

# 폐기물 재활용성 향상을 위한 리모델링 철거공사의 시공성 평가 및 사례적용

## Constructability Analysis in Aged-Housing Remodeling Demolition Work for Maximizing Waste Recycling

채 승 현\*      김 기 현\*\*      차 희 성\*\*\*      김 경 래\*\*\*      한 주 연\*\*\*\*  
Chae, Seong-Hyun      Kim, Ki-Hyun      Cha, Hee-Sung      Kim, Kyung-Rai      Han, Ju-yeoun

### 요 약

노후 공동주택의 리모델링 공사 수행 현황을 살펴보면, 공동주택의 신축공사와는 달리 철거공사라는 새로운 공종이 추가된다. 이러한 철거공사는 리모델링 공사를 구성하는 다양한 공종 중에서 공사 기간을 좌우하는 주요 공종에 해당하나, 실제 공사수행 방법은 기존의 일반 건축공사 철거형태와 거의 동일하게 이루어지고 있다. 즉, 폐자재의 재활용 등을 통한 자원의 낭비 및 환경파괴 등을 최소화 할 수 있는 리모델링 공사의 특성을 고려하지 않고, 단순 생산성만을 강조한 기존철거공사의 수행 방법을 그대로 사용하고 있는 실정이다. 따라서 리모델링 공사의 특성을 반영한 철거공사의 프로세스 정립이 필요하며, 더불어 정립된 프로세스를 구성하는 단위 작업의 시공성을 평가하여 향후개선을 위한 방안이 마련되어야 한다. 본 연구는 선행연구에서 정립한 리모델링 공사의 철거 프로세스 및 단위작업(이하 '신규방식' 이라함)과 기존 일반 건축공사의 철거공사 수행 방식(이하 '기존방식' 이라함)의 비교를 통한 신규방식의 시공성 측면의 개선효과를 평가하고자 한다. 이를 위해 전문가 면담을 통한 철거공사의 시공성을 측정할 수 있는 주요요인을 도출한 후, 이를 근간으로 공가(空家)상태인 시영아파트의 두 개동에 신규방식과 기존방식의 비교실험을 통한 시공성의 개선 효과를 분석하였다.

**키워드 :** 리모델링, 철거공사, 폐기물 재활용, 시공성 평가, 사례연구(Case Study)

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

2000년 이후 우리나라 전체 주택에서 공동주택이 차지하는 비중이 80%대를 차지하면서 보편적인 주거형태로 정착되어 가고 있는 상황에서 적절한 시기에 노후화 된 공동주택을 개선하기 위한 대책이 필요하다. 노후 공동주택의 개선을 위한 대책 중에서 리모델링은 자원절약, 효율적 자산 활용, 기존 건축물의 주요 구조부분의 보수 보강을 통한 전용면적의 약 30%의 증가, 실의용도 변경 등 다양한 장점을 가지고 있으나 실제 추진된 결과는 미비한 실정이다. 리모델링 공사 현황을 살펴보면 대부분의 공종이 공동주택의 일반적인 신축공사의 공종과 별다른 차이가

없으며, 공사수행 방식 또한 리모델링의 특성을 반영한 차별화된 방식으로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 리모델링 공사의 철거공사는 폐자재의 재활용 등을 통한 자원의 낭비 및 환경파괴 등을 최소화 할 수 있는 있는 공종임에도 불구하고, 단순 생산성만을 강조한 기존철거공사의 수행 방법을 그대로 사용하고 있어 리모델링의 근본적인 취지와는 별개로 수행되고 있다. 그러나 미국과 같은 선진국은 철거시, 발생하는 기존 자재와 기물에 대한 처리방법을 수립하여 체계적으로 관리함으로써 자원의 재활용을 통한 환경보호와 공사비의 절감, 최소의 비산먼지 발생에 의한 작업환경의 최적화 등의 효율적인 공사관리가 이루어지고 있다. (USEPA, 1998)

따라서 리모델링의 활성화를 통한 환경파괴 및 자원낭비의 최소화, 공사비의 절감 등을 극대화하기 위해서는 기존 건축공사

\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 석사과정, himryuck7@ajou.ac.kr

\*\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 박사과정, hkim@ajou.ac.kr

\*\*\* 중신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사, hscha@ajou.ac.kr(교신지자), kyungrai@ajou.ac.kr

\*\*\*\* 중신회원, 아주대학교 건축학부 연구교수, 공학박사, hanzzu@ajou.ac.kr

수행방식과는 차별화된 공사수행 방식이 필요하다. 본 연구의 목적은 현행 리모델링 공사를 위해 단순 시공성만을 강조한 기존의 철거공사의 프로세스 및 단위작업을 재정립한 선행연구(이하 '신규방식'이라 함)를 근간으로 해당 단위작업의 시공성을 검증하고자 함이다. 이를 위해 현업에 종사하고 있는 전문가 자문을 통해 시공성을 객관적으로 평가할 수 있는 주요요인(key factors)을 도출하였으며, 기존연구 및 전문가 자문을 토대로 시공성 평가 시트를 작성하였다. 그리고 LH공사(구 "대한주택공사")의 도심환경 개선사업을 위해 공가(空家)상태인 시영아파트 2개동에 기존 철거방식에 의한 철거공사(이하 '기존방식'이라 함)와 신규방식에 의한 철거공사를 수행하고, 앞서 구축한 평가체계를 근간으로 수행 결과를 비교 검토함으로써 신규방식의 시공성을 검증하고자 하였다.

## 1.2 연구의 방법

기존철거 방식의 문제점을 해결하기 위한 대책인 신규철거 방식의 적용을 위해, 철거공사 수행시 시공성에 영향을 미치는 요소들을 도출하여 정량적인 요소와 정성적인 요소로 구분하였다. 이러한 요소들을 반영하여 사례연구(Case Study)를 통해 기존 방식과 신규방식을 비교, 평가하였다.

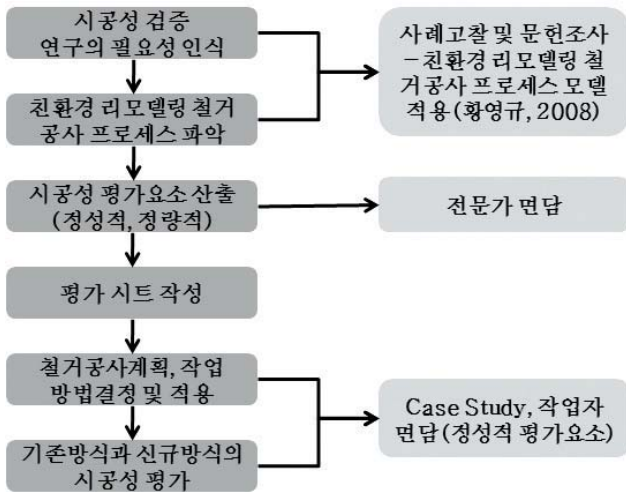


그림 1. 연구의 흐름 및 방법

신규방식의 정착을 위해 중요한 요소인 시공성에 대한 검증 연구의 필요성을 인식하고 문헌조사와 선행연구분석을 실시하였다. 선행연구인 '친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델(황영규 2008)'을 기초로 기존방식과 신규방식의 철거공사계획과 작업방법 및 순서를 구축한 다음, 문헌조사를 통해 시공성 평가요소를 도출하였다. 이러한 과정으로 도출된 평가요소를 정량적인 요소와 정성적인 요소로 구분하여 평가시트를 작성하였다.

작성된 평가시트를 이용하여 광주광역시에 위치한 라멘조 3층 노후공동주택을 대상으로 사례적용을 실시하여 각 기술별 시공성을 분석하였다. 이러한 연구의 흐름과 방법을 도식화하면 그림 1과 같다.

## 2. 선행 연구 분석

### 2.1 기존 연구 동향

국내문헌 중 건축물의 성능과 시공성 평가에 관한 연구내용을 분석하여 정리하면 다음과 같다.

김춘우 외(2000)는 공용주차장 시공성 평가 프로세스를 통해 최적의 시공성을 나타내는 대안을 선정하기 위해 시공성 평가 프로세스를 정립하였다. 문헌연구와 전문가면담을 통해 평가항목과 세부평가항목을 도출하였다. 평가요소의 계층 구조를 작성하고 개별비교를 통해 각 평가항목별 가중치를 산정하고 검토하였다. 그리고 정량적인 요소와 정성적인 요소로 구분한 후, 평가값을 부여하고 AHP기법을 사용하여 최적의 시공성을 나타내는 대안을 선정하였다.

이승연(2003)은 환경친화적 성능 평가기법에 관해 연구하였다. 건축물의 환경친화적 성능을 대분류항목으로 구분한다음, 평가항목을 하위항목으로 분류한 구조적인 틀을 제시하였다. 수학 연산이 불가능한 이산적, 정성적인 자료에 빈도로 표시할 수 있는 5점 척도를 적용하였다. 이러한 5점 척도를 활용해 체크리스트의 체크결과를 해당 '건축물의 환경친화적 성능'에 따라 각 등급별 빈도로 나타내는 방식을 제시하였다.

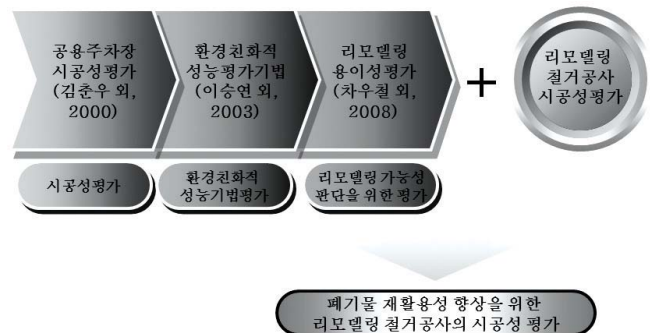


그림 2. 기존연구흐름에 따른 본연구의 위치

차우철 외(2008)는 다양한 리모델링의 가능성을 판단하기 위해 기존 건물전체의 고유한 성질을 평가하는 '전체레벨(MACRO LEVEL)'과 특정목적에 대해 특정의 방안을 적용하는 경우를 고려한 '부분레벨(MICRO LEVEL)'로 구분하였다. 그리고 국내법규 및 몇몇 건축물의 평가에 대한 대표값을 적용하여 산출된 값

을 통해 공동주택의 리모델링 용이성을 평가하였다.

이러한 건축물의 성능과 시공성에 대한 평가에 대한 연구가 진행되어 왔지만 철거공사, 특히 리모델링 철거공사의 시공성 평가에 관한 연구는 미비했다. 따라서 본 연구에서는 기존의 연구동향을 맞춰 '환경친화적인 리모델링 철거공사의 시공성평가'에 대한 연구를 수행하였다.(그림 2)

## 2.2 철거공사의 문제점

체계적인 철거공사계획의 수립이 미흡하여 철거공사 기간 및 비용, 재작업이 증가되는 문제점이 있다.(황영규 외 2008) 그리고, 폐기물의 선별, 분류가 제대로 되지않아 타폐기물이 혼합되어 처리되는 과정에서 이물질의 발생으로인해 재선별, 재분류를 하는 이중작업의 원인이 되고 이러한 이물질은 이후 재활용제품의 품질에도 악영향을 끼치는 것으로 조사되었다.(김재문 외 2008)

이와같은 철거공사의 문제점에도 불구하고 대부분의 철거공사에 대한 기준이나 절차가 제대로 확립되어 있지 못한채, 기존 방식에 의존하고 있는 실정이다. 그 원인은 신규방식에 대한 시공성을 포함한 적용 가능성평가가 미흡했기 때문이다. 이에 본 논문에서는 리모델링 철거공사의 체계적인 계획과 폐기물 재활용성을 향상할 수 있는 시공성 평가체계를 구축하고 검증하는 절차를 통해, 건설업체 및 철거관련업체들로 하여금 신규방식에 대한 선호도를 상승시켜 신규철거방식의 정착화를 유도하고자 한다.

## 3. 폐기물 재활용 향상을 위한 리모델링 철거공사 시공성 평가체계 구축

### 3.1 시공성 평가의 개념

시공성을 평가해야하는 이유는 기존방식과 대비하여 신규로 개발된 리모델링 철거방식의 개선정도를 평가하기 위함이다. 리모델링 신규방식에 대한 시공성 평가는 시공속도, 난이도, 타공정과의 간섭 등 시공 작업의 문제점과 작업 용이성을 얼마나 개선시켰는지에 대한 부분을 평가해야한다.

### 3.2 철거공사 성과측정 및 모니터링 계획

기존철거방식에 대비한 신규철거방식의 성과를 정량적, 정성적으로 평가하여 비교하고자 한다. 철거만을 전문으로 하는 업체 5군데를 선정하여 철거공사 경력 15년 이상인 현장소장급을 대상으로 전문가 면담을 실시하였다.(표 1)

표 1. 전문가면담 개요

면담대상업체	철거공사 5개업체
면담대상	현장소장급
철거공사경력	17.3년(평균 경력)

이러한 전문가 면담을 통해, 시공성 평가요소를 도출하였다. 정량적인 평가요소로는 시공속도, 투입인력, 투입장비를, 정성적인 평가는 작업과정 조사, 작업지연 여부, 인력의 여유 및 부족, 시공난이도, 타공정과의 연계성을 도출하였다. 다음의 그림 3은 이러한 리모델링 철거공사의 시공성 평가체계를 도식화한 것이다.

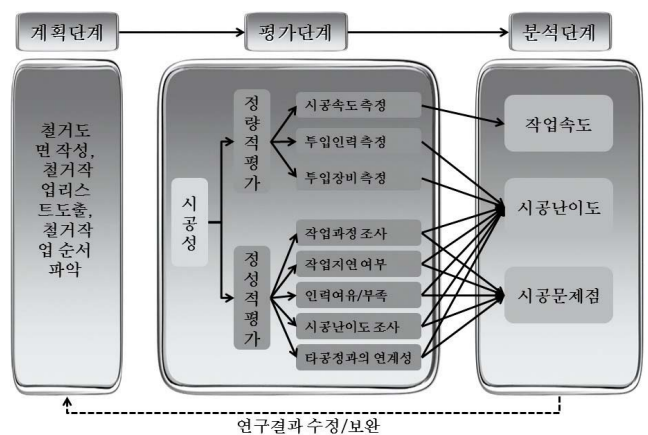


그림 3. 리모델링 철거공사의 시공성 평가체계

### 3.2.1 정량적 평가계획

#### 1) 시공속도

비교 대상인 두 방식의 공사기간을 추정하며, 노무량을 비교하기 위함이다. 측정방법은 철거의 시작시간과 종료시간을 하나의 타임워치를 이용하여 분단위로 측정하도록 하였다. 또한 '작업제외시간'은 또 다른 타임워치를 이용하여 공제대상 시간(분)을 기록하도록 하였다.

#### 2) 투입인력

투입된 인력의 실 투입량을 파악하며, 투입된 인력에 대비해 인력의 부족 및 추가소요인원을 파악하는 것이 목적이다. 철거공사 과정을 직접 관찰하면서 투입되는 인력량, 작업조 구성, 노무비등을 조사표에 기록하며, 디지털 카메라를 이용하여 촬영한다.

#### 3) 투입장비

자재 및 장비의 실 투입량과 손실량을 파악하며, 폐기물 현황을 파악하는 것이 목적이다. 철거공사 과정을 직접 관찰하면서 투입되는 장비명, 투입량 등을 조사표에 기록하며, 디지털 카메라를 이용하여 촬영한다.

### 3.2.2 정성적 평가계획

정성적 평가 목적은 작업의 문제점을 파악하고 철거공사의 지연요인과 효율요인을 도출하며, 시공과정에 대한 세부적인 평가를 수행하기 위함이다. 철거공사 과정을 관찰하고, 작업 마감 후 공사를 수행했던 작업자와 인터뷰를 통하여 정보를 수집하여 측정한다. 작업자와의 인터뷰양식은 표 2와 같은 형태의 자료를 활용하여 평가하고자 하였다.

표 2. 기존방식과 대비한 신규방식의 시공성 평가(예시)

비교항목	척도 및 원인
초기시공속도	느림 (←----- 동일함 ----->) 빠름 -50% - -40% - (-30%) - -20% - -10% - 0 - +10% - +20% - +30% - +40% - +50%
	이유: 처음 수행하는 작업이므로 작업이 숙달되지 않고 잦은 작업회의로 인한 작업지체
숙련후 시공속도	느림 (←----- 동일함 ----->) 빠름 -50% - -40% - -30% - -20% - -10% - 0 - +10% - (+20%) - +30% - +40% - +50%
	이유: 인력철거로 인한 마감재의 선철거로 벽체철거시 작업용이성 및 효율성 증대 (장비작업자)
시공난이도	느림 (←----- 동일함 ----->) 빠름 -50% - -40% - -30% - -20% - -10% - 0 - +10% - +20% - (-30%) - +40% - +50%
	이유: 인력철거로 인한 마감재의 선철거로 벽체철거시 작업용이성 및 효율성 증대 (장비작업자)
작업과정의 문제점	장비의 이동 동선의 확보와 도면에 따른 작업계획이 더욱 명확히 확립된다면 작업의 난이도나 시공속도측면에서 개선이 기대됨.

### 3.2.3 작업과정 분석

철거공사 과정을 단위작업별로 관찰을 하면서 자재, 장비, 인력의 흐름을 기록하여 문제점과 기회요소를 분석한다.

정량적 요소에서 작업속도의 측정으로 시공속도를 비교분석할 수 있으며, 투입인력과 투입장비의 측정을 통해 작업난이도를 간접적으로 비교분석할 수 있다. 정성적 요소의 측정결과는 각 단위작업별 시공상의 문제점이나 원인파악이 가능하다.

표 3. 시공성 평가의 방법 및 결과활용 방안

구분	측정항목	측정내용	측정 결과활용
정량적 평가	1. 시공속도	작업속도 측정	간접비 측정 및 작업속도 비교분석
	2. 투입인력	작업조의 구성 및 필요인력 측정	실 투입 노무비 조사 및 작업난이도 간접평가
	3. 투입장비	필요장비 측정	기계경비 조사 및 작업난이도 간접평가
정성적 평가	4. 작업과정	- 단위작업별 특이사항 기록	시공문제점 및 원인파악
	5. 작업지연	- 작업지연 발생원인 파악	
	6. 인력여유/ 부족	- 품여유/부족 발생원인 파악	
	7. 시공난이도	- 난이도가 높은 작업 파악 및 원인분석	
	8.타공정의 연관성	- 타 공정의 관계 파악	

이러한 시공성의 측정요소별 정량적, 정성적 평가방법과 결과 활용방안을 정리하면 표 3과 같다.

측정요소별로는 각각의 단위작업별 시공속도를 측정하고, 인력, 장비의 실 투입량과 손실량을 정량적인 방법으로 파악, 비교하였다. 그리고 작업의 문제점을 파악하고 철거공사의 지연요인과 효율요인을 도출하며, 시공과정에 대한 평가를 정성적인 방법으로 파악, 비교하였다.(표 4)

표 4. 측정요소별 목적과 방법

측정요소	목적	방법
단위작업별 시공속도 측정 및 전 과정 사진촬영	두 공법의 공기 추정 두 공법의 노무량 비교 사후 작업내용 분석	시작시간, 종료시간 측정 모든 자재,장비,인력 및 작업과정을 촬영
투입인력 측정	노무 실 투입량 파악	철거공사 과정 관찰
투입장비 측정	장비 실 투입량 파악	철거공사 과정 관찰
작업과정 분석 및 작업자 설문	작업의 문제점 파악 지연요인,효율요인 도출 시공과정에 대한 평가	자재,장비,인력흐름 기록 문제점,기회요소 분석 작업마감 후 작업자 인터뷰

## 4. Case Study(폐기물 재활용 향상을 위한 리모델링 철거공사 시공성 평가체계 적용)

### 4.1 사례연구의 개요

친환경 리모델링 철거공사의 프로세스에 따른 시공성 평가를 위해 실제 사례연구를 수행하였으며, 본 사례연구의 대상현장의 개요는 다음의 표 5와 같다.

표 5. 대상단지의 개요

위 치	광주광역시 동구 학동 898번지 시영아파트
구조형식	라멘구조
규 모	3개층 24세대 2개동
세대면적	약 30㎡
사례연구 대상	동측 1개동 양 단부 12세대(기존방식 6세대, 친환경방식 6세대)
사례연구 기간	2009년 3월 14일~ 2009년 3월 20일(7일간)

### 4.2 사례연구의 방법론

광주 학동 시영아파트는 총 2개의 동으로 이루어져 있으며, 본 연구를 통해 개발된 폐기물 재활용의 향상을 위한 신규방식을 적용하기 위하여 1개동 양 단부를 그 대상으로 선정하였다. 계단실을 기준으로 양 측에 있는 2개 부위는 평형과 평면형태, 구조형식 등 동일한 구조로 되어있어 한쪽을 기존철거방식을 적용하였고, 다른 한쪽에는 신규철거방식을 적용하여 성능을 비교 평가하는 방식으로 실험을 진행하였다.

신규 리모델링 철거방식에 있어 철거도면이 가지는 의미는 철거작업의 범위를 명확히 하며 발생하는 폐기물의 성상별, 종류별 분류를 가능하게 한다. 뿐만 아니라 신규철거방식의 작업 순

서, 폐기물의 적재 위치, 장비이동경로, 폐기물 투하위치 등의 정보를 담고 있다. 철거공사 사전준비 단계의 결과물을 포함하고 있으며, 철거도면을 참고자료로 하여 철거공사의 시공계획서 작성을 비롯한 구체적인 철거공사계획이 가능해진다.

신규 리모델링 철거방식은 철거도면에 의해 철거공사의 프로세스를 정립할 수 있다. 철거도면은 사전에 파악된 철거 폐기물의 종류를 기준으로 작성할 수 있으며, 각 단계별 철거 후 폐기물 반출을 실시하여 혼합 폐기물의 발생을 최소화한다. 철거도면의 예는 그림 4와 같다.

신규철거공사의 프로세스를 기존 기술의 단계별 단위작업을 정리하면 그림 5와 같다.

가구 및 보일러 철거, 창호철거, 잡철물 제거는 대상 현장이 소규모이므로 철거물량이 극히 미미하여 이 단계를 분리할 경우 철거공사의 효율이 저하될 수 있어, 이를 통합하여 하나의 단계로 실험하였다. 또한 조적벽 철거후 폐기물 투하 단계는 철거도면으로 표현될 수 없으므로 실제 철거공사 실행시 이를 별도단계로 추가하였다. 기존철거방식의 철거공사 프로세스는 철거업

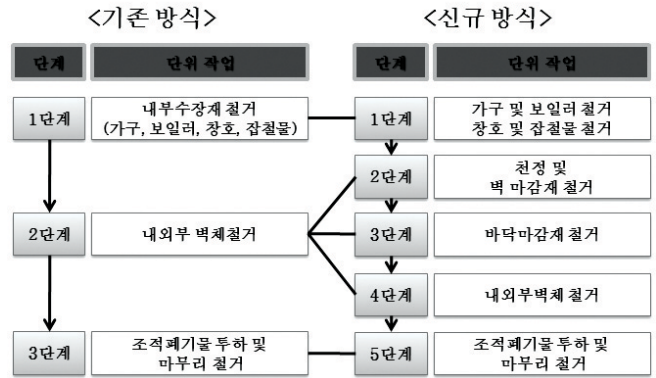


그림 5. 기존방식과 신규방식의 철거 단계별 구분

체의 면담을 통해 3단계로 작성되었고 각 단계별 철거공사의 전경은 그림 6과 같다.

철거시 발생하는 폐기물의 재활용성을 향상하기 위한 신규기술의 프로세스는 5단계로 구성하여 진행하였다. 가구, 보일러, 창호 및 잡철물을 제거하고 천정과 벽 마감재를 철거하였다. 그리고 인력철거작업 단계의 마지막으로 바닥 마감재를 철거하였

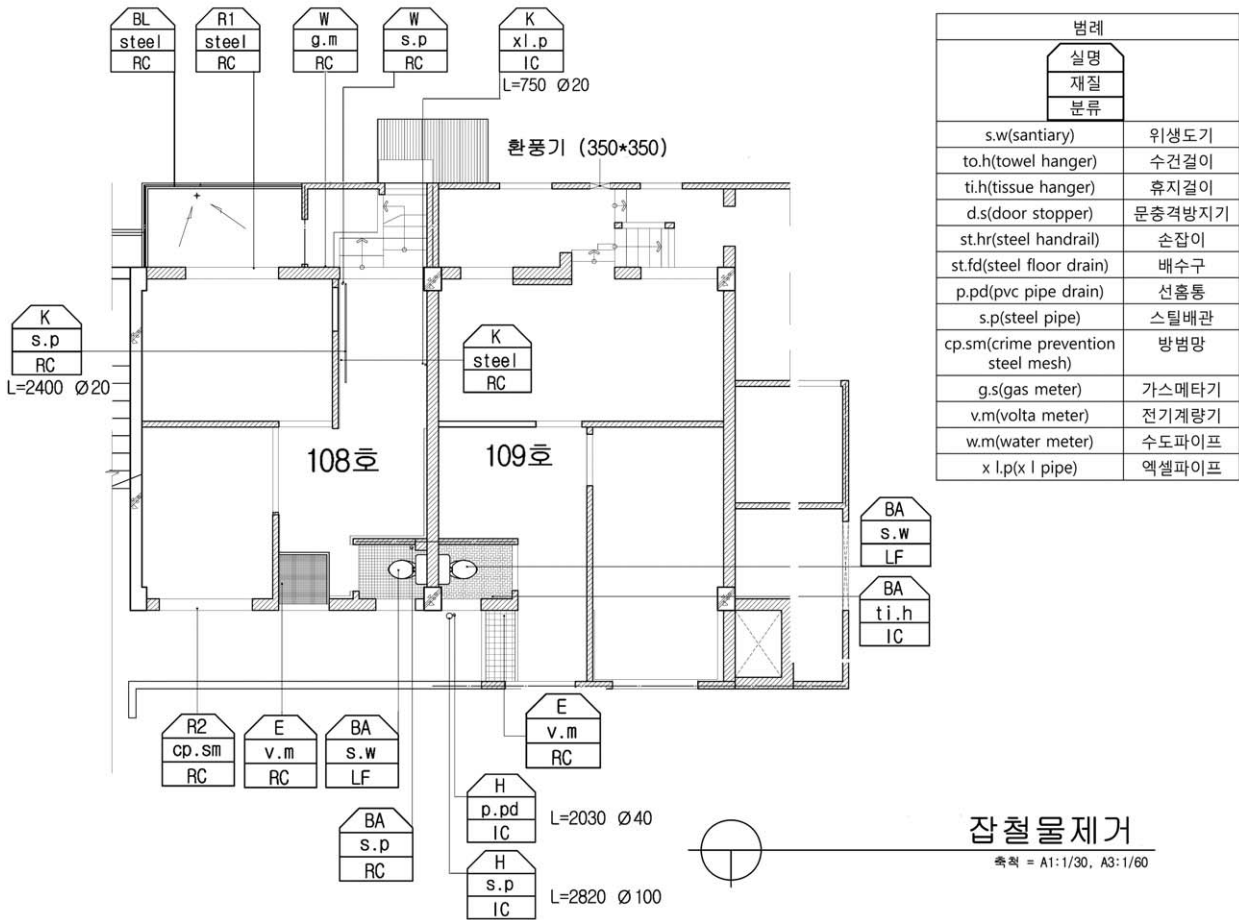


그림 4. 신규방식의 적용을 위한 철거도면(예시-잡철물 제거)

다. 장비를 이용한 철거의 단계로, 내부 및 외부의 벽체를 철거하였다. 마지막으로 발생한 조적 폐기물을 투하하는 작업 및 마무리작업을 수행하였다. 다음의 그림 7은 이러한 신규방식의 단계별 전경을 나타내고 있다.



1단계(내부수장재 철거)

2단계(내,외부 벽체 철거)

3단계(폐기물투하 및 마무리철거)

(철거완료)

그림 6. 기존방식의 철거 단계별 전경



1단계(가구, 보일러, 창호, 잡철물철거)

2단계(천정 및 벽마감재철거)

3단계(바닥 마감재 철거)



4단계(내,외부 벽체철거)

5단계(철거완료)

그림 7. 신규방식의 철거 단계별 전경

### 4.3 사례연구의 결과

시공성 평가를 위해 도출된 정성적, 정량적 요소들을 측정하기 위해 각 요소들마다 평가시트를 작성하여 결과를 정리하였다. 표 6은 실제 사례연구를 진행하면서 모니터링한 결과를 평가시트에 정리한 예이다.

표 6. 평가 시트작성의 예(3월 16일)

1. 가구류/잡철물 철거(신규방식)					
구분	작업시간 (날짜)	소요시간 (분)	투입인원 (명)	투입장비	작업구분*
3층	10:13~10:16 (3/16)	3	작업회의		S
	10:16~10:35 (3/16)	19	4	배척, 해머, 망치	D
	10:35~10:37 (3/16)	2	휴식		N
	10:37~11:03 (3/16)	26	1	배척, 드라이버	D
	11:03~11:04 (3/16)	1	이동		S
	11:04~11:13 (3/16)	9	2	배척	D
	11:13~11:14 (3/16)	1	이동		S
	11:14~11:19 (3/16)	5	2	배척, 뿔치	D
	11:19~11:23 (3/16)	4	이동		S
	11:23~11:50 (3/16)	27	4	배척	D
	11:50~13:00 (3/16)	70	점심식사		N
	13:03~13:26 (3/16)	23	4	배척	D
	소계		109		
2층	207호				
	13:25~13:42 (3/16)	17	2	배척, 해머, 뿔치	D
	소계		17		
	208호				
	13:25~13:42 (3/16)	17	2	배척, 해머	D
	13:42~13:57 (3/16)	15	4	배척, 뿔치	D
	소계		32		
중계		49			
1층	108호				
	13:58~14:17 (3/16)	19	4	배척, 해머	D
	14:17~14:24 (3/16)	7	휴식		N
	14:24~14:45 (3/16)	21	1	배척, 뿔치	D
	소계		40		
	107호				
	14:24~14:55 (3/16)	31	3	배척, 해머, 뿔치	D
소계		31	3		D
중계		71			
합계		229분 (109+49+71=229)			

\* D: DIRECT WORK → 실제작업시간  
 S: SUPORT WORK → 회의, 이동  
 N: NON- WORK → 휴식

#### 4.3.1 작업시간 분석

기존방식과 신규방식을 단위시간별, 층별, 그리고 사용장비에 따라 소요작업시간을 측정했다. 기존방식은 창호 및 잡철물 제거, 내외부 벽체 철거작업, 폐기물 투하작업의 3단계의 단위작업에 의해 진행되었다. 신규방식은 창호 및 잡철물제거, 천장 및 벽마감재 철거작업, 바닥마감재 철거작업, 내외부 벽체철거, 폐기물 투하작업의 5단계 단위작업으로 진행되었다. 각 공법별, 단위작업별, 소요 작업시간은 표 7과 같다.

내부수장재 철거 공정에서는 신규방식이 종류별, 마감재의 분리철거, 인력철거 실시로 기존방식에 비해 약 9.6%가 증가하여 생산성이 저하된 반면, 신규방식에서의 내외부벽체 철거 공정은 작업시간이 약 31.2%가 증가하였다. 이는 마감재가 선행작업에서 제거됨에 따라 조적벽체 철거만 진행되어 작업의 생산성

이 높아진 결과이다. 폐기물 투하작업 역시, 단일폐기물로 구성되어 폐기물 투하작업의 생산성이 높아져서 기존방식과 대비하여 약 3.2%가 감소되었다. 결국 전체적으로 기존방식에 비해 신규방식의 작업시간이 약 11.3% 증가하였다.(그림 8) 그림 9는 이러한 내용을 공정표로 나타내어, 기존방식에 비교한 신규방식의 작업시간을 단위작업별로 비교하였다. 기존방식의 2단계 작업인 내외부 벽체철거 작업은 신규방식에서 천정 및 벽 마감재철거, 바닥 마감재 철거, 내외부벽체 철거등의 3단계로 나누어서 진행되었다.

표 7. 기존방식과 신규방식의 소요작업시간 비교

기존방식		신규방식	
수장재철거	3층-57분	창호 및 잡철물제거	3층-109분
	2층-79분		2층-49분
	1층-73분		1층-71분
	소계-209		소계-229분
내/외부벽체철거	3층-231분	천장재/벽철거	3층-25분
	2층-157분		2층-33분
	1층-54분		1층-36분
			소계-442분
폐기물 투하작업	3층-343분(버킷-205분, 브레카-138분)	폐기물 투하작업	3층-226분(버킷-165분, 브레카-61분)
	2층-247분(버킷-191분, 브레카-56분)		2층-345분(버킷-190분, 브레카-155분)
	소계-590분		소계-571분
	TOTAL		TOTAL

기존방식에 비해 11.3% 증가

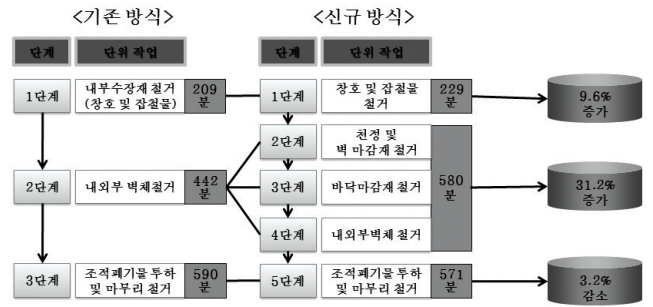


그림 8. 기존방식과 신규방식의 작업단계별 증감비교

### 4.3.2 유희시간 분석

작업자의 휴식, 장비정비 및 수리로 인한 유희시간은 기존방식과 신규방식이 비슷하게 나타났다. 작업자와 장비의 이동에 소요된 시간은 기존방식에 비해 신규방식이 60%가 증가되었다.

유희시간의 내용	기존방식(분)	신규방식(분)	증감(분)	증감율(%)
휴식*	90	91	1	1.11%
장비정비 및 수리	47	46	-1	-2.13%
이동	25	40	15	60.00%
작업회의	3	16	13	433.33%
합계	165	193	28	16.97%

\*휴식시간에는 휴식, 담배, 전화통화 포함, 점심시간 제외

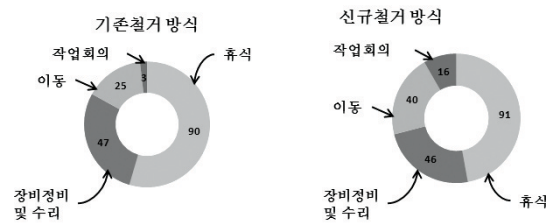


그림 10. 유희시간 분석

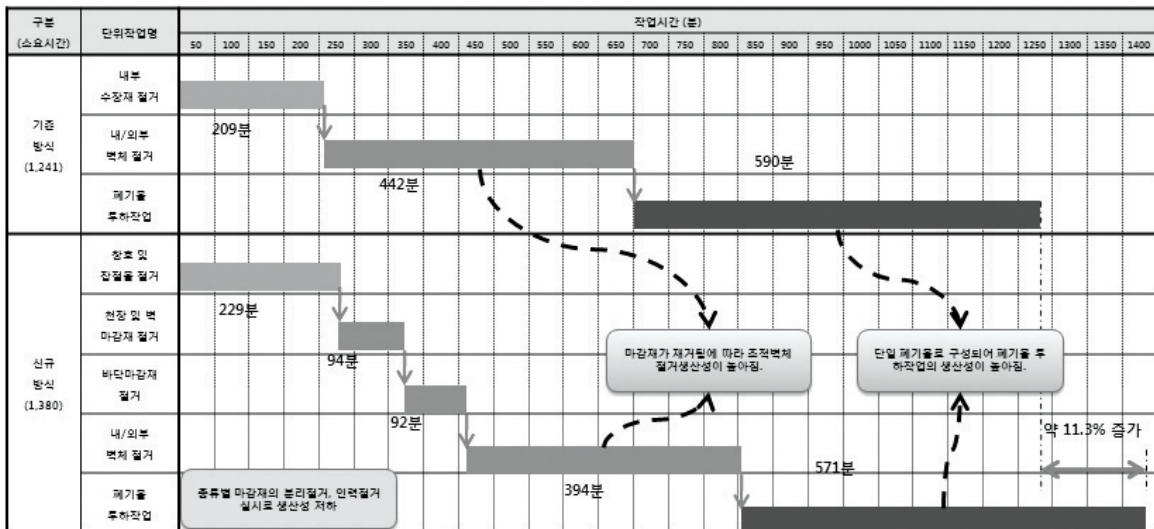


그림 9. 소요 작업시간 진행흐름도

신규방식이 기존방식에 비해 많은 단계를 거치므로 각 단계가 종료되고 작업자나 장비의 이동에 소요되는 시간이 증가되었다. 그리고 작업회의에 소요된 시간도 기존방식에 비해 430% 증가된 것으로 나타났는데, 이는 작업자가 처음 수행하는 방식이므로 작업 중 회의 시간이 증가된 것에 기인한다. 작업자 및 장비 이동에 대한 사전계획의 수립이 필요하다.(그림 10)

### 4.3.3 작업자 인터뷰

기존철거방식과 신규철거방식을 모니터링하면서 분석한 결과를 바탕으로 신규방식에 투입된 작업자와의 인터뷰를 시행하였다. 인력철거작업에 투입되었던 3명의 작업자와 장비철거에 투입되었던 2명의 작업자를 대상으로 실제 작업을 수행하면서 느꼈던 시공성에 대해 조사하였다. 표 2와 같은 시트양식으로 수행하였으며 결과를 정리하면 표 8과 같다. 인력철거의 경우는 작업과정의 번거로움으로 인해 생산성이 저하되었으나 장비철거의 경우에는 마감재의 선행철거로 인해 작업성이 좋아 생산성이 좋았다.

표 8. 신규기술 적용 작업가면담 개요

구분	성명	경력	내용
인력철거 작업자	김00	7년	- 시공난이도 측면에서 다양한 마감이 이루어져있어 철거 및 폐기물 분리에 어려움이 있음.
	이00	7년	- 처음 수행하는 작업으로인한 작업과정의 숙지부분으로 인한 시공속도의 차이가 발생했으나 큰 차이는 느끼지 못했다.
	박00	2년	- 생산성이 저하
장비철거 작업자	김00	15년	- 계단을 통해 장비가 이동할 때 어려움 - 작업초기에는 작업자가 처음 수행하는 방식이라 시공속도가 느렸으나 숙련된 후에는 시공속도가 향상됨. - 마감재가 선행작업에서 제거됨에 따라 조적벽체 철거만 진행되어 작업용이성이 좋아졌고 작업의 생산성이 높아졌다.
	이00	7년	- 시공난이도 측면에서 기존기술과 신규기술간의 큰 차이를 느끼지 못했다.

### 4.3.4 단위작업 분석

신규철거방식의 5단계 프로세스를 각각 분석해보았다. 창호 및 잡철물제거 작업단계에서는 폐기물 투하 경로를 확보하기 위하여 창호 철거를 먼저 진행하였다. 천정 및 벽마감재 철거 작업 단계에서 천장 마감의 경우 목재와 합판으로 이루어져 비교적 쉽게 철거할 수 있었고, 벽 마감재의 경우 일부 석고보드 위 벽지마감, 합판 위 벽지마감, 조적벽 미장면 위 벽지마감으로 다양한 마감이 이루어져 있어 철거 및 폐기물 분리에 어려움이 있다. 단, 조적벽 위 벽지의 철거는 생산성이 매우 떨어져 신규방식에도 이를 철거하지 않았다. 바닥마감재 철거작업은 목재 바닥마감은 인력철거로 진행하였다.

내외부벽체 철거작업은 천정 및 벽 마감재와 함께 조적벽을 철거하는 기존방식의 경우 마감재로 인한 벽체의 강성증가, 작

업시야의 방해, 장비이동의 방해 등으로 인하여 생산성이 저하된 것으로 나타났다. 장비의 이동시 계단실을 이용했으나 계단실의 좁은 반경, 난간으로 인해 장비이동 시간이 오래걸리고 비효율적이었다. 크레인과 같은 장비를 이용하여 수직이동을 적용할 필요가 있다. 조적폐기물 투하작업에는 혼합폐기물로 인한 장비이동 방해, 공극으로 인한 폐기물 부피의 증가로 인해 기존방식의 생산성이 저하된다. 반면, 신규방식을 적용할 경우는 선행작업으로 인해 분리제거된 내부수장재 및 각종 마감재가 없는 상태의 순수한 조적폐기물을 발생시킬 수 있다. 이와같은 신규방식의 단위작업별 분석내용을 정리하면 표 9와 같다.

표 9. 단위작업 분석정리

단위작업	작업분석 내용
가구 및 보일러 철거 창호 및 잡철물 철거	· 당초 계획은 가구 및 보일러 철거와 창호 및 잡 철물 철거의 단계를 분리하였으나 가구 및 보일러 리의 물량의 작업량이 거의 없어 2개의 단계를 동시에 진행함. · 폐기물 투하 경로를 확보하기 위하여 창호 철거 를 먼저 시행함. 철거작업의 원활한 진행을 위 해서는 폐기물 투하구 확보가 반드시 선행되어야 함.
천정 및 벽 마감재 철거	· 천장 마감의 경우 목재와 합판으로 이루어져 비 교적 쉽게 철거함. · 벽 마감재의 경우 일부 석고보드 위 벽지마감, 합판 위 벽지마감, 조적벽 미장면 위 벽지마감으 로 다양한 마감이 이루어져있어 철거 및 폐기물 분리에 어려움이 있음. · 조적벽 위 벽지의 철거는 생산성이 매우 떨어져 친환경 방식에도 이를 철거하지 않음.
바닥 마감재 철거	· 목재 바닥마감은 인력 철거로 실시하고, 방통은 조적벽과 함께 장비로 철거함
내외부 벽체 철거	· 천정 및 벽 마감재와 함께 조적벽을 철거하는 기존 방식의 경우 마감재로 인한 벽체의 강성증 가, 작업시야의 방해, 장비이동의 방해 등으로 인하여 생산성이 저하됨. · 계단실이 장비의 수직통성이 됨. 계단실의 좁은 반경, 난간으로 인해 장비 이동시간이 오래걸리고 비효율적임. 크레인을 이용한 수직이동을 적용할 필요가 있음.
조적 폐기물 투하 및 마무리 철거	· 혼합폐기물로 인한 장비이동 방해, 공극으로 인 한 부피의 증가로 인해 기존기술의 생산성이 저 하됨. · 기존 거주자가 부분적으로 마감을 변경하는 과 정에서 기존 마감을 완전히 철거하지 않고 그 위에 새로이 시공하여 재작업이 일어남.

### 4.3.5 사례연구 결과정리

신규 리모델링 철거공사의 시공성 평가를 위해 작업시간분석, 유희시간분석, 단위작업 분석의 결론을 다음과 같다. 신규철거방식이 내부 마감재의 분리철거로 인해 단계가 늘어나 신규철거방식의 시간은 기존 방식에 비해 11.3%(약 139분) 증가되었으나, 조적벽 철거의 경우 신규철거방식이 내부 마감재가 분리되어 있어 기존방식에 비해 작업시간이 단축되었다(기존 442분, 친환경 394분). 뿐만 아니라 폐기물 배출에 소요되는 시간 또한 혼합폐기물을 배출하는 기존방식보다 조적 폐기물 만을 배출하는 신규방식의 시공성이 좋았다. 유희시간의 경우 신규방식이 이동에 소요되는 시간이 많고, 생소한 작업 프로세스이므로 작업회의 시간이 증가한 결과가 나왔다. 이를 종합하면 신규철거



방식의 경우 여러 단계를 거치는 내부 수장재의 분리철거로 인해 시공성이 저하되나 조적벽 철거(장비 철거)의 시공성은 우수한 것으로 분석되었다.

## 5. 결론 및 향후 연구과제

현재 우리나라는 리모델링 사업이 본격적으로 시행되고 있는 않다. 그러나 향후 급격히 증가할 노후공동주택의 개선방안으로 리모델링은 장기적인 관점이나 산업적, 정책적인 측면에서 대안으로 부각되고 있다. 본 연구에서는 리모델링 공사에서 체계적인 철거공사계획, 철거안정성 확보, 철거폐기물의 감소, 폐기물 재활용 등의 문제를 해결할 수 있는 신규철거공사 프로세스의 평가체계를 제시하고 시공성을 평가하였다.

기존방식과 신규방식의 사례연구(Case Study)를 통한 비교결과 신규철거방식이 내부 마감재의 분리철거로 인해 단계가 늘어나 신규 리모델링 철거공사의 시간은 기존철거방식에 비해 11.3% 증가되었으나, 조적벽 철거의 경우 신규철거방식이 내부 마감재가 분리되어 있어 기존방식에 비해 10.9%정도 작업시간이 단축되었다. 또한 혼합폐기물을 배출하는 기존방식보다 조적 폐기물만을 배출하는 신규방식이 폐기물 배출에 소요되는 시간이 적어 시공성이 좋았다. 유희시간의 경우 신규방식이 이동에 소요되는 시간이 많고, 생소한 작업 프로세스이므로 작업회의 시간이 증가한 결과가 나왔다. 이를 종합하면 신규철거방식의 경우 여러 단계를 거치는 내부 수장재의 분리철거로 인해 시공성이 저하되나 장비철거의 시공성은 우수한 것으로 분석되었다.

체계적인 철거공사계획, 철거안정성 확보, 철거폐기물의 감소, 폐기물 재활용 등의 문제를 해결할 수 있는 장점을 가진 신규철거방식은 유희시간에서의 시간단축을 해야할 것이다. 신규 리모델링 철거공사가 체계화되고 정착화가 된다면 유희시간에서의 시간을 단축시킬 수 있을 것으로 판단된다. 향후 체계적인 철거계획을 확립하고 실용화를 위해서는, 신규 리모델링 철거공사의 최적공정을 개발하고 실무자가 직접 사용할 수 있는 매뉴얼이나 사용지침이 개발되어야 할 것으로 사료된다.

## 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

- 강사일, 황영규, 김경래(2008), “리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획 수립방안”, 한국건설관리학회 논문집, v.9 n.5
- 김재문, 김지혜, 차희성, 신동우(2008), “주요건설폐기물의 재활용 저해요인 도출을 통한 현장 건설폐기물처리프로세스 개선방안”, 한국건설관리학회 논문집, v.9 n.1
- 김춘우, 김태삼, 정동욱, 김대석, 현창택(2000), “공용주차장 시공성평가 프로세스에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, v.20 n.2
- 서재용, 김형진, 현창택(2001), 리모델링 프로젝트의 공정계획에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.21 n.1
- 이승연, 강미선(2003), “환경친화적 건축물 성능의 구조화 및 평가방법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, v19 n3
- 차우철, 임병욱, 신창현, 신병현, 이재석, 전재열(2008), “기존 공동주택의 리모델링 용이성 평가 체계”, 한국건설관리학회 논문집, v.9 n.5
- 황영규, 김기현, 김경래, 한주연(2008), “친환경 리모델링철거공사 프로세스 모델”, 한국건설관리학회 논문집, v.9 n.6
- United States Environmental Protection Agency(USEPA)(1998), “Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States”, USEPA

논문제출일: 2009.07.02  
 논문심사일: 2009.07.03  
 심사완료일: 2010.02.04

---

## Abstract

From now on, the aged apartment or house is expected to increase rapidly. So, we have to build a process of remodeling and develop the new technique. Demolition work is needed for systematic plan and management. However, contractors of the remodeling project established a rough plan and did not consider recycling wastes, safety of workers and structural stability of building. Therefore, we need a step to develop a assessment system, verify and make specified. This paper evaluated how much improve on construction speed, work efficiency, intensity of work and influence with another process comparing the existing method with the new demolition method. The qualitative and quantitative assessment system are developed with these output. The case study was carried out experimental group and control group, based on developed assessment system, which have the same condition. The existing method was made up of 3 steps- 1)Demolish windows, doors and iron goods, 2)Demolish indoor and outdoor walls, 3)Drop the waste. The new demolition method was made up of 5 steps- 1)Demolish windows, doors and iron goods, 2)Demolish the ceiling and wall's finishing materials, 3)Demolish the floor's finishing materials, 4)Demolish indoor and outdoor walls, 5)Drop the waste. Work time, idle time, the character of a work unit are analyzed by mock-up test. This study's output is expected to establish a systematic process of new demolition method and based on the maximizing waste recycling work in our construction industry.

**Keywords** : *Remodeling, Demolition work, Waste Recycling, Construction Assessment, Case Study*

---