
Global Report

폰디체리의 저소득층을 위한 친환경 건축의 최적화

1. 개요
2. 소개
3. 방법론
4. 결과 및 검토
5. 결론

1. 개요

친환경 건축이란 건축물을 생성하는 방법이며, 건축물 생성 시 건설, 운영, 유지관리, 개보수 및 해체에 이르는 어떤 건물의 생애주기에 걸쳐 친환경적이고 자원효율적인 프로세스를 적용하는 것을 말한다. 이 친환경 건축을 실행하는 것은 에너지, 물, 재료, 탄소배출, 경제, 유틸리티, 내구성 및 쾌적성에 대한 기존 건축 설계범위(design concerns)를 확대하고 완벽하게 한다. 따라서 이러한 친환경 건축 관행은 지속가능한 건축뿐 만 아니라 고성능 건축에 있어서 독보적인 역할을 하는 것이다. 과거에 주택을 건설하거나 개보수 하는 방법에서는 심각한 양의 이산화탄소 배출과 그 배출물 대부분이 재생가능성이 없고 독성을 함유하는 많은 양의 자원을 사용하며, 주택 현장이 경관에 미치는 영향에 대해 아무런 주의를 기울이지 않았다. 여기에서는 EDGE 친환경건축 분석기(green building analyzer) 뿐만 아니라 Autodesk Revit 소프트웨어를 사용하여 저소득층을 위한 친환경 건축의 최적화에 대해 논하고자 한다. 우리는 이러한 툴을 사용하여 전통적인 건축과 비교해서 에너지 효율, 물이용의 효율, 지역에서 이용가능하며 저탄소 자재와 폐기물을 덜 발생시키며 거주자들에게 향상된 공간을 제공하는 것을 기반으로 하는 지속가능한 건축모델을 설계하였다. 최적의 결과를 도출하기 위하여 내재에너지 분석, 물질흐름분석(MFA - material flow analysis), 이산화탄소 배출분석 및 비용최적화 작업 등이 수행되었다.

2. 소개

친환경 건축이란 건축물의 생애주기를 통해 건강과 환경에 미치는 영향을 최소화함으로써 에너지, 물 및 재료 등 자원 이용의 효율성을 증가시키는데 초점을 맞춘 설계 철학의 결과물로서 더 나은 시공, 설계, 운영, 유지보수 및 철거라는 결과를 획득하도록 한다. 위치 선정, 방향, 재료선정, 에너지 효율적인 가전제품, 냉난방 등과 같이 친환경 건축의 최적화에는 다양한 지속가능성 개념들이 내재되어 있다.

건축물은 이러한 환경악화에 영향을 미치는 그 책임을 피할 수 없다. 건설 분야는 농경지와 산림의 훼손, 대기 오염에 영향을 미치며 또한 건설 분야는 전 세계의 비재생 에너지원과 광물자원의 주사용 분야이다. 미국 친환경건축위원회(USGBC - The US Green Building Council)에 따르면 미국의 건축물은 전 세계 에너지의 30%를 소비하며 미국 온실가스 배출량의 48%를 차지한다고 한다.

요즈음 친환경 건축의 인기는 나날이 증가하고 있다. 친환경 건축물에 대한 수요가 증가함에 따라 건설 분야는 어떤 건물이 사용되기 시작하면 설계 중에 예측된 건축물의 성능이 달성되도록 보장하는 문제에 직면한다. 비록 친환경 건축물이 윈윈 시나리오를 제공할 잠재력을 가지고 있고, 친환경 건축물의 채택에 일부 장애물이 있음에도 불구하고 다양한 국가들에서 친환경 건축물이 현재 건설되고 있다.

건설 분야는 인도에서 두 번째로 큰 산업이며 엄청난 인력을 고용하고 있으며 농업 다음으로 국가경제에 크게 기여하고 있다. 인도와 같이 인구가 꾸준히 증가하고 있는 나라에서는 수요도 그만큼 증가한다. 주택, 쇼핑몰, 호텔, 상업용 복합시설 등에 대한 수요가 증가하고 있다. 새롭게 등장하고 있는 대안은 주택에서도 친환경으로 가는 것이다. 인도 친환경 건축위원회(IGBC, 2014)는 인도의 친환경 건축물과 친환경 주택과 관련된 모든 활동을 홍보하고 규제하고 있다. 그러나 친환경을 조성하고 보호하는데 있어서 소외되고 저소득층인 사람들의 역할에 대해서는 적절히 연구되고 않고 있다. 이러한 사람들의 대부분은 아직 비위생적인 지역에서 살고 있다. 이러한 사람들의 재활을 위한 친환경 건축 개념을 발전시키는 것은 장기적인 관점에서 경제적 가치가 있다.

폰디체리는 푸두체리(Puducherry) UT(Union Territory)의 수도이며 남인도에서 가장 인기가 있는 관광지 중 하나이다. 푸두체리의 UT는 타밀 나두(Tamil Nadu)와 주 경계를 이루고 있으며 문화적 언어학적으로 유사성을 가지고 있다. 푸두체리 UT는 4개의 연안지역으로 구성되어 있는데 즉, 폰디체리(294KM²), 칼라이칼(157KM²), 마해(9KM²) 및 야남(30KM²)이다. 전체 인구의 약 45%가 농업과 기타 관련 활동으로 생계를 꾸려 나간다. 이 지역의 산업발전은 낙후되었다. 중요 비즈니스에는 경공업, 금속, 관광, 화학, 섬유, 식품가공 산업 등이다. 폰디체리에서 공공건물과 산책로로 둘러싸여있는 지방청사 광장이 유일한 녹지 공간일 뿐이다. 사람들의 90% 이상이 주택건설을 전통적인 방식에 의존하고 있으며 친환경 건설의 중요성에 대해 깨닫고 있지 못하다. 최근 연구에서는 4명의 저소득층 가족용 주택 건설에 지역에서 구할 수 있는 재료를 효과적으로 사용하여 실시되었으며 에너지 효율성, 배출물 감소가 건축에 어떻게 최적화 될 수 있는지를 검토하였다.

2.1 폰디체리 현장과 재료 연구

폰디체리에는 저가의 친환경 재료의 이용가능성이 있다. 폰디체리에 친환경 건설재료의 주요 공급원은 AEI(Auroville Earth Institute)이다. AEI는 압축식 다짐 흙블록(CSEBs - compressed stabilized earth blocks)을 포함한 흙을 기반으로 제조하는 기술을 연구하고 장려한다. 주요 연구개발 분야는 철강, 시멘트 및 철근콘크리트 사용을 최소화하는데 초점이 맞추어져 있으며 교육, 훈련과정 등을 제공한다. 또한 그 목표는 지속가능한 환경을 조성하기 위하여 흙다짐 기술을 소개하고 촉진하는 것이다. 이러한 제품은 자원 절약과 효율성을 증진시킨다. 환경비용이 낮고 실내 공기오염을 일으키지 않는 재료를 선택해야 한다.

2.2 바닥기초 및 바닥재

계획된 바닥기초는 습기문제와 곰팡이 문제를 가능한 없애주면서 냉난방 부담을 제어하는데 상당한 영향을 줄 수 있다. 선택할 수 있는 기초의 유형에는 토양상태, 지하수위, 기후 등에 따라 여러 가지가 있다. 파쇄석(Crushed rock stone)은 천연자원을 가장 잘 이용하는 재료 중 하나이며 폰디체리에서 바닥기초 및 건물바닥에 사용되는 주요 기본적인 원재료로서 플라이애시 골재 및 석재 등과 함께 섞어 쓴다.

테라코타 바닥재는 내구성이 있고 소박한 매력이 있는 재료로 알려져 있다. 테라코타는 말 그대로 흙을 구운 것으로 고온의 가마 속에서 정제된 진흙 혼합물을 소성시켜 제조되는 도기제품이다. 적절히 설치되고 유지관리가 되면 보다 내구성이 있게 된다. 이를 통해 원자재 추출, 제조, 운반, 설치, 철거 및 폐기에 소요되는 시간, 비용 및 자원을 절약할 수 있다.

2.3 벽체 시공

대체재료 및 현지에서 조달 가능한 재료를 사용하는 주요 목적은 건축물의 효율성과 적응성을 향상시키면서 우리의 건축 환경이 지구환경에 미칠 수 있는 부정적인 영향을 최소화하는 것이다. 플라이애시 벽돌은 현지에서도 이용 가능한 친환경적인 건설재료로 가장 적합한 재료이다. 특히 이 종류의 벽돌에는 플라이애시 c급 및 물을 함유하는 벽돌제품이 있다. 시멘트를 접착제로 하는 이 벽돌은 현지에서 제작될 것이다. 이 벽돌은 사각의 날카로운 모서리가 있는 매끈한 직사각형의 형태를 띠고 있다. 한편 폰디체리 거의 모든 사람들은 그들의 집을 지을 때 기존 벽돌을 사용하였다.

폰디체리와 같은 코코넛 나무가 많은 시골지역의 주택에는 특히 코코넛 목재가 건축용재로서 많은 용도로 쓰인다. 이 코코넛 목재는 폰디체리에서 건물용으로 뿐만 아니라 산업용 및 오피스 건설용으로 그

리고 주택용 등 다양한 건설재로 성공적으로 사용되어왔다.

2.4 지붕재료

합판은 데크, 바닥, 지붕 및 벽체에 사용될 수 있는 다양한 용도를 가진 건축 재료 중 하나이다. 합판은 실내외에 다양한 용도로 쓰이며 보트 만드는 데에도 쓰이는 경우가 있다. 합판은 내구성이 있는 재료로 건물의 바닥재로 우수한 성능을 발휘한다. 자주 쓰이는 합판두께는 0.14에서 3인치 정도로 다양하다. 가장 일반적으로 사용되는 합판의 크기는 4x8피트이다. 폭과 길이는 1피트 단위로 커지면서 다양하게 나온다.

폴리플렉스(poly-flex)는 신재로 또는 재시공용 지붕재 용도로 바탕재 또는 중간재로 사용될 수 있다. 폴리플렉스는 불연성의 기층재로 바로 사용될 수도 있다. 폴리플렉스는 지붕마감을 완성시키기 위하여 오토도톨한 지붕마감재(compatible granulated cap sheet)의 설치가 필요하다. 쇼핑몰, 산업체, 공장 및 주거용의 크고 작은 건물에 사용될 수 있다. 폴리플렉스의 단열성 및 환경적 특성은 본문 표1에 표시되었다.

모든 종류의 건물 지붕에는 안전하고, 강하며 내구성을 유지할 수 있는 상업용 방수재 및 주거용 방수재를 필요로 한다. 백색 폴리플렉스 표면은 여름철 원치 않는 열을 반사시켜 건물에 열 투과를 감소시킬 수 있다. 어떤 표면의 반사율이란 흡수되거나 투과되지 않는 에너지양의 척도이며 총 입사에너지에 대한 반사에너지의 비율로서 표시된다.

3. 방법론

지속가능한 설계 방법은 자재, 에너지 효율성, 물의 이용 효율성 및 기타 건물의 성능 등과 같은 모든 측면의 설계를 포함하여 친환경 건축물의 영향을 분석하는데 사용될 수 있다. 지속가능한 주택을 만들기 위한 설계에 있어서 모든 측면들을 결합하고 최적화하는 것은 아주 중요하다. 이러한 원칙들을 바탕으로 세부 치수를 포함한 추천 평면 안이 Revit architecture 소프트웨어를 사용하여 도출되었다. 모든 세부사항에 이어 건물 정보는 효율성 분석을 위해 EDGE 소프트웨어에 수동으로 입력된다.

EDGE 소프트웨어를 사용함으로써 설계자는 최상의 결과를 도출할 수 있는 최적의 설계 개념 조합을 결정할 수 있다. 한 건물의 매개변수를 기반으로 만들어지므로 이 EDGE 소프트웨어는 특정지역 및 특정 사용자 기반의 조사 결과에 따라 에너지 및 비용을 절약하는 설계안을 도출하는 것이다.

친환경 건축물의 개발업자에 도움이 되고 사업기회를 만드는 저 유량 탭(low-flow taps) 및 쏠라 커넥터(solar connectors)와 같은 친환경 건축행위를 위한 가상의 비용 절약 및 자금투자 회수기간 단축 등을 제공하는 EDGE 소프트웨어는 무료 설계 툴이다.

3.1 자원 효율성

에너지 자립을 향상시키는 방안으로서 지속가능한 건물의 에너지 성능을 개선하는 것은 중요하다. 넷제로(net-zero) 건물을 작동시키는 것은 우리의 화석연료 기반의 에너지에 대한 필요성을 현저히 감소시키는 한 가지 방법이다. EDGE 지속가능성 분석방법을 사용하여 지속가능한 주택을 설계할 때에는 본문 표2의 기준을 따라야 한다.

여기서 우리는 아주 간단하고 비용이 저렴한 지하수 및 우수 집수시스템 기술과 같이 물이용을 최적화

하는 두 가지 옵션을 고려하였다. 물 소비를 감소시키고 수질을 보호하는 것은 지속가능한 주택에 있어서 핵심 목표이다. 시트재 옥상과 수로흐통 또는 플라스틱 시트를 사용하여 물을 저수탱크로 유도하는 우수 집수 방안을 포함하여 검토하였다.

해당 지역에서의 생산여부, 재사용 및 재활용, 저독성 및 유해가스 배출 저감성, 재료의 지속가능성, 높은 재활용성, 내구성 등과 같은 수많은 특성들을 평가함으로써 지속가능한 건설재 및 제품을 선택하도록 해야 한다.

4. 결과 및 검토

환경에 미치는 영향을 최소화할 뿐만 아니라 사용하기에 경제적이고 실용적이며 편한 친환경 건축물을 만들어야 한다. 통합된 친환경 건축 설계를 탐구하는 것이 중요한데 설계팀은 통합된 친환경 건축설계 전 과정을 통해 함께 일해야 할 뿐만 아니라 통합적이고 여러 가지를 균형이 있게 아우르는 방식으로 건축의 모든 측면을 숙고해야 한다.

비 전통적 설계개념 및 전통적 설계개념 이 두 가지 설계개념을 고려하여 설계팀은 재료, 에너지, 물, 내재에너지 및 이산화탄소 배출함유량(carbon content) 그리고 실내 환경의 질을 최적화하려고 노력해야 한다. 본문 표2에 게재된 앞선 가정에 기초하여 본문 그림 7에 표시된 전통적 건물과 비교하여 제안된 친환경 건물의 경우 약 59.32%의 에너지가 절약될 것이라는 결과가 도출되었다.

우수 집수, 주방싱크 및 욕실용 저유량 수도꼭지와 같은 효율적인 물 활용 조치들(water efficiencies measures)을 고려할 경우 약 44.81%의 물이 절약될 것이라는 결과를 명확히 본문 그림 8에서 확인할 수 있다. EDGE 클라우드 서비스의 전반적인 효율성 결과는 본문 표 3에 기술되어 있다.

본문 그림 9의 내재 에너지 분석 데이터에 따르면 바닥, 지붕, 내외벽, 바닥마감, 창문 및 단열 등을 시공 시 지속가능하고 지역에서 구할 수 있는 재료를 고려할 때 EDGE 효율성 기준의 90% 이상 부합되는 것으로 나타났다.

비 전통적 설계개념 및 전통적 설계개념 이 두 가지 설계개념을 고려하여 설계팀은 ICE데이터베이스를 사용하여 선택된 지역에서 이용 가능한 재료에 대한 내재에너지 및 이산화탄소 배출함유량을 산정하려고 시도하였다. 재료의 수는 인도 폰디체리 지역에서 이용 가능한 기술뿐 만 아니라 온라인 재료 계산 툴을 사용하여 선정되었다.

두 가지 설계개념을 비교한 결과 전통적 설계개념의 경우는 총 내재 탄소량이 32686.3kgCO₂을 나타낸 반면에 비 전통적 설계개념의 경우는 12140.4kgCO₂의 탄소량을 나타내었다. 마찬가지로 내재 에너지의 경우 전통적 설계개념의 경우는 501596.418MJ를 나타낸 반면에 비 전통적 설계개념의 경우는 158996.1MJ를 나타내었다. 따라서 비 전통적 설계개념을 선택함으로써 62.8%의 탄소함량 절감과 68.3%의 내재 에너지 감소를 나타내는 것으로 본문 표6에 표시한 바와 같이 확인하였다. 이렇게 전통적 및 비 전통적 주택에 대한 내재에너지와 탄소함유량의 설계 결과는 본문 그림 10에서 확인할 수 있다.

4.1 비용과 편익(Cost and Benefits)

일반적으로 공사비는 재료비(60%), 노무비(30%) 및 기타 비용(10%)으로 각각 분류할 수 있다. 연구결과에 따르면 전통적인 건축방식에 비하여 친환경 건축의 비용이 20~30% 증가하는 것으로 나타났다. 이렇게 증가된 비용은 건물 운영단계의 에너지, 물 및 재료비에서 회수될 수 있을 것이다. 폰디체리에서 환경 친화적인 건축물을 만드는데 가장 문제가 되는 것은 비용문제이다.

본문 표7에 따르면 유틸리티(utility)비용은 547.09루피/월/단위, 비용절감은 327.57루피/월/단위, 증가비용은 222,386.23루피/단위 및 회수기간은 56.57년인 것으로 각각 표시되어 있다. 본 설계팀은 폰디체리 저소득층 사람들을 위한 보다 효율적인 결과를 얻기 위하여 향후 더 개선된 분석을 제시할 것을 약속한다.

새로운 에너지 절감 장치(energy saving appliances), 태양광전지 및 현대적 기술에는 비용이 많이 드는 편이다. 그 밖에도 본문 표4 및 표5에 언급된 자재들을 바탕으로 폰디체리의 전통적 및 비 전통적 설계에 따른 비용 산정 결과는 본문 표8에 언급하였다.

5. 결론

본 연구는 폰디체리에서 건축설계의 최적화에 관한 지속가능성 이슈를 다루기 위해 수행되었다. 건물의 최적화는 적절한 계획수립을 통해 달성될 수 있다. 본 연구에서 이 지역의 이러한 지속가능한 주택은 에너지, 물 및 재료의 측면에서 수용 가능할 수 있다고 결론지을 수 있다.

이 제안된 건축물은 안정화된 블록기반의 플라이애시 및 테라코타 타일과 같은 지역에서 이용 가능한 건축 재료를 주로 사용하는 것으로 되어있다. 따라서 그것은 건축재료, 내재 에너지, 공사비를 최적화하고 생태계 파괴를 줄이는데 도움이 될 것이다.

우리는 이 지역에서 친환경 건축 설계에 영향을 미치는 주요인들에는 많은 태양복사열 뿐만 아니라 보다 친환경적인 재료들이 있다는 것을 알게 되었다. 이러한 매개변수들은 건축물의 쾌적성 및 내구성 분석에 중요한 역할을 한다.

친환경 건축을 최적화하기 위한 초기단계에서의 친환경 잠재력을 최적화하고, 재설계를 최소화하며 건축 프로젝트의 전반적인 성공과 경제적 타당성을 보장하는 결정을 내리는 것이 매우 중요하다.

이와 같이 장소에 따라, 지역 및 국가에 따라 다양한 특성이 있어 한계는 분명히 존재한다. 본 연구에서는 이 지역의 지역 주민들로부터 재료 정보, 가격, 비용 및 시공 데이터와 같은 현장 데이터를 기반으로 한 본 연구의 특정 부분으로서 몇 가지 한계를 가지고 있다. 마지막으로 우리는 본 연구가 세계의 다른 지역들뿐만 아니라 이 지역에서 지속가능한 건축 설계에 영향을 미치는 새로운 연구자들을 위해 더 많은 가능성과 요소들을 탐색하기 위한 앞선 개념과 영역을 도출하였다고 믿는다.

<원문제목> Optimization of Green Building for Low-income People at Pondicherry

<원문출처> Pondicherry University