

김현용 · 이건희 · 조두희 | **시설** 팀

에너지성능 · 공정 최적화를 통한 기숙사 ZEB 리모델링

현재 제로에너지건축물(ZEB) 인증 의무화에 따라 기존 건축물의 에너지 성능 개선이 중요해지고 있다. 이에 본 팀은 국립군산대학교 기숙사를 대상으로 외피 및 설비를 개선하여 ZEB 등급 향상을 위한 리모델링 계획을 수립하였다. 건축적 개선안과 설비 시뮬레이션을 통해 에너지 성능을 분석하고, 목표 ZEB 등급 달성 여부를 검토하여 현실적인 개선 방안을 제시하고자 한다.

CONSTRUCTION &
MANAGEMENT

시공



김현용 Kim HyunYong
학번 | 2503117
E-mail | kim009114@naver.com
H.P | 010-4224-9445



조두희 Cho Duhee
학번 | 2101480
E-mail | doohee709@naver.com
H.P | 010-5626-6434

ENVIRONMENTAL
DESIGN

환경



이건희 Lee GunHui
학번 | 2101617
E-mail | gunhigh@naver.com
H.P | 010-2625-2569



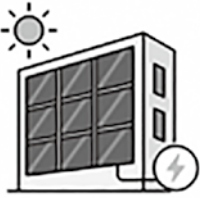
국립군산대학교 기숙사는 비교적 최근에 준공된 건축물이지만, 현행 제로에너지건축물(ZEB) 5등급 기준에는 미치지 못하는 건물이다. 이에 본 팀은 기숙사를 대상으로 건축 외피 및 설비를 개선하는 리모델링 방안을 계획하고, 에너지 시뮬레이션을 통해 ZEB 등급 달성 여부를 검토하였다. 이를 바탕으로 법규와 경제성을 고려한 현실적인 ZEB 성능 향상 방안을 제시하고자 한다.

대상건물 현황	준공연도 2024.02.29 연면적 17021.7㎡ 단열재 및 벽체 열관류율 페놀폼 1종 a, 0.410 W/㎡ · K 창호 및 열관류율 T24 Low-e 복층 유리, 1.30 W/㎡ · K 주 출입구 및 메인 파사드 남향, 서향 에너지 절감 요소 창호 교체, PV 시스템 추가
---------	---

설계목표	– 에너지 자립률 20% 이상(ZEB 5등급) 달성 목표, 공사 계획 수립, 방학기간 내 공사 완료 (약 2.5개월) – 건물에너지해석프로그램 ‘ECO2’, ENERGY#을 사용하여 평가, 물량 노무비와 시공계획 수립 이후 Primavera를 사용하여 공정계획 작성
------	--



창호 종류 변경



BAPV 설치



기존 PV 개선

창호 대안 비교

–더블 Low-E 복층유리는 시공 부담을 줄이고 단열성능을 개선, 삼중유리는 공사 부담은 증가하지만 가장 높은 단열성능을 확보

구분	열관류율(W/㎡ · K)	일사투과율	특징
기존 창호	1.3	1.32	T24 Low-E 복층유리
더블 Low-E 복층유리	1.0~1.1	0.8	시공성 우수, 공사 부담 상대적으로 적음
삼중유리	0.6~0.7	0.6	열성능 우수, 공사 부담 증가



기존 창호



더블 Low-E 복층 유리



삼중 유리

창호 대안별 적용 공법

– 더블 Low-E 복층유리는 기존 프레임을 활용해 시공 부담을 줄이고, 삼중유리는 프레임 교체를 통해 성능을 향상

창호 개선안	공법	특징
더블 Low-E 복층유리	프레임 유지 개보수 공법	· 기존 프레임 유지 · 철거 범위 최소화 · 공사 부담 상대적으로 적음
삼중유리	프레임 철거, 신규 설치 공법	· 기존 프레임 철거 · 신규 창호 설치 · 열성능 우수 · 공정 부담 증가

창호 대안별 공정표 및 인원 투입 계획

– 더블 Low-E 복층유리는 13명, 삼중유리는 18명을 투입하며 삼중유리의 시공 부담이 더 큼.

구분	더블 Low-E 복층유리	삼중유리
적용 공법	프레임 유지형 창호 개보수	창틀 간섭 교체 공법
교체 수량	481개	481개
작업 방식	2개 작업조 병행	2개 작업조 병행
총 투입 인원	13명	18명
1일 작업시간	08:20~17:00	08:20~17:00
순작업시간	약 460분	약 460분
1일 작업량	약 13호	약 1~1.5개 층

- 더블 Low-E 복층유리는 6단계, 삼중유리는 프레임 보수 · 보강이 추가되어 8단계 공정으로 계획.

공정	더블 Low-E 복층유리	삼중유리
A	보양 및 자재 준비 (08:20~08:50)	보양 및 자재 준비 (08:20~08:50)
B	기존 창짝 · 유리 탈거 (08:50~10:20)	기존 창짝 · 유리 탈거 (08:50~10:20)
C	창틀 점검 · 실측 (10:20~12:00)	프레임 상태 점검 (10:20~11:20)
D	더블 Low-E 창호 설치 (13:00~15:00)	프레임 보수 · 설치 준비 (11:20~12:00)
E	가스켓 · 실링 · 기밀 처리 (15:00~16:20)	삼중유리 창호 설치 (13:00~14:30)
F	작동 확인 · 정리 (16:20~17:00)	정렬 · 고정 · 패드 보강 (14:30~15:30)
G	-	가스켓 · 실링 · 기밀 처리 (15:30~16:30)
H	-	작동 확인 · 정리 (16:30~17:00)
공정 순서	A → B → C → D → E → F	A → B → C → D → E → F → G → H

- 2개 작업조 병행 시 더블 Low-E 복층유리는 13명, 삼중유리는 프레임 보강 인력을 포함해 18명이 투입.

직종	더블 Low-E 복층유리 (1개조)	더블 Low-E 복층유리 (2개조 병행)	삼중유리 (1개조)	삼중유리 (2개조 병행)
작업반장/관리	1명	1명	1명	2명
창호공	2명	4명	3명	6명
유리공	1명	2명	1명	2명
보통인부	2명	4명	2명	4명
프레임 보강 단열 보강 작업자	-	-	1명	2명
실링 기밀 작업자	1명	2명	1명	2명
합계	6명	13명	9명	18명

- 더블 Low-E 복층유리는 총 119인 · 일을 투입 직접노무비는 약 2,690만 원으로 산정.

직종	일일 투입 인원	투입 일수	작업량(인 · 일)	단가(원/일)	직종별 노무비(원)
창호공	6명	10일	60	250,287	15,017,220
유리공	2명	5일	10	250,389	2,503,890
보통인부	4명	8일	32	172,068	5,506,176
실링 기밀 작업자	2명	2일	4	265,000	1,060,000
작업반장/관리	1명	13일	13	215,907	2,806,791
합계	-	-	119	-	26,894,077

창호 대안별
노무비 산정

- 삼중유리는 총 168인 · 일을 투입 직접노무비는 약 3,840만 원으로 산정.

직종	일일 투입 인원	투입 일수	작업량(인 · 일)	단가(원/일)	직종별 노무비(원)
창호공	6명	14일	84	250,287	21,024,108
유리공	2명	6일	12	250,389	3,004,668
보통인부	4명	10일	40	172,068	6,882,720
실링 기밀 작업자	2명	3일	6	265,000	1,590,000
프레임 보강 단열보강 작업자	2명	4일	8	250,287	2,002,296
작업반장/관리	1명	18일	18	215,907	3,886,326
합계	-	-	168	-	38,390,118

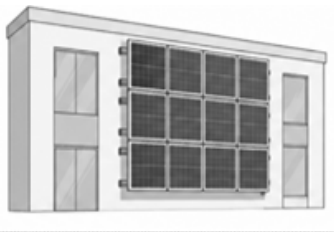
- 더블 Low-E 복층유리는 약 2~3주, 삼중유리는 추가 보강 공정으로 약 4~5주가 소요.

구분	더블 Low-E 복층유리	삼중유리
총 창호 수량	481개	481개
1일 처리량	약 35~40개	26~30개
순수 작업일	13일	18일
검측 보수 유천 등 여유기간	4~7일	5~7일
총 공사기간	약 17~20일	약 23~25일
주 단위 공사기간	약 2~3주	약 4~5주

- 더블 Low-E 복층유리는 시공성과 경제성이 우수, 삼중유리는 공사 부담은 증가하지만 단열성능이 가장 우수.

구분	더블 Low-E 복층유리	삼중유리	대안 1 대비 대안 2
총 작업량	119인 · 일	168인 · 일	약 41% 증가
순수 작업일	13일	18일	약 38% 증가
직접 노무비	2,690만원	3,840만원	약 43% 증가
공정 특성	기존 프레임 유지	프레임 보강 공정 추가	공정 부담 증가
열관류율	1.30 W/㎡ · K	1.0~1.1 W/㎡ · K	0.6~0.7 W/㎡ · K
기존 대비 개선율	약 19%	약 50%	-
특징	시공성과 성능의 균형	가장 높은 단열성능	-

- 기존 PV 패널에 BAPV 시스템을 추가 설치해 에너지 생산량을 높여 에너지 자립률 목표 달성에 기여



태양광 개요	
모델명	Q.PEAK DUO ML-G11S,2
모델 크기	2.092*1.134*35 [mm]
모델 효율	21.1%
최대 출력	500 [Wp]
패널 용량	192장, 96kW

창호 대안별
공사기간
산정

창호 대안별
통합 비교
분석

BAPV
추가 설치
계획 및
공사비 산정

– 황룡관과 나래관 외벽에 BAPV 패널 192장을 설치하며, 총 88품의 인력을 투입.

구분	내용
적용 건물	황룡관, 나래관
총 설치 수량	192장
황룡관 공사기간	10일
나래관 공사기간	5일
총 투입 품셈	88품
설치 방식	외벽 부착형 태양광 패널

– 외벽 마킹부터 패널 설치 · 배선 · 시운전까지 총 7단계 공정으로 계획.

공정	주요 공정	작업 내용
A	외벽 마킹	패널 설치 위치 및 기준선 설정
B	앵커 공사 조립	외벽 앵커 설치
C	하지 프레임 용접 및 조리	패널 지지용 프레임 설치
D	태양광 구조 레일 설치	패널 고정을 위한 레일 설치
E	태양광 패널 설치	500W급 태양광 모듈 설치
F	전기 배선 및 어레이 결선	패널 간 전기 배선 및 결선
G	시운전 검사 준공 청소	작동 확인 및 마감

– 황룡관 58품, 나래관 30품으로 총 88품의 인력을 투입.

직종	황룡관	나래관	총 품셈
작업반장	10품	5품	15품
비계공	7품	4품	11품
내선전공	5품	2품	7품
조력공	12품	6품	18품
보통인부	14품	8품	22품
교통정리원	10품	5품	15품
합계	58품	30품	88품

– 자재비 · 장비비 · 직접노무비를 합산한 BAPV 직접공사비 약 7,235만 원.

항목	황룡관	나래관	합계
자재비	21,120,000원	12,672,000원	33,792,000원
장비비 경비	16,000,000원	3,500,000원	19,500,000원
직접노무비	12,739,840원	6,317,246원	19,057,086원
합계	49,859,840원	22,489,246원	72,349,086원

기존 PV 개선

– 기존 30°로 설치된 패널 각도를 최적 각도인 10°로 개선

- 에너지 생산량 약 9.6만 kWh/yr에서 14.7만 kWh/yr로 1.5배 상승

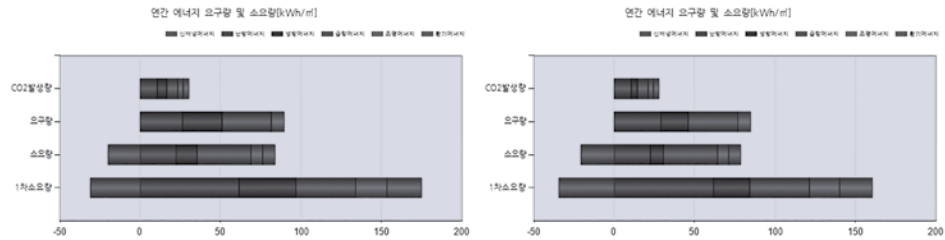


기존 패널(생산량 96,714)

개선 후 패널(생산량 147,314)

에너지 자립률 분석

– 설계 변경에 따른 에너지 자립률 변화

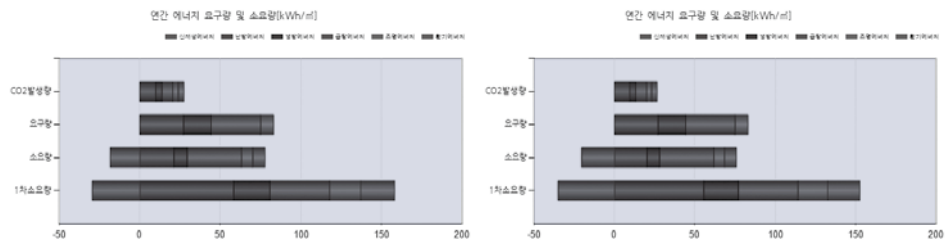


	신재생 에너지	난방 에너지	냉방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계
요구량	0.0	26.3	24.5	30.7	8.0	0.0	89.5
소요량	-19.8	22.3	12.8	33.7	7.1	7.8	83.7
1차소요량	-30.8	61.4	35.3	37.1	19.5	21.3	174.7
CO ₂ 발생량	0.0	10.5	6.0	6.8	3.3	3.6	30.2

기존 건물의 에너지 자립률 17.63%

	신재생 에너지	난방 에너지	냉방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계
요구량	0.0	29.1	16.9	30.7	8.0	0.0	84.7
소요량	-20.5	22.4	8.1	33.7	6.8	7.4	78.5
1차소요량	-34.3	61.7	22.4	37.1	18.7	20.4	160.3
CO ₂ 발생량	0.0	10.5	3.8	6.8	3.2	3.5	27.8

더블 Low-E 복층유리 교체시 에너지 자립률 18.15%



	신재생 에너지	난방 에너지	냉방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계
요구량	0.0	27.1	17.2	30.7	8.0	0.0	82.9
소요량	-18.3	21.1	8.2	33.7	7.0	7.6	77.7
1차소요량	-29.4	58.1	22.6	37.1	19.2	21.0	158.0
CO ₂ 발생량	0.0	9.9	3.8	6.8	3.3	3.6	27.4

삼중유리 교체시 에너지 자립률 18.607%

	신재생 에너지	난방 에너지	냉방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계
요구량	0.0	27.1	17.2	30.7	8.0	0.0	82.9
소요량	-20.4	20.2	7.8	33.7	6.7	7.3	75.6
1차소요량	-34.9	55.5	21.5	37.1	18.3	20.0	152.4
CO ₂ 발생량	0.0	9.5	3.7	6.8	3.1	3.4	26.5

삼중유리 + BAPV 패널 추가 설치시 에너지 자립률 22.399%

ZEB 리모델링 결과



- 삼중유리 및 BAPV 적용으로 에너지 자립률 22.4%를 확보하여 목표 ZEB 5등급을 달성.
- 총 공사기간은 약 2.5개월 이내로, 방학 기간 내 시공이 가능.