

## 친환경 저에너지 건축물의 효율적 프로젝트 수행방안과 구축사례



배상환 대림산업(주) 기술개발원 책임연구원

### 1. 배경 및 동향

최근 패시브하우스, 제로에너지하우스 및 3L 하우스 등 친환경 저에너지 프로젝트가 꾸준히 지속되고 있다. 그러나 이들 건축물과 같이 다양하고 복잡한 친환경 기술이 적용되는 프로젝트의 경우 효율적인 프로젝트 수행프로세스 및 접근방식이 필요하며, 특히 경제성을 고려한 요소기술의 적용 방안 도출은 저에너지 건축물 활성화에 가장 큰 요구사항으로 대두되고 있다. 뿐만 아니라, 사용단계의 성능검증 및 운영단계 에너지 최적화를 위한 모니터링 및 피드백이 필수적이다.

이러한 관점에서 본 고에서는 저에너지 친환경 건축물의 효율적인 구축을 위한 방안으로서 'IPD프로세스'를 고찰하고, 일부 건설사례를 통해 고찰하고자 하였다.

### 2. 장애요인과 요구사항

패시브하우스, 제로에너지하우스 및 3L 하우스 등 저에너지 친환경 건축물 구축프로젝트 등 과 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.

전문가를 대상으로 한 설문조사를 보면, 응답자의 35.2%가 요소기술별 에너지 저감량 대비 비용측면에서의 적용 우선순위에 대한 자료로 응답하였고, 그 다음으로는 저에너지 친환경 요소기술의 단위기술별 에너지 저감량이 31.4%로 나타나 전체 66.6%가 요소기술에 대한 에너지 저감량 자료

를 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 수행후 에너지 절감기술을 단순 적용하는 설계 프로세스'로 26.9% 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.

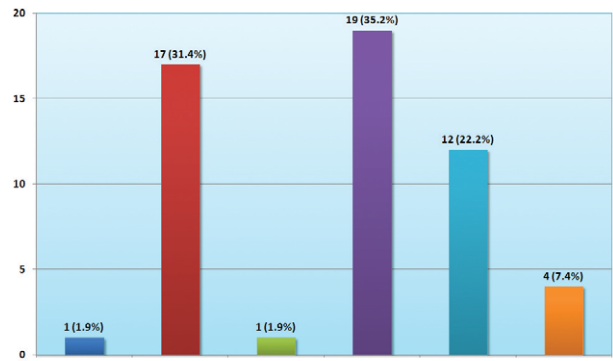


그림1. 친환경 건축물 구축관련 필요사항

### 3. 건축공사 사업수행방식과 IPD

이상에서 알 수 있듯이, 저에너지 친환경 건축물 구축에 있어서는 요구사항 및 장애요인에 대한 전문가 설문조사 결과 설계 및 계획과정에서 가장 필요한 기술요소로 요소기술

별 에너지 저감량 대비 공사비 변화량과 요소기술 적용의 우선순위 자료의 필요성이 큰 것으로 나타났고, 또한, 복잡하고 다양한 기술요소의 적용으로 인해 프로젝트 수행 프로세스에 있어서도 환경전문가 및 요소기술 전문시공자가 초기에 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 할 수 있을 것이다.

### 3.1 IPD의 등장배경과 개념

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

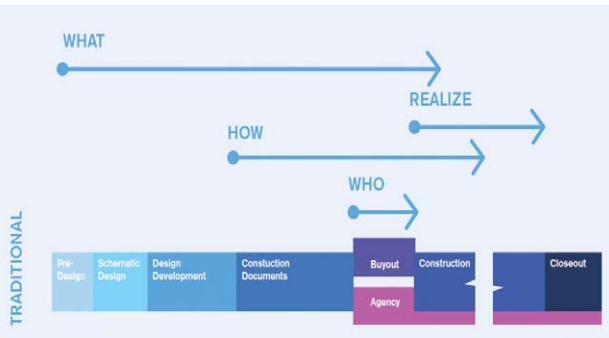


그림2. 전통적 방식의 프로젝트 구현 프로세스

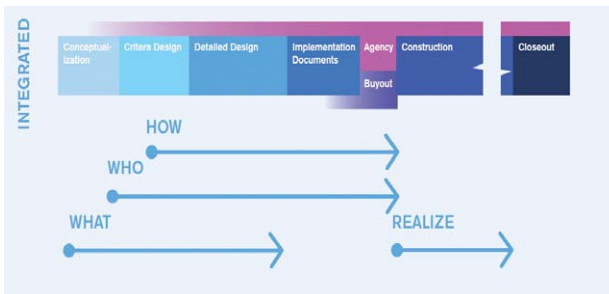


그림3. Integrated Project Delivery Process

### 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 참여시점이 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 초기에 해결하자는데 그 목적이 있다.

IPD 방식에서의 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.

구분	기존 발주방식	IPD 발주방식
단 계	Pre Design	Conceptualization
	Schematic Design	Criteria Design
	Design Development	Detailed Design
	Construction Documents	Implementation Documents
의 사 소 통	· 건축설계 발주를 포함한 프로젝트 기획업무	· 무엇을 지을 것인가에 대한 컨셉계획단계로 성능목표를 정하고 가능한 많은 참여자들로부터 아이디어/의견 확보
	· 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
정 보 교 환	· 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 CD단계의 결정사항들이 이 단계에서 이루어져 작업량이 많아지고 기간이 길어짐.
	· 입찰, 계약 및 공사에 필요한 실시 설계도서를 작성하는 단계	· 설계의도가 변경, 발전되기보다 어떻게 이행되는가에 초점을 두고 도서가 작성됨. 전통적 프로세스 CD단계에 비해 업무와 기간이 대폭 축소됨.
이 익 추 구	· 사업에 참여하는 주체들이 단계별 참여로 인한 의사소통의 부재	· 프로젝트의 계획단계에서부터 관련 주체들의 사업참여를 통해 협력적으로 의사를 결정할 수 있는 환경제공
	· DB방식의 경우 일정 단계 이후에 발주자의 의견반영이 어려움	· IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리
이 익 추 구	· 사업에 참여하는 주체들의 단계별 참여 및 분야별 단절성에 의한 정보공유 어려움.	· IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리
	· 정보의 상호공유 및 교환시스템의 부재	· IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리
이 익 추 구	· 사업참여의 주체들 간에 입장에 따른 독자적 이익추구 경향	· IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리
	· 설계와 시공사, 발주자가 목표로 하는 사업수행	· IPD 방식에 BIM을 활용할 경우, 모델링을 통해 사업 단계별 발생정보를 통합하여 관리

표1. 기존방식과 IPD방식의 차이점 및 특징

## 4. 통합구축 및 성능검증 사례

### 4.1 그린홈플러스 실험주택 구축사례

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 에너지 절감 목표를 40%로 설정하되, 공사비 10%내외의 비용으로 구축할 수 있도록 계획하였고, SH+60 모델은 60%의 에너지 절감 목표를 설정하였으며 GH+80과 100 모델은 80% 절감 목표와 에너지 제로 달성이 요구되었다.

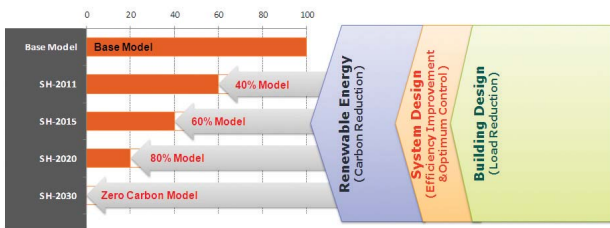


그림4. 그린홈플러스 파일럿프로젝트 구현목표

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.

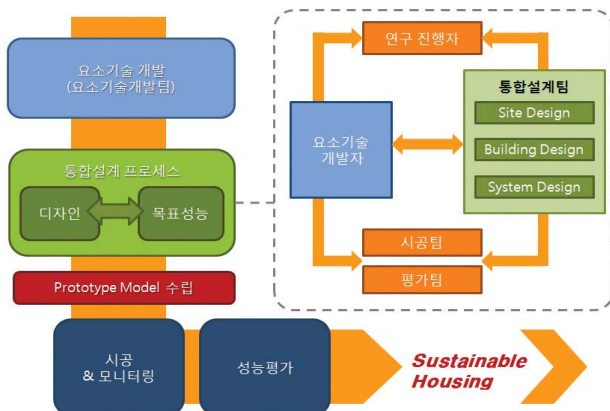


그림5. 그린홈플러스 IPD구성 사례

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.

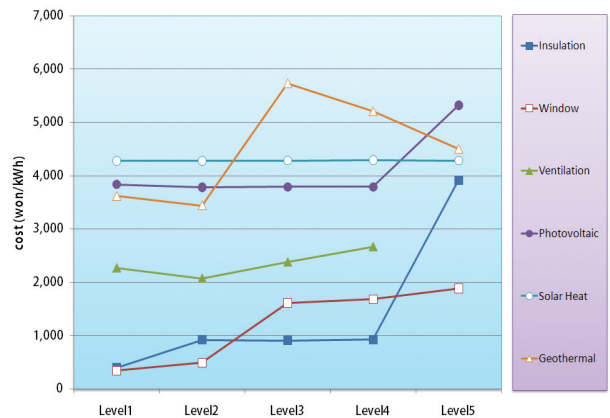


그림6. 요소기술별 에너지-공사비 변화

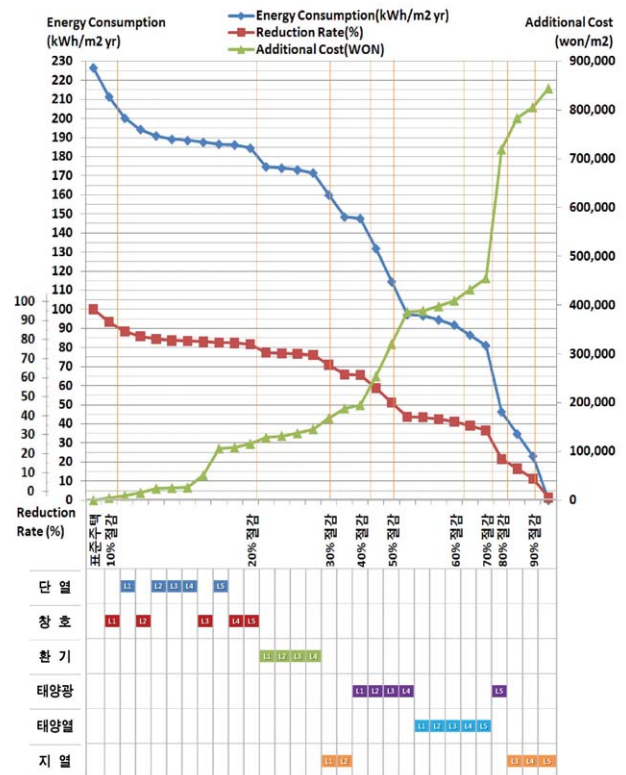


그림7. 에너지 목표별 기술 적용순위 및 공사비



IPD프로세스를 통해 구축된 저에너지 친환경 건축물 사례는 다음과 같으며, 단계별 에너지 절감계획안에 대한 동절기 및 하절기 에너지소비량 측정결과 동절기 난방부하가 가장 크게 요구되는 시점에서도 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.



그림8. 그린홈플러스 파일럿 프로젝트

표 2. 냉방에너지 소비량 측정결과 [kWh]

구 분	Base	Gh*40	Gh*60	Gh*80	Gh*100
9월 1일	16.79	7.69	8.87	5.62	6.76
9월 2일	11.29	7.81	6.76	4.92	6.27
9월 3일	11.7	5.49	5.83	4.06	5.17
9월 4일	21.95	11.92	11.11	6.05	6.08
소 계	61.7	32.9	32.6	20.7	24.3
에너지 생산량	-	-	14.0	42	70.0
합계 (비율,%)	61.7 (100)	32.9 (46.7)	18.6 (69.9)	-21.3 (-34.5)	-45.7 (-74.1)

표 3. 난방에너지 소비량 측정결과 [kWh]

	Base	Gh*40	Gh*60	Gh*80	Gh*100
1월 12일	219.09	68.20	56.35	54.34	37.97
1월 13일	135.21	57.45	58.48	51.93	28.56
1월 14일	132.56	72.54	58.60	55.05	21.24
소 계	486.9	198.2	173.4	161.3	87.8
에너지 생산량	-	-	10.5	31.5	52.5
합계 (비율,%)	486.9 (100)	198.2 (59.3)	162.9 (66.5)	129.8 (73.3)	35.3 (92.8)

## 4.2 K공동주택 부대동 구축사례

이 프로젝트는 경기도 K공동주택 부대동을 대상으로 제로에너지 구현을 목표로 수행되었으며, 설계-시공단계에서 IPD구성을 통해 프로젝트를 수행하고, EMS를 통한 운영단계 성능검증을 진행하였다.

경기도 K공동주택 부대시설에 냉난방 제로수준으로 설계·시공된 세부내용은 표1과 같으며, 운영단계 에너지 모니터링을 위한 시스템 구성 및 측정자료는 다음과 같다.

표 4. 적용기술 요약

구 분	단열기준 (W/m2k)	적용현황 (W/m2k)	적용상세
천정	0.29	0.136	비드법2층2호 200mm
외벽	0.47	0.111	PU Spray 100mm 진공단열재 20mm
바닥	0.41	0.151	200mm
창호시스템	3.0	0.9	진공복층유리
환기효율	-	현열 75%	침기0.3회+기계환기 0.4회
기밀성능	-	1.0(@50pa)	기밀형 테이프 시공
지열시스템	-	134RT	수직밀폐형 지열시스템
태양광발전	-	101kW	지붕 PVE입



그림9. 에너지 모니터링 시스템(BEMS) 구축사례

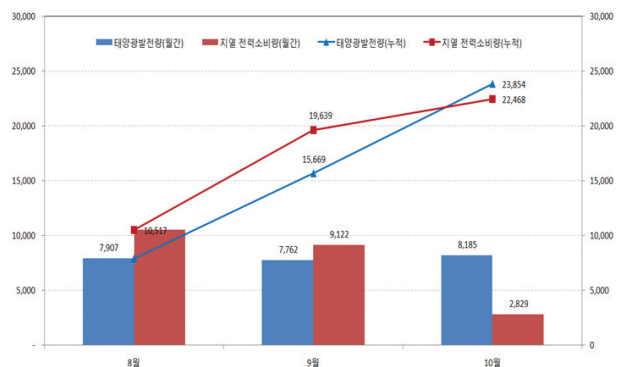


그림9. 에너지 모니터링 시스템(BEMS) 구축사례

### 5. 결론 및 맺음말

제로에너지 공동주택 및 에너지리모델링 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 적용은 및 통합구축 프로세스 검토는 프로젝트의 성공적인 수행에 있어 가장 핵심적인 고려사항이다. 이러한 관점에서 저에너지 친환경 건축물의 효율적인 구축을 위한 방안으로서 'IPD프로세스' 활용가능성을 사례를 통해 고찰하고자 하였다. 향후 다음과 같은 IPD 통합구축 프로세스 적용이 바람직한 것으로 사료되며, 뿐만 아니라, 사용단계의 성능검증 및 운영단계 에너지 최적화를 위해서는 에너지 모니터링 및 이를 통한 에너지 제어시스템 최적화, 그리고 새로운 프로젝트 계획을 대상으로 한 피드백이 필수적일 것이다.

### \* 참고문헌

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

