

Global Report

기존 조적재의 지속가능성 분석에 따른 미래용 조적재

1. 개요
2. 소개
3. 연구의 중요성
4. 연구 범위
5. 연구대상 조적재
6. 결론

1. 개요

최근 몇 년간 인프라 개발 및 건설 활동의 다양성 증가로 인해 건축 자재에 대한 수요가 증가하였다. 이러한 상황은 환경적 균형을 위협하는 천연 자원의 고갈로 이어진다. 천연자원에 대한 마구잡이 이용과 조적재 생산에 과도한 에너지 소모는 우리가 해결해야 할 심각한 환경 문제 중 하나이다. 이 보고서는 인도 케랄라(Kerala) 지역의 건설 산업에 사용되는 대중적인 다양한 조적재의 지속가능성 요인들을 비교분석하는데 초점을 맞추고자 한다. 몇 가지 조적재에 대한 가용성, 효율성, 경제성, 내재에너지 및 지속가능성을 비교하였다. 조적재에 대한 효율적인 자원관리의 중요성과 표준화의 필요성도 다루어진다. 대중적인 조적재의 대부분은 지속가능성과 효율성 관점에서 볼 때 미흡한 것으로 확인되었다. 환경 친화적이고 지속가능하며 경제적인 조적재의 새로운 표준을 개발하는 것은 매우 중요하다.

2 소개

인프라 개발은 국가 발전의 핵심 부분 중 하나이다. 인구가 세계 두 번째인 인도와 같은 나라에서 인프라 시설에 대한 요구는 계속 증가할 것이다. 건설 산업은 이러한 요구에 부합하기 위해 열심히 노력하고 있다. 시설에 대한 수요가 증가함에 따라 자재 및 자원에 대한 수요도 증가한다. 기술적인 요구사항을 만족해야 하고 또한 환경에 악영향을 주지 않아야 하므로 건설목적의 자재와 기술을 선택하면서 최대한의 주의를 기울여야 한다. 세계의 기후 여건은 나날이 악화되고 있다. 이러한 환경적 생태적 매개변수들이 최근 수년간 최우선적으로 고려되고 있다. 재료를 채굴, 생산 및 운반하는 데에는 많은 에너지가 소모되며 또한 많은 양의 온실가스도 배출한다. 다양한 건축 자재의 제조 및 가공에 소요되는 에너지 요건, 이산화탄소 배출과 환경에 미치는 영향 등에 대한 정량화 및 연구는 Reddy 및 Jagadish, Buchanan 및 Honey, Suzuki et al. , Oka et al. 및 Debnath et al.에 의하여 이루어져 왔다. 인도에서 건설 산업은 대기 중에 이산화탄소 배출의 가장 큰 몫(22%)을 차지하는 주요 부문이다. 2000년 기준으로 인도 건설 산업에서 가장 크고 대량 소비되는 품목은 시멘트(연간 75백만톤 이상), 강철(연간 1천만톤 이상), 벽돌(연간 700억 이상)이다. 지속가능한 재료와 기술에 보다 많은 관심을 기울인다면 환경에 대한 악영향을 줄일 수 있으며 에너지 사용도 감소시킬 수 있을 것이다. 이 보고서에서는 케랄라지역에서 대중적인 다양한 조적재의 지속가능성 요인들에 관한 비교연구결과를 제시한다.

3. 연구의 중요성

2020년 벽돌의 수요는 약 890억(장)으로 늘어날 것으로 예상되고 있으며 따라서 벽돌의 생산 증가로 인한 이산화탄소 배출도 엄청날 것이다. 또한 이용 가능한 천연자원은 마구잡이식으로 고갈될 것이고 이에 따른 에너지 사용은 아주 커질 것이다. 조적공사에 사용되는 기존의 재료와 기술은 낡고 비경제적이다. 일반인은 재료가 부족하고 생산비가 높기 때문에 이러한 기존 재료의 비용증가를 충족시키는 것은 어렵다는 것을 알게 될 것이다. 지속가능성과 경제성 측면에서 대체재 및 복합 건축재를 사용하는 것이 건설산업에 미래가 있다. 사람들 사이에 지속가능한 건축 재료의 필요성에 대한 인식이 필요하다.

4. 연구 범위

다양한 조적재의 제조과정에 소요되는 에너지 소모량은 사용되는 재료의 종류, 재료의 추출과정, 생산기술 등에 따라 각기 다르다. 대기 중에 이산화탄소 배출량도 앞서 언급한 바와 같이 상황에 따라 달라진다. 건축재의 선택은 분명히 비용에 따라서도 달라진다. 또한 인근에서 재료의 이용 가능성도 관심의 또 다른 요소이다. 먼 곳으로부터 건축자재를 운반하는 것은 가장 바람직하지 않다. 이 연구에서 케랄라 지역의 대중적인 다양한 조적재를 비교하는데 다음과 같은 측면들을 고려하고자 한다 :

4.1 경제성 측면

4.2 내재에너지 측면

지속가능한 대체재의 중요성이 다루어지며 보고서의 정보가 사람들에게 전반적인 효율성 및 환경보호를 고려한 올바른 건축재를 선택하는데 도움이 될 것을 기대한다.

5. 연구대상 조적재

조적재는 건설현장에서 가장 많이 요구되는 건축재이다. 조적재는 사용되는 재료와 제조기술에 따라 내력용과 비내력용으로 구분될 수 있다. 시장에 많은 종류의 조적재들이 나와 있는데 이 연구에서 고려되는 조적재는 다섯 가지 종류이다.

5.1 라테라이트 블록(LATERITE BLOCK)

라테라이트(LATERITE)는 열대지역의 풍화된 암석으로 인도지역에 풍부하게 존재한다. 라테라이트블록은 고아(Goa), 카나타카(Karnataka) 및 케랄라(Kerala) 지역을 포함한 인도 서부해안 지역에서 주로 사용되는 조적재이다. 라테라이트 블록은 케랄라의 말라바(Malabar) 지역에서 널리 사용되는 내력벽용 조적재로서 일반적으로 쓰이고 있다. 라테라이트는 대기 중에 노출되면서 경화하는 암석이다. 라테라이트 채취는 이전에 수작업으로 도끼를 가지고 이루어졌으나 새로운 절단기가 개발되면서 채취가 용이해지고 동일한 크기의 블록을 얻게 되었다. 라테라이트 블록의 규격은 일반적으로 330mm x 200mm x 200mm이다. 라테라이트 블록은 약 35~40kg 정도로 무거워서 조적공들을 작업하기 어렵게 만든다. 라테라이트는 철과 알루미늄의 무기산화물을 함유하고 있어서 일반적으로 색상이 붉은색을 띤다. 요구되는 모양과 크기로 수작업으로 가공함으로써 블록의 제조에 필요한 열에너지는 무시할 수 있을 정도이다. 그러나 채취장에서 시공현장까지 재료를 운반하는 운반비가 고려되어야 한다. 라테라이트 블록의 제조비용에는 토지비용, 채취비 및 모양을 다듬어 규격으로 만드는 인건비가 포함되어야 한다. 라테라이트 블록은 채취현장에서 바로 만들어지기 때문에 제조 과정의 운반비는 불필요하다.

5.2 돌 블록(STONE BLOCK)

천연 석재는 인도의 건설 산업부문에서 아주 많이 사용 중이다. 천연 석재는 조적재, 기초용석재 등으로 사용되고 있다. 돌 블록은 일반적으로 거대한 천연석을 작은 크기로 분할하여 얻어진다. 돌 블록은 보통 180mm x 180mm x 180mm 규격으로 이용하는데 이 크기의 블록이 조적용으로 사용되고 있다. 돌 블록의 제조는 수작업으로 이루어진다. 그러나 거대한 크기의 천연암석을 쪼개는 데에는 기폭장치의 도움으로 이루어진다. 따라서 제조에 요구되는 열에너지는 아주 적다. 그러나 채취장으로부터 건설현장까지 자재를 운반하는 운반비가 고려되어야 한다. 돌 블록의 생산비에는 채취장 토지비용, 거대한 천연암석을 가공하는데 필요한 인건비 및 기계경비와 모양을 다듬고 규격화하는 인건비도 소요된다. 블록 자체는 채취현장에서 바로 만들기 때문에 별도의 운반비(원석채취장에서 가공장까지 운반비)는 소요되지 않는다.

5.3 구운 점토벽돌(BURNT CLAY BRICKS)

구운 점토벽돌은 인도에서 가장 흔하게 사용되는 조적재이다. 연간 약 700억장의 벽돌이 생산되는 것으로 추정되고 있다. 구운 점토벽돌은 230mm x 105mm x 70mm 규격, 200mm x 90mm x 90mm 규격 등과 같이 다양한 규격이 있다. 구운 점토벽돌은 진흙으로 만들어진다. 제조과정에 벽돌을 굽기 위해 많은 열에너지가 필요하다. 굽는데 쓰이는 연료에는 석탄, 분탄, 나무땔감 등이 흔히 사용된다. 230mm x 105mm x 70mm 크기의 벽돌 1장을 만들기 위해 구울 때 필요한 재료의 양은 석탄 0.2kg 또는 땔감나무 0.25~0.3kg 정도이다. 이것은 벽돌 1장 당 3.75 ~ 4.75MJ의 열에너지에 해당된다. 벽돌 1장 당 평균 4.25MJ의 열에너지가 소요된다고 볼 수 있다. 구운 점토벽돌의 제조 비용에는 점토 및 물, 혼합 및 성형 인건비, 굽는데 소요되는 연료비 및 인건비 등이 포함된다. 원료의 채취장으로부터 성형하는 곳까지의 재료의 운반비도 비용에 추가되어야 한다.

5.4 흙시멘트 블록(SOIL-CEMENT BLOCKS)

흙시멘트 블록은 필요한 크기의 형틀에서 젖은 흙시멘트를 압착하여 제조한다. 기계식 압착장치와 수작업에 의한 압착장치가 사용될 수 있다. 고도로 분산된 방식으로 수동으로 작동되는 기계를 사용하여 제조되는 흙시멘트 블록은 인도와 그 외 지역에서 점점 더 인기를 얻고 있다. 블록에 쓰이는 시멘트의 함량이 있기 때문에 따라 에너지 양은 사용된 시멘트 함량에 따라 달라진다. 시멘트의 열에너지는 5.85MJ/Kg 정도이다. 내력벽용 흙시멘트 블록의 시멘트 함유량은 6~8% 정도이다. 이런 블록의 에너지 양은 230mm x 190mm x 100mm 규격의 블록 1장 당 2.75~3.75MJ 정도이다. 흙시멘트 블록 제조비용에는 흙, 시멘트 및 물 등의 재료비와 혼합 및 성형에 소요되는 인건비 및 기계경비와 양생비 등이 포함된다. 재료 채취현장에서부터 성형장소까지의 재료 운반비도 소요비용에 추가되어야 한다.

5.5 속빈 콘크리트 블록(HOLLOW CONCRETE BLOCKS)

속빈 콘크리트 블록은 일반적으로 중공 콘크리트 블록으로도 불리어지는데 규격화된 형틀에 6~10mm 굵은 골재를 쓰는 콘크리트를 압착하여 제조되는 경량블록이다. 속빈 콘크리트 블록은 인도에서 일반적으

로 비내력 칸막이용으로 쓰이거나 다층건물의 조적공사에 쓰인다. 흙시멘트 블록과 마찬가지로 속빈 콘크리트 블록의 에너지 양은 시멘트의 함량에 따라 달라진다. 또한 필요한 규격의 굵은 골재를 만들기 위한 파쇄작업에 소요되는 에너지도 전체 에너지에 추가될 것이다. 속빈 콘크리트 블록의 시멘트 비율은 일반적으로 중량비로 7~10% 정도이다. 속빈 콘크리트 블록은 보통 400mm x 200mm x 200mm 규격의 것이 쓰이고 있고 블록의 에너지 양은 12.3~15.0MJ 정도이다. 속빈 콘크리트 블록의 제조비용에는 굵은골재, 세골재, 시멘트 및 물 등의 재료비와 배합 및 성형에 소요되는 인건비 및 기계경비와 양생비 등이 포함된다. 원재료의 채취장으로부터 성형장소까지의 재료 운반비도 소요비용에 추가되어야 한다.

블록의 종류	크기(mm)	블록 1장의 에너지 양(MJ)	동일조건인 벽돌 1장의 에너지 양(MJ)	구운 벽돌 대비 블록의 에너지 비율(%)
라테라이트 블록	330 x 200 x 200	0	0	0
돌 블록	180 x 180 x 180	0	0	0
구운 점토 벽돌	230 x 105 x 70	4.25	4.25	100
흙시멘트 블록	230 x 190 x 100	3.5	1.35	31.7
속빈 콘크리트 블록	400 x 200 x 200	15	1.62	38.1

<표 1 - 조적재별 에너지 양>

앞서 언급한 조적재의 에너지 양은 표 1에 표시하였다. 이 표에는 블록의 종류, 블록 크기, 규격에 따른 에너지 양, 벽돌 에너지에 대한 에너지 비율 등이 자세히 나와 있다. 모든 벽돌은 크기가 다양하며 비교를 용이하게 하기 위해 동일규격으로 환산하여 표시하였다. 동일규격은 230mm x 105mm x 70mm가 선택되었다.

표에 표시된 데이터를 통하여 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 라테라이트 블록과 돌 블록은 제조 시 어떤 에너지도 소모하지 않는다.
2. 구운 점토 벽돌은 제조 시 아주 큰 에너지를 소모한다.
3. 흙시멘트 블록과 속빈 콘크리트 블록의 에너지 소모는 거의 동일한데 속빈 콘크리트 블록이 약간 더 소모하는 정도이며 두 블록 모두 구운 점토 벽돌의 약 30~40% 정도이다.

6. 결론

이 보고서에는 다양한 조적재에 대한 내재 에너지와 비용에 영향을 주는 요소들을 다루어 보았다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

6.1 자연적으로 성형된 돌은 다른 제조 벽돌에 비해 보다 에너지 효율적이며 라테라이트 블록과 돌 블록은 제조과정의 내재에너지가 영이다. 그러나 현재 수요에 맞는 그러한 천연재료를 그냥 그대로 이용

할 수 있는 가능성은 없다. 자원은 나날이 고갈되고 있으며 견고한 라테라이트를 가공하는데 오랜 시간이 걸린다.

6.2 구운 점토 벽돌은 다른 조적재와 비교하여 제조과정에 가장 큰 내재에너지를 가지고 있다. 0.0017입방미터도 안 되는 용적의 벽돌을 만들기 위해 필요한 에너지가 4.25MJ 정도이다. 즉 구운 점토벽돌 1입방미터 제조에 소요되는 에너지는 제조에만 2,500MJ의 에너지를 소모하는 것이다.

6.3 흙시멘트 블록은 인공적으로 제조되는 조적재 중 가장 에너지 효율적인 조적재이다. 흙시멘트 블록의 내재 에너지는 구운 점토 벽돌의 내재 에너지의 단지 30% 정도이다. 시멘트 함량이 제조과정에 에너지 소모량의 주된 이유인데 시멘트 함량을 감소시킨다면 에너지는 상당히 줄어들 수 있다. 새로운 기술이 개발되거나 에너지를 덜 소모하는 새로운 결합재가 시멘트의 대체재로서 도입되어야 한다.

6.4 속빈 콘크리트 블록의 에너지 소모는 흙시멘트 블록의 에너지 소모와 비슷하다. 그러나 콘크리트용 원료의 이용가능성과 제조가 문제이며 시멘트가 필요한 것도 내재에너지에 추가된다. 에너지 효율적인 재료를 사용하면 내재 에너지를 상당량 줄일 수 있다.

6.5 조적재를 제조하는 동안 채취, 굴착, 연소 등에 따른 환경영향 문제도 해결되어야 한다. 이러 제조과정에 온실가스인 많은 양의 이산화탄소가 생성된다. 이로 인한 대기 오염은 생태계에 위협이 된다. 또한 연료와 원료를 필요로 하는 고에너지 재료의 생산은 재생가능하지 않은 천연자원의 고갈을 초래한다.

6.6 시중에서 이용가능한 대부분의 조적재는 비경제적이다. 그 주요 사유는 원료가 부족하고 값이 비싸기 때문이다. 수요는 많아지는데 천연자원은 고갈되고 있다. 또한 시멘트 함량은 조적재의 비용에 직접적인 영향을 미친다.

6.7 조적재 표준화에 대한 필요성은 대단히 중요하다. 내재에너지는 가능한 많이 줄여야 한다. 건축자재는 에너지 효율적이고 경제적이며 지속가능하고 구조적으로 안정적이어야만 한다. 자재의 선택은 앞서 언급한 모든 요소들을 고려하여 이루어져야 한다.

이와 같은 결론들은 지속가능하고 효율적인 조적재를 현명하게 선택하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다. 이 연구가 케랄라지역에서 대중적인 재료에 집중되었지만 얻어진 상황과 그 결과는 인도의 모든 지역이나 세계 여러 지역에서도 거의 유사할 것이라고 생각한다.