

# 해체공사의 사례분석을 통한 폐기물 발생량 비교분석

## The Comparison and Analysis of Waste Quantity through a Case Study of Demolition Works

김창학\*                      이경희\*\*                      김호진\*\*\*  
Kim, Chang-Hak          Lee, Kyoung-Hee          Kim, Hyo-Jin

### 요 약

현재 국내·외 가장 큰 관심사 중의 하나는 친환경 건설이다. 그 중 건설폐기물의 저감과 재활용이 가장 중요한 요소 중 하나일 것이다. 건설폐기물은 해체단계에서 가장 많이 배출되고 있으나, 이에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다. 최근에, 정부에서는 이에 대한 중요성을 인지하고 해체방법을 개선하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 분리해체를 법제화하기 위한 준비를 하고 있다. 이에 본 연구에서는 현장에서 이루어지고 있는 해체 과정을 실시하여 폐기물의 발생형태와 그 문제점을 분석하였다. 또한 현재 국내에서는 폐기물의 발생량을 정확히 예측하기 위한 기준이 미비하여 정확한 산출근거를 제시하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 폐기물의 발주량, 도면분석 그리고 실제 현장에서 발생한 폐기물을 계측하여 비교·분석하였다. 본 연구결과는 향후 해체폐기물의 정책 및 향후 연구를 위한 중요한 자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 건설폐기물, 해체, 분리해체

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

점차 심화되는 택지난과 나대지 형태의 불량택지의 고갈, 2002년 통계상 주택보급률이 100%를 이미 초과한 현실, 그리고 1970~1980년대 건립된 노후화된 재고주택 물량이 급격히 증가되고 있다는 점 등을 고려할 때 향후 우리나라의 주택건설 산업은 신규 택지개발에 의한 주택공급 방식보다는 기존 주택의 개량이나 재건축을 통한 주거환경의 개선과 공급에 더 큰 비중을 둘 수밖에 없으며, 현재 그러한 추세가 급속하게 확산되고 있다. 또한 재고주택 중 공동주택은 이미 전체 가구수의 50%를 넘어 가장 보편적인 주거형태로 자리 잡고 있다. 따라서 이들 막대한 양의 공동주택의 유지, 보수, 리모델링 및 재건축은 주거지의

슬립화 방지, 건물성능 저하에 따른 재난방지 등을 위하여 반드시 필요한 분야가 되었다. 이러한 추세는 1980년대 중반이후 급격하게 증가하기 시작한 고층아파트들이 노후화 될수록 그 중요성은 더욱 심각하게 다가올 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 다음의 목적을 갖고 그 기본 자료를 제공하는데 있다.

(1) 기술적인 측면에서 고려하면, 먼저, 공동주택 철거행위로 발생하는 잔재의 재활용성 향상을 위한 해체기술을 개발하고 단계별 해체공사 수행방안의 정립이 필요하다는 것이다. 즉, 2층 이하의 저층 주택의 해체공사와는 달리, 3층 이상 건물의 해체공사는 주로 적정 대차등급의 백호우에 부착시킨 브레이커나 압쇄기를 이용하는 해체공법이 가장 보편적이다. 이러한 해체방법은 다른 해체공법에 비하여 높은 파쇄효율을 거둘 수 있는 반면에 해체공사의 수행단계는 '내장재 철거', '본구조물 철거', '콘크리트의 파쇄 및 소할'이라는 대형장비 해체공법 위주로 단순화시킴으로서 해체 후 잔재들의 분리를 어렵게 하는 단점이 있다. 이러한 대형장비 위주의 해체기술은 철거잔재의 합법적인 매립을 통하여 건설폐기물의 불법투기를 방지하기 위한 기존의 소극적 폐기물관리정책을 추구하던 시기에는 파쇄효율 측면에서는 상당한 장점을 가지고 있었다. 그러나 건설폐기물의 급속

\* 일반회원, 진주산업대학교 토목공학과 부교수, 공학박사(교신저자), ch-kim@jinju.ac.kr

\*\* 일반회원, 대한주택공사 주택도시연구원, 연구원 khlee75@jugong.co.kr

\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 주택도시연구원, 연구위원 hyojin@jugong.co.kr

이 논문은 건설교통부 (02 산학연 A04-01과 06건설핵심 B04) 결과의 일부임.

한 증가에 따른 매립장의 부족, 그로인하여 발생하는 막대한 양의 건설폐기물을 폐기물이 아닌 재활용이 가능한 건설부산물로 인식하게 되면서 그 이전의 소극적 폐기물관리 시책은 '발생단계부터의 관리강화를 통한 건설부산물의 재활용성 향상'이라는 적극적인 정책으로 전환되기 시작하였다. 따라서 각종 잔재들이 혼합 배출되어 재활용성을 저해하는 기존의 무작위적인 해체 방법은 개혁해야할 핵심요인으로 여겨지고 있다. 따라서 환경에 대한 관심 및 기준강화에 따라 해체공사로 인하여 발생하는 각종 잔재의 재활용률 향상을 위해서는 압쇄공법과 같이 파쇄효율이 높은 대형장비를 이용한 파쇄공법과 병용할 수 있는 해체 기술 및 공법의 개발이 필요하다.

(2) 공동주택의 해체작업에서 발생하는 잔재의 발생량을 정밀하게 예측함으로써 해체공사의 계획단계부터 건설폐기물의 처리방향을 명확하게 수립할 수 있는 '각종 발생가능 잔재의 종류별 수량산출기준'의 정립이 필요하다. 이러한 예측기준은 궁극적으로 국가 전체의 건설폐기물의 발생량을 정확하게 예측하고, 관리계획을 수립하는데 있어서 가장 기초적이고도 중요한 자료이다.

(3) 건설부산물의 활용성을 향상시켜 최종처분 폐기물을 저감할 수 있는 방향으로 해체산업을 합리화함으로써 해체공사의 계획단계부터 건설폐기물의 재활용 및 최종처분 단계까지 일관되게 추진할 수 있는 해체공사 계획시스템의 개발이 필요하다는 것이다. 해체공사는 주어진 제약조건(기술적, 환경적, 제도적)하에서 총 해체비용, 재이용이 가능한 재활용재의 선별 비용, 재활용가능 잔재의 재생처리 비용, 그리고 재활용 불가능 잔재의 최종처분 비용을 최저로 할 수 있는 최적화된 계획수립이 필요하다. 따라서 해체절차의 최적조합과 공사비 및 폐기물 발생량을 사전에 제시할 수 있는 기준이 필요하다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내에서 수행되는 해체현황 파악 및 폐기물 발생량의 정확한 산정을 위한 기초적 연구를 수행한다. 연구방법으로는 공동주택의 재건축 현장을 대상으로 하여, 현장의 해체현황을 파악하기 위해 전문 조사원이 상주하여 일일 장비가동률, 폐기물발생형태, 현장 발생재의 발생물량을 현장에서 실측하고, 단지별로 비교분석한다. 또한 폐기물의 발생량과 문제점의 파악을 위해 발주자의 폐기물산정량, 연구자의 도면분석량, 그리고 현장에서 발생된 실제 발생량과의 비교 분석을 실시한

다. 이러한 분석자료는 현행 국내에서 이루어지고 있는 해체현황의 현황을 파악하는 좋은 자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 국내 해체기술 현황

### 2.1 해체공법의 적용현황

구조물 전체를 해체하는 방법은 압쇄기와 같은 대형장비를 이용한 해체가 일반적이다. 그러나 구조물의 종류나 규모, 주변 환경여건의 고려, 사전절거나 분리해체 및 해체 후의 건설부산물의 재활용성을 염두에 두기보다는 파쇄효율을 최대한 높여서 가급적 빠른 공기와 저렴한 비용으로 해체하는 데만 치중하고 있는 것이 현실이다. 그러나 이러한 관행과 기술수준은 안전성, 환경친화성을 도외시하는 결과를 초래하여 환경민원에는 최소로 대응하고 있으며, 분별해체 기술과 제도 및 의식의 미비로 해체 잔재의 적정처리와 재활용을 가로막는 요인으로 작용하고 있다.

### 2.2 해체공정 적용현황

현행 해체방법과 같이 간단한 사전절거 후 구조물을 해체하는 방법을 적용하였을 때의 각종 자료조사 및 해체현장 실사자료를 분석하여 현장에서의 가장 보편적인 해체공정을 정리하면 그림 1과 같다.

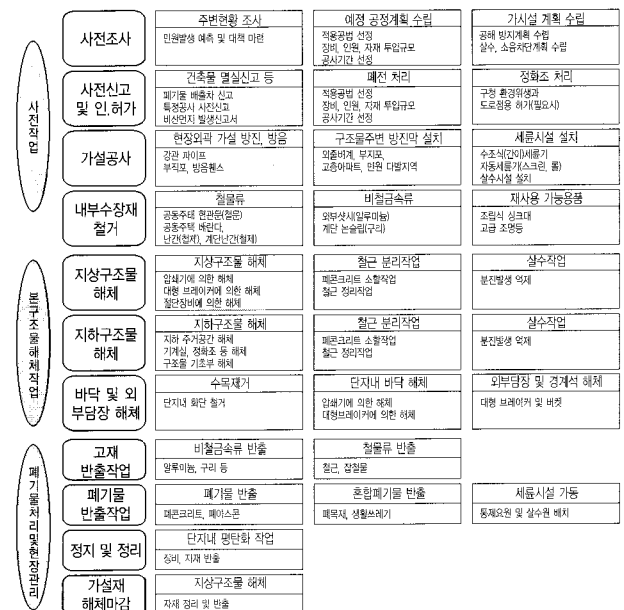


그림 1. 우리나라의 현행 해체공법 적용절차

그림 1에서 알 수 있듯이 현행 해체작업 공정은 크게 부분적인 사전절거, 대부분의 잔재가 그대로 혼입된 상태에서의 본구조물

철거, 그리고 각종 잔재가 혼합형태의 폐기물처리라는 3단계의 단순한 공정으로 이루어지고 있다.

### 2.3 현행 해체공정에 따른 건설폐기물의 발생유형

그림 1과 같은 현재 우리나라에서 적용하고 있는 해체작업으로 발생하는 건설폐기물의 발생유형을 분석하면 그림 2와 같다.

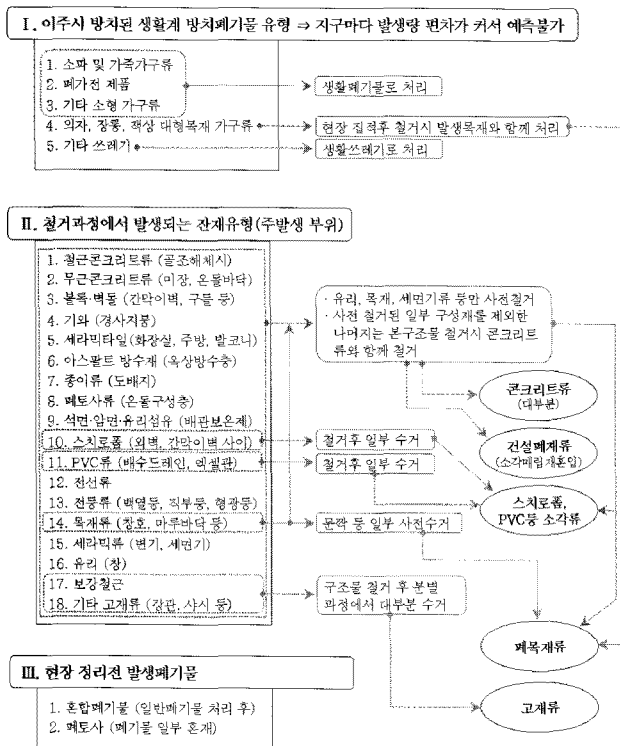


그림 2. 현행 해체방법에 의한 건설폐기물의 발생유형

즉, 폐기물은 콘크리트류, 건설폐기물(또는 혼합폐기물), 목재류, PVC류, 고재류의 5가지 유형으로 발생하며, 그 처리는 크게 중간처리, 소각, 매립이라는 3가지 방법으로 이루어지고 있다.

특히, 사전 분별이 이루어지지 않기 때문에 발생잔재의 90% 이상은 콘크리트류와 혼합 발생되어 중간처리업체로 위탁 처리된다. 따라서 중간처리라는 후분별 및 재생처리 과정을 거친다 하더라도 생산된 재생골재 내에 포함되는 이물질 등으로 재활용 잔재들의 품질이 저하되는 주요 요인으로 작용하고 있다.

이러한 특성을 해체작업이 시행되는 과정별로 분석을 실시하면 다음과 같다. 먼저, 각종 창호재, 주방 가구류, 천정등 및 합판, 이주시 방치가구류 중 사전에 제거가 쉬운 비품이나 구성재들은 일반적으로는 수거가 잘되고 있고, 문틀, PVC, 스티로폼 등 사전에 제거되지 않은 잔재들 중 배출형태가 큰 것들은 장비 철거 과정 중도는 철거 후에 인력에 의하여 부분적으로 선별하

고 있다.

그러나 사전 분별해체 되지 않은 각종 구성재들은 구조물의 철거과정에서 배관재, 보온재, 스티로폼, PVC 파이프류, 도기류(세라믹), 조적류 등이 각종 건물 내부에 매입된 상태로 혼합 철거된다. 따라서 발생수량이 가장 많은 콘크리트류 내에 각종 목편, 스티로폼 조각, 전선류, PVC조각, 종이류, 배관보온재 조각, 유리조각, 전등파편, 타일조각, 일부 고철류 등이 모두 혼재되어 중간처리장으로 처리할 수 있는 용도인지, 혼합폐기물로 처리할 것인지 하는 판단이 곤란한 폐기물의 형태로 배출되고 있다. 또한 유리 등 현장 내에서 파쇄되어 수거가 어려운 폐기물들은 현장내의 토사와 혼합되어 폐기물로 처리되지 않고 있어 또 다른 오염요인으로 작용하고 있다.

따라서 향후 철거잔재의 활용성과 폐기물의 적정처리를 유도하기 위해서는 혼합폐기물을 명확하게 정의할 필요가 있으며, 이러한 폐기물의 처리비용은 환경부담금 부과 등을 통하여 고가함으로서 철저한 분별해체를 유도할 필요가 있다.

### 2.4 분별해체 관련 주요 법 및 제도현황

분별해체는 근본적으로 해체작업으로 발생하는 각종 잔재들은 폐기물로서 버리지 않고 건설부산물 즉, 자원으로 재활용해야 한다는 문제로부터 출발한다. 즉, 매립장을 충분히 확보할 만큼 국토면적이 넓고, 폐자재들을 재활용하지 않아도 자원의 유효이용 측면에 지장이 없을 만큼의 유효자원이 풍부하며, 폐자원을 폐기 또는 매립해도 국토에 미치는 환경부하에 큰 영향을 미치지 않는 국가라면 굳이 분별해체를 통한 폐자원의 재활용을 추구할 필요가 없는 것이다. 그러나 지구상에는 그러한 조건을 가진 나라들이 그리 많지 않고 따라서 대부분의 국가, 특히 선진국에 가까운 국가일수록 분별해체를 통한 폐자원의 재활용에 앞장서고 있다. 일례로 호주의 경우에는 국토면적이 광활하고 인구밀도가 상당히 낮은 국가임에도 불구하고 다른 조건보다도 환경보전 측면을 고려하여 분별해체를 통한 폐자원의 재활용을 열성적으로 추구하고 있다. 이것은 선진국의 문턱에 들어서고 있는 우리나라에도 시사하는 바가 크다. 즉, 우리나라는 기존의 무분별한 해체방법 즉, '선해체 후분리' 방법이 건설부산물의 재활용을 가로막는 결정적인 요인이라는 것을 이제 막 깨닫기 시작했다. 따라서 본 연구의 착수직전 그리고 연구수행 중에 분별해체나 그에 연관성이 있는 많은 정책들이 만들어지고 있다.

### 3. 사례분석

#### 3.1 사례분석 개요

1979년부터 1981년까지 건립된 1단지 총 53개동, 2단지 총 52개동의 노후아파트단지의 재건축현장이다. 재건축공사는 2단지부터 먼저 착수하였으며, 2개단지에 대해 재건축 철거공사의 착공부터 해체시공 및 폐기물 반출처리까지 해체공사 전체 기간 동안 현장에 상주하며 해체 전 과정과 폐기물반출에 대해 정밀 실사를 실시하였다. 사례분석 대상 현장은 경남 창원시에 위치해 있으며, 실사결과 및 분석내용은 다음과 같다.

##### (1) 일반현황

조사현장의 해체대상 건물의 일반현황을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 재건축 철거대상 아파트 일반현황

평형	층	동당 세대수	동수	세대수	타입별 동수	
					N형	S형
1단지 아파트						
10	5	30	1	30	1	-
		40	11	440	5	6
		50	10	500	5	5
		60	3	180	1	2
소계	-	-	25	1,150	12	13
13	5	30	2	60	2	-
		40	6	240	5	1
		50	4	200	1	3
		60	2	120	1	1
소계	-	-	14	620	9	5
15	5	30	3	90	1	2
		40	4	160	2	2
		50	1	50	-	1
소계	-	-	8	300	3	5
17	5	30	6	180	3	3
소계	-	-	6	180	3	3
합계	-	-	53	2,250	27	26
2단지 아파트						
10	6	30	1	30	1	-
	8	80	33	1,320	16	17
	10	100	12	600	6	6
	12	60	6	360	2	4
합계	---	---	52	2,310	25	27

##### (2) 조사기간 및 방법

2단지 재건축 철거공사는 2003년 4월부터 2003년 11월까지, 그리고 00 1단지 철거공사는 2003년 8월부터 2004년 2월까지 실시되었다. 해체공사 기간동안의 해당 현장별 조사 및 실사방법을 정리하면 표 2와 같다. 1단지는 2단지 조사가 진행되는 과

표 2. 1, 2단지 재건축 철거현황 조사기간 및 방법

현장명	1단지		2단지	
	기간	방법	기간	방법
인력철거조사	2003. 8. 21 ~ 2003. 9. 15	2단지외 병행조사	2003. 5. 10 ~ 2003. 6. 2	작업일보에 의한 자료 조사 분석
장비철거조사	2003. 9. 15 ~ 2004. 2. 25	현장 상주조사원 정밀실사	2003. 6. 9 ~ 2003. 11. 30	현장상주 조사원 정밀실사

정 중에 해체공사가 착공되었다. 따라서 초기의 인력에 의한 내장재 철거작업에 대한 정밀실사가 다소 곤란하였고, 2단지과 마찬가지로 장비에 의한 철거공사에 주안점을 두어 실사작업을 실시하였다.

##### (3) 적용공법 및 공정

2단지의 5층 아파트 철거는 1.0입방미터급 백호우에 고정식 및 회전식 압쇄기를 부착하여 사용하는 일반적인 압쇄해체 공법이었다. 단지내 철거대상 52개동의 아파트의 대부분이 1~3층까지의 건물 전면이나 후면부위를 파먹듯이 파쇄 해체하고, 4, 5층을 남겨둔 상태에서 1~3층의 양측면부 옹벽을 압쇄로 취약화한 후 전도시키는 방법을 적용하였다. 다만, 105동, 130동 132동의 3개동에 대해서는 건물의 측면부의 상부 층부터 압쇄하여 파쇄한 후 전도시키지 않고 점진적으로 압쇄하는 방법을 적용하였다. 장비의 조합방법은 구조물 파쇄 해체작업까지는 회전식 압쇄기를 사용하였고, 큰 덩어리 형태로 파쇄 붕괴 후의 철근분리 및 콘크리트 덩어리의 소할작업은 고정식 압쇄기로 실시하였다.

1단지는 2단지과 같은 압쇄공법을 적용하였지만 공정은 다소 다르게 적용하였다. 즉, 대형 회전식 압쇄기에 의하여 파쇄 전도시키거나 측면부 부터 파쇄한 후에 소할작업에는 대형 고정식 압쇄기와 회전식 압쇄기, 그리고 버킷을 장착한 대형 백호우 등 2~3대가 동시에 작업을 실시하는 방법을 적용하였다. 이와 같은 작업을 실시한 것은 붕괴 후 파쇄기간을 단축하기 위하여 대상 건물 1개동 당 파쇄장비의 동시 투입 대수를 증가시킨 것이다. 1단지의 전체 53개 해체대상 건물 중에서 8개동은 2단지과 마찬가지로 측면압쇄에 의한 점진적 철거방법을 적용하였으며, 나머지 44개동은 전도붕괴 후 압쇄하는 공법을 적용하였다.

### 3.2 각종 현장 실사결과의 분석(작업공정별)

조사 및 정밀실사를 실시한 1, 2단지 철거공사에 대한 실사 자료들에 대한 다양한 분석을 실시하였으며, 현장에서 이루어진 작업공정에 준하여 결과를 정리하면 다음과 같다.

표 3. 1단지 인력 투입현황 (단위: 인, 시간)

구분	총 투입현황		작업공정별 인력 투입시간							
	투입인원	작업시간	내장재 철거공사 인원	구조물 철거공사 인원	기타공사 인원	계 인원	계 작업시간			
장비기사	715	7,150	40	170	1,181	5,081	52	237	1,273	5,488
보통인부	1,204	12,025	386	1,998	430	4,300	6	6.0	822	6,303
기타인부 (방음벽)	31	310	0	0	0	0	0	0.0	0	0
소 계	1,950	19,485	426	2,168	1,611	9,381	58	243	2,095	11,791

3.2.1 인력 및 장비의 총 작업시간 분석

실사결과를 분석한 인력 및 장비 투입현황을 종합하면 아래 표 3~표 6과 같다.

여기서, 실제 현장에서의 인력 및 장비의 일일 평균 작업시간은 점심시간을 포함하여 10시간을 기준으로 하였다.

표 4. 2단지 인력 투입현황 (단위: 인. 시간)

구분	총 투입현황		작업종별 인력 투입시간							
	투입인원	작업시간	내장재 철거공사		구조물 철거공사		기타공사			
	인원	작업시간	인원	작업시간	인원	작업시간	인원	작업시간		
장비기사	979	9,790	17	78	1,323	6,380	62	197	1,402	6,655
보통인부	1,795	17,950	869	1,099	196	1,970	0	0	1,065	3,069
기타인부 (방음벽)	312	3,120	0	0	0	0	0	0	0	0
소 계	3,086	30,860	886	1,177	1,519	8,350	62	197	2,467	9,724

표 5. 1단지 장비 투입현황 (단위: 대, 시간)

구분	총 투입현황		작업종별 장비 투입시간			
	투입대수	투입시간	내장재 철거공사	구조물 철거공사	기타공사	합 계
버켓(1.0)	420	3,478	42	2,639	198	2,879
회전식 압쇄기(1.0)	110	848	0	739	0	739
고정식 압쇄기(1.0)	148	1,367	0	1,219	20	1,239
브레이크(1.0)	63	539	0	484	19	503

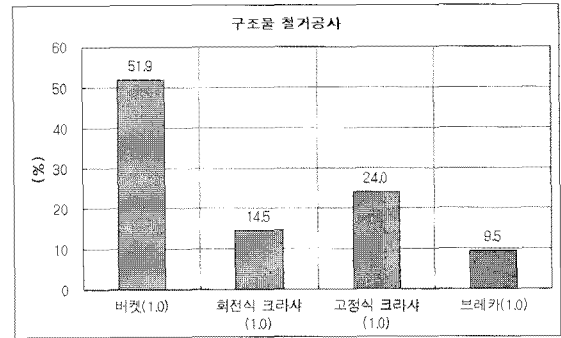
표 6. 2단지 장비 투입현황 (단위: 대, 시간)

구분	총 투입현황		작업종별 장비 투입시간			
	투입대수	투입시간	내장재 철거공사	구조물 철거공사	기타공사	합 계
버켓(1.0)	310	2,864	78	1,591	148	1,817
회전식 압쇄기(1.0)	315	2,858	0	2,567	24	2,591
고정식 압쇄기(1.0)	217	2,004	0	1,880	19	1,899
브레이크(1.0)	12	103	0	80	7	87
버켓(2.0)	45	316	0	263	0	263

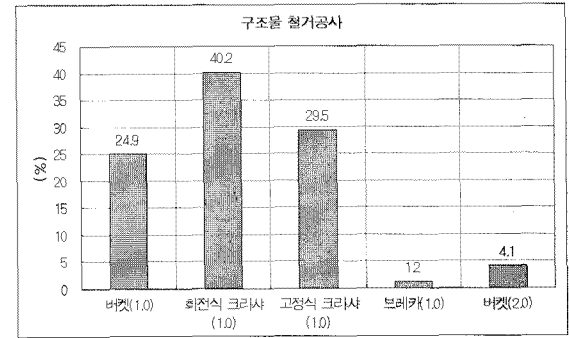
위와 같은 분석을 토대로 구조물 철거공사와 일자별 장비사용에 대해서 1단지는 4가지 장비, 그리고 2단지는 5가지 장비의 장비별 사용비율을 도식적으로 분석하면 그림 3 및 그림 4와 같다.

위의 분석결과를 참고로 할 때, 1단지는 버켓의 사용비율이 51.9%로 가장 높고, 2단지는 회전식 압쇄기의 사용비율이 40.2%로 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 1단지의 해체작업에서 작업효율을 높이기 위하여 붕괴잔재의 소할작업에 버켓을 부착한 백호우를 투입하였기 때문인 것으로 분석된다.

전체 공사기간 동안 사용된 장비에 대해서 1단지는 버켓의 사용비율이 높게 나타났으며, 2단지는 버켓과 회전식 압쇄기의 사용비율이 같은 것으로 나타났다. 또한 1, 2단지 재건축현장에 대한 각 동별 철거공사에 대한 장비 작업시간은 그림 5에 분석하여 나타내었다. 즉, 평균 장비가동시간이 1단지에서는 97시간, 그리고 2단지에서는 126시간으로 나타나고 있다. 이와 같이 1개동에 대한 평균 장비작업시간이 달라지는 것은 동당 장비투입대수가 달라지는 것과 장비기사의 숙련도의 차이에 기인하는 것으로 분석된다.

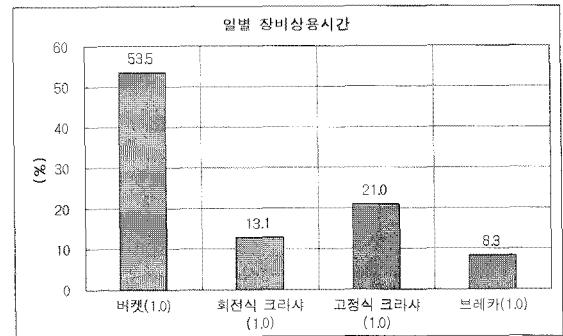


(a) 1단지

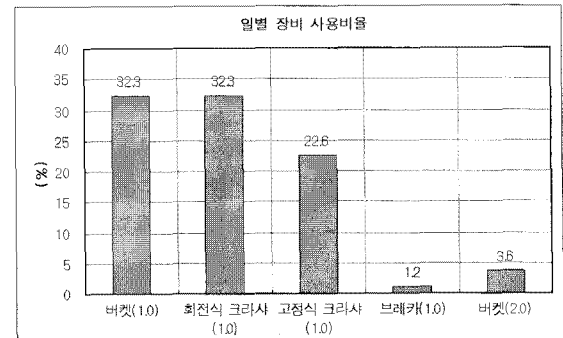


(b) 2단지

그림 3. 구조물 철거시 장비종류별 사용비율

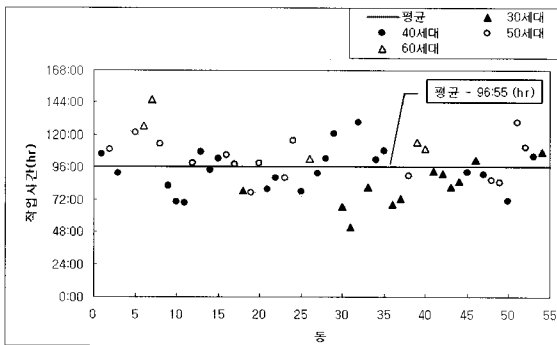


(a) 1단지



(b) 2단지

그림 4. 작업일수 및 장비종류별 사용비율



(a) 1단지

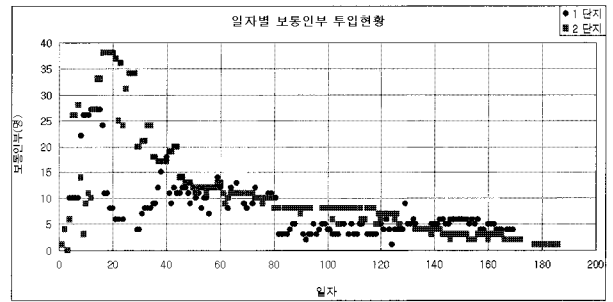
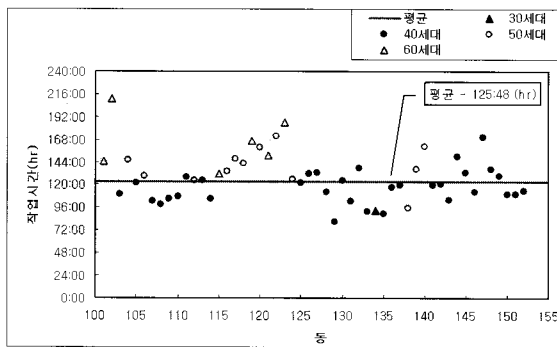


그림 7. 1,2단지 지장물 철거공사 일자별 인력투입현황



(b) 2단지

그림 5. 구조물 철거시 동별 평균 장비작업시간

표 7. 1단지 및 2단지의 장비작업 종류별 작업능력 산정결과

1 단지						2 단지					
동번호	세대	평형	면적(m <sup>2</sup> )	작업능력(m <sup>3</sup> /hr)		동번호	세대	평형	면적(m <sup>2</sup> )	작업능력(m <sup>3</sup> /hr)	
				파쇄 작업시	집토/ 상차시					파쇄 작업시	집토/ 상차시
1	40	13	1719.0	24.55	37.97	101	60	10	1983.5	17.63	68.27
2	50	13	2148.8	31.70	40.78	102	60	10	1983.5	13.66	38.74
3	40	13	1719.0	29.51	53.24	103	40	10	1322.3	15.83	53.27
5	50	13	2148.8	31.70	38.73	104	50	10	1652.9	15.63	68.06
6	60	10	1983.5	23.60	43.69	105	40	10	1322.3	12.79	49.32
7	60	10	1983.5	18.98	46.33	106	50	10	1652.9	18.20	47.61
8	50	10	1652.9	20.88	56.53	107	40	10	1322.3	18.76	47.01
9	40	10	1322.3	30.01	43.79	108	40	10	1322.3	17.57	56.23
10	40	10	1322.3	26.88	50.53	109	40	10	1322.3	18.06	42.17
11	40	10	1322.3	32.27	67.14	110	40	10	1322.3	18.52	43.01
12	50	10	1652.9	32.32	36.24	111	40	10	1322.3	18.32	28.97
13	40	10	1322.3	27.91	25.94	112	50	10	1652.9	19.02	63.01
14	40	10	1322.3	24.66	39.12	113	40	10	1322.3	15.36	37.32
15	40	10	1322.3	25.18	22.57	114	40	10	1322.3	17.34	47.79
16	50	10	1652.9	31.76	28.48	115	60	10	1983.5	20.53	58.75
17	50	10	1652.9	30.41	35.19	116	50	10	1652.9	14.71	82.94
18	30	10	991.7	18.88	32.70	117	50	10	1652.9	15.79	52.82
19	50	10	1652.9	40.70	47.88	118	50	10	1652.9	14.75	51.29
20	50	10	1652.9	31.18	35.73	119	60	10	1983.5	16.14	53.29
21	40	10	1322.3	25.44	48.46	120	50	10	1652.9	15.81	36.66
22	40	13	1719.0	35.94	43.07	121	60	10	1983.5	18.84	51.34
23	50	13	2148.8	37.46	56.31	122	50	10	1652.9	14.76	47.19
24	50	13	2148.8	35.89	34.46	123	60	1	1983.5	13.27	49.15
25	40	10	1322.3	42.31	38.11	124	50	10	1652.9	17.96	57.54
26	60	10	1983.5	41.56	34.06	125	40	10	1322.3	15.80	41.26
27	40	15	1983.5	27.00	61.76	126	40	10	1322.3	20.13	39.46
28	40	15	1983.5	23.72	55.28	127	40	10	1322.6	18.81	38.49
29	40	15	1983.5	22.17	31.03	128	40	10	1322.3	14.71	59.74
30	30	15	1487.6	38.44	30.85	129	40	10	1322.3	23.52	70.52
31	30	15	1487.6	34.90	91.30	130	40	10	1322.3	14.19	56.97
32	40	15	1983.5	21.67	33.11	131	40	10	1322.3	23.27	35.85
33	30	15	1487.6	24.96	36.52	132	40	10	1322.3	16.67	35.40
34	40	13	1719.0	31.52	33.04	133	40	10	1322.3	23.70	51.21
35	40	13	1719.0	22.85	35.91	134	30	10	991.7	14.90	53.47
36	30	13	1289.3	25.88	53.86	135	40	10	1322.3	22.24	50.31
37	30	13	1289.3	26.37	36.19	136	40	10	1322.3	15.97	45.64
38	50	15	2479.4	43.98	42.91	137	40	10	1322.3	16.77	46.25
39	60	13	2578.5	38.11	41.66	138	50	10	1652.9	17.96	66.77
40	60	13	2578.5	43.81	47.75	139	50	10	1652.9	18.15	67.41
41	30	17	1686.0	27.19	26.67	140	50	10	1652.9	15.17	49.49
42	30	17	1686.0	27.74	25.74	141	40	10	1322.3	16.35	39.83
43	30	17	1686.0	27.71	35.84	142	40	10	1322.3	16.47	42.38
44	30	17	1686.0	22.95	34.68	143	40	10	1322.3	20.19	89.12
45	40	13	1719.0	31.29	27.22	144	40	10	1322.3	13.32	57.54
46	30	17	1686.0	20.40	31.72	145	40	10	1322.3	19.28	34.27
47	40	10	1322.3	24.10	35.21	146	40	10	1322.3	16.70	50.90
48	50	10	1652.9	38.05	53.53	147	40	10	1322.3	10.61	42.82

그림 6. 1, 2단지 지장물 철거공사 일자별 장비투입현황

위의 그림에서 알 수 있듯이 해체공사에 투입되는 인력은 주로 내장재 철거가 집중되는 해체공사 착공 초기부터 약 60일 전후로 투입되고, 일정수준을 유지하거나 점차 감소하는 반면에 철거장비의 활용은 해체공사의 착공 및 준공을 전후로 ±30일 이내에 집중적으로 이루어진다는 것을 알 수 있다.

표 7. 1단지 및 2단지의 장비작업 종류별 작업능력 산정결과(계속)

동번호	세대	평형	1단지				2단지				
			면적(m <sup>2</sup> )		작업능력(m <sup>3</sup> /hr)		면적(m <sup>2</sup> )		작업능력(m <sup>3</sup> /hr)		
			파쇄	집토/상차시	파쇄	집토/상차시	파쇄	집토/상차시	파쇄	집토/상차시	
48	50	10	1652.9	38.05	53.53	147	40	10	1322.3	10.61	42.82
49	50	10	1652.9	29.24	68.77	148	40	10	1322.3	18.39	45.52
50	40	10	1322.3	32.80	60.02	149	40	10	1322.3	22.46	43.34
51	50	10	1652.9	31.68	42.11	150	40	10	1322.3	28.70	44.69
52	50	10	1652.9	29.94	31.34	151	40	10	1322.3	17.61	51.51
53	40	10	1322.3	19.74	36.01	152	40	10	1322.3	15.93	64.20
54	30	17	1686.0	26.52	20.51						
평균				29.55	41.46	평균				17.45	50.89

3.2.3 장비작업 종류별 작업능력 산정 및 결과

정밀실사가 이루어진 2개 현장에 대한 각 동별, 그리고 평균 장비작업 능력을 산정결과는 위의 표 7과 같다. 표 7에서 파쇄작업 능력은 구조물 철거작업에 투입되어 건물을 해체할 때 사용되는 표준장비인 1.0m<sup>3</sup>급 압쇄장비의 작업능률을 나타낸다. 또한 집토 및 상차작업 능력은 해체 후 소할파쇄된 잔재를 1.0m<sup>3</sup>급 백호우로 집토하여 반출용 덤프트럭에 상차할 때의 작업능률을 나타낸 것이다. 이와 같은 각 장비별 작업 능률을 구분하여 산출하면 표 8 및 표 9와 같다.

표 8. 1, 2 단지의 장비 및 작업종류별 작업능력 산정결과

장비구분(m <sup>3</sup> )	1단지		2단지	
	파쇄작업시(m <sup>3</sup> /h)	집토/상차시(m <sup>3</sup> /h)	파쇄작업시(m <sup>3</sup> /h)	집토/상차시(m <sup>3</sup> /h)
버켓(1.0)	39.4	39.0	-	51.9
회전식 압쇄기(1.0)	34.5	10.2	19.4	-
고정식 압쇄기(1.0)	28.9	-	13.6	-
브레이크(1.0)	11.9	-	9.1	-
버켓(2.0)	-	-	-	31.1
평균	28.7	24.6	14.0	41.5

표 9. 1, 2단지의 작업공정별 작업능력 산정결과

작업부위	작업공종	1단지		2단지	
		파쇄작업시(m <sup>3</sup> /h)	집토/상차시(m <sup>3</sup> /h)	파쇄작업시(m <sup>3</sup> /h)	집토/상차시(m <sup>3</sup> /h)
지상층	1~5층 해체작업	43.9	-	22.1	
	2차 파쇄작업	37.4	-	27.0	
	집토작업(버켓)	41.7	-		24.1
	철근분리작업	33.6	-	17.4	
	패콘크리트 적재/정리	-	57.6		63.4
평균	39.2	57.6	22.2	43.8	
지하층	지하층 파쇄	13.5		7.8	
	파쇄 패콘크리트 철근분리	8.9		4.4	
	파쇄 패콘크리트 반출		19.7		21.1
평균	11.2	19.7	6.1	21.1	
기초	기초굴착		17.9		29.9
	기초파쇄	11.9		7.1	
	파쇄기초 철근분리작업	16.4		13.8	
	파쇄기초 패콘크리트 적재/정리		19.4		39.8
	평균	14.1	18.6	10.5	34.8

3.2.4 해체잔재의 발생량 예측 및 실제 발생량 비교분석

1단지 및 2단지 해체공사에 따른 발생 폐기물을 분석하기 위해서 해당지구에 대한 해당현장 구조물의 실측자료 분석, 보강도면의 분석, 그리고 해당공사 발주사의 물량산출 내역 등의 방법으로 해체잔재의 발생량을 예측하였다. 이러한 예측결과를 정리하면 표 10과 같다.

표 10. 1단지 및 2단지 철거잔재의 발생량 도면산출 결과

폐기물 종류	단위	발생량		
		1단지	2단지	
철근콘크리트	m <sup>3</sup>	38,740.9	35,644.1	
무근콘크리트	m <sup>3</sup>	2,805.2	2,736.0	
블록/벽돌	m <sup>3</sup>	16,712.4	15,705.2	
내화벽돌	m <sup>3</sup>	7,590.4	7,252.1	
모르터	m <sup>3</sup>	4,118.2	365,532.7	
타 일	m <sup>2</sup>	98.0	9,369.7	
아스팔트방수	m <sup>2</sup>	706.9	20,609.0	
스티로폼	m <sup>3</sup>	2,915.0	2,781.2	
집성보드	m <sup>2</sup>	127.8	119.4	
장판수지류	m <sup>2</sup>	37,344.6	33,810.7	
목재	각재	m <sup>3</sup>	828.5	810.1
	합판	m <sup>3</sup>	128.1	125.0
	유리	m <sup>2</sup>	69.2	80.4
전동류	m <sup>3</sup>	37.2	-	
철근	ton	4,061.5	3,737.8	
인조석	m <sup>3</sup>	17,081.0	17,248.8	
기타 고재	황동줄눈	m	24,856.3	9,99.2
	고무줄눈	m	475.0	-

위의 표 10은 구조물을 해체하기 전에 단순히 도면이나 실측 자료를 근거로 산출한 결과이다. 따라서 실제 현장에서 구조물 해체 후에는 산출의 오차, 체적의 증가, 각 잔재별로 혼입으로 인한 100% 회수 불가능 등의 원인으로 실제 발생량과는 오차를 보인다. 또한 실제 발생하는 해체잔재의 성상도 위의 잔재의 종류들과는 다르게 나타난다. 현재까지 도면 산출한 결과를 보정하여 실제 발생하는 성상별로 실제 발생량을 보정할 수 있는 기준은 우리나라에는 없다. 따라서 본 연구에서는 그러한 각종 보정계수들을 도출하고자 실사가 이루어진 대부분의 현장에서 도

표 11. 1단지 및 2단지의 철거잔재의 현장발생량 측정결과

폐기물 종류	단위	발생량		
		2단지	1단지	
패콘크리트류	패콘크리트	ton	145,537.0	151,795.0
	건설폐기물	ton	75,164.0	77,384.0
	페아스콘	ton	766.0	408.0
소계			221,467.0	229,587.0
고재류	세시류	ton	77.1	80.5
	스티어리스	ton	8.4	10.4
	철근	ton	3,517.5	2,808.3
소계			3,603.0	2,899.2
내장재 철거 및 수목제거	장판수지류	ton	32.0	-
	폐목재류	ton	528.7	561.9
	폐합성수지류	ton	790.3	545.0
소계			1,351.0	1,106.9

면수량을 산출하여 현장에서의 실제 발생량 및 성상과 비교연구를 수행하였다. 이러한 측면에서 1단지 및 2단지에서의 해체잔재의 실제 발생성상별 발생량을 측정된 결과를 정리하면 표 11과 같다.

이와 같이 1, 2단지 재건축 해체물량을 발주수량, 연구 산출한 결과 및 현장에서의 실제 발생량으로 구분하여 비교하면 표 12와 같고, 이의 오차는 표 13과 같다. 단위면적당 발생량으로 표현하면 표 14와 같다. 또한 도면산출 수량과 실제 발생량을 비교한 결과는 표 15와 같다.

표 12. 폐기물 발생량의 비교 (단위: 톤)

종 류	발주자료(①)		도면분석(②)		현장발생(③)		전체평균	
	1단지	2단지	1단지	2단지	1단지	2단지	1단지	2단지
폐콘류(×10 <sup>3</sup> )	1,935	1,738	1,914	1,369	2,292	2,207	2,047	1,772
철근류(×10)	474	408	406	374	281	352	387	378
철재류	245	280	-	424	81	77	163	260
장판지류	15	18	6	6	-	32	11	19
폐목재/합성수지(×10)	213	192	63	54	111	132	129	126

표 13. 폐기물 발생량의 오차 (단위: 톤)

종 류	발주자료-현장발생		도면분석-현장발생		발주자료-도면분석	
	1단지	2단지	1단지	2단지	1단지	2단지
폐콘류(×10 <sup>3</sup> )	-357	-469	-378	-838	21	369
철근류(×10)	193	56	125	22	68	34
철재류	164	203	-	347	-	-144
장판지류	15	-14	-	-26	9	12
폐목재/합성수지(×10)	102	60	-48	-78	150	138

표 14. 단위면적당 폐기물 발생량의 비교 (단위: 톤/㎡)

종 류	발주자료(①)		도면분석(②)		현장발생(③)		평균
	1단지	2단지	1단지	2단지	1단지	2단지	
폐콘류(×10 <sup>3</sup> )	0.0219	0.0229	0.0216	0.0180	0.0259	0.0291	0.0275
철근류(×10)	0.0054	0.0054	0.0046	0.0049	0.0032	0.0046	0.0039
철재류	0.0028	0.0028	-	0.0056	0.0009	0.0010	0.0010
장판지류	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	-	0.0004	0.0004
폐목재/합성수지(×10)	0.0024	0.0024	0.0007	0.0007	0.0013	0.0017	0.0015

표 15. 도면산출 수량과 실제발생 수량의 비교 (회수율, %)

종 류	③/①			③/②		
	1단지	2단지	평균	1단지	2단지	평균
폐콘크리트류	118.3	127.1	122.7	119.9	161.7	140.8
철근류	59.3	85.2	72.3	69.6	93.9	81.8
철재류	32.1	35.7	33.9	-	17.9	17.9
장판지류	-	200.0	200.0	-	400.0	400.0
폐목재/합성수지	54.2	70.8	62.5	185.7	242.9	214.3
기타	-	-	-	-	-	-

발주자료와 도면분석결과를 분석해 본 결과 발주량이 실제발생량보다 대체적으로 과다 예측하고 있는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 현재 해체량 산정을 위한 기준의 미비로 인한 것으로 판단된다. 또한 현장에서의 회수율을 분석한 결과를 보면 콘크리트류와 폐목재 등은 실제 이론적 계산결과보다 많이 발생하고 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 혼합폐기물 형태로

반출됨에 따라 그 부피와 무게가 증가 되었음을 알 수 있다. 따라서 자원의 재활용 측면에서도 분리해체와 같은 제도적 뒷받침이 이루어져야 할 것으로 사료되며, 또한 이러한 결과를 바탕으로 체적환산계수 등의 보정작업을 통해 정확한 해체물량을 산정할 수 있는 기준의 마련이 시급한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

해체 현장의 조사 및 실사자료 분석결과 국내에서 이루어지고 있는 현행 해체순서는 건물내부의 생활계 폐기물, 수거 가능한 수지류 및 설비기기를 철거한 후에 내장재의 철거, 그리고 구조체의 해체순서로 이루어지고 있다. 구조체의 해체는 건물의 규모나 주변의 상황에 의해서 중기를 양중하여 건물상부에서 해체하는 경우와 건물주변에 중기를 설치하고 지상에서 해체를 수행하는 방식으로 이루어지고 있다. 내장재의 철거는 수작업으로 목재나 고재 및 비철금속류를 중심으로 이루어지고 있으며, 내장재의 상황에 따라 다르지만 폐목, 폐 금속류는 비교적 분별되어 회수율이 높은 편이지만 그 외의 폐기물은 혼합된 상태에서 중간처리시설로 반입되고 있는 것으로 파악되었다.

구체의 해체작업은 특수한 경우를 제외한다면 대부분이 파쇄효율이 좋고 저소음·저진동의 해체방법인 유압식 압쇄기에 의한 해체방법이 주류를 이루고 있으나, 이 공법은 주로 현장에서 구체의 일부를 사전해체하고 전도하는 방법을 채택하는 효율위주로 이루어지게 됨으로서 안전에는 매우 취약한 것으로 파악되었다.

또한 국내에는 해체물량을 적절히 산정하기 위한 기준미비로 인해 발주처마다 폐기물량의 산정 편차가 크고, 본 현장에서도 큰 차이가 있었다. 따라서 정부에서 건설폐기물관리를 위한 기준마련도 쉽지 않은 것으로 사료된다. 또한 도면분석을 통해 정밀히 물량을 산정한다 하여도 해체현장에 발생하는 폐기물의 물량은 해체방법과 처리수준에 따라 큰 편차를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 따라서 혼합폐기물의 발생량을 최소화하고, 폐기물량을 재료별로 정확히 산정하기 위해서는 해체폐기물의 재료별 발생량산정기준, 혼합폐기물 비율, 중량 및 체적환산계수, 단위 면적당 원단위, 회수율 등의 계수산정 및 기준의 마련이 시급한 것으로 판단되었다.



## 참고문헌

1. 대한주택공사(1996), 구조물의 해체공법에 관한 연구(1).
2. 건설교통부(2004), 공동주택 철거잔재의 활용성 향상을 위한 해체기술 및 시스템 개발, 건설교통기술혁신사업 보고서.
3. 건설교통부(2006), 해체산업합리화를 위한 제도 및 전문인력 양성시스템 구축, 건설핵심기술 연구개발사업 1차년도 연구 보고서.

논문제출일: 2008.01.09

심사완료일: 2008.04.11

---

### Abstract

Now, one of the greatest concerns at home and abroad is eco-friendly construction. Above all, the reduce and recycle of the construction waste may be one of the most important things. The construction waste has been produced most at demolition phase, but the research into that area has not being to make nearly within the country. Recently, as the government have realized the importance of that area, they are making research to improve traditional demolition methods. Also, they are preparing to make a raw to enforce deconstruction during demolition phase. This research has analyzed the problems and waste types which produced during the demolition works by surveying in site. Until now, in the interior, the right quantity basis has not been suggested, because of the absence of any methods to estimate it accurately. Therefore, this study has compared and analyzed owner's ordering quantity, drawing analysis quantity with measuring the waste to produced at site during demolition works. this research results are expected to be the important materials for future research into the construction waste area.

Keywords : Construction Waste, Demolition, Deconstruction