

# 폐콘크리트의 현장재활용 사례를 통한 이산화탄소 배출에 따른 사회적 비용 비교분석

The Comparison and Analysis of Social Cost according to Emission of Carbon Dioxide through Case Study on the Site-Recycling of Waste Concrete

권순범\* · 이재성\*\* · 장서연\*\*\* · 배기선\*\*\*\* · 정종석\*\*\*\*\*  
Kwon, Soon-Boum · Lee, Jae-Sung · Jang, Seo-Yeon · Bae, Kee-Sun · Jung, Jong-Suk

## 요약

최근 급증하는 건설폐기물의 재활용이 중요한 문제로 대두 되고 있으며, 이를 활성화하기 위하여 건설폐기물 현장재활용의 논의가 활발히 진행되고 있다. 이미 선행연구에서 현장재활용의 경제적 우수성이 입증되었지만, 현장재활용에 따른 사회적 비용의 정량화에 관한 연구는 미진하다. 본 연구에서는 현장재활용에서 발생하는 이산화탄소 발생량에 따른 사회적 비용을 산출하여 이를 중간처리 시 및 석산골재 생산 시 산출된 사회적 비용과 비교/분석하였다. 분석결과에 따르면, 현장재활용이 가장 우수하였다.

키워드: 건설폐기물, 현장재활용, 폐콘크리트, 이산화탄소

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

국제적으로 환경보전에 대한 중요성이 부각되기 시작하면서 지구온난화와 관련하여 탄소 배출에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있는 실정이며, 1992년 기후변화협약을 시작으로 온실가스의 배출에 대한 규제 움직임이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 2008년~2012년의 이산화탄소량 감축 목표율은 1990년 배출량 대비 평균 5.2% 감축하는 것이며, 세계 각 국은 온실가스 감축분을 상품으로 거래할 수 있도록 이산화탄소 배출권의 국제 기술시장을 확대시키고 있다. 그리고 CDM(Clean Development Mechanism, 청정개발체제) 사업 등을 통해 간접적으로 환경산업의 참여를 유도하고 있다. 더욱이 우리나라는 교토의정서에 서명한 세계 9위의 이산화탄소 배출국이며 2013년부터 의무 감축국으로 지정 될 가능성이 높아 이산화탄소 저감 문제에 직면해 있는 실정이

다. 특히 화석연료를 사용하는 건설산업의 비중이 약 25% 정도(김종엽 외 2004)임을 감안할 때 건설활동으로 인한 이산화탄소 발생의 저감방안은 매우 중요한 사안이며, 특히 건설활동 중 건설폐기물에 대한 재활용 문제는 골재 생산에 대한 경제적인 측면과 더불어 이산화탄소의 발생량을 현저히 줄일 수 있는 환경적인 측면에서도 중요하게 인식되고 있다.

따라서 본 연구에서는 건설폐기물 중에서 재활용율이 높은 폐콘크리트를 대상으로 현장재활용과 중간처리업체 위탁시에 발생하는 이산화탄소 발생량을 측정하고 석산골재 생산시 발생하는 환경비용과의 비교분석을 통해 폐콘크리트 현장재활용의 환경적 우수성을 검증하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

석산골재 생산과 폐콘크리트에 대한 현장재활용 및 중간처리업체 위탁시에 발생하는 이산화탄소 발생량을 측정하여 환경비용을 비교분석하기 위한 연구의 방법 및 범위는 다음과 같다.

- (1) 폐콘크리트 현장재활용의 공정을 분류한다.
- (2) 이산화탄소 발생량 분석은 P지구에서 현장재활용이 되는 폐콘크리트량으로 한정하고, 활용되는 골재는 도로 보조기층용으로 한다.
- (3) 현장재활용 각 공정에 투입되는 건설장비의

\* 일반회원, 대한주택공사 연구원, 공학석사, ksbsc@jugong.co.kr

\*\* 일반회원, 대한주택공사 연구원, 공학석사, paranglove@jugong.co.kr

\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 연구원, 공학석사, lovelyjang@nate.com

\*\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 수석연구원, 공학박사, bks@jugong.co.kr

\*\*\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 선임연구원, 공학박사(교신저자),

pobyasu@jugong.co.kr

본 연구는 건교부 CTRM "건설폐기물 재활용 기술개발"에 의한 연구의 일부임. 과제번호 05건설핵심D07

작업능력은 건설공사 표준품셈을 기준으로 하며, 중간처리 위탁시에는 현장재활용을 위한 공정 및 투입되는 건설장비의 작업능력과 비슷하여 사회적 비용은 같다고 가정한다.

- (4) 석산골재의 생산에 대한 이산화탄소 발생량은 산업연관표에 의한 기 연구결과를 기준으로 분석한다.
- (5) 석산골재 생산과 폐콘크리트 현장재활용 및 중간처리 위탁시의 환경비용을 비교 분석하여 현장재활용의 환경적 우수성을 검증한다.

## 2. 관련 연구동향 및 이론적 고찰

### 2.1 관련 연구동향

김종엽 외(2004)는 산업연관표에 의한 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량을 중심으로 건설자재의 환경부하 원단위를 산출에 관한 연구를 진행하였고, 이강희(2003)는 산업연관분석을 통해 신축공사와 리모델링 공사의 환경영향을 비교하였다. 이홍석(2001)은 건축물 폐기단계에서의 환경적 영향 평가를 위한 기초적인 분석방법을 제시하고 있으며, 유호천 외(2002)는 개별적산법 즉 실측을 통한 전과정 평가에 의해 사례조사를 분석하였으며, 그 결과 경유를 에너지원으로 사용하는 기기에 의해 90% 이상의 CO<sub>2</sub>가 발생한다는 결과를 발표하였다.

그러나 기존 연구에서는 산업연관분석시 건설폐기 과정은 고려하지 않았거나, 폐콘크리트 현장재활용시 공정별로 투입된 각각의 장비 능력을 적용하지 않고 현장재활용 전체의 대략적인 장비 능력만을 제시한 경우였다.

따라서 본 연구에서는 P사업지구에서 현장재활용되는 폐콘크리트를 기준으로 현장재활용의 공정별 분류를 통해 각 공정별로 발생하는 이산화탄소의 배출량을 산정하여 환경적 영향을 측정하고자 한다.

### 2.2 이론적 고찰

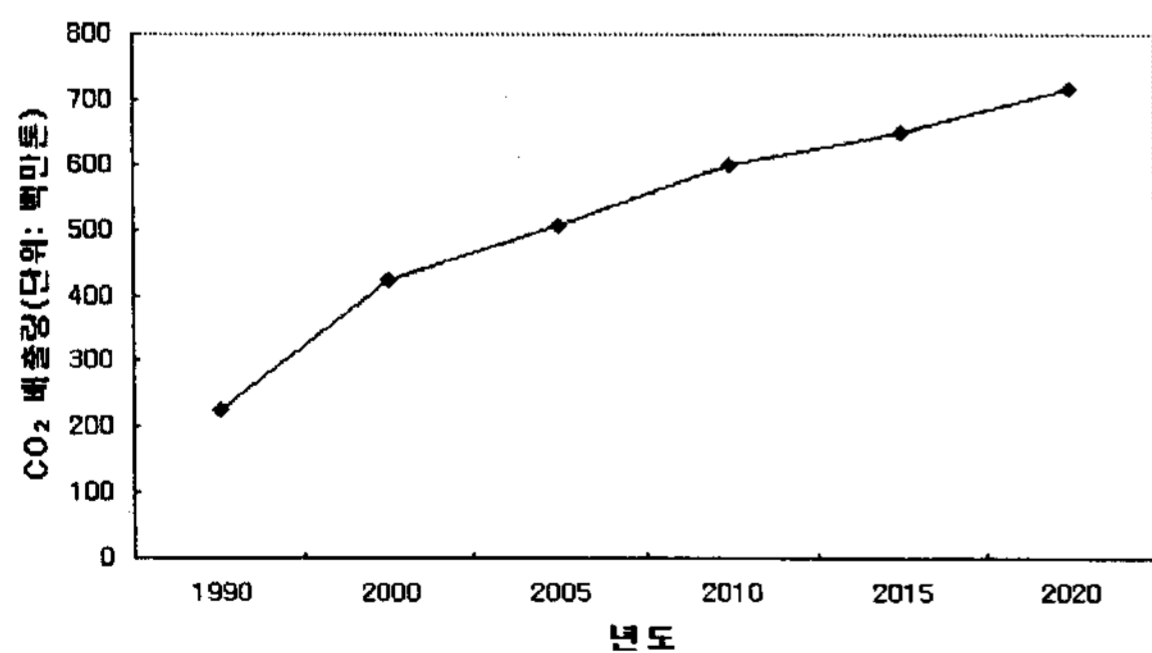


그림 1. 국내 CO<sub>2</sub> 배출량 연도별 전망 (환경부)

그림 1과 같이 현재의 추세라면 2020년에는 1990년 대비 CO<sub>2</sub> 배출량이 3배 이상 증가할 것으로 예상되며, 만약 이러한 성장세를 유지할 경우 최소 2조 9천억원의 막대한 비용이 요구될 것으로 판단된

다. 더욱이 2013년부터 온실가스 의무감축국으로 지정될 가능성이 높고, 그림 2와 같이 우리나라는 세계에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 9위이며 세계 총배출량의 약 1.9%로 큰 비중을 차지하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

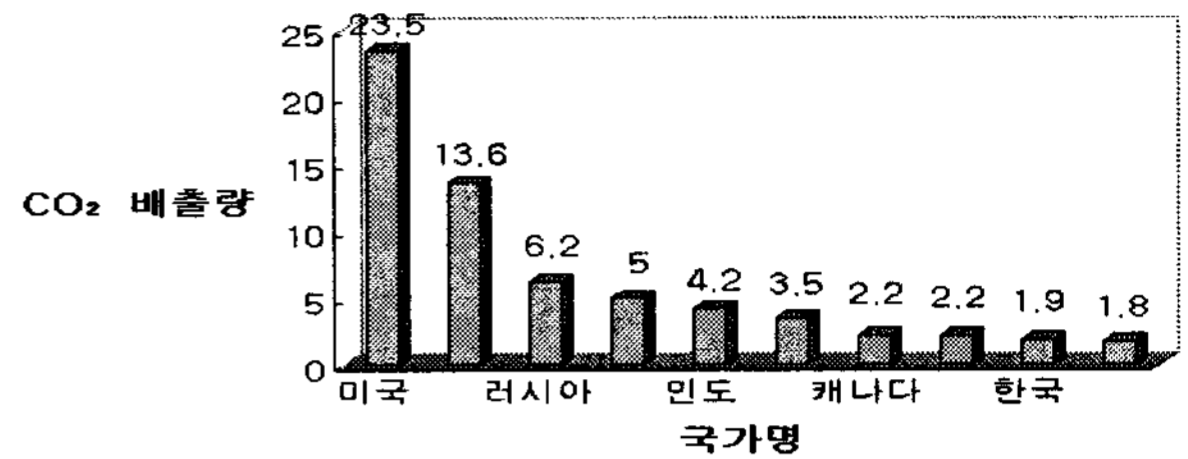


그림 2. 세계 각국의 CO<sub>2</sub> 배출비중(IEA,2004년 기준)

이산화탄소 발생량을 측정하기 위해서는 건설장비에 사용되는 에너지의 발열량 및 탄소배출계수를 파악해야 한다. 표 1은 폐콘크리트 현장재활용에 투입되는 건설장비의 에너지원인 경유의 발열량 및 탄소배출계수를 정리한 것이다.

표 1. 경유의 발열량 및 탄소배출계수

에너지 종류	단위 발열량	탄소배출계수
경유	9,200	0.837

경유 CO<sub>2</sub> 발생량을 기준으로 현장재활용 CO<sub>2</sub> 발생량을 산정하였으며, 환경비용은 에너지원별 지구온난화의 사회적 비용 공식을 적용하였다. 배출권 가격은 개도국 참여시 최대 금액인 \$23(\$1=927원 적용)를 기준으로 적용하면 경유 1ℓ 당 16.418원의 지구온난화 사회적 비용이 산정된다.

표 2. 경유의 발열량 및 탄소배출계수

에너지원별 지구온난화 사회적 비용 (원/(L,kg,Nm <sup>3</sup> ))	
기준	[에너지 단위당 발열량(kcal/L,kg,Nm <sup>3</sup> )] / 10 <sup>7</sup> Kcal X 탄소배출계수(탄소톤/TOE) X 배출권가격(원/탄소톤)
	9200 / 10 <sup>7</sup> * 0.837 * \$23 * 927 = 16.418

## 3. 이산화탄소 발생량 및 사회적 비용 비교 분석

### 3.1 P사업지구의 개요 및 현장재활용 공종 분류

표 3. P사업지구의 개요

구분	사업 면적(평)	총발생량 (m <sup>3</sup> )	지장물 면적 (평)	지장물 (동)	단위발생량 (m <sup>3</sup> /평)		동수 당
					사업 면적 당	지장물 면적 당	
1공구	516,296	365,389	47,657	1,817	0.71	7.67	201.1
2공구	391,928	329,010	35,786	1,629	0.84	9.19	202.0
3공구	512,995	435,549	53,442	1,141	0.85	8.15	381.7
총계	1,421,219	1,129,946	136,885	4,587	0.80	8.25	246.3

P사업지구는 K공사가 택지개발을 통해 신도시를 건설하는 대규모 건설현장이며, P사업지구의 개요는 표 3과 같다.

P사업지구 내에서의 현장재활용 공종별 분류는 표 4와 같이 정리하였으며, 크게 6개의 공종으로 분류할 수 있다.

표 4. 현장재활용 공종 분류

순번	현장재활용 공종 분류
①	현장파쇄시설 설치 및 해체
②	폐콘크리트 상차 및 운반
③	파쇄시설 투입 전 소할파쇄
④	폐콘크리트 투입
⑤	현장재활용 골재 생산 및 정리
⑥	현장재활용 골재 상차 및 운반

현장재활용 공종 중에서 '현장파쇄시설 설치 및 해체' 공종은 이산화탄소가 발생되지 않는 공종이므로 본 연구에서는 분석 대상에서 제외한다.

### 3.2 현장재활용, 중간처리 위탁시 및 석산골재 생산의 이산화탄소 발생량 추정 및 사회적 비용 산정

P사업지구의 현장재활용 폐콘크리트량은 139,878 m<sup>3</sup>이고, 사용된 현장파쇄시설은 200톤 이동식 크러셔이다. 현장재활용 공종별로 이산화탄소 발생량을 측정하고 사회적 비용을 산정하면 표 5와 같으며, P사업지구의 현장재활용을 위한 건설장비 투입에 따른 총 연료 소모량은 937천ℓ이며, 총 사회적 비용은 15,391천원이다.

표 5. 폐콘크리트 상차시 사회적 비용

현장재활용 공종	투입장비	총 연료 소모량 (천ℓ)	사회적 비용 (천원)
폐콘크리트 상차 및 운반	백호(1m <sup>3</sup> ), 15t 트럭	293	4,815
파쇄시설 투입 전 소할파쇄	백호(0.7m <sup>3</sup> )	22	362
폐콘크리트 투입	타이어로더(3.5m <sup>3</sup> )	76	1,249
현장재활용 골재 생산 및 정리	이동식 크러셔(200t), 타이어로더(3.5m <sup>3</sup> )	228	3,740
현장재활용 골재 상차 및 운반	타이어로더(3.5m <sup>3</sup> ), 15t 트럭	318	5,225
총계		937	15,391

중간처리업체로 위탁할 경우 폐콘크리트 재활용을 위한 공정 및 투입되는 건설장비의 작업능력과 비슷하여 이에 대한 사회적비용은 같다고 가정하였다. 그러나 현장재활용과 달리 폐기물 발생지에서 중간처리업체까지의 폐콘크리트의 트럭 운반이 필요하며 중간처리업체와의 거리에 따라 CO<sub>2</sub> 발생량의 차이를 표 6과 같이 보이게 된다. 운송거리는 '건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률'을 기초로 40km를 기준으로 분석하였으며, 15ton 트럭으로 1대당 13ton의 폐기물을 운반할 수 있는 작업능력을

기준으로 하였다.

표 6. 중간처리업체 위탁시 거리에 따른 사회적 비용

운송거리	필요 트럭수	연비 (ℓ/km)	경유 사용량 (천ℓ)	사회적 비용 (천원)
5	21,090	0.41	43	710
10	21,090	0.41	86	1,420
15	21,090	0.41	130	2,129
20	21,090	0.41	173	2,839
25	21,090	0.41	216	3,549
30	21,090	0.41	259	4,259
35	21,090	0.41	303	4,969
40	21,090	0.41	346	5,679

주) 중간처리 위탁시 폐콘크리트 재활용 생산에 대한 사회적 비용은 제외한 금액이다.

김종업 외(2004)는 산업연관분석에 의한 골재생산의 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위를 제시하였으며 이를 근거로 표 7과 같이 적용하여 석산골재 생산시 CO<sub>2</sub> 발생량 및 사회적 비용을 산정했으며, CO<sub>2</sub> 발생량 톤당 \$23의 배출권 가격을 적용하였다.

표 7. 석산골재 생산시 CO<sub>2</sub> 사회적 비용 (\$1=927원)

구분	CO <sub>2</sub> 배출 원단위 (kg/m <sup>3</sup> )	생산량 (m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> 발생량 (t)	배출권 톤당 \$23 (원/t)	사회적 비용 (천원)
골재생산	10.2041	139,878	1427.33	21,321	30,432

석산골재 생산의 공정 순서는 [기초작업-천공-발파-발파된 암의 정리-상차 및 운반-파쇄 및 생산-판매 현장으로 운송]이며, 현장재활용 및 중간처리 위탁시보다 사회적 비용이 큰 이유는 파쇄 및 생산의 이전 공정을 처리하기 위한 건설기계의 경유 사용이 높기 때문인 것으로 판단된다.

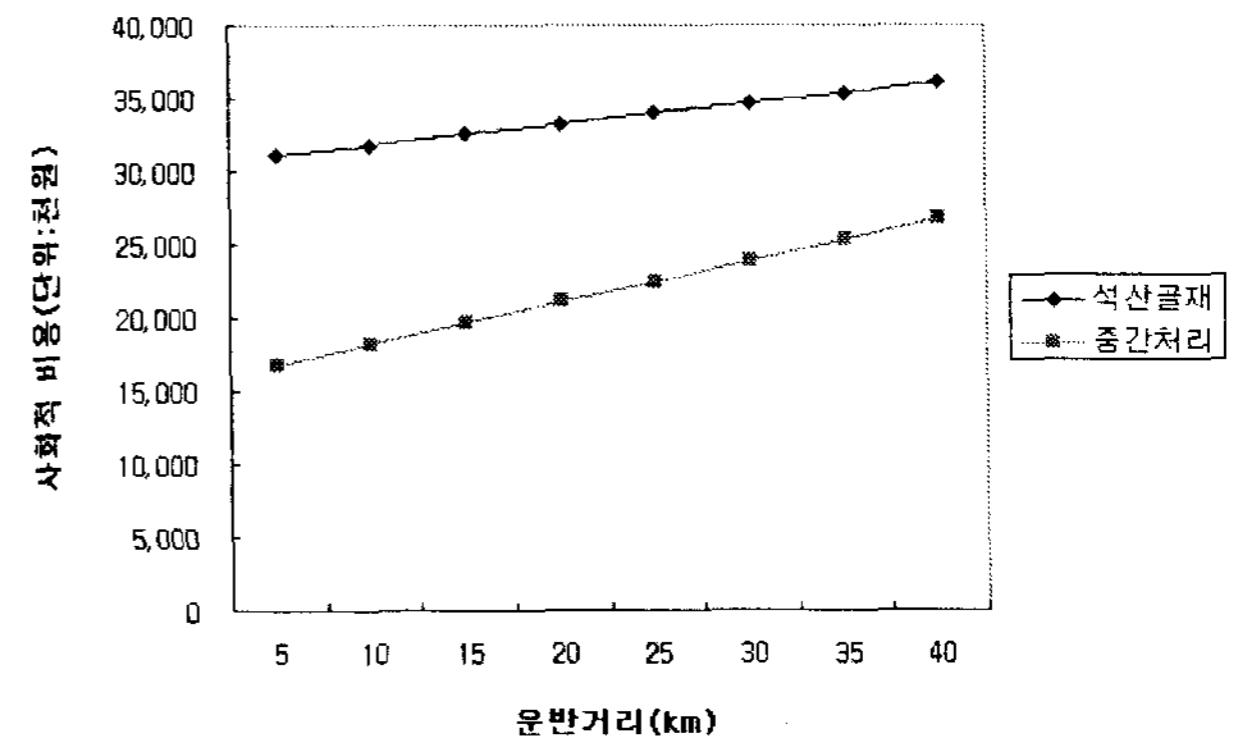


그림 3. 석산골재 생산 및 중간처리 위탁시 운송거리에 따른 사회적 비용 비교 (골재생산의 사회적 비용 포함)

그림 3은 석산골재 생산 및 중간처리 위탁시 운송거리에 따른 사회적 비용을 비교한 그래프이다. 석산개발 업체를 대상으로 골재 운송거리에 대한 설문조사를 실시한 결과 생산지에서 판매지까지의 거리는 보통 40km이내의 거리인 것으로 조사되었다. 중간처리시에는 폐콘크리트 발생지로부터 왕복 거리를 나타내었으며, 석산골재의 결재의 경우에는

석산개발지에서부터 골재사용 현장까지의 편도거리를 기준으로 분석한 것이다. 이를 토대로 표 8과 같이 CO<sub>2</sub> 배출량의 사회적 비용을 비교한 결과 현장 재활용시 지구온난화 방지를 위한 사회적비용 저감 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 8. 현장재활용, 위탁처리시 및 석산골재 생산 사회적 비용 비교

구분	현장재활용	중간처리업체 위탁		석산골재 생산	
		5km	40km	5km	40km
백분율	100	109.22	173.79	202.34	234.62

주) 위의 백분율은 현장재활용의 사회적 비용을 기준(100%)으로 하여 표시한 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 폐콘크리트 현장재활용에 대한 공종을 분류하고 각 공종에 대한 이산화탄소 배출에 의해 발생하는 사회적 비용을 P사업지구의 사례를 통해 산출하였다. 현장재활용은 폐콘크리트 배출장에서 재활용되어 바로 현장에 투입되기 때문에 석산골재 생산 및 중간처리업체 위탁시와 달리 골재 또는 폐콘크리트 운송에 따른 추가적인 이산화탄소 발생을 방지하고, 이에 따른 교통량 증가도 억제할 수 있어 경제적, 환경적으로 우수한 것으로 분석되었다. 다만 본 연구는 대규모의 택지개발지구만을 기준으로 폐콘크리트 처리시 이산화탄소 발생에 따른 사회적비용을 산출하였기 때문에 다양한 여건을 갖는 사업지구에 대해 적용하기에는 다소 한계가 있을 수 있다.

따라서 2013년부터 교토의정서에 의거하여 탄소 배출 의무 감축국으로 지정될 가능성이 높아 이산화탄소 발생의 저감효과가 큰 폐콘크리트 현장재활용의 중요성은 더욱 부각되며, 공사규모 및 공사여건에 따라 폭넓게 적용할 수 있는 현장재활용 계획 기법을 마련하고, 현장재활용이 활성화 될 수 있도록 제도화의 정착을 위해 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 정종석 외(2007), "폐콘크리트의 현장재활용을 위한 경제성 지표개발", 건설관리, 8권 2호, 한국건설관리학회
2. 김종엽 외(2004), "건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부하 원단위 산출 연구", 대한건축학회 논문집, 20권 7호, 대한건축학회
3. 이강희(2003), "공동주택의 신축공사와 리모델링 공사에 공종별 에너지 소비량 및 환경영향 비교 연구", 한국주거학회 논문집, v.14 n.5, 한국주거학회
4. 이홍석(2001), "건축물 폐기단계에서 에너지소비량과 이산화탄소 발생량에 관한 기초 연구", 중앙대학교 대학원, 석사학위 논문
5. 유호천 외(2002), "전과정 평가에 의한 공동주택의 에너지 소비량 평가연구", 대한건축학회 논문집, 18권 5, 대한건축학회
6. 이관호 외(2001), "환경비용을 고려한 건물에너지 절약 방안의 경제성 분석방법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, v.17 n.2, 대한건축학회
7. 권영철 외(2000), "환경비용을 고려한 폐콘크리트 재활용의 경제성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, v.16 n.12, 대한건축학회
8. 한국건설기술연구원(2006), "2006 건설공사 표준품셈", 건설교통부

#### Abstract

Recently, it has been important issue to recycle the rapid increase of construction waste. The site-recycling of construction waste has been one of alternatives to recycle construction waste. The economic superiority of site-recycling was shown in previous studies, but it is hardly studied in the quantification of social costs from site-recycling. This study identified the generation of the carbon dioxide from the site-recycling and quantified the social costs of it. Also, this study performed the comparison and analysis of the social costs of the carbon dioxide in accordance with the aggregate production from the site-recycling, processing on commission, and a stony mountain. The results of this study indicated that the site-recycling was the most effective in the social costs.

Key words: Construction Waste, Site-Recycling, Waste Concrete, Carbon Dioxide