

# 친환경 리모델링 철거공사의 경제성 평가 및 사례적용

## Economic Evaluation of Eco-friendly Demolition Work and Case study in Remodeling Project

김 윤 덕\*  
Kim, Yoon-Duk

김 기 현\*\*  
Kim, Ki-Hyun

차 희 성\*\*\*  
Cha, Hee-Sung

김 경 래\*\*\*\*  
Kim, Kyung-Rai

신 동 우\*\*\*\*\*  
Shin, Dong-Woo

### 요 약

건설폐기물의 발생량 증가와 처리방법에 대한 문제점, 그리고 폐기물 처리와 관련한 환경문제들이 사회적 이슈로 논의되면서, 건설폐기물의 처리와 그에 따르는 부차적인 문제점들이 중요한 과제로 대두되고 있다. 건설산업에서 폐기물이 가장 많이 발생하는 단계가 철거공사 단계이다. 선진국의 경우 건설 폐기물의 친환경적인 처리, 재활용률 제고, 재활용 자재의 활용 등 친환경적인 측면의 다양한 연구가 수행되고 있지만 국내의 리모델링 공사의 경우 효율성 위주의 생산성을 강조한 선철거 후분리 방식의 철거공사가 실시되고 있다. 이로 인하여, 환경적인 문제뿐만 아니라 폐기물 처리비용 증가 등의 경제적인 문제점이 나타나고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 선행연구인 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델 연구에서 리모델링 공사이 선행되는 철거공사 수행에 있어 친환경 철거관리의 프로세스를 제시하여 분리철거를 통해 철거 폐기물의 재활용률을 높여 친환경 철거공사가 이루어질 수 있도록 하는 연구가 진행되었다. 본 논문은 선행연구에서 제시된 친환경 리모델링 철거공사 프로세스를 바탕으로 실제 건물에 적용하여 친환경 리모델링 프로세스의 경제성에 대하여 평가해 보았다. 또한 도출된 경제성의 평가기법을 실제 사례에 적용한 결과, 친환경 리모델링 철거공사가 재래식 방식에 비하여 경제성이 우수한 것으로 밝혀졌다.

**키워드 :** 리모델링, 노후 공동주택, 건설폐기물, 친환경, 철거공사, 경제성 평가

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

지구온난화로 인하여 국내외적으로 환경관리에 대한 관심이 증대되고 있으며, 점차 규제가 강화되고 있다. 따라서 우리나라의 주요산업중 하나인 건설산업에서도 환경관리를 건설관리의 하나로 인식하고 관리할 필요가 있다.

환경부의 “2005년 전국 폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료에 따르면 국내 폐기물의 발생량은 매년 증가 추세에 있다. 그 중 건설폐기물이 차지하는 비율은 2005년 기준으로 44.6%를

차지하고 있으며, 건설폐기물의 발생량은 매년(01~04년 평균) 지속적으로 증가되는 추이를 나타내고 있다. 또한, 노후화된 건축물의 철거와 수많은 도시 재개발·재건축 사업에 따라 건축물 해체 시 발생하는 폐기물은 건설폐기물 발생량에 많은 영향을 주고 있다. 이렇게 건설폐기물의 발생량 증가와 처리방법에 대한 문제점, 그리고 폐기물 처리와 관련된 환경문제들이 사회적 이슈로 논의되면서, 건설폐기물의 처리와 그에 따르는 부차적인 문제점들이 중요한 과제로 대두되고 있다.(채경석 2008)

환경부의 “2007년 전국 폐기물 발생 및 처리현황”에 따르면 생활폐기물의 경우 2002년 19.0%에서 2007년 15.0%로 매년

\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 석사과정 kydbb@hanmail.net  
\*\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 박사과정 hkim@ajou.ac.kr  
\*\*\* 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사(교신저자) hscha@ajou.ac.kr  
\*\*\*\* 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사 kyungrai@ajou.ac.kr  
\*\*\*\*\* 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사 dshin@ajou.ac.kr

감소하고, 사업장폐기물 역시 2002년 37.0%에서 2007년 34.0%로 감소하고 있다.

반면, 건설폐기물은 2002년 45.0%에서 2007년 51.0%로 발생량이 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이다. 이처럼 매년 증가되고 있는 건설폐기물은 주로 매립, 소각, 재활용 등의 방법으로 처리된다. 각 처리방법별 처리율을 보면 2001년 재활용85.8%, 매립11.9%, 소각2.3%로 처리되었고, 2007년 재활용97.5%, 매립1.8%, 소각0.7%로 처리되었다. 이를 통하여 알 수 있듯이 재활용 비율은 매년 증가하고 있다. 그러나 건설폐기물의 재활용은 골재에 국한되어 있으며, 단순 성토나 복토용으로 사용되고 있고 재활용되는 자재의 대부분이 페아스콘, 페콘크리트에 집중되어 있다. 타 폐기물의 경우 페아스콘이나 페콘크리트에 비해 발생량이 적지만 이들의 재활용 역시 환경적 측면에서 볼 때, 적극적으로 고려되어야 한다. 그럼에도 불구하고 선별분류에 의한 폐기물 관리가 정착되지 못하고 있는 이유는 경제적 측면에서 기존 방식과의 비교검토를 통한 체계적인 분석이 이루어지지 못하고 있기 때문이다.

## 1.2 연구의 목적

일반 신축공사와 달리 리모델링 공사는 철거공사가 반드시 선행되어야 하고, 철거공사 단계에서 다량의 폐기물이 발생하는 특성이 있다. 선진국의 경우 건설 폐기물의 친환경적 처리, 재활용률 제고, 재활용 자재의 활용 등 친환경적 측면에서 다양한 연구가 수행되고 있다. 하지만 국내 리모델링 공사의 경우 효율성 위주의 생산성을 강조한 선철거 후분리 방식의 철거공사가 실시되고 있다. 이로 인하여 환경적인 문제뿐만 아니라 폐기물 처리 비용 증가 등의 경제적인 문제도 함께 나타나고 있다.

친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델 연구(황영규 2006)에서는 리모델링 공사시 선행되는 철거공사 수행에 있어 친환경 철거관리의 프로세스를 제시하여 현장공해를 감소시키고, 철거 중 발생 할 수 있는 구조안전 및 작업자 안전을 고려한 분리철거를 통해 철거자재를 재활용한 친환경 철거공사가 이루어질 수 있도록 하는 연구가 진행되기도 하였다. 그럼에도 불구하고 현재도 친환경 철거 방식이 아닌 기존 철거방식에 의한 철거공사가 진행되고 있다. 이러한 현상은 친환경 철거 방식이 경제적 측면에서의 평가가 본격적으로 이루어지지 못하는데 원인이 있다.

따라서, 본 연구는 이러한 친환경 철거 프로세스에 대한 경제적 타당성을 평가하기 위한 방법론을 개발하고, 실제 사례에 적용해 봄으로써 친환경 철거 프로세스를 정량적으로 분석하고 개선 방안을 수립하는데 목적이 있다.

## 2. 선행연구 분석

### 2.1 국내 철거공사의 현황

국내 노후 공동주택 리모델링 공사는 주로 다른 공동주택 및 주택, 상가 등이 인접해 있는 곳에서 진행되고 신축공사와는 달리 철거 공정이 선행되는 특징이 있다. 이 과정에서 소형 백호우, 브레이커 등과 같은 파쇄형 장비가 쓰인다. 따라서 철거공사 시 발생하는 소음/진동, 비산분진 등의 현장공해는 주변 환경에 악영향을 미치며 민원의 발생 및 작업 지연의 원인이 될 수 있다.

현재 공동주택의 철거공사는 주로 적정 대차등급의 백호우에 부착시킨 브레이커나 압쇄기를 이용하는 해체 공법이 보편적으로 사용되고 있다. 이러한 공법은 다른 공법에 비하여 높은 파쇄 효율을 거둘 수 있는 반면 철거 후 잔재들의 분리가 어렵다는 단점이 있다. 급속한 건설폐기물의 증가에 따른 매립장의 부족과 철거 시 발생하는 많은 양의 건설폐기물들이 재활용이 가능한 건설부산물로 인식되면서 각종 잔재들이 혼합 배출되어 재활용 성능을 저해하는 기존의 철거 방식은 개선될 필요가 있다.(김창학 2008)

### 2.2 기존 철거방식의 문제점 분석

기존 리모델링 철거공사의 특징은 상세한 철거공사계획 수립이 미흡하여 철거공사 기간 및 비용이 증가된다는 것이다. 최근 완료된 노후 공동주택 리모델링 공사의 사례조사 결과 철거관리는 개략적 수준의 철거공사계획과 공기단축 위주의 철거공사 관리를 수행하는 것으로 파악되었다. 체계적이고 상세한 철거공사 계획을 수립하지 못하면 당초 계획에 비해 철거공사 기간 및 철거공사비가 증가한다.

또한 개략적인 철거공사계획에 의해 정해진 순서대로 철거작업을 진행하여 최상층부터 최하층까지 동시에 철거한 후 폐기물을 투하한다. 이로 인해 폐기물이 성상별, 종류별로 구분되지 못하고 혼합되어 현장 외로 반출하고 있으며 폐기물의 재사용, 재활용률이 감소하는 심각한 문제점이 발생하고 있다. 이렇게 혼합되어 배출되는 폐기물의 재사용, 재활용률 감소는 혼합 폐기물 처리 시 상당한 비용 발생을 초래한다. 따라서 폐기물의 재활용, 소각, 매립, 특정폐기물 등 각 재료별로 철거도면을 작성하여 철거순서를 정하고 그에 따라 투하순서에 의해 폐기물을 투하한 후 집하 및 장외반출을 하는 친환경 철거가 이루어진다면 폐기물의 재사용, 재활용률이 증가하여 폐기물 처리시 발생하는 비용을 줄일 수 있을 것이다.

## 2.3 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 구축

폐기물 재활용률을 높이기 위해서는 폐기물 처리방법을 개선 시키거나 재활용 제품의 활용방안, 홍보 등의 방안도 있지만 철거공사 단계에서 폐기물의 재활용을 고려하여 철거공사를 수행하는 것이 무엇보다 중요하다. 폐기물의 재활용률 및 재활용 제품의 품질을 향상시키기 위해서는 폐기물의 처리과정의 관리보다는 폐기물의 발생단계에서의 관리가 더 효율적이다. 혼합폐기물의 형태로 반출된 폐기물을 종류별로 분리하는 작업은 상당한 시간과 비용이 소요되고, 폐기물의 종류별로 완전히 분리하는 것은 어렵기 때문이다. 따라서 철거공사 전 발생하는 폐기물의 종류를 사전에 파악하고 폐기물의 처리방법에 따라 구분하여 반출할 수 있는 철거공사계획 수립이 필요하다.

친환경 리모델링 철거공사 프로세스는 먼저, 철거공사의 기초적인 정보를 제공받아 체계적인 작업수행을 위한 철거기본도면을 작성해야 된다. 또한 철거기본도면에 의한 폐기물 분리반출을 통해 재사용 및 재활용이 가능한 가구류와 내부수장재를 분리철거하고 별도의 수거장소를 마련하여 폐기물 중간처리업체로 장외반출이 가능하게 해야 한다. 또한, 철거 중 발생하는 폐기물의 특성에 따라 수거장소를 따로 구성하여 폐기물의 발생 즉시 선별분리를 가능하게 하여 폐기물의 재사용 및 재활용률을 높여야 한다.(황영규 2006) 아래의 그림1은 각 철거공사별 작업순서를 나타낸 것이다.

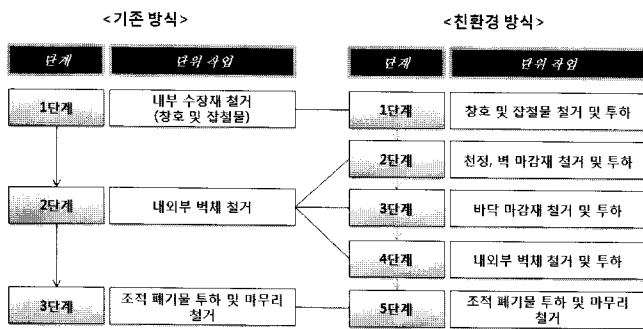


그림 1. 각 철거공사별 철거방식 비교

그림에서 알 수 있듯이 기존 철거방식의 경우 내부수장재, 내외부 벽체, 조적 폐기물 투하 및 마무리 철거 순으로 3단계로 진행이 되며, 친환경 철거방식의 경우 장호·잠철물 철거 및 투하, 천정·마감재 철거 및 투하, 바닥 마감재 철거 및 투하, 내외부 벽체 철거, 조적 폐기물 투하 및 마무리 철거의 5단계로 진행된다. 친환경 철거방식은 폐기물의 종류에 따라 철거작업을 구분하여 반복적으로 수행하여야 하며, 상당부분 인력에 의존한 철거작업을 수행하여야 하므로 기존 철거방식에 비해 작업속도,

생산성이 저하되며, 이러한 이유로 철거업체에서는 이러한 방법 적용을 꺼려하는 경향이 있다.

이에 본 연구에 앞서 기존 철거방식과 친환경 철거방식의 비교를 위하여 전문가 면담을 실시하였다. 면담은 철거 전문업체 5곳을 선정하여 철거공사 경력 15년 이상인 현장소장급을 대상으로 실시하였다. 표 1은 전문가 면담에 대한 개요와 면담내용을 나타낸 것이다.

표 1. 전문가면담 개요 및 면담내용

분류	내용
면담대상업체	철거공사 5개업체
면담대상	현장소장급
철거공사경험	17.3년(평균 경력)
면담내용	1. 기존 철거방식의 문제점 2. 친환경 철거방식의 효과 및 타당성 3. 친환경 철거방식의 활용방안

철거 전문업체는 친환경 리모델링 철거방식이 필요하다는 것은 인식하고 있었다. 그러나 친환경 리모델링 방식이 실제 사례를 통하여 경제적으로 검증된 바가 없으며, 이미 기존 방식에 익숙하기 때문에 새로운 방식의 적용은 힘들다는 부정적인 경향을 가지고 있었다. 따라서, 친환경 철거방식의 활성화를 위해서는 체계적인 경제성 평가를 통해 기존 철거방식과 친환경 철거방식을 비교분석할 수 있는 경제성 데이터 확보가 요구된다고 볼 수 있다. 본 연구는 경제적 측면에서 두 방식을 비교분석하기 위해 폐기물 발생량을 기준으로 평가체계를 정립하고자 하였다.

## 3. 리모델링 철거공사의 경제성 평가 체계 구축

본 연구는 기존 철거공사의 문제점을 해결하기 위한 친환경 철거공사의 적용을 위해 철거공사시 소요되는 비용을 분석하고 철거공사시 발생하는 폐기물을 측정하여 폐기물의 처리 시까지 발생하는 비용을 비교분석하였다. 다음 그림 2는 본 연구의 흐름을 도식화한 것이다.

먼저, 선행연구를 기초로 현행 철거공사와 친환경 철거공사의 작업방식을 구체화하였다. 그 후, 문헌조사를 통해 폐기물의 종류 및 각 폐기물의 처리방법에 대한 분석을 실시하였다. 또한, 친환경 철거공사 적용 모델로 채택된 광주 C 아파트를 대상으로 현행 철거공법과 도출된 친환경 철거공법을 적용하여 실제 철거공사를 실시하였다.

공사실시 후 기존 철거방식과 친환경 철거방식에 소요되는 철거공사비를 측정하였다. 이때, 발생한 폐기물량을 기존 철거방식과 친환경 철거방식에 따라 비교·측정하였다. 이렇게 측정된

폐기물량을 종류별로 분류하고 재활용과 매립으로 분류한 후, 각 발생 폐기물들의 처리단가 책정하고 폐기물 처리비를 확정하였다. 아래의 식 1과 식 2는 기존 철거방식과 친환경 철거방식을 사용했을 때의 총 철거공사비 산출 방법을 수식으로 나타낸 산출식이다.

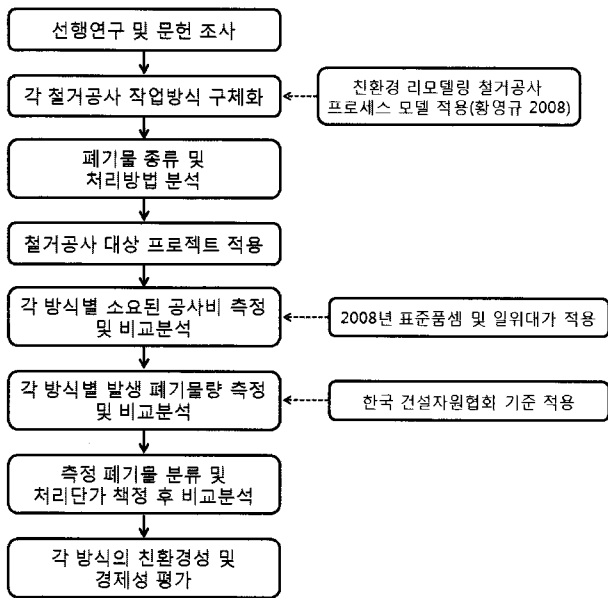


그림 2. 친환경 리모델링 철거공사 경제성 평가

$$C_t = C_c + C_s^* + C_g \text{ -----(1)}$$

$$C_g = (C_p + C_h) * G \text{ -----(2)}$$

\* : 친환경 철거방식에만 해당

- C<sub>t</sub> : 총 철거공사비
- C<sub>c</sub> : 순철거공사비
- C<sub>s</sub> : 철거도면 작성비
- C<sub>g</sub> : 폐기물 처리비
- C<sub>p</sub> : 건설폐기물 수집 종류별 운반단가
- C<sub>h</sub> : 건설폐기물 배출지별 중간처리단가
- G : 폐기물 발생량(ton)

총 철거공사비는 순철거공사비, 철거도면 작성비, 폐기물처리비의 합으로 나타낼 수 있다. 단, 기존 철거방식의 경우 철거도면 작성이 불필요하여 철거공사비 항목에 포함되지 않는다. 각 항목에 사용된 일단가는 2008년 표준품셈 및 일위대가를 시간 단위(분)로 환산하여 적용시켰으며 노무비의 경우, 보통인부 단가를 적용하였다.

폐기물 처리비는 각 철거공법에 대하여 발생된 폐기물의 운반

단가와 중간처리단가의 두 항목으로 나눌수 있고, 폐기물 처리에 대한 단가는 한국건설자원협(http://www.koras.org)에서 공시한 건설폐기물 수집운반비와 건설폐기물 배출지별 중간처리단가를 적용하였다. 이와 같은 절차에 의하여 각 방식별 총 철거공사비를 산출할 수 있었다.

## 4. 사례적용: 친환경 리모델링 철거공사의 경제성 평가 및 분석

### 4.1 친환경 철거공사 개요

본 연구는 광주 C 아파트를 대상으로 기존의 철거방식과 친환경 철거방식의 비교를 위하여 2009년 3월 16일부터 3월 20일까지 철거공사를 실시하였다. 철거에 앞서 적용 대상 아파트의 상황에 맞는 철거 프로세스를 정립하기 위하여 철거도면 작성을 하였다. 그 후, 기존 철거공법과 친환경 철거공법에 따라 작업구역을 정하여 철거공사를 실시하였으며, 철거 후 발생한 폐기물의 양을 종류별로 나누어 폐기물 발생량을 측정하였다. 다음 표 1은 사례적용 대상단지의 개요를 나타낸 표이다.

표 2. 사례적용 대상단지 개요

구분	내용
위치	광주 C 아파트
구조형식	라멘구조
규모	3개층 24세대 2개동
세대면적	약 30㎡
Mock-up 대상	동측 1개동 양 단부 12세대 (기존 방식 : 6세대, 친환경 방식 : 6세대)

### 4.2 철거공사 시 발생하는 시공비용 분석

기존 철거공사는 체계적이고 상세한 철거공사 계획을 수립하지 못하여 당초 계획에 비해 철거공사 기간 및 철거 공사비가 증가되었고, 사전에 철거공사 범위에 따라 체계적인 작업분류체계(WBS) 작성과 철거도면 및 지침이 부족하여 철거공사의 재작업이 많이 발생하였다.(황영규 2006) 따라서 친환경 철거공사의 체계적인 작업을 안내하고 작업의 기본적인 지침을 제공하기 위하여 철거도면 작성이 필요하다. 이러한 철거도면의 작성을 통하여 표준철거 작업분류체계 구축, 철거장비 및 공법의 선정, 폐기물 분리반출, 철거작업의 안전관리가 가능해진다.

철거도면의 작성은 철거대상 건물의 사전조사를 실시하여 건물 각 단계별 철거부위 및 폐기물 처리방법에 대한 정보를 도면화하여 표시하였다. 아래의 그림3는 각 단계별 철거부위를 도면화한 것이다.

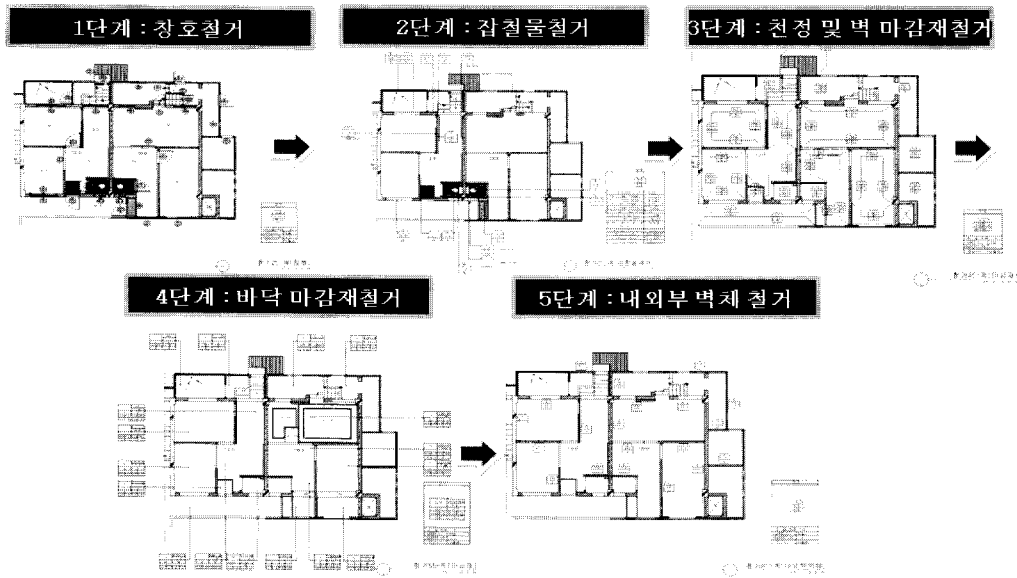


그림 3. 친환경 철거공사 단계별 철거도면

기존 철거공사는 철거도면 작성이 불필요하며, 친환경 철거공사는 도면작성에 따른 비용이 2,000,000원 발생하였다.

순 철거공사비는 프로세스 단계별 작업시간에 일위대가를 곱하여 산정하였다. 기존 철거공사에 소요된 비용은 아래의 표 2와 같으며, 친환경 철거공사 공사비용은 표 3과 같이 산출되었다.

이러한 방식으로 기존 철거방식과 친환경 철거방식을 비교하면 기존 철거방식의 순 철거공사비는 1,129,360원이며, 친환경 철거방식의 순 철거공사비는 1,175,687원으로 도출되어 친환경 철거공사 방식이 약 4.1% 증가하였다. 내부 수장재 철거단계를 세분화하여 인력철거에 의존한 친환경 방식의 비용이 상당한 수준의 비용 증가가 발생할 것으로 예상되었으나 미비한 수준으로 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 장비를 사용하는 단계에서 친환경 철거공사 방식이 수장재의 선철거로 인하여 작업시간이 감소(기존 : 1032분, 친환경 : 965분)하여 소요된 총 철거공사비의 차이가 예상보다 줄어든 것으로 확인되었다.

표 3. 기존 방식 순 철거공사비용

단위작업	소요시간(분)	투입인력/장비	비용항목	일위대가(원/분)	비용(원)
내부수장재 철거	209	작업자 4인	재료비	-	-
			노무비	126	105,453
			경비	10	8,436
내외부 벽체 철거	442	장비1대, 작업자 1인	재료비	309	136,357
			노무비	359	158,884
			경비	316	139,679
조적폐기물 투하 및 마무리 철거	590	장비1대, 작업자 1인	재료비	309	182,015
			노무비	359	212,085
			경비	316	186,450
합 계					1,129,359

표 4. 친환경 방식 순 철거공사비용

단위 작업	소요 시간(분)	투입인력/장비	비용 항목	일위대가 (원/분)	비용(원)
창호 및 잡철물	229	작업자 4인	재료비	-	-
			노무비	126	115,544
			경비	10	9,244
천정 및 마감재 철거	94	작업자 4인	재료비	-	-
			노무비	126	47,428
			경비	10	3,794
바닥마감재 철거	92	작업자 4인	재료비	-	-
			노무비	126	46,419
			경비	10	3,714
내외부 벽체 철거	394	장비1대, 작업자 1인	재료비	309	121,549
			노무비	359	141,630
			경비	316	124,511
조적폐기물 투하 및 마무리 철거	571	장비1대, 작업자 1인	재료비	309	176,154
			노무비	359	205,255
			경비	316	180,446
합 계					1,175,687

### 4.3 폐기물 종류 분석

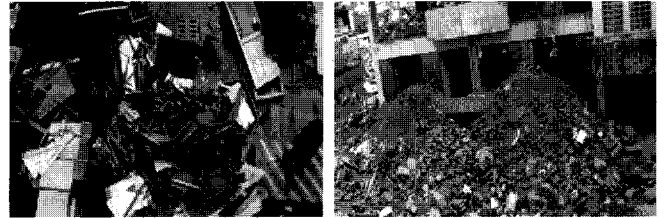
기존 문헌들의 조사에 의해 도출된 폐기물의 종류는 건설폐기물과 지정폐기물로 분류할 수 있다. 건설폐기물은 건설 폐재료, 가연성 건설폐기물, 불연성 건설폐기물, 토사 그리고 혼합 건설 폐기물로 나뉜다. 세부적인 항목은 다음의 표 4와 같다. 폐기물 처리방식에 따른 분류는 재활용, 소각, 매립으로 나뉘며, 현장에서 발생된 폐기물의 종류를 적용하면 아래의 표 5와 같다.

표 5. 건설폐기물의 종류

구분	폐기물 종류		
건설 폐기물	건설폐재류	페콘크리트, 폐시멘트	
		페아스팔트콘크리트	
		폐벽돌	
		페블럭	
		폐기와, 페타일, 폐석재(화강석, 대리석 등)	
	기연성	폐목재 - 합판, 각재, 등바리, 비계재	
		건설폐기물	폐합성수지 - 스티로폼, PVC제품, PE필름, 석고보드, 수지류 장판, 폐고무류(방수용쉬트 등)
			폐섬유 - 유리면보온판, 흡기펄트, 부직포, 로프, 의류
	불연성	폐벽지 - 페지류, 도배지, 종이장판, 포장재	
	건설폐기물	건설오니, 굴착오니-벤토나이트	
폐금속류 - 철근, 형강, 못, 스텐레스			
토사	폐유리		
혼합 건설폐기물	흙·모래·자갈 등으로서 자연상태의 것 제외		
지정폐기물	위의 폐기물 중 2 이상의 건설폐기물이 혼합된 것으로서 토사를 제외		
	페페인트 및 페라카		
	폐유 - 공사차량폐유, 건설장비폐유		
	페석면(스레트 등 고형화된 석면제품) - 시멘트석면판		



<기존 철거공법 발생폐기물>



<친환경 철거공법 발생폐기물>

그림 4. 공법별 현장 발생폐기물

철거 공사 후 발생한 매립폐기물의 측정방법은 투하하여 자연 낙하한 원뿔형 모양의 시료를 흐트러지지 않게 높이와 지름을 측정하였다. 그리고 원뿔의 체적을 구하는 방법으로 진행하였다. 그 밖에 재활용 가능 폐기물과 소각 폐기물은 발생량이 적어 각각의 무게를 측정하였다. 아래의 표 6은 철거공사 시 발생한 폐기물의 양을 나타낸 것이다.

표 6. 폐기물 처리방식별 현장발생 폐기물 분류

폐기물 처리방식	폐기물 종류	현장 적용
재활용	폐벽돌, 페블럭, 폐합성수지, 폐벽지, 폐금속	샤시, 샌드위치 패널, 잡철물, 장판, 시멘트 벽돌
소각	폐목재, 폐섬유, 건설오니	가구, 폐목재
매립	페콘크리트, 페아스팔트콘크리트, 페타일, 폐석재, 페유리, 혼합폐기물	혼합 폐기물

#### 4.4 폐기물 발생량 측정

기존 철거공법과 친환경 철거공법을 현장에 적용하여 폐기물의 발생량을 측정하였다. 기존 철거방식은 모든 부위의 철거가 모두 이루어지고 폐기물을 한번에 투하시키기 때문에 재활용과 소각 폐기물이 따로 발생하지 않았다. 그러나 친환경 철거방식은 각 단계별로 철거가 이루어지며 그때 발생하는 폐기물은 단계별 철거 완료 후 바로 투하하였기 때문에 매립폐기물 뿐만 아니라 재활용 및 소각 폐기물도 분류가 가능하였다.

다음 그림 4는 현장에서 발생한 폐기물을 보여준다. 기존 철거공법 적용시 발생한 폐기물은 모든 철거작업이 끝난 후 투하하기 때문에 모든 폐기물이 혼합되어 쌓이게 된다. 따라서 그림 4의 위쪽 사진과 같이 페콘크리트 중간에 목재, 철 등의 재활용 가능 폐기물들이 섞여 있는 것을 확인할 수 있다. 그러나 친환경 철거공법을 적용하면 각 단계별로 철거 및 투하가 이루어지기 때문에 페콘크리트 이외에 재활용, 소각 폐기물들을 따로 분류를 하여 적재를 할 수 있으며, 그림 4의 아래쪽 사진과 같이 폐기물의 종류별로 적재가 가능하였다.

표 7. 철거공사시 발생한 폐기물량

구분	기존 철거공법	친환경 철거공법
1. 매립 폐기물	<p>a(장반지름)=6m b(단반지름)=3.3m h(높이)=3.2m <math>V = 6 \times 3.3 \times 3.2 \times \pi / 3 = 66.317\text{m}^3</math></p>	<p>a(장반지름)=5m b(단반지름)=2.5m h(높이)=3.2m <math>V = 5 \times 2.5 \times 3.2 \times \pi / 3 = 41.867\text{m}^3</math></p>
2. 재활용 가능 폐기물	- 없음	샤시- 100kg 샌드위치 패널- 6m <sup>2</sup> 잡철물- 180kg 장판- 1m <sup>2</sup>
3. 소각 폐기물	- 없음	가구- 1m <sup>2</sup> 폐목- 40m <sup>2</sup>

기존 철거공법 사용시 발생한 폐기물의 양은 매립폐기물만 66.317m<sup>3</sup>가 발생하였다. 그리고 친환경 철거공법을 적용했을 때는 매립폐기물 41.867m<sup>3</sup>, 재활용 가능 폐기물은 항목별로 샤시 100kg, 샌드위치 패널 6m<sup>2</sup>, 잡철물 180kg 그리고 장판 1m<sup>2</sup>가 발생하였다.

### 4.5 폐기물 처리단가 책정

폐기물 처리단가는 운반단가와 중간처리단가로 구분할 수 있으며, 철거시 발생한 폐기물 처리에 대한 단가는 한국건설자원협회 (<http://www.koras.org/>) 에서 공시한 건설폐기물 수집운반비와 건설폐기물 배출지별 중간처리단가를 적용하였다.

#### (1) 건설폐기물 수집 종류별 운반단가

기존 철거공사와 친환경 철거공사의 발생 폐기물은 혼합폐기물, 불연성 건설폐기물과 가연성 폐기물의 항목으로 나누어진다. 기존 철거공사의 혼합 건설폐기물의 운반단가는 34,329원/ton이며, 친환경 철거공사의 혼합 건설폐기물 운반단가는 33,239원/ton이다. 그리고 친환경 철거공사의 불연성 건설폐기물과 가연성 폐기물은 각각 12,943원/ton, 63,457원/ton으로 적용되어진다. 아래의 표 7은 각 공법 사용시 발생한 폐기물의 단가를 나타낸 표이다.

표 8. 건설폐기물 수집 종류별 운반단가(30Km 기준)

공법	구분	단가
기존 철거공법	혼합건설폐기물	34,329원/ton
	혼합건설폐기물	33,239원/ton
친환경 철거공법	불연성 건설폐기물	12,943원/ton
	가연성 폐기물	63,457원/ton

#### (2) 2008년도 건설폐기물 배출지별 중간처리단가

건설 폐기물의 배출지별 중간처리 단가는 기존 철거공사의 혼합폐기물과 친환경 철거공사의 건설폐기물 항목으로 분류가 가능하며, 각 항목에 적용되는 단가는 133,878.46원/ton과 29,645.92원/ton이다. 공법 간의 단가 차이는 104232.54원/ton이었으며 이렇게 차이가 발생한 원인은 기존 철거공법에선 폐기물의 분류가 이루어지지 않아 중간처리시 폐기물을 재분류하기 때문에 비용이 증가가 발생하였다. 표 8은 항목별 중간처리단가를 정리한 것이다.

표 9. 건설폐기물 배출지별 중간처리단가

공법	구분	단가
기존 철거공법	혼합폐기물	133,878.46원/ton
친환경 철거공법	건설폐기물	29,645.92원/ton

### 4.6 폐기물 처리비 확정

폐기물 처리시 폐기물 발생량의 단위를 하나로 통일을 시켜주었다. 각 각의 폐기물 발생량의 단위가 다르기 때문에 한국건설자원협회의 단위비중환산표를 사용하여 모두 ton 단위로 환산하였다. 한국건설자원협회 단위비중 환산표는 다음 표 9과 같고 ton 단위로 환산한 폐기물량은 표 10과 같다.

식 2에 나타낸 바와 같이, 위의 표 10에 정리된 ton단위 환산

표 10. 단위비중환산표

구분	가연성	불연성	혼합건설폐기물	중간처리잔재물
비중	0.33	1.6	0.63	0.61
m <sup>3</sup> 당 ton	0.33	1.6	0.63	0.61
ton당 m <sup>3</sup>	3.03	0.63	1.59	1.64

표 11. ton단위 환산 폐기물 발생량

공법	구분	발생량	ton으로 환산
기존 철거공법	매립폐기물	66,317m <sup>3</sup>	41,77971 ton
	매립폐기물	41,867m <sup>3</sup>	26,37621 ton
친환경 철거공법	재활용 가능 폐기물	사시	0.1 ton
		샌드위치 판넬	1.98 ton
		집철물	0.18 ton
	소각 폐기물	장판	0.33 ton
		가구	0.33 ton
	폐목재	13.2 ton	

폐기물 발생량, 운반단가, 중간처리단가를 활용하여 폐기물 처리비를 산출하였다. 아래의 표 11은 폐기물 처리비 산출결과를 정리한 것이다.

표 12. 철거방식별 폐기물 처리비 비교

공법	구분	발생량 (Ton)	운반단가 + 중간처리단가 (원/Ton)	처리비 (원)	합계(원)
기존 철거방식	매립폐기물	41,77971	168,207.46	7,027,658	7,027,658
친환경 철거방식	매립 폐기물	26,37621	62884.92	1,658,665	
	재활용 가능 폐기물	2.59	12,943	33,522	
	소각 폐기물	13.53	63,457	858,573	

최종적으로 각 철거방식으로부터 발생된 폐기물 처리비는 기존 철거방식 7,027,658원, 친환경 철거방식 2,550,760원이 발생하였다. 친환경 철거방식 적용이 기존 철거방식 적용 시 보다 4,476,898원의 폐기물 처리비를 감소시키는 결과를 가져왔으며, 이는 약 63.7%의 비용절감 효과를 나타낸다.

### 4.7 기존 철거공사와 친환경 철거공사 비용분석

기존 철거공사와 친환경 철거공사 수행 시 발생한 총 비용을 아래의 표 12와 같이 나타내었다. 친환경 철거방식을 적용했을 때가 기존 철거방식을 적용했을 때보다 소요되는 비용이 2,430,571원 (23,503원/m<sup>3</sup>)절감되었다. 이는 친환경 방식의 적용이 비용 측면에서 약 29.8%의 절감효과를 나타내고 있음을 보여준다.

각 방식별 비용항목 구성비를 분석한 결과 기존 철거방식을 사용하는 것보다 친환경 철거방식을 사용하는 것이 폐기물 처리

비를 획기적으로 절감시켜준다는 것을 알 수 있다. 아래의 그림 4는 각 철거방식별 비용항목 구성비를 나타낸 그림이다.

표 13. 각 철거공법별 소요 공사비용 현황

공법	비용구분	비용(원)	비용(원/㎡)
기존 철거공법	철거공사비	1,129,360	6,274
	폐기물처리비	7,027,658	39,043
	소계	8,157,018	45,317
친환경 철거공법	철거도면작성비	2,000,000	1,111
	철거공사비	1,175,687	6,532
	폐기물처리비	2,550,760	14,717
	소계	5,726,447	21,814

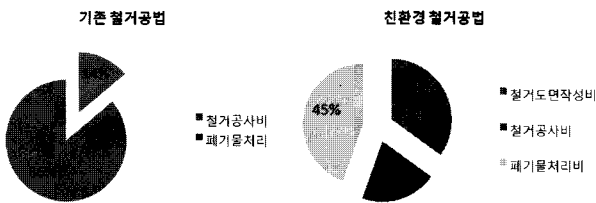


그림 4. 각 철거공법별 구성항목 비율

## 5. 결론 및 향후연구

본 연구는 선행 연구를 통해 정립된 친환경 리모델링 철거공사의 프로세스를 실제 건물에 적용하여 친환경 리모델링 프로세스의 경제성에 대하여 평가해 보았다. 기존 리모델링 철거공사의 특징은 상세한 철거공사계획 수립이 미흡하여 철거공사 기간 및 비용이 증가되는 문제점이 있었다. 또한 철거작업 진행 시 최상층부터 최하층까지 동시에 철거하여 폐기물을 투하하고 있어 폐기물이 혼합되어 현장 외로 반출하고 이에 따라 폐기물의 재사용, 재활용률이 감소한다는 문제점이 발생하고 있었다. 이렇게 혼합되어 배출되는 폐기물의 재사용, 재활용률의 감소는 혼합 폐기물 처리 시 상당한 비용의 발생을 야기하였다. 이에 따라 선행 연구에서 제시한 친환경 리모델링 철거공사 프로세스를 실제 건물을 대상으로 적용하였다.

그 결과, 기존 철거방식의 철거공사비에 비해 친환경 철거공사비가 약 4.1% 증가되었으며, 폐기물 처리비는 친환경 철거공사가 기존 철거방식 보다 약 63.7% 감소된 결과가 나타났다. 전체적으로는 친환경철거공사의 총 공사비가 약 29.8%(2,430,571원) 절감되었다. 따라서 폐기물을 각 재료별로 철거도면을 작성하여 철거순서를 정하고 이에 따라 투하순서에 의해 폐기물을 투하한 후 집하 및 장외반출을 하여 친환경 철거가 이루어지면 폐기물의 재사용, 재활용률이 증가하여 폐기물 처리시 발생하는 비용을 줄일 수가 있다. 뿐만 아니라 매립 폐기물 양을 약 36.87% 감소 시켰

으며, 감소시킨 비율만큼 재활용 폐기물이 증가가 되어 폐기물 매립에 대한 환경적인 문제를 저감할 수 있었다.

본 연구결과를 활용하여 친환경 리모델링 철거공사 프로세스를 적용할 경우 경제적인 이익뿐만 아니라 폐기물의 재활용율의 증가로 자재 생산 및 매립 폐기물이 감소하여 이로 인한 환경부하를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 향후 현재 적용한 저층의 라멘구조 공동주택보다 확장된 라멘구조의 공동주택이나 고층의 공동주택에 적용시키는 연구가 필요하다. 현재 리모델링 대상이 되는 15년 ~ 20년이 경과한 노후공동주택은 15층 벽식구조가 대부분이기 때문이다. 본 연구는 저층의 라멘구조에 친환경 철거공사 프로세스를 적용한 연구이므로 15층 벽식구조에 맞는 친환경 철거공사 프로세스를 개발할 필요가 있고 이를 검증하는 연구가 필요할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

본 연구는 과학기술부 우수연구센터 운영사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음. 과제번호 R11-2005-056-03004-0.

## 참고문헌

- 김재문 외, “주요 건설폐기물의 재활용 저해요인 도출을 통한 현장 건설폐기물 처리 프로세스 개선 방안”, 한국건설관리학회 논문집, 2008
- 김지혜 외, “국내 건설폐기물 관리 지침 고찰”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2007
- 김창학 외, “해체공사의 사례분석을 통한 폐기물 발생량 비교분석”, 한국건설관리학회 논문집, 2008
- 채경석 외, “건축물 해체 시 발생하는 건설폐기물 처리의 문제점 및 개선방향”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2008
- 황영규 외, “친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델”, 한국건설관리학회 논문집, 2008
- 황영규 외, “친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델 개발”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2008
- 환경부, “2007년 전국 폐기물 발생 및 처리현황”

논문제출일: 2009.07.02  
 논문심사일: 2009.07.03  
 심사완료일: 2009.12.14



---

## Abstract

When increasing quantity of construction wastes, how to deal with construction wastes and environmental problems relating to disposal of construction wastes are discussed as social issues, treatment of construction waste and subsidiary issues are raised as important problems. The demolition work produce construction wastes most in construction industry. Various researches on eco-friendly treatment of construction wastes, recycling rates and recycled materials were conducted aspect of sustainability in developed countries, however, domestic remodeling projects were performed demolition work with first-demolition and second-classification method which emphasize productivity focused on efficiency. It caused not only environmental problems, but also economical problems such as increasing disposal cost of construction wastes. Solving these problems, the previous study, suggested the process model of eco-friendly demolition work to recycle materials. This paper applied eco-friendly remodeling process to practical projects and economic feasibility on eco-friendly remodeling process. Moreover these results expect to contribute the revitalization of eco-friendly demolition work in remodeling projects.

**Keywords** : *Remodeling, Old Aged Apartment, Construction Wastes, Sustainable, Demolition Work, economy evaluation*

---