.29g, C 조건에서는 -1.12g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 XPS는 함수율과 흡습량이 거의 없으며 환경 조건에 따라서도 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

㉢ 경질우레탄폼(PIR) 2종 2호

표 2.48 경질 우레탄 폼 2종 2호 함수율(흡습량)측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
PIR 2종 2호	A	167.18	165.67	165.47	165.37	165.18	165.37
	B	167.20	165.74	165.64	165.71	165.68	166.00
	C	173.47	170.77	170.52	170.76	170.62	170.89

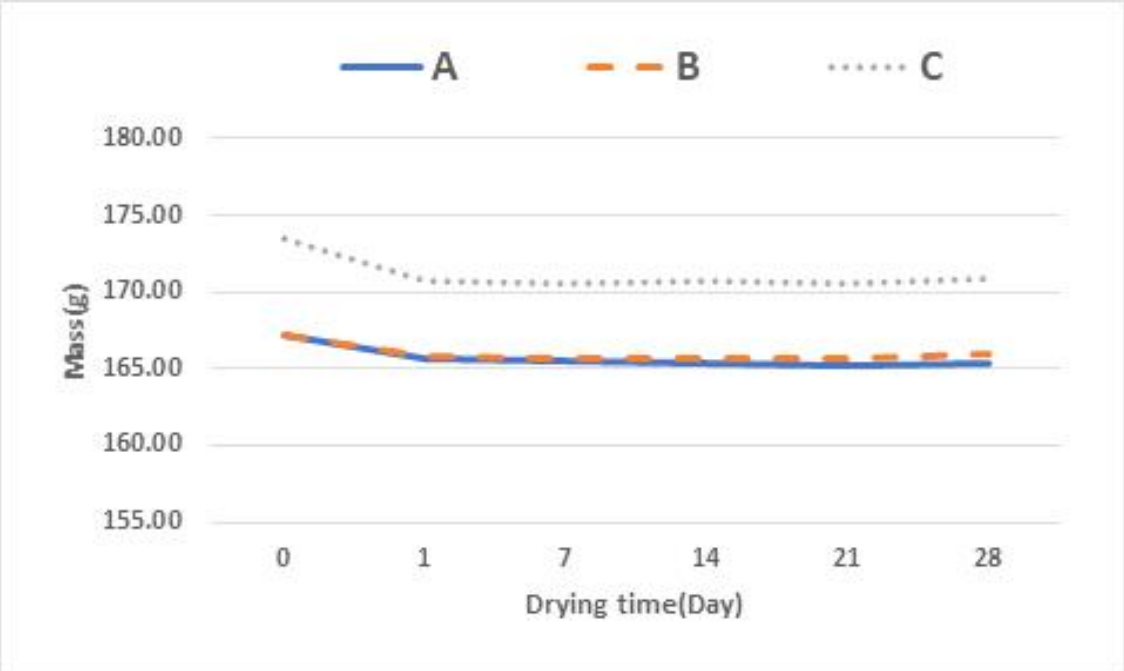


그림 2.106 경질 우레탄 폼(PIR) 2종 2호 함수율(흡습량)

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 공시체의 절건 질량을 측정한 결과 초기 1일 측정 시 조금의 질량 차이가 발생하고 이후 일정하게 나타나며 질량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 절건 질량과의 질량 차이는 A 조건에서는 -1.81g, B 조건에서는 -1.20g, C 조건에서는 -2.58g만큼 변화한 것으로 나타났다. C 조건에서의 질량 감소가 가장 크게 나타난 것으로 보아 PIR 2종2호는 함수율은 적지만 환경 조건에 따른 적은 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

㉣ 준불연 PIR

표 2.49 경질 우레탄 폼 준불연(PIR) 함수율(흡습량) 측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
준불연 PIR	A	255.00	253.67	253.29	253.17	252.70	252.90
	B	257.58	256.31	255.75	255.67	255.26	255.45
	C	258.63	256.03	254.95	254.69	254.23	254.35

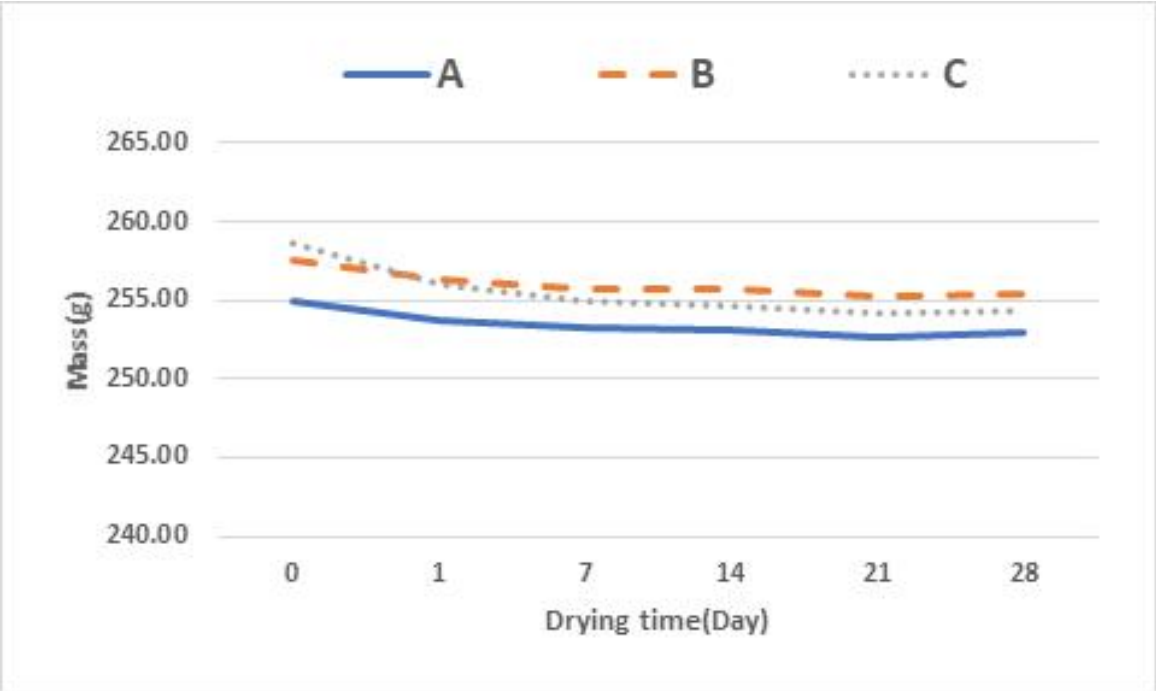


그림 2.107 준불연 경질우레탄폼(PIR) 함수율(흡습량)

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 공시체의 절건 질량을 측정한 결과 C 조건에서의 질량 차이가 다른 조건에 비해 많이 발생하고 이후 일정하게 나타나며 질량의 변화는 거의 나타나지 않았다. 절건 질량과의 질량 차이는 A 조건에서는 -2.10g, B 조건에서는 -2.13g, C 조건에서는 -4.28g만큼 변화한 것으로 나타났으며 PIR 2종2호보다 함수율은 큰 것으로 나타났다. 준불연 PIR는 함수율은 적지만 환경 조건에 따라서는 적은 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

㉤ PF

표 2.50 페놀 폼 함수율(흡습량)측정 결과

종류	조건	건조 시간(Day)에 따른 절건 질량(g)					
		0	1	7	14	21	28
PF	A	189.77	182.13	180.03	180.18	179.70	179.18
	B	190.30	183.79	180.41	180.54	180.02	179.45
	C	195.69	184.88	181.43	181.59	181.02	180.34

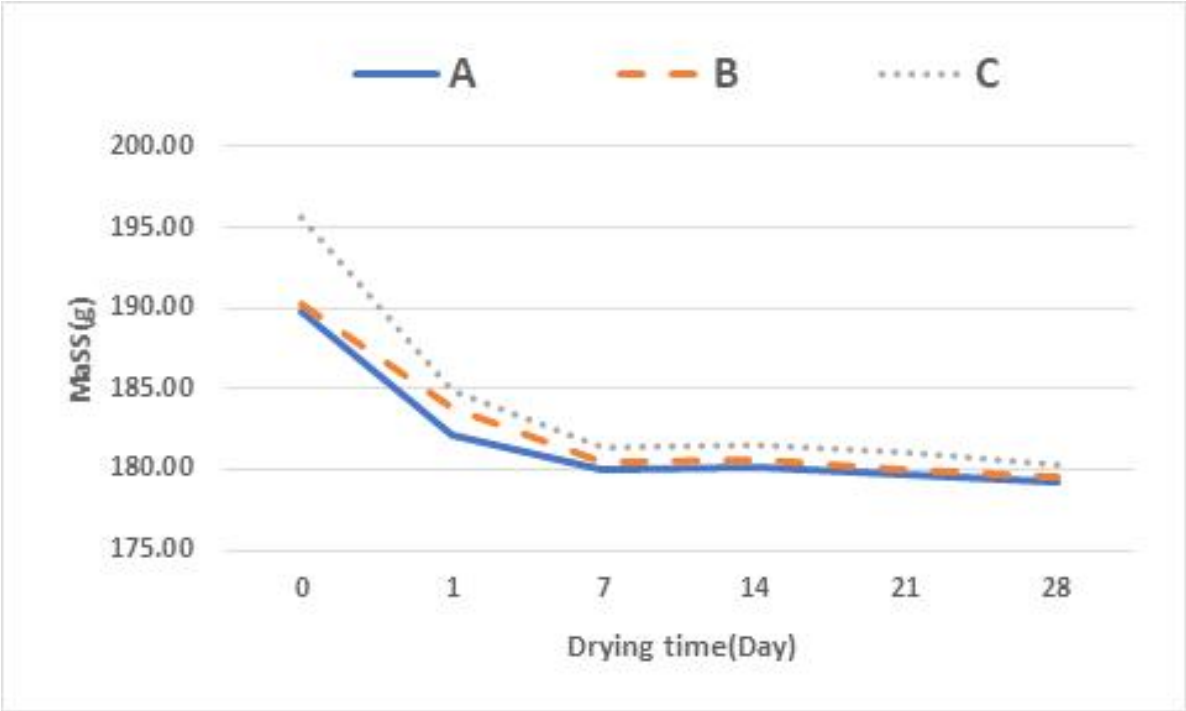


그림 2.108 페놀 폼 보드(PF) 함수율(흡습량)

· 환경 조건에 따라 노출 시킨 공시체의 절건 질량을 측정한 결과 다른 조건에 비해 질량의 감소가 크게 나타났으며 그 중 C 조건에서의 감소가 제일 크게 나타났다. 절건 질량과의 질량 차이는 A 조건에서는 -10.59g, B 조건에서는 -10.85g, C 조건에서는 -15.35g만큼 변화한 것으로 나타났다. 따라서 PF는 흡습량과 함수율이 높고 환경 조건에 따라 흡습량의 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

○ 측정 결과 비교

· 노출 환경에 따른 함수율(흡습량)을 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.51 함수율(흡습량) 측정 결과 비교

단열재 종류	조건	공시체 질량 (g)	절건 질량 (g)	질량 차이 (g)	노출 조건에 따른 차이	초기 질량과의 차이
난연 EPS	A	122.98	122.18	-0.80	무	무
	B	128.30	127.22	-1.08		
	C	141.64	140.52	-1.12		
XPS	A	162.19	160.81	-1.38	무	무
	B	160.93	159.64	-1.29		
	C	160.60	159.48	-1.12		
PIR 2종2호	A	167.18	165.37	-1.81	유	유
	B	167.20	166.00	-1.20		
	C	173.47	170.89	-2.58		
준불연 PIR	A	255.00	252.90	-2.10	유	유
	B	257.58	255.45	-2.13		
	C	258.63	254.35	-4.28		
PF	A	189.77	179.18	-10.59	유	유
	B	190.30	179.45	-10.85		
	C	195.69	180.34	-15.35		

· 다음은 초기 공시체의 질량을 100g으로 기준을 둔 유기질 단열재의 절건 질량 증가·감소 그래프로 함수율(흡습량)을 나타낸 그래프이다.

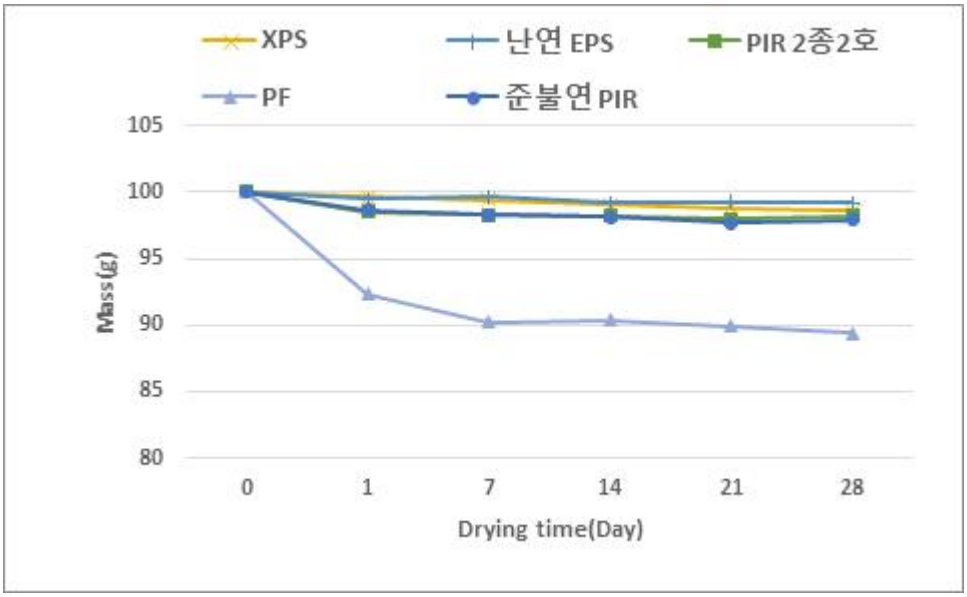


그림 2.109 A 조건에서의 함수율(흡습량) 비교

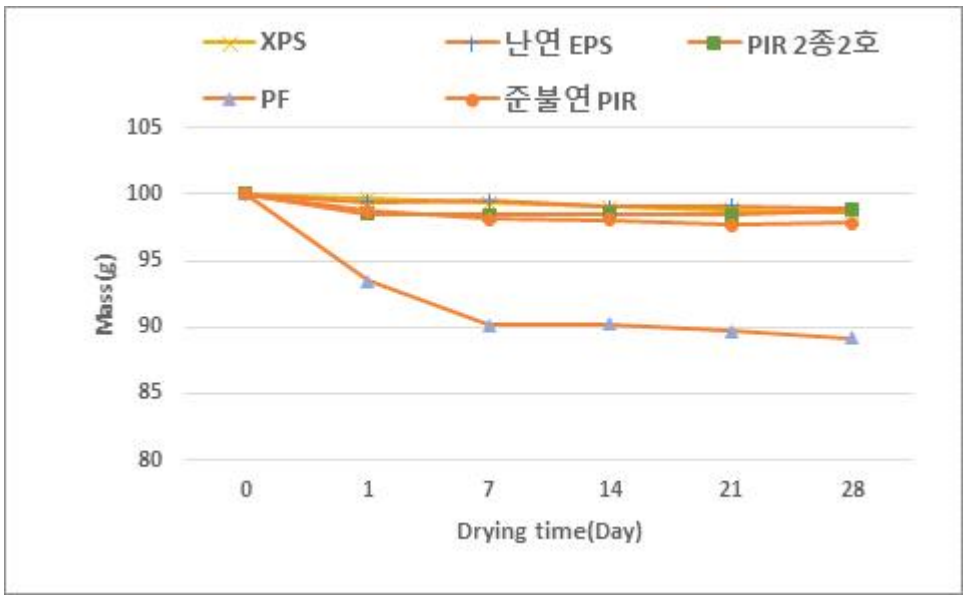


그림 2.110 B 조건에서의 함수율(흡습량) 비교

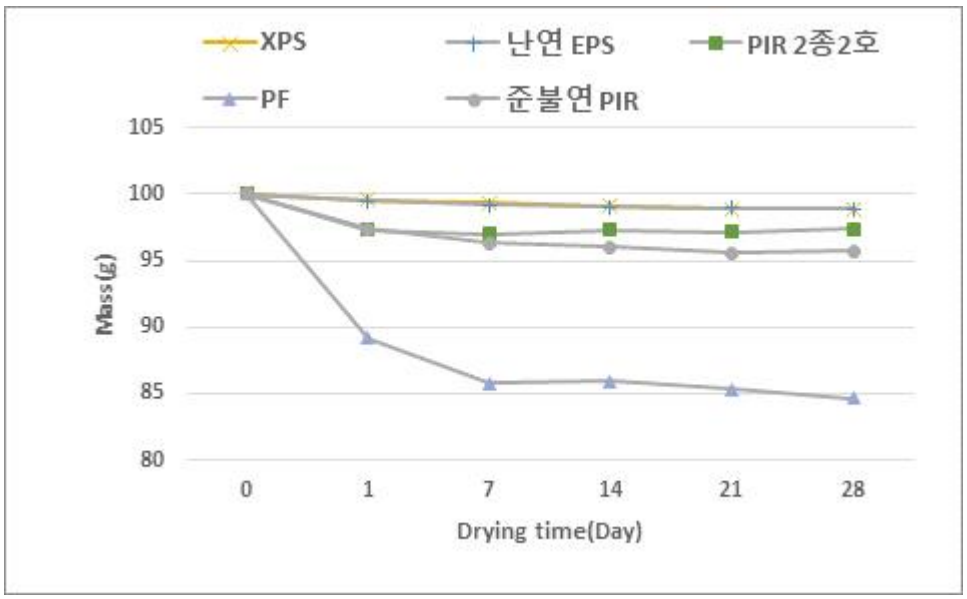


그림 2.111 C 조건에서의 함수율(흡습량) 비교

· A와 B 조건에서 PF를 제외한 단열재의 절건 질량의 감소는 거의 나타나지 않거나 혹은 미세하게 측정되었다. PF는 초기에 시료의 질량보다 약 10g의 질량이 감소하였으며 이는 함수율이 높은 것을 나타낸다.

· XPS, 난연 EPS는 C 조건에서 또한 절건 질량의 변화가 거의 나타나지 않았으며 PIR 2종2호와 준불연 PIR는 C 조건에서 A와 B 조건에서보다 두 배 가량 많은 질량이 감소한 것으로 측정되었다. 따라서 환경 조건에 따른 흡습량의 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

· 또한 PF는 C 조건에서 초기에 시료의 질량보다 약 15g이 감소하였으며 이는 함수율이 높은 것을 나타내며 A, B와의 차이도 발생하였으므로 흡습량이 크며 조건에 따라 차이도 나타나는 것으로 판단된다.

⑥ 유기질 단열재의 흡수량

· 단열재를 침지시켜 시간경과에 따른 흡수량의 변화를 알아보기 위해 측정하였으며 100 × 100 × 50㎜ 크기의 단열재 3개를 준비해 시편으로 해 KS M 3809(KS M 3808과 동일)에 준하여 실험하였으며 시편마다 표피나 박판이 다르지만 KS와 같이 제거 등의 특별한 가공이 없이 표피나 박판이 있는 상태로 실험을 실시하였으며 성형스킨이 있는 경우 두께 그대로 시험하기 때문에 50㎜로 통일하였다. 다음의 표는 흡수량 측정 결과와 질량 변화이다.
· {B : 최종 흡수 후의 무게(g), C(Day) : 측정일(Day)의 기준 질량(g)}

표 2.52 단열재 흡수량 측정 결과

종류	침지 기간(Day)에 따른 흡수량(g/100㎠)					
	1	2	3	9	15	22
난연 EPS	0.219	0.255	0.573	1.878	2.650	3.588
XPS	0.153	0.290	0.398	0.584	0.644	0.705
PIR 2종2호	0.230	0.630	0.753	1.539	1.840	1.949
준불연 PIR	0.621	0.694	0.873	1.326	1.609	1.738
PF	3.398	4.931	6.143	10.288	14.341	17.391
종류	**29**	**36**	**43**	**50**	**57**	**64**
난연 EPS	4.159	4.661	4.954	5.105	5.159	5.220
XPS	0.706	0.689	0.719	0.761	0.806	0.781
PIR 2종2호	1.988	2.070	2.159	2.148	2.175	2.214
준불연 PIR	1.698	1.763	1.833	1.811	1.866	1.830
PF	19.743	23.289	23.806	25.526	27.108	28.456
종류	**71**	**78**	**85**	**92**	**99**	**106**
난연 EPS	5.348	5.500	5.543	5.613	5.669	5.780
XPS	0.846	0.856	0.863	0.870	0.879	0.889
PIR 2종2호	2.290	2.343	2.330	2.319	2.376	2.424
준불연 PIR	1.919	1.979	2.010	2.029	2.089	2.061
PF	29.719	30.936	31.880	32.991	33.994	34.871

표 2.53 단열재 흡수량 측정 질량 변화 결과

종류	침지 기간(Day)에 따른 질량(g)					
	C0	B	C1	C2	C3	C9
난연 EPS	12.72	15.12	16.00	16.14	17.41	22.63
XPS	17.77	18.58	19.19	19.74	20.17	20.92
PIR 2종2호	18.20	20.62	21.54	23.14	23.63	26.78
준불연 PIR	28.99	30.42	32.90	33.19	33.91	35.72
PF	21.33	26.78	40.37	46.5	51.35	67.93

종류	C15	C22	C29	C36	C43	C50	C57
난연 EPS	25.72	29.47	31.76	33.77	34.94	35.54	35.76
XPS	21.16	21.40	21.41	21.34	21.46	21.63	21.81
PIR 2종2호	27.98	28.42	28.57	28.90	29.26	29.21	29.32
준불연 PIR	36.85	37.37	37.21	37.47	37.75	37.66	37.88
PF	84.14	96.34	105.75	114.49	122.00	128.88	135.21

종류	C64	C71	C78	C85	C92	C99	C106
난연 EPS	36.00	36.51	37.12	37.29	37.57	37.80	38.24
XPS	21.71	21.97	22.01	22.03	22.06	22.10	22.14
PIR 2종2호	29.48	29.78	29.99	29.94	29.90	30.13	30.32
준불연 PIR	37.74	38.09	38.33	38.46	38.53	38.77	38.66
PF	140.60	145.65	150.52	154.30	158.74	162.75	166.26

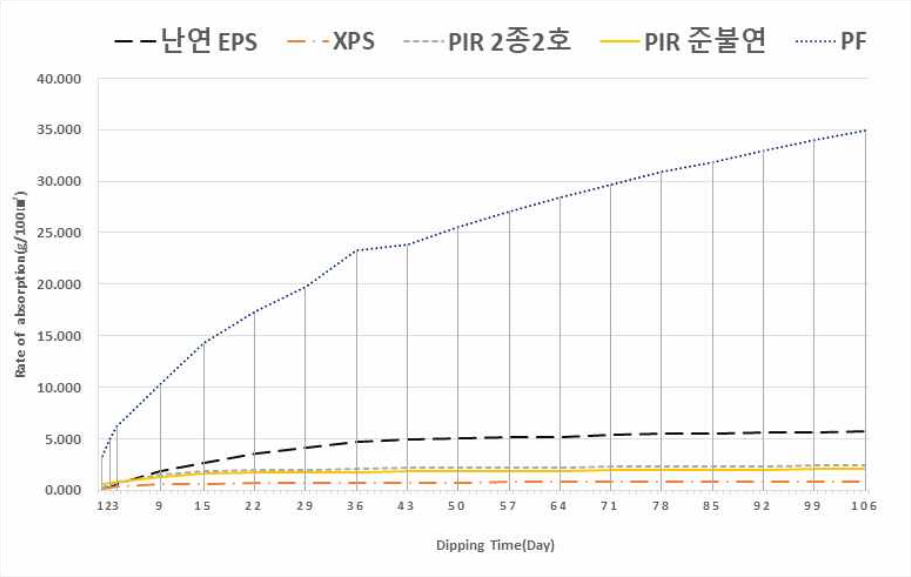


그림 2.112 단열재의 흡수량

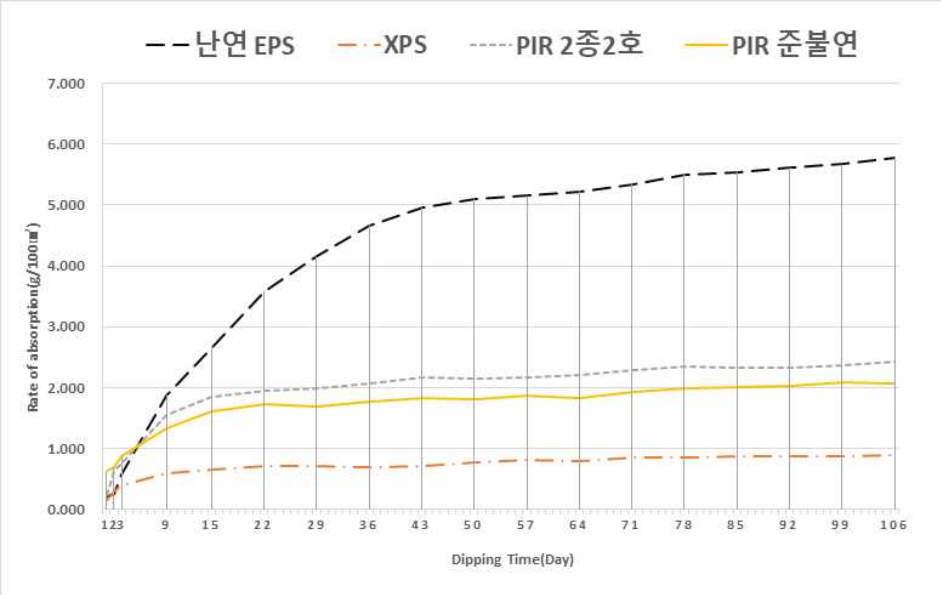


그림 2.113 PF를 제외한 단열재 흡수량

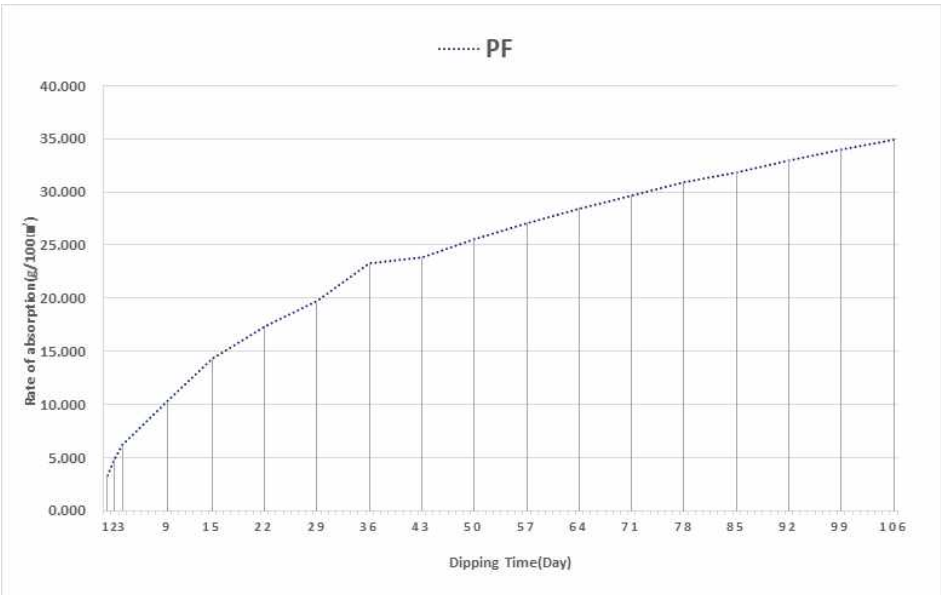


그림 2.114 페놀 폼(PF)의 흡수량

· XPS의 흡수량은 거의 없고 PIR은 약 2g/100㎠, 난연 EPS는 약 5g/100㎠의 흡수량이 측정되었다. 하지만 PF는 C106일 34.871g/100㎠의 흡수량이 측정되었으며 계속해서 증가하는 것으로 나타났으므로 지속적인 관찰이 필요하다. 또한 단열재의 C1과 C106의 흡수량의 차이가 크다는 것과 최대 흡수량에 도달하는 시점도 다르다는 것을 알 수 있다.

· 또한 각각의 흡수량을 온장으로 환산 시 XPS는 약 300g, PIR는 약 1kg, 난연 EPS는 약 2kg, PF는 약 15kg에 해당하는 양이다(50T 난연 EPS, XPS = 900 × 1800㎜ / PIR, PF = 1000 × 2000㎜).

㉠ 측정 결과 비교

· 단열재를 침지시켜 시간경과에 따른 흡수량의 변화를 알아본 결과는 다음과 같다.

표 2.54 흡수량 측정 결과 비교

단열재 종류	처음 흡수량 (g/100㎠)	최종 흡수량 (g/100㎠)	흡수량 차이 (g/100㎠)	흡수율 (%)	두께 변화	그래프 안정화 침지 기간(일)
난연 EPS	0.219	5.780	5.561	200.63	무	50
XPS	0.153	0.889	0.736	24.60	무	22
PIR 2종2호	0.230	2.424	2.194	66.61	무	22
준불연 PIR	0.621	2.061	1.440	33.38	무	15
PF	3.398	34.871	31.473	679.47	무	-

· 난연 EPS, PIR는 약간의 흡수가 나타났으며 PF의 흡수량은 다른 단열재보다 월등히 높았다. 또한 C1, C106의 차이와 그래프 안정화 침지 기간도 모두 다른 것으로 나타났다. 따라서 흡수율 측정은 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

· 또한 흡수량을 흡수율로 환산한 결과 난연 EPS는 200%, PF는 679%이기 때문에 시공시 철저한 관리와 공법이 필요할 것으로 판단된다.

· 흡수량을 흡수율로 환산한 식은 다음과 같다.

$$\text{흡수율}(\%) = \frac{C106 - C0}{C0} \times 100$$

$C106$: 최종 질량(g)

$C0$: 시편 질량(g)

○ 유기 단열재 내구성 측정 결론

· 단열재의 관리에 대한 기준 및 규정이 없어 생산, 운반, 보관, 시공 등에 제대로 관리가 되지 못해 단열재 성능 평가와 사용에 문제가 생기고 있다. 단열재에 대한 관리 기준이 없는 이유는 내구 성능, 초기 성능, 환경 인자에 대한 성능 변화 등의 관련 자료가 없기 때문이다.
· 또한 우리나라는 KS로 기준들이 규정되어 있지만 단열재마다 각각의 성능에 대한 측정법이 다르게 명시되어 상호 성능 비교 평가에 무리가 있다. 따라서 유기질 단열재는 각종 성능에 대한 시험법의 통일과 이에 따른 경시변화 등을 고려한 기준이 마련되어야 하며 이를 통해 성능의 상호 비교가 가능해야 적절한 단열 설계가 가능할 것으로 판단된다.

· **열전도율** : 난연 EPS와 PF의 단열 성능은 변화가 없거나 초기보다 좋은 것으로 측정되었다. 하지만 PF의 열전도율 측정값의 변화 그래프가 일정하지 않아 앞으로도 지속적인 측정이 필요할 것으로 판단된다. 또한 PIR와 XPS는 지속적인 단열 성능 감소가 나타났으므로 적용 시 이에 대한 고려가 필요하다.
· 또한 환경 조건에 따라서 열전도율 변화의 차이가 발생하였으므로 이는 직사광선과 열, 습도 의한 단열재 내 함수율 변화 및 내부 단열 가스의 양, 표면 조직의 파괴 등의 영향인 것으로 판단되며 이 부분에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

· **질량, 함수율(흡습량)** : 난연 EPS, XPS, 준불연 PIR의 질량 변화는 미세하였으며 PIR 2종2호는 A 조건은 -2.05%, B 조건은 -0.87%, C 조건은 +2.97%로 조건에 따라 증감이 달랐고 PF는 열전도율 그래프와 비슷한 형태로 나타났다. 또한 함수율(흡습량) 측정 시 PF의 질량 감소가 A, B 조건 약 -10%, C 조건 약 -15%로 가장 크고 약 -1~-2.6%인 PIR 2종2호보다 준불연 PIR가 약 -2%~-4.3%로 질량 감소가 크게 나타났다.
· 따라서 PIR는 표피의 재질에 따른 차이가 발생하였으며 직사광선 및 열에 의해 함수율의 차이가 발생하거나 흡습율이 큰 것으로 판단되며 PF의 열전도율은 흡습과 탈습이 많이 생기기 때문에 이로 인한 질량 차이가 발생하고 단열 성능에도 영향을 주는 것으로 판단된다.

· **흡수량** : XPS, 준불연 PIR, PIR 2종2호, 난연 EPS, PF 순으로 흡수량이 크게 나타났으며 PF는 다른 단열재 대비 약 6~39배 이상의 흡수량이 측정되었다.
· 또한, 단열재의 흡수량은 초기 측정 시 최대치가 아니며 침지 기간에 따라 지속적으로 증가하며 그래프 안정화 침지 기간도 다르기 때문에 흡수량 측정이 지속적으로 이루어져야 한다.
· 한편 PF는 C106에도 계속해서 증가하는 그래프 형태를 나타냈으므로 이후에도 측정이 필요할 것으로 판단되며 시공 시 수분에 의한 건물 내 철근이나 고정 핀 등의 부식으로 강도가 약해지고 탈락되는 현상 등이 우려되므로 철저한 관리와 시공이 이루어지지 않으면 장기적으로 단열 성능 자체가 무의미해 질 수 있다고 판단된다.

· 기존 문헌의 고찰 및 실험 결과를 토대로 경질 우레탄 폼(2종 1호의 경우)의 경우 5층 이하의 건물에서 화재확산 지연에 적용이 가능할 것으로 판단되며, **폐놀 폼(PF)의 경우 별도의 방습처리가 이루어져야 알려진 준불연 성능을 발휘할 수 있을 것으로 예상**된다.
· 그러나 본 연구과제에서는 **10층 이하의 건물을 대상으로 하였고, 확실한 화재확산 지연 성능 및 안전성 확보를 위해 유기계 단열재의 사용은 배제**하였다.

6) 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토

(1) 필로티 주차장 및 주변 화재

① 필로티 주차장 화재 시, 차량 연소 조건

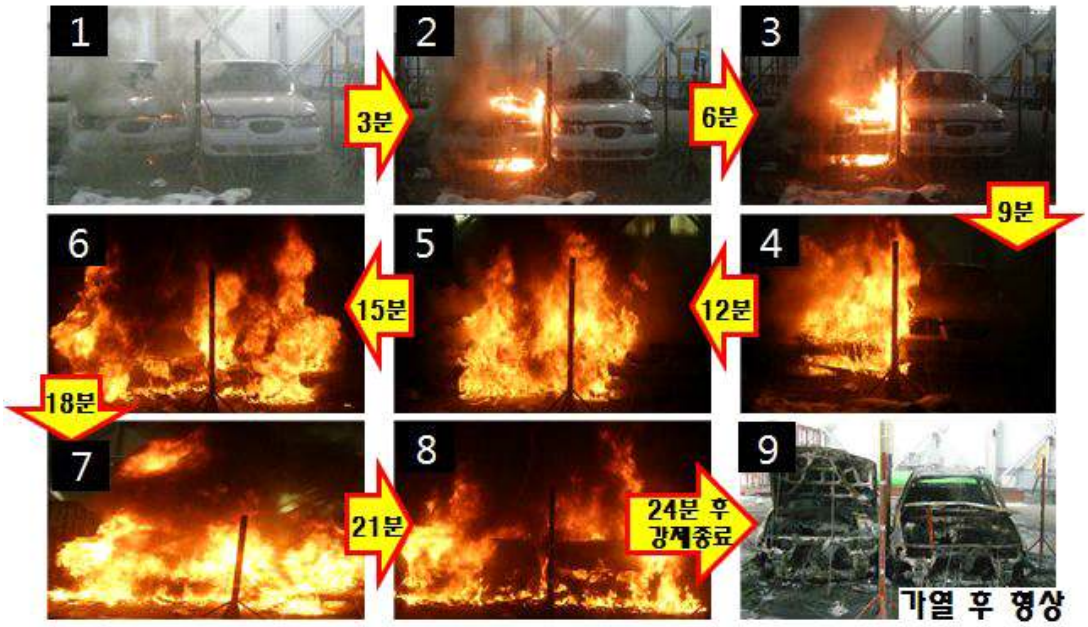


그림 2.115 차량화재 실험

· 차량은 다량의 휘발유 또는 경유를 포함하고 있어 화재 시 급격한 연소가 이루어지고, 엄청난 발열량으로 인해 주변의 다른 차량 또는 가연물로 확대되는 특성이 있다. 호서대에서 시행한 “지하대공간의 주차장 차량화재를 고려한 연소실험” 연구에 의하면 차량이 연료에 의해 착화되면서 연소되는 과정을 아래의 그림에 나타내었다. 점화 시작과 동시에 검은 연기가 다량 발생하였으며, 3분 후 차량 본넷 위로 화염이 전파되면서 동시에 CAR-2의 왼쪽 타이어에 화염이 전파되었다. 또한 발화 6분 후 CAR-1의 본넷이 50% 이상 연소되었으며, **발화 12분 후 CAR-1의 앞 유리창이 파괴되고 이어서 천장부와 상부로 화염이 급격히 전파**되었다.

· 상기 실험의 결과를 토대로 보면 건물 내 **거주자의 외부로 연결되는 피난계단 등 피난통로가 필로티 화재에 영향을 받는 구조라면 6분 이내에 피난을 완료하는 게 피난안전성 측면에서 바람직하다. 또한 외부마감재 등으로의 연소 확대를 차단하기 위해서는 발화 후 12분 이내에 화재의 진압**이 이루어져야 한다.

· 건물 내 재실자의 경우 화재발생 후 직각 피난이 이루어지지 않고 화재발생에서 자동화재 탐지설비 등에 의한 화재의 감지, 화재경보 벨 등에 의한 화재인지, 옷을 입거나 주변 사람에게 알리는 등 피난행동의 준비, 그리고 **피난개시까지 문제없이 정상적으로 이루어지고 반응한다 해도 최소 3~4분 정도의 시간이 소요될 수밖에 없다**. 더구나 **취침 중인 심야시간대는 상기 소요시간에 최소 50% 정도의 시간이 더 걸리게 된다**. **상기에 언급된 소요시간은 거주자가 화재경보에 즉각적으로 반응하고 대기나 경보의 무시 등의 행동이 없을 때 소요되는 시간**이다. 여기에 피난계단을 통해 피난 층으로까지 내려오는 소요되는 시간까지 더해져야 하는 것이다.

② 화재안전성 확보방안(재실자 대피조건)

· 필로티 내 차량화재를 고려한 소규모 공동주택에서의 화재특성 및 그에 따른 피난안전성을 분석한 결과 필로티 천장과 외부마감재의 불연성이 확보되어야 화재시 거주자의 피난안전을 확보할 수 있다는 것을 알 수 있다.

· 필로티 천장부와 건물 외부마감재 전체를 불연성 재료로 설치한다면 확실한 화재안전성능을 확보할 수 있겠지만 **비용적 문제 특히 기존 건물에 소급해서 적용하기에는 현장여건 등 여러 가지로 어려운 제약조건이 많을 것으로 판단**된다.

· 따라서 사용 승인되어 사용 중인 건물의 경우 **필로티 천장부와 필로티와 직접 연결되는 외벽 1m 정도(상부로의 화재확산을 막기 위한 스팬드럴의 높이가 약 1m 정도가 되면 일반적 화재의 경우 상부로의 연소 확대를 제어할 수 있는 것으로 판단됨)까지를 불연성을 갖춘 마감재로 설치하는 것이 화재안전성, 현장적용여건 등을 고려할 때 가장 현실적이고 적합한 방안**으로 판단된다.

· 필로티 공간에서 발생 될 수 있는 화재 상황으로 재활용 분리수거장 및 일부 일반쓰레기 배출공간에서의 담배꽁초 등에 의한 화재 상황의 경우, 상기에서 제시한 주차장 차량 화재가 더욱 큰 화재 열량을 갖고 있기 때문에 차량 화재에 대한 대책 마련이 이루어질 경우 다른 사항들의 경우, 만족이 가능할 것으로 판단된다.

(2) 실내화재로 인한 개구부 주위 외벽 수열 온도

○ 연구의 목적

· 본 실험은 내부화재가 발생 될 때, 외벽의 수열 온도를 측정하고 분석하고자 하였다. 실험조건으로는 개구부 크기와, 개구부 상단에 설치한 차양 길이를 인자로 하였다. 이는 실제 거주하는 공간마다 개구부의 차이와 내부에 존재하는 가연 물질 등의 차이가 있다고 할 때, 실제 화재 상황에서 외벽에 전달되는 온도는 다를 것이라는 가정을 전제로 실험을 수행하였다.

· 이를 통해 화재확산 방지 공법의 적용에 있어, 개구부의 크기와 내부 공간 조건에 따른 추가 확산 방지 공법의 적용(화재확산 방지용 차양 등) 등을 검토하기 위한 데이터 확보를 목적으로 하며, 또한 외벽의 수열 온도에 따라 기존 설치된 단열재의 인화온도에 도달하지 않도록 화재 확산 방지 시스템을 적용하기 위한 자료로 활용하고자 하였다.

① 실험개요

㉠ 실험 인자 및 수준

표 2.55 실험 인자 및 수준

실험인자	수준	수준수	비고
개구부 크기(㎜)	1,400, 1,600, 2,000	3	
차양길이(㎜)	0, 150, 300, 450, 600	5	

* 차양길이 450의 경우, 개구부 측면 가림막 설치 실험 진행

㉡ 가열실험체

표 2.56 가열실험체의 규격 및 마감

구분	규격(㎜)	마감	비고
전면(외벽)	4,100×5,800×177 (가로×세로×두께)	세라크 울 50T 방화석고보드 25T	
챔버(룸)	4,100×4,000×2,100 (가로×세로×높이)		
개구부	2,000×1,200×100 (가로×세로×두께)		



그림 2.116 제작 가열 실험체

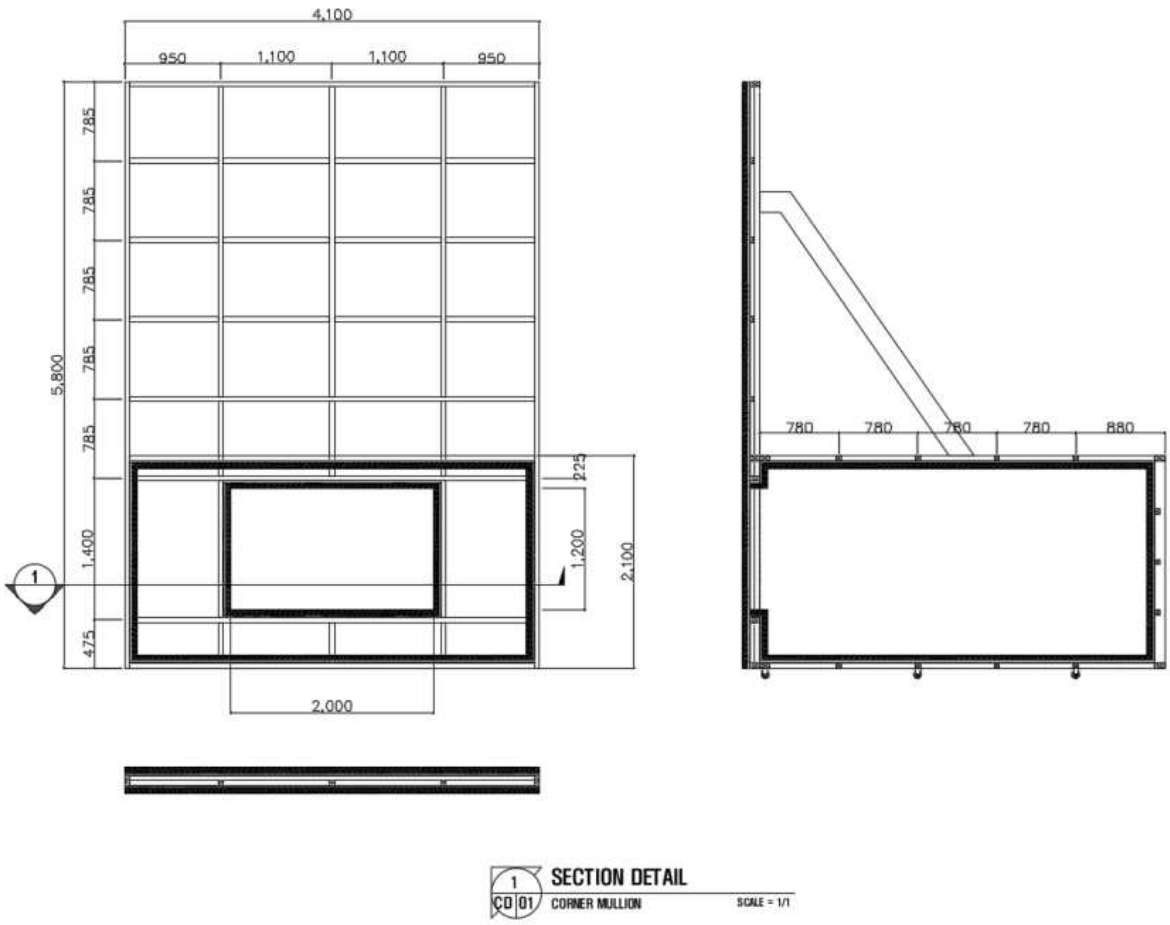


그림 2.117 가열실험체 규격

㉢ 측정 장비 및 측정항목

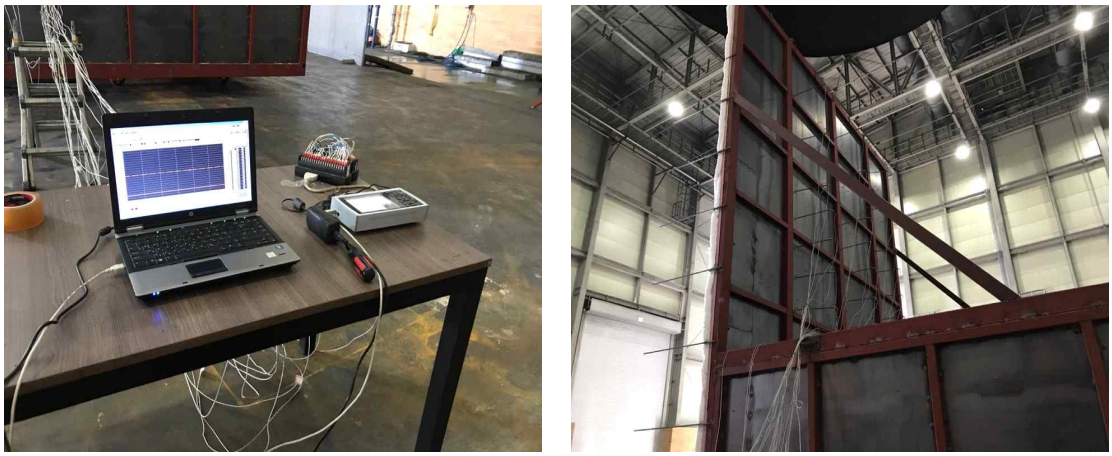


그림 2.118 데이터로거(좌) 및 열전대(우)

표 2.57 실험사용 장비의 제원

장비명	제원	측정항목	비고
데이터로거	GL 800 / 40ch 사용 온도측정 정밀도 0.1℃	외부벽체 및 챔버 온도측정 기록	
열화상카메라	FLIR P620 해상도 640×480 IR	외부벽체 열화상 촬영	
열전대	K-type 열전대 Range -100～1,350℃	외부벽체 및 챔버 온도측정	



그림 2.119 열화상카메라 및 데이터 로거 설치

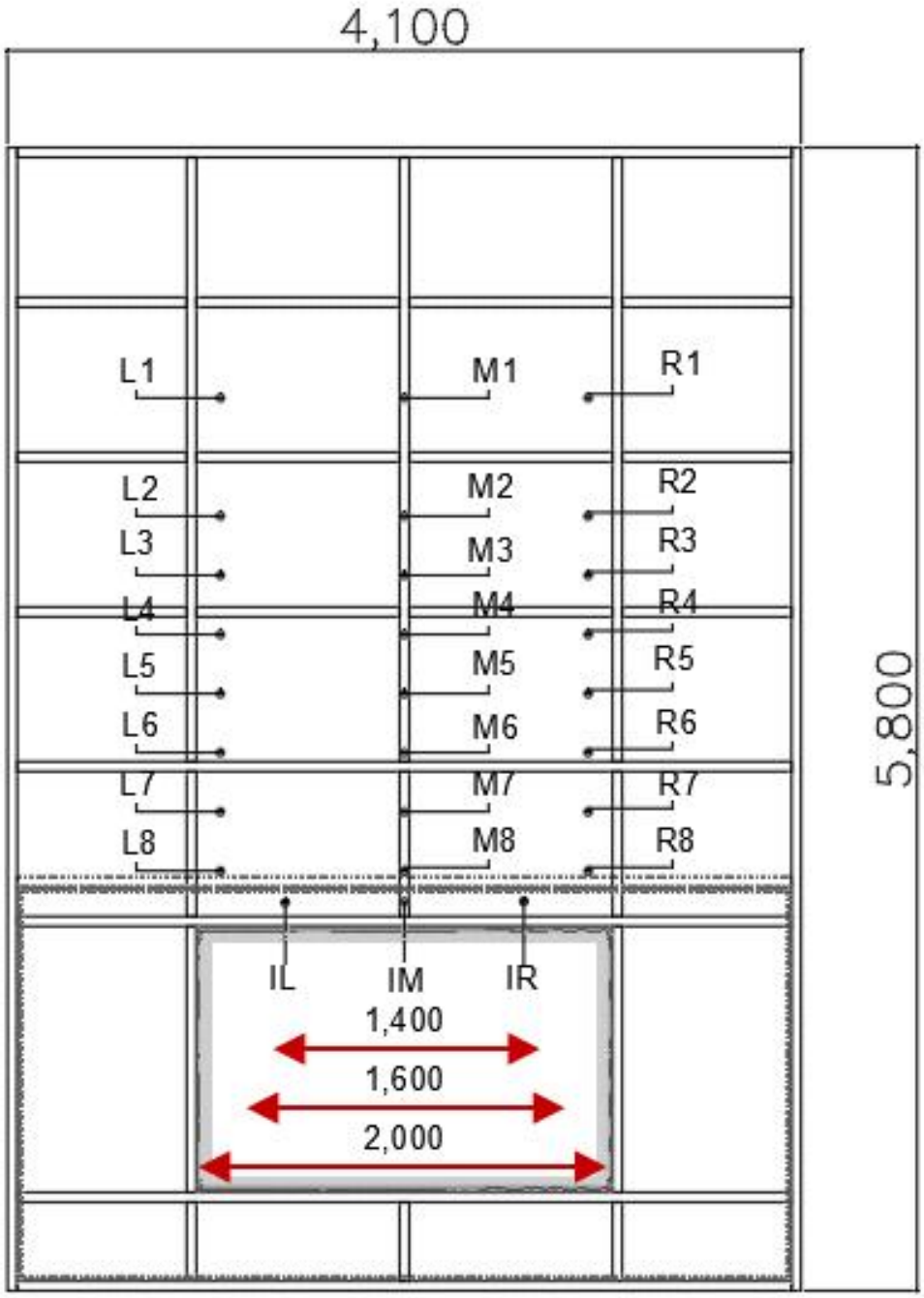


그림 2.120 열전대 위치 및 명칭

㉣ 사용연료 : 햅탄(C_7H_{16})

표 2.58 햅탄의 물리적 특성

물리적 특성	단위	적용 값	비고
밀도	kg / ㎥	675	
기화열	kJ/g	0.50	
최대연소속도	g/㎡ · s	70	
유효연소열	kJ/g	44.6	

② 개구부 크기에 따른 화재확산 실험

㉠ 실험결과

표 2.59 개구부 크기에 따른 화재확산 실험 결과 요약

개구부크기	연료량(L)	시작시간	종료시간 (Hour:Min:Sec)	Flash over (sec)	총 가열시간 (sec)
2,000 ㎜	34	12:58	13:11:35	633	815
1,600 ㎜		14:46	14:57:53	498	713
1,400 ㎜		10:28	10:40:01	510	721

㉡ 개구부 2,000㎜

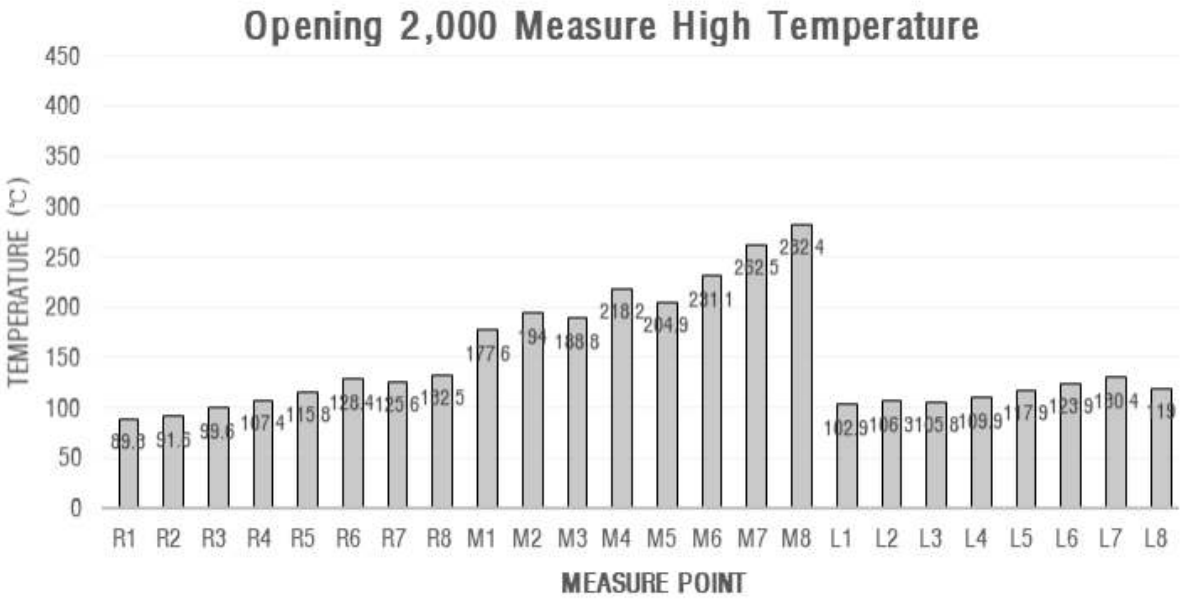


그림 2.121 개구부 2,000(㎜) 측정점 최고온도 그래프

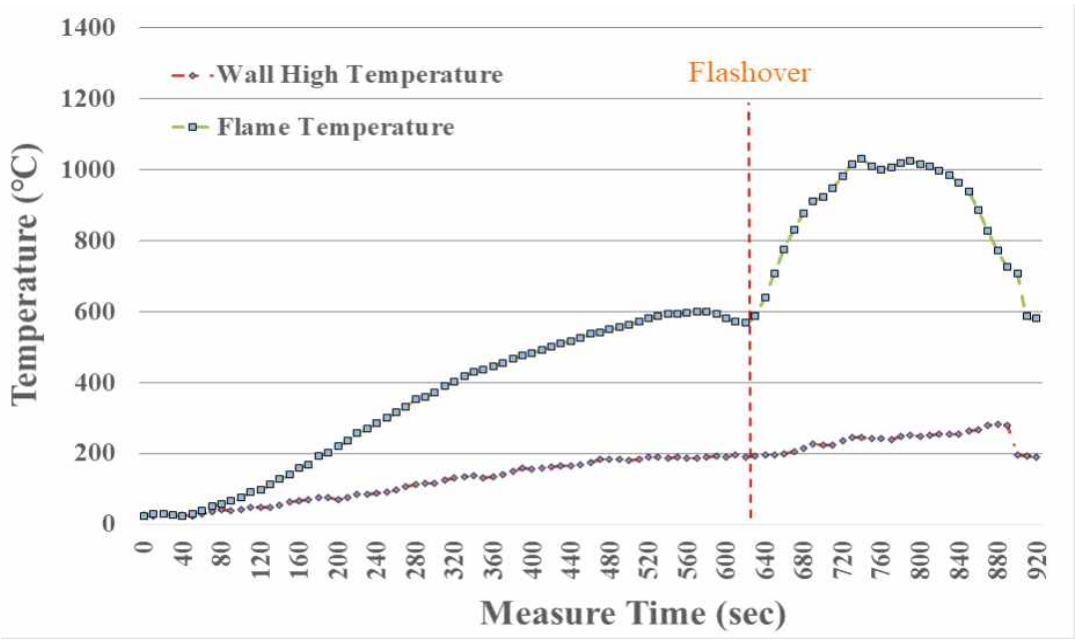
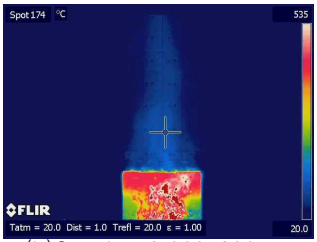
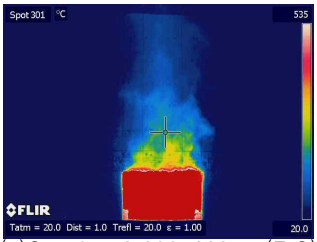


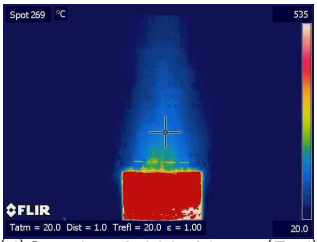
그림 2.122 개구부 2,000(㎜) 가열실험 결과

표 2.60 개구부 2,000㎜ 열화상 촬영


(a)Opening 2,000-60sec


(b)Opening 2,000-300sec


(c)Opening 2,000-630sec(F.O)


(d)Opening 2,000-815sec(End)

㉡ 개구부 1,600㎜

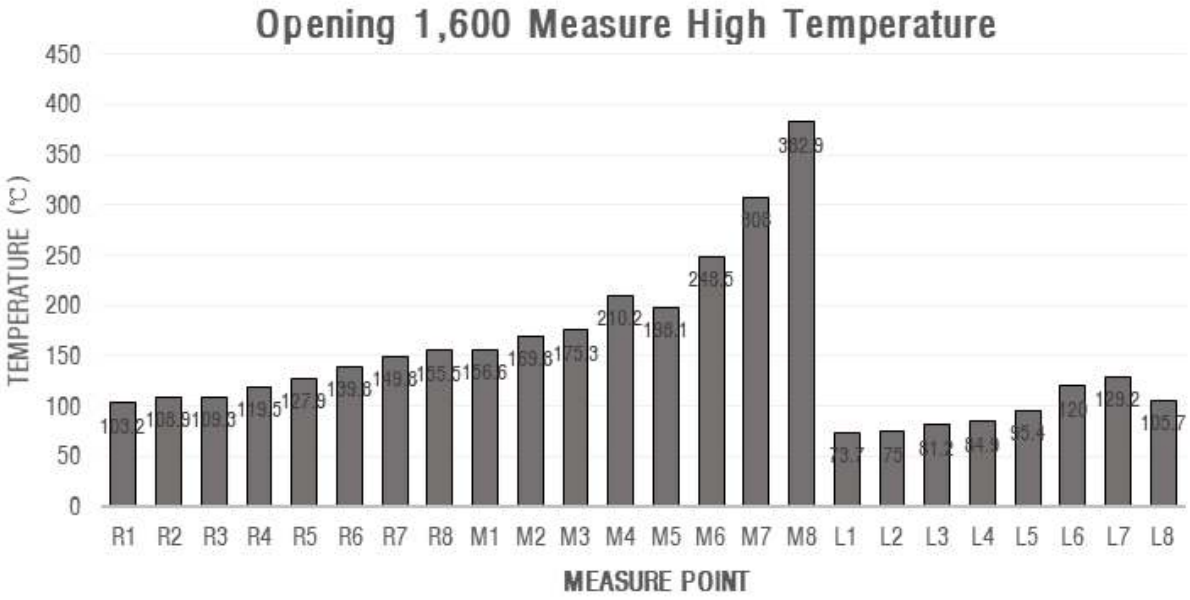


그림 2.123 개구부 1,600(㎜) 측정점 최고온도 그래프

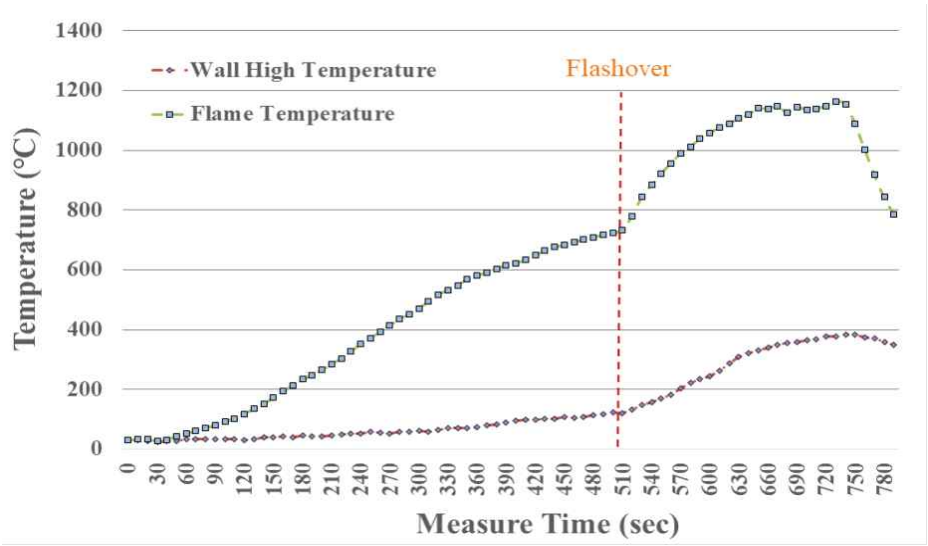
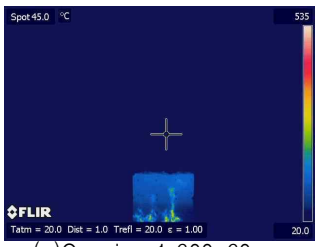
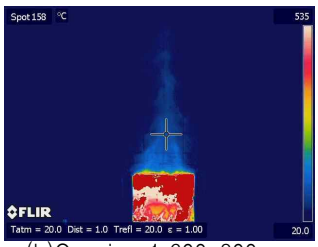
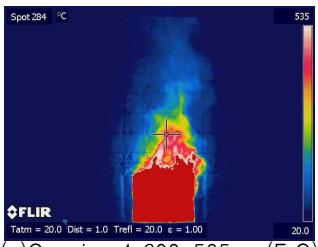


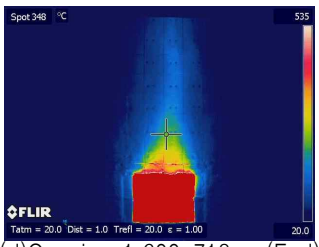
그림 2.124 개구부 1,600(㎜) 가열실험 결과

표 2.61 개구부 1,600㎜ 열화상 촬영


(a)Opening 1,600-60sec


(b)Opening 1,600-300sec


(c)Opening 1,600-505sec(F.O)


(d)Opening 1,600-713sec(End)

㉣ 개구부 1,400㎜

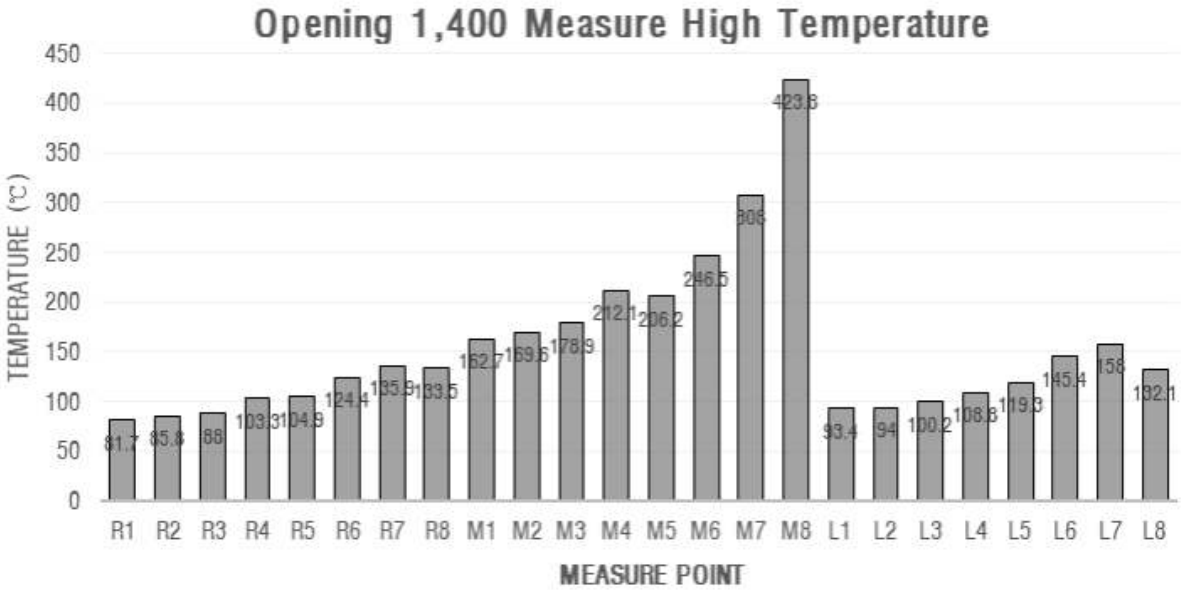


그림 2.125 개구부 1,400(㎜) 측정점 최고온도 그래프

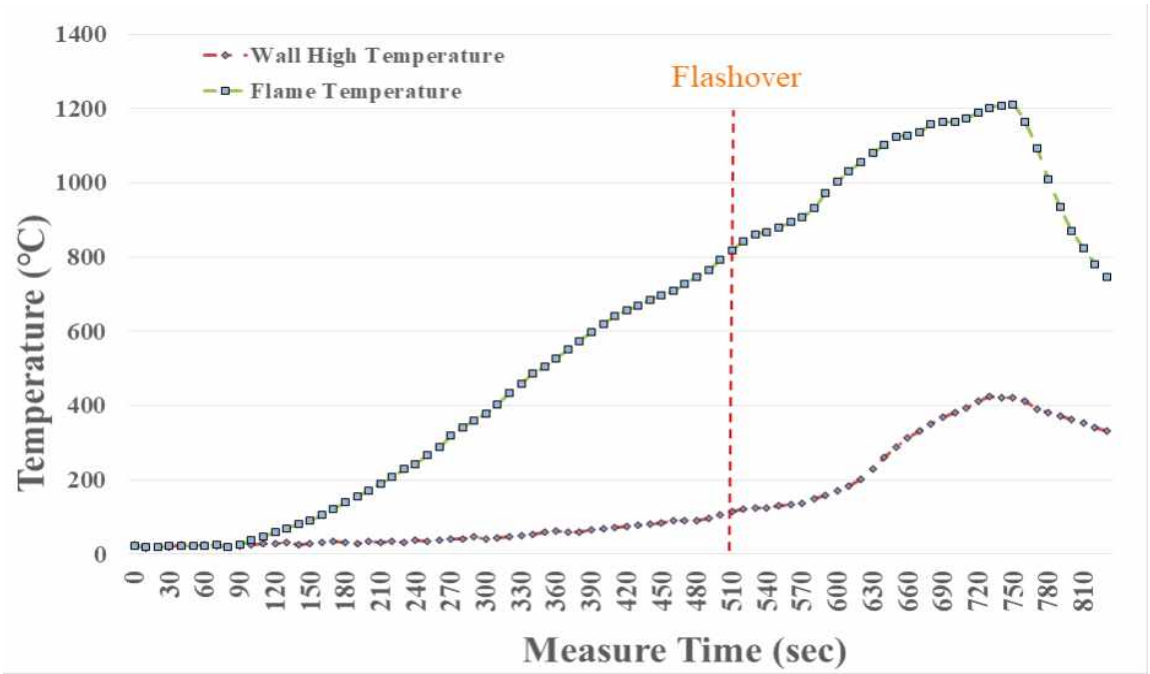
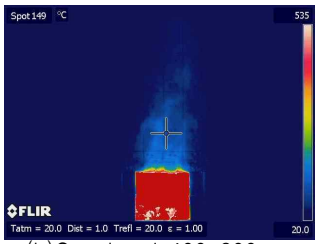
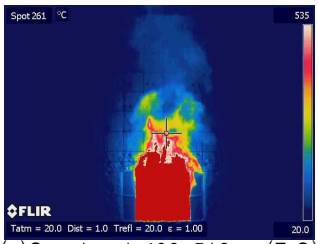


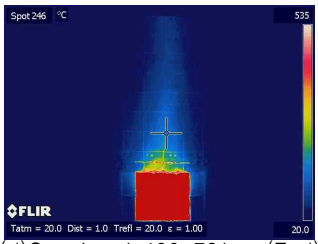
그림 2.126 개구부 1,400(㎜) 가열실험 결과

표 2.62 개구부 1,400㎜ 열화상 촬영


(a)Opening 1,400-60sec


(b)Opening 1,400-300sec


(c)Opening 1,400-510sec(F.O)


(d)Opening 1,400-721sec(End)

㉲ 결과분석

· 개구부 크기에 따른 가열실험 결과, 모든 실험에서 가운데 가장 하부에 위치한 M8지점에서 높은 온도를 나타냈다. 또한 실험결과 개구부 크기가 커질수록 외벽에 최고온도는 낮아지는 것으로 나타났다. 플래시오버는 개구부 크기 2,000㎜에서 633초 후, 발생되어 지연되는 결과를 나타냈으며, 개구부 1,600㎜와 1,400㎜는 유사한 플래시오버를 나타냈다.

· 본 연구는 공동주택의 화재상황에서 다양한 너비의 개구부를 고려하여 개구부 크기를 실험조건으로 실물화재실험을 실시하였다. 개구부 크기 조건에 따른 외벽의 수열온도분포 및 플래시오버 등의 화재성상과 단열재의 유도착화를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 동일한 연료 및 내부용적 조건에서 개구부의 크기에 따른 플래시오버와 총 가열시간은 다르게 나타났다. 이러한 결과는 미연소 가스의 외부방출과 공기 유입량에 따른 차이로 판단된다. 다만, 화재가 발생되는 곳의 용도에 따라 가구 등 가연물 조건이 상이하기 때문에 절대적인 결과조건이 될 수 없으나, 화재 확산의 측면에서 개구부가 클 경우, 플래시오버가 지연되는 것으로 나타나 내부 소화가 신속히 이루어지는 것을 가정할 때, 화재확산방지 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

2) 개구부의 크기에 따른 실험결과 개구부 중앙에 위치한 M8 측정점에서 가장 높은 온도 값을 나타냈으며, 개구부 1,400㎜에서는 423.8℃, 개구부 1,600㎜에서는 382.9℃ 개구부 2,000㎜에서는 282.4℃ 나타나 개구부의 크기가 커질수록 화재확산에 의한 외벽 수열온도가 낮아지는 것으로 나타났다.

3) 기존에 연구된 결과에서 약 350℃의 온도가 단열재의 유도착화온도(FIT)라고 할 때, 개구부의 크기가 커질수록 단열재의 유도착화에 의한 화재 확산에 있어 안전할 것으로 판단된다.

4) 본 연구 결과만을 토대로 외벽 화재확산방지를 위해서는 개구부 상부 측에 1m 가량 화재확산방지를 위한 보강이 이뤄질 경우, 단열재의 착화에 따른 수직 화재확산의 방지에 유리할 것으로 판단된다.

5) 본 연구는 내부 가연물을 동일한 것으로 가정한 실험 결과이며 실제 건물에 적용을 위해서는 가연물, 외부환경(인접건물, 풍속 등)의 영향 외에도 개구부의 크기 및 사용단열재에 따른 화재확산방지 대책을 다르게 적용해야 할 것으로 판단되며 기존문헌 고찰결과 축소모형과 실물화재조건에는 다소 차이가 발생할 수 있어 다양한 조건의 실물화재 데이터 확보가 필요할 것으로 판단된다.

③ 차양 길이에 따른 화재확산 실험

㉠ 개구부 2,000㎜

표 2.63 차양 길이에 따른 화재확산 실험 결과(2,000㎜)

차양길이	연료량(L)	시작시간	종료시간 (Hour:Min:Sec)	Flashover (sec)	총 가열시간 (sec)
0	34	12:58	13:11:35	633	815
150		10:15	10:27:58	630	778
300		15:29	15:40:37	496	697
450		13:47	13:59:18	540	738
600		10:51	11:05:00	645	840

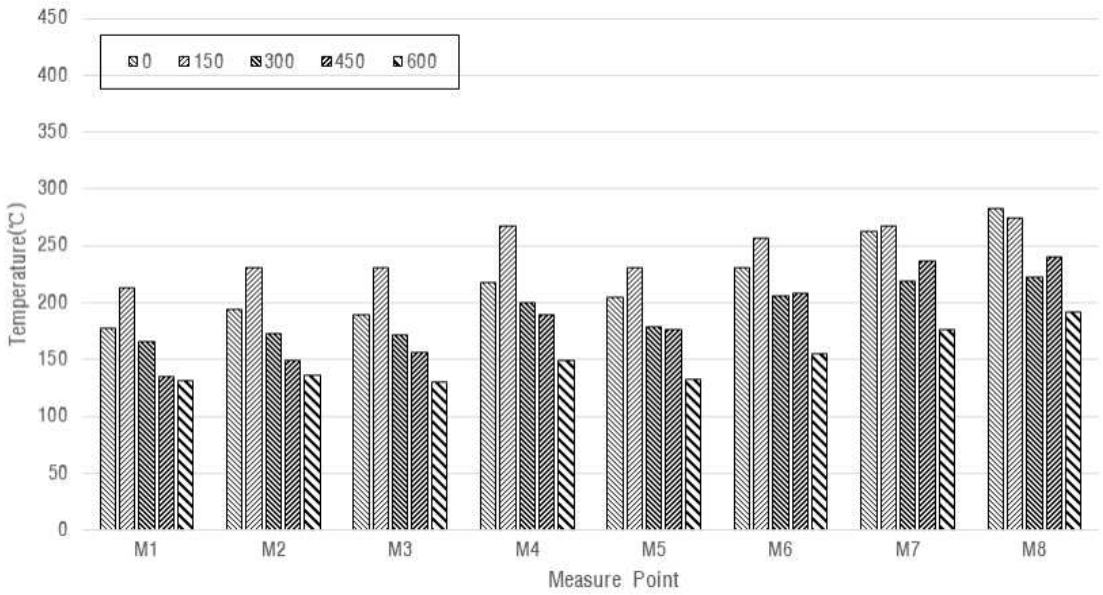


그림 2.127 개구부 2,000㎜ 차양 길이에 따른 M Line 최고온도 그래프

㉡ 개구부 1,600㎜

표 2.64 차양 길이에 따른 화재확산 실험 결과(1,600㎜)

차양길이	연료량(L)	시작시간	종료시간 (Hour:Min:Sec)	Flashover (sec)	총 가열시간 (sec)
0	34	14:46	14:57:53	498	713
150		13:50	14:01:02	430	662
300		10:15	10:26:17	416	677
450		16:14	16:24:03	376	603
600		13:45	13:55:06	328	606

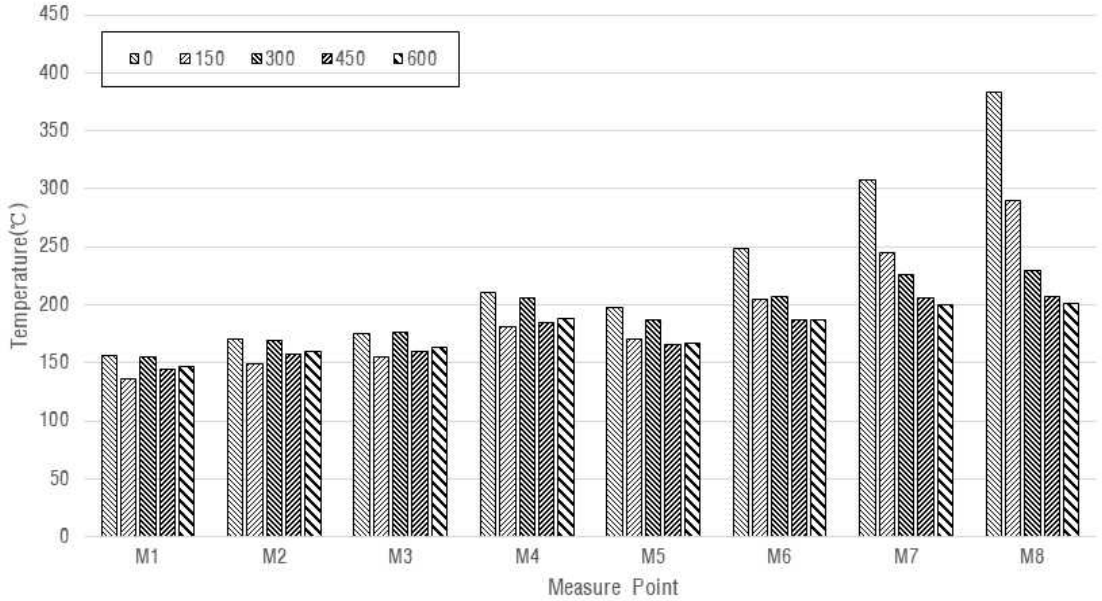


그림 2.128 개구부 1,600㎜ 차양 길이에 따른 M Line 최고온도 그래프

㉡ 개구부 1,400㎜

표 2.65 차양 길이에 따른 화재확산 실험 결과(1,400㎜)

차양길이	연료량(L)	시작시간	종료시간 (Hour:Min:Sec)	Flashover (sec)	총 가열시간 (sec)
0	34	10:28	10:40:01	510	721
150		16:02	16:13:29	434	689
300		13:46	13:58:01	463	721
450		13:28	13:39:04	420	664
600		09:45	09:55:15	390	615

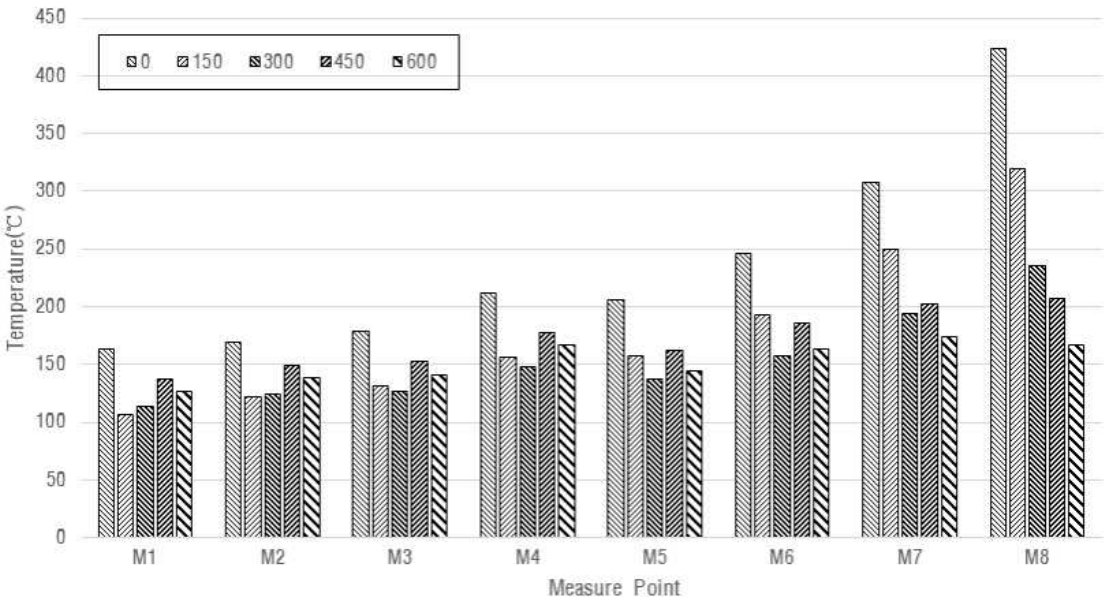


그림 2.129 개구부 1,400㎜ 차양 길이에 따른 M Line 최고온도 그래프



(a) No awning



(b) Awning 300㎜



(c) Awning 600㎜

그림 2.130 차양 길이에 따른 화재확산 모습(측면)

· 개구부 상부에 차양을 설치하여 외벽 수열온도를 측정한 결과, 기존 382.9℃의 최고온도를 나타낸 M8 측정점의 경우, 차양이 설치된 모든 실험에서 300℃ 미만의 온도로 나타나 차양의 설치가 외벽 수열온도를 낮추는데 효과가 있는 것으로 나타났다.

· 실험결과 차양 길이와 최고온도와의 관계가 비례적으로 나타나지 않아, 건물의 조건(개구부 크기 및 사용단열재 등) 및 경제성, 주변 환경조건(인접건물의 이격거리 등)에 따른 외벽화재확산 방지를 위한 최적 차양 길이에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

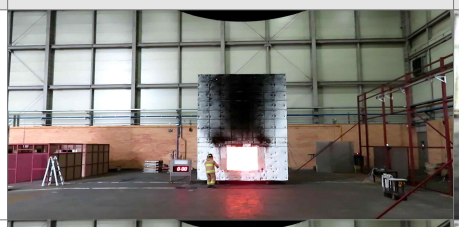
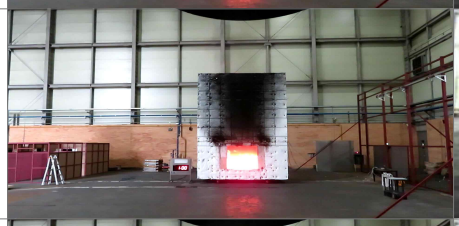
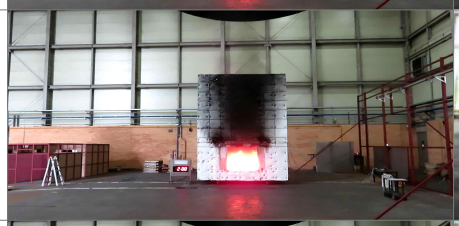
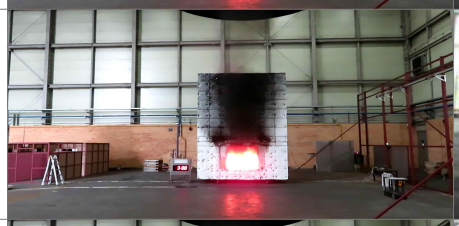
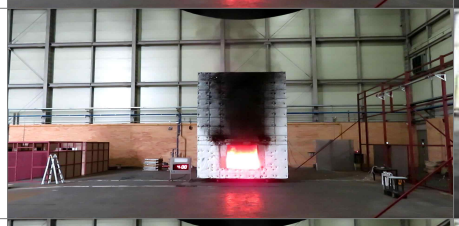
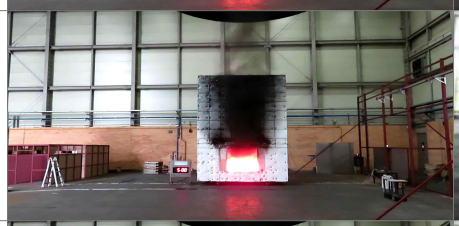
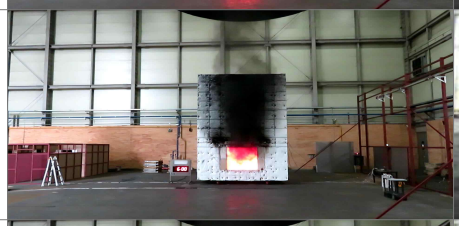
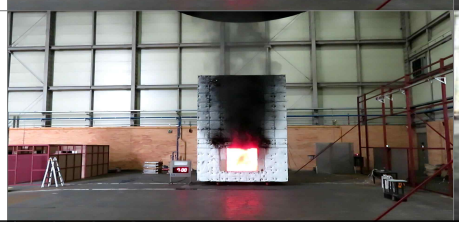
· 동일한 연료 및 내부용적 조건에서 차양길이에 따른 플래시오버와 총 가열시간은 차양길이가 길어질수록 빨라지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 미연소 가스의 외부방출과 공기유입량에 따른 차이에 기인한 것으로 판단되며, 동일한 화재조건에서 가스방출량을 측정하여 공기유입량을 추측하는 등의 연구를 통해 화재확산방지를 위한 지속적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

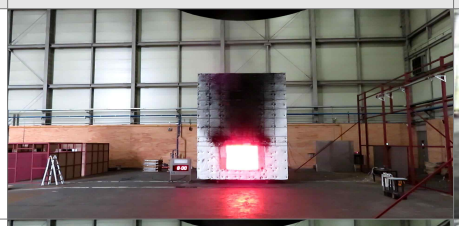
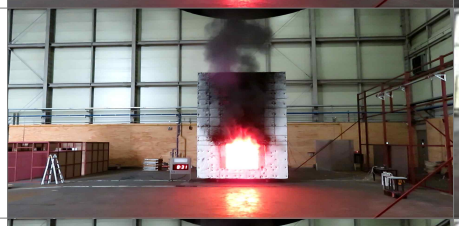
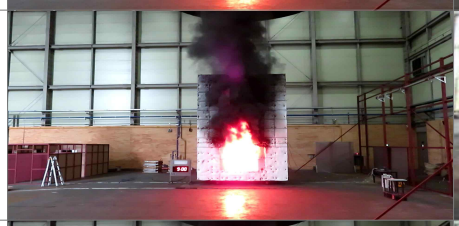
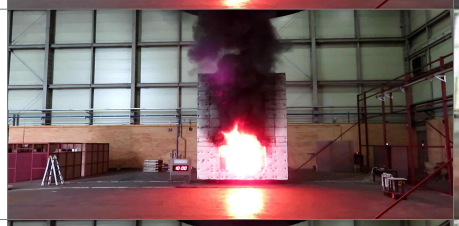
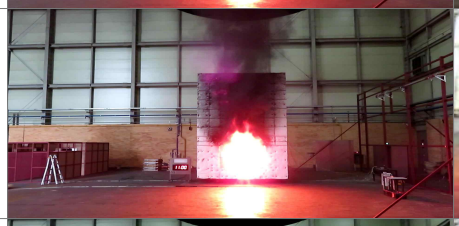
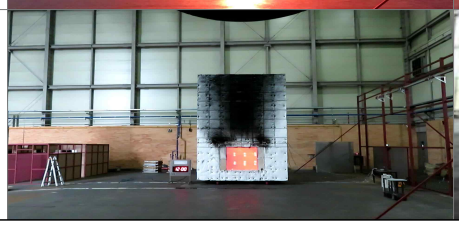
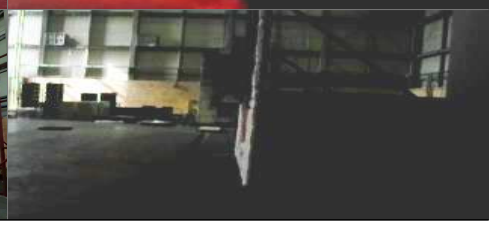
· 2015년 시행된 건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준의 제7조는 화재 확산 방지구조로 현재는 재료에 대한 부분만 각 항목으로 제시되어 있으나 추가적인 실험과 검증을 통해 차양의 설치 또한 상층부의 화재 확산 방지구조로 반영될 수 있을 것으로 판단된다.

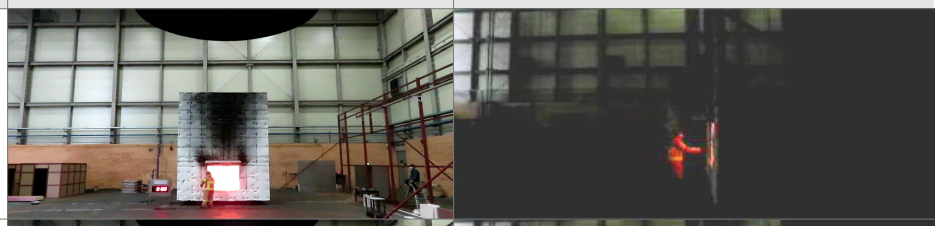
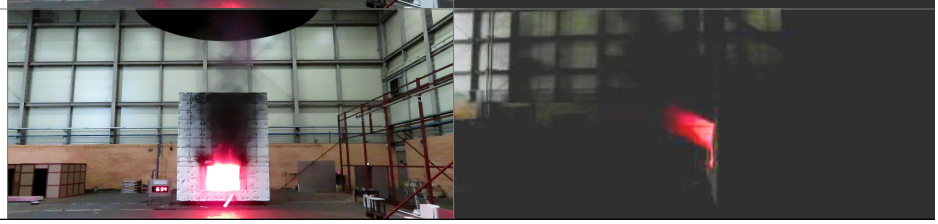
· 실험에 의한 연구결과로 볼 때, 개구부 수직 화재확산 방지를 위해서는 화재전파가 일어나지 않도록 약 1m까지 불연재 시공 혹은 보강이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

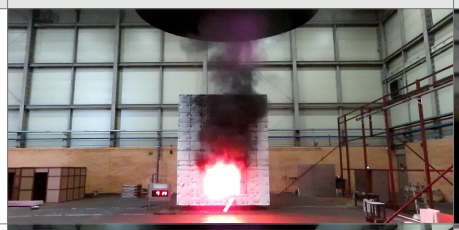
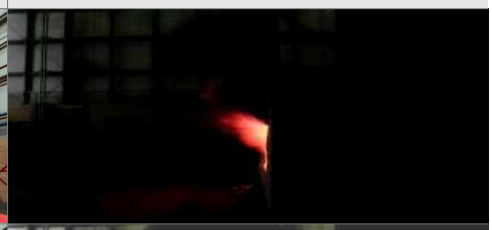
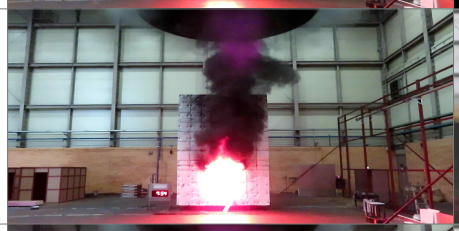
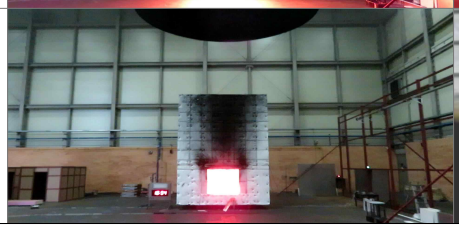
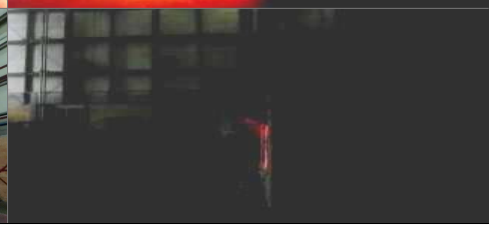
④ 가열실험 조건별 사진

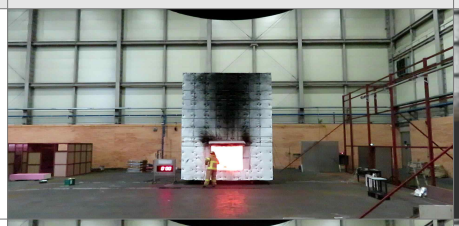
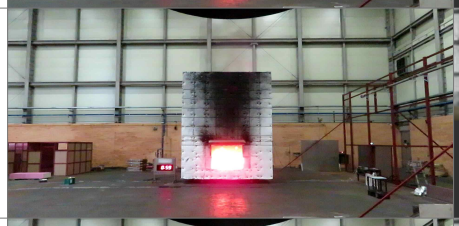
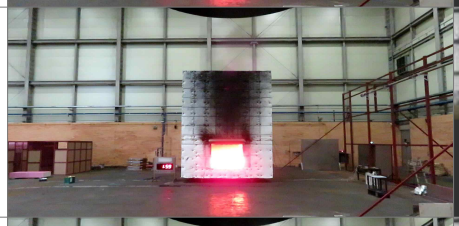
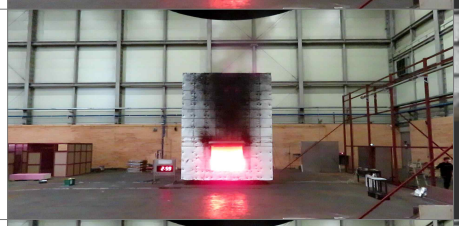
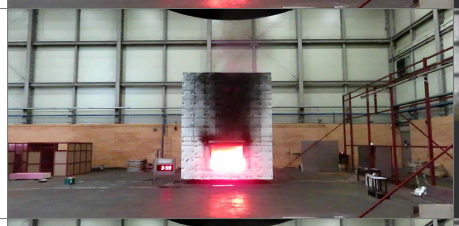
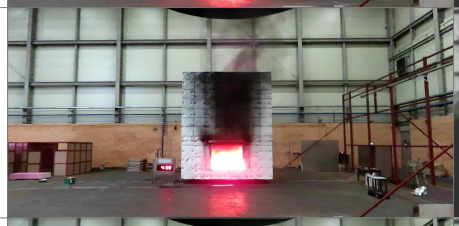
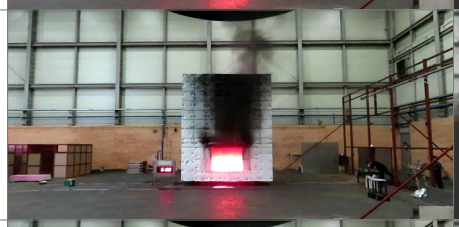
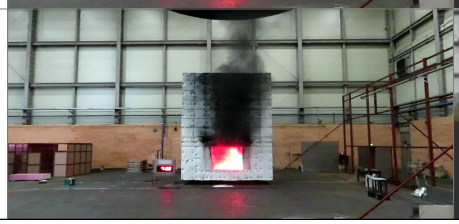
㉠ 개구부 크기 1,400(mm)

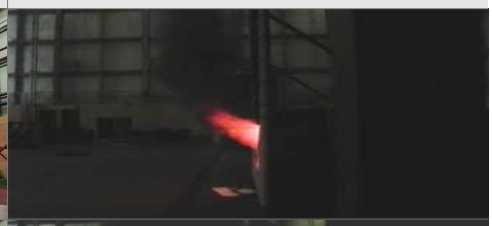
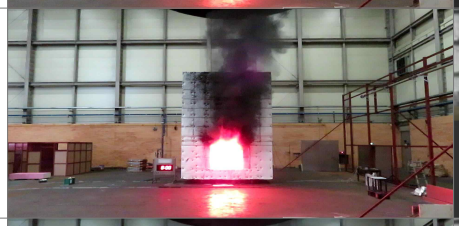
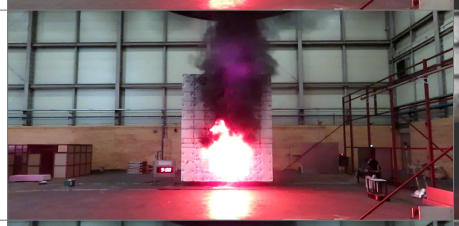
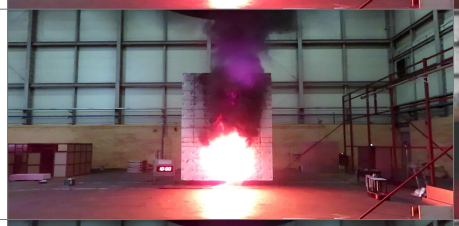
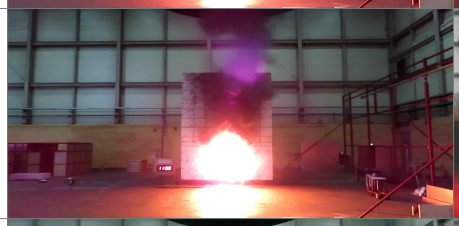
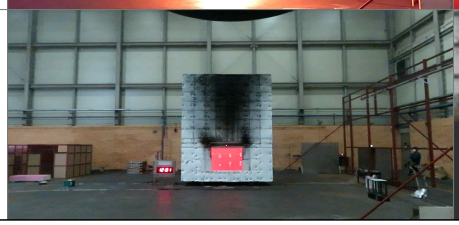
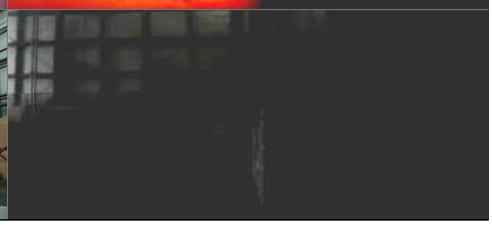
차양길이(㎜)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:28	점화			
10:29				
10:30				
10:31				
10:32				
10:33				
10:34				
10:35				

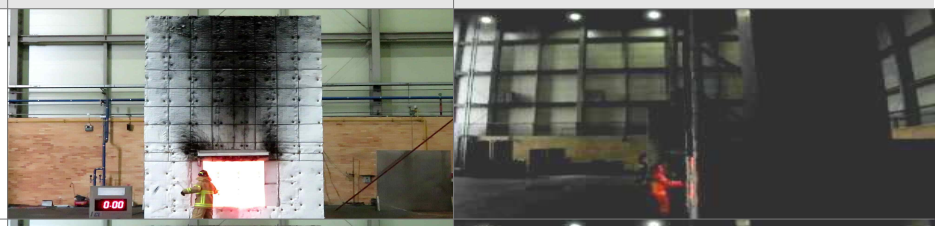
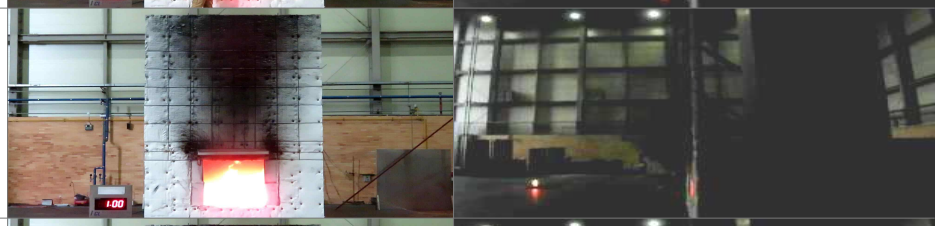
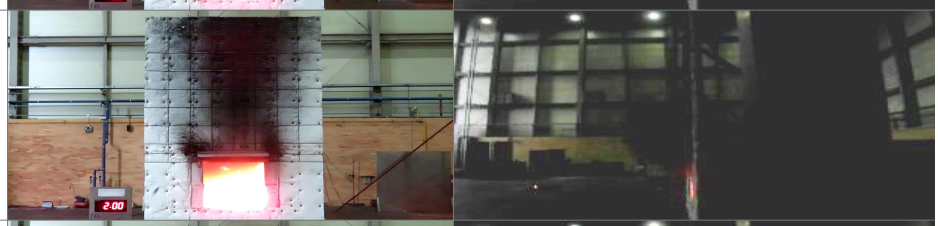
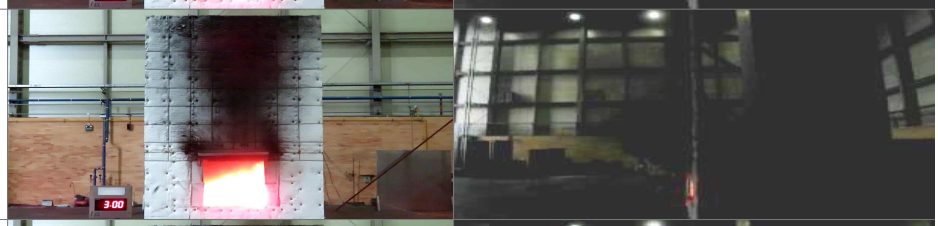
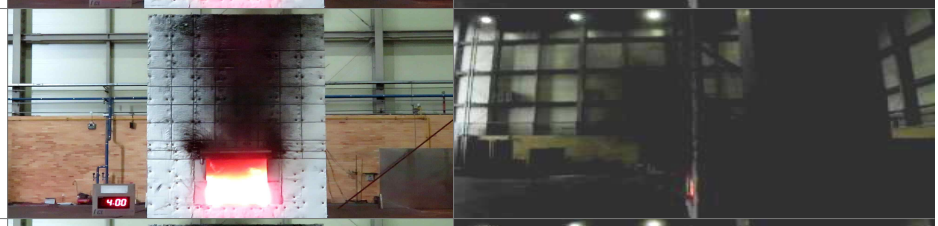
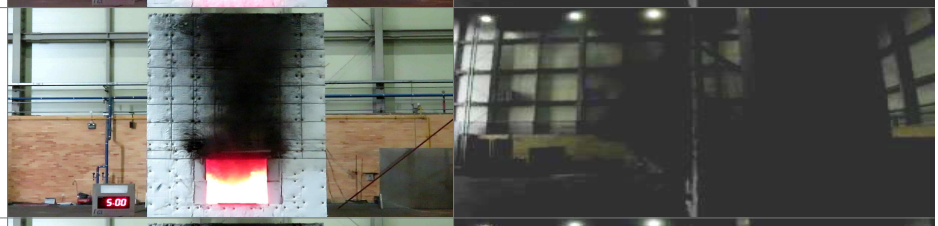
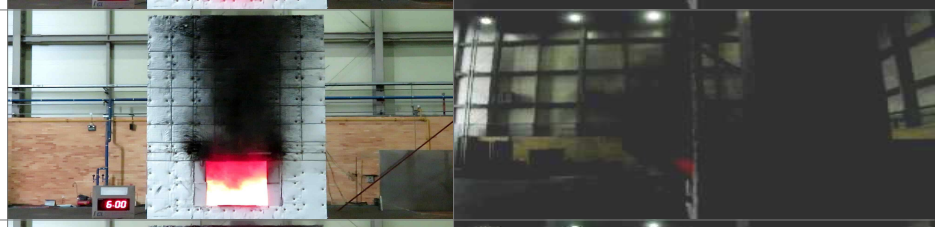
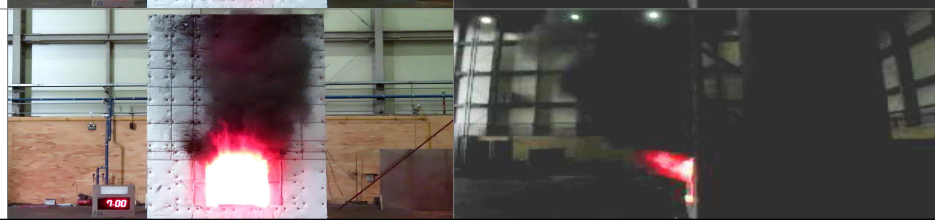
차양길이(㎜)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:36				
10:36	점화 후 510sec F.0			
10:37				
10:38				
10:39				
10:40	종료			

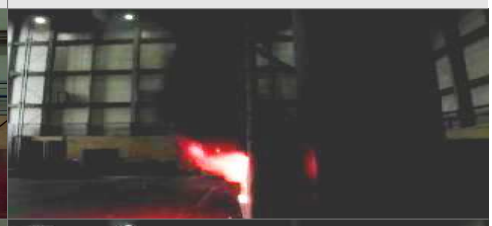
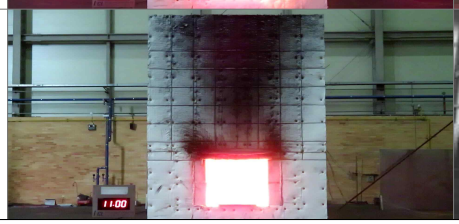
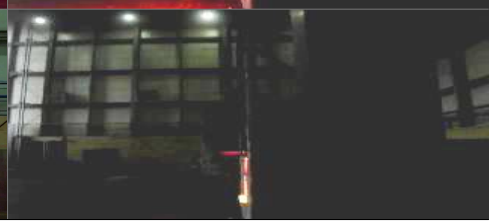
차양길이(㎜)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:02	점화			
16:03				
16:04				
16:05				
16:06				
16:07				
16:08				
16:09				

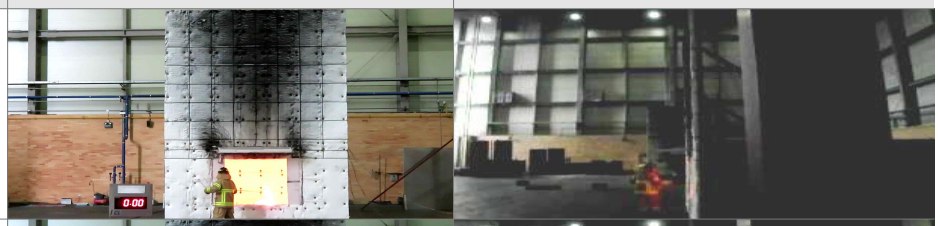
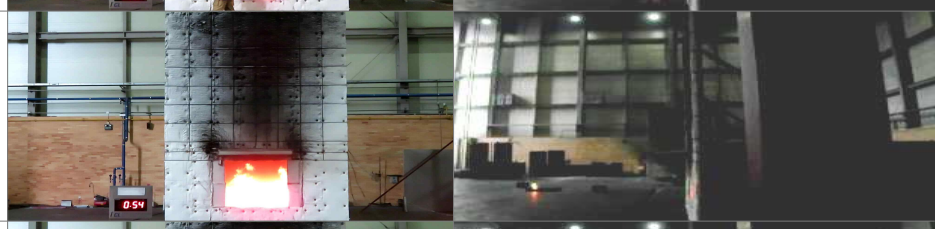
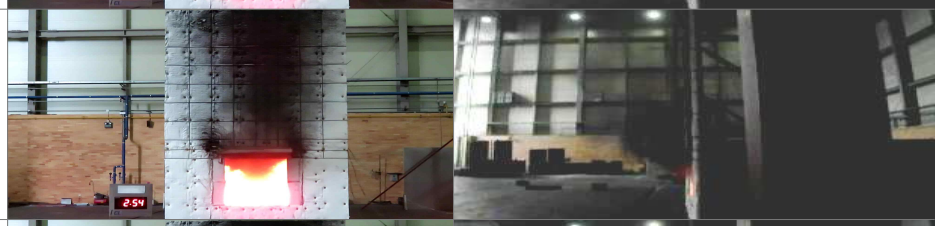
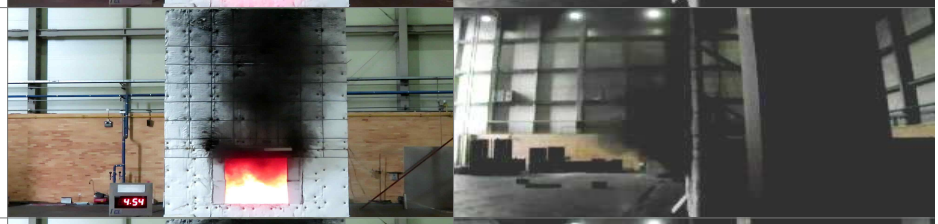
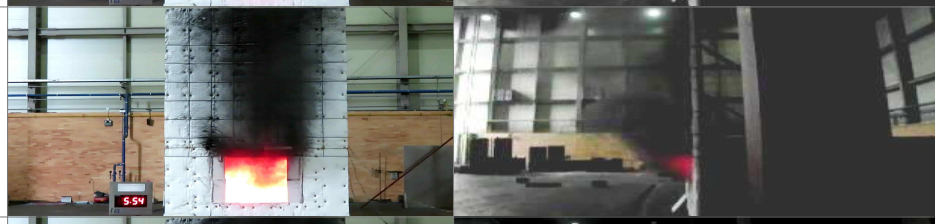
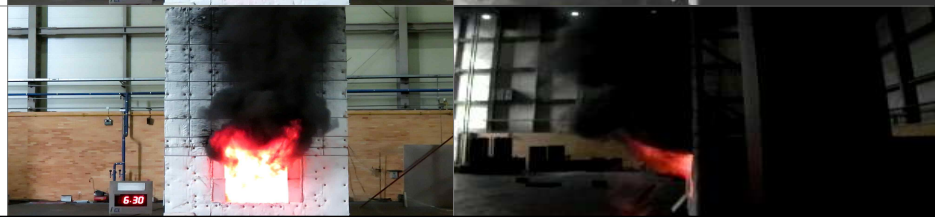
차양길이(㎜)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:09	점화 후 434sec F.0			
16:10				
16:11				
16:12				
16:13	종료			

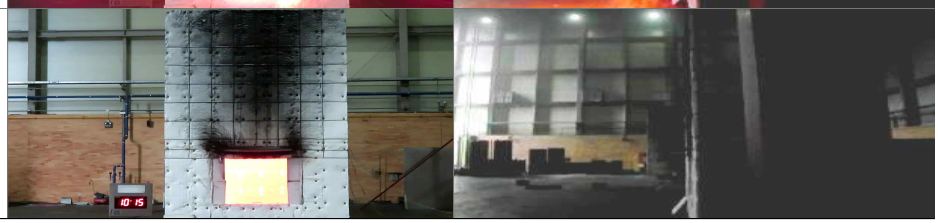
차양길이(㎜)		300	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:46	점화			
13:47				
13:48				
13:49				
13:50				
13:51				
13:52				
13:53				

차양길이(㎜)		300	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:53	점화 후 463sec F.O			
13:54				
13:55				
13:56				
13:57				
13:58	종료			

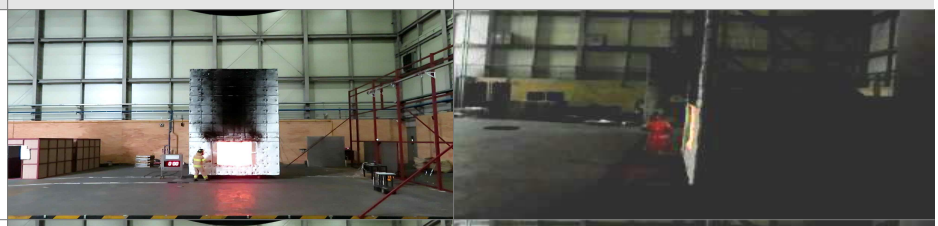
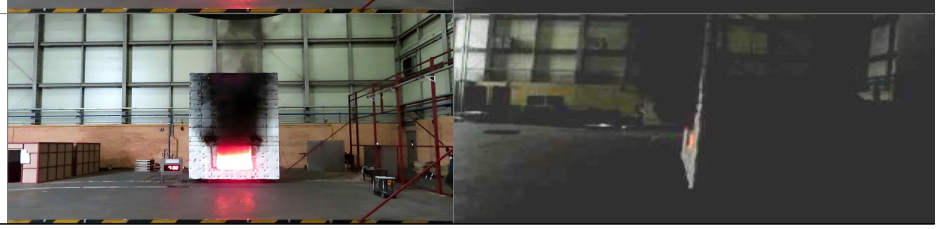
차양길이(㎜)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:28	점화			
13:29				
13:30				
13:31				
13:32				
13:33				
13:34				
13:35	점화 후 463sec F.0			

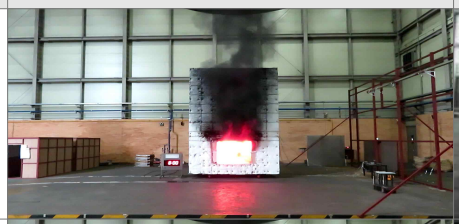
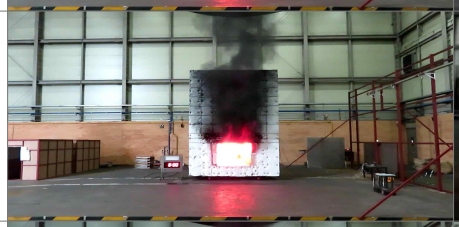
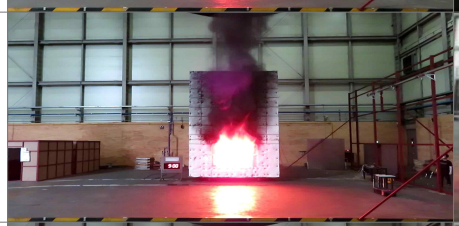
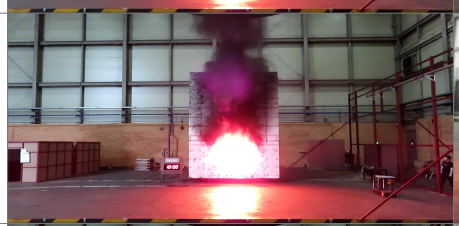
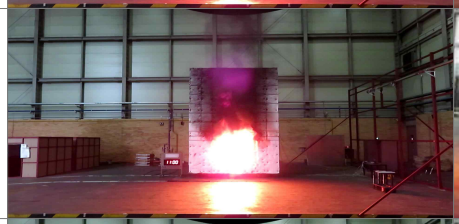
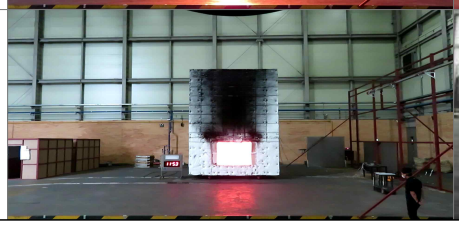
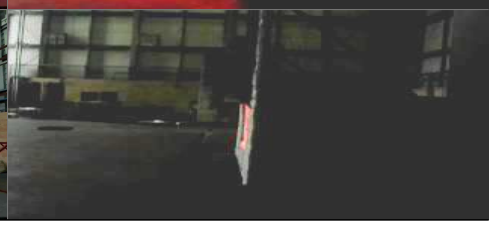
차양길이(㎜)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:36				
13:37				
13:38				
13:39	종료			

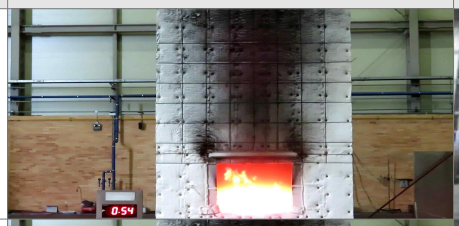
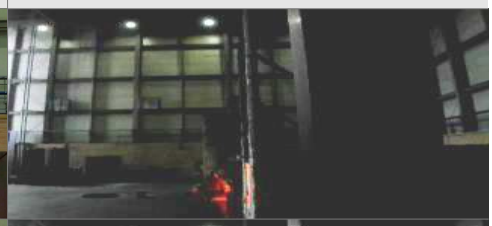
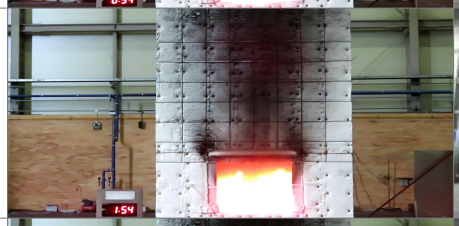
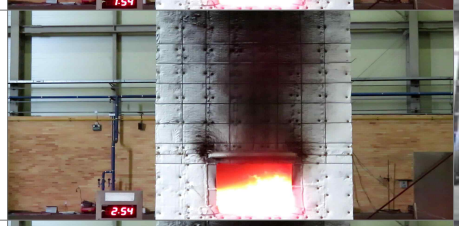
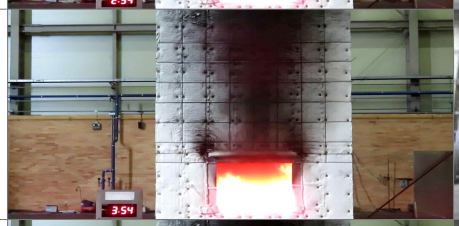
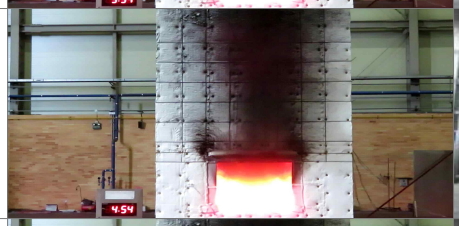
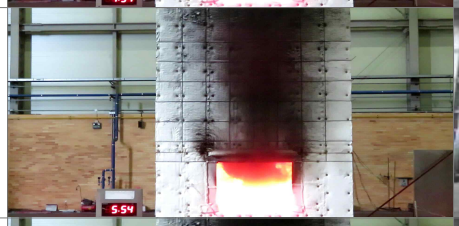
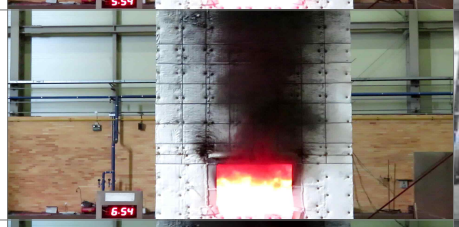
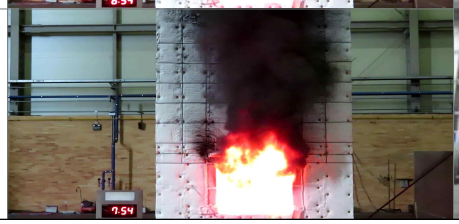
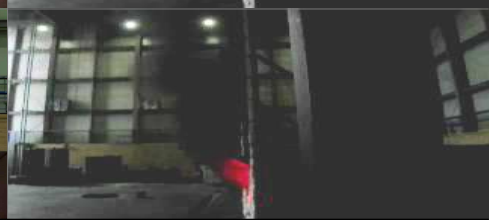
차양길이(㎜)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라		측면카메라
09:45	점화			
09:46				
09:47				
09:48				
09:49				
09:50				
09:51				
09:51	점화 후 390sec F.0			

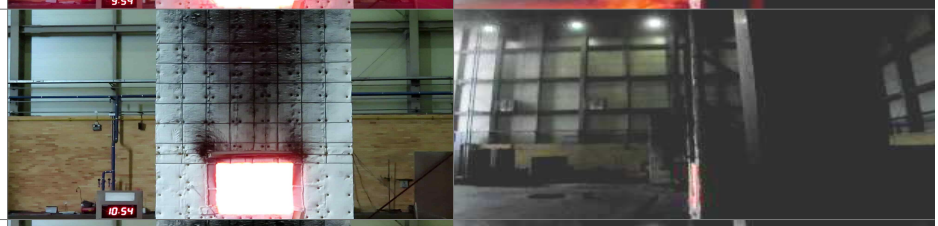
차양길이(㎜)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라		측면카메라
09:52				
09:53				
09:54				
09:55				
09:55	종료			

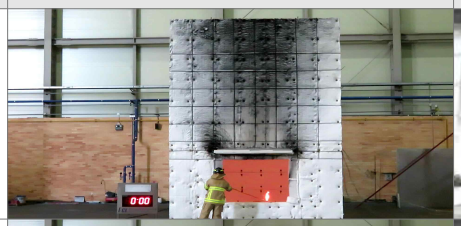
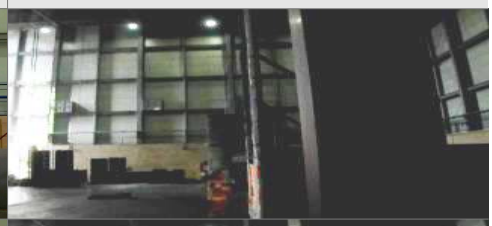
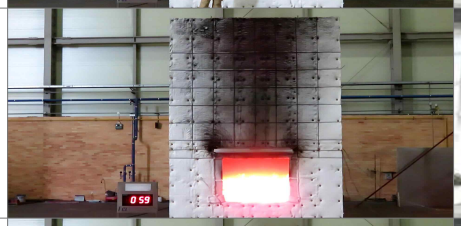
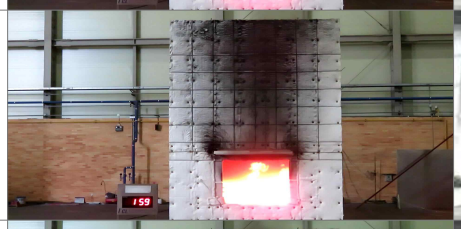
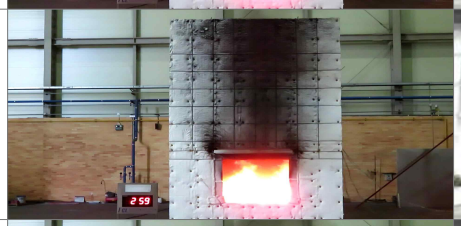
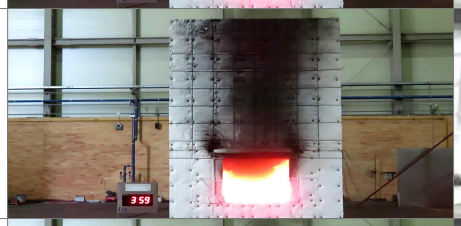
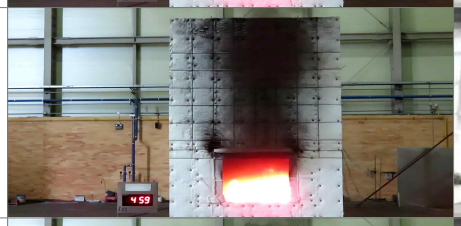
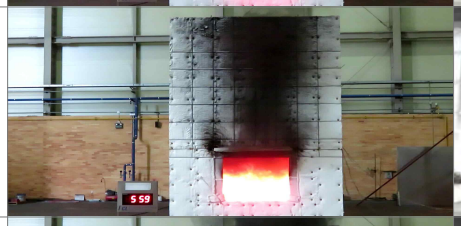
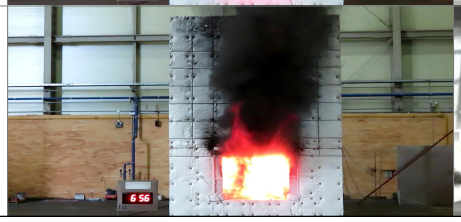
㉡ 개구부 크기 1,600(mm)

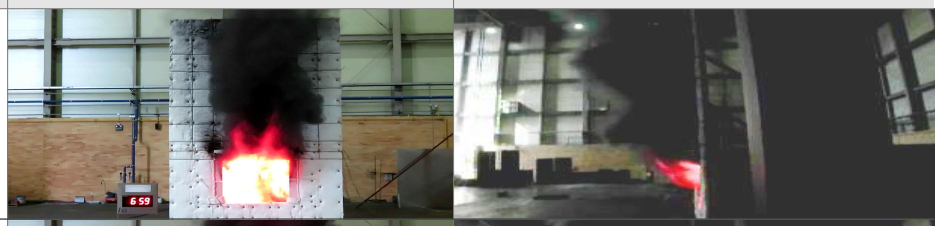
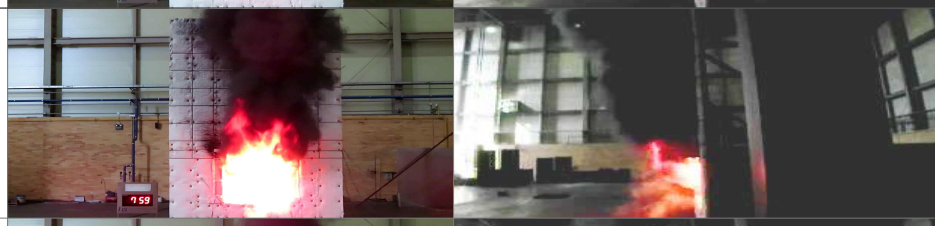
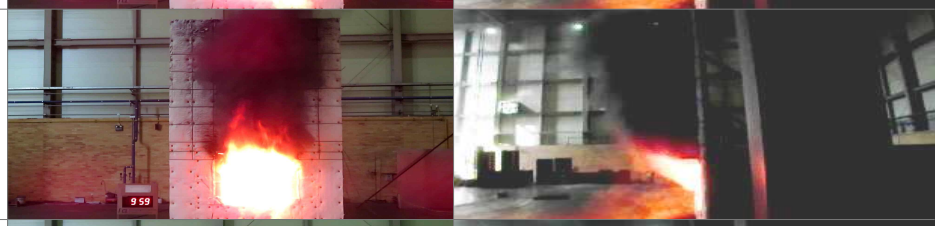
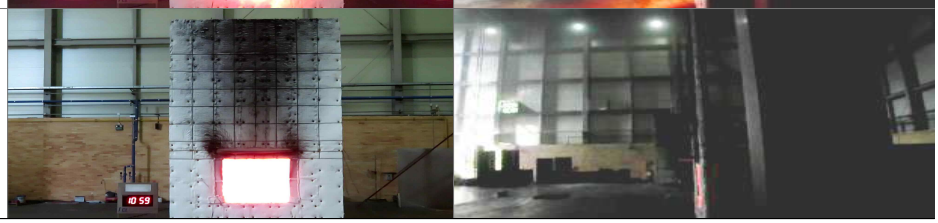
차양길이(mm)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라		측면카메라
14:46	점화			
14:47				
14:48				
14:49				
14:50				
14:51				
14:52				
14:53				

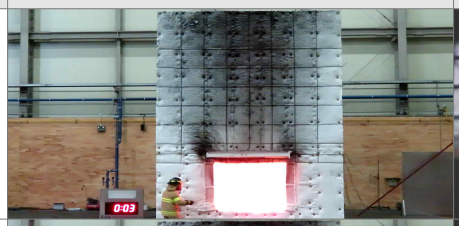
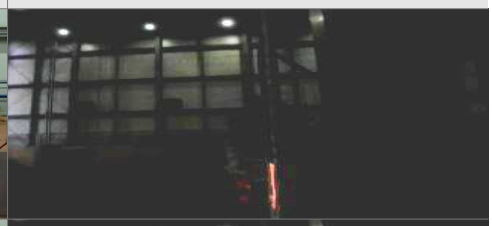
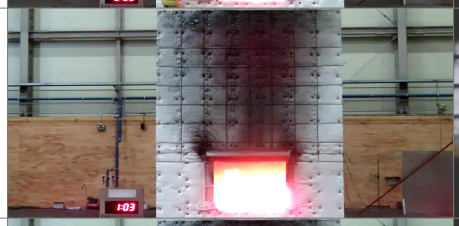
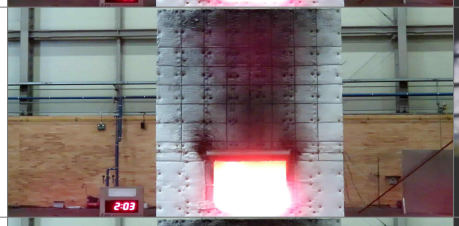
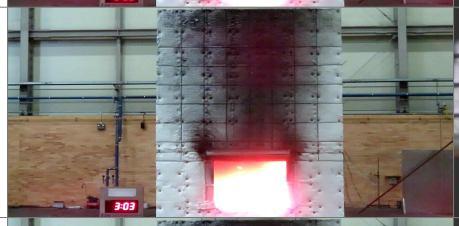
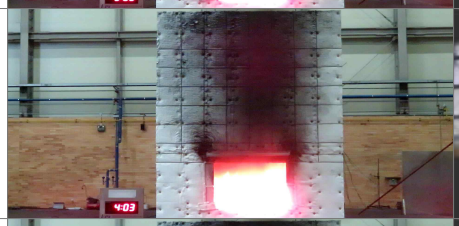
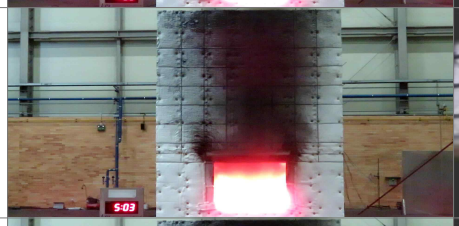
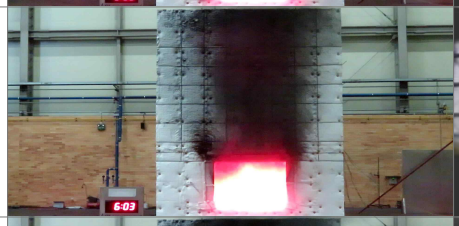
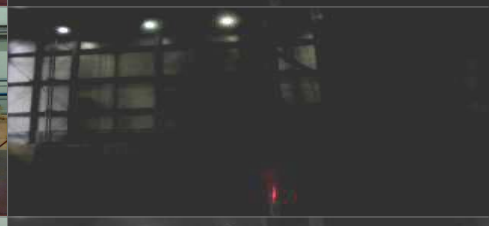
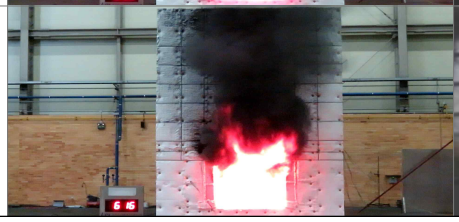
차양길이(mm)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
14:54				
14:54	점화 후 498sec F.O			
14:55				
14:56				
14:57				
14:57	종료			

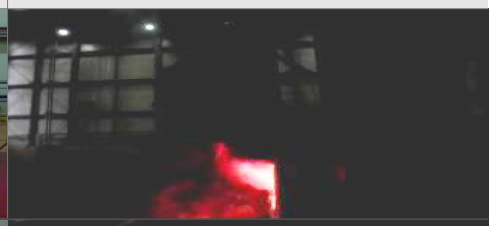
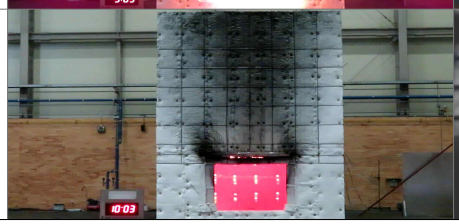
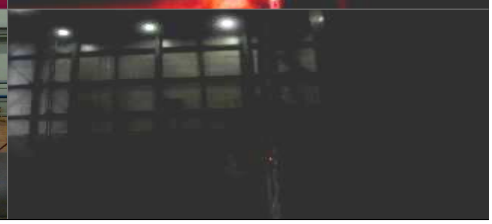
차양길이(mm)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라		측면카메라
13:50	점화			
13:51				
13:52				
13:53				
13:54				
13:55				
13:56				
13:57				

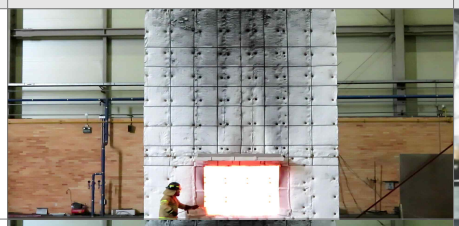
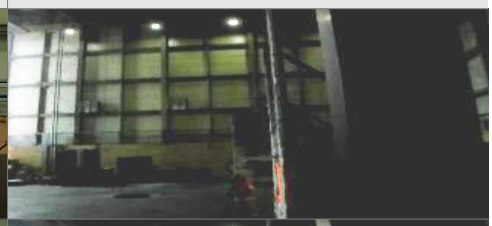
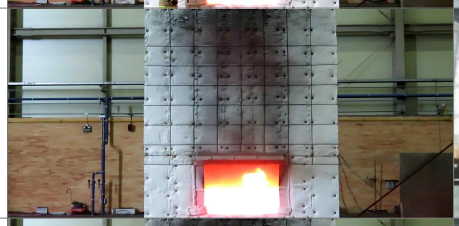
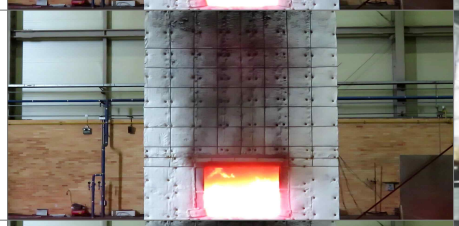
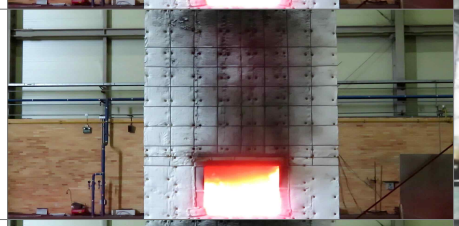
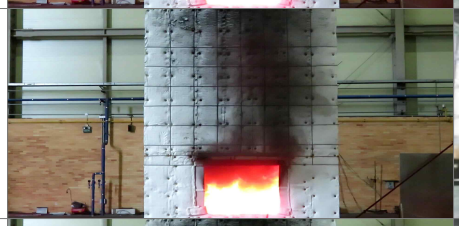
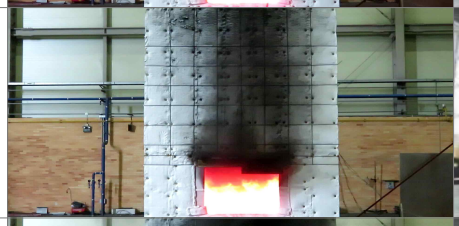
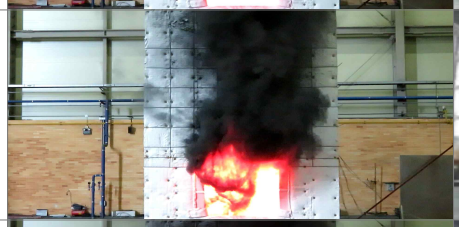
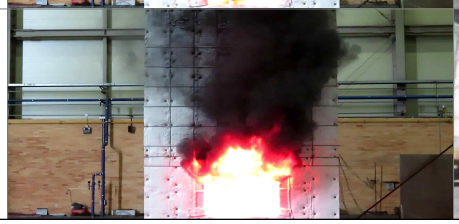
차양길이(mm)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:57	점화 후 430sec F.O			
13:58				
13:59				
14:00				
14:01	종료			

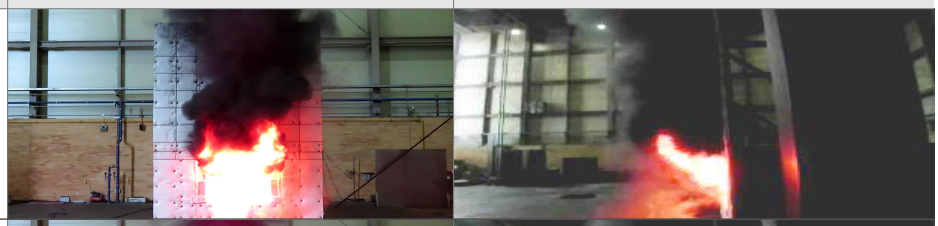
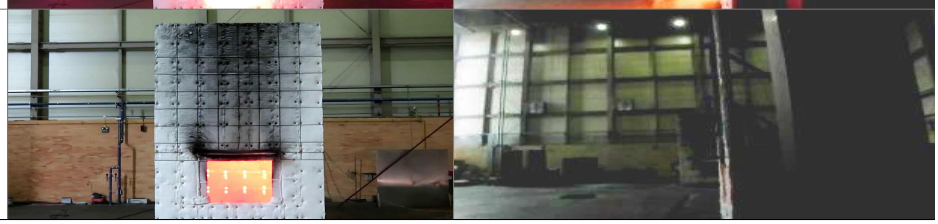
차양길이(mm)		300	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:15	점화			
10:16				
10:17				
10:18				
10:19				
10:20				
10:21				
10:21	점화 후 416sec F.O			

차양길이(mm)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:22				
10:23				
10:24				
10:25				
10:26	종료			

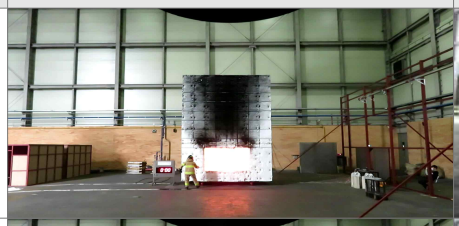
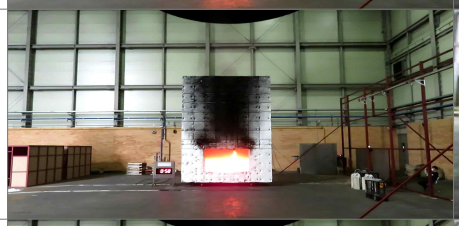
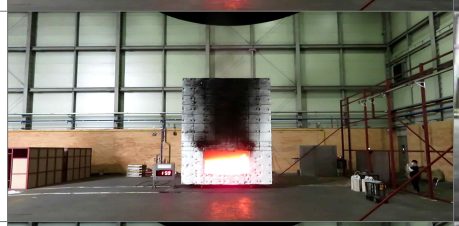
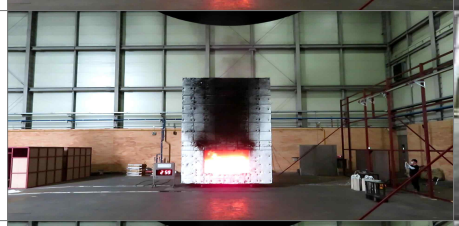
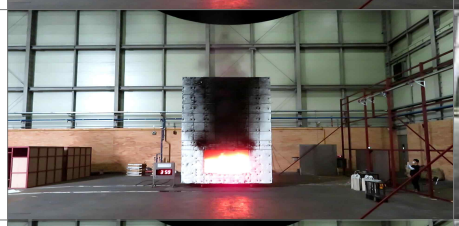
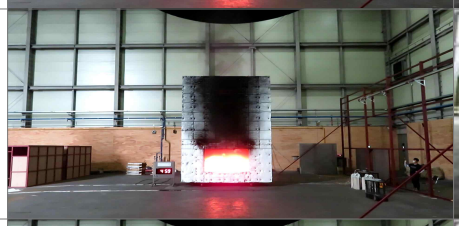
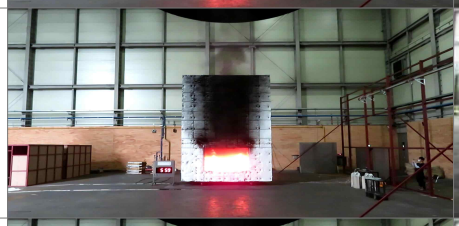
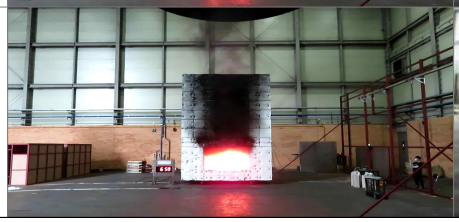
차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:14	점화			
16:15				
16:16				
16:17				
16:18				
16:19				
16:20				
16:20	점화 후 416sec F.O			

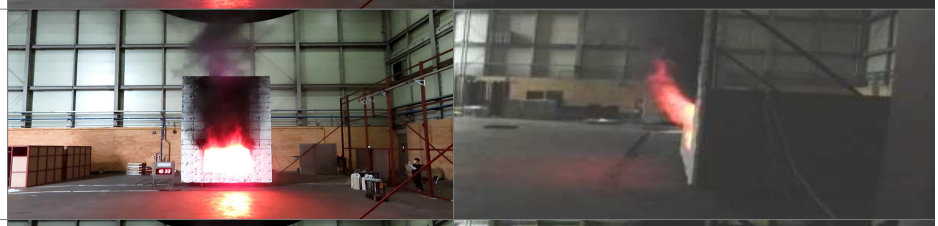
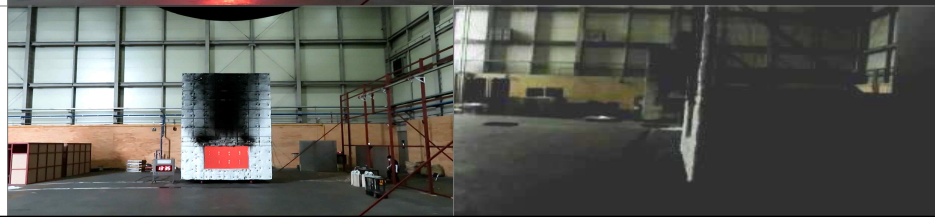
차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:21				
16:22				
16:23				
16:24	종료			

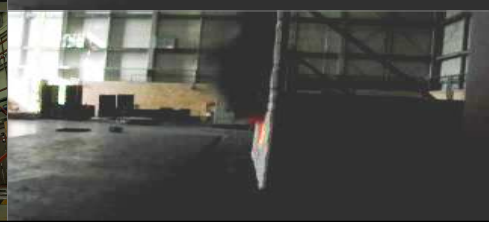
차양길이(mm)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:45	점화			
13:46				
13:47				
13:48				
13:49				
13:50				
13:50	점화 후 328sec F.O			
13:51				

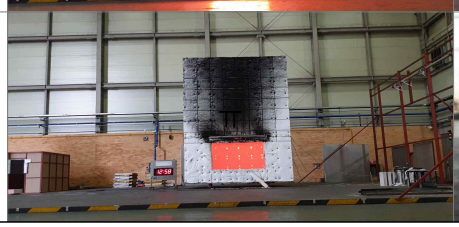
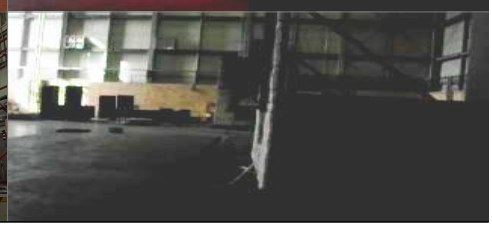
차양길이(mm)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:52				
13:53				
13:54				
13:55	종료			

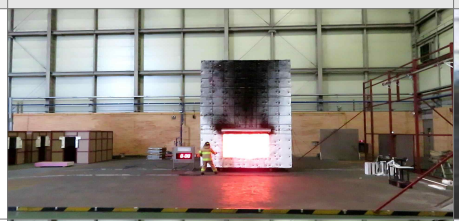
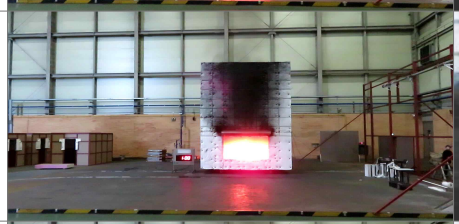
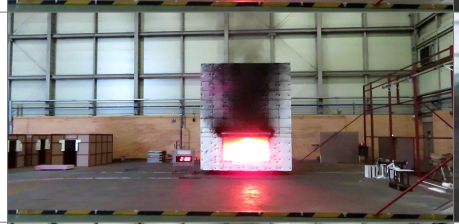
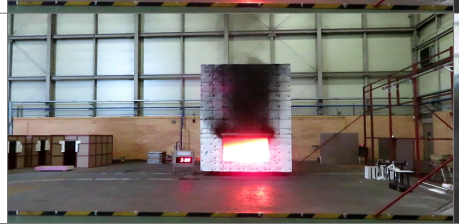
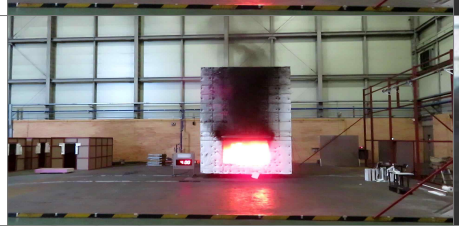
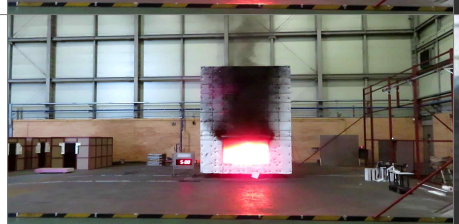
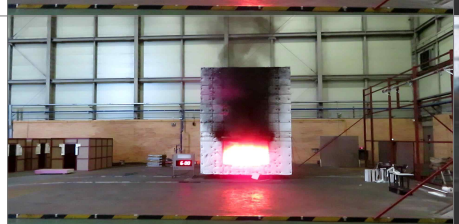
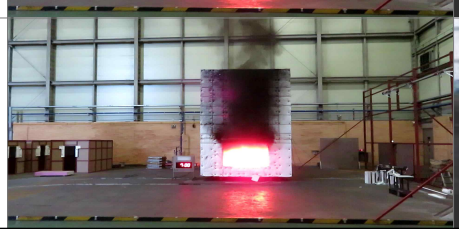
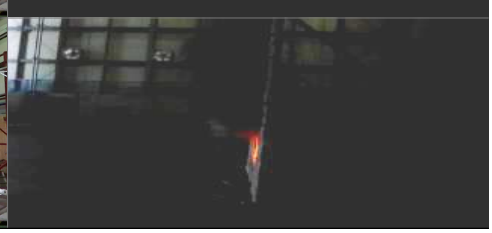
ⓒ 개구부 크기 2,000(mm)

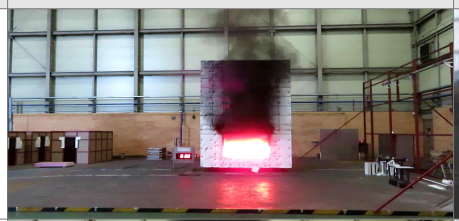
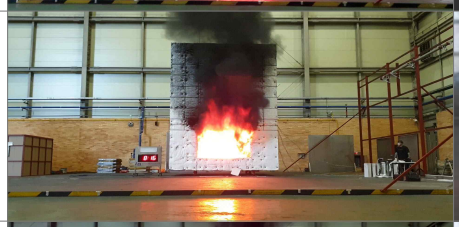
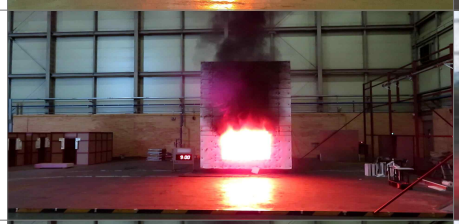
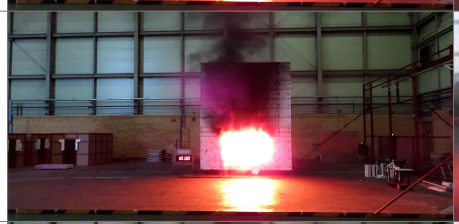
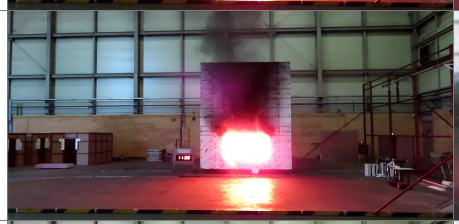
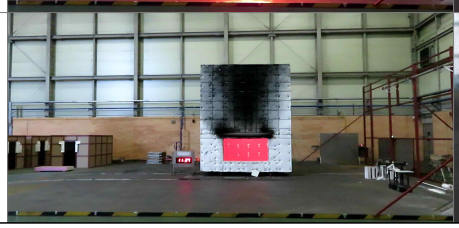
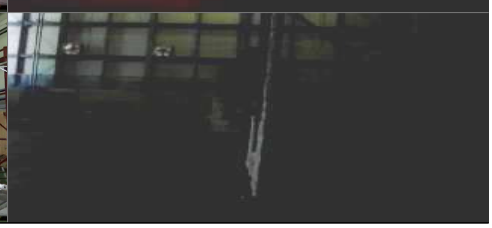
차양길이(㎜)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
12:58	점화			
12:59				
13:00				
13:01				
13:02				
13:03				
13:04				
13:05				

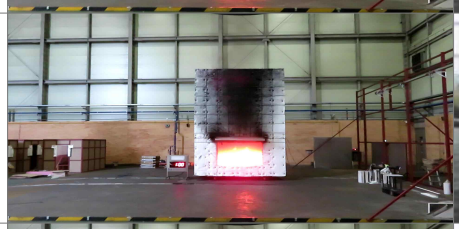
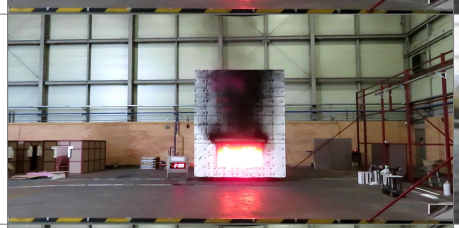
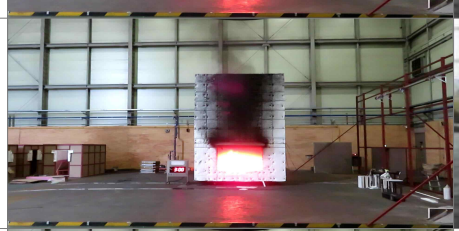
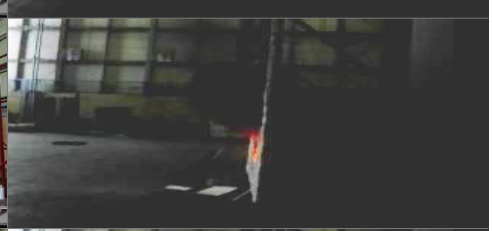
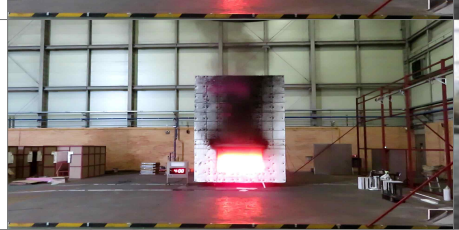
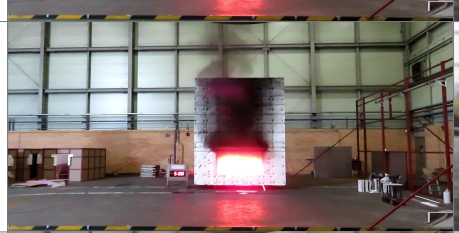
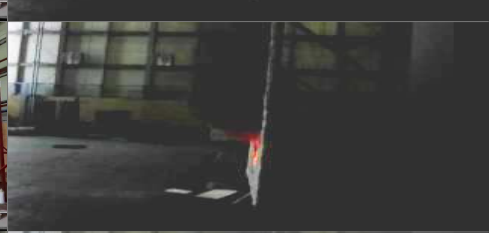
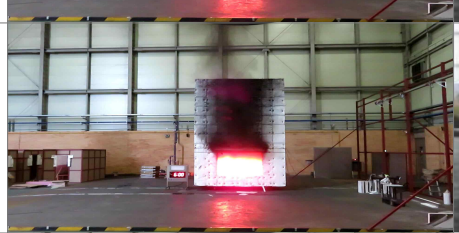
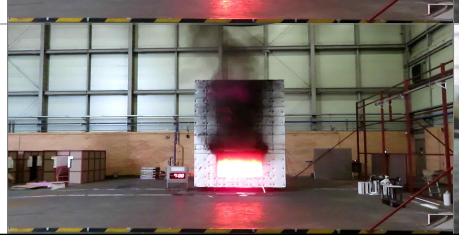
차양길이(㎜)		0	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:06				
13:07				
13:08				
13:08	점화 후 633sec F.0			
13:09				
13:10				
13:11				
13:11	종료			

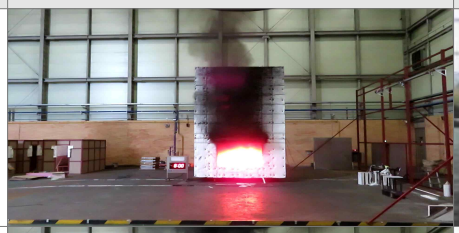
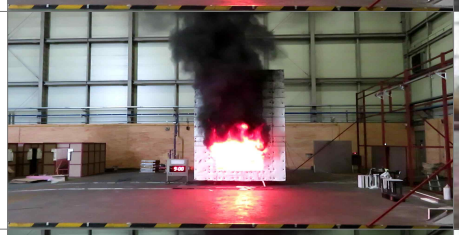
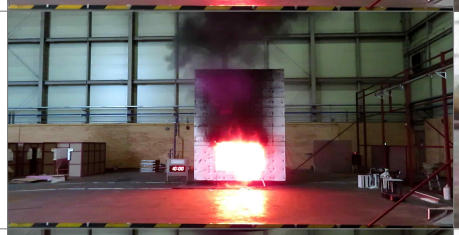
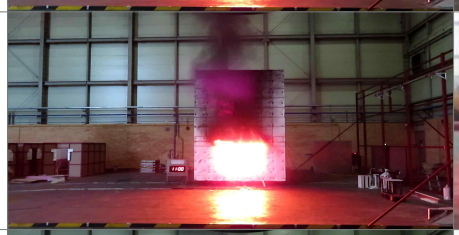
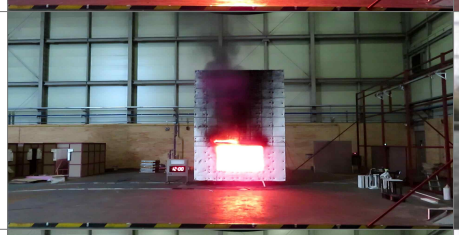
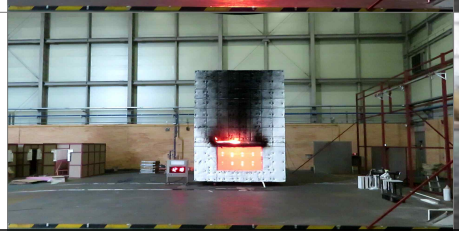
차양길이(㎜)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:15	점화			
10:16				
10:17				
10:18				
10:19				
10:20				
10:21				
10:22				

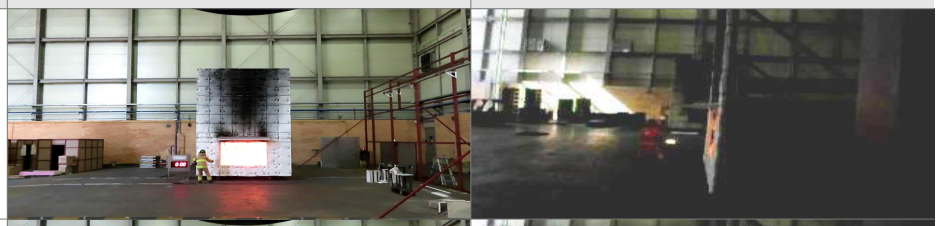
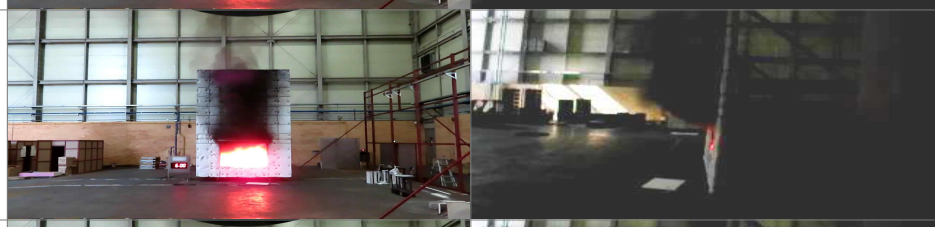
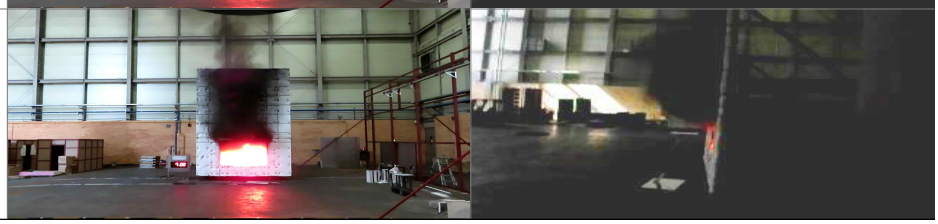
차양길이(㎜)		150	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:23				
10:24				
10:25				
10:25	점화 후 630sec F.0			
10:26				
10:27				
10:27	종료			

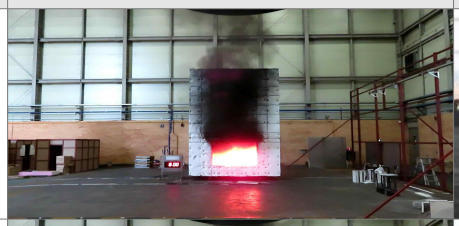
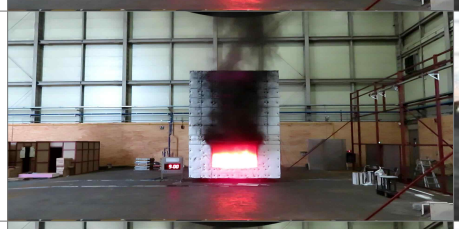
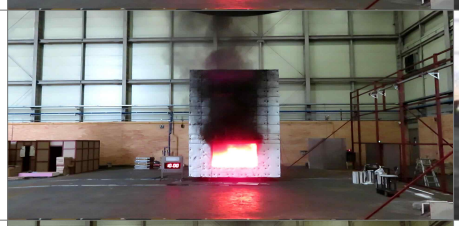
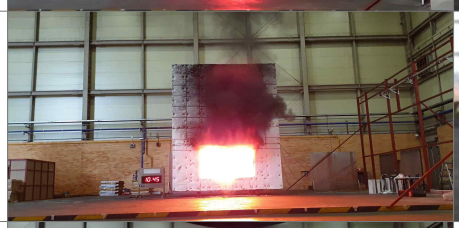
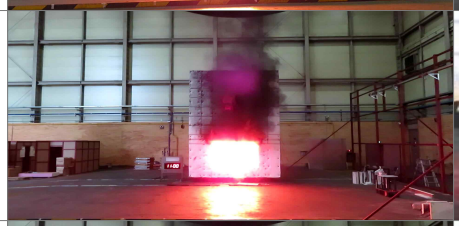
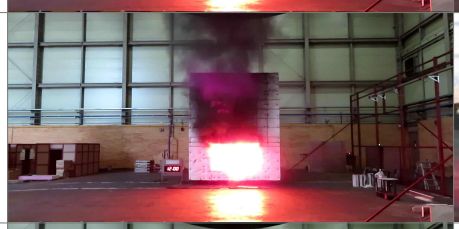
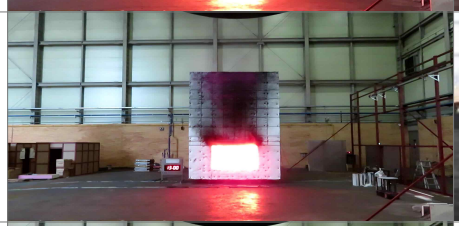
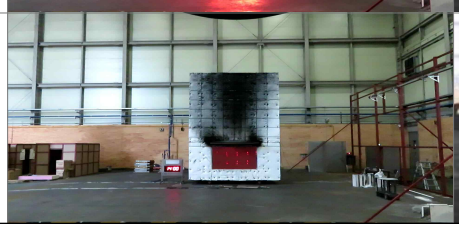
차양길이(㎜)		300	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
15:29	점화			
15:30				
15:31				
15:32				
15:33				
15:34				
15:35				
15:36				

차양길이(㎜)		300	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
15:37				
15:37	점화 후 496sec F.O			
15:38				
15:39				
15:40				
15:40	종료			

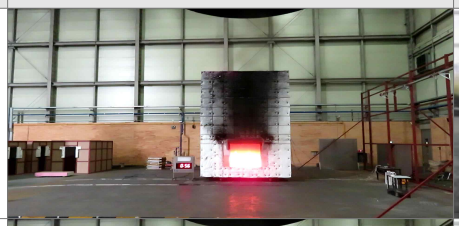
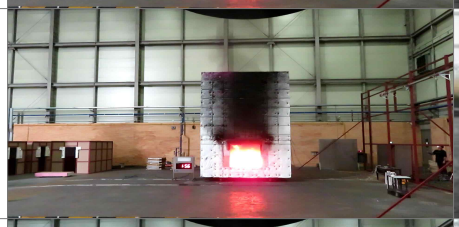
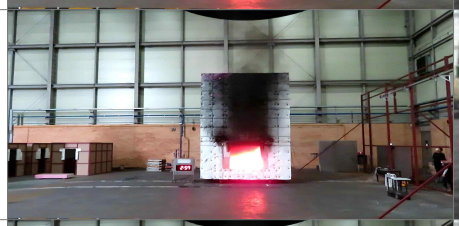
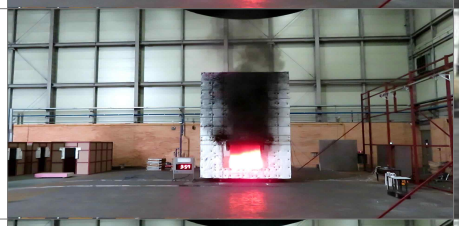
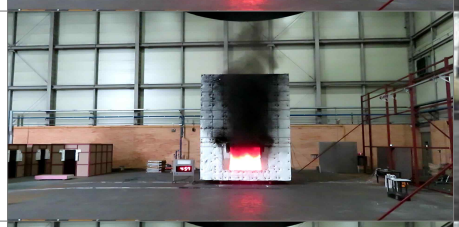
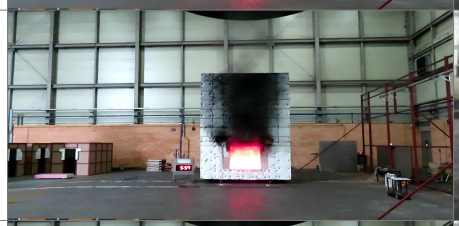
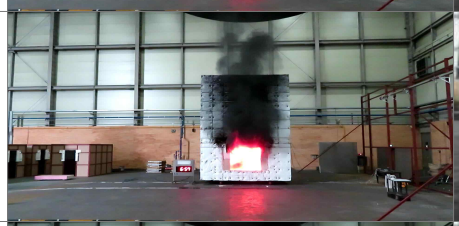
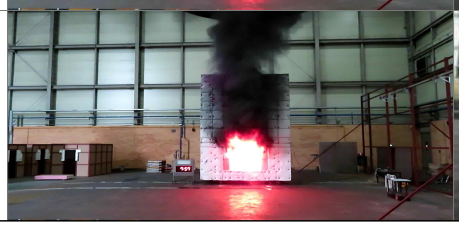
차양길이(㎜)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:47	점화			
13:48				
13:49				
13:50				
13:51				
13:52				
13:53				
13:54				

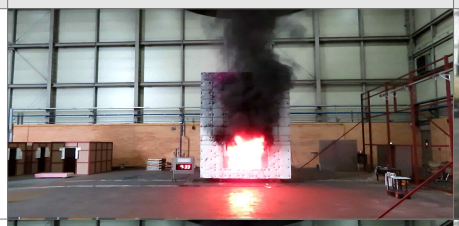
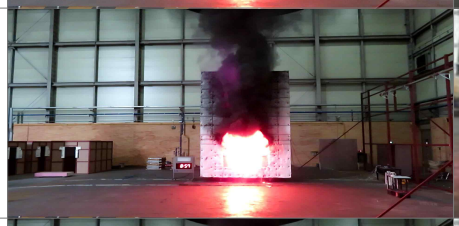
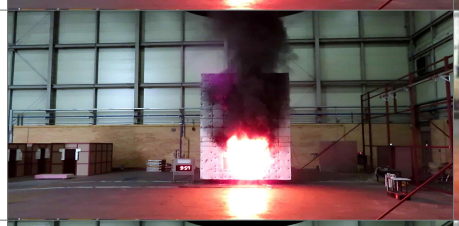
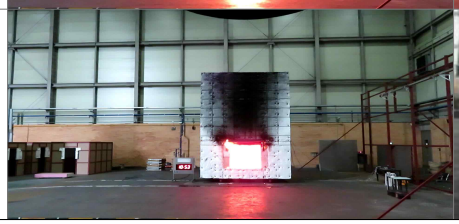
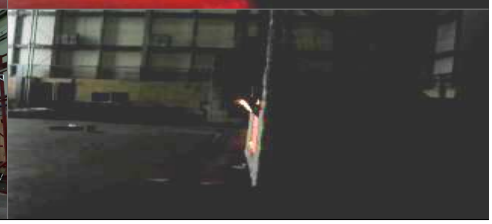
차양길이(㎜)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:55				
13:56	점화 후 540sec F.0			
13:57				
13:58				
13:59				
13:59	종료			

차양길이(㎜)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:51	점화			
10:52				
10:53				
10:54				
10:55				
10:56				
10:57				
10:58				

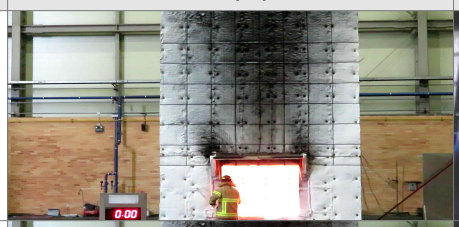
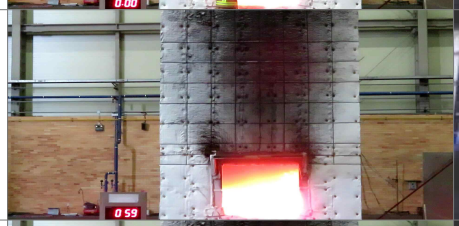
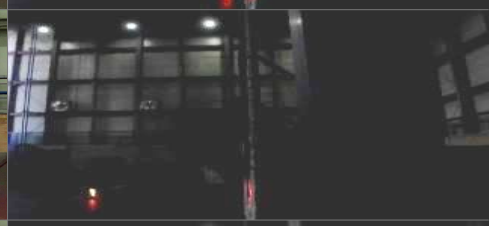
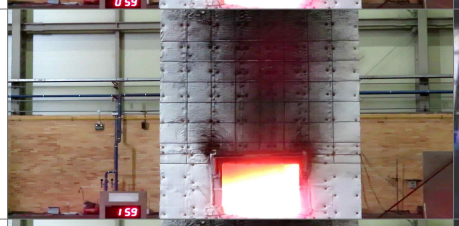
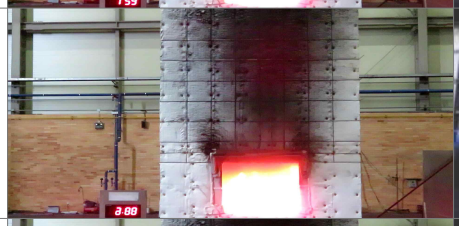
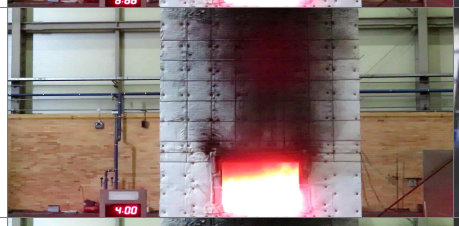
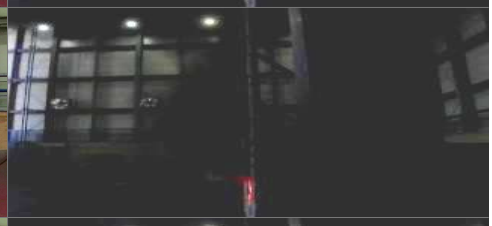
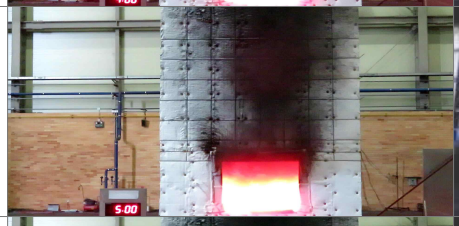
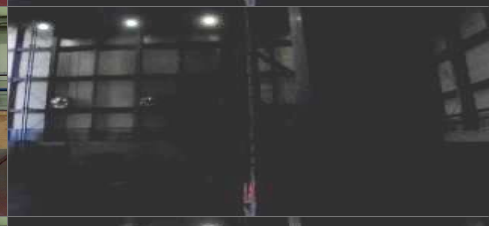
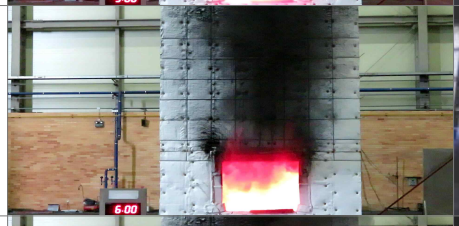
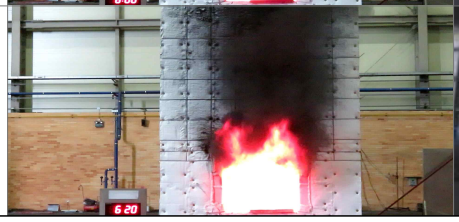
차양길이(㎜)		600	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
10:59				
11:00				
11:01				
11:01	점화 후 645sec F.0			
11:02				
11:03				
11:04				
11:05	종료			

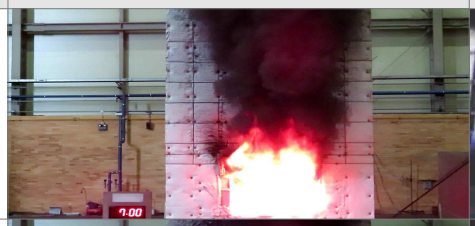
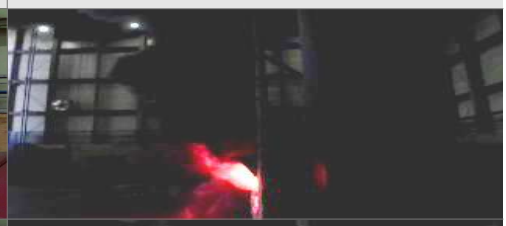
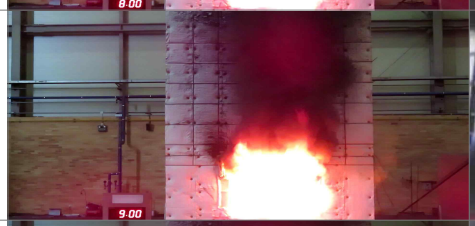
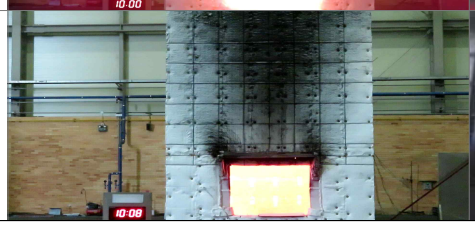
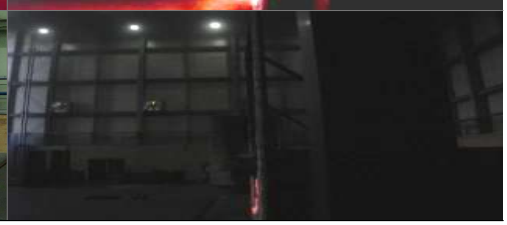
㉣ 개구부 크기 1,400(mm) / 측면 가림막 설치

차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
15:19	점화			
15:20				
15:21				
15:22				
15:23				
15:24				
15:25				
15:26				

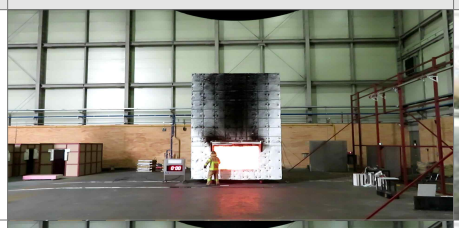
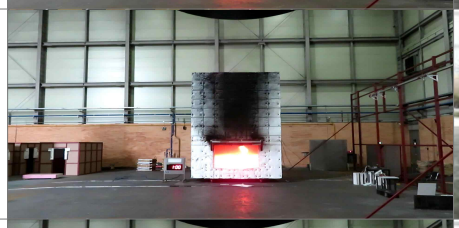
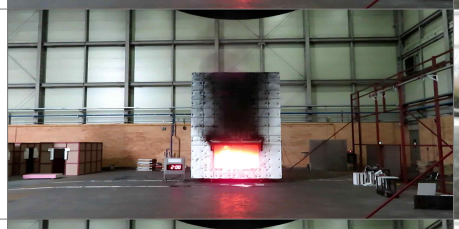
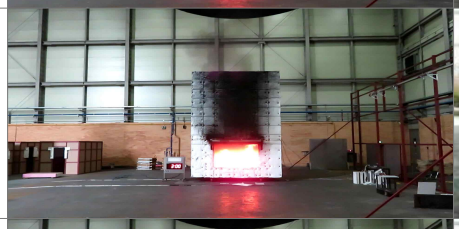
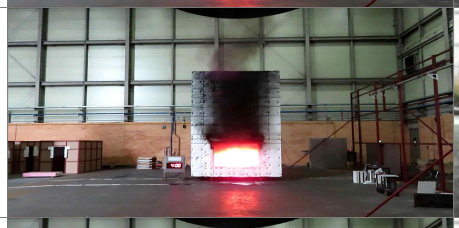
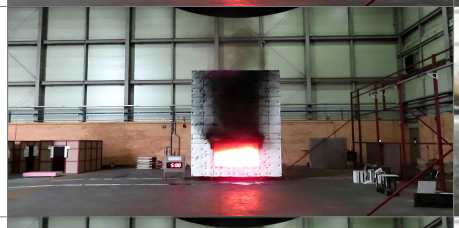
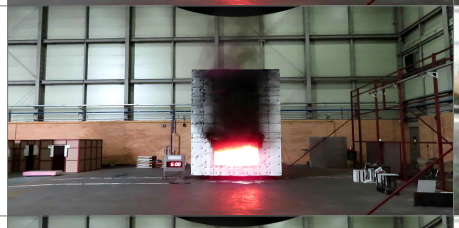
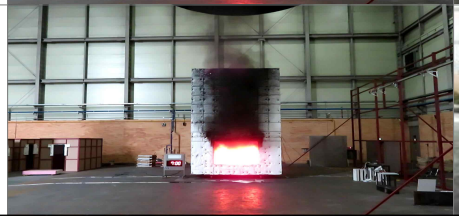
차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
15:26	점화 후 453sec F.O			
15:27				
15:28				
15:29	종료			

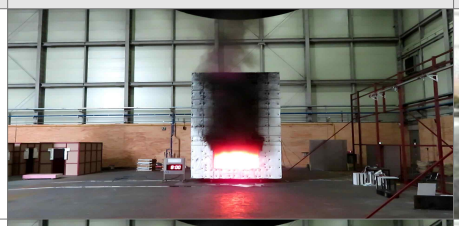
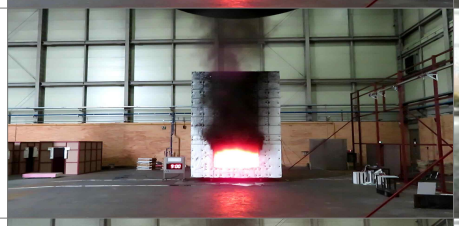
㉡ 개구부 크기 1,600(mm) / 측면 가림막 설치

차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:15	점화			
16:16				
16:17				
16:18				
16:19				
16:20				
16:21				
16:21	점화 후 380sec F.O			

차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
16:22				
16:23				
16:24				
16:25				
16:25	종료			

㉣ 개구부 크기 2,000(mm) / 측면 가림막 설치

차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:04	점화			
13:05				
13:06				
13:07				
13:08				
13:09				
13:10				
13:11				

차양길이(mm)		450	연료량(L)	34
가열시간	비 고	정면카메라	측면카메라	
13:12				
13:13				
13:13	점화 후 590sec F.O			
13:14				
13:15				
13:16				
13:17				
13:17	종료			

7) 화재확산 방지 보수재

· 화재확산 방지를 위한 보수재의 경우, 기존 생산 및 판매되는 드라이비트 배합에 칼슘계 재료를 첨가하여 기초성능 달성여부를 확인하였고, 기초성능을 만족하는 배합을 대상으로 추가적인 내화성을 평가하고자 하였다. 이를 통해 보수재를 개발하고, 화재확산방지 시스템에 활용하고자 한다.

(1) 배합설계 및 실험개요

· 기존 드라이비트 제작업체 문의 결과, 드라이비트 마감에는 두 종류가 있으며, 엑셀과 그레뉼 타입으로 나뉘어진다. 엑셀타입의 경우, 아크릴릭 폴리머를 주재로 한 외부 텍스쳐드 마감용 제품으로 일정한 무늬연출이 가능한 것으로 소개된다. 그레뉼의 경우, 아크릴 에멀젼을 주제로 한 고탄성의 마감재로 소개되고 있다. 기본 배합중량(%)은 다음과 같으며, 자세한 배합중량은 기업 내부 자료로 공개가 불가했다.

표 2.66 외단열 미장 마감재의 배합중량(%)

구분	엑셀	엑셀NF	그레뉼	그레뉼NF
물	6%	6%	5%	13%
폴리머	17%	12%	-	-
에멀젼	-	-	23%	12%
필러	73%	70%	66%	63%
첨가제	4%	7%	6%	7%
난연제	0%	5%	0%	5%

① 실험인자 및 수준

표 2.67 실험 인자 및 수준

실험인자	수준	수준수	비고
드라이비트 종류	엑셀, 엑셀NF, 그래뉼, 그래뉼NF	4	
칼슘계 재료 대체율(%)	10, 20, 30	4	

· 드라이비트 종류에 따른 칼슘계 재료 대체율을 실험 인자로 선정하였으며, 칼슘계 재료의 경우 기존 재료는 그대로 유지하고, 필러에 대해 대체하여 실험을 실시하였다.

· 시험은 KS F 4716 시멘트계 바탕 바름재를 기준으로 하였으며, 목표치는 성과점검 기준표에 준하여 측정 및 평가하였다.

② 드라이비트 배합설계

표 2.68 외단열 미장 마감 엑셀 배합설계

구분	10%	20%	30%
물	6%		
폴리머	17%		
필러	63%	53%	43%
첨가제	4%		
칼슘계 필러	10%	20%	30%

표 2.69 외단열 미장 마감 엑셀NF 배합설계

구분	10%	20%	30%
물	6%		
폴리머	12%		
필러	60%	50%	40%
첨가제	7%		
난연제	5%		
칼슘계 필러	10%	20%	30%

표 2.70 외단열 미장 마감 그래뉼 배합설계

구분	10%	20%	30%
물	5%		
에멀젼	23%		
필러	56%	46%	36%
첨가제	6%		
칼슘계 필러	10%	20%	30%

표 2.71 외단열 미장 마감 그래뉼NF 배합설계

구분	10%	20%	30%
물	13%		
에멀젼	12%		
필러	53%	43%	33%
첨가제	7%		
난연제	5%		
칼슘계 필러	10%	20%	30%

(2) 실험

① 몰드 준비

· 화재확산방지 보수재의 가열 실험체 제작을 위해 실험용 몰드를 제작하였다. 몰드의 규격은 가로 300× 세로 300 높이 53 (㎜)로 하였으며, 그림에 나타난 것과 같이 단열재에 전도되는 수열온도의 측정을 위해 내부에 열전대를 설치하였다.

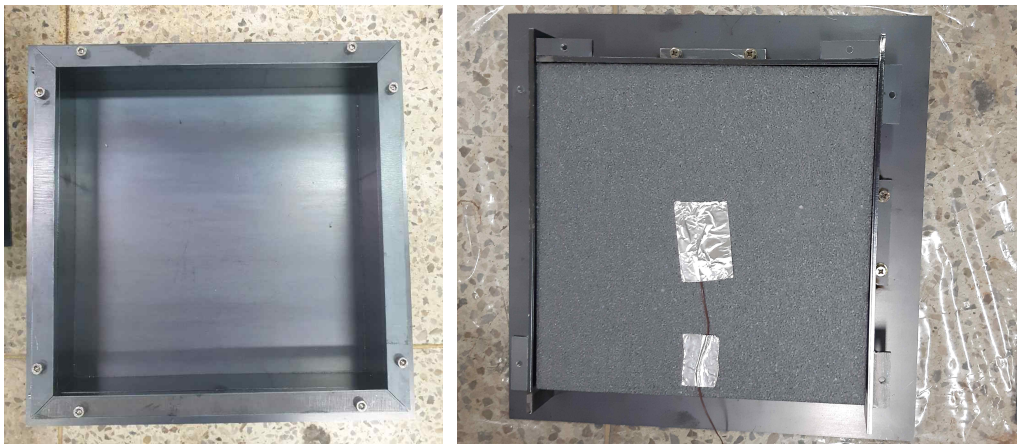


그림 2.131 보수재 가열실험 몰드(좌) 및 단열재 내부 열전대 설치(우)

② 배합 및 타설

· 배합설계에 의해 혼합된 보수재는 기존 드라이비트의 설치방식과 동일하게 접착제, 와이어 매시를 설치한 후, 타설하여 그림과 같이 마감하였다.



그림 2.132 보수재 타설을 위한 매시 설치 및 마감

③ 실험체 제작 및 양생

· 엑셀, 그래뉼, 엑셀NF, 그래뉼NF 총 4종류의 기존 드라이비트에 필러를 10%, 20%, 30%로 대체하여 제작한 실험체는 외부노출 없이 실내에서 양생을 실시하였다.

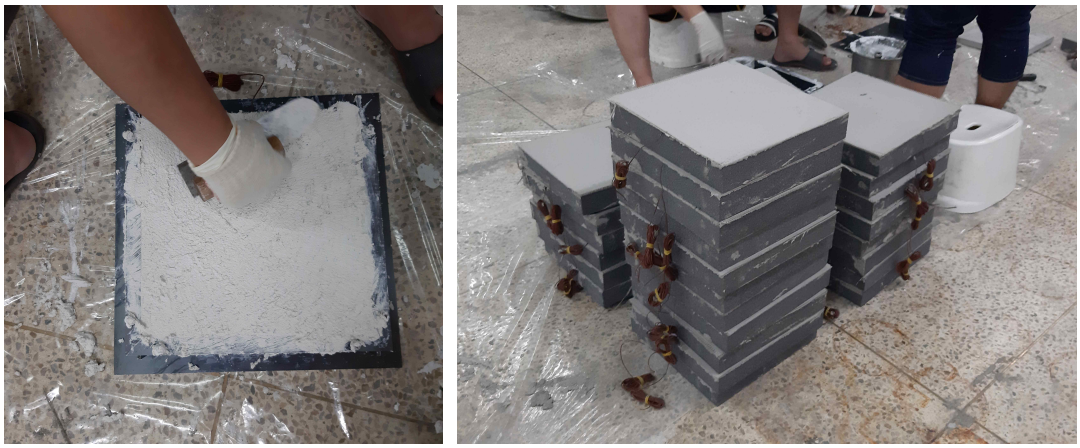


그림 2.133 보수재 실험체 마감 및 제작

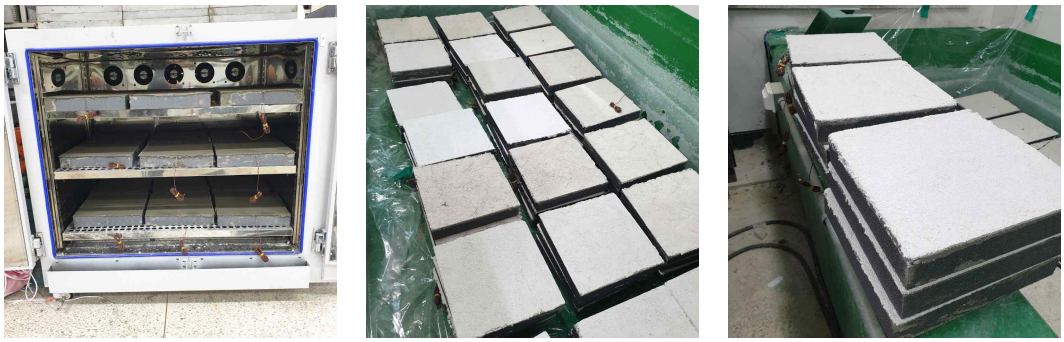


그림 2.134 보수재 실험체 양생 및 보관

(3) 기초성능 실험

· 기초성능을 측정하기 위한 시험체 제작은 KS F 4716에 준하여 실시하였다.

- 습기투과성 : KS F 4716 - 5.11.1 시험체의 제작에 준함
- 물흡수계수 : KS F 4716 - 5.9.1 시험체의 제작에 준함
- 부착강도(표준양생) : KS F 4716 - 5.6.1 시험체의 제작에 준함

① 보수재 배합에 대한 습기투과성(m)

· 화재확산방지 보수재의 배합설계에 따른 습기투과성을 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.72 습기투과성 측정 결과

구분	질적목표기준	엑셀	엑셀NF	그레뉼	그레뉼NF
10%	2 이하	**1.7**	**1.6**	**1.5**	**1.5**
20%		**1.7**	-	**1.5**	-
30%	양생되지 않음				

② 보수재 배합에 대한 물흡수계수($kg/m^2h^{0.5}$)

· 화재확산방지 보수재의 배합설계에 따른 물흡수계수를 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.73 물흡수계수 측정 결과

구분	질적목표기준	엑셀	엑셀NF	그레뉼	그레뉼NF
10%	0.2 이하	-	0.9	**0.02**	**0.2**
20%		-	1.0	**0.02**	0.3
30%	양생되지 않음				

③ 부착강도(N/mm^2 = MPa)

· 화재확산방지 보수재의 배합설계에 따른 부착강도를 측정한 결과는 다음과 같다.

표 2.74 부착강도 측정 결과

구분	질적목표기준	엑셀	엑셀NF	그레뉼	그레뉼NF
10%	0.6 이상	**1.0**	**1.2**	**1.2**	**1.0**
20%		**1.1**	**0.8**	**1.6**	**1.2**
30%	양생되지 않음				

(4) 기초성능 실험결과

· 기존 드라이비트 배합에 칼슘계 재료를 대체하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

· 칼슘계 재료의 30% 이상 대체는 양생이 되지 않아 제작이 불가하였으며, 실험결과에 의해 최대 20%까지 대체 가능한 것으로 나타났다. 실험결과 습기투과성의 경우, 난연제가 첨가된 NF 시리즈 20%를 제외하면, 성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 엑셀타입의 경우, 물흡수계수에 있어 기초성능치를 만족하지 못하여 보수재에 적용이 어려울 것으로 판단된다. 반대로 그래뉼 타입의 경우, 물흡수계수 성능 측면에서 우수한 것으로 나타났으며, 난연제가 첨가된 그래뉼NF 타입의 경우도, 10% 대체에서는 물흡수계수 성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 부착강도의 경우, 양생된 모든 타입과 배합에서 기초요구성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 따라서, 결론적으로 화재확산 방지를 위한 보수재의 개발은 기존 드라이비트 그래뉼 타입에 적용하는 것이 타당해 보이며, 기존 드라이비트의 내화성능과 더불어, 보수재의 최적배합 도출 및 내화성능에 대한 실험을 진행하고자 한다.

(5) 보수재 적용 가열실험

· 기초성능 측정 실험을 통해 엑셀타입의 경우, 물흡수계수에 있어 요구성능을 만족하지 못하여 보수재의 적용이 어려울 것으로 판단되어 가열실험에서는 제외하였으며 반대로 그래뉼 타입의 경우, 물흡수계수 성능 측면에서 우수한 것으로 나타났고, 난연제가 첨가된 그래뉼NF 타입의 경우도, 10% 대체에서는 물흡수계수 성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 그러나 최근 T사에서 정부 정책의 분위기에 따라 일부 난연제가 첨가된 NF 제품만을 판매하고 있어 결과적으로 화재확산 방지를 위한 보수재의 개발에 적용되는 기존 외단열 미장 마감재는 그래뉼NF 타입에 적용하는 것이 타당해 보이며, 시중에 판매되는 외단열 미장 마감재의 내화성능과 더불어, 보수재의 최적 배합 도출 및 내화성능에 대한 가열실험을 진행하고자 한다.

· 실험체의 제작은 기존 외단열 미장 마감(단열재+접착제+보강 메쉬+미장 마감)에 추가적으로 접착제와 보강 메쉬, 미장 마감을 하였으며, 기존 외단열 미장 마감의 필러를 배합에 따라 칼슘계 분말로 대체하여 적용하였다. 또한 보수재 실험체 제작과정에서 접착제와 보강 메쉬 사이에 열전대를 설치하여 가열에 따른 온도를 측정하였다.

① 배합설계

표 2.75 외단열 미장 마감 엑셀NF 배합설계

구분	0%	10%	20%	30%
물	6%			
폴리머	12%			
필러	70%	60%	50%	40%
첨가제	7%			
난연제	5%			
칼슘계 필러	0%	10%	20%	30%

표 2.76 외단열 미장 마감 그래뉼NF 배합설계

구분	0%	10%	20%	30%
물	13%			
에멀젼	12%			
필러	63%	53%	43%	33%
첨가제	7%			
난연제	5%			
칼슘계 필러	0%	10%	20%	30%

② 가열실험

· 사전 실험을 통해 기본 외단열 미장 마감된 단열재의 경우 휴대용 가스토치(부탄)로 가열하였을 때, 5분 가량 가열되었을 때, 단열재가 녹아 관통되는 것을 알 수 있었다.
· 따라서 보수재로 미장 마감을 추가로 실시한 경우, 상기와 동일하게 단열재가 관통되는 것을 화염의 통과로 판정하였으며, 보수재 실험체의 가열은 LPG 가스토치를 사용하여 KS F 2257-1의 화재온도곡선을 준하여 실험하였다.
· 가열에 따른 화염의 통과 및 열기에 의한 실험의 오차를 줄이기 위해 내화벽돌과 실험체 사이를 세라크 울로 밀실하게 채워주었으며, 간격이 없도록 하여 실험하였다.



그림 2.135 보수재 가열실험 전(전면)



그림 2.136 보수재 가열실험

③ 실험결과

㉠ 엑셀NF

· 일정시간 가열이 진행됨에 따라 실험체 외단열 미장 마감 면에서 균열이 발생하였고, 칼슘계 재료의 경우 화염이 닿는 부분에서 노란 색상을 띄고 있는 것으로 나타났다. 이는 칼슘계 재료의 가열에 의한 화학반응(탈탄산 반응)에 기인한 것으로 판단된다.

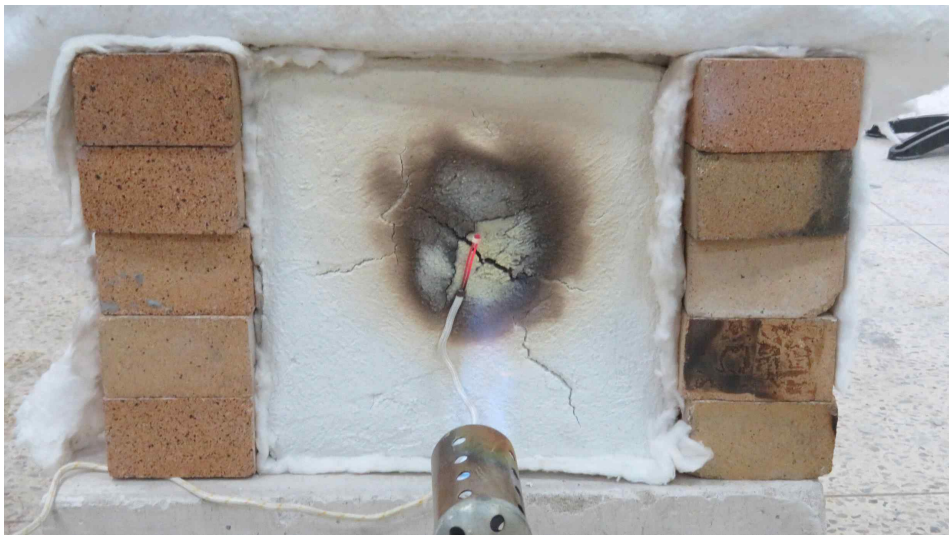


그림 2.137 엑셀NF 칼슘계 재료 0% 대체 가열 중

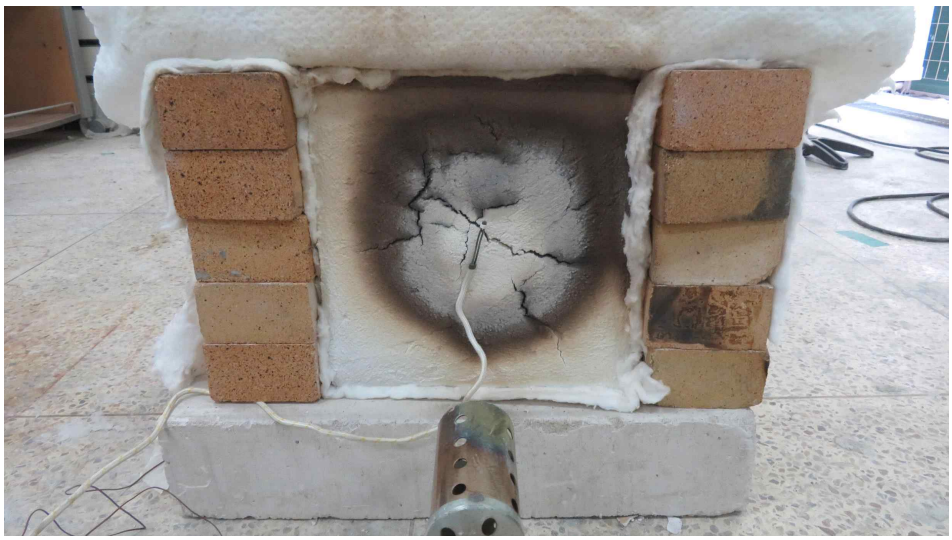


그림 2.138 엑셀NF 칼슘계 재료 0% 대체 가열 후

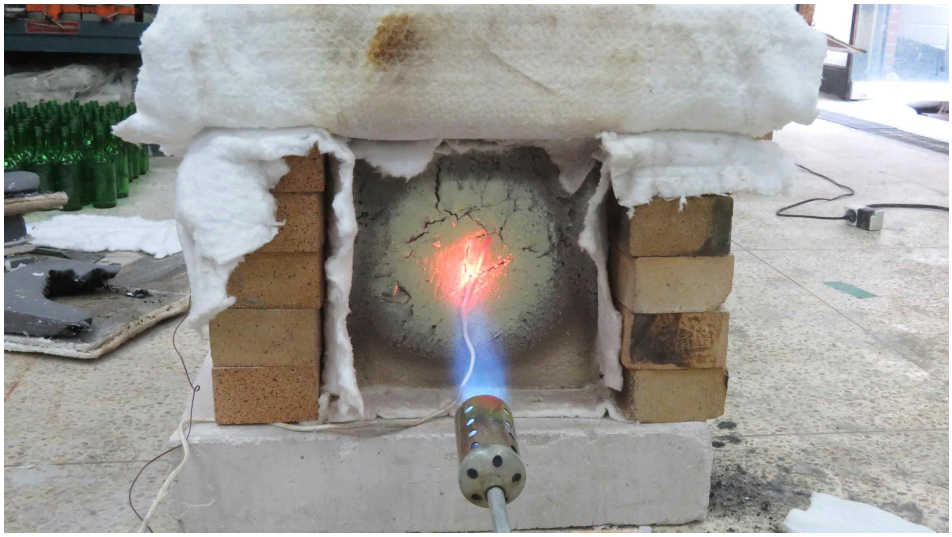


그림 2.139 엑셀NF 칼슘계 재료 10% 대체 가열 중



그림 2.140 엑셀NF 칼슘계 재료 10% 대체 가열 후

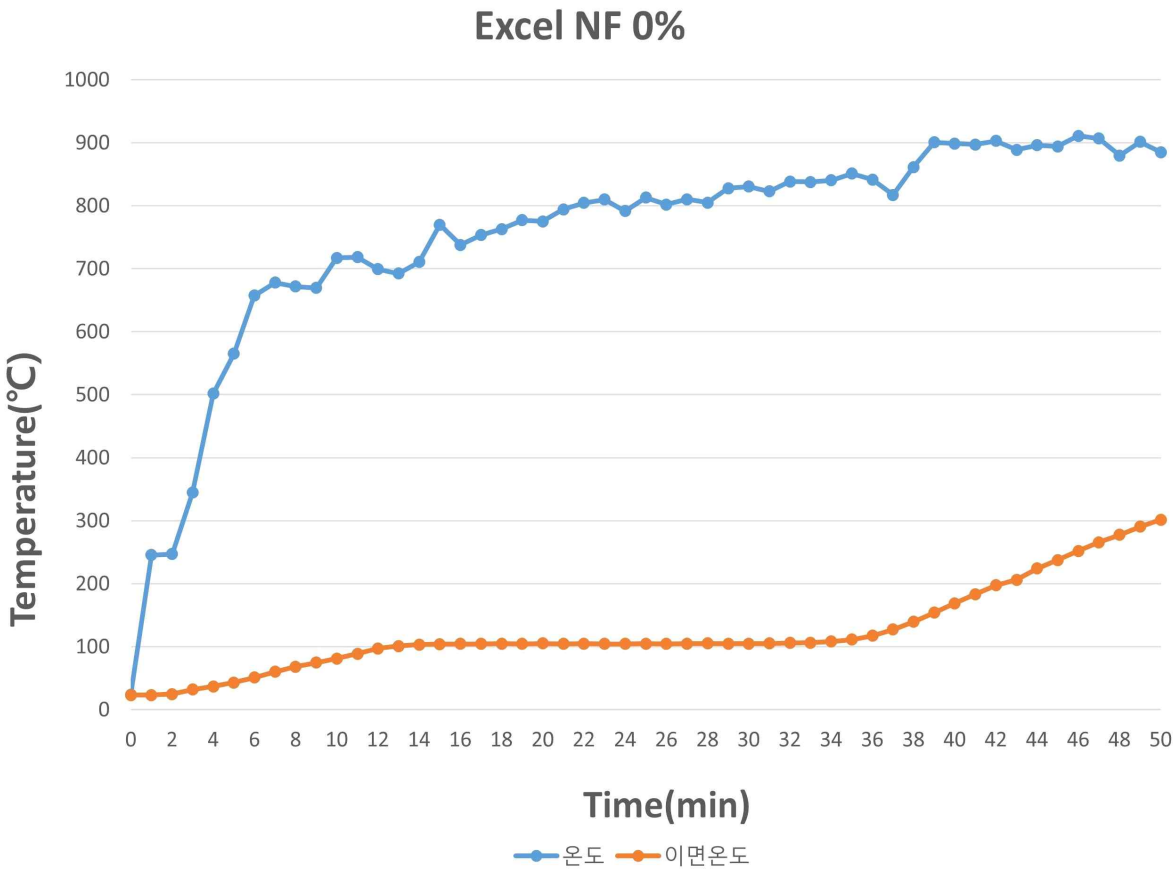


그림 2.141 엑셀NF 기존 제품 보수 가열실험 결과

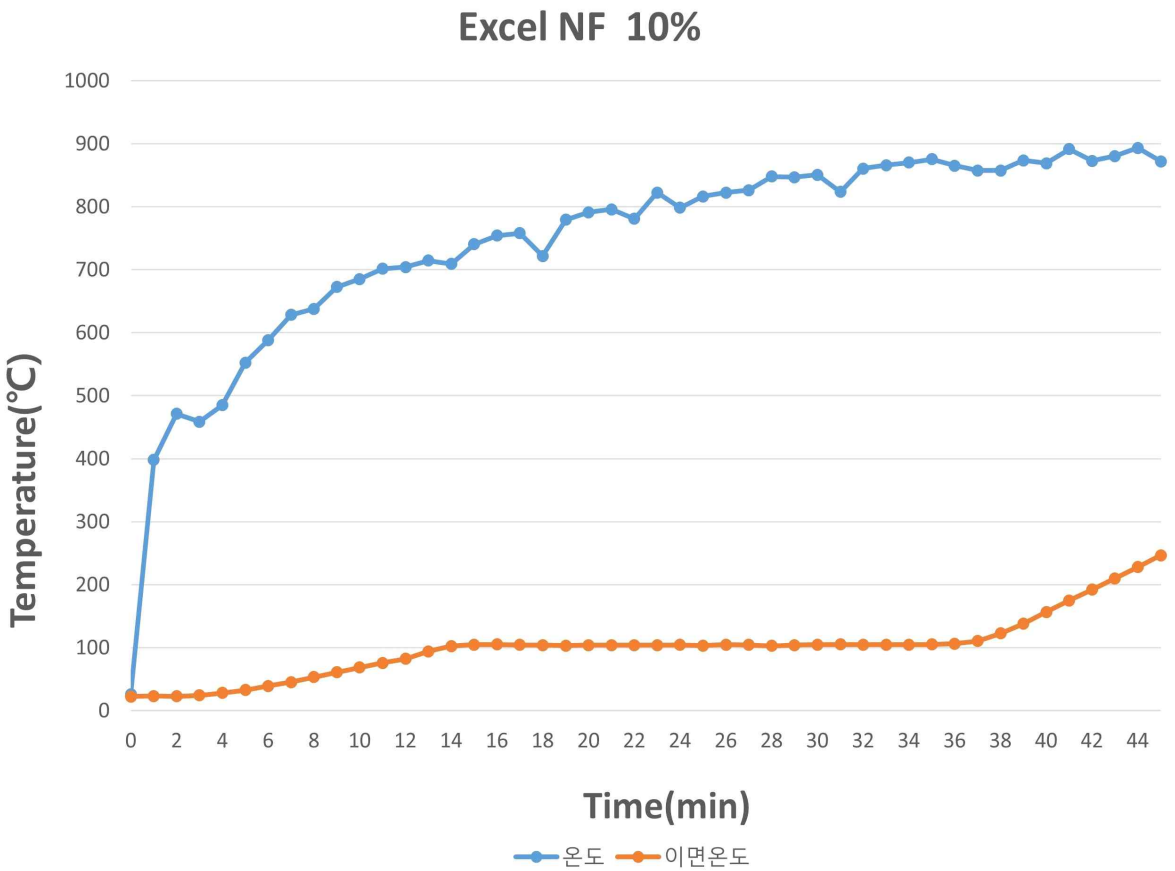


그림 2.142 엑셀NF 칼슘계 재료 10% 대체 보수 가열실험 결과

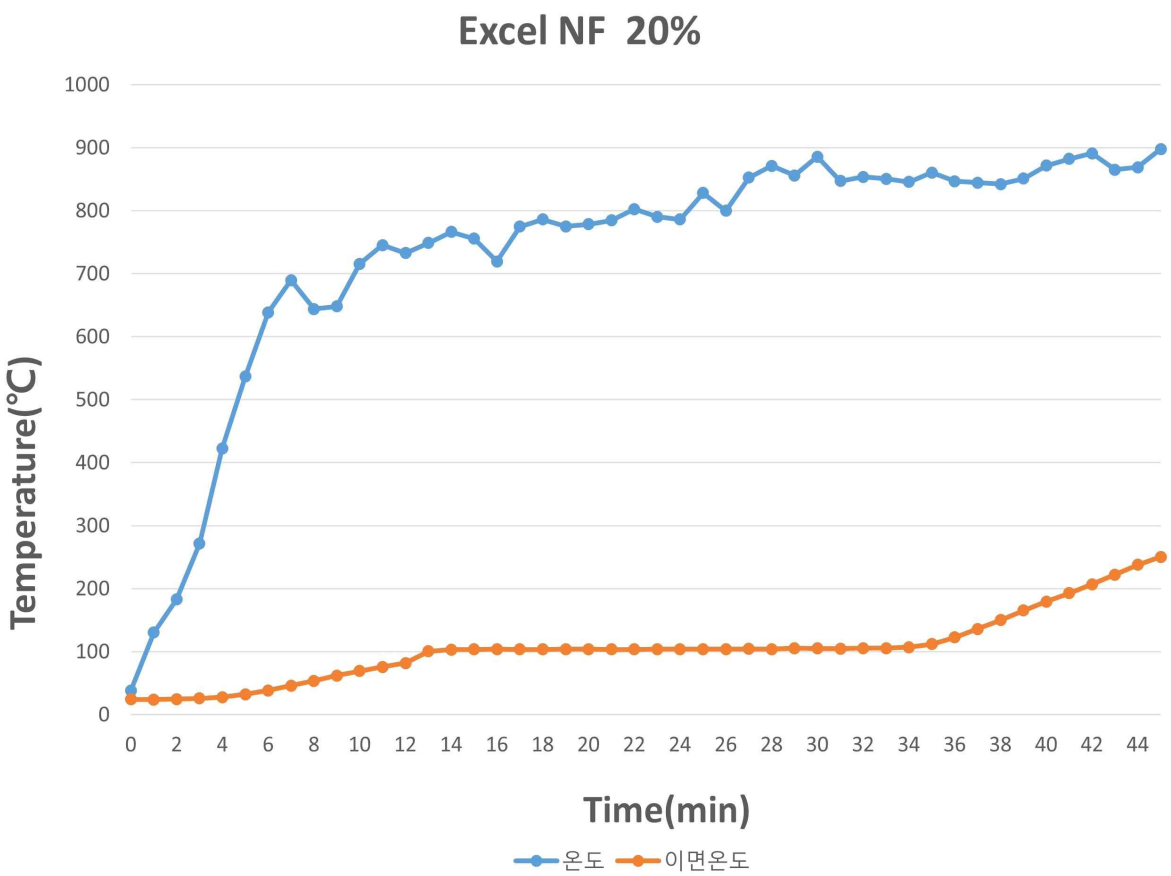


그림 2.143 엑셀NF 칼슘계 재료 20% 대체 보수 가열실험 결과

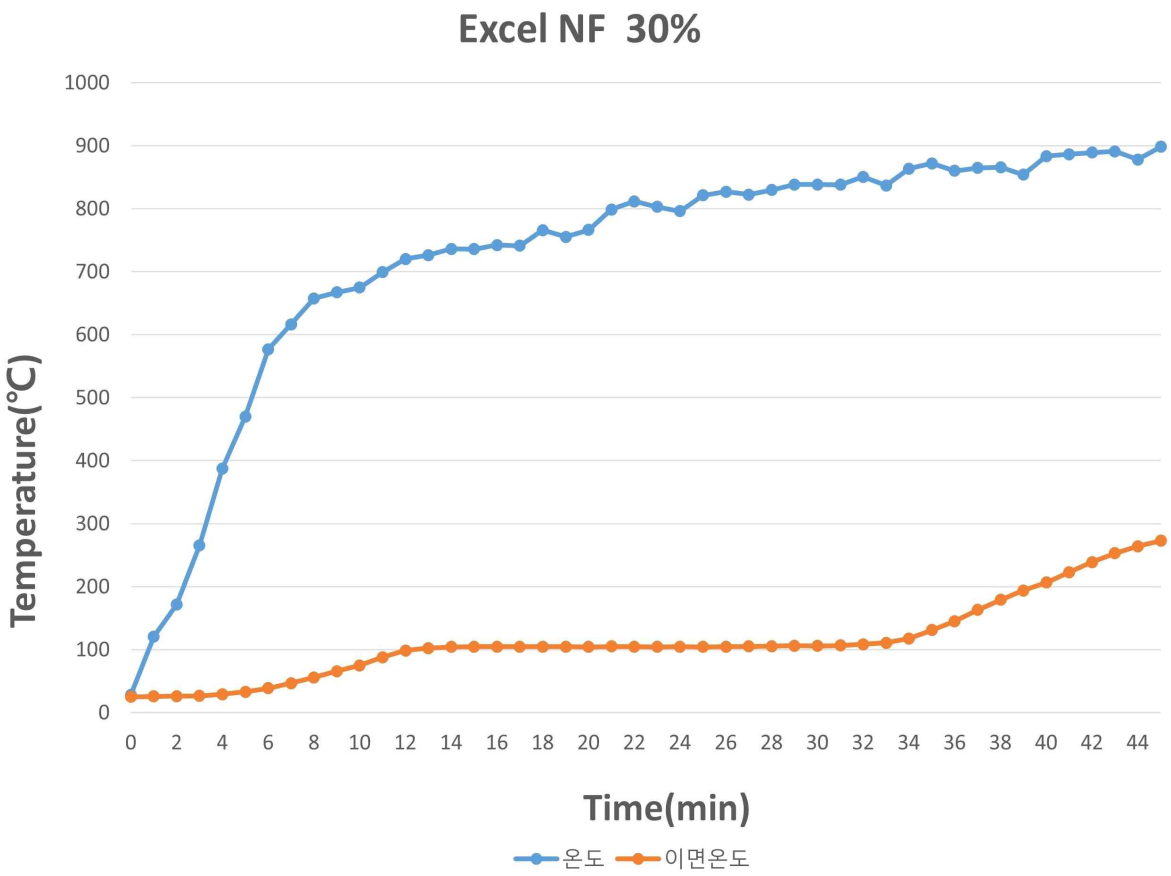


그림 2.144 엑셀NF 칼슘계 재료 30% 대체 보수 가열실험 결과

· 엑셀NF의 칼슘계 재료 대체를 통한 보수재 가열 실험 결과 대체하지 않고, 기존 제품으로 1겹을 덧씌워 주었을 때, 30분 가열에서 이면온도는 104.9℃로 측정되어 단열재의 착화가 일어나지 않아 화재확산 지연이 가능할 것으로 예상된다. 칼슘계 재료를 10~30% 대체한 경우에도 30분 가열에서 각각 104.8℃, 105.0℃, 105.9℃로 나타나 엑셀NF의 경우 칼슘계 재료 대체의 효과는 거의 없는 것으로 판단된다.

· 또한 엑셀NF의 경우, 단열재가 완전히 관통될 때까지 약 45분 이상 가열시간이 소요되었으며, 이는 칼슘계 재료 대체의 경우도 비슷한 것으로 나타났다.

㉡ 그레뉼NF

· 앞선 경우와 마찬가지로 일정시간 가열이 진행됨에 따라 실험체 외단열 미장 마감 면에서 균열이 발생하였고, 칼슘계 재료의 경우 화염이 닿는 부분에서 노란 색상을 띄고 있는 것으로 나타났다. 이는 칼슘계 재료의 가열에 의한 화학반응(탈탄산 반응)에 기인한 것으로 판단된다.



그림 2.145 그래뉼NF 칼슘계 재료 0% 대체 가열실험 전



그림 2.146 그래뉼NF 칼슘계 재료 0% 대체 가열실험 중

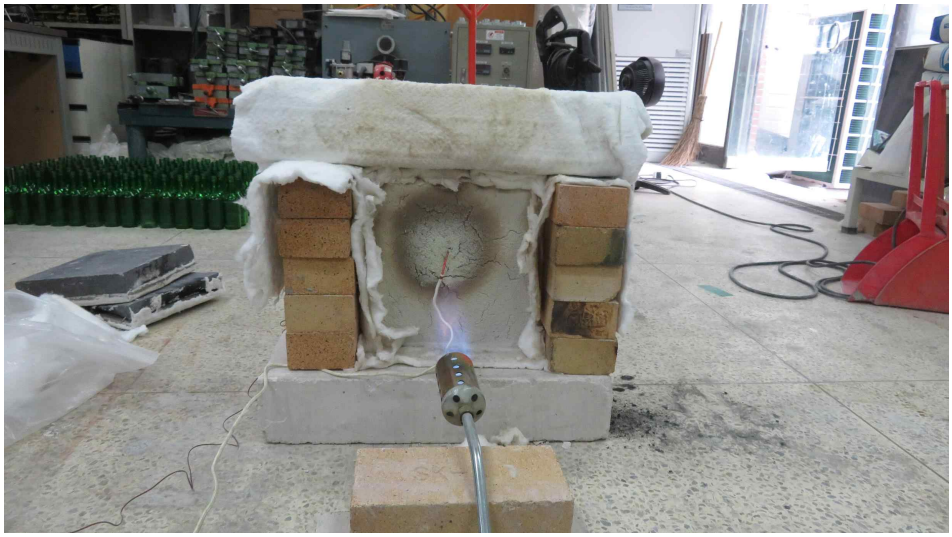


그림 2.147 그래뉼NF 칼슘계 재료 20% 대체 가열실험 중

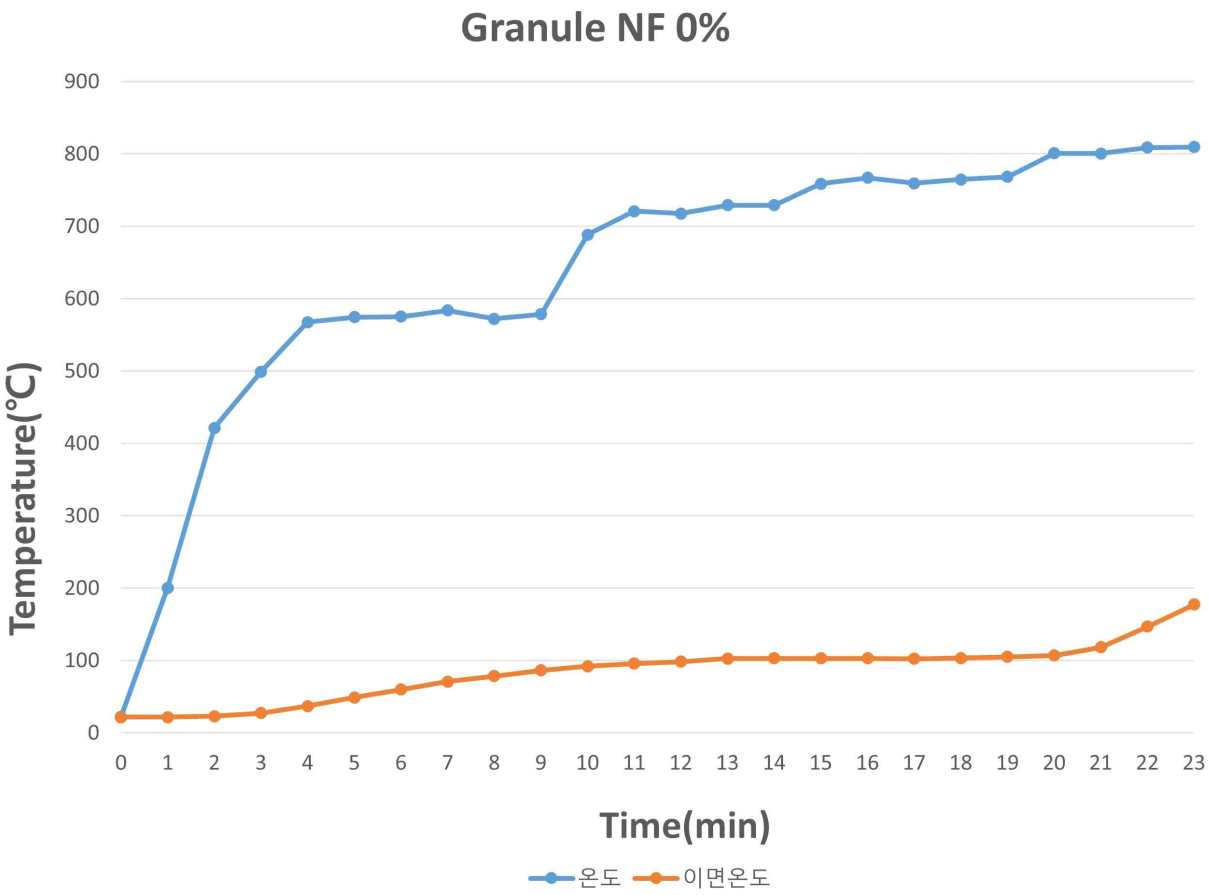


그림 2.148 그래뉼NF 기존 제품 보수 가열실험 결과

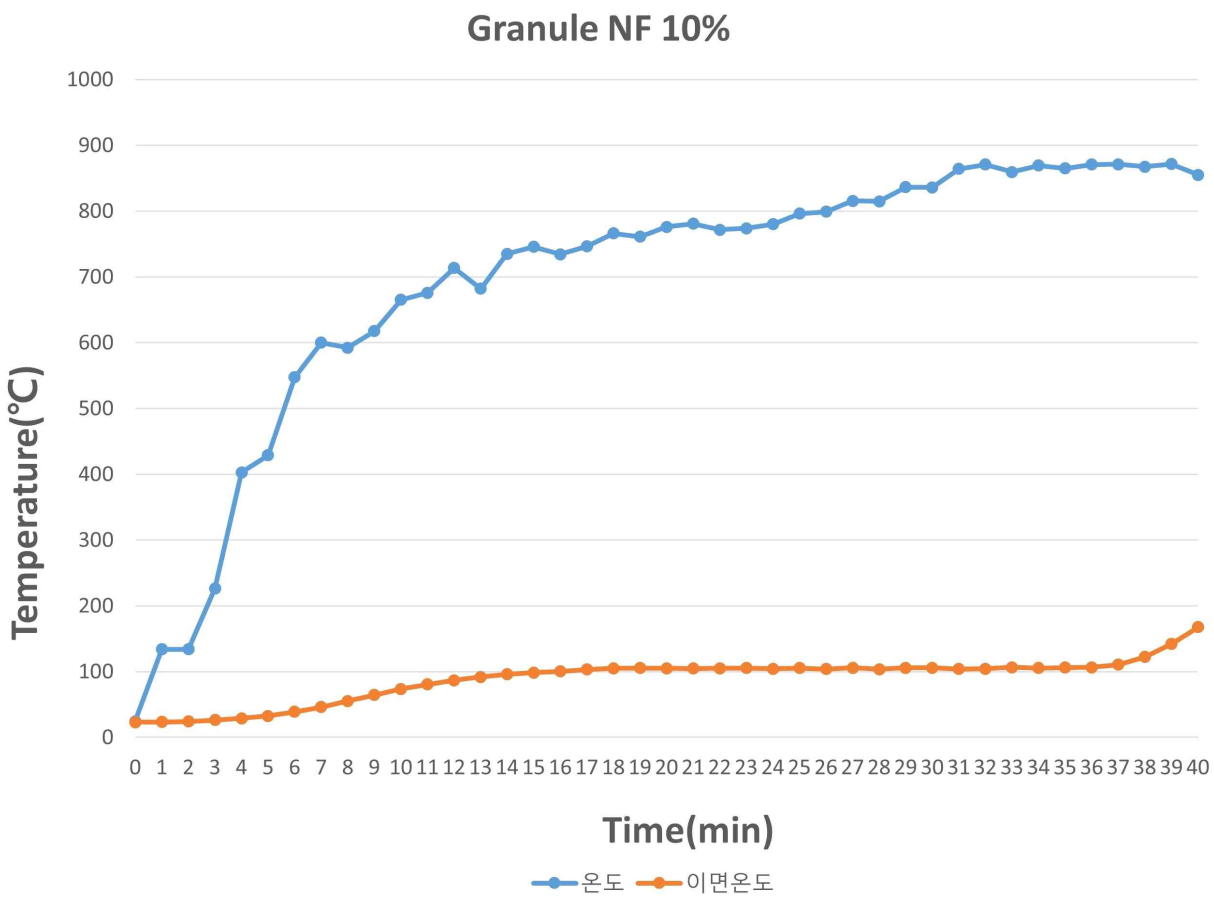


그림 2.149 그래뉼NF 칼슘계 재료 10% 대체 가열실험 결과

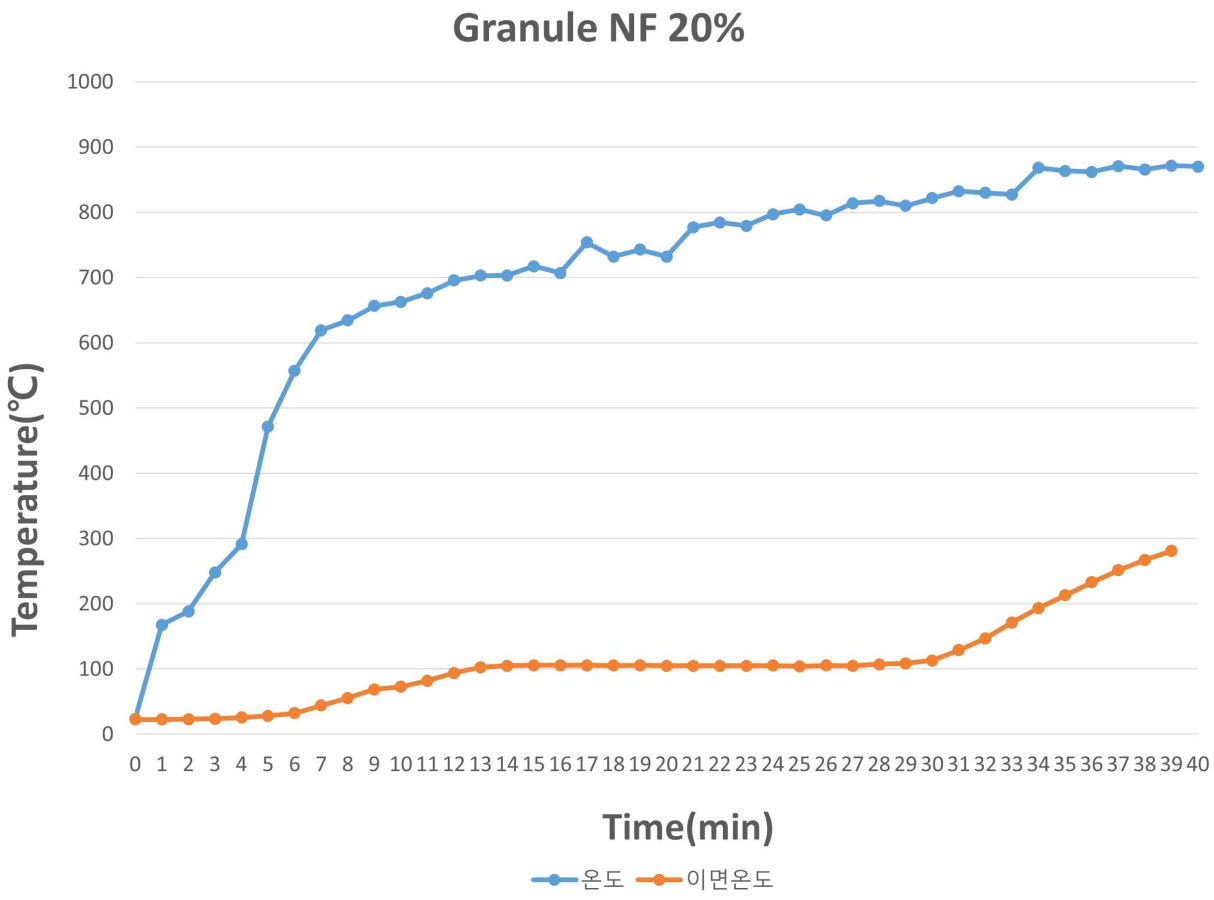


그림 2.150 그래뉼NF 칼슘계 재료 20% 대체 가열실험 결과

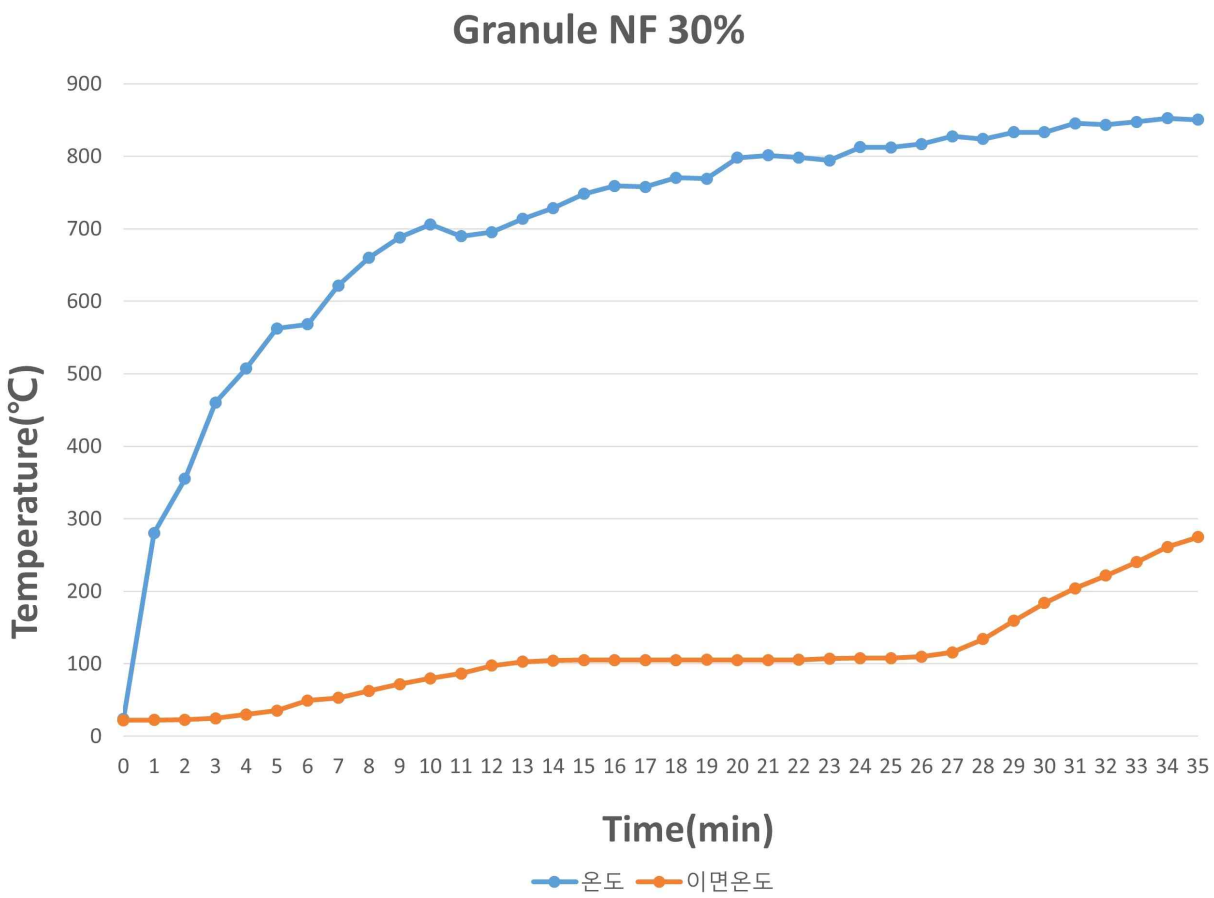


그림 2.151 그래뉼NF 칼슘계 재료 30% 대체 가열실험 결과

· 그레뉼NF의 경우 칼슘계 재료를 대체하지 않았을 때, 23분 가열 후에 단열재가 관통되어 실험이 중단되었다. 그레뉼NF에 칼슘계 재료를 10% 대체하였을 때, 30분 가열시간에 이면온도는 105.9℃로 측정되어 단열재의 착화가 일어나지 않아 화재확산 지연이 가능할 것으로 예상된다. 칼슘계 재료의 20% 대체에서는 30분 가열시간에 이면온도는 113.3℃로 나타나 대체율 증가를 통해서 이면온도의 감소가 나타나지 않았다. 또한 30% 대체에서는 30분 가열시간에 이면온도는 183.9℃로 대체율이 증가할수록 이면온도도 함께 증가하는 것으로 나타났다.

· 이러한 결과는 보수재의 기초 물성 검토 결과를 토대로 분석할 때, 그레뉼NF에 칼슘계 재료를 20% 이상 대체할 때, 일부 기초 물성을 만족하지 못하는 것으로 나타났으며, 이에 따른 보수재의 균열 발생 혹은 밀도의 증가 등에 기인한 것으로 판단된다.

(6) 보수재 적용 가열실험 결론

· 본 연구에서 보수재는 기존 외단열 미장 마감과 동일한 마감 방식을 사용하는 것으로 사용재료와 시공하는 방법 또한 기존 방식과 동일한 것을 특징으로 한다.
· 다만 사용재료 중, 일정량의 필러를 대체하여 화재확산 지연의 가능성을 가열실험을 통해 검토하였다.
· 먼저 기초물성에 대한 실험결과로 칼슘계 재료의 30% 이상 대체는 기존의 외단열 미장 마감 양생 기준에 따른 시간동안 양생이 되지 않아 현장 적용에는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

· 기초물성 중 습기투과성의 경우, 난연제가 첨가된 NF 시리즈 20%를 제외하면, 성능을 만족하는 것으로 나타났다. 엑셀 타입의 경우, 물흡수 계수에 있어 기초 성능치를 만족하지 못하여 보수재에 적용이 어려울 것으로 판단된다. 반대로 그래뉼 타입의 경우, 물흡수계수 성능 측면에서 우수한 것으로 나타났으며, 난연제가 첨가된 그래뉼NF 타입의 경우도, 10% 대체에서는 물흡수계수 성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 부착강도의 경우, 양생된 모든 타입과 배합에서 기초요구성능을 만족하는 것으로 나타났다.

· 가열실험 결과 및 기초물성 측정 결과를 종합해서 현재 외단열 미장 마감 제품으로 판매되는 엑셀NF와 그레뉼NF를 비교할 때, 엑셀NF의 경우 10% 대체에서도 물흡수계수를 만족하지 못하여 사용이 어려울 것으로 판단된다. 그러나 엑셀NF만 사용하였을 때, 30분 정도 화재확산 지연이 가능한 것으로 나타났다. 그레뉼NF의 경우, 10% 대체의 경우에 기초물성을 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 가열실험 결과에서도 대체하지 않은 그레뉼NF 보다 동일시간(23분 가열-그레뉼NF 단열재 관통시간)에서 약 50℃ 가량 낮은 온도를 나타냈으며, 추가적으로 약 17분 가량 화재확산 지연이 가능한 것으로 나타났다.

· 다만, 본 연구의 정확한 평가 및 적용을 위해서는 외단열 미장 마감 업체와의 추가적인 연구의 진행이 필요할 것으로 판단된다. 그 이유는 연구에서 사용된 배합의 경우, 기업의 내부 보안 사항에 따른 대략적인 배합으로만 실험을 실시하여 단순 함량에 따른 결과만이 도출되었다.
· 그러나 기초물성 및 가열실험을 통해 칼슘계 재료가 기존 외단열 미장 마감재와 혼합되는 과정에서 적절한 배합과 가공 등이 이루어진다면 유의미한 효과가 있을 것으로 예상된다.

8) 화재확산 방지 보강재

(1) 실험개요

· 화재확산 방지를 위한 보강재의 경우, 칼슘계 재료를 활용하여 KS L ISO 679 「시멘트의 강도 시험 방법」에 준하여 강도 성능을 평가하고, 300×300(㎜)의 보드 형태로 실험체를 제작하여 내화성능을 검토하고자 한다. 이를 통해 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 메커니즘 검토를 통해 도출된 두께 등을 바탕으로 내화 및 강도에 대한 최적 배합을 확정하고 이에 대한 시작품을 제작하여, TEST BED를 통해 시공방법의 적정성을 검토하여 화재확산방지 시스템의 보강재로 적용하고자 한다.

① 인자 및 수준

· 실험은 앞서 언급한 바와 같이 시멘트의 강도 시험방법에 준용하여 칼슘계 재료를 잔골재 질량비에 대해 전량 대체하여 사용하였으며, 시험방법에서 제시하는 질량비 1:3을 기준으로 1:2~1:5까지 대체량을 변화하여 시험하였다. 실험 인자 및 수준은 다음과 같다.

표 2.77 실험 인자 수준

실험명	실험인자	수준	측정항목
칼슘계 재료 질량비 변화	질량비	1:2, 1:3, 1:4, 1:5	- 휨 강도 - 압축 강도

② 배합설계

· 실험을 위한 배합설계는 다음과 같다.

표 2.78 보강재 배합설계

ID	Binder	W	Aggregate				
			S	OSA 0.6U	OSA 0.6	OSA 1.2	OSA 2.5
Plain	450	225	1,350				
O-0.6U 1:2	558			749			
O-0.6U 1:4	377			1,014			
O-0.6U 1:5	325			1,090			
O-0.6 1:2	558				816		
O-0.6 1:4	377				1,105		
O-0.6 1:5	325				1,188		
O-1.2 1:2	558					867	
O-1.2 1:4	377					1,173	
O-1.2 1:5	325					1,262	
O-2.5 1:2	558						930
O-2.5 1:4	377						1,258
O-2.5 1:5	325						1,354

1) 0.6U : 0.6㎜ 이하, 0.6 : 0.6~1.2㎜, 1.2 : 1.2~2.5㎜, 2.5 : 2.5~5.0㎜

2) O-1:2 : 질량비 (1:2, 1:4, 1:5, KS L ISO 679 기준은 1:3)

③ 사용재료

· 실험에 사용된 재료는 보통포틀랜드시멘트(OPC)와 KS에서 규정하는 ISO 표준사와 입도사이즈로 분급된 칼슘계 재료(OSA)를 사용하였다.

㉠ 바인더(Binder)

· 내화보드의 강도특성에 영향을 주며, 사용되는 골재를 결합시켜주는 역할을 하는더(Binder)로는 일반적인 보통 포틀랜드 시멘트(OPC_Ordinary Portland Cement)를 사용하였으며, 다음의 표는 시멘트의 특성을 나타낸 것으로 KS L 5201「포틀랜드 시멘트」에서 규정하는 시멘트를 사용하였다.

표 2.79 시멘트의 화학적 특성

CaO (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	Ig.loss (%)	etc. (%)	Total (%)
62.44	21.12	4.40	3.19	3.10	3.36	2.39	100

표 2.80 시멘트의 물리적 특성

밀도 (g/㎤)	분말도 (㎠/g)	응결시간(hour)		압축강도(㎫)		
		초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,400	4.5	7.15	23.0	29.3	39.8

㉡ 표준사(ISO Sand)

· 실험에 사용된 표준사는 개정된 KS L ISO 679의 규격에 따라 1,350g으로 포장되어 시멘트 모르타르의 압축강도 및 휨강도의 시험체를 제작하는데 사용되는 표준사를 사용하였다.

㉢ 칼슘계 재료(OSA)

· 칼슘계 재료는 커터 밀을 이용하여 파쇄하고, 스크린을 이용하여 입도별로 분급하여 사용하였다. 기존 실험을 통해 분류된 크기인 0.6㎜ 이하(이하, OSA 0.6U)와 0.6~1.2㎜(이하, OSA 0.6), 1.2~2.5㎜(이하, OSA 1.2), 2.5~5.0㎜(이하, OSA 2.5)로 진행하였다.



그림 2.152 커터 밀 파쇄 및 스크린 분급



그림 2.153 칼슘계 재료의 입도별 형상

(2) 실험방법

① 실험방법

· 모르타르의 혼합은 KS L ISO 679 「시멘트의 강도 시험 방법」에 준하여 실험하였다. 실험은 모르타르 믹서를 사용하였으며, 골재와 시멘트를 투입하여 1차 건비빔을 30초간 실시하고, 물을 혼합하여 90초간 혼합한 뒤, 패들과 드럼에 달라붙은 재료들을 스크래퍼로 정리한 후, 고속으로 60초간 재혼합하여 실험체를 제작하였다.

② 플로우 측정

· 굳지 않은 모르타르의 측정항목으로 KS L 5111 「시멘트 시험용 플로 테이블」의 시험기준에 준하여 플로우를 측정하였으며, 실험체 제작의 용이함과 기준의 선정을 위해 플로우는 180㎜ 이상을 기준으로 하였다.



그림 2.154 모르타르 플로우 측정

③ 제작 및 양생

· 실험체의 제작은 동일하게 KS에 규정된 규격의 40×40×160의 시험체 틀을 사용하였으며, ⅓씩 채워가며 매회 8회씩 다짐하였고 마지막의 경우 별도의 다짐 없이 시멘트 칼로 눌러주어 표면마감을 실시하였다. 별도의 진동다짐은 실시하지 않았으며, 시험체 틀의 형상은 다음과 같다.

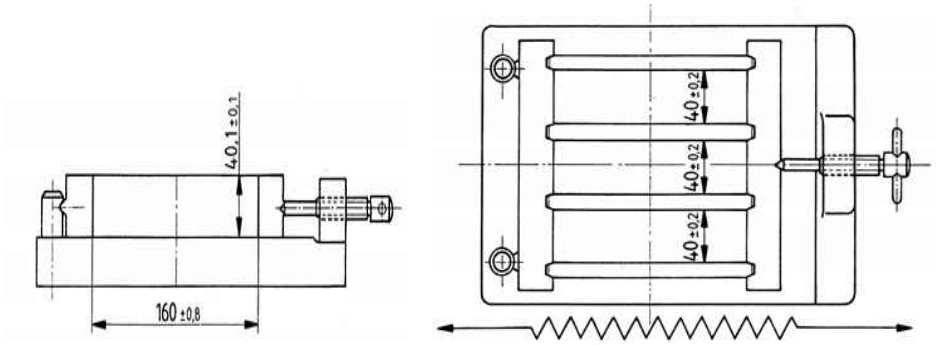


그림 2.155 모르타르 시험체 틀

· 실험체의 양생은 수중양생을 실시하였으며, 20±1℃로 유지되는 양생수조를 통해 침수시켜 양생하였다. 양생하는 동안 실험체 사이와 표면의 깊이는 5㎜ 이상이 되도록 유지하였다.

④ 강도측정

· 강도 특성 실험을 통해 휨강도와 압축강도를 측정한다. 강도 측정은 KS L ISO 679「시멘트의 강도 시험 방법」에 기준하여 실시하였다. 측정 장비는 만능시험기로 장비의 이미지는 다음과 같다.



그림 2.156 UTM 만능시험기

· 강도측정은 재령에 따른 3일, 7일, 28일을 기준으로 측정하였으며, 휨 강도와 압축강도의 계산식은 다음과 같다.

· 먼저 휨 강도(R_f : 휨 강도(N/mm^2))의 계산식은 다음과 같다.

$$R_f = \frac{1.5F_f l}{b^3}$$

여기서,

F_f : 파괴시에 각주의 중앙에 가한 하중(N)

l : 지지물 사이의 거리(mm)

b : 각기둥의 직각을 이루는 절개면의 변(mm)

압축강도(R_c : 압축 강도(N/mm^2))의 계산식은 다음과 같다.

$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

여기서,

F_c : 최대 파괴 하중(N)

A : 가압판 또는 보조판의 면적(mm^2)

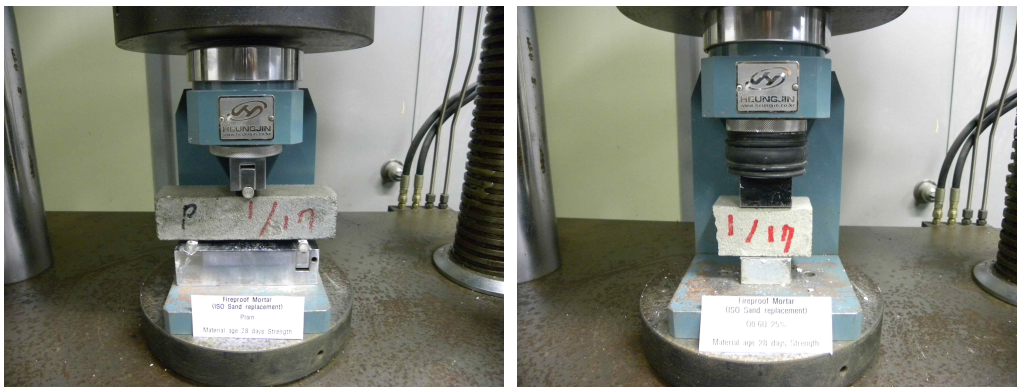


그림 2.157 휨 강도(좌)와 압축 강도(우)의 시험

(3) 실험결과 및 분석

· 실험계획에 의해 모르타르 실험체를 제작하고 배합설계에 따라 실험한 결과는 다음과 같다. 결과는 칼슘계 재료인 굴 패각의 입도범위에 따라 분류하였다.

· KS L ISO 679의 표준 질량비는 1:3으로 규정되어 있으나, 칼슘계 재료를 대량 사용함으로써 내화성능 개선을 위해 질량비를 변화하여 강도 특성을 측정한 결과, 다음과 같다.

표 2.81 질량비 변화에 따른 강도측정 결과

ID	휨 강도(MPa)			압축강도(MPa)		
	재령 3일	재령 7일	재령 28일	재령 3일	재령 7일	재령 28일
Plain	6.3	8.9	10.7	27.4	38.7	48.5
OSA-0.6U 1:2	6.5	7.5	7.5	20.7	23.2	28.1
OSA-0.6U 1:3	4.3	4.7	6.3	12.5	15.2	17.7
OSA-0.6U 1:4	2.6	3.0	4.0	7.0	8.9	10.3
OSA-0.6U 1:5	2.0	2.1	3.1	4.5	6.1	7.1
OSA-0.6 1:2	6.3	7.5	9.1	20.9	22.9	27.2
OSA-0.6 1:3	5.0	6.0	7.7	14.3	17.3	19.7
OSA-0.6 1:4	3.0	3.7	4.9	8.1	10.1	12.2
OSA-0.6 1:5	2.2	2.6	3.6	5.9	7.5	9.0
OSA-1.2 1:2	7.7	9.4	9.9	24.5	27.2	31.5
OSA-1.2 1:3	5.3	6.4	7.5	15.5	18.3	21.0
OSA-1.2 1:4	3.4	4.6	5.5	10.3	12.6	14.8
OSA-1.2 1:5	2.3	3.0	4.1	6.1	7.9	9.5
OSA-2.5 1:2	7.1	7.4	8.4	16.3	23.4	26.7
OSA-2.5 1:3	5.9	7.2	8.7	17.7	20.6	24.8
OSA-2.5 1:4	5.3	6.3	7.1	14.2	17.5	20.2
OSA-2.5 1:5	3.3	3.9	4.3	7.9	10.5	10.5

· 실험결과, 굴 패각 골재의 1:2 질량비의 경우에도 Plain의 강도에 도달하지 못하는 것으로 나타나 강도 향상을 위해서는 타 재료의 혼합도 고려해야 할 것으로 판단된다. 그러나 굴 패각 골재를 대량으로 사용한 경우(질량비 1:5)에도 28일 재령에서 휨강도는 OSA-0.6U에서 3.1㎫, OSA-0.6은 3.6㎫, OSA-1.2는 4.1㎫, OSA-2.5에서는 4.3㎫로 나타나 기존 내화보드의 휨강도보다 50%～100% 이상 강도가 높은 것으로 나타났다.

① OSA 0.6U

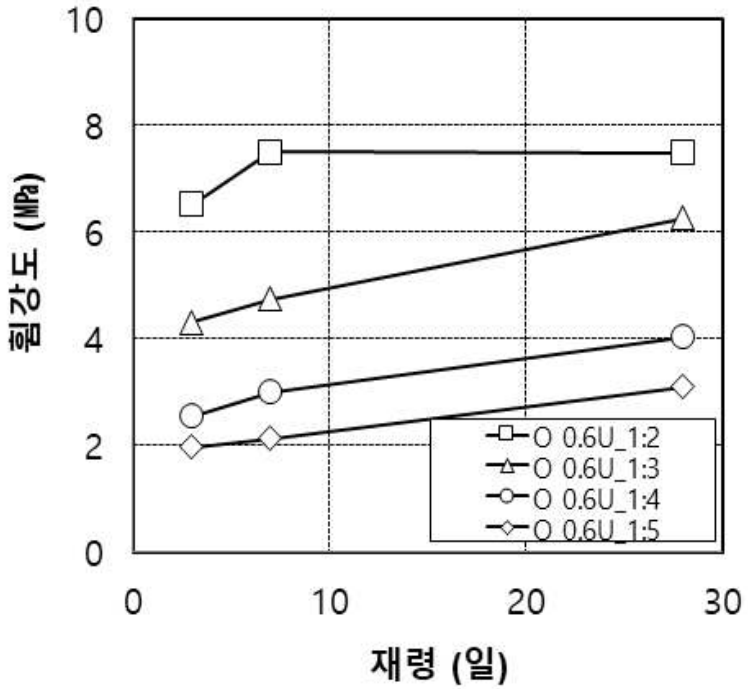


그림 2.158 OSA 0.6U 질량비 변화에 따른 휨강도

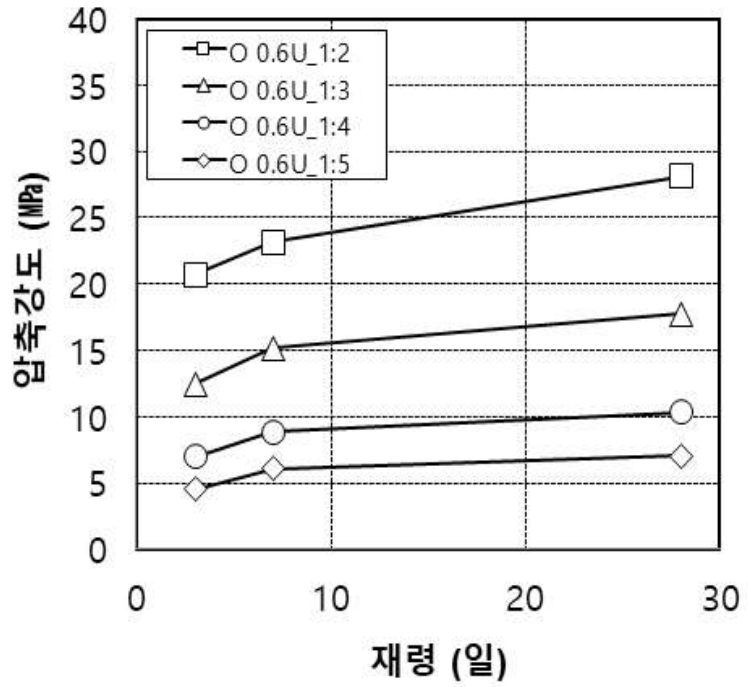


그림 2.159 OSA 0.6U 질량비 변화에 따른 압축강도

· 실험결과, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:2의 경우, 휨강도 7.5㎫ 압축강도 28.1㎫로 나타나 OSA 0.6U의 배합에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 이는 기준 질량비보다 바인더인 시멘트의 증가에 따른 것으로 판단된다.
· 질량비 1:3의 경우 휨강도 6.3㎫, 압축강도 17.7㎫로 나타났으며, 질량비 1:4의 경우 휨강도 4.0㎫, 압축강도 10.3㎫로 나타났다. 질량비 1:5의 경우에도 휨강도는 3.1㎫ 압축강도는 7.1㎫로 나타나 기존 내화보드와 비교하여도 강도가 높은 것으로 나타났다.
· 질량비의 증가에 따라 휨강도와 압축강도 모두 감소되는 경향을 나타내며 재령 28일을 기준으로 휨강도는 4.4㎫의 차이를 나타내고, 압축강도의 경우 21.1㎫로 큰 강도 저하가 일어남을 알 수 있다.

② OSA 0.6～1.2

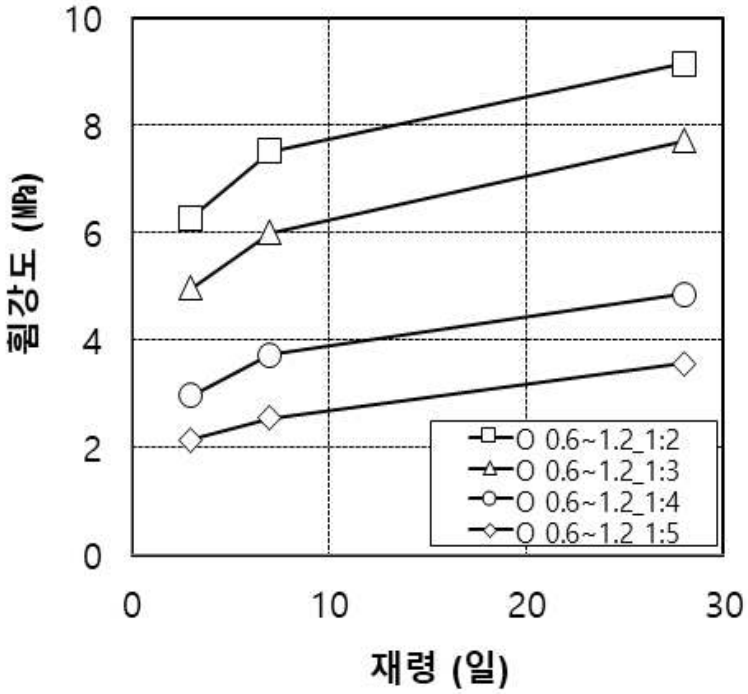


그림 2.160 OSA 0.6～1.2 질량비 변화에 따른 휨강도

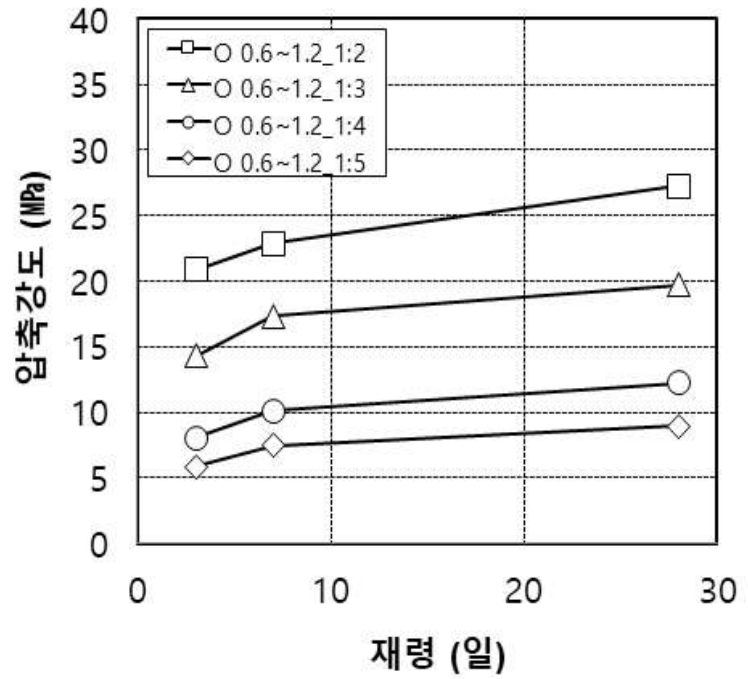


그림 2.161 OSA 0.6～1.2 질량비 변화에 따른 압축강도

· 실험결과, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:2의 경우, 휨강도 9.1㎫ 압축강도 27.2㎫로 나타나 OSA 0.6～1.2의 배합에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 다른 강도의 경향도 OSA 0.6U와 유사하게 나타났으며, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:3의 경우 휨강도 7.7㎫, 압축강도 19.7㎫로 나타났으며, 질량비 1:4의 경우 휨강도 4.9㎫, 압축강도 12.2㎫로 나타났다. 질량비 1:5의 경우에도 휨강도는 3.6㎫ 압축강도는 9.0㎫로 나타났다.

③ OSA 1.2～2.5

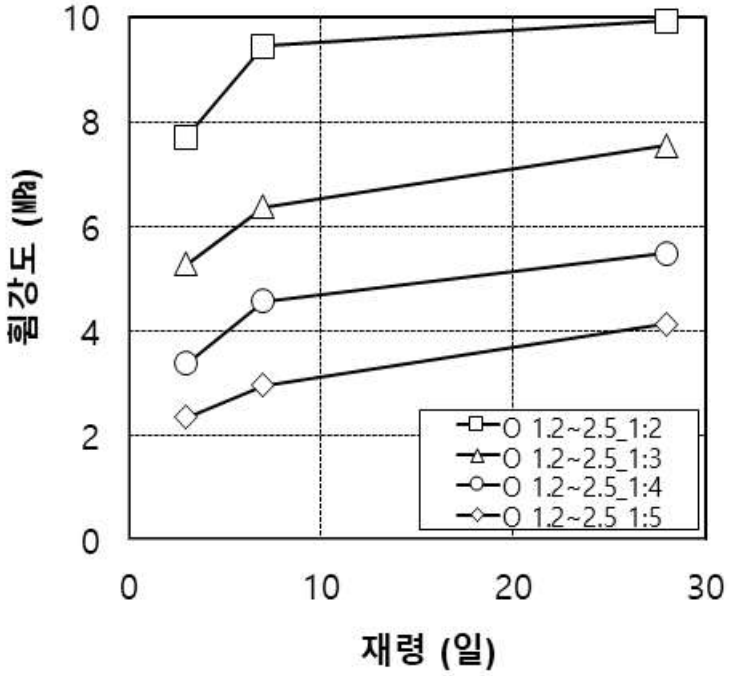


그림 2.162 OSA 1.2～2.5 질량비 변화에 따른 휨강도

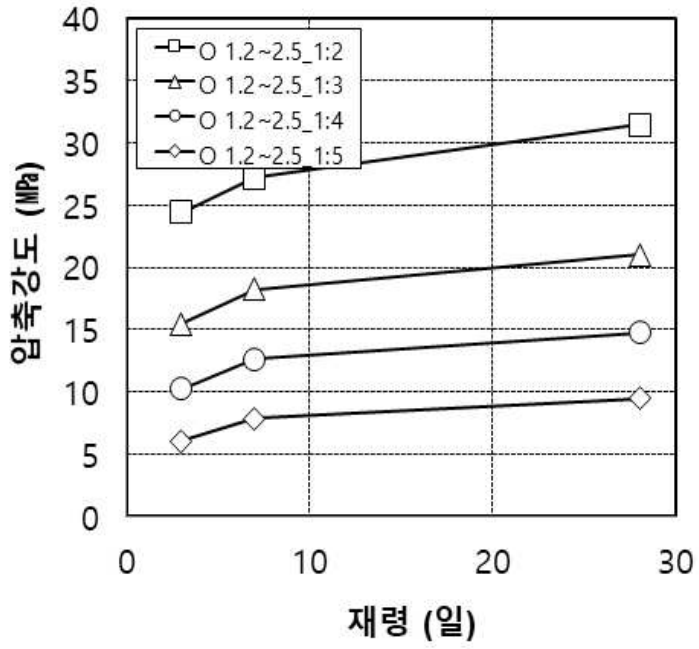


그림 2.163 OSA 1.2～2.5 질량비 변화에 따른 압축강도

· 실험 결과, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:2의 경우, 휨강도 9.9㎫ 압축강도 31.5㎫로 나타나 OSA 1.2～2.5의 배합에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 다른 강도의 경향도 모든 입도와 마찬가지로 동일하게 나타났으며, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:3의 경우 휨강도 7.5㎫, 압축강도 21.0㎫로 나타났으며, 질량비 1:4의 경우 휨강도 5.5㎫, 압축강도 14.8㎫로 나타났다. 질량비 1:5의 경우에도 휨강도는 4.1㎫ 압축강도는 9.5㎫로 나타났다. 앞선 잔골재 대체의 실험 결과와 달리 OSA 1.2～2.5가 OSA 2.5～5.0보다 일부 강도가 높게 측정된 것은 실험과정에서 가수된 물의 양에 따른 것으로 판단된다.

④ OSA 2.5～5.0

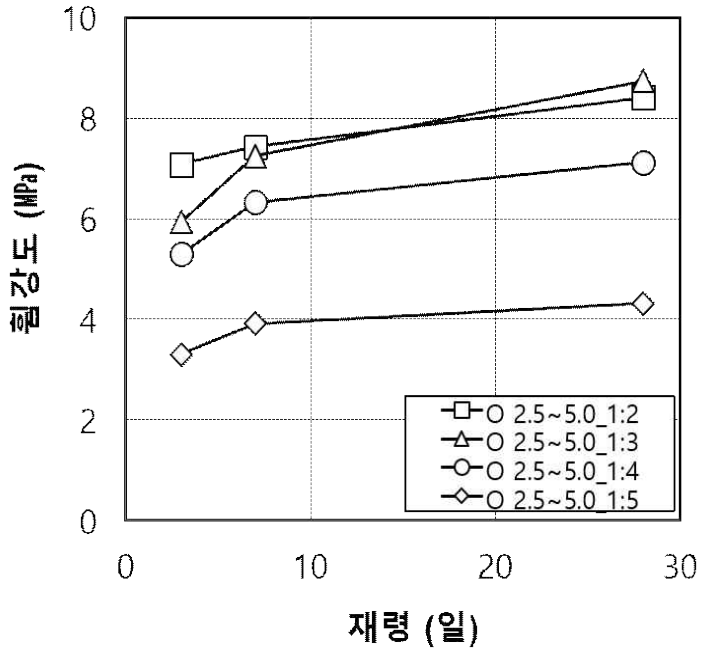


그림 2.164 OSA 2.5～5.0 질량비 변화에 따른 휨강도

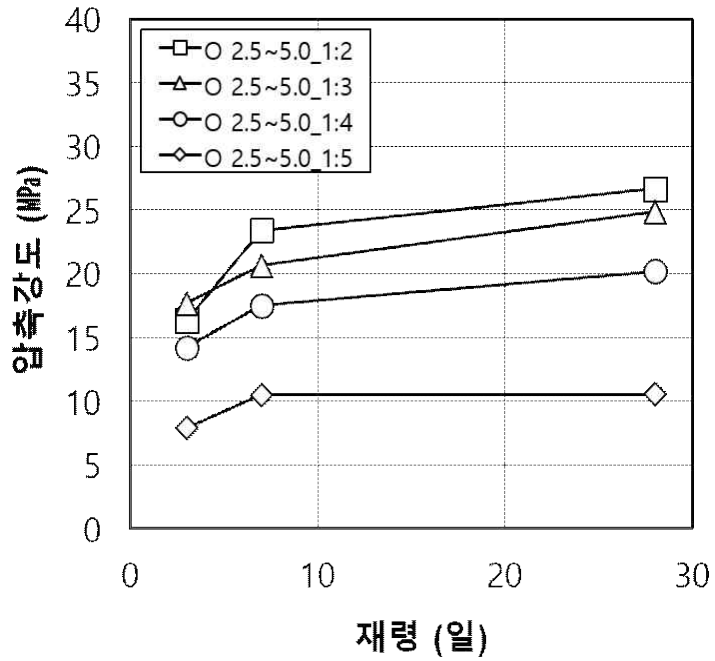


그림 2.165 OSA 2.5～5.0 질량비 변화에 따른 압축강도

· 실험결과, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:2의 경우, 압축강도 26.7㎫로 나타나 OSA 2.5～5.0의 배합에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 그러나 휨강도의 경우, 질량비 1:3의 배합이 8.7㎫로 가장 높은 것으로 나타났다. 다른 강도의 경향은 모든 입도와 동일하게 나타났으며, 28일 재령을 기준으로 질량비 1:3의 경우 휨강도 8.7㎫, 압축강도 24.8㎫로 나타났고, 질량비 1:4의 경우 휨강도 7.1㎫, 압축강도 20.2㎫로 나타났다. 질량비 1:5의 경우에도 휨강도는 4.3㎫ 압축강도는 10.5㎫로 나타나 다른 배합에 비하여 강도 값이 크게 나타나 추후 높은 강도를 필요로 할 경우, OSA 2.5～5.0의 입도 사용이 적합할 것으로 판단된다.

· 질량비 변화에 따른 강도실험 결과, OSA 0.6U는 28일 재령을 기준으로 1:2에서는 휨강도 7.5㎫, 1:3에서는 6.3㎫ 1:4에서는 4.0㎫, 1:5에서는 3.1㎫로 나타났다. 압축강도의 경우, 1:2에서 28.1㎫, 1:3에서 17.7㎫, 1:4에서 10.3㎫, 1:5에서 7.1㎫로 나타났다. OSA 2.5～5.0의 1:5 질량비 휨강도는 4.3㎫로 나타났으며, 압축강도는 10.5㎫로 나타났다.

(4) 보강재 가열실험

① 실험개요

· 실험체의 제작은 300×300×50의 시험체 틀을 사용하였으며, ⅓씩 채워가며 면적에 비례하여 15회 이상 다짐하였고 마지막의 경우 별도의 다짐 없이 시멘트 칼로 표면 마감을 하였다.

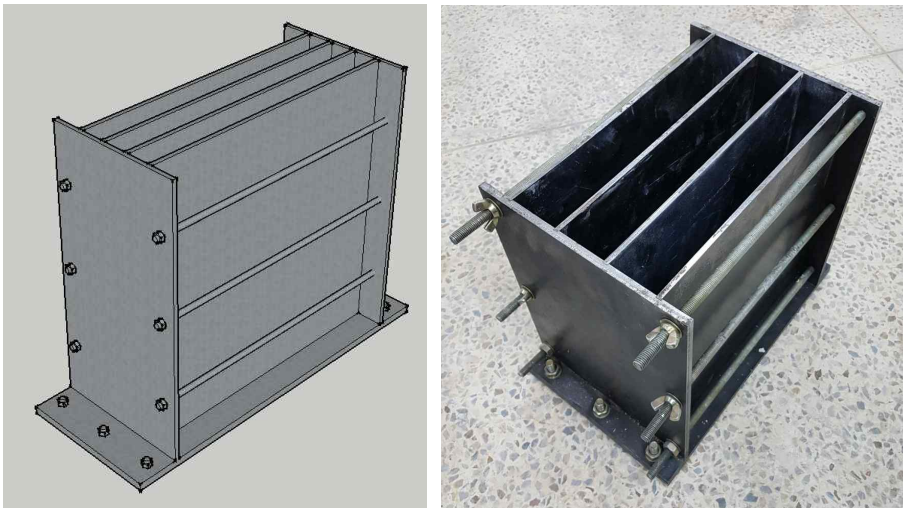


그림 2.166 실험용 보드 제작 틀

· 실험체의 양생은 수중양생을 실시하였으며, 20±1℃ 이상으로 유지되는 양생 수조를 통해 침수시켜 양생하였다. 양생하는 동안 실험체 사이와 표면의 깊이는 5㎜ 이상이 되도록 유지하였다.

② 예비 가열실험

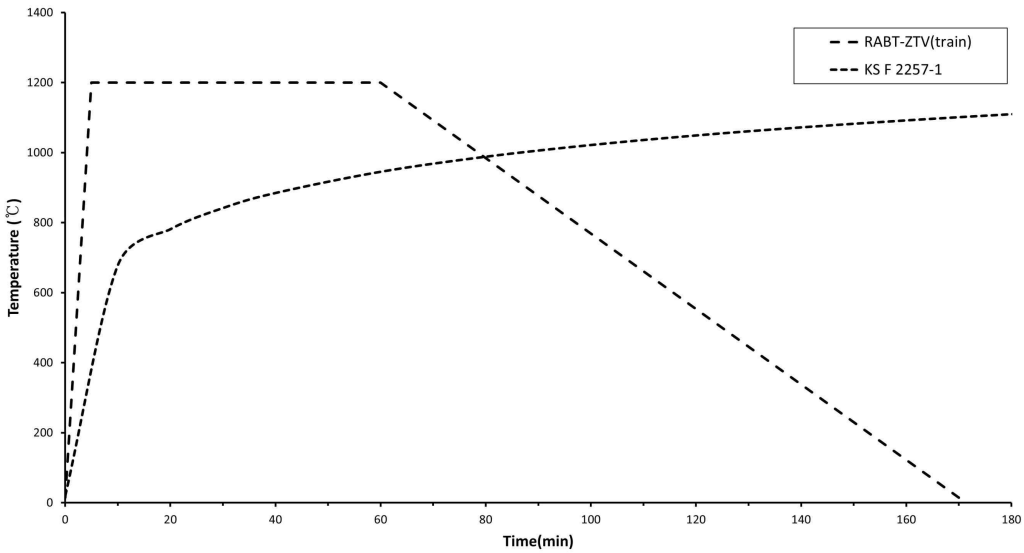


그림 2.167 가열실험 화재 온도 곡선

· 현재 국내의 경우 RABT(Train) 화재 온도 곡선에 의해 실험을 수행할 수 있는 기관이 존재하지 않아 간이가열로를 제작하고, 상기의 화재 온도 곡선에 준하는 가열온도 조건을 구현하여 LPG 가스토치를 사용해 실험을 진행하였다.

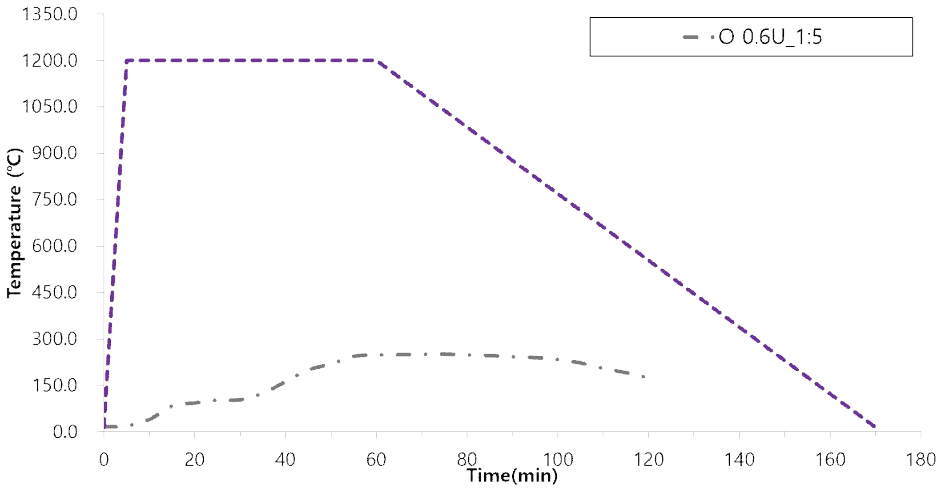


그림2. 168 OSA 0.6U (질량비 1:5) 가열실험결과

· OSA 0.6U의 질량비 1:4에서는 1시간 가열에 257.0℃로 나타났으며, 질량비 1:5에서는 249.1℃로 나타났다. RABT 화재온도 곡선의 강한 화열을 지속적으로 받음에 따라 최고온도는 가열이 끝나는 1시간이 아닌, 질량비 1:2와 1:3에서는 10분 뒤인 70분에 최고온도를 나타냈고, 질량비 1:4와 1:5의 경우 15분 뒤인 75분에 최고온도를 나타냈다.

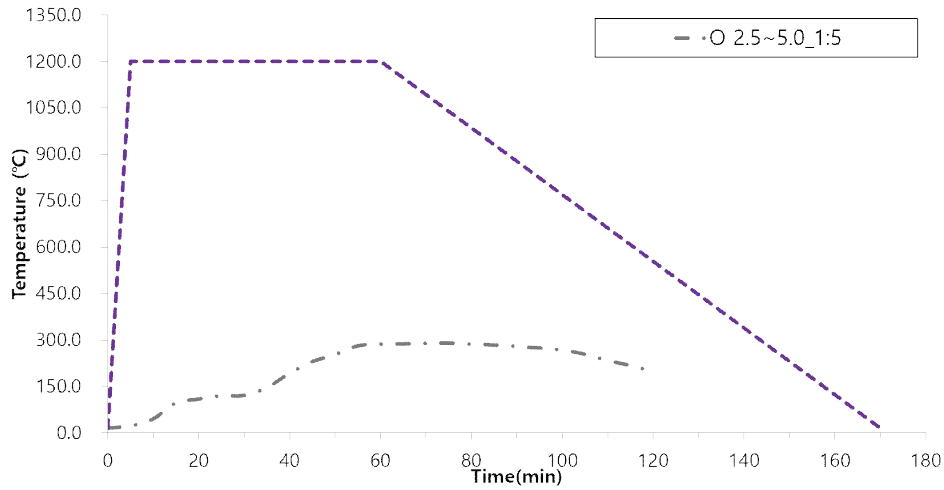


그림 2.169 OSA 2.5~5.0 (질량비 1:5) 가열실험결과

· OSA 2.5~5.0의 경우 286.1℃로 나타났다. 동일한 질량비인 두 시험체의 경우, 최고온도 도달 시점은 75분으로 동일했다.

· 간이 가열실험에 의한 실험 결과 동일한 질량비에 입도가 큰 칼슘계 재료인 굴 패각을 골재로 사용했을 경우, 입도가 작은 굴 패각과 비교하여 이면 온도가 높게 나타나는 결과를 나타냈다.

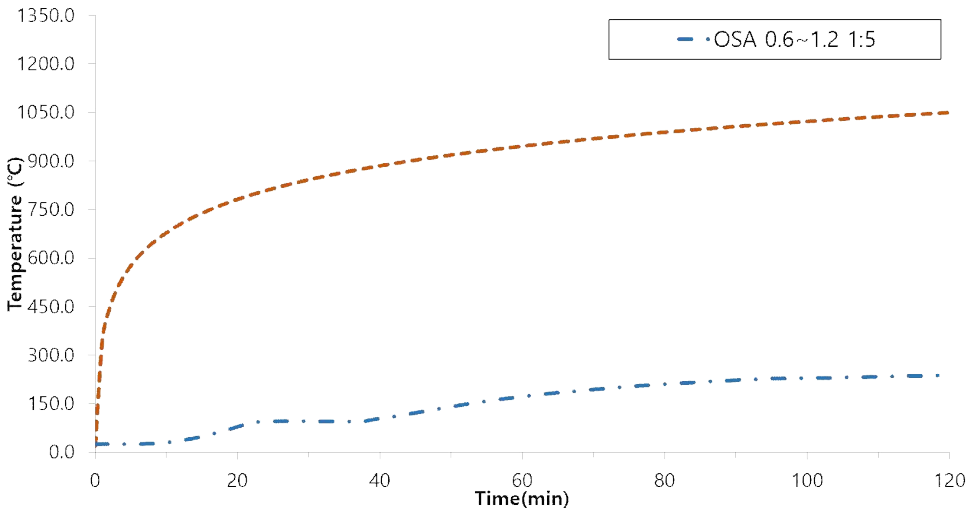


그림 2.170 KS F 2257-1 가열(OSA 0.6～1.2 질량비 1:5)

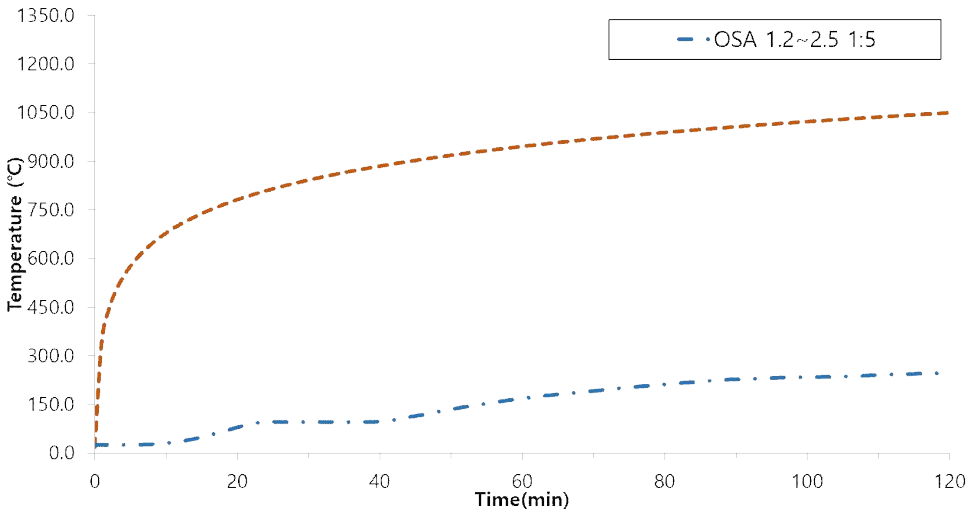


그림 2.171 KS F 2257-1 가열(OSA 1.2～2.5 질량비 1:5)

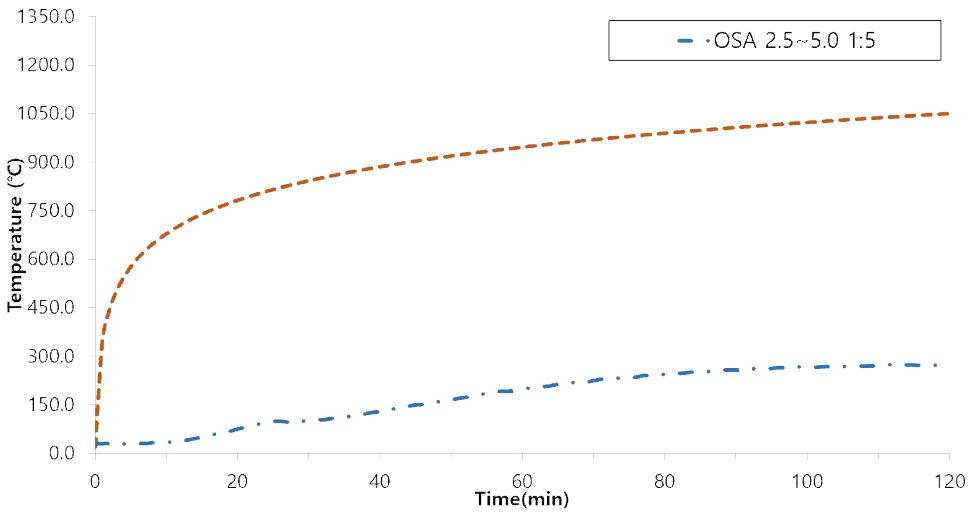


그림 2.172 KS F 2257-1 가열(OSA 2.5～5.0 질량비 1:5)

· OSA 0.6～1.2 질량비 1:5의 경우, 1시간 가열에서 171.8℃ 어느 정도의 내화성을 보유하고 있었으나 2시간 가열 후, 236.5℃로 나타났으며, OSA 1.2～2.5의 경우 동일한 질량비에서 2시간 가열 후, 245.7℃로 나타났다. OSA 2.5～5.0의 경우, 274.1℃로 상대적으로 높은 비 가열면 이면온도 값을 나타냈다.

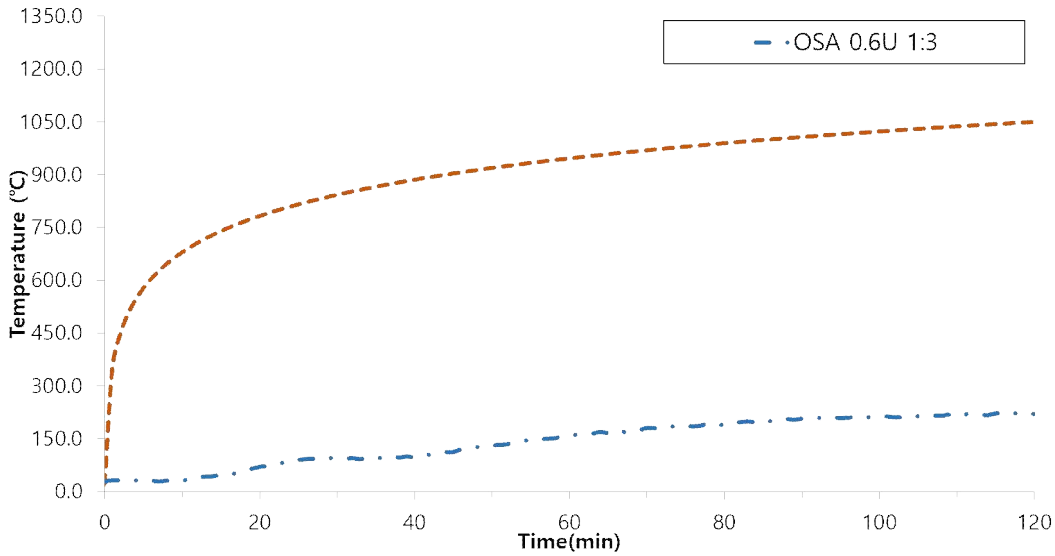


그림 2.173 KS F 2257-1 가열(OSA 0.6U 질량비 1:3)

· KS F 2257-1 화재 온도 곡선에 준하여 실험한 결과 20~30분까지는 가열에 따른 온도상승이 지연되는 것을 알 수 있었다. OSA 0.6U 질량비 1:3의 경우, 1시간 가열에서 159.4℃로 나타났으며, 가열종료 시점인 2시간 가열 후엔 221.0℃로 나타났다.

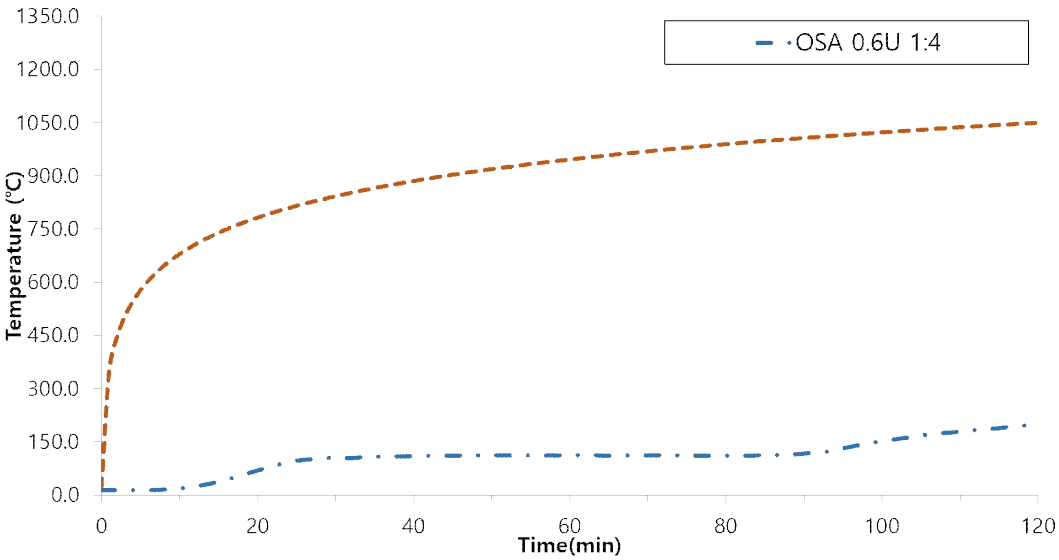


그림 2.174 KS F 2257-1 가열(OSA 0.6U 질량비 1:4)

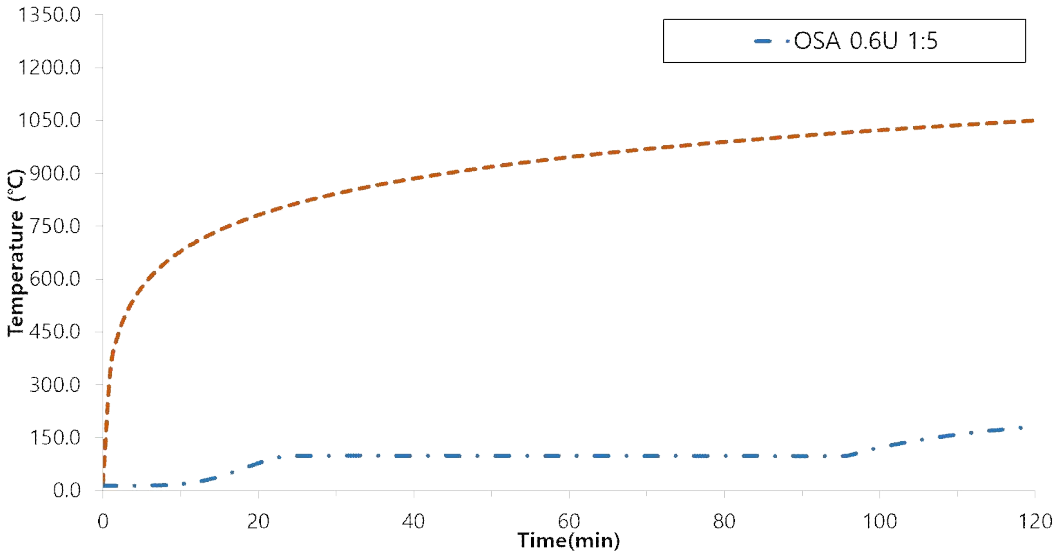


그림 2.175 KS F 2257-1 가열(OSA 0.6U 질량비 1:5)

· 기존 RABT 곡선에서 차열성이 249.1～263.4℃로 나타난 OSA 0.6U의 KS F 2257-1에 의한 화재실험 결과, 동일하게 차열성이 우수한 것을 알 수 있다. OSA 0.6U 질량비 1:4의 경우, 2시간 가열에서 199.0℃의 비 가열면 온도를 나타냈으며, 질량비 1:5의 경우, 181.3℃로 나타났다.

· KS F 2257-1 화재 온도 곡선에 의한 비 가열면 온도 상승곡선의 경우, 화재온도곡선과 평형형태로 상승되지만, 300℃ 이상으로 상승되는 것은 없었다. 결과적으로 RABT곡선에 비하여 약한 가열 조건의 경우에는 이면온도 300℃이하의 차열성 확보가 가능하며, 내화보드로서의 사용이 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

③ 내화성능 측정(가열실험)

· 제작 된 실험용 보드의 양생 이후, 가열실험에 대한 오차를 줄이기 위해 100±5℃에서 중량의 변화가 없을 때까지 건조하여 밀폐시켜 보관하고, 인자 및 수준에서 선정한 KS F 2257-1화재온도 곡선을 사용하여 실험하였다.

· 국내에 일반적으로 적용되고 있는 시험기준으로 KS F 2257-1「건축 부재의 내화 시험 방법」에 준하며 가열온도는 2시간에 1,049℃에 도달하는 것으로 차열성은 초기온도에 대하여 상승하는 온도 값으로 나타내며, 본 실험에서는 평균값이 아닌 최고온도를 기준으로 하였다.



그림 2.176 수직 가열로 시험기기(좌) 및 시험 준비(우)

· 실험은 최적 배합에 따른 보강재 시작품의 두께 및 강도와 함께 입도 크기, 질량비의 결정을 위해 실험 인자를 두께와 입도(OSA 0.6 이하, OSA 1.2~2.5), 질량비 1:4, 1:5를 선정해 실험을 진행하였으며, 시험은 공인된 시험기관을 통해 실시하였다.

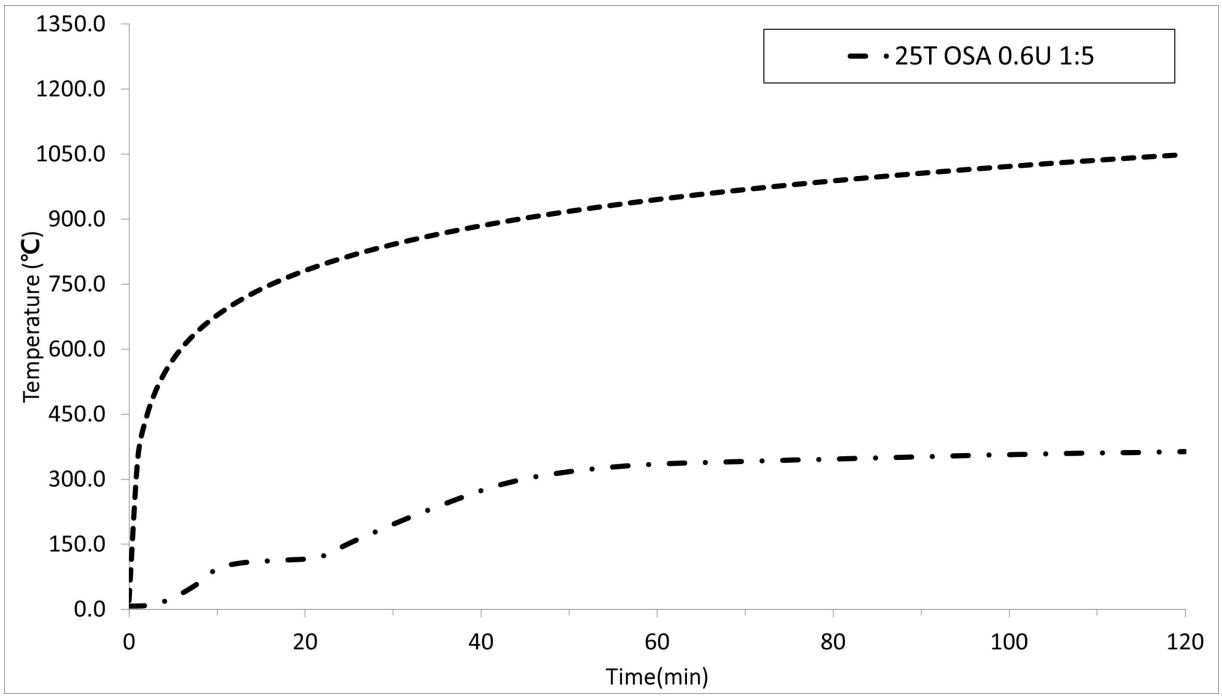


그림 2.177 25T OSA 0.6U 1:5 가열시험 결과

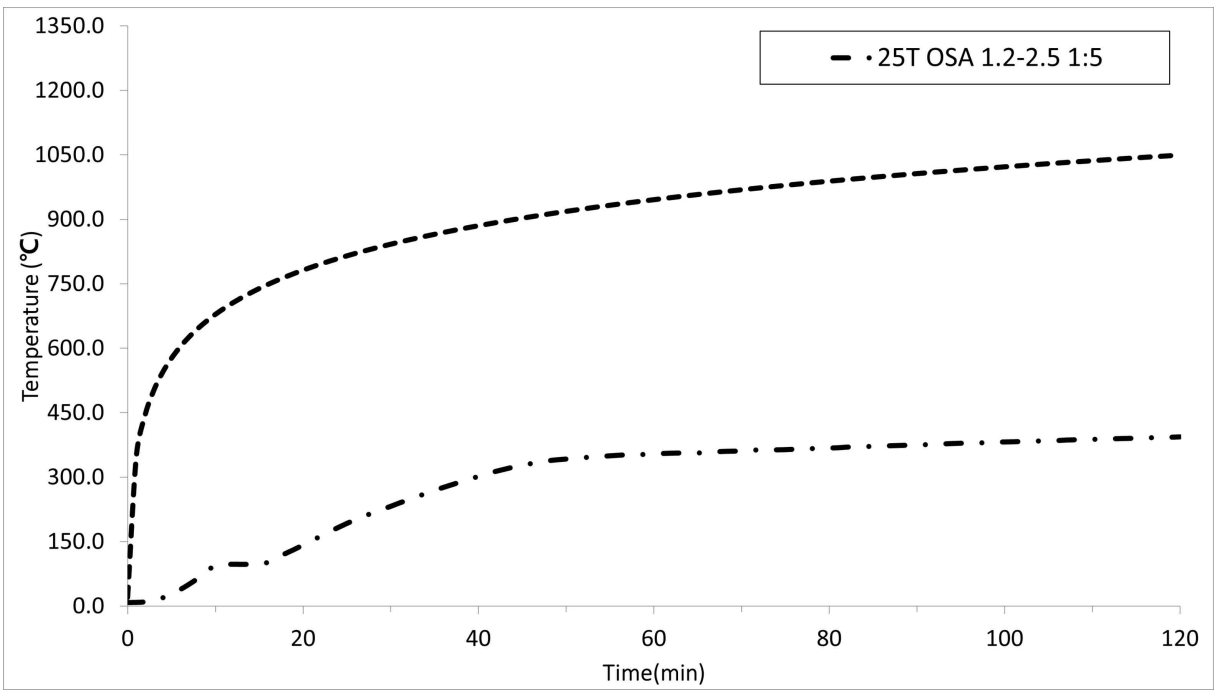


그림 2.178 25T OSA 1.2~2.5 1:5 가열시험 결과

· 입도가 서로 다른 두 개의 실험체를 질량비는 1:5로, 두께는 25㎜로 하여 보강재를 제작하여 시험한 결과 OSA 0.6 이하의 경우, 120분에서 최고온도 364℃로 나타났으며, OSA 1.2~2.5㎜에서는 393.7℃로 나타나 앞선 실험 결과와 마찬가지로 입도가 작은 실험체에서 이면온도가 낮은 것으로 나타났다.

· 본 연구에서 목표로 하는 30분의 화재 대피 시간 확보를 위한 화재 지연의 측면에서 볼 때, 30분 가열 시, 각각의 이면온도는 195.9℃와 232.1℃로 나타나 외단열 미장 마감 내부의 단열재 착화온도에 해당하는 280℃ 이하로 나타나 25㎜ 두께로 제작된 보강재도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

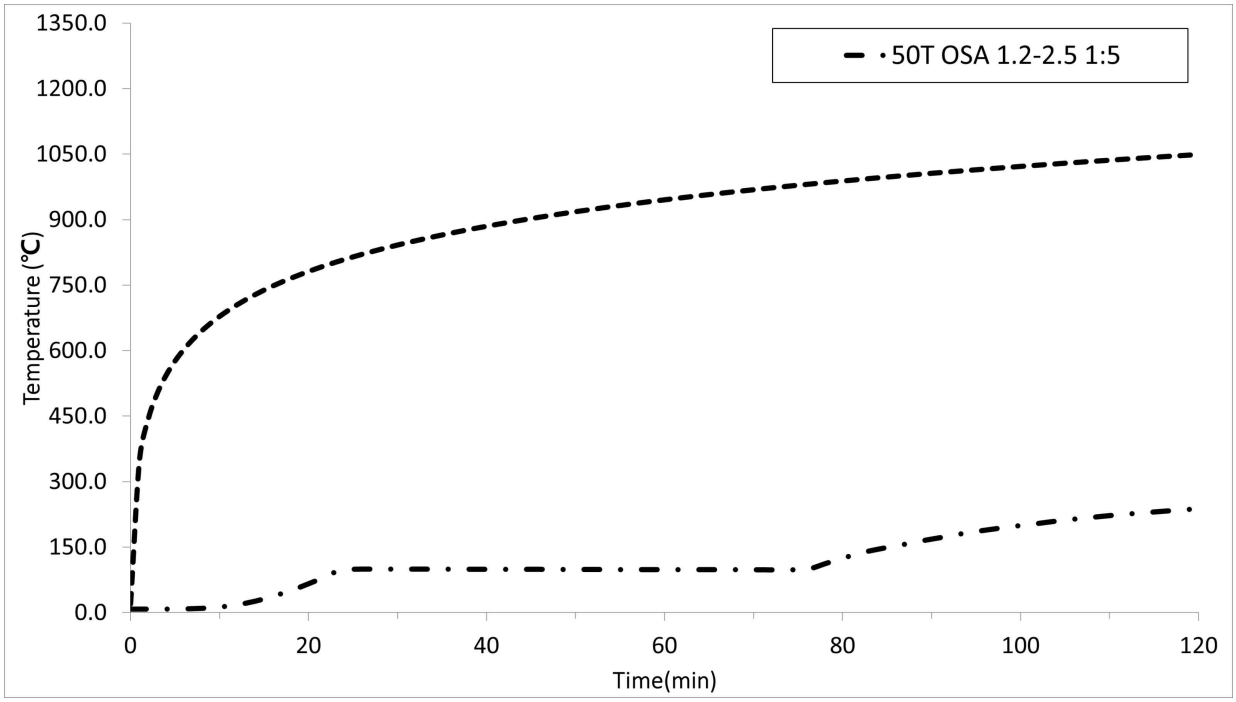


그림 2.179 50T OSA 1.2~2.5 1:5 가열시험 결과

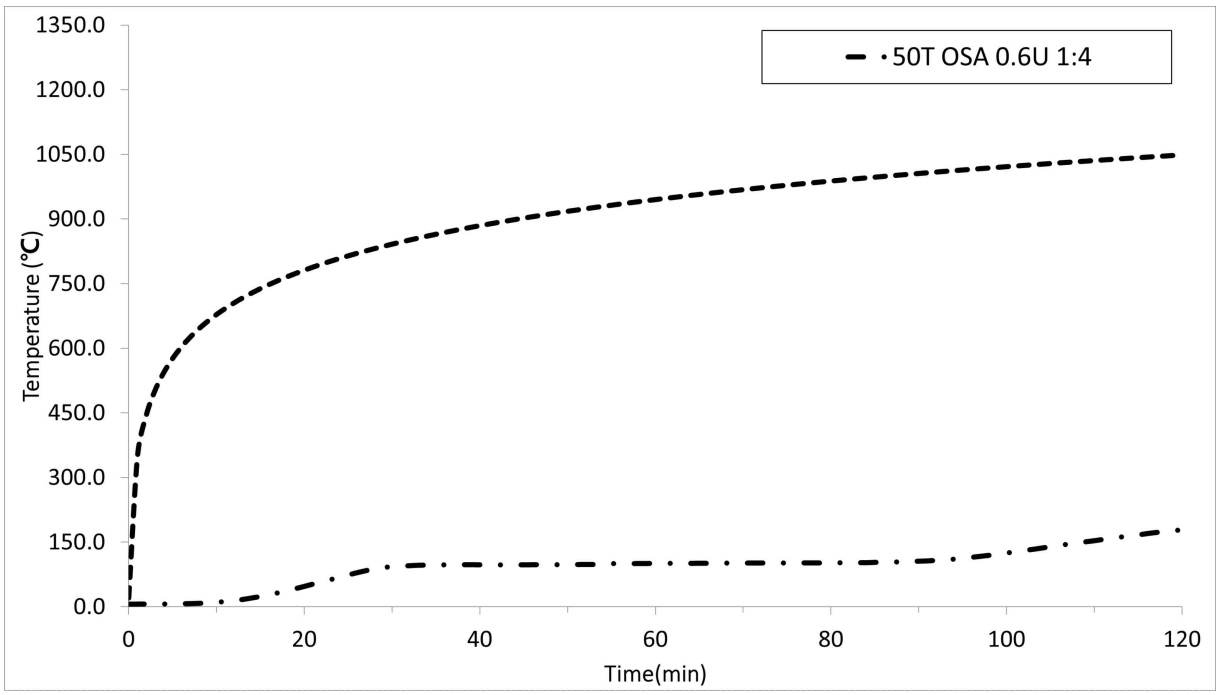


그림 2.180 50T OSA 0.6U 1:4 가열시험 결과

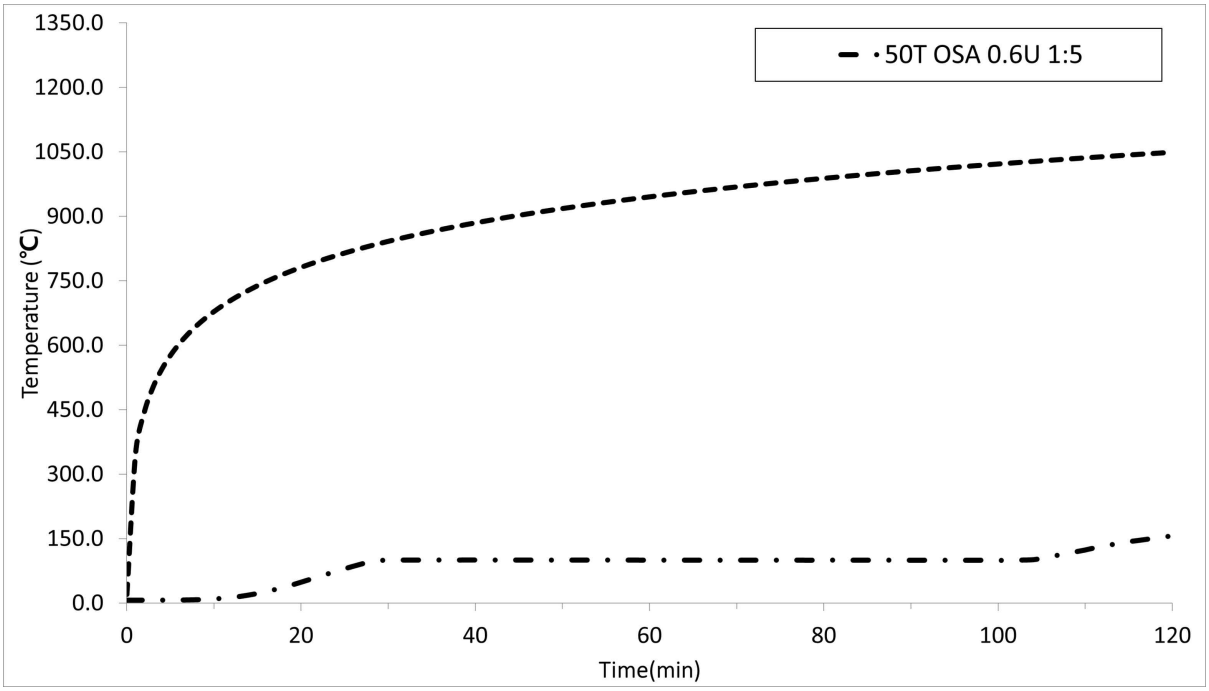


그림 2.181 50T OSA 0.6U 1:5 가열시험 결과

· 보강재의 두께를 50㎜ 제작하여 시험한 결과 OSA 0.6 이하의 질량비 1:4로 제작한 보강재에서는 30분 가열 시, 이면온도 93.1℃ 120분 가열 시, 이면온도 178.3℃로 나타났다. 두께 50㎜와 질량비 1:5로 OSA 1.2~2.5㎜의 골재를 적용하였을 때는 가열 30분에서 이면온도는 99.9℃로 나타났으며, 120분에서는 237.7℃를 나타냈다. 동일한 조건에서 골재를 0.6㎜이하를 사용한 경우, 30분 가열 때, 이면온도 100.0℃로 나타났고, 120분 가열 시, 이면온도는 156.8℃로 나타나 입도가 작고, 두께가 두꺼울 경우 그리고 질량비가 높은 경우, 추가적으로 화재지연 효과 확보가 가능할 것으로 판단된다.

· **차염성 :** 가열실험 종료 후, 차염성에 대한 검토결과 화염이 통과되지 않아 실험체의 차염성능 발휘가 가능한 것으로 나타났다. 차염성은 균열게이지의 관통이나 비 가열면에서는 화염발생이 10초 이상 지속되지 않을 경우 통과되는 것을 기준으로 한다.

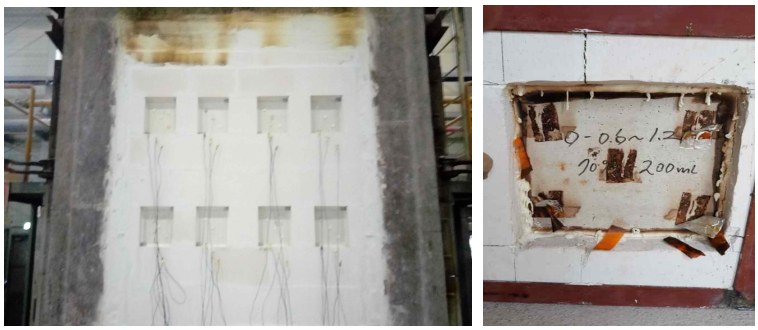


그림 2.182 차염성 측정결과

· **가스유해성 :** 가스유해성 시험의 경우 KS F 2271「건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법」중 6번 항에 기재된 가스유해성 시험으로 실시하며, 회전 바구니 속의 흰쥐(ICR계 암놈)를 8마리 넣고 가열로 속에 시험체를 넣은 뒤 6분간 가열한 후, 시험체가 타면서 발생되는 연소가스가 교반상자를 거쳐 회전바구니상자까지 가서 흰쥐에 끼치는 영향을 보는 것으로 성능기준은 평균행동정지시간이 9분으로 규정되어 있다.

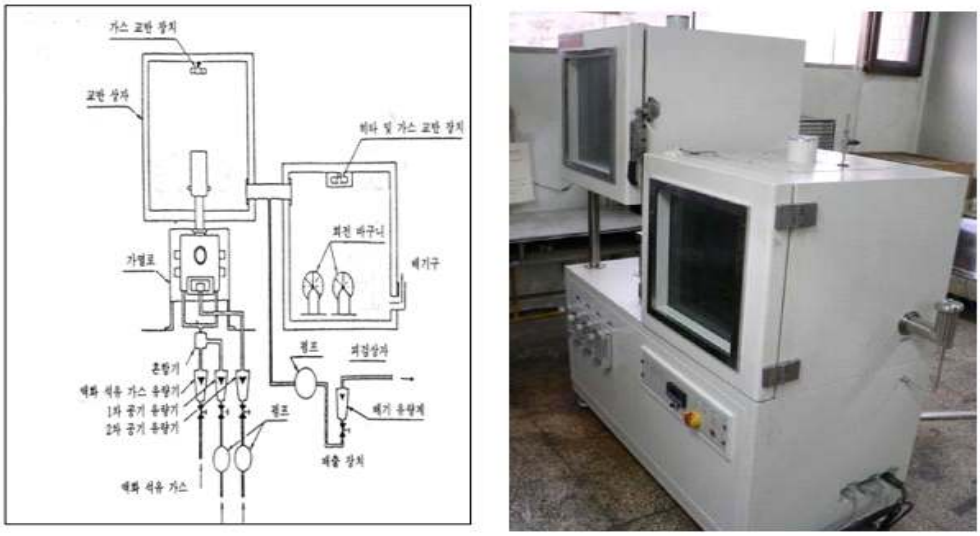


그림 2.183 가스유해성 측정 장비

· 보강재의 가스유해성 측정 결과 행동정지 시간은 평균 14분 56초와 14분 59초로 기준이상의 성능으로 나타났다. 이는 무기계 재료의 특성상 유해가스가 발생 되지 않음에 기인한 것으로 앞으로의 현장 적용에 있어서도 유리한 측면을 갖을 것으로 판단된다.

9) 화재확산 방지 TEST BED

(1) 실험개요

· 화재확산 방지를 위한 보수재 및 보강재의 시공성 및 현장 적용 가능성 등을 검토하기 위해 TEST BED를 설치하여 이를 평가하였다. TEST BED는 연구기간 동안 외부 환경 영향 요인을 최소화 할 수 있도록 지붕이 설치되어 있는 천안지역에 설치하였다.

(2) 실험 목적 및 범위

· 「가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발」의 연구 내용 중, 보수재 및 보강재의 외벽 설치와 관련한 시방서의 제작, 실제 개발된 보수재 및 보강재의 설치와 시공 가능 여부 등의 검토를 목적으로 하였다.
· 설계 도면에 따른 2면 벽체의 시공 및 기존 건물과 유사한 형태의 마감 공사 진행

· Test Bed 대지의 제공 및 임대
· Test Bed 실험시설 설치를 위한 기초공사
· Test Bed 실험시설 2면 벽체의 시공 및 설치(내부 채움 포함)
· 설계도면 상의 개구부 설치 (도면상 창호 규격 표기에 따름)
· Test Bed 벽체의 구조적 안전성 확보를 위한 각관 보강
· 2면 벽체의 기존 단열재 및 마감 공사
· 외벽보수보강 공법 시연을 위한 인력지원
· 외부 기후 환경 노출에 따른 보호조치
· Test Bed의 보수 및 유지관리(필요 시 별도 비용 지급)



그림 2.184 TEST BED의 기초공사



그림 2.185 자재 입고




그림 2.186 2면 벽체 구성 및 개구부 설치




그림 2.187 외단열 미장 마감 및 PVC 창호 설치



그림 2.188 단열재 시공



그림 2.189 페이스트 마감



그림 2.190 보강메쉬 시공



그림 2.191 외단열 미장 마감



그림 2.192 완성된 TEST BED

(3) 보수재 및 보강재 설치

① 보수재

· 보수재의 경우, 기존 외단열 미장 마감으로 시공 된 벽체에 추가적으로 접착 시멘트페이스트 → 보강메쉬 → 보수재 순서로 시공되었으며, 기존 외단열 미장 마감 공법과 동일한 방법으로 시공이 가능한 것으로 나타났으며, 특이사항은 없었다.

② 보강재

· 보강재의 경우, 기존 벽체 개구부 상부 및 측면에 설치하여 실내화재로부터 발생한 화재(화염)를 외벽 면을 통해 일정 시간 확산 되지 않도록 지연시켜주는 것으로 TEST BED의 시공과정에서 다음과 같은 개선사항을 도출하였다.

㉠ ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판

· ㄷ형 보강재 고정용 판과 보강재를 연결해주는 전산 볼트의 경우, 캡너트를 일방향으로 시공해야 한다. 이는 보강재의 생산과정에서 일부 면 처리에 따른 오차가 발생하기 때문이며, 이로 인해 보강재의 고정이 단단히 이루어지지 않아, 일방향은 캡너트를 일방향은 일반 너트를 사용하여 고정하는 방식을 적용하였다.

㉡ 보강재 타공

· 보강재의 타공은 일반 벽체를 타공하는 임팩트 해머를 사용하되 임팩트 모드가 아닌, 드릴링 모드로 설정하여 타공해야 한다. 보강재의 경우, 외부 충격에 견딜 수 있는 2㎫ 이상의 휨강도를 갖고 있지만, 취성의 성질을 갖고 있어 순간적인 충격에 의한 타공은 보강재의 면 손상이 발생되는 것으로 나타났다.



그림 2.193 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판 및 보강재 타공 개선사례 도출

㉢ L형 브라켓 벽체 타공

· L형 브라켓을 보강재 및 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판과 함께 연결한 뒤, 벽체에 설치 위치를 선정하여, 미리 표시하고 사전 앵커를 설치해야 한다. 앵커볼트의 경우 헤드가 고정을 위해 공인된 규격보다 크게 제작되기 때문에 이를 위해 앵커볼트의 설치가 먼저 이루어져야 한다.



그림 2.194 보강재의 설치 및 개선사항 도출

㉣ 틈새 발생 부분

· ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판과 벽체 연결 부위에 대한 일부 틈새가 발생할 수 있어 이에 대한 대책으로 실란트(내화 혹은 고열)로 마감하는 것을 개선사항으로 반영하였다.

㉤ 기타

· 상부 차양의 경우, 틈새발생 및 상부로의 열전달 지연을 위해 개구부가 큰 경우, 반턱이음으로 보강재를 제작하여 시공하는 방법을 도출하였으며, 생산방식으로 유압프레스를 이용하여 압착 제작하는 방식과 압출을 통해 생산하는 방식을 검토하여 일부를 시험하였으며, ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판을 보강재의 내부에 매립하는 방식 등 다양한 개선사항을 고려하고 있다.

10) 화재확산 방지 시공 시방서

(1) 개요

· TEST BED를 통하여 보수재 및 보강재의 설치 및 시공 방법과 관련하여 개선사항을 도출하고 필요자재 및 순서, 주의사항 등을 정리하여 화재확산방지 보강재 시공 특기시방서를 작성하였으며, 이에 대해 외부 자문을 통하여 추가적 개선사항 및 적용 가능성 등을 검토하였다.

(2) 자문의견

① 화재확산방지 보강재 특기시방서 내용 검토

· 화재확산 방지를 위한 보강재 설치 특기시방서 중 개구부 보강 공법에 관한 내용으로 적용 범위를 외단열 공법으로 미장 마감된 기존 공동주택(10층 이하)으로 한정함.
· 기존 한국토지주택공사(LH)의 외단열 및 실링 공사의 시방 규격을 참조함.
· 앵커볼트, L형 브라켓, ㄷ형 SUS 보강재 고정판 등 보강재의 설치를 위한 부자재에 대한 세부적 설명이 기재됨.
· 기존 개구부에 설치하는 방식에 대해서는 총 3가지 방식(창이 벽체 안으로 들어간 경우, 창이 벽체 끝 선과 일치되는 경우, 창이 벽체와 단열재에 겹쳐 있는 경우)으로 구분하여 설치 방법을 제시함.

② 시방서의 보완사항 및 종합의견

· 화재확산 방지를 위한 보강재 설치 특기시방서의 경우, 중요한 보강재의 제작에 필요한 일반적인 사항의 언급과 필요한 부자재에 대한 상세한 설명(그림 포함)이 이루어져 시방서를 통한 시공 참고가 될 것으로 판단됨.
· 다만 시공순서 및 설치과정에서는 이해를 돕기 위한 설치 사진 등이 포함되어 추가적인 작성이 필요할 것으로 판단됨.
· 종합적으로 보강재 설치를 위한 특기시방서의 내용은 적합한 것으로 판단됨.

『가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발』 보강재 시공 특기시방서

2021. 6.

화재확산 방지 보강재 개구부 보강 공법

1. 일반사항

1.1. 적용범위

본 절은 외단열 공법으로 미장 마감된 기존 공동주택의(10층 이하의 건물에 한함) 화재확산 방지를 위해 외부 개구부의 측면 및 상부에 설치하는 보강재로 탄산칼슘계 보드(이하, 보강재)를 설치하는 공법에 대해 규정한다.

1.2. 참조규격

본 공법과 관련이 있는 사항 중 언급되지 않은 사항에 대해서는 다음의 규격에 따른다.

KS F 4715 얇은 마루리용 벽바름재
KS F 4716 시멘트계 바탕바름재
KS F 4910 건축용 실링재
KS L 6201 포틀랜드 시멘트
KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법
46030 외단열
42580 실링 공사

1.3. 품질

시공자격 : 의장공사업 이상의 면허소지자로 공사착수 전에 면허사본과 실적증명서를 제출하여 감독원의 승인을 받는다.
견본제출 : 필요시 견본 제출을 요청하여 현장에 비치한다.
공사 전 협의 : 사전에 보강재의 시공에 필요한 사항을 감리자와 시공자가 협의한다.
인증서제출 : 내화성능 및 휨강도에 대한 시험성적서 등을 확인하여, 설계요구조건에 적합한 자재로 시공한다.

1.4. 운송, 보관, 취급

1.4.1 운송

(1) 제품이 손상되지 않도록 주의하여 운반하며, 포장에 도면에 작성된 설치 개구부의 위치 번호 혹은 위치를 알 수 있는 표시를 해주거나 크기를 표시하여야 한다.

1.4.2 보관

(1) 보강재는 직사일광, 다습한 곳, 눈, 비가 직접 닿는 곳을 피하여 실내의

환기가 잘되는 곳에 용도 및 종류별로 구분하여 보관한다.
(2) 부득이 옥외보관의 경우 지면에 각목을 깔고 적재한 후 비닐 커버를 씌워 보관한다.
(3) 보강재 위에 중량물을 올려놓지 않도록 한다. 현장 반입된 보강재는 2개월 이상 방치하지 않아야 한다.
(4) 자재는 제조업체의 권장사항에 따라 깨끗하고 건조하며 환기가 잘되는 장소에서 보관한다.
(지면에서 이격시켜 보관한다.)
(5) 저장된 자재는 비, 햇빛, 과도한 열로부터 보호한다.
(6) 보관온도는 최저 4℃ 이상, 최고 30℃ 이하인 장소에서 보관한다.

1.4.3 취급
(1) 포장이 터지거나 찢어지지 않도록 유의하여 취급한다.
(2) 모서리 및 마감 면 등의 외부 육안 검사를 통해 파손, 균열 등을 확인하며 손상이 된 자재는 원칙적으로 사용을 금하되 경미한 손상의 경우 감독원에게 보고 후, 사용 여부를 결정한다.

1.5. 현장 수량 검측
작업 전 현장 실측을 원칙으로 한다.

1.6. 공정계획
전체공사가 계획대로 완성될 수 있도록 연관공사와의 연결 부위의 정합성, 공사 시공한계, 시공순서, 공사착수 시기, 공사 진행속도, 공사준비, 보호 및 가설시설 등의 적합성에 대하여 모든 공사 관련자와 협의, 조정하여 공정계획을 작성한다.

1.7. 유지관리 장비 및 자재
준공 후 유지 보수를 위한 여분의 자재 및 부자재는 계약서에 명시된 수량을 제공하며, 유지/보수 공구는 현장 대리인이 감독원의 인수 확인서에 확인을 받아 진행한다.

2. 재 료

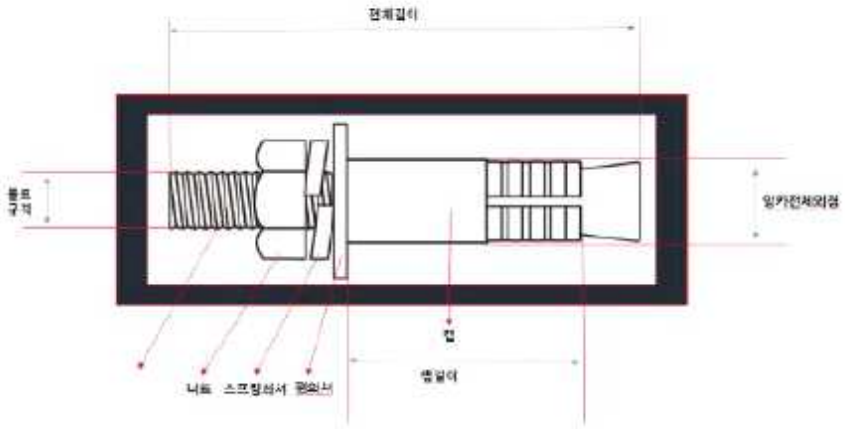
2.1. 재료
2.1.1 보강재
(1) 구성 : 보강재는 탄산칼슘계의 필러(혹은 골재)를 주원료로 하여 무기계 바인더를 통해 제작된 판재로 한다.
(2) 제작 방법 및 규격
KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법의 6.1 배합방법을 준용하여 1:5 비율

이상의 배합을 사용한다.
보강재의 제작 두께 대비 1/2 혹은 1/3 지점에 보강용 유리섬유 메쉬를 설치한다. 규격은 실측에 따른 개구부 크기에 따라 결정한다. 보강재는 상부의 차양 보강재, 측면의 가림막 보강재로 구분한다.

바인더는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하며, 동등 이상 성능의 내화시멘트 등의 사용이 가능하다. (ASTM C 150 Type I or II, 또는 KS기준(KS L 5201 1종)에 부합하는 제품을 사용한다.)

유리섬유 메쉬
메쉬는 충격강도, 무게 및 인장강도에 따라 구분되며, 중량 160g/㎡이상을 사용한다. 디테일 메쉬용으로 사용되며, 내알카리 특수코팅 처리된 제품을 사용한다. 내충격성은 3J 이상이어야 한다.

2.1.2 앵커볼트
(1) 구성 : 앵커볼트는 SUS304 재질로 된 제품을 사용하고, 너트와 스프링 와셔, 평와셔 세트로 포함해야 한다.



<세트 앵커볼트 구조>

2.1.3 L형 브라켓
(1) 구성 : SUS304 재질로 벽체 설치는 세트 앵커볼트 ∮규격에 맞추어 홀 타공하고, 보강재 고정부의 경우 미세 조정을 위해 타원형으로 타공한 것을 사용한다.



<L형 브라켓>

2.1.4 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판

(1) 구성 : SUS304 재질로 보강재와 L형 브라켓의 연결에 사용되며, 보강재의 길이, 두께 등에 따라 홀 타공 위치 및 길이와 절곡 두께를 면밀히 검토하여 주문 제작한다.

2.1.5 기타재료

(1) SUS304 재질(혹은 유사 성능)의 전산볼트, 원형와샤, 스프링와샤, 캡너트 등을 여분을 두고 준비한다.

2.2. 자재 품질관리

공장 자체 기준에 의해 관리하고 현장에서의 품질관리는 공인기관의 시험성적서로 대체한다.

3. 시 공

3.1. 시공일반

(1) 적절한 보호조치가 제공되지 않는 한, 악천후 시 자재 준비 및 시공하지 않는다.

(2) 설치된 자재들은 건조가 완료될 때까지 악천후로부터 보호해야 한다.

(3) 보조난방이 제공되지 않는 한, 벽 포함 주변 온도가 4℃ 이상일 경우에만 시공한다.

(4) 작업 전 안전규정에 따른 시설을 갖추어야 한다.

3.2. 시공조건 확인

현장여건 파악 : 개구부 크기를 실측하여 반입 물량을 결정한다.

설계도서 검토 : 설치된 단열재의 규격과 두께를 검토한다.

3.3. 작업준비

보강재 설치구간에 기존 단열재 및 마감을 제거하고, 벽체에 있는 불순물과 분진 또한 완전히 제거해야 한다.

3.4. 시공기준

주요 내용별 시공

(1) 단열재 제거

(2) 가림막(측면)설치 및 시공

① 설치하는 보강재 가림막에 홀 타공을 한다.

② ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판과 보강재를 전산볼트 및 캡너트 등으로 고정하여 일체화 시킨다.

③ 세트 앵커볼트 설치를 위한 벽체 타공을 한다.

④ L형 브라켓과 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판(보강재 포함)을 일체화 시킨다.

⑤ L형 브라켓을 셋트 앵커볼트로 벽체에 고정한다.

(3) 차양(상부) 설치 및 시공

가림막(측면)설치 방식과 동일하게 반복하여 실시한다.

(4) 방화실리콘 시공

① 방화실리콘은 내화성능이 있는 전용 실리콘을 사용하며, 외장재와 강판 부착 후 최소 2시간 이상 혹은 완전 양생이 되도록 시공을 한다.

3.5. 시공 허용오차

부위별 시공 허용오차기준 및 측정방법은 각 절의 해당 시방에 따른다.

3.6. 현장품질관리

부자재 및 제품의 상태, 현장환경조건, 표준시방서에 의한 시공상태를 확인하고 문제점을 체크한다.

3.7. 현장 뒷정리

시공 완료 후 주변을 깨끗이 정리한다.

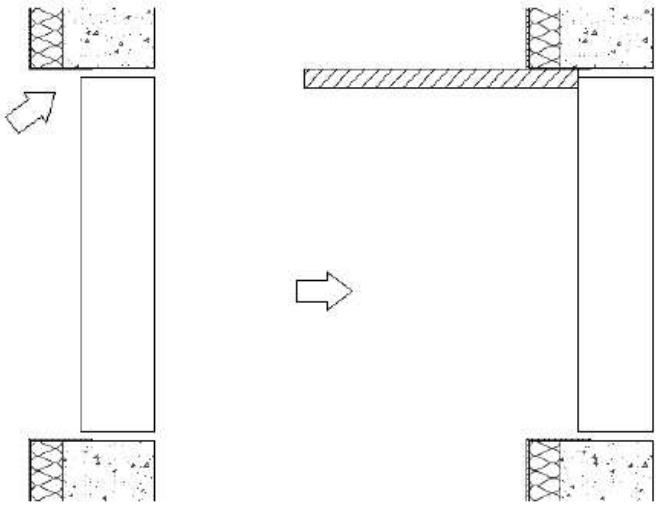
3.8. 완성품 관리

시공 완료 후 과다한 충격을 금하고 청결상태를 유지한다.

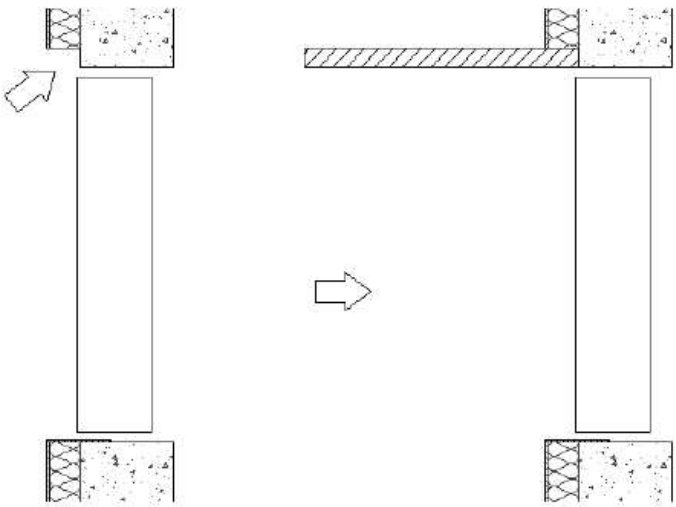
별첨1 창호 위치에 따른 보강재 설치방법

기존 단열재로 화재 시 직접 화염이 닿지 않도록 시공한다.

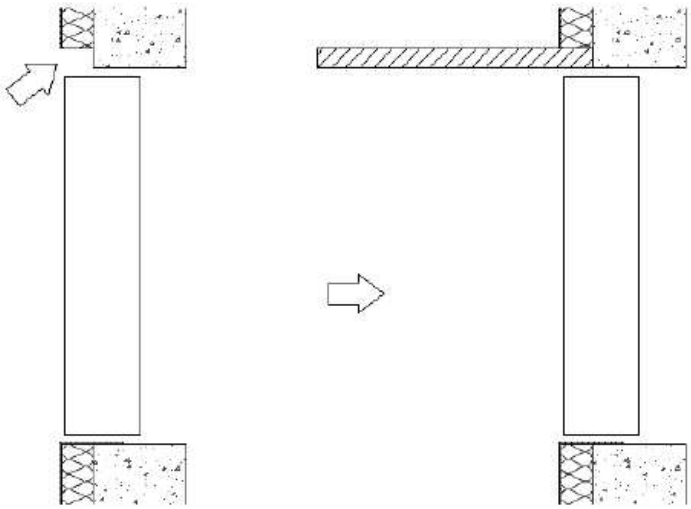
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



11) 화재확산 방지 시공 공법 원가분석

(1) 개요

· 연구개발을 통해 화재확산 방지 보수재 및 보강재의 성능 및 시공성, 적용 가능성 등을 확인하였으며, 이에 따라 기존 건축물에 적용할 때의 공법 원가분석을 진행하여 제조에 드는 원가 및 시공에 소요되는 원가를 산출하였다.

· 공법 원가분석은 보수재를 제외한 보강재를 대상으로 진행하였다. 이유는 보수재의 경우, 현재 미장 마감의 원재료에 칼슘계 재료를 일정량 혼합하여 진행하였기 때문에, 일부 배합에서 성능 향상은 확인되었으나 현재로서 실제 적용하는 것은 한계가 있을 것으로 판단하였다.

· 보강재에 관한 공법 원가분석을 바탕으로 21년 현재 공고된 국토교통부 화재성능보강사업 가이드라인에 참고2로 제시되어 있는 보강공법별 공사비용 요약을 참고하여 경제성 평가 및 공법의 특징을 검토하였다. 경제성 평가를 위한 비교 분석의 경우, 대상 건물 한 개를 선정하여 국토교통부에서 공고된 견적 금액과 본 연구의 공법 원가분석을 계산하여 평가하였다.

(2) 보강재 공법 원가분석

· 외부 전문기관에 의뢰하여 공법 원가분석을 진행한 결과 제조원가는 부가가치세 포함 444,055원으로 설치(시공)원가는 148,782원으로 산정되었으며, 총 합계는 592,837원으로 조사되었다. 이는 개구부 1개소에 해당하는 제조 및 시공비용으로 상기의 비용에는 기업이윤 등도 포함되어 있다.
· 각 부분에 대한 산출근거 및 산출표는 다음의 내용에 기재되어 있다.

· 공법 원가분석 보고서 전체원문은 부록을 통하여 별도 첨부하였다.

(주)중앙알텍 위촉

「화재확산 방지 보강재 제작설치」에 대한

원가조사연구보고서

2021. 7.

재단법인 한국경제행정연구원
Korea Economic Administration Institute

Ⅰ. 조 사 결 과

우리 연구원에서는 (주)중앙알텍에서 제시한 시방서를 기준으로 일반적인 원가조사기준과 절차를 적용하여 "화재확산 방지 보강재 제작설치" 에 대한 예정가격산정을 위한 원가조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같습니다.

- 다 음 -

단위 : 원

건 명	규 격	금 액	비 고
화재확산 방지 보강재 제작설치	시방서 참조	592,837	3Page 참조

※ 부가가치세 포함

2021년 7월

(재)한국경제행정연구원

이 사 장 이 인 영

책임연구원 배 은 향

총 괄 표

품명 : 화재확산 방지 보강재 단위 : 원/SET

구 분	금 액	비 고
제 조 원 가	444,055	주 1)
설 치 원 가	148,782	주 2)
계	592,837	

주 1) 제조원가 : 제조원가계산서 참조

2) 설치원가 : 설치원가계산서 참조

3) 부가가치세 포함금액

< 표 : 1 >

재료비집계표

단위 : 원/SET

비 목	금 액	비 고
직 접 재 료 비	214,886	주 1)
간 접 재 료 비	2,019	주 2)
계	216,905	

주 1) 직접재료비 : < 표 : 2 > 재료비산출표 참조

2) 간접재료비 : 직접재료비 × 0.94%(< 표 : 4 > 기타소모재료비율산출표 참조)

< 표 : 2 >

재료비산출표

단위 : 원/SET

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	수 량	단 가	금 액	비 고
				주 1)	주 2)		
1	시멘트	포틀랜드	Kg	11.000	102	1,122	단 가 1 번
2	탄산칼슘계 분말		Kg	34.000			재 활 용
3	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	1.000	35,000	35,000	단 가 2 번
4	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	2.000	27,272	54,544	단 가 3 번
5	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA	10.000	10,000	100,000	단 가 4 번
6	전산볼트	M10×60	EA	10.000	700	7,000	단 가 5 번
7	세트앙카	STS304 3/8×125	EA	20.000	681	13,620	단 가 6 번
8	와샤	M10	EA	20.000	45	900	단 가 7 번
9	스프링와샤	M10	EA	20.000	45	900	단 가 8 번
10	캡너트	M10	EA	20.000	90	1,800	단 가 9 번
	계					214,886	

주 1) 수량 : < 표 : 3 > 재료소요량산출표 참조

2) 단가 : < 표 : 5 > 단가조사비교표 참조

< 표 : 3 >

재료소요량산출표

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	재료소요량			산 출 근 거
				정미량	LOSS율(%)	소요량	
1	시멘트	포틀랜드	Kg	11.000		11.000	11Kg
2	탄산칼슘계 분말		Kg	34.000		34.000	34Kg
3	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	1.000		1.000	1EA
4	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	2.000		2.000	2EA
5	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA	10.000		10.000	10EA
6	전산볼트	M10×60	EA	10.000		10.000	10EA
7	세트앙카	STS304 3/8×125	EA	20.000		20.000	20EA
8	와샤	M10	EA	20.000		20.000	20EA
9	스프링와샤	M10	EA	20.000		20.000	20EA
10	캡너트	M10	EA	20.000		20.000	20EA

< 표 : 4 >

기타소모재료비율산출표

구 분	산 출 내 역	비율(%)	비 고
1) 표준품셈에 의거	2 - 5%	2.00%	
2) 전문업체실적	◎ 대상기간 : 2019.1.1 ~ 2020.12.31	0.94%	
	① 재 료 비 : 4,268,326,052		< 표 : 21 > 참조
	◈ 2019 년 : 1,939,010,556		
	◈ 2020 년 : 2,329,315,496		
	② 간접재료비 : 40,509,882		
	◈ 소모품비 : 27,610,882		< 표 : 15 > 참조
	- 2019 년 : 6,555,808		
	- 2020 년 : 21,055,074		
	◈ 포 장 비 : 12,899,000		
	- 2019 년 : 11,823,000		
	- 2020 년 : 1,076,000		
	공 식 : ②÷①×100		
3) 조사적용비율(%)		0.94%	

주) 기타소모재료비 적용비율은 표준품셈 적용비율과 전문업체 실적비율을 비교하여 낮은 비율을 적용하였음

< 표 : 5 >

단가조사비교표

조사시점 : 2021년 7월

순번	재 료 명	재질 및 규격	단위	거래실례가격						조사가격		적용단가
				가격정보 (조달청)	물가자료		물가정보		세금계산서	견적(1)	견적(2)	
					단 가	Page	단 가	Page				
1	시멘트	포틀랜드	Kg		102	105	113	102				102
2	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA							35,000	40,000	35,000
3	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA							27,500	27,272	27,272
4	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA							10,000	10,909	10,000
5	전산볼트	M10×60	EA							700	727	700
6	세트앙카	STS304 3/8×125	EA							800	681	681
7	와샤	M10	EA							50	45	45
8	스프링와샤	M10	EA							50	45	45
9	엡너트	M10	EA							100	90	90

< 표 : 6 >

노무비집계표

단위 : 원/SET

비 목	금 액	비 고
직 접 노 무 비	50,871	주 1)
간 접 노 무 비	13,557	주 2)
계	64,428	

주 1) 직접노무비 : < 표 : 7 > 직접노무비산출표 참조

2) 간접노무비 : 직접노무비 × 26.65%(< 표 : 11 > 간접노무비율산출표 참조)

< 표 : 7 >

직접노무비산출표

단위 : 원

공 정 명	직 종 명	노무공수	M/HR당임률	금 액
		주 1)	주 2)	
자재입고	단 순 노 무 종 사 원	0.125	11,581	1,447
자재검사	제 품 검 사 및 조 정 원	0.125	12,618	1,577
시멘트 및 탄산칼슘계 분말 계량 및 배합	시 멘 트 배 합 원	1.250	14,679	18,348
	단 순 노 무 종 사 원	1.250	11,581	14,476
몰드 투입 및 양생	단 순 노 무 종 사 원	0.500	11,581	5,790
완성품검사	제 품 검 사 및 조 정 원	0.375	12,618	4,731
포장	수 동 물 품 포 장 원	0.250	11,387	2,846
적재 및 출하	제 품 하 역 적 재 원	0.125	13,250	1,656
계				50,871

주 1) 연작업시간 : 전문업체 작업조업도 참조

2) M/HR당 임률 : < 표 : 9 > M/HR당임률산출표 참조

< 표 : 8 >

노무공수산출표

공 정 명	직 종 명	연작업시간			생산량	노무공수
		배치 인원	작업 시간	계		
		(인)	(시간)	(M/HR)	(SET)	(M/HR)
자재입고	단 순 노 무 종 사 원	1	0.500	0.500	4	0.125
자재검사	제 품 검 사 및 조 정 원	1	0.500	0.500		0.125
시멘트 및 탄산칼슘계 분말 계량 및 배합	시 멘 트 배 합 원	1	5.000	5.000		1.250
	단 순 노 무 종 사 원	1	5.000	5.000		1.250
몰드 투입 및 양생	단 순 노 무 종 사 원	1	2.000	2.000		0.500
완성품검사	제 품 검 사 및 조 정 원	1	1.500	1.500		0.375
포장	수 동 물 품 포 장 원	1	1.000	1.000		0.250
적재 및 출하	제 품 하 역 적 재 원	1	0.500	0.500		0.125
계				16.000		4.000

주) 배치인원, 작업시간 : 전문업체 작업공정도 참조

< 표 : 9 >

M/HR당임률산출표

단위 : 원

직종번호	직 종 명	기 본 급	상 여 금	퇴직급여충당금	M/D당임률	M/HR당임률
		주 1)	주 2)	주 3)	주 4)	주 5)
제조 - 25	시 멘 트 배 합 원	102,915	5,488	9,033	117,436	14,679
제조 - 106	제 품 검 사 및 조 정 원	88,467	4,718	7,765	100,950	12,618
제조 - 109	수 동 물 품 포 장 원	79,836	4,257	7,007	91,100	11,387
제조 - 124	제 품 하 역 적 재 원	92,897	4,954	8,154	106,005	13,250
제조 - 127	단 순 노 무 종 사 원	81,196	4,330	7,127	92,653	11,581

주 1) 기본급 : 중소기업중앙회 발표(2021.7.1) 참조

2) 상여금 : 기획재정부 계약예규에 의거한 연400%와 전문업체의 실적율에 의한 64%를 비교하여 낮은 비율인 연64%를 적용하였음

3) 퇴직급여충당금 : 근로기준법에 의거 연 통상지급액의 1/12계상

4) M/D당임률 : 기본급 + 상여금 + 퇴직급여충당금

5) M/HR당임률 : M/D당임률 ÷ 8 시간

< 표 : 1 >

내역집계표

단위 : 원/SET

구분	품 명	재질 및 규격	단위	직접재료비	직접노무비	기계경비	합 계	비 고
1	화재확산 방지 보강재		SET	주 1)	주 2) 89,626	주 3)	89,626	

주 1) 직접재료비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

2) 직접노무비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

3) 기계경비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

< 표 : 2 >

내역산출표

단위 : 원/SET

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	수 량	직접재료비		직접노무비		기계경비		합 계	비 고
					단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액		
				주 1)	주 2)		주 3)		주 4)			
1	화재확산 방지 보강재 설치		SET	1.0000			89,626	89,626			89,626	제 1 호 표
	계							89,626			89,626	

주 1) 수량 : 전문업체 제시내역 참조

2) 직접재료비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

3) 직접노무비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

4) 기계경비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

< 표 : 3 >

일위대가목록표

단위 : 원

호표	일위대가명	재질 및 규격	단위	직접재료비	직접노무비	기계경비	합 계	비 고
1	화재확산 방지 보강재 설치		SET		89,626		89,626	

< 표 : 4 >

일위대가표

(제 1 호표) 품명 : 화재확산 방지 보강재 설치 | 규격 : | 단위 : SET

재 료 명	재질 및 규격	단위	수량	직접재료비		직접노무비		기계경비		합 계	비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액		
			주 1)			주 2)					
창호공		인	0.2500			217,409	54,352			54,352	공직1024번
보통인부		인	0.2500			141,096	35,274			35,274	공직1002번
※ 2인 1일 4SET 설치 기준											
계							89,626			89,626	

주 1) 수량 : 전문업체 제시 내역 참조

2) 직접노무비 단가 : 2021년 상반기 공사노임 참조

(3) 경제성 평가

① 대상 건물



그림 2.195 대상 건물의 투시도

- 대상 건물의 위치 : 강서구 등촌동
- 대지면적 : 249.00㎡
- 지역지구 : 제2종 일반주거지역
- 용도 : 공동주택 (도시형생활주택 (다세대주택))
- 규모 : 지하1층~지상5층
- 건축면적 : 134.77㎡
- 연면적 : 695.51㎡
- 건폐율 : 54.12%
- 용적률 : 199.30%

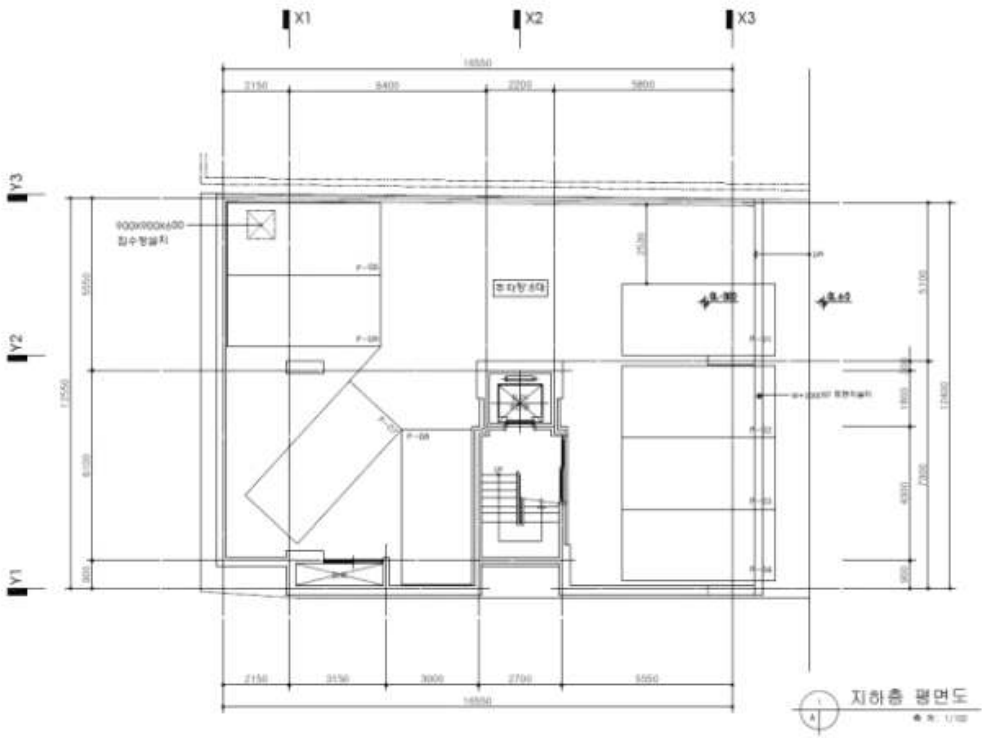


그림 2.196 지하층(단차가 있는 필로티) 평면도

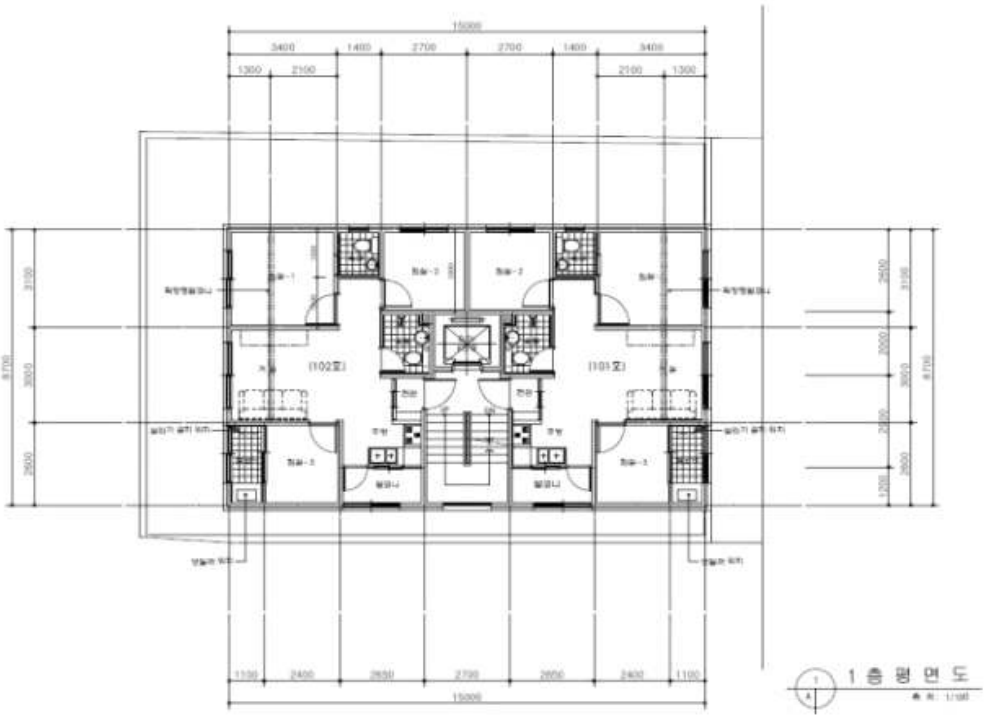


그림 2.197 1층 평면도

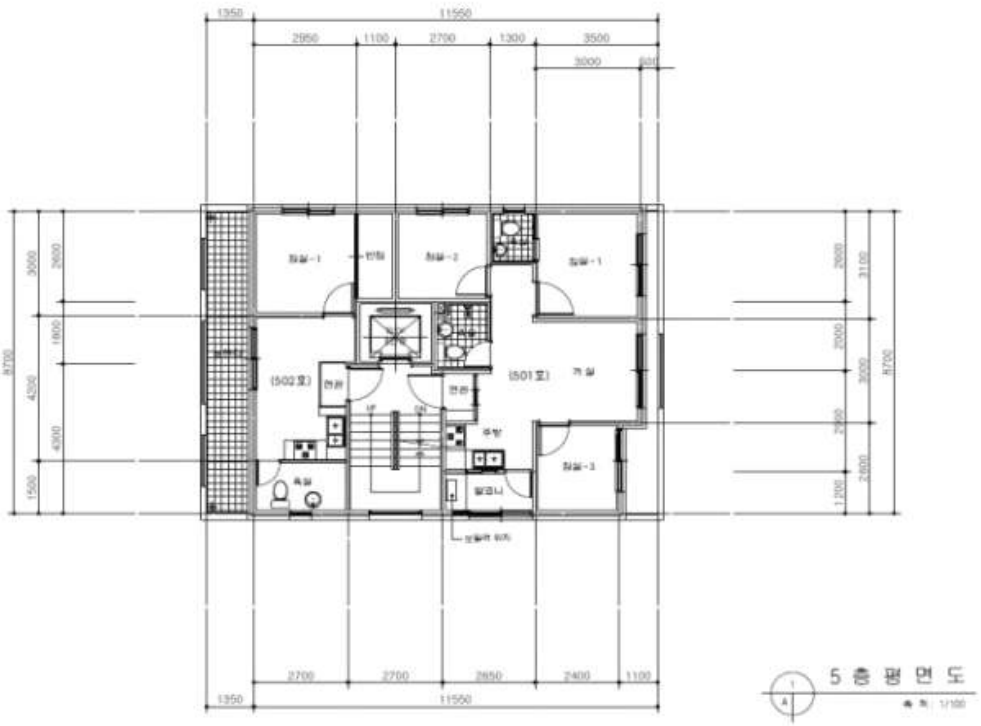


그림 2.198 5층 평면도

② 지원사업 공사비용

· 2021년 국토교통부에서 고시된 ‘21년 화재안전성능보강 지원사업 가이드라인의 참고2에 작성된 공사비용은 아래와 같다.
· 아래의 내용 중, 1층 필로티의 천장 보강은 필수적으로 적용해야 하며, 필로티 건축물과 일반 건축물로 구분되어 1개 보강공법을 필수적으로 선택하여 적용하여야 한다. 정확한 분류는 다음의 표에 의해 구분된다.

구 분			비 고
필수 적용	필로티 건축물	1층 필로티 천장 보강 공법	필수
		(1층 상부) 차양식 캔틸레버 수평구조 적용 공법	택1 필수
		(1층 상부) 화재확산방지구조 적용 공법	
		(전층) 외벽 준불연재료 적용 공법	
		(전층) 화재확산방지구조 적용 공법	
		옥상 드렌쳐 설비 적용 공법	
	일반 건축물	스프링클러 또는 간이스프링클러 설치 공법	택1 필수
		(전층) 외벽 준불연재료 적용 공법	
		(전층) 화재확산방지구조 적용 공법	
선택 적용		스프링클러 또는 간이스프링클러 설치 공법	-
		옥외피난계단 설치 공법	모든 층
		방화문 설치 공법	-
		하향식 피난구 설치 공법	-

참고2 보강공법별 공사비용 요약

구 분		공사내역			비고
		단위	기준	단가 (천원)	
필로티주차장 천장 보강		m^2	천장 면적	72.4	
(1층 상부) 차양식 캔틸레버 수평구조 적용(0.8m)		m	외벽 길이	272.9	
(1층 상부) 화재확산방지구조 적용(암면 2.5m)		m	외벽 길이	334.8	
옥상 드렌쳐 설비		m^2	건축 면적	539.1	
(전층) 외벽 준불연재료 적용		m^2	외벽 면적	165.2	
(전층) 화재확산방지구조 (난연마감+불연재료 띠)		m^2	외벽 면적	160.9	
간이 스프링클러 설치		m^2	바닥 면적	94	층수에 따라 수조 설치비가 추가될 수 있음
옥외피난계단		층		4,811	
방화문 설치	편개 (1100㎜(폭)×2200㎜(높이))	개		1,014	기성 제품
	양개 (1800㎜(폭)×2100㎜(높이))	개		1,281	기성 제품
하향식 피난구 설치		개		2,017	기성 제품

③ 대상 건물의 화재안전성능보강 시공 경제성 평가

· 대상 건물은 필로티 구조의 건축물로 필로티 주차장 천장 보강을 필수적으로 시공해야 한다. 지하 1층 평면도를 참고하여 천장면적을 산출하면 가로 16.5m 세로 12.5m로 면적은 206.25㎡에 해당한다.

· 필로티 주차장 천장 보강 공사비 : 면적 206.25(㎡) × 72.4(천원) = 14,932,500원

· 1층 상부 차양식 캔틸레버 수평구조 적용(0.8m) : 외벽길이 58(m) × 272.9(천원) = 15,828,200원

· 1층 상부 화재확산방지구조 적용(암면 2.5m) : 외벽길이 58(m) × 334.8(천원) = 19,418,400원

· 전층 외벽 준불연재료 적용 : 외벽길이 58(m) × 건물 높이 18(m) = 1,044㎡ (개구부의 면적이 포함되어 있음) × 165.2(천원) / 2 = 86,234,400원

· 전층 화재확산방지구조(난연마감+불연재료 띠) : 외벽길이 58(m) × 건물 높이 18(m) = 1,044㎡ (개구부의 면적이 포함되어 있음) × 160.9(천원) / 2 = 83,989,800원

· 옥상 드렌쳐 설비 : 134.77㎡ (상기에 기재) × 539.1(천원) = 72,654,507원

구 분			금액(원)
필수 적용	필로티 건축물	**1층 필로티 천장 보강 공법**	14,932,500
		(1층 상부) 차양식 캔틸레버 수평구조 적용 공법	15,828,200
		(1층 상부) 화재확산방지구조 적용 공법	19,418,400
		(전층) 외벽 준불연재료 적용 공법	86,234,400
		(전층) 화재확산방지구조 적용 공법	83,989,800
		옥상 드렌쳐 설비 적용 공법	72,654,507
본 연구과제		**개구부 상부 및 측면 보강재**	**17,073,706**

· 본 연구개발 보강재의 경우, 개구부 개소당 1셋트를 기준으로 592,837원으로 하였으며, 1개소의 크기는 1,000×1,000 사이즈를 기준으로 작성되었으며, 적용되는 공동주택 개구부의 경우 크기가 상이하여 이를 일괄적으로 계산하고 주방 및 화장실 창의 크기를 고려하여 0.9를 곱하여 계산하였다.

· 본 건물은 필로티를 제외하고 5개 층으로 구성되어 있으며 5층의 경우, 상부 화재확산이 발생되지 않기 때문에 제외하였으며, 1개 층 9개소로 계산하였다.

· 본 연구 보강재 적용 : 9개소 × 4개층 = 32개소 × 592,837 = 18,970,784원
· 본 연구 보강재 적용(개구부 크기에 따른 보정치 반영) : 9개소 × 4개층 = 32개소 × 592,837 = 18,970,784원 × 0.9 =17,073,706원

· 1층 필로티 천장 보강 공법의 경우, 현재 공고된 국토교통부의 화재안전성능보강 시공의 필수적인 요소로 이에 대한 경제성 평가는 적용하지 않았다.

· 현재 전층에 대한 보강 시공의 경우, 8천만원 이상의 금액으로 건축주 및 정부 지원의 측면에서도 부담되는 시공방법이라고 할 수 있을 것이며, 상세한 견적에 대한 내용이 포함되지 않아 비계의 설치, 공사 기간 공용면적의 차지에 따른 사회적, 경제적 비용 발생, 기존 건물 보강에 따른 거주자와의 협의 등이 문제가 될 수 있어 비효율적인 방법으로 판단된다.

· 또한 1층 상부 차양식 캔틸레버 수평구조를 적용하는 경우, 가격은 본 연구에서 도출된 개구부 보강 공법보다 낮은 시공비용으로 계산되었지만 해당 공법의 경우, 필로티 주차장에서 발생되는 화재는 상부로의 확산을 막아줄 수 있지만, 실내 화재로 인한 외벽으로의 화재확산은 막을 수 없어 해당 공법 또한 문제점이 있을 것으로 예상된다.

· 마지막으로 1층 상부 화재확산방지구조 적용의 경우도, 1층 상부 일부 구간(2.5m)을 암면으로 시공하는 방식으로 해당 견적에 대한 상세가 제공되지 않아 기존 벽체 철거 비용, 폐기물 처리비 등의 포함 여부와 앞선 경우와 마찬가지로 비계 등의 설치가 포함되어 있는지 여부도 확인이 필요할 것으로 판단된다. 또한 캔틸레버 수평구조와 마찬가지로 1층 일부구간에 대한 시공이기 때문에 실내 화재가 외벽으로 확산되는 것은 막을 수 없어 해당 공법도 문제점이 있는 것으로 판단된다.

· 화재확산 방지의 경우, 화재를 절대적으로 나지 않게 하거나 화재가 발생할 경우, 이를 절대적으로 막는 방식이 아닌 혹시 모를 화재가 발생할 경우에도 인명 피해를 최소한으로 줄이기 위한 화재확산의 지연이 적용되어야 하며, 이를 통해 재실자가 피난을 할 수 있는 시간을 확보해 줌과 동시에 시공비용, 시공의 편의성, 확산 지연의 안정성 등의 확보가 함께 요구되기 때문에 후속적으로 보다 면밀한 화재확산방지 공법에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 국내외 자료 수집 및 분석
· 단열재의 종류 및 특성 검토
· 외단열 미장 마감 공법에 관한 이론적 고찰
· 외단열 시공 현황 및 도면 검토

○ 10층 이하의 공동주택 현황조사
· 기존 공동주택의 외부 마감 등 현황조사 자료 확보

○ 화재성상 이론 및 화재 피난 관련 법규
· 공동주택의 화재 성상 및 화재이론에 관한 고찰
· 건축법 등에 따른 화재 시 피난 이론 및 관련 법규 검토

○ 유기계 단열재의 내구성 및 물성 평가(보강재 사용성 검토)
· 경질우레탄 폼 단열재의 장기내구성 평가(측정 환경에 따른 단열재 특성 검토)
· 페놀 폼 단열재의 장기내구성 및 물성 평가(측정 환경에 따른 흡수율 중심 평가)
· 장기 모니터링을 통한 단열재의 경시 변화 특성 분석(열전도율 변화)

○ 외단열 벽체를 통한 화재확산 지연을 위한 매커니즘 검토
· 필로티(주차장) 및 주변 화재
· 실내 화재 개구부 주위 외벽 수열 온도

○ 화재확산 방지 및 지연을 위한 보수재 및 보강재의 기초물성 검토
· 연구를 통한 화재확산 방지 보수재의 외단열 미장 마감 KS 관련 규격 기초물성 확보
· 화재확산 방지 보강재의 기초물성(내화성, 가스유해성, 차염성 등) 확보

○ 화재확산 방지 및 지연을 위한 보강재의 최적 배합 도출
· 보강재의 최적 배합 도출에 따른 성능 평가 및 시작품 제작

○ 실내 화재의 개구부를 통한 화재확산 지연을 위한 공법 및 구법 개발
· Test Bed를 통한 개구부 화재확산 지연을 위한 보강재 설치 공법 및 구법 개발
· 외부 자문을 통한 개구부 화재확산방지 특기 시방서 작성

○ 기존 및 개발 화재확산방지공법에 대한 경제성 평가
· 국토교통부 화재확산방지 관련 공법과의 비교를 통한 경제성 평가

(2) 정량적 연구개발성과

○ 화재확산 방지 보수재 칼슘계 재료 대체에 따른 기초물성 평가
- **부착강도** 0.6N/㎟ 이상 → 20% 대체 0.8~1.6
- **습기투과성(sd)** 2m 이하 → 20% 대체 1.5~1.7
- **물흡수계수** 0.2kg/(㎡·$H^{0.5}$)이하 → 20% 대체 0.02

○ 화재확산 방지 보강재 내화성능 및 요구성능 평가
- **차열성** 280℃ 이하 → 25T OSA 0.6U 30분 가열, 195.9℃, 50T OSA 0.6U 30분 가열 99.9℃
- **가스유해성** 9분 이상 → OSA 0.6U 14분 이상
- **차염성** 통과하지 않음 → OSA 0.6U 화염의 통과 없음
- **휨강도** 2N/㎟ 이상 → OSA 0.6U 질량비 1:5 3.8~4.3MPa

○ 화재확산 방지 공법
- **시방서** 1건 이상 → 보강재 시공 시방서 1건
- **설계도 3**건 이상 → 필로티 주차장 화재확산 방지 설계도, 전면 벽체 화재확산 방지 설계도, 개구부 화재확산 방지 설계도

○ 화재확산 방지 공법 관련 원가분석
- **공법원가분석** 1건 이상 → 화재확산 방지 보강재의 제조 및 설치 원가분석 1건

○ 화재확산 방지 시작품(시제품)
- **시작품** 2건 이상 → 개구부 상부의 화재확산 방지 보강재 차양 시작품
  → 개구부 측면의 화재확산 방지 보강재 가림막 시작품

○ 화재확산 방지 보수재 및 보강재 특허출원
- **특허출원 4**건 이상 → 보수재의 화재확산 방지 시공법 등 관련 특허 출원 5건

○ 화재확산 방지 관련 학술등재지 수준 게재논문 등재
- **비SCIE 2**건 이상 → 개구부 상부 차양길이에 따른 수열 온도에 관한 연구 등 총 2건 게재

(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	건물의 개구부 크기에 따른 외벽 수열온도분포에 관한 연구	한국건축시공학회지	정의인,홍상훈,김봉주	3	대한민국	한국건축시공학회	비SCIE	20.06.20	1598-2033	100%
2	개구부 상부 차양설치 및 길이에 따른 외벽 수열온도분포에 관한 연구	한국건축시공학회지	정의인,홍상훈,김봉주	4	대한민국	한국건축시공학회	비SCIE	20.08.20	1598-2033	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2019년 가을학술발표대회	단열재의 흡수율에 관한 연구	김해나 외	19.11.01	한국교통대학교	대한민국
2	2019년 가을학술발표대회	환경 조건에 따른 열전도율 변화에 관한 연구	서은석 외	19.11.01	한국교통대학교	대한민국
3	2019년 가을학술발표대회	유기질 단열재 종류별 수중정치기간에 따른 pH 변화에 관한 연구	홍상훈 외	19.11.01	한국교통대학교	대한민국
4	2020년 봄학술발표대회	폐칼슘 재료를 채움재로 사용한 모르타르의 휨 압축강도에 관한 연구	김해나 외	20.06.12	KT 대전 인재개발원	대한민국
5	2020년 봄학술발표대회	계란 껍데기 분말을 채움재로 활용한 모르타르의 물리적 특성에 관한 연구	서은석 외	20.06.12	KT 대전 인재개발원	대한민국
6	2020년 가을학술발표대회	내화보드에 사용하기 위한 계란 껍데기 및 굴 패각의 물리적 화학적 특성 연구	신동욱 외	20.11.13	경주 블루원리조트	대한민국
7	2020년 가을학술발표대회	굴 패각 분말과 계란 껍데기 분말을 혼합한 모르타르의 휨 압축강도에 관한 연구	김해나 외	20.11.13	경주 블루원리조트	대한민국
8	2020 한국건설순환자원학회 가을 학술발표	굴 패각을 사용한 화재확산방지용 보강재의 강도특성에 관한 연구	홍상훈 외	20.11.26	소노캄 제주	대한민국
9	2020 한국건설순환자원학회 가을 학술발표	굴 패각을 사용한 화재확산방지용 보강재의 차열성능에 관한 연구	홍상훈 외	20.11.26	소노캄 제주	대한민국
10	2021년 봄학술발표대회	탄산칼슘계 분말 첨가에 따른 외단열 미장 마감재의 기초물성에 관한 연구	신종현 외	21.05.21	제주 신화월드 랜딩리조트	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
1	2019	연구과제 연차보고서	19.12.24	-

□ 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	화재 확산 방지를 위한 보강재 및 그 시공 방법	대한민국	김봉주	19.12.04	10-2019-0159763				100%	
2	특허	화재 확산 방지를 위한 보강재 및 그 시공 방법	대한민국	김봉주	19.12.04	10-2019-0159768				100%	
3	특허	화재 확산 방지를 위한 보수재 및 그 시공 방법	대한민국	김봉주	19.12.04	10-2019-0159769				100%	
4	특허	난각을 포함하는 내화재	대한민국	김봉주	20.07.02	10-2020-0081328				100%	
5	특허	내화 성능이 향상된 보수재	대한민국	김봉주	21.07.02	10-2021-0086832				100%	

o 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
1			√							√	
2			√							√	
3			√							√	
4	√		√			√					
5	√		√			√					

□ 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)

□ 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)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
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 파급효과

(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
1	시방서	신규	보강재 시공 특기시방서	2021.06	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발의 개구부 주위 보강재 시공 관련 내용 반영

□ 신진연구자 채용

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

□ 전문 연구인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)									
			학위별				성별		지역별			
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
		2018~2021		4	3		5	2		7			

□ 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

[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)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

○ 21년 화재안전성능보강 지원사업 가이드라인 제시 공법에 대한 제도적 검토 제언

- 현재 국토교통부에서 추진하고 있는 화재성능보강사업의 경우, 다양한 방식으로 화재안전 확보를 위한 보강을 안내하고 지원하고 있으나, 본 연구과제를 통한 공동주택의 현황조사 결과 해당 공법의 적용 측면에 있어 공동주택의 적용은 어려울 것으로 검토되었다.

- 그에 대한 근거로는 화재 성상 및 수열온도에 대한 실험결과 및 무기계 단열재의 국내외 온습도 환경과도 관계가 있으며, 현장 주변 여건 상황과도 관계가 있을 것으로 판단된다.

- 현재 이에 대한 제도가 22년 12월 31일까지 지원 적용되는 것을 목적으로 하고 있으나 실효성 부분에서의 검토가 추가적으로 필요할 것으로 판단되며, 이에 대한 재검토 및 제도의 보완 측면에서 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

<참고 1> 연구개발성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기를 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	지식재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등

<참고 2> 「국가연구개발혁신법」 시행령 제33조 제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설 ·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상(부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보(소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함)
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

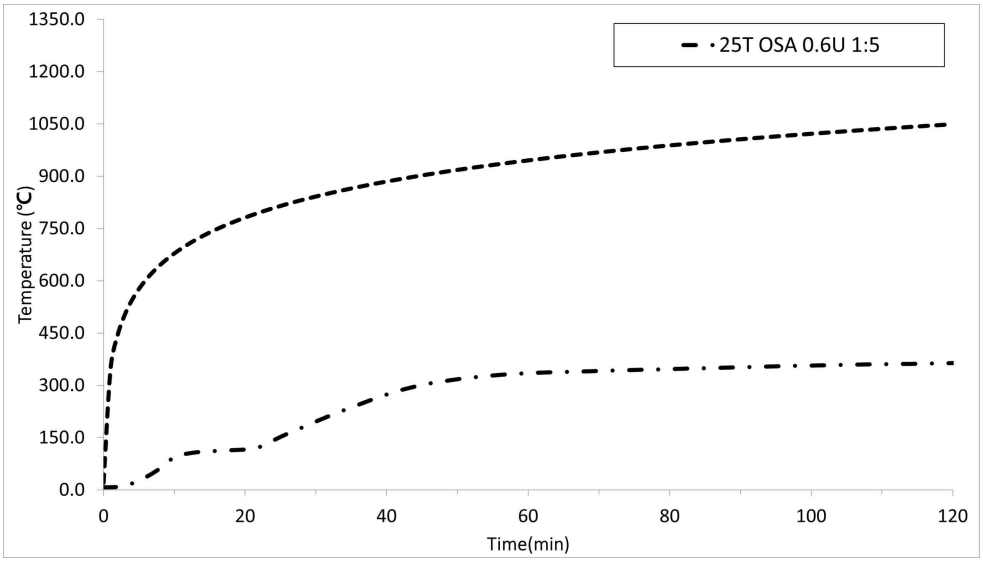
2) 목표 달성 수준

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ **보수재** - **부착강도** 0.6N/㎟ 이상 - **습기투과성(sd)** 2m 이하 - **물흡수계수** 0.2kg/(㎡·$H^{0.5}$)이하 ○ **보강재** - **차열성** 280℃ 이하 - **가스유해성** 9분 이상 - **차염성** 통과하지 않음 - **휨강도** 2N/㎟ 이상 ○ **기타** - **시방서** 1건 이상 - **설계도 3**건 이상 - **공법원가분석** 1건 이상 - **시작품** 2건 이상 - **특허출원 4**건 이상 - **비SCIE 2**건 이상	- **부착강도** 0.6N/㎟ 이상 → 20% 대체 0.8~1.6 - **습기투과성(sd)** 2m 이하 → 20% 대체 1.5~1.7 - **물흡수계수** 0.2kg/(㎡·$H^{0.5}$)이하 → 20% 대체 0.02 - **차열성** 280℃ 이하 → 25T 0SA 0.6U 30분 가열, 195.9℃ - **가스유해성** 9분 이상 → 0SA 0.6U 14분 이상 - **차염성** 통과하지 않음 → 0SA 0.6U 화염의 통과 없음 - **휨강도** 2N/㎟ 이상 → 0SA 0.6U 질량비 1:5 3.8~4.3MPa - **시방서** 1건 이상 → 보강재 시공 시방서 1건 - **설계도 3**건 이상 → 필로티, 개구부, 전체 벽체 3건 - **공법원가분석** 1건 이상 → 화재확산 방지 보강재의 제조 및 설치 원가분석 1건 - **시작품** 2건 이상 → 개구부 상부 및 측면의 화재확산 방지 보강재 차양, 가림막 시작품 - **특허출원 총 5건, 비SCIE 2건 게재**	*100*

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 현재 화재확산 방지의 경우, 전체 벽면을 준불연 단열재로 재시공 하거나 일부 필로티 구간에서 발생되는 화재를 상부로 확산하지 않도록 하는 방법이 사용되고 있음.

○ 본 연구의 경우, 필로티(주차장)에서 발생하는 화재 외에 가장 많은 화재사례로 나타나고 있는 외벽에서 확산되는 화재의 확실한 지연을 보장하기 위한 실내 화재에서 개구부를 통한 상부 화재확산을 지연할 수 있는 방법으로 기존 국토교통부의 화재확산방지 보강공법 가이드라인과 더불어 복합적으로 검토 및 반영될 경우 관련 분야에 대한 화재안전성 및 재실자의 대피 안전성 확보 등의 측면에서 획기적인 기여가 가능할 것으로 예상됨.



○ 이에 대한 근거로는 연구 과정 중, 공인시험 결과에 의함이며, 그래프에서 나타난 것과 같이 30분 가열상황에서 이면 온도는 200℃ 미만으로 나타나 기존 외단열 미장 마감 건물에 시공된 내부 단열재의 착화온도 이하로 유지가 가능할 것으로 예상됨.



(a) No awning (b) Awning 300㎜ (c) Awning 600㎜

차양 길이에 따른 화재확산 모습(측면)

○ 또한 추가적으로 실험결과에서 나타난 것과 같이 개구부 상부에 차양을 설치할 경우, 화염이 벽체로부터 멀어져 외벽체의 수열 온도가 낮아지는 결과를 도출하였기 때문에 본 연구의 결과가 유의미한 적용이 가능할 것으로 판단됨.

5. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

1) 연구개발성과 관리

요소기술 1. 화재확산방지 보강재 시작품 화재확산 지연을 위한 개구부에 설치하는 보강재의 시작품으로 개구부 상부에 설치되는 차양 방식과 측면에 설치되는 가림막으로 구성

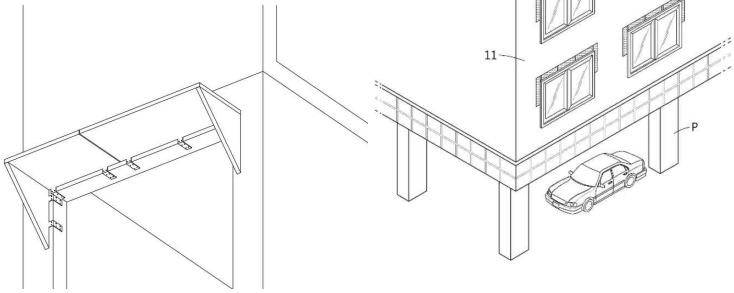
단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
I	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	■ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
II	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계
	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ■ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
III	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	■ 준비 □ 진행중	□ 준비 ■ 진행중
IV	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	■ 초기발생 □ 지속발생

○ 연구개발성과 홍보방안

- 현재 국토교통부 및 LH(건축물관리지원센터)에서 주관하여 진행되는 건축물 화재안전성능보강 사업에 적용을 위한 협의 방안 마련
- 현재 보강공법에 대한 문제점 등에 대한 내용 공유 및 정책적 부분의 협의 진행
- 화재성능보강사업에 적용할 수 있도록 기관(건축물관리지원센터 외)에서 요구 자재 성능기준 및 공사내역 등의 재검토 진행





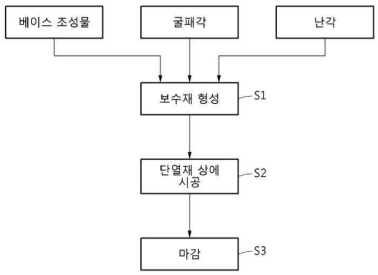


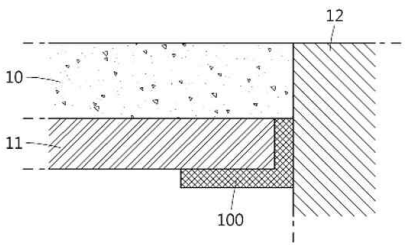
요소기술 2. 화재확산방지 보수재 및 보강재 최적배합
화재확산 지연을 위한 차양 및 가림막의 보강재 제작을 위한 친환경(산업부산물)탄산칼슘재료의 최적 배합비 및 제조 요소기술

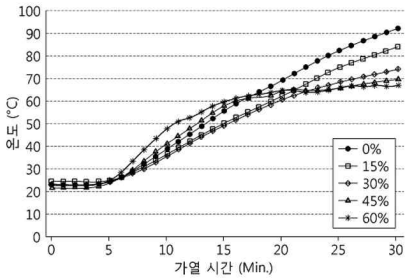
단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
I	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	■ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
II	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계	기술 검증보완 단계
	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ■ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
III	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	■ 준비 □ 진행중	□ 준비 ■ 진행중
IV	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	■ 초기발생 □ 지속발생

○ 연구개발성과 홍보방안

- 현재 출원된 특허에 대한 등록 진행을 위한 대응방안 마련
- 최적배합의 개선점 및 추가 고성능 재료 확보를 위한 지속적 연구방안 마련
- 산학연 네트워크 구축을 통한 지속적 공법 및 구법의 개선점 도출
- 국내 건축자재 세미나 및 박람회 활용을 통한 건자재 홍보 진행
- 소방방재청 및 소방안전기술원 등 화재안전관련 기술수요 제안 진행





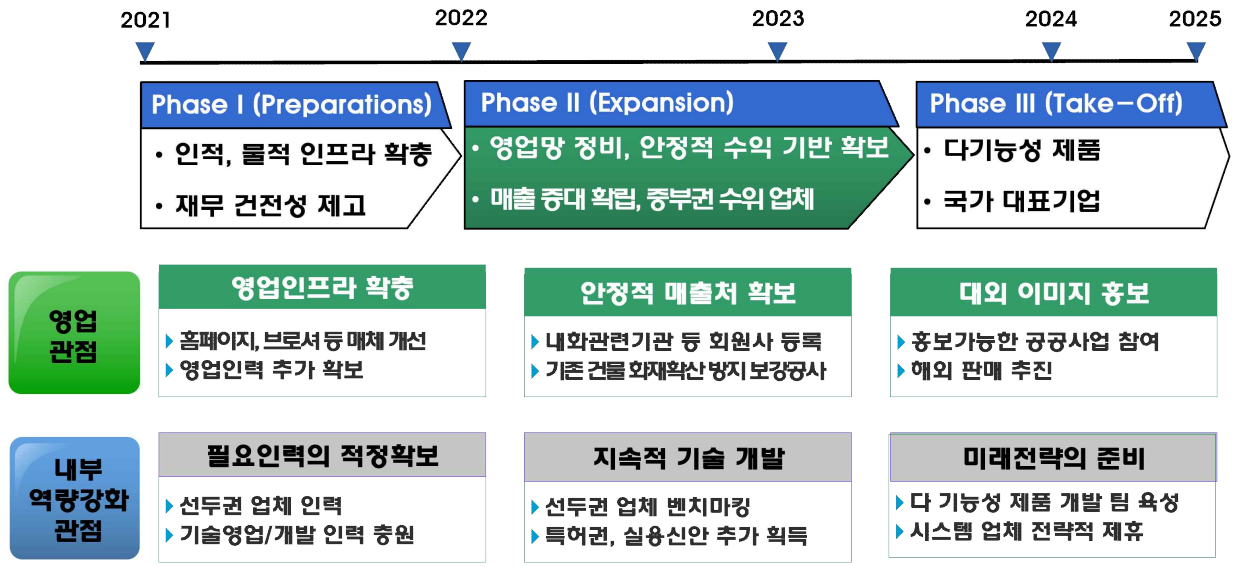


2) 연구개발성과 활용계획

○ 중소기업의 제품 활용을 위한 중소벤처기업 지원 프로그램 활용
- 중소벤처기업부 혁신제품 지정을 통한 제품 판로 개척
- 산학연협회 성능인증 진행을 통한 제품 신뢰성 및 홍보방안 마련

○ 연구개발성과 출원 특허에 대한 등록 대응 및 기술이전
- 공주대학교 산학협력단 특허전담 부서의 신속 대응을 통한 조기 특허 등록 진행
- 연구과제 참여 중소기업 및 관련 공사 가능 업체들과의 네트워크 구성
 : 기술이전, 전용실시권 등을 통한 화재확산방지 보강공사 관련 신산업 분야 창출

○ 지속적인 산학협동 연구 추진
- 주관기관인 공주대학교와의 지속적인 산학 협동에 의해 기업의 종합적인 기술경쟁력을 획기적으로 향상시킴.
- 폐기물의 순환자원화를 통한 환경 마크 획득
- 타사에 비해 높은 품질을 확보하는 개발기술 확립.
- 화재확산 방지에 관한 공법 시방서 추가 확보 및 기술표준 제언



○ 국내 시장에서의 선도 기업화
- 재활용 기술의 향상에 따른 신규 생산 제품의 시장 점유율 향상
- 화재확산 방지에 대한 사회적 이슈에 대한 대응 가능
- 다양한 Case에 대한 관련 자료 확보를 통한 공법 적용 가능
- 안정된 성장 기반을 구축하여 생산 제품의 다양화 추구
- 다양한 제품개발 가능

○ 신뢰성(Reliability) 인증 확보 계획

• 한국산업규격 표시 인증
한국표준협회로부터 KS인증을 획득하여 KS 표준 및 심사기준 이상의 품질수준을 유지함에 대한 신뢰성 확보



• 환경표지인증 획득
한국환경산업기술원(KEITI)으로부터 환경표지인증을 획득하여 생산과정에서 소비과정까지 상대적으로 오염을 적게 일으키거나 자연을 절약하는 제품 인증 획득



• 친환경 자재 인증 획득
한국공기청정협회(KEITI)으로부터 화학물질 방출 강도를 평가하여 오염물질의 방출에 대한 안정성을 입증



• 기타 국내외 인증 마크 취득
국내 산업통상자원부, 기술표준원 신뢰성 인증평가기준을 적용하며, 정부 공인 인증 및 국외 획득을 통해 품질의 우수성, 효율성 확보 예정



• 녹색기술인증
한국산업기술평가관리원으로부터 녹색기술인증 획득을 통해 도로 보수재의 신뢰도를 확보 예정



• 신기술인증, 신제품인증
한국산업기술진흥협회, 산자부의 신기술, 신공법 등록



• 조달청 우수제품 등록
조달청 우수제품 등록으로 관급공사에 지원할 예정임



< 별첨 >

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)

1. 참고문헌

1) 건축물 외장재의 수직화재 확산방지 기술개발, 2012.06, 소방방재청 연구보고서
2) 외단열 미장공사 기준 및 관리방안 마련 연구, 2014, (사)대한건축학회 연구보고서
3) 화재 지연이 가능한 다층형 단열 영구 거푸집을 사용한 에너지 절감형 구조물 시공 건설 신기술 개발 최종보고서, 2020.03
4) 대공간 건축물 피난안전 기술개발, 2016.12 한국건설기술연구원 연구보고서
5) 화재안전정책 시행계획, 2017 국민안전처 공고자료
6) 초고층건물의 피난시뮬레이션, 2002
7) 한국건설기술연구원, 1997~2004, 건축물의 단열설계 및 시공시스템 개발연구
8) 박종문 외, 친환경 건축물 단열재 최근 연구 동향, CLEAN TECHNOLOGY, Vol. 18, No. 1, March 2012, pp. 14~16
9) 김성완, 건물의 외단열과 내단열, 대한건축학회, 1992, Vol.36, No.6, p28 ~ 30
10) 송승영 외, 내·외단열 시스템 적용시 공동주택 후면 외벽-슬라브 접합부의 에너지성능 비교평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2008, Vol. 28, No.1, p552
11) 김경아, 커튼월의 열성능 분석과 단열 패스닝의 성능평가, 석사학위논문, 2012
12) 김경아 외, 사무소 건축물의 열손실 사례연구, 한국건축시공학회 춘계 학술논문 발표대회 11권, 1호 pp51～54, 2011
13) M. Schmidt and F. Schwertfeger, J. Non-Cryst. Solids, 225(1), 364,1998
14) C.J. Brinker and G.W. Scherer, "Sol-Gel Science: The Physics andChemistry of Sol-Gel Processing", Academic Press, NY (1990).
15) D.J. Suh, T.J. Park, J.H. Kim, and K.L. Kim, J. Non-Cryst. Solids,225, 168 (1998).
16) B.E. Conway, J. Electrochem. Soc., 138, 1539 (1991).
17) S.S. Kistler, Nature, 127, 741 (1931).
18) G. Centi, F. Trifiro, A. Vaccari, G.M. Pajonk, and S.J. Teichner,Bull. Soc. Chem. Fr., 1 (1981)
19) H. Itoh, T. Tabata, M. Kokitsu, N. Okazaki, Y. Imizu, A. Tada,J. Ceram. Soc. Jpn., 101, 1081 (1993).
20) T.M. Tillotson, W.E. Sunderland, I.M. Thomas, and L.W.H.Hrubesh, J. Sol-Gel Sci. Technol., 1, 241 (1994).
21) A.E. Gash, T.M. Tillotson, J.H. Satcher, Jr., L.W. Hrubesh, and R.L. Simpson, J. Non-Cryst. Solids, 285, 22 (2001).
22) A.E. Gash, T.M. Tillotson, J.H. Satcher, Jr., J.F. Poco, L.W. Hrubesh, and R.L. Simpson, Chem. Mater., 13(3), 999 (2001).
23) 매입임대주택 화재확산 방지, 2014, 에스에이치공사 용역연구보고서
24) 김운형, 건물 내장재의 화재위험성 평가 방법, 1998.06, 한국화재소방학회논문지
25) 윤명오, 공동주택의 소방 및 방재계획 개선연구, 1998, 도시과학논총
26) 박정훈, 공동주택의 단열성에 관한 분석 및 단열보강 적용에 관한 연구, 2014, 공주대학교 석사학위 논문
26) 유남규, 유기질 단열재 초기 물성 변화에 관한 연구, 2020, 공주대학교 석사학위논문
27) 정의인, 굴 패각을 활용한 내화피복재의 내화성 및 강도특성에 관한 연구, 2018, 공주대학교 박사학위논문
28) 김해나, 굴 패각 분말과 계란 껍데기 분말을 혼합한 모르타르의 강도 및 내화 특성에 관한 연구, 2021, 공주대학교 석사학위논문

29) Nobuo Nakabayashi, Hybridization of Dental Hard Tissues Pashley, Jisung publisher, 2007.
30) Lee JH, Surface Modification Techniques for Subsurface Applications of Nanoparticles, Polymer science and Technology, 2018;29(5):421-426.
31) G. R. Nasretdinova, R. R. Fazleeva, R. K. Mukhitova, I. R. Nizameev, M. K. Kadirov, A. Y.Ziganshina, and V. V. Yanilkin, Electrochemical synthesis of silver nanoparticles in solution, Electrochem. Commun., 2015; 50: 69-72.
32) T. Ribeiro, C. Baleizã, J. P. S. Farinha, "Functional Films from Silica/Polymer Nanoparticles", Mater, 2014; 7:3881-3900.
33) Ee, S. L., Duan, X., Liew, J. and Nguyen, Q. D., Droplet size and stability of nano-emulsions produced by the temperature phase inversion method. Chemical Engineering Journal 2008;140: 626-631.
34) Jerzy J.C., Elżbieta L., Modification of epoxy resins with functional silanes, polysiloxanes, silsesquioxanes, silica and silicates, Progress in Polymer Science, 2015;41:67-121.
35) Kim WK, Kim DM. Properties of acrylic emulsion mortar using pyroligneous liquid of wood by-product. Journal of Korea Society of Waste Management. 2014;31(1):70-78.
36) Chang, J.H., Choi, S.M. (2013). Workability evaluation of the inorganic surface preparation materials including EVA redispersible polymer powder for wall, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 29(11), 53-62.
37) Chuigen, G., Lin, Z., Jianxiong, L. (2013). Effects of expandable graphite and modified ammonium polyphosphate on the flame-retardant and mechanical properties of wood flour-polypropylene composites, Polymers & Polymer Composites, 21(7), 449-56.
38) Kim, W.K., Kim, D.M. (2014). Properties of acrylic emulsion mortar using pyroligneous liquid of wood by-product, Journal of Korea Society of Waste Management, 31(1), 70-78.

2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료
3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료

◎ 연구개발과제 성과점검기준표

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치 /달성 치	검증 방법	가중 치			
주관 / 공동	1	*방화보수 보강재*	1-1	*보강재*	①	차열성 (℃)	280 이하	KS F 2257-1 KS F 2257-8	30	KTR&KCL		특허 : 출원 1/1 건 등록 건 논문 : 1/1 건 시제품 : 건 S/W : 건
					②	차염성 (통과하지않음)	통과하 지않음		20			
					③	가스유해성 (분)	9 이상	KS F 2271	30			
					④	휨강도 (N/㎟)	2 이상	KS L ISO 679	20			
			1-2	*보수재*	①	부착강도 (N/㎟)	0.6 이상	KS F 4716	40	KTR&KCL		특허 : 출원 1/1 건 등록 건 논문 : 1/1 건 시제품 : 건 S/W : 건
					②	습기투과성(Sd) (m)	2 이하	KS F 4716	30			
					③	물흡수계수 (kg/(㎡ · $H^{0.5}$))	0.2 이하	KS F 4716	30			
주관 / 공동	2	*방화보수 보강공법*	2-1	*공법*	①	시방서 (공법설명서)	1건 이상	자문 평가	60	외단열 협회		특허 : 출원 2/2 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1/1 건 S/W : 건
					②	설계도	3건 이상	자문 평가	40			
			2-2	*공법 원가분석*	①	공법원가분석	1건 이상	인증서& 보고서	100	-		-
	3	*TEST BED를 통한 실용성*	3-1	*시작품*	①	시작품	2건 이상	자문 평가	100	외단열 협회		특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1/1 건 S/W : 건
계												특허 : 출원 4/4 건 등록 건 논문 : 2/2 건 시제품 : 2/2 건 S/W : 건

최종평가
증빙 자료집

국토교통기술촉진연구사업
창의도전연구분야 (사회이슈해결)

2021.08.25.

[증빙 1-1, 1-2] 보강재 질적성과 시험성적서(차열성, 차염성)

the way to trust KCL

9681-2785-5747-

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT20-132371K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : 공주대학교산학협력단
   ○ 주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동,공주대학교산학연구관)
3. 시험기간 : 2020년 11월 18일 ~ 2021년 02월 17일
4. 시험성적서의 용도 : 연구과제 제출용
5. 시 료 명 : 방화보강재
6. 시험방법
   (1) KS F 2257-8:2015

확인	작성자 성 명	김민재	기술책임자 성 명	김민중

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2021년 02월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 25913 강원도 삼척시 연장1길 33-72 (교동) ☎ (033)802-8306

양식10P-12-01-03(1)



시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

시 험 결 과

시험항목		시험결과	성능기준	시험방법
차열성 (120 min)	평균 상승온도 (℃)	244.9	평균 상승온도 140℃ 이하일것	(1)
	최고 상승온도 (℃)	360.7	최고 상승온도 180℃ 이하일것	
차염성 (120 min)	6 ㎜ 균열게이지	관통되지 않음	시험체를 관통한 경우, 150 ㎜ 이상 이동 되지 않을 것	
	25 ㎜ 균열게이지	관통되지 않음	관통되지 않을 것	
	화염 발생 유무	화염발생 없음	10초 이상 지속되는 화염 발생이 없을 것	
	면패드 착화 유무	착화되지 않음	착화되지 않을 것	

※ 시험장소 : 강원도 삼척시 언장1길 33-72 (교동)

※ 시험체의 구성 및 재질 : 의뢰자 미제시

COPY본사

시험성적서

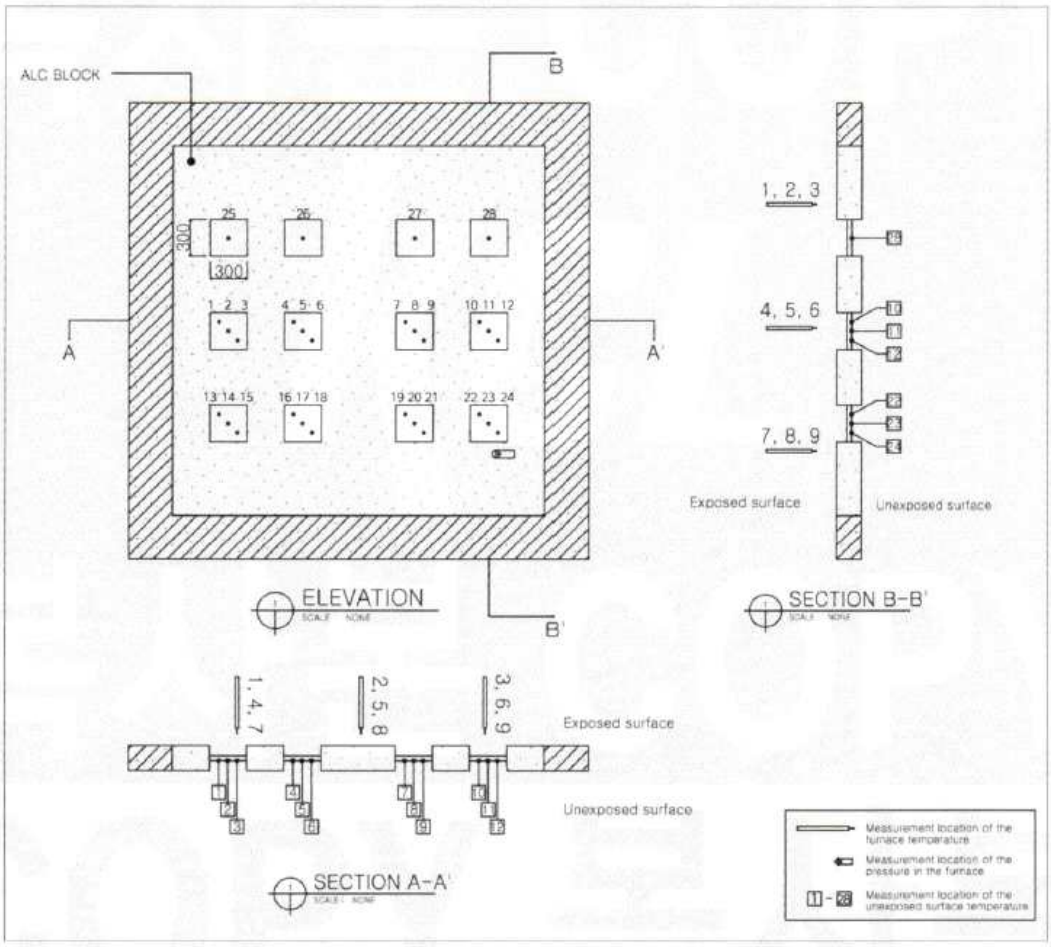
성적서번호 : CT20-132371K

■ 비내력 벽체의 내화시험

1) 내화시험 조건

구분	내 용	구분	내 용
시험일자	2020년 12월 23일	노 내 온도	3) 시험체의 노 내 온도 참조
노 내 압력	4) 시험체의 노 내 압력 참조	시험체지지 및 구속	내화시험 도면 참조
시험 환경	온도 : (13 ~ 15) ℃, 습도 : (25 ~ 31) % R.H.	측정장치의 위치	내화시험 도면 참조
양생 조건	의뢰자 제시 : 기건양생		

2) 내화 시험 도면

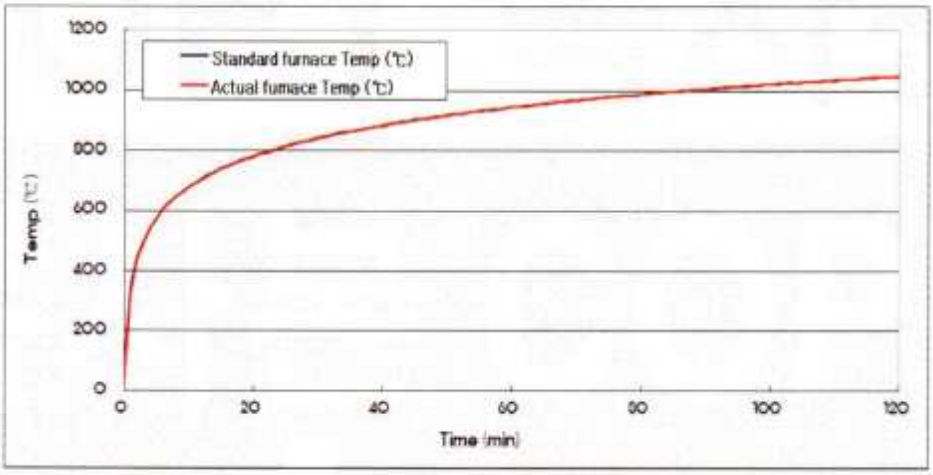




시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

3) 시험체의 노 내 온도 (℃)



※ 표준온도/실제온도/오차

시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도-시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도-시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)	시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도-시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도-시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)
0	20.0	33.6	-	-	-	-	38	877.1	877.3	28124.8	28111.2	0.0	4.3
1	349.2	323.0	369.2	356.6	-3.4	-	40	884.7	882.9	29890.5	29874.3	-0.1	4.2
2	444.5	436.8	813.7	793.4	-2.5	-	42	892.0	894.6	31671.0	31659.5	0.0	4.0
3	502.3	498.8	1316.0	1292.2	-1.8	-	44	899.0	898.1	33465.5	33452.0	0.0	3.8
4	543.9	541.1	1859.9	1833.3	-1.4	-	46	905.6	905.7	35273.5	35262.9	0.0	3.7
5	576.4	576.5	2436.3	2409.8	-1.1	-	48	912.0	914.1	37094.3	37083.1	0.0	3.5
6	603.1	603.2	3039.4	3013.0	-0.9	15.0	50	918.1	917.0	38927.4	38915.4	0.0	3.3
7	625.8	624.1	3665.2	3637.1	-0.8	15.0	52	923.7	923.6	40771.9	40762.9	0.0	3.2
8	645.5	645.0	4310.7	4282.1	-0.7	15.0	54	929.4	930.7	42627.9	42618.2	0.0	3.0
9	662.8	664.1	4973.5	4946.2	-0.5	15.0	56	934.8	936.7	44494.8	44487.3	0.0	2.8
10	678.4	679.1	5651.9	5625.3	-0.5	15.0	58	940.1	939.5	46372.3	46363.0	0.0	2.7
12	705.4	706.4	7049.9	7023.2	-0.4	14.0	60	945.1	947.3	48260.0	48252.1	0.0	2.5
14	728.3	727.1	8495.5	8468.6	-0.3	13.0	62	950.0	948.4	50157.7	50149.9	0.0	2.5
16	748.2	747.4	9982.2	9955.4	-0.3	12.0	64	954.8	955.7	52064.9	52056.9	0.0	2.5
18	765.7	769.7	11505.1	11483.9	-0.2	11.0	66	959.4	960.5	53981.4	53975.6	0.0	2.5
20	781.4	778.4	13060.2	13036.6	-0.2	10.0	68	963.9	964.4	55907.0	55901.9	0.0	2.5
22	795.6	795.0	14644.3	14622.1	-0.2	9.0	70	968.2	966.7	57841.2	57835.9	0.0	2.5
24	808.5	810.7	16255.0	16232.5	-0.1	8.0	72	972.4	972.7	59784.0	59778.5	0.0	2.5
26	820.5	822.1	17890.1	17869.3	-0.1	7.0	74	976.5	977.3	61735.0	61729.5	0.0	2.5
28	831.5	831.1	19547.7	19526.1	-0.1	6.0	76	980.5	980.9	63694.1	63690.9	0.0	2.5
30	841.8	844.8	21226.2	21207.1	-0.1	5.0	78	984.4	984.0	65661.0	65657.7	0.0	2.5
32	851.4	851.6	22924.3	22903.2	-0.1	4.8	80	988.2	988.6	67635.5	67631.6	0.0	2.5
34	860.5	862.9	24640.8	24624.8	-0.1	4.7	82	991.9	992.9	69617.5	69615.8	0.0	2.5
36	869.0	870.1	26374.6	26361.0	-0.1	4.5	84	995.5	995.2	71606.8	71606.3	0.0	2.5

----- 다음페이지 계속 -----

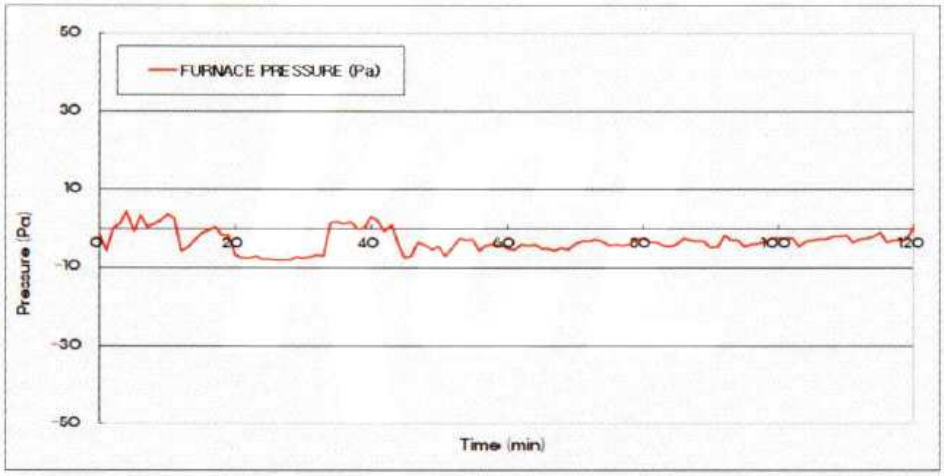
시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

※ 표준온도/실제온도/오차

시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)	시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)
86	999.0	998.2	73603.1	73601.0	0.0	2.5	104	1027.5	1027.3	91864.3	91868.6	0.0	2.5
88	1002.5	1003.9	75606.3	75606.3	0.0	2.5	106	1030.2	1030.3	93923.5	93926.5	0.0	2.5
90	1005.8	1006.8	77616.4	77617.1	0.0	2.5	108	1033.0	1032.8	95988.2	95991.0	0.0	2.5
92	1009.1	1007.0	79633.0	79631.9	0.0	2.5	110	1035.8	1038.0	98058.4	98061.7	0.0	2.5
94	1012.4	1013.6	81656.1	81657.6	0.0	2.5	112	1038.5	1037.3	100134.0	100139.2	0.0	2.5
96	1015.5	1015.2	83685.6	83688.2	0.0	2.5	114	1041.1	1040.9	102215.0	102219.5	0.0	2.5
98	1018.6	1017.7	85721.3	85723.4	0.0	2.5	116	1043.8	1046.6	104301.2	104306.4	0.0	2.5
100	1021.6	1021.9	87763.0	87764.8	0.0	2.5	118	1046.3	1046.3	106392.5	106399.4	0.0	2.5
102	1024.6	1025.7	89810.7	89813.3	0.0	2.5	120	1048.8	1047.8	108488.9	108493.9	0.0	2.5

4) 시험체의 노 내 압력 (Pa)



※ 노 내 압력 표

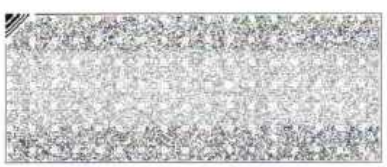
Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)
0	-1.8	9	2.0	26	-8.0	44	-4.0	62	-4.2	80	-2.6	98	-3.4	116	-3.5
1	-5.7	10	3.6	28	-8.2	46	-7.0	64	-4.1	82	-3.6	100	-2.6	118	-3.1
2	0.2	12	-5.8	30	-7.5	48	-4.4	66	-5.1	84	-4.7	102	-2.4	120	0.4
3	1.3	14	-3.1	32	-6.9	50	-4.6	68	-4.9	86	-2.6	104	-3.4		
4	4.3	16	-0.5	34	1.5	52	-5.1	70	-3.9	88	-3.2	106	-2.7		
5	-0.6	18	-1.7	36	1.3	54	-3.0	72	-3.4	90	-4.9	108	-2.0		
6	3.2	20	-6.9	38	-0.1	56	-5.6	74	-3.3	92	-1.7	110	-1.6		
7	0.5	22	-7.7	40	3.0	58	-4.2	76	-4.1	94	-3.0	112	-2.7		
8	1.2	24	-7.8	42	-0.7	60	-5.3	78	-4.2	96	-4.0	114	-2.1		

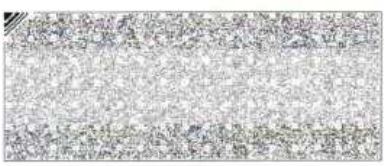
시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)	CH13 (℃)	CH14 (℃)
0	18.1	18.8	18.2	18.9	17.1	18.5	17.2	17.9	16.8	18.0	16.9	18.8	16.6	17.4
1	18.1	18.6	18.1	18.9	17.1	18.5	17.3	18.1	16.8	18.0	16.9	18.9	16.6	17.3
2	18.1	18.6	18.1	18.9	17.1	18.5	17.3	18.1	16.9	18.0	16.9	18.9	16.5	17.3
3	18.1	18.8	18.2	18.9	17.1	18.5	17.4	18.1	16.9	18.1	17.0	18.9	16.6	17.4
4	18.1	18.8	18.2	18.9	17.2	18.5	17.4	18.1	16.9	18.1	17.0	19.0	16.7	17.4
5	18.2	18.9	18.4	19.0	17.4	18.6	17.4	18.3	17.0	18.2	17.1	19.2	16.8	17.5
6	18.6	19.3	18.8	19.2	17.7	19.0	17.6	18.6	17.4	18.6	17.4	19.5	17.0	17.8
7	19.2	20.1	19.3	19.6	18.3	19.4	18.1	19.2	17.8	19.2	18.1	20.1	17.4	18.4
8	20.1	21.3	20.3	20.4	19.2	20.3	18.9	20.2	18.8	20.0	19.0	21.2	18.1	19.2
9	21.4	22.8	21.6	21.5	20.7	21.5	19.9	21.5	19.7	21.4	20.2	22.5	19.1	20.3
10	23.4	25.0	23.5	23.0	22.8	23.3	21.4	23.5	21.3	22.9	22.0	24.4	20.4	22.0
11	25.8	28.0	25.9	25.0	25.5	25.7	23.3	25.9	23.5	25.2	24.4	26.9	22.3	24.0
12	28.9	31.7	28.8	27.5	28.8	28.6	25.8	28.8	26.0	28.0	27.3	29.8	24.4	26.8
13	32.6	35.9	32.2	30.4	32.9	32.1	28.5	32.5	29.0	31.1	30.7	33.3	26.9	29.9
14	37.0	41.1	36.3	34.1	37.6	36.3	32.1	36.7	32.6	35.1	34.8	37.6	29.9	33.7
15	42.2	47.0	40.9	38.1	43.2	41.0	36.0	41.9	36.9	39.5	39.5	42.3	33.3	38.1
16	48.1	53.6	46.1	42.8	49.6	46.5	40.7	47.7	41.6	44.6	44.9	47.8	37.3	43.2
17	54.7	61.1	52.0	48.1	56.7	52.8	46.0	54.2	47.1	50.7	51.4	53.6	41.7	48.8
18	62.0	69.1	58.2	53.5	64.3	59.3	51.4	61.2	52.7	57.1	58.2	59.8	46.2	54.6
19	70.3	78.3	64.8	59.7	73.0	66.6	57.4	69.6	58.9	64.7	66.2	67.1	51.5	61.4
20	78.9	88.6	72.2	66.4	83.3	74.9	64.3	79.9	66.0	75.1	76.8	76.7	57.2	68.6
21	87.4	96.2	80.9	73.4	93.9	85.7	71.5	91.9	74.2	88.1	88.9	88.7	63.0	76.1
22	94.3	99.1	89.9	81.5	98.3	96.8	79.7	97.9	84.3	95.2	95.1	97.1	69.6	84.6
23	97.2	99.5	95.2	89.6	99.1	98.7	87.3	99.1	91.9	97.0	96.9	99.2	76.2	91.6
24	97.9	99.8	97.0	95.5	99.3	99.2	93.7	99.4	95.4	97.4	97.3	99.8	83.6	95.3
25	98.1	99.6	97.4	97.7	99.4	99.3	96.5	99.5	96.7	97.7	97.4	99.9	90.2	96.7
26	98.3	99.6	97.4	98.4	99.2	99.3	97.2	99.5	97.0	97.7	97.5	100.0	93.9	97.2
27	98.4	99.6	97.5	98.6	99.1	99.3	97.4	99.5	97.1	97.8	97.6	100.0	95.4	97.3
28	98.4	99.5	97.3	98.5	99.2	99.3	97.5	99.4	97.2	97.6	97.5	100.0	95.9	97.4
29	98.4	99.3	97.3	98.5	99.1	99.3	97.6	99.4	97.3	97.4	97.4	100.0	96.0	97.4
30	98.2	99.4	97.4	98.3	99.0	99.2	97.7	99.3	97.2	97.4	97.4	100.0	96.1	97.4
31	98.3	99.4	97.2	98.3	98.9	99.3	97.4	99.2	97.2	97.2	97.2	100.0	96.0	97.3
32	98.3	99.0	97.2	98.1	98.9	99.3	97.3	99.1	97.2	97.1	97.1	99.9	96.0	97.3
33	98.1	99.0	97.4	97.9	98.7	99.2	97.4	99.0	97.2	96.9	97.1	99.9	95.8	97.2
34	98.1	99.1	97.4	97.9	98.6	99.2	97.4	99.0	97.3	96.9	96.9	99.6	95.6	97.1
35	97.9	98.7	97.2	97.8	98.5	99.2	97.4	99.0	97.2	97.0	96.9	99.7	95.6	96.9
36	97.8	98.7	97.1	97.7	98.4	99.1	97.3	98.8	97.2	96.9	96.9	99.7	95.6	96.8
37	97.7	98.7	96.9	97.8	98.3	99.0	97.3	98.7	96.9	96.9	96.9	99.5	95.6	96.9
38	97.4	98.6	97.1	97.7	98.0	99.0	97.4	98.7	96.9	97.0	96.5	99.4	95.4	96.8
39	97.4	98.4	96.9	97.7	98.0	99.0	97.4	98.6	96.7	97.0	96.3	99.5	95.5	96.8
40	97.4	98.6	96.7	97.7	97.9	99.0	97.3	98.5	96.6	96.9	96.3	99.2	95.6	96.9



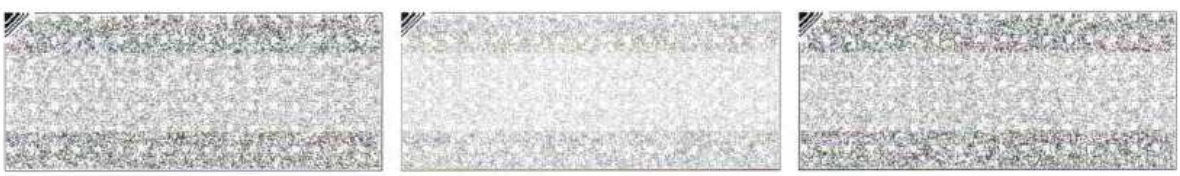


시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)	CH13 (℃)	CH14 (℃)
41	97.3	98.6	96.9	97.7	97.8	98.9	97.4	98.6	96.6	96.9	96.4	99.1	96.1	96.7
42	97.2	98.8	96.8	97.8	97.9	98.8	97.4	98.6	96.4	96.9	96.1	98.7	96.8	96.6
43	97.2	98.9	97.1	97.8	97.9	98.7	97.5	98.7	96.5	96.9	96.1	98.6	98.4	96.9
44	97.3	99.0	96.9	97.9	97.9	98.6	97.4	98.6	96.5	96.9	96.4	98.8	100.9	97.1
45	97.2	99.1	96.8	98.2	98.0	98.4	97.6	98.7	96.3	96.9	96.6	98.8	103.4	97.1
46	97.3	98.9	96.7	98.6	98.0	98.3	97.6	98.7	96.2	96.9	96.2	98.6	106.4	97.2
47	97.3	98.9	96.6	100.9	98.1	98.4	97.5	98.7	96.2	97.0	96.2	98.8	109.9	97.3
48	97.9	99.0	96.6	104.1	98.2	98.4	97.6	98.7	96.1	97.4	96.2	99.9	113.6	97.3
49	99.5	98.9	96.7	107.1	98.3	98.1	97.6	98.9	96.8	101.5	96.6	103.4	117.4	97.4
50	102.9	98.9	97.1	110.6	98.3	98.2	97.8	99.4	100.1	105.9	96.5	105.8	121.2	97.8
51	105.8	99.0	98.9	114.3	98.6	98.2	98.0	101.7	103.8	110.6	96.1	108.7	125.2	98.2
52	108.8	100.9	104.1	118.0	100.8	98.0	100.3	106.2	107.0	115.8	96.0	111.8	129.1	101.9
53	112.4	108.3	109.9	122.1	103.1	97.9	104.6	104.1	110.3	121.1	96.7	115.0	133.2	108.6
54	115.9	114.4	114.9	126.0	105.5	97.8	108.2	114.7	113.9	125.8	98.3	118.4	136.9	113.4
55	119.8	119.3	119.1	129.7	108.4	97.6	113.1	120.9	117.6	129.9	104.1	121.5	140.8	118.6
56	124.0	124.4	124.1	133.8	111.7	97.6	117.9	125.9	121.5	133.7	109.0	124.8	144.4	123.6
57	128.4	130.0	128.4	137.8	114.9	98.3	121.9	131.0	125.5	137.3	113.9	129.0	148.2	128.4
58	132.9	134.6	131.7	141.6	117.8	101.1	125.9	135.5	129.4	140.6	119.2	133.1	151.8	132.5
59	137.2	138.7	135.5	145.2	120.7	101.8	129.4	139.3	132.9	143.8	124.0	137.2	154.6	136.3
60	141.3	143.0	139.6	148.8	124.3	111.6	132.9	143.1	136.9	146.9	128.2	141.2	157.9	139.9
61	145.3	146.3	142.7	152.4	127.7	116.9	136.2	146.7	140.7	150.1	132.1	145.3	161.0	143.2
62	149.3	150.0	146.2	155.8	132.2	122.3	139.3	150.0	144.1	153.4	135.4	149.7	164.0	146.7
63	153.3	153.6	149.5	159.1	136.7	127.8	142.7	153.1	148.0	156.8	138.7	153.5	167.1	150.0
64	156.9	156.8	152.5	162.1	140.5	133.3	145.7	156.1	151.4	160.2	141.9	157.0	170.0	153.2
65	160.5	160.3	155.7	165.2	144.5	138.4	148.8	159.1	154.6	163.5	145.1	161.1	172.9	156.3
66	163.8	163.7	158.6	168.1	148.4	142.5	152.0	162.2	157.4	166.9	148.3	164.5	175.5	159.4
67	167.4	166.9	161.6	170.7	152.3	146.5	155.3	165.5	161.1	170.2	151.7	168.4	178.4	163.1
68	170.4	170.2	164.5	173.1	155.7	149.3	158.5	168.4	164.1	173.2	154.8	171.5	181.0	166.3
69	173.5	173.3	167.7	175.8	159.6	152.6	161.6	171.7	166.7	176.5	158.1	174.6	183.7	170.0
70	176.7	176.9	171.2	178.6	163.4	156.4	164.8	174.6	169.0	179.6	161.7	177.6	186.3	173.3
71	179.6	180.0	173.9	181.2	166.9	160.0	168.0	177.8	171.6	182.4	165.1	180.7	189.0	176.7
72	182.2	183.0	176.4	183.6	170.1	163.0	170.9	181.1	174.2	185.0	168.4	183.6	191.7	180.0
73	184.9	186.0	179.6	186.0	173.0	166.0	173.8	184.0	176.9	187.4	171.5	185.7	194.3	183.0
74	187.5	189.0	182.5	188.3	176.3	169.3	176.3	186.7	178.8	190.0	174.3	188.4	196.7	186.1
75	190.2	191.4	184.5	190.9	179.2	172.2	179.1	189.4	181.1	192.4	177.0	190.8	199.6	188.8
76	192.9	194.1	187.2	193.3	182.1	175.4	181.9	192.0	183.7	194.8	179.8	193.9	202.4	191.4
77	195.6	196.7	189.3	195.9	185.0	178.3	184.5	194.6	186.1	196.9	182.1	196.2	205.1	193.8
78	198.2	199.0	191.4	198.2	187.2	181.3	186.8	196.9	188.1	199.2	184.5	199.2	207.6	196.1
79	200.7	200.8	193.1	200.5	189.4	183.1	189.1	199.6	190.1	201.7	187.3	201.7	210.1	198.3
80	203.4	203.1	195.9	202.8	192.3	185.7	191.6	201.8	192.4	203.7	189.4	204.0	212.5	201.1



시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)	CH13 (℃)	CH14 (℃)
81	206.1	205.6	198.0	205.2	194.9	187.8	194.1	204.2	194.5	205.8	191.6	206.2	214.8	203.4
82	208.4	208.2	200.3	207.3	197.4	190.7	196.1	206.3	196.3	208.0	193.6	208.3	216.9	205.6
83	210.9	210.8	202.8	209.3	200.1	194.6	198.1	208.1	198.4	209.9	195.6	210.7	219.0	208.0
84	213.4	212.9	204.3	211.3	202.6	196.4	200.3	210.4	200.5	212.2	198.1	212.7	221.3	210.2
85	216.1	214.5	205.6	213.4	204.9	198.2	202.4	212.6	202.6	214.3	200.7	215.1	223.3	212.3
86	218.1	216.6	207.4	215.3	206.8	199.6	204.3	214.6	204.2	215.9	202.5	217.1	225.1	214.4
87	220.5	218.5	209.3	217.0	208.9	201.7	206.2	216.7	206.4	217.6	204.2	218.9	226.7	216.8
88	222.9	220.8	211.7	218.9	211.3	203.5	208.3	218.8	208.1	219.4	206.0	220.7	228.4	219.0
89	224.5	222.6	212.7	220.6	213.5	205.6	210.2	220.7	209.8	220.8	207.8	222.6	230.1	221.0
90	226.2	224.5	215.2	222.0	215.6	207.7	212.0	222.4	211.4	222.4	210.1	224.5	231.4	223.2
91	228.1	225.9	216.4	223.6	217.3	209.7	213.6	224.2	213.3	224.2	211.8	225.8	232.9	225.1
92	229.6	227.8	218.1	225.0	219.4	212.2	215.5	225.7	214.6	225.5	213.1	227.1	234.4	226.9
93	231.3	229.3	219.3	226.3	221.1	213.3	216.8	227.1	215.8	226.9	214.6	228.3	235.8	228.4
94	232.8	230.7	221.2	227.7	222.6	214.3	218.5	228.9	217.4	228.2	216.3	229.8	237.1	230.2
95	234.3	232.2	222.6	229.0	224.3	216.2	220.2	230.9	219.4	229.4	218.2	231.8	238.3	231.8
96	235.3	233.6	224.0	230.4	226.0	218.1	221.5	232.0	220.4	230.5	219.3	233.1	239.6	233.1
97	236.6	235.1	225.2	231.5	227.7	219.4	223.1	233.3	221.3	231.7	220.5	234.4	240.7	234.7
98	237.7	236.4	225.8	232.7	228.9	220.9	224.1	234.5	222.7	232.7	221.5	235.5	241.9	235.8
99	238.9	237.0	226.3	233.7	230.2	221.2	225.8	235.9	224.0	233.8	222.9	236.4	242.8	236.6
100	240.1	237.7	227.6	234.9	231.3	221.8	227.1	237.5	225.6	235.0	224.5	237.6	244.1	237.8
101	241.2	238.4	228.2	235.8	232.4	222.6	228.1	238.8	226.3	235.7	225.5	238.8	245.0	238.6
102	242.3	238.9	228.9	237.2	233.4	223.6	229.1	239.4	227.4	236.5	226.7	239.8	245.9	239.3
103	243.2	240.2	230.6	238.0	235.1	225.9	229.9	239.9	227.7	237.6	227.6	241.0	247.1	240.5
104	244.1	241.1	230.8	239.1	236.1	226.7	231.1	241.0	229.2	238.6	228.4	241.8	248.1	241.4
105	245.1	242.3	232.4	239.7	237.2	228.1	232.0	241.8	229.9	239.3	229.2	242.2	248.8	242.0
106	246.2	243.3	233.6	240.7	237.7	228.3	232.7	242.7	230.4	240.0	229.7	243.0	249.7	243.0
107	247.0	244.1	233.7	241.7	238.8	228.4	233.8	244.0	231.6	240.7	230.7	243.8	250.6	243.7
108	247.8	245.2	234.7	242.4	239.7	229.2	234.7	245.0	232.5	241.6	231.6	244.6	251.4	244.3
109	248.8	245.9	235.8	243.3	240.6	230.2	235.1	246.0	233.6	242.4	232.1	245.5	252.3	245.3
110	249.6	246.3	236.9	244.1	240.9	230.3	236.0	246.5	234.1	243.0	232.5	246.2	253.3	246.3
111	250.5	246.4	236.9	244.9	241.6	230.5	236.5	247.5	235.0	243.8	233.5	247.0	254.1	246.6
112	251.3	247.1	237.2	245.8	242.4	231.3	237.2	247.8	235.1	244.3	234.1	247.5	254.9	247.4
113	252.1	248.0	237.3	246.5	243.4	231.8	237.6	248.3	235.8	245.0	234.7	248.2	255.7	247.8
114	252.9	248.5	238.0	247.1	244.3	232.7	238.4	248.6	236.5	245.8	235.0	249.3	256.4	248.2
115	253.9	249.0	238.7	247.7	244.7	232.5	239.3	249.2	237.2	246.3	235.5	249.4	257.5	248.9
116	254.6	249.4	239.7	248.5	245.6	233.8	240.3	250.5	238.4	247.3	236.5	250.9	257.9	249.7
117	255.3	250.3	240.6	249.0	246.0	233.9	240.9	250.9	239.1	247.8	236.8	251.1	258.5	250.5
118	256.2	251.0	241.1	249.6	247.0	235.4	241.6	251.3	239.6	248.2	236.6	251.3	259.1	251.0
119	257.1	251.3	241.3	250.4	247.4	235.7	241.8	251.8	240.2	248.7	237.3	252.1	260.0	251.5
120	257.4	251.8	241.3	250.9	247.5	235.6	242.2	252.5	240.9	249.1	237.7	253.1	260.6	252.0





시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)	CH25 (℃)	CH26 (℃)	CH27 (℃)	CH28 (℃)
0	17.1	18.8	16.3	18.0	16.7	17.7	16.3	17.0	16.3	17.7	17.1	15.2	17.5	17.0
1	17.1	18.6	16.3	18.0	16.7	17.7	16.4	17.0	16.3	17.7	17.6	15.4	17.7	17.2
2	17.1	18.6	16.4	18.1	16.7	17.7	16.3	17.0	16.3	17.7	19.0	16.3	18.5	18.2
3	17.1	18.6	16.4	18.1	16.7	17.8	16.4	17.0	16.4	17.8	22.8	19.1	21.5	21.0
4	17.1	18.8	16.4	18.1	16.7	17.8	16.4	17.0	16.4	17.8	28.6	24.0	26.4	25.4
5	17.4	18.9	16.5	18.2	16.8	18.0	16.6	17.1	16.5	18.1	36.5	31.5	33.4	31.3
6	17.6	19.2	16.8	18.6	17.0	18.2	16.9	17.4	16.9	18.2	46.0	41.2	41.6	38.2
7	18.1	19.6	17.2	19.2	17.4	18.8	17.3	17.8	17.3	18.8	56.6	52.3	50.6	46.1
8	18.9	20.4	18.1	20.2	18.0	19.4	18.1	18.8	18.3	19.5	69.1	64.0	59.8	54.5
9	19.9	21.6	19.0	21.4	18.9	20.6	19.0	19.8	19.5	20.8	83.1	75.7	69.0	63.4
10	21.4	23.2	20.3	22.9	20.1	22.1	20.3	21.5	21.5	22.4	95.2	88.0	78.3	74.5
11	23.2	25.0	22.0	24.9	21.7	23.9	22.0	23.6	23.9	24.6	101.8	98.4	88.0	86.2
12	25.4	27.0	23.9	27.2	23.6	26.1	23.9	26.1	26.9	27.0	111.0	100.9	98.3	94.7
13	27.8	29.7	26.2	29.8	25.9	28.8	26.3	29.1	30.5	30.2	117.9	102.4	99.5	98.3
14	30.7	32.7	28.9	32.9	28.5	31.9	29.1	32.7	34.8	33.9	125.1	103.5	99.7	100.1
15	34.1	36.1	31.9	36.1	31.7	35.3	32.2	36.8	39.7	38.2	132.8	104.3	100.6	104.7
16	38.1	39.9	35.3	39.9	35.3	39.3	35.5	41.5	45.2	43.0	141.1	105.2	101.6	108.8
17	42.4	43.7	39.0	43.9	38.8	43.3	39.2	46.5	51.3	48.2	149.2	105.8	103.5	112.4
18	47.2	48.0	43.1	48.2	43.0	47.8	43.3	52.0	58.0	53.8	157.5	106.2	105.5	115.9
19	52.6	52.8	47.6	52.7	47.3	52.6	47.4	58.0	65.4	60.1	165.7	106.5	107.0	119.0
20	58.8	57.8	52.4	57.6	52.1	57.7	51.8	64.8	74.0	66.6	173.5	106.8	108.1	-
21	65.1	62.8	57.6	62.6	56.9	62.8	56.6	72.6	85.1	73.4	181.1	107.1	109.0	-
22	72.3	68.2	63.4	67.7	62.1	68.1	61.4	83.5	95.4	80.9	188.9	107.4	109.3	-
23	81.0	73.7	70.6	73.3	67.3	73.5	66.4	93.2	98.0	88.8	196.3	107.6	109.6	-
24	90.1	79.4	79.4	79.0	72.3	78.9	71.4	96.9	98.5	95.6	203.6	107.8	109.6	-
25	95.3	85.5	87.3	85.0	77.3	84.0	76.2	97.8	98.6	98.3	210.5	107.9	109.6	-
26	96.4	91.0	91.3	90.6	82.2	88.5	80.7	98.2	98.6	99.1	217.7	108.1	109.5	-
27	97.1	96.2	93.5	96.0	86.3	92.4	85.1	98.3	98.4	99.3	225.1	108.5	109.6	-
28	97.2	100.5	94.9	100.8	89.6	94.9	89.3	98.3	98.4	99.5	232.4	108.8	109.9	-
29	97.2	103.8	95.6	104.5	91.9	96.1	92.4	97.9	98.5	99.5	239.7	109.4	110.2	-
30	97.1	106.4	96.2	107.5	93.3	96.7	94.3	98.1	98.4	99.5	247.1	110.3	111.2	-
31	97.2	108.4	96.7	109.9	94.1	97.3	95.2	98.1	98.4	99.6	254.3	111.8	112.2	-
32	97.2	109.9	97.2	111.8	94.6	98.4	95.9	98.2	98.3	99.5	261.4	116.2	114.0	-
33	96.8	111.0	97.3	113.2	94.9	99.4	96.1	98.1	98.3	99.4	268.3	130.2	116.2	-
34	96.6	112.0	97.6	114.4	95.6	100.9	96.7	98.1	98.4	99.5	275.1	143.1	120.4	-
35	96.7	112.5	101.1	115.2	96.8	102.5	97.2	98.1	98.3	99.5	281.6	153.6	131.7	-
36	96.7	113.1	102.3	115.7	98.3	104.2	98.3	98.0	98.3	99.6	287.6	164.1	144.5	-
37	96.7	113.6	102.9	116.2	100.1	106.6	100.0	97.9	98.4	99.5	293.8	174.6	156.0	-
38	96.5	113.9	103.3	116.6	102.3	109.3	102.0	97.7	98.3	99.6	300.0	184.7	166.7	-
39	96.3	114.4	103.5	117.1	104.9	112.5	104.0	97.6	98.3	99.5	305.7	194.8	176.9	-
40	96.4	114.6	103.9	117.5	107.9	115.5	106.5	97.4	98.2	99.4	311.4	204.2	186.5	-

시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)	CH25 (℃)	CH26 (℃)	CH27 (℃)	CH28 (℃)
41	96.1	115.0	104.2	118.3	110.9	118.7	109.2	97.4	98.2	99.5	316.8	213.3	195.5	-
42	96.2	115.5	104.9	119.1	114.0	122.1	111.8	97.3	98.2	99.4	321.0	222.2	204.5	-
43	96.2	116.0	105.8	120.1	117.1	125.3	114.9	97.4	98.1	99.4	325.1	230.5	213.7	-
44	96.2	116.6	106.6	121.5	120.0	128.5	117.6	97.4	98.1	99.4	329.5	239.0	222.9	-
45	95.8	117.8	107.5	122.4	122.6	131.6	120.4	97.3	98.0	99.4	332.7	247.2	231.7	-
46	95.8	119.1	108.7	123.8	125.6	134.7	123.2	97.4	98.0	99.4	336.2	255.8	240.3	-
47	96.0	120.6	110.4	126.0	128.5	137.8	126.1	97.3	97.9	99.5	338.6	264.5	248.9	-
48	96.1	122.6	112.0	128.1	131.3	140.8	128.8	97.3	98.0	99.4	341.1	272.7	257.6	-
49	96.5	124.7	113.8	130.4	134.1	144.0	131.4	97.2	97.9	99.2	342.9	280.5	266.1	-
50	96.9	127.2	115.9	133.0	136.8	146.9	134.2	97.2	97.8	99.4	344.8	288.4	275.0	-
51	99.2	130.1	118.2	136.2	139.5	149.8	136.5	97.2	97.7	99.4	346.2	296.1	283.3	-
52	103.9	133.0	120.1	138.8	141.9	152.3	139.1	97.2	97.8	99.4	347.7	303.6	291.3	-
53	108.1	136.3	122.5	142.2	144.8	154.9	141.4	97.2	97.7	99.4	349.0	310.2	298.6	-
54	114.2	139.2	124.8	145.2	147.6	157.6	144.3	97.2	97.7	99.5	349.9	317.1	304.8	-
55	118.7	142.3	127.4	148.0	150.1	159.9	146.3	97.5	97.7	99.2	350.6	323.3	310.3	-
56	123.5	145.4	130.2	151.4	152.9	162.6	149.1	99.5	97.7	99.2	351.7	329.4	315.3	-
57	128.3	148.6	132.7	154.4	155.5	165.2	151.6	104.9	97.5	99.4	352.4	334.5	319.9	-
58	132.5	152.0	135.4	157.2	158.0	167.4	153.6	110.0	97.4	99.4	353.2	338.4	323.8	-
59	136.7	154.9	138.1	159.9	160.8	170.0	156.2	114.6	97.4	99.5	353.8	341.7	327.4	-
60	140.6	158.1	141.0	162.8	163.6	172.5	158.6	119.1	97.4	99.5	354.3	344.8	331.0	-
61	143.6	161.3	143.6	165.5	166.2	174.8	161.0	123.1	97.4	99.6	355.0	346.9	334.1	-
62	146.8	164.4	146.6	168.3	168.9	177.3	163.8	126.7	97.4	99.5	355.8	349.0	337.0	-
63	150.1	167.7	149.3	170.6	171.5	179.7	166.3	130.2	97.3	99.6	356.5	351.4	339.1	-
64	153.4	170.7	151.8	172.8	173.8	181.8	168.4	133.3	97.2	100.8	357.0	352.7	341.0	-
65	155.9	173.6	154.7	175.1	176.3	184.3	170.7	136.6	97.7	103.8	357.3	354.0	342.5	-
66	159.1	176.7	157.4	177.6	178.9	186.7	173.1	139.7	101.3	108.7	357.8	354.8	343.7	-
67	162.0	179.8	160.3	179.9	181.1	189.1	175.8	142.9	106.0	115.0	358.0	356.0	345.2	-
68	165.2	182.4	162.9	182.4	183.0	191.3	177.7	146.0	110.3	120.9	358.5	356.3	346.2	-
69	167.9	185.1	165.6	184.7	185.2	193.6	179.9	149.3	115.1	127.9	359.0	356.5	347.5	-
70	171.4	187.6	168.2	187.3	187.1	195.8	182.0	152.7	120.5	133.8	359.6	356.6	347.9	-
71	174.3	190.1	170.5	189.7	189.1	198.1	184.3	156.3	126.9	139.1	360.1	357.4	348.5	-
72	177.6	192.6	173.0	192.2	191.2	200.3	186.1	159.9	132.4	143.6	360.4	358.1	349.2	-
73	180.7	195.0	175.2	194.8	193.1	202.4	187.6	163.2	136.8	147.7	361.2	358.5	350.0	-
74	183.7	197.3	177.5	197.5	195.2	204.6	189.6	166.6	141.3	151.8	361.4	358.6	350.3	-
75	186.3	199.8	179.6	199.6	197.4	207.0	191.7	169.8	145.3	155.5	361.7	359.0	351.1	-
76	188.6	202.2	181.6	202.3	199.3	209.1	193.6	172.9	149.2	159.3	362.4	359.1	351.5	-
77	190.6	204.6	183.7	204.4	201.4	211.4	195.5	176.0	153.0	163.1	363.1	359.0	351.9	-
78	192.9	207.0	186.0	207.1	203.5	213.4	197.6	178.6	156.4	166.9	363.6	359.7	352.0	-
79	194.9	209.3	188.0	209.2	205.5	215.5	199.1	181.7	160.4	170.5	363.5	360.0	352.5	-
80	197.7	211.5	189.8	211.8	207.4	217.4	200.8	184.3	164.0	174.3	364.0	360.4	352.8	-





시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)	CH25 (℃)	CH26 (℃)	CH27 (℃)	CH28 (℃)
81	199.8	213.9	191.6	213.7	209.3	219.3	202.0	186.9	167.9	177.6	364.8	360.6	353.5	-
82	201.5	216.1	193.9	216.3	211.3	221.2	203.9	189.4	171.8	181.2	365.7	361.2	354.3	-
83	203.9	218.2	196.0	218.9	213.1	222.7	205.8	191.6	175.3	184.5	366.5	361.9	354.2	-
84	205.9	220.2	197.8	220.8	214.7	224.0	207.2	194.1	178.6	187.1	366.9	362.5	354.2	-
85	207.4	222.6	199.7	222.9	216.6	225.9	209.0	196.4	182.2	190.0	367.3	363.1	354.5	-
86	209.7	224.6	201.7	224.9	218.1	227.5	210.5	198.9	185.4	193.1	367.8	363.5	354.8	-
87	211.9	226.7	203.4	226.3	219.8	229.1	212.0	201.1	188.3	195.6	367.8	363.7	354.8	-
88	213.7	228.7	205.1	228.1	221.2	230.4	213.2	203.4	190.9	198.2	368.1	364.1	355.8	-
89	215.1	230.6	206.8	230.1	222.8	231.9	214.8	205.6	193.6	200.7	368.6	364.6	356.4	-
90	217.4	232.4	208.8	232.2	224.0	233.2	216.6	207.6	196.0	203.1	369.4	365.0	356.5	-
91	219.5	234.0	210.5	233.9	225.2	234.5	218.0	209.6	198.3	205.1	370.3	365.3	356.5	-
92	221.4	235.2	212.1	235.8	226.1	235.5	219.3	211.4	200.6	207.3	371.0	366.1	356.8	-
93	222.2	237.0	213.4	236.9	227.4	237.0	220.6	213.4	203.5	209.6	370.8	366.7	357.2	-
94	223.8	238.4	214.8	238.1	228.3	238.0	221.9	215.1	205.5	211.6	370.8	367.0	357.5	-
95	225.5	240.1	216.2	239.2	229.3	239.3	222.7	216.9	208.1	213.8	371.2	367.8	357.3	-
96	227.0	241.3	217.6	240.7	230.4	240.1	223.5	218.8	210.7	215.9	372.0	368.1	358.0	-
97	228.7	242.7	219.1	242.0	231.4	241.3	224.9	220.2	212.9	218.4	372.6	368.2	358.4	-
98	229.8	244.1	220.2	243.1	232.4	242.3	225.9	221.8	215.0	220.3	372.8	368.5	358.7	-
99	230.7	245.4	221.0	243.5	233.2	243.3	226.5	223.3	216.9	221.8	373.1	368.9	359.1	-
100	232.0	246.6	222.4	244.7	234.4	244.4	227.2	224.7	219.3	223.6	373.3	369.4	359.1	-
101	232.8	247.9	223.2	245.8	235.1	245.5	228.2	226.0	221.5	225.5	373.1	370.0	359.6	-
102	233.4	248.9	224.0	246.8	236.1	246.2	229.3	227.4	223.7	227.0	373.0	369.9	359.8	-
103	234.5	250.0	225.6	248.5	237.0	247.1	230.2	228.5	225.7	229.0	373.6	370.8	360.6	-
104	235.0	251.0	226.2	248.9	237.5	248.2	230.7	229.8	227.6	230.3	374.0	371.3	361.1	-
105	236.0	251.9	227.5	250.7	238.3	248.9	231.7	230.8	229.0	231.4	374.2	372.2	361.2	-
106	236.9	252.8	228.3	251.9	238.9	249.9	232.5	231.8	230.7	232.9	374.7	372.3	361.0	-
107	236.9	253.9	228.8	252.2	239.5	250.8	233.0	232.7	232.2	234.2	373.8	372.3	361.6	-
108	237.6	254.9	229.7	253.3	240.2	251.3	233.6	233.6	233.1	235.2	374.1	372.5	361.6	-
109	238.9	255.6	230.7	254.6	241.1	252.1	234.4	234.5	234.4	236.3	374.9	372.8	362.1	-
110	239.6	256.4	231.4	255.6	241.8	253.2	235.0	235.3	235.5	237.4	375.0	373.6	362.4	-
111	239.9	257.3	232.0	255.9	242.3	253.6	235.2	236.3	236.8	238.3	375.1	373.8	363.0	-
112	241.0	258.3	232.7	257.1	242.9	254.4	235.8	237.2	237.7	239.1	375.3	374.2	363.4	-
113	241.0	259.1	233.6	257.9	243.7	255.2	236.9	237.7	238.7	239.8	375.5	374.8	363.8	-
114	241.0	260.0	234.4	258.9	244.3	255.7	237.4	238.7	239.6	241.0	376.0	375.2	364.5	-
115	241.8	260.6	234.8	259.4	244.6	256.2	237.6	239.5	240.6	241.6	376.6	375.3	364.4	-
116	242.5	261.3	235.4	260.4	245.1	257.1	238.1	239.4	241.3	242.8	376.8	376.1	364.4	-
117	243.8	262.1	235.8	260.9	245.3	257.3	238.3	240.0	241.8	243.7	377.2	376.4	365.1	-
118	243.9	262.8	236.8	262.0	245.8	257.9	239.1	240.7	242.5	244.4	377.2	377.4	365.2	-
119	244.3	263.4	237.3	262.9	246.4	258.4	239.6	241.4	243.5	245.1	377.7	377.3	365.5	-
120	244.6	264.1	238.1	263.4	246.8	259.0	240.1	242.2	244.3	245.6	378.1	377.5	365.8	-

※ 평균 상승온도 (℃) : 244.9
※ 최고 상승온도 (℃) : 360.7
※ 초기 온도 (℃) : 17.4

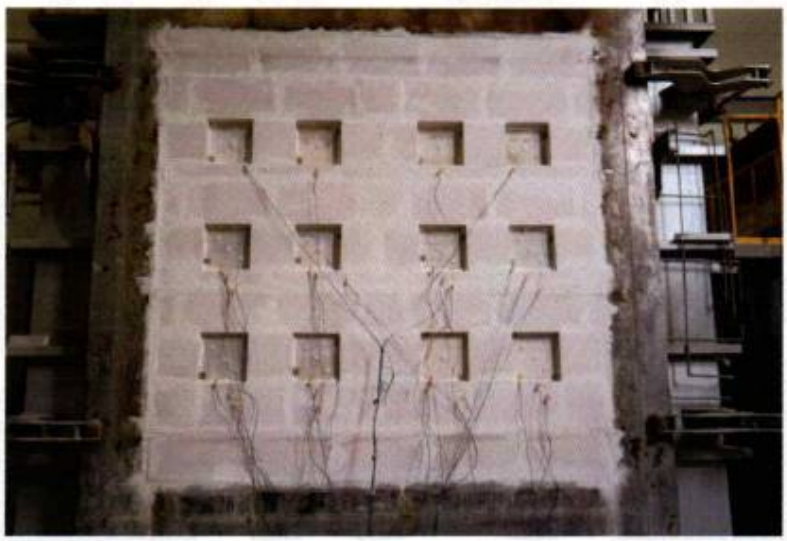




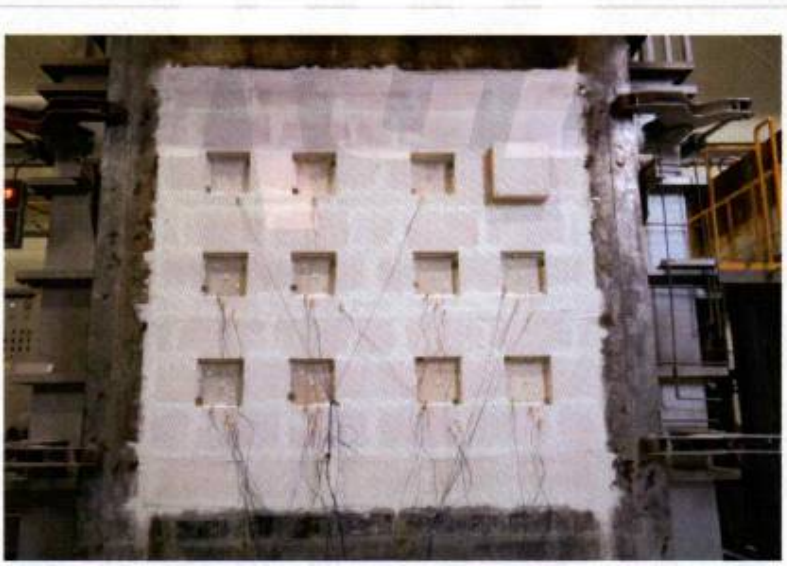
시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

6) 내화시험 사진 (비가열면)



< 시험 전 사진 >

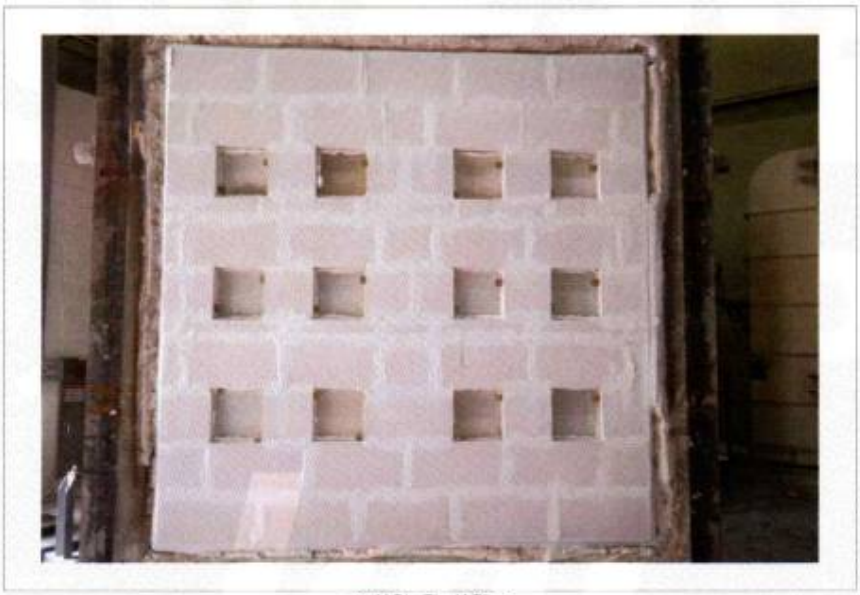


< 시험 후 사진 >

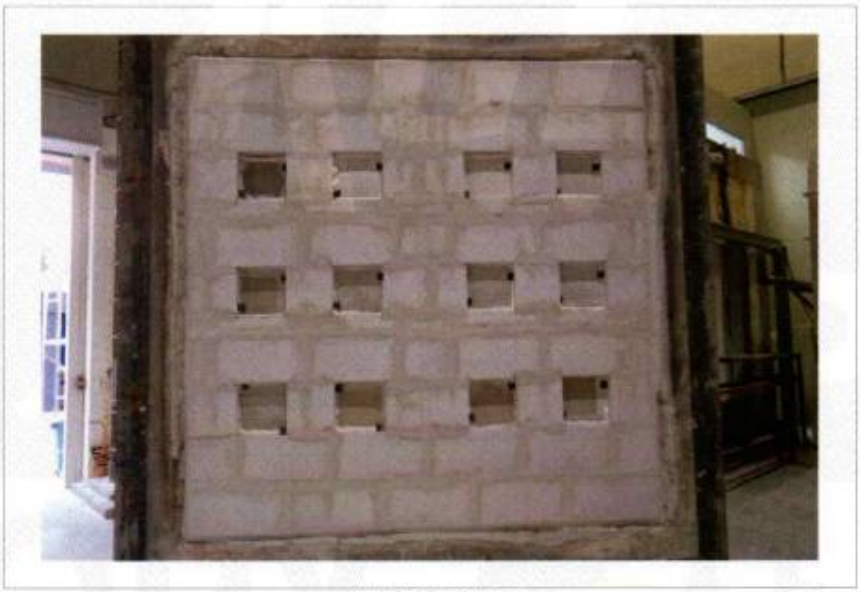
시험성적서

성적서번호 : CT20-132371K

6) 내화시험 사진 (가열면) -계속



< 시험 전 사진 >



< 시험 후 사진 >

----- 끝 -----

4208-9202-9468-1582

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT21-002219K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : 공주대학교산학협력단
   ○ 주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동,공주대학교산학연구관)
3. 시험기간 : 2021년 01월 06일 ~ 2021년 02월 17일
4. 시험성적서의 용도 : 연구과제 제출용
5. 시 료 명 : 방화보강재
6. 시험방법
   (1) KS F 2257-8:2015

확인	작성자 성 명	김민재	기술책임자 성 명	김민중

비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2021년 02월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 25913 강원도 삼척시 언장1길 33-72 (교동) ☎ (033)802-8306





시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

시 험 결 과

시험항목		시험결과	성능기준	시험방법
차열성 (120 min)	평균 상승온도 (℃)	270.9	평균 상승온도 140℃ 이하일것	(1)
	최고 상승온도 (℃)	430.0	최고 상승온도 180℃ 이하일것	
차염성 (120 min)	6 ㎜ 균열게이지	관통되지 않음	시험체를 관통한 경우, 150 ㎜ 이상 이동 되지 않을 것	
	25 ㎜ 균열게이지	관통되지 않음	관통되지 않을 것	
	화염 발생 유무	화염발생 없음	10초 이상 지속되는 화염 발생이 없을 것	
	면패드 착화 유무	착화되지 않음	착화되지 않을 것	

※ 시험장소 : 강원도 삼척시 언장1길 33-72 (교동)

※ 시험체의 구성 및 재질 : 의뢰자 미제시



시험성적서

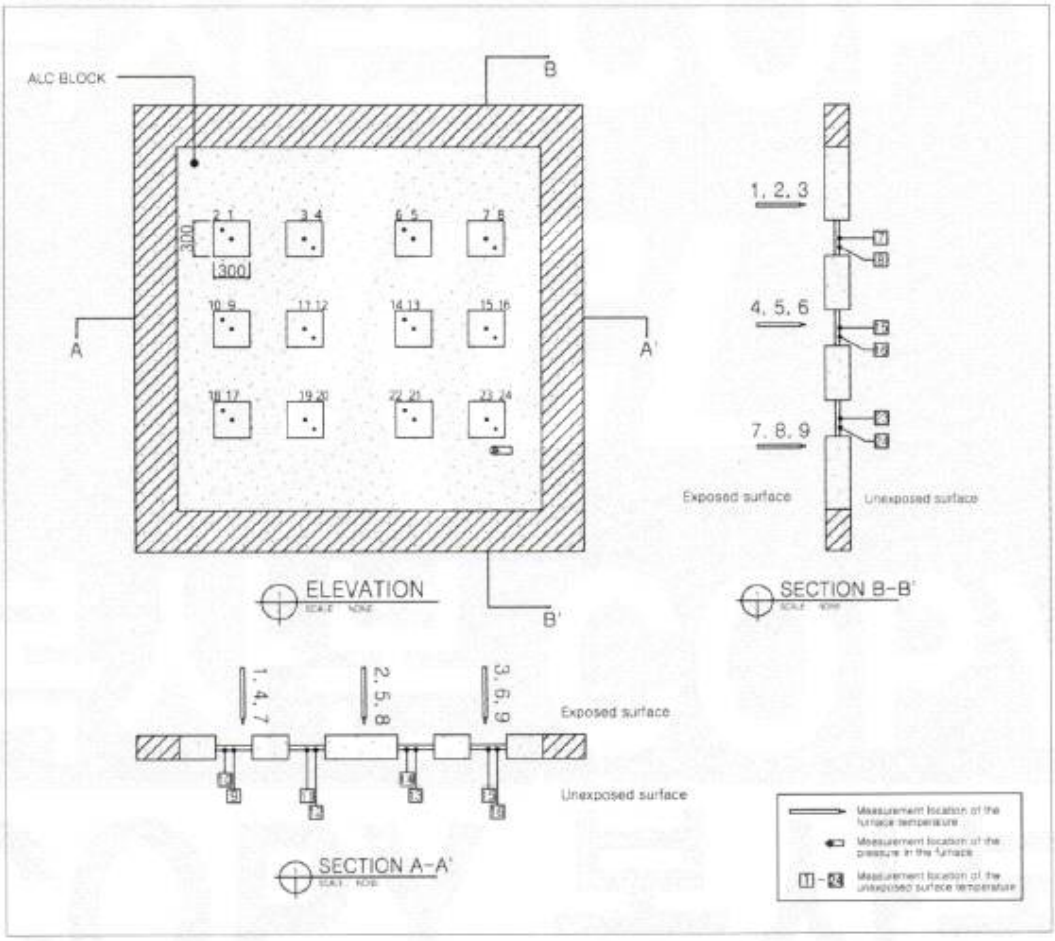
성적서번호 : CT21-002219K

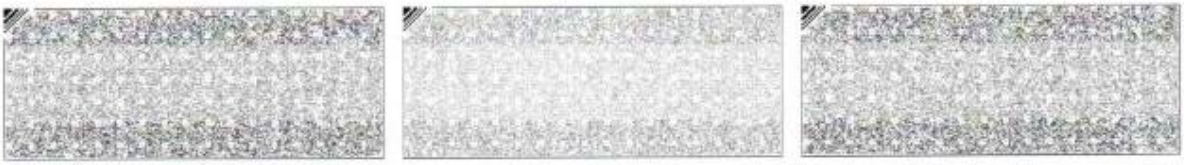
■ 비내력 벽체의 내화시험

1) 내화시험 조건

구분	내 용	구분	내 용
시험일자	2021년 01월 29일	노 내 온도	3) 시험체의 노 내 온도 참조
노 내 압력	4) 시험체의 노 내 압력 참조	시험체지지 및 구속	내화시험 도면 참조
시험 환경	온도 : (6 ~ 11) ℃, 습도 : (10 ~ 14) % R.H.	측정장치의 위치	내화시험 도면 참조
양생 조건	의뢰자 제시 : 기건양생		

2) 내화 시험 도면

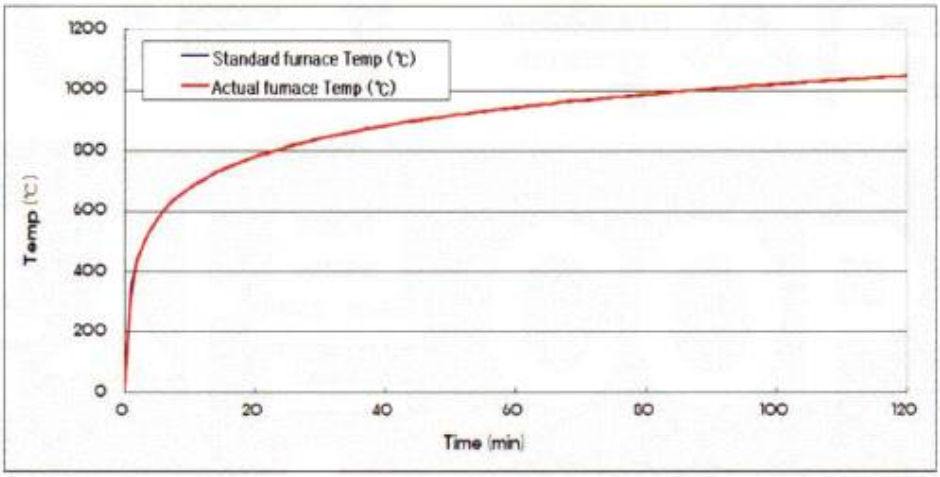




시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

3) 시험체의 노 내 온도 (℃)



※ 표준온도/실제온도/오차

시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)	시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)
0	20.0	21.5	-	-	-	-	38	877.1	877.5	28124.8	28085.6	-0.1	4.3
1	349.2	315.2	369.2	336.7	-8.8	-	40	884.7	883.3	29890.5	29850.1	-0.1	4.2
2	444.5	438.5	813.7	775.2	-4.7	-	42	892.0	893.0	31671.0	31632.0	-0.1	4.0
3	502.3	499.1	1316.0	1274.3	-3.2	-	44	899.0	900.1	33465.5	33428.4	-0.1	3.8
4	543.9	542.9	1859.9	1817.2	-2.3	-	46	905.6	904.7	35273.5	35234.4	-0.1	3.7
5	576.4	575.5	2436.3	2392.7	-1.8	-	48	912.0	911.5	37094.3	37054.0	-0.1	3.5
6	603.1	601.8	3039.4	2994.5	-1.5	15.0	50	918.1	919.8	38927.4	38888.7	-0.1	3.3
7	625.8	628.1	3665.2	3622.6	-1.2	15.0	52	923.7	922.2	40771.9	40734.5	-0.1	3.2
8	645.5	643.8	4310.7	4266.4	-1.0	15.0	54	929.4	930.8	42627.9	42593.0	-0.1	3.0
9	662.8	662.5	4973.5	4928.9	-0.9	15.0	56	934.8	935.7	44494.8	44460.6	-0.1	2.8
10	678.4	676.8	5651.9	5605.7	-0.8	15.0	58	940.1	941.2	46372.3	46339.1	-0.1	2.7
12	705.4	704.0	7049.9	7004.5	-0.6	14.0	60	945.1	944.0	48260.0	48225.4	-0.1	2.5
14	728.3	731.0	8495.5	8452.4	-0.5	13.0	62	950.0	952.6	50157.7	50122.9	-0.1	2.5
16	748.2	747.1	9982.2	9936.6	-0.5	12.0	64	954.8	953.7	52064.9	52029.4	-0.1	2.5
18	765.7	764.9	11505.1	11460.1	-0.4	11.0	66	959.4	959.3	53981.4	53946.0	-0.1	2.5
20	781.4	782.9	13060.2	13015.6	-0.3	10.0	68	963.9	966.8	55907.0	55871.8	-0.1	2.5
22	795.8	793.5	14644.3	14598.9	-0.3	9.0	70	968.2	968.6	57841.2	57806.7	-0.1	2.5
24	808.5	807.9	16255.0	16209.7	-0.3	8.0	72	972.4	972.5	59784.0	59748.2	-0.1	2.5
26	820.5	823.1	17890.1	17848.1	-0.2	7.0	74	976.5	977.5	61735.0	61700.7	-0.1	2.5
28	831.5	831.2	19547.7	19504.0	-0.2	6.0	76	980.5	979.6	63694.1	63659.6	-0.1	2.5
30	841.8	842.4	21226.2	21184.1	-0.2	5.0	78	984.4	983.5	65661.0	65626.0	-0.1	2.5
32	851.4	851.5	22924.3	22882.6	-0.2	4.8	80	988.2	989.4	67635.5	67602.5	0.0	2.5
34	860.5	860.1	24640.8	24598.6	-0.2	4.7	82	991.9	991.6	69617.5	69584.5	0.0	2.5
36	869.0	869.7	26374.6	26332.7	-0.2	4.5	84	995.5	995.4	71606.8	71573.7	0.0	2.5

----- 다음페이지 계속 -----

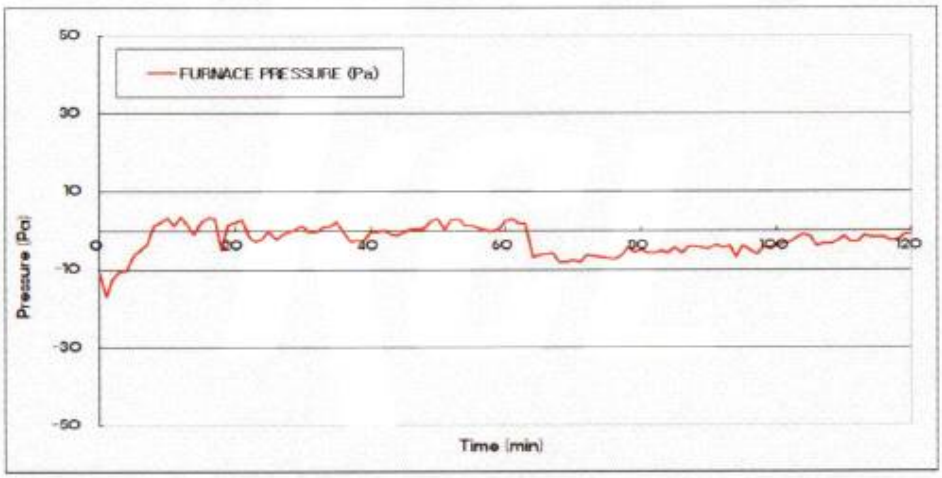
시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

※ 표준온도/실제온도/오차

시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)	시간 (min)	표준온도 (℃)	실제온도 (℃)	표준온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	실제온도 곡선에서의 온도·시간 면적 (℃·min)	오차 (%)	허용 오차 (%)
86	999.0	999.2	73603.1	73570.3	0.0	2.5	104	1027.5	1028.5	91864.3	91831.9	0.0	2.5
88	1002.5	1003.0	75606.3	75573.8	0.0	2.5	106	1030.2	1031.5	93923.5	93891.9	0.0	2.5
90	1005.8	1007.0	77616.4	77584.7	0.0	2.5	108	1033.0	1033.9	95988.2	95957.8	0.0	2.5
92	1009.1	1008.3	79633.0	79602.2	0.0	2.5	110	1035.8	1036.5	98058.4	98026.0	0.0	2.5
94	1012.4	1015.0	81656.1	81625.3	0.0	2.5	112	1038.5	1038.0	100134.0	100102.5	0.0	2.5
96	1015.5	1017.3	83685.6	83652.8	0.0	2.5	114	1041.1	1041.5	102215.0	102182.5	0.0	2.5
98	1018.6	1018.7	85721.3	85689.6	0.0	2.5	116	1043.8	1044.7	104301.2	104269.7	0.0	2.5
100	1021.6	1022.4	87763.0	87729.5	0.0	2.5	118	1046.3	1045.8	106392.5	106362.8	0.0	2.5
102	1024.6	1023.3	89810.7	89777.9	0.0	2.5	120	1048.8	1048.6	108488.9	108457.8	0.0	2.5

4) 시험체의 노 내 압력 (Pa)



※ 노 내 압력 표

Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)	Time (min)	노 내 압 력 (Pa)
0	-11.2	9	2.0	26	-2.3	44	-1.2	62	1.6	80	-4.9	98	-4.5	116	-1.6
1	-17.0	10	3.2	28	-0.4	46	0.3	64	-6.7	82	-5.6	100	-3.8	118	-2.2
2	-12.2	12	3.6	30	1.1	48	0.6	66	-6.1	84	-5.6	102	-2.7	120	-0.9
3	-10.5	14	-0.8	32	-0.4	50	3.0	68	-8.1	86	-5.7	104	-1.0		
4	-10.2	16	3.3	34	0.8	52	2.7	70	-7.7	88	-4.1	106	-3.8		
5	-6.2	18	-4.8	36	-0.2	54	1.3	72	-6.3	90	-4.6	108	-3.3		
6	-4.8	20	2.1	38	-2.4	56	0.7	74	-6.7	92	-4.5	110	-1.5		
7	-3.6	22	-1.4	40	-0.3	58	-0.1	76	-7.2	94	-6.9	112	-2.9		
8	1.2	24	-2.0	42	0.1	60	2.5	78	-4.4	96	-5.0	114	-1.6		

시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)
0	7.2	8.1	5.6	7.0	2.3	3.5	6.0	7.0	8.2	9.2	5.5	7.1
1	7.3	8.2	5.6	7.1	2.5	3.6	6.2	7.2	8.5	9.5	5.6	7.3
2	7.3	8.3	5.6	7.1	2.6	3.8	6.3	7.3	9.5	10.4	5.7	7.3
3	7.3	8.3	5.6	7.1	2.6	3.8	6.3	7.4	12.8	13.4	5.7	7.5
4	7.4	8.3	5.7	7.2	2.7	3.9	6.4	7.5	18.6	18.2	5.7	7.5
5	7.6	8.4	5.7	7.3	2.9	4.0	6.6	7.7	26.7	25.3	5.9	7.7
6	7.8	8.7	5.9	7.4	3.2	4.3	7.0	7.7	36.9	34.4	6.3	7.8
7	8.4	9.3	6.2	7.7	3.8	4.7	7.3	8.1	49.0	44.8	6.9	8.3
8	9.5	10.0	6.7	8.1	4.7	5.3	7.9	8.5	62.1	56.8	7.7	9.0
9	11.0	11.3	7.6	8.8	5.9	6.3	9.0	9.4	77.2	70.9	9.1	10.0
10	13.1	12.9	8.8	10.0	7.9	7.7	10.3	10.6	90.1	86.1	10.9	11.6
11	15.8	15.3	10.4	11.5	10.4	9.7	12.2	12.1	94.9	95.5	13.1	13.5
12	19.3	18.4	12.6	13.4	13.7	12.4	14.4	13.9	96.1	97.8	16.0	15.7
13	23.4	22.0	15.3	15.9	17.6	15.8	17.0	16.0	96.6	98.1	19.2	18.4
14	28.4	26.4	18.6	19.1	22.3	20.0	20.3	18.9	97.4	98.2	23.1	21.7
15	34.1	31.6	22.6	22.7	27.7	24.9	23.8	22.0	100.3	98.7	27.7	25.5
16	40.4	37.6	27.1	27.0	33.8	30.5	27.9	25.4	111.4	101.6	32.7	29.7
17	47.2	44.0	32.1	31.9	40.4	36.6	32.3	27.9	119.6	108.1	37.8	34.5
18	54.4	50.8	37.3	37.1	47.1	42.7	36.9	32.2	127.4	114.7	43.5	39.4
19	62.3	58.3	43.1	42.8	54.2	49.2	42.0	37.2	136.0	122.3	49.7	44.9
20	70.3	66.4	49.2	49.0	61.8	56.1	47.2	42.2	143.9	130.8	56.0	50.6
21	78.4	74.7	55.4	55.3	69.3	63.0	52.6	47.5	151.2	139.4	62.4	56.5
22	86.6	83.3	61.4	61.4	76.6	69.7	57.7	52.8	157.8	147.1	68.4	62.5
23	96.6	93.3	67.4	67.9	84.0	76.5	63.0	58.5	164.7	154.5	74.6	68.9
24	99.1	98.6	73.2	74.2	91.0	83.4	68.5	64.0	171.2	161.6	80.8	75.2
25	99.5	99.6	78.8	80.2	96.5	88.9	73.8	69.9	178.6	169.2	86.2	81.5
26	99.6	99.9	84.0	86.0	98.4	92.1	78.9	75.6	185.8	176.3	89.8	88.1
27	99.6	99.9	88.7	91.6	99.0	93.5	83.6	81.0	192.5	183.6	91.7	93.1
28	99.7	100.0	93.2	96.8	99.2	94.1	88.0	86.4	199.6	191.1	93.0	95.8
29	99.8	99.9	96.9	99.4	99.3	94.8	91.0	91.9	206.1	198.2	93.9	97.3
30	99.7	99.9	98.7	100.0	99.4	95.0	93.1	96.0	212.2	205.0	94.9	98.3
31	99.6	99.9	99.4	100.3	99.3	94.9	94.4	98.3	218.3	211.6	95.5	98.7
32	99.7	99.8	99.5	100.3	99.4	94.9	95.2	99.0	223.8	217.9	96.2	99.1
33	99.7	99.8	99.8	100.3	99.3	94.8	96.2	99.3	229.8	224.4	96.8	99.3
34	99.8	99.8	99.8	100.3	99.2	94.6	96.5	99.6	235.6	230.8	97.8	99.5
35	99.8	99.8	99.9	100.4	99.2	94.7	97.1	100.1	241.4	237.3	98.2	99.5
36	99.8	99.8	100.0	100.4	99.2	94.4	97.1	100.5	246.7	243.1	99.0	99.6
37	99.7	99.7	100.0	100.5	99.2	94.4	97.3	101.2	251.3	248.9	99.6	99.8
38	99.8	99.6	100.0	100.3	99.1	94.4	97.5	101.9	256.3	254.8	100.4	99.7
39	99.7	99.5	100.0	100.5	99.1	94.3	97.5	101.9	260.5	260.2	100.9	99.6
40	99.8	99.5	100.0	100.4	99.1	94.0	97.2	103.5	264.0	265.1	101.3	99.8

시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)
41	99.8	99.5	100.0	100.3	99.0	94.2	97.1	104.6	267.3	269.8	102.0	100.3
42	99.7	99.4	99.9	100.3	98.8	94.3	96.9	105.0	270.3	274.0	102.3	100.9
43	99.6	99.3	100.0	100.4	99.0	94.0	97.2	105.7	274.2	277.7	102.9	101.1
44	99.6	99.4	99.9	100.3	98.8	94.1	97.2	106.3	277.2	280.9	103.1	101.3
45	99.6	99.4	99.9	100.3	98.8	93.7	97.2	106.2	280.2	283.9	103.4	101.8
46	99.5	99.4	99.9	100.3	98.7	94.1	97.4	106.6	282.4	286.9	103.8	102.0
47	99.5	99.2	99.9	100.3	98.7	93.9	97.7	106.2	284.6	289.2	103.7	101.8
48	99.5	99.0	99.9	100.3	98.7	93.6	97.9	107.2	286.7	291.4	104.3	102.2
49	99.5	99.1	99.9	100.2	98.7	93.5	97.4	107.4	288.9	293.3	104.4	102.1
50	99.5	99.0	99.9	100.3	98.7	93.5	98.2	107.7	290.9	295.2	104.6	102.0
51	99.5	99.0	99.9	100.3	98.6	93.3	97.9	107.9	292.3	297.0	104.7	102.0
52	99.5	99.0	100.0	100.3	98.6	93.7	98.1	107.9	293.8	298.9	104.3	102.1
53	99.5	99.0	100.0	100.3	98.6	93.7	98.0	108.1	295.5	300.0	104.6	102.1
54	99.4	98.7	99.8	100.2	98.6	93.6	98.3	108.6	297.2	301.5	104.9	102.4
55	99.5	98.7	99.8	100.3	98.6	93.5	100.0	108.0	298.3	302.7	104.9	102.8
56	99.4	98.7	99.9	100.3	98.6	93.6	100.0	108.0	299.2	304.5	105.3	102.9
57	99.4	98.7	99.9	100.2	98.4	93.7	99.9	108.2	300.5	305.8	105.3	102.5
58	99.4	98.7	99.8	100.3	98.5	93.5	100.2	108.1	301.6	306.7	105.4	102.5
59	99.3	98.8	99.8	100.1	98.5	93.4	100.2	107.9	302.5	307.8	105.3	102.4
60	99.3	98.7	99.8	100.1	98.5	93.6	100.8	108.4	303.3	308.9	105.0	102.3
61	99.2	98.6	99.8	100.0	98.5	93.5	100.2	108.4	304.4	309.8	105.3	102.3
62	99.2	98.6	99.8	100.1	98.7	93.4	100.8	108.7	305.3	310.7	105.3	102.4
63	99.2	98.7	99.8	100.1	98.5	93.2	100.4	108.5	306.1	311.5	104.9	102.1
64	99.1	98.6	99.8	100.1	98.6	93.1	100.6	108.4	306.7	312.4	105.0	102.1
65	99.1	98.6	99.8	100.1	98.7	93.4	100.8	108.1	307.6	313.0	105.5	102.1
66	99.1	98.6	99.8	100.0	98.7	93.4	100.7	108.4	308.1	313.8	105.5	102.3
67	99.0	98.6	99.8	100.0	98.7	92.8	101.1	109.2	308.5	314.9	105.4	102.3
68	99.1	98.6	99.8	100.0	98.6	92.7	101.2	109.4	309.0	315.4	105.6	102.5
69	99.0	98.4	99.7	100.0	98.7	92.7	101.5	109.2	309.8	316.2	105.4	102.1
70	98.9	98.3	99.7	99.9	98.7	92.7	101.3	109.2	310.3	316.8	105.5	102.3
71	98.9	98.3	99.9	100.1	98.7	92.7	101.3	109.5	311.0	317.3	105.7	102.6
72	99.0	98.1	99.8	100.0	98.7	92.7	101.4	108.7	311.6	318.0	106.0	102.4
73	98.7	98.1	99.8	100.0	98.6	92.7	101.6	108.7	312.1	318.8	106.2	102.1
74	98.8	98.2	99.6	100.0	98.6	91.9	101.2	108.7	313.0	319.2	106.2	102.1
75	98.8	98.4	99.6	100.1	98.6	92.3	101.6	108.7	313.5	319.5	106.5	102.0
76	99.1	99.1	99.6	100.1	98.6	91.8	101.4	108.9	314.0	319.9	106.6	102.1
77	100.3	104.9	99.7	100.1	98.6	91.1	101.7	109.2	314.7	320.5	106.8	102.4
78	102.3	112.2	99.7	99.9	98.5	90.7	101.6	109.2	315.3	321.2	106.9	102.0
79	104.7	118.4	99.7	100.0	98.3	90.3	101.6	109.9	315.8	322.2	107.2	102.1
80	114.1	124.8	99.8	100.0	98.2	89.8	102.0	109.9	316.2	322.5	107.9	102.0





시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH1 (℃)	CH2 (℃)	CH3 (℃)	CH4 (℃)	CH5 (℃)	CH6 (℃)	CH7 (℃)	CH8 (℃)	CH9 (℃)	CH10 (℃)	CH11 (℃)	CH12 (℃)
81	119.8	131.1	99.7	100.2	98.3	89.2	102.0	109.9	316.7	322.7	108.6	102.1
82	124.8	136.5	99.8	100.2	99.2	88.3	102.2	109.9	317.3	323.3	109.8	102.4
83	130.1	141.5	99.6	100.0	104.6	90.7	102.3	110.6	317.4	324.2	110.9	102.9
84	135.4	145.6	99.7	100.0	111.4	99.2	102.2	110.3	317.9	324.8	112.1	102.9
85	140.3	149.6	99.7	100.0	116.7	105.9	102.9	110.3	319.1	325.1	113.9	102.5
86	144.8	153.1	99.8	100.2	121.3	111.0	103.4	110.5	319.5	325.4	116.3	108.3
87	148.8	157.0	99.7	100.2	125.7	115.6	103.5	110.6	319.7	326.4	118.7	110.4
88	152.3	161.3	99.6	100.0	129.9	119.7	104.2	111.1	319.9	326.7	121.1	113.3
89	155.9	165.1	99.5	99.9	134.0	123.5	104.7	111.0	319.9	327.3	123.8	116.9
90	159.3	168.7	99.6	99.9	138.6	127.0	105.6	110.9	320.1	328.2	126.7	120.2
91	163.3	172.2	99.6	99.9	143.3	130.3	106.3	111.3	321.3	328.2	129.6	124.3
92	166.6	176.2	99.9	99.9	147.9	133.6	107.5	111.9	322.3	328.5	133.1	128.6
93	170.1	179.8	99.9	100.0	152.4	136.6	108.8	112.7	322.3	329.2	136.6	132.1
94	173.3	183.0	99.9	99.9	156.4	139.8	110.4	113.2	323.7	329.3	139.9	136.0
95	176.6	186.3	99.9	99.9	160.4	143.2	112.4	114.1	324.0	329.7	143.2	139.6
96	179.6	189.1	99.9	99.8	164.9	146.5	114.6	115.5	324.4	330.8	146.3	142.4
97	182.7	191.9	100.0	99.9	168.9	149.5	116.9	116.7	324.7	331.1	149.7	145.9
98	186.3	194.8	100.4	99.9	172.6	152.8	119.2	119.1	324.8	331.5	152.5	148.4
99	189.1	197.3	100.4	100.0	176.3	155.4	121.8	121.7	325.0	332.0	155.7	151.4
100	192.0	199.9	100.5	99.7	180.0	158.6	124.7	125.4	325.8	332.5	158.6	153.9
101	195.0	202.4	100.8	99.5	182.9	161.6	127.4	130.0	326.4	332.8	161.3	156.1
102	198.0	204.7	101.2	100.1	186.4	164.4	130.4	134.0	325.8	333.3	164.1	159.3
103	199.8	207.4	101.4	100.4	189.0	167.2	133.1	137.0	326.4	334.1	166.7	161.5
104	202.6	209.9	101.8	101.1	191.5	170.1	136.1	139.9	326.5	334.4	169.1	163.8
105	205.1	212.2	102.4	104.1	194.1	173.0	139.1	143.3	326.9	334.5	171.7	166.3
106	207.4	214.5	103.7	107.8	197.0	175.4	142.2	147.1	327.7	334.7	174.6	168.9
107	209.7	216.6	105.5	112.4	200.0	177.5	145.1	150.1	328.0	335.2	177.0	172.5
108	212.2	218.5	107.9	116.6	202.4	179.8	148.0	152.8	328.4	335.3	179.3	174.2
109	214.3	220.6	111.2	119.9	204.6	182.1	150.6	154.4	328.8	336.0	181.3	175.6
110	216.2	222.6	115.0	123.8	207.0	184.3	153.1	156.7	329.1	336.5	183.7	177.7
111	218.3	224.3	118.8	128.4	209.5	186.4	156.1	159.1	328.9	336.9	185.8	180.0
112	220.2	226.1	122.4	132.3	211.3	188.6	158.9	162.4	329.1	337.7	188.4	181.6
113	222.2	227.8	125.8	136.0	213.8	190.7	161.6	165.3	329.2	338.0	190.2	183.0
114	223.7	229.3	129.4	140.4	216.6	192.5	164.1	169.0	329.7	338.1	192.6	186.5
115	225.5	230.9	132.9	143.2	218.3	194.9	166.5	170.4	330.0	338.4	194.6	188.0
116	227.4	232.5	136.8	145.7	220.3	196.3	169.6	172.9	331.2	339.2	196.7	189.1
117	228.4	234.0	140.3	148.4	222.3	197.7	172.1	175.6	331.4	340.0	198.7	190.7
118	229.7	235.5	144.0	151.3	224.2	199.4	174.3	178.5	331.8	340.3	200.8	192.3
119	230.9	236.9	147.5	153.8	226.2	200.6	176.4	181.9	332.4	340.0	202.8	193.5
120	232.8	237.7	151.1	156.8	227.7	202.4	178.3	183.3	332.9	340.2	205.0	195.9

시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH13 (℃)	CH14 (℃)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)
0	5.3	6.4	7.3	8.1	7.7	8.4	7.3	8.4	6.9	9.7	7.7	8.9
1	5.3	6.4	7.6	8.5	8.0	8.7	7.7	8.8	7.1	10.6	8.0	9.3
2	5.3	6.6	8.5	9.1	8.7	9.4	8.7	9.9	8.1	11.7	9.0	10.3
3	5.4	6.6	11.5	11.4	11.0	11.4	12.4	13.3	11.7	13.4	12.4	13.5
4	5.4	6.6	16.9	15.6	15.7	15.4	19.3	19.5	17.8	20.1	19.1	19.2
5	5.4	6.8	24.3	22.1	22.2	21.4	29.2	28.0	26.1	27.4	28.2	26.9
6	5.6	6.9	33.7	30.7	30.7	28.8	42.1	38.6	36.3	36.7	39.4	36.1
7	6.0	7.2	44.9	41.6	40.7	37.8	58.0	50.8	48.2	47.1	52.1	46.9
8	6.5	7.7	57.6	54.0	51.3	47.7	76.2	64.7	61.6	60.4	65.2	58.6
9	7.4	8.5	72.8	70.5	63.6	58.9	92.0	81.5	77.4	66.6	77.1	70.8
10	8.7	9.8	90.0	89.8	76.6	70.6	96.3	94.0	95.1	90.2	84.8	80.6
11	10.3	11.7	98.7	102.2	88.4	81.8	96.5	97.1	100.8	97.8	88.9	87.3
12	12.6	14.0	101.2	104.8	94.9	90.4	96.3	97.5	104.3	99.2	92.7	91.9
13	15.4	16.9	104.3	107.0	96.6	94.6	96.0	97.3	107.4	100.3	101.1	95.9
14	19.0	20.6	106.6	109.1	97.1	96.6	95.9	97.3	109.1	101.3	108.7	104.6
15	23.3	24.8	107.8	111.6	97.4	98.1	95.5	97.5	110.4	100.3	116.8	111.6
16	27.9	29.5	108.9	114.2	100.5	103.0	95.3	102.1	111.6	100.4	125.7	118.5
17	33.0	34.8	109.6	116.1	103.1	109.6	95.0	113.3	112.7	102.3	134.8	126.7
18	38.1	40.3	110.1	117.8	111.7	116.5	95.1	122.4	113.6	104.7	143.3	134.3
19	44.5	46.7	110.5	120.1	118.7	124.0	99.9	131.9	114.5	106.6	152.5	142.6
20	50.9	53.9	111.1	123.5	126.5	131.6	116.7	142.1	115.6	109.1	161.6	150.5
21	57.3	61.7	113.4	129.9	134.2	138.6	129.7	152.5	117.9	113.7	170.5	158.2
22	63.8	70.7	116.7	138.2	141.1	145.3	141.8	162.5	122.5	120.2	178.2	165.7
23	70.4	80.1	125.2	147.7	147.8	151.9	153.0	173.0	131.6	129.0	186.3	173.3
24	76.7	88.4	135.2	156.4	154.3	158.5	162.9	182.8	141.8	138.2	193.6	180.8
25	82.8	95.3	144.8	165.2	161.0	165.3	172.8	192.4	151.8	146.9	200.5	188.1
26	88.4	98.4	153.8	174.5	167.6	172.3	182.3	201.4	161.1	155.3	207.4	195.9
27	92.4	99.2	161.6	184.4	174.2	179.2	191.4	209.8	169.8	162.8	213.9	203.9
28	94.9	99.5	169.3	195.5	181.0	186.4	200.6	217.1	178.4	171.0	220.6	211.0
29	96.4	99.6	177.1	207.0	188.1	193.3	209.7	225.0	187.4	179.6	227.9	218.6
30	97.2	99.8	185.1	218.0	195.0	200.2	218.0	232.1	195.9	188.0	235.0	225.3
31	97.5	100.0	192.5	227.9	201.7	206.7	226.2	240.1	204.5	196.0	242.4	232.7
32	97.7	99.9	200.3	237.2	207.6	212.5	233.8	247.1	213.0	204.4	249.4	239.4
33	97.8	100.0	207.4	246.9	213.6	218.7	241.6	254.8	221.0	211.8	256.5	246.6
34	98.1	99.9	214.6	256.7	219.2	224.7	249.3	262.0	228.8	219.7	263.4	253.7
35	98.0	100.0	221.4	268.7	225.2	230.6	257.2	269.4	236.5	227.2	269.7	260.9
36	98.2	100.0	227.6	280.4	231.1	236.8	264.9	276.1	244.2	235.0	276.1	267.3
37	98.1	100.1	234.2	290.8	237.3	242.4	272.2	282.6	251.9	242.5	282.5	273.8
38	98.1	100.1	240.9	300.9	243.3	248.5	279.5	289.2	259.5	250.2	288.3	279.6
39	97.9	100.2	246.4	310.2	249.3	254.3	285.6	295.6	266.5	257.2	294.2	285.3
40	98.0	100.2	252.5	319.4	255.1	259.8	291.2	301.7	273.6	264.1	300.0	290.7

시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH13 (℃)	CH14 (℃)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)
41	97.9	100.0	257.9	328.3	260.5	264.8	296.3	307.9	280.4	270.6	305.6	295.3
42	97.9	99.9	262.2	336.0	265.4	269.2	300.7	313.6	286.3	276.4	310.7	299.2
43	97.9	100.0	267.7	343.6	269.8	273.2	304.5	318.6	291.5	282.1	315.7	303.4
44	98.1	99.9	272.3	351.6	273.6	276.7	307.9	323.5	296.5	287.2	320.1	307.2
45	98.1	99.9	276.7	359.1	276.8	280.0	310.7	327.9	301.1	292.0	324.5	310.7
46	98.1	99.9	281.5	366.4	279.7	283.1	313.3	331.6	305.2	296.3	327.8	313.2
47	98.1	99.9	284.8	372.0	282.4	285.9	315.7	335.2	308.8	300.0	330.9	316.0
48	98.0	99.8	287.7	376.8	284.7	288.3	317.7	338.3	311.8	303.5	333.2	318.1
49	98.0	99.8	291.4	381.4	286.7	290.7	319.6	340.5	314.7	306.5	335.3	319.9
50	97.8	99.9	294.2	385.1	288.8	292.7	321.1	342.2	317.6	309.6	337.4	322.0
51	98.1	99.8	296.7	388.6	290.6	294.6	322.7	343.9	320.3	312.3	339.0	323.7
52	97.8	99.8	298.3	391.4	292.2	296.6	324.4	345.4	322.3	314.5	340.5	325.9
53	97.8	99.8	300.4	393.8	293.6	298.4	325.8	347.2	324.5	316.9	341.6	327.8
54	97.9	99.8	302.5	396.5	295.4	300.1	327.1	348.4	326.5	319.2	342.8	329.5
55	97.8	99.8	303.6	398.6	296.7	301.6	328.4	349.7	328.4	320.8	344.0	331.2
56	97.9	99.8	304.9	400.1	298.1	303.2	329.6	351.0	330.1	322.2	344.9	332.7
57	97.8	99.6	306.6	402.0	299.4	304.4	330.8	352.0	331.6	324.2	345.2	333.4
58	97.8	99.6	308.4	403.3	300.4	305.9	331.5	352.1	332.9	325.5	345.7	333.7
59	97.8	99.6	309.4	404.7	301.5	307.0	332.7	353.0	334.0	327.1	346.3	334.6
60	97.8	99.6	311.5	405.5	302.2	308.3	333.7	353.9	335.1	327.8	346.7	335.6
61	97.8	99.5	312.3	405.6	303.2	309.5	334.5	355.1	336.0	328.9	347.2	336.0
62	97.8	99.4	313.9	406.9	304.3	310.7	335.3	355.8	336.8	329.4	347.6	336.5
63	97.7	99.5	314.3	407.3	305.2	311.7	336.1	356.2	337.5	330.3	348.0	337.4
64	97.9	99.3	316.0	408.1	305.9	312.7	336.6	356.2	338.0	331.1	348.3	337.3
65	97.7	99.3	316.8	408.7	306.6	313.6	337.1	356.1	338.5	331.5	348.7	337.4
66	97.5	99.2	316.6	408.7	307.6	314.6	337.9	357.9	338.9	332.1	349.6	338.8
67	97.6	99.4	316.5	409.4	308.4	315.4	338.5	358.9	339.4	332.7	350.6	340.4
68	97.5	99.4	316.2	410.3	309.5	316.3	339.6	360.0	340.2	333.1	351.6	342.2
69	97.3	99.3	316.4	410.5	310.5	317.0	340.2	360.4	340.7	333.7	352.3	343.3
70	97.6	99.2	316.1	410.5	311.0	317.8	340.7	361.0	341.4	334.7	352.9	343.9
71	97.5	99.3	317.1	411.1	311.5	318.7	341.6	362.4	341.9	335.3	353.8	345.0
72	97.4	99.1	318.0	411.7	312.1	319.4	342.3	363.5	342.6	336.0	353.8	345.4
73	97.3	99.0	317.7	411.9	312.8	319.9	342.8	363.6	343.2	336.9	354.3	345.6
74	97.6	99.0	319.0	412.6	313.1	320.4	343.3	363.5	343.6	337.9	354.5	345.0
75	97.3	98.9	320.5	413.6	314.0	321.0	343.6	363.9	344.3	338.7	355.3	345.1
76	97.4	98.8	320.9	413.9	314.5	321.7	344.6	365.0	344.9	338.7	356.2	345.9
77	97.2	98.8	321.4	414.1	314.8	322.2	345.1	365.8	345.1	339.1	356.7	346.8
78	97.2	98.7	320.4	413.8	315.3	322.9	345.9	366.4	345.6	339.7	357.4	347.8
79	97.2	99.0	321.5	414.7	316.0	323.6	346.6	367.4	346.0	340.0	358.3	349.2
80	97.2	98.7	322.2	415.3	316.8	324.2	347.2	367.9	346.6	341.0	359.1	349.7





시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

5) 비가열면 온도 (℃)-계속

시간 (min)	CH13 (℃)	CH14 (℃)	CH15 (℃)	CH16 (℃)	CH17 (℃)	CH18 (℃)	CH19 (℃)	CH20 (℃)	CH21 (℃)	CH22 (℃)	CH23 (℃)	CH24 (℃)
81	97.2	98.6	323.6	416.3	317.6	324.8	347.7	368.4	347.3	341.6	359.6	350.0
82	97.1	98.5	324.0	417.2	318.2	325.5	348.6	369.9	347.8	342.5	360.5	351.5
83	97.3	98.4	324.9	418.8	318.9	326.2	349.2	370.6	348.7	342.9	361.6	352.7
84	97.1	97.9	325.3	420.9	319.4	326.9	349.7	371.2	349.2	343.5	362.0	353.5
85	97.1	98.1	325.6	420.4	319.7	327.3	350.2	371.7	349.2	343.8	362.1	353.6
86	97.1	98.3	326.7	420.5	319.9	327.9	350.9	372.4	349.7	344.6	363.1	354.6
87	97.2	98.1	326.9	421.4	320.4	328.5	351.4	373.1	350.4	345.2	363.7	355.3
88	97.2	97.8	327.2	422.6	321.0	329.1	351.9	373.7	350.9	345.7	364.3	356.1
89	96.9	97.4	326.2	422.0	321.5	329.6	352.4	374.3	351.5	346.3	364.8	355.9
90	96.9	97.3	325.3	421.6	321.8	329.9	353.1	374.9	351.9	346.8	365.2	356.4
91	96.9	97.4	326.0	422.3	322.5	330.4	353.5	375.6	352.4	347.6	366.0	357.1
92	97.0	97.4	327.2	422.6	322.8	331.1	354.2	376.6	353.2	348.3	366.6	357.8
93	96.8	97.3	328.0	423.6	323.5	331.6	354.7	377.4	353.6	348.6	367.9	358.7
94	96.5	97.1	328.0	423.9	324.0	332.2	355.3	378.2	354.2	349.2	368.4	359.3
95	96.4	97.3	328.4	424.1	324.5	332.9	355.8	378.9	354.7	349.9	369.2	360.0
96	96.6	101.6	329.1	425.0	325.1	333.4	356.1	379.2	355.4	350.8	369.7	360.4
97	96.2	105.8	329.2	425.7	325.3	333.8	356.6	379.6	355.8	351.0	370.4	361.0
98	96.0	109.3	329.1	425.8	325.8	334.2	357.2	380.4	356.3	351.6	370.7	361.2
99	96.1	112.7	329.6	426.3	326.2	334.8	357.7	381.5	356.4	351.8	371.2	361.5
100	96.1	116.2	330.8	427.0	326.5	335.4	358.2	381.9	356.8	352.2	372.0	362.1
101	96.1	119.9	331.7	427.8	326.8	335.7	358.7	382.4	357.4	353.2	372.4	362.4
102	96.1	124.3	331.6	428.2	327.2	336.1	359.0	383.0	357.7	353.2	373.2	363.1
103	97.2	127.8	331.5	429.9	327.8	336.8	359.5	383.8	358.0	353.6	373.7	363.5
104	103.7	131.3	331.8	429.6	328.1	337.2	359.7	384.1	358.7	354.3	374.2	363.6
105	108.9	135.3	332.6	429.7	328.5	337.4	360.1	384.5	359.1	354.8	374.7	364.0
106	113.5	139.7	333.4	430.9	329.0	337.9	360.7	385.1	359.5	355.2	375.3	364.4
107	117.6	143.2	333.7	431.4	329.2	338.4	361.2	386.3	359.8	355.6	376.0	365.2
108	121.7	146.7	333.6	431.1	329.7	338.7	361.8	386.9	360.3	356.1	376.5	365.5
109	126.2	149.8	333.3	431.0	330.1	339.3	362.4	387.3	360.6	356.3	377.0	365.8
110	130.4	152.8	333.3	431.2	330.1	339.7	362.8	387.9	360.7	356.6	377.3	366.0
111	134.0	155.9	333.6	431.4	330.2	340.1	363.1	388.4	361.0	356.7	377.5	366.2
112	137.2	158.8	334.6	432.1	330.5	340.4	363.4	389.1	361.2	357.3	378.2	366.9
113	140.6	161.6	335.5	433.7	330.5	340.8	363.5	389.7	361.6	358.0	378.6	367.2
114	143.9	164.5	336.4	435.1	331.0	341.2	363.9	390.1	361.6	358.1	379.4	367.9
115	146.0	166.8	336.0	434.9	331.6	341.5	364.2	390.7	362.2	358.9	380.0	368.1
116	148.7	169.7	336.3	434.9	332.0	342.0	364.5	391.2	362.4	359.0	380.4	368.5
117	151.5	172.0	337.6	435.5	332.3	342.3	365.0	392.0	362.9	359.7	380.6	368.5
118	154.3	174.1	338.7	436.3	332.8	342.7	365.4	392.4	363.5	360.2	381.4	368.8
119	156.9	176.4	339.3	437.0	333.0	343.1	365.8	392.9	363.6	360.6	381.7	369.2
120	159.5	178.3	339.1	437.0	333.3	343.5	365.9	393.7	364.0	361.1	381.9	369.6

※ 평균 상승온도 (℃) : 270.9
※ 최고 상승온도 (℃) : 430.0
※ 초기 온도 (℃) : 7.0

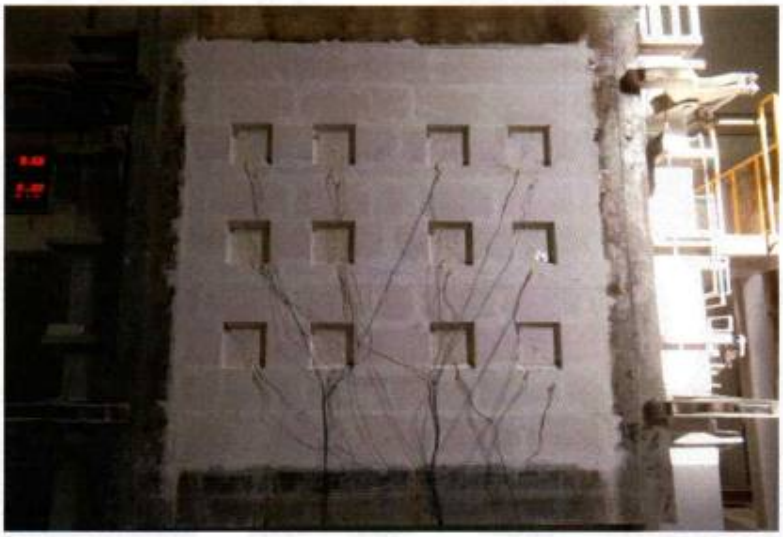




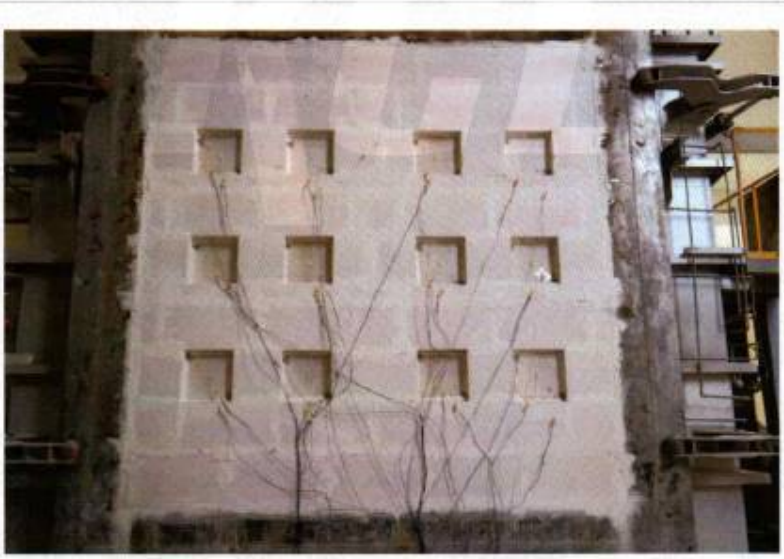
시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

6) 내화시험 사진 (비가열면)



< 시험 전 사진 >

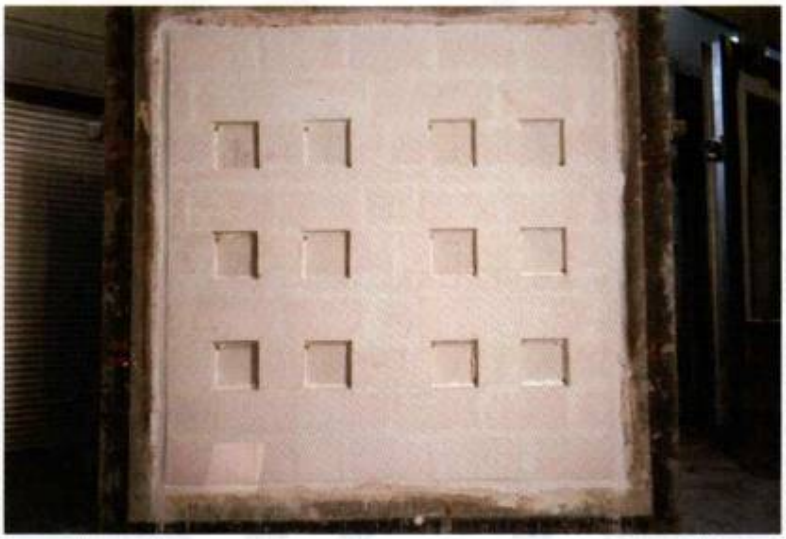


< 시험 후 사진 >

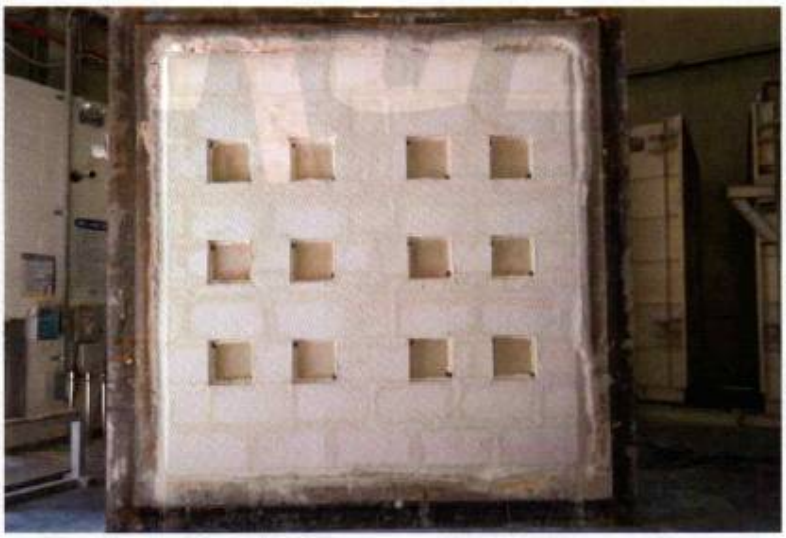
시험성적서

성적서번호 : CT21-002219K

6) 내화시험 사진 (가열면) -계속



< 시험 전 사진 >



< 시험 후 사진 >

----- 끝 -----

[증빙 1-3] 보강재 질적성과 시험성적서(가스유해성)

the way to trust KCL

5807-7763-6558-3748

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT20-136325K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : 공주대학교산학협력단
   ○ 주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동,공주대학교산학연구관)
3. 시험기간 : 2020년 11월 26일 ~ 2021년 01월 05일
4. 시험성적서의 용도 : 연구과제 제출용
5. 시 료 명 : 보강재
6. 시험방법
   (1) KS F 2271:2019

확인	작성자 성 명	이성민	이성민	기술책임자 성 명	조재우	

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.

2021년 01월 05일

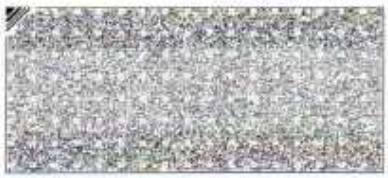
한국인정기구 인정 **한국건설생활환경시험연구원장**

결과문의 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 ☎ (043)210-8988

총 5페이지 중 1페이지

양식TQP-12-01-01(1)





시험성적서

성적서번호 : CT20-136325K

7. 시험결과

■ 가스유해성 시험결과

시험 일자	2021. 01. 04.

시험 항목	단위	시험 결과		시험 방법
		1회	2회	
시험용 흰 쥐 평균행동정지시간	분:초	14:56	14:59	KS F 2271:2019

■ 가스유해성 시험조건

가열 조건	부열원(LPG)으로 3분간 가열 후 다시 주열원(전열)으로 3분간 가열				
가열면 (의뢰자 제시)	가열면 별도 표시				
시험 환경	온도 (20~22) ℃, 습도 (48~50) % R.H.				
시험 시간 (분)	15				
시험용 흰 쥐	계통	ICR계 암놈	주령	5주	체중	(18 ~ 22) g
시험 장소	충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73				

■ 가스유해성 시편조건

크기 (㎜)	220 × 220			
두께 (㎜)	시편 1	24.3	시편 2	25.0
질량 (g)		1693.6		1757.2
밀도 (kg/㎥)		1440.0		1452.2
전처리	온도 (23 ± 2) ℃, 습도 (50 ± 5) % R.H.			
시험체 구성 (의뢰자 제시)	의뢰자 미제시			
시험체 사진				
	시험 전		시험 후	

시험성적서

성적서번호 : CT20-136325K

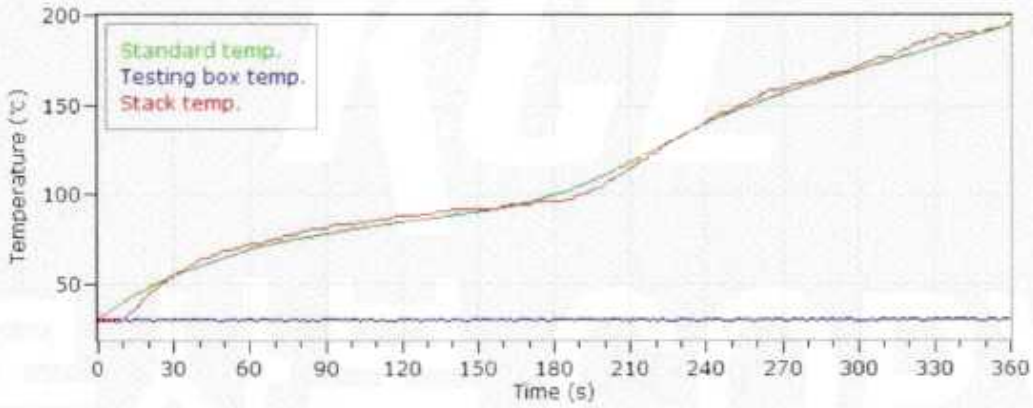
■ 표준판 시험

- 시험체 : 섬유강화 규산칼슘판

< 배기 온도 >

경과 시간 (s)	표준 온도 (℃)	측정 온도 (℃)	온도 편차 (℃)
0.0	30.0	30.0	0.0
60.0	70.0	73.0	3.0
120.0	85.0	88.1	3.1
180.0	100.0	96.2	-3.8
240.0	140.0	140.5	0.5
300.0	170.0	171.9	1.9
360.0	195.0	196.2	1.2

< 배기 온도곡선 >



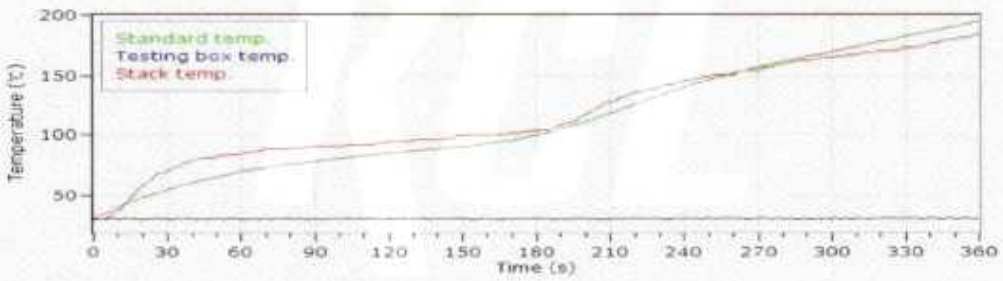
시험성적서

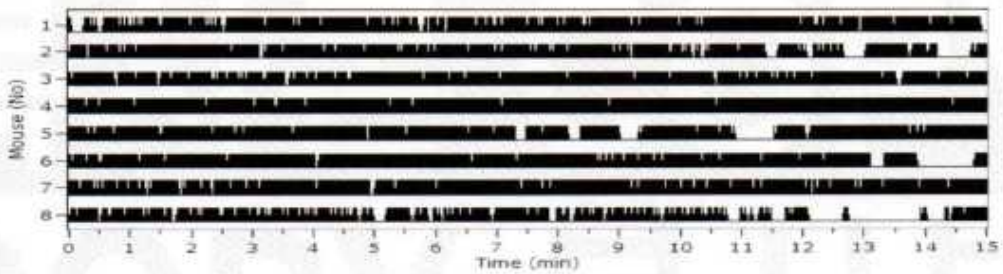
성적서번호 : CT20-136325K

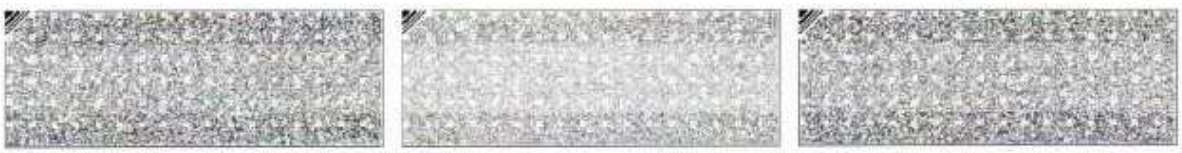
■ 가스유해성 시험결과 (시험체 1)

경과 시간 (s)	측정 온도 (℃)
0.0	30.1
60.0	85.0
120.0	94.4
180.0	104.4
240.0	145.3
300.0	165.2
360.0	183.6

회전상자	정지시간
M1	14 min 54 s
M2	14 min 59 s
M3	14 min 59 s
M4	14 min 59 s
M5	14 min 59 s
M6	14 min 59 s
M7	14 min 59 s
M8	14 min 59 s
평 균 값	14 min 58 s
표준편차	00 min 02 s
평균행동정지시간	14 min 56 s







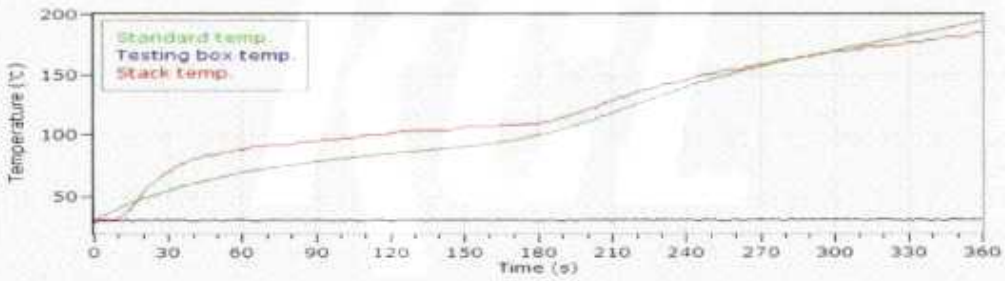
시험성적서

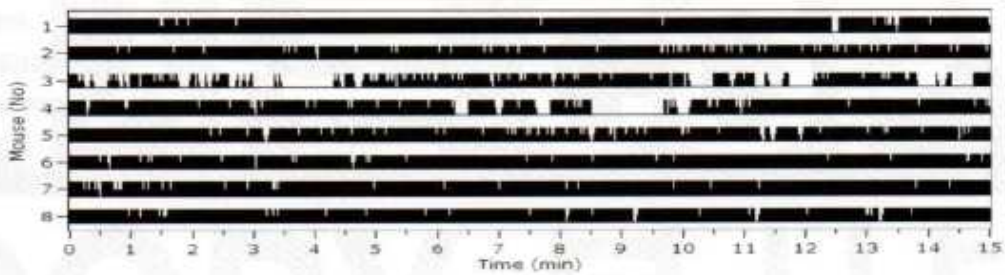
성적서번호 : CT20-136325K

■ 가스유해성 시험결과 (시험체 2)

경과 시간 (s)	측정 온도 (℃)
0.0	28.8
60.0	88.3
120.0	101.7
180.0	109.8
240.0	146.3
300.0	169.3
360.0	185.5

회전상자	정지시간
M1	14 min 59 s
M2	14 min 59 s
M3	14 min 58 s
M4	14 min 59 s
M5	14 min 59 s
M6	14 min 59 s
M7	14 min 59 s
M8	14 min 59 s
평 균 값	14 min 59 s
표준편차	00 min 00 s
평균행동정지시간	14 min 59 s





—— 끝 ——

[증빙 1-4] 보강재 질적성과 시험성적서(휨강도)

the way to trust KCL

3308-2346-4166-7037

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT21-039648K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : 공주대학교산학협력단
   ○ 주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동,공주대학교산학연구관)
3. 시험기간 : 2021년 03월 29일 ~ 2021년 04월 26일
4. 시험성적서의 용도 : 거래처 제출(국토교통부)
5. 시 료 명 : OSA 0.6U 1:5
6. 시험방법
   (1) KS L ISO 679:2006
7. 시험결과

1) OSA 0.6U 1:5

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
휨강도1	N/㎟	(1)	4.3	(20±2) ℃, (65±10) % R.H.	A
휨강도2	N/㎟	(1)	4.0		
휨강도3	N/㎟	(1)	3.8		

※ 시험체 의뢰자 제작

※ 시험장소

A : 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73

----- 끝 -----

확인	작성자 성 명	김경훈	김경훈	기술책임자 성 명	신홍철

비고 : 1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2021년 04월 26일

한국건설생활환경시험연구원장

한국건설생활환경시험연구원장인

결과문의 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 ☎ (043)210-8982

총 1페이지 중 1페이지

양식TQP-12-01-03(1)





[증빙 2-1] 보수재 질적성과 시험성적서(부착강도, 습기투과성,물흡수계수)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재울로 68(가좌동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-2019-148839
대 표 자 : 임경호
업 체 명 : 공주대학교산학협력단
주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동, 공주대학교 산학연구관)

접 수 일 자 : 2019년 08월 13일
시험완료일자 : 2019년 11월 13일

시 료 명 : 보수재C(OS 배합비 10%)

시 험 결 과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
습기투과성	m	-	1.5	KS F 4716 : 2016(준용)
물흡수계수	$kg/m^2h^{0.5}$	-	0.02	KS F 4716 : 2016(준용)
부착강도(표준양생)	MPa	-	1.2	KS F 4716 : 2016(준용)

* 배합비(질량비)
보수재C : OS = 100 : 10

- 용 도 : 제출용(국토교통부)

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Park Sanghyo
작성자 : 박상효
Tel : 032-570-9643

Jong-Kuk Kwon
기술책임자 : 권종국
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2019년 11월 13일

KTR 한국화학융합시험연구원장

위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재울로 68(가좌동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-2019-148843
대 표 자 : 임경호
업 체 명 : 공주대학교산학협력단
주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동, 공주대학교 산학연구관)

접 수 일 자 : 2019년 08월 13일
시험완료일자 : 2019년 11월 13일

시 료 명 : 보수재C(OS 배합비 20%)

시 험 결 과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
습기투과성	m	-	1.5	KS F 4716 : 2016(준용)
물흡수계수	$kg/m^2h^{0.5}$	-	0.02	KS F 4716 : 2016(준용)
부착강도(표준양생)	MPa	-	1.6	KS F 4716 : 2016(준용)

* 배합비(질량비)
보수재C : OS = 100 : 20

- 용 도 : 제출용(국토교통부)

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Park Sanghyo
작성자 : 박상효
Tel : 032-570-9643

Jong-Kuk Kwon
기술책임자 : 권종국
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2019년 11월 13일

KTR 한국화학융합시험연구원장

위변조 확인용 QR code

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재울로 68(가좌동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-2019-148843
대 표 자 : 임경호
업 체 명 : 공주대학교산학협력단
주 소 : 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동, 공주대학교 산학연구관)

접 수 일 자 : 2019년 08월 13일
시험완료일자 : 2019년 11월 13일

시 료 명 : 보수재C(OS 배합비 20%)

시 험 결 과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
습기투과성	m	-	1.5	KS F 4716 : 2016(준용)
물흡수계수	$kg/m^2h^{0.5}$	-	0.02	KS F 4716 : 2016(준용)
부착강도(표준양생)	MPa	-	1.6	KS F 4716 : 2016(준용)

* 배합비(질량비)
보수재C : OS = 100 : 20

- 용 도 : 제출용(국토교통부)

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Park Sanghyo
작성자 : 박상효
Tel : 032-570-9643

Jong-Kuk Kwon
기술책임자 : 권종국
Tel : 1577-0091(ARS ①→④)

2019년 11월 13일

KTR 한국화학융합시험연구원장

위변조 확인용 QR code

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

전자문서본(Electronic Copy)

[증빙 3-1] 공법관련 증빙(시방서)

『가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발』 보강재 시공 특기시방서

2021. 6.

화재확산 방지 보강재 개구부 보강 공법

1. 일반사항

1.1. 적용범위

본 절은 외단열 공법으로 미장 마감된 기존 공동주택의(10층 이하의 건물에 한함) 화재확산 방지를 위해 외부 개구부의 측면 및 상부에 설치하는 보강재로 탄산칼슘계 보드(이하, 보강재)를 설치하는 공법에 대해 규정한다.

1.2. 참조규격

본 공법과 관련이 있는 사항 중 언급되지 않은 사항에 대해서는 다음의 규격에 따른다.

KS F 4715 얇은 마루리용 벽바름재
KS F 4716 시멘트계 바탕바름재
KS F 4910 건축용 실링재
KS L 6201 포틀랜드 시멘트
KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법
46030 외단열
42580 실링 공사

1.3. 품질

시공자격 : 의장공사업 이상의 면허소지자로 공사착수 전에 면허사본과 실적증명서를 제출하여 감독원의 승인을 받는다.
견본제출 : 필요시 견본 제출을 요청하여 현장에 비치한다.
공사 전 협의 : 사전에 보강재의 시공에 필요한 사항을 감리자와 시공자가 협의한다.
인증서제출 : 내화성능 및 휨강도에 대한 시험성적서 등을 확인하여, 설계요구조건에 적합한 자재로 시공한다.

1.4. 운송, 보관, 취급

1.4.1 운송

(1) 제품이 손상되지 않도록 주의하여 운반하며, 포장에 도면에 작성된 설치 개구부의 위치 번호 혹은 위치를 알 수 있는 표시를 해주거나 크기를 표시하여야 한다.

1.4.2 보관

(1) 보강재는 직사일광, 다습한 곳, 눈, 비가 직접 닿는 곳을 피하여 실내의

환기가 잘되는 곳에 용도 및 종류별로 구분하여 보관한다.
(2) 부득이 옥외보관의 경우 지면에 각목을 깔고 적재한 후 비닐 커버를 씌워 보관한다.
(3) 보강재 위에 중량물을 올려놓지 않도록 한다. 현장 반입된 보강재는 2개월 이상 방치하지 않아야 한다.
(4) 자재는 제조업체의 권장사항에 따라 깨끗하고 건조하며 환기가 잘되는 장소에서 보관한다.
(지면에서 이격시켜 보관한다.)
(5) 저장된 자재는 비, 햇빛, 과도한 열로부터 보호한다.
(6) 보관온도는 최저 4℃ 이상, 최고 30℃ 이하인 장소에서 보관한다.

1.4.3 취급
(1) 포장이 터지거나 찢어지지 않도록 유의하여 취급한다.
(2) 모서리 및 마감 면 등의 외부 육안 검사를 통해 파손, 균열 등을 확인하며 손상이 된 자재는 원칙적으로 사용을 금하되 경미한 손상의 경우 감독원에게 보고 후, 사용 여부를 결정한다.

1.5. 현장 수량 검측
작업 전 현장 실측을 원칙으로 한다.

1.6. 공정계획
전체공사가 계획대로 완성될 수 있도록 연관공사와의 연결 부위의 정합성, 공사 시공한계, 시공순서, 공사착수 시기, 공사 진행속도, 공사준비, 보호 및 가설시설 등의 적합성에 대하여 모든 공사 관련자와 협의, 조정하여 공정계획을 작성한다.

1.7. 유지관리 장비 및 자재
준공 후 유지 보수를 위한 여분의 자재 및 부자재는 계약서에 명시된 수량을 제공하며, 유지/보수 공구는 현장 대리인이 감독원의 인수 확인서에 확인을 받아 진행한다.

2. 재 료

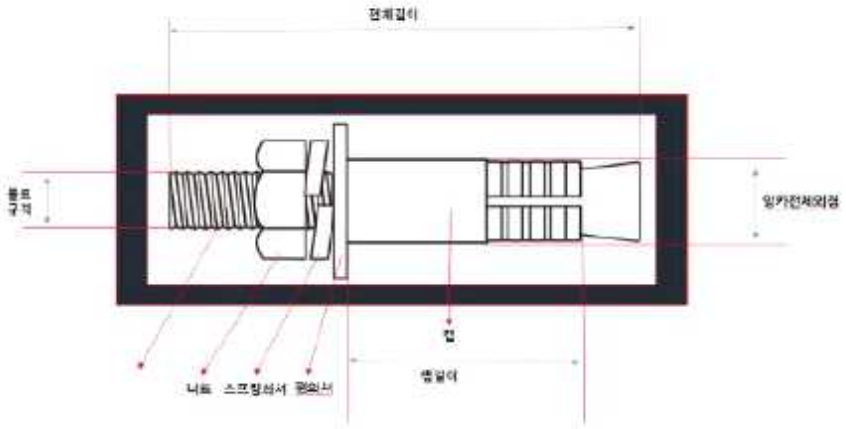
2.1. 재료
2.1.1 보강재
(1) 구성 : 보강재는 탄산칼슘계의 필러(혹은 골재)를 주원료로 하여 무기계 바인더를 통해 제작된 판재로 한다.
(2) 제작 방법 및 규격
KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법의 6.1 배합방법을 준용하여 1:5 비율

이상의 배합을 사용한다.
보강재의 제작 두께 대비 1/2 혹은 1/3 지점에 보강용 유리섬유 메쉬를 설치한다. 규격은 실측에 따른 개구부 크기에 따라 결정한다. 보강재는 상부의 차양 보강재, 측면의 가림막 보강재로 구분한다.

바인더는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하며, 동등 이상 성능의 내화시멘트 등의 사용이 가능하다. (ASTM C 150 Type I or II, 또는 KS기준(KS L 5201 1종)에 부합하는 제품을 사용한다.)

유리섬유 메쉬
메쉬는 충격강도, 무게 및 인장강도에 따라 구분되며, 중량 160g/㎡이상을 사용한다. 디테일 메쉬용으로 사용되며, 내알카리 특수코팅 처리된 제품을 사용한다. 내충격성은 3J 이상이어야 한다.

2.1.2 앵커볼트
(1) 구성 : 앵커볼트는 SUS304 재질로 된 제품을 사용하고, 너트와 스프링 와셔, 평와셔 세트로 포함해야 한다.



<세트 앵커볼트 구조>

2.1.3 L형 브라켓
(1) 구성 : SUS304 재질로 벽체 설치는 세트 앵커볼트 ∮규격에 맞추어 홀 타공하고, 보강재 고정부의 경우 미세 조정을 위해 타원형으로 타공한 것을 사용한다.



<L형 브라켓>

2.1.4 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판

(1) 구성 : SUS304 재질로 보강재와 L형 브라켓의 연결에 사용되며, 보강재의 길이, 두께 등에 따라 홀 타공 위치 및 길이와 절곡 두께를 면밀히 검토하여 주문 제작한다.

2.1.5 기타재료

(1) SUS304 재질(혹은 유사 성능)의 전산볼트, 원형와샤, 스프링와샤, 캡너트 등을 여분을 두고 준비한다.

2.2. 자재 품질관리

공장 자체 기준에 의해 관리하고 현장에서의 품질관리는 공인기관의 시험성적서로 대체한다.

3. 시 공

3.1. 시공일반

(1) 적절한 보호조치가 제공되지 않는 한, 악천후 시 자재 준비 및 시공하지 않는다.

(2) 설치된 자재들은 건조가 완료될 때까지 악천후로부터 보호해야 한다.

(3) 보조난방이 제공되지 않는 한, 벽 포함 주변 온도가 4℃ 이상일 경우에만 시공한다.

(4) 작업 전 안전규정에 따른 시설을 갖추어야 한다.

3.2. 시공조건 확인

현장여건 파악 : 개구부 크기를 실측하여 반입 물량을 결정한다.

설계도서 검토 : 설치된 단열재의 규격과 두께를 검토한다.

3.3. 작업준비

보강재 설치구간에 기존 단열재 및 마감을 제거하고, 벽체에 있는 불순물과 분진 또한 완전히 제거해야 한다.

3.4. 시공기준

주요 내용별 시공

(1) 단열재 제거

(2) 가림막(측면)설치 및 시공

① 설치하는 보강재 가림막에 홀 타공을 한다.

② ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판과 보강재를 전산볼트 및 캡너트 등으로 고정하여 일체화 시킨다.

③ 세트 앵커볼트 설치를 위한 벽체 타공을 한다.

④ L형 브라켓과 ㄷ형 SUS 보강재 고정용 판(보강재 포함)을 일체화 시킨다.

⑤ L형 브라켓을 셋트 앵커볼트로 벽체에 고정한다.

(3) 차양(상부) 설치 및 시공

가림막(측면)설치 방식과 동일하게 반복하여 실시한다.

(4) 방화실리콘 시공

① 방화실리콘은 내화성능이 있는 전용 실리콘을 사용하며, 외장재와 강판 부착 후 최소 2시간 이상 혹은 완전 양생이 되도록 시공을 한다.

3.5. 시공 허용오차

부위별 시공 허용오차기준 및 측정방법은 각 절의 해당 시방에 따른다.

3.6. 현장품질관리

부자재 및 제품의 상태, 현장환경조건, 표준시방서에 의한 시공상태를 확인하고 문제점을 체크한다.

3.7. 현장 뒷정리

시공 완료 후 주변을 깨끗이 정리한다.

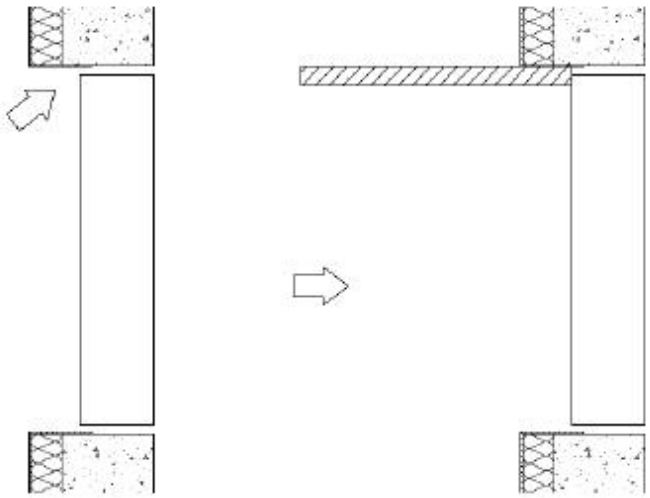
3.8. 완성품 관리

시공 완료 후 과다한 충격을 금하고 정결상태를 유지한다.

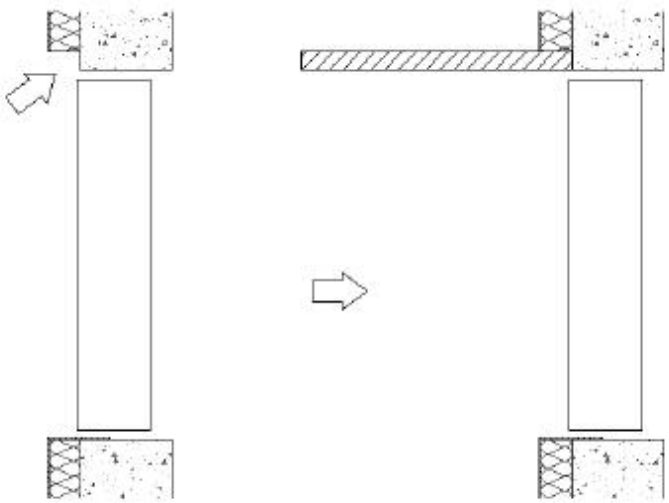
별첨1 창호 위치에 따른 보강재 설치방법

기존 단열재로 화재 시 직접 화염이 닿지 않도록 시공한다.

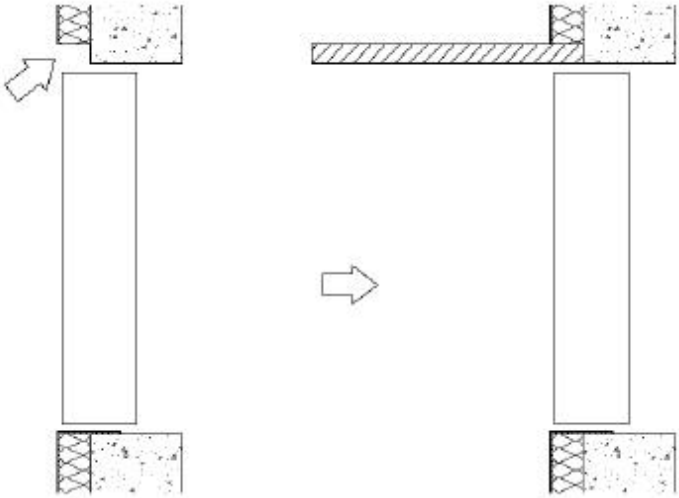
TYPE 1



TYPE 2

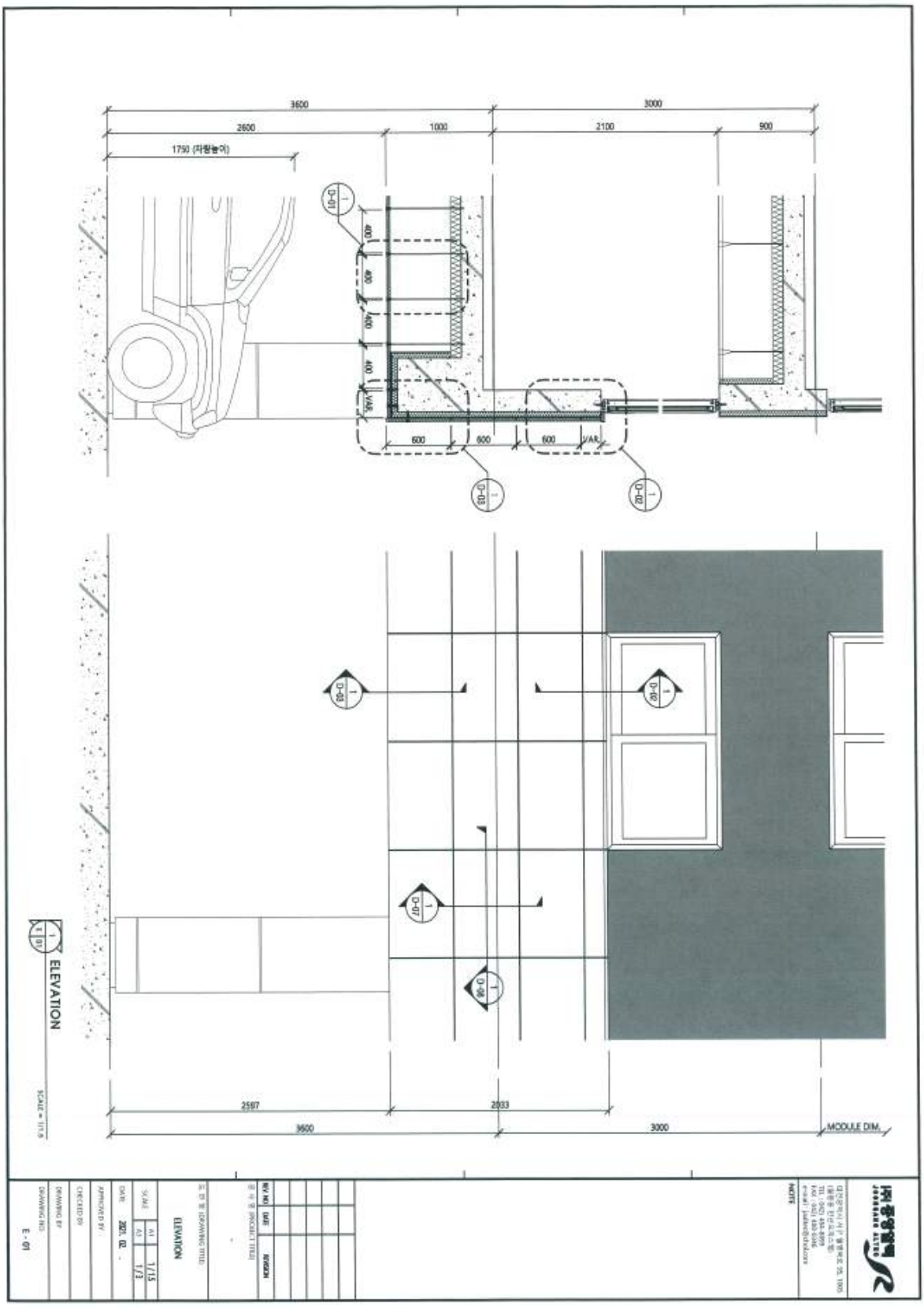


TYPE 3

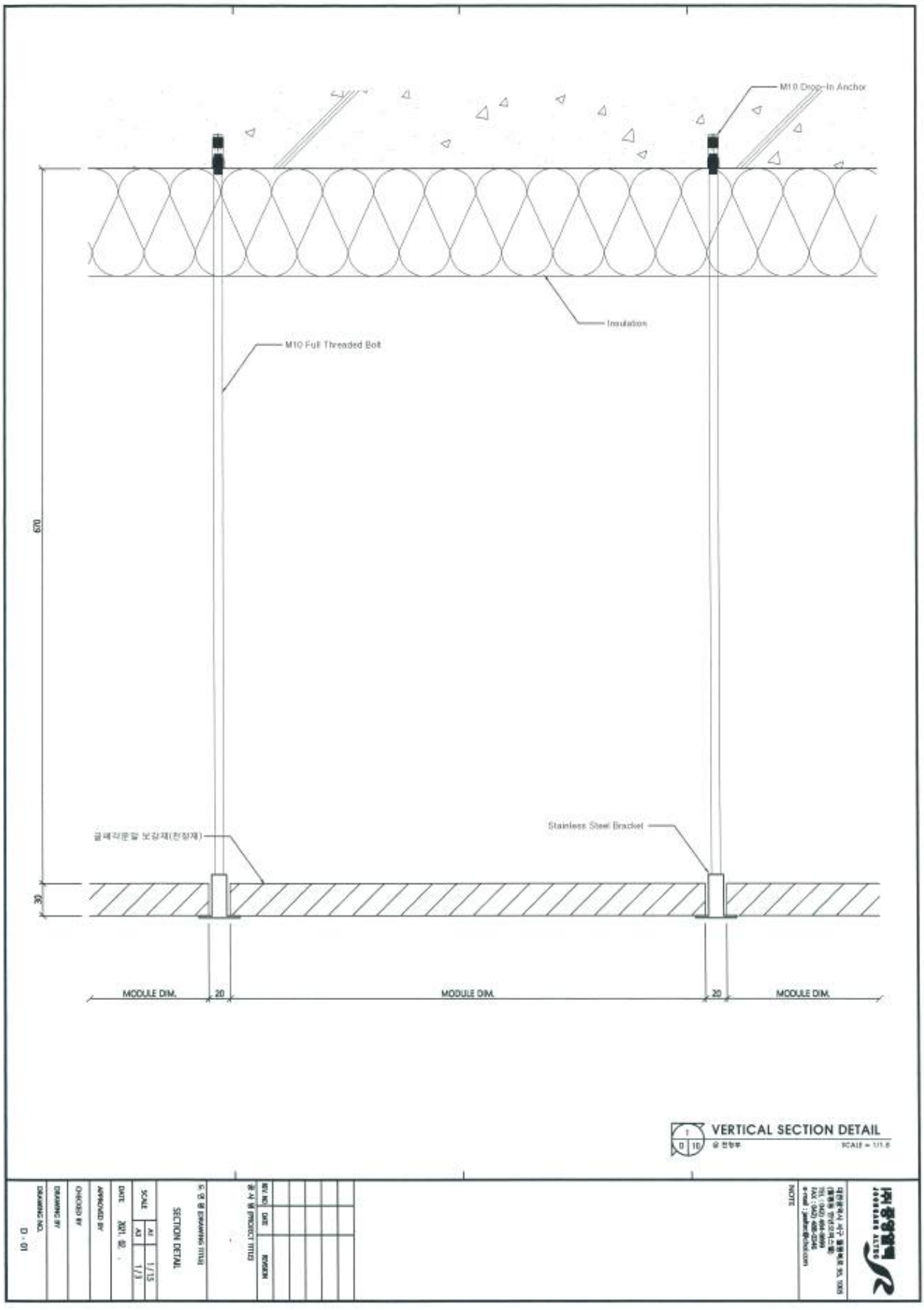


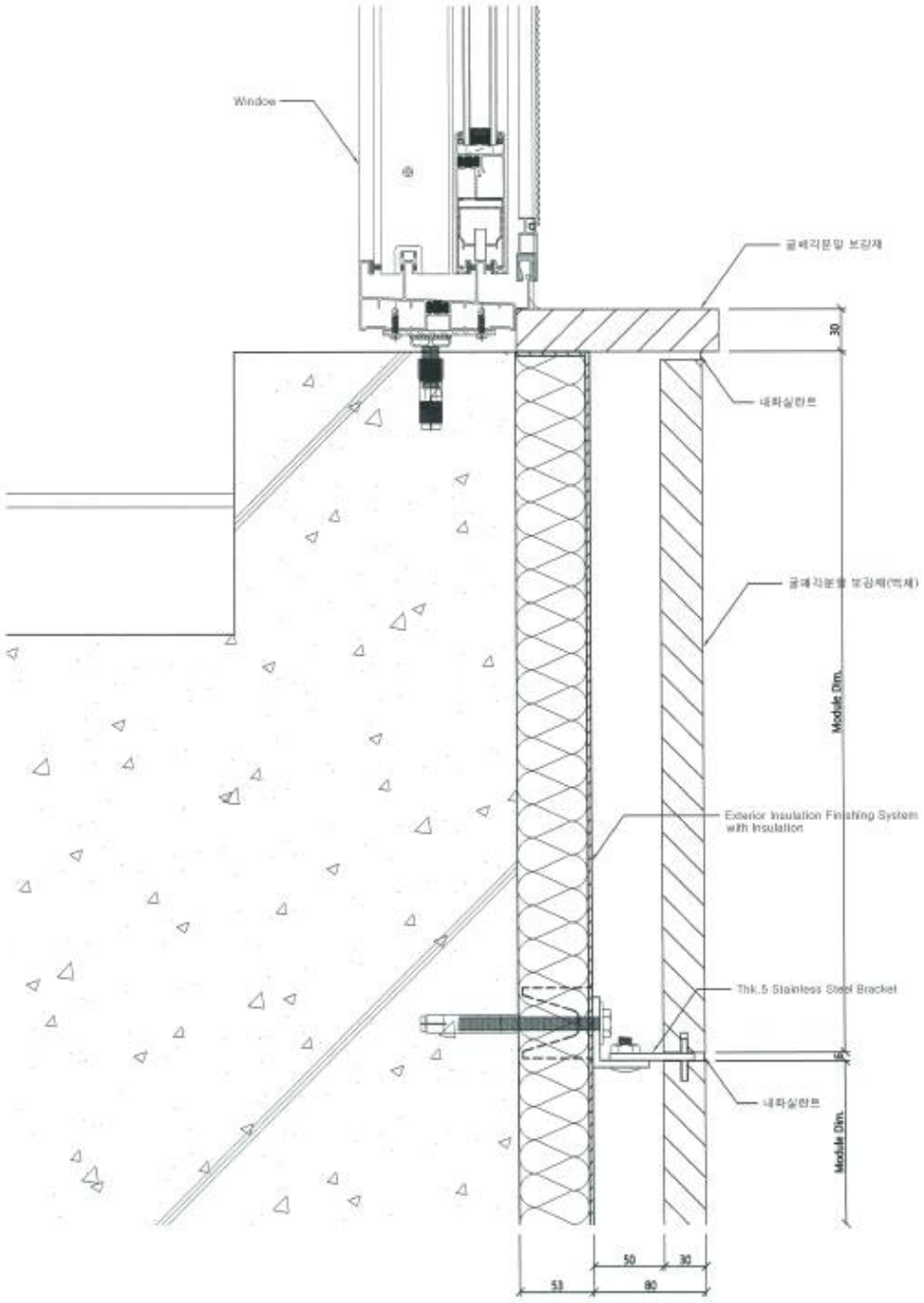
[증빙 3-2] 공법관련 증빙(설계도)

[공법 증빙] 종합



[공법 증빙] 필로티 구조

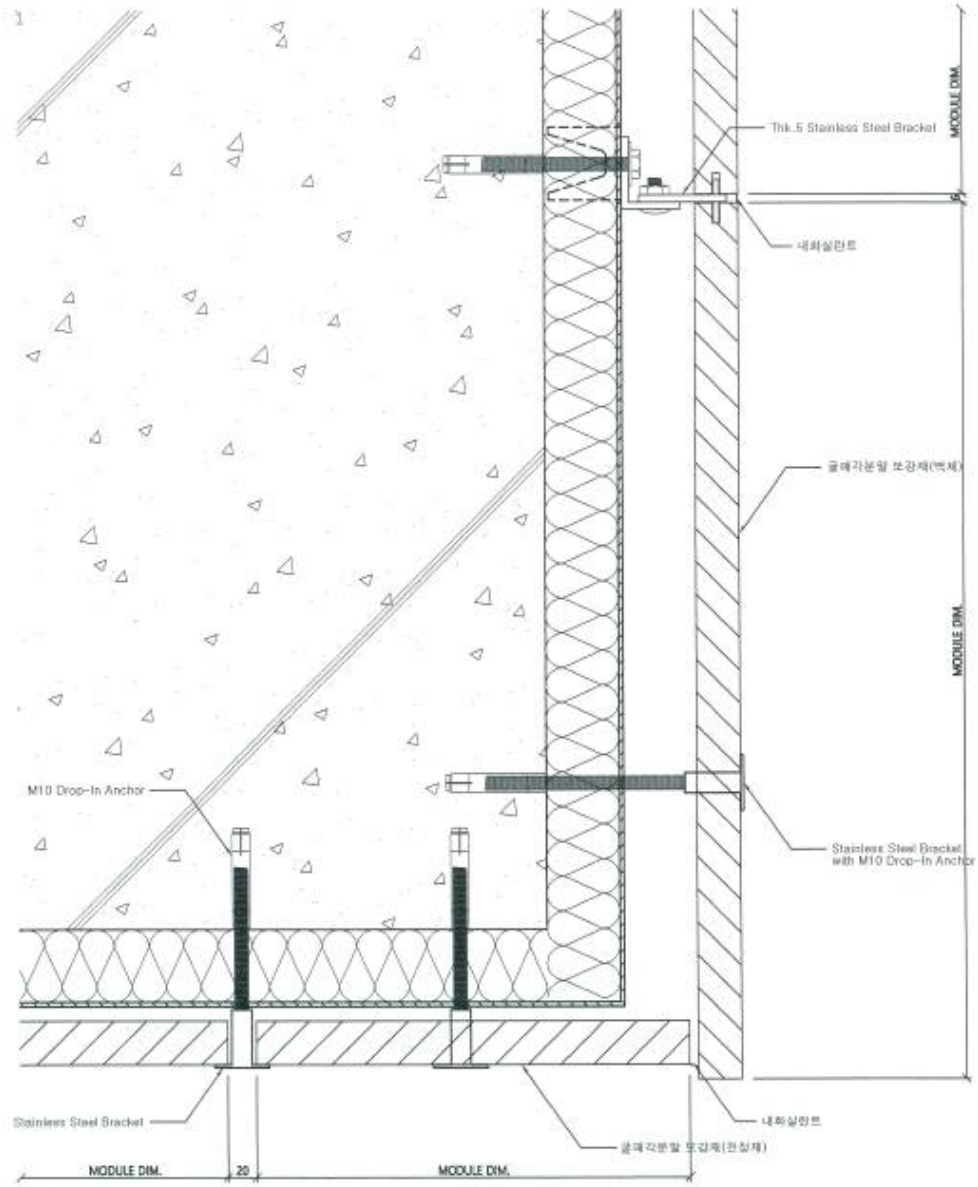

M10 Drop-In Anchor
Insulation
M10 Full Threaded Bolt
Stainless Steel Bracket
MODULE DIM.
20
MODULE DIM.
20
MODULE DIM.
VERTICAL SECTION DETAIL
SECTION DETAIL
D - 01



VERTICAL SECTION DETAIL

SCALE = 1/1.5

DRAWING NO.	D - 02
DRAWN BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	
DATE	2021. 12. .
SCALE	A1: 1/15, A3: 1/3
DRAWING TITLE	SECTION DETAIL
PROJECT TITLE	
REVISION / DATE / NO.	



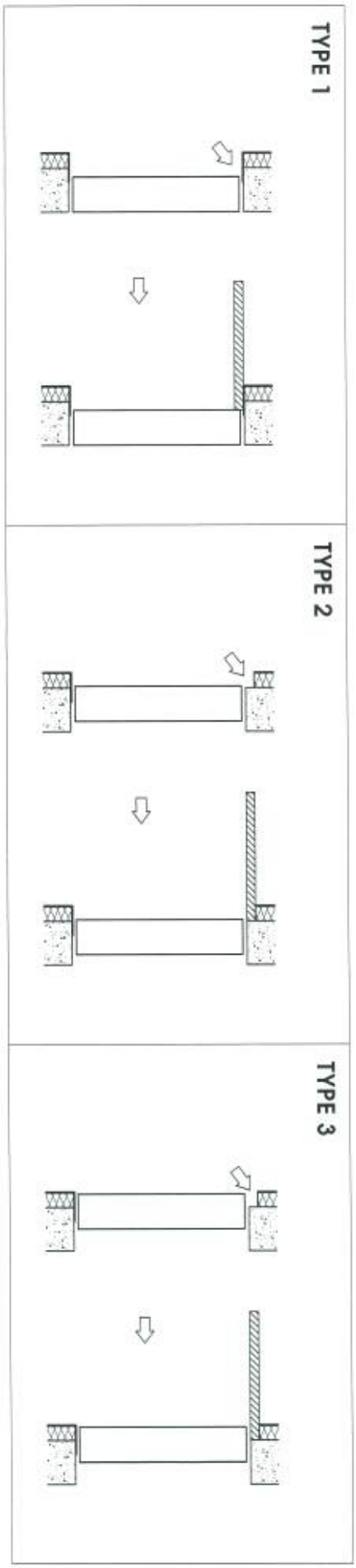
VERTICAL SECTION DETAIL

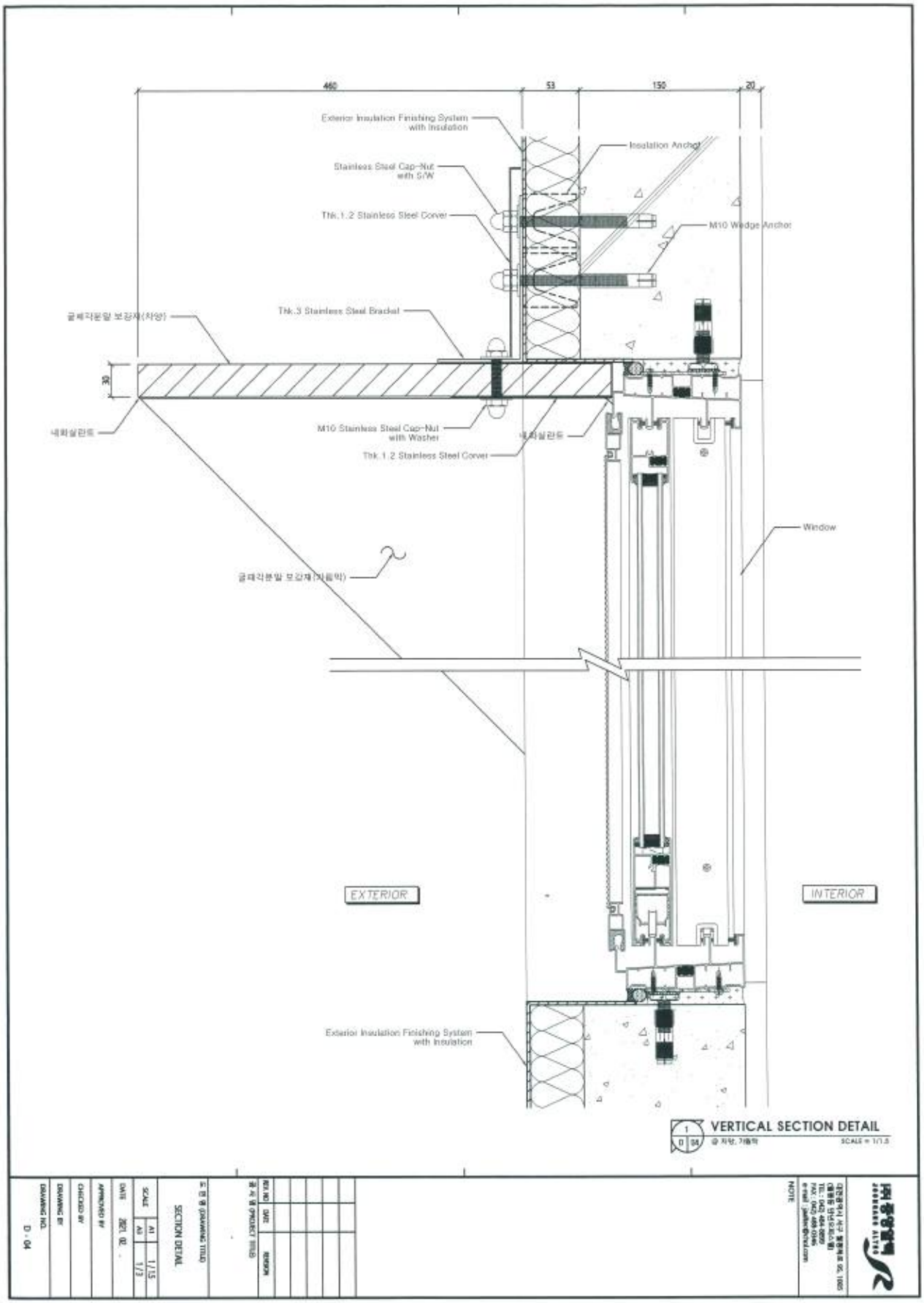
SCALE = 1/1.5

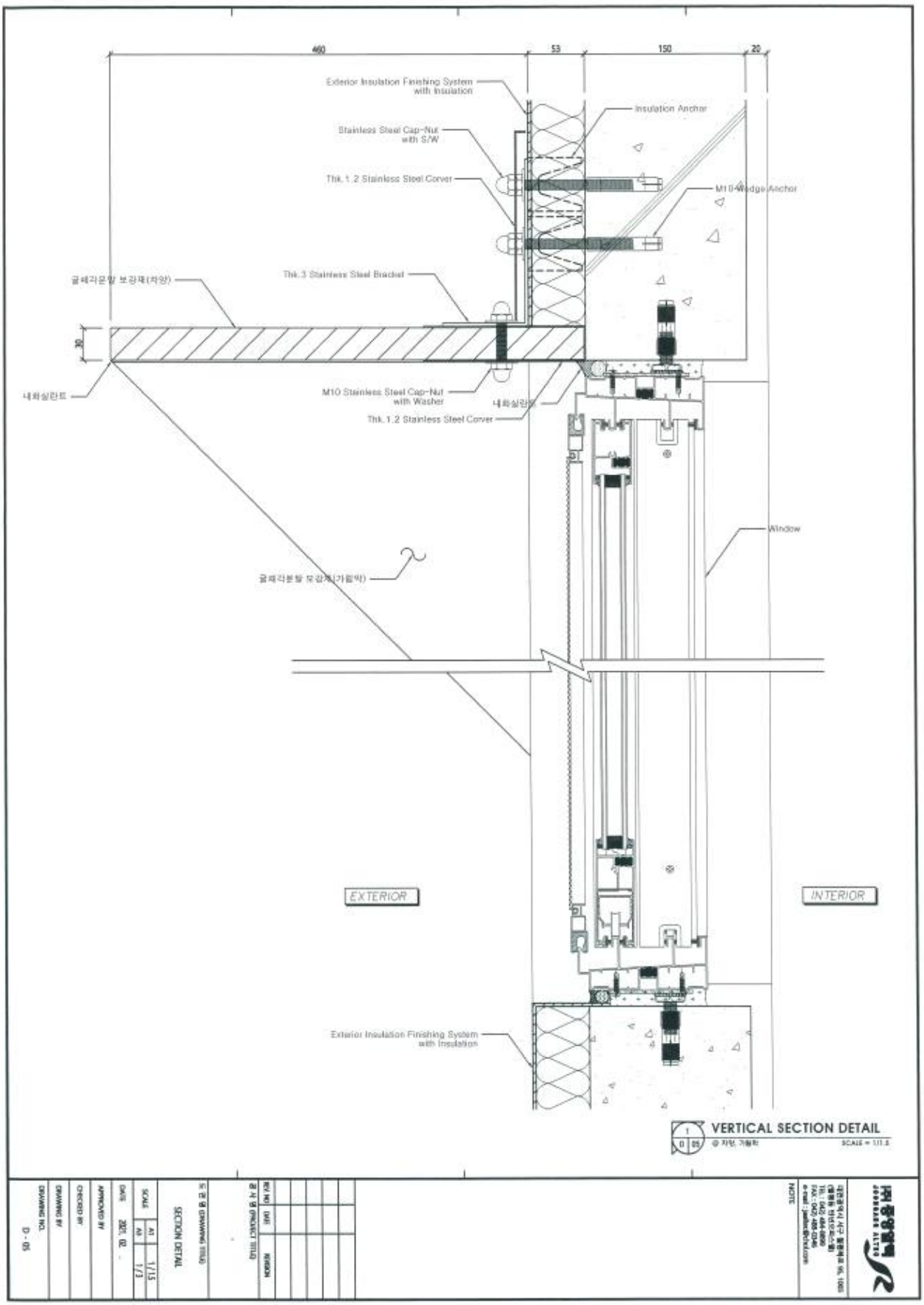
DRAWING NO.	D - 03
DRAWING BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	
DATE	2021. 02. -
SCALE	A1: 1/15, A2: 1/3
도 면 명 DRAWING TITLE	SECTION DETAIL
공 사 명 PROJECT TITLE	
REV. NO. / DATE / REMARK	
NOTE	

(주)한국건축시스템 서울특별시 강남구 테헤란로 152 강남파이낸스센터 39층 (우) 06236
TEL (02) 555-5555
FAX (02) 555-5555
e-mail: jaeho@chol.com

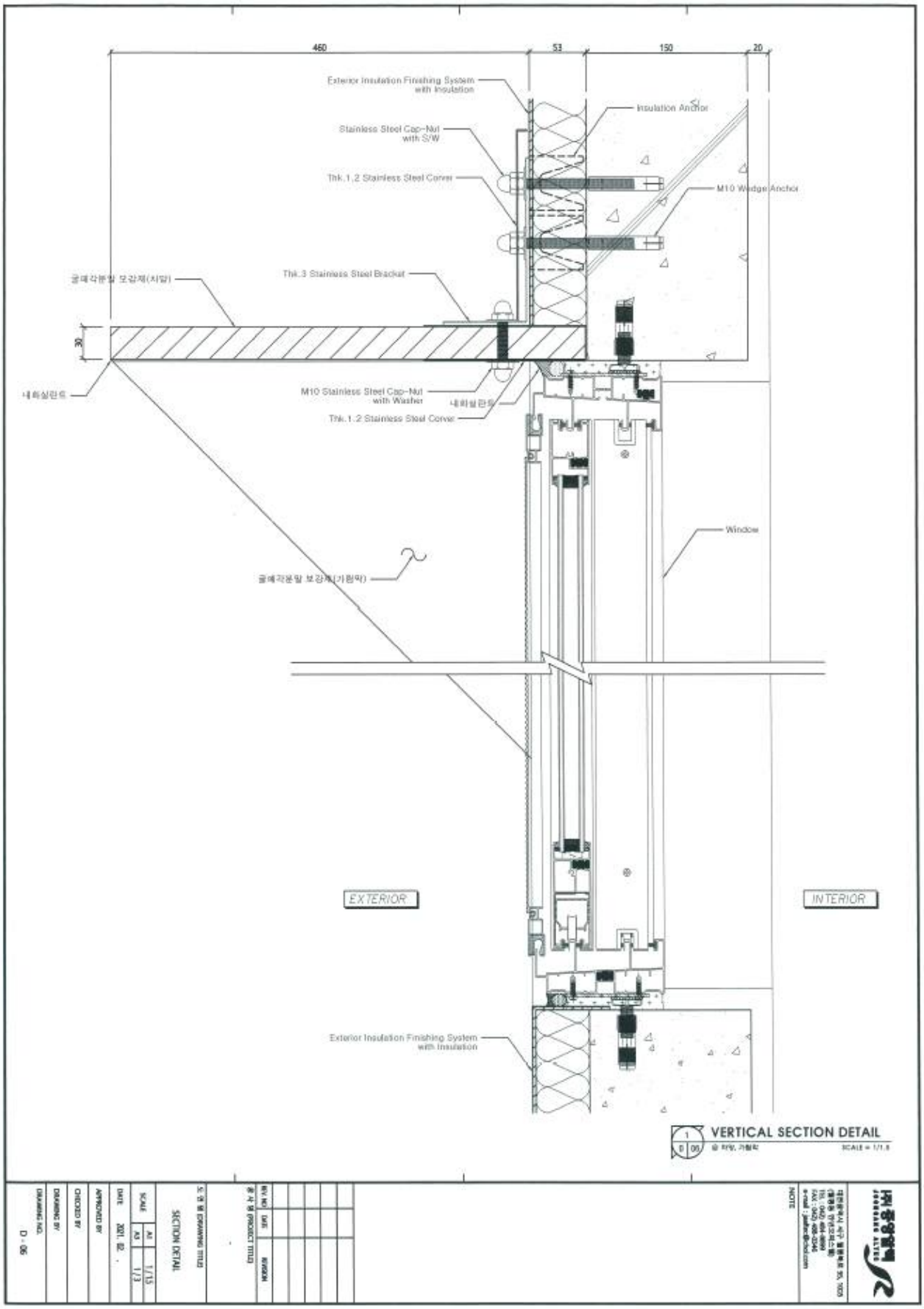
[공법 증빙] 개구부

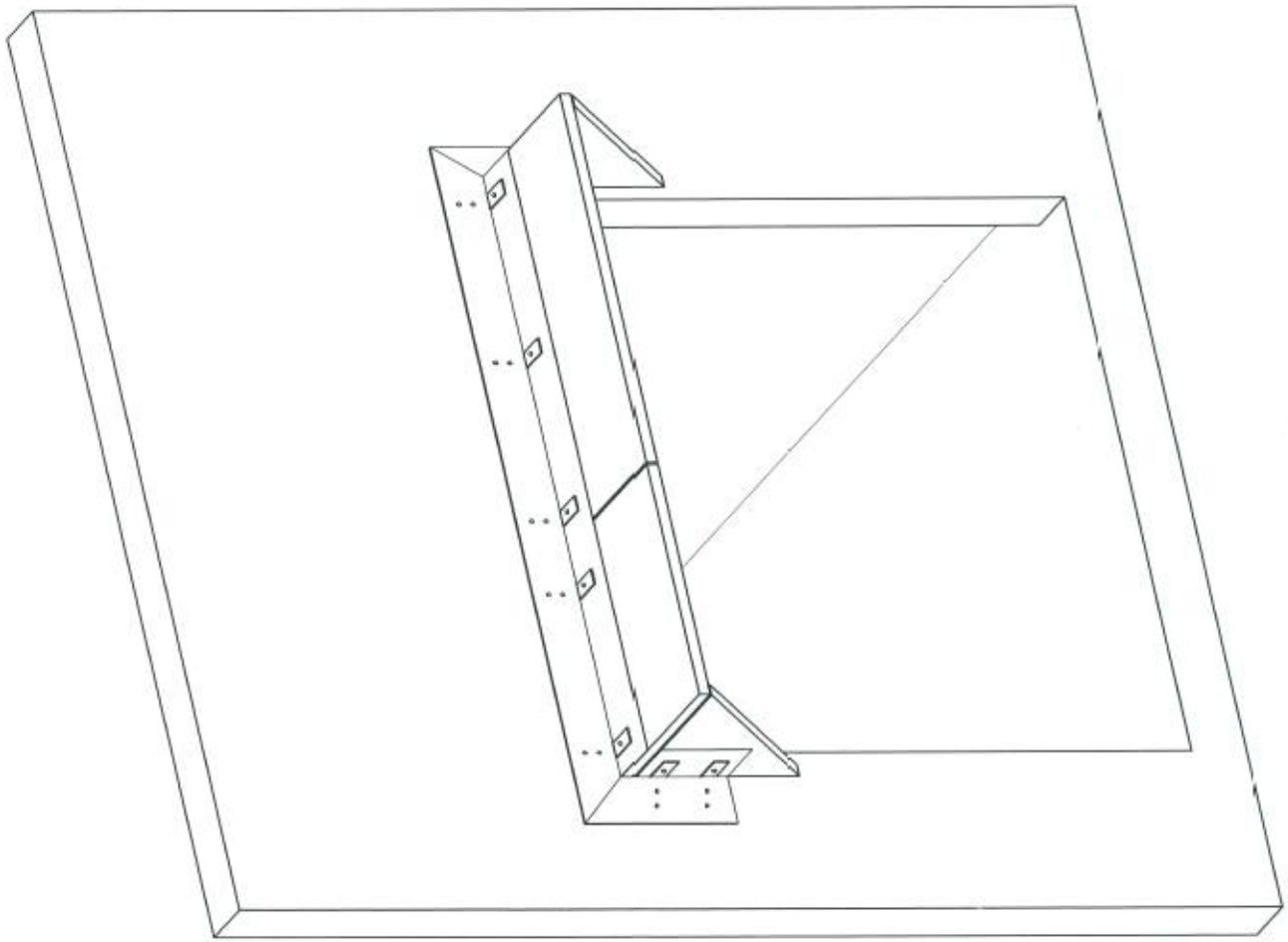



460
53
150
20
Exterior Insulation Finishing System with Insulation
Insulation Anchor
Stainless Steel Cap-Nut with S/W
Thk.1.2 Stainless Steel Corver
M10 Wedge Anchor
Thk.3 Stainless Steel Bracket
30
M10 Stainless Steel Cap-Nut with Washer
Thk.1.2 Stainless Steel Corver
Window
EXTERIOR
INTERIOR
Exterior Insulation Finishing System with Insulation
VERTICAL SECTION DETAIL
SCALE = 1/1.5
SECTION DETAIL
D - 04



SCALE	A1 1/15, A3 1/3
DATE	2021. 02. -
APPROVED BY	
CHECKED BY	
DRAWN BY	
DRAWING NO.	D - 05
SECTION DETAIL	


460
53
150
20
Exterior Insulation Finishing System with Insulation
Insulation Anchor
Stainless Steel Cap-Nut with S/W
Thk.1.2 Stainless Steel Cover
M10 Wedge Anchor
Thk.3 Stainless Steel Bracket
30
M10 Stainless Steel Cap-Nut with Washer
Thk.1.2 Stainless Steel Cover
Window
EXTERIOR
INTERIOR
Exterior Insulation Finishing System with Insulation
VERTICAL SECTION DETAIL
SECTION DETAIL
D - 06



1 ISOMETRIC VIEW SCALE = None

(주)중앙알텍 JOONGANG ALTEC

대전광역시 서구 월평북로 95, 1805
(월평동 엔넥오피스텔)
TEL : 042) 484-8899
FAX : 042) 488-0346
e-mail : jaehac@chol.com

NOTE

REV. NO	DATE	REVISION

공 사 명 (PROJECT TITLE)

도 면 명 (DRAWING TITLE)
ISOMETRIC VIEW

SCALE	A1	None
	A3	None

DATE 2021. 02. .

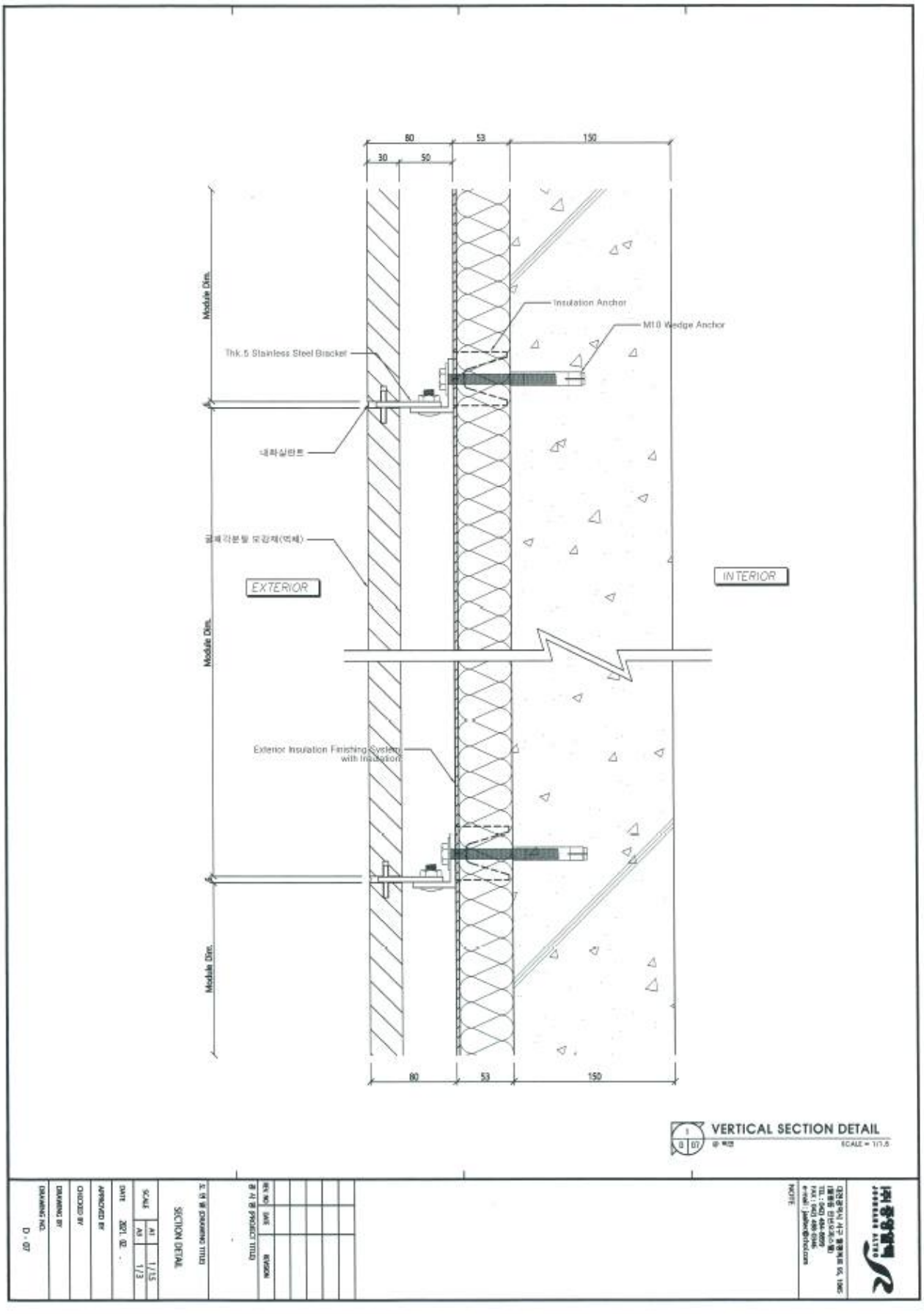
APPROVED BY

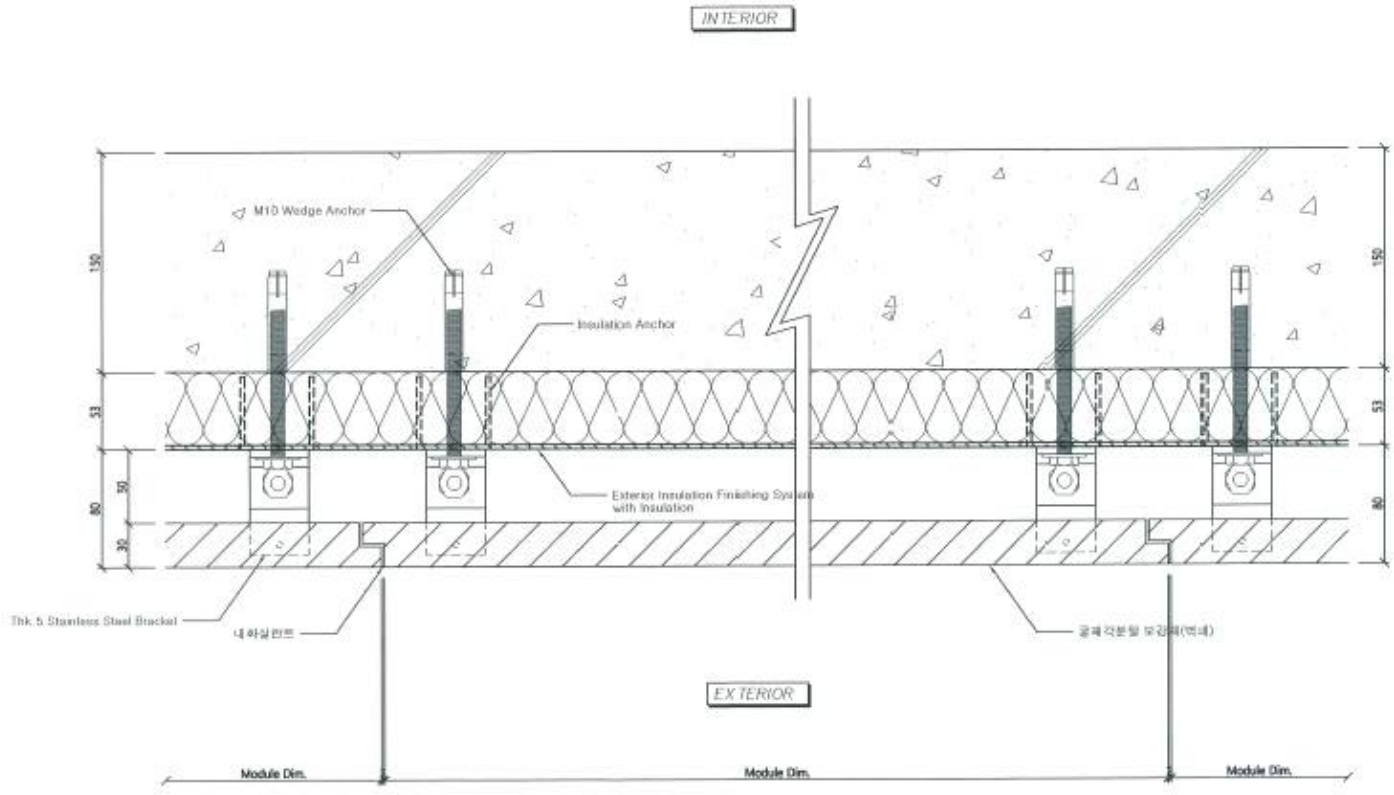
CHECKED BY

DRAWING BY

DRAWING NO.
ISO - 01

[공법 증빙] 벽체


80
53
150
30
50
Module Dim.
Insulation Anchor
M10 Wedge Anchor
Thk.5 Stainless Steel Bracket
내화실란트
금속각분틸 모강재(먹세)
EXTERIOR
INTERIOR
Exterior Insulation Finishing System
with Insulation
VERTICAL SECTION DETAIL
SECTION DETAIL
D - 07



HORIZONTAL SECTION DETAIL

SCALE = 1/1.5

중앙알텍

NOTE

REV NO	DATE	REVISION

공 사 명 (PROJECT TITLE)

도 면 명 (DRAWING TITLE)

SECTION DETAIL

SCALE	A1	1/15
	A3	1/3

DATE 2021. 02 .

APPROVED BY

CHECKED BY

DRAWING BY

DRAWING NO.

D - 08

[증빙 4-1] 공법원가분석

(주)중앙알텍 위촉

「화재확산 방지 보강재 제작설치」에 대한

원가조사연구보고서

2021. 7.

재단법인 한국경제행정연구원
Korea Economic Administration Institute

목 차

Ⅰ. 조사결과 ····· 1

Ⅱ. 원가계산 개요 ····· 4

Ⅲ. 원가요소별 산정기준 ····· 7

Ⅳ. 원가계산서 ····· 16

Ⅴ. 원가요소별 산출내역 ····· 19

A. 제조원가 ····· 20

B. 설치원가 ····· 51

Ⅵ. 참고자료 ····· 73

1. 시방서

2. 자재단가 증거자료

3. 재무제표

4. 원가계산 용역기관 인증서 사본

Ⅰ. 조 사 결 과

Ⅰ. 조 사 결 과

우리 연구원에서는 (주)중앙알텍에서 제시한 시방서를 기준으로 일반적인 원가조사기준과 절차를 적용하여 "화재확산 방지 보강재 제작설치" 에 대한 예정가격산정을 위한 원가조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같습니다.

- 다 음 -

단위 : 원

건 명	규 격	금 액	비 고
화재확산 방지 보강재 제작설치	시방서 참조	592,837	3Page 참조

※ 부가가치세 포함

2021년 7월

(재)한국경제행정연구원

이 사 장 이 인 영

책임연구원 배 은 향

총 괄 표

품명 : 화재확산 방지 보강재 단위 : 원/SET

구 분	금 액	비 고
제 조 원 가	444,055	주 1)
설 치 원 가	148,782	주 2)
계	592,837	

주 1) 제조원가 : 제조원가계산서 참조

2) 설치원가 : 설치원가계산서 참조

3) 부가가치세 포함금액

Ⅱ. 원가계산 개요

Ⅱ. 원가계산 개요

1. 조 사 목 적

우리 연구원에서 조사기준일 현재로 조사한 "화재확산 방지 보강재 제작설치" 에 관한 원가계산을 국가계약 관계법령 및 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)에 따라 산정 제시하여 구매예정가격 작성의 기초자료로 활용토록 지원하는데 목적을 두고 있습니다.

2. 조 사 대 상

1) 건　　명 : 화재확산 방지 보강재 제작설치

2) 사　　양 : 시방서 참조

3) 인도조건 : 현장설치도

4) 조사기준일 : 2021. 7.

3. 조 사 근 거

1) 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제9조(예정가격 작성기준)

2) 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙 제6조 내지 제11조(원가요소별산정기준)

3) 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)(원가비목별산출기준)

4) 기타 관계 기초자료 및 증거자료

4. 조 사 방 법

본 원가조사는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제9조 및 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙 제6조 내지 제11조의 규정에 의한 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)을 준용하여 작성된 예정가격(Predetermined cost)으로서 추정원가(Estimated cost)계산방법으로 산출하였습니다.

5. 참 조 사 항

본 조사는 상기여건을 전제로 조사된 것으로 다음 사항의 변동요인이 있을 경우에는 산정결과에 대한 재고가 있어야 할 것입니다.

- 다 음 -

1) 제시된 시방서
2) 제시된 시방서에 의거하여 산정된 재료소요량
3) 재료소요량(원단위) 및 구입단가
4) 노무공수(일위대가표) 및 시중노임단가
5) 공정별 배치인원, 적용직종 및 작업일수
6) 경비 적용비목 및 배부율 적용기준
7) 원가계산에 적용된 각종 부대비율
8) 운반차종 및 운반거리, 일반화물자동차 운임요금
9) 기타 공공요금 및 원가에 영향을 주는 제반여건

6. 산 출 내 용

자세한 산출내용은 이하 원가계산서 및 원가요소별 산출내역서를 참조바랍니다.

Ⅲ. 원가요소별 산정기준

Ⅲ. 원가요소별 산정기준

A. 제조원가

1. 재 료 비

재료비는 계약목적물의 실체를 형성하거나, 계약목적물의 실체를 형성하지는 않으나 제조에 보조적으로 소요되는 재료 또는 원료의 소비가치를 말하는 것으로, 본 원가조사에서는 직접재료비와 간접재료비로 구분하여 계상하였습니다.

1) 직접재료비

직접재료비는 계약목적물의 실체를 형성하는 재료 또는 부분품의 소비가치를 말하는 것으로 계산방법은 다음과 같습니다.

(1) 재료의 소요량

재료의 소요량은 제시된 시방서에 의거하여 제작과정에서 소요되는 재료원단위별 실소요량을 개별 계상하였습니다.

(2) 재료의 단가

재료의 단가는 부가가치세를 제외한 조사기준일 현재를 기준으로 거래실례가격, 시중유통거래가격 및 물가지가격 등을 조사 검토하여 낮은 가격을 적용하였습니다.

(3) 직접재료비

직접재료비는 제시된 시방서에 의거하여 산출된 재료의 소요량에 재료의 단가를 곱하여 산출하였습니다.

2) 간접재료비

간접재료비는 계약목적물의 실체를 형성하지는 않으나 제조에 보조적으로 소비되는 물품의 가치로서, 표준품셈에서 허용하는 직접재료비의 2%와 전문업체 실적비율 0.94%를 비교하여 낮은 비율인 0.94%를 직접재료비에 곱하여 산출하였습니다.

2. 노 무 비

노무비는 제조현장에서 계약목적물을 완성하기 위하여 소비되는 노동의 소비에 의하여 발생하는 비용으로 직접노무비와 간접노무비로 구분하여 계상하였습니다.

1) 직접노무비

직접노무비는 제조현장에서 계약목적물을 완성하기 위하여 직접 작업에 종사하는 종업원 및 노무자에 의하여 제공되는 노동력에 대한 대가를 말하며, 다음과 같은 방법에 의하여 산출 계상하였습니다.

(1) 노무공수원단위

노무공수 원단위는 전문업체의 작업조업도 및 표준품셈에 의거하여 노무공수를 산출 적용하였습니다.

(2) M/HR당임률

기본급은 통계법 제15조 규정에 의한 통계청승인기관(중소기업중앙회)에서 조사 공표(2021.7.1)한 제조부문 시중노임단가를 직종별로 적용하였고, 상여금은 기획재정부 예정가격작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) 제10조에 의거한 기본급의 연 400%와 전문업체의 지급실적에 의한 64%를 비교하여 낮은 비율인 64%를 적용하였으며, 퇴직급여충당금은 근로기준법 제34조에 의거 통상지급액(기본급과 상여금의 합계액)에 년 1/12을 계상하고 기본급, 상여금 및 퇴직급여충당금을 합계하여 M/D당 임률을 산출한 후 1일 8시간으로 나누어 M/HR당임률을 산출하였습니다.

(3) 직접노무비

직접노무비는 전문업체의 작업조업도에 의거하여 산출된 노무공수 원단위에 M/HR당 임률을 곱하여 산출하였습니다.

2) 간접노무비

간접노무비는 직접 제조작업에 종사하지는 않으나, 작업현장에서 보조 작업에 종사

하는 노무자, 종업원과 현장감독자 등의 기본급과 상여금 및 퇴직급여충당금의 합계액을 말하며, 다음과 같은 방법에 의하여 산출 계상하였습니다.

(1) 간접노무비율

간접노무비율은 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)에 의한 적용 한도율 100%와 전문업체 실적에 의한 비율 26.65%를 비교하여 낮은 비율인 26.65%를 적용하였습니다.

(2) 간접노무비

간접노무비는 산출된 간접노무비율 26.65%를 직접노무비에 곱하여 산출 계상하였습니다.

3. 경　　비

경비는 계약목적물을 제조하기 위하여 소비된 제조원가중 재료비와 노무비를 제외한 원가를 말하며, 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) 제10조에서 인정한 계정과목별로 구분하여 경비배부율을 산출하였으며, 이를 산출된 재료비에 곱하여 산출하였습니다.(단, 복리후생비 및 보험료는 노무비에 곱하여 산출하였습니다.)

1) 경비배부율

경비배부율은 재료비법, 노무비법, 원가법으로 최근 2년간 한국은행에서 발표한 기업경영분석자료(2019년, 2020년)와 전문업체 결산자료(2019년, 2020년)를 분석하여 산출금액이 가장 낮게 산출되는 전문업체결산자료의 재료비법을 적용하였습니다.

4. 일반관리비

일반관리비는 기업의 유지를 위한 관리활동 부문에서 발생되는 제비용을 말하는 것

으로 제조원가에 속하지 아니하는 모든 영업비용 중 판매비를 제외한 비용으로 다음과 같이 산출 적용하였습니다.

1) 일반관리비율

일반관리비율은 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) 제12조에서 인정하는 비목만을 기준으로 다음과 같이 산출하였습니다.

(1) 일반관리비 = 판매비와 일반관리비 - (광고선전비 + 접대비 + 대손충당금 등)

(2) 일반관리비율(%) = (일반관리비 ÷ 매출원가) × 100

2) 일반관리비

일반관리비는 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) 제13조에 의거한【별표 3】비금속광물제품의 제조·구매업의 일반관리비율 12%, 전문업체 결산자료 18.42% 및 기업경영분석자료 16.37%를 비교하여 낮은 비율인 12%를 재료비, 노무비 및 경비의 합계액에 곱하여 산출 적용하였습니다.

5. 이　　윤

이윤은 영업이익을 말하며, 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) 제14조에서 제조원가중 노무비, 경비 및 일반관리비 합계액에 이윤율 25%를 초과하여 계상할 수 없도록 규정하고 있으므로, 한도율 25%를 노무비, 경비 및 일반관리비의 합계액에 곱하여 산출 계상하였습니다.

B. 설치원가

1. 재 료 비

재료비는 계약목적물의 설치에 소요되는 물품의 가치로서, 본 원가조사에서는 직접재료비만을 계상하였습니다.

1) 직접재료비

직접재료비는 계약목적물의 설치에 필요한 재료 또는 부분품의 소비가치를 말하는 것으로 계산방법은 다음과 같습니다.

(1) 재료의 소요량

재료의 소요량은 제시된 시방서에 의거하여 개별 산출하였습니다.

(2) 재료원단위(일위대가표)

재료원단위(일위대가표)는 표준품셈에 의거하여 적용하였습니다.

(3) 재료의 단가

재료의 단가는 부가가치세를 제외한 조사기준일 현재를 기준으로 거래실례가격, 시중유통거래가격 및 물가지가격 등을 조사 검토하여 낮은 가격을 적용하였습니다.

(4) 직접재료비

직접재료비는 제시된 시방서에 의거 산출된 재료의 소요량 및 재료원단위(일위대가표)에 재료의 단가를 곱하여 산출하였습니다.

2. 노 무 비

노무비는 계약목적물의 설치현장에서 계약목적물을 완성하기 위하여 소비되는 노동의 소비에 의하여 발생하는 비용으로 직접노무비와 간접노무비로 구분하여 계상하였습니다.

1) 직접노무비

직접노무비는 계약목적물의 설치현장에서 계약목적물을 완성하기 위하여 직접 작업에 종사하는 종업원 및 노무자에 의하여 제공되는 노동력에 대한 대가를 말하며, 다음과 같은 방법에 의하여 산출 적용하였습니다.

(1) 공정별 소요량

공정별 소요량은 제시된 시방서에 의거하여 산출하였습니다.

(2) 노무공수 원단위(일위대가표)

노무공수 원단위(일위대가표)는 표준품셈에 의거하여 투입공수를 적용하였습니다.

(3) 노임단가

노임단가는 통계법 제15조 규정에 의한 통계청승인기관(대한건설협회)에서 조사 공표한 2021년 상반기 공사노임단가를 직종별로 적용하였습니다.

(4) 직접노무비

직접노무비는 산출된 공정별 소요량 및 노무공수 원단위(일위대가표)에 노임단가를 곱하여 산출하였습니다.

2) 간접노무비

간접노무비는 직접 계약목적물의 설치작업에 종사하지는 않으나, 작업현장에서 보조작업에 종사하는 노무자, 종업원과 현장감독자 등의 기본급과 상여금 및 퇴직급여 충당금의 합계액을 말하며, 다음과 같은 방법에 의하여 산출 적용하였습니다.

(1) 간접노무비율

간접노무비율은 설치원가 총 합계액을 기준으로 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28) [별표2-1] 공사원가계산시 간접노무비 계산방법 중 3. 기타 보완적 계상방법에 의거 공사종류(건축), 공사규모(50억미만), 공사기간

(6개월미만)을 고려한 평균비율 13.8%와 조달청기준 비율 13%를 비교하여 낮은 비율인 13%를 적용하였습니다.

(2) 간접노무비

간접노무비는 산출된 간접노무비율 13%를 직접노무비에 곱하여 계상하였습니다.

3. 경 비

경비는 기계경비, 산재보험료, 고용보험료 및 기타경비로 구분하여 산출 적용하였으며, 각 비목별 산출기준 및 비율은 다음과 같습니다.

1) 기계경비

기계경비는 공사에 투입되는 장비에 대한 손료를 말하는 것으로, 시방서 및 현장여건을 근거로 하여 산출한 공정별 소요량에 표준품셈에 의거한 기계경비원단위를 곱하여 산출 적용하였습니다.

2) 산재보험료 및 고용보험료

산재보험료는 고용노동부 고시 제2020-145호에 의거 3.7%를 노무비에 곱하여 산출 적용하였으며, 고용보험료는 조달청기준비율 1.01%를 노무비에 곱하여 산출 적용하였습니다.

3) 기타경비

기타경비는 대한건설협회발간 완성공사원가통계에 의거하여 공사종류(산업설비), 공사규모(5억원미만), 공사기간(6개월이하)을 고려하여 산출한 평균비율을 적용하였으며, 적용항목은 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)에 의한 복리후생비 1.716%, 소모품비 1.436%, 여비·교통·통신비 0.342%, 세금과공과 1.357%의 합계율 4.851%와 조달청기준비율 5.8%를 비교하여 낮은 비율인 4.851%를 재료비와 노무비 합계액에 적용 산출하였습니다.

4. 일반관리비

일반관리비는 기업의 유지를 위한 관리활동 부문에서 발생되는 제비용으로서 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)에 의거한 비율과 조달청기준 비율이 같은 6%이므로 이를 재료비, 노무비 및 경비의 합계액에 곱하여 계상하였습니다.

5. 이　　윤

이윤은 영업이익을 말하며, 기획재정부 예정가격 작성기준(계약예규 제534호, 2020.12.28)에서 설치원가 중 노무비, 경비 및 일반관리비 합계액에 이윤율 15%를 초과하여 계상할 수 없도록 규정하고 있으므로, 한도율 15%를 노무비, 경비 및 일반관리비의 합계액에 곱하여 계상하였습니다.

Ⅳ. 원가계산서

제조원가계산서

단위 : 원/SET

구분 / 비목		금 액	구성비 (%)	비 고
재료비	직접재료비	214,886		
	간접재료비	2,019		
	소 계	216,905	53.7	< 표 : 1 > 참조
노무비	직접노무비	50,871		
	간접노무비	13,557		직접노무비 × 26.65%
	소 계	64,428	16.0	
경비	복리후생비	5,289		노무비 × 8.21%
	여비교통통신비	325		재료비 × 0.15%
	전력비	2,472		재료비 × 1.14%
	세금과공과	563		재료비 × 0.26%
	감가상각비	20,497		재료비 × 9.45%
	지급임차료	347		재료비 × 0.16%
	수리수선비	10,975		재료비 × 5.06%
	보험료	1,456		노무비 × 2.26%
	소 계	41,924	10.4	< 표 : 13 > 참조
순제조원가		323,257	80.1	재료비 + 노무비 + 경비
일반관리비 (12%)		38,790	9.6	순제조원가 × 12%
이윤 (25%)		36,285	9.0	(노무비+경비+일반) × 25%
운반비		5,355	1.3	< 표 : 20 > 참조
총원가		403,687	100.0	순제조원가+일반+이윤+운반비
부가가치세 (10%)		40,368		총원가 × 10%
합계		444,055		총원가 + 부가가치세

설치원가계산서

단위 : 원/SET

구분 / 비목		금액	구성비 (%)	비고
재료비	직접재료비			< 표 : 1 > 참조
	간접재료비			
	소계			
노무비	직접노무비	89,626		< 표 : 1 > 참조
	간접노무비	11,651		직접노무비 × 13%
	소계	101,277	74.9	
경비	기계경비			< 표 : 1 > 참조
	산재보험료	3,747		노무비 × 3.7%
	고용보험료	1,022		노무비 × 1.01%
	기타경비	4,912		(재료비+노무비) × 4.851%
	소계	9,681	7.2	
순설치원가		110,958	82.1	재료비 + 노무비 + 경비
일반관리비 (6%)		6,657	4.9	순설치원가 × 6%
이윤 (15%)		17,642	13.0	(노무비+경비+일반관리비)×15%
총원가		135,257	100.0	순설치원가 + 일반 + 이윤
부가가치세 (10%)		13,525		총원가 × 10%
합계		148,782		총원가 + 부가가치세

Ⅴ. 원가요소별 산출내역

A. 제조원가

< 표 : 1 >

재료비집계표

단위 : 원/SET

비 목	금 액	비 고
직 접 재 료 비	214,886	주 1)
간 접 재 료 비	2,019	주 2)
계	216,905	

주 1) 직접재료비 : < 표 : 2 > 재료비산출표 참조

2) 간접재료비 : 직접재료비 × 0.94%(< 표 : 4 > 기타소모재료비율산출표 참조)

< 표 : 2 >

재료비산출표

단위 : 원/SET

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	수 량	단 가	금 액	비 고
				주 1)	주 2)		
1	시멘트	포틀랜드	Kg	11.000	102	1,122	단 가 1 번
2	탄산칼슘계 분말		Kg	34.000			재 활 용
3	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	1.000	35,000	35,000	단 가 2 번
4	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	2.000	27,272	54,544	단 가 3 번
5	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA	10.000	10,000	100,000	단 가 4 번
6	전산볼트	M10×60	EA	10.000	700	7,000	단 가 5 번
7	세트앙카	STS304 3/8×125	EA	20.000	681	13,620	단 가 6 번
8	와샤	M10	EA	20.000	45	900	단 가 7 번
9	스프링와샤	M10	EA	20.000	45	900	단 가 8 번
10	캡너트	M10	EA	20.000	90	1,800	단 가 9 번
	계					214,886	

주 1) 수량 : < 표 : 3 > 재료소요량산출표 참조

2) 단가 : < 표 : 5 > 단가조사비교표 참조

< 표 : 3 >

재료소요량산출표

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	재료소요량			산 출 근 거
				정미량	LOSS율(%)	소요량	
1	시멘트	포틀랜드	Kg	11.000		11.000	11Kg
2	탄산칼슘계 분말		Kg	34.000		34.000	34Kg
3	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	1.000		1.000	1EA
4	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA	2.000		2.000	2EA
5	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA	10.000		10.000	10EA
6	전산볼트	M10×60	EA	10.000		10.000	10EA
7	세트앙카	STS304 3/8×125	EA	20.000		20.000	20EA
8	와샤	M10	EA	20.000		20.000	20EA
9	스프링와샤	M10	EA	20.000		20.000	20EA
10	캡너트	M10	EA	20.000		20.000	20EA

< 표 : 4 >

기타소모재료비율산출표

구 분	산 출 내 역	비율(%)	비 고
1) 표준품셈에 의거	2 - 5%	2.00%	
2) 전문업체실적	◎ 대상기간 : 2019.1.1 ~ 2020.12.31	0.94%	
	① 재 료 비 : 4,268,326,052		< 표 : 21 > 참조
	◈ 2019 년 : 1,939,010,556		
	◈ 2020 년 : 2,329,315,496		
	② 간접재료비 : 40,509,882		
	◈ 소모품비 : 27,610,882		< 표 : 15 > 참조
	- 2019 년 : 6,555,808		
	- 2020 년 : 21,055,074		
	◈ 포 장 비 : 12,899,000		
	- 2019 년 : 11,823,000		
	- 2020 년 : 1,076,000		
	공 식 : ②÷①×100		
3) 조사적용비율(%)		0.94%	

주) 기타소모재료비 적용비율은 표준품셈 적용비율과 전문업체 실적비율을 비교하여 낮은 비율을 적용하였음

< 표 : 5 >

단가조사비교표

조사시점 : 2021년 7월

순번	재 료 명	재질 및 규격	단위	거래실례가격						조사가격		적용단가
				가격정보 (조달청)	물가자료		물가정보		세금계산서	견적(1)	견적(2)	
					단 가	Page	단 가	Page				
1	시멘트	포틀랜드	Kg		102	105	113	102				102
2	차양상부판	STS304(2B) 1.2T, 1,000×150 V절탕절곡 및 홈가공	EA							35,000	40,000	35,000
3	좌우가림막	STS304(2B) 1.2T×480×150 V컷팅절곡 및 홈가공	EA							27,500	27,272	27,272
4	L형 브라켓	STS304(1D) 3T×100×40 절곡 및 홈가공	EA							10,000	10,909	10,000
5	전산볼트	M10×60	EA							700	727	700
6	세트앙카	STS304 3/8×125	EA							800	681	681
7	와샤	M10	EA							50	45	45
8	스프링와샤	M10	EA							50	45	45
9	넛너트	M10	EA							100	90	90

< 표 : 6 >

노무비집계표

단위 : 원/SET

비 목	금 액	비 고
직 접 노 무 비	50,871	주 1)
간 접 노 무 비	13,557	주 2)
계	64,428	

주 1) 직접노무비 : < 표 : 7 > 직접노무비산출표 참조

2) 간접노무비 : 직접노무비 × 26.65%(< 표 : 11 > 간접노무비율산출표 참조)

< 표 : 7 >

직접노무비산출표

단위 : 원

공 정 명	직 종 명	노무공수	M/HR당임률	금 액
		주 1)	주 2)	
자재입고	단 순 노 무 종 사 원	0.125	11,581	1,447
자재검사	제 품 검 사 및 조 정 원	0.125	12,618	1,577
시멘트 및 탄산칼슘계 분말 계량 및 배합	시 멘 트 배 합 원	1.250	14,679	18,348
	단 순 노 무 종 사 원	1.250	11,581	14,476
몰드 투입 및 양생	단 순 노 무 종 사 원	0.500	11,581	5,790
완성품검사	제 품 검 사 및 조 정 원	0.375	12,618	4,731
포장	수 동 물 품 포 장 원	0.250	11,387	2,846
적재 및 출하	제 품 하 역 적 재 원	0.125	13,250	1,656
계				50,871

주 1) 연작업시간 : 전문업체 작업조업도 참조

2) M/HR당 임률 : < 표 : 9 > M/HR당임률산출표 참조

〈 표 : 8 〉

노무공수산출표

공 정 명	직 종 명	연작업시간			생산량	노무공수
		배치 인원	작업 시간	계		
		(인)	(시간)	(M/HR)	(SET)	(M/HR)
자재입고	단 순 노 무 종 사 원	1	0.500	0.500	4	0.125
자재검사	제 품 검 사 및 조 정 원	1	0.500	0.500		0.125
시멘트 및 탄산칼슘계 분말 계량 및 배합	시 멘 트 배 합 원	1	5.000	5.000		1.250
	단 순 노 무 종 사 원	1	5.000	5.000		1.250
몰드 투입 및 양생	단 순 노 무 종 사 원	1	2.000	2.000		0.500
완성품검사	제 품 검 사 및 조 정 원	1	1.500	1.500		0.375
포장	수 동 물 품 포 장 원	1	1.000	1.000		0.250
적재 및 출하	제 품 하 역 적 재 원	1	0.500	0.500		0.125
계				16.000		4.000

주) 배치인원, 작업시간 : 전문업체 작업공정도 참조

< 표 : 9 >

M/HR당임률산출표

단위 : 원

직종번호	직 종 명	기 본 급	상 여 금	퇴직급여충당금	M/D당임률	M/HR당임률
		주 1)	주 2)	주 3)	주 4)	주 5)
제조 - 25	시 멘 트 배 합 원	102,915	5,488	9,033	117,436	14,679
제조 - 106	제 품 검 사 및 조 정 원	88,467	4,718	7,765	100,950	12,618
제조 - 109	수 동 물 품 포 장 원	79,836	4,257	7,007	91,100	11,387
제조 - 124	제 품 하 역 적 재 원	92,897	4,954	8,154	106,005	13,250
제조 - 127	단 순 노 무 종 사 원	81,196	4,330	7,127	92,653	11,581

주 1) 기본급 : 중소기업중앙회 발표(2021.7.1) 참조

2) 상여금 : 기획재정부 계약예규에 의거한 연400%와 전문업체의 실적율에 의한 64%를 비교하여 낮은 비율인 연64%를 적용하였음

3) 퇴직급여충당금 : 근로기준법에 의거 연 통상지급액의 1/12계상

4) M/D당임률 : 기본급 + 상여금 + 퇴직급여충당금

5) M/HR당임률 : M/D당임률 ÷ 8 시간

< 표 : 10 >

상여금지급율산출표

구 분	급여지급액	상여금지급액	상여금지급율	비 고
	주 1)	주 2)	주 3)	
2020년 1월	27,324,164	5,700,000		
2020년 2월	27,324,164			
2020년 3월	26,728,330			
2020년 4월	28,651,130			
2020년 5월	26,792,930			
2020년 6월	26,884,890			
2020년 7월	29,448,580	6,750,000		
2020년 8월	33,638,530			
2020년 9월	34,138,530	7,000,000		
2020년 10월	35,224,660			
2020년 11월	34,034,030			
2020년 12월	34,034,030			
계	364,223,965	19,450,000		
월평균지급액	30,351,997		64%	

주 1) 급여 지급액 : 전문업체 임금대장에 의거 적용

2) 상여금 지급액 : 전문업체 임금대장에 의거 적용

3) 상여금 지급율 : 상여금 지급액 ÷ 월평균지급액

< 표 : 11 >

간접노무비율산출표

구 분	산 출 내 역	비 율(%)	비 고
1) 기획재정부 계약예규기준		100%이내	
2) 전문업체실적	◈ 대상기간 : 2020.1.1 ~ 2020.12.31 ① 직접부문지급액 : 488,663,490 ② 간접부문지급액 : 130,260,820 ▶ 공식 : ② ÷ ① × 100	26.65	< 표 : 12 >
3) 조사적용비율(%)		26.65	

주) 간접노무비 적용 비율은 기획재정부 계약예규에 의한 적용 한도율과 전문업체 실적비율을 비교하여 낮은 비율을 적용하였음

< 표 : 12 >

노무비지급명세표

단위 : 원

월 별	직접부문지급액				간접부문지급액				합 계
	인 원	급 여	상 여	계	인 원	급 여	상 여	계	
2020년 1월	11	34,888,050	4,700,000	39,588,050	2	7,800,000	1,000,000	8,800,000	48,388,050
2020년 2월	11	34,672,650		34,672,650	2	7,910,400		7,910,400	42,583,050
2020년 3월	11	37,092,370		37,092,370	2	8,117,400		8,117,400	45,209,770
2020년 4월	12	34,566,880		34,566,880	2	7,855,200		7,855,200	42,422,080
2020년 5월	11	33,736,250		33,736,250	2	7,800,000		7,800,000	41,536,250
2020년 6월	12	37,584,290		37,584,290	2	8,055,300		8,055,300	45,639,590
2020년 7월	13	42,656,530	5,750,000	48,406,530	2	8,241,600	1,000,000	9,241,600	57,648,130
2020년 8월	13	41,405,850		41,405,850	3	13,459,720		13,459,720	54,865,570
2020년 9월	13	45,206,550	6,000,000	51,206,550	3	14,463,900	1,000,000	15,463,900	66,670,450
2020년 10월	14	46,579,890		46,579,890	3	14,574,300		14,574,300	61,154,190
2020년 11월	13	43,220,650		43,220,650	3	14,408,700		14,408,700	57,629,350
2020년 12월	13	40,603,530		40,603,530	3	14,574,300		14,574,300	55,177,830
계	147	472,213,490	16,450,000	488,663,490	29	127,260,820	3,000,000	130,260,820	618,924,310

주) 전문업체 임금대장에 의거 분류

< 표 : 13 >

경비산출표

단위 : 원/SET

비 목	배부율 (%)	배부대상액	금 액	비 고
	주 1)	주 2)		
복리후생비	8.21	64,428	5,289	노무비
여비교통통신비	0.15	216,905	325	재료비
전력비	1.14	"	2,472	"
세금과공과	0.26	"	563	"
감가상각비	9.45	"	20,497	"
지급임차료	0.16	"	347	"
수리수선비	5.06	"	10,975	"
보험료	2.26	64,428	1,456	노무비
계			41,924	

주 1) 배부율(%) : < 표 : 14 > 경비배부율산출표 참조

2) 배부대상액 : < 표 : 1 > 재료비집계표 및 < 표 : 6 > 노무비집계표 참조

< 표 : 14 >

경비배부율산출표

1. 전문업체 결산자료

비목		금액 (단위:원)	재료비법		노무비법		원가법		비고
			배부율(%)	배부기준	배부율(%)	배부기준	배부율(%)	배부기준	
재료비		4,268,326,052		100.00				100.00	주 1)
노무비		888,653,440				100.00		100.00	
경비	복리후생비	72,986,192	8.21	노무비	8.21	노무비	8.21	노무비	주 2)
	여비교통통신비	6,556,961	0.15	재료비	0.73	"	0.12	재료비+노무비	
	전력비	48,672,717	1.14	"	5.47	"	0.94	"	
	세금과공과	11,435,800	0.26	"	1.28	"	0.22	"	
	감가상각비	403,446,152	9.45	"	45.39	"	7.82	"	
	지급임차료	6,996,542	0.16	"	0.78	"	0.13	"	
	수리수선비	216,311,919	5.06	"	24.34	"	4.19	"	
	보험료	20,139,821	2.26	노무비	2.26	"	2.26	노무비	
계		786,546,104	26.69		88.46		23.89		
배부방법별 산출금액			41,924		56,989		44,496		

주 1) 재료비, 노무비 : < 표 : 21 > 기타자료 전문업체결산자료 중 제조원가명세서 참조(최근 2년간 자료 적용)

2) 경비 : < 표 : 15 > 경비조정액산출표 참조

3) 배부방법별 산출된 경비율을 배부대상액에 적용하여 최저경비금액을 적용함

경비배부율산출표

2. 기업경영분석자료

비목		금액 (단위:백만원)	재료비법		노무비법		원가법		비고
			배부율(%)	배부기준	배부율(%)	배부기준	배부율(%)	배부기준	
재료비		7,462,014		100.00				100.00	주 1)
노무비		1,430,390				100.00		100.00	
경비	복리후생비	181,407	12.68	노무비	12.68	노무비	12.68	노무비	주 2)
	전력비	546,963	7.32	재료비	38.23	"	6.15	재료비+노무비	
	수도광열비	228,131	3.05	"	15.94	"	2.56	"	
	감가상각비	577,598	7.74	"	40.38	"	6.49	"	
	세금과공과	39,844	0.53	"	2.78	"	0.44	"	
	지급임차료	230,595	3.09	"	16.12	"	2.59	"	
	보험료	62,275	4.35	노무비	4.35	"	4.35	노무비	
	수리수선비	203,652	2.72	재료비	14.23	"	2.29	재료비+노무비	
계		2,070,465	41.48		144.71		37.55		
배부방법별 산출금액			64,001		93,230		68,697		

주 1) 재료비, 노무비 : < 표 : 21 > 기타자료 기업경영분석자료 중 제조원가명세서 참조(최근 2년간 자료 적용)

2) 경비 : < 표 : 15 > 경비조정액산출표 참조

3) 배부방법별 산출된 경비율을 배부대상액에 적용하여 최저경비금액을 적용함

< 표 : 15 >

경비조정액산출표

1. 전문업체 결산자료 단위 : 원

계정과목	경비발생액 주 1)			조정내역	조정금액	적용비목
	2020년	2019년	합 계			
				주 2)		
복리후생비	62,069,002	10,917,190	72,986,192		72,986,192	복리후생비
여비교통비		5,872,351	5,872,351	+) 684,610원	6,556,961	여비교통통신비
통신비	636,610	48,000	684,610	여비교통통신비로 대체		
전력비	26,478,604	22,194,113	48,672,717		48,672,717	전력비
세금과공과금	6,093,380	5,342,420	11,435,800		11,435,800	세금과공과
감가상각비	288,316,192	115,129,960	403,446,152		403,446,152	감가상각비
임차료	3,503,779	3,492,763	6,996,542		6,996,542	지급임차료
수선비	35,194,200	181,117,719	216,311,919		216,311,919	수리수선비
보험료	12,268,248	7,871,573	20,139,821		20,139,821	보험료
차량유지비	2,566,822		2,566,822	타제품비목으로 제외		
운반비	64,557,810	122,340,000	186,897,810	개별산출		
교육훈련비	1,280,000		1,280,000	타제품비목으로 제외		
포장비	1,076,000	11,823,000	12,899,000	간접재료비로 계상		
소모품비	21,055,074	6,555,808	27,610,882	간접재료비로 계상		
수수료비용	38,122,468	26,863,600	64,986,068	타제품비목으로 제외		
외주가공비	998,684,696	1,711,879,440	2,710,564,136	타제품비목으로 제외		
시험비	36,640,000	24,940,000	61,580,000	타제품비목으로 제외		
계	1,598,542,885	2,256,387,937	3,854,930,822		786,546,104	

주 1) 발생액 : < 표 : 21 > 기타자료 전문업체결산자료 중 제조원가명세서 참조

2) 조정내역 : 기획재정부 계약예규에 의거 조정하였음

경비조정액산출표

2. 기업경영분석자료 단위 : 백만원

계정과목	경비발생액 주 1)			조정내역	조정금액	적용비목
	2020년	2019년	합 계			
				주 2)		
복리후생비	90,959	90,448	181,407		181,407	복리후생비
전력비	278,154	268,809	546,963		546,963	전력비
가스수도비	118,054	110,077	228,131		228,131	수도광열비
감가상각비	288,252	289,346	577,598		577,598	감가상각비
세금과공과	20,051	19,793	39,844		39,844	세금과공과
임차료	116,286	114,309	230,595		230,595	지급임차료
보험료	30,127	32,148	62,275		62,275	보험료
수선비	102,986	100,666	203,652		203,652	수리수선비
외주가공비	298,543	295,948	594,491	타제품비목으로 제외		
운반·하역·보관·포장비	436,890	427,015	863,905	개별산출		
경상개발비	28,129	24,510	52,639	타제품비목으로 제외		
기타경비	685,574	660,819	1,346,393	불인금액		
계	2,494,005	2,433,888	4,927,893		2,070,465	

주 1) 발생액 : < 표 : 21 > 기타자료 기업경영분석자료 중 제조원가명세서 참조

2) 조정내역 : 기획재정부 계약예규에 의거 조정하였음

< 표 : 16 >

일반관리비산출표

단위 : 원/SET

비 목	적 용 대 상 액				비율 (%)	금 액
	재료비	노무비	경 비	계		
	주 1)	주 2)	주 3)		주 4)	
일 반 관 리 비	216,905	64,428	41,924	323,257	12	38,790
계						38,790

주 1) 재료비 : < 표 : 1 > 재료비집계표 참조

2) 노무비 : < 표 : 6 > 노무비집계표 참조

3) 경비 : < 표 : 13 > 경비산출표 참조

4) 비율(%) : < 표 : 17 > 일반관리비율산출표 참조

< 표 : 17 >

일반관리비율산출표

1. 계약예규, 전문업체결산자료 및 기업경영분석자료 비교

과 목	계약예규기준	전문업체결산자료□(단위 : 원)			기업경영분석자료□(단위 : 백만원)			비 고
		2020년	2019년	합 계	2020년	2019년	합 계	
1) 매 출 원 가		7,786,851,081	10,679,419,790	18,466,270,871	7,550,510	7,632,364	15,182,874	주 1)
2) 동기간의일반관리비		1,731,546,087	1,670,623,187	3,402,169,274	1,237,706	1,249,130	2,486,836	
- 판매비와일반관리비		1,875,530,140	1,716,959,924	3,592,490,064	1,319,253	1,321,442	2,640,695	
- 분 인 금 액		143,984,053	46,336,737	190,320,790	81,547	72,312	153,859	
① 접대비		15,508,252	12,335,770	27,844,022	39,655	38,903	78,558	
② 광고선전비					6,943	7,776	14,719	
③ 대손상각비		126,308,751	11,793,217	138,101,968	25,216	16,465	41,681	
④ 무형고정자산상각		2,123,750	22,123,750	24,247,500	9,733	9,168	18,901	
⑤ 운반비		43,300	84,000	127,300				
3) 일 반 관 리 비 율 (%)	12.00			18.42			16.37	주 2)

주 1) 매출원가 : < 표 : 21 > 기타자료 중 전문업체결산자료 및 기업경영분석자료의 손익계산서 참조

2) 일반관리비율(%) : (동기간의 일반관리비 ÷ 매출원가) × 100

2. 일반관리비 적용비율

예정가격 작성기준에 의한 '비금속광물제품의 제조・구매'의 일반관리비율 적용 한도율은 12%이며, 전문업체 결산자료비율은 18.42%, 기업경영분석자료 비율은 16.37%로 각각 발생되어 본 원가 계산시 적용 일반관리비율은 12%를 적용하였음

< 표 : 18 >

이윤산출표

단위 : 원/SET

비 목	적용대상액				비율(%)	금 액
	노무비	경 비	일반관리비	계		
	주 1)	주 2)	주 3)		주 4)	
이 윤	64,428	41,924	38,790	145,142	25	36,285
계						36,285

주 1) 노무비 : < 표 : 6 > 노무비집계표 참조

2) 경비 : < 표 : 13 > 경비산출표 참조(외주가공비 제외)

3) 일반관리비 : < 표 : 16 > 일반관리비산출표 참조

4) 비율(%) : < 표 : 19 > 이윤비율표 참조

< 표 : 19 >

이윤비율표

구 분	계약예규 기준비율 (%)	조사적용 비율(%)	비 고
시 설 공 사	15		
제 조 , 구 매	25	25	
용 역	10		
수 입 물 품 의 구 입	10		

주) 예정가격 작성기준(기획재정부 계약예규 제534호, 2020.12.28) 참조

< 표 : 20 >

운반비산출표

단위 : 원/SET

구 분	운반차량 (TON)	운반거리 (Km)	단위	적재량 (SET)	단 가	금 액
		주 1)			주 2)	
탄산칼슘계 분말 운반	5	300	대	147	253,000	1,721
화재확산 방지 보강재 납품	1	160	대	40	145,381	3,634
계						5,355

주 1) 운반거리 : 전국 평균운반거리 적용

2) 단가 : 거리톤급별운임 참조(부가가치세 제외)

< 표 : 21 >

기타자료
1. 전문업체결산자료

1. 재무상태표 단위 : 원

비 목	제 9 기 2020년 12월 31일 현재		제 8 기 2019년 12월 31일 현재		비 고
자 산					
Ⅰ. 유 동 자 산		4,268,014,505		4,490,762,500	
1. 당 좌 자 산		4,268,014,505		4,490,762,500	
현 금		320,470		1,088,000	
보 통 예 금		1,520,742,012		1,381,511,729	
정 기 예 , 적 금				635,000,000	
받 을 어 음	727,037,256		20,350,000		
대 손 충 당 금	7,270,372	719,766,884	203,500	20,146,500	
공 사 미 수 금	1,216,054,082		1,158,971,769		
대 손 충 당 금	12,160,540	1,203,893,542	11,589,717	1,147,382,052	
미 수 수 익		28,145,387		32,037,913	
미 수 이 자				34,943,363	
선 급 금		109,822,500		59,822,500	
선 급 비 용		44,499,640		38,390,157	
가 지 급 금		614,000,000		1,044,000,000	
선 납 세 금		26,824,070			
전 도 금				23,200,000	
선 납 법 인 세				73,240,286	
2. 재 고 자 산					
Ⅱ. 비 유 동 자 산		2,950,465,963		2,967,313,378	
1. 투 자 자 산		110,924,080		274,442,163	
장 기 대 여 금				67,228,483	
기 타 투 자 자 산				100,000,000	
단 체 상 조 회 비		10,203,600		6,493,200	
출 자 금		100,720,480		100,720,480	
2. 유 형 자 산		2,762,459,810		2,617,665,392	
토 지		1,440,732,132		1,440,732,132	
건 물	842,676,333		842,676,333		
감 가 상 각 누 계 액	158,001,778	684,674,555	136,934,874	705,741,459	
기 계 장 치	494,654,623		447,654,623		
감 가 상 각 누 계 액	275,057,533	219,597,090	209,257,297	238,397,326	
차 량 운 반 구	70,821,960		40,804,160		
감 가 상 각 누 계 액	27,030,256	43,791,704	17,001,733	23,802,427	
공 구 와 기 구	164,760,000				
감 가 상 각 누 계 액	50,289,360	114,470,640			

1. 전문업체결산자료

1. 재무상태표

단위 : 원

비 목	제 9 기 2020년 12월 31일 현재		제 8 기 2019년 12월 31일 현재		비 고
비품	132,085,090		104,585,090		
감가상각누계액	104,211,252	27,873,838	93,229,612	11,355,478	
시설장치	594,647,992		337,840,019		
감가상각누계액	291,363,141		140,203,449		
국고보조금	71,965,000	231,319,851		197,636,570	
3.무형자산		7,582,073		24,705,823	
특허권		7,582,073		9,705,823	
투자금				15,000,000	
4.기타비유동자산		69,500,000		50,500,000	
임차보증금		69,000,000		50,000,000	
기타보증금		500,000		500,000	
자산총계		7,218,480,468		7,458,075,878	
부채					
Ⅰ.유동부채		807,804,459		809,006,417	
외상매입금		570,175,392		459,346,612	
예수금		79,730,970		72,960,030	
부가세예수금		80,304,760		62,435,280	
미지급세금				9,840,670	
미지급비용		40,781,337		185,489,925	
공사선수금		36,812,000		18,933,900	
Ⅱ.비유동부채		500,000,000		330,000,000	
장기차입금		500,000,000		300,000,000	
임대보증금				30,000,000	
부채총계		1,307,804,459		1,139,006,417	
자본					
Ⅰ.자본금		600,000,000		600,000,000	
자본금		600,000,000		600,000,000	
Ⅱ.자본잉여금					
Ⅲ.자본조정					
Ⅳ.기타포괄손익누계액					
Ⅴ.이익잉여금		5,310,676,009		5,719,069,461	
미처분이익잉여금		5,310,676,009		5,719,069,461	
(당기순이익)					
당기 : 198,266,222 원					
전기 : -500,103,849 원					
자본총계		5,910,676,009		6,319,069,461	
부채와자본총계		7,218,480,468		7,458,075,878	

1. 전문업체결산자료

2. 손익계산서 단위 : 원

비 목	제 9 기 2020년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지		제 8 기 2019년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지		비 고
Ⅰ. 매 출 액		9,204,975,419		12,696,141,644	
제 품 매 출	5,494,570,727		4,923,179,946		
공 사 수 입 금	3,704,404,692		7,738,561,698		
입 대 료 수 입	6,000,000		32,200,000		
부 가 통 신 수 수 료			2,200,000		
Ⅱ. 매 출 원 가		7,786,851,081		10,679,419,790	
도 급 공 사 매 출 원 가		3,230,940,390		6,223,420,167	
제 품 매 출 원 가		4,555,910,691		4,455,999,623	
기 초 제 품 재 고 액					
당 기 제 품 제 조 원 가	4,555,910,691		4,455,999,623		
기 말 제 품 재 고 액					
Ⅲ. 매 출 총 이 익		1,418,124,338		2,016,721,854	
Ⅳ. 판 매 비 와 관 리 비		1,875,530,140		1,716,959,924	
직 원 급 여	895,000,981		860,303,020		
상 여 금	46,100,000		43,500,000		
퇴 직 급 여	87,155,450		79,582,240		
복 리 후 생 비	73,073,253		58,820,368		
여 비 교 통 비	11,152,998		29,715,609		
접 대 비	15,508,252		12,335,770		불인금액
통 신 비	5,062,716		6,057,654		
수 도 광 열 비	496,526		368,374		
전 력 비	1,734,100		2279460		
세 금 과 공 과 금	48,838,010		49,383,268		
감 가 상 각 비	24,527,629		24,062,390		
지 급 임 차 료	21,695,056		20,018,699		
수 선 비	1,590,000		85000		
보 험 료	24,386,723		28,098,216		
차 량 유 지 비	10,209,000		4,585,000		
경 상 연 구 개 발 비	339,060,794		378,628,133		
운 반 비	43,300		84,000		불인금액

1. 전문업체결산자료

2. 손익계산서 단위 : 원

비 목	제 9 기 2020년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지		제 8 기 2019년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지		비 고
교 육 훈 련 비	10,860,830		1,668,100		
도 서 인 쇄 비	57,000				
사 무 용 품 비	23,702,738		10,585,391		
소 모 품 비	16,551,108		2,240,472		
지 급 수 수 료	82,575,935		62,771,908		
대 손 상 각 비	126,308,751		11,793,217		불인금액
건 물 관 리 비	7,715,240		6,048,510		
무 형 자 산 상 각 비	2,123,750		22,123,750		불인금액
견 본 비			1,821,375		
V. 영 업 손 실		457,405,802		-299,761,930	
VI. 영 업 외 수 익		274,592,160		313,686,326	
이 자 수 익	68,618,316		128,614,666		
배 당 금 수 익	2,800,000		1,120,000		
외 환 차 익	2,843,161		22,602,859		
대 손 충 당 금 환 입	11,793,217		15,701,043		
전 기 오 류 수 정 이 익	85,000,000				
유 형 자 산 처 분 이 익	317,466				
판 매 장 려 금	400,503		1,940,167		
잡 이 익	33,590,178		21,687,232		
국 고 보 조 금	69,229,319		122,020,359		
VII. 영 업 외 비 용		15,452,580		50,514,207	
이 자 비 용	9,720,711		30,206,528		
외 환 차 손			20,430		
기 부 금	4,600,000		3,600,000		
잡 손 실	1,131,869		16,687,249		
VIII. 법 인 세 차 감 전 손 실		198,266,222		-562,934,049	
IX. 법 인 세 등		-		62,830,200	
법 인 세 등			62,830,200		
X. 당 기 순 이 익		198,266,222		-500,103,849	

1. 전문업체결산자료

3. 제조원가명세서 단위 : 원

비 목	제 9 기 2020년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지		제 8 기 2019년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지		비 고
Ⅰ. 원 재 료 비		2,329,315,496		1,939,010,556	
기 초 원 재 료 재 고 액					
당 기 원 재 료 매 입 액	2,329,315,496		1,939,010,556		
기 말 원 재 료 재 고 액					
Ⅱ. 노 무 비		628,052,310		260,601,130	
급 여	599,474,310		233,737,350		
상 여 금	19,450,000		6,300,000		
퇴 직 급 여	9,128,000		20,563,780		
Ⅲ. 경 비		1,598,542,885		2,256,387,937	
복 리 후 생 비	62,069,002		10,917,190		
여 비 교 통 비			5,872,351		
통 신 비	636,610		48,000		
전 력 비	26,478,604		22,194,113		
세 금 과 공 과 금	6,093,380		5,342,420		
감 가 상 각 비	288,316,192		115,129,960		
임 차 료	3,503,779		3,492,763		
수 선 비	35,194,200		181,117,719		
보 험 료	12,268,248		7,871,573		
차 량 유 지 비	2,566,822				
운 반 비	64,557,810		122,340,000		
교 육 훈 련 비	1,280,000				
포 장 비	1,076,000		11,823,000		
소 모 품 비	21,055,074		6,555,808		
수 수 료 비 용	38,122,468		26,863,600		
외 주 가 공 비	998,684,696		1,711,879,440		
시 험 비	36,640,000		24,940,000		
Ⅳ. 당 기 총 제 조 비 용		4,555,910,691		4,455,999,623	
Ⅴ. 기 초 재 공 품 재 고 액					
Ⅵ. 합 계		4,555,910,691		4,455,999,623	
Ⅶ. 기 말 재 공 품 재 고 액					
Ⅷ. 타 계 정 으 로 대 체 액					
Ⅸ. 당 기 제 품 제 조 원 가		4,555,910,691		4,455,999,623	

2. 기업경영분석자료

1. 재무상태표 단위 : 백만원

CODE NO	내 역	2020년		2019년		비 고
		금 액	구성비(%)	금 액	구성비(%)	
111	유 동 자 산	5,722,010	46.54%	5,539,181	46.63%	
1111	당 좌 자 산	4,693,218	38.17%	4,558,923	38.38%	
11111	현금 및 현금성자산	1,121,460	9.12%	1,109,783	9.34%	
11112	단 기 투 자 자 산	1,457,122	11.85%	1,251,529	10.53%	
11113	매 출 채 권	1,619,287	13.17%	1,679,880	14.14%	
11114	기 타 당 좌 자 산	495,349	4.02%	517,731	4.35%	
1112	재 고 자 산	1,028,792	8.36%	980,258	8.25%	
11121	상(제)품 및 반 제 품	441,878	3.59%	419,099	3.52%	
11122	원 재 료	438,073	3.56%	409,016	3.44%	
11123	기 타 재 고 자 산	148,842	1.21%	152,144	1.28%	
112	비 유 동 자 산	6,571,739	53.45%	6,338,153	53.36%	
1121	투 자 자 산	1,138,626	9.26%	1,090,412	9.18%	
11211	장 기 투 자 증 권	669,310	5.44%	609,356	5.13%	
1122	유 형 자 산	4,798,114	39.02%	4,630,733	38.98%	
11221	토 지	2,212,767	17.99%	2,162,779	18.20%	
11222	설 비 자 산	2,424,414	19.72%	2,306,267	19.41%	
112221	건 물 · 구 축 물	1,099,381	8.94%	985,427	8.29%	
112222	기 계 장 치	941,595	7.65%	956,953	8.05%	
112223	선박·차량운반구	153,075	1.24%	160,861	1.35%	
112224	기 타 설 비 자 산	230,362	1.87%	203,026	1.70%	
11223	건 설 중 인 자 산	160,933	1.30%	161,686	1.36%	
1123	무 형 자 산	300,052	2.44%	294,455	2.47%	
11231	개 발 비	30,643	0.24%	30,394	0.25%	
1124	기 타 비 유 동 자 산	334,946	2.72%	322,554	2.71%	
11	자 산 총 계	12,293,749	100.00%	11,877,335	100.00%	
121	유 동 부 채	3,408,460	27.72%	3,332,545	28.05%	
12101	매 입 채 무	767,867	6.24%	843,854	7.10%	
12102	단 기 차 입 금	1,315,040	10.69%	1,267,292	10.66%	
12103	유동성장기부채	249,111	2.02%	194,067	1.63%	
12104	기 타 유 동 부 채	1,076,442	8.75%	1,027,332	8.64%	
122	비 유 동 부 채	2,229,305	18.13%	2,152,163	18.11%	
12201	회 사 채	65,598	0.53%	50,865	0.42%	
12202	장 기 차 입 금	1,792,100	14.57%	1,699,853	14.31%	
12203	기 타 비 유 동 부 채	371,607	3.02%	401,445	3.37%	
123	자 본	6,655,984	54.14%	6,392,628	53.82%	
12301	자 본 금	1,131,149	9.20%	1,137,520	9.57%	
12302	자 본 잉 여 금	817,546	6.65%	778,464	6.55%	
12303	자 본 조 정	-117,537	-0.95%	-87,593	-0.73%	
12304	기타포괄손익누계액	263,924	2.14%	269,117	2.26%	
12305	이 익 잉 여 금	4,560,901	37.09%	4,295,121	36.16%	
12	부 채 및 자 본 합 계	12,293,749	100.00%	11,877,335	100.00%	

주) 2019년 및 2020년 한국은행발간 기업경영분석자료 CODE NO. C239『기타 비금속 광물제품』참조

2. 기업경영분석자료

2. 손익계산서 단위 : 백만원

CODE NO	내 역	2020년		2019년		비 고
		금 액	구성비(%)	금 액	구성비(%)	
21	매 출 액	9,491,010	100.00%	9,505,818	100.00%	
22	매 출 원 가	7,550,510	79.55%	7,632,364	80.29%	
23	매 출 총 손 익	1,940,500	20.44%	1,873,454	19.70%	
241	판 매 비 와 일 반 관 리 비	1,319,253	13.90%	1,321,442	13.90%	
24101	급 여	478,001	5.03%	461,140	4.85%	
24102	퇴 직 급 여	48,263	0.50%	40,964	0.43%	
24103	복 리 후 생 비	53,062	0.55%	51,645	0.54%	
24104	세 금 과 공 과	31,669	0.33%	29,387	0.30%	
24105	임 차 료	24,981	0.26%	26,521	0.27%	
24106	감 가 상 각 비	44,810	0.47%	39,693	0.41%	
24107	접 대 비	39,655	0.41%	38,903	0.40%	불인금액
24108	광 고 선 전 비	6,943	0.07%	7,776	0.08%	"
24109	경 상 개 발 비 · 연 구 비	35,142	0.37%	33,433	0.35%	
24110	보 험 료	24,754	0.26%	23,013	0.24%	
24111	대 손 상 각 비	25,216	0.26%	16,465	0.17%	불인금액
24112	무 형 자 산 상 각 비	9,733	0.10%	9,168	0.09%	"
24113	기 타 판 매 비 와 관 리 비	497,025	5.23%	543,335	5.71%	
24	영 업 손 익	621,247	6.54%	552,012	5.80%	
251	영 업 외 수 익	218,587	2.30%	262,543	2.76%	
25101	이 자 수 익	53,075	0.55%	46,441	0.48%	
25102	배 당 금 수 익	13,558	0.14%	16,706	0.17%	
25103	외 환 차 익	22,969	0.24%	18,289	0.19%	
25104	외 화 환 산 이 익	3,187	0.03%	2,452	0.02%	
25105	투 자 · 유 형 자 산 처 분 이 익	29,898	0.31%	40,792	0.42%	
25106	지 분 법 평 가 이 익	12,504	0.13%	48,615	0.51%	
25107	기 타 영 업 외 수 익	83,397	0.87%	89,248	0.93%	
252	영 업 외 비 용	280,621	2.95%	254,197	2.67%	
25201	이 자 비 용	123,224	1.29%	119,166	1.25%	
25202	외 환 차 손	14,547	0.15%	11,914	0.12%	
25203	외 화 환 산 손 실	4,738	0.04%	2,210	0.02%	
25204	투 자 · 유 형 자 산 처 분 손 실	13,547	0.14%	16,452	0.17%	
25205	지 분 법 평 가 손 실	36,513	0.38%	8,943	0.09%	
25206	기 타 영 업 외 비 용	88,051	0.92%	95,512	1.00%	
25	법 인 세 비 용 차 감 전 순 손 익	559,213	5.89%	560,358	5.89%	
261	법 인 세 비 용	122,529	1.29%	118,026	1.24%	
26	당 기 순 손 익	436,683	4.60%	442,332	4.65%	

주) 2019년 및 2020년 한국은행발간 기업경영분석자료 CODE NO. C239『기타 비금속 광물제품』 참조

2. 기업경영분석자료

3. 제조원가명세서 단위 : 백만원

CODE NO	내 역	2020년		2019년		비 고
		금 액	구성비(%)	금 액	구성비(%)	
31	당기총제조비용	6,915,740	100.00%	6,904,558	100.00%	
311	재 료 비	3,706,526	53.59%	3,755,488	54.39%	
312	노 무 비	715,208	10.34%	715,182	10.35%	
313	경 비	2,494,005	36.06%	2,433,889	35.25%	
31301	복리후생비	90,959	1.31%	90,448	1.30%	
31302	전 력 비	278,154	4.02%	268,809	3.89%	
31303	가스수도비	118,054	1.70%	110,077	1.59%	
31304	감가상각비	288,252	4.16%	289,346	4.19%	
31305	세금과공과	20,051	0.28%	19,793	0.28%	
31306	임 차 료	116,286	1.68%	114,309	1.65%	
31307	보 험 료	30,127	0.43%	32,148	0.46%	
31308	수 선 비	102,986	1.48%	100,666	1.45%	
31309	외주가공비	298,543	4.31%	295,948	4.28%	
31310	운반·하역·보관·포장비	436,890	6.31%	427,015	6.18%	
31311	경상개발비	28,129	0.40%	24,510	0.35%	
31312	기 타 경 비	685,574	9.91%	660,819	9.57%	
32	기초재공품원가	87,021	1.25%	74,329	1.07%	
33	기말재공품원가	106,277	1.53%	87,765	1.27%	
34	유형자산(타계정)대체액	31,424	0.45%	45,743	0.66%	
35	당기제품제조원가	6,865,060	99.26%	6,845,378	99.14%	

주) 2019년 및 2020년 한국은행발간 기업경영분석자료 CODE NO. C239『기타 비금속 광물제품』 참조

B. 설치원가

< 표 : 1 >

내역집계표

단위 : 원/SET

구분	품 명	재질 및 규격	단위	직접재료비	직접노무비	기계경비	합 계	비 고
1	화재확산 방지 보강재		SET	주 1)	주 2) 89,626	주 3)	89,626	

주 1) 직접재료비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

2) 직접노무비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

3) 기계경비 : < 표 : 2 > 내역산출표 참조

< 표 : 2 >

내역산출표

단위 : 원/SET

구분	재 료 명	재질 및 규격	단위	수 량	직접재료비		직접노무비		기계경비		합 계	비 고
					단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액		
				주 1)	주 2)		주 3)		주 4)			
1	화재확산 방지 보강재 설치		SET	1.0000			89,626	89,626			89,626	제 1 호 표
	계							89,626			89,626	

주 1) 수량 : 전문업체 제시내역 참조

2) 직접재료비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

3) 직접노무비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

4) 기계경비 단가 : < 표 : 3 > 일위대가목록표 참조

< 표 : 3 >

일위대가목록표

단위 : 원

호표	일위대가명	재질 및 규격	단위	직접재료비	직접노무비	기계경비	합 계	비 고
1	화재확산 방지 보강재 설치		SET		89,626		89,626	

< 표 : 4 >

일위대가표

(제 1 호표) 품명 : 화재확산 방지 보강재 설치 | 규격 : | 단위 : SET

재 료 명	재질 및 규격	단위	수량	직접재료비		직접노무비		기계경비		합 계	비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액		
			주 1)			주 2)					
창호공		인	0.2500			217,409	54,352			54,352	공직1024번
보통인부		인	0.2500			141,096	35,274			35,274	공직1002번
※ 2인 1일 4SET 설치 기준											
계							89,626			89,626	

주 1) 수량 : 전문업체 제시 내역 참조

2) 직접노무비 단가 : 2021년 상반기 공사노임 참조

< 표 : 5 >

간접노무비율산출표

구 분		비율(%)	적용율(%)	비 고
공사종류별		주 1)	주 2)	
	건축공사	14.5	14.5	
	토목공사	15.0		
	특수공사(포장,준설등)	15.5		
	기타(전문,전기,통신등)	15.0		
공사규모별	50억미만	14.0	14.0	
	50억~300억미만	15.0		
	300억이상	16.0		
공사기간별	6개월미만	13.0	13.0	
	6~12개월미만	15.0		
	12개월이상	17.0		
계약예규기준비율(%)			13.8	
조달청기준비율(%)			13.0	
조사적용비율(%)			13.0	

주 1) 비율(%) : 예정가격 작성기준(기획재정부 계약예규 제534호, 2020.12.28) 참조

2) 적용율(%) : (공사종류별 + 공사규모별 + 공사기간별) ÷ 3

< 표 : 6 >

경비산출표

단위 : 원/SET

비 목	배부율 (%)	배부대상액	금 액	비 고
	주 1)	주 2)		
기 계 경 비				< 표 : 1 > 참조
산 재 보 험 료			3,747	< 표 : 7 > 참조
고 용 보 험 료			1,022	< 표 : 9 > 참조
기 타 경 비	4.851	101,277	4,912	재료비 + 노무비
계			9,681	

주 1) 배부율(%) : < 표 : 10 > 기타경비배부율산출표 참조

2) 배부대상액 : 설치원가계산서 참조

< 표 : 7 >

산재보험료산출표

단위 : 원/SET

비 목	적용대상액 (노무비)	비율 (%)	금 액	비 고
	주 1)	주 2)		
산 재 보 험 료	101,277	3.7	3,747	
계			3,747	

주 1) 적용대상액 : 설치원가계산서 참조

2) 비율(%) : < 표 : 8 > 산업재해보상보험요율 참조

< 표 : 8 >

산업재해보상보험요율

단위 : 1000분율

사 업 종 류	요율	사 업 종 류	요율
1. 광업		**4. 건 설 업**	**36**
석탄광업 및 채석업	185	5. 운수·창고 및 통신업	
석회석·금속·비금속·기타광업	57	철도·항공·창고·운수관련서비스업	8
2. 제조업		육상 및 수상운수업	18
식료품 제조업	16	통신업	9
섬유 및 섬유제품 제조업	11	6. 임 업	58
목재 및 종이제품 제조업	20	7. 어 업	28
출판·인쇄·제본업	10	8. 농 업	20
화학 및 고무제품 제조업	13	9. 기타의 사업	
의약품·화장품·연탄·석유제품 제조업	7	시설관리 및 사업지원 서비스업	8
기계기구·금속·비금속광물제품 제조업	13	기타의 각종사업	9
금속제련업	10	전문·보건·교육·여가관련 서비스업	6
전기기계기구·정밀기구·전자제품 제조업	6	도소매·음식·숙박업	8
선박건조 및 수리업	24	부동산 및 임대업	7
수제품 및 기타제품 제조업	12	국가 및 지방자치단체의 사업	9
3. 전기·가스·증기·수도사업	8	0. 금융 및 보험업	6
		* 해외파견자: 14/1,000	
※ 통상적 경로와 방법으로 출퇴근하는 중 발생한 재해에 관한 산재보험료율 전업종 1.0/1,000 가산			

주) 고용노동부 고시 제2020-145호(2021년 1월 1일부터 시행)

< 표 : 9 >

고용보험료산출표

단위 : 원/SET

비 목	적용대상액 (노무비)	비율 (%)	금 액	비 고
	주 1)	주 2)		
고 용 보 험 료	101,277	1.01	1,022	
계			1,022	

주 1) 적용대상액 : 설치원가계산서 참조

2) 비율(%) : 조달청기준비율 1.01%를 적용

< 표 : 10 >

기타경비배부율산출표

비 목	공사종류별 (건축)	공사규모별 (5억원미만)	공사기간별 (6개월이하)	평균배부율	비 고
	주 1)			주 2)	
	(%)	(%)	(%)	(%)	
수 도 광 열 비	0.583	0.141	0.167	-	불 인
복 리 후 생 비	2.233	1.525	1.391	1.716	
소 모 품 비	1.073	1.768	1.469	1.436	
여비 · 교통 · 통신비	0.269	0.420	0.338	0.342	
세 금 과 공 과	3.092	0.537	0.442	1.357	
도 서 인 쇄 비	0.056	0.061	0.054	-	불 인
지 급 수 수 료	5.782	1.771	1.989	-	"
계약예규기준비율(%)				4.851	
조달청기준비율(%)				5.800	
조 사 적 용 비 율 (%)				4.851	

주 1) 비목별비율 : < 표 : 11 > 완성공사원가통계(경비율) 참조

2) 평균배부율(%) = (공사종류별 + 공사규모별 + 공사기간별) ÷ 3

< 표 : 11 >

완성공사원가통계(경비율)

(단위 : 천원, %)

구 분	공종별								공사규모별					
	건축		토목		산업설비		조경		5억원 미만		5억원이상~30억미만		30억원~50억미만	
	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비
공 사 원 가	6,476,178		6,819,302		8,610,280		1,306,551		345,907		1,059,183		3,515,240	
재 료 비	1,605,161		1,484,740		3,057,247		317,853		118,674		320,028		817,245	
노 무 비	331,523		513,229		731,996		146,831		61,834		155,260		379,699	
외 주 비	3,866,377		3,737,254		4,003,986		659,240		115,896		456,199		1,918,245	
(재료비 + 노무비)	1,936,684	100.0%	1,997,970	100.0%	3,789,243	100.0%	464,684	100.0%	180,508	100.0%	475,288	100.0%	1,196,944	100.0%
- 경 비 -	673,117	34.756%	1,084,077	54.259%	817,051	21.562%	182,627	39.301%	49,502	27.424%	127,696	26.867%	400,051	33.423%
1) 전 력 비														
2) 수 도 광 열 비	11,293	0.583%	18,142	0.908%	12,510	0.330%	685	0.147%	256	0.142%	972	0.205%	3,662	0.306%
3) 운 반 비														
4) 기 계 경 비														
5) 특 허 권 사 용 료														
6) 기 술 료														
7) 연 구 개 발 비														
8) 품 질 관 리 비														
9) 가 설 비														
10) 지 급 임 차 료														
11) 보 험 료														
12) 복 리 후 생 비	43,256	2.234%	66,902	3.348%	105,826	2.793%	13,522	2.910%	2,753	1.525%	8,424	1.772%	28,857	2.411%
13) 보 관 비														
14) 외 주 가 공 비														
15) 안 전 관 리 비														
16) 소 모 · 사 무 용 품 비	20,792	1.074%	21,538	1.078%	35,152	0.928%	8,355	1.798%	3,193	1.769%	8,264	1.739%	24,366	2.036%
17) 여비 · 교통비 · 통신비	5,211	0.269%	13,203	0.661%	14,758	0.389%	3,168	0.682%	760	0.421%	1,928	0.406%	6,053	0.506%
18) 세 금 과 공 과	59,890	3.092%	65,685	3.288%	13,612	0.359%	3,658	0.787%	970	0.537%	2,519	0.530%	9,060	0.757%
19) 폐 기 물 처 리 비														
20) 도 서 인 쇄 비	1,086	0.056%	3,784	0.189%	2,489	0.066%	307	0.066%	112	0.062%	303	0.064%	888	0.074%
21) 지 급 수 수 료	111,986	5.782%	224,352	11.229%	125,551	3.313%	10,899	2.345%	3,198	1.771%	10,820	2.277%	43,521	3.636%
22) 환 경 보 전 비														
23) 보 상 비														
24) 안 전 점 검 비														
25) 퇴 직 공 제 부 금 비														
26) 기 타 법 정 경 비														
27) 감 가 상 각 비														
28) 하 자 보 수 비														
29) 현 장 관 리 비														

완성공사원가통계(경비율)

(단위 : 천원,%)

구 분	공사규모별						공사기간별							
	50억이상		300억이상		1,000억이상		6 개 월 이 하		6개월 초과		12개월 초과		36개월 초과	
	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비	금 액	구성비
공 사 원 가	10,140,601		49,831,902		182,273,647		745,925		1,931,262		16,261,092		33,243,424	
재 료 비	1,849,469		11,127,349		48,169,477		253,794		528,491		3,770,197		7,965,763	
노 무 비	796,944		2,123,229		5,447,225		96,635		211,128		715,837		1,882,708	
외 주 비	6,449,622		31,557,652		105,247,558		318,836		1,007,823		9,958,671		18,873,743	
(재료비 + 노무비)	2,646,413	100.0%	13,250,577	100.0%	53,616,702	100.0%	350,429	100.0%	739,619	100.0%	4,486,034	100.0%	9,848,470	100.0%
- 경 비 -	1,044,566	39.471%	5,023,672	37.913%	23,409,388	43.661%	76,660	21.876%	183,820	24.853%	1,816,387	40.490%	4,521,211	45.908%
1) 전 력 비														
2) 수 도 광 열 비	18,292	0.691%	113,719	0.858%	384,438	0.717%	587	0.168%	1,891	0.256%	31,375	0.699%	83,067	0.843%
3) 운 반 비														
4) 기 계 경 비														
5) 특 허 권 사 용 료														
6) 기 술 료														
7) 연 구 개 발 비														
8) 품 질 관 리 비														
9) 가 설 비														
10) 지 급 임 차 료														
11) 보 험 료														
12) 복 리 후 생 비	91,435	3.455%	407,490	3.075%	1,125,147	2.099%	4,876	1.391%	15,424	2.085%	111,183	2.478%	295,854	3.004%
13) 보 관 비														
14) 외 주 가 공 비														
15) 안 전 관 리 비														
16) 소 모 · 사 무 용 품 비	56,475	2.134%	117,615	0.888%	237,506	0.443%	5,150	1.470%	11,866	1.604%	47,847	1.067%	72,149	0.733%
17) 여비 · 교통비 · 통신비	16,829	0.636%	55,069	0.416%	100,854	0.188%	1,187	0.339%	2,872	0.388%	14,395	0.321%	42,042	0.427%
18) 세 금 과 공 과	39,882	1.507%	517,673	3.907%	2,349,613	4.382%	1,550	0.442%	6,232	0.843%	171,121	3.815%	314,860	3.197%
19) 폐 기 물 처 리 비														
20) 도 서 인 쇄 비	4,769	0.180%	10,068	0.076%	33,978	0.063%	192	0.055%	346	0.047%	3,090	0.069%	14,406	0.146%
21) 지 급 수 수 료	157,443	5.949%	995,948	7.516%	4,786,877	8.928%	6,970	1.989%	18,170	2.457%	334,593	7.459%	889,207	9.029%
22) 환 경 보 전 비														
23) 보 상 비														
24) 안 전 점 검 비														
25) 퇴 직 공 제 부 금 비														
26) 기 타 법 정 경 비														
27) 감 가 상 각 비														
28) 하 자 보 수 비														
29) 현 장 관 리 비														

완성공사원가통계(경비율)

(단위 : 천원,%)

구 분	비 고
공사원가 재료비 노무비 외주비 (재료비 + 노무비) - 경 비 -	1. 토목공사로서 공사규모가 15억 원(재료비 7억 원, 노무비 5억 원), 공사 기간이 15개월인 공사인 경우 - 경비 중 운반비, 기계경비, 보험료, 안전관리비 등은 품셈에 의하기나 법정요율을 적용하고, 다만 소요량산출이 곤란한 비목은 다음과 같이 계산한다. ▶ 수도광열비의 계산 (공종) 토목공사 : 0.908% (규모) 15억 원 : 0.205% (기간) 15개월 : 0.699% {(0.908 + 0.205 + 0.699) ÷ 3} = 0.604% (재료비 7억 원 + 노무비 5억 원) × 0.00604 = 7,248(천원)
1) 전력비 2) 수도광열비 3) 운반비 4) 기계경비 5) 특허권사용료 6) 기술료 7) 연구개발비 8) 품질관리비 9) 가설비 10) 지급임차료 11) 보험료 12) 복리후생비 13) 보관비 14) 외주가공비 15) 안전관리비 16) 소모·사무용품비 17) 여비·교통비·통신비 18) 세금과공과 19) 폐기물처리비 20) 도서인쇄비 21) 지급수수료 22) 환경보전비 23) 보상비 24) 안전점검비 25) 퇴직공제부금비 26) 기타법정경비 27) 감가상각비 28) 하자보수비 29) 현장관리비	2. 건축공사로서 공사규모가 4억 원(재료비 2억 원, 노무비 1억 원), 공사 기간이 5개월인 공사의 경우(표 1·2·3 참조) ▶ 소모·사무용품비의 계산 (공종) 건축공사 : 1.074% (규모) 4억 원 : 1.769% (기간) 5개월 : 1.470% {(1.074 + 1.769 + 1.470) ÷ 3} = 1.438% (재료비 2억 원 + 노무비 1억 원) × 0.01438 = 4,314(천원) 3. 조경공사로서 공사규모가 40억 원(재료비 23억 원, 노무비 9억 원), 공사기간이 10개월인 공사의 경우(표 1·2·3 참조) ▶ 세금과공과의 계산 (공종) 조경공사 : 0.787% (규모) 40억 원 : 0.757% (기간) 10개월 : 0.843% {(0.787 + 0.757 + 0.843) ÷ 3} = 0.796% (재료비 23억 원 + 노무비 9억 원) × 0.00796 = 25,472(천원)

< 표 : 12 >

일반관리비산출표

단위 : 원/SET

비 목	적 용 대 상 액				비율 (%)	금 액
	재료비	노무비	경 비	계		
	주 1)	주 2)	주 3)		주 4)	
일 반 관 리 비		101,277	9,681	110,958	6	6,657
계						6,657

주 1) 재료비 : 설치원가계산서 참조

2) 노무비 : 설치원가계산서 참조

3) 경비 : < 표 : 6 > 경비산출표 참조

4) 비율(%) : < 표 : 13 > 일반관리비율표 참조

< 표 : 13 >

일반관리비율표

종 합 공 사		전문, 전기, 정보통신, 소방 및 기타공사	
공 사 원 가	비 율(%)	공 사 원 가	비 율(%)
50 억 원 미 만	6.0	5 억 원 미 만	6.0
50 억 원 -300 억 미 만	5.5	5 억 원 -30 억 미 만	5.5
300 억 원 -1000 억 미 만	5.0	30 억 원 -100 억 미 만	5.0
1000 억 원 이 상	4.5	100 억 원 이 상	4.5
계 약 예 규 기 준 비 율 (%)	6.0		
조 달 청 기 준 비 율 (%)	6.0		
조 사 적 용 비 율 (%)	6.0		

주) 예정가격 작성기준(기획재정부 계약예규 제534호, 2020.12.28) 참조

< 표 : 14 >

이윤산출표

단위 : 원/SET

비 목	적 용 대 상 액				비율 (%)	금 액
	노무비	경 비	일반관리비	계		
	주 1)	주 2)	주 3)		주 4)	
이 윤	101,277	9,681	6,657	117,615	15	17,642
계						17,642

주 1) 노무비 : 설치원가계산서 참조

2) 경비 : < 표 : 6 > 경비산출표 참조

3) 일반관리비 : < 표 : 12 > 일반관리비산출표 참조

4) 비율(%) : < 표 : 15 > 이윤비율표 참조

< 표 : 15 >

이윤비율표

구 분	계약예규 기준비율(%)	조사적용 비율(%)	비 고
시 설 공 사	15	15	
제 조 , 구 매	25		
용 역	10		
수 입 물 품 의 구 입	10		

주) 예정가격 작성기준(기획재정부 계약예규 제534호, 2020.12.28) 참조

< 표 : 16 >

시중노임단가표(공사부문)

(2021.1.1 발표노임)

직종번호	직 종 명	2021년 상반기 노임단가	비 고
1001	작업반장	180,013	
1002	보통인부	141,096	
1003	특별인부	179,203	
1004	조력공	152,740	
1005	제도사	186,251	
1006	비계공	247,977	
1007	형틀목공	226,280	
1008	철근공	228,896	
1009	철공	200,155	
1010	철판공	181,604	
1011	철골공	205,246	
1012	용접공	225,966	
1013	콘크리트공	215,145	
1014	보링공	191,340	
1015	착암공	173,250	
1016	화약취급공	206,294	
1017	할석공	189,028	
1018	포설공	172,935	
1019	포장공	212,761	
1020	잠수부	285,645	
1021	조적공	217,664	
1022	견출공	199,735	
1023	건축목공	224,657	
1024	창호공	217,409	
1025	유리공	205,044	
1026	방수공	174,334	
1027	미장공	228,423	
1028	타일공	230,160	
1029	도장공	213,676	
1030	내장공	206,253	
1031	도배공	185,814	

시중노임단가표(공사부문)

(2021.1.1 발표노임)

직종번호	직 종 명	2021년 상반기 노임단가	비 고
1032	연마공	-	
1033	석공	212,629	
1034	줄눈공	169,920	
1035	판넬조립공	186,646	
1036	지붕잇기공	181,305	
1037	벌목부	200,000	
1038	조경공	181,378	
1039	배관공	201,852	
1040	배관공(수도)	205,381	
1041	보일러공	190,000	
1042	위생공	193,773	
1043	덕트공	181,676	
1044	보온공	184,244	
1045	인력운반공	152,601	
1046	궤도공	163,911	
1047	건설기계조장	162,226	
1048	건설기계운전사	212,637	
1049	화물차운전사	173,879	
1050	일반기계운전사	137,143	
1051	기계설비공	190,522	
1052	준설선선장	-	
1053	준설선기관사	-	
1054	준설선운전사	-	
1055	선원	-	
1056	플랜트배관공	266,618	
1057	플랜트제관공	208,513	
1058	플랜트용접공	238,423	
1059	플랜트특수용접공	285,714	
1060	플랜트기계설치공	217,415	
1061	플랜트특별인부	176,704	
1062	플랜트케이블전공	274,707	
1063	플랜트계장공	196,381	

시중노임단가표(공사부문)

(2021.1.1 발표노임)

직종번호	직 종 명	2021년 상반기 노임단가	비 고
1064	플랜트덕트공	183,708	
1065	플랜트보온공	219,868	
1066	제철축로공	260,000	
1067	비파괴시험공	227,625	
1068	특급품질관리원	182,441	
1069	고급품질관리원	175,386	
1070	중급품질관리원	160,900	
1071	초급품질관리원	136,668	
1072	지적기사	248,325	
1073	지적산업기사	211,956	
1074	지적기능사	172,575	
1075	내선전공	242,731	
1076	특고압케이블전공	371,737	
1077	고압케이블전공	313,970	
1078	저압케이블전공	254,661	
1079	송전전공	458,124	
1080	송전활선전공	501,102	
1081	배전전공	361,209	
1082	배전활선전공	472,721	
1083	플랜트전공	216,250	
1084	계장공	245,687	
1085	철도신호공	254,765	
1086	통신내선공	224,251	
1087	통신설비공	245,619	
1088	통신외선공	319,849	
1089	통신케이블공	339,623	
1090	무선안테나공	273,520	
1091	석면해체공	184,615	
2001	광케이블설치사	360,206	
2002	H/W 시험사	330,411	
2003	S/W 시험사	354,793	
3001	도편수	421,053	

시중노임단가표(공사부문)

(2021.1.1 발표노임)

직종번호	직 종 명	2021년 상반기 노임단가	비 고
3002	드 잡 이 공	-	
3003	한 식 목 공	246,346	
3004	한 식 목 공 조 공	202,105	
3005	한 식 석 공	324,939	
3006	한 식 미 장 공	246,667	
3007	한 식 와 공	290,026	
3008	한 식 와 공 조 공	227,495	
3009	목 조 각 공	245,000	
3010	석 조 각 공	-	
3011	특 수 화 공	238,720	
3012	화 공	-	
3013	드 잡 이 공 편 수	-	
3014	한 식 미 장 공 편 수	261,429	
3015	한 식 와 공 편 수	365,113	
3016	한 식 단 청 공 편 수	247,727	
3017	한 식 석 공 조 공	256,000	
3018	한 식 미 장 공 조 공	220,000	
4001	원 자 력 플 랜 트 전 공	219,796	
4002	원 자 력 용 접 공	201,040	
4003	원 자 력 기 계 설 치 공	214,418	
4004	원 자 력 품 질 관 리 사	261,522	
5001	통 신 관 련 기 사	257,342	
5002	통 신 관 련 산 업 기 사	254,403	
5003	통 신 관 련 기 능 사	206,555	
5004	전 기 공 사 기 사	263,081	
5005	전 기 공 사 산 업 기 사	241,167	
5006	변 전 전 공	369,045	
5007	코 킹 공	187,843	
5008	특 급 품 질 관 리 기 술 인	265,082	
5009	고 급 품 질 관 리 기 술 인	206,730	
5010	중 급 품 질 관 리 기 술 인	180,381	
5011	초 급 품 질 관 리 기 술 인	150,360	

KCAA

등록 고유번호 제58호

원가계산용역기관 인증서

기관명 : (재)한국경제행정연구원
대표자 : 이 인 영
주 소 : 경기도 성남시 수정구 복정로 121, 3층
(복정동, 우신빌딩)

상기 기관은 **기획재정부** 및 **행정안전부**의 관계법령(뒷면 참조)에서 정한 아래의 원가계산용역기관의 요건을 충족하고 본 협회에 정회원으로 등록하였으므로 관련법규에 의하여 원가계산용역기관임을 본 협회가 인증하고 이를 교부합니다.

- 기획재정부 원가계산용역기관 요건 적합
- 행정안전부 원가계산용역기관 요건 적합
- 행정안전부 원가검토기관 요건 적합
- 국토교통부 개발비용산정기관 요건 적합(참고)
- 국토교통부 개발비용산정검토기관 요건 적합(참고)

유효기간 : 2021. 07. 01 ~ 2022. 06. 30 까지

2021년 07월 01일

사단법인 한국원가관리협회장

협회는 기획재정부로부터 허가받은 원가계산용역기관들의 단체입니다. 기획재정부 계약예규 "예정가격작성기준" 제 31 조 및 제 32 조의 규정에 의거 본 협회에서 발급한 인증기관은 원가계산용역기관의 자격요건 충족 여부를 확인한 기관으로 별도의 자격심사를 면제할 수 있도록 규정되어 있습니다.

문의: 한국원가관리협회 Tel: (02)598-4753 Fax: (02)598-4752 http://www.kcaa.or.kr

사실과 상위없음

등록고유번호 제57호

원가계산용역기관 등록증

기관명 : (재)한국경제행정연구원
대표자 : 이 인 영
주 소 : 경기도 성남시 수정구 복정로 121, 3층
(복정동, 우신빌딩)

상기 기관은 **행정안전부 소관 "지방계약법시행령 제 6 조제 2 항" 및 동 시행규칙 제 9 조 제 2 항"의 규정**에 의한 원가계산 및 원가검토기관의 자격요건을 충족하고 본 협회에 등록되었음을 확인합니다.
(관련 법령 뒷면 참조)

■ 행정안전부 원가계산용역기관 요건 적합
■ 행정안전부 원가검토기관 요건 적합

유효기간 : **2021. 07. 01 ~ 2022. 06. 30** 까지

2021년 07월 01일

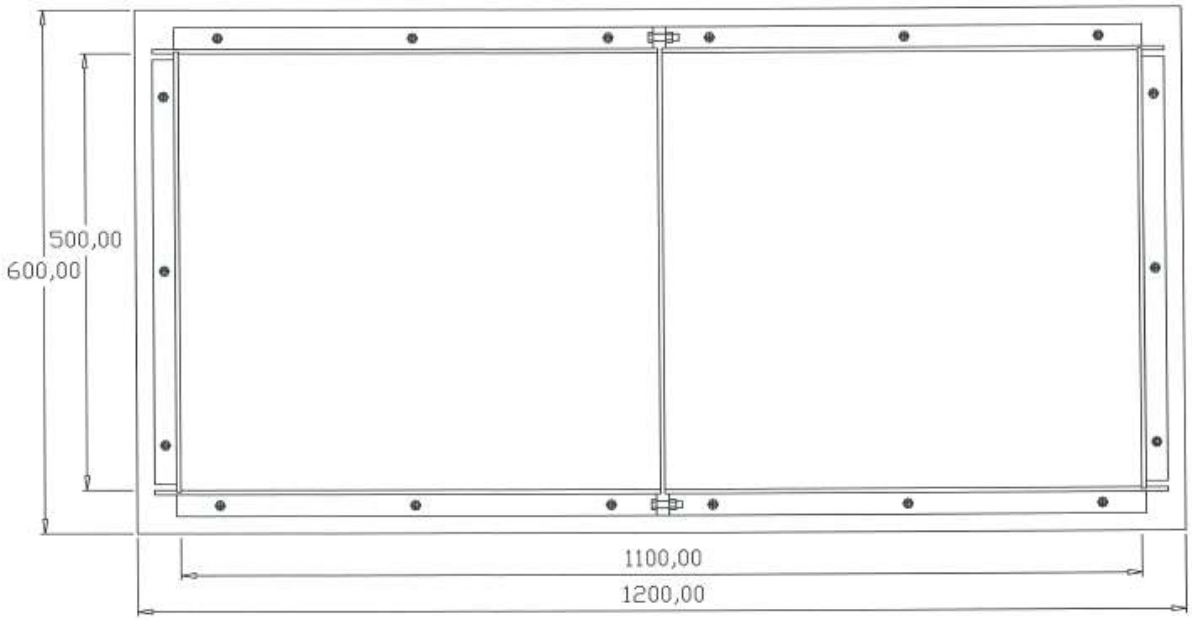
사단법인 지방계약원가협회장

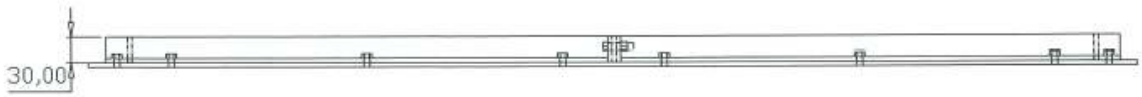
본 협회는 행정안전부로부터 허가받은 단체로서 본 협회에 등록된 회원기관은 행안부 예규 "지방자치단체 입찰 및 계약집행기준" 제 2 장 예정가격 작성요령 제 7 절(원가계산 관련기관)의 규정에 의거 원가계산용역기관의 자격요건 충족 여부가 확인된 기관이므로 별도의 자격심사를 면제할 수 있도록 규정되어 있습니다.

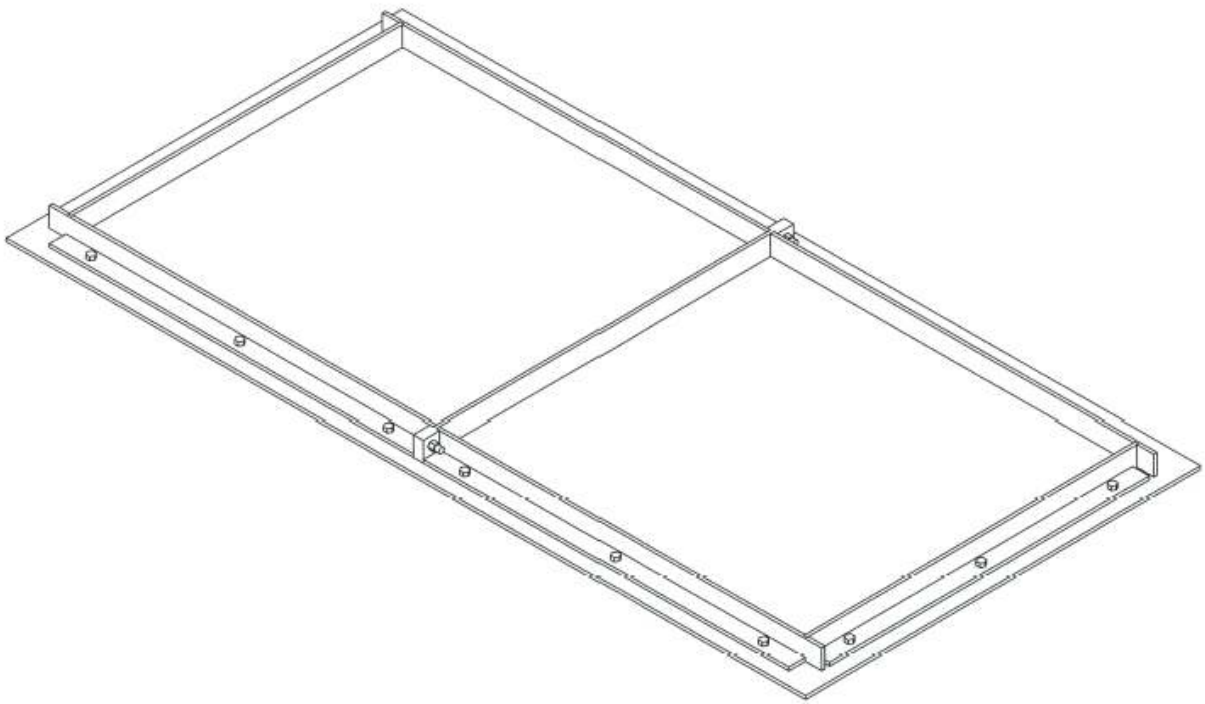
Tel. 02-538-4782 Fax. 02-563-4753 http://www.lcca.or.kr

사실과 상위없음

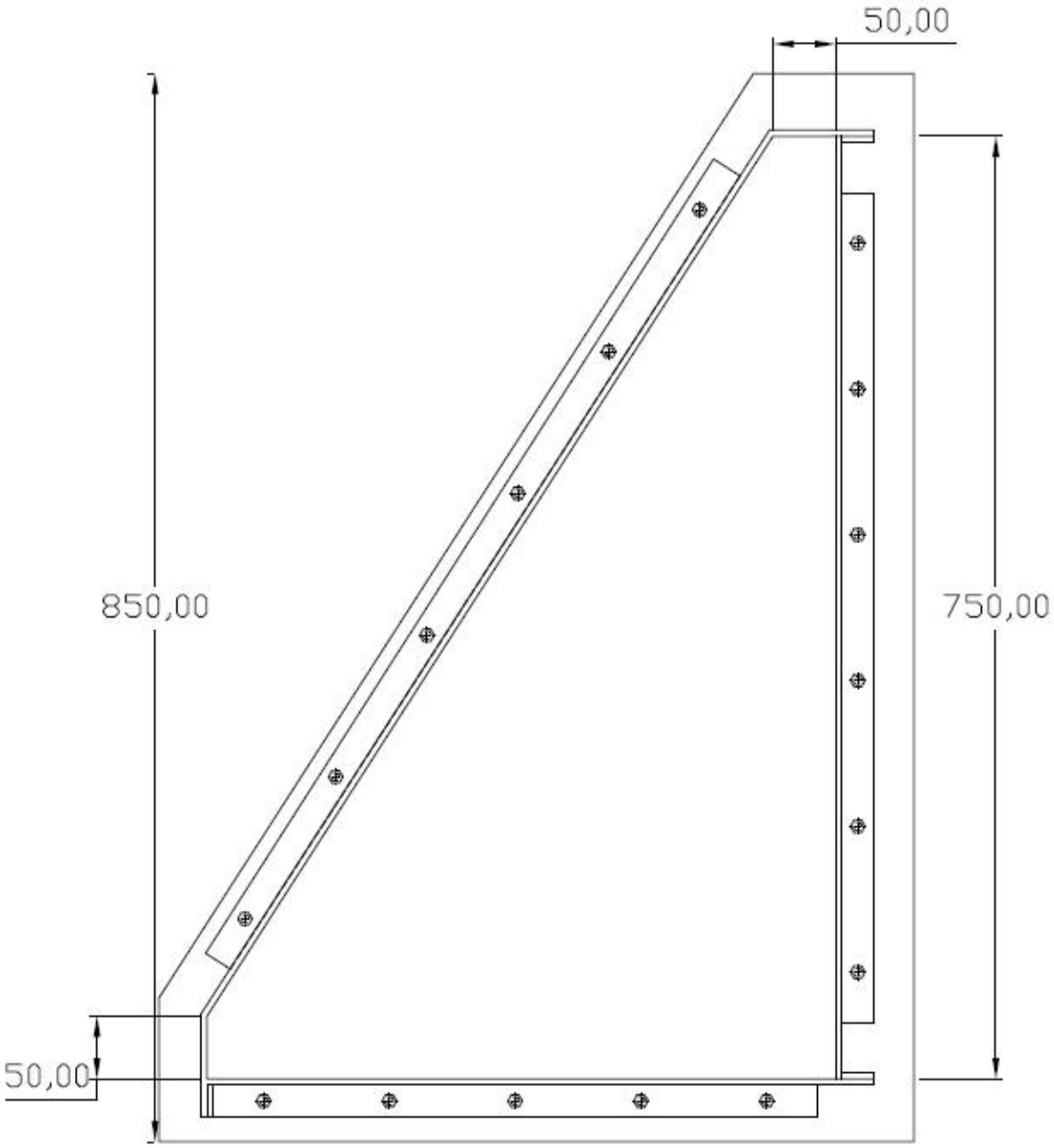
[시작품 증빙] 개구부 상판

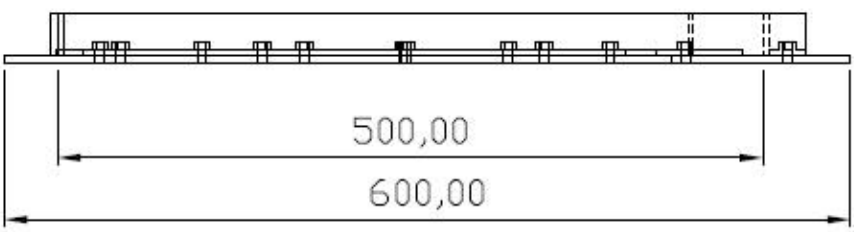


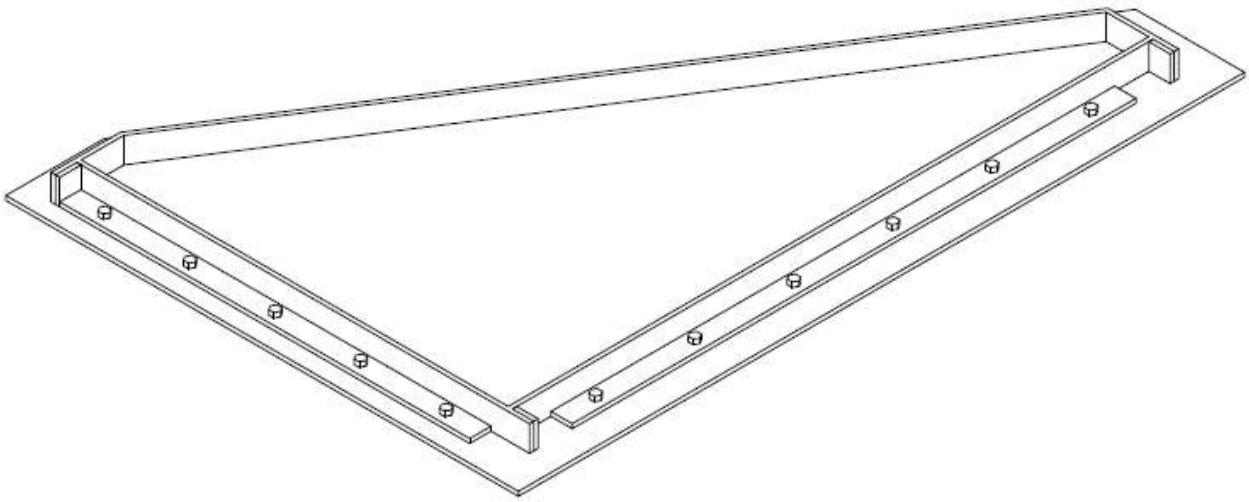




[시작품 증빙] 개구부 측면 가림막



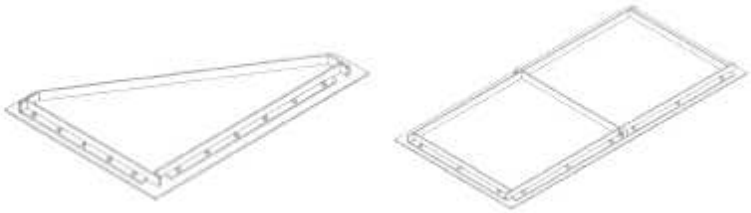




[자문의견서]

[별지 서식]

자문 검토 의견서

과제명	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발
연구책임자	김 봉 주
연구 기간	2018-10-10 ~ 2021-06-30
검토사항	1) 화재확산방지 보강재 시작품 제작에 따른 자문의견 2) 보강재의 Test Bed 설치에 따른 실용성 검토 3) 보강재 시작품의 개선사항 및 종합의견  <보강재 시작품 2건>  <보강재 시작품 2건 및 Test Bed 설치>

의견 사항	1) 화재확산방지 보강재 시작품 제작에 따른 자문의견 외단열 건물에서 실내 화재 발생 시, 화재확산방지를 위해서는 내부 가연물에 관한 열량을 제외할 때, 개구부 상부로의 화염전파를 막거나 지연시키는 일이 필요하며 시작품의 사이즈 및 두께는 제공된 실험 데이터를 토대로 검토할 때, 이러한 화재확산방지를 위한 적정 두께와 크기를 갖고 있는 것으로 판단됨. 2) 보강재의 Test Bed 설치에 따른 실용성 검토 Test Bed를 통한 보강재의 설치에 따른 실용성 측면에서 약 2인 이상의 작업공(기능공)이 소요될 것으로 판단되며, 일부 제약적인(건물 간 이격거리 및 작업공간 확보 등) 건물들을 제외하면 개구부 상부에 시공이 가능할 것으로 판단됨. 이에 관한 시공과정 및 필요사항은 별도의 특기시방서 작성 등이 요구됨. 또한 외단열 건물이 활성화되어 있는 유럽의 경우 개구부 상부에 화재확산방지띠 등을 적용토록 하고 있는 것과 달리 국내에는 이와 관련된 규정이 마련되어 있지 못함에 따라 개발 제품의 실용화를 위해 KS F 8414를 통한 화재확산방지 성능 검증을 통해 관련 규정의 마련 필요하다 사료됨. 3) 보강재 시작품의 개선사항 및 종합의견 자문을 위한 제출자료 검토 결과, 보강재 시작품은 연구단계를 지나 대량 생산을 위해서는 다양한 방식(압출, 프레스 등)의 생산 방법 검토가 필요할 것으로 판단됨.

상기와 같이 의견서를 제출합니다.

2021. 06. 21

자문위원 소속 : (사)한국외단열건축협회

직위 : 이사 성명 : 김 양 규

[별지 서식]

자문 검토 의견서

과제명	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발
연구책임자	김 봉 주
연구 기간	2018-10-10 ~ 2021-06-30
검토사항	1) 화재확산방지 보강재 특기시방서 내용 검토 2) 시방서의 보완사항 및 종합의견  <보강재 시작품 2건 및 Test Bed 설치>  <개구부 창호에 따른 3가지 설치 Type>

의견 사항	1) 화재확산방지 보강재 특기시방서 내용 검토 화재확산 방지를 위한 보강재 설치 특기시방서 중 개구부 보강 공법에 관한 내용으로 적용 범위를 외단열 공법으로 미장 마감된 기존 공동주택(10층 이하)으로 한정함. 기존 한국토지주택공사(LH)의 외단열 및 실링 공사의 시방 규격을 참조함. 앵커볼트, L형 브라켓, ㄷ형 SUS 보강재 고정판 등 보강재의 설치를 위한 부자재에 대한 세부적 설명이 기재됨. 기존 개구부에 설치하는 방식에 대해서는 총 3가지 방식(창이 벽체 안으로 들어간 경우, 창이 벽체 끝 선과 일치되는 경우, 창이 벽체와 단열재에 겹쳐 있는 경우)으로 구분하여 설치 방법을 제시함. 2) 시방서의 보완사항 및 종합의견 화재확산 방지를 위한 보강재 설치 특기시방서의 경우, 중요한 보강재의 제작에 필요한 일반적인 사항의 언급과 필요한 부자재에 대한 상세한 설명(그림 포함)이 이루어져 시방서를 통한 시공 참고가 될 것으로 판단됨. 다만 시공순서 및 설치과정에서는 이해를 돕기 위한 설치 사진 등이 포함되어 추가적인 작성이 필요할 것으로 판단됨. 종합적으로 보강재 설치를 위한 특기시방서의 내용은 적합한 것으로 판단됨.

상기와 같이 의견서를 제출합니다.

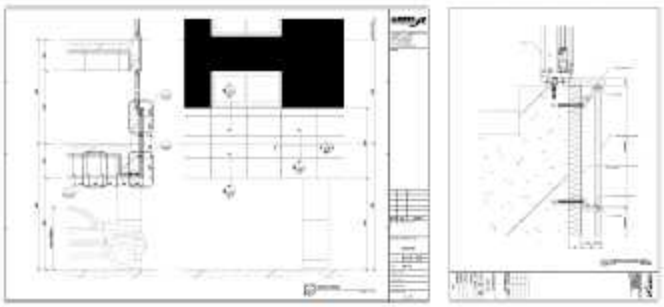
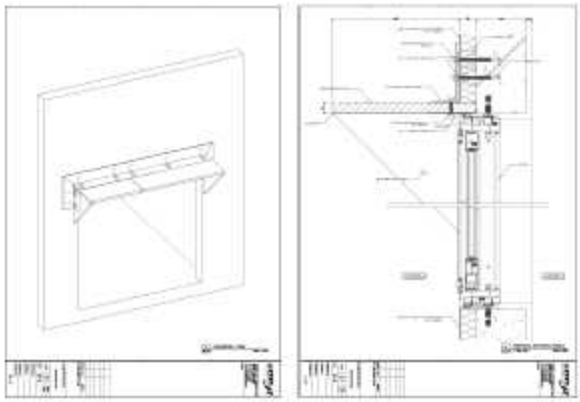
2021. 06. 21

자문위원 소속 : (사)한국외단열건축협회

직위 : 이사 성명 : 김 양 규

[별지 서식]

자문 검토 의견서

과제명	가연성 재료를 사용한 외단열 건물의 30분 화재대피시간 확보를 위한 방화 보수 보강 시스템 개발
연구책임자	김 봉 주
연구 기간	2018-10-10 ~ 2021-06-30
검토사항	1) 화재확산방지 공법에 관한 도면 검토 2) 도면별 Detail 확인 및 의견작성 3) 도면작성 내용의 개선사항 및 종합의견  <필로티 보강재 설치 도면>  <개구부 보강재 설치 도면>

의견 사항	1) 화재확산방지 공법에 관한 도면 검토 기존 주택의 화재확산 방지를 위해 필로티 구조 화재확산 방지 도면, 전면 보강재 시공, 개구부 상부 보강재 시공의 3가지 방안에 대하여 디테일을 포함하여 도면을 작성하였으며 특히 1층 필로티에서의 화재확산 방지 도면이 적절하게 제시됨. 2) 도면별 Detail 확인 및 의견작성 - 필로티 주변 : 천장 설치 마감 도면, 필로티에서 2층 거주공간 개구부 전까지 설치되는 도면이 작성됨. 석재 마감방식을 활용하여 작성됨. - 개구부 주변 : 3가지 타입에 대하여 작성되었으며, 브라켓 및 앵커 등을 통해 개구부 상부 벽체 및 측면 벽체에 매달리는 형태로 작성됨. 시작품 디자인에 더해 조망권과 통풍 등 소비자의 욕구에 대응하기 위해 측면의 가림막을 제거하는 대신 화재확산 방지 성능을 고려하여 상부의 가림막을 늘리는 '一' 자형 등 다양한 디자인의 검토가 필요하다 사료됨. - 벽체 마감 : 기존 석재 마감 방식을 적용하여 작성됨. 3) 도면작성 내용의 개선사항 및 종합의견 기존 공동주택의 외부마감과 도시가스 배관 등 시공상 장애요소의 경우, 상호 연결되는 부분들에 대한 디테일 도면이 요구되며,제시된 도면들의 작성은 연구과제에서 개발된 보강재를 적용할 수 있게 디테일을 비롯하여 시공에 참고할 수 있도록 충분히 작성된 것으로 판단됨.

상기와 같이 의견서를 제출합니다.

2021. 06. 21

자문위원 소속 : (사)한국외단열건축협회

직위 : 이사 성명 : 김 양 규

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '국토교통기술촉진연구사업' 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.