

환경부하 및 경제성을 고려한 친환경 최적설계

Sustainable Optimum Design by
Environmental and Economical Efficiency

필자 : 우지환, (주)엑스퍼트벤처 건축사사무소
by Woo, Jee-hwan, KIRA



건축공학을 전공하고 1992년 한양대학교 대학원에서 석사 학위를 받았다. 1994년 법인 설립 이후 건축사로서 현재 뉴타운 재개발 및 재건축 사업인 주거환경 개선사업을 중심으로 (주)엑스퍼트벤처 건축사사무소를 운영 중에 있으며, 2011년 같은 대학원에서 건축환경공학을 전공하여 박사 학위를 받았다.

현재 정부지정 법원감정인, 한국건설교통기술평가원 초고층복합화사업 심의위원, 대한민국법원행정처 법원전문심리위원, 대한건축사협회 저작권TF 위원, 서울시 성동구청 도시분쟁조정위원, 부천시청 외부전문가감사위원, 한양대학교 친환경건축연구센터 겸임 연구교수 등으로 활동하고 있으며 친환경을 주제로 한 다수의 논문을 발표하였다.

목 차

1. 전과정 평가와 최적설계 시스템
Life Cycle Assesment & Optimum Design System
2. 공동주택 전생애 환경부하 평가 시스템
Environmental Efficiency Evaluation System of
Apartment House Life Cycle
3. 친환경 건축물 최적설계 평가 프로그램 개발
Development of the Program for
Sustainable Building Optimum Design
4. 환경부하 및 경제성의 친환경 최적설계
Sustainable Optimum Design of
Environmental & Economical Efficient

우리가 과거 인식해온 지구 온난화는 단순한 자연의 섭리와 우발적 기후 변화에 기인한 것으로 판단하여 등한시 해 왔으나, 오늘날의 온난화는 계속되는 과학자들과 학자들에 의한 기상과 기후변화의 지속적 연구 결과와 더욱 표면화되며 심각해지고 있는 자연 현상 등을 통해 이제는 우리의 재산은 물론이요 생명의 위협을 넘어 하나뿐인 지구를 잃게 될지도 모른다는 결론에 도달하게 되었다.

이러한 지구 위험을 알리는 경종은 대단한 경각심을 불러

일으키고 동시에 우리에게 의한 일련의 건축행위가 미래에 지속 가능한 건축으로 유지될 수 있는가에 대한 심각한 고민에 빠져 들게 한다.

이와 같은 지구 보호를 위한 중대한 문제의 해결은 자신이 속한 분야에서 부터 그 실마리를 찾아야 한다. 이에 공동주택의 전생애 주기에 관한 환경부하의 저감과 이를 위해 수반되는 경제성을 고려한 친환경적 최적설계 방안을 제시하고자 한다.

1. 전과정 평가와 최적설계 시스템

1. Life Cycle Assesment & Optimum Design System

서론

최근 새로운 국면을 맞이하고 있는 글로벌 기후변화협약의 경향에 따른 '국제 사회의 가장 광범위한 기후변화협약(포스트 교토협약)'의 탄생이 예견되고 있는 가운데 1997년 UN(United Nations) 기후변화협약에서 채택된 교토의정서에 따라 5년간(2008년~2012년) 온실가스 감축이 시행되고 있으며, 온실가스 주요 배출국이 감축 의무국에서 제외되었던 교토체제의 문제점을 해결하기 위해 포스트 교토체제가 대두되어 2013년 이후 선진국뿐 아니라 개도국을 포함하여 범세계적 기후변화협약 채택을 위한 합의 노력이 본격화되고 있다. 이로서 향후 개별 국가 차원의 노력으로는 기후변화문제를 해결할 수 없으며 범세계적 공조가 필요하다는 공감대가 국제 사회에 형성되고 있다.

이러한 국제적인 공감대가 형성되고 포스트 교토체제가 기화와 위협으로 다가오고 있는 가운데, 최근 국내 대기업이 녹색경영선언을 발표하는 등 기업의 기후변화 대응노력이 가시화되고 있으며 자발적으로 온실가스 감축 목표를 제시하고, 이를 달성하기 위해 탄소저감 설비 및 친환경 기술 개발에 대대적인 투자를 하기로 선언한 바 있다. 선진국이 온실가스를 감축하는 상황에서 우리나라의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하여 기후변화 대응을 위한 국제적인 조류에 역행하고 있는 상황이어서 기후변화협약을 위한 국제적 노력에 능동적으로 대처하지 못하면 한국은 수출 경쟁력 및 신성장 동력 창출의 기회도 상실할 수 있음을 시사하고 있다.

또한 기후변화 완화에 참여하지 않는 국가에 대해서는 무역제재를 가하는 '녹색보호주의(Green Protectionism)'가 대두되고 있어, 대외 무역의존도가 높은 한국 경제에 부담으로 작용할 것으로 예상되며, 글로벌 기업으로 성장한 한국 기업의 탄소저감 노력이 미진하다고 인식될 경우 글로벌 시장에서 기업가치가 하락할 우려가 높다. 아울러 건설 산업 구조를 한 단계 업그레이드 할 수 있는 녹색산업육성의 기회 또한 상실할 공산이 크다고 할 수 있다. 결국 기후변화에 소홀한 대응으로 인하여 무역제재에 따른 수출피해, 에너지 효율화 지연 및 건설산업 유행분야에서의 경쟁력 열위 등으로 막대한 비용을 부담하지 않으면 안 되는 국제적으로 곤란한 경우에 처할 수 있다.

전과정 평가의 배경 및 전망

LCA의 시도

전과정 평가(Life Cycle Assesment : LCA)에 대한 연구는 일찍이 1960년대부터 시작되었다. 한정된 에너지와 천연 자원의 고갈에 대한 우려는 에너지 사용을 종합적으로 설명하고 앞으로의 자원 공급 및 사용을 전망할 수 있는 방법을 모색하기에 이르렀다. 초기 출판물 중에는 Harold Smith가 화학제품과 중간원료 등의 생산에 이용되는 에너지의 누적 총량 계산에 대한 연구 결과를 1963년 세계 에너지학회에서 발표한 것이 있다. 이것이 제품의 제조과정에 걸친 에너지의 사용 총량을 계산하려는 첫 시도로 기록되어 있다.

LCA의 연혁

1960년대 후반에는 지구의 문제를 모형화 하여 예측하려는 노력들이 전 세계적으로 유발되었다. 인구의 증가에 따른 지구의 자원과 에너지의 수요 증가를 예상하는 것이 목적이었다. 그 결과, Meadows의 저서 「성장의 한계(The Limits to Growth)」와 로마클럽(Club of Rome)의 「생존을 위한 청사진(A Blueprint Survival)」 등이 출판되었다. 이들은 자원과 에너지 수요의 증가로 화석연료의 고갈이 빠르면 몇 십 년 이내에 올 수도 있다는 점에서 의견의 일치를 보이고 있으며, 또한 발생하는 페옌로 인한 지구의 온난화, 빙산의 용융, 기상이변 등도 발생될 수 있음을 예견하였다. 이러한 경고들은 산업 전과정에서의 에너지 양을 보다 자세히 조사하려는 노력을 유발시켜, 대체 에너지 자원에 대한 비용 예측과 환경적 영향에 대한 연구가 활발히 진행되기도 하였다.

미국에서는 1960년대 후반에서 1970년대 초반에 걸쳐 대체 에너지원의 비용과 환경영향을 추산하려는 이른바 '연료순환(Fuel Cycle)' 연구가 활발히 진행되었다. 이들은 환경 배출물의 양도 추산하였으나 주 관심사는 에너지 문제였다. Resources for the Future라는 단체와 미국 환경청보호청(Environmental Protection Agency : EPA) 등에 의해 비용 절감을 위한 연구들이 수행되었는데, 이 연구는 펄프, 제지, 정유, 철강 산업 등에서의 에너지와 원자재 양을 계산하였다. 그 중 1969년도에 코카콜라 회사를 위한 연구가 개시되었는데 이것이 오늘날 미

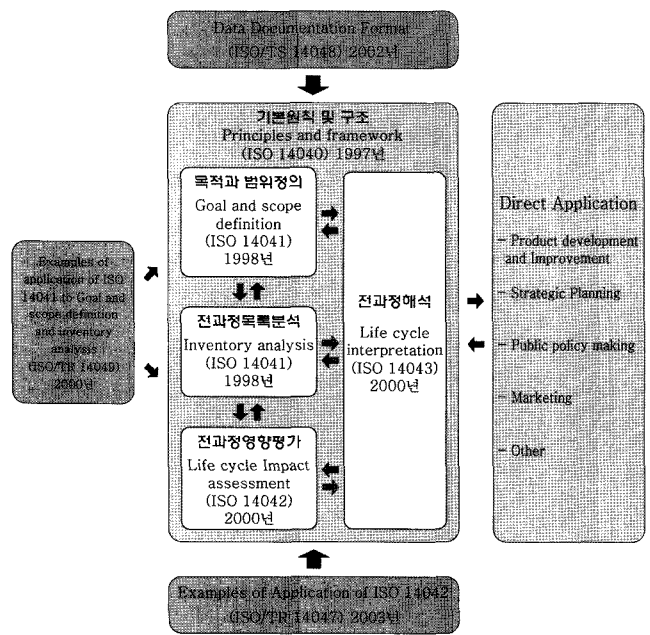
국에 있어서 전과정 목록분석 방법의 기초가 되었다. 각종 음료수 용기들 중 어느 것이 환경 배출물이 가장 적고 천연 자원 공급에 가장 적은 영향을 미치는지에 대한 비교를 통하여, 각 용기에 사용되는 원료의 종류 및 연료의 양과 제조공정에서 발생하는 환경적 부담을 정량화하였다. 미국과 유럽의 다른 기업들도 이와 비슷한 전과정 목록분석 연구를 행하였다. 이 시기에 사용된 대부분의 데이터들은 정부의 발간 문서나 기술 보고서로부터 얻어졌는데 이는 기업 데이터를 수집하기가 용이하지 않았기 때문이다.

1975년부터 1980년대 초에 이르는 동안 석유파동의 위기감이 사라짐에 따라 이러한 종합적인 연구에 대한 관심이 감소되었다. 따라서 환경에 대한 관심은 유독성 폐기물 처리에 관한 문제로 옮겨가게 되었다. 전과정 목록분석은 이 기간 중에도 계속 수행되었으나 그 방법론의 개선속도는 크게 둔화되었다. 이른바 녹색운동(Green Movement)이 태동하였고 유럽의 녹색당 등의 활동이 환경문제에 대한 관심을 다시 일깨워, European Commission이 환경 이사회를 발족하면서 유럽인들의 관심이 증대되었다. 유럽의 전과정 평가 연구자들도 미국에서 사용된 것과 유사한 방향의 접근 방법을 개발하였다. 환경 이사회에는 유럽 전체에 통용되는 오염 관련 규제를 표준화하는 작업 외에도 1985년도에 액체 식료품 용기에 관한 규제를 제정하여 회원 업체로 하여금 액체 식료품 용기와 관련된 에너지 및 원료 소비와 고품 폐기물 발생량을 조사 감시하도록 하였다.

1980년도 후반에는 고품 폐기물 문제가 국제적인 관심사로 대두되면서 녹색운동 등의 압력으로 재활용에 대한 노력이 촉발되었다. 때를 같이하여 심각한 대기 및 수질오염과 폐기물 관리에 대한 세계적인 관심도 증가되었다. 이러한 압력들의 결과로 기존의 에너지, 원료, 폐기물에 대한 고려 이외에도 기체, 액체, 고체 배출물 문제를 포괄하는 환경대책이 필요함에 따라 이들에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

1990년대에 들어서면서 환경독성화학회(The Society of Environmental Toxicology and Chemistry : SETAC)와 미국의 환경보호청(EPA)을 중심으로 전과정 평가의 구체적인 방법론에 대한 연구가 시작되었다. 1990년에 SETAC에서 주최한 워크숍에서 미국의 관행에 따라 제품의 자원 사용량과 환경 배출물을 정량화하는 과정이라고 불리게 된 Resource and Environmental Profile Analysis(REPA)를 수행함에 있어서 LCA(Life Cycle Assessment)의 필요성에 대해 집중적으로 논의가 이루어졌으며, 이와 비슷한 시기에 EPA에서도 전과정 평가 관련 연구 활동을 시작하여 가이드라인과 공공 및 민간 분야에서 사용할 수 있는 데이터베이스 개발에 착수하였고, 1993년에는 전과정 목록분석 가이드라인이 출간되기도 하였다. 1993년에는 국제표준화기구 국제환경경영의 표준화를 위해 환경기술위원회(TC 207)를 발족

시켜 환경경영에 대한 구체적인 표준화 작업을 개시하였으며, 전과정 평가에 대한 표준화 작업이 TC 207 산하에 있는 제5분과 위원회(SC 5)에서 이루어지게 되었다. 현재까지의 표준화 진척 상황을 살펴보면 전과정 평가의 기본 원리와 골격을 다루고 있는 ISO 14040(Life Cycle Assessment-Principles and Framework)은 1997년 6월에 국제표준으로 제정되었으며, 목적 및 범위 정의와 전과정 목록분석에 대한 표준인 ISO 14041(Life Cycle Assessment-Goal and Scope Definition and Life Cycle Inventory Analysis)은 1998년 중반에 국제표준으로 제정되었다.



ISO 14040 Series

LCA의 전망

지난 20여 년간을 되돌아보면, 전과정 평가는 기술자나 기획분석 전문가들에 의하여 중요한 도구로 발전되었으며, 음료수 용기나 식료품 용기, 즉석 식품 포장 및 선적용 포장 등 다양한 형태의 제품 포장을 평가해왔다. 이는 폐기물의 흐름 증포장물의 양을 줄이거나 포장물 생산 공정 중의 환경적인 배출물을 줄이려는 노력의 일환이었다. 일부 연구에서는 기저귀나 세제와 같은 소비나 용품이 다루어졌으며 또한 동일 제품의 제조방법에 대한 공정의 대안들이 비교되기도 하였다.

이러한 환경문제를 분석하는 도구로 전과정 평가 기법이 부상하게 된 것이며, 자원과 환경에 영향을 미치는 전 분야에 대한 관심이 증가함에 따라 전과정 평가의 방법론에 대한 개선이 가속화되었다. 미국과

유럽의 많은 건설링 회사와 연구기관들은 그 방법론을 더욱 가다듬고 확장시키고 있다. 최근 고품 폐기물을 재활용하고 퇴비화 하는 것이 강조됨에 따라 이러한 폐기물 관리 방법을 전과정 평가에 포함시키는 접근 방법이 개발되었다. 환경 자원의 요건과 배출물의 영향을 분석하는 데에 대한 관심이 집중됨에 따라 전과정 평가 방법은 목록 분석에 국한되지 않고 새로운 발전 가도에 있다.

최적설계

최적화

최적화(Optimization)는 '최고'란 의미의 라틴어 'Optimus'로부터 유래되었다. 최적화 이론과 그 해법은 일찍이 수학의 한 분야로서 유럽과 미국에서 여러 분야의 학자들에 의해 많이 연구되어 왔으며 제2차 세계대전 이후에는 산업, 군사, 행정 등의 여러 조직에 적극적으로 활용되기 시작하여 생활에 많은 변화를 가져왔다. 사실은 우리 모두가 알게 모르게 최적화의 개념을 인식하고 있으며 그 해법 또한 나름대로 지니고 있다. 예를 들면 어떠한 물건을 구입하려 할 때 우리는 몇 가지 대안 중에서 재정적인 고려와 함께 구입이유, 사용기간, 애프터서비스, 사용대상, 구입가격 등의 여러 조건을 비교 검토한 후 결정을 내리게 된다.

최적설계

최적설계란 설계 사양을 수학적 모델로 구성하고 이를 수학적인 방식으로 설계치를 구하는 자동화 설계기법이다. 설계자의 통찰력과 경험적 기술에 의존하는 전통적인 설계방식에서도 획기적이고 창의적인 결과를 얻을 수도 있으나, 체계적인 설계변수의 변화를 얻기가 어려우므로 수학적 방법으로 설계변수 변화를 구할 수 있는 수치적인 설계법을 모색하게 된다. 최적설계에서는 중요한 시스템 변수를 최적화 알고리즘으로 변화시켜 가장 좋은 설계라고 정한 기준의 만족여부를 확인함으로써 설계를 마치게 된다. 최적설계의 기본개념은 최적설계의 정식화, 도해 최적화, 최적화의 기법, 최적설계의 해법, 반응표면 모델에 의한 최적설계 등을 통해 그 이론을 알 수 있다.

최적설계 시스템

지금까지의 최적설계는 주로 단일 분야로 한정된 범위에서 수행되어 왔다. 그러나 고성능 다기능 고부가가치 제품을 개발하기 위해서는 제품설계와 관련된 여러 분야의 공학적 원리들(구조해석, 동역학, 열 유체유동해석, 제어, 전자기장해석 등)을 동시에 고려하며 각 분야간 상

충된 설계 조건들을 통합적으로 다룰 수 있는 설계기법을 필요로 하는데, 이러한 설계기법을 통해 여러 분야의 공학적 설계원리들을 동시에 고려하여 균형 있고 유기적인 방법으로 최적설계 결과를 구하는 설계 자동화 신기술이 곧 다분야 통합 최적설계(MDO) 기술이다. 다분야 통합 최적 기술인 MDO는 Multidisciplinary Design Optimization의 약자로 대형화되고 복잡적으로 구성된 System을 위한 공식적인 설계방법론 중의 하나로써 정의 할 수 있으며, MDO를 통하여 설계과정의 모든 단계에서 연관된 분야와 현상들을 상호 연결시켜 주는 시너지 효과를 창출해 낼 수 있다.

최적설계의 적용

이상과 같은 최적설계의 관련 내용을 건축에 효율적으로 적용하기 위하여 최적설계 시스템에 관한 최적화 이론, 최적설계 시스템의 이해, 설계 최적화 과정, 최적화 기법, 최적설계 방법 및 설계문제 정식화 등을 분석 검토하고 이를 토대로 공동주택의 전생애 친환경 최적설계 평가 시스템의 개발을 위해 최근 국내 및 국제적인 개발 성향에 편승하여 독자적으로 개발된 PIDO(Process Integration and Design Optimization)를인 PIANO(Process Integration, Automation and Optimization)를 최적설계의 도구로 사용하였다. ■