

건설사업의 환경성 및 CO₂ 배출 평가 프로그램 개발

The Program Development for Environmental Quality Level and Evaluation of Carbon Dioxide Emission in Construction Works

이경희¹ · 김효진² · 권석현³ · 김민지⁴

Kyoung Hee Lee¹, Hyo-Jin Kim², Suk-Hyun Kwon³ and Min-Ji Kim⁴

(Received April 9, 2012 / Revised April 24, 2012 / Accepted September 27, 2012)

요 약

세계적인 에너지 및 온난화 문제로 이에 대한 개선은 필연적인 과제가 되었다. 그러나 기존의 대응은 건설단계와 운용단계의 에너지 소비절감에 집중되어 왔다. 상대적으로 유지관리 및 해체·폐기단계의 관리는 소홀하였다. 본 연구에서는 건설 전 생애주기에 걸쳐 각 건설단계 별로 발생하는 환경부하를 정량적으로 예측하여 평가하고, 각 공정별로 환경부하를 평가할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 건설 전과정에서의 환경부하 평가 및 저감을 위한 객관적이고 신뢰성 있는 의사결정 모델을 제시하였다. 또한 프로그램의 현장 적용성을 검토하기 위해 실제 해체공사를 대상으로 시험평가를 실시하였다. 이를 통해 친환경 건설기술 개발에 일조하고 저탄소 녹색성장에 기여하고자 한다.

주제어 : 전과정평가, 환경부하량, 온실가스, 이산화탄소, 생애주기

ABSTRACT

One-third of total energy and 50% of CO₂ emissions arise from construction phase. Because of this global amount of energy consumption and CO₂ emission, we must do our best to solve this problem. But our existing ways of meeting this problem has focused on the energy consumption saving of the construction and dwelling stage. On the other hand, we has been treated too lightly for handling the CO₂ emissions problem during the maintenance management and the demolition process so far,. In this paper, we quantitatively predicted and evaluated the environmental load in each construction step during all life cycle. And, we developed the environmental load assessment program for each construction step. And we proposed the reliable decision support model for objective and reliable environmental load assessment and reduction. This result must help the development of construction technology and low carbon & green growth.

Key words: Life Cycle Assessment, Environmental Load, Greenhouse Gas, Carbon Dioxide, Life Cycle

1. 서 론

1.1 연구필요성 및 목적

지구온난화와 에너지소비 증가에 따라 CO₂ 배출저감은 전 세계적인 화두가 된지 오래이다. 전체 산업부문 중에서 건설공사는 전 세계 에너지소비의 1/3, 자원소비의 40%, CO₂ 배출의 50%, 폐기물 배출의 20~30%를 차지하고 있다(www.greenbuilding.re.kr). 이에 정부는 저탄소녹색성장을 핵심정책으로 발표하고 그에 따른 다양한 정책을 추진 중이다.

그 중의 하나가 녹색건설이다. 녹색건설은 수많은 산업분야와 연계되어 있어 그 파급력이 크고, 가시적인 측면이 강할 뿐만 아니라 실제로 환경에 도움이 되는 분야라고 할 수 있다. 이러한 측면에서 기존에 관심이 집중되어 있는 건축물 에너지 부분 외에 건설사업 부문 전반에 걸친 환경성을 개선하고자 하는 노력들과 그 정량적인 평가방안이 필요하다. 선진 외국의 경우에는 이미 설계시 환경부하 배출량을 사전에 고려하여 지속가능한 설계 및 시공기술의 개발이 진행되고 있다. 또한 착공부터 환경부하량이 가장 적은 자재를 선정하

1) (주)도명이엔씨 연구소장(주저자: khlee1975@nate.com)

2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원(교신저자: hyojin@lh.or.kr)

3) (주)도명이엔씨 대표이사

4) (주)도명이엔씨 연구원

여 활용하고 있는 단계까지도 진행되고 있다.

이처럼 각종 건설사업에 적용되는 신공법, 신소재의 녹색성, 친환경성 등을 평가하기 위해서는 전과정 동안 발생할 수 있는 환경부하량 및 온실가스 배출량에 대한 신뢰성 있고 재현성있는 평가가 선행되어야 하며, 이를 바탕으로 종합적인 환경평가가 이루어져야 한다. 그러나 현재까지 건설부분 온실가스 저감대책은 주로 건축물의 산축, 신재생에너지의 활용 등 일부분에 집중되어 있다. 반면에 실제로 훨씬 많은 온실가스를 배출하는 시설물의 운용단계, 그리고 목적을 다한 구조물의 해체·폐기 단계에 대해서는 상대적으로 소홀하였다. 그로 인해 생애주기 중 이들 단계의 환경성에 대한 정량화방법 즉, 건설공사 전반에 대한 탄소배출량 산정 및 예측방법이 명확히 정립되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대형 건설사업에서 발생하는 탄소배출량을 정량화하고 각 건설공정의 구성에 따른 탄소발생량을 예측하여 저탄소 공정을 평가할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이를 위하여 초기 건설 및 유지관리 단계에서는 표준품셈 등을 활용하여 장비, 자재 등의 표준 공종을 구성하여 환경부하량을 산정하였다. 또한 해체·폐기 단계에서는 해체 장비 및 중간 매립지 등으로 이동하는 폐기물 처리 장비의 운용과 최종 폐기시 발생하는 환경 부하량을 산출하였다. 즉, 자원채취, 자재생산, 시공과정, 운용 및 유지관리 단계부터 해체·폐기 단계까지를 포함하는 건설생애주기 전단계에서 발생하는 환경부하량을 산정하였다. 환경부하량은 ISO(International Organization Standardization : 국제표준화기구) 14040 Series에 따라 8가지 영향범주로 분류하고, 그 중 지구온난화 범주의 CO₂ 발생량을 특화하여 따로 평가할 수 있도록 구분하였다. 본 연구에서는 CO₂ 외에도 SO_x, NO_x, CFCs, HC 등의 환경오염 배출량을 산정하되, 지구온난화, 인간독성 등 8가지 환경영향범주에 따라 각 오염배출량을 구분하여 평가할 수 있도록 프로그램을 개발하고자 한다. 또한 개별 시설물 대상이 아닌 건설공사 전반에 사용되는 공종 및 자재, 장비를 기반으로 하여 전체 건설공사에 적용할 수 있도록 활용성을 높이고자 한다. 본 논문은 특히 기존에 관심밖이던 해체·폐기 단계의 CO₂ 발생량의 정량적 산출 프로그램을 개발하였는데 그 의미가 있으며, 궁극적으로는 친환경 건설의 공정 기술 개발에 일조하여 저탄소 녹색성장에 기여하고자 하는 것이다.

1.2 기존 연구동향

최근 온실가스 규제에 대한 정부의 의지가 강해지면서 각 사업장별, 대형 건설사별, 혹은 해당 사업별 탄소배출량 원단위 산정, 탄소배출 인벤토리 구축 등에 대한 노력이 진행되고 있다. 특히 건설산업은 자재의 생산 및 수송, 건설 및 운영 등의 전 과정에서 많은 양의 온실가스를 배출하며, 제1차 금속,

전력 산업에 이어 세 번째로 많은 양의 CO₂를 배출하는 것으로 보고된 바 있다(박필주 등, 2009). 그간 건설 관련 환경 정책들은 주로 거시적 관점의 접근으로 건설공사의 구체적인 프로세스에 적용하기엔 미흡한 실정이다(이병윤 등, 2010). 황용우(2000)는 토목구조물의 종합적인 환경영향 분석을 위한 방법론인 LCA(Life-Cycle Assessment, 전과정평가)의 필요성을 강조하였다. 또한 박광호 등(2000)은 고속도로 공사 시 건설자재를 사업수행 단계별로 구분하여 IPCC(International Panel Climate Change, 기후변화 정부간 협의회)의 탄소배출계수를 이용하여 환경부하량을 산정하였다. 국외에서는 Forseberg 등(2004)이 환경부하량 평가방법을 비교한 바 있고, Gonzalez 등(2006)은 스페인 등의 환경영향 기준을 적용하여, 자재의 선택에 따른 CO₂ 발생량의 변화에 대한 연구를 진행하였다. 온실가스 배출량을 산정하는 방법으로는 산업연관표를 이용한 배출량 산정, 해외 LCA 프로그램 및 DB 분석을 통한 배출량 산정 등 다양한 방법이 제시되어 왔다(박필주 등, 2009; 정영선 등, 2008; 조한권, 2001; 황용우 등, 2000). 일반적으로 건설공사에 투입되는 자재 및 장비는 그 종류도 다양할 뿐만 아니라 소요량, 투입시간 등이 서로 상이하나, 기존 연구는 특정 자재나 장비만이 분석된 제한이 있다(장우식 등, 2011).

그 외 환경부하량을 산정할 수 있는 소프트웨어로는 국내 외에서 이미 수년전부터 PASS(지식경제부), TOTAL(환경부) 외에도 Gabi(IKP), SimaPro(PRE-Consultant) 등의 소프트웨어가 다수 개발된 상황이다. 그러나 이들 소프트웨어는 초보자 및 사용자들의 접근이 어렵고, 제조업 중심의 시스템 구성으로 인해 건설고유의 환경이 고려되지 않았다는 문제점이 있다(이경희 등, 2010). 최근 들어서는 건설공종 별 전체 건축자재 입력을 통한 상세평가가 가능한 한국건설기술연구원의 K-LCA, 공동주택 평가를 위한 S건설의 ECO-pia, 건축물의 CO₂ 배출량 평가를 위한 L건설의 LOCAS 등이 개발되어 있다. 그러나 이들 또한 CO₂ 부분에 한정되어 있거나 건축물 에너지효율 등 일부 범위에만 적용되고 있는 실정이다. 2010년 12월 국토해양부는 시설물 전생애에 걸친 온실가스 배출량 산정의 토대를 마련하고자 재료생산, 시공, 운영 등 건설공사 전체 과정에서 발생하는 온실가스에 대한 연구를 수행한 바 있다. 또한 정부차원에서 국제적으로 표준화된 가이드라인에 따라 도로(교량 및 터널 포함), 철도, 건축재료 생산 및 시공 단계에서 배출되는 온실가스 산정방법을 개발하여 시범적용 한 사례가 있다(국토해양부, 2010). 그 외 한국도로공사(2009)에서는 고속도로 건설공사시 발생하는 온실가스 배출량 산정 프로그램을 개발하였고, 한국철도기술연구원(2011)에서는 철도의 탄소배출량을 산정할 수 있는 워크시트를 개발한 바 있다. 이처럼 정부와 공공연구기관 차원에서 건설공사에서의 탄소배출량 산정방법을 수립한 것은 그 자체로

의미가 있다고 할 수 있다. 즉, 향후 재료생산, 시공, 유지보수 과정에서 온실가스의 발생을 줄일 수 있는 건설재료 및 공법개발을 유도하는 계기를 마련하는 매우 중요한 시작점이라고 사료된다. 다만, 아직까지는 일부 시설물에 한정되어 있으며, 정부차원에서의 시설별 대표성을 띄기 위해 많은 요소들을 일반화, 단순화하고 있어 실제 건설·공사의 현실을 반영하는 데는 다소 부족한 점이 있는 것이 현실이다.

2. Eco-DM (Ecology-DoMyung E&C) 프로그램의 개발

2.1 Eco-DM 프로그램 개요

2.1.1 LCA를 활용한 환경부하 평가방법

일반적으로 건설사업에서 발생하는 환경부하의 전과정평가 방법은 크게 개별적산방식, 산업연관방식, 그리고 이 두가지를 조합한 조합방식의 3가지로 구분할 수 있다. 개별적산방식은 국가 LCI(Life Cycle Inventory) DB를 바탕으로 각 생애주기(Life Cycle)단계의 물질투입과 환경오염물질 배출물을 이용하여 탄소배출량을 산정하는 방법이다(권석현, 2009). 그러나 프로세스의 목록이 특정조건에 따른 값이기 때문에 객관성이 결여될 수 있으며, 전체 프로세스에 대해 정량화하는데는 한계가 있다. 반면 산업연관방식은 405개 산업부문의 생산품에 따라 에너지 소비량과 환경부하량을 구하는 방식이다. 이는 생산활동 등에 따라 직접적인 에너지 소비량 및 환경부하량과 함께 간접적으로는 소비되는 에너지 및 배출되는 환경부하량을 추계할 수 있어 환경부하를 종합적으로 파악할 수 있다. 그러나 산업구조와 생산활동이 단순화, 평균화되어

있기 때문에 각각의 제품과 기술분석에는 불충분하다. 조합방식은 산업연관표와 에너지 통계데이터, 견적서 등을 활용하는 것으로 기존 견적서 등으로 가능한 방법은 적산방법을 이용하되 그 외는 산업연관표 등으로부터 별도로 구한 에너지 원단위, 탄소배출 원단위 등을 이용하는 방식이다. 조합방식은 건설·토목공사에 활용하기 용이하나, 견적서 상의 항목과 산업연관표상의 항목을 상호조합하는 것이 중요하며, 평가목적에 따라 조정이 필요하다.

2.1.2 Eco-DM 프로그램의 환경부하 평가방법

본 프로그램에서는 개별적산방식과 산업연관방식을 조합하여 LCA 방법을 기본으로 환경평가를 실시하되, 국내 LCI DB를 바탕으로 프로젝트를 구성하고, 누락되어 있거나 부족한 DB의 경우에는 외국의 LCI DB (Eco-invent)를 활용하였다. ISO 기준에 따라 8가지 환경영향범주별로 환경부하량을 산정하고, 1차적으로 개별적산방식을 이용하여 환경부하량을 산출하였다. 그 외 국내외 DB에 누락되어 있는 항목에 대해 산업연관방식을 추가로 적용하여 CO₂발생량을 평가하는 방안을 적용하였다. 즉, 사용자옵션에 따라 지구온난화 범주에서 산정된 CO₂발생량에 산업연관표상의 에너지 원단위를 활용하여 CO₂를 별도로 추가 산정할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 표준품셈을 연계하여 각종 건설공종의 CO₂배출량 원단위를 산정하여 건설공사에서 발생하는 CO₂배출량 산정은 물론, 공종구성에 따른 CO₂배출량의 예측이 가능하도록 하였다.

2.1.3 Eco-DM의 구현 방법

Eco-DM은 사용자가 공사명칭, 기간, 위치, 규모, 개요 등

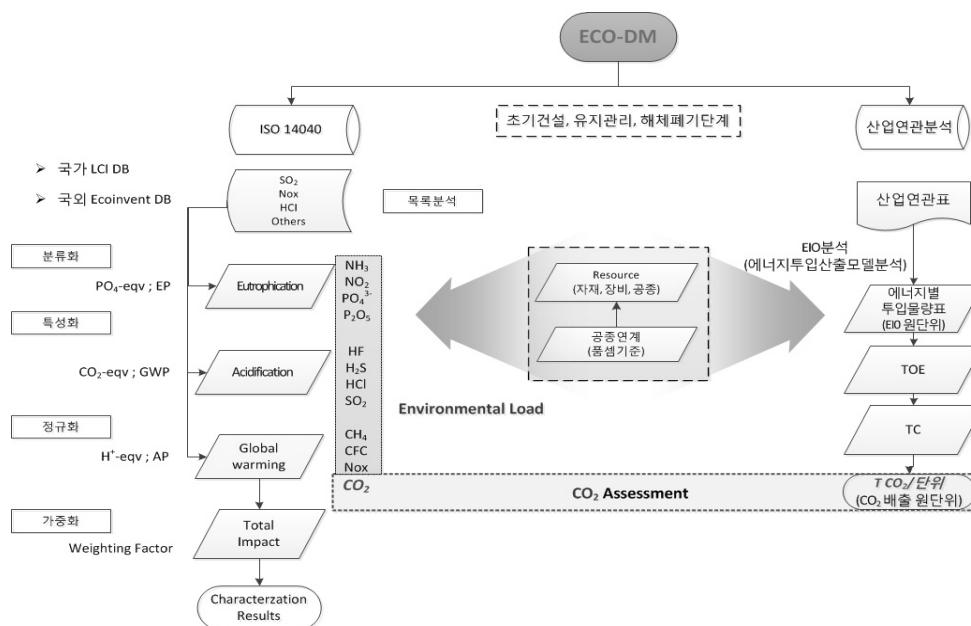


그림 1. Eco-DM의 전체 모식도

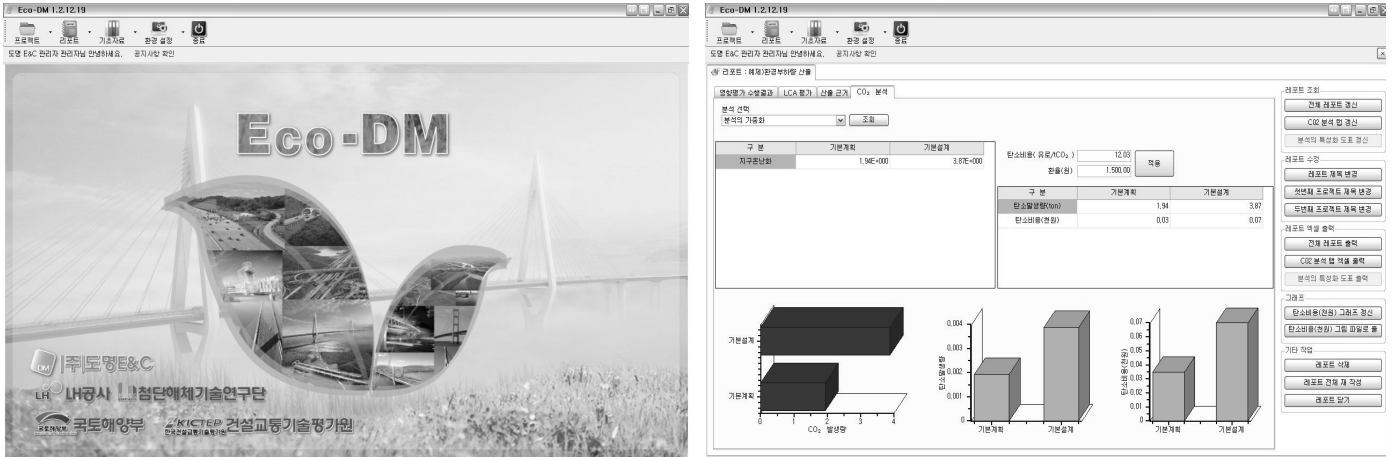


그림 2. Eco-DM의 초기 화면 및 결과 창

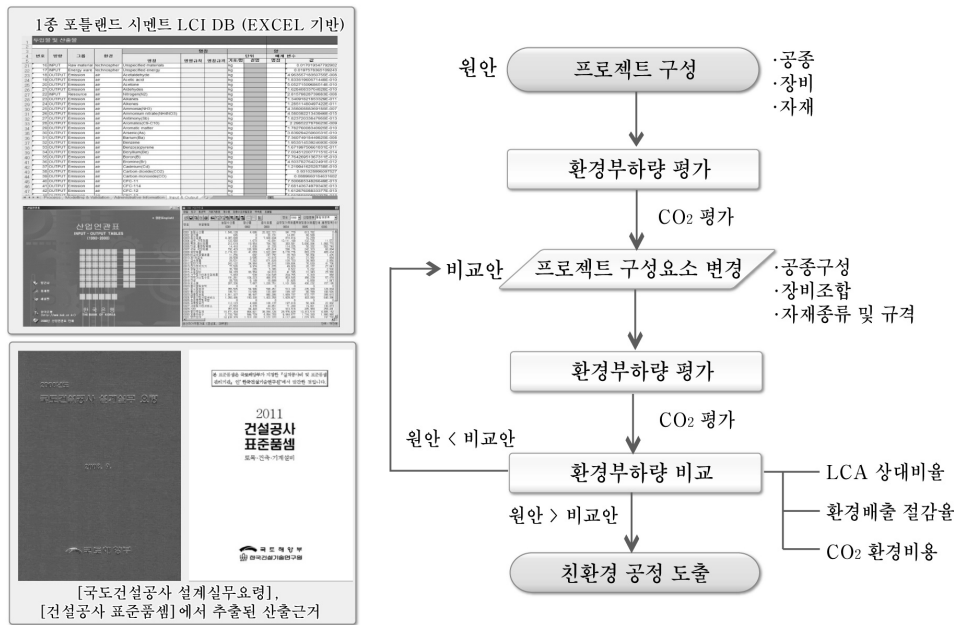


그림 3. 친환경 공정의 의사결정 모델 제시

기본 자료를 입력하여 프로젝트를 생성함으로써 시작된다. 프로젝트 구성은 기본적으로 그에 소요되는 공중, 장비, 자재를 선택하고 각 사용량을 입력함으로써 완료된다. 각 DB를 선택할 때에는 초기 건설단계, 유지-운용단계, 해체·폐기단계 등 사용자의 옵션사항에 따라 추가할 수 있도록 설계하였다. 그 외의 국내 DB에 없는 자재, 장비 등의 경우에는 국외 LCI의 검색을 통해 추가할 수 있도록 하였으며, 표준품셈의 기준 공중을 직접 연계할 수도 있다. 환경부하 평가결과는 리포트 마법사를 통해 확인할 수 있도록 하였다. 또한 환경영향 범주별, 초기건설부터 해체·폐기단계까지의 공정단계별, 특성화·가중화·정규화 연산 단계별, 그리고 원안 대비 비교안까지 사용자의 옵션에 따라 확인이 가능하도록 구성하였으며, 각 결과는 그래프를 통해 시각화할 수 있도록 개발하였다.

2.2 건설공사 친환경 공정의 의사 결정 모델 제시

Eco-DM에서는 사용자의 선택에 따른 공정 구성 및 사용량 변화로 기존 계획대비 환경부하 배출량을 얼마나 저감시킬 수 있는지 저감량, 저감비율 등을 비교할 수 있는 의사결정 모델을 도입하였다. 프로젝트 구성시의 공중구성, 장비조합, 자재 규격 등의 변화를 통해 원안 대비 새로운 설계안의 환경개선 효과를 정량화 할 수 있도록 하였다. 사용자는 반복적인 프로젝트 구성요소 변경을 통해 환경부하량이 가장 적은 친환경 공정을 선택할 수 있다. 또한 국제 탄소 거래가격, 환율 등의 입력을 통해 탄소절감에 따른 환경비용을 산정할 수 있도록 하였다. 이를 통해 친환경 공정의 환경개선 효과 및 환경비용 등을 손쉽게 정량화 할 수 있다.

2.3 기존 프로그램과의 차별성

2.3.1 국내외 LCI DB의 연계

프로젝트 생성 단계에서는 기존 시스템에서 누락될 수 있었던 DB 부분을 보완하기 위해 국내외 DB를 사용자의 옵션에 따라 추가할 수 있도록 보완하였다. Eco-DM에서 사용하고 있는 국내 LCI DB는 국가 LCI 데이터베이스 정보망에 공시되어 있는 358개의 DB를 활용하였다. 국외 Eco-invent DB는 국제적 전문 연구기관 및 국외 LCA 프로그램 등에서 사용하고 있는 DB로 ISO/TS 14048 규정을 준수하고 있고, 이를 통해 4,000여개 이상의 DB를 추가로 시스템 내에 연계하였다.

2.3.2 공중 구성을 위한 표준품셈 연계

기존 프로그램과 차별화된 Eco-DM의 가장 큰 장점은 건설·토목공사 환경을 고려하기 위하여 표준품셈을 연계하여 프로젝트 생성의 구성요소로서 공중연계가 가능하다는 것이다. 이 기능은 표준품셈에 근거한 산출근거 텍스트 파일을 검색, 분석하여 시스템의 공중구성에 추가 할 수 있다. 따라서 장비, 자재, 노무 등이 코드화 되어 시스템 내 분석을 통하여

각 공종의 장비, 자재, 노무별로 자원목록이 구성이 되어있으며, 선택항목에 한해 DB로 저장이 된다. 등록된 공종과 산출근거는 그림 4와 같이 프로젝트 구성창에서 확인이 가능하며, 프로젝트 생성시 산출근거를 선택하여 구성할 수 있다. 또한 산출근거는 사용자의 장비 및 자재 사용조건에 따라 추가 및 수정이 가능하다. 공종의 산출근거는 텍스트 형식으로 입력이 가능하며, 신규 공종 입력시 산출근거를 동시 입력하거나 사용자의 옵션 및 프로젝트 특성에 따라 산출근거의 개별 수정을 통해 복수의 공종을 생성할 수 있도록 구성하였다.

2.3.3 산업연관방식의 연계

Eco-DM에서는 LCA 방법을 활용한 환경평가 외에 한국은행에서 발행한 산업연관표를 기준으로 EIO (Energy Input-Output) 분석법을 활용하여 도출된 에너지원단위를 이용한 CO₂산출방식을 추가로 적용하였다. 건설자재 원단위는 산업연관표로부터 산출되는 투입계수를 기초로 산업간 상호 의존관계의 분석에 의해 도출된다. 또한 산업연관표를 이용한 원단위 산출기법은 기 연구된 바 있는 건축물 LCA를 위한 원단위 산출 프로세스를 적용하였다(한국건설기술연구원, 2003).

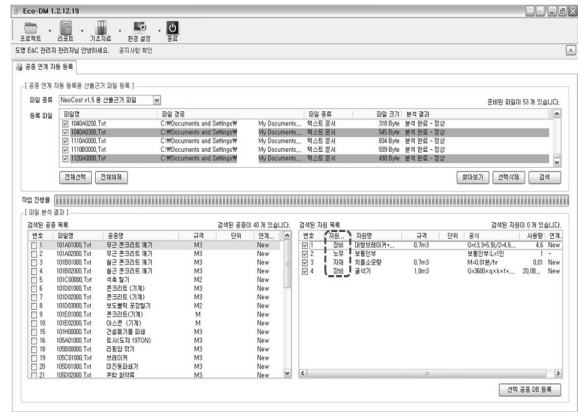
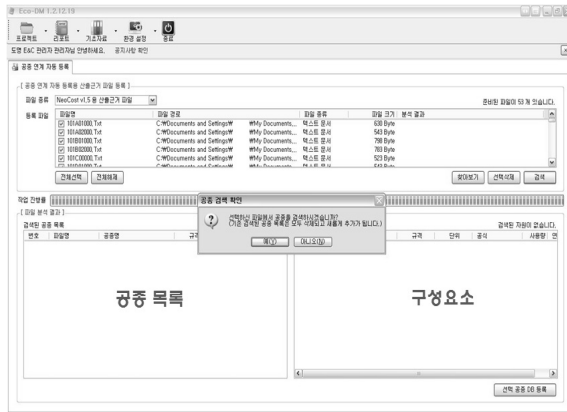


그림 4. 표준품셈 연계를 통한 공중 자동 구성

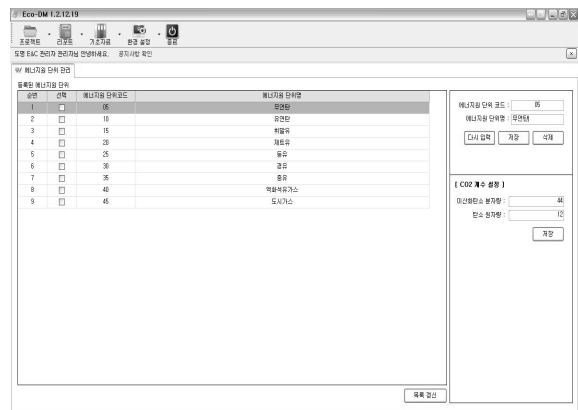
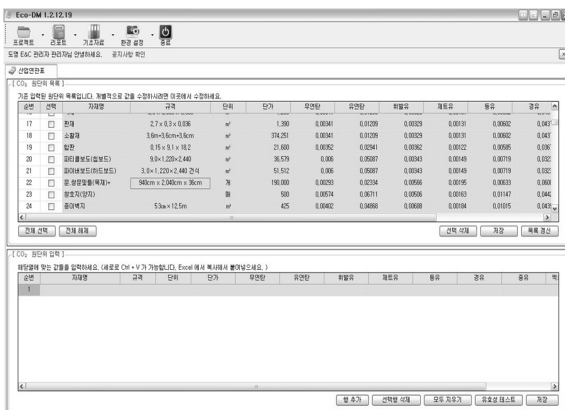


그림 5. CO₂ 배출량 추가 평가를 위한 산업연관방식 연계

3. 발파해체 공사의 시험평가 사례

3.1 현장 개요 및 분석 방법

Eco-DM을 활용하여 프로그램의 특징인 해체공사에 대한 시험평가를 위해 발파해체 공사를 시행한 현장을 대상으로 시험평가를 실시하였다. 이를 위하여 사전취약화 및 본발파, 그리고 발파 후 폐기물 처리까지에 소요되는 환경부하량을 산정하기 위하여 각 시공 단계별 장비소요량, 경유 및 전기사용량 등 파악하고, 전체 해체 물량, 장비소요일수 등을 포함한 작업일보, 폐기물 반출량 등 자료를 수집하였다.

대상현장은 인천시 가정동에 위치한 15층 규모 RC 벽식구조 아파트(A아파트)로 발파해체 점진붕괴 공법을 이용하여 해체하였다. 본 연구에서는 해체단계, 운반단계, 폐기단계로 나누어 소요 물량을 파악하였다. 또한 해당 해체공사와 비교하기 위하여 같은 지역에 위치한 6층 규모 아파트 5개동(B아파트)을 발파해체했을 경우와 비교하여 환경부하 배출량을 산정하였다.

건설 전과정 중 본 논문에서는 해체단계, 폐기물 운반단계, 폐기물 처리단계만을 평가하였다. 해체단계에서는 발파해체시의 사전취약화 및 천공, 발파작업을 대상으로 공정 진행에 소요되는 자재와 장비 등을 파악하여 입력 데이터로 산정하였다. 사전취약화 작업에 소요되는 장비로는 발전기, 백호우,

컴프레서, 미니로더 등이 있으며, 천공 및 발파작업에는 고소작업차, 사다리차 등의 장비가 소요되었다. 그 외 비계파이프, 부직포, 능형철망, 분진제어망, 골함석 등의 자재가 방호작업에 소요되었으며, 국가 LCI DB의 한계로 인하여 자재의 일부만을 분석에 사용하였다.

대상 구조물에서 발생된 폐기물은 24.4톤 덤프트럭을 이용하여 운반 처리하였으며, 압플박스 차량인 경우에는 30m³ 규격을 사용하였다. 본 연구에서는 24.4톤 덤프트럭을 기준으로 폐기물을 운반하되, 연비는 경유기준으로 2.6km/L로 가정하였다. 또한 3개 폐기물 처리업체로부터 이동거리와 폐기물 처리량 데이터를 확보하여 분석에 활용하였다.

폐기물은 대부분 혼합폐기물의 형태로 가연재의 함량에 따라 소각과 매립으로 구분하여 처리하였다. 재활용의 경우 일부 항목에 대해서만 LCI DB가 구축되어 있어 본 연구에서는 목재와 가장 유사하다고 판단되는 종이 재활용에 대한 DB를 활용하였고, 목재소각 역시 종이소각에 대한 DB를 사용하였다. 그 외 기타 소각 및 매립은 일반폐기물 매립 및 소각에 대한 DB를 사용하여 환경부하량을 산정하였다. 그러나 비교대상이 되는 B아파트의 경우에는 발파설계 후 실제 해체가 진행되지 않아 연면적 등 해체물량의 비교를 통해 폐기물량 등을 예측하여 적용하였다.

표 1. 프로그램 시범 평가를 위한 해체현장 공사 개요

개요				A 아파트	B 아파트	
				15층 1개동, 연면적 10,796m ²	6층 5개동, 연면적 5,181.99m ²	
해체 단계	사전취약화	절단	수동절단장비(파트너)	m	5,306	4,277
		장비파쇄	0.17m ³ 급 유압장비(브레이커)	m ²	3,007	1,938
		장비파쇄	0.8m ³ 급 유압장비(압쇄기)	m ³	77	-
		장비파쇄	1.0m ³ 급 유압장비(압쇄기)	식	-	30
	발파작업	크레인		식		30
		천공(착암)	11m-240공/0.6m-260공	공	240	240
		천공(힐티)		공	2,475	3,076
		천공(코어드릴)		공	-	50
		1차방호	능형 철망+장섬유부직포(350g)	m ²	3,132	3,037
		2차방호	장섬유(200g)/구갑망+장섬유	m ²	2,108	2,218
	장약 및 발파	인력	공	2,715	3,366	
	물백		m	1,663	-	
운반단계			구분	A업체	B업체	C 업체
			위치	인천시 서구 백석동	안산시 시화공단	김포시 대곶면
			이동거리(km)	8	37	40
폐기단계	총구분	소구분	수량(ton)			
	비가연성	폐콘크리트류	15,725		25,160	
		폐아스콘류	132		211.2	
	소각 및 목재재활용	목재재활용류	193		308.8	
		목재 소각류	41		65.6	
		기타 소각류	319		510.4	
혼합폐기물	혼합폐기물	1,064		1,702.4		

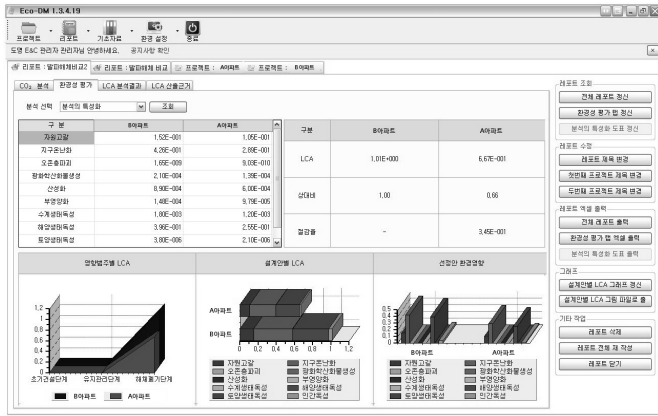


그림 6. 아파트 발파해체 공법 적용시의 환경부하량 시범평가 결과

3.2 프로그램 구현 결과

Eco-DM을 구현하여 환경부하량을 평가한 결과는 그림 6과 같다.

환경부하량 평가결과, A아파트가 B 아파트에 비해 환경부하량이 특성화, 정규화, 가중화에 따라 최소 31%에서 최고 34% 정도 저감되는 것으로 나타났다. 또한 전체 환경영향범주 중 지구온난화와 해양생태 독성에 미치는 영향이 각각 39.2%, 37.3%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 단, 본 시험평가에서는 같은 대상물의 해체공사에 대한 평가가 아니라 다른 구조물의 물량이 다른 공사를 비교 대상으로 하여 시공공법의 선택이나 장비조합, 자재 선택 등에 따른 환경부하 배출량 비교에는 한계가 있었다. 실제 환경평가 프로그램의 활용성을 높이기 위해서는 공사 전 계획 및 설계 단계에서부터 다양한 적용 공법, 장비조합, 자재 규격 등을 적용하여야 하나, 실제 공사현장에 투입되는 물량에 대한 정보가 부족한 실정이다. 또한 해당 프로그램은 또한 아직까지 발파해체 공사에 투입되는 자재나 목재 재활용 등 폐기물 처리에 대한 DB가 부족하여 보다 세밀한 환경성 평가를 위해서는 건설환경에 맞는 DB의 구축이 시급한 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 녹색건설의 실현을 위해 건설·토목 사업부분 전반에 걸쳐 환경성을 개선하고자 하는 차원에서 건설 각 공정별 환경성을 정량적으로 평가하고 저감하는 방안을 마련하기 위하여 수행하였다. 즉, 건설 전과정에서 발생할 수 있는 환경부하량 및 온실가스 배출량에 대한 신뢰성 있고 재현성 있는 평가 프로그램(Eco-DM)의 개발내용과 그 구성을 기술하였다. 또한 프로그램의 활용성을 평가하기 위하여 실제 발파해체가 시행된 현장을 대상으로 환경평가를 수행하였다.

연구결과, Eco-DM 프로그램은 LCA 기법을 기초로 한 환경부하량 산출기법과 산업연관표를 활용한 에너지원 단위 활

용법을 복합적으로 적용함으로써 건설·토목 공사의 단계별 공정특성을 고려한 신뢰성 있는 환경부하량 및 CO₂평가 프로그램을 입증하였다. 이는 건설사업의 공종구성에 따른 온실가스 배출량을 계량화함으로써 향후 온실가스·에너지 목표관리제, 온실가스 인벤토리 구축 및 검증, 각종 친환경성 및 녹색인증 관련 업무 지원, 사업의 환경경제 타당성 분석 등에 효과적으로 활용가능 할 것으로 기대된다. 또한 현장활용이 가능한 친환경적 기술의 대안 제시 및 환경개선 효과를 산정함으로써 친환경 자재 개발, 첨단 신소재 및 신공법 개발, IT-건설 융복합 등 친환경 시공기술 및 유지·관리 기술 개발 등 관련 사업 분야로 파급효과가 확산될 것으로 기대된다. 이처럼 해당 프로그램은 건설사업에서 친환경 공정 선택을 위한 의사결정을 지원함으로써 궁극적으로 환경부하량을 절감하여 환경오염으로 인해 소요되는 사회적 기회비용을 감소시켜 지속가능한 성장에 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업(06건설핵심 B04) 결과의 일부이며, 본 논문작성에 도움을 주신 유정은 연구원에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설경제(2009), 「녹색성장 정책 동향과 건설산업의 과제」.
2. 권석현, 김상범(2007), “환경비용을 고려한 공공시설물의 환경경제성 평가 - 국내다목적담 비상여수로 시설 사례연구”, 「한국건설관리학회논문집」, 8(3): 67~75.
3. 국토해양부(2011), 「시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인」.
4. 박광호, 황용우, 서성원, 박중현(2000), “고속도로 수명주기에 따른 환경부하 평가”, 「대한토목학회논문집」, 20(3D): 311~321.
5. 박필주, 김만영, 이일석(2009), “산업연관표(2003년)를 활용한 산업별 CO₂ 배출 원단위 분석”, 「자원환경경제연구」, 18(2): 279~309.
6. 이경희, 권석현, 김상범, 김효진(2010), “건설공사시 발생하는 환경부하량 및 CO₂ 평가 프로그램 모듈 구축”, 「한국건설관리학회 학술발표대회논문집」, 2010-11: 61~62.
7. 이경희, 권석현, 차철, 김효진(2011), “도심지 노후 아파트 해체시의 대기오염 환경 비용 산정”, 「한국건설관리학회 학술발표대회논문집」, 2011-11: 75~82.
8. 이병운, 김보라, 김광희(2010), “조적벽의 CO₂ 배출비용을 포함한 건설원가 비교에 관한 연구”, 「한국건축시공학회 논문집」, 10(3): 83~90.
9. 장우식, 박희대, 한승헌, 전종서(2011), “공공발주자와 민간기업 측면의 건설공사 온실가스 환경비용 영향분석-고속도로 포장공종을 중심으로”, 「대한토목학회논문집」, 31(1D): 111~117.
10. 정영선, 최경석, 강재식, 이승언(2008), “건축물의 환경부하 평

- 가를 위한 LCA 프로그램 개발에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집」, 24(5): 259~266.
11. 조한권(2001), 「LCA를 적용한 건축물의 환경부하 관리방안에 관한 연구」, 석사학위논문, 연세대학교 산업대학원.
 12. 친환경건축물 인증제도 정보시스템[전자자료], (www.greenbuilding.re.kr).
 13. 한국건설기술연구원(2003), 「건축물 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발연구」.
 14. 한국도로공사(2009), 「고속도로 건설사업 환경영향평가 적용을 위한 온실가스 예측 및 저감대책 연구」.
 15. 한국철도연구원(2011), 「철도건설현장 탄소발자국 산정 연구」.
 16. 황용우(2000), “건설산업의 종합적인 환경부하 평가를 위한 LCA의 필요성”, 「대한토목학회논문집」, 48(1): 13~18.
 17. 황용우, 박광호, 서성원(2000), “도로건설에 따른 CO₂ 배출량 평가”, 「대한토목학회논문집」, 20(1B): 113~121.
 18. Forsberg, A. and F. von Malmberg (2004), “Tools for environmental assessment of the built environment”, *Building and Environment*, 39(2): 223~228.
 19. Gonzalez, M. J. and J. G. Navarro (2006), “Assessment of the decrease of CO₂ emissions in the construction field through the selection of materials_Practical case study of three houses of low environmental impact”, *Building and Environment*, 41(7): 902~909.