

건축물의 LCA



이 강 희

건축물의 라이프사이클 과정에서 환경에 대한 영향관계를 파악할 수 있는 LCA의 발생, 건축물과 환경과의 관계, LCA의 건축물의 적용 등을 설명하고자 한다.

LCA(life cycle assessment)란 무엇인가?

20세기 들어 과학기술은 지속적인 발전을 이룩하였으나 인구의 폭발적인 증가, 한정된 자원의 고갈 및 소비, 자연환경 오염과 파괴, 생태계 교란, 기상이변 등으로 인한 환경문제를 야기하고 있다. 산업화와 도시화에 따른 인구 증가는 생활수준향상을 위한 개발중심의 경제사회를 필요로 하게 되었고 이에 따라 환경의 인위적인 개발 및 조장을 방치하기에 이르렀다. 다른 한편으로 소비중심의 사회는 유한한 자원과 에너지 등의 소비를 증가시킴에 따라 자원과 에너지 고갈을 예상하게 되었고 소비에 따른 쓰레기, 폐기물 등의 증가로 인해 환경폐해를 발생하기에 이르렀다. 따라서 현재의 무절제한 자원·에너지 이용과 환경손상 등은 더 이상 방관하는 것으로는 악화될 뿐이라는 것으로부터 시작하여 이에 대한 인식전환을 요구하고 있으며 환경과 조화를 이루는 개발이 절실히 요구되고 있다.

환경과 개발의 양립적인 발전을 이루기 위해 산업경제활동에 따른 환경영향을 파악하는 것을 필요로 하게 되었다. 기존의 환경영향에 대한 평가는 단순히 일정 시점, 혹은 제한된 상황에서 조사·분석하는 것으로 환경영향에 대한 전체적

인 흐름과 영향정도 등을 파악하는데에는 한계를 지니고 있다. 이러한 제약을 극복할 수 있는 것으로 LCA(Life Cycle Assessment)를 제시하고 있다. LCA는 제품 및 서비스에 관한 환경관리(environment management)지원기법으로 1997년 6월 ISO14040로 규격화되었다. 환경문제에 대한 국제적 관심이 높아짐에 따라 1993년 2월에 환경관리(environment management)에 관한 기술위원회(TC207)을 설치하고 ISO14000's의 국제규격화를 추진하게 되었다.

ISO 전문에서는 “품질관리시스템(ISO9000's)가 고객의 요구를 들어주는 것에 중점을 두는 반면, 환경관리시스템(EMS, Environment Management System)은 광범위한 이해관계자의 요구사항 및 환경보전에 관한 사회적 요구에 대응하는 것”이라고 서술하고 있다. 이것은 품질이 양호한 제품과 서비스를 제공하는 것 외에도 산업경제활동으로 인한 환경영향에 대한 배려가 뒤따라야 한다는 것을 보여주고 있다.

LCA는 제품의 원재료 채취에서부터 제조, 사용 및 처분의 라이프사이클과정을 통해 환경영향측면과 잠재적인 환경영향을 조사·분석·평가하는 것이다. 이때 환경영향의 영역으로는 자원이용, 인간의 건강 및 생태계 등 포괄적으로

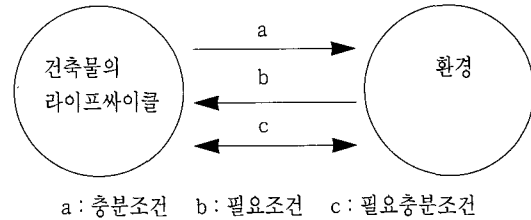
포함하고 있다. LCA를 수행하는데 있어서는 제품 및 서비스에 포함되는 환경측면과 잠재적인 환경영향을 다음의 사항에 따라 평가하도록 하고 있다. 첫째, 제품 및 서비스 시스템과 관련된 input/output의 목록을 설정하여야 한다. 둘째, 시스템상에서의 input/output에서 파생되는 잠재적인 환경영향을 평가하여야 한다. 셋째, 목록분석(inventory analysis) 단계 및 영향평가단계의 결과를 조사목적에 따라 해석하여야 한다.

LCA는 환경영향을 파악하는 도구로써 여러 분야의 정책, 제도 등의 수립 의사결정자료로 활용된다. 여기에는 크게 ① 제품의 라이프사이클 각 단계에서의 환경측면의 개선, ② 산업계, 정부 혹은 비정부기관(NGO)에서의 전략입안, 우선순위의 설정, 제품 혹은 공정의 설계 또는 재설계 등에서의 의사결정, ③ 측정기법을 포함한 환경성능의 적절한 지표의 선정, ④ 환경라벨제도 혹은 제품의 환경선언 등과 같은 마케팅 전략의 수립 등을 들 수 있다.

이와 같이 LCA의 분석영역, 활용도 등의 측면에서 종합해 볼 때 LCA는 다음과 같이 정의할 수 있다. LCA는 “원재료의 조달에서부터 설계·제조·사용·리사이클, 그리고 최종적으로 폐기처분에 이르기까지 제품사용의 자원과 에너지, 제품이 배출하는 환경부하를 정량적으로 추정·평가하고 더 나아가 제품의 잠재적인 환경영향을 평가하는 기법”으로 정의할 수 있다.

건축과 환경과의 관계

건축물의 건설 및 운용에 있어 건축주, 설계자, 시공자, 관리자, 사용자는 ‘자신의 행위가 환경에 어떤 영향을 주고 있는가를 이해하지는 못하는’ 상황에 있다. 따라서 자원절약적이고 에너지 저감 등 환경부하가 적은 건축이 절실히 요구되는 있는 시점이다. 이것은 건축활동이 환경에 주는 영향을 환경부하라는 측면에서 반영되고 이에 적합한 건축기술의 개발이 이루어지는

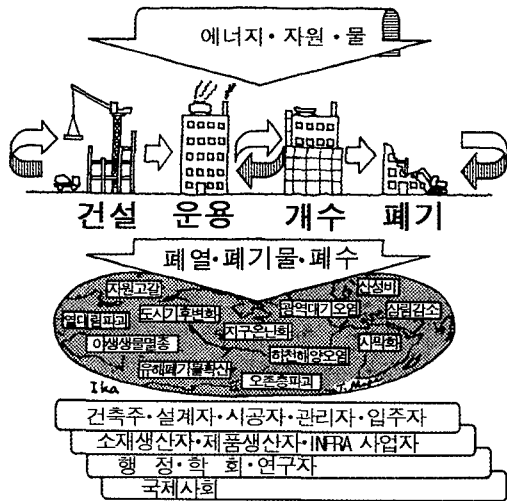


〈그림 1〉 지구환경과 건축물 라이프사이클과의 관계

것이 중요하다.

건축물은 건설, 유지관리, 철거/폐기의 라이프사이클을 갖게 된다. 라이프사이클 과정에서 환경과의 상호영향관계는 〈그림 1〉과 같이 나타낼 수 있다. 〈그림 1〉은 건축물의 라이프사이클 과정에서 지구환경과의 관련성을 나타낸 것이다. 건축물의 라이프사이클 단계별로 환경영향과의 관계는 크게 충분조건, 필요조건, 필요충분조건으로 설정할 수 있다. 충분조건(a)의 경우 기존의 산업, 경제활동의 유형이다. 이것은 단순히 인간의 삶의 증진을 위해 일방적으로 환경을 이용하는 형태이다. 필요조건(b)의 경우는 인간의 일방적인 환경의 이용결과 다시 인간의 삶의 저하를 가져옴에 따라 환경의 중요성이 대두된다. 이것은 인간의 삶보다는 환경에 비중을 두는 것으로 환경보전을 위해서는 인간의 삶의 저하를 수용하는 형태이다. 반면, 필요충분조건(c)의 경우는 인간의 삶의 증진과 환경보호가 상호 의존적인 관계로서 동등한 위치에서 영향을 미치는 것이다. 이것은 인간의 기본욕구와 복지의 충족에 기반을 두고 있는 경제성장과 환경보전이 상호 조화를 이루는 「경제개발 + 환경보호 = 0」이라고 하는 Zero Sum 원리를 보여주는 것이다.

〈그림 2〉는 건축물의 건설이 단순히 건축물과 인접된 환경에 미치는 것만은 아니라는 것을 보여주는 것이다. 즉, 건축물의 건설에 요구되는 자원, 에너지 등은 일정의 순환체계를 가지고 있는 것이다. 따라서 건축물의 건설로부터 운용, 개·보수, 해체에 이르는 라이프사이클의 각 단계에 있어서 LCA분석대상의 특징, 환경부하 분석대



〈그림 2〉 건축물 라이프사이클에서의 에너지, 자원 등의 순환

상, 환경부하정도 등을 명확히 하고 건축물에 직·간접적으로 관계하는 부분에 대해 영향을 미치는 정도에 대해 구체적으로 분석·평가하는 것이 중요하다.

건축물의 LCA는 사용한 자원 및 에너지, 환경으로 배출되는 환경오염을 규명하고 정량화함으로써 건축물의 구성제품이나 공정에 관련된 환경부하와 에너지·자원소비에 따른 환경부하를 평가하는 과정으로 정의할 수 있다. 이것은 건축물의 건설 혹은 철거단계에 이르는 영향을 포괄적으로 평가하여 건축물이 지나는 환경친화성의 정도를 고려하여 환경부하량 등 건축물 건설의 기획자료로 활용할 수 있다.

다른 한편으로 LCA개념의 적용범위를 확대하여 건축물 구성요소인 자재 및 재료, 제조공정, 각종 경제, 산업, 서비스 활동들이 에너지·자원 소비 및 환경에 미치는 각종 부하를 건축물 라이프사이클에 걸쳐 정량적으로 분석·평가하고 있다. 이것은 자원의 고갈 및 생태계의 파괴 등 건축물이 환경에 미치는 영향을 근본적으로 해결하기 위한 개선방안을 모색하는 기술적 과정이다. 따라서 설계와 개선방법의 선택을 판단할 수 있는 사고과정이며 환경부하 혹은 배출에 관

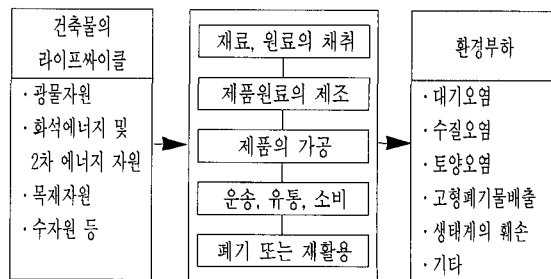
한 질적·양적 자료를 평가하여 건축물의 환경부하 개선을 위한 대안을 선정·검토하는 과정으로 사용된다.

건축물의 LCA 흐름

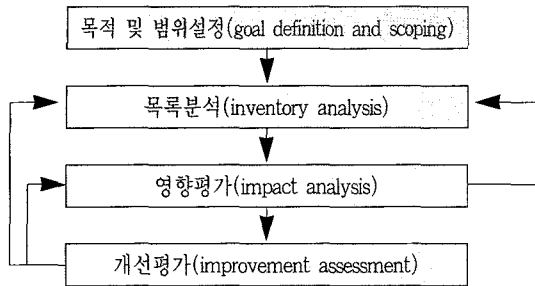
건축의 LCA는 사용한 자원 및 에너지 그리고 환경으로 배출되는 환경오염을 규명하고 정량화함으로써 건축물의 구성제품이나 공정에 관련된 환경부하와 에너지·자원소비에 따른 환경부하를 평가하는 과정으로 정의할 수 있다. 이것은 건축물의 건설에서부터 철거/해체단계에 이르는 영향을 포괄적으로 평가하여 건축물이 지나는 환경영향 정도를 고려하여 환경부하를 저감하는 전략기획을 수립하기도 한다.

〈그림 3〉에서 보는 바와 같이 건축물의 건설을 위한 원료채취에서부터 환경영향 흐름은 연속적으로 순환하는 특성을 지니고 있다. 예를 들어 건축물의 철거/해체단계에서 발생된 철강재, 혹은 콘크리트는 재활용되거나 다른 자재의 제조에 재투입되어 새로운 제품으로 생산되기도 한다. 새로운 제품은 다시 신축 건축물의 건설에 투입되는 과정을 가지게 됨으로써 반복적인 순환체계를 갖게 된다.

건축물 라이프사이클 과정에서 환경과 건축물과의 상호순환체계를 가짐으로 인해 평가목적설정과 이에 따른 평가범위 등이 명확히 설정되어야 한다. 이러한 측면에서 LCA는 크게 4단계로



〈그림 3〉 건축물 라이프사이클의 흐름



〈그림 4〉 건축물의 환경친화성 평가 흐름도

구분하여 정리할 수 있다. 이것은 목적 및 범위 설정(goal definition and scoping), 목록분석(inventory analysis), 영향평가(impact analysis), 개선평가(improvement assessment) 등으로 나눌 수 있다.

- ① 목적 및 범위설정(goal definition and scoping)은 LCA를 하고자 하는 대상 건축물의 특성에 따라 연구의 목적, 범위, 기능 단위(functional unit)와 연구결과의 심도수준 등을 결정하는 것으로 이루어진다. 그리고 이 단계에서는 연구목적에 따라 분석하고자 하는 연구범위를 결정하고 연구결과에 대한 정밀도 등의 수준을 결정하는 단계이다.

건축물의 설계자 스스로 목적에 따른 대안을 설정하고 이에 대한 정량적인 LCA를 수행하고 대안에 대한 의사결정을 하게 됨으로써 LCA의 목적과 범위를 명확히 설정하여야 한다. 일반제품과는 달리 건축물의 LCA는 사용목적에 따라 수집하는 자료, 분석방법, 결과가 다르기 때문에 LCA 목적의 용도를 명확히 하는 것이 필요하다. 그리고 목록분석(inventory analysis)을 위해 LCA의 분석영역을 설정하고 분석에 요구되는 다양한 조건을 사전에 전제하거나 가정하는 과정이 필요하다.

- ② 목록분석(inventory analysis)은 건축물의 라이프사이클 과정에서 건축활동에 의해 발

생하는 에너지, 자원 요구량, 대기오염물질, 수질오염물질, 고형폐기물의 배출량 등 환경오염 부하량에 대한 기술적, 통계적 자료를 구축하는 과정이다. 건축물의 LCA목적이 설정되면 조사목록을 작성하는데 여기에서는 건축물의 라이프사이클 단계별 평가요소를 추출, 정리하는 것이 필요하다. 기본적으로 조사목록에는 에너지·자원소비량과 환경부하 항목으로 대기오염, 쓰레기 발생량 등이 포함된다. 조사목적에 따라서는 입수가능한 자료가 한계가 있으므로 초기에는 주요 조사항목으로 출발하여 수행하고 점차적으로 자료입수가 향상됨에 따라 조사항목을 점차 확대하는 것이 바람직하다.

그리고 건축물의 라이프사이클은 설계, 건설, 운용, 개·보수, 철거/폐기의 과정을 가짐으로 이들 각 단계로 구분하여 목록분석을 하는 것이 필요하다. 특히, 건물은 수명이 장기간으로 운용기간동안의 수선주기, 수선율, 개·보수 공사의 종류 등에 따른 환경부하를 분석하는 것이 중요하다.

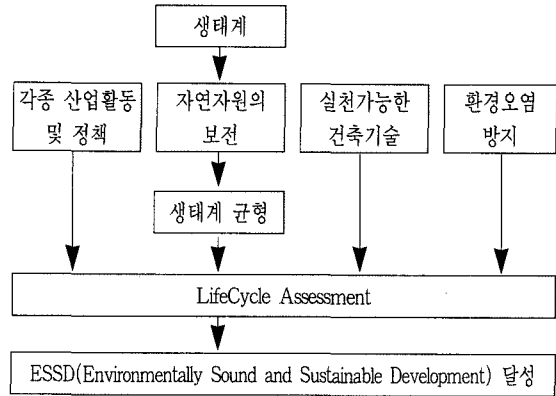
- ③ 영향평가(impact analysis)단계는 조사분석 과정에서 확보된 에너지·자원 소비량 및 환경부하에 대한 영향을 평가하는 것으로 기술적, 정량적, 정성적 평가과정을 거치게 된다. 영향평가에는 환경생태학적 측면 뿐만 아니라 인간의 건강에 대한 영향, 자원 소비 및 고갈, 후생복지(welfare) 등까지도 포함되기도 하고 더 나아가서는 거주지 환경변경이나 열, 소음, 공해 등의 영향까지 포함시키기도 한다. 평가척도로 사용되는 것은 지구온난화계수(GPW, Global Warming Potential), 에너지·자원고갈계수, 건강유해계수, 산성우 및 오존층 파괴계수 등을 사용하며 이들의 종합적인 평가를 수행하는 것이 바람직하다.

영향평가는 다음의 3단계 과정으로 진행된다.

첫 번째 단계는 분류(classification)과정이다. 목록분석과정에서 수집된 자료들을 인간의 건강이나 생태계 균형, 자원고갈 등의 범주로 분류하고 점차적으로 중심이 되는 환경오염부하요인의 범위를 줄여나가면서 영향도를 합산하는 과정이다. 두 번째 단계로는 특성화(characterization)과정으로 각각의 오염부하 요인들이 생태계 균형이나 인간의 건강, 자원고갈에 어느 정도 영향을 미치는가 하는 영향도를 분석하고 추계하는 것이다. 세 번째 단계로는 평가과정으로서 서로 다른 영향인자나 범주에 가중치나 상대값 등을 부여하여 각 범주간 영향도 뿐만 아니라 종합적인 환경영향을 평가하여 정책결정하는 과정이다. 가중치나 상대값들은 개인의 주관적인 가치판단이나 편견들이 배제된 객관적이고 공평한 평가방법(formal valuation method)을 사용하는 것이 중요하다.

- ④ 개선평가(improvement assessment) 단계는 건축물의 건설, 유지관리, 철거/해체 단계 등의 라이프사이클 전체 과정에서 이루어지는 에너지와 자원 소비, 환경오염물질 배출과 관련된 환경부하를 줄이기 위한 대안과 대체 등을 체계적으로 추출하여 평가하는 것이다. 이 분석은 개선에 대한 정량적, 정성적 크기를 분석하는 것으로 현재까지는 방법론적으로 확립되어 있지는 않다.

이러한 4단계로 이루어진 건축물의 LCA는 평가목적 및 범위설정 수준에 따라 목록 분석, 영향평가, 개선평가 등의 결과가 좌우된다. 그러나 이러한 평가체계는 철강, 시멘트 등의 극히 일부 건축자재와 재료부분에서 수행되기도 하나 아직까지 영향평가와 개선평가부분에 대해서는 체계



〈그림 5〉 건축물의 환경친화성 평가요소

화된 평가방법을 갖추고 있지는 못하다. 다만, 일반소비재 제품의 경우 4단계의 평가흐름을 이용하여 환경친화성 평가를 수행한 사례가 있을 뿐이다.

건축물의 LCA는 최종적으로는 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 실현하기 위하여 제품, 재료 건축구성요소 등으로 구성된 건설, 사용 및 운용단계, 철거로 인한 자원, 에너지 소비 및 환경오염 부하를 최소화하는데 목적이 있다.

LCA는 단순히 건축물에 국한하여 수행하기보다는 건축활동과 관련된 분야를 포함하여 포괄적으로 수행하는 것이 바람직하다. 건축물에 요구되는 다양한 자재, 재료 등이 여러 산업분야와 관련이 있고 특히, 생태계에 주는 영향이 다양하기 때문이다. 즉, 생태계, 전체 산업분야에서의 환경친화적인 방향으로 전개하면서 실천가능한 건축기술이 접목되어 전체가 동시에 움직임으로써 효과가 크게 나타난다. 이것은 주변지역, 국가, 더 나아가 범지구적 차원에서 진행됨으로써 궁극적으로는 “환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD)”를 달성할 수 있을 것이다. ㉔