

2023년

건축친환경설비 기술공모전



Building Technology 경진대회

Zero Energy



DATE | 2023.11.10(금)

PLACE | 부산대학교 건설관

PROGRAM | 3차 심사, 전시 및 시상
[KIAEBS 학술대회와 연계]

심사 | 발표심사 8작품
시간 | 13:00~15:00

전시 | 장려상 이상
시간 | 10:00~18:00

시상 | 발표심사 8작품
시간 | 17:00~18:00

- 대상 2팀(각 상금 200만원)
- 최우수상 2팀(각 상금 100만원)
- 우수상 4팀(각 상금 50만원)
- 장려상 및 입선 다수

주최·주관 한국건축환경설비학회



한국그린빌딩협의회 KGBC

후원



국토교통부

2023년 공모전 운영위원회

위원장	성민기	교수	세종대학교
부위원장	노상태	교수	한국교통대학교
간사(운영)	임재한	교수	이화여자대학교
간사(심사)	조영흠	교수	영남대학교
간사(총무)	최두성	교수	청운대학교

2차심사위원	김수민	교수	연세대학교
	박병용	교수	한밭대학교
	박상훈	교수	인천대학교
	윤성민	교수	성균관대학교
	이규남	교수	부경대학교
	장성진	교수	경상대학교
	조재완	교수	인하대학교
	최영진	교수	경기대학교
	허연숙	교수	고려대학교

최종심사위원	김광우	교수	서울대학교	전 KIAEBS 회장
	황정하	교수	경북대학교	전 KGBC 회장
	오양기	교수	목포대학교	전 KIAEBS 회장
	이정재	교수	동아대학교	전 KIAEBS 회장
	정근주	교수	부경대학교	전 KIAEBS 지회장

자문위원	권영철		한라대학교	KGBC 회장
	김태연		연세대학교	KIAEBS 회장
	송승영		이화여자대학교	전 KIAEBS 회장
	최창호		광운대학교	전 KIAEBS 회장
	조재훈		인하대학교	전 공모전 위원장
	서동현		충북대학교	전 공모전 위원장

안녕하십니까 한국건축친환경설비학회 회장 김태연입니다.

오늘 한국그린빌딩협의회와 공동으로 주최한 '건축친환경설비공모전'에 축사들 드리게 되어 매우 뜻깊게 생각합니다. 바쁘신 중에도 자리를 함께 해 주신 학회 회원님들 그리고 내외귀빈 여러분께 감사합니다. 그리고 학업 시간을 쪼개서 건축친환경설비공모전에 응모를 해 주신 학생 여러분의 노력에 칭찬을 드리고 싶습니다. 특히 이번 공모전을 준비하고 진행해 주신 관계자 여러분들 모두 수고하셨습니다.

존경하는 내외귀빈 여러분!

대한민국의 탄소중립 정책은 오랜 기간동안 지속적으로 추진되고 있습니다. 최근 우리나라 정부는 '2050 탄소중립녹색성장위원회'를 갖고 '제1차 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획안'을 심의의 결했습니다. 핵심 슬로건은 '탄소중립·녹색성장, 글로벌 중추국가로의 도약'이며, '책임 있는 실천', '질서있는 전환', '혁신주도 탄소중립·녹색성장' 등 3대 정책방향 하에 4대 전략, 12대 과제를 제시하고 있습니다. 이것들은 건축친환경설비 분야에서 일하고 있는 우리 모두가 실천해 나가야 할 과제입니다. 또한 이와 관련하여 제로에너지 건축물, 그린리모델링 등 건축물의 친환경성을 고려한 시설물의 확대, 건축물 에너지 소비량 평가제도, 신재생에너지 인프라 확충 등을 더욱 확대해 나갈 필요가 있습니다.

일각에서는 탄소중립 정책의 실효성에 의문을 제기하고 있기도 합니다. 건설산업 전반의 친환경성 강화를 위해선 산업 참여자간 협력 체계의 구축과 장기적인 육성 기반을 마련해야 할 필요가 있고, 궁극적으로는 건설산업 전체의 녹색산업 생태계 조성을 위한 전략이 필요합니다.

오늘날 친환경건축 업계는 크나큰 전환기를 겪고 있습니다. 우리 친환경건축 분야에 대한 사회의 요구는 점차 커지고 있고, 우리는 우리의 역량을 강화하기 위해 다각도로 노력해 왔습니다. 이러한 노력 중의 하나로 오늘 실시하고 있는 건축친환경설비공모전은 미래의 역량을 강화한다는 측면에서 큰 의미가 있다고 생각합니다

오늘 수상하게 된 작품, 안타깝게도 수상을 하지 못한 작품 모두 미래의 건축친환경설비와 대한민국의 건설산업의 토대의 영양이 되리라 믿어 의심치 않으며, 작품을 제출하시고 참여해주신 모든 분들께 감사드립니다.

다시 한번 시상식에 참여해 주신 모든 분들께 감사 드립니다.

안녕하십니까? 한국그린빌딩협의회장 권영철입니다.

오늘 한국건축친환경설비기술공모전 최종 심사에 앞서 축사를 하게 되어 기쁘게 생각합니다. 공모전 준비를 진행해 주신 준비위원님들, 심사에 참여해 주신 심사위원님들 모두 감사드립니다. 그리고 오늘 공모전의 주인공인 학생 여러분들 축하드리며 마지막까지 좋은 결과를 얻어가시기 바랍니다.

한국건축친환경설비기술공모전은 건축공학을 전공하고 있는 학생들의 친환경 기술에 대한 관심을 유도하고 미래의 재원이 될 수 있는 기회를 제공하고자, 전신이었던 건축 친환경디자인 공모전에서 2년 전부터 새롭게 진행되고 있는 행사입니다. 한국그린빌딩협의회는 그린빌딩 분야에서 미래의 역군이 될 인재 양성을 위해 한국건축친환경설비학회와 함께 본 공모전을 물심양면으로 지원하고 있습니다

한국그린빌딩협의회는 2000년에 창립된 이후 지난 기간 동안, 학계와 산업계의 인사들을 중심으로 그린빌딩 관련 학술활동을 펼쳐온 것은 물론 다양한 분야의 비즈니스 전문가들이 두루 참여하고 소통함으로써, 세계적인 기후변화 문제에 대한 건축관련 분야의 대응으로 지속가능한 발전과 인류의 삶을 개선하는데 기여해 왔습니다. 이러한 활동에서 특히 중요하게 생각하고 있는 것은 그린빌딩 분야의 지속성을 가능하게 할 미래 인재 양성이라고 생각합니다.

이번 공모전 주제인 제로에너지 건축은 정부가 향후 수십년 이후까지 정책적으로 추진하고 있는 주요 과제 중 하나입니다. 우리는 최근 어려워진 건축산업의 분위기에 휩쓸리지 않고 이러한 중장기 과제를 해결해 가야 할 인재를 지속적으로 양성해야 할 의무를 가지고 있다고 생각합니다. 이러한 중요한 의미를 가진 본 공모전을 위해 모여주신 여러분들께 감사한 마음을 전하며 좋은 성과있기를 기원드립니다.

감사합니다.

한국그린빌딩협의회장 권영철

[Zero Energy] Building Technology 경진대회

소개

국내 대학생들이 전공 지식을 바탕으로 건축환경과 친환경 설비에 대한 신선한 아이디어를 표현할 수 있는 2023년 건축친환경설비기술공모전을 개최합니다. 올해는 **[제로에너지] Building Technology 경진대회**를 주제로 작품을 공모합니다. 건축환경 및 설비 관련학과 대학생을 대상으로 한 건축친환경설비기술공모전을 통해 **제로에너지 및 친환경 건축기술**의 중요성을 인식하고, 관련 분야에서 미래 핵심인재로 성장하시길 기대합니다.

공모 주제

학부 과정 동안 배운 지식을 바탕으로 팀을 구성하여 건축환경설비 분야 현안의 이슈 및 문제(Open Ended Problem)를 자유롭게 선정하여 **창의적인 엔지니어링 해결방안을 제시**하는 것이 주된 목적입니다. 건축환경설비 분야 중 **제로에너지 건물**에 적용이 가능한 다양한 환경 기술, HVAC 기술, 신재생 기술 관련 내용을 2023년도 경진대회의 주제로 선정하였지만, 아래를 포함한 전반적인 건축환경설비 기술이 공모전의 주제가 될 수 있습니다.

- **Zero energy building & HVAC design**
 - Sustainable Buildings and Zero energy buildings
 - Green remodeling for building & HVAC
 - Energy efficient building & HVAC design
- **Improved environment for occupants**
 - Indoor air quality(IAQ), Indoor environment quality(IEQ)
 - Thermal, visual, and acoustic comfort
- **Advanced active technologies for smart and safe cities**
 - Smart, safe and advanced building & HVAC control methods
 - Renewable energy application in building/HVAC
- **Current issues in built environment**
 - ICT-based building technologies
 - Post-COVID19 building technologies

2023년 건축친환경설비 기술공모전

Building Technology 경진대회 **Zero Energy**

일시 | 2023.11.10(금)

시간 | 13:00~15:00

장소 | 부산대학교 건설관

주최·주관

한국건축환경설비학회



한국그린빌딩협회 KGBC

후원



국토교통부

[Zero Energy] Building Technology 경진대회

공모 대상

- 학부생 3인 이하 (단, 사유제출시 5인 까지)
- 휴학생 참가 가능
- 참가비 50,000원

제출물 양식 (온라인 제출)

- A0 작품패널 (세로형, 지정양식)
JPEG/PDF 제출 (해상도 200dpi 이상, 20MB 이하)
- 작품요약서 (지정양식)
PDF 제출

주요 일정

일 정	일 시
참가신청 기간	2023.06.26.(월) ~ 2023.10.06.(금)
작품접수 기간	2023.10.04.(수) ~ 2023.10.27.(금) 18:00
1차 심사	2023.11.03.(금)
2차 심사	2023.11.03.(금)
3차 심사 통지	2023.11.03.(금)
3차 심사	2023.11.10.(금) (KIAEBS 학술대회와 연계)
전시 및 시상	2023.11.10.(금) (KIAEBS 학술대회와 연계)

접수 및 문의처

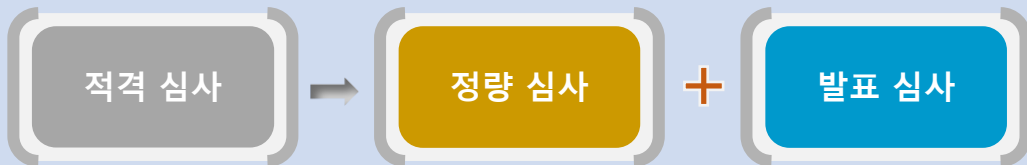
<https://www.kiaebs.org>

주최 • 주관

[Zero Energy] Building Technology 경진대회

심사

- 1차 심사 : 사전 심사-공모전 적합성 평가 (기준/양식 준수, 주제범위 적합)
- 2차 심사 : 그룹 심사-정량심사
- 3차 심사 : 발표 심사-정성심사 (PPT 발표 7분, 질의응답 8분)



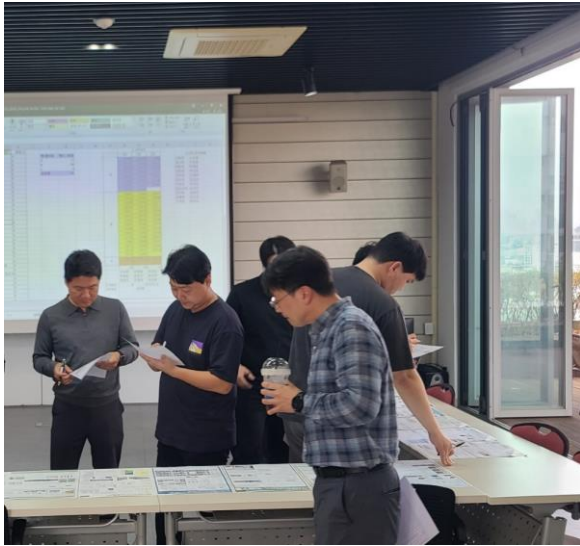
단계	평가 내용	심사위원	대상 작품	비고
1차 심사 사전 심사	작품요약서 평가 주제 적합성 평가	부위원장 간사 3인	전 체	기준/양식 준수 주제범위 적합성
2차 심사 그룹 심사	Building Technology 4가지 평가요소 정량 평가	운영위원 10인 내외	2차 심사 작품	그룹별 위원 정량 평가
3차 심사 발표 심사	정성 평가(우수/양호/평이) -문제해결 방안의 독창성 및 현실성 -건축공학적 방법론의 적절성 -과제진행의 논리성 -결과물 완성도 및 발표(의사전달능력)	심사위원 5인 내외	3차 심사 작품 (8작품)	KIAEBS 학술대회 전시, 발표, 시상

시상

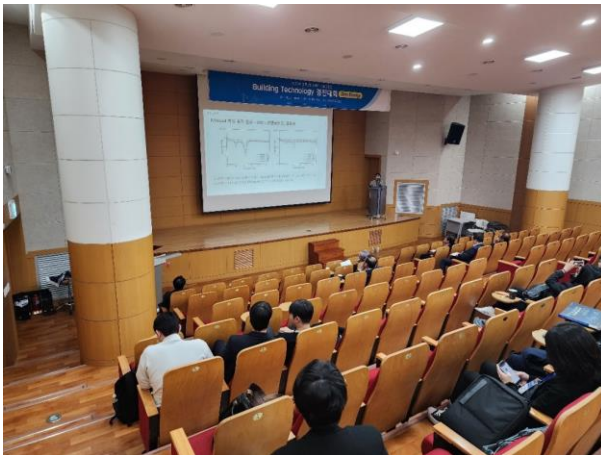
- 대상 2팀, 상장 및 상금(각 200만원)
- 최우수상 2팀, 상장 및 상금(각 100만원)
- 우수상 4팀, 상장 및 상금(각 50만원)
- 장려상 10팀, 상장
- 특선 19팀, 상장
- 입선 34팀, 상장

대상, 최우수상, 우수상은 3차 발표심사 대상팀으로 발표 평가 진행 후 선정함

- 일시 : 11월 3일
- 장소 : 대한건축학회 건축센터 세미나실
- 1차 심사 결과 : 작품요약서 평가, 주제 적합성 평가
- 2차 심사 결과 : 3차 심사 대상자 8팀, 장려상 10팀, 특선 19팀, 입선 34팀 선정



- 일시 : 11월 10일
- 장소 : 부산대학교 건설관 3층 대강당
- 3차 심사 결과 : 대상 2팀, 최우수상 2팀, 우수상 4팀 선정



공모전 진행 과정

시상 & 기념촬영



2023년 공모전 수상작

수상내역	작품번호	학교	작품 제목	대표자
대상	23200	인천대	◆ 태양열을 이용한 창호부착형 환기유닛 개발 및 성능 평가 실험 연구	홍채민
대상	23239	청운대	◆ ISO 9869-2 기반의 열화상카메라법(IRT Method)을 활용한 고단열 외벽체의 열관류율 현장 측정 및 정확도 평가	이서아
최우수상	23221	충북대	◆ 중북도 건물의 환기성능 개선 및 제연 계획	전경민
최우수상	23234	영남대	◆ VAV 터미널 유닛의 성층화를 고려한 최소 공급 풍량 및 온도 산정에 관한 연구	김민준
우수상	23207	연세대	◆ 제로에너지 건물을 위한 커튼월 창호 에너지 효율성 평가	양선호
우수상	23209	경상국립대	◆ 목조건축물의 에너지성능 향상을 위한 상변화 물질 적용 CLT의 열적성능 분석	조민주
우수상	23267	부경대	◆ 실내 기류 확산 개선을 위한 천장형 냉난방기 베인 개발에 관한 연구	문서영
우수상	23273	국립한밭대	◆ 해저터널 집수정 설치형 해수전지 비상전력공급모듈	정대열
장려상	23201	인천대	◆ 목업 실험 방법 제안을 통한 건물 설비 요소의 침기 계수 산정 방안	이승엽
장려상	23202	연세대	◆ 주거 공간 내 보이지 않는 먼지의 잠재적 인체 유해성	안재민
장려상	23203	인천대	◆ 태양광 블라인드의 발전량 및 발전 효율 향상을 위한 설계 변수 상관관계 연구	장윤서
장려상	23208	경상국립대	◆ 근대건축물 성능 개선을 위한 리트로핏 제안	서승윤
장려상	23227	목원대	◆ 초기 설계 단계에서의 에너지 성능 통합 건축 설계 지원을 위한 SketchUp 기반의 PV Design Tool 개발	박준환
장려상	23230	이화여대	◆ 실내 조도량에 따른 각도 조절 광선반 시스템에 관한 제안 - 모듈러 공법이 적용된 <학교 건축물>을 중심으로	이유진
장려상	23235	충북대	◆ 인공지능 기반 실시간 건물에너지 시뮬레이션 적용방안 개발	안민혁
장려상	23240	청운대	◆ 고단열 외벽체의 열관류율 현장측정 정확도 개선을 위한 평판열류계법 기반의 열류계법 (HFP Method) 제안	송현진
장려상	23254	부산대	◆ 그린리모델링을 위한 조합형 숨쉬는 벽체의 에너지절감 연구	조예린
장려상	23265	국립한밭대	◆ 지하주차장 전기차 열폭주 감지 및 화염 저감 방재기술	황성우
특선	23199	인천대	◆ 복사냉방창호를 이용한 냉방에너지 저감 성능평가 연구	허재백
특선	23206	창원대	◆ 태양반응형 ADAPTIVE MODELING을 통한 냉방부하개선	김현성
특선	23213	건국대	◆ Change Point Model을 통한 그린리모델링 전·후 에너지 사용량 비교 분석	이나윤
특선	23214	세종대	◆ 교육연구시설 환기방식분석과 그에 따른 최적환기방안 제시	신동민
특선	23217	인하대	◆ 공동주택 습도 관리를 위한 시스템 제어 알고리즘 개발	황혜준
특선	23220	부산대	◆ BIPVT를 활용한 에너지 및 내진성능 보강 외벽패널시스템	이수민
특선	23224	충북대	◆ 디퓨저를 이용한 재실자 중심 구역공조 시스템	김태영
특선	23228	충북대	◆ 공동주택 화장실 소음 저감 계획안	박유빈
특선	23231	아주대	◆ V2H를 통한 공동주택 최대 전력부하 저감 모델 개발	김건우
특선	23237	이화여대	◆ 분산에너지 활성화를 위한 도심지 Microgrid 커뮤니티 제안	서유진
특선	23243	국립한밭대	◆ Transpired Solar Collector를 활용한 건물에너지 절감 효과 및 최적제어 방안 검토	박정안
특선	23244	선문대	◆ 열전발전 광덕트를 이용한 조명에너지 저감 방안에 관한 연구	김우재
특선	23245	선문대	◆ 에어커튼을 이용한 부속실 제연설비의 차압 저감 연구	조정현
특선	23248	서울과기대	◆ 우주공간의 IAQ 균일성 확보를 위한 CFD 활용 급배기구 위치별 실내 공기 거동 분석	김가현
특선	23252	영남대	◆ 가상 풍량센싱 기술 및 공조기를 이용한 기밀성능 측정	김경원
특선	23253	이화여대	◆ 베르누이 원리를 이용한 공장 지붕형 BAPV 발열 개선 방안	엄주연
특선	23264	인하대	◆ 객체인식 기술 기반 시스템 에어컨 개별제어에 따른 에너지 절감률 분석	함준희
특선	23272	서울과기대	◆ 환경 시뮬레이션을 활용한 온실 설계 전략 제안	감주원
특선	23281	상명대	◆ 채광 성능개선 및 조명에너지 저감을 위한 폴딩기술 적용 이중광선반 개발 연구	한소원

2023년 공모전 수상작

수상내역	작품번호	학교	작품 제목	대표자
입선	23204	충남대	◆ 제로에너지 커뮤니티 구현을 위한 차세대 지역 냉난방 시스템의 에너지 저감 효과 분석	최원종
입선	23210	동의대	◆ 인공지능 기반 언어모델 Chat GPT를 활용한 재실률 예측의 객관성 평가에 관한 연구	권단비
입선	23211	인천대	◆ 스펠드릴 설치형 태양광 발전시스템(BiPV)에서 상변화물질(PCM)을 활용한 온도저감 효과	강희석
입선	23215	국립한밭대	◆ 미래 지하 주차장 : 전기차 보급에 따른 소방 & 환기 설비 시스템	김하람
입선	23218	인하대	◆ 커튼월 건물 부하 저감을 위한 신재생 에너지 적용	홍지윤
입선	23219	국립한밭대	◆ 오피스빌딩에서의 BiPV 및 BAPV 적용 시 에너지자립율 및 경제성 분석	강태욱
입선	23222	충북대	◆ 연돌효과를 이용한 공동주택 지하주차장 자연환기시스템 계획	심소정
입선	23223	충북대	◆ 열교 개선 외단열 패널 시스템 개발	강 민
입선	23225	충북대	◆ 건물 냉난방 부하 최적화 프로세스	백승원
입선	23226	경상국립대	◆ 하절기 건축물 냉방부하 저감을 위한 커튼월 개선방안	이종영
입선	23233	강원대	◆ 강의실 적정 환기량 확보를 위한 하이브리드 환기장치 개발	정다인
입선	23236	조선대	◆ 실내 흡연실의 미세먼지 누출방지를 위한 방안	이현탁
입선	23238	인하대	◆ 축열조 결합형 지열 히트펌프 시스템의 에너지 절감 효율 분석	김선빈
입선	23241	서울시립대	◆ 원룸형 주택의 환기 전략에 따른 조리 시의 미세먼지 제거 효율 평가	한주연
입선	23246	선문대	◆ 실물 화재 실험을 통한 미세먼지 센서의 화재 감지 성능 평가	김 솔
입선	23247	한양대	◆ 다리 일체형 태양광 모듈의 발전 효율 및 생애주기 경제성 분석	전준형
입선	23249	영남대	◆ 펌프 가상유량계 개발 및 검증	김태양
입선	23250	충남대	◆ 바이러스 확산 방지를 위한 음압 측정 시스템	김경인
입선	23251	부산대	◆ 1인 가구 사용자 맞춤 보조기구 가이드라인	이다혜
입선	23255	동국대	◆ 열원 및 공조방식에 따른 사무소 건물의 냉난방 에너지 분석	박재현
입선	23256	동국대	◆ 루버 일체식 태양광 모듈 설치에 따른 에너지 효율 분석	정아윤
입선	23257	서울과기대	◆ Bugs Free Building	정민재
입선	23258	동국대	◆ 차양장치의 종류에 따른 냉난방 및 조명에너지 저감 효과 분석	김효진
입선	23259	교통대	◆ 다지점 무선 환경 측정 모듈 제작과 활용성 평가	김현빈
입선	23260	서울과기대	◆ 스마트온실 균일온도 조성을 위한 CFD 기반 유동패 배치전략	정가을
입선	23263	동국대	◆ LCA 를 바탕으로 다양한 공조방식을 포함한 건물의 생애 CO2 발생량 분석	김이도
입선	23266	서울과기대	◆ 스마트팜의 대중화를 위한 모듈제안과 성능 분석	장유나
입선	23269	교통대	◆ 다지점 환경 성능 측정 모듈 제작을 통한 다중이용시설 공기질 분석 및 측정	정성오
입선	23270	국립한밭대	◆ 건물 방위별 온도차를 이용한 외기부하 저감 공기조화시스템	김우석
입선	23274	경북대	◆ 대학건물의 태양에너지 잠재량과 L-PVTs 설치에 따른 에너지 생산량 분석	추성욱
입선	23277	부경대	◆ 공동주택 평면형태 및 단열성능기준 변화에 따른 에너지성능 평가	차경훈
입선	23278	서울과기대	◆ 열람실 내 위치별 실내환경 분석 및 최적 자리 도출	정주용
입선	23279	인하대	◆ 화재·피난 시뮬레이션 데이터 기반 초고층 건물 피난목적지 판단 프로세스	조성민
입선	23282	인하대	◆ 냉난방비용과 전열교환소자비용 비교에 따른 전열교환효율 법적 기준 향상 가능성 분석	김승훈

2023년

건축친환경설비기술공모전

대표 수상 작품

태양열을 이용한 창호부착형 환기유닛 개발 및 성능 평가 실험 연구

01 배경 및 필요성

- 1. 환기에 대한 문제 제기**
 - 최근 코로나 19 사태로 인하여 실내 공기질과 환기에 대한 관심이 증대되고 있다.
 - 겨울철 미세먼지로 인한 신선 공기 도입이 더욱 어려워지고 있다.
- 2. 겨울철 외기 도입**
 - 겨울철에 환기를 할 때 낮은 온도의 외기가 실내로 유입되는 문제가 발생하며, 이로 인해 온도 감소의 불쾌감을 초래할 수 있다.
- 3. 외기 도입 시 예열의 필요성**
 - 외부로부터 온겨울이 환기를 함으로써 실내 공기 과다로 인한 불쾌감을 줄일 수 있는 방안이 필요하다.
 - 예열한 신선외기를 실내로 도입할 필요가 있다.
- 4. 태양열 환기유닛 개발을 통한 문제 해결**
 - 창호부착형 환기장치에 태양열 개발을 부착하여 신선외기를 예열한다.
 - Thermal Labyrinth 개념을 이용하여 예열한 신선외기를 실내로 도입한다.

02 연구 목적

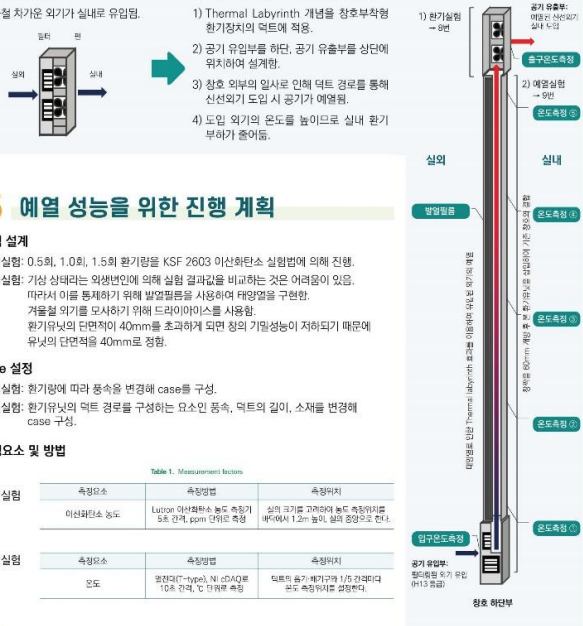
- 창호부착형 실내 환기유닛을 개발하고 여기에 태양열을 전역시켜 신선외기를 예열할 수 있도록 실험을 통해 검증한다.
- 실제 항목에 따른 데이터를 비교함으로써 예열 극대화를 위한 실험결과를 분석한다.

03 선행연구 및 이론에 대한 고찰

- 1) Thermal Labyrinth (이론)**
 - 구조물 경로를 형성하여 이 구조물을 통해 외기를 유행유입시켜 유입되는 외기의 온도를 완화시키는 구조물을 지칭한다.
 - 이론적으로 긴 길이와 둘레가 필요로 한다.
- 2) 열전도율 (이론)**
 - PVC의 열전도율 (W/m·K) 0.16, 알루미늄의 열전도율 (W/m·K) 220 이므로 알루미늄 소재의 장치와 PVC 소재의 장치보다 열전달이 잘된다.
- 3) 환기량 (수식)**
 - *환기량 $Q=A \times V$
 - Q: 유량 (m³/s)
 - A: 면적 (m²)
 - V: 단위 시간당 유속 (m/s)
- 4) 예열량 (수식)**
 - *예열량 $Q=0.293 \times 1.08 \times 1.7 \times CMH \times \Delta T$
 - Q: 예열량 (W)
 - CMH: 용량 (m³/h)
 - ΔT: 입·출구 온도 차이 (°C)

04 실험 원리 : Thermal Labyrinth 개념을 이용한 신선외기의 예열

- 기존 환기유닛**
 - 겨울철 차가운 외기가 실내로 유입됨.
 - 공기 유입부를 하단, 공기 유출부를 상단에 위치하여 설계함.
 - 창호 외부의 일사로 인해 덕트 경로를 통해 신선외기 도입 시 공기가 예열됨.
 - 도입 외기의 온도를 높여주기 위해 실내 환기 부하가 줄어듦.
- 예열 덕트 경로가 있는 환기유닛**
 - Thermal Labyrinth를 창호부착형 환기장치의 덕트에 적용.
 - 공기 유입부를 하단, 공기 유출부를 상단에 위치하여 설계함.
 - 창호 외부의 일사로 인해 덕트 경로를 통해 신선외기 도입 시 공기가 예열됨.
 - 도입 외기의 온도를 높여주기 위해 실내 환기 부하가 줄어듦.



05 예열 성능을 위한 진행 계획

- 실험 설계**
 - 환기량: 0.5회, 1.0회, 1.5회 환기량을 KSF 2603 이산화탄소 실험법에 의해 진행.
 - 예열실험: 기상 상태라는 외생변인에 의해 실험 결과값을 비교하는 것은 어려움이 있음. 따라서 이를 통제하기 위해 발열필름을 사용하여 태양열을 구현함. 겨울철 외기를 모사하기 위해 드라이아이스를 사용함. 환기유닛의 단면적이 40mm를 초과하게 되면 정의 기밀성능이 저하되기 때문에 유닛의 단면적을 40mm로 정함.
- case 설정**
 - 환기실험: 환기량에 따라 풍속을 변경해 case를 구성.
 - 예열실험: 환기유닛의 덕트 경로를 구성하는 요소인 풍속, 덕트의 길이, 소재를 변경해 case 구성.
- 측정요소 및 방법**
 - 환기실험

측정요소	측정방법	측정위치
이산화탄소 농도	Lucon 이산화탄소 농도 측정기 5.0 간격, ppm 단위로 측정	실외 공기 온도 20cm에서 1.2m 높이, 실외 풍속은 0.2m 이하
 - 예열실험

측정요소	측정방법	측정위치
온도	방열면(-type), Ni-rodAQ형 10.0 간격, 0.1 단위 측정	덕트내 출구: 배기구와 1/2m 간격에 온도 측정유닛을 고정함

06 비교 분석을 위한 case 설정 근거

구분	소재	길이	환기횟수	구분	환기횟수
case 1-H	PVC	1200mm	0.5회/h	case 1-V	0.5회
case 2-H			1.0회/h	case 2-V	1.0회
case 3-H			1.5회/h	case 3-V	1.5회
case 4-H			0.5회/h		
case 5-H	알루미늄	1200mm	1.0회/h		
case 6-H			1.5회/h		
case 7-H			0.5회/h		
case 8-H			1.0회/h		
case 9-H	1800mm	1800mm	0.5회/h		
case 10-H			1.0회/h		
case 11-H			1.5회/h		
case 12-H			0.5회/h		

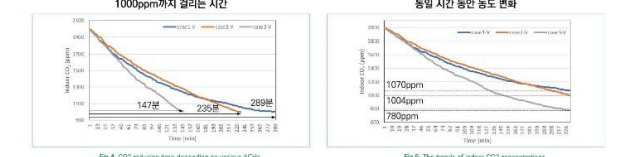
- 환기횟수: 0.5회, 1.0회, 1.5회
국내 상용화된 환기설비 제품 중 최대 환기횟수인 1.5 ACH와 법정 최소 환기횟수인 0.5 ACH를 각각 최대와 최소로 하고 그 중간값인 1.0 ACH를 중간환기수로 하였다.
- 덕트 소재, PVC, 알루미늄
창호부착형 환기장치에 주로 사용되는 PVC (열전도율: 0.16 W/m·K) 와 소재에 따른 예열효과를 확인하기 위해 열전도율이 220 W/m·K인 알루미늄을 사용하였다.
- 덕트 길이, 1200mm, 1800mm
길이에 따른 예열효과를 확인하기 위해 시중에 있는 창호부착형 환기장치의 최소길이인 1200mm와 일반적인 거실창호의 높이인 1800mm로 case를 나누었다.

07 장치 제작 및 실험 과정



Fig. 3. The process of production of experiment and experiment setup

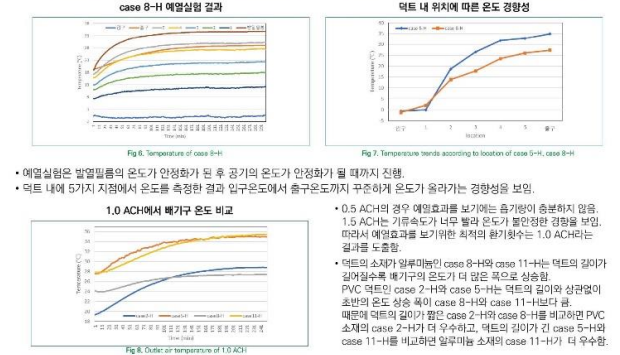
08 환기 실험 결과



- 이산화탄소의 농도가 2000ppm에서 1000ppm에 도달하는 데 걸리는 시간이 case 1-V에서는 289분, case 2-V에서는 235분, case 3-V에서는 147분으로 환기횟수 1.5 ACH의 case 3-V가 가장 우수함.
- 231분동안 이산화탄소의 농도가 case 1-V에서는 1070ppm, case 2-V에서는 1004ppm case 3-V에서는 780ppm까지 줄어 환기횟수 1.5 ACH의 case 3-V가 가장 우수함.

09 예열 실험 결과

구분	소재	길이	환기량	1.0 ACH	2.0 ACH	3.0 ACH	4.0 ACH	5.0 ACH	온도 상승률 (%)	방열면 온도 (°C)	ΔT (°C)
PVC	1200mm	0.5회/h	62.87	20.59	33.69	35.16	39.19	26.03	0.56	32.14	31.55
		1.0회/h	39.75	10.81	17.80	19.26	16.59	20.23	1.63	22.69	21.05
		1.5회/h	45.62	4.20	10.30	14.83	16.36	18.61	1.47	20.75	19.28
	1800mm	0.5회/h	62.87	27.00	36.21	41.10	38.06	43.93	0.41	32.30	31.89
		1.0회/h	59.05	0.38	18.79	26.74	31.88	33.03	-0.33	34.73	36.06
		1.5회/h	55.82	14.92	18.97	22.14	26.45	27.84	0.52	31.91	31.39
알루미늄	1200mm	0.5회/h	41.23	34.83	37.09	39.18	40.55	37.47	18.67	27.54	8.87
		1.0회/h	31.92	2.69	13.61	17.31	23.16	25.78	-0.86	27.28	28.14
		1.5회/h	29.42	7.02	10.36	11.88	17.00	20.47	1.68	21.66	19.98
	1800mm	0.5회/h	46.29	38.22	40.71	41.90	41.87	43.13	0.01	32.78	32.77
		1.0회/h	41.89	17.00	30.91	36.89	39.24	41.36	-1.33	35.02	36.55
		1.5회/h	26.79	8.57	13.31	19.66	22.57	24.14	-1.65	26.71	28.36



10 주요 항목에 따른 실험 결과 분석

- 예열량**: 예열량 분석 결과, 예열량은 환기량에 영향을 많이 받아 환기량이 큰 case들은 예열량도 큰 경향을 보임. 0.5 ACH의 case 1-H의 경우에는 case 2-H, case 3-H 보다 큰 일출수 온도차인 환기량 차이가 때문에 예열량도 적음. 1.5 ACH의 case도 입 출구 온도차는 1.0 ACH의 case 0.5 ACH의 case에 비해 작을 보였지만 환기의 차이가 크기 때문에 예열량도 큼.
- 최소온도**: 예열실험 결과에서 배기구 후온도는 case 5-H, case 11-H에서 높은 경향을 보임.
- 외기 유입 온도**: 예열실험 결과에서 배기구 후온도는 case 5-H, case 11-H에서 높은 경향을 보임. 1.5 ACH는 기류속도가 너무 빨라 온도가 불안정한 경향을 보임. 따라서 예열효과를 보기위한 최적의 환기횟수는 1.0 ACH라는 결과를 도출함.
- 덕트의 소재가 알루미늄인 case 8-H와 case 11-H는 덕트의 길이가 길어질수록 배기구의 온도가 더 많은 폭으로 상승함. PVC 덕트인 case 2-H와 case 5-H는 덕트의 길이가 상관없이 초반의 온도 상승 폭이 case 8-H와 case 11-H보다 큼. 때문에 덕트의 길이와 같은 case 2-H와 case 5-H를 제외하면 PVC 소재의 case 2-H가 더 우수하고, 덕트의 길이와 같은 case 5-H와 case 11-H를 비교하면 알루미늄 소재의 case 11-H가 더 우수함.**
- ΔT**: 예열 실험 결과, 예열량은 환기량에 영향을 많이 받아 환기량이 큰 case들은 예열량도 큰 경향을 보임. 0.5 ACH의 case 1-H의 경우에는 case 2-H, case 3-H 보다 큰 일출수 온도차인 환기량 차이가 때문에 예열량도 적음. 1.5 ACH의 case도 입 출구 온도차는 1.0 ACH의 case 0.5 ACH의 case에 비해 작을 보였지만 환기의 차이가 크기 때문에 예열량도 큼.
- 배기 후온도**: 예열실험 결과에서 배기구 후온도는 case 5-H, case 11-H에서 높은 경향을 보임.
- 외기 유입 온도**: 예열실험 결과에서 배기구 후온도는 case 5-H, case 11-H에서 높은 경향을 보임. 1.5 ACH는 기류속도가 너무 빨라 온도가 불안정한 경향을 보임.

11 결론 및 향후연구

- 창호부착형 실내 환기유닛에 태양열을 집속시켜 신선외기를 예열할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다.
- 실제 적용 시, 최적의 유닛은 알루미늄 1800mm의 덕트에 1.0 ACH의 것으로 판단된다.
- 태양열을 이용한 창호부착형 실내 환기유닛을 사용하면 신재생에너지를 사용하여 예열을 할 수 있다.
- 태양열 및 겨울철 외부 환경을 모사하기 위해 발열필름과 드라이아이스를 활용하였으나 추후 이를 보완하여 실제 현상에서 태양열 적용 및 동절기 조건에서의 실험을 진행할 예정이다.

ISO 9869-2 기반의 열화상카메라법(IRT Method)을 활용한 고단열 외벽체의 열관류율 현장측정 및 정확도 평가

서론

건물부분의 탄소배출량을 감축시키기 위한 일환으로 건축물의 에너지 절약이 중요한 실정이며, 이에 따라 건물 외벽의 단열성능 향상이 강조되고 있다. 외벽의 단열성능은 ISO 9869-1, ISO 9869-2에서 규정하고 있는 방법에 따라 열저장 및 열관류율을 현장 측정함으로써 평가할 수 있다. 이 중 ISO 9869-1의 열류계법(Heat Flow Meter Method, HFM)이 가장 보편적으로 활용되고 있으나, 측정 부위가 국부적인 한계가 있다. 이에 ISO 9869-2에서는 열화상카메라로 대면적의 벽체를 촬영하여 벽체의 단열성능을 평가하는 열화상카메라법(Infrared Thermography Method, IRT)을 규정하고 있다. 그러나 IRT 법 기술의 현재 단계에서 경량벽체만을 대상으로 하고 있으므로 중량벽체에서 적용하기 위한 실증 실험이 필요하다. 뿐만 아니라 국내의 기상조건 하에서 IRT법에 관한 실증 평가 사례가 부족한 실정이다. 따라서 단열 중량벽체의 단열성능을 IRT법에 의해 현장측정하고 측정의 정확도를 평가하는 것을 주요 목적으로 하였다.

이론적 고찰

1) ISO 9869-2

벽체의 양쪽에 ET센서(온도센서)를 설치하고 열화상카메라로 실내 표면온도를 촬영하고 순시 값의 계산으로 U 값을 구한 후 하루씩 평균하여 수렴조건 여부 판단하는 방법.

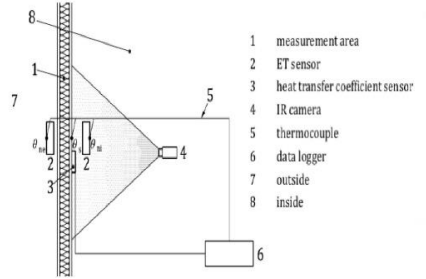
-열류계를 벽체에 직접 설치하지 않고, 총 열전달계수센서에 부착된 열류계의 열류값을 사용하므로 총 열전달계수 값을 계산하는 과정이 추가됨.

$$h = \frac{q}{\theta_{hs} - \theta_{ht}} \quad \begin{aligned} h &: \text{총 열전달계수 (W/m}^2\text{K)} \\ \theta_{hs} &: \text{총 열전달계수 센서에서 측정된 온도 (}^\circ\text{C)} \\ \theta_{ht} &: \text{열화상카메라에 의한 ET 센서의 표면온도 값 (}^\circ\text{C)} \\ q &: \text{총 열전달계수 센서에서 측정된 열류 (W/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$U = \frac{Q}{(\theta_{hi} - \theta_{he})A} \quad \begin{aligned} U &: \text{열관류율 (W/m}^2\text{K)} \\ \theta_{hi} &: \text{ET 센서로 측정된 실내 온도 (}^\circ\text{C)} \\ \theta_{he} &: \text{ET 센서로 측정된 실외 온도 (}^\circ\text{C)} \\ A &: \text{면적 (m}^2\text{)} \\ Q &: \text{열류 (W)} \end{aligned}$$

$$Q = h(\theta_{hi} - \theta_{he})A \quad \begin{aligned} h &: \text{총 열전달계수 (W/m}^2\text{K)} \\ \theta_{hi} &: \text{총 열전달계수 센서에서 측정된 온도 (}^\circ\text{C)} \\ \theta_{he} &: \text{열화상카메라에 의한 ET 센서의 표면온도 값 (}^\circ\text{C)} \\ q &: \text{총 열전달계수 센서에서 측정된 열류 (W/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$R = \frac{1}{U} \quad \begin{aligned} R &: \text{열저항 (m}^2\text{K/W)} \\ U &: \text{열관류율 (W/m}^2\text{K)} \end{aligned}$$

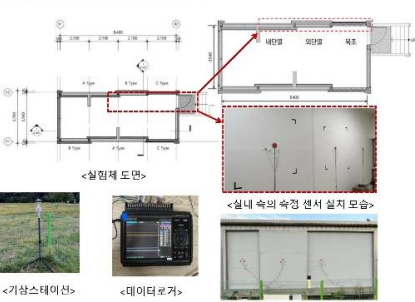


2) ISO 9869-2의 수렴조건

- 조건1. 측정기간은 (θ_{hi})은 최소 3일 이상일 것.
- 조건2. 순시 값으로 계산한 열저항 값을 하루마다 평균하여 각 24h마다 평균을 구하고, 각 날짜의 24h 평균 열저항값이 오차 10%이내일 것.

$$R_1, R_2, R_3 \leq 10\%$$

측정 대상 및 측정 장비

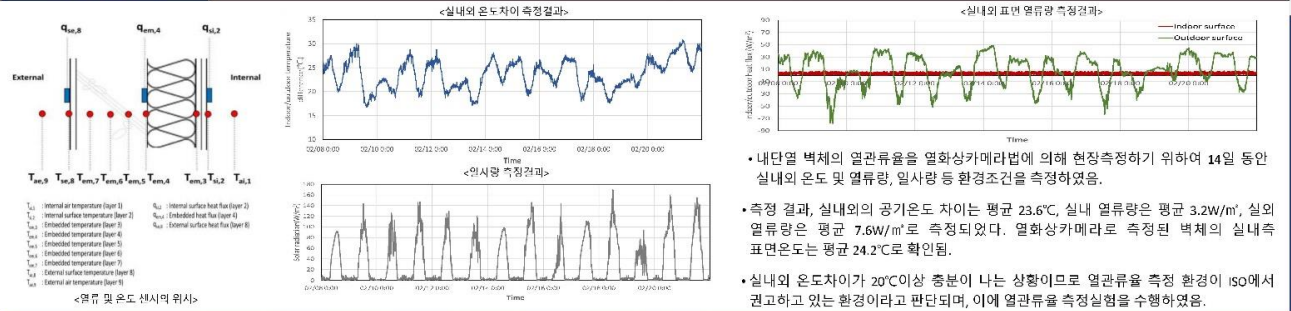


층위 (실외-실내)	두께 (m)	열전도율 (W/m·K)	층위 열저항 (m ² ·K/W)	벽체 열저항 (m ² ·K/W)
시멘트	0.010	1.400	0.007	6.735
천구콘크리트	0.200	2.300	0.087	
경질우레탄 폼	0.130	0.020	6.500	
석고보드	0.020	0.180	0.111	
종이 벽지	0.005	0.170	0.029	



- 인건광역시 미추홀구 대학교 제물포 캠퍼스 내에 실험체를 설치함.
- 본 실험체는 제한된 공간에서 다양한 벽체에 대하여 연구를 진행하고자 내단열 콘크리트 벽체에서 실험을 수행함
- 측정조건은 온도차가 작은 경우 측정하는데 필요한 정확도가 낮아질 수 있기 때문에 내부 온도와 외부 온도 차이가 10°C 이상나는 조건에서 실험을 수행했으며 실내는 난방을 하여 온도를 유지하였음.
- 열전달계수 센서는 측정할 영역의 표면 중앙 근처에 장착하고, 열전달 계수 전기 히터를 콘 후, 센서 표면 온도가 측정할 영역의 내부 공기 온도보다 2~4°C 높도록 조정하여 측정함.
- 측정기간은 14일간 진행하였고, 모든 테스트의 3일간 측정 결과가 ±10% 범위 내에 들어가는 것을 확인한 후 측정을 종료함.
- 본 연구 측정 대상인 벽체의 단면과 층위의 구성 및 물성치는 표와 같으며 ISO 6946에 의하여 이론적으로 산출된 열관류율은 0.145W/m²·K임.

측정 환경 분석

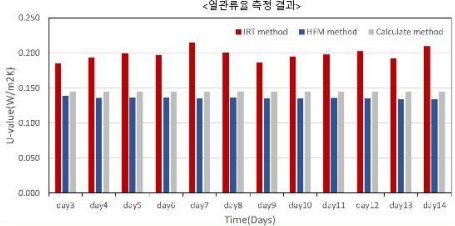


- 내단열 벽체의 열관류율을 열화상카메라법에 의해 현장측정하기 위하여 14일 동안 실내와 온도 및 열류량, 일사량 등 환경조건을 측정하였음.
- 측정 결과, 실내외의 공기온도 차이는 평균 23.6°C, 실내 열류량은 평균 3.2W/m², 실외 열류량은 평균 7.6W/m²로 측정되었다. 열화상카메라로 측정된 벽체의 실내측 표면온도는 평균 24.2°C로 확인됨.
- 실내의 온도차이가 20°C이상 충분히 나는 상황이므로 열관류율 측정 환경이 ISO에서 권고하고 있는 환경이라고 판단되며, 이에 열관류율 측정실험을 수행하였음.

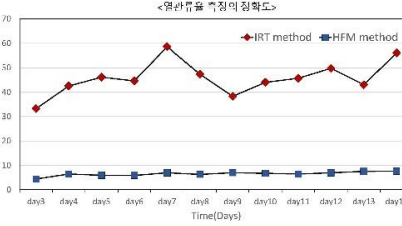
열저항 및 수렴성 평가

[열화상카메라법에 의한 최종 열관류율]

최종 열관류율 (W/m ² ·K)	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
IRT method	0.194	0.194	0.185	0.194	0.200	0.198	0.214
HFM method	0.201	0.187	0.195	0.198	0.202	0.192	0.209



- ISO 9869-2에서 규정하는 수렴조건 2번의 만족여부를 검토하기 위하여 24시간 전과 48시간 전의 열류량값을 측정하여 순시값을 통한 오차범위를 구하였고 모든 열류량값에서 ISO 9869-2에서 권고하는 측정환경이 구현됨
- 측정기간은 3일 이상이면서 수렴조건을 만족하는 열저항값이 도출되어 측정 9일째를 제외한 모든 측정기간에서 수렴조건에 부합하였음
- 열화상카메라법(IRT)을 통한 고단열 외벽체의 열관류율 측정 시 측정 환경에 대한 평가와 더불어, 이전에 계산된 이론 열관류율값과 ISO 9869-1의 열류계법(HFM)에서 사용되는 평균법과 비교하였음.



- ISO 9869-2에 의한 열화상카메라법으로 측정된 14일 째의 열관류율은 0.209W/m²·K로 분석됨.
- 열화상카메라법에 의해 14일 째 측정된 열관류율 값은 ISO 6946의 계산법 대비 오차율 56%의 오차가 나는 것으로 확인됨.
- 열류계법(HFM)에 의한 14일 째의 열관류율은 0.134 W/m²·K이며 이때의 계산법 대비 오차율은 약 7.6%인 것으로 분석됨.
- 따라서 열화상카메라법은 열류계법 대비 오차율이 약 7.4배인 것으로 분석되어 중량벽체에서의 열관류율 측정에 정확도가 매우 낮은 것으로 확인되었음.

결론 및 제언

- 열화상카메라법(IRT) 기술의 현재 단계에서 경량 벽체만을 대상으로 하고 있으므로 중량 벽체에서 적용하기 위한 실증 실험이 필요하다고 판단되어 내단열 중량벽체의 단열성능을 IRT법에 의해 현장측정하고 측정의 정확도를 평가하는 것을 주요 목적으로 하였다.
- ISO 9869-2의 열화상카메라법(IRT)은 ISO 9869-1의 열류계법(HFM)의 평균법과 비교하여, 대면적 벽체의 표면온도를 측정함으로써 대면적의 평가가 가능하였으나 측정기간 14일 동안의 오차율(ISO 6946 계산법과의 차이)이 평균 45.8%로 분석되었다. 따라서 열화상카메라법에 의한 열관류율 측정의 정확도가 매우 낮은 것으로 분석되었다. 특히, 열류계법(HFM)의 평균법으로 현장측정한 열관류율의 오차율과 비교하여 약 7.4배 높은 오차율을 얻어 분석되었다.
- 현재 기술 수준에서, ISO 9869-2의 열화상카메라법(IRT)에 의해 중량벽체를 측정하면 열관류율 측정의 정확도가 매우 낮으므로 실제 평가에 활용할 수 없는 것으로 확인되었다. 따라서 방사율 조정, 정기간의 측정, 시간간격 및 측정거리 등을 통해 중량벽체에 대한 열관류율 측정의 정확도 개선을 위한 대책 및 방안이 필요할 것으로 보인다.

충북도 건물의 환기성능 개선 및 제연 계획

- 슬라침니의 원리를 이용한 Airflow Network Design

01. 연구 배경

코로나 시대, 환기의 중요성이 강조됨

최근 2년간 화재 발생률이 점차 증가하는 추세를 보임

제연설비 설치 관련 법규에 충북도는 포함되지 않음

기존 충북도에 대한 환기 법규가 미비함

충북도의 경우, 환기에 취약하여 여러 문제를 야기함

충북도는 중앙실의 대리 경로가 길어 연기 등의 노출위험이 큼

이제 충북도의 효율적인 환기와 동시에 제연의 가능성을 가지는 하이브리드 환기 및 제연 시스템을 개발하고자 함

02. 대상 건물 및 이용자 설문

여러 유형의 충북도 건물 중 대학 건물을 대상으로 선정

C 대학의 충북도를 대상으로 학생들에게 설문조사를 진행하였음

2023.10.18

대상 : C 대학교 학생 174명

기간 : 2023.10.18

발달 : 구분 별 설문조사

가 : 6

나 : 6

다 : 6

라 : 6

마 : 6

바 : 6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

충북도 이용하는 학생들의 60% 이상이 충북도에 불쾌한 냄새를 느꼈으며, 85.6%가 충북도의 환기시스템이 개선되어야 한다고 답변하였음

특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물에 설치·관리해야 하는 소방시설의 종류(제11조 관련)의 제연설비 설치대상 법규를 보면 충북도는 해당사항이 없음

실제 C 대학의 충북도를 조사한 결과 방향은 존재하지만 제연설비는 존재하지 않음을 확인하였음

03. 연구 개발 방향 및 목적

전장 공간 활용

- 긴 복도의 경우 장벽 방향으로 환기 불리
- 따라서 전장공간을 활용한 단변 방향의 공기흐름 설계

Solar Chimney 활용

- 자연환기를 주로 의존하는 기존 충북도 건물의 복도 공기 환경이 매우 열악함
- 자연환기 성능을 개선시킬 수 있는 패시브 계획을 적용
- 비상 시 제연 시뮬레이션 검증 계획
- 화재 시 제연면을 가동하여 상층부 피난 시간 확보

충북도의 쾌적성 및 안전성 향상을 위한 Airflow Network Design

04. 이론적 고찰 및 적용

복도 필요 환기량 설정

실제 C 대학의 충북도 지수를 측정한 결과 길이 43.2m, 폭 3.1m, 높이 2.7m로 측정됨

복도의 용적 = 43.2m * 3.1m * 2.7m = 361.58m³

복도 필요 환기량 = 복도 용적 * 매 시 필요한 환기 횟수 = 361.58m³ * 5/h = 1807.9m³/h

* 학교는 복도 필요 환기량이 없어 병원, 요양원 시간 당 환기 필수 사항

제연 송풍량 결정

국가 화재 안전 기준

예상제연구역

1. 바닥면적 400㎡ 이상
2. 직경 40mm
3. 수직거리

필요 환기량 초과

3. 수직거리

2.5m 초과 3m 이하일 때

배출량 55,000 m³/hr 이상

수직거리 : 2.7m

연출효과 건물 내외 온도차이에 의해서 실내와 실외에 공기흐름의 무게 차이가 발생하여 생김.

겨울 공기온도: 실내 > 실외 공기밀도: 실내 < 실외 무게에 의한 실내 공기상승

여름 공기온도: 실내 < 실외 공기밀도: 실내 > 실외 무게에 의한 실내 공기하강

중성대 상부개구부 크기, 건물높이가 높을수록 실외 - 실내 온도 높을수록 높이가 높아짐

겨울 중성대

$$1 + \frac{0.08}{1.44} \cdot 2 \cdot \left(\frac{40}{33}\right) = 19.92545658m$$

여름 중성대

$$1 + \frac{0.08}{1.44} \cdot 2 \cdot \left(\frac{25}{4}\right) = 19.25705795m$$

중성대 높이를 높게 설정

겨울 중성대 높이를 높게 설정

여름 중성대 높이를 높게 설정

1-4층까지 계획한 공기 흐름을 가능하게 함.

베르누이 효과

유체가 규칙적으로 흐르는 것에 대한 압력, 압력 높이의 관계에 대한 법칙으로 유체에 대한 에너지 보존 법칙

$$P_A + \rho gh_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho gh_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

P : 압력 ρ : 밀도 g : 중력 가속도의 크기 h : 수평기준면에 대한 상대적 높이 v : 유속

베르누이 방정식에 의하면 단면적이 작아질수록 속도는 증가하고 유속이 빨라질수록 압력이 감소

* 복도 -> 덕트 -> 슬라침니로의 공기 흐름 유도

슬라침니 배기구의 효율을 증가 -> 효율적인 환기

05. Design Detail

공기 흐름 계획

전장 공간 및 슬라침니를 이용한 자연환기

환기 통로를 이용한 제연 시스템 디자인

덕트 디자인

슬라침니 배기구 디자인

복도의 단변 방향 자연환기 계획에 사용된 전락인 덕트, 슬라침니를 이용한 제연

배출량 55,000 m³/hr 이상의 제연면을 확보하고 설치하고 슬라침니와 연결

자연환기 시스템을 기반으로 이용하고 설비를 추가해 효과적인 제연시스템 구축

배기구를 뒤집힌 익형으로 설계하고 바람 부는 방향으로 그리드를 설치해 회전 가능

배기구의 꼬리부분이 익형 배기구의 머리 방향 바람을 마주하게 함

베르누이 효과로 배기구 입구에 음압이 형성되어 효과적인 배기

06. 기류 해석을 통한 설계안 성능 검증

MIDAS NFX 배기구 디자인 성능 검증

AUTODESK CFD 자연환기 시스템 실효성 검증

시뮬레이션 설정값

- 외기온도 : 15°C
- 슬라침니 내부 : 35°C
- 슬라침니 반대편 공기구의 풍속 : 2m/s

시뮬레이션 목표

- 슬라침니를 이용한 연출효과 복도의 공기를 효율적으로 환기하지 확인.

시뮬레이션 결과

- 온도 그래프: 슬라침니 배기구 주변으로 온도 상승 확인
- 유속 그래프: 슬라침니 내부에서 많은 유속 확인되며 복도의 공기 유속 또한 확인

베르누이 법칙을 이용한 뒤집힌 익형 형태의 디자인을 통해 배기구 뒷부분에 음압이 형성되고 효율적 공기배출을 함.

CONTAM W. 복도 필요환기량 충족 검증

겨울

여름

겨울 1층

여름 1층

겨울 4층

여름 4층

겨울 1층

여름 1층

겨울 4층

여름 4층

CONTAM W. 복도 필요환기량 충족 검증

복도의 환기량인 1층에서 여름 15700m³/h, 겨울 14600m³/h 4층에서 여름 6200m³/h, 겨울 4700m³/h

설정한 복도 필요환기량 1807.9m³/h를 충족함.

07. 결론 및 개선방향

충북도 건물의 환기성능 개선 및 제연 계획을 위해 전장 공간에 개구부를 내어 실외, 복도, 슬라침니 간에 덕트를 연결하였다. 목표한 공기의 흐름은 '복도 -> 덕트 -> 슬라침니 -> 실외'이다.

<사계절 모든 층에서의 일정한 유동을 위한 전략>

1. 슬라침니 디자인 및 내부 축열체를 통해 사계절 항상 슬라침니 내부 온도가 실외보다 높음 (슬라침니 내부 상층부 방향) 연출효과
2. 1의 효과로 슬라침니 내부로 실외가 급기될 때 덕트의 크기를 복도 위에서 열어 유속을 증가 (복도 위 덕트 음압 형성)-베르누이
3. 2에 의해 복도의 공기 덕트로 빨려들어가서 슬라침니의 배기구로 배출됨
4. 중성대의 높이를 높여 4층까지 일정한 공기의 흐름을 유도

<시뮬레이션을 통한 검증 결과>

1. 배기구 디자인 성능 검증
2. 자연환기 시스템 실효성 검증
- CFD를 통해 필요 환기량 충족 검증
- CONTAM을 통해 필요 환기량 충족 검증
- 1-3층 까지 공기흐름 유도, 4층 불일정 확인

-> 4층의 공기흐름이 유도한 대로 흘러가지 않음. 중성대 높이의 오류가 있을 것으로 예상. 중성대 높이 수정을 통한 4층 공기흐름의 개선 필요.

VAV 터미널 유닛의 성능화를 고려한 최소 공급 풍량 및 온도 산정에 관한 연구

A Study on The Determination of Supply Air Flow Rate and Temperature of VAV Terminal Unit Using CFD Simulation

1. 연구배경 및 목적

최근 고유가와 에너지 소극으로 인해 에너지 사용량 중 29%가 건물에서 소비되며 그 중 48.3%가 난방에너지로 사용

에너지 사용량을 줄이고 열 쾌적성 만족을 위해 다양한 VAV 도입 및 최적화 관련 연구 진행

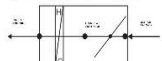
공급 풍량을 최소화하기 위해 공급 온도를 높이는 동시에 실내 쾌적 온도를 만족하며 성능화가 일어나지 않는 상황을 CFD를 통해 시뮬레이션하여 부하별로 에너지 소비를 최소화 할수 있는 공급 풍량 및 공급 온도에 대한 가이드라인 제시

2. 이론적 고찰

VAV 시스템의 개념

VAV 시스템은 실내 부하를 제거하기 위해 공급 온도를 변조시키고 공급 풍량을 일정하게 유지하는 CAV 시스템과 달리 공급 온도를 고정하고 공급 풍량을 변조시켜 실내의 온도 및 습도를 유지하는 시스템이다.

1) VAV 터미널 박스의 구성



VAV 터미널 박스는 각실에 대한 공급 풍량을 제어하기 위한 압력과 공기조절기에서 1차적으로 가압된 공기류 각실의 부하 상황에 맞추어 2차적으로 가열하는 그리로 구성

2) Single Maximum Control Logic

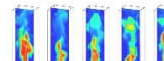


난방 시에 공급 풍량을 최소로 고정할 때에도 VAV 터미널 박스의 유량을 통해 공급 풍량의 온도를 조절하여 실내 부하에 대응

CFD 시뮬레이션

실내의 기류, 온도 및 농도에 대해 매우 상세한 예측을 제공하여 다양한 유형의 건물 분석에 유용하게 사용

1) FDS(Fire Dynamics Simulator)



FDS는 NIST에서 연구를 위해 개발된 여러 CFD 코드를 통합하여 2000년에 공식적으로 출시되었으며, 실제 화재와 연기의 특성을 시뮬레이션 하는 도구로 사용

3. 대상 건물 및 시스템



Category	Specification
AHU	Supply Air Flow (CMH)
	Static Pressure (mmHg)
HVAC System	Return Air Flow (CMH)
	Static Pressure (mmHg)
VAV Terminal Unit	Rated Air Flow Rate (CMH)
	Capacity of Reheating Coil (kcal)

4. 연구 방법

FDS 모델링 프로세스

- 실내 3D 모델링
- 실외 조건 설정
- 온도 센서 및 유속 센서 배치

연산에 위치한 Y대학 건물 1층 소규모 실험실 공간으로 조성된 강의실 기준

공간과 온도 구배에 영향을 미친다고 판단된 구조물인 작은 보, 스테인리스 스틸 물탱크와 사물함을 구현

실의 폭 깊이의 4등분 기준 각 지점에서 0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m, 2.1m, 2.6m, 3.1m 높이에 총 56개의 온도 센서를 구현

유사도 검증

유형	평균 온도 (°C)	평균 속도 (m/s)	실내 온도 (°C)	관측된 유속 (m/s)	
실용기(유속)	800	12.7	31.4	23.2	-8.08%

강바실의 중, 서, 남쪽 및 유속 높음 23.2°C에 반향하고 있고 기온 * 중온실의 특징은 배기구와 복벽 벽체의 면적이 너무도 높음

실용기(온도)

높이	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.1	21.87	22.59	22.85	23.64	28.11	24.97	22.13	22.85	23.14
0.6	24.12	24.34	24.80	25.14	26.62	25.38	24.46	24.70	24.77
1.1	24.58	24.32	24.80	25.33	24.87	24.46	24.90	24.97	
1.7	25.47	25.30	25.55	25.74	26.79	25.31	25.33	25.55	25.46
2.1	26.57	26.15	25.67	27.10	27.24	25.68	25.75	26.00	26.38
2.6	26.77	25.75	25.37	27.39	27.39	25.74	25.40		
3.1	25.83	31.74		25.72	25.72	25.72			

시뮬레이션의 CV(RMSE)의 값이 18.42%로 30%미만이기 때문에 예측성능 및 신뢰성이 있다고 판단

CASE 형성

실내 쾌적 온도 범위

Conditions: Acceleration (gravitational temperature) 1.0g, Relative humidity 30%, 20.5 25.5, Relative humidity 60%, 70-71

Thermal Comfort Temperature Standards for Cold Regions에 의거하여 실내 쾌적 온도 범위의 기준으로 20~22°C를 설정

모달링된 실험실의 VAV 터미널 유닛의 최대 정적공기유량인 1,600CMH를 최대로 설정

100~1,600CMH의 공급 풍량을 100CMH의 단위로 11회에 설정

복벽 실내 쾌적 온도 범위에서 성능화가 일어나지 않거나 우려되는 온도 구간

30~40°C의 공급 온도 1°C의 단위로 나누어 설정

실의 부하를 증가시키기 위해 외기온도를 2°C씩 낮춤

외기온도에 따라 외기의 선선 실내공기 교환온도를 설정

에너지 분석

1) 팬 동력

Fan speed frequency (Hz)	Damper opening ratio (%)	Fan air velocity (m/s)	Fan air flow rate (CMH)	Fan head (Pa)	Fan power (kW)
60Hz	100%	4.26	5,620.06	850	3.3
	80%	3.92	5,080.32	880	3.1
	60%	2.98	3,882.08	955	3
	40%	1.81	2,345.76	1,000	1.8
20%	1.64	2,125.44	1,015	2.1	

2) 재열에너지

공급 풍량 (CMH)	비열 (kJ/kg·°C)	비열량 (kJ/kg)	공급 온도 (°C)	공급 온도 (°C)	재열에너지 (kcal/h)
100	1.01	1.20	50	13	491.60
700	1.01	1.20	50	13	3427.20
1300	1.01	1.20	50	13	6364.80

→ 에너지(kcal/h) = 팬 동력 × 재열에너지

5. 결과 및 분석

FDS 모델링 시뮬레이션 결과

- <시뮬레이션 100% 결과 후>
- <시뮬레이션 300% 결과 후>
- <시뮬레이션 500% 결과 후>
- <시뮬레이션 700% 결과 후>
- <시뮬레이션 1000% 결과 후>
- <시뮬레이션 1500% 결과 후>

<외부온도 15°C 및 매 공급 풍량 900CMH>, 공급 온도 37°C 등, 풍인량 및 평균 온도 분포를 설명

각 시뮬레이션의 초기조건은 외기 온도에 의해 다른 실내 벽체 표면 온도에 따라 달라짐

공급 풍량 100~1,600CMH, 공급 온도 30~40°C에서 목표 실내 온도의 범위인 20~22°C를 만족하며, 성능화가 일어나지 않는 시뮬레이션 결과 171개를 수집

에너지 소비 분석

실의 부하가 증가함에 따라 에너지 소비량이 일정하게 증가하는 추세를 보임

공급온도에 놓이면서 공급 풍량이 낮아지면 에너지 소비량이 감소

실의 부하가 유사한 상황에서도 공급 풍량과 공급온도의 차이에 의해 에너지 소비량이 최대 41.70% 차이를 보임

실용기(공급 에너지 소비량)

실용기(실용 에너지 소비량)

<최소 에너지 소비량의 공급 풍량 및 공급 온도>

실용부하 (kcal/h)	중 에너지 (kcal/h)	공급 풍량 (CMH)	공급 온도 (°C)	실용부하 (kcal/h)	중 에너지 (kcal/h)	공급 풍량 (CMH)	공급 온도 (°C)
284.26	1766.13	00	30	959.48	2134.25	200	37
312.72	1749.93	00	31	1076.04	2197.85	200	39
341.21	1223.73	00	32	1072.54	2249.45	200	39
369.72	1252.53	00	33	1128.96	2307.05	200	42
398.26	1281.33	00	34	1159.97	2640.20	300	34
426.82	1310.13	00	35	1243.30	2756.60	300	35
455.40	1338.93	00	36	1326.72	2813.00	300	36
484.00	1367.73	00	37	1470.26	2898.40	300	37
512.63	1396.53	00	38	1493.89	2985.80	300	38
541.28	1425.33	00	39	1577.63	3072.20	300	38
569.95	1454.13	00	40	1661.47	3158.60	300	42
618.65	1786.65	200	31	1729.15	3547.97	400	36
677.47	1816.75	200	32	1838.39	4463.17	400	41
732.53	1903.65	200	33	1925.36	4663.17	400	37
789.37	1961.45	200	34	2067.84	3778.37	400	38
846.14	2019.05	200	35	2178.43	3893.57	400	39
902.85	2076.65	200	36	2291.33	4008.17	400	42

<공급 풍량 및 부하 범위에 따른 공급 온도 함수>

공급 풍량 (CMH)	부하 범위 (kcal/h)	공급 온도(°C)
100	284.26 ~ 569.95	$y = 0.035x - 20.256$
300	618.65 ~ 1289.30	$y = 21.07x^2 + 0.0173x + 20.222$
500	1159.97 ~ 1661.47	$y = -9E-06x^2 + 0.2122x - 19.551$
700	1729.15 ~ 2291.33	$y = 6E-06x^2 + 0.0168x + 47.559$
900	2308.96 ~ 2638.24	$y = 3E-07x^2 + 0.0059x + 21.13$
1100	2794.18 ~ 3445.63	$y = -6E-06x^2 + 0.0416x - 33.406$
1300	3564.14 ~ 3911.04	$y = -4E-09x^2 + 0.2035x - 18.525$
1500	4493.50 ~ 4324.56	$y = 2.0049x + 18.764$
1700	4693.68 ~ 4903.17	$y = 0.006x + 11.231$

공급 풍량을 저질수록 공급 온도 당 제거 가능한 부하의 폭이 넓어지는 부하 범위의 그래프 기울기가 완만해지는 것을 확인할 수 있음

실내 특정 부하가 발생한다면 이 그래프를 통해 상황에 해당하는 부하 범위 내의 공급 풍량과 공급 온도를 설정하여 실내 온도를 쾌적하게 유지하고, 성능화가 발생하지 않으며 에너지 소비를 최소화 하는 단점이 있음

6. 결론 및 개선방안

(1) 결론

- 공급 풍량을 낮추고 성능화가 일어날 것이라 우려된 높은 온도를 공급
- 쾌적한 온도를 유지하면서 성능화가 일어나지 않고 에너지 소비량을 최소화 하는 경우 도출
- 실의 부하가 284.26~4805.5/kcal/h 일 때 적정 풍량 및 온도 제시

(2) 개선방안

- 본 연구에서는 열쾌적함을 고려하였으나 IAQ의 개선을 위한 방안을 포함하지 않았기 때문
- 부하 상황별 특성하여 시기별이 다른 다양한 조건을 고려하여 추가적으로 연구 필요
- 실의 부하가 284.26~4805.5/kcal/h 일 때 적정 풍량 및 온도 제시

효율적인 에너지 관리와 쾌적한 환경 조성 등은 후속 연구들을 위해 참고할 수 있는 가이드라인 형성

제로에너지 건물을 위한 커튼월 창호 에너지 효율성 평가

Curtain wall window energy efficiency evaluation for zero energy buildings

01. 연구 배경 및 목적

대한민국은 온실가스 감축이라는 세계적인 움직임에 발맞추어 2050 탄소중립 시나리오를 계획하여 추진하는 등의 노력을 기울이고 있다. 전 세계 이산화탄소 배출량의 25%가 건축 분야에서 발생하고 있으며, 건물의 운영에 사용되는 에너지의 사용량이 전체 에너지의 21%를 차지하고 있다.



그림1. 온실가스 감축을 위한 2050 탄소중립 건축부문

최근 노후건축물과 같은 에너지 소비가 많은 건축물 대상 리트로핏을 통해 개선이 이루어 지고 있지만, 동시에 외피 유리도 이루어져 에너지 소비량이 많은 커튼월 건물이 증가하는 추세이다. 커튼월 건물의 경우 미관이 아름답고, 모달 건축을 통해 공기를 단속할 수 있다는 등의 장점을 갖추고 있지만 열관류율이 낮아 단열성능이 부족한 유리로 외피가 구성되어 많은 양의 냉난방에너지가 소모된다. 이러한 유리는 단열성능 뿐만 아니라 기밀성, 내풍압성, SHGC 등 다양한 변수들이 건물에너지 소비에 영향을 주고 있지만, 어떠한 성능 및 변수가 얼마나 영향을 미치는지에 대한 분석이 미흡한 실정이다.

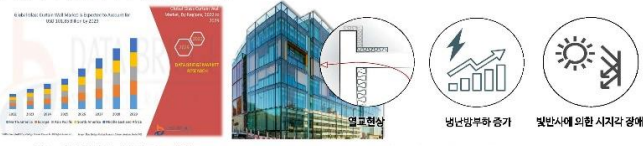


그림2. 커튼월 건물의 시장규모 전망

그림3. 커튼월 건물의 문제점

따라서 커튼월 건물의 증가는 온실가스 감축이라는 전 세계적인 흐름을 역행하는 것으로 이에 따른 대책 마련이 필요하다. 이에 본 연구에서 건물에너지소비면에서 불리한 커튼월 건물을 대상으로 유리표면의 열화상카메라를 통해 비파괴적 열손실 분석을 진행하고자 한다. 이를 바탕으로 커튼월 건물의 유리 성능 변화에 따라 에너지 소비량의 변화를 ECO-2D를 통해 에너지소비량을 분석하여 커튼월 건물 창호 리트로핏 기술에 필요한 성능에 대해 분석하고자 한다.

02. 연구방법

I. 관련 문헌 검토

커튼월 건물 외피의 문제점 파악 및 리트로핏 기술 조사



그림4. 리트로핏과 리모델링 비교

II. 열화상 카메라 촬영 및 정량적 분석

- 촬영일시: '23. 4. 13 (목) 16:00
- 평균기온: 11.9°C
- 촬영대상: 중앙도서관 등 교내건물 7개
- 측정장비: Testo 890 열화상 카메라

III. ECO-2D 프로그램을 활용한 에너지 소비량 변화 분석

- 건물용도: 근린생활시설
- 건물구조: 철근콘크리트구조
- 연면적: 약 36,000 m²
- 입력변수: 창호 열관류율 및 SHGC

IV. 커튼월 건물 대상 리트로핏 기술 제안

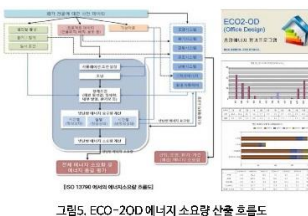


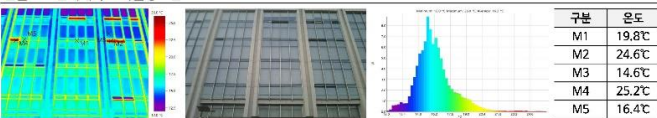
그림5. ECO-2D 에너지 소비량 산출 흐름도

03. 열화상카메라 촬영 결과

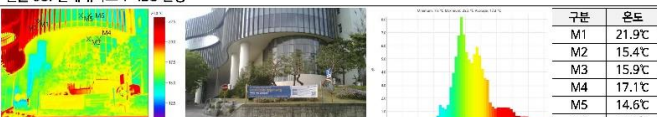
건물 01. 연세대학교 중앙도서관



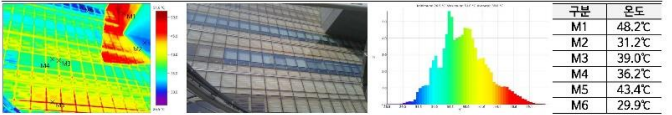
건물 02. 연세대학교 학술정보관



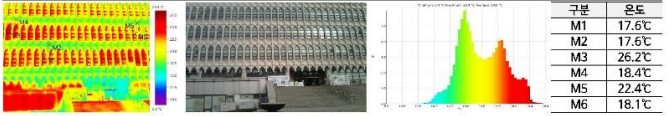
건물 03. 연세대학교 Y-IBS 빌딩



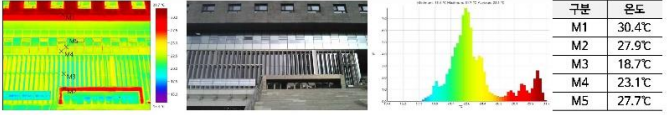
건물 04. 연세암병원



건물 05. 연세대학교 학생회관



건물 06. 연세대학교 경영대학원



건물 07. 연세대학교 첨단과학원



외피 중 유리의 비율이 높은 건물들을 대상으로 열화상카메라를 통해 촬영한 결과 일사를 받을 때 창호 부분이 높은 온도분포를 갖는 것을 확인할 수 있었고 차양을 설치한 유리 외피 부분은 일사 차단으로 다른 유리 외피에 비해 비교적 낮은 온도분포를 가지는 것을 확인할 수 있었다.

05. ECO-2D 활용 에너지 소비량 변화 분석 결과

표1. 열관류율 및 SHGC 변화에 따른 연간 에너지 소모량

구분	열관류율 [W/(m ² K)]	SHGC	에너지소요량 [kWh/(m ² a)]	구분	열관류율 [W/(m ² K)]	SHGC	에너지소요량 [kWh/(m ² a)]
Scenario 00	3.37	0.7	38.8	Scenario 01	3.37	0.4	36.9
Scenario 02	2.4	0.7	36.6	Scenario 03	2.4	0.4	34.0
Scenario 04	2.1	0.7	36.4	Scenario 05	2.1	0.4	33.3
Scenario 06	1.5	0.7	35.5	Scenario 07	1.5	0.4	31.9

표2. 시나리오별 연간 냉/난방에너지 비교

구분	냉방에너지 [kWh/(m ² a)]	난방에너지 [kWh/(m ² a)]	냉난방에너지 [kWh/(m ² a)]	구분	냉방에너지 [kWh/(m ² a)]	난방에너지 [kWh/(m ² a)]	냉난방에너지 [kWh/(m ² a)]
Scenario 00	12.9	13.9	26.8	Scenario 01	7.6	16.9	24.5
Scenario 02	13.9	11.0	24.9	Scenario 03	8.3	13.7	22.0
Scenario 04	14.2	10.2	24.4	Scenario 05	8.5	12.7	21.2
Scenario 06	15.0	8.4	23.4	Scenario 07	9.0	10.9	19.9

SHGC를 개선하는 것이 열관류율만을 개선하는 것보다 냉방에너지의 절감 측면에서 더욱 유리하다는 것을 확인되었으며 창호의 SHGC를 개선하는 것 보다는 열관류율을 개선하는 것이 더욱 효과적이라는 것을 확인할 수 있다. 열관류율 및 SHGC 개선을 통해 연간 에너지 소비량을 최소 5%에서 최대 18%까지 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 창호성능의 개선을 통해서 연간 에너지 소비량의 1/5를 감소시킬 수 있다는 결과를 보여준다.



그림6. 시나리오별 냉방에너지 소모량

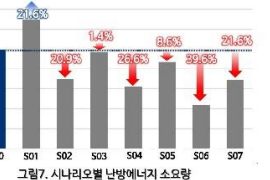


그림7. 시나리오별 난방에너지 소모량

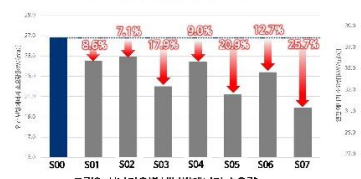


그림8. 시나리오별 냉난방에너지 소모량

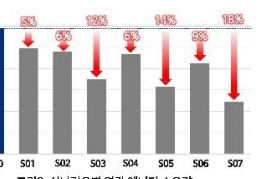


그림9. 시나리오별 연간 에너지 소모량

06. 결론

본 연구를 통하여 교내에 위치한 7개 건물의 열화상이미지의 분석을 통하여 창호에서 열역학성이 취약하다는 것을 확인하였다. 노후화된 근린생활시설을 대상으로 창호의 열관류율과 SHGC 성능을 개선하는 7가지의 시나리오를 통해 냉난방에너지와 연간 에너지 소비량의 분석하여 창호성능변수에 따른 개선 차이를 분석하였다. 창호성능만 개선하여도 연간 에너지 소비량을 최대 18%까지 감소되었다. SHGC 개선은 냉방부하를 감소시키며 열관류율 감소는 난방부하를 감소하는데 유리하다. SHGC의 개선효과가 열관류율의 개선효과보다 더욱 크게 나타났지만 일반적으로 건축물의 난방에너지의 소비량이 크다는 것을 고려하면 창호성능 개선은 열관류율 성능에 집중하는 것이 타당할 것으로 판단이 된다. 추후 유리의 면적이 넓어 높은 고성능의 유리 및 창호를 필요로 하거나, 노후화 되어 창호의 성능이 떨어지는 건축물 대상 리트로핏을 실시할 경우 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

목조건축물의 에너지저장능 향상을 위한 상변화 물질 적용 CLT의 열적성능 분석

Thermal performance analysis of CLT using phase change materials to improve energy performance of wooden buildings

배경 및 필요성

탄소중립이란, 온실가스 배출을 최대한 줄이고 남은 온실가스는 흡수와 제거를 통해서 실질적인 배출량이 0, 즉 ZERO가 되는 개념임. 탄소중립(Net-Zero)은 '그린', '저탄소', '녹색', '탄소로인드' 등 국제 산업과 연관성이 있어 보이지만 실질적으로 산림 및 목재 활용에 대한 연관성이 부족하며 대부분 건물에너지 절감을 전제로 한 탄소중립을 위한 건축에서 목재 이용은 탄소고정 효과가 우수하고 더 친환경적이며 온실가스 배출량이 적어 탄소중립 시의 상당할 것으로 예상되며, 목조건축물은 철근콘크리트에 비해 목재가 가지고 있는 낮은 열전도율로 단열성능은 뛰어난 장점이 있으나, 1, 조제의 낮은 조밀도로 인해 건축물의 열역학적 관성 측면에서 불리한 형태로 작용함 이에 따라 목조건축물의 실내공기는 실내 기류변화에 따라 민감하게 반응하게 되어 냉,난방 설비의 과도한 사용이 발생할 수 있기 때문에 실내 쾌적성 향상과 불필요한 냉,난방 피크부하에 대해 능동적으로 반응할 수 있도록 목조건축물의 열적성능 향상이 필요함 PCM을 적용한 목재의 함침정도의 열적성능, 접합율을 SEM, DSC, TGA 등을 통해 평가하여 P/CLT의 열적 성능 향상에 더 효과적인 탄소중립 도시구조를 위한 목조건축물 구조 시스템 개발을 목적으로 CLT를 활용한 목조주택의 실내온도 탄소중립에 다가가는 것을 제안함

재료 및 방법

PCM (Phase Change Material) 란?
PCM(Phase Change Material)은 상변화 시, 잠열의 형태로 열에너지를 저장, 방출하는 물질

PCM의 효과

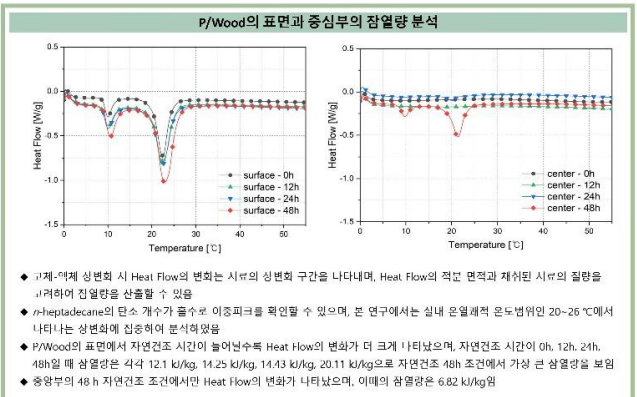
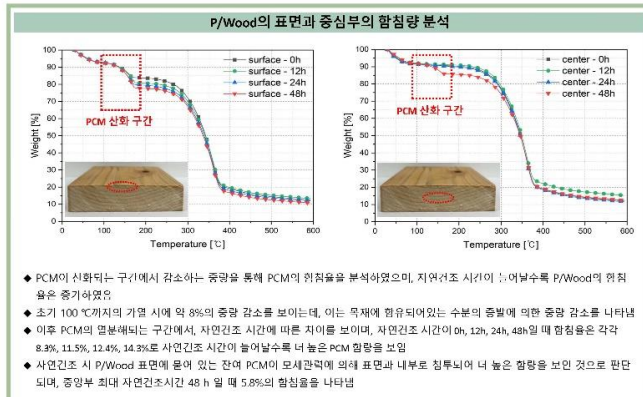
CLT 란?
CLT = Cross Laminated timber의 약어로 두꺼운 껍질성층을 두꺼운 목재를 시공 교차시켜 집적시킨 구조용 목재제품으로 목조건축물의 고효율 실현 가능 / 모듈러 건축이 가능하다는 특징을 가짐

P/Wood 제조방법

P/Wood 및 P/CLT 특성 평가 방법

P/Wood	P/CLT
TGA: PCM 중량률, 열적 안정성	비열: 10, 20, 30, 40 °C
DSC: 상변화 온도, 함침율	한계에너지밀도 (KS F 1600): 수축비율의 안정성
SEM: PCM 함침에 대한 표면 특성	간층부의 수축률
PCM 농도 테스트: P/Wood의 상변화 온도	Design/Builder (Concrete vs. CLT vs. P/CLT)

P/Wood 특성 평가 결과



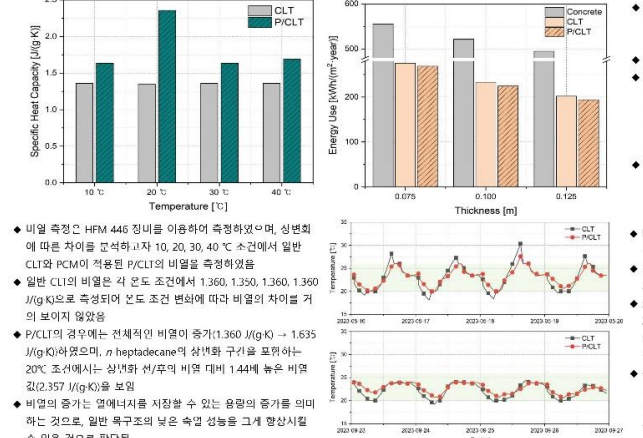
P/Wood 단면 및 SEM 이미지 분석

- 전공평면 직후 P/Wood의 단면에서는 PCM이 목재의 표면에 약 2 mm 정도 두께로 함침되어 있는 것을 볼 수 있고 중량부까지는 PCM이 침투되지 않은 것으로 보여짐
- TGA 분석 결과와 마찬가지로 48 h의 자연 건조 조건에서는 PCM이 중량부로 침투되어 난방의 선제가 찾아 없는 듯한 현상을 나타냄
- SEM 분석 시, 시료에 백금 코팅 처리가 되어 있고 전자현미경 의해 PCM이 침투되어 있음에 의해 PCM이 함침된 부분에서는 백금 현상을 관찰할 수 있으며, 자연 건조 0 h 조건의 P/Wood 표면에서는 섬유 조직의 공극 표면에 PCM이 채워져 있는 것이 관찰되었으며, 중량부에서는 PCM이 관찰되지 않음
- 자연 건조 48 h 조건에서의 P/Wood 표면에서는 0 h에 비해 공극이 PCM으로 더 채워져 있음을 볼 수 있고, 중량부의 SEM 이미지에서도 곳곳의 공극 표면에 빛 에크 현상이 보이며는 것으로 보아 PCM이 내부까지 침투된 것으로 판단 됨

P/Wood 상수층 평가

- 전공평면 이후 자연 건조 시간에 따라 누출되는 PCM을 일정적으로 평가
- 자연 건조 0 h 조건의 P/Wood는 직사각형 형태의 누출 이미지가 관찰되었으며, 자연 건조 시간이 늘어날수록 여과시에 PCM이 적게 누출됨
- 48 h 자연 건조 시간 P/Wood를 활용하여 P/CLT 제조 및 특성 평가 진행

P/CLT 특성 평가 결과



P/CLT의 접착 안정성 평가

- 본 연구에서는 PCM이 구조용 접합면의 접착면에 영향을 미칠 것을 고려하여, 접착제 세제의 침투방지 방법(KS F 7160)에 따라 접합면의 안정성에 대해 평가하였다.
- 침투방지 시험 결과, 일반 CLT를 제외한 모든 P/CLT에서는 백리강 길이 3 mm 이하의 침투를 관찰하지 않았으며, 일반 CLT 중 4번 중 2개 시편에서 11 mm와 같은 백리강 관찰되었다. 백리강 관찰된 2개의 일반 CLT 시편의 백리강 길이는 각각 6.15 mm, 43.17 mm이고, 각 시편의 평단면 접합면의 길이와 각각 348.52 mm, 353.12 mm로써, 전체 평단면 접합면의 길이 대비 백리강 길이의 비율은 1.76%, 12.23%로 산출된다. 따라서, 일반 CLT 중 4개 시편의 전체 백리강 비율은 3.50%이며, 이는 구조용 접합면의 백리강 기준 5%를 초과하지 않으므로 CLT 및 P/CLT 모두 접착면의 안정성이 확보된 것으로 보인다.

본 연구는 CLT의 보다 숙성 성능 향상을 위하여 PCM을 CLT의 core-layer에 적용한 연구이며, 목재에 PCM을 함침하여 P/Wood를 제조하였고, 제조된 P/Wood를 접합하여 P/CLT를 제안하였음

1) P/Wood 분석
TGA와 DSC 분석 결과, 48h의 자연 건조 후 목재의 표면과 내부의 함침율은 14.3%, 5.8%로 가장 큰 함침율을 보였으며, 표면과 내부의 함침율 또한 20.11 kJ/kg, 6.82 kJ/kg으로 가장 큰 함침율을 보였음 SEM 이미지 분석 또한, 48h 자연 건조 조건에서 더 많은 PCM이 함침된 것으로 보였음 PCM 누출에 대한 정성적 평가 결과, 진공 함침 후 자연 건조 시 간이 늘어날수록 누출되는 PCM의 양이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, 위의 결과들을 바탕으로 48h의 자연 건조 시간이 가장 우수하고 판단함

2) P/CLT 특성
P/CLT의 열전도율은 0.126 W/(m·K)로 기존 CLT 대비 0.007 W/(m·K)의 향상된 수치를 나타내었음 P/CLT의 비열은 상변화 전후 2°C 구간에서는 상변화 전/후의 비열 대비 1.44배 높은 비열 값(2357 J/(g·K))을 보였음
P/CLT의 열적 성능은 1.635 J/(g·K)이었던 n-heptadecane의 상변화 구간을 포함하는 20°C 구간에서는 상변화 전/후의 비열 대비 1.44배 높은 비열 값(2357 J/(g·K))을 보였음 Design/Builder v. 11을 이용한 건물에너지 성능 비교 결과, 0.125 m 두께가 적용된 CLT와 P/CLT의 연간 건물에너지 사용량 차이는 7.83 kWh/(m²·year)이며 약 4%의 절감율을 나타내며, PCM이 적용된 P/CLT 건물은 건물에너지 성능 향상뿐만 아니라 외벽의 열적 관성이 증가하여 실내 온열제적성 보인 향상시킬 수 있었음

실내 기류 확산 개선을 위한 천장형 냉난방기 베인 개발에 관한 연구

23267

A Study on the Development of Ceiling Air Conditioner Vane for the Improvement of Indoor Airflow Spread

1. Introduction

문제점 발견

- 천장형 냉난방기는 상향권을 고속시울 등에 매우 널리 보급되어 있으나, 도출 기류에 의한 재실자 불쾌적 유발, 실내 열환경 불균일의 문제점이 있음.
- 베인 설치 시, 도출 기류의 조질로 냉난방기 인근의 재실자 불쾌적 완화 및 실내 열환경의 균일도를 향상시킬 수 있을 것으로 예상

연구 배경 및 목적

- 실내 시뮬, 특히 재실자가 오래 머무는 공간에서의 쾌적성은 매우 중요한 요소로서, 적정 온도도 및 기류속도 등이 유지되어야 함.
- 베인을 부착함으로써, 재실자에게 극부적으로 가해지는 바람을 막아 불쾌적감을 해소하고, 실내 기류 확산을 통해 실 전체 공기 확산 효과를 분석하기 위함.

연구 대한 공학적 이론

베인 곡률
 코난다 효과
 : 유체가 곡면과 접촉한 상태로 흐를 때, 직선으로 흐르는 대신 곡면의 곡률을 따라서 흐르는 현상.

연속적 - 유효도레프트 온도
 $T_{vd} = (T - T_{avg}) - 7.73(v - 0.15)$
 T_{vd} : 유효도레프트 온도 [°C]
 T_{avg} : 평균실내온도 [°C]
 v : 실내온도 [°C]
 w : 기류속도 [m/s]

열쾌적 - PMV
 $PMV = (0.303 \cdot e^{-0.196} + 0.629) \cdot (M - W) - 3.05 \cdot 10^{-8} \cdot (5733 - 6.91 \cdot M - W) - P_a$
 $- 0.42 \cdot (M - W) - 0.815 \cdot 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - P_a)$
 $- 4.913 \cdot 10^{-4} \cdot P_a \cdot T_{cl}$
 $- 3.98 \cdot 10^{-5} \cdot f_{cl} \cdot (t_{cl} - 27.3) \cdot (T_{cl} - 27.3) \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot P_{a,cl} \cdot t_{cl}$

M: 인체대사율 Tr: 복사온도
 W: 유효 기계력 Pd: 직의 표면적지수
 Pa: 수증기 분압 Td: 의복 표면온도
 Ta: 공기온도 Hc: 대류 열전달 계수

2. Method

2.1 베인 제작

베인 제작

베인 규격
 1단 작동: 60(cm) x 18(cm)
 2단 작동: 60(cm) x 25(cm)
 베인 무게: 약 230g

실내기류 확산 비교 (Fog Machine-Smoke Test)

• 베인을 설치함으로써 기류가 퍼지지 않고 조밀하게 이동 → 벽면 도달 시간이 약 2초 단축 → 베인 효과 기대

2.2 평가 대상 공간

- 장소: P 대학교 강의실
- 실내 면적: 5.8m(D) x 7.9m(L) x 2.5m(H)
- 측정 지점: 0.8m X 1.1m 간격으로 총 49곳의 측정점 설정
- 측정 높이: H=1.1m, 1.7m, 2.5m

2.3 평가 Case

Case1. 베인 설치 X	Case2. 베인 설치O (1단으로 작동)	Case3. 베인 설치O (2단으로 작동)
----------------	-------------------------	-------------------------

2.4 평가 지표

- 실의 온도분포 및 기류속도 분포 (열선 풍속계, 적외선 온도계)
- 기류확산성능 (ADPI: Air Diffusion Performance Index)
- 각 Case 별 점의 분포가 Ted=-1.5, Ted=+1.0 및 v=0.35 직선이 이루는 영역안에 많이 포함될수록 온열환경 조절능이 높다고 볼 수 있음.
- 실내 열쾌적성 (PMV, Predicted Mean Vote)
- 온열환경 성능지표는 일반적 쾌적 지표인 PMV를 적용하였으며, PMV산출에 필요한 물리적 요소인 온도, 기류속도, 복사온도는 각 지점의 측정치 이용, 상대습도는 50%로 설정하였으며, 개인적 요소는 여름철 재실자 기준으로 착의량은 0.6 clo, 활동량은 1.1 met를 적용.
- 가장 이상적인 온열환경은 PMV = 0 (neutral) 을 만족하는 경우임.

3. Results

3.1 실의 온도 및 기류속도 분포

1) 냉방 시 기류속도 분포 분석

2) 냉방 시 온도 분포 분석

3.2 ADPI(Air Diffusion Performance Index)

각 Case별 실내 공기확산성능 분석 (H=1.1m 기준)

Case 1 (85.7%), Case 2 (93.9%), Case 3 (93.9%)

각 Case별 실내 공기확산성능 분석 (H=1.7m 기준)

Case 1 (73.5%), Case 2 (89.8%), Case 3 (75.5%)

3.3 PMV(Predicted Mean Vote)

각 Case PMV 비교

(a) h = 1.1m, (b) h = 1.7m

• 베인 설치 시 기류가 천장면에 닿는 면적이 넓어지고, 벽면까지의 기류 도달량이 증가하며, 베인 길이가 길어질수록, 기류가 천정면을 타고 벽에 도달하여 기류속도가 빠르게 나타남.

• 천정면을 타고 벽면까지 도달하는 기류량이 많아져 효과적인 공기순환을 도모.

• 베인 설치 시 천정면 평균 온도가 약 2°C 감소하며, 베인이 길어짐에 따라 천정면 쪽에서 낮은 온도가 넓게 분포함.

• Case 3의 경우, 1.7m에서 온도가 비교적 낮게 분포 → 실의 효과적인 대류 순환이 일어난 것으로 판단됨.

✓ ADPI는 1.1m 기준으로 분석 결과, 85.7%(베인O) → 93.9%(베인O)로 약 8.2% 증가 → 베인 설치 시 높은 수준의 온열환경 균일도를 달성한 것을 확인.

✓ PMV는 Case 2의 평균값이 -0.03(a), -0.45(b)로 다른 Case에 비해 0(Comfort Zone)에 가까운 것으로 나타남 → 베인 1단 작동 시인 Case2의 경우 가장 쾌적하다고 판단.

4. Conclusions

연구 결과

- 천장형 냉난방기에 베인 설치 시 천정 → 벽 → 실 수으로 기류가 순환하여 재실자에게 직접 바람이 가해지는 것을 막아 극부적 불쾌감 해소
- 베인 설치 시, 실의 전체적인 공기순환이 활발하게 일어나게 하며 온도분포가 고르게 나타남 확인.
- 각 Case별 ADPI 비교 시 온열환경 균일도가 1.7m 기준으로 베인 설치 < 베인 설치O (1단 작동) > 베인 설치O (2단 작동) 순으로 높게 나타남.
- 각 Case별 PMV 비교 시 Comfort Zone을 만족하는 비율이 베인 설치 < 베인 설치O (2단 작동) < 베인 설치O (1단 작동) > 순으로 높게 나타남.

결론적으로, 베인을 설치함으로써 설치하지 않았을 때보다 열쾌적성을 높여주나 베인 2단 작동 시보다 1단 작동 시 열쾌적성이 높음 것으로 판단됨.

향후 계획

- 재실자가 원하는 풍양으로 조절할 수 있도록 베인을 사용자화 시킬 필요가 있음.
- 실내 온도감지센서를 부착하여 적정온도가 되면 베인의 길이 조절이 가능하도록 자동화시스템을 도입시켜 재실자의 만족도를 높일 수 있도록 사료됨.
- 베인의 곡률, 길이, 두께, 재료 등을 조정하여 더 효과적인 디자인 설계할 필요 있음.

해저터널 집수정 설치형 해수전지 비상전력공급모듈

1. 연구 배경

해수가 터널 내로 유입되는 해저터널의 설계적 특성을 활용할 수 있는 UPS (Uninterruptible Power Supply)



기존 UPS (리튬이온 전지)의 안정성 문제



해수전지 UPS

- 기존 UPS는 리튬으로 인한 폭발·화재 사고에 취약
- 집수정에 유입되는 해수를 활용
- 해저터널 건설량 증가
- 해수에 포함된 나트륨을 이용해 친환경 에너지 사용

2. 해수전지 UPS 전력 공급 개념도

해저터널에서 화재 발생 및 침수 사고 시 전력 차단 문제 해결을 위한 구간별 개별 비상전력망 구축



- 신재생에너지로 1차 전력 공급
- 집수정에 유입되는 하루 8,000t의 해수를 이용해 해수전지 UPS를 회로도에 맞게 설치
- 충전 시 Na⁺와 전자가 음극으로 이동
- 해수전지를 모듈화하여 section별 배치된 기계설비(조명, 팬, 펌프, CCTV)에 60분 동안 가동시킬 수 있는 전력량을 공급
- 방전 시 Na⁺와 전자가 바닷물로 이동
- 사고로 인해 N개의 section 중 section에 연결된 해수전지 전력망 차단에도 병렬 접속된 전력으로 기기설비 운영

3. 해저터널 설계 과정

해저터널 설계값으로 선정한 기계설비 장비의 비상전원 규정 사용량 60분 동안 필요한 전력 사용량 계산

※ 터널 조명 설계기준은 도로안전시설 설치 및 관리 지침 KS C 3703 : 2010 사용

터널 조명 설계

$$\frac{F}{S} = \frac{W \times K \times L}{N \times U \times M}$$

F	조명기구 1개당 광원의 광속 (lm)	5,750
S	설치간격 (m)	5.7
W	자도폭 (m)	6.5
K	평균조도환산계수 (lx/cd/m²)	18
L	기준 휘도 (cd/m²)	4.5
N	조명기구 배열에 의한 계수	2
U	조명률	0.312
M	보수율	0.84

K : 18 lx/cd/m² When Road Surface is Asphalt
N=2(Symmetry) → S=2.5H H=5.5
S=13.75 m (설치 간격 기준)

Catalogue of LED : 50W, 5,750 lm
S = $\frac{2 \times 0.312 \times 0.84 \times 5,750}{6.5 \times 18 \times 4.5} = 5.7 \text{ m}$
5.7m는 기준 중록 (S=13.75 m)

LED	Jet Fan	Pump	CCTV
4,861 EA	82 EA	4 EA	93 EA
50 W	30,000 W	490,000 W	4.5 W

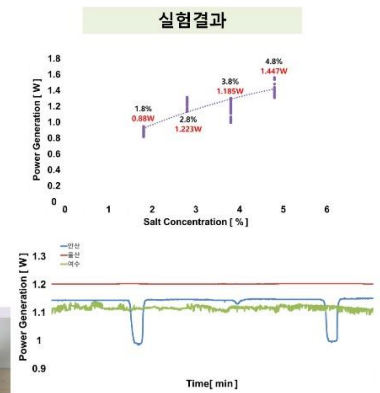
60분 가동시 필요한 전력량 : 4,663kWh

해수전지 모듈 사이즈 선정

집수정 크기 (단위 mm): 95,000 x 6,500

해수전지 팩 (1kWh) 크기 (단위 mm): 1,440 x 380 x 150

배터리 구성: X 4,663 EA → (W: 28,800, L: 5,700, H: 2,400) (W: 20 EA, L: 15 EA, H: 16 EA)



실험장치 및 실험 방법

- 조명설치간격(S)은 5.7m로 계산되어 설치 간격 기준인 13.75m 이하를 충족
- 설계터널 길이인 6,927m를 S로 나누고 터널 상부 양측으로 조명을 설계한 경우 N=2이므로 S x N을 계산할 경우 조명개수는 4,861개로 산정
- Light(LED), Jet Fan, Pump, CCTV의 기기설비수량을 설계 기준을 바탕으로 산정하여 60분 가동 시 필요한 전력량 = 4,663kWh로 분석
- 4.8%의 Na 농도에서 1.447W가 생산되었으며, 평균 해수 농도인 2.8%에서는 1.223W가 생산

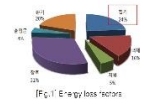
4. 결론

- 기존 시스템인 리튬전지는 충격에 의한 폭발의 위험성이 크고 침수 시 사용 할 수 없는 단점이 존재, 이를 보완하기 위한 새로운 시스템인 해수전지를 도입 / 해수전지는
- 화재 및 침수 사고에 의한 파손 가능성이 낮음
- 해수전지 비상전력공급모듈의 도입 시 무한한 자원인 해수를 이용하여 충전과 방전을 하기 때문에 친환경적
- 최근 리튬 고갈에 따라 원자재 값이 폭등하고 대부분 수입에 의존하고 있어 가격 부담이 증가 / 해수전지는 출력과 에너지 밀도가 낮고 염분으로 부식 문제가 있지만 이를 해결하면 향후 에너지저장시스템(ESS) 시장을 선도할 것으로 예상

목업 실험 방법 제안을 통한 건물 설비 요소의 침기 계수 산정 연구 23201

01 연구의 배경 및 필요성

- 배경**
- 제로에서 건축물을 구현하기 위한 필수 요소인 에너지 효율을 의미도 포함
 - 침기는 건물 냉난방 부하의 평균 24%에서 최대 40%까지 영향을 미침
 - 현재 설계·시공 단계 부문의 기밀 기준 부족



필요성

장우는 창호의 기밀성 시험방법(KS F 2292:2008)에 의거하여 기밀능을 표시, 그러나 스프링클러, 콘센트 등에서는 기밀능에 대한 기준이나 제품 정보에 표시된 지표가 없음.

03 기존 연구 고찰

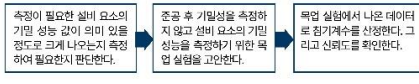
- 김성식, 조수, 윤용진, 박수호 (2005), 창호 종류에 따른 침기 계수 산정 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 12(1)(4), 183-189
- KS F 2292 에 따른 창호 기밀성 시험방법으로 창호의 침기 계수를 산정하고 기밀등급과 침기 계수 간 상관성을 증명.
- 신우철, 성국수, 백남준, 윤종호 (2005), 침기량 측정법을 통한 Z6SH 수소의 기밀와 시공개선 연구, 대한설비공학회 하계 학술발표회 논문집, 1089-1094.
- 침 입 내기(요소)를 비닐로 마스킹 후 하나씩 떼어 가면서 실험, 설비 요소 카테고리별로 얼마나 침기가 발생하는지 퍼센트 도출

04 예비 실험 및 결과



Fig. 2 Correlation by regression factor

02 연구의 목적



05 설비요소 별 침기량 평가 실험 개요



설비 요소들을 모두 밀봉한 뒤 블로어에 테스트를 통해 설비 요소 침기의 양과 창호의 침기를 비교하여 선정할 설비 요소의 침기를 중공 전에 측정하는 것이 유리미치지 않았었다.

나무 실내 블로어 도어를 장착하고 나무 실험 위크 서브로드로 측정하고자 하는 설비 요소를 종류별, 개수별로 시공한 후 침기량을 측정했다.

06 실제 실험 결과

콘센트·데이터 분석과정 및 결과

1개	2개	3개	4개
1493.11	1574.33	1520.63	1556.16

실제 실험 초기 CMH: 1482.1

요소 실험 CMH at 50Pa
말단 실험 CMH at 50Pa

침기 변화량(A) = 12.189
R² = 0.9514

3개 데이터 삼중도 그리기
y절편 0인 추세선 생성
선형화까지 도출
픽위크에서 x계수 확인 (A2)
R² 값 확인

1개	2개	4개	0개
11.04	92.24	36.67	74.09



연락지기 결과

A = 6.5514
R² = 0.9407

스위치 결과

CMH = 36.036

스프링클러 결과

A = 6.3102
R² = 0.8445

07 목업 실험 결과

콘센트·데이터 분석과정 및 결과

1개	2개	3개
79.28	00.05	103.77

실제 실험 초기 CMH: 69.30

요소 실험 CMH at 50Pa
말단 실험 CMH at 50Pa

침기 변화량(A) = 11.279
R² = 0.9979

3개 데이터 삼중도 그리기
y절편 0인 추세선 생성
선형화까지 도출
픽위크에서 x계수 확인 (A2)
R² 값 확인

1개	2개	3개
9.94	20.75	36.77

A = 갯수별 평균 추세선에서 x의 계수.
이는 50Pa 기밀 측정값인 침기량을 나타낸다. 50Pa에서 측정하였을 때 유효한 값이며, 단위는 CMH/개이다.
설비 설치 시 재사용이 가능한 것수에 A값을 곱하면 대략적인 요소의 침기량을 알 수 있다.



연락지기 결과

A = 10.271
R² = 0.9453

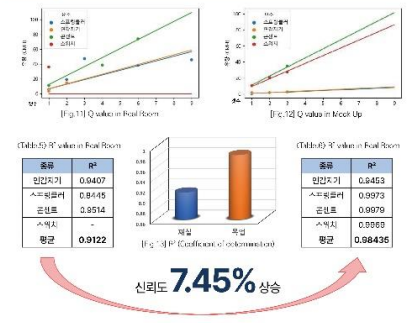
스위치 결과

A = 8.5941
R² = 0.9969

스프링클러 결과

A = 0.917
R² = 0.9973

08 상관관계



09 침기계수 산정

기준 논문 수치를 사용한 참조 A값

$$Q = CL(dp)^n$$

Q = 유량
C = 침기계수 (폴리스타 단단성 0.47)
L = 창호 틈새길이 (1.8⁴)
dp = 압력차 (50)
n = 침기계수 (0.65)

따라서, Q = 0.47 * (1.8⁴) * 50^{0.65} = 43.03 m³/h

침기량 약 3배

43.03 m³/h → 128.64 m³/h

실제 실험에서 얻은 A값을 바탕으로, 위 수식을 이용하여 실험에서의 침기계수 C를 도출하였다. (dp=50Pa, n=0.65)

위의 과정과 같이 실제 대상 설비 요소의 중공 후 변화 지표도 도출하였다.

실제 실험	콘센트	연락지기	스프링클러	스위치
A	12.189	6.5514	6.3102	
C	0.6986	0.57533	6.09674	
A	11.279	10.271	3.917	9.5941
C	0.88734	0.88734	0.91217	0.91217

실제 실험에서의 참조 A 값

Table 10) C value in Real Room

종류	C
연락지기	0.9453
스프링클러	0.9973
콘센트	0.9979
스위치	0.9969
평균	0.98436

10 결론

첫째, 목업에서 산출한 침기 계수가 실제 설비에서 산출한 침기 계수와 얼마나 차이가 있는지를 확인하였고, 이를 설비 요소 중공 후 어떻게 변화하는지를 나타내는 지표로 하여 설계, 시공 단계에서 목업 침기 계수를 사용할 때 참고 지표가 되도록 하였다.

둘째, 목업 실험은 실제 실험보다 침기 변화량이 더 높은 신뢰도를 가지는 실험이다.

셋째, 목업 실험을 통해 산출한 침기 계수는 실제 실험과 비교할 때 92.55%의 신뢰도를 갖기에 필요성이 크다.

11 한계점 및 향후 계획

본 실험은 실험 방법에 대한 제한을 중점으로 하였기에 다양한 실제 설비나 시공 방법 등을 적용하여 같은 실험 방법으로 설비 요소의 기밀에 대한 추가적인 연구가 가능하다.

설비 요소별 목업 침기 계수와 중공 후 변화 지표를 목업 실험 방법을 통해 더 다양한 자료를 실험하여 하나의 프로토콜을 만들어 설계, 시공할 때 기밀 평가에 활용 가능하다.

스프링클러	연락지기	콘센트
6.8배	6.4배	1.1배

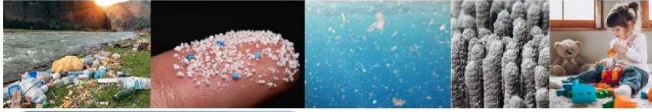
거주 공간 내 보이지 않는 먼지의 잠재적 인체 유해성

23202

1. 개요

연구 개요

플라스틱의 생산과 소비는 지난 수십 년간 편리함과 화학적 안정성으로 매년 급증했다. 플라스틱은 인체적인 화학 구조로 인해 자연 분해되지 않으며, 이러한 성질은 환경 문제를 야기할 뿐만 아니라 인간의 건강에 악영향을 미친다. 음식과 음료를 통한 미세플라스틱 섭취에 대한 수많은 연구가 이루어졌으나, 실내 환경에서 거주자의 활동과 소비행태에 따른 미세플라스틱의 발생과 화학적 구성 차이에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이번 공모전을 통해 거주자의 실내 활동과 소비행태에 따른 미세플라스틱 입자의 발생과 잠재적 위험성을 확인하고자 한다.



연구 배경 & 키워드

미세플라스틱은 크기가 5mm보다 작은 플라스틱 입자이다. 복잡한 열화에 의해 생성되며 바퀴, 접착제, 가구와 같은 차원에서 발생한다.

2022년 OECD 보고서에 따르면 2019년 기준 전 세계적으로 차연 폐기되는 플라스틱의 양은 22Mt이며, 이 중 12%가 미세플라스틱 입자로 배출된다.

미세플라스틱은 다양한 공극원에 의해 소비될 수 있고, 특히 호흡기, 신경 및 내분비계에 부정적인 영향을 미쳐 인간의 잠재적인 건강 위험을 초래할 수 있다.

세계야생생물기금(WWF) 보고서에 따르면, 1인의 몸에 유입되는 미세플라스틱은 신용카드와 같은 양인 5g 이라고 알려졌다.

키워드: 미세플라스틱, 실내 환경, 열화



2. 거주지 내에서의 미세입자 채취 실험

실내 미세 입자 채취 및 분석 실험

실제 거주지에서 발생하는 입자상 물질의 종류 및 차이를 분석하기 위한 실험

- 실험 기간: 2023.04.03 - 2023.04.23 (20 일)
- 공기 청정기를 통한 공기 중의 입자 채취
- 진공 청소기를 통한 바닥 중의 입자 채취
- HOBO 시스템을 통한 실내 기온/대기습도를 분석



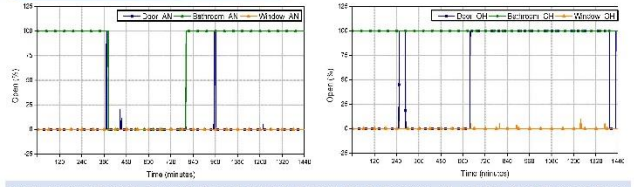
실험 장비 위치와 거주 환경



거주자 A (AN)			거주자 B (OH)				
거주 형태	원룸(12F)	면적	31.68㎡	거주 형태	원룸(9F)	면적	18.2㎡
기간 & 시간	2023년 4월 3일~4월 23일 (08:30 - 21:30)			기간 & 시간	2023년 4월 3일~4월 23일 (09:00 - 21:00)		
거주자 패턴	평일 오전 8시 30분 외출 후 21시 이후 귀가 주일은 대부분 집에서 거주 2일에 한번 바퀴 청소			거주자 패턴	평일 오전 11시 외출 후 한 번 중 귀가 주일은 매우 유동적 2일에 한번 바퀴 청소		
장비 개요	공기 정정기 가동 범위: 37.4㎡ 가동 시간: 13 hours			장비 개요	공기 정정기 가동 범위: 15㎡ 가동 시간: 12 hours		

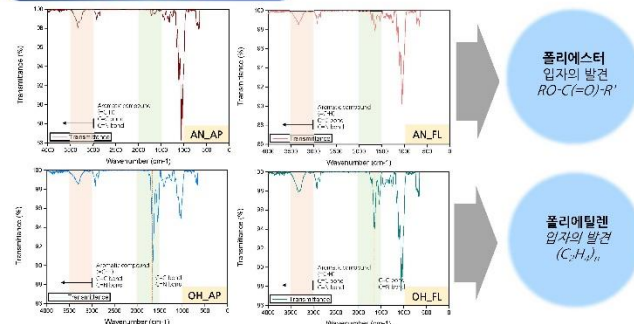
3. 실험 결과

개폐시간 모니터링



거주자 A (AN) 와 거주자 B (OH) 를 대상으로 개폐시간 모니터링 결과를 분석하였다. 두 사례 모두 화장실에 별도의 창문이 없었고, 입주자 등하교 시간에만 출입문이 열린 것으로 확인되었다. 이를 통해 입자가 실외로부터 유입되는 시간이 적고 발생하는 입자상 물질들은 대부분 실내 활동에 의해 발생한다는 것을 확인했다.

실험 결과 분석



폴리에스터 입자의 발견 $RO-C(=O)-R'$

폴리에틸렌 입자의 발견 $(C_2H_4)_n$

거주자 A와 거주자 B에 대한 FT-IR 분석 결과 주거환경 조건에서 상이한 화학적 조성이 확인되었다. 거주자 A는 의류에서 발견된 폴리에스테르 성분, 거주자 B에는 생활 필수품과 배달 음식 용기로 사용되는 폴리에틸렌 성분으로 확인되었다. 이는 입주자의 실내 활동과 소비 습관에서 나타나는 차이로 판단된다. 따라서 주거환경에서 포함된 입자 내에 미세플라스틱이 존재함을 확인했다.

4. 거주자 의류 보관 방법 및 소비 습관

의류 보관



거주자 A의 집에서 섬유류 사용되는 폴리 에스테르가 다량 발견되었다. A는 의류를 거실과 화장실이 연결된 두루에 옷을 보관한다. 개인된 공간이 부족한 옷장은 겹받, 화장실 습기에 직접적으로 노출되어 화학적 열화가 발생하여 다량의 섬유질 미세 플라스틱을 생성한다. 열화된 미세입자는 거실로 유입되어 거실 바닥이 누적된다.

거주자 B는 의류를 거실의 상층에 보관하며, 병상에서 상층을 넘어다. 상층은 의류를 외부 환경의 햇빛, 화장실 습기로 부터 보호하여 화학적 연화를 방지한다. 또한 적절한 습기계제기 사용으로 내부 습기를 적절히, 규장막 같은 유채 생공공의 변색도 적절히 예방하여 열화를 방지할 수 있다.

소비행태



거주자 A는 배달 음식을 먹기 보던 1주일에 한번씩 근처 마트에 들러 장을 본다. 반면 거주자 B는 배달 음식을 일주일 4~5회 주문하며, 일회용 용기를 모아 매주 목요일에 배출한다. 거주자 A는 일주일에 한번 마트에서 장을 봐서 플라스틱 소비와 사용이 빈번하지 않으며, 장을 본 직후 사용된 비닐과 플라스틱은 보관하지 않고 한곳에 모아 처분한다. 거주자 B의 집에서 채취한 먼지에서 배달 음식 용기로 사용되는 폴리 에틸렌 입자가 다량 발견되었다. B는 빈번하게 배달음식을 먹으며, 사용된 배달 용기들은 버리기 전까지 열화가 진행되고 미세 플라스틱이 방출되어 거실로 유입되었음을 추측할 수 있다.

5. 결론

플라스틱의 편리함으로 사용량이 증가하는 추이를 보이고 있다. 실내환경에서 발생하는 미세플라스틱에 관한 연구가 필요한 실정이다. 실내 환경 내 미세플라스틱을 제거하기 위해 생활 환경이 비슷한 두 실험지의 거주 공간에 20일 동안 공기청정기, 진공청정기 내의 먼지를 채취하여 대해 FT-IR 분석하였고 두 거주자의 발견된 미세 플라스틱의 화학적 구성이 다른 것을 확인할 수 있었다. 이는 거주자의 의류 보관 방법과 소비행태가 미세플라스틱 발생과 화학적 구성 차이에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 이번 연구를 통해 실내 미세플라스틱 발생에 대한 경각심을 일깨우고 더욱 적절한 실내 환경 조성에 이바지 할 수 있을 것으로 기대한다.

태양광 블라인드의 발전량 및 발전 효율 향상을 위한 설계 변수 상관관계 연구

23203

01 연구 배경 및 필요성

배경

- 현재 국내 신축 건축물은 용도와 규모에 따라 ZEB(Zero Energy Building)를 의무화하고 있음.
- 2025년부터 ZEB 인증 범위가 공공 건축물에서 민간건축물까지 확대됨.
- 2023년에 우리나라에서 기존의 탄소 자원을 사용하는 중앙 집중형 에너지 공급 방식 대신 신재생 에너지를 활용한 분산형 에너지 공급 방식에 활성화하는 목적의 분산에너지 공급 확대를 제정함.

▶ 신재생에너지 생산 비율을 극대화해야 함.

필요성

신재생에너지 중 태양광 에너지는 효율적인 에너지원으로 기존의 다양한 연구가 진행되고 있음. 그러나 건축물에서 태양광 패널을 설치할 수 있는 위치인 옥상 면적만으로는 ZEB 6 등급을 달성하기 어려운 상황임.

이를 극복하기 위하여 건물의 옥상과 더불어 충분한 일사가 발생하는 창호의 블라인드에 태양광 슬랫을 설치하여 발전하는 태양광 블라인드가 개발된 바 있으나 상용화되지 않음.

▶ 다양한 변수의 조정에 따른 태양광 블라인드의 발전량과 발전 효율의 극대화가 필요함.

02 태양광 블라인드 발전량 및 발전 효율 향상 연구 목적

- 태양광 블라인드의 발전량과 발전 효율을 극대화하기 위해 일 영향을 미치는 변수를 도출함.
- 다양한 변수들을 조정하여 태양광 블라인드의 발전량, 발전 효율과 변수 간의 상관관계를 도출함.

03 태양광 블라인드 선행 연구 및 이론 고찰

기존 태양광 블라인드 선행 연구

- 태양광 일사각 조정을 위한 구조로는 베네시안 블라인드가 최적임.
- 베네시안 블라인드를 이용해 일사를 조절할 때 베네시안 블라인드의 슬랫에 태양광 모듈이 일사각을 조절하여 일사를 조절하는 동시에 발전이 일어날 수 있음.

이론

공진효과 : 금속 등의 물질 입자에 빛에 조사하면 물질의 표면에서 전자가 튀어나오는 현상

공진전효과 : 반도체의 전체가 아닌 일부분에 빛을 조사하면 빛은 p형 반도체와 어떤 부분인 n형 반도체에서 전위차(기전력)를 발생시키는 효과

태양광 발전량 증가를 위한 방법

발전량 증가
발전 효율 증가

↓

변수 설정

- 태양광 발전량을 증가시키기 위해서는 공진효과를 많이 일으켜야 함.
- 공진효과를 통해 금속의 한계전동수 이상의 빛을 쬐는 가장 좋은 빛의 세기가 3~4만 전류정도가 적당함.
- 태양광은 모든 전파장의 빛을 방사하므로 매우의 단파장전압 일사하는 광자의 양이 많으면 발전량이 적음.
- 태양광 패널에 들어오는 빛의 세기를 증가시켜야 하므로 많은 양의 태양광이 패널 표면에 들어야 함.

태양광 발전량 $P \times A \times G \times n$

태양광 발전 효율 $\frac{n \times P}{A \times G}$

P : 발전량(W)
A : 태양전지의 면적(m²)
G : 해당 지역의 태양복사량(W/m²)
n : 태양전지의 발전 효율 (PV Efficiency)

태양광 블라인드의 변수 조정을 통해 발전량을 증가시킬 수 있는 방법

1. 블라인드의 슬랫의 폭을 넓혀 패널에 들어오는 광자의 양을 늘림.
2. 블라인드 슬랫의 각도를 조정하여 광자 방향이 일사하는 각도가 수직에 가깝게 함.
3. 개방 비율을 조절하여 패널에 들어오는 광자의 양을 늘림.

04 설계 변수에 따른 시뮬레이션 연구 방법

- 1) 변수 설정**
 - 태양광 블라인드의 발전량과 발전 효율을 증가시키기 위한 변수들(블라인드 운전 변수, 환경적 변수)을 조사함.
 - 태양광 블라인드의 효율에 영향을 미치는 태양광 블라인드 슬랫의 폭, 각도, 개방 비율을 변수로 두고 case를 설정함.
 - 이외의 변수인 태양의 고도, 날짜는 환경적 요인에 따라 고정변수로 두었음.
- 2) 시뮬레이션 진행**
 - 프로그램 활용 'Solar Pro' : 태양광 패널을 건물에 설치하고 기본로 연성시 시뮬레이션 블라인드 및 모듈이 가능함. 태양광 패널의 각도 조정과 개수의 추가 및 제거가 가능하며 블라인드 사이의 슬랫이 구연됨. 특정한 날짜를 선택하여 태양의 이동에 따른 일일 발전량과 월, 연간 발전량을 구할 수 있음.
 - ▶ 변수에 따른 발전량을 해석할 수 있는 시뮬레이션 프로그램인 Solar Pro를 활용하여 분석함.

05 시뮬레이션 Case 구성

연구 계획

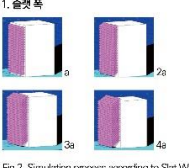
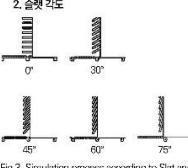
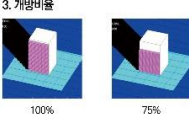
- 1. 슬랫 폭**

- 2. 슬랫 각도**

- 3. 개방비율**


Fig 2. Simulation process according to Slat Width Fig 3. Simulation process according to Slat angle

Fig 4. Simulation process according to Opening Ratio Fig 5. Simulation Default Settings

06 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션 설계 조건 설정

PV Array - HYUNDAI HS-S221SG 으로 설정하여 진행함.
 Case 별로 시간별 발전량과 발전 효율, 일일 발전량과 발전 효율을 구함.

Table 1. PV efficiency according to Slat Width

slat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1a	8.28	7.96	7.5	7.12	6.86	6.72	6.62	6.61	6.71	6.9	7.25	7.74	8.13
2a	8.13	7.86	7.78	8.33	8	6.97	5.88	5.79	5.88	6.12	6.96	7.14	7.67
3a	8.24	7.33	6.68	6.23	5.89	5.74	5.73	5.69	5.78	6.03	6.44	7.09	7.57
4a	8.19	7.3	6.58	6.13	5.83	5.68	5.62	5.59	5.68	5.92	6.38	7.04	7.57

Table 2. PV Energy according to Slat Width

slat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1a	0.27	2.34	4.62	4.9	9.56	9.4	9.67	6.37	9.48	6.9	4.7	2.18	0.24
2a	3.26	1.97	3.03	5.2	8.01	1.92	1.91	1.57	8.84	5.87	3.98	1.98	0.23
3a	3.76	1.86	3.86	5.63	6.78	7.45	7.73	7.43	8.75	5.59	3.97	1.97	0.33
4a	3.76	1.85	3.82	5.54	6.71	7.36	7.56	7.31	8.64	5.49	3.87	1.98	0.33

• 슬랫의 폭에 따른 PV Efficiency

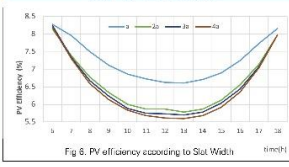


Fig 6. PV efficiency according to Slat Width

• 슬랫의 폭에 따른 PV Energy

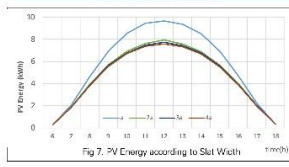


Fig 7. PV Energy according to Slat Width

태양광 블라인드의 발전 효율

- 태양광 블라인드에서 모든 변수슬랫의 폭, 각도, 개방 비율은 시간-발전 효율 그래프에서 13시에 가까워질수록 발전 효율이 감소하여 13시에 최후값을 가짐.

태양광 블라인드의 발전량

- 태양광 블라인드에서 모든 변수슬랫의 폭, 각도, 개방 비율은 시간-발전량 그래프에서 13시에 가까워질수록 발전량이 증가하여 13시에 최후값을 가짐.

태양광 블라인드의 발전량과 발전 효율 간의 관계

- 변수에 따른 일일 발전량-발전 효율 그래프에서 발전량에 영향을 미치는 일사 면적과 발전 효율이 반비례 관계를 가짐.
- 슬랫의 폭, 각도, 개방 비율의 조정에 따라 일사 면적의 증가로 인해 발전량이 증가함.
- 발전량을 증가시키기 위한 방법으로 태양광 모듈의 발전 효율과 태양광 일사 면적의 증가를 증가시키는 것이 있음.

• 개방 비율에 따른 일일 발전량과 발전 효율




Fig 8. Total PV Energy and PV Efficiency according to Opening Ratio

• 슬랫 폭에 따른 일일 발전량과 발전 효율

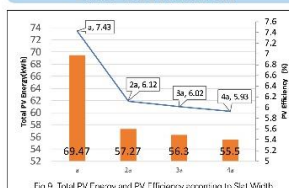


Fig 9. Total PV Energy and PV Efficiency according to Slat Width

• 슬랫 각도에 따른 일일 발전량과 발전 효율

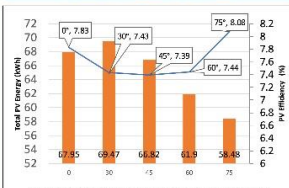


Fig 10. Total PV Energy and PV Efficiency according to Slat angle

Table 3. PV Efficiency and Total PV Energy according to Opening Ratio

개방비율	100%	75%	50%	25%
PV Efficiency	7.43	6.91	6.37	6.34
PV Energy	69.47	64.63	59.56	59.29

Table 4. PV Efficiency and Total PV Energy according to Slat Width

슬랫각도	0	30	45	60	75
PV Efficiency	7.83	7.43	7.39	7.44	8.08
PV Energy	67.95	64.63	66.82	61.9	58.48

Table 5. PV Efficiency and Total PV Energy according to Slat angle

발전량, 발전 효율과 변수 간의 상관관계

- 발전 효율이 높은 6시에는 발전량이 적기 때문에 광자의 일사 면적이 작음.
- 발전 효율이 낮은 13시에는 발전량이 많기 때문에 광자의 일사 면적이 큼.
- 일사량이 가장 많은 13시에 발전량이 가장 많은 것으로 확인되었는데, 이는 그림자에 의해 일사 면적이 증가하여 발전 효율이 감소한 것보다 빛의 세기의 증가하여 공진효과가 많이 발생하였기 때문인 것으로 사료됨.
- 일일 발전량과 변수 간의 그래프에서 슬랫의 각도 조절로 인한 발전량 변화가 가장 적음.
- 일일 발전량과 변수 간의 그래프에서 슬랫의 폭과 개방 비율에 의한 발전량 변화가 큼. 즉, 슬랫의 폭과 개방 비율을 조절하는 것이 슬랫 각도를 조절하는 것보다 발전량이 더 영향을 미침. 또한 광자의 일사 면적을 결정하는 변수는 슬랫의 폭과 개방 비율임.
- ▶ 태양광 블라인드를 통해 발전량을 향상시키기 위해서는 슬랫의 각도보다는 폭과 개방 비율을 조절해야 함.

발전량, 발전 효율과 변수 간의 상관관계 분석

- 발전량을 증가시키기 위해 광자의 일사 면적을 증가시켜야 함.
- 이때, 광자의 일사면적은 태양광 블라인드 슬랫의 폭, 각도, 개방 비율을 변수로 두어 조정 가능함. 그 중에서 슬랫의 폭과 개방 비율이 광자의 일사 면적 즉, 발전량을 더 효과적으로 증가시킬 수 있는 변수임이 도출됨.

07 결론

- 발전량을 증가시키기 위해서 광자의 일사 면적과 태양광 모듈의 발전 효율이 증가해야 함.
- 상관관계 분석 결과 발전량과 광자의 일사 면적은 비례 관계를 보이며, 발전 효율과 발전량은 반비례 관계를 보임.
- 변수 조정에 따라 광자의 일사 면적을 늘리는 것이 태양광 블라인드의 발전 효율을 증가시키는 것보다 더 직접적으로 발전량을 증가시킨다는 것을 알 수 있음.
- 태양광 블라인드에서 광자의 일사 면적을 증가시키기 위해 블라인드 슬랫의 각도보다 폭과 개방 비율을 조절하는 것이 효과적임.

08 추후 연구

태양광 블라인드의 발전량과 발전 효율, 변수들 간의 더 자세한 명확한 상관관계 파악을 위해 동종기 발전량 및 발전 효율 평가 시뮬레이션과 장기 시뮬레이션 평가, 실제 건물 적용 실험을 진행할 예정이다.

근대건축물 성능 개선을 위한 리트로핏 제안

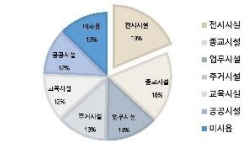
A Retrofit Proposal for Performance Improvement of Modern Architecture

연구배경 및 목적

- 현재 대한민국 인실가스 총배출량의 약 7%는 건물 부문이 차지하고 있으며, 해당 부문에 대한 탄소중립을 위해 건물 부문의 총에너지 소비량을 절감하기 위한 방안 및 건축물의 에너지 효율을 높이는 '그린 리모델링' 정책을 실시하고 있다.
- 국내의 경우 역사적 가치가 있는 근대건축물을 등록문화재로 지정 및 보존하고 활용 가치를 높이기 위해 새로운 기능을 부여하는 시도가 확대되고 있으며 현재 등록문화재로 지정된 근대건축물 중, 전시시설로 사용되는 건물은 91동으로 전체의 19%에 달한다.
- 전시시설로 전환된 근대건축물은 노후화되어 에너지 성능이 낮을 뿐 아니라, 건축 당시 전시시설로의 쓰임을 고려하지 않아 소장품에 대한 적절한 실내 환경의 조성이 어려운 문제가 존재하기 때문에 적절한 열습기 환경을 보장하고 유지하기 위한 내부의 환경 조건의 조성이 필요하다.
- 2013년부터 건축물의 에너지 절감률 평가가 시작함으로써 근대건축물의 현 상태에서 사용할 수 있는 에너지 절감 기술을 판단하고 비용을 고려한 최적의 리트로핏 방안을 선정하여 건물 에너지의 성능 개선이 필요하다.

1. 성능 개선을 위한 근대건축물 선정

- 현재 등록문화재로 지정된 근대건축물은 총 674동이며, 그중 전시시설로 사용되는 근대건축물은 91동으로 이는 전체 중 19%에 달하고, 이는 등록문화재로 지정된 근대건축물 중 가장 높은 비율을 차지하고 있다.
- 등록문화재인 G 의료박물관을 선정하였으며 해당 건물은 2006년대로 의료시설로 사용되었고 2013년부터는 전시시설로 용도가 변경되었으나 현재도 1954년의 건축 양식과 재료를 그대로 유지하고 있다.



2. 대상 건축물의 현황 측정

2-1 대상 건축물의 현황

- G 의료박물관은 '주방', '본관동', '병동'의 3개 영역으로 구분되며 현장 측정은 병동으로 사용된 '본관동'에 한하여 진행하였다. 현장에서 관측한 '본관동'은 재료의 열화, 천 기준보다 낙후된 재료의 사용으로 전시시설에 요구되는 환경을 유지하지 못할 것으로 판단된다.



Fig. 4. 노후화된 대상 건물의 현재 상태

2-2 현장 측정의 실시

- 현장 측정의 경우 기밀성능과 단열성능을 파악하기 위하여 실시하였다. 특히, 단열성능을 확인하기 위해 창호의 SHGC 및 열관류율과 벽체의 열관류율을 측정하였으며, 총 72시간 동안 측정을 진행하였다.



Fig. 5. 기밀성능 및 SHGC 측정

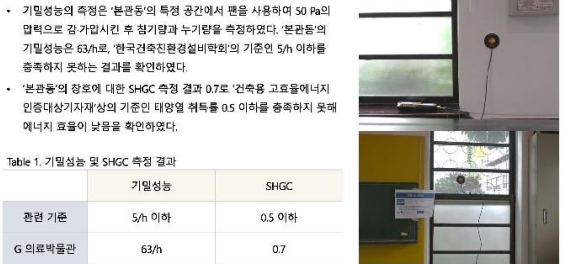


Fig. 6. 벽체 및 창호의 열관류율 측정

Table 1. 기밀성능 및 SHGC 측정 결과

	기밀성능	SHGC
관련 기준	5/h 이하	0.5 이하
G 의료박물관	63/h	0.7

Table 2. 벽체 및 창호의 열관류율 측정 결과

	중부2지역 (W/m ² K)	G 의료박물관 (W/m ² K)
벽체	0.32 이하	1.47
지붕	0.18 이하	-
창호	1.80 이하	6.31

3. 대상 건축물의 리트로핏 방안 도출

3-1 건물 에너지 진단

- DesignBuilder는 'EnergyPlus' 기반의 건물 에너지 시뮬레이션 툴로, 해당 프로그램을 사용하여 G 의료박물관이 가지는 현재 에너지 성능을 평가하고 리트로핏을 통한 건물 에너지 개선 방안을 도출하였다.

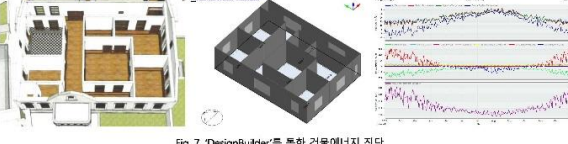


Fig. 7. DesignBuilder를 통한 건물에너지 진단

3-2 리트로핏 기술 적용

- 현장 측정은 기밀성능과 열관류율 및 실내외의 온도변화, 창호의 SHGC를 측정하였으며, DesignBuilder를 사용하여 현재 대상 건물이 가지고 있는 에너지 성능을 시뮬레이션하였다.
- G 의료박물관의 경우 1954년 건축 당시 전시시설로 사용되던 것을 고려하지 않아 소장품에 대한 적절한 실내 환경의 조성이 어려운 문제가 존재하였으며, 총에너지 사용량은 365.0 kWh/m²로 건물 에너지 성능이 매우 저조하였다.
- 대상 건물의 기밀성능 기준 63/h에서 기준치인 5/h로 개선하였으며, 벽체의 경우 EPS 단열재를 추가하여 단열성능을 개선하였다. 창호의 경우 유리는 5 mm 단정에서 35mm Low-E 삼중창으로 변경하였으며 프레임은 목재 프레임에서 UPVC 프레임으로 변경하였고, 조광등 기준의 형광등에서 LED로 변경하였다.
- 리트로핏 기술을 적용한 후 총에너지 사용량은 벽체의 경우 335.4 kWh/m², 창호의 경우 349.4 kWh/m², 조광의 경우 350.4 kWh/m², 기밀의 경우 249.6 kWh/m²로 각각의 기술에 대한 절감률은 8%(벽체), 4%(창호), 4%(조광), 32%(벽체)로 기밀성능의 개선과 달리 절감률이 10% 미만이었다.

Table 3. 리트로핏 적용 기술

벽체	전		후	
	기밀	SHGC	기밀	SHGC
-	-	-	EPS 단열재 추가	-
창호	5 mm 단정	35mm Low-E 삼중창	-	-
기밀	목재 프레임	UPVC 프레임	-	-
조광	형광등	LED	-	-

Table 4. 에너지 절감량 분석

벽체	창호	조광	기밀	Total (kWh/m ²)	절감량 (kWh/m ²)	절감률
-	-	-	-	365.0	-	-
O	-	-	-	335.4	29.6	8%
-	O	-	-	349.4	15.6	4%
-	-	O	-	350.4	14.6	4%
-	-	-	O	249.6	115.4	32%

3-3 리트로핏 패키지 선정

- 대상 건물은 기밀성능을 개선하는 것이 에너지가 가장 많이 절감되었기 때문에 기밀성능 개선 기술과 다른 기술을 조합하여 리트로핏 패키지를 구성하였다.
- B는 2가지 기술을 조합한 패키지, B1(기밀+창호), B2(기밀+조광), B3(기밀+벽체)로 구분하였으며 패키지를 적용했을 경우 각 234.5 kWh/m², 232.4 kWh/m², 247.8 kWh/m²의 총에너지 사용량이 나타났다. 가장 높은 효과를 보인 패키지인 B2는 기존에 비해 132.7 kWh/m²(36%)가 절감되었지만 냉방에너지의 경우 B1이 10653.1 kWh로 가장 효과적이었으며 냉방에너지의 경우 B3가 4416.1 kWh로 가장 효과적이었었다.
- C는 3가지 기술을 조합한 패키지, C1(기밀+창호+조광), C2(기밀+벽체+조광), C3(기밀+창호+벽체)로 구분하였으며 패키지를 적용했을 경우 각 217.0 kWh/m², 228.1 kWh/m², 226.4 kWh/m²의 총에너지 사용량이 나타났다. 냉방에너지는 C3, 냉방에너지는 C1이 가장 높은 효과를 보였으며 총에너지 사용량의 경우 C1로 148.0 kWh/m²(41%)가 절감되어 가장 효율적으로 에너지를 사용할 수 있었다.
- D는 모든 기술(기밀+벽체+창호+조광)을 적용한 패키지 냉방에너지 사용량은 10660.3 kWh, 냉방에너지 사용량은 4364.7 kWh로 총에너지 사용량이 199.1 kWh/m²로 나타났다. 즉, 총에너지 사용량 기준에 비해 165.9 kWh/m²(45%)가 절감되었기 때문에 D는 전체 패키지 중 가장 효과적이었었다.

Table 5. 리트로핏 패키지의 건물 에너지 개선 효과

기술	창호	조광	벽체	냉방 (kWh)	난방 (kWh)	Total (kWh/m ²)	절감률
기밀	-	-	-	9177.6	22425.2	3650.0	-
A	O	-	-	11314.3	8208.7	249.6	32%
B1	O	O	-	10653.1	7282.7	234.5	36%
B2	O	-	O	10749.1	8567.9	232.4	36%
B3	O	-	O	13932.3	4416.1	247.8	32%
C1	O	O	O	10066.8	7646.4	217.0	41%
C2	O	-	O	13204.1	4706.0	228.1	38%
C3	O	O	O	12845.1	3373.1	226.4	38%
D	O	O	O	10660.3	4364.7	199.1	45%

3-4 열습기 성능 평가

- 벽체의 열습기 성능 평가를 위해 'WUFI' 프로그램을 통하여 대상 건물의 수분 진단을 진행하였다.
- 기존 벽체는 열관류율이 1.831 W/m²K로 단열성이 낮아 단열재를 추가하였으나, 내부 수분 문제가 개선되지 않았다.
- 열습기 성능을 개선하기 위해 벽체 표면에 아크릴릭 콘크리트 페인트를 적용하였고, 내부 수분 문제가 감소하여 에너지 성능 개선 및 내후성을 고려한 적합한 개선 방안이 도출되었다.

Table 6. WUFI를 통한 벽체 내부 수분 문제 진단

개선 재료	기초 벽체	단열성능 개선		수분 문제 개선
		EPS 단열재	EPS 단열재 + 아크릴릭 콘크리트 페인트	
열관류율	-	1.831 W/m ² K	0.249 W/m ² K	0.249 W/m ² K
	-	1.566 W/m ² K	0.301 W/m ² K	0.257 W/m ² K
	-	1.566 W/m ² K	0.301 W/m ² K	0.257 W/m ² K
수분 문제	-	완전 건조	표면 상태	표면 상태
	-	완전 건조	표면 상태	표면 상태
	-	완전 건조	표면 상태	표면 상태

4. 결론

- 2023년에도 공공건축물 그린리모델링 대상 가이드라인에 따르면 공공건축물 중 전시시설은 리트로핏 대상에서 제외되었다. 하지만, 역사적 가치가 있는 근대건축물을 보존하기 위해 정부나 지방자치단체에서 매입된 근대건축물 중 대부분은 전시시설로 사용된다는 것을 고려하면, 이는 많은 근대건축물 '그린 리모델링' 정책에서 제외되었음을 뜻한다.
- DesignBuilder를 통해 G 의료박물관의 총에너지 사용량을 분석하였다. 대상 건물의 현재 에너지 사용량은 365 kWh/m², 중부2지역의 '건축물의 에너지절감설계기준'에 따라 벽체, 창호, 기밀, 조광의 리트로핏을 진행한 결과, 각각 14.6~115.4 kWh/m²가 절감되었다.
- WUFI를 통해 리트로핏이 적용된 건물의 열습기 환경을 분석하여 개선 방안을 파악하였다. G 의료박물관의 벽체를 프로그램으로 구현함으로써 열습기 성능을 평가하였고 수분 문제를 해결하기 위해 벽체 표면에 아크릴릭 콘크리트 페인트를 적용하여 대상 건물의 내후성을 개선하였다.
- 국내의 전체 건축물 중 35년 이상의 노후 건축물은 전체의 40%를 차지한다. 노후 건축물의 경우 재건축 및 재개발을 통한 방법보다는 많은 예산이 적어, 따라서 건물 부문의 탄소중립을 위해서는 리트로핏을 통한 건축물의 에너지 성능을 개선하는 것이 가장 효과적이다.

초기 설계 단계에서의 에너지 성능 통합 건축 설계 지원을 위한 SketchUp 기반의 PV Design Tool 개발

I. Introduction

Background

ZEB의 의무화

Zero Energy Building(이하, ZEB) 인증 제도에 따라 2020년부터 연면적 1000㎡ 이상 공공건축물을 시작으로 2050년까지 단계적으로 의무화

ZEB 인증 기준

1. 건물별 에너지효율등급 1++ 이상
2. 에너지 자립률 20% 이상
3. 건물에너지관리시스템(BEMS) 설치

ZEB 구현을 위한 에너지 성능 통합 건축 설계 필요성

Design Develop Process: 초기 설계 → 계획 단계 → 기본 설계 → 실시 설계 → 초기 설계 단계

초기 설계 단계에서 건축물의 에너지 성능 대부분 결정

초기 설계 단계에서 에너지 성능 통합 건축 설계 필요

에너지 성능 통합 건축 설계 관점에서의 PV 디자인 중요성

PV는 에너지 생산을 주로 담당하지만, 건물 외피에 적용되어 설치되어 건물 외관 디자인에 영향을 줌

에너지 생산, 에너지 저장, 에너지 변환, 에너지 관리

에너지 생산: 태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스, 연료전지, 수소

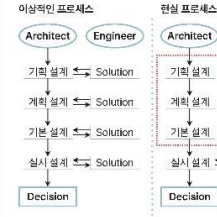
에너지 저장: 배터리, 축열, 수소, 양수발전, 플라이휠, 슈퍼커패시터

에너지 변환: 태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스, 연료전지, 수소

에너지 관리: 스마트 그리드, 에너지 관리 시스템(EMS), 에너지 저장 시스템(ESS)

Problem

에너지 성능 통합 건축 설계의 프로세스



Objectives

에너지 성능 통합 건축 설계를 위한 PV Design Tool 개발

PV Design Tool을 통해서 에너지 성능 통합 설계를 지원함으로써, 건축가가 건물 형태를 변경할 때마다 에너지 성능 및 PV 디자인을 평가할 수 있도록 하는 것

현재의 통합 설계 방안

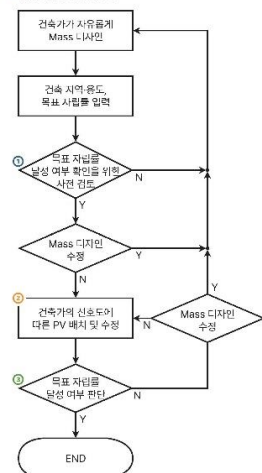
PV Design Tool을 이용한 통합 설계 방안

PV Design Tool의 주요 기능

- ① 사전 검토: 건축가가 디자인 변경 시, 건물 형태 및 PV 디자인이 형태에 대해 목표 자립률, PV 디자인 및 성능 정보를 제공하고, 이를 바탕으로 에너지 성능 계산 및 평가 달성 여부 판단
- ② 정보 전달 및 디자인: 목표 자립률 달성하기 위한 건물 형태 및 PV 디자인이 형태에 대해 목표 자립률, PV 디자인 및 성능 정보를 제공하고, 이를 바탕으로 에너지 성능 계산 및 평가 달성 여부 판단
- ③ 에너지 성능 평가: 건물 형태 및 PV 디자인이 형태에 대해 목표 자립률, PV 디자인 및 성능 정보를 제공하고, 이를 바탕으로 에너지 성능 계산 및 평가 달성 여부 판단

II. PV Design Tool 알고리즘 개발

Whole Process



① 목표 자립률 달성 여부 확인을 위한 사전 검토

- 옥상·외벽에 PV 최대 배치: Mass의 모든 면에 PV를 채우고 배치하여 최대 에너지 자립률을 확인함으로써, 건축가가 디자인한 Mass가 목표 자립률을 달성할 수 있는 형인지 사전 검토
- 이격거리: 설치 방식, 주변 통풍량, 방향성, 모듈 종류, 효율이 높은 단일층으로 가장

② 건축가의 선호도에 따른 PV 배치 및 수정

- PV 배치: a) 건축가가 선호도에 따라 PV 설치할 외벽면 선택, b) 건축가가 적용 원하는 기울기·방위 입력
- PV 수정: 기울기 및 방위 수정, 개수 추가 및 제거

③ 목표 자립률 달성 여부 판단

- PV의 연간 에너지 생산량 계산: 입사되는 일사량 × PV 효율 × PV 면적
- 건물에 연간 에너지 소비량 계산: 건물용기 × 단위 면적당 소비량
- 에너지 자립률 계산: PV 연간 생산량 × 100 / 에너지 소비량

III. SketchUp 기반의 PV Design Tool 개발

구현 방법

건축가가 일반적으로 사용하는 3D 모델링 Tool로 SketchUp이 있음

Visual Studio 개발환경 내 Ruby 언어를 사용

SketchUp에서 Plugin 형태로 Tool 개발

① 목표 자립률 달성 여부 확인을 위한 사전 검토

- 옥상·외벽에 PV 최대 배치



② 목표 자립률 달성 여부 판단

PV 디자인이 변경될 때마다, 목표 자립률 달성 가능한지 판단



② 건축가의 선호도에 따른 PV 배치 및 수정

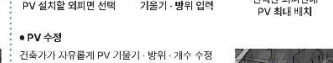
PV 배치



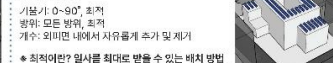
PV 수정



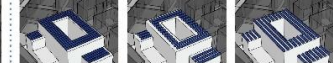
목표 자립률 달성



기울기 수정



방위 수정



개수 수정



IV. PV Design Tool Test

Test 목적

- 주어진 Site에 대해서 목표 자립률 40%를 달성하는 Mass 및 PV 디자인을 완성할 수 있는 지 확인하기 위해 3명의 참가자를 대상으로 Test를 진행함
- 개발된 알고리즘의 효율성을 PV Design Tool의 주요 기능 3가지씩 실험해보았음
- 건축가가 디자인한 Mass에 대해 목표 자립률 달성 여부 판단
- 목표 자립률 달성하기 위한 PV 정보를 제공하고, 이를 바탕으로 참가자 스스로 선호도에 따라 Mass 및 PV 디자인 수정
- Mass 및 PV 디자인이 변경될 때마다, 에너지 성능 계산 및 평가



Site 정보	
위치	서울특별시 마포구 망원동 485-8, 19, 21번지
용도	업무시설
대지 면적	767.3㎡
건폐율	60%
높이	7층 이하
충고	4m

- ① 진행 순서: 1) 주어진 Site 정보를 토대로 참가자가 자유롭게 Mass 디자인, 2) PV Design Tool 기능을 사용하여, PV 배치 및 수정 목표 자립률 달성 여부 판단, 3) 목표 자립률 40%를 달성하는 Mass 및 PV 디자인 완성

Test 결과

	Mass 디자인	사전 검토	PV 배치	Mass 수정	PV 배치	Mass 수정	PV 배치	목표 자립률 달성
1번 참가자	Mass 디자인 > PV 디자인	PV 최대 배치(73.9%)	옥상 PV 배치(19.7%)	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(30.8%)	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(34.1%)	PV 추가 및 방위 수정(41.9%)
2번 참가자	Mass 디자인 = PV 디자인	PV 최대 배치(45.3%)	Pass	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(19.8%)	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(37.3%)	PV 추가(48.9%)
3번 참가자	Mass 디자인 < PV 디자인	PV 최대 배치(58.8%)	옥상 PV 배치(10.9%)	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(20.3%)	Mass 수정	옥상 및 외벽 PV 배치(38.0%)	PV 추가(42.5%)

V. Conclusion

결론

- ZEB 계획 측면에서 에너지 성능과 건축가의 선호도에 따른 건축 디자인 및 PV 배치 설계를 지원하여, 건축 초기 설계 단계에서부터 에너지 성능 통합 건축 설계가 수행되어야 함. 본 연구에서는 건축물의 에너지 생산을 담당하는 PV 측면에서의 에너지 성능 통합 설계를 위하여 SketchUp에서 실험 가능한 PV Design Tool 개발을 목표로 하였음.
- 에너지 성능 통합 건축 설계를 위하여 사전 검토, PV 계획 정보 전달 및 디자인, 에너지 성능 평가, 3가지 주요 기능에 관련된 PV Design Tool 알고리즘을 개발하였고 Visual Studio 개발환경 내 Ruby 언어를 이용하여 PV Design Tool을 개발하였음.
- PV Design Tool의 주요 기능에 대한 검증은 위하여 3명의 참가자를 대상으로 목표 자립률 40%를 달성할 수 있는 건물 Mass와 PV 디자인 수정, 테스트 결과를 따르면, 1번 참가자는 초기 Mass 디자인을 최대한 개선하면서 PV Design Tool을 사용하여 PV 디자인을 변경하고, 2번 참가자는 PV 에너지 생산을 고려하여 Mass를 변경하고, 변경된 Mass에 PV 배치를 하였음. 3번 참가자는 PV 디자인을 변경할 때마다 건물에 Mass를 변경하는 상황이 나타났음. 참가자 간 건축 성능을 가지는 참가자 모두 에너지 성능 건축 디자인 변경을 반복할 수 있음 건물 형태와 PV 배치를 할 수 있었음.

후속 연구 방향

- ① 환경 건물에 대한 적용 고려 방안: 건축가가 목표 자립률 평가를 고려하여 여러 경우를 두었으나, 추가적으로 안전 건물에 대한 적용 연구를 더 진행할 필요.
- ② 건물 외형·형태 등을 고려한 최적화 적용: 건물 외형·형태 등에 따라 소비량이 변함하는데, 본 연구에서는 단위 면적당 연간 에너지 소비량 통계데이터를 사용함. 따라서, 소비량에 영향을 미치는 변수들에 대한 적용 필요.

실내 조도량에 따른 각도 조절 광선반 시스템에 관한 제안

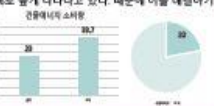
- 모듈러 공법이 적용된 <학교 건축물>을 중심으로



I. Issue

건물 에너지 소비량과다

2012년 국토환경지속성발전 자료에 의하면 건물부문의 에너지 소비량은 전체 에너지 소비량에 대하여 한국과 미국의 경우 각각 23%, 33.7%를 차지하고 있으며, 특히 조도에너지 소비량은 건물 부문의 에너지 소비량에 대하여 국내의 경우 22%로 높게 나타나고 있다. 때문에 이를 해결하기 위한 채광 시스템 등과 관련한 연구와 기술개발은 지속적으로 이루어지고 있다. 이중 자연채광 시스템은 그 효율을 인정받았으며 성능 개선을 위한 연구 개발이 진행 중에 있으며, 광선반 자연채광 시스템의 하나로써 반사율을 통하여 외부 자연광을 실내 깊숙이 유입시키려는 측면에서 실내 조도에너지 저감이 개발하던 중이고 있다.



II. Problem & Objective

Problem

가운 광선반 광선반의 태양의 방향각 및 고도의 외부 환경 조건에 따른 대응 불가능점
실내 조도 조절 한계
실내 깊은 내부까지 빛 전달 어려움
광선반의 재구성 및 실내 빛 환경 개선의 한계 존재
→ 개선된 형태와 발전된 성능의 광선반 개발이 요구됨

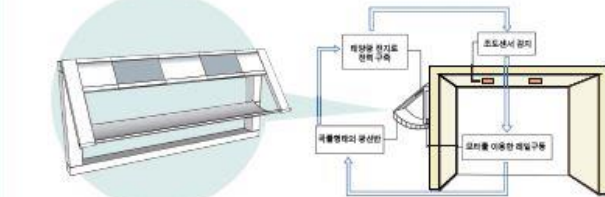
Objective

곡률 형태와 각도조절 가능 추가를 통한 실내 조도 개선

곡률 형태-기존 광선반의 성능적 특성과 반 방향반사 설계 해로 각도 조절-지정자가 요구하는 조도에 따라 효율적으로 일사량 조절 가능 추가적 효과-외부 환경변의 경우 각도를 약함으로 내부일사량 효과 기대 가능

광사 각도가 일정하고 광색상이 좋은 모듈러 광선을 이용한 모듈러 학교 건축물에 광선반 설치 이유노출을 통해 실제 구동 여부 확인

III. Apparatus



상부에 설치된 PV 모듈

광선반 상부 PV 모듈에서 낮 동안 광선반을 작동하며 생성된 전기는 전선을 통해 외부로 전달된 다양한 용도로 쓰인다. (1) 실내 조도에 필요한 전력을 위해 이용함으로써 조도를 높이고 전력에너지를 저장 효과를 만들어낸다. (2) 광선반 자체에서 반 공간에 설치함으로써 자연채광과 동시에 학교 건물에서 소비되는 전력에너지를 절약하고, (3) 상하부위에 배치할 수 있는 배관길이를 통해 통풍을 발생시켜 PV 모듈의 과열 방지효과도 기대된다.

곡률형 광선반 구조

요소 기술 중 가장 중요한 부분인 곡률형 광선반은 여러 방향의 빛을 모아 난반사하여 기존 평면형보다 빛이 도달 가능한 실내 폭으로의 거리가 증가한다. 광선반의 각도 조절방식은 계절에 따른 태양고도를 고려해 0°와 20°이다. 하지/동지 20°, 춘추분 10°가 적정 각도임을 반영한 설계가 때문에 계절과 무관하게 이용될 수 있다.

지시대 반리를 적용한 광선반 프레임

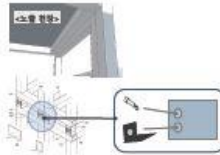
요소 기술 중 가장 빠대기 되는 부분이며 구조적으로 그리고 하중을 지지한다는 측면에서 중요한 부분이 된다. 용체를 더 큰 힘으로 움직이기 위해 사용된 지지대의 각도 조절을 위한 요소는 점에 따라 각도 조절 광선반에 필수적이다. 지지대 원리에 따르면, 힘의 작용점과 지지대 사이의 거리가 짧아질수록 작용하는 힘은 더 크게 전달되는데, 이는 거리의 증가로 인해 가해지는 힘의 크기가 증가하기 때문이다. 따라서, 작은 힘을 가하여 큰 움직임을 얻거나 더 큰 힘을 만들기 위해 지시대 반리를 적용하였다.

V. Application

1. 모듈러 학교 교실 공간에서의 적용

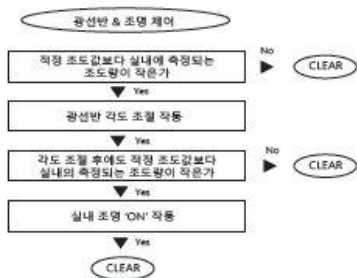
교실 공간은 학생들이 공부하며 생활하는 공간인 만큼 적절한 일사각 전체적으로 유입되는 것이 중요하다고 생각되어 교실 공간을 고안하기 전 광선반 시스템의 적용 대상으로 정하였다. 이에 대하여 그날 일반 교실 공간이 아닌 과밀형 교실과 학생연구실 조도 및 조명, 채광자를 통한 실내 채광을 감소 및 자연 채광을 통한 원광으로 빛을 발생시키는 문제 해결을 위해 도입되고 있는 모듈러 교실 공간으로 구체화하였다.

추가적으로 더 효과적인 일사 유입을 위해 천장의 마감을 제거한 형태인 노출 천장으로 교실 내부를 계획하였다. 선반에서 빛이 반사되어 들어오면 그 빛은 천장에서 다시 한 번 반사되어 채광자의 눈높이 공간에 도달하게 되는데, 이때 천장의 마감을 제거하게 되면 천장까지 도달하게 되는 공간이 더 증가하면서 광선반에서 반사된 빛이 천장의 마감이 있는 경우보다 조금 더 깊이 실내 깊숙하게 도달할 수 있게 된다.



모듈러 교실의 광선반 시스템을 부각하는 방법으로는 현재 선행 연구를 통해 고안된 모듈러 채광 유닛 기술 위에 보드와 노트북, 브래킷을 추가로 체결시켜 광선반 시스템과 모듈러 교실 건물을 연결하는 방안으로 고안하였다.

2. 실내 조도에 따른 광선반 각도 자동 제어



시간과 계절에 따른 효과적인 자연 채광을 위해 실내 내부에서 조도센서를 설치하고, 이 조도센서에 측정되는 조도값에 따라 광선반의 각도를 자동으로 조절하는 시스템을 고안하였다.

이때 각도 조절과 더불어 실내 조도값도 연계시켜 각도가 조절된 후에도 조도센서에 측정되는 조도값이 실내에 필요한 적정 조도값보다 낮을 경우, 실내 조도를 자동으로 작동하도록 하였다.

물론 사람이 재설치하고 있지 않아 빛이 필요하지 않을 경우, 칠판 배치를 off 시킴으로써 작동을 멈출 수 있으며, 이때 광선반 각도 조절의 자동 제어 프로세스는 리셋된다.

IV. Experiment

<실험> 조도센서에 따른 광선반 각도 조절과 이에 따른 조도량 측정

실험 모델 제작



아두이노 코딩

(*적정 조도값: 400lx → 내부주 조도센서의 LED와 모터 작동 기준 값)
CDS < 400lx → "SERVO" 작동 → CDS > 400lx → CLEAR
CDS < 400lx → "LED ON" 작동 → CLEAR

- 회로 구성을 위해서 조도량(저항값)을 감지하기 위한 조도센서(CDS)의 값에 따라 자동으로 ON/OFF 되어야 하는 LED를 사용하였다. 조도센서(CDS)는 아두이노 보드에서 A0 연결된, LED는 아두이노 보드에서 7 연결핀과 연결하였고, 조도센서가 저항값을 출력하기 때문에 조도값이 불수록 측정되는 값이 낮은 값을 나타냄을 유의하여 조도센서의 기준 저항값을 100Ω로 설정한 뒤 조도값 명령을 설정하였다.
- 조도센서의 기준 저항값을 100Ω로 설정한 뒤, 조도센서(CDS)의 값이 100을 초과하면 LED가 자동으로 ON, 100 미만이면 LED가 자동으로 OFF 되도록 회로를 설계하였다.
- Loop 문과 if else 문을 사용하여 각 조도에 해당하는 LED가 자동으로 ON/OFF 될 수 있도록 하였으며, digitalWrite(LED, HIGH); 조도를 통해 LED의 값이 기준 저항값으로 설정된 100보다 높으면 digitalWrite(LED, LOW); 조도를 통해 기준 저항값보다 낮으면 HIGH를 감지해 주었다.
- 내부부에서 측정되는 조도값에 따라 LED의 전원을 조절함으로써 필요한 전력을 얻기 위해 광선반을 확인하였다. 어떤 각도일 때 실내 깊숙이 직사광선을 유입하는 것에 유리한지 확인하고자 하였으며, 천장의 마감 형태가 있는 경우와 없는 경우와 관련해 조도 센서의 값이 어떻게 변하는지 분석하고자 하였다.
- 이때 천장 반사율이 80% 이상일 때 자연채광을 고려하여는 선행 연구 자료를 토대로 천장 마감에 없는 경우에는 천장 표면의 반사율을 높게 하였을 때 자연 채광 효과에 관하여는 실험 연구 자료를 토대로 천장 마감에 없는 경우도 실험에 추가하여 분석을 진행하였다.

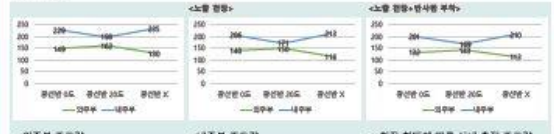
조도센서에 따른 광선반 각도 조절



조도센서에 따른 LED ON/OFF



실험 결과



* 외부주 조도값 : 광선반 0° - 광선반 20°
* 내부주 조도값 : 광선반 0° > 광선반 20°
* 한층 형태에 따른 실내 측정 조도량 : 광선반 0° > 광선반 20° > 천장 반사율 0° > 광선반 20° > 천장 반사율 0° > 노출천장 > 일반 천장

실험 결과, 천장 형태와 무관하게 외부주의 조도값은 광선반이 없는 경우, 광선반 0°, 광선반 20°의 순으로 높았으며, 천장 내부에서는 광선반 20°, 광선반 0°, 광선반이 없는 경우 순으로 높게 측정되었다. 즉, 외부에서는 광선반의 각도가 높을수록, 내부에서는 광선반의 각도가 높을수록 조도값이 커지는 것으로 측정되었다.

실험 결과에 따르면 반사율을 부각한 노출 천장, 노출 천장, 일반 천장 순으로 실내가 밝게 측정되었다. 마감이 없는 노출 천장일 때 광선반에 의해 유입된 빛이 더욱 많은 난반사를 일으킨다고 더불어 반사율이 있을 때 더욱 극대화되기 때문인 것으로 유추해 볼 수 있다. 따라서 천장 표면의 반사율이 높고 마감이 존재하지 않는 노출천장 일 때, 광선반을 20°로 설치하면 외부부에서 빛을 막고 천정 현상을 방지하고 내부부에서 기정방은 실내를 유지할 수 있을 것이다.

[Simulation]



VI. Conclusion

1. 여러 선행 연구 결과를 토대로 평면형 광선반 시스템보다는 곡률형 광선반 시스템이 자연 채광에 더 효과적이기 때문에 광선반 형태를 곡률형으로 제작하였으며, 계절에 따라 내부주의 효과적 일사 유입이 광선반의 적정 각도에 따라 달라진다는 선행 연구 자료를 기반으로 0°와 20°의 각도 조절이 가능한 광선반을 고안하였다. 이에 관해 실험을 진행하여 광선반이 광선반의 작동 효과, 내부주의 효과적인 자연 채광 효과가 발생하는 것을 확인하였다.
2. 전기 에너지 절약의 효과와 광선반 시스템 사용에 대한 편리함을 증가시키기 위해 실내의 외부주와 내부주 각각에 조도센서를 설치하고 이를 기준으로 광선반의 각도 조절과 실내 조도를 자동으로 작동할 수 있게 고안하였다. 이 시스템이 가능한지에 관해 직접 실험을 진행하였으며, 광선반의 구동 여부를 확인하는 것에는 한계가 없었다. 조도센서를 기준으로 광선반 시스템이 자동으로 광선반이 작동하는 것을 확인하였다.
3. 학생들의 쾌적한 공부 환경 조성과 아울러 광선반 시스템의 부속을 위해 모듈러 교실 공간을 요소기술 적용 대상 공간으로 정하였고, 내부주의 일사 유입을 증가시키기 위해 천장 마감에 없는 상태인 노출 천장으로 공간을 구성하는 것이 더불어 천장 표면의 반사율이 높게 나타나도록 하였을 때 광선반 시스템으로 인한 자연 채광이 더 효과적으로 나타남을 실험을 통해 확인하였다.
4. 광선반 시스템의 상부 부분에 PV 모듈을 부착하여 에너지의 요소를 추가하고자 하였으며, 이를 통해 전기에너지 절약이 가능하도록 구상하였다.

인공지능 기반 실시간 건물 에너지 시뮬레이션 적용 방안 개발

Development of Approaches for Real-time Building Energy Simulation Using Artificial

1. 연구 배경 및 필요성

(1) BEMS 고도화 필요



BEMS: 건물 종합 운영 시스템
기존: 재실 정보 고려하지 않고 건물 시뮬레이션 운영
고도화: 재실 정보를 통해 더 효율적인 건물 시스템 운영이 요구됨

(2) 기존 모델링 도구의 한계점



기존 건물 에너지 모델링 도구는 단순 재실 스케줄을 제외한 실제 재실자 이용 특성 반영 어려움

(3) 연구의 필요성

1. 재실자 수에 따른 부하와 재실 패턴이 에너지 소비에 미치는 영향: 40% 이상
2. 재실자에 대한 정보를 고려하지 않아 건물의 불필요한 에너지의 낭비 발생
→ 실제 건물에서 변동되는 재실 인원에 대한 정보를 고려한 효과적인 제어 필요
- 시뮬레이션 오차를 줄이기 위해 재실 정보 개발 필요하다.
- 정확한 재실 정보 추정을 위한 실시간 이미지 프로세싱 기술 활용
- 재실정보를 건물 에너지 시뮬레이션 도구에 실시간 제공

2. 기술 동향

- 1) 스마트 온(재실감지기)
원리: PIR센서로 이동하여 직교선으로 재실 감지하는 방식
- 2) 조류라 재실감지센서
원리: 조류라라 비파괴로 수파수역 변위를 감지하여 조류라 재실 감지하는 방식
- 3) 레이더 투시 센서
원리: 마이크로파를 이용하여 사람의 움직임을 감지하는 방식
- 4) 집적형 고성능 칩, 2023, IoT 센서와 이산화탄소 농도 기반 기계학습을 이용한 재실자 수 추정
IoT 센서(온도, CO₂, PM1.0, PM2.5, PM10, VOCs)를 측정하는 AM1008-W 모듈을 활용하여 이산화탄소 농도를 측정한다. 이를 기계학습을 이용하여 재실자 수를 추정할 수 있었으며, 추후 환경기후 자동 상태, 온도, 습도, 강수량에 따라 이산화탄소 농도 변화 발생 두 기계학습을 통해 노이즈를 감소하는 방법에 대해서 보완하여 재실자 수 추정 정확도를 향상시킨다.

3. 연구 목표



1. 대상 공간에 카메라를 설치하여 실내 내부 촬영



2. 오픈소스와 ChatGPT를 이용하여 재실자 추정 이미지 프로세싱 프로그램 개발



3. 이미지 프로세싱 프로그램을 통한 재실 유무 및 재실자 수 추정



4. 재실자 데이터를 에너지 시뮬레이션 입력용 데이터로 변환

4. 연구 절차

1) 모델 설정

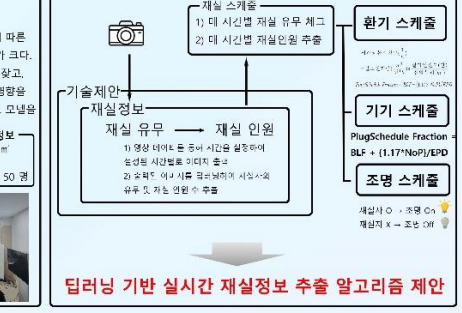
<실제 강의실 3D 모델>

연구 모델: 강의실
- 모델 선정 이유
강의실은 유동과 시간에 따른 재실자의 유동 수 변화가 크다. 즉, 재실 정보가 변화가 잦고, 이는 에너지 사용량에 영향을 미치기 때문에 강의실로 모델링 실시하였다.

강의실 정보
면적: 100 m²
높이: 3 m
최대 인원: 50 명

<실제 강의실에서 카메라로 촬영하는 모습>

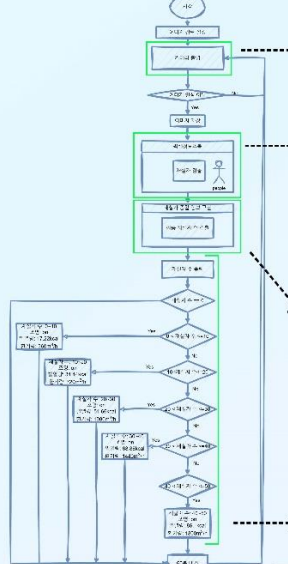
2) 프로세스 제한



5. 알고리즘 구현 방법 및 결과

1. 카메라를 이용하여 사진을 촬영한 모습
2. 사진 속 사람을 최초로 인식한 모습
1명의 사람이 어둠으로 인해 인식된 모습을 볼 수 있다.
3. 중복 인식된 부분을 보정한 모습

결과값 및 전체 코드



< 오픈소스를 이용한 이미지 프로세싱 프로그램 개발 >

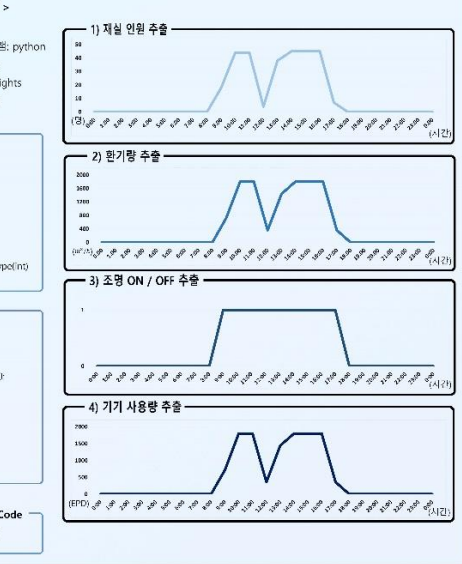
이용 프로그램: python
이용 데이터:
1. yolov4.weights
2. yolov4.cfg

% STEP 1. 카메라 촬영 Code
cap = cv2.VideoCapture(0);
ret, frame = cap.read();
cap.release();

% STEP 2. 이미지에서 재실자 수 검출 Code
for detection in detections:
for obj in detections:
scores = obj[5];
class_id = np.argmax(scores);
confidence = scores[class_id];
if class_id in ['person'] and confidence > 0.8:
count = 1
x, y, x2, y2 = obj[1:4] * np.array([width, height, width, height])
current_objects.append((x, y, x2, y2))

% STEP 3. 검출한 이미지에서 중복된 재실자 제거 Code
for obj in current_objects:
unique = True
for prev_obj in prev_objects:
if abs(obj[0] - prev_obj[0]) < 100 and abs(obj[1] - prev_obj[1]) < 100:
unique = False
break
if unique:
filtered_objects.append(obj)
prev_objects = filtered_objects

% STEP 4. 재실자 필수 설정 및 조명, 기기 사용량, 환기량 계산 Code
예시) ifD < poc and ppc <= 10% light=1, cmb = 36*10, EPD=151-7.7



6. 결론

- 1) 연구목표에서 제시된 오픈소스(yolov4.weights, yolov4.cfg)와 ChatGPT를 이용한 재실자 추정 이미지 프로세싱 프로그램을 python을 통해 제작하였다.
- 2) 1장에서 만든 프로그램을 통해 재실자 유무와 재실자 수를 추정하였다.
- 3) 재실자 수를 추정하는 과정에서 프로그램의 정확도가 약 70%로 나타났다. 이를 해결하기 위해 재실자 수를 정확히 수치화하는 대신 재실비율을 LEVEL로 나타냈다. (1~10명 -> LEVEL1 / 11~20명 -> LEVEL2)

(2) 추후 연구 진행 방향

현재 완료된 연구

실의 환경측정 Data
* 열: 온도, 습도, 일사량
* 빛: 조도
* 기타: 대기질

이전 연구에서 도출된 재실자 정보와 실시간 날씨정보를 BCBT를 이용하여 EnergyPlus에 입력할 수 있도록 데이터화 시킨다.
BCBT에서 만들어진 재실 스케줄, 표준 기상파일, 실시간 정보 데이터를 EnergyPlus에 입력하고 에너지 시뮬레이션을 실시한다.
EnergyPlus 시뮬레이션을 통해 도출된 결과를 토대로 재실 정보가 고려된 건물의 에너지 소비량을 예측하고 분석한다. 이는 에너지 시뮬레이션을 통한 에너지 소비량을 더 정밀하게 예측할 수 있음을 의미한다.

추후 추가 연구 진행 방향 구상도

python 재실 정보 재실자 수 실의 환경Data → 1. BCBT → 재실 스케줄 표준 기상파일 실시간 정보 → 2. EnergyPlus → 에너지 소비량 예측 → 3. 시뮬레이션 결과

참고 문헌

- 1) 김재현 & 서우진, 2019, IoT정보기반 Modelica-EnergyPlus Co-simulation을 통한 에너지소비량 추정
- 2) 한국에너지공단, 2020, 건물 에너지 성능 수준별 상세 에너지량에 따른 재실자의 열적 쾌적성의 변화와 관련한 건물에너지 소비량 산정
- 3) 한국에너지공단, 2021, 건물 에너지효율에 따른 건물 에너지소비량 예측 방법론
- 4) 한국에너지공단, 2021, 건물 에너지효율에 따른 건물 에너지소비량 예측 방법론

고단열 외벽체의 열관류율 현장측정 정확도 개선을 위한 평판열류계법 기반의 열류계법(HFM Method) 제안

연구배경

- 세계적으로 탄소중립 목표에 따라 건물부분의 에너지 절약 필요성이 대두되며 건축물의 에너지 성능(단열 성능) 향상이 강조됨. 이에 따라 기존 건축물의 실제 열관류율 및 열전달계수를 원격 측정함으로써 단열 성능을 평가하는 것이 중요
- 열관류율을 원격 측정 하는 방법에는 ISO 9869-1에서 규정하고 있는 평균법(Average Method, HFM)이 가장 대표적이나, 많은 실험 연구에 원격 측정간의 오차가 발생하는 것을 확인함.
- 이에 의해 나무의 열적 거동 특성을 분석하여 기존의 HFM법의 한계점을 고찰하고, HFM법의 측정 정확도를 개선하기 위한 방안으로 평판열류계법인 평판열류계법의 구성을 HFM법에 적용하는 것을 제안

이론적 고찰

ISO 6946 (Calculated Method, 2017)

- 경사상태의 환경에서 실험을 통해 기온과 벽체의 열전도도의 부재와 두께를 이용하여 산술적으로 계산하는 방법임. 벽체 노후화로 인해 재료의 경년변화, 벽체 내부의 결손 등 여러 환경 조건이 벽체 자체에 단열 성능 저하가 발생 할 수 있음.

$$R_{\text{total}} = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}$$

R_{total} : 외벽체로 계산된 전체 열전도도 (K/W)
 d_i : 각 층의 두께 (m)
 λ_i : 각 층의 열전도도 (W/mK)

ISO 9869-1 : HFM (Heat Flow Meter Method, 2014)

- 실내외에 온도 센서와 실내 부분에 열류 센서를 부착하여 장시간 측정을 통해 취득한 데이터를 기반으로 벽체 열관류율을 산출하는 방법임. (D-타입) 핵심 방법에는 평균법, 축열법, 열적법 등이 있으며 평균법이 대표적으로 활용됨.

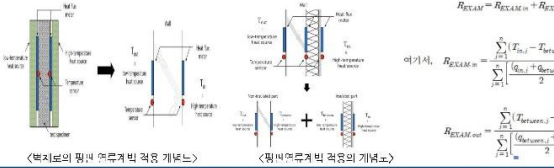
$$R_{\text{HFM}} = \frac{\sum (T_{\text{in}} - T_{\text{out}})}{q}$$

R_{HFM} : ISO 9869-1에 규정된 평판 열류계법 열전도도 (K/W)
 T_{in} : 실내 온도 (K)
 T_{out} : 실외 온도 (K)
 q : 열류량 (W/m²)

ISO 9869-1에 의한 평균법의 수렴성 판단 조건 (측정 종료 조건)

- 측정 최소 3일 이상(72시간) 수행함.
- 측정 종료 시 산출된 열저장(W_{HFM})과 측정 종료 24시간 전 산출된 열저장($W_{\text{HFM-24h}}$) 사이의 편차가 ±5% 이내여야 함.
- 측정 초기 $INT(2 \cdot D_r / 3)$ 7 간 동안의 열저장(W_{HFM})과 측정 초기 $INT(2 \cdot D_r / 3)$ 7 간 동안의 열저장(W_{HFM})의 편차가 ±5% 이내여야 함.

보존체의 열전도도를 측정하는 방법인 KS L9016, ISO 8301의 개선을 활용하여 평균법을 기반으로 새로운 평균법 제안



측정대상 및 측정장비



- 센서들은 벽체 표면에 부착되거나 벽체 내부에 삽입되어 그 위치는 그림과 같은 센서 수직 각 해당 부위에 대해 돌리나 균일한 열영향이 없는 것을 확인하였고 실제 건물과 유사한 열전도도 조성을 의도한 단열 장치를 활용함.

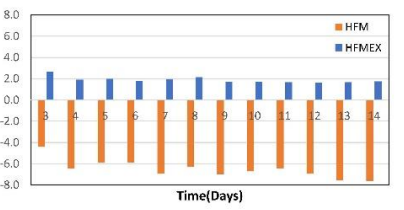
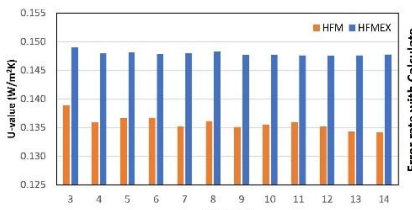
- 시공 단계에서 단열재의 불연속성으로 인해 발생이 예상되는 이중 벽체 간의 열교에 대해 측정 시 그 영향을 최소화 하고자 단열재 벽체를 계획함.

[단열 콘크리트 벽체의 층위 구성 및 열물성치]

층위 (실외-실내)	두께 (mm)	열전도도 (W/mK)	중량 밀도 (kg/m ³)	벽체 열저장 (kJ/m ² ·K)
시멘트	0.010	1.400	0.007	
철근콘크리트	0.200	2.300	0.087	
경량외단열폼	0.130	0.020	6.500	6.735
시공오차	0.020	0.180	0.111	
중이 막지	0.005	0.170	0.029	

- 본 연구 측정 대상인 단열된 콘크리트 벽체의 단열재 층위의 구성 및 열물성은 그와 같으며, ISO 6946에 의하여 이론적으로 산출된 열저장은 6.735m²·K/W임.

열저항 및 수렴성 평가

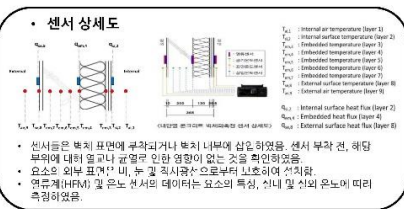
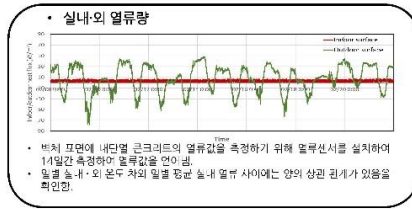
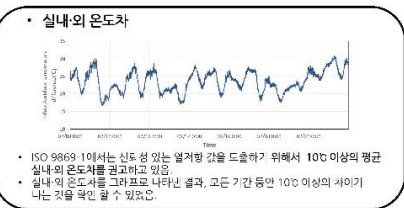
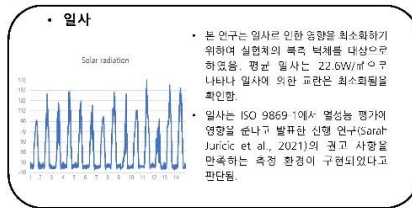


	평균법	평판열류계법을 적용한 평균법
최종 열저항 (m ² ·K/W)	7.453	6.769
최종 열관류율 (W/m ² ·K)	0.134	0.148

ISO 9869-1의 평균법 및 평판열류계법을 적용한 제안된 방법인 단열된 벽체의 열관류율을 현장 측정하였으며, 열관류율의 측정값 및 계산값 대비 정확도는 다음과 같이 분석되었음.

- 기존 방법인 평균법의 경우 측정 3일 차부터 수렴조건 오차율이 45% 미만으로 모두 만족하였으며 이는 실내외 온도차가 20°C이상의 안정적인 환경이기 때문으로 판단됨.
- 기존 방법인 평균법 측정 종료일인 14일째의 최종 열관류율 값은 0.134 W/m²·K로 분석됨.
- 평균법의 14일째의 최종 열관류율 값(0.134 W/m²·K)과 ISO 6946 기준값(0.145 W/m²·K)의 오차율 -7.6%인 것으로 확인되었음.
- 평판열류계법을 활용한 평균법 측정 3일 차부터 수렴조건 오차율이 45% 미만으로 모두 만족하였으며 평균법과 마찬가지로 실내외 온도차가 20°C 상의 안정적인 환경이기 때문으로 판단됨.
- 평판열류계법을 활용한 평균법은 14일째의 최종 열관류율 값이 0.148 W/m²·K로 분석됨.
- 평판열류계법을 활용한 평균법의 14일째의 최종 열관류율 값(0.148 W/m²·K)은 ISO 6946 기준값(0.145 W/m²·K)과 오차율 2.1%로 분석됨.
- ISO 6946의 계산값과 비교한 현장측정 열관류율의 오차율은 기존의 평균법인 평판열류계법을 적용한 방식의 약 4.3배인 것으로 분석되었으며, 정확도 개선의 관점에서 최대 77% 개선된 것을 확인할 수 있음.
- 따라서, 평판열류계법을 적용한 평균법을 적용하면 기존 방법인 평균법보다 정확한 열관류율 추정이 가능할 것으로 기대함.

측정환경분석



결론

본 연구는 제안된 평판열류계법에 의한 평균법에 의해 단열된 콘크리트 벽체 열관류율을 추정하였던 ISO 9869-1에서 권고하는 5층의 환경을 만족하는 조건일 경우 정확도가 높고 측정이 소요되는 기간 즉, 수렴기간 또한 짧은 것을 확인함 연구결과에 대해 요약함

결과

- 기존 방법인 평균법 측정 종료일인 14일째의 최종 열관류율 값은 0.134 W/m²·K이고 이 때의 오차율은 7.6%인 것으로 분석됨.
- 평판열류계법을 적용한 평균법은 14일째의 최종 열관류율 값이 0.148 W/m²·K로 분석되었으며 이 때의 오차율은 1.8%인 것으로 분석됨.
- 정확도 개선의 관점에서 평판열류계법을 적용한 평균법은 기존의 평균법보다 열관류율 측정의 정확도가 약 77% 개선된 것을 확인할 수 있음.

의의

- 제안된 방법으로 열관류율을 측정하러의 평균법 대비 정확도가 개선된다는 점에서 나무 건축물의 수리, 외벽 단열성능 개선 계획 등이 활용 될 수 있을 것으로 기대함.

제언

- 열관류율의 현장측정 정확도 개선에 따라 건축물의 에너지효율성을 위한 리모델링, 단열성능 평가의 분야에서 정확성을 개선할 수 있음
- 그러나 본 실험은 동실온 조건에서 수행하였으나 계절기 또는 온건기의 기간에도 실험적으로 방법론 검증할 필요가 있음
- 평판열류계법을 적용하기 위하여 벽체 사이의 열류량과 온도를 추정하는 기술을 결합함으로써 벽체와 측정결과를 활용할 수 있도록 해야 할 것으로 생각됨.

그린리모델링을 위한 조합형 습쉬는 벽체의 에너지절감 연구

1. 필요성



2013년 개정, 2014년 시행된 건축물의 습쉬벽에 관한 규정
 환경기준에 의해 100세대 이상의 신축 또는 리모델링하는 공동주택 및 주상복합건물의 경우 시간당 0.5회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기 또는 기계환기 설비의 설치를 의무화

자연환기: 주변 환경 및 외부 기상상태 등 다양한 환경요소의 영향을 받아 일정한 환기량을 지속적으로 확보하기 어려움 이에 기계환기 설비를 설치함
 기계환기: 안정된 환기량의 공급은 가능하지만, 환기장치 인식 부족으로 설치 의도되는 다르게 환기시스템이 적극적으로 사용되고 있지 않음
 습쉬벽의 온도에 따른 많은 비용이 발생함
 따라서 습쉬 벽체 설치를 향상시키는 동시에 에너지 절약적인 부분까지 고려한 새로운 환기시스템이 요구되고 있음

2. BIPV와 습쉬는 벽체(BW)란?

BIPV(Building-Integrated Photovoltaic)

건물외형 태양광 모듈을 외장재로 사용하는 태양광 발전 시스템
 기존에 설치된 지붕이나 지붕에 태양광 발전 시스템을 별도로 설치하는 것과는 다르게 태양광 발전 설비가 곧 건축자재로 활용되어 전지에서 생산된 에너지가 바로 건물 내부로 공급
 기존 태양광 발전 시스템처럼 별도의 설치 공간을 확보하지 않아도 되기 때문에 국토 면적이 협소하고, 건물에 적합한 지붕의 재질을 확보할 수 있는 이점적

지붕 통합형
 경사 지붕형, 평지붕형, 이터리움형

입면 통합형
 커튼월형, 수직 차양형, 수평 차양형

습쉬는 벽(Breathing wall)

연간 온도변의 변화가 큰 지역을 대상으로 벽, 지붕 및 천장 등의 외벽의 넓은 면에 걸쳐 열, 공기 및 습기의 이동을 친환적으로 조절하는 부재
 외부의 풍압과 실내외의 온도차에 의한 부하를 임팩트적으로 실내의 환기량이 부족할 수 있는 겨울철 필요환기량을 얻을 수 있고, 외기까지 가질 수 있는 패시브적 기능을 수행하는 것을 목표로 설계

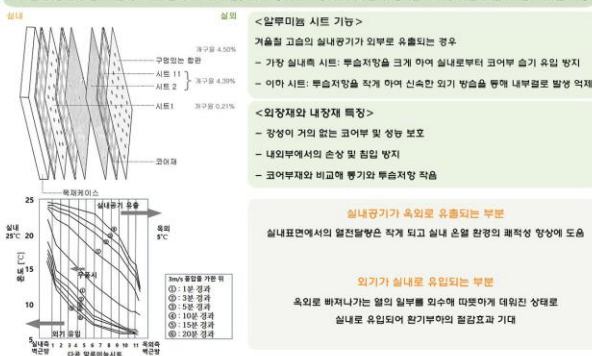
BW의 필요성

- 공조설비를 사용하지 않고, 자연상태에서 실내에서 필요한 최소환기량을 얻을 수 있음
- 가능한 넓은 면에서 환기와 투습을 겸함
- 대상지역에서 요구하는 단열성능을 확보
- 내부공기에 의한 환기가 발생하지 않음
- 확적인 실내기후 형성에 도움됨

설치
 기존 실내기: (외부) 투습외판 또는 실내기 사용 -> 투습외판 적용
 습쉬: (외부) 투습외판(외판) 적용 -> 투습외판 적용
 (외부) 투습외판(외판) 적용 -> 투습외판 적용
 (외부) 투습외판(외판) 적용 -> 투습외판 적용

3. BW 구조

11개의 다공 알루미늄 시트에 의한 다공환기구조를 가지는 코어부와 외장재로 구성, 코어부는 약 10mm의 두께의 알루미늄 시트에 100mm 전후의 구멍을 1mm 정도의 간격으로 타공 후, 5mm의 간격으로 이리저리 10개의 공기로를 구성, 알루미늄 시트와 공기로의 시트와 공기로의 형상이기에 의해 환기가 이루어짐, 이때 공로의 직경 및 개구율이 상이한 2가지 타입의 알루미늄 시트를 사용



4. BIPV, BW 조합형

BIPV 조합형 BW는 건축물 외벽 중 스텐드형 구간에 적용이 가능한 건물 일체형 PV 모듈 및 자연환기외벽

- 환기와 외장재는 제도조절 및 개폐가 가능한 구조의 PV 모듈로 구성
- 부재의 형태는 자연환기를 위한 코어부
- 실내측에서 코어부를 보강하여, 예열기능을 가진 실내측 내장재 구성

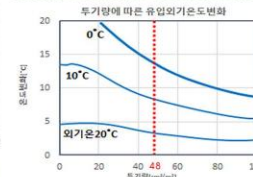
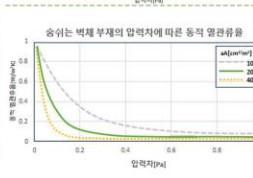
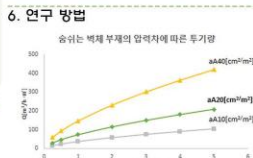
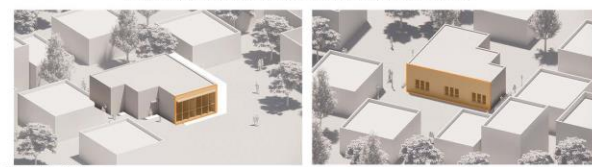
BIPV 조합형 자연환기외벽의 개념도

- 환기와 외장재는 제도조절 및 개폐가 가능한 구조의 PV 모듈로 구성
- 부재의 형태는 자연환기를 위한 코어부
- 실내측에서 코어부를 보강하여, 예열기능을 가진 실내측 내장재 구성

외벽
 커튼월 스텐드형 구간 설치가능도 및 부재상태
 1. 외관 기능인 PV모듈
 2. 구멍난 알루미늄 시트로 구성된 코어부
 3. 예열기능을 가진 실내측 내장재

5. BW의 성능 평가

BW 시스템의 환기 성능을 평가하고 겨울철 대상으로 열손실량을 검토하여 에너지 절감 효과를 확인하고자 노후화된 공동주택에 BW를 적용한 동일 공동주택을 비교 분석



7. 결론

건축물 에너지소요량 평가 기준서

구분	단위	기준	평가
외벽	열전달률 (W/m ² K)	0.547	합격
창호	열전달률 (W/m ² K)	2.684	합격
문	열전달률 (W/m ² K)	2.4	합격

건축물 에너지소요량 평가 최종 결과

구분	단위	기준	평가
난 방	119.5	91.2	합격
냉 방	8.8	8.9	합격
냉 열	7.2	96.8	합격
냉 열	119.5	148.8	합격

건축물 에너지소요량 평가 최종 결과

구분	단위	기준	평가
난 방	109.8	91.2	합격
냉 방	8.8	8.9	합격
냉 열	7.2	96.8	합격
냉 열	117.3	148.8	합격

BW 조합형 설치 전

부위	방위	면적(m ²)	열관류율(W/m ² K)
외벽	동	47.6	0.547
	서	47.6	0.547
	남	39.42	0.547
창호	남	9.9	2.684
	북	22.0325	2.684
문	북	2.255	2.4

BW 조합형 설치 후

부위	방위	면적(m ²)	열관류율(W/m ² K)
외벽	동	47.6	0.547
	서	47.6	0.547
	남	35.42	0.547
창호	남	9.9	2.684
	북	22.0325	2.684
문	북	2.255	2.4
	남	4	0.025
	북	4	0.025

대상모델 조건

외기온도 0 °C / 14 °C (BW)
 실내온도 20 °C / 실내 용적 268.7 m³
 기존 공동주택 환기횟수 0.4ACH
 BW 적용 공동주택 0.734ACH

열밀 조건인 형상외벽과 문은 계산에서 제외
 남, 북 외벽에서만 손실량 평가 도출

관류에 의한 손실량 (W)
 $Q = K \cdot \Delta T \cdot P$
 K: 열관류율 (kcal/m²h · °C, W/m² · °C)
 ΔT : t₁ - t₂ (실내온도 - 외기온도)
 A: 면적
 T: 시간
 P: 방위보정계수

환기부하량 (환기에 의한 손실량) (W)
 $Q = Cp \cdot Q \cdot \Delta t$
 Cp: 공기의 열용비열(1300J/m³ · °C)
 Q: 환기량(m³/h)
 Δt : 실내외 온도차(°C)

환기량 (m³/h)
 $Q = W \cdot V$
 W: 환기횟수 (회/h)
 V: 실내 용적 (m³)

결과
 기존 공동주택 관류에 의한 손실량 705.11W
 환기부하량 3,493,100W
 BW 적용 공동주택 관류에 의한 손실량 618.79W
 환기부하량 1,467,102W
 차이 2026.1KW

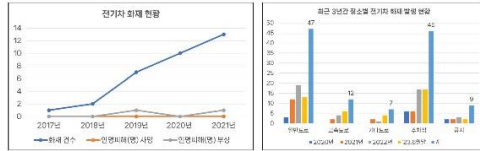
따라서 BW 시스템은 노후화된 공동주택에 적용하면 결과 연간환기성능의 향상(0.734ACH)을 확인할 수 있었고 열손실량의 감소(58%)를 통해 에너지절감 효과를 기대할 수 있음

지하주차장 전기차 열폭주 감지 및 화염 저감 방재기술

23265

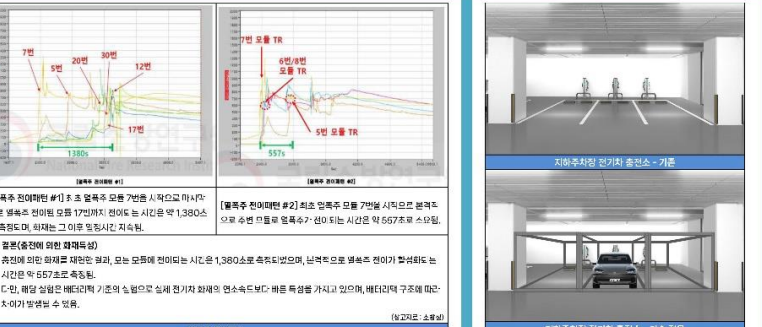
[배경]

- ▶ 소방청 자료에 따르면 2020년 이후부터 올해 6월까지 전기차 화재 발생건수는 총 121건으로 매년 2배 가량 꾸준히 증가하고 있다.
- ▶ 매년 전기차 화재 발생 건수는 늘여가고 있고 여러가지 화재 진압 방식이 제시되었지만 지하주차장처럼 협소한 공간에서의 화재에 대한 대처법은 명확히 나오지 않은 상태이다.
- ▶ 지하주차장에서 화재가 발생할 경우 소방차가 출동해도 진입하기 어렵고 공간이 협소해 주변 차량들로 인해 피해가 확산되어 건물 전체에 피해가 가기 때문에 위험성이 크다.



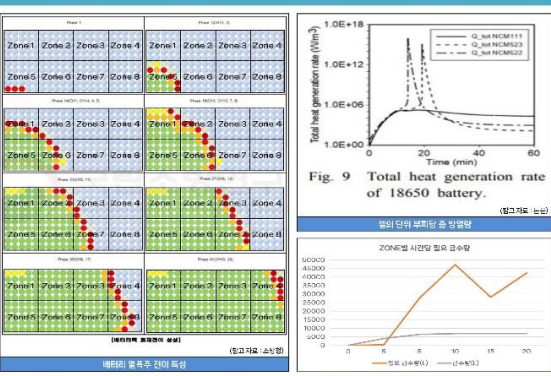
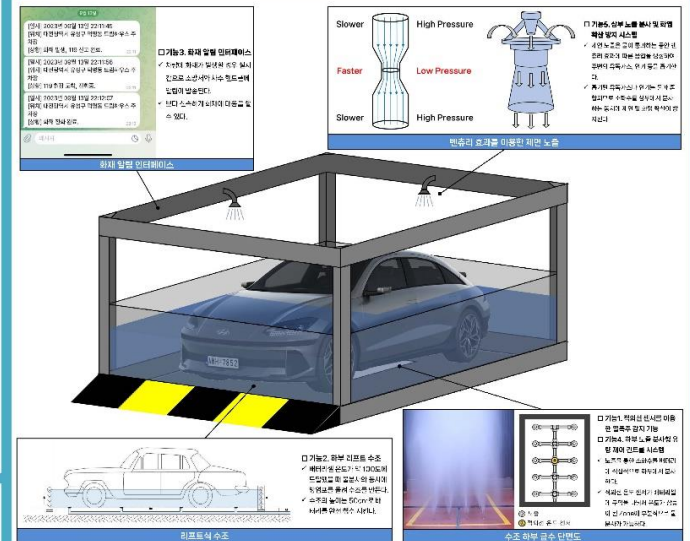
[열폭주 기술험황 조사]

열폭주 현상이란 온도 변화를 가속시키는 방향으로 환경을 변화시키는 상태를 말한다. 즉 배터리가 각종 충출, 충격이 발생했을 때 공기 중에 노출이 되면 공기 중 수분 때문에 발열 반응을 하고, 그 뜨거운 열이 주변에 있는 셀로 발열 반응이 전달되면서 화재가 이어지게 된다. 그 과정에서 오프가스가 배출되면서 배터리 셀이 부풀어 오르다가 어느 순간 그 압을 이기지 못하고 배터리 셀 전체가 폭발하는 것이다. 리튬이온배터리의 열폭주 시 온도 및 시간 증가에 따라 전해액의 가연성 유기용매 분출과 탄화수소(C₂H₄) 계열의 가연성 가스 및 유해가스가 발생한다.



[기술 소개 및 설명]

- 기능1. 적외선 센서를 이용한 열폭주 감지 기능
화재가 발생하기 전 적외선 온도 감지로 실시간 온도를 측정한다.
- 기능2. 하부 리프트 수조
감지 온도가 설정치(약 100°C)에 도달하면 리프트가 작동해 방열포가 상층에 수조를 완성시킨 후 하부 급수를 통해 배터리 냉각을 실시한다.
- 기능3. 소방서, 사용자 화재 알림 인터페이스
차량이 화재 발생했을 때 실시간으로 현 상황이 차주와 소방서에 신고 및 진동·시도록 화재 알림 인터페이스를 도입했다.
- 기능4. 하부 노출 분사형 유량 제어 컨트롤 시스템
냉각을 실시할 때 적외선 온도 센서가 Zone 별로 나눠서 감지를 하여 유량을 제어해 온도가 상승된 Zone에만 물을 분사할 수 있도록 한다.
- 기능5. 상부 노출 분사 및 화염 확산 방지 시스템
열폭주 현상이 계속되어 화재가 발생하여 되면 열폭주 시 배출된 오프가스를 감지해 상하부 동시 급수를 실시한다. 이때 상부 노출은 급수압을 이용해 제연을 하는 지연 노출을 사용하여 급수와 제연을 동시에 진행할 수 있다.



□ 기술의 단위 부피당 총 발열량 및 유량 산출
발열량 및 유량을 산출하기 위해 배터리의 기준을 KS R 6100-1로 선정했다. 배터리의 전체를 Zone 8개로 나누었을 때, 한 개의 Zone의 필요 급수량을 수치적으로 해석했다. Fig. 9 그래프 기준으로 열폭주 발생 후 5분 경과 시 발열량을 1,000W라고 가정하였을 때, Zone 1의 제거열량은 35,573W가 되므로 필요 급수량은 282.32L이다. 발열량이 최대한 10분 경과 시 발열량을 170,000W라고 가정하였을 때, Zone 1의 제거열량은 6,950,000W이 되므로 필요 급수량은 47,222.22L이다.

시간 (min)	1분	5분	10분	15분	20분
발열량 (W)	1,000	100,000	170,000	130,000	150,000
ZONE 1 제거열 (W)	35,5725	35,5725	35,5725	35,5725	35,5725
ZONE 1 발열량 (W)	35,5725	3,557,250	6,047,325	4,824,425	5,335,875
제거열량 (W)	35,5725	3,557,250	6,047,325	4,824,425	5,335,875
ΔT	30	30	30	30	30
물의 비열	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
급수량 (L)	282.32	28,232	47,994.64	36,701.79	42,348.21

- Zone별 시간당 필요 급수량
- 노출 방수량: 80L/min × 10EA로 800L/min (스프링클러 기준)
- 수조의 크기: 2.5m × 5.5m × 0.5m = 6.875m³
∴ 수조의 최대 급수량: 6,875L
- [참고문헌]
1. 소방청 (<https://www.nfa.go.kr/nfa/>)
2. 재연 스프링클러 (<https://blog.naver.com/PostView.naver?blogid=worldnicem&logNo=221203832762>)
3. 논문 (유희형 리튬이온 배터리의 열폭주에 대한 온도, 크기, 양극 활물질의 영향에 대한 수치해석적 연구)

대 상

BT-2023-001

소 속 : OO대학교

참가자 : 000, 000, 000
(지도교수: 000)제 목 : [제로에너지] Building Technology
경진대회

귀하는 2023년 건축친환경설비기술공모전에서 위
와 같은 작품을 제출하여 그 우수성을 인정받았기에
이 상장을 드립니다.

Certificate of Excellence

This is to certify that
the above participants has won the Grand Prize
in 2023 BUILDING ENVIRONMENT & SYSTEMS
TECHNOLOGY COMPETITION

Republic of Korea
November 10, 2023

Korea Green Building Council
Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems

2023년 건축친환경설비기술공모전 보고서



© 공모전 보고서 편집, 2023년 12월

위원장	성민기 교수	세종대학교
부위원장	노상태 교수	한국교통대학교
간사(운영)	임재한 교수	이화여자대학교
간사(심사)	조영흠 교수	영남대학교
간사(총무)	최두성 교수	청운대학교

* 협회 및 학회의 승인없이 본 보고서 내용을 무단 전재할 수 없습니다.