

Global Report

에티오피아 건설 산업의 지속 가능한 발전을 위한 대체 건축 재료

1. 개요
2. 소개
3. 문제점
4. 연구의 중요성
5. 지속 가능한 건설
6. 지속 가능한 건설이 요구되는 사유
7. 에티오피아 주변에서 이용 가능한 지속 가능한 재료
8. 결론

1. 개요

건축 산업은 전 세계적으로 성장하고 있으며 엄청난 양의 자원을 소비하고 있다. 에티오피아 정부는 자국의 경제개발을 가속화하기 위하여 3대 경제부문 중 하나로 건설 산업을 지목하였다. 일반적으로 철, 시멘트 및 콘크리트와 같은 기존의 건축재료는 지속 가능한 방식으로 생산되지 않고 있다. 이러한 재료의 생산과 운송은 상대적으로 높은 수준의 온실가스 배출을 초래한다. 한편 많은 양의 이산화탄소 배출을 유발하지 않는 지역에서 생산되고 사용되는 건축재료들도 있다. 저비용 주택은 건축 분야의 필수가 되었다. 이 보고서에서는 저비용 주택에 대한 몇 가지 방법들을 간략하게 다루고자 한다. 본 연구에서 다루어진 재료는 에티오피아에서 이용 가능하거나 쉽게 준비할 수 있는 재료이다.

2. 소개

에티오피아의 건설 산업은 많은 부수적인 산업의 성장의 기회를 제공하는 분야 중 하나이다. 건설 산업은 에티오피아 정부가 국가의 경제발전을 가속화하기 위해 특별히 고려하고 있는 세 개의 경제부문 중 하나이다.

오늘날의 건설 산업은 전 세계적으로 성장하고 있으며 엄청난 양의 자원을 소비하고 있다. 일반적으로 철, 시멘트 및 콘크리트와 같은 전통적인 건축 재료는 지속 가능한 방법으로 생산되고 있지 못하다. 이러한 재료의 생산 및 운송은 상대적으로 높은 수준의 온실 가스 배출을 초래한다. 한편 많은 양의 이산화탄소 배출을 초래하지 않는 지역에서 생산되고 사용되는 건축재료들도 존재한다. 또한 이러한 재료들은 진정으로 지속 가능하게 지역의 고용을 창출하고, 지역 인력의 기능을 향상시킨다. 본 연구에서는 흙과 어도비 블록(adobe blocks) 뿐만 아니라 대나무와 목재를 포함한 지속 가능한 건축재료의 몇 가지 사례들도 언급하였다. 이러한 재료들을 사용하면 도시 빈곤층에게 지속 가능하고 동시에 저렴한 주택 건설을 위한 기존 건축공법을 기반으로 한 신기술들이 개발될 수 있다.

3. 문제점

주택은 인간에게 기본적인 필요수단이다. 그러나 이러한 기본적인 필요수단인 주택은 인구의 대부분을 차지하는 저소득층에게는 공급되고 있지 못하고 있다. 저비용 주택은 건축 분야의 주요 관심 대상이 되어왔다. 이 논문에서 저비용 주택에 대한 몇 가지 방법들을 다루었다.

개발도상국의 건설 프로젝트는 건설 자원의 부적절한 관리로 인해 공사 수행 중에 많은 양의 자원을 소비한다. 대부분의 아프리카 국가들과 마찬가지로 에티오피아는 개발 도상국들 중 하나이고 건설 프로젝트의 경우 부적절한 자원관리에 의존하고 있는 국가이다. 이러한 체계 속에서 건설 프로젝트의 자원을 관리하는 좋은 방법을 달성하는 데에 장벽이 존재한다. 건설 프로젝트에서 부적절한 자원관리를 유발하는 많은 요인들이 존재한다.

대부분의 에티오피아 사람들은 화장실과 환기장치와 같은 기본적인 시설조차 부족한 낡고 엉성하며 비좁은 집에서 생활한다. 현재 국내 주택의 단지 30% 만이 온전한 상태이며 나머지 70%는 대수선이 필요한 상태이다. 2011년 유니세프(UNICER) 자료에 따르면 안전한 식수가 가능한 곳은 전국적으로 49% 정도이고 인구의 20.7%만이 적절한 위생시설을 이용할 수 있다고 한다.

2014년 인류 발전 보고서에 따르면 에티오피아는 세계 187개국 중 173위를 기록하였다. 이러한 낮은 순위는 전국 대다수의 국민들의 빈곤과 가혹한 생활여건을 반영하고 있는 것이다. 이러한 상황을 개선하려면 많은 중요한 조치들이 취해져야 한다. 그 중 한가지 조치는 에티오피아 사람들에게 더 나은 주택을 공급할 기회를 제공하는 것이다. 이에 대한 필요성은 시골과 도시 모두 국토의 대부분 지역에 걸쳐 확인될 수 있다. 이러한 필요성은 국가가 직면하고 있는 크고 일반적인 문제점들과 관련하여 해결되어야 한다. 이러한 문제점들 가운데 높은 인구 증가율, 증가하는 벌목과 통제되지 않는 도시화 과정 등이 가장 심각한 것으로 고려될 수 있다.

4. 연구의 중요성

연구 목표는 에티오피아 인구, 특히 소득이 낮은 계층이 저렴하고 살기에 괜찮은 주택을 얻을 수 있는 가능성을 인식하게 하는 것이다. 한편 그 주택은 환경을 오염시키지 않고 다양한 종류의 대체 재료를 사용하여 건강한 실내기후를 유지해야 하며 안전성이 있고 내구적이며 지속가능성이 있어야만 한다.

5. 지속 가능한 건설

이러한 건설에는 건물의 경제적 생존력을 최적화하는 동시에 생애주기에 걸쳐 건물의 환경 영향을 감소시키는 것을 포함한다. 지속 가능한 설계라고 간주되는 요소들 중 일부는 에너지 효율적인 건물, 기존 건축물 재사용, 토지의 효율적인 사용, 재생 가능한 제품 또는 재료의 최적화 사용 그리고 오염을 감소 또는 제거하는 것이다.

6. 지속 가능한 건설이 요구되는 사유

- 지속가능한 건설은 모든 사람의 필요를 인식하는 등의 사회적 발전(social progress)의 역할을 수행함.
- 환경 보호에 효과적으로 사용됨.
- 천연자원의 광범위한 사용
- 높고 안정적인 수준의 경제성장 유지
- 전체적인 비용 절감

7. 에티오피아 주변에서 이용 가능한 재료

7.1 대나무 : 에티오피아에는 아프리카 대륙에서 가장 큰 100만 헥타르의 천연 대나무 숲이 있다. 다양한 자원 기반이 있고 세계적인 규모의 대나무 활용에도 불구하고 에티오피아에서 사회경제적 및 생태부문에 개발을 향상시킬 수 있는 큰 잠재력은 아직 실현되고 있지 못하다. 대나무 시니어 전문가이자 기술자인 Mulatu Teshale는 앞서 언급했던 주장에 동감을 가지고 있다. 그는 에티오피아에서 대나무는 주택 건설용, 보트, 울타리, 주택 가구 및 기기 이외에는 잘 활용되고 있지 못하다고 주장한다. 따라서 대나무의 막대한 경제적 기여도는 과소평가되어 그에 따른 외화 창출에 대한 기회를 행사할 수가 없는 상태이다.

대나무는 하나의 풀인데 열대 기후에서 널리 이용 가능하며 건축용과 공예품용으로 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나 최근까지도 열악한 정착지에 쓰이는 건축재료의 하나로 취급되어왔다. 대나무는 무게가 가

벼운 것에 비해 우수한 기계적(인장 및 압축) 및 해부 조직상의 특성을 가지고 있기 때문에 목재에 비하여 우수한 건축재료이다.

7.2 인공 모래 : 콘크리트 제조 및 사용량이 늘어나기 때문에 천연 강모래의 소비는 엄청난 양이다. 에티오피아는 개발 도상국들 중 하나이기 때문에 전국적으로 급속한 건설이 일어나고 있으며 심각한 콘크리트 부족 문제가 있다. 건설공사가 늘어나기 때문에 강모래는 매우 고가이고 수급에 곤란을 겪고 있는 실정이다.

인공 모래는 천연 강모래를 대체할 수 있는 우수한 대체 재료 중 하나이다. 인공 모래란 그 크기가 5mm 미만인 골재를 말한다. 인공 모래의 공급은 채석장(crushing plant)에서 이루어지며 암석과 크기가 큰 돌이 작은 입자로 파쇄되는 과정에서 생산된다. 인공 모래는 천연 모래 이용이 어려운 곳이거나 아디스 아바바 및 짐마의 경우처럼 운반비가 고가인 도시지역에서 경제적 유용성이 큰 편이다. 인공 모래 운반비용을 최소화하려면 보다 선진화된 이동식 플랜트가 하나의 해결책일 수 있다.

건설 산업에서 인공모래를 사용하면 환경에 불필요한 손상을 막아주고 자원을 최적으로 활용하는데 도움이 된다.

7.3 스토로 베일(straw bale) : 농업은 에티오피아 경제의 중심으로 GDP의 41.4%, 전체 수출액의 83.9% 그리고 전체 고용의 80%를 차지하고 있다.

짚은 곡류의 말라 죽은 줄기를 말한다. 짚은 수확하는 과정에서 곡식을 거두어들인 후 남게 된다. 전국적으로 밀, 수수, 참깨, 쌀 및 일부 약초류는 가장 일반적으로 재배되는 곡물들이다. 짚의 일부는 현재 동물용 사료로 이용되고 있다. 이러한 용도로 어느 정도의 양은 여전히 필요한 상태이다. 벚짚을 다양한 모양과 크기로 묶으면 탄력성이 있고 작업이 용이 하면서 잘 흩어지지 않은 큰 고체 덩어리가 된다. 스토로 베일은 수분 함량이 20% 미만인 상태에서 기계식 묶음 장비를 사용하여 수확 후 끈으로 묶은 직사각형 형태의 압축된 벚짚 블록이다. 스토로 베일은 우수한 단열성 즉 에너지 효율이 뛰어나 여름에는 냉방비 그리고 겨울에는 난방비를 줄이는 데 도움이 되고 우수한 흡음성을 제공하며 플라스터(plaster-바름 재료)와 결합시키면 높은 내화성을 나타낸다. 또한 지진 하중 외에도 수직 하중 및 횡 하중에 견딜 수 있는 능력이 있다. 마지막으로 스토로 베일은 그 가용성에 비하여 저렴한 재료이다. 수확 후에 남은 재료의 재활용으로 이용 가능한 이 재료는 환경의 보존에도 기여한다.

7.4 페록 시멘트(Ferrock Cement) : 오늘날 세계에서 물 다음으로 두 번째로 가장 많이 사용되는 콘크리트 속의 시멘트는 세계에서 네 번째로 가장 큰 인위적인 이산화탄소 배출원이다. 시멘트는 현대문명의 원천이라 불리어져 왔다. 생산되는 시멘트 톤당 이산화탄소 방출량은 대략 8톤 정도에 달한다. 이것은 환경에 끔찍한 오염을 일으키고 있는 것이다.

최근에 이문제는 페록을 사용하면서 해결되고 있다. 페록이라는 이름은 주로 철분이 풍부하게 함유된 암석이라는 뜻에서 비롯된 것이다. 페록은 실제로 폐기되는 철분에서 생성되는 것으로 이 재료는 일반적으로 산업체의 생산과정에서 버려지는 것이며 또는 분쇄된 유리의 실리카 물질로 생성된다. 철분 속의 철은 탄산철(iron carbonate)을 형성하기 위하여 이산화탄소와 물에 반응한다. 이것은 페록의 매트릭스에 융합되어 콘크리트처럼 건조된 후 다시 액체형태로 녹을 수 없으나 단단한 바위와 같은 특성을 유지한다.

현재 철강 및 철 생산과 관련된 중소 규모 및 대규모 공장은 241개에 달한다. 한국에 기반을 둔 기업인 Ekos Steel Plc.는 철강시장의 높은 수급 격차를 살펴본 후 이곳 Dukem에 공장을 건설하였다. 새해가 되면 에티오피아에서 이 기업은 철강제품 생산을 시작해야 한다. 에티오피아 주간지인 캐피털 에티오피아지(2018년 8월)에 따르면 이 주간지의 Tesfaye Getnet가 Dukem을 방문해서 이 한국 기업의 CEO인 Shell H.Choo와 구체적인 공장 계획을 알아보기 위해 면담했다고 한다.

연구에 따르면 페록 콘크리트의 강도는 기존 일반 콘크리트 강도의 두 배에 달한다고 한다. 페록은 환경 친화적이고 사용되는 모든 원료는 폐금속분말에서 나온 것이므로 이것을 사용하여 콘크리트를 만드는 것은 강도와 환경 효율성 측면 모두에서 효율적인 콘크리트 제조 기술이다.

7.5 C&D 폐기물 : “지속 가능한 건축(Sustainable building)은 에티오피아의 캐치 프레이즈가 되었다. 전국의 건축 사무소와 건설현장에서는 건물의 개축 및 신축에 대한 환경 영향을 감소시키는 것에 중점을 두고 있다. 미국 친환경 건축위원회의 LEED와 “Green Guidelines for Healthcare“와 같은 등급 시스템은 시간이 갈수록 탄력을 받고 있다.

철거 폐기물은 건물 철거 과정에서 나오는 폐기물이다. 건설 산업은 해마다 전국적으로 매년 약 1~1.2 천만톤의 폐기물을 발생시킨다. 벽돌, 목재, 금속재, 타일 등과 같은 회수 가능한 품목을 재활용할 수 있는 것이다.

- 왜 C&D를 재활용 해야 하는가

- 1) 건설 및 철거 폐기물(C&D wastes)은 전국적으로 가장 큰 폐기물 군 중 하나이다.
- 2) 거의 모든 현장 폐기물은 재활용할 수 있다.
- 3) 현장 폐기물을 버리는 것보다 재활용하는 것이 일반적으로 훨씬 돈이 적게 든다.

- 내재에너지 측면

어떤 재료의 내재에너지는 원료 수집을 포함하여 해당 재료를 생산하는데 요구되는 전체 에너지를 나타낸다. 여기에는 수확 또는 채굴 장비, 가공 장비 및 원료를 가공 시설로 운반하는 운반 장비 등의 파워를 공급하는데 사용되는 연료의 에너지도 포함된다. 이 에너지는 일반적으로 한계가 있고 재생이 불가능한 자원인 화석연료의 연소로 부터 비롯된다. 화석연료의 연소는 지엽적인 스모그에서 산성비에 이르기까지 심각한 환경적 영향을 미치기도 한다. 어떤 재료의 내재에너지가 크면 클수록 그것을 생산하는데 필요한 에너지의 양이 크고 그 만큼 더 큰 심각한 생태학적 결과를 의미하는 것이다. 예를 들어, 목재의 가공(지속 가능한 방식으로 채취)에는 광석에서 채굴되어야만 하는 철의 가공공정에 비해 훨씬 적은 에너지를 포함하며 오염도 덜 발생시킨다.

에너지를 절약하는 제조 공정을 수정하면 그 재료의 내재에너지를 감소시킬 것이다. 내재에너지가 높은 기존 재료들은 기존의 설계 및 건설 기술을 사용하면서 내재에너지가 적은 재료로 대체되는 경우가 흔하다.

7.6 압축식 흙블록(Compressed Earth Blocks - CEB) : 흙은 손쉽게 구할 수 있으며 인류가 최초로 사용한 건설재료를 대변한다. 흙을 이용한 건축기술들은 일반 진흙에 짚을 활용하여 저항도 저 내구성으로 햇빛에 말린 벽돌을 제조하는 것에서 발전 해왔다. 그러나 현대의 건축재료들은 급속히 고갈되고 있

는 화석연료를 연소시키는 것과 관련이 있어서 매우 에너지 집약적이다.

압축식 흙블록은 건축재료의 하나로 블록을 만들기 위해 습윤상태의 흙을 고압으로 압축하여 만든다. 압축식 흙블록은 기계식 프레스를 사용하여 상당히 건조한 무기질 흙, 비팽창성 점토 및 골재를 적절히 배합하여 블록을 만든다. 포틀랜드 시멘트와 같은 화학적 결합재로 블록을 만드는 경우 압축식 고결화 흙블록(compressed stabilized earth block -CSEB) 또는 고결화블록(stabilized earth block - SEB)이라고 불리기도 한다.

압축식 흙블록의 장점(CEB - Compressed Earth Blocks) : 현장에서 재료 사용이 가능하여 비용을 절감하고 재료의 운반비를 감소시키며 효율성과 지속가능성을 증가시킨다.

8. 결론

- 위에서 다루었던 재료들은 에티오피아에서 이용 가능하거나 또는 쉽게 준비할 수 있는 재료이다.
- 이들 재료는 에티오피아의 저비용 주택 건설에 좋은 대안이 될 수 있다.
- 만약 실질적으로 구현된다면 지속 가능성의 모든 환경적 문제를 해결함으로써 건설 산업을 변화시킬 것이다.
- 연구 결과 지속 가능한 재료는 운송비와 이산화탄소 배출을 낮출수 있는 지역에서 생성되고 구할 수 있는 재료이어야 한다는 것이다.
- 대나무, 인공 모래, 흙블록, 건설 폐기물과 같은 재료들은 기존 재료를 대체할 수 있는 주변에서 풍부하게 구할 수 있는 재료이다.
- 이러한 재료의 사용은 운송비, 이산화탄소 배출량, 재료비 등을 감소시킬 뿐만 아니라 에티오피아 전역에서 고용 및 기술 개발 기회를 제공할 것이다.

<원문제목> Alternative Building Materials for Sustainable Development in Ethiopian Construction

<원문출처> Wolaita Sodo University, Wolaita Sodo, Ethiopia