

폐콘크리트의 처리방법별 경제성 분석

-중간처리업체 위탁, 처리장현장화, 이동식크라샤-

An Economic Analysis of Disposing Waste Concrete

-Processing On Commision, Site Recycling, Mobile Crusher-

이정원* 곽경희* 신승하** 김경환***
Lee, Jung-Won Kwak, Kyoung-Hee Shin, Seung-Ha Kim, Kyung-Hwan

요 약

최근 환경적인 문제와 자원고갈 등으로 인해 재활용에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 폐기물의 처리에 대한 문제가 커져가고 있는 상황에서 국내 폐기물량의 상당 부분을 차지하는 건설폐기물의 처리에 대한 다양한 접근이 필요하다. 건설폐기물 중 상당량을 차지하는 폐콘크리트의 재활용에 대한 연구는 점차 늘어나고 있지만, 보다 경제적인 폐콘크리트 처리 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 건설폐기물 중에서 가장 많이 차지하고 있는 폐콘크리트를 각각의 처리방법별로 경제성을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 상황별 최선의 처리 방법 선택의 판단 근거를 제시 하였다. 이에 본 연구는 다양한 조건의 현장에서 향후 건설폐기물 재활용 방안 선택의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 건설폐기물, 중간처리업체 위탁, 현장재활용, 이동식 크라샤, 경제성

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2006년도 환경부·한국환경자원공사의 “2005년 건설폐기물 재활용 통계보고서”에 의하면 2005년에 발생한 건설폐기물은 47,294천 톤으로 2000년에 발생한 18,754천 톤보다 약 2.5배 증가하였다. 이는 최근 재건축 및 재개발의 활성화와 관련이 있으며, 이와 같은 건설폐기물의 증가는 건설폐기물 재활용의 증가를 가져왔다. 실제 건설폐기물 처리방법별 변화추이에서 보여주듯이 2005년 건설폐기물 재활용 비율은 96.7%로 2000년도의 84.7%보다 10%이상이 재활용 되고 있다.

이와 같은 상황 하에 정부는 2003년 12월에 “건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률”(이하 “건폐법”)을 제정하여 건설폐기물을 중간처리업체 또는 건설공사현장에서 직접 재활용할 수 있도록 규정하였다. 그러나 현재 대부분의 건설폐기물은 중간처리업체를 통하여 재활용되고 있는 실정이며, 현장에서 재활용되는 사례는 거의 없다.

하지만 재건축 및 재개발의 많은 부분이 수도권, 특히 서울에서 행해지고 있는 반면 중간처리업체는 경기도에 대부분이 위치해있다는 점을 감안하여 볼 때 중간처리업체로의 건설폐기물량의 이동 비용 및 그에 따른 환경오염 등을 고려한다면 매우 비효율적이라 판단된다. 그럼에도 불구하고 현장에서 재활용하는 방법이 활성화되지 않는 주요 이유 중의 하나는 중간처리업체로의 위탁과 현장 직접 재활용의 경제성에 대한 명확한 분석이 이루어지지 않았기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 건설폐기물, 특히 폐콘크리트의 처리방법을 조사하여 각 처리방법별 비용을 도식화하고, 실제 개발사업의 자료를 바탕으로 이를 적용한 후 경제성을 분석해보고자 한다. 그리고 이를 바탕으로 재활용되는 건설폐기물의 규모별로 어떤 처리방법이 가장 경제적인지를 파악할 수 있는 기준을 제시해보고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 김창학 외(2003)에서 제시하는 기초 데이터를 이용하고, 조건이 유사한 대규모 재건축 및 재개발 현장이나 택지개발에 의한 신도시 건설현장에서 구조물 또는 시설물의 해체공사에서 발생하는 폐콘크리트의 현장재활용을 대상으로 한다.

본 연구의 진행과 방법은 다음과 같다

- (1) 건설폐기물 중 폐콘크리트를 재활용할 수 있는 처리방법들을 조사한다.
- (2) 폐콘크리트의 처리방법별로 비용을 분석하고 이를

* 학생회원, 건국대학교 건축공학과 학사과정

** 일반회원, 건국대학교 건축공학과 석사과정

*** 종신회원, 건국대학교 건축공학과 조교수, 공학박사,

khkim6393@hotmail.com

본 논문은 건설교통부 첨단도시개발사업 “친환경 도시재생을 위한 첨단 해체기술 개발”(과제번호: 06 건설핵심 B04)의 지원으로 이루어졌습니다.

식으로 도출한다.

(3) 폐콘크리트의 규모에 따라서 총비용을 산출하고 이를 분석한다.

2. 처리방법 비용조사

2.1 사전조사

폐콘크리트의 처리방법에는 가장 보편적인 방법으로 중간처리업체에 위탁하는 것이 있다. 다른 방법으로 김창학 외(2003)과 이재성 외(2006)에서 적용한 처리장현장화 방법, 마지막으로 이동이 자유로운 이동식크라샤를 이용한 처리방법이 있다.

폐콘크리트의 처리비용을 산정하기 위해서 기본적으로 비용의 대부분을 차지하는 수집·운반비와 성상별 부피당 처리단가가 필요하다. 이들 비용은 한국건설자원협회(2007a, 2007b)에서 제시한 자료에 기초하여 다음과 같이 파악되었다.

(1) 건설폐기물 수집·운반비(15톤 덤프트럭 중간처리대상 폐기물)는 본 연구에서 가정하는 편도거리 40km, 단위부피(1m³)당 상차비와 운반비의 합은 한국건설자원협회(2007a)에 기초하여 21,080원으로 파악되었다. 단 상차단가는 매립지 반입료, 중간처리비 및 부가가치세가 제외된 금액이며 거리는 편도 거리를 기준으로 하여 왕복비용을 계산하였다.

(2) 폐콘크리트 톤당 처리단가(원/톤)는 한국건설자원협회(2007b)에 기초하여 15,896원으로 파악되었다. 단, 부가가치세 및 운반비는 별도 금액이다.

(3) 폐콘크리트당 처리단가는 건설폐기물 성상별 톤당 처리단가인 15,896.07(원/톤)을 부피로 환산한 금액 9,335(원/m³)으로 계산한다. 환산비율은 김창학 외(2003)에 기초하여 1.7톤/m³으로 가정하였다.

2.2 중간처리업체 위탁

중간처리업체에 위탁하는 경우 처리비용에 가장 영향을 주는 것은 운송비용과 폐콘크리트 부피당 처리단가이다. 운송비용은 운행거리에 따라서 그 운반비가 결정되고, 운행 시 교통상황 등과 같은 거리 이외의 변수는 없다고 가정하여 계산한다.

중간처리업체로의 위탁 시 소요되는 비용은 상차비와 운반비에 폐콘크리트 부피당 처리단가를 합한 후 부피를 곱한 금액으로 (1)식과 같이 산출된다.

$$\begin{aligned} \text{중간처리업체위탁비용} &= \\ & \{ (\text{상차비} + \text{운반비}) + \text{폐콘크리트부피당처리단가} \} \times \text{부피}(m^3) = \\ & \{ 21,080(\text{원}) + 9,335(\text{원}) \} \times \text{부피}(m^3) \quad (1) \end{aligned}$$

2.3 처리장 현장화

처리장현장화 시 비용 산출은 김창학 외(2003)에서 언급한 바와 같이 많은 변수들이 설치 및 해체비, 폐콘크리트의 상차 및 현장 내 소운반비, 재생골재의 정리 등에

영향을 미친다. 이는 작업여건에 따라 그 변수들도 달라지기 때문에 버킷계수, 토량환산계수, 작업효율도 다르게 적용해야 하고, 기타장비대 등 역시 각각의 상황에 따라 달라진다. 본 연구에서는 객관성을 확보하기 위하여 김창학 외(2003) 바탕으로 현장재활용 시 소요비용을 책정하였다. 현장재활용 시 비용 계산은 설치 및 해체비를 고정비로 하고, 그 외 변동비는 부피(m³)에 따라 변하며 그 구성 내용은 표1과 같다.

표 1. 현장재활용비 산출결과 (단위:원)

공종명	수량	단위	합계	재료비	노무비	경비
크라샤 설치	1	식	15,152,065	2,696,994	11,421,973	1,033,098
크라샤 해체	1	식	5,360,657	191,139	4,454,570	714,948
설치, 해체비	1	식	20,512,722	2,888,133	15,876,543	1,748,046
합계	1	식	26,863,460	-	-	-
제잡비율 적용	1	식	26,863,460	-	-	-
폐콘크리트 상차	1	m ³	2,254	561	951	742
폐콘크리트 운반	1	m ³	1,806	219	876	711
폐콘크리트 소할	1	m ³	2,203	211	1,275	717
폐콘크리트 투입	1	m ³	1,916	601	799	516
재생골재 생산	1	m ³	2,477	-	743	1,734
재생골재 정리	1	m ³	436	137	182	117
재생골재 상차	1	m ³	363	114	151	98
재생골재 운반	1	m ³	513	210	167	136
재생골재 부설	1	m ³	713	201	294	218
재생골재 다짐	1	m ³	184	39	67	78
골재생산비 합계	1	m ³	12,865	2,293	5,505	5,067
제잡비율 적용	1	m ³	16,848	-	-	-

<출처: "폐콘크리트의 현장재활용 경제성 분석 연구", 김창학 외(2003)>

표1의 내용은 다음과 같다.

(1) 고정비에 해당하는 크라샤의 설치 및 해체비에는 조립, 운반/적하, 고재적치장이 포함된다. 각각의 공정에는 재료비, 인건비 및 작업경비가 포함되어있다.

(2) 부피(m³)에 따른 변동비에는 폐콘크리트의 상차, 운반, 소할, 투입이 포함되며, 현장에서 재활용할 경우 재생골재의 생산, 정리, 상차, 운반, 부설, 다짐을 포함한 값으로 한다. 이는 고정비에서와 같이 재료비, 노무비, 경비로 그 값을 산출하였다.

(3) 고정비 및 변동비에는 각각 제잡비율을 적용하는데 그 금액은 지장물 해체공사 발주사의 평균 제잡비율인 30.96%를 적용한다.

이 비용에 기초하여 처리장 현장화에 요구되는 비용은 다음 (2)식과 같다.

$$\begin{aligned} \text{처리장현장화비용} &= \\ & \{ \text{고정비} + \text{부피당처리비} \times \text{부피}(m^3) \} \times \text{물가상승률} = \\ & \{ 26,863,460(\text{원}) + 16,848(\text{원}) \times \text{부피}(m^3) \} \times 1.13 \quad (2) \\ & * 2003년 이후 2007년 현재까지의 물가 상승률 13% 반영. \end{aligned}$$

2.4 이동식크라샤

이동식크라샤는 임대 시 1일 장비사용료로 계산하는 것이 일반적이다. 따라서 이동식크라샤가 하루에 처리할

수 있는 물량 이상의 폐콘크리트가 발생하는 때에 임대하여 처리하는 것이 경제적이다. 이동식크라샤에 의한 비용 산출 시에는 이 점을 고려하도록 한다. 표2, 3은 이동식크라샤 사용 시 일일(一日)당 투입원가를 보여준다.

표 2. MOBILE CRUSHER 사용시 투입원가

장비사용료	1,000,000원/일
굴삭기임대료	250,000원/일
장비유류대	240,000원/일(1200원/ℓ)
기타경비(10%)	140,000원/일
소계	1,639,000원/일

* 1m³당 원가:1,639,000 / 300m³/일 = 5,464원/m³
<출처: 대성크라샤, 2007>

표 3. 구내소운반비 및 소할비

구내소운반비	700원/m ³
소할비	500원/m ³
소계	1,200원/m ³

<출처: 대성크라샤, 2007>

표2, 3을 바탕으로 산출한 이동식크라샤를 이용한 처리 비용은 다음 (3)식과 같다.

$$\text{이동식크라샤비용} = \text{부피}(m^3) \times 6,664(\text{원}) \quad (3)$$

3. 처리방법별 경제성 분석

앞 절에서 소개된 처리방법별 비용계산에서는 폐콘크리트를 처리에만 한정되고, 건설현장에서의 재활용 비용은 고려하지 않았다. 또한, 현행법상 건설현장에서 처리된 폐기물은 당해 현장에서 100% 재활용되어야 하므로, 재활용 물량을 초과하는 폐기물은 중간처리시설로 보내져야한다. 이 조건을 고려한 비용 산출은 다음과 같다.

(1)중간처리업체 위탁

중간처리업체에 위탁했을 경우 비용((1)식)에 전체부피 중 재활용비율과 부피당 운반비를 곱한 금액을 합하면 재활용비율에 따른 처리비용을 구할 수 있다.

$$\text{비용} = \text{중간처리업체위탁비용(식 1)} + \{ \text{부피}(m^3) \times \text{성토재활용비율}(\%) \times \text{부피당 운반비} \} \quad (4)$$

(2) 처리장현장화

처리장현장의 경우는 재활용 비율만 현장에서 처리하고 나머지는 중간처리업체에 위탁하게된다. 이를 계산하면 (5)식이 산출된다.

$$\text{비용} = \{ \text{처리장현장화비용(식 2)} \times \text{성토재활용비율}(\%) \} + \{ \text{중간처리업체위탁비용(식 1)} \times (1 - \text{성토재활용비율}(\%)) \} \quad (5)$$

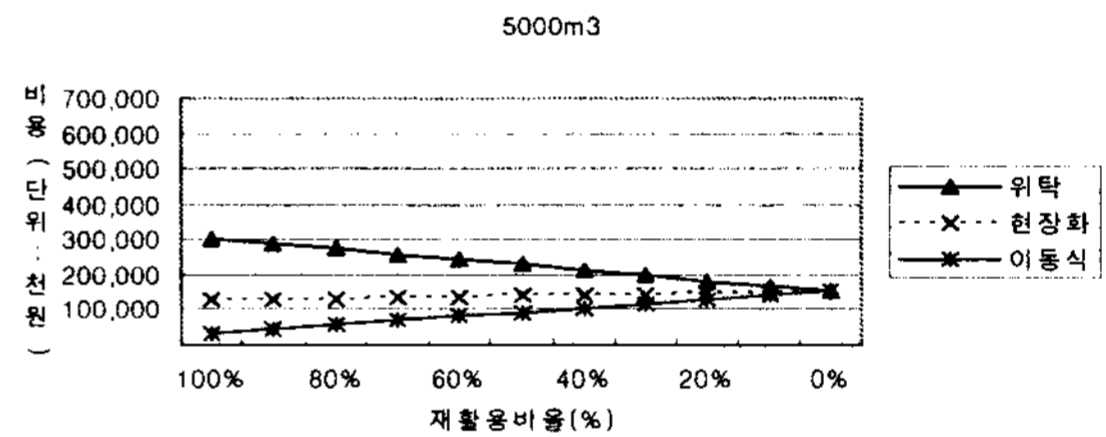
(3) 이동식크라샤

이동식크라샤의 경우도 처리장현장화와 동일하게 재활용 비율만 현장에서 처리하고 나머지는 중간처리업체에 위탁한다. 처리비용은 (6)식과 같다.

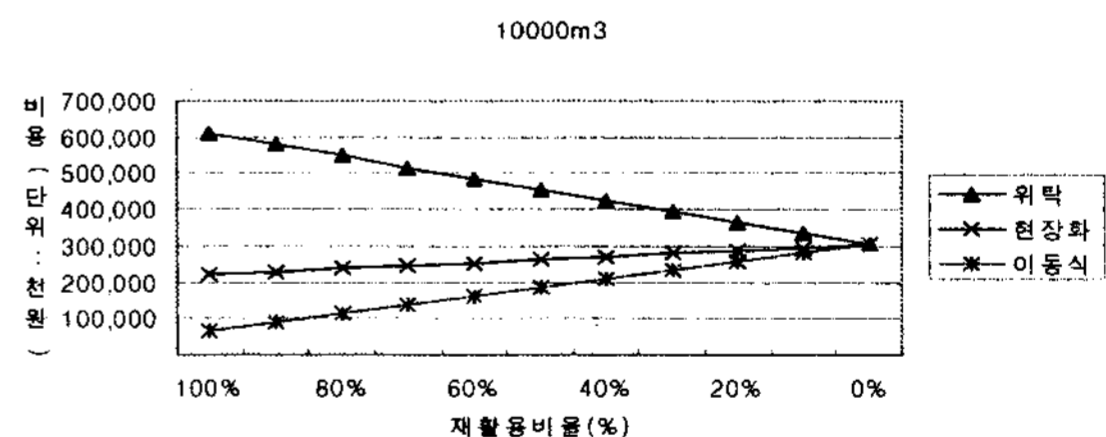
$$\text{비용} = \{ \text{이동식크라샤비용(식 3)} \times \text{성토재활용비율}(\%) \} + \{ \text{중간처리업체위탁비용(식 1)} \times (1 - \text{성토재활용비율}(\%)) \} \quad (6)$$

4. 각 규모별 경제성 분석

각 물량이 동일한 경우 어떤 처리 방법을 선택하는 것이 가장 경제적인지를 파악하기 위해 폐콘크리트 처리물량이 동일하게 두고, 각각의 처리방법별로 재활용 비용을 계산해 본 결과 5000m³, 10000m³ 물량일 때 그림 1과 같이 나타났다. 두 그래프를 비교해보면 물량이 많아질수록 모든 처리비용은 점점 커지지만 이동식크라샤가 가장 경제적이며 처리장현장화, 중간처리업체에 위탁 순으로 비용이 많이 드는 것을 알 수 있다. 그리고 재활용률이 0%일 때에는 모든 폐콘크리트를 중간처리시설에 위탁하므로 동일한 비용이 나오지만, 재활용 비율이 높을수록 상호간의 비용 차가 점점 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 현장에서 재활용률이 높을수록 중간처리시설에 위탁하는 것이 가장 비경제적인 방법이라는 것을 보여준다.



a) 5,000m³ 재활용시 비용



b) 10,000m³ 재활용시 비용

그림 1. 재활용 비율에 따른 처리비용 (5000m³, 10000m³ 기준)

그림 1이 규모가 상대적으로 큰 공사일 경우 현장에서 재활용하는 것이 경제적이라는 것을 보여준다면, 그림 2는 소규모 공사의 경우에 어떤 처리방법을 채택하는 것이 경제적인지를 보여준다. 그림 2는 폐콘크리트가 100% 재활용 된다는 조건하에 0m³부터 10000m³까지 물량에 따른 비용을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보듯이 중간처리업체에 위탁, 이동식크라샤를 이용한 방법은 0m³일 경우 비용이 0이 나오지만 처리장 현장화의 경우에는 설치, 해체비라는 고정비가 포함되기 때문에 처리 물량이 없어

도 비용은 산출된다. 즉, 처리장 현장화는 초기비용이 존재하기 때문에 어느 정도의 물량이상이 되어야 손익분기점을 넘게 되고, 이 연구에서의 손익분기점이 되는 물량은 약 $1,600m^3$ 이 된다. 그러므로 $1,600m^3$ 이하의 경우에는 위탁 혹은 이동식크라샤 중 저렴한 방법을 선택하여야 하며, 초과 시에 처리장 현장화의 방법을 고려하여 할 것이다.

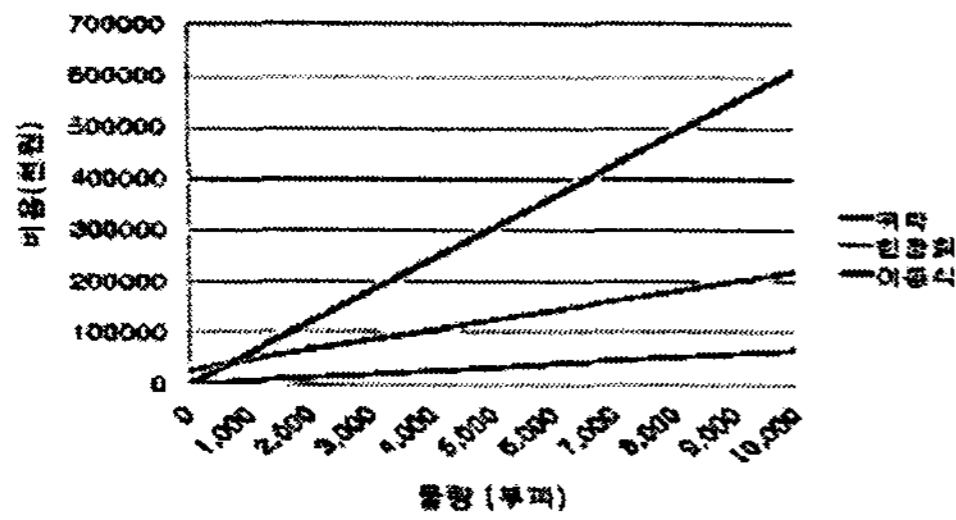


그림 2. 부피에 따른 처리비용

5. 결 론

본 연구에서는 건설폐기물 중 재활용률이 가장 높은 폐콘크리트를 대상으로 처리방법 및 비용을 조사·분석하였고, 일정 조건하에서 각각의 물량과 재활용 비율에 따라 어떤 방법이 가장 경제적인지를 알아보았다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 처리장 현장화의 손익분기점 이하의 규모에서는 중간처리업체에 위탁 또는 이동식크라샤 중 경제적인 방법을 사용하여야 한다.

(2) 처리장 현장화의 손익분기점을 초과하는 규모의 공사에서는 중간처리업체 위탁, 처리장 현장화, 이동식크라샤의 세가지 방법을 고려하여 경제적인 방법을 선택한다.

(3) 일정 규모 이상의 공사에서는 이동식크라샤, 처리장 현장화, 중간처리업체에 위탁의 순으로 폐콘크리트를 처리하는 것이 경제적이며, 재활용비율이 커질수록 그 비용의 차이는 점점 더 커진다.

위와 같은 결과가 나타난 원인은 현장에서 재활용하였을 경우 운송비와 폐콘크리트의 처리 단가 절감되는 폭

이 크기 때문에 중간처리업체에 위탁하는 경우보다 경제적이기 때문이다.

본 연구결과는 물량과 재활용 비율, 중간업체로의 거리 등의 변수만 알고 있다면 어떤 처리방법이 가장 경제적인지를 판단할 수 있는 근거를 마련하였고, 대규모의 공사에서 뿐만 아니라 소규모 공사에서도 본 연구의 적용이 가능하다는 점에서 그 의의를 가진다.

각 공사현장에 따른 처리장 설치비용이 정확히 계상된다면 그에 따른 손익분기점 이상의 공사현장에서는 처리장 현장화를 적용해 볼 수 있을 것이다. 그리고 이런 면에서 비추어볼 때 본 연구는 기존의 대규모 공사에 한정된 경제성 분석방법을 소규모 공사까지 확대할 수 있는 기초 자료가 될 것이라 판단된다.

참고문헌

1. 김창학 외 3인, "폐콘크리트의 현장재활용 경제성 분석 연구(2)", 대한토목학회 학술발표 논문집, 2003, p.2857
2. 대성크라샤, "공사원가대비표". <<http://www.ds-crusher.co.kr/sub3/sub1.html>>, 2007
3. 이재성 외 5인, "폐콘크리트의 현장재활용 경제성 분석-택지개발사업지구를 중심으로-" 한국건설관리학회 정기학술발표대회 논문집, 2006, pp201-202
4. 정종석 외 5인, "건설폐기물의 현장재활용 활성화를 위한 제도적 방안 연구", 대한건축학회, 논문집 제23권 제5호, 2007
5. 정종석 외 5인, "폐콘크리트의 현장재활용을 위한 경제성 지표개발-택지개발사업지구를 중심으로-", 한국건설관리학회논문집, 제8권 제2호, 2007
6. 최민수, "원가계산에 의한 건설폐기물 처리비의 시산", 대한건축학회 논문집, 제18권 제12호, 2002,12
7. 한국건설자원협회, "건설폐기물 수집운반비", <<http://www.koras.org/etc/transport.html>>, 2007a
8. 한국건설자원협회, "건설폐기물 톤당처리단가", <<http://www.koras.org/etc/tonprice.html>>, 2007b
9. 환경부·한국 환경자원공사, "2005년도 건설폐기물 재활용 통계조사보고서", 2006, p.6.11.pp228-301

Abstract

Many studies are currently in progress concerning about recycling due to the environmental problems and the drain of the resources. Nowaday, the problems on wastes are increasing thus studies on the construction waste are necessary which is the greater part of domestic wastes. And much more studies on the waste concrete which takes a large part of construction wastes are in progress but the studies on how to handle the waste concrete economically are unsatisfactory. This study suggests the analyzation of the economical way of handling the waste concrete by processes depending on the cost which needed in the each process, and can be the fundamental data of the future construction waste recycling system.

Keywords :Waste Construction, Processing On Commision, Site Recycling, Mobile Crusher, Economic Efficent