

# 산업연관표를 이용한 지붕방수공법별 CO<sub>2</sub> 배출량 산정

## The Estimation of CO<sub>2</sub> Emission Cost on Roof Waterproofing Types Using Input-Output Table

정 영 철\*                      박 규 태\*                      이 병 윤\*                      김 광 회 \*\*  
 Jung, Young-Chul          Park, Gyu-Tae                  Lee, Byung-Yun              Kim, Gwang-Hee

### Abstract

Recently, global warming problem is a major issue in international community. The carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in the construction industry is one of the main factors causing a global warming problem. Accordingly, various researches on CO<sub>2</sub> emissions caused by the construction industry is needed and construction methods which is low CO<sub>2</sub> emissions should be developed. In this study, CO<sub>2</sub> emission cost is compared with roof waterproofing types in construction phase. As a result, the CO<sub>2</sub> emission costs of asphalt waterproofing is the highest. This research is to provide basic information for selecting appropriate construction methods in aspect of low CO<sub>2</sub> emission cost.

**키 워 드 :** CO<sub>2</sub> 배출량, CO<sub>2</sub> 배출비용, 에너지 소비량, 산업연관분석, 지붕방수공법  
**Keywords :** CO<sub>2</sub> Emissions, CO<sub>2</sub> Emission Cost, Energy Consumption, I/O Analysis, Roof Waterproofing

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 지구온난화 문제가 국제사회의 주요문제로 대두되고 있다. 지구온난화로 인해 지구 표면의 평균온도는 상승하였으며, 생태계가 변화하고, 해수면이 올라가는 등의 기후변화는 인류 생존을 위협하고 있다. 그러므로 지구온난화의 주범인 이산화탄소등의 온실가스배출을 국제적으로 줄이기 위한 많은 노력들이 진행되고 있다. 1992년 리오 기후변화협약을 시작으로 1997년 교토회의에서는 선진국들의 온실가스 감축목표가 설정되었으며, 2002년 남아프리카공화국에서는 교토회의의 구체적인 실천을 위한 국제회의가 개최되었다.<sup>1)</sup>

이러한 국제적인 움직임 속에서 우리나라도 온실가스를 줄이기 위한 노력이 필요하다. 우리나라의 온실가스 배출량은 2001년 기준 미국, 중국, 러시아에 이어 세계 9위에 해당하며, 1990년에 비해 약 2배의 온실가스를 배출하고 있다.<sup>2)</sup> 현재는 기후변화협약에서 개도국으로 분류되어 감축의무로부터 면제되어 있지만, 향후 감축의무 국가로 분류될 가능성이 크기 때문에, 화석연료의 의존도가 높은 우리나라의 산업은 큰 영향을 받을 것으로 예상된다.

우리나라 건설 산업에서 소비되는 화석연료량은 우리나라 전체 화석연료 소비의 1/4이상을 차지하고 있다.<sup>3)</sup> 이와 같이 소비되는 화석연료에서 많은 CO<sub>2</sub>가 발생되므로 이를 줄이기 위해서는 우선 건설공사에서 적용되는 공법별 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량에 관한 연구가 필요하다. 이러한 연구결과를 바탕으로 CO<sub>2</sub> 배출량이 적은 공법을 선택하도록 하여 건설 산업에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 최소화되도록 노력하여야 할 것이다.

본 연구에서는 건축공사의 여러 가지 공종 중에, 지붕방수공사를 연구범위로 한정하였으며, 지붕방수공법별 CO<sub>2</sub> 배출비용을 비교·분석해 보고자 한다. 이와 같은 결과를 활용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 고려한 친환경적인 공법의 적용을 유도하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

건축물은 많은 구성요소(Elements)로 이루어져 있고, 각 구성요소를 이루는 자재와 시공법은 매우 다양하다. 여러 구성요소 중 본 연구에서는 지붕방수 공법을 선택하여 지붕방수 공법별 에너

- 1) 김종엽, 김성완, 손장열, 건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부화 원단위 산출 연구, 대한건축학회 논문집, 20권 7호, pp.211~218, 2004, 7.
- 2) 김종엽, 이승연, 손장열, 건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량 원단위 산출, 대한건축학회 논문집, 제20권 10호, pp.319~326, 2004, 10.
- 3) 이규용, 이재현, 대기오염물질과 온실가스 배출권 거래제 연계 방안, 한국대기환경학회지 제21권 6호, pp.561~571, 2005, 12.

\* 경기대학교 건축공학과 석사과정  
 \*\* 경기대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교하고자 한다. 지붕방수 공법별 에너지 소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 비교는 지붕방수의 Life Cycle 중 신축단계에 한정하였으며, 산업연관표를 이용하여 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량과 에너지소비량을 산출한 후 비용으로 환산하였다. 앞에서 기술한 내용을 다음과 같은 절차로 연구를 수행하였다.

첫째, 기존의 선행연구를 통해 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출에 대한 이론적 고찰을 하였다.

둘째, 기존의 연구 및 자료조사를 통해 지붕방수공법 대상을 선정하고, 공법별 소요 자재량을 산출하였다.

셋째, 산업연관표를 이용한 원단위 산출방법을 적용하여 신축 단계에서 발생하는 공법별 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출한 후 비용으로 환산하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 선행연구 고찰

건설 분야에서 진행된 CO<sub>2</sub> 배출 또는 저감을 알아보기 위하여 기존연구에 대하여 고찰한 결과는 표1과 같다. 이강희 외 1인(2002)의 연구에서는 산업연관분석을 이용하여 건축물의 공종별, 구조형식 및 유형별 건축자재와 재료별에 요구되는 에너지소비량과 CO<sub>2</sub> 배출량의 산정하였다. 김종엽 외 2인(2004)의 연구에서는 건축물 LCA를 수행하기 위해서 건설자재 등에 대한 원단위 DB를 구축하여 건설자재 및 건설단계에서 발생하는 환경부하를 산업연관분석에 의한 원단위로 산출하여 제시하였다. 그리고 공동주택의 신축단계에서 발생하는 공종별, 자재별 에너지소비 및 CO<sub>2</sub> 배출의 특성을 평가하는 연구 또한 김종엽 외 2인(2005)에 의해 진행되었다. 그리고 정량적인 데이터를 산출하고 비교하기 위해 분석프로그램을 이용하여 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량을 제시한 연구는 김정용 (2008)에 의해 수행되었다.

표 1. 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 산정에 관한 선행연구

연구분야	연구자	연구 내용
에너지소비량 및 CO <sub>2</sub> 배출량 산정에 관한 연구	이강희 (2002)	산업연관분석을 이용하여 건축물의 공종별, 건축자재별 에너지 소비량 및 CO <sub>2</sub> 배출량 산정
	김종엽 외 2인 (2004)	건축물 LCA를 위한 건설자재 및 건설단계의 환경부하 원단위 산출에 대한 연구
	김종엽 외 2인 (2005)	공동주택 신축단계에서의 에너지 소비 및 CO <sub>2</sub> 배출 특성 평가분석
	김선식 외 3인 (2008)	에너지 소비량과 CO <sub>2</sub> 배출량 저감을 위한 건축물 내부 벽체 컴포넌트 분석
	이강희 외 1인 (2009)	주요 건축자재의 에너지소비와 이산화탄소 배출 원단위 산정에 대한 연구

### 2.2 산업연관표를 이용한 원단위 산출방법<sup>4)</sup>

산업연관표를 이용한 에너지소비량 과 CO<sub>2</sub> 배출에 대한 원단위 산출과정은 그림 1과 같다.

첫째, 각 부문에서 에너지소비 및 CO<sub>2</sub> 배출의 원인이 되는 연료 종류별 투입량을 추계한다. 둘째, 연소율을 설정하여 연료종류별 연료로서의 에너지 소비에 기여하는 투입물량을 구한다. 셋째, 여기에 각 연료별 발열량 및 CO<sub>2</sub> 배출계수를 곱하고 더하여 부문별 직접 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량의 원단위를 산출한다. 넷째, 직접부문의 원단위에 레온티에프 역행렬 즉,  $(I-A)^{-1}$ 인 유발계수로부터 각 부문별 직·간접 원단위의 산출이 가능하다.

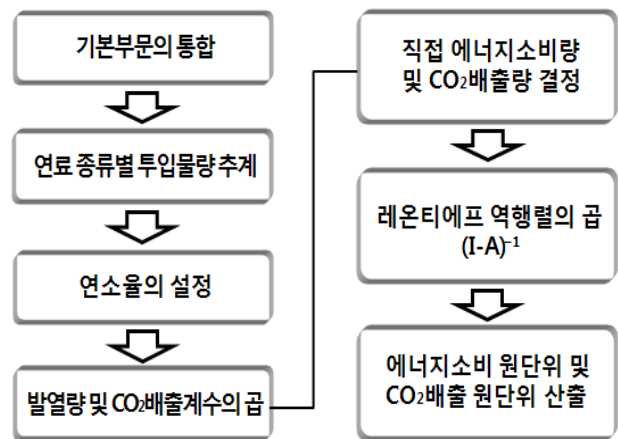


그림 1 에너지소비 및 CO<sub>2</sub> 배출 원단위 산출과정

## 3. 지붕방수공법별 CO<sub>2</sub> 배출량 산정

### 3.1 분석대상 공법

지붕방수공법의 종류는 다양하지만, 일반적으로 신축공사 및 개수공사에 주로 적용되는 공법<sup>5)</sup>인 아스팔트방수(아스팔트 8층 3겹), 도막방수(우레탄), 비노출형 시트방수(합성고분자 시트), 노출형 시트방수(염화비닐 시트) 네 가지를 대상으로 하였다.

### 3.2 대상공법별 자재 소요량 및 자재비

2009년 표준품셈과 일위대가를 이용하여 아스팔트 방수공법, 도막방수공법, 시트방수공법의 1m<sup>2</sup>당 자재량을 산출하였으며, 산출된 자재량에 단가를 곱하여 산정한 자재비는 표 2, 3과 같다.

4) 김종엽, 김성완, 손장열, 건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부하 원단위 산출 연구, 대한건축학회 논문집, 제20권 제7호, pp.211~218, 2004.7

5) 방수공법의 선정과 시공관리 요령, 한국건설기술연구원

표 2. 공법별 소요 자재량(㎡당)

구 분	자 재 명	단 위	소 요 량
아스팔트 방수	아스팔트프라이머	L	0.4
	아스팔트	kg	7.1
	아스팔트펠트	m <sup>2</sup>	1.1
	아스팔트루핑	m <sup>2</sup>	2.2
	중유	L	0.8
	시멘트	kg	25.8
	자갈	kg	107.1
	모래	kg	85.3
	와이어메쉬	kg	3.486
도막방수	우레탄프라이머	kg	0.3
	우레탄	kg	3.9
	코팅제	kg	0.3
시트방수 (비노출)	합성고분자시트	m <sup>2</sup>	1.2
	시멘트	kg	25.8
	자갈	kg	107.1
	모래	kg	85.3
	와이어메쉬	kg	3.486
시트방수 (노출)	염화비닐시트	m <sup>2</sup>	1.2
	접착제	kg	0.3

표 3. 공법별 소요 자재비(㎡당)

구분	자 재 명	수 량	단 가	금 액	소 계
아스팔트 방수	아스팔트프라이머	0.4	1,500	600	12,725
	아스팔트	7.1	550	3,905	
	아스팔트펠트	1.1	500	550	
	아스팔트루핑	2.2	500	1,100	
	중유	0.8	850	680	
	시멘트	25.8	79	2,038.2	
	자갈	107.1	7	856.8	
	모래	85.3	8	597.1	
	와이어메쉬	3.486	688	2,398	
도막 방수	우레탄프라이머	0.3	4,500	1,350	22,350
	우레탄	3.9	5,000	19,500	
	코팅제	0.9	5,000	1,500	
시트 방수 (비노출)	합성고분자시트	1.2	4,085	4,902	10,792
	시멘트	25.8	79	2,038.2	
	자갈	107.1	7	856.8	
	모래	85.3	8	597.1	
	와이어메쉬	3.486	688	2,398	
시트 방수 (노출)	염화비닐시트	1.2	5,610	6,732	7,632
	접착제	0.3	3,000	900	

3.3 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량

공법별 소요 자재비에 산업연관표(2000)를 적용하여 각 자재의 에너지 소비 및 CO<sub>2</sub> 배출 원단위를 산출하였고, 그 결과는 표 4, 5와 같다.

표 4. 공법별 에너지소비량(㎡당)

구 분	에너지 소비량 (TOE)		
	구성요소별 소비량	소 계	
아스팔트 방수	아스팔트프라이머	0.0003030	0.0137640
	아스팔트	0.0009650	
	아스팔트펠트	0.0001780	
	아스팔트루핑	0.0005560	
	중유	0.0006920	
	시멘트	0.0036361	
	자갈	0.0000942	
	모래	0.0000657	
	와이어메쉬 <sup>6)</sup>	0.0072673	
도막방수	우레탄프라이머	0.0005820	0.0096330
	우레탄	0.0084050	
	코팅제	0.0006460	
시트방수 (비노출)	합성고분자시트	0.0021480	0.0132109
	시멘트	0.0036361	
	자갈	0.0000942	
	모래	0.0000657	
	와이어메쉬 <sup>6)</sup>	0.0072673	
시트방수 (노출)	염화비닐시트	0.0038379	0.0041953
	접착제	0.0003574	

표 5. 공법별 CO<sub>2</sub> 배출량(㎡당)

구 분	CO <sub>2</sub> 배출량 (t-CO <sub>2</sub> )		
	구성요소별 소비량	소 계	
아스팔트 방수	아스팔트프라이머	0.0010520	0.0531421
	아스팔트	0.0033620	
	아스팔트펠트	0.0009640	
	아스팔트루핑	0.0019529	
	중유	0.0025410	
	시멘트	0.0134847	
	자갈	0.0003033	
	모래	0.0002114	
	와이어메쉬 <sup>6)</sup>	0.0292941	
도막방수	우레탄프라이머	0.0021630	0.0358040
	우레탄	0.0312390	
	코팅제	0.0024020	
시트방수 (비노출)	합성고분자시트	0.0078990	0.0511926
	시멘트	0.0134847	
	자갈	0.0003033	
	모래	0.0002114	
	와이어메쉬 <sup>6)</sup>	0.0292941	
시트방수 (노출)	염화비닐시트	0.0144031	0.0156468
	접착제	0.0012437	

6) 산업연관표에 와이어메쉬에 대한 자료가 없으므로 와이어메쉬(#8-150\*150)는 철근량으로 환산하여 적용함.

### 3.4 CO<sub>2</sub> 배출비용 산출

산출된 CO<sub>2</sub> 배출량을 비용을 변환하기 위하여 국제적인 단위에서 거래되는 배출권거래제 중 하나인 EUA<sup>7)</sup>가격을 적용하였다. 그리고 적용한 EUA가격은 유럽기후거래소(ECX)에서 제시된 2005년부터 2009년까지 CO<sub>2</sub> 배출권 평균 가격인 19.73EUR/ton을 사용하였으며, 원화로 변환하기 위해서 2009년 연평균 환율인 1809.65원을 적용하였다. 계산된 공법별 CO<sub>2</sub> 배출비용은 표 6과 같다.

표 6. 공법별 CO<sub>2</sub> 배출비용 산정(㎡당)

구 분	CO <sub>2</sub> 배출량 (t-CO <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub> 배출권 평균 거래가격	연 평균 환율 (원)	CO <sub>2</sub> 배출 비용 (원)
아스팔트 방수	0.0531421	19.73 (EUR/ton)	1,809.65	1,897.4
도막방수	0.0358040			1,278
시트방수 (비노출)	0.0511926			1,827.8
시트방수 (노출)	0.0156468			559

공법별 CO<sub>2</sub> 배출비용을 산출한 결과 아스팔트방수공법 1,897.4원, 시트방수공법(비노출) 1,827.8원, 도막방수공법 1,278원, 시트방수공법(노출) 559원 순으로 나타났으며, 아스팔트방수공법이 가장 많은 CO<sub>2</sub> 비용이 발생하는 것으로 분석되었다. 도막방수공법은 우레탄에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량이 다른 자재에 비해 높았다. 비노출형 시트방수의 경우 와이어메쉬 자재에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량이 많고, 노출형 시트방수의 경우에는 시트와 접착제에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량이 적기 때문에 비노출형 시트방수가 노출형 시트방수의 약 3배가량 많은 CO<sub>2</sub>비용이 발생하는 것으로 분석되었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 지붕방수공법별 CO<sub>2</sub> 배출비용을 비교분석하였다. 각 공법별로 발생된 CO<sub>2</sub> 배출량을 국제적인 단위에서 거래되는 EUA비용으로 환산한 결과 아스팔트방수, 비노출형 시트방수, 도막방수, 노출형 시트방수 순으로 나타났다.

위 같은 결과를 토대로 지붕방수공법을 선정하는데 CO<sub>2</sub> 발생비용을 고려한 친환경적인 공법선정을 유도 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 지붕방수공법별 시공단계에서 발생하는 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량을 연구의 범위로 한정하였지만, 추후 연구를 통해 지붕방수공법별로 전생애주기에 걸쳐 발생하는 에너지 소비

량 및 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 연구를 진행할 필요가 있다. 또한 노무비와 시공비를 포함하여 비교함으로써, 추후 연구는 합리적인 공법의 적용을 위한 자료가 될 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 김종엽, 김성완, 손장열, 건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부화 원 단위 산출 연구, 대한건축학회 논문집, 제20권 제7호, pp.211~218, 2004.7
2. 김종엽, 이승언, 손장열, 건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량 원단위 산출, 대한건축학회 논문집, 제20권 제10호, pp.319~326, 2004.10.
3. 김종엽, 이승언, 손장열, 공동주택 신축단계에서의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량 특성 평가, 대한건축학회 논문집, 제21권 제10호, pp.199~206, 2005.4
4. 대한건설정보, 표준적산&일위대가 작성, pp.408~487, 2009
5. 방수공법의 선정과 시공관리 요령, 한국건설기술연구원
6. 이강희, 양재혁, 주요 건축자재의 에너지소비와 이산화탄소 배출원단위 산정 연구, 대한건축학회논문집, 제25권 제6호, pp.43~50, 2009
7. 이강희, 채창우, 산업연관분석법을 이용한 공공건축물의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량 산출연구, 대한건축학회 논문집, 제18권 제5호, pp.99~107, 2002.5
8. 이승언 외, 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구, 한국건설기술연구원, 2004
9. 최성민, 오상근, 서치호, 건축물 옥상부의 적정 방수공법 선정평가를 위한 의사결정절차 및 가중치 결정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제25권 제1호, pp158~166, 2009.1
10. 최오영, 김태희, 김광희, LCC 평가를 통한 지붕방수공법선정에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집 제8권 제5호, pp127~134, 2008.10

7) EUA(EU Allowance)는 EU ETS에서 거래되는 탄소배출권의 단위임.