

# 에너지절약 건축물의 효율적 프로젝트 수행방안과 사례

글 / 배상환 (대림산업(주) 기술개발원 책임연구원/공학박사)

최근 공동주택의 에너지저감을 위한 노력들이 추진되고 있다. 그러나 제로에너지 공동주택과 같이 다양하고 복잡한 기술적 용이 필수적이고, 비용 상승을 수반하는 프로젝트의 경우 효율적인 프로젝트 수행프로세스 및 접근방식이 필요하며, 특히 경제성을 고려한 요소기술의 적용은 저에너지 건축물 활성화에 가장 큰 장애요인으로 작용하고 있다. 이러한 관점에서 본 고에서는 저에너지 친환경 건축물의 효율적인 구축을 위한 방안으로서 'IPD프로세스'를 고찰하고, 그린홈플러스 실험주택 건설사례를 통해 활용가능성을 고찰하고자 하였다.

## 1. 서론

국내 건물부문의 에너지 소비는 꾸준히 증가하는 추세에 있으며, 부문별 에너지 소비량 비중으로 보면 가정부문이 약 53%를 차지하고 있어 절대적 영향력이 크다. 특히, 아파트형 공동주택은 2005년 주택 제고의 53%를 차지하고 있으며 1990년 이후 건설된 신축 주택의 77%, 2007년 주택 건설 실적 중 86%를 차지하고 있는 것으로 나타난다.

이러한 배경에서 건물부문의 에너지 절감을 위한 다양한 시범프로젝트들이 다각적으로 추진되고 있다. 이러한 건축물의 특징으로는 기존의 일반적인 건축물 시공기술과는 다른 건물의 지속가능성 및 그린빌딩 등의 개념을 구현하기 위한 요소기술들이 다양하고 복합하게 적용되고, 또한 건설프로젝트의 관리요소는 점진적으로 증가하고 있다는 점이다. 패시브하우스, 제로에너지하우스 및 3L 하우스 등 저에너지 친환경 건축물 구축프로젝트 등과 같이 프로젝트 구축경험이 많지 않고, 기술적으로 요구수준이 높은 프로젝트 수행에 있어서는 기존의 전통적인 방식과는 다른 효율적인 프로젝트 수행방식이 요구되고 있으며, 비용측면에서 효율적인 기술적용의 의사결정 프로세스가 필요할 것이다.

## 2. 저에너지 친환경 건축물 구축 프로세스 요구사항과 장애요인

제로에너지 공동주택과 같이 기존에 적용되지 않은 기술이 다수 적용되고, 복잡한 시스템의 구성이 필수적인 프로젝트의 경우 구축 프로세스의 효율적인 관리 및 계획이 이루어지지 못하는 경우 요구되는 성능발현 뿐만 아니라 비용측면에서도 성공적인 프로젝트 수행이 곤란하다. 전문가를 대상으로 한 설문조사<sup>1)2)</sup>를 보면, 응답자의 35.2%가 요소기술별 에너지 저감량 대비 비용측면에서

서의 적용 우선순위에 대한 자료로 응답하였고, 그 다음으로는 저에너지 친환경 요소기술의 단위 기술별 에너지 저감량이 31.4%로 나타나 전체 66.6%가 요소기술에 대한 에너지 저감량 자료를 우선적으로 필요한 자료로 판단하는 것으로 조사되고 있다.

저에너지 친환경 건축물 구축의 장애요인 조사결과에서도 '과도한 비용증가 및 요소기술별 에너지 저감량/비용에 근거한 적용 우선순위 부재'를 선택한 응답자가 32.3%로 가장 크게 나타났고, 그 다음으로는 기존의 설계방식 수행 후 에너지 절감기술을 단순 적용하는 설계 프로세스로 26.9%가 응답하여, 저에너지 친환경 건축물 보급의 활성화를 위해서는 다양한 요소기술의 적용에 대한 비용 및 에너지 저감량에 근거한 우선순위 도출과 기존의 프로젝트 수행 프로세스에 대한 개선이 필요한 것으로 분석되었다.

(그림 1) 친환경 건축물 관련 필요사항(설계부문)



(표 1) 저에너지 친환경 건축물 구축의 장애요인에 대한 조사결과

구분	과도한 비용증가 및 적용 우선순위 부재	홍보성 요소기술 적용	기술의 완성도 및 낮은정밀도	기존 설계방식 및 설계프로세스
설계자	12 (40.0)	9 (30.0)	1 (3.3)	8 (26.7)
환경전문가	3 (15.8)	5 (26.3)	6 (31.6)	5 (26.3)
요소기술 전문시공	7 (35.0)	4 (20.0)	2 (10.0)	7 (35.0)
종합시공	8 (33.3)	4 (16.7)	7 (29.2)	5 (20.8)
합 계	30 (32.3)	22 (23.7)	16 (17.2)	25 (26.9)

이상에서 알수 있듯이 저에너지 친환경 건축물 구축에 있어서의 요구사항 및 장애요인에 대한 전문가 설문조사 결과, 설계 및 계획과정에서 가장 필요한 기술요소로 요소기술별 에너지 저감량 대



비 공사비 변화량과 요소기술 적용의 우선순위 자료의 필요성이 큰 것으로 나타났고, 또한, 복잡하고 다양한 기술요소의 적용으로 인해 프로젝트 수행 프로세스에 있어서도 환경전문가 및 요소 기술 전문시공자가 조기에 참여하는 프로젝트 수행방식의 필요성을 높게 인식하는 것으로 분석되어 최근 프로젝트 수행방식으로 관심을 얻고 있는 IPD(Integrated Project Delivery)시스템 등과 같이 통합설계, 통합구축프로세스 적용의 필요성이 높다고 할수 있을 것이다.

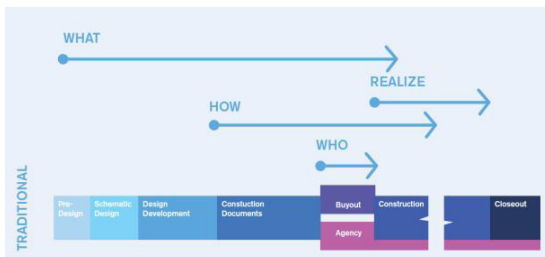
### 3. 건축공사 사업수행방식과 IPD

#### 3.1 IPD의 등장배경과 개념

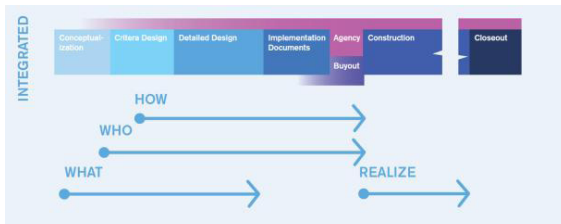
최근 건설 사업이 복잡화·다양화 되고, 건물의 지속가능성 및 그린빌딩 등의 개념을 적용함에 따라, 건설프로젝트의 관리요소는 점진적으로 증가하고 있다. 이에 따르는 방대한 양의 관리요소 및 정보를 효율적으로 관리하지 못한다면, 생산성의 하락으로 인하여 이윤창출이 어려워지며 프로젝트의 실행 가능성을 감소시키는 결과를 낳게 된다. 이를 방지하기 위해서는 프로젝트 정보의 통합 관리를 지원해 줄 수 있는 효율적인 프로세스의 구축이 요구된다(김예상, 2011).

AIA에서 2007년 발행한 'IPD : A GUIDE'에서 정의하는 IPD란 발주자·건축가·시공자·컨설턴트가 하나의 팀으로 구성되어 사업구조 및 업무를 하나의 프로세스로 통합하여 프로젝트를 수행하며, 모든 참여자가 책임 및 성과를 공동으로 나누는 발주방식을 의미한다(AIA, 2007). 그리고 주요 참여자들의 프로젝트 초기 참여 및 공동의 목표설정, 상호 이익과 보상, 전 생애주기 동안의 협업 및 적절한 기술력을 전제조건으로 한다.

〈그림2〉 전통적 방식의 프로젝트 구현 프로세스



〈그림 3〉 Integrated Project Delivery Process



### 3.2 IPD프로세스와 특징

기존 발주방식과 IPD방식의 가장 큰 차이점은 기획단계(Pre-design)에 이미 각종 엔지니어링과 관련된 'Design Consultant'와 시공자가 참여하게 되고, 기존 계획설계(Schematic Design) 단계에 해당하는 Criteria Design에 전문업체의 참여가 이루어지는 등 프로젝트 참여자들의 참여 시점이 획기적으로 달라진다는 것이다. 이것은 프로젝트의 설계와 시공을 어떻게 할 것인가 하는 'How'의 문제를 프로젝트 초기단계로 끌어오므로써 설계단계에서 필요한 의사결정과 시공단계에서 빚어지는 설계 변경의 문제를 조기에 해결하자는데 그 목적이 있다.

IPD방식에서의 설계단계는 모든 구성원이 참여하여 목표설정과 달성방법에 관하여 결정하게 된다. 따라서 기존의 전통적 발주방식에 비하여 작업량이 많아지며 기간이 늘어남을 알 수 있다. BIM 적용을 통한 사전 시뮬레이션 등의 단계가 포함되기 때문에 "Implementation Documents" 단계가 시작되기 이전에 완성도 높은 설계가 가능해진다.

IPD와 전통적인 사업수행방식의 차이점 및 특징은 다음과 같다.

〈표 2〉 기존방식과 IPD방식의 차이점 및 특징

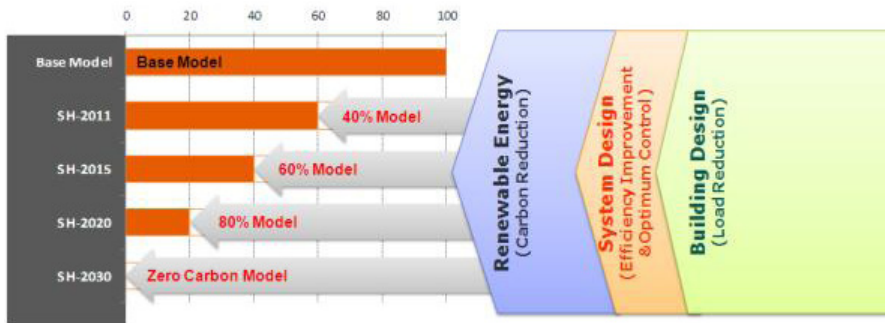
구분	기존 발주방식	IPD 발주방식
	Pre Design	Conceptualization
단계	건축설계 발주를 포함한 프로젝트 기획업무	무엇을 지을 것인가에 대한 컨셉계획단계로 성능 목표를 정하고 가능한 많은 참여자들로부터 아이디어/의견 확보
	Schematic Design	Criteria Design
	디자인 개념 설정 및 연관분야의 기본시스템 계획단계 (구조, 기계, 전기, 토목, 조경 등)	확장된 Schematic Design 단계로 디자인 개념의 설정 및 기본시스템 계획, 환경분석 등 주요 옵션에 대한 평가와 시험, 선정
	Design Development	Detailed Design
	계획설계 내용을 구체화하고 다각적인 검토가 이루어지는 단계로 연관분야의 시스템 확정에 따른 자재, 장비, 용량이 구체화된 설계도서 작성	확장된 Design Development 단계로 모든 분야의 주요 디자인 결정이 이루어지며, 전통적인 프로세스 CD 단계의 결정사항들이 이 단계에서 이루어져 작업량이 많아지고 기간이 길어짐
	Construction Documents	Implementation Documents
	입찰, 계약 및 공사에 필요한 실시 설계도를 작성하는 단계	설계의도가 변경, 발전되기보다 어떻게 이행 되느냐에 초점을 두고 도서가 작성됨. 전통적 프로세스 CD단계에 비해 업무와 기간이 대폭 축소됨
의사 소통	사업에 참여하는 주체들이 단계별 참여로 인한 의사소통의 부재·DB방식의 경우 일정 단계 이후에 발주 자의 의견반영이 어려움	프로젝트의 계획단계에서부터 관련 주체들의 사업참여를 통해 협력적으로 의사를 결정할 수 있는 환경제공
정보 교환	사업에 참여하는 주체들의 단계별 참여 및 분야별 단절성에 의한 정보공유의 어려움·정보의 상호공유 및 교환시스템의 부재	IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리
이익 추구	사업참여의 주체들 간에 입장에 따른 독자적 이익추구 경향·설계와 시공자, 발주자가 목표로 하는 사업수행	

## 4. IPD를 통한 저에너지 친환경 건축물 통합구축 사례

### 4.1 저에너지 친환경 Pilot Project 구축목표

저에너지 친환경 실험주택 프로젝트로 수행된 그린홈플러스 구축공사는 Base Model과 4개의 통합모델로 계획되었다. 4개의 통합모델은 GH+(greenhome plus) 40, 60, 80, 100으로 에너지 성능을 단계적으로 향상시키도록 요구되었다. GH+40 모델은 상용화 측면에서 에너지절감 목표를 40%로 설정하되, 공사비 10%내외의 비용으로 구축할 수 있도록 계획하였고, SH+60 모델은 60%의 에너지절감 목표를 설정하였으며 GH+80과 100 모델은 80% 절감 목표와 에너지 제로 달성이 요구되었다.

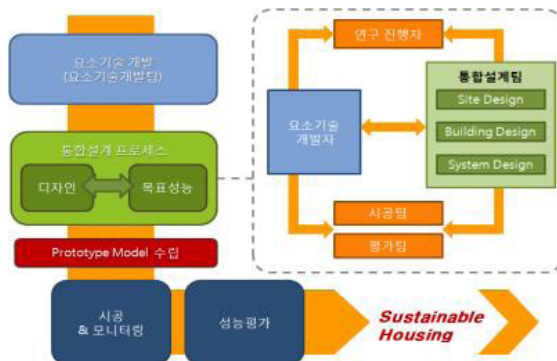
〈그림 4〉 그린홈플러스 파일럿프로젝트 구현목표



### 4.2 저에너지 친환경 건축물 IPD적용 프로세스

에너지 및 공사비 측면에서의 요구성능 달성을 위해 요구되는 요소기술(전문기술) 개발팀과 Site, Building, System 설계팀 및 시공/평가팀으로 구성된 통합설계팀을 프로젝트 초기단계부터 구성하였고, 요소기술 설계 및 시공지침과 에너지절감량에 따른 비용변화 등의 기초자료를 근거로 성능, 법규, 비용 및 시공성을 고려한 통합설계안을 도출하고 시공을 수행하는 등 IPD프로세스를 적용하여 프로젝트를 수행하였으며, 세부 내용은 다음과 같다.

〈그림 5〉 그린홈플러스 파일럿 프로젝트의 IPD구성 사례



모델	Base Model	GH+40	GH+60	GH+80	GH+100	
에너지 성능 목표	기준 모델	40% 저감	60% 저감	80% 저감	Zero Energy	
내측 창호	규격	PVC 단창 16mm 일반복층	PVC 단창 16mm 일반복층	PVC 단창 24mm 로이복층	PVC 단창 52mm 3중 일면로이	PVC 단창 52mm 3중양면로이
	열관류율	3.0W/m <sup>2</sup> ·K	2.0W/m <sup>2</sup> ·K	1.5W/m <sup>2</sup> ·K	1.0W/m <sup>2</sup> ·K	0.8W/m <sup>2</sup> ·K
외측 환경조절 창호	無	○	○	○	○	
벽체	외단열	無	110mm 미네랄울	110mm 미네랄울	110mm 미네랄울	110mm 미네랄울
	내단열	65mm EPS	無	50mm 글라스울	100mm 글라스울	15mm 진공단열재 230mm 글라스울
	열관류율	0.47W/m <sup>2</sup> ·K	0.3W/m <sup>2</sup> ·K	0.2W/m <sup>2</sup> ·K	0.15W/m <sup>2</sup> ·K	0.08W/m <sup>2</sup> ·K

경제성을 고려한 최적의 에너지절약 공동주택 모델 구현을 위해 IPD팀에서는 다음과 같이 단열시스템, 창호시스템, 환기시스템(침기량변화 포함) 및 신재생에너지를 대상으로 요소기술별 성능변화에 따른 에너지절감량 대비 비용변화량을 산출하고 이를 기반으로 에너지절약 등급별 최적설계안을 도출하였다. 단열시스템 및 창호시스템의 성능변화에 따른 해당 건축물에서의 에너지절감량 대비 공사비 변화자료 산출사례는 다음과 같다.

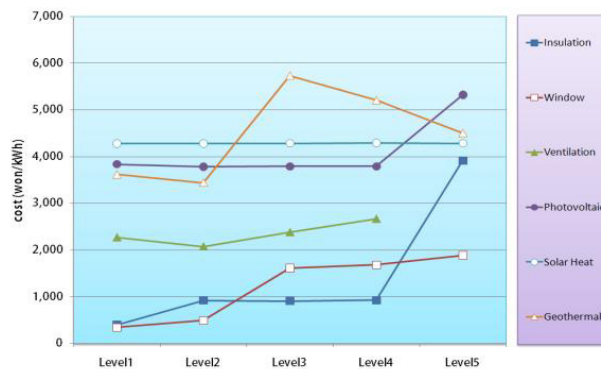
〈표 3〉 Energy-Cost analysis(insulation)

구분	단열재 열성능	비용증가 (원/m <sup>2</sup> )	에너지절감량 (kWh/m <sup>2</sup> ·yr)	비용/절감량 (원/kWh/m <sup>2</sup> ·yr)
Base	0.58	-	0.0	-
L1	0.25	4,545	11.2	404
L2	0.15	13,505	14.6	922
L3	0.1	14,869	16.4	909
L4	0.08	15,778	17.0	926
L5	0.05	70,500	18.0	3,917

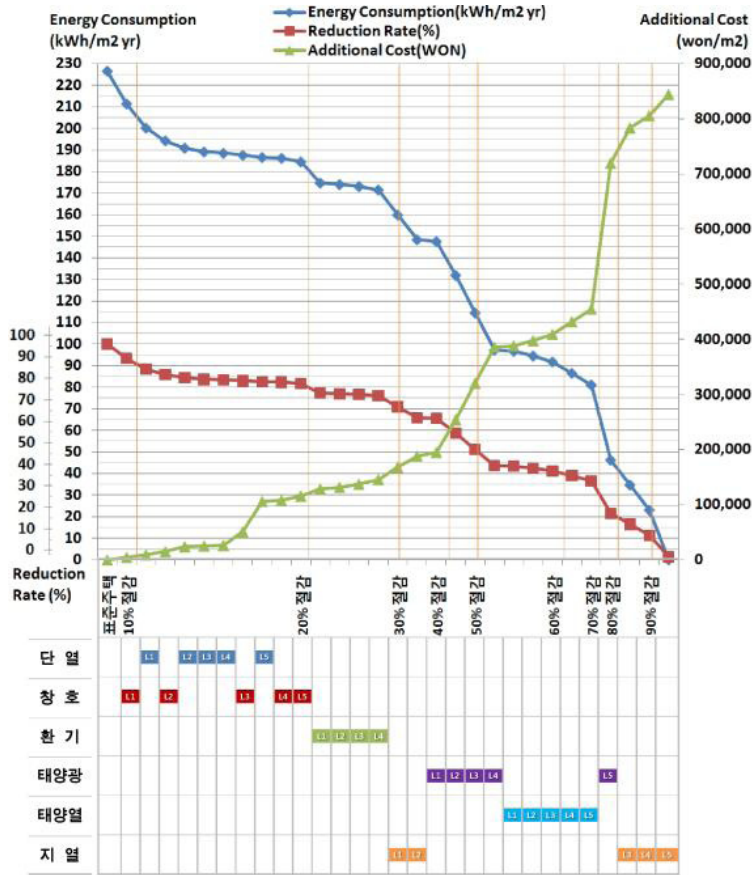
〈표 4〉 Energy-Cost analysis(glazing)

구분	창호 열성능	비용증가 (원/m <sup>2</sup> )	에너지절감량 (kWh/m <sup>2</sup> ·yr)	비용/절감량 (원/kWh/m <sup>2</sup> ·yr)
Base	3.40	-	0.0	-
L1	1.63	4,545	15.2	298
L2	0.95	10,418	21.1	494
L3	0.85	35,418	22.0	1,613
L4	0.80	37,691	22.4	1,684
L5	0.60	45,455	24.1	1,885

〈그림 6〉 요소기술별 에너지절감량 대비 공사비 변화



〈그림 7〉 에너지 모감목표별 기술적용 우선순위 및 공사비 변화



### 4.3 IPD를 통한 통합구축 및 성능검증

IPD프로세스를 통해 구축된 저에너지 친환경 건축물 사례는 다음과 같으며, 단계별 에너지 절감계획안에 대한 동절기 및 하절기 에너지소비량 측정결과 동절기 난방부하가 가장 크게 요구되는 시점에서조차 표준주택 대비 92.8%의 에너지 절감량이 나타나고, 하절기에는 신재생에너지를 통한 에너지 생산량이 소비량을 초과하여 연중 에너지소비량에 있어 절감목표를 달성하는 것으로 확인되어, 해당 프로젝트는 설계요구사항으로 제시된 에너지절약성능 및 공사비 제약조건을 성공적으로 달성하게 되었으며, 저에너지 건축물 구현에 있어 IPD프로세스의 유효성을 확인할 수 있었다.

〈그림 8〉 그린홈플러스 파일럿 프로젝트



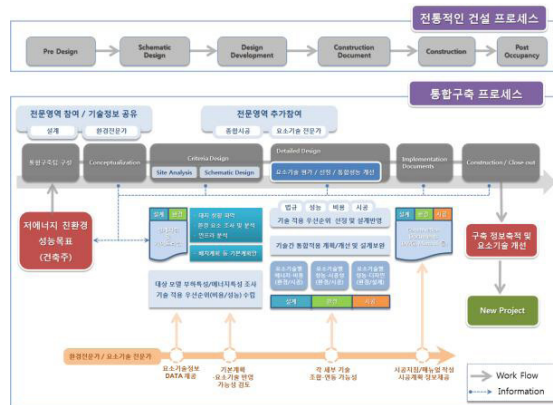
〈표 5〉 Cooling energy consumption [kWh]

〈표 6〉 Heating energy consumption [kWh]

구분	Base	Gh+40	Gh+60	Gh+80	Gh+100	구분	Base	Gh+40	Gh+60	Gh+80	Gh+100
9월 1일	16.79	7.69	8.87	5.62	6.76	1월 12일	219.09	68.20	56.35	54.34	37.97
9월 2일	11.29	7.81	6.76	4.92	6.27	1월 13일	135.21	57.45	58.48	51.93	28.56
9월 3일	11.7	5.49	5.83	4.06	5.17	1월 14일	132.56	72.54	58.60	55.05	21.24
9월 4일	21.95	11.92	11.11	6.05	6.08						
소 계	61.7	32.9	32.6	20.7	24.3	소 계	486.9	198.2	173.4	161.3	87.8
에너지 생산량	-	-	14.0	42	70.0	에너지 생산량	-	-	10.5	31.5	52.5
합계 (비율,%)	61.7 (100)	32.9 (46.7)	18.6 (69.9)	-21.3 (-34.5)	-45.7 (-74.1)	합계 (비율,%)	486.9 (100)	198.2 (59.3)	162.9 (66.5)	129.8 (73.3)	35.3 (92.8)

### 5. 결론 및 맺음말

제로에너지 공동주택 및 에너지모델링 프로젝트와 같이 다양하고 복잡한 기술적용이 필수적이고, 비용 상승을 수반하는 프로젝트의 경우 효율적인 프로젝트 수행프로세스 및 접근방식이 필요하며, 특히 활성화에 가장 큰 장애요인으로 작용하고 있는 경제성을 고려한 요소기술의 적용 및 통합구축 프로세스 검토는 프로젝트의 성공적인 수행에 있어 가장 핵심적인 고려사항이다. 이러한 관점에서 본 고에서는 저에너지 친환경 건축물의 효율적인 구축을 위한 방안으로서 'IPD프로세스'를 고찰하고, 그린홈플러스 실험주택 건설사례를 통해 활용가능성을 고찰하고자 하였으며, 다음과 같이 IPD 통합구축 프로세스 적용이 바람직한 것으로 사료된다.



### 참고문헌

1. 배상환, 이승복, IPD프로세스를 통한 저에너지 친환경 건축물 통합구축에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회논문집, 2011, 7
2. 배상환, 저에너지 친환경 건축물의 통합성능 향상을 위한 설계시공 프로세스 개선에 관한 연구, 연세대학교, 2011, 8
3. 이승복, 저에너지 친환경 공동주택 연구단 기획보고서, 한국건설교통기술평가원, 2004