



## 콘크리트 생산에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 시스템 개발에 관한 연구

김태형<sup>1)</sup> · 태성호<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>한양대학교 건축환경공학과 <sup>2)</sup>한양대학교 건축학부

### A Study on the Development of an Evaluation System of CO<sub>2</sub> Emission in the Production of Concrete

Tae-Hyoung Kim<sup>1)</sup> and Sung-Ho Tae<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Sustainable Architecture Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

<sup>2)</sup>School of Architecture & Architectural Engineering, Hanyang University, Ansan 426-906, Korea

**ABSTRACT** The main reason of the earth global warming is CO<sub>2</sub> and the regulation about it in the whole world has been reinforced to reduce CO<sub>2</sub> emission. It is needed that we should reduce it in the process at the production of concrete generated much of CO<sub>2</sub> emission as the primary material of construction industry recognized unfriendly environment industry. Based on a concrete, this study was constructed the system to evaluate CO<sub>2</sub> emission generated in the stage of material production, transportation, manufacture and developed the program to reduce and evaluate it efficiently. As a result, most of CO<sub>2</sub> emission is generated in the stage of material and it is quantitatively evaluated CO<sub>2</sub> emission generated in the stage of materials, transportation and manufacture. Moreover, the evaluation system of the volume of CO<sub>2</sub> emission which has the friendly environment technology about reduction of CO<sub>2</sub> emission at each stage is suggested for quantitatively evaluation CO<sub>2</sub> emission generated in the process at the production of concrete and remicon production company could use it to evaluation CO<sub>2</sub> emission.

**Keywords :** concrete, CO<sub>2</sub> evaluation system, material production, material transportation, manufacture plant

#### 1. 서 론

1985년 세계기상기구와 국제연합환경계획에서는 지구 온난화를 일으키는 주요 원인으로 전체 온실가스 배출량의 80%를 차지하는 CO<sub>2</sub>를 지목하고 있다. 지구 온난화로 인한 기후적, 생태적 문제가 경고수준에 다다름에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이기 위한 국제적 규제가 1992년 리오 환경개발회의 및 1997년 교토기후협약 등을 통해 발효되었다. 최근 덴마크 코펜하겐에서 개최된 ‘제15차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국 총회(COP 15)’에서는 2020년까지의 온실가스 감축 목표 및 개도국에 대한 감축 지원 등을 주요 의제로 한 협정이 이루어졌으며, 이미 선진국뿐만 아니라 개도국에게까지 지구온난화방지에 대한 적극적인 대응이 요구되고 있다. 한편 우리나라의 CO<sub>2</sub> 배출량은 2007년 기준 세계 9위, 1인당 CO<sub>2</sub> 배출량은 1990년에 비해 113%나 증가해 경제협력개발기구(OECD) 국가 가운데 CO<sub>2</sub> 배출 증가량이 세계 1위라는 것을 고려할 때 향후 우리나라도 CO<sub>2</sub> 저감을 위한 구체

적이고 적극적인 환경정책이 필요할 것으로 판단된다.

미국 내 건축물에서 소모되는 에너지 소모량 및 CO<sub>2</sub> 배출량이 미국 전체 에너지 소비량의 70%, CO<sub>2</sub> 배출량의 38%를 차지한다는 미국 환경보호청의<sup>1)</sup> 보고에서도 알 수 있듯이 건축분야는 다량소비/대량폐기와 같이 반 환경 산업으로 인식되어지고 있는바, 이를 지구환경 보존을 위한 친환경 산업으로 전환하기 위한 노력이 요구된다.<sup>2)</sup> 특히, 건설 산업의 주요자재인 콘크리트는 시멘트, 골재, 혼화재료 등의 자재 생산과정에서부터 제조에 이르기까지 다량의 CO<sub>2</sub>를 배출할 뿐만 아니라 향후 레미콘의 자재승인공급서 내의 CO<sub>2</sub> 배출량 표기 등이 예상되는 바 콘크리트 생산에 따른 CO<sub>2</sub>의 정량적 평가에 관한 연구가 절실히 요구되고 있다. 이에, 환경 선진국에서는 저탄소 콘크리트 조달 시스템<sup>3)</sup> 등 CO<sub>2</sub> 배출량 및 에너지 절약형 콘크리트 생산에 관한 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 이에 따라 이 연구에서는 ‘콘크리트 산업 환경부하(CO<sub>2</sub>) 평가 및 최적설계시스템 개발 연구’의 일환으로 콘크리트의 생산과정에서 배출되는 CO<sub>2</sub>의 정량적 평가시스템을 개발하고자 한다.

\*Corresponding author E-mail: jnb55@hanyang.ac.kr

Received June 24, 2010, Revised August 27, 2010,

Accepted September 7, 2010

©2010 by Korea Concrete Institute

이 연구는 콘크리트 생산과정의 단계를 자재, 운송, 제조단계로 구분한 후 각 단계별로 CO<sub>2</sub> 배출량의 정량적 평가 기법을 제안하여 콘크리트 생산에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 평가시스템 구축을 목적으로 한다. 이를 위해 콘크리트를 현장에 출하 전 단계까지의 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 산출기법에 대해 분석하였다. 즉 재료별과 공정별 두 개의 분석을 통해 에너지 사용량을 파악 후 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하였다. 또한 각 단계별 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정할 수 있는 연산자와 요구되는 투입재료에 대한 구성내용을 제시하였으며, 이 평가를 통해 콘크리트 제조과정에서의 CO<sub>2</sub> 산출 결과를 표준적인 콘크리트의 CO<sub>2</sub> 배출량과 비교·평가 하였다. 또한, 콘크리트의 생산과정에서 배출되는 CO<sub>2</sub> 배출량을 절감할 수 있는 친환경 요소기술에 대한 평가도 가능하도록 하였으며, 이를 위해 각 단계별 요구되는 투입자료에 대한 분석방법을 작성하였다.

## 2. CO<sub>2</sub> 배출량 평가 방법 현황

### 2.1 국내연구 현황

#### 2.1.1 국가 LCI DB

ISO14040에 의하면 전 과정평가(LCA: life cycle assessment)란 제품시스템의 전 과정에서 관련 투입물과 산출물에 대한 목록을 작성하고 이들과 연관된 잠재적인 환경영향을 평가하며, 연구목적과 관련해서 목록분석 결과와 영향평가 결과를 해석함으로써 제품과 연관된 환경측면과 잠재적인 환경영향을 평가하기 위한 기법이다. 국가 LCI DB를 구축하기 위한 방법으로 쓰인 개별적산법은 제품과 시스템을 설계도서와 견적서 등으로부터 제조공정, 소재 등으로 구분하여 원료의 추출에서부터 제조 및 가공, 수송 및 유통, 사용, 최종 폐기에 이르는 한 제품이나 공정의 전 과정 동안의 에너지 및 원료 소요량과 환경배출물질을 정량화하여 구체적으로 조사하고, 목록을 작성하는 방법이다. 건설제품 및 건축물의 지속가능성 실현을 위해서는 전 과정목록(LCI: life cycle inventory), 전 과정평가(LCA), 환경제품선언(EPD: environmental product declaration)이 단계별로 진행되어야 한다. 전 과정목록(LCI) DB모듈은 국가별로 구축되거나 지역별로 구축되고 있으며, 한국에서는 현재 400여개의 국가 모듈이 구축되어 있다.

#### 2.1.2 산업연관분석

산업연관분석법은 에너지 투입산출(energy input-output) 모형을 이용하여 국내 각 산업부문별 단위 산출액 당 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정한다. 에너지 투입산출모형을 이용하여 원단위를 산출하기 위해서는 먼저, 산업연관표의 에너지원별 투입금액이 계산되면 산업연관표의 부속표인 부문별·품목별 공급액 표와 통계청 자료에 나타나 있는 단가를 적용하여 에너지원별 투입물량을 계산하게 된다. 투입물량이 계산되면 에너지원별 발열량과

탄소배출계수 데이터를 적용하여 에너지원별 발열량 및 탄소배출량을 계산하며 에너지원별로 합계하여 총에너지 소비량 및 탄소배출량을 산출하게 된다. 여기서, 에너지원별 발열량 및 탄소배출계수는 IPCC에서 제시하는 값을 적용한다. 또한, CO<sub>2</sub> 배출량은 탄소와 CO<sub>2</sub>의 분자 비인 44/12를 적용하여 산출하게 된다.

### 2.2 국외연구 현황<sup>4)</sup>

개별적산법에 의한 원단위 DB의 하나가 Stuttgart 대학의 IKP(institute for polymer testing and polymer sciences)와 PE Europe GmbH에서 개발되었다. GaBi 프로그램에서 데이터를 만드는 방법은 하나의 품목에 대해 3개 이상의 관련 회사에 설문조사 혹은 직접 현장 조사를 통해서 ISO의 LCA방법에 의해 데이터를 취득하고 있고 관련회사와의 협조를 통해 데이터를 지속적으로 수집하고 있다. 하지만 기본적으로 각 나라의 산업이 다르고 제품을 만들 때 에너지원이 다르기 때문에 배출되는 환경오염 물질이 서로 다르다. 건설 산업에서 시멘트를 만들 때 사용된 에너지량만을 파악한다면 가능하겠지만 가장 중요한 환경오염 물질의 정량적 평가는 불가능하다.

국외에서도 산업연관분석법과 동일한 방식으로 원단위 DB를 구축하고 있다. 국외에서는 산업연관분석법에 의한 연구가 국내보다 먼저 도입되었고 연구가 지속적으로 진행되었기 때문에 현재는 산업연관표에 의한 원단위 데이터베이스가 비교적 세부적으로 구축이 되어있으며 그 실용성에서도 자리를 잡아가고 있다.

적산법과 산업연관분석의 이점을 살린 조합방법이 연구되었는데, 이 방식은 적산법에 기초를 분석하는 방법과 산업연관표에 기초를 두고 분석하는 방법으로 나눌 수 있다. 전자는 전통적인 LCA 방법과 같이 각각 제품의 물질 데이터를 모은 후, 환경 자료는 산업연관표의 자료를 이용하여 평가하는 방법이며 후자는 산업연관표를 이용하기 때문에 전략적인 데이터 수집이 가능하며 이를 전 과정 목록평가에 접목시키는 방법이다.

### 2.3 기존 LCA 기법 분석

산업연관분석은 산업연관표를 이용하여 부문 간 가격을 기준으로 원자재와 에너지가 조사대상 제품으로 분배된 경과와 이유를 역으로 분석해 가는 방법이기 때문에 산업연관표에 들어있는 항목에 관한 공업제품과 기술을 분석하기에는 불충분하다. 또한, 신기술이나 재활용같이 아직 산업연관표에 들어있지 않은 항목 및 제조 인프라가 없는 경우에는 분석이 불가능하다. 그렇기 때문에 방대한 범위의 건축자재와 관련된 건설 산업의 경우 환경부하 CO<sub>2</sub> 원단위 데이터베이스 구축에 있어서도 건축자재관련 항목이 절대적으로 부족하기 때문에 CO<sub>2</sub>를 포함한 오염물질 배출에 관한 정량적 평가가 어렵다.

한편, 제품과 시스템을 제조공정, 소재 등으로 구분하

여 평가하는 개별적산법에 의한 현재까지의 건설자재 CO<sub>2</sub> 원단위 DB는 천여가지가 넘는 건설자재의 극히 일 부분에 그치고 있는 실정이다. 또한, 개별적산법에 의한 국가 LCI DB는 자재단계와 운송단계 뿐만 아니라 제조 단계를 하나의 단위 공정으로 간주하고 있다. 제조단계의 경우 많은 변수가 있는 저장, 운반, 계량, 혼합 공정에서 사용된 에너지 사용량에 대하여 하나의 공정으로 평가 시 각 공정에 사용된 설비의 정량적 평가가 불가능하다. 특히, 기존의 연구에서 도출된 콘크리트 CO<sub>2</sub> 원단위는 몇 개의 대표적인 콘크리트 강도만을 대상으로 하고 있고, 콘크리트 생산 시 자재단계의 배합 비, 운송 단계의 운송수단, 제조단계의 제조설비 등의 다양한 조건의 생산방식을 갖는 개개 콘크리트 생산업체에 CO<sub>2</sub>배출량의 정량적 평가에는 많은 한계점을 내포하고 있다.

### 3. 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 시스템 개발

#### 3.1 개요

콘크리트의 CO<sub>2</sub> 배출량 평가는 Fig. 1과 같이 생산단계별로 구분하여 자재단계, 운송단계, 제조단계 동안에 소모되고 배출되는 에너지 및 CO<sub>2</sub>를 정량화하여, 이들이 환경에 미치는 영향을 총체적으로 평가하고, 이를 토대로 환경개선의 방안을 모색하고자 하는 객관적이며 적극적인 환경영향 평가로 정의 할 수 있다.

콘크리트 생산에 따른 각 단계별 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 방법을 기술하면 다음과 같다.

이 평가 시스템은 단계별로 구분된 콘크리트 생산과정에서 배출하는 CO<sub>2</sub>의 정량적 평가를 목적으로 한다. Fig. 1은 콘크리트 생산과정에서 발생하는 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 자재, 운송, 제조단계로 구분하여 각 단계의 평가대상을 분류하고 이에 대한 분석방법을 제안하였다.

$$E \text{ con}'c = \Sigma E(i) \quad (1)$$

$$CO_2 \text{ con}'c = \Sigma CO_2(i) \quad (2)$$

(i = M : 자재단계, T : 운송단계, F : 제조단계)

여기서, E con'c는 단위 콘크리트 생산 시 발생하는 에너지 소비량(MJ/m<sup>3</sup>), CO<sub>2</sub> con'c는 단위 콘크리트 생산 시 배출하는 CO<sub>2</sub> 배출량(kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), E(i)는 단위 콘크리트 생산 시 (i)단계별 에너지 사용량(MJ/m<sup>3</sup>), CO<sub>2</sub>(i)는 단위

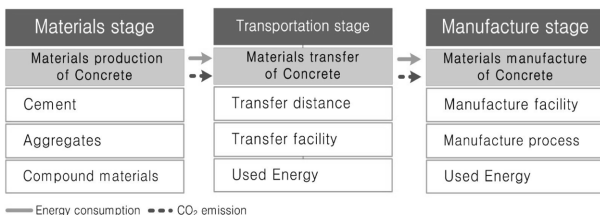


Fig. 1 Overview of evaluation of CO<sub>2</sub> emission of concrete

콘크리트 생산 시 (i)단계별 CO<sub>2</sub> 배출량(kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)이다.

#### 3.2 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 시스템의 특징

이 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 시스템은 콘크리트 생산과정을 자재, 운송, 제조 단계로 구분하여 각 단계별로 에너지 사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 정량적인 평가가 가능하다. 평가는 분석대상에 따라 다양하게 나타낼 수 있으며, 기존의 데이터를 입력한 평가와 자재단계의 물량절감과 제조단계의 신·재생 에너지 적용 등과 같이 친환경 기술을 적용했을 경우의 평가결과를 상호 비교할 수 있고, 이에 따른 콘크리트 생산 시 CO<sub>2</sub> 배출 저감기술에 의한 CO<sub>2</sub> 저감성능을 평가할 수 있다.

이 평가 시스템에서 콘크리트 CO<sub>2</sub> 평가 과정에 포함되는 범위는 콘크리트 각 재료의 자재, 운송, 제조과정에서 직접적으로 관여 혹은 투입되는 대상만을 분석범위로 한정하였다.

콘크리트 제조활동을 위해 수반되는 인력의 출퇴근, 혹은 인간의 자연적인 호흡활동으로 인해 발생하는 CO<sub>2</sub> 발생 등은 제외하였다. 한편, CO<sub>2</sub> 배출량은 콘크리트의 총생산량 및 단위(m<sup>3</sup>)생산량으로 구분하여 평가 가능하다.

#### 3.3 콘크리트 CO<sub>2</sub> 평가 시스템 단계별 평가방법

##### 3.3.1 자재단계

자재단계의 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 평가를 위한 재료는 시멘트, 물, 굵은 골재, 잔골재, 혼화재료로 구성된다. 콘크리트 생산에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량은 콘크리트 배합에 사용되는 각 구성 재료의 생산 시 발생하는 Table 1의 CO<sub>2</sub> 원단위를 이용하여, 1 m<sup>3</sup>당 콘크리트 생산에 포함되는 각 구성 재료의 양(kg)과 원단위 곱의 누적으로 산정하였다.<sup>4)</sup> 이렇게 산출된 콘크리트의 단위 체적 당(1 m<sup>3</sup>) CO<sub>2</sub> 배출량을 기초로 레미콘 생산업체의 총생산량에 대한 CO<sub>2</sub> 배

Table 1 CO<sub>2</sub> emission per constituent materials of concrete

Division	CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> / ton)		
	A <sup>5)</sup>	B <sup>6)</sup>	C <sup>7)</sup>
Cement*	931	980	-
Coarse aggregate	4	3.3	-
Fine aggregate	1.3	3.6	-
Water	204	-	-
Blast furnace slag powder	-	-	26.5
Fly ash	-	-	19.6
PCE chemical compound material	-	-	250
Recycling aggregate	Type 1	-	3.1
	Type 3	-	17.7

A : national life cycle index DB

B : input-output analysis(2003)

C : Japan Society of Civil Engineering

\* : Type 1 normal portland cement

출량을 산출한다. 자재단계에서의 각 재료별 CO<sub>2</sub> 배출량은 국가 LCI DB 및 2003년 산업연관분석(직접, 직·간접) DB 중에서 원하는 데이터를 이용하여 평가할 수 있다. Table 1은 콘크리트 재료별 국가 LCI DB와 2003년 산업연관분석, 일본토목학회(개별적산법)의 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위를 나타낸다. 콘크리트 1m<sup>3</sup>당 사용되는 재료들의 CO<sub>2</sub> 배출량 합계와 콘크리트 총생산량에 대한 자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E_M = \Sigma(M(i) \times \text{원단위}_{M, E}) \quad (3)$$

$$CO_{2M} = \Sigma(M(i) \times \text{원단위}_{M, CO_2}) \quad (4)$$

(i=1: 시멘트, 2: 굵은골재, 3: 잔골재, 4: 혼화재료, 5: 물)

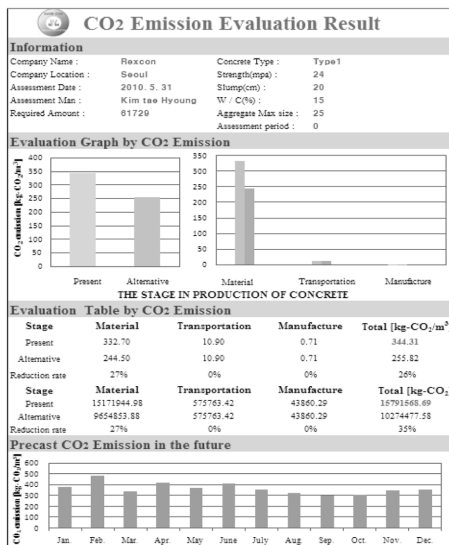
여기서, E<sub>M</sub>은 단위 콘크리트 생산에 따른 자재단계의 에너지 소비량(MJ/m<sup>3</sup>), CO<sub>2M</sub>은 단위 콘크리트 생산에 따른 자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출량(kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), M(i)은 콘크리트 1m<sup>3</sup>당 각 재료의 사용량(kg), 원단위<sub>M,E</sub>는 각 재료의 에너지 원단위(MJ/kg), 원단위<sub>M,CO<sub>2</sub></sub>는 각 재료의 CO<sub>2</sub> 원단위(kg-CO<sub>2</sub>/kg)이다.

### 3.3.2 운송단계

운송단계의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 평가를 위해

The screenshot shows a software interface for concrete assessment. It includes input fields for Concrete Type, Strength (Mpa), Slump (mm), W/C (%), and Aggregate Maximum size (mm). Below these is a table for 'Mixture materials' with columns for material name, unit, m<sup>3</sup> mixture ratio, total use amount, and amount of CO<sub>2</sub> emission (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). Materials listed include Cement, Water, Coars aggregate, Fine aggregate, Fly ash, and Blast furnace slag powder. There is also a section for 'Friendly environment tech.' with fields for Furnace, Flyash, and Replacement, and an 'Application range' column.

(a) Material stage Input



(b) Evaluation result

Fig. 2 Methods to assess CO<sub>2</sub> emission per stage of concrete production

서 자재단계에서 산정한 콘크리트 각 구성 재료의 총 물량과 운송수단의 적재량으로 각 재료의 운송장비 대수를 산출하였다. 이 산출된 운송장비 대수에 Table 2와 같은 국가 LCI DB의 운송장비별 CO<sub>2</sub> 배출량을 적용하여 운송단계의 에너지사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하였다. 운송단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E_T = (M(i) / L_i) \times d \times \text{원단위}_{T, E} \quad (5)$$

$$CO_{2T} = (M(i) / L_i) \times d \times \text{원단위}_{T, CO_2} \quad (6)$$

(i = 1 : 시멘트, 2 : 굵은골재, 3 : 잔골재, 4 : 혼화재료)

여기서, E<sub>T</sub>는 단위 콘크리트 생산에 따른 운송단계의 에너지 소비량(MJ/m<sup>3</sup>), CO<sub>2T</sub>는 단위 콘크리트 생산에 따른 운송단계의 CO<sub>2</sub>배출량(kg-CO<sub>2</sub>), M(i)은 콘크리트 1m<sup>3</sup>당 각 재료(ton), L<sub>i</sub>는 (i)재료별 운송장비의 적재량(ton), d는 운송거리(km), 원단위<sub>T,E</sub>는 운송장비의 에너지 원단위(MJ/ton·km), 원단위<sub>T,CO<sub>2</sub></sub>는 운송장비의 CO<sub>2</sub>배출량 원단위(kg-CO<sub>2</sub>/ton·km)이다.

### 3.3.3 제조단계

제조단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량 평가는 레미콘 생산업체의 공정현황, 각 설비의 용량 데이터를 기초로 하였다. 재료 저장 사이로, 계량장치, 혼합 믹서 등을 결합하여 구성한 배처플랜트에서 사용한 일간 에너지 사용량과 레미콘 생산량 데이터를 이용하여 Table 3과 같이 1m<sup>3</sup> 콘크리트 생산에 사용되는 각 제조설비의 에너지 소비량에 대한 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하였다. 콘크리트 1m<sup>3</sup> 생산 시 각 제조설비의 사용된 전력량을 도출하기 위해 먼저 제조공정을 저장, 수송, 계량, 혼합으로 구분하였다. 구분된 설비의 각 용량과 일간 사용된 전력사용량과의 비율 분석을 통해 각 설비의 가동사용량을 도출하였다. 또한, 각 공정마다 사용된 유류에너지는 전년도 연간 레미콘 생산량에 따른 유류 사용량을 입력하여 산출되도록 하였으며, 유류 사용량 미 입력 시 Table 4와 같이 동절기(11월~4월)와 하절기(5월~10월)의 유류 평균 사용량 DB가 적용되도록 하였다. 이렇게 산정된 콘크리트의 단위 체적 당 CO<sub>2</sub> 배출량을 기초로, 콘크리트 제조에 소요된 총 에너지사용량에

Table 2 Amounts of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission per transport vehicle<sup>8)</sup>

Transport facility	Energy consumption (MJ/ton·km)	CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> /ton·km)
1ton truck	0.089	0.268
2.5ton truck	0.048	0.146
5ton truck	0.033	0.092
8ton truck	0.021	0.098
18ton truck	0.017	0.063
23ton truck	0.015	0.051

**Table 3** CO<sub>2</sub> emission classified by manufacturing facility

Division	Facility	CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
Materials storage	Cement Silo	0.015
	Cement Silo	0.023
	Slag Silo	0.023
Materials transfer	Bucket elevator	0.157
	Horizontality conveyer belt	0.077
	Verticality conveyer belt	0.112
	Compound transfer pump	0.031
	Water transfer pump	0.026
Mixture	Concrete mixer	0.190
etc.	Dust collector	0.022
	Compressor	0.031

**Table 4** Used energy consumption and CO<sub>2</sub> emission (/ m<sup>3</sup>)

Energy type	CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	
	Winter season (Nov.-Apr.)	Summer season (May-Oct.)
Kerosene	0.19	0.01
Electricity	0.29	0.29

대한 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하였다. 제조단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E_F = \Sigma[(E_y / R + E(i)) \times \text{원단위}E, E] \quad (7)$$

$$CO_{2F} = \Sigma\{[(E_y / R) + E(i)] \times \text{원단위}E, CO_2\} \quad (8)$$

(i = 1 : 저장설비, 2 : 운반설비, 3 : 혼합설비, 4 : 기타설비)

여기서, E<sub>F</sub>는 단위 콘크리트 제조단계의 에너지 소비량 (MJ/m<sup>3</sup>), CO<sub>2F</sub>는 단위 콘크리트 제조단계의 CO<sub>2</sub> 배출량 (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), E<sub>y</sub>는 연간 등유 사용량(l), R은 연간 레미콘 생산량(m<sup>3</sup>), E(i) 각 공정별 제조설비의 전력사용량(kwh), 원단위E, E = 각 에너지원의 에너지 소비 원단위 (MJ/단위), 원단위E, CO<sub>2</sub> = 각 에너지원의 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위(kg-CO<sub>2</sub>/단위), y는 등유이다.

### 3.4 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 저감기술의 적용

콘크리트 생산에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 평가시스템에서는 각 단계별로 CO<sub>2</sub> 배출저감기술 적용에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량의 저감성능이 평가 가능하도록 하였다. Table 6에 각

**Table 5** Heat values and coefficients of carbon emission per energy source<sup>9)</sup>

Energy type	Heat values (kcal / unit)	CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> / unit)
Diesel (l)	9,200	2.82
Kerosene (l)	8,700	2.49
Electricity (kwh)	2,150	0.42

**Table 6** Environment-friendly technologies applied in the stages of CO<sub>2</sub> assessment of concrete

Division	CO <sub>2</sub> reduction technology
Materials stage	Cement replacement by fly ash
	Nature aggregate replacement by recycle aggregate
Transport stage	Short distance transfer system
	Environmental friendly fuel's use
Manufacture stage	Photovoltaic, Solar power, Geother-mal power system
	Facility efficiency evolution

단계별 CO<sub>2</sub> 저감기술을 나타낸다.

#### 3.4.1 자재단계

자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출 저감기술은 혼화재료 사용과 순환골재 사용부문으로 구분된다. 플라이애쉬 및 고로슬래그와 같은 혼합재료를 사용하여 자재생산 시 CO<sub>2</sub> 배출량이 큰 시멘트를 치환하고 천연골재(굵은, 잔골재)와 같은 자재들에 대해서는 순환골재로 치환하여 자재단계의 배출되는 CO<sub>2</sub> 배출량의 저감성능을 평가할 수 있다.

#### 3.4.2 운송단계

운송단계의 CO<sub>2</sub> 배출량 저감기술은 근거리 조달과 에너지 절감부문으로 구분한다. 근거리 조달부문은 각 자재를 근거리에서 조달하는 방식으로 운송거리에 따라 발생하는 CO<sub>2</sub> 발생을 저감할 수 있다. 한편 에너지 절감부문은 친환경연료 사용 차량의 이용 및 운송차량의 연비개선, 에코드라이빙 등을 고려하여 CO<sub>2</sub> 저감성능을 평가한다.

#### 3.4.3 제조단계

제조단계의 CO<sub>2</sub> 배출량 저감기술로서 신·재생 에너지 적용과 제조설비부문 개선으로 구분할 수 있다. 태양광 및 태양열 시설, 지열시스템과 같은 신·재생 에너지를 적용하여 사무소와 컨트롤 센터 등에서 사용하는 화석연료의 사용량을 절감 가능하며, 설비부문은 레미콘 생산 시 사용되는 노후 된 제조설비들을 고효율 제조설비로의 개선과 교체를 통해 제조 시 사용된 에너지소비량을 절감할 수 있다.

### 3.5 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 프로그램 개요

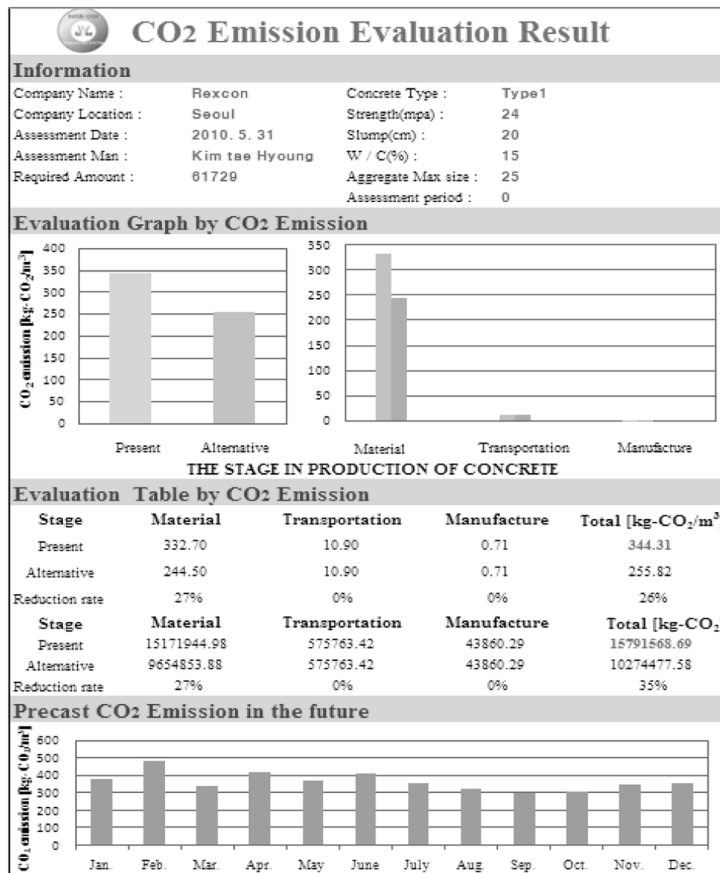
콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 프로그램은 Microsoft office excel을 기반으로 Fig. 3과 같이 작성되었으며, 평가자가 직접 입력한 조건에 근거하여 콘크리트 생산 시 에너지 사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량의 평가가 가능하다.

#### 3.5.1 기본정보 입력 시트

기본정보 입력 시트는 레미콘 생산업체의 기본적인 정

CO <sub>2</sub> Assessment system in concrete's production process						
Information	Material	Transportation	Manufacture	Database	Result	
■ Concrete Type	<input type="text"/>					
■ Strength	<input type="text"/> Mpa					
■ Slump	<input type="text"/> mm					
■ W / C	<input type="text"/> %					
■ Aggregate Maximum size	<input type="text"/> mm					
Mixture materials	Unit	m <sup>3</sup> mixture ratio	Total use amount	Amount of CO <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )		
Cement	kg					
Water	kg					
Coars aggregate	kg					
Fine aggregate	kg					
Fly ash	kg					
Blast furnace slag powder	kg					
Friendly environment tech.	Transfer material	Unit	Application range			
Replacement	Furnace	%				
	Flyash	%				
	circulation aggregate	%				

(a) Material stage Input



(b) Evaluation result

Fig. 3 Sheets of CO<sub>2</sub> assessment program of concrete

보를 입력한다. 회사 명칭과 콘크리트 제조공장의 지리적인 위치를 입력하고 평가일시, 평가자, 연간 생산량(m<sup>3</sup>), 평가시기의 내용을 순차적으로 입력한다. 연간 생산량(m<sup>3</sup>)은 제조단계의 연간 난방 에너지 사용량과의 분석을 통하여 콘크리트 단위 체적 당(m<sup>3</sup>) 제조 시 투입되는 각각 에너지 사용량을 산출하는데 활용된다.

### 3.5.2 자재단계 입력 시트

자재단계 시트에서는 Fig. 3(a)과 같이 콘크리트 종류, 호칭강도, 필요량, 슬럼프, W/C, 굵은골재 최대치수, 콘

크리트 1 m<sup>3</sup>의 재료배합이 입력된다. 재료배합의 기본단위는 1 m<sup>3</sup> 당 투입자재 물량(kg)이고 사용자는 평가하고자 하는 콘크리트 호칭강도별로 각 해당 투입되는 자재의 물량에 대해 기준안과 대책 안으로 구분하여 입력함으로써 자재단계에 대한 기준평가 대비 대책안의 CO<sub>2</sub> 발생 저감비율을 산출할 수 있다.

### 3.5.3 운송단계 입력 시트

운송단계 시트에서는 운송차량의 종류, 운송수단, 운송거리 등을 입력하도록 구성된다. 우선 각 재료마다 표준

적인 운송수단의 범위를 정하였으며, 입력란에 평가를 원하는 트럭의 종류를 적재량에 따라 표준 5가지로 분류하여 선택하도록 하였으며 이를 토대로 결과 값이 산출되도록 하였다.

또한 각 재료마다 콘크리트 공장과의 실제 운송거리를 입력하도록 하였고, 운송수단의 표준연료는 경유로 한정된 후 현재의 표준 연료(경유)가격을 직접 입력하도록 하여 경제성 평가 시 정량적인 평가가 되도록 하였다. 시멘트는 대부분 강원도에서 기차를 통해 운송되기 때문에 운송장비 입력은 기차와 트럭으로 분류하여 입력하도록 하였다. 또한, 운송장비는 실제로 현장에 반입되는 종류를 입력할 수 있도록 하였다.

### 3.5.4 제조단계 입력 시트

제조단계 시트는 콘크리트 제조설비의 운용과 관련한 에너지사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하는 시트이다. 운용 에너지 사용량을 산출하기 위해 재료저장 사이로, 계량 장치, 혼합 믹서 등을 결합하여 구성된 배치플랜트와 일반 사무소로 분류하여 정보가 입력된다. 배치플랜트의 입력 값은 저장, 수송, 계량, 혼합 공정에서 사용되는 장비를 선택한다. 전력, 유류의 에너지 항목별 해당 데이터를 입력하면 평가하는 레미콘 생산업체의 에너지사용량이 자동 산출된다. 위의 기본정보 단계에서 입력한 평가 시기를 적용하여 동절기에 유류에너지가 더 많이 사용되는 것을 감안하여 이에 대한 변수를 적용하여 평가되도록 하였다. 또한 평가 업체의 CO<sub>2</sub> 배출 저감을 위한 친환경 기술인 고로슬래그와 플라이애쉬 치환, 신·재생에너지 사용, 설비시스템의 고 효율화, 에너지의 효율적 운용 등의 친환경기술 항목을 적용할 수 있도록 하였으며, 새로운 친환경 기술의 추가도 가능하도록 하였다.

### 3.5.5 프로그램 DB 시트

프로그램의 DB 시트는 자재단계, 운송단계, 제조단계 별로 구성된다. 자재단계의 DB는 콘크리트 구성 재료에 대한 산업연관분석(2003년), 국가 LCI DB, 일본토목학회의 에너지소비량, CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 등으로 구성된다. 운송단계의 DB는 운송수단 종류별 적재량, CO<sub>2</sub> 배출량 등으로 구성되어 있다. 제조단계의 DB구성은 m<sup>3</sup>당 공정별 제조설비의 전력에너지 사용량, 동/하절기 유류 평균 사용량과 전력, 유류 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출 원단위를 구축하여 단위 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하는 기초자료로서 역할을 한다. 에너지원별로 단위를 구분하였고, 각각 발열량과 CO<sub>2</sub> 배출계수로 구성된다.

### 3.5.6 평가결과 시트

평가결과 시트는 Fig. 3(b)과 같이 자재, 운송, 제조시트에서 입력되어진 자료와 원단위 데이터베이스를 이용하여 평가한 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량을 출력하는 시트이다. 입력 시트에서 입력이 완료된 후 평가결과 시트를 보면 엑셀 프로그램에 의해 각 계산이 실행되며 계산 결과는

수치 표 및 그래프의 형태로 바로 제공된다. 수치 표 및 그래프에는 단계별 원단위 및 저감량이 표기된다. 또한, 그래프는 각 단계 공정의 표기와 함께 기준안의 원단위를 대책안의 원단위와 비교하여 나타내며 기준안에 대한 대책안의 저감율이 표시된다. 한편, 각 단계별로 평가된 값을 모두 합한 데이터를 그래프 형식으로 나타내어 기존 안에 대비하여 대책 안에 대한 평가 값과 비교할 수 있도록 구성하였다.

## 4. 콘크리트 생산에 의한 CO<sub>2</sub> 평가사례

### 4.1 적용 레미콘 생산업체 개요

평가대상 레미콘 생산업체는 서울에 위치하며, 연간 약 700,000 m<sup>3</sup>을 생산하는 업체이다. 이 업체는 제조설비인 배치플랜트 2기, 사무소 건물 2동, 컨트롤 센터 1동으로 구성되어 있다. 레미콘 생산업체의 개요는 Table 7과 같다.

### 4.2 평가방법

이 연구에서는 실제 레미콘 업체에서 5월(하절기)에 생산된 콘크리트에 대한 단위 당 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하였다. 콘크리트의 종류는 해당업체에서 연간 생산량이 가장 많은 24 MPa 보통 콘크리트로 선정하였으며, 배합 비는 Table 8과 같다. 또한, 현재 일반적으로 사용되는 고로슬래그의 양보다 더 많은 비율(%)의 고로슬래그의 플라이애쉬 치환을 통해 자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가 및 비교하였다.

### 4.3 평가 결과

#### 4.3.1 자재단계

이 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 시스템을 이용하여 레미콘 생산업체의 24 MPa 보통 콘크리트 배합 비에 근거하여 1 m<sup>3</sup> 당 사용된 자재생산에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하였다. 시멘트 생산 시 CO<sub>2</sub> 발생율이 297.92 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로서 자

Table 7 Overview of ready mix concrete company

Evaluation date	2009, May	
Location	Seoul	
Land area (m <sup>2</sup> )	15,732	
Concrete production amount (previous year) (m <sup>3</sup> )	681,142	
Kerosene consumption amount (previous year) (l)	summer season	800
	winter season	11,952

Table 8 Mixture proportions of concrete

W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					
		W	C	S	G	BFS	AD
50	47	137	304	917	902	45	2

재단계에서 차지하는 비율이 89%를 차지하는 것으로 나타났다. Fig. 4는 레미콘 생산업체의 단위 콘크리트 생산에 따른 자재생산단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량을 나타낸다.

#### 4.3.2 운송단계

이 CO<sub>2</sub> 배출량 평가시스템을 이용하여 레미콘 생산업체의 보통 콘크리트 1 m<sup>3</sup>의 배합재료들을 운송 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하였다. 시멘트는 담양, 굵은골재와 잔골재는 경기도 광주와 인천, 혼화재료는 평택에서 레미콘 업체(서울)까지 운송되는 거리를 산출하여 평가하였으며, 배합재료 중 물은 레미콘 생산업체 내의 상수도를 통해 조달함에 따라 운송수단을 통한 평가는 제외 하였다. 운송단계에서 가장 원거리에서 조달되는 시멘트의 운송 시 CO<sub>2</sub> 배출량이 5.75 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로서 운송단계에서 차지하는 비율이 57%를 차지하는 것으로 나타났다. Fig. 5는 레미콘 생산업체의 단위 콘크리트 생산에 따른 배합재료 운송단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량을 나타낸다.

#### 4.3.3 제조단계

레미콘 생산업체의 24 MPa 콘크리트 1 m<sup>3</sup> 제조 시 배출되는 CO<sub>2</sub>량을 각 공정별 사용된 제조설비의 에너지

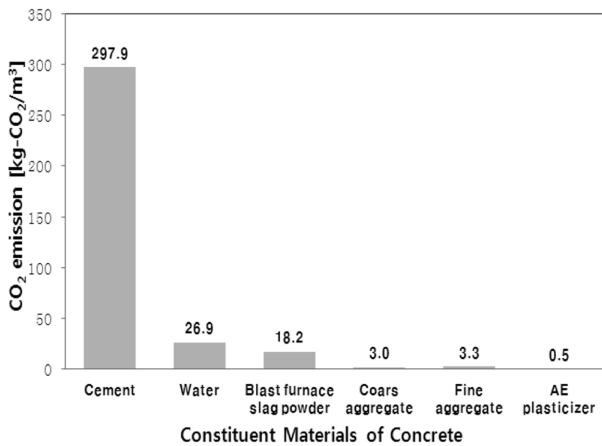


Fig. 4 CO<sub>2</sub> emission of materials stage

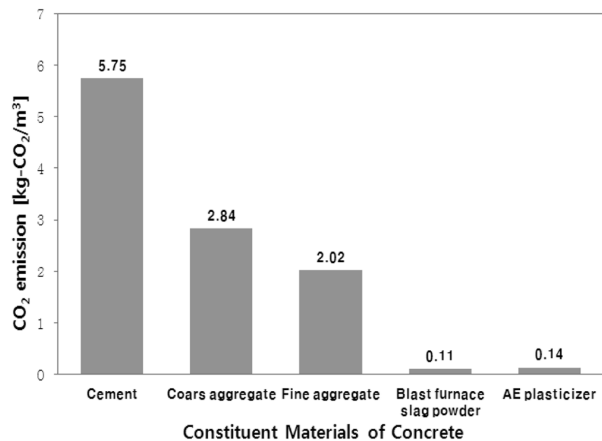


Fig. 5 CO<sub>2</sub> emission of transportation stage

량을 분석하여 평가하였다. 전력에너지의 CO<sub>2</sub> 배출량은 각 공정별 제조설비에서 사용된 에너지 사용량에 대하여 0.71 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로 도출되었으며, 유류에너지 CO<sub>2</sub> 배출량의 경우 레미콘 생산업체의 전년도 콘크리트 생산량과 유류사용량 분석 결과인 0.01 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>을 적용하였다. 레미콘 생산업체의 단위 콘크리트 제조단계에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 Fig. 6과 같다.

평가대상 레미콘 생산업체의 콘크리트 생산 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량 산출 결과는 Table 10과 같다. 자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출량은 332.7 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로 전체 발생량의 약 96.6%를 차지하는 것으로 분석되었고, 운송단계의 CO<sub>2</sub> 배출량은 10.9 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로 전체발생량의 약 3.2%를 차지하는 것으로 분석되었다. 또한, 제조단계의 CO<sub>2</sub> 배출량은 0.7 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로 전체 발생량의 약 0.2%를 차지하는 것으로 분석되었다. 평가 레미콘 생산업체의 콘크리트 생산 시 단위 m<sup>3</sup>당 CO<sub>2</sub> 배출량은 344.3 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로 평가되었다.

기존의 연구인 산업연관분석(2003년), 국가 LCI DB, 일본토목학회(317위원회)의 단위 콘크리트 m<sup>3</sup>당 CO<sub>2</sub> 배

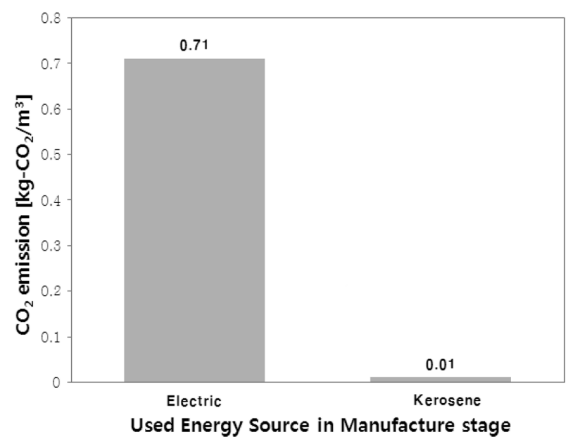


Fig. 6 CO<sub>2</sub> emission of manufacture stage

Table 10 CO<sub>2</sub> emission per unit m<sup>3</sup> by stage

Stage	Amount of C O <sub>2</sub> emission (kg-CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup> )			
	Material	Transportation	Manufacture	Total
Cement	297.92	5.75	-	303.76
Coarse aggregate	2.97	2.84	-	5.81
Fine aggregate	3.30	2.02	-	5.32
Blast furnace slag	1.16	0.11	-	1.27
AE plasticizer	0.50	0.14	-	0.64
Water	26.89	-	-	26.89
Electric	-	-	0.71	0.71
Kerosene	-	-	0.01	0.01
Total	332.7	10.9	0.7	344.3



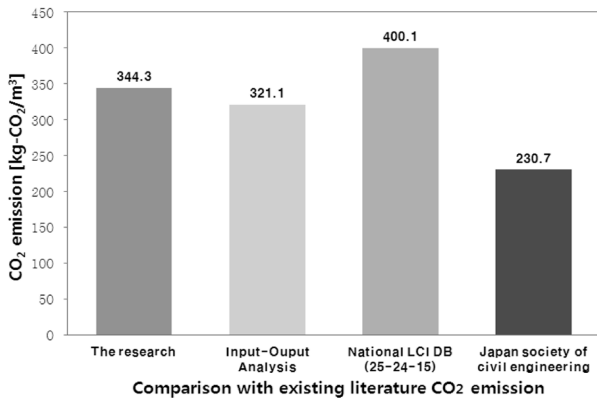


Fig. 7 CO<sub>2</sub> emission per unit m<sup>3</sup> in the production of concrete

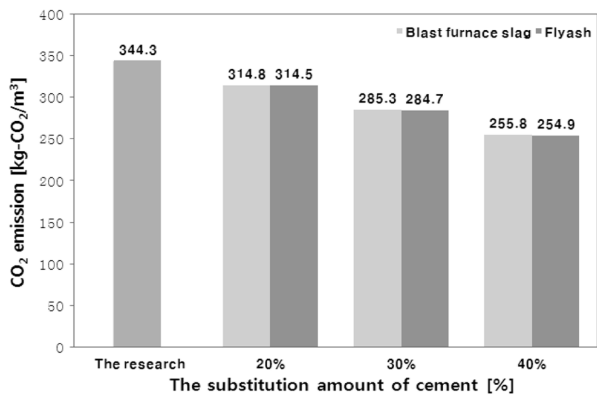


Fig. 8 Comparison of CO<sub>2</sub> emission due to the substitution of cement

출량과 이 연구를 통해서 산출된 단위 콘크리트(m<sup>3</sup>)의 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 결과는 Fig. 7과 같다. Fig. 7에 의하면 평가대상 레미콘 업체의 CO<sub>2</sub> 배출량은 산업연관분석의 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위보다 조금 높은 결과를 얻었으며, 국가 LCI DB보다는 다소 낮은 결과가 도출되었다. 국가 LCI DB와 산업연관분석의 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 차이는 CO<sub>2</sub> 배출량 산출기법이 상이한 것과 국가 LCI DB의 경우 자체 폐기부분을 평가범위로 하고 있기 때문으로 사료된다. 또한, 일본토목학회의 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 230kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> 보다는 높은 결과가 도출되었다. 한편, Fig. 8은 평가대상 콘크리트에 고로슬래그 및 플라이애쉬를 40%까지 치환한 경우의 CO<sub>2</sub> 배출량 결과이다. Fig. 8에 의하면 고로슬래그와 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 CO<sub>2</sub> 배출량은 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 플라이애쉬를 치환한 경우가 고로슬래그를 치환한 경우보다 다소 작은 경향을 나타냈는데 이것은 플라이애쉬의 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위가 고로슬래그에 비교하여 다소 적은 결과에 기인한 것이다.

## 5. 결 론

이 연구는 콘크리트 생산에 따른 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량이 산출 가능하고 동시에 콘크리트 생산과정에서

의 친환경 기술 적용에 따른 CO<sub>2</sub> 배출저감 평가가 가능한 콘크리트 CO<sub>2</sub> 평가 시스템 개발을 목적으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 콘크리트 생산과정을 자재, 운송, 제조단계로 구분하여 콘크리트 CO<sub>2</sub> 평가 시스템을 제안하고, 각 단계의 에너지소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량의 정량적 평가가 가능한 프로그램을 개발하였다.
- 2) 특히 제조단계는 평가대상 레미콘 업체의 제조설비, 콘크리트생산량, 사용전력 등을 이용하여 제조단계의 CO<sub>2</sub> 배출량이 평가 가능하도록 하였다.
- 3) 이 연구의 CO<sub>2</sub> 배출량 평가시스템에 의한 평가대상 콘크리트의 CO<sub>2</sub> 배출량은 344.3kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>로서 자재단계의 CO<sub>2</sub> 배출량이 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 96.6%를 차지하는 결과를 얻었다.
- 4) 한편, 운송단계 및 제조단계의 CO<sub>2</sub> 배출량은 각각 3.2%, 0.2%를 차지하는 것으로 평가되어 콘크리트 생산 시 CO<sub>2</sub> 배출량이 미비한 것으로 분석되었다.
- 5) 이 연구를 통한 평가대상 레미콘 생산업체의 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위는 산업연관분석(2003년) 보다는 조금 높고, 국가 LCI DB보다는 조금 낮은 결과를 얻었다.
- 6) 고로슬래그 및 플라이애쉬 치환을 통해 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량은 감소하였으며 고로슬래그 및 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량의 절감율도 증가하는 경향을 나타냈다.
- 7) 이 연구에서 제안된 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가 프로그램을 이용하여 레미콘 생산업체별 및 콘크리트 종류별 CO<sub>2</sub> 배출량 평가가 가능하며 이러한 콘크리트의 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 구축을 통해 향후 콘크리트 산업의 CO<sub>2</sub> 배출량 예측 및 절감을 위한 기초적 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다(과제번호 : R11-2005-056-01003-0).

## 참고문헌

1. 국제에너지기구(IEA), 세계에너지전망보고서, 2009, pp. 27~31.
2. 태성호, 신성우, 이강희, “고강도 콘크리트 적용에 의한 철근콘크리트 구조물의 환경부하 저감에 관한 연구,” 한국생태건축학회, 8권, 2호, 2008, pp. 61~66.
3. Hironori Nagai, Takafumi Noguchi, Resource-flow Simulation in Concrete Related Industries by using “ecoMA,” the International Conference(SB07 SEOUL), 2007, pp. 287~292.
4. 김종엽, 이승언, 손장열, “건축물 건설단계에서의 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 산출,” 대한건축학회 논문

- 문집(계획계), 20권, 10호, 2004, pp. 319~326.
5. 한국환경산업기술원 국가 LCI 데이터베이스정보망, <http://www.edp.or.kr>.
  6. 이강희, 양재혁, “주요 건축자재의 에너지 소비와 이산화탄소 배출원 단위 산정 연구,” 대한건축학회 논문집(계획계), 25권, 6호, 2009, pp. 43~50.
  7. 日本土木學會, コンクリト構造物の 環境性能照査指針(試案), 2005, pp. 48~52.
  8. 이승우, 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발연구, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2004, pp. 148~152.
  9. John Gale, Sources of CO<sub>2</sub>, IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, 2006, pp. 92~94.
  10. 이명규, 김광서, 이근호, 정상화, “순환골재 및 고로슬래그 시멘트를 사용한 증기양생 콘크리트의 강도 특성,” 콘크리트학회 논문집, 17권, 4호, 2005, pp. 613~620.
  11. 이종찬, 박용호, 김병선, 이상호, “신·재생에너지 군 시설 적용을 위한 설계지침 연구,” 대한건축학회 논문집(계획계), 26권, 1호, 2010, pp. 87~94.

---

**요 약** 전 세계적으로 지구 온난화의 주요원인인 CO<sub>2</sub> 발생에 대한 규제가 강화되고 있다. 반 환경산업으로 인식되는 건설 산업의 주요자재로서 다량의 CO<sub>2</sub>를 배출하는 콘크리트는 생산과정에서 발생된 CO<sub>2</sub> 배출량 감소에 대한 필요성이 인식되었다. 이 논문에서는 콘크리트를 기초로 하여 자재생산, 운송, 제조단계에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하기 위한 시스템을 구축하고, CO<sub>2</sub> 배출량을 효율적으로 저감하고 평가하기 위한 프로그램을 개발 하였다. 평가결과, 대부분의 CO<sub>2</sub> 배출량은 자재생산단계에서 발생했으며, 자재, 운송, 제조단계에서 배출된 CO<sub>2</sub> 배출량에 대하여 정량적으로 평가하였다. 더욱이, CO<sub>2</sub> 배출량을 저감하기 위하여 각 단계별로 친환경 기술을 적용하여 평가가 가능한 이 평가시스템은 콘크리트 생산에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량을 정량적으로 평가하기 위한 시스템으로 제안할 수 있으며, 국내 레미콘생산업체는 CO<sub>2</sub> 배출량 평가를 하기 위해 이 시스템을 사용할 수 있다.

**핵심용어** : 콘크리트, CO<sub>2</sub> 평가시스템, 재료생산, 운송장비, 제조설비