

해체공사의 수행실태 및 공동주택 분별해체 시험시공

The Actual State of Demolition and Pilot Dismantling in Apartment Building

김 효 진*

Kim, Hyo-jin

손 정 략*

Sohn, Jeong-Rak

박 성 식**

Park, Seong-Sik

윤 영 상***

Yoon, Yung-Sang

Abstract

Now a performance process of Demolition works is 'Before-Removal & After-Classification' method in Korea. This method is short of demolition time, but construction wastes contained substances lower recycling rate of construction, raise expenses of reclamation & treatment. Then the government has decided upon a positive 'Before-Classification & After-Removal' method, and substantially raise a recycling rate of construction wastes. Therefore, this study makes an investigation into state of internal and external demolition field through evaluating technological level, we make a proposal of dismantling method from there. Also, we put dismantling to the test in an apartment by proposed work process.

As the result, it made a term of works increased for removing interior material. To solve this problem, we need to develop tools and methods of construction that can remove efficiently. From now on, we continuously need to study a breakdown system of dismantling, analysis of dismantling process and general system by inspecting entire demolition process. And we have to study details for making a specific thesis of method of removing interior material which was based on developing a suitable partial demolition machine and dismantling works.

키 워 드 : 해체, 철거, 건설폐기물, 분별해체

Keywords : Deconstruction, Demolition, Construction Wastes, Dismantling

1. 서 론

현재 우리나라의 해체공사는 대형 중장비로 구조물을 파쇄한 다음 발생된 잔재를 분리, 선별하는 '선철거 후분별 방식'으로 수행된다. 이 방식은 짧은 기간 내에 높은 파쇄효율을 얻을 수 있기 때문에 지금까지 대부분의 해체공사에 적용되어 왔다. 그러나 '인력에 의한 내장재의 일부 철거작업', 압쇄기와 브레이커를 이용한 '본 구조체 해체와 콘크리트 덩어리의 파쇄/소할작업' 등 단순한 공정으로 수행되므로 발생 폐기물이 완전하게 분리, 선별되기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 현장에서 최종 반출되는 폐기물은 다양한 이물질이 포함된 혼합폐기물의 형태이며, 이는 폐기물의 재활용률 저하와 막대한 처리 및 매립비용 발생을 초래한다.

이의 대안으로 정부에서 적극 추진하고 있는 것이 '선분별 후철거 방식' (이하 '분별해체')이다. 이 방식은 초기단계에서부터 폐기물을 성상별, 종류별로 분리, 선별하여 배출하는 것이다. 혼합폐기물의 발생량을 감소시켜 보다 우수한 품질의 재생 원자재를 확보할 수 있어 폐기물의 실질적인 재활용률을 향상시킬 수 있다는 장점이 있다.

건설교통부는 2005년 1월 '시설물 분별해체 요령'을 공포하였다. 철근콘크리트조, 목구조 등 구조물 종류별로 분별해체의 기본 수행방안을 제시한 것이다. 강제성이 비교적 낮은 '요령'의 수준으로 제안한 것은 급작스러운 법 시행에 따른 부작용을 예방하기 위한 것으로 해석된다. 향후 요령 → 지침 → 법제화 등으로 단계적인 의무화가 예상된다.

이에 본 연구에서는 국내·외 해체현장에 대한 실태조사를 통해 우리나라의 해체 기술수준을 평가하고 기존의 선철거 후분별 방식을 분별해체로 전환할 수 있는 방안을 제안하였다. 또한 제안된 공정에 따라 실제 공동주택을 대상으로 시험시공을 실시하였다.

2. 해체공사 수행실태 조사

2.1 조사대상 개요

국내 해체공사 수행실태를 조사하기 위해 기 발표된 연구논문과 보고서를 비롯하여 ○○건설 등 6개 전문 철거업체의 실무자료를 수집·분석하였다. 또한 6개 해체현장에 대하여 방문조사를 실시하였다.

일본, 미국 등의 관련 자료를 분석하여 선진국과의 기술수준을 비교하였다. 이를 위해 일본의 (社)全解體工事業團體聯合會, 都市公団과 같은 기관을 방문하였고, 특히 일본과 미국의 2개 해체현장에 대해 방문조사를 실시하였다(표1 참조).

* 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원, 정회원

** 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원, 정회원

*** 대한주택공사 주택도시연구원 연구원, 정회원

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(과제번호: 05건설핵심D02)에 의해 수행되었습니다.

표 1. 국내·외 현장조사의 개요

지구명	조사대상	적용공법	기간	조사방법
부산정관 택지개발지구내	4층 공장 1개동	기계식 압쇄공법	'03.3~5	조사, 현장자료수집, 조직조분리 시험적용
부산김해공항 (구)국제선청사	지하1, 지상2층 1개동	발파해체 공법	'03.2~4	조사, 현장자료수집, 폐기물발생유형 조사
日本東京電氣工業會館 分別解體現場	RC라멘조 지상2층 1개동	선분별후 압쇄공법	'03.8.7	자료수집, 분별해체후 페콘크리트 발생 상태 조사
삼성동○○아파트 재건축현장	5층 아파트 4개동	기계식 압쇄공법	'03.7~9	착공~완공까지 조사, 조직조분리 시험시공
창원반송2단지 재건축 현장	5층 아파트 1개동	기계식 압쇄공법	'03.9~11	착공~완공까지 실사
창원반송 1단지 재건축현장	5층 아파트 1개동	기계식 압쇄공법	'03.8~04.2	착공~완공까지 실사
진주가좌 2지구 택지개발지구내	5층 상가건물 1개동	발파해체 공법	'03.10	조사, 현장자료수집
미국 Atlanta 리모델링현장	5층 구치소 1개동	인력 분별해체	'04.10.21	현장방문, 시공 및 공법적용 현황조사

2.2 국내 해체공사 수행실태

우리나라에서는 대부분의 해체공사가 건물내부의 생활계 폐기물, 수지류, 내장재 등을 인력에 의해 제거한 다음 0.8~1.2M3 급의 백호우를 사용하여 구조체를 해체하는 방식으로 수행된다. 구조체의 해체는 대상 건축물의 규모나 주변의 상황에 따라 백호우를 건축물의 옥상에 양중하여 상부에서부터 해체해 내려오는 방법과 대상물 주변에 백호우를 설치하고 지상에서 해체를 행하는 경우로 구분할 수 있다.

2.2.1 내장재의 철거

내장재 철거작업은 인력에 의해 목재나 고재 및 비철 금속류 등을 제거하는 작업이 주요 대상이며, 그 방법과 수준은 내장재의 상황에 따라 다소 달라진다. 주방이나 화장실 그리고 붙박이 장, 각종 창호 및 출입문 등 목재가 많은 경우에는 주로 전문숙련공이 배치되어 작업을 수행하게 되므로 비교적 분리, 선별을 잘 이루어지고 있다. 또한 철거대상 목재가 많지 않은 경우에는 다른 구성재와 동시에 해체하고 파쇄된 잔재들과 같이 반출한 후 파쇄작업 과정에서 별도로 선별하는 경우도 많다. 대체적으로 폐목재, 폐금속류는 비교적 분별이 용이하여 회수율이 높은 편이지만 그 외의 폐기물은 혼합된 상태에서 중간처리시설로 반입되고 있다.

2.2.2 구조체 해체, 콘크리트 덩어리의 파쇄 및 소할

구조체 해체작업은 특수한 경우를 제외하고는 대부분이 파쇄효율이 좋고 저소음·저진동의 해체방법인 유압식 압쇄공법에 의한 해체방법이 주류를 이루고 있다. 압쇄 날의 압력으로 구조체를 파쇄한 후에는 지상에서 다시 20~50cm 크기로 소할 파쇄하며, 이 과정에서 유가물인 철근은 최대한 분리한 후에 콘크리트 파쇄시설 즉 중간처리시설로 반출된다. 분리된 철근은 반출이 쉽도록 현장에서 압축한 후 다른 내장금속 또는 비

철 금속류와 함께 고철업자에게 매각된다.

대부분의 구조물에는 지하층에도 바닥용이나 기초용으로 대량의 콘크리트가 사용되고 있다. 지하층의 기초 해체는 진동발생으로 주변에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 지상부의 해체방법과는 달리 백호우로 주변 지반을 굴착하여 지하층 벽체나 기초를 노출시킨 후에 압쇄하거나 또는 유압브레이커에 의하여 타격파쇄하는 방법이 사용되고 있다.

이동식 콘크리트 파쇄기를 현장에 설치하여 콘크리트를 사용용도에 맞도록 파쇄하고 이를 매립재나 가설도로의 노반재로 현장재활용을 하는 경우도 있다. 그러나 현재 폐기물관리법상 이물질 함량 1% 및 파쇄골재 입경 100mm이하의 규정, 주거지역내에서의 사용제한, 그리고 현장에서의 공기 및 공간의 부족 등 여러 제약조건 때문에 현장재활용되는 예는 아직까지 많지 않다.



그림 1. 해체공사의 수행 예

2.3 선진기술과의 수준 분석

국내 해체공사 수행실태를 고려한 기술수준과 선진기술과의 격차를 차이하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라는 해체효율만을 중시하는 '철거(demolition)단계'에 머물러 있는데 비하여 일본, 유럽, 미국 등 선진국은 이미 철거잔재의 활용성을 중시하는 '분별해체(Dismantling)' 단계로 진입해 있다.
- 2) 국내 해체공사 실행수준은 발생되는 건설폐기물의 배출상태를 열악하게 하여 그 활용성이 떨어지고, 재생자재의 품질을 저해하는 주요인으로 작용하고 있다. 이러한 이유로 일부 중간처리 업체의 순환골재 생산시설이 세계적임에도 불구하고 철거잔재의 재활용률은 향상되지 못하고 있다.
- 3) 일본이나 유럽의 예처럼 분별해체의 정착은 커다란 경제적 손실이 없이도 실행이 가능하다. 따라서 해체와 폐기물을 연계한 종합적인 실행전략과 시스템을 구축하여 시행할 필요가 있다. 분별해체의 시행방법은 주거특성 및 정책추진 방법, 의식구조가 상이한 유럽 등 구미보다는 일본의 모델을 벤치마킹할 필요가 있다.
- 4) 선진국의 사례와 비교하여 우리나라의 폐기물처리 관행은 혼합발생 잔재를 혼합폐기물 처리비의 1/3정도인 건축폐기물 형태로 배출, 처리하기 때문에 우리나라는 분별해체가 시행되더라도 선진국과는 달리 총 해체 및 폐기처분비용은 전반적으로 상승할 것으로 예상된다. 이것은 분별해체 시험시공과 그 결과 분석을 통하여 검증할 필요가 있지만 현격한 상승이 아니라면 어느 정도 경제성에 손실이 있더라도 실행해야 할 것으로 판단된다.

3. 현행 해체기술의 개선방안 도출

3.1 재생처리 과정의 이물질량 감소를 위한 개선방안

분별해체는 순환골재의 활용성을 고려할 때 필요한 명제이다. 즉 순환골재를 전제로 할 경우에 콘크리트 잔재 내에 이물질이 혼입되는 것을 최소화 하기 위해서는 해체 시 내장재 등의 사전제거를 시행하는 분별해체를 실시하는 것이 바람직하다. 그러나 사전분리가 어려운 내장재, 구조체 내부에 매립되어 수작업으로는 제거가 어려운 자재, 접착제나 도료와 같이 분리가 거의 불가능한 재료, 그리고 굳이 제거하자면 가능한 하지만 작업의 효율성에 비하여 그 효과가 떨어지는 도배지와 같은 종이류 등은 사전제거가 곤란한 경우도 많다. 또한 분별해체 작업은 작업자가 그에 대한 이해와 숙련도가 필요하고 대부분의 해체공사는 공기나 공사비가 대부분 한정되어 있어서 해체단계에서 이물질의 완전한 제거는 실질적으로 불가능하다.

사전에 분별되지 않더라도 순환골재의 품질에 악영향을 미친다고 할 수 없는 재료(소량의 금속이나, 유리 등)도 있으며, 이물질을 제거할 수 있는 기회는 해체작업뿐만 아니라 해체 후 현장에서의 분별이나 순환골재 생산과정에서도 가능하다. 이러한 측면을 고려한다면 건축물을 구성하는 이물질의 제거유무는 그러한 과정에서의 분별가능성을 종합적으로 판단하여 최상의 방안을 설정을 하는 것이 바람직하다.

앞에서 수행한 각종 해체현장의 실태조사 결과를 바탕으로 이물질과 각 건축구성 재료의 선별 상황, 그리고 현장에서의 제거 가능성에 관해서 조사하였고, 그 결과는 표2와 같다. 이를 정리하면 먼저 구조체 외부에 노출된 나무, 플라스틱류, 단열재, 플라스틱타일, 석고보드, 아스팔트 등의 재료는 본 구조물 해체 전에 최대한 철거해야 한다. 또한 철근, 나무, 플라스틱류 등은 해체 후 현장파쇄나 현장적재 시에 가능한 한 분별해야 한다. 또한 해체과정이나 해체 후 선별과정에서 분별된 잔재가 다시 콘크리트 잔재에 혼입되는 것을 방지해야 하며, 모래나 토사도 혼입되지 않도록 해야 한다.

표 2. 현행 해체방법에 의한 잔재의 종류별 분별현황과 분별해체의 가능성 검토

구분	이물질의 종류	현행 해체방법에 의한 분별현황		분별해체의 가능성 및 방법	
		○ △ ×	: 대부분 사전철거 : 일부 사전철거 : 대부분 구체와 동시해체	○ △ ×	: 현재 기술로도 가능 : 수작업에 의해서만 가능 : 대부분 불가능
순환골재 품질에 영향이 큰 잔재	목재류	△	보통 인부에 의해 제거가 쉬운 부위의 목재만 일부 사전제거	○	제거비용을 높이기 위해서 해체 후 지상에서 수작업으로 선별작업을 병행
	종이류	×	사전제거하지 않음	△	가능한 하지만 효율 상 실제 제거작업은 곤란
	PVC 파이프류	△~×	구체 내부에 설치되어있는 것은 사전철거 하지 않음 지상에서 보이는 것만 철거 하는 정도	△	매입된 것은 해체 시의 사전 철거는 곤란, 해체 후에 지상에서 수작업으로 선별
	그 외 플라스틱류	○~△	내장재는 대체적으로 사전 철거, 구체 내부에 설치된 것은 구체와 같이 해체	△	제거 비용을 높이기 위해서는 해체 후, 지상에서 수작업 선별을 병용
	도료·접착제	×	도료·접착제 대상물과 같이 해체	×	물리적으로 거의 제거 불가능
	석고보드	×	사전철거는 하지 않고 구체와 같이 해체	△	수작업은 많지만 보드를 사전 철거한 후 분별하여 배출
	아스팔트 방수제	×	사전철거는 하지 않고 구체와 같이 해체 콘크리트류와 혼재 되어 반출	△	소형장비로 방수층 보호모터 파쇄 후 분리가 가능하지만, 완전 수거는 곤란
경량콘크리트·ALC 등	×	사전철거는 하지 않고 구체와 같이 해체	△~×	식별에 전문 지식이 필요	
순환골재 품질에 영향이 비교적 작은 잔재	유리	△	창문 유리는 분리수거를 하지 않고, 인력 또는 장비작업 중 현장파쇄	○	비용과 공기를 증가시키지만 인력에 의한 수거 가능
	전동류	△	본 구조체 철거시까지 대부분 방치, 본구조물 철거시 혼입	○	상 동
	전선류	×	구조체와 동시에 해체된 후 파쇄작업 중 일부 수거	△~×	노출부분은 가능하지만 대부분 매입되어 사전 철거는 곤란
	도기류	△	구조체 해체시까지 대부분 방치	○	인력에 의한 사전수거 가능
	소량의 타일·벽돌	×	장소에 따라 다르지만, 통상 구조체와 함께 철거, 혼재	△	인력파쇄나 소형장비에 의한 분리작업은 가능하지만 소음 공해유발
	기초부위 토사	△	대부분 페콘크리트 상차시 같이 섞여서 처리장으로 반출	△	크린 버킷을 이용하여 현장 분별 및 상차시 분리가능
해체 후 처리과정에서 제거하는 잔재	철근	○	2차 소할파쇄작업에서 대부분선별	○	재생플랜트에서의 제거도 가능하지만, 현재의 방법도 별 문제가 안 됨
	내장 철재류	△	사전수거가 손쉬운 것은 사전 철거 나머지는 구조체와 동시에 해체	○	상 동
	배관 및 기타 비철 금속류	△~×	구조체 내부에 설치되어 인입된 것은 사전철거 하지 않고 지상에서 큰 것만 제거	○	상 동

3.2 국내실정에 적합한 분별해체 모델 및 공정 제안

국내·외 현장에 대한 실태조사 및 분석, 해체과정에서의 분별가능성 등을 종합적으로 검토하여 국내 공동주택에 적합한 분별해체 모델을 그림2와 같이 제안하였다. 또한 이에 적합한 것으로 예상되는 분별해체 세부공정을 그림3과 같이 제안하였다. 이와 같은 제안모델과 공정은 거제도 ○○아파트 분별해체에 시험적용하였다.

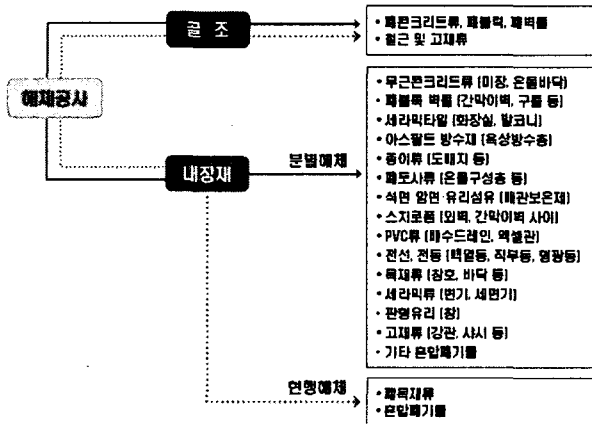


그림 2. 공동주택에 적합한 표준 분별해체 모델

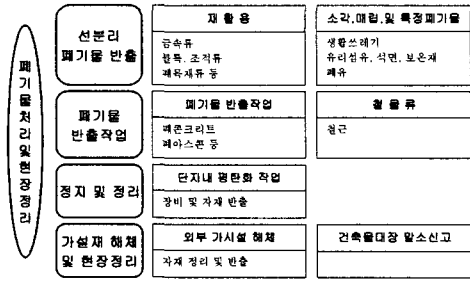


그림 3. 분별해체 예상공정 제안

4. 분별해체 시험시공

앞서 제안한 분별해체 예상공정으로 거제도 ○○아파트 재건축 현장에 대해 시험시공을 실시하였다. 세부적인 추진내용은 다음과 같다.

4.1 시험시공 일반현황

4.1.1 시험시공 대상

경남 ○○옥명아파트 재건축 현장내 3개동

※ RC 라멘조 (4층, 지하 피트층 有), 1978년 건립

- 8동 : 기계식 해체 (0.07m3 브레이커)+인력 분별해체
- 9동 : 완전 인력식 분별해체 방식 적용
- 10동 : 기존 해체방식

4.1.2 시험시공 기간

'04.8.16~10.16 (약 30일)

표 3. 분별해체 시험시공 방법

대상	분별해체 방법		기존 해체방법	
	8동	9동	10동	기타 (11개동)
내장재 철거	내외장재 인력철거		내외장재 미철거 (새시류 선철거)	
본 구조물 철거	0.07m ³ 급 브레이커의 옥상 양층 후 방수층 모르터 및 4층 조적벽 분리철거 (외벽은 미철거)	1.0m ³ 급 압쇄기를 이용한 기계식 해체공법 (측면압쇄)	1.0m ³ 급 압쇄기를 이용한 기계식 공법 (측면압쇄)	10동과 동일
폐기물 처리	150톤 이동식파쇄기를 이용한 현장재활용	중간처리 업체 위탁처리	중간처리 업체 위탁처리	현장재활용, 위탁처리 병행

4.2 분별해체 시험시공 대상현장 실측조사

분별해체 시험시공 대상 아파트에 대한 도면의 부재로 현장 실측을 실시하였다. 현장실측 결과로 판단할 수 없는 부위에 대해서는 해당 해체건물과 유사한 설계도면을 참고하여 그림4와 같이 도면을 작성하였다. 사전조사에 의해 구성재 종류별 조사부위는 표4와 같다.

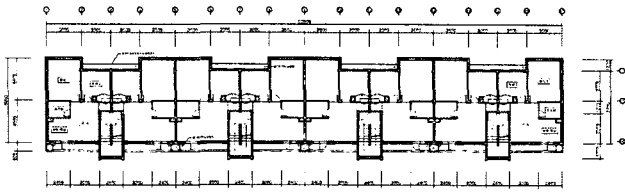


그림 4. 분별해체 시험시공 대상 아파트 기준층 평면도

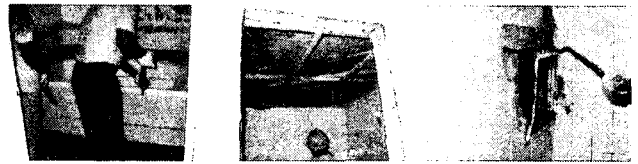
표 4. 철거잔재의 종류별 발생부위

잔재의 종류		발생부위
대분류	소분류	
철근 콘크리트	콘크리트	기둥, 보, 슬래브, 계단실, 기초, 옹벽, D.C/G.B, 파라펫, 지붕층 환기구, 피트층 바닥판
	철근	기둥, 보, 기초, 슬래브, 계단실, D.C/G.B, 측벽, 파라펫, 지붕층 환기구
조적류	시멘트 벽돌	외벽, 세대간벽, 세대내벽, 계단실벽, 파라펫
	시멘트 블록	PIT층 벽체
모르터	미장 모르터	세대내부, 계단실, 지붕 층, PIT층
	방수 모르터	지붕층 바닥, 계단실 지붕,
	바닥 인조석	계단실 바닥, 주 현관바닥
자갈류	온돌바닥 자갈	세대내 침실, 거실/부엌
금속류 (건축/전기)	철 재	발코니 난간, 계단 난간, 철제문, 주현관문, A.C 접점구, 환기창, D.C투입구, 변압기 받침대, 지붕층 와이어메쉬, 각종 설비배관
	알루미늄	세대내 창호, 계단실 창호, 발코니 창호 발코니 화분받침
	황동	SD경첩, 논스립, 황동줄눈
	스테인리스	주방 싱크대
목재류	나왕	목재창호, 불박이장, 신발장, 우편함, 걸레받이, 칸막이 틀
	육송	천장틀, 외벽 단열재 지지틀
	합판	목재창호, 불박이장
	파티클 보드	주방 싱크대
사기/유리류	유리/거울	세대내 창호, 발코니 문, 주현관 문 계단실 창, 발코니 창
	타일	화장실, 발코니, 현관
	위생도기	화장실내 세면기 및 양변기
합성수지류	스티로폼	외벽, 층 바닥, 지붕 층 바닥
	PE 필름	지붕 층 바닥
	연질 PVC	비닐장판
기타	경질 PVC	PVC 홈통, 화장실 욕조, PVC 설비배관
	기타 자재	전기계량기함 외 전기설비 박스, 스위치/콘센트 박스, WD/SD 도어록, 수도꼭지, 강압 석면평판, 난방 분배기, 배관 보온재, 형광등/등기구

그리고 그림3에서 제안한 분별해체의 예상 작업공정도에 따라 분별해체 시험시공을 실시하였다. 사전작업을 제외한 선분리, 구조물 해체작업, 폐기물처리 및 현장정리 등 각각의 공정별 작업현황을 사진으로 보면 그림5-8과 같다.



(a) 장판지 제거 (b) 설비류 제거 (c) 청문제거



(d) 화장실 내부 제거 (e) 화장실 천정 제거 (f) 부착 철물류 제거



(g) 새시류 제거 (h) 계량기류 제거 (i) 목재문/문틀제거



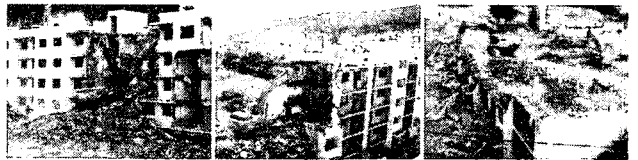
(j) 난간 제거 (k) 싱크대 제거 (l) 유리섬유 제거

그림 5. 선분리 : 인테리어

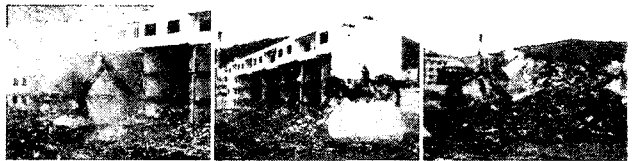


(a) 옥상 모르터 제거 (b) 조적류 제거 (c) 천정 제거

그림 6. 선분리 : 건설폐기물



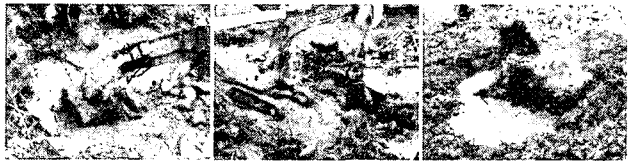
(a) 본 구조물 측면압쇄 철거(분별해체:8동)



(b) 본 구조물 전도 후 철거(분별해체:9동)



(c) 본 구조물 측면압쇄 철거(기존해체 방법:10동)



(g) 기초 및 정화조 파쇄

그림 7. 본구조물 해체작업

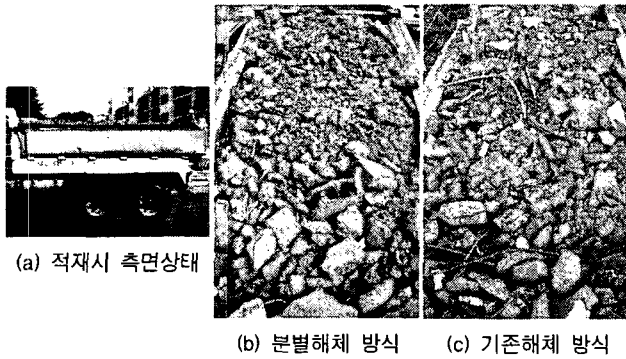


그림 8. 폐기물처리 및 현장정리 : 폐기물반출

참 고 문 헌

1. 대한주택공사, 도심지 건축물 해체기술 연구기획보고서, 2006.2
2. 대한주택공사, 주택도시연구원, 「공동주택 철거잔재의 활용성 향상을 위한 해체기술 및 시스템 개발」, 2004.
3. 대한주택공사, 주택도시연구원, 「건설폐기물의 처리 및 재활용방안 연구(1)」, 1997.
4. 環境調和型建築の設計と施工, 技術書院, 1997. 7
5. 建設副産物の發生抑制・再生利用技術の開發報告書, 建設省, 財團法人 國土開發技術研究センター, 平成 8年

5. 결 론

본 연구에서는 국내 해체기술의 수준을 평가하고 분별해체로 전환할 수 있는 기본 방안을 제안하였다. 제안된 모델을 기본으로 실제 공동주택을 대상으로 시험시공을 실시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라의 해체기술은 공사의 효율성만을 중시하는 '철거' 단계에 있으나 일본, 유럽, 미국 등 선진국은 철거잔재의 활용성을 중시하는 '분별해체'의 단계로 진입해 있다.
- 2) 분별해체 시에는 공종이 세분화되고 공사기간이 길어지기 때문에 순수 해체공사비는 상승할 것으로 예상된다. 그러나 국가차원의 환경보존 측면을 고려할 때 분별해체는 경제적 손실을 감수하더라도 실행해야할 목표이다. 따라서 해체비용 뿐만 아니라 건설폐기물의 처리 및 처분비 등을 포함한 전체 비용을 검토하여 최적의 실행전략과 시스템을 구축할 필요가 있다.
- 3) 내장재 및 조적조 철거 등 인력투입이 많은 세부공정에 대해서는 현장의 시공경험을 누적시켜 이를 바탕으로 구조체적인 철거방법을 정립할 필요가 있고 아울러 이에 적합한 장비의 개발도 추진해야 할 것이다.