

공동주택 건설단계 공종별 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 산정연구

The Estimation of the Energy Consumption and CO₂ Emission at the Construction Stage in the Apartment Housing

김대희 권보민 최영오 이강희
Kim, Dae-hee* Kwon, Bo-Min** Choi, Young-Oh*** Lee, Kang-hee****

Abstract

A few methodologies have been recently developed to estimate the environmental affect when various materials and components are used in building life cycle. The direct survey method has limitations to analyze the environmental problems because of the limit of survey scope and cost. Therefore, another indirect method has been developed as alternatives. The indirect method is represented as input-output analysis. This paper aimed at analyzing the estimation the environmental affect of building materials and works at building construction, utilizing the input-output analysis as a indirect estimation method. The results suggested that the building works is overallly responsible for the energy consumption and CO₂ emission. In other words, Over the 80% of the total consumption and CO₂ emission are resulted at the building work.

키워드 : 에너지 소비량, 이산화탄소 배출량, 환경영향, 공동주택

Keywords : energy consumption, carbon dioxide emission, environmental affect, apartment housing

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

1997년에는 리우 기후변화협약에 대한 각국의 준수여부를 확인하고 독려하기 위한 교토국제회의가 개최되었으며 2002년 남아프리카공화국에서는 앞서의 교토회의의 구체적인 실천을 위한 국제회의가 개최되었다.

우리나라는 이러한 국제적인 움직임 속에서 환경보전을 위한 다양한 연구와 개발이 진행되고 있다. 최근 들어 건축분야에서도 건축물에 요구되는 건설자재 및 폐자재의 발생여부에 따른 환경에 대한 영향정도를 파악할 수 있는 방법론 개발 및 추진전략이 제시되고 있다.

건축물의 건설, 사용, 철거/해체에 이르는 라이프사이클 과정에서 에너지·자원을 절약하고 환경오염을 저감하는 기술개발이 요구되고 있다. 이를 위해 건축물 라이프사이클 각각의 단계에서 자원·에너지 소비량, 환경오염물질 배출량을 파악할 수 있는 방법론의 정립이 요구되고 있다.

이것을 통해 공법, 건축자재 및 재료의 개발, 에너지 사용을 저감하는 건축계획·설계요소를 도입하여 단계적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

건축물의 라이프사이클 단계별 에너지·자원 등의 투입과 환경영향요소를 종합적으로 연계하여 평가하는 것으로서는 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA)가 제시되고 있다. 건축물의 라이프사이클 과정에서의 전과정평가(LCA)는 지구온난화, 산성우 등의 환경영향정도를 정량적으로 분석할 수 있다.

본 논문에서는 건축물의 건설단계에서 수행되는 건축공사, 토목공사, 설비공사의 목록분석을 통해 각각의 공종별 내재에너지(embodied energy)와 지구온난화지구 기준물질인 이산화탄소의 배출량을 산출하는 것이다. 본 연구결과를 통해 건설단계에서 수행되는 공사별 혹은 공사 각각의 공종별 상대적 환경영향정도를 비교, 평가하는 척도로 활용할 수 있다.

2. 연구방법 및 내용

건축산업에서 환경영향을 연구하는 도구로 전과정평가(LCA)의 인식은 높아지고 있다. 건축물의 전과정평가는 크게 목적 및 범위설정, 목록분석, 영향평가, 개선평가 등의 4단계로 구분된다. 이 가운데 목록분석은 영향평가, 개선평가를 수행하는데 있어 필수적인 단계이다.

목록분석(Inventory analysis)에서 사용되는 기법은 크게 직접조사법과 간접추계법으로 구분할 수 있다¹⁾. 이 가

* 정회원, 안동대학교 대학원, 건축공학과 석사과정
** 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부 연구원
*** 정회원, 경북대학교 대학원, 건축공학과 박사수료
**** 정회원, 안동대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
- 본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었음(R11-2005-056-01005-0).

운데 간접추계법은 건축물에 투입되는 건축자재, 에너지·자원 등의 각각의 요구량을 생산하기 위해 다시 여러 산업부문의 요소투입을 필요로 하는 유기적인 연계관계를 가지고 있다는 것에서 출발한다. 이것은 투입·산출(input-output)의 개념으로 표현된다. 따라서 본 연구에서는 투입·산출의 개념을 이용하여 간접추계법인 산업연관분석법을 이용하였다.

산업연관분석법은 한국은행에서 2000년 발표한 산업연관표를 이용하였다. 산업연관표는 2000년에 발표되었고 분석대상 건축물은 공동주택으로 2000년에 착공한 것으로 시간적인 차이는 없는 것으로 나타난다.

3. 연구의 범위 및 내용

공동주택은 건설, 사용 및 유지관리단계, 철거·해체단계로 생애를 구분할 수 있다. 이 가운데 본 연구에서는 건설단계의 건축공사, 토목공사, 기계·전기설비공사에서 이용된 건축자재 및 재료를 활용하여 공종별 내재에너지(embodied energy), 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 그리고 공종별 각각의 원단위를 산출하였다. 에너지 소비원단위와 이산화탄소 배출원단위는 면적개념 측면에서 Mcal/m², kg-CO₂/m²로 표현된다. 분석대상 건축물은 2001년 5월에 착공을 하여 2004년 5월에 준공된 경기도 성남시에 위치한 공동주택을 선정하였다. 총 연면적은 437,729m², 지상 35층, 지하 3층의 철근콘크리트 구조물로 지역난방을 취하고 있는 일반아파트로서 건물개요, 배치도 및 단위세대 평면도는 다음 표1과 같다.

표 1. 분석대상 건축물의 개요

구분	내용			
건축규모	지상35층, 지하 3층			
건축면적	59,061m ²			
건폐율	59.21%			
연면적	지상층 연면적	355,075m ²	용적율	355.99%
	지하층 연면적	82,654m ²		
	합 계	437,729m ²		
조정면적	29,109m ²			
세대수	1,829세대			
주차대수	3,130대			

II. 분석방법

1. 건설단계의 산업연관분석

산업연관분석은 건축공사에서 요구되는 건축자재와 재료를 생산하기 위해 여러 산업이 서로 연계관계를 갖고

1) 직접조사법은 건축물과 같은 다종다양한 건축자재와 재료, 현장생산 등의 특성을 가지고 있는 대상에 적용하기란 한계가 있다. 또한 조사기간이 길고 조사목록범위가 제한적인 단점을 지니고 있다(KangHee Lee, ChangU Chae(2000), "An Estimation Method of the Life-Cycle Energy and CO₂ of Buildings", The 3rd International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, pp539~549).

있다는데에서 출발한다. 그리고 산업부문의 상호연관관계를 표현하고 있는 산업연관표를 이용한다. 이것은 6단계의 과정으로 구분하여 설명할 수 있다(그림1 참조).

우선, 건설단계에서 투입되는 건축자재와 재료를 건축공사, 토목공사, 기계·전기설비공사에 해당하는 공종으로 분류하는 것이다²⁾. 본 연구에서 건축공사는 철근콘크리트공사를 포함하여 총 13개 공종으로 구분하였으며 토목공사는 파일공사를 포함하여 4개 공종, 기계·전기설비공사는 공구설비공사를 포함해 7개 공종으로 구분하였다.

두 번째 단계로 산업연관표상의 산업부문에 대응하는 건축재료와 자재의 최종수요량을 공종별로 산출하게 된다. 산업연관표상에서는 403개의 산업으로 구분하고 있지만 건설단계에서 사용된 건축자재와 재료를 산업연관표상의 산업부문에 대응하여 84개 산업으로 재분류하였다.

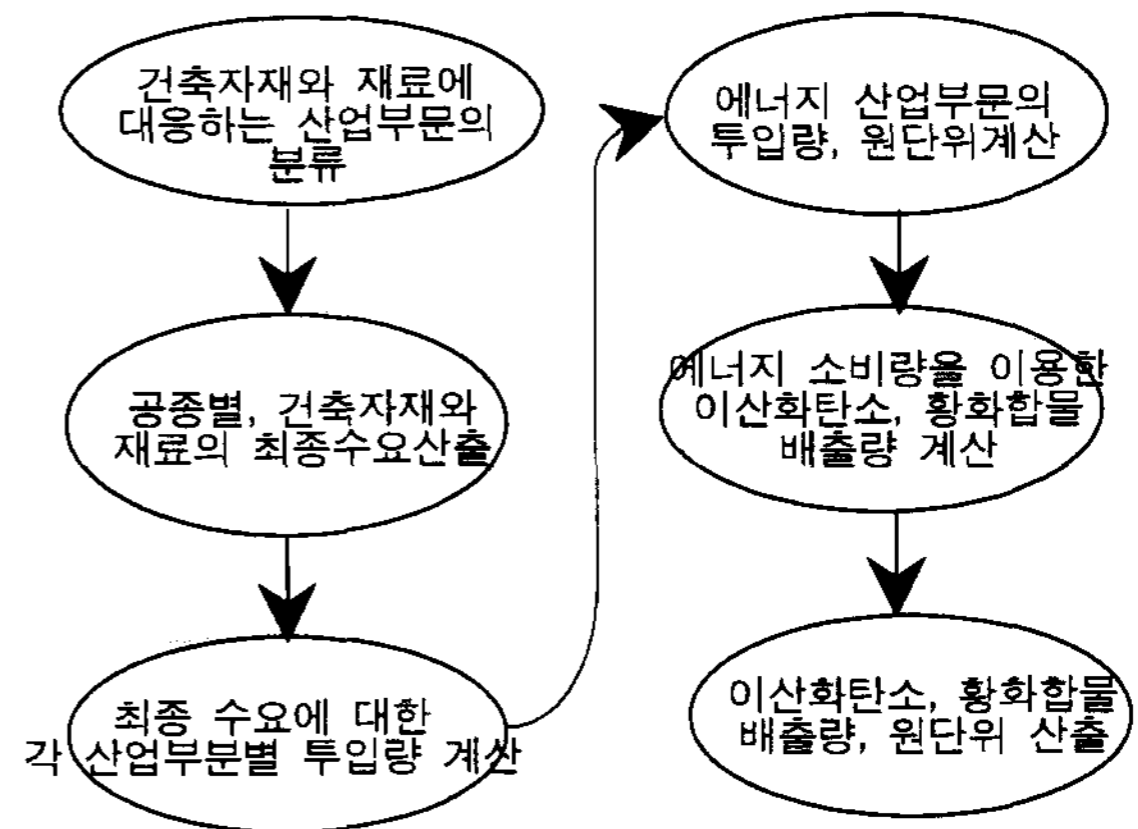


그림 1. 산업연관분석 과정 및 흐름

세 번째 단계로 산업연관표상에서 제시하고 있는 403개 부문의 역행렬을 산정하고 식1를 이용하여 최종수요에 따른 산업부문별 투입량을 계산하는 것이다. 이것은 403개 산업부문에 대한 투입계수행렬(a_{ij}, 403×403)을 계산하고 이것의 역행렬을 산정한다. 계산된 역행렬과 공종별 건축자재와 재료의 최종수요를 곱함으로써 본 분석대상건물을 건설하기 위해 투입된 84개 산업부문의 투입량을 산정할 수 있다.

$$X = (I - A)^{-1} Y \dots\dots\dots (식1)$$

여기서 X : 산업부문별 투입량,
(I-A)⁻¹ : 투입계수행렬(a_{ij})의 역행렬(I는 단위행렬)
Y : 공종별 건축자재와 재료의 최종수요

네 번째 단계로 앞서의 단계에서 산업부문별 투입량에서 에너지 산업부문만을 추출하여 본 분석대상 건물에 투입된 건축자재와 재료부문을 위한 에너지 소비량 및 에너지 소비원단위를 산출하게 된다. 여기에서 에너지 소비량은 표2를 이용하여 건축자재와 재료부문에 소요되는

2) 해당 공종의 물량은 공사비내역을 이용한다.

에너지원별 구입량을 계산하고 다시 에너지원별 열량을 계산하는 과정을 거치게 된다. 에너지 소비원단위는 공종별 투입되는 에너지 소비량을 건축연면적으로 나눈 값 (Mcal/m²)으로 표현된다.

다섯 번째 단계로 앞서 산출된 에너지 소비량에 단위 열량당 발생하는 이산화탄소 배출 단위량을 곱하여 공종별 이산화탄소 배출량을 산정하게 된다.

마지막 단계로 앞서 산출된 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출량을 해당 공종별로 구분, 합산하게 된다. 그리고 이것을 이용하여 공종별 이산화탄소 배출원단위(kg-C/m²), 을 구하는 과정으로 구성된다.

표 2. 에너지원별 단위가격, 발열량 및 탄소배출계수³⁾

구분	단위가격 ¹⁾	발열량 ²⁾	탄소배출계수 ³⁾	연소율
원유	242.4원/kg	10,000kcal/kg	20.0kgC/GJ	-
휘발유	946.1원/ℓ	8,300kcal/ℓ	18.9kg-C/GJ	0.990
나프타	218.9원/ℓ	8,000kcal/ℓ	20.0kg-C/GJ	0.990
등유	417.0원/ℓ	8,700kcal/ℓ	19.6kg-C/GJ	0.990
경유	390.9원/ℓ	9,200kcal/ℓ	20.2kg-C/GJ	0.990
중유	214.1원/ℓ	9,900kcal/ℓ	21.1kg-C/GJ	0.990
제트유	257.8원/ℓ	8,700kcal/ℓ	19.5kg-C/GJ	0.990
LPG	483.2원/kg	12,000kcal/kg	17.2kg-C/GJ	0.990
도시가스	588.8원/Nm ³	11,000kcal/Nm ³	15.3kg-C/GJ	0.995
천연가스	340.3원/kg	13,000kcal/kg	17.2kg-C/GJ	-
무연탄	55.1원/kg	4,500kcal/kg	26.8kg-C/GJ	0.980
유연탄	38.4원/kg	6,600kcal/kg	25.8kg-C/GJ	0.980
기타석탄제품	50.7원/kg	6,500kcal/kg	29.5kg-C/GJ	0.980
전력	수력			
	원자력	75.26원/kwh	860kcal/kwh	22.69kg-C/GJ
	화력			

- 에너지원별 단위가격은 '부문별품목별공급액표'에 게재되어 있는 수량 및 금액을 이용하였으며, 국내 생산품과 수입품과의 가격 차이가 발생하기 때문에 가중평균을 적용하였다.
중유의 단가는 벙커A유, B유, C유의 가중평균을 적용하였다.
액화석유가스는 프로판과 부탄만을 고려하고 국내 및 수입에 대한 물량단위 차이로 프로판 비중 2.508[kg/ℓ], 부탄 비중 0.584[kg/ℓ]을 적용하여 산출하였다.
도시가스는 수량이 게재되어 있지 않아 2000년 에너지발란스표(고유단위)에 게재된 도시가스 물량 11,963백만m³을 이용하였다.
수력, 화력, 원자력은 수량이 게재되어 있지 않아 2004년 한국전력공사의 전력통계속보에 게재된 물량을 이용하였다.
- 에너지발열량은 에너지이용합화법 시행령에 제시하고 있는 석유환산표를 근거로 이용하였다.
- 탄소배출계수는 국내에서 실시된 바가 없기 때문에 IPCC이 추천한 탄소배출계수를 이용하였다.
수력과 원자력은 비화석연료이며, 연소에 의한 온실가스 배출분이 극히 미량으로 판단되어 분석대상에서 제외하였다.
화력의 탄소배출계수는 2000년 한국전력공사의 전력통계속보에 게재되어 있는 화력발전량에 투입된 물량(무연탄,유연탄,중유,LNG 등)의 가중평균을 이용하였다.

3) 에너지경제연구원 조사결과 전력에너지에서는 이산화탄소, 황화합물은 발생하지 않는 것으로 제시하고 있다.

2. 건축자재 및 재료의 분류

분석대상 건축물의 건설단계를 공종별로 세분화하면 크게 건축공사, 토목공사, 설비공사 등으로 구분되며 에너지소비량 및 이산화탄소배출량 분석을 위해서는 건설단계에 투입된 자재 및 재료에 대한 물량 파악이 우선시 되어야 한다. 따라서 건설단계의 투입된 물량은 분석대상 건축물의 물량내역서를 바탕으로 분석하였다.

표 3. 분석대상 공동주택 건설단계 사용 자재수

구분	규격별자재수	산업부문	구분	규격별자재수	산업부문
건축	144	38	설비	256	40
토목	12	6	계*	412	84

주) 규격별자재수 및 산업부문은 공종별 동일자재 중복계산 상태

건축단계에 투입된 규격별 자재 및 재료를 분류하였을 경우 건축공사에서는 144개, 토목공사는 12개, 설비공사 256개의 자재가 투입된 것으로 나타났으며, 규격별 자재를 산업부문으로 통합하여 재분류 하였을 경우 건축공사는 38개 부문, 토목공사는 6개 부문, 설비공사는 40개 부문으로 분류된다. 또한 자재구성비는 건축공사가 84.7%, 토목공사가 1.4%, 설비공사가 13.9%로 건축공사에서 대부분을 차지하는 것으로 조사되었다.

III. 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량산정결과

분석대상 건축물의 건설단계를 세분화하면 크게 건축공사, 토목공사, 설비공사 등 3개 부분으로 구분된다. 건축공사는 철근콘크리트공사, 시설물설치공사, 수장공사, 창호공사, 미장공사, 방수공사, 금속공사, 도장공사, 타일 및 석공사, 조적공사, 공통가설공사, 지붕 및 흙통공사, 유리공사 등 13개 공종으로 구분된다. 토목공사는 흙막이가 시설 및 차수공사, PILE공사, 부대토목공사, BRIGE공사 등 4개 공종으로 구성된다. 설비공사는 장비설치공사, 기계설비관공사, 옥외배관공사, 지하주차장설비공사, 공구설비공사, 소화설비공사, 공구소화설비공사, 정수처리공사, 자동제어공사, 가스배관공사, 공구가스배관공사, 우수배관공사, 단위세대가스배관공사, 단위세대난방공사, 단위세대위생기구공사, 단위세대급수급탕공사, 단위세대오배수공사 등 17개 공종으로 구분된다.

1. 에너지소비량

① 건축

본 분석대상 건축물인 분석대상 건축물의 건축공사에서 투입된 총 에너지소비량은 2,082,086GJ인 것으로 조사되었다. 이 가운데 철근콘크리트공사, 시설물설치공사, 금속공사, 수장공사 등에서 높은 에너지소비량을 보이고 있는 것으로 나타난다. 에너지소비량인 적은 공사는 유리공사, 공통가설공사, 지붕 및 흙통공사 등으로 나타난다(그림2 참조)

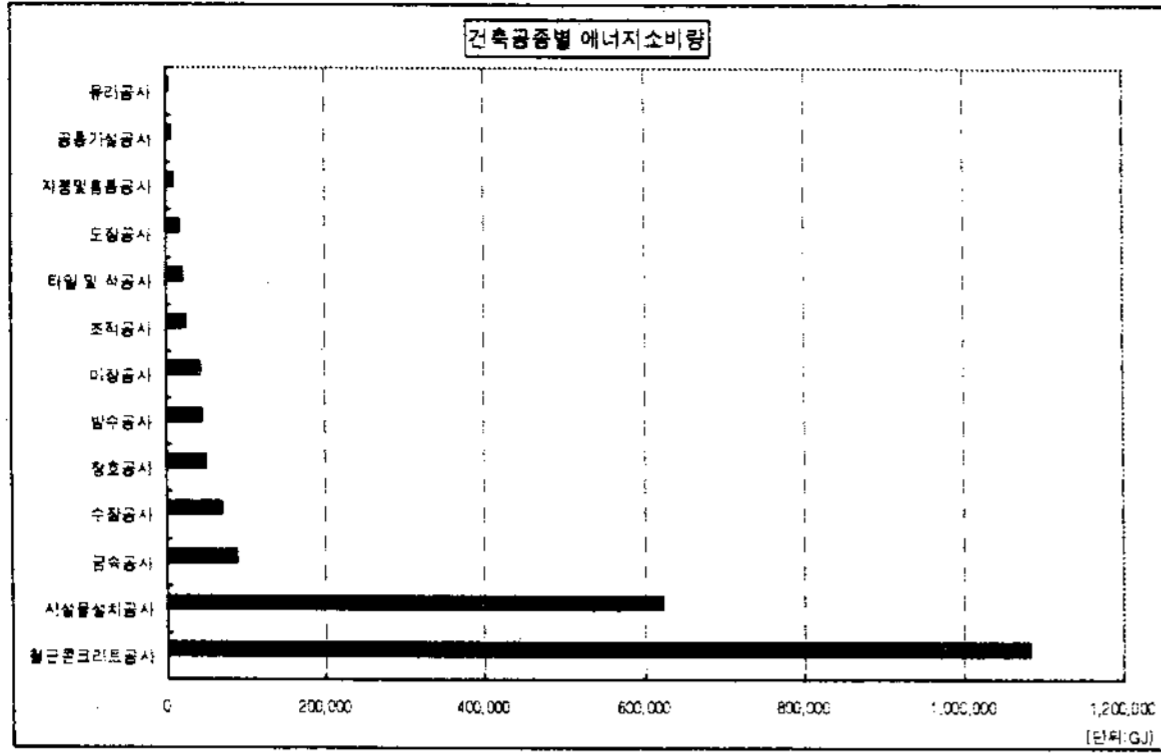


그림 2. 건축공종별 에너지소비량(단위:GJ)

② 토목

토목공사에서 투입된 총 에너지소비량은 39,480GJ로 건축공사 대비 1.6% 정도의 수준이다. 이처럼 토목공종에 투입된 에너지소비량이 낮은 이유는 대부분이 인력 및 장비를 활용한 것으로 건축자재와 투입이 거의 없는 것에 따른 결과로 사료된다(그림3 참조).

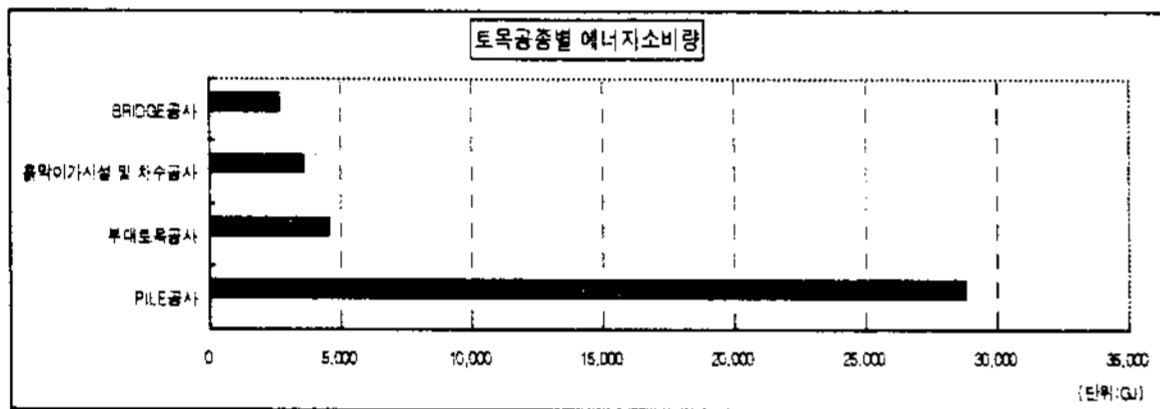


그림 3. 토목공종별 에너지소비량(단위:GJ)

③ 설비

설비공사에 투입된 총 에너지소비량은 330,592GJ로 건축공사 대비 13.5% 수준이다. 이 가운데 에너지소비량이 많은 공종은 공구설비공사, 공구소화설비공사, 지하주차장설비공사 등으로 나타났으며, 낮은 소비량을 보이는 것은 단위세대급수급탕공사, 옥외배관공사, 단위세대가스배관공사 등으로 조사되었다(그림4 참조).

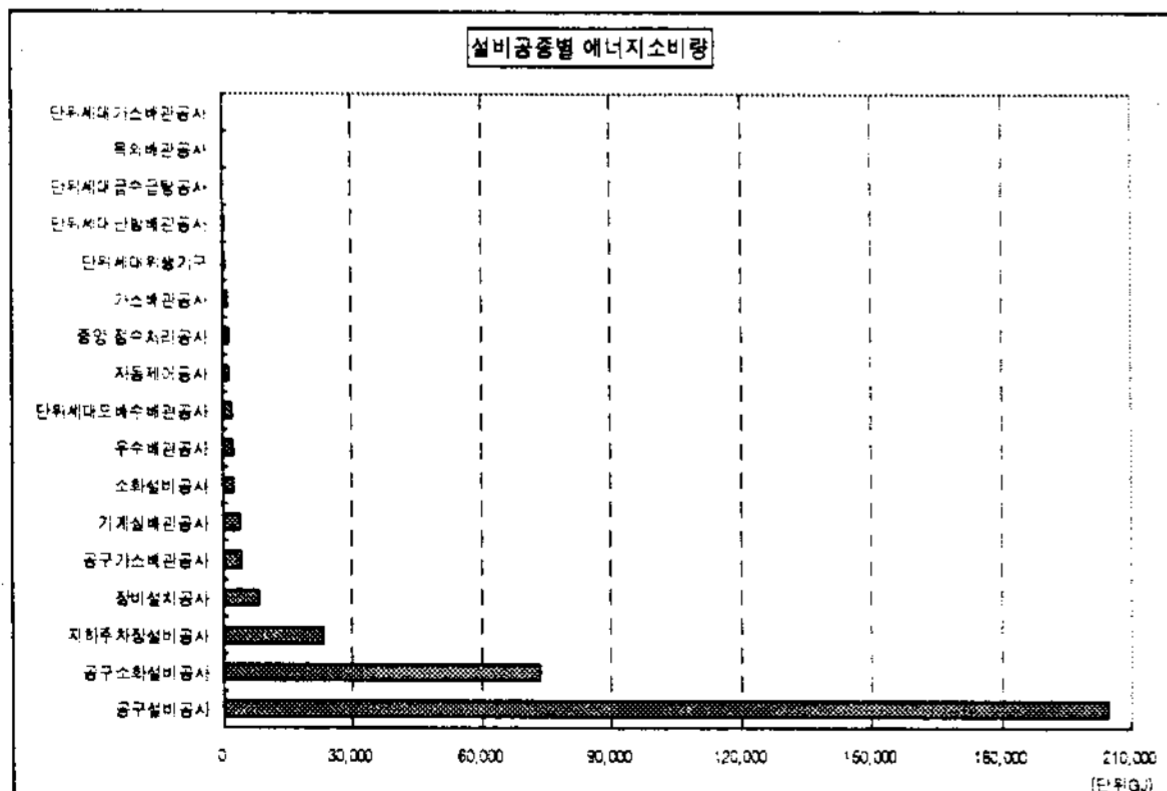


그림 4. 설비공종별 에너지소비량(단위:GJ)

상기와 같이 건설단계의 건축공사, 토목공사, 기계·전기설비공사에서 사용된 건축자재와 재료의 에너지 소비량을 산정하였다. 이와 같은 결과를 이용하여 공종별 에너지 소비원단위를 산정할 수 있다. 공종별 에너지 소비원단위는 공종별 에너지 소비량을 연면적으로 나눔으로써 산정할 수 있다.

표 4. 건설단계의 에너지소비원단위(단위: MJ/m²)

	에너지소비원단위	구성비
건축	4,756.56 MJ/m ²	84.9%
토목	90.19 MJ/m ²	1.6%
설비	755.24 MJ/m ²	13.5%
합계	5,602.00 MJ/m ²	100.0%

표4는 공종별 에너지 소비원단위를 산정한 것이다. 분석대상 건축물의 에너지 소비원단위는 5,602.00 MJ/m²이다. 건축공사는 4,756.56 MJ/m²로써 전체 원단위의 85%수준을 차지하고 있는 것으로 나타난다. 다음으로는 기계·전기설비공사로써 13.5%인 755.24 MJ/m²로 나타난다. 전체적으로 건축공사에서 사용된 건축자재와 재료의 에너지 소비원단위가 주요 발생원임을 알 수 있다.

2. 이산화탄소 배출량

① 건축공종별 이산화탄소 배출량

본 분석대상 건축물인 분석대상 건축물의 건축공사에서 발생한 총 이산화탄소 배출량은 169,722T-CO₂⁴⁾인 것으로 조사되었다. 이 가운데 철근콘크리트공사, 시설물설치공사, 금속공사, 수장공사 등에서 이산화탄소 배출량이 높은 것으로 나타났으며, 철근콘크리트공사와 시설물설치공사에서 85.0%의 수준을 차지하고 있는 것으로 조사되었다.(그림5 참조).

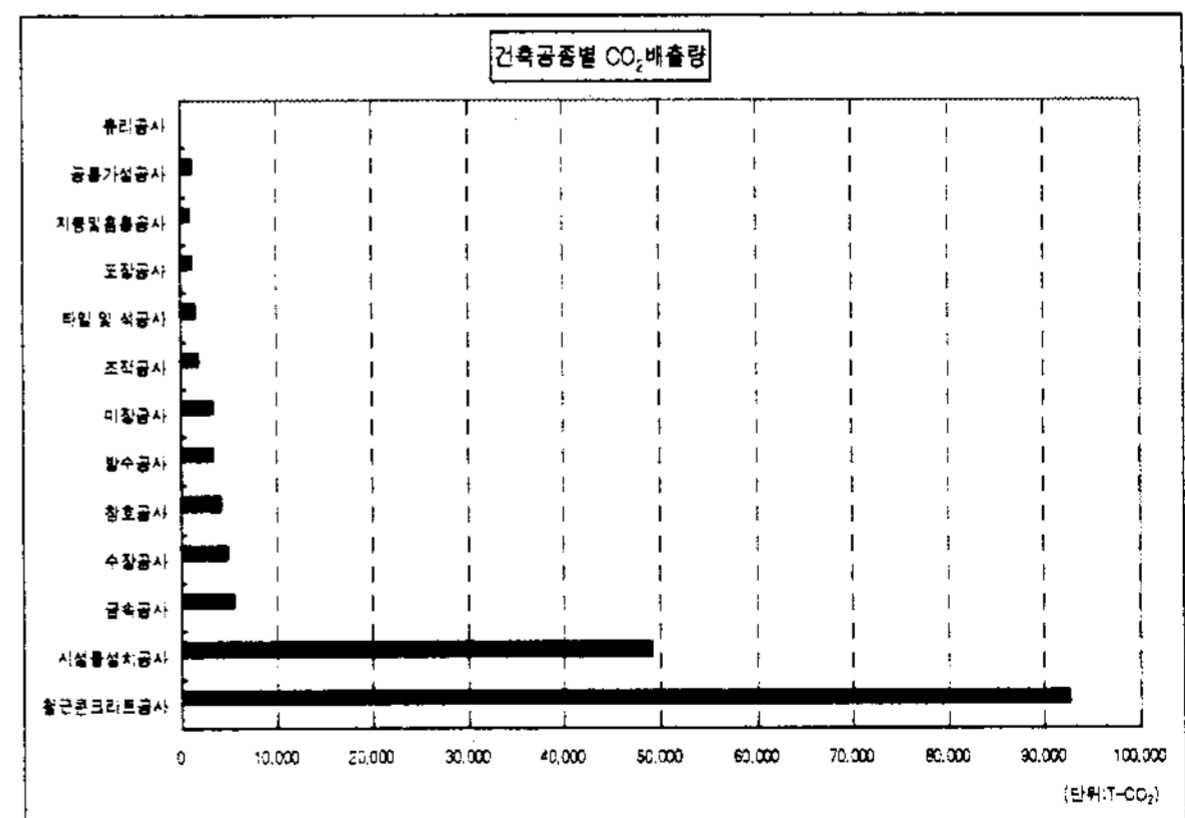


그림 5. 건축공종별 이산화탄소 배출량(단위:T-CO₂)

4) T-CO₂는 Ton-CO₂로 10³kg-CO₂이다.

② 토목공종별 이산화탄소 배출량

토목공사에서 발생한 총 이산화탄소 배출량은 4,358T-CO₂로 건축공사 대비 2.2% 정도의 수준이다. 이처럼 토목공종에 투입된 에너지소비량이 낮은 이유는 대부분이 인력 및 장비를 활용한 것으로 건축자재와 투입이 거의 없는 것에 따른 결과로 사료된다(그림6 참조).

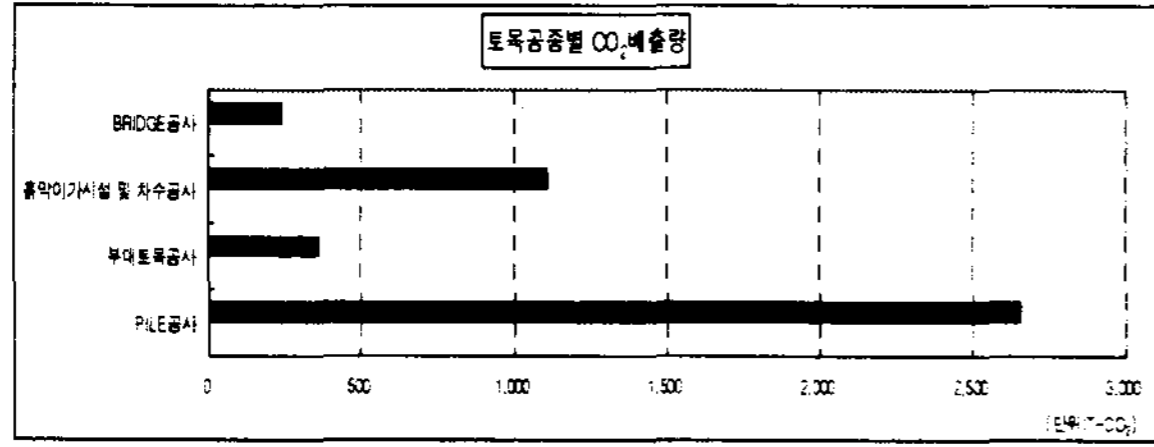


그림 6. 토목공종별 이산화탄소 배출량(단위:T-CO₂)

③ 설비공종별 CO₂배출량

설비공사에 투입된 총 이산화탄소 배출량은 28,007T-CO₂로 건축공사 대비 12.8% 수준이다. 이 가운데 이산화탄소 배출량이 많은 공종은 공구설비공사, 공기소화설비공사, 지하주차장설비공사 등으로 나타났으며, 낮은 배출량을 보이는 것은 단위세대급수급탕공사, 옥외배관공사, 단위세대가스배관공사 등으로 조사되었다(그림 7 참조).

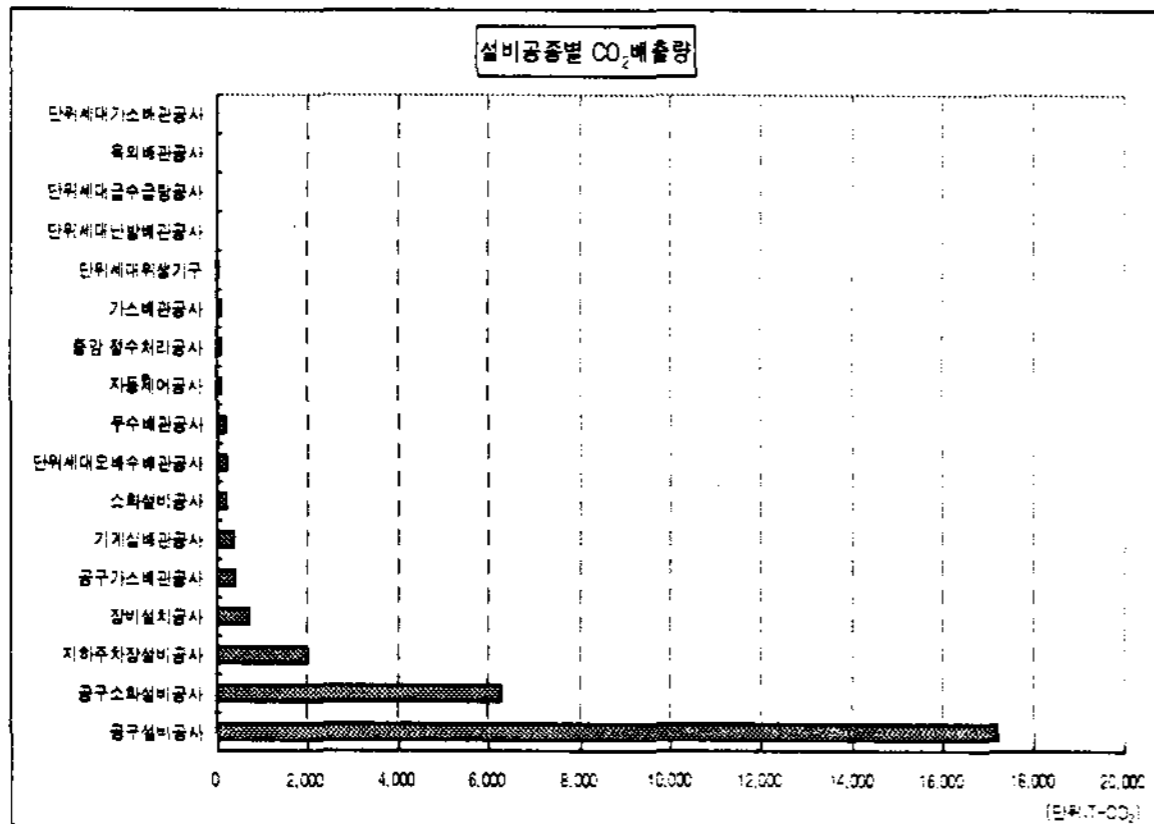


그림 7. 설비공종별 이산화탄소 배출량

상기와 같은 건설단계의 이산화탄소 배출량을 이용하여 이산화탄소 배출원단위를 산정할 수 있다. 이산화탄소 배출 원단위는 분석대상 건축물의 단위면적의 개념에서 산정할 수 있다.

표 5. 건설단계의 이산화탄소 배출원단위

	이산화탄소 배출원단위(kg-CO ₂ /m ²)	구성비
건축	387.73 kg-CO ₂ /m ²	84.0%
토목	9.96 kg-CO ₂ /m ²	2.2%
설비	63.98 kg-CO ₂ /m ²	13.8%
합계	461.67 kg-CO ₂ /m ²	100.0%

IV. 결론

건축물은 건설, 유지관리, 철거/해체단계에 이르는 동안 환경오염물질을 배출하게 된다. 환경영향 분석은 사용하는 건축자재의 상대적인 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 비교하는데 효과적이다. 본 논문에서는 공동주택 건설단계에서 사용하는 건축자재와 재료로 인해 발생하는 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 공동주택의 건설단계의 에너지 소비량은 총 2,082,086GJ로 분석된다. 이 가운데 철근콘크리트 공사가 가장 높은 수준을 차지하고 있는 것으로 약 1,083,373GJ의 수준을 보이고 있다. 다음으로 시설물 설치공사를 들 수 있다. 건축공사의 에너지 소비원단위는 약 4,756.56 MJ/m²로 나타난다. 철근콘크리트 공사는 2,474.98MJ/m²의 수준을 보이고 있다.

토목공사에서 사용된 건축자재와 재료의 에너지 소비량은 39,480GJ로 나타난다. 이 가운데 파일공사가 28,754GJ로써 가장 높은 수준을 보이고 있다. 토목공사의 에너지 소비원단위는 90.19MJ/m²로써 이 가운데 파일공사가 65.69MJ/m²로 주요 부분을 차지하는 것으로 분석되고 있다.

설비공사의 에너지 소비량은 330,592GJ로써 이 가운데 공구설비공사는 204,413GJ로 가장 높은 수준을 보이고 있다. 설비공사의 에너지 소비원단위는 755.24MJ/m²로써 이 가운데 공구설비공사는 466.98MJ/m²로 나타난다.

둘째, 건설단계의 에너지 소비원단위는 총 5,602.0MJ/m²로서 건축부문이 약 85%수준인 4,756.56MJ/m²를 차지하고 있다. 설비공사는 755.24MJ/m²로 전체의 13%수준을 보이고 있는 특징을 지니고 있다.

셋째, 분석대상 건축물의 이산화탄소 배출량은 건축공사에서 169,722T-CO₂로 나타난다. 이 가운데 철근콘크리트 공사는 약 92,614T-CO₂의 이산화탄소 배출량을 보이고 있다. 건축공사의 이산화탄소 배출원단위는 387.73kg-CO₂/m²를 보이고 있다. 이 가운데 철근콘크리트공사는 약 211.58kg-CO₂/m²로써 절반 이상을 차지하는 것으로 분석된다.

토목공사의 이산화탄소 배출량은 약 4,358T-CO₂로 파일공사는 2,656T-CO₂로 높은 수준을 보이고 있다. 토목공사의 이산화탄소 배출원단위는 약 9.96kg-CO₂/m²으로 파일공사가 6.07kg-CO₂/m²로 약 3/4수준을 차지하는 것으로 분석된다.

설비공사의 이산화탄소 배출량은 28,007T-CO₂로 이 가운데 공구설비공사는 17,214T-CO₂로써의 수준을 보이고 있다. 설비공사의 이산화탄소 배출원단위는 63.98kg-CO₂/m²로써 이 가운데 공구설비공사는 39.33kg-CO₂/m²으로 높은 발생원인을 알 수 있다.

넷째, 건설단계의 이산화탄소 배출원단위는 461.67kg-CO₂/m²로써 건축공사가 387.73kg-CO₂/m²으로 약 84%수준을 차지하고 있다. 토목공사는 전체 이산화탄소 배출원단위의 2%수준인 9.96kg-CO₂/m²의 수준을 보이고 있다.

이러한 연구결과는 공동주택의 건설단계에서 공종별 혹은 공사별 에너지 소비량과 환경영향정도를 산정하는 자료로 활용할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 에너지 소비량, 이산화탄소 배출량을 분석대상으로 함으로써 지구 온난화, 산성우 지수 등의 영향평가를 수행하기에는 제한을 지니고 있다. 이들 이외에도 프레온, 질소화합물 등 다양한 물질 등에 원단위가 제시됨으로써 건설공사에서 사용된 건축자재와 재료의 상대적인 환경영향을 비교, 검토할 수 있다.

다른 한편으로 건물유형 혹은 건축구조 유형과 건물의 라이프사이클 단계별에 대한 원단위 데이터를 구축하는 것이 필요하다. 뿐만 아니라 이것을 이용하여 해당 건물의 환경영향정도를 파악할 수 있는 프로그램 개발 등의 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 강광하(2001), 산업연관분석론, 연암사.
2. 이강희(2000), "공동주택건설단계의 건축공사에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산정에 관한 연구", 대한건축학회계 획계논문집 16권4호(통권138호), pp125~132.
3. 한국은행(2003), 2000년 산업연관표 작성보고.
4. 이강희, 이경희(1996), "건축활동에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산정", 대한건축학회논문집12권7호 통권93호, pp197~205.
5. 이강희, 채창우(2002), "산업연관분석법을 이용한 공공건축물의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량산정연구", 대한건축학회계 획계논문집18권5호, "pp99~107.
6. 한국건설기술연구원(2002), 건축물의 LCA를 위한 원단위작성 및 프로그램개발연구, pp161~217.
7. (社) 建築業協會(1991), 我が國における建築物の建設に係わる資源消費と關聯する影響要因の實態, -建設業に係わる地球環境問題の研究-.
8. (社)日本建築學會 地球環境委員會 ライフサイクルCO₂小委員會(1996), ライフサイクルCO₂で建物を測る-建物の環境負荷評價の手引き-.
9. (社)日本建築學會 地球環境建築研究特別員會(1995), 建築・地域環境・地球環境の在り方.
10. 茂呂誠志 외 6인(1995), "LCCO₂による事務所ビルの施算(その1)", 日本建築學會 學術大會梗概集, pp885~886.
11. Raymond J. Cole and Paul C. Kernan(1996), "Life-Cycle Energy Use in Office Building", Building and Environment vol.31, No.4, pp307~317.
12. Raymond J. Cole(1999), "Energy and greenhouse gas emission associated with the construction of alternatives structural system", Building and Environment34, pp335~348.
13. KangHee Lee, ChangU Chae(2000), "An Estimation Method of the Life-Cycle Energy and CO₂ of Buildings", The 3rd International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, pp539~549.