제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 실내환경조절용샤프트시스템연구(에코샤프트)의 보고서로 제출합니다.

2013. 9. 29

주관연구기관명: ㈜파크이즈건축사사무소
주관연구책임자: 박인수
연구원: 김인철
연구원: 김선종
연구원: 임덕순
연구원: 오인환
연구원: 윤상혁

위탁연구기관명: ㈜나우설비기술
위탁연구책임자: 김용인

위탁연구기관명: ㈜시테코
위탁연구책임자: 이주윤

보고서 요약서

<table>
<tr><td rowspan="2">과제고유번호</td><td rowspan="2">11첨단도시01</td><td>해당단계</td><td>2012.05.30~
2013.09.29</td><td rowspan="2">단계구분</td><td>현 2차년도</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td>2011.09.30~
2013.09.29</td><td>총 2차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">건설기술 혁신사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">첨단도시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">실내환경조절용샤프트시스템연구(에코샤프트)</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">자연환기 엔지니어링/시뮬레이션</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구책임자</td><td rowspan="6">박인수</td><td rowspan="3">해당 단계
참여연구원</td><td>총 13명</td><td rowspan="3">해당단계
연구비</td><td>정부 315,000천원</td></tr>
<tr><td>내부 5명</td><td>기업 125,000천원</td></tr>
<tr><td>외부 8명</td><td>계 440,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구기간
참여연구원</td><td>총 13명</td><td rowspan="3">총 연구비</td><td>정부 465,000천원</td></tr>
<tr><td>내부 5명</td><td>기업 175,000천원</td></tr>
<tr><td>외부 8명</td><td>계 640,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">㈜파크이즈건축사사무소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(해당없음)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td>상대국명</td><td>(해당없음)</td><td>상대국연구기관명</td><td colspan="2">(해당없음)</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td>연구기관명</td><td>나우설비기술㈜
㈜시테코</td><td>연구책임자</td><td colspan="2">김용인
이주윤</td></tr>
<tr><td rowspan="2">요약</td><td colspan="3" rowspan="2">하나의 샤프트를 이용해 자연채광과 자연환기를 이루는 기술로서

1.기설치된 사프트의 성능증명과 기존 건물에 샤프트를 설치하여 기존건물의 환경개선 효과를 확인함.

2. 에코샤프트의 성능확장을 위한 연구와 비용적 상황을 감안하여 연구함.</td><td>보고서면수</td><td colspan="2">295</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
</table>

색인어	한글	샤프트, 에코샤프트, 자연채광, 자연환기, 환경조절
	영어	Shaft, eco-shaft, natural light, natural ventilation

요약문

I. 제목

실내환경조절용 샤프트시스템연구 (에코샤프트)

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계 연구
- 고층 건축물에서 에코샤프트 적용방안 연구
- IBS, 소형풍력발전, 제연덕트 겸용 가능성 연구
- 친환경기준에 적용되는 방안 연구

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 에코샤프트의 평면적, 높이와 채광, 환기 성능의 상관관계를 연구하여 효율적인 설계 기준을 마련한다.
- 30층 이하 실제 고층건물을 선택하여 에코샤프트의 추가 설치를 위한 적정 시스템을 설계하고, 이의 시뮬레이션, 설계도서 작성, 공사비를 파악하여 그 효용성을 검증한다.
- IBS, 풍력발전, 제연덕트 겸용 등 에코샤프트의 가치를 높이기 위한 부가적인 기술에 대해 기술적, 제도적 방안을 검토한다.
- 신기술, 신공법 등 국내 친환경 기준에 평가항목으로 들어가는 방안을 마련 한다.

IV. 연구개발 결과

- 기존 설치된 에코샤프트의 채광과 환기성능을 분석한 결과 유의한 수준의 기술적 성능이 실현되고 있음을 확인하였다.
- 기존 설치된 에코샤프트의 분석을 통한 시행착오를 반영하는 등 실제 적용을 위한 표준의 기술기준을 제정하였다.
- 에코샤프트의 활성화를 위해 신기술, 특허권, 친환경 인증 등의 제도적 장치를 마련하여 실제 적용 유인의 기반을 마련하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 본 연구를 통해, 에코샤프트의 효율성에 대해서 검증 된 바, 건축물의 신축 및 개축 현장에 직접 적용하여 건축물의 성능과 에너지 절약, 친환경성 향상 등 사회전반에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 한다.
- 에코샤프트는, 개별적으로 연구되고 개발이 이루어 졌으며, 건축설계를 통해 최종적으로 구현할 수 있도록 하는 친환경 결과물이므로, 향후 홍보와 추가설치 등 시장분위기가 조성될 경우 본격적인 사업화가 가능하다.
- 본 연구를 통해 건축서비스 산업에서 건축물의 친환경 성능을 향상시키기 위한 신 산업분야의 창출이 가능하며, 소규모 건축물에의 직접 적용을 위한 제품 개발을 진행하고자 한다.
- 본 연구를 통해 확보한 각종 녹색기술인증과 특허권을 이용하여 연관 산업 에서의 기술력을 높이고 나아가 대외적인 산업 경쟁력을 확보하는데 기여할 것이다.

연구성과 요약

1. 연구개발 목표

가. 연구개발 최종목표

1. 기 설치된 에코샤프트의 실측조사를 통해 제안된 시스템을 성능평가하고 에너지 절감효과를 정량적으로 산출함 2. 채광, 환기 외에 제연덕트 겸용, 소형풍력발전, IBS 시스템도입에 대한 타당성 분석 및 기술구현을 위한 로드맵작성 3. 30층 이하 고층건물에 설치될 조건하에서, 에코샤프트의 치수(면적, 높이)와 성능(채광, 환기)의 상관관계 분석 및 설계기준 확보 4. 실측 및 분석결과를 반영한 에코샤프트의 설계 (공공건축물을 대상으로) 5. 국제특허 및 신기술 인증 획득, 친환경 인증기준에 부합성 여부 조사

(1) 정량적 성과목표 및 성과지표

연차 (단계)	연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	달성치
1차년도 (1단계)	기 설치된 에코샤프트의 평가	기 설치된 에코샤프트의 자연채광·환기능력 실측 및 평가	기 설치된 에코샤프트의 현장실측(조도, 풍량) 위탁 및 결과 학회발표	2건	2건
		기 설치된 에코샤프트의 유지 및 관리 방안 수립	사용자 매뉴얼 작성	1건	1건
		기 설치된 에코샤프트의 경제적 타당성 조사, 전용면적 축소율 확인	비용 산출 위탁 및 보고서 작성	1건	1건
		기 설치된 에코샤프트 아이디어의 객관적 인증 확보	국내특허 및 국토부 신기술 인증 획득 추진	2건	2건
	소 계			6건	6건
2차년도 (2단계)	에코샤프트의 성능강화 방안 마련 실제 공공건물에 적용 케이스 스터디	에코샤프트의 고층건물 적용방안 연구	30층 이하 고층건물을 사례로 에코샤프트의 설계(채광, 환기) 및 시뮬레이션 (결과 학회발표)	1건	1건
		에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계 연구	기존 연구결과 조사 및 자연채광, 환기 측면에서 평면적과 높이의 상관관계조사 (결과 학회발표)	2건	2건
		소형풍력발전, 제연덕트 겸용 및 자동제어(ibs) 적용방안 검토	적용의 실현가능성 및 기술적 문제점 연구 (보고서 작성)	1건	1건
		친환경인증기준 점수획득방안 파악	국내 친환경 인증기준에 의거 점수 확인 (보고서 작성)	1건	1건
		에코샤프트의 적용(개축) 대상이 되는 공공건축물 선정	선정하여 개축 설계진행	1건	1건
	소 계			6건	6건

(2) 연구목표 및 내용(총괄)

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도 (기 설치된 에코샤프트 파악)	▪기 설치된 에코샤프트의 평가(채광, 환기)	▪현장측정을 통한 구체적 평가(채광,환기) ▪구성요소의 성능최적화 방안 마련
	▪기 설치된 에코샤프트의 유지 및 관리방안 제시	▪사용자매뉴얼 작성
	▪에코샤프트의 경제적 타당성 확인	▪경제적 타당성 조사, 전용면적 축소율 확인
	▪에코샤프트의 사업화를 위한 제도적 요건 달성	▪국내특허 진행 및 국토부 신기술인증 획득
2차년도 (에코샤프트 성능강화, 케이스 스터디)	▪30층 이하 고층건물에 적합한 에코샤프트 설계방안 마련	▪1차년도 연구결과를 고려한 에코샤프트의 설계 ▪채광, 환기 시뮬레이션 진행
	▪에코샤프트의 설계변수(평면적, 높이, 개구부의 위치와 숫자 등)와 기능(채광, 환기) 간의 상관관계 연구	▪제한된 타입 수에 따른 평면적과 높이의 상관관계 연구
	▪IBS, 소형풍력발전, 제연덕트겸용의 적용가능성 연구	▪자연채광과 환기성능과 추가성능 간의 상호관계 분석 ▪각 분야의 협력업체와 공동으로 법령, 기준 등 추진방안 연구
	▪친환경성 입증방안의 연구 및 인증요건에 부합하는 방안 연구	▪국내 친환경 인증기준에 본 샤프트가 평가되는 아이템과 점수 확인
	▪공공건축물을 개축대상으로 선정하여 에코샤프트 설계	▪IBS 적용된 샤프트 설계 ▪해당 건축물에 특화된 시뮬레이션 진행

SUMMARY

This study is for “environmental control of indoor in high-rise buildings”. It is called “Eco Shaft”.

The vertical center of high-rise building generally houses main the facilities of the building and is used by management rather than as a living space. The central area is usually lit and provided with air by artificial lighting and a ventilation system, but compared to natural light and air it falls short. The Eco Shaft resolves these structural problems and makes a new living space at the center of a building.

The main function of the Eco Shaft is to provide natural light and ventilation, and it is appropriate for an opening structure. The shape or the Eco Shaft is usually determined by design and engineering factors. Specially, wind power generation using wind inside the Eco Shaft can be introduced to a super high-rise building. In other words, the Eco Shaft can increase the livability of a building, enhance the efficiency of the facility and contribute to energy savings of high-rise buildings.

The Eco Shaft works when the pressure outside the shaft is lower than that inside it, which thus causes air to flow from the outside to the inside of the building. It allows ventilation to occur naturally, without a special devices or equipment, and it can lead to energy savings. A scoop or a fan without motor is installed on the upper area for natural ventilation and the outside air flows in from the external walls on each floor, and there is an opening at the center where air can go up through the shaft. All of these processes can be controlled by an intelligent system. The Eco Shaft has a few reflective panels inside, which allows sunlight to reach down even to the basement. For full natural lighting, the building has to have a device installed on the rooftop to track the sun and sunlight down into the shaft

Through this study, The Eco Shaft is proved to work in natural lighting and ventilation to improve indoor environmental quality quantitatively. After this study, The Eco Shaft will be used in various cases; it’ll make more quantitative data in general.

CONTENTS

chapter1. Preface ····· 1

1.1 Understanding of Eco Shaft ····· 1
1.2 Goals & Results of this Research ····· 5

chapter2. Introduction of Eco Shaft ····· 9

2.1 Goals of Eco Shaft ····· 9
2.2 Survey of Existing Eco Shaft ····· 9
2.3 Results of field survey ····· 22
2.4 Raising way of Performance ····· 44
2.5 Economical Efficiencies ····· 55
2.6 Maintenance ····· 60
2.7 Additional Items for Eco Shaft ····· 63
2.8 Limits of the field survey ····· 66

chapter3. Generalizing of Eco Shaft ····· 71

3.1 Goals for this Survey ····· 71
3.2 The Relationship between Planar Area and its Height ····· 72
3.3 Applications for Existing Highrise Building ····· 116
3.4 Expansion of Utilized Eco shaft ····· 226
3.5 Possibility of Technical Certification ····· 240

chapter4. Meanings of Eco Shaft ····· 262

4.1 Sustainable Society ····· 262
4.2 Potential Meanings of the Research ····· 266

Appendix ····· 266

Reference ····· 304

보고서 목차

제1장 서론 ····· 1

제1절 에코샤프트 이해 ····· 1

1. 에코샤프트의 개념 ····· 1
   가. 친환경 설비의 필요성 ····· 1
   나. 에코샤프트의 차별성 ····· 1
2. 에코샤프트 보급 현황 ····· 2
   가. 국내의 관련기술 및 산업동향 ····· 2
   나. 정부지원의 타당성 ····· 3
   다. 연구개발의 과제 및 대상기술의 중복성 ····· 3
   라. 타 산업 및 국내외 연계 협력 가능성 ····· 4
3. 에코샤프트 연구의 필요성 ····· 4
   가. 연구개발의 중요성 ····· 4
   나. 현재까지의 연구개발 현황 ····· 5

제2절 에코샤프트 연구 내용 ····· 5

1. 연구개발 내용 ····· 5
   가. 연구목표 ····· 5
   나. 연구내용 ····· 5
   다. 연구수행체계 ····· 7
2. 연구성과의 활용방안 및 기대성과 ····· 7
   가. 연구성과의 활용방안 ····· 7
   나. 기대성과 및 파급효과 ····· 8

제2장 에코샤프트의 도입 ····· 9

제1절 도입된 에코샤프트의 실측(1차년도과제) ····· 9

제2절 에코샤프트 실측조사 ····· 9

1. 전남전문건설회관의 에코샤프트 ····· 9
2. 자연채광 효과에 대한 실측조사 ····· 10
   가. 집광성능평가 ····· 11
3. 자연환기효과에 대한 실측조사 ····· 14
   가. 실측조사 방법 ····· 14

나. 현장 실측 ····· 17
제3절 실측조사 결과 ····· 22
1. 건축물 현황 ····· 22
가. 전남전문건설회관의 건축 개요 ····· 22
나. 시공과정에서의 설계 변경사항 ····· 22
2. 자연채광 효과 실측조사 데이터 ····· 25
가. 집광성능 평가결과 ····· 25
나. 조명성능 평가결과 ····· 27
3. 자연환기 효과 실측조사 데이터 ····· 32
가. 절대압 분포 실측 결과 ····· 32
나. 풍속 및 풍향 분포 실측 결과 ····· 35
다. 샤프트 내 기류 방향 파악 ····· 36
4. 실측조사의 결론 및 고찰 ····· 37
가. 실측 도면의 검토 및 고찰 ····· 37
나. 자연채광 효과의 평가 ····· 38
다. 자연환기 효과의 평가 ····· 39
라. 기타 부차적 효과에 관한 논의 ····· 42
제4절 에코샤프트의 성능재고 ····· 44
1. 조명성능 개선 ····· 44
가. 자연채광에 의한 전기에너지 절감 분석 ····· 44
나. 자연광 이송방법에 대한 대안 비교 ····· 44
다. 조도 균질성 확보 ····· 45
2. 환기성능 제고 ····· 48
가. 샤프트 내부의 환기소음 평가 ····· 48
나. 기계환기 장치의 필요성 ····· 51
다. 자연환기의 실효성 및 경제성 제고 ····· 52
라. 창문개폐의 실용성 검토 ····· 53
3. 공조부하 영향 ····· 53
가. 동절기와 하절기의 냉방부하에 미치는 영향 ····· 53
나. 동절기와 하절기 열손실에 대한 대응방안 ····· 54
다. 기계공조설비와의 결합 ····· 55
제5절 경제적 효율성 검토 ····· 56
1. 조사 방법 ····· 56
가. 경제적 타당성 조사방법 ····· 56

나. 전용면적 증감에 따른 효율성 판단방법 ····· 56
2. 조사 결과 및 결론 ····· 56
가. 공사비 분석 ····· 56
나. 유지비용 분석 ····· 57
다. 결론 ····· 58
3. 전용면적 증감에 따른 효율성 판단 ····· 58
가. 신축건물 ····· 58
나. 개축건물 ····· 58
다. 결론 ····· 59
제6절 에코샤프트 유지보수 방안 ····· 60
1. 채광부 ····· 60
가. 반사체의 각도 유지 방법 ····· 60
나. 반사체의 청결유지 방법 ····· 61
2. 환기부 ····· 62
가. 개구부 통제 방법 ····· 62
나. 실내 칸막이 설치 가이드라인 ····· 62
다. 샤프트 청결 유지 ····· 62
라. 외부 노출부분의 강성 유지 ····· 62
제7절 에코샤프트 개선을 위한 추가 사항 ····· 63
1. 에코샤프트의 자연채광 및 자연환기 기능 개선 관련 ····· 63
가. 아래로 갈수록 단면적이 작아지는 에코샤프트 ····· 63
나. 환기효과 개선 방안 ····· 64
2. 에코샤프트의 활용 및 응용 ····· 64
가. 에코샤프트의 소형화 ····· 64
나. 소형 풍력발전 ····· 65
다. 샤프트를 통한 오염공기 실내유입 등에 관한 내용 ····· 66
라. 에코샤프트 태양광 반사거울을 이용한 실내조도 설계 및
샤프트공간의 최적 면적 산출방안 ····· 67
마. 조도균질성 확보 방안 ····· 68
제8절 연구의 한계 ····· 69
1. 실측조사 종합 평가 ····· 69
2. 1차년도 연구 보완사항 ····· 69
3. 2차연구 과제 ····· 70
제3장 에코샤프트의 일반화 ····· 71

제1절 기존건물에 에코샤프트의 적용(2차년도 연구목표) ····· 71

제2절 에코샤프트 평면적과 높이의 상관관계 ····· 72

1. 에코샤프트 자연채광성능 평가 ····· 72
가. 시뮬레이션 목적 ····· 72
나. 시뮬레이션 조건 설정 ····· 73
다. 컴퓨터 시뮬레이션 평가 ····· 74
라. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 ····· 75
마. 분석결과 ····· 88
2. 에코샤프트의 환기성능 평가 ····· 92
가. 시뮬레이션 목적 ····· 92
나. 환기성능 평가 기준 설정 ····· 93
다. 컴퓨터 시뮬레이션 평가1 ····· 97
라. 컴퓨터 시뮬레이션 결과2 ····· 110
마. 분석결과 ····· 113

제3절 고층(30층 이하) 건물의 적용 방안 ····· 116

1. 적용 대상 건물의 선정 ····· 116
가. 선정 대상의 유형화 ····· 116
나. 삼호물산 A동 ····· 117
2. 대상 건축물의 조명 현황 ····· 118
가. 삼호물산 에코샤프트 조도 측정 ····· 118
3. 대상 건축물의 환기 현황 ····· 121
가. 건축물 현황 ····· 121
나. 냉난방 방식 ····· 122
다. 대상건물 환경 측정 ····· 123
라. 대상건물 환경 측정 결과 분석 ····· 126
마. 대상건물 하계 실내 외 풍속 및 온습도 분포 ····· 126
바. 대상건물 춘계 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과 ····· 135
사. 대상건물 추계 실내 외 풍속 및 온습도 분포 ····· 143
아. 대상건물 추계 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과 ····· 151
자. 측정결과 요약 및 결론 ····· 158
4. 대상 건축물의 적용 ····· 160
가. 건축 ····· 160
나. 채광 ····· 161
다. 환기 및 공조부하의 영향 검토 ····· 181

라. 비용 및 종합 ····· 204
5. 결론 및 과제 ····· 224
가. 연구결과의 활용 방안 ····· 224
나. 기대효과 ····· 224
제4절 에코샤프트의 기능 확장 ····· 226
1. 소형 풍력 발전 ····· 226
가. 연구의 배경 및 목적 ····· 226
나. 소형 풍력발전 개요 ····· 226
다. 소형 풍력 발전기의 종류 ····· 226
라. 소형 풍력 발전기의 적용가능성 검토 ····· 227
마. 결론 ····· 228
2. 자동제어 방안 ····· 229
가. 에코샤프트 개구부 개폐 제어 개념 ····· 229
나. 에코샤프트 개구부 개폐 제어 알고리즘 ····· 233
3. 제연덕트 겸용 방안 ····· 236
가. 연구 배경 및 목적 ····· 236
나. 제연설비 개념 ····· 237
다. 제연설비 적용 대상 ····· 238
라. 제연설비의 설치 기준 (에코샤프트 고려 관련사항을 중심으로) ····· 238
마. 에코샤프트의 제연설비 활용 방안 ····· 239
제5절 에코샤프트 기술 인증 ····· 240
1. 친환경 인증 획득 방안 ····· 240
가. 친환경건축물 인증제도 개요 ····· 240
나. 에코샤프트의 친환경건축물인증제도 적용 검토 ····· 243
다. 에코샤프트의 친환경건축물인증제도 적용 제안 ····· 245
2. 신기술 인증 방안 ····· 249
가. 녹색인증제도 ····· 249
나. 신청 기술의 개요 ····· 251
다. 신청 기술의 우수성 ····· 252
라. 신청 기술의 녹색성 ····· 259
제4장 에코샤프트의 시사점 ····· 262
제1절 지속가능한 사회 ····· 262
1. 친환경 건축 정책 ····· 262
2. 에너지 소비 저감효과 ····· 263

3. 친환경 건축의 함의 ····· 264

제2절 건축기술의 함의 ····· 266

1. 연구의 성과 ····· 266
2. 연구의 한계 ····· 267
3. 연구개발 결과의 활용 ····· 267

부 록

1. 연구 목표 및 결과 ····· 269
2. 전남전문건설회관 개요 ····· 271
3. 특별피난계단/ 비상용승강기 관련 법규 ····· 275
   가. 특별피난계단 관련 법규 ····· 275
   나. 비상용승강기승강장 관련 법규 ····· 276
4. 특별피난계단 제연설비의 화재안전 기준(NFSC 501A) ····· 279
5. 삼호물산 에코샤프트 개요 ····· 290
6. 기술특허, 인증 및 홍보 성과물 ····· 292
7. 실내환경조절용샤프트시스템 연구 총람 ····· 299

참고문헌 ····· 304

표 목차

표 1. 단계별 주요 연구목표 ····· 6
표 2. 연구의 최종 성과 ····· 6
표 3. 연구수행체계 및 연구참여진 ····· 7
표 4. 조명성능 평가의 조건 분류 ····· 12
표 5. 조도분류 및 일반 활동 유형에 따른 KS조도 값 ····· 12
표 6. 조도 측정용 장비 ····· 14
표 7. 환기효과 실측에 사용된 측정장비 ····· 17
표 8. 1차 실측: 2012년 1월 16~17일 ····· 18
표 9. 2차 실측: 2012년 4월 2~3일 ····· 18
표 10. 1차 조명성능 실측결과 ····· 27
표 11. 2차 조명성능 실측결과 ····· 28
표 12. 에코샤프트 2,3,4,10,11,12층 열림 (1차, 4회 차) ····· 35
표 13. 에코샤프트 열림 (1차, 5회 차) ····· 36
표 14. 자연채광시스템의 타입별 특성 비교 ····· 45
표 15. 1차 소음측정 결과 ····· 49
표 16. 2차 소음측정 결과 ····· 50
표 17. 공종별 에코샤프트 설치 비용 대비 ····· 57
표 18. 에코샤프트 적용시 전기절감 효과 ····· 57
표 19. 에코샤프트의 기능별 개선방안 ····· 67
표 20. 1차년도 연구목표와 결과 ····· 68
표 21. 일반과제 중간평가 결과 수정 보완사항 ····· 68
표 22. 2차년도 연구계획 ····· 69
표 23. 채광분야 연구계획 ····· 69
표 24. 환기분야 연구계획 ····· 70
표 25. 에코샤프트 자연채광 시뮬레이션을 위한 재질 설정값 ····· 73
표 26. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 0.725m, 단면적 4.5㎡) ····· 77
표 27. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 0.725m, 단면적 5.5㎡) ····· 78
표 28. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 0.725m, 단면적 8.1㎡) ····· 78
표 29. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 3.3m, 단면적 4.5㎡) ····· 79
표 30. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 3.3m, 단면적 5.5㎡) ····· 79
표 31. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 3.3m, 단면적 8.1㎡) ····· 80
표 32. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 6.55m, 단면적 4.5㎡) ····· 80
표 33. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 6.55m, 단면적 5.5㎡) ····· 81
표 34. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(높이 6.55m, 단면적 8.1㎡) ····· 81
표 35. 각 층에서의 단면적별 UDI분석 결과 ····· 82
표 36. 에코샤프트 단면적별 공간제원 ····· 87
표 37. 에코샤프트 단면적별 WI(well index) ····· 88
표 38. 에코샤프트의 단면적 및 층수에 따른 조명성능 ····· 90
표 39. 대상건물 평면 및 단면도 ····· 92
표 40. 대상건물의 복도 부분의 최소환기량 ····· 93
표 41. 건물내 기류속도가 거주자에게 미치는 영향 ····· 94

표 42. 시뮬레이션을 위한 샤프트 타입 설정 ····· 95
표 43. 시뮬레이션을 위한 외기조건 설정 ····· 97
표 44. 구조체의 열관류율 ····· 98
표 45. 창호 개방방식에 따른 유량계수 ····· 98
표 46. 각 층 개구부의 풍압계수 ····· 100
표 47. 높이 조건별 샤프트 개구부의 풍압계수 ····· 101
표 48. 샤프트의 높이 변화에 따른 자연환기량 ····· 103
표 49. 샤프트의 높이변화에 따른 기류 및 온도 분포 ····· 104
표 50. 샤프트의 단면적 변화에 따른 환기량 변화 ····· 106
표 51. 샤프트의 단면적 변화에 따른 기류 및 온도분포 ····· 107
표 52. 풍속조건에 따른 단면적-A안의 자연환기량 비교 ····· 108
표 53. 샤프트 타입별 풍량 및 최소 환기량 비교 ····· 109
표 54. 대안별 복도 기류속도 비교 (복도 중심부 기준) (계속) ····· 110
표 55. 샤프트타입별 복도 기류속도 비교 (복도 중심부 기준) (계속) ····· 111
표 56. 삼호물산 엘리베이터실 측정 조도 ····· 118
표 57. 삼호물산 A동의 특징 ····· 119
표 58. 측정 지점 및 조건 ····· 122
표 59. 삼호물산 환기측정 계획 ····· 123
표 60. 환기측정 케이스별 조건 변이 ····· 124
표 61. 1차 오전 측정 결과 ····· 125
표 62. 1차 오후 측정 결과 ····· 126
표 63. 2차 오전 측정 결과 ····· 129
표 64. 2차 오후 측정 결과 ····· 131
표 65. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 1차 오전 측정결과 ····· 134
표 66. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 1차 오후 측정 결과 ····· 136
표 67. 2차 오전 측정 결과 ····· 138
표 68. 대상건물 창문의 유입 풍속 및 온습도 오후 2차 측정 결과 ····· 140
표 69. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 1차 오전 측정 결과 ····· 142
표 70. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 1차 오후 측정 결과 ····· 143
표 71. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 2차 오전 측정 결과 ····· 146
표 72. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 2차 오후 측정 결과 ····· 147
표 73. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오전 1차 측정 결과 ····· 150
표 74. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오후 1차 측정 결과 ····· 151
표 75. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오전 2차 측정 결과 ····· 153
표 76. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오후 2차 측정 결과 ····· 155
표 77. 태양추적식 반사거울 시스템의 제원 및 성능 ····· 162
표 78. 삼호물산 샤프트 공간및 헬리오스텟의 광학적 물성 데이터 ····· 165
표 79. 삼호물산 샤프트 공간의 헬리오스텟의 적용 전후에 대한 자연채광 성능 비교 ····· 176
표 80. 대상건물의 복도 부분의 최소 환기량 ····· 180
표 81. 대상건물 대안 별 평면 및 단면도 ····· 181
표 82. 시뮬레이션을 위한 외기조건 설정 ····· 182
표 83. 시뮬레이션을 위한 외기조건 ····· 182
표 84. 각층 개구부의 풍압계수 ····· 183

표 85. 샤프트 설치에 따른 자연환기량 ····· 185
표 86. 샤프트 설치에 따른 기류분포 ····· 187
표 87. 유입풍도 설치에 따른 자연환기량 ····· 190
표 88. 기계환기장치 설치에 따른 기류분포 ····· 190
표 89. 기계환기장치 설치에 따른 기류분포 ····· 192
표 90. 층별 CO2 농도 산출 ····· 193
표 91. 하절기 냉방부하 산출을 위한 케이스 설정 ····· 197
표 92. 서울지역 30년 평균 외기온도 ····· 197
표 93. 에코 샤프트 설치에 따른 월별 난방부하 비교 ····· 198
표 94. 샤프트 설치에 따른 층별 난방부하 비교 ····· 198
표 95. 에코 샤프트 설치에 따른 월별 냉방부하 비교 ····· 199
표 96. 에코 샤프트 설치에 따른 층별 냉방부하 비교 ····· 200
표 97. 에코샤프트 설치 및 환기방식에 따른 월별 냉방부하 비교 ····· 202
표 98. 에코샤프트 설치 및 환기방식에 따른 냉방 운전비용 비교 ····· 202
표 99. 층별 엘리베이터실의 조명용량 및 조명밀도 ····· 203
표 100. 24시간 기준 삼호물산 건물 엘리베이터 실의 조명사용량 비교 ····· 204
표 101. 헬리오스텟 적용에 따른 조명에너지 절감량 및 조명비용 ····· 205
표 102. 냉난방 운전을 위한 단위 냉난방 부하당 에너지 소비량 ····· 208
표 103. 전력요금 적용 기준 ····· 209
표 104. 에코샤프트 설치 여부에 따른 난방 부하와 연료소비량 및 운전비용 산정결과 ····· 210
표 105. 에코 샤프트 설치 여부에 따른 냉방 부하 산정 결과와 운전비용 산정결과 ····· 212
표 106. 각 층별 면적 및 필요 환기량 / 자연환기 가능여부 ····· 215
표 107. 에코샤프트 설치 유무에 따른 환기용 운전동력 및 전력요금 산정 결과 · 216
표 108. 에코샤프트 설치 여부에 따른 연간 운전비용 종합 분석 결과 ····· 218
표 109. 건물에 적용 가능한 소형 풍력발전기 종류 ····· 224
표 110. 에코샤프트 내 기류속도 분포 ····· 226
표 111. 냉난방장치의 용량계산을 위한 실내 온.습도 기준 ····· 229
표 112. 실내 설정온도와 동작간격에 따른 하계 에코샤프트 개구부 개폐 동작 ··· 230
표 113. 난방 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준 ····· 231
표 114. 냉방 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준 ····· 232
표 115. 중간기 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준 ····· 233
표 116. 제연설비 설치관련 법규 조항 및 내용 ····· 236
표 117. 친환경건축물 인증항목(업무시설) ····· 239
표 118. 친환경건축물 등급기준(업무시설) ····· 240
표 119. 친환경건축물 인증제도 추진 연혁 ····· 240
표 120. 친환경건축물인증제도 관련항목 및 점수획득 검토 ····· 241
표 121. 에너지성능지표 검토서(EPI) 점수획득 검토 ····· 242
표 122. 조명에너지 절약(평가기준 : 3.1.3) ····· 243
표 123. 신·재생에너지 이용(평가기준 : 3.2.1) ····· 244
표 124. 자연환기성능 확보 여부(평가기준 : 9.1.2) ····· 244
표 125. 현행 배점 기준(건축부문6) ····· 245
표 126. 현행 배점 기준(기계부문 6) ····· 246

표 127. 현행 배점 기준(전기부문 14) ····· 246
표 128. 현행 배점 기준(신재생부문 4) ····· 247
표 129. 녹색인증센터의 인증업무 ····· 248
표 130. 녹색기술 인증 기준 ····· 249
표 131. 신청 기술의 개발과정 ····· 250
표 132. 에코샤프트의 기술적 차별성 ····· 255
표 133. 전남전문건설회관 기준층 환기유니트 사양 ····· 259
표 134. 부문별 가정.상업 부문의 탄소배출 ····· 262
표 135. 친환경건축의 에너지소비 저감 가치 ····· 263
표 136. 전남전문건설회관 건축개요 ····· 266
표 137. 삼호물산 건축개요 ····· 285
표 138. 기술특허 및 인증 목록 ····· 287
표 139. 학술지 등재 목록 ····· 287
표 140. 홍보성과물 목록 ····· 287

그림 목차

그림 1. 에코샤프트 상단부 상세 개념도 ····· 9
그림 2. 자연채광과 환기의 두 가지 에코샤프트 기능 ····· 10
그림 3. 에코샤프트 주변 조도 측정을 위한 공간 구획 ····· 13
그림 4. 에코샤프트 주변 조도 측정 공간 내 측정 장비 배치 현황 ····· 13
그림 5. 전체를 하나의 실로 사용하는 경우의 단층 CFD 결과 ····· 15
그림 6. 다층 간 에코샤프트의 단면도에 나타난 CFD 결과 ····· 15
그림 7. 굴뚝효과의 개념도 ····· 16
그림 8. 각 층에서의 절대압 측정지점 ····· 16
그림 9. 환기효과 측정장비 ····· 17
그림 10. 1차 실측 당일 목포시 온도 데이터 ····· 19
그림 11. 1차 실측 당일 목포시 풍향 및 풍속 데이터 ····· 20
그림 12. 2차 실측 당일 목포시 온도 데이터 ····· 21
그림 13. 2차 실측 당일 목포시 풍향 및 풍속 데이터 ····· 21
그림 14. 에코샤프트 상단부 ····· 22
그림 15. 3차 반사판과 4차 반사거울의 배치계획과 시공결과 ····· 23
그림 16. 입사된 자연광이 프레임에 걸쳐있는 경우와 그렇지 않은 모습 ····· 24
그림 17. 4차 반사판이 설계보다 높은 위치에 설치되어 상이 찌그러지는 모습 ·· 24
그림 18. 확산판의 설계 위치와 기능을 나타내는 단면도 ····· 25
그림 19. 가을철 4차 반사판을 통한 실내유입 광량 측정결과 ····· 26
그림 20. 겨울철 4차 반사판을 통한 실내유입 광량 측정결과 ····· 26
그림 21. 4차 반사판의 크기에 따른 빛의 유입 다이어그램 ····· 27
그림 22. 3차 절대압 실측 결과 그래프 ····· 33
그림 23. 4차 절대압 실측 결과 그래프 ····· 33
그림 24. 5차 절대압 실측 결과 그래프 ····· 34
그림 25. 풍속 실측 장면 ····· 35
그림 26. 에코샤프트 내에서 상단으로 빨려 올라가는 향 연기 ····· 36
그림 27. 에코샤프트 최상부 배기구의 개선 방안 ····· 37
그림 28. 풍속 및 풍향의 층별 분포 ····· 41
그림 29. 자연광 상태에서의 지하층 식재 모습 ····· 43
그림 30. 자연광 상태에서의 기준층 코어 모습 ····· 43
그림 31. 확산반사판을 이용한 조명장치 사례(인공조명) ····· 46
그림 32. Heliostat 적용공간의 실내조명 장치 사례 ····· 47
그림 33. 소음 실측 위치 ····· 48
그림 34. 소음 실측 사진 ····· 49
그림 35. 에코샤프트 설치로 인한 전용면적의 축소 개념도 ····· 59
그림 36. 단면 변형을 통해 환기효율을 증폭시키는 아이디어 ····· 63
그림 37. 환기효과 개선을 위한 아이디어 ····· 64
그림 38. 엘리베이터 홀 공간에 소형 에코샤프트를 설치한 예 ····· 65
그림 39. 에코샤프트 내 상승기류를 이용한 소형 풍력발전 아이디어 ····· 65
그림 40. 에코샤프트 외부 천창 높이(좌:0.725m, 중: 3.3m, 우: 6.55m) ····· 71
그림 41. 에코샤프트 수평단면적(좌:0.725m, 중: 3.3m, 우: 6.55m) ····· 71
그림 42. 광주지역의 표준기상데이터의 월별 일조시간 ····· 72

그림 43. 광주지역의 년중 수평면 직달일사량 분포 ····· 72
그림 44. 광주지역의 년중 수평면 확산일사량 분포 ····· 72
그림 45. 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 대상공간의 모델링 및 분석화면 ····· 73
그림 46. 컴퓨터 시물레이션 결과 ····· 74
그림 47. 에코샤프트의 층별 평균 조도분포(헬리오스탯 적용 전) ····· 75
그림 48. 에코샤프트의 층별 평균 조도분포(헬리오스탯 적용 후) ····· 75
그림 49. 에코샤프트의 층별 UDI분포(헬리오스탯 적용 전) ····· 76
그림 50. 에코샤프트의 층별 UDI분포(헬리오스탯 적용 후) ····· 77
그림 51. 중정지수의 개념 ····· 87
그림 52. 에코샤프트의 WI별 연평균 조도분포(Heliostat 적용 전) ····· 88
그림 53. 에코샤프트의 WI별 UDI분포(Heliostat 적용 전) ····· 89
그림 54. 에코샤프트의 WI별 연평균 조도분포(Heliostat 적용 후) ····· 89
그림 55. 에코샤프트의 WI별 UDI분포(Heliostat 적용 후) ····· 89
그림 56. 층별 유효단면적별 최소조도 상관관계 ····· 90
그림 57. 층별 유효단면적별 최소UDI 상관관계 ····· 90
그림 58. 에코샤프트 환기성능 평가 절차 ····· 91
그림 59. 환기량과 오염도의 상관관계 ····· 93
그림 60. Local Pressure Coefficients (Cp × 100) for Tall Building ····· 101
그림 61. 삼호물산 엘리베이터실 조도 측정 위치 ····· 116
그림 62. 기준층 엘리베이터실 조도 측정 ····· 117
그림 63. 기준층 엘리베이터실 복도 조도 측정 ····· 118
그림 64. 옥상층 조도 측정 ····· 118
그림 65. 삼호물산 환기 측정 장비 ····· 121
그림 66. 실내외 온도 및 풍속 1차 오전 측정 결과 ····· 127
그림 67. 실내외 온도 및 풍속 1차 오후 측정 결과 ····· 128
그림 68. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오전 측정) ····· 128
그림 69. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오후 측정) ····· 128
그림 70. 실내외 온도 및 풍속 2차 오전 측정 결과 ····· 132
그림 71. 실내외 온도 및 풍속 2차 오후 측정 결과 ····· 132
그림 72. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오전 측정) ····· 132
그림 73. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오후 측정) ····· 133
그림 74. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 135
그림 75. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 135
그림 76. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 137
그림 77. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 137
그림 78. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 139
그림 79. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 139
그림 80. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 140
그림 81. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 141
그림 82. 실내외 온도 및 풍속 1차 오전 측정 결과 ····· 144
그림 83. 실내외 온도 및 풍속 1차 오후 측정 결과 ····· 144
그림 84. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오전 측정) ····· 144
그림 85. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오후 측정) ····· 144
그림 86. 실내외 온도 및 풍속 2차 오전 측정 결과 ····· 148

그림 87. 실내외 온도 및 풍속 2차 오후 측정 결과 ····· 148
그림 88. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오전 측정) ····· 149
그림 89. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오후 측정) ····· 149
그림 90. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 150
그림 91. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 151
그림 92. 복도 하 창문 케이스별 온도 및 풍속 ····· 152
그림 93. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 152
그림 94. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 154
그림 95. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 154
그림 96. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속 ····· 156
그림 97. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속 ····· 156
그림 98. 삼호물산 건물의 에코샤프트 계획도면 ····· 160
그림 99. 헬리오스텟 시스템의 형태 및 조명원리 ····· 162
그림 100. 헬리오스텟 시스템의 국내 적용사례 ····· 163
그림 101. 서울지역 표준기상데이터의 연중 직달일사량 분포 ····· 164
그림 102. 서울지역 표준기상데이터의 연중 확산일사량 분포 ····· 165
그림 103. 컴퓨터 시뮬레이션 분석 과정 및 프로그램 현황 ····· 166
그림 104. 컴퓨터 시뮬레이션 과정 및 결과 비교(9월 21일 12시 청천공 기준) ··· 167
그림 105. 기준층(지상2층)의 실내 시뮬레이션 결과(9월 21일 12시 청천공 기준) 168
그림 106. 지하5층의 실내 시뮬레이션 결과(9월 21일 12시 청천공 기준) ····· 168
그림 107. 지하5층 에코샤프트 바닥면의 조도분포 (9월 21일 12시 청천공 기준) 168
그림 108. 에코샤프트 바닥면의 UDI 시뮬레이션 결과 ····· 169
그림 109. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용 전/후의 층별 평균조도 비교 ····· 178
그림 110. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용 전/후의 층별 UDI비교 ····· 178
그림 111. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용에 따른 UDI분석 결과 ····· 179
그림 112. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 환기성능 평가 절차 ····· 179
그림 113. 유입풍도의 설치 위치 ····· 189
그림 114. 유입풍도의 자연환기 개념도 ····· 189
그림 115. 유입풍도의 설치 위치 ····· 191
그림 116. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 공조부하 영향 검토 절차 ····· 195
그림 117. 에코샤프트 설치여부에 따른 난방부하량 비교 ····· 210
그림 118. 에코샤프트 설치여부에 따른 난방 연료소비량 비교 ····· 211
그림 119. 에코샤프트 설치여부에 따른 냉방부하량 비교 ····· 213
그림 120. 에코샤프트 설치여부에 따른 냉방 연료소비량 비교 ····· 213
그림 121. 에코샤프트 설치여부에 따른 연간 운전비용 종합 비교 ····· 218
그림 122. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 환기성능 평가 절차 ····· 228
그림 123. 친환경건축물의 인증 대상 ····· 239
그림 124. 친환경건축물 인증제도의 추진경과 ····· 240
그림 125. 녹색인증 운영체계 ····· 248
그림 126. Sekisui House Kudan-minami 빌딩의 에코 샤프트 개념도 ····· 254
그림 127. 헬리오스탯 및 반사체를 이용하여 중정에 자연광을 유입하는 예 ····· 254

그림 128. 복복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과 ····· 257
그림 129. 중복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과 ····· 257
그림 130. 편복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과 ····· 258
그림 131. 부문별, 가정상업 부문의 에너지 사용 비중 ····· 261
그림 132. 전남전문건설회관 평면도 ····· 266
그림 133. 전남전문건설회관 단면도 ····· 267
그림 134. 전남전문건설회관 외부 ····· 267
그림 135. 전남전문건설회관 에코샤프트 ····· 268
그림 136. 삼호물산 배치도 ····· 285
그림 137. 삼호물산 단면도 ····· 286
그림 138. 특허증서 ····· 288
그림 139. 홍보성과물 ····· 291

제1장 서 론

제1절 에코샤프트 이해

1. 에코샤프트의 개념

가. 친환경 설비의 필요성

도심의 지가 상승으로 도심부 건물이 고층화 및 대형화되면서 건물 내부에 상대적으로 자연환기와 자연채광이 취약한 영역이 발생하게 되었다. 이러한 취약영역은 건물의 외측 창가로부터 떨어진 건물 내부의 코어 영역과 지하층과 같은 대형 공간으로서, 외부의 공기가 직접 유입되기 어렵고 태양광이 조사되지 않아 전기, 가스 등의 에너지를 사용하여 강제적으로 환기와 채광을 수행하는 설비 설치가 불가피한 상황이다.

한편, 건물의 설계 및 시공 등과 관련된 건축기술이 발전하면서 건물에서 소비되는 에너지를 절약하기 위한 다양한 기술들이 개발되고 있는데, 건물에서 체류하는 시간이 점차 증가하게 되면서 에너지를 절약할 수 있으며, 나아가 쾌적한 실내환경을 조성할 수 있는 실내환경 조절 기술도 다양하게 제안되었다. 건물의 실내환경을 조절하는 기술은 에너지의 사용 유무에 따라서 자연형 조절 기술과 설비형 조절 기술로 구분되며 이러한 기술들은 건물의 내부에서 환기, 채광 및 단열 등의 기능을 하여 건물의 에너지 소비와 관련된 기술적인 기능을 하게 된다.

건물의 외부로부터 유입된 공기를 건물의 내부에서 순환시키는 자연환기에 관한 기술은 주로 외부로부터 공기의 유입이 용이하게 이루어지고, 유입된 공기가 건물의 내부에서 정체되지 않고 원활하게 순환 및 배기되도록 공기의 유통 통로가 되는 건물의 내부 공간을 특정하게 구획하거나 시설물을 배치하는 기술들이 제안되었다. 또한, 태양광을 이용한 자연채광은 건물의 외부에서 태양광을 집광하여 전력을 생산하고 생산된 전력을 건물 내부의 채광에 사용하는 간접 방식과, 건물의 내부에 광덕트 혹은 광섬유 등과 같은 태양광 전송을 위한 통로를 건물에 설치하여 태양광을 건물의 내부로 전송하는 직접 방식 등의 기술들이 제안되었다.

나. 에코샤프트의 차별성

위와 같은 기존 기술들에 있어서 자연환기와 자연채광이 건물에서 모두 구현되도록 하기 위해서는 공기의 급기와 배기가 이루어지는 통로와 태양광의 전송이 이루어지는 통로를 건물의 내부에 각각 설치하여야 하는 문제점이 있다. 따라서, 건물 내부에 환기와 채광을 용도로 하는 통로를 각각 형성하는데 소요되는 설계 및

시공 비용이 증가하고 설치가 이루어진 후에도 이를 운용하는 과정에서 유지 및 관리가 이원화되는 등의 운용비용이 증가하는 문제점이 있었다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 건물 내부에 수직으로 구비된 샤프트를 통해 그 내부의 압력차에 의한 공기의 자연순환과, 건물 외부에서 조사된 태양광을 건물 내부로 전송하여 자연채광이 이루어지는 실내환경 조절용 샤프트 시스템(이하 에코샤프트)을 제안한다. 본 연구가 제안하는 에코샤프트는 에너지를 사용하지 않는 자연형 조절기법으로 건물 내부에서 순환하는 공기를 샤프트로 유도시켜 배기하고, 샤프트 상단부로부터 태양광을 건물 내부로 유입함으로써 친환경적인 방법으로 실내 환경을 조절하는 기능을 갖추고 있으며 결과적으로 건물 중심부의 거주성을 향상시키는 역할을 하게 된다.

2. 에코샤프트 보급 현황

가. 국내의 관련기술 및 산업동향

전술한 바와 같이 에코샤프트가 가지고 있는 기술은 이미 국내외에 보편화된 개념이지만, 채광과 환기의 기능을 위해 별도의 공간과 설비가 필요한 개별적인 시스템이다. 본 연구에서는 독립적인 두 기능을 하나로 결합시켜 설치 및 운용비용을 획기적으로 개선할 수 있는 가능성을 열었다는 점에 차이가 있다고 하겠다.

이러한 배경에서 탄생한 에코샤프트는 2009년 전남전문건설회관 현장에 국내 최초로 단일 시스템의 적용이 있었고, 2012년에 사후 실측을 통한 분석작업이 이루어졌다. 이 현장의 에코샤프트는 굴뚝효과[1]를 이용한 자연환기시스템으로 별도의 장치가 필요하지 않고 샤프트만으로 구성되어 있었는데, 사후 실측결과 주변 기후에 따라 환기성능이 바뀌는 것을 확인하여 상부에 '윈드스쿠프' 혹은 '무동력팬' 등을 설치하는 것이 보다 효율적일 것으로 결론을 내렸다. 또한, 샤프트 하부에서의 미는 힘을 강화하기 위해, 샤프트 인근에 위치한 엘리베이터의 수직운동을 이용하는 방안과 외기와의 영향을 덜 받기 위해 샤프트의 개구부를 조정하는 방안 등을 찾아내는 성과를 얻었다.

자연채광분야는 상대적으로 많이 보급되어있고, 관련 제품도 국내외에 큰 시장을 형성하고 있으며 점차 영역을 확장하고 있는 추세이다. 하지만, 본 연구를 통해 2, 3차 반사체들은 새로 개발되었고, 태양광을 추적하는 헬리오스탯[2]의 경우도 새로운 방식으로 또 다른연구의 기회를 제공하고 있다. 새로 개발되는 MHM(Mini Heliostat Matrix)는 기존의 방식에 비해 훨씬 저렴하고, 우수한 성능을 갖게 될 것으로 기대한다.[3]

---

1) Stack effect; 폭에 비해 높이가 높은 실내 공간에서 실내 공기의 온도가 외기온도보다 높은 경우 위쪽에서 공기가 유출하고 아래쪽에서 유입하는 현상

2) Helliostat; 태양광선을 추적하여 최적의 일조량을 확보하기 위한 자동 추적시스템

유럽의 친환경 산업 선진국을 중심으로 제품화에 성공한 헬리오스탯들은 그 가격이 높고 배타적인 기술에 의해 제품화 되어 있는 반면, 새로이 개발하고자 하는 헬리오스탯은 소형, 경량화를 통해 가격을 낮추고 효율을 향상시키는 것이 특징이라 하겠다. 이렇게 새로운 헬리오스탯이 개발된다면, 국내기술에 의해 우수한 성능의 저렴한 에코샤프트 시스템이 완성되어 이 분야에서의 새로운 국면을 맞게 될 것이다.

환기와 채광이 동시에 작동하면서 상호 보완적 관계를 갖는 에코 샤프트는 아직 개발사례가 없으므로, 이 분야에 대한 국내 저변 확대와 산업 활성화는 관련산업 구조를 강화시켜 친환경 산업 선진국이 배타적으로 가지고 있는 관련 시장에 진입을 위한 국가경쟁력 확보의 기반이 될 것으로 기대한다.

나. 정부지원의 타당성

친환경, 녹색기술의 특징은 작은 에너지를 집산하여, 종합적인 이득을 취하는 형식으로 기존 화석연료의 대량생산과 소비의 패러다임과는 반대되는 성격을 가지고 있다. 따라서 이런 친환경 아이템이 갖추어야 할 덕목 중 가장 중요한 것이 저렴한 가격에 있다. 본 에코샤프트는 헬리오스탯과 반사체외에 특별히 추가되는 비용 없이 진행할 수 있어, 건축물 공사에서 설치부담이 상대적으로 덜하고, 설치 시 에너지 절약과 함께 이용자들의 거주성이 크게 향상되는 아이템으로 한번의 설치로 물리적 에너지와 감성적 거주성을 동시에 확보할 수 있는 방안이다.

에코샤프트는 넓고 높은 건축물(공공청사, 주상복합, 아파트, 아파트형 공장, 학교 등)뿐 아니라, 지하시설물(지하철 역사, 지하도, 지하상가, 지하주차장 등)에 크게 기여할 것으로 기대한다. 공공에서 시행하는 친환경 인증 등의 인증항목으로 본 에코샤프트가 도입될 경우, 더욱 높은 파급효과가 있을 것으로 기대한다. 따라서, 공공의 건축 환경에 반드시 필요한 아이템이며, 이 산업을 육성하여 향후 발전을 도모하여야 한다.

다. 연구개발의 과제 및 대상기술의 중복성

본 연구에서 진행하였던 과제는 1차 연구를 통해 기 설치된 샤프트의 채광, 환기 측면의 성능을 실측하여 문제점과 개선방안을 완료하였고, 2차연구를 통해선 기존 건축물에 본 에코샤프트가 추가 설치됨으로 기존 환경이 어떻게 개선하는지를 밝혔다.

향후 지속적인 실행과 사용으로 본 샤프트 시스템은 더욱 그 성능을 공고히 인정받게 될 것이며, 지속적인 개선으로 보다 효과적인 시스템으로 완성될 예정이다.

---

3) 특허 출원번호10-2013-0028628, 반사판 구동 장치와 이를 이용한 반사장치 어레이, 개발자: 김준환

본 연구의 대상인 에코샤프트는 이미 특허를 받아 고유한 기술로 인정 받았으며, 본 연구를 통해 샤프트의 성능을 추가로 보완할 특허를 받거나 출원하여 독립적인 기술로 인정받아 새로운 기술분야로 계속 발전할 것이다.

라. 타 산업 및 국내외 연계 협력 가능성

에코샤프트는 현행 법령상 제연덕트 등의 기능을 겸할 수 없음이 본 연구를 통해 밝혀졌지만, 기술적인 부분에 대해서는 충분히 검증 된 바 향후 지속적인 연구를 통해 소방산업계와 교감이 이뤄질 경우 충분히 겸용할 수 있는 가능성을 만들어 낼 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 본 시스템의 이용자위주의 편리한 이용을 위해선 자동제어분야 및 IBS시스템과 연계하여 새로운 분야를 제안할 수 있다. 초고층 건축물의 경우, 샤프트내 기류를 이용하여, 풍력발전 등의 분야와도 연계 가능하며, 에코샤프트의 구성상 인근에 위치한 엘리베이터의 수직운동을 이용한 기류의 일정한 공급을 도모하는 기술로 발전시킬 수 있다.

본 아이템은 국내뿐 아니라, 외국의 건축물과 지하구조물 등에 적용 가능하여 국내 기술의 건축설계가 외국에 판매될 수 있는 주요한 기술로 자리매김 하거나, 기술이전 등을 통해 외화획득에도 기여할 수 있을 것이다.

3. 에코샤프트 연구의 필요성

가. 연구개발의 중요성

현존하는 대다수의 고층건물은 외주부를 사람이 거주하는 공간으로 사용하게 됨으로 내주부의 환경이 열악하게 된다. 거주공간의 열악성은 여러 가지로 이야기할 수 있지만, 채광과 환기가 가장 중요한 문제이다. 지금까지 열악한 공간은 운영비상 그대로 방치하거나, 동력을 이용한 개선 방식을 택해왔다. 동력을 이용해 설비를 통해 환경이 개선하기도 하지만 지속적인 유지비용의 부담과 거주성 측면에서 쾌적하지 못했다. 본 연구는 실내환경을 조절할 수 있는 샤프트를 두고 이를 통해 자연환기와 채광을 이루는 패시브 시스템으로, 향후 다양한 건축물에서 활용될 수 있으며, 에너지 절약측면뿐 아니라 거주성 향상에 크게 기여하게 될 것이다.
에코샤프트는 국제적으로 다양한 방식으로 사용되고 있지만, 채광과 환기를 동시에 하나의 샤프트로 이루는 시스템은 본 시스템이 유일한 것으로 알려져 있다. 본 시스템의 보급과 산업화 과정에서 발생하는 기술력은 국가 경쟁력으로 발전할 수 있는데, 새로운 헬리오스탯의 개발과 국산화를 통해 그 가능성을 확인하였다. 따라서, 본 기술은 개념정립 단계와 산업화 단계의 사이에 있는 것으로 보이며, 향후

기술적인 발전과 사업화를 통해 성장할 수 있는 풍부한 잠재력을 확보하고 있다고 하겠다.

나. 현재까지의 연구개발 현황

현재까지 에코샤프트는 전남전문건설회관에 1기가 설치되었고, 신정동 보금자리 주택 (SH공사 발주)에 2기가 설계되어 납품되어 2014년에 준공될 예정에 있다. 이후에도 지속적인 설계 확보를 통해 설치를 늘려나갈 예정이며 성능을 개선시킬 것이다.

본 연구를 통해 기 설치된 전남전문건설회관의 에코샤프트의 성능을 검증하였고, 문제점의 해결방안을 밝혀 확인하였다. 기 설치된 에코샤프트가 신축의 경우라면, 본 연구의 2차에서 진행한 시뮬레이션은 개축을 대상으로 진행하여 기존 건축물의 환경을 얼마나 개선하는지에 초점이 모아져 있다.

향후 본 샤프트는 2차연구를 통해 새로 개발된 특허 아이디어[4] 등을 통해 더욱 그 성능의 개선 가능성을 확인하였다. 본 연구를 통해 신축과 개축건물에서의 가능성을 살펴보았고, 각각의 경우에서 에코샤프트를 이용하여 환경을 개선하는 효과를 확인하였으며, 향후 보다 효율적인 성능의 에코샤프트를 공급할 수 있는 기반을 마련하였다.

제2절 에코샤프트 연구 내용

1. 연구개발 내용

가. 연구목표

본 연구의 목표는, 고층빌딩 중심부에 위치한 샤프트를 이용하여, 자연채광과 자연환기를 건축에 도입하는 방법으로, 건물전체의 에너지 성능을 올리고 건물 중심부의 거주성을 높이는 데에 있다. 본 연구는 신축 건물뿐만 아니라 개축 상황에도 활용할 수 있어, 건물의 유지관리비를 낮추고 자연에너지를 활용하여 탄소에너지 사용을 줄이는 동시에, 거주성을 높여 건축 본연의 질을 향상시키는 데에 주요 가치가 있다.

나. 연구내용

에코샤프트 인근 엘리비이터의 승강시 발생하는 샤프트내 압력을 이용하여 에코샤프트내 기류의 부압을 증진시키는 기술

4) 에코샤프트 인근 엘리비이터의 승강시 발생하는 샤프트내 압력을 이용하여 에코샤프트내 기류의 부압을 증진시키는 기술

본 연구는 2011년 9월 30일부터 2013년 9월29일 까지 2차에 걸쳐 진행이 되었다. 1차년도에서는 기 설치된 전남전문건설회관의 에코샤프트를 실측하고, 현장 조사 및 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 하여 설계과정에서 파악할 수 없었던 문제점들을 파악하였고, 시공 중에 발생한 시행착오나 유지관리에서 발생할 수 있는 문제점 등을 파악하여 향후 개선할 수 있는 기반을 마련하는 것이 연구의 중점이었다.

2차년도에서는 1차년도 에서 이루어진 연구내용을 중심으로 기존 건축물에 에코샤프트를적용할 수 있도록 하기 위해, 에코샤프트 성능의 기준을 정하고 구체적인 시뮬레이션 결과를 바탕으로 이를 일반화하여, 향후 신축은 물론 개축 현장에서의 에코샤프트 적용에 기준을 삼을 수 있도록 하였다.

표 1. 단계별 주요 연구목표

연차	주요연구목표	수행방법
1차년도 2011.09.30~ 2012.05.29	에코샤프트의 자연채광과 환기의 효과를 실증적으로 입증	전남전문건설회관을 모델케이스로 다양한 실험을 전개하며, 과오를 구분하고 효율을 올리기 위한 실천적 방안 결정
	에코샤프트의 설계 적용 매뉴얼 작성을 통한 인증절차 진행	모델케이스를 통해 에코샤프트의 작동을 위한 패러미터를 수치와 상화하여 다양한 경우에 적용가능한 일반해를 도출함
2차년도 2012.05.30~ 2013.09.29	에코샤프트의 가동을 위한 인텔리전트시스템(IBS), 제연설비, 초고층 관련 아이템(풍속과 풍압이 높아질 경우에 대한 대비)에 대한 연구	에코샤프트에 첨가될 수 있는 기술들을 확인하고 업체 미팅을 통해 연계 연구방안을 모색, 법률, 성능기준 등이 필요시 실행계획 수립

2차년도의 연구를 통해, 에코샤프트가 가지는 기술적인 가치를 정확히 평가하여 관련 기술을 표준화하고, 에코샤프트 기능을 개선하기 위해 인접 기술을 적극 검토하여 보완하며, 향후 건축물 시공시 에코샤프트의 적용을 수월하게 하도록 기반을 마련하는 것이 본 연구가 가지는 세부 연구목표라 하겠다.

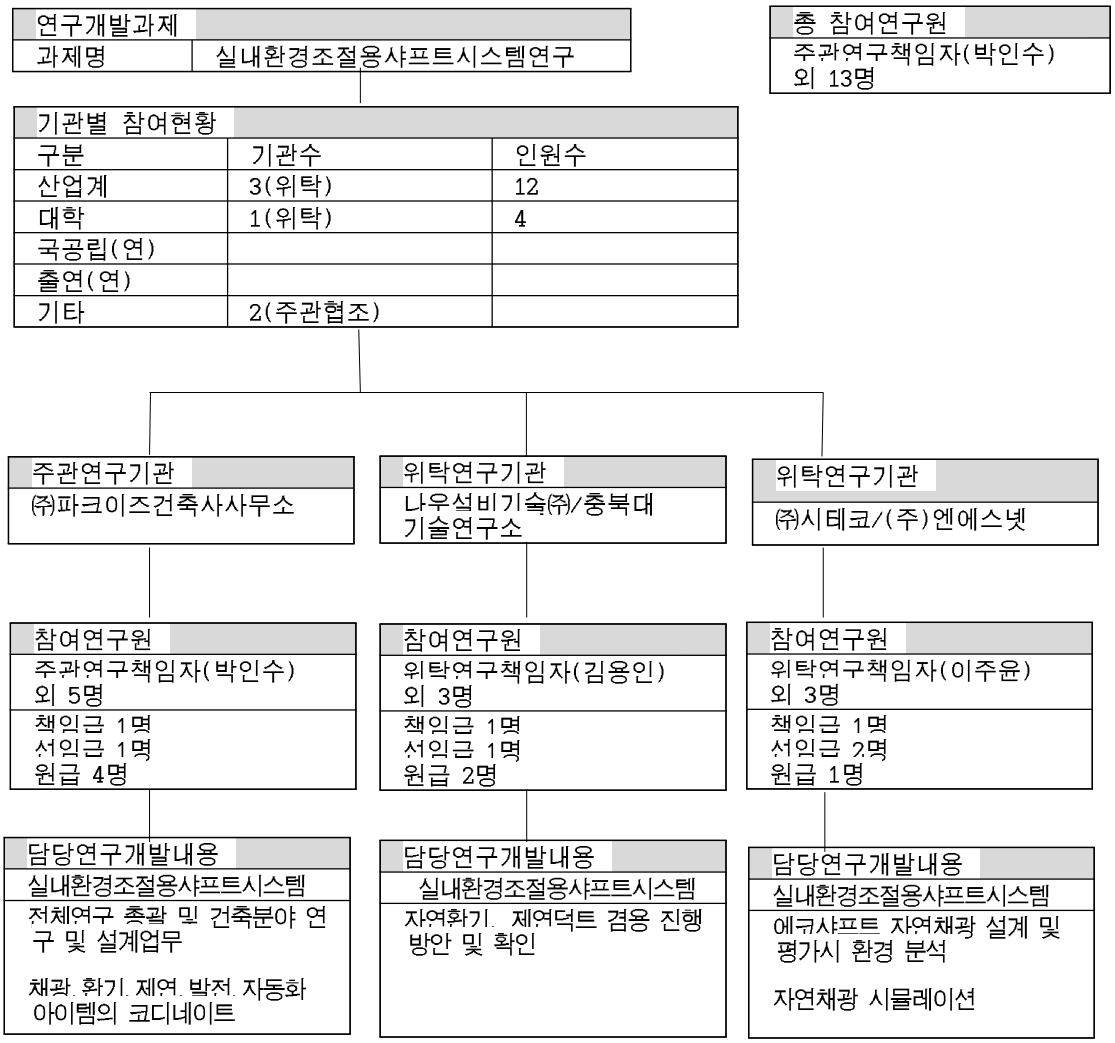
표 2. 연구의 최종 성과

주요 연구목표	최종성과
기술의 표준화	에코샤프트의 성능검토 및 타설비와의 연계성 구축을 통한 건축물 도입 가능성 판단 및 제안
	에코샤프트의 규모(가로, 세로, 높이)에 따른 채광, 환기 능력의 계량화
	에코샤프트의 프로파일에 따른 채광, 환기 능력 평가 결과서
	에코샤프트의 유지관리 매뉴얼
	사례를 통한 에너지 절감 효과의 구체화 및 금액환산
인접 기술 검토	에코샤프트와 제연설비의 겸비, 성능 검토와 법적 타당성 검토
	에코샤프트 작동을 위한 IBS시스템 연구 및 제안
	에코샤프트의 초고층 적용을 위한 조건 검토 및 제안
	초고층에서 과도한 연돌효과를 제어하는 방안 검토 및 연돌효과를 이용한 풍력발전의 타당성 연구
에코샤프트 보급	30층 이하 고층건물에서의 에코샤프트 삽입가능성 판단 및 제안
	국내 및 국제적 친환경 건축기준 아이템으로 에코샤프트 선정

다. 연구수행체계

본 연구는 ㈜파크이즈건축사사무소가 주관 업무를 담당하였고, 나우설비기술㈜와 ㈜시테코에서 각각 환기설비 분야와 자연채광 조명 분야에 대한 위탁연구 업무를 담당하여 진행하였다. 구체적인 인원과 조직구성은 표 3과 같다.

표 3. 연구수행체계 및 연구참여진



2. 연구성과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구성과의 활용방안

아파트형 공장, 주상복합건물, 오피스, 아파트, 공공청사 등 대형 매스에 의해 발생되는 중앙부의 거주성이 떨어지는 건축물에 포함할 수 있는 아이템으로, 실내의 환경을 좋게 하고 운영비의 절감과 탄소배출을 줄이도록 한다. 설비시설이 좋은

고급 건축물부터 공사비가 저렴한 건축물까지 다양한 종류의 에코샤프트를 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

설비기술의 효과를 볼 수 없는 오래된 기존 건물에 있어서도, 내부의 작은 변경을 통해 큰 효과를 누릴 수 있다는 것은 본 연구의 특징으로 내부환경이 열악한 평면일수록 좋은 효과를 거둘 수 있을 것이다. 또한, 지하철 역사나 지하보도, 지하상가, 지하주차장 등의 폐쇄된 지하공간에 태양광과 환기를 가능하게 하여 지하공공시설의 거주성을 향상시키는 등 공익 목적에도 기여할 수 있다.

나. 기대성과 및 파급효과

에코샤프트는 건축설계분야에서 인위적인 기계장치에 의존하지 않고, 건축물의 구성요소를 활용하고, 자연현상을 이용해 고층 건축물의 자연환기와 채광을 가능하게 하는 것으로, 시공과 운영의 경제성은 물론 뛰어난 거주성을 확보할 수 있는 친환경 기술이다.

본 연구 개발결과는 신축건물뿐만 아니라 기존 건물의 개축에도 적용 가능하며, 다양한 용도의 건축물에 적용할 수 있고, 건축물의 환기와 주간조명에 대한 에너지 절약은 물론 자연채광과 환기를 통해 인공조명과 환기에 비해 월등한 거주성을 제공하여 이용자들의 건강과 생활의 수준을 증진할 수 있다.

또한, 자연 채광 분야의 기술을 국산화하는데 기여하여 태양광을 이용하는 새로운 방안을 제공하게 될 것이며, 건축설계분야의 패시브 건축 가능성을 확장시킬 것으로 기대한다.

제2장 에코샤프트의 도입

제1절 1차년도 과제 목표

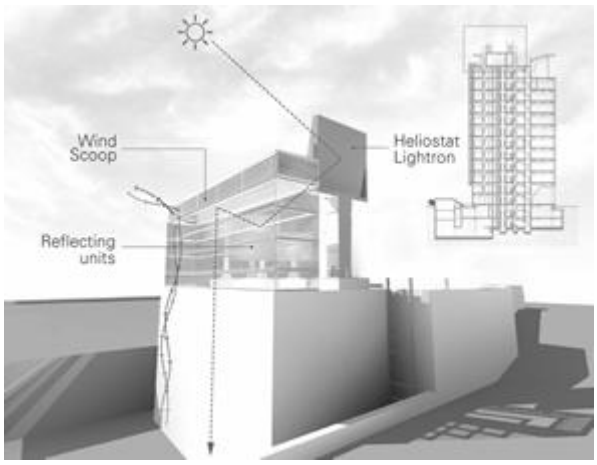
1차년도 연구과제 목표는 기 설치된 에코샤프트의 실측조사 및 설계자료 확보를 통해 에코샤프트의 동작 특성을 파악하고, 유지 및 관리를 위한 지침을 마련하며, 에너지 비용 절감효과를 정량적으로 입증하는 데 있다. 결과적으로 성능 강화를 위한 설계지표를 확보하고 대응 방안을 고안하여 실제 건물에 적용하는 2차년도 연구개발의 실증적 토대를 마련하는 것이 목표이다.

제2절 에코샤프트 실측조사

1. 전남전문건설회관의 에코샤프트

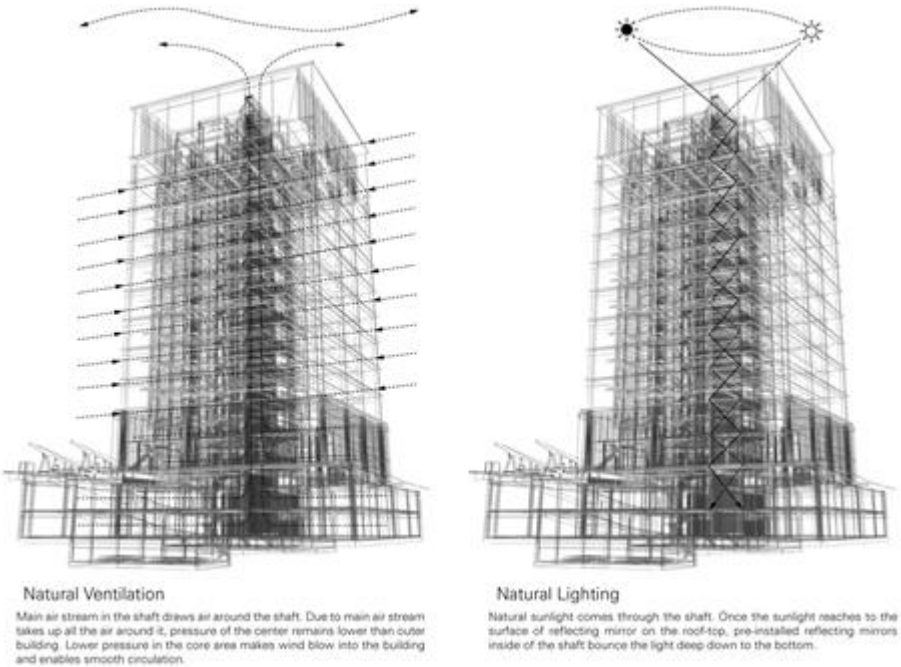
전남전문건설회관은 전문건설공제조합의 전남지역 사옥으로 계획된 건축물이다. 이 건물은 설계 계획에서부터 전문건설회관이라는 특징에 부합될 수 있도록 성능면에서의 기술적인 차별성을 부여하고자 하는 설계의도가 있었고, 구조적으로 취약한 환경의 코어부에 채광과 환기를 유도하기 위한 에코샤프트를 계획하게 되었다. 코어부에 설치한 샤프트는 지하주차장에서 건물 옥탑까지 연결되어 있는데 이를 통해 채광한 태양광을 건물 내부로 유입시키고 실내의 오염된 공기를 외부로 배출시킬 수 있도록 하였다.

그림 1. 에코샤프트 상단부 상세 개념도



이렇게 적용된 에코샤프트는 환기기능과 함께 태양광선이 가지는 모든 파장이 지하층까지 유입되어 생물의 생장에 필요한 환경을 제공할 수 있어 지하층에서의 식물 식재를 가능하게 하였으며, 각 층에 진입할 때 햇빛을 맞이하는 경험을 주는 것과 동시에 각 층에서 자연환기가 가능해져 거주자의 환경을 개선하는 역할을 하는 등 차별적인 건물의 기능을 가지게 되었다.

그림 2. 자연채광과 환기의 두 가지 에코샤프트 기능



2. 자연채광 효과에 대한 실측조사

설치된 에코샤프트를 실측조사 함으로써 제안된 에코샤프트의 개념의 실현 가능성을 실증적으로 파악할 수 있다. 또한, 2차년도 연구에서 신축뿐만 아니라 개축에서도 에코샤프트가 유효하게 적용할 수 있도록 측정 가능한 물리량을 성능지표로서 정립하고 설계 요소와의 관계를 파악하는 등, 실측조사결과를 기반으로 설계원칙을 수립하는 과정이 필요하다.

시공 중 설계 도면과 다르게 시공된 부분을 정확히 파악하기 위해 ㈜탑건축에 실측도면 작성을 의뢰하였고 시공 중 변경사항을 확인하였다. 이후 본 연구에서 에코샤프트의 자연채광과 자연환기 효과에 대한 실측조사는 이 도면을 기준으로 진행하였다.

가. 집광성능평가

(1) 실측조사 방법

전남전문건설회관 에코샤프트에 설치된 자연채광시스템은 다음과 같은 작동원리에 의해 직사광을 건물 내부로 전달한다. 먼저 옥상층 옥외에 설치된 헬리오스탯이 태양광을 2차 반사판으로 최초 집광시키면, 이 광이 3차 반사판을 통해 샤프트 내부로 수직 입사된다. 수직 입사된 태양광은 지하공간까지 전달되며, 샤프트 내 각 층에 설치된 4차 반사체(원형 반사거울)를 통해 실내공간으로 전달된다.

헬리오스탯에는 반사각 조절을 위한 모터 시스템과 함께 모터를 제어하는 추적 시스템이 포함되어 있고, 여기에는 설치 지역의 위도에 따라 태양의 일출시각, 일몰시각, 시각에 따른 고도 등의 정보가 프로그램 되어 있어, 집광을 담당하는 헬리오스탯의 반사각도가 낮 시간 동안 미세하게 변화한다. 결과적으로 헬리오스탯은 낮 시간 동안 태양을 추적하면서 일정량 이상의 집광성능을 유지하도록 설계되었다.

집광된 태양광이 에코샤프트 내로 들어오면 각 층 마다 하나씩 설치된 4차 반사거울에 의해 건물 내부 천정면에 전달되고, 이 광이 확산되면서 각 층의 작업면(엘리베이터홀)을 조명한다. 따라서 전체 시스템의 성능 평가는 집광성능과 조명성능의 두 가지 하위 평가로 구성된다.

(가) 집광성능 평가(계절별/ 시각별 조도 측정)

한 시간 간격으로 태양의 위치정보(고도각 및 방위각)에 따른 연직면 직달 일사량(w/㎡)과 헬리오스탯 태양입사각(°), 실내유입 광량(㏐), 40w 형광등 대체 수량을 측정한다. 이를 통해 헬리오스탯 → 2차 반사판 → 3차 반사판 → 4차 반사거울로 이어지는 집광부의 시간적 동작 안정성을 조사한다.

단위면적(1㎡) 당 실내 유입 광량(㏐)은 곧 실내조도(㏓)로 환산가능하며 이 값은 2차/ 3차 반사판의 재질, 4차 반사거울의 면적, 5차 확산판의 재질 및 조사형태로부터 직접적인 영향을 받을 수 있음을 감안해야 할 것이다. 1차년도 연구개발 기간 중에는 가을철(9월 21일)과 겨울철(12월 21일)에 각 1회씩 총 2회 실측하였다.

(나) 조명성능 평가(실내 장소별 조도 측정)

조명성능 평가는 각 층에서 자연채광시스템에 의한 조명 효과가 건축물의 실내에서 의도한 바와 같이 실현되는가를 평가하는 것이 목적이며, 조도(㏓)측정을 통해 이루어진다. 측정 장소는 에코샤프트가 자연광을 전달하여 조명하는 실내 공간인 엘리베이터 홀이며, 자연채광시스템을 통해 유입된 광량의 충분여부는 KS조도기준으로 확인한다.

1. 조명성능평가의 기준

자연채광시스템의 설치 목적은 대상 공간 내에 효율적인 작업을 위한 조명의 기능으로서, 작업공간의 유효한 조도를 확보하는 것이다. 이에 따라, 자연채광 시스템의 조명성능은 다음과 같은 조건으로 작업공간의 조도를 측정하여 진행한다.

2. KS조도기준 (KS A3011, 1993)

자연채광시스템이 적용된 에코샤프트를 통한 엘리베이터 홀 공간의 조명설계 기준은 KS조도기준(KS A3011, 1993)을 기준으로 활동 유형에 따른 분류에 따르면 E항목, “시 작업이 빈번하지 않은 작업장”으로 분류되며, E항목의 조도 값은 60-100-150(최소-기준-최대)으로 최소조도 60lx를 만족하여야 하는 것으로 확인하였다. (표 5 참조)

조도는 주로 시 작업면(특별히 시 작업면의 지정이 없을 경우에는 바닥위 85㎝, 앉아서 하는 일일 경우에는 바닥 위 40㎝, 복도 및 옥외 등은 바닥면 또는 지면)에 있어서의 수평면 조도를 나타내지만 작업내용에 따라서는 수직면 또는 경사면의 조도를 표시하는 것도 있다. 본 실측의 경우, 대상이 되는 엘리베이터 홀은 시 작업이 빈번하지 않은 작업장에 해당하므로 바닥면을 작업면으로 정하였다. (이 경우, 조도값은 각 층의 천장 높이에 영향 받을 수 있음)

표 4.조명성능 평가의 조건 분류

조건	광원	비고
1	KS조도 기준	문헌조사
2	자연채광시스템(형광등 포함) 지하2층 식재부분(형광등 제외)	현장측정(작업면 조도)

표 5.조도분류 및 일반 활동 유형에 따른 KS조도 값

활동형태	조도분류	조도범위(lx)	조명방법 예
어두운 분위기 중 시각식별 작업장	A	3-4-6	공간 전반 조명
어두운 분위기 이용이 빈번하지 않은 장소	B	6-10-15	
어두운 분위기의 공공장소	C	15-20-30	
잠시동안의 단순작업장	D	30-40-60	
시작업이 빈번하지 않은 작업장	E	60-100-150	
고휘도 대비, 큰 물체 대상 시작업 수행	F	150-200-300	작업면 조명
일반휘도 대비, 작은 물체 대상 시작업 수행	G	300-400-600	
저휘도 대비, 작은 물체 대상 시작업 수행	H	600-1000-1500	
비교적 장시간 동안 저휘도 또는 매	I	1500-2000-3000	전반조명과 국부조

우 작은 물체 대상 시작업 수행			명을 변핵한 작업면 조명
장시간 동안 힘드는 시작업 수행	J	3000-4000-6000	
휘도 대비가 거의 안되고, 작은 물체의 매우 특별한 시작업 수행	K	6000-10000-15000	

한편, 측정장비는 총 9개를 구비하여, 아래 그림과 같이 에코샤프트 주변 바닥면에 일정한 간격으로 배치하고, 한 그룹에 세 개씩의 측정 장비가 속하도록 전체 작업면을 세 그룹으로 구획하였다(그림 4 참조). 이는 개별 측정 장비로부터 얻은 조도값의 그룹별 평균값을 구하여 의미 있는 조도값을 얻기 위함이다. 결과적으로 각 층별(지상11층, 지하2층)로 세 개의 조도값을 얻었다.

그림 3. 에코샤프트 주변 조도 측정을 위한 공간 구획

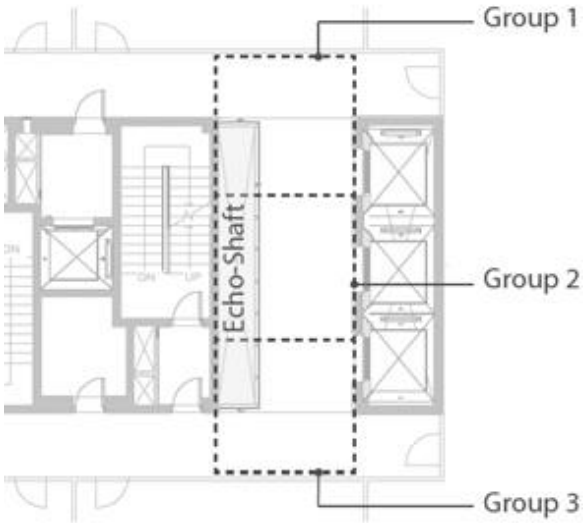


그림 4. 에코샤프트 주변 조도 측정 공간 내 측정 장비 배치 현황



3. 성능평가의 한계 및 조건

본 자연채광시스템에 의한 실내조명은 외부 자연광의 변화에 따라 실내로 전달되는 빛의 양이 다르므로, 외부 기상 조건 또는 외부 조도변화에 따라 실내조명성능 및 시스템의 성능이 상이하게 나타날 수 있다. 따라서 실내에서 측정되는 조도나 광량은 그 수치만으로 성능평가의 대표값을 표현할 수 없게 된다.

이러한 조건하에서 본 성능평가는 연간 기상조건 및 시간대별 데이터를 확인하여 측정하기에 시간과 비용이 과대하게 소요되므로, 천청공인 날(맑은 날) 실측을 실시하여 유입되는 광량에 의한 실내조명 효과가 어느 정도인지를 대략적으로 파악하고자 한다.

4. 측정장비

성능평가를 위한 측정은 외부기상, 실내조도, 집광성능으로 구분되며, 세가지 측정에 모두 사용된 측정 장비는 다음과 같다.

표 6. 조도 측정용 장비

구분	장비명		수량	제조사	용도 및 기능
조도센서	Illuminance Meter T-10		10ea	Konica Minolta	실내외 조도 측정

3. 자연환기효과에 대한 실측조사

가. 실측조사 방법

에코샤프트의 자연환기효과를 확인하려면 실내의 공기가 샤프트로 빠져나감으로써 실내공기의 질이 확보될 수 있는 가능성을 확인해야 한다. 아래 그림은 전남전문건설회관 내 설치된 에코샤프트와 실내공간에 대해 설계시 수행한 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용하여 풍속 및 풍향 시뮬레이션을 실시한 것으로, 이상적인 경계조건 설정 하에서 샤프트 내 상승기류는 0.7m/s 내지는 2.8m/s의 속도로 형성되는 것으로 나타났다.

설계시 기준이 된 이 값을 바탕으로 실측조사를 통해 샤프트 내 공기의 연직 상승 흐름이 실제로 존재하는가를 알아보고자 하는 것이 환기실측의 목표이다. 충북대학교 이병연 교수 연구팀은 이러한 공기의 흐름을 입증하기 위해 두 가지 측정 방법을 제안하고 실시하였다.

그림 5. 전체를 하나의 실로 사용하는 경우의 단층 CFD 결과

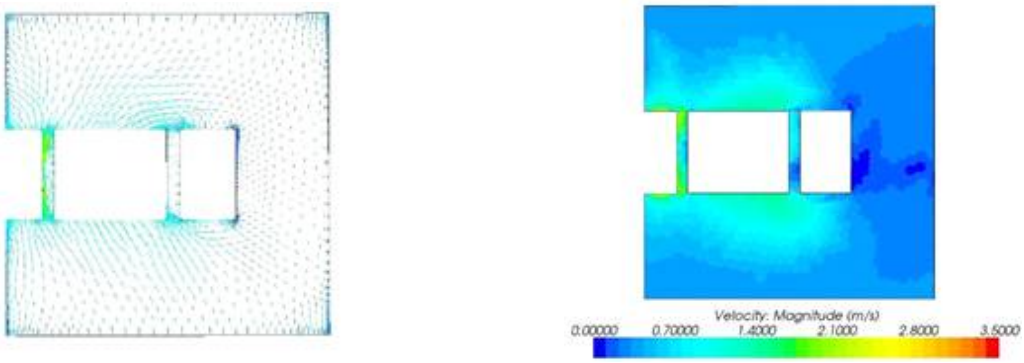
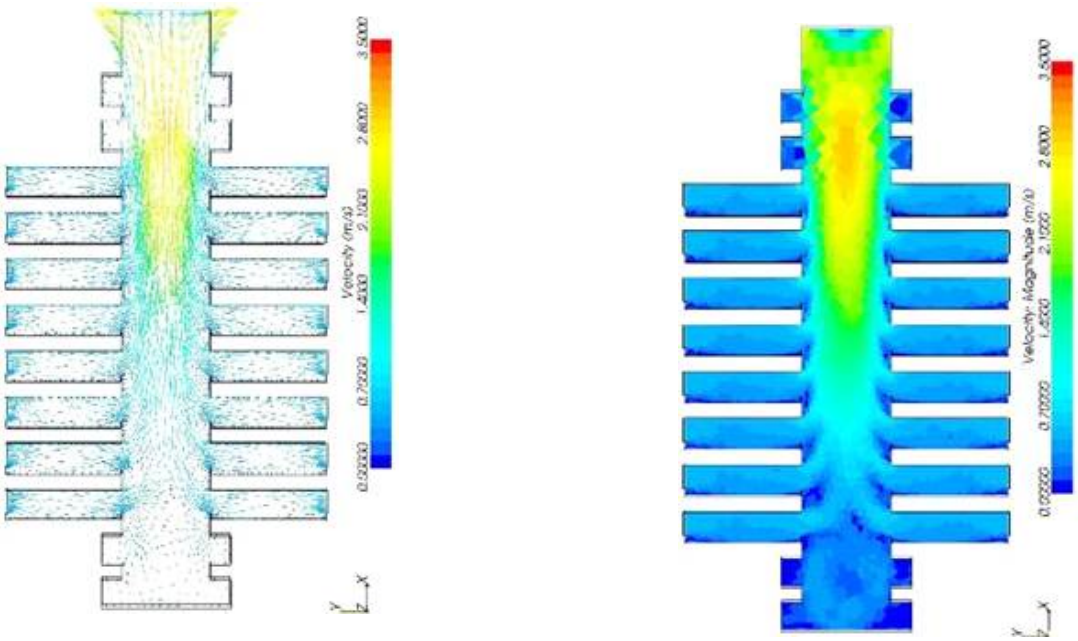


그림 6. 다층 간 공기의 흐름을 에코샤프트의 단면도에 나타난 CFD 결과



(1) 단면도에서 압력분포 측정

첫째, 굴뚝효과에 의해 자연환기 효과가 발생할 것이라고 가정한다. 굴뚝효과는 일반적으로 고층건물에서 흔히 나타나는 현상으로, 건물 내외부 공기기둥의 무게(밀도) 차이로 인해 발생한 압력차로 발생하며, 이 원리는 계단이나 샤프트가 온도 차이에 의한 부력을 발생시켜 따뜻한 공기가 상승하고 찬 공기가 밑에서부터 들어오는 것이다. 이 때 실내와 외기의 압력차가 없어지는 높이, 즉 중성대(Neutral Pressure Level)의 위치를 파악함으로써 샤프트의 수직 구동력을 확인할 수 있다.

그림 7. 굴뚝효과의 개념도

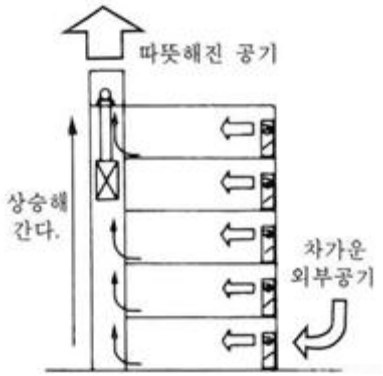
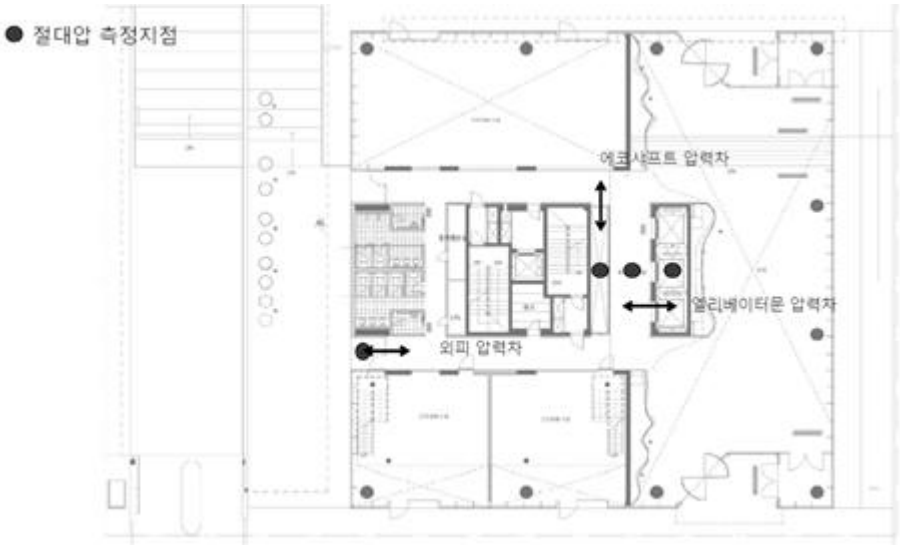


그림 8. 각 층에서의 절대압 측정지점



중성대보다 위층에서는 실내에서 공기가 유출되고 아래층에서는 외기가 건물내로 유입되리라는 것을 예측할 수 있기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 각 층별

외기 및 내기의 절대압을 측정하여 단면도상에서 수직 압력분포를 파악하고, 압력차의 분포를 통해 중성대의 위치를 예측하고자 하였다. 각 층에서 절대압의 측정위치는 그림 8과 같이 고정 하였다.

(2) 단면도 및 평면도에서 풍속/풍향 분포 측정

둘째 에코샤프트의 개구부를 포함한 실내 다수 지점에서 풍향과 풍속을 측정하여 실내 공기의 흐름 양상을 직접적으로 파악한다. 특히, 풍향을 측정함으로써 에코샤프트 주변 공기가 에코샤프트로 빨려 들어가는지 또는 에코샤프트로부터 배출되는지의 여부를 가시적으로 확인할 수 있다.

나. 현장 실측

(1) 실측 장비

위 두 가지 측정에 사용된 주요 장비는 아래와 같다.

표 7. 환기효과 실측에 사용된 측정장비

Instrument	Model	용도	CA
Micro Manometer	DP-Calc Model 8705-M-GB	차압 측정	2
Digital Barometer	Model PTB 220 Class A	절대압 측정	5
Air Velocity Meter	TSI Inc. Model 8360-M-GB	기류속도 측정	2
Smoke Puffer	Retrotec	누기검사기	3
Anemovane	Wind Sonic Doc No 1405 PS 0019 Issue20	풍향, 풍속계	3

측정시 통제 불가능한 조건변인은 측정 당일의 현장 날씨(온도, 풍향, 풍속)며, 이를 고려하기 위해 기상청에서 제공하는 목포시의 날씨정보를 이용하였다. 통제가능한 조건변인으로는 에코샤프트 개구부의 개폐여부와 외기창의 개폐여부와 외기창의 개폐여부를 선정하였으며, 측정차수 및 번호 별로 조건을 달리하였다.

그림 9. 환기효과 측정장비



주: 좌로부터 차압측정기, 절대압측정기, 풍향풍속계

한편, 샤프트 내에서 기류가 실제로 연직 상승하는가의 여부를 확인하기 위해 샤프트 내부에서 공기밀도와 같은 유색 연기를 발생시켜 그 흐름을 눈으로 관찰하였다. 실측은 동절기(1차)와 간절기(2차)에 걸쳐 두 차례 실시하였다.

1차 실측의 경우 외피 개구부를 개방하지 않은 상황에서 에코샤프트의 구동력을 확인한 반면, 2차 실측시에는 외피 개구부를 개방한 상황에서 에코샤프트의 구동력을 확인하였다. 전체 실측 일정과 차수에 따른 실험조건 및 목포시의 기상데이터는 아래 표와 같다.

표 8. 1차 실측: 2012년 1월 16~17일

회차	일시	압력 분포	풍속/풍향	건물조건
1	1월16일 14:20	○		에코샤프트 개구부 모두 닫힘
2	1월16일 18:00	○		에코샤프트 개구부 모두 열림
3	1월17일 10:00	○		에코샤프트 개구부 모두 닫힘
4	1월 17일 10:30	○	○	에코샤프트 개구부 일부 열림 (2,3,4,10,11,12층)
5	1월17일 11:00	○	○	에코샤프트 개구부 모두 열림 (2~12층)
6	1월17일 13:10	○		에코샤프트 개구부 모두 닫힘
7	1월17일 13:40	○	○	에코샤프트 개구부 일부 열림 (2,3,4,10,11,12층)
8	1월17일 14:00	○	○	에코샤프트 개구부 모두 열림

표 9.2차 실측: 2012년 4월 2~3일

회차	일시	압력 분포	풍속/풍향	건물조건
1-1	4월02일 14:31	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 모두 닫힘
1-2-1	4월02일 14:55	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 10~12층 열림
1-2-2	4월02일 15:36	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 2~4, 10~12층 열림
1-3	4월02일 16:01	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 2~12층 열림
1-4	4월02일 16:25			외부창 모두 열림 에코샤프트 개구부 2~12층 열림
1-5	4월02일 16:40			외부창 모두 열림 에코샤프트 개구부 2~9, 10~12층 닫힘
2-1	4월02일 18:26	○		외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 모두 닫힘
2-2-2	4월02일 17:58	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 2~4, 10~12층 열림
2-3	4월02일 17:40	○	○	외부창 모두 닫힘 에코샤프트 개구부 2~12층 열림
2-4	4월02일 17:08	○	○	외부창 모두 열림 에코샤프트 개구부 2~12층 열림
2-5	4월03일 16:46	○	○	외부창 모두 열림

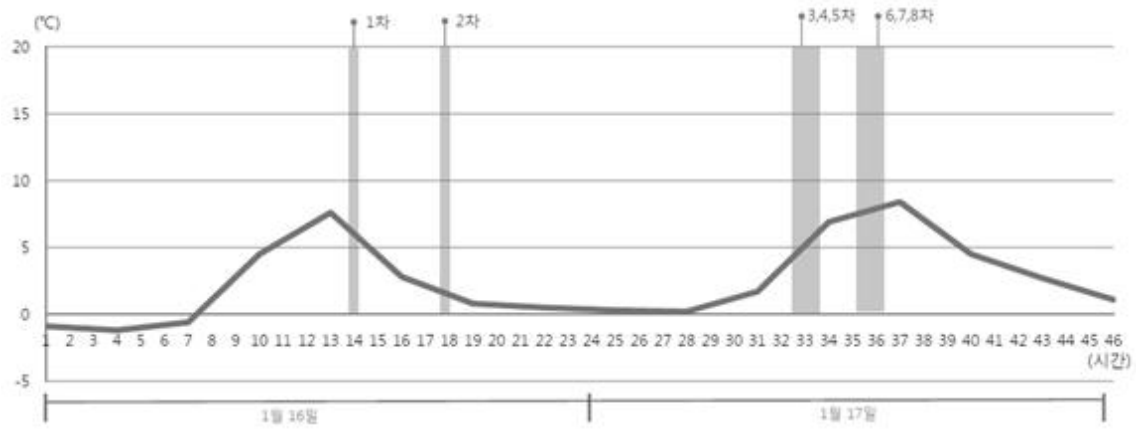
				에코샤프트 개구부 2~9, 10~12층 닫힘
1	4월03일 11:00		○	3층 외부창 닫힘 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
2	4월03일 11:20		○	3층 외부창 열림 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
3	4월03일 11:30		○	3층 외부창 열림 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
4	4월03일 11:50		○	3층 외부창 열림 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
5	4월03일 12:10		○	3층 외부창 닫힘 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
6	4월03일 12:30		○	4층 외부창 닫힘 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
3	4월03일 12:50		○	4층 외부창 열림 에코샤프트 개구부 2~4층 열림
4	4월03일 14:30		○	10층 외부창 닫힘 에코샤프트 개구부 10~12층 열림
5	4월03일 14:55		○	12층 외부창 닫힘 에코샤프트 개구부 10~12층 열림
6	4월03일 15:11		○	12층 외부창 열림 에코샤프트 개구부 10~12층 열림

(2) 실측 당일 기상조건

1차 실측이 진행된 2012년 1월 16~17일과 2차 실측이 진행된 2012년 4월 2~3일 나흘간의 온도, 풍향 및 풍속에 대한 기상데이터를 수집하고 실측 시간대를 표시하였다.

1 차의 1회 차 실측 시 외부 온도는 6℃ 정도였고, 2회 차 실측 시 2℃ 정도였다. 3,4,5회 차 실측 시 평균 5.5℃였고, 6,7,8 차 시 평균 8℃였다. 1~8 차의 외부 평균 온도는 5.4℃로 많이 춥지 않았다.

그림 10. 1차 실측 당일 목포시 온도 데이터

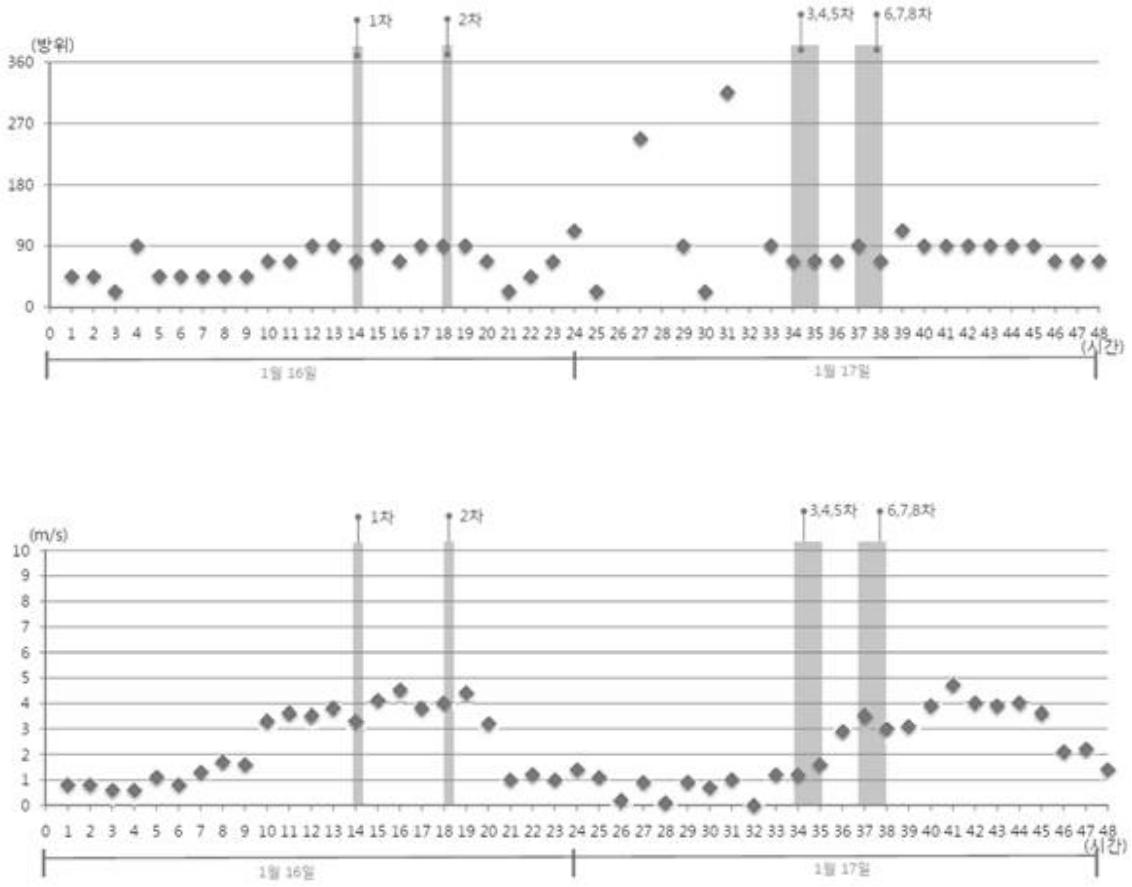


일시: 2012년 1월 16~17일 현재

풍향은 북쪽에서 불어오는 바람을 90으로, 동쪽에서 불어오는 바람을 0, 서쪽에서 불어오는 바람을 180, 남쪽에서 불어오는 바람을 360이라고 정하였다. 이러한 기준을 가지고 보면 1~8회 차 실측 시 바람은 대체적으로 동풍이 불어오고 있었다.

1회 차 실측 시 풍속은 3.2m/s였고, 2회 차 실측 시 4m/s, 3,4,5회 차 실측 시 1.3m/s, 6,7,8회 차 실측 시 3.3m/s였다. 통상적으로 3.3m/s 이상의 바람이 불면 나뭇잎과 작은 가지가 끊임없이 흔들리고 깃발이 가볍게 날린다. 또한, 해상의 물결이 커지고 파도의 마루가 부서져 물거품이 생기는 정도다. 한편, 2차 실측 시 4월 2일의 외부 온도는 평균 15℃ 정도였고, 4월 3일 실측 시에는 평균 7℃ 정도였다.

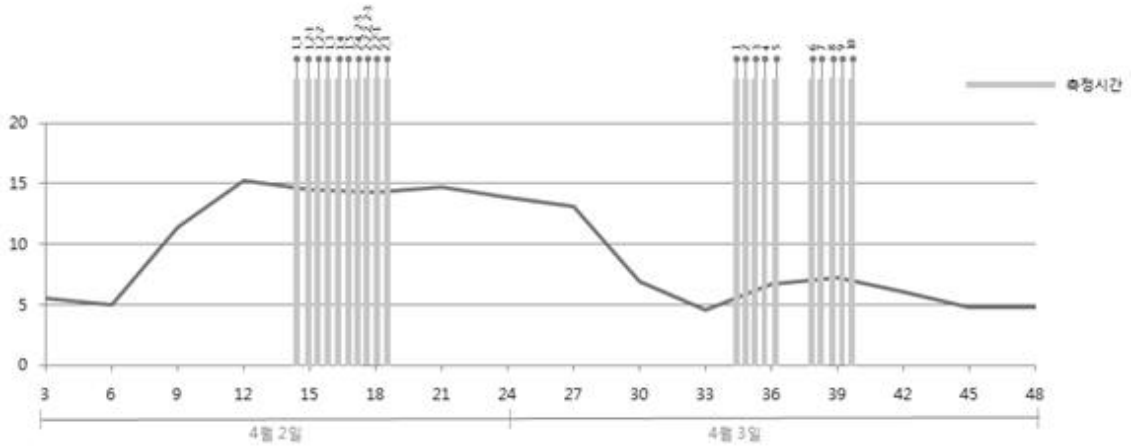
그림 11. 1차 실측 당일 목포시 풍향 및 풍속 데이터



일시: 2012년 1월16~17일 현재

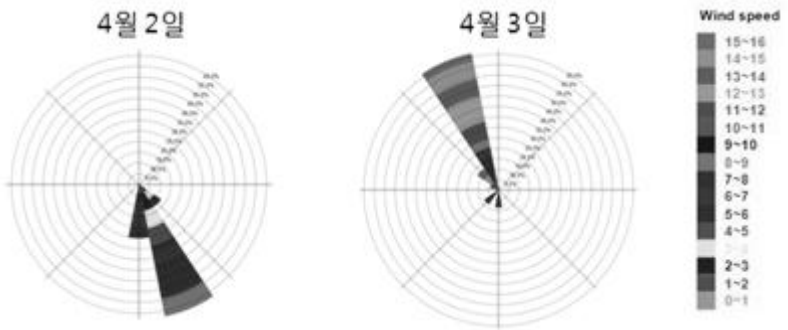
2차 실측 시 목포시의 풍향/ 풍속 데이터는 아래와 같이 바람장미(wind-rose) 형태의 그래프로 정리하였다. 4월 2일에는 남동쪽에서 약 7~9m/s의 바람이, 4월 3일에는 북서쪽에서 약 12~15m/s의 강한 바람이 불어오는 것을 알 수 있다.

그림 12. 2차 실측 당일 목포시 온도 데이터



일시: 2012년 4월 2~3일 현재

그림 13. 2차 실측 당일 목포시 풍향 및 풍속 데이터



일시: 2012년 4월 2~3일 현재

제3절 실측조사 결과

1. 건축물 현황

2011년 11월 말 에코샤프트를 포함한 전남전문건설회관이 준공됨에 따라 ㈜탑건축에 실측을 의뢰하여 실측 도면을 작성하였다.

가. 전남전문건설회관의 건축 개요

전남전문건설회관은 사무소 건물로 외피는 모두 유리로 되어있고, 수직 샤프트는 건물의 중심부에 위치하고 있다. 수직샤프트 양 옆으로 엘리베이터 샤프트와 각종 설비시설(화장실, 배관 샤프트)이 위치하고 있고, 그 외의 공간은 오픈 스페이스로 사무실로 설계되었다. 기준층 평면의 면적은 778.41㎡이고, 환기용 수직샤프트의 면적은 10.25㎡으로 평면에서 약 1.3%를 차지한다. 또한, 자연환기를 위한 수직샤프트에 각 층별로 700㎡의 면적을 갖는 Tilt창이 4개씩 있다.

나. 시공과정에서의 설계 변경사항

설계도서에 따라 시공 된 것이 대부분이나 시공 중의 환경 변화로 인해 몇 가지 변경사항이 발생하였다. 설계변경 등 시공 후 발견된 설계와의 차이점은 다음과 같다.

(1) 3차 반사판의 옥외 설치

집광된 태양광을 에코샤프트 내로 수직 전송하는 역할을 담당하는 3차 반사판(4개)은 설계 시 샤프트 내부에 설치하려 하였으나, 설치비용의 문제로 샤프트 외부 옥상층 바닥에 스탠드로 고정하였다.

그림 14. 에코샤프트 상단부



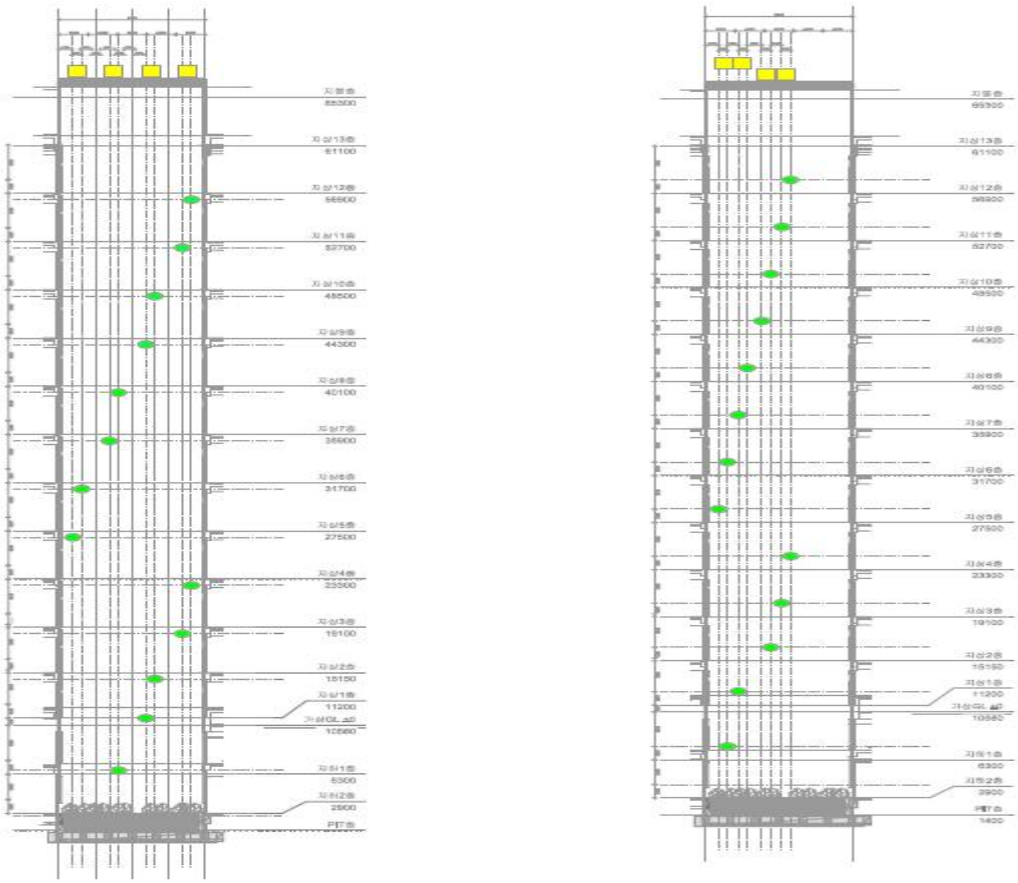
주: 좌: 배치계획, 우: 시공결과, 1차반사판(1-grey), 2차 반사거울(grey)
헬리오 스탯 우측에 측면이 보이는 거울

(2) 3차 반사판의 설치 위치 변경

기 설치된 에코샤프트의 너비 치수는 전남전문건설회관의 평면도면에 잘 드러나듯 엘리베이터 홀의 너비와 동일하게 계획되었다. 이는 평면 배치를 우선시하고 실내 환경 개선을 위해 에코샤프트를 도입한 설계 순서 상 직관적이고 자연스러운 설계결과였다.

그리고, 이 폭을 고려하여 자연채광 시스템 중 3차 반사판의 설치를 그림 15의 좌측 그림과 같이 초기 기획 하였다. 그러나, 헬리오스탯 → 2차 반사판 → 3차 반사판 → 에코샤프트 내로 이어지는 태양광의 집광 및 전송 경로를 분석한 결과, 인접한 3차 반사판 사이의 간격이 적을수록 2차 반사판으로부터 전송되는 태양광이 샤프트 내에 효율적으로 전송된다는 결론을 얻었다. 이는 자연채광 시스템을 구성하는 각 반사판을 배치하는 시공과정 중 더욱 실증적으로 알 수 있다. 따라서, 그림 15의우측그림과같이 3차 반사판을 샤프트의 한 쪽으로 밀접하게 설치하였고, 샤프트 내 각 층에 설치되는 4차 반사판의 위치도 수평이동 하였다.

그림 15. 3차 반사판과 4차 반사거울의 배치계획과 시공결과



주: 좌-배치계획, 우-시공결과

(3) 4차 반사거울의 설치 위치 오차 발생

4차 반사거울의 설치 위치가 설계도면과 차이가 나는 경우, 조명성능 면에서나 심미적으로 부적절한 효과를 낼 수 있다는 사실을 확인하였다. 먼저 지하 2층에 설치된 4차 반사거울은 수평 고정위치에 오차가 발생하여, 실내로 입사된 태양광이 에코샤프트의 유리벽을 고정하는 창호 프레임에 걸리는 사례가 발생하였다. 프레임이 자연채광 면적을 일부 차단할 경우, 설계 시 의도했던 실내 조도를 확보하기 어려울 뿐만 아니라, 미관상으로도 치밀하게 계획되지 않고 설치된 느낌을 준다.

그림 16. 입사된 자연광이 프레임에 걸쳐있는 경우와 그렇지 않은 모습





그림 17. 4차 반사판이 설계보다 높은 위치에 설치되어 상이 찌그러지는 모습





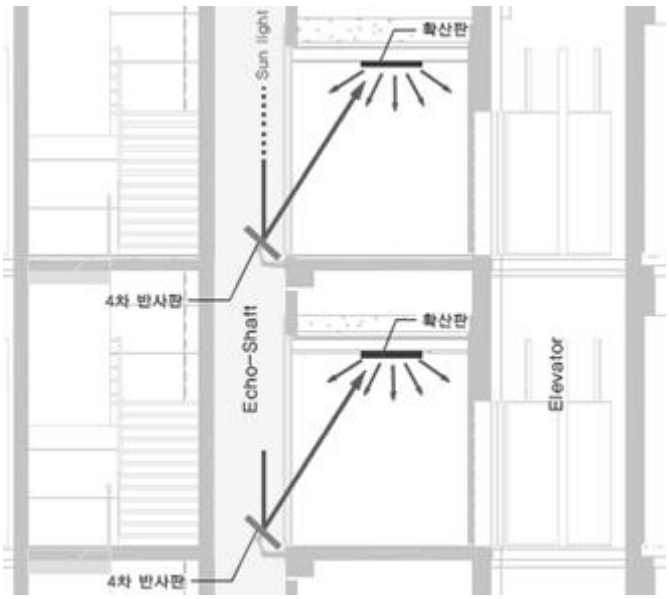
따라서, 향후 에코샤프트 설계시에는 프레임이 없는 타입의 유리 창호를 사용하거나 프레임 간격을 적절히 배치하여 내부로 입사되는 빛의 진행에 프레임이 가려지지 않도록 해야 할 것이다.

한편, 4차 반사거울의 고정에 있어서 설계 도면을 그대로 따르지 않고 수직 위치를 임의대로 하여 시공한 사례가 있었다. 이런 경우 실내로 유입되는 광량(또는 광속, ㏐)은 동일하나, 광선이 천장면에 분포하는 면적은 그림 17과 같이 장축이 매우 긴 타원형태로 넓어지는 것을 관찰 하였다.

(4) 천장 확산판 시공 누락

전남전문건설회관에는 공사비 관계상 각 엘리베이터 홀에 확산판이 설치되지 않아 거울에서 반사된 빛이 직접 엘리베이터 홀 천장(알루미늄 마감재)에 비추고 있다.

그림 18. 확산판의 설계 위치와 기능을 나타내는 단면도



2. 자연채광 효과 실측조사 데이터

가. 집광성능 평가결과

가을철(2011년 9월 21일)과 겨울철(2011년 12월 21일)에 한 차례씩 2회에 걸쳐 집광성능을 측정한 결과, 4차 반사판을 통해 확보되는 광량은 가을철의 경우 최대 14,059㏐[5], 겨울철의 경우 최대 18,041㏐[6]인 것 으로 나타났다.

5) 40w 형광등 약 4.4개를 대체할 수 있는 광량
6) 40w 형광등 약 5.6개를 대체할 수 있는 광량

가을철 최대 실내유입 광량인 14,059㏐을 자연광이 유입되는 공간의 조도로 변환할 경우, 14,059㏐/16㎡=약 800㏓이며, 이 값에 반사판(헬리오스탯과 2차~4차 반사판에 의해 총 4차례 반사, 평균 반사효율 90% 가정)에 의한 보정을 고려할 경우 800x0.9x0.9x0.9=약500㏓의 최대 조도를 얻는다.[7)]

그림 19. 가을철 4차 반사판을 통한 실내유입 광량 측정결과

시각	태양의 위치정보		연직면 직달일사 [W/㎡]	Heliostate 태양입사각 [°]	실내유입 일사량 [W]	실내유입 광량 [lm]	40W*2(32W*2) 형광등 대체수량 [set]
	고도각 [°]	방위각 [°]					
5	3.09	117.45	24.2	58.7	2.5	**254.8**	0.0
6	14.02	108.99	466.8	54.2	55.3	**5529.0**	0.9
7	25.51	100.93	675.9	49.9	88.1	**8811.1**	1.4
8	37.31	92.63	775.8	46.0	109.0	**10904.3**	1.7
9	49.19	83.04	829.9	42.7	123.4	**12344.3**	1.9
10	60.76	69.89	860.2	40.2	133.1	**13311.3**	2.1
11	70.96	46.70	875.9	38.5	138.7	**13873.9**	2.2
12	75.95	0.00	880.8	38.0	140.6	**14059.1**	2.2
13	70.96	-46.70	875.9	38.5	138.7	**13873.9**	2.2
14	60.76	-69.89	860.2	40.2	133.1	**13311.3**	2.1
15	49.19	-83.04	829.9	42.7	123.4	**12344.3**	1.9
16	37.31	-92.63	775.8	46.0	109.0	**10904.3**	1.7
17	25.51	-100.93	675.9	49.9	88.1	**8811.1**	1.4
18	14.02	-108.99	466.8	54.2	55.3	**5529.0**	0.9
19	3.09	-117.45	24.2	58.7	2.5	**254.8**	0.0

일시: 2011년 9월 21일 현재

그림 20. 겨울철 4차 반사판을 통한 실내유입 광량 측정결과

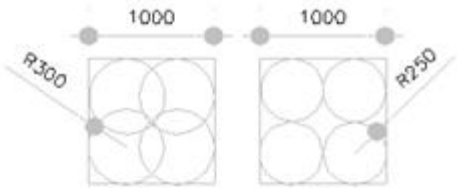
시각	태양의 위치정보		연직면 직달일사 [W/㎡]	Heliostate 태양입사각 [°]	실내유입 일사량 [W]	실내유입 광량 [lm]	40W*2(32W*2) 형광등 대체수량 [set]
	고도각 [°]	방위각 [°]					
5	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전
6	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전
7	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전
8	6.99	53.17	383.8	26.7	69.4	**6939.8**	1.1
9	15.81	42.39	732.1	22.4	137.1	**13710.6**	2.1
10	22.83	29.85	855.2	18.5	164.3	**16425.5**	2.6
11	27.44	15.52	906.0	15.6	176.7	**17669.5**	2.8
12	29.05	0.00	920.4	14.5	180.4	**18041.7**	2.8
13	27.44	-15.52	906.0	15.6	176.7	**17669.5**	2.8
14	22.83	-29.85	855.2	18.5	164.3	**16425.5**	2.6
15	15.81	-42.39	732.1	22.4	137.1	**13710.6**	2.1
16	6.99	-53.17	383.8	26.7	69.4	**6939.8**	1.1
17	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전
18	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전
19	일출전	일출전	일출전	일출전	일출전	**일출전**	일출전

일시: 2012년 12월 21일 현재

7) 단, 천장고 2.3m, 조도측정위치는 바닥면으로부터 0.75m 라 가정

그러나, 위와 같은 실내 조도값은 4차 반사판으로부터 유입된 광속이 와 닿는 천장면의 재질에 따라 값이 매우 큰 편차를 보일 수 있다. 현재는 공사비 관계상 천장면의 확산판이 설치되지 않은 형편이므로, 더욱 정확한 실제 조도(조명성능)를 예상하기 위해서는 알루미늄 마감재로부터 반사될 때의 손실률을 고려해야 할 것이다. 또한, 4차 반사판의 크기를 키움으로서 유입광량을 늘릴 가능성을 생각해볼 수 있다.

그림 21. 4차 반사판의 크기에 따른 빛의 유입 다이어그램



본 에코샤프트의 경우, 4차 반사거울의 면적이 약 0.2㎡(φ500)으로 설계되었으며, 이는 엘리베이터 홀 작업면에서의 실내 유입 조사량을 최소 60lx 이상 확보하기 위해 ㈜엔에스넷 측에서 공학적으로 계산한 결과였다. 그러나, 샤프트의 폭이 4차 반사거울의 크기를 제한하는 요소가 되는데 만일 4차 반사거울의 크기를 현재보다 확대할 경우, 실내 유입 광량은 다소 증가할 수 있지만, 샤프트의 하단까지 전송되는 빛의 양이 현저히 감소하게 된다. 아래 그림은 4차 반사판을 φ600으로 증가시킬 경우 빛의 유입이 샤프트 하단까지 전달되지 않을 수 있음을 간단히 보여준다.

나. 조명성능 평가결과

가을철(2011년 11월 20일)과 겨울철(2011년 2월 24일) 두 차례에 걸쳐 조명성능을 실측하였다. 실측 당시, 전남전문건설회관에 입주시설이 거의 없는 형편이었기 때문에 거의 대부분의 층에서 외부 창을 통한 자연광의 유입이 있었기 때문에 반사거울 시스템만의 절대적 성능효율을 검증하는 것은 불가능 하였다. 그러나, 지상 11층에서는 외부 자연광 유입이 완전히 차단되었다.

표 10. 1차 조명성능 실측결과

	구간별 측정 조도[Lux]									비고
2011. 11. 20.	Group 1			Group 2			Group 3			
조건	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	
① KS조도기준	60-100-150									
② 작업면 조도	※ 외부 직사 조도 : 2147 lux (매우 흐린 날씨)									
지상 12층			397			505			1255	직사광 일부 직접유입

지상 11층			21			82			22	외부유입 완전 차단
지상 10층			67			157			273	외부자연광 일부 유입
지상 9층			180			318			668	
지상 8층			150			280			708	
지상 7층			148			267			685	
지상 6층			95			122			253	
지상 5층			92			114			372	
지상 4층			37			46			105	일부구획 막힘
지상 3층			54			93			401	일부구획 막힘
지상 2층			24			226			38	외부자연광 유입 차단
지상 1층			204			145			146	외부자연광 유입
지하 1층			38			6			18	
지하 2층			11			12			16	
지하2층 식재			1200			1100			1400	

한편, 지하식재 부분의 경우 2차 실측 시 외부 조도가 6,100lx일 조건 하에서 평균 2,000lx 이상의 조도를 측정하여, 기 설치된 에코샤프트가 식물 재배에 충분한 광량을 확보하고 있음을 확인하였다.

표 11. 2차 조명성능 실측결과

	구간별 측정 조도[Lux]									비고
2012. 2. 24.	Group 1			Group 2			Group 3			
조건	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	
① KS조도기준	60-100-150									
② 작업면 조도	※ 외부 직사 조도 : 6100lux (구름이 있는 날씨)									
지상 12층			3300			1100			600	외부 채광 유입
[천창 직사광 유입]				[남측창 직사광 유입]					[전체 확산광 유입]	
										

지상 11층			150			47			105	외부유입 완전 차단




- 창을 통한 외부 채광의 유입이 없으므로, 순수 반사거울에 의한 채광 효과 확인

지상 10층			85			215			255	형광등의 영향 있음





지상 9층			620			275			210	창을 통한 채광 유입




지상 8층			653			280			216	창을 통한 직사광 유입




지상 7층			614			256			207	창을 통한 직사광 유입




지상 6층			615			260			233	창을 통한 직사광 유입




지상 5층			621			262			203	창을 통한 직사광 유입




지상 4층			160			307			237	외부채광/형광등 영향




지상 3층			627			212			205	창을 통한 채광 유입




지상 2층			247			40			80	일부 채광 유입




지상 1층			527			273			401	외부자연광 유입




지하 1층			198			254			166	형광등 영향




지하 2층			12			24			16	





지하2층 식재			2600			2325			2100	







3. 자연환기 효과 실측조사 데이터

가. 절대압 분포 실측 결과

절대압은 총 4곳(외부, 엘리베이터 샤프트, 엘리베이터 홀, 에코샤프트 내부)에서 동시에 측정하였다. 1차 실측 시 총 7회 차에 걸쳐 압력분포를 실측하였으나 외기 풍속이 1.3m/s 수준으로 가장 낮은 3~5회 차 측정 결과만을 분석대상으로 삼는다. 순수한 굴뚝효과만의 구동력을 파악하기 위해서는 외기 풍속의 영향이 적어야 하기 때문이다. 위 그림은 절대압 실측결과를 그래프로 나타낸 것이다. 가장 굵은 선이 에코샤프트 내의 절대압 분포를 나타낸 선이다.

그림 22. 3차 절대압 실측 결과 그래프

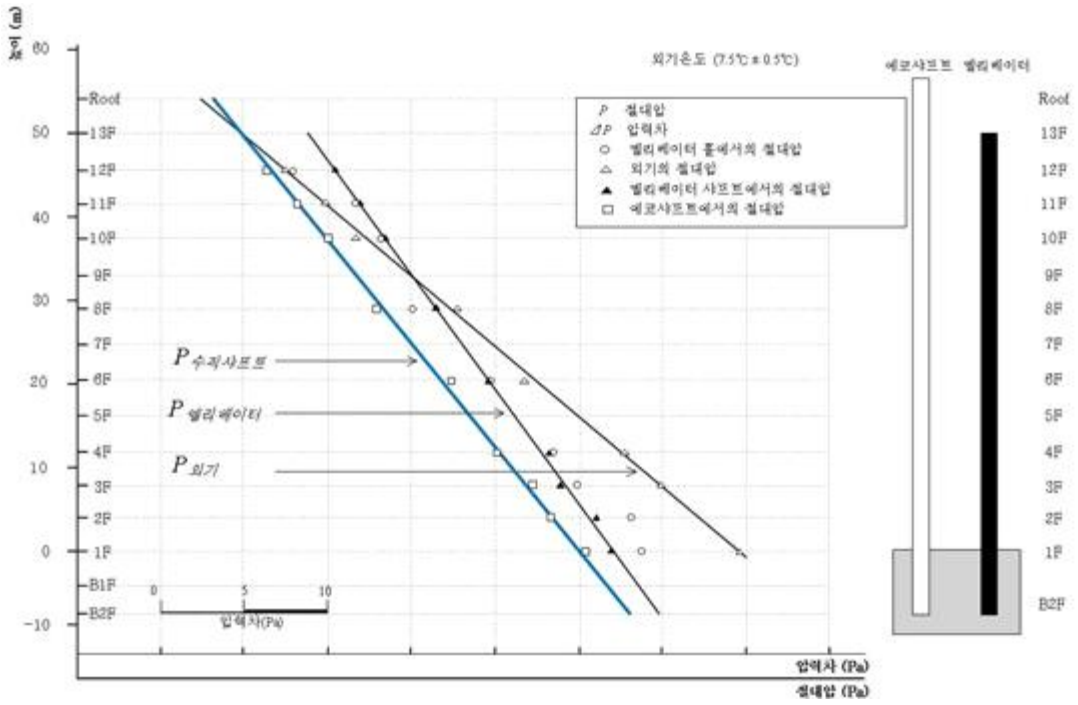


그림 23. 4차 절대압 실측 결과 그래프

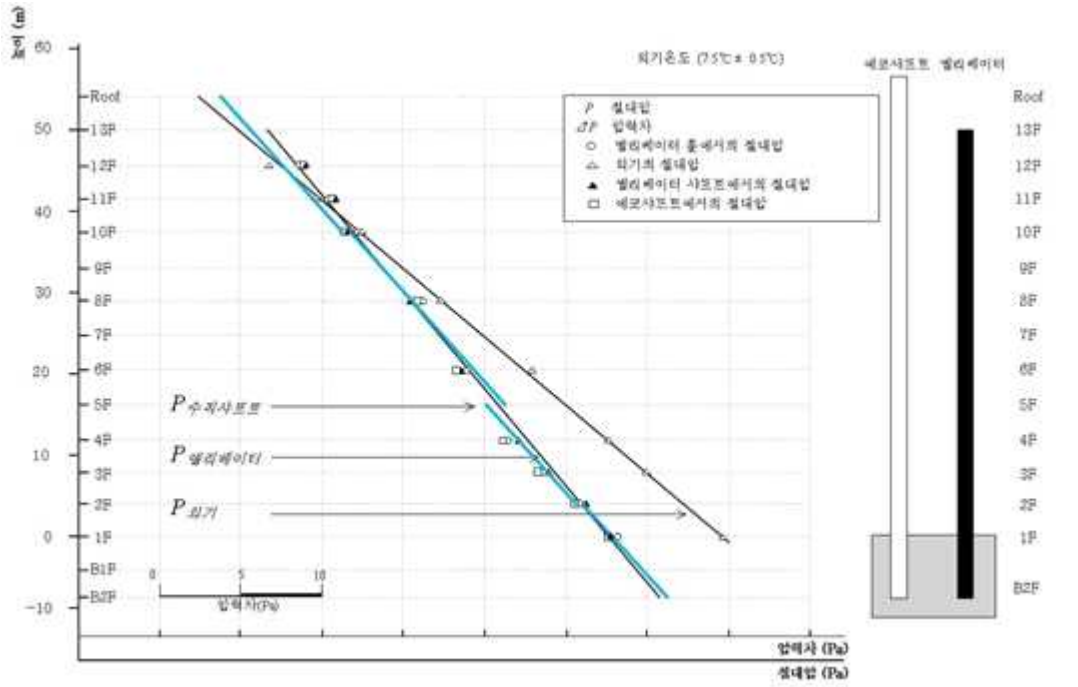
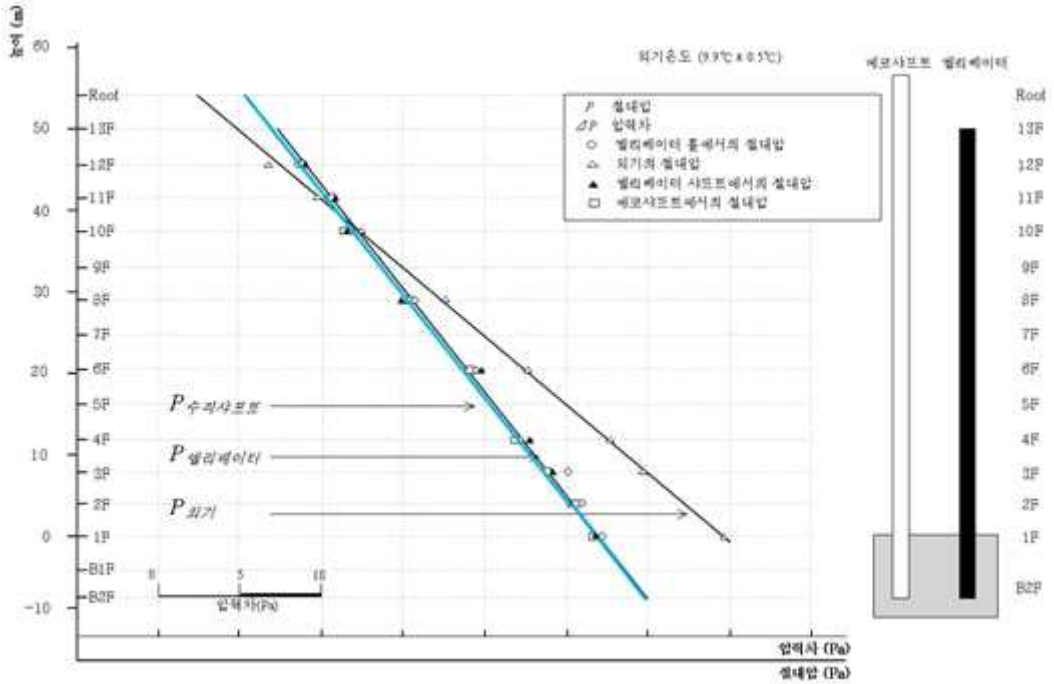


그림 24.　　5차 절대압 실측 결과 그래프



나. 풍속 및 풍향 분포 실측 결과

1차 실측 시, 풍속 및 풍향 실측은 에코샤프트의 개구부를 일부 개방한 경우(4회 차)와 모두 개방한 경우(5회 차)에 대해 에코샤프트의 개구부 전 층 에서 실시하였고 그 결과는 아래와 같다.

그림 25. 풍속 실측 장면



한편, 2차 실측 시에는 3층, 4층, 12층 평면상의 세 점에서 풍향 및 풍속 값을 측정하였다. 통제조건은 외부창의 개폐여부와 에코샤프트 개구부의 개폐상태다. 그러나, 외기의 풍속이 9m/s(4월2일)에서 15m/s(4월3일)로 매우 강하여 외부창을 모두 닫는다고 하더라도 외기의 영향을 무시할 수 없는 수준이었다.

표 12. 에코샤프트 2,3,4,10,11,12층 열림 (1차, 4회 차)

		위치		Ech.Shaft			Ev.Shaft	
층고(m)	높이(m)	층	시각	풍속*	풍향		풍속(입의 값)	풍향
4.20	54.10	13R	10:30	-0.9	-		-0.5	
4.20	49.90							
4.20	45.70	12F		-0.2	-	0.0/0.4	-0.5	-
4.20	41.50	11F		0.5	+		-0.5	-
4.20	37.30	10F	10:26	0.5	+		-0.5	-
4.20	33.10	9F					-0.5	-
4.20	28.90	8F					-0.5	-
4.20	24.70	7F					-0.5	-
4.20	20.50	6F					-0.5	-
4.20	16.30	5F					0.5	+
4.20	12.10	4F	10:24	1.2	+	1.1/1.2	0.5	+
3.95	7.90	3F		0.9	+		-0.5	-
3.95	3.95	2F	10:21	0.5	+		-0.5	-
0.00	0.00	1F					0.5	+
4.90	-4.90	B1F					0.5	+
3.40	-8.30	B2F					0.5	+

*풍속 (-)값은 풍향에 따른 값임

표 13. 에코샤프트 열림 (1차, 5회 차)

		위치		Ech.Shaft			Ev.Shaft	
층고(m)	높이(m)	층	시각	풍속	풍향		풍속(임의 값)	풍향
4.20	54.10	13R	10:58	-1.3	-	1.2/1.3	-0.5	
4.20	49.90							
4.20	45.70	12F	10:56	-0.5	-		-0.5	-
4.20	41.50	11F	10:55		+	둘혹실	-0.5	-
4.20	37.30	10F	10:53		+	미확실(0.0 or 0.8)	-0.5	-
4.20	33.10	9F	10:52	0.5	+		-0.5	-
4.20	28.90	8F		0.2	+	0.0/0.4	-0.5	-
4.20	24.70	7F	10:50	0.4	+		-0.5	-
4.20	20.50	6F		0.4	+		-0.5	-
4.20	16.30	5F		0.5	+	0.4/0.5	-0.5	-
4.20	12.10	4F		0.5	+	둘혹실	-0.5	-
3.95	7.90	3F	10:45	0.0	-		0.5	+
3.95	3.95	2F	10:44	0.4	+		0.5	+
0.00	0.00	1F		0.8	+	0.7/0.8	0.5	+
4.90	-4.90	B1F					0.5	+
3.40	-8.30	B2F					0.5	+

다. 샤프트 내 기류 방향 파악

샤프트 내 눈에 보이지 않는 공기의 흐름 방향을 대략적으로 알기 위해 비분사식 향 연기를 피워보았다. 향 연기의 밀도는 공기와 동일한데도 불구하고 향 연기가 위로 빨려 올라가는 방향을 관찰함으로써, 에코샤프트 내에 연직 상승하는 공기의 흐름이 분명히 존재함을 시각적으로 확인할 수 있었다.

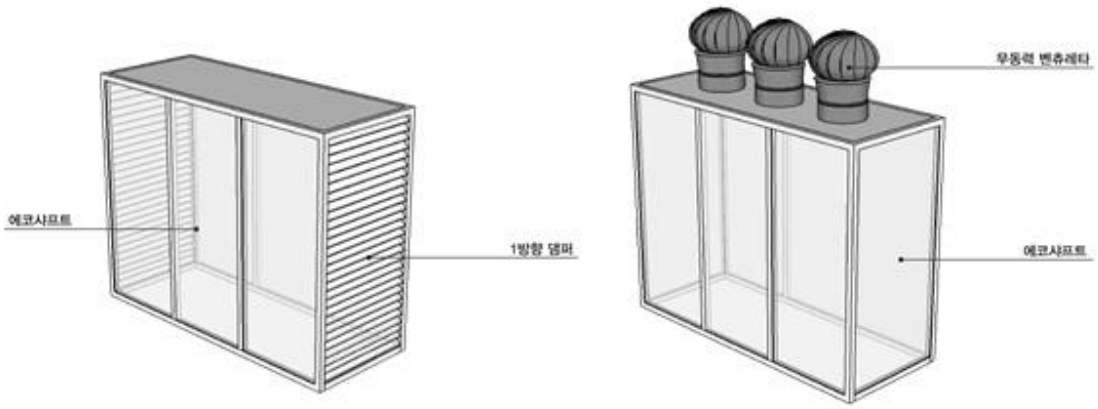
그림 26. 에코샤프트 내에서 상단으로 빨려 올라가는 향 연기





하지만, 최상부층의 경우 샤프트 내 기류의 흐름이 일정한 방향성이 없는 와류 형태가 간헐적으로 발견되었다. 이는 최상층 배기구를 통해 외부 기류의 압력이 에코샤프트 내부에 까지 작용한 것으로, 에코샤프트 말단부 배기의 토출을 원활하게 하기 위한 설계 개선이 필요한 것으로 보인다. 그림 27의좌측은스쿠프하부를통과하는기류의압력을낮추어에코샤프트내의공기를토출시키는방안이고, 우측은 무동력 팬을 이용한 강제 배기 시스템을 설치하는 방안이다.

그림 27. 에코샤프트 최상부 배기구의 개선 방안



4. 실측조사의 결론 및 고찰

가. 실측 도면의 검토 및 고찰

(1) 3차 반사판의 옥외설치 결정

이는 반사판의 이물질 제거 등 직접적인 유지관리 및 보수에 용이하나, 반사판이 풍화에 그대로 노출되는 형태이므로 풍하중의 영향을 크게 받아 장기적으로는 수명이 단축되는 결과를 가져올 것으로 예상된다. 특히, 강한 바람에 반사경의 각도가 변경될 수 있어 이에 대한 보완이 필요한 형편이다. 본 연구 중 보강 공사를 지시하였고, 현재 설치된 반사체들은 시공한 엔지니어가 현장을 방문하여 다시 각도를 보정하는 방법을 취해야 하는 불편함이 있다.

(2) 3차 반사판의 설치 위치 변경

향후 신/개축 건물을 대상으로 하는 또 다른 에코샤프트를 설계할 때는, 4차 반사판의 유효한 배치방법을 염두 해야 할 것이다. 또한 전용면적 감소율을 최소화

하는 에코샤프트의 치수를 결정하는 데 있어서도 채광기능의 확보를 위한 4차 반사거울의 크기를 우선적으로 고려해야 한다.

(3) 4차 반사거울의 설치 위치 오차 발생

에코샤프트의 채광효과를 누리기 위해서는, 설계에 의해 산출된 태양광선의 유입경로를 정확하게 확보하는 것이 가장 중요한 문제이다. 따라서, 모든 반사체들은 시공 과정에서 미세조정을 통해 정확하게 시공되어야 한다. 특히, 최종적으로 건물 내부면을 조사하게 되는 4차 반사거울은 그 중요성이 높다고 하겠다. 하지만, 실측결과 4차 거울의 부착 오류가 매우 많이 발견되었는데, 채광 효과를 높이기 위해서는 현장에서 보다 신중한 공사 관리가 이루어져야 할 것이다.

(4) 천장 확산판 설치되지 않음

본 실측조사 대상인 전남전문건설회관에는 시공비 관계상 광선이 실내에 최종 도달하는 천장면에 확산판이 설치되지 않았다. 그러나, 작업공간의 조도를 더욱 균일하게 하고 조명효율을 높이기 위해 확산판을 설치할 경우에는, 4차 반사거울로부터 반사된 광속이 확산판의 면적 이내에 모두 도달할 수 있도록 4차 반사거울의 수직 고정위치가 충분히 낮고 정확하게 시공되어야 한다. 실내에 들어오는 자연광을 효율적으로 사용하기 위해서는 확산판의 설치가 조속히 이루어져야 하겠다.

(5) 에코샤프트 상층부의 역류 발생

에코샤프트의 최상부층에서는 샤프트 내 기류의 흐름이 일정한 방향성이 없는 와류 형태가 부분적으로 발생했다. 샤프트 내 기류 흐름에 방향성이 없을 경우 환기효과를 제대로 기대할 수 없게 된다. 현장 조사 결과 최상층 배기구를 통해 외부 기류의 압력이 작용에 의한 것으로, 에코샤프트 말단부 배기의 토출을 원활하게 하기 위해 스쿠프 혹은 무동력팬을 설치하는 등의 설계 개선을 통해 보완이 가능한 것으로 판단되었다.

나. 자연채광 효과의 평가

(1) 집광성능 평가

헬리오스탯을 이용한 자연광의 집광 및 전송은 태양광이 조사되는 날의 경우 특별한 조건 없이 양호한 성능을 확보하는 것으로 판단되었다. 그러나, 자동제어장치에 의해 태양을 추적하는 기능을 갖춘 헬리오스탯이 안정적으로 긴 수명 동안 작동하기 위해서는 강한 바람이 불어도 각도가 변경되지 않는 견고한 고정 장치에 대한 연구가 필요하다.

한편, 샤프트 내부에 삼 방향 힌지에 의해 고정된 반사경들은 배우 적절하게 그 역할을 잘 수행하고 있는 것으로 판단된다. 특히, 설치 후 미세조정을 하여야 하는 4차 반사거울의 특성상 유용하므로 향후에도 계속 적용하는 것이 좋겠다.

(2) 조명성능 평가

전남전문건설회관의 에코샤프트를 통해 자연채광이 이루어지는 공간인 엘리베이터 홀은 KS분류법에 따르면 E유형(시작업이 빈번하지 않은 작업장)에 해당되며, 공간의 특성상 최소 60lx에서 최대 150lx의 공간 전반 조도를 가지도록 권장 되어 있다.

이와 비교할 때, 이번 조명성능 평가 결과는 거의 모든 층의 적어도 한 그룹에서 최소 조도 60lx를 넘는 결과를 얻었다.

최소 조도 조건을 넘기지 못하는 경우는 1차 실측에서 지하1층과 2층, 2차 실측에서 지하 2층에 불과했다.

그러나, 자연채광에 의한 조명성능의 평가는 단순히 작업면의 조도를 측정하는 것만으로는 정확한 의미를 도출하기 어렵다. 외부로부터 유입되는 간접 자연광의 영향을 완전히 차단하는 이상적인 조건에서 실측하더라도 얻어진 결과가 에코샤프트의 성능을 객관적으로 대변하지는 않기 때문이다. 그보다는 실제 주어진 조건하에서 외부로부터 들어오는 간접광과 형광등의 영향이 에코샤프트로 인한 자연채광효과와 조화를 이루는 방안에 대해 고민하고 해결책을 제시할 수 있어야 할 것이다.

4차 반사거울에 의해 자연광이 들어오는 천장면에는 원 설계대로 확산판을 설치할 경우 더 높고 균질한 조도를 확보할 수 있을 것으로 기대한다.

다. 자연환기 효과의 평가

(1) 압력분포 실측 결과 분석

자연환기가 일어나는 원리를 샤프트 내 공기와 주변 외기와의 온도차에 의한 공기 비중량 차, 즉 굴뚝효과에 의한 압력차로 예측하고 각 층별 압력차를 조사하였다. 8차에 걸친 실측을 통해 압력차의 분포가 에코샤프트의 개구부 개폐모드에 따라 크게 달라지는 경향이 있음을 관측하였다. 개구부의 개폐모드는 모두 닫은 경우, 일부 개방한 경우, 모두 개방한 경우의 크게 세 가지 모드로 구분할 수 있으므로 각 모드에 대한 특성을 파악해 보았다.

(가) 에코샤프트 개구부 모두 닫은 경우(3차): 동절기 모드

3차 측정은 에코샤프트의 개구부가 모두 닫힌 상태로 자연환기를 위한 수직 샤프트가 외부, 엘립에이터 홀, 엘리베이터 샤프트보다 절대압이 낮으며, 외부의 절대압이 가장 높다. 또한 최상층인 13층에서 외부 절대압 그래프와 실내 수직샤프트의 그래프가 만나 중성대(Neutral Pressure Level, NPL)를 이루고 있다. 이는 외부 공기가 실내로 들어오고, 실내에서 자연환기를 위한 수직 샤프트로 들어가 최상층에서 건물 밖으로 배기가 됨을 뜻한다.

(나) 에코샤프트 개구부 상하단 3개층 개방 (4차): 중간기 자연환기 최대모드

4차 측정은 에코샤프트의 개구부 중 저층부 3개층과 고층부 3개층이 열린 상태로 에코샤프트의 추세선은 개구부가 열린 구간과 열리지 않은 구간으로 3개의 구간으로 나뉜다. 실내와 샤프트와의 기울기 차이는 거의 없다. 수직 샤프트의 개구부가 열린 층에서 실내보다 더 낮은 절대압 그래프로 실내에서 수직샤프트로 이동하는 공기의 힘이 개구부가 닫힌 층보다 크다. 또한, 외부와 에코샤프트 간의 중성대 위치가 3차보다 낮은 층(11층)에 생성된다. 이것은 12층부터 수직샤프트의 공기가 실내로, 실내에서 외부로 나가고 있음을 나타낸다. 이는 수직샤프트 최상층 유출구의 비율이 유입되는 부분에 비해 작아서 나타나는 현상으로 판단된다.

(다) 에코샤프트 개구부 모두 개방 (5차): 중간기 자연환기모드

5차 측정은 에코샤프트의 개구부가 모두 열린 상태로, 실내와 에코샤프트간의 압력차가 억의 없는 것으로 측정되었다. 또한, 외부와 에코샤프트 간의 중성대는 10층에서 생성되며, 11층부터 에코샤프트 내의 공기가 실내로, 실내에서 외부로 빠져나가고 있음을 나타낸다. 4차 측정과 마찬가지로 에코샤프트 최상층에 위치한 유출구의 비율이 작아서 나타나는 현상으로 판단된다. 따라서, 에코샤프트의 유출구 크기를 더 늘리면 개구부를 개방했을 때에도 자연환기가 원활하게 가능할 것으로 판단된다.

세 개의 케이스로 구분하여 실측한 결과, 각각의 케이스에서 에코샤프트의 각 층별 개구부의 개폐가 중성대의 위치에 영향을 미치는 것을 파악할 수 있었다. 즉, 수직샤프트의 개구부를 개방한 층이 많으면 많을수록 건물 전체 중성대의 위치가 낮아지는 것으로 나타났다. 이러한 경우, 고층부에서는 아래층에서 올라오는 공기가 실내로 다시 유입되는 역류가 발생할 수 있으므로 유출구가 위치한 최상층에서

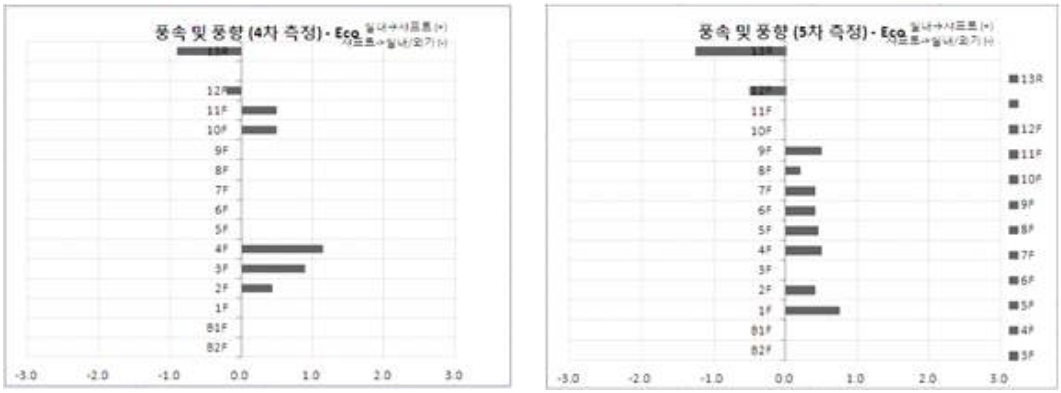
만 배기가 될 수 있도록 수직샤프트의 개폐 사이징에 관한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

반면 에코샤프트의 개구부가 모두 닫힌 경우(3차), 설계 시 의도한 자연환기효과, 즉 수직샤프트 내의 절대압인 공기 밀도만으로 부력을 발생시켜 최상층에서 공기를 배기 시키는 방법이 유효한 것으로 판단된다. 그러나, 동절기 모드에서의 굴뚝효과는 차가운 외기유입을 유발시키므로 실내온도 저감으로 인한 에너지 손실 측면에 대한 추가적인 고려가 필요할 것으로 판단된다.

(2) 풍속 및 풍향 실측 결과 분석

4차와 5차 실측 시 샤프트의 기류를 측정해 본 결과, 평균적으로 0.6m/s 정도의 풍속을 유지하고 있어, 샤프트를 통해 환기의 가능성이 충분히 있는 것으로 파악되었다. 전체 개구율이 높은 5차에서 유출 풍량이 증대하였고, 미비하지만 층별 풍량의 차이가 존재하는 것을 관측하였다. 대부분의 층에서 수직샤프트로 공기가 유입이 되어 최상부에 다다랐을 때 수직샤프트에서 외부로 빠져나오는 것을 알 수 있었다.

그림 28. 풍속 및 풍향의 층별 분포



그러나, 고층부에서 샤프트 내기가 외부로 역류해 나오는 경우도 있었으며, 이는 샤프트 내외부간 압력차이의 변동에 의해 발생된 것으로 추정된다. 새로운 샤프트를 설계할 시에는 각 층 개구부의 크기와 개수 계획을 충분히 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

한편, 샤프트의 기류를 흩트리는 주요 요소는 지하주차장과 1층 로비로 판단된다. 이 두 가지 층은 모두 실외기와 직접 면할 수 있는 곳으로서, 지하층은 주차장 램프를 통해 유입되는 실외 압력이 계속 변동하게 되고, 1층의 로비는 출입구를 통해 지속적으로 내부 압력이 변동되는 곳이기 때문이다. 따라서, 안정한 기류를

유지하기 위해서는 이 두 개 층은 전체 층의 기류흐름을 원활히 하기 위해 운영상 샤프트의 개구부를 열지 않는 것이 바람직 할 것이다.

기타 환기 측면에서 유리의 기밀도가 중요할 것으로 파악하였는데, 약 20층을 전후해서는 일반 창호의 기밀도 정도면 충분할 것이다. 하지만, 초고층의 건물에 적용하는 경우라면, 창호의 개폐와 유리와 창문틀의 기밀도가 매우 중요한 요소로 작용할 것이다.

(3) 환기기능 개선을 위한 방안 논의

에코샤프트의 환기 성능을 향상시키기 위해서 샤프트 상부에서 배기성능을 늘리는 방안을 생각해 볼 수 있다. 우선 상부에 무동력 팬 등을 달아, 바람의 속도에 따라 배기가 증대되는 시스템을 도입하는 것과 상부 벽체의 일부를 유리로 바꾸어, 태양이 조사될 때 상부의 공기 온도가 상승될 수 있도록 하여 상부 공기가 배출되기 쉽게 하는 방안이 논의 되었다. 또한 샤프트의 최상층 부분에는 유리가 아닌 콘크리트로 마감(백색 페인트)된 부분이 있는데 이는 유리로 처리되는 것이 더 효율적일 것이다.

결국 향후 에코샤프트의 계획을 위해서는 에코샤프트의 구동력과 외기를 통한 수평적인 바람에 의한 구동력을 함께 고려하여야 하고, 이를 위해서 동절기 및 간절기 실측에서 발견된 개선 및 대책을 충분히 고려한 설계 프로세스를 수립하고 검증하는 과정을 거쳐야 할 것으로 판단된다.

라. 기타 부차적 효과에 관한 논의

(1) 조경 및 인테리어 효과

최하층에 조성된 조경은 현재 매우 무성하게 잘 자라고 있으나, 공사시 배수설비와 급수설비가 빠져, 유지관리에 어려움이 있을 것으로 파악하였다.

특별한 비료나 관수설비는 필요치 않으나, 수전 1개소와 배수설비만 있으면 될 것으로 파악하였고, 토심은 최소 60㎝ 정도면 충분할 것으로 파악하였다. 현재 설치된 토심은 1.5m로 충분하지만 필요이상으로 과다한 편이다. 식재는 현재 바닥에만 심겨져 있으나, 샤프트 내부 벽체에 선형으로 벽면 녹화하는 것이 지하층에서 시각적으로 더 강력한 효과를 줄 수 있을 것이다. 한편, 지하주차장에서 건물 내부로 혹은 엘리베이터에서 진입층 홀로 들어설 때 맞이하게되는 햇빛은 그 자체만으로도 충분히 차별적인 인테리어 요소가 될 수 있다.

그림 29.　　자연광 상태에서의 지하층 식재 모습



그림 30.　　자연광 상태에서의 기준층 코어 모습



(2)　보온 및 난방효과

자연채광시스템을 통해 태양광을 실내로 직접 유입함으로써, 겨울철 실내기온을 상승시켜 난방 부하를 줄이는 효과를 기대할 수 있는데, 공조를 통한 대류 열원이 아닌 태양열의 복사열을 직접 접할 때의 쾌적함은 부가적으로 얻을 수 있는 이점이라 하겠다. 또한 각 층에서 태양광이 직달 입사하는 부분에 렌즈 등의 간단한 광학계를 설치한다면 태양에너지를 이용하여 물을 데우는 등의 잠재적 이용가치도 내재되어 있다.

제4절 에코샤프트의 성능제고

1. 조명성능 개선

가. 자연채광에 의한 전기에너지 절감 분석

에코샤프트의 자연채광기술에 따른 실내조명효과와 이에 따른 인공조명 대체효과를 바탕으로 연간 절감되는 전기에너지를 계산해 보면 다음과 같다.

① 에코샤프트의 조명기구 대체효과 = 43.9 %
② 엘리베이터홀의 연간 조명에너지 사용량
= 20W(형광등 용량)×1.15(역률)×8개(조명기구 수)×14층×3285시간(연간 운영시간)
= 8,462 KWh/year
③ 에코샤프트의 조명에너지 저감량 = ② × (100 - ①) = 4,663 KWh/year

또한, 에코샤프트 자연채광기술에 의한 조명에너지 저감량을 기준으로 이산화탄소배출 저감 효과를 산출해 보면 다음과 같다.

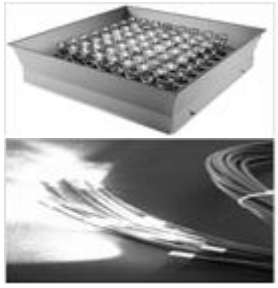
④ 에코샤프트의 이산화탄소 배출 저감량
= 조명에너지 저감량 × 전기에너지 기준 이산화탄소 배출계수
= 4.663 MWh/year × 0.424 tCO2/MWh
= 1.98 tCO2/MWh

즉, 에코샤프트 자연채광기술을 적용하여 전남전문건설회관 건물은 연간 약 1.98톤의 이산화탄소배출을 저감할 수 있다.

나. 자연광 이송방법에 대한 대안 비교

전남전문건설회관과 같이 에코샤프트의 자연채광은 원거리 광전송이 가능한 시스템의 특성을 요구하게 된다. 현재 상용화된 원거리 광전송용 자연채광시스템은 Heliostat과 같은 반사거울형과 광덕트형, 그리고 광섬유형으로 구분할 수 있다. 일반적으로 세 가지 타입의 자연채광시스템의 특성은 다음과 같다.

표 14. 자연채광시스템의 타입별 특성 비교

구분	반사거울형	광덕트형	광섬유형
형태			
집광면적 (표준사양기준)	4㎡	0.3㎡	0.2㎡
유효 광전송거리	≤ 1㎞	≤ 10m	≤ 30m
광전송효율 (유효거리기준)	100%	30%	30%
적용공간	대공간, 아트리움 등	지하주차장, 건물최상층	외부곡간에 인접한 밀폐공간
			

전남전문건설회관과 같이 약 66m 길이의 에코샤프트공간에 유효한 태양광을 공급하기 위해서는 반사거울형 자연채광시스템이 가장 효율적인 것을 알 수 있다. 광덕트는 광덕트 길이 10m에서 집광부에 유입된 태양광의 30%만이 실내로 공급되며, 광섬유형의 경우 또한 30% 광전송 효율을 확보하기 위해서는 30m 이내로 광전송가 제한되는 특성이 있다.

또한, 동일한 외부 태양광 밀도(조도)를 기준으로 집광면적에 따라 집광되는 광량(광속량, lm)이 결정되는 점을 고려할 때 집광면적이 상대적으로 넓은 반사거울형시스템의 집광성능이 가장 우수한 것을 알 수 있다. 집광량 및 광전송 특성에 따라 각 자연채광시스템 타입별 적용공간의 특성이 구분된다.

다. 조도 균질성 확보

실내조도의 균질성 즉 균제도는 조명의 방식에 따른 조명효과에 따라 결정되는 것으로, 조명계획 측면에서 균제도를 향상시키기 위한 방법은 간단하게 정리할 수 있다.

(1) 광원의 수량 증가

광원의 수량 증가 측면에서 보면, 현재 전남전문건설회관과 같이 각 층별 태양반사광이 하나의 경로로 유입되는 방법을 2개 이상의 광경로로 구성하는 방법으로 균제도를 향상시킬 수 있다. 즉 각 층별 한 개로 구성된 4차 반사판의 숫자를 증가시키는 방법이다.

넓은 배광분포의 조명기구 사용은 전남전문건설회관의 초기설계안에 반영된 엘리베이터 천장의 확산반사판과 같이 고반사율의 반사판을 통하여 반사광이 주변으로 넓게 조명될 수 있는 계획이 필요하다. 전남전문건설인회관 엘리베이터실 천장에 비쳐진 태양광은 주변의 천장의 밝기에 비해 상대적으로 높은 휘도를 나타내어 시각적으로 휘도대비에 의한 주변의 밝기가 상대적으로 더 어둡게 느껴지는 문제를 야기하고 있다. 그림 36은 균제도를 향상시기키 눈부심을 방지하기 위하여 확산반사판을 이용한 조명장치의 예이다.

그림 31. 확산반사판을 이용한 조명장치 사례(인공조명)



(2) 넓은 배광분포의 조명기구 사용

Heliostat과 같은 반사거울형 자연채광시스템에서도 고밀도의 태양광으로부터 눈부심을 방지하고 효과적인 실내 조명을 위하여 여러 가지 현의 확산반사판 및 확산투과체를 사용하고 있다. 그림 37은국외에적용된 Heliostat의 실내 조명장치의 종류를 보인 것이다.

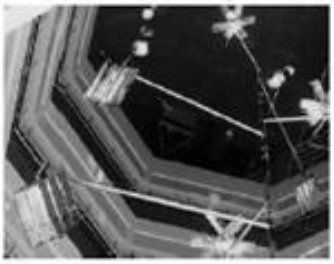
그림 32. Heliostat 적용공간의 실내조명 장치 사례



Single mirrors fixed on the ceiling



Many round dichroic glass filters on stainless steel bars



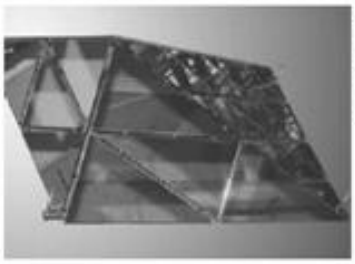
Chandelier made out of prismatic squares



Chandelier made out of many dichroic filters suspended by means of stainless-steel bars



Single mirrors fixed on swivel ball heads retained by meaning of stainless steel ropes on the ceiling



Mirror construction made out of many triangular glass mirrors



Frame with many prismatic squares (each movable)



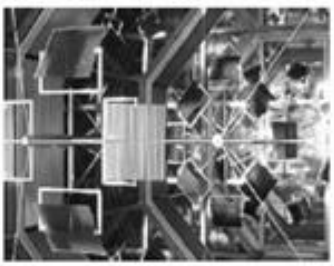
Dichroic filters suspended by means of stainless steel bars



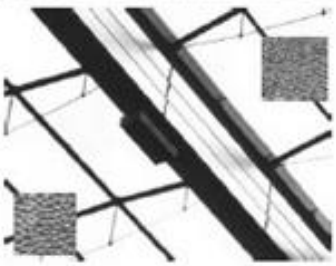
Bigger single round mirrors on swivel ball heads fixed on the glass ceiling construction



Mirror pyramid made out of glass mirrors



Chandelier made out of many prismatic squares and dichroic filters



High reflecting aluminium sheets (with structured surface or without) 75%-90% reflection

2. 환기성능 제고

가. 샤프트 내부의 환기소음 평가

1차 연구결과에 따라 에코샤프트의 소음 측정을 실시하였다. 측정을 객관성을 확보하기 위하여 해당 지역에서 풍속이 높은 겨울철과 봄철의 2회에 걸쳐 실시하였고, 1차 실측은 동절기인 2013년 1월26일 이루어졌다. 당일 기상청 자료에 의하면, 외부 평균 기온 -9.2 ℃ 였고, 평균 운량은 7.4, 외부 평균 풍속은 5.2m/s였다. 다만, 실측팀이 옥탑에서 풍속계로 실측한 바에 의하면, 8 m/s ~ 12m/s 정도로 강풍이 불고 있는 날씨였다. 2차 실측은 2013년 3월 15일에 있었다. 이는 간절기의 불안한 기상상태를 고려한 것이었고, 당시 기상청 자료는 외부 평균 기온 4.6 ℃, 평균 운량 1.5였으며, 외부 평균 풍속은 1.9m/s 로 1차 실측 당시에 비해 온화한 기후조건이었다.

소음의 측정은 매 층의 샤프트에서 창문이 위치한 남북측 양쪽 모두에서 실시하였는데, 창문을 닫은 상태에서 실내부와 창을 연 상태에서 샤프트 내부의 소음을 각각 측정하여 환기 기류가 발생할 때의 소음을 비교할 수 있도록 하였다. 측정에 사용된 기기는 대만에서 제조한 TES-1357기를 사용하였는데, 이 기기는 0.1db 단위로 측정이 가능하고, 30~130db까지 측정이 가능한 장비였다.

그림 33. 소음 실측 위치



그림 34. 소음 실측 사진



표 15. 1차 소음측정 결과

층별	남측 창		북측 창	
	샤프트 내부	실내부	샤프트 내부	실내부
지상12층	40.4dB	41.0dB	40.1dB	41.8dB
지상11층	38.7dB	38.1dB	36.7dB	35.8dB
지상10층	39.5dB	30.0dB	37.7dB	30.0dB
지상9층	34.4dB	30.0dB	38.7dB	32.1dB
지상8층	36.7dB	30.0dB	32.2dB	30.0dB
지상7층	35.2dB	30.0dB	37.8dB	30.0dB
지상6층	34.8dB	30.0dB	31.3dB	30.0dB
지상5층	39.2dB	30.0dB	34.4dB	30.0dB
지상4층	32.5dB	30.0dB	36.6dB	30.0dB
지상3층	37.2dB	30.0dB	32.9dB	30.0dB
지상2층	34.2dB	30.0dB	35.2dB	30.0dB
지상1층	33.6dB	38.0dB	33.9dB	37.8dB
지하1층	33.6dB	30.0dB	-	35.1dB
지하2층	-	30.0dB	36.0dB	39.5dB

일시: 2013년 1월 26일 15:00~18:00

* 최상층은 옥상 공조실로부터 실내부 소음유입 유인이 큼

** 지상1층의 경우 로비를 통한 외부 바람이 샤프트로 유입되는 기류발생에 의한 소음 발생임

*** 지하2층 북측 실내부는 주차장으로부터의 침기소음 유입에 의한 것임

측정결과 1차의 외부 풍속을 감안하여 볼 때, 상부는 샤프트 내부의 기류 소음은 지상 10층 이상에서 유의하게 발견되었는데, 상부 창호의 기밀도가 보다 요구되거

나, 현재 그릴로 처리된 최상층 배기부분으로부터의 역류현상도 추정 가능하기에, 다른 방식으로 전환하여 소음을 줄여야 하는 방안으로 진행되어야 할 것이다.

한편, 저층부와 지하층의 경우 외부에서 유입되는 기류의 유속이 매우 강한 것으로 발견되었는데, 건축물 설계시 코어부가 외부에 직접 노출되지 않도록 하는 등 유속을 완화시켜 주는 기술적인 대책이 필요한 것으로 보인다.

표 16. 2차 소음측정 결과

층별	남측 창		북측 창	
	샤프트 내부	실내부	샤프트 내부	실내부
지상12층	40.0dB	42.0dB	41.0dB	40.2dB
지상11층	39.5dB	36.0dB	37.0dB	33.0dB
지상10층	38.0dB	30.0dB	37.0dB	30.0dB
지상9층	35.8dB	30.0dB	36.9dB	30.0dB
지상8층	34.0dB	30.0dB	33.1dB	30.0dB
지상7층	32.1dB	30.0dB	32.5dB	30.0dB
지상6층	31.0dB	30.0dB	30.3dB	30.0dB
지상5층	32.0dB	30.0dB	32.0dB	30.0dB
지상4층	32.0dB	30.0dB	32.4dB	30.0dB
지상3층	32.2dB	30.0dB	30.0dB	30.0dB
지상2층	32.4dB	30.0dB	32.0dB	30.0dB
지상1층	33.0dB	32.0dB	31.4dB	32.4dB
지하1층	33.4dB	30.0dB	-	33.0dB
지하2층	-	30.0dB	32.0dB	34.5dB

일시: 2013년 3월 15일 10:00~16:00

* 최상층은 옥상 공조실로부터 실내부 소음유입 유인이 큼

** 지상1층의 경우 로비를 통한 외부 바람이 샤프트로 유입되는 기류발생에 의한 소음 발생임

*** 지하2층 북측 실내부는 주차장으로부터의 침기소음 유입에 의한 것임

결론적으로 에코샤프트에서 발생하는 기류 소음은 생활환경에 큰 영향은 없는 것으로 판단하였다. 샤프트 내부의 풍속이 있지만, 소음을 유발할 정도는 아니며, 지속적으로 풍속이 바뀌어 실제로 인지되는 것은 거의 없다고 할 수 있다.[8] 하지만, 외부 풍속에 따라 최상부는 소음이 발생할 수 있는 가능성이 있고, 이에 대해선 보완이 필요하다고 판단하였다. 보완 방법으로는 다음 두 가지를 고려해 볼 수 있겠다.

첫째, 최상부 배기구의 경우 현재 그릴로 설치되어 있어, 외부 풍속이 샤프트 내부로 역류할 수 있는 가능성을 원천적으로 가지고 있다. 따라서, 윈드 스쿠프, 무동력 팬 등의 도입을 통해 일정 방향의 공기 흐름을 유도함으로써, 소음을 줄이고 샤프트 내부 흐름을 일정하게 유지할 수 있도록 하는 시스템이 요구된다.

8) 전남전문건설회관의 경우와는 달리, 20층이 넘어갈 경우에는 별도로 판단해야 할 것으로 보인다

둘째, 외부에 노출되는 상부창호의 기밀도를 개선하여, 외부 조건에 의해 소음이 발생하지 않도록 조치한다. 거의 모든 고층 건축물의 경우 최상층에 공조실 등의 기계설비가 위치하게 되어 여기서 발생하는 소음의 유입은 불가피하다. 그렇지만, 창호의 기밀도를 높이는 등 창호 성능을 향상시켜 이를 완화시킬 수 있을 것으로 기대한다.

한편, 저층부와 지하층에서 발생되는 외기 기류에 의한 소음 문제는, 에코샤프트가 위치하는 코어부가 외부에 직접적으로 노출되지 않도록 하거나, 기계적으로 유속을 완화시키는 장치가 필요해 보이는데, 이는 건축설계단계에서 해당 문제를 적극적으로 고려하여 결정해야 할 것으로 판단된다.

나. 기계환기 장치의 필요성

1차 연구결과에 따르면 에코샤프트를 설치한 건물의 중간기의 환기성능은 모든 층에서 요구되는 최소외기량을 만족하는 것으로 나타났으며, 심지어 바람이 전혀 불지 않는 외기조건에도 샤프트 굴뚝효과로 인해 외기를 유입하여 기계환기장치 없이도 전 층 최소환기요구량을 만족하였다.

그러나, 30층 이하의 고층건물에 에코샤프트를 적용하여 중간기의 환기성능을 검토한 2차 연구결과에 따르면 에코샤프트를 설치하더라도 환기가 전혀 되지 않는 층이 있었으며, 이러한 층의 복도는 “ㅁ”자 형태의 개구부가 없는 특징이 있었다.

이에 따라 외기를 실내로 유입할 수 있는 유입풍도를 설치하거나, 유입풍도의 설치가 미관상, 구조상으로 어려운 경우, 복도 안까지 기류를 유입할 수 있는 별도의 기계환기 장치가 필요하다고 판단되었으며, 이 두 가지 대안에 대하여 자연환기성능을 검토하였다.

먼저 환기가 되지 않는 각 층마다 복도의 천정과, 플래넘의 외피의 개구부를 설치하여, 이를 연결한 유입풍도를 계획하였으며, 기류해석을 통하여 자연환기 성능을 검토하였다. 검토결과, 모든 층(2~7층)에서 유입풍도를 통해 신선외기가 실내로 유입되었으며, 복도를 통과한 외기가 샤프트로 다시 유입되어 에코샤프트를 통한 자연환기가 잘 이루어지는 것으로 나타났다.

또한, 유입풍도의 설치가 어려운 경우에는 기계환기장치의 설치로 환기성능을 개선하는 것이 필요하며, 이에 따라 환기가 되지 않는 각 층마다 요구되는 최소외기량 만큼 강제 배기되도록 환기장치를 설치하였고, 기류해석을 통하여 기계환기장치의 설치에 따른 기류분포를 검토하였다.

검토 결과, 모든 층(2층~7층)에서 샤프트의 기류가 양 복도 끝에 설치된 강제배기장치로 유입되었으며, 이로 인해 엘리베이터 홀과 복도의 환기성능이 크게 개선되었다.

이와 같이 에코샤프트를 설치하더라도 복도에 외기를 유입하거나 유출할 수 있는 개구부가 없는 경우에는 자연환기를 유도할 수 있는 유입풍도를 만들어주거나,

유입풍도의 설치가 어려운 경우, 기계환기장치를 설치하여 환기성능을 개선해주는 것이 필요하다고 판단된다.

이상의 내용은 중간기를 대상으로 한 환기성능 검토 결과에 대한 내용으로 유입풍도나 기계환기장치는 자연환기를 위해 샤프트의 창이 모두 열릴 때 작동하며, 냉난방을 하는 동절기 및 하절기에는 열손실을 최소화 하기 위해 샤프트의 개구부가 모두 닫힐 것 이므로 유입풍도나 기계환기장치는 작동하지 않을 것이다. 단 하절기에 실외온도가 실내설정온도보다 낮아 외기냉방을 할 경우에는 중간기와 마찬가지로 에코샤프트의 개구부를 열어 자연환기를 할 것이고 복도에 창이 없는 2~7층부분에는 유입풍도나 기계환기장치가 작동될 것이다.

더 상세한 유입풍도 및 기계환기장치의 적용 검토의 연구 내용은 아래 3장 4절 고층건물의 적용방안 중 환기성능 검토에서 “(마) 에코샤프트의 자연환기 개선 대안”의 보고서를 참고한다.

다. 자연환기의 실효성 및 경제성 제고

(1) 자연환기의 실효성

1차 연구결과에 따르면 샤프트의 기류 실측 결과, 평균적으로 0.6m/s 정도의 풍속을 유지하고 있어, 샤프트를 통해 환기의 가능성이 충분히 있는 것으로 파악되었으며, 전체 개구율이 높은 5차 측정에서 유출 풍량이 증대하여 개구율과 비례하여 환기성능이 좋아지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 대부분의 층에서 수직샤프트로 공기가 유입이 되어 최상부에 다다랐을 때 수직샤프트에서 외부로 빠져나오는 것으로 실측되어 실제로 샤프트를 통한 환기가 원활이 되는 것으로 나타났다.

(2) 경제성 제고

기류해석을 통한 환기성능을 검토한 2차 연구결과에서도 전혀 환기가 되지 않는 20층 건물을 대상으로 에코샤프트 설치 후 기류해석을 한 결과 전 층 요구되는 환기량을 크게 만족하는 것으로 나타났다.

2차 연구에서는 위 결과에 따라 중간기 에코샤프트 설치에 따른 환기성능 풍량 산출 결과를바탕으로 에코샤프트에 직접적인 영향을 미치는 엘리베이터 홀과 복도부분을 대상으로 환기성능 개선 효과를 반영한 연간 에너지 소비량과 운전비용을 산정하여 분석하였다.

그 결과, 에코샤프트를 설치하지 않은 경우 중간기 엘리베이터 홀과 복도의 최소기준의 환기를 위해서는 510.6kWh/년의 전력이 소비되는 반면 에코샤프트를 설치하여 자연환기를 도입한 경우에는 137.7kWh/년의 전력이 소비되 372.9kWh/년의 전력량이 절감되며, 이를 전기비용을 환산하는 경우 연간 39,469.0원 절감되는 것으로 분석되었다. 전력량이나 전기요금만을 분석하였을 경우에는 그 절대량이 크

지 않으나, 에코샤프트의 도입에 따라 중간기 환기를 위한 전력량이 73.0%나 절감되는 것으로 나타나 건물의 규모가 크거나 층수가 높아 에코샤프트를 이용하여 자연환기를 적용할 수 있는 공간의 규모가 커질 경우에는 에너지소비 절감량 및 운전비 절감액은 매우 커질 것으로 예상되었다.

이상 더 상세한 에코샤프트의 자연환기를 반영한 경제성 분석의 연구 내용은 아래 3장 4절 고층건물의 적용방안 중 경제성 검토에서 “환기용 에너지 소비량과 운전비용 분석”을 참고한다.

라. 창문개폐의 실용성 검토

거주자의 쾌적성을 위해 건물 내 신선외기의 도입이 필요하며, 이 경우 에코샤프트의 굴뚝효과를 이용한 자연환기의 도입은 환기를 위한 에너지 절감에 도움이 된다. 그러나 앞서 에코샤프트의 환기성능을 분석한 결과 에코샤프트에 의한 자연환기량은 일반적으로 필요로 하는 최소외기 도입량보다 매우 많으며, 이에 따라 난방운전을 중단 혹은 개시하기 전인 4월이나 10월의 경우 외기온도가 일정온도 이하에서는 자연환기의 도입효과 보다는 오히려 차가운 외기도입에 따른 불쾌감을 가져올 수 있다. 따라서, 중간기 냉난방 운전 정지 기간이라도 외기온도가 일정온도 이하에서는 에코샤프트의 개구부 개방에 의한 외기도입을 제한하는 것이 바람직하게 된다.

에코샤프트 개구부의 개폐는 자동제어 또는 수동제어를 고려해 볼 수 있으며, 자동제어를 할 경우 보다 효과적인 운전비용 절감과 관리의 편의성이 있으나, 초기투자비가 증대되는 제한을 갖게 된다. 이에 비해 수동제어는 초기투자비용은 추가되지 않으나 온도조건에 따라 일일이 에코샤프트의 개폐를 한다는 것이 실제적으로 불가하여 가장 합리적인 개구부 개폐제어 기준 매뉴얼을 작성하여 이에 따라 운전할 필요가 있다.

2차 연구에서 난방기간, 냉방기간, 중간기에 따라 자동제어와 수동제어를 구분하여 에코샤프트 개폐 제어기준을 제시하였으며, 합리적인 에코샤프트 개폐 스케쥴을 통해 창문 제어가 가능할 것으로 판단된다

이상 더 상세한 에코샤프트의 창문계패의 실용성에 대한 검토 내용은 아래 3장 5절 에코샤프트의 기능 확장 중 자동제어 방안을 참고한다.

3. 공조부하 영향

가. 동절기와 하절기의 냉방부하에 미치는 영향

동계에는 에코샤프트를 통한 일사유입에 따른 열획득과 함께 에코샤프트의 유리창을 통한 열손실이 발생하며, 하계에는 일사유입에 따른 열획득과 함께 자연환기를 통한 외기유입에 의해 외기온도에 따른 열제거 혹은 열취득이 발생 되어 냉난

방 부하에 영향을 미치게 된다. 이에 따라 2차 연구에서 대상건물과 대상건물에 에코샤프트를 적용한 두 대안에 대해 동절기(11월~3월)와 하절기(6월~9월)를 기준으로 난방 및 냉방부하계산을 하여 에코샤프트가 동절기와 하절기 냉방부하에 미치는 영향을 검토하였다.

동절기의 총 난방부하는 기존대안에 비해 에코샤프트 설치 대안의 부하가 약 0.6% 절감되긴 하였으나 그 절감량이 매우 작아 실질적으로 에코샤프트가 난방부하에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 에코샤프트를 통한 열획득이 있으나 열손실도 함께 발생하였기 때문이며, 상대적으로 샤프트에서의 열획득이 많았던 20층에서는 난방부하가 가장 크게 절감되었다.

하절기 냉방부하는 냉방 시 샤프트 상부를 개방하여 샤프트 상부의 고인열을 제거해주었을 때 기존대안에 비해 약 4.4%의 냉방부하가 절감되는 것으로 나타났으며, 실내온도가 실외 온도보다 높을 때 자연환기를 적용한 대안에서는 기존대안에 비해 냉방부하가 39.7% 절감되어 부하 절감효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 자연환기로 인한 외기도입의 냉방효과가 매우 효과적임을 알 수 있으며, 하절기 중 상대적으로 외기온이 낮은 6월 9월에 냉방부하 절감효과가 더 크게 나타났다.

이상 더 상세한 에코샤프트 적용 시 동절기와 하절기 냉난방부하에 미치는 영향에 대한 검토 내용은 아래 3장 4절 고층건물의 적용방안 중 (2) 공조부하 영향을 참고한다.

나. 동절기와 하절기 열손실에 대한 대응방안

에코샤프트를 설치할 경우 난방부하는 약 0.6% 절감되긴 하였으나, 그 차이가 매우 적어 실질적인 난방 부하 절감효과가 있다고 보기는 어렵다. 이는 에코샤프트를 통한 열획득이 있으나 열손실도 함께 발생하였기 때문이며, 따라서 에코샤프트를 설치할 경우 동절기 난방부하 열손실을 줄이기 위해서는 단열성능이 우수한 유리창의 선정하여 열손실을 최소화 하는 것이 필요필요할 것으로 판단된다.

하절기 냉방부하는 외기온도가 실내설정온도보다 낮을 경우, 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하여 냉방부하를 39.7% 절감하였으며, 이는 냉방기간 중에도 실제 외기온도가 높게 나타나는 시간이 많지 않아 외기도입에 의한 냉방효과가 매우 큼을 알 수 있다. 단 이를 위해서는 실내외 온도에 따른 창 개폐의 제어가 필요하며, 에너지 손실을 줄이기 위한 제어 방안을 제시한다.

i. 동절기 난방기간의 경우 외기의 유입은 난방부하 증대 요인이 되어 상시 폐쇄하는 것이 타당하다. 지하층 및 1층과 지붕 돌출부의 개구부는 상시 폐쇄가 적합하며, 중간 층의 에코샤프트 개부의 개폐는 환경조절 및 에너지 사용에 큰 영향이 없게 된다.

ii. 하절기 냉방기간의 경우 에코샤프트의 설치여부에 따른 부하계산 및 에너지 소비량 분석 결과 실내온도보다 외기온도가 더 낮을 경우 외기의 유입이 냉방부하에 영향을 크게 미쳐 창 개폐의 제어의 역할이 중요하다. 2차 연구에서는 냉방부하를 효과적으로 줄이기 위해 하절기 창 개폐 기준을 제시하였다. 실내설정 온도와 외기 온도의 차이에 따른 에코샤프트 개구부의 개폐 전환 제어를 위한 동작간격을 자동제어의 경우 0.5℃를 기준으로 하며, 수동제어의 경우는 실내설정 온도 28℃의 경우 2.0℃, 실내설정 온도 26℃의 경우는 1.0℃를 제시하였다.

상세한 제어 스케쥴은 아래 3장 5절 에코샤프트의 기능 확장 중 자동제어 방안을 참고한다.

다. 기계공조설비와의 결합

냉난방기에 환기를 통한 열손실을 고려하면 에코샤프트를 통한 자연환기를 모든 계절에 적용하는 것은 현실적으로 불가능하며, 계절별로 쾌적한 실내환경을 유지하기 위해서는 다른 운전방법이 필요하다.

i. 중간기 : 냉난방을 하지 않는 중간기에는 에코샤프트를 통한 자연환기를 하기에 최적의 시기이며, 앞서 에코샤프트의 환기성능을 평가한 연구에서 에코샤프트를 통한 자연환기시 요구되는 최소 외기량을 모두 크게 초과하여 환기가 아주 원활이 되는 것으로 나타났다. 단 난방운전을 중단 혹은 개시하기 전인 4월이나 10월의 경우 외기온도가 일정온도 이하에서는 자연환기의 도입효과 보다는 오히려 차가운 외기도입에 따른 불쾌감을 가져올 수 있으므로, 중간기 냉난방 운전 정지 기간이라도 외기온도가 일정온도 이하에서는 에코샤프트의 개구부 개방에 의한 외기도입을 제한하는 것이 필요하다.

ii. 동절기 : 난방기간의 열손실을 최소화 하기 위해 모든 개구부는 상시 폐쇄하는 것이 타당하며, 이때 건물에 필요한 최소외기량은 공조기에서 난방과 함께 급기 된다.

iii. 하절기: 냉방기간에는 온도조건에 따라 운전이 달라지며, 먼저 실외온도가 높은 경우, 모든 개구부는 상시 폐쇄하고, 샤프트 상부의 고인열만 제거할 수 있도록 샤프트 상부의 개구부만 오픈한다. 이 같은 경우 동절기와 마찬가지로 공조기에서 냉방과 함께 최소외기량이 함께 급기된다. 실외온도가 실내 설정온도보다 낮아 외기냉방이 가능한 경우에는 중간기와 마찬가지로 샤프트의 개구부와 창문을 모두 열어 자연환기를 유도하여 에너지 절감을 할 수 있으며, 이때냉방운전은 하지 않으며, 최소외기량은 자연환기가 담당

하게 된다. 이 같은 경우, 위의 동절기와 하절기 열손실에 대한 대응방안에서와 같이 하절기 열획득을 막기 위해 실내 및 실외온도에 따른 개구부 제어가 필요하다.

제5절 경제적 효율성 검토

1. 조사 방법

가. 경제적 타당성 조사방법

전남전문건설회관에 기 설치된 에코샤프트의 경제적 타당성을 조사하기 위해, 에코샤프트가 존재할 경우의 초기 공사비용과 연간 에너지 소모비용(유지비용)을 산출하였다. 또한 동일건물 구조에 에코샤프트가 설치되지 않았을 경우의 공사비용 및 유지비용을 산출하고 비교함으로써 에코샤프트 도입의 경제적 타당성과 객관적 의미를 도출한다.

나. 전용면적 증감에 따른 효율성 판단방법

전용면적이라 사용자가 거주공간으로 점유하는 생활영역을 가리키는 개념으로, 에코샤프트의 존재가 거주자의 생활영역을 감축하는 효과를 가져 올 수 있다. 따라서, 에코샤프트를 신축/개축 건축물에 도입 시 반드시 확보되어야 하는 면적과 전용면적의 증감관계를 파악하여 에코샤프트의 설치 효율성을 판단하고자 한다.

이를 위해 에코샤프트를 신축에 적용할 경우와 개축에 적용하는 경우 두 가지로 구분하여 생각한다. 신축의 경우는 전남전문건설회관에 기 설치된 사례를 분석하고, 개축의 경우는 전용면적 감소율을 최소화하기 위한 설계방안과 아이디어를 논의하고자 한다.

2. 조사 결과 및 결론

가. 공사비 분석

전남전문건설회관을 대상으로 에코샤프트의 유/무 각 경우에 대해 공사비를 비교한 결과, 에코샤프트를 설치할 경우 타일과 창호 등의 추가로 인해 건축비용이 소폭 증가하는 반면, 연면적 감소율만큼의 전기설비 비용은 감소함을 알 수 있다. 한편, 에코샤프트를 설치하지 않는 기존 방식의 경우, 환기에 필요한 기계설비 비용이 상대적으로 추가되어야 한다.

표 17. 공종별 에코샤프트 설치 비용 대비

공종별	기존방식	에코샤프트 방식	계
건축(바닥, 벽, 천장)	74,992,570원	457,099,006원	+382,106,436원
전기(전기, 소방, 통신)	35,199,000원	29,575,000원	-5,624,000원
기계(환기)	28,821,181원	0원	-28,821,181원
합계	139,012,751원	486,674,006원	+347,661,255원

결론적으로 전남전문건설회관의 경우, 에코샤프트의 설치로 인해 관련 공사비용이 3억4천8백만원정도 증가하였음을 알 수 있다. 이는 사업 총공사비 대비 1.7% 수준이다.

나. 유지비용 분석

에코샤프트가 설치된 빌딩의 자연채광기능과 자연환기기능은 건물의 생애주기 동안 조명과 환기에 필요한 전기에너지를 절감하는 효과가 있다. 이를 비용으로 산출하기 위해 우선 다음과 같이 가정한다.

i. 전남전문건설회관의 건물 용도가 근린생활시설 및 업무시설인 사실을 감안하여 실내에 조명과 환기가 필요한 시간을 예측한다.

ii. 하루 일조율이 최대치 대비 20% 이상으로 분류되면 자연채광시스템의 효과를 볼 수 있으며, 전남 무안군의 일조율 20% 이상 연간일수에 관한 기상정보는 인접한 목포시의 기상청 통계자료를 바탕으로 대체추적 가능하다.

iii. 자연채광시스템은 원리적으로 일출부터 일몰까지 가능하다. 태양이 떠 있는 낮 시간 대역은 평균 8시간(오전 9시부터 오후 5시까지)으로 가정한다면, 이 시간 동안 조명기구에 의한 전기요금을 절약할 수 있다.

iv. 자연환기효과는 샤프트 내 태양광이 충분하게 유입되어 실내와의 온도차 및 압력차를 유지할 때 부차적으로 얻어지는 효과이므로, 자연환기효과를 얻을 수 있는 시간은 자연채광효과가 조명기구를 대체 가능한 시간과 동일하다고 가정한다.

위와 같은 가정을 바탕으로 조명과 환기에 필요한 전기요금의 1년간 절감량을 산출하면 다음의표 15과 같다.

표 18. 에코샤프트 적용시 전기절감 효과

조명기구	소비전력	시간당 전력요금	전기요금	등 수량	지하2~지상12층	시간			총 전기요금
TYPE	(1KW당)	(원)	(KHw)	(EA)	(14개층)	8시간	30일	12달	(14개층)
FL-1/28W	0.028	114	3.192	20	14	8	30	12	2,574,029

EL-1/20W	0.02	114	2.28	8	14	8	30	12	735,437
환기유닛 12EA	3.0	114	342			8	30	12	984,960
냉난방기 24EA	40	114	4.560			8	30	12	13,132,800
합계									17,427,226

결과적으로, 연간 최대 약 17,430,000원의 에너지 비용 관련 지출 절감 효과를 발휘할 수 있으며, 연간 맑은 날씨 일수에 관한 통계자료[9]를 고려하면, 연간 약 12,720,000원의 전기에너지를 절감할 수 있다.

다. 결론

공사비용 분석결과와 유지비용 분석결과를 종합하면, 에코샤프트 설치로 인한 경제적 부담(346,661,255원의 추가비용)은 에코샤프트의 약 20년간 절감되는 유지비용으로 상쇄되며, 이후에는 에코샤프트로 인해 오히려 순이익을 볼 수 있을 것으로 예상된다.[10]

3. 전용면적 증감에 따른 효율성 판단

가. 신축건물

건축법의 관점에서 보는 샤프트는 전용면적 증감에 영향을 미치지 않는다. 샤프트의 최하층 바닥면을 제외하면 매 층이 건축법상 면적에 산입되지 않기 때문이다. 따라서, 신축 건물의 경우, 최하층의 1개 층만 면적에 산입되어 용적률과 지상층 연면적에는 영향을 미치지 않게 된다.

나. 개축건물

개축의 경우는 기존의 면적을 감하여야 하기 때문에 공용면적이나 전용면적에 일부 손실이 오게 된다. 이 경우도 최소 폭을 감안하여 층수의 비율로 그 면적을 알 수 있다. 예를 들어 20층인 경우(지하4층), 매 층에 태양광을 공급하는 거울의 지름을 500mm라고 가정하면, 총 24개 층에 태양광이 공급되어야 하므로, 24개의 거울이 필요하게 되고, 이 경우 2열로 배치하게 되면, 가로 12개의 폭인 6m와 세로 1m의 공간이 필요하게 된다.

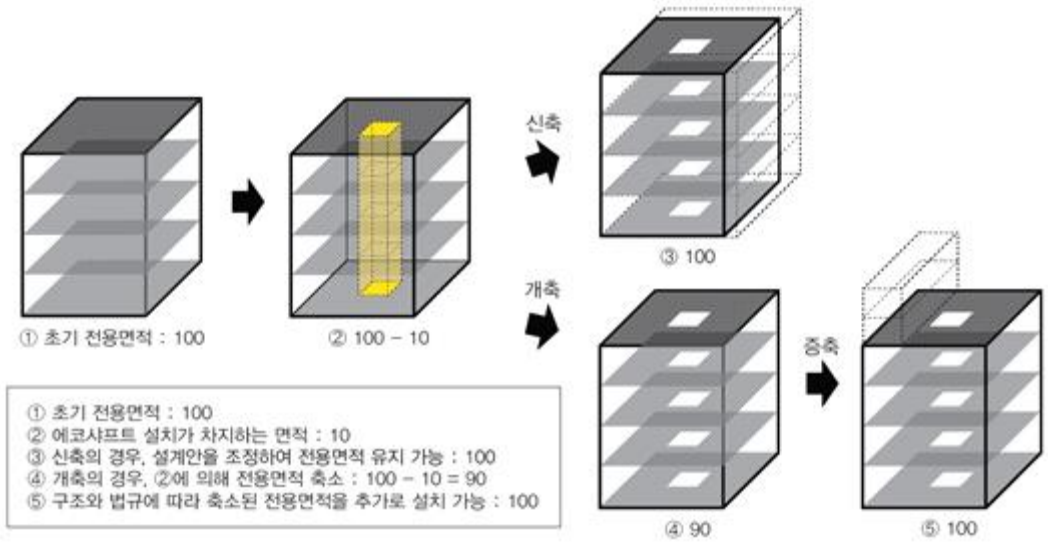
그런데, 에코샤프트는 기본적으로 자연채광과 자연환기의 두 가지 기능을 가진다. 본 실측 결과에 의하면, 샤프트의 크기를 결정하는 인자는 주로 거울의 크기에 의한 것으로 확인하였다. 거울은 실내에 빛을 공급하기 위한 장치인데, 전남전문건

9) 목포시의 경우, 연간 일조율 계급이 20% 이상인 일수의 비율이 약 73%(268일), 기상청
10) 환기기능의 대체효과와 태양광의 직접 조사에 의한 거주성 향상 등의 비용편익 분석은 제외한 결과이다.

설회관에는 지름 500mm가 사용되었고, 실내 환경을 감안할 때, 최소 300mm는 사용하여야 할 것으로 판단하였다.

따라서, 층수에 따라 샤프트의 크기가 달라질 것으로 보이며, 전남전문건설회관의 경우 지상 12개층, 지하 2개층을 위한 총 거울의 개수는 14개 이고, 서로 단면상 겹치지 않게 배치하기 위해서는 7개씩 2열로 배치되어야 한다. 지름 500mm를 사용한 전남회관의 경우는 최소 샤프트 크기가 가로 3.5m, 세로 1m는 되어야 한다는 결론이다. 하지만, 전남회관의 경우는 가로 8.1m, 세로 1.7m로 구성되어 있어 여유가 있는 상황이다.

그림 35. 에코샤프트 설치로 인한 전용면적의 축소 개념도



다. 결론

결론적으로 본 샤프트의 크기를 결정하는 요인은 태양광 조사 장치다. 따라서, 태양광의 유입량 확보를 기준으로 한 설계가 우선시되고, 그 샤프트 크기로 환기가 되는 성능을 시뮬레이션하여 필요 공간을 파악하는 순서로 설계하여야 한다.

신축의 경우는 건축법상 면적의 감소분은 최하층의 샤프트 면적에 불과하다. 개축의 경우는 태양광이 공급되는 층수를 2로 나눈 후, 그 값에 500mm를 곱하면 샤프트의 장변 내부 길이가 설정되고, 깊이는 2열을 기준으로 1m로 된다. 물론, 내부 거울의 설치를 위해 특별한 암(arm)을 사용하면 3열이나 4열의 배치도 가능하게 되어 샤프트의 단면 모양은 변경될 수 있지만 그 면적은 거울이 설치되는 열의 수에 따라 변경되지는 않는다는 결론에 이른다. 샤프트의 단면 모양 변경에 대한 논의는 다음에 본격적으로 진행하겠다.

제6절 에코샤프트 유지보수 방안

사용자 매뉴얼 연구의 일차적 목적은 최초 설치된 에코샤프트의 원활한 유지와 보수방안을 마련하기 위함이다. 그러나, 한 번 작성된 메뉴얼은 향후 설치될 에코샤프트에도 반복적으로 적용 가능할 뿐만 아니라, 유지 및 보수가 간편한 방향으로 에코샤프트의 설계안을 수정해 나가는데 기초자료가 될 것이다.

매뉴얼의 세부 사항은 유지 및 보수가 필요한 에코샤프트의 각 부분을 기능별(채광부와 환기부)로 구분하여 구성하였다. 또한 기능에 관계없이 관리가 필요한 부분을 기록하기 위해 공통 항목을 추가하였다.

1. 채광부

가. 반사체의 각도 유지 방법

(1) 헬리오스탯

태양광을 처음으로 받아들여 집광하는 장치인 헬리오스탯의 설치 각도는 설치 장소의 위도에 따라 정해진다. 헬리오스탯에 부착된 자동제어 시스템은 하루 동안 태양의 고도 변화에 관계없이 2차 반사체로 전송하는 입사 각도를 일정하게 유지할 수 있도록 헬리오스탯의 각도를 조정한다. 이 각도는 태양의 고도를 실시간으로 읽어냄으로써 계산되는 것이 아니라, 날짜와 위도에 따라 예측 가능한 태양의 고도로부터 계산된 각도 값이 제어시스템에 미리 내장되어 있는 것이다.

(2) 2,3차 반사체

2차, 3차 반사체의 적절한 설치각도는 프로그램에 의해 계산된다. 계산조건은 3차 반사체가 2차 반사체로부터 유입 받은 태양광을 바닥면에 수직한 방향, 즉 샤프트 벽면에 평행한 방향으로 전송하는 것이다. 2,3차 반사체는, 헬리오스탯을 통한 태양광선이 공기 중에 유실되지 않고 샤프트 내부로 많은 양을 유입시키는 역할을 수행하는 부분으로, 2차 반사체와 3차 반사체의 설치 각도는 헬리오스탯의 각도가 정해진 이후, 동시 조정을 통해 해결되어야 한다.

(3) 4차 반사체

4차 반사체로부터 반사된 태양광선은 장애물 없이 실내(엘리베이터홀) 천장 면에 유입되어야 한다. 또한 천장 면에 맺히는 타원형의 크기가 지나치게 일그러지면 안된다. 즉 타원의 장축과 단축의 길이 차이가 작아서 원에 가까울수록 좋다. 최소의 단면적 안에 최대의 광속이 유입되도록 4차 반사체의 각도를 조절하면 천장 면

으로부터 반사 시 손실되는 광량이 줄어들고, 결과적으로 실내공간의 간접조명효과를 극대화시킬 수 있다.

(4) 실내 확산판

4차 반사체를 통한 태양광선은 실내 천장면에 직접 조사하여 건물 내부로 확산되므로 최종 반사체에 대한 재료의 선택은 매우 중요하다. 확산효과를 높이기 위해 광학적 확산판을 적용하는 것이 가장 좋으나, 여건이 허락하지 않는 경우 확산효과가 높은 밝은 재료를 선정하도록 한다.

나. 반사체의 청결유지 방법

(1) 헬리오스탯, 2,3차 반사체

매월 1회씩 연 12회 이상, 옥상층에 올라가 각 부의 청결상태를 점검한다. 매연에 의해 반사면이 오염되었을 시 세척제와 걸레를 이용하여 반사면의 축적된 오염물질을 제거한다.

(2) 4차 반사체

계절별 1회씩 연 4회 이상, 샤프트의 측면 개구부를 통해 막대형 먼지떨이를 샤프트 내에 삽입하여 4차 거울반사면에 쌓인 이물질을 제거해준다. 운영 조건에 따라 연 2회로 그 횟수는 조정 가능하다.

(3) 실내 확산판 설치

확산판의 설치 위치는 에코샤프트 내에 4차 반사거울이 설치 완료된 후 확정하여야 한다. 4차 반사거울로부터 반사된 광속이 천장에 도달하는 영역은 4차 반사거울의 각도와 하루 동안의 태양의 방위각 변화에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 4차 거울로부터 반사된 광이 확산판 내에 모두 들어오도록 확산판의 설치 위치가 선정되고 고정되어야 한다.

2. 환기부

가. 개구부 통제 방법

(1) 지하층과 로비 층으로부터의 공기 유입 최소화

지하층과 로비층으로부터의 공기유입은 다른 층의 개구부로 유입되는 공기량에 비해 밤낮에 따른 변동 폭이 크고 절대량 예측이 어렵다. 결과적으로 의도하지 않은 환기 방해효과를 유발한다. 따라서, 로비층의 공기가 샤프트 내로 유입되지 않도록 샤프트의 개구부를 개방하지 않도록 한다.

(2) 환기 기능을 최적화하는 개구부 개방 모드

동절기 환기기능 실측 결과, 에코샤프트의 측면에 설치된 창호(개구부)를 많이 개방할수록, 고층부에서는 아래층에서 올라오는 공기가 실내로 다시 유입되는 경향이 있었다. 이러한 경우 에코샤프트 상단부의 공기유출구의 크기를 최대화하여 샤프트 내로 유입되는 공기량보다 유출되는 공기량의 비율을 증가시키는 것이 도움이 된다.

나. 실내 칸막이 설치 가이드라인

실내 공간을 구획하는 칸막이를 설치할 경우, 외벽을 통해 유입된 외기가 에코샤프트까지 도달하는 자연스러운 공기 순환을 방해하지 않기 위해, 칸막이의 위 또는 아래에 그릴 또는 창문을 설치하여야 한다. 또한, 개별 사용자가 이를 막거나 임의로 차단하는 등 공기의 순환을 방해하는 행위는 없어야 한다.

다. 샤프트 청결 유지

연 1회 이상, 에코샤프트의 상부로부터 줄을 타고 내려와서 내벽을 청소하는 작업을 실시한다. 이 경우 4차 반사체에 충격이 가거나 변형되지 않도록 주의를 요하여야 하며, 청소 후에는 4차 반사체의 위치 및 각도에 대해 종합적인 확인을 하여야 한다.

라. 외부 노출부분의 강성 유지

강우 및 강설과 강풍에 노출되어있는 반사체들(헬리오스탯 및 2차, 3차 반사체)의 고정부위가 충분히 견고한가의 여부를 월 1회 이상 주기적으로 점검한다. 특히, 이상기후 예보(태풍주의보 등)가 발효되는 시기에 피해를 입지 않도록 주의를 기울인다.

제7절 에코샤프트 개선을 위한 추가 사항

기 설치된 에코샤프트를 대상으로 실측조사를 수행하는 과정에서, 특히 시공 중 기존의 설계안을 변경하거나 수정하는 과정에서 에코샤프트의 기능 개선이나 활용과 관련한 여러 가지 아이디어가 도출되었다. 이 장에서는 자연스럽게 도출된 아이디어들을 구체화하였다.

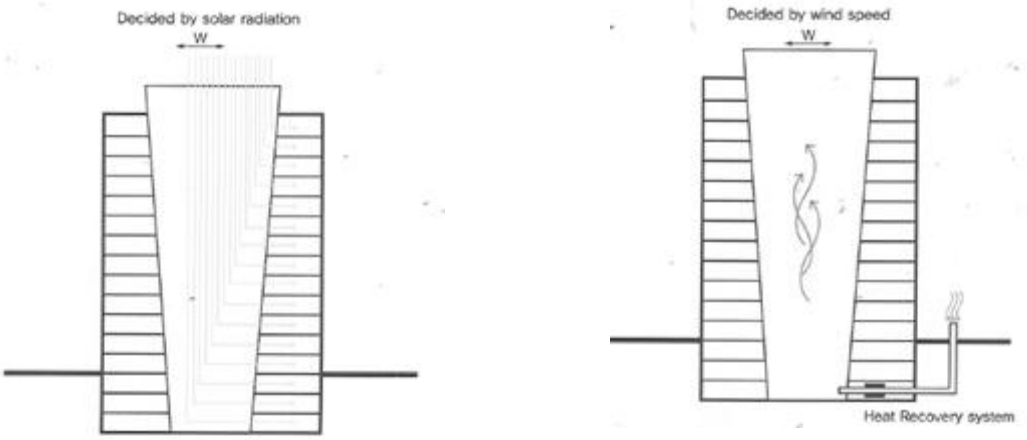
1. 에코샤프트의 자연채광 및 자연환기 기능 개선 관련

가. 아래로 갈수록 단면적이 작아지는 에코샤프트

샤프트의 단면 모양을 아래 그림과 같이 직사각형에서 마름모로 변경할 것을 제안한다. 즉 샤프트 하단부의 횡단면적이 상단부의 횡단면적에 비해 좁은 형태가 된다. 건물의 하단부로 내려갈수록 상단부에서 집광된 태양광 전송에 필요한 단면적이 줄어든다는 사실을 그대로 디자인에 반영한 결과다. 이로써 전용면적의 감소율을 축소시킬 수 있을 뿐만 아니라 건물 내부에 공간적 흥미요소를 더할 수 있다.

한편, 샤프트 상단부의 단면적을 하단부보다 넓게 하면 상단부에서 압력이 낮아져서 상승하는 공기의 흐름이 탄력을 받게 된다. 여기에 열 회수 환기장치를 이용하여 샤프트의 하단부에서 깨끗한 공기를 지속적으로 공급해주면, 샤프트 내 공기의 지속적인 상승 흐름을 유지하고 공기의 질을 유지하는 데 도움이 될 것이다.

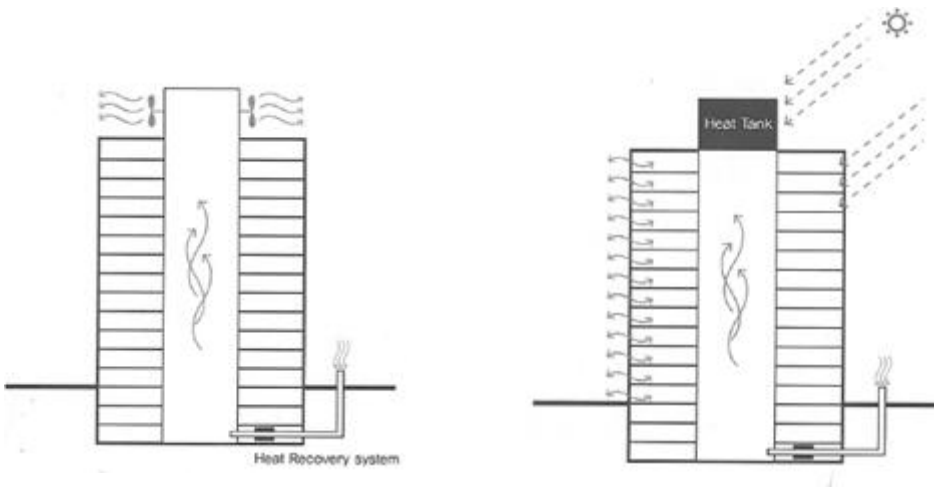
그림 36. 단면 변형을 통해 환기효율을 증폭시키는 아이디어



나. 환기효과 개선 방안

샤프트 하단부에 열 회수 환기장치(Heat Recovery System)를 연결하여 깨끗한 외부공기를 샤프트 내부로 지속적으로 유입하는 한편, 실내 공기의 온도를 이용하여 들어오는 공기의 온도를 조절한다. 샤프트의 상단부에 배풍기를 부착하여 기계적으로 실내공기를 배기하거나, 직사광선을 Heat Tank를 이용하여 상단부의 공기를 가열, 샤프트 내 상승기류를 형성하여 배기성능을 증폭시킨다.

그림 37. 환기효과 개선을 위한 아이디어



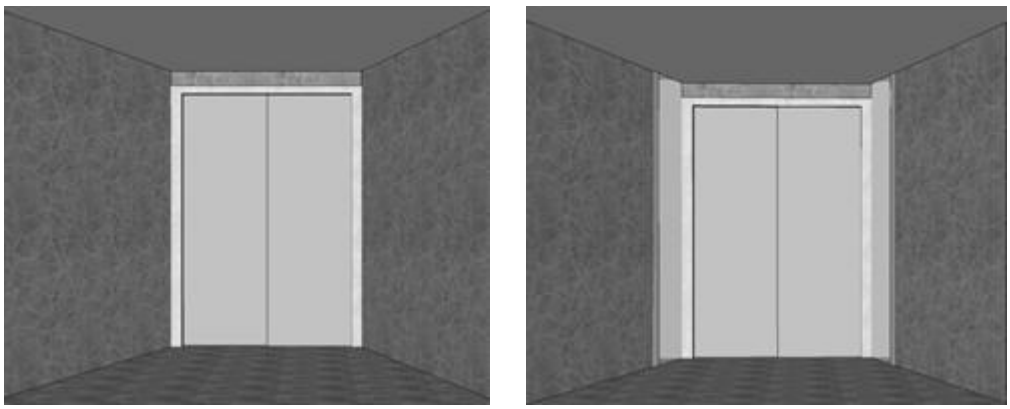
주: 배풍기(좌측), Heat Tank(우측)

2. 에코샤프트의 활용 및 응용

가. 에코샤프트의 소형화

기 설치된 에코샤프트는 태양광을 집광한 후 반사판을 통해 실내에 직사광선을 유입하는 시스템이나, 샤프트의 설치 장소에 따라 조도확보를 위한 기능을 실내광 인테리어 기능으로 전환한 샤프트를 설치할 수도 있을 것이다. 샤프트 내벽을 투명하면서도 반사율이 높은 재질로 구성하면, 샤프트 상단에서 집광된 태양광이 샤프트 내벽을 따라 거울면처럼 반사하면서 샤프트 하단까지 도달하는 원리이다.

그림 38. 엘리베이터 홀 공간에 소형 에코샤프트를 설치한 예



주: 설치 전(좌측), 설치 후(우측)

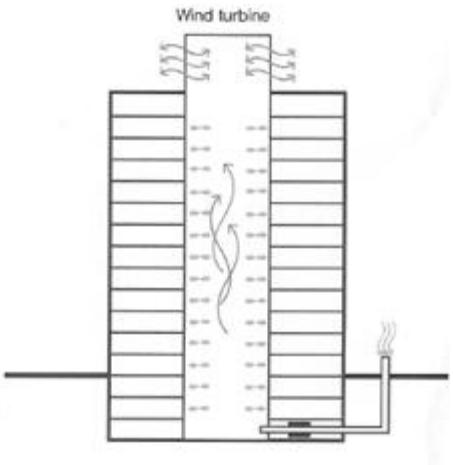
이와 같이 소형화된 에코샤프트는 그 설계 및 설치규모가 매우 작고 단순하기 때문에, 기존의 건물을 개축하면서 에코샤프트를 적용할 경우에는 특히 비용 부담이 적고 설치 후 자연채광효과로 인한 만족도도 높을 것으로 예상한다.

나. 소형 풍력발전

샤프트 내 온도차와 압력차에 의한 공기의 상승흐름이 충분히 세다면 공기의 유동을 이용하여 소형 풍력발전기를 통해 전기에너지를 생산할 수도 있을 것이다.

그러나, 기 설치된 에코샤프트의 실측 결과, 20층 이하의 빌딩에서는 실현 가능성이 희박해 보인다. 이는 오히려 큰 압력차 및 온도차를 유도할 수 있는 고층건물에 적용 가능한 아이디어일 것이다.

그림 39. 에코샤프트 내 상승기류를 이용한 소형 풍력발전 아이디어



다. 샤프트를 통한 오염공기 실내유입 등에 관한 내용

1) 샤프트를 통한 오염공기 실내 유입 검토

에코샤프트는 그 설치만으로도 자연환기에 매우 효과적인 것으로 검토되었으며, 추가에너지 사용 없이 건물 내 충분한 환기를 확보할 수 있다는 큰 이점이 있다. 그러나 기계 환기가 외기를 필터 처리하여 제공하는 것에 반해 자연환기는 실외공기를 여과 없이 유입하므로 유입된 공기의 신선도에 대한 우려가 있을 수 있으며, 상황에 따라 오염공기의 실내유입을 검토하였다.
먼저, 일반적으로 날씨가 맑은 경우, 이러한 경우 도심의 건물에서도 중간기에는 창문을 열어 환기를 하며, 자연환기를 하기에 충분히 신선한 공기라고 판단된다.
또한, 미세먼지나 황사의 발생으로 실외공기가 매우 탁한 경우, 이러한 경우는 에코샤프트와 관련된 모든 개구부는 폐쇄하여 외기의 유입을 근본적으로 차단해야할 것으로 판단되며 로비나 복도 등의 신선공기 도입은 거주공간의 공기를 개구부 개방하여 최소한만 유입되도록 계획하는 것이 필요할 것으로 판단된다.
마지막으로 공단지역 등으로 외기가 항상 오염된 장소의 경우, 이러한 장소는 자연환기가 적용되기 힘든지역으로 에코샤프트의 도입자체 또한 불필요하다고 판단된다.

에코샤프트는 자연환기를 위한 것으로 일부 공단지역 같은 오염된 지역을 제외한 근본적으로 자연환기가 가능한 지역에만 가능한 것으로 판단되며, 미세먼지나 황사로 인해 외기가 오염된 상황만 피해준다면 오염공기의 유입은 문제가 없을 것으로 판단된다.

2) 실내 공기오염도에 따른 청정공기 유입방법 검토

에코샤프트의 자연환기는 저층부에서 외부의 공기가 샤프트로 유입되고, 중성대 이후 상층부에서 샤프트내 공기가 외부로 유출되는 방식이며, 이러한 경우, 상층부에서는 외기와 실내 오염된 공기가 합쳐진 공기가 샤프트를 통과하여 다시 실내로 유입되기 때문에 실내공기의 신선도에 대한 우려가 있을 수 있다. 이를 판단하기 위해 전 층에서 환기가 원활히 되었던 샤프트와 환기 유입구를 설치한 대안에 대해 외기의 탄산가스(CO2)와 호흡시 1인당 탄산가스 배출량으로 CO2농도를 산출하여 샤프트를 통과하는 공기의 오염도를 산출하였으며, 그 결과는 아래 표2와 같다.
실내의 CO2 발생량은 대상범위가 로비와 복도이므로, 인체의 호흡으로 배출되는 CO2발생량만 산출하였으며, 10~11층 사이에 중성대가 나타나 10층까지 누적되는 오염도를 산출하였다. 산출 결과, 중성대 이후의 CO2 함유량은 327ppm으로 외기의 CO2 함유량과 큰 차이가 나지 않았으며, 실내 CO2 허용 농도인 1000ppm보다 현저하게 낮은 것으로 나타났다.
자연환기 대상공간이 로비와 복도로 크게 인체의 호흡 외에는 큰 오염요소가 없어 외기와 샤프트 내의 공기의 오염도에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 에코샤프트를 통한 자연환기가 충분한 환기량을 제공하고, 계속적으로 이동하므로 크게 고려할 사항이 아닌 것으로 판단된다.

표 18-1 층별 CO2 농도 산출

층	풍량 (㎥/h)	인원	외기의 CO2 함유량 (㎥/h)	사람 호흡시 CO2 발생량 (㎥/h)	외기 + 인체 CO2 함유량 (㎥/h)	CO2 농도 (ppm)
1F	18,554	8	5.57	0.136	5.70	307
2F	2,844	6	0.85	0.102	0.96	336
3F	2,660	5	0.80	0.085	0.88	332
4F	2,459	5	0.74	0.085	0.82	335
5F	2,232	6	0.67	0.102	0.77	346
6F	1,922	6	0.58	0.102	0.68	353
7F	1,728	3	0.52	0.051	0.57	330
8F	1,195	6	0.36	0.102	0.46	385
9F	864	6	0.26	0.102	0.36	418
10F	468	6	0.14	0.102	0.24	518
합	34,972	57	10.48	0.969	11.45	327

- 외기의 CO2 함유량 300ppm
- 호흡시 1인당 탄산가스 배출량 0.017㎥/h
- CO2의 허용농도 1000ppm

라. 에코샤프트 태양광 반사거울을 이용한 실내조도 설계 및 샤프트 공간 최적면적 산출방안

첫째, 에코샤프트의 면적이 정해진 상태에서 조명대상공간의 조도를 계산하는 방법으로, 인공조명에 의한 실내조도 계산 방법인 광속법(光束法)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$E = \frac{F \cdot M \cdot U}{A}$$

E: 평균수평면조도[lx], F: 광원의 총광속[lm], M: 유지보수율, U: 조명율, A: 조명대상 실면적[㎡]

단, 여기서 광원의 총 광속은 태양의 외부연직면 직달조도를 기준으로 태양추적식반사거울과 고정반사거울의 반사율에 의한 손실율을 감안하여 최종적으로 실내에 유입되는 광속량을 적용하게 된다.

$$F = E_d \times A_i \times 0.9^n$$

F: 층별 실내 유입되는 태양광의 최종광속[lm], E_d: 태양 연직면직달조도[lx], A_i: 층별 반사거울의 평면적[㎡], 0.9: 반사거울의 반사율, n: 광경로상의 반사횟수

둘째, 설계조도를 확보하기 위한 에코샤프트의 최적면적을 산출하는 방법으로, 조도계산방법에 인용된 광속법(光束法)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$A_{eco-total} = \sum A_i$$

$A_{eco-total}$: 에코샤프트의 총면적[㎡], A_i: 층별 반사거울의 평면적[㎡]

$$A_i = \frac{F}{E_d \cdot 0.9^n}$$

A_i: 층별 반사거울의 평면적[㎡], F: 실내 조도유지에 필요한 총 광속량[lm], E_d: 태양 연직면 직달조도[lx], 0.9: 반사거울의 반사율, n: 광경로상의 반사횟수

$$F = \frac{A \cdot E_i}{M \cdot U}$$

F: 실내 조도유지에 필요한 총 광속량[lm], A: 조명대상 실면적[㎡], E_i: 층별 설계조도[lx], M: 유지보수율, U: 조명율

마. 조도균질성 확보 방안

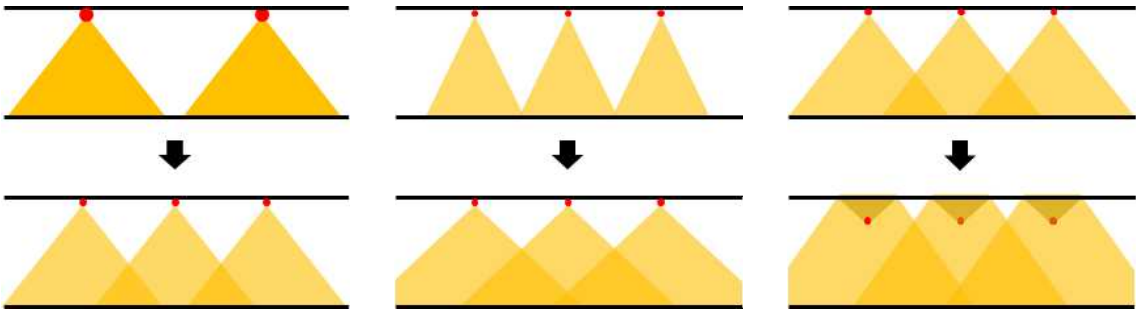
반사거울을 이용한 태양광의 실내조명에 있어 실내 조도 균질성의 문제는 인공조명의 조도균질성 확보와 눈부심 저감 방안에 대해서는 보고서 본문에 설명한 바가 있다.

조도의 균질성은 평균조도에 대한 최소조도의 비율을 의미하는 균제도(uniformity ratio of illumination)로 표현된다.

조명설계 시 작업공간에 따른 권장조도가 명확하게 구분되어 있는 것과는 다르게 균제도에 대한 명확한 기준은 정립되어 있지 않다. CIE의 조명가이드북에서는 사무실의 경우 0.3이상, 자연광이 유입되는 조건에서는 0.1이상의 균제도를 권장하도록 제시하고 있다. 단, 도로조명과 같이 유험요소가 높은 공간에 대해서는 별도의 규정으로 균제도를 제한하고 있다.

조명설계의 기본사항으로 균제도를 개선하는 방법으로는 광원의 수를 늘리는 방법, 넓은 배광각도를 적용하는 방법, 직접조명보다는 간접조명방식을 적용하는 방법 등을 적용할 수 있다.

에코샤프트의 태양광반사거울을 이용한 실내조명의 경우에도 위와 같은 세가지 방법을 모두 적용할 수 있으며, 단 대상공간의 조건에 따라 적용성 여부는 별도의 계획을 검토되어야 할 것이다.



<광원 수 증가> <넓은 배광> <간접조명>

제8절 연구의 한계

1. 실측조사 종합 평가

1차 년도 연구의 모델이 되었던 전남전문건설회관의 에코샤프트는 자연채광과 자연환기 측면에서 확실히 그 역할을 하고 있는 것으로 실측결과 판명되었다. 하지만, 주변의 기후에 따라 그 편차가 있음도 확인하였다. 따라서, 주변 환경의 영향을 비교적 덜 받으며 지속적인 성능을 유지하기 위해 다음과 같은 방안을 확인하였다.

표 19. 에코샤프트의 기능별 개선방안

구분	개선방안
환기	에코샤프트의 배기구 면적은 급기구보다 최소한 더 커야 한다.
	풍속이 강한 경우 상부에서 역류가 발생할 수 있으므로 현재 설치된 그릴 등은 부적절하며 윈드스쿠프 무동력 팬 등의 장치가 효율성을 높일 수 있다. 또한, 샤프트내 역류가 발생하지 않는 방안이 필요하다.
	상부의 구동력을 높이기 위해서는 상부의 태양광 등을 이용하여 샤프트 내 상하부간 공기의 온도차를 더 심하게 하거나 무동력 벤틸레이터 등을 설치하여 구동력을 배가시켜야 할 것이다.
채광	한 층에 공급하는 자연채광의 광량을 유지하기 위해서는 지름 50㎝ 정도의 면적이 필요하다.
	샤프트는 외기의 영향을 받지 않도록 갇힌 구조 안에 있는 것이 안정적인 채광 성능을 확보할 수 있다.

결론적으로 1차 년도 연구를 통해 기능적 한계를 분명히 인식하게 되어, 효율적이고 보편적인 장치로써 에코샤프트의 가능성을 재고할 수 있는 계기를 이루었다. 1차년도 연구과정에서 목표한 연구내용과 그 결과는 표 17과 같다.

표 20. 1차년도 연구목표와 결과

연구내용	연구결과
성능 평가	전 층으로 자연채광이 유입되고 있음
	개구부의 통제 조건하에서 자연 환기가 이루어짐을 확인 함
유지 및 관리방안	사용자 매뉴얼 작성
경제적 효율성	에코샤프트 설치로 연간 약 1천2백만원의 전기에너지를 절감할 수 있음
	에코샤프트 설치에 부과되는 경제적 부담(약 3억4천만원)은 약 20년간 유지비용 절감효과와 상쇄됨을 확인함

2. 1차년도 연구 보완사항

1차년도 과제에 대한 평가위원회의 평가 결과 연구과정이 체계적으로 계획, 설계, 기술 되었으며, 다양한 성과물을 도출하기 위한 노력의 결과로 학술 발표와 특허 취득 등의 실적이 인정되었으나, 부분별 수정, 보완 사항들에 대해 2차년도 과

제에서 해결할 수 있도록 지적되었으며, 그 내용은 표 18과같다. 1차년도 연구 보완 사항에 대한 구체적인 내용은 다음 장에서 검토할 것이다.

표 21. 일반과제 중간평가 결과 수정 보완사항

구분	1차년도 보완요청 사항	비고
공조검토	동절기, 하절기의 난방, 냉방부하에 샤프트가 미치는 영향에 대한 분석	진행
	동절기, 하절기의 환기 방식에 대한 연구	진행
환기성능	샤프트의 소음 평가	진행
	기계환기장치(전열교환기)의 필요성	진행
	자연환기의 실효성 및 경제성	진행
	창문개폐여부에 대한 실용성 검토	진행
조명성능	실내조도가 얼룩지는 현상에 대한 검토	진행
기타	2차년도 성과적검기준표의 양적/질적 성과지표와 목표수치를 수정/ 보완	진행
	2차년도 연구비 중 일부 연구비 과다 책정	수정

3. 2차 연구 과제

1차년도 연구과제 목표는 시 설치된 에코샤프트의 실측조사 및 설계자료 수입을 통해 에코샤프트의 동작 특성을 파악하고, 유지 및 관리를 위한 지침을 마련하며, 에너지 비용 절감효과를 정량적으로 입증하였다.

그리고, 이를 바탕으로 2차년도 연구에서 신축뿐만 아니라 개축에서도 에코샤프트가 유효하게 적용할 수 있도록 측정 가능한 물리량을 성능지표로서 정립하고 설계 요소와의 관계를 파악하는 등, 실측조사결과를 기반으로 설계원칙을 수립할 것이다. 이상의 실측조사에서 발견된 2차년도의 연구과제는 표 19에 정리하였고, 다음 장에서 구체적인 내용을 검토할 것이다.

표 22. 2차년도 연구계획

구분	2차년도 연구계획	비고
성능기준	에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계	
	고층(30층이하)건물 적용 방안	삼호물산빌딩
	친환경인증기준점수 획득방안	
	신기술인증 방안	
	추가 특허취득	
부가기능	소형풍력발전연구	
	자동제어방안연구	
	제연덕트 겸용방안	
경제성 검토	사용비용효율에 관한 연구	

제3장 에코샤프트의 일반화

제1절 기존건물에 에코샤프트의 적용(2차년도 연구목표)

에코샤프트의 자연채광과 환기의 효과를 실증적으로 입증하는 것이 1차년도 연구과제의 주요한 목적이었다면, 이를 바탕으로 하여, 일반적인 상황에서 적용 가능한 에코샤프트의 기술을 일반화하는데 그 목적이 있다.

에코샤프트의 주요한 기능인 채광과 환기에 필요한 기술적인 기능을 정의하고, 부가적인 기술의 접목 방안을 구체화하여 이의 가동을 위한 설계, 시공에 필요한 가이드라인을 구축함으로써, 에코샤프트의 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

나아가 에너지 절감효과에 대한 경제적 가치를 추정하고, 실제 건물에 적용한 설계를 하여 현실적인 기능과 문제점을 파악하고 종합적인 결론을 도출 할 것이며, 장기적으로 이의 활용이 가져올 건축기술 및 사회경제적인 변화의 필요성을 언급하고자 한다. 분야별 2차년도 연구기간 중 수행하여야 할 연구목표는 다음과 같다.

표 23. 채광분야 연구계획

구분	연구내용	비고
기설치된 에코샤프트 성능 분석	평면적과 높이의 상관관계 시뮬레이션	전남전문건설회관 기준 세가지 샤프트 타입 정의
		Well-index(면적과 높이비율)와 각 측 별 자연채광 성능 분석
새로운 에코샤프트 설계	삼호물산 현장측정	실내조도(주/야), 실외조도
	에코샤프트 설계	대상공간 모델링
		설계작업
	자연채광 시뮬레이션	Ecotect, Daysim, Radiance
		보고서 작성
	조명 및 에너지부하 산출	조명 부하 산출
		일사 부하 시뮬레이션
	경제성 분석	
에코샤프트 일반화	다양한 채광시스템 적용성 검토	광덕트/ 광섬유 등 시스템별 기술 적용성 검토
	설계 가이드라인 작성	

표 24. 환기분야 연구계획

구분	연구내용	비고
기설치된 에코샤프트 성능 분석	평면적과 높이의 상관관계 시뮬레이션 연구	세가지 샤프트 타입 정의
새로운 에코샤프트 설계	삼호물산 현장측정	하계측정
		동계측정
	에코샤프트의 디자인 초안 설계	
	에코샤프트 최종 설계안에 대한 환기 시뮬레이션 실시	기존 상황 시뮬레이션
		실측결과와 비교분석

	에코샤프트 최종 설계안에 대한 에너지부하 산출 (냉난방 부하)	설치 전후의 비교분석
	경제성 분석	
에코샤프트 일반화	소형풍력발전 가능성 검토	풍속 데이터 제공
	제연덕트와 에코샤프트 겸용가능성 검토	
	30층 이하 고층건물에 적합한 에코샤프트의 설계가이드라인 작성	
친환경 인증	친환경 인증 기준에 포함, 점수화 시키는 방안 검토	

제2절 에코샤프트 평면적과 높이의 상관관계

1. 에코샤프트 자연채광성능 평가

가. 시뮬레이션 목적

에코샤프트의 설정조건을 구분하여 천창의 높이와 단면적에 따라 자연채광성능의 변하를비교 분석하여, 최적의 목표값을 찾고자 한다.

1) 에코샤프트 상부 천창 높이 3가지 경우: 0.725m, 3.3m(기존), 6.55m

2) 에코샤프트 단면적 3가지 경우: 4.5㎡, 5.5㎡, 8.1㎡(기존)

그림 40. 에코샤프트 외부 천창 높이(좌:0.725m, 중: 3.3m, 우: 6.55m)

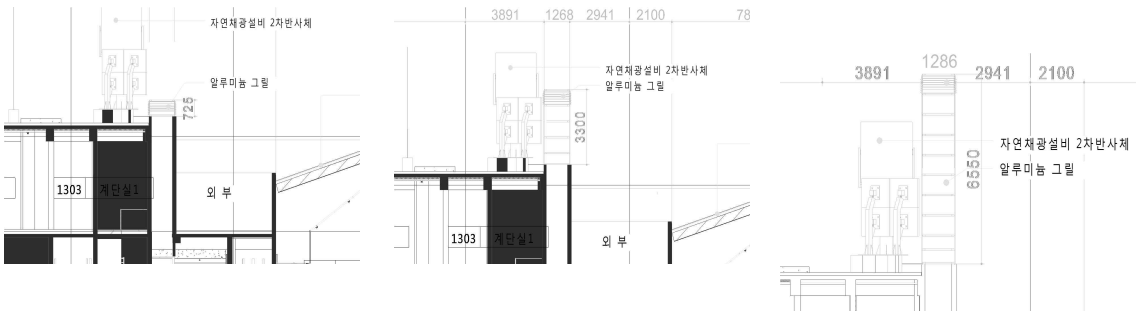
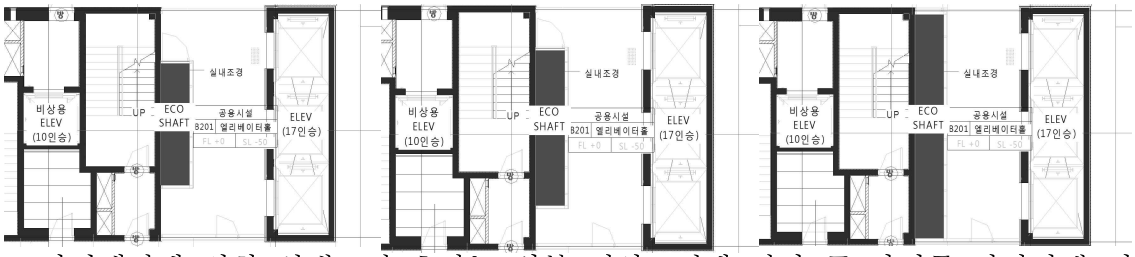


그림 41. 에코샤프트 수평단면적(좌:0.725m, 중: 3.3m, 우: 6.55m)

나. 시뮬레이션 조건 설정

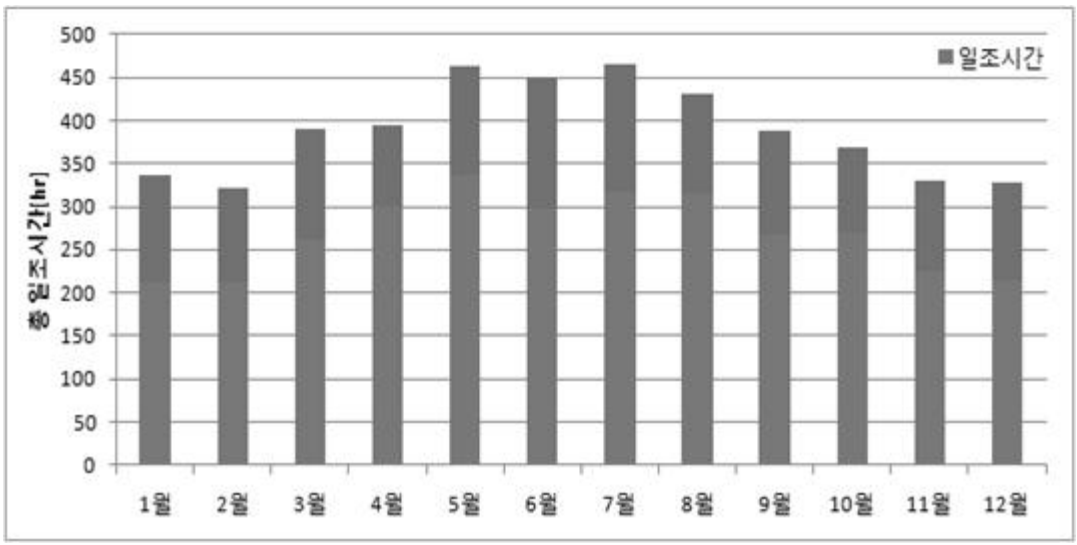


자연채광에 의한 실내조명 효과는 외부 기상조건에 따라 큰 차이를 나타나게 되며, 에코샤프트와 같이 태양광반사시스템을 이용하는 경우에는 태양직사광의 광도에 따라 실내 자연채광효과가 큰 차이를 보이게 된다. 본 보고서의 에코샤프트 공간의 자연채광성능 분석은 전남전문건설회관이 위치한 광주광역시의 표준기상데이터를기반으로년중주간시간(오전 8시 ~ 오후 5시)에 대한 시간별 자연채광 성능을 평가하였다.

광주지역의 표준기상데이터[11]를 분석해 보면 확산일사량의 경우 연중 균일한 분포를 나타내고 있으나, 자연채광시스템의 성능에 직접적인 영향을 미치는 직달일사량의 경우 한국의 기후 특성상 7월과 8월 장마철 및 태풍발생에 따른 기상악화로 직달일사량이 감소하는 것을 알 수 있으며, 연중 일조시간 분석 결과에서도 낮의 길이가 긴 하절기에 직달일사량 감소 요인이 일조시간에도 반영되어 있는 것을 알 수 있다.

그러나 국내 타 지역에 비해 광주지역의 일조량이 많은 편이며, 연간 3,232시간의 일조시간이 가능하여 낮시간 기준 69%의 일조가 확보되는 것을 알 수 있다.

그림 42. 광주지역의 표준기상데이터의 월별 일조시간



11) http://energy.gov

그림 43. 광주지역의 년중 수평면 직달일사량 분포

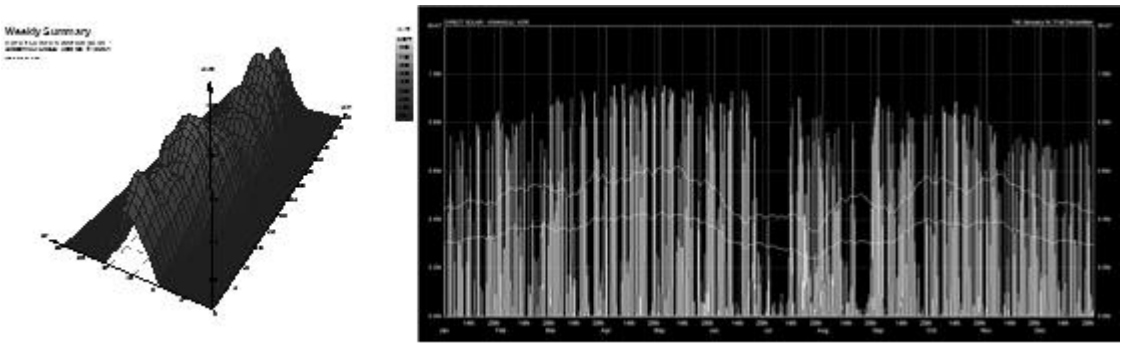
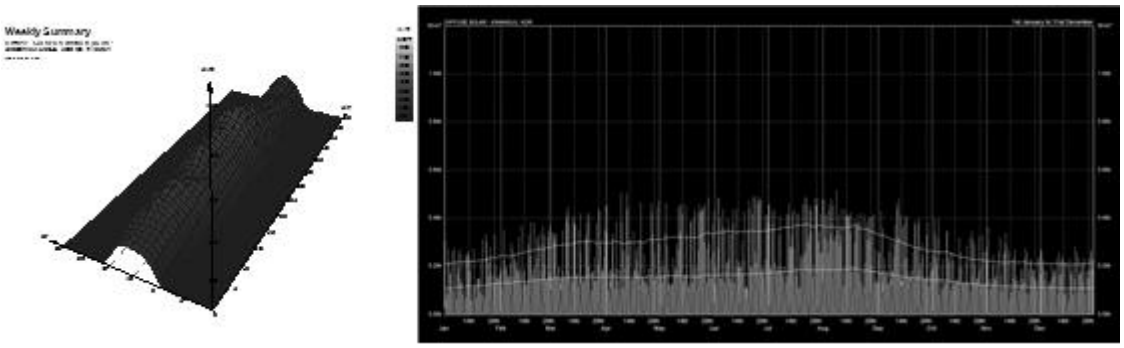


그림 44. 광주지역의 년중 수평면 확산일사량 분포



다. 컴퓨터 시뮬레이션 평가

에코샤프트의 조건별 자연채광 성능은 실내조명 성능을 평가하는 가장 기본적인 실내 조도와 자연채광의 유효성평가 기준인 UDI[12]를 산출하여 비교 평가하였다.

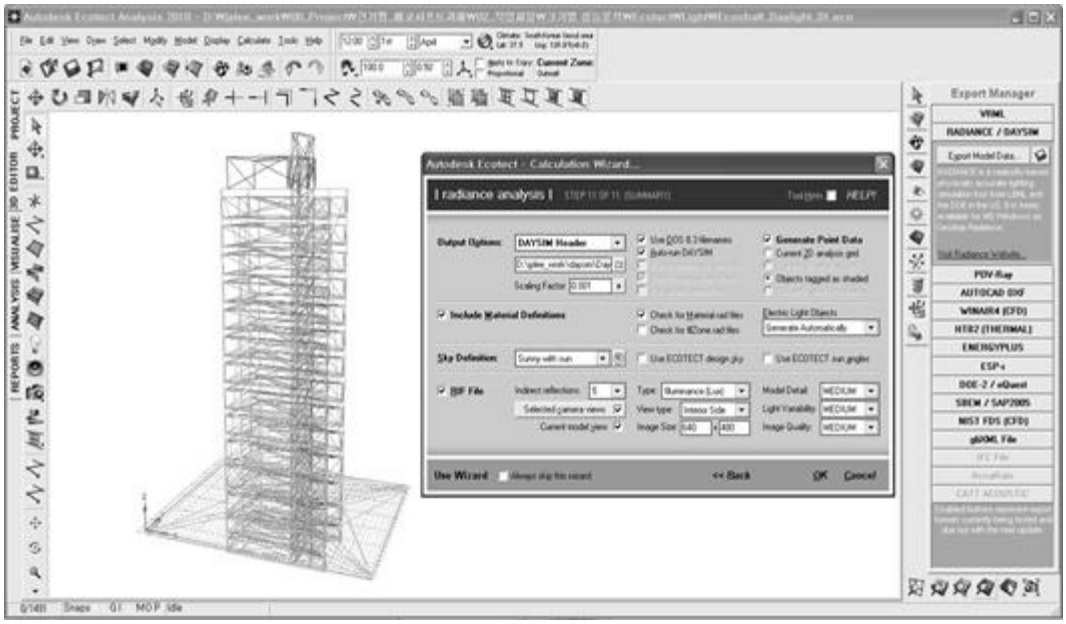
자연채광의 실내조명 효과는 태양의 위치와 외부 기상상태에 따라 상이하게 나타남으로 1년 365일, 각 시각별 실내조도 분포를 계산하여 평균 조도를 산출하였으며, 또한 연간 100~2000 lux의 조도분포 빈도수를 산출하였다.

표 25. 에코샤프트 자연채광 시뮬레이션을 위한 재질 설정값

구분	재질	반사율	투과율	SHGC	비고
천창 유리	SingleGlazing	0.08	0.92	0.7	
에코샤프트 실내 유리	SingleGlazing	0.08	0.92	0.7	
실내 바닥	Typical floor with diffuse reflection	0.3	-	-	
실내 벽	Typical floor with diffuse reflection	0.5	-	-	
실내 천장	Generic ceiling tile	0.8	-	-	
Heliostat mirror	High gloss mirror	0.93	-	-	

12) Useful Daylight Illuminance, 유용조도; 자연광의 양과 질을 평가하는 기준으로 사용됨

그림 45. 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 대상공간의 모델링 및 분석화면



대상공간의 모델링은 Sketch-up과 Auto-CAD를 이용하였으며, 시뮬레이션을 위한 기본 설정 및 분석결과의 출력은 Ecotect2010을 이용하였다. 또한, 자연채광 시뮬레이션 및 조도분포의 산출은 RADIANCE 3.7로 진행하였으며, 연중 조도분포 및 UDI의 산출은 DaySim 3으로 진행하였으며, 각 분석 내용은 다음과 같다.

i. Heliostat 설치 전/후에 대한 자연채광 효과
ii. 천창 높이별 자연채광 성능 분석
iii. 에코샤프트 수평 단면적별 자연채광 성능 분석
iv. 지상 12층부터 지하 2층까지 총 14개층의 자연채광 성능 분석
v. 년간 조도분포 분석
vi. 연간 UDI(Useful Daylight Index) 분석[13)]

라. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

에코샤프트 자연채광에 의한 실내 조명성능평가 시뮬레이션 결과 에코샤프트 천창의 높이에 따른 실내조도 및 UDI 변화는 전혀 영향이 없는 것으로 나타났으며, 에코샤프트의 수평 단면적에 따른 실내조도와 UDI의 변화는 상관성이 있는 것으로 확인 되었다.

13) 자연채광에 의한 실내 유효조도 범위인 100lux ~ 2000lux 범위의 조도 빈도수

그림 46. 컴퓨터 시물레이션 결과

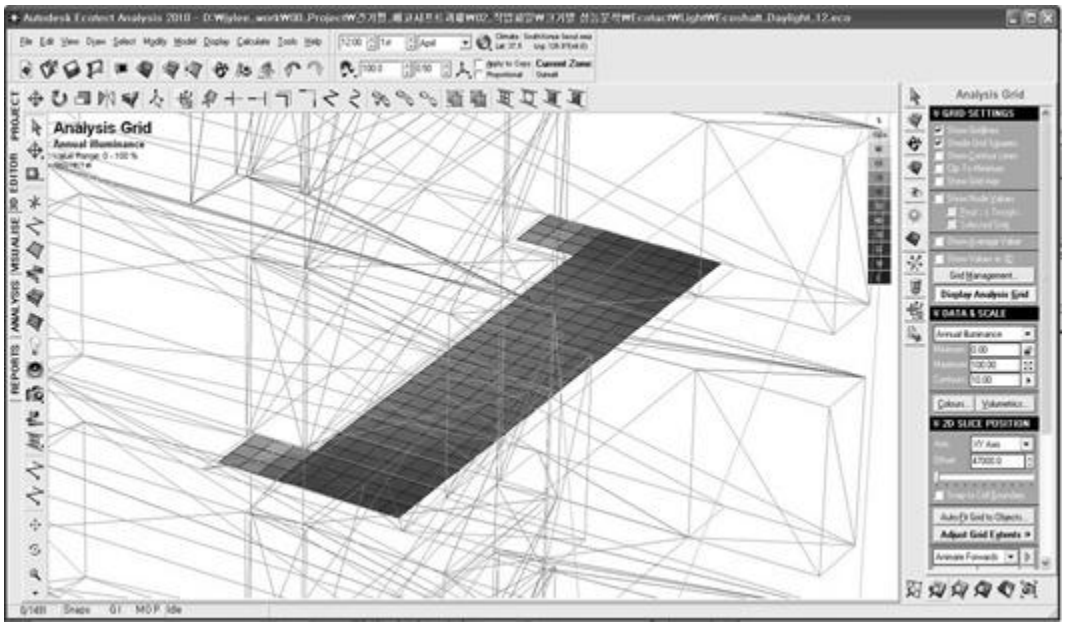


그림 47. 에코샤프트의 층별 평균 조도분포(헬리오스탯 적용 전)

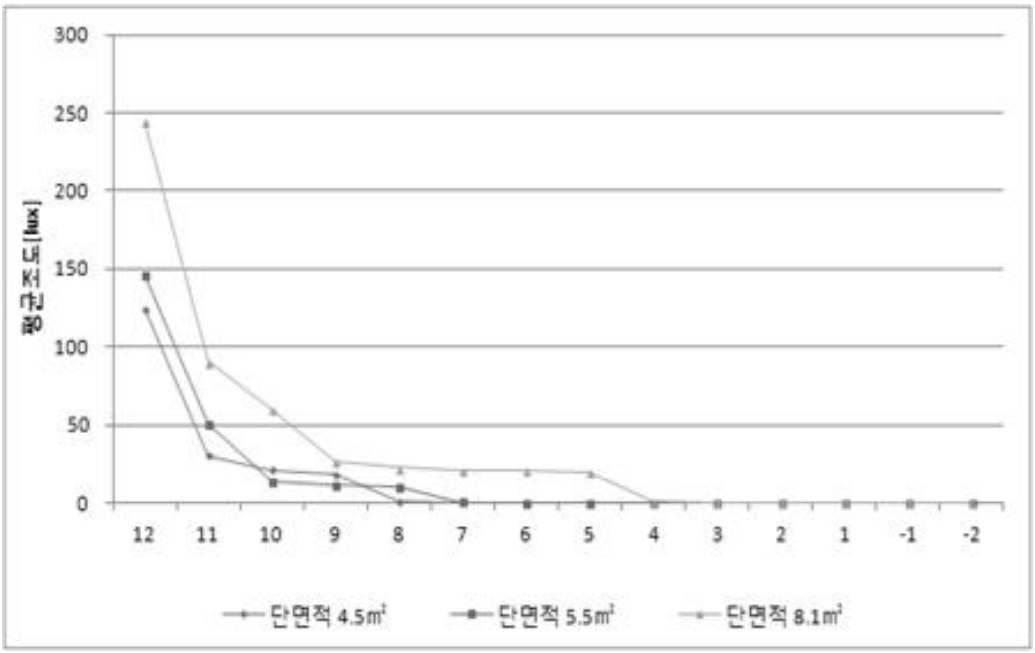
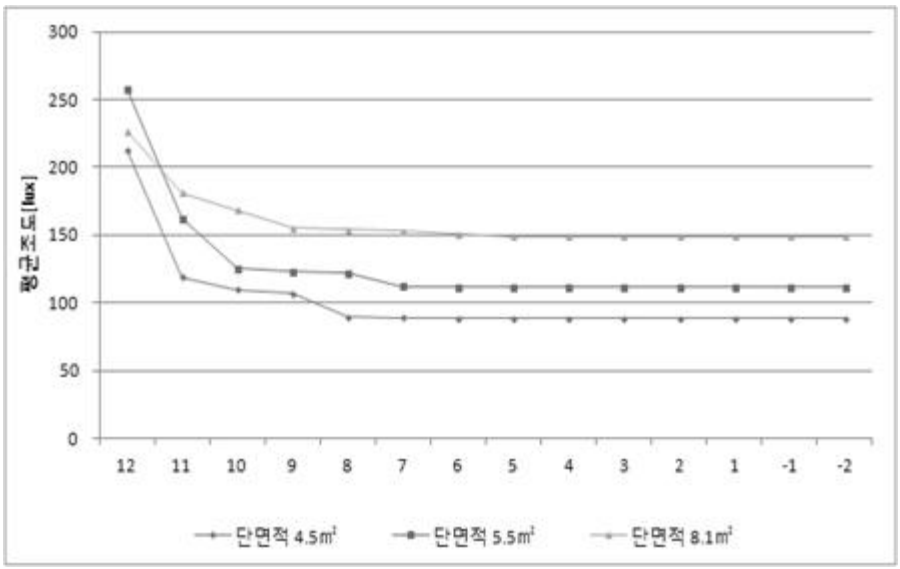


그림 48. 에코샤프트의 층별 평균 조도분포(헬리오스탯 적용 후)



이것은 에코샤프트 상부 천창의 높이는 Heliostat의 크기 및 위치에 영향이 없는 반면, 단면적 변화에 대해서는 단면적에 따라 Heliostat 반사거울의 크기가 상이하게 적용된 것으로 단면적이 클 수록 Heliostat 반사거울의 크기와 면적이 증가하여 그만큼 많은 양의 태양광이 실내로 유입되어 나타난 결과로 판단된다.

특히 단면적이 가장 넓은 8.1㎡에서의 UDI가 46%로 광주지역의 연중 일조율이 69%인 점을 감안할 때 에코샤프트의 자연채광 유효성이 상당히 높은 것을 확인할 수 있다. 또한, 층별 조도값과 UDI값을 비교해 보면, 에코샤프트공간의 Heliostat 적용 전 자연채광 효과는 최상층인 12층과 11층을 제외하면 자연광 유입에 따른 조명효과가 거의 없는 것으로 나타난 반면, Heliostat 적용 후에는 에코샤프트 조건별 평균 조도가 100 lux 전후로 나타나고 UDI 수치 또한 30% 이상으로 Heliostat 적용에 따른 자연광 조명효과가 크게 개선되는 것을 알 수 있다.

그림 49. 에코샤프트의 층별 UDI분포(헬리오스탯 적용 전)

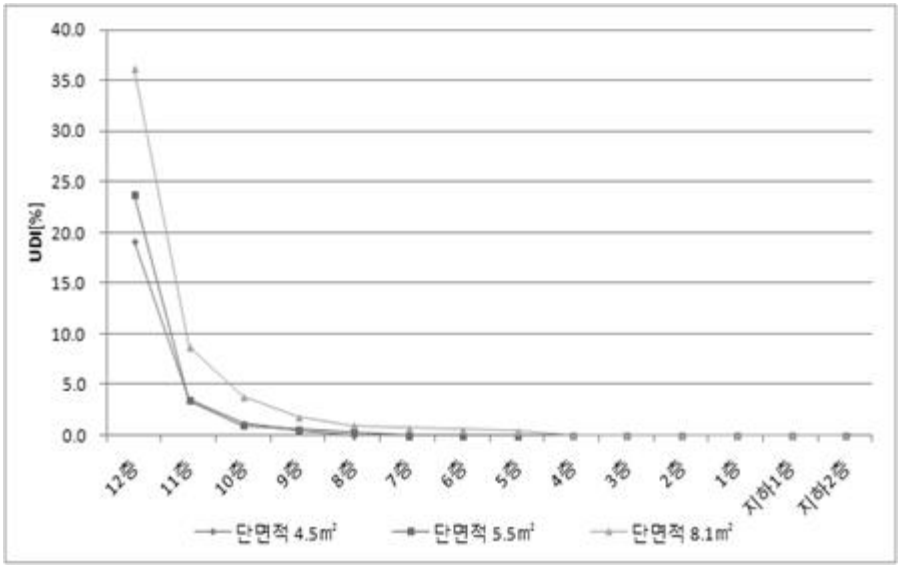


그림 50. 에코샤프트의 층별 UDI분포(헬리오스탯 적용 후)

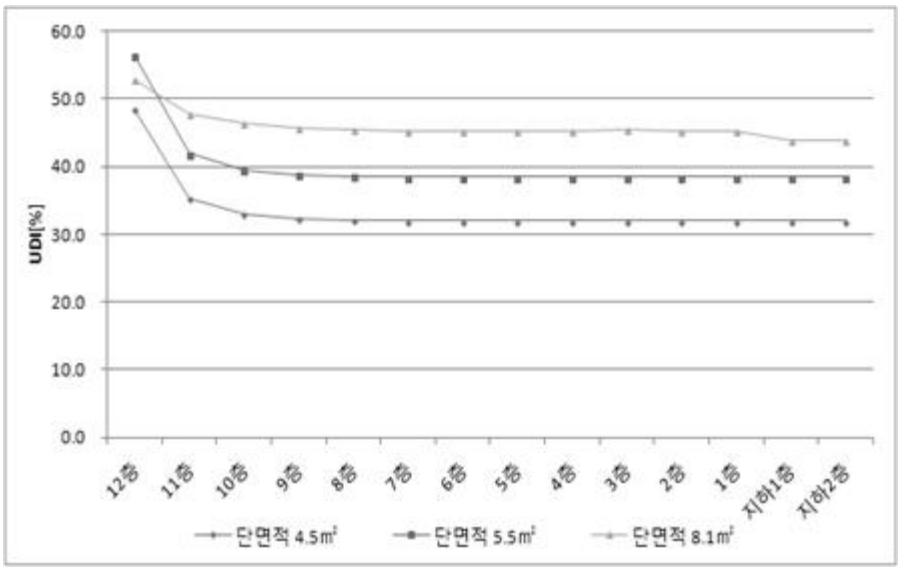


표 26. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 0.725m, 단면적 4.5㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	124.1	19.3	212.8	48.6	
11층	30.3	3.6	119.0	35.4	
10층	20.9	1.3	109.6	33.0	
9층	18.3	0.5	107.0	32.4	
8층	0.6	0.0	89.3	32.1	
7층	0.3	0.0	89.0	32.0	
6층	0.1	0.0	88.8	32.0	
5층	0.0	0.0	88.8	32.0	
4층	0.0	0.0	88.8	32.0	
3층	0.0	0.0	88.8	32.0	
2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
평균	13.9	1.8	102.7	33.5	

표 27. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 0.725m, 단면적 5.5㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	145.9	23.8	257.9	56.5	
11층	50.7	3.4	162.6	41.9	
10층	13.3	1.0	125.3	39.5	
9층	11.1	0.6	123.0	38.9	
8층	9.9	0.3	121.9	38.6	
7층	0.1	0.0	112.1	38.5	
6층	0.0	0.0	112.0	38.5	
5층	0.0	0.0	112.0	38.5	
4층	0.0	0.0	112.0	38.5	
3층	0.0	0.0	112.0	38.5	
2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
평균	16.5	2.1	128.5	40.1	

표 28. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 0.725m, 단면적 8.1㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	244.7	36.3	226.5	53.0	
11층	90.6	8.8	181.0	47.9	
10층	60.0	3.8	168.4	46.4	
9층	26.3	1.8	155.3	45.7	
8층	22.5	1.0	154.2	45.5	
7층	21.1	0.7	152.9	45.4	
6층	20.6	0.6	150.4	45.3	
5층	20.0	0.5	148.8	45.3	
4층	0.8	0.0	148.7	45.3	
3층	0.3	0.0	148.7	45.5	
2층	0.4	0.0	148.7	45.3	
1층	0.1	0.0	148.7	45.2	
지하1층	0.0	0.0	148.7	43.9	
지하2층	0.0	0.0	148.7	43.9	
평균	36.2	3.8	159.3	46.0	

표 29. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 3.3m, 단면적 4.5㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	124.1	19.3	212.8	48.6	
11층	30.3	3.6	119.0	35.4	
10층	20.9	1.3	109.6	33.0	
9층	18.3	0.5	107.0	32.4	
8층	0.6	0.0	89.3	32.1	
7층	0.3	0.0	89.0	32.0	
6층	0.1	0.0	88.8	32.0	
5층	0.0	0.0	88.8	32.0	
4층	0.0	0.0	88.8	32.0	
3층	0.0	0.0	88.8	32.0	
2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
평균	13.9	1.8	102.7	33.5	

표 30. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 3.3m, 단면적 5.5㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	145.9	23.8	257.9	56.5	
11층	50.7	3.4	162.6	41.9	
10층	13.3	1.0	125.3	39.5	
9층	11.1	0.6	123.0	38.9	
8층	9.9	0.3	121.9	38.6	
7층	0.1	0.0	112.1	38.5	
6층	0.0	0.0	112.0	38.5	
5층	0.0	0.0	112.0	38.5	
4층	0.0	0.0	112.0	38.5	
3층	0.0	0.0	112.0	38.5	
2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
평균	16.5	2.1	128.5	40.1	

표 31. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 3.3m, 단면적 8.1㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	89.12	36.3	226.5	53.0	
11층	96.96	8.8	181.0	47.9	
10층	99.14	3.8	168.4	46.4	
9층	99.82	1.8	155.3	45.7	
8층	99.87	1.0	154.2	45.5	
7층	99.92	0.7	152.9	45.4	
6층	99.96	0.6	150.4	45.3	
5층	100.0	0.5	148.8	45.3	
4층	100.0	0.0	148.7	45.3	
3층	100.0	0.0	148.7	45.5	
2층	100.0	0.0	148.7	45.3	
1층	100.0	0.0	148.7	45.2	
지하1층	100.0	0.0	148.7	43.9	
지하2층	100.0	0.0	148.7	43.9	
평균	98.91	3.8	159.3	46.0	

표 32. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 6.55m, 단면적 4.5㎡)

구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	124.1	19.3	212.8	48.6	
11층	30.3	3.6	119.0	35.4	
10층	20.9	1.3	109.6	33.0	
9층	18.3	0.5	107.0	32.4	
8층	0.6	0.0	89.3	32.1	
7층	0.3	0.0	89.0	32.0	
6층	0.1	0.0	88.8	32.0	
5층	0.0	0.0	88.8	32.0	
4층	0.0	0.0	88.8	32.0	
3층	0.0	0.0	88.8	32.0	
2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하1층	0.0	0.0	88.8	32.0	
지하2층	0.0	0.0	88.8	32.0	
평균	13.9	1.8	102.7	33.5	

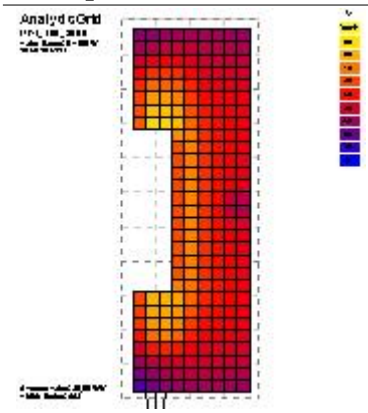
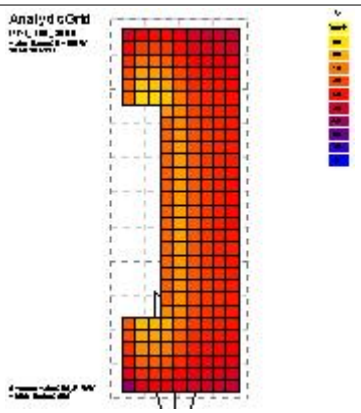
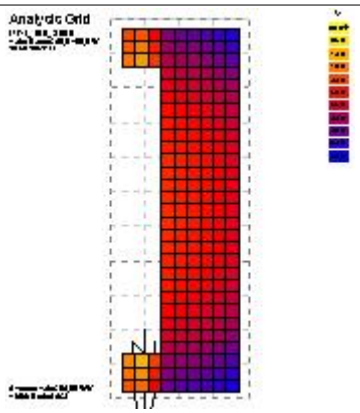
표 33. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 6.55m, 단면적 5.5㎡)

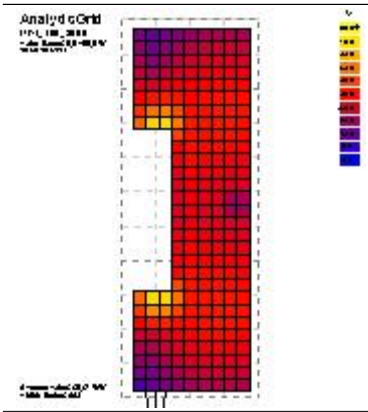
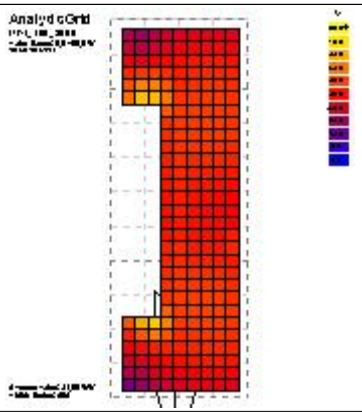
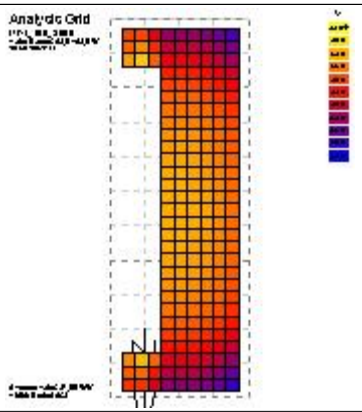
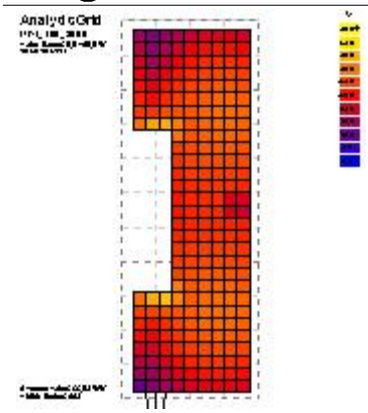
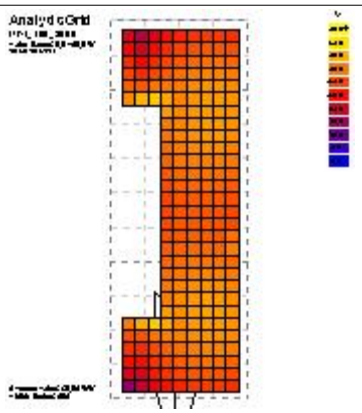
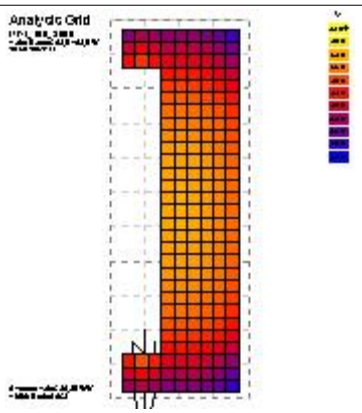
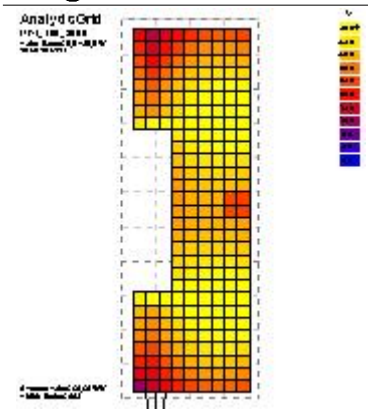
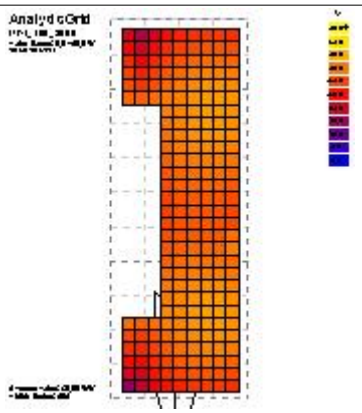
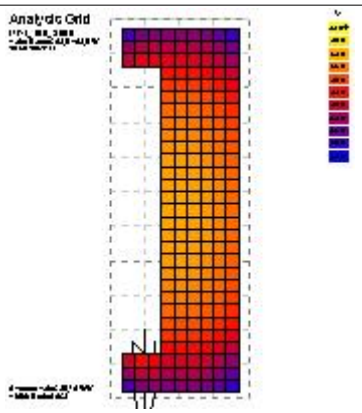
구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	145.9	23.8	257.9	56.5	
11층	50.7	3.4	162.6	41.9	
10층	13.3	1.0	125.3	39.5	
9층	11.1	0.6	123.0	38.9	
8층	9.9	0.3	121.9	38.6	
7층	0.1	0.0	112.1	38.5	
6층	0.0	0.0	112.0	38.5	
5층	0.0	0.0	112.0	38.5	
4층	0.0	0.0	112.0	38.5	
3층	0.0	0.0	112.0	38.5	
2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하1층	0.0	0.0	112.0	38.5	
지하2층	0.0	0.0	112.0	38.5	
평균	16.5	2.1	128.5	40.1	

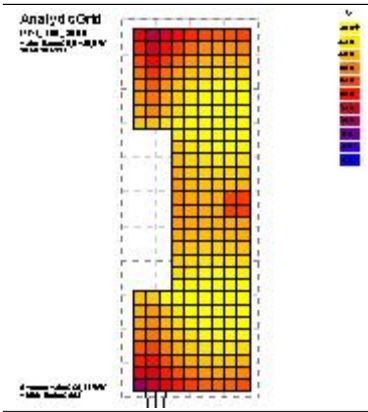
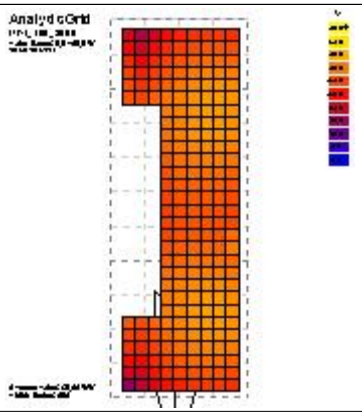
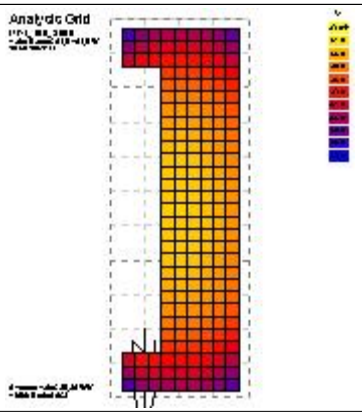
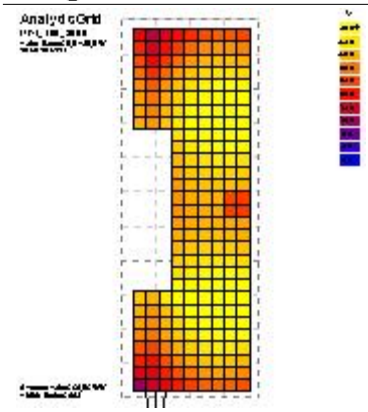
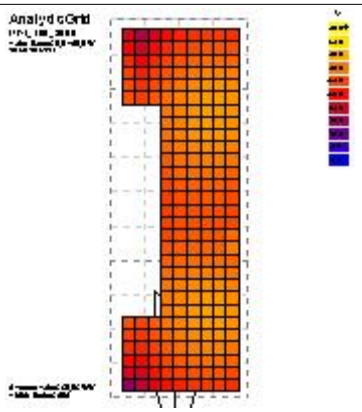
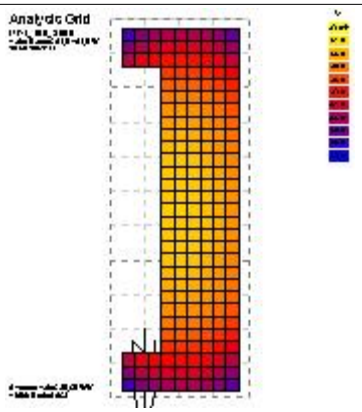
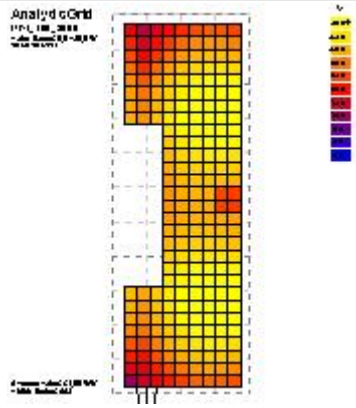
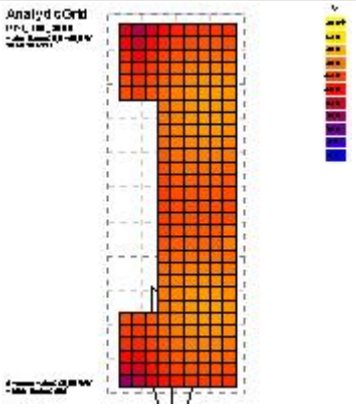
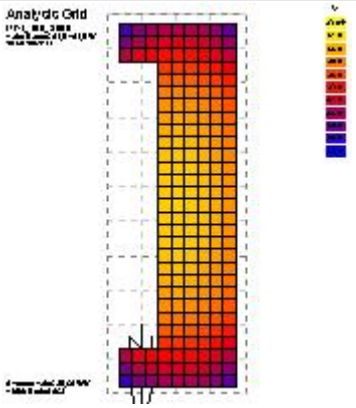
표 34. 에코샤프트 자연채광 성능평가 결과(천창높이 6.55m, 단면적 8.1㎡)

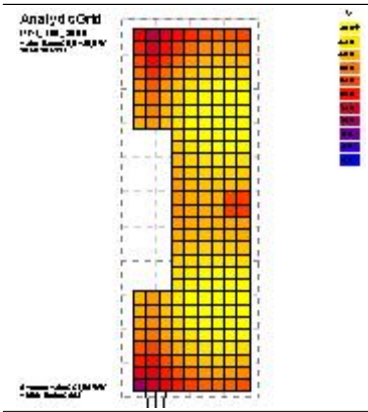
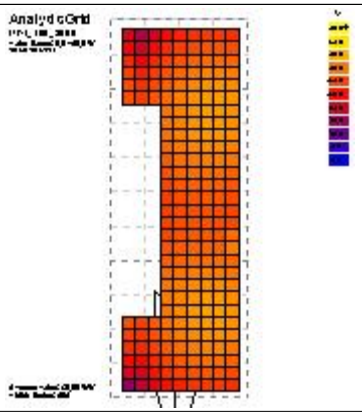
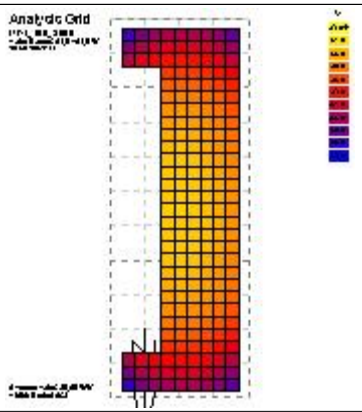
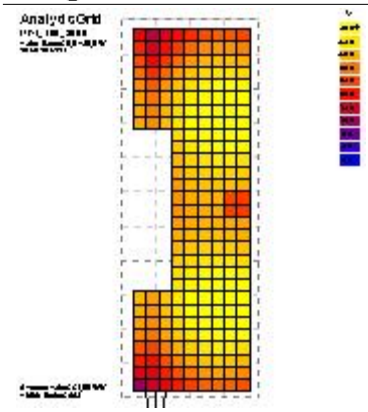
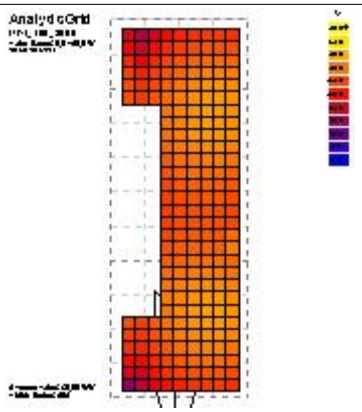
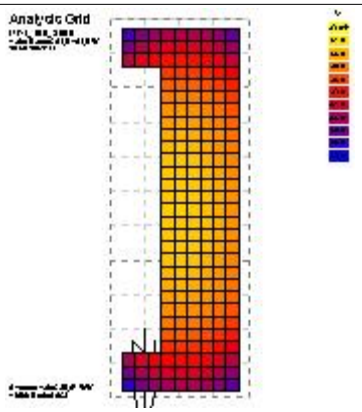
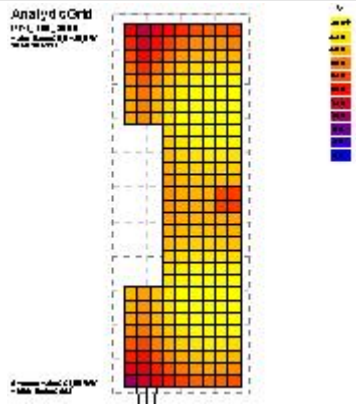
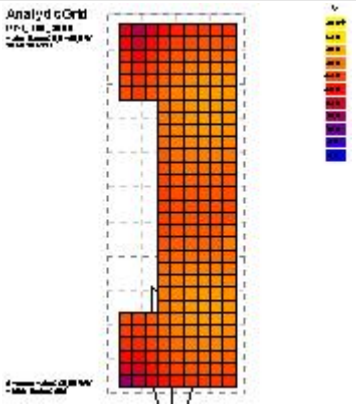
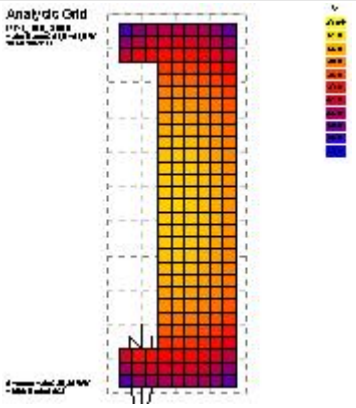
구 분	자연채광기술 적용 전 UDI [%]		자연채광기술 적용 후 UDI [%]		비고
	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	평균조도	$UDI_{>100<2000}$	
12층	89.12	36.3	226.5	53.0	
11층	96.96	8.8	181.0	47.9	
10층	99.14	3.8	168.4	46.4	
9층	99.82	1.8	155.3	45.7	
8층	99.87	1.0	154.2	45.5	
7층	99.92	0.7	152.9	45.4	
6층	99.96	0.6	150.4	45.3	
5층	100.0	0.5	148.8	45.3	
4층	100.0	0.0	148.7	45.3	
3층	100.0	0.0	148.7	45.5	
2층	100.0	0.0	148.7	45.3	
1층	100.0	0.0	148.7	45.2	
지하1층	100.0	0.0	148.7	43.9	
지하2층	100.0	0.0	148.7	43.9	
평균	98.91	3.8	159.3	46.0	

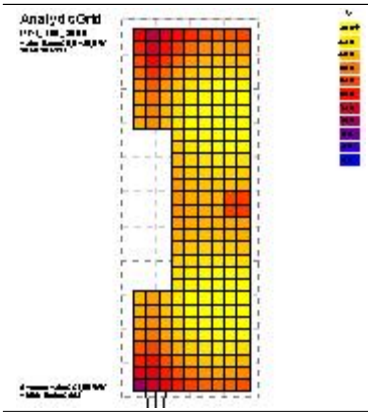
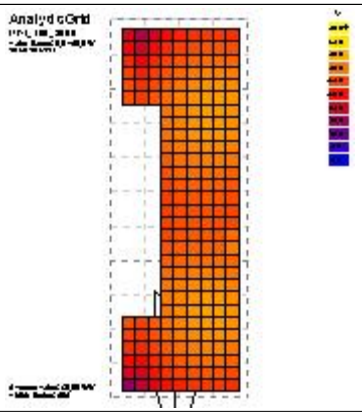
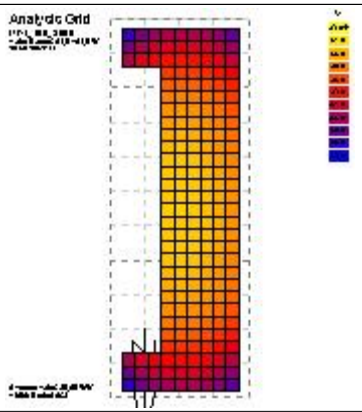
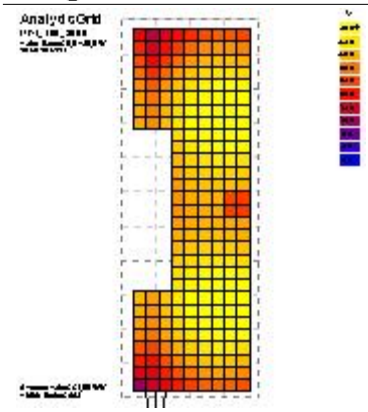
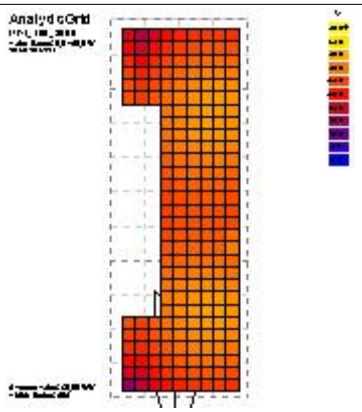
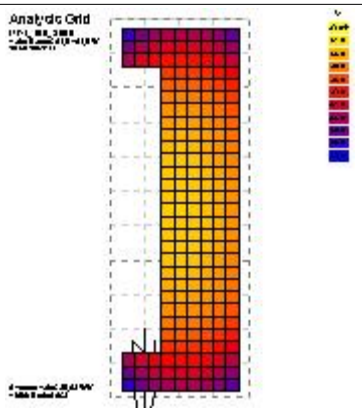
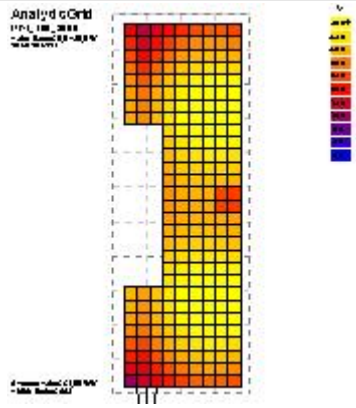
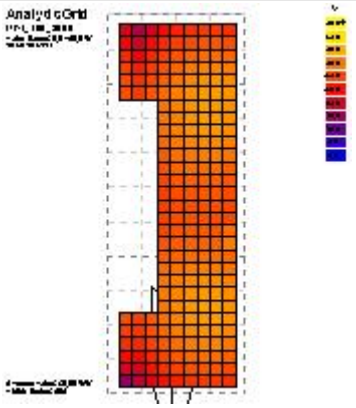
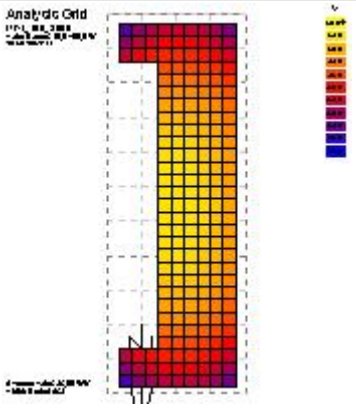
표 35. 각 층에서의 단면적별 UDI분석 결과

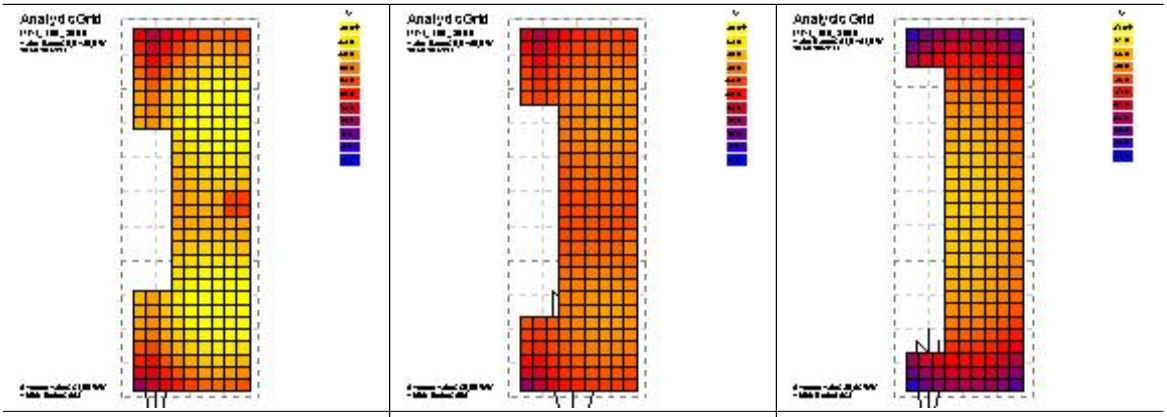
12층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
11층		

		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
10층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
9층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
8층		

		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
7층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
6층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
5층		

		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
4층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
3층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
2층		

		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
1층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
지하1층		
		
단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡
지하2층		



단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡

마. 분석결과

에코샤프트의 유형별(천창높이 및 단면적) 실내 조명성능을 분석한 결과 에코샤프트의 천창 높이는 반사거울시스템의 고정식 반사거울을 설치하기 위한 최소의 공간을 확보하기 위한 목적 외 실내 조명성능에는 무관한 것을 확인 하였으며, 단면적에 따라 실내조명 성능은 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다.

그림 51. 중정지수의 개념

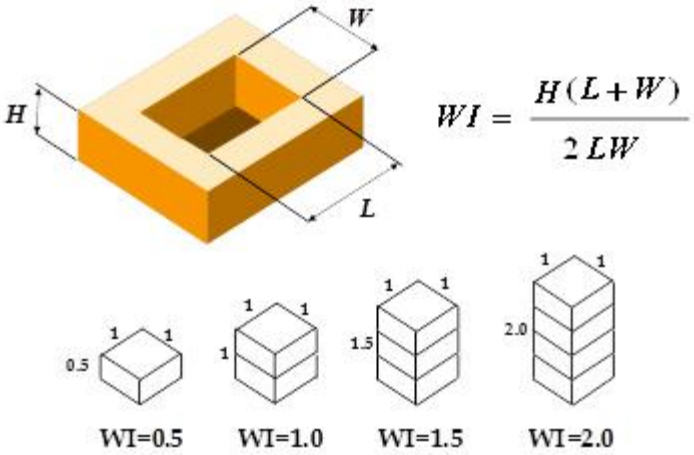


표 36. 에코샤프트 단면적별 공간제원

	H [m]	W [m]	L [m]			비고
			단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡	
12층	9.3	1.0	4.5	5.5	8.1	
11층	13.5	1.0	4.5	5.5	8.1	
10층	17.7	1.0	4.5	5.5	8.1	
9층	21.9	1.0	4.5	5.5	8.1	
8층	26.1	1.0	4.5	5.5	8.1	
7층	30.3	1.0	4.5	5.5	8.1	
6층	34.5	1.0	4.5	5.5	8.1	
5층	38.7	1.0	4.5	5.5	8.1	
4층	42.9	1.0	4.5	5.5	8.1	
3층	47.1	1.0	4.5	5.5	8.1	
2층	51	1.0	4.5	5.5	8.1	
1층	55	1.0	4.5	5.5	8.1	
지하1층	59.9	1.0	4.5	5.5	8.1	
지하2층	63.3	1.0	4.5	5.5	8.1	

또한, 에코샤프트 자연채광에 의한 실내 조명성능은 단순히 에코샤프트의 단면적과의 상관성으로 연관시키기에는 천창으로부터 각층간의 거리, 각층의 창문면적, 각 층의 층고 등 여러 가지 변수들이 많으므로 건물의 중정(中庭)의 형태를 정의하는 중정지수(well index)를 기준으로 연평균 조도 및 DUI값의 상관성을 분석하였다.

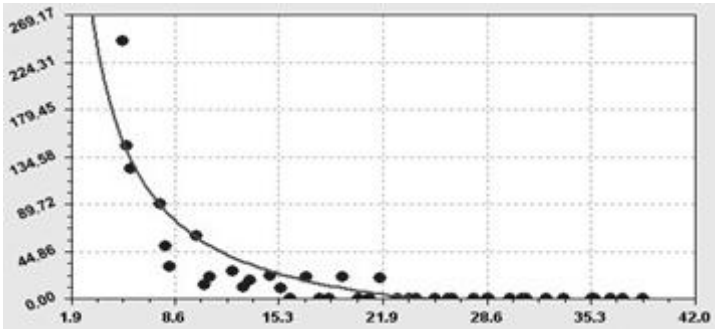
표 37. 에코샤프트 단면적별 WI(well index)

	L [m]			비고
	단면적 4.5㎡	단면적 5.5㎡	단면적 8.1㎡	
12층	5.68	5.50	5.22	
11층	8.25	7.98	7.58	
10층	10.82	10.46	9.94	
9층	13.38	12.94	12.30	

8층	15.95	15.42	14.66	
7층	18.52	17.90	17.02	
6층	21.08	20.39	19.38	
5층	23.65	22.87	21.74	
4층	26.22	25.35	24.10	
3층	28.78	27.83	26.46	
2층	31.17	30.14	28.65	
1층	33.61	32.50	30.90	
지하1층	36.61	35.40	33.65	
지하2층	38.68	37.40	35.56	

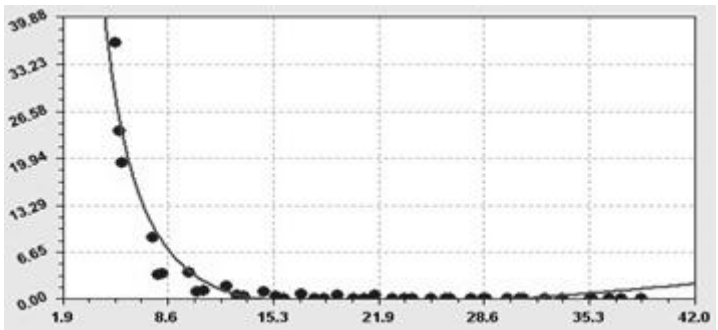
그림 52~그림 55에나타낸에코샤프트유형별연평균조도 및 UDI값과 표 37 에코샤프트단면적별 WI(well index) 에서 정리된 WI(well index)를 대입하여 WI별 연평균 조도 및 UDI에 대한 회귀식을 도출하였다.

그림 52. 에코샤프트의 WI별 연평균 조도분포(Heliostat 적용 전)



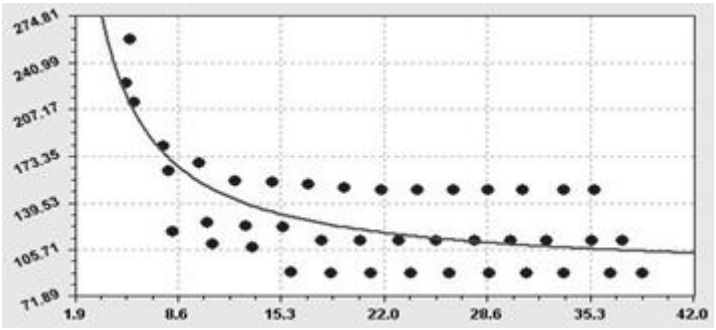
S = 22.04
r = 0.89
y=a+b/x
Coefficient Data:
a = -40.400831
b = 980.97372

그림 53. 에코샤프트의 WI별 UDI분포(Heliostat 적용 전)



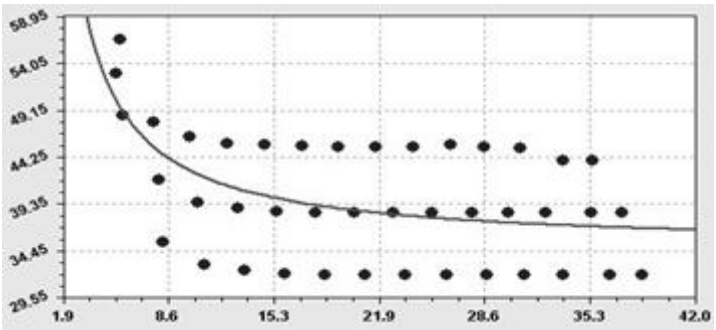
S = 0.95
r = 0.99
y=1/(a+bx^c)
Coefficient Data:
a = -0.22651681
b = 0.03197609
c = 1.2528813

그림 54. 에코샤프트의 WI별 연평균 조도분포(Heliostat 적용 후)



S = 26.44
r = 0.75
y=a+b/x
Coefficient Data:
a = 87.238039
b = 672.04652

그림 55. 에코샤프트의 WI별 UDI분포(Heliostat 적용 후)



S = 5.48
r = 0.54
y=a+b/x
Coefficient Data:
a = 34.770433
b = 80.063261

WI별 연평균 조도와 UDI의 상관성 분석 결과, Heliostat이 적용되지 않은 에코샤프트의 경우 WI와 연평균 조도 및 UDI의 상관성이 크게 나타나는 것을 알 수 있으나 Heliostat을 적용한 경우에는 WI값이 클수록, 즉 저층부로 갈수록 WI 보다는 에코샤프트의 단면적에 따른 영향이 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

표 38. 에코샤프트의 단면적 및 층수에 따른 조명성능

① 에코샤프트 단면적	4.5㎡	5.5㎡	8.1㎡
② 전체 층수	14 fl	14 fl	14 fl
③ 층별 단면적 = ①/②	0.32 ㎡/fl	0.39 ㎡/fl	0.58 ㎡/fl
④ 조도	min 88.8 lux	min 112 lux	min 148.7 lux
⑤ UCI	min 32 %	min 38.5 %	min 43.9 %
⑥ 층별 단면적 대비 조도 = ④/③	276.3	285.1	257.0
⑦ 층별 단면적 대비 UDI = ⑤/③	99.6	98.0	75.9

그림 56. 층별 유효단면적별 최소조도 상관관계

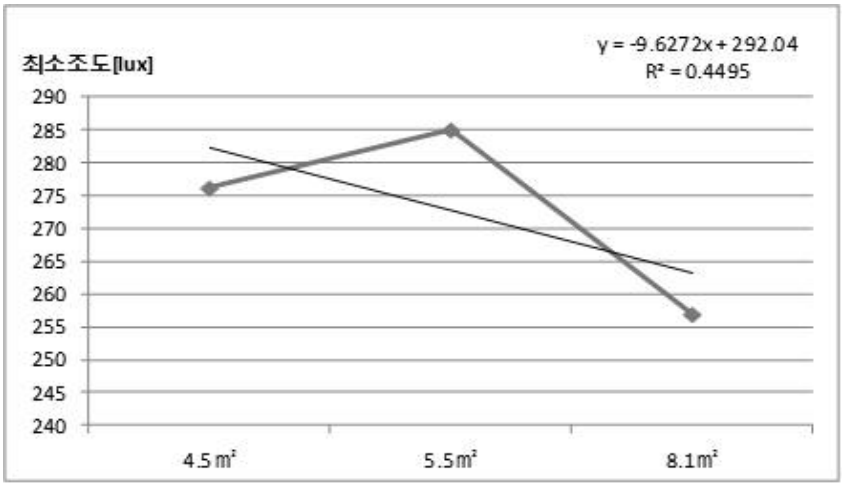
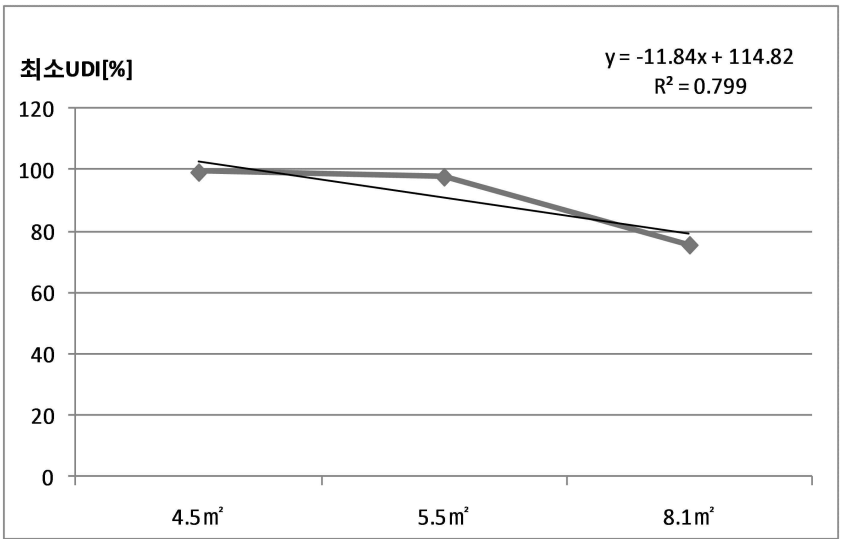


그림 57. 층별 유효단면적별 최소UDI 상관관계



Heliostat이 적용된 에코샤프트에서 저층으로 갈수록 에코샤프트의 단면적별 연평균 조도와 UDI의 값이 일정한 값을 유지하는 특성은 Heliostat을 통하여 각층에 유입되는 태양광이 일정하기 때문이며, 결국 태양광을 유입하는 반사거울의 크기에 비례한 것으로 판단할 수 있다. 결국, 태양반사광의 광량이 동일한 조건하에서 각층에 설치되는 반사거울의 크기에 따라 연평균 조도 및 UDI값의 최소 수치가 결정되는 것으로 판단할 수 있다.

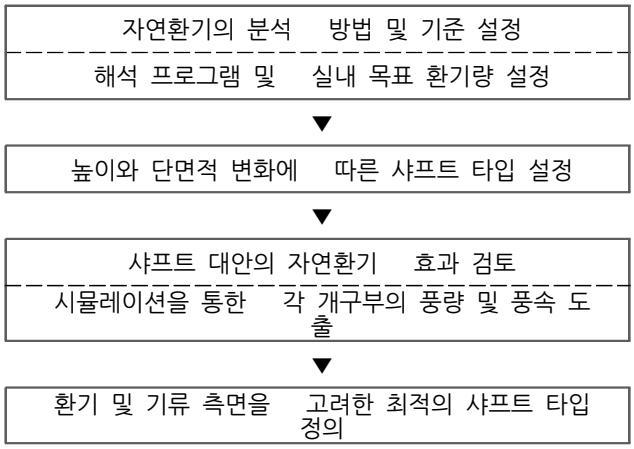
2. 에코샤프트의 환기성능 평가

가. 시뮬레이션 목적

에코샤프트의 환기측면의 이점을 최적화하기 위해 실제 에코샤프트가 설계된 건물을 대상으로 샤프트의 단면적과 높이의 변화가 환기에 미치는 영향을 검토하여, 건물의 쾌적한 환경 위한 샤프트 계획 시 적용하고자 한다.

검토 방법은 다음과 같은 절차에 따라 실시하였다. 대상 건물의 샤프트의 높이와 단면적을 변화시켜 샤프트 타입을 정의하였고, 환기가 실제로 잘 이루어질 중간기를 기준으로 연돌효과와 바람에 의한 압력차에 따른 환기 풍량을 도출하였으며, 건물의 쾌적한 환경을 위한 최적의 샤프트 타입을 검토 하였다.

그림 58. 에코샤프트 환기성능 평가 절차



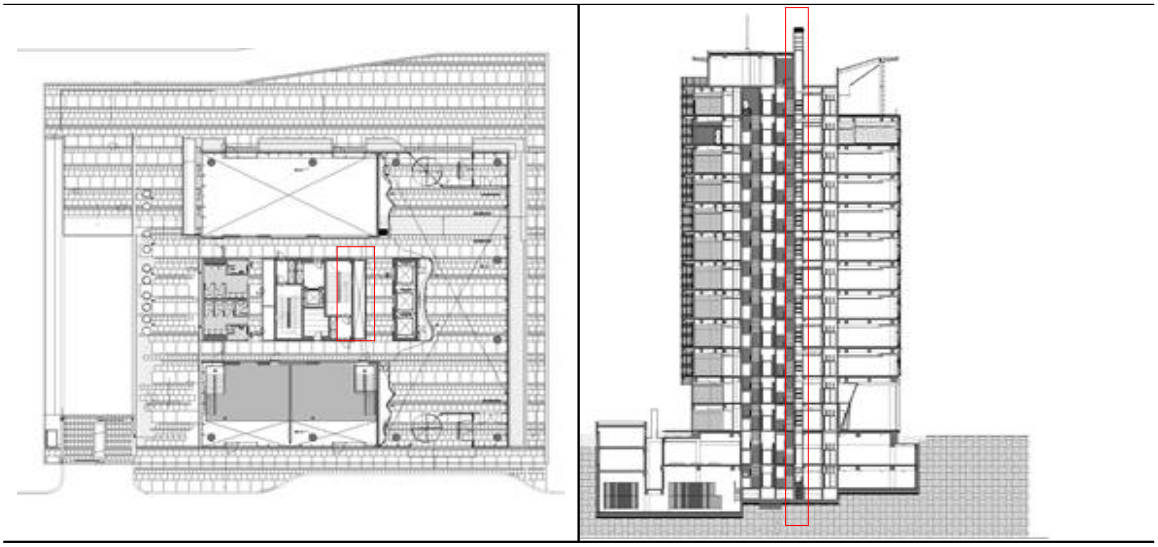
나. 환기성능 평가 기준 설정

(1) 건물의 선정

검토를 위한 대상 건물은 1차년도 연구에서 실측 대상이었던 전남전문건설회관으로 정하였으며, 대상 건물의 구체적인 정보는 부록2에 정리하였다.

표 39. 대상건물 평면 및 단면도

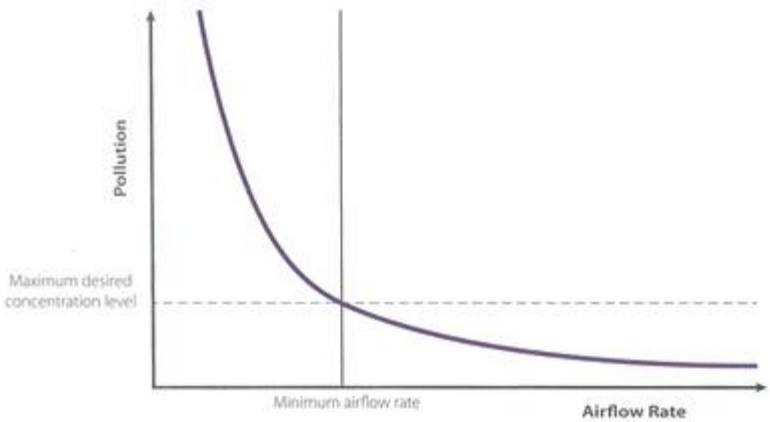
1층 평면도	단면도



(2) 목표 환기량 설정

실내 공기를 오염시키는 요소로는 사람으로부터 나오는 이산화탄소 및 수분, 냄새 또는 마감재, 가구, 기기 등 에서 나오는 가스, 실외로부터 유입되는 오염물질 등이 있으며, 최적의 실내 공기질을 유지하기 위해서는 신선한 공기를 공급하여 실내 오염공기를 희석하거나 사라지도록 하는 것이 필요하다. 그림 59에서는 환기량이 증가됨에 따라 실내 오염도가 감소하며, 최소 환기량은 실내 공기의 오염을 예방하기 위해 꼭 필요한 것으로 볼 수 있다.

그림 59. 환기량과 오염도의 상관관계



자료: Allard & Santamouris 1998, Natural Ventailation In Buildings, 1998

따라서, 샤프트의 환기성능을 평가하는 기준으로 최소 환기량을 목표 환기량으로 설정하였고, 본 연구가 에코샤프트와 연결된 복도구역에서의 환기성능을 평가하는 것이므로, 복도의 최소환기량 기준을 적용하는 것으로 하였다. 국내에서는 복도에서 최소환기량을 규정하는 기준이 없으므로, 미국의 ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality에서 제시하는 기준을 적용하였으며, 다음 식을 통해 산출 할 수 있다.

Vbz = (인원수x 필요환기량/인)+(면적 x 필요환기량/면적) (식1)

Voz(최소외기도입량) = Vbz/Ez* (식2)

* Ez : air distribution effectiveness = 1

Corridors : 0.3 L/s · ㎡[14)]

대상건물의 각 층의 복도에 위 식을 적용하여 복도에서 요구되는 최소환기량을 산출하였으며, 산출된 결과는 샤프트의 환기효과를 평가하는 기준으로 하였고, 그 결과는 표 40과 같다.

표 40. 대상건물의 복도 부분의 최소환기량

	Area ㎡	No. Of People Pz	People Outdoor Air Rate Rp (LPS/person)	Table 6-1 Area Outdoor Air Rate Ra (LPS/㎡)	Breathing Zone Outdoor Air Flow Vbz (LPS)	Table6-2 Zone Air Distribution Effectiveness Ez	Minimum Ventilation Rate Voz (LPS)
Shaft							
12F	617.3	0	0	0.3	185.2	1.0	185.2
11F	180.0	0	0	0.3	54.0	1.0	54.0
10F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
9F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
8F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
7F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
6F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
5F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
4F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
3F	130.5	0	0	0.3	39.2	1.0	39.2
2F	440.8	0	0	0.3	132.2	1.0	132.2
1F	386.4	0	0	0.3	115.9	1.0	115.9

(3) 기류 속도 기준 설정

14) ASHRAE Standard 62.1, Table 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE

건물 내의 기류 속도가 너무 빠른 경우, 거주자의 열손실이 발생하거나 불쾌감을 줄 수 있고, 사무실의 경우, 종이 등의 가벼운 물건들이 날아갈 우려가 있어 적정한 기류속도를 유지하는 것 또한 중요하므로, 최소환기량과 같이 샤프트의 환기성능을 평가하는 요소로 설정하였음. 실내 기류 속도 별 거주자들이 받는 느낌은 표 41과 같으며, 실내에서는 0.5m/s 이하로 기류속도를 유지하는 것이 쾌적하다고 판단된다.

표 41. 건물내 기류속도가 거주자에게 미치는 영향

기류 속도	거주자에게 미치는 영향*
<0.25 m/s	잘 느끼지 못하는
0.25~0.5m/s	쾌적한
0.5~1.0m/s	공기의 움직임이 느껴짐
1.0~1.5m/s	외풍이 느껴짐
>1.5m/s	매우 불쾌한 외풍이 느껴짐

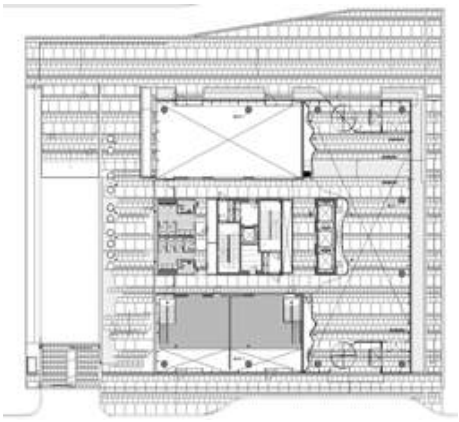
* 매우 덥고 습한 기후일 경우, 빠른 속도라도 불쾌하지 않음

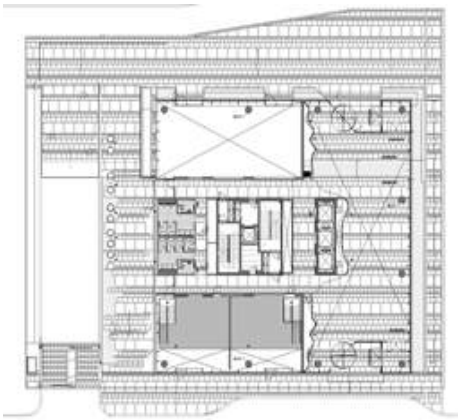
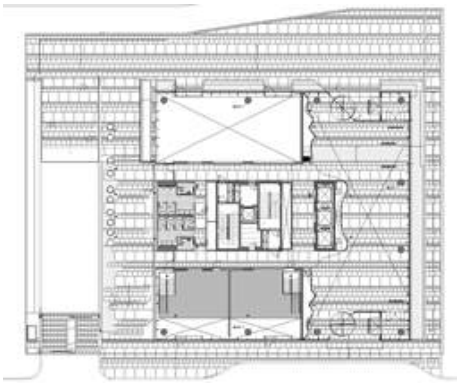
자료: Antony Wood & Ruba salib, Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings, 2013

(4) 샤프트 타입 설정

샤프트 타입은 대상 건물의 샤프트를 기준으로 높이변화에 의한 3가지타입과 단면적 변화에 의한 3가지 타입을 설정하였으며, 케이스별 평면 및 단면은 표 42과 같다.

표 42. 시뮬레이션을 위한 샤프트 타입 설정

	평면도	단면도
높이 A		
	샤프트 단면적 : 8.0㎡	샤프트 높이:64.0m (- 3.9%)

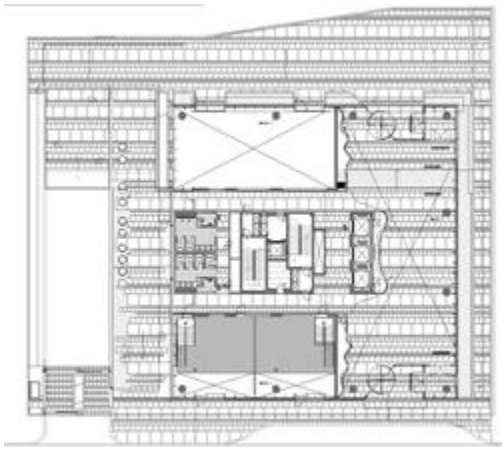
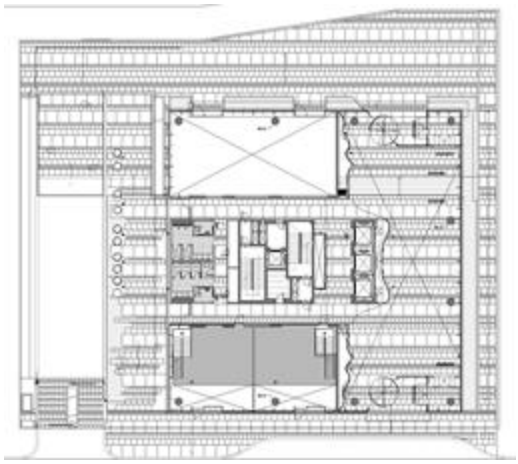
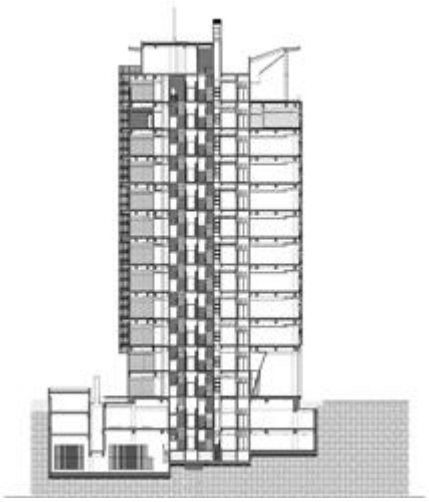
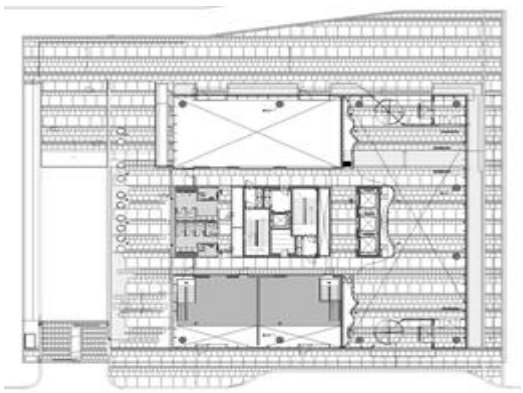
높이 B		
	샤프트 단면적 : 8.0㎡	샤프트 높이 : 66.6m (0%)
높이 C		
	샤프트 단면적 : 8.0㎡	샤프트 높이 : 69.9m (+5%)

다. 컴퓨터 시뮬레이션 평가

(1) 시뮬레이션 경계 조건

(가) 해석 프로그램

Design Builder는 해석 대상 건물의 데이터 입출력을 용이하게 할 수 있도록 만들어진 Energy Pluse용 Third-Party User Interface로써 건물에서의 에너지 성능 평가를 위한 Calculation Engine이며, 바람과 굴뚝 효과로 인한 압력 차에 기초하여 자연환기 계산이 가능하다. 또한, 시간별 Opening의 유입 및 유출 풍량과 실내 표면온도를 도출하여 이를 적용한 CFD Simulation이 가능하여, 기류분포 및 실내 온도 분포를 시각화 할 수 있다.

	평면도	단면도
단면적 A		
	샤프트 단면적 : 4.4㎡ (- 45%)	샤프트 높이 : 66.6m (돌출부 3.3m)
단면적 B		
	샤프트 단면적 : 5.4㎡ (- 32.5%)	샤프트 높이 : 66.6m (돌출부 3.3m)
단면적 C		
	샤프트 단면적 : 8.0㎡ (0%)	샤프트 높이 : 66.6m (돌출부 3.3m)

(나) 외기조건 설정

외기조건은 실제 건물에서 가장 환기효과가 클 것으로 예상되는 중간기의 봄(3월~5월)을 기준으로 한다. 실외 온도 및 풍속은 Energy Plus사에서 제공하는 기후데이터 중 목포와 가장 가까운 광주지역의 기후데이터를 기준으로 3월~5월사이의 평균값을 적용하였으며, 풍향은 최다 풍향을 기준으로 하였다. 시뮬레이션은 2가지 조건에서 진행되었으며 외기조건 설정은 표 43와 같다.

i. 조건 1 : 실제 건물에서 가장 환기효과가 클 것으로 예상되는 중간기의 봄(3월~5월)을 기준으로 하였으며, 실외 온도 및 풍속은 Energy Plus사에서 제공하는 기후데이터 중 목포와 가장 가까운 광주지역의 기후데이터를 기준으로 3월~5월사이의 평균값을 적용하였고, 풍향은 최다 풍향을 기준으로 하였다.

ii. 조건 2 : 조건 1의 시뮬레이션 결과 중 풍량이 가장 적은 대안에 대해 바람이 전혀 불지 않을 때를 조건으로 자연환기를 검토하였으며, 평균외기온도는 조건1과 같다.

표 43. 시뮬레이션을 위한 외기조건 설정

	평균외기온도	평균 풍속	최다 풍향
조건 1	14.4℃	2.4m/s	북향
조건 2	14.4℃	0.0m/s	-

(다) 에너지해석 조건 설정

개구부에서의 공기의 흐름량 및 실내표면온도를 도출하기 위한 에너지 해석 조건은 아래 표 44와 같다. 건물 구조체의 열관류율은 건축물의 에너지절약설계기준을 만족하도록 하였으며, 구조체 구성은 벽체 상세도를 참고하였다.

표 44. 구조체의 열관류율

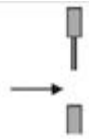
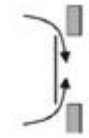
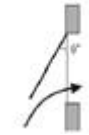
부위		열관류율 (W/㎡K)
외벽		0.36
최하층 바닥		0.41
지붕		0.20
창호	Curtain	2.40
	Shaft	3.20

(라) 대상 건물의 범위 및 조건설정

본 시뮬레이션은 샤프트와 직접 면한 구역(1, 2층 홀과 3~11층 복도, 12층)에서의 환기량을 검토하는 것으로 범위를 제한하였으며, 3~11층까지 파티션으로 구획된 오피스텔에서의 공기의 유입 및 유출은 완전히 차단되는 것으로 가정하였다.

환기효과를 최대화 하기 위해 모든 층에서 외부 창문과 문, 샤프트 창을 열린 상태라고 가정하였으며, 창문의 형태에 따라 유량계수[15]를 적용하여 개구부 크기를 입력하였다.

표 45. 창호 개방방식에 따른 유량계수

구분	형태	유량계수			비고
Opening (창호크기)		0.65 ~0.70			-
Sliding		0.33 ~0.35			일반 Opening의 50%
Parallel		0.20 ~0.30			200mm 돌출개방
		θ	수직	수평	
Project-out Casement-out		15	0.25	0.18	
		30	0.42	0.33	
		45	0.52	0.44	
		60	0.57	0.53	
		90	0.62	0.62	
Pull-down Casement-in		15	0.30	0.18	
		30	0.45	0.34	
		45	0.56	0.46	
		60	0.63	0.55	
		90	0.67	0.63	
비고	방충망이 설치될 경우 각각의 유량계수에 0.62~0.70 비율 적용				

자료: 조진균 외, 자연환기 계획을 위한 국내 초고층 공동주택 커튼월의 창호유형 사례분석 및 환기창 성능분석에 관한 연구, 대한건축학회, 2009

(2) Calculation Method[16]

(가) 개구부를 통과하는 공기의 흐름량

각각의 Opening을 통한 Ventilation rate (q)는 바람과 굴뚝 효과로 인한 압력차에 기초해 계산되며 다음의 식을 따른다.

$q = C \times (DP)^n$

q : 개구부를 통과하는 공기의 부피

15) 유량계수 = 환기창 면적을 통해 흐르는 유량 / 환기창 오프닝 면적에서 흐르는 유량

16) Design Builder User Manual

DP :Opening의 압력차
n : Flow의 지수로 0.5(fully turbulent flow)와 1.0(fully laminar flow)사이의 다양한 값을 가짐
C : Flow의 계수

(나) 바람에 의한 압력차

건물 표면에 바람이 적용할 때, 풍향에 따라 (-)와 (+)압력이 발생하는 구역을 만들며, 건물 표면에서 바람의 압력은 다음 식을 따른다.

P_W=0.5$C_p p V_{z^2}[p_a]$

P_W :바람에 의한 표면 압력

P : 공기의 밀도
V_Z :z 높이에서의 풍속 [m/s]

C_P: 풍압계수 (주어진 표면에서 바람의 압력계수)

(다) 풍압계수 도출

풍압계수()는 바람에 의한 압력차 계산을 위해 입력되어야 하며, 고층건물의 세부적인 분석을 위해서는 풍압계수 데이터를 각 표면에 직접 입력하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 ASHRAE Handbook Fundamentals에 제시된 고층건물을 위한 풍압계수를 이용하여(그림 60참조) 대상건물 풍향 및 높이에 맞는 풍압계수를 도출하였으며, 그 결과는 표 46, 표 47와 같다.

표 46. 각 층 개구부의 풍압계수

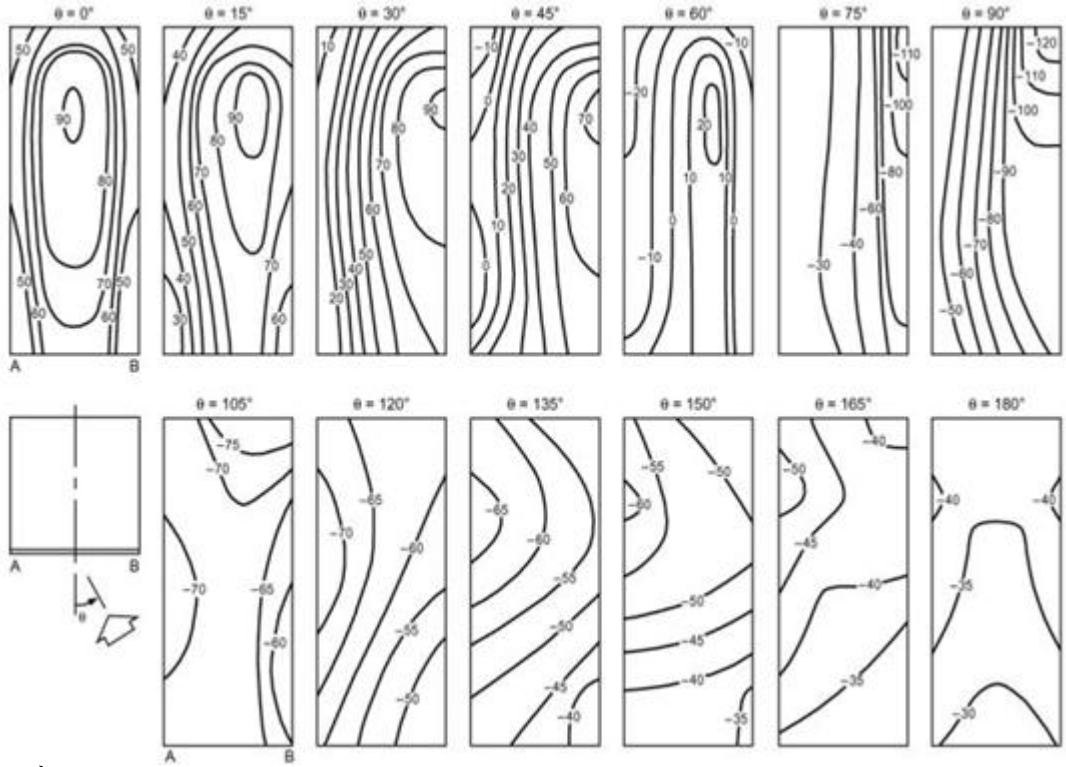
위치	풍압계수 (Cp)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°

12F	Balcony1	-0.62	-0.46	0.5	0.4	-1.3	-0.46	-0.4	0.4
	Balcony2	-1.3	-0.46	0.5	0.4	-0.62	-0.46	-0.4	0.4
	Curtain(N)	0.75	0.38	-0.6	-0.61	-0.38	0.38	-0.6	-0.61
	Curtain(S)	-0.38	0.38	-0.6	-0.61	0.75	0.38	-0.6	-0.61
11F	Balcony	-1.1	-0.46	0.55	0.4	-0.6	-0.46	-0.41	0.4
10F	Curtain	-0.62	-0.46	0.55	0.4	-1.0	-0.46	-0.4	0.4
	Balcony	-1.0	-0.46	0.55	0.4	-0.62	-0.46	-0.4	0.4
9F	Curtain	-0.64	-0.46	0.55	0.4	-0.95	-0.46	-0.39	0.4
	Balcony	-0.95	-0.46	0.55	0.4	-0.64	-0.46	-0.39	0.4
8F	Curtain	-0.65	-0.46	0.55	0.4	-0.93	-0.46	-0.38	0.4
	Balcony	-0.93	-0.46	0.55	0.4	-0.65	-0.46	-0.38	0.4
7F	Curtain	-0.67	-0.46	0.52	0.4	-0.93	-0.46	-0.37	0.4
	Balcony	-0.93	-0.46	0.52	0.4	-0.67	-0.46	-0.37	0.4
6F	Curtain	-0.67	-0.46	0.48	0.4	-0.93	-0.46	-0.36	0.4
	Balcony	-0.93	-0.46	0.48	0.4	-0.67	-0.46	-0.36	0.4
5F	Curtain	-0.67	-0.46	0.45	0.4	-0.92	-0.46	-0.35	0.4
	Balcony	-0.92	-0.46	0.45	0.4	-0.67	-0.46	-0.35	0.4
4F	Curtain	-0.65	-0.46	0.45	0.4	-0.91	-0.46	-0.34	0.4
	Balcony	-0.91	-0.46	0.45	0.4	-0.65	-0.46	-0.34	0.4
3F	Curtain	-0.62	-0.46	0.45	0.4	-0.9	-0.46	-0.33	0.4
	Balcony	-0.9	-0.46	0.45	0.4	-0.62	-0.46	-0.33	0.4

표 47. 높이 조건별 샤프트 개구부의 풍압계수

위치		풍압계수 (Cp)							
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Case -1 낮음	North	0.72	0.23	-0.62	-0.58	-0.37	0.23	-0.62	-0.58
	East	-0.62	-0.58	-0.37	0.23	-0.62	-0.58	0.72	0.23
	South	-0.38	0.23	-0.62	-0.58	0.72	0.23	-0.62	-0.58
	West	-0.62	-0.58	0.72	0.23	-0.62	-0.58	-0.37	0.23
Case -2 중간	North	0.67	0.2	-0.63	-0.53	-0.37	0.2	-0.63	-0.53
	East	-0.63	-0.53	-0.37	0.2	-0.63	-0.53	0.67	0.2
	South	-0.37	0.2	-0.63	-0.53	0.67	0.2	-0.63	-0.53
	West	-0.63	-0.53	0.67	0.2	-0.63	-0.53	-0.37	0.2
Case -3 높음	North	0.63	0.18	-0.7	-0.51	-0.37	0.18	-0.7	-0.51
	East	-0.7	-0.51	-0.37	0.18	-0.7	-0.51	0.63	0.18
	South	-0.37	0.18	-0.7	-0.51	0.63	0.18	-0.7	-0.51
	West	-0.7	-0.51	0.63	0.18	-0.7	-0.51	-0.37	0.18

그림 60. Local Pressure Coefficients (Cp × 100) for Tall Building



자료: ASHRAE, "ASHRAE Handbook 2009 Fundamentals", Ch. 24

(3) 샤프트 높이 변화에 따른 자연환기량 검토 (외기조건 1 기준)

(가) 대안별 자연환기량 검토

외기 조건 1(풍속 2.4m/s)을 기준으로 한 샤프트의 높이변화에 따른 자연환기량 산출 결과는 아래 표 48과 같다. 각 층별 개구부들의 유입 및 유출 풍량이 산출되었으며, 1층에서 가장 많은 풍량이 유입되고 상층부로 갈수록 유입풍량이 줄어들면서 9층에서 중성대가 나타났으며, 10층부터 유입된 풍량이 빠져나가 가장 상층부인 샤프트의 그릴에서 가장 많은 풍량이 빠져나가는 것으로 나타났다.

자연환기량은 샤프트의 높이가 높아질수록 증가하는 것으로 나타났으며, 기존안인 [높이-B]를 기준으로 샤프트 높이가 2.6m 낮은 [높이-A]에서 풍량이 1.6% 감소하였고, 샤프트 높이가 3.3m 더 높은 [높이-C]에서는 풍량이 1.8% 증가하는 것으로 나타났다.

(나) 기류해석을 통한 대안별 기류 및 온도 분포

샤프트의 높이변화에 따른 기류 및 온도분포의 결과는 아래 표 49과 같다. 각 대안별 풍량의 차이가 2%미만으로 기류분포는 크게 차이가 없는 것으로 나타났으나, 샤프트 상부에서는 높이가 높아질수록 속도가 조금씩 증가하는 것으로 나타났음. 샤프트내부의 기류속도는 1~4층까지는 0~1m/s, 5~12층까지는 1~2.5m/s 기류속도를 보였으며, 9~11층 높이에서 2.5m/s로 가장 기류속도가 빠르게 나타났다.

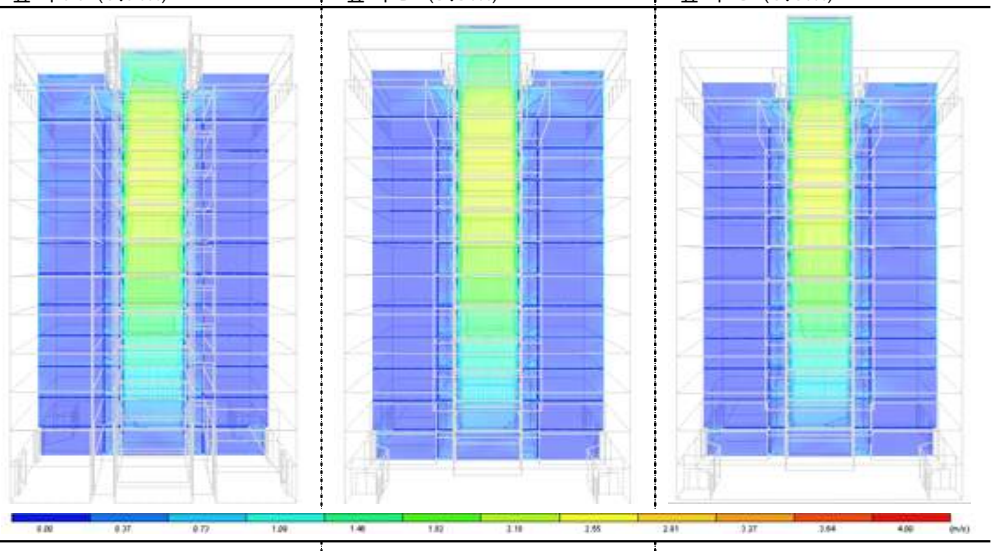
샤프트 내부의 온도분포는 샤프트의 높이가 높아질수록 온도가 조금씩 높아지는 것으로 나타났으며, 이러한 샤프트의 높이 증가와 온도상승효과가 연돌효과에 의한 압력차를 크게 하여 샤프트 높이가 높아질수록 환기량이 증가하게 된 것으로 판단된다.

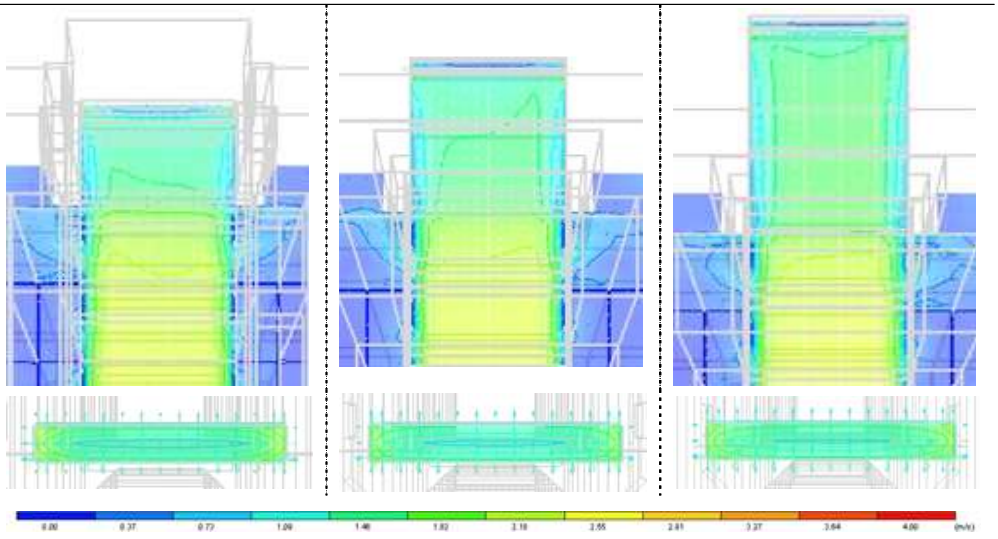
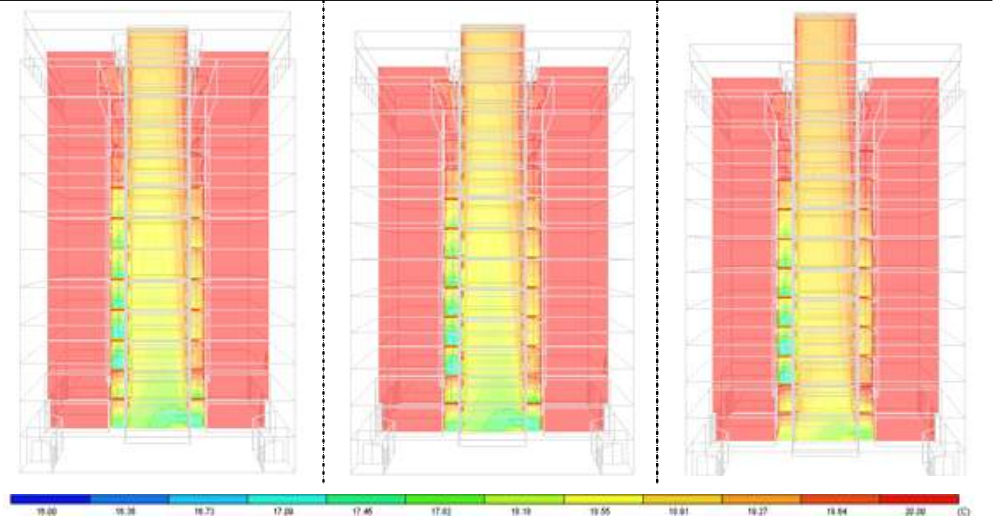
표 48. 샤프트의 높이 변화에 따른 자연환기량

구분		Airflow In (L/s)					Airflow Out (L/s)					
		N	W		S	계	N	E	W		S	계
			커튼월	발코니					커튼월	발코니		
높이-A(07m)	Shaft						665	4,740	5,020		705	11,130
	12F						4,158		1,170	1,170	4,158	10,656
	11F									1,166		1,166
	10F								208	807		1,015
	9F		142	200		342				13		13
	8F		296	871		1,167						
	7F		390	1,195		1,585						
	6F		460	1,450		1,910						
	5F		526	1,670		2,196						
	4F		586	1,870		2,456						
	3F		640	2,050		2,690						
	2F											
	1F	5,817			5,817	11,634						
	계					23,980						23,980

						(-1.6%)						(-1.6%)
높이-B (3.3m) * [기준안]	Shaft						703	5,012	5,300		743	11,758
	12F						4,087		1,154	1,154	4,087	10,481
	11F									1,145		1,145
	10F								196	785		981
	9F		162	323		485						
	8F		306	906		1,212						
	7F		396	1,224		1,620						
	6F		468	1,471		1,939						
	5F		532	1,688		2,220						
	4F		590	1,888		2,478						
	3F		644	2,067		2,711						
	2F											
	1F	5,850			5,850	11,700						
	계					24.365 (0.0%)						24.365 (0.0%)
높이-C (6.6m)	Shaft						752	5,360	5,660		794	12,566
	12F						3,982		1,140	1,140	3,971	10,233
	11F									1,110		1,110
	10F								180	725		905
	9F		185	433		618						
	8F		318	951		1,269						
	7F		406	957		1,363						
	6F		476	1,499		1,975						
	5F		540	1,712		2,252						
	4F		600	1,910		2,510						
	3F		650	2,087		2,737						
	2F											
	1F	5,895			5,895	11,790						
	계					24.514 (+1.8%)						24.514 (+1.8%)

표 49. 샤프트의 높이변화에 따른 기류 및 온도 분포

구분	높이-A (0.7m)	높이-B (3.3m)	높이-C (6.6m)
샤프트 단면 - 기류 분포			
샤프트 상부			

- 기류 분포	
샤프트 단면 - 온도 분포	

(4) 샤프트 단면적 변화에 따른 자연환기량 검토 (외기조건 1기준)

(가) 대안별 자연환기량 검토

외기조건 1(풍속 2.4m/s)을 기준으로 한 샤프트의 단면적변화에 따른 자연환기량 산출 결과는 아래 표 50과 같다. 각 층별 개구부들의 유입 및 유출 풍량이 산출되었으며, 높이변화에 따른 결과와 마찬가지로 1층에서 가장 많은 풍량이 유입되고 상층부로 갈수록 유입풍량이 줄어들면서 9층에서 중성대가 나타났으며, 10층부터 유입된 풍량이 빠져나가 가장 상층부인 샤프트의 그릴에서 가장 많은 풍량이 빠져나가는 것으로 나타난다.

자연환기량은 샤프트의 단면적이 좁아질수록 감소하는 것으로 나타났으며, 기존안인 8.0㎡의 [단면적-C]를 기준으로 샤프트의 단면적이 4.4㎡인 [단면적-A]에서 풍량이 8.6% 감소하였고, 샤프트의 단면적이 5.4㎡인 [단면적-B]에서는 풍량이

6.8% 감소하여 높이변화보다 감소폭이 커 단면적변화가 환기량에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타난다.

(나) 기류해석을 통한 대안별 기류 및 온도 분포

샤프트의 단면적 변화에 따른 기류 및 온도분포의 결과는 아래 표 50과 같다. 풍량은 단면적이 작아질수록 함께 감소하는 것으로 나타났으나, 기류속도는 가장 높은 기류속도를 나타내는 9~11층 높이에서 비교하였을 때, [단면적-A]는 약 4m/s, [단면적-B]는 약 3.3m/s, [단면적-C]에서는 약 2.5m/s의 풍속을 보여 단면적이 작아질수록 기류속도가 높아지는 것으로 나타남. 마찬가지로 샤프트 상부에서도 단면적이 좁아질수록 기류속도가 높아지는 것을 확인 할 수 있었다.

샤프트 내부의 온도분포는 단면적의 넓이가 감소할수록 샤프트 내부 온도가 높아지는 것으로 나타났으며, 샤프트 상층부를 비교하였을 때 [단면적-A]는 평균 약 20℃, [단면적-B]는 평균 약19℃, [단면적-C]에서는 평균 약18℃의 온도 분포를 보여 그 차이가 크진 않으나 온도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 샤프트 내부의 온도상승으로 연돌효과의 압력차가 커져 환기량 증가를 기대해 볼 수 있으나, 단면적이 줄어들면서 가장 많은 풍량이 빠져나가는 샤프트 상부의 개구부 면적도 줄어 오히려 환기량이 줄어드는 것으로 판단된다.

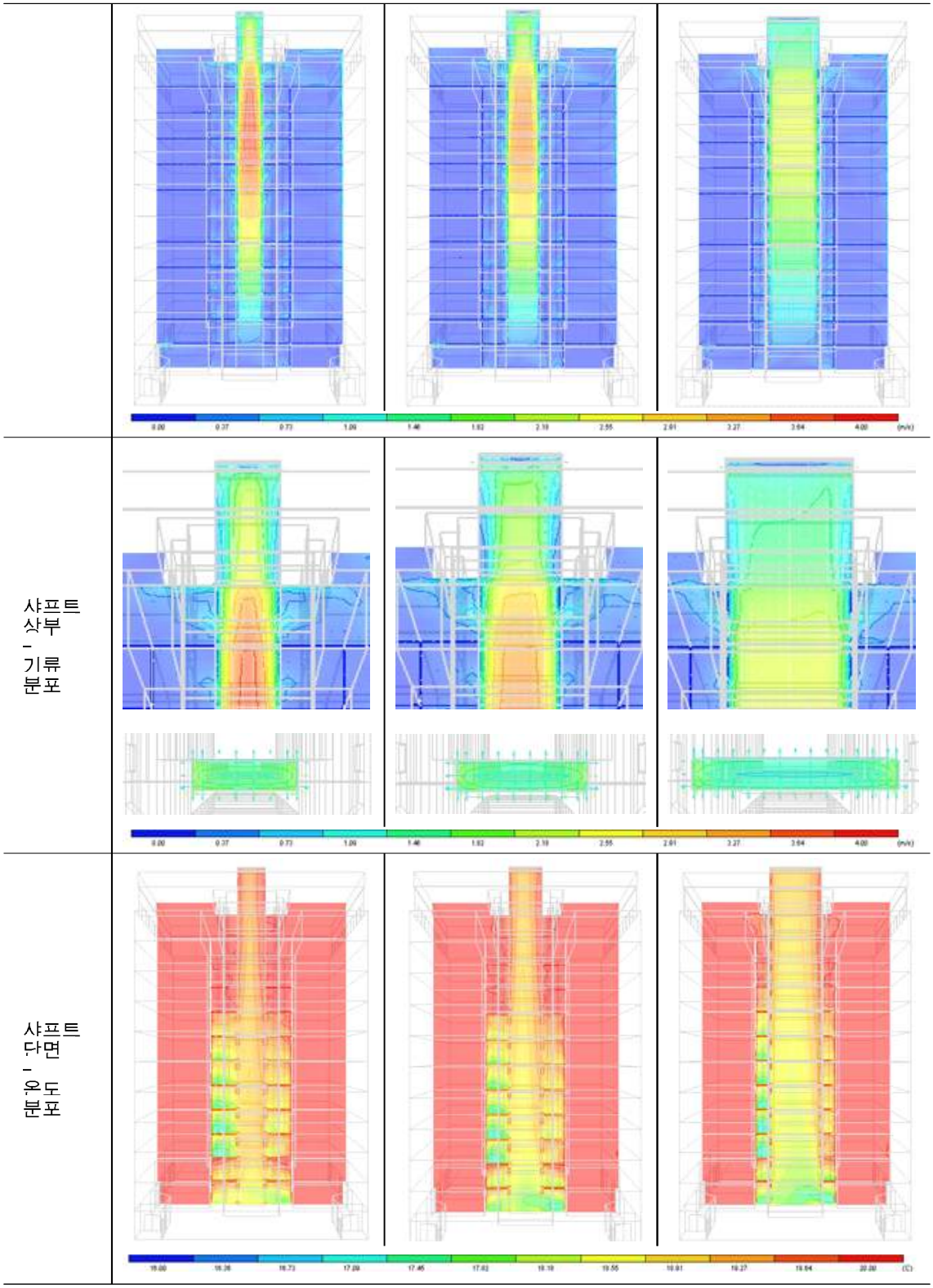
표 50. 샤프트의 단면적 변화에 따른 환기량 변화

구분		Airflow In (L/s)					Airflow Out (L/s)					
		N	W		S	계	N	E	W		S	계
			커튼월	발코니					커튼월	발코니		
단면적 A (44㎡)	Shaft						744	2,972	3,000			786
	12F						4,576		1,224	1224	4,576	11,600
	11F									1,296		1,296
	10F								272	990		1,262
	9F		12			12			84	527		611
	8F		237	650		887						
	7F		344	1,047		1,391						
	6F		426	1,325		1,751						
	5F		494	1,564		2,058						
	4F		558	1,778		2,336						
	3F		615	1,965		2,580						
	2F											

	1F	5,628			5,628	11,256						
	계					22,271 (-8.6%)						22,271 (-8.6%)
단면적B (54㎡)	Shaft						735	3,426	3,469		776	8,406
	12F						4,477		1,208	1,208	4,477	11,370
	11F									1,262		1,262
	10F								257	945		1,202
	9F		40			40			47	433		480
	8F		255	721		976						
	7F		359	1,094		1,453						
	6F		437	1,365		1,802						
	5F		505	1,596		2,101						
	4F		567	1,805		2,372						
	3F		622	1992		2,614						
	2F											
	1F	5,681			5,681	11,362						
	계					22,720 (-6.8%)						22,720 (-6.8%)
단면적C (80㎡) * [기존안]	Shaft						703	5,012	5,300		743	11,758
	12F						4,087		1,154	1,154	4,087	10,481
	11F									1,145		1,145
	10F								196	785		981
	9F		162	323		485						
	8F		306	906		1,212						
	7F		396	1,224		1,620						
	6F		468	1,471		1,939						
	5F		532	1,688		2,220						
	4F		590	1,888		2,478						
	3F		644	2,067		2,711						
	2F											
	1F	5,850			5,850	11,700						
	계					24,365 (0.0%)						24,365 (0.0%)

표 51. 샤프트의 단면적 변화에 따른 기류 및 온도분포

구분	높이-A (64.0m)	높이-B (66.6m)	높이-C (69.9m)
샤프트 단면 - 기류 분포			



(5) 바람이 불지 않을 경우 에코샤프트의 자연환기량 검토 (외기조건 2)

위 (1), (2)의 시뮬레이션 결과 중 가장 풍량이 작은 단면적-A안을 선정하였으며, 풍속의 변화에 따른 샤프트의 자연환기효과를 검토하기 위해 외기조건-1(풍속 2.4m/s)과 외기조건-2(풍속 0.0m/s)를 기준으로 풍량을 산출하였다. 그 결과, 유입풍량은 풍속이 2.4m/s일 때 22,271L/s, 0m/s일 때 18,363 L/s로 외기조건-1과 비교하여 풍량이 감소하였으나 그 비율이 17.5%로 감소폭이 크지 않았으며 이를 통해 외기풍속과 상관없이 에코샤프트의 설치만으로 자연환기 효과가 있는 것을 확인 할 수 있었다.

표 52. 풍속조건에 따른 단면적-A안의 자연환기량 비교

구분		Airflow In (L/s)					Airflow Out (L/s)					
		N	W		S	계	N	E	W		S	계
			커튼월	발코니					커튼월	발코니		
단면적-A 풍속 2.4m/s	Shaft						744	2,972	3,000			786
	12F						4,576		1,224	1224	4,576	11,600
	11F									1,296		1,296
	10F								272	990		1,262
	9F		12			12			84	527		611
	8F		237	650		887						
	7F		344	1,047		1,391						
	6F		426	1,325		1,751						
	5F		494	1,564		2,058						
	4F		558	1,778		2,336						
	3F		615	1,965		2,580						
	2F											
	1F	5,628			5,628	11,256						
	계					22.271 (0.0%)						22.271 (0.0%)
단면적-A 풍속 0.0m/s	Shaft						622	2,480	2,480			649
	12F						3,979		792	792	3,979	9,541
	11F									1,046		1,046
	10F								221	805		1,026
	9F		6			6			75	444		519
	8F		187	505		692						
	7F		280	844		1,124						
	6F		347	1081		1,428						
	5F		404	1,276		1,680						
	4F		454	1445		1,899						
	3F		498	1,596		2,094						
	2F											
	1F	4,720			4,720	9,440						
	계					18.363 (-17.5%)						18.363 (-17.5%)

라. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

(1) 목표 환기량을 기준으로 한 환기성능 평가

풍속이 0인 대안을 포함한 모든 대안의 각 개구부별 유입, 유출 풍량과 목표 환기량인 각 층 복도의 최소 환기량의 비교 결과 대안에 따라 풍량 차이가 조금씩 나타났었으나, 모든 대안에서 최소 환기량은 만족하는 것뿐만 아니라 크게 초과하는 것으로 나타남. 대안별 풍량 및 최소 환기량 비교는 표 53과같다.

표 53. 샤프트 타입별 풍량 및 최소 환기량 비교

	높이-A (0.7m) L/s	높이-B (3.3m) L/s	높이-C (6.6m) L/s	단면적-A (4.4㎡) L/s	단면적-B (5.4㎡) L/s	단면적-C (8.0㎡) L/s	단면적-A (0.0m/s) L/s	최소 환기량 L/s
12F	10,656	10,481	10,233	11,600	11,370	10,481	9,541	185.2
11F	1,166	1,145	1,110	1,296	1,262	1,145	1,046	54.0
10F	1,015	981	905	1,262	1,202	981	1,026	39.2
9F	342	485	618	599	440	485	513	39.2
8F	1,167	1,212	1,269	887	976	1,212	692	39.2
7F	1,585	1,620	1,363	1,391	1,453	1,620	1,124	39.2
6F	1,910	1,939	1,975	1,751	1,802	1,939	1,428	39.2
5F	2,196	2,220	2,252	2,058	2,101	2,220	1,680	39.2
4F	2,456	2,478	2,510	2,336	2,372	2,478	1,899	39.2
3F	2,690	2,711	2,737	2,580	2,614	2,711	2,094	39.2
2F 1F	11,634	11,700	11,790	11,256	11,362	11,700	9,440	132.2

(2) 기류 속도를 기준으로 한 환기성능 평가

모든 대안에 대하여 두 개의 복도의 기류속도를 중심부 기준으로 비교한 결과, 풍량 차이가 크지 않은 관계로 모든 대안에서 기류 속도에는 큰 차이가 나타나지 않아 약 0.35~1.27m/s로 비슷한 기류 분포를 보였으나, 풍량이 가장 크게 감소한 외기조건-2(속도 0m/s)에서는 기류분포가 약 0.18~1.09m/s로 다른 대안에 비해 낮은 것으로 나타난다.

상부 복도의 경우 유입 풍량이 비교적 큰 1, 2, 3, 4 층에서 기류분포가 약 0.18~1.09m/s 정도로 나타나 거주자가 공기의 움직임이 인식되는 정도로 나타났으며, 그 외층에서는 0.55m/s 이하의 기류속도 분포가 나타나 쾌적한 기류분포가 나타난다. 하부 복도의 경우 창이 상부 복도에 비해 큰 편으로 창문에서 유입되는 기류 속도가 1.2~1.6m/s로 나타났으나, 거주 zone 보다 상부에 위치하여 그 영향이 크지 않을 것으로 보이며, 대부분의 층에서 창문 주변을 제외한 곳에서는 0.55m/s 이하의 기류속도로 쾌적 조건을 만족하는 것으로 나타났다. 샤프트 타입별 복도의 기류속도 비교는 표 54을 참조한다.

표 54. 대안별 복도 기류속도 비교 (복도 중심부 기준) (계속)

구분	상부 복도 - Section	하부 복도 - Section

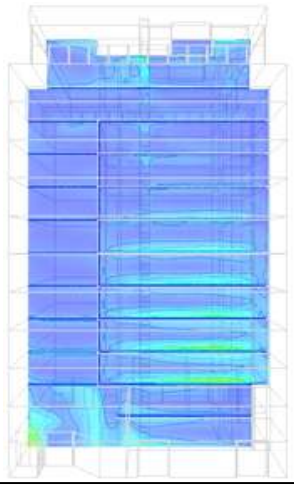
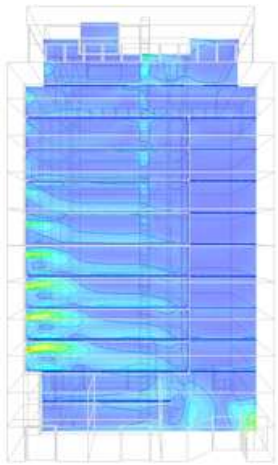
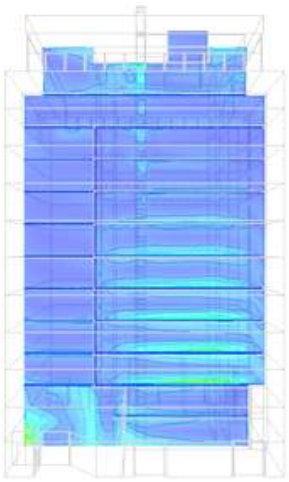
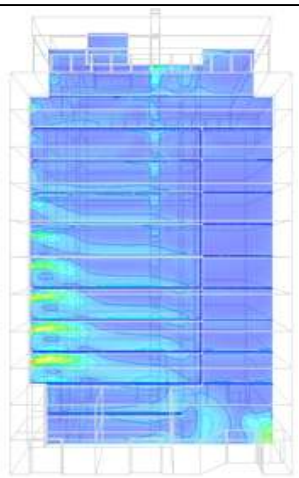
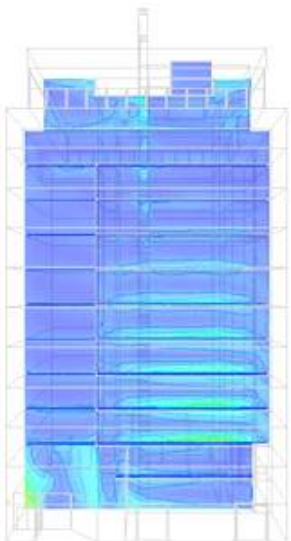
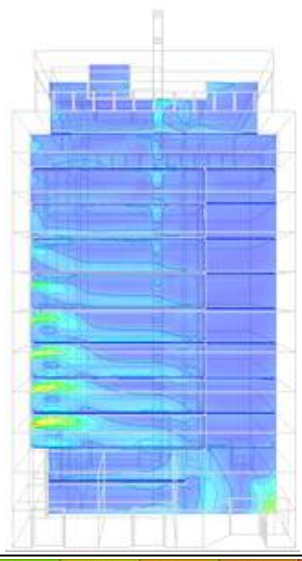
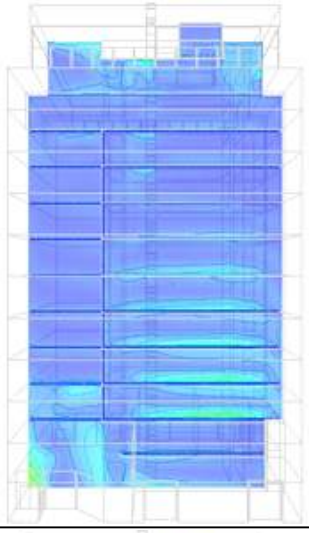
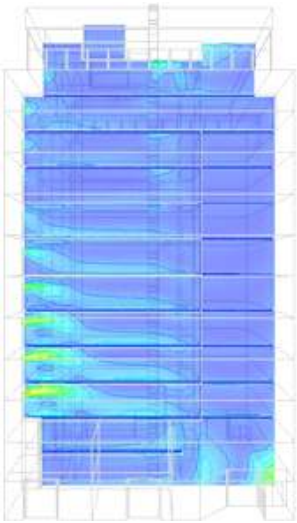
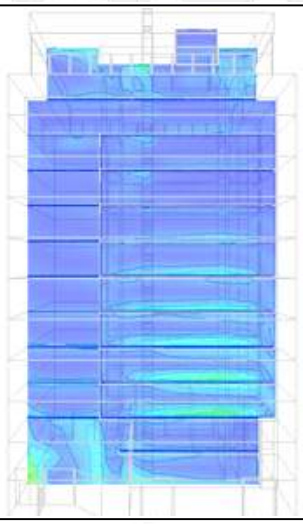
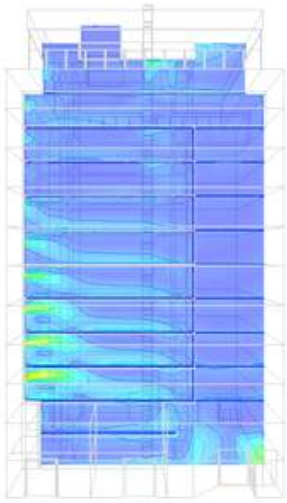
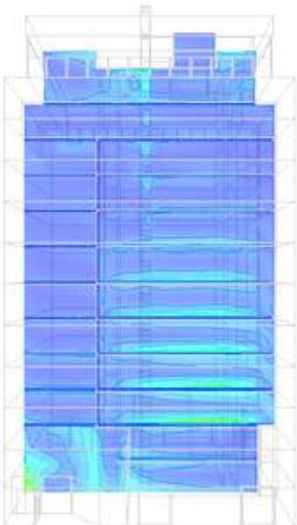
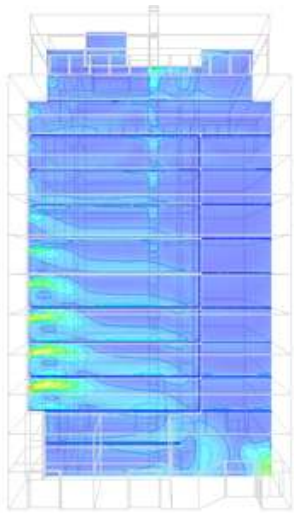
높이-A (0.7m)		
높이-B (3.3m)		
높이-C (6.6m)		



표 55. 샤프트타입별 복도 기류속도 비교 (복도 중심부 기준) (계속)

구분	상부 복도 - Section	하부 복도 - Section
단면적 A (4.4㎡)		
단면적 B (5.4㎡)		
단면적 C (8.0㎡) *[기존안]		



마. 분석결과

에코샤프트의 환기측면의 이점을 최적화하기 위해 실제 에코샤프트가 설계된 건물을 대상으로 샤프트의 단면적과 높이의 변화가 환기에 미치는 영향을 검토한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 샤프트 높이 변화에 따른 자연환기량 검토 결과,

동적 에너지 해석프로그램을 이용한 자연환기 해석 결과 각 개구부에서의 풍량을 산출하였고, 샤프트의 높이가 높아질수록 환기량이 증가하는 것으로 나타났으며, 기존안인 [높이-B]를 기준으로 샤프트 높이가 2.6m 낮은 [높이-A]에서 풍량이 1.6% 감소하였고, 샤프트 높이가 3.3m 더 높은 [높이-C]에서는 풍량이 1.8% 증가하는 것으로 나타났다.

산출된 풍량을 적용한 기류해석으로 샤프트 높이 변화에 따른 기류 및 온도분포를 도출하였으며, 그 결과, 기류분포는 대안별 풍량이 2%미만으로 크게 차이가 없는 것으로 나타났으나, 샤프트 상부에서는 기류가 조금씩 증가하는 것을 확인할 수 있었음. 또한 온도분포는 샤프트 높이가 높아질수록 샤프트 상부의 온도가 높아지는 것을 확인할 수 있었으며, 샤프트의 높이 증가와 온도상승효과가 연돌효과에 의한 압력차를 크게 하여 샤프트 높이가 높아질수록 환기량이 증가하게 된 것으로 판단되었다.

(2) 샤프트 단면적 변화에 따른 자연환기량 검토 결과,

샤프트 단면적 변화에 따른 각 개구부에서의 풍량 산출 결과, 샤프트의 단면적이 좁아질수록 환기량이 감소하는 것으로 나타났으며, 기존안인 [단면적-C]를 기준으로 풍량이 [단면적-A]에서 8.6%, [단면적-B]에서 6.8% 감소하여 높이변화보다 감소폭이 커 단면적변화가 환기량에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

산출된 풍량을 적용한 기류해석 결과 단면적이 작아질수록 기류속도는 더 높아지는 것으로 나타났으며, 대안별 가장 높은 속도를 나타내는 9~11층 높이에서 [단면적-A]는 약 4m/s, [단면적-B]는 약 3.3m/s, [단면적-C]에서는 약 2.5m/s의 풍속을 보임. 또한 온도분포는 단면적이 감소할수록 샤프트 내부 온도가 높아지는 것으로 나타났으며, 샤프트 상층부를 비교하였을 때 [단면적-A]는 평균 약20℃, [단면적-B]는 평균 약19℃, [단면적-C]에서는 평균 약18℃로 그 차이가 크진 않으나 온도가 상승하는 것을 확인할 수 있었음. 샤프트 내부의 온도상승으로 연돌효과의 압력차가 커져 환기량 증가를 기대해 볼 수 있으나, 단면적이 줄어들면서 가장 많은 풍량이 빠져나가는 샤프트 상부의 개구부 면적도 줄어 오히려 환기량이 줄어드는 것으로 판단된다.

(3) 바람이 불지 않을 경우 에코샤프트의 자연환기량 검토 결과,

위 (1), (2)의 시뮬레이션 결과 중 가장 풍량이 작은 단면적-A안을 선정하여 외기조건-1(풍속 2.4m/s)과 외기조건-2(풍속 0.0m/s)를 기준으로 풍량을 산출하였고, 그 결과 유입풍량은 외기조건-1과 비교하여 풍량이 감소하였으나 그 비율이 17.5%로 감소폭이 크지 않았으며 이를 통해 외기풍속과 상관없이 에코샤프트의 설치만으로도 자연환기 효과가 있는 것을 확인 할 수 있었다.

(4) 환기 성능 검토 결과,

ASHRAE 62-1의 복도에서의 최소환기량을 기준으로 목표 환기량을 정하였으며, 대안별 복도에서 유입 또는 유출되는 풍량과 비교한 결과, 대안별 풍량 차이는 있었으나, 모든 타입의 샤프트에서 목표 환기량을 큰 차이로 초과 하는 것으로 나타났다. 이는 시뮬레이션 경계설정에서 모든 창문을 열린 조건으로 가정하여 풍량이 크게 산출된 것으로 판단되며, 창문을 모두 열었을 때 환기 성능이 매우 좋은 것으로 나타났으므로, 계절에 따라 에너지절약 관점에서 환기량을 제어하고자 한다면, 창문의 오프닝 조건에 따라 환기량을 적절하게 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

거주자들의 쾌적한 환경 조성을 위해 샤프트와 연결된 복도에서 기류속도 분포를 검토한 결과, 기류분포는 모든 타입의 샤프트 조건에서 비슷하게 나타났으며, 큰 풍량이 유입되는 저층부와 개구부 근처에서 기류 속도가 1.1~1.6m/s 정도로 거주자들이 불쾌감을 느낄 우려가 있었다. 복도 중심부위 에서는 모든 샤프트 타입에서 0.55m/s 이하로 쾌적한 조건을 만족하는 것으로 나타났으나, 큰 유입 풍량으로 부분적인 드래프트를 느낄 우려가 있었으며, 이 또한 위와 같이 개구부의 오프닝 조건에 따라 환기량과 같이 제어가 가능할 것으로 판단된다.

(5) 최적의 샤프트 타입 정의

이 모든 결과를 종합해 보면 샤프트의 단면적이 클수록, 높이가 높을수록 환기성능이 더 좋아 지는 것으로 나타났으며, 높이에 따른 풍량 변화는 2%이하, 단면적에 따른 풍량 변화는 8%이하로, 단면적 변화에 따른 풍량차이가 더 큰 것으로 나타났으나, 그 차이가 크지 않으며, 모든 타입의 샤프트에서 최소 환기량을 크게 초과하여 환기성능을 모두 만족하였다. 또한, 바람이 불지 않는 조건(외기조건-2)에서도 외기조건-1과 비교하여 풍량이 17.5% 감소하였으나 그 감소폭이 크지 않았으며, 최소환기량을 크게 만족하여 외기풍속과 상관없이 에코샤프트의 설치만으로도 자연환기 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

따라서, 고층건물에서 에코 샤프트는 설치만으로도 자연환기 효과를 확보하는 것으로 평가되었으므로 에코샤프트의 특정 단면적이나 높이를 정하는 것보다는 재실자의 쾌적함을 위한 환기제어 또는 조명이나 기타 다른 요소를 고려하여 그 건물에 어울리는 적절한 높이와 단면적으로 계획하는 것이 필요하다.

제3절 고층(30층 이하) 건물의 적용 방안

1. 적용 대상 건물의 선정

가. 선정 대상의 유형화

에코샤프트는 자연채광과 환기를 샤프트를 통해서 이루는 시스템이다. 따라서, 본 시스템이 원활히 구현되기 위해 기본적인 두 가지 조건이 있다.

첫 번째는 규모이다. 환기성능은 기본적으로 탁월한 것으로 증명되었지만, 전체 건물에 연동을 하여 판단할 경우, 일정 높이와 면적의 확보가 필요한 형편이다. 일반적으로 20층 안팎의 건물을 대상으로 하였고(전남전문건설회관은 14층임), 사무실, 호텔, 병원, 교육시설등 건물의 외주부를 모두 사용하는 경우를 찾으려 하였다.

두 번째는 평면의 유형이다. 가급적 에코샤프트의 효과를 극대화 하기 위해 중심코어 형식의 건물을 찾으려 하였다. 동일한 규모의 건물도 평면형식에 따라 일부 내부 환경이 개선되는 효과가 있기 때문이다.

최초 선택을 위해 서초동 검찰청 건물을 진행하고자 하였다. 한층의 길이가 약 100M 정도 되는 복복도 형식의 건물로, 중앙부에 코어가 있어 환경적으로 매우 열악하였고, 공공건축물이라, 개선시 그 파급효과를 기대할 수 있을 것으로 기대하였다. 하지만, 사법부의 공공건축물과 컨택이 되지 않아, 조달청 건물을 선택하여 협조를 구하였으나, 평면등의 제공이 여의치 않아 포기하게 되었다.

그러던 중, 본사가 위치한 삼호물산은 A동과 B동으로 구성되어 있는데, 본사가 위치한 A동은 중복도 형식이고, 코어부분에 창호가 설치되어 있어 비교적 양호한 내부 환경을 유지하는데 비해 A동의 코어는 외주부가 모두 임대실로 구성되어 채광과 환기가 거의 이뤄지지 않는 상황임을 확인하였다. 층수도 20층 이었고, 용도도 임대 사무실이어서 본 연구의 좋은 대상으로 판단하였다. 또 한가지는 본사의 위치와 근접해 있어, 실측 및 조사에 용이하다는 점과 관리사무실과 본사가 친분이 있어 실측과 자료 획득에 용이함이 있는 점도 장점으로 작용하였다.

<코어의 위치에 따른 다이어그램>



1.후면 복도앞 샤프트



2.비상용엘리베이터



3.임대실 화장실부분

주: 기준층 평면에서 3곳의 에코샤프트 후보지를 선정하였다.

-최하층에서 최상층까지 연계가 가능한 물리적 환경

-기존 건축물의 성능과 기능을 저하하지 않는 물리적 환경

세 곳의 후보지 가운데 1번은 기존의 설비와 간섭이 생겨 추가의 샤프트 위치가 필요하였고, 3번은 임대면적의 변경으로 복잡한 향후 문제가 발생할 것으로 예상되었다. 선정한 2번은 엘리베이터 샤프트를 구분하여야 하는 복잡한 공사가 예상되나, 가장 현실적인 방안으로 판단하였다.

나. 삼호물산 A동

<설계개요>

일반사항	대지위치	서울특별시 서초구 양재동275-1
	대지면적	2,605.6m^2
	지역/지구	상업지역, 주차장 정비지구, 4층 미관지구, 지구중심
	도로현황	전면30M도로
	주용도	업무시설(오피스텔, 사무실)+근린생활시설
개요	구조	철골철근콘크리트조
	층수	지하6층/ 지상20층
	건축면적	938.40m^2
	연면적	29,802.32m^2
	건폐율	938.4÷2,605.6×100=36.01%
	용적율	18,313.84÷2,605.6×100=702.00%
주차계획	법정기준	옥내+옥외=168+22=190대
	계획대수	옥내+옥외=172+22=194대
	산출근거	법정 옥외 주차대수: 29,802.32-7,819.73=21,982.59÷150×15%=21.95≒127대 이상
		전체주차대수 산정 -업무시설(오피스텔):12,611.9÷100=126.11≒127대 이상
		-일반업무시설+근린생활시설:9,370.69÷150=62.47≒63대 이상
조경면적	법정면적	옥왼 25% 주차시:390.84 옥외 15% 주차시:351.4
	계획면적	옥외 25% 주차시:512.98 옥외 15% 주차시:660.9

<층별 용도별 바닥면적>

	층 별		업무시설 (오피스텔)	일반업무 시설 (사무실)	근린생활 시설	주차장시설	계
층별 바닥 면적	지상 층	옥탑		63.9			63.9
		8-20층	992.96×13 =11,998.48				11,998.48
		2-7층		922.96×6= 5,537.76			5,537.76
		1층		777.6			777.6
	지상층소계		11,998.48	6,379.26			18,377.74
	지하 1층	지하1층			1,803.829	429.83	2,233.659
		지하2층			731,821	1,501.838	2,233.659
		지하3층				2,233.659	2,233.659
		지하4층				2,243.543	2,243.543
		지하5층				1,410.86	1,410.86
		지하6층	613.42	321.72	154.06		1,069.2
	지하층 소계		613.42	321.72	2669.71	7,819.73	11,424.58
	합 계		12611.9	6700.98	2669.71	7,819.73	29,802.32

2. 대상 건축물의 조명 현황

가. 삼호물산 에코샤프트 조도 측정

대상 건물인 삼호물산 A동에 대해 현황 파악을 위한 조도 측정을 하였다. 측정 위치는 그림 61~그림 64와 같으며, 그 결과는 표 56와 같다.

그림 61. 삼호물산 엘리베이터실 조도 측정 위치

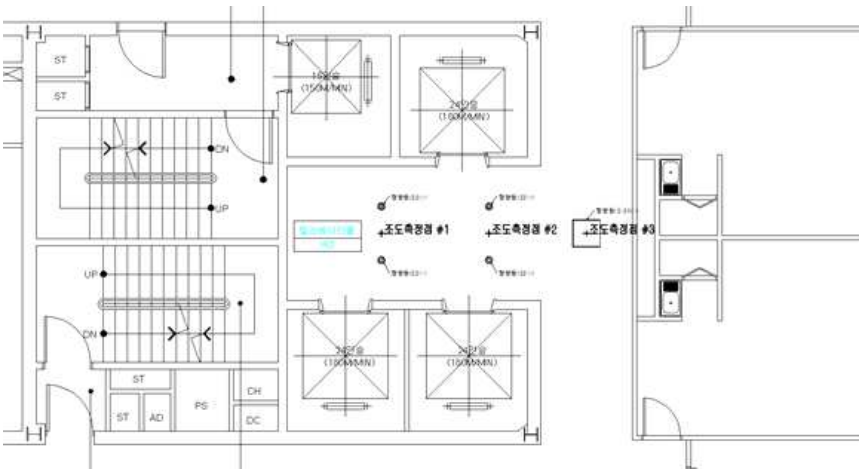


그림 62. 기준층 엘리베이터실 조도 측정

기준층 엘리베이터실(측정위치 #1, #2)



조도 측정





측정위치 #1 | 측정위치 #2

기준층 엘리베이터실(측정위치 #3) | 조도 측정(측정 위치 #3)





그림 63. 기준층 엘리베이터실 복도 조도 측정

기준층 엘리베이터실 복도	조도 측정(복도 조명 소등 시)
	

그림 64. 옥상층 조도 측정

옥상층 외부 조도 측정


표 56. 삼호물산 엘리베이터실 측정 조도

층	측정위치			비고
	#1	#2	#3	
20	73.2	78.0	92.7	사무실
19	62.1	65.1	102.2	
18	73.5	74.5	98.2	
17	69.8	87.0	160.6	
16	64.0	95.7	166.3	
15	68.5	88.4	96.1	
14	44.4	79.2	149.4	
13	71.2	78.2	119.5	
12	86.7	83.9	121.2	
11	75.8	94.2	127.0	
10	55.8	83.7	130.6	
9	59.5	97.2	140.0	
8	92.3	111.4	177.3	
7	132.8	78.6	-	

6	61.2	108.9	191.4	
5	63.6	108.2	149.3	
4	136.7	160.3	167.0	
3	133.9	143.2	184.0	
2	130.5	140.0	-	
1	151.5	232.1	-	로비
B1	91.8	113.2	197.1	식당
B2	33.3	36.0	-	지하주차장
B3	96.9	90.0	-	
B4	91.0	96.0	-	
B5	117.5	83.0	-	
B6	-	-	-	설비실

일시:2012년 10월 11일

주: 오피스빌딩의 복도 조도기준(KS조도기준) : 60 - 100 - 150lux

측정 당시 외부 수평면 조도는 82,000lux

복도조명 점멸 후 측정시 1lux 미만으로 자연채광 효과가 없는 상태

3. 대상 건축물의 환기 현황

가. 건축물 현황

에코샤프트를 이용한 자연환기 성능 및 에너지 성능 Simulation을 위한 기존 건물(에코샤프트 미설치)의 환경조건을 측정하였다. 시뮬레이션의 경계조건을 설정하기 위해 계절별(하계/추계) 복도 창문 및 옥탑층 출입문 개폐여부에 따른 기류분포 특성을 측정하였다. 도면을 통한 사전 검토 자료와 현장 실측 및 육안 검사를 통해 확인한 주요 특징들을 다음 표 57에서 정리하였다.

표 57. 삼호물산 A동의 특징

위치	특징	사진
에코샤프트	- 엘리베이터 홀 비상용 승강기 벽체앞 설치 예정	
지하층	- 도면 없음 - 엘리베이터 홀에 영향 미칠 개구부 없음	
1층	- 출입구 회전문 2개 / 여닫이문 2개 *하계: 회전문만 사용 (여닫이 출입 금지) - 로비와 에코샤프트 설치 엘리베이터 홀 사이 벽체 없음 - 엘리베이터 홀 끝부분에 계단실 출입문 설치 (상시개방) - 로비와 입주사무실 사이 벽체 및 출입문 설치	

		
2~7층	- 엘리베이터 홀에 직접 영향 미칠 개구부 없음 - 외기에 전혀 면하지 않음 - 하나의 사무실이 전체 층 사용	
8~16층	- 좌측복도(상부/하부2개소)끝 창문설치(틸트창) - 틸트창은 원칙적으로 폐쇠(N.C.)이며 화재시 배연창으로 작용 - 창면 하부 FCU 설치	
17~20층	- 16층과 동일 예상	
옥탑층	- 두면없음 / 옥탑까지 총 4개의 출입문 설치 (전실입구/계단실입구/계단실 출구/옥탑출입문) - 옥탑층에는 장비설치 외곽부에 Fence설치됨 : 기류흐름에 영향 - 옥탑은 개방되어 입주자들이 이용	 

주: 도면 및 현장 확인을 통한 사항들임

나. 냉난방 방식

(1) 열원

- 흡수식 냉동기 + 급탕용 보일러

(2) 공조방식 (층별)

- 기본방식 : FCU + 배기방식

(3) 환기설비

- 거실(단위 사무실) : 배기덕트 설치됨
- 복도 및 로비 : 환기시설 없음, 복도 끝에만 틸트형 창문 설치 / 각 사무실 출입문은 방화문

* 복도 및 엘리베이터 홀 부분 매우 답답함
* 엘리베이터 부분에 Line Diffuser가 설치되어 있으나 환기가동 안됨

- 화장실 : 1~8층 공용 화장실 설치됨, 9~20층 각 사무실 내 화장실 설치

* 1~8층의 경우, 1개층 전체가 사용하며 엘리베이터 홀과 화장실 사이는 벽체로 차단

다. 대상건물 환경 측정

(1) 측정일자 및 시각

- 하계 : 8월 23일, 27일 / 오전 11:00, 오후 4:00
- 추계 : 11월 5일, 12일 / 오전 11:00, 오후 4:00

(2) 측정 항목

- 측정지점의 풍속, 온도, 습도, 표면온도(에코샤프트가 설치될 엘리베이터 샤프트 표면)
- 추가이용자료 : 대상지역 기상데이터 분석 (1분당 측정자료)

(3) 측정 장비

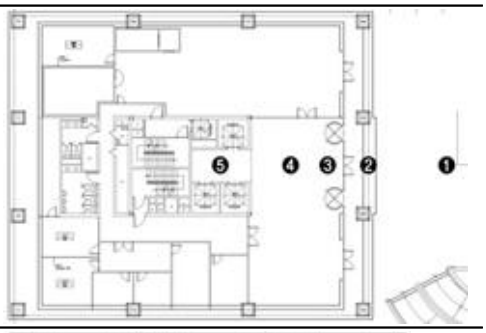
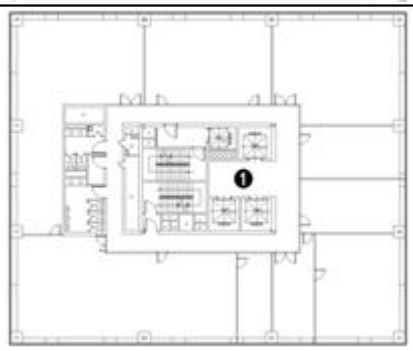
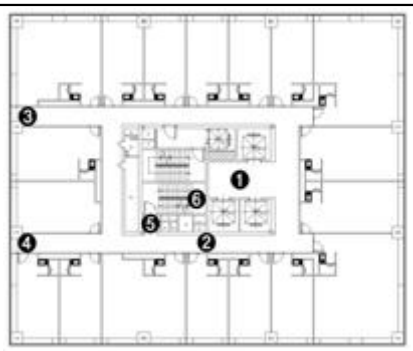
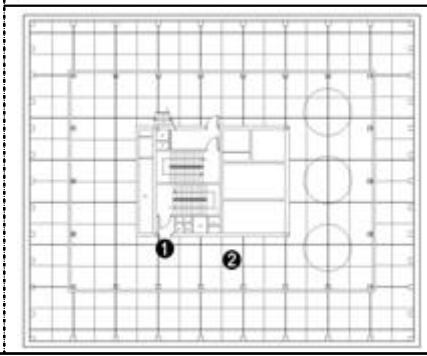
- 풍속계 : 풍속, 온도, 습도 측정 가능 3set
- 적외선 지점 온도계 : 표면온도 측정 가능 3set
- 온습도계 : 온도 및 습도 측정 가능 1Set
- 거리측정기 : 거리측정가능 2Set

그림 65. 삼호물산 환기 측정 장비

			
풍속계	적외선 지점 온도계	온습도계	거리측정기

(4) 측정 지점 및 조건

표 58. 측정 지점 및 조건

위치	측정지점	측정조건	도면
외부	① 중앙 여닫이 문 앞 5m ② 중앙 여닫이 문 앞 1m		
1층	③ 중앙 여닫이 문 앞 1m ④ 로비중심 ⑤ 엘리베이터 홀 중심	출입문 개/폐	
3층~6층	① 엘리베이터 홀 중심		
8층~15층	① 엘리베이터 홀 중심 ② 하부복도 중간 ③ 상부복도 창문 ④ 하부복도 창문	창문 개/폐	
20층	① 엘리베이터 홀 중심 ② 하부복도 중간 ③ 상부복도 창문 ④ 하부복도 창문 ⑤ 옥탑측 출입문(계단실측) ⑥ 옥탑 계단실 계단참	창문 옥탑 출입문 옥상 출입문 개/폐	
옥상	① 옥상 출입문 앞 1m ② 옥상 출입문 앞 5m		

* 복도창 부분 측정시 고려 (FCU 가동 문제)

→ 창 폐쇄 시 : 창문 앞 1m

→ 창 개방 시 : 틸트창 개방면 중심

* 옥탑부분

- 출입문 : 출입문 경계면 / 출입문 폐쇄 시에는 건물 측 0.5m 위치 지점 측정

(5) 측정 방법 및 스케쥴

모든 측정 항목은 3회 측정 (측정간격 15초 / 측정 → 기록 → 측정 → 기록)을 원칙으로 하고, 측정 높이는 눈높이 위치를 기준하였다. 단, 복도 창문 개방시에는 틸트창 개구부면의 중심위치에서 측정하였다.

표면온도는 복도창면과 엘리베이터 홀 벽면(비상용 엘리베이터 설치면), 계단참 벽면에서 각각 측정하였다. 각각의 경우에 따른 측정 계획은 표 59에 정리하였다.

표 59. 삼호물산 환기측정 계획

측정자	위치	창문 개폐 (개: ○ 폐: X)				측정지점	측정목표시각	측정요소			
		출입문	창문	옥탑문	옥상문			풍속	온도	습도	표면온도
1번 측정자	1층	○				여닫이앞 1m	10:00	○	○	○	
						로비 중심	10:03	○	○	○	
						ELEV. 홀	10:06	○	○	○	
		X				여닫이앞 1m	10:09	○	○	○	
						로비 중심	10:12	○	○	○	
						ELEV. 홀	10:15	○	○	○	
	3층					ELEV. 홀	10:20	○	○	○	
	6층					ELEV. 홀	10:25	○	○	○	
	외부	○				여닫이앞 1m	10:30	○	○	○	
						여닫이앞 5m	10:33	○	○	○	
		X				여닫이앞 1m	10:36	○	○	○	
						여닫이앞 5m	10:40	○	○	○	
2번 측정자	8층		○			ELEV. 홀	10:00	○	○	○	○
						하부 복도	10:02	○	○	○	
			X			ELEV. 홀	10:04	○	○	○	○
						하부 복도	10:06	○	○	○	
	15층		○			ELEV. 홀	10:10	○	○	○	○
						하부 복도	10:12	○	○	○	
			X			ELEV. 홀	10:14	○	○	○	○
						하부 복도	10:16	○	○	○	
	20층/ 옥상		○	○	○	ELEV. 홀	10:20	○	○	○	○
						하부 복도	10:22	○	○	○	
						옥탑출입문	10:24	○	○	○	
						옥탑계단참	10:26	○	○	○	○
						옥상출입문	10:28	○	○	○	
						옥상출입문앞 5m	10:30	○	○	○	
			○	X	○	ELEV. 홀	10:32	○	○	○	○
						하부 복도	10:34	○	○	○	
						옥탑출입문	10:36	○	○	○	
						옥탑계단참	10:38	○	○	○	○
						옥상출입문	10:40	○	○	○	
						옥상출입문앞 5m	10:42	○	○	○	

			X	X	X	ELEV. 홀	10:44	○	○	○	○
						하부 복도	10:46	○	○	○	
						옥탑출입문	10:48	○	○	○	
						옥탑계단참	10:50	○	○	○	○
						옥상출입문	10:52	○	○	○	
						옥상출입문앞 5m	10:55	○	○	○	
3번 측정자	8층		○			복도 상 창문	10:00	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:02	○	○	○	○
			X			복도 상 창문	10:04	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:06	○	○	○	○
	15층		○			복도 상 창문	10:10	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:12	○	○	○	○
			X			복도 상 창문	10:14	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:16	○	○	○	○
	20층		○	○	○	복도 상 창문	10:20	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:22	○	○	○	○
			○	X	○	복도 상 창문	10:32	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:34	○	○	○	○
			X	X	X	복도 상 창문	10:44	○	○	○	○
						복도 하 창문	10:46	○	○	○	○

라. 대상건물 환경 측정 결과 분석

실내 온습도 및 풍속, 표면온도를 3가지 케이스로 나누어 측정하였고, 케이스별 조건은 표 60와 같다. 분석 시 각 측정항목별 3회에 걸쳐 측정한 측정값의 평균값을 기준으로 하였으며, 분석결과는 아래와 같다.

표 60. 환기측정 케이스별 조건 변이

	출입문	창문	옥탑문	옥상문
CASE 1	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN
CASE 2	CLOSE	CLOSE	CLOSE	CLOSE
CASE 3	-	OPEN	CLOSE	OPEN

마. 대상건물 하계 실내 외 풍속 및 온습도 분포

(1) 1차 측정 결과 (8월 23일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 61와 같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 31.7℃, 1.7m/s로 바람이 다소 부는 날이었다. 1층 로비의 온도는 실외보다 1℃정도 낮았으며, 이는 외주부에 FCU로 냉방을 하고 있었기 때문으로 판단된다. 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으나, 그 온도차가 최대 1.5℃ 정도로 크지 않아 건물 내부의

온도 분포가 비슷한 것으로 나타났으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 온도차는 1℃미만이었다.

건물 내부의 풍속은 20층을 제외하고는 0.1m/s 이하로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 20층에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났다. 창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, 창문과 문을 모두 닫고 측정한 CASE3에서 가장 낮게 측정되었다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 66과 같으며, 케이스에 따른 변화가 가장 크게 나타난 20층에서 옥상층까지의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 68와 같다.

표 61. 1차 오전 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.7	31.7	52.0		
	여닫이 앞 1m	1.9	29.7	59.1		
1층	여닫이 앞 1m	0.2	28.4	59.2		
	로비 중심	0.1	28.8	58.2		
	ELEV. 홀	0.4	28.5	56.0		
3층	ELEV. 홀	0.1	29.2	50.1		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.1	29.6	51.3		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	29.7	58.4	27.3	
15층	ELEV. 홀	0.0	29.4	57.2	27.1	
20층	ELEV. 홀	0.0	29.9	56.3	27.2	
	옥탑 출입문	0.5	28.7	54.2		
	옥탑 계단참	0.4	28.1	54.3	28.3	
옥상	옥상 출입문	0.5	28.7	54.6		
	출입문 앞 5m	1.0	29.7	54.6		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.6	31.5	55.9		
	여닫이 앞 1m	1.9	29.7	63.2		
1층	여닫이 앞 1m	0.1	28.5	58.2		
	로비 중심	0.1	28.9	57.6		
	ELEV. 홀	0.1	28.4	56.3		
3층	ELEV. 홀	0.1	28.3	50.1		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.1	29.2	51.3		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	29.6	58.4	28.4	
15층	ELEV. 홀	0.0	29.4	58.7	29.1	
20층	ELEV. 홀	0.0	29.7	58.4	29.4	
	옥탑 출입문	0.0	29.2	58.4		

	옥탑 계단참	0.0	29.0	60.1	29.5	
옥상	출입문 앞 1m	0.1	28.7	59.8		
	출입문 앞 5m	0.4	29.1	60.0		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	29.7	58.1	28.7	
	옥탑 출입문	0.3	29.0	58.4		
	옥탑 계단참	0.3	28.8	60.1	29.2	
옥상	출입문 앞 1m	0.2	28.7	59.8		
	출입문 앞 5m	0.9	28.9	60.1		

(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(16:00~16:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 62과 같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 30.7℃, 1.5m/s로 오전과 비슷했으며, 1층 로비의 온도는 실외보다 1.6℃정도 낮게 나타났다. 오전과 마찬가지로 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으나, 그 온도차가 최대 1.9℃로 크지 않았으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 온도차는 1℃미만이었다.

건물 내부의 풍속 또한 20층을 제외하고는 0.1m/s 이하로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 오전과 같이 20층 이상에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나타났다. 오전 측정 결과와는 달리 CASE3의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE1, CASE2 순으로 풍속이 낮게 측정되었으며, 이는 문의 개/폐조건의 영향보다는 건물 외부의 풍속변화에 더 큰 영향을 받았기 때문으로 판단된다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 67과 같으며, 20층 이상에서의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 69과 같다.

표 62. 1차 오후 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.5	30.7	58.1		
	여닫이 앞 1m	1.7	29.5	61.1		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	27.9	55.7		
	로비 중심	0.1	28.0	57.3		
	ELEV. 홀	0.0	28.0	59.3		
3층	ELEV. 홀	0.0	28.1	62.7		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	28.7	58.7		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	29.7	58.3	28.4	
15층	ELEV. 홀	0.0	29.9	57.2	29.4	
20층	ELEV. 홀	0.0	29.2	56.3	28.7	
	옥탑 출입문	0.6	28.5	54.2		

	옥탑 계단참	0.6	28.8	54.3	29.2	
옥상	옥상 출입문	0.7	29.1	54.6		
	출입문 앞 5m	0.7	28.9	54.6		

▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.5	30.7	58.1		
	여닫이 앞 1m	1.7	29.5	61.1		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	27.9	56.6		
	로비 중심	0.0	28.0	57.2		
	ELEV. 홀	0.0	28.1	60.1		
3층	ELEV. 홀	0.0	28.1	62.7		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	28.7	58.7		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	29.7	58.4	28.3	
15층	ELEV. 홀	0.0	29.1	57.2	29.1	
20층	ELEV. 홀	0.0	29.3	56.5	29.4	
	옥탑 출입문	0.1	28.9	57.3		
	옥탑 계단참	0.1	29.2	56.4	29.6	
옥상	출입문 앞 1m	0.3	29.5	57.2		
	출입문 앞 5m	0.5	29.0	54.6		

▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	29.2	54.6	28.9	
	옥탑 출입문	0.8	28.9	54.4		
	옥탑 계단참	0.8	28.8	54.7	29.1	
옥상	출입문 앞 1m	1.1	29.0	54.6		
	출입문 앞 5m	1.2	28.8	55.3		

그림 66. 실내외 온도 및 풍속 1차 오전 측정 결과

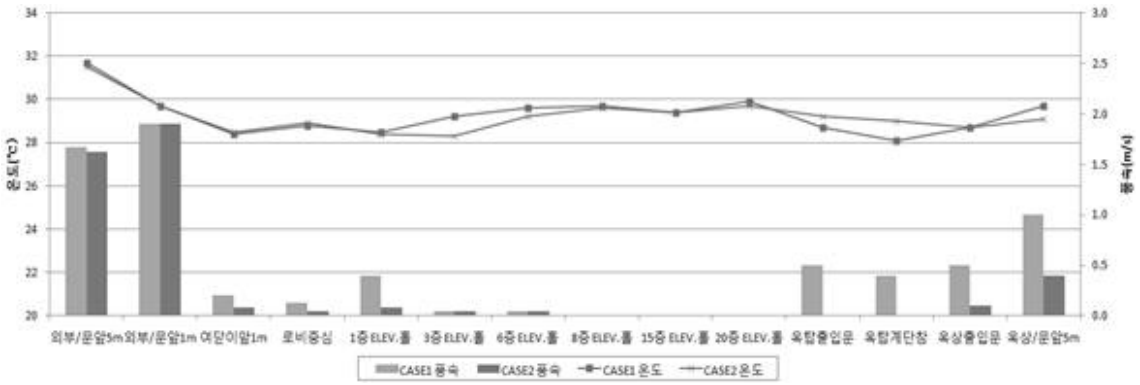


그림 67. 실내외 온도 및 풍속 1차 오후 측정 결과

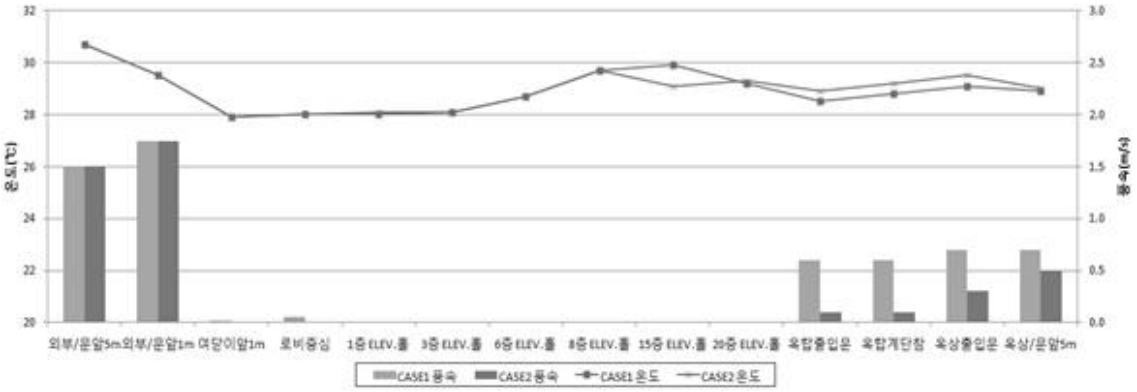


그림 68. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오전 측정)

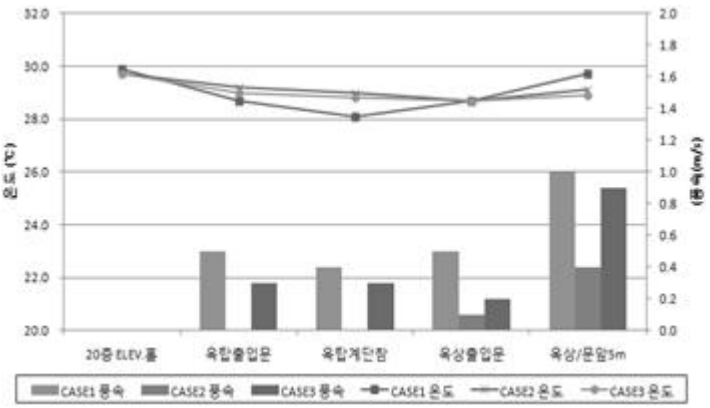
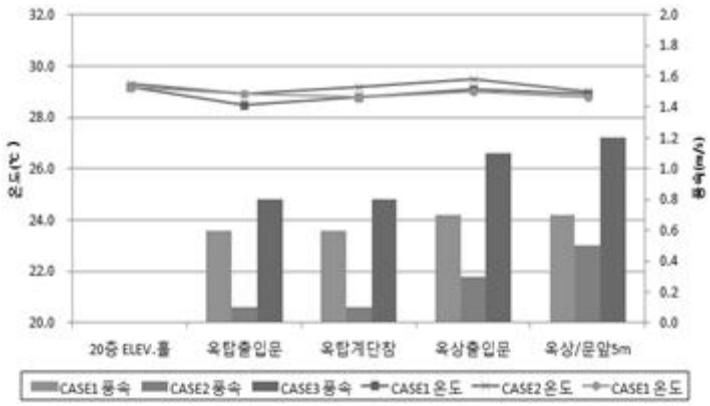


그림 69. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오후 측정)



(2) 2차 측정 결과 (9월 3일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 63와 같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 27.9℃, 0.4m/s로 바람이 거의 없는 날이었고, 1층 로비의 온도는 실외보다 1.6℃정도 낮았다. 1차 측정과 같이 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으나, 그 온도차가 1.6℃로 크지 않아 건물 내부의 온도 분포가 비슷한 것으로 나타났으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 온도차는 1℃미만이었다.

건물 내부의 풍속은 20층을 제외하고는 0m/s로 기류가 없는 것으로 나타났으며, 20층에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났다. 창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE2와 CASE3에서는 풍속이 0m/s로 기류변화가 나타나지 않았다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 70과 같으며, 20층에서 옥상층까지의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 72과 같다.

표 63. 2차 오전 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.4	27.9	63.4		
	여닫이 앞 1m	0.0	27.6	65.8		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	25.9	63.0		
	로비 중심	0.0	26.0	63.0		
	ELEV. 홀	0.0	26.1	61.5		
3층	ELEV. 홀	0.0	26.6	66.6		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	27.4	59.7		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	26.9	68.6	26.8	
15층	ELEV. 홀	0.0	27.6	66.7	27.2	
20층	ELEV. 홀	0.0	27.6	67.7	2.72	
	옥탑 출입문	0.2	26.3	63.3		
	옥탑 계단참	0.2	26.2	63.2	26.1	
옥상	옥상 출입문	0.3	27.1	60.1		
	출입문 앞 5m	0.4	30.1	58.0		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.4	27.9	63.4		
	여닫이 앞 1m	0.0	27.6	65.8		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	25.9	63.2		
	로비 중심	0.0	26.0	63.5		
	ELEV. 홀	0.0	26.1	61.4		
3층	ELEV. 홀	0.0	26.6	66.6		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	27.4	59.7		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	27.1	68.7	26.7	

15층	ELEV. 홀	0.0	27.7	69.0	27.2	
20층	ELEV. 홀	0.0	27.7	67.8	27.4	
	옥탑 출입문	0.0	27.2	64.0		
	옥탑 계단참	0.0	27.2	66.2	26.5	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	27.9	66.6		
	출입문 앞 5m	0.0	29.2	62.3		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	27.6	67.8	27.2	
	옥탑 출입문	0.0	26.4	66.8		
	옥탑 계단참	0.0	26.3	63.5	26.4	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	27.0	64.7		
	출입문 앞 5m	0.0	27.4	60.3		

(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(16:00~16:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 64과 같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 28.4℃, 0.5m/s로 오전과 비슷했으며, 1층 로비의 온도는 실외보다 2.6℃정도 낮게 나타났다. 오전과 마찬가지로 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으나, 그 온도차가 최대 1.6℃로 크지 않았으며, 상층부의 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 온도차는 1℃미만이었다.

건물 내부의 풍속 또한 20층을 제외하고는 0.1m/s 이하로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 오전과 같이 20층 이상에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나타났다. 오전 측정과 마찬가지로 CASE1에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE2, CASE3에서는 기류가 거의 측정되지 않았다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 71와 같으며, 20층 이상에서의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 73와 같다.

표 64. 2차 오후 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	28.4	62.8		
	여닫이 앞 1m	0.6	28.5	63.8		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	25.8	59.7		
	로비 중심	0.0	25.8	60.6		
	ELEV. 홀	0.0	26.1	59.1		
3층	ELEV. 홀	0.0	26.8	59.7		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	27.2	55.6		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	26.8	61.7	27.2	
15층	ELEV. 홀	0.0	25.8	60.3	26.7	
20층	ELEV. 홀	0.0	26.2	61.3	26.5	
	옥탑 출입문	0.1	28.5	58.6		
	옥탑 계단참	0.4	29.3	56.4	28.8	
옥상	옥상 출입문	0.5	29.8	57.2		
	출입문 앞 5m	0.6	30.1	56.7		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	28.4	62.8		
	여닫이 앞 1m	0.6	27.4	63.8		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	25.6	58.8		
	로비 중심	0.0	25.8	60.0		
	ELEV. 홀	0.0	26.1	59.3		
3층	ELEV. 홀	0.0	26.8	59.7		창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	27.2	55.6		창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	26.7	61.8	27.3	
15층	ELEV. 홀	0.0	26.1	60.1	26.3	
20층	ELEV. 홀	0.0	26.7	61.5	26.3	
	옥탑 출입문	0.0	26.8	61.6		
	옥탑 계단참	0.0	27.6	60.2	28.5	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	28.3	58.7		
	출입문 앞 5m	0.0	28.8	58.9		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	26.3	61.3	26.2	
	옥탑 출입문	0.0	28.6	61.2		
	옥탑 계단참	0.0	29.9	58.9	25.5	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	30.1	57.4		
	출입문 앞 5m	0.0	30.1	57.6		

그림 70. 실내외 온도 및 풍속 2차 오전 측정 결과

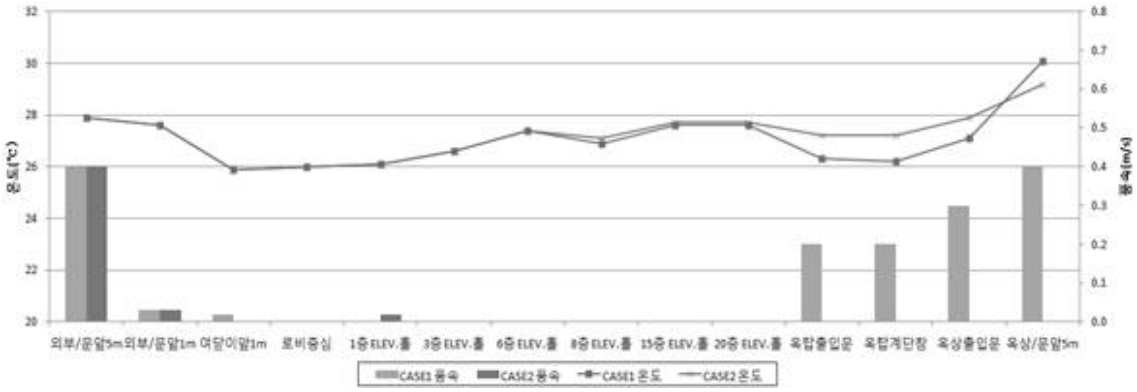


그림 71. 실내외 온도 및 풍속 2차 오후 측정 결과

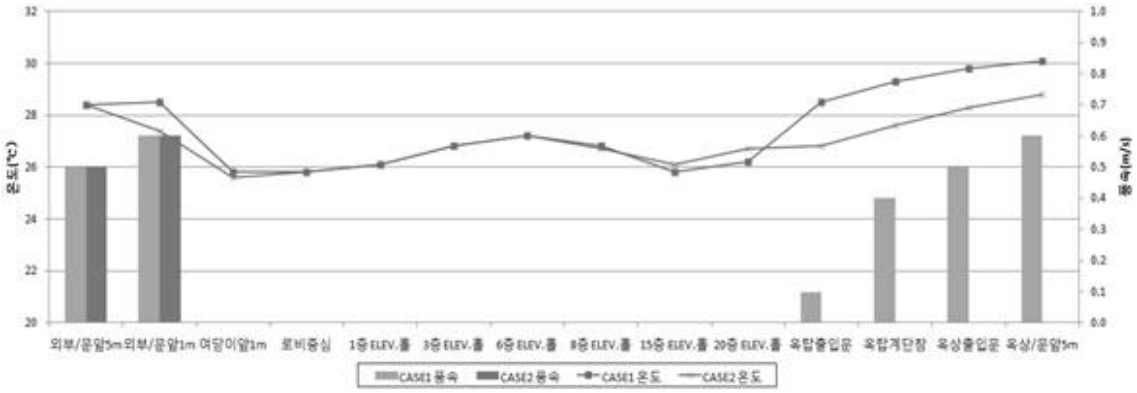


그림 72. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오전 측정)

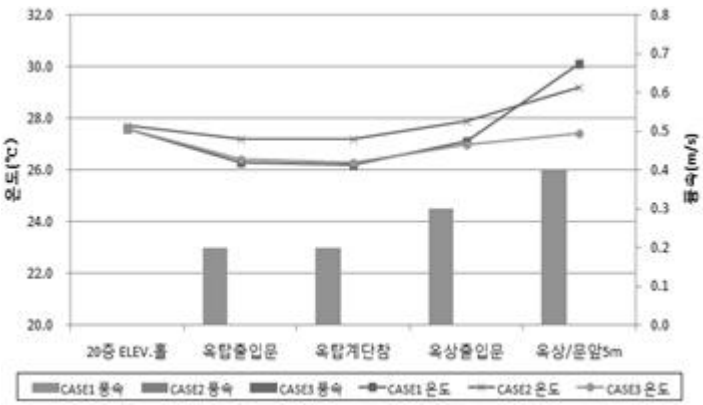
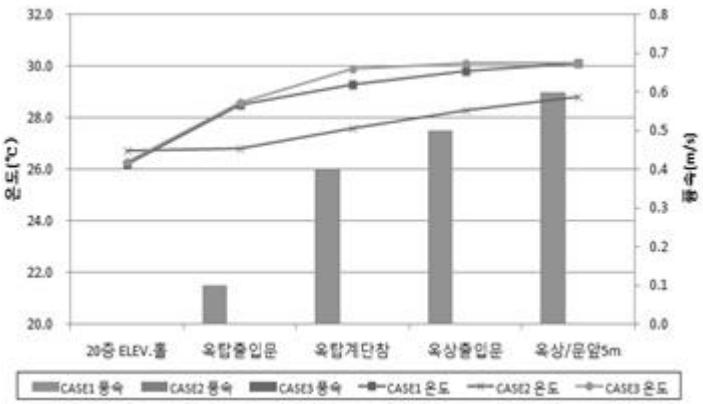


그림 73. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오후 측정)



바. 대상건물 춘계 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과

(1) 1차 측정 결과 (8월 23일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 65와 같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 31.7℃, 1.7m/s로 측정 되었으며, 창문 하부에 FCU로 냉방을 하고 있었다. CASE1, CASE2에서 상층부로 갈수록 온도는 상승하였으나 그 온도차가 크지 않았으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 온도차는 1℃미만이었다.

창문의 유입 풍속은 층별 변화는 거의 없었으나, 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 20층에서 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났으며, 평균 풍속은 모든 문과 창문을 열고 측정한 CASE1에서 가장 큰 풍속이 측정 되었다.

표 65. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 1차 오전 측정결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.5	29.4	60.6	29.1	
	복도 하 창문	0.6	29.4	59.9	29.1	
	하부 복도	0.5	29.6	58.2		
15층	복도 상 창문	0.5	28.5	60.4	28.9	
	복도 하 창문	0.5	29.3	59.2	28.6	
	하부 복도	0.3	29.2	59.1		
20층	복도 상 창문	0.6	30.6	61.9	29.3	
	복도 하 창문	0.7	31.2	61.9	29.5	
	하부 복도	0.2	29.6	58.1		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.4	28.8	58.0	27.3	
	복도 하 창문	0.5	28.5	59.2	27.3	
	하부 복도	0.4	29.6	58.2		
15층	복도 상 창문	0.5	29.1	60.3	29.1	
	복도 하 창문	0.5	29.2	61.4	28.9	
	하부 복도	0.2	29.6	59.1		
20층	복도 상 창문	0.5	29.6	60.3	29.1	
	복도 하 창문	0.5	29.6	59.3	29.1	
	하부 복도	0.1	29.2	58.2		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	0.6	30.3	61.9	29.5	
	복도 하 창문	0.6	31.3	62.1	29.7	
	하부 복도	0.2	29.8	58.4		

또한, 8층에서는 창문, 문 개/폐에 상관없이 풍속이 창문과 복도에서 비슷하게 측정되어창문에서 유입풍량이 하부복도 쪽으로 유입되는 것으로 나타났고, 15층, 20층에서는 창문의 유입 풍속보다 하부복도의 풍속이 더 작게 나타나 창문의 유입 풍량이 실내로 유입되지 않는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는그림 74, 그림 75과 같다.

그림 74. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

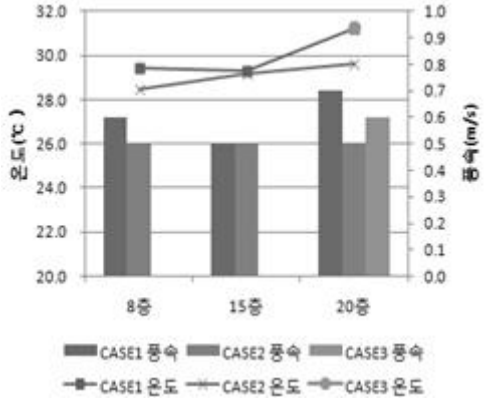
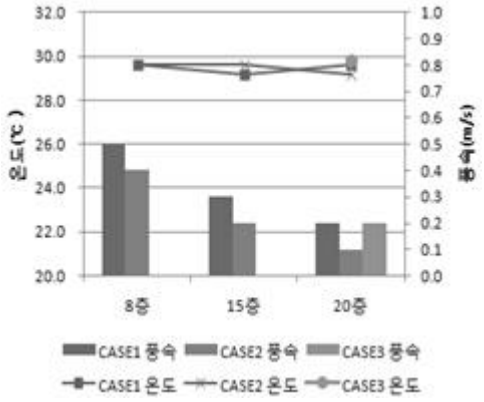


그림 75. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 66와 같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 30.7℃, 1.5m/s로 측정 되었으며(표 62 참조), 오전과 같이 창문 하부에 FCU로 냉방을 하고 있었다. CASE1, CASE2에서 상층부로 갈수록 온도는 상승하였으나 그 온도차가 크지 않았으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 가장 큰 온도차는 2.2℃ 였다.

오전과 같이 창문 유입 풍속의 층별 변화는 거의 없었고, 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 20층에서 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났으며, 평균 풍속은 모든 창문과 문이 열린 CASE1에서 가장 크게 측정 되었다. 또한, 창문과 하부 복도에서

는 모든 케이스에서 복도의 풍속이 창문의 유입풍속 보다 작게 측정되어 하부복도 쪽으로 바람의 유입이 거의 되지 않는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 76, 그림 77과 같다.

표 66. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 1차 오후 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	1.0	29.9	59.2	28.9	
	복도 하 창문	0.8	30.1	58.0	29.4	
	하부 복도	0.2	29.1	57.8		
15층	복도 상 창문	1.1	30.8	58.0	29.4	
	복도 하 창문	1.1	30.8	60.5	29.4	
	하부 복도	0.0	29.6	57.4		
20층	복도 상 창문	1.1	31.1	58.3	30.8	
	복도 하 창문	1.3	30.8	58.3	31.3	
	하부 복도	0.0	28.8	56.3		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.5	28.8	61.7	28.4	
	복도 하 창문	0.4	29.0	60.8	28.6	
	하부 복도	0.0	29.2	57.5		
15층	복도 상 창문	0.5	28.7	61.5	28.3	
	복도 하 창문	0.4	28.4	49.7	30.0	
	하부 복도	0.0	29.1	57.3		
20층	복도 상 창문	0.5	28.9	57.4	29.0	
	복도 하 창문	0.5	29.0	55.2	29.3	
	하부 복도	0.0	28.8	56.5		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	1.2	30.3	57.5	29.2	
	복도 하 창문	0.5	29.1	87.7	29.6	
	하부 복도	0.0	29.0	56.4		

그림 76.　　복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

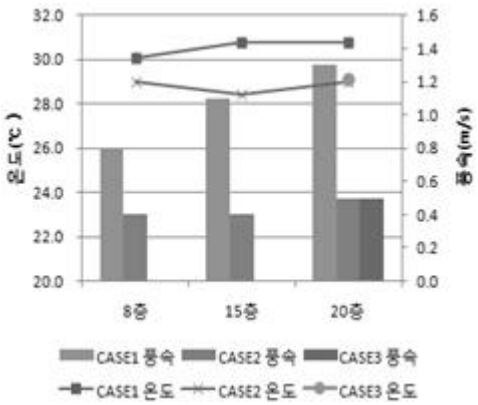
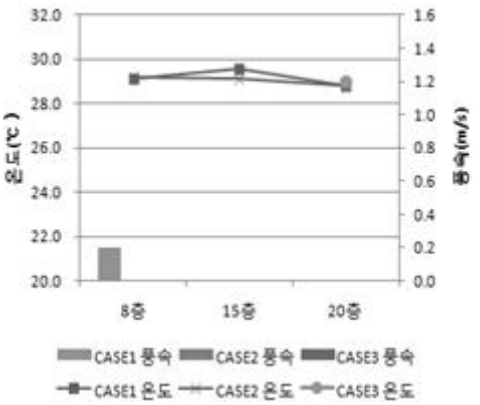


그림 77.　　하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(2)　2차 측정 결과 (9월 3일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

2차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 67와 같다.

이날 오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 27.9℃, 0.4m/s로 측정 되었으며 (<표 4-?>참조), 8층을 제외하고 창문 하부에 FCU로 냉방을 하고 있었다. 1차 측정에서 상층부로 갈수록 온도가 상승하는 경향을 보였으나, 8층이 냉방을 하지 않아 창문과 문이 닫힌 CASE2에서 8층이 15층보다 온도가 더 높게 나타났으며, 창문, 문의 개/폐 조건에 따라서도 케이스별 온도차를 보였다.

창문의 유입 풍속은 층별 변화는 거의 없었으나 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났다. CASE2에서 8층은 FCU 미작동으로 전혀 기류가 측정되지 않았다. 이것으로 CASE2가 FCU의 냉방으로 인해 측정된 풍속이며, CASE2와 비교하여 CASE1, CASE3의 풍속이 약 0.2m/s 차가 나므로 창문을 통해 들어오는 기류가 많지 않음을 알 수 있다.

또한, 창문과 하부 복도에서는 모든 케이스에서 복도의 풍속이 창문의 유입풍속보다 작아 하부복도 쪽으로 바람의 유입이 되지 않는 것으로 나타났으며, 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 78, 그림 79과 같다.

표 67. 2차 오전 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.7	26.9	68.8	26.2	FCU off
	복도 하 창문	0.6	27.0	69.7	26.8	FCU off
	하부 복도	0.0	27.1	26.7		FCU off
15층	복도 상 창문	0.6	27.9	64.4	26.4	
	복도 하 창문	0.5	27.8	64.5	27.7	
	하부 복도	0.0	27.2	66.4		
20층	복도 상 창문	0.5	27.8	63.6	29.4	
	복도 하 창문	0.6	27.7	64.7	27.6	
	하부 복도	0.0	27.2	66.4		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.0	27.5	69.2	26.2	FCU off
	복도 하 창문	0.0	27.7	67.6	26.2	FCU off
	하부 복도	0.0	27.2	68.7		FCU off
15층	복도 상 창문	0.5	25.5	65.1	26.1	
	복도 하 창문	0.4	26.6	60.6	27.2	
	하부 복도	0.0	27.9	65.8		
20층	복도 상 창문	0.4	28.1	55.9	27.5	
	복도 하 창문	0.4	28.1	59.2	27.1	
	하부 복도	0.0	27.4	67.3		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	0.5	28.3	59.6	28.8	
	복도 하 창문	0.6	27.9	63.7	27.3	
	하부 복도	0.0	27.2	66.9		

그림 78. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

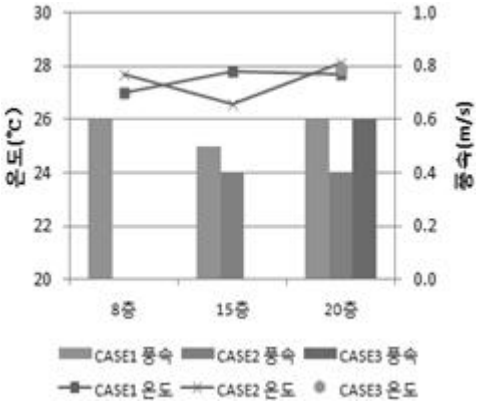
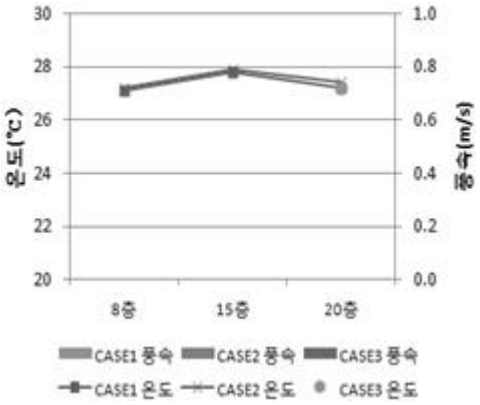


그림 79. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

2차 오후 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 68과 같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 28.4℃, 0.5m/s로 측정 되었으며, 오전과 같이 8층을 제외하고 창문 하부에 FCU로 냉방을 하고 있어, 오전 측정과 같이 CASE2에서 8층은 풍속이 측정되지 않았으며, 창문, 문의 개/폐 조건에 따라서도 케이스별 온도차를 보였다.

창문의 유입 풍속은 층별 변화는 거의 없었으나 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났으며, 하부 복도에서도 풍속이 0m/s로 측정되어 창문의 바람이 복도로 유입되지 않는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 80, 그림 81과 같다.

표 68. 대상건물 창문의 유입 풍속 및 온습도 오후 2차 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.8	28.3	62.4	28.1	FCU off
	복도 하 창문	0.9	28.0	63.7	28.8	FCU off
	하부 복도	0.0	27.1	62.8		FCU off
15층	복도 상 창문	0.9	28.5	62.1	28.7	
	복도 하 창문	0.7	28.5	61.1	30.0	
	하부 복도	0.0	26.1	60.1		
20층	복도 상 창문	0.6	29.2	57.5	31.5	
	복도 하 창문	0.8	28.7	60.0	33.6	
	하부 복도	0.0	26.5	60.8		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.0	28.7	63.8	26.8	FCU off
	복도 하 창문	0.0	28.7	60.1	26.9	FCU off
	하부 복도	0.0	27.2	62.7		FCU off
15층	복도 상 창문	0.5	28.6	51.1	26.1	
	복도 하 창문	0.5	27.8	50.9	27.5	
	하부 복도	0.0	26.1	60.2		
20층	복도 상 창문	0.4	28.2	51.0	26.7	
	복도 하 창문	0.4	28.2	52.2	27.9	
	하부 복도	0.0	26.6	61.2		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	0.6	28.5	57.8	31.5	
	복도 하 창문	0.5	28.3	51.8	28.2	
	하부 복도	0.0	26.5	61.1		

그림 80. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

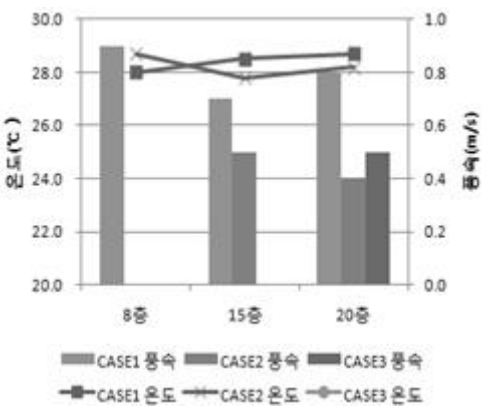
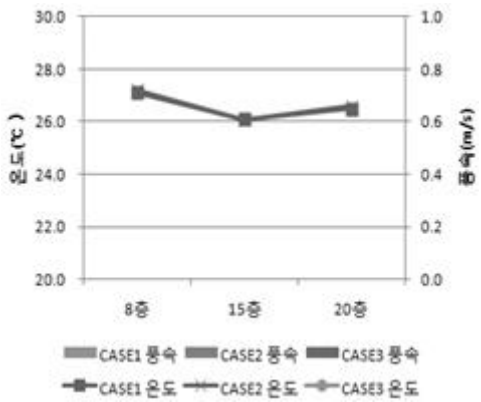


그림 81. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



사. 대상건물 추계 실내 외 풍속 및 온습도 분포

(1) 1차 측정 결과 (11월 5일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 69와같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 15.2℃, 0.5m/s로 바람이 다소 부는 날이었으며, 건물의 실내 온도는 실외보다 높았다. 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으며, 1층과 20층 ELEV. 홀의 온도차이는 약 4.7℃의 온도차가 나타났다.

건물 내부의 풍속은 20층을 제외하고는 0.1m/s 이하로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 20층에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났다. 창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, 창문과 문을 모두 닫고 측정한 CASE3에서 가장 낮게 측정되었다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 82과같으며, 케이스에 따른 변화가 가장 크게 나타난 20층에서 옥상층까지의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 84와같다.

표 69. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 1차 오전 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	15.2	56.7		
	여닫이 앞 1m	0.4	15.3	57.8		
1층	여닫이 앞 1m	1.2	16.7	58.5		
	로비 중심	0.5	15.7	57.4		
	ELEV. 홀	0.4	15.8	56.2	16.1	
3층	ELEV. 홀	0.0	17.8	53.4	17.6	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	18.6	51.5	17.9	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	21.2	47.5	16.1	
15층	ELEV. 홀	0.0	20.5	45.3	14.6	
20층	ELEV. 홀	0.0	20.5	45.2	15.3	
	옥탑 출입문	0.4	21.2	43.2		
	옥탑 계단참	0.4	18.7	44.2	15.3	
옥상	옥상 출입문	0.8	17.6	46.1		
	출입문 앞 5m	0.4	15.6	44.2		

▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	15.2	56.7		
	여닫이 앞 1m	0.4	15.3	56.7		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	17.7	51.3		
	로비 중심	0.0	15.6	58.3		
	ELEV. 홀	0.0	15.6	57.4	17.5	
3층	ELEV. 홀	0.0	17.8	53.4	17.6	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	18.6	51.5	17.9	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	21.4	47.6	16.1	
15층	ELEV. 홀	0.0	20.3	45.3	14.6	
20층	ELEV. 홀	0.0	20.2	45.3	15.3	
	옥탑 출입문	0.0	19.5	43.8		
	옥탑 계단참	0.0	18.7	43.2	15.1	
옥상	출입문 앞 1m	0.2	17.3	43.7		
	출입문 앞 5m	0.3	15.3	43.4		

▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	20.3	45.3	15.1	
	옥탑 출입문	0.1	19.3	43.5		
	옥탑 계단참	0.1	18.7	43.8	15.2	
옥상	출입문 앞 1m	0.2	17.3	43.7		
	출입문 앞 5m	0.3	15.3	43.4		

(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(16:00~16:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 70과같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 15.5℃, 0.6m/s로 오전과 비슷했으며, 건물의 실내 온도는 실외보다 높았다. 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으며, 1층과 20층 ELEV. 홀의 온도차이는 약 2.4℃의 온도차가 나타나 오전보다는 작은 차이를 보였다.

건물 내부의 풍속 또한 20층을 제외하고는 0.0m/s 이하로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 오전과 같이 20층 이상에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나타났다. 오전 측정 결과와는 달리 CASE3의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE1, CASE2 순으로 풍속이 낮게 측정되었으며, 이는 문의 개/폐조건의 영향보다는 건물 외부의 풍속변화에 더 큰 영향을 받았기 때문으로 판단된다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 83와같으며, 20층이상에서의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 85과같다.

표 70. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 1차 오후 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.6	15.5	58.1		
	여닫이 앞 1m	0.6	16.2	56.2		
1층	여닫이 앞 1m	1.5	16.5	56.2		
	로비 중심	0.8	16.8	56.2		
	ELEV. 홀	0.9	16.2	56.4	14.8	
3층	ELEV. 홀	0.0	18.5	58.0	17.9	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	19.7	53.3	17.8	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	19.8	48.6	16.3	
15층	ELEV. 홀	0.0	18.9	48.2	16.4	
20층	ELEV. 홀	0.0	19.5	46.5	16.6	
	옥탑 출입문	0.5	18.6	44.8		
	옥탑 계단참	0.4	18.3	45.4	16.1	
옥상	옥상 출입문	0.6	17.3	50.3		
	출입문 앞 5m	1.4	15.4	58.2		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.6	15.5	58.1		
	여닫이 앞 1m	0.0	16.3	58.3		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	17.4	55.2		
	로비 중심	0.0	17.2	54.0		
	ELEV. 홀	0.0	16.9	55.0	18.7	

3층	ELEV. 홀	0.0	18.5	58.0	17.9	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	19.7	53.3	17.8	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	19.7	48.7	16.5	
15층	ELEV. 홀	0.0	19.2	48.3	16.6	
20층	ELEV. 홀	0.0	19.3	46.7	16.3	
	옥탑 출입문	0.0	18.6	44.4		
	옥탑 계단참	0.0	18.5	45.3	16.3	
옥상	출입문 앞 1m	0.3	18.6	57.2		
	출입문 앞 5m	0.0	18.2	50.4		

▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	19.2	46.8	16.3	
	옥탑 출입문	0.0	18.8	44.6		
	옥탑 계단참	0.0	18.7	45.4	16.4	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	18.1	50.4		
	출입문 앞 5m	0.0	17.4	55.3		

그림 82. 실내외 온도 및 풍속 1차 오전 측정 결과

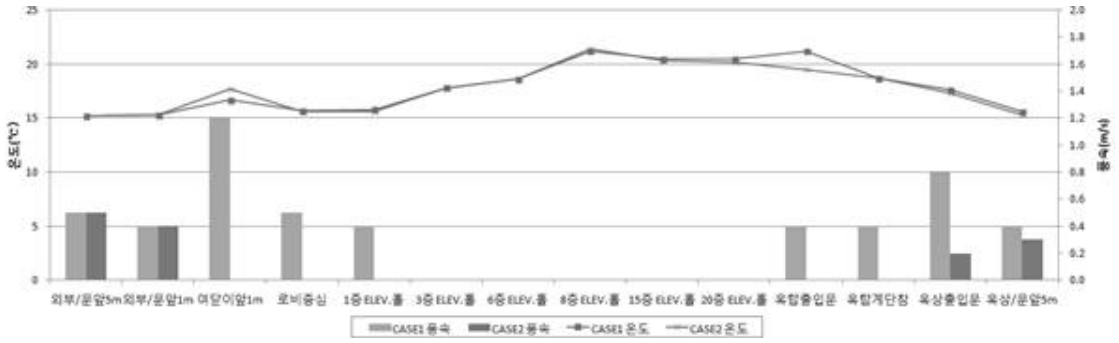


그림 83. 실내외 온도 및 풍속 1차 오후 측정 결과

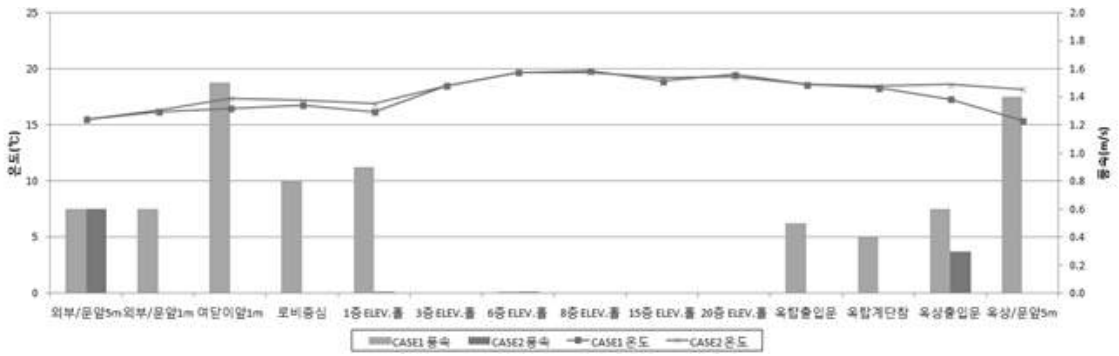


그림 84. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오전 측정)

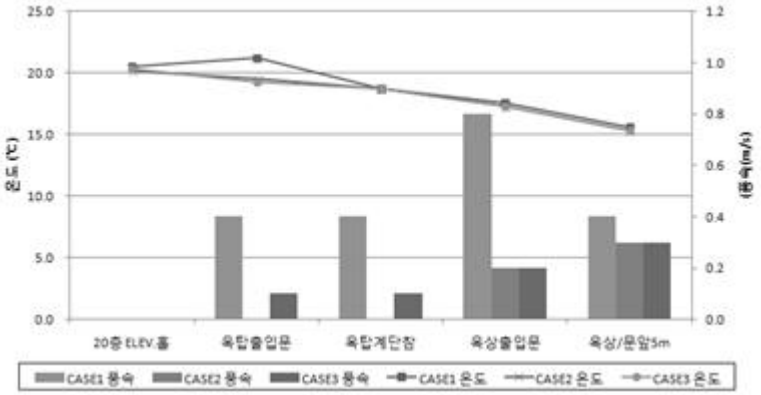
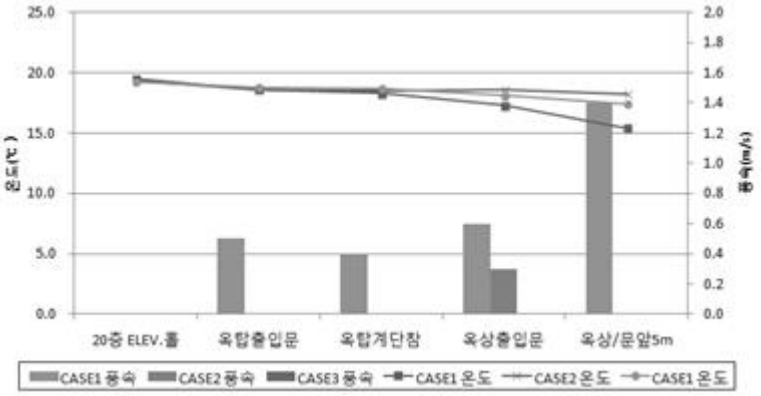


그림 85. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (1차 오후 측정)



(2) 2차 측정 결과 (11월 12일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 71와같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 13.3℃, 1.2m/s로 바람이 다소 부는 날이었고, 건물의 실내 온도는 실외보다 높았다. 1차 측정과 같이 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으며, 1층과 20층 ELEV. 홀의 온도차이는 약 6.4℃로 지금까지의 측정에서 가장 큰 온도차가 나타났다.

건물 내부의 풍속은 20층을 제외하고는 0m/s로 기류가 없는 것으로 나타났으며, 마찬가지로 20층에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났다. 창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE2와 CASE3에서는 풍속이 0으로 기류변화가 나타나지 않았다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 86과같으며, 20층에서 옥상층까지의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 88와같다.

표 71. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 2차 오전 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.2	13.3	44.0		
	여닫이 앞 1m	0.8	13.5	43.8		
1층	여닫이 앞 1m	1.5	14.6	42.9		
	로비 중심	0.5	14.8	44.6		
	ELEV. 홀	0.9	14.5	44.3	14.3	
3층	ELEV. 홀	0.0	17.8	51.5	17.3	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	18	44.2	16.4	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	17.1	44.5	15.5	
15층	ELEV. 홀	0.0	18.8	39.8	16.4	
20층	ELEV. 홀	0.0	20.9	41.2	16	
	옥탑 출입문	0.0	19.5	36.1		
	옥탑 계단참	0.1	19.2	38.2	15.4	
옥상	옥상 출입문	0.5	18.8	37.6		
	출입문 앞 5m	0.7	17.8	39.6		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	1.2	13.3	44.0		
	여닫이 앞 1m	0.9	14	42.7		
1층	여닫이 앞 1m	0.3	15.9	43.2		
	로비 중심	0.0	15.9	42.2		
	ELEV. 홀	0.0	15.9	42.2	14.2	
3층	ELEV. 홀	0.0	17.8	51.5	17.3	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	18	44.2	16.4	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	17.1	44.3	15.8	
15층	ELEV. 홀	0.0	18.5	39.6	16.3	
20층	ELEV. 홀	0.0	20.8	41.5	15.8	
	옥탑 출입문	0.0	19.8	36.8		
	옥탑 계단참	0.0	19.5	37.3	14.9	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	19.1	37.6		
	출입문 앞 5m	0.0	17.9	39.5		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	20.9	40.9	15.8	
	옥탑 출입문	0.0	19.8	36.8		
	옥탑 계단참	0.0	19.3	38.3	15.7	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	19.1	37.6		
	출입문 앞 5m	0.0	17.9	39.5		

(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(16:00~16:50)의 케이스별 건물의 실내 외 온습도 및 풍속 측정결과를 정리한 것은 표 72와같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속은 14℃, 0.5m/s로 오전에 비해 바람이 많이 불지 않았으며, 오전과 마찬가지로 건물의 실내 온도는 실외보다 높았다. 실내 온도는 1층에서 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으며, 1층과 20층 ELEV. 홀의 온도차이는 약 5.5℃의 온도차가 나타났다.

건물 내부의 풍속은 20층을 제외하고는 0.0m/s로 기류가 거의 없는 것으로 나타났으며, 오전과 같이 20층 이상에서는 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나타났다. 오전 측정과 마찬가지로 CASE1에서 풍속이 가장 높게 측정되었고, CASE2, CASE3에서는 기류가 거의 측정되지 않았다. 케이스별 건물 실내외 온도 및 풍속 분포는 그림 87과같으며, 20층 이상에서의 케이스별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 89와같다.

표 72. 대상건물 실내외 온습도 및 풍속 2차 오후 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	14	49.8		
	여닫이 앞 1m	0.6	15.4	45.6		
1층	여닫이 앞 1m	1.0	16.3	43.4		
	로비 중심	0.5	17	42.3		
	ELEV. 홀	0.8	16	44.8		
3층	ELEV. 홀	0.0	20.1	38.7	16	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	20.1	40.2	15.8	창문 없음
8층	ELEV. 홀	0.0	19.8	52.8	14.9	
15층	ELEV. 홀	0.0	21.6	36.4	15.8	
20층	ELEV. 홀	0.0	21.5	35.3	15.4	
	옥탑 출입문	0.0	20.8	39.5		
	옥탑 계단참	0.3	20.8	39.4	15.8	
옥상	옥상 출입문	0.4	20.5	39.8		
	출입문 앞 5m	0.6	20.3	40.1		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
외부	여닫이 앞 5m	0.5	14	49.8		
	여닫이 앞 1m	0.3	15	45.1		
1층	여닫이 앞 1m	0.0	18.9	38.0		
	로비 중심	0.0	19.4	38.2		
	ELEV. 홀	0.0	19.4	36.6	13.9	
3층	ELEV. 홀	0.0	20.1	38.7	16	창문 없음
6층	ELEV. 홀	0.0	20.1	40.2	15.8	창문 없음

8층	ELEV. 홀	0.0	19.7	61.8	52.6	
15층	ELEV. 홀	0.0	21.5	35.7	16.2	
20층	ELEV. 홀	0.0	21.5	36.5	15.7	
	옥탑 출입문	0.0	20.8	40.2		
	옥탑 계단참	0.0	20.8	40.2	15.8	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	20.6	41.3		
	출입문 앞 5m	0.0	20.3	41.5		

▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	ELEV. 홀	0.0	21.4	36.5	15.7	
	옥탑 출입문	0.0	20.7	40.2		
	옥탑 계단참	0.0	20.8	40.3	15.7	
옥상	출입문 앞 1m	0.0	20.6	41.3		
	출입문 앞 5m	0.0	20.4	41.5		

그림 86. 실내외 온도 및 풍속 2차 오전 측정 결과

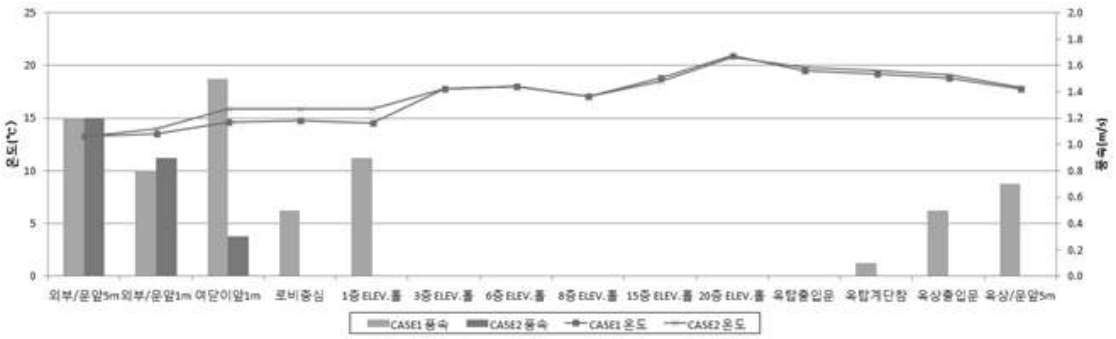


그림 87. 실내외 온도 및 풍속 2차 오후 측정 결과

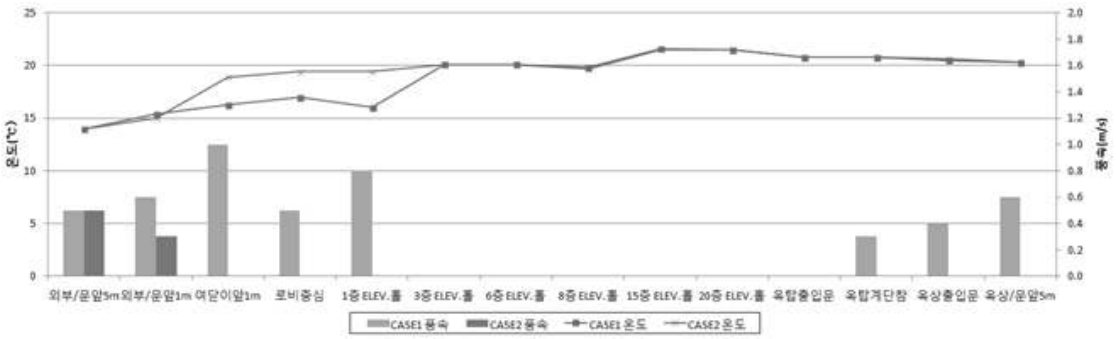


그림 88. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오전 측정)

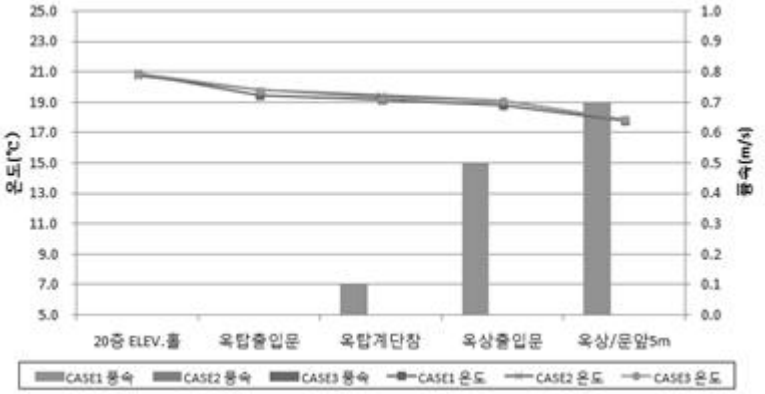
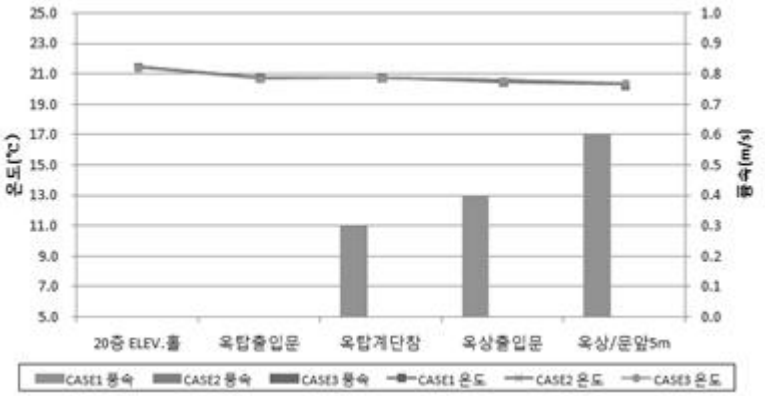


그림 89. 20층 이상에서 케이스별 온도 및 풍속 분포 (2차 오후 측정)



아. 대상건물 추계 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과

(1) 1차 측정 결과 (11월 5일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

1차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 73과같다.

오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 15.2℃, 0.5m/s로 측정 되었으며(표 68 참조), FCU는 운전하지 않았다. 창문의 유입 풍속은 층별 변화는 거의 없었으나, 창문과 문의 개/폐 조건에 따라 풍속에 차이가 나는 것으로 나타났으며, 모든 문과 창문을 열고 측정한 CASE1에서 가장 큰 풍속이 측정 되었다.

또한, 모든 케이스에서 하부복도의 풍속이 0.1m/s 미만으로 측정되어 창문, 문 개/폐에 상관없이 창문의 유입풍속이 하부복도 쪽으로 유입되지 않는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 90, 그림 91와같다.

표 73. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오전 1차 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	2.2	13.5	63.8	16.1	
	복도 하 창문	3.6	12.2	68.0	15.5	
	하부 복도	0.1	21.1	43.2		
15층	복도 상 창문	2.5	13.5	62.4	16	
	복도 하 창문	2.8	13.3	60.4	16.6	
	하부 복도	0.2	20.2	41.6		
20층	복도 상 창문	0.9	15.3	57.7	19.6	
	복도 하 창문	1.5	14.6	58.4	20.1	
	하부 복도	0.1	20.5	45.2		
▪ CASE 2 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0	15.4	63.4	16.7	
	복도 하 창문	0	15.3	69.3	16.5	
	하부 복도	0	21.1	43.4		
15층	복도 상 창문	0.0	15.7	58.3	16.6	
	복도 하 창문	0.0	15.6	58.5	17.2	
	하부 복도	0	20	42.2		
20층	복도 상 창문	0.0	17.2	56.2	17.2	
	복도 하 창문	0.0	17.2	56.3	17.7	
	하부 복도	0	20.3	44.3		
▪ CASE 3 (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	1.1	15.7	57.9	19.2	
	복도 하 창문	0.0	16.7	58.7	17.3	
	하부 복도	0.1	20.2	43.9		

그림 90. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

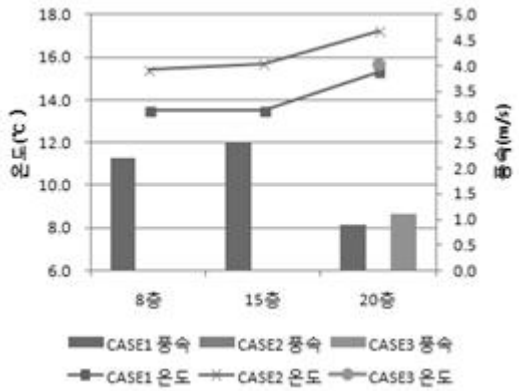
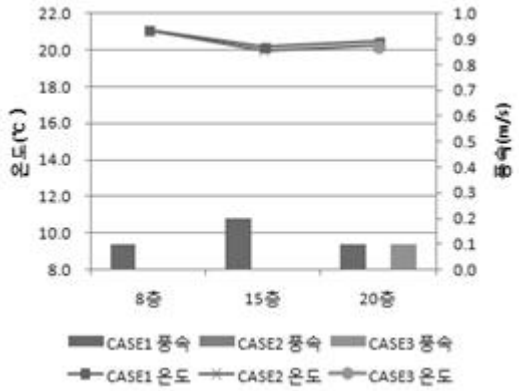


그림 91. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

1차 오후 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 74와같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 15.5℃, 0.6m/s로 측정 되었으며(표 70 참조), 오전과 같이 창문 하부에 FCU는 운전하지 않았다. CASE1, CASE2에서 상층부로 갈수록 온도는 상승하였으나 그 온도차가 크지 않았으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 가장 큰 온도차는 6.9℃ 였다.

창문의 유입 풍속은 8층에서 가장 컸으나, 이는 외부 풍속의 영향으로 판단되며, 창문이 닫힌 조건에서는 모든 층에서 기류가 0m/s로 나타나 기류가 전혀 없는 것으로 나타났다. 또한, 창문에서 기류가 유입 되더라도 하부 복도로는 기류가 이동하지 않는 것으로 나타나 창문개폐와 상관없이 하부 복도쪽에는 기류가 정체되어 있는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 92, 그림 93와같다.

표 74. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오후 1차 측정 결과

▪ CASE 1 (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	1.5	15.6	54.6	12.9	
	복도 하 창문	2.1	11.6	69.9	11.9	
	하부 복도	0.1	19.4	51.5		
15층	복도 상 창문	0.7	16.8	57.8	14.9	
	복도 하 창문	0.6	16.9	56.2	15	
	하부 복도	0.1	18.7	50.3		
20층	복도 상 창문	0.7	17.6	56.4	14.6	
	복도 하 창문	0.6	17.4	54.5	15.3	

	하부 복도	0.0	19.1	46.9		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0.0	18.2	56.4	16.6	
	복도 하 창문	0.0	18.5	53.4	16.6	
	하부 복도	0	19.6	51.2		
15층	복도 상 창문	0.0	17.7	64.0	15	
	복도 하 창문	0.0	17.7	64.8	15.6	
	하부 복도	0	19	49.1		
20층	복도 상 창문	0.0	17.6	57.5	15.1	
	복도 하 창문	0.0	17.6	59.1	15.5	
	하부 복도	0	19.5	45.8		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	0.5	17.5	55.2	15.1	
	복도 하 창문	0.0	17.5	61.2	15.4	
	하부 복도	0	19.1	45.3		

그림 92. 복도 하 창문 케이스별 온도 및 풍속

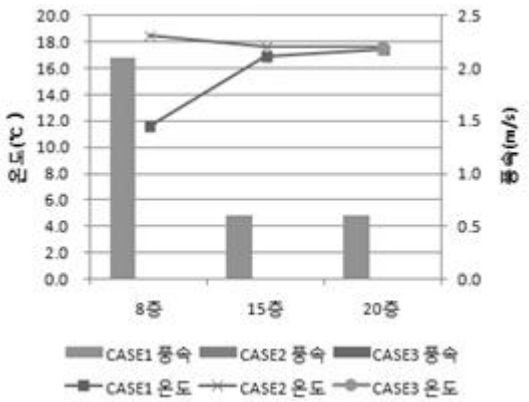
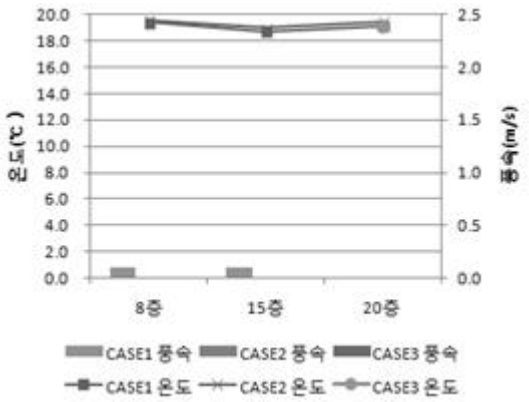


그림 93. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(2) 2차 측정 결과 (11월 12일)

(가) 오전 측정 결과 / 측정시각 : 11:00 ~ 11:50

2차 오전 측정(11:00~11:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표 75와같다.

이날 오전의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 13.3℃, 1.2m/s로 측정 되었으며 (<표 4-12>참조), 창문 하부에 FCU는 운전하지 않았다. CASE1, CASE2에서 상층부로 갈수록 온도는 상승하였으며, 창문과 문의 개/폐 조건에 따른 가장 큰 온도차는 4.2℃ 였다.

CASE-1에서 창문의 유입 풍속은 모든 층에서 비슷하게 2.1~2.5m/s 범위로 나타났으나, 창문에서 기류가 유입 되더라도 하부 복도는 속도가 0m/s로 측정되어 기류가 복도 쪽으로 유입되지 않는 것으로 나타나 창문개폐와 상관없이 하부 복도쪽에는 기류가 정체되어 있는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 94, 그림 95과같다.

표 75. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오전 2차 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	2.1	12.5	49.2	11.3	
	복도 하 창문	2.4	12.8	49.2	11.2	
	하부 복도	0.0	16.8	43.8		
15층	복도 상 창문	2.4	15.7	46.5	14.4	
	복도 하 창문	2.3	13.5	47.1	14.7	
	하부 복도	0.0	18.6	41.0		
20층	복도 상 창문	2.1	15.1	49.2	15.9	
	복도 하 창문	2.5	14.7	43.3	16.3	
	하부 복도	0.0	19.5	39.9		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0	16.7	50.8	12.3	
	복도 하 창문	0	16.1	50.3	12.1	
	하부 복도	0	17.1	43.8		
15층	복도 상 창문	0.0	16.6	46.1	16.8	
	복도 하 창문	0.0	16.7	46.7	16.5	
	하부 복도	0	18.2	40.1		
20층	복도 상 창문	0.0	17.4	48.1	16.7	
	복도 하 창문	0.0	17.6	44.3	15.9	
	하부 복도	0	19.5	37.6		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						

위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	2.1	15.3	47.3	16.3	
	복도 하 창문	0.0	17.4	41.9	16.1	
	하부 복도	0	19.8	39.7		

그림 94. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

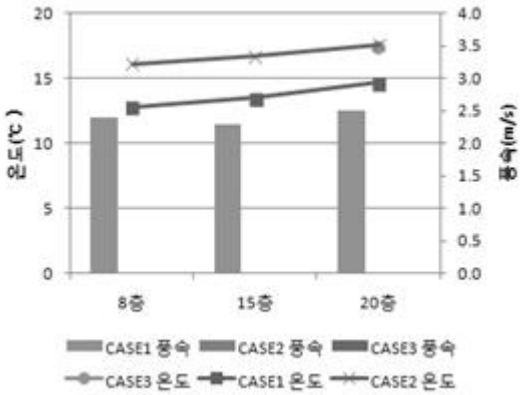
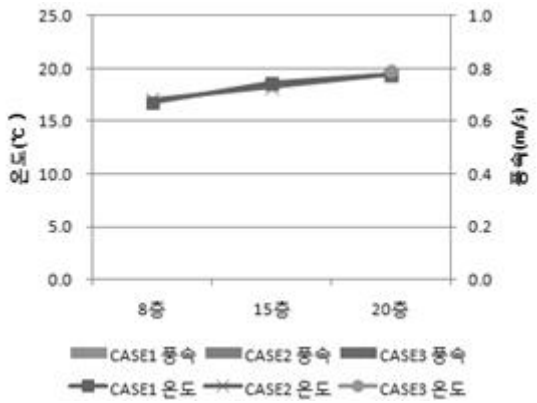


그림 95. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



(나) 오후 측정 결과 / 측정시각 : 16:00 ~ 16:50

2차 오후 측정(16:00~16:50)의 케이스별 건물 창문의 유입 풍속 및 온도를 8층, 15층, 20층을 대상으로 측정하였으며, 결과는 표76과같다.

오후의 건물 외부 외기 온도 및 풍속이 14℃, 0.5m/s로 측정 되었으며(표 72 참조), 오전과 같이 창문 하부에 FCU를 운전하지 않았다. 오전 측정과 같이 CASE1에서 모든 층에서 1.1~1.8m/s로 비슷한 속도의 기류가 유입되고 있으나. 마찬가지

로 창문에서 기류가 유입 되더라도 하부 복도로는 기류가 이동하지 않는 것으로 측정되어 창문개폐와 상관없이 하부 복도쪽에는 기류가 정체되어 있는 것으로 나타났다. 케이스별, 위치별 온도 및 풍속을 비교한 그래프는 그림 96, 그림 97과같다.

표 76. 대상건물 창문의 유입풍속 및 온습도 오후 2차 측정 결과

▪ **CASE 1** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 열림)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	1.1	16.2	44.2	12.5	
	복도 하 창문	1.8	11.8	53.5	12.2	
	하부 복도	0.0	19.2	45.4		
15층	복도 상 창문	0.7	14.7	46.7	14.3	
	복도 하 창문	0.7	14.1	55.6	14	
	하부 복도	0.0	21.1	36.8		
20층	복도 상 창문	1.6	14.7	44.1	15	
	복도 하 창문	1.2	15.4	47.2	15.3	
	하부 복도	0.0	21.3	35.7		
▪ **CASE 2** (출입문, 창문, 옥탑문, 옥상문 모두 닫힘)						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
8층	복도 상 창문	0	18.7	47.6	14.5	
	복도 하 창문	0	15.2	48.6	15.3	
	하부 복도	0	19.4	45.9		
15층	복도 상 창문	0.0	16.2	49.0	16.7	
	복도 하 창문	0.0	16.3	50.1	17.2	
	하부 복도	0	21.5	35.7		
20층	복도 상 창문	0.0	17.5	45.1	16.3	
	복도 하 창문	0.0	17.6	43.9	17.0	
	하부 복도	0	21.3	36.3		
▪ **CASE 3** (20층 ~ 옥상 (옥탑문 닫힘 / 창문, 옥상문 열림))						
위치		풍속 (m/s)	온도 (℃)	습도 (%)	표면온도 (℃)	특기사항
20층	복도 상 창문	1.4	14.5	53.7	14.5	
	복도 하 창문	0.0	17.0	52.7	16.5	
	하부 복도	0	21	36.3		

그림 96. 복도 하 창문의 케이스별 온도 및 풍속

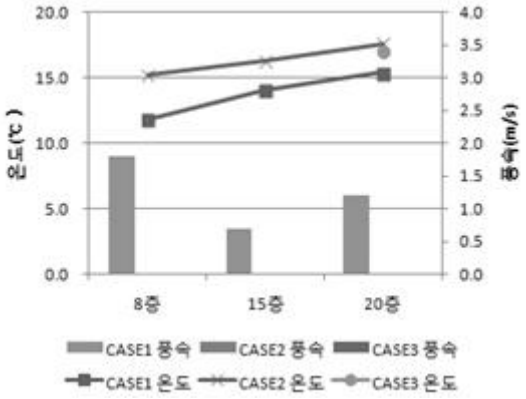
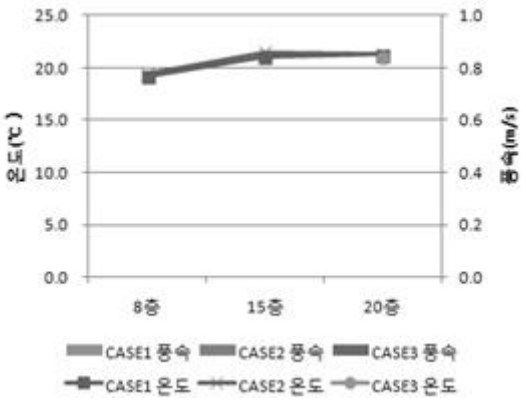


그림 97. 하부복도 케이스별 온도 및 풍속



자. 측정결과 요약 및 결론

고층(30층 이하) 건물에서 에코샤프트의 적용 방안에 대한 연구에 앞서 선정된 대상건축물의 환기현황을 알아보고자 계절별(하계/추계), 창문 및 문의 개폐여부에 따른 복도부분의 기류분포를 측정하였으며, 결과는 다음과 같다.

(1) 하계 측정

하계측정은 8월 23일 1차 측정, 9월 3일 2차 측정을 하였다. 외기 온도 및 풍속은 각각 평균 31.2℃, 1.6m/s(1차 측정), 28.2℃, 0.5m/s(2차 측정)이었으며, FCU가 운전하는 조건에서 측정되었다. 측정위치는 외부, 1층, 3층, 6층 8층 15층 20층 옥상이며, 이중 8층, 15층 20층을 대상으로 창문에서의 유입 풍속을 측정하였으며, 결과는 아래와 같다.

(가) 실내 외 풍속 및 온습도 분포

실내온도는 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으나 그 온도차가 1.5~1.9℃로 크지는 않았으며, 이는 층마다 FCU로 냉방을 하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE-1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되어 유입되는 풍량이 가장 많은 것으로 나타났으나, 모든 케이스에서 3~15층의 풍속은 0.1m/s 이하로 기류가 거의 측정되지 않아 1층 로비와 20층을 제외하고는 건물내부에 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났다.

(나) 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과

창문의 유입 풍속은 층별로 비슷하게 나타났으며, 창문과 문이 모두 열린 CASE-1에서 가장 높은 풍속이 측정되어 가장 많은 풍량이 유입되는 것으로 나타났다. 한편 창문과 문이 모두 닫힌 CASE-2에서도 풍속이 측정되었으며, 이는 창문 하부에 설치된 FCU의 운전으로 인한 풍속이 측정된 것으로 판단되며, 2차 측정시 FCU가 꺼진 8층에서의 측정값이 0m/s인 것으로 알 수 있다. 또한 대부분의 측정결과에서 창문에서 측정되는 풍속이 0.5~1.0m/s 범위이나 복도에서는 0.2~0.0m/s로 측정되어 창문에서 유입되는 풍량이 복도까지 잘 전달되지 않는 것으로 나타났다.

(2) 추계 측정

추계측정은 11월 5일 1차 측정, 11월 3일 2차 측정을 하였다. 외기 온도 및 풍속은 각각 평균 15.4℃, 0.6m/s(1차 측정), 13.6℃, 0.9m/s(2차 측정)이었으며, FCU가 운전하지 않는 조건에서 측정되었다. 측정위치는 1차 측정과 같고, 결과는 아래와 같다.

(가) 실내 외 풍속 및 온습도 분포

실내온도는 상층부로 올라갈수록 높아지는 경향을 보였으며 1층과 20층 엘리베이터 홀과 온도차가 2.4~6.4℃로 하계 측정보다 온도차가 크게 나타났다. 이는 층마다 공조가 되지 않는 조건이고, 외기의 유입이 없어 외기가 많이 유입되는 1층의 온도가 상대적으로 낮아졌기 때문으로 판단된다.

하계 측정과 마찬가지로 창문과 문을 모두 열고 측정한 CASE-1의 조건에서 풍속이 가장 높게 측정되어 유입되는 풍량이 가장 많은 것으로 나타났으나, 모든 케이스에서 3~15층의 풍속은 0.1m/s 이하로 기류가 거의 측정되지 않아 1층 로비와 20층을 제외하고는 건물내부에 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났다.

(나) 창문의 유입 풍속 및 온도 측정결과

창문의 유입 풍속은 층별로 차이가 있었으며, 하계측정과 비교하여 더 높은 풍속이 측정되었다. 이는 실내외 온도차이가 커짐에 따라 유입풍량도 많아진 것으로 판단된다.

하계측정과 같이 CASE-1에서 3.7~0.6m/s 범위의 가장 높은 풍속이 측정되어 가장 많은 풍량이 유입되는 것으로 나타났으나, 복도에서 측정되는 풍속은 0.1m/s 미만으로 창문에서 유입되는 풍량이 복도까지 잘 전달되지 않는 것으로 나타났다.

(3) 결론

하계와 추계 2번에 걸쳐 삼호물산의 실내외 온도 및 풍속을 측정한 결과, 외기에 면하는 개구부에 인접한 1층과 20층을 제외하고는 외기온 및 풍속과 상관없이 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났으며, 마찬가지로 창문을 열어 놓는 조건에서도 복도에서 기류가 0.1m/s 미만으로 측정되어 환기가 되지 않는 것으로 나타났다.

위와 같이 대상건물은 자연환기가 거의되지 않는 고층건물로 따로 기계환기장치도 마련되어있지 않아 실내공기질의 신선도를 유지하기 힘들 것으로 판단되며, 재실자를 위한 쾌적한 실내공기질 확보를 위해 환기를 위한 계획이 필요할 것으로 판단된다.

4. 대상 건축물의 적용

가. 건축

대상 건축물인 삼호물산 A동은 전형적인 업무시설이다. 외주부에 모두 사무실로 활용되는 오피스텔들이 둘러있고, 가운데 부분은 엘리베이터와 계단으로 구성된 코어가 위치하고 있다.

현황측정에서도 나타나지만, 이 곳은 채광, 환기 측면에서 너무도 열악한 환경을 나타내고 있다. 이 건물에 에코샤프트를 삽입하기 위해서 세 곳의 후보장소를 설정하였다. 첫 번째 장소는 기존 샤프트를 이용하는 장소이고, 두 번째 장소는 비상용엘리베이터 샤프트를 이용하여 샤프트를 설치하는 곳이고, 세 번째는 기존 사무실의 화장실 부분에 설치하는 방법이다. 각 방법을 선정한 사유는 최상층에서 최하층까지 샤프트를 연속적으로 설치할 수 있는 장소를 파악한 것이다.

선정된 세 곳의 장소는 또한 설치측면에서의 문제점을 확인하여 최종 설치예정 장소를 선정하였다. 첫 번째 기존 샤프트 자리는 기존의 배관을 이설해야 하는 문제가 있었고, 세 번째 사무실의 화장실은 전용면적의 변화에 따라 계약상 문제가 발생할 수 있어 제외하기로 하였다. 그리고 비상용엘리베이터 자리는 비교적 설치

가 용이한 면과 함께 환경적으로 가장문제가 되는 엘리베이터 홀의 환경을 직접적으로 개선할 수 있다는 장점이 있었다.

신설될 샤프트에는 총 23개의 반사경을 설치할 수 있고, 총 층수는 25개 층인데, 최상층은 직접 태양광을 조사하는 방식으로 반사경 설치를 하지 않았고, 최하층도 기계실로 제외하였다. 지하4층의 경우는 반사경 대신 바닥면에 태양광이 조사되는 방식을 사용하여 22개층에 태양광을 공급하는 계획을 세웠다. 나머지 1개의 반사경은 1층에 두 개의 반사경을 설치하여 1층의 밝기를 높이기로 하였다.

환기를 위해선 최상층에 1방향 댐퍼를 설치하여 역풍(back-draft)에 대비하였다.

각층에는 상부측 창문을 열 수 있게 배려하여 각층의 환기가 되도록 하였고, 각층의 창문 일부를 열어 직접 반사경의 관리가 가능하도록 하였다.

나. 채광

(1) 삼호물산 에코샤프트 자연채광 설계

삼호물산에 계획된 에코샤프트는 자연광 유입에 따른 실내 자연채광 효과는 물론 수직 공간의 기압차에 의한 자연환기의 기능을 포함하고 있으며, 이러한 자연환기 성능을 향상시키기 위하여 옥상층 에코샤프트 상부에 무동력 환기팬이 계획되어 있다.

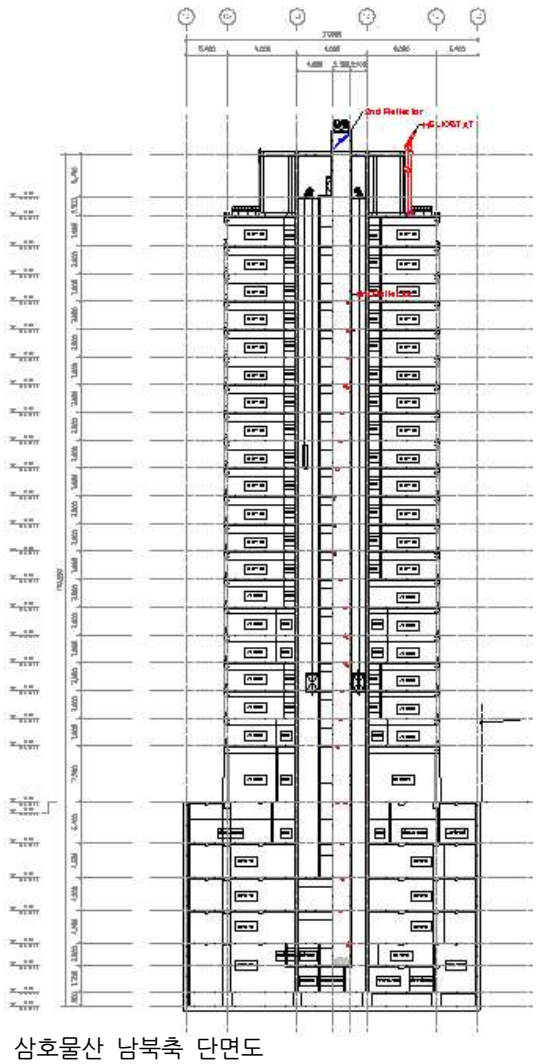
자연채광의 활용은 전기조명 대체에 따른 에너지 절감 효과는 물론, 삼호물산의 에코샤프트와 같이 공용공간의 조명에 있어 자연광으로써 시각적 쾌적함은 물론 외부 기상의 변화를 감지할 수 있는 역동적인 실내 조명 연출이 가능한 장점이 있다.

(가) 자연채광 설계

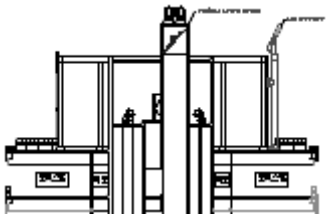
삼호물산 건물에 계획된 에코샤프트는 엘리베이터홀의 공간 활용성을 고려하여 다각형의 평면으로 계획되어 있어 태양광을 전송하기 위한 태양광 전송공간의 효율성이 떨어질 수 있지만, 평면적이 4.17㎡로 지하 5층과 지상 20층으로 구성된 건물전체 층에 태양광을 전달하기에는 충분한 면적으로 계획되었다.

쾌청한 기상상태에서 태양직사광의 연직면조도가 100,000lux(lm/㎡)이므로, 에코샤프트의 평면적을 최대한 이용할 경우 417,000lm의 광량을 확보할 수 있는 것으로 예측할 수 있다. 반사거울의 반사율(95%)과 유입창의 투과율(90%)에 의한 광량 감소와 40W 형광등의 광량이 3,000lm임을 감안할 때, 에코샤프트에 의한 조명효과는 40W 형광등 97개에 해당하는 조명효과를 예상할 수 있다.

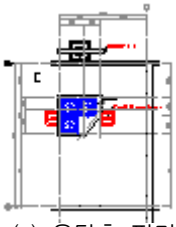
그림 98. 삼호물산 건물의 에코샤프트 계획도면



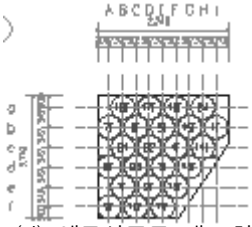
(a) 삼호물산 남북축 단면도



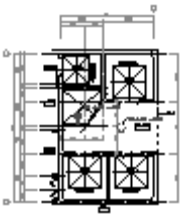
(b) 옥탑층 상세 단면도



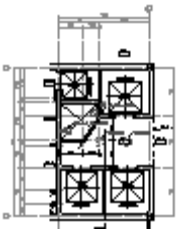
(c) 옥탑층 평면도



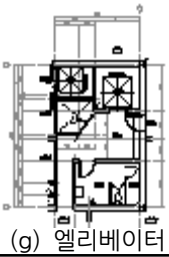
(d) 에코샤프트 내 3차 반사판 배치



(e) 엘리베이터 홀 기준층 평면도



(f) 엘리베이터 홀 1층 평면도



(g) 엘리베이터 홀 지하5층 평면도

옥탑층 외부의 에코샤프트 북측에 태양을 추적하는 헬리오스텟시스템이 설치되어 연중 주변 지형이나 인공구조물의 방해없이 365일 태양광을 에코샤프트 내부로 공급할 수 있도록 하였으며, 에코샤프트 최상부에는 2차 반사판을 설치하여 헬리오스텟으로부터 반사된 태양광이 에코샤프트 내부로 수직 반사할 수 있도록 계획하였다. 또한, 에코샤프트 내부의 각층에는 2차 반사판으로부터 반사된 태양광이 각층의 엘리베이터홀 내부로 공급될 수 있도록 지름 400mm 크기의 원형 3차 반사판을 계획하였다. 3차 반사판에 의해 반사된 태양광은 엘리베이터 천정에 지름 500mm 크기의 볼록 확산거울(5차 반사판)에 반사되어 엘리베이터 홀 바닥면에 고르게 조명될 수 있도록 계획하였다.

특히 각층의 자연채광 성능을 좌우하는 3차 반사판은 지름 400mm의 원형 반사판으로 계획하여, 에코샤프트 공간에 총 23개의 반사판 설치가 가능하였다. 건물 로비에 인접한 1층 엘리베이터실의 공간 활용도와 건물 출입의 상징성을 감안하여 2개의 3차 반사판을 적용하여 지하 5층과 19층, 20층을 제외한 모든 층의 엘리베이터 홀에 3차, 4차 반사판을 이용한 자연채광을 적용하였다.

에코샤프트에 헬리오스텟 장치가 없는 조건에서의 자연채광 시뮬레이션 검토 결과 최상층인 19층과 20층은 에코샤프트 내부의 광반사 효과로 인하여 기본적인 자연채광 효과가 있는 것을 알 수 있었으며, 최하층인 지하 5층의 경우 에코샤프트 내의 3차 반사판 없이도 에코샤프트를 통한 태양광 유입효과로 자연채광 효과가 있을것으로 예상하여 3차, 4차 반사거울에 의한 엘리베이터 홀의 자연채광 계획에서 제외하였다.

(나) 헬리오스탯 시스템

태양추적식 반사거울시스템은 헬리오스텟(Heliostat)이라는 명칭으로 사용되고 있으며, 국내에서는 2003년 국립중앙박물관 전시홀에 처음 설치되어 친환경조명의 대표적인 시스템으로 많이 알려져 있다. 아직까지는 고가의 설치비용과 건설산업의 위축으로 설치사례가 많지는 않으나, 최근들어 기술 국산화를 통하여 다양한 공간에 친환경건축기술로 계획되고 있다.

헬리오스텟 시스템은 태양의 위치를 추적하여 원하는 공간에 태양광을 조명하는 시스템으로, 태양을 추적하는 구동장치와 고정식 반사거울, 그리고 태양광에 의한 조명연출효과를 위한 프리즘 등의 다양한 광학장치들로 구성되며 인공조명으로는 표현하기 어려운 풍부한 조명 연출이 가능하다. 인간의 시신경이 전기조명 보다 자연광에 생리적으로 적응되어 있어 심리적으로 보다 쾌적한 실내환경을 제공할 수 있는 것이 가장 큰 특징이라 할 수 있다.

헬리오스텟을 이용한 실내조명 시 외부기상변화에 따라 실내로 유입되는 광량의 변동이 발생하는 특성이 있어, 조명제어와 연동된 시스템을 구성하거나 내 작업용

조명 보다는 태양광을 이요한 조명의 연출효과나 아트리움, 복도, 홀과 같이 공용 공간의 조명을 목적으로 계획되어야 한다.

또한, 태양추적식 반사거울에 의한 실내 조명성능 외에 우리나라와 같이 여름철 태풍에 의한 피해가 많은 지역에서는 풍압에 대비한 구조적 안전성 및 시스템의 안전한 운용에 대한 시스템의 안전성이 고려되어야 한다.

그림 99. 헬리오스텟 시스템의 형태 및 조명원리

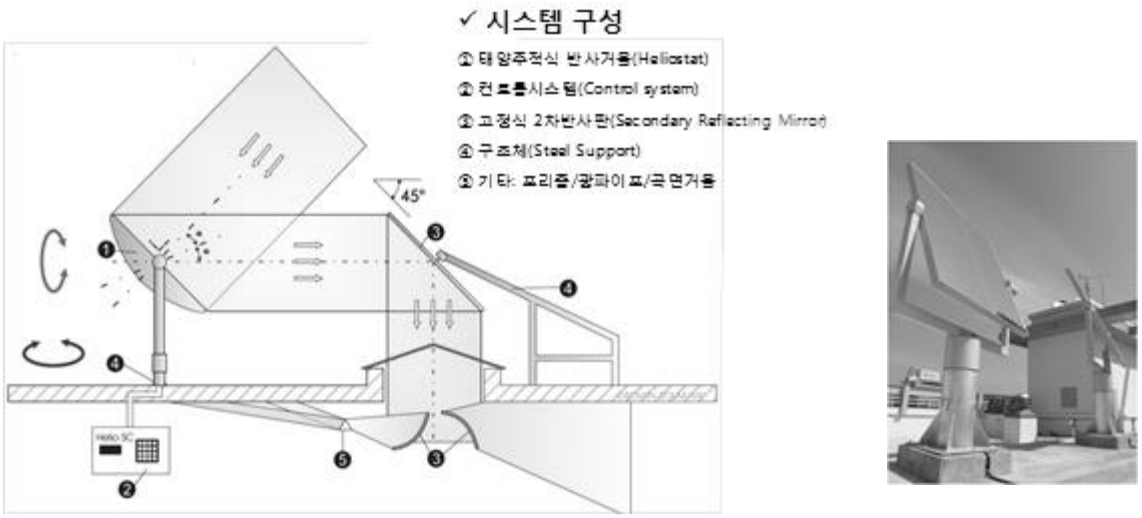


표 77. 태양추적식 반사거울 시스템의 제원 및 성능

Type	○1600	□1600	○2100	□2100	□2500
중량 [kg] 거울크기[mm] 반사면적[㎡]	300 Ø1,585 1.97	300 □1,600×1,600 2.56	400 Ø2,100 3.46	500 □2,850×2,850 4.35	600 □2,485×2,485 6.17
Heliostat 유효온도[℃] 컨트롤러 내부작동온도[℃]	작동 시 -10℃ ~ 60℃, 정지 시 -30℃ ~ 60℃ 작동 시 0℃ ~ 35℃, 정지 시 -25℃ ~ 70℃, 습도 5% ~ 85%				
작동풍속[m/s]	작동시 최대 35m/s, 풍속에 따라 작동모드 선택				
풍하중 0 ~ 20m [0.8kN/㎡] 20 ~ 100m [1.1kN/㎡]	 4.2 5.7	 5.2 7.0	 6.7 9.2	 8.6 12.0	 11.5 15.8

Electric	
입력전압	220V AC
소비전력	130 VA max.
태양추적 제어방식	태양위치 계산 알고리즘 방식
Motor	90V DC, 50W, 2set(방위각, 고도각), 0.0025°/pulse
Control	
유효풍속	35m/s max. at operation
태양추적 정밀도	< 0.2°
제어범위	Azimuth: 270°, Elevation: 180°
제어속도	2°/sec
Mirror	8mm 접합강화유리
반사율	95%(Optic Mirror), 85%(일반)
유효면적	14m² max.

그림 100. 헬리오스텟시스템의국내적용사례





(a) 국립중앙박물관 전시홀 상부(2003)





(b) 문래동 P아파트 일조환경 개선(2005)



(c) 용인동천 R아파트(2010)



(d) 코오롱 디지털 타워 로비(2011)



(e) 구 황간터널, 스마트하이웨이 연구단 자연채광 터널조명 연구과제(2012)

(2) 자연채광 성능분석

(가) 서울지역 표준기상데이터

에코샤프트 공간의 헬리오스텟 적용에 따른 실내 자연채광 성능 및 효과를 분석하기 위해서는 연간 동적시뮬레이션 과정이 필요하며, 연간 시뮬레이션은 표준기상데이터를 기반으로 진행된다.

삼호물산 건물이 위치한 서울지역의 표준기상데이터는 국내 건물에너지 분야에서 널리 사용되고 있는 대한설비공학회의 서울지역 표준기상데이터를 사용하였다.

표준기상데이터 중 자연채광성능에 직접적인 영향을 미치는 것은 외부일사량이며, 외부 일사량은 외부수평면 직달일사량(Direct solar radiation)과 외부수평면 확산일사량(Diffuse solar radiation)으로 구분된다. 이중 에코샤프트를 통한 일반적인 자연채광 효과는 직달일사량과 확산일사량 모두 영향을 미치지만, 헬리오스텟에 의한 자연채광 효과는 직달일사량에 의해 영향을 받게 된다.

그림 101. 서울지역 표준기상데이터의 연중 직달일사량 분포

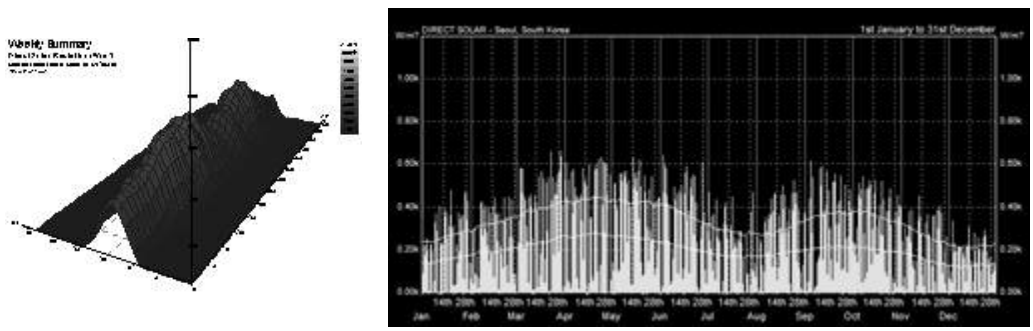
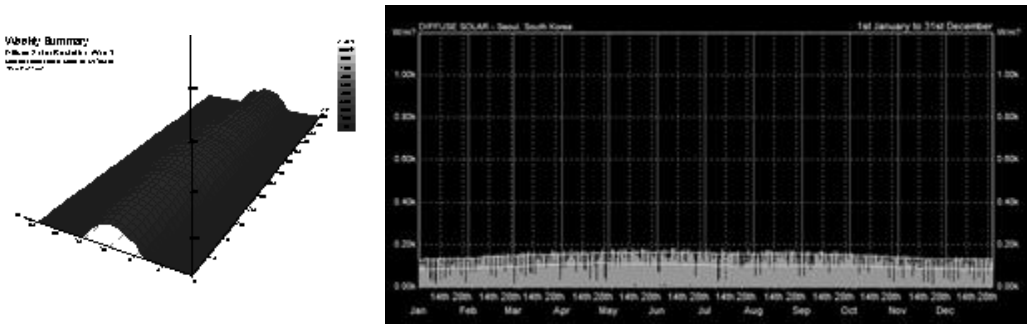


그림 102. 서울지역 표준기상데이터의 연중 확산일사량 분포



서울지역의 표준기상데이터의 일사량 데이터를 분석해 보면 확산일사량은 외부 기상 상태와 시각별 차이가 있기는 하지만 연중 균일한 일사량을 나타내고 있는 반면, 직달일사량의 경우에는 태양의 고도가 높아 일사량 수치가 높게 예상되는 여름철에 장마와 태풍 등의 기상상황으로 일조율이 떨어지고 이에 따라 직달일사량 수치가 낮게 나타나는 특성을 확인할 수 있다.

(나) 시뮬레이션 조건 설정

자연채광 시뮬레이션을 위한 입력데이터는 대상지역의 기후 특성이 반영된 표준기상데이터는 물론 태양광의 물리적 거동에 의한 실내조도를 계산하기 위하여 건물의 내장재와 헬리오스텟 시스템의 물성치가 중요한 입력변수가 된다. 이에 따라 에코샤프트 및 헬리오스텟을 통하여 실내 조도계산면까지 태양광의 광경로 상의 물리적 공간에 대한 광학 반사율 및 투과율 데이터를 표 78와같이설정하여시뮬레이션하였다.

표 78. 삼호물산 에코샤프트 공간 및 헬리오스텟에대한 광학적 물성데이터

구분	재질	반사율	투과율	SHGC	비고
천창유리	Single glazing	0.08	0.92	0.7	
에코샤프트 실내 유리	Single galzing	0.08	0.92	0.7	
실내 바닥	Typical floor with diffuse reflection	0.3	-	-	
실내 벽	Typical floor with diffuse reflection	0.5	-	-	
실내 천장	Generic ceiling tile	0.8	-	-	
Heliostat mirror	High gloss mirror	0.95	-	-	
2nd reflector	High gloss mirror	0.95	-	-	
3rd reflector	High gloss mirror	0.95	-	-	
4th reflector	High gloss diffuse mirror	0.95	-	-	

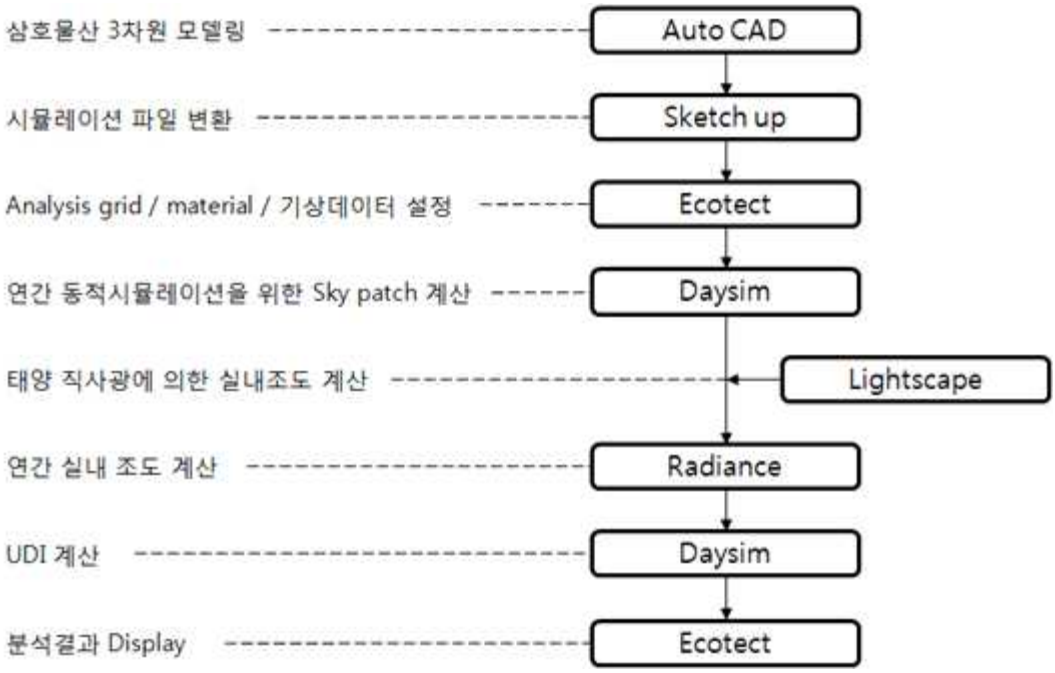
(다) 시뮬레이션 평가

삼호물산 건물에 계획된 에코샤프트 헬리오스텟의 자연채광 효과 및 실내 조명 성능의 유효성을 평가하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 연중 시각별 실내조도 계산 및 UDI분석을 진행하였다.

시뮬레이션 분석은 삼호물산 엘리베이터 홀의 조도분포와 UDI를 분석하는 것으로 에코샤프트 공간에 헬리오스텟 적용 전후의 조건으로 구분하여 진행하였다.

3차원 모델링 및 설정데이터의 입력, 표준기상데이터에 의한 천공 모델설정, sky patch에 의한 연간 주광율 계산, 태양 직사광과 헬리오스텟에 의한 실내조도 계산, 연간 실내조도 계산, UDI 분석 등의 작업과정에 대하여 각각 전문 시뮬레이션 프로그램을 이용하 최종 결과를 도출하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 과정 및 사용 프로그램은 그림 103과같다.

그림 103. 컴퓨터 시뮬레이션 분석 과정 및 프로그램 현황

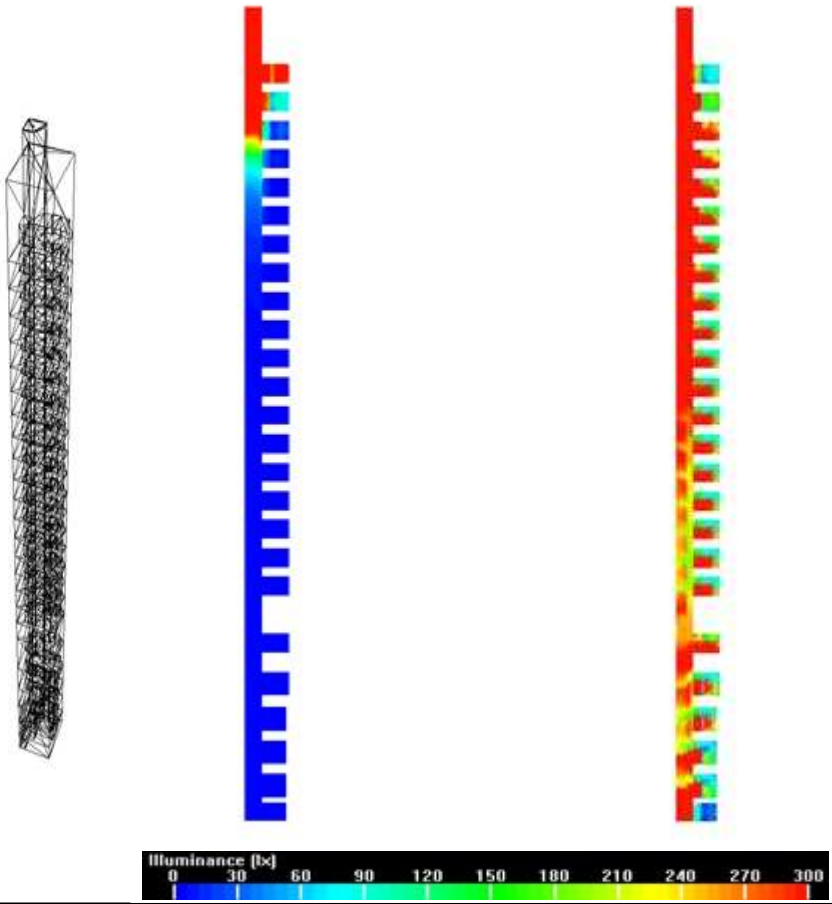


컴퓨터 시뮬레이션 대상 공간인 삼호물산 엘리베이터 홀을 Auto CAD를 이용하여 3차원 모델링한 후 헬리오스텟의 계획을 위하여 9월 21일 정오시각을 기준으로 청천공 조건에서 에코샤프트 공간의 조도분포를 분석하였다.

그림 104은 3차원 모델링 및 헬리오스텟 적용 전후에 대한 에코샤프트 수직 단면에 대하여 조도분포를 비교하여 나타낸 것이며, 동일한 조건하에서 기준층은 지상 2층(그림 105)과 최하층인 지하 5층(그림 106)에 대하여 시뮬레이션 이미지와 조도분포, 휘도분포를 시뮬레이션 결과로 비교하였다.

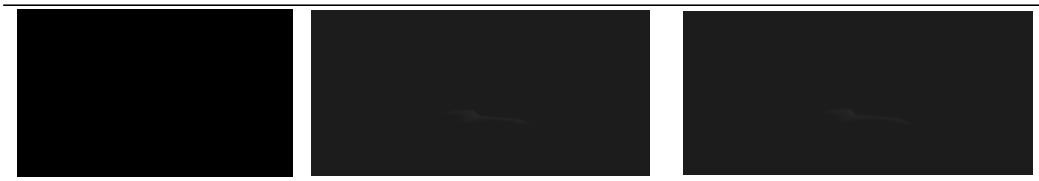
특히, 지하 5층의 경우에는 건물 이용자의 접근이 많지 않아 3차 반사판에 의한 자연채광 효과를 배제한 결과 실내 조도가 낮게 나타나는 것으로 확인되었으나, 최하층의 특성상 상부 2차반사판에서 유입되는 태양광의 영향으로 에코샤프트 공간의 실내녹화에 충분한 채광이 가능한 것으로 확인되었다.

그림 104. 컴퓨터 시뮬레이션 과정 및 결과 비교(9월 21일 12시 청천공 기준)



3차원 모델링 헬리오스텟 적용전 층별 조도분포 헬리오스텟 적용전 층별 조도분포

그림 105. 기준층(지상2층)의 실내 시뮬레이션 결과(9월 21일 12시 청천공 기준)

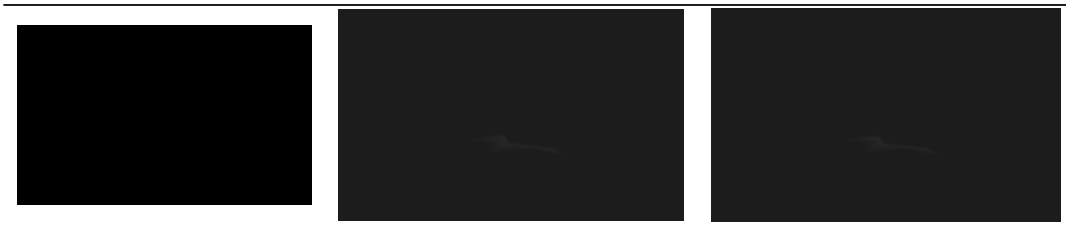


시뮬레이션 이미지 (a) 헬리오스텟 적용 전 | 조도분포 | 휘도분포



시뮬레이션 이미지 (b) 헬리오스텟 적용 후 | 조도분포 | 휘도분포

그림 106. 지하5층의 실내 시뮬레이션 결과(9월 21일 12시 청천공 기준)



시뮬레이션 이미지 (a) 헬리오스텟 적용 전 | 조도분포 | 휘도분포



시뮬레이션 이미지 (b) 헬리오스텟 적용 후 | 조도분포 | 휘도분포

그림 107. 지하5층 에코샤프트 바닥면의 조도분포 (9월 21일 12시 청천공 기준)



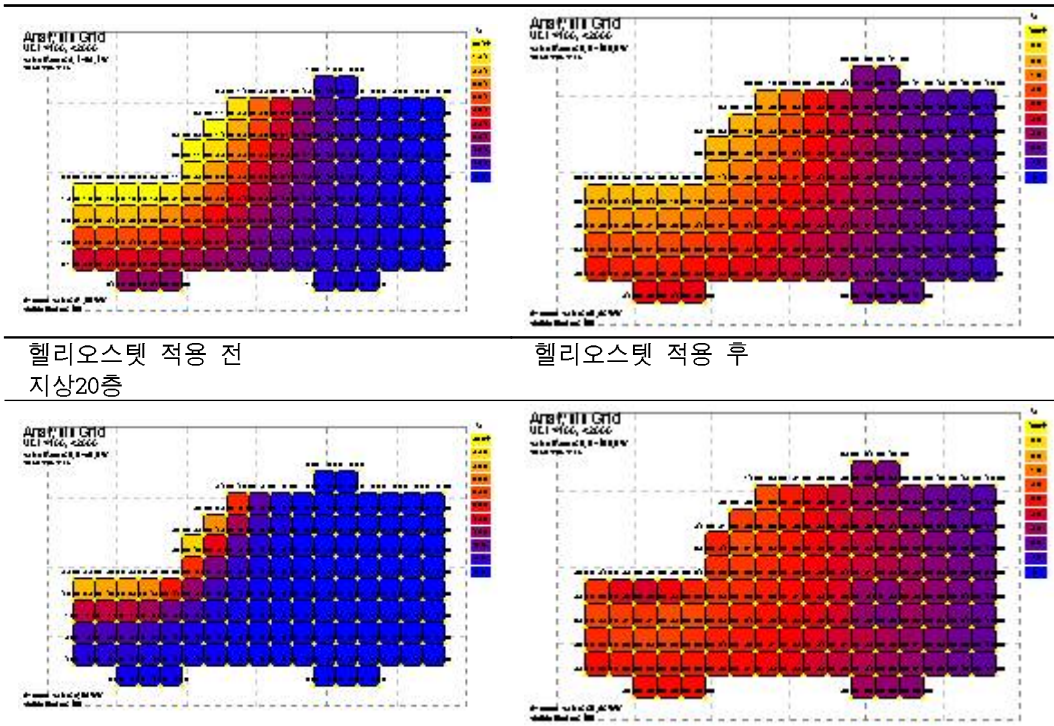
평균 924lux

그림 108는각층별엘리베이터홀의바닥면에대한연중조도분포를계산하여 100lux 이상, 2000lux 이하의 조도분포에 해당되는 자연채광의 유효성을 평가하는 UDI 수치를 발생빈도로 환산하여 분석한 결과이다. 헬리오스텟 적용 전후에 대한 UDI 분포를 데이터 수치와 함께 다이어그램 방식으로 표현하였다.

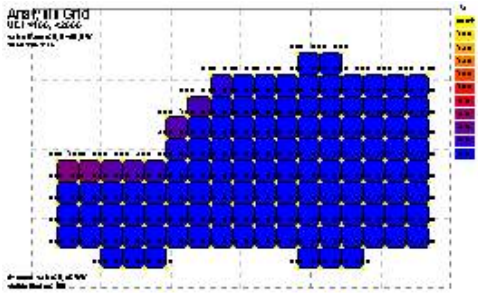
최상층인 19층과 20층 외에는 에코샤프트 계획만으로는 실내 자연채광효과가 전무한 것으로 나타났으며, 헬리오스텟 적용 후 엘리베이터 홀 천장면에 설치한 확산 볼록반사거울을 통하여 실내로 유입된 태양광의 조명효과가 엘리베이터 홀 바닥면에 효과적으로 적용된 것을 알 수 있다.

특히 1층 로비에 인접한 1층 엘리베이터 홀의 경우에는 3차, 4차 반사판을 2개씩 적용한 결과 최상층인 20층 보다 높은 UDI(100lux 이상, 2000lux 이하) 수치를 나타내어 자연채광 효과를 통하여 주요 인입부로써의 상징성을 부각시키는 효과가 잘 반영된 것으로 나타났다.

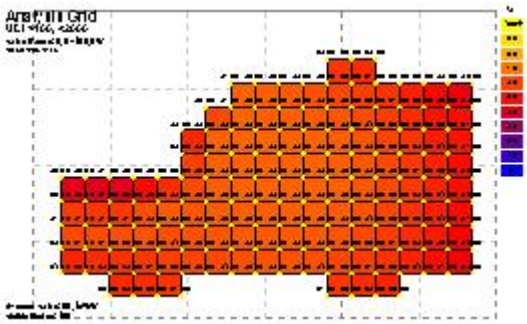
그림 108. 에코샤프트 바닥면의 UDI 시뮬레이션 결과



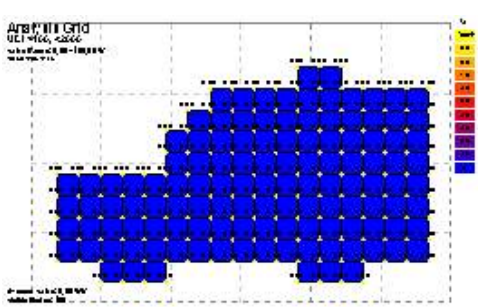
헬리오스텟 적용 전 지상20층	헬리오스텟 적용 후
헬리오스텟 적용 전 지상19층	헬리오스텟 적용 후



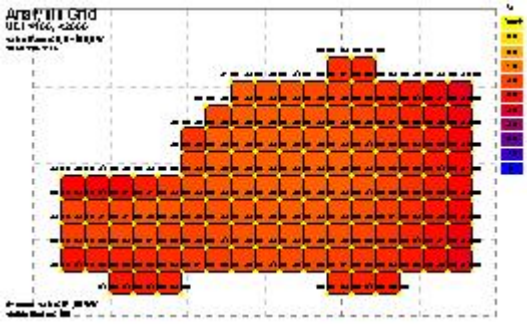
헬리오스텟 적용 전
지상18층



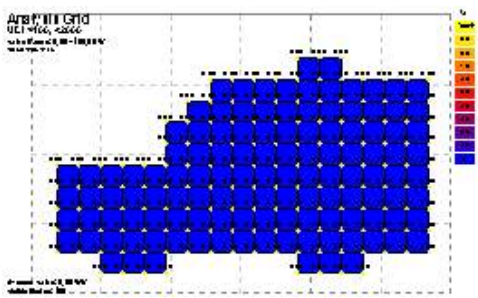
헬리오스텟 적용 후



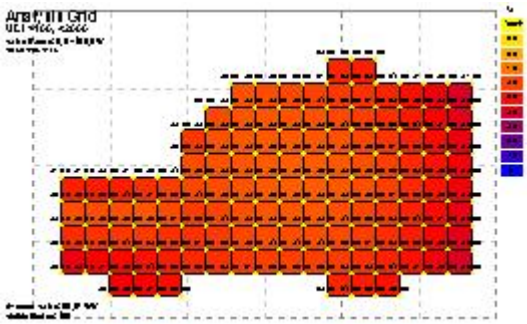
헬리오스텟 적용 전
지상17층



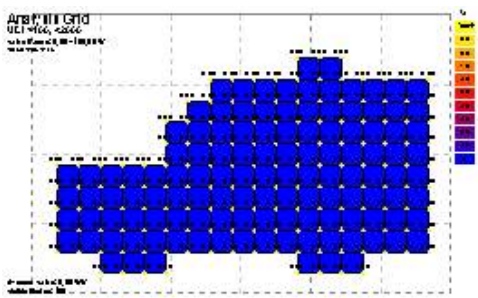
헬리오스텟 적용 후



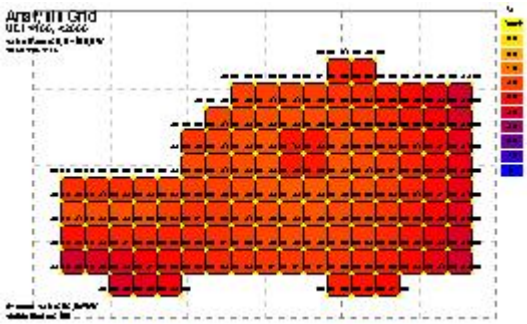
헬리오스텟 적용 전
지상16층



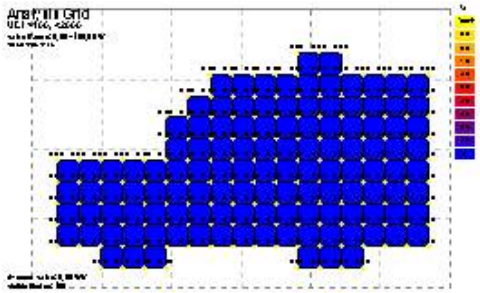
헬리오스텟 적용 후



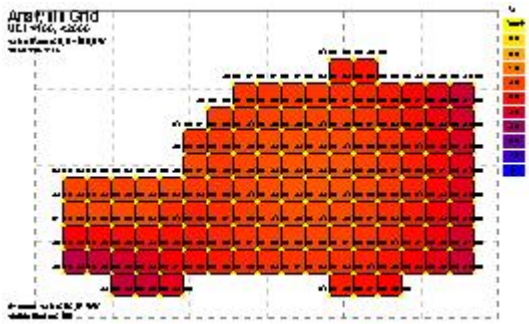
헬리오스텟 적용 전
지상15층



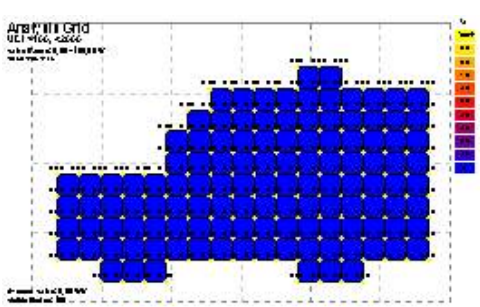
헬리오스텟 적용 후



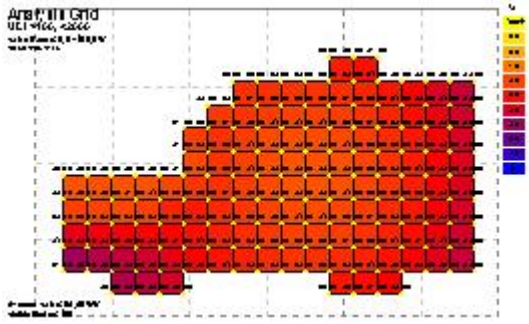
헬리오스텟 적용 전
지상14층



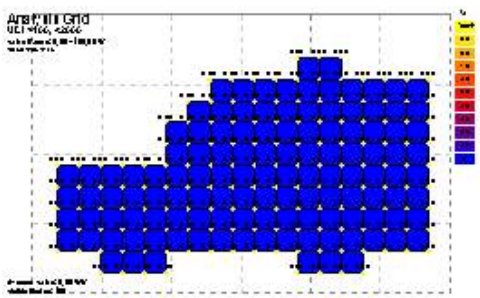
헬리오스텟 적용 후



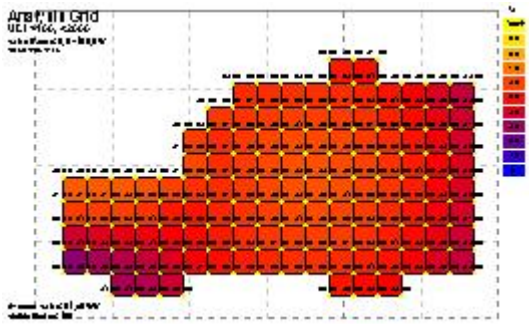
헬리오스텟 적용 전
지상13층



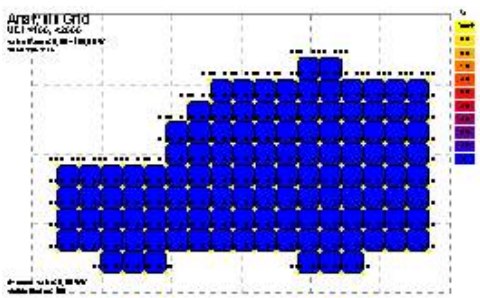
헬리오스텟 적용 후



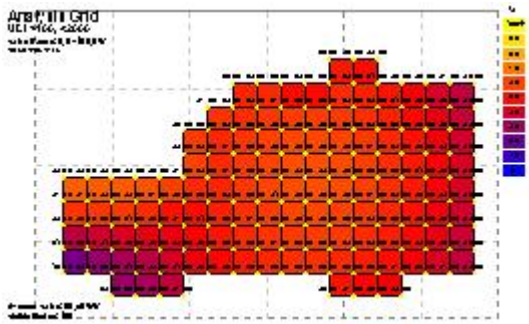
헬리오스텟 적용 전
지상12층



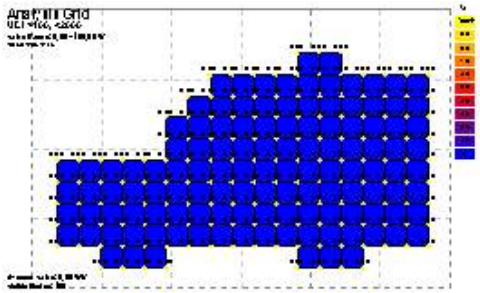
헬리오스텟 적용 후



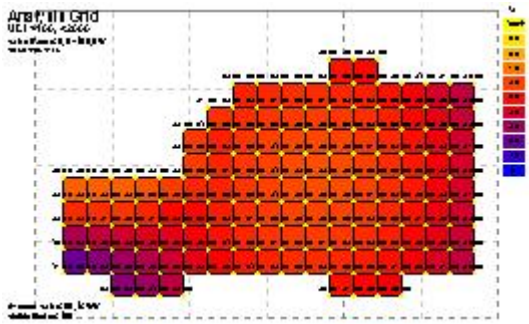
헬리오스텟 적용 전
지상11층



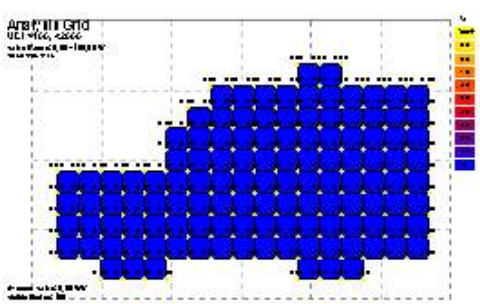
헬리오스텟 적용 후



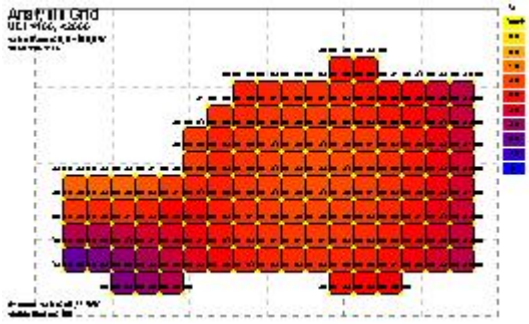
헬리오스텟 적용 전
지상10층



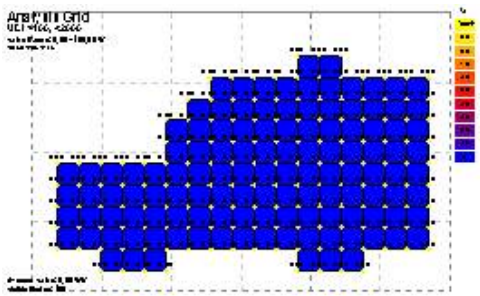
헬리오스텟 적용 후



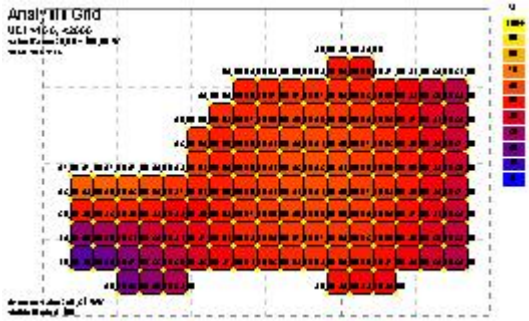
헬리오스텟 적용 전
지상9층



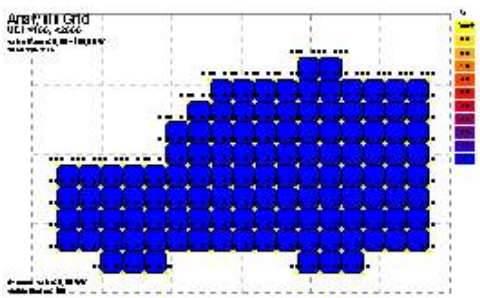
헬리오스텟 적용 후



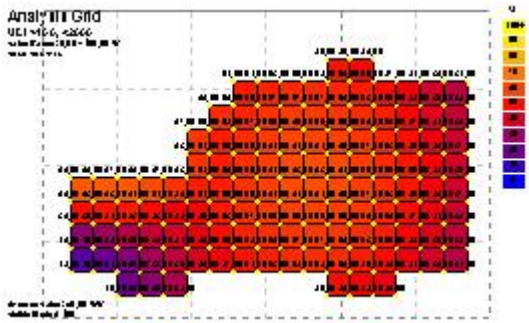
헬리오스텟 적용 전
지상8층



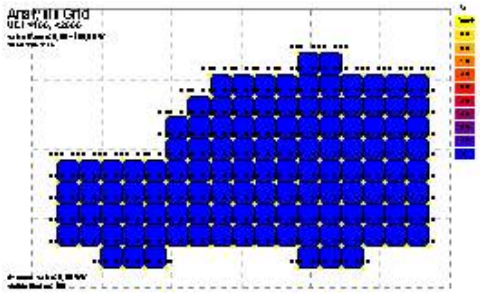
헬리오스텟 적용 후



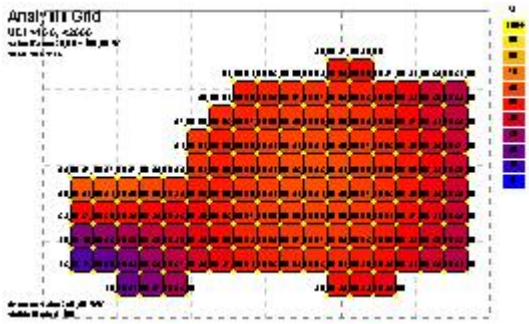
헬리오스텟 적용 전
지상7층



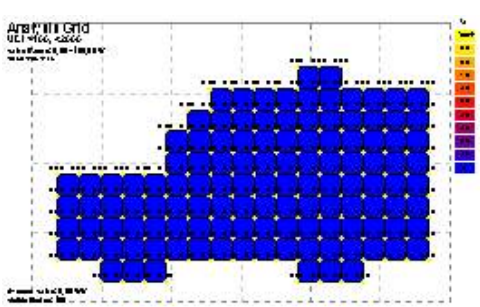
헬리오스텟 적용 후



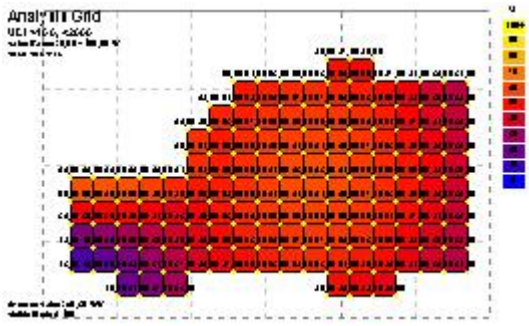
헬리오스텟 적용 전
지상6층



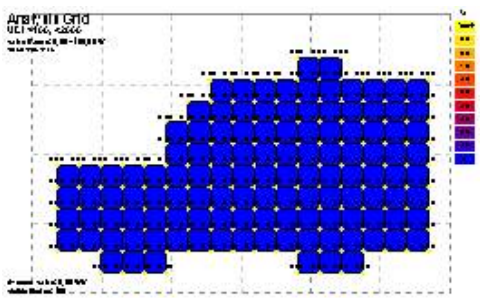
헬리오스텟 적용 후



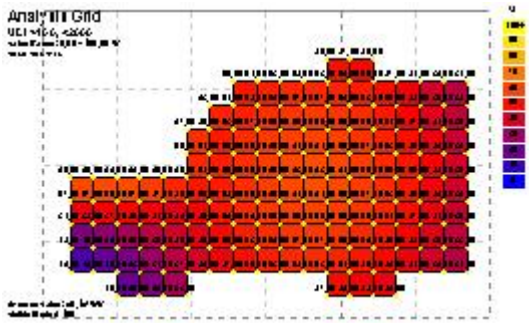
헬리오스텟 적용 전
지상5층



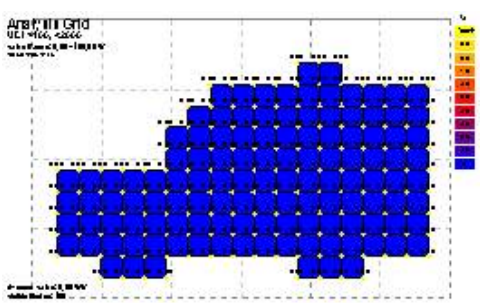
헬리오스텟 적용 후



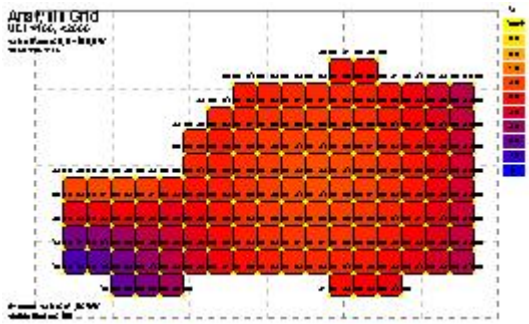
헬리오스텟 적용 전
지상4층



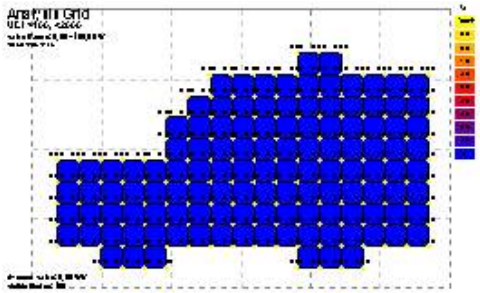
헬리오스텟 적용 후



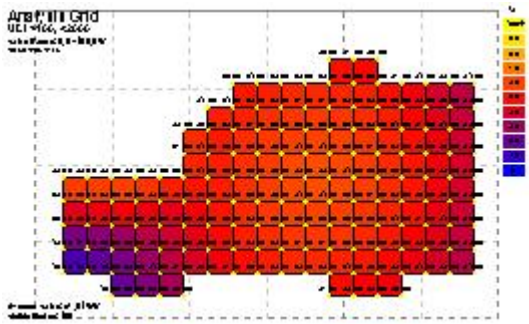
헬리오스텟 적용 전
지상3층



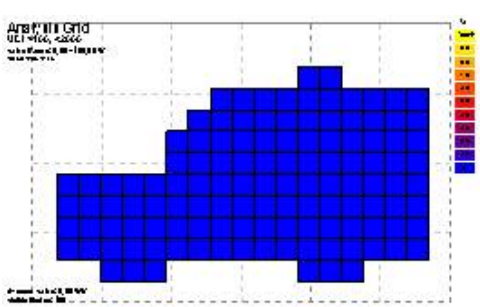
헬리오스텟 적용 후



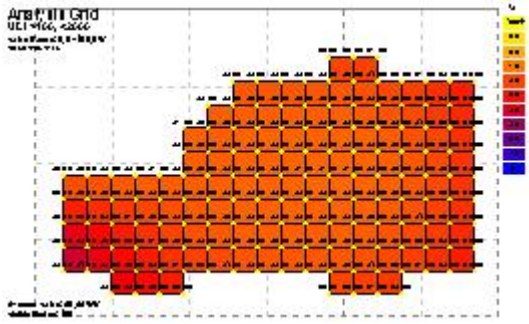
헬리오스텟 적용 전
지상2층



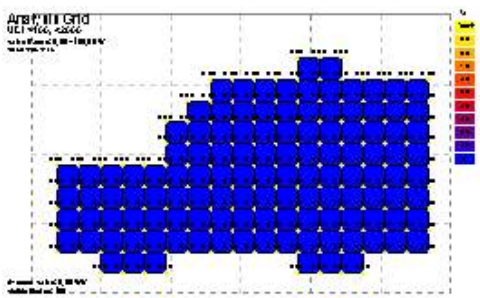
헬리오스텟 적용 후



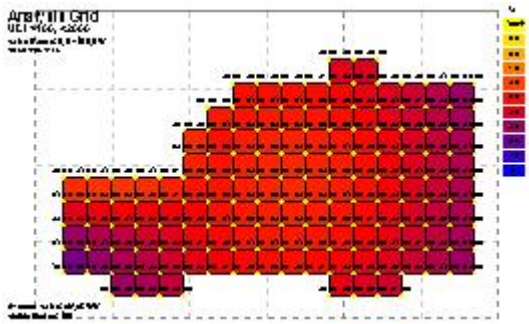
헬리오스텟 적용 전
지상1층



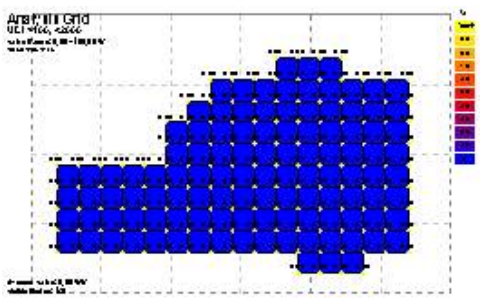
헬리오스텟 적용 후



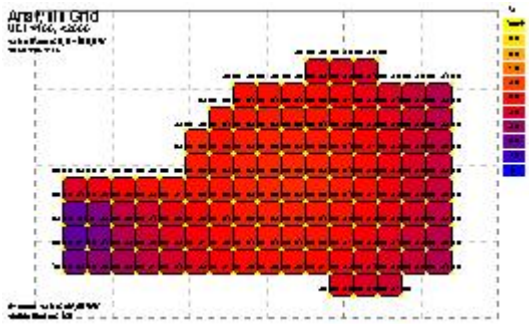
헬리오스텟 적용 전
지하1층



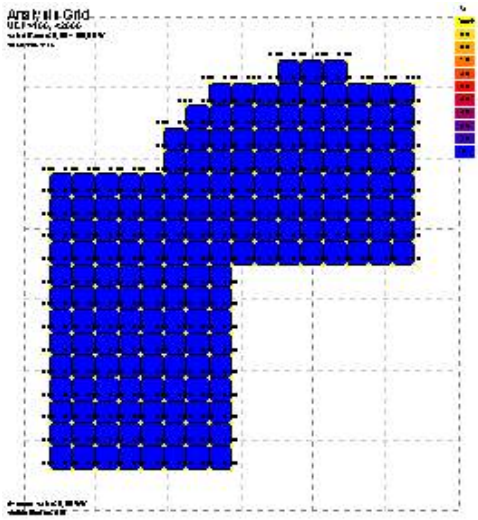
헬리오스텟 적용 후



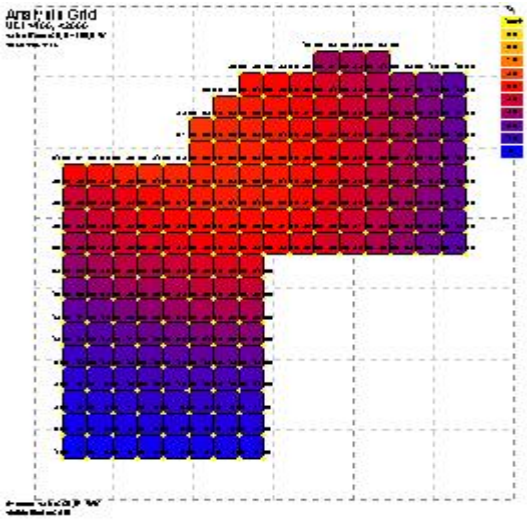
헬리오스텟 적용 전
지하2층



헬리오스텟 적용 후

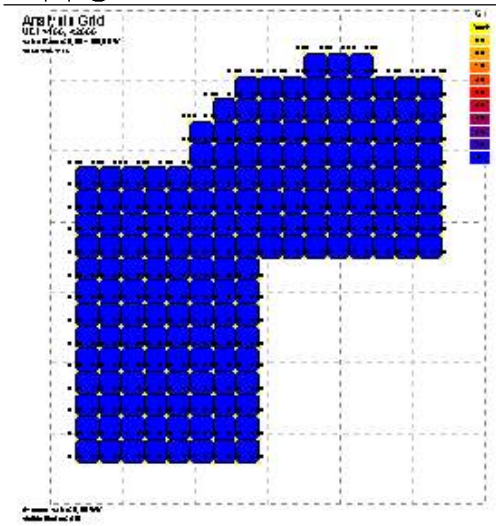


헬리오스텟 적용 전

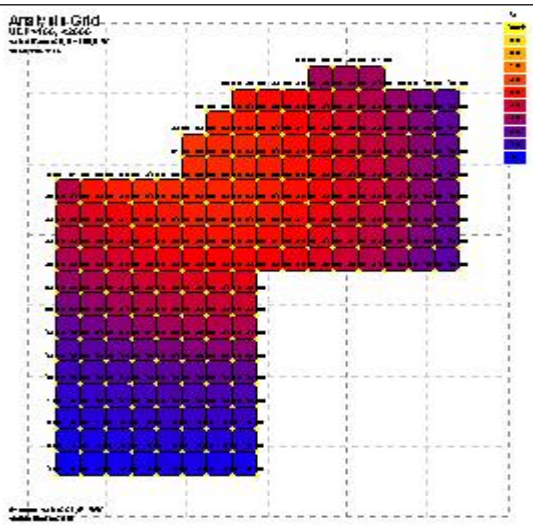


헬리오스텟 적용 후

지하3층

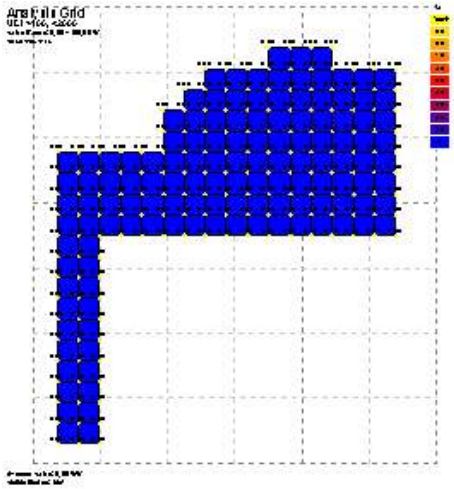


헬리오스텟 적용 전

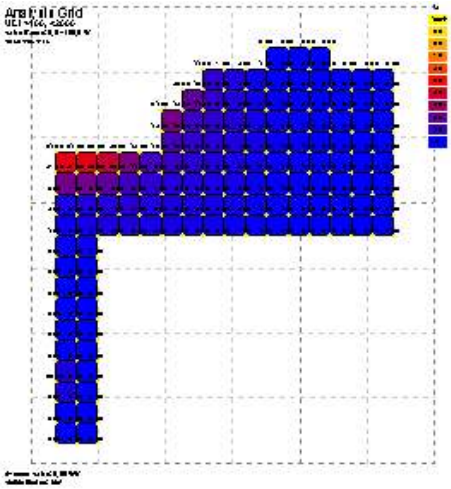


헬리오스텟 적용 후

지하4층



헬리오스텟 적용 전



헬리오스텟 적용 후

지하5층

표 79. 삼호물산 에코샤프트 공간의 헬리오스테잇 적용 전후에 대한 자연채광 성능 비교

구분	헬리오스텟 설치 전				헬리오스텟 설치 후			
	UDI [%]			평균조도 [lux]	UDI [%]			평균조도 [lux]
	<100lux	>100lux <2000lux	>2000lux		<100lux	>100lux <2000lux	>2000lux	
20층	72.1	27.8	0.1	105	59.1	40.6	0.2	155
19층	95.4	5.0	0.0	19	57.5	39.2	3.3	290
18층	95.6	0.4	0.0	4	38.1	58.1	3.7	413
17층	100	0.0	0.0	1	40.0	57.5	3.0	356
16층	100	0.0	0.0	0	42.1	57.6	2.3	306
15층	100	0.0	0.0	0	44.3	53.8	1.9	268
14층	100	0.0	0.0	0	45.5	53.7	1.4	242
13층	100	0.0	0.0	0	46.8	52.2	1.1	222
12층	100	0.0	0.0	0	47.7	51.4	0.8	207
11층	100	0.0	0.0	0	48.9	50.5	0.6	194
10층	100	0.0	0.0	0	49.3	50.1	0.6	191
9층	100	0.0	0.0	0	50.0	49.8	0.3	180
8층	100	0.0	0.0	0	50.5	49.3	0.2	174
7층	100	0.0	0.0	0	50.9	49.0	0.1	169
6층	100	0.0	0.0	0	51.2	48.7	0.1	166
5층	100	0.0	0.0	0	51.6	48.4	0.1	162
4층	100	0.0	0.0	0	51.8	48.1	0.0	160
3층	100	0.0	0.0	0	52.1	47.9	0.0	158
2층	100	0.0	0.0	0	52.1	47.9	0.0	157
1층	100	0.0	0.0	0	38.9	60.7	0.4	274
지하1층	100	0.0	0.0	0	55.6	44.4	0.0	130
지하2층	100	0.0	0.0	0	55.7	44.3	0.0	118
지하3층	100	0.0	0.0	0	69.1	30.9	0.0	74
지하4층	100	0.0	0.0	0	68.7	31.3	0.0	75
지하5층	100	0.0	0.0	0	94.9	5.1	0.0	25
평균	98.5	1.3	0.0	5	52.5	46.8	0.8	195

(라) 평가결과

삼호물산 건물의 에코샤프트 공간 계획에 있어 헬리오스텟 적용 유무에 따른 엘리베이터실의 자연채광 효과를 분석한 결과, 에코샤프트 공간 계획만으로는 최상층인 20층에 대해서만 일부 인공조명을 대체할 수 있는 채광효과가 있으며, 지하 5층부터 지상 19층까지 총 24개층에 대해서는 자연채광 효과가 없는 것을 확인할 수 있었다.

특히 3차, 4차 반사거울이 적용되지 않은 19층의 경우, 헬리오스텟을 통해 유입된 태양광과 천공광의 에코샤프트 내부에서의 확산효과로 인하여 헬리오스텟 적용 전보다 자연채광에 의한 실내조명 효과가 개선되는 것으로 나타났으며, 최하층인 지하 5층의 경우에도 엘리베이터 홀 내부의 연평균 조도는 25lux로 조명효과가 높

지는 않았으나, 에코샤프트 내부의 조도는 춘추분 정오 청천공 기준으로 924 lux로 나타나 실내조경에 충분한 조명이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 삼호물산 에코샤프트 공간에 대한 자연채광분석 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

i. 삼호물산 에코샤프트 공간에 헬리오스텟 미적용 시 각 층별 엘리베이터 홀의 실내 연평균 조도는 5 lux로, 자연채광 효과가 거의 없는 것으로 확인되었으며, 이러한 결과는 에코샤프트의 평면적 대비 샤프트공간의 길이가 상대적으로 길고, 에코샤프트 상부에 환기팬이 설치되어 태양광의 실내 유입을 저해하는 원인으로 판단되었다.

ii. 헬리오스텟 적용에 따른 엘리베이터 홀의 실내 연평균 조도는 195 lux로 KS조도기준 이상의 조명효과 가능한 것으로, 헬리오스텟 적용 전 5 lux의 연평균 조도 대비 3900배의 조명개선 효과가 확인 되었다.

iii. UDI 평가 결과로는 100lux 이상, 2000lux이하의 UDI 수치가 46.8%로 확인되어 연중 헬리오스텟에 의한 자연채광 조명효과가 높게 나타나는 것을 알 수 있으며, 100lux 이하의 UDI 수치가 52.5%로써 엘리베이터 홀과 같은 공용공간의 조명특성을 고려할 때 조광제어와 같은 정밀 조명제어 시스템의 사용 없이도 연중 47.5%의 조명에너지 절감효과가 가능한 것으로 확인되었다.

iv. 각층별 엘리베이터 홀의 연평균 조도는 3차 반사판이 적용되지 않은 19층과 20층에서는 상대적으로 낮은 조도분포가 나타나고 3차 반사판이 설치된 18층에서는 연평균 조도가 높게 나타났다가 하부층으로 갈수록 조도 감쇠현상이 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 에코샤프트 내부의 3차반사판과 고정 구조물에 의한 광전송 저해 현상이 원인인 것으로 판단된다.

v. 하부층으로 갈수록 연평균 조도의 감소현상에 비하여 UDI(100lux 이상, 2000lux 이하) 수치에 대한 감쇠현상은 크지 않을 것으로 나타나, 삼호물산 건물의 각층별 엘리베이터 홀의 자연채광 설계는 효과적으로 계획된 것으로 판단되었다.

vi. 또한, 에코샤프트 내부 수직벽면의 조도분포와 에코샤프트가 비상계단실과 인접한 부분을 고려할 때, 비상계단실과 에코샤프트 격벽을 투과형 창호로 대체할 경우 비상계단실의 조명효과가 가능할 것으로 기대되며, 삼호물산 건물과 같이 주간 이용율이 높은 사무용 건물에서 화재 또는 정전과 같은 비상상황 발생시 재실자들의 안전한 대피 통로로 사용되는 엘리베이터 홀 또는 비상계단실의 비상용 조명으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

그림 109. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용 전/후의 층별 평균조도 비교

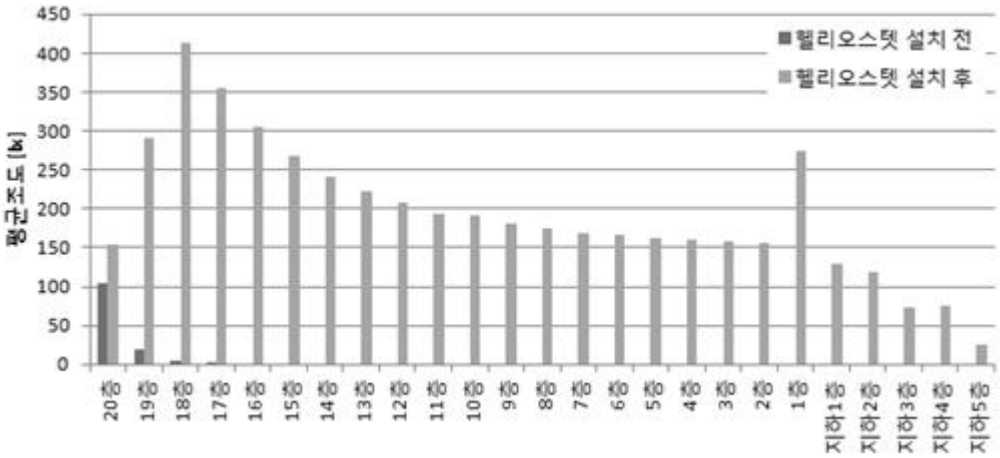


그림 110. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용 전/후의 층별 UDI비교

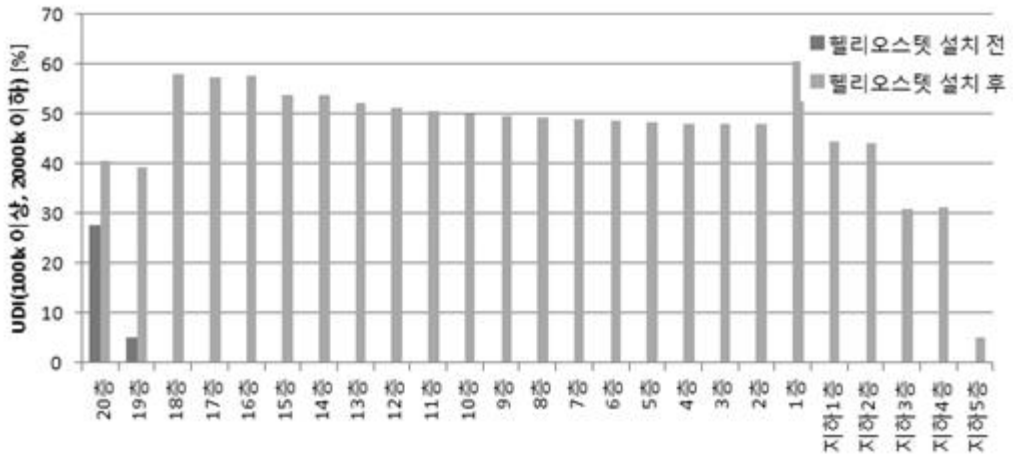
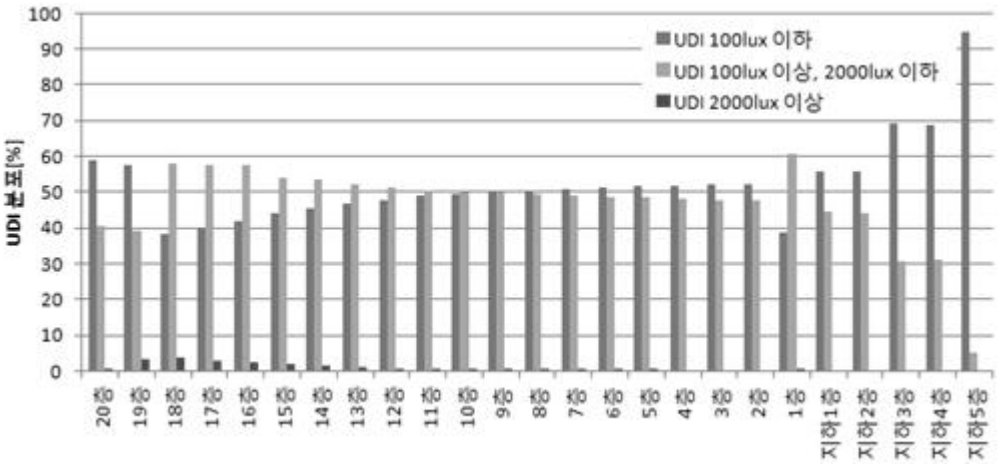


그림 111. 삼호물산 엘리베이터 홀 공간의 헬리오스텟 적용에 따른 UDI분석 결과



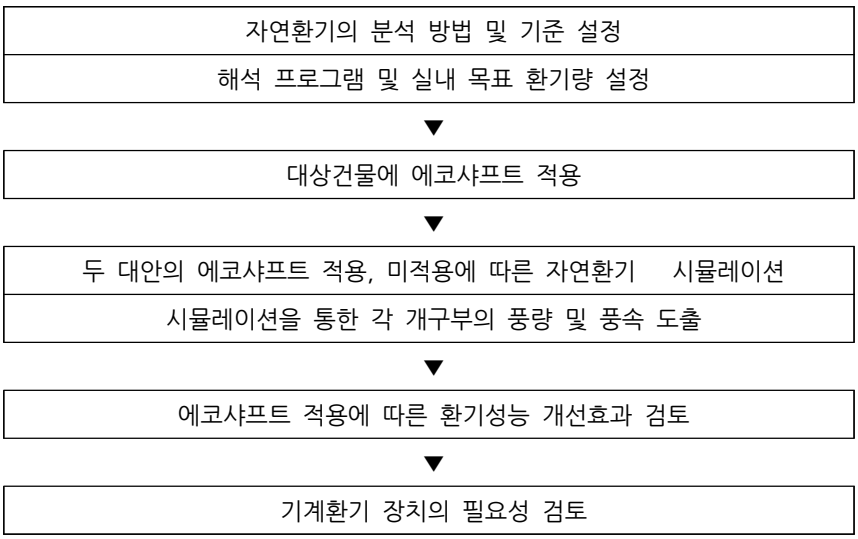
다. 환기 및 공조부하의 영향 검토

(1) 환기성능 검토

(가) 검토 내용 및 절차

대상건물과 대상건물에 에코샤프트를 적용한 두 대안에 대해 환기가 가장 잘 이루어질 중간기(4월~5월)을 기준으로 자연환기 시뮬레이션을 하였다. 이를 통해 샤프트의 적용에 따른 환기성능 개선효과를 검토하고자 하였으며, 검토방법은 다음과 같은 절차에 따라 실시하였다.

그림 112. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 환기성능 평가 절차



(나) 환기성능 평가기준 설정

1. 목표 환기량 설정

위의 제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가와 같이 환기성능을 평가하는 기준으로 최소 환기량을 목표환기량으로 설정하였으며, 마찬가지로 환기성능의 평가 범위는 에코샤프트와 연결된 로비 및 복도구역으로 하였으며, 미국의 ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality에서 제시하는 기준을 적용하였다. 대상건물의 1층 로비와 각층 복도에서 요구되는 최소환기량을 산출하였으며, 산출된 결과를 샤프트의 환기효과를 평가하는 기준으로 하였으며, 그 결과는 표 80과 같다.

표 80. 대상건물의 복도 부분의 최소환기량

	Area ㎡	No. Of People Pz	People Outdoor Air Rate Rp (LPS/person)	Table 6-1 Area Outdoor Air Rate Ra (LPS/㎡)	Breathing Zone Outdoor Air Flow Vbz (LPS)	Table6-2 Zone Air Distribution Effectiveness Ez	Minimum Ventilation Rate Voz (LPS)
8F~20F	143	0	0	0.3	42.9	1.0	42.9
7F	81	0	0	0.3	24.3	1.0	24.3
6F	142	0	0	0.3	42.6	1.0	42.6
5F	142	0	0	0.3	42.6	1.0	42.6
4F	122	0	0	0.3	36.6	1.0	36.6
3F	122	0	0	0.3	36.6	1.0	36.6
2F	142	0	0	0.3	42.6	1.0	42.6
1F	174	0.1	2.5	52.5	52.5	1.0	52.5
sum	2,784						835.5

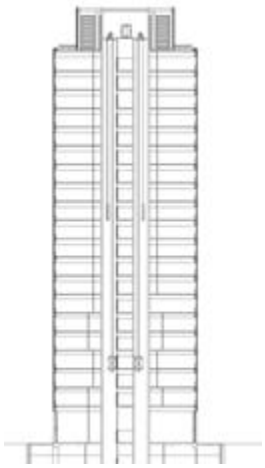
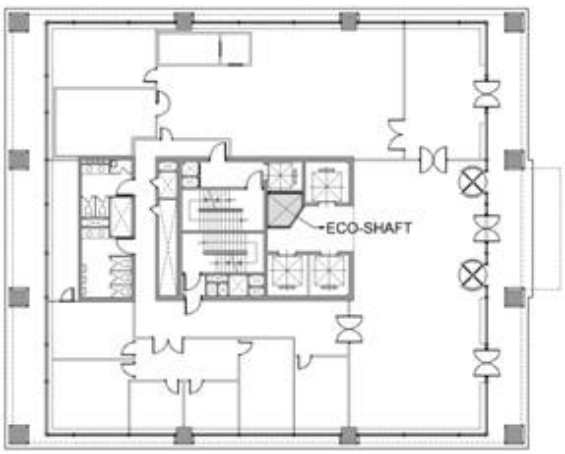
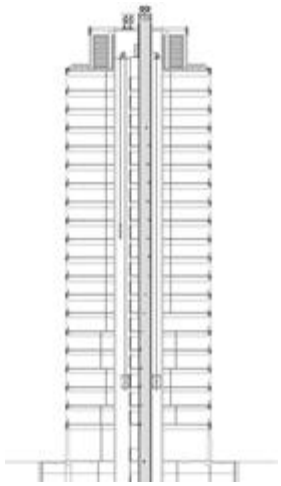
2. 기류 속도 기준 설정

위의 제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가와 같이 표 41 건물내 기류속도가 거주자에게 미치는 영향을고려하여 0.5m/S 이하로 기류속도를 유지하는 것으로 설정하였다.

3. 시뮬레이션 대안 설정

시뮬레이션은 대상건물과 대상건물에 에코샤프트를 적용한 대안을 대상으로 하였으며, 대안의 평면 및 단면은 표 81와 같다.

표 81. 대상건물 대안 별 평면 및 단면도

	평면도	단면도
기존		
대안		

(다) 시뮬레이션 경계 조건 설정

1. 해석 프로그램

위의 제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가와 같이 Design Builder 프로그램을 이용하여 개구부의 시간별 유입 및 유출 풍량을 도출하여 기류해석 시뮬레이션을 하였다.

2. 외기조건 설정

외기조건은 실제 건물에서 가장 환기효과가 클 것으로 예상되는 중간기(4월~ 5월)를 기준으로 하였으며, Energy Plus에서 제공하는 서울의 기후데이터를 사용하

였다. 바람이 약하게 부는 조건에서도 샤프트의 환기 성능을 증명하고자 하였으며, 이에 따라 설정 풍속은 풍속이 가장 높은 시간대로부터 하위 10% 시간대의 평균 풍속으로 하였다. 풍향은 최다 풍향을 기준으로 하였으며, 외기온도는 평균 값을 적용 하였다.

표 82. 시뮬레이션을 위한 외기조건 설정

평균외기온도	하위 10%시간대의 평균 풍속	풍향
16.8℃	0.3m/s	동남향

3. 에너지 해석 경계조건 설정

개구부에서의 공기의 흐름량 및 실내표면온도를 도출하기 위한 에너지 해석 조건은 아래 표 83와같다.

대상건물의 냉난방 부하 계산을 위한 구조체 및 유리의 열관류율은 현행법인 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [시행 2013.3.23] [국토교통부령 제1호, 2013.3.23, 타법개정] 별표 4의 기준에 따른다.

인원 밀도는 위의 “(1) 환기성능 검토”와 같이 ASHRAE Standard 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality의 Table 6-1의 기준에 따른다.

인체, 조명발열은 ASHRAE Fundamentals의 chapter 18 Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations의 Table 1(인체발열기준), Table 2(조명발열 기준), Table 11(기기발열 기준)에 따른다.

표 83. 시뮬레이션을 위한 외기조건

구조체 및 유리 열관류율 (W/㎡K)	거실의 외벽 (외기에 직접 면하는 경우)	0.36
	최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕 (외기에 직접 면하는 경우)	0.20
	최하층에 있는 거실의 바닥 (외기에 간접 면하는 경우 / 바닥난방이 아닌 경우)	0.58
	창문 (외기에 직접 면하는 경우 / 공동주택 외)	2.40
인원 밀도 (인/㎡)	로비 / 사무실	0.1 / 0.05
인체 발열 (W/인)	로비 / 사무실	130 / 160
조명 발열 (W/㎡)	로비 / 사무실	9.7 / 10.5
기기 발열 (W/㎡)	사무실	6.46

4. 대상 건물의 범위 및 조건 설정

본 시뮬레이션은 샤프트와 직접 면한 구역(1층로비, 2~10층 복도)에서의 환기를 검토하는 것으로 범위를 제한하였으며, 사무공간에서 공기의 유입 및 유출은 완전히 차단되는 것으로 가정하였다. 복도와 연결된 모든 층의 창문과 문, 샤프트 창이 열린상태로 가정하였으며, 제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가의 표 45와같이 창문의형태에따라유량계수를적용하였다.

5. Calculation Method

대상건물의 개구부를 통한 환기량은 제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가의 Calculation Method에 따라 바람과 굴뚝효과로 인한 압력차에 기초 하여 계산된다.

6. 풍압계수 도출

제3절, 2장 에코샤프트의 환기성능 평가와 마찬가지로 고층건물의 세부적인 분석을 위해 대상건물의 풍향과 높이에 맞는 풍압계수를 도출하였으며, 그 결과는 표 84와같다.

표 84. 각층 개구부의 풍압계수

위치		풍압계수 (Cp)							
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
sha ft	Grill (NE)	-0.43	-0.66	-0.34	0.42	0.58	-0.05	-0.76	-0.50
	Grill (NW)	-0.76	-0.50	-0.43	-0.66	-0.34	0.42	0.58	-0.05
20F	Window(L)	-0.70	-0.54	-0.46	-0.65	-0.30	0.42	0.72	0.00
	Window(R)	-0.74	-0.50	-0.42	-0.63	-0.42	0.75	0.90	0.20
19F	Window(L)	-0.70	-0.54	-0.47	-0.66	-0.30	.046	0.75	0.00
	Window(R)	-0.72	-0.53	-0.42	-0.63	-0.42	0.80	0.90	0.20
18F	Window(L)	-0.70	-0.55	-0.47	-0.67	-0.30	0.48	0.78	0.00
	Window(R)	-0.70	-0.53	-0.42	0.63	-0.44	0.80	0.90	0.20
17F	Window(L)	-0.70	-0.55	-0.46	-0.67	-0.30	0.50	0.78	0.00
	Window(R)	-0.70	-0.53	-0.42	-0.62	-0.44	0.80	0.90	0.20
16F	Window(L)	-0.70	-0.55	-0.45	-0.67	-0.30	0.52	0.76	0.00
	Window(R)	-0.69	-0.53	-0.43	-0.62	-0.44	0.80	0.90	0.20
15F	Window(L)	-0.70	-0.55	-0.44	-0.67	-0.30	0.52	0.76	0.00
	Window(R)	-0.68	-0.53	-0.43	-0.62	-0.44	0.80	0.90	0.20
14F	Window(L)	-0.69	-0.54	-0.43	-0.67	-0.30	0.52	0.76	0.00
	Window(R)	-0.67	-0.53	-0.42	-0.61	-0.48	0.80	0.90	0.20
13F	Window(L)	-0.69	-0.53	-0.42	-0.66	-0.30	0.50	0.74	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.53	-0.42	-0.61	-0.48	0.80	0.89	0.18
12F	Window(L)	-0.69	-0.52	-0.41	-0.65	-0.30	0.50	0.72	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.53	-0.40	-0.60	-0.48	0.80	0.88	0.10
11F	Window(L)	-0.69	-0.51	-0.40	-0.65	-0.30	0.50	0.70	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.50	-0.40	-0.59	-0.48	0.80	0.86	0.10
10F	Window(L)	-0.69	-0.50	-0.40	-0.64	-0.30	0.50	0.70	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.48	-0.39	-0.58	-0.48	0.78	0.84	0.10
9F	Window(L)	-0.69	-0.48	-0.39	-0.63	-0.30	0.50	0.70	0.00

	Window(R)	-0.66	-0.47	-0.38	-0.57	-0.48	0.76	0.82	0.10
8F	Window(L)	-0.69	-0.47	-0.39	-0.62	-0.30	0.50	0.68	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.45	-0.38	-0.56	-0.48	0.74	0.80	0.10
7F	Window(L)	-0.69	-0.45	-0.38	-0.61	-0.30	0.48	0.65	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.44	-0.37	-0.55	-0.48	0.72	0.80	0.10
6F	Window(L)	-0.68	-0.44	-0.38	-0.60	-0.30	0.46	0.62	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.42	-0.36	-0.54	-0.48	0.70	0.78	0.10
5F	Window(L)	-0.68	-0.42	-0.37	-0.59	-0.30	0.46	0.60	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.40	-0.35	-0.53	-0.46	0.68	0.70	0.10
4F	Window(L)	-0.68	-0.40	-0.36	-0.58	-0.30	0.44	0.60	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.39	-0.34	-0.52	-0.46	0.66	0.70	0.10
3F	Window(L)	-0.68	-0.39	-0.35	-0.57	-0.30	0.42	0.59	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.38	-0.34	-0.51	-0.44	0.64	0.70	0.10
2F	Window(L)	-0.68	-0.38	-0.34	-0.55	-0.30	0.40	0.57	0.00
	Window(R)	-0.66	-0.37	-0.33	-0.50	-0.42	0.62	0.70	0.10
1F	Main Entrance	-0.32	0.50	0.70	0.10	-0.68	-0.42	-0.33	-0.52

(라) 샤프트 설치에 따른 자연환기 검토

설정 외기 조건에서 샤프트 설치에 따른 자연환기량 산출결과와 기류해석 결과는 각각 아래 표 85, 표 86과 같다.

1. 샤프트 미설치 대안(대안 1)의 자연환기 검토

샤프트를 설치하지 않은 대안(기존건물)의 자연환기 풍량 산출 결과, 총 유입 및 유출 풍량이 486L/S로 1층 로비를 제외하고는 요구되는 최소외기량에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 복도에 창문에 없는 2층~7층에는 유입되는 풍량이 전혀 나타나지 않았고, 창문이 있는 8층~20층에는 모든 층에서 약 20L/S의 비슷한 풍량이 유입되는 것으로 나타났으며, 모든 층에서 유입풍량과 유출풍량이 같았다.

기류 해석 결과, 1층 로비에서는 출입문 근처에서만 약한 기류 분포가 나타났으며, 유입된 풍량이 로비 안까지는 들어오지 못하여 자연환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났다. 마찬가지로 8층~20층에서도 모든 층에서 창문 근처에서만 기류분포가 나타나, 창문에서 유입된 풍량이 복도까지 안까지 유입되지 못하고 그대로 빠져나가 환기가 전혀 되지 않는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 시뮬레이션 결과와 '제4절 3장 대상 건축물의 환기현황'의 실제 측정결과가 비슷하게 나타났다.

2. 샤프트 설치 대안(대안 2)의 자연환기 검토

샤프트를 설치한 대안의 자연환기 풍량 산출 결과, 총 유입 및 유출 풍량이 8,540L/S로 대안1에 비해 풍량이 약 160% 증가해 샤프트 설치만으로 건물의 자연

환기효과가 크게 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 복도에 개구부가 없는 2층~7층은 대안1과 마찬가지로 복도로 유입되는 풍량은 나타나지 않았으며, 이를 제외한 나머지 모든 층에서는 요구되는 최소외기량을 크게 초과하는 것으로 나타났다. 1층에서 가장 많은 풍량이 유입되고 상층부로 갈수록 유입풍량이 줄어들면서 15층과 16층 사이에 중성대가 나타났으며, 16층부터 유입된 풍량이 빠져나가 가장 상층부인 샤프트의 그릴에서 가장 많은 풍량이 빠져나가는 것으로 나타났다.

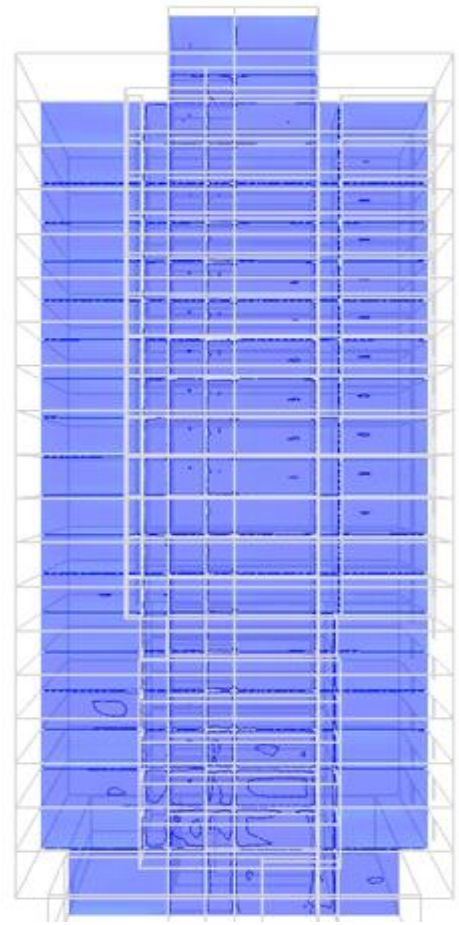
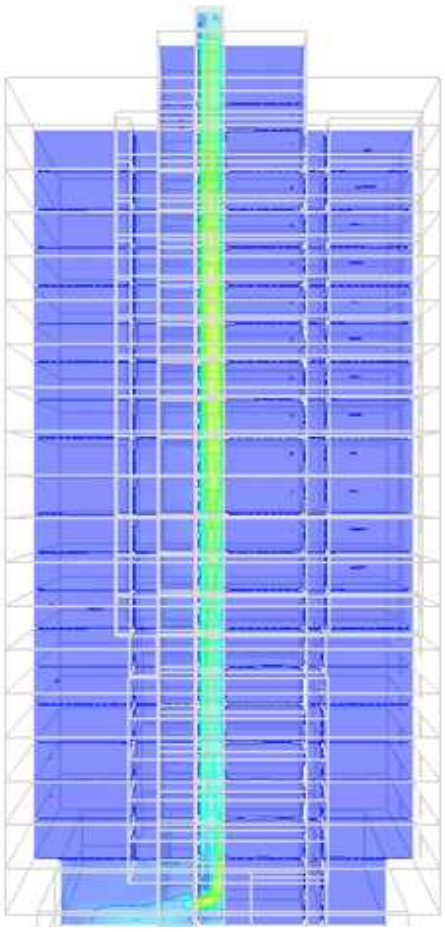
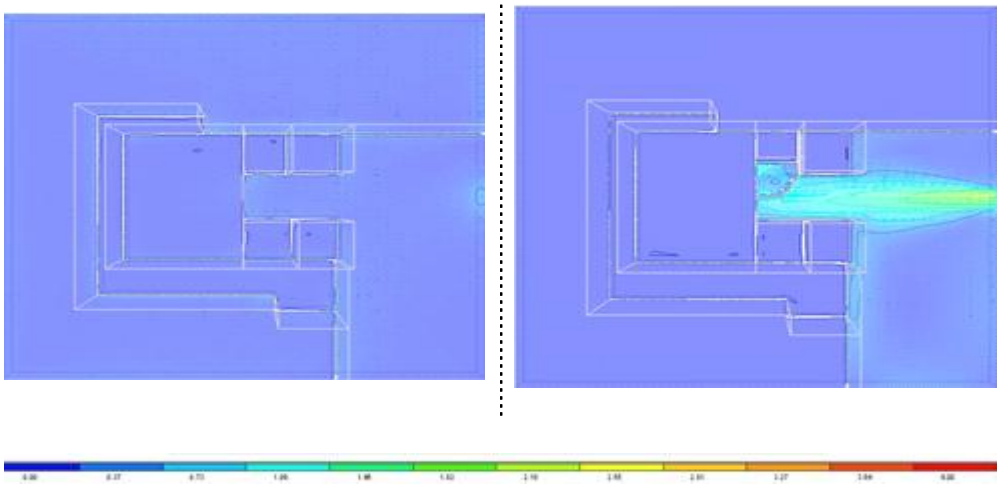
기류 해석 결과, 1층 로비에서는 출입문에서 유입된 풍량이 샤프트가 위치한 엘리베이터 홀까지 유입되는 것으로 나타났으며, 로비 중심부의 기류속도는 약 1.4m/s로 이는 건물 사용자가 외풍이 느껴지는 정도이다. 이렇게 기류속도가 쾌적범위에서 벗어난 경우, 개구부의 개폐율을 조절하는것으로 제어가능하다. 2층~7층에서는 기류분포가 나타나지 않아 샤프트를 통한 자연환기는 되지 않는것으로 나타났으며, 에코샤프트의 기류를 복도 쪽으로 유입할 수 있는 별도의 별도의 유입풍도나 기계환기장치가 필요할 것으로 판단된다. 8층~20층에서는 샤프트가 있는 홀까지 기류 분포가 나타나 홀까지 외기가 유입되는 것으로 나타났으며, 복도의 기류 속도는 약 0.3m/s 이하로 건물 사용자가 쾌적하다고 느끼는 범위였다. 샤프트 내부의 기류 속도는 1m/s~2.6m/s로 가장 많은 풍량이 유입되는 1층이 가장 높게 나타났다.

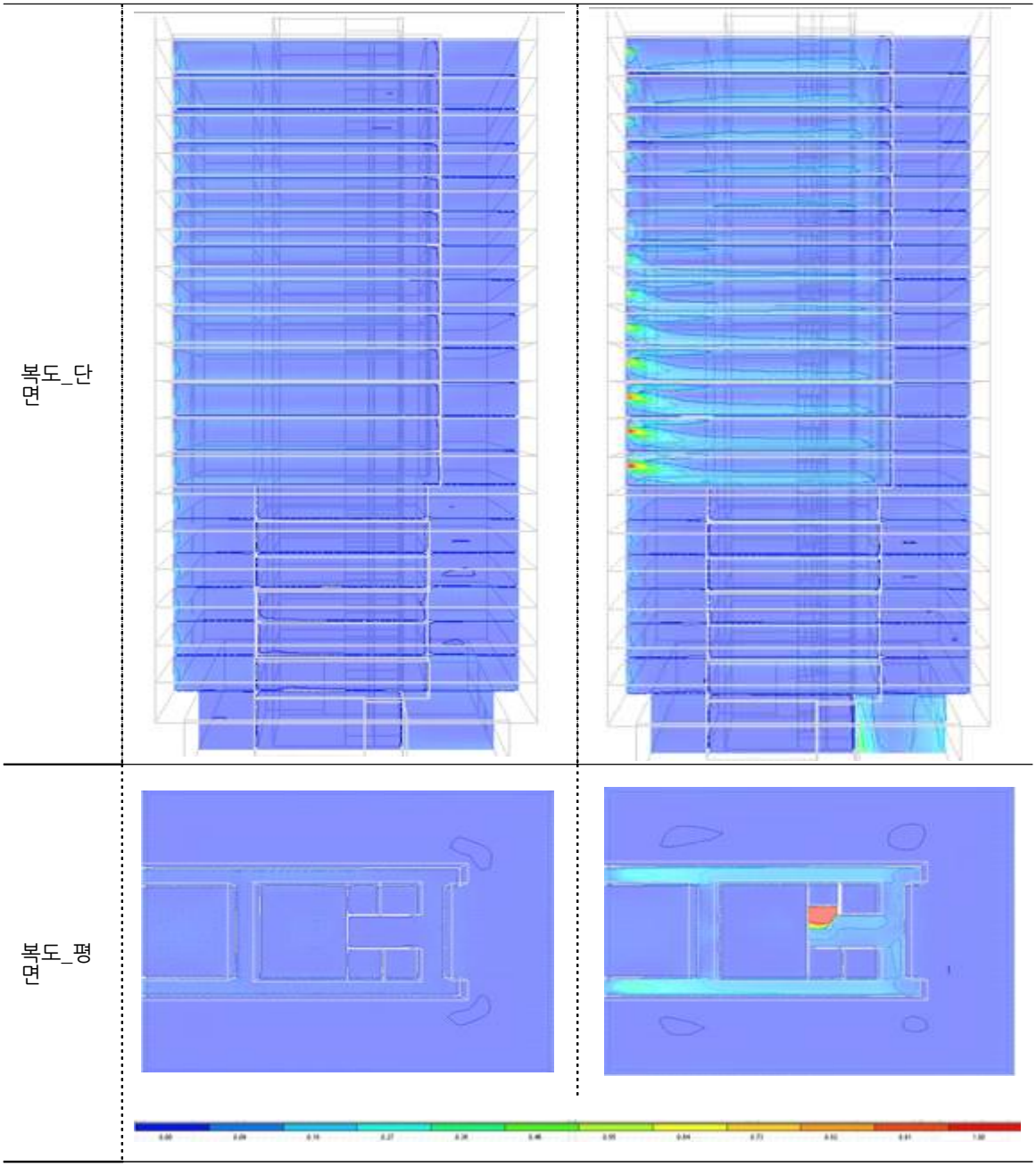
표 85. 샤프트 설치에 따른 자연환기량

구분		Airflow In (L/s)				Airflow Out (L/s)				
		NE	WS		sum	NE	WS		NW	sum
			Window (L)	Window (R)			Window (L)	Window (R)		
대안1_샤프트미설치	20F		2	21	23		21	2		23
	19F		2	21	23		21	2		23
	18F		3	19	22		19	3		22
	17F		18	3	21		3	18		21
	16F		3	18	21		18	3		21
	15F		17	3	20		3	17		20
	14F		17	4	21		17	4		21
	13F		18	4	22		4	18		22
	12F		4	17	21		17	4		21
	11F		17	4	21		4	17		21
	10F		16	4	20		4	16		20
	9F		15	5	20		5	15		20
	8F		5	14	19		14	5		19
	7F~2F									
	1F	212			212	212				212
	sum				486					486
대안2_샤프트	Shaft					3,107			3,346	6,453
	20F						283	282		565
	19F						251	253		504
	18F						215	218		433

설치	17F						176	173		349
	16F						120	116		236
	15F		46	54	100					
	14F		140	137	277					
	13F		190	188	378					
	12F		230	228	458					
	11F		264	262	526					
	10F		294	293	587					
	9F		320	321	641					
	8F		346	345	691					
	7F~2F									
	1F	4,882			4,882					
	sum				8,540					8,540

표 86. 샤프트 설치에 따른 기류분포

구분	대안 1(샤프트 미설치)	대안 2(샤프트 설치)
샤프트 내부		
1층		



(마) 외기도입구의 필요성

샤프트 설치에 따른 환기성능 검토 결과, 에코샤프트를 설치하더라도 복도에 외기가 유입 및 유출 될 수 있는 개구부가 없는 2층~7층에서는 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났다. 이러한 경우, 기류를 유입할 수 있는 별도의 유입도나 기계환기 장치를 설치하여 자연환기를 개선할 필요가 있다고 판단되며, 이에 따라 유입풍도와 기계환기 장치의 설치에 따른 기류분포를 검토하였다.

1. 유입풍도의 설치

2층~7층은 “ㅁ”자 형태의 복도로 최대한 기류를 복도 안쪽까지 유도하기 위해 각층 위 아래 복도 끝부분의 천정에 개구부를 설치하고, 각 층 플래넘의 외피의 개구부와 연결하여 유입풍도를 계획하였다. 유입풍도의 설치 위치와 개념도는 아래 그림 113, 그림 114와 같다.

그림 113. 유입풍도의 설치 위치

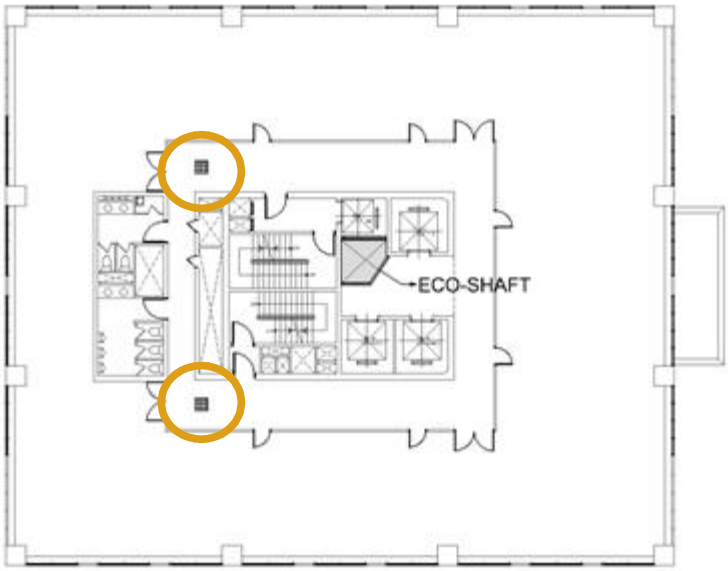
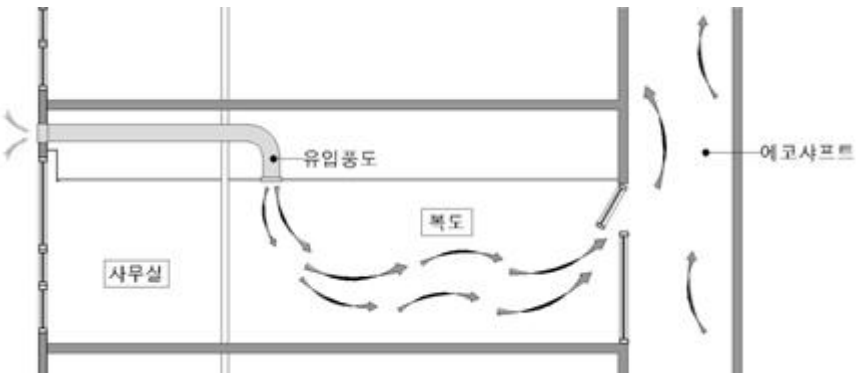


그림 114. 유입풍도의 자연환기 개념도



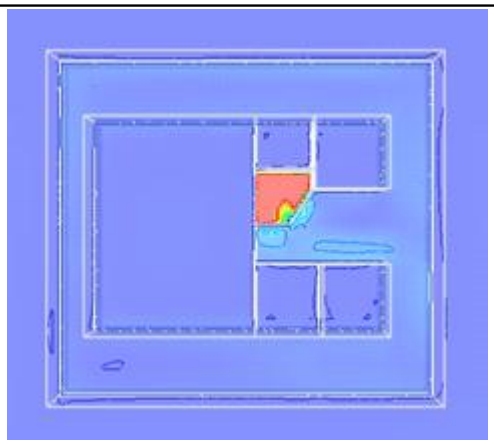
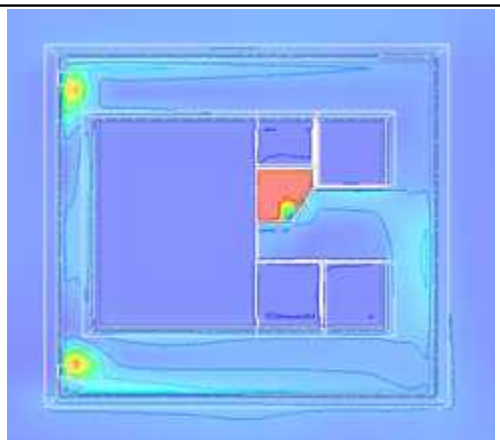
2. 유입풍도 설치에 따른 자연환기 및 기류분포 분석

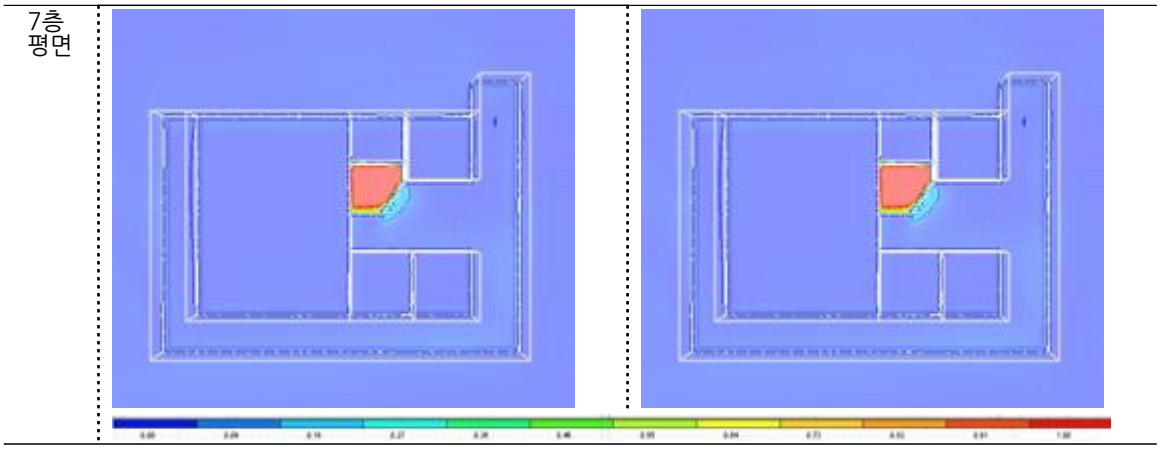
유입풍도를 설치한 대안의 기류해석 결과, 모든 층(2층~7층)에서 유입풍도를 통해 신선외기가 실내로 유입되었으며, 복도를 통과한 외기가 샤프트로 다시 유입되어 에코샤프트를 통한 자연환기가 잘 이루어 지는 것으로 나타났다. 유입풍도가 설치된 모든 층(2~7층)의 유입풍량은 요구되는 최소환기량을 크게 초과하였으며, 각 층의 유입풍량은 아래 표 87과 같다. 복도 중심부의 기류속도는 건물사용자가 쾌적하게 느끼는 0.5 m/s 이하의 분포를 보였으며, 기류해석 결과는 아래 표 88과 같다. 유입풍량과 기류속도의 제어는 풍도에 댐퍼를 설치하여 풍량을 조절함으로써 제어가능 할 것으로 판단된다.

표 87. 유입풍도 설치에 따른 자연환기량

층	면적(㎡)	최소외기량 (LPS)	외기유입량 (LPS)
7F	81	24.3	480.8
6F	142	42.6	533.9
5F	142	42.6	620.1
4F	122	36.6	682.8
3F	122	36.6	739.2
2F	142	42.6	790.3
sum	629	225.3	3,847.1

표 88. 기계환기장치 설치에 따른 기류분포

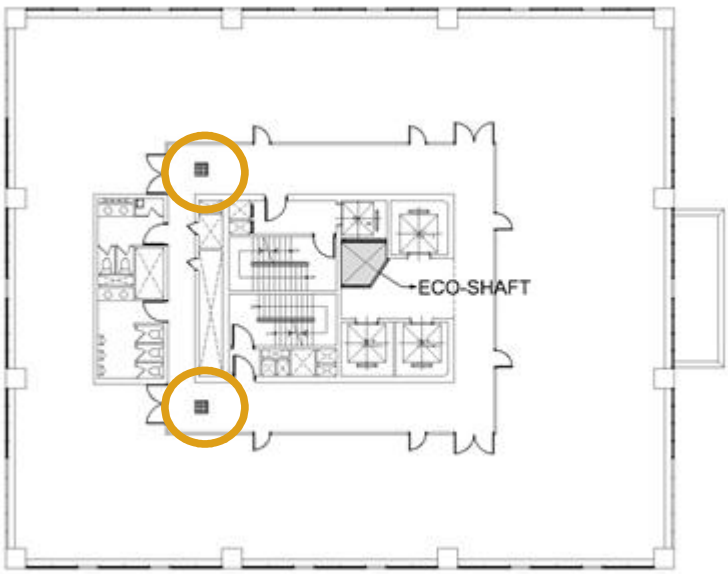
구분	샤프트 설치 대안_기계환기장치 미설치	샤프트 설치 대안_기계환기장치 설치
2층 평면		



1. 외기도입구 설치 위치 선정

2층~7층은 “ㅁ”자 형태의 복도로 최대한 기류를 복도 안쪽까지 유도하기 위해 위 아래 복도의 끝부분에 강제배기장치를 설치하였으며, 배기량은 요구되는 복도의 최소환기량인 43L/s로 하였다.

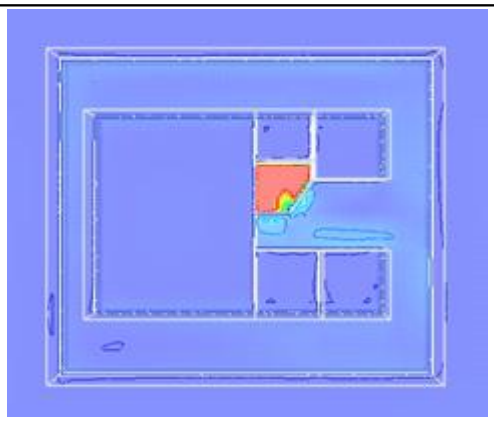
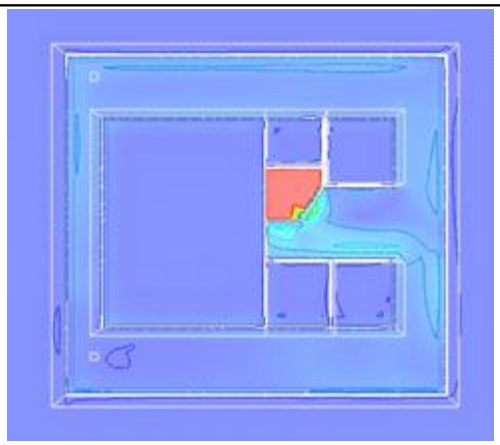
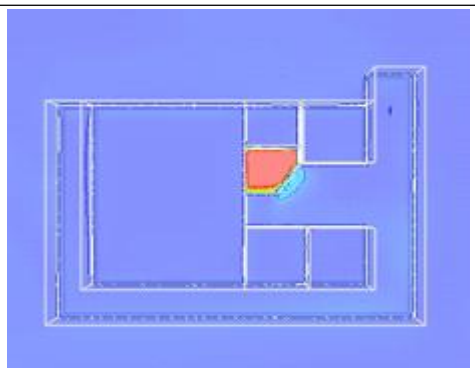
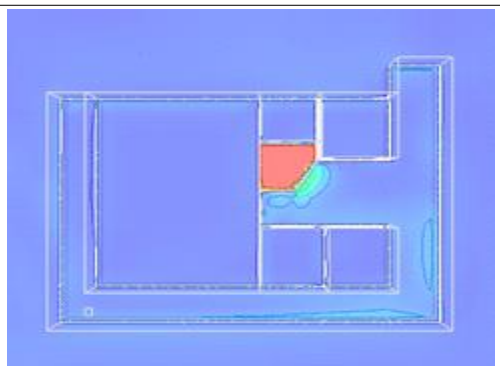
그림 115. 유입풍도의 설치 위치



2. 외기도입구 설치에 따른 기류분포

기계환기장치를 설치한 대안의 기류해석 결과, 모든 층(2층~7층)에서 샤프트의 기류가 양 복도 끝에 설치된 강제배기장치로 유입되었으며, 이로 인해 엘리베이터 홀과 복도의 환기성능이 크게 개선되는 것으로 나타났다. 기류속도는 건물 사용자가 잘 느끼지 못하는 약 0.3m/s 이하의 분포를 보였으며, 기류해석 결과는 표 89와 같다.

표 89. 기계환기장치 설치에 따른 기류분포

구분	샤프트 설치 대안_기계환기장치 미설치	샤프트 설치 대안_기계환기장치 설치
2층 평면		
7층 평면		

(바) 중성대 이후 공기 유입 관련

에코샤프트의 자연환기는 저층부에서 외부의 공기가 샤프트로 유입되고, 중성대 이후 상층부에서 샤프트내 공기가 외부로 유출되는 방식이며, 이러한 경우, 상층부에서는 외기와 실내 오염된 공기가 합쳐진 공기가 샤프트를 통과하여 다시 실내로 유입되기 때문에 공기의 신선도에 대한 우려가 있을 수 있다. 이를 판단하기 위해 전층에서 환기가 원활히 되었던 샤프트와 환기 유입구를 설치한 대안에 대해 외기의 탄산가스(CO2)와 호흡시 1인당 탄산가스 배출량으로 CO2농도를 산출하여 샤프트를 통과하는 공기의 오염도를 산출하였으며, 그 결과는 아래 표2와 같다.

실내의 CO2 발생량은 대상범위가 로비와 복도이므로, 인체의 호흡으로 배출되는

CO2발생량만 산출하였으며, 10~11층 사이에 중성대가 나타나 10층까지 누적되는 오염도를 산출하였다. 산출 결과, 중성대 이후의 CO2 함유량은 327ppm으로 외기의 CO2 함유량과 큰 차이가 나지 않았으며, 실내 CO2 허용 농도인 1000ppm보다 현저하게 낮은 것으로 나타났다.
따라서 외기와 샤프트 내의 공기의 오염도에는 큰 차이가 없으며, 에코샤프트를 통한 자연환기가 충분한 환기량을 제공하고, 계속적으로 이동하므로 크게 고려할 사항이 아닌 것으로 판단된다.

표 90. 층별 CO2 농도 산출

층	풍량 (㎥/h)	인원	외기의 CO2 함유량 (㎥/h)	사람 호흡시 CO2 발생량 (㎥/h)	외기 + 인체 CO2 함유량 (㎥/h)	CO2 농도 (ppm)
1F	18,554	8	5.57	0.136	5.70	307
2F	2,844	6	0.85	0.102	0.96	336
3F	2,660	5	0.80	0.085	0.88	332
4F	2,459	5	0.74	0.085	0.82	335
5F	2,232	6	0.67	0.102	0.77	346
6F	1,922	6	0.58	0.102	0.68	353
7F	1,728	3	0.52	0.051	0.57	330
8F	1,195	6	0.36	0.102	0.46	385
9F	864	6	0.26	0.102	0.36	418
10F	468	6	0.14	0.102	0.24	518
합	34,972	57	10.48	0.969	11.45	327

- 외기의 CO2 함유량 300ppm
- 호흡시 1인당 탄산가스 배출량 0.017㎥/h
- CO2의 허용농도 1000ppm

(사) 결론

에코샤프트의 환기성능을 검토하기 위해 환기가 잘 되지 않는 기존 건물을 대상으로 샤프트의 설치가 환기에 미치는 영향을 검토한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

i. 대안 1(샤프트가 설치되지 않는 기존건물)에서는 실제 환기 측정결과와 마찬가지로 자연환기가 되지않는 것으로 나타났다. 1층 로비를 제외한 8층~20층에서는 요구되는 최소 환기량에 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 복도에 창이 없는 2층~7층은 외기유입이 전혀 나타나지 않았다.

ii. 그러나, 대안 1의 기류 해석 결과, 외기가 유입되는 모든 층에서 개구부 근처에만 기류분포가 나타나 개구부에서 유입된 풍량이 내부까지 유입되지 못하고 그대로 빠져나가 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났다.

iii. 대안 2(샤프트가 설치된 대안)의 자연 환기 풍량 산출 결과, 총 유입 및 유출 풍량이 대안 1에 비해 약 160%가 증가하여 2층~7층을 제외한 모든 층에서 요구되는 최소 외기량을 크게 초과하였으며, 샤프트 설치만으로 건물의 자연 환기효과가 크게 개선되는 것으로 나타났다.

iv. 대안 2의 기류 해석 결과, 1층 로비에서는 출입문에서 유입된 풍량이 샤프트가 위치한 엘리베이터 홀까지 유입되었으며, 8층~20층에서도 샤프트가 있는 홀까지 기류 분포가 나타나 홀까지 외기가 유입되어 환기가 잘 되는 것으로 나타났다. 로비 중심부의 기류속도는 약 1.4m/s로 건물 사용자가 외풍이 느껴지는 정도로 나타났으며, 8층~20층에서 복도의 기류 속도는 약 0.3m/s 이하로 건물 사용자가 쾌적하다고 느끼는 범위인 것으로 나타났다. 풍량이 가장 많이 유입되는 1층에서 기류속도가 쾌적범위보다 높게 나타났으나, 기류속도가 비교적 빠른 공간에서 사용자의 느끼는 쾌적감을 위해 기류속도를 제어하고자 한다면 개구부의 오프닝 비율에 따라 환기량을 적절하게 제어 할 수 있을 것으로 판단된다.

v. 또한, 2층~7층에서는 대안1과 마찬가지로 기류분포가 나타나지 않아 환기가 전혀 되지 않는 것으로 나타났으며, 샤프트가 설치 되더라도 기류가 유입될 수 있는 개구부가 없으면 환기가 잘 되지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 경우, 유입풍도를 설치하여 외기를 유입하거나, 유입풍도의 설치가 어려운 경우, 샤프트 내부의 기류를 복도로 끌어들일 수 있도록 기계환기장치을 설치하여 환기를 유도하는 것이 필요하다고 판단되었으며, 기류해석을 통해 검토하였다.

vi. 유입풍도를 설치한 대안의 기류해석 결과, 모든 층(2~7층)에서 유입풍도를 통해 신선외기가 실내로 유입되었으며, 유입된 외기가 샤프트로 다시 유입되어 자연환기가 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 유입풍량은 요구되는 최소외기량을 크게 초과하였으며, 복도중심부의 기류속도는 약 0.5m/s 이하의 속도분포를 보여 쾌적범위인 것으로 나타났다. 또한 유입풍량 및 기류속도는 유입풍도에 댐퍼를 설치하여 풍량을 조절함으로써 제어 가능하다.

vii. 기계환기장치를 설치한 대안의 기류해석 결과, 모든 층(2층~7층)에서 샤프트의 기류가 양 복도 끝에 설치된 강제배기장치로 유입되었으며, 이로 인해 엘리베이터 홀과 복도의 환기성능이 크게 개선되었다. 기류속도 또한 약 0.3m/s 이하의 속도분포를 보여 쾌적범위 안에서 환기가 잘 되는 것으로 나타났다. 이와 같이 에코샤프트를 설치하더라도 복도에 개구부가 없는 경우에는 유입풍도나 기계환기장치를 적용하여 환기성능을 개선해주는 것이 필요하다고 판단된다.

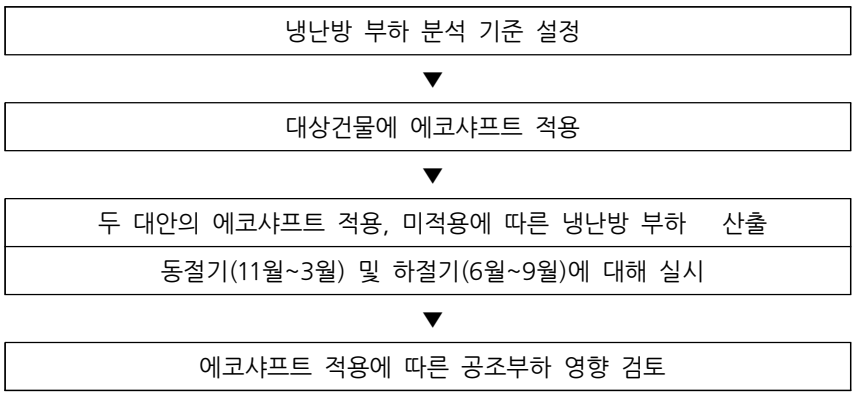
(2) 공조부하 영향 검토

(가) 검토내용 및 절차

건물에 에코샤프트를 설치 할 경우, 동계에는 에코샤프트를 통한 일사유입에 따른 열획득과 함께 에코샤프트의 유리창을 통한 열손실이 발생하며, 하계에는 일사유입에 따른 열획득과 함께 자연환기를 통한 외기유입에 의해 외기온도에 따른 열제거 혹은 열취득이 발생 되어 냉난방 부하에 영향을 미치게 된다.

본 절에서는 대상건물과 대상건물에 에코샤프트를 적용한 두 대안에 대해 동절기(11월~3월)와 하절기(6월~9월)를 기준으로 난방 및 냉방부하계산을 하였으며, 이를 통해 샤프트 적용에 따른 냉난방 부하의 영향을 검토하고자 하였다 절차는 그림 114과 같다.

그림 116. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 공조부하 영향 검토 절차



(나) 분석 조건 설정

1. 분석 대상 공간

본 시뮬레이션은 샤프트의 설치로 인한 냉난방 부하의 영향을 검토하는 것이 목적이므로, 샤프트 설치에 의한 냉난방 부하 변화가 있을 것으로 예상되는 샤프트와 직접 면한 구역(1층로비, 2~10층 복도)의 냉난방 부하를 분석하였다. 복도에 인접한 각 사무공간도 에코샤프트의 설치에 따라 벽체 등을 통한 전열부하 발생으로 일부 영향을 미치게 되나, 설정온도 차이가 적어 그 영향 정도가 매우 적으므로 엘리베이터 홀과 복도 부분만으로 대상 범위를 제한하였다.

2. 해석 프로그램

위의 “(2) 환기성능 검토”의 환기성능 분석을 위해 사용한 Design Builder ver.3.0 프로그램을 이용하였다. 건물의 냉난방 부하 산출을 위해, Space Load만을 구하는 것으로 하였고, 이를 위하여 Energy Plus의 Ideal Load Air System을 적용하여 시뮬레이션 하였다. Ideal Load Air System은 건물이 이상적인 시스템으로 운전될 때를 가정하는 것으로, System 등에 대한 별도의 정보 입력 없이 Space Load를 산출 할 수 있다.[17)]

3. 부하 산정 기간 및 대안 설정

기후 조건은 Energy Plus에서 제공하는 서울의 기후데이터를 사용하였으며, 냉난방 부하 산정 기간은 실제 건물에서 일반적으로 운영하는 냉난방 기간등을 고려하여 난방은 11월~3월, 냉방은 6월~9월로 선정하였다. 운전조건은 월~금까지 주5일 운전으로 08:00~18:00까지 1일 10시간 운전을 기준으로 분석하였으며, 계절별 대안 설정은 표 90과 같다.

i. 동절기(11월~3월) : 실제로 동절기에는 에너지 절약을 위해 창문을 열어 환기하지 않으므로 에코샤프트의 개구부를 모두 폐쇄하여 외기가 유입되지 않는 조건으로 시뮬레이션 하였다.

ii. 하절기(6월~9월) : 하절기에는 일사 유입에 따라 에코샤프트 내부의 온도가 상승되며, 특히 에코샤프트 상부층으로 올라갈수록 온도상승폭이 커지므로 옥상위로 돌출한 샤프트 상부의 개구부만을 개방하여 샤프트 내부의 열 배출효과를 반영한 조건과, 외기온도가 실내 설정온도인 28℃ 보다 낮을 경우 복도와 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하여 외기 유입에 따른 냉방이 이루어지도록 하는 두가지 조건으로 시뮬레이션 하였다. 이는 하계 냉방기간 중에도 외기온도가 상당 기간 실내 설정 온도인 28℃보다 낮게 나타나기 때문으로, 아래 표 91에서와 같이 서울지역 30년간 월별 최고기온의 평균값이 7월과 8월에만 28℃ 이상으로 나타나며, 평균온도는 8월이 25.7℃로 나타나, 외기도입이 냉방부하 절감에 오히려 유리할 것으로 예상되기 때문이다.

17) LBNL Simulation Research Group 외, EnergyPlus Input Output Reference, 2008.04

표 91. 하절기 냉방부하 산출을 위한 케이스 설정

구분		샤프트 설치 유무	복도 외부창	샤프트 창	샤프트 상부 그릴
동절기	대안1	샤프트 미 설치	Close	-	-
	대안2	샤프트 설치	Close	Close	Close
하절기	대안1	샤프트 미 설치	Close	-	-
	대안2	샤프트 설치	Close	Close	Open
	대안3*	샤프트 설치	조건부 Open	조건부 Open	Open

*하절기-대안3의 창은 내부온도보다 실외온도가 더 낮을 때만 열림 (자연냉방효과 반영)

표 92. 서울지역 30년 평균 외기온도

월		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
외기온도(℃)	평균	-2.4	0.4	5.7	12.5	17.8	22.2	24.9	25.7	21.2	14.8	7.2	0.4
	최고	1.5	4.7	10.4	17.8	23.0	27.1	28.6	29.6	25.8	19.8	11.6	4.3
	최저	-5.9	-3.4	1.6	7.8	13.2	18.2	21.9	22.4	17.2	10.3	3.2	-3.2

4. 실내 온도 기준

냉난방 부하 산정의 대상 공간은 앞서 언급한 바와 같이 에코샤프트 설치에 따라 직접적인 영향을 미치는 엘리베이터 홀과 복도 부분만으로 대상으로 하여 일반 사무공간 보다는 완화된 온도기준을 적용하는 것이 타당하여, 동계 난방기간에는 18.0℃, 하계 냉방기간에는 28.0℃를 설정온도로 하여 분석하였다.

5. 기타 경계조건 설정

기타 부하 계산시 고려사항 및 기준은 다음과 같다.

i. 대상건물의 냉난방 부하 계산을 위한 구조체 및 유리의 열관류율은 위의 “(1) 환기성능 검토”와 같이 현행법인 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [시행 2013.3.23] [국토교통부령 제1호, 2013.3.23, 타법개정] 별표 4의 기준에 따르며 위의 표 83와같다.

ii. 인원 밀도는 위의 “(1) 환기성능 검토”와 같이 ASHRAE Standard 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality의 Table 6-1의 기준에 따랐으며 위의 표 83와같다.

iii. 인체, 조명발열은 ASHRAE Fundamentals의 chapter 18 Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations의 Table 1(인체발열기준), Table 2(조명발열 기준), Table 11(기기발열 기준)에 따랐으며 위의 표 83와같다.

(다) 동절기 난방부하 비교

대상건물과 대상건물에 에코샤프트를 적용한 두 대안에 대해 동절기(11월~3월)를 기준으로 난방부하계산을 하였으며, 결과는 아래 표 92, 표 93과 같다.

동절기의 복도부분의 총 난방부하는 대안1(샤프트 미설치 대안)이 2012.6 kWh, 대안2(샤프트 설치 대안)가 2,001.5 kWh로 산출되어 11.6kWh의 난방부하가 절감되었으나, 절감량이 전체 부하의 약 0.6%에 불과해 샤프트 설치가 난방부하에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 복도의 난방부하에 영향을 미칠 요인에는 태양열 획득으로 온도가 상승한 샤프트로부터의 열획득과 외기온도가 많이 낮을 경우, 온도가 낮아진 샤프트의 창을 통한 열손실이 있으며, 난방부하의 절감은 샤프트로의 열획득이 열손실보다 조금 더 많았기 때문인 것으로 판단된다. 표 91 층별 난방부하 비교에 따르면 층별 샤프트로 부터의 열획득에 차이가 있으며, 샤프트를 통한 열획득이 많은 층에서 난방부하가 상대적으로 많이 절감되었다. 특히, 샤프트의 온도가 가장 높을 것으로 예상되는 20층에서 샤프트를 통한 열획득이 가장 많아 난방부하가 가장 많이 절감되는 것으로 나타났다.

표 93. 에코 샤프트 설치에 따른 월별 난방부하 비교

월	난방부하 (KWh)		절감량 (kWh)
	대안1_에코샤프트 미설치	대안2_에코샤프트 설치	
11월	221.4	222.6	1.2
12월	459.6	458.7	-0.9
1월	682.9	673.8	-9.1
2월	406.4	405.2	-1.2
3월	242.2	241.2	-1.0
Sum	2,012.6	2,001.5	-11.1

표 94. 샤프트 설치에 따른 층별 난방부하 비교

층	대안1_에코샤프트 미설치	대안2_에코샤프트 설치		절감량 (kWh)
	난방 부하 (kWh)	에큐샤프트를 통한 Heat Gain (kWh)	난방 부하 (kWh)	
1F	1262.6	2.2	1263.9	1.3
2F	45.2	2.6	45.3	0.1
3F	30.1	2.9	30.7	0.7
4F	29.3	2.9	29.6	0.3
5F	33.8	2.7	34.1	0.3
6F	34.5	2.7	32.5	-2.0
7F	19.6	4.0	16.8	-2.8
8F	41.6	2.4	39.9	-1.7
9F	39.3	2.3	39.9	0.6
10F	39.0	2.3	39.8	0.8
11F	38.9	2.3	39.8	0.9
12F	38.9	2.3	39.8	0.9

13F	39.0	2.3	39.8	0.8
14F	39.1	2.3	39.9	0.7
15F	39.4	2.3	40.0	0.6
16F	39.8	2.3	40.3	0.5
17F	40.6	2.3	41.0	0.4
18F	43.0	2.3	43.1	0.1
19F	48.6	3.3	46.8	-1.8
20F	70.4	12.2	58.6	-11.9
sum	2,012.6	60.1	2,001.6	-11.1

(라) 하절기 냉방부하 비교

샤프트 설치 조건과 환기 적용에 따른 3가지 대안에 대해 하절기(6월~9월)를 기준으로 냉방부하계산을 하였으며, 결과는 아래 표 94, 표 95와 같다.

대안2(샤프트 설치-상부 환기)의 하절기 냉방부하는 37,524 kWh로 대안1(샤프트 미설치)에 비해 4.4% 절감되는 것으로 나타나 냉방시 샤프트 상부의 개방만으로도 냉방부하가 다소 절감되는 것으로 나타났다.

대안3(샤프트 설치-복도+상부 환기)의 하절기 냉방부하는 23,654 kWh로 대안1에 비해 39.7% 절감되어 냉방부하 절감효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 자연환기로 인한 외기도입의 냉방효과가 매우 효과적임을 알 수 있으며, 하절기 중 상대적으로 기온이 낮은 6월 9월에 냉방부하 절감효과가 더 크게 나타났다.

층별 냉방부하 비교에 따르면 샤프트 상부만 환기한 대안2에서는 층별 절감량이 크게 차이가 나진 않으나, 12층에서 20층으로 올라가면서 냉방부하 절감량이 줄어드는 경향을 보였으며, 이는 고층으로 갈수록 샤프트 내부온도 상승효과 때문인 것으로 판단된다. 자연환기를 적용한 대안3에서는 위의 환기성능 평가에서 샤프트 설치조건에도 복도에 창이 없어 환기가 되지 않았던 2층~7층에서 냉방부하 절감량이 상대적으로 적었으며, 환기가 잘되는 1층 및 8층~20층에서는 냉방부하 절감량이 약 10배 이상 좋아지는 것으로 나타났다. 또한, 대안2와 마찬가지로 샤프트 온도 상승효과로 고층으로 갈수록 냉방부하 절감효과가 줄어드는 것으로 나타났다.

표 95. 에코 샤프트 설치에 따른 월별 냉방부하 비교

월	냉방 부하 (KWh)			절감량 (kWh)	
	대안1 에코샤프트 미설치	대안2 에코샤프트 설치 샤프트 상부 환기	대안3 에코샤프트 설치 복도+상층부환기	대안1-대안2	대안1-대안3
6월	9,392	8,902	4,620	490	4,772
7월	9,845	9,467	6,493	378	3,352
8월	11,675	11,280	8,735	395	2,941
9월	8,338	7,875	3,806	463	4,532
Sum	39,250 (0.0%)	37,524 (-4.4%)	23,654 (-39.7%)	1,726	15,596

표 96. 에코 샤프트 설치에 따른 층별 냉방부하 비교

월	냉방 부하 (KWh)			절감량 (kWh)	
	대안1 에코 샤프트 미설치	대안2 에코샤프트 설치 샤프트 상부 환기	대안3 에코샤프트 설치 복도+상층부환기	대안1-대안2	대안1-대안3
1F	1,900	1,945	1,298	45	601
2F	1,321	1,292	1,254	29	66
3F	1,501	1,443	1,423	58	77
4F	1,705	1,622	1,607	82	98
5F	2,041	1,942	1,924	99	117
6F	2,070	1,966	1,937	104	133
7F	1,270	1,182	1,120	88	150
8F	2,189	2,082	1,004	107	1,185
9F	2,177	2,066	973	111	1,203
10F	2,171	2,059	969	111	1,202
11F	2,164	2,053	965	111	1,199
12F	2,158	2,048	872	111	1,286
13F	2,153	2,042	974	110	1,178
14F	2,146	2,037	986	109	1,160
15F	2,138	2,030	1,003	108	1,135
16F	2,125	2,020	1,027	105	1,098
17F	2,104	2,004	1,054	100	1,050
18F	2,066	1,974	1,076	92	989
19F	1,993	1,914	1,090	78	903
20F	1,860	1,803	1,097	58	763
Sum	39,250	37,524	23,654	1,726	15,596

(마) 결론

에코샤프트의 설치가 냉난방 부하에 미치는 영향을 검토하기 위해 동절기(11월~3월)와 하절기(6월~9월)에 대해서 냉난방 부하를 산출하고 그 결과를 분석한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

i. 동절기의 총 난방부하는 기존대안에 비해 에코샤프트 설치 대안의 부하가 약 0.6% 절감되긴 하였으나 그 절감량이 매우 작아 실질적으로 에코샤프트가 난방부하에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 에코샤프트를 통한 열획득이 있으나 열손실도 함께 발생하였기 때문이며, 상대적으로 샤프트에서의 열획득이 많았던 20층에서는 난방부하가 가장 크게 절감되었다. 난방부하 절감효과를 위해 에코샤프트를 설치할 경우 단열 성능이 우수한 유리창을 선정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

ii. 하절기 냉방부하는 대안 2(샤프트 설치-상부 환기)에서 기존대안에 비해 약 4.4%의 냉방부하가 절감되는 것으로 나타나 냉방 시 샤프트 상부를 개방하여 샤프트 상부의 고인열을 제거해 주는 것만으로도 냉방부하가 다소 절감되는 것으로 나타났다.

iii. 대안3(샤프트 설치-복도+상부 환기)의 하절기 냉방부하는 기존대안에 비해 39.7% 절감되어 냉방부하 절감효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 자연환기로 인한 외기도입의 냉방효과가 매우 효과적임을 알 수 있으며, 하절기 중 상대적으로 외기온이 낮은 6월 9월에 냉방부하 절감효과가 더 크게 나타났다.

iv. 층별 냉방부하 비교에 따르면 대안2 (샤프트 설치-상부 환기), 대안3 ((샤프트 설치-복도+상부 환기) 모두 상층부에서 냉방부하 절감량이 줄어드는 경향을 보였으며, 이는 고층으로 갈수록 샤프트 내부온도 상승효과 때문인것으로 판단된다. 또한 대안3에서는 위의 환기성능 평가에서 샤프트 설치조건에도 환기가 잘 되지않았던 복도에 창이 없는 2층~7층에서 냉방부하 절감량이 상대적으로 적었으며, 그에 반해 환기가 잘되는 1층 및 8층~20층에서는 냉방부하 절감량이 약 10배 이상 좋아지는 것으로 나타났다. 이와 같이 환기가 잘되지 않는 2층~7층의 냉방부하 절감을 위해서는 위의 환기성능 검토에서와 같이 유입풍도를 설치하여 자연환기를 유도하거나 기계환기장치를 적용하여 낮은 외기온이 유입된 샤프트의 기류를 실내로 끌어들이는 것이 필요할 것으로 판단된다.

(바) Night Purge

앞서 연구에서 에코샤프트 설치 조건과 환기적용에 따른 3가지 대안에 대해 하절기 (6월~9월) 냉방부하 계산을 하였으며, 추가적으로 night purge를 적용하였을 때에 대하여 냉방부하 및 비용 절감량을 검토하였다. 그 결과 가장 큰 냉방부하 절감율을 보였던 에코샤프트 설치 후 복도와 상층부를 환기한 대안보다 7,358 kWh/년을 더 절감하였으며 에코샤프트 미설치 대안에 비해 58.5%의 냉방부하를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 냉방부하 산출결과로 연간 냉방운전비용을 비교 검토하였으며, 그결과는 아래 표4와 같다. night purge를 할 경우 가장 많은 운전비용이 절감되는 것으로 나타났으며, 에코샤프트 미설치와 비교하여 연간 1,165,088원/년의 운전비용 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 단 이 경우는 외기온도와 실내 설정온도 조건에 따라 자동으로 에코샤프트 개구부가 열고 닫히는 가정으로 자동제어를 위한 추가 비용이 발생하게 된다.

표 97. 에코샤프트 설치 및 환기방식에 따른 월별 냉방부하 비교

월	냉방 부하 (kWh)			
	대안1 에코샤프트 미설치	대안2 에코샤프트 설치 샤프트 상부 환기	대안3 에코샤프트 설치 복도+상층부환기	대안4 에코샤프트 설치 night purge
6월	9,392	8,902	4,620	3,166
7월	9,845	9,467	6,493	4,447
8월	11,675	11,280	8,735	6,184
9월	8,338	7,875	3,806	2,499
Sum	39,250 (0.0%)	37,524 (-4.4%)	23,654 (-39.7%)	16,296 (-58.5%)

표 98. 에코샤프트 설치 및 환기방식에 따른 냉방 운전비용 비교

		대안1 에코샤프트 미설치	대안2 에코샤프트 설치 샤프트 상부 환기	대안3 에코샤프트 설치 복도+상층부환기	대안4 에코샤프트 설치 night purge
냉방 부하 (kWh/년)		39,250	37,524	23,654	16,296
연료 소비량	가스 (N㎥/년)	2,460	2,352	1,483	1,021
	전기 (kWh/년)	3,404	3,255	2,052	1,413
유전 비용	가스(원/년)	1,534,858	1,467,364	924,982	637,246
	전기(원/년)	473,085	453,221	297,345	205,610
비용 합계 (원/년)		2,007,944	1,920,585	1,222,327	842,856
차액(원/년)			-87,359	-785,616	-1,165,088

라. 비용 및 종합

(1) 건축분야

삼호물산 A동의 공사비용을 확인하기 위해 본 연구팀은 실시설계를 진행하여 적산을 통해 총 비용을 산출하였다. 본 공사비에는 철거와 신설을 위한 모든 내역이 포함되어 있다. 기계분야는 선정된 영역에 큰 지장이 없어 추가 공사비가 들지 않았으나, 전기와 통신분야의 공사비는 포함되었고, 헬리오스탯과 반사경일체의 비용도 포함되어 있다.

단위:원	직접공사비	총공사비	비고
건축	289,562,783	374,482,000	가설, 창호, 철콘, 잡철, 헬리오스탯, 철거공사
기계	-	-	별도 설치물 없음
전기	23,671,867	32,594,000	샤프트설치에 따른 전기배관 변경 및 전등공사
통신	2,999,420	4,357,000	샤프트설치에 따른 통신배관 변경공사
소방	3,848,897	5,380,000	샤프트설치에 따른 소방배관 변경공사
계	319,482,967	416,813,000	

*공사의 낙찰율과 민간공사의 협상비율등을 감안하여 총공사비의 85%를 계약금액으로 판단함.

계약금액: 354, 291, 050원(부가세별도)

본 견적의 결과 삼호물산 A동에 에코샤프트를 설치하는 공사는 개축공사로 신축에 비해 많은 공사비가 소요되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 개축이 가능한 경우는 토지가가 비싸고, 임대료가 높은 도심의 호텔등에서 가능할 것으로 추정하였다.

1차연구의 전남전문건설회관과 비교할 경우, 신축의 경우는 헬리오스탯과 반사경 비용외에는 추가 공사비가 없어 매우 경제적으로 설치할 수 있었다. 따라서 경제성 측면에서는 신축의 경우가 훨씬 유리한 것으로 판단하였다.

(2) 채광분야

에코샤프트의 헬리오스탯 적용에 따라 태양추적반사거울가 에코샤프트 공간의 각층에 설치된 반사거울을 통하여 엘리베이터실에 태양반사광을 이용한 자연채광이 가능하다. 태양광의 실내 유입에 따른 자연채광효과는 전기조명의 사용을 최소화하여 전기조명에너지 소비를 절약할 수 있다. 앞서 분석된 삼호물산 엘리베이터실의 에코샤프트 계획과 헬리오스탯을 통한 자연채광성능평가 결과를 바탕으로 전기조명에너지 절감량을 산출하였다.

(가) 대상공간의 조명밀도 및 조명에너지 소비량 산출

삼호물산 건물의 엘리베인터실에 설치된 조명기구는 천장매입형 형광등으로 20W 컴팩트 형과등 4세트, 28W 2구 직관형광등 1세트가 사용되고 있어 건물 전체 엘리베이터실의 조명밀도는 7.82W/㎡ 조명용량은 3.4KW인 것으로 확인되었다. 삼호물산 건물의 엘리베이터실은 외부와 연결된 창문이 없어 외부에서 유입되는 빛이 없으며 이에 따라 주야간의 모든 상황에서 전기조명에 100% 의존하는 밀폐된 공간과 같다.

표 99. 층별 엘리베이터실의 조명용량 및 조명밀도

驟ㄷ§옰얲ø층	驟ㄷ§옰얲ø **엘리베이터실 면적** 驟ㄷ§옰얲ø **[㎡]**	驟ㄷ§옰얲ø **조명용량** 驟ㄷ§옰얲ø **[W]**	驟ㄷ§옰얲ø **조명밀도** 驟ㄷ§옰얲ø **[W/㎡]**	驟ㄷ§옰얲ø **년간 조명소비전력** 驟ㄷ§옰얲ø **[KWh/년]**
驟ㄷ§옰얲ø B 3층 ~ 20층	驟ㄷ§옰얲ø 16.95	驟ㄷ§옰얲ø 136	驟ㄷ§옰얲ø 8.02	驟ㄷ§옰얲ø 27,401
驟ㄷ§옰얲ø B 4	驟ㄷ§옰얲ø 24.78	驟ㄷ§옰얲ø 136	驟ㄷ§옰얲ø 5.49	驟ㄷ§옰얲ø 1,191
驟ㄷ§옰얲ø B 5	驟ㄷ§옰얲ø 20.15	驟ㄷ§옰얲ø 136	驟ㄷ§옰얲ø 6.75	驟ㄷ§옰얲ø 1,191
驟ㄷ§옰얲ø 가	驟ㄷ§옰얲ø 434.78	驟ㄷ§옰얲ø 3400	驟ㄷ§옰얲ø 7.82	驟ㄷ§옰얲ø 29,784

(나) 자연채광설비의 소비전력

삼호물산 건물의 자연채광을 위한 설비인 태양추적식 반사거울시스템은 가로/세로 2.5m, 반사거울면의 면적이 6.25㎡인 대형거울로 태양의 위치를 추적하기 위하여 전기모터를 이용한 전력소비가 수반된다. 헬리오스텟에 사용된 전기모터는 수평/수직방향으로 구동할 수 있는 DC 90V의 50W급 모터를 2개 사용하고 있으며, 자동제어를 위한 컨트롤러를 포함하여 최대 130W의 전력이 소비된다.

(다) 자연채광에 의한 조명에너지 소비량 산출

삼호물산 건물은 오피스텔형 건물의 특성상 24시간 전기조명이 운영되는 특징이 있다. 이에 따라 조명비용 산출은 24시간 운전과 업무시간 기준 9시간(오전 9시부터 19시) 운전으로 구분하였으며, 엘리베이터실의 KS 조도기준인 100lux를 만족하기 위한 조명기구의 on/off 제어와 조광제어(Dimming)로 구분하여 각 조건별 조명사용량을 비교 산출하였다.

on/off 제어는 자연채광에 의한 엘리베이터실의 평균조도가 기준조도 100lux 이하인 경우 전기조명을 100% 가동하고, 100lux 이상의 경우에는 전기조명을 모두 사용하지 않는 상황으로 가정하였다.

조광제어(dimming)는 자연채광에 의한 엘리베이터실의 조도가 기준조도인 100lux를 기준으로 부족한 조도만큼 출력을 높이는 방식으로 예를 들어 자연채광에 의한 평균조도가 80lux인 경우 전기조명으로 20lux의 조명을 보완하기 위하여 엘리베이터실에 설치된 조명기구의 출력을 20%만 사용하게 된다.

24시간 조명운영시 연간 29,784KWh의 전력소비가 발생하며, 9시간 운영기준으로는 연간 11,169KWh의 전력소비가 발생하게 되는데 자연채광적용과 조명제어에 따라 최소 22%에서 최대 61%의 조명에너지가 절약되는 것으로 확인 되었으나 전체 조명사용전력량이 많지 않아 조명에너지 절약비용은 크기 않을것으로 확인되었다.

표 100. 24시간 기준 삼호물산 건물 엘리베이터 실의 조명사용량 비교

구 분		일일 조명 운영 시간 [hour]	조명설치용량 (지하5~지상20층) [W]	연간 조명소비전력 [KWh/년]
헬리오스텟 적용 전		24	3,400	29,784
		9	3,400	11,169
헬리오스텟 적용 후	on/off제어	24	3,400	23,245
		9	3,400	6,079
	조광제어	24	3,400	21,092
		9	3,400	4,316

표 101. 헬리오스텟 적용에 따른 조명에너지 절감량 및 조명비용

	on/off제어		조광제어	
일일 조명운영시간 [hour]	24시간	9시간	24시간	9시간
기준조명소비전력 [KWh/년]	29,784	11,169	29,784	11,169
연간조명소비전력 [KWh/년]	23,245	6,079	21,092	4,316
헬리오스텟소비전력 [KWh/년]	545	427	545	427
조명비용절감량 [KWh/년]	5,994	4,663	8,147	6,426
조명에너지절감율 [%]	20.1%	41.7%	27.4%	57.5%
조명에너지절감비용1) [원/년]	659,340	512,930	896,170	706,860

1) 조명비용은 1KWh당 110원의 전기료로 산출하였음.

(라) 조명에너지 소비량 및 운전비용 분석 결과

삼호물산 에코샤프트 공간의 자연채광에 의한 엘리베이터실의 조명성능은 단순히 조명비용 절감에 따른 경제적 이익만으로 산출할 수 있는 유형의 가치보다는 자연에너지 이용에 따른 심리적 안정감과 쾌적성 향상과 같은 무형의 가치가 높게 평가될 수 있을 것이다. 그러나 가치평가의 객관성을 평가하기 위하여 조명에너지 점감량을 산출하여 각각의 조건별 에너지 및 비용절감량을 검토하였다.

자연채광의 특성상 외부 기사상태의 변화에 따라 실내로 유입되는 자연광의 광량이 시시각각 변화하는 특성이 있으며, 이에 따라 실내 공간의 작업용 조명 보다는 로비, 복도, 휴게실 등의 공용 서비스 공간의 보조조명으로 활용하는 경우가 많다. 삼호물산 건물의 경우에도 엘리베이터실의 여유 공간을 활용하여 수직적 환경제어 공간인 에코샤프트를 계획하였고, 헬리오스텟 설비를 이용하여 낮시간 태양광에 의한 에리베이터실의 자연채광을 계획하였다. 지하 5층부터 지상 20층까지 총 25개층에 대한 자연채광 설계를 진행하였으며, 자연채광 유입에 따른 실내 조도분포를 년간 1시간 단위로 시뮬레이션하여 자연채광의 성능 및 유효성을 평가하였다.

대상건물의 사용시간을 24시간 기준으로 기존 조명설비를 그대로 운영할 경우 연 5,994KWh의 조명에너지가 절감되었고, 기존 조명설비에 조광제어 기능을 보완할 경우에는 8,147KWh의 조명비용이 절감되는 것으로 확인되었다. 전력비용을 환살할 경우 각각 659,340원/년, 896,170원/년의 조명비용이 절감되는 효과가 나타난다.

또한, 대상건물의 사용시간을 업무시간 기준인 오전 9시부터 오후 6시까지 9시간을 기준으로 볼 경우에는 조명에너지 절감량은 24시간 운영시간을 기준으로 하였을 때 보다 작게 나타나지만 조명에너지 절감비율로 나타낼 경우에는 on/off제어가 41.7%, 조광제어가 57.5%로 상당히 높은 에너지 저감율을 나타내었다.

(3) 기계설비 분야 에너지 절감량 및 비용분석 개요

에코샤프트 설치에 따라 일사유입과 유리창을 통한 전열, 환기에 의한 열이동이 발생하여 냉난방 부하에 영향을 미치게 되며, 또한 환기성능 향상에 따른 자연환기의 도입으로 환기를 위한 에너지소비량에 영향을 미치게 된다.

따라서 본 절에서는 에코샤프트의 설치 유무에 따른 냉난방 부하량 영향에 따른 연간 냉난방 에너지 소비량과 이에 따른 연간 냉난방 운전비용의 차이와, 자연환기 도입에 따른 환기용 에너지 소비량과 이에 따른 연간 환기용 운전비용의 차이를 산정한다.

경제서 분석을 위한 대상 건물은 앞서 성능분석을 실시한 서울에 위치한 삼호물산 건물을 대상으로 한다.

(가) 냉난방 에너지 소비량과 운전비용 분석

건물 내에 에코샤프트를 설치할 경우 동계에는 에코샤프트를 통한 일사유입에 따른 열획득과 함께 에코샤프트의 유리창을 통한 열손실이 발생하게 되며, 하계에는 일사유입에 따른 열획득과 함께 자연환기를 통한 외기유입에 의해 외기온도에 따라 열제거 혹은 열취득이 발생 된다.

이러한 열획득 및 열손실에 따라 냉난방부하에 영향을 미치게 되며 이는 냉난방을 위한 에너지소비와 이에 따른 에너지 비용에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 검토에서는 에코샤프트의 설치 여부에 따른 냉난방 에너지소비량과 운전비용을 분석한다.

1. 분석 개요 및 조건

가. 분석 대상 공간

분석대상 건물인 삼호물산 건물에서 에코샤프트는 엘리베이터 홀 부분에 설치하는 것으로 계획하였으며, 에코샤프트 설치에 따른 직접적인 영향은 엘리베이터 홀과 복도 부분에 영향을 미치므로 이 부분만을 대상으로 에코샤프트 설치 유무에 따른 냉난방 부하산정과 계절별 설계기준온도 유지를 위한 냉난방 에너지소비량과 운전비용을 분석한다.

복도에 인접한 각 사무공간도 에코샤프트의 설치에 따라 벽체 등을 통한 전열부하 발생으로 일부 영향을 미치게 되나, 설정온도 차이가 적어 그 영향정도가 매우 적으므로 엘리베이터 홀과 복도 부분만으로 대상 범위를 한정한다.

나. 냉난방 부하 분석 방법 및 기준

냉난방 부하 산정 프로그램, 부하산정기간, 실내온도기준, 부하계산시 경계조건 및 계절별 에코샤프트 개구부 개폐 기준은 위의 다. 환기 및 공조영향 검토의 “(2) 공조부하 영향”의 분석조건설정과 같다.

다. 냉난방 운전을 위한 공조용 장비 선정

냉난방 부하 발생시 열의 제거 및 공급을 위해서는 냉동기, 보일러와 같은 열원장비에서의 연료 및 전기의 소비, 대상 공간 까지 냉온수나 공조된 공기를 공급하기 위한 펌프 및 송풍기 등에서 에너지를 소비하게 된다.

본 분석 대상 공간인 엘리베이터 홀 및 복도의 냉난방을 위해서는 공조기(AHU)를 통해 공조된 공기를 공급해야 하며, 일반적으로 엘리베이터 홀 및 복도의 단독 공조가 아닌 인접 사무공간과 함께 공조를 하는 것이 일반적이며, 이 경우 에코샤프트 설치 여부에 따른 냉난방 부하의 차이는 인접 사무공간의 부하를 고려할 때 극히 미비하여 공조된 공기의 공급에 필요한 에너지 비용의 평가는 고려하지 않고, 열원의 생산(냉동기 및 보일러 운전)에 필요한 에너지 소비량만을 고려한다.

본 건물의 현장 조사 결과 냉난방열원으로 흡수식냉온수기(240 USRT x 1대, (320 USRT x 1대, 450 USRT x 1대)가 설치되어 있으며, 흡수식냉온수기는 근래 업무용 건물에 가장 일반적으로 적용되고 있는 열원장비로 냉난방부하의 담당을 위해 240 USRT의 흡수식냉온수기를 운전하는 것으로 하였다. (* 용량별 단위 부하당 에너지소비량 차이 거의 없음) 단, 흡수식냉동기의 운전을 위해 필요한 부대장비인 냉각탑과 냉각수순환펌프의 운전동력은 고려한다.

라. 냉난방 운전을 위한 에너지 소비량 산정

냉난방열원으로 선정된 240USRT의 흡수식냉온수기 사양과 부대장비인 냉각탑, 냉각수 순환펌프의 에너지소비량과 단위 냉난방 부하당 총 에너지 소비량을 정리한 것은 다음의 그림 94과 같다.

표에서와 같이 240USRT의 흡수식 냉온수기 운전을 위하여 냉방 운전시에는 전력 73.2kW, 가스 52.9 Nm³/h의 에너지가 소비되며, 난방 운전시에는 전력 14.6 kW, 가스 71.4 Nm³/h의 에너지가 소비되며, 이를 냉난방 단위 부하당 에너지 사용량으로 환산하면 냉방 운전시에는 전력 86.730W/kW, 가스 0.0627Nm³/h/kW의 에너지가 소비되며, 난방 운전시에는 전력 19.312W/kW, 가스 0.094Nm³/h/kW의 에너지가 소비된다.

표 102. 냉난방 운전을 위한 단위 냉난방 부하당 에너지 소비량

장비종류 및 항목		냉방 운전	난방 운전	기타
흡수식 냉온수기	용량	240USRT (844kW)	650Mcal/h (756kW)	신성엔지니어링 e-카탈로그 기준 (고효율/표준온도차 제품)
	가스 소비량	52.9 Nm³/h	71.4 Nm³/h	
	전력 소비량	14.6 kW	14.6 kW	
냉각탑	전력 소비량	15.0 kW	-	냉각능력 360RT 기준 경인기계 직교류형
냉각수 순환펌프	전력 소비량	43.6kW	-	유량 400LPM, 양정 60mm 기준 산정
총 에너지소비량	가스 소비량	52.9 Nm³/h	71.4 Nm³/h	
	전력 소비량	73.2 kW	14.6 kW	
단위 부하당 에너지소비량	가스 소비량	0.063 Nm³/h/kW	0.094 Nm³/h/kW	
	전력 소비량	82.730 W/kW	19.312 W/kW	

마. 연간 냉난방 운전비용 산정

에코샤프트의 설치 유무에 따른 연간 냉난방 운전비용 산정은 각각의 조건에 따른 냉난방 총 후하를 산정한 후 앞에서 산정한 단위 냉난방 부하당 에너지소비량(전기, 도시가스)를 곱한 후 각 에너지 단가를 곱하여 산정하게 된다.

에코샤프트 도입여부에 따른 냉난방 운전비용 산정을 위한 전기요금은 건물의 규모 및 용도등을 고려 일반용 전력(을), 고압A, 선택요금(II)를 적용하며, 적용시점은 2013.6월 현재를 기준(2013.1.14 변경)으로 한다. 전력요금은 각각의 해당월 요금 기준을 적용하되 운전시간대를 고려하여, 11월~2월의 난방 기간은 중간부하 요금을 기준으로 하며, 3월과 기타 냉방기간은 최대부하와 중간부하의 평균값으로 적용한다. 운전비용의 산정에서 기본요금은 전체 건물의 수전용량 대비 에코샤프트의 설비 여부에 따른 수전용량의 차이가 극히 미미하므로 고려하지 않았으며, 최종 운전요금은 전력량요금 x 1.137 (부가세 10% + 전력산업기반기금 3.7%)를 기준으로 산정하였다.

표 103. 전력요금 적용 기준 : 일반용 전력(을), 고압A, 선택요금(II)

일반용 전력(을)

타 종별을 제외한 고객으로 계약전력 300kW 이상 고객에 적용

구분		기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kWh)			
			시간대	여름철(7~8월)	봄·가을철(3~6,9~10월)	겨울철(11~2월)
고압A	선택 I	6,990	경부하	59.10	59.10	65.30
			중간부하	112.20	82.40	110.40
			최대부하	192.50	112.40	165.60
	선택 II	8,050	경부하	53.80	53.80	60.00
			중간부하	106.90	77.10	105.10
			최대부하	187.20	107.10	160.30
고압B	선택 I	6,420	경부하	57.50	57.50	63.60
			중간부하	109.90	80.60	108.00
			최대부하	189.40	110.20	161.90
	선택 II	7,140	경부하	53.90	53.90	60.00
			중간부하	106.30	77.00	104.40
			최대부하	185.80	106.60	158.30

도시가스 요금은 지역 및 공급 회사마다 다소 차이가 있으나 그 차이는 크지 않다. 본 검토에서는 서울지역에 도시가스를 공급하는 서울도시가스 현재 요금 기준(2013.2.22 조정) 중 냉난방공조용 요금 기준을 적용한다. 도시가스 요금은 동절기(12월~3월)은 21.6780원/MJ(943.9252원/N㎥), 하절기(5월~9월) 13.0258원/MJ(567.1824원/N㎥), 기타계절(4월,10~11월)은 20.8309원/MJ(907.0399원/N㎥) 이며 여기에 부가세 10%가 가산된다. 참고로 하계 가스냉방의 적극 사용 권장을 위해 냉방용 가스요금은 난방용 요금에 비해 상대적으로 저렴하다.

2. 난방 에너지 소비량과 운전비용 산정 결과 및 분석

에코샤프트 설치 유무에 따른 엘리베이터 홀 및 복도 부분의 월별 난방부하량 산정결과에 이들 부하를 처리하기 위한 에너지소비량 및 운전비용 산정결과는 다음의 표 95과 같다.

난방 부하의 경우 에코샤프트의 설치에 따라 일사 유입에 따른 열획득의 효과가 있으나, 유리창을 통한 열손실로 부하량에 거의 차이가 없어 총 11.1kWh/년의 열획득의 효과가 있으나 이를 단위면적으로 환산하면 4.0Wh/년.㎡으로 극히 적어 무시할 수 있는 정도이다. 이에 따라 난방부하 처리를 위한 운전비용(전기+도시가스)도 에코샤프트의 설치시 1.116원/년에 불가하여 에코샤프트의 설치에 따른 난방부하 절감효과는 거의 없다고 볼 수 있다.

표 104. 에코샤프트 설치 여부에 따른 난방 부하와 연료소비량 및 운전비용 산정결과

구분			11월	12월	1월	2월	3월	합	차이
난방부하량 (kWh)		미설치	221.4	459.6	682.9	406.4	242.2	2012.6	기준
		설치	222.6	458.7	673.8	405.2	241.2	2001.6	-11.1
연료소비량	가스 (Nm³/월)	미설치	20.91	43.41	64.50	38.38	22.88	190.08	기준
		설치	21.03	43.32	63.64	38.27	22.78	189.04	-1.0
	전기 (kWh/월)	미설치	4.28	8.88	13.19	7.85	4.68	38.87	기준
		설치	4.30	8.86	13.01	7.83	4.66	38.65	-0.2
유전비용	가스 (원/월)	미설치	20,867	45,075	66,969	39,852	23,753	196.516	기준
		설치	20,980	44,983	66,074	39,734	23,655	195.426	-1,090
	전기 (원/월)	미설치	511	1,061	1,576	938	490	4,576	기준
		설치	514	1,059	1,555	935	488	4,550	-25.3
비용합계 (원/년)		미설치	21,378	46,136	68,546	40,790	24,243	201.092	기준
		설치	21,494	46,041	67,629	40,669	24,143	199.976	-1,116
차액(원/년) (설치-미설치)			116	-94	-917	-121	-100	-1,116	-1,116

그림 117. 에코샤프트 설치여부에 따른 난방부하량 비교

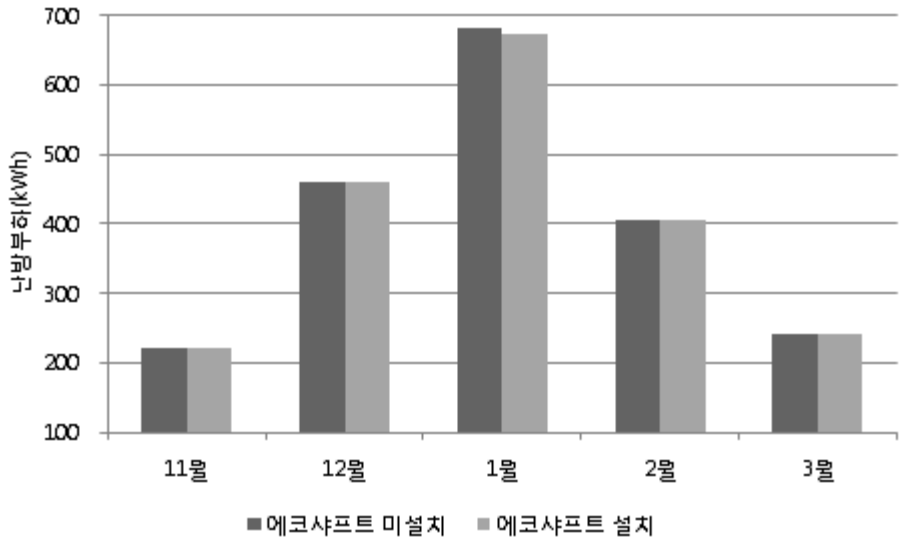
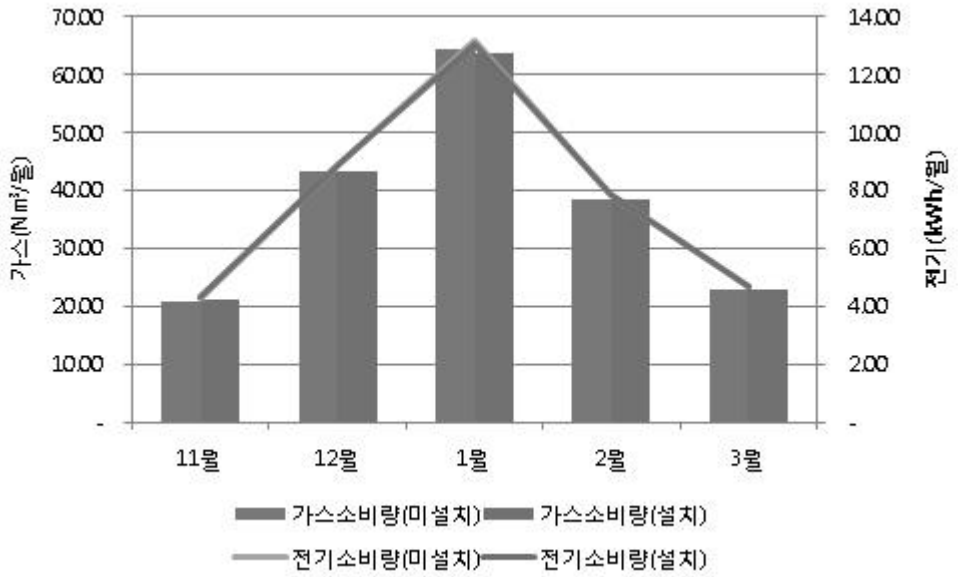


그림 118. 에코샤프트 설치여부에 따른 난방 연료소비량 비교



3. 냉방 에너지 소비량 및 운전비용 산정결과 및 분석

에코샤프트 설치 유무에 따른 엘리베이터 홀 및 복도 부분의 월별 냉방부하량 산정결과에 이들 부하를 처리하기 위한 에너지소비량 및 운전비용 산정결과는 다음의 표 98과 같다.

냉방부하의 산정 및 운전비용 분석은 에코샤프트를 설치하지 않은 경우(아래표에서 미설치)와 에코샤프트를 설치하고 에코샤프트 옥상 부분의 갸구부 만을 개방하여 에코샤프트 상부의 고열만을 제거하는 경우(아래표에서 설치-1)와 에코샤프트를 설치하고 외기온도가 실내 설정온도 보다 낮은 경우에는 건물내 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하는 경우(아래표에서 설치-2)의 3가지 경우에 대해 분석해 보았다.

냉방 부하의 경우 에코샤프트의 설치에 따라 일사 유입에 따른 열획득에 의해 부하가 증가할 것으로 예측되었으나, 에코샤프트를 설치하고 에코샤프트 옥상 부분의 개구부 만을 개방하여 에코샤프트 상부의 고열만을 제거하는 경우에는 냉방부하를 1,725.9kWh/년, 단위면적당 환산시 620Wh/년㎡을 감소시키는 것으로 분석되어 냉방부하 절감량이 크지는 않으나 절감효과가 있는 것으로 나타났으며, 이는 외부 일사유입 부분면적이 적은데 비해 고열의 배제와 유리창을 통한 열배제의 효과가 다소 큼을 알 수 있었다.

특히 에코샤프트를 설치하고 외기온도가 실내 설정온도 보다 낮은 경우에는 건물내 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하여 환기와 외기냉방 효과를 실시하는 경

우에는 냉방부하 절감효과가 매우 커 냉방부하를 15,596kWh/년, 단위면적당 환산시 5,602Wh/년㎡을 절감하는 것으로 나타났다.

이에 따라 냉방부하 처리를 위한 운전비용(전기+도시가스)은 에코샤프트를 설치하고 에코샤프트 옥상 부분 개구부 만을 개방하는 경우 87,359원/년을 절감하여 다소 운전비용 절감효과가 있는 것으로 나타났으며, 에코샤프트를 설치하고 외기온도가 실내 설정온도 보다 낮은 경우에는 건물 내 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하는 경우에는 785,616원/년의 운전비용 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 단 이 경우는 외기온도와 실내 설정온도 조건에 따라 자동으로 에코샤프트 개구부가 열고 닫히는 가정으로 자동제어를 위한 추가 비용이 발생하게 된다.

표 105. 에코 샤프트 설치 여부에 따른 냉방 부하 산정 결과와 운전비용 산정결과

구분			6월	7월	8월	9월	합	차이
냉방부하량 (kWh)		미설치	-9,392.0	-9,845.0	-11,675.3	-8,337.7	-39,250.1	기준
		설치-1	-8,902.4	-9,466.8	-11,279.9	-7,875.0	-37,524.2	1,725.9
		설치-2	-4,619.7	-6,493.4	-8,734.8	-3,806.1	-23,654.1	15,596.0
연료 소비량	가스 (Nm³/월)	미설치	588.7	617.1	731.8	522.6	2,460.1	기준
		설치-1	558.0	593.4	707.0	493.6	2,351.9	-108.2
		설치-2	289.6	407.0	547.5	238.6	1,482.6	-977.5
	전기 (kWh/월)	미설치	814.6	853.9	1,012.6	723.2	3,404.1	기준
		설치-1	772.1	821.1	978.3	683.0	3,254.5	-149.7
		설치-2	400.7	563.1	757.6	330.1	2,051.5	-1,352.6
유전 비용	가스 (원/월)	미설치	367,271	384,986	456,547	326,055	1,534,858	기준
		설치-1	348,110	370,204	441,101	307,949	1,467,364	-67,495
		설치-2	180,664	253,907	341,579	148,832	924,982	-609,876
	전기 (원/월)	미설치	85,300	142,761	169,298	75,727	473,085	기준
		설치-1	80,849	137,280	163,570	71,522	453,221	-19,864
		설치-2	41,960	94,154	126,665	34,567	297,345	-175,740
비용합계 (원/년)		미설치	452,571	527,747	625,845	401,782	2,007,944	기준
		설치-1	428,959	507,484	604,671	379,471	1,920,585	-87,359
		설치-2	222,623	348,061	468,244	183,399	1,222,327	-785,616
차액 (원/년)		설치-1 - 미설치	-23,612	-20,263	-21,174	-22,310	-87,359	
		설치-2 - 미설치	-229,948	-179,686	-157,600	-218,383	-785,616	

그림 119. 에코샤프트 설치여부에 따른 냉방부하량 비교

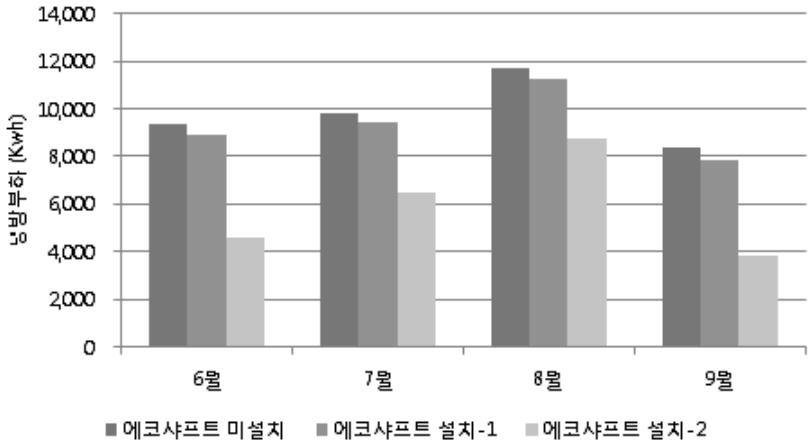
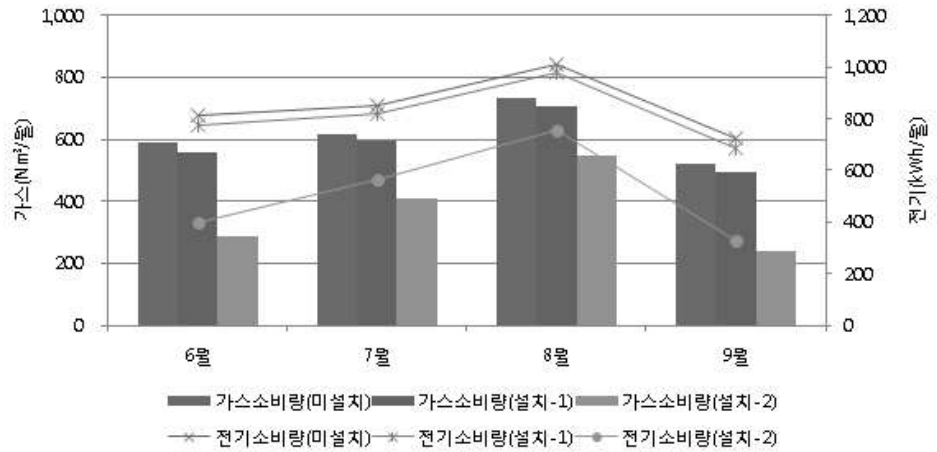


그림 120. 에코샤프트 설치여부에 따른 냉방 연료소비량 비교



(나) 환기용 에너지 소비량과 운전비용 분석

건물 내에 에코샤프트를 설치할 경우 굴뚝효과에 의해 자연환기 성능이 크게 향상된다. 본 절에서는 분석대상 건물인 삼호물산 건물에서 에코샤프트의 설치에 따라 환기성능에 직접적인 영향을 미치는 엘리베이터 홀과 복도 부분의 환기량 변화에 따른 연간 에너지소비량과 운전비용을 산정하여 분석하였다.

1. 분석 개요 및 조건

가. 분석 대상 공간

분석대상 건물인 삼호물산 건물에서 에코샤프트는 엘리베이터 홀 부분에 설치하는 것으로 계획하였으며, 환기성능에 직접적인 영향은 엘리베이터 홀과 복도 부분에 영향을 미치므로 이 부분만을 대상으로 에코샤프트 설치 유무에 따른 필요 환기량을 송풍기를 설치하여 기계환기를 운전하는 것으로 분석하였다.

복도에 인접한 각 사무공간도 에코샤프트의 설치에 따라 문틈과 출입 등을 통해 환기에 영향을 미치게 되나, 그 영향정도가 적으며 외측창의 개폐여부 문의 기밀도와 출입 빈도 등 조건의 설정이 어려우며, 실제 Simulation 결과로도 그 영향이 극히 미비하여 엘리베이터 홀과 복도 부분만으로 대상 범위를 한정하며, 실제로는 에코샤프트의 설치에 따라 에너지소비량 절감을 다소 증가될 것으로 예측할 수 있다.

나. 분석 기간

에코샤프트 설치 시 연간 자연환기 성능이 크게 향상되는 것으로 분석되었으나, 단순 환기만이 아닌 냉난방 부하에 대한 고려가 필요하다.

동계 난방기간(11월~3월)의 경우 외기온도는 상시 실내 유지목표 온도(사무공간 20℃ / 복도 18℃) 보다 낮아 외기의 유입이 난방부하를 증가시키며 이를 위한 에너지소비량의 증대는 환기에너지 절감량을 크게 상회하므로 최대한 외기유입을 방지하여야 한다.

하계 냉방기간(6월~8월)의 경우 외기온도는 앞의 냉난방 에너지 소비량분석의 분석조건에서 정리한 표 10에서와 같이 실내 유지목표 온도(사무공간 26℃ / 복도 28℃) 내외로 나타난다. 단 이는 하루 24시간의 평균온도로 건물을 이용하는 낮 동안에는 이보다 높은 온도를 유지하게 된다. 따라서 본 분석에서는 평균 최고온도가 복도 공간의 목표온도인 28℃ 보다 높은 7,8월의 경우에는 외기 유입이 냉방부하 증대를 가져올 것으로 보아 이 기간을 제외한 나머지 기간은 자연환기를 실시하는 것으로 분석하기로 한다.

이에 따라 에코샤프트 설치에 따른 자연환기의 운전은 4월~6월, 9월~10월로 연중 5개월로 한다.

다. 운전시간

환기의 운전은 실제 건물의 이용시간을 고려하여, 1일 10시간, 월 22일을 기준으로 분석한다.

라. 필요 환기량 기준

필요 환기량은 앞서 다. 환기 및 공조부하 영향의 환기성능검토에서 적용한 ASHRAE Standards 62.1을 기준으로 한다.

다음의 표 99은 본 분석 대상인 삼호물산 건물의 각 층별 로비 및 복도면적과 필요환기량 기준과 함께 에코샤프트 설치에 따른 자연환기 도입 가능여부를 정리한 것이다. 표에서 보면 2~7층은 에코샤프트를 설치하여도 자연환기가 불가한 것

으로 되어 있는데 이는 삼호물산 2~7층의 엘리베이터 홀 및 복도는 외기와 전혀 면해 있지 않아 에코샤프트를 설치하여도 외기의 유입이 불가한 층으로 유입풍도의 설치나 기계환기가 필요한 부분이다.

표 106. 각 층별 면적 및 필요 환기량 / 자연환기 가능여부

층	면적 (로비/복도)	필요 환기량 (LPS)	자연환기 가능여부	
			에코샤프트 미설치	에코샤프트 설치
8F~20F	143(합 1,859)	42.9(합 557.7)	X	O
7F	81	24.3	X	X
6F	142	42.6	X	X
5F	142	42.6	X	X
4F	122	36.6	X	X
3F	122	36.6	X	X
2F	142	42.6	X	X
1F	174	52.5	X	O
합	2,784	835.5		

마. 기계환기 송풍기 선정

엘리베이터 홀과 복도 부분의 기계환기를 위한 송풍기 동력을 선정하였다. 송풍기는 동계 전체 기계환기 운전을 고려하여 필요 환기량은 835.5Lit/s(3,007.8㎥/h)으로 산정하였으며, 정압은 그릴 및 덕트 등의 설치를 가정하여 산정하였다. 산정결과 총 정압은 25.5mmAq로 계산되었다.

송풍기 동력계산을 위한 송풍기의 종류는 풍량과 용도, 송풍기의 설치위치(옥상) 등을 고려 기계설비 설계사무소에서 일반적으로 적용하는 양흡입 시로코팬을 선정하였으며, 효율은 45.0%로 가정하였다.

에코샤프트의 도입 여부에 따른 송풍기 동력 산정을 위해 에코샤프트를 이용한 자연환기 도입시 송풍기 운전동력은 상기 계산된 송풍기에 대해 같은 동력으로 풍량 비율만큼 축소하여 운전하는 것으로 변경하여 산정하였다.

이는 실제 운전시 풍량 변화에 대응하기 위해서는 인버터를 설치하여 변풍량 운전을 하거나 송풍기를 병렬로 설치하는 방법도 있으나 이는 일반적인 적용방법이 아니고, 계절별로 환기량 변경을 고려 환기용 팬의 운전시간을 타이머에 의해 조정하는 것이 초기투자비를 절감하는 효율적 운전 방법이 된다.

송풍기동력(kW)=$\frac{Q \times P_t}{6,120 \times {}^{n}} = \frac{50.1 \times 25.5}{6,120 \times 0.45} = 0.464kW$

여기서 Q : 환기량 (㎥/min : CMM)

Pt : 정압(mmAq)

η : 송풍기효율

바. 환기용 운전비용 산정 기준(전력요금)

에코샤프트 도입여부에 따른 기계환기 운전을 위한 송풍기 운전비용은 산정을 위한 전기요금은 앞의 냉난방 운전비용 산정의 전기요금 기준 중 봄, 가을철 기준으로 하며, 1일 운전은 08:00~18:00 까지 10시간 운전하는 것으로 고려하여 각각의 시간대별 운전요금을 적용하며, 좀더 정확한 분석을 위해 시간대별 운전요금을 적용하여 산정한다.

2. 연간 환기용 에너지 소비량 및 운전비용 산정

에코샤프트 설치 유무에 따른 중간기 환기용 팬의 운전동력과 전력요금 계산 결과는 다음의 표 100과 같다.

표에서와 같이 에코샤프트를 설치하지 않은 경우 중간기 엘리베이터 홀과 복도의 최소기준의 환기를 위해서는 510.6kWh/년의 전력이 소비되는 반면 에코샤프트를 설치하여 자연환기를 도입한 경우에는 137.7kWh/년의 전력이 소비되 372.9kWh/년의 전력량이 절감되며, 이를 전기비용을 환산하는 경우 연간 39,469.0원 절감되는 것으로 분석되었다.

전력량이나 전기요금만을 분석하였을 경우에는 그 절대량이 크지 않으나, 에코샤프트의 도입에 따라 중간기 환기를 위한 전력량이 73.0%나 절감되는 것으로 나타나 건물의 규모가 크거나 층수가 높아 에코샤프트를 이용하여 자연환기를 적용할 수 있는 공간의 규모가 커질 경우에는 에너지소비 절감량 및 운전비 절감액은 매우 커질 수 있음을 알 수 있다.

표 107. 에코샤프트 설치 유무에 따른 환기용 운전동력 및 전력요금 산정 결과

월	운전일수 (일)	송풍기 운전동력 (kWh)		전력 요금 (원)	
		에코샤프트 설치	에코샤프트 미설치	에코샤프트 설치	에코샤프트 미설치
4	22	102.1	27.5	10,808.4	2,914.6
5	22	102.1	27.5	10,808.4	2,914.6
6	22	102.1	27.5	10,808.4	2,914.6
9	22	102.1	27.5	10,808.4	2,914.6
10	22	102.1	27.5	10,808.4	2,914.6
합	88	510.6	137.7	54,041.8	14,572.9
차이	-	기준	-372.9	기준	39,469.0

(다) 에코샤프트 설치에 따른 기계설비 분야 경제성 분석

에코샤프트의 설치 유무에 따른 냉난방 부하량 변화에 따른 운전비용과 중간기 자연환기 도입에 따른 환기용 운전비용을 종합 정리하면 다음의 표 101과 같으며, 그 결과를 분석하면 다음과 같다.

i. 에코샤프트를 설치하여 중간기 자연화기를 도입할 경우 환기용 운전비용의 비율은 에코샤프트 미설치에 비해 27.0%로 크게 줄어들기는 하나, 환기용 운전비용 자체가 크지 않아 절감 금액은 미비하다. 단 이는 본 연구에서 검토한 분석대상이 엘리베이터 홀과 복도부분만으로 대상 공간이 매우 적은 이유로, 앞선 분석결과 에코샤프트 설치시 자연환기량이 충분히 확보되므로 인접 사무공간까지 연계하여 자연환기를 도입할 경우 그 효과는 증대될 것으로 예상된다.

ii. 에코샤프트를 설치할 경우 난방부하 변화에 따른 운전비용은 미설치에 비해 99.4%로 다소 낮아지기는 하였으나, 그 차이가 매우 적어 실질적인 난방 운전비용 절감효과가 있다고 보기는 어렵다. 이는 에코샤프트를 설치할 경우 일사 유입에 따른 열획득의 효과가 있으나, 유리창을 통한 열손실이 발생하여 그 효과가 서로 상쇄되기 때문으로 본다. 에코샤프트를 설치할 경우 난방용 운전비용 절감을 위해서는 단열성능이 우수한 유리창의 선정 등이 필요할 것으로 본다.

iii. 에코샤프트를 설치할 경우 냉방부하는 에코샤프트 옥상 부분 개구부만을 개방할 경우에는 미설치에 비해 운전비용이 95.6%로 다소 절감되는 것으로 나타나, 하계 냉방시 옥상 상부의 에코샤프트 개방만으로도 냉방부하 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

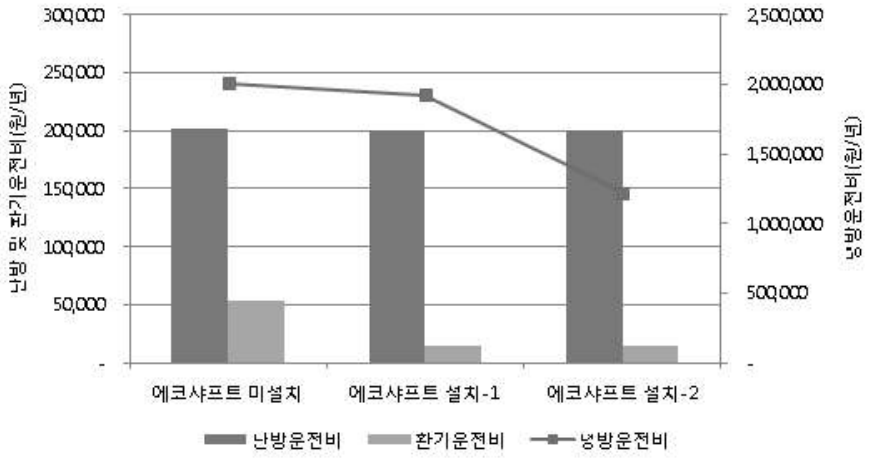
iv. 특히 하계 냉방시 외기온도가 실내 설정온도 보다 낮은 경우에는 건물내 에코샤프트의 개구부를 모두 개방하는 경우에는 냉방비용이 미설치에 비해 60.9%로 크게 낮아져 운전비용 절감효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 냉방기간 중에도 실제 외기온도가 높게 나타나는 시간이 많지 않아 외기도입에 의한 냉방효과가 매우 큼을 알 수 있다. 단 이 경우 자동제어의 추가설치 비용이 발생하게 되므로, 일기예보 등에 따른 예측 외기온도에 따른 에코샤프트 개구부의 작동 매뉴얼의 작성 등으로 보다 효과적인 운전이 가능하다고 본다.

v. 종합적으로 에코샤프트를 설치할 경우 냉난방 및 환기 운전비용 절감됨을 알 수 있었으며, 특히 하계 냉방시 외기온도에 따라 에코샤프트 개구부를 개폐할 경우 냉방 운전비용이 크게 절감되는 것으로 나타났다.

표 108. 에코샤프트 설치 여부에 따른 연간 운전비용 종합 분석 결과

구분		에코샤프트 미설치	에코샤프트 설치-1 (냉방시 옥상 개구부만 개방)	에코샤프트설치-2 (냉방시 외기온도에 따라 전체 개구부 개방)
운전비	난방운전비	201,092	199,976	199,976
	냉방운전비	2,007,944	1,920,585	1,222,327
	환기운전비	54,042	14,573	14,573
	합계	2,263,078	2,135,134	1,436,877
차액 (원/년)	난방운전비	기준	-1,116	-1,116
	냉방운전비	기준	-87,359	-785,616
	환기운전비	기준	-39,469	-39,469
	합계	기준	-127,944	-826,201
비율	난방운전비	기준	99.4%	99.4%
	냉방운전비	기준	95.6%	60.9%
	환기운전비	기준	27.0%	27.0%
	합계	기준	94.3%	63.5%

그림 121. 에코샤프트 설치여부에 따른 연간 운전비용 종합 비교



(라) 에코샤프트 설치에 따른 거주성 향상

i. 환기측면에서 거주성 향상

기존건물에 에코샤프트의 설치에 따른 자연환기량을 분석하여 에코샤프트가 자연환기로 건물의 실내환경개선에 미치는 영향을 검토하였으며, 각 대안에 따른 환기횟수 비교는 아래 표1과 같다.

에코샤프트 미설치 대안은 기류해석결과 유입된 풍량이 건물 내부까지 들어오지 못해 전혀 환기가 되지 않는 것으로 나타나 실내공기의 정체로 실내공기질이 우려되었으며, 반면에 에코샤프트 설치대안에서는 환기성능이 크게 향상되어 최소외기량을 초과하는 충분한 환기량

을 제공하는 것으로 나타났다. 기류해석결과도 외기가 유입되는 모든 층에서 건물 내부까지 기류가 유입되는 것으로 나타나 환기가 원활히 되는 것을 확인했다. 또한, 복도에 개구부가 없는 2~7층 복도 타입을 위해 환기 유입구를 설치하였을 경우 전 층에서 모두 환기가 원활하게 되는 것으로 확인하였고 에코샤프트의 설치만으로도 충분한 환기량을 확보하여 실내거주환경이 크게 개선되는 것으로 확인하였다.

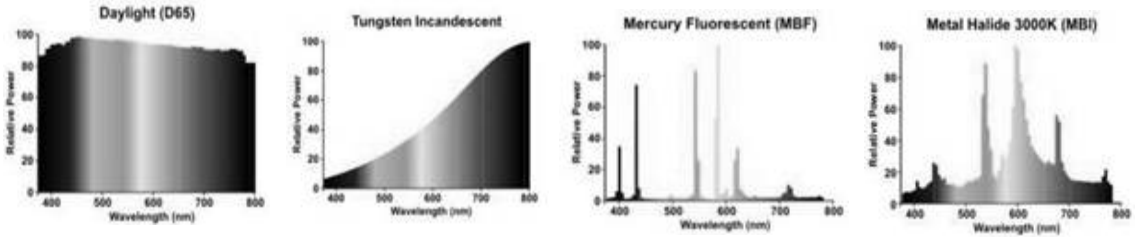
ii. 에코샤프트를 통한 자연환기의 이점

고층건물에 흔히 적용하는 기계환기방식은 일정한 환기량을 제공한다는 장점이 있으나. 초기투자비의 증가, 유지관리비용 및 에너지사용이 불가피하다는 단점이 있다. 반면 에코샤프트는 바람이 전혀 불지 않을 때에도 자연환기효과가 있는 것으로 검토되어 추가 에너지 사용 없이 그 설치만으로도 양질의 자연환기를 충분히 확보할 수 있다는 점과, 추가적으로 여름철 외기도입으로 추가적인 냉방에너지 절약효과가 있다는 것에 큰 의미가 있다고 볼 수 있다.

iii. 에코샤프트는 실내공간의 거주환경에 대한 물리적 개선뿐만 아니라 정성적 측면에서의 친환경성을 제고하기 위한 친환경 건축기술이다. 삼호물산 건물의 경우 에코샤프트의 태양광조명장치를 통하여 엘리베이터홀의 연평균 조도가 195lux로 나타났으며, 엘리베이터홀의 KS 기준조도(100lux)를 만족시키는 조건으로 전기조명을 57.5% 대체하는 효과가 있는 것으로 확인되었다.

비록, 연간 절감되는 조명에너지비용은 89만원으로 에너지 경제성 면에서는 효율성이 높게 나타나지는 않았지만 인공조명을 대체하는 환경적 측면에서는 에너지 비용 이상의 경제적 가치가 있는 것으로 판단된다.

자연광의 장점은 무엇보다 100만년 이상 인간의 눈이 적응해온 가장 우수한 광원으로 평가되고 있으며, 조명빛에 포함된 파장분포가 풍부하여 색채 인식(연색성, CRI)이 우수하며 눈의 피로감이 없는 장점이 있다.



[광원별 가시광선의 파장분포 비교-1.자연광, 2.백열등, 3.형광등, 4.메탈할라이드등]

그밖에 여러 연구문헌을 통하여 자연광 조건의 조명환경이 인공조명에 견주어 다음과 같은 장점이 있음을 확인할 수 있다.

1. 자연채광이 충분히 유입되는 학교 교실에서의 학업성취도가 높게 나타남- 연산력 20%, 독해력 26%
   (1999, Pacific Gas and Electric company, Daylighting in Schools)
2. 산업현장에서는 생산성이 최대 28% 향상되고 결근율 40% 감소
   (2002, National Renewable Energy Lab., A literature review of the effects of natural light on building occupants)
   (Bartenbach light Lab., Daylight Effects-technical report, http://www.bartenbach.com)
   (2002, Seattle city light report, Sustainable Demand Project)
3. 자연채광이 계획된 상점에서는 평균 40% 판매율 높음
   (1999, Pacific Gas and Electric company, Skylighting and Retail Sales)
4. 병실의 자연채광 유무에 따라 환자들의 입원일수 19.8% 감소
   (2005, 김형섭, 병실의 자연광 환경에 따른 환자들의 입원기간 비교, 생태환경건축학회)
5. 자연채광 조건에서 식물의 광합성량 48.5% 증가
   (2007, 이주윤, 자연광과 형광
   등이 실내식물의 광합성량 및 엽록소합량에 미치는 영향, 한국친환경설비학회)

이와 같은 연구결과는 자연채광 환경이 인간의 정신적, 육체적으로 직접적인 영향을 미치게 되는 점을 설명하고 있으며, 이러한 측면에서 에코샤프트의 자연채광 효과가 전기조명의 사용량을 대체하는 에너지 절감과 같이 1차원적인 경제성 분석만으로 평가하기에는 부족한 점이 많다는 것을 확인할 수 있다.

(4)비용관련 종합결론

이상 확인한 총공사비 대비 에코샤프트를 이용한 자연채광과 환기 효과를 살펴보면 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

-총 투입비:
   개축의 경우(삼호물산A동): 354,591,050원(철거와 변경 및 핼리오스탯 장비 일체)
   신축의 경우(전남전문건설회관): 168,367,849원(핼리오스탯과 반사경 설치비)

-운영경비 절약분:

· 자연채광분야: 삼호물산의 지하5층~지상20층까지 전등용 전력소비량 절약분임.

조명기구	소비전력	요금/시간	요금	등수량	층수	시간	총전기요금
FL-1/28W	0.028/IKW	110원	3.08원	1	25	4시간 X 360일	110,880원/년
EL-1/20W	0.02/1KW	110원	2.2원	4	25	4시간 X 360일	316,800원/년

1년 단위 427,680원이 절약되는 것으로 확인함.

· 냉난방 분야: 냉난방부하의 절약분은 다음과 같다.
난방분야는 거의 절약되지 않는 것으로 확인하였고, 냉방부하는 설정온도 이하로 외기 온도가 유지 될 경우, 외기를 도입하는 방식으로 785,616원/년이 절감되는 것으로 확인하였다.

· 환기 분야: 중간기(4~10월)에 외기도입에 따라 내부 환기 부하 절감량은 39,469원/년으로 파악하였다.

· 따라서 총 운영비 절약분은 1,252,765원/년이 절약되는 것으로 판단하였다.

-경비관련 결론은 에코샤프트를 이용하여 아직 경비가 상당히 발생하는 것으로 확인하였으나, 패시브(PASSIVE)아이템으로 정량적 경비를 산출하였다. 개축보다는 신축에 더 적합한 것으로 확인하였고, 신축의 경우 경비 대부분이 핼리오스탯(독일수입산)의 구매에 비용이 들어가고 있어 향우 이 장비의 국산화와 저가공급에 따라 경제성은 크게 영향 받을 것으로 판단한다. 현재 독일산 핼리오스탯은 약 8,000만원 가량으로 국산과 비교하였을 때 약 3배 정도 높은 가격대를 형성하고 있는 형편이다. 하지만, 아직 국산은 그 내구성과 유지관리 측면에서 수입산 제품의 성능을 못 따라가고 있는 형편이다.

-본 연구에 포함하진 못했으나, 추가적인 효과로 금년처럼 전기난이 심각한 관공서의 경우, 냉방을 하지 않아 엄청난 능률저하를 갖고 왔는데, 본 아이템이 설치된다면, 냉방을 하지 않는 경우에도, 내부에 기류의 흐름을 만들 수 있어 상대적으로 훨씬 쾌적한 환경을 만드는데 이바지 하게 될 것이다. 또 한 가지는 소위 '나이트 퍼지(Night Purge)성능을 객관적으로 판단하면 본 에코샤프트의 경제성과 성능은 더욱 부가될 것이다. 하지만, 본 연구의

대상이었던 삼호물산은 각 실을 임대하는 방식의 건물로 나이트퍼지를 이루기 위한 설비를 추가로 설치하여야 하게 되어, 본 연구에서는 생략하기로 하였다.

5. 결론 및 과제

가. 연구결과의 활용 방안

본 연구는 시스템에 관한 연구로서 'Design Build"방식에 의한 설계, 시공일괄 도급으로 원스톱 서비스가 가능하다. 특히 관련 부품들이 모두 시장에서 확보 가능한 제품들로 서비스관련 업체구성만 마치면 사업화가 가능한 현실성 높은 제안이라고 할 수 있다.

신축건물의 경우는 층수와 면적을 고려하여 기획시 본 샤프트 시스템을 이용할 것을 공공건축에서 지정하고, 민간분야에서는 권장이 바람직하며, 개축의 경우에는 공공건축물 중에서 시범적용을 하여, 건축성능이 개선되고 에너지가 절감되는 내용을 구현할 수 있겠다. 본 연구를 통해 그 가능성을 확인하는 계기가 되기를 바라며, 건축서비스산업의 신사업분야가 추가되고 리노베이션 시장에도 면적을 키우는 위주의 사업에서 성능을 개선하는 사업으로 발전 하는 등 건축산업 전반에 긍정적인 효과가 미칠 수 있겠다.

나. 기대효과

(1) 기술적 측면

본 연구에 의해 건축서비스산업이 건축물의 성능에 실질적으로 기여하는 역할을 하게 되어, 그 중요성이 더욱 부각될 것이며, 향후 관련된 후속 사업들이 건축서비스 산업을 통해 진행할 것으로 기대한다.

해외의 기술이전 기피 등으로 친환경 분야에서 오래된 기술만 사용할 수 있었던 국내 현실을 볼 때 본 연구는 내수 기반을 확보하고 나아가 친환경 기술 선진국에 기술을 수출할 수 있는 바탕을 이룰 수 있을 것으로 평가한다.

본 연구를 통해 건축설계와 건축물의 성능이 일체화 되는 것을 검증하였고, 이를 통해 국내외 건축설계가 보다 실질적이고 기능적인 방향으로 진보하여 건설, 엔지니어링은 물론 과학기술분야가 연구에 의한 창의성이 건축에 참여할 수 있는 계기가 마련될 것이다.

(2) 산업 측면

국제적인 친환경 건축물의 도입 열풍과 맞물려 신축과 개축 등 전분야에서 동시에 사용할 수 있는 본 연구는 그간 공공건축이 모범을 보이지 못했던 친환경 분야에 구체적인 모범 사례로 나설 수 있게 됨에 따라 중앙정부와 지방정부 모두에 큰 기여를 하게 될 것이다. 건물의 규모에 따라 다르지만, 공공건축물에 평균 1~3개의 샤프트를 전국적으로 설치할 경우, 공공시설물의 가치를 높임은 물론 산업 전반에 미치는 시너지효과는 상상 이상이 될 수 있다. 에코샤프트를 통한 직접적인 에너지 저소비는 물론, 저탄소 소비 환경 및 간접적인 에너지 절약에 이르는 사회순편익 실현이 가능해 진다.

본 연구의 결과는 이미 건축서비스산업에서 충분히 그 개발을 가능하도록 지식이 보편화되어 있으므로 별도의 전문 인력 양성이 필요하지 않고, 오히려 기존의 전문인력에게 새로운 가능성을 열어주어 후속 개발품들이 나올 수 있는 가능성을 열어주게 된다. 소위 콘텐츠와 하드웨어가 결합된 상품으로 발전하여 국가 경쟁력과 산업 발전을 동시에 도모할 수 있을 것이다.

(3) 후속연구개발의 전망

본 연구를 통해 그간 건축설계에만 중심이 되었던 건축서비스산업이 새로운 발전 방향을 맞이했다고 할 수 있다. 본 연구의 성공은 바로 건축서비스산업에서 후속 연구 아이템들이 개발됨을 의미한다. 또한 건축서비스산업이 건설과 엔지니어링 산업을 주도하여 개발하는 첫 번째 아이템이 되어 컨텐츠가 이끄는 하드웨어의 개발방식에 박차를 가하게 될 것이다.

최근 국토해양부가 추진하고 있는 녹색건축물조성지원법이 결론을 맺게 되면, 본 연구는 그 가치가 더욱 부각될 것이다. 본 연구에 따라서 소방관련 법, 제도를 검토하고 그 성능기준에 대한 내용도 상호 협의가 되어야 할 것으로 판단한다.

본 연구 결과를 위해서 전술한 녹색건축물조성지원법이 매우 큰 역할을 하게 될 것이며, 이미 공공건축물이 사용하여야 하는 신재생에너지 등도 중요한 배경이 된다. 무엇보다 국제적 탄소배출 저감을 위한 협약을 대중들이 알고 있기 때문에 본 연구를 설득하는데 충분한 배경이 될 것이다. 여기에 본 연구의 결과로 도출되는 실질적 비용절감 부분과 성능향상 부분이 감안된다면 누구나 쉽게 이해할 수 있을 것으로 기대한다.

이를 위해 보다 다양한 건축물에 도입될 수 있는 후속 연구가 필요한데, 이는 현재 개발된 시스템의 실행을 통해 보다 작고 효과적이 부분, 같은 규모에 효율을 높이는 방안, 대규모의 고성능을 확보하는 방안 등으로 나누어 개발되어야 할 것이다.

제4절 에코샤프트의 기능 확장

1. 소형 풍력 발전

가. 연구의 배경 및 목적

에코샤프트의 활용 효용성을 높이기 위한 방안 중의 하나로 에코샤프트 내부에서 흐르는상승기류를 이용한 소형 풍력발전의 적용가능성에 대해 검토하였다.

나. 소형 풍력발전 개요

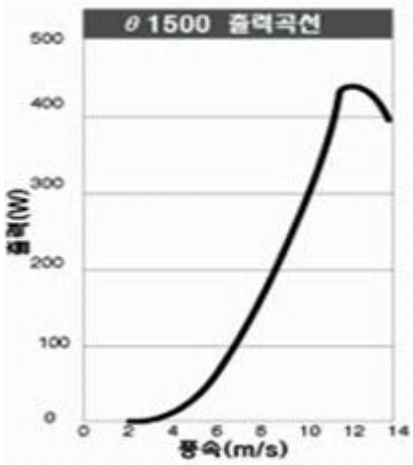
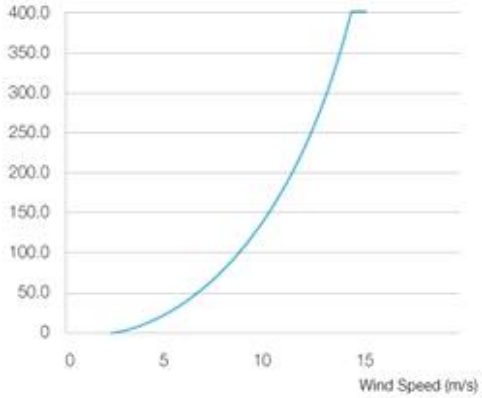
풍력에너지는 무공해, 무한정의 바람을 이용하는 청정에너지로서 유럽 미국 등의 선진국을 중심으로 전력을 생산하는 발전에너지로 널리 이용되고 있으며, 최근에는 기기성능의 향상으로 도심건축물이나 가로등에 적용 가능한 소형 풍력발전 시스템의 사용이 점차 증가하고 있다.

다. 소형 풍력 발전기의 종류

에코샤프트 내부에 풍력발전기 적용을 위해, 국내에 사용되고 있는 건물에 적용가능한 저소음 소형 풍력발전기의 종류는 아래 표 1과 같다. 주로 가로등이나 건물 옥상등에 적용되며, 전력생산을 위해서는 최소 2m/s 이상의 풍속이 유지되어야 하는 것으로 조사되었으며, 가장 소형의 발전기(다리우스형)의 지름이 1.06m로 샤프트 내부에 적용을 위해서는 풍력발전기의 크기를 고려한 에코샤프트의 계획이 필요할 것으로 판단된다.

표 109. 건물에 적용 가능한 소형 풍력발전기 종류

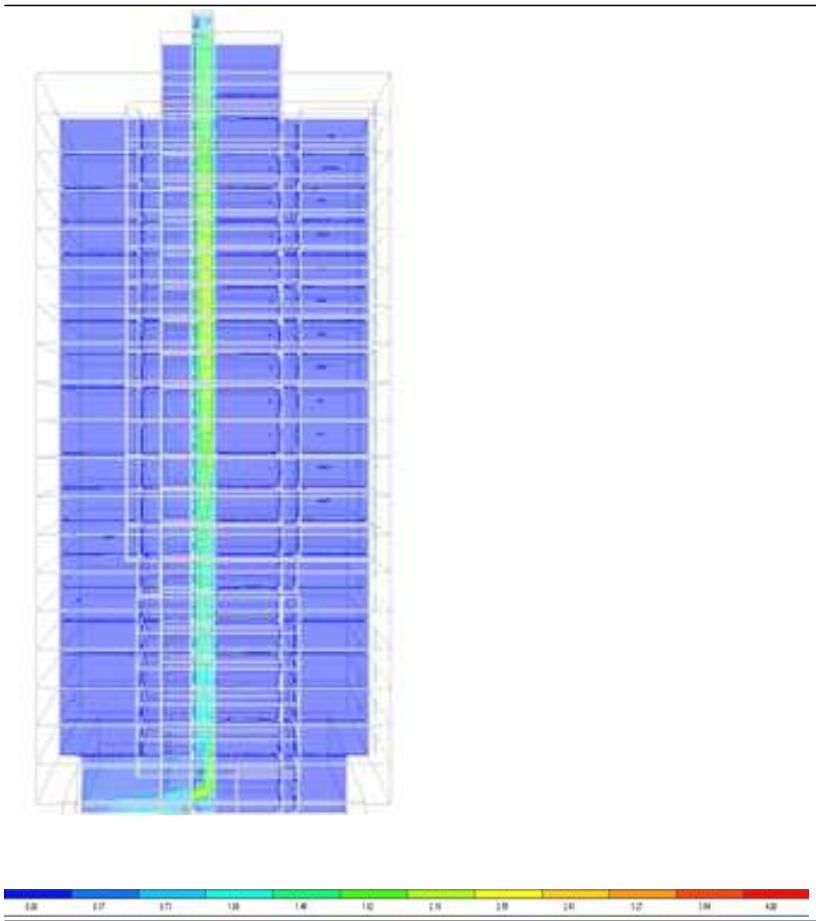
타입	루프윙형	다리우스형
이미지		
기동방식	자기기동	자기기동
특징	저속회전기술. 와류가 발생하지 않는 형태로 구조적으로 소음이 발생하지 않음	맞바람. 대류풍. 와류등 모든 360도 풍향을 에너지로 전환가능 바람 정지 후에도 수래 시간 회전하여 2차 바람시 원래의 에너지효율로 돌아가는 시간 짧음
로터지름	1.5m	1.06m
시동풍속	2m/s 이상	2m/s이상
전력생산	4m/s : 261kWh/년 6m/s : 794kWh/년 8m/s : 1,316kWh/년	8m/s : 778kWh/년

기기비	2,310만원/설치비별도	1,100만원
소음레벨	낮음	낮음 (10dB 이하)
출력곡선		

라. 소형 풍력 발전기의 적용가능성 검토

에코샤프트 내 소형풍력발전기의 적용가능성을 검토하기 위해 위 “3장 4절 대상 건축물의 적용”의 환기성능 검토시 기류해석 결과를 통해 샤프트내부의 속도분포를 도출하였으며 결과는 아래 표 103과 같다. 샤프트 내 속도는 가장 많은 외기가 유입되는 1층과, 상층부인 12층~17층에서 1.82m/s로 가장 높았으며, 나머지 층은 0.7~1.5m/s의 분포를 보여 샤프트 내부의 기류속도는 소형풍력발전의 시동풍속에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

표 110. 에코샤프트 내 기류속도 분포



층	샤프트 내 속도 (m/s)
1F	1.82
2F	0.73
3F	0.73
4F	0.73
5F	0.73
6F	0.73
7F	1.09
8F	1.09
9F	1.46
10F	1.46
11F	1.46
12F	1.82
13F	1.82
14F	1.82
15F	1.82
16F	1.82
17F	1.82
18F	1.46
19F	1.46
20F	1.46

기류해석 시뮬레이션의 설정 풍속이 풍속이 가장 높은 시간대로부터 하위 10% 시간대의 평균풍속인 0.3m/s을 기준으로 한 것이며, 풍속이 높은 조건에서는 건물로 유입되는 풍량이 더욱 커져 샤프트 내 기류속도가 2m/s 이상일 수도 있으나, 외기유입이 그만큼 증가하면 건물 내 높은 기류속도로 사용자의 쾌적성이 떨어지며, 과도한 환기 시 오히려 에너지 손실이 이루어질 수 있다.

마. 결론

에코샤프트의 활용 효용성을 높이기 위해 에코샤프트 내부에서 흐르는 상승기류를 이용한 소형 풍력발전의 적용가능성에 대해 검토한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

국내에 사용되고 있는 건물에 적용 가능한 저소음 소형 풍력발전기를 조사하였으며, 주로 가로등이나 건물 옥상 등에 적용되었다. 전력생산을 위해서는 최소 2m/s 이상의 풍속이 유지되어야 하는 것으로 조사되었으며, 풍력발전기 로터 지름

이 최소 1.06m로 샤프트 내부에 적용을 위해서는 풍력발전기의 크기를 고려한 에코샤프트의 계획이 필요하며, 이로 인한 샤프트 면적 증가가 예상된다

위 “3장 4절 대상 건축물의 적용”의 환기성능 검토시 기류해석 결과를 통해 샤프트내부의 속도분포를 도출하였으며 샤프트 내 속도는 가장 많은 외기가 유입되는 1층과, 상층부인 12층~17층에서 1.82m/s로 가장 높게 나타나 샤프트 내 풍속이 소형풍력발전의 시동풍속에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 기류해석 시뮬레이션의 설정 풍속이 0.3m/s을 기준으로 한 것이며, 풍속이 높은 조건에서는 건물로 유입되는 풍량이 더욱 커져 샤프트 내 기류속도가 2m/s 이상일 수도 있으나, 외기유입이 그만큼 증가하면 건물 내 높은 기류속도로 사용자의 쾌적성이 떨어지며, 과도한 환기 시 오히려 에너지 손실이 이루어질 수 있다.

따라서, 샤프트 내 소형풍력발전 적용은 샤프트 내 풍속이 시동풍속에 미치지 못하여 전기생산 가능성이 없을 뿐 아니라 발전기 로터 지름이 건물 내 적용하기 위해서는 더 넓은 샤프트 면적이 요구되므로 샤프트 내 소형풍력발전기의 적용은 타당하지 않은 것으로 판단된다.

2. 자동제어 방안

가. 에코샤프트 개구부 개폐 제어 개념

(1) 에코샤프트 개구부 개폐 제어 검토 개요

에코샤프트는 기본적으로 건물내 자연채광의 적극적 도입이 목적이나, 굴뚝효과에 의한 자연환기 성능이 증대되며 이에 따라 환기와 함께 실내 온도조절의 기능을 갖게 된다.

자연환기에 의한 외기도입은 실내 설정온도와 외기온도에 따라 냉난방 부하에 증대 혹은 감소를 가져오게 되므로 냉난방 부하의 절감과 이에 따른 냉난방 운전비용의 절감을 위해서는 에코샤프트 개구부 개폐의 제어가 필요하다. 개구부의 개폐는 자동제어 혹은 수동제어가 가능하며, 자동제어를 할 경우 보다 효과적인 운전비용 절감과 관리의 편의성이 있으나, 초기투자비가 증대되는 제한을 갖게 된다. 이에 비해 수동제어는 초기투자비용은 추가되지 않으나 온도조건에 따라 일일이 에코샤프트의 개폐를 한다는 것이 실제적으로 불가하여 가장 합리적인 개구부 개폐제어 기준 매뉴얼을 작성하여 이에 따라 운전할 필요가 있다.

또한 에코샤프트의 설치 위치에 따라 에코샤프트가 직접적으로 영향을 미치는 대상 범위가 달라져 실내 설정 온도가 차이가 나며, 이에 따라 개구부 개폐의 설정 기준이 달라지게 된다. 따라서, 본 절에서는 에코샤프트의 설치 위치와 자동/수동제어 적용 여부 등을 고려하여 에코샤프트 개구부의 개폐 제어 기준을 제시하고자 한다.

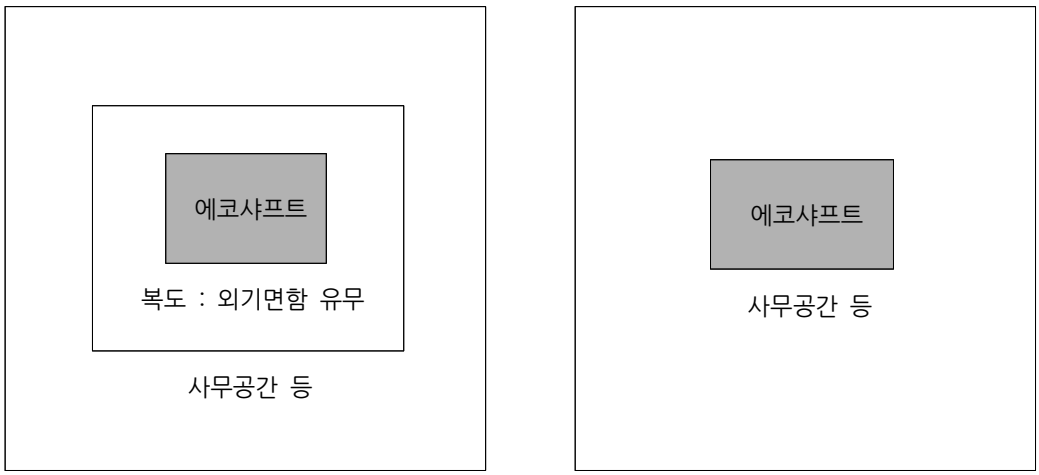
(2) 에코샤프트 개구부 개폐 제어에 영향을 미치는 요소 및 제어 기준

(가) 에코샤프트 설치 위치

에코샤프트는 기본적으로 공용부의 홀이나 복도에 설치하는 것이 일반적이나, 인접 거주 공간(예 : 사무실 내 혹은 백화점 내 등)에 설치할 수도 있다. 이 경우 에코샤프트가 직접적으로 영향을 미치는 대상 공간이 달라지며 따라서 실내 설정온도도 달라지게 된다.

우리나라의 경우 에너지절약을 위해 건물 용도별 실내설정 온도가 아래 표 104와 같이 법적으로 정해져 있으며, 이를 적용하여 일반적으로 실내 설정온도는 동계 20℃, 하계 26℃로 계획하며, 복도와 홀 등의 공간은 상시 거주공간이 아닌 이동공간으로 에너지 절감을 위해 온도조건을 완화시켜 실내 설정온도는 동계 18℃, 하계 28℃로 계획하는 것이 일반적이다.

그림 122. 대상건물의 에코샤프트 적용에 따른 환기성능 평가 절차



이러한 설정 온도는 동계에는 외기온도가 상시 실내 설정온도 보다 낮아 영향을 미치지 않으나, 하계에는 외기온도가 일부 기간을 제외하고는 실내 설정온도 보다 낮게 되어 에코샤프트의 개폐 제어에 큰 영향을 미치게 된다.

또한 에코샤프트의 설치 위치에 따라 직접적으로 영향을 미치는 대상 공간의 면적이 크게 달라지며, 이에 따라 자연환기의 도입량도 큰 차이를 나타낸다. 앞서 에코샤프트의 자연환기의 성능 분석 결과 바람이 전혀 불지 않는 경우에도 충분한 자연환기가 발생되어 에코샤프트가 사무공간 등 내부에 설치시 자연환기의 효과는 더욱 커지게 된다. 단 환기성능은 실제 에코샤프트의 개폐 제어에는 큰 영향을 주지는 않는다.

표 111. 냉난방장치의 용량계산을 위한 실내 온·습도 기준

구 분 / 용 도	난 방	냉 방	
	건구온도(℃)	건구온도(℃)	상대습도(%)
공동주택	20～22	26～28	50～60
학교(교실)	20～22	26～28	50～60
병원(병실)	21～23	26～28	50～60
관람집회시설(객석)	20～22	26～28	50～60
숙박시설(객실)	20～24	26～28	50～60
판매시설	18～21	26～28	50～60
사무소	20～23	26～28	50～60
목욕장	26～29	26～29	50～75
수영장	27～30	27～30	50～70

(나) 자동/수동 제어 여부

에코샤프트 개구부의 개폐는 자동제어 혹은 수동제어가 가능하다. 자동제어를 할 경우 보다 효과적인 운전비용 절감과 관리의 편의성이 있으나, 초기투자비가 증대되는 제한을 갖게 된다. 이에 비해 수동제어는 초기투자비용은 추가되지 않으나 온도조건에 따라 일일이 에코샤프트의 개폐를 한다는 것이 실제적으로 불가하여 가장 합리적인 개구부 개폐제어 기준 매뉴얼을 작성하여 이에 따라 운전할 필요가 있다. 또한 에코샤프트 개구부의 개폐는 실내 설정 온도와 외기온도와의 관계로 결정되며, 실내 설정온도는 계절별로 변화가 없으나, 외기온도는 하루 중에도 편차가 크게 발생하게 된다.

온도제어를 위한 자동제어 시에는 설정온도와 동작간격을 정의할 필요가 있다. 동작간격은 설정온도와의 편차에 따른 제어(개폐/개방) 변화 간격 기준으로, 예를 들어 하계 냉방시 에코샤프트의 개폐를 외기온도가 실내 설정온도(예 26℃)보다 높은 경우에는 닫고, 낮을 경우에는 개방하는 것으로 설정할 경우 동작간격을 2℃로 정할 경우 열려 있던 개구부는 외기온도가 26℃가 아닌 28℃에 폐쇄하며, 다시 26℃가 아닌 24℃에서 개방하는 것을 의미한다. 이 동작간격이 너무 적으면 빈번한 개방-폐쇄가 발생하며, 너무 크게되면 변동 폭이 너무 커서 제어의 효과를 얻지 못할 수 있다.

에코샤프트 개구부의 개폐는 실제적으로는 주로 하계 냉방시에 이루어지게 되며, 하계 냉방시 일간 온도차이는 2012년 6월~9월 평균 7.58℃로 나타났다. 자동제어에 의한 에코샤프트 개구부의 개폐는 최대 1일 2회로 개방 -> 폐쇄 -> 개방정도 이루어지는 것이 적절하다고 보며, 1일 중의 온도변화 패턴상 동작 간격을 0.5℃로 설정하는 것이 적합하다.

수동제어에 의한 에코샤프트 개구부의 개폐는 실제 관리자가 매일 작동한다는 것은 불가하므로 주1회 이내로 작동하는 것이 타당할 것으로 판단되며, 외기온도의 기준은 일반적으로 쉽게 자료를 얻을 수 있는 일기예보상의 최고기온과 최저기

온의 평균온도를 기준으로 하는 것이 적합하다고 본다. 다음의 표는 2012년 기상청 자료를 기준으로 실내설정 온도와 동작간격에 따른 에코샤프트 개구부의 개폐 스케줄을 정리한 것이다. 아래표에서 같이 실내 설정온도가 26℃인 경우는 동작간격을 1.0℃로 할 경우 하계 총 10회의 개폐 작업이 필요하며, 실내 설정온도가 28℃인 경우는 동작간격을 0.5℃로 하여도 하계 총 8회의 개폐 작업이 필요한 것으로 나타났다.

표 112. 실내 설정온도와 동작간격에 따른 하계 에코샤프트 개구부 개폐 동작

실내 설정온도	동작간격	최초 개방 일자 (최고/최저 평균온도)	최후 개방 일자 (최고/최저 평균온도)	개폐 동작 횟수	기타 (해당일)
26℃	0.5℃	6월 19일 (27.2℃)	8월 29일 (25.4℃)	총 15회	6/19, 6/22, 6/23, 6/27, 7/9, 7/10, 7/18, 7/19, 7/21, 8/12, 8/13, 8/15, 8/17, 8/22, 8/29
	1.0℃	6월 19일 (27.2℃)	8월 30일 (21.7℃)	총 10회	6/19, 6/30, 7/9, 7/11, 7/21, 8/15, 8/17, 8/22, 8/26, 8/30
	2.0℃	6월 24일 (28.2℃)	8월 30일 (21.7℃)	총 6회	6/24, 6/30, 7/23, 8/22, 8/26, 8/30
28℃	0.5℃	7월 24일 (28.8℃)	8월 28일 (25.6℃)	총 8회	7/24, 7/30, 7/31, 8/10, 8/18, 8/19, 8/27, 8/27
	1.0℃	7월 28일 (29.2℃)	8월 12일 (25.1℃)	총 2회	7/28, 8/12
	2.0℃	8월 1일 (30.6℃)	8월 12일 (25.1℃)	총 2회	8/1, 8/12

(3) 중간기 외기온도

동계와 하계 냉난방을 실시하지 않을 경우에도 건물내 거주자를 위한 신선외기의 도입이 필요하게 된다. 이 경우 에코샤프트의 굴뚝효과를 이용한 자연환기의 도입은 환기를 위한 에너지 절감에 도움이 된다. 그러나 앞서 에코샤프트의 환기성능을 분석한 결과 에코샤프트에 의한 자연 환기량은 일반적으로 필요로 하는 최소외기 도입량보다 매우 많으며, 이에 따라 난방운전을 중단 혹은 개시하기 전인 4월이나 10월의 경우 외기온도가 일정온도 이하에서는 자연환기의 도입효과 보다는 오히려 차가운 외기도입에 따른 불쾌감을 가져올 수 있다. 따라서 중간기 냉난

방 운전 정지 기간이라도 외기온도가 일정온도 이하에서는 에코샤프트의 개구부 개방에 의한 외기도입을 제한하는 것이 바람직하게 된다.

일반적으로 인체에 있어 가장 쾌적한 온도범위인 20~26℃를 고려할 때 외기온도가 15℃ 이하인 경우 외기 도입은 실내 쾌적성을 고려할 때 오히려 불리할 수 있어, 에코샤프트의 개구부를 폐쇄하는 것이 바람직 할 수 있다.

자연환기를 고려한 중간기 에코샤프트의 개구부의 개폐도 역시 앞서 언급한 바와 같이 자동제어와 수동제어가 가능하며, 자동제어시에는 동작간격 0.5℃를 적용하고, 수동제어시에는 동작간격 1.0℃를 적용하는 것이 적합하다고 본다.

참고로 2012년 외기온도 측정결과를 보면 4월9일 최초로 최고/최저 평균온도가 15℃이상(16.55℃) 나타나며 이후 4월 27일 이후에는 상시 15℃ 이상을 나타냈고, 10월 21일 최후로 최고/최저 평균온도가 15℃이하(16.30℃) 나타나며 10월 11일 이전에는 상시 15℃ 이상을 나타내고 있다.

나. 에코샤프트 개구부 개폐 제어 알고리즘

에코샤프트의 설치 여부에 따른 기류해석 및 냉난방 부하 계산 결과 및 경제성 분석 결과 등과 앞절의 에코샤프트 개구부 개폐 제어에 영향을 미치는 요소 및 제어 기준 등을 종합적으로 고려하여 에코샤프트 개구부의 제어 알고리즘(기준)을 다음과 같이 제안한다. 제어 알고리즘은 자동제어와 수동제어에 따라 에코샤프트의 설치 위치 등에 따라 구분하여 제안한다.

(1) 난방기간

동계 난방기간의 경우 외기의 유입은 난방부하 증대에 따른 에너지비용 증대가 커서 자연환기 효과를 상쇄하므로 상시 폐쇄하는 것이 타당하여 아래와 같이 개구부 개폐 기준을 제시한다. 지하층 및 1층과 지붕 돌출부의 개구부는 상시 폐쇄가 적합하며, 중간 층의 에코샤프트 개부부의 개폐는 환경조절 및 에너지 사용에 큰 영향이 없게 된다.

표 113. 난방 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준

에코사프트 형식	에코샤프트 개구부 구분	인접공간 개구부 구분	개폐여부		동작간격/기준		기타
			에코	인접	자동제어	수동제어	
복도연결형-외기면함	지하층	없음	X		-	-	
	1층/로비	출입문/창문	X	X	-	-	
	하부 Zone	창문	△	X	-	-	
	중간 Zone	창문	△	X	-	-	
	상부 Zone	창문	△	X	-	-	

	지붕 돌출부	옥외	X		-	-	
복도연결형 -외기안면함	지하층	없음	X		-	-	
	1층/로비	출입문/창문	X	X	-	-	
	하부 Zone	없음	△		-	-	
	중간 Zone	없음	△		-	-	
	상부 Zone	없음	△		-	-	
	지붕 돌출부	옥외	X		-	-	
사옥공간 연결형	지하층	없음	X		-	-	
	1층/로비	출입문/창문	X	X	-	-	
	하부 Zone	창문	△	X	-	-	
	중간 Zone	창문	△	X	-	-	
	상부 Zone	창문	△	X	-	-	
	지붕 돌출부	옥외	X		-	-	

○ : 개부부 상시 개방, X : 개구부 상시 폐쇄, △ : 환경조절 및 에너지 사용에 영향 없음

(2) 냉방기간

하계 냉방기간의 경우 에코샤프트의 설치여부에 따른 부하계산 및 에너지소비량 분석 결과 외기온도에 따라 외기의 유입이 냉방부하에 영향을 크게 미치며 이는 환기 에너지에 미치는 영향에 비해 매우 큰 것으로 분석 되었다. 따라서 아래와 같이 개구부 개폐 기준을 제시한다.

실내설정 온도와 외기 온도의 차이에 따른 에코샤프트 개구부의 개폐 전환 제어를 위한 동작간격은 자동제어의 경우 0.5℃를 기준으로 하며, 수동제어의 경우는 실내설정 온도 28℃의 경우 2.0℃, 실내설정 온도 26℃의 경우는 1.0℃를 제시한다. 수동제어를 위한 외기온도는 일기예보상의 익일 최고/최저기온의 평균치를 기준으로 한다.

표 114. 냉방 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준

에코샤프트 형식	에코샤프트 개구부 구분	인접공간 개구부 구분	개폐여부		동작간격/기준		기타
			에코	인접	자동제어	수동제어	
복도연결형 -외기면함	지하층	없음	△		-	-	실내 설정온도 28℃
	1층/로비	출입문/창문	제어	제어	0.5℃	2.0℃	
	하부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	2.0℃	
	중간 Zone	창문	△	제어	0.5℃	2.0℃	
	상부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	2.0℃	

	지붕 돌출부	옥외	○		-	-	
복도연결형 -외기안면함	지하층	없음	△		-	-	실내 설정온도 28℃
	1층/로비	출입문/창문	제어	제어	0.5℃	2.0℃	
	하부 Zone	없음	제어		0.5℃	2.0℃	
	중간 Zone	없음	△		-	-	
	상부 Zone	없음	제어		0.5℃	2.0℃	
	지붕 돌출부	옥외	○		-	-	
사용공간 연결형	지하층	없음	△		-	-	실내 설정온도 26℃
	1층/로비	출입문/창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	하부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	중간 Zone	창문	△	제어	0.5℃	1.0℃	
	상부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	지붕 돌출부	옥외	○		-	-	

○ : 개부부 상시 개방, X : 개구부 상시 폐쇄, △ : 환경조절 및 에너지 사용에 영향 없음

제어 : 실내설정온도와 외기온도에 따라 제어

(3) 중간기

냉난방 운전을 하지 않는 중간기의 경우는 에코샤프트의 굴뚝효과를 이용하여 자연환기를 도입하므로 환기를 위한 운전비용을 절감 할 수 있다. 단 앞의 제어기준에서 검토한 것과 같이 4월이나 10월 외기온도가 너무 낮은 경우 외기의 유입은 실내온도를 너무 낮추어 사용자에게 불쾌감을 줄 수 있으므로 외기온도에 따라 에코샤프트의 개구부를 개폐할 필요가 있다. 따라서 아래와 같이 개구부 개폐 기준을 제시한다.

에코샤프트 개폐기준의 외기온도는 15℃를 기준으로 하며 에코샤프트 개구부의 개폐 전환 제어를 위한 동작간격은 자동제어의 경우 0.5℃, 수동제어의 경우는 1.0℃를 제시한다. 수동제어를 위한 외기온도는 일기예보상의 익일 최고/최저기온의 평균치를 기준으로 한다.

에코샤프트가 설치된 엘리베이터 홀이나 복도가 외기에 면하지 않은 부분에 대해서는 강제환기를 실시하되, 타이머 등을 설치하여 필요환기량 만을 공급한다.

표 115. 중간기 기간 중의 에코샤프트 개구부 제어 기준

에코사프트 형식	에코샤프트 개구부 구분	인접공간 개구부 구분	개폐여부		동작간격/기준		기타
			에코	인접	자동제어	수동제어	
복도연결형 -외기면함	지하층	없음	△		-	-	개폐기준 외기온도 15℃
	1층/로비	출입문/창	제어	제어	0.5℃	1.0℃	

		문					
	하부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	중간 Zone	창문	△	제어	0.5℃	1.0℃	
	상부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	지붕 돌출부	옥외	제어		-	-	
복도연결형 -외기안면함	지하층	없음	△		-	-	개폐기준 외기온도 15℃
	1층/로비	출입문/창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	하부 Zone	없음	제어		0.5℃	1.0℃	
	중간 Zone	없음	△		-	-	
	상부 Zone	없음	제어		0.5℃	1.0℃	
	지붕 돌출부	옥외	제어		-	-	
사용공간 연결형	지하층	없음	△		-	-	개폐기준 외기온도 15℃
	1층/로비	출입문/창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	하부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	중간 Zone	창문	△	제어	0.5℃	1.0℃	
	상부 Zone	창문	제어	제어	0.5℃	1.0℃	
	지붕 돌출부	옥외	제어		-	-	

○ : 개부부 상시 개방, X : 개구부 상시 폐쇄, △ : 환경조절 및 에너지 사용에 영향 없음

제어 : 실내설정온도와 외기온도에 따라 제어

(4) 기타

위에서 제시한 에코샤프트 개구부의 제어 알고리즘(기준)은 일반적인 적용 기준을 제사한 것으로 다양한 건축 조건에 대해 일괄적으로 적용하는 데에는 무리가 있다. 따라서 에코샤프트를 설치한 후 다양한 조건에 대한 실제 운영을 통해 제어 기준의 조정 및 변경이 필요하다. 에코샤프트 개구부의 제어를 위한 자동제어 도면 등은 별도 도서에 첨부한다.

3. 제연덕트 겸용 방안

가. 연구 배경 및 목적

에코샤프트의 활용 효용성을 높이기 위한 방안 중의 하나로 에코샤프트를 소방시설 중의 하나인 제연설비의 제연덕트로 활용하는 방안에 대해 분석한다.

나. 제연설비 개념

제연설비는 화재시 건물 내에서 발생한 연기가 유동 또는 확산되지 않도록 제어하는 것을 말하며, 제연의 원리는 연기의 희석(Dilution), 배출(Exhaust), 차단(Confinement) 또는 이의 조합에 의한다.

소방시설 중 소화활동설비 중의 하나로, 제연설비의 설치 목적은 다음과 같다.

- 화재시 발생하는 연기를 제어하여 피난상의 안전 확보 및 연기에 의한 손실 방지
- 소방활동을 위한 시계 확보 및 유독가스 배출
- 공기의 흐름을 조정하여 화재 연소 경로 유도

다. 제연설비 적용 대상

제연설비는 소방시설 중 소화활동설비 중의 하나로 화재시 건물 내에서 발생한 연기가 유동 또는 확산되지 않도록 제어하는 것을 말한다.

제연설비를 설치해야 할 대상 시설의 법적 기준은 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령(시행 2012.5.1.) 제15조(특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설 등) [별표 4] 특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설 등의 종류(제15조 관련)에 정해져 있으며, 본 연구인 에코샤프트를 활용할 수 있는 가능성이 있는 해당시설을 요약하면 다음과 같다.

본 연구인 에코샤프트의 제연덕트 활용의 가능성은, 크게 거실제연의 덕트로 활용하는 방안과, 특별피난계단 또는 비상용승강기의 승강장 전실 제연 덕트로 활용하는 방안을 고려할 수 있으며, 이 중 거실제연의 경우 제연풍량이 매우 크므로 전실제연으로의 활용 가능성이 높다고 본다.

(1) 거실제연 해당시설

- 문화 및 집회시설, 종교시설, 운동시설로서 무대부의 바닥면적이 200제곱미터 이상 또는 문화 및 집회시설 중 영화상영관으로서 수용인원 100명 이상인 것
- 근린생활시설, 판매시설, 운수시설, 숙박시설, 위락시설, 창고시설 중 물류 터미널로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1,000㎡ 이상인 것은 해당 용도로 사용되는 모든 층
- 운수시설 중 시외버스정류장, 철도 및 도시철도시설, 공항시설 및 항만시설의 대 합실 또는 휴게시설로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1,000㎡ 이상인 것

(2) 특별피난계단 또는 비상용승강기의 승강장 전실 제연

- 특정소방대상물(갓복도형아파트는 제외한다)에 부설된 특별피난계단 또는 비상용 승강기의 승강장

표 116. 제연설비 설치관련 법규 조항 및 내용

법규 조항	법규 내용
소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제15조	제15조 (특정소방 대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설등) 법 제9조제1항에 따라 특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 별표 3에 따라 산정된 수용인원(이하 "수용인원"이라 한다) 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설등의 종류는 별표 4와 같다. <개정 2008.2.15>
「별표 4」 특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설 등의 종류(제15조 관련)	소화활동설비 1 제연설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물은 다음 각 목의 어느 하나와 같다 가 무화 및 집회시설, 종교시설, 유동시설로서 무대부의 바닥면적이 200제곱미터 이상 또는 문화 및 집회시설 중 영화상영관으로서 수용인원 100명 이상인 것 나 근린생활시설, 판매시설, 운수시설, 숙박시설, 위락시설, 창고시설 중 물류터미널로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1천제곱미터 이상인 것은 해당 용도로 사용되는 모든 층 다 운수시설 중 시외버스정류장, 철도 및 도시철도시설, 공항시설 및 항만시설의 대합실 또는 휴게시설로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1천제곱미터 이상인 것 라 지하가(터널은 제외한다)로서 연면적 1천제곱미터 이상인 것 마 지하가 중 길이가 500미터 이상으로서 교통량, 경사도 등 터널의 특성을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 위험등급 이상에 해당하는 터널 바 특정소방대상물(갓복도형아파트는 제외한다)에 부설된 특별피난계단 또는 비상용승강기의 승강장

- 특별피난계단 : 11층 이상인 층 또는 지하 3층 이하인 층으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단 특별피난계단으로 설치(예외사항 별도)
- 비상용승강기 : 높이 31미터를 초과하는 건축물 (예외사항 별도)

* 특별피난계단 / 비상용승강기 관련 법규 부록에 첨부

라. 제연설비의 설치 기준 (에코샤프트의 특성 고려 관련사항을 중심으로)

앞 절에서는 제연설비 설치 대상시설의 법적 기준(소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령)에 대해 조사하였다. 다음은 에코샤프트를 제연덕트로 활용가능여부를 분석하기 위해 제연덕트의 법적인 세부 설치기준인 화재안전기준에 대해 분석하였다.

제연설비의 화재안전기준에는 ① 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)과 ② 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)이 있다.

이중 에코샤프트를 제연덕트로 활용하는데 가장 문제가 되는 것은 NFSC 501에서의 배출풍도 및 유입풍도 관련 기준과 NFSC 501A에서의 수직풍도 및 급기풍도와 관련된 법규 조항이다. 두 법규에서 모두 풍도는 내화구조로 하여야 하거나,

아연도금강판 또는 이와 동등 이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 하는 등의 제한을 두고 있어, 채광을 위해 유리를 사용하여야 하는 에코샤프트의 제연덕트 적용에 제약이 되고 있다. 다음은 제연덕트의 풍도 구조와 관련된 법규 조항을 정리한 것이다.

(1) 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)

제9조(배출기 및 배출풍도)

②배출풍도는 다음 각호의 기준에 따라야 한다.

1. 배출풍도는 아연도금강판 또는 이와 동등 이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 하며, 내열성(석면재료를 제외한다)의 단열재로 유효한 단열 처리를 하고, 강판의 두께는 배출풍도의 크기에 따라 다음표에 따른 기준 이상으로 할 것

제10조(유입풍도등)

①유입풍도안의 풍속은 20㎧ 이하로 하고 풍도의 강판두께는 제9조제2항제1호의 기준으로 설치하여야 한다. <개정 2008.12.15>

(2) 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)

제14조(수직풍도에 따른 배출)

수직풍도에 따른 배출은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 수직풍도는 내화구조로 할 것
2. 수직풍도의 내부면은 두께 0.5㎜ 이상의 아연도금강판 또는 동등이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 마감되는 접합부에 대하여는 통기성이 없도록 조치할 것. <개정 2008.12.15>

제18조(급기풍도)

급기풍도(이하 "풍도"라 한다)의 설치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 수직풍도는 제14조제1호 및 제2호의 기준을 준용할 것

마. 에코샤프트의 제연설비 활용 방안

에코샤프트가 제연설비로 활용되기 위해서는 제연설비의 목적 및 기능에 부합해야 하는데, 전술한 제연설비의 목적에 비추어 볼 때 제도적인 문제점이 없는지를 파악하고, 에코샤프트의 일부를 변형하여 적용할 수 있는 기술적인 활용방안을 연구해 보도록 하겠다.

(1) 제도적인 검토 사항

제연설비 관련 법규를 검토한 결과, 에코샤프트를 제연덕트로 활용하기 위해서는 전실 제연과 일반 제연 두 가지 모두 재료의 규정이 가장 큰 문제인 것으로 확인하였다.

일반 제연의 경우 유리 중 아연도금강판 또는 이와 동등 이상의 내식성·내열성 성능 인증[18] 필요 하거나, 단열재로 유요한 단열 처리를 할 수도 있지만 이럴 경우 채광효과가 없기 때문에 에코샤프트에서 이 기준을 만족하기는 어려운 상황이다.

전실제연의 경우는 외부 유리는 내화구조를 만족하면 가능하나, 내부면은 두께 0.5㎜ 이상의 아연도금강판 또는 동등이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 마감하여야 하므로 이 역시 채광효과를 위한 에코샤프트에서는 적용할 수 없는 기준이기에, 두 경우 모두 에코샤프트에서 제연설비 기준을 만족시키는 것은 불가능하다.

(2) 기술적 문제점

현행 법적인 기준 하에서 에코샤프트가 제연기능을 수행하는 것은 불가능 하지만, 기술적으로 제연설비 기능을 하는데 있어 문제점은 없으므로, 평상시 제연기능을 함으로써 화재를 예방하는 차원에서의 기능을 수행하는 데는 문제가 없다고 판단된다. 따라서, 옥상의 에코샤프트 최상단부에 제연팬을 설치하여 적극적인 화재예방도구로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

제5절 에코샤프트 기술 인증

1. 친환경 인증 획득 방안

가. 친환경건축물 인증제도 개요

(1) 친환경건축물 인증제도 정의

‘친환경건축물 인증제도’는 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등, 전(全)과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약과 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변 환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 건축물의 환경성능을 인증하는 제도이다.

국내의 경우 국토해양부와 환경부과 공동으로 주관하여 운영하고 있으며, 2002년부터는 공동주택, 2003년부터는 업무용건축물 및 주거복합 건물을 대상으로 이후 학교, 숙박, 판매시설 등의 인증제도를 시행하여 왔으며, 2005.11.8 건축법 제58조

18) 강판 두께별(0.5~1.2mm) 내열성 입증 필요

에 “친환경건축물의 인증”을 제정하는 등 친환경건축물 인증제도가 본격적으로 시행, 운영되고 있다.

(2) 친환경건축물 인증제도 목적

친환경건축물 인증제도의 목적은 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전 과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증함으로써 친환경건축물 건설 유도, 촉진하기 위함에 있다.

친환경건축물 인증제도는 건축법 제2조제1항 2호의 규정에 의한 건축물에 적용함을 원칙으로 하되, 운영기관은 인증기준 재정상황과 인증기관수 등 시행여건을 고려하여 적용대상 건축물을 제한할 수 있다.[19]

그림 123. 친환경건축물의 인증 대상



표 117. 친환경건축물 인증항목(업무시설)

분야	분야별 총점	세부 평가항목 수	기타
토지이용	4	2	
교통	4	2	
에너지	21	4	필수항목 1개
재료 및 자원	8	4	필수항목 2개 리모델링시에만 평가항목(가산항목 2개)
수자원	13	4	필수항목 1개
환경오염방지	6	2	
유지관리	9	4	필수항목 1개
생태환경	12	3	
실내환경	21	8	필수항목 1개
합계	98	33	* 가중치 고려 총 100점으로 평가 * 리모델링시 가중치 추가

19) 친환경건축물인증제도 세부시행지침, 2001.12.03 국토해양부, 환경부 공동 제정

표 118. 친환경건축물 등급기준(업무시설)

등급	심사점수	비고
최우수(그린1등급)	80점 이상	100점 만점
우수(그린2등급)	70점 이상	
우량(그린3등급)	60점 이상	
일반(그린4등급)	50점 이상	

그림 124. 친환경건축물 인증제도의 추진경과

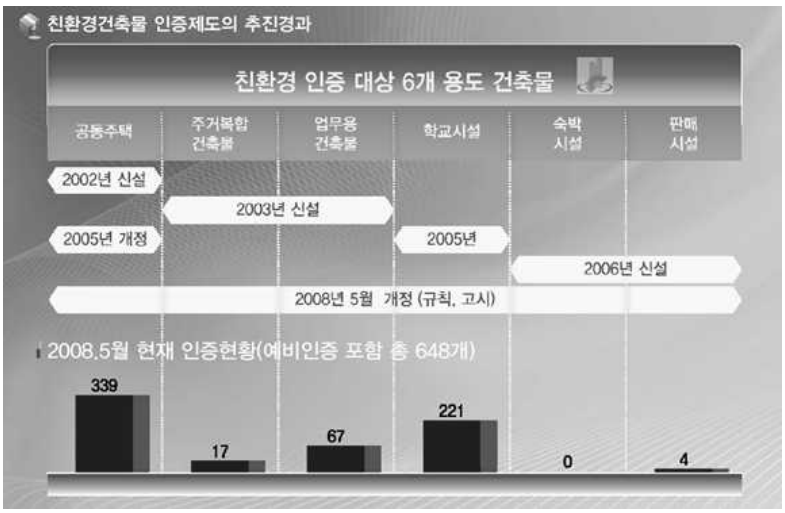


표 119. 친환경건축물 인증제도 추진 연혁

시기	내용
1997. ~ 2000.	• 한국과학재단에 의해 지원받은 그린빌딩기술연구회가 그린빌딩 등급 인증기준 (시안) 발표 • 한국에너지기술연구원 국내 최초의 그린빌딩 건축 • 크레비즈인증원(구, 한국능률협회인증원), 대한주택공사, 한국건설기술연구원, 한국에너지기술연구원에 의한 독자적인 인증기준 마련 • 시범인증 실시 : 건교부(대한주택공사 주택도시연구원), 환경부(크레비즈인증원)
2001.	• 유사 인증제도 통합방침 결정(건설교통부, 환경부) • 한국에너지기술연구원에 의해 주거용 '친환경건축물(그린빌딩) 인증제도' 출범 • 공식적인 인증기관 선정 - 한국에너지기술연구원, 대한주택공사 주택도시연구원, 크레비즈인증원
2002. 1.	• 공동주택에 대한 친환경건축물 인증제도 시행
2003. 1.	• 주거복합 및 업무용건축물(리모델링 포함) 친환경건축물 인증제도 시행
2005. 3.	• 학교건물에 대한 친환경건축물 인증제도 시행
2005. 3. 9.	• 주택공급에 관한 규칙 개정, 공포[13조 3 신설(공동주택의 친환경건축물 인증에 대한 인센티브제도 추가)]/2007. 9. 1. 변경
2005. 11. 8.	• 건축법 제58조(친환경건축물의 인증) 신설
2006. 4. 11.	• 개정된 공동주택 친환경건축물 인증제도 시행
2006. 9. 1.	• 숙박 및 판매시설 친환경건축물 인증제도 시행/한국교육환경연구원 인증기관 추가지정
2007. 8. 16.	• '서울시 친환경 건축기준(서울특별시예규 제705호)' 신설
2008. 3. 21.	• 건축법 제58조(친환경건축물의 인증) → 건축법 제65조(친환경건축물의 인증)으로 변경됨
2008. 5. 27.	• '친환경건축물의 인증에 관한 규칙' 및 '친환경건축물 인증기준' 개정, 공포

(3) 평가기관

한국에너지기술연구원, 크레비즈인증원, LH토지주택연구원, 한국교육환경연구원 등 4개의 기관에서 친환경건축물 인증을 위한 평가업무를 담당하고 있다.

나. 에코샤프트의 친환경건축물인증제도 적용 검토

현재 에코샤프트의 적용에 따라 친환경건축물 인증제도 및 친환경건축물인증제도의 평가항목 중 하나인 에너지성능지표(EPI)의 각 평가항목에서 직접(논란의 소지가 없이) 점수를 획득하거나, 점수획득을 위한 적용 비율을 향상 시킬 수 있는 항목은 EPI의 전기부문 6. 실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택 항목을 제외하고는 없는 상황이다.

또한, 에코샤프트에 대해 별도의 평가항목을 추가하는 것은 실질적으로 적용이 극히 어려울 것으로 판단되나, 단 각 평가항목의 기본 취지에 따라 에코샤프트 적용에 따른 실질적 효과를 고려하여 점수를 가산하거나, 점수획득을 위한 적용 비율을 향상시키는 것은 가능할 것으로 판단된다.

표 120. 친환경건축물인증제도 관련항목 및 점수획득 검토

부문	평가항목	세부평가기준	점수획득방안	기타
3. 에너지	3.1.1 에너지효율 향상	EPI 혹은 건물에너지효율등급 점수 획득에 따라 점수획득	EPI/건물에너지효율등급의 점수 획득 가능 항목의 적용 후 점수 획득 여부 평가	
	3.1.3 조명에너지 절약	작업면 표준조도/천정면 평균조명 밀도로 결정 방위별 외주부에 자연채광이용을 위한 조광센서가 설치여부로 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트 설치로 일정 기준의 자연채광 활용시 가산점 획득 등의 인센티브 혹은 3급 주는 방안 제시 가능	
	3.2.1 신·재생에너지 이용	난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하의 신재생에너지 담당부하로 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트 설치로 일정 기준의 자연채광 활용시 가산점 획득 등의 인센티브 혹은 5급 점수 주는 방안 제시 가능	
6. 환경오염방지	6.1.1 이산화탄소 배출 저감	열병합, 지역냉난방, 신재생에너지 적용 여부 및 비율에 따라 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가	
9. 실내환경	9.1.2 자연환기성능 확보 여부	건물 외부 환기구 또는 장치 설치 유무 및 환기설계의 정도에 따라 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트 설치로 일정 기준 이상의 환기확보시 2급의 점수 획득 방안 제시 가능	
	9.1.3 외기 급·배기구의 설계	외기 도입을 위한 공조 급배기구 설계기준에 다라 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가	
	9.2.1 실내 자동온도 조절 장치 채택 여부	실내 자동 온도조절장치 적용 비율에 따라 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가	

	9.4.2 거주자를 위한 쾌적한 실내 환경 조성	온도, 환기, 풍량, 조명의 거주자 개별제어 여부에 따라 결정	현재기준 점수획득은 실질적 불가	

표 121. 에너지성능지표 검토서(EPI) 점수획득 검토

부문	평가항목	세부평가기준	점수획득방안	기타
건축	6. 자연채광용 개구부(수영장), 주된 거실에 개폐가능한 외기에 면한 창의 설치(기타 건축물)	기타 건축물 : 개폐되는 창부위의 면적이 외주부[주4)] 바닥면적의 1/10이상 적용 여부 => 업무시설 1점	현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트 설치시 에코샤프트의 개폐창 면적을 추가할 수 있는 기준 제안	
기계	5. 이코노마이저시스템 등 외기냉방시스템의 도입		현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트가 외기냉방 효과를 정량적으로 인증할 수 있으며 가능할 수도 있지만 용이하지 않음	5번 항목은 금히 점수획득이 용이하여 실제 에코샤프트를 통한 효과 적음
	6. 폐열회수형 환기장치 또는 바닥열을 이용한 환기장치	폐열회수환기장치 : 냉난방 바닥면적의 60% 이상 담당 용량 설치시만 인정 바닥열 : 난방부하를 10% 이상 줄일수 있는 기기 통칭	현재기준 점수획득은 실질적 불가 동계 에코샤프트의 상부 축열열을 이용하며, 이를 정량적으로 인증할 수 있으며 가능할 수도 있지만 용이하지 않음	바닥열 등에 적용 / 단 10% 이상 난방부하 절감 인증 적용 필요
전기	6. 실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택	전체 조명부하의 40%이상 적용 여부	현재기준으로도 점수획득 가능하다고 봄 에코샤프트로 자연채광하고 해당지역의 조명 자동제어 적용	
	14. 전체 조명설비 전력량에 대한 LED 조명기기 전력량 비율(%)	적용 비율별 점수 획득	현재기준 점수획득은 실질적 불가 에코샤프트로 자연채광 인증 부위를 비율산정에 추가 할 수 있다고 봄	
신재생	냉난방, 급탕, 전기 용량에 대해서만 평가		자연채광/광덕트를 추가하는 방안 자연채광/광덕트에 의한 조명부하 절감량을 태양광발전에 추가하는 방안	

건물에너지효율등급의 획득은 연간 총에너지사용량에 의해 등급을 획득하는 것으로 에코샤프트의 적용에 따라 냉난방, 환기, 조명부하를 일부 축소하는 것이 가능하나, 이는 입력자료의 조정 등에 의해 나타나는 것으로 상기 친환경건축물 인증제도나 에너지성능지표와 같이 에코샤프트를 적용하는 것에 따라 점수 획득 여부를 평가하기는 어렵다. 단, 에코샤프트의 적용에 따라 연간 총에너지사용량 절감은 축소가능할 것이다.

현재 에코샤프트의 적용에 따라 친환경건축물 인증제도 및 친환경건축물인증제도의 평가항목 중 하나인 에너지성능지표(EPI)의 각 평가항목에서 직접 점수를 획득하거나, 점수획득을 위한 적용 비율을 향상 시킬 수 있는 항목은 EPI의 전기부문 6. 실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택 항목을 제외

하고는 없으며, 또한 에코샤프트에 대해 별도의 평가항목을 추가하는 것은 실질적으로 적용이 극히 어려울 것으로 판단된다. 단, 각 평가항목의 기본 취지에 따라 에코샤프트 적용에 따른 실질적 효과를 고려하여 점수를 가산하거나, 점수획득을 위한 적용 비율을 향상시키는 것은 가능할 것이다. 따라서, 에코샤프트 적용에 따른 친환경건축물인증제도 및 에너지성능지표(EPI)의 평가 기준 조정안을 제시하고자 한다.

다. 에코샤프트의 친환경건축물인증제도 적용 제안

(1) 친환경건축물인증제도 평가기준 조정 제안

표 122. 조명에너지 절약(평가기준 : 3.1.3)

<table>
<tr><td colspan="3">친환경 건축물 인증 기준 2010</td><td colspan="2">업무용 건축물</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가부문</td><td>3</td><td colspan="2">에너지</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가범주</td><td>3.1</td><td colspan="2">에너지 절약</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가기준</td><td>3.1.3</td><td colspan="2">조명에너지 절약</td></tr>
<tr><td colspan="5">■ 세부평가기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가목적</td><td colspan="3">효율적인 조명설계에 의한 전력에너지를 절약한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가방법</td><td colspan="3">조명밀도 및 조명방식에 대한 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">배 점</td><td colspan="3">4점(평가항목)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">산출기준</td><td colspan="3">• 평점 = (가중치) × (배점)</td></tr>
<tr><td>구분</td><td>기준</td><td>가중치</td></tr>
<tr><td>1급</td><td>기준층 사무공간이 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 방위별 외주부에 자연채광이용을 위한 조광센서가 설치된 경우, 또는 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 10W/㎡이하로 설계된 경우
=> 변경 : 기준층 사무공간이 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 방위별 외주부에 자연채광이용을 위한 조광센서가 설치되거나, 에코샤프트나 광덕트를 설치하고 자연채광이용을 위한 조광센서가 설치된 경우, 또는 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 10W/㎡이하로 설계된 경우</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>2급</td><td>기준층 사무공간이 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 13W/㎡이하로 설계된 경우</td><td>0.7</td></tr>
<tr><td>3급</td><td>기준층 사무공간이 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 16W/㎡이하로 설계된 경우
=> 변경 : 기준층 사무공간이 KS A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 16W/㎡이하로 설계된 경우 또는 에코샤프트나 광덕트를 설치한 경우</td><td>0.4</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 직접조명방식인 경우 조명기구에 현휘 방지를 위한 루버를 설치해야 함</td></tr>
<tr><td colspan="5">■ 평가 참고자료 및 제출서류</td></tr>
<tr><td colspan="2">참고자료</td><td colspan="3">- KS A 3011
- 고효율에너지기자재 고효율형광등 (T-8, T-5)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제출서류</td><td>예비인증</td><td colspan="3">- 기준층 사무공간의 조도계산 및 조명밀도 산출자료
- 추가 : 에코샤프트 혹은 광덕트 설치 도면</td></tr>
<tr><td>본인증</td><td colspan="3">- 예비인증시와 동일</td></tr>
</table>

표 123. 신 · 재생에너지 이용(평가기준 : 3.2.1)

<table>
<tr><td colspan="3">친환경 건축물 인증 기준 2010</td><td colspan="2">업무용 건축물</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가부문</td><td>3</td><td colspan="2">에너지</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가범주</td><td>3.2</td><td colspan="2">지속가능한 에너지원 사용</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가기준</td><td>3.2.1</td><td colspan="2">신 · 재생에너지 이용</td></tr>
<tr><td colspan="5">■ 세부 평가기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가목적</td><td colspan="3">신 · 재생에너지의 사용은 화석연료의 사용을 줄이면서 이로 인해 발생할 수 있는 온실가스 배출량도 줄일 수 있기 때문에 신 · 재생에너지 활용을 권장하고 장려하는 차원에서 본 항목을 평가한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가방법</td><td colspan="3">신 · 재생에너지 시설의 설치 비율에 따라 점수를 부여</td></tr>
<tr><td colspan="2">배 점</td><td colspan="3">3점(평가항목)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="8">산출기준</td><td colspan="3">●평점 = (가중치) × (배점)</td></tr>
<tr><td>구분</td><td>신 · 재생에너지 시설의 설치 비율</td><td>가중치</td></tr>
<tr><td>1급</td><td>난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하 합의 5% 이상을 담당하는 수준의 신 · 재생에너지시설을 설치한 경우</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>2급</td><td>난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하 합의 4% 이상을 담당하는 수준의 신 · 재생에너지시설을 설치한 경우</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>3급</td><td>난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하 합의 3% 이상을 담당하는 수준의 신 · 재생에너지시설을 설치한 경우</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>4급</td><td>난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하 합의 2% 이상을 담당하는 수준의 신 · 재생에너지시설을 설치한 경우</td><td>0.4</td></tr>
<tr><td>5급</td><td>난방, 냉방, 전기설비용량 또는 급탕부하 합의 1% 이상을 담당하는 수준의 신 · 재생에너지시설을 설치한 경우</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 신재생에너지시설의 설치비율(%) = [(신재생에너지 난방용량 ÷ 전체 난방설비용량) + (신재생에너지 냉방용량 ÷ 전체 냉방설비용량) + (신재생에너지 전기용량 ÷ 전체 전기설비용량) + {신재생에너지 급탕부하 ÷ (전체 급탕부하 x 5)}] x 100
※ 단, 의무대상 건축물의 경우, 위 기준에서 +1%를 만족할 경우 배점 부여
※ 신에너지 및 재생에너지(신 · 재생에너지)란 "신에너지 및 재생에너지 개발 · 이용 · 보급 촉진법"에서 정의하는 석유, 석탄, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오에너지, 풍력에너지 등을 말함
※ 추가 : 에코샤프트나 광덕트를 설치한 경우에는 자연채광으로 바닥면 조도 ****lux(*외부 *** 조도 **** 기준) 이상 확보가 가능한 면적의 조명용 전기설비 용량을 신재생에너지 전기설비용량에 합산이 가능함</td></tr>
<tr><td colspan="5">■ 평가 참고자료 및 제출서류</td></tr>
<tr><td colspan="2">참고자료</td><td colspan="3">- 「신에너지 및 재생에너지 개발 · 이용 · 보급 촉진법」
- 건축물의 에너지절약설계기준, 국토해양부 고시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제출서류</td><td>예비인증</td><td colspan="3">- 신 · 재생에너지 활용시설 설치계획서 및 관련 설계도서, 설치비율 계산서</td></tr>
<tr><td>본인증</td><td colspan="3">- 신 · 재생에너지 활용시설 설치도면, 설치비율 계산서
- 현장설치 사진</td></tr>
</table>

표 124. 자연환기성능 확보 여부(평가기준 : 9.1.2)

<table>
<tr><td colspan="3">친환경 건축물 인증 기준 2010</td><td colspan="2">업무용 건축물</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가부문</td><td>9</td><td colspan="2">실내환경</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가범주</td><td>9.1</td><td colspan="2">공기환경</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가기준</td><td>9.1.2</td><td colspan="2">자연환기성능 확보 여부</td></tr>
<tr><td colspan="5">■ 세부평가기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가목적</td><td colspan="3">재실자에게 제어가능하고 신선한 외부 공기를 제공하는데 목적이 있다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가방법</td><td colspan="3">이용자가 직접 외기를 도입할 수 있도록 자연통풍이 가능한 환기창/환기구 설치 여부를 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">배 점</td><td colspan="3">3점(평가항목)</td></tr>
<tr><td colspan="2">산출기준</td><td colspan="3">• 평점 = (가중치) × (배점) × 적용 기준층수 / 총 기준층수</td></tr>
</table>

	구 분	환기구 또는 장치 설치 유무 및 환기설계의 정도	가중치
	1 급	냉방 또는 난방을 행하는 기준층 업무공간에서 외주부 바닥면적 20㎡ 당 개폐가능한 창을 제곱하거나 또는 기준층 창면적의 최소 10% 이상이 개폐가능한 창으로 구성되어 있는 경우	1.0
	2 급	냉방 또는 난방을 행하는 기준층 업무공간에서 외주부 바닥면적 20㎡당 환기구(vent slot 포함)를 설치하는 경우	0.6
	※ 외주부 : 외벽 실내측 끝단부터 5m까지의 바닥면적 ※ 추가 : 에코샤프트를 설치하고 이를 통한 환기가 가능할 경우 상기 외주부 바닥면적 20㎡ 당의 기준은 30㎡ 당으로(이에 대한 정량적 근거를 제시할 필요가 있을 뿐데/ 현재로는 그냥 감임) 완화할 수 있으며. 에코샤프트의 개방 가능한 부분 면적의 2배(단 에코샤프트 부분은 창면적 산정에서는 제외 /이것도 역시)를 개폐가능한 창면적에 포함 시킬 수 있음	
■ 평가 참고자료 및 제출서류			
참고자료		- BREEAM for offices -「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제11조(공동주택 및 다중이용시설의 환기설비 기준 등) -「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」 -「건축물의 설비기준등에 관한 규칙」 제14조(배연창의 유효면적 산정 기준등)	
제출서류	예비인증	- 창호 상세도. 개폐가능한 창 면적비율 산출서(기준층 바닥면적 산출서) - 관련 설계도 및 시스템도. 제품설명서 - 추가 : 에코 샤프트 관련 도서	
	본인증	- 예비인증시와 동일	

(2) 에너지성능지표(EPI) 평가기준 조정 제안

(가) 건축부문 6

표 125. 현행 배점 기준(건축부문6)

항 목	기본배점 (a)									배점 (b)					편적 (a*b)	근거
	사무	판매	숙박	목욕	과람	벼원	학교	주택1	주택2	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
6. 자연채광용 개구부(수영장). 주된 거실에 개폐가능한 외기에 면한 창의 설치(기타 건축물)	1	1	1	1	1	1	1			수영장 : 수영장 바닥면적의 1/50이상 자연채광용 개구부 설치 기타 건축물 : 개폐되는 창부위의 면적이 외주부주4) 바닥면적의 1/10이상 적용 여부						

주: 에너지절약계획서 작성가이드에 의하면 기타 건축물의 경우 자연환기가 목적임

에코 샤프트 설치시 에코샤프트의 개방 가능한 부분 면적의 2배를 개폐 가능한 창면적에 포함 시킬 수 있게 된다. 실제 에코 샤프트의 개방 가능한 면적은 극히 적으나, 환기효과는 매우 높아지는데, 정량적인 기준 제시를 위해서는 추가 연구가 필요하다.

(나) 기계부문 6

표 126. 현행 배점 기준(기계부문 6)

항 목	기본배점 (a)									배점 (b)					평점 (a*b)	근거
	사무	판매	숙박	복지	교육	병원	의료	주택	주택	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
6 폐열회수형 환기장치 또는 바닥열을 이용한 환기장치	1	1	1	1	1	1	1	1	1	적용여부						

주: 상기 해설서에 의하면 바닥열 등을 이용하는 환기장치는 에너지절약 효과가 10% 이상인 제품에 한하여 인정하며, 일일 난방부하를 10%이상 줄일 수 있는 기기를 통칭함

에코 샤프트나 아트리움을 설치하고, 난방시 상부의 고열을 난방에 이용하여 일일 난방 부하를 10%이상 줄일 수 있는 시스템을 구축하는 경우에도 점수 획득이 가능하도록 한다. 하지만, 상쇄되는 에너지 양을 평가하기 위한 정량적인 입증이 용이하지 않으며, 일사량에 따라 큰 차이 있을 것으로 보이므로 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

(다) 전기부문 14

현행 배점 기준은 조명에 소요되는 전기에너지 절감이 목적이다. 에코샤프트, 광덕트, 지하주차장의 자연채광 도입 등에 따른 조명에너지 절감에 대해 배점 획득의 가능성이 있다.

표 127. 현행 배점 기준(전기부문 14)

항 목	기본배점 (a)									배점 (b)					평점 (a*b)	근거
	사무	판매	숙박	복지	교육	병원	의료	주택	주택	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
14 전체 주명설비 전력량에 대한 LED 주명기기 전력량 비율(%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20% 이상	15% 이상 ~20%	10% 이상 ~15%	5%이상 ~10%	3%이상 ~5%		

에코샤프트, 광덕트, 지하주차장의 자연채광 도입으로 바닥면 기준조도 이상 확보시 해당 구역에 설치되는 조명기기도 LED 조명기기 설치로 인정받을 수 있다. 이 경우 시뮬레이션을 통한 추가 연구가 필요하다.

(라) 신재생부문 4

현재까지는 주로 태양광발전에 대해서만 적용하며, 이에 대한 세부 해석 내용이 없다. 최근 에너지관리공단의 자료에 의하면 집광채광 장치(광덕트형, 프리즘형)에 대해서도 신재생에너지원별 설치단가를 제시하고 있으며, 이는 집광채광 장치를 신재생에너지에 포함하는 것이 가능한 것으로 해석할 수 있으나, 에코샤프트를 집광채광 장치로 인정하는 것에 대한 문제가 있다.

표 128. 현행 배점 기준(신재생부문 4)

항 목	기본배점 (a)									배점 (b)					평점 (a*b)	근거
	사무	판매	숙박	복지	교육	병원	학교	주택	주택	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
4 전체 전기용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2% 이상 적용 여부 (의무화 대상 건축물은 4% 이상)						

집광채광 장치(광덕트형, 프리즘형, 에코샤프트(핼이오스탯을 설치한 경우))에는 자연채광 도입으로 바닥면 기준조도 이상 확보시 해당 구역에 설치되는 조명기기의 용량을 신재생에너지 용량에 추가할 수 있다. 이 경우 시뮬레이션을 통한 추가 연구가 필요하다.

2. 신기술 인증 방안

본 에코샤프트는, 유형화 되어 있는 제품 기술이 아닌 솔루션 기술이며, 개별 건축물에 적용될 경우 이에 대한 시스템적인 설계가 필요하다. 현재까지 솔루션으로 구축된 사례는 전남전문건설회관에 설치된 것이 유일하다. 본 연구의 계획에서는 에코샤프트에 대한 신기술 인증 취득을 목표로 하고 있었으나, 솔루션에 대한 표본 수가 모집단을 설명할 수 있는 최소 기준에 크게 미치지 못하여 기술로 인증을 하는 데는 어려움이 있는 것으로 확인하였다.[20]

따라서, 본 연구에서는 신기술인증과 동등한 수준의 국가공인 기술 인증 제도 중 하나인 녹색인증제도로 대체하여 기술을 공인 받고자 한다.

가. 녹색인증제도

(1) 녹색인증제도의 개요

현대 사회는 경제성장과 환경보호를 동시에 추진하는 새로운 환경 친화적 저탄소 녹색성장 패러다임으로 전환하고 있으며, 국가차원에서 녹색성장을 위한 녹색

20) New Excellent Technology(NET); 한국산업기술진흥협회

성장 기본법을 제정하고 녹색성장 국가전략, 녹색기술 연구개발 및 상용화 전략의 필요성이 대두되고 있다.

2010년 저탄소 녹색성장 기본법이 공표되면서 본격적으로 녹색산업 지원의 제도적 장치가 마련되었고, 한국산업기술진흥원을 주관부서로 한 녹색인증제도가 시작되었다.

녹색인증은 민간 투자를 유인하여 녹색성장 정책의 실효성을 제고하기 위해 유망 녹색기술 및 사업을 명확화하고 적격 투자대상의 제시를 통해 투자의 불확실성을 해소하는 것을 목적으로 한다. 현재, 한국산업기술진흥원의 녹색인증센터에서 관리하는 인증의 범위는 녹색기술과, 녹색기술제품 확인, 그리고, 녹색사업과 녹색전문기업 확인의 네 가지로 크게 나누어진다.

그림 125. 녹색인증 운영체계

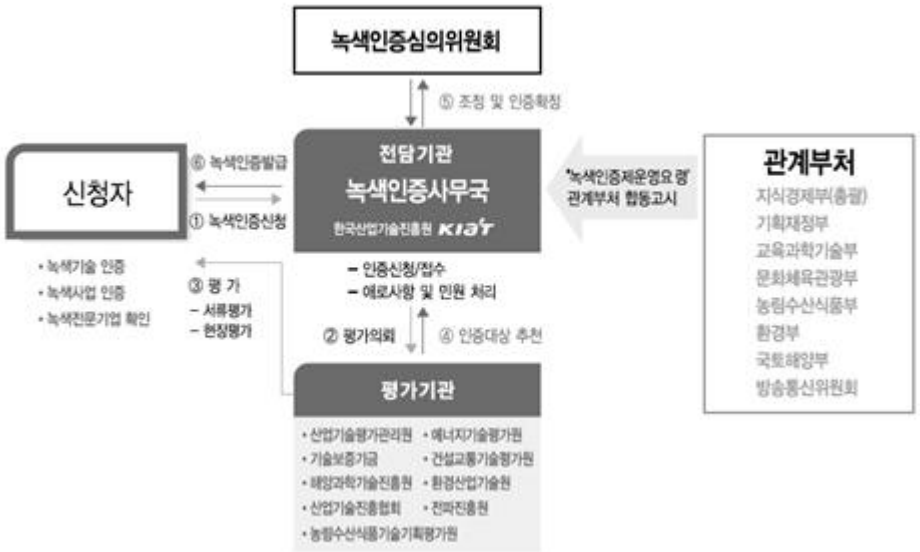


표 129. 녹색인증센터의 인증업무

대상	인증내용
녹색기술인증	에너지와 자원을 절약하고 온실가스 및 오염물질 배출을 최소화하는 기술 녹색기술 10대 분야 85개 분야 기술을 대상
녹색기술제품확인	인증 녹색기술을 적용한 제품으로 상용화한 제품을 확인
녹색사업인증	녹색기술을 활용하여 온실가스 및 오염물질 배출을 최소화 하는 사업 녹색기술 9대 분야 105개 사업을 대상
녹색사업전문기업확인	인증 녹색기술에 의한 매출 비중이 30% 이상인 기업

(2) 녹색기술 인증

녹색인증 대상 중 본 연구에서 취득하고자 하는 것은 녹색기술 인증 분야이다. 녹색기술 인증 대상 선정은 정부 각 부처에서 제시하는 기술 중 기술성, 시장성, 전략성 조건을 고려하여 결정되며, 매년 기술범위를 갱신하게 된다. 녹색기술로 평가 받기 위한 인증 기준은 표 123과 같다.

표 130. 녹색기술 인증 기준

평가항목	평가배점	평가내용
기술성	40	신청기술의 기술수준 기술의 목표의 구체성 및 명확성 기술의 혁신성과 차별성 기술적 파급효과
시장성	30	신청기술의 경쟁제품 대비 비교 우위성 사업화 계획의 타당성 및 시장진입가능성 시장규모, 성장률, 투자대비 회수 가능성 수입대체 효과
전략성	30	에너지와 자원의 절약 기후변화 및 환경훼손의 억제

나. 신청 기술의 개요

(1) 신청 기술의 개요

현대건물들이 고층화 및 대형화 되면서 건물의 외측 창가로부터 떨어진 건물 중심부에 환기와 채광이 상대적으로 취약한 영역이 발생한다. 이러한 영역에는 외부의 공기가 직접 유입되기 어렵고, 태양광이 조사되지 않아 거주성이 열악하여 그 환경을 쾌적하게 유지하기 위해 별도의 기계장치와 전력을 동원하는 것이 보통이지만, 이러한 방법은 건물의 생애주기 동안 에너지를 계속 소비하므로 유지비용을 발생시키고 탄소를 배출한다.

이러한 건물 중심부의 열악한 거주환경 문제를 보다 자연친화적으로 해결하기 위해 에코샤프트가 착안되었다. 에코샤프트는 패시브(passive)건축 아이템에 관한 기술로, 고층 건물의 내부에 수직 또는 경사진 형태로 형성된 샤프트를 통해 건물 내부의 공기를 배기하는 자연환기, 샤프트 상단으로부터 태양광을 건물 내부로 유입하는 자연채광 기능을 갖추고 있으며, 주요한 기술적 특징은 다음과 같다.

i. 패시브(passive)한 건축 아이템으로서 신축과 개축에 모두 적용 가능하다.
ii. 실내공간에 기계설비가 아닌 자연에 의한 채광과 환기를 도입시킴으로써 거주성을 향상시킨다.
iii. 하나의 샤프트가 자연채광과 자연환기의 두 가지 기능을 동시에 수행한다.
iv. 한 번 설치하면 효과가 반 영구적이다. 건축물의 생애주기가 다 할 때까지 에너지를 절감한다.

v. 전체 시공비용(신축)에 비해 적은 비중의 설치비용으로 확실한 에너지 절감효과를 기대할 수 있다.

(2) 신청 기술의 개발과정

해당 기술의 개발동기를 인식한 시기부터 신축 건물에 적용하기까지의 개발 기간은 총 3년이다. 개발 기간 중에는 시뮬레이션을 통해 제품의 성능을 예측하고 디자인하였고, 준공 이후에는 국가연구개발 사업에 참여하여 이에 대한 실제 성능을 실측하고 분석하였다.

표 131. 신청 기술의 개발과정

일정	단계	개발과정
2007년10월	전남전문건설 회관 신축 설계 및 감리용역 수주	신축 건물의 설계 및 감리용역을 수주하면서 아이디어를 구체화할 계기를 얻음. 오피스의 친환경 아이템을 도입하는 연구를 진행, 지열/태양열/풍력 관련 기술을 조사함
2008년 1월	개발동기의 인식	건축설계부야에서 기계장치에 의존하지 않고, 건축물의 구성요소를 활용하여 친환경적으로 거주성을 확보하는 방안에 대해 관심
2008년 3월~ 2008년12월	에코샤프트 개념의 구체화	실내로 자연광을 유입하기 위한 샤프트를 고안. 건축물의 중앙부분에 건축물을 수직으로 관통하는 샤프트를 설치. 또한 샤프트를 통해 환기가 가능할 것임을 생각하게 됨. 이러한 기능을 수행하는 건축설비 아이템으로서의 샤프트를 '에코샤프트'라 명명하기로 정함
2008년10월	CFD시뮬레이션 진행	동국대학교 양인호 교수팀과 에코샤프트의 환기 가능성 CFD(Computered Fluid Dynamics) 진행. 에코샤프트를 통해 최소 0.7m/s 이상의 풍속으로 환기가 가능할 것이라는 예측을 얻음
2009년10월	에코샤프트 특허 등록	에코샤프트 아이디어를 특허출원 및 등록함. 채광과 환기를 하나의 샤프트에서 해결하는 것이 핵심내용
2008년12월~ 2011년 7월	전남전문건설회관 착공, 준공 완료	에코샤프트가 적용된 신축건물인 목포시 전남전문건설회관의 착공이 2009년 이루어졌고, 2011년에 준공완료됨. 실제 구현된 에코샤프트가 자연채광과 자연환기 기능을 수행하는 것을 확인함
2011년 9월~ 2013년 9월	국토해양기술연구개발사업에 참여	에코샤프트의 성능 측정과 상용화에 관한 연구가 2011년 하반기 건설교통기술평가원 발주 상시제안과제로 선정되어 수행
2012년 1월~ 2014년 6월	SH공사 신정동 보금자리주택에 에코샤프트 2기 설치	서울시주택공사로부터 수주한 신정동 보금자리주택 설계 프로젝트에 에코샤프트를 도입함. 2012년 10월 착공, 2014년 6월 준공 예정

다. 신청 기술의 우수성

본 신청기술은 기능 상 두 가지 하위기술로 구성된다. 건물 내부에 형성된 샤프트를 통해 자연광을 유입하는 자연채광기술과, 샤프트 내 상승기류에 의한 실내공기의 배기를 유도하는 자연환기기술이 그것이며, 각각 사후 실측과 시뮬레이션을 통해 기술의 결과를 증명하였다.

(1) 채광기술 측면

실측조사는 목포시 전남전문회관에 설치된 에코샤프트의 자연채광시스템이 실제로 얼마만큼의 채광을 실내로 유입하는가를 파악하기 위해 실시되었으며, 실측은 ㈜엔에스넷이 네 차례에 걸쳐 수행하였다.

1차 실측 결과, 지하 2층부터 지상 12층, 총 14개 층에 이르는 모든 엘리베이터 홀 공간 중에서 약 71.4%에 해당하는 공간의 조도가 KS조도기준에 부합하는 것으로 나타났다. 외부 날씨 조건이 매우 흐린 날씨에 해당하는 경우임에도 불구하고 이와 같은 결과를 얻었다. 2차 실측 결과, 날씨가 덜 흐린 날씨(외부직사조도 6100lx)의 경우에는 전체 공간 중 약 88%의 공간에서 에코샤프트에 의해 KS기준에 부합하는 수준의 조도를 확보하였다. 3차 및 4차 실측조사에서는 헬리오스탯의 태양추적기능의 유효성과 에코샤프트 내부로 빛을 유입하기위한 2, 3차 거울의 디자인 유효성을 파악하기 위하여 지하 2층 식재 부분에서 조도값을 측정하였다. 그 결과 구름이 많은 기상조건 하에서 평균 2100lx, 최소 750lx 수준의 조도가 확보되는 것을 확인하였다.

네 차례에 걸쳐 진행된 실측조사를 통해 자연채광기술의 구현 실태를 정량적으로 파악하였다. 비록 다양한 날씨환경 조건하에서 실험한 결과는 아니지만, 태양광속이 거울반사식으로 실내공간에 도달하는 에코샤프트의 자연채광원리를 상기할 때, 적은 광량이라도 반사가 잘 이루어지고 있음을 파악하였다.

그러나, 이와 같은 실측결과는 외부기상조건의 변화에 따라 지속적으로 변화되는 특성이 있어 에코샤프트의 성능을 대표하는 대표값으로 인정하기는 어렵다. 일반적인 9점법 실측방법은 항상 광량이 일정하게 발산되는 인공조명의 평가에는 적합하지만, 에코샤프트와 같은 자연채광시스템의 평가에는 적합하지 않은 측면이 있다. 자연채광시스템은 해당 지역의 기상조건에 조명의 효율이 크게 의존하기 때문이다.

이러한 이유로 시뮬레이션 툴을 활용하여 해당지역의 표준기상데이터를 입력값으로 하는 자연채광기술의 성능평가 실시가 불가피하였다. 해당지역의 연중 조도분포 통계데이터를 이용하는 동적 시뮬레이션 평가는 단 몇 차례의 실측조사에 비해 체계적이고 객관적일 뿐 아니라 시간과 비용을 절감하는 측면에서 효율적이다. 시뮬레이션 평가는 ㈜시테코에서 위탁 수행하였으며, 다음 두 가지 방법에 의해 진행되었다.

첫째, 실측조사결과(엔에스넷)와 목포시 일조시간 통계(기상청)를 이용한 평가

에코샤프트로 인한 조명에너지 절약 비율을 산출하기 위해서는 실제로 조명등을 소등가능한 시간을 알아야 한다. 이를 위해 상기 실측결과로부터 맑은 날씨조건에서 조명등의 사용이 불필요하다는 가정을 세웠다. 전남전문건설회관이 건립된 목포시의 경우, 연평균 일조시간은 약 2135.4시간이다. 국내 주요 도시지역의 일조시간은 기상청[21]에서 제공하는 기후통계자료를 통해 알 수 있다. 에코샤프트가 설치

되지 않은 경우, 건물이 운용되는 업무시간 내내 조명등을 켜두어야 하는 반면, 에코샤프트가 설치된 경우에는 일조시간 동안 조명에너지를 절약할 수 있다. 건물의 일반적인 운용시간이 오전 7시부터 오후 7시까지 12시간이라고 가정하면, 그 절약비율은 다음과 같이 계산된다: 2135.4시간/4380(=12x365)시간 = 0.487. 결론적으로 에코샤프트를 통해 연간 약 48.7%의 조명에너지를 절약할 수 있다.

둘째, 표준기상데이터(미국 에너지성)와 동적시뮬레이션(엔에스넷)을 이용한 평가

자연채광이 인공채광을 완전히 대체할 수 있는 경우를 자연채광에 의한 실내조도가 100lx 이상 2000lx 이하에 들어올 경우라고 가정하였다. 이를 UDI(Useful Day Light) 라고 명명하고 일반적인 근무시간인 오전 8시부터 오후 5시 동안의 UDI>100<2000빈도를 산출한 결과, 46.18%인 것으로 나타났다. 이는 자연채광에 의한 인공조명의 대체효과를 설명하는 것으로, 에코샤프트를 통해 연간 약46.18% 조명에너지를 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

(2) 환기기술 측면

에코샤프트를 이용한 환기기술의 실측조사는 1차년도 국토해양기술연구개발 사업기간 (2011.9 ~ 2012.5) 당시 협력연구업체인 충북대학교 이병연 교수 연구팀에서 실시하였다. 환기를 유도하는 상승기류가 에코샤프트 내에 형성되는가의 여부를 물리적으로 확인하는 것이 실측조사의 목적이었는데, 에코샤프트 내에 이러한 상승기류가 형성될 때, 흐르는 공기는 실내공기에 비해 압력이 낮으므로 실내공기가 에코샤프트를 통해 배기된다고 기대할 수 있기 때문이다.

측정은 2012년 1월 16일에 이루어졌으며, 측정당일 해당지역의 외부온도는 평균 5.5℃ 정도였고, 바람은 1.3m/s정도의 약한 동풍이 불어오고 있었다. 외피의 개구부는 모두 닫힌 상태에서 측정하였다(동절기모드). 압력 측정 시 에코샤프트 개구부의 개폐상태는 (1)모두 닫힌경우, (2)일부 열린경우, (3)모두 열린 경우의 세 가지 모드로 나누었다.

높이 별 압력 측정 결과를 분석한 결과, 세 가지의 개구부 개폐모드에서 모두 중성대의 위치가 10층 이상인 것으로 나타났다. 중성대는 외부 절대압 분포그래프와 에코샤프트 내부의 절대압 분포그래프가 교차하는 지점으로, 중성대보다 낮은 층에서는 에코샤프트 내부의 절대압이 외기의 절대압보다 상대적으로 낮은 것을 의미한다. 즉, 중성대 이하의 층에서는 실내공간으로부터 에코샤프트로의 배기가 이루어지며, 에코샤프트 내 공기가 연직상승한다. 중성대가 가장 높이 형성되는 모드는 에코샤프트의 개구부를 모두 닫은 경우이며, 이 때 중성대는 최상층인 13층에 형성되었다. 한편 에코샤프트의 개구부에서 형성되는 기류의 풍속은 0.5~0.8m/s 수준임을 풍속계를 이용한 직접 측정을 통해 확인하였다.

---

21) http://www.kma.go.kr

상기 실측조사 결과는 비록 제한된 조건 하에서 이루어졌지만, 건물에 수직방향으로 설치된 샤프트가 연돌효과에 의한 실내환기 구동력을 가질 수 있음을 명백하게 보여준다.

에코샤프트를 자연환기에 실질적으로 이용하려면 중간기가 가장 적절하다. 기계식 냉방 및 난방의 공급이 필수적인 동절기 및 하절기에는 실내공간의 기밀화가 필요하기 때문이다. 기밀화 되지 않은 조건하에서의 상승기류 및 환기구동력은 더욱 정밀한 실측조사를 통해 입증해야하겠지만, 간절기(봄, 가을)에는 에코샤프트를 적절히 이용하면 별도의 기계식 환기장치 없이 실내공간의 배기가 가능할 것이라고 추정된다. 이와같이 기계식 환기장치의 사용을 자연환기로 대체하는 것이 에코샤프트의 최초 고안 당시의 설계 목적이므로, 차기 설치될 에코샤프트에는 최상층 개구부의 크기를 조정하거나 환기팬을 설치함으로써 샤프트 내 상승기류를 보강할 계획이다.

결론적으로 본 신청기술은 냉방에너지를 절감하기 위해 고안된 기술이 아니지만, 건물의 환기에 필요한 전기에너지를 절감함으로써, 패시브 건축아이템의 목적에 부합하는 기능을 발휘할 것으로 기대된다. 연중 냉난방이 필요하지 않은 간절기를 4,5,9,10월이라고 가정할 경우, 에코샤프트의 사용으로 인해 실내환기에 필요한 에너지를 연중 33% 가량 절감할 수 있다.

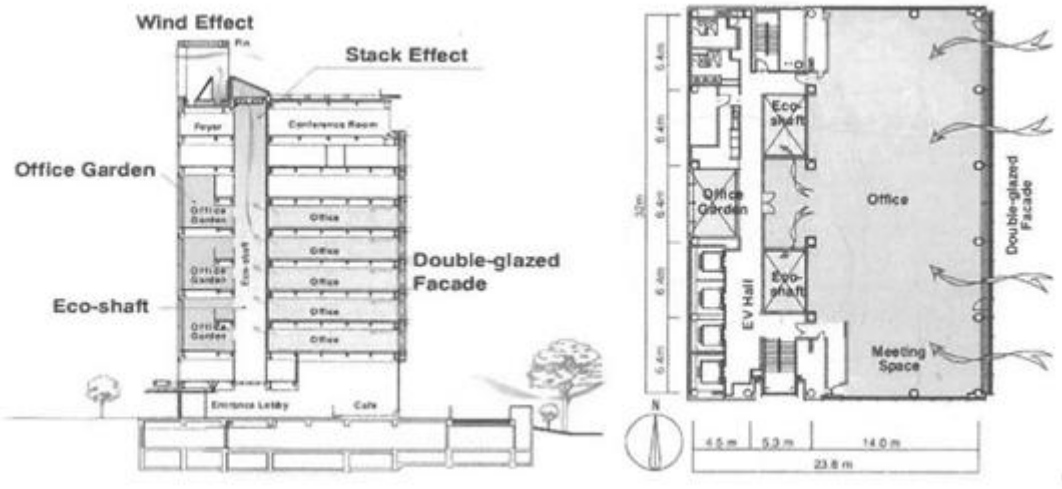
(3) 기존 또는 유사기술과의 차별성

기존 고층 건물의 환기는 기계설비의 전동력에 의한 강제 급기 및 배기가 이루어지는 것

이 일반적이다. 에너지를 사용하지 않는 자연형 조절기법(passive control)으로 자연환기를 통해 신선한 외기를 공급하고, 중간기나 여름철 냉방에너지를 절감하기 위한 방안으로는 아트리움, 계단실, 굴뚝 등의 설계적 방법이 있으나, 이들의 도입은 전용면적의 손실을 불가피하게 초래한다. 대지가치가 높은 지역에 설립된 고층 건물일수록 전용면적의 손실을 최소화하고자 신선한 외기와 자연광으로부터 고립되는 코어부를 발생시키고, 이러한 공간은 기계설비와 조명기구에 환기와 채광을 의존하고 있는 형편이다.

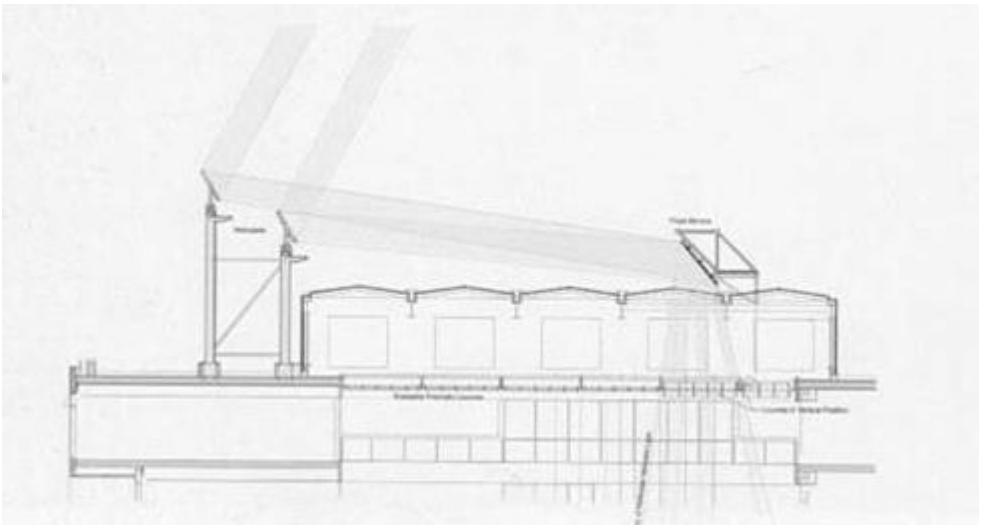
샤프트를 설치하여 자연환기를 적극적으로 도입한 사례는 Kajima 건설이 설계 및 시공한 Sekisui House Hudan-minami 빌딩에서 찾아볼 수 있다. 이들은 바닥면적의 약 7.8%정도가 되는 공간에 샤프트 2개를 설치하여 에코샤프트의 개념을 처음 도입하였다.

그림 126. Sekisui House Kudan-minami 빌딩의 에코 샤프트 개념도



한편, 건축물의 외부에 헬리오스탯(Heliostat)과 거울 반사체를 설치하여 실내공간에 자연광의 유입을 확대하는 기술은 이미 개발 및 상용화 되어있었다. 그러나 이러한 기술의 활용 예는 주로 건축물의 천정부를 통해 빛을 유입하여 중심부의 넓은 공용공간, 즉 중정 (아트리움, atrium)에 채광을 공급하는 경우로 한정되어왔다.

그림 127. 헬리오스탯 및 반사체를 이용하여 중정에 자연광을 유입하는 예



본 신청기술은 앞서 언급한 두 가지 선행기술의 기능들을 수직 샤프트라는 하나의 건축요소를 통해 통합적으로 구현한다. 이 점이 핵심 아이디어이자 선행기술들과 구별되는 점이다. 하나의 샤프트로 두 가지 기능을 구현함으로써, 전용면적의

축소율을 최소화 하면서도 자연채광과 자연환기를 이용하여 의해 주변공간의 거주성을 향상시킨다. 특히 넓은 전용면적이 필요한 대규모 건물(병원이나 주상복합, 청사, 오피스, 아파트 등)에 본 신청기술이 도입될 경우, 보다 넓은 전용면적을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 또한 본 신청기술은 새로 설계되는 건축물에 본 기술을 적용 가능할 뿐만 아니라 도심 속 현존하는 고층건물을 대상으로 개축 적용 가능하다.

표 132. 에코샤프트의 기술적 차별성

	신축 및 개축 건물 적용 가능여부	모듈화 된 디자인 및 시공법 적용 가능여부	기본개념 (설비기술 또는 건축요소기술)
유사기술(1) 일본 Sekisui House 의 환기용 에코샤프트	신축만 가능	불가능	건축요소기술
유사기술(2) 헬리오스탯을 적용한 아트리움(Atrium)	신축만 가능	불가능	설비기술
신청기술	신축 및 개축 모두 가능	가능	건축요소기술

주: 신청기술이 완전히 대체 가능한 기존기술 없음

결론적으로 에코샤프트는 샤프트라는 비교적 단순한 건축요소의 도입을 통해 전용면적의 축소는 최소화하면서, 비(非)기계적이며 에너지를 저감하는 방식으로 실내 거주성을 향상시키고자 고안된 최초의 기술이라 할 수 있다.

(4) 신청 기술을 활용한 사업화 전략

그 동안 전남전문건설회관에 설치되어있는 에코샤프트를 대상으로 실측조사 및 연구를 진행, 에코샤프트 설치의 효용성을 과학적으로 입증하였다. 에코샤프트의 성능에 대한 실측 자료는 특허나, 녹색기술 인증과 더불어 신축 건물에 에코샤프트를 적용하기 위한 홍보수단으로서 적극 활용할 수 있다.

한편, 현재 대지가가 높은 도심지역에 형성된 기존의 고층건물을 대상으로 에코샤프트의 개축 적용 방안에 대한 연구를 진행중이다. 연구결과물로 특정 건물에 적용될 설계도면을 생산할 예정이며, 이를 이용하여 개축 설계 및 시공의 가능성과 타당성을 구체적으로 입증하고자 한다.

(5) 신청 기술로 예상되는 기술적 파급효과

(가) 관련 기술의 국산화 기대

본 신청 기술이 더 많은 사례에 적용되고 대중화된다면, 에코샤프트를 구성하는 재료기술 및 샤프트를 이용한 환기효과를 극대화시키기 위한 건설기술 등 관련 기술도 함께 발전할 것으로 기대된다. 관련 기술을 나열하면 다음과 같다.

1. 헬리오스탯(Heliostat) 제작 기술

헬리오스탯은 에코샤프트의 채광부 일부를 구성하는 한 요소로써, 태양으로부터 조사되는 자연광을 샤프트 내부로 주입하기 위해 빛을 최초로 반사시키는 역할을 하는 거울이다.

반사로 인해 태양광 에너지가 손실되는 비율을 최소화하기 위해 매우 매끄럽고 평편한 표면을 유지해야 할 뿐만 아니라, 옥외에 설치되므로 풍화에 노출되는 환경에서도 반사각의 흔들림 없이 견고함을 유지해야 한다.

2. 창호 및 출입문의 기밀화(Airtight) 기술

에코샤프트의 환기기술이 예측 가능한 범위 내에서 보다 정확하게 작동하기 위해서는 창문 틈새를 통한 예상하지 못한 공기의 유입이 적어야 한다는 연구결과를 얻었다. 따라서 에코샤프트의 채택 및 사용 빈도가 높아질수록 건물 외벽에서 일어나는 실내공기와 외기의 교환 또한 통제조건 하에서 이루어질 것이다. 이때 요구되는 기술이 창문과 출입문의 기밀화 기술이다.

3. 자동제어 기술

에코샤프트의 환기성능을 계절별, 날씨 별로 제어하기 위해 개구부의 개폐여부를 자동화하는 방안을 고려하고 있다. 따라서 에코샤프트의 보급화는 자동제어 기술의 적용시장을 확대함과 동시에, 더블스킨, 인텔리전트 빌딩에 사용되는 자동제어 시스템의 국산화를 촉구하는 계기가 될 것으로 전망한다.

4. 기존 고층건물 중심부의 거주성 개선

그동안 고층건물의 코어부는 일반적으로 엘리베이터로 이용되거나 창고 및 기계설비를 위한 공간으로 이용되어왔는데, 그 이유는 외부와 직접 면하는 부분이 없기에 사람이 거주하기 불편하기 때문이었다. 기본적인 공기의 질과 채광조건을 제공하기 위해서는 반드시 추가적인 기계설비가 필요했던 것이다.

그러나, 기계설비 대신 에코샤프트를 도입하면 유지비용의 증가 없이 코어부의 거주성을 개선할 수 있게 되며, 이를 이용하여 고층 건물의 코어부에서도 거주성

이 좋은 전용면적을 확보할 수 있게 된다. 이러한 공간을 회의실이나 휴게실, 거실로 이용하는 등 활용 방안은 매우 다양하다.

결론적으로 설계단계에 에코샤프트를 도입함으로써 기존의 고층건물과 차별화된 공간 프로그램을 기획하게 될 것으로 기대한다.

그림 128. 복복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과

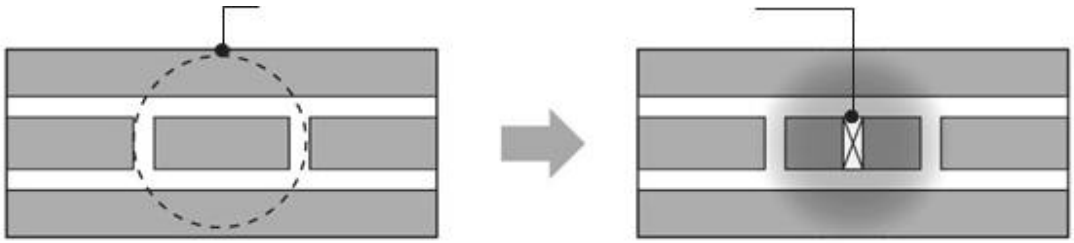


그림 129. 중복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과



그림 130. 편복도 형식 고층빌딩 중심부의 거주성 개선 효과



라. 신청 기술의 녹색성

(1) 지속가능성 측면

본 신청기술은 건축적으로 패시브(Passive)한 아이템으로서, 유지기간 중 에너지를 소비하지 않으면서 제 기능과 역할을 다 한다. 채광부를 구성하는 반사거울을 제외하면 에코샤프트를 구성하는데 특별한 건축 재료가 필요하지 않다. 이는 건물

의 철거시에도 복잡한 기계 및 전기시스템이 거치는 까다로운 분해절차가 필요 없다는 의미이기도 하다. 또한 시스템의 구성이 매우 단순하고 명료하기 때문에 유지과정 중 심각한 고장이 일어날 확률이 적다는 사실도 지속가능성의 개념에 부합한다.

(2) 친환경성 측면

최근 이산화탄소로 인한 지구온난화 문제가 글로벌 이슈로 떠오르면서, 세계는 에너지 효율등급이 높은 설비 및 제품의 사용으로 전기에너지의 사용을 절감하는 방법에 주목해왔다. 본 신청기술은 건축물의 전 생애주기 동안 끊임없이 불가피하게 발생하는 에너지의 사용과 이산화탄소 배출을 절감할 방안을 제시한다.

(가) 자연채광기술의 이산화탄소 배출 저감 효과

에코샤프트의 자연채광기술은 해당지역의 날씨가 맑은 날, 일조량이 충분한 시간 동안 전등을 대체하여 기능한다. 연간 절감되는 전력량을 계산하면 다음과 같다.

① 에코샤프트의 조명기구 대체효과 = 46.18 %
② 엘리베이터홀의 연간 조명에너지 사용량
= 20W × 1.15(역률) × 8개(조명기구 수) × 14층 × 3285시간(연간 운영시간)
= 8,462 KWh/year
③ 에코샤프트의 조명에너지 저감량 = ② × (100 - ①) = 4.554 kWh/year
즉, 에코샤프트의 사용으로 인해 연간 약 4.5kWh의 에너지를 절감할 수 있다. 한편, 에코샤프트의 자연채광기술에 의한 조명에너지 저감량을 기준으로 이산화탄소배출 저감 효과를 산출하면 다음과 같다.
④ 에코샤프트의 이산화탄소 배출 저감량
= 조명에너지 저감량 × 전기에너지 기준 이산화탄소 배출계수
= 4.554 MWh/year × 0.424 tCO2/MWh*
= 1.93 tCO2/MWh
*전기(소비기준)에너지의 이산화탄소 배출계수 = 0.424 tCO2/Mwh

따라서, 전남전문회관은 엘리베이터홀 공간의 조명에너지 절약효과로 인해 연간 약 1.93톤의 이산화탄소 배출을 저감할 수 있다.

(나) 자연환기기술의 이산화탄소배출 저감 효과

에코샤프트의 자연환기기술이 제공하는 친환경성은 같은 성능을 위해 기계설비를 가동할 경우 소모되는 전력량을 계산하여 유추할 수 있다.

전남전문건설회관에 설치된 에코샤프트의 풍속 자체평가 결과를 토대로 초당 배기되는 풍량을 계산할 수 있다. 개구부의 단면적은 0.625㎡, 여기에 실내에서 에코샤프트로 향하는 0.6m/s의 기류가 균등하게 분포한다고 가정하면, 각 층에서 에코샤프트 내부로 유입되는 풍량은 초당 0.375㎥가 된다. 이를 CMH 단위로 환산하면, 에코샤프트의 환기 구동력은 약 1350CMH 이다. 전남전문건설회관의 기준층에 설치된 환기유니트 사양은 다음과 같다.

표 133. 전남전문건설회관 기준층 환기유니트 사양

장비번호	분류	용도	풍량[CMH]		소비전력[W]	
			강	약	강	약
VU-4	전열교환환기장치	복도용	500	320	250	230

이 환기설비를 이용하여 에코샤프트의 개구부를 통해 한 시간동안 배기하는 공기량과 대등한 배기효과를 얻으려면, '강' 모드에서 2.7시간 또는 '약' 모드에서 약 4.2시간 동안 가동해야 한다. 즉 0.675 kWh(강) 또는 0.966kWh(약)만큼의 전력을 소비해야 에코샤프트와 같은 양의 공기를 배기하는 셈이다.

한편 자체평가 결과에 따르면, 에코샤프트의 개구부를 전 층에서 열 경우 중성대의 위치가 높지 않으므로 동시에 모든 개구부를 열어서 전 층을 환기할 수는 없다. 그러므로, 전체 층수(지하 2층, 지상 12층, 총 14층)를 고려한 에코샤프트의 환기 구동력을 약 100CHM이라고 가정하고(총 환기량의 약 14분의 1), 건물의 하루 사용시간을 14시간이라 가정하면, 이에 상응하는 환기유니트의 최소 가동시간 및 하루동안 소비전력량은 100x14/500 = 2.8시간, 0.7kWh. 연간 소비전력량으로 환산하면, 층당 약 255.5kWh, 건물 전체가 약 3.6 MWh의 전기에너지를 에코샤프트와 동등한 배기를 위해 소비하는 셈이다.

(다) 생활품질 향상 측면

본 신청기술은 사람이 거주하는 공간을 보다 인간답고 자연스럽게 만드는 기술이라는 측면에서 녹색적이다. 복잡한 기계장치와 소음 및 먼지를 유발하는 동력을 사용하지 않는 단순기술(Low-tech)로 거주자에게 정서적 안정감을 제공한다. 자연으로부터 얻는 채광과 바람은 기계동력이 제공하는 쾌적함과 비교 불가능한 가치일 것이다. 또한 기술의 단순성으로 인해 청소 정도의 유지관리만으로 건물의 전 생애주기에 걸쳐 설치와 동시에 무조건적인 효과를 얻을 수 있다. 따라서 거주자는 외부 날씨와 계절의 변화로부터 고립되고 차단되기보다 늘 연관을 맺는 생활을 영위할 수 있다.

제4장 에코샤프트의 시사점

제1절 지속가능한 사회

환경에 대한 관심이 전 지구적 차원에서 증대되면서 환경문제는 가장 민감하고 긴급한 국제협력 과제의 하나로 등장하고 있으며, 그 중에 가장 대표적인 것이 기후변화 협약이다. 우리나라의 온실가스 배출량은 세계 9위, 에너지소비량은 세계 10위 수준으로 온실가스 증가율은 2% 수준에서 지난 2010년의 경우 9.8% 수준으로 비약적으로 증가하였다. 이는 기후 등 계절적 요인을 고려하더라도 GDP증가율 6.3%에 비해 매우 높은 수준으로 국가적 차원에서의 대책 마련이 시급한 상황이다. 이 중 건축물이 차지하는 비율이 50%에 달하고 있어 건축물 부분에 있어 친환경 에너지 저소비를 위한 노력이 필요한 시점이라 하겠다.

최근 유가 불안정, 원자력 발전소 문제 등 에너지 수급 문제가 세계적인 이슈로 제기되오 있는 만큼 건축분야에 있어서도 에너지 효율성 향상에 대한 요구가 한층 더 강해지고 있다. 친환경 건축은 신재생, 청정 에너지, 친화경 기술, IT기술 등을 도입하여 환경복원, 오염 저감, 에너지 효율성 향상 및 온실가스 저감을 실현하는 것을 의미한다. 따라서, 친환경 건축에는 환경복원, 주거, 상업용 건축, 도로, 항만, 에너지 시설 등 다양한 분야들이 적용된다고 하겠다. 또한, 에너지 효율적 건축기술의 개발, 환경을 중시하는 소비 트렌드 등으로 친환경 건축의 경향은 지속될 것으로 예상된다.

1. 친환경 건축 정책

주요 선진국들은 에너지 소비 및 탄소배출 저감 목표의 녹색건축 활성화를 위한 정책을 추진하고 있다. EU는 건물에너지절약지침을 수립하고 2019년에는 주택의 제로 에너지화 등으로 신재생 에너지를 이용하는 친환경주택을 확대하고 있다. 독일에서는 자연형 주택인 패시브 하우스 등 주택 단열기능을 강화하는 친환경 주택을 확대하고 있으며, 영국은 2016년 까지 모든 주택의 제로 탄소화를 추진하고, 미국은 주택의 에너지 효율성에 따라 장기 저리융자 혜택을 부여하고, 일본은 주택 단열기능 향상 등으로 에너지 소비의 20% 절감을 목표로 하고 있다.

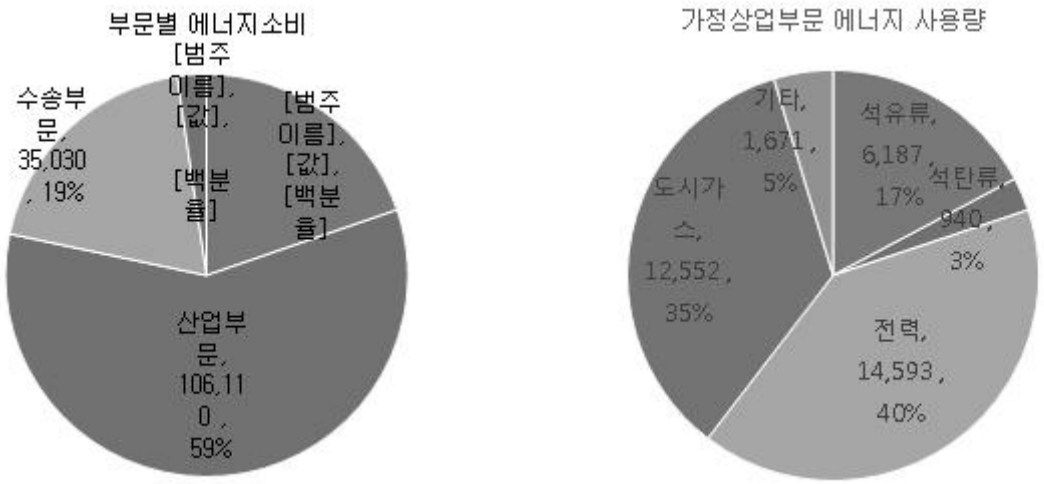
국내에서는 에너지 소비 및 온실가스 배출 저감효과를 높이기 위한 친환경 녹색기술을 신성장 동력 산업으로 부각시키기 위해 노력하고 있다. 토지이용, 생태환경, 에너지 친환경 건축물 인증, 에너지효율 등급 등 국토해양부와 환경부, 지식경제부 등 정부 부처간 공동으로 운영하고 있다. 이러한 노력의 결과로 절약형 친환경 주택 건설기준을 마련하였고, 에너지 절약형 리모델링 및 신재생에너지 주택 보급 사업을 시행하고 있다. 에너지 절약형 친환경 주택 건설기준을 마련하여 공

동주택은 최소 10~15% 이상의 에너지 소비 저감을 만족해야 하며, 2020년 까지 주택에 신재생 에너지를 보급하는 그린홈 100만호 정책을 추진하고 있다. 하지만, 아직까지 인증 중심의 계량적 지표를 확보하는 거시적인 노력에 치우치고 있어 실효성 있는 저변확대에는 영향력이 미치지 못하고 있다. 최종 소비자가 그 효율성을 체감하여 민간에서 수요를 견인할 수 있도록 효과적인 아이템을 개발, 보급하고 이의 생산을 활성화하는 정책이 필요할 것으로 본다.

2. 에너지 소비 저감효과

최근 유가 급등 및 이상 기온 등이 세계적으로 일반화되면서 에너지 소비가 급증함에 따라 에너지 절약형 친환경 산업의 필요성이 강조되고 있다. 중동의 지정학적 불안정성이 악화되면서 국제원유가격의 불안정성이 해소되지 않고 있어 원유 수급의 문제가 지속되고 있으며, 겨울철 전기난방 수요가 전체 전력수요의 24%를 차지하고 있어 기후 요인에 의한 전기수급 문제도 심각한 상황에 이르고 있다. 따라서, 주택 및 대형 건물의 냉난방 에너지 수요를 절감할 수 있는 에너지 절약형 친환경 건축을 장기적인 대안으로 하는 정책이 절실해 지고 있다

그림 131. 부문별, 가정상업 부문의 에너지 사용 비중



단위: 1,000 TOE

자료: 에너지 경제연구원, 2009

국내 부문별 에너지 소비는 산업 58.3%, 수송 19.7%, 가정과 상업 분야가 19.6% 순으로 나타나고 있으며, 가정, 상업 부문에서 도시가스 및 전력 소비 비중이 75.4%를 차지하고 있다. 탄소배출 역시 산업 49.1%, 수송 28.5%, 가정과 상업 분야가 22.4% 순으로 나타나 에너지 소비 비율과 크게 다르지 않다. 에너지관리공단에 따르면, 가정.상업 부문의 탄소배출은 주로 전력소비에 의한 것으로 나타나고 있는데, 대형건물의 전력소비 및 가정의 난방용품 사용 등으로 가정.상업 부문의 전력 소비에 의한 탄소배출 비중은 무려 38.8%를 차지하고 있다.

표 134. 부문별 가정.상업 부문의 탄소배출

부문별	탄소배출량	
산업	205,066	(49.1%)
가정.상업	93,784	(22.4%)
수송	119,158	(28.5%)
공공기타	-	
합계	418,008	(100%)

가정.상업	탄소배출량	
석유루	15,555	(16.6%)
석탄류	2,814	(3.0%)
전력	36,430	(38.8%)
도시가스	38,986	(41.6%)
기타	-	

단위: 1,000 tCO_2

자료: 에너지관리공단, 2005

친환경건축이 확산될 경우 소극적으로는 대기전력 차단, 난방효율성 개선 등으로 에너지소비 효율성을 향상시킴은 물론, 기존 에너지를 대체하는 적극적인 에너지 절약이 이루어질 것으로 기대한다. 친환경 건축은 에너지 절약과 탄소배출량 감소의 결과뿐만 아니라 삶의 질을 중시하는 최근의 소비, 문화 경향과도 일치하여 새로운 시장을 형성하여 경제 활력 동인으로 작용하게 될 것이다.

3. 친환경 건축의 함의

현재, 정부에서 추진하고 있는 친환경 건축물 및 에너지 효율 등급 인증제도, 친환경 주택건설 기준 등의 정책으로 가정, 상업 건축물에서 에너지 소비의 10%를 절약한다고 가정하면, 연간 최소 357만 TOE를 절약하여, 2천6백만 배럴의 원유 소비를 절약하여 연간 원유 수입의 3%를 대체할 수 있다. 또한 에너지 소비 저감에 따라 최소 937만 tCO_2탄소배출 저감을 유도하여 약 2천억원의 탄소배출 저감 효과가 발생한다. 따라서, 에너지 절약형 친환경 건축으로 연간 25조원을 절약할 수 있는 것으로 추정된다.[22)]

22) 현대경제연구원, 녹색건설의 국내외 동향 및 시사점, 2011

표 135. 친환경건축의 에너지소비 저감 가치

에너지소비		원유소비저감			탄소배출저감		총에너지소비 저감가치 (조원)
저감율	1만TOE	백만배럴	금액		1만tCO_2	조원	
			억달러	조원			
10%	357.2	26.5	21.2	2.3	937.8	0.2	2.5

단위: 1만 TOE, 백만배럴, 1만 tCO_2,억달러, 조원

자료: 현대경제연구원, 2011

이상과 같이 거시적 차원에서의 친환경 건축의 영향을 살펴보았다. 이를 위해 다음과 같은 정책 시사점을 정리할 수 있겠다.

첫째, 에너지 소비를 절약하는 친환경 건축의 활성화를 위해 재건축, 리모델링 등 모든 건축물을 대상으로 친환경 건축 기준을 마련하고 이를 확대하여야 한다. 친환경 건축은 에너지 소비를 절감하여 원유 등 에너지 수입대체 효과가 입증되었으며, 에너지 수요의 급격한 계절적 변화 억제 및 안정적인 에너지 수급 관리에 기여할 것으로 판단되며, 에너지 절감형 리모델링 사업을 전체 건축 시장으로 그 범위를 확대하고, 보급을 위해 에너지 절약형 친환경 건축 산업에 대한 보조금, 세제 지원 등의 정책 유인도 효과적일 것이다.

둘째, 친환경 소비 트렌드를 선도하고 전문적인 기업 육성을 위한 친환경기술의 개발, 보급에 대한 지원을 확대하여야 한다. 친환경 건설 공법, 에너지 절감 설계 등 친환경 건축 기술 개발을 위한 기초연구를 활성화하고 상품화를 위한 기술개발 지원을 대폭 확대할 필요가 있다. 또한, 친환경 건축에 대한 보다 구체적인 가이드라인 및 설계기준을 제공하여 전문 산업을 육성할 필요가 있다.

셋째, 구체적인 해외진출 계획을 수립할 수 있도록 친환경 관련 해외수요 관련 정보를 제공하고 친환경 건축 실적 공인 제도 등으로 해외진출을 지원해야 한다. 해외진출에 적합한 기술개발 전략을 수립하고 친환경 건축의 해외 진출이 가능하도록 해외의 산업에 대한 수요 등 정보를 제공할 필요가 있다. 또한, 대내적으로 친환경 건축 인증의 범위를 넓히는 등 친환경 건축을 활성화하여 내수 시장을 확대하는 방안도 동시에 추진되어야 한다.

넷째, 친환경 건축의 활성을 위해 관련 기업에 대해 금융지원 및 친환경 건축 보유세 경감 등 다양한 인센티브 제공이 필요하다. 일반적으로 주택 등 건축물의 수명은 20년 내외이며, 친환경건축의 에너지 절감효과는 장기간 발생한다는 점을 볼 때, 친환경 건축에 소요되는 추가 비용을 덜어주기 위해 건설사 대상 혹은 주택 구입 등 소유자를 대상으로 하는 금융 지원이 효과적일 것으로 판단된다. 친환경 건축의 에너지 효율성을 자발적으로 강화하고 활성화할 수 있도록 기존 주택의 에너지 절감형 주택 보수에 대한 지원을 확대하거나 친환경 주택 건설 기준 및 성능

에서 제시하는 친환경 자재 사용, 에너지 사용량 정보확인 시스템 등에 대한 세제 인센티브 등도 필요하다.

이상과 같은 정책 수단이 동반될 때 민간 부분에 친환경 건축이 활성화 될 수 있으며, 비로소 에너지 절약, 탄소배출 저감 등 환경 부담의 완화는 물론 삶의 질을 향상시키고자 하는 친환경 건축의 목표가 구현될 수 있을 것이다.

제2절 건축기술의 함의

1. 연구의 성과

본 연구는 고층 빌딩 중심부 혹은 지하층과 같이 외기에 면하지 않는 공간에 대해, 기계적 장치에 의존하지 않는 건축적인 방법으로 자연채광과 환기를 공급하는 친환경 건축 시스템을 개발하는 목표를 가지고 시작되었다. 이러한 기술이 보급될 경우, 작게는 건물 내부의 에너지 대체효과에 의한 유지비용의 절감, 그리고 자연채광과 환기에 의한 공간 거주성을 향상과 이의 결과에 의해 나타나는 공간 사용의 효율성을 높이게 되고, 크게는 기존 에너지원의 보완에 따른 에너지 비용의 절감은 물론 건축공간의 효율화로 도시 공간 구조를 변화시키는 등 사회적 비용을 감소시키고, 나아가 관련 기술의 개발과 산업의 발전으로 신산업 창조 등 경제발전의 유인으로 작용하게 될 것이다.

이와 같은 목표하에, 본 연구는 두 단계로 나누어 연구를 진행하였는데, 1차년도 연구에서는 기존에 설치된 에코샤프트의 채광과 환기성능을 분석하였고, 2차년도에서는 에코샤프트를 보급하기 위해 성능의 기준을 정하고 관련기술을 결합하여 완성도를 높이는 등의 연구를 진행하였다.

1차년도 연구의 결과 기존의 설치된 에코샤프트에서는 유의한 수준의 기술적 성능이 실현되고 있음을 확인할 수 있었다. 성능에 영향을 미치는 시공 과정에서 혹은 운영의 시행착오들은 2차년도 연구기간을 통해 보완하게 되었고, 이 기간동안 에코샤프트의 성능을 보완하거나 확장시키기 위한 새로운 기술을 접목하게 되었다. 또한, 녹색기술인증, 친환경건축물인증을 받거나 추가적인 기술특허를 확보하여 차별적이고 배타적인 기술의 우수성을 증명하였고 대외적인 경쟁력을 확보하였다.

2차년도 연구기간 동안 이루어진 가장 큰 성과는, 신축 건축물이 아닌 기존의 건축물에에코샤프트를 적용하여 환경을 개선시키기 위한 실시설계를 진행한 점인데, 이 결과를 바탕으로 향후 다양한 건축환경에서 적은 비용으로 건축물의 성능을 개선할 수 있는 발전적인 시도가 이루어지기를 기대한다. 또한, 관련 산업 기술의 발전을 통해 보다 저렴하고 효율적인 시스템이 개발되어, 친환경 선진국이 구축해놓은 진입장벽을 뛰어넘는 국가 경쟁력을 가질 수 있게되기를 희망한다.

2. 연구의 한계

1차 년도 연구의 모델이 되었던 전남전문건설회관의 에코샤프트는 자연채광과 자연환기 측면에서 확실히 그 역할을 하고 있는 것으로 실측결과 판명되었지만, 주변의 기후에 따라 그 편차가 있음도 확인하였다. 연구기간 동안 시뮬레이션을 통해 검증한 다양한 보완책을 제시하였으나, 에코샤프트 역시 자연환경에 의존하는 패시브 시스템이 가지는 근원적인 한계가 있다. 하지만, 다양한 실제 사례를 통한 시행착오를 바탕으로 개선 가능성의 폭을 넓혀갈 수 있을 것으로 기대한다.

2차년도 연구에서는, 1차년도 연구의 문제점을 보완하는 데서 출발하여, 에코샤프트의 보편적인 적용을 위한 기반을 마련하는데 주력하였고, 결과적으로 건축물에 필요한 에코샤프트의 기술적인 성능 기준을 마련하였고, 이를 기존의 실제 건축물에 적용하기 위한 실시설계를 진행하였다. 이 과정에서 건축, 전기, 조명, 기계설비 등 각 분야에서 구체적인 가이드라인을 만들 수 있었고, 운용을 위한 시스템을 제안하였으며, 공사 예산을 산정하여 구체적인 적용을 검토할 수 있는 계량적 토대를 만들 수 있었다. 하지만, 에코샤프트는 단위 제품이 아니라 건축물에 적용이 되면서 그 성능을 발현하게 되는 솔루션의 성격을 가지고 있기에 본 연구를 통해 모든 기준을 규정할 수 없는 한계를 가진다. 하지만, 향후 다양한 분야와 건축물에 적용이 이루어 질 경우, 산업 전반에서 시행착오를 통한 경험적 기술 자료가 축적되어 범 산업적인 측면에서의 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

3. 연구개발 결과의 활용

본 연구를 통해, 에코샤프트의 필요성과 효율성에 대해서는 충분히 검증하였고, 건축물의 신축 및 개축 현장에 직접 적용하여 건축물의 성능과 에너지 절약, 친환경성 향상 등 사회전반에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 하는 기반을 마련하게 되었다.

에코샤프트는, 개별적인 기술 제품이 아니라 건축설계를 통해 최종적으로 구현할 수 있는 친환경 솔루션므로, 관련 산업 전반적인 발전이 동반되어야 한다. 따라서, 본 연구를 통해 건축서비스 산업에서 건축물의 친환경 성능을 향상시키기 위한 신산업분야의 창출이 가능하다. 또한, 이와는 별도로 소규모 건축물에 직접 적용을 하기 위한 단위 제품 개발도 가능한데 이는 별도의 사업으로 진행할 수 있다.

본 연구를 통해 확보한 녹색기술인증과 각종 기술 특허 등 배타적인 권리는, 연관 산업에서의 기술력을 높이고 나아가 대외적인 산업 경쟁력을 확보하는데 기여할 것이다.

부록

1. 연구목표 및 결과
2. 전남전문건설회관 개요
3. 특별피난계단 / 비상용 승강기관련 법규
4. 특별피난계단의 계단실 및 부속실 재연설비의 화재안전기준
5. 삼호물산 에코샤프트 개요
6. 기술특허, 인증 및 홍보성과물
7. 실내환경조절용샤프트시스템 연구 최종성과물 총람

부록

1. 연구 목표 및 결과

연차	주요연구목표	연구수행방법	연구실적			연구평가	
			연구계획	연구결과	개선방안	보완요청	보완결과
1차년도 2011.09.30~ 2012.05.29	에코샤프트의 자연채광과 환기의 효과를 실증적으로 입증	전남전문건설회관을 모델케이스로 다양한 실험을 전개하며, 과오를 구분하고 효율을 올리기 위한 실천적 방안 결정	채광 성능 평가	전 층으로 자연채광이 유입되고 있음	한 층에 공급하는 자연채광의 광량을 유지하기 위해서는 지름 50cm 정도의 면적이 필요함	실내조도가 얼룩지는 현상에 대한 검토	추가
					샤프트는 외기의 영향을 받지 않도록 갇힌 구조 안에 있는 것이 안정적인 채광 성능을 확보할 수 있음		
			환기 성능 평가	개구부의 통제 조건하에서 자연 환기가 이루어짐을 확인 함	에코샤프트의 배기구 면적은 급기구보다 최소한 커야 함	절기, 하절기의 난방, 냉방부하에 샤프트가 미치는 영향에 대한 분석	추가
						동절기, 하절기의 환기 방식에 대한 연구 샤프트의 소음 평가	추가
					풍속이 강한 경우, 상부에서 역류가 발생할 수 있으므로, 현재 설치된 그릴 등은 부적절하며, 윈드스쿠프, 무동력 팬 등의 장치가 효율성을 높일 수 있다. 또한, 샤프트내 역류	기계환기장치(전열교환기)의 필요성	추가
						자연환기의 실효성 및 경제성	
					상부의 구동력을 높이기 위해서는 상부의 태양광 등을 이용하여 샤프트 내 상하부간 공기의 온도차를 더 심하게 하거나, 무동력 벤틸레이터 등을 설치하여 구동력을 배가시켜야 할 것	동절기, 하절기의 난방, 냉방부하에 샤프트가 미치는 영향에 대한 분석	추가
						동절기, 하절기의 환기 방식에 대한 연구	
	에코샤프트의 설계 적용 매뉴얼 작성을 통한 인증절차 진행	에코샤프트의 작동을 위한 패러미터를 수치화하여 다양한 경우에 적용가능한 일반해를 도출함	유지 및 관리방안	사용자 매뉴얼 작성	-	-	
2차년도 2012.05.30~ 2013.09.29	에코샤프트의 가동을 위한 인텔리전트시스템(IBS), 제연설비, 초고층 관련 아이템(풍속과 풍압이 높아질 경우에 대한 대비)에 대한 연구	에코샤프트에 통합할 수 있는 기술들을 확인하고 업체 미팅을 통해 연계 연구방안을 모색, 법률, 성능기준 등이 필요시 실행계획 수립	성능 기준	에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계 확인	채광, 환기 모두 단면적에 따른 효율의 상관관계는 있으나, 반사거울의 크기나 단면적의 형태 및 단부의 높이 등 단면적 외 관계변수가 많은 것으로 분석		
				고층(30층이하)건물 적용			
				친환경인증기준점수 획득방안 검토	현행 친환경인증기준은 개별 요소의 기준 만족에 의한 가점 시스템으로 에코샤프트와 같이 건축물의 총량적 효율성 향상에 기여하는 기술의 평가는 불가		

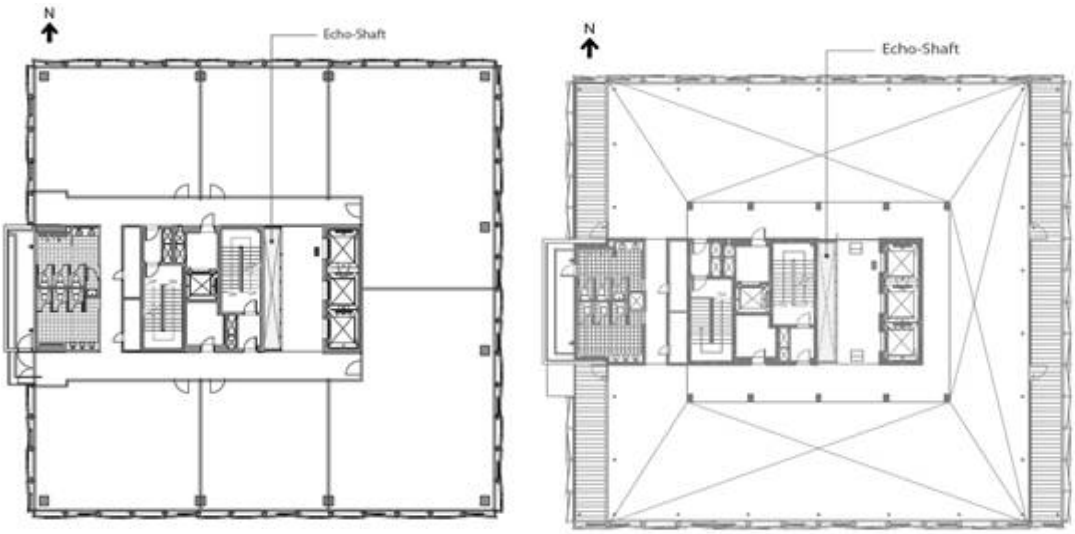
					능하므로 현실적인 제도 개선이 요구됨		
				신기술인증	에코샤프트는 일반적으로 유형화되어 있지 않은 솔루션으로 신기술인증 대상에 적절치 않아, 동등한 기술자격인 녹색기술 인증으로 목표를 대체하여 이를 취득함		
				추가 특허취득	채광과 환기성능을 향상시키는 목적의 기술특허 3건의 추가 인증함		
			부가 기능	소형풍력발전연구	풍력발전기의 효율 확보를 위해서는 과다한 에코샤프트의 크기를 요구하고, 샤프트 내부 기류에 저항이 생겨 샤프트 효율성도 떨어트리는 등 유효하지 않은 것으로 판단		
				자동제어방안연구	실내 거주공간의 공조효과 유지와 에코샤프트 내 기류 유지 목적으로 냉, 난방기, 간절기 모두 자동제어되는 창문 개폐시스템은 효과적임		
				제연덕트 겸용방안	에코샤프트가 기술적으로 제연설비 기능을 수행할 수 있지만, 지정 재료를 사용해야하는 등 현행 제도를 만족시키지 못하므로 제연덕트의 겸용은 불가능함		
			경제성 검토	사용비용효율 산정			

2. 전남전문건설회관 개요

표 136. 전남전문건설회관 건축개요

구분	내용
대지위치	전남 무안군 남악신도시 택지개발사업지구 업무시설용지 2-2-2호
지역지구	중심상업지구/ 지구단위계획구역
용도	업무시설/ 근린생활시설
규모	지상13층 지하2츠
구조	철근콘크리트구조, 철골구조
대지면적	1,961.80㎡
건축면적	1,046.44㎡
연면적	12,612.61㎡
건폐율	53.34%
용적률	480.90%

그림 132. 전남전문건설회관 평면도



주: 좌측 지상3~10층 평면도/ 우측 지상12층 평면도

그림 133. 전남전문건설회관 단면도

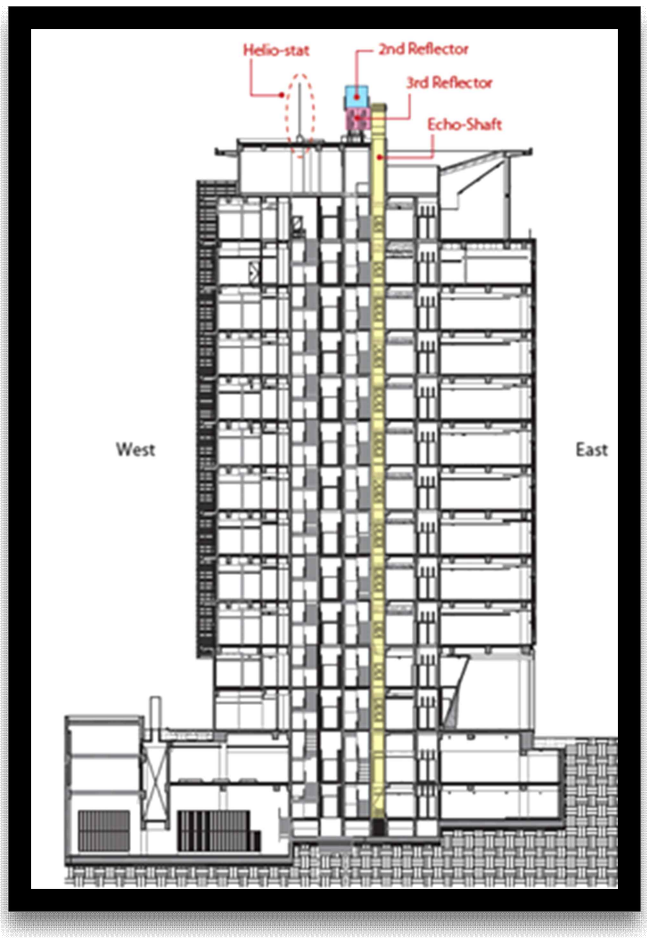


그림 134. 전남전문건설회관 외부

그림 135. 전남전문건설회관 에코샤프트




내부로 유입된 직사광
4차 반사거울




4차 반사거울

3. 특별피난계단/ 비상용승강기 관련 법규

가. 특별피난계단 관련 법규

■ 건축법 [시행 2012.7.18] [법률 제11182호, 2012.1.17, 일부개정]

제49조(건축물의 피난시설 및 용도제한 등)

① 대통령령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물과 그 대지에는 국토해양부령으로 정하는 바에 따라 복도, 계단, 출입구, 그 밖의 피난시설과 소화전(消火栓), 저수조(貯水槽), 그 밖의 소화설비 및 대지 안의 피난과 소화에 필요한 통로를 설치하여야 한다.

② 대통령령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물의 안전·위생 및 방화(防火) 등을 위하여 필요한 용도 및 구조의 제한, 방화구획(防火區劃), 화장실의 구조, 계단·출입구, 거실의 반자 높이, 거실의 채광·환기와 바닥의 방습 등에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다.

■ 건축법 시행령 [시행 2012.7.4] [대통령령 제23928호, 2012.7.4, 타법개정]

제35조(피난계단의 설치)

① 법 제49조제1항에 따라 5층 이상 또는 지하 2층 이하인 층에 설치하는 직통계단은 국토해양부령으로 정하는 기준에 따라 피난계단 또는 특별피난계단으로 설치하여야 한다. 다만, 건축물의 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 되어 있는 경우로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2008.10.29>

1. 5층 이상인 층의 바닥면적의 합계가 200제곱미터 이하인 경우
2. 5층 이상인 층의 바닥면적 200제곱미터 이내마다 방화구획이 되어 있는 경우

② 건축물(갓복도식 공동주택은 제외한다)의 11층(공동주택의 경우에는 16층) 이상인 층(바닥면적이 400제곱미터 미만인 층은 제외한다) 또는 지하 3층 이하인 층(바닥면적이 400제곱미터미만인 층은 제외한다)으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단은 제1항에도 불구하고 특별피난계단으로 설치하여야 한다. <개정 2008.10.29>

③ 제1항에서 판매시설의 용도로 쓰는 층으로부터의 직통계단은 그 중 1개소 이상을 특별피난계단으로 설치하여야 한다. <개정 2008.10.29>

④ 삭제 <1995.12.30>

⑤ 건축물의 5층 이상인 층으로서 문화 및 집회시설 중 전시장 또는 동·식물원, 판매시설, 운수시설(여객용 시설만 해당한다), 운동시설, 위락시설, 관광휴게시설(다중이 이용하는 시설만 해당한다) 또는 수련시설 중 생활권 수련시설의 용도로 쓰는 층에는 제34조에 따른 직통계단 외에 그 층의 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 2천 제곱미터를 넘는 경우에는 그 넘는 2천 제곱미터 이내마다 1개소의 피

난계단 또는 특별피난계단(4층 이하의 층에는 쓰지 아니하는 피난계단 또는 특별피난계단만 해당한다)을 설치하여야 한다. <개정 2008.10.29, 2009.7.16>
⑥ 삭제 <1999.4.30>
[제목개정 1999.4.30]

나. 비상용승강기승강장 관련 법규

■ 건축법 [시행 2012.7.18] [법률 제11182호, 2012.1.17, 일부개정]

제64조(승강기)
① 건축주는 6층 이상으로서 연면적이 2천제곱미터 이상인 건축물(대통령령으로 정하는 건축물은 제외한다)을 건축하려면 승강기를 설치하여야 한다. 이 경우 승강기의 규모 및 구조는 국토해양부령으로 정한다.
② 높이 31미터를 초과하는 건축물에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 제1항에 따른 승강기뿐만 아니라 비상용승강기를 추가로 설치하여야 한다. 다만, 국토해양부령으로 정하는 건축물의 경우에는 그러하지 아니하다

■ 건축법 시행령 [시행 2012.7.4] [대통령령 제23928호, 2012.7.4, 타법개정]

제89조(승용 승강기의 설치) 법 제64조제1항 전단에서 "대통령령으로 정하는 건축물"이란 층수가 6층인 건축물로서 각 층 거실의 바닥면적 300제곱미터 이내마다 1개소 이상의 직통계단을 설치한 건축물을 말한다.[전문개정 2008.10.29]

제90조(비상용 승강기의 설치)
① 법 제64조제2항에 따라 높이 31미터를 넘는 건축물에는 다음 각 호의 기준에 따른 대수 이상의 비상용 승강기(비상용 승강기의 승강장 및 승강로를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)를 설치하여야 한다. 다만, 법 제64조제1항에 따라 설치되는 승강기를 비상용 승강기의 구조로 하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 높이 31미터를 넘는 각 층의 바닥면적 중 최대 바닥면적이 1천500제곱미터 이하인 건축물: 1대 이상
2. 높이 31미터를 넘는 각 층의 바닥면적 중 최대 바닥면적이 1천500제곱미터를 넘는 건축물: 1대에 1천500제곱미터를 넘는 3천 제곱미터 이내마다 1대씩 더한 대수 이상

② 제1항에 따라 2대 이상의 비상용 승강기를 설치하는 경우에는 화재가 났을 때 소화에 지장이 없도록 일정한 간격을 두고 설치하여야 한다.

③ 건축물에 설치하는 비상용 승강기의 구조 등에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다.
[전문개정 2008.10.29]

■ 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙
[시행 2012.4.30] [국토해양부령 제458호, 2012.4.30, 일부개정]

제9조(비상용승강기를 설치하지 아니할 수 있는 건축물) 법 제64조제2항 단서에서 "국토해양부령이 정하는 건축물"이라 함은 다음 각 호의 건축물을 말한다. <개정 1996.2.9, 1999.5.11, 2006.5.12, 2008.3.14, 2008.7.10>
1. 높이 31미터를 넘는 각층을 거실외의 용도로 쓰는 건축물
2. 높이 31미터를 넘는 각층의 바닥면적의 합계가 500제곱미터 이하인 건축물
3. 높이 31미터를 넘는 층수가 4개층이하로서 당해 각층의 바닥면적의 합계 200제곱미터(벽 및 반자가 실내에 접하는 부분의 마감을 불연재료로 한 경우에는 500제곱미터)이내마다 방화구획으로 구획한 건축물

제10조(비상용승강기의 승강장 및 승강로의 구조) 법 제64조제2항에 따른 비상용승강기의 승강장 및 승강로의 구조는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다. <개정 1996.2.9, 1999.5.11, 2002.8.31, 2006.2.13, 2008.7.10>
1. 삭제 <1996.2.9>
2. 비상용승강기 승강장의 구조
가. 승강장의 창문·출입구 기타 개구부를 제외한 부분은 당해 건축물의 다른 부분과 내화구조의 바닥 및 벽으로 구획할 것. 다만, 공동주택의 경우에는 승강장과 특별피난계단(「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제9조의 규정에 의한 특별피난계단을 말한다. 이하 같다)의 부속실과의 겸용부분을 특별피난계단의 계단실과 별도로 구획하는 때에는 승강장을 특별피난계단의 부속실과 겸용할 수 있다.
나. 승강장은 각층의 내부와 연결될 수 있도록 하되, 그 출입구(승강로의 출입구를 제외한다)에는 갑종방화문을 설치할 것. 다만, 피난층에는 갑종방화문을 설치하지 아니할 수 있다.
다. 노대 또는 외부를 향하여 열 수 있는 창문이나 제14조제2항의 규정에 의한 배연설비를 설치할 것
라. 벽 및 반자가 실내에 접하는 부분의 마감재료(마감을 위한 바탕을 포함한다)는 불연재료로 할 것
마. 채광이 되는 창문이 있거나 예비전원에 의한 조명설비를 할 것

바. 승강장의 바닥면적은 비상용승강기 1대에 대하여 6제곱미터 이상으로 할 것. 다만, 옥외에 승강장을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

사. 피난층이 있는 승강장의 출입구(승강장이 없는 경우에는 승강로의 출입구)로부터 도로 또는 공지(공원·광장 기타 이와 유사한 것으로서 피난 및 소화를 위한 당해 대지에의 출입에 지장이 없는 것을 말한다)에 이르는 거리가 30미터 이하일 것

아. 승강장 출입구 부근의 잘 보이는 곳에 당해 승강기가 비상용승강기임을 알 수 있는 표지를 할 것

3. 비상용승강기의 승강로의 구조

가. 승강로는 당해 건축물의 다른 부분과 내화구조로 구획할 것

나. 각층으로부터 피난층까지 이르는 승강로를 단일구조로 연결하여 설치할 것

[제목개정 1996.2.9]

4. 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)

[시행 2010.12.27] [소방방재청고시 제2010-41호, 2010.12.27, 일부개정]

제1조(목적) 이 기준은 소화활동설비인 특별피난계단의 계단실(이하 "계단실"이라 한다) 및 부속실(비상용승강기의 승강장과 겸용하는 것 또는 비상용승강기의 승강장을 포함한다. 이하 "부속실"이라 한다) 제연설비의 설치유지 및 안전관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률(이하 "법"이라 한다) 제9조제1항 및 동법률시행령(이하 "영"이라 한다) 별표 4소화활동설비의 소방시설 적용기준 란 제1호바목의 규정에 따른 계단실 및 부속실의 제연설비는 이 기준에서 정하는 규정에 따라 설비를 설치하고 유지·관리하여야 한다.

제3조(정의)이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "제연구역"이라 함은 제연 하고자 하는 계단실 및 부속실을 말한다.
2. "방연풍속"이라 함은 옥내로부터 제연구역내로 연기의 유입을 유효하게 방지할 수 있는 풍속을 말한다.
3. "급기량"이라 함은 제연구역에 공급하여야 할 공기의 양을 말한다.
4. "누설량"이라 함은 틈새를 통하여 제연구역으로부터 흘러나가는 공기량을 말한다.
5. "보충량"이라 함은 방연풍속을 유지하기 위하여 제연구역에 보충하여야 할 공기량을 말한다.
6. "플랩댐퍼"라 함은 부속실의 설정압력범위를 초과하는 경우 압력을 배출하여 설정압 범위를 유지하게 하는 과압방지장치를 말한다.
7. "유입공기"라 함은 제연구역으로부터 옥내로 유입하는 공기로서 차압에 따라 누설하는 것과 출입문의 일시적인 개방에 따라 유입하는 것을 말한다.
8. "거실제연설비"라 함은 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)의 기준에 따른 옥내의 제연설비를 말한다.
9. "자동차압·과압조절형 급기댐퍼"라 함은 제연구역과 옥내사이의 차압을 압력센서 등으로 감지하여 제연구역에 공급되는 풍량의 조절로 제연구역의 차압유지 및 과압방지를 자동으로 제어할 수 있는 댐퍼를 말한다.
10. "자동폐쇄장치"라 함은 제연구역의 출입문 등에 설치하는 것으로서 화재발생시 옥내에 설치된 감지기 작동과 연동하여 출입문을 자동적으로 닫게하는 장치를 말한다.<개정 2010.12.27>

제4조(제연방식) 이 기준에 따른 제연설비는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 제연구역에 옥외의 신선한 공기를 공급하여 제연구역의 기압을 제연구역 이외의 옥내(이하 "옥내"라 한다)보다 높게 하되 일정한 기압의 차이(이하 "차압"이하 한다)를 유지하게 함으로써 옥내로부터 제연구역내로 연기가 침투하지 못하도록 할 것

2. 피난을 위하여 제연구역의 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 방연풍속을 유지하도록 옥외의 공기를 제연구역내로 보충 공급하도록 할 것

3. 피난을 위하여 일시 개방된 출입문이 다시 닫히는 경우 제연구역의 과압을 방지할 수 있는 유효한 조치를 하여 차압을 유지할 것

제5조(제연구역의 선정) 제연구역은 다음 각 호의 1에 따라야 한다.

1. 계단실 및 그 부속실을 동시에 제연 하는 것

2. 부속실만을 단독으로 제연 하는 것<개정 2008.12.15>

3. 계단실 단독제연하는 것

4. 비상용승강기 승강장 단독 제연 하는 것

제6조(차압 등) ①제4조제1호의 기준에 따라 제연구역과 옥내와의 사이에 유지하여야 하는 최소차압은 40㎩(옥내에 스프링클러설비가 설치된 경우에는 12.5㎩) 이상으로 하여야 한다.

②제연설비가 가동되었을 경우 출입문의 개방에 필요한 힘은 110N 이하로 하여야 한다.

③제4조제2호의 기준에 따라 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 개방되지 아니하는 제연구역과 옥내와의 차압은 제1항의 기준에 불구하고 제1항의 기준에 따른 차압의 70% 미만이 되어서는 아니 된다.

④계단실과 부속실을 동시에 제연 하는 경우 부속실의 기압은 계단실과 같게 하거나 계단실의 기압보다 낮게 할 경우에는 부속실과 계단실의 압력차이는 5㎩ 이하가 되도록 하여야 한다.

제7조(급기량) 급기량은 다음 각 호의 양을 합한 양 이상이 되어야 한다.

1. 제4조제1호의 기준에 따른 차압을 유지하기 위하여 제연구역에 공급하여야 할 공기량. 이 경우 제연구역에 설치된 출입문(창문을 포함한다. 이하 "출입문등"이라 한다)의 누설량과 같아야 한다.

2. 제4조제2호의 기준에 따른 보충량

제8조(누설량) 제7조제1호의 기준에 따른 누설량은 제연구역의 누설량을 합한 양으로 한다. 이 경우 출입문이 2개소 이상인 경우에는 각 출입문의 누설틈새면적을 합한 것으로 한다.

제9조(보충량) 제7조제2호의 기준에 따른 보충량은 부속실(또는 승강장)의 수가 20이하는 1개층 이상, 20을 초과하는 경우에는 2개층 이상의 보충량으로 한다. 다만, 산출된 양이 영 이하인 경우에는 영으로 본다.

제10조(방연풍속) 방연풍속은 제연구역의 선정방식에 따라 다음 표의 기준에 따라야 한다.

제 연 구 역		방연풍속
계단실 및 그 부속실을 동시에 제연하는 것 또는 계단실만 단독으로 제연하는 것		0.5㎧ 이상
부속실만 단독으로 제연하는 것 또는 비상용승강기의 승강장만 단독으로 제연하는 것	부속실 또는 승강장이 면하는 옥내가 거실인 경우	0.7㎧ 이상
	부속실 또는 승강장이 면하는 옥내가 복도로서 그 구조가 방화구조(내화시간이 30분 이상인 구조를 포함한다)인 것	0.5㎧ 이상

제11조(과압방지조치) 제4조제3호의 기준에 따른 제연구역의 과압방지를 위하여 당해 제연구역에 제17조제3호나목의 기준에 따른 자동차압·과압조절형 급기댐퍼 또는 다음 각 호의 기준에 따른 과압배출장치를 설치하여야 한다. 다만, 산출된 보충량이 영 이하인 경우에는 과압방지조치를 설치하지 아니할 수 있다.

1. 과압방지장치는 제연구역의 보충량 등을 자동으로 배출하는 성능의 것으로 할 것

2. 과압방지를 위한 감압은 제연구역으로부터 옥내(옥내에 반자가 있는 경우에는 반자하부의 옥내) 또는 옥외로 보충량을 유효하게 배출하는 것에 따를 것

3. 플랩댐퍼를 설치하는 경우 날개의 면적은 다음식에 따라 산출한 수치이상으로 할 것

Af = q / 5.85

Af : 플랩댐퍼의 날개면적 (㎡)

q : 제연구역에 대한 보충량 (㎥/s)

4. 제3호의 기준에 따른 플랩댐퍼는 출입문의 개방에 필요한 힘이 110N 초과시에 개방하는 구조로 할 것

5. 플랩댐퍼에 사용하는 철판은 두께 1.5㎜ 이상의 열간압연강판(KS D 3501) 또는 이와 동등 이상의 내식성 및 내열성이 있는 것으로 할 것

제12조(누설틈새의 면적 등) 제연구역으로부터 공기가 누설하는 틈새면적은 다음 각 호의 기준에 따라야 한다.

1. 출입문의 틈새면적은 다음의 식에 따라 산출하는 수치로 할 것

A = (L / ℓ) x Ad

A : 출입문의 틈새 (㎡)

L : 출입문 틈새의 길이 (m). 다만, L의 수치가 ℓ의 수치 이하인 경우에는 ℓ의 수치로 할 것

ℓ : 외여닫이문이 설치되어 있는 경우에는 5.6, 쌍여닫이문이 설치되어 있는 경우에는 9.2, 승강기의 출입문이 설치되어 있는 경우에는 8.0으로 할 것

Ad : 외여닫이문으로 제연구역의 실내 쪽으로 열리도록 설치하는 경우에는 0.01, 제연구역의 실외 쪽으로 열리도록 설치하는 경우에는 0.02, 쌍여닫이문의 경우에는 0.03, 승강기의 출입문에 대하여는 0.06으로 할 것

2. 창문의 틈새면적은 다음의 식에 따라 산출하는 수치로 할 것

가. 여닫이식 창문으로서 창틀에 방수팩킹이 없는 경우
틈새면적 (㎡) = 2.55 x 10-4 x 틈새의 길이 (m)
나. 여닫이식 창문으로서 창틀에 방수팩킹이 있는 경우
틈새면적 (㎡) = 3.61 x 10-5 x 틈새의 길이 (m)
다. 미닫이식 창문이 설치되어 있는 경우
틈새면적 (㎡) = 1.00 x 10-4 x 틈새의 길이 (m)
3. 제연구역으로부터 누설하는 공기가 승강기의 승강로를 경유하여 승강로의 외부로 유출하는 유출면적은 승강로 상부의 환기구의 면적으로 할 것
4. 제연구역을 구성하는 벽체 (반자속의 벽체를 포함한다)가 벽돌 또는 시멘트블록 등의 조적구조이거나 석고판 등의 조립구조인 경우에는 불연재료를 사용하여 틈새를 조정할 것. 다만, 제연구역의 내부 또는 외부면을 시멘트모르터로 마감하거나 철근콘크리트 구조의 벽체로 하는 경우에는 그 벽체의 공기누설은 무시할 수 있다.
5. 제연설비의 완공 시 제연구역의 출입문등은 크기 및 개방방식이 당해 설비의 설계 시와 같아야 한다.
제13조(유입공기의 배출) ①유입공기는 화재층의 제연구역과 면하는 옥내로부터 옥외로 배출되도록 하여야 한다. 다만, 직통계단식 공동주택의 경우에는 그러하지 아니하다.
②유입공기의 배출은 다음 각 호의 기준에 따른 배출방식중 1 이상의 방식으로 하여야 한다.
1. 수직풍도에 따른 배출 : 옥상으로 직통하는 전용의 배출용 수직풍도를 설치하여 배출하는 것으로서 다음 각 목의 1에 해당하는 것
가. 자연배출식 : 굴뚝효과에 따라 배출하는 것
나. 기계배출식 : 수직풍도의 상부에 전용의 배출용 송풍기를 설치하여 강제로 배출하는 것
2. 배출구에 따른 배출 : 건물의 옥내와 면하는 외벽마다 옥외와 통하는 배출구를 설치하여 배출하는 것
3. 제연설비에 따른 배출 : 거실제연설비가 설치되어 있고 당해 옥내로부터 옥외로 배출하여야 하는 유입공기의 양을 거실제연설비의 배출량에 합하여 배출하는 경우 유입공기의 배출은 당해 거실제연설비에 따른 배출로 갈음할 수 있다.
제14조(수직풍도에 따른 배출) 수직풍도에 따른 배출은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.
1. 수직풍도는 내화구조로 할 것
2. 수직풍도의 내부면은 두께 0.5㎜ 이상의 아연도금강판 또는 동등이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 마감되는 접합부에 대하여는 통기성이 없도록 조치할 것<개정 2008.12.15>

3. 각층의 옥내와 면하는 수직풍도의 관통부에는 다음 각목의 기준에 적합한 댐퍼(이하 "배출댐퍼"라 한다)를 설치하여야 한다.

가. 배출댐퍼는 두께 1.5㎜ 이상의 강판 또는 이와 동등 이상의 성능이 있는 것으로 설치하여야 하며 비 내식성 재료의 경우에는 부식방지 조치를 할 것

나. 평상시 닫힌 구조로 기밀상태를 유지할 것

다. 개폐여부를 당해 장치 및 제어반에서 확인할 수 있는 감지기능을 내장하고 있을 것

라. 구동부의 작동상태와 닫혀 있을 때의 기밀상태를 수시로 점검할 수 있는 구조일 것

마. 풍도의 내부마감상태에 대한 점검 및 댐퍼의 정비가 가능한 이·탈착구조로 할 것

바. 화재층의 옥내에 설치된 화재감지기의 동작에 따라 당해층의 댐퍼가 개방될 것.<개정 2008.12.15>

사. 개방 시의 실제개구부(개구율을 감안한 것을 말한다)의 크기는 수직풍도의 내부단면적과 같도록 할 것

아. 댐퍼는 풍도내의 공기흐름에 지장을 주지 않도록 수직풍도의 내부로 돌출하지 않게 설치할 것

4. 수직풍도의 내부단면적은 다음 각 목의 기준에 적합할 것

가. 자연배출식의 경우 다음 식에 따라 산출하는 수치 이상으로 할 것. 다만, 수직풍도의 길이가 100m를 초과하는 경우에는 산출수치의 1.2배 이상의 수치로 하여야 한다.

AP = QN / 2

AP : 수직풍도의 내부단면적 (㎡)

QN : 수직풍도가 담당하는 1개층의 제연구역의 출입문(옥내와 면하는 출입문을 말한다) 1개의 면적(㎡)과 방연풍속(㎧)를 곱한 값(㎥/s)

나. 송풍기를 이용한 기계배출식의 경우 자연배출식 수직풍도의 내부단면적의 4분의 1 이상 또는 풍속 15㎧ 이하로 할 것

5. 기계배출식에 따라 배출하는 경우 배출용 송풍기는 다음 각 목의 기준에 적합할 것

가. 열기류에 노출되는 송풍기 및 그 부품들은 250℃의 온도에서 1시간 이상 가동상태를 유지할 것

나. 송풍기의 풍량은 제4호가목의 기준에 따른 QN의 수치로 할 것

다. 송풍기는 옥내의 화재감지기의 동작에 따라 연동하도록 할 것

6. 수직풍도의 상부의 말단(기계배출식의 송풍기도 포함한다)은 빗물이 흘러들지 아니하는 구조로 하고, 옥외의 풍압에 따라 배출성능이 감소하지 아니하도록 유효한 조치를 할 것

제15조(배출구에 따른 배출) 배출구에 따른 배출은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 배출구에는 다음 각 목의 기준에 적합한 장치(이하 "개폐기"라 한다)를 설치할 것

가. 빗물과 이물질이 유입하지 아니하는 구조로 할 것

나. 옥 외쪽으로만 열리도록 하고 옥외의 풍압에 따라 자동으로 닫히도록 할 것

다. 그 밖의 설치기준은 제14조제3호가목 내지 사목의 기준을 준용할 것

2. 개폐기의 개구면적은 다음식에 따라 산출한 수치 이상으로 할 것

AO = QN / 2.5

AO : 개폐기의 개구면적(㎡)

QN : 수직풍도가 담당하는 1개 층의 제연구역의 출입문(옥내와 면하는 출입문을 말한다) 1개의 면적(㎡)과 방연풍속(㎧)를 곱한 값(㎥/s)

제16조(급기) 제연구역에 대한 급기는 다음 각 호의 기준에 따라야 한다.

1. 부속실을 제연하는 경우 동일수직선상의 모든 부속실은 하나의 전용수직풍도에 따라 동시에 급기할 것

2. 계단실 및 부속실을 동시에 제연하는 경우 계단실에 대하여는 그 부속실의 수직풍도에 따라 급기할 수 있다.

3. 계단실만 제연하는 경우에는 전용수직풍도를 설치하거나 계단실에 급기풍도 또는 급기송풍기를 직접 연결하여 급기하는 방식으로 할 것

4. 하나의 수직풍도마다 전용의 송풍기로 급기할 것

제17조(급기구) 제연구역에 설치하는 급기구는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 급기용 수직풍도와 직접 면하는 벽체 또는 천장(당해 수직풍도와 천장급기구 사이의 풍도를 포함한다)에 고정하되, 옥내와 면하는 출입문으로부터 가능한 먼 위치에 설치할 것

2.계단실과 그 부속실을 동시에 제연하거나 또는 계단실만을 제연하는 경우 급기구는 계단실 매 3개층 이하의 높이마다 설치할 것. 다만, 계단실의 높이가 31m 이하로서 계단실만을 제연하는 경우에는 하나의 계단실에 하나의 급기구만을 설치할 수 있다.

3. 급기구의 댐퍼설치는 다음 각 목의 기준에 적합할 것

가. 급기댐퍼는 두께 1.5㎜ 이상의 강판 또는 이와 동등 이상의 강도가 있는 것으로 설치하여야 하며, 비 내식성 재료의 경우에는 부식방지조치를 할 것

나. 자동차압·과압조절형 댐퍼를 설치하는 경우 차압범위의 수동설정기능과 설정범위의 차압이 유지되도록 개구율을 자동조절하는 기능이 있을 것

다. 자동차압·과압조절형 댐퍼는 옥내와 면하는 개방된 출입문이 완전히 닫히기 전에 개구율을 자동감소시켜 과압을 방지하는 기능이 있을 것

라. 자동차압·과압조절형 댐퍼는 주위온도 및 습도의 변화에 의해 기능이 영향을 받지 아니하는 구조일 것

마. 자동차압·과압조절형댐퍼 기능 및 성능은 한국소방산업기술원 또는 법 제42조제1항의 규정에 따라 성능시험기관으로 지정받은 기관에서 검증받을 것

바. 자동차압·과압조절형이 아닌 댐퍼는 개구율을 수동으로 조절할 수 있는 구조로 할 것

사. 옥내에 설치된 화재감지기에 따라 모든 제연구역의 댐퍼가 개방되도록 할 것

아. 댐퍼의 작동이 전기적 방식에 의하는 경우 제14조제3호의 나목 내지 마목의 기준을, 기계적 방식에 따른 경우 제14조제3호의 다목, 라목 및 마목 기준을 준용할 것

자. 그 밖의 설치기준은 제14조제3호 가목 및 아목의 기준을 준용할 것

제18조(급기풍도) 급기풍도(이하 "풍도"라 한다)의 설치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 수직풍도는 제14조제1호 및 제2호의 기준을 준용할 것

2. 수직풍도 이외의 풍도로서 금속판으로 설치하는 풍도는 다음 각 목의 기준에 적합할 것

가. 풍도는 아연도금강판 또는 이와 동등 이상의 내식성·내열성이 있는 것으로 하며, 내열성(석면재료를 제외한다)의 단열재로 유효한 단열처리를 하고, 강판의 두께는 풍도의 크기에 따라 다음표에 따른 기준 이상으로 할 것. 다만, 방화구획이 되는 전용실에 급기송풍기와 연결되는 닥트는 단열이 필요 없다.<개정 2008.12.15.>

풍도단면의 긴변 또는 직경의 크기	450㎜이하	450㎜초과 750㎜이하	750㎜ 초과 1,500㎜이하	1,500㎜초과 2,250㎜이하	2,250㎜초과
강판두께	0.5㎜	0.6㎜	0.8㎜	1.0㎜	1.2㎜

나. 풍도에서의 누설량은 급기량의 10%를 초과하지 아니할 것

3. 풍도는 정기적으로 풍도내부를 청소할 수 있는 구조로 설치할 것

제19조(급기송풍기) 급기송풍기의 설치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 송풍기의 송풍능력은 송풍기가 담당하는 제연구역에 대한 급기량의 1.15배 이상으로 할 것. 다만, 풍도에서의 누설을 실측하여 조정하는 경우에는 그러하지 아니한다.

2. 송풍기의 배출측에는 풍량조절용댐퍼 등을 설치하여 풍량조절을 할 수 있도록 할 것

3. 송풍기의 배출측에는 풍량을 실측할 수 있는 유효한 조치를 할 것

4. 송풍기는 인접장소의 화재로부터 영향을 받지 아니하고 접근이 용이한 곳에 설치할 것

5. 송풍기는 옥내의 화재감지기의 동작에 따라 작동하도록 할 것

6. 송풍기와 연결되는 캔버스는 내열성(석면재료를 제외한다)이 있는 것으로 할 것

제20조(외기취입구) 외기취입구(이하 "취입구"라 한다)는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 외기를 옥외로부터 취입하는 경우 취입구는 연기 또는 공해물질 등으로 오염된 공기를 취입하지 아니하는 위치에 설치할 것

2. 취입구를 옥상에 설치하는 경우 다음 각 목의 기준에 적합하도록 할 것

가. 취입구는 배기구 등(유입공기, 주방의 조리대의 배출공기 또는 화장실의 배출공기등을 배출하는 배기구를 말한다)으로부터 수평거리 5m 이상, 수직거리 1m 이상의 위치에 설치할 것

나. 취입구는 옥상의 외곽 면으로부터 수평거리 5m 이상, 외곽면의 상단으로부터 하부로 수직거리 1m 이하의 위치에 설치할 것

3. 취입구는 빗물과 이물질이 유입하지 아니하는 구조로 할 것

4. 취입구는 취입공기가 옥외의 바람의 속도와 방향에 따라 영향을 받지 아니하는 구조로 할 것

제21조(제연구역 및 옥내의 출입문) ①제연구역의 출입문은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 제연구역의 출입문(창문을 포함 한다)은 언제나 닫힌 상태를 유지하거나 자동폐쇄장치에 의해 자동으로 닫히는 구조로 할 것. 다만, 아파트인 경우 제연구역과 계단실 사이의 출입문은 자동폐쇄장치에 의하여 자동으로 닫히는 구조로 하여야 한다.

2. 제연구역의 출입문에 설치하는 자동폐쇄장치는 제연구역의 기압에도 불구하고 출입문을 용이하게 닫을 수 있는 충분한 폐쇄력이 있을 것

3. 제연구역의 출입문등에 자동폐쇄장치를 사용하는 경우에는 「소방용기계·기구의 형식승인 등에 관한 규칙」제31조 및 별표14 제30호에 적합한 것으로 설치하여야 한다.

②옥내의 출입문(제10조의 기준에 따른 방화구조의 복도가 있는 경우로서 복도와 거실사이의 출입문에 한한다)은 다음 각 호의 기준에 적합하도록 할 것

1. 출입문은 언제나 닫힌 상태를 유지하거나 자동폐쇄장치에 의해 자동으로 닫히는 구조로 할 것

2. 거실 쪽으로 열리는 구조의 출입문에 자동폐쇄장치를 설치하는 경우에는 출입문의 개방 시 유입공기의 압력에도 불구하고 출입문을 용이하게 닫을 수 있는 충분한 폐쇄력이 있는 것으로 할 것

제22조(수동기동장치) ①배출댐퍼 및 개폐기의 직근과 제연구역에는 다음 각 호의 기준에 따른 장치의 작동을 위하여 전용의 수동기동장치를 설치하여야 한다. 다만, 계단실 및 그 부속실을 동시에 제연하는 제연구역에는 그 부속실에만 설치할 수 있다.

1. 전층의 제연구역에 설치된 급기댐퍼의 개방

2. 당해층의 배출댐퍼 또는 개폐기의 개방

3. 급기송풍기 및 유입공기의 배출용 송풍기(설치한 경우에 한한다)의 작동

4. 개방·고정된 모든 출입문(제연구역과 옥내사이의 출입문에 한한다)의 개폐장치의 작동<개정 2008.12.15>

②제1항 각 호의 기준에 따른 장치는 옥내에 설치된 수동발신기의 조작에 따라서도 작동할 수 있도록 하여야 한다.

제23조(제어반) 제연설비의 제어반은 다음 각 호의 기준에 적합하도록 설치하여야 한다.

1. 제어반에는 제어반의 기능을 1시간 이상 유지할 수 있는 용량의 비상용 축전지를 내장할 것. 다만, 당해 제어반이 종합방재제어반에 함께 설치되어 종합방재제어반으로부터 이 기준에 따른 용량의 전원을 공급 받을 수 있는 경우에는 그러하지 아니한다.

2. 제어반은 다음 각 목의 기능을 보유할 것

가. 급기용 댐퍼의 개폐에 대한 감시 및 원격조작기능

나. 배출댐퍼 또는 개폐기의 작동여부에 대한 감시 및 원격조작기능

다. 급기송풍기와 유입공기의 배출용 송풍기(설치한 경우에 한한다)의 작동여부에 대한 감시 및 원격조작기능

라. 제연구역의 출입문의 일시적인 고정개방 및 해정에 대한 감시 및 원격조작기능

마. 수동기동장치의 작동여부에 대한 감시기능

바. 급기구 개구율의 자동조절장치(설치하는 경우에 한한다)의 작동여부에 대한 감시기능. 다만, 급기구에 차압표시계를 고정부착한 자동차압·과압조절형 댐퍼를 설치하고 당해 제어반에도 차압표시계를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

사. 감시선로의 단선에 대한 감시기능

제24조(비상전원) 비상전원은 자가발전설비 또는 축전지설비는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다. 다만, 2이상의 변전소(전기사업법 제67조의 규정에 따른 변전소를 말한다)에서 전력을 동시에 공급받을 수 있거나 하나의 변전소로부터 전력의 공급이 중단되는 때에는 자동으로 다른 변전소로부터 전원을 공급받을 수 있도록 상용전원을 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 점검에 편리하고 화재 및 침수 등의 재해로 인한 피해를 받을 우려가 없는 곳에 설치할 것

2. 제연설비를 유효하게 20분 이상 작동할 수 있도록 할 것

3. 상용전원으로부터 전력의 공급이 중단된 때에는 자동으로 비상전원으로부터 전력을 공급받을 수 있도록 할 것

4. 비상전원의 설치장소는 다른 장소와 방화구획 할 것. 이 경우 그 장소에는 비상전원의 공급에 필요한 기구나 설비외의 것(열병합발전설비에 필요한 기구나 설비는 제외한다)을 두어서는 아니 된다.

5. 비상전원을 실내에 설치하는 때에는 그 실내에 비상조명등을 설치할 것

제25조(시험, 측정 및 조정 등) ①제연설비는 설계목적에 적합한지 사전에 검토하고 건물의 모든 부분(건축설비를 포함한다)을 완성하는 시점부터 시험 등(확인, 측정 및 조정을 포함한다)을 하여야 한다.

②제연설비의 시험 등은 다음 각 호의 기준에 따라 실시하여야 한다.

1. 제연구역의 모든 출입문등의 크기와 열리는 방향이 설계 시와 동일한지 여부를 확인하고, 동일하지 아니한 경우 급기량과 보충량 등을 다시 산출하여 조정가능여부 또는 재설계·개수의 여부를 결정할 것

2. 제1호의 기준에 따른 확인결과 출입문 등이 설계 시와 동일한 경우에는 출입문마다 그 바닥사이의 틈새가 평균적으로 균일한지 여부를 확인하고, 큰 편차가 있는 출입문 등에 대하여는 그 바닥의 마감을 재시공하거나, 출입문 등에 불연재료를 사용하여 틈새를 조정할 것

3. 제연구역의 출입문 및 복도와 거실(옥내가 복도와 거실로 되어 있는 경우에 한한다) 사이의 출입문마다 제연설비가 작동하고 있지 아니한 상태에서 그 폐쇄력(단위는kg중 또는 N을 말한다. 이하 같다)을 측정할 것

4. 옥내의 층별로 화재감지기(수동기동장치를 포함한다)를 동작시켜 제연설비가 작동하는지 여부를 확인할 것

5. 제4호의 기준에 따라 제연설비가 작동하는 경우 다음 각 목의 기준에 따른 시험 등을 실시 할 것

가. 부속실과 면하는 옥내 및 계단실의 출입문을 동시에 개방할 경우, 유입공기의 풍속이 제10조의 규정에 따른 방연풍속에 적합한지 여부를 확인하고, 적합하지 아니한 경우에는 급기구의 개구율과 송풍기의 풍량조절댐퍼 등을 조정하여 적합하게 할 것. 이 경우 유입공기의 풍속은 출입문의 개방에 따른 개구부를 대칭적으로 균등 분할하는 10 이상의 지점에서 측정하는 풍속의 평균치로 할 것<개정 2008.12.15>

나. 가목의 기준에 따른 시험등의 과정에서 출입문을 개방하지 아니하는 제연구역의 실제 차압이 제6조3항의 기준에 적합한지 여부를 출입문 등에 차압측정공을 설치하고 이를 통하여 차압측정기구로 실측하여 확인·조정할 것.

다. 제연구역의 출입문이 모두 닫혀 있는 상태에서 제연설비를 가동시킨 후 출입문의 개방에 필요한 힘을 측정하여 제6조제2항의 규정에 따른 개방력에 적합한지 여부를 확인하고, 적합하지 아니한 경우에는 급기구의 개구율 조정 및 플랩댐퍼(설치하는 경우에 한한다)와 풍량조절용댐퍼 등의 조정에 따라 적합하도록 조치할 것.<개정 2008.12.15>

라. 가목의 기준에 따른 시험 등의 과정에서 부속실의 개방된 출입문이 자동으로 완전히 닫히는지 여부를 확인하고, 닫힌 상태를 유지할 수 있도록 조정할 것

제26조(설치·유지기준의 특례) 소방본부장 또는 소방서장은 기존건축물이 증축·개축·대수선되거나 용도 변경되는 경우에 있어서 이 기준이 정하는 기준에 따라 당해 건축물에 설치하여야 할 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 배관·배선 등

의 공사가 현저하게 곤란하다고 인정되는 경우에는 당해 설비의 기능 및 사용에 지장이 없는 범위 안에서 특별피난계단의 계단실 및 부속실의 제연설비의 설치·유지기준의 일부를 적용하지 아니할 수 있다.

제27조(재검토 기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후의 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2013년 12월 26일까지로 한다.<개정 2010.12.27>

부칙 <제2010-41호, 2010.12.27>

이 기준은 고시한 날부터 시행한다.

5. 삼호물산 에코샤프트 개요

표 137. 삼호물산 건축개요

일반사항	대지위치	서울특별시 서초구 양재동275-1
	대지면적	2,605.6m^2
	지역/지구	상업지역, 주차장 정비지구, 4층 미관지구, 지구중심
	도로현황	전면30M도로
	주용도	업무시설(오피스텔, 사무실)+근린생활시설
개요	구조	철골철근콘크리트조
	층수	지하6층/ 지상20층
	건축면적	938.40m^2
	연면적	29,802.32m^2
	건폐율	938.4÷2,605.6×100=36.01%
	용적율	18,313.84÷2,605.6×100=702.00%
주차계획	법정기준	옥내+옥외=168+22=190대
	계획대수	옥내+옥외=172+22=194대
	산출근거	법정 옥외 주차대수: 29,802.32-7,819.73=21,982.59÷150×15%=21.95≒127대 이상
		전체주차대수 산정 -업무시설(오피스텔):12,611.9÷100=126.11≒127대 이상
		-일반업무시설+근린생활시설:9,370.69÷150=62.47≒63대 이상
조경면적	법정면적	옥윈 25% 주차시:390.84 옥외 15% 주차시:351.4
	계획면적	옥외 25% 주차시:512.98 옥외 15% 주차시:660.9

그림 136. 삼호물산 배치도

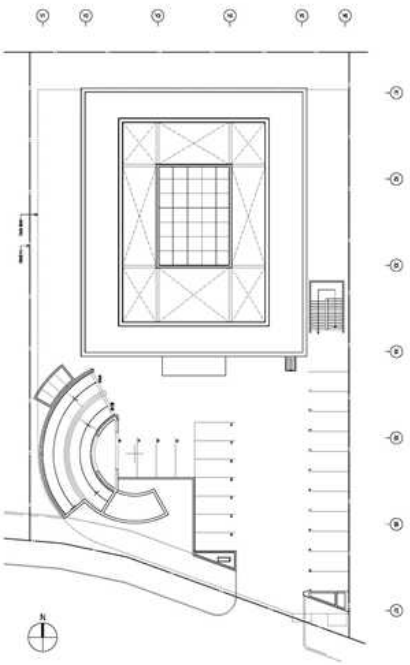
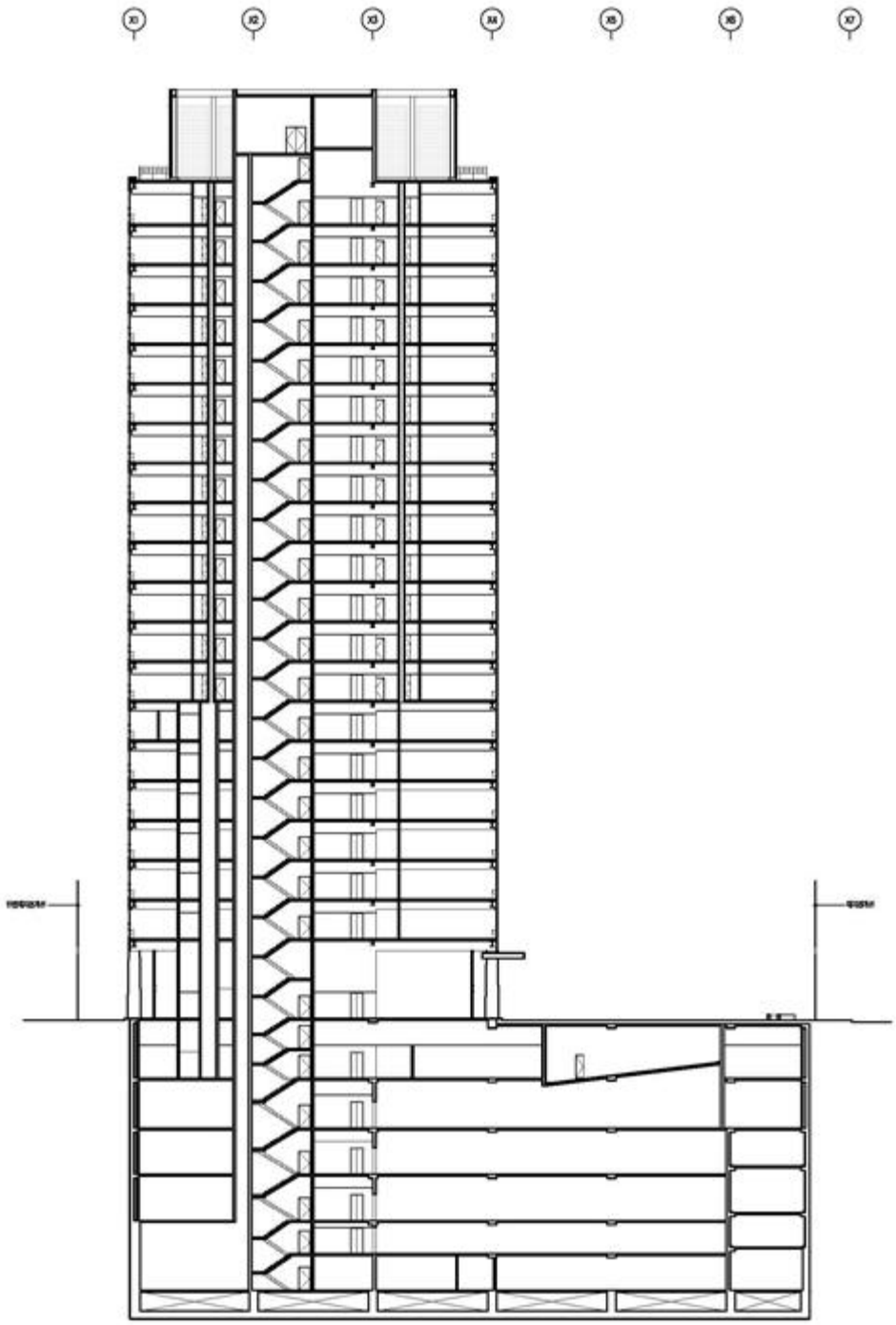


그림 137.　삼호물산 단면도



6. 기술특허, 인증 및 홍보 성과물

표 138. 기술특허 및 인증 목록

구분	명칭	번호	취득일	비고
기술특허	건물샤프트시스템	제10-1260201호	2013-04-25	각 층에 설치된 외부창으로 외부 공기를 통풍시켜 건물 내부를 환기시키는 환기수단
	건물샤프트시스템	제10-1260202호	2013-05-02	각 층으로 태양광을 조사시켜 각 층의 채광효과를 향상, 특히, 건물 지하층 내부에 환풍, 건물전체의 환기효율을 향상시킴
	엘리베이터를 이용한 건물 환기 장치	제 10-2012-0139167호	진행중	엘리베이터의 상승시, 엘리베이터샤프트로 외부공기를 유입시키는 수단을 구비하여 엘리베이터 하강시 공기 배출 속도를 증가시켜 건물 실내 환기에 도움
녹색기술인증	실내환경 조절용 에코 샤프트 시스템	제 GT-13-00062호	2013-04-04	건물의 내부에 수직으로 형성되는 샤프트를 통해서 건물 내부의 압력차를 이용한 자연환기와 태양광을 이용한 자연채광이 이루어지는 실내환경 조절용 샤프트 시스템

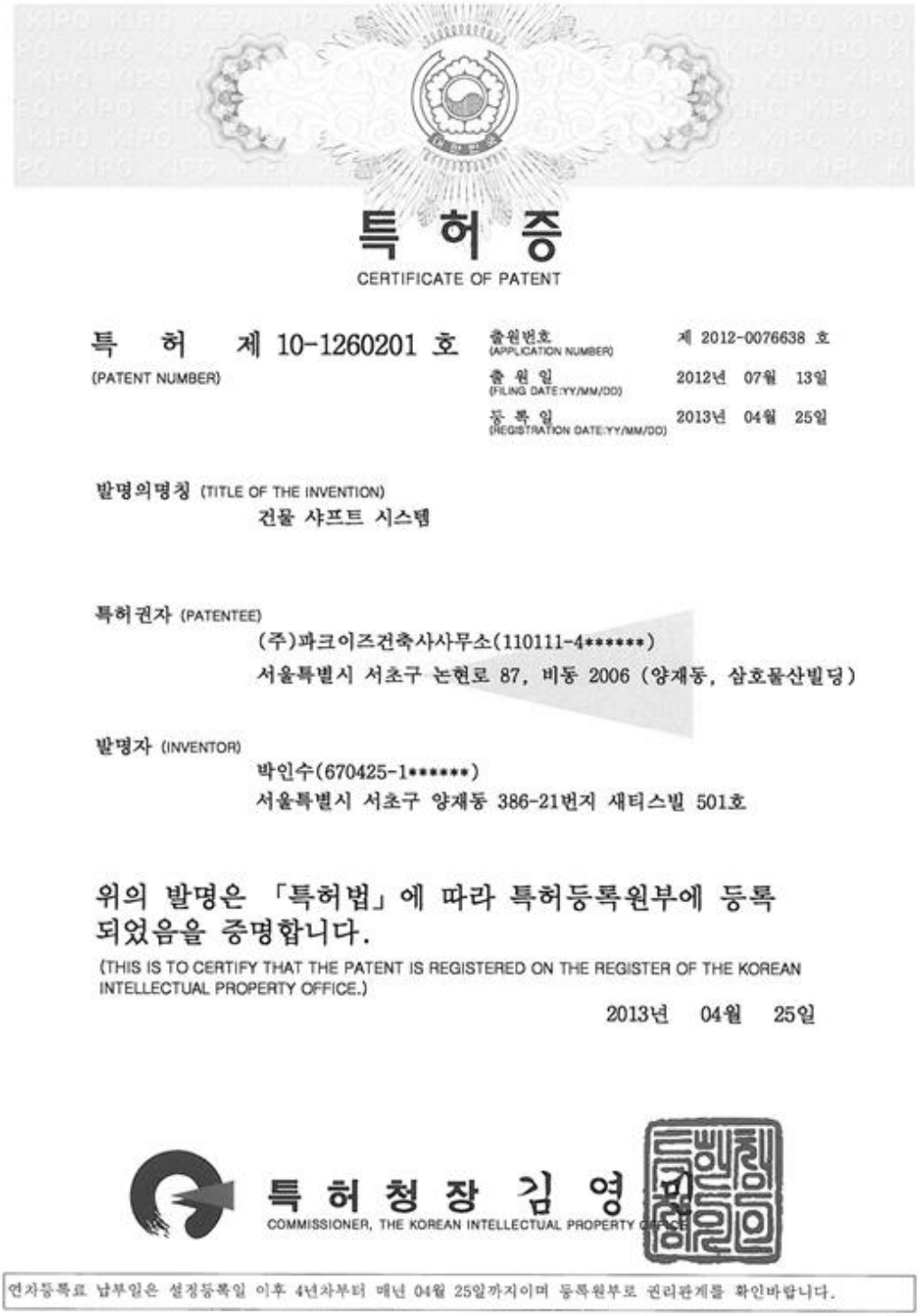
표 139. 학술지 등재 목록

성명	제목	등재일	학술기관
김연희, 김용인	에코샤프트의 효율적 자연환기를 위한 평면적과 높이의 상관관계	2013-04-27	대한건축학회
김연희, 김용인	에코샤프트 적용에 따른 환기성능 및 냉난방 부하 비교	예정	한국건축친환경설비학회
이주윤	에코샤프트 공간의 자연채광 성능평가	예정	친환경설비학회

표 140. 홍보성과물 목록

매체	제목	홍보일	홍보기관
신문	이 건물 구석구석엔 햇빛이 숨쉰다	2011-12-07	조선일보
잡지	한국 건축가에 젊은 바람 불어넣을 젊은 건축가상 수상자들	2011-11	탑클래스
잡지	변화하는 건축을 향한 새로운 시도	2013-06	이코노미저널

그림 138. 특허증서



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1260201 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2012-0076638 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2012년 07월 13일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 04월 25일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
건물 샤프트 시스템

특허권자 (PATENTEE)
(주)파크이즈건축사사무소(110111-4******)
서울특별시 서초구 논현로 87, 비동 2006 (양재동, 삼호물산빌딩)

발명자 (INVENTOR)
박인수(670425-1******)
서울특별시 서초구 양재동 386-21번지 새티스빌 501호

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록 되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 04월 25일

특허청장 김 영
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 04월 25일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1260202 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2012-0076637 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2012년 07월 13일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 05월 02일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
건물 샤프트 시스템

특허권자 (PATENTEE)
(주)파크이즈건축사사무소(110111-4******)
서울특별시 서초구 논현로 87, 비동 2006 (양재동, 삼호물산빌딩)

발명자 (INVENTOR)
박인수(670425-1******)
서울특별시 서초구 양재동 386-21번지 새티스빌 501호

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 05월 02일

특 허 청 장 김 영

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 05월 02일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

발송번호: 9-5-2013-041983500
발송일자: 2013.06.19

수신 서울특별시 강남구 테헤란로20길 18, 부봉빌딩 2층 (역삼동)(특허법인대한)
특허법인대한[공인복]

135-923

YOUR INVENTION PARTNER

특 허 청

특허결정서

출원인 성명 (주)파크이즈건축사사무소 (출원인코드: 120100427354)
주소 서울특별시 서초구 논현로 87, 비동 2006 (양재동, 삼호물산빌딩)
대리인 명칭 특허법인대한
주소 서울특별시 강남구 테헤란로20길 18, 부봉빌딩 2층 (역삼동)(특허법인대한)
지정된변리사 공인복
발명자 성명 박인수
주소 서울특별시 서초구 양재동 386-21번지 새티스빌 501호

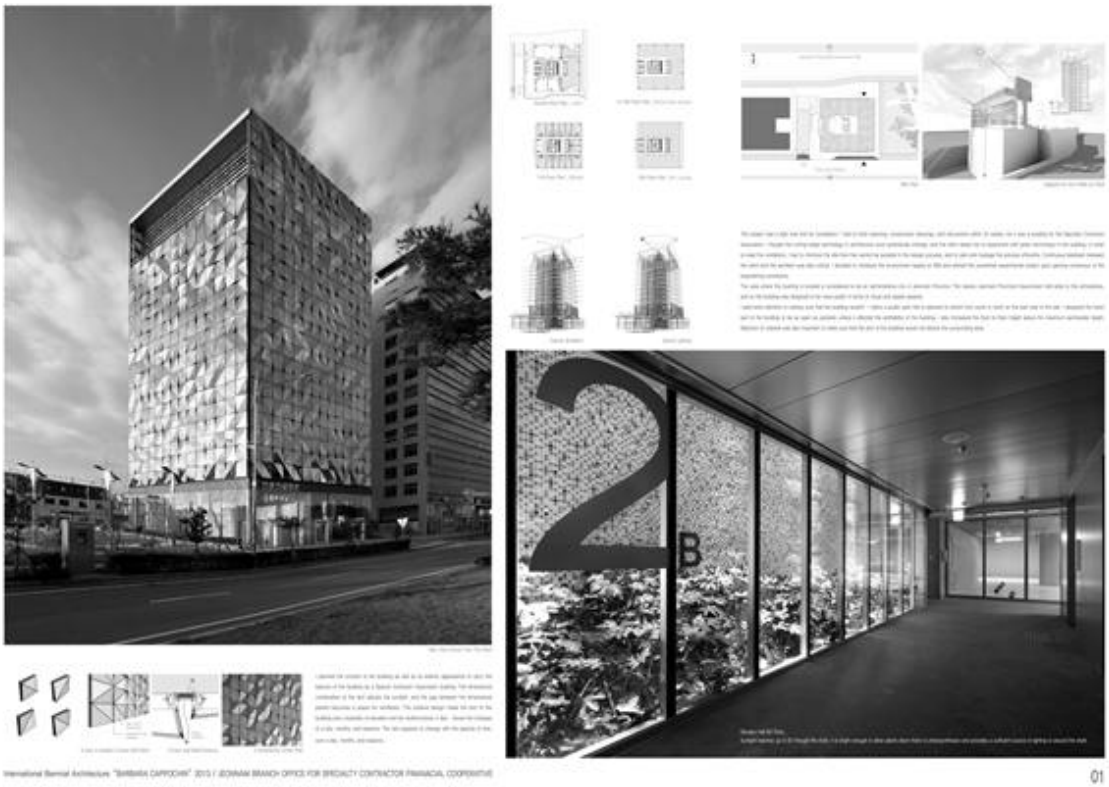
출원번호 10-2012-0139167
발명의 명칭 엘리베이터를 이용한 건물 환기 장치
청구항 수 12

이 출원에 대하여 특허법 제66조에 따라 특허결정합니다.
(특허권은 특허료를 납부하여 특허법 제87조에 따라 설정등록을 받음으로써 발생하게 됩니다.)

[특기사항]
이 건 발명의 선출원에 대한 검색은 2013.06.18 까지 출원된 자료를 대상으로 하였으며, 이 날짜 이후 조약우선권 주장을 통해 진입하는 출원에 의한 특허법 제29조제3항 및 제4항 또는 제36조제1항 내지 제3항 위반 여부는 판단하지 아니하였습니다. 끝.

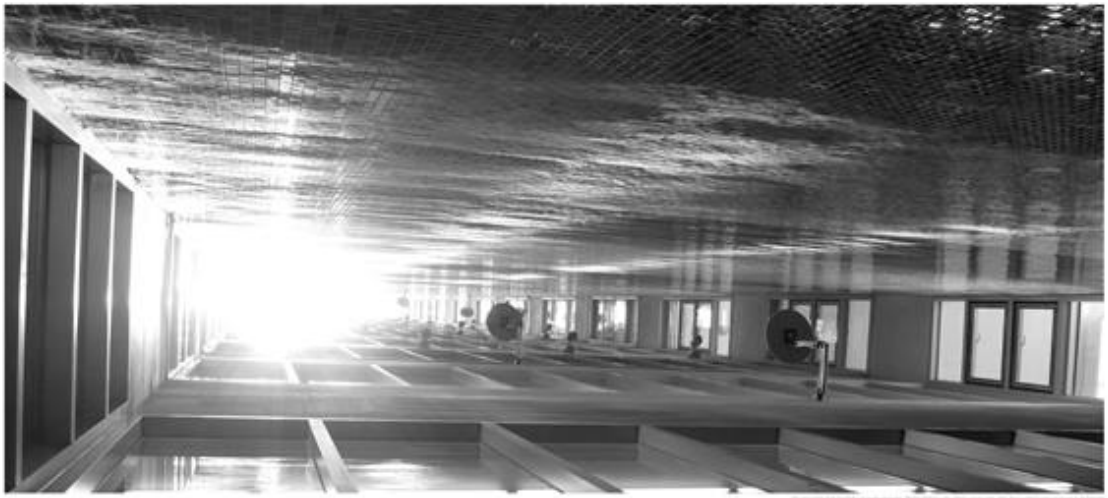
[참고문헌]
1. JP06024665 A
2. JP2004360943 A
3. KR1020110073749 A

그림 139. 홍보성과물























03

이 건물 구석구석엔 햇빛이 숨쉰다

'빛 굴뚝' 전남전문건설회관 설계한 건축가 박인수씨

유리 건물에 대한 편견이 뜨겁다. 현대적인 느낌은 주지만 열효율이 떨어진다는 이유에서다. 여름엔 건물 전체가 거대한 유리 온실처럼 돼 버려 사용자들이 찜통더위에 시달리다가 겨울에는 실내에서도 두꺼운 외투를 입고 생활하는 모습이 연출되기도 한다. 얼마 전엔 유리로 만들어진 경기 성남시청 한 건물 안에서 한쪽은 추워 옷을 껴입고 근무하고, 한쪽은 더워서 선풍기를 틀어놓고 일하는 광경이 보도되기도 했다.



◇햇빛의 통로, 에코 샤프트

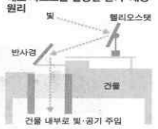
건축가 박인수(44·파크이즈건축사사무소 대표·사진)씨가 설계한 전남 무안군 삼향면 전남전문건설회관은 이런 유리 건물 문제에 대안을 제시하는 작품이다. 자체 개발한 자연 채광·환기 장치를 설치하고 에너지 효율이 높은 유리를 외장재로 써 건축계의 주목을 받고 있다. 박 대표는 이 건물과 경기 화성시 동탄타운하우스 등으로 올해 문화체육관광부 주최 '젊은 건축가상'을 받았다.

준공식을 하루 앞둔 5일 무안군 현장에서 만난 박 대표는 "기능보다 형태에 치우쳐 있는 최근 건축에 경종을 울리고 싶었다"고 했다. 그는 "태양광 발전이나 우수(雨水·빗물)처리 시설 같은 장치를 사서 건물에 붙여 놓고 친환경 건물이라 포장하는 경우가 많다"며 "건축의 일부로 친환경 요소를 포함할 수 있는 방안을 찾으려 했다"고 덧붙였다.

건물의 핵심은 박 대표가 직접 고안해 2009년 특허를 받은 '에코 샤프트(Eco shaft)'이다. 우리말로 하면 '친환경 수직 통로'. 건물 가운데를 관통하도록 수직으로 뚫은 통로로 환기와 채광 효과를 높이는 역할을 한다. 건설회관의 경우 지하 2층 주차장부터 14층 높이의 옥상까지 수직 터널처럼 굴뚝을 내고 옥상의 굴뚝 입구에 에라리기처럼 해를 따라가는 반사경(反射鏡) '헬리오스탯'을 설치했다. 이 장치가 햇빛을 반사시켜 굴뚝 안으로 잡아넣어 준다. 박 대표는 에코 샤프트를 "건물에 낸 작은 습구멍"으로 비유했다. "햇빛을 모아서 지하까지 보내 주기 때문에 단지 굴뚝만 뚫어 놓았을 때보다 채광 효과도 좋다"고 덧붙였다.

건물 가운데 관통하도록 뚫어
14층 옥상 햇빛이 지하까지…
유리 비늘 모양 창, 단열 역할

에코 샤프트를 활용한 환기·채광 원리



◇고단열 비늘 모양 창

에코 샤프트의 크기는 가로 1.5m, 세로 8.4m. 요즘 고층 건물에 가끔 시도되는 중정(中庭)과는 개념이 다르다. 일단 중정에 비해 규모도 작고 역할도 차이가 있다. 중정은 카페, 휴식공간, 정원 등의 용도로 만든 공간이지만 건물 표면적을 넓히기 때문에 열손실이 되레 늘어난다.

박 대표는 "종합병원이나 주상복합 같은 대형 건물을 설계할 때마다 어두침침한 중심부의 환경을 개선할 방법이 없을지 고민했다"며 "헬리오스탯 장치를 함께 되면서 '굴뚝' 아이디어를 떠올렸다"고 했다. 이 장치는 한국건설교통기술평가원이 2011년 상시제안과제로 선정해 채광·환기 성능과 에너지 절감 효과를 측정 중이다. 박 대표는 "보통 엘리베이터 주변 조명에 전력이 많이 쓰이는데 에코 샤프트가 엘리베이터 바로 앞에 있어 별도의 조명이 필요 없게 됐다"고 했다. 그는 "더 나아가 굴뚝 안에서 발생하는 기류를 이용해 풍력발전을 하거나 화재시 연기를 빨아들이는 제연(除煙) 장치로 활용하는 방안도 연구 중"이라고 했다.

일반적인 친환경 건물과는 대조적으로 외관도 독특하다. 삼각형 비늘을 불규칙하게 붙여 놓은 듯한 모습이다. 박 대표 자신이 정사각형 창틀에 대각선으로 빗금이 들어간 유리창을 직접 설계했다. 국내에서 제작된 이 창에는 단열이 잘되는 특수 유리인 '로이(Low-e)' 유리가 쓰였다. 일반 유리보다 비싸서 국내에서는 잘 쓰이지 않는 재료다. "건물을 한 변이 30m 정도인 정사각형으로 설계해 표면적을 줄였더니 비슷한 규모의 직사각형 건물에 비해 공사비가 상대적으로 줄어 성능이 좋은 유리를 쓸 수 있었다"고 한다. 이 창은 대각선 부분이 볼록 튀어나온 것과 오목한 것이 있어 건물 외벽에 자연스럽게 요철이 생긴다. "표면이 매끈하지 않기 때문에 주변 풍경이 그대로 비치지 않고 조각조각 흩어져 추상적인 무늬를 만들어낸다"고 했다.

박 대표는 "외관만 보기보다는 사용자들이 쾌적하게 생활할 수 있도록 하는 건물의 '성능'이 건축을 평가하는 기준의 하나로 자리 잡아야 한다"고 했다.

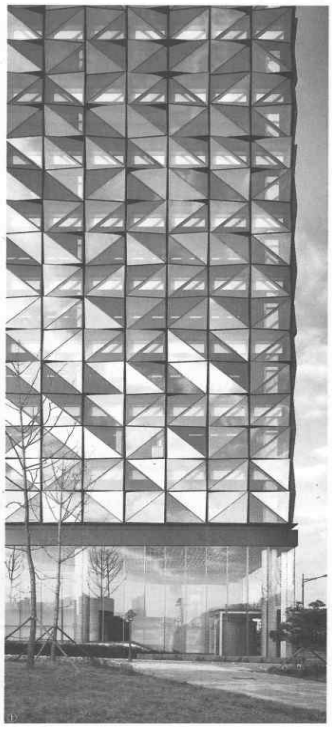
무안=채민기 기자
chaepfine@chosun.com



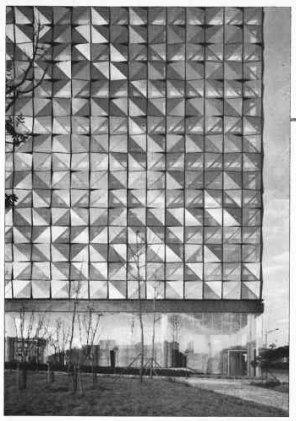




사진가 박영채



①건물 유리창에 주변 풍경이 모자이크처럼 비친 모습.
②전남전문건설회관 옥상의 에코 샤프트 입구에 설치된 헬리오스탯과 반사경들.
③에코 샤프트 바닥에서 뒤를 올려다보면 햇빛이 들어온다.
④위에서 내려다볼 때 정사각형으로 설계된 건물 외관.



전남전문건설회관

'건설' 이 빛나는 전문건설 테크닉의 진수!

목포 인근 남악 신도시 전남도청 바로 앞에 건설된 전남전문건설회관. 이 건물은 전문건설공제조합의 사업을 위한 임대건물이지만 건립 당시 신도시가 조성되지 않은 상황에서 임대가 잘 될지 건축주는 의문이었다.

그래서 이 프로젝트는 다른 임대건물과 다르게 최대가 아닌 '적당한' 용적률 즉, 조합의 위상을 유지하면서 가장 작은 규모를 모색하게 됐다. 건물 높이는 주변 건물과 맞춰 볼륨감을 유지하면서 층고가 높아졌고, 평면의 선택도 가능해졌다.

건축가는 정방형 평면을 선택했다. 원형 다음으로 동일 면적에서 외피 면적이 가장 작기 때문이다. 이로써 절감된 바용으로 임면에 사용될 커튼월의 질을 높였다.

임면에 적용된 3D커튼월은 외피를 입체적으로 조합해 입사되는 태양광을 조절할 수 있도록 만들어서 24시간, 사시장철 변화하는 외부환경을 분절된 임면의 독창성으로 건축화했다.

뿐만 아니라 패널 사이를 이용한 환기시스템은 기존의 입체파사드에서는 없었던 기능이다.

내부공간에서는 외주부에 비해 열악한 중심부의 환경선을 고려했다. 그 과정에서 착안된 것이 에코샤프트(Eco-Shaft)인데, 옥상에 헬리오스탯(heliostat)이란 반사경을 설치해 자연광을 건물 깊숙히 자하층까지 내려 보내는 동시에 자연환기까지 가능하게 하는 친환경 시스템으로 이 프로젝트 과정에서 특허출원했다.

건축가 박인수 씨는 아이아크에서 오랜 세월 몸담아왔다. 이 건물도 시작은 아이아크에서 꿈은 자신이 설립한 파크이즈에서 맺게 됐는데, 아이아크는 BIM(빌딩정보모델링)을 이용한 비정형 설계기법에서 국내 선두를 자랑하는 설계사무소다.

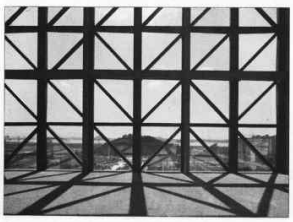
전남전문건설회관은 비교적 복잡하지 않은 설계로 전 과정을 BIM으로 설계하는데 무리가 없었다. 오히려 오토데스크에서 시찰을 올 정도였다고 한다.

건축가는 BIM이 유지관리까지 모두 적용할 수 있는 완성도 높은 프로그램은 아직 아니지만, 전문건설사에게는 그들의 활로를 열어줄 반드시 필요한 프로그램이라고 설명했다.

또한 전남전문건설회관은 건축주인 전문건설공제조합의 특성을 도급방식에 반영해 주계약형 공동도급방식으로 발주됐다. 주계약자형 공동도급제도란, 주계약자인 일반건설업체가 전체 건설공사의 종합적인 계획과 관리조정 역할을 담당하고, 공동수급체 구성원인 전문건설업체는 각 공종별 전문공사를 분담해 책임시공하는 공동도급방식의 일종으로, 올바른 관행을 확립하고 건실시공을 담보하고자 하는 전문건설공제조합의 오랜 숙원이 실현된 최초의 사례라 할 수 있다.

이오주은 기자 yoje@

▶새벽에서 황혼까지…반짝반짝 빛나는 입체파사드
▶자연환기+자연채광 친화경 '에코샤프트' 특허출원
▶BIM으로 전과정 설계, 가격입찰로 설계자 선정
▶주계약형 공동도급방식으로 시공 등 이슈 풍성



▲건물 최상층에서 바라다 본 남악 신도시 전경. 얼핏 보기에 창문이 없는 입체파사드는 커튼월을 연결하는 프레임으로 개폐가 가능해 창문을 여닫지 않고도 환기가 가능하다.

▲▲두 가지 타입으로 디자인된 3D커튼월은 조합방식에 따라 건물에 비친 풍경을 입체파의 회화처럼 추상으로 재구성해낸다(시공 일진유니스코).



▲전남전문건설회관 저층부. 로비의 노란 자유곡선형 벽면은 건축음향관련 자재인 F.G Board(섬유혼입석고판)을 이용해 자유로운 비정형의 형태를 만들어냈다.



■ **설계 · 감리** | 박인수 + ㈜아이아크건축사사무소
■ **건축개요** | 업무시설/ 전라남도 무안군 삼향면 남악리 2113/ 대지면적: 1,961.80㎡ · 연면적: 12천715.77㎡ · 규모: 지상13층, 지하2층/ 설계기간: 2006. 5~2008. 10 · 시공기간: 2009. 1~2011. 11/
■ **협력사** | 구조설계:㈜한구조/ 기계 · 전기설계:㈜하나기연/ 조명설계:㈜크록스/ 토목설계:㈜다산이엔지/ 조경설계:솔토조경㈜/ 건축·대한건축연구소/ 커튼월:㈜일진유니스코/ 기계설비:㈜동양이앤씨/ 소방설비:㈜영동이앤씨/ 전기설비:㈜일지전력/ 통신설비:㈜한국종합전기/ 시공·주계약자 :㈜진흥기업 · 부계약자 일진유니스코 외/ 건축주:전문건설공제조합 / 건축사진·박영채

건축가 박인수의 건축철학

"건축은 성능이다"
"건축가는 건설산업의 중심에 서야 한다"



▲지하 주차장에서 바라본 에코샤프트. 자연광이 지하 2층까지 쏟아져 내부공간을 환하게 비출뿐 아니라 식물도 키울 수 있다. 에코샤프트는 옥상에 설치된 반사경을 통해 햇빛을 내부로 들여보냄과 함께 자연환기를 가능하게 하는 친환경 시스템으로 건축가가 고안했다.

건축가 박인수 씨는 호탕하게 웃는 모습이 여느 건축가들과 많이 다르다. 설계사무소를 업체라 부르는 데 주저함이 없는 그의 건축철학도 사뭇 다르다.

박인수 씨는 건축을 '성능'이라 정의한다. 성능이 무엇이냐고 물었더니 독일 차를 예로 들어 답한다. "독일 차를 보면 보기에 멋진데 나가기도 잘 나가죠. 연료도 덜 들고 편안하고, 안전도 하지 않습니까?" 이처럼 다양하게 기능하는 건축 즉, 건축을 한 면으로만 보려는 것은 지양해야 한다는 것이다.

그는 "건설산업이 선진화된 나라들에서는 종합건설사의 역할이 점점 줄고 설계자가 직접 전문건설업체에서 발주하는, 이른바 '디자인 빌드'의 개념이 정착해 가고 있다"고 설명한다.

한편, 4년 전 전문건설공제조합은 건축분야대상 수상 업체를 대상으로 전남전문건설회관 설계사 선정을 위한 가격입찰공고를 냈다. 당시 박인수 씨가 써 낸 가격에 낙찰돼 인연을 맺게 된 것이다.

입찰가를 써 내는 것은 건축가들에게는 정말 생소한 일이다. 그러나 박인수 씨는 현상설계 과잉으로 불필요한 제 살 깎아먹기 출혈에 시달리고 있는 설계사무소들에게 이 방식도 상당히 합리적이란 생각이 들었고 발주자에게 매력을 느끼게 됐다고 한다.

전남전문건설회관 건립사업은 조합의 사업을 위해 임대공간을 설계하는 프로젝트다. 이런 경우 건축주는 '가장 저렴한 공사비로 가장 넓은 임대면적'을 요하게 된다.

따라서 프로그램은 최고로 간단하지만 디자인의 실마리를 찾아야 하는 건축가로서는 최고로 쉽지 않다.

여기서 건축가는 '전문건설'에 초점을 맞춘다. "'건설'이 빛나는 전문건설의 기술력을 총망라한 프로젝트를 만들자!" 그렇게 시작된 전남전문건설회관은 40개월이란 무지막지한 시공기간을 통해 지난 6일 드디어 준공식을 마쳤다.

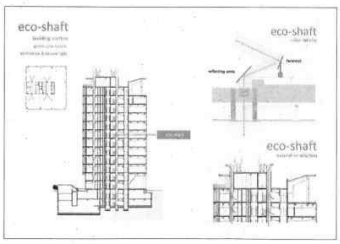


박인수 |

파크이즈건축사무소 대표이사. 새건축사협의회 이사. 서울시립대학교 겸임교수, 숭실대 건축학과 및 동대학원을 졸업하고 영국 AA School DRL 수료했다. 2010 경기건축문화상 금상, 2011 젊은건축가상을 수상했으며 주요작품으로 숭실대학교 인익태기념관 지명현상, 서울시청 현상설계, 동탄타운하우스, 전남전문건설회관 등이 있다.

박인수 씨는 "좋은 작곡이 있어야 훌륭한 연주가가 실력 발휘할 수 있듯, 건축가가 건설 산업에 관계된 모든 업에이 제대로 실력 발휘를 할 수 있도록 해 줘야 한다"고 말한다.

전남전문건설회관에서 최고의 기탑을 뽑내준 전문건설사들과의 협업이 남긴 또 한 번으로 확신으로 다시 한 번 호탑하게 웃는 건축가 박인수의 강변, "건축가는 건설산업(Industry)의 중심에 있어야 한다!"



“실내환경조절용샤프트시스템연구” 최종성과물 총람

1. 연구개발과제 개요

<table>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">건설기술혁신사업</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="2">□기초연구 □실험
□시작품 ■실용화
□사업화</td><td>최종
성과유형</td><td>■공법,기법 □재료,자재
□소프트웨어 □장비,장비
■시스템 ■정책,제도 □기타</td></tr>
<tr><td>연구과제명</td><td colspan="2">실내환경조절용샤프트시스템연구
(에코샤프트)</td><td>과제구분</td><td>■일반 □연구단 □사업단</td></tr>
<tr><td>주관연구기관</td><td colspan="2">(주)파크이즈건축사사무소</td><td>연구책임자</td><td>박 인수</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구기간
및
연구개발비
(단위 : 천원)</td><td colspan="4">2011년 09월 30일 ~ 2013년 09월 29일 (2년 0개월)</td></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>민간부담금</td><td>정부외 출연금</td><td>합계</td></tr>
<tr><td>465,000</td><td>175,000</td><td></td><td>640,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">당해년도
연구기간 및
연구개발비
(단위 : 천원)</td><td colspan="4">2012년 05월 30일 ~ 2013년 09월 29일 (16개월)</td></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>민간부담금</td><td>정부외 출연금</td><td>합계</td></tr>
<tr><td>315,000</td><td>125,000</td><td></td><td>440,000</td></tr>
</table>

2. 연구 목표 및 주요 연구내용

□ 연구개발 최종목표

- **에코샤프트의 신축과 개축상황을 통해, 자연채광과 자연환기의 성능을 확인하고, 향후 사용에 기준으로 삼음**
  - 에코샤프트 크기 결정기준을 정하고(층수x반사경 면적), 단면적과 높이의 상관관계를 결정함
  - 신축의 경우 실측을 통해 현재 성능(채광, 환기)을 확인하였고, 개축의 경우 CFD를 통해 설계된 에코샤프트의 성능(채광, 환기)을 확인하였고, 두 경우 모두 괘적함을 확인함.
  - 개축을 통해 공사할 시방서를 작성하였고, 도면을 작성.
  - 향후 공사될 에코샤프트의 설계에 기준이 될 내용을 파악하였음.

● **에코샤프트의 성능과 유지관리, 비용등의 문제를 규명하고 이를 개선할 수 있는 토대를 마련**

- 신축과 개축을 통해 외부조건에 따라 발생되는 문제점을 파악하였고(외기의 풍속이 매우 강한 경우, 태풍등) 이에 대비해 상부의 개선방안을 마련하였음(일방향 댐퍼, 무동력팬)
- 에코샤프트의 에너지 절감내역과 비용환산을 하였고, 실내 환경을 개선하는 정도를 파악하였음
- 자연채광과 조명을 위한 유지관리 방안을 마련하였으며, 특히 계절별 샤프트의 창호 개폐방식을 정해 계절별 이용에 편리를 더함.

● **에코샤프트의 향후 개발 방향에 대한 전망과 진행방안을 연구**

-에코샤프트의 개발방향에 대해 세가지를 검토하였음. 풍력발전을 샤프트내에서 이루는 것은 기동풍속부족으로 고층에서 불가능함을 알게 되었고, 초고층의 경우는 추후 연구로 결정

-자동제어방식은 연구를 통해 규명을 하였음. 연구결과 고층에서 자동제어와 수동제어가 모두 가능하며, 수동제어 중 창호의 개폐만 자동제어하는 것으로도 진행이 가능하다고 판단함.

-친환경인증의 점수획득 방안을 연구하여, 향후 법령개정을 통해 가능성을 확인하였고, 향후 과제로 남겨둠

-에코샤프트와 제연덕트를 겸용하는 방안에 대해선 현행법령에서 그 구조를 철제 구조로 한정하고 있어 불가능하나, 성능기준으로 변경할 경우, 가능성이 있고, 현재도 제연기능을 담당할 수 있음.

□ **주요 연구내용**

● **기 설치된(신축) 에코샤프트를 실측하여 성능을 확인하고 문제점을 분석**

- 전남전문건설회관(목포소재)에 설치된 에코샤프트를 실측하여 성능을 확인하고 문제점을 파악함.

● **기 설치된 샤프트를 통해 에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계를 연구하여, 넓고 클수록 좋으나, 높이 보다는 평면적을 최대 확보하는 것이 성능에 유리함을 확인하였음.**

-보다 구체적으론 고층의 경우, 최소 단면적은 태양광을 공급하는 층수 X 층당 최소 반사경 면적을 구하는 것으로 확인하였고, 이 경우, 환기에 문제 없음

● **신축외 개축을 통한 에코샤프트의 성능을 확인**

-삼호물산 A동을 대상으로 실시하여 실내환경(채광, 환기)을 충분히 개선하는 것으로 확인함.

-CFD를 통해 환기와 채광의 상황을 규명함.

● **에코샤프트의 성능확장 방안을 연구하여 불가능한 것과 가능한 것을 파악하고, 가능한 방안을 마련하여 향후 과제로 선정**

-샤프트내 풍력발전은 고층건물에 불가능함(초고층은 추가연구)

-자동제어는 가능하고 방안을 마련함

-제연덕트겸용은 법규를 변경하여야 함, 하지만 제연기능을 담당할 수 있음

● **친환경 인증기준에 에코샤프트가 점수 받을 수 있는 가능성**

-친환경 인증기준 검토하여 점수 받을 수 있는 가능성과 조건 확보

3. 연구개발 핵심성과

연번	세부	핵심성과명	핵심성과 설명	성과유형
1		샤프트의 단면적 결정기준	고층건물에서 단면적은 채광에 의해 결정되는 것으로 확인하였고, 층수 와 반사경 면적의 곱셈에 의해 설정됨.	설계기준
2		최상부 역류방지를 위한 장치 결정	외부 바람이 강한 경우, 샤프트내부로 역류가 발생함으로 상부에 일방향 댐퍼나 무동력팬을 설치하여 배기 성능을 높임	설계기준
3		샤프트의 단면적과 높이의 상관관계 규명	고층건물에서 단면적이 높이보다 더 큰 영향을 주는 인자임을 확인하였고, 최대한 단면적을 넓게 설치하되, 최소면적은 1번의 단면적 결정기준에 의함	설계기준
4		계절별 창호개폐 패턴의 결정	에코샤프트의 운영상 가장 효율적인 실내 창호와 상부, 하부 창호의 개폐방식을 패턴화 하여 결정함.	운영기준
5		에코샤프트의 채광, 환기 성능 파악	에코샤프트의 자연채광 성능과 자연환기성능을 규명하여 성능평가의 기준이 될 수 있도록 함.	설계기준

7. 최종성과물 일람

□ ㈜ 파크이즈건축사사무소 (연구책임자 : 박인수)

구 분	과제명	최종 성과명 (핵심 성과명)[1]	최종 성과물 형태[2] (성과 유형)	기술수준[3]		경제성[4]		성과 우수성		성과물 발생 시기 (개발완료 시점)	최종 수요처[7]	활용실적(실적발생시) 및 활용방안(미발생시)[8]	기대효과[9]	기술실시 계약[10]	비고[11]
				연구 전 ('00)	연구 후 ('00)	연구 전 ('00)	연구 후 ('00)	기존 기술과의 차별성[5]	정량적 성과[6]						
1-1 (일반 과제)	실내 환경 조절용 샤프트 시스템 연구 (일명: 에코샤프트)	기 설치된 에코샤프트의 실측도면 작성	실측도면	에코샤프트 구성을 위한 도면제작에 머무름	에코샤프트의 문제로 지적된 내용을 수정하여 그림	-	-	실측도면 작성을 의뢰하였고 시공중 변경사항을 확인	-실측도면 1건	'11. 12.	-	-(방안) 시공 중 변경사항을 확인/주관연구기관/연구기간	연구진행 기준 및 향후 설계 자료로 사용	-	1차 결과
		채광 및 환기기능 실측결과 학회 발표	논문발표	시뮬레이션에 그쳤던 내용에 불과	실측을 통해 실제 작동함을 증명	-	-	기존 기술이 없으므로 유일한 실측 자료임	-논문 1건	'12. 03.	기술실시 업체	-향후 기술 실시계약자가 참고 자료로 사용	향후 설계기준으로 활용	-	1차 결과
		설치비용과 에너지 절감효과를 산출하는 적산보고서 작성	적산 보고서	에코샤프트 설치 비용이 불분명함	에코샤프트 설치비용이 분명하게 나타남(신축)	-	-	기존 사례가 없어 신축공사비의 기준으로 제시됨	-적산 1건	'12. 03.	기술실시 업체	-향후 기술 실시계약자가 참고 자료로 사용	향후 설계 및 공사기준으로 활용	-	1차 결과
		에코샤프트를 신축프로젝트에 적용	설계도면 및 3D투시도	에코샤프트 도면이없어 사례가 될 자료없었음	에코샤프트에 대한 참고도면이 만들어져 향후 설계의 자료가 됨	-	-	기존 도면자료가 없었음	-설계도면 1건	'13. 02.	기술실시 업체 및 주관연구팀	-서울시 SH공사에서 발주한 신정동 보금자리주택 건설공사에 에코샤프트 2기 적용	향후 연구에 참고자료가 됨	-	1차 결과
		추가 제안된 아이디어에 대한 특허추진	특허증 또는 출원증	-	에코샤프트 성능 향상을 위한 샤프트 모양, 급기흡인력강화 방안 추가 특허획득	-	-	새로운 에코샤프트 개발을 위한 아이디어 확보	-특허 3건 -출원 1건	'13. 04. '13. 05.	기술실시 업체 및 주관연구팀	-향후 기술실시업체에서 다양한 성능의 에코샤프트를 개발할 근거 마련	다양한 성능의 에코샤프트 개발 가능성 확보	-	1차+2차 결과
		에코샤프트의 효율적 자연환기를 위한 평면적과 높이의 상관관계	논문발표	-	자연환기를 위한 에코샤프트의 평면적과 높이의 상관관계를 파악,최적의 샤프트 타입 도출	-	에코샤프트 성능향상을 위한 조건 확보. 이는 경제성과 연결됨	새로운 에코샤프트 설계시 설계 기본 자료로 활용될 중요 요소	-논문 1건	'13. 04.	기술실시 업체	-(방안)에코샤프트의 환기성능의 검토 및 평가 기준 등을 제시함으로써 고층건물의 쾌적한 환경을 위한 설계 기반 마련 -(방안)에코샤프트 적용 시 설계를 위한 데이터베이스로 활용	에코샤프트 설계시 설계 자료로 활용	-	2차 결과
		에코샤프트에 소형풍력발전 및 제연덕트 겸용, 자동제어(ibs) 추가적용사항 연구	연구보고서 작성	-	-고층(30층 이하)에서 소형풍력발전 불가 -제연덕트는 법규상 불가, 제연기능 가능 -IBS적용가능,공사비문	-	-	-에코샤프트가 고층에서 제연기능을 담당하여 더욱 안전한 건물이 될수 있고, 관련규정을 성능위주로 변경하면 가능성이 있음 -IBS보다는 자동개폐기능으로 충분히 제어 가능	-연구보고서 1건	'13. 09.	기술실시 업체	-향후 설치시 제연기능을 겸할 수 있고,자동개폐로 조작의 편리를 더함.	보다 편리하고 성능이 증가된 에코샤프트 실현 가능	-	2차 결과

					제									
		공공건축물선정 및 에코샤프트 설계	설계도면	1건의 설계도면 밖에 없었음	보다 세밀한 설계도면 완성 및 성능 보완(점검중)	-	-	-신축뿐아니라개축에서도 에코샤프트 성능을 확보할 수 있는 가능성을증명 -신축대비 공사비 비쌈	-실측도면 1건	'13. 06.	기술실시업체	-개축시 에코샤프트 설치를 위한 자료로 활용	개축시 설계자료로 활용	-	2차 결과
		고층건물의 에코샤프트 적용에 따른 자연환기 효과와 난방 및 냉방부하에 미치는 영향 분석	논문발표	-	환기가 되지 않는 기존건물에 에코샤프트 설치시 자연환기 개선효과 및 냉난방부하 절감효과 확인	-	에코샤프트 적용범위(엘리베이터홀) 냉난방부하 관련 약36.5%/년 에너지절감 효과 파악.	에코샤프트를 통한 냉난방 절감량 확인 동절기,하절기, 중간기 및 Night Purge 기능	-논문 1건	'13. 09.	기술실시업체	-향후 실시사업시 자료활용	-(방안)에코샤프트의 분석 데이터를 기반으로 신축 및 기존 환기가 잘 되지 않는 고층건물의 에코샤프트 설치를 통한 녹색리모델링 건축시장 활성화	-	2차 결과
		에코샤프트 공간의 자연채광 성능평가	논문발표	-	-형광등 4개를 대체 할 수 있음	-	-	기존 비교자료 없고 에코샤프트를 통한 전등대체효과 최초 증명	-논문 1건	'13. 09.	기술실시업체	-향후 실시업체 자료로 활용	-	-	2차 결과
		국토교통부 녹색기술인증 획득	인 증 서 (GT-13-00062호)	-	-	-	-	-	-인증서 1건	'13. 04.	-	-향후 실시업체 성능증명용	-	-	2차 결과
		에 코 샤 프 트 의 Hleioastat 및 반사시스템 설계 및 성능평가	공법·기법	-Heliostat 설계 및 반사시스템 평가에 대한 국내 기술 전무(반사시스템기술전무)	-Heliostat 설계 및 반사시스템 평가에대한 국내 기술 확보 -47.5%조명에너지 대체(반사시스템 기술 전세계 투자확보)	-	-Heliostat 설계 및 성능평가기술의 국산화로 설치비의 50% 절감가능)	기상데이터 기반의 연간 동적 성능분석 가능	-논문 1건	'13. 09.	기술실시업체	-향후 실시업체 자료로 활용	-heliostat 성능평가 및 설계기술 국산화(1천만원/건 수입대체효과)	-	2차 결과
		에코샤프트 유지관리 지침서	지침서	-	유지관리지침서 최초작성	-	경제적 유지관리 가능	-	-지침서 1건	'13. 09.	기술실시업체	-향후 실시업체 자료로 활용	-	-	2차 결과
		에코샤프트 시방서	시방서	-	시방서 최초작성	-	공사품질 확보가능	-	-시방서 1건	'13. 09.	기술실시업체	-향후 실시업체 자료로 활용	-	-	2차 결과

참고문헌

김종헌 외, 친환경 건축물을 위한 신재생에너지 시스템 최적화 시뮬레이션 개발 및 검증, 2010

김태현 외, 건축표준설계기준 환경/설비분야 제정을 위한 국내 및 국외 관련 법규 비교연구, 2012
송혜영 외, 건축적 적용을 위한 자연채광시스템의 유형별 특성에 관한 연구, 2008
신주영 외, 광파이프 시스템의 조명기술 및 건축적 활용 연구, 2009
안지윤 외, 업무용 건축물의 실내공기환경 중심으로 국내외 친환경 건축물 인증제도 비교분석 연구, 2011
이종영 외, 자연채광 시스템을 이용한 학교교실의 시환경 개선 방안, 2010
정대교 외, 친환경 초고층 건물의 자연채광 특성 및 기법에 관한 연구, 2010
정재원, 자연형 태양에너지 시스템, 2008
정주희 외, 거울형 태양광 채광시스템의 공간유형별 적용현황 분석, 2008
정주희 외, 반사거울형 태양광 채광시스템의 국내외 적용현황 분석, 2008

Allard & Santamouris 1998, Natural Ventailation In Buildings, 1998
Antony Wood & Ruba salib, Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings, 2013
ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceotable Indoor Air Quality, 2007
ASHRAE, ASHRAE Handbook 2009 Fundamentals, 2009
Design Builder User Manual
LBNL Simulation Research Group 외, EnergyPlus Input Output Reference, 2008.04

송승영외, 내, 외단열 공동주택에서 단열재 및 축열재 위치 차이가 에너지성능에 미치는 영향, 대한건축학회, 2010

조진균 외, 자연환기 계획을 위한 국내 초고층 공동주택 커튼월의 창호유형 사례분석 및 환기창 성능분석에 관한 연구, 대한건축학회, 2009

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설기술혁신사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 건설기술혁신사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.