

BIPV 적용 공공건축물의 실증 공사비 분석

김승연*, 이종호*
국립한밭대학교*

Empirical Construction Cost Analysis of Public Buildings Applying BIPV

Seung-Yeon Kim*, Jung-Ho Lee*
Hanbat National University*

Abstract - 2020년부터 공공건축물에 대한 제로에너지건축물(ZEB: Zero Energy Building) 의무화가 시행되면서 건물일체형 태양광발전(BIPV: Building-Integrated Photovoltaics)의 도입이 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 본 연구는 공공기관 실무자를 위한 예산 수립 가이드라인을 제시하기 위해 국내 대표적인 공공건축물 BIPV 실증 모델 6개소(서울시 신청사, 인천공항 제2교통센터, KIER 제로에너지 커뮤니티, 부산 남구청 별관, 삼척시 보건소, 진천고등학교)의 실제 시공 데이터를 기반으로 시공 공법에 따른 공사비를 유형별로 분류·분석하였다. 분석 결과, 지붕 전체에 비정형 디자인을 적용한 서울시청 신청사와 인천공항 제2교통센터의 경우 kW당 단가는 약 839~918만 원으로 나타난 반면, 표준화된 외벽 부착형 BIPV를 적용한 진천고등학교와 삼척시 보건소는 약 322~382만 원으로 최대 2.8배의 단가 편차가 확인되었다. 또한 소규모 용량(20kW 이하)을 적용한 부산 남구청 별관은 고정 부대비용의 영향으로 kW당 약 554만 원으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 공공기관 관계자가 BIPV 유형별 특성을 고려하여 실질적인 공사비 단가를 산출하고, 이를 기반으로 예산을 합리적으로 수립할 수 있는 가이드라인을 제공한다.

1. 서 론

대한민국 정부는 기후위기 대응과 탄소중립 실현을 위해 2020년부터 연면적 1,000[m²] 이상의 공공건축물을 신축할 경우 ZEB 의무화 정책을 시행하고 있으며, 인증 등급 또한 점차 강화되고 있다. 그러나 도심지역의 공공건축물은 제한된 부지 조건으로 인해 기존의 일반 태양광 발전설비(PV)만으로는 ZEB 등급을 달성하기 어려운 실정이다. 이러한 한계를 극복하기 위해 외벽, 창호, 지붕 등 건물 외장재 역할을 동시에 수행하면서 공간 활용을 극대화할 수 있는 BIPV 시스템이 새로운 대안으로 주목받고 있다.^[1]

BIPV는 일반 PV에 비해 초기 투자비가 높으며, 설치 부위(외벽, 지붕, 창호 등), 시공 공법(커튼월 통합형, 외벽 부착형 등), 디자인 요소에 따라 공사비 편차가 크게 발생한다. 그럼에도 불구하고 현재 공공건축물 신축 시 초기 단계에서 참고할 수 있는 기준은 단순 자재 단가나 면적당 평균 비용에 치우쳐 있어, 실제 ZEB 등급 평가 단계에서 공공기관 관계자가 합리적인 예산을 산정하는 데 어려움을 겪고 있다.^[2]

따라서 공공건축물에 적용되는 BIPV 시스템의 실증적 공사비 분석을 통해 유형별 비용 편차를 명확히 제시하고, 이를 기반으로 예산 수립 가이드라인을 마련하는 것은 정책적·실무적 측면에서 중요한 과제라 할 수 있다. 본 연구는 이러한 필요성에 따라 국내 대표적인 공공건축물 BIPV 실증 사례를 대상으로 공사비를 체계적으로 분석하고자 한다.

이를 위해 본 연구는 공공건축물에 적용되는 기술적·디자인적 변곡점이 된 대표적인 BIPV 실증 모델 6개소(서울시 신청사, 인천국제공항 제2교통센터, 한국에너지기술연구원(KIER) 제로에너지 커뮤니티, 부산 남구청 별관, 삼척시 보건소, 진천고등학교)의 실제 시공 데이터를 수집·분석하였다. 이를 통해 BIPV 설치 유형을 체계적으로 분류하고, 실무적인 사업 계획 수립 단계에서 즉각 활용 가능한 kW당 표준단가 가이드라인을 도출하였다. 본

연구의 결과는 향후 공공건축물 ZEB 사업에서 예산 수립 및 집행의 예측 가능성을 극대화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

〈표 1〉 제로에너지 건축물(ZEB) 인증제

2016년	ZEB 인증제 예고
2017년	ZEB 시행
2020년	공공건축물 1000[m ²] 이상 ZEB 5등급 의무화 시행
2023년	공공건축물 500[m ²] 이상 건축물 및 30세대 이상 공공 공동주택 인증 의무화 확대
2025년	민간건축물 1000[m ²] 이상 건축물 및 30세대 이상 민간 공동주택 인증 의무화 확대

〈표 2〉 제로에너지 건축물(ZEB) 등급

등급	에너지 자립률[%]	건축기준 완화 비율
ZEB 1	100% 이상	최대 15%
ZEB 2	80%이상 ~ 100%미만	최대 14%
ZEB 3	60%이상 ~ 80%미만	최대 13%
ZEB 4	40%이상 ~ 60%미만	최대 12%
ZEB 5	20%이상 ~ 40%미만	최대 11%

2. 본 론

2.1 연구 대상의 유형화

국내 공공건축물에 적용된 대표적인 BIPV 실증 사례 6개소를 선정하여, 설치 부위, 시공 공법, 디자인적 특성을 기준으로 네 가지 유형으로 분류하였다. 이를 통해 각 유형별 공사비 특성을 체계적으로 분석하고, 공공건축물 ZEB 사업의 예산 수립 과정에서 실무적으로 활용 가능한 표준화된 가이드라인을 제시하고자 한다.

〈표 3〉 연구 대상의 유형화

유형 I	외벽 커튼월 통합형으로 구조체와 마감재와 일체화하는 공법 ^[3]	서울시 신청사
유형 II	비정형 곡면 지붕형으로 곡면 지붕 마감재를 대체하는 공법 ^[4]	인천공항 제2교통센터
유형 III	외벽 부착 및 리모델링형으로 벽면 구조물에 부착하는 표준 공법 ^[5]	진천고등학교, 삼척시 보건소, 부산 남구청 별관
유형 IV	융복합 패키지로 타 에너지원과 고정밀 계측 시스템과 연계된 공법 ^[6]	한국에너지기술연구원

2.2 유형별 BIPV 실증 공사비 분석 방법 및 결과

본 연구는 각 실증 모델의 조달청 나라장터 계약 내역서와 공사 내역서를 기반으로 총 공사비를 확보하였다. 확보된 총 공사비를 설비 용량(kW)으로 나누어 kW당 단가(만원/kW)를 산출하였으며, 이를 통해 유형별 비용 편차를 분석하고 공사비 상승을 유발하는 핵심 요인을 도출하였다. 6개 실증 모델의 설비 용량과 공사비를 바탕으로 산출한 kW당 단가 분석 결과는 아래 [표 4]에 제시하였다.

국내 대표적인 공공건축물 BIPV 실증 사례 6개소를 대상으로 설비 용량과 총 공사비를 비교·분석하였다. 각 사례의 조달청 나라장터 계약 내역서 및 공사 내역서를 기반으로 총 공사비를 확보하고, 이를 설비 용량(kW)으로 나누어 kW당 단가(만원/kW)를 산출하였다. 그 결과, 유형별로 뚜렷한 비용 편차가 확인되었다.

서울시 신청사(유형 I)와 인천국제공항 제2교통센터(유형 II)는 지붕 전체에 비정형 디자인을 적용한 사례로, kW당 단가는 각각 약 918만원과 839만원으로 나타났다. 이는 대규모 용량임에도 불구하고 복잡한 디자인과 시공 공법으로 인해 단가가 상승한 것으로 해석된다. 반면, 진천고등학교와 삼척시 보건소(유형 III)는 표준화된 외벽 부착형 BIPV를 적용하여 각각 약 382만원/kW와 322만원/kW로 산출되었으며, 이는 최대 2.8배의 단가 차이를 보여준다.

부산 남구청 별관(유형 III)의 경우 설비 용량이 20kW 이하로 소규모에 해당하여, 고정 부대비용의 영향으로 단가가 약 554만원/kW로 분석되었다. 또한 한국에너지기술연구원 제로에너지 커뮤니티(유형 IV)는 40kW 규모임에도 불구하고 약 737만원/kW로 나타나, 특수한 시공 공법과 디자인 요소가 비용 상승 요인으로 작용한 것으로 판단된다.

이와 같은 분석 결과는 BIPV 설치 유형에 따라 공사비 단가가 크게 달라질 수 있음을 보여주며, 특히 설치 부위와 디자인 복잡성이 단가 변동의 핵심 요인임을 확인하였다. 따라서 공공건축물 ZEB 사업의 예산 수립 과정에서는 이러한 유형별 특성을 고려한 표준단가 가이드라인을 적용하는 것이 필요하다. 본 연구는 이를 통해 공공기관 관계자가 보다 합리적이고 예측 가능한 예산을 산정할 수 있도록 실질적인 근거를 제공한다.

〈표 4〉 유형별 BIPV 실증 공사비 분석 결과

분류	모델명	설비 용량 [kW]	총 공사비 [천원]	kW당 단가 (만원/kW)
유형 I	서울시 신청사	201	1,845,000	약 918
유형 II	인천국제공항 제2교통센터	403	3,378,123	약 839
유형 III	부산 남구청 별관	20	110,866	약 554
	진천고등학교	93	354,650	약 382
	삼척시 보건소	89	286,042	약 322
유형 IV	한국에너지기술연구원	40	294,984	약 737

2.3 공공건축물 예산 편성 가이드라인 제언

설비 용량과 시공 공법에 따른 BIPV 단가 적용 기준을 다음과 같이 제시한다. 우선, 설비 용량이 50kW 이상인 일반 외벽 부착형 공법의 BIPV 계획에는 kW당 약 350만원의 기준 단가를 적용한다. 반면, 설비 용량이 20kW 이하인 일반 외벽 부착형 공법의 경우 고정 부대비용을 고려하여 kW당 약 550만원 수준의 단가를 적용할 필요가 있다. 또한 전면 유리 커튼월 통합형이나 비정형 곡면 지붕형과 같은 특수 설계가 도입되는 경우에는 약 850~920만원/kW 수준의 단가를 적용하는 것이 타당하다.

3. 결 론

본 연구는 공공건축물 ZEB 의무화 시대에 대응하여 실무진의 합리적인 예산 수립을 지원하기 위해 국내 대표적인 BIPV 실증 모델 6개소의 공사비를 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

첫째, 설치 유형에 따른 kW당 단가를 분석한 결과, 고난이도 시공과 특수 디자인이 적용된 유형 I(서울시 신청사)과 유형 II(인천국제공항 제2교통센터)의 경우 각각 약 918만원/kW, 839만원/kW로 나타났다. 반면, 표준화된 외벽 부착형인 유형 III의 삼척시 보건소와 진천고등학교는 각각 약 322만원/kW, 382만원/kW로 분석되어 최대 2.8배의 단가 격차가 존재함을 확인하였다.

둘째, 동일 공법 내에서도 설치 규모에 따른 단가 변동이 나타났다. 특히 20kW 이하의 소규모 현장은 고정 부대비용의 영향으로 단가가 급격히 상승하는 경향을 보였다. 이는 규모의 경제가 BIPV 설치 비용에 중요한 영향을 미친다는 점을 시사한다.

셋째, 본 연구는 6개소의 실증 사례에 국한되어 데이터의 모수가 적다는 한계를 가진다. 따라서 향후 더 많은 공공건축물 발주 사례를 수집하여 데이터의 통계적 유용성을 높이고, 다양한 설치 유형과 규모를 포괄하는 체계적인 분석이 필요하다.

결론적으로, 본 연구는 공공건축물 ZEB 사업에서 BIPV 설치 유형별 단가 기준을 제시함으로써 예산 수립 및 집행의 예측 가능성을 높이는 데 기여할 수 있다. 향후 연구에서는 보다 광범위한 사례 분석을 통해 정책적·실무적 활용성을 강화하고, 공공건축물의 에너지 자립률 향상과 탄소중립 실현에 실질적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이승민, 김진호, 신광수, 김의중, “2025년 의무화 로드맵에 따른 공공시설 제로에너지건축물 인증제도 시장 수용성”, 한국건축환경설비학회, 12(6), p.557~566, 2018.
- [2] 김미연, 김형근, 홍구표, “사례분석을 통한 제로에너지 건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석”, 한국생태환경건축학회, 18(2), p.55-60, 2018.
- [3] 신호순, “[프로젝트 리포트]서울시신청사 공사 현장소개”, 대한건축학회, 56(4), p.86-91, 2012.
- [4] 정환목, “인천공항 제2터미널 에너지코어 단층 스페이스 프레임 구조물의 안정에 관한 연구”, 한국공간구조학회, 15(4), p.49-56, 2015.
- [5] 변상민, 강준우, 강기환, 윤경환, 임동건, “학교 건물일체형 태양광 제품 실증 및 발전량 분석”, 한국태양에너지학회, 41(3), p.193-207, 2021.
- [6] 김민휘, 임희원, 신우철, 김효중, 김현기, 김종규, “플러스에너지 하우스 설계 및 에너지 성능 평가”, 한국태양에너지학회, 38(2), p.55-66, 2018.