

# 건설현장의 폐기물 관리 성과 평가 툴 개발 : 2단계 - 폐기물 관리 성과 요인의 정량화 및 평가 툴 구축

## Development of the Construction Waste Management Performance Evaluation Tool (WMPET): Quantification of Waste Management Performance Factors and Establishment of Waste Management Performance Evaluation Tool

김 지 혜\*      차 회 성\*\*      신 동 우\*\*\*  
Kim, Jee-Hye   Cha, Hee-Sung   Shin, Dong-Woo

### 요 약

1997년 교토의정서 체결과 같은 국제적 차원의 환경관련 규제와 관심이 고조됨에 따라, 많은 연구들이 효과적으로 친환경성을 평가할 수 있는 도구나 기술의 필요성을 강조해왔다. 본 연구는 건설 프로젝트의 친환경성을 평가하는 도구의 일환으로 건설현장의 폐기물 관리 성과 평가 툴을 구축하고자 한다. 이 평가 툴의 목적은 폐기물 저감 및 재활용 확대 측면에서 건설현장의 폐기물 관리 성과가 어느 정도 수준인지 정량적으로 평가하는 것이다. 본 연구에서는 평가 툴을 구축하기 위한 기반으로, 선행연구에서 파악된 폐기물 관리 성과 요인의 성과 수준을 정량적으로 산정하기 위해 전문가 면담 및 설문을 통해 각 요인별 관리 행위 수준과 이들의 중요도를 파악하였다. 또한, 선행연구에서 제시한 평가 툴 구축 개념을 기반으로 실질적으로 전산화된 평가 툴을 개발하여 개별 건설현장 차원에서의 평가가 용이하도록 했다. 특히, 평가의 결과로서 제시되는 최종지표(TI) 및 지표등급(IR)은 건설현장의 폐기물 관리 수준을 정량적으로 비교 평가할 수 있는 기준이 될 수 있다. 폐기물 관리 성과 평가 툴은 건설현장의 폐기물 관리효과를 증진시키기 원하는 시공사 측면뿐만 아니라, 발주자 측면에서도 일정정도의 폐기물 관리수준을 객관적으로 요구할 수 있으므로 그 활용범위가 넓을 것으로 판단된다. 실제 현장에서의 적용 가능성과 신뢰도를 검증하는 등의 세부적인 연구가 뒤따른다면 보다 효과적인 건설폐기물 관리방안이 될 수 있을 것이다.

키워드 : 친환경 건설, 건설폐기물, 폐기물 관리 성과, 평가 툴

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

지구온난화로 인하여 점차 심각해지는 기후적, 생태적 문제를 해결하기 위해 세계기후협약(UNFCCC) 등을 통해 국제적으로 환경관련 규제가 강화되고 있다. 1985년 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)에 의해 지구온난화의 주범으로 공

표된 CO2의 저감<sup>1)</sup>을 위해 국내에서도 정부주도 하에 다양한 정책과 조치가 수립되었고, 그 중 한 분야로서 폐기물 분야가 포함되었다<sup>2)</sup>. 건설폐기물은 전체 폐기물 발생량 중 가장 많은 비중(148.5천톤/일, 48.9%)을 차지하고 있어서<sup>3)</sup> 이의 저감 방안 및 환경에 미치는 평가 방안 마련이 시급한 실정이다. 이에 따라 몇몇 대형 건설업체들을 중심으로 건설폐기물을 저감하고 재활용을 확대하기 위해 폐기물 관리 지침을 마련하고 있다. 그러나 선행연구에 의하면 아직까지 건설폐기물로 인한 환경적 피해뿐만 아니라 경제적 피해 역시 큰 것으로 나타났고, 그 원인 중 하나

\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 박사과정, kjh1970@empal.com

\*\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 조교수, 공학박사(교신저자)  
hscha@ajou.ac.kr

\*\*\* 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사 dshin@ajou.ac.kr  
본 연구는 과학기술부 우수연구센터 운영사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음. 과제번호: R11-2005-056-03004-0

1) [http://w3.kunsan.ac.kr/~heading/hot\\_earth/hot\\_earth.htm](http://w3.kunsan.ac.kr/~heading/hot_earth/hot_earth.htm) 에서 인용

2) 기후변화협약대책위원회, 기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국 국가보고서, 2003

3) 환경부, 2004 전국폐기물 발생 및 처리현황, 2005

로서 건설현장에 수행하는 폐기물 관리 성과의 효과를 평가하여 반영할 수 있는 기반이 없음을 지적하였다<sup>4)</sup>.

따라서 선행연구를 통해 개별 건설현장의 폐기물 관리 성과 수준을 파악하기 위한 기준으로서 폐기물관리 성과 요인(Waste management performance factors)을 중점적으로 파악하였고, 이들 성과요인이 폐기물 저감과 재활용 확대에 미치는 정도로서 중요도(Weight) 및 우선순위를 조사하였다.(그림 1 참조) 폐기물 관리 성과에 대한 평가는 개별 건설현장 차원에서 이루어지므로 건설현장에서 폐기물 관리를 위해 수행되는 행위의 성과 정도에 의해 정량적으로 평가되어야 한다. 그러나 선행연구에서 규명된 폐기물관리 성과 요인들은 행위는 제시하고 있지만 행위의 성과 수준을 포함하고 있지 않다.

이에 따라 본 논문에서는 선행연구를 통해 파악된 폐기물관리 성과 요인을 건설현장에서 파악할 수 있는 행위와 성과 정도를 나타내는 항목으로 전환함으로써 폐기물 관리 성과의 정량적인 평가 방안을 모색하고자 한다. 또한, 전산화된 평가 툴을 개발하여 평가시스템의 활성화를 도모하고, 건설현장 내의 효과적인 폐기물 관리를 지원하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설폐기물 관리 성과 평가 툴 개발을 위한 전체 프로세스는 그림 1과 같이 모두 세단계로 구성된다. 1단계는 평가 툴의 개념

을 구축하고, 건설폐기물 관리 성과 요인과 이들의 중요도를 파악하는 내용으로서 선행 연구로 발표되었다<sup>5)</sup>.

본 연구는 평가 툴 개발을 위한 전체 프로세스 중 2단계 연구로서, 1단계에서 파악된 폐기물 관리 성과 요인을 정량적으로 평가하기 위한 세부 요인을 파악하는 내용과 궁극적으로 전산화된 평가 툴을 구축하는 내용으로 구성된다.

2단계 연구절차 및 방법을 자세히 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 건설폐기물 관리 성과 요인별로 건설현장에서 파악할 수 있는 행위와 성과 수준을 파악하기 위해 공동주택 건설현장의 폐기물 관리자를 대상으로 면담을 실시하였다. 다음으로, 성과 정도를 정량화하기 위해 역시 공동주택 건설현장의 폐기물 관리자를 대상으로 설문을 실시하여 성과 수준에 대한 중요도를 파악하였다. 마지막으로, 개별 건설현장의 폐기물 관리 성과 수준을 평가하여 정량적인 수준을 제시하는 폐기물 관리 성과 평가 툴을 MS Excel Visual Basic Application software program을 활용하여 개발하였다.

1.3 논문의 구성

본문의 주요 구성은 다음과 같다.

- (1) 선행연구 결과인 폐기물 관리 성과 요인 소개
- (2) 건설폐기물 관리 성과 요인의 정량화를 위한 관리 행위 수준 및 중요도 파악
- (3) 건설폐기물 관리 성과 평가 툴 구성요소 및 검증 방안

2. 주요 건설폐기물 관리 성과 요인 소개 (Waste Management Performance Factors)

‘건설폐기물 관리 성과 요인’이란 건설현장에서 폐기물을 저감하거나 재활용을 확대하는데 영향을 미치는 행위로 정의된다<sup>6)</sup>. 선행연구를 통해 59개의 건설폐기물 관리 성과 요인이 파악되었고, 수도권 내 고층(20층 이상 건물 포함) 공동주택 건설현장의 원도급업체 폐기물관리 담당자를 대상으로 설문조사를 실시하여 요인별 우선순위와 중요도를 분석하였다<sup>7)</sup>. 표 1은 총 59개의 건설폐기물 관리 성과 요인 중 폐기물을 저감 및 재활용 확대에 영향이 상대적으로 큰 23개의 성과 요인과 이들의 기술통계 수치(평균 및 중요도)를 보여준다. 기술통계 수치는 1차 및 2차 설문조사를 통해 157개 현장에 배포된 설문서 중 회수된 60부(42.3%)의 설문응답 내용을 분석한 결과이다.

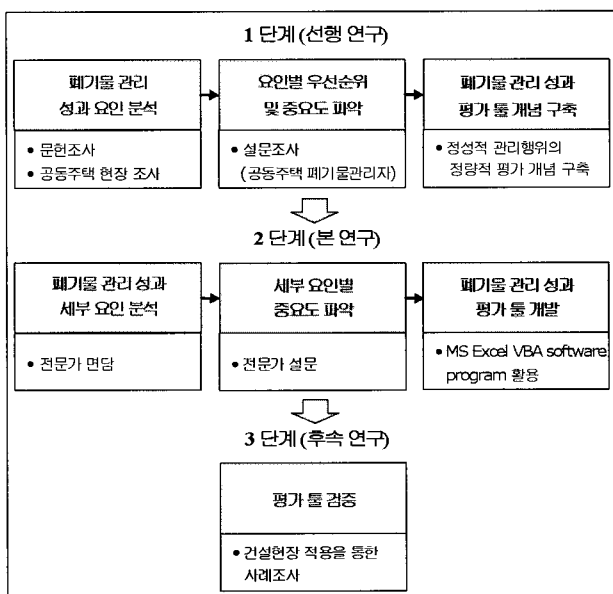


그림 1. 연구절차 및 방법

4) 김지혜 외, “건설현장의 폐기물 관리 행위 평가 툴 개발: 1단계 - 폐기물 관리 성과 요인 및 평가 툴 개념 구축”, 한국건설관리학회 논문집 7권 6호, 2006.

5) 상개서  
6) 상개서  
7) 상개서

표 1. 주요 건설폐기물 관리 성과 요인

범주 (Category)	건설폐기물 관리 성과 요인 (Waste Management Performance Factor)		요인별 평균 (Average of WMPF)	요인별 중요도 (Factor Weight)	범주별 중요도 (Category Weight)
인적 요인	1.1	현장 소장의 폐기물 관리 의지	8.193	0.184	0.356
	1.2	폐기물 분리 작업자 지정	7.684	0.173	
	1.3	하도급자의 폐기물 관리에 대한 협력 의지	7.456	0.167	
	1.4	폐기물관리 조직 구성	7.316	0.164	
	1.5	원도급자(관리자) 대상으로 폐기물 관련 교육 실시	7.053	0.158	
	1.6	하도급자(작업자) 대상으로 폐기물 관련 교육 실시	6.825	0.153	
	소계		44.526	1.000	
자재적 요인	2.1	포장재 및 운반재의 납품업자 회수	7.860	0.153	0.212
	2.2	재시공 최소화	7.842	0.152	
	2.3	자재규격에 맞게 설계 및 시공	7.737	0.150	
	2.4	부재 공장 가공 확대	7.250	0.141	
	2.5	재활용 자재 사용	7.123	0.139	
	2.6	쉽게 손상되는 자재 사용 지양	6.807	0.132	
	2.7	운반 및 보관으로 인한 자재 파손 최소화	6.807	0.132	
소계		51.425	1.000		
처리방법적 요인	3.1	분리수거함 설치	7.333	0.178	0.202
	3.2	혼합폐기물 선별작업 실시	6.877	0.167	
	3.3	폐기물 보관장소 조기 설치	6.800	0.165	
	3.4	임시 보관장소 마련 (공구별 또는 동별)	6.732	0.164	
	3.5	입·출입 용이하고 이동이 적은 장소에 폐기물 보관	6.702	0.163	
	3.6	폐기물 수거용기(마대 등)에 하도급업체별로 일련번호 매겨서 지급	6.684	0.163	
소계		41.129	1.000		
관리적 요인	4.1	발생원인자 처리원칙 (운반, 분리, 비용 처리)	7.618	0.262	0.230
	4.2	하도급업체 폐기물 처리사항 계약서 및 시방서에 명기	7.386	0.254	
	4.3	하도급업체 폐기물 감량 및 재활용 시 인센티브	7.175	0.247	
	4.4	폐기물 관리대장 기록 (폐기물종류, 발생량, 처리량, 처리방법 등)	6.842	0.236	
소계		29.022	1.000		
계 (범주별 중요도)					1.000

### 3. 건설폐기물 관리 성과 요인의 정량화

#### 3.1 정량화 필요성 및 개념

건설 프로젝트의 친환경성을 평가하기 위한 필요조건 중 하나는 정량적으로 측정할 수 있는 요인을 개발하는 것이다<sup>8)</sup>. 또한, 건설폐기물의 관리 수준을 평가하기 위한 요인은 건설현장에서 수행되는 폐기물 관리 특성을 적절히 반영하고 있어야 한다<sup>9)</sup>. 이러한 관점에서, 본 논문의 목적 중 하나인 건설현장 차원의 폐기물 관리 수준을 정량적으로 평가하기 위해 앞서 파악된 건설폐기물 관리 성과 요인들이 해당 현장에서 얼마나 효과적으로 수행되고 있는지 정량적으로 측정될 수 있어야 한다.

그러나 표 1에서 알 수 있듯이 선행연구에서 제시된 건설폐기물 관리 성과 요인들은 폐기물 관리를 위해 건설현장에서 수행하는 행위들에 대한 개념을 포함하고 있으나, 그 행위들이 어느 정도의 수준으로 행해지고 있는지의 여부인 성과 수준을 내포하고 있지 못하다. 예를 들어, 인적요인 중 1.4 폐기물 관리 조직 구성의 경우 관리 조직이 폐기물 관리 성과에 영향을 미치는 요인이라는 점을 알 수 있으나 건설현장에서 관리 조직과 관련된 행위를 어느 정도의 수준으로 행하고 있는지는 알 수 없다. 전문가 면담 결과 실제로 현장에서는 'i) 현장소장으로부터 현장기사에 이르는 업무분담 조직체계가 있는 경우', 'ii) 별도의 업무분담 조직체계가 없고 폐기물 관리를 담당하는 과장이나 기사만 있는 경우', 그리고 'iii) 폐기물 관리를 전담하는 별도의 조직체계가 없는 경우' 등 다양한 수준으로 수행되고 있었고, 이들 행위가 폐기물 관리 성과에 미치는 영향에도 차이가 있을 것으로 인식되었다.

따라서 본 논문에서는 건설폐기물 관리 성과 요인과 관련해서 실제로 건설현장에서 수행되는 행위의 수준을 파악하고, 성과 정도를 정량적으로 분석하기 위해 다음과 같은 개념을 정의하였다.

8) O.O. Ugwu, M.M. Kumaraswamy, and A. Wong, S.T. Ng, Sustainability Appraisal in Infrastructure Projects (SUSAIP): Part 1. Development of indicators and computational methods, Automation in Construction, 15, 2006.

9) Tam, V., Tam, C., Yiu, K., and Cheung, S. Critical factors for environmental performance assessment (EPA) in the Hong Kong construction industry. Construction management and Economics, 24, 2006.

- 관리 행위 수준: 건설폐기물 관리 성과 요인과 연계되어 현장에서 수행되는 폐기물 관리 행위의 수준
- 관리 행위 수준 중요도: 관리 행위 수준별로 건설폐기물 관리 성과에 미치는 영향의 크기

3.2 관리 행위 수준

건설폐기물 관리 성과 요인별 관리 행위 수준을 파악하기 위해 표2와 같이 전문가 면담을 실시하였다. 조사 결과, 관리 행위 수준을 물리적(Physical)으로 측정할 수 있는 요인과 인식적(Cognitional)으로 측정할 수 있는 요인으로 구분되었다. 물리적 요인이란 건설현장 내에서 수행되는 물리적인 행위에 근거하여 평가할 수 있는 것을 의미한다. 예를 들어, '1.2 폐기물 분리 작업자 지정'의 경우 'a. 폐기물 분리만 전담 하는 작업자가 있다',

표 2. 전문가 면담 및 설문 조사 개요

항 목	개 요
조 사 기 간	2006년 8월~9월
대 상 현 장	20층 이상 건물을 포함한 공동주택단지
조 사 위 치	수도권
면 담 자	시공사(원도급) 소속 폐기물 관리자 11인
건 설 현 장 경 력	10.7년
폐 기 물 관 리 경 력	2.8년

표 3. 요인별 관리 행위 수준: 인적 요인

요인	요인별 질문 항목	관리 행위 수준	배점	중요도
1.1	현장소장의 폐기물관리 의지 정도	a. 매우 높다	10	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
c. 보통이다	0.50			
d. 대체로 낮다	0.25			
e. 매우 낮다	0.00			
1.2	현장 내 폐기물 분리작업자 지정 유무	a. 폐기물 분리만 전담하는 작업자가 있다	10	1.00
		b. 전담하는 작업자가 없고, 현장 내 일반 작업자에게 주기적으로 폐기물 분리를 지시한다		0.64
		c. 폐기물을 분리하는 작업자가 별도로 없고, 하도급 업체의 작업자가 알아서 정리한다		0.39
		d. 폐기물 분리 작업자가 없다		0.00
1.3	폐기물 관리에 대한 하도급업체의 협력 정도	a. 매우 높다	5	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
		c. 보통이다		0.50
		d. 대체로 낮다		0.25
		e. 매우 낮다		0.00
	하도급업체의 협력으로 인한 폐기물 감소 정도	a. 76 - 100 %	5	1.00
		b. 51 - 75 %		0.75
		c. 26 - 50 %		0.50
		d. 1 - 25 %		0.25
		e. 0 %		0.00
1.4	현장 내 원도급업체 직원의 폐기물 관리책임 분담 조직체계 구성 여부	a. 현장소장으로부터 현장기시에 이르는 업무분담 조직체계가 있다	10	1.00
		b. 별도의 업무분담 조직체계가 없고, 폐기물 관리를 담당하는 과장이나 기사만 있다		0.51
		c. 폐기물 관리를 전담하는 별도의 조직체계가 없다		0.00
1.5	원도급업체 직원 대상 교육 실시 여부	a. 주기적(분기별 또는 반기별)으로 교육을 실시한다	5	1.00
		b. 현장개설 후 1회 교육을 실시한다		0.45
		c. 별도의 교육을 실시하지 않는다		0.00
	교육용 교재(Manual) 유무 여부	a. 본사에서 배포하는 교재가 있다	5	1.00
		b. 현장 자체에서 마련한 교재가 있다		0.61
		c. 별도의 교재가 없다		0.00
1.6	하도급업체 직원 대상 교육 실시 여부	a. 주기적(분기별 또는 반기별)으로 교육을 실시한다	5	1.00
		b. 현장개설 후 1회 교육을 실시한다		0.45
		c. 별도의 교육을 실시하지 않는다		0.00
	교육용 교재(Manual) 유무 여부	a. 본사에서 배포하는 교재가 있다	5	1.00
		b. 현장 자체에서 마련한 교재가 있다		0.61
		c. 별도의 교재가 없다		0.00

'b. 전담하는 작업자가 없고, 현장 내 일반 작업자에게 주기적으로 폐기물 관리를 지시한다', 'c. 폐기물을 분리하는 작업자가 별도로 없고, 하도급업체의 작업자가 알아서 정리한다', 'd. 폐기물 분리 작업자가 없다' 등과 같이 관리 행위 수준을 물리적으로 파악할 수 있다(표3 참조). 반면, 인식적 요인이란 폐기물 관리와 관련된 행위의 수준을 평가자의 인식적 판단에 근거하여 평가하는 것을 의미한다. 예를 들어, '1.1 현장소장의 폐기물 관리 의지'의 경우는 'a. 매우 높다', 'b. 대체로 높다', 'c. 보통이다', 'd. 대체로 낮다', 'e. 매우 낮다' 등과 같이 5점 척도 형태로 관리 행위 수준을 평가하는 것이 타당하다고 조사되었다.(표3~표6 참조)

3.3 관리 행위 수준 중요도

전문가 면담을 통해 건설폐기물 관리 성과 요인별로 현장에서 수행되는 관리 행위의 수준을 조사한 결과 표3부터 표6까지 다양한 수준이 있음을 알 수 있었다. 이들 관리 행위 수준이 달라짐에 따라 건설폐기물 관리 성과에 미치는 영향 역시 달라질 것이므로, 정량적 평가를 위해서는 관리 행위 수준의 영향 크기(중요도)를 정량적으로 파악할 필요성이 있다.

표 4. 요인별 관리 행위 수준: 자재적 요인

요인	요인별 질문 항목	관리 행위 수준	배점	중요도
2.1	현장반입 포장재 및 운반재의 납품업체 최수 정도	a. 76 - 100 %	10	1.00
		b. 51 - 75 %		0.75
		c. 26 - 50 %		0.50
		d. 1 - 25 %		0.25
		e. 0 %		0.00
2.2	재시공 최소화를 위한 설계관리 정도	a. 매우 높다	5	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
		c. 보통이다		0.50
		d. 대체로 낮다		0.25
		e. 매우 낮다		0.00
	재시공 최소화를 위한 품질관리 정도	a. 매우 높다	5	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
		c. 보통이다		0.50
		d. 대체로 낮다		0.25
		e. 매우 낮다		0.00
2.3	자재 표준 규격에 맞는 설계 및 시공 정도	a. 76 - 100 %	10	1.00
		b. 51 - 75 %		0.75
		c. 26 - 50 %		0.50
		d. 1 - 25 %		0.25
		e. 0 %		0.00
2.4	자재의 공장가공 활용 정도	a. 76 - 100 %	10	1.00
		b. 51 - 75 %		0.75
		c. 26 - 50 %		0.50
		d. 1 - 25 %		0.25
		e. 0 %		0.00
2.5	재활용 자재 사용 여부	a. 사용한다	10	1.00
		b. 사용하지 않는다		0.00
2.6	1회용 가설자재의 사용 저항 정도	a. 76 - 100 %	10	1.00
		b. 51 - 75 %		0.75
		c. 26 - 50 %		0.50
		d. 1 - 25 %		0.25
		e. 0 %		0.00
2.7	운반 과정에서 자재 손상 정도	a. 매우 높다	5	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
		c. 보통이다		0.50
		d. 대체로 낮다		0.25
		e. 매우 낮다		0.00
	보관 과정에서 자재 손상 정도	a. 매우 높다	5	1.00
		b. 대체로 높다		0.75
		c. 보통이다		0.50
		d. 대체로 낮다		0.25
		e. 매우 낮다		0.00

표 5. 요인별 행위 관리 수준: 처리방법적 요인

요인	요인별 질문 항목	관리 행위 수준	배점	중요도
3.1	폐기를 분리수거함 설치 여부	a. 폐기를 종류별로 설치하였다 b. 주요 폐기물만 구분하여 설치하고, 기타 폐기물은 하나의 수거함에 수집하도록 하였다 c. 모든 폐기물을 혼합하여 수집하도록 하였다	5	1.00 0.59 0.00
	분리수거함 수량	a. 5개 이상 b. 3-4개 c. 1-2개	5	1.00 0.64 0.38
3.2	혼합폐기를 선별 작업 여부	a. 선별작업을 통해 종류별로 구분하여 보관한다 b. 선별작업을 하지 않고 혼합하여 보관한다	10	1.00 0.00
3.3	폐기를 보관장소 설치 시기	a. 현장 개설과 동시에 설치한다 b. 터파기공사 후 설치한다 c. 골조공사 후 설치한다 d. 마감공사 후 설치한다	10	1.00 0.72 0.53 0.27
3.4	폐기를 수거함 설치장소 개수 (임시 보관 장소 포함)	a. 3군데 이상 b. 2군데 c. 1군데	10	1.00 0.64 0.38
3.5	폐기를 보관장소의 출입 용이 정도	a. 매우 용이하다 b. 대체로 용이하다 c. 보통이다 d. 대체로 용이하다 e. 매우 용이하다	5	1.00 0.75 0.50 0.25 0.00
	폐기를 보관장소의 이동가능성 정도	a. 매우 이동가능성이 높다 b. 대체로 이동가능성이 높다 c. 보통이다 d. 대체로 이동가능성이 낮다 e. 매우 이동가능성이 낮다	5	1.00 0.75 0.50 0.25 0.00
3.6	하도급업체별 별도 수거용기 지급여부	a. 하도급업체별로 별도의 수거용기를 지급하고 있다 b. 별도의 수거용기를 지급하지 않고 있다	10	1.00 0.00

표 6. 요인별 관리 행위 수준: 관리적 요인

요인	요인별 질문 항목	관리 행위 수준	배점	중요도
4.1	폐기를 처리비용 부담 여부	a. 하도급업체에게 모든 비용을 분담시킨다 b. 원도급업체와 하도급업체가 일정비율로 분담한다 c. 원도급업체가 모든 비용을 지불한다	10	0.52 0.85 0.45
4.2	하도급업체의 계약서나 시방서에 폐기를 처리사항 명시 여부	a. 계약서 또는 시방서에 명시하였다 b. 별도의 서식을 통해 명시하였다 c. 구두로 명시하였다 d. 별도로 알리지 않았다	10	1.00 0.68 0.34 0.00
4.3	하도급업체가 폐기를 감량 또는 재활용 자재 활용 시 인센티브 부여 여부	a. 인센티브를 실시하고 있다 b. 인센티브를 실시하고 있지 않다	10	1.00 0.00
4.4	폐기를 관리대장에 폐기물 발생 및 처리내역 기록 여부	a. 발생 및 처리 내역을 모두 기록하고 있다 b. 발생 내역만을 기록하고 있다 c. 처리 내역만을 기록하고 있다 d. 폐기를 관리대장을 기록하고 있지 않다	5	1.00 0.53 0.49 0.00
	폐기를 관리대장 기록 주기	a. 폐기를 발생 및 처리시마다 매번 기록한다 b. 주기를 정하여 일정기간마다 기록한다 c. 폐기물을 원장으로 반출할 경우에만 기록한다 d. 전혀 기록하지 않는다	5	1.00 0.68 0.45 0.00

따라서 관리 행위 수준별 중요도를 설정하기 위해 5점 척도 형태로 평가되는 관리 행위 수준의 경우 '1.0; 0.75; 0.50; 0.25; 0.0' 과 같이 등간 배분하여 중요도를 설정하였다. 나머지 관리 행위 수준의 중요도는 앞서 면담을 실시한 폐기물 관리자를 대상으로 설문을 실시하여 설정하였다. 설문내용은 폐기물 관리 성과에 가장 좋은 영향을 미치는 관리 행위 수준과 가장 나

쁜 영향을 미치는 관리 행위 수준에 각각 '1.0' 과 '0.0' 의 기준 점수(Anchoring)를 제시하고, 나머지에 대해 중요도를 기록하는 형식으로 구성되었다. 설문결과로서, 각 요인별 관리 행위 수준 중요도가 표3부터 표6까지 제시되었다.

## 4. 건설폐기물 관리 성과 평가 틀

### 4.1 평가 틀의 역할 및 구조

건설폐기물 관리 성과 평가 틀(Waste Management Performance Evaluation Tool: WMPET)은 폐기물 관리자가 해당 현장의 폐기물 관리 성과 수준을 정량적으로 평가할 수 있도록 지원하는 역할을 수행한다. 본 장에서는 이러한 평가 과정을 용이하게 지원하고 활성화시킬 수 있도록, Microsoft Excel Visual Basic Application software를 활용하여 전산화된 평가 틀을 개발하였다. 건설폐기물 관리 성과 평가 틀은 그림2와 같이 입력과정, 계산과정, 출력과정의 3단계로 구성된다.

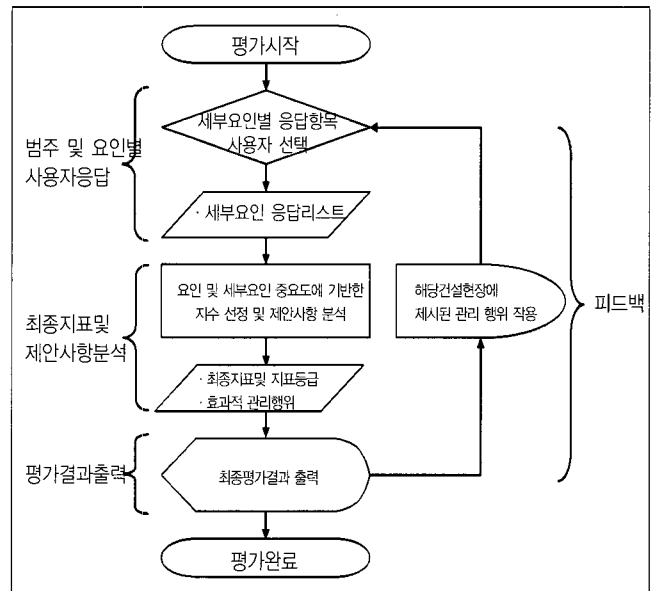


그림 2. 평가 틀 작업흐름도(Work flow of WMPET)

1단계인 입력과정은 평가자가 해당 건설현장의 폐기물 관리행위에 기반하여 범주 및 요인별로 응답하는 과정으로서, 표3부터 표6까지 제시된 관리 행위 수준을 선택 입력하는 작업이 이루어진다. 2단계인 계산과정에서는 선택된 관리 행위 수준의 중요도 및 배점, 그리고 건설폐기물 관리 성과 요인의 중요도를 기반으로 해당 건설현장의 최종 폐기물 관리 수준이 계산된다. 마지막 3단계인 출력과정에서는 계산된 폐기물 관리 수준을 분석하여 '최종지표(Total Index: TI)', '지표등급(Index Rating: IR)',

‘범주별 관리 수준’, ‘해당 현장의 효과적 관리 행위’ 등의 항목으로 제시함으로써 평가자의 이해를 돕는다.

4.2 평가 결과 구성요소

평가 결과로서 제시되는 ‘최종지표(TI)’, ‘지표등급(IR)’, ‘범주별 관리 수준’, ‘해당 현장의 효과적 관리 행위’는 다음과 같은 과정에 의해 산정되었다.

(1) 최종지표(TI)

최종지표(TI)는 ‘해당 건설현장에서 수행되는 폐기물 관리행위가 폐기물 저감 및 재활용 확대에 미치는 효과의 수준’으로서, 다음과 같은 산식에 의해 계산되고 최소 0점부터 최대 1000점까지의 점수분포로 나타난다.

TI = ΣCI<sub>i</sub> ..... (1)

CI<sub>i</sub> = Σ(FS<sub>j</sub>×FW<sub>j</sub>)×CW<sub>i</sub> ..... (2)

FS<sub>j</sub> = Σ(MS<sub>k</sub>×MW<sub>k</sub>) ..... (3)

TI : 최종지표

CI<sub>i</sub> : 범주별 지표, i=1,2,3,4

CW<sub>i</sub> : 범주별 중요도, i=1,2,3,4

FS<sub>j</sub> : 요인별 점수, j=1,2,3,...,23

FW<sub>j</sub> : 요인별 중요도, j=1,2,3,...,23

MS<sub>k</sub> : 관리행위수준 배점, k=1,2,3,...,31

MW<sub>k</sub> : 관리행위수준 중요도, k=1,2,3,...,31

(2) 지표 등급(IR)

지표 등급(IR)은 최종지표(TI)를 일정한 점수대별로 나누어 등급을 제시하는 것으로서, 점수로 제시되는 최종지표(TI)와 실제 폐기물 관리 성과 수준과의 상관관계를 보여준다. 이 상관관계를 보다 정확히 검증하기 위해서는 유사한 공사특성과 규모를 가지는 건설현장 중 폐기물 발생량의 차이가 많이 나는 대조적인 현장을 대상으로 평가 틀을 활용하여 평가한 후, 결과로 제시되는 최종지표(TI)가 실제 발생한 폐기물 발생량과 상관관계를 가지는지 조사해야 할 것이다. 그러나 유사한 공사특성과 규모를 가지면서 폐기물 관련 자료를 정확히 기록하는 현장을 찾기 어렵다는 조사상의 한계가 있다. 따라서 대안적인 검증방법으로서 선행연구에서 실제 고층 공동주택단지 건설현장을 대상으로 파일럿조사(Pilot study): 평가 틀을 이용한 평가 및 폐기물 관리

자 면담)를 실시한 결과, 최종지표가 801-1000점인 경우 ‘매우 우수(Excellent)’, 601-800점인 경우 ‘우수(Good)’, 401-600점인 경우 ‘미흡(Poor)’, 400점 이하인 경우 ‘불량(Bad)’으로 등급을 구분하는 것이 최종지표(TI)와 폐기물 관리 성과 수준과의 상관관계를 보여주는 데 타당할 것으로 나타났다.

(3) 범주별 관리 수준

범주별 관리 수준은 네 가지 평가 범주인 ‘인적 요인 범주’, ‘자재적 요인 범주’, ‘처리방법적 요인 범주’, ‘관리적 요인 범주’ 별로 폐기물 관리 성과 수준을 그래프로 제시하는 것으로서, 범주별 비교를 통해 해당 건설현장의 폐기물 관리가 어느 분야에서 강점 또는 약점을 가지는지 진단하게 한다.

(4) 효과적 관리 행위

효과적 관리 행위란 ‘현재의 성과 수준이 낮지만, 적정히 수행될 경우 폐기물 관리 효과가 향상될 수 있는 관리 행위’로서, 해당 건설현장 평가 결과 점수가 가장 낮은 요인들 중 폐기물 관리 수준에 미치는 영향이 큰 관리 행위 순으로 제시된다. 제시된 관리 행위의 적용을 통해 해당 건설현장의 폐기물 관리 성과의 효과를 향상시키는 역할을 한다.

4.3 평가 틀 소개

위와 같은 역할과 구조를 가지도록 전산화된 건설폐기물 관리 성과 평가 틀을 다음 그림과 같이 개발하였다. 먼저, 평가 틀의 역할을 소개하고, 평가 대상이 되는 프로젝트 정보를 입력하는 창을 가진다.(그림3 참조) 다음으로, 네 가지 범주별로 해당 건



그림 3. 평가 틀 (WMPET) 소개 스크린 예시

관리적 요인 범주 (Management Category)

• 해당 건설현장의 폐기물 관리 현황에 맞는 항목을 선택하여 주십시오. 모두 5점항입니다.

Q	Questions	Response Option
1	현장에서 발생한 폐기물 처리비용을 어떻게 부담하십니까?	A. 하도급업체에게 발생한 모든 비용을 부담시킵니다. ○
		B. 시공사/실도급업체/하도급업체가 일정비율로 부담한다. ◎
		C. 시공사/실도급업체가 모든 비용을 지불한다. ○
2	발생되는 폐기물 처리비용(또는 분담 비용)을 하도급업체와의 계약서 및 서명서에 명시하십니까?	A. 계약서 또는 서명서에 명시하였다. ○
		B. 별도의 지식을 통해 명시하였다. ○
		C. 구체적 명시하였다. ◎
3	하도급업체가 폐기물을 감량하거나 재활용 자원을 활용한 경우 인센티브를 제시하고 있습니까?	A. 인센티브를 제시하고 있다. ○
		B. 인센티브를 제시하고 있지 않다. ◎
		C. 인센티브를 제시하고 있다. ○
4	폐기물 저장 및 처리내역 등 폐기물 전의(내역)에 기록하고 있습니까?	A. 발생 및 처리 내역을 모두 기록하고 있다. ○
		B. 발생 내역만을 기록하고 있다. ○
		C. 처리 내역만을 기록하고 있다. ◎
		D. 폐기물 전의(내역)를 기록하고 있지 않다. ○
		E. 폐기물 발생 및 처리내역을 모두 기록한다. ○
5	폐기물 관리내역을 월이나 자주 기록하고 있습니까?	A. 주간을 위하여 일주일간마다 정기적으로 기록한다. ○
		B. 월간을 위하여 월별로 정기적으로 기록한다. ◎
		C. 전혀 기록하지 않는다. ○

그림 4. 범주 및 요인별 사용자 응답 스크린 예시

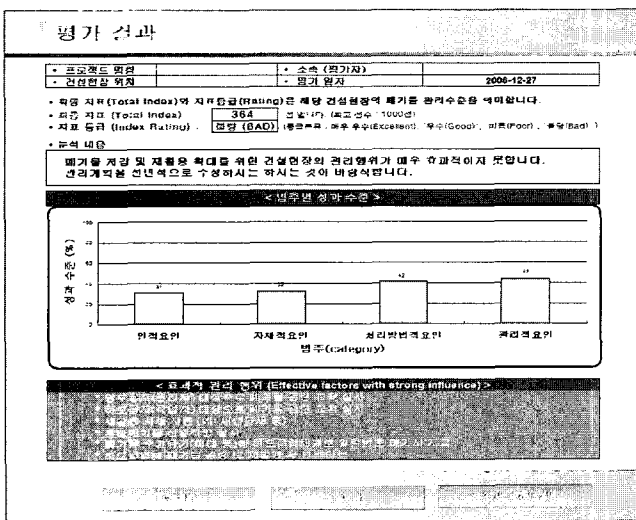


그림 5. 평가 결과 스크린 예시

설현장의 폐기물 관리 행위 수준을 선택하는 창이 이어진다.(그림4 참조) 마지막으로 평가 틀 내부 프로세스에 의해 분석된 최종 평가 결과가 제시되는 창으로 구성된다.(그림5 참조)

4.4 평가 틀 검증 방안

본 연구에서 제시한 건설폐기물 관리 성과 평가 틀(WMPET)은 설문조사 및 전문가면담을 통해 분석된 통계적 결과를 기반으로 개발되었다. 그러나 평가 틀의 실질적인 활용을 위해서는 평가 틀의 적용가능성(applicability)과 신뢰도(reliability)를 검증한 후, 그 결과를 평가 틀에 반영해야 할 것이다. 적용가능성이란 실제 프로젝트에서 본 평가 틀을 활용 가능한지를 판단하는 것을 의미하고, 신뢰도란 평가 틀을 이용하여 나온 평가결과가 실제 건설현장의 폐기물 관리 현황과 수준을 적절하게 표현하고 있는지를 의미한다.

먼저, 적용가능성은 폐기물 관리자가 당해 건설현장의 폐기물 관리 수준에 대해 인식적으로 판단하는 수준과 평가 틀 결과로 제시된 수준(지표등급)을 비교함으로써 검증이 가능할 수 있다. 예 비적으로 적용가능성을 파악하기 위해 네 개 고층 아파트단지 건설현장을 대상으로 파일럿조사(pilot test)를 실시하였다. 그 결과 두 개 현장에서는 폐기물 관리자의 인식적 수준과 평가 틀에서 제시한 수준이 동일하게 나타났고, 나머지 두 개 현장에서는 폐기물 관리자의 인식적 수준이 평가 틀에서 제시한 수준보다 한 단계 위의 등급으로 나타났다. 폐기물 관리자와의 면담을 통해 폐기물 관리자의 판단 기준이 폐기물 저장이나 재활용 확대 측면보다는 아직까지 폐기물의 적법한 처리에 치우쳐 있음으로 인해 이러한 결과가 나타난 것으로 조사되었다. 따라서 평가 틀에서 제시된 폐기물 관리 수준이 폐기물 관리자의 인식적 수준과 전반적으로 일치하므로 현장에서의 적용가능성이 있다고 판단된다.

표 7. 적용가능성 검증을 위한 파일럿조사 결과

프로젝트	위치	연면적	폐기물 관리자 인식 수준	평가를 결과 (지표등급 IR)	차이
A	서울시	154 천㎡	우수(Good)	우수(Good)	동일
B	경기도	72 천㎡	우수(Good)	미흡(Poor)	한 등급
C	경기도	326 천㎡	미흡(Poor)	미흡(Poor)	동일
D	경기도	266 천㎡	미흡(Poor)	불량(Bad)	한 등급

신뢰도에 대한 검증은 건설현장에서 발생하는 폐기물량 및 재활용 비율과 평가 틀 결과로서 제시되는 최종지표(TI)를 비교하고, 이들 사이의 연관관계를 분석함으로써 가능하다. 즉, 당해 건설현장의 폐기물량의 비율이 감소하고 재활용 비율이 증가할수록 최종지표(TI)가 증가하는지의 여부를 분석하여 그림 6과 유사한 패턴을 보이는지 파악하는 방안이다. 이 방안은 당해 건설현장의 착공시점부터 준공시점까지 폐기물량 및 재활용량에 대한 정확한 기록이 요구되므로 검증에 장기간이 소요된다. 따라서 신뢰도에 대한 검증은 장기간의 조사일정에 걸쳐 보다 구체적인 검증 체계를 기반으로 접근해야 할 것으로 보인다.

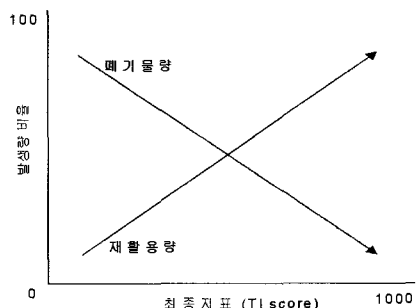


그림 6. 평가 틀의 신뢰도 검증 개념

## 6. 결론

본 연구는 궁극적으로 건설폐기물 관리 성과 평가 틀을 개발 하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 선행연구에서는 건설폐기물 관리 성과 요인(Waste management performance factors) 파악과 평가 틀 구축 개념이 중점적으로 연구되었다. 폐기물 관리 성과를 정량적으로 평가하기 위해서는 건설현장 차원에서 폐기물 관리를 위해 수행되는 행위의 성과 정도가 정량적으로 파악 되어야 한다. 그러나 선행연구에서 규명된 건설폐기물 관리 성과 요인은 이러한 성과 정도를 내포하고 있지 못하다. 따라서 본 논문에서는 건설폐기물 관리 성과 요인을 정량적으로 평가하기 위해, 전문가 면담 및 설문조사를 통해 건설현장에서 측정 가능한 폐기물 관리 행위 수준과 이들의 중요도를 파악하였다. 또한, 선행연구에서 제시한 평가 틀 구축 개념을 기반으로 실질적으로 전산화된 평가 틀을 개발하여 개별 건설현장 차원에서의 평가가 용이하도록 했다. 특히, 평가의 결과로서 제시되는 최종지표(TI) 및 지표등급(IR)은 건설현장의 폐기물 관리 수준을 정량적으로 비교 평가할 수 있는 기준이 될 수 있다.

본 연구를 통해 개발된 평가 틀은 건설폐기물 관리의 성과를 정량적으로 평가하기 위한 초기적인 도구이고, 선행연구에서 언급한 바와 같이 고층 공동주택 건설현장으로 연구범위가 한정되어 있기 때문에 많은 한계를 가지고 있다. 또한, 본 연구에서 제시한 폐기물 관리 성과 요인이 현재의 폐기물 관리 측면에서 나름의 의미를 가지고 있다고 할 수 있지만, 건설 환경과 제도가 변화함에 따라 건설폐기물 관리 성과 요인에도 변화가 있을 것이다. 반면, 본 연구에서 제시한 평가 틀 구축 방법론은 어느 정도 객관적으로 검증된 내용이므로, 이를 활용한다면 적용범위 및 환경적 변화를 적절히 반영할 수 있을 것으로 본다.

나아가 추후 연구를 통해 평가 틀의 적용가능성과 신뢰도가 검증되고, 그 결과가 틀에 반영된다면 건설현장의 친환경성을 측정하는 도구로서 활용이 가능할 것이다. 이러한 측면에서 건설폐기물 관리 성과 평가 틀의 활용범위를 살펴보면, 먼저 시공사 측면에서는 해당 건설현장의 친환경성을 자체적으로 평가할

수 있을 뿐만 아니라 평가 결과 중 하나인 '효과적 관리 행위'를 활용하여 폐기물 관리 수준을 향상시킴으로서 보다 친환경적인 건설시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 발주자 측면에서는 해당 건설현장의 친환경성을 평가하는데 평가 결과 중 최종지표(TI)와 지표등급(IR)을 활용할 수 있고, 또한 시공업체에게 일정 수준의 폐기물 관리수준을 객관적으로 요구할 수 있는 기준으로 활용될 수 있다.

이러한 과정을 통해 개발된 건설폐기물 관리 성과 평가 틀이 건설현장에서 실질적으로 활용되고, 일정 수준의 폐기물 관리 수준이 요구된다면 건설현장에서의 폐기물 관리에 대한 인식과 노력이 확대될 것이고, 이를 통해 친환경적인 건설 환경과 생산 시스템 구축에 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 기후변화협약대책위원회, 기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국의 국가보고서, 2003.
2. 김지혜, 차희성, 신동우, 건설현장의 폐기물 관리 행위 평가 틀 개발: 1단계 - 폐기물 관리 성과 요인 및 평가 틀 개념 구축, 한국건설관리학회 논문집 7권 6호, 2006.
3. 환경부, 2004 전국폐기물 발생 및 처리현황, 2005.
4. O.O. Ugwu, M.M. Kumaraswamy, and A. Wong, S.T. Ng, Sustainability Appraisal in Infrastructure Projects (SUSAIP): Part 1. Development of indicators and computational methods, Automation in Construction, 15, 2006.
5. Tam, V., Tam, C., Yiu, K., and Cheung, S. Critical factors for environmental performance assessment (EPA) in the Hong Kong construction industry. Construction management and Economics, 24, 2006.

논문제출일: 2007.01.04

심사완료일: 2007.05.26



---

### Abstract

As the international-level concern has been focused on the environmental sustainability in recent years, many researches emphasized the needs for methods and techniques that would facilitate sustainability assessment at the various project level interfaces. As part of methods and techniques to facilitate sustainability assessment, this paper provides 'Computerized Waste Management Performance Evaluation Tool' for the purpose of assessing the level of management system in dealing with the on-site construction wastes. This tool applies twenty-three waste management performance factors for the purpose of evaluating the level of waste management performance by scoring those factors which were identified in the previous research. These twenty-three factors are classified into four categories: manpower, material, method, and management based on their characteristics. In order to quantitatively evaluate the effectiveness of waste management performance, the levels of actions executed in a site by each waste management performance factor were identified and their weight were analyzed throughout the expert interview and survey. Furthermore, an excel-based computerized tool was developed in order to facilitate the evaluation process. If this tool can be developed in more detail and be used as the method to control waste management at a project level for the future, it is expected that this tool can play an important role in the body of knowledge of environmental management in construction industry.

**Keywords** : sustainability, construction wastes, waste management performance, evaluation tool

---