

건물의 생애주기 평가



박 상 동



신 기 식

LCA의 필요성을 그린빌딩과 연계하여 설명하고 LCA의 정의 및 건물 라이프사이클 평가를 위한 입·출력 목록 작성에 대하여 간략하게 서술하였다.

생애주기 평가의 필요성

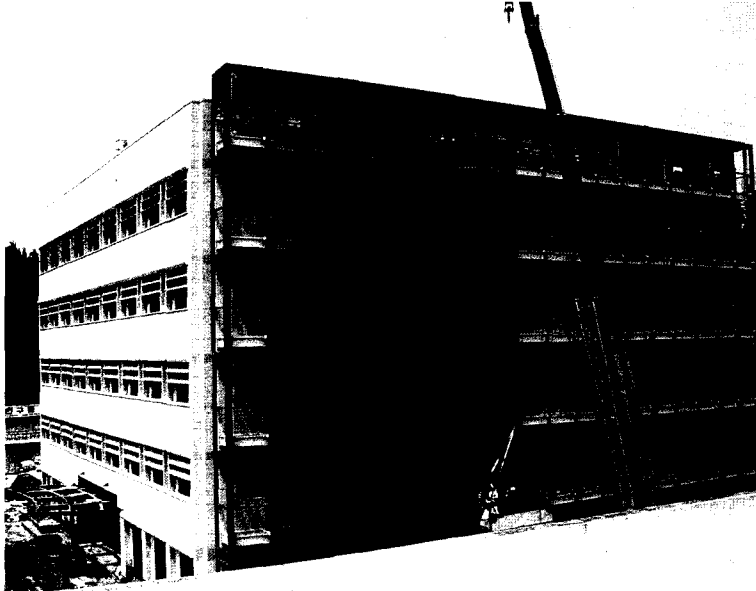
에너지와 환경 등 여러가지 면에서 세계사적으로 하나의 전환점이 된 1992년 6월 리우 환경정상회의 이후 거세게 불고 있는 ESSD(환경적으로 건전하고 지속가능한 개발)라는 환경과 개발의 상충이 아닌 공존의 경제개발 방식이 중시됨에 따라 등장하게 된 환경친화적 건물은 그 기술개발과 보급의 중요성이 국내에서도 최근에 크게 증대되고 있다.

개개의 건물로부터 유발되는 환경오염은 비록 크게 문제삼을 정도까지는 아니더라도, 수많은 건물들 전체에서 배출되는 오염량은 상당한 수준에 달한다. 미국의 예를 들어보면 전체 CO₂ 발생량중 건물과 관련하여 배출되는 양은 약 50%로, 그 중에서도 35%는 건물의 냉난방, 조명과 관련하여 배출되며, 15%는 건물의 부·자재생산이나 시공과정에서 발생된다고 보고된 바 있다. 특히 미국은 건축부·자재별로 이의 생산에 필요한 에너지(內在에너지, embodied energy)를 산출, 제공하여 건축생산에 활용케 하고 있다. 그러나 우리나라는 에너지통계의 어느 부분에도 이를 명시하지 않고 있으며, 건물로 인한 CO₂ 발생량을 건물의 유지·관리에 필요한 에너지소비

로부터의 발생량인 국가 전체 발생량의 23% 내외로 발표하고 있으나 건축부·자재 생산과 이의 수송 및 공사에 소비되는 에너지까지를 감안하면 40% 내외가 될 것으로 추산되어 건물분야의 에너지 및 환경부하에 관한 인식전환이 필요하다.

이러한 에너지와 환경문제를 동시에 해결하기 위한 방안으로, 이제까지의 건물에 대한 기본개념인 '인간이 거주하며 모든 쾌적한 생활을 영위하기 위한 공간'이라는 차원을 넘어, 현재와 후세에 걸친 인류의 생존과 지구환경 문제에 기여하기 위한 건축분야의 대안으로 그린빌딩이라는 개념이 제안되었다. 그린빌딩이란 에너지절약과 환경보전을 목표로 '에너지부하저감, 고효율 에너지설비(energy), 자원재활용, 환경공해 저감기술(environment) 등을 적용하여 자연친화적(ecology)으로 설계, 건설하고 유지 관리한 후, 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 계획된 건축물'을 말한다.

다시 말해 원료의 채취를 포함한 자재생산과 수송 및 건설단계에서부터 시작되어 철거되고 처분되기까지 정도의 차이는 있지만 환경에 피해를 끼치는 요인들이 발생한다. 즉 건물을 건설할 부지를 조성할 때 산림파괴나 부지조성을 위



〈그림 1〉 한국에너지기술연구소 그린빌딩 중앙연구동(공사중)

금 조달의 어려움으로 초기 투자를 적게 한 건물은 건물이나 시스템의 수명기간 동안에 훨씬 높은 비용을 들이게 된다는 것을 보여주고 있다. 또한 건물신축이나 개수시에 실내·외 환경을 고려한 그린빌딩기술을 채용하여 건물의 유지·관리비 절약도 엄청나게 하였지만 종업원의 생산성도 크게 증가시켰다고 보고하고 있다. 따라서 건물관련 비용을 건물의 생애기간을 고려하여 분석할 때 각 비용들의 규모와 중요도를 잘 이해할 수 있을 것이다.

한 재료 및 에너지 사용 등으로 유해가스가 발생하여 환경을 파괴하게 되며, 건물에 필요한 부·자재를 생산, 수송, 조립하는 과정에서도 환경에 피해를 주게 된다. 또 건립후 건물의 사용시에도 연소가스의 배출, 생활폐수 및 오수의 배출 등으로 환경을 악화시키며 철거시 발생하는 폐기물 등도 환경을 오염시키는 원인이 된다.

따라서 그린빌딩이란 원료의 채취와 수송, 자재의 생산과 수송, 시공과 준공, 입주 후 건물 사용과정에서의 유지·관리 및 건물의 수명이 다해서 해체할 때까지 즉, 건물의 전 수명기간동안 환경에 주는 피해가 최소화되도록 설계·시공한 건축물이라 말할 수 있겠다.

이러한 그린빌딩의 성능을 파악하고 평가하기 위해서는 건물의 전수명기간에 걸친 성능평가방법이 필요하다.

최근에 그 활용도가 점점증하고 있는 건물의 사용가능한 기간 또는 예상수명기간 동안의 비용을 계산하는 분석방법인 생애비용분석방법(life-cycle cost analysis)에 의하면 건축초기단계에 자

생애주기 평가와 그린빌딩 기본원칙에의 응용

건물의 환경적인 성능을 향상시키기 위해서 건물의 라이프사이클동안 나타날 수 있는 모든 환경적인 영향에 대하여 조직적이고 포괄적인 이해를 해야한다. 이러한 접근방법은 생애주기 평가법(life-cycle assessment)으로 알려져 있으며, 제품의 생산과 인간활동에도 적용할 수 있다. LCA를 건물에 대하여 적용할 때, '라이프사이클 접근'은 건물에 투입되는 재료, 에너지 및 천연 자원의 획득에서 시작하여 건물이 기능을 다하고 철거될 때까지 건물이 미치는 환경적인 측면의 영향을 분석하고 평가한다. 게다가 '라이프사이클 접근'은 환경적인 문제와 건설산업에서 결정과 선택에 항상 영향을 미치는 기능, 성능, 미학, 경비 등의 고전적인 문제와 관련하여 균형을 찾고자 하는 것이다. '라이프사이클 접근'에 의해 제공되는 지식과 이해를 숙지한 설계 전문가들은 건물의 환경적인 성능을 실질적으로 향상할 수 있게 결정과 선택을 할 수 있게 된다.

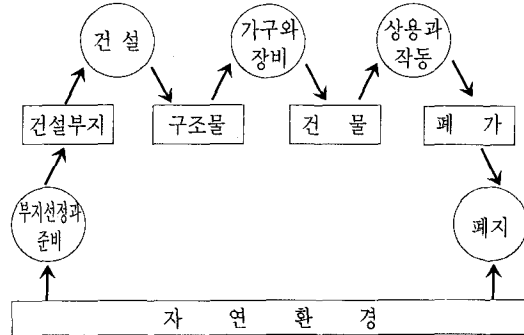
라이프사이클 평가는 건물과 특히 건자재에 대한 환경적인 영향을 이해하는 좋은 평가수단으로 제공된다. 흔히 인용되고 논의됨에도 불구하고, LCA를 완전하게 이해되거나 활용하는 건설업 관련자가 많지 않다. 따라서, 잘 만들어진 그린빌딩 기본원칙에 대한 응용을 잘못 적용할 수 있다. 흔히 전생애를 통해서 나타나는 환경영향이나 관련된 모든 것에 대한 고려 없이, 한가지 혹은 몇몇 특정된 환경적 특성을 근거로 재료나 생산품을 비교하고 결정을 내린다.

이런 단순화된 결정은 위험을 초래할 수 있으며, 경솔한 선택을 할 수 있다. 예를 들어 만약 “제품 A”가 재활용재료로부터 만들어지고, “제품 B”는 재활용제품이 아닌 것으로 만들었다면, 일반적으로 B보다는 A가 나은 선택을 했다고 할 것이다. 또는 A가 천연재료로부터 만들어졌고 B는 그렇지 않다고 하면, A가 보다 나은 환경적인 선택을 했다고 할 수 있다. 보다 더 과학적인 방법이나 LCA 분석에 의하면 이런 선택을 옳다고 하지 않을 수도 있다. 적절한 선택을 하기 위해서는 더욱 많은 분석이 필요하다.

건물 라이프사이클 평가를 위한 입·출력 목록 작성

많은 재료와 구성품들의 원산지, 용도, 폐기까지의 과정뿐만 아니라 이들 간의 복잡한 관계를 다룰 때, 실무자는 수많은 가정, 개략적인 계산과 정성적인 판단을 필요로 한다. 완전한 LCA를 만들 수 있는 요인은 매우 어렵고, 데이터나 정보의 부족, 데이터의 질에 관한 의문, 배치의 문제, 영향평가에 대한 과학의 불완전성, 학문과 많은 개념들의 완전한 전달상의 어려움이 포함된다.

환경적인 평가과정은 부지선정, 건설, 유지, 철거될 때까지의 건물 수명동안 모든 일과 행위의 연속적인 과정을 나타내는 전체 건물 라이프사이클의 정의로부터 시작된다.(그림 2) 건물과 모든 구성요소의 환경적인 영향은 이 전체 활동순



〈그림 2〉 건물의 라이프 사이클

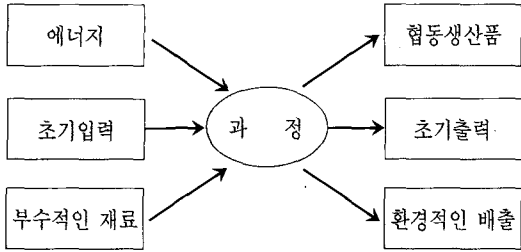
서의 결과로서 주위환경에 나타날 수 있는 변화의 양으로 평가될 수 있다. 이는 재료들이 환경으로부터 와서 다시 환경으로 돌아가는 것들의 결과로 나타나는 환경변화에 대한 이해가 포함되어 있다.

환경적인 영향은 물질 상호교류의 결과로서 나타나는 순수 변화로써 평가되어질 수 있다. 일반적으로 실제적인 환경변화는 화학적 또는 다른 변화와 함께 재료의 이동, 교체 등의 복잡한 조합으로 되어 있다. 이들 변화는 시간에 의존하는 방향으로 나타나기 때문에 무엇이, 어디서, 어떠한 변화율로 일어나는가에 대한 고려가 중요하다. 이 현실적인 문제는 환경적 영향의 가역성과 자원의 재활용성과 같은 복잡한 문제로 나타난다.

원칙적으로, 입·출력 목록을 발전시키고 각각의 라이프사이클 과정의 재료와 에너지 균형을 검사함으로써 환경에 영향을 미치는 재료의 상호교류와 변화를 확인할 수 있게 한다. 이 과정을 LCA의 ‘입·출력 목록 작성 단계’라 부른다. 이것은 환경적인 영향 평가로 구성되어 있는 것이 아니고 이런 영향의 원인이 되는 것들에 대한 확인과 측정이다. 이 환경적인 영향의 입·출력 목록은 중요한 첫 번째 단계이고, 조심스러운 해석을 통하여 가치 있는 시각을 제공한다.

입·출력 목록을 사용하는 것은 건물 라이프사이클에서 정의되는 각각의 활동 또는 단계에 대한 입·출력 분석(〈그림 3〉)을 적용하는 광범

건물의 LCA



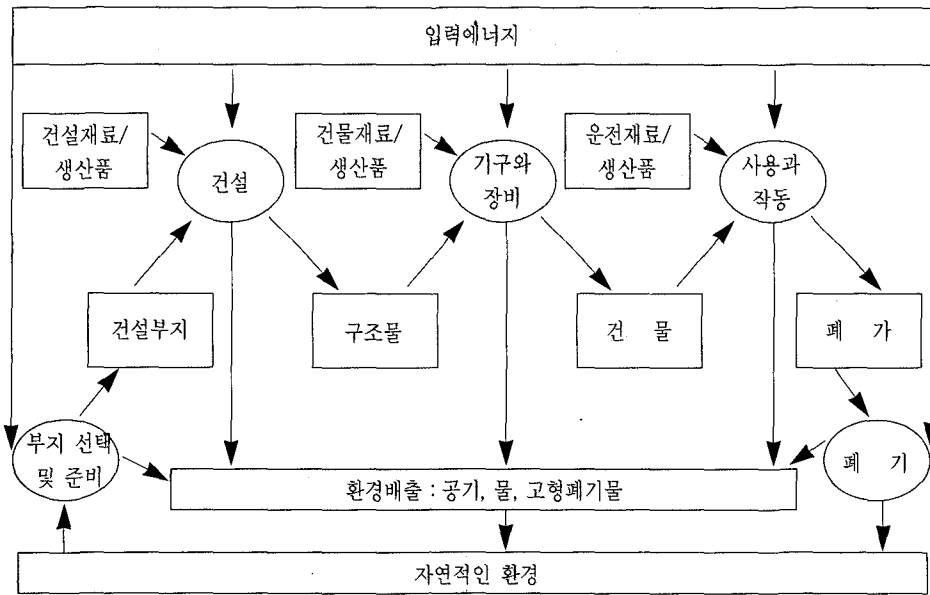
<그림 3> 입·출력 분석을 위한 구조

모든 입력과 출력에 대한 가능성은 이들 범위의 한곳 혹은 다른 곳에 속한다.

각각의 입·출력 종류는 수많은 특정한 과정과 재료들로 구성되어 있다. 건물 라이프사이클에 재료를 공급하는 과정은 주 건물 라이프사이클처럼 동일한 방법으로 분석되어야 한다. 이것은 비록 복잡하지만 완전한 건물 라이프사이클의 시각적 이해를 가능하게 하는 도식적 지도 (graphical road map) 또는 과정의 단계적인 형태로 표현된다. 입·출력 개념이 건물의 라이프사이클 단계에서 건축재료와 제품들이 어떻게 상호 연관이 되는지 알 수 있어야 한다.

위한 그래픽 체제를 사용하는데 도움을 준다. 그 체제는 3종류 입력과 3종류의 출력을 나타낸다.

매트릭스 I 평가를 위한 건물 라이프사이클

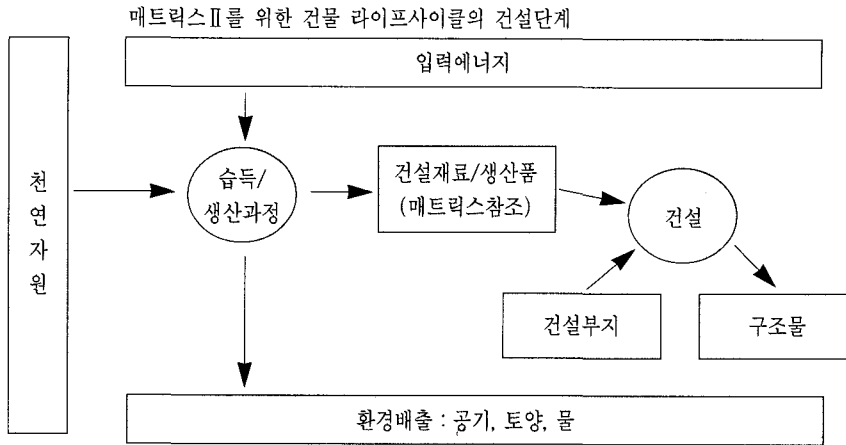


매트릭스 I : 건물 라이프사이클 과정을 위한 환경평가

라이프사이클 과정	환경배출				에너지사용	경비
	공기	물	토양			
			쓰레기 매립	재활용/재사용		
건설						
가구와 도구						
사용과 작동						
폐기						

<그림 4> 매트릭스 I 평가를 위한 건물 라이프사이클

건물의 LCA



매트릭스II : 건물을 위한 재료와 생산품을 위한 환경평가

재료/생산품	재사용	천연자원 고갈	토양				에너지 소비	포장	경비	생산품 수명	제품 등급
			공기	물	매립						
					재활용/재사용						

<그림 5> 매트릭스II를 위한 건물 라이프사이클의 건설단계

<그림 4>의 건물 라이프사이클을 이용해서, 건물이 의도하는 목적과 용도에 관한 고려를 하면 다음과 같은 여러 가지 설계 옵션, 재료와 생산품의 선택, 건물 작동과 같은 결정을 할 수 있다.

- 철 對 알루미늄, 나무, 돌의 사용
- 자연광 對 전력 사용
- 선택적인 유리창과 창문처리의 사용
- 난방, 환기, 공기 조화 시스템의 설계
- 재실 센서와 컨트롤 같은 전기절약장치의 적용
- 페인트 선택
- 바닥 선택(예로 마블 對 세라믹, 비닐, 카펫 등)

많은 재료와 생산품들에 대한 옵션들이 가능하다. 이 옵션들은 프로젝트 내용과 이것과 관련된 많은 요소에 의해 결정될 것이다. 이것은 초

기 건물 설계를 시작할 때 유용하며, 건물 라이프사이클 기간 중에 검토된다.

평가는 다음의 각 라이프사이클 단계에 대한 것들을 결정함으로써 시작된다.

- 각 단계마다 수행되는데 필수적인 입력에너지.
- 각 단계마다의 환경배출물과 오염물.
- 각 단계에 대한 입력 재료와 생산품에 대한 입·출력 목록.

위의 셋째 항에 있는 재료와 생산품 입력이 확인되면 이들은 다음의 항목들에 대한 분석이 필요하다(<그림 5> 참조).

- 재료와 생산품을 생산하기 위해 필요한 입력에너지.
- 이들을 생산하는데 수반되는 전체 환경배출물과 오염물.

• 생산 에너지가 필요없는 모든 천연자원들.
 앞서 언급되었듯이, 데이터는 천연자원을 획득하는 데서부터 재료와 생산품을 부지로 옮겨서 건물 라이프사이클에 사용될 준비가 될 때까지의 전체 과정에 대하여 고려되어야 한다.

이들 단계들은 단지 입·출력 목록 데이터의 수집들로 구성된다. 정확한 데이터를 완벽하게 하는 것은 어려운 일이고, 실제 문제에 대해 LCA의 개발 및 응용 단계에서 편집하는 것이다. 결과적으로, 데이터의 질과 이를 획득할 때 쓰인 가정에 대하여 가능한 기록을 많이 해놓는 것이 중요하다. 정량적인 데이터는 대부분 획득하기 어려운 경우가 많으며, 필요한 정성적이고 주관적인 판단을 내린다.

건물에서의 LCA 중요성

본고에서는 생애주기평가의 전제가 되는 전자

재를 중심으로 언급하였으나, 환경적으로 건전하고 에너지 효율적인 시스템은 건물의 경비 효율적인 운영에 및 실내 환경의 질은 건물 거주자의 건강과 생산성에 오랜 기간에 걸쳐서 영향을 줄 수 있다는 두가지 측면에서, HVAC시스템, 조명과 전기시스템, 실내 공기질(IAQ)과 소음 등 건물 실내환경이 매우 중요하며 이러한 실내 환경의 질은 궁극적으로 건축설비에 의해 좌우된다.

건물의 생애주기 기간 동안의 비용(LCC)을 보면 초기건축비용과 운전·유지·관리비는 총 비용의 8% 내외이고 인건비적 비용은 92% 내외로 나타나 전술한 바와 같이 양호한 실내환경을 위한 건축설비의 투자규모를 결정하는데 있어서도 LCA가 매우 중요한 요소임을 알 수 있다.

아울러 건축설비를 설계 목표에 맞도록 설치, 작동, 유지되도록 하는 빌딩 커미셔닝에 대한 관심도 특별히 요구된다. ㉔