

철골조와 벽식조 공동주택의 환경영향 비교 연구

A Comparison of Embodied Energy and Environmental Impacts between the Steel-Structured and Wall-typed Apartment Housing

이 강 희*
Lee Kang-Hee

Abstract

In a planning stage, the assessment system is required to select the proper alternative, reflected the environmental affects such as energy, CO₂ and SO_x. Unit of energy consumption, CO₂ emission and SO_x emission among various assessment systems could be effectively utilized to select the better alternative among various building types. But researches for these areas has not been conducted systematically, but limitedly and sporadically. In this paper, it aimed at providing the unit of energy consumption, CO₂ emission and SO_x emission to evaluate the environmental affects between the steel-structured apartment building and wall-typed apartment building. For this, the input-output analysis could be utilized in the construction stage with two-type apartment housing. This approach can be utilized to compare the various alternatives in aspect of the energy consumption and the environment affect, and to select the relatively better alternative. This study found that the unit of energy, CO₂ and SO_x of the steel-structured apartment building is lower than that of the wall-typed building

Keywords : unit, steel structure, wall-typed structure, apartment

주요어 : 원단위, 철골조, 벽식조, 공동주택

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

건축물은 건설단계, 유지관리 및 사용단계, 철거/해체단계의 라이프사이클 갖는다. 라이프사이클 과정에서는 건축물의 기능 및 성능을 유지할 수 있도록 다양한 건축자재와 재료, 인력, 장비 등이 투입된다. 반면에 기능 및 성능유지를 위해 건축물에 소요되는 다양한 투입물로 인해 대기환경, 수질환경, 쓰레기 배출 등의 환경영향을 미치게 된다. 이것은 투입(input)과 산출(output)이라는 관계로 형성된다. 따라서 건축물의 라이프사이클 과정에서는 건축물에 투

입되는 요소와 이로 인한 환경영향을 분석하여 環境負荷를 저감하는 기술이 개발되어야 한다. 그리고 건축물의 계획과정에서는 사전적으로 환경영향을 分析·評價를 통해 適定의 대안을 선택할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 철골조와 벽식조 공동주택의 建築工事中에서 발생하는 환경영향을 評價하고자 한다. 이것은 에너지 소비원단위, 이산화탄소와 황화합물 배출원단위를 이용하게 된다. 본 연구결과를 통해 제시되는 原單位를 이용하여 計劃段階에서 환경영향측면에서 적정의 대안을 선정하는 수단으로 활용할 수 있다.

2. 연구의 방법 및 내용

공동주택의 계획단계에서는 경제성, 공간규모, 환경측면 등의 다양한 척도를 이용하여 최적의 대안을 探索하는 과정을 거치게 된다. 이 가운데 환경영향

*정회원, 안동대학교 공과대학 건축공학과 조교수
본 연구는 2004년도 안동대학교 특별학술연구사업의 지원으로 수행된 연구결과의 일부임.

측면에서는 에너지 소비량, 이산화탄소·황화합물 배출량 등을 尺度로 활용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 계획단계에서 에너지 소비량과 환경영향측면에서 철골조와 벽식조의 공동주택의 特性을 분석하는 것이다.

공동주택은 다양한 구조형식으로 건축된다. 벽식조의 구조형식은 가장 보편적인 형태이다. 그러나 최근에는 거주자 요구(needs)에 대한 대응성, 거주성을 提高하기 위하여 철골조 형식이 代案으로 제시되고 있다. 그러나 환경영향측면에서는 철골조 형식에 대한 분석이 制限的으로 이루어지고 있을 뿐만 아니라 벽식조와의 상대적인 장단점 비교·분석이 수행되고 있지 않다. 따라서 본 論文에서는 철골조와 벽식조 공동주택 건축공사에서 발생하는 환경영향을 분석·평가하는 것이다¹⁾. 이를 위해 다음과 같은 연구방법으로 수행하였다.

첫째, 철골조와 벽식조 공동주택의 내재에너지, 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출량 산정은 산업연관 분석법을 이용하였다. 산업연관분석법은 내재에너지, 이산화탄소 및 황화합물 배출량을 산정하는 간접적인 推計方法이다. 본 연구에서 사용한 산업연관표는 1998년도에 작성되고 공동주택은 2001년에 건축되었으므로 시간적인 차이가 발생한다. 이것을 보정하기 위해 공동주택 건축공사의 투입량을 1998년도 산업연관표 작성시점으로 조정하였다. 둘째, 벽식조와 철골조 공동주택의 建築工事を 수행하기 위해 투입되는 건축자재와 재료의 내재에너지(embodied energy) 소비량, 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출량의 환경영향물질을 분석하였다. 내재에너지, 이산화탄소와 황화합물 배출량은 원단위 측면에서 분석하였다. 원단위는 面積側面에서 제시되는 것으로 단위는 각각 Mcal/m², kg-c/m², kg-SO_x/m²으로 표시된다. 벽식조 공동주택과 철골조 공동주택 건축공사의 에너지 소비, 이산화탄소 배출과 황화합물 배출수준을 비교하기 위해서는 總量的인 측면보다는 原單位 側面이 바

람직하다. 이것은 건물규모 혹은 투입된 건축자재와 재료 등의 내용이 다양하게 發生하고 건축물이라는 최종 생산품에 종합적으로 投入되기 때문이다.

3. 연구의 범위

벽식조와 철골조 공동주택의 建築概要는 <표 1>과 같다. 벽식조 공동주택은 서울특별시에 위치하고 있으며 철골조 공동주택은 경기도에 위치하고 있다.

본 연구에서는 建設段階의 建築工事に 요구되는 건축자재와 재료생산을 위한 내재에너지(em bodied energy)와 이산화탄소 배출, 황화합물 배출을 범위로 하고 있다. 벽식조 공동주택의 건축공사는 가설공사, 철근콘크리트 공사, 조적공사, 미장공사, 방수공사, 타일/석공사, 목공사, 창호공사, 유리공사, 도장공사, 수장공사, 잡철물공사, 가구공사, 위생공사, 기타공사 등의 15개 공종으로 구분된다. 그리고 철골조 共同住宅의 건축공사는 크게 가설공사, 조적공사, 방수 및 타일공사, 급속공사, 미장공사, 창호공사, 도장공사, 수장공사, 유리공사 등 17개 공종으로 구분된다.

II. 산업연관분석법을 이용한 환경영향 연구사례 고찰

産業聯關分析法는 建物에 投入되는 建築資材와 材料, 에너지 등의 産業部門이 서로 聯關關係를 지니고 있어 有機的인 구조를 형성하고 있다는 것에서 출발한다. 이것은 分析範圍가 넓고 사용이 용이하다

표 1. 벽식조 공동주택의 건축개요

구분	벽식조 P공동주택	철골조 S공동주택
	내용	내용
대지면적	5,129 m ²	144,041 m ²
건축면적	1,195 m ²	21,874 m ²
세대수	64세대	1,701세대
규모	지하2층, 지상15-17층 1동	지상 18-20층 36개동 및 부대시설
	73평형 2세대 74평형 30세대 77평형 32세대	상가(621평), 유치원(290평)포함
건폐율	23.3%	15.2%
용적율	295.1%	212.9%
사용유형	분양	분양
건축연면적	23,542 m ²	433,522 m ²

1) 건설단계는 건축공사, 토목공사, 기계·전기설비공사 등의 공종으로 구성된다. 분석대상은 건축공사로 제한하고 있다. 이것은 건축공사 이외의 공종에 대한 건축자재와 재료에 대한 적산과 실행내역에 대한 자료가 불충분하다. 또한 이들 공종가운데 건축공사는 전체 환경부하의 80%수준을 차지하는 것으로 제시되고 있어 큰 영향을 미치고 있기 때문이다.

는 점에서 건물의 라이프사이클 과정에서 발생하는 環境影響을 定量化하는 방법으로 이용하고 있다. 다만, 産業聯關分析法이 지니고 있는 한계 즉, 産業部門內에서의 製品의 同一性, 同種製品의 생산, 공정 차이를 고려하지 않는다는 점 등의 측면에서 지니고 있는 潜在的인 한계점을 보완하기 위해 積上法을 부분적으로 수용하여 補完하기도 한다.

鈴木道哉 외 3인(1994)은 철골철근콘크리트조(SRC) 집합주택이 2개소, 목조 2×4 공법의 단독주택 2개소, 일반 목조공법으로 건축한 單獨住宅이 2개소, 경량철골 프리패브 단독주택 건물 2개소 등 총 8개의 建物를 선정하여 건설단계에서의 에너지 소비와 이산화탄소 배출 原單位 등의 環境영향을 산출하였다²⁾.

8개의 분석대상 건물의 에너지 소비 原單位는 集合住宅은 平均 약 2,300Mcal/m², 木造單獨住宅의 경우는 720Mcal/m², 輕量鐵骨住宅은 약 1,200Mcal/m² 인 것으로 나타났다. 이산화탄소 排出 原單位는 집합주택은 평균 900 kg-c/m², 목조단독주택 4개 유형은 약 250 kg-c/m², 경량철골단독주택 2개는 평균 약 420 kg-c/m²의 이산화탄소 배출 원단위를 갖는 것으로 나타난다. 集合住宅의 이산화탄소 배출 原單位는 다른 주택유형보다 2~4배 수준을 보이고 있다. 이것은 集合住宅의 경우 이산화탄소 배출이 많은 콘크리트와 철강재의 사용량이 다른 주택 유형보다 많은 것에 起因하는 것으로 판단된다.

竹林芳久의 2인(1992)은 철근콘크리트조, 철골철근콘크리트조, 철골조 등의 6개 사무소 건물을 대상으로 建設段階에서 발생하는 環境영향을 분석하였다³⁾. 연구결과에 따르면 6개의 분석대상 사무소 建物의 경우 이산화탄소의 排出原單位는 749~1,144 kg/m²으로 나타나고 있다. 구체공사, 마감공사, 설비공사 등의 工種別 이산화탄소 排出 原單位는 마감공사에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 分析結果를 보면 바닥면적 1 m²당 749~1,144 kg의 이산화탄소가

배출되고 있다. 이 연구결과에 비추어보면 이산화탄소 배출량은 대체로 에너지 소비량에 比例的으로 발생하는 것으로 思料된다.

酒井寛二(1995)는 철근콘크리트조와 철골조 2개 유형의 건물을 대상으로 見積物量을 이용하여 資材所要量을 推定하였다⁴⁾. 철근콘크리트조의 경우 1300.8 kg/m³의 자원이 소비되는 반면, 철골조의 경우는 610.8 kg/m³의 자원이 消費되는 것으로 나타났다. 그리고 철근콘크리트조에서 구조용 鋼材를 再活用하여 사용하는 경우 이산화탄소 排出量은 107.2 kg-c/m³로 나타났다. 철골조의 경우는 구조용 鋼材를 15% 정도 재활용하고 시멘트의 45%를 고로슬래그로 이용하는 경우 이산화탄소 배출량은 134.7 kg-c/m³인 것으로 분석되었다.

이와 같은 일본의 연구는 산업연관분석법을 이용하여 건축물의 유형 혹은 건축자재와 재료, 건축물의 라이프사이클 단계에 따라 다양하게 이루어지고 있다. 이것은 궁극적으로 계획단계에서 대안의 분석·평가를 목적으로 하고 있으며 최종적으로 평가를 위한 원단위 데이터베이스를 구축하기 위한 것이다.

한편, 1990년대 중반 들어 우리나라는 산업연관분석법을 이용하여 다양한 연구가 시도되고 있다. 그러나 분석내용과 범위가 제한적이고 대안평가를 위한 원단위는 제한적으로 제시되고 있다. 이강희 외 1인(1996)은 산업연관분석을 이용하여 공동주택 건물의 건설단계에서 요구되는 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 분석하였다⁵⁾. 이 연구에서는 공동주택의 건축공사 가운데 철근콘크리트 공사와 조적공사를 대상으로 하여 14개의 산업부문을 나누어 분석하였다. 건물의 에너지 소비 원단위와 이산화탄소 배출 原單位를 살펴보면 각각 3,671.13Mcal/m², 310 kg-c/m²으로 나타난다. 그러나 연구결과는 단순히 철근콘크리트와 조적공사에서 요구되는 에너지 소비량과 이산화탄소의 排出量으로 마감재 및 내장재 등의 건축자재와 재료부분에 요구되는 에너지 소비

2) 鈴木道哉 외 3人(1994), “産業聯關表による建物の評價, 3. 住宅建設によるエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量”, 日本建築學會計劃係論文集 第463號, pp75-82. 이 연구에서는 1985년의 産業聯關表를 이용하였고 生産者價格을 기준으로 하였다.
3) 竹林芳久 외 2人(1992), “産業聯關表による建物の評價. その2 事務所建物の建設による環境への影響”, 日本建築學會計劃係論文集 第431號, pp31-38.

4) 酒井寛二(1995), “リサイクル資材による炭素排出量削減効果”, 建築・地域環境・地球環境の在り方, (社)日本建築學會 地球環境建築特別研究委員會, pp29-33.
5) 이강희·이경희(1996), “건축활동에 따른 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정”, 대한건축학회논문집 12권 7호, pp197-205.

량을 제외하고 있어 건물 전체에서 발생하고 있는 환경부하를 평가하는 데에는 한계가 있다. 또한 이강희, 채창우(2002)는 산업연관분석법을 이용하여 공공건축물의 건설단계에서 요구되는 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 算定하였다⁶⁾. 이 연구결과에 따르면 첫째, 공중별 에너지 소비원단위는 철골조보다 철근콘크리트조가 적은 것으로 분석되었다. SS1은 1,126.1Mcal/m², SS2는 1,283.5Mcal/m²인 반면, RC1은 848.8Mcal/m², RC2는 809.7Mcal/m²로 나타났다. SS1과 SS2는 철골조공사와 철근콘크리트공사에서 발생하는 에너지 소비량이 거의 유사한 것으로 분석된다. 그러나 RC1, RC2는 철골조 공사에서 발생하는 에너지 소비량은 철근콘크리트 공사의 약 65%수준에 그친 것으로 나타난다⁷⁾. 공중별 이산화탄소 배출량은 공중별 에너지 소비량의 변화와 유사한 흐름을 보이고 있다. SS2가 109.9 kg-c/m², SS1이 97.6 kg-c/m²이며 RC1은 738. kg-c/m², RC2는 70.3 kg-c/m²으로 철골조의 이산화탄소 배출량이 철근콘크리트조보다 상대적으로 높은 것으로 분석된다⁸⁾. 이들 이외에 조균형의 2인(2001)은 건축산업 전과정에서 소비되는 에너지소비량과 환경부하 발생량을 조사하여, 지구온난화비용을 산정하고 있다⁹⁾. 이 연구에 따르면 건축공사에서 가장 높은 비중으로 쓰이는 시멘트, 시멘트 벽돌, 철근, 유리, 레미콘의 에너지소비량에 관한 데이터베이스를 활용하여 환경부하량 및 에너지소비량, 에너지비용, 환경비용을 고려한 에너지비용에 관한 프로그램을 개발하였다.

상기와 같은 우리나라의 연구는 특정대상을 연구내용을 하고 있으며 시범적인 형태로 연구가 이루어지고 있다. 따라서 건축물의 대안을 평가하기에는 제한적이다. 특히, 건축물의 유형에 따른 원단위 데이

터를 제시하고 있지 않고 대안의 선택을 위한 자료로 활용이 제한적이다.

III. 환경영향산정 과정

철골조, 벽식조 공동주택의 환경영향은 직접적으로 에너지 소비량, 이산화탄소 배출량 등을 추적·조사하는 적상법, 산업연관표를 이용하여 간접적으로 분석하는 방법, 이 두가지를 절충하는 混合法 등 크게 3가지로 나눌 수 있다¹⁰⁾. 본 연구에서는 산업연관분석법을 이용하여 공동주택 건설단계에서의 환경영향 분석과정을 정리하면 <표 2>와 같다.

공동주택의 에너지소비, 이산화탄소 등의 환경영향을 분석하기 위해서는 건축공사에 투입되는 건축자재와 재료를 해당 工種으로 분류하는 것이 요구된다¹¹⁾. 본 연구에서 건축공사는 가설공사를 포함하여 총 15개 공중으로 구분된다. 이들 각각의 공중에 해당되는 건축자재와 재료의 소요량을 구분하는 과정이 필요하다.

앞서 건축공사의 공중별로 구분된 내용을 산업연관표상의 産業部門에 대응하는 건축재료와 자재의 최종수요량을 공중별로 산출하게 된다. 산업연관표상에서는 402개의 산업으로 구분하고 있지만 건축분야에 적합하도록 73개의 産業으로 재분류하였다. 또한, 한국은행에서 제시하고 있는 산업연관표의 작성시점은 1998년이고 분석대상 건물의 건설시점과의 시간적 차이를 보정하기 위해 공중별, 재료별 최종수요를 1998년 기준으로 할인율을 등을 곱하여 보정하는 작업이 포함되어야 한다¹²⁾. 이와 같은 해당 공중별 건축자재와 재료소요량은 <표 2>와 같이 73개의 산업부문으로 구분된다. 그리고 73개의 산업부문과 공동주택의 공중별 건축자재와 재료의 최종수요를 이용하여 각 산업부문별 투입량을 산정하게 된다. 이것은 73개 산업부문에 대한 투입계수행렬(aij. 73×73)을 계산하고 이것의 역행렬을 구하는 과정이 발생한다

6) 이강희, 채창우(2002), “산업연관분석법을 이용한 공공건축물의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산출연구”, 대한건축학회논문집 건축계 18권 5호.

7) 여기서 SS는 철골조를 의미하며 RC는 철근콘크리트조를 의미한다. 다만, 철골조, 철근콘크리트조 가운데에서 유형을 구분하기 위해 SS1, SS2와 RC1, RC2로 명칭하였다.

8) 이것은 기둥과 보의 부재를 형강을 이용하였으면 그 외는 철근콘크리트와 유사한 형식으로 공사를 수행한 결과로 판단된다.

9) 조균형의 2인(2001), “에너지소비량을 고려한 건축물 전과정평가 전산 프로그램 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 17권 9호(통권155호).

10) 적상법과 산업연관분석법의 추정결과는 크지 않은 것으로 제시되고 있다(野城智也 外 5人(1997), “資源有效利用お考慮した住宅構法にシステム一に關する基礎的研究”, 日本建築學會 第10會 建築生産と管理技術シンポジウム, pp267-272.)

11) 해당 공중의 물량은 공사비내역서를 이용한다.

12) 보정치는 생산자물가지수를 이용하였으며 2001년 대비 1998년의보정치는 0.982041로 제시할 수 있다.

표 2. 산업부문의 재조정¹³⁾

분류	402개 기본 부문	건축에 적합하도록 조정된 산업부문	분류	402개 기본 부문	건축에 적합하도록 조정된 산업부문
1	31	무연탄	37	194	아스팔트제품
2	32	유연탄	38	199	철근 및 봉강
3	33	원유	39	200	형강
4	34	천연가스(LNG)	40	201	선재 및 캐조
5	39	모래 및 자갈	41	202	열간압연강재
6	40	기타 건설용석재	42	203	강관(주철강관제외)
7	114	끈, 로프 및 어망	43	204	냉간압연강재
8	120	제재목	44	205	주철물
9	121	합판	45	207	표면처리강재
10	122	제생 및 강화목재	46	217	건물용금속제품
11	123	건축용 목제품	47	222	나사제품
12	124	목제품기	48	223	철선제품
13	125	기타 목제품	49	224	부착용금속제품
14	134	기타종이제품	50	229	밸브
15	141	나프타	51	231	산업용 운반기계
16	142	휘발유	52	232	공기조절장치 및 냉장냉동장비
17	143	제트유	53	233	보일러
18	144	등유	54	234	난방 및 조리기기
19	145	경유	55	235	펌프 및 압축기
20	146	중유	56	236	공기 및 액체여과장치
21	147	액화석유가스	57	237	기타 일반목적용기계
22	156	합성수지	58	247	발전기 및 전동기
23	167	도료	59	248	변압기
24	169	접착제 및 젤라틴	60	249	기타 전기변환장치
25	174	플라스틱 1차제품	61	250	전기공급 및 제어장치
26	175	산업용플라스틱제품	62	251	전선 및 케이블
27	180	판유리 및 1차유리	63	252	전지
28	183	산업용 도자기	64	253	전구 및 조명장치
29	184	가정용 도자기	65	254	기타 전기장비
30	185	내화요업제품	66	267	유선통신기기
31	186	건설용 점토제품	67	296	목재가구
32	187	시멘트	68	297	금속가구
33	188	레미콘	69	298	기타가구
34	189	콘크리트제품	70	306	수력
35	190	석회 및 석고제품	71	307	화력
36	192	석면 및 암면제품	72	308	원자력
			73		기타

13) 각 산업부문에서는 건축자재와 재료를 분류하고 있다.

다. 이렇게 구해진 역행렬과 공종별 건축자재와 재료의 최종수요를 곱함으로써 건축공사에 투입된 73개 산업부문의 투입량을 산정할 수 있다. 이것은 식 1과 같이 나타난다.

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

여기서 X : 산업부문별 투입량,

(I-A)⁻¹: 투입계수행렬(a_{ij})의 역행렬(I는 단위행렬)

Y : 공종별 건축자재와 재료의 최종수요

앞서의 단계에서 73개 산업부문별 투입량(X)에서 에너지 부문의 소요량을 추출하여 공동주택에 투입된 건축자재와 재료부문을 위한 에너지 소비량 및 에너지 소비원단위를 산출하게 된다. 이때 투입량은 금액으로 표시되는 관계로 에너지 소비량은 <표 3>을 이용하여 건축자재와 재료부문에 소요되는 에너지원별 구입량을 계산하고 이것을 이용하여 에너지원별 열량을 계산하는 과정을 거치게 된다. 에너지 소비원단위는 공종별 투입되는 에너지 소비량을 건축연면적으로 나눈 값(Mcal/m²)으로 표현된다. 이러한 과정을 통해 앞서 산출된 에너지 소비량에 단위열량당 발생하는 이산화탄소 배출 단위량, 황화합물 단위량을 곱하여 공종별 이산화탄소, 황화합물 배출량을 산정하게 된다.

마지막으로 산출된 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출량을 해당 공종별로 구분, 합산하게 된다. 그리고 이것을 이용하여 공종별 이산화탄소 배출원단위(kg-c/m²), 황화합물 배출원단위(kg-SO_x/m²)를 구하는 과정으로 구성된다.

이와 같은 공동주택 건축공사의 환경영향산정과정은 공사에 소요되는 건축자재와 재료를 투입하기 위해 여러 산업이 서로 연계되었다(linkaged)는 점을 활용하는 것이다.

IV. 철골조와 벽식조 공동주택의 환경영향산정결과

1. 벽식조 공동주택

1) 에너지 소비측면

건축공사는 가설공사, 철근콘크리트공사 등의 15

표 3. 에너지원별 단위가격, 발열량 및 이산화탄소, 황화합물 배출량¹⁾

산업	단위가격	발열량 ¹⁾	이산화탄소 배출량 ¹⁾	황화합물 ¹⁾
무연탄 ⁵⁾	54.1원/kg	5.979Mcal/kg	0.6368kg-c/kg	0.00746kg-s/kg
유연탄	51.7원/kg	4.444Mcal/kg	0.4987kg-c/kg	0.00517kg-s/kg
원유	104.2원/l	8.550Mcal/l	0.6143kg-c/l	0.00915kg-s/l
천연가스 (LNG)	166.4원kg	13.000Mcal/kg	0.8328kg-c/kg	0.00010kg-s/kg
나프타	117원/l	8.000Mcal/l	0.6699kg-c/l	0.00036kg-s/l
휘발유	1,122.0원/l	8.300Mcal/l	0.6568kg-c/l	0.00033kg-s/l
제트유	195원/l	8.630Mcal/l	0.7057kg-c/l	0.00109kg-s/l
등유	498.2원/l	8.700Mcal/l	0.7139kg-c/l	0.00068kg-s/l
경유	552.2원/l	9.200Mcal/l	0.7781kg-c/l	0.00850kg-s/l
중유	262.7원/l	9.900Mcal/l	0.8569kg-c/l	0.02850kg-s/l
액화석유 가스	815원/kg	11.900Mcal/kg	0.8486kg-c/kg	0.00012kg-s/kg
수력				
화력	72.1원/kWh	0.860Mcal/kWh	-	-
원자력				

주1) 에너지경제연구원(2002), 현장조사자료.
 주2) 석유협회보, 대한석유협회·주간석유뉴스, 한국석유공사
 주3) 한국전력공사, 산업자원부
 주4) 한국가스공사, 한국도시가스협회
 주5) 대한광업진흥공사
 주6) 에너지원별 단위가격은 1998년 12월 기준

개 공중으로 구성된다. 벽식조 공동주택 건축공사에서 발생하는 총에너지 소비원단위는 993.29Mcal/m²인 것으로 나타난다. 미장공사, 목공사, 타일/석공사, 창호공사, 철근콘크리트공사 등에서 높은 에너지 소비원단위를 보이고 있다. 특히, 미장공사는 400.8 Mcal/m²으로 가장 높은 수준을 보이고 있으며 목공사는 165.6Mcal/m², 타일/석공사는 153.1Mcal/m², 창호공사는 82.6Mcal/m², 수장공사는 48.1Mcal/m², 철근콘크리트공사는 43.34Mcal/m²의水準을 보이고 있다. 이들 공중에서 높은 에너지 소비원단위를 보이는 것은 공동주택의 내부마감인 인테리어 공사에 많은 건축자재와 재료가 투입되는 것에 비추어볼 때 건축물의 品質程度가 매우 높은 것으로 사료된다. 다른 한편으로 이들 공중에 투입된 건축자재와 재료는 방진판 패드, 시멘트와 타일, 블록 등의 콘크리트 제품사용 등과 같이 化學處理하는 과정을 거치는 것에 起因하는 것으로 판단된다.

2) 이산화탄소 배출측면

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

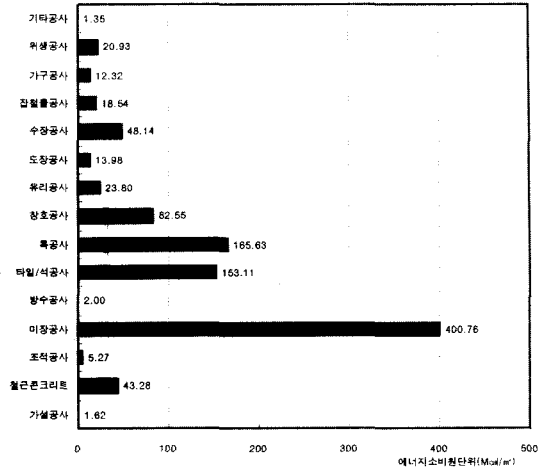


그림 1. 벽식조 P공동주택 건축공사의 에너지 소비원단위

벽식조 공동주택 건축공사에서 발생하는 총이산화탄소 排出原單位는 528.55 kg-c/m²으로 나타난다. 이 가운데 에너지 소비원단위를 工種別로 구분하면 미장공사가 가장 높은 수준이다. 이것은 미장공사에서 사용된 건축자재와 재료는 가공, 제조과정에서 에너지 使用量이 많음에 따라 이에 相應하는 이산화탄소 배출량이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 미장공사에 투입된 건축자재와 재료로 인한 이산화탄소 배출원단위는 170.30 kg-c/m²으로 가장 높은 수준이다. 전체적으로 構體工事側面 보다는 마감공사 측면의 마감자재 및 재료로 인한 이산화탄소 배출량이 높은 수준으로 나타난다.

3) 황화합물 배출측면

벽식조 공동주택 건축공사에서 총황화합물 排出原單位는 8.18 kg-SO_x/m²로 나타난다. 建築工事 가운데 황화합물 배출원단위가 가장 높은 工種은 미장공사, 목공사, 타일/석공사, 창호공사, 수장공사, 철근콘크리트공사 등의 순으로 높게 나타나고 있다. 미장공사의 황화합물 배출원단위는 2.334 kg-SO_x/m²이며 목공사는 1.33 kg-SO_x/m², 타일/석공사는 1.30 kg-SO_x/m², 창호공사는 1.09 kg-SO_x/m²의 수준을 보이고 있다. 위와 같이 황화합물 排出原單位가 높은 공중에서 사용된 건축자재와 재료는 化學的인 공정이 요구되거나 화석에너지의 사용량이 비교적 높은 공중이다.

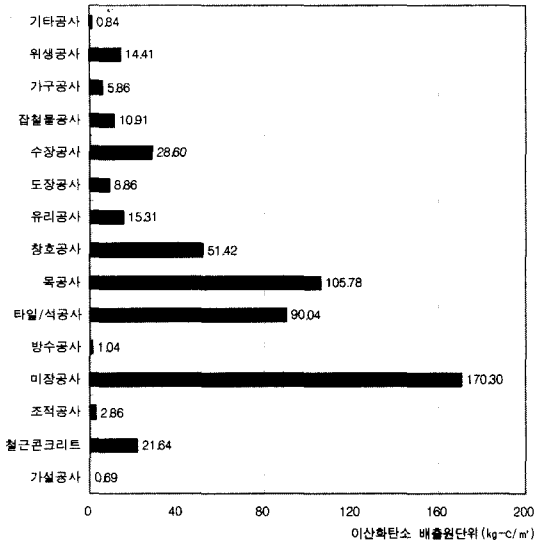


그림 2. 벽식조 P공동주택 건축공사의 이산화탄소 배출원단위

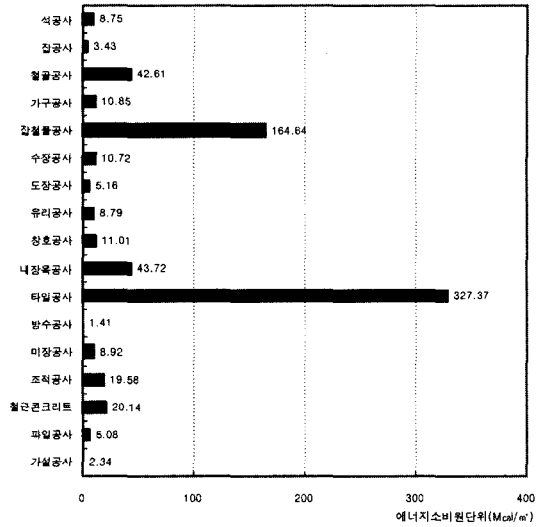


그림 4. 철골조 S공동주택 건축공사 공종별 에너지 소비원단위

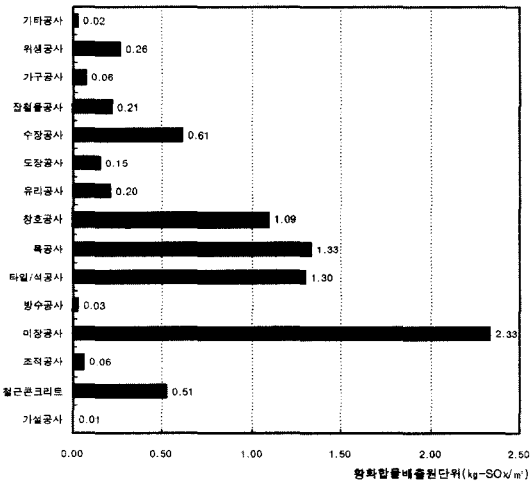


그림 3. 벽식조 P공동주택 건축공사의 황화합물 배출원단위

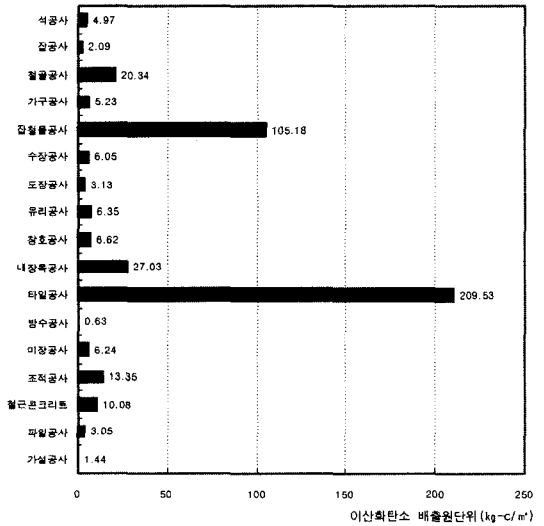


그림 5. 철골조 S공동주택 건축공사 공종별 이산화탄소 배출원단위

2. 철골조 공동주택

1) 에너지 소비측면

철골조 공동주택 건축공사에서 遂行되는 工種은 크게 가설공사, 파일공사 등 17개 공종으로 구성된다. 철골조 공동주택의 건축공사에서 발생하는 총에너지 소비원단위는 694.48Mcal/m²로 나타난다. 타일공사의 에너지 소비원단위는 327.37 Mcal/m²의 수치를 보이고 있으며 잡철물공사는 164.64Mcal/m²의水準을 보이고 있다. 철골공사는 42.87Mcal/m²의 에너지

소비원단위를 보이고 있으며 타일공사의 13%정도의 수준이다. 내장목공사는 철골공사와 유사한 수준의 보이고 있다. 이와 같은 에너지 소비량에 대한 분석결과, 철골조 공동주택이 건축물에 투입되는 構體工事 보다는 내장 혹은 마감공사에 투입되는 건축자재와 재료의 所要量에 따라 左右되고 있음을 알 수 있다.

2) 이산화탄소 배출측면

철골조 공동주택 건축물 건축공사에서 발생하는 총

이산화탄소 배출원단위는 431.3 kg-c/m²으로 나타난다. 건축공사에서의 에너지 소비원단위를 工種別로 구분하면 타일공사가 가장 높은 수준으로 209.53 kg-c/m²의 數値를 보이고 있다. 다음으로 잡철물공사는 105.18 kg-c/m²의 수준으로 타일공사의 1/2수준을 지니고 있는 것으로 나타난다. 이와 같은 研究結果는 건축공사를 구성하는 공중가운데에서는 타일공사, 잡철물 공사, 내장목 공사 등의 내부마감 관련 공종에서의 발생이 많은 것으로 판단되며, 철골공사, 철근콘크리트공사, 파일공사 등의 구체공사 부분에서는 일반적인 수준의 이산화탄소 排出原單位를 지니고 있는 것으로 사료된다¹⁵⁾.

3) 황화합물 배출측면

철골조 공동주택 건축물 건축공사에서 황화합물 배출원단위는 총 6.45 kg-SO_x/m²로 나타난다. 建築工事 가운데 황화합물 배출원단위가 가장 높은 工種은 타일공사로 2.61 kg-SO_x/m²의 수치를 보이고 있다. 잡철물공사는 1.32 kg-SO_x/m², 내장목공사는 0.44 kg-SO_x/m², 철골공사는 0.55 kg-SO_x/m²으로 나타나고 있다. 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 측면에서는 철골공사보다는 내장목공사에서 높은 수준을 보이고 있으나 황화합물 배출량 측면에서는 철골공사가 내

장목공사 공종보다 높은 수준을 나타내고 있다.

V. 결론 및 앞으로의 연구과제

건축물은 라이프사이클 과정에서 환경과 상호영향 관계를 維持한다. 따라서 환경영향을 저감하기 위해서는 계획단계에서 사전적으로 평가하는 과정이 필요하다. 이를 위해 환경영향에 대한 原單位 개념의 정립과 정량적인 데이터가 마련되어야 한다.

본 연구에서는 벽식조 공동주택과 철골조 공동주택의 건축공사의 에너지 소비원단위, 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출원단위를 제시하고 있다. 이것을 이용하여 벽식조와 철골조 공동주택의 환경영향을 比較·評價할 수 있다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

표 4. 환경영향비교

	벽식조 P공동주택	철골조 S공동주택
에너지 소비원단위	993.29Mcal/m ²	694.48Mcal/m ²
	-	벽식조 대비 70.0%
이산화탄소 배출원단위	528.55kg-c/m ²	431.30kg-c/m ²
	-	벽식조 대비 81.6%
황화합물 배출원단위	8.18kg-SO _x /m ²	6.45kg-SO _x /m ²
	-	벽식조 대비 78.8%

첫째, 에너지 消費原單位 및 이산화탄소와 황화합물 排出原單位는 <표 4>와 같다. 벽식조 공동주택의 에너지 소비원단위는 993.29Mcal/m²인 반면, 철골조 공동주택의 에너지 소비원단위는 694.48 Mcal/m²이다. 철골조 공동주택의 에너지 소비원단위는 벽식조 공동주택의 70%水準이다. 이산화탄소 排出原單位가 벽식조는 528.55kg-c/m²이며, 철골조 공동주택은 431.30kg-c/m²이다. 철골조 공동주택은 벽식조 공동주택 이산화탄소 배출원단위의 약 82%水準을 보이고 있다. 황화합물 배출원단위 측면에서 철골조 공동주택은 6.45kg-SO_x/m²이며, 벽식조 공동주택은 8.18kg-SO_x/m²이다. 철골조 공동주택은 벽식조 공중주택의 약 79% 수준을 보이고 있다. 全體的으로 에너지 소비원단위, 이산화탄소 배출원단위, 황화합물 배출원단위 측면에서 철골조 공동주택이 相對的으로 양호한 수준을 보이고 있다.

둘째, 벽식조 공동주택의 건축공사에서는 미장공사,

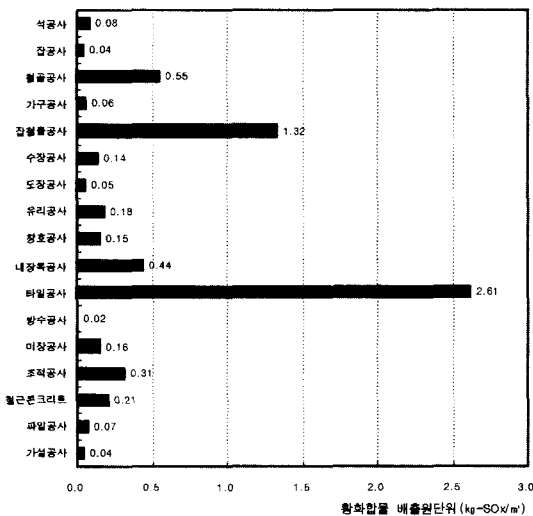


그림 6. 철골조 S공동주택 건축공사 공종별 황화합물 배출원단위

15) 구체공사에 의해 발생하는 이산화탄소 배출량 보다는 내장 혹은 마감처리되는 부분에 투입되는 건축자재와 재료의 질적·양적인 원인에 의해 좌우되는 것으로 판단된다.

목공사, 타일/석공사, 창호공사, 수장공사, 철근콘크리트공사의 에너지 소비, 이산화탄소 배출과 황화합물 排出原單位가 높은 반면, 철골조공동주택의 건축공사에서는 타일공사, 잡철물공사, 내장목공사, 철골공사 등에서 높은 수준으로 나타난다. 이같은 결과는 구체부분의 공사를 위한 공중에서 所要量과 건축자재와 재료의 품질 정도는 거의 類似한 것으로 나타난다. 그러나 주택품질의 程度를 나타내는 내장 혹은 마감정도에 투입되는 건축자재와 재료의 소요량이 많고 제품가공이 높은 수준으로 이루어져 에너지 소비, 이산화탄소 배출, 황화합물 배출 등의 측면에서 높은 수치를 보이는 것으로 판단된다.

본 연구결과에서 제시하고 있는 에너지 소비원단위, 이산화탄소 배출원단위, 황화합물 배출원단위를 통해 建物計劃時 에너지 소비와 環境影響을 가늠할 수 있다. 본 분석대상 건물과 유사한 특성을 가지는 建物計劃時 에너지 소비량, 이산화탄소 배출량, 황화합물 배출량을 산정하는 기초단위자료로 활용할 수 있다.

이러한 연구결과는 共同住宅의 유형에 따라 건물 라이프사이클 단계별 혹은 공중별 혹은 공사별 에너지 소비량과 환경영향정도를 산정하는 자료로 활용할 수 있다. 다만, 본 研究에서는 에너지 소비, 이산화탄소 배출과 황화합물 배출원단위를 分析對象으로 함으로써 지구온난화, 산성우 지수 등의 영향평가를 수행하기에는 제한적이다. 이들 이외에도 프레온, 질소화합물 등 다양한 물질 등에 원단위가 제시됨으로써 대안을 평가하는데 環境영향측면을 반영할 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 이강희(2000), “공동주택건설단계의 건축공사에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산정에 관한 연구”, 대

한건축학회계획논문집 16권 4호(통권138호), pp125-132.
 2. 이강희, 이경희(1996), “건축활동에 따른 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정”, 대한건축학회논문집 12권 7호, pp197-205.
 3. 이강희, 채창우(2002), “산업연관분석법을 이용한 공공건축물의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량산정연구”, 대한건축학회계획논문집 18권 5호, pp99-107.
 4. 한국은행(2000), 1998년 산업연관표 작성보고.
 5. 조균형외 2인(2001), “에너지소비량을 고려한 건축물 전과정평가 전산 프로그램 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 계획계 17권 9호(통권155호).
 6. (社)日本建築學會 建築と地球環境特別研究委員會(1992), 建築が地球環境に與える影響.
 7. (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), 라이프サイクルCO₂で建物を測る-建物の環境負荷評價の手引き一.
 8. 鈴木道哉 外 3人(1994), “産業聯關表による建築物の評價, その3. 住宅建設によるエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量”, 日本建築學會計劃論文集 第463號, pp75-82.
 9. 鈴木道哉 外 3人(1995), “産業聯關表による建築物の評價, その4建設・運用に關するエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量”, 日本建築學會計劃論文集, 第476號, pp37-43.
 10. 竹林芳久 外 2人(1992), “産業聯關表による建物の評價, その2 事務所建物の建設による環境への影響”, 日本建築學會計劃論文集 第431號, pp31-38.
 11. 酒井寛二(1995), “リサイクル資材による炭素排出量削減效果”, 建築・地域環境・地球環境の在り方, (社)日本建築學會 地球環境建築特別研究委員會, pp 29-33.
 12. 野城智也 外 5人(1997), “資源有効利用お考慮した住宅構法にシステムーに關する基礎的研究”, 日本建築學會 第10會 建築生産と管理技術シンポジウム, pp267-272.
 13. 伊香賀俊治 外 3人(1995), “建物のライフサイクルCO₂分析用CO₂原單位に關する研究, その2. 産業聯關分析による生産・流通過程のCO₂原單位”, 日本建築學會學術大會梗概集(北海都), No. 40442.
 14. 澤地 孝男 外 6人(1996), “産業聯關表による産業部門別エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の原單位の表作成”, 日本建築學會學術大會梗概集 D-1, pp595-596.
 15. Ronald E. Miller and Peter D. Blair(1985), Input-Output Analysis : Foundation & Extension, pp200-205.
 16. OECD(1992), National Inventories of Net Greenhouse Gas Emission.

(接受: 2004. 1. 26)