

건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발
및 표준품셈 개정 연구
최종보고서

2014.11.18

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 삼성물산(주)
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
위탁연구기관 / 한양대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

이 보고서를 "건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 및 표준품셈 개정 연구"과제의
보고서로 제출합니다.

2014. 11. 18.

주관연구기관명 : 삼성물산(주)

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 심 중 우

공동연구책임자 : 송 태 협

연구원 : 신 진 학

연구원 : 이 세 현

" : 정 미 홍

" : 김 병 일

" : 조 우 진

" : 박 지 선

" : 황 순 용

" : 윤 상 혁

" : 권 대 순

" : 전 찬 수

" : 송 무 기

" : 백 대 현

" : 최 고 봉

" : 최 원 영

" : 김 길 홍

위탁연구기관명 : 한양대학교

" : 한 승 환

위탁연구책임자 : 태 성 호

" : 이 승 환

연구원 : 김 태 형

" : 박 연 주

" : 노 승 준

" : 정 미 린

" : 금 원 석

" : 박 정 훈

" : 방 준 식

" : 공 유 리

보고서 요약서

과제고유번호	12기술혁신E4	해당단계 연구기간	2012.11.19. ~2014.11.18	단계구분	(2단계)/ (총 2단계)
연구사업명	국토교통기술촉진연구사업				
연구과제명	최상위 과제명	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 및 표준품셈 개정 연구			
	단위 과제명	건설폐기물 발생원단위 산정 및 표준품셈 개정 연구			
		해외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 및 활용현황 조사			
연구책임자	심 중 우	총연구기간 참여 연구원수	총: 26명 내부: 11명 외부: 15명	총 연구비	정부 : 380,000천원 기업 : 380,000천원 계 : 760,000천원
연구기관명 및 소속부서명	삼성물산(주) Q-HSE경영실		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : 상대국연구기관명 :				
요약				보고서면수	
◦주택, 건축, 토목, 플랜트분야 용도, 구조별 건설폐기물 발생원단위 산출 ◦건설폐기물 발생원단위 환경부 예규 반영을 위한 제안 ◦국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 조사 ◦주택, 건축, 토목, 플랜트분야 용도별, 구조별, 공정별 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발					
색인어 (각 5개 이상)	한글	건설폐기물, 예측, 발생, 원단위, 표준품셈			
	영어	construction waste, forecasting, generation basic unit, standard estimating			

요 약 문

I. 연구개발과제 개요

- 현재 건설공사 표준품셈에 수록된 “건설폐기물 발생원단위”는 복잡 및 다양한 최근 건설현장 상황을 반영 못함
 - 강화된 건설현장 환경관리 규정으로 인해 발생하는 건설폐기물 발생량을 반영 못함
 - 비현실적인 발생원단위로 인해 시공사와 발주처와의 마찰 대두
 - 건설폐기물 발생에 대한 저감 및 재활용 활동을 위한 구체적이고 정량적인 목표 산정을 위한 tool이 없음
 - 건설폐기물 발생량 및 처리비용 산정에 활용되는 건설폐기물 발생원단위를 실질적인 원단위로 개정 필요
 - 정부 정책에 부응하는 건설폐기물 저감 및 재활용 증가 활동을 위한 건설폐기물 발생량 예측 및 관리 tool 개발 필요
- ∴ 최종적으로 실질적인 발생원단위 개정과 이를 기반으로하는 건설폐기물 발생량 예측 및 관리프로그램을 이용하여 건설폐기물 처리 예산 적정 확보, 건설폐기물 발생량 저감 및 재활용 목표를 정량적으로 설정할 수 있는 tool 제공

II. 연구개발 수행내용 및 결과

연 차	연구수행내용	연구수행결과
1차년도	■ 발생 원단위 산정관련 자료수집 및 분석	- 신축 및 해체 구조물 발생원단위 산정 사례 조사 실시(국내 연구사례 중심 : 1990년~2009년). - 해체구조물을 중심으로 연구가 집중되어있음. - 건축물을 용도별, 구조별로 구분한 후 건설폐기물 발생량과 재활용률이 높은 폐기물 종류로 재분류 후 자료분석 실시
	■ 건설폐기물 발생량 조사	- 신축 : 용도별(주거/비주거용)분류, 구조별(단독

	(건축, 주택)	주택, 공동주택, RC, SRC, S조) 분류, 폐기물 6종류(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐합성수지류, 폐보드류, 기타폐기물)에 대한 조사 실시 － 해체 : 용도별(주거/비주거용)분류, 구조별(단독주택, 공동주택, RC, SRC, S조) 분류, 폐기물 5종류(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐합성수지류, 기타폐기물)에 대한 발생량 조사 실시
	■ 용도별 건설폐기물 발생 원단위 산정 (건축, 주택) 및 검증	－ 신축 및 해체구조물에 대하여 재활용률이 높은 폐기물 성상에 대한 용도별, 구조별 발생 원단위 산정 － 신축 및 해체구조물에 대한 현장자료 수집 및 실측조사를 통한 발생 원단위와의 비교 및 검증 실시
	■ 표준품셈 등 개정안 마련 및 제안	－ 국토교통부 및 환경부 담당부서와 협의를 통해 환경부 예규에 참고자료로 개정 수록 제안
	■ 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 관련 자료수집, 분석을 통한 국내 예측 프로그램 개발방향 제안	－ 국내외 건설폐기물 발생량 예측프로그램 7종의 특징을 분석한 결과 복합원단위 적용방식, 폐기물 배출 원단위 적용 방식의 2분류로 구분됨. － 범용평가방식(폐기물 배출 원단위 방식)과 상세평가방식(자재물량 및 손실률)으로 구성된 평가방식을 통하여 한 국내 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 방향을 제안함. － 국외 건설폐기물 발생 원단위 조사 분석을 실시하고 국외의 건설폐기물 발생원단위 DB구축하여 예측 프로그램에 적용될 폐기물 원단위의 발생량을 검토하는 일차적인 기준으로 사용이 가능하도록 함.
	■ 건설폐기물 발생량 예측	－ 건폐법에서 건설폐기물의 종류 18종으로 분류

	프로그램 요구사항 검토(건축, 주택)	하고 있으나 현장에서 실제 발생하는 건설폐기물은 9종(폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 폐목재, 폐금속, 폐합성수지, 건설오니, 폐보드류, 건설폐토석, 혼합건설폐기물)으로 발생. - 구성항목 : 발생원단위, 폐기물단가정보, 공사기본정보, 특수조건, 용적환산계수, 폐기물 종류별 발생패턴, 공정율 산출표, 대관서류양식
	■ 용도별 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 구성 (건축, 주택)	- 신축 및 해체공사시 발생하는 건설폐기물(폐콘크리트, 폐아스팔트, 폐목재, 폐합성수지, 혼합건설폐기물 등)에 대한 발생량을 예측 - 신축공사시 공정율에 따른 건설폐기물 발생량을 예측 - 건설폐기물 종류별 처리비용을 예측 - 건설공사의 특이성에 의해 변화되는 건설폐기물 발생량을 예측 - 신축공사시 예측량과 실제발생량을 비교 모니터링 - 신축공사시 공사범위 변동에 따른 예측 발생량 자동 변경 - 건설폐기물 관련 대관서류(건설폐기물 처리계획서, 건설폐기물 관리대장, 건설폐기물 처리실적보고서)에 계산된 건설폐기물 데이터를 삽입하여 출력
	■ 산업재산권 추진	- 신축/해체공사시 발생하는 건설폐기물 발생량 예측 방법 및 장치” 특허 등록 - 신축/해체공사 건설폐기물 발생량 예측 프로그램” 저작권 등록
2차년도	■ 건설폐기물 발생량 조사 (건축, 주택)	- 정부의 건설폐기물 관리 및 처리 정책 방향에 따라 혼합건설폐기물 발생량을 최대한 저감하

		고 대신 이를 분리 선별할 경우 증가할 수 있는 폐콘크리트, 폐목재, 폐합성수지의 양을 높게 증가시킴 - 1차년도에 산출한 주택/건축물 폐기물 발생 원단위의 추가적인 검증 작업을 통하여 원단위표를 재 작성하였음 - 주기사항을 통하여 건설현장별 발생할 수 있는 특성을 반영하도록 하였음(예;파일공사, 환경설비 등)
	■ 건설폐기물 발생량 조사 (토목, 플랜트)	- 토목공사 특성 분류 실시 : 토목공사현장에서 발생하는 폐기물의 분류 실시 - 발생하는 폐기물 처리 실태조사 및 발생한 건설폐기물의 재활용 가능성에 대한 검토 실시 - 건설폐기물 적용 여부를 판단. 즉 현장에서 발생한 폐목재, 합성수지 등이 건설공사에서 발생한 폐기물 이지만 건설업자가 처리하여야 하는 것인지, 사업자가 회수하여야 하는 사항인지에 대한 조사 - 토목 원단위 발생량 구분 : 터널, 교량, 도로 포장으로 구분 - 토목, 플랜트 해체공사 건설폐기물 발생량은 설계도면을 이용하여 정확하게 산출 가능할 것으로 판단하여 분류체계에서 제외 (다만, 원단위 산정표 체계상 삽입요건 발생 경우 검토 필요)
	■ 용도별 건설폐기물 발생 원단위 산출 (토목, 플랜트)	- 터널(바닥면적 기준), 교량 및 옹벽(콘크리트량 기준), 도로(포설 바닥면적-콘/아스콘)로 구조별 발생 원단위 산정 - 플랜트 : 용도별 분류곤란, 공종별(토목/건축/배관) 분류

		- 플랜트의 경우 일정한 반복형태를 취하지 않음 - 플랜트내 건축공사, 도로공사 등은 건축/토목의 원단위를 인용하는 것을 하였음
	■ 건설폐기물 발생 원단위 제도 반영	- “환경부 예규 제 471호”로 고시된 “건설폐기물의 처리 및 재활용 관련업무 처리지침”의 단위면적당 건설폐기물 발생량 부분에 개정 예정(환경부 협의 진행 중) - 건설공사 표준품셈에 수록된 건설폐기물 발생 원단위 삭제(환경부 고시 후 삭제)
	■ 용도별 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 요구사항 검토(토목, 플랜트)	- 요구사항 : 건설폐기물 및 예상발생량 산출, 건설폐기물 관리대장 작성 기능, 건설폐기물 실제발생량 집계 기능, 예측량과 실제발생량 모니터링 기능, 모든 산출된 데이터를 엑셀파일로 데이터 출력 기능 반영 - 구성항목 : 발생원단위, 폐기물단가정보, 공사기본정보, 특수조건, 용적환산계수, 폐기물 종류별 발생패턴, 공정율 산출표, 대관서류양식
	■ 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 및 정확도 평가(토목, 플랜트)	- 신축공사시 발생하는 건설폐기물(폐콘크리트, 폐아스팔트, 폐목재, 폐합성수지, 혼합건설폐기물 등)에 대한 발생량 및 처리비용 예측 - 월별 건설폐기물 발생량물 발생량을 예측 - 발생원단위로 산출되지 않는 부분에 대하여 옵션으로 추가 반영 - 예측량과 실제발생량을 비교 모니터링 - 설계변경 등 공사범위 변동에 따른 예상 발생량 자동 변경 - 건설폐기물 관련 대관서류(건설폐기물 처리계획서, 건설폐기물 관리대장, 건설폐기물 처리실적보고서)에 계산된 건설폐기물 데이터를 삽입하

		여 출력 - 최초 연구 수행결과로써 다소 낮은 정확도를 나타냄
	■ 산업재산권 추진	- “건설폐기물 발생량 데이터베이스 구축을 통한 공정을별 건설폐기물 발생원단위 산출 장치 및 방법” 특허 출원 - “건설폐기물 관리 프로그램” 저작권 등록

Ⅲ. 최종 연구성과 및 적용실적

구분	성과명	연구성과 설명
개별 연구 성과	건설폐기물 발생원단위 산출	- 건설폐기물 발생과 재활용을 연계한 성상분류 (정부의 자원순환성 강화 정책 반영) - 성상은 폐콘크리트, 폐금속, 폐보드, 폐목재, 폐합성수지, 혼합폐기물 - 기존 건설공사 표준품셈에 비하여 높게 산출
	건설폐기물 발생원단위 개정안 제출	- 환경부 예규 제471호 (건설폐기물의 처리 및 재활용 관련 업무 처리지침)에 반영 - 건설공사 표준품셈 원단위 부분 삭제 요청 (2015년 상반기)
	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발	- 신축/해체공사, 건축/주택/토목/플랜트공사의 용도, 구조, 공정에 따른 건설폐기물 발생량 및 예상처리비용 산출 가능 - 건설폐기물 처리 실적 집계(건설폐기물 관리대장 입력) - 예측량과 실제 처리량과의 비교 모니터링 가능

		- 건설폐기물 관련 대관 서류 작성 기능
	건설폐기물 D/B구축 방법 및 활용기술	- 건설폐기물 데이터 축적시 당 프로젝트의 기본 정보와 함께 저장 - 건설폐기물 인계서 발행시 신축/해체 구분, 대표공종 선택, 발생원 입력하여 건설폐기물 관리대장으로 관리 - 분석 가능한 건설폐기물 데이터 축적 가능
주요 연구 성과	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 Pilot test[*적용 실적]	- 건축/ 주택/ 토목/ 플랜트공사 중인 각 1개 현장에 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 적용 후 시범 운영
	학술논문 게재	1. 대한건축학회 논문집 - 신축 건설현장 건설폐기물 발생 원단위 산정에 관한연구 - A Comparative Analysis of Construction Waste Emissions for Separating Dismantlement 2. 한국건설순환자원학회 발표논문 - 신축 건설현장 건설폐기물 발생 원단위 산정에 관한연구
	소프트웨어 등록	- 건설폐기물 발생량 예측 프로그램(ECO-W) (건축/주택분야 소프트웨어 등록) (등록번호 : 제 C-2013-020126호) - 건설폐기물 발생량 예측 및 데이터 관리 프로그램 (건축/주택/토목/플랜트분야 소프트웨어 등록) (등록번호 : 제 C-2014-028928호)

	특허 출원 및 등록	- 신축/해체공사시 발생하는 건설폐기물 발생량 예측 장치 및 방법(특허 제10-1396548호) - 건설폐기물 발생량 데이터베이스(D/B) 구축을 통한 공정유별 건설폐기물 발생원단위 산출 장치 및 방법 (출원번호 10-2014-0122483)
--	------------	---

IV. 연구목표 달성 및 효과

(1) 연구개발 성과의 최종목표 달성도

성과지표		측정방법	목표치	가중치	달성치
질적 성과	발생원단위 산정 여부	현장시연	4건	35%	100%
	발생원단위 개정안 제출	개정안 제출 공문	2건	15%	100%
	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발	S/W 등록증 확인	2건	35%	100%
	예측 프로그램 현장 시연 및 정확도 부합여부	용도별 현장 시연	4건	15%	100%
소 계				100%	
양적 성과	특허출원 및 등록	건수	2건	30%	100%
	현장적용 사례	건수	4건	20%	100%
	S/W 등록	건수	2건	40%	100%
	학술회의 논문 발표	건수	5건	10%	100%
소 계				100%	

(2) 연구개발 성과의 기술적, 경제적 효과분석

(가) 기술적 기대효과

- 건설공사 종류별 발생량 산출을 하여 최대한 실질 발생량과 예측 발생량이 일치되도록 하며, 이를 바탕으로 프로그램을 구성하여 현장에서 활용함으로써 관련 공무원, 배출자, 건설폐기물 처리업자 등의 업무지원에 효과적으로 작용할 수 있음
- 본 연구결과인 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 활용하게 되면, 건설폐기물 배출량에 대한 예측이 가능하게 되어 혼합건설폐기물의 발생량 감량 등 건설폐기물에 대한 구체적이고 정량적인 목표 설정 및 관리가 가능하게 됨. 예를 들어 현재 국내 혼합건설폐기물이 차지하는 양은 약 40%를 상회하고 있으나, 향후 일본에서 관리하고 있는 10%이하 수준으로 감축하는 등의 체계적인 관리가 가능할 것으로 예상됨.
- 건설폐기물의 발생량 산출과 정확한 건설폐기물 처리비용 계상이 가능하게 됨.
- 최근 들어, 국내 건설산업이 싱가포르, UAE, 인도, 중국 등 해외현장으로 진출하는 경우가 많아지고 있으며 본 연구결과는 해외공사 입찰시 정확한 물량산출 자료로서도 적극 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

(나) 경제적 기대효과

- 건설폐기물 발생 원단위와 이를 활용한 표준품셈 등 관련 제도를 정비할 경우, 정확한 폐기물량의 산출과 처리비용의 계상이 가능할 것으로 예상. 따라서 공공공사, 민간 건설공사 계획시 정확한 예산수립이 가능할 것으로 예상.
- 건설폐기물의 효율적인 관리를 통하여 건설폐기물 처리방법별로 각각 5%정도 감소하면 연간 얻을 수 있는 직접적 경제적 효과는 연간 556.25 억원임.

※ 12년 건설폐기물 매립량 약 150만톤 × 5%(감축) ≒ 7.5만톤

건설폐기물 매립비 : 42,730원/톤 × 334만톤 ≒ **32억원**

※ 12년 건설폐기물 중간처리(파분쇄)량 약 6,624만톤 × 5%(감축) ≒ 331만톤

건설폐기물 중간처리비(파분쇄) : 약 15,000원/톤 × 331만톤 ≒ **496.5억**

※ 12년 건설폐기물 중간처리(소각)량 약 37만톤 × 5%(감축) ≒ 1.85만톤

건설폐기물 중간처리비(소각) : 약 150,000원/톤 × 1.85만톤 ≒ **27.75억**

∴ 32 + 496.5 + 27.75 = 556.25억원

*건설폐기물 처리량은 환경부 통계 2012 활용

- 건설폐기물 재활용을 통한 간접적 요인까지 적용할 경우 매립장 건설비용 감소, 환경 훼손비용 절약, 환경관리비용 감소 등으로 경제적 효과는 더 크게 나타남.

V. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

(가) 연구성과의 활용

- 본 연구결과로 도출된 건설폐기물 발생원단위는 환경부 예규 제471호 ‘건설폐기물의 처리 및 재활용 관련 업무처리지침’의 개정에 반영하여 실질적인 건설폐기물 예상 발생량을 산출하고, 산출된 발생량을 이용하여 건설폐기물 처리비용에 대한 적절한 예산반영이 가능토록 할 예정임
- 발생원단위를 기반으로 건설폐기물 발생량 예측 프로그램은 국토교통부 관련기관 홈페이지를 통하여 무료로 배포할 예정이며 필요한 사람은 누구나 활용이 가능하도록 할 예정임.
- 프로그램 내부 속성정보를 변경하여 각 현장에 맞도록 조정이 가능하며, 유연성 있게 활용이 가능함.

(나) 추가연구 필요성

- 본 연구는 직접조사 방법으로 다수의 모수를 이용하여 건축/주택공사의 경우 비교적 정확도 높은 건설폐기물 발생원단위를 산출할 수 있었으나, 금번 연구를 통해 처음으

로 시도하였던 토목 및 플랜트분야는 건축/주택분야에 비하여 상대적으로 적은 데이터
모수로 인해 신뢰도가 조금 낮게 나타나는 결과를 보임.

- 토목분야는 공법 및 사용 가설재료에 따라서 매우 큰 건설폐기물 발생량 차이를 나타내며, 플랜트분야는 토목, 건축, 기계전기공사가 동시에 이루어지는 가운데 예측하기 곤란한 포장재(폐목재, 폐합성수지) 발생량이 상당히 많은 부분을 차지하고 있기 때문에 향후 이 부분에 대한 추가 조사 필요.
- 토목/ 플랜트분야는 건설폐기물을 산출하기 위한 발생원단위가 없기 때문에 본 연구를 시작으로 추가 연구를 세부적으로 진행하여 발생원단위를 국가표준으로 삽입 필요
- 토목/플랜트분야는 대부분 국가기반시설로써 반드시 발주처의 협조 없이는 데이터 확보가 곤란함
- 건설폐기물 발생량 데이터 수집에 가장 효과적인 방법은 환경공단에서 운영하는 Allbaro시스템 개선을 통하여 확보하는 것이 최적의 방법이라 할 수 있음. 발주처의 협조 및 Allbaro시스템 개선을 통하여 다량의 데이터를 확보하여 신뢰성 있는 발생원단위 산정 및 국가표준으로 재정 필요.

SUMMARY(영문 요약서)

I . Overview of Research and Development Task

- It is necessary to revise the “basic unit for the construction waste generation” in the standard quantity per unit and have tools for the quantitative management on construction waste data.
- This study aims to calculate the basic unit for the construction waste generation actually and development tools for data management on construction wastes through survey and analysis on the status of construction waste generation from construction works.
- This study provides tools for the construction waste recycle and reduction goal setting through the expected amount of generation with the budget securing for the appropriate construction waste processing from the proper calculation of construction waste generation.
 - Finally, this study will enable the utilization of management tools to reduce construction wastes and improve their recycle.

II . Details and results of research and development performance

Year	Details of Research Performance	Results of Research Performance
1st year	■ Data collection and analysis on the calculation of basic unit for generation	– Surveys are carried out for examples of calculations on basic unit for generation from new constructions and dismantled structures. (Focus on examples of domestic research: 1990~2009). – Studies have been concentrated on dismantled

		structures. – Data analyses are carried out after re-classification into the generated quantity of construction wastes and kinds of wastes with high recycle under the division of buildings into their use and structure.
	■ Survey on the generated quantity of construction wastes (buildings, houses)	– New constructions: Surveys are carried out for the classification per use (residential / non-residential), classification per structure (independent house, apartment house, RC, SRC, S structure), and 6 kinds of wastes (waste concretes, waste metals, waste woods, waste synthetic resins, waste boards and other wastes) – Dismantlement: Surveys are carried out for the classification per use (residential / non-residential), classification per structure (independent house, apartment house, SRC, S structure), and 5 kinds of wastes (waste concretes, waste metals, waste woods, waste synthetic resins, and other wastes).
	■ Calculation (building, house) and verification on basic unit for the generation of construction wastes per use	– Calculations on basic unit for generation per use and structure are carried out for the shape of wastes with high recycle for new constructions and dismantled structures. – Comparisons and verifications are carried out

		with basic unit for generation through site data collection and actual measurement survey on new constructions and dismantled structures.
	■ Preparations and suggestions of revision drafts for standard quantity per unit	– Suggestions are made to incorporate revisions as reference on the regulations in the Ministry of Environment through discussions with incumbent departments in the Ministry of Land, Infrastructure and Transport and the Ministry of Environment.
	■ Suggestions for the direction of domestic forecast program development through data collection and analysis relating to the development of forecast programs on the quantity of construction waste generation	– As a result of analysis on 7 kinds of domestic and foreign forecast programs for the generation of construction wastes, 2 classifications are categorized such as the applied method with complex basic unit and the applied method with basic unit of waste discharge. – The development direction of a forecast program for the generation of domestic construction wastes is suggested through the evaluation method consisting of the universal evaluation method (basic unit of waste discharge) and detailed evaluation method (quantity of materials and loss ratio). – Surveys and analyses are carried out for basic unit for the generation of domestic and

		foreign construction wastes and DB for basic unit for the generation of foreign construction wastes is built in an effort to make it possible to be used for primary criteria in reviewing basic unit for the generation of wastes that can be applied to the forecast program.
	■ Requirement review on the forecast program for the generation of construction wastes (building, house)	– Although construction wastes are classified into 18 kinds in the Construction Waste Act, construction wastes actually generated at the sites are 9 kinds (waste concretes, waste asphalt concretes, waste woods, waste metals, waste synthetic resins, construction sludges, waste boards, waste construction earth and rocks, and mixed construction wastes). – Components: Basic unit for generation, unit price information on wastes, basic construction information, special conditions, volume conversion coefficient, pattern of generation per type of waste, progress calculation table, and document forms for administrative organizations
	■ Components of the forecast program for the generation of construction waste per use (building, house)	– Forecast for the generation of construction wastes (waste concretes, waste asphalt, waste woods, waste synthetic resins, mixed construction wastes, etc.) generated during new construction and dismantling construction

		– Forecast for the generation of construction waste according to progress during new construction – Forecast for processing cost per type of construction waste – Forecast for the generation of construction waste changed by peculiarity of construction works – Comparison and monitoring between forecast quantity and actually generated quantity in the new construction – Automatical change of the forecast quantity for generation according to the change of construction scope in the new construction – Output after the insertion of calculated construction waste data into documents (construction waste processing plan, construction waste management ledger, construction waste processing record report) for administrative organizations relating to construction wastes
	■ Initiative for industrial intellectual properties	– Patent registration for the forecast method and device for the generation of construction waste from new construction / dismantling construction – Copyright registration for the forecast program

		for the generation of construction waste from new construction / dismantling construction
2nd year	■ Survey on the generation of construction wastes (Building, Housing)	– The discharge of mixed construction wastes was reduced as much as possible in accordance with the government's directions for construction waste management and disposal policy and the amount of waste concrete, waste wood and waste synthetic resin was greatly increased when they could be increased in case of their separation and selection instead. – The table of basic unit was prepared again through the additional verification works for the basic unit on the generation of house and building wastes which was calculated in the 1st year. – The characteristics which may be generated from each construction site were reflected through annotations. (Ex: Pile constructions, environmental equipment, etc.)
	■ Survey on the generation of construction wastes (civil engineering, plant)	– Execution on the classification of characteristics for civil engineering: The classification of wastes generated in civil engineering sites was executed. – The review on the possibility of recycle for the generated construction wastes was carried

		out with the survey on the status of the generated waste disposal. – Judgment on whether or not to apply the construction wastes. In other words, although waste woods and synthetic resins from sites were generated from construction works, the survey was carried out to see whether the constructors should dispose of them or the project owners should collect them. – Distinction on the generated quantity of basic unit for civil engineering: Classification into tunnel, bridge and road pavement – The generated quantity of construction wastes from civil engineering and plant dismantling was excluded from the classification system because it can be calculated accurately using design drawings. (However, the review may be necessary if the requirements to be inserted occur on the system for the table of basic unit calculation.)
	■ Calculation for basic unit for the generation of construction wastes per use (civil engineering, plant)	– Calculation on the basic unit of generation per structure of tunnel (based on the floor area), bridge and wall (based on the amount of concrete), and road (the placed floor area – concrete / asphalt concrete) – Plant: Difficulty in classification per use,

		classification into type of works (civil engineering / construction / piping) – A certain type of repetitive pattern is not taken for plants. – The basic unit on construction works / civil engineering works was quoted for construction works and road works in a plant.
	■ Reflection of the system for basic unit for the generation of construction wastes	– The revisions will be made on the generated quantity of construction wastes per unit area in the “Directives on the Disposal and Recycle of Construction Wastes” announced in the Ministry of Environment Regulation No. 471. (Discussions with the Ministry of Environment under way) – The basic unit for the generation of construction wastes described in standard cost estimation for construction works was deleted. (Deleted after an announcement by the Ministry of Environment)
	■ Requirement review on the forecast program for the generation of construction wastes per use (civil engineering, plant)	– Requirement: Reflection of calculations for construction wastes and forecast generation quantity, function of preparations for construction waste management ledger, function for the summation of actually generated quantity for construction wastes, monitoring function for the forecast quantity

		and actually generated quantity, function for data output of every calculated data to excel files – Components: Basic unit for generation, unit price information on wastes, basic construction information, special conditions, volume conversion coefficient, pattern of generation per type of waste, progress calculation table, and document forms for administrative organizations
	■ Development of the forecast program for the generation of construction wastes and evaluation of its accuracy (civil engineering, plant)	– Forecast for the generated quantity and processing cost for construction wastes (waste concretes, waste asphalt, waste woods, waste synthetic resins, mixed construction wastes, etc.) generated from new construction – Forecast for the monthly generation of construction wastes – Additional reflection with options for the portion not calculated in basic unit for generation – Comparison and monitoring between the forecast quantity and actually generated quantity – Automatic change of generation from forecast according to the change of construction scope such as design change, etc.

		– Output after the insertion of calculated construction waste data into documents (construction waste processing plan, construction waste management ledger, construction waste processing record report) for administrative organizations relating to construction wastes
	■ Initiative for industrial intellectual properties	– Patent registration for the calculating device and method on basic unit of construction waste per progress through database construction for the generation of construction waste – Copyright registration for the construction waste management program

III. Final Research Performance and Actually Applied Records

Category	Name of Performance	Descriptions of Research Performance
Individual research performance	■ Calculation of basic unit for the generation of construction wastes	– Classification of shape in link with the generation and recycle of construction wastes (reflecting the strengthened policy of the government's resource circulation) – Shapes include waste concrete, waste metal, waste board, waste wood, waste synthetic resin and mixed waste. – Calculations were made higher than those in

		the existing standard cost estimation for construction works.
	■ Submission of revision drafts for basic unit for the generation of construction wastes	– Reflecting on the Ministry of Environment Regulation No. 471 (Directives on the Disposal and Recycle of Construction Wastes) – A request was made to delete the section on the basic unit for standard cost estimation for construction works (first half of 2015)
	■ Development of a forecast program for the generation of construction wastes	– Possible of the generated quantity of construction wastes and expected processing cost according to the use, structure and process of building / house / plant works – Summation of processing records on construction wastes (input to construction waste management ledger) – Possible of comparison and monitoring between forecast quantity and actually processed quantity – Possible of preparing documents for administrative organizations with regard to construction wastes
	■ Construction waste D/B construction method and applied technology	– Saving with basic information on the project when construction waste data are accumulated – Input to the category of new construction / dismantling, selection of representative process and generated sources to be managed with the

		construction waste management ledger when the succession documents for construction wastes is issued – Possible of accumulating construction waste data which can be analyzed
Major research performance	■ Pilot gest for the forecast program for the generation of construction wastes [* actually applied records]	– Pilot operation after the forecast program for the generation of construction waste is applied to each site under the construction of building / house / civil engineering / plant works
	■ Academic paper posting	1. Essays of the Architectural Institution of Korea – A Study on the Calculation of Basic Unit for the Generation of Construction Wastes from New Construction Sites 2. Essay published by the Korea Recycled Construction Resource Institute – A Study on the Calculation of Basic Unit for the Generation of Construction Wastes from New Construction Sites
	■ Software registration	– Forecast program for the generation of construction wastes (ECO-W) (Software registration in the building / house area) (Registered no.: C-2013-020126) – Forecast program for the generation of construction wastes Ver. 2 (Software registration in the building / house /

		civil engineering / plant area) (registered no.: C-2013-020126)
	■ Patent application and registration	– Forecast device and method for the generation of construction waste from new construction / dismantling works (patent no. 10-1396548) – Calculating device and method for the generation of construction waste per progress through database construction for the generation of construction wastes (application no. 10-2014-0122483)

IV. Achievement and Effect of Research Goals

(1) Degree of achievement to final goals for research and development performance

Performance Indicators		Measuring Method	Target value	Weight	Achievement
qualitative performance	Whether or not to calculate basic unit for generation	Site demonstration	4 cases	35%	100%
	Submission of revision drafts for basic unit for generation	Official letter for the submission of revision draft	2 cases	15%	100%
	Development of forecast program for the generation of construction wastes	Confirmation of S/W registration certificate	2 cases	35%	100%
	Whether or not to demonstrate forecast program at the site and comply with accuracy	Site demonstration per use	4 cases	15%	100%
Subtotal				100%	
Quantitative performance	Patent application and registration	Cases	2 cases	30%	100%
	Examples of site application	Cases	4 cases	20%	100%
	S/W registration	Cases	2 cases	40%	100%
	Presentation of paper at the academic conference	Cases	5 cases	10%	100%
Subtotal				100%	

(2) Analysis on technological and economic effect of research and development performance

(A) Expected technological effect

- The calculations on generation per type of construction work are made to make the actual generation consistent with the estimated generation as much as possible, through which a program is organized and used for the effective application to support the related officials, discharging parties and construction waste disposal companies.
- If the prediction program for the generation of construction wastes is used as a result of this study, the specific and quantitative goal setting and management can be done for construction wastes such as the reduced generation of mixed construction wastes because the prediction on the generated quantity of construction wastes can be done. For example, the systematic management can be done in the future to the extent of reduction to the level of 10% or less which is managed in Japan, although the quantity of mixed construction wastes in our country is now more than about 40%.
- The processing cost for construction wastes can be accurately counted with the generated quantity of construction wastes.
- Recently, domestic constructors enter into overseas sites such as Singapore, UAE, India and China. Accordingly, the findings of this study can be actively used as data for the accurate calculation of quantity for the bidding on overseas construction works.

(B) Expected economic effect

- If the related systems including the basic unit on the generation of construction works and standard cost estimation systems using the basic unit are arranged, the accurate calculations on the quantity of wastes and accounting of their processing

cost can be done. Accordingly, the accurate budgeting can be done in the public construction works and private construction works.

- If about 5% per processing method of construction waste can be reduced through the efficient management on construction wastes, possible direct economic effect is annually 55.625 billion won.

※ Construction waste landfill in 2012 of about 1.5 million tons $\times$ 5% (reduction) $\doteq$ 75,000 tons

Construction waste landfill cost: 42,730 won/ton $\times$ 3.34 million tons $\doteq$ **3.2 billion won**

※ Interim processing (crushing) quantity of construction wastes in 2012 of about 66.24 million tons $\times$ 5% (reduction) $\doteq$ 3.31 million tons

Interim processing (crushing) quantity of construction wastes: about 15,000 won/ton $\times$ 3.31 million tons $\doteq$ **49.65 billion won**

※ Interim processing (burning) quantity of construction wastes in 2012 of about 370,000 tons $\times$ 5% (reduction) $\doteq$ 18,500 tons

Interim processing (burning) quantity of construction wastes: about 150,000 won/ton $\times$ 18,500 tons $\doteq$ **2.775 billion won**

$\therefore 3.2 + 49.65 + 2.775 = 55.625$ billion won

* Statistics of the Ministry of Environment 2012 was used for the disposal quantity of construction wastes.

- If indirect factors through the recycle of construction wastes are applied, greater economic effect may appear due to the reduced construction cost for landfills, saving of environmental deterioration cost, reduction of environmental management cost, etc.

V. Utilization of Research Performance and Need of Additional Research

(A) Utilization of research performance

- The basic unit on the generation of construction wastes as the findings of this study will be reflected on the Ministry of Environment Regulation No. 471 “Directives on the Disposal and Recycle of Construction Wastes” to calculate the expected generation of construction wastes in reality, so that the reflection on the proper budgeting for the disposal cost of construction wastes can be made using the calculated generation quantity.
- The prediction program for the generation of construction wastes based on the basic unit on generation will be distributed free of charge through the homepage of the related organizations for the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, so that anyone can sequentially use the program.
- The program can be adjusted to each site by changing the attribute information in the program, which enables the program to be utilized flexibly.

(B) Need of additional study

- Although this study could calculate the basic unit for the generation of construction wastes in a proper way in case of building and house construction using many parameters in the direct survey method, the basic unit on generation with relatively lower reliability was calculated due to smaller data parameters in the civil engineering and plant area which was first attempted, comparing to the building / house area.
- Very large differences appeared in the generated quantity of construction wastes, depending on the engineering methods and temporary installation materials used in the civil engineering works, while additional studies were thought to be necessary for the plant area because a considerable portion occupied the generated quantity of packing materials (waste woods and waste synthetic resins) whose prediction was

difficult as the civil engineering, construction and machinery and electric works were carried out at the same time.

- It is necessary to carry out additional studies in detail with this study as a start and insert the basic unit on generation into the national standards because there is no basic unit on generation to calculate construction wastes in the civil engineering and plant area.
- It is difficult to secure data without the cooperation with the owner because most of the civil engineering / plant areas falls under the national infrastructures.
- The most effective method to collect data on the generated quantity of construction wastes is to secure them through the improvement on Allbaro System which is operated by Korea Environment Corporation. It is necessary to calculate the reliable basic unit of generation and establish national standards by securing massive amount of data through the cooperation with the project owners and improvements on Allbaro System.

CONTENTS

Chapter 1 Overview of Research and Development Task

Section 1 Purpose and Need of Research

Section 2 Content and Scope of Research

Section 3 Status of Domestic and Foreign Technology Development

1. Domestic and Foreign Status of the Generation of Construction Wastes

A. Character of construction waste

B. Status of the generation of construction waste

2. Domestic and Foreign Basic Unit for the Generation of Construction Wastes

A. Calculation standard and method of construction waste Basic unit

B. Case study for calculation of construction waste Basic unit in domestic construction phase and demolition phase

C. Status of overseas construction waste basic unit

D. Interim conclusion

3. Domestic and Foreign Forecast Program for the Generation of

Construction Wastes

A. Estimating of Construction waste program in domestic

B. Estimating of Construction waste program in overseas

C. Interim-conclusion

Chapter 2 Details and Results of Research and Development Performance

Section 1 Procedures of Research and Development Performance

Section 2 Surveys on the Generation Status of Domestic Construction Wastes

1. Construction phase

A. Housing Works

B. Building Works

D. Civil engineering Works

C. Plant Works

2. Demolition phase

A. Housing Works

B. Building Works

Section 3 Calculation and Verification on Basic Unit for the Generation of Domestic Construction Wastes

1. Construction phase

A. Housing Works

B. Building Works

D. Civil engineering Works

C. Plant Works

2. Demolition phase

- A. Housing Works
- B. Building Works
- 3. Interim–conclusion

Section 4 Development of Forecast Program for the Generation of Construction Wastes

- 1. Review on Forecast Methods for Generated Quantity
 - A. Method of Basic Unit for the Generation of Construction Waste
 - B. Method by Input Quantity of Materials (Loss Ratio)
 - C. Analysis of Application Possibility
- 2. Analysis of Requirement Functions
- 3. Draw program components
 - A. Details per Program Component for the Generation of Construction Wastes
 - B. Calculation Logic Design for the Generation of Construction Wastes
- 4. Major Functions of Forecast Program
 - A. Estimating of construction waste in construction and demolition phase
 - B. Management of Actual generated construction waste data in construction and demolition phase
 - C. Comparison monitoring with estimated generation and actual generation
 - D. Function of making government service document related construction waste
 - E. Print to Excel file calculated construction waste data

5. Accuracy Evaluation of Forecast Program for Generated Quantity

A. Accuracy Evaluation Result

Chapter 3 Conclusion

Chapter 4 Final Research Performance and Actually Applied Records

Section 1 Final Research Performance

Section 2 Site Application of Forecast Program for the Generation of Construction Wastes

Chapter 5 Achievement and Effect of Research Goals

Chapter 6 Utilization of Research Performance and Need of Additional Research

Reference

- 목 차 -

제 1 장 연구개발 과제 개요	1
제 1 절 연구의 목적 및 필요성	1
제 2 절 연구의 내용 및 범위	3
제 3 절 국내외 기술개발 현황	5
1. 국내외 건설폐기물 발생 현황	5
가. 건설폐기물의 특징	5
나. 건설폐기물 발생현황	7
2. 국내외 건설폐기물 발생원단위	21
가. 건설폐기물 발생 원단위 산정 기준 및 방법	21
나. 국내 신축 및 해체구조물 발생원단위 산정 사례 조사 분석	41
다. 해외 원단위 기준 현황	4
라. 소결	4
3. 국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램	34
가. 국내 건설폐기물 발생량 예측 프로그램	54
나. 국외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램	75
다. 소결	9
제 2 장 연구개발 수행내용 및 결과	100
제 1 절 연구개발 수행 절차	10
제 2 절 국내 건설폐기물 발생현황 조사	11
1. 신축공사	102

가. 주택공사	108
나. 건축공사	105
다. 토목공사	108
라. 플랜트공사	113
2. 해체공사	115
가. 주택공사	115
나. 건축공사	116
제 3 절 국내 건설폐기물 발생원단위 산정 및 검증	11
1. 신축공사	117
가. 주택공사	119
나. 건축공사	129
다. 토목공사	137
라. 플랜트공사	142
2. 해체공사	142
가. 주택공사	142
나. 건축공사	147
3. 소결	149
제 4 절 국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램	11
1. 발생량 예측 방법 검토	11
가. 건설폐기물 발생원단위 방식	13
나. 자재 투입 물량(손실률)에 의한 방식	41
다. 적용 가능성 분석	15
2. 요구기능 분석	18
3. 프로그램 구성항목 도출	19

가. 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 구성항목별 상세	11
나. 건설폐기물 발생량 산출 로직 설계	11
4. 건설폐기물 발생량 예측 프로그램	11
가. 신축/해체공사 건설폐기물 발생량 예측	11
나. 신축/해체공사 실제 발생된 건설폐기물 발생량데이터 관리	11
다. 예측량과 실제 발생량 비교 모니터링	11
라. 건설폐기물 관련 대관 서류 작성 기능	11
마. 산출된 건설폐기물 데이터 엑셀파일로 출력	11
5. 발생량 예측 프로그램 정확도 평가	11
가. 정확도 평가 결과	11
 제 3 장 결 론	199
 제 4 장 최종 연구성과 및 적용 실적	201
제 1 절 최종 연구성과	21
제 2 절 적용 실적	23
 제 5 장 연구목표 달성 및 효과	209
1. 연구개발 성과의 최종목표 달성도	11
2. 연구개발 성과의 기술적, 경제적 효과분석	11
가. 기술적 효과분석	21
나. 경제적 효과분석	21

제 6 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성	211
1. 연구성과의 확산 및 활용	211
2. 추가연구의 필요성	211
참고문헌	212

제 1 장 연구개발 과제 개요

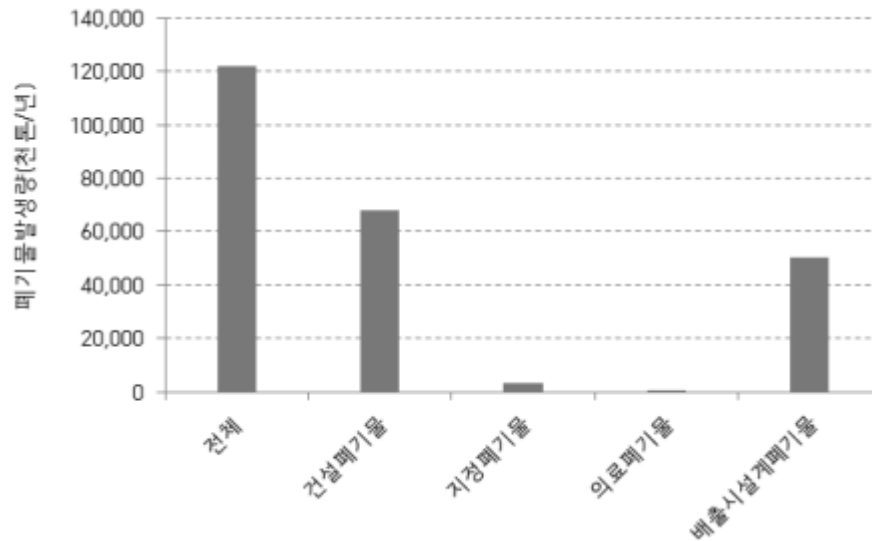
제 1 절 연구의 목적 및 필요성

70년대 이후 산업화 과정에서 건설된 시설물과 1980년대 주택 200만호 공급에 따른 급격한 증가로 인하여 향후 2020년도까지 건설폐기물의 발생량은 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있다. 또한, 환경부가 공시하는 ‘2011 전국 폐기물 발생 및 처리현황’보고서에서 [그림 1-1]과 같이 건설폐기물은 전체 발생폐기물의 약 50%를 차지하고 있으며, ‘제4차 전국폐기물 통계조사(2013.3)’보고서에 의하면 [그림 1-2]와 같이 사업장 폐기물 발생량 중 건설폐기물은 56%인 대량의 폐기물을 발생시키고 있는 산업이다. 이러한 현상으로 인해 2000년 초반부터 지속적으로 재활용 및 감량을 위한 정책과 기술개발이 꾸준히 진행되고 있으며, 이에 대한 법률 또한 강화되고 있다. 건설폐기물의 재활용 및 감축율을 높이기 위해서는 분리선별에 의한 배출이 이루어져야 하나 건설현장의 관리자, 작업자의 분리배출에 대한 인식 부족, 사회적 제도 부족, 작업효율성 저하 등으로 인해 분리배출율이 낮아 재활용이 가능한 건설폐기물이 혼합된 형태로 배출되고 있다. 환경부 통계에 의하면 혼합건설폐기물 배출율은 10%내외로 집계되지만 실제 신축 건설현장에서는 40% 이상 혼합건설폐기물이 배출되고 있다.

건설폐기물 관리에 있어 문제점 원인 중 하나인 국가기준단위가 비현실적부분이 있다. 그 중 하나인 ‘건설폐기물 발생원단위’를 들 수 있다. 발생원단위는 건설폐기물 발생량을 예측 계산할 수 있는 지수이나 현실과 큰 차이를 보이고 있다.



[그림 1-1] 폐기물 발생량 변화 추이(2011)



[그림 1-2] 2012년 사업장 폐기물 발생 현황

건설폐기물 예상발생량을 산출하는데 활용되고 있는 표준품셈 내 건설폐기물 발생원단위는 6~70년대 작성되어 있어 복잡적이고 다양화된 최근 건설현장의 상황을 반영하지 못하고 있다. 그로 인해 건설현장에서 발생하는 실제폐기물량과 상당한 차이가 발생되고, 표준품셈에서 분류하고 있는 건설폐기물은 3종류이지만, ‘건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률’에서 분류하고 있는 건설폐기물은 18종류로 분류하고 있어 건설폐기물 처리비 예산 반영, 관리, 처리시 발주처와 시공사간 마찰이 대두되고 있으며, 재활용 및 감량활동 대한 정량적 계획수립을 세울 수 없다.

부정확한 건설폐기물 발생원단위는 건설폐기물 처리비용에 대한 예산반영 문제로 인해 발주자, 시공사 및 건설폐기물 처리업자 간에 잦은 마찰이 발생되고 있으며 낮은 예산이 반영이 되면 건설폐기물의 적법처리 이행이 낮아질 수 밖에 없다. 예를들어 재활용 면허가 없는 업체에게 건설폐기물을 무상으로 지급하는 등 현장에서 비용 절감을 위해 불법적인 행위가 자행될 수 밖에 없다. 일본의 경우, 용도, 구조, 면적 등 다양한 Factor를 대상으로 건설폐기물의 발생원단위를 지속적으로 수집 후 통계 분석하여 공시하고 있어 적정한 건설폐기물 처리비용 산정에 활용하고 있다.

일본의 카지마건설, 타이세이건설 등과 같은 일본 주요 건설사는 국가 또는 유관 협회에서 제시한 건설폐기물의 발생원단위를 근거로 하여 시공, 운영, 해체공사시 용도별, 구조별, 연면

적 등에 따른 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 각각 개발하여 운영하여 발주처 및 시공사 간의 마찰을 최소화 하고, 프로그램을 이용하여 재활용 및 감축활동을 위한 tool로써 활용하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 환경부에서 ‘제2차 건설폐기물 재활용 기본계획 (2012~2016)’을 수립하였고 그 계획 중 하나인 건설폐기물 재활용 기반구축을 위한 건설폐기물 발생원단위 확립과 건설폐기물 발생량 산정 프로그램 개발을 계획하였다.

건설폐기물 발생원단위 개정과 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 통해서 정량적인 건설폐기물 관리 및 적정한 건설폐기물 처리비용 확보를 통하여 적법한 건설폐기물 처리, 분리배출로 인한 재활용율 증가, 폐기물 배출 감량 활동이 촉진될 수 있으며, 발생량 예측 프로그램을 이용하여 건설폐기물 발생량을 사전에 예측하고 감량 및 재활용 목표 설정 및 감축 지표 설정을 할 수 있는 tool로써 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는 합리적으로 건설폐기물 발생원단위를 개정하고 이를 기반으로 한 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발 및 실용화 확산을 목표로 하고 있다.

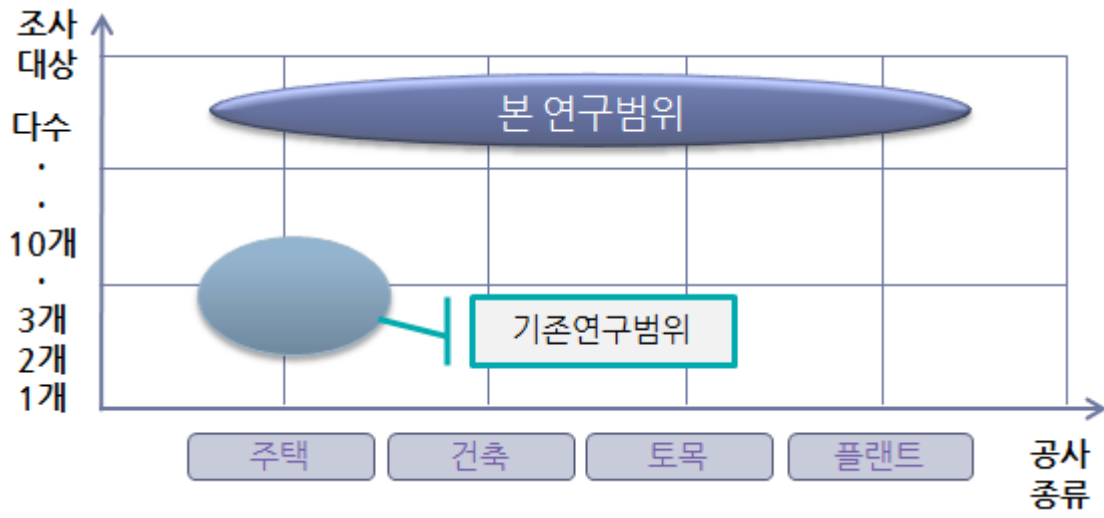
제 2 절 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 건축, 주택, 토목, 플랜트공사를 대상으로 용도, 구조, 다양한 건설폐기물 종류별로 건설폐기물 발생원단위를 산출하고자 하며 이를 위해 S사에 보유하고 있는 건설폐기물 발생량 D/B와 현장조사 방법을 병행하여 건설폐기물 발생량 조사 및 분석을 실시하였으며 이를 통하여 발생원단위를 산정하였다. 산정된 발생원단위를 기반으로 용도 및 구조, 공정유별 발생량을 예측하고 건설폐기물 데이터 관리를 할 수 있는 프로그램을 개발하였다. [그림 1-3]과 같이 연구의 특징은 해체공사 위주의 연구에서 벗어나 신축공사 부분을 확대하고 신규로 토목, 플랜트공사를 확장하여 연구가 진행되었다. 건축/주택공사는 신축/해체공사 발생원단위 산정 및 발생량 예측 프로그램을 개발하였으며, 신규로 반영된 토목공사의 연구 범위는 토목공사의 대표공사로 교량, 터널, 포장 신축공사시 발생하는 건설폐기물로 한정 하였으며, 해체공사는 제외하였다. 제외 이유는 토목구조물은 형상이 단순하기 때문에 실측에 의한 해체 건설폐기물 발생량을 정확하게 산출할 수 있기 때문이다. 또한 플랜트공사의 경우 크게 토목, 건축, 기계전기공사로 나뉘는데 기계전기공사시 반입되는 포장물에 의한 폐기물은 예측이 불가능하여

범위에서 제외하였다. 또한 플랜트공사는 플랜트공사 지역 조건, 플랜트 종류에 따라 용도가 다양하여 예측이 곤란한 관계로 본 연구에서는 건축공사에 한하여 연구가 진행 되었으며, 플랜트 건축물 및 구조물 해체공사 시공 사례가 매우 적기 때문에 필요성 측면을 볼 때 불필요하다고 판단하여 연구범위에서 제외 하였다. 본 연구의 범위는 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 연구 범위

	공사 범위	구조 범위	평가 범위
건축공사	모든 용도	RC, SRC, S	신축/해체공사
주택공사	단독주택 공동주택	RC	신축/해체공사
토목공사	터널공사 교량공사 포장공사	RC	신축공사
플랜트공사	건축공사	모든 구조	신축공사



[그림 1-3] 연구의 범위

제 3 절 국내외 기술개발 현황

1. 국내의 건설폐기물 발생 현황

가. 건설폐기물의 특징

건설폐기물은 생활쓰레기 및 산업폐기물과 달리 아래와 같은 몇 가지 특징을 갖고 있다.

첫째, 공사유형별로 건설폐기물의 성상이 다양하게 나타난다.

건설공사에서 주로 발생하는 폐기물은 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 건설폐토석, 폐목재류 등이며, 폐콘크리트는 콘크리트기둥, 보, 바닥판과 같은 구조물해체 과정에서 발생하고, 폐아스팔트콘크리트는 기존도로 개·보수, 재개발사업 등에서 발생한다. 건설폐토석은 도로, 지하철, 댐, 준설매립 등에서 발생하며, 폐목재류는 목조구조물 해체과정에서 주로 발생한다. 또한, 도로·교량 등 단순 토목공사에서는 폐콘크리트와 혼합된 건설폐토석, 폐아스팔트콘크리트 등 비교적 단순한 성상으로 배출되나, 재건축, 재개발 또는 건축물 신축 같은 경우 폐콘크리트, 폐목재, 폐유리, 종이, 내장재, 생활폐기물 및 토사 등 제대로 분리배출이 되지 않아 복잡한 형태로 발생한다.

둘째, 지역 및 계절에 따라 발생량이 차이가 난다.

건설폐기물의 발생은 지역적으로 재건축, 재개발사업이 이루어지는 곳에서 다량 발생하고, 계절에 따라 건설 성수기인 3월에서 6월 사이에 다량 발생하며, 장마철이나 혹한기에는 공사가 중단 또는 지연되어 발생량도 줄어들게 되는 경향을 보인다.

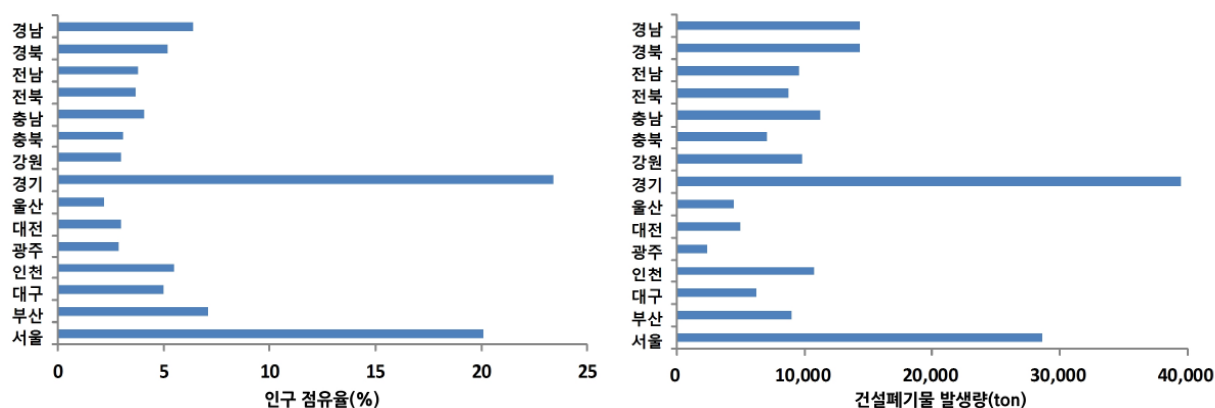
셋째, 폐기물 일시다량 배출되어 발생량 산정이 어렵다.

일반적으로 생활폐기물이나 사업장에서 배출되는 일반폐기물은 배출량, 배출장소, 성상 등이 인구 또는 제품생산량과 비례하는 경향이 있어 배출량 추정이 용이하다. 그러나 건설폐기물은 건설행위 유무, 공사종류, 공정, 규모, 주요사용자재 등에 따라 발생량 및 성상이 상이하다.

넷째, 도시의 인구점유율에 따라 건설폐기물의 발생량이 비례한다.

폐기물 총 발생량은 경기, 서울, 경북 순으로 많았으며 전체발생량의 40.5%를 차지한다. 또한, 발생량 183,351톤/일 중 82,359톤/일이 경기, 서울, 경북지역에서 발생하고 있다. 이는 전국 인구비율과 유사한 경향을 보여 인구와 건설폐기물발생량이 비례함을 알 수 있다. 그 원인은 인구에 비례하여 공사 발생비율이 높고 건설량 발생에 따라 폐기물발생량도 증가하는 것이다.

물론 건설폐기물발생이 신축과정보다 해체과정에서 더 많이 발생하는 것을 감안할 때 이에 대한 상관성이 없다고 할 수 있으나, 결과적으로 건축물해체는 신축 유발하는 원인행위로 간주할 수 있어 건축허가와 건설폐기물발생량은 밀접한 관련성이 있다고 할 수 있다.



[그림 1-4] 건설폐기물 발생량 및 건축허가현황

다섯째, 국내 발생 폐기물의 절반 이상이 건설폐기물이다.

2012년도의 총 폐기물 발생량 추이를 살펴보면(지정폐기물 제외) 382,009톤/일로써 전년도 373,312톤/일에 비하여 약 1.02% 증가하는 추세를 보였다. 또한, 이 중 2012년도 폐기물 구성비는 생활폐기물 12.8%, 사업장 배출시설계 폐기물 38.3%, 건설폐기물 48.9%(소수 둘째자리 절사)로서 건설폐기물이 가장 큰 비율을 차지하고 있는 특징이 나타나고 있다.



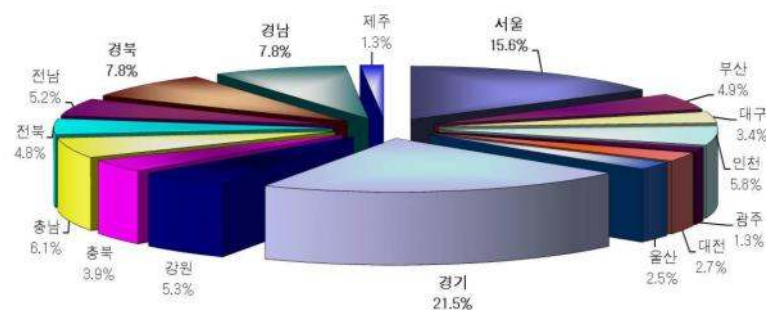
[그림 1-5] 폐기물 종류별 구성 비율

나. 건설폐기물 발생현황

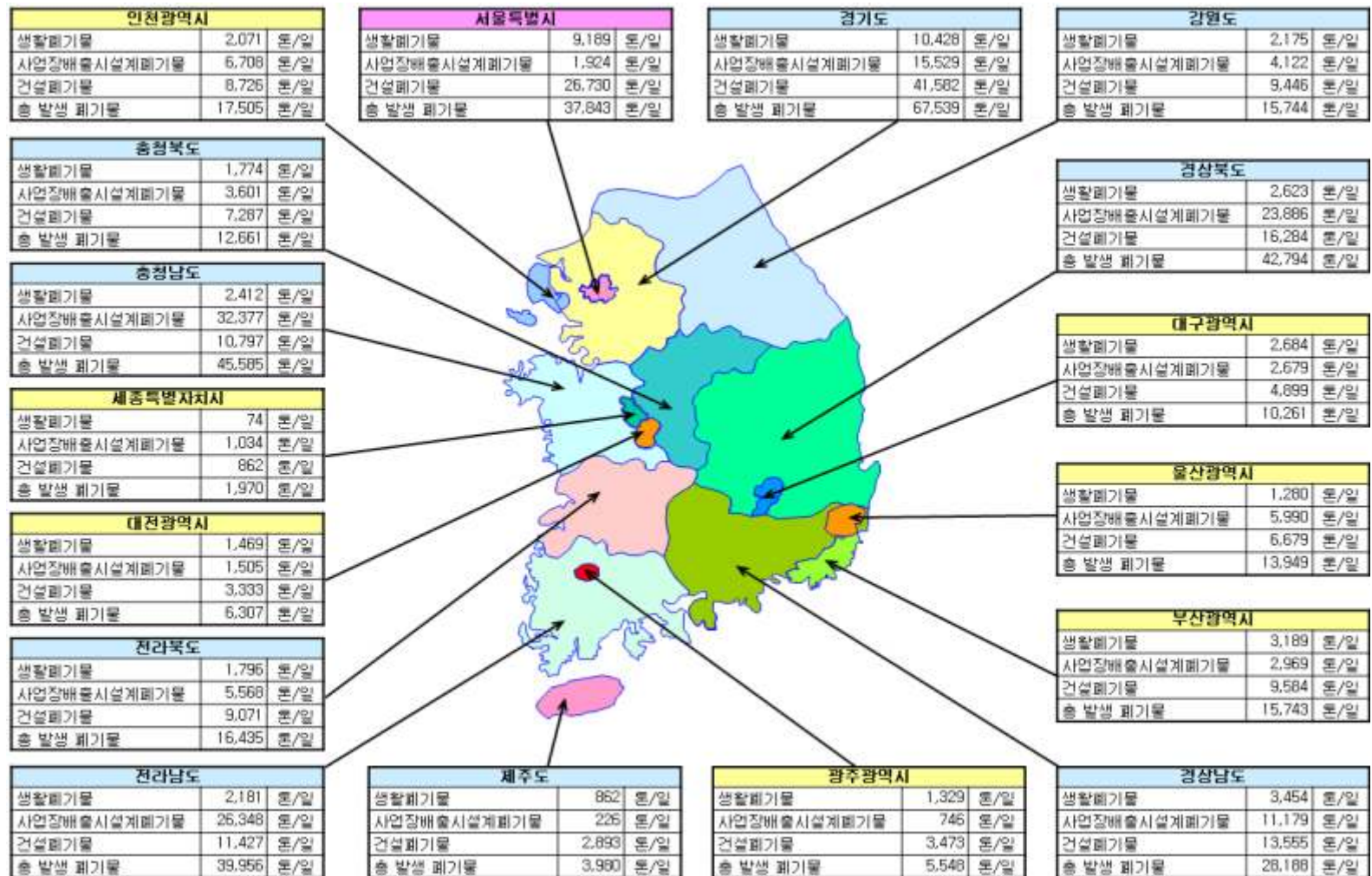
건설폐기물을 규정해왔던 기준은 2002년부터 “건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률”에 따라 성상분류 기준이 변경되었다. <표 1-2>과 같이 2012년도의 건설폐기물의 성상 현황을 보면 건설폐재류는 156,448톤/일로서 가장 큰 발생량을 보이고 있으며 혼합건설폐기물, 건설폐토석, 가연성 건설폐기물, 비가연성 건설폐기물 순으로 발생량이 나타나고 있다. 이 중 폐콘크리트는 117,754톤/일로서 발생하는 폐기물 중 가장 큰 비율을 차지하고 있다. 또한, 2009년 이후로 전년대비 비슷한 추세를 기록하고 있다. 성상별로 살펴보면 가연성폐기물은 2008년 이후로 점차 감소했다가 2010년 이후 다시 증가하는 추세이며 비가연성폐기물은 비규칙적인 증감을 보이고 있다. 건설폐재류 중 폐아스팔트콘크리트는 2008년 25,2914톤/일에서 2012년 35,738톤/일로서 꾸준히 증가하고 있으며 이는 노후 된 각 지방도와 고속도로 정비 및 차선확장을 통한 구도로 철거로 인한 것으로 분석된다.

또한 [그림 1-6]과 같이 건설폐기물 발생량을 지역별로 살펴보면 경기, 서울, 경북, 경남 순으로 많았으며, 이들 4개 시·도가 전체 발생량의 52.7%를 차지하고 있었다. 이에 대한 주요 원인은 경제활동과 건축경기가 활발하게 진행되어 재개발공사, 택지개발공사, 도로공사 등 대형 건설공사의 발주가 많은 것으로 판단된다.

[그림 1-7]은 전국 지역별 폐기물 발생량 중 각각의 지역에서 폐기물 형태별 배출량을 나타낸 그림이다.



[그림 1-6] 건설폐기물 발생량의 지역별 구성 비율



[그림 1-7] 전국 지역별 폐기물 발생량

<표 1-2> 건설폐기물 성상별 발생량

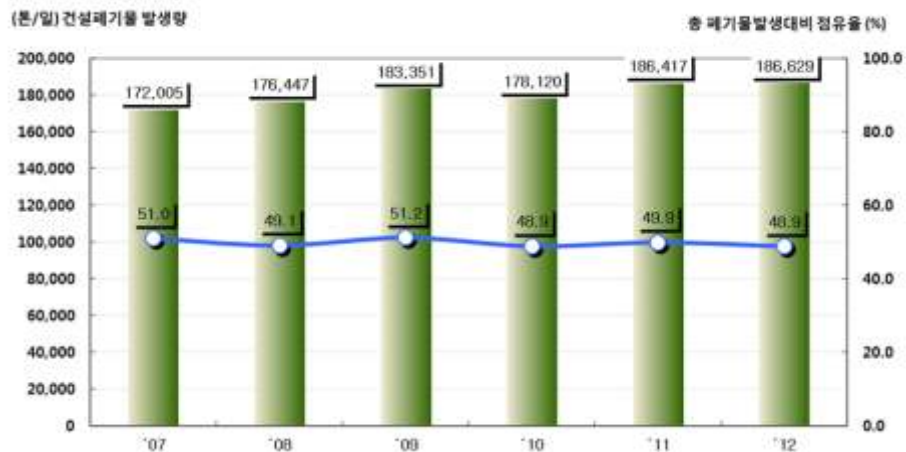
(단위 : 톤/일)

구 분		'07	'08	'09	'10	'11	'12
총 계		172,005	176,447	183,351	178,120	186,417	186,629
건설 폐재류	소 계	141,158	143,053	149,715	148,969	158,765	156,448
	폐콘크리트	117,866	115,842	115,424	114,302	121,181	117,754
	폐아스팔트 콘크리트	22,176	25,291	32,612	32,535	35,245	35,738
	기 타	1,116	1,920	1,679	2,132	2,339	2,957
가연성 건설폐기물	소 계	1,688	2,203	2,093	1,573	1,708	1,964
	폐 목 재	727	923	1,125	636	592	683
	폐 합성수지	948	1,266	901	839	1,096	1,261
	기 타	13	14	67	98	20	21
비가연성 건설폐기물	소 계	317	1,156	803	654	1,407	651
	건설오니	300	1,145	795	645	1,403	644
	기 타	17	11	8	9	4	7
건설폐토석		7,102	7,632	6,779	5,347	4,838	5,094
혼합건설폐기물		21,740	22,403	23,961	21,577	19,699	22,471

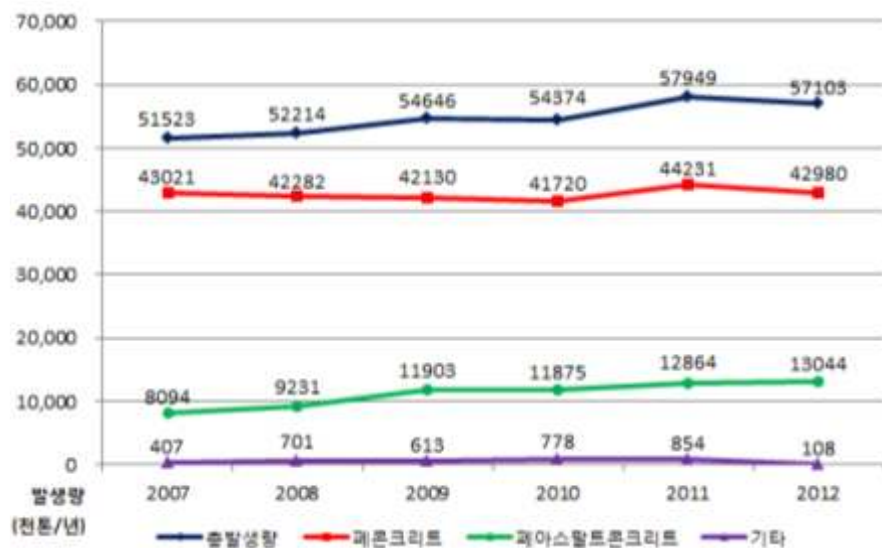
2012년도의 건설폐기물 성상은 건설폐재류 81.7%, 가연성 1.1%, 비가연성 0.4%, 건설폐토석 3.7%, 혼합건설폐기물 13.1%로 나타나고 있다. 이 중 폐콘크리트가 전체 폐기물 중 63.0%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 폐아스팔트콘크리트가 17.8%를 차지하고 있다.

건설폐기물의 2012년도 발생량은 186,629톤/일이며, 전년도 발생량 186,417톤/일 대비 0.1% 증가하는 추세로 나타났다. 또한, 2012년 기준 전년대비 건설폐기물 배출신고자 수가 약 8.4% 증가한 것이 건설폐기물 발생량의 증가요인으로 작용한 것으로 분석되고 있다.

총 폐기물 중 건설폐기물의 점유율은 48.9%로 전년도 49.9%에 비해 소폭 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 수도권택지개발 사업 및 건설량 감소에 따른 것으로 분석된다.

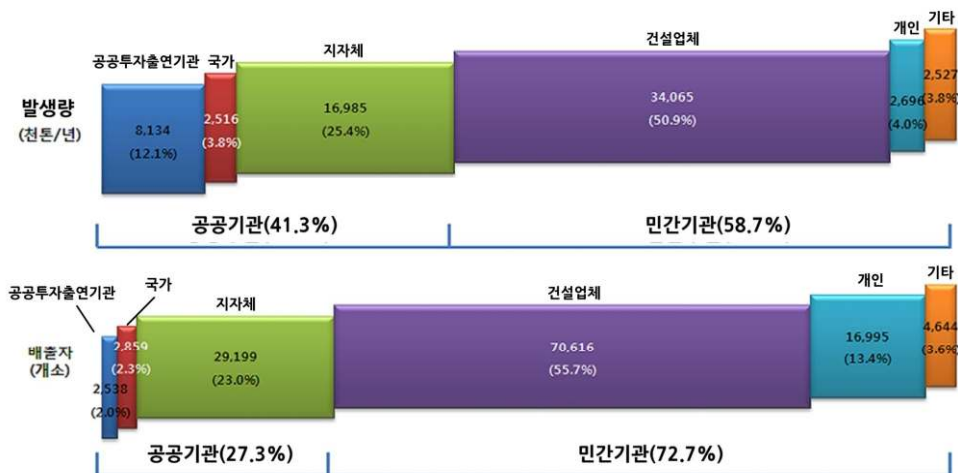


[그림 1-8] 건설폐기물 발생량 및 점유율



[그림 1-9] 건설폐기물 발생현황 추이

건설폐기물 배출자 유형별로 살펴보면 [그림 1-10]과 같이 건설폐기물 발생량 66,923천 톤/년 중 건설업체, 개인, 기타 단체 등의 민간부문이 39,288천 톤/년(58.7%)을 차지하며, 국가, 지방자치단체, 공공기관의 공공부문이 27,635천 톤/년(41.3%)을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 건설폐기물 배출자 126,851개소 중 건설업체, 개인, 기타 단체 등의 민간부문이 92,255개소(72.7%)를 차지하며, 국가, 지방자치단체, 공공기관의 공공부문이 34,596개소(27.3%)를 차지하고 있음을 확인할 수 있다.



[그림 1-10] 배출자 유형별 건설폐기물 발생량 및 배출자 현황

<표 1-3> 건설폐기물 배출자 유형

유 형	신고내용
공공기관 ¹⁾	공공기관이 건설폐기물 처리계획 신고
국가	국가(중앙행정기관 및 해당 소속기관)기관이 건설폐기물 처리계획 신고
지방자치단체	지방자치단체(시·군·구)가 건설폐기물 처리계획 신고
건설업체	건설업체가 건설폐기물 처리계획 신고
개인	개인이 건설폐기물 처리계획 신고
기타	일반 제조업체, 종교단체 및 민간협회에서 건설폐기물 처리계획 신고

¹⁾ 공공기관: “건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률”제2조제15호 가목 내지 마목에 해당하는 기관

[그림 1-10]과 같이 전년 대비 배출자수의 공공부문 및 민간부문 분포는 거의 변화가 없지만, <표 1-4>에서와 같이 발생량의 민간부문 분포가 2008년 기준으로 52.5%에서 2009년 58.7%로 증가한 것으로 볼 때, 민간부문의 대규모 공사 비중이 커지고 있는 것으로 나타나고 있다.

<표 1-4> 배출자 유형별 발생량 및 배출자 현황 추이

(단위: 천 톤/년, 개소)

구분	연도	계	공공부문				민간부문			
			소계	공공기관	국 가	지자체	소계	건설업체	개인	기타
발생량	2007	62,782 (100.0%)	25,058 (39.9%)	11,347 (18.0%)	2,425 (3.9%)	11,286 (18.0%)	37,724 (60.1%)	31,209 (49.7%)	3,953 (6.3%)	2,562 (4.1%)
	2008	64,403 (100.0%)	30,616 (47.5%)	13,493 (21.0%)	2,589 (4.0%)	14,534 (22.5%)	33,787 (52.5%)	27,955 (43.4%)	3,622 (5.6%)	2,210 (3.5%)
	2009	66,923 (100.0%)	27,635 (41.3%)	8,134 (12.1%)	2,516 (3.8%)	16,985 (25.4%)	39,288 (58.7%)	34,065 (50.9%)	2,696 (4.0%)	2,527 (3.8%)
배출자	2007	112,796 (100.0%)	29,593 (26.2%)	6,011 (5.3%)	3,083 (2.7%)	20,499 (18.2%)	83,203 (73.8%)	59,052 (52.4%)	20,565 (18.2%)	3,586 (3.2%)
	2008	116,973 (100.0%)	31,316 (26.8%)	3,242 (2.8%)	3,712 (3.2%)	24,362 (20.8%)	85,657 (73.2%)	61,587 (52.7%)	20,399 (17.4%)	3,671 (3.1%)
	2009	126,851 (100.0%)	34,596 (27.3%)	2,538 (2.0%)	2,859 (2.3%)	29,199 (23.0%)	92,255 (72.7%)	70,616 (55.7%)	16,995 (13.4%)	4,644 (3.6%)

2. 국내외 건설폐기물 발생원단위

가. 건설폐기물 발생 원단위 산정 기준 및 방법

(1) 개요

신축 및 해체현장에서의 원단위산정은 발생하는 건설폐기물을 보다 체계적인 관리와 친환경적으로 처리하여 해체과정에서의 부적절한 처리를 미연에 방지하고 보다 명확한 실태를 파악하고자 하는데 근본적인 목적이 있다. 일반적으로 해체현장의 원단위 산정은 해체 바닥면적에 대한 건설폐기물의 발생량으로 구한다. 이러한 건설폐기물 발생량 원단위를 산정하는 데는 공사금액, 연면적, 투입자재량 등과 발생기간 등에 대한 정보가 있어야 하며, 이러한 자료를 근거로 하여 발생원단위가 산정될 경우 비로소 건설폐기물의 발생추이를 검토하는 자료로서 일

차적인 기준으로 사용될 수 있다. 발생원단위는 공사 및 공정의 다양성으로 인해 일반폐기물과 달리 표준화하기 매우 어렵고, 건설분야 기술 및 사용되는 자재 등이 계속적으로 발전함에 따라 원단위도 달라지기 때문에 현장상황, 자재도입량 및 손실을 등을 감안하여 원단위 자료의 지속적인 보완이 요구된다.

$$\text{원단위(kg/m}^2\text{)} = \text{건설폐기물 발생량(kg)} / \text{해체공사 바닥면적(m}^2\text{)}$$

(2) 신축 및 해체공사 발생원단위 산출방식

건설폐기물원단위를 조사방법은 간접추계방법과 직접조사방법 두 가지로 요약될 수 있다.

간접추계방법에는 기존문헌의 자료를 수용하고 데이터를 정리하여 사용하는 방법과 평균적인 적산설계의 자재투입량과 이에 따른 자재 손실율을 파악하여 계산하는 방법이다. 직접조사 방법은 현장방문을 통한 직접조사를 통해 현장계측으로 발생원단위를 산출하는 방법을 말한다. 하지만 건설폐기물의 원단위가 해체단위면적당 폐기물 발생량으로서 정의됨을 생각해 볼 때, 이것은 다년간 신축공사시 또는 해체공사시 건축물의 구조별, 용도별 폐기물 발생량의 자료로부터 산출될 수 있다. 또한 폐기물 발생량을 간접적으로 예측할 수 있는 자료일 뿐, 그 신뢰도에 대한 근원적인 문제를 가지고 있음을 인식해야 할 필요가 있다. <표 1-5>는 앞서 언급한 발생원단위 조사에 대한 방법 및 특징을 나타내고 있다.

건설폐기물의 발생원단위는 위와 같이 세부적으로는 세 가지 방법으로 크게 나눌 수 있으나, 기존문헌으로 대표되는 원단위 조사 역시 조사초기에 직접 계측을 하기보다는 수량 내역서상의 자료와 외국의 문헌자료를 이용하여 원단위를 산정하였기 때문에 실질적으로 원단위의 조사는 현장에서 직접 계측을 통해 원단위를 산정해 내는 직접조사방법과 간접추계방법으로 나눌 수 있다.

<표 1-5> 건설폐기물 발생원단위 조사에 관한 방법 및 특징

방 법		특 징
간접추계방법	기존 문헌의 원단위자료사용	- 다양한 자료를 이용할 수 있음 - 폐기물 원단위 발생량이 자료에 따라 상당한 차이를 보임으로 인하여 선택이 어려움 - 공사종류별, 건축구조별 발생자료를 산출하기 어려운 경우가 많음
	자재투입량과 자재 손실율에 의한 폐기물량 계산	- 각 현장에 특성에 가장 맞게 발생량 예측가능 - 이론적인 상황의 폐기물 발생량하므로 실제발생량과 차이가 날 가능성이 있음 - 자재손실율 및 중량환산계수의 정확한 적용이 어려움
직접조사방법	직접 계측	- 발생총량에 있어서 자료의 정확도가 매우 높음 - 많은 시간과 인력이 소요됨 - 폐기물이 혼합배출 될 경우 종류별 발생량 파악이 어려울 가능성이 있음

건설폐기물의 발생원단위는 위와 같이 세부적으로는 세 가지 방법으로 크게 나눌 수 있으나, 기존문헌으로 대표되는 원단위 조사 역시 조사초기에 직접 계측을 하기보다는 수량 내역서상의 자료와 외국의 문헌자료를 이용하여 원단위를 산정하였기 때문에 실질적으로 원단위의 조사는 현장에서 직접 계측을 통해 원단위를 산정해 내는 직접조사방법과 간접추계방법으로 나눌 수 있다. 직접조사방법에서는 해당 폐기물의 발생량을 직접 조사하여 이를 근거로 면적당 원단위를 산정하게 된다.

나. 국내 신축 및 해체구조물 발생원단위 산정 사례 조사 분석

(1) 건설폐기물 재활용가이드라인 설정 및 재활용 촉진방안(아태환경경영연구원, 1995)

<표 1-6>은 신축공사 현장의 원단위를 정리한 자료로 간접추계방법 중 신축공사 현장의 자재투입량과 자재손실율을 조사한 후, 자재투입량에 손실율을 곱하여 얻은 폐기물 발생량을 연면적으로 나누어 계산한 값이다. 이 표에서는 건물을 SRC, RC, S, 조적조, 목조 등 구조별로 나누어 폐기물의 종류별로 원단위를 산정하였다. 가장 많은 배출량을 보인 것은 콘크리트, 벽돌, 몰탈 등의 콘크리트류와 철재류로서 전체 배출량의 60% 이상을 차지하고 있는 것으로 나

타났다. 목조의 경우는 역시 폐목재의 배출량이 가장 많았으며, 콘크리트와 거푸집의 배출량은 거의 없는 것으로 나타났는데, 국내의 경우 순수목재로 제조된 구조물이 없는 점을 감안할 때, 그 양이 다른 폐기물에 비해 극히 미비하기 때문에 무시된 것으로 사료된다. 다만 현재 가장 많이 사용되고 있는 건설표준품셈의 경우 건축물이 주거, 업무, 공공용으로 나누어지고 업무용과 공공용은 각각 RC, S, SRC조로 나누어지고 있으나, 아태환경경영연구원의 SRC, RC, S조는 조사대상이 업무용건물이었는지 공공용건물이었는지에 대해서는 언급하고 있지 않다.

<표 1-6> 공사종류별 신축현장 폐기물의 발생원단위

(단위 : kg/m²)

종 류 \ 건 물 구 조		철골철근조 (SRC)	철근콘크리트조 (RC)	철골조 (S)	조적조	목조
콘크리트	콘크리트	21.792	28.71	13.665	12.000	0
	벽돌	4.530	0.453	0.453	17.490	6.270
	물탈	0.351	0.351	0.351	0.318	0.318
	타일	0.333	0.333	0.333	0.035	0.38
유리류	유리	0.12	0.12	0.12	1.410	1.410
금속류	철재	7.191	9.474	4.509	3.912	4.543
종이류	벽지	0.055	0.055	0.055	0.037	0.037
	포장재	0.436	2.583	1.23	1.080	1.250
플라스틱류	플라스틱	3.922	5.618	2.459	2.196	2.550
목재류	거푸집	4.443	5.267	1.465	3.156	0
	목재	3.380	3.380	3.380	5.668	13.000
섬유류	섬유	0.437	0.574	0.273	0.240	0.279
기타	-	9.522	9.522	7.200	7.200	8.361
총계		56.51	65.99	35.49	54.74	38.40

(2) 건축물 폐재류의 적정처리 및 재활용 방안(서울시정개발연구원, 1995)

<표 1-7>은 건축물 해체시 발생하는 부산물 종류와 양을 원단위로 추정한 것이다. 서울시정개발연구원의 자료는 종합건설업체 및 전문건설업체 등의 협조를 통해 구한 것으로 해체시 발생폐기물은 신축시 자재투입량 중 손실률로 인해 배출된 폐기물량을 제외한 모든 자재가 배출되는 것으로 간주하였다. 신축시 발생하는 폐기물은 자재투입량 중 일정 손실을 및 공사에 이용된 각종 도구의 폐기량이라 간주한 후 전문건설업체와의 전화설문으로 분석한 자료이다.

발생원단위를 산정함에 있어서는 아태환경영연구원과 동일한 방식을 사용하였다 할 수 있다. 간접추계방법을 이용하여 신축시 발생가능 폐기물을 계산하고, 해체시에는 신축시 발생한 폐기물량을 전체 자재투입량에서 뺀 나머지 부분이 모두 폐기물로 발생하는 것으로 가정하였다. 이 조사의 특징은 주거용 목조건물이 가장 적은 폐기물량을 나타냈으며 공공건물 콘크리트의 원단위는 2.558ton/m²으로 다른 조사보고의 값과 비교하여 상당히 높은 것으로 나타났다.

<표 1-7> 건축물의 용도 및 구조별 해체건설부산물의 배출량원단위 (단위 : ton/m²)

종류 (대분류)	종류 (세분류)	주거용 건물			업무용 건물			공공 건물
		연와 벽돌 조	목조	RC조 (아파트)	S조	RC조	SRC조	
콘 크 리 트	소계	1.490	0.261	1.581	0.904	1.411	1.577	2.558
	콘크리트	0.800	-	0.865	0.672	1.100	1.300	2.400
	벽돌	0.583	0.209	0.580	0.201	0.151	0.086	0.132
	블록	-	-	-	-	0.030	0.156	0.004
	몰탈	0.106	0.038	0.123	0.028	0.117	0.028	0.016
	타일	0.001	0.014	0.013	0.003	0.013	0.007	0.0006
유리류	-	0.024	0.024	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001
금속류	소계	0.003	0.003	0.032	0.061	0.034	0.054	0.051
	철근	-	-	0.029	0.058	0.031	0.051	0.048
	기타	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
종이류	소계	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	벽지	0.0003	0.0003	0.0004	-	-	-	-
	기타	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
플라스틱 류	소계	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
	장판지	0.0009	0.0009	0.0009	-	-	-	-
	기타	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
목재류	-	0.044	0.100	0.026	0.022	0.026	0.019	0.026
섬유류	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
기타	-	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
총 계		1.601	0.428	1.682	1.026	1.510	1.689	2.675

(3) 부천상동지구 발생폐기물 재활용처리 방안에 관한 연구(한국건설기술연구원, 2000)

2000년 한국건설기술연구원에서 수행한 부천상동지구 발생폐기물 원단위에 대한 연구는 건설폐기물 등의 적정관리방안에 의거하여 서울시정개발연구원에서 작성한 건축물의 용도 및 구조별 해체건설부산물의 배출량 원단위를 근거로 하여 지장물 철거량을 산정하고, 실제 현장에 부합되는 원단위를 산정하고자 건축물의 용도 및 구조별로 해체폐기물을 실측하여 해체면적에 대한 건설폐기물의 발생량을 원단위로 산정하였다.

<표 1-8>에서 보는 바와 같이 설계 원단위는 기본적으로 시정개발연구원의 자료를 이용하였으나, 시정개발연구원의 원단위 산정방식은 실제 현장 조사를 통하여 산출된 것이 아니라 건축시 소요된 자재투입량에 일정 손실율을 감안하여 원단위를 산정하였기 때문에 실측원단위와는 차이가 나는 것으로 나타났다.

또한 실측원단위에서도 해체 전과 해체 후로 나누어 각각 산정해 본 결과를 제시하고, 세 가지 값을 비교하여 원단위를 제안하였다.

<표 1-8> 건축물 해체폐기물 원단위 (단위 : ton/m²)

구분	건축물 유형	설계 원단위	실측원단위		제안 원단위	콘크리트류	금속 및 철재류	혼합 폐기물
			해체 전	해체 후				
가옥	목조	0.428	0.525	0.709/ 0.713	0.709	0.6113	0.0007	0.097
	연와벽돌조	1.601	0.71/ 1.357	1.578	1.578	1.402	0.001	0.175
	철근콘크리트조	1.245	1.092	1.353	1.353	1.281	0.000	0.072
	철골조	0.410	-	-	0.911	-	-	-
	기타	0.368	0.791	0.109	0.109	0.041	0.0016	0.0664
공장	목조	0.428	0.010	-	0.709	-	-	-
	연와벽돌조	1.601	1.39/ 0.84	1.611/ 0.552	1.611	1.579	0.002	0.030
	철근콘크리트조	1.245	1.238	-	1.238	-	-	-
	철골조	0.410	0.911	-	0.911	-	-	-
	기타	0.368	0.460	-	0.460	-	-	-

공공 건물	목조	0.428	-	-	0.709	-	-	-
	연와벽돌조	1.601	1.293	1.532/ 0.875	1.532	1.4597	0.0003	0.072
	철근콘크리트조	1.245	1.331	1.446	1.446	1.4205	0.000	0.0255
	철골조	0.410	0.781	-	0.781	-	-	-
	기타	0.368	-	0.338	0.338	-	-	-
가채	목조	0.155	0.274	-	0.274	-	-	-
	연와벽돌조	0.381	1.019	-	1.019	-	-	-
	철근콘크리트조	-	-	-	-	-	-	-
	철골조	0.268	0.253	-	0.253	-	-	-
	기타	0.268	0.243	0.206	0.206	0.185	0.005	0.016
창고 화장실	목조	0.107	0.470	-	0.470	-	-	-
	연와벽돌조	0.343	0.679	0.723	0.723	0.682	0.000	0.041
	철근콘크리트조	0.594	-	-	0.594	-	-	-
	철골조	0.347	0.364	-	0.364	-	-	-
	기타	0.347	0.590	0.134	0.134	0.000	0.001	0.133
기타	목조	0.122	0.122	0.097	0.122	-	-	-
	연와벽돌조	0.304	0.325	1.224	0.325	-	-	-
	철근콘크리트조	-	-	-	-	-	-	-
	철골조	0.213	0.265	-	0.265	-	-	-
	기타	0.213	0.252	-	0.252	-	-	-

(4) 건설폐기물 분리배출 및 발생원단위 산정 등에 관한 연구(한국환경정책·평가연구원, 2004)

(가) 연구내용 및 범위

한국환경정책·평가연구원에서 실시한 조사 및 연구는 다음과 같이 나타난다.

- 현장분리배출을 위한 건설폐기물 재활용 실태·종류별 분류 및 관련법규 조사
- 건설폐기물의 처리·재활용 실태조사
- 현장분리배출을 고려한 건설폐기물의 정의 및 종류별 분류체계의 정립

- 국내외 건설폐기물 처리·재활용에 대한 관련법규 조사 및 비교
- 공사종류별 건설폐기물 발생원단위 산정
- 건설폐기물이 발생하는 건축토목공사를 분류하고 현장조사를 통하여 건설폐기물의 종류별 배출량을 조사분석
- 건설폐기물의 종류별 발생원단위 산정
- 건설공사 환경관리비 적정산정기준 마련
- 환경관리비 구성에 대한 검토
- 건설폐기물의 종류별 발생원단위 산정
- 건설폐기물의 분리배출 방법에 대한 조사
- 공사종류별 건설폐기물의 배출현황 조사
- 건설폐기물의 분리배출을 위한 시공방법 제시를 위한 연구
- 공사종류별 건설폐기물 분리배출을 위한 시공방법 및 배출기준에 대한 가이드라인제시

(나) 건설폐기물의 분류 및 정의

법규, 지침 및 성상별 처리단가자료 등 여러 문헌에서 제시하는 개념을 살펴보면 현실적으로 현장의 폐기물에 따라 정확한 적용이 애매모호하도록 정의되어 있고 건설폐기물이란 큰 항목하에 세부항목에서 건설폐기물이 다른 형태로 정의되는 등 그 분류가 복잡한 것으로 나타났다. 건설폐기물의 재활용은 현장분리배출이 전제되어야 비로소 제대로 이루어질 수 있음에도 불구하고, 우리나라의 경우 이를 위한 기초적인 기준이 마련되어 있지 않으나 일본의 경우 현장분리배출이 각 현장마다 행해지고 있고, 2002년 건설리사이클법의 전면 의무시행에 따라 다량의 건설폐기물이 발생할 수 있는 해체공사 현장에서 단계별 해체공사 및 적절한 분리배출이 시행되고 있으며, 이러한 과정을 통해 분리배출된 폐기물을 이용한 재활용이 원활하게 진행되고 있는 상황으로 판단된다. 발생종류에 있어서는 구조물의 신축/해체공사로 인해 발생하는 폐토사, 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 건설오니, 폐지, 폐섬유, 금속류, 폐플라스틱, 폐목재, 폐유리 및 도자기류 등 건설공사 전반에 걸쳐 배출되는 폐기물 전체를 포괄적으로 지칭하지만, 발생원단위에 대한 자료를 현장에서 효율적으로 사용하고 폐기물에 대한 현장분리배출이 가능한 수준으로 유도하기 위해서는 폐기물을 세분하는 것보다 처리방법이 유사한 경우로 통합하

여 분류할 필요성이 있는 것으로 나타났다.

상기 연구에서는 현장분리배출과 발생원단위 산정에서의 건설폐기물 항목을 기존의 법규 및 지침을 근거로 <표 1-9>과 같이 새롭게 분류·정의하는 것으로 하여 연구를 진행하였다.

<표 1-9> 건설폐기물의 분류 및 정의

건설폐기물	“건설폐기물”이라 함은 건설산업기본법 제2조제4호에 해당하는 건설공사로 인하여 공사를 착공하는 때부터 완료하는 때까지 건설공사와 관련하여 현장에서 발생하는 5톤 이상의 폐기물을 말하며, 지정폐기물은 제외한다.
폐콘크리트	건축 및 토목공사에서 분리배출과정을 거쳐 발생한 이물질이 없는 콘크리트
폐아스팔트 콘크리트	건축 및 토목공사에서 분리배출과정을 거쳐 발생한 이물질이 없는 아스팔트콘크리트
폐목재	건축 및 토목공사 과정에서 발생하는 것으로 재활용 또는 소각처리를 해야 하는 폐목재 (소각할 경우 가연성폐기물로서 처리)
폐금속류	건축 및 토목공사 과정에서 발생하는 것으로 유상매각 및 무상매각이 가능한 폐금속류
가연성 폐기물	건축 및 토목공사 과정에서 발생하는 것으로 주로 재활용 또는 소각처리 해야 하는 폐기물
불연성폐기물 (기타건설폐기물)	건축 및 토목공사 과정에서 발생하는 것으로 분리선별이나 별도의 파쇄과정을 통해 매립 또는 재활용으로 처리될 수 있는 비금속광물폐기물 - 폐토사, 폐벽돌, 폐타일, 폐석재, 폐기와, 폐블록 등을 포함한다.

주 1. 가연성폐기물에는 종이, 섬유류, 플라스틱·기타류와 같은 건설폐기물이 포함된다.

2. 불연성폐기물에는 폐벽돌, 폐슬레이트, 폐블록, 물탈, 타일, 유리류가 포함된다.

3. 혼합건설폐기물이란 현장여건상 분리배출이 용이하지 않아 가연성폐기물과 불연성 폐기물이 혼합되어 배출 되는 상태이나, 처리단가에 있어서는 건설현장분리배출 추진을 위하여 가연성폐기물의 처리단가를 적용하여야 한다.

특히 기존의 법률에서는 폐토사, 폐벽돌, 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트는 지정부산물인 동시에 건설폐재류로 정의되었으나, 재생골재 및 재생아스팔트콘크리트의 품질 향상을 위하여 폐콘크리트와 폐아스팔트콘크리트를 제외한 나머지 건설폐기물의 경우 불연성폐기물(기타건설 폐기물)로 통합·관리될 필요성이 있는 것으로 대두된다.

(다) 건설폐기물 발생원단위 산정

건설폐기물의 원단위를 조사하는 방법은 간접추계방법과 직접조사방법으로 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 우선 간접추계방법이란 기존문헌의 자료를 수용하고 데이터를 정리하여 사용하는 방법과 평균적인 적산설계의 자재투입량과 그에 따른 자재손실율(할증율)을 파악하여 계산하는 방법이 있으며 직접조사방법은 직접조사를 통해 현장계측으로 발생원단위를 산출하는 방법을 말한다.

직접조사방법에서는 해당 폐기물의 발생량을 직접 조사하여 이를 근거로 면적당 원단위를 산정하게 된다. 최근의 국내 적용사례로 2000년 한국건설기술연구원과 한국토지공사에서 부천 상동재개발지구에 대한 원단위 조사에 대한 연구이며, 코오롱 건설의 남산외인 아파트 해체원 단위와 (주)건영의 동부이촌동 공무원 아파트 해체공사 원단위는 과거에 아파트 공사현장을 대상으로 이루어진 직접조사방법의 대표적인 자료이나, 당시 조사의 특성상 폐기물의 종류별 발생량 보다는 발생총량 위주로 조사가 시행되었다는 문제점이 있는 것으로 판단되었다. 이러한 자료는 정확도 측면은 매우 높으나 폐기물 발생과정에서 일단 혼합되는 경우는 상세한 종류별 원단위 파악이 힘든 점이 있고, 특정 지역의 건축물 종류나 특성이 원단위에 많은 영향을 미치는 경우가 많아 대표성이 부족하기 때문에 비슷한 유형의 공사가 아니면 다른 공사 현장에 자료를 적용하기 힘들다는 점이 있는 것으로 나타났다.

간접추계방법은 건설자재 소요량, 손실율, 건설연면적 등의 지표를 이용하여 구조별, 용도별 원단위를 연역적으로 산출하는 방법을 말한다. 1995년의 시정개발연구원과 아태환경경영연구원의 원단위 자료 역시 건설현장에서 투입되는 자재량과 손실율 및 외국의 문헌 자료를 이용하여 신축원단위를 산정하였고, 신축시의 손실량을 제외한 자재투입량을 해체시의 발생량으로 예측하여 연면적당 원단위를 산정한 대표적인 자료이다.

건설표준품셈의 자료는 1997년 건설교통부와 한국건설산업연구원에 의해 수행된 「환경친

화적 건설공사 수행 및 건설폐자재 재활용 방안 연구」의 결과로 건설표준품셈에 반영되기 시작하였으며, 발생원단위에 관련하여 간접추계방법 중 가장 최근의 연구 결과를 반영하였다. 건설표준품셈의 자료는 현재 건설·토목공사에서 전반적으로 사용되고 있는 발생원단위이기는 하나 실제 중간처리업체나 해체업체의 전문가의 의견을 검토한 결과 경험상 약 30%정도의 발생량이 과소 계산되며, 폐기물의 분류에 있어서 분류의 폭이 너무 좁아 분리배출과 같은 행위를 유도하기 위한 기본 발생량 데이터로 사용하기가 쉽지 않으므로, 분리배출을 위한 기초자료로 사용되기 위해서는 폐기물의 분류나 각 항목의 원단위 조사에서의 다른 자료를 통한 보완이 요구된다. 하지만 간접추계방법을 이용하여 가장 최근에 조사된 발생원단위로서 연구결과가 반영된 이후 장기간 건설현장에서 수용이 되어 왔다는 점이 가장 큰 장점이며, 다른 여타의 자료보다 발생량의 측면에서 가장 적절한 값을 제시해주고 있다. 따라서 상기 연구에서는 폐기물 발생 총량의 측면에서는 건설표준품셈의 자료가 가장 적절한 것으로 판단하였으며, 건설표준품셈의 자료에서 가장 문제가 되고 있는 혼합폐기물을 앞서 언급한 폐기물의 종류에 맞게 분류하기 위해, 기존의 연구자료에서 폐콘크리트와 폐금속류를 제외한 나머지 부분의 비율을 구한 후 이를 혼합폐기물에 적용하여 건설표준품셈의 혼합폐기물을 폐목재류, 가연성폐기물, 불연성(기타건설)폐기물의 세 가지 항목으로 세분하였다.

주거용 건축물 중 목조의 경우에는 건설표준품셈에서 반영이 되어 있지 않았기 때문에 새롭게 반영될 필요가 있으며, 아파트 RC조의 경우 2000년경 대한주택공사에 의해 새롭게 조사된 발생원단위 자료로 기존 자료를 대체하였다. 또한 공공용 건물의 각 폐기물별 발생량의 경우 기존의 품셈으로부터 업무용대비 비율을 구한 후 그와 동일한 방식으로 적용하여 공공용 건물의 발생원단위를 제시하였다. 건설표준품셈의 폐기물 종류는 폐콘크리트, 폐금속과 혼합폐기물의 세 가지로 구성되어 있으나, 본 연구의 폐기물 분류는 혼합폐기물을 <표 1-10>에서 볼 수 있듯이 폐목재와 가연성폐기물 및 불연성폐기물의 세 가지로 추가적으로 세분하였으며, 서울시정개발연구원의 자료를 이용하여 단독주택과 업무용 건축물의 폐기물 발생량을 폐목재, 가연성·불연성폐기물로 분류한 후 이 세 가지 폐기물의 총량을 100%로 놓고, 상대적인 비율을 구하여 제시하였다. 비율을 구한 결과 위의 표에서 볼 수 있듯이 단독주택의 경우 폐목재는 발생량에서 폐콘크리트와 금속류를 제외한 나머지 양의 약 17%정도를, 가연성폐기물은 27%, 불연성폐기물은 56%정도를 차지하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 비율을 건설표준품셈의 혼

합폐기물 발생원단위 자료에 반영하면 위와 같은 자료를 구할 수 있다. <표 1-11>의 경우 동일한 방식을 이용하여 해체공사에 따른 건설폐기물의 발생량을 구한 자료이며, <표 1-12>에서는 직접계측을 통해 구해진 부천·상동지구의 발생원단위 자료를 분류하여 첨부하였다.

발생원단위는 간접추계방법을 사용하였으므로, 자료 자체가 발생량을 정확하게 예측할 수는 없을 것이라 생각되나, 건설공사가 진행되는 모든 현장에서 동일한 기준을 가지고 예측발생량과 실제발생량을 비교하는 과정을 꾸준히 거치면서 좀 더 정확한 자료를 꾸준히 반영될 필요가 있다. 또한 발생원단위의 추후 연구 방향은 건축물 구조별 직접계측을 통한 보다 정확한 데이터를 구하는데 초점이 맞추어져야 하며, 기존의 문헌 검토는 더 이상 필요하지 않다고 생각된다.

<표 1-10> 신축공사 발생원단위 data 계산 방법

신 축 공 사								
구조 \ 종류	종류	폐 콘크리트	폐아스팔트 콘크리트	폐금속	혼합폐기물(기준)			총계
					폐목재	가연성폐기물	불연성폐기물	
목조와 아파트는 서울시정개발연구원과 대한주택공사의 자료를 사용								
단독주택의 혼합폐기물 비율					0.17	0.27	0.56	1
주거용	단독주택	18.00	－	1.60	1.07	1.74	3.59	26.00
	목조		－	2.20	13.00	1.50	9.36	26.07
	아파트	25.96	－	0.05	1.69	0.07	1.47	29.24
업무용건축물 혼합폐기물 비율					0.20	0.42	0.37	1
					0.20	0.36	0.44	1
					0.14	0.45	0.42	1
업무용	RC	19.00	－	2.40	1.31	2.70	2.39	27.80
	S	12.00	－	1.80	1.28	2.32	2.80	20.20
	SRC	21.00	－	4.00	0.97	3.23	3.00	32.20

업무용대비 공공용비율	0.95		0.92	1.38	
	1.00		1.00	0.88	
	0.86		1.00	0.78	

공공용	RC	18.00	-	2.20	1.80	3.71	3.29	29.00
	S	12.00	-	1.80	1.12	2.03	2.45	19.40
	SRC	18.00	-	4.00	0.76	2.51	2.33	27.60

<신축공사 발생원단위>

단위 : kg/m²

신축공사		폐콘크리트	폐아스팔트 콘크리트	폐금속	폐목재	가연성 폐기물	불연성폐 기물	총계
주거용	단독주택	18.00	-	1.60	1.07	1.74	3.59	26.00
	목조	-	-	2.20	13.00	1.50	9.36	26.07
	아파트	25.96	-	0.05	1.69	0.07	1.47	29.24
업무용	RC	19.00	-	2.40	1.31	2.70	2.39	27.80
	S	12.00	-	1.80	1.28	2.32	2.80	20.20
	SRC	21.00	-	4.00	0.97	3.23	3.00	32.20
공공용	RC	18.00	-	2.20	1.80	3.71	3.29	29.00
	S	12.00	-	1.80	1.12	2.03	2.45	19.40
	SRC	18.00	-	4.00	4.00	2.51	2.33	27.60

<표 1-11> 해체공사 발생원단위 data 계산 방법

해 체 공 사								
구조	종류	폐콘크리트	폐아스팔트 콘크리트	폐금속	혼합폐기물(기준)			총계
					폐목재	가연성폐 기물	불연성폐기 물	

목조와 아파트는 서울시정개발연구원과 대한주택공사의 자료를 사용

단독주택의 혼합폐기물 비율					0.06	0.05	0.89	1
주거용	단독주택	1409.00	-	48.00	11.17	10.15	181.62	1659.94
	목조	-	-	3.00	100.00	37.00	288.00	428.00
	아파트	1686.00	-	68.00	2.90	18.60	61.70	1837.20

업무용건축물 혼합폐기물 비율					0.07	0.10	0.83	1
					0.08	0.13	0.79	1
					0.05	0.12	0.83	1

업무용	RC	1488.00	-	73.00	9.32	13.91	111.78	1696.00
	S	937.00	-	55.00	10.13	17.82	106.65	1126.60
	SRC	1644.00	-	122.00	7.60	17.63	125.86	1917.09

업무용대비 공공용비율	0.95	-	0.92	0.87		
	1.00	-	1.00	0.87		
	0.86	-	1.00	0.78		

공공용	RC	1409.58	-	67.01	8.14	12.15	97.70	1594.59
	S	937.00	-	55.00	8.85	15.57	93.21	1109.64
	SRC	1408.91	-	122.00	5.90	13.69	97.70	1648.20

<해체공사 발생원단위>

단위 : kg/m²

해체공사		폐 콘크리트	폐 아스팔트 콘크리트	폐 금속	폐 목재	가연성 폐기물	불연성 폐기물	총계
주거용	단독주택	1409.00	-	48.00	11.17	10.15	181.62	1659.94

	목조	—	—	3.00	100.00	37.00	288.00	428.00
	아파트	1686.00	—	68.00	2.90	18.60	61.70	1837.20
업무용	RC	1488.00	—	73.00	9.32	13.91	111.78	1696.01
	S	937.00	—	55.00	10.13	17.82	106.65	1126.60
	SRC	1644.00	—	122.00	7.60	17.63	125.86	1917.09
공공용	RC	1409.58	—	67.01	8.14	12.15	97.70	1594.59
	S	937.00	—	55.00	8.85	15.57	93.21	1109.64
	SRC	1408.91	—	122.00	5.90	13.69	97.70	1648.20

<표 1-12> 해체공사 발생원단위 data 계산 방법

종류 분류		폐콘크리트	페아스팔트 콘크리트	폐금속	폐목재	가연성 폐기물	불연성 폐기물	총계	
재 개 발 지 역	가옥	목조	611.30 (86%)	—	0.70 (<1%)	23.28 (3%)	8.73 (1%)	65.96 (9%)	710.00 (100%)
		연와벽돌조	1402.00 (89%)	—	1.00 (<1%)	8.96 (1%)	8.14 (1%)	157.9 (10%)	1578.00 (100%)
		RC조	1281.00 (95%)	—	0.00 (<1%)	2.16 (<1%)	15.84 (1%)	53.28 (4%)	1352.00 (100%)
	공장	연와벽돌조	1579.00 (98%)	—	2.00 (<1%)	1.54 (<1%)	1.40 (<1%)	27.07 (2%)	1611.00 (100%)
	공공 건물	연와벽돌조	1460.00 (95%)	—	0.30 (<1%)	3.60 (<1%)	3.30 (<1%)	64.90 (4%)	1532.00 (100%)
		RC조	1421.00 (98%)	—	0.00 (<1%)	1.70 (<1%)	2.50 (<1%)	21.20 (1%)	1446.00 (100%)
	창고 화장실	연와벽돌조	682.00 (94%)	—	0.00 (<1%)	2.10 (<1%)	1.90 (<1%)	37.00 (5%)	723.00 (100%)

<표 1-13> 해체공사 발생원단위

(단위 kg/m²)

해체공사		폐콘크리트	페아스팔트 콘크리트	폐금속	폐목재	가연성 폐기물	불연성 폐기물	합계
주거용	단독주택	1409.00 (85%)	—	48.00 (3%)	11.17 (1%)	10.15 (1%)	181.62 (11%)	1659.94 (100%)
	목조	— (0%)	—	3.00 (1%)	100.00 (23%)	37.00 (9%)	288.00 (67%)	428.00 (100%)
	아파트	1686.00 (92%)	—	68.00 (4%)	2.90 (<1%)	18.60 (1%)	61.70 (3%)	1837.20 (100%)
업무용	RC	1488.00 (88%)	—	73.00 (4%)	9.32 (1%)	13.91 (1%)	111.78 (7%)	1696.01 (100%)
	S	937.00 (83%)	—	55.00 (5%)	10.13 (1%)	17.82 (2%)	106.65 (9%)	1126.60 (100%)
	SRC	1644.00 (86%)	—	122.00 (6%)	7.60 (<1%)	17.63 (1%)	125.86 (7%)	1917.09 (100%)
공공용	RC	1409.58 (88%)	—	67.01 (4%)	8.14 (1%)	12.15 (1%)	97.70 (6%)	1594.58 (100%)
	S	937.00 (84%)	—	55.00 (5%)	8.85 (1%)	15.57 (1%)	93.21 (8%)	1109.63 (100%)
	SRC	1408.91 (85%)	—	122.00 (7%)	5.90 (<1%)	13.69 (1%)	97.70 (6%)	1648.20 (100%)
재 개 발 지 역	가옥	목조	—	0.70 (<1%)	23.28 (3%)	8.73 (1%)	65.96 (9%)	710.00 (100%)
		연와벽돌 조	—	1.00 (<1%)	8.96 (1%)	8.14 (1%)	157.9 (10%)	1578.00 (100%)
		RC조	—	0.00 (<1%)	2.16 (<1%)	15.84 (1%)	53.28 (4%)	1352.00 (100%)
	공장	연와벽돌 조	—	2.00 (<1%)	1.54 (<1%)	1.40 (<1%)	27.07 (2%)	1611.00 (100%)
	공공 건물	연와벽돌 조	—	0.30 (<1%)	3.60 (<1%)	3.30 (<1%)	64.90 (4%)	1532.00 (100%)
		RC조	—	0.00 (<1%)	1.70 (<1%)	2.50 (<1%)	21.20 (1%)	1446.00 (100%)
	창고 화장 실	연와벽돌 조	—	0.00 (<1%)	2.10 (<1%)	1.90 (<1%)	37.00 (5%)	723.00 (100%)

<표 1-13>은 한국환경정책·평가연구원에서 “부천상동지구 발생폐기물 재활용처리 방안에 관한 연구(한국건설기술연구원, 2000)”를 보완한 계산치를 제안한 것으로 이제까지의 원단위 산정 연구조사가 발생 폐기물의 성상을 단순하게 폐콘크리트, 폐금속, 혼합폐기물 등과 같이 건설표준품셈의 분류에 따른 조사를 실시하였으나 이 연구에서는 발생 폐기물을 폐콘크리트, 폐아스콘, 폐금속, 폐목재, 가연성 폐기물, 불연성 폐기물 등 6가지 종류로 구분하여 발생 원단위를 산정하였다.

이 조사의 결과로 건설현장에서 발생하는 폐기물의 성상을 구체적으로 파악할 수 있게 되었으며, 이후 건설폐기물의 성상별 분리배출 등에 대한 기본 자료로 활용되었다.

(5) 공동주택 철거잔재의 활용성 향상을 위한 해체기술 및 시스템 개발(대한토지주택공사, 2004)

대한토지주택공사에서는 해체공사에서 발생하는 잔재의 활용성을 향상하고 안정을 담보할 수 있는 부분해체기술 개선 등 해체공사의 전반적인 수행체계 개선방안을 제시하고 작업프로세스 모델을 개발하는데에 목표를 두고 이에 대한 연구를 하였다. 그에 대한 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

- 노후 공동주택에서 발생하는 해체잔재의 종류별 발생원단위 수량산출기준 정립
- 원단위 또는 도면, 실측자료의 입력으로 수량의 자동 산출이 가능할 프로그램의 개발
- 선해체 후분리 방식의 해체공사 작업프로세스 분석으로 분별해체 방안 정립 및 제안
- 부분해체 기술의 실태조사 및 문제점 도출을 통한 우리나라 공동주택의 부분해체 기술 개발방향 설정 및 기술 개선
- 해체방법에 따른 공동주택 해체공사의 공종별 공사비 산정기준 정립 및 내역체계 개발
- 해체공사 시방(안) 및 작업안전지침(안) 제안 및 종합 해체공사시스템의 개발

상기 연구에서는 해체공사의 계획부터 폐기물처리단계까지 국가나 기업차원에서 일관성 있는 계획수립을 위해 가장 기본이 되는 것이 건설폐기물의 발생량 예측이며, 그에 필요한 원단위 기준은 각종 기준들이 산재해 있으나, 통일된 산출기준이 제지되지 못하고 지적하고 있다고 표현하였다. 그 이유는 대상구조물과 사업특성이 다양하여 통일된 원단위 기준을 정립하기 어려운 특성이 있으며, 원단위 기준의 중요성을 인식하기 시작한 것도 그리 오래되지 않았지 때

문인 것으로 나타났다. 이로 인해 해체공사를 발주할 때에는 산출한 해체예정 수량과 실제 발생량의 사이에 많은 오차가 발생하고 있으며, 심한 설계변경 물량의 발생으로 인해 발주처와 수급업체 간에 분쟁도 잦은 것이 현실적인 이유로 판명되었다.

상기 연구에서는 도출하고자 하는 수량산출기준은 분별해체의 추진이 가장 용이한 공동주택에서 발생하는 잔재의 종류를 도면을 통하여 구분하고, 그러한 구성재의 종류별 발생량을 산출 할 수 있는 기준을 제시함으로써 각종 재건축공사 발주, 국가적인 건설폐기물 예측과 폐기물 관리정책 수립이 가능하도록 하였다. 원단위 기준은 통합 원단위 기준을 마련하는 과정의 하나로 우리나라 재고주택의 50% 이상을 차지하고 있으며, 향후 건설폐기물의 대부분을 차지하게 될 공동주택의 원단위 기준으로 한정하여 그 결과를 제안하였다. 이를 위해 공동주택을 중심으로 도면분석과 내역서 분석 등의 자료조사 및 실사와 결과분석을 통하여 평형별, 구조별 투입자재의 원단위 기준을 제안하였으며 이러한 원단위 산출을 위한 도면분석과정 등을 활용하여 자동적 원단위 산출이 가능한 프로그램을 개발하였다.

이에 따라 진행한 공동주택에 각종 원단위 기준에 대한 제안은 도면에 의하여 건축물을 구성하고 있는 잔재의 종류별 수량이다. 그러나 실제해체현장에서는 분별해체를 실시하더라도 각종 구성재들이 서로 혼합되어 발생되기 때문에 이들 잔재를 종류별로 100% 회수하는 것은 불가능하다. 이러한 측면에서 기존에 제안된 원단위 기준들은 해체대상물에서 건설폐기물이 얼마나 발생할 것인가를 예측하는 데는 유용하지만, 실제 현장에서 발생하는 건설폐기물의 유형 및 그 유형별 발생량의 예측은 불가능하다. 따라서 현장관리, 건설폐기물의 처리 및 정산과정에서의 설계변경 요인을 줄이기 위해서는 실제 현장발생 성상별 원단위 기준이 더욱 절실하여 각종 조사 및 실사를 실시한 현장에서의 발생 폐기물관련 자료를 분석하여 <표 1-14>의 성상별 원단위 기준을 제안하였다. 이러한 현장발생 폐기물들은 구조물을 해체하기 전과 대비하여 해체 후에는 체적이 변화하고 이에 따라 단위 중량도 달라진다. 따라서 현장에서 실제 발생한 잔재의 유형별 단위중량에 대한 기준정립이 요구되어 각종 현장 실사자료들을 분석하여 <표 1-15>에 현장발생 잔재의 종류별 단위중량을 제안하였다.

<표 1-14> 현행발생 성상별 원단위 기준

분류			원단위(m ² 당)	
			무게(톤)	부피(m ³)
현행해체 방식에 의한 잔재의 발생형태	콘크리트류	폐 콘크리트류	1.9453	1.2722
		건설폐자재류	0.7014	0.5028
		폐아스콘류	0.0077	0.0053
	소계		2.6544	1.7803
	고철류	비철류	0.0010	—
		스테인리스	0.0001	—
		철근	0.0400	—
	소계		0.0411	—
	목재류 및 합성수지류	장판지	0.0005	—
		폐목재류	0.0071	—
		폐합성수지류	0.0087	—
	소계		0.0163	—
분별해체에 의한 발생형태		수지류	0.0009	0.0177
		전등류	0.0001	0.0036
		잡철류	0.0035	0.0197
		황동류	0.0002	0.0007
		목재류	0.0097	0.0702
		유리류	0.0016	0.0016

<표 1-15> 현행발생성상별 단위중량

분 류				단위중량 (t/m ³)
폐 콘크리트류	조적류		블록, 모르터, 시멘트 벽돌	1.135
	콘크리트류	분별해체	적재함상부 절취	1.425
			적재함상부 미절취	1.453
		혼합해체	적재함상부 절취	1.381
			적재함상부 미절취	1.397
	내장재 종류별	수지류		스티로폼
장판지				0.977
유리섬유				0.125
전등류		형광등/ 전구류	0.015	
잡철류		철제문, 난간 등	0.230	
황동류		미끄럼 방지 논슬립	0.237	
비철류		샷시류	0.068	
스테인레스		싱크류	0.051	
목재류		문/문틀, 창/창호 등	0.238	
유리류		창문유리, 유리제품 등	0.138	

실제현장에서 폐기물의 정확한 중량이나 체적의 환산에 필요한 계수의 기준을 <표 1-16>에 제안하였다. 또한 건축물을 구성하고 있는 각 구성재는 해체과정에서 100% 회수가 불가능하므로 실제로 얼마나 회수할 수 있는 것인지에 대한 예측이 필요하다. 즉, 실제 투입된 양에

비하여 현장에서 얼마나 회수될 것인가는 중요한 문제로 이러한 회수율을 <표 1-17>과 같이 제안하였다.

<표 1-16> 현행발생 성상별 체적 및 중량환산계수

구분		체적환산계수	중량환산계수
수지류	장판지	2.966	0.286
	스티로폼	0.182	0.141
	유리섬유	2.578	1.396
전등류	형광등, 전등류, 소켓류	5.452	0.553
철재류	철제 출입문, 철제난간	2.940	0.545
황동류	황동줄눈, 난방분배기	1.567	0.898
비철류	알루미늄 새시	2.219	0.607
스테인리스류	싱크대	1.329	0.625
목재류	문/문틀, 창/창틀, 걸레받이, 싱크대	4.616	1.097
유리류	창문	1.855	0.801
콘크리트류	철근콘크리트	1.697	1.073
	모르터	1.551	
	조적류	1.549	
	자갈류	1.254	
	타일류	2.065	
	평균(콘크리트류)	1.623	

(주) 환산계수 = 현장 실발생량/도면분석량(철거이전)

<표 1-17> 현장발생 성상별 회수율(중량기준)

구분		회수율(%)
페콘크리트류		108
철근		124
금속류	철제	56
	알루미늄	61
	브레이스	128
	스테인리스	63
목재류	나왕, 육송	110
유리/도자기류	유리류	80
	타일류	0
	위생도기	95
합성수지류	스티로폼	14
	폴리에틸렌	0
	연질 PVC	29
	경질 PVC	98
	PVC 파이프	0
기타	형광등 외	69
합계		107

(주) 회수율(%) = 실발생량/예측물량

(6) 건설폐기물 분별해체 시스템 구축 및 적정공사비용 산정연구 (한국건설기술연구원, 2009)

한국건설기술연구원에서 연구한 내용은 구조물의 종류에 따른 분별해체공사 원단위 산정 및 표준품셈 작성과 구조물의 종류에 따른 분별해체 절차 및 공정 정립, 분별해체 지침 작성 (환경부, 건설교통부(현 국토교통부))에 목표를 두었다. 연구내용 및 결과는 다음과 같다.

- 분별해체공사의 원단위 산출
- 5종류의 분별대상 건설폐기물별(건설폐기물, 가연성, 불연성, 폐금속류, 혼합폐기물), 5종류의 구조형식별(철근콘크리트조, 철골조, 철골철근콘크리트조, 조적조, 목조). 6종류의 건축물 용도구분별(사무소, 공동주택, 교육시설, 공장, 창고, 주택) 원단위 제시
- 분별해체공사의 표준품셈(안) 제시
- 현행 건설공사 표준품셈의 해체철거공사 부분을 일반해체와 분별해체를 구분하여 제시
- 분별해체지침 및 제도개선안 제시
- 철근콘크리트조, 철골조, 철골·철근콘크리트조, 조적조를 포함한 구조물 분별해체지침과 목조 구조물 분별해체지침의 2개 지침 제시
- 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률에 분별해체의 정의 및 구조물의 분별해체에 대한 내용을 삽입 개정안 제시
- 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률 시행령에 분별해체시 분별해체지침을 작성하고 이를 따르도록 하는 내용은 삽입한 개정안 제시
- 분별해체현장용 건설폐기물 발생량 예측프로그램 개발
- 건축물 분별해체시 구조별, 용도별 건설폐기물 발생예측량, 해체 비용 및 건설폐기물 처리비용 산정 프로그램 개발

위 연구를 통해 선진국에서 일반화된 분별해체공사의 국내적용 활성화를 위한 기술, 제도, 경제 토털시스템구축 및 개발이 가능하며 다음과 같은 특징과 장점을 갖고 있음을 보여주었다.

- 기술분야(분별해체지침 및 건설폐기물 발생 예측프로그램)
- 제도분야(관련 법령 개정안)
- 경제분야(표준품셈안 제안)

이러한 연구를 통해 가질 수 있는 기대효과로는 건축물 해체기술의 선진화로 해체기술의 가치증대(이미지 제고), 분별해체 활성화로 인한 건설폐기물의 재활용 비율 증대(건설폐기물의 순환골재로 재활용율 90% 이상 증대 기대), 혼합폐기물의 감소로 매립비용 저감 및 매립지 사용기간 증대(혼합 폐기물 재활용율 50%에서 90%이상으로 증대기대, 매립비용 연간 약 150억

저감 기대) 등이 있으며 분별해체 제도 개선을 위한 정책분야와 분별해체 기술지침개발에 따라 해체기술현장분야에 적용이 가능할 것으로 나타났다. 건축설계사무소에서는 설계도면 작성 후 설계에 따른 건축자재의 투입물량 산정을 위한 물량산출 내역서를 작성하는데 상기연구에서는 이를 비교하여 투입되는 물량비율을 예측하였다. 실제 물량산출내역은 전산프로그램으로 입출력되며 다양한 종류의 전자재들의 투입물량이 표현되나 모든 종류에 대한 비교는 곤란한 단점이 있었으며, 한국건설기술연구원에서는 가장 많이 사용되고 공통적으로 투입되어 비교가 가능한 콘크리트 투입물량과 철근 및 철골의 투입물량에 대하여 RC 및 SRC 구조물을 대상으로 조사하였다. 단위를 모두 중량으로 환산하기 위하여 건설폐재류의 주요 발생원인 레미콘은 단위용적질량을 2.3t/m^3 으로 중량환산 하였다. <표 1-18, 1-19>.

RC구조물의 경우 용도별로 교육시설과 업무시설로 구분하였다.

- 교육시설의 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $1,645\text{kg/m}^2$, 금속류 원단위는 103kg/m^2
- 업무시설의 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $2,014\text{kg/m}^2$, 금속류 원단위는 146kg/m^2
- RC 구조물 전체 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $1,886\text{kg/m}^2$, 금속류는 129kg/m^2

SRC구조물은 용도별로 극장시설과 업무시설로 구분하였다.

- 극장시설의 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $1,176\text{kg/m}^2$, 금속류 원단위는 208kg/m^2
- 업무시설의 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $1,251\text{kg/m}^2$, 금속류 원단위는 74kg/m^2
- SRC 구조물 전체 건설폐재류(레미콘) 원단위는 $1,221\text{kg/m}^2$, 금속류는 157kg/m^2

상기 원단위는 도면에 의한 물량 산출을 기준으로 계산한 것으로 실제 해체공사시의 발생 원단위와는 차이가 있을 것으로 판단되며, 원단위 산정을 위한 분석 데이터가 많을수록 신뢰성이 높은 발생원단위 추정이 가능할 것으로 판단된다.

<표 1-18> RC 구조물의 투입 물량

프로젝트명		규모	연면적 (m^2)	레미콘 (m^3)	철근 (ton)	철골 (ton)
교육 시설	E대 종합과학관	지하2층, 지하5층	7375	5,924	739	33
	D대학교 도서관	지하3층, 지상3층	14,878	9,998	1,501	25

업무 시설	계		22,253	15,922	2,240	58
	원단위(kg/m ²)			1,645		103
	G생명 일산사옥	지하3층, 지상10층	12,585	11,099	1,837	90
	방송국 멀티미디어 센터		19,871	17,325	2,737	94
	계		32,456	28,424	4,574	184
	원단위(kg/m ²)			2,014		146
	총계		54,709	44,346		
원단위(kg/m ²)				1,886		129

<표 1-19> SRC 구조물의 투입 물량

프로젝트명		규모	연면적 (m ²)	레미콘 (m ³)	철근 (ton)	철골 (ton)
극장 시설	D 극장		9,140	5,906	649	1,156
	P 극장	지하7층, 지상10층	32,560	15,410	2,891	3,990
	계		41,700	21,316	3,540	5,146
	원단위(kg/m ²)			1,176		208
업무 시설	대구 복합상업시설	지하3층, 지상7층	32,462	19,527	2,514	1,299
	N 사무소 건물	지하7층, 지상15층	30,913	14,948	1,518	2,469
	계		63,375	34,475	4,032	3,768
	원단위(kg/m ²)			1,251		74
총계			105,075	55,791	7,572	6,694
원단위(kg/m ²)				1,221		157

경기도 오산세교지구 1차(2004~2011)와 2차(2006~2014)까지 공사 완료예정인 철거공사과정 중 일부구간에서 건축물 철거 전 사전 조사에 따른 건설폐기물 발생량을 예측한 자료를 바탕으로 조사 실시하였다. 철골철근콘크리트조를 제외한 철근콘크리트조, 철골조, 목조, 조적조 등 구조별로 분류하고, 건설폐기물 분류에 따라 혼합건설폐기물을 제외한 건설폐재류, 폐금속류, 가연성 폐기물, 불연성 폐기물로 분류하여 발생량을 비교하였다. 구조물의 수는 철골조 구조물 15개, 철근콘크리트조 구조물 45개, 조적조 구조물 50개, 목조구조물은 28개로 총 138개의 구조물에 대하여 구조별 비교를 위한 건설폐기물 발생량을 산정하였다. 건설폐재류의 경우 철근콘크리트조가 $1,230\text{kg/m}^2$ 로 가장 높았으며, 조적조의 경우 벽돌이나 블록이 건설폐재류에 포함되어 $1,188\text{kg/m}^2$ 로 두 번째로 나타났다. 철골조는 주요 구조재료가 철골이므로 콘크리트 등 건설폐재류량이 상대적으로 적다. 폐금속류는 철골조가 6.1kg/m^2 으로 가장 높았고, 철근콘크리트조, 조적조, 목조의 순으로 나타났다. 불연성 폐기물은 조적조와 철근콘크리트조가 유사하게 높게 나타났고, 목조 구조물이 가장 낮았다. 가연성폐기물은 목조 구조물이 가장 높았고, 조적조 또한 유사하게 나타났다. 이는 조적조의 경우 목재재료를 많이 사용하는데 이유가 있었다.

전체 원단위 발생량은 철근콘크리트조 $1,373\text{kg/m}^2$, 조적조 $1,345\text{kg/m}^2$, 철골조 643kg/m^2 , 목조 571kg/m^2 순으로 나타났다. <표 1-20>

<표 1-20> 구조형식 별 발생 원단위 추정

단위 : kg/m^2

구조형식 \ 분류	건설폐재류 (kg/m^2)	폐금속류	불연성 폐기물	가연성 폐기물	계
철근콘크리트조	1,230.5	2.0	86.1	54.4	1,373
철골조	579.5	6.1	38.5	19.5	643.6
조적조	1,188.5	1.0	89.8	65.8	1,345.1
목조	475.8	0.9	27.8	66.8	571.3

국내 건축물 해체현장에서 발생하는 건설폐기물의 발생량을 분석하기 위하여 <표 1-21>의

7개 해체현장에 대한 건설폐기물 발생량을 분석하였다. 모든 건축물은 압쇄기를 이용한 기계 해체현장이며, 규모가 큰 해체현장은 내장재를 먼저 해체하는 분별해체를 실시한 경우도 있으나 대부분 일반 해체작업에 따라 진행하고 현장에서 선별하여 건설폐기물의 분류에 따른 발생량을 정확히 조사하는데 한계가 있는 것으로 나타났다.

<표 1-21> 국내의 건축물 구조별 건설폐기물 발생량 조사대상 목록

구분	현장명	주요 구조	용도	규모
1	대사관 건축구조물 철거공사	RC조	사무소	지상7층, 지하1층, 연면적 4,900m ²
2	조선소 도장공장 철거공사	S조	공장	연면적 8,550m ²
3	잠실 주상복합 신축공사 중 철거공사	SRC조	공동 주택	지상10층, 지하2층 연면적 22,548.53m ²
4	광주신현 아파트현장 철거공사	목구조	주택	연면적 396.48m ²
5	신문로 제2구역내 기존건물 철거공사	조적조	주택	연면적 5,771m ²
6	S업체 본관동 철거공사	RC조	사무소	연면적 6,860m ²
7	전동차 사무실 철거공사	조적조	사무소	연면적 270m ²

상기현장 중 2개현장에 대한 해체작업개요를 <표 1-22>에 정리하였다.

RC조의 경우 사전분별해체에 의한 내장재 철거가 이루어진 후 구조체를 철거하였으며, 조적조 사무실의 경우 규모가 작아 분별해체가 아닌 일반해체 방법에 의하여 해체하였다.

<표 1-22> 해체작업 개요

현장명	구조	장비사용 (압쇄장비)	살수공	폐기물 운반	내부작업	보통인부	실공사 기간
S업체 본관동 철거공사	RC조	운용공:4명, 보조공:2명	3명	10명	석면철거 50명	공사기간중 매일 5명	40일 소요
전동차 사무실 철거공사	조적조	운용공:2명 보조공:2명	3명	6명	보통인부 5명	공사기간중 매일 1명	5일 소요

해체현장에서 발생한 건설폐기물 발생량은 <표 1-23>과 같이 조사되었다.

발생된 건설폐기물중 건설폐재류가 92.9% ~ 99.4%까지 높게 나타났으며, 다른 건설폐기물 발생량은 폐금속류의 경우 2.3% ~ 3.4%, 가연성폐기물은 0.2% ~ 7%, 불연성 폐기물은 RC조 사무소에 대하여 0.2%로 조사되었다.

<표 1-23> 구조별 원단위 발생량

구분	구조	용도	건설 폐재류(t)	폐금속 류(t)	가연성 폐기물(t)	불연성 폐기물(t)	혼합 폐기물(t)	계(t)
1	RC조	사무소	7,584	-	-	89	-	7,673
			98.8%			0.2%		100%
2	S조	공장	12,850	-	77	-	-	12,927
			99.4%		0.6%			100%
3	SRC조	공동 주택	25,900	-	-	-	-	25,900
			100%					100%
4	목구조	주택	265	-	20	-	-	285
			93%		7%			100%
5	조적조	주택	8,930	-	-	-	75	9,005
			99.1%				0.9%	100%
6	RC조	사무소	11,283	400	20	-	187	11,890
			94.9%	3.4%	0.2%		1.5%	100%
7	조적조	사무소	410	10	-	-	10	430
			95.4%	2.3%			2.3%	100%

건설폐기물 발생량을 연면적으로 나눈 원단위 발생량을 <표 1-24>에 정리하였다. 여기서, SRC조 공동주택 및 목구조 주택을 제외하고 대부분 구조물의 원단위는 1.5t/m^2 이상으로 조사되었으며 특히 RC조 사무소가 1.732t/m^2 으로 가장 높게 조사되었다. 반면 목구조 주택의 발생량이 0.719t/m^2 으로 가장 낮게 나타났다.

<표 1-24> 구조별 건설폐기물의 발생량

구분	구조	용도	건설 폐재류 (t/m^2)	폐금속 류 (t/m^2)	가연성 폐기물 (t/m^2)	불연성 폐기물 (t/m^2)	혼합 폐기물 (t/m^2)	계 (t/m^2)
1	RC조	사무소	1.547	-	-	0.018	-	1.565
2	S조	공장	1.503	-	0.009	-	-	1.512
3	SRC조	공동 주택	1.148	-	-	-	-	1.148
4	목구조	주택	0.669	-	0.05	-	-	0.719
5	조적조	주택	1.547	-	-	-	0.012	1.559
6	RC조	사무소	1.644	0.058	0.003		0.027	1.732
7	조적조	사무소	1.518	0.037			0.037	1.592

다. 해외 원단위 기준 현황

(1) 일본

일본의 건설폐기물 발생원단위의 조사는 (社)建築業協會에서 이루어진 것을 바탕으로 조사하였다. 1990년 이후 매년 ‘건축계 혼합폐기물 배출량 실태조사’실시를 통해 신축현장의 폐기물 발생량을 사전에 파악하여 폐기물 감량 목표치 설정을 유도·관리하게 함으로써 배출 억제 축진을 하고자 하였으며 수도권 4개지역 (1도 3현 : 동경, 사이타마, 지바, 가나가와)에서 신축공사의 모든 부산물(단, 건설발생토, 건설오니, 지하매설물 등 제거에 따른 부산물은 제외)을 대상으로 실시하였다.

<표 1-25> 집합주택 및 사무소의 규모별 원단위 (RC조, 단위 : kg/m²)

연면적	집합주택			사무소		
	작업소수 (건)	발생원단위	혼폐원단위	작업소수 (건)	발생원단위	혼폐원단위
1,000m ² 미만	8	40	19	1	39	30
3,000m ² 미만	47	41	17	11	31	16
6,000m ² 미만	54	42	15	5	26	11
10,000m ² 미만	30	38	11	4	42	16
10,000m ² 이상	69	30	7	2	30	2
전체	208	37	13	23	32	14

조사결과 폐콘크리트 발생량이 차지하는 비율은 약 90%였고 일본의 경우 혼합폐기물의 양이 현저하게 적었다. 이는 순환형 사회형성 추진 기본법을 시작으로 건설리사이클법이 시행되는 과정에서 분별해체의 의무화, 분별해체의 효율을 높인 것에 기인한 것으로 판단된다.

<표 1-26> 폐기물 성상별 발생량 (RC조, 단위 : kg/m²)

종 류		발생량	
		국내	일본
폐콘크리트		1686	903
폐목재류		2.9	9
폐금속류		68	71
폐합성수지류		18.7	-
기타	페아스콘	-	54
	페유리류	25	-
	페섬유류	0.6	-
	혼합폐기물	35.9	18
질량합계		1815	1014

국내자료 : 건설폐기물의 처리 및 재활용 방안 연구, 대한주택공사, 1997

일본자료 : 건축물 해체에 따른 폐기물 원단위조사 보고서 일본건설업협회, 2004

(2) 미국

미국의 건설폐기물 발생 원단위에 대한 조사는 EPA(환경보호국)에서 주택유형별 폐기물 원단위 (총 발생량 기준)를 제시, 이를 이용해 해당공사의 폐기물 총 발생량을 계산한 후 여기에 자재별 발생비율을 곱하여 세부 발생량을 산출(처리비 추정보다 폐기물 감량계획의 수립, 환경영향 예측 등 관리 Tool로 활용)하였다.

<표 1-27> Estimated Generation of Residential Construction Debris

Date	Research Group	Type of data	No. of Units	Building Size (Sqft)	Total Waste (Pounds)	Generation Rate (Lb/sqft)
1993	County	Single-family	1	2,000	14,880	7.44
1993	Cornell U.	Single-family	1	1,890	4,556	2.41
1993	County ¹⁾	Multi-family ³⁾	6	9,000	33,580	3.73
1996	NAHB ²⁾	Multi-family ³⁾	36	50,400	204,000	4.05
Totals for 93 dwelling units			93	172,130	754,494	4.38

Audit by McHenry County, assisted by Cornerstone Material Recovery

NAHB : National Association of Homebuilders

6-unit apartment building

36-unit condominium, average 1400 square feet

라. 소결

건설폐기물 발생량은 건설경기의 침체에 따른 공사물량의 감소에도 불구하고 꾸준한 발생량을 보이고 있다. 이러한 원인은 폐기물의 관리가 감량보다는 발생 후 처리 개념이 지속적으로 적용되고 있기 때문으로 판단된다. 건설폐기물의 감량을 위해서는 발생단계에서부터 정확한 예측을 통한 관리를 실시함으로써 감량의 목표를 설정하는 단계가 이루어져야 한다.

발생원단위에 대한 연구는 90년대 중반부터 여러 차례 되어 왔고 1991년도에 국토부에서 건설공사 표준품셈에 발생원단위를 산정하여 반영하였다. 하지만 현재 다양화 된 건축물 형태

에 반해 폐콘크리트, 폐금속, 혼합폐기물 3가지 성상으로만 분류되어 있어 다양화 된 폐기물 배출 형태를 반영하지 못하고 있으며, 건폐법에서 폐기물을 18종으로 구분한 사례에 어긋나 새로운 폐기물 원단위의 설정이 필요한 시점이다. 이후에도 여러 기관에서의 발생원단위에 관한 조사가 이루어 졌으나 하나의 택지개발이나 단위사업 수행을 통해 산출한 사례는 있었지만 용도별, 공종별 등 다양한 인자로 세분화하여 발생량을 산출한 사례는 없었다. 발주기관별로 발생량에 대한 자료가 있으나 해당 기관의 특성에 맞는 원단위를 구성함으로써 여러 가지 문제점을 노출하고 있는 것도 사실이다.

일본의 경우 기술적 권위를 지니는 社團法人 建築業協會와 環境委員會 副産物部會 등에서 발생원단위를 정기적으로 산출/보급하고 있으며 이를 바탕으로 각 건설사별 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발하여 단위현장까지 폐기물에 대한 정량적 목표를 설정 및 관리를 위한 Tool로서 활용하고 있으며 미국, 영국, 네덜란드, 호주 등은 건설폐기물 재활용 관련 연구 및 제도를 운영하고 있으나 원단위 및 발생량 산정 프로그램 등의 구체적인 예는 찾기 어려움이 있는 것으로 판단되었다.

최근의 건축공사의 경우 평면이 다양화되고 건설기술이 향상되고 있으며, 특히 현장 환경 관리에 대한 관리감독이 강화되고 있다. 이러한 특성을 반영한 새로운 폐기물 원단위의 설정이 필요하다.

3. 국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램

개발하고자 하는 건설폐기물 발생량 예측 프로그램의 설계 컨셉은 쉽고, 빠르게, 사용자가 편리하도록 설계하여 범용적으로 활용될 수 있도록 하는 것이다. 사용자라 하면 발주자, 시공사, 폐기물 해체 처리업자 등의 이해관계자이며, 본 프로그램은 가장 활용도가 높은 건설현장에 맞추어 업무 프로세스에 따라 구성하고자 하였다.

프로그램 개발에 앞서 선행 개발된 국내외 프로그램에 대하여 사전 스터디를 실시하였으며 건설폐기물 발생량 예측 방법, 주요기능 등에 대하여 비교 분석 후 국내 실정 및 사용자 입장에 맞추어 설계하였다.

사전조사대상은 국내외 도급순위 10대 건설회사와, 연구소, 학회, 대학을 대상으로 하였다. 본 보고에서는 국내 프로그램 2건, 일본의 기업 프로그램 2건, 연구소 프로그램 1건, 학회 프로

그램 1건, 대학프로그램 1건을 분석 대상으로 설정하였다. 조사대상이 된 일본의 폐기물 예측 프로그램과 국내의 폐기물 발생량 예측 프로그램에 대한 평가 범위, 평가 지표, 평가 프로세스를 중심으로 하여 비교 분석을 실시하였다.

<표 1-28> 국내외 건설 폐기물 예측 프로그램 구축 현황

No		개발기관	명칭	개발 년도	개발 분야	평가항목	개발환경	비고
국내	1	아주대	폐기물 전산 관리 시스템(개발 중)	2013	건축	LCW /LCC	Excel	대학
	2	진주산업대	공동주택 건설폐기물 산정 프로그램	2011	건축	Waste	Application	대학/연 구소
	3	한국건설기술연구원	분별 해체공사 간이 산정 프로그램	2009	건축	Waste	Application	연구소
국외	4	鹿島建設 (카지마건설)	집합주택의 간이 LCA 평가 프로그램	2003	건축 (주택)	LCW /LCA	Excel	건설 회사 ¹⁾ (일본 10대 건설 회사)
	5	大成建設 (다이세이건설)	E-DAM	2000	건축 /토목	LCW	Application	
	6	大林組 (오바야시구미)	×(없음)					
	7	清水建設 (시미즈건설)	GEM 21	1993	건축	LCW /LCA	Application	
	8	竹中工務店 (타케나카공무점)	×(없음)					
	9	長谷工コーポレーション	×(없음)					
	10	大東建託	×(없음)					
	11	三井住友建設	×(없음)					
	12	前田建設工業	×(없음)					
	13	戸田建設	×(없음)					
	14	국토기술정책종합연구소	건축물의 건설폐기물발생량 산정 툴 ²⁾	2007	건축	LCW	Web	연구소
	15	국토기술정책종합연구소	BEAT-Bldg	2007	건축	LCW /LCA	Application	
	16	일본건축학회	AIJ LCA&LCW v 4.05	2005	건축	LCW	Excel	

					LCA		
17	동경대학	ECO-MA	2003	건축/ 토목	LCW LCA	Algorithm	대학

1) 일본건설회사는 도급순위 10대 건설회사를 조사 대상으로 함.

2) 「지속가능한 사회구축을 목표로 한 건축성능평가·대책기술의 개발」 검토회-LCW 검토부회, 비공개

가. 국내 건설폐기물 발생량 예측 프로그램

(1) 해체공사 관리 자동화 시스템(DeCON ver.1)

(가) 개요

본 프로그램은 공동주택의 해체공사에서 발생하는 건설폐기물 발생량을 예측하는 프로그램으로 발생원단위 또는 부재의 치수를 입력하여 건설폐기물 발생량을 산출 할 수 있는 툴이다. 프로그램의 주요 구성은 건설공사 적산프로그램과 유사하게 구성되어 있는 것이 특징이라 할 수 있으며, 상세한 정보입력을 통하여 매우 상세한 건설폐기물 발생량을 산출 할 수 있다.

(나) 평가 범위

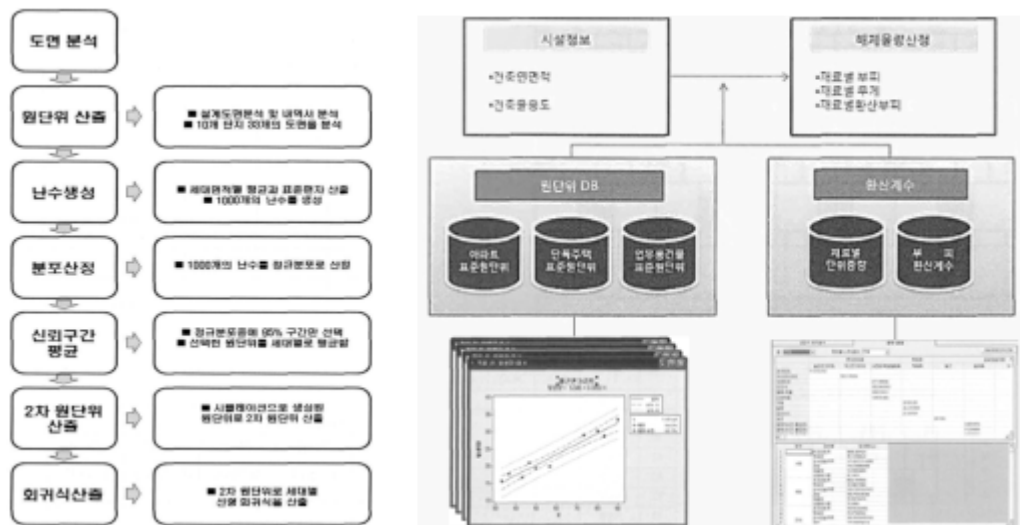
공동주택의 대상으로 해체단계에서만 건설폐기물 발생량을 산출하며 건설폐기물의 종류는 건설폐기물 22종으로 분류하고 있다. .

<표 1-29> 해체공사 건설폐기물 발생량 예측프로그램 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	X	X	-
배출	폐기물발생량	X	X	○
	재 자원화량	X	X	X
	최종 처분량	X	X	X

(다) 평가 지표

본 프로그램에서 개발한 원단위 모델은 간접추계방식으로 제안된 폐기물 원단위를 MCS기법을 적용한 원단위 회귀모델로서 22종의 단위면적당의 재료별 원단위를 제시하였다.



[그림 1-11] DECON 원단위 시뮬레이션 순서도 및 MCS 시뮬레이션

(라) 폐기물 원단위 모델 개발

현재 해체 대상이 되고 있는 공동주택의 도면을 실측하여 공동주택을 구성하는 공간을 통계 분석하였으며, 분석대상은 <표 1-30>과 같이 바닥면적별로 구분하여 10개 단지 33개의 도면을 부위별, 재료별로 구분하여 분석하였다. 도면 분석을 통하여 구성자재의 종류별 건설폐기물 발생 가능한 자재의 종류는 모두 22종류로 구분하였다.

<표 1-30> 공동주택 건설폐기물 원단위 1차 모델

구분	년도	바닥면적(m ²)									
		33.3	36.63	43.29	46.62	49.95	56.61	73.26	79.92	83.25	89.91
5층 RC 라멘조	1978	○	○	○	○			○	○		
	1979	○	○	○	○			○	○		○
	1980	○	○	○	○						○
	1982	○	○	○	○					○	
	1983			○	○						
	1982							○			
	1983		○				○				
	1984		○					○		○	

	1985				○	○					
--	------	--	--	--	---	---	--	--	--	--	--

세대별 면적과 재료별 해체물량을 구분 하여 MCS 분석 방법을 선택하여 분석하고, 회귀 모형 및 계수들의 유의성을 통해 추정된 회귀식을 통하여 세대별 재료의 해체물량 평가가 가능하도록 하였다. 제시된 건설폐기물 발생량에 관한 원단위 선형 회귀모형식은 <표 1-31>과 같다.

<표 1-31> 건설폐기물 원단위

종류		단위	원단위회귀식	R ²
철근콘크리트		m ³	y = 5.045 + 0.2553x	94.2%
무근콘크리트		m ³	y = 0.2537 + 0.02118x	90.2%
벽돌류	블록/벽돌	m ³	y = 2.262 + 0.1307x	92.5%
	내화벽돌	m ³	y = 2.246 + 0.02940x	86.8%
타일		m ³	y = 0.1206 + 0.007495x	93.2%
아스팔트방수		m ³	y = 0.06982 + 0.005309x	96.5%
목재류	각재	m ³	y = 0.2001 + 0.003743x	91.7%
	합판	m ³	y = 0.07520 + 0.002696x	90.5%
전등류		m ³	y = 0.01316 + 0.00007x	28.8%
철근		kg	y = 1030 + 13.5x	75.0%
유리		m ²	y = 0.0219 + 0.000193x	83.2%
집성보드		m ³	y = 0.00907 + 0.004190x	93.4%
장판지		m ²	y = 0.004799 + 0.000301x	96.4%
기타 고재류	횡동줄눈	m	y = 0.562 + 0.06626x	35.5%
	고무줄눈	m	y = 0.07266 + 0.002272x	33.0%
알루미늄		kg	y = 0.000086 + 0.000001x	48.3%

모르타르		m ³	$y = 1.073 + 0.01711x$	90.4%
인조석		m ³	$y = 5.905 + 0.02517x$	31.6%
스티로폼		m ³	$y = 0.02309 + 0.002373x$	93.0%
철재	철재출입문	m ³	$y = 0.000933 + 0.000004x$	45.3%
	물탱크출입문	m ²	$y = 0.06661 + 0.000518x$	46.3%
	난간통	m	$y = 3.974 + 0.2278x$	75.3%

본 모델의 적용은 다음 식과 같이 산출된 재료별 원단위 회귀식에 세대면적을 곱해서 세대별 물량을 산출한다.

- 세대별 예상 해체물량 = 회귀모형 × 세대면적
- 동별 예상 해체물량 = 회귀모형 × 세대면적 × 세대수

본 모델을 적용한 건설폐기물량은 용적을 기준으로 하고 있어, 이를 다시 질량과 해체 후의 발생량을 예측하기 위해서는 재료별 질량환산계수, 용적환산계수가 필요하다. <표 1-32>의 환산계수는 거제도 A아파트 시험 결과(대한주택공사, 2004)를 적용하였으며, 본 시험의 주요 내용은 내장재 철거 후 운반차량에 적재시 공극률을 고려하여 현장에서 직접 계량하여 측정하였다.

<표 1-32> 대한주택공사 질량/용적 환산계수

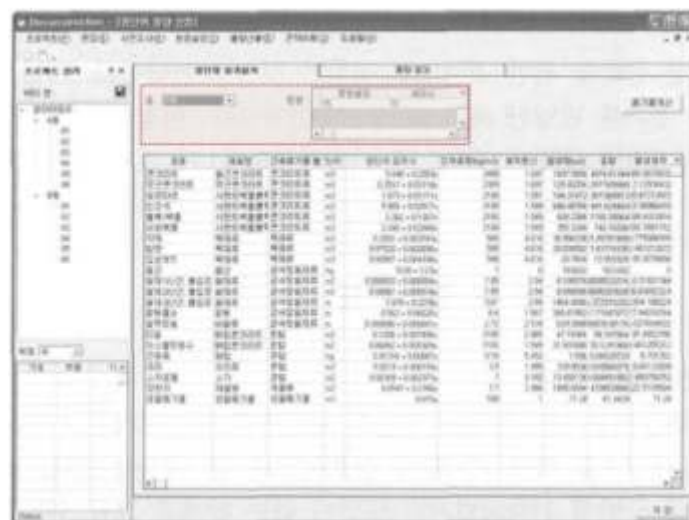
구분		용적환산계수			질량환산계수		
		A동	B동	평균	A동	B동	평균
수지류	장판지	2.966		2.966	0.286		0.286
	스티로폼	0.179	0.185	0.182	0.138	0.143	0.141
	유리섬유	2.578		2.578	1.396		1.396
전등류	형광등, 전등류, 소켓류	5.267	5.636	5.452	0.538	0.569	0.553
철제류	철제 출입문, 철제 난간	3.279	2.601	2.940	0.608	0.482	0.545
황동류	황동줄눈,	1.567		1.567	0.898		0.898

	난방분배기						
비철류	알루미늄사시	2.100	2.158	2.129	0.599	0.615	0.607
스테인레스	싱크대 (스테인레스부분)	1.329		1.329	0.625		0.625
목재류	문/문틀, 창/창틀 등	4.678	4.554	4.616	1.112	1.082	1.097
유리류	창/문	1.855		1.855	0.801		0.801
콘크리트류	철근콘크리트	—	1.697	1.697	—	1.073	1.073
	모르타르	—	1.551	1.551			
	조적류	—	1.549	1.549			
	자갈류	—	1.254	1.254			
	타일류	—	2.065	2.065			
	평균	—	1.623	1.623			

(마) 폐기물 평가 프로세스

■ 입력 화면

공동주택 공사개요로써 공사명, 공사기간, 특징 등을 입력하고, 원단위 회귀분석 탭에서 연면적 관련 값(세대별 평형, 세대수) 입력항목을 입력한다.



[그림 1-12] DECON 입력화면

■ 평가 결과

물량결과 탭에서 단해체단계의 공동주택 동별 건설폐기물 발생량, 평형별 건설폐기물 발생량을 수치로 나타낸다.

구분	구분명	단위	발생량 (kg)	비고
공동주택	1호	1호	1000000	
	2호	2호	2000000	
	3호	3호	3000000	
	4호	4호	4000000	
상업용	1호	1호	1000000	
	2호	2호	2000000	
	3호	3호	3000000	
	4호	4호	4000000	
공공기관	1호	1호	1000000	
	2호	2호	2000000	
	3호	3호	3000000	
	4호	4호	4000000	

[그림 1-13] DECON 평가화면

(2) 분별 해체공사 건설폐기물 발생량 간이계산 프로그램

(가) 개요

본 프로그램은 건설폐기물의 재활용을 유도할 수 있는 분별해체 현장용 건설폐기물 발생량 예측을 목적으로 발생원단위 기반 발생량을 예측 할 수 있는 간이 프로그램이다.

(나) 평가 범위

건설폐기물을 건설폐재류, 가연성폐기물, 불연성폐기물, 폐금속류, 혼합폐기물의 5종으로 구분하여, 분별 해체공사시 건설폐기물 발생량과 일반 해체공사시 건설폐기물 발생량을 평가할 수 있다.

평가 대상 건축물은 철근콘크리트조, 철골조, 철골철근콘크리트조, 조적조, 목조 5종류의 구조형식의 건축물과 사무소, 공동주택, 교육시설, 공장, 창고, 단독주택 6종류의 건축물 용도 별로 평가가 가능하다. 또한, 각 해체공사의 해체비용, 처리비용을 간단하게 산정할 수 있으며 <표 1-33>과 같이 건설폐기물에 대한 발생량, 재자원화량, 최종처분량을 평가 할 수 있다.

<표 1-33> 분별 해체공사 건설폐기물 발생량 간이계산 프로그램 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	X	X	-
배출	폐기물발생량	X	X	○
	재 자원화량	X	X	○
	최종 처분량	X	X	○

(다) 평가 지표

건설폐기물 평가 지표는 해체단계의 건설폐기물 원단위로 일반해체 건설폐기물 분류별 원단위와 분별해체 건설폐기물 분류별 원단위로 구성되어 있다. 일반해체 건설폐기물 분류별 원단위의 경우는 기존에 개발된 해체단계의 건설폐기물 원단위를 적용 하였으며, 분별해체 건설폐기물 분류별 원단위는 간접추계방식과 직접계측방식 두 가지를 활용하여 건설폐기물 원단위

를 제시하였다. 건설폐기물 원단위 조사방식은 설계 당시 산출된 물량에 따른 발생원단위 산출 분석, 재개발현장 예측발생량 분석, 분별해체 현장 조사 및 구조별 해체현장 발생량 분석, 일본의 분별해체 원단위 분석 등을 복합적으로 실시하여 건설폐기물 원단위를 제시하였다. 조사에 따른 발생 건설폐기물 분류는 가능한 국내 건설폐기물의 분류에 맞추어 5종의 분류체계로 조사를 실시하였다. 제시된 분별해체 건설폐기물 분류별 원단위는 <표 1-34>와 같다.

<표 1-34> 분별해체공사 건설폐기물 원단위 제안 (단위 : kg/m²)

구분	구조 용도	S조	SRC조	RC조	조적조	목조
건설 폐재류	사무소	945	1,653	1,499	1,354	-
	공동주택	840	1,041	1,562	-	-
	교육시설	1,300	1,427	1,434	-	-
	공장	1,386	1,312	1,249	-	-
	창고	1,031	998	1,438	-	-
	주택	-	-	-	1,412	587
가연성 폐기물	사무소	7	4	9	12	-
	공동주택	16	5	13	-	-
	교육시설	11	11	9	-	-
	공장	7	4	4	-	-
	창고	9	3	9	-	-
	주택	-	-	-	12	28
불연성 폐기물	사무소	27	20	22	16	-
	공동주택	24	13	23	-	-
	교육시설	37	17	21	-	-
	공장	40	16	19	-	-
	창고	30	12	21	-	-
	주택	-	-	-	17	11
폐 금속류	사무소	96	83	61	31	-
	공동주택	68	68	60	-	-

	교육시설	130	86	62	—	—
	공장	74	97	96	—	—
	창고	83	97	53	—	—
	주택	—	—	—	32	27
혼합 폐기물	사무소	22	15	19	13	—
	공동주택	24	6	18	—	—
	교육시설	18	18	16	—	—
	공장	18	36	11	—	—
	창고	17	13	11	—	—
	주택	—	—	—	14	25
합계	사무소	1,070	1,755	1,588	1,425	—
	공동주택	948	1,120	1,653	—	—
	교육시설	1,459	1,542	1,521	—	—
	공장	1,485	1,449	1,360	—	—
	창고	1,140	1,111	1,511	—	—
	주택	—	—	—	1,486	677

(라) 평가 프로세스

■ 입력 화면 : 기본정보

건축공사의 공사개요로써 공사명, 공사기간, 현장위치, 발주처, 특징을 기입하고, 해당 건축물의 구조, 용도와 해체비용 및 처리비용 산정을 위한 항목인 운반거리, 인력 또는 기계철거 구분, 지붕, 천정, 벽, 바닥 및 수장에 대하여 해당 구분을 설정한다. 건축물의 개요입력 이후에는 건축물의 바닥 면적과 벽 면적 등을 입력하여 부위별 폐기물 배출량 평가가 가능하게 한다.

분당 해체공사 건설비용을 알리는 간이계산 프로그램

환경설정 | 건물데이터 입력 | 산출결과

개요 | 입력

공사명 : 서울 동산 사무소 철거공사
 공사기간 : 2009. 3. 1 - 2009. 4. 10
 현장위치 : 서울시 용산구
 발주처 : 서울지정
 특징 : 지상 20층, 지하 5층 규모.
 지하 2~5층 주차장.
 인접도로에서 바로 진입 용이.

구조 : S조 지붕 : 선택한값
 용도 : 사무소 현상 : 방지붕 엑스합판
 운반거리 : 21~25km 벽 : 목조, 판막이 선택한값
 구조재질거 : 기계물거 바닥 및 수장 : 리노룸 선택한값

초기화 계산 Excel 저장 Close

[그림 1-14] 간이계산 프로그램 기본화면

분당 해체공사 건설비용을 알리는 간이계산 프로그램

환경설정 | 건물데이터 입력 | 산출결과

개요 | 입력

	연면적	외벽면적	내벽면적
옥합층	1000	100	100
옥상층	1000	100	100
일반층	1000	100	100
1층	1000	100	100
지층	1000	100	100
합계	5,000.00	500.00	500.00

초기화 계산 Excel 저장 Close

[그림 1-15] 간이계산 프로그램 면적 입력화면

■ 입력 화면 : 세부 정보

세부정보 입력화면으로 세부분류 건설폐기물 원단위와 일반폐기물 원단위, 질량환산계수, 건설폐기물 처리비의 항목으로 구성되어 있다. <표 1-34>에 본 프로그램에 제안된 폐기물 원단위가 적용되며, 질량환산계수, 건설폐기물 처리비용은 표준품셈 및 기존의 연구자료를 근거로 하여 설정되어 있다.

[그림 1-16] 간이계산 프로그램 원단위 입력화면

[그림 1-17] 간이계산 프로그램 처리비용 입력화면

■ 평가 결과

상기의 건축물 데이터를 입력하고 계산 버튼을 클릭하면 해체건설폐기물 발생량이 표와 그래프로 표현되며, 이에 따른 재활용률과 최종처분량도 함께 구분되어 나타난다. 산출된 발생량을 기초로하여 입력된 해체, 처리비용단가와 계산되어 총 해체비용 및 처리비용까지 산출하여 제시된다.



[그림 1-18] 간이계산 프로그램 폐기물 발생량 평가결과



[그림 1-19] 간이계산 프로그램 폐기물 처리비용

나. 국외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램

(1) 집합주택 간이 LCA 평가프로그램

(가) 개요

건설리사이클 법의 시행에 따라 분별해체 및 재자원화 등의 의무부여가 되는 등의 구체적 정책이 추진됨에 따라서 카지마 건설은 건설리사이클 법에 능동적으로 대처하기 위하여 기존에 구축된 건축물 LCA평가 기법에 건설폐기물 발생량 예측 기법을 보완한 집합주택 간이 LCA 평가 프로그램을 개발하였다. 본 평가 프로그램은 엑셀 기반의 평가 툴로서 일본 건축학회 AIJ-LCA & LCW와 유사한 형태의 프로그램이다.

(나) 평가범위

공동주택을 대상으로 평가를 실시하며, LCW, LCE, LCN_{ox}, LCS_{ox}, LCCO₂의 평가가 가능하다. 폐기물은 비산업 폐기물, 건설폐기물 중 안정형 산업폐기물, 관리형 산업폐기물로 분류하여 평가하며 평가 폐기물의 종류는 비산업 폐기물, 안정형 산업폐기물(폐기와, 폐석재류 폐유리·도자기류, 폐플라스틱류, 폐금속, 폐고무) 관리형 산업 폐기물(진흙계, 폐유리·도자기류, 폐플라스틱류, 폐금속, 폐목재, 폐지, 폐합성섬유, 폐유류)이다. 부위별 분류는 콘크리트 구조체(콘크리트, 철근, 거푸집), 철골, 공용부 내외장, 공용부 설비, 내장, 내설비로 나누어져 폐기물량 산정이 가능하다.

<표 1-35> 집합주택 간이 LCA 평가프로그램 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	○	○	-
배출	폐기물발생량	○	○	○
	재 자원화량	○	○	○
	최종 처분량	○	○	○

■ 치수

자재량 및 폐기물량의 산출에 있어서 치수는 중요한 요소이기 때문에, 일람에 기재된 사양의 치수를 Default값으로 하고, 필요로 하는 자재가 Default값과 다른 경우는 치수차 등의 보정값을 산정해서 입력한다. 이를 통해 실제로 사용되는 자재치수가 입력될 수 있도록 하였다.

■ 사양

사양은 건축공사 및 건설자재 가격정보잡지에 기재되어있는 세목 또는 카지마 건설의 자재 정보 사양을 설정한다. 가격정보지는 가격산정을 목적으로 하고 있기 때문에 색상, 마감, 가격에 영향을 주는 차이가 있다면 다른 사양으로서 정리되어 있다. 본 프로그램에서는 투입자재의 종류와 양, 시공시, 해체시 폐기물의 종류 및 그 양을 파악하기 위한 톨이기 때문에 색, 질감, 치수, 형상이 다른 사양에 대해서는 동일하게 평가했다.

■ 재료명

자재별 사양을 구성재료로 분류하고 투입자재량, 폐기물발생량 산출에 필요한 데이터를 정리하였다. 본 프로그램에서 관리하는 자재는 원칙으로 해서 표준보패(=일위대가, 어떤 작업을 수행할 경우의 단위수량 혹은 어떤 일정 공사에 요구되는 작업 노동력 및 작업일수를 수치화한 것)로 확인 가능한 자재명으로 한다.

■ 수량 및 단위

각 재료의 기입된 단위 투입수량, ‘표준보패’나 표준시방서, 특기시방서, 제품 카달로그를 근거로 기입한다. 시방서나 제품 카달로그 값이 파악할 수 없는 경우는 Zeroemi 톨의 값을 적용하고 있다.

■ 환산 계수

본 프로그램에서 관리하는 사양 수를 한정하기 위해서 치수 규격을 정하고, 검토대상이 되는 재료의 치수를 입력하는 것으로 하였다. 여기에서는 각 자재마다 보정계수가 Default로 입력되어 있다. 각 재료의 단위는 “매”, “장”이나 “개”등 질량 이외의 단위인 것도 사용

되고 있다. 본 프로그램 내에는 사양서, 카탈로그, 비중추계 등 자재 단위중량 값이 입력되어 있다. 사양서나 카탈로그로 값을 파악할 수 없는 경우는 Zeroemi 톨의 값을 적용하고 있다.

■ 손실율

수량적산기준이나 표준보과등에 설정되어 있는 시공상 필요한 단재를 손실율로 설정하였으며 손실율은 물량환산치와는 분별해서 관리하는 것으로 하였다.

예) “손실율”이 “2%”의 경우, 투입량은 100에 대해서 손실 2 를 적용하여 시공시에 필요한 자재량(발주량)은 102 가 된다.

또한, 적산기준류에서 호용하고 있는 로스율은 생산자가 각각 상정한 물량과는 차이가 있을 경우가 있다. 또한, 손실율은 단재 등으로써 발생하는 비율로 넣고, 포장재나 가설재 등에 의한 발생물은 평가에서 제외 하였다.

(라) 평가프로세스

■ 입력 화면 : 기본정보

집합주택 간이 LCA 평가프로그램은 기준안과 대책안에 대한 정보를 입력하여 평가가 진행된다. 기본정보 단계에서 입력하는 항목은 평가(안)별로 연면적, 내구수명, 자재 회수율을 입력한다. 자재별 재사용율, 재활용율 수치 설정은 콘크리트, 철근, 거푸집, 철골 4개 항목이 대상이며, 콘크리트의 경우는 세부 자재로 구분하여 재사용율, 재활용율 수치를 적용한다. 각각의 수치 설정은 프로그램에 내장되어 있는 대응 시나리오 별로 설정한다.

■建物の基本情報

	基準案	対策案	備考	コメント
ケース名称	HI-RC 集合住宅	2-N+RCフレーム 集合住宅		柱の配置などで、基準案と対策案の床面積が微妙に異なるが、本試算では、同一として扱った。
建築面積	1,239	1,239	m ²	
法定延床面積	25,622	25,622	m ²	
占有延床面積	19,551	19,551	m ²	
住戸数	240	240	戸	
住戸面積	87	87	m ²	

■建物のライフサイクル設定（耐用年数、修繕率）

	基準案	対策案	備考	コメント
建物の耐用年数	35	100	年	
部位毎の更新周期	[入力-2]より、個別部位ごとに設定			
年あたりの修繕率				
躯体	0%	0%		
共用部外装	1%	1%		
共用部内装	1%	1%		
共用部設備	1%	1%		
住戸内装	1%	1%		
住戸内建築種	1%	1%		
住戸内設備	1%	1%		

注）部位ごとの更新回数 = INT {（建物の耐用年数 - 1）/ 部位ごとの更新周期} で推定する

■基本材料のリサイクル設定（躯体）

材料	基準案			対策案		
	構成材のリサイクル率	リユース率	廃材のリサイクル率	構成材のリサイクル率	リユース率	廃材のリサイクル率
コンクリート	注1)	ON	80%	注1)	ON	85%
鉄筋	90%	ON	90%	90%	ON	90%
型枠	ON	ON	80%	ON	ON	80%
鉄骨	ON	ON	90%	ON	ON	90%

注1）コンクリートの構成材のリサイクル率は[複合原単位]のデフォルト値を変更する。

注2）内外装・設備のリサイクル設定は[複合原単位]のデフォルト値を変更する。

■廃棄物処理方法の基本選択

	基準案	対策案
対応グレード	標準的	積極的
コード	2	3

←

廃棄物処理方法のグレード

消極的	標準的	積極的
1	2	3
建設リサイクル法非対応 有価物を主にリサイクル	建設リサイクル法に対応	石膏ボードのメーカー再利用などの積極的な取り組み

[그림 1-21] 집합주택 간이 LCA 평가프로그램 기본정보 입력화면

■ 입력 화면：건설자재의 입력 화면

건설자재의 입력: 구조체, 내외마감재, 설비공사에 대한 제품사양별 단위면적당 투입물량, 수선율, 수선주기를 입력하며, 건설폐재의 운송거리, 건설폐재의 평균 적재율을 입력한다. 자재의 수정사항이 있을 경우 복합원단위 탭을 통하여 투입자재 세부 재료 구분, 회수율, 수선율, 수선주기, 발생품목코드&처리코드, 투입자재별 폐기물 품목코드 구분, 미사용 자재 발생품목코

드 지정이 가능하다.

■建設資材の概算値の入力

基準案	HI-RC集合住宅	耐用年数	35 年		
	仕様	更新 周期 年	修繕 率 %/年	設計数量 /延床面積	備考
躯体	杭			(資材量)	
	地下・基礎				
	普通コンクリート Fe36N/mm ²	35	0%	0.12 m ³ /m ²	
	普通コンクリート Fe42N/mm ²	35	0%	0.20 m ³ /m ²	
	地上				
	普通コンクリート 平均Fe50N/mm ²	35	0%	0.47 m ³ /m ²	
共用部外装	鉄筋	35	0%	122 kg/m ²	
	生付	35	0%	1.88 m ² /m ²	転用回数を考慮
	鉄骨	35	0%	0 kg/m ²	
	鋼鉄骨	35	0%	193 kg/m ²	鉄骨階段(49.4t×52本+47.5t×50本)
				(施工面積)	
	屋根防水(A-PF) 内断熱歩行防水	35	1%	0.04 m ² /m ²	
共用部内装	屋根防水(A-TF) 外断熱露出防水	35	1%	0.00 m ² /m ²	
	外壁ALC t125	50	1%	0.24 m ² /m ²	
	外壁PC	50	1%	0.02 m ² /m ²	ALC下部PC
	外床 磁器タイル	50	1%	0.03 m ² /m ²	外装+内装
	外天井 岩綿吸音板仕上	35	1%	0.02 m ² /m ²	
	バルコニー隔て板	35	1%	0.02 m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
共用部設備	内部防火区画 ALC t100	50	1%	0.32 m ² /m ²	
	内壁 スチールパネル	50	1%	0.04 m ² /m ²	
	床 ソフトタイル	18	1%	0.03 m ² /m ²	
	床 長尺シート	18	1%	0.00 m ² /m ²	
	床 タイルカーペット	18	1%	0.09 m ² /m ²	
	壁仕上 PB 9.5	35	1%	0.42 m ² /m ²	
	壁仕上 ビニールクロス	35	1%	0.18 m ² /m ²	
	壁・天井 GW t50	35	1%	0.02 m ² /m ²	
	天井 PB 9.5	35	1%	0.11 m ² /m ²	
	天井 ビニールクロス	35	1%	0.11 m ² /m ²	
	断熱材 スタイロフォーム t30	35	1%	0.03 m ² /m ²	
	住戸間仕切	50	1%	0.23 m ² /m ²	
	共用部窓	50	1%	0.00 m ² /m ²	
	住戸部窓	50	1%	0.13 m ² /m ²	
住戸 内装				(延床面積)	
	集合住宅 共用部 電気設備工事	18	1%	1 -	
	集合住宅 共用部 衛生設備工事	18	1%	1 -	
	集合住宅 共用部 換気設備工事	18	1%	1 -	
	集合住宅 共用部 昇降機設備工事	35	1%	1 -	
住戸 内装				(施工面積)	
	住戸内 床 フローリング	18	1%	0.69 m ² /m ²	
	住戸内 床 合板	18	1%	0.30 m ² /m ²	
	住戸内 床 パーティクルボード	18	1%	0.30 m ² /m ²	
	住戸内 床 クッションフロア	18	1%	0.06 m ² /m ²	
	住戸内 壁・天井 壁紙	18	1%	2.93 m ² /m ²	
	住戸内 壁・天井 PB	18	1%	3.45 m ² /m ²	
	住戸内 壁・天井 軽鉄	18	1%	0.98 m ² /m ²	
	住戸内 収納 合板	18	1%	0.41 m ² /m ²	
	住戸内 室間壁	18	1%	0.14 m ² /m ²	
	住戸内 玄関壁	35	1%	0.02 m ² /m ²	
	住戸内 人工大理石	18	1%	0.02 m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	
				m ² /m ²	

[그림 1-22] 집합주택 간이 LCA 평가프로그램 건설자재 입력 화면

■ 평가 결과화면

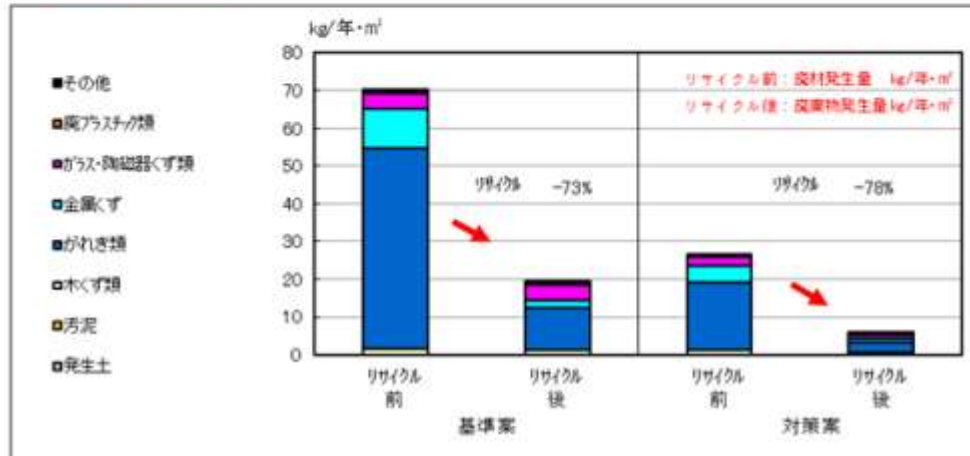
폐제품목별/전생애주기별 폐기물 발생량 분석이 가능하며(비산업폐기물, 안정형산업폐기물, 관리형 산업폐기물), 폐기물 저감시나리오(소극적, 표준적, 적극적)에 따른 폐기물 발생량 분석이 가능하다. [그림 1-23]과 [그림 1-24]는 폐제품목별/전생애주기별 폐기물 발생량 평가 결과 화면을 나타낸다.

■ 廃棄物処理の分析結果

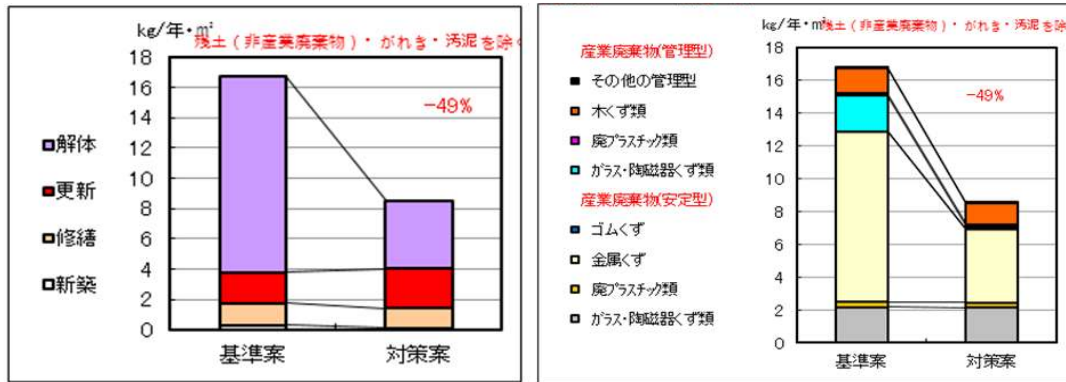
対象 分類	処理対象	基準案		対策案	
		リサイクル 前	リサイクル 後	リサイクル 前	リサイクル 後
1	発生土				
2	汚泥				
3	木くず類	1.6	1.4	1.3	0.5
4	がれき類	53.1	11.0	17.9	2.8
5	金属くず	10.4	1.9	4.5	1.1
6	ガラス・陶磁器くず類	4.4	4.3	2.3	1.0
7	廃プラスチック類	0.4	0.4	0.5	0.4
8-10	その他	0.0	0.0	0.0	0.0
合 計		69.8	19.1	26.4	5.7
比 率		100%	27%	100%	22%
削減率			-73%		-78%

リサイクル前：廃材発生量 kg/年・㎡

リサイクル後：廃棄物発生量 kg/年・㎡



[그림 1-23] 집합주택 간이 LCA 평가프로그램 저감 시나리오별 평가결과



[그림 1-24] 집합주택 간이 LCA 평가프로그램 폐제품목별/전생애주기별 평가 결과

(2) GEM-21

(가) 개요

GEM-21(Global Environmental Model/Management 21)은 시미즈 건설에서 개발한 건축물 전 과정 평가 프로그램으로서 GEM-21은 건축공사를 대상으로 평가를 하며, GEM-21C는 토목공사를 대상으로 평가를 한다. 본 보고에서는 건축공사를 대상으로 하는 GEM-21을 중심으로 폐기물 예측 평가 부분을 분석하였다. 건설부터 해체, 폐기까지의 전 생애 폐기물 및 환경부하를 종합적으로 산출가능한 프로그램이다. 폐기물 및 환경부하를 저장/검토 가능하며, Tree구조 방식의 간이평가기술로 단기간 내에 대안 평가가 가능한 프로그램이다.

(나) 평가범위

평가 대상 건축물은 단독주택, 공동주택, 사무소, 학교, 상점, 호텔, 복합건물이 대상이며, 기획과 기본설계단계의 한정된 정보로 건물의 전 생애에 발생하는 LCCO₂, LCNO_x, LCSO_x, LCE, COD(Chemical Oxygen Demand), LCW를 산출한다. 폐기물의 평가범위는 시공단계의 자재 투입량 및 폐기물 발생량, 유지관리단계의 자재 투입량 및 폐기물 발생량, 해체단계의 폐기물 발생량을 평가 할 수 있으며, 재활용/재이용에 의한 재자원화량과 최종처분량의 평가는 불가능하다. 한편, 전과정 평가와 함께 개략의 라이프사이클 코스트(LCC)도 산출할 수 있어 환경부하와 코스트를 동시에 비교하여 검토가 가능하다.

<표 1-36> GEM-21 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	○	○	-
배출	폐기물발생량	○	○	○
	재 자원화량	X	X	X
	최종 처분량	X	X	X

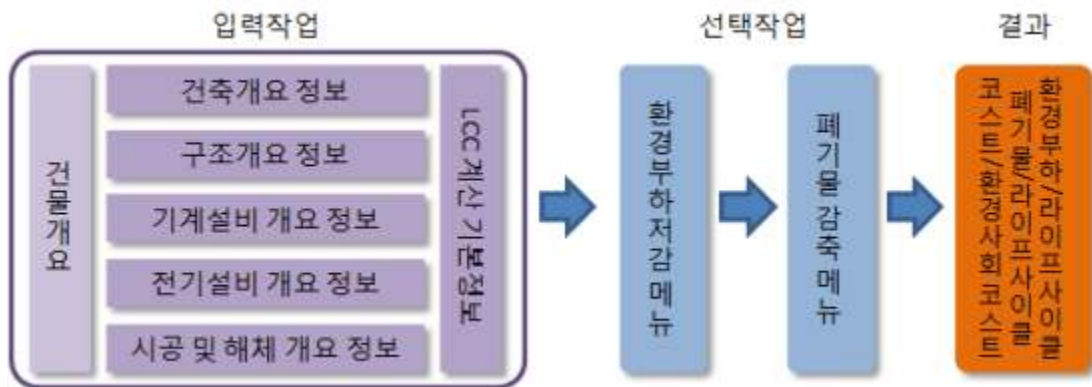
(다) 평가지표

폐기물 평가 지표는 GEM-21에 시미즈 건설에서 자체적으로 구축한 D/B이다. 본 프로그램에서 시미즈 건설에서 구축한 D/B의 성질에 대해 정확히 공개하고 있지 않으나 일본건축학회의 D/B를 공유하고 있으며, 기준층 정보(전용면적, 공용면적, 옥외계단 면적, 외부 발코니 면적, 개구부 비율, 층고, 방수, 외주 길이), 부위별 외부 마감재사양 설정을 통해 자동적으로 물량이 산정되는 과정을 통해 유추해볼 때 재료별 손실률을 통한 폐기물량을 예측하고 있다고 사료된다.

(라) 평가프로세스

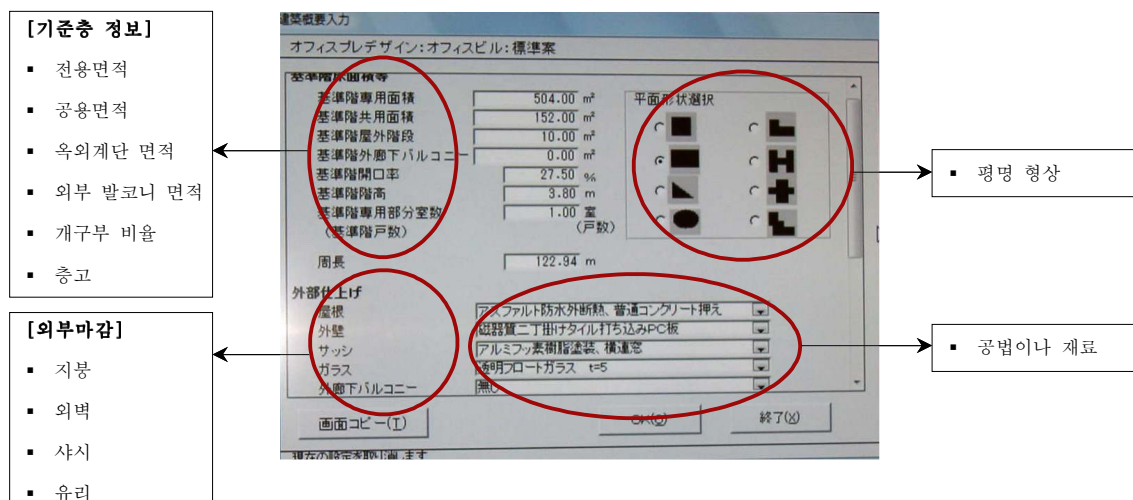
■ 프로그램 전체의 흐름

각 공정과 공법에 대한 물량 및 환경부하 데이터가 탑재되어 있어 공정별 건설공사의 공법(ex. 방수공법의 종류 등)과 재료(ex.유리창의 종류 등)를 선택 입력하는 것만으로 폐기물 및 환경부하가 산출된다. GEM-21 프로그램의 흐름은 건축/구조/기계설비/전기설비, 시공 및 해체정보의 개요를 입력하고 LCC관련 항목을 입력, 환경부하 및 폐기물 저감 메뉴를 선택하여 LCW를 비롯한 환경부하 평가 결과를 산정한다. 한편, 건축공사, 기계설비공사, 전기설비공사에 대한 공정과 공법의 물량 산출은 재단법인 건설물가조사회에서 발간한 “건설공사표준 단위물량”을 이용하였다.



■ 입력 화면 : 기본정보

GEM-21은 건축물의 설계 정보가 매우 제한적인 기본설계 단계에서의 평가가 가능하도록 기준층 정보의 면적 및 비율입력, 외부 마감재별 공법재료 선정, 건축물의 평면의 설정만으로 간이평가가 가능하다.



■ 입력 화면 : 상세정보

보다 정밀한 결과치를 얻기 위해서 상세 데이터를 선택할 수 있으며, 상세 입력데이터는 계획건물의 의장, 구조, 설비, 전기 및 시공, 해체에 관하여 합계 100여개 항목의 세부 데이터

로 구성되어 있다. 예를 들어 용도, 규모, 구조형식 등의 주요한 건물개요 이외에 각종 친환경 기술의 채택여부와 종류, 건설부산물 처리 대책의 수준, 공사용 중장비와 운반 차량의 대수 등을 포함하여 구체적으로 입력 가능하다.

The screenshot shows a software window titled '参考例表示(2)' (Reference Example Display 2). It contains a table with columns: '項目' (Item), '仕様' (Specification), '数量' (Quantity), '単位' (Unit), and '備考' (Remarks). Three red circles highlight specific parts of the table, with arrows pointing to explanatory text boxes on the right.

項目	仕様	数量	単位	備考
基礎	アスファルト防凍材新設, 雪融コンクリート挿入	556.00	m	
陸上築立上り部	アスファルト防水, PC縦押さえ立上り	79.47	m ²	
屋根	ルーフトレイン	2.00	箇所	
屋根	パラペット笠木	122.94	m	
外壁	磁器質エ丁掛けタイル打ち込みPC窓	2888.96	m ²	
外壁	壁礎	60.80	m	
外壁	スチールドア	9.00	箇所	
ファシ	アルミ窓枠塗装, 横断窓	1027.78	m ²	
ガラス	透明フロートガラス t=5	1027.78	m ²	
開口部	窓枠	1370.57	m	
外壁	シーリング	0.00	m	

Annotations on the right:

- 部別 항목 (Pointing to the '項目' column)
- 사양 (공법 또는 재료) (Pointing to the '仕様' column)
- 수량
사양에 의해 자동적으로 계산 됨. (Pointing to the '数量' column)

[그림 1-27] GEM-21 상세입력화면

■ 입력 화면 : 폐기물의 계산과 감축

6개의 폐기물 저감 기술별 저감율을 사용자가 직접 수치를 입력하는 방식으로 구성되어 있으며, 제시된 폐기물 저감 기술은 철근 선가공에 따른 현장폐기물 최소화, 현장반입 자재 포장지 최소화, 배관절단 정확도 상승, UBR (Unit Bath Room) 화장실 적용, 거푸집 전용횃수 증가, 현장타설 콘크리트 재이용이 있다. 건축물의 건설, 운용, 해체 시의 폐기물량 뿐만 아니라 사무실로부터 배출되는 사무 쓰레기의 연간 양을 미리 입력하는 것에 의해 LCW(라이프사이클 폐기물)을 계산이 가능하다.



[그림 1-28] GEM-21 LCW 감축 메뉴

■ 평가 결과 : 환경부하의 계산과 저감

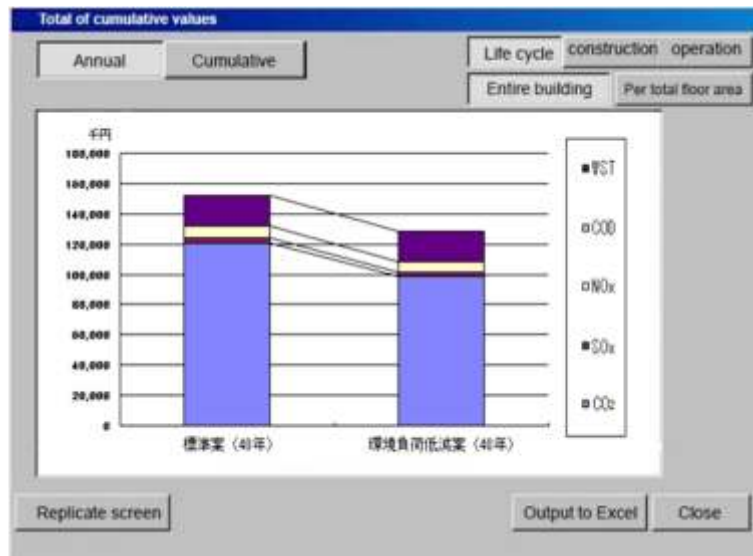
LCCO₂와 LCNO_x, LCSO_x, LCEnergy 등, 건축물의 시공부터 운용, 해체에 이르기까지 각종 환경부하를 계산하여 평가한다. 메뉴화 된 약 160 종류의 환경부하저감기술을 이용하여 저감하기 위한 개선책 검토를 제공하며, 유리 종류나 차양 등의 효과를 확인하면서 비교검토가 가능하다. 또한, 각각의 환경부하저감 수법의 단가를 입력하여 LCC 평가에 반영할 수 있다.



[그림 1-29] GEM-21 LCW 환경부하 저감(안)

■ 평가 결과 : 환경사회 비용의 계산

건물의 환경부하와 환경대책의 도입에 의한 부하저감 효과를 금액으로 환산하는 기능을 탑재 LCA의 계산 결과인 CO₂, NO_x, SO_x, COD, 폐기물 발생량에 대한 피해금액(인간의 건강 피해 등)을 통계데이터(생명표, 연령분포데이터, 물질 당 피해량)를 바탕으로 계산하여 이것을 합계함으로써 금액평가가 가능하다.



[그림 1-30] GEM-21 라이프사이클 환경사회 비용결과

(1) BEAT-bldg

(가) 개요

「적산표준서식 기반의 전과정 폐기물량 산출 시스템」은 국토교통성 산하의 국토기술정책종합연구소가 개발한 「건축물의 라이프 사이클 CO₂와 폐기물의 배출량 산출 수법·지원 툴, Building LCCO₂ and LCW Calculation Methods and Design Support Tools, Building Environmental Assessment Tool(이하 BEAT-bldg)」 등으로 구성하고 있는 프로그램이다. BEAT-bldg는 건설리사이클법에 대응하기 위해 건축물의 자원 소비나 폐기물 저감을 위한 평가를 목적으로 하여 건축물의 자재 투입량을 추계 파악하여 해당 건축물의 폐기물 발생량을 평가에 범용적 사용이 가능한 평가툴로서 개발되었다. 프로그램의 활용도를 고려하여 BIM설계 툴인 Revit Architecture와의 연동도 고려되었다. 본 보고에서는 BEAT-bldg에서 다루고 있는 투입 자원량과 폐기물 배출량 예측 부분을 중심으로 작성하였다.

(나) 평가 범위

물질순환에 관한 환경부하(투입 자원량과 폐기물 배출량 산출, 건축자재·설비에 포함된 CO₂), 운용 시 에너지 소비에 따른 환경부하(운용 시 에너지 소비와 CO₂ 배출) 폐기물 분류체계는 일본 환경부 폐기물처리지침에 따라 분류한다. 폐기물량은 건설(또는 해체)현장에 있어서 배출되는 건설폐기물(고상에 한함)로 한정하며, 건설시에 발생하는 폐기물(잔토 등)은 제외하고 있다.

<표 1-37> BEAT-bldg 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	○	○	-
배출	폐기물발생량	○	○	○
	재 자원화량	○	○	○
	최종 처분량	○	○	○

(다) 평가 지표

■ 복합원단위

건축물에 의한 환경 부하는 물질 순환 관련사항과 에너지 소비에 의하는 것으로 구분된다. 이 중 물질 순환에 관한 평가는 복합원단위의 세부 수치 설정을 통하여 가능하다. 본 프로그램의 복합원단위에는 일본표준보패, 일위대가 및 시방서에 따라 1,500개의 주요자재에 대한 D/B가 구축되어 있다. 복합원단위에서는 자재별 투입물량 설정, 자재별 손실율, 질량환산계수, 건축 자재의 수선·갱신에 대한 대책을 강구했을 경우의 LCW 산출에 필요한 공용 연수, 부분별 계획 갱신 연수를 설정한다. 한편, 폐기물에 의한 환경부하의 계산은 부재와 내장재에 대하여 시공단계, 유지보수단계, 폐기단계를 각각 계산한다.

[illegible]

[그림 1-31] BEAT-bldg 복합원단위

■ 폐기물 분별 재자원화 시나리오

본 프로그램에 있어서 건설폐기물의 표준적인 취급방법을 정하는 ‘분별·재자원화시나리오’의 결정에 필요한 1,500종의 각 건축자재마다에 대해서 처리에 관한 조사결과를 근거로 하여 현장에서 건설폐기물의 분별, 배출, 중간처리, 재자원화에 이르는 자재별 회수율을 설정하였다. 폐기물에 의한 환경부하(폐기물의 양과 처리시의 에너지 소비, CO₂ 배출)의 계산에는 4단계의 분별 시나리오를 설정하여, 건설리사이클법, 건설부산물 적정처리 추진요강을 준수하는 수준으로부터 완전 분별까지의 분별 대책의 정도에 따른 계산이 가능하게 구성되어 있다. 각각의 시나리오는 다음과 같다.

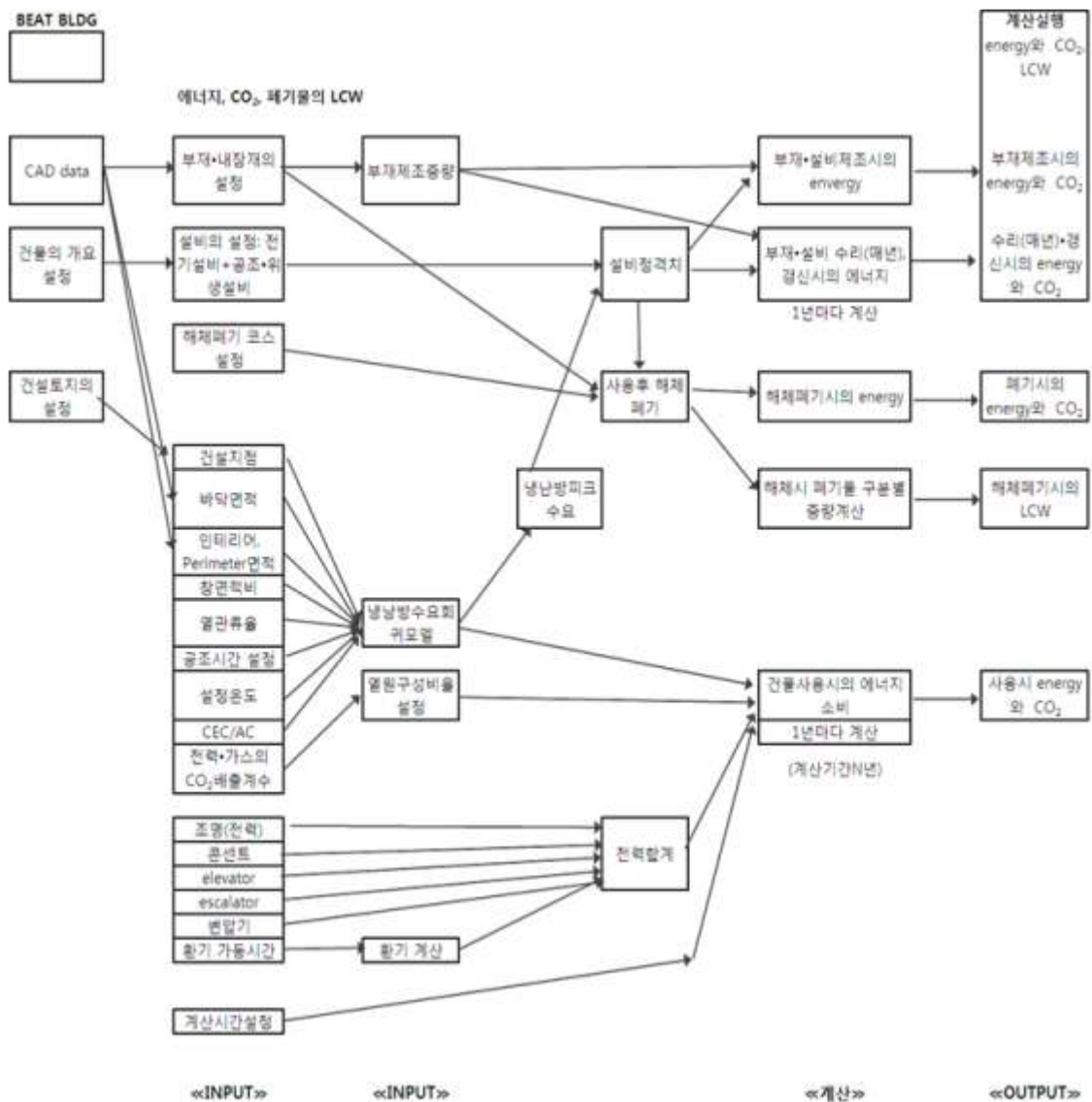
- 시나리오 I : 건설 리사이클법에 대응하는 정도의 수치
- 시나리오 II : 시나리오 I + 추가적 분별
- 시나리오 III (시공단계 폐기물) : 시나리오 II + 광역 재생 이용 자재를 분별
- 시나리오 III (해체단계 폐기물) : 시나리오 II + 해체단계 추가적 분별
- 시나리오 IV : 완전 분별 처리



[그림 1-32] BEAT-bldg 폐기물 분별 재자원화 시나리오 적용 개념도

(라) 평가 프로세스

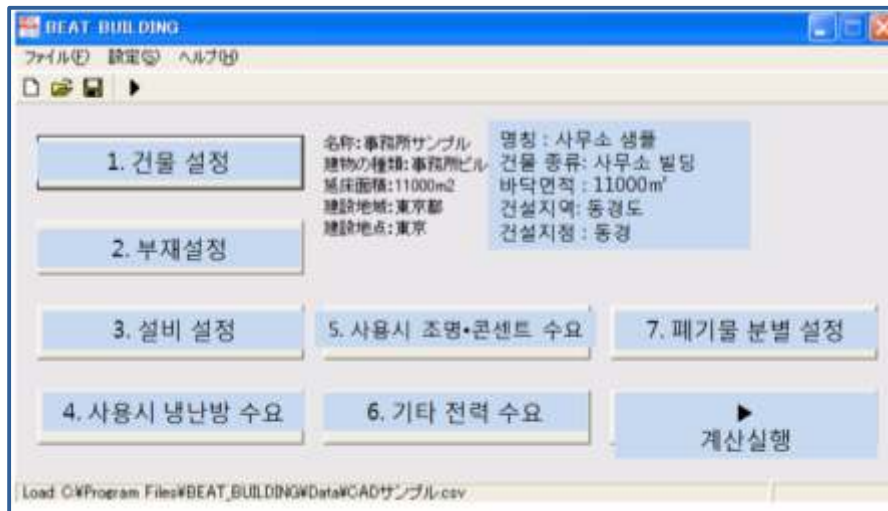
BEAT-Bldg는 기존의 LCA툴인 (구)건축연구소의 BEAT 및 자립순환형주택에서 개발된 단독주택판의 BEAT(가칭 BEAT-House)의 일부를 활용하여 개선한 것이다. BEAT-Bldg는 CAD 출력 데이터를 LCA와 연결한 프로그램으로 CAD로 그려진 Object는 주요부재나 내장재의 Inventory data와 연동하고 CAD에서 도면작성부터 빠른 LCA계산이 가능하게 되어있다. 본 프로그램은 [그림 1-33]과 같이 좌측에 언급된 수치를 입력하면, 건물 조건에 따라서 Life Cycle의 각 단계에서 생기는 에너지 소비, CO₂ 배출량, 폐기물량을 계산하고, 우측의 형식으로 출력하도록 되어 있다. (입력항목과 출력 대응관계는 대표적인 것만을 표시하여 나타내었다.)



[그림 1-33] BEAT-bldg 평가 프로세스

■ 입력화면 1. : 메인 화면

BEAT-Bldg는 [그림 1-234와 같은 화면으로 구성되어 있으며, 1번 항목에서 7번 항목까지의 각 입력 단계에서 분기하고 임의 순으로 입력을 실시할 수 있다.

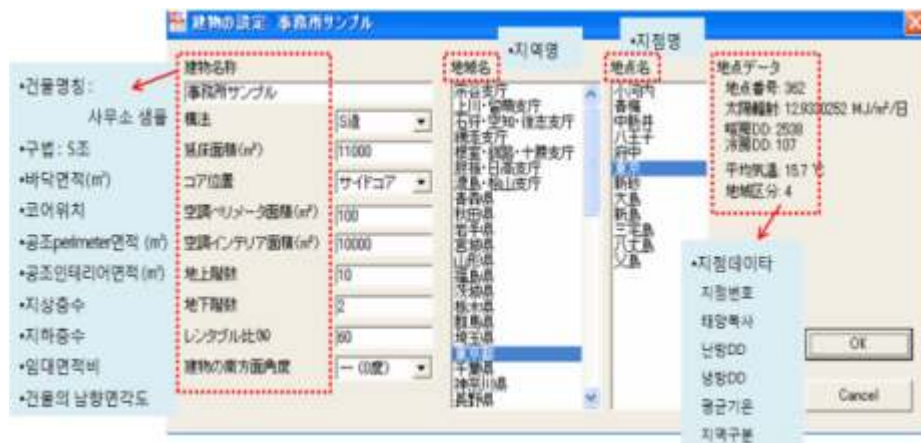


[그림 1-34] BEAT-bldg 메인화면

■ 입력화면 1. : 건물의 설정

건물명칭, 건설부지의 설정, 구법, 바닥면적, 코어 위치, 공조 perimeter 면적, 공조인테리어 면적, 지상층수, 지하층수, 임대면적비, 건물의 남향면 각도를 입력한다. CAD프로그램으로부터 데이터를 가져올 수 있으며, CAD데이터를 가져오지 않는 경우에도 이 화면에서 입력이 가능하다. 또한, 부재·내장재량 이외에도 본 단계에서 수정입력이 가능하다.

건설지역은 전국 840 개소의 지역을 선택할 수 있으며 이는 태양광발전의 태양복사량을 결정하기 위해 이용된다.



[그림 1-35] BEAT-bldg 건축물의 설정

■ 입력화면 2: 부재의 설정

부재·내장재량을 직접 입력하거나 CAD에 의한 입력데이터를 Import하여 입력이 가능하다. 직접 입력하는 경우는 새롭게 등록해서 부재를 선택하고 질량, 용적, 대수 등의 단위로 입력한다. 대부분의 항목에 대해서는 CAD에서 입력이 가능하지만, 부재리스트의 ‘기타’등 일부에 대해서는 CAD 입력에 의하지 않고 리스트에서 직접 수치를 입력한다.

[그림 1-36]과 같은 입력화면에서 ‘부재’와 ‘내장재’에 대해서 화면을 바꾸고, 건물의 시공에 사용된 재료 수량, 질량 등을 입력한다. 입력 종료 후 ‘확인’버튼을 누르면 [그림 1-36] 오른쪽과 같은 화면으로 넘어가고 각각의 부재, 실내재 및 설비의 사용량에 대한 건설시와 수선 갱신시의 에너지와 CO₂ 배출량 계산결과치를 일람 할 수 있다.

각 부재에 대한 기초데이터로서 [그림 1-37]에 나타내는 단위 에너지 사용량, CO₂ 배출량, 폐기시의 구분별 처리방법이 구축되어 있어 입력값과 곱하여 각각의 부하 양 계산이 가능하다.

部材	部材名	単位	数量
RC床	RC床(1)	m ²	3000
RC床	RC床(2)	m ²	0
RC床	RC床(3)	m ²	0
RC床	RC床(4)	m ²	0
RC床	RC床(5)	m ²	0
RC床	RC床(6)	m ²	0
RC床	RC床(7)	m ²	0
RC床	RC床(8)	m ²	0
RC床	RC床(9)	m ²	0
RC床	RC床(10)	m ²	0
RC床	RC床(11)	m ²	0
RC床	RC床(12)	m ²	0
RC床	RC床(13)	m ²	0
RC床	RC床(14)	m ²	0
RC床	RC床(15)	m ²	0
RC床	RC床(16)	m ²	0
RC床	RC床(17)	m ²	0
RC床	RC床(18)	m ²	0
RC床	RC床(19)	m ²	0
RC床	RC床(20)	m ²	0
RC床	RC床(21)	m ²	0
RC床	RC床(22)	m ²	0
RC床	RC床(23)	m ²	0
RC床	RC床(24)	m ²	0
RC床	RC床(25)	m ²	0
RC床	RC床(26)	m ²	0
RC床	RC床(27)	m ²	0
RC床	RC床(28)	m ²	0
RC床	RC床(29)	m ²	0
RC床	RC床(30)	m ²	0
RC床	RC床(31)	m ²	0
RC床	RC床(32)	m ²	0
RC床	RC床(33)	m ²	0
RC床	RC床(34)	m ²	0
RC床	RC床(35)	m ²	0
RC床	RC床(36)	m ²	0
RC床	RC床(37)	m ²	0
RC床	RC床(38)	m ²	0
RC床	RC床(39)	m ²	0
RC床	RC床(40)	m ²	0
RC床	RC床(41)	m ²	0
RC床	RC床(42)	m ²	0
RC床	RC床(43)	m ²	0
RC床	RC床(44)	m ²	0
RC床	RC床(45)	m ²	0
RC床	RC床(46)	m ²	0
RC床	RC床(47)	m ²	0
RC床	RC床(48)	m ²	0
RC床	RC床(49)	m ²	0
RC床	RC床(50)	m ²	0
RC床	RC床(51)	m ²	0
RC床	RC床(52)	m ²	0
RC床	RC床(53)	m ²	0
RC床	RC床(54)	m ²	0
RC床	RC床(55)	m ²	0
RC床	RC床(56)	m ²	0
RC床	RC床(57)	m ²	0
RC床	RC床(58)	m ²	0
RC床	RC床(59)	m ²	0
RC床	RC床(60)	m ²	0
RC床	RC床(61)	m ²	0
RC床	RC床(62)	m ²	0
RC床	RC床(63)	m ²	0
RC床	RC床(64)	m ²	0
RC床	RC床(65)	m ²	0
RC床	RC床(66)	m ²	0
RC床	RC床(67)	m ²	0
RC床	RC床(68)	m ²	0
RC床	RC床(69)	m ²	0
RC床	RC床(70)	m ²	0
RC床	RC床(71)	m ²	0
RC床	RC床(72)	m ²	0
RC床	RC床(73)	m ²	0
RC床	RC床(74)	m ²	0
RC床	RC床(75)	m ²	0
RC床	RC床(76)	m ²	0
RC床	RC床(77)	m ²	0
RC床	RC床(78)	m ²	0
RC床	RC床(79)	m ²	0
RC床	RC床(80)	m ²	0
RC床	RC床(81)	m ²	0
RC床	RC床(82)	m ²	0
RC床	RC床(83)	m ²	0
RC床	RC床(84)	m ²	0
RC床	RC床(85)	m ²	0
RC床	RC床(86)	m ²	0
RC床	RC床(87)	m ²	0
RC床	RC床(88)	m ²	0
RC床	RC床(89)	m ²	0
RC床	RC床(90)	m ²	0
RC床	RC床(91)	m ²	0
RC床	RC床(92)	m ²	0
RC床	RC床(93)	m ²	0
RC床	RC床(94)	m ²	0
RC床	RC床(95)	m ²	0
RC床	RC床(96)	m ²	0
RC床	RC床(97)	m ²	0
RC床	RC床(98)	m ²	0
RC床	RC床(99)	m ²	0
RC床	RC床(100)	m ²	0

部材(単位)	エネルギー(MJ)	CO ₂ (kg-CO ₂)
部材(躯体)	10855154564	17639553963
部材(外皮)	668967168796	725573139436
内装材	171665422341	130202094894
空調換気設備	34325781916	29701392468
衛生設備	90394066168	7603324036
電気設備	133856560906420	13874480251791
部材(躯体)	0	0
部材(外皮)	112339732725618	133920254007865
内装材	839716404556601	62060595367776
空調換気設備	750927355816001	631111328167999

[그림 1-36] BEAT-bldg 부재의 설정 및 확인 화면



[그림 1-38] BEAT-bldg 폐기물分別 설정

■ 평가 결과 1

메인 화면에서 ‘계산실행’을 클릭하면 즉시 LCA 계산이 실행되고, 결과는 [그림 1-39]와 같이 표시된다. 계산기간은 자유롭게 설정할 수 있고 기간 중의 LCA 계산을 실시해서 계산을 표시한다. 계산 결과는 부재 제조시, 시공시, 개수시, 폐기시의 합계별로 각 단계에서의 에너지 투입량, CO₂ 배출량, 폐기물발생량으로 표시된다.

그래프 표시는 ‘계산내용’의 풀다운 메뉴에서 선택, 이하 10종류에 대해서 표시가 가능하다.

- 1) 에너지(MJ/년), 2) 에너지(MJ/m²/년), 3) CO₂(kg-CO₂/년), 4) CO₂(kg-CO₂/m²/년),
- 5) 최종처분량(kg), 6) 최종처분량(kg/m²), 7) 재자원화량(kg), 8) 재자원화량(kg/m²),
- 9) 혼합폐기물(kg), 10)혼합폐기물량(kg/m²)



[그림 1-39] BEAT-bldg 계산결과 화면

■ 평가 결과 2 : 상세표

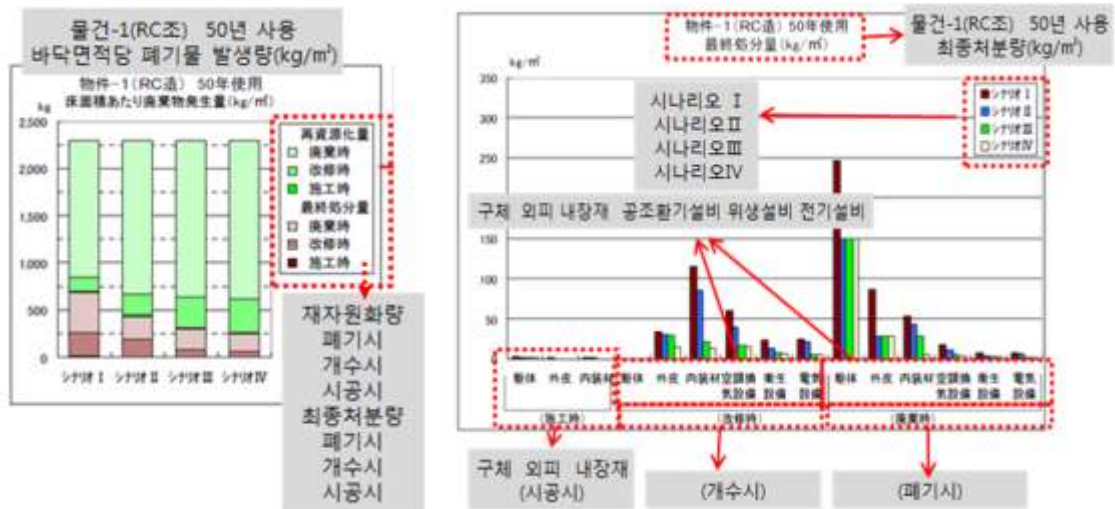
‘상세표’를 클릭하면 [그림 1-40]과 같이 상세한 계산 내용을 볼 수 있으며, 화면으로 얻어진 내용을 CSV 파일로 출력해서 엑셀 등 다른 프로그램으로 연동 가능하다. 폐기물에 대해서는 최종처분량, 재자원화량, 혼합폐기물량을 kg/year으로 표시한다. 여기에서 폐기물발생량=최종처분량+재자원화량이며, 혼합폐기물은 분별되는 각종 폐기물의 대표로서 표시된다. 폐기물처리량의 에너지와 CO₂는 폐기물 운송과 처리에 필요한 에너지투입량과 CO₂배출량을 나타낸다.



[그림 1-40] BEAT-bldg 상세 계산결과 화면

■ 평가 결과 3 : 시나리오 평가 결과

앞서 설명한 I ~ IV의 4단계 시나리오별 평가로 시공단계, 유지관리단계, 폐기단계의 재자원화량과 최종처분량의 단위 면적당 폐기물 발생량을 비교 분석할 수 있다. 단, 폐기물 발생량의 총량에는 변화가 없으며 재자원화량과 최종처분량의 비율이 변화된다. [그림 1-41]은 RC조 건물-1의 50년 사용 시 시나리오별 평가 결과를 나타낸다.



[그림 1-41] BEAT-bldg 시나리오 평가 결과

(4) 일본건축학회 AIJ-LCA&LCW v4.05

(가) 개요

본 프로그램은 건물 LCA 관점에서 CO₂ 배출량 평가 및 자원순환성 평가가 가능한 소프트웨어로 2000년부터 2004년까지 ‘자원 순환 형태 주택기술개발 프로젝트’의 일환으로서 개발되었다. 일본건축학회는 ‘건물의 LCA지침’에 근거하는 ‘건물의 LCA계산 소프트웨어’ AIJ-LCA를 기본으로 한 자원 순환성을 평가하는 엑셀 기반의 프로그램을 개발했다. 1995년 산업 연관표 DB를 활용한 AIJ-LCA ver3.0을 개발하고, 추후 자원 순환성 평가기능을 추가한 ‘건축물 LCA툴’ AIJ-LCA& LCW ver.4.0을 개발했다. 건축물의 설계, 자재생산, 시공으로부터 해체 폐기까지의 산정을 통한 에너지 소비, CO₂ 배출, SO_x 배출, NO_x 배출 4개의 인벤토리 분석이 가능하며 4개의 인벤토리에 근거하는 오존층 파괴(Ozone Depletion Potential, ODP), 지구 온난화(Global Warming Potential, GWP), 산성화 지수(Acidification Potential, AP), 인간보건(Human Health (HH) Criteria Air-Mobile), 에너지 고갈(Fossil Fuel Consumption)의 환경영향 평가가 가능하다. 본 보고서에서는 건설폐기물 발생량 예측과 관련된 자원 순환성의 평가 LCR(Life Cycle Resource)과 폐기물의 발생을 평가하는 LCW(Life Cycle Waste)에 대한 내용을 중심으로 분석하였다.

(나) 평가 범위

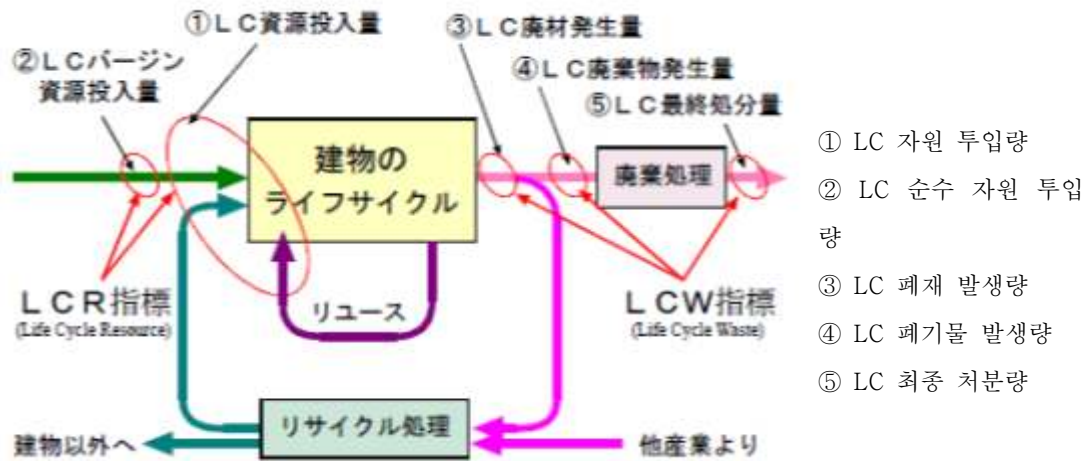
단독주택, 공동주택, 공장, 호텔 등의 모든 건축물들을 대상으로 평가를 실시하며 LCE, GWP(Nox, Sox, CO₂), LCC의 평가가 가능하다. ver 4.0부터는 LCW, LCR의 평가도 제공하고 있다. 폐기물 분류체계는 일본 환경부 폐기물처리지침에 따라 분류하여 평가하며, 폐기물 종류는 총 8종의 중분류와 54종의 세분류로 된 폐기물을 평가 한다. 비산업폐기물, 산업폐기물(안정형/관리형), 일반폐기물의 경우는 평가에서 제외하였다.

<표 1-38> AIJ-LCA&LCW v4.05 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	○	○	-
배출	폐기물발생량	○	○	○
	재 자원화량	○	○	○
	최종 처분량	○	○	○

(다) 평가 지표

건설폐기물의 평가 LCR의 지표와 폐기물의 발생을 평가하는 LCW의 지표를 통해 평가를 실시한다. 건물의 전 과정에 대한 자원 투입과 폐기물 발생, 재사용, 재활용의 모식도를 [그림 1-35]와 같이 나타내었다. 여기에 나타내는 사이클 중에서 건물의 전 과정(이하 LC)로의 LCR 지표로서 LC 자원 투입량, LC 순수 자원 투입량이라고 하는 2가지의 지표를 적용했다. LCR에서는 재활용 자재 활용에 의한 순수 자원의 소비를 절감하는 것을 평가하고 있다. LCW 지표로서 LC폐재 발생량, LC폐기물 발생량, LC최종 처분량이라고 하는 3개의 지표를 적용했다. 각각의 지표는 본 프로그램에 내장되어 있는 복합원단위에 입력되어 있다.



[그림 1-42] AIJ-LCA&LCW 폐기물 평가 지표 개념 모식도

■ LC 자원 투입량

LC자원 투입량은 건물의 모든 부재를 건설~운용~수선~갱신~해체라고 하는 전 과정에 투입되는 자원량이다. Upstream의 Material Flow는 건설을 위한 직접적인 자원 투입(건축 자재)을 다루고 있지만, 건축 자재의 제조 단계에서 간접적인 자원 소비(예를 들면, 제철에 있어서의 철광석의 소비 등)나 에너지 사용에 관련하는 화석연료의 소비 등은 고려하고 있지 않다.

$$Q_{input} = \sum_k \sum_m (Q_{input}^{k,m})$$

Q_{input} : 전 과정의 단계 k에서 건물의 부재 m 관한 자재 양 (kg)

$\sum_k$ 는 건물의 건설~운용~수선~갱신~폐기라고 하는 전 과정에 있어서의 누적 값을 나타낸다.

$\sum_m$ 는 건물의 각 부재에 대한 누적 값을 나타낸다.

■ LC 순수 자원 투입량

LC 자원 투입량으로부터 다른 건물 등에서 재사용 된 것을 공제하고, 투입된 건설자재의 재활용 자원을 산정한다.

$$Q_{p-input} = \sum_k \sum_m [Q_{input}^{k,m} \times (1 - R_{i-reuse}^{k,m}) \times (1 - R_{i-recycle}^{k,m})]$$

$Q_{p-input}$: 전 과정의 단계 k에서 건물의 부재 m 관한 자재 양(kg)

$R_{i-reuse}$: 전 과정의 단계 k에서 건물의 부재 m 관한 자재의 재사용 비율(%)

(다른 건물 등에서의 자재의 재사용, i-reuse는 Upstream 단계의 재사용을 나타낸다)

$R_{i-recycle}$: 전 과정의 단계 k에서 건물의 부재 m 에 관한 자재의 재활용 제품 사용 비율(%)

(건설자재에 포함된 재활용 제품 사용 비율, i-recycle는 Upstream 단계의 재활용을 나타낸다)

$\sum_k$ 는 건물의 건설~운용~수선~갱신~폐기라고 하는 전 과정에 있어서의 누적 값을 나타낸다.

$\sum_m$ 는 건물의 각 부재에 대한 누적 값을 나타낸다.

■ LC 폐재 발생량

일반적으로 전 과정에서의 자원 투입량으로 건물의 전 과정 폐기물 배출량으로 산정하고 있다. 이 때문에 자원 투입량으로부터 타건물 등에 재사용하는 물량을 공제한 양이 LC폐재 발생량이 된다. 그러나 지하 굴착에 의한 잔토, 말뚝박기공사로 발생하는 진흙은 자재 투입이 없으나 폐기물로서 발생한다. 이 때문에, 본 프로그램에서는 잔토 진흙 등도 폐재로서 집계하는 것으로 했다. 다만, 잔토를 현장내에서 재이용, 재사용하는 것으로 취급하고 폐재에 가산하지 않는 것으로 하고 있다.

$$\begin{aligned} W_{generate} &= \sum_k \sum_m (W_{generate}^{k,m}) + S_{generate} \times (1 - R_{s-reuse}) \\ &= \sum_k \sum_m [Q_{input}^{k,m} \times (1 - R_{w-reuse}^{k,m}) + S_{generate} \times (1 - R_{s-reuse})] \end{aligned}$$

$W_{generate}$: 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 폐기물의 발생량(kg)

S_{generate} : 건설단계에 있어서의 잔토 등의 발생(kg)

(자재 투입이 없는데, 현장에서 발생하는 폐기물)

$R_{s-reuse}$: 잔토 등의 현장 내 재이용의 비율(-)

$R_{w-reuse}$: 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 다른 건축물로 부터의 폐기물 재사용율(%)

$\sum_k$ 는 건물의 건설~운용~수선~갱신~폐기라고 하는 전 과정에 있어서의 누적 값을 나타낸다.

$\sum_m$ 는 건물의 각 부재에 대한 누적 값을 나타낸다.

일본에서의 일반적인의 건설 잔토는 ‘폐기물의 처리 및 청소에 관한 법률’ (이하, 폐기물처리법)의 대상이 아니고 법적인 “폐기물”은 아니지만 자원 순환의 평가에는 고려해야 할 항목으로서 취급하고 있다. 현장 조성의 말뚝 시공 시에 발생하는 오니는 폐기물처리법에서는 “폐기물”이다. 이러한 잔토나 오니는, 대규모 건물에서는 대량으로 발생하지만 일반적인 “폐기물”의 개념과 다소 다르기 때문에 결과의 분석이나 해석에 있어서 건설 잔토와 오니의 처리에 대하여 고려할 필요가 있다.

■ LC 폐기물 발생량

LC폐재 발생량으로부터 재활용분을 공제한 폐기물 발생량이다.

$$W_{\text{generate}} = \sum_k \sum_m (W_{\text{generate}}^{k,m}) \times (1 - R_{w-recycle}^{k,m})$$

W_{generate} : 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 재활용분을 공제한 폐기물 발생량 (kg)

$R_{w-recycle}$: 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 폐기물의 재활용 비율 (%)

$\sum_k$ 는 건물의 건설~운용~수선~갱신~폐기라고 하는 전 과정에 있어서의 누적 값을 나타낸다

다.

$\sum_m$ 는 건물의 각 부재에 대한 누적 값을 나타낸다.

■ LC 최종 처분량

매립처리는 직접적인 환경 부하로서 평가되는 것이 많다. 본 프로그램에서는 소각 등의 폐기물 처리에 의한 용적 축소화를 고려하고 최종적으로 매립할 수 있는 경우의 용적(m^3)으로 환산해 LC최종 처분량으로 산정하였다.

$$W_{\text{landfill}} = \sum \sum (W_{\text{treatment}}^{k,m} \times R_{w-\text{reduce}}^m \div \gamma_{\text{landfill}}^m)$$

W_{landfill} : 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 폐기물 매립량(kg)

$W_{\text{treatment}}$: 전 과정의 단계 k 로의 건물의 부재 m 에 관한 재활용분을 공제한 폐기물 발생량 (kg)

$R_{w-\text{reduce}}$: 건물의 부재 m 에 관한 폐기물 처리에 의한 용적 감소율 (%)

γ_{landfill} : 건물의 부재 m 에 관한 폐기물의 매립의 밀도(kg/m^3)

(라) 평가 프로세스

■ 「입력-1」 시트 : 기본정보

「입력-1」 시트는 건물의 기본 정보를 입력하는 시트로 건물의 용도, 구조의 형태, 연면적, 평가 기간, 재건축 주기, 신축공사보정(물가보정치수)를 입력하게 되어있다.

본 프로그램은 기준(안)과 대책(안)의 2안 비교를 전제로 하고 있다. 기준(안)과 대책(안)을 비교 평가할 때에 공통의 평가 기간을 설정하고 있다. 구체적으로는 유효기간 35년의 건물과 유효기간 100년의 건물을 비교할 때에 100년의 평가 기간을 설정했을 경우 유효기간 35년의 건물은 100년간의 비해 2회 개축함으로써 LCA를 평가하는 것이 일반적인 평가 방법이다. 그러나 AIJ-LCA/LCW에서는 LCR나 LCW의 평가 관점으로부터 건물의 시공부터 해체 폐기까지의 1

사이클 값(kg/m²)과 유효기간 값(kg/m²)을 구별해 평가할 수 있도록 하기 위하여 대안마다 평가 기간=유효기간으로 설정하도록 했다. 그 예로 유효기간 35년은 35년의 평가 기간을 설정하고, 유효기간 100년의 건물은 100년의 평가 기간을 설정하는 것으로써 개축을 생각하지 않는 평가가 가능하게 된다. 한편, 본 프로그램에 내장된 산업 연관표는 1995년의 것을 이용하고 있다. 계산 연차에 맞추어 물가 보정을 할 필요가 있다. 2007년까지의 건설자재에 대한 가격을 적용할 수 있도록 구성하였으며, 필요에 따라서 「물가지수 연보」 등을 참고하여 직접 입력도 가능하다.

入力-1シート 基本情報

建物名

建物用途

主要構造

延床面積 m²

評価期間 年

建替周期 年

新築工事補正

	基準案	対策案
建 築	1	1
電気設備	1	1
空調設備	1	1
衛生設備	1	1
昇降機設備	1	1

設備工事分析

統計データを利用する場合:0を選択
資機材重量を入力する場合:1を選択

設計監理料率

新築工事 % ← %

改修工事 % ← %

物価補正(1995年=1.0)

計算年次	2006年	←	2006年
消費税	1.05	←	1.05
建 築	0.834	←	0.834
電気設備	0.871	←	0.871
空調設備	0.924	←	0.924
衛生設備	0.921	←	0.921
昇降機設備	0.776	←	0.776
設計監理	0.865	←	0.865
維持管理	0.862	←	0.862
廃棄処分	0.922	←	0.922

維持管理費補正

	基準案	対策案
	0.2	0.2

[그림 1-43] AIJ-LCA&LCW 기본정보 입력 시트

■ 「입력-2」 시트 : 건축공사 데이터

「입력 2」 시트는 기준(안)과 대책(안)의 2개의 케이스에 대응한 건축 주요 자재를 입력하는 시트로 기본적으로는 건축 공사와 관계되는 주요한 건설자재의 데이터를 입력한다. 프로그램에 내장되어 있는 ‘분류코드’ 및 ‘사양’을 이용하는 경우에는 갱신 주기, 수선 비율을 재검토하고 그 사양마다의 연면적당 물량을 입력하고 필요에 따라서 비교를 기입한다. 연면적당 물량의 참고가격이 표시되고 있지만 다른 용도에서는 크게 다른 경우가 있으므로 주의가 요구된다. 시공단계의 폐기물 발생량을 ‘복합원단위’에 ‘손실률’ 설정을 통해 산정 가능하다.

‘복합원단위’시트에 준비되어 있는 사양을 선택하고 추가하는 것이 가능하며 ‘분류코드’ 및 ‘사양’이 추가되면 필요에 따라서 ‘공사 특성’을 기재한다. 갱신 주기, 수선 비율,

연면적 당 물량, 비교를 입력한다.

특수한 입력으로서는 아래와 같은 ‘고로시멘트 이용 등에 의한 공기연장 할증’과 ‘재건축 시 해체 시의 말뚝 기초의 재이용율의 설정’이 있다. ‘포틀랜드고로슬래그시멘트 이용 등에 의한 공기연장 비율증가’는 건설 코스트의 공통비에 반영된다.

‘재건축 시 해체 시의 말뚝 기초의 재이용율의 설정’은 해체에 임하여 말뚝이나 기초를 남겨 둠으로서 Downstream 때의 재건축에 적용 가능하다. 또한, 재건축 시의 굴착(잔토)이나 말뚝공사에 진흙의 발생도, 본 단계에서 설정한 재이용율로 절감할 수 있는 것으로 설정하였다.

入力-2シート 建築工事データ												
			計画期間 = 2001.0001 年 基準年度 = 2001.0001 年 建設年度 = 2001.0001 年 建設回数 = 1.000			延床面積(共通費算出用) = 1200.00 m ² 1995年消費税率 = 1.0%						
工事科目・細目	建設計画用(入札用)データ		標準原単位		計算原単位		計算原単位		計算原単位		標準原単位	
	工種	仕様	基準原単位	計算原単位	基準原単位	計算原単位	基準原単位	計算原単位	基準原単位	計算原単位	標準原単位	計算原単位
1. 基礎工	1.0-00	基礎工	50	100	0%	0%						
2. 土工・地盤	2.1 土工	発生土搬出 汚泥処理	2.1-01 残土 2.1-02 汚泥(泥水)	50 50	100 100	0% 0%	0% 0%	0.01 0.10	0.20 0.199	0.195 0.149	m ³ /m ² m ³ /m ²	
2.2 杭・基礎	2.2-00	杭・基礎	50	100	0%	0%						
	2.2-01	杭・基礎	50	100	0%	0%						
	2.2-02	杭・基礎	50	100	0%	0%						
	2.2-03	杭・基礎	50	100	0%	0%						
3. 躯体	3.1 コンクリート	3.1-01 コンクリート(ポルトランド) F ₂₄ N/mm ² 3.1-02 コンクリート(ポルトランド) F ₂₇ N/mm ² 3.1-03 コンクリート(ポルトランド) 高強度材使用 F ₂₄ N/mm ² 3.1-04 コンクリート(ポルトランド) 高強度材使用 F ₂₇ N/mm ² 3.1-05 PCコンクリート 3.1-06 PCコンクリート(高強度材使用) 3.1-07 鉄筋	50 50 50 50 50 50 50	100 100 100 100 100 100 100	0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%	0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%	0.01 0.02 0.02 0.02 0.01 0.01 0.01	0.20 0.24 0.20 0.24 0.01 0.01 0.01	0.195 0.149 0.195 0.149 0.01 0.01 0.01	m ³ /m ² m ³ /m ² m ³ /m ² m ³ /m ² m ³ /m ² m ³ /m ² m ³ /m ²		
	3.2 鉄骨	3.2-01 鉄骨	50	100	0%	0%						
	3.3 鉄骨	3.3-01 鉄骨	50	100	0%	0%						
	3.4 鉄筋	3.4-01 鉄筋	50	100	0%	0%						
	3.5 その他		50	100	0%	0%						
4. 外装仕上げ	4.1 屋根	4.1-01 屋根 歩行防水 (断熱材を断つ) 4.1-02 屋根 歩行防水 (断熱材を断つ) 4.1-03 屋根 露出防水 (断熱材を断つ) 4.1-04 シート防水 (断熱材を断つ)	25 25 15 20	25 25 15 20	1% 1% 1% 1%	1% 1% 1% 1%	2 2 4 4	3 3 8 4	0.10 0.10 0.143 0.207	0.125 0.125 0.143 0.207	m ² /m ² m ² /m ² m ² /m ² m ² /m ²	
	4.2 外壁	4.2-01 外壁仕上 中層・大層 4.2-02 外壁仕上 窓部 4.2-03 外壁仕上 吹付 4.2-04 外壁仕上 吹付+2丁	30 20 25 30	30 20 25 30	1% 1% 1% 1%	1% 1% 1% 1%	1 4 2 1	3 4 3 1	0.42 0.369 0.44 0.005	0.21 0.269 0.44 0.005	m ² /m ² m ² /m ² m ² /m ² m ² /m ²	

[그림 1-44] AIJ-LCA&LCW 건축공사 데이터 입력 시트

■ 「발생 품목별 분석」 시트 : 재사용/재활용 데이터

「발생 품목별 분석」 시트에서는 「건축공사」 시트에서 지정한 건축공사에 관련하는 자재에 의한 폐기물의 발생 품목과 품목 코드의 상세한 조건이 설정되어 있다. 기준(안)과 대책(안)에 대해서 폐기물의 재활용 비율과 폐기물이 처리되는 경우의 처리 방법, 재활용 처리되는 경

우의 처리 방법을 코드로 설정하고 있다.

폐기물투기 코드의 의미에 대해서는 [그림 1-38]의 예에서는 ‘211 콘크리트덩어리’라고 발생 품목은 기준안에서 98%가 ‘441 : 재생쇄석’으로 재활용된다. 재활용되지 않는 나머지의 2%는 기타 콘크리트 파편으로 가정하고 ‘421 : 혼폐 선별 매립’으로서 폐기물매립 된다고 설정했다.

■発生品目コード表			基準率			対策率		
発生品目分類名	発生品目コード	発生品目	廃材リサイクル率	廃棄処理コード	リサイクル処理コード	廃材リサイクル率	廃棄処理コード	リサイクル処理コード
非産業廃棄物	100	非産業廃棄物						
	101	建設発生土	100%	111	141	100%	111	141
	102	砂・砂利・砕石	100%	111	141	100%	111	141
	109	土壌系 その他	100%	111	141	100%	111	141
産業廃棄物(安定型)	200	産業廃棄物(安定型)						
	210	がれき類						
	211	コンクリート塊	98%	421	441	98%	421	441
	212	コンクリート製品	98%	423	433	98%	423	433
	213	アスファルト・コンクリート塊	98%	422	432	98%	422	432
	219	その他がれき類		423	433	50%	423	433
	220	ガラス・陶磁器くず類(安定型)						
	221	ガラス		621	644	90%	621	644
	222	陶磁器・タイル		621	433	50%	621	433
	223	ブロック類		621	433	98%	621	433
	224	ALC		621	643	98%	621	643
	225	アスベスト含有セメント系製品		612			612	
	226	岩綿吸音板(増材)		621	642	80%	621	642
	227	ガラスウール		621			621	
	228	グラスウール		621	631		621	631
	229	耐火被覆吹付材、ロックウール		621			621	
	230	耐火ボード		621			621	
	239	陶磁器くず(安定型) その他		621		50%	621	433
	240	廃プラスチック類(安定型)						
	241	タイヤカーペット	10%	721	731	50%	721	731
	242	床仕上材(長尺シート、ビニルタイル、ゴムタイル)	10%	721	731	50%	721	731
	243	発泡断熱材	10%	721	731	50%	721	731
	244	プラスチック管(塩ビ管を含む)	10%	721	741	50%	721	741
	245	発泡スチロール		721	742		721	742
	246	FRP製品		721	631		721	631
	249	廃プラスチック類(安定型) その他	10%	721	731	50%	721	731
	250	金属くず(安定型)						
	251	仮設鋼材・山雷鋼材	91%	521	541	91%	521	541
	252	鉄骨くず	91%	521	541	91%	521	541
	253	鉄筋くず、溶接金網	91%	521	541	91%	521	541
	254	鋼管	91%	521	541	91%	521	541
	255	ステンレス	91%	521	542	91%	521	542
	256	鋳鉄くず	91%	521	541	91%	521	541
	257	アルミサッシ	85%	521	543	85%	521	543
	258	アルミ製品	85%	521	533	85%	521	533
	259	銅管、銅線	91%	521	532	91%	521	532

[그림 1-45] AIJ-LCA&LCW 재사용/재활용 데이터 입력 시트

■ 「폐기물 처리별 분석」 시트 : 폐기단계 데이터

「폐기물투기별 분석」 시트에서는 「발생 품목별 분석」 시트로 지정한 폐기물투기 코드와 재활용 처리 코드의 조건이 설정되어 있다.

각 폐기물 처리 코드에 대해서 폐기물 수송 1(폐기물 발생 현장으로부터 폐기물처리장까지의 수송)과 폐기물 수송 2(폐기물처리장으로부터 최종 처분 장소까지의 감량 후의 수송)이라고

하는 2종류의 수송으로 나누고 거리와 적재율의 설정을 가능하게 했다.

또한 각 재활용 처리 코드에 대해서 폐기물 수송 1(발생 폐기물의 현장으로부터 재활용 처리 시설 또는 일차 집하 장소까지의 수송)으로 폐기물 수송 2(일차 집하장으로부터 2차 집하장(재활용 시설)까지의 수송)라고 하는 2종류의 수송으로 나누고 거리와 적재율의 설정을 가능하게 했다.

■廃棄物処理別の分析					廃材輸送1 ×発生量		廃材輸送2 ×処分量	
処理 コード	対象 分類	対象	処理方法	備考	片道 距離 km	積 載 率	片道 距離 km	積 載 率
直接廃棄物処理								
111	1	発生土	残土処分		30	1		
211	2	汚泥(泥水)	脱水-埋立		30	1		
212	2	汚泥(泥土)	直接埋立		30	1		
311	3	木くず	直接埋立		30	0.6		
312	3	木くず	焼却-埋立		30	0.6	10	1
411	4	コンクリートがう	直接埋立		30	1		
412	4	アスファルト・コンクリート塊	直接埋立		30	1		
413	4	その他がれき類	直接埋立		30	1		
611	6	ガラス・陶器くず(安定型)	直接埋立		30	0.6		
612	6	ガラス・陶器くず(管理型)	直接埋立		30	0.6		
1011	10	廃油	焼却		30	0.6	10	1
混廃→廃棄物処理								
321	3	木くず	混廃-選別-埋立		30	0.6		
322	3	木くず	混廃-選別-焼却-埋立		30	0.6	10	1
421	4	コンクリートがう	混廃-選別-埋立		30	1		
422	4	アスファルト・コンクリート塊	混廃-選別-埋立		30	1		
423	4	その他がれき類	混廃-選別-埋立		30	1		
521	5	金属くず	混廃-選別-埋立		30	1		
621	6	ガラス・陶器くず 安定型	混廃-選別-破砕-埋立		30	1		
622	6	ガラス・陶器くず 管理型	混廃-選別-破砕-埋立		30	1		
721	7	廃プラスチック類	混廃-選別-破砕-埋立		30	0.4		
821	8	紙くず	混廃-選別-焼却-埋立		30	0.4	10	1
921	9	繊維くず	混廃-選別-焼却-埋立		30	0.4	10	1
1121	4	その他 管理型	混廃-選別-埋立		30	0.6		

[그림 1-46] AIJ-LCA&LCW 폐기단계 데이터 입력 시트

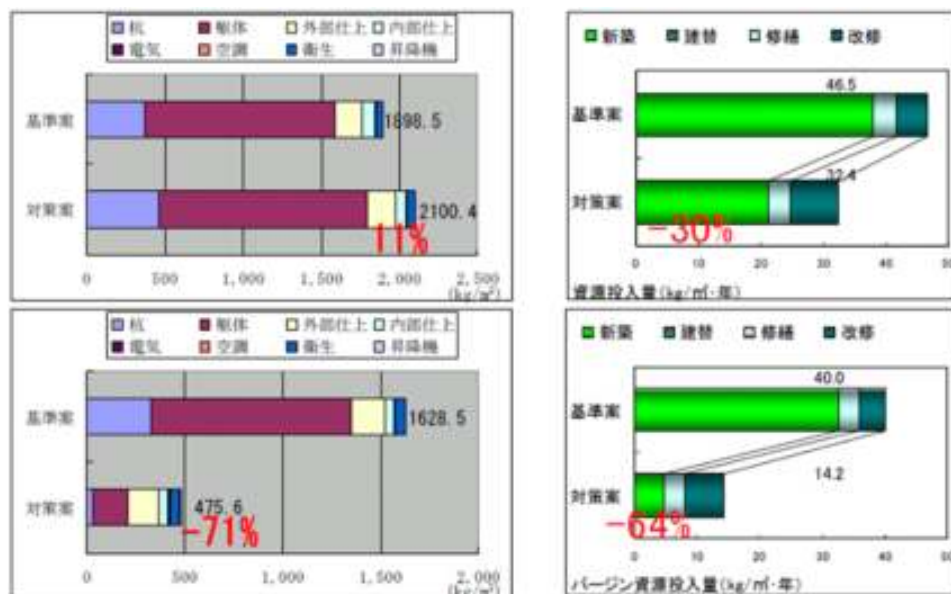
■ 평가 결과

평가가 완료된 폐기물 배출량을 건축업협회에서 조사한 해체공사실태조사의 폐기물 발생원 단위와 비교할 수 있도록 구성되어 있다. LCR과 LCW의 평가 결과는 자원투입량, 손실자원투입량, 폐재발생량, 폐기물발생량 산출되며, 기준(안)과 대책(안)의 투입 물량을 사용자가 직접 변동한 투입물량 값의 차이에 따라 평가 결과 값이 산정되는 간단한 형태이다. 본 보고에서는 AIJ-LCA&LCW의 평가 결과를 철근 콘크리트조 공동주택으로 적용된 평가결과를 바탕으로 표시하였다.

도쿄 근교의 RC조 판상형 9층 88세대 규모의 공동주택을 대상으로 폐기물 저감 및 자원순

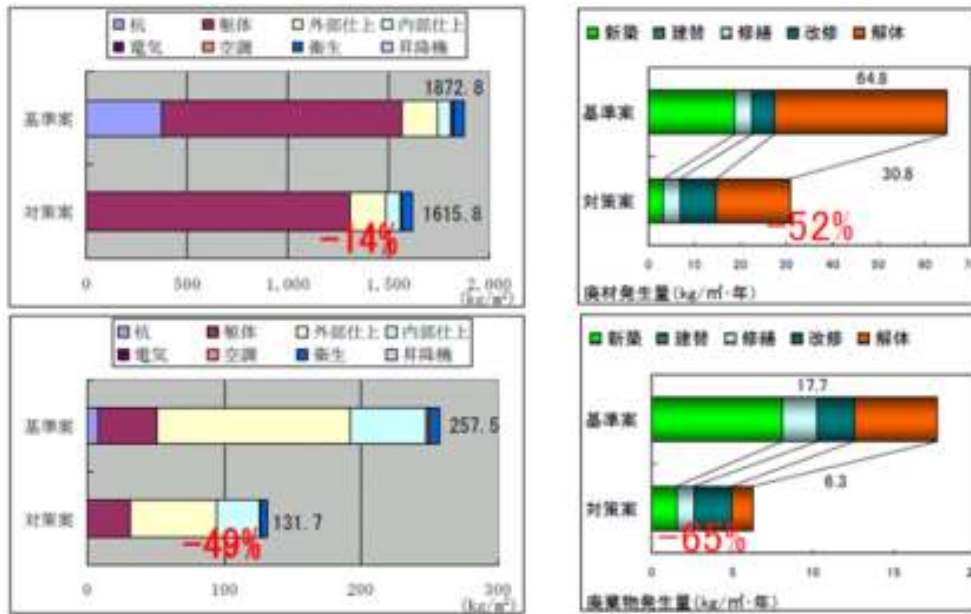
환에 기여하는 친환경 대안(기초 말뚝 Reuse, 재생골재 이용, 장수명 콘크리트 적용, 기준안 50년, 대안 100년)이 적용된 평가를 실시하였으며 LCR과 LCW의 평가 결과를 작성하였다.

본 프로그램의 LCR 평가 결과는 신축공사 투입 자원량과 전과정 관점에서의 자원량으로 구분되어 표현되며 각각의 폐기물 발생단위는 kg/m^2 , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ 으로 표현된다. 사례 평가 결과 신축공사의 투입 자원량 10% 증가하였으며 전과정 관점에서는 장수명화에 의해 기준안에 비해 30% 감소하였다. 순수 자원투입량의 경우는 기준말뚝 재이용, 재생골재, 장수명화 등에 의해 신축, 전과정 관점 모두 큰 폭으로 감소 한 것으로 나타났다.



[그림 1-47] AIJ-LCA&LCW LCR 평가 결과

LCW 평가 결과는 해체공사 발생 폐기물량과 전과정 관점에서의 폐기물량으로 구분되어 표현되며 각각의 폐기물 발생단위는 kg/m^2 , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ 으로 표현된다. 사례 평가 결과 폐기물 발생량은 해체공사의 해체 시 말뚝재이용으로 15%감소 전과정 관점에서는 50%감소하였다. 폐기물 발생량은 해체 시 50%감소 전과정 관점에서는 65%감소 한 것으로 나타났다.



[그림 1-48] AIJ-LCA&LCW LCW 평가 결과

(4) eco-MA(Multi-Agent-System)

(가) 개요

eco-MA(Multi-Agent-System)는 동경대에서 개발한 자재생산 폐기 및 재활용 건설자재의 자원순환 시뮬레이션을 통한 의사결정 지원도구이다. 일본에서 제공하고 있는 다양한 건설폐기물 예측 및 재활용 시책들은 건설의 몇몇 단계에만 초점이 맞추어져 있는 형태의 정책이기 때문에 건설 산업에서 나아가 사회 전체에 어떤 영향을 미치는지, 환경 배려형 사회 형성에 어떻게 기여했는지가 불분명한 문제점이 존재한다. 기존의 건물 단위의 폐기물 예측 평가가 아닌 지역 기반의 폐기물 예측 시스템이며 지역에 따라서 시간요인, 지리적요인, 사회적요인에 대한 복합적인 분석을 제공한다. eco-MA는 시스템 알고리즘 형태로 구성되어 있다.

(나) 평가 범위

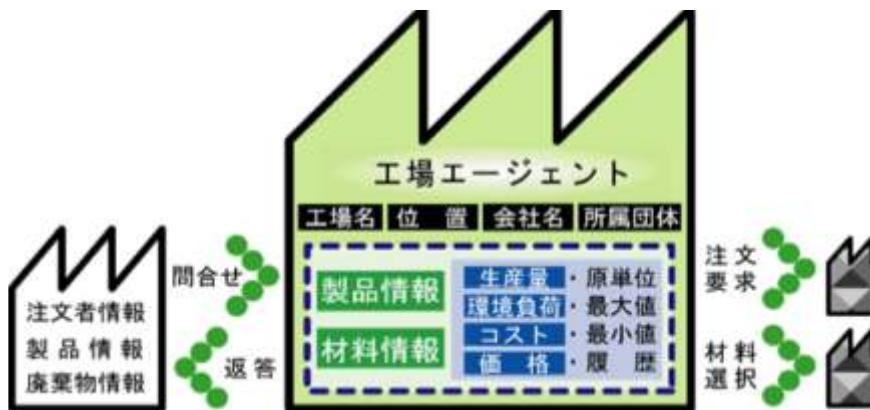
평가 대상의 폐기물은 건축공사에서 발생하는 페콘크리트와 도로공사에서 발생하는 페아스팔트 콘크리트의 2종의 폐기물을 평가 한다.

<표 1-39> eco-MA 폐기물 평가 범위

		시공단계	유지보수단계	해체단계
투입	자재 투입량	○	X	-
배출	폐기물발생량	○	X	○
	재 자원화량	○	X	○
	최종 처분량	○	X	○

(다) 평가 지표

평가 지역의 레미콘, 골재, 순환골재 등의 각종 건설자재 공장의 실측데이터와 시공통계 데이터, 내구수명 예측식을 통하여 폐기물 발생 특성을 평가한다. 또한 건설경기에 미치는 영향을 고려하여 환경세, 정부보조금, 건설투자동향을 평가 지역에 사회적 복합 요인으로 설정하여 평가한다. 사회적 복합 요인 평가는 Multi - Agent - System을 이용하여 평가한다.



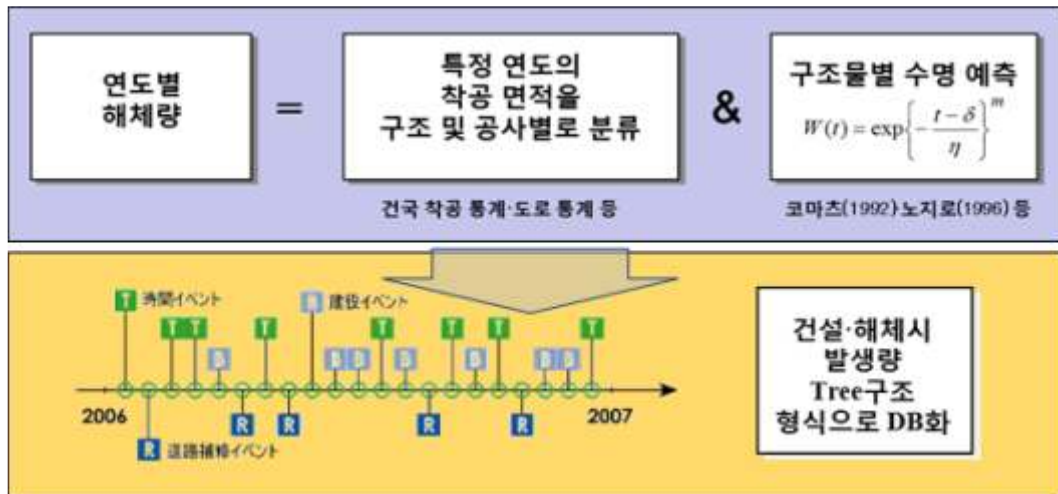
[그림 1-49] eco-MA Multi-Agent-System 개념도

(라) 평가프로세스

■ 프로그램 전체의 흐름

eco-MA의 평가 프로세스는 대상 지역의 건축물의 수요·소비·폐기·재이용 형태 라이프 사이클) 및 유통(자료 흐름)을 실태에 맞게 시계열로 모델링한다. 모델 된 건설관련산업의 지리

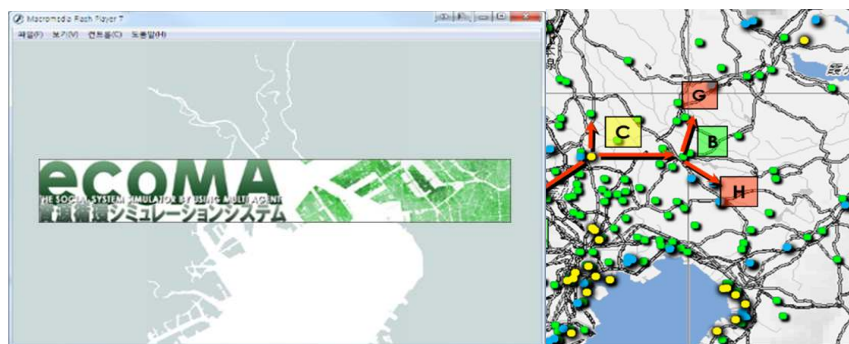
적 조건, 관습, 건축물의 수명주기, 재료 흐름에 따라 대상 지역의 시물레이션을 통해 환경 부하가 감소되는 건설 관련 산업의 모습, 건축물의 수명주기, 재료 흐름의 방향을 제시한다. 상기의 항목을 범용적인 건설 재료로 달성하는 것을 목표로, 우선 건설 재료로 사용량이 많은 콘크리트를 대상으로, 관련 산업을 중심으로 한 지역으로 환경 부하 경감을 평가한다.



[그림 1-50] eco-MA 평가 프로세스

■ 입력화면 : 기본정보

대상 지역의 건설 관련 산업의 지리적 조건 및 관습을 실태에 맞게 모델링 하며, 대상 지역의 건축물의 수요·소비·폐기·재이용 형태(라이프 사이클) 및 유통(자료 흐름)을 실태에 맞게 시계열로 모델링 한다.



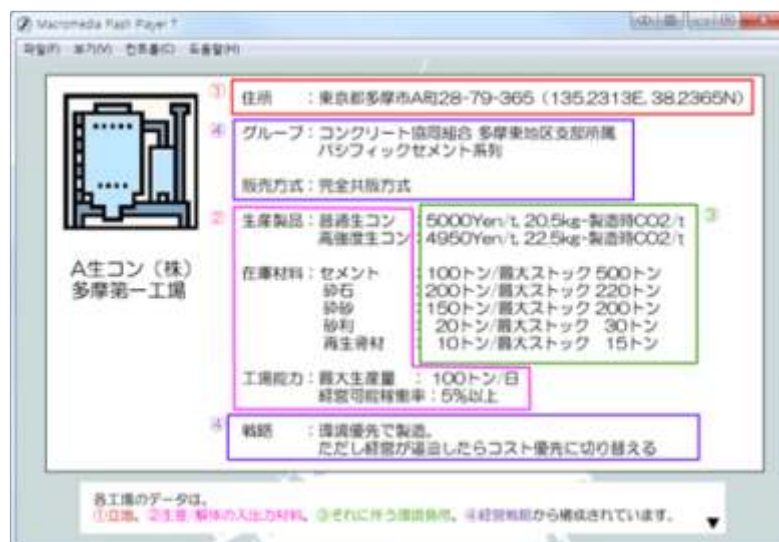
[그림 1-51] eco-MA 지역 입력화면

■ 입력화면 : 상세정보

평가 지역의 각 관련 단체의 실태 조사를 수행하고 정보를 구현한다. 상세정보 수집 내역은 현행 규제 산업 유도 정책적용, 산업 업태·상관습의 지역 특성 확인, 지리적 조건 확인, 건설 구조물의 수명을 고려한 폐콘크리트의 배출량 분석, 생산물의 시간적 변화 (과거·현재·미래), 생산 활동의 투입 자원·에너지, 폐기물 분석과 같은 항목이다.



[그림 1-52] eco-MA 평가지역 산업분석



[그림 1-53] eco-MA 공장 특성 분석

■ 결과화면 : 지역단위의 평가

eco-MA에서는 공장 단위의 평가, 공장 종류 단위의 평가, 지역 규모의 평가를 제공하며 공장을 선택하여 각 공장의 환경 평가를 할 수 있다. 이는 지역 중 하나의 공장이 어떤 역할을 하는지 또는 자신의 공장이나 도시 시설이 어떤 상황에 있는지 등을 확인하는데 적합하다. 또한 하나의 공장뿐만 아니라 같은 종류의 제조 공장과 도시 시설의 환경 평가도 가능하다. 이는 지역에서 그 업체가 어떤 상태에 있으며 차후 자원순환과 관련하여 어떤 활동이 최적인가에 대해 평가하는데 적합하다.



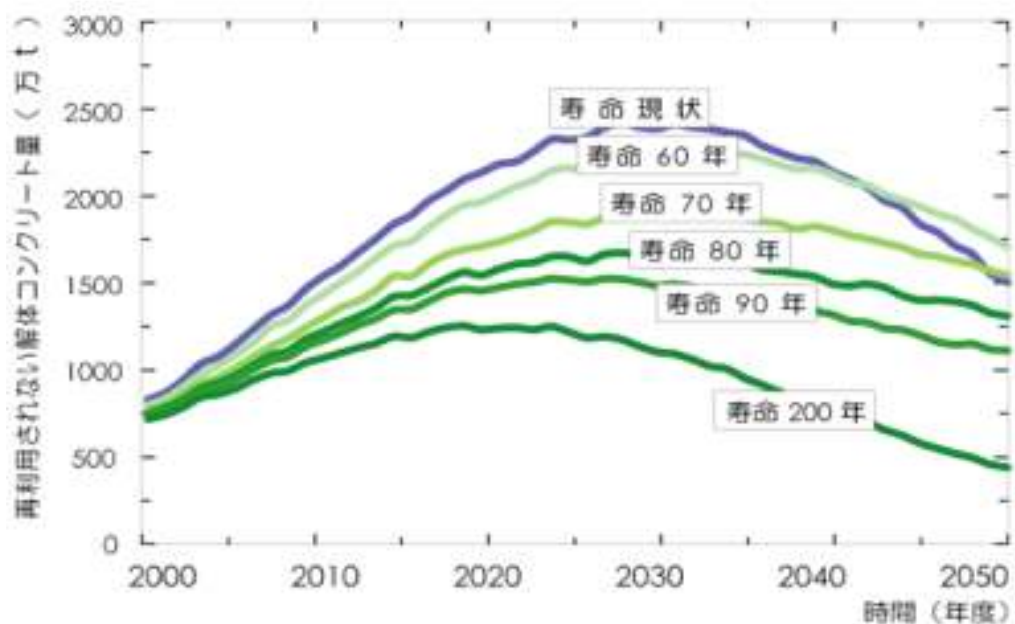
[그림 1-54] eco-MA 평가 건물 인접 시설 CO₂ 배출량 정보



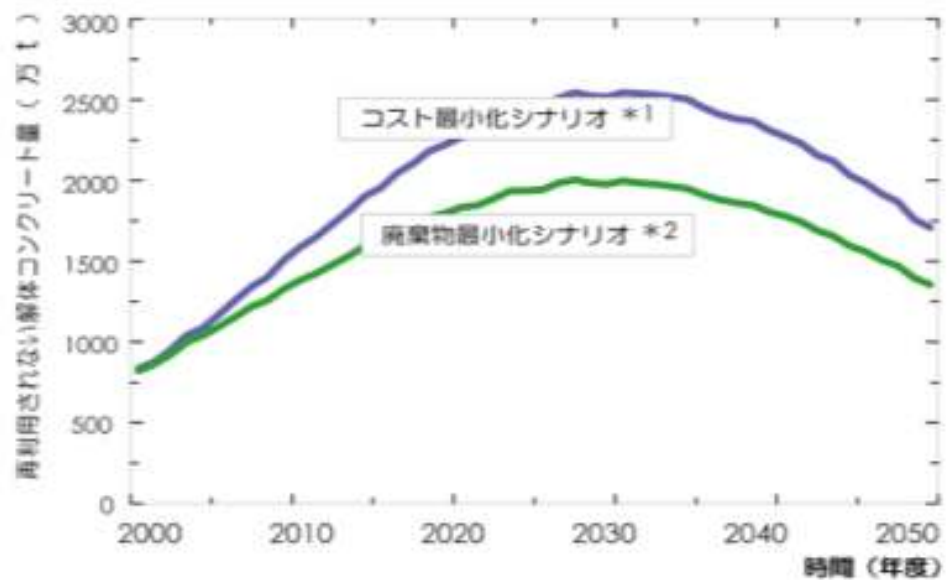
[그림 1-55] eco-MA 시나리오 별 최적 업체 선정

■ 결과화면 : 시계열의 평가

eco-MA의 주요특징 중 하나는 예측/정책의 효과를 평가할 수 있다. ‘환경개선의 방법을 적극적으로 도입했을 시와 도입하지 않았을 시’라는 예상 시나리오를 소개하고 미래를 예측할 수 있다. 또한 시나리오는 새로운 조례를 도입함으로써 조례의 영향효과를 확인할 수 있다. 예를 들어 콘크리트 건축물로 대상을 선정하고 모든 관계 기업이 원자재 조달·수송 비용을 최소화하도록 공장·재료를 선정한다면 50년 후까지의 콘크리트 폐기 물량을 시뮬레이션 실시한다. 기본적으로 어떤 수요가 발생 하는지를 시계열로 미리 입력 할 수 있기 때문에 15년 후 재해 복구 수요가 커지거나 건축물의 수요가 해마다 줄어들거나하는 경향을 이벤트로 입력 후 이러한 수요 변화에 따라 폐기 물량이 어떻게 변하는지 볼 수 있다. 이러한 조건 설정에 따라 시뮬레이션을 하면 eco-MA 내부에서는 공장들이 거래 기업을 바꾸거나 재료를 비용이 저렴한 재활용 재료로 확대하거나 반대로 천연 소재로 변환하거나 다양한 노선 전환이 가능하다. 그 결과 [그림 1-56]과 같이 예상되는 지역의 장수명화 콘크리트를 적용할 경우 폐기 물량이 어떻게 되는지, 비용 절감이 지역의 환경에 어떤 효과가 있는지를 확인 할 수 있으며 이와는 대조적으로 모든 관련 기업이 가격보다 환경 성능을 최소화하도록 설정할 경우 지역의 콘크리트 폐기물량은 [그림 1-57]과 같다.



[그림 1-56] eco-MA 장수명화 기술에 의한 폐기물 저감 효과의 평가



[그림 1-57] eco-MA 시나리오별 폐기물 저감 효과의 평가

(5) 국외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 비교 분석

구 분		Decon Ver.1				분별해체 간이 발생량 예측 프로그램				AIJ LCA&LCW				BEAT-Bldg				GEM-21				집합주택 간이 LCA 평가프로그램				eco-MA			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
평가 범위	시공 단계	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
	유지 관리 단계	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	X	X	X	X
	폐기 단계	-	○	○	○	-	○	○	○	-	○	○	○	-	○	○	○	-	○	X	X	-	○	○	○	-	○	○	○
개요	형태, 연도	Application, 2010년				Application, 2004년				Microsoft Excel, 2005년				Application, 2007년				Application, 1998년				Microsoft Excel, 2003년				Algorithm, 2007년			
	개발 기관	경남과학기술대학교				한국건설기술연구원				일본건축학회				국토기술정책종합연구소				시미즈 건설				카지마 건설				동경 대학교			
	평가 대상	단독/공동주택				공동주택				모든건축물(단독주택은 별도프로그램으로 산정)				공동주택, 사무소				단독주택, 공동주택, 사무소, 학교, 상점, 호텔, 복합건물				공동주택				건축물, 도로			
	평가 목적	건축물 해체과정 건설폐기물 발생량 예측				건축물 해체과정 건설폐기물 발생량 예측				건축물 전과정 환경부하 평가				건설 리사이클법에 대응하는 설계지원시스템				건축물 전과정 환경부하 평가				건설 리사이클법에 대응하는 설계지원시스템				자재생산 폐기 및 재활용 건설 자재의 자원순환 시뮬레이션을 통한 의사결정 지원도구			
지표	폐기물 분류	주요 건축 자재를 22종의 폐기물로 분류				건폐법에 따른 분류, 5종				일본환경성 폐기물처리법에 따른 분류, 54종				주요 건축 자재를 47종의 폐기물로 분류				일반폐기물, 건설폐기물 (고형폐기물에 한함)				비산업 폐기물, 안정형 산업 폐기물, 관리형 산업 폐기물로 분류, 폐기물 종류는 11종				페콘크리트, 페아스팔트 콘크리트 2종			
	예측 근거	간접추계법-원단위 및 부재치수 입력				국가 기준인 발생원단위 사용				간접추계법-투입자재 손실률				간접추계법-투입자재 손실률				시미즈 건설의 내부 DB 사용으로 추측됨				간접추계법-투입자재 손실률				지역별 발생현황 DB 직접조사 및 Multi-Agent-System 적용			
	원단위	도면 분석을 통하여 회귀식 도출된 원단위 적용				분별해체와 일반해체 발생원단위 사용				복합원단위 적용 건축업협회 실태조사 원단위를 통한 예측 비교수치 제공				복합원단위 적용				시미즈 건설의 내부 DB 사용으로 추측됨.				복합원단위 적용				없음			
입력	입력 과정	건물개요>건축물규모입력(부재치수)>				건물개요>연면적입력>세부조건설정				건물개요>물량내역서입력>세부조건설정				건물개요>물량내역서입력>수선률, 회수율입력				건물개요>건축구조설비개요>시공및해체조개요>LCC조건 설정				건물개요>물량내역서입력>복합원단위 입력>운송거리 적재율 입력				평가지역 설정>건설관련 산업 정보 모델링>사회적 복합요인 모델링			
	기본 정보	용도, 구조, 연면적, 부재치수				용도, 구조, 연면적, 기타 정보				용도, 구조, 연면적, 평가기간, 재건축, 신축보정				용도, 구조, 연면적, 공용연수				기준층정보, 평면형상, 마감별 공법 재료 선정				연면적(기준안대책안), 내구수명 (기준안대책안), 자재 회수율				대상 지역의 건설 관련 산업의 지리적 조건 및 관습을 실태조사			
	세부 정보	운송거리				운송거리				자원순환조건(재사용율, 재활용율), 운송거리, 적재율				부분별 계획 갱신연수, 환산계수(Zeroemi), 손실률, 회수율				세부 공법 재료 선정, 폐기물 저감 기술 설정				제품사양별 단위면적당 투입물량, 수선율수선주기, 건설폐재 운송거리, 건설폐재 평균적재율				현행 규제 산업 유도 시책적용, 내구수명을 고려한 페콘크리트량 분석, 생산물의 시간적 변화분석			
결과	평가 영역	해체단계 CW				해체단계 CW				LCW, LCR, LCCO ₂ , LCE, LCC				LCW, LCCO ₂ , LCE				LCW, LCCO ₂ , LCE, COD				LCW, LCCO ₂ , LCE				공장 단위/ 공장 종류 단위/지역 규모단위의 폐기물 발생량, 처리비용 평가			
	평가 유형	그래프, 표, 자재목록				그래프, 표				그래프, 표, 자재목록				그래프, 표, 폐기물 군별목록				그래프, 표, 자재목록				그래프, 표, 폐기물 부위별 종류별목록				복합분석 결과 제공			
	저감 방안					분별해체 적용 따른 대안비교				자원순환기술 적용 따른 대안비교				4단계의 재자원화 시나리오 비교				6가지 폐기물 저감 기술 적용에 따른 폐기물 총량 저감				3단계의 재자원화 시나리오 비교				사용자 설정에 따른 저감 시나리오 예측 평가 (정책 평가)			

A. 자재 투입량 B. 폐기물 발생량 C. 재 자원화량 D. 최종 처분량 · LCW : Life Cycle Waste · LCR : Life Cycle Resource · LCCO₂ : Life Cycle CO₂ · LCE : Life Cycle Energy · LCC : Life Cycle Cost · COD : Chemical Oxygen Demand

다. 소결

국내 기존 건설폐기물 예측 프로그램은 해체단계 중심의 평가 방식으로 구성되어 있으며, 해체공사 관리 자동화 시스템(Decon ver.1)의 경우 두가지 예측 방법인 원단위와 부재치수 입력을 통해 개략 또는 상세 건설폐기물을 산출하고 노무비 및 재료비 등 철거비용까지 산출할 수 있는 장점이 있다. 그러나 건설폐기물의 종류가 처리방법별로 구분되어 있지 않아 다소 많은 세분류의 건설폐기물을 산출하고, 정보 입력시간이 다소 많이 걸리는 것으로 나타났다. 분별해체 간이 프로그램의 경우는 일반해체와 분별해체를 고려하여 건설폐기물 발생량을 산출하고, 철거 비용 및 운반비용까지 산출할 수 있으며 다소 간단한 정보 입력을 통하여 건설폐기물 발생량 산출이 가능하다. 국내 개발된 두 개의 프로그램은 해체공사 부분에서만 한정되어 사용될 수 있는 단점이 있다.

반면, 일본의 건설폐기물 발생량 예측 프로그램의 경우 LCA평가 중 하나의 분석평가 항목으로 건설폐기물 발생량을 산출하고 있으며, 단순히 발생량을 예측하는 것이 아니고 시공, 운영, 해체단계에서의 재활용율, 재이용율, 최종매립율을 산출하고 일본의 폐기물 관련법에 따라 프로그램을 구성하였다.

국내외 프로그램을 분석해본 결과, 개발하고자 하는 프로그램의 목표를 상용화, 범용화로 고려해볼 때 국내의 경우 정부 정책에 맞도록 설계하고 신축공사 분야를 추가하여 프로그램을 개발하고자 한다. 건축/주택공사 외 토목/플랜트 분야를 확장하는 건설폐기물 발생량 예측 프로그램으로 설계하였다. 또한 해체공사와 같이 짧은 기간에 발생하는 건설폐기물과 달리 신축공사에서 발생하는 건설폐기물은 장기간 꾸준히 발생되기 때문에 그 특성을 반영할 필요가 있다. 이에 기존 개발된 프로그램을 통하여 간단하고, 쉽고, 신뢰성 있는 예측값이 산출될 수 있는 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발하여 범용적으로 사용할 수 설계에 반영하였다.

제 2 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 연구개발 수행 절차

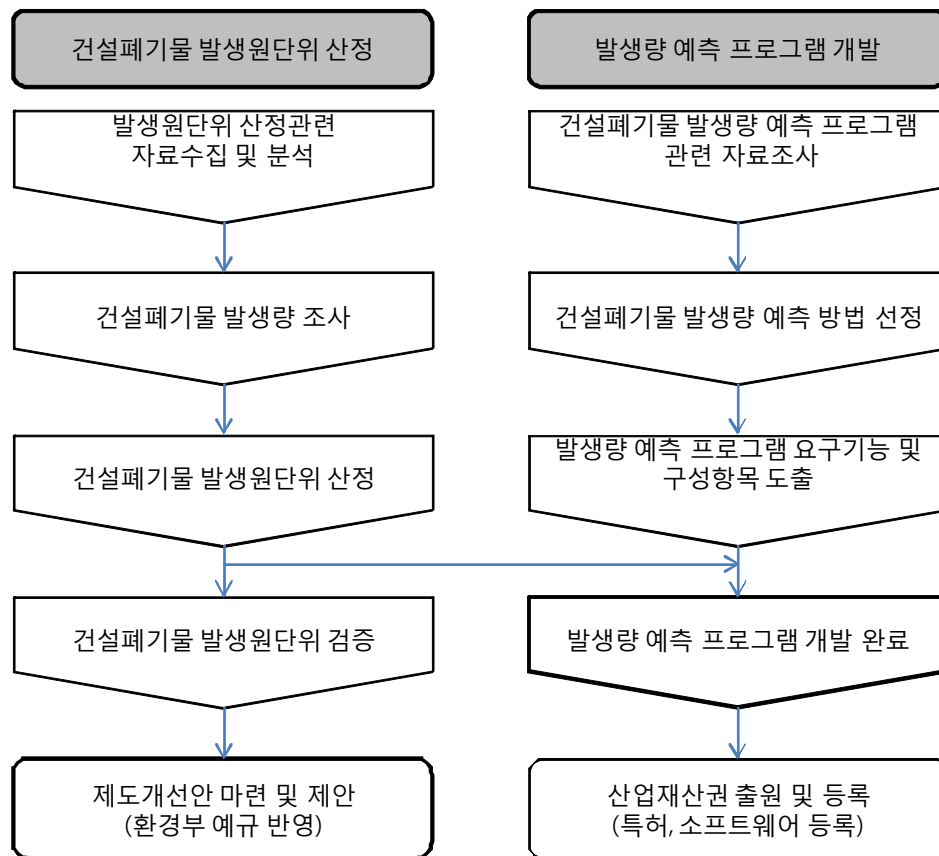
본 연구는 크게 건설폐기물 발생원단위 산정과 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발로 나뉘며 각 연구 프로세스는 아래와 같다.

1. 발생원단위 산정

- 발생원단위 관련 조사(국내외)
- 건설폐기물 발생량 조사(신축/해체공사)
- 발생원단위 산정 및 검증

2. 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발

- 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 관련 조사(국내외)
- 건설폐기물 발생량 예측방법 선정
- 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 요구기능 및 구성항목 도출
- 발생량 예측 프로그램 주요 기능



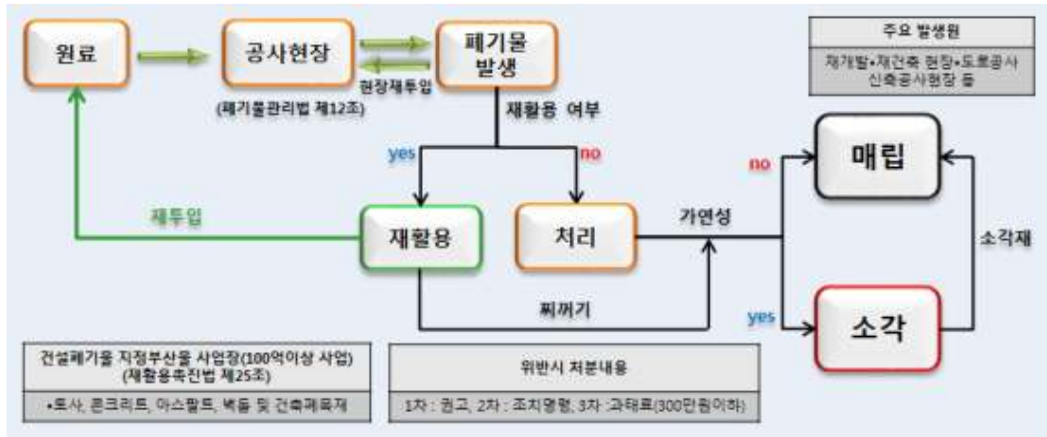
[그림 2-1] 연구프로세스

제 2 절 국내 건설폐기물 발생현황 조사

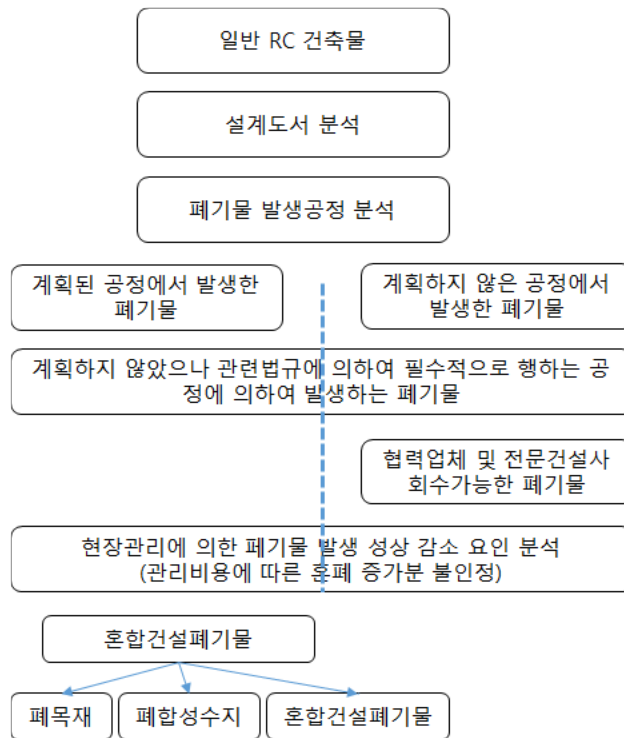
건설폐기물의 발생은 신축, 해체·철거, 리모델링 공사 등 다양한 분야에서 배출된다. 전체 발생 폐기물 중 약 90%가 해체현장이나 대규모 리모델링 현장에서 발생하며, 나머지는 신축현장과 소규모 리모델링 현장 등에서 배출되고 있다.

건설폐기물의 처리는 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률 제25조에 따라 전자인계서 작성 시스템에 따라 인계를 실시하여 처리를 하게된다. 폐기물이 발생하면 현장내에서 이를 활용할 수 있으며 또는 건설폐기물 처리 업자에게 위탁하여 처리하도록 규정하고 있다.

건설폐기물 친환경 적정 처리와 재활용 효율성을 높이기 위하여 건설공사와 분리하여 발주하도록 규정하고 있다.



[그림 2-2] 건설폐기물 처리 관리 계통도



[그림 2-3] 원단위 산출을 위한 흐름도

1. 신축공사

신축공사의 건설폐기물 발생은 소량의 건설 폐기물이 장기간에 걸쳐 지속적으로 발생하는 특징을 가지고 있다. 지반 강화를 위한 파일공사를 실시할 경우 폐콘크리트 발생량이 증가하고, 거푸집공사를 할 경우에는 폐목재와 합성수지의 발생량이 증가하는 현상이 나타난다.

국내건설회사로부터 주거용(공동주택) 및 비주거용(철근콘크리트, 철골, 철골철근콘크리트) 건물에 대한 자료를 수집하였으며, 해체공사의 경우 오산세교지구의 재개발 공사에서 진행된

지장물 조사에 대한 자료를 바탕으로 철근콘크리트구조, 철골구조, 단독주택에 대한 자료 수집을 하였으며, 공동주택의 경우 기존 연구자료 및 실측조사를 통한 자료 수집을 하였다.

원단위 산출기준은 기존의 산출 방식과 달리 아래와 같은 기준으로 수정하여 산출하였다.

■ 기존 산출 방식

- 건설공사 현장 발생량을 조사하여 반영
- 성상별 폐기물 발생량(중량)에 건축공사 면적을 반영하여 적용
- 현장에서 배출하는 혼합건설폐기물을 모두 인정하여 반영

■ 수정 산출 방식

- 건설공사 현장 발생량을 조사하여 반영(동일) 면적 기준으로 산출(동일)
- 현장관리에 의한 성상별 폐기물 분류 및 발생량 조절 요소 반영
- 혼합건설폐기물의 성상별 분류에 의한 원단위 산출

가. 주택공사

국내 건축되는 공동주택의 대부분은 RC 건축물이다. 이에 따라 폐기물 발생량 조사현장의 경우도 14개 전 현장이 RC조 공동주택에 해당한다. 신축공사 현장의 분류는 재개발 재건축 현장과, 신규 택지 개발을 통한 건설공사로 분류될 수 있으며, 재건축 현장의 경우 앞서 해체·철거공사가 사전에 진행된다.

재건축 현장은 대부분 도심지 밀집 지역에서 공사가 진행되고 용적을 또한 매우 높기 때문에 건설폐기물 발생에 따른 보고나 장소의 확보가 어려운 것이 현실이다. 택지개발 현장의 경우도 재개발 구역과 같이 도심지에 밀집되지 않아 폐기물의 관리가 상대적으로 수월할 수 있으나 건설현장의 Clean 정책 등으로 폐기물의 장기간 현장내 보관이 어려운 것이 사실이다. 신축공사의 공동주택에 관한자료는 14개 현장에 대한 자료를 수집하여 성상별 6종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐석고보드류, 폐합성수지류, 기타폐기물)에 대한 조사를 실시하였다.

<표 2-1> 공동주택(14개)에 관한 자료

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	가락한라	RC	공동주택	149,683.87	지하2층, 지상16~27층	2005-07~2007-10
2	과천3구역	RC	공동주택	610,239.53	지하2층,	2005-12~2008-07

					지상10~25층	
3	과천11구역	RC	공동주택	103,015.26	지하2층, 지상15층	2005-07~2007-04
4	금호19구역	RC	공동주택	142,229.95	지하4층, 지상20층	2009-07~2012-04
5	미아6구역	RC	공동주택	201,927.80	지상1~24층	2007-08~2010-05
6	반포주공2단지	RC	공동주택	540,103.11	지상23~32층	2006-08~2009-06
7	본동5구역	RC	공동주택	80,008.23	지하3층, 지상29층	2009-07~2011-11
8	산본주공	RC	공동주택	511,940.58	지하3층, 지상15~34층	2007-10~2010-09
9	송파반도	RC	공동주택	117,966.39	지하2층, 지상14~28층	2009-08~2012-01
10	용두1	RC	공동주택	169,270.61	지하 2층, 지상8~20층	2007-10~2010-02
11	용인동천	RC	공동주택	586,589.09	지하2층, 지상4~30층	2007-10~2010-05
12	원당2차	RC	공동주택	288,314.06	지하2층, 지상12~25층	2007-05~2009-10
13	의왕내손	RC	공동주택	111,659.05	지하2층, 지상20층	2006-11~2009-03
14	전농6구역	RC	공동주택	148,416.60	지하3층, 지상9~15층	2008-08~2010-11

<표 2-2>는 위의 14개 신축공사현장에서 발생한 총 건설폐기물을 건설폐기물 재활용 촉진에 관한법률 시행령에 나와 있는 18개의 성상으로 나누어 분류한 것을 나타낸 것이다. 14개 현장을 분석한 결과 신축현장에서 분류하는 폐기물은 폐콘크리트와 혼합건설폐기물이 주를 이루고 있으며 이외에 폐목재, 폐합성수지, 건설폐토석 등이 주를 이루고 있는 것을 알 수 있다. 폐벽돌, 폐블럭, 폐기와 등은 신축현장 특성상 발생 자체가 거의 없는 특성과 발생한 것은 폐콘크리트 성상으로 묶는 특성이 있어 발생 자체가 거의 없는 것으로 분석 되었으며, 폐유리 및 폐자기류도 마찬가지로 인 것으로 분석되었다.

석고보드와 같은 폐보드류는 모든 현장에서 일정하게 발생하는 특성을 가지고 있다. 제조업체에서 수거하여 신규제품 생산에 다시 사용하는 특성을 가지고 있기 때문에 재활용 효용성이 높은 항목으로 분류할 수 있다.

<표 2-2> 공동주택에 관한 건설폐기물 현황

(단위 : ton)

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
폐 콘크리트	2273.48	11978.79	2370.2	2143.5	4767.93	9311.26	1697.38	30936.41	1986.94	2844.03	11353.52	6011.21	2965.56	2232.59
폐 아스팔트	1019.43	1855.15	932.78	641.13	1646.65	2234.42	21.35	2944.18	262.79	547.06	1280.77	944.09	419.09	294.21
폐 벽돌	0	0	0	0	0	20.56	0	0	0	0	84.09	0	0	0
폐 블럭	0	0	0	0	59.58	0	0	0	0	0	0	0	44.6	0
폐기와	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 목재	421.61	3097.99	54.52	866.92	938.76	1764.21	321.26	1787.47	489.62	637.83	3139.92	337.43	489.8	435.77
폐 합성수지	34.31	1153.33	36.85	111.95	135.17	530.59	71.65	583.25	61.56	179.63	845.02	150.3	67.74	101.51
폐 섬유	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.34	0	0	0
폐 벽지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설오니	0	15.39	0	0	0	80.98	0	0	0	1057.36	47.81	0	70.65	0
폐 금속류	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 유리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 타일/폐 도자기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 보드류	49.2	183.54	0	151.8	0	127.46	0	294.42	64.89	75.02	873.82	173.44	0	69.36
폐 판넬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설 폐토석	0	287.44	0	0	385.57	1775.12	39.47	1665.52	246.74	4059.66	3199.2	1894.39	18.97	1879.44
혼합 폐기물	3554.17	9635.69	1685.95	3629.74	3377.87	9701.59	2167.69	3022.64	3034.48	2550.5	8864.02	6599.85	2828.23	5934.67
합계	7352.2	28207.32	5080.3	7545.04	11311.53	25546.19	4318.8	41233.89	6147.02	11951.09	29713.51	16110.71	6904.64	10947.55

나. 건축공사

공동주택을 제외한 일반 건축물의 조사는 RC, SRC, S조 등을 대상으로 조사 하였다. 공동주택의 경우 일정한 형식의 반복구조가 진행되고 있으나 일반 건축물의 경우 일정한 반복의 형태는 높지 않다.

조사 대상 건축물 중 교육연구 시설이 5개소로 모두 RC 구조물로 구성되어 있으며 판매시

설은 신축공사의 건축공사에 관한 자료는 11개 현장에 대한 자료를 수집하여 성상별 5종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐합성수지류, 기타폐기물)에 대한 조사를 실시하였다. 건축물의 규모는 지하 6층부터 지상 28층까지 다양하게 분포되어 있으며, 면적은 5200m²부터 100,335m²까지 분포되어 있다.

일반 건축물이 공사면적이 많다 하더라도 내주 구획등을 위한 벽체가 없기 때문에 투입되는 자원의 양은 많지 않다. 초기 지하 굴착공사 단계에서 토사등의 배출량이 높은 특성이 있으며 철골조의 경우에는 뿔칠 공사에서 다량의 폐콘크리트 발생이 일어난다.

<표 2-3> 비주거용 RC(7개), SRC(3개), S(1개) 구조에 관한 자료

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	기흥연구동	RC	교육연구시설	76,256.74	지하2층, 지상14층	2010-02~2011-05
2	송도글로벌캠퍼스	RC	교육연구시설	100,335.47	지하1층, 지상28층	2009-08~2012-02
3	장현리 판매시설	RC	판매시설	23,764.13	지하2층, 지상4층	2009-02~2009-11
4	중소기업연수원	RC	교육연구시설	54,819.45	지하2층, 지상5층	2009-08~2011-06
5	춘천플라자	RC	판매시설	23,948.05	지하3층, 지상4층	2009-04~2010-03
6	충남대재활병원	RC	교육연구시설	59,939.00	지하3층, 지상7층	2010-04~2012-08
7	판교R&D센터	RC	교육연구시설	46,487.77	지하2층, 지상7층	2010-3~2012-4
8	박정희기념관	S	문화집회시설	5,275.50	지상3층	2010-03~2011-11
9	전남농협	SRC	업무시설	24,523.29	지하1층, 지상10층	2009-09~2012-02
10	정밀금형기술센터	SRC	업무시설	14,261.00	지하1층, 지상2층	2010-04~2011-06
11	중소기업글로벌지원센터	SRC	첨단업무시설	61,894.86	지하6층, 지상20층	2009-12~2012-06

<표 2-4>는 위의 11개 신축공사현장에서 발생한 총 건설폐기물을 건설폐기물 재활용 촉진에 관한법률 시행령에 나와 있는 18개의 성상으로 나누어 분류한 것을 나타낸 것이다. 11개 현

장을 분석한 결과 신축현장에서 분류하는 폐기물은 폐콘크리트와 혼합건설폐기물이 주를 이루고 있으며 이외에 폐목재, 폐합성수지, 건설폐토석 등이 주를 이루고 있는 것을 알 수 있다. 폐벽돌, 폐블럭, 폐기와 등은 신축현장 특성상 발생 자체가 거의 없는 특성과 발생한 것은 폐콘크리트 성상으로 묶는 특성이 있어 발생 자체가 거의 없는 것으로 분석 되었으며, 폐유리 및 폐자기류도 마찬가지로 인 것으로 분석되었다. 특히 폐목재와 폐합성수지의 양이 다량 배출하는 특성을 가지고 있다

석고보드와 같은 폐보드류는 공동주택 보다는 적게 발생하는 특성이 있다. 이는 일반 건축물의 경우 별도의 내장 마감을 실시하지 않기 때문이다

<표 2-4> 비주거용(RC, SRC, S구조)에 관한 건설폐기물 현황

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
폐 콘크리트	1,662.69	1,822.36	278.33	1,237.03	411.59	860.12	1,147.42	74.00	614.33	290.19	1,177.68
폐아스팔트	262.87	0	0	0	0	0	0	0	30.99	84.26	128.99
폐벽돌	0	0	0	161.18	0	0	0	0	0	0	0
폐블럭	0	0	0	131.89	0	0	0	0	0	0	0
폐기와	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐목재	66.52	385.43	132.36	0	122.35	0	72.49	53.82	47.82	164.82	149.03
폐 합성수지	1,248.85	98.42	16.84	0	0	324.00	0	2.89	233.79	216.39	25.47
폐섬유	0	0	0	0	0	0	13.05	0	0	0	0
폐벽지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설오니	0	0	0	227.88	85.00	0	0	0	0	0	0
폐금속류	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐유리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐타일/폐도자기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐보드류	429.06	124.27	0	46.36	0	0	0	8.50	0	102.29	17.24
폐판넬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설폐 토석	47.25	24.10	0	0	0	268.69	0	0	12.74	0	31,234.29
혼합폐기물	539.35	1,711.49	224.47	198.21	169.62	574.83	549.95	45.50	90.88	33.16	604.26
합계	4,256.59	4,166.07	652.00	2,002.55	788.56	2,027.64	1,782.91	184.71	1,030.55	891.11	33,336.96

다. 토목공사

토목공사에 대한 건설폐기물은 철도현장 3개, 도로현장 1개에서 조사한 내용을 바탕으로 나타내었고 철도현장은 터널, 도로현장은 교량에 대한 범위를 측정하였으며 폐기물발생원과 예상발생원 등을 조사하였다. 발생량은 단순한 폐기물발생원과 종류 및 공정 등에 의해 발생하였으나 공법, 투입자재량, 구조형식 등의 외부적 환경조건에 영향을 많이 받은 것으로 나타났다.

<표 2-5> 토목공사 폐기물 발생량 정성적 비교

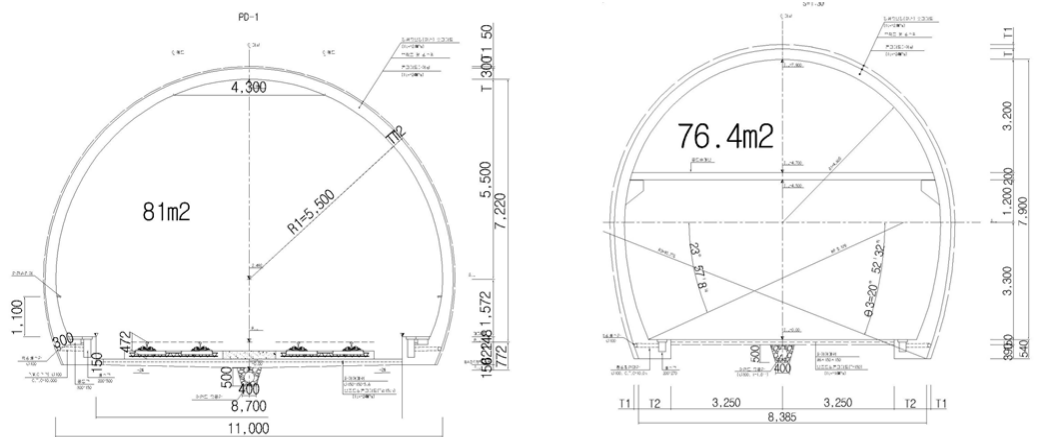
	토공사	터널공사	교량공사	정거장	포장공사	공통시설
폐콘크리트	-	大 (숏크리트)	中(大) (공법 및 파일재료 거더제작장)	少 (치핑)	-	大 (현장사무실, 가설도로, 세륜기 철거)
폐아스팔트 콘크리트	中 (우회도로)	-	-	-	少 (잔량)	中 (현장사무실 주차장)
폐목재	-	少 (거푸집공사)	中 (거푸집공사)	中 (거푸집공사)	少 (측구 거푸집공사)	-
폐합성수지	-	少 (방수시트)	中 (문양거푸집)	미확인 (건축공사부분)	-	大 (천막, 보양막, 비산/안전망 등)
기타 설비	-	기타설비 [배치플랜트]	기타설비 [제작장]	-	-	-

(1) 철도공사 현장 1

철도공사 현장1 에서의 주요폐기물은 터널의 숏크리트 타설로 인한 숏크리트 리바운드량과 강섬유로 발생하고 배치 플랜트, 폐수처리시설, 세륜기, 가설도로, 현장사무실 등에서 폐기물이 발생한다. 터널 내의 지하수 유출로 폐수와 건설오니가 섞인 폐기물이 발생하며 수발천, 방수 시트, 오니 저장소 천막 등으로 인한 폐합성수지도 발생하였다. 전체 폐콘크리트 발생량은 11,865톤이며 건설오니 4,191톤, 혼합폐기물 38.5톤이 발생한 것으로 나타났다.



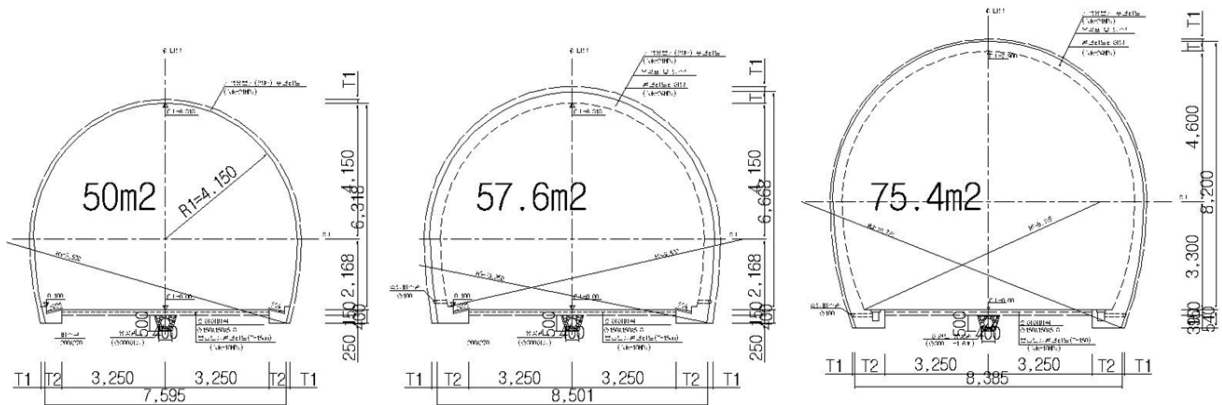
- 철도건설 현장(공정을 45%)
- 공사범위 : 터널공사
- 주요공사 : 터널굴착(NATM공법 : 폭파굴착 공법)
- 공사내용 : L=9,400m
 토공 - L=95m, 터널 - L=9,305m, 경사터널#3-L=3,580m,
 경사터널#4-L=1,789m
- 현장 특성 : 지하수유출량이 많음, 백두대간 특별법 자연보호 완충구역



표준 단면 (PI-1. 2. 3. 4. 5)

표준 단면 (PI-6 갱구부)

표준 단면 (PI-3-1. 본선접속부)



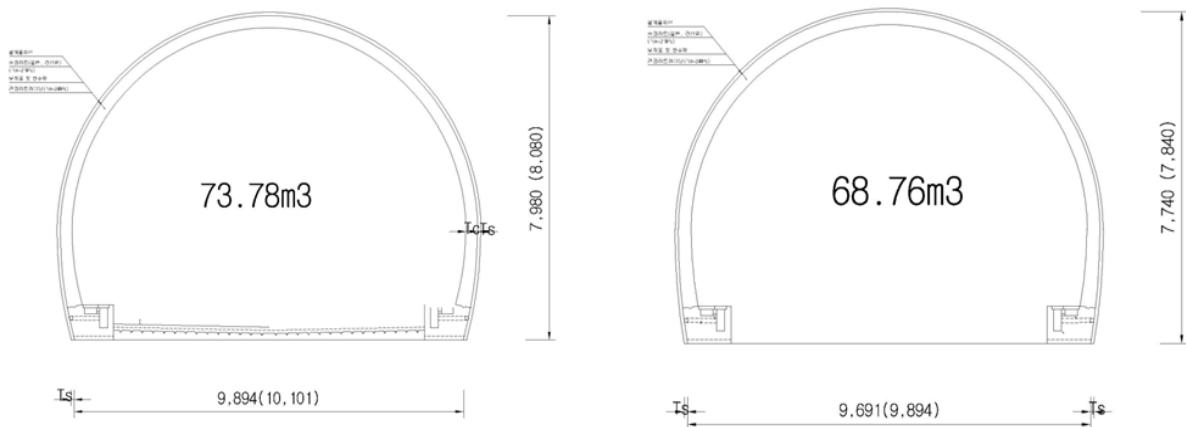
[그림 2-4] 철도공사 현장1 개요 및 터널단면

(2) 철도공사 현장 2

철도공사 현장2 에서의 주요폐기물은 터널의 숏크리트 타설로 인한 숏크리트 리바운드량이 발생하고 교량거더 제작장, 콘크리트 펌프카로 타설시 이송관내 모르타르 배출량과 타설전 공시체 등으로 폐콘크리트가 발생한다. 벤트 동바리 공법으로 동바리의 기초에 타설되는 콘크리트가 폐기물로 발생하며 이어치기 부분의 치핑으로 인한 폐콘크리트도 발생하였다.그 밖에 현장사무소, 세륜기 및 가설도로, 수조식 세륜시설, 폐수처리시설 등에서 건설폐기물이 발생하였으며 문양 거푸집, 콘크리트 양생 천막, 분진방지막, 안전망 등의 폐합성수지가 발생하는 것으로 나타났다.



- 복전철건설 현장(공정율 70%)
- 공사범위 : 터널공사, 교량공사, 정거장공사, 지장물 철거공사
- 주요공사 : 터널굴착, 교량 거더 제작 및 설치, 정거장 골조 완료
- 공사내용 : L=8,532m
 토공 - L=1,443m, 터널 - L=2,499m(3개소), 교량-L=4,385m(3개소), 정거장 2개소
- 현장 특성 : 문화재 출현 지역(곤지암 정거장 부근)



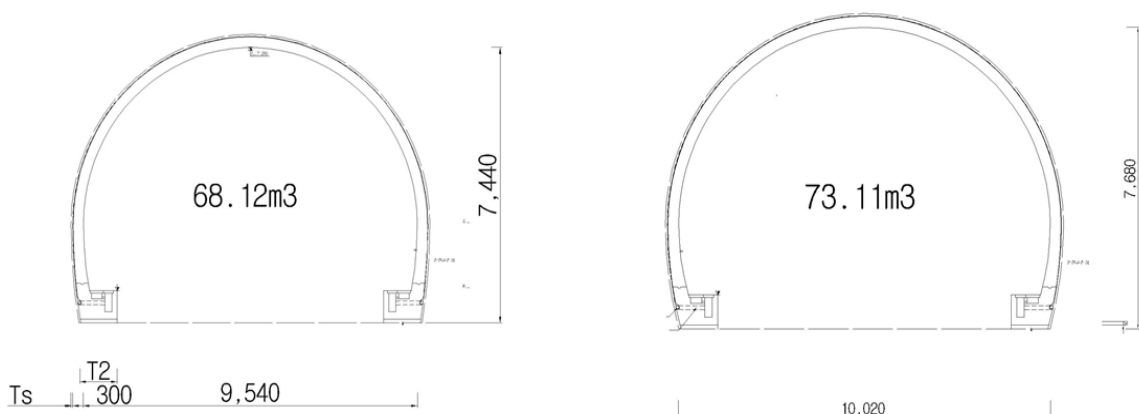
[그림 2-5] 철도 현장2 개요 및 터널단면

(3) 철도공사 현장 3

철도 현장3에서의 주요폐기물은 터널의 숏크리트 타설로 인한 숏크리트 리바운드량이 발생하고 강섬유가 발생하였으며 PHC파일 시공으로 폐콘크리트와 현장사무소, 세륜기, 폐수처리시설, 우회도로, 현장사무실 주차장 등에서 건설폐기물이 발생하였으며 문양 거푸집, 콘크리트 양생천막, 터널내 방수시트 등의 폐합성수지가 발생하는 것으로 나타났다.



- 복전철건설 현장(공정을 85%)
- 공사범위 : 터널공사, 교량공사, 정거장공사, 지장물 철거공사
- 주요공사 : 터널라이닝 타설(개착구간 포함), 라멘교 터파기
- 공사내용 : L=2,130m
터널 - L=6,364m(2개소), 교량-L=233m(3개소), 정거장 1개소



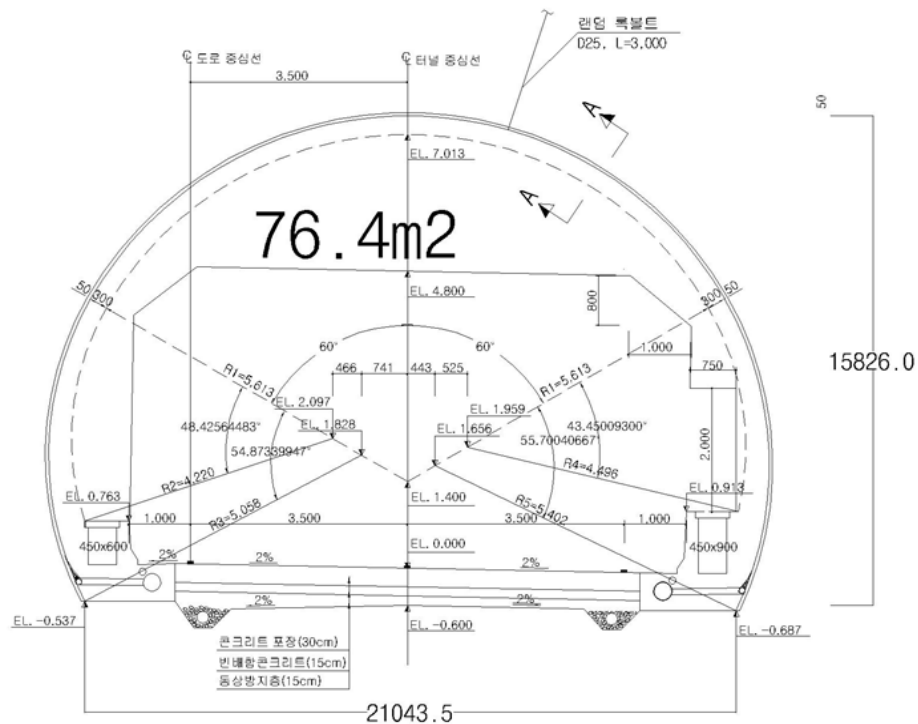
[그림 2-6] 성남-여주 복전철 7공구 현장 개요 및 터널단면

(4) 도로공사 현장 4

도로공사 현장4에서의 주요폐기물은 터널의 숏크리트 타설로 인한 숏크리트 리바운드량이 발생하고 강섬유가 발생하였으며 교각공사에서 발생하는 폐목재, 현장사무소, 세륜기, 폐수처리 시설, 가설도로, 현장사무실 주차장 등에서 건설폐기물이 발생하였으며 비산먼지 방지망, 안전 망, 자재덮개 등의 폐합성수지가 발생하는 것으로 나타났다.



- 도로 현장(공정율 40%)
- 공사범위 : 터널공사, 교량공사, 포장공사
- 주요공사 : 교량 거더 제작, 터널 굴착, 토공
- 공사내용 : L=2,130m
터널 - L=4,094m(3개소), 교량-L=1,705m(6개소)



[그림 2-7] 구포-덕산간 도로 2공구 현장 개요 및 터널단면

라. 플랜트공사

플랜트공사에 대한 건설폐기물은 당진, 태안 화력발전소를 조사한 내용을 바탕으로 나타내었고 발전소 본 건물, 보조건물 및 기타부속시설 등에 대한 범위를 측정하였으며 폐기물 발생원과 예상 발생원 등을 조사하였다. 발생량은 콘크리트 파일의 시공량이 많아 폐콘크리트가 다량 발생하였고 설비류 반입 시 포장재로 인한 폐목재 발생량이 많았으며 증축현장으로 기존 시설물의 철거량이 많았다.

<표 2-6> 플랜트공사 폐기물 발생량 정성적 비교

	토목공사	건축공사	기전공사	공통시설
폐 콘크리트	大 (콘크리트 파일 두부정리)	少 (콘크리트공사)	-	大 (현장사무실, 가설도로, 세륜기 철거)
폐아스팔트 콘크리트	-	-	-	大 (현장사무실 주차장)
폐목재	-	中 (거푸집공사)	大 (설비/기계 포장)	-
폐합성수지	中 (절토면 보호)	-	中 (설비/기계 포장, 전선관)	大 (천막, 보양막, 비산/안전망 등)

(1) 플랜트 현장 1

태안화력 9/10호기 신축 현장에서의 주요폐기물은 PHC파일 시공과 조적공사로 인한 폐콘크리트와 철근이 발생하였으며 현장사무실, 가설도로, 세륜기 등에서 건설폐기물이 발생하였고 거푸집 공사, 포장재로 인한 폐목재 그리고 자재덮개, 포장재, 절토면 보호망, 안전 및 낙하물 방지망 등으로 인한 폐합성수지가 발생하는 것으로 나타났다.



- 발주처 : 한국서부발전
- 플랜트(화력발전소) 현장(공정율 27%)
- 공사범위 : 토목/건축(삼성40%, 대림50%, 삼호10%), 기계전기공사(SK50%, 동아40%, 현대산업개발10%)

[그림 2-8] 태안화력 9/10호기 신축공사 현장 개요

(2) 플랜트 현장 2

당진화력 9/10호기 신축 현장에서의 주요폐기물은 PHC파일 시공으로 인한 폐콘크리트와 철근이 발생하였으며 거푸집 공사, 포장재로 인한 폐목재 그리고 자재덮개, 포장재, 양생포, 안전 및 낙하물 방지망 등으로 인한 폐합성수지가 발생하는 것으로 나타났다.



- 발주처 : 한국동서발전
- 플랜트(화력발전소) 현장(공정율 80%)
- 공사범위 : 토목/건축(삼성50%, 현대40%, 서희10%), 기계전기공사(현대, 경남, 서희)

[그림 2-9] 플랜트 현장2 신축공사 현장 개요

2. 해체공사

해체전문업체로부터 철골철근콘크리트 구조에 대한 자료를 수집하여 신축 및 해체공사 건설폐기물 발생현황에 대한 보고서를 작성하였다.

(1) 조사대상 : 1990년부터 2013년까지의 건축물 신축/해체 건축물 조사

(2) 폐기물분류 : 건설폐기물 18종에서 물질재활용율이 높은 폐기물 종류를 대상으로 신축 6종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐석고보드류, 폐합성수지류, 기타폐기물), 해체 5종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐합성수지류, 기타폐기물)으로 재분류 후 현황조사 실시.

(3) 조사 내용 : 공사개요 및 각종 폐기물 발생량

폐기단계 건설폐기물 원단위 구축은 용도별로 크게 주거용 및 비주거용으로 구분하고, 구조별로는 주거용(단독주택, 공동주택), 비주거용(RC조, S조, SRC조) 으로 세부 분류하여 5종에 대한 폐기물 조사.

가. 주택공사

<표 2-7> 단독주택(10개)의 폐기물 발생량

지장물명	구조	면적	단 위	폐 콘크리 트류	폐금속류	폐목재류	폐합성수 지류	기타폐기물
가옥	적벽돌,슬라브	100.32	m ²	133.6353	0.1003	9.711	1.635	13.222
가옥	연화적벽돌,기와	85.81	m ²	114.3066	0.0858	8.306	1.399	11.310
가옥	연와조,슬라브	86.39	m ²	115.0793	0.0864	8.363	1.408	11.386
가옥	적벽돌조,슬라브	100.8	m ²	134.2747	0.1008	9.757	1.643	13.285
가옥(1)	적벽돌,슬라브	171.6	m ²	228.5866	0.1716	16.611	2.797	22.617
가옥(1층)	적벽돌,슬라브	140	m ²	186.4926	0.14	13.552	2.282	18.452
가옥	적벽돌,조립식판넬	91.12	m ²	121.38	0.0911	8.820	1.485	12.010
가옥	적벽돌,스레트	85.68	m ²	114.1335	0.0857	8.294	1.397	11.293
가옥	적벽돌,슬라브	75.06	m ²	99.9867	0.0751	7.266	1.224	9.893
가옥	연와조,슬라브	88.3	m ²	117.6235	0.0883	8.547	1.439	11.638

<표 2-8> 공동주택(6개)의 폐기물 발생 현황

공사명	구조	면적	단 위	폐콘크 리트류	폐금속 류	폐목재 류	폐합성 수지류	기타폐기물
창원반송1단지	RC	98,500.0	m ²	151,795	2,899.20	561.9	545	77,384
창원반송2단지	RC	82,000.0	m ²	145,537	3,603.00	528.7	822.3	75,164
양지건영빌라 2단지	RC	33,072.0	m ²	55,407	2214.3	425.1	460.3	4,395
신반포13차 한신	RC	20,520.0	m ²	33,625	1650.4	363.2	319.1	3,148
소만마을7단지	RC	241,308.8	m ²	380,005	16870.4	3980.4	4800	35876
잠원대림	RC	101,785.2	m ²	103724.02	4561.41	1319.30	1513.37	18304.29

나. 건축공사

<표 2-9> 철근콘크리트 구조(10개) 건축물의 폐기물 발생현황

지장물명	구조	면적	단 위	폐콘크리 트류	폐금속 류	폐목재 류	폐합성 수지류	기타폐기물
상가1층	철근콘크리트,슬라브	247.5	m ²	329.679	0.248	23.957	4.034	32.619
본건물	철근콘크리트,슬라브	360.1	m ²	479.686	0.360	34.858	5.870	47.461
건물	철근콘크리트조,슬라브	493.2	m ²	600.200	0.000	21.060	4.242	41.823
상가2층	철근콘크리트,슬라브	247.5	m ²	329.679	0.248	23.957	4.034	32.619
건물	철근콘크리트,슬라브	386.4	m ²	470.230	0.000	16.499	3.323	32.767
옥탑	철근콘크리트	55.0	m ²	51.433	0.000	1.596	0.000	3.037
공장(2)	철근콘크리트,스레트	728.9	m ²	1092.833	1.458	14.578	5.831	59.843
건물	철근콘크리트, 슬라브	70.0	m ²	93.246	0.070	6.776	1.141	9.226
공장(1)	철근콘크리트,판넬	693.0	m ²	1039.008	1.386	13.860	5.544	56.895
점포(1층)	철근콘크리트조 스라브	106.6	m ²	142.001	0.107	10.319	1.738	14.050

<표 2-10> 철골구조(5개) 건축물의 폐기물 발생현황

지장물명	구조	면적	단 위	폐콘크리 트류	폐금 속류	폐목재 류	폐합성 수지류	기타폐기 물
본건물	철골조	176.850	m ²	151.408	0.725	0.000	0.000	8.984
1층상가	철골조	470.080	m ²	402.454	1.927	0.000	0.000	23.880
가옥2층	철골조판넬	157.950	m ²	210.404	0.158	15.290	2.575	20.818
창고(1)	철골트러스,조립식 판넬,판넬 접	198.000	m ²	102.891	2.970	0.000	6.336	5.425
창고(2)	철골트러스,조립식 판넬,판넬 접	397.500	m ²	206.561	5.963	0.000	12.720	10.892

<표 2-11> 철골철근콘크리트 구조(4개) 건축물의 폐기물 발생현황

공사명	구조	면적	단 위	폐콘크리 트류	폐금 속류	폐목재 류	폐합성 수지류	기타폐기물
직업훈련원 실습장	SRC	1,260	m ²	2160.31	-	3.10	18.20	210.41
견본주택철거	SRC	2,626.37	m ²	3828.12	-	2.95	38.21	324.11
상가	SRC	1,169.32	m ²	1856.70	-	2.20	28.10	175.20
빌딩	SRC	50,928	m ²	75600.33	-	72.40	185.15	6880.30

제 3 절 국내 건설폐기물 발생원단위 산정 및 검증

1. 신축공사

건설폐기물 발생원단위에 대한 재분류를 재활용률을 향상시켜 결과적으로 효율적인 성상별 분류가 가능한 항목(폐목재류, 합성수지류, 폐보드류)을 추가 설정하였다. 정부에서는 건설폐기물 재활용 기본계획을 수립하여 폐기물 매립제로화와 완전 재활용을 목표로 하고 있다. 특히 재활용 효율성이 높은 폐기물의 경우 물질 재활용을 통한 자원 순환성 강화를 구축 방안을 강

화하고 있다.

<표 2-12> 건설폐기물 원단위 재분류

분류	재분류 설정
폐콘크리트류	폐아콘 제외, 폐기되는 과정에서 폐콘크리트에 결합되어 처리되는 폐벽돌, 폐기와, 폐모르타르, 폐잡석 포함
폐목재류	거푸집, 가설재, 나무창틀, 나무바닥재(방부제, 기름 오염된 것 제외) 및 임목폐기물(5톤이상 제외)을 포함
폐금속류	철근, 금속자재 및 비철금속 등 금속성분의 폐기물을 포함
폐보드류	신축공사에서 많이 발생하며 재활성이 우수한 보드류 추가 (해체공사에서는 제외 함)
기타폐기물	5가지 분류 외 발생한 건설폐기물을 모두 포함 (단, 건설폐토석, 건설오니, 폐아스팔트 제외)

<표 2-13> 건설폐기물 분류 및 조사 대상 건축물

분류	표준품셈 원단위	제안 원단위
건설 폐기물	콘크리트류, 금속 및 철재류, 혼합폐기물의 3종류로 분류	신축 :폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐합성수지류, 폐보드류, 기타폐기물 6종류
건축물	- 구조 및 용도가 혼재된 분류 - 주거용 : 단독주택, 아파트, - 업무용 : RC, S, SRC - 공공용 : RC, S, SRC	- 구조형식 및 용도별로 분류 - 용도별 : 주거용, 비주거용 - 구조별: RC, S, SRC

산정 및 검증 방법은 건설회사 자료수집을 통해 건설폐기물 발생현황 및 원단위를 조사하여 공정별 폐기물 발생량분석을 통해 공정에 따른 폐기물 성상별 발생량을 고려한 원단위를 산출하여 제안한 원단위와의 비교를 통한 검증을 실시하였다.

가. 주택공사

신축공사의 공동주택에 관한자료는 14개 현장에 대한 자료를 수집하여 성상별 6종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐석고보드류, 폐합성수지류, 기타폐기물)에 대한 조사를 실시하였다.

<표 2-14> 공동주택(14개)에 관한 자료조사

(단위 : ton)

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	가락한라	RC	공동주택	149,683.87	지하2층, 지상16~27층	2005-07~2007-10
2	과천3구역	RC	공동주택	610,239.53	지하2층, 지상10~25층	2005-12~2008-07
3	과천11구역	RC	공동주택	103,015.26	지하2층, 지상15층	2005-07~2007-04
4	금호19구역	RC	공동주택	142,229.95	지하4층, 지상20층	2009-07~2012-04
5	미아6구역	RC	공동주택	201,927.80	지상1~24층	2007-08~2010-05
6	반포주공2단지	RC	공동주택	540,103.11	지상23~32층	2006-08~2009-06
7	본동5구역	RC	공동주택	80,008.23	지하3층, 지상29층	2009-07~2011-11
8	산본주공	RC	공동주택	511,940.58	지하3층,지상15~34층	2007-10~2010-09
9	송파반도	RC	공동주택	117,966.39	지하2층, 지상14~28층	2009-08~2012-01
10	용두1	RC	공동주택	169,270.61	지하 2층, 지상8~20층	2007-10~2010-02
11	용인동천	RC	공동주택	586,589.09	지하2층, 지상4~30층	2007-10~2010-05
12	원당2차	RC	공동주택	288,314.06	지하2층, 지상12~25층	2007-05~2009-10
13	의왕내손	RC	공동주택	111,659.05	지하2층, 지상20층	2006-11~2009-03
14	전농6구역	RC	공동주택	148,416.60	지하3층, 지상9~15층	2008-08~2010-11

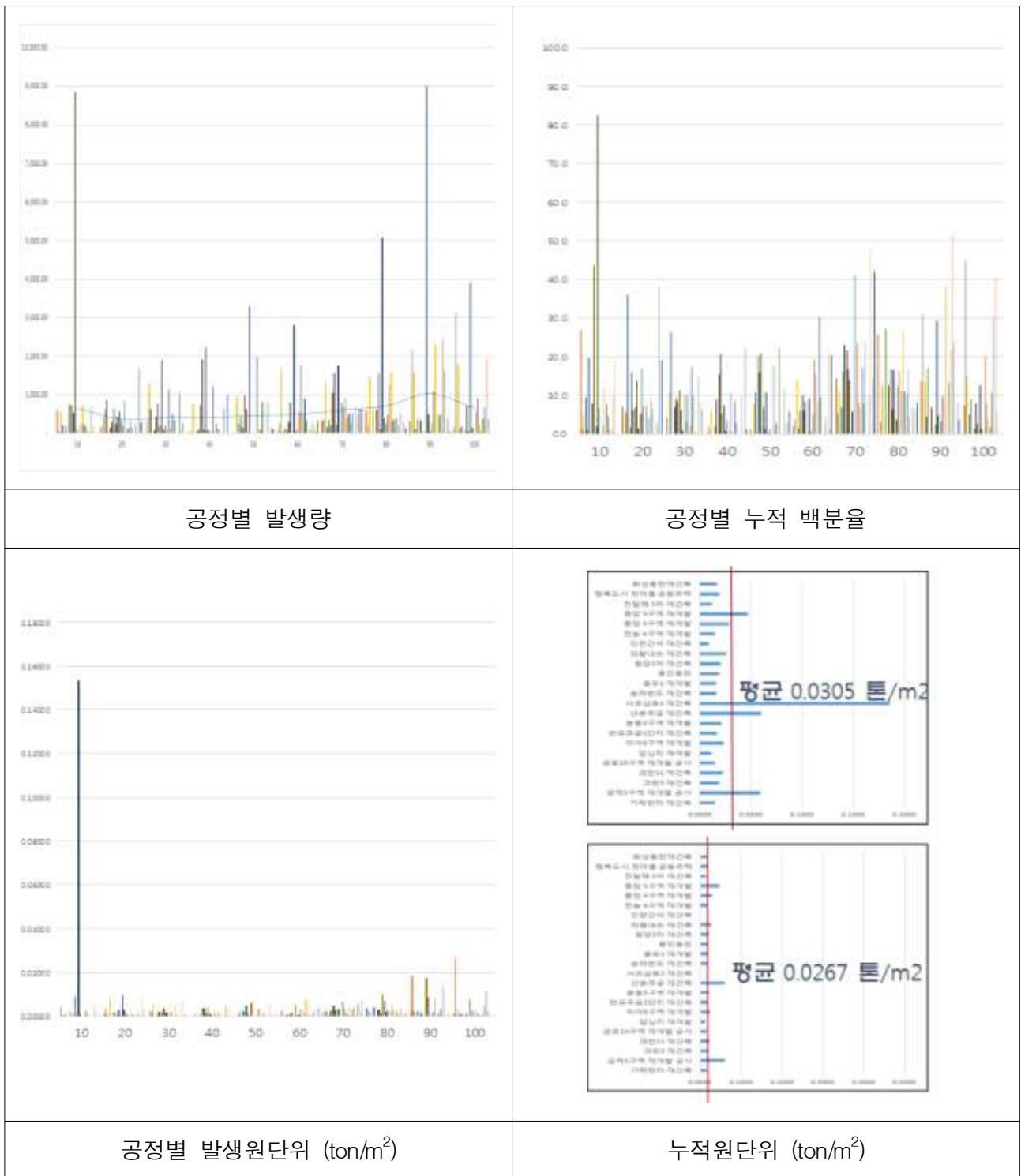
<표 1-15> 공동주택에 관한 건설폐기물 현황

(단위 : ton)

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
폐콘크리트	5,214.0	11,978.8	2,370.2	3702.0	4,767.9	9,311.3	1,697.4	30,936.4	3,315.7	6,325.0	11,353.5	6,011.2	2,965.6	2,232.6
폐아스팔트 콘크리트	1,019.4	1,855.15	932.78	641.13	1,646.7	2,234.4	21.4	2,944.2	262.8	547.1	1,280.8	944.1	419.1	294.2
폐벽돌	0	0	0	0	0	20.7	0	0	0	0	84.1	0	0	0
폐블럭	0	0	0	0	59.58	0	0	0	0	0	0	0	44.6	0
폐기와	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐목재	965.2	3,097.99	54.52	866.92	938.8	1,764.2	321.3	1,787.5	489.6	1,125.4	3,139.9	337.43	489.8	435.8
폐합성수지	15.5	345.26	36.85	111.95	135.2	530.6	71.7	583.3	61.6	25.5	845.0	150.3	67.7	101.5
폐섬유	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.3	0	0	0
폐벽지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설오니	0	15.39	0	0	0	80.9	0	0	0	1057.4	47.8	0	70.7	0
폐금속류	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐유리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐타일/폐도 자기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐보드류	20.5	183.54	0	151.8	0	127.5	0	294.4	64.9	75.0	873.8	173.4	0	69.4
폐판넬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설폐토석	0	287.44	0	0	385.6	11775.1	39.5	1,665.5	246.7	4,059.7	3,199.2	1,894.4	19.0	1,879.4
혼합폐기물	4,155.3	16,264.4	2,744.6	5,797.9	6,003.4	14,692.4	2,167.7	3,022.6	3034.5	5,112.4	8,864.0	6,599.9	2,828.2	5,934.7
합계	11,455.03	40,028.0	6,139.0	11,271.7	13,937.0	30,537.0	4,318.8	41,233.9	7475.8	18,267.5	29,713.5	16,110.7	6,904.6	10,947.6

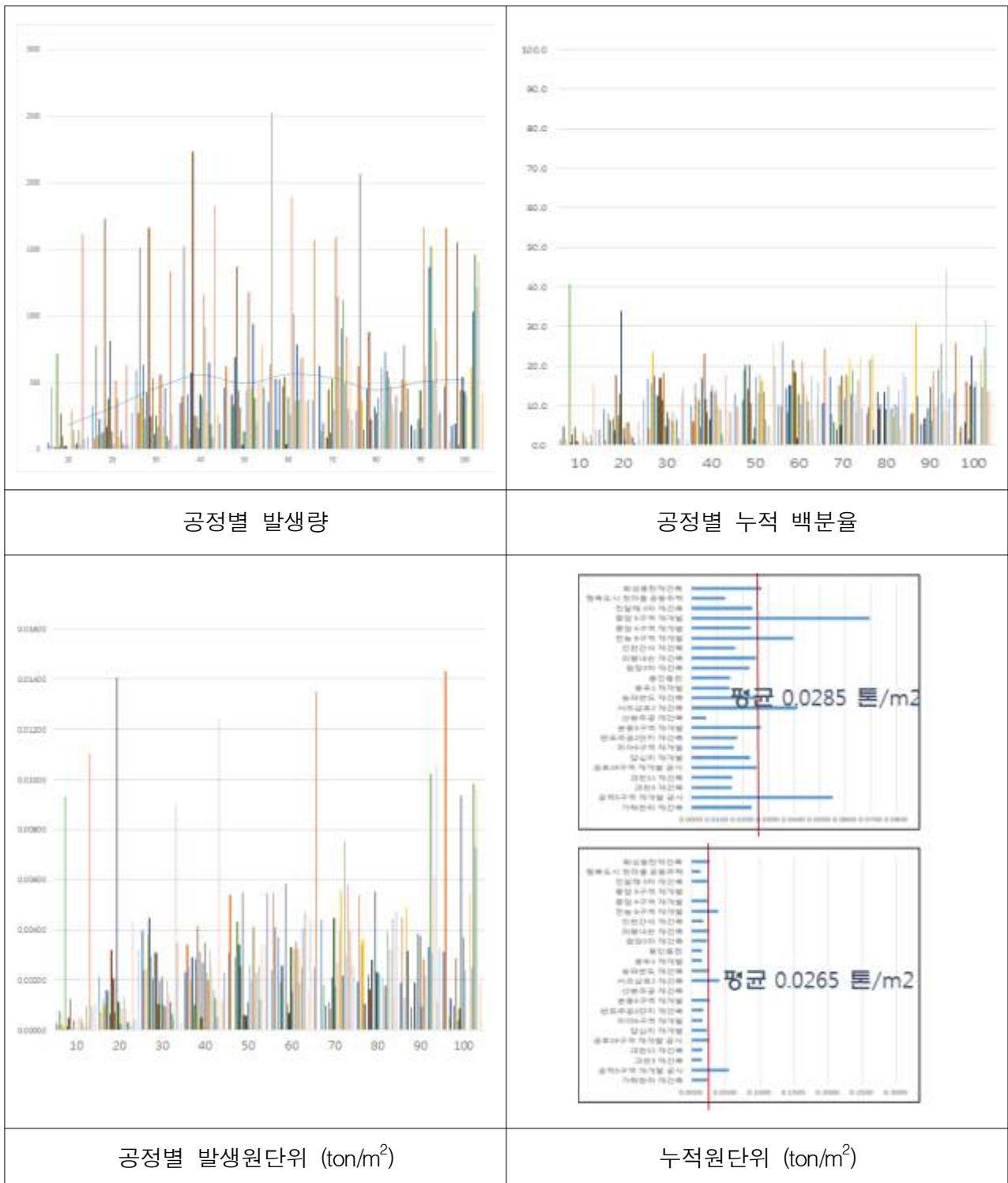
공동주택 신축공사에서 발생하는 폐콘크리트의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.0267톤/㎡로 나타났다.

<표 2-16> 주택 신축공사 폐콘크리트 발생량 분석



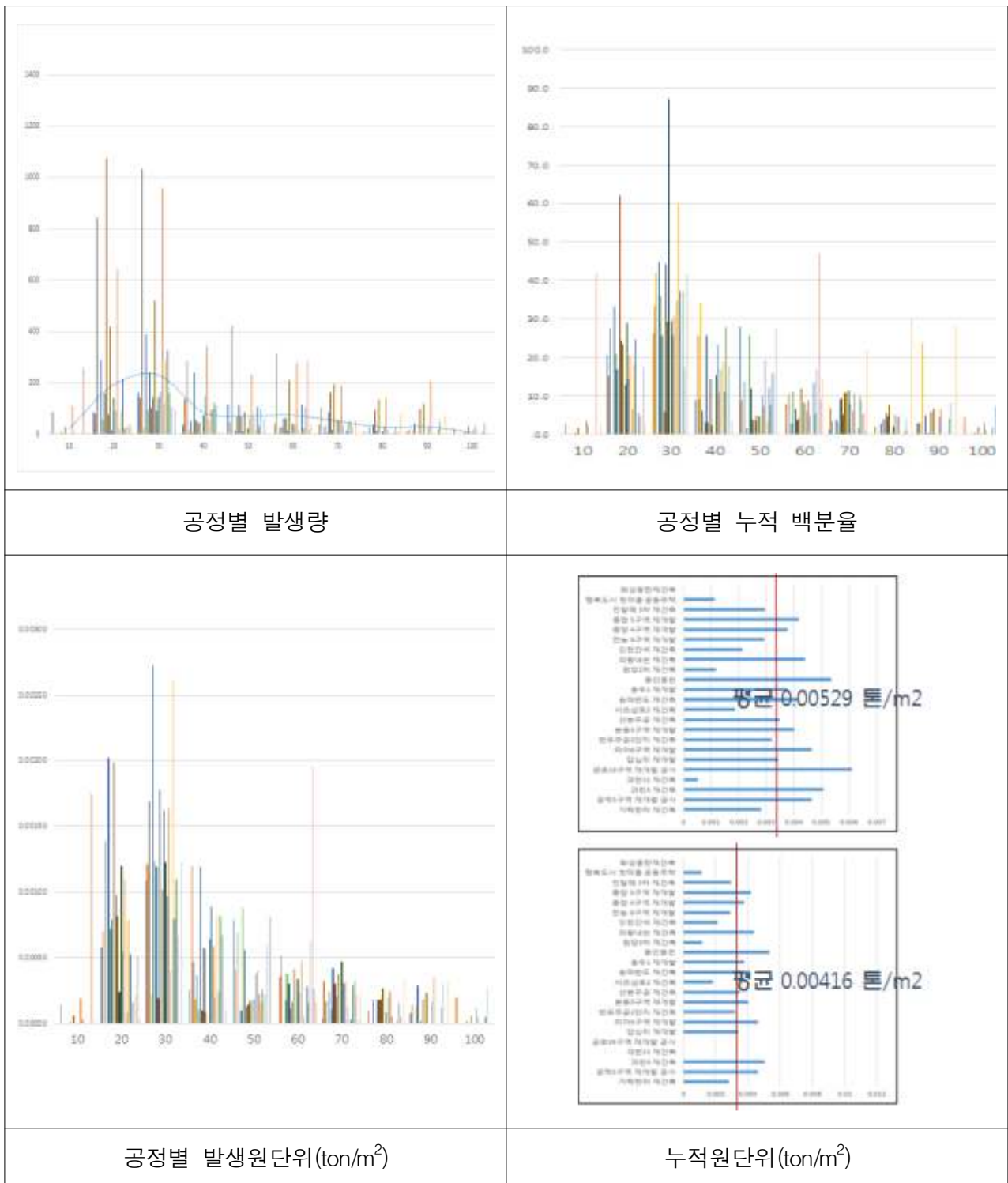
공동주택 신축공사에서 발생하는 혼합폐기물의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.0265톤/m²로 나타났다.

<표 2-17> 주택 신축공사 혼합폐기물 발생량 분석



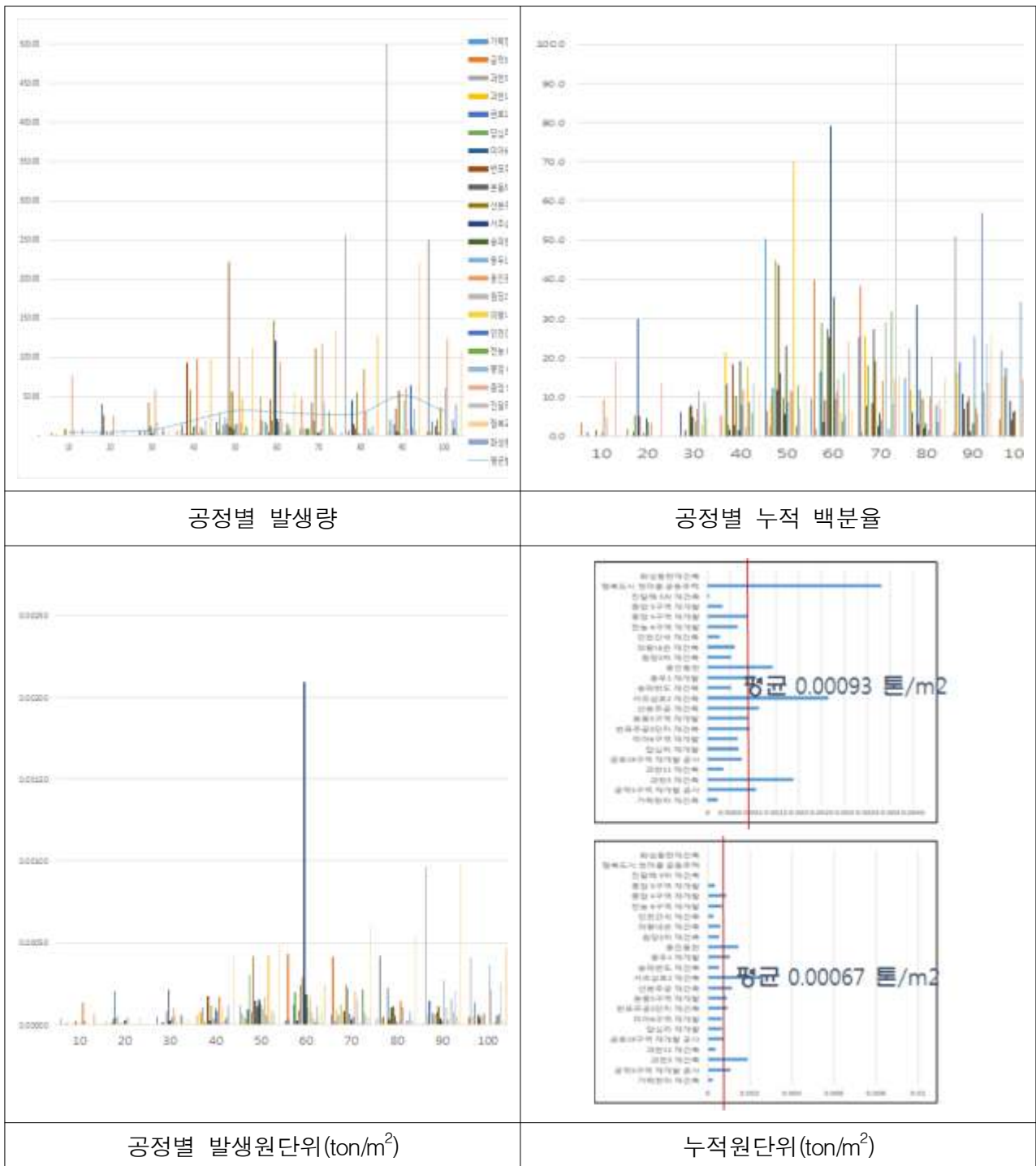
공동주택 신축공사에서 발생하는 폐목재의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.00416톤/m²로 나타났다.

<표 2-18> 주택 신축공사 폐목재 발생량 분석



공동주택 신축공사에서 발생하는 폐합성수지의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.00067톤/m²로 나타났다.

<표 2-19> 주택 신축공사 폐합성수지 발생량 분석



(1) 건설폐기물 발생원단위 제안

주거용 공동주택(14개)에 관한 건설폐기물 현황을 근거로 하여 신축공사에 대한 발생원단위를 산정하여 재분류하였다.

<표 2-20> 공동주택(14개) 건설폐기물 발생 원단위 산정

구분			발생원단위(ton/m ²)						
			폐콘	폐금속류	폐보드류	폐목재류	합성수지류	혼합폐기물	총계
신축	주거용	단독주택	-	-	-	-	-	-	-
		아파트	0.02670	-	0.00039	0.00416	0.00067	0.02650	0.05842

(2) 건설폐기물 발생원단위 검증

주거용 공동주택(2개)에 관한 건설폐기물 현황을 근거로 하여 원단위 산정 후 신축공사에 대한 발생원단위 산정결과와 비교하여 검증하였다.

<표 2-21> 건설폐기물 발생 원단위 비교 근거

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	진달래1차 재건축	RC	공동주택	67,379.00	지하2층, 지상21층	2010-11~2013-02
2	옥수12 재개발	RC	공동주택	263,596.00	지하4층, 지상20층	2009-10~2013-10

주거용 공동주택(2개)에 관한 건설폐기물 현황은 아래 표와 같다.

<표 2-22> 공동주택(14개) 건설폐기물 현황

(단위 : ton)

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
폐콘크리트	1,745.5	6,226.9	315.7	788.5	1,775.4	2,010.5	221.4	1554.4	8215
폐아스팔트	94.9	194.4	158.9	22.6	2,840.6	128.6	-	1,120.7	2,2659
폐목재	285.4	892.4	21.0	52.5	141.5	142.3	13.4	867	52.4
폐합성수지	45.3	205.4	16.67	48.7	49.56	48.4	5.25	524	32.5
폐섬유	-	-	-	-	50.4	-	-	-	-
폐보드류	27.6	105.1	-	17.4	45.6	39.6	3.5	534	36.7
건설오니	-	-	14.1	-	82.3	-	-	-	-

건설폐토석	346.29	-	-	-	-	31,357.8	-	489.61	1,638.0
혼합폐기물	1,754.4	6,005.4	121.6	311.5	455.4	502.4	46.5	5544	321.4
합계	4,299.39	13,629.6	647.97	1,241.2	5,440.76	34,229.6	290.05	10,633.71	32,955

주거용 공동주택(2개)에 관한 건설폐기물 발생원단위 산정 후 제안한 원단위와 비교하였다.

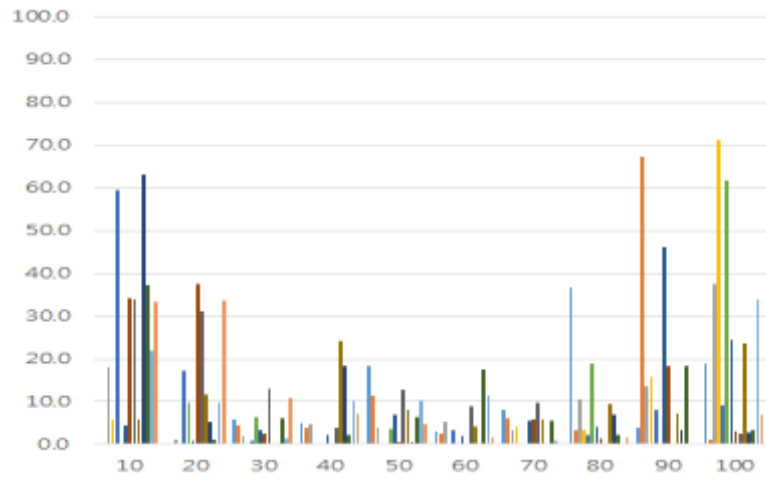
<표 2-23> 공동주택 건설폐기물 발생 원단위 비교

구분			발생원단위(ton/m ²)					
			폐콘	폐보드류	폐목재류	폐합성수지류	기타 폐기물	총계
신축 공사	주거용 아파트	제안원단위	0.02670	0.00039	0.00416	0.00067	0.02650	0.05842
		검증원단위	0.02476	0.00040	0.00381	0.00073	0.02441	0.05412
		오차율(%)	7.8	3.2	9.1	7.3	8.6	8.0

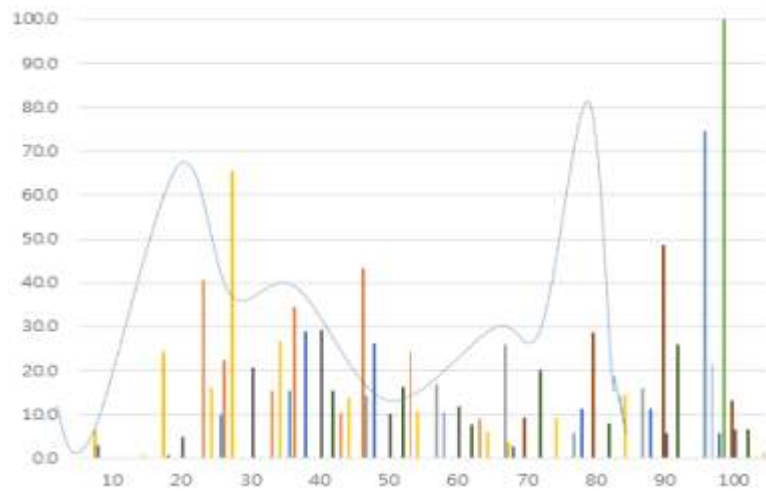
위와 같이 산출한 건설폐기물 발생원단위는 정부의 폐기물 관리정책과 공공기관의 산출기준과의 부합성이 배제 되어 있어 이를 보완하고자 현장관리에 의한 성상별 폐기물 분류 및 발생량 조절요소를 반영하고 혼합건설폐기물의 성상별 분류에 의한 재산출을 하고자 하였다.

현재 혼합건설폐기물은 처리비용에 비하여 관리비용이 높아 혼합건설폐기물 그대로 처리되어 있는 실정이다. 이는 도심지 건설현장 관리시 협소한 현장 등으로 인하여 장기 적치시에 폐기물 관리에 어려움이 있고 혼합건설폐기물 처리비용으로 일괄 처리하는 것이 불리하여 처리하는 것 보다 적은 비용이 들기 때문이다. 이러한 이유로 현행 건설공사 시스템에서의 혼합건설폐기물 발생은 필수적으로 증가할 수 밖에 없고 이를 현장에서 폐기물의 성상별로 관리할 수 있는 시스템 구축이 필요한 실정이다. 기존 폐콘크리트, 폐목재 및 폐합성수지 발생빈도를 분석하여 혼합건설폐기물 발생량에 대하여 폐목재와 합성수지로 분리 반영을 하고자 하였다.

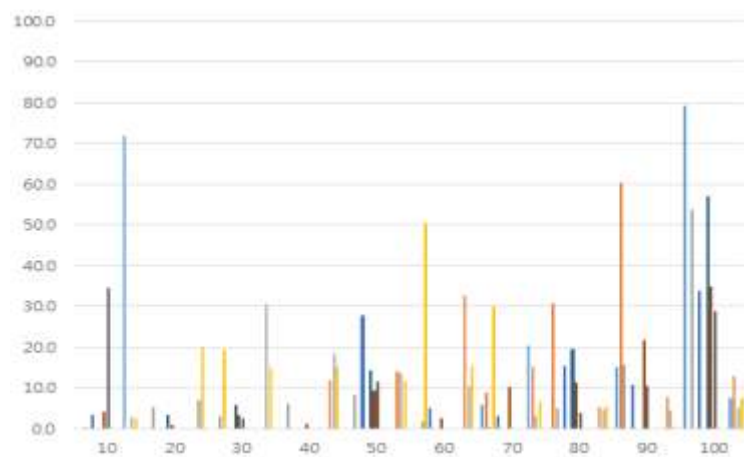
각 폐기물의 공정별 발생빈도를 분석한 결과 폐콘크리트 [그림 2-10]의 경우 공정의 0~20%까지와 80~100%에서 집중 발생하였고, 폐목재 [그림 2-11]의 경우 공정의 0~30%, 80~100%에서 집중 발생하였으며 폐합성수지는 [그림 2-12]와 같이 전 공정에서 고르게 발생 하였다.



[그림 2-10] 페콘크리트 공정별 누적 백분율



[그림 2-11] 페목재 공정별 누적 백분율

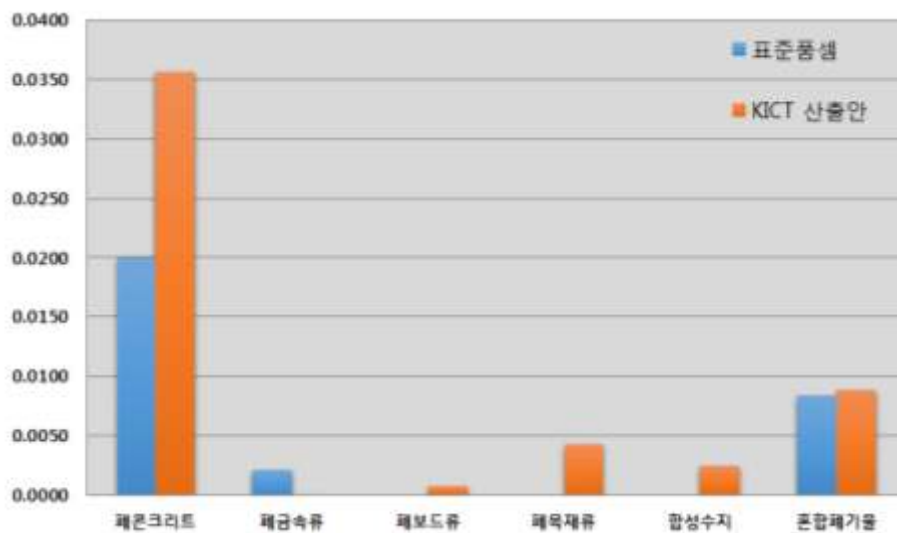


[그림 2-12] 페합성수지 공정별 누적 백분율

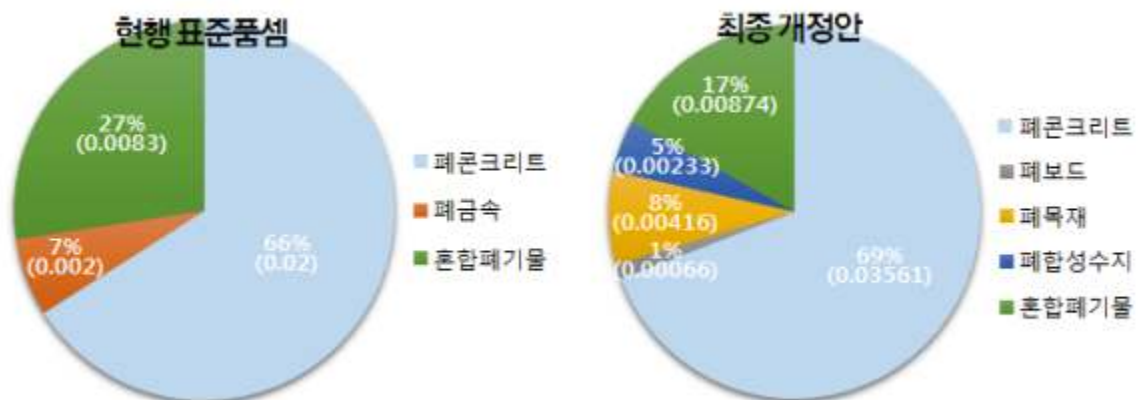
기존 폐콘크리트, 폐목재 및 폐합성수지 발생빈도를 분석하여 혼합건설폐기물 발생량에 대하여 폐목재와 합성수지로 분리 반영하여 산출한 결과는 표 <2-24>와 같고 표준품셈과 비교하여 [그림 2-13], [그림 2-14]와 같이 나타내었다.

<표 2-24> 건설폐기물 발생원단위 (공동주택) 최종 산출

구분	발생원단위 (ton/m ²)						총계
	폐콘크리트	폐금속류	폐보드류	폐목재류	합성수지	혼합폐기물	
공동주택	0.03561	-	0.00066	0.00416	0.00233	0.00874	0.05150



[그림 2-13] 건설폐기물 발생원단위 표준품셈-개정안 비교



[그림 2-14] 건설폐기물 발생원단위 비율 표준품셈-개정안 비교

나. 건축공사

건축공사의 건축물에 관한 자료는 14개 현장에 대한 자료를 수집하여 성상별 6종(폐콘크리트류, 폐금속류, 폐목재류, 폐석고보드류, 폐합성수지류, 기타폐기물)에 대한 조사를 실시하였다.

<표 2-25> 비주거용 RC(5개), SRC(3개), S(1개)구조에 관한자료

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	기흥연구동	RC	교육연구시설	76,256.74	지하2층, 지상14층	2010-02~2011-05
2	장현리 판매시설	RC	판매시설	23,764.13	지하2층, 지상4층	2009-02~2009-11
3	중소기업연수원	RC	교육연구시설	54,819.45	지하2층, 지상5층	2009-08~2011-06
4	춘천플라자	RC	판매시설	23,948.05	지하3층, 지상4층	2009-04~2010-03
5	충남대재활병원	RC	교육연구시설	59,939.00	지하3층, 지상7층	2010-04~2012-08
6	박정희기념관	S	문화집회시설	5,275.50	지상3층	2010-03~2011-11
7	전남농협	SRC	업무시설	24,523.29	지하1층, 지상10층	2009-09~2012-02
8	정밀금형기술센터	SRC	업무시설	14,261.00	지하1층, 지상2층	2010-04~2011-06
9	중소기업글로벌 지원센터	SRC	첨단업무시설	61,894.86	지하6층, 지상20층	2009-12~2012-06

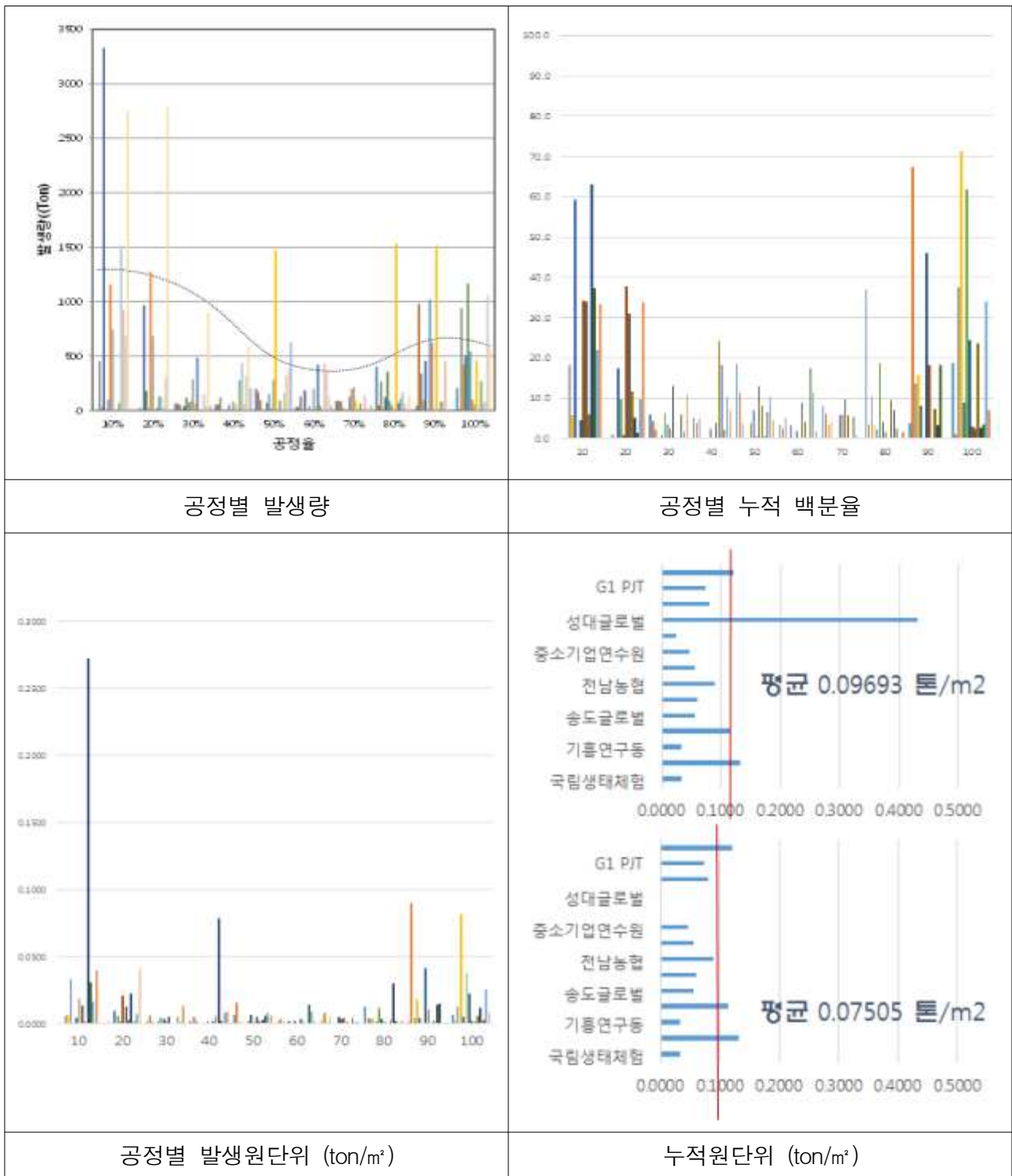
<표 2-26> 비주거용(RC, SRC, S구조)에 관한 건설폐기물 현황 (단위 : ton)

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
폐콘크리트	2,507.1	911.5	2,100.6	887.5	2,151.7	118.4	788.4	454.6	1,869.4
페아스팔트	262.9	0	0	0	0	0	30.9	84.3	128.9
폐벽돌	0	0	161.2	0	0	0	0	0	0
폐블럭	0	0	131.9	0	0	0	0	0	0
폐기와	0	0	0	0	0	0	0	0	0

폐 목재	195.6	132.4	0	122.4	0	7.0	47.8	40.68	149.0
폐 합성수지	345.6	16.8	0	0	324.0	4.2	17.6	18.0	25.5
폐 섬유	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 벽지	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설오니	0	0	227.9	85.0	0	0	0	0	0
폐 금속류	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 유리	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 타일/폐 도자기	0	0	0	0	0	0	0	0	0
폐 보드류	220.0	0	46.4	0	0	4.0	0	28.1	17.2
폐 판넬	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건설폐토석	47.3	0	0	0	268.7	0	12.7	0	31,234.3
혼합폐기물	755.2	375.9	587.3	220.4	1,451.4	39.2	90.9	184.5	604.3
합계	4,333.7	1,436.6	3,255.3	1,315.3	4,195.8	172.8	988.3	810.18	34,028.6

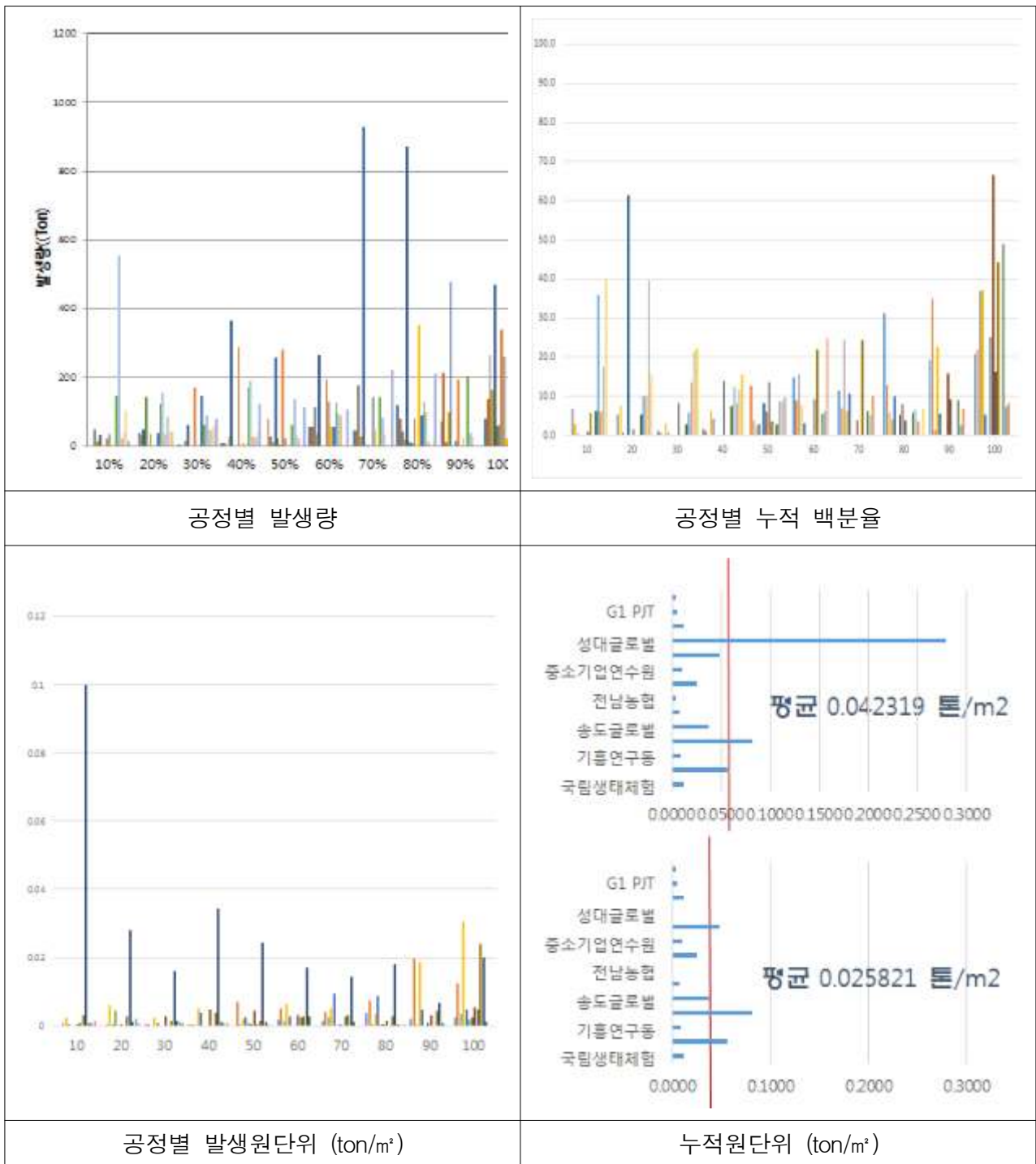
건축물 신축공사에서 발생하는 폐콘크리트의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.07505톤/m²로 나타났다.

<표 2-27> 건축물 신축공사 폐콘크리트 발생량 분석



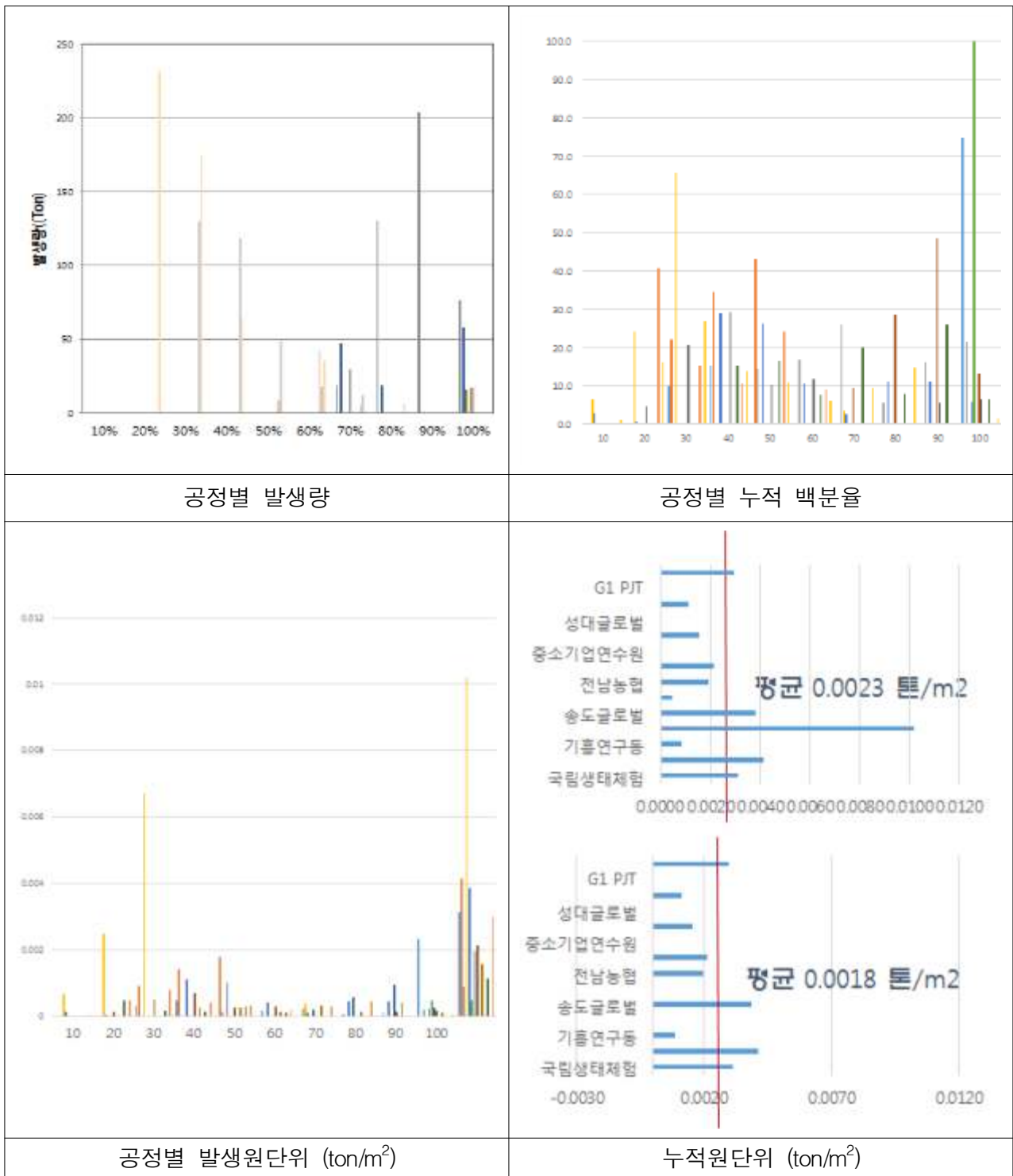
건축물 신축공사에서 발생하는 혼합폐기물의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.02582톤/m²로 나타났다.

<표 2-28> 건축물 신축공사 혼합폐기물 발생량 분석



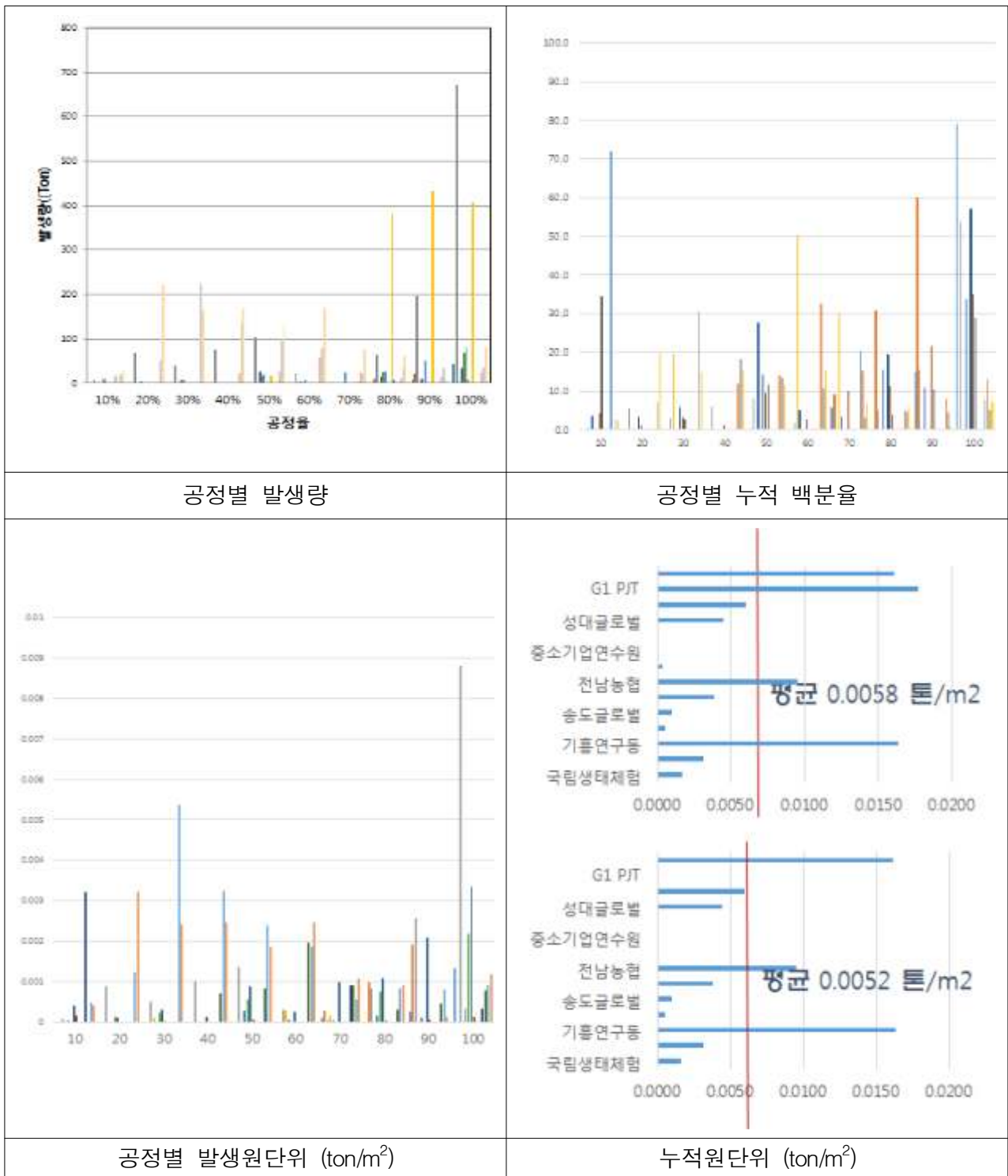
건축물 신축공사에서 발생하는 폐목재의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.0018톤/m²로 나타났다.

<표 2-29> 건축물 신축공사 폐목재 발생량 분석



건축물 신축공사에서 발생하는 폐합성수지의 공정별 발생량, 누적백분율, 발생원단위를 그래프로 나타내고 이를 이용하여 누적원단위를 산출하였을 때 지극히 발생량이 많거나 적은 공종을 제외한 나머지 공사에 대한 발생원단위는 평균 0.0052톤/m²로 나타났다.

<표 2-30> 건축물 신축공사 폐합성수지 발생량 분석



(1) 건설폐기물 발생원단위 제안

비주거용 RC(5개), SRC(3개), S(1)구조에 관한 건설폐기물 현황을 근거로 하여 신축공사에 대한 발생원단위를 산정하여 재분류하였다.

<표 2-31> 건축물 건설폐기물 발생 원단위 산정

구분			발생원단위(ton/m ²)						
			폐콘	폐금속류	폐보드류	폐목재류	합성수지류	기타 폐기물	총계
신축	비주거용	RC	0.03757	-	0.00075	0.00265	0.00213	0.01397	0.05707
		S	0.02244	-	0.00075	0.00133	0.00080	0.00742	0.03274
		SRC	0.03141	-	0.00075	0.00240	0.00080	0.00880	0.04416

(2) 건설폐기물 발생원단위 검증

비주거용 RC(2개), SRC(3개), S(2)구조에 관한 건설폐기물 현황을 근거로 하여 원단위 산정 후 신축공사에 대한 발생원단위 산정결과와 비교하여 검증하였다.

<표 2-32> 건설폐기물 발생 원단위 비교 근거

번호	공사제목	구조	용도	연면적(m ²)	공사규모	공사기간
1	진달래1차 재건축	RC	공동주택	67,379.00	지하2층, 지상21층	2010-11~2013-02
2	옥수12 재개발	RC	공동주택	263,596.00	지하4층, 지상20층	2009-10~2013-10
3	안양골프리뉴얼	RC	운동시설	7,948.00	지하1층, 지상2층	2012-05~2013-03
4	판교글로벌R&D	RC	교육시설	20,926	지하2층, 지상5층	2010-03~2012-04
5	천안LCD	SRC	업무시설	56,971	지하1층, 지상5층	2010-05~2012-12
6	중소기업글로벌	SRC	업무시설	61,934	지하5층, 지상15층	2009-12~2012-06
7	성대글로벌교육	SRC	교육시설	5,556.00	지하3층, 지상5층	2009-12~2012-02
8	EDISON PJT	S	제약시설	68,614.00	지상8층	2011-05~2013-03
9	G-1 PJT	S	업무시설	41,464.00	지하2층, 지상6층	2010-09~2013-05

주거용 공동주택(2개) 비주거용 RC(2개), SRC(3개), S(2)구조에 관한 건설폐기물 현황은 아래 표와 같다.

<표 2-33> 건축물 건설폐기물 현황

(단위 : ton)

종류/번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
페콘크리트	1,745.5	6,226.9	315.7	788.5	1,775.4	2,010.5	221.4	1554.4	8215
페아스팔트	94.9	194.4	158.9	22.6	2,840.6	128.6	-	1,120.7	2,2659
폐목재	285.4	892.4	21.0	52.5	141.5	142.3	13.4	867	52.4
폐합성수지	45.3	205.4	16.67	48.7	49.56	48.4	5.25	524	32.5
폐섬유	-	-	-	-	50.4	-	-	-	-
폐보드류	27.6	105.1	-	17.4	45.6	39.6	3.5	534	36.7
건설오니	-	-	14.1	-	82.3	-	-	-	-
건설폐토석	346.29	-	-	-	-	31,357.8	-	489.61	1,638.0
혼합폐기물	1,754.4	6,005.4	121.6	311.5	455.4	502.4	46.5	5544	321.4
합계	4,299.39	13,629.6	647.97	1,241.2	5,440.76	34,229.6	290.05	10,633.71	32,955

주거용 공동주택(2개) 비주거용 RC(2개), SRC(3개), S(2)구조에 관한 건설폐기물 발생원단위 산정 후 제안한 원단위와의 비교하였다.

<표 2-34> 공동주택 건설폐기물 발생 원단위 비교

구분			발생원단위(ton/m ²)					
			페콘	페보드류	폐목재류	폐합성수지류	기타 폐기물	총계
신축 공사	비주거용 RC	제안원단위	0.03757	0.00075	0.00265	0.00213	0.01397	0.05707
		검증원단위	0.03870	0.00082	0.00257	0.00221	0.01489	0.05940
		오차율(%)	2.9	9.5	2.9	3.7	7.4	3.9
	비주거용 SRC	제안원단위	0.03141	0.00075	0.00240	0.0080	0.00880	0.04416
		검증원단위	0.03449	0.00063	0.00240	0.00087	0.00816	0.04660
		오차율(%)	8.9	9.2	0.2	8.0	7.9	5.2

비주거용 S	제안원단위	0.02244	0.00075	0.00133	0.00080	0.00742	0.03274
	검증원단위	0.02123	0.00083	0.00126	0.00077	0.00792	0.03202
	오차율(%)	5.7	9.7	5.5	3.4	6.2	2.3

다. 토목공사

신축공사의 토목공사에 관한 발생원단위 산정은 폐기물 발생 예측 로직을 구성하여 산정하고자 하였다. 자료는 공사별 5종(토공사, 터널공사, 구조물공사, 포장공사, 가설공사)에 대한 조사를 실시하였다.

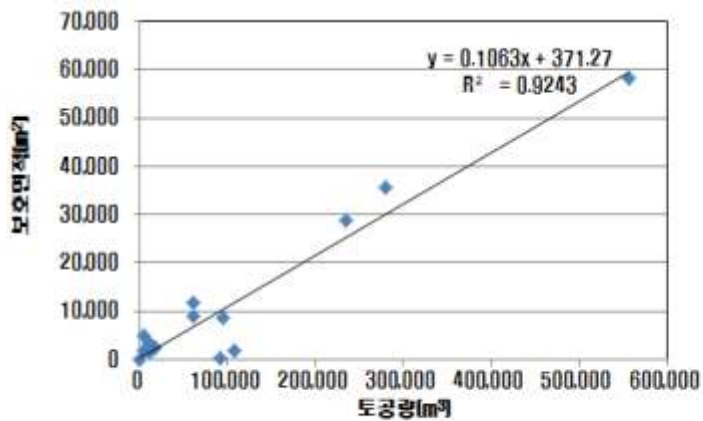
<표 2-35> 토목공사 폐기물 발생 예측 로직구성

	발생원	입력값	산출내역	발생폐기물	발생기간	비 고
토공사	비탈면 보호	토공량 (m ³)	비산먼지망, 사용량, 절토면 보호망	폐 합성수지	토공사 전 기간	토공량=절토량+성 토량+터파기량
터널 공사	숏크리트타설 라이닝타설 공동구타설	터널 굴착량 (m ³)	폐숏크리트, 폐콘크리트, 문양거푸집 (도로)	폐 콘크리트 폐 합성수지	터널공사 전 기간	NATM/셸드공법은 제외
구조물 공사	교량공사	콘크리트량 (m ³)	치핑, 공시체, 펌프카 유도제 처리, 안전망, 양생막, 폐거푸집, 문양거푸집	폐 콘크리트 폐 합성수지 폐 목재	교량공사 전 기간	
	옹벽공사	콘크리트량 (m ³)	치핑, 공시체, 잔량 안전망, 문양거푸집 폐거푸집	폐 콘크리트 폐 합성수지 폐 목재	옹벽공사 전 기간	숏크리트는 리바운드율에 의해 산정
포장 공사	콘크리트 공사	콘크리트량 (m ³)	콘크리트 잔량 폐거푸집 양생용 덮개	폐 콘크리트 폐 목재 폐 합성수지	포장공사 기간	폐아스팔트 콘크리트 제외
가설 공사 (철거)	현장사무실	바닥면적 (m ²)	바닥 및 슬라브 콘크리트량	폐 콘크리트 혼합폐기물	공사종료 시점	숙소, 실험실, 식당, 사무실, 안전교육장 포함 (가설건축물인

					경우만 산출, 컨테이너형은 제외)
가설도로	콘크리트량 (m ³)	콘크리트 및 아스콘량	폐콘크리트 폐아스팔트 콘크리트	각 터널공사 완료시점 우회도로 (공사종료 시점)	우회도로 포함
세륜기	대수(EA)	콘크리트량 산출	폐콘크리트	각 터널 및 토공완료 시점	
폐수 처리시설	대수(EA)	콘크리트량 폐기물	폐콘크리트	각 터널공사 완료시점	
배치플랜트	바닥면적 (m ²)	콘크리트량 산출	폐콘크리트	터널공사 완료시점	골재저장소 포함
교량슬라브 타설용 가설기초	콘크리트량 (m ³)	콘크리트량 산출	폐콘크리트	교량 공사 중	
기타 (제작장, 저장시설등)	바닥면적 (m ²)	콘크리트량 산출	폐콘크리트	터널공사 완료시점	골재저장소 포함

토공사의 폐기물 발생 예측 로직 구성은 토목공사 도급 내역서(7개 현장)를 검토하여 비탈면 보호공사 면적과 토공사와의 상관성 검토로 비탈면 보호에 의해 발생하는 폐합성수지의 발생량 및 원단위를 산출하였다.

토공사에 대한 예측 로직 구성을 통해 산출하는 과정을 [그림 2-15]와 같이 나타내었으며 토공량과 보호면적 사이에는 92.43%의 상관성관계가 적용되는 것으로 나타났고 폐합성수지의 발생원단위는 0.0000037t/m³로 나타났다.



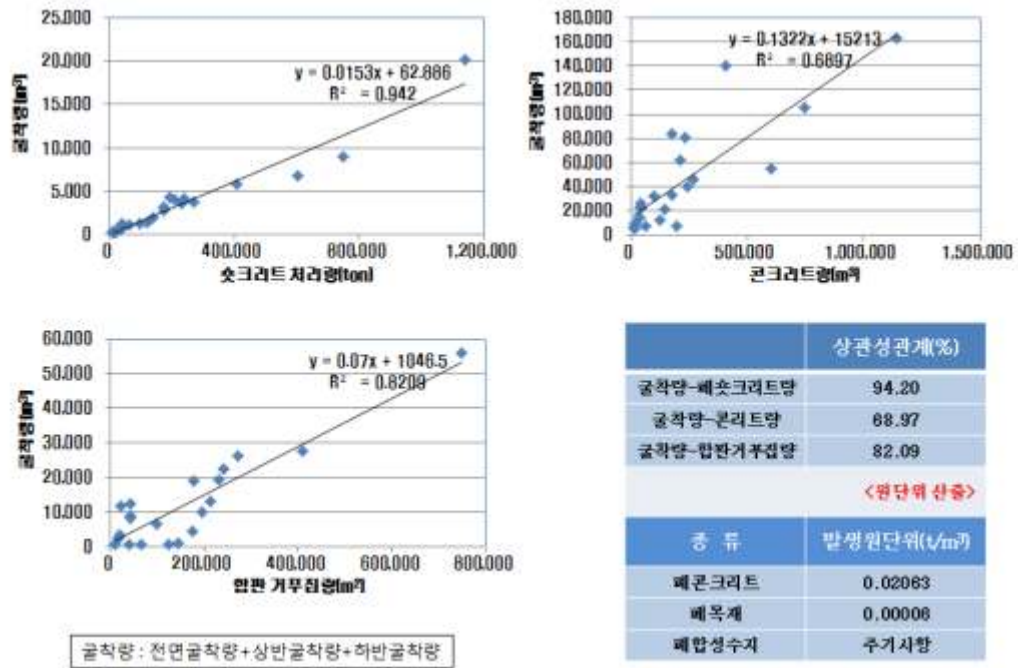
도공량 : 깎기량[절토]+돈기량[성토]+터파기량

	상관성관계(%)
도공량-보수면적	92.43
<원단위 산출>	
종 류	발생원단위(t/m³)
폐합성수지	0.0000037

[그림 2-15] 예측 로직 구성을 통한 토공사의 발생원단위 산출

터널공사의 폐기물 발생 예측 로직 구성은 토목공사 도급 내역서(9개현장, 23개 터널)를 검토하여 숯크리트, 라이닝, 공동구 시공량과 굴착량과의 상관성을 파악하여 본 결과 굴착량과 숯크리트 타설량, 합판거푸집량과의 상관성은 다소 높았으나 콘크리트량과의 상관지수가 다소 낮은 것으로 판단되었다. 하지만 개략 발생량을 산출함에 있어서 유효하다고 판단되었다.

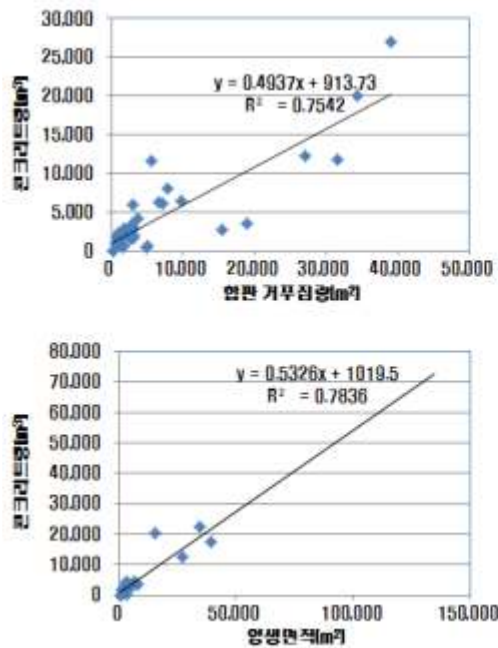
터널공사에 대한 예측 로직구성을 통해 산출하는 과정을 [그림 2-16]과 같이 나타내었으며 굴착량과 폐숯크리트량 94.2%, 굴착량과 콘크리트량 68.97%, 굴착량과 합판거푸집량 82.09%의 상관성관계가 적용되는 것으로 나타났고 폐콘크리트와 폐목재의 발생원단위는 각각 0.02063t/m^3 , 0.00006t/m^3 로 나타났으며, 폐합성수지는 주기사항으로 표현해야 할 것으로 판단되었다.



[그림 2-16] 예측 로직 구성을 통한 터널공사의 발생원단위 산출

구조물공사의 폐기물 발생 예측 로직 구성은 토목공사 도급 내역서(7개 현장, 20개 교량)를 검토하여 콘크리트 공사량과 폐기물 발생량의 상관관계를 파악한 결과 콘크리트량과 합판거푸집량, 양생면적과의 상관지수가 비교적 높아 콘크리트량을 통하여 폐목재 및 폐합성수지 발생량 산출이 가능한 것으로 판단되었다.

구조물공사에 대한 예측 로직구성을 통해 산출하는 과정을 [그림 2-17]과 같이 나타내었으며 콘크리트량과 합판거푸집량 75.42%, 콘크리트량과 양생면적 78.36%의 상관관계가 적용되는 것으로 나타났고 폐콘크리트, 폐목재, 폐합성수지의 발생원단위는 각각 $0.02200t/m^3$, $0.00064t/m^3$, $0.00025t/m^3$ 로 나타났다.



	상관관계(%)
콘크리트량-합판거주 집량	75.42
콘크리트량-양생면적	78.36
〈원단위 산출〉	
종 류	발생원단위(t/m³)
폐콘크리트	0.02200
폐목재	0.00084
폐합성수지	0.00025

[그림 2-17] 예측 로직 구성을 통한 구조물공사의 발생원단위 산출

가설공사의 폐기물 발생 예측 로직 구성은 토목공사 도급 내역서(7개현장, 40개 가설시설물)를 검토하여 가시설물 철거에 의한 폐기물 발생량을 분석한 결과 교량, 터널공사량을 나타내는 단위가 달라 일정 규모별 발생원단위의 산출이 어려운 것으로 생각되었고 가설공사에 의한 폐기물 발생량 반영방법에 대한 협의가 필요한 것으로 판단되었다.

신축공사의 토목공사에 관한 폐기물 발생 예측 로직을 구성하여 공사별 5종(토공사, 터널공사, 구조물공사, 포장공사, 가설공사)에 대한 조사를 실시한 결과에 의해 산정된 발생원단위의 산정표를 <표 2-36>과 같이 나타내었으며 콘크리트 펌프 압송 전 압송하여 배출되는 모르타르량 2m³에 대한 폐기물 반영 여부에 대해서는 미반영시에는 0.5%, 반영시에는 2.0%가 증가하며 현장마다 관리방법이 달라 이러한 변수를 검토해보아야 할 것으로 판단되었다. 그리고 내역서 검토를 통하여 산출하고 각 요소의 상관지수를 검토해 본 결과 약 80%의 신뢰도를 나타내고 있으나 실제 현장과는 공법적, 관리적인 방법의 차이나 누락된 Item 등으로 인해 차이가 발생할 수 있을 것으로 생각된다.

<표 2-36> 신축 토목공사 폐기물 발생 원단위

대분류	소분류	원단위 기준	폐콘크리트	폐목재	폐합성수지	혼합건설폐기물
토목공사	토공사	토공량(m ³)	-	-	0.000004	-
	터널공사	굴착량(m ³)	0.02063	0.00006	-	-
	교량공사	콘크리트량(m ³)	0.02200	0.00064	0.00025	-
	포장공사	콘크리트량(m ³)	0.02200	-	0.00025	-
	가설공사	-	-	-	-	-

라. 플랜트공사

플랜트공사는 발생량 조사결과와 같이 본 연구결과로는 발생원단위 산출이 곤란하며, 발생원단위 산출을 위해서는 보다 많은 데이터가 필요하다. 그러나 발생원단위로만 건설폐기물 발생량을 예측 할 수 있는 것이 아니고 투입물량을 이용하여 발생량을 산출 할 수 있기 때문이 후자의 방법을 채용하였다. 플랜트 분야에서는 물량내역서에서 사용되는 단위인 투입자재 및 시공량 정보를 복합적으로 사용하여 발생량을 산출하기에 보다 정확도 및 입력값 정보를 획득하는데 쉽게 구성하였다. 본 장은 발생원단위 산출 부분이 아니기 때문에 건설폐기물 발생량 산출 방법은 2장 4절에서 다루도록 하겠다.

2. 해체공사

가. 주택공사

공동주택 해체공사에 대한 원단위 산정 및 검증은 건립년도 1982년부터 2006년까지의 7개 RC구조 공동주택을 현장 조사하여 원단위와 비교하여 보았다. 건축물의 적산자료가 존재하지 않기 때문에 현장 실측을 통하여 실시하였으며, 폐기물의 종류는 구조물인 콘크리트, 내장재중 목재, 합성수지, 금속으로 구분하였으며 이외에 유리 등은 포함하지 않았다. 조사대상 공동주택의 규모는 공급면적 82m²부터 156m²까지를 대상으로 하였으며, 3층 연립형 건축물부터 15층까지를 대상으로 하였다.

발생원단위 분석을 실시한 결과 폐콘크리트 예상 발생량은 1.3373톤/m²부터 1.846톤/m²까지 분포되었다. 바닥면적이 가장 적은 82.6m² 공동주택의 발생량이 1.8465m²로 가장 높게 나타났으며, 비교적 큰 평형에서는 1.3~1.4m² 정도로 발생하는 것으로 조사되었다

<표 2-37> 해체 공동주택(7개) 조사내용 및 개요

구분	조사대상	건립년	층고 규모	주요 구조	단지 규모	실면적 (m ²)	방	화장실	조사내용
1	공동주택 A	1996	3~4	RC	212	156	4	2	내장재 (바닥, 벽지, 창호, 문, 창호 틀, 문틀, 욕실, 베란다)
2	공동주택 B	1982	12	RC	180	114	3	1	
3	공동주택 C	1996	15~20	RC	2920	82.64	3	1	
4	공동주택 D	2006	4	RC	115	115	3	2	
5	공동주택 E	2000	11~25	RC	427	108	3	2	
6	공동주택 F	2006	15	RC	153	106	3	2	



[그림 2-18] 해체 공동주택 도면 및 사진

<표 2-38> 해체 공동주택(7개) 현장 실측조사 발생량

폐기물의 종류	발생부위	공동 A	공동 B	공동 C	공동 D	공동 E	공동 F
폐콘크리트	외벽	5832.32	3539.47	40000.55	2237.52	6541.85	2478.34
폐콘크리트	새대간	4510.32	2737.19	30933.76	1730.35	5059.03	1916.58
폐콘크리트	칸막이	4082.62	2477.63	28000.38	1566.26	4579.30	1734.84
폐콘크리트	발코니	1944.11	1179.82	13333.52	745.84	2180.62	826.11
폐콘크리트	슬라브	12442.27	7550.88	85334.50	4773.37	13955.95	5287.12
폐콘크리트	계단	4277.03	2595.61	29333.73	1640.84	4797.36	1817.45
블록	내벽	1562.14	948.02	10713.80	599.30	1752.18	663.80
벽돌	내벽	1269.24	770.26	8704.96	486.93	1423.65	539.34
모르타르	내벽마감	3173.09	1925.66	21762.41	1217.33	3559.11	1348.35
타일	욕실, 발코니	849.57	515.58	5826.75	325.93	952.93	361.01
인조대리석	내벽	87.48	53.09	600.01	33.56	98.13	37.18
합계(kg)		40030.19	24293.23	274544.37	15357.22	44900.11	17010.10
발생원단위(톤/㎡)		2.1384	1.7758	1.6619	1.4838	1.6630	1.3373
알루미늄샤시	거실	4884.49	3640.59	37214.12	1568.60	6300.88	2813.82
알루미늄 여닫이문	거실	3907.59	2912.47	29771.29	1254.88	5040.71	2251.06
철근	철근콘크리트	53913.39	40183.65	410757.57	17313.74	69547.13	31058.09
스테인리스	주방(싱크대)	3473.41	2588.86	26463.37	1115.45	4480.63	2000.94
철제창호	창호	3907.59	2912.47	29771.29	1254.88	5040.71	2251.06
합계		70086.46	52238.04	533977.64	22507.56	90410.05	40374.97
발생원단위(톤/㎡)		3.7439	3.8186	3.2323	2.1746	3.3485	3.1741
목재	문, 문틀	1786.13	1526.05	16724.37	988.24	2502.94	1208.40
합계		1786.13	1526.05	16724.37	988.24	2502.94	1208.40
발생원단위(톤/㎡)		0.0954	0.1116	0.1012	0.0955	0.0927	0.0950
장판	거실, 주방	98.64	68.38	1028.57	52.54	161.91	50.04
합성수지 샤시	창호	120.55	83.57	1257.14	64.22	197.90	61.15
합계		219.19	151.95	2285.71	116.76	359.81	111.19
발생원단위(톤/㎡)		0.0117	0.0111	0.0138	0.0113	0.0133	0.0087
유리	거실, 방, 발코니, 주방	17516.30	12546.38	142984.06	8585.58	21968.91	10127.97
전등류	거실, 방, 발코니, 주방	3821.74	2737.39	31196.52	1873.22	4793.22	2209.74
기타		5578.27	3995.54	45534.92	2734.18	6996.25	3225.37
합계		26916.31	19279.31	219715.50	13192.97	33758.38	15563.08

단위 단지를 대상으로 하여 반복형 구조물에 대한 현장 검증을 실시함으로써 발생 원단위 검증을 좀 더 세밀하게 검증하고자 잠원대림아파트 해체현장을 대상으로 발생 폐기물량을 조사하였다. 조사는 현장에서 배출되는 폐기물의 양을 인계서를 근거로 해서 산출하였다. 총 7개동을 대상으로 하였으며 배출되는 일자가 다르게 때문에 적용 세대수는 다르게 구성된다. 즉 한층의 3세대부터 6세대 까지를 대상으로 조사 분석을 실시하였다.

총 7개 동과 창고, 기계실3개소, 정화조 7개소, 굴뚝, 관리사무소 등으로 이루어진 현장이지만 주거공간만을 대상으로 하였으며 상기의 별도 건축물은 주기사항에 포함하기 위하여 작성한 것으로 금번 조사에서는 제외하였다.

공사명	잠원대림아파트 주택재건축정비사업			
대지위치	서울시 서초구 잠원동 57-1			
발주자	잠원동 대림아파트 주택재건축정비사업 조합			
시공사	삼성물산(주) 건설부문			
협력업체	(주) 삼무개발			
공사기간	2013년 4월 12일 ~ 2013년 7월 30일			
철거공사개요	규모	건축물	아파트	7동
			기타건축물	창고 1개동
				기계실 3개소
				정화조 7개소
				굴뚝 1개소(51m)
				관리사무소 1개소
		세대수	637 세대	
	시행면적		102,618.29 m ²	

[그림 2-19] 잠원 대림 아파트 재건축/철거현장 개요



[그림 2-20] 잠원 대림 아파트 재건축/철거현장 도면 및 사진

폐콘크리트 발생원단위 1.42~1.75톤/㎡까지 비교적 발생의 폭이 넓지 않고 고르게 나타나는 것을 알 수 있다. 1개동에 동일한 평면으로 구성되어 있기 때문이며, 비교적 발생량이 높은 1동의 경우 작은 평수가 4개가구가 분포하기 때문인 것으로 판단된다.

<표 2-39> 잠원 대림아파트 재건축/철거 현장 실측조사 발생량

폐기물의 종류	발생부위	1동	2동	3동	5동	6동	7동	8동
폐콘크리트	외벽	1099.67	666.46	666.46	766.43	766.43	1399.57	1399.57
폐콘크리트	새대간	850.41	515.40	515.40	592.71	592.71	1082.34	1082.34
폐콘크리트	칸막이	769.77	466.52	466.52	536.50	536.50	979.70	979.70
폐콘크리트	발코니	366.56	222.15	222.15	255.48	255.48	466.52	466.52
폐콘크리트	슬라브	2345.95	1421.79	1421.79	1635.06	1635.06	2985.76	2985.76
폐콘크리트	계단	806.42	488.74	488.74	562.05	562.05	1026.35	1026.35
블록	내벽	321.17	194.65	194.65	223.85	223.85	408.76	408.76
벽돌	내벽	230.74	139.84	139.84	160.82	160.82	293.67	293.67
모르타르	내벽마감	521.90	316.31	316.31	363.75	363.75	664.24	664.24
타일	욕실, 발코니	258.54	156.69	156.69	180.20	180.20	329.06	329.06
인조대리석	내벽	26.62	16.14	16.14	18.56	18.56	33.88	33.88
합계(kg)		7597.75	4604.70	4604.70	5295.40	5295.40	9669.86	9669.86
발생원단위(톤/㎡)		1.7587	1.4212	1.4212	1.6344	1.6344	1.4923	1.4923
알루미늄샤시	거실	40.89	24.78	24.78	28.50	28.50	52.04	52.04
알루미늄 여닫이문	거실	32.71	19.83	19.83	22.80	22.80	41.64	41.64
철근	철근콘크리트	52.90	32.06	32.06	36.87	36.87	67.32	67.32
스테인리스	주방(싱크대)	7.48	4.53	4.53	5.21	5.21	9.52	9.52
철제창호	창호	8.50	5.15	5.15	5.93	5.93	10.82	10.82
합계		142.49	86.35	86.35	99.31	99.31	181.34	181.34
목재	문, 문틀	437.61	258.94	258.94	297.78	297.78	543.77	543.77
합계		437.61	258.94	258.94	297.78	297.78	543.77	543.77
발생원단위(톤/㎡)		0.1013	0.0799	0.0799	0.0919	0.0919	0.0839	0.0839
장판	거실, 주방	52.72	31.95	31.95	36.74	36.74	67.10	67.10
합성수지샤시	창호	64.43	39.05	39.05	44.91	44.91	82.01	82.01
합계		117.15	71.00	71.00	81.65	81.65	149.10	149.10
발생원단위(톤/㎡)		0.0271	0.0219	0.0219	0.0252	0.0252	0.0230	0.0230
유리	거실, 방, 발코니, 주방	584.49	354.23	354.23	407.37	407.37	743.89	743.89
전등류	거실, 방, 발코니, 주방	148.78	90.17	90.17	103.69	103.69	189.35	189.35
기타(훈페)		3776.69	2288.90	2288.90	2632.24	2632.24	4806.70	4806.70
합계		4509.96	2733.31	2733.31	3143.30	3143.30	5739.94	5739.94

나. 건축공사

건축물 해체공사에 대한 원단위 산정 및 검증은 건축물의 구조별로 나누어 조사하였다. 철골철근콘크리트조(SRC)로 이루어진 사무용 건축물, 건본주택, 공장, 빌딩 등의 건축물을 압쇄기에 의한 해체를 실시하였으며 각 공사의 개요는 <표 2-40>과 같고 각 건축물별 폐기물 발생량은 <표 2-41>과 같다. 폐기물 발생량은 폐콘크리트가 가장 많았으며 혼합폐기물, 폐합성수지, 폐목재류 순으로 나타났다.

폐콘크리트 평균 발생량은 1.561톤/㎡으로 나타났으며 이는 주거용 건축물 1.588톤/㎡보다는 약간 낮게 나타난 결과이다. 폐목재는 평균0.00172톤/㎡으로 사무용 건축물 특성상 발생량이 극히 적은 것으로 나타났으며, 합성수지는 0.0141톤/㎡으로 주거용과 비슷한 수준으로 나타났다. 혼합건설 폐기물의 발생량이 0.143톤/㎡으로 일반적인 폐기물 배출 형태와 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

<표 2-40> 철골철근콘크리트(SRC)조 건축물 해체공사 개요

구분	공사제목	주요구조	규모(㎡)	공사방법	철거공사기간
1	사무용 건축물	SRC	1,260.00	압쇄기	12.11.29~12.12.31
2	건본주택	SRC	2,626.37	압쇄기	12.09.26~12.10.31
3	공장	SRC	1,169.32	압쇄기	12.07.06~12.07.31
4	사옥(빌딩)	SRC	50,928	압쇄기	09.03.23~09.10.31

<표 2-41> 철골철근콘크리트(SRC)조 건축물 폐기물 발생량

구분	구조	폐콘크리트류(t)	금속류(t)	폐목재류(t)	폐합성수지류(t)	혼합폐기물(t)	계(t)
1	SRC	2160.31	-	3.10	18.20	210.41	2392.02
2	SRC	3828.12	-	2.95	38.21	324.11	4193.39
3	SRC	1856.70	-	2.20	28.10	175.20	2,062
4	SRC	75600.33	-	72.40	185.15	6880.30	82,738



[그림 2-21] 철골철근콘크리트(SRC)조 건축물 철거현장

철근콘크리트조(RC)와 조적조로 이루어진 건축물에 대한 폐기물 발생 검증은 창고형 건축물과 전동차 차고지를 대상으로 실시하였다. 해체공법은 압쇄기에 의한 해체를 실시하였으며 각 공사의 개요는 <표 2-42>와 같고 각 건축물별 폐기물 발생량은 <표 2-43>과 같다.

폐기물 발생량은 폐콘크리트가 가장 많았으며 금속 및 철재류, 혼합폐기물, 가연성폐기물, 불연성폐기물의 순으로 나타났다. 폐콘크리트 발생량이 1.5885m²으로 철골조의 1.561m²에 비하여 약 1.8% 정도 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 폐합성수지는 반대로 3% 정도 적게 발생하였다. 그러나 폐목재의 발생량은 0.069톤/m²으로 철골조 사무용 건축물보다 40배 정도 높으며 주거용 RC 건축물 보다는 20% 정도 낮은 것으로 나타났다. 폐목재 발생량이 이렇게 많이 발생한 것은 신호계기실 바닥 공사를 이중바닥으로 리모델링하면서 목재를 이용한 이중바닥 구조를 적용하였기 때문인 것으로 판단된다.

<표 2-42> 철근콘크리트조(RC) 및 조적조 건축물 해체공사 개요

구분	공사제목	주요구조	규모(m ²)	공사방법
1	세아베스틸 구본관동	RC조	6,860	압쇄기
2	구로전동차 신호계전기실	조적조	270	압쇄기

<표 2-43> 철근콘크리트조(RC) 및 조적조 건축물 폐기물 발생량

구분	구조	폐콘크리트류 (t)	금속, 철재류 (t)	혼합 폐기물 (t)	가연성 폐기물 (t)	불연성폐기물 (오니 등 폐콘크리트 이외의 무기성) (t)	계 (t)
1	RC조	11,120	440	187	62	50	11,859
2	조적조	420	10	30	5	7	472



[그림 2-22] 철근콘크리트조(RC) 및 조적조 건축물 철거현장

3. 소결

신축 및 해체공사에 대한 원단위 산출 결과에 대한 검증을 실시한 결과 산출 원단위와 비교하였을 때 큰 차이는 발생하지 않았다. 기본적으로 해당 공종과 비슷한 부분을 대상으로 검증 작업을 실시하였으며, 부분적으로 발생 예측 프로그램과 연계하기도 하였다.

주택신축분야의 폐콘크리트 발생 형태를 분석한 결과 파일 공사를 실시하는 현장의 경우 초기 공정과 70%공정에서 많은 양의 폐기물이 발생하였으며, 혼합건설폐기물은 공정 30% 이상부터 높아지면서 이후 고르게 발생하였다. 특히 초기단계에서는 지반 및 기초 공사 등이 이루어져 혼합건설 폐기물의 발생량이 적으나 이후 공저에서는 여러 가지 폐기물이 혼재되어 배출되고 특히 현장 보관이 어려운 여건일 경우 발생 비율이 높은 것으로 나타났다. 제안된 원단위를 기반으로 검증을 실시한 결과 오차율은 8% 이내인 것으로 나타났다.

9개 신축현장의 건축물에 대한 원단위 조사를 실시한 결과 폐콘크리트는 초기 30%까지와 후가 80% 이후에서 대부분 발생하였고 혼합건설폐기물은 공정 40% 범위와 마지막 공정에서 가장 많이 발생하였다. 이는 건축물의 대부분이 지반 보강을 위하여 파일공사를 시행하기 때문에 두부정리단계에서 폐기물 발생 비율이 높으며 80% 이후 환경설비의 정리와 기타 석공사 등의 공정에서 혼합건설 폐기물의 비율이 높은 것으로 분석되었다.

해체공사의 경우 폐기물의 분류를 기존의 폐콘크리트와 혼합건설폐기물에서 폐목재 및 폐합성수지를 첨가하여 산정함에 따라 부분적으로 폐콘크리트와 혼합건설폐기물의 발생원단위가 감소하는 현상이 나타났다. 전체 발생량 기준으로 약 9%정도의 증가가 있는 것으로 분석되었으며, 재건축 현장을 대상으로 검증을 실시한 결과 원단위 산정 값의 120% 범위안에서 건설폐기물이 배출되는 것으로 분석되었다.

토목공사의 경우 터널 공사는 숏크리트 공사에서 리바운드에 의하여 배출되는 폐콘크리트가 대부분을 점유하였으며, 이외에 건설오니의 발생량도 상당한 비율을 점유하였다. 특히 현장에서 발생하는 합성수지류의 폐기물이 많이 발생하고 있으나 설계에 반영되지 않아 일반 폐기

물로 처리되는 사례도 있는 것으로 나타났다.

플랜트 공사는 건설되는 공종이 매우 다양하여 특정한 원단위 산출이 어려운 것으로 나타났다. 플랜트내 건축공사 및 토목 공사는 해당 공종을 적용하는 것이 타당할 것을 판단되었다.

제 4 절 국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램

1. 발생량 예측 방법 검토

건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발에 앞서 건설폐기물 발생량을 산출하는 방법에 대하여 사전 검토하였다. 국내외 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 조사를 통해 크게 2가지 방식으로 발생량을 예측하고 있으며, 그 방식은 ‘폐기물 발생원단위’를 사용하는 방식과 ‘자재 투입 물량 및 손실율’을 이용하여 예측하는 방식이 있다. 폐기물 발생원단위는 계산 방식이 간단하여 사용자 측면에서 간단히 건설폐기물 발생량을 산출 할 수 있어 범용적으로 사용되기가 편한 장점이 있으나 건설현장의 조건 및 공법 등 특이사항을 반영하기 곤란하다. 한편, 자재 투입 물량 및 손실률을 이용한 폐기물 발생량 예측 방법으로 건축물의 전과정을 포함하는 폐기물 발생량 예측이 용이하고 공종별 건설 폐기물 저감 대책 수립에 용이한 특징을 지니고 있으나 가설자재에 의한 건설폐기물 발생량 산출이 곤란하다. <표 2-44>에 폐기물 발생원단위 방식과 자재 투입물량에 의한 방식 2개의 예측 방법에 대한 특징을 비교 분석하였다.

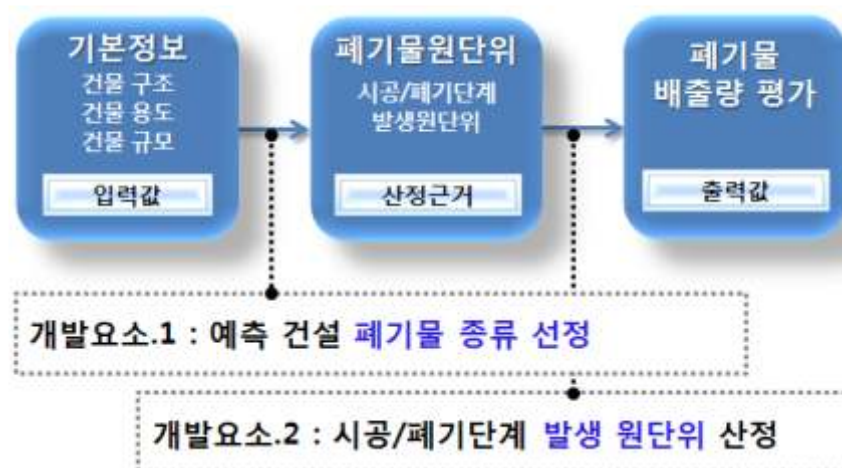
<표 2-44> 건설폐기물 발생량 예측 방법 비교

구 분	폐기물 배출 원단위 방식	자재투입물량 및 손실률
Input	■ 기본정보, 구조, 용도, 연면적	■ 기본정보, 자재물량, 손실률
Output	■ 폐기물 배출량 ■ 구축된 폐기물 원단위에 따라 제한적인 폐기물 종류 산출	■ 폐기물 배출량 ■ 투입 물량 별 폐기물 배출량 산출
Process	■ 구조, 용도, 규모에 따른 폐기물 별 발생원단위 구축(직·간접 추계방식 조사) ■ 원단위를 이용한 시공/폐기단계의 폐기물 발생량 평가	■ 자재별 복합 원단위 구축 ■ 복합원단위 : 자재별 손실률, 질량환산계수 등 ■ 손실률을 이용한 시공/폐기단계의 폐기물 발생량 평가 ■ 폐기물 저감 평가 기술 도출 ■ 재활용율, 재이용율 적용 방식 제안
Strength	■ 기본설계단계에서 평가 용이 ■ 직접조사에 의한 발생원단위 이용시 예측량에 대한 신뢰도 높음	■ 투입자재 별 상세한 폐기물 평가 가능 ■ 건축물의 LC(Lifecycle) 전단계 및 공종별 발생량 예측 가능 ■ 향후 환경성/경제성 평가와 연계 용이 ■ 공종별 건설폐기물 저감 대책 수립 가능
Weakness	■ 기존 국내 개발 프로그램과 유사 ■ 투입 자재 별, 공종별 상세한 폐기물 발생량 평가 및 폐기물 절감 기술 적용에 한계가 있음 ■ 발생원단위는 통계학적인 지수로써 건설공사 마다의 특수성 반영 못함.	■ 자재 별 손실률에 정확도 검증 불충분 ■ 평가 시 물량 입력을 위한 자재물량 데이터 필요(도면, 물량내역서, 실측데이터) ■ 자재 별 질량환산계수 필요 ■ 가설시설물 철거에 의한 건설폐기물 발생량 예측 곤란
Institute	■ 건기연, 경남과기대, LH공사,	■ 일본건축학회,국충연,카지마 건설, 시미즈건설

가. 건설폐기물 발생원단위 방식

개발요소로서 예측 대상의 건설폐기물의 종류를 선정해야 한다. 현재 국내에 구축된 폐기물 원단위는 발생폐기물의 종류를 단순히 폐콘크리트, 금속류, 혼합폐기물류로 한정하여 측정함으로써 인하여 현장 내 건설폐기물 분리배출을 위한 기초자료로서 사용되기가 어려운 측면이 있다. 따라서 폐기물을 표준품셈의 3종 분류체계 보다 세분화된 성상별 분류가 요구 되는데 최소한 폐콘크리트, 폐금속, 폐목재, 가연성폐기물, 불연성폐기물(기타건설폐기물)의 5가지로 나누어 건설폐기물 발생량을 예측할 필요가 있다. 다음으로 선정된 건설폐기물의 종류에 기준하여 건축의 구조, 용도, 규모에 따른 폐기물 발생 원단위를 산정한다. 건설폐기물 예상발생량은 원단위의 다양성과 정확성을 토대가 되어야 신뢰성 있는 예측 프로그램 구성이 가능하다. 구축된 폐기물 발생량 예측 값을 직접 측정한 폐기물 발생량과 기존 간접추계방식을 통해 산정한 폐기물 발생량과의 검토를 통해 유효성 검증을 실시한다. 본 연구에서 산정된 폐기물 발생원단위는 실제 발생된 건설폐기물 데이터를 기반으로 산정되어 있어 예측량에 대한 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

[그림 2-23]은 폐기물 발생원단위방식의 예측 프로세스이다.



[그림 2-23] 발생원단위방식 예측 프로세스 및 개발 요소

<표 2-45> 폐기물 발생원단위방식 단계별 산정식

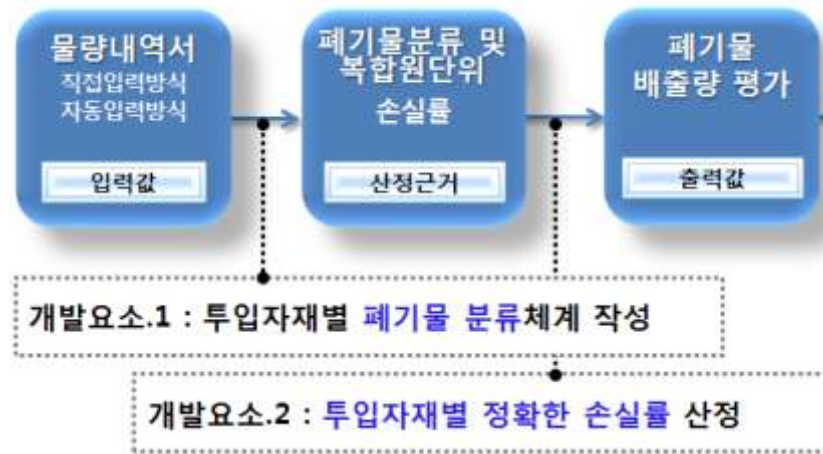
계산 내용	계산식
건설시 폐기물 발생량	=연면적 × 시공단계 폐기물 원단위 (건물의 용도, 규모, 구조에 적합한 원단위)
해체시 폐기물 발생량	=연면적 × 해체단계 폐기물 원단위 (건물의 용도, 규모, 구조에 적합한 원단위)

나. 자재 투입 물량(손실률)에 의한 방식

본 평가 방식의 예측 원리는 공사에 투입된 자재의 손실률을 통해서 시공단계의 폐기물량을 예측하고 건설시 투입량에서 시공단계 폐기물 발생량을 제함으로써 각 단계별 발생될 폐기물량을 산정한다. 자재 투입물량(손실율)에 의한 방식의 장점은 LC(Life Cycle) 전단계 및 공종별 발생량 예측 가능하며 공종별 건설 폐기물 저감 대책 수립 가능하다. 하지만 표준품셈이나 기준에 연구된 투입 자재별 손실률이 실제적 자재의 손실률과의 차이를 보이는 등 실제 발생량과의 검증이 필요한 방식이다. 자재손실율의 경우는 건설표준품셈의 자료 서울시정개발원의 연구에서 조사된 현장경험을 토대로 작성된 손실률을 적용 할 수 있다. ‘서울시정개발연구’ 이 실시한 손실률은 실제 자재 사용량을 알고 여기에 손실률을 곱하여 신축공사장의 폐기물 배출량을 구할 수 있다는 전제로 산출한 것이다. 물론 건설표준품셈상의 할증율에 따른 폐기자재량으로 산출가능하나 이 자료는 현장경험을 토대로 한 것이므로 좀 더 현실적인 값이 될 수 있다. 그러나 모든 건설공사에서 본 자료를 직접 도입할 수는 없는 것이 앞서 기술한 건설공사의 특성에서 기인하며 다만 대략적인 폐기물의 양을 확인할 수 있는 대조자료로서 사용해야 한다는 전제가 필요하다. 또한 현장개설 전단계에서 가설계획이 명확히 계획되지 않은 조건에서 가설시설물에 의한 폐기물량 산정이 곤란하다. 건축공사 중 하나의 프로젝트에 대하여 투입물량에 손실율(재료 할증률)을 적용하여 건설폐기물 발생량을 산출하고 실제 발생량과 비교해 보았다. 하나의 건설현장에 대한 결과로써 모든 공사에 대하여 대표할 수 없으나 약 2배 정도 예측량이 적게 발생하였다. 그 원인으로써, 적용된 자재 할증율은 실제 손실률과 다르며, 투입물량 내역서에 미 포함된 가설자재 등에 대한 폐기물 발생량을 예측 할 수 없었다. 실질적으로 신축공사 현장에서는 가설자재에 대한 폐기물 발생량이 많이 발생된다. 또한 현장내로 반입되는 포장재에 대해서는 산출이 불가능하였다. 각 자재마다의 손실률 산정 및 물량내역서로 산출이 불가능한 폐기물에 대하여 정리 이후 개발요소로는 발생원단위방식의 개발요소와 유사

하다고 판단된다.

[그림 2-24]는 자재 투입 물량(손실율)방식의 예측 프로세스이다.



[그림 2-24] 자재 투입물량방식 예측 프로세스 및 개발 요소

<표 2-46> 자재 투입물량(손실율)방식 단계별 산정식

계산 내용	계산식
건설시 투입량	= 환산 계수 × 치수 × 중량 환산치 × 사용량
건설시 폐기물 발생량	= 환산 계수 × 치수 × 중량 환산치 × 사용량 × 손실율
건설시 폐기물 자원순환(회수)량	= 건설시 폐기물 발생량 × 자원순환(회수)율
건설시 혼합폐기량	= 건설시 폐기물 발생량 - 건설시 폐기물 자원순환(회수)량
해체시 폐기물 발생량	= 건설시 투입량
해체시 폐기물 자원순환(회수)량	= 건설시 투입량 × 자원순환(회수)율
해체시 혼합폐기물량	= 건설시 투입량 - 해체시 폐기물 자원순환(회수)량

다. 적용 가능성 분석

(1) 폐기물 발생원단위 방식의 적용 가능성 분석

건설폐기물 발생원단위를 통한 건설폐기물 산출방법을 적용하는 것이 폐기물 예측의 정확성, 객관성 그리고 평가의 편의적 측면에서 자재 투입물량(손실율)방식보다 용이한 것으로 분석된다. 폐기물 원단위를 통한 건설폐기물 예측프로그램의 개발요소로서 도출된 항목인 폐기물 종류 도출, 폐기물 원단위 개발 항목을 바탕으로 범용적인 폐기물 발생량 예측 프로그램 개발이 이루어져야 한다고 사료된다. 현재 폐기물 분류 체계는 성상별 발생량을 정확히 표현하지 못하고 정확성이 떨어져 발주물량 산정 및 공사비(건설폐기물 처리비용)산정 등에 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 표준품셈의 3종의 분류체계보다 세분화된 폐기물 성상별 분류가 요구된다. 또한 폐기물 발생원단위 산정에 있어서 다양한 건축물의 용도, 규모, 구조별로 현장을 확보하여 직접계측법을 적용하기 어려울 경우에는 경남과학기술대와 한국토지주택공사에서 제시한 폐기물 원단위 모델 사례와 같이 회귀모델의 적용도 발생원단위 산정을 가능하게 하며 또한 폐기물 예측 평가의 정확도를 높이는 방안 중에 하나로 판단된다.

발생원단위 방식은 다양한 평가가 이루어질 수 없는 단점이 있지만 1차적으로 신뢰성 있는 예측량이 가능함으로 신뢰도 측면에서 볼 때 선택 가능한 방법이라 할 수 있다. 그러나 공동주택/ 건축/ 토목/ 플랜트공사 분야 전부 발생원단위를 산출 방법으로 적용할 수 없다. 신뢰성 있는 발생원단위 산출을 위해서는 많은 백데이터가 뒷받침 되어야 하나 국가 기반 시설은 토목 및 플랜트 공사에서 발생한 건설폐기물의 데이터를 수집하는데 한계가 있다.

이에 발생원단위를 기반으로 하는 발생량 예측 프로그램 공동주택/ 건축공사 분야에 적용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

발생원단위의 예측범위 외 건설폐기물 발생량을 산출하고자 하는 경우 발생원단위의 사례 중 「부천상동지구 발생폐기물 재활용처리 방안에 관한 연구」에서는 해체 전 원단위와 해체 후 원단위 산정으로 나누어 해당 폐기물의 발생량을 직접 조사하는 직접조사방법을 사용하였으므로, 가장 정확한 자료를 제시하고 있다고 보여지며, 가옥, 공장, 공공건물, 가차, 창고 및 화장실, 기타로 나누어 건축물 유형에 따라 원단위를 제안하고 있으므로 자료의 신뢰도는 매우 높다고 할 수 있기 때문에 위의 연구에 의한 발생원단위를 사용하여 예측하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

(2) 자재 투입물량(손실율)방식의 적용 가능성 분석

국내와 비슷한 건설 환경의 일본은 이미 발생 원단위를 매년 산정하여 관리하고 있고 건설 폐기물 발생량 예측 프로그램도 활발히 개발 및 사용중인 것으로 분석되었다. 일본은 기술적

권위를 지니는 일본건축학회, 건축업협회와 환경위원회부산물부회 등에서 폐기물에 대한 발생 원단위를 정기적으로 산출 및 보급하고 있으며 이를 바탕으로 각 건설사별로 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발하여 단위현장까지 폐기물에 대한 정량적인 목표를 설정하고 관리하기 위한 틀로서 활용하고 있다. 일본의 건축물 단위의 폐기물 발생량 예측 프로그램의 경우, 평가 대상이 건축물의 해체단계 뿐만 아니라 건축물 전 과정에 걸친 폐기물량(LCW)으로 설정하여 평가하고 있었으며, 평가 방식의 경우는 각 자재의 손실률 설정을 통해 시공단계 폐기물량 산정을 하며, 수선율, 수선주기 설정을 통한 유지관리 단계 폐기물량을 산정하고 건설투입 자재에서 시공단계 폐기물량을 감하여 산출한 물량을 해체단계의 폐기물량으로 산정하는 특징을 보였다. 손실률 산정을 통한 폐기물 예측 방식이 전과정 환경부하평가로의 연계성이 높은 장점이 있으나 일본 건설산업 전반적으로 구축되어진 분별현장에 특화된 평가 방식이며, 일본 건축학회에서 다년간 구축한 건설 자재별 손실율의 정확성이 본 자재 투입물량(손실율)방식의 가장 중요한 항목이라고 판단된다. 현재 국내에 구축된 건설 자재별 손실율은 건설 표준품셈에서 제시하고 있는 자재 할증율이 있으며, 「서울시정개발연구원」이 건설회사의 실제적 자재 손실율을 대상으로 조사된 자료가 있다. 건설표준품셈상의 할증율보다 「서울시정개발연구원」의 손실율이 현장경험을 토대로 한 것이므로 좀 더 현실적인 값이 될 수 있다. 하지만 건설자재 중 분명 폐기물이 발생하나 손실율에 포함되지 않는 자재들이 다수 존재하였다. 자재투입량을 바탕으로 한 원단위 산정법의 가장 큰 문제점은 적산설계에 반영되어 있는 투입자재량은 주요자재에 대해서만 그 데이터를 구할 수 있고 기타 폐기물에 대한 것은 반영이 되어 있지 않아 문제가 있을 수도 있다.

손실율의 수치가 0%인 투입 건축 자재들은 기초공사 및 철근콘크리트 공사에 투입되는 콘크리트, 조적공사의 벽돌과 몰탈 등 다수가 존재 하였다. 기초파일의 경우 불량파일이 발생되면 납품업체가 회수하고 있으나 실제 발생하는 폐기물이 0%라고 볼 수 있으나, 파일 두부정리시 발생하는 폐콘크리트는 시공단계 폐기물 발생량으로 되어야 한다. 철근콘크리트공사의 경우 레미콘 타설이 대부분으로, 타설 후 발생하는 잔량이 존재하였으며, 거푸집공사에서 유로폼을 사용하게 될 경우, 곡면 바닥의 경우 코팅합판을 현장절단하여 제작하게 되므로 합판과 육송각재의 목편류가 발생하게 되게 된다.

그 밖에도 조적공사에서는 벽돌과 모르터 잔재의 경우 콘크리트 타설 전 청소 시 혼합된 형태로 반출되는 경우가 많으며, 타일공사의 경우 테라조와 부엌, 욕실 등에 사용되며, 여기서 발생하는 잔재도 혼합된 형태로 반출된다. 따라서 공사별 투입자재와 발생 폐기물의 손실율에

다른 폐기물 산정 방법은 현장별로 처리방식의 차이가 있음을 고려하여야 하고, 반출처리되는 부분에 대하여 차이가 있게 되어, 건설현장 사이의 여러 상황에 따라 발생량이 차이가 나게 된다. 손실율을 적용한 방식의 폐기물 발생량 예측 방식은 아직 국내에 구축된 투입 자재별 손실율 구축의 정도가 미비하고 실제적 자재의 손실율과의 차이를 보이는 등 실제 폐기물 발생량의 객관성과 정확도가 부족하다.

신뢰도 측면에서 볼 때 위의 방법을 적용하는 것은 부적합한 방법으로 판단되나 토목/플랜트공사 분야는 발생원단위 산출 방법을 채용할 수 없기 때문에 투입물량내역을 사용하여 건설 폐기물 발생량을 예측하여야 한다. 토목/플랜트공사에 발생원단위를 이용한 건설폐기물 산출방식을 적용하지 못하는 이유는 발생량 데이터는 있으나 각 발생원 정보가 없어 분석이 불가능하기 때문에 활용할 수 있는 데이터가 거의 전무한 실정이다. 투입물량내역방식은 건축물 공사에 비하여 구조물의 형태가 단순하고, 투입되는 자재종류가 간단하며, 물량내역서 항목이 비교적 간단하여 건축공사보다 신뢰성 있는 발생량을 예측 할 수 것으로 판단된다. 플랜트공사의 경우 매우 다양한 형태와 적은 수의 현장으로 인해 투입물량방식을 적용하지만 기계설비공사로 인해 반입되는 포장재(폐목재)를 예측하는 것은 어려울 것으로 판단된다.

현장 조사를 통하여 신뢰성이 낮은 손실율값에 대한 부분을 보완하여 전체적인 예상발생량의 정확도를 높일 수 있도록 할 필요가 있다.

2. 요구기능 분석

본 프로그램은 직접적으로 건설폐기물 발생량 저감 및 재활용율을 향상시킬 수는 없으나 신축/해체공사시에 발생하는 건설폐기물에 대한 발생량 데이터를 예측하고 관리방안을 수립하여 폐기물 저감 및 재활용율 증가를 간접적으로 도모하고자하는 Tool로써 개발 하고자 한다. 기존 개발된 건설폐기물 발생량 예측프로그램에 대하여 조사한 결과, 개발은 되어 있으나 그 프로그램이 잘 활용되고 있지 못한 실정이다. 그 원인을 생각해 보면 사용자 입장에서 다소 복잡하고 프로그램의 이해도가 필요하며, 해체공사에 한정되어 있다는 점이다. 또한 본 프로그램에는 신축공사에서 발생량을 예측하고 관리하는 부분에 대해 비중을 높였다. 그 이유는 신축공사시 발생하는 건설폐기물의 발생량이 해체공사시보다 적게 발생되지만 시공시 발생하는 폐기물은 성상별로 분류하기 쉽기 때문에 폐기물 관리를 통해서 재활용율 및 저감 효과를 크게 가져올 수 있는 부분이라 사료되기 때문이다.

이에 본 프로그램은 실용화 측면과 신축/해체공사 모두 발생량 예측이 가능하도록 기능을 부여하고자 한다.

<표 2-47> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 요구기능 분석

요구 기능	활 용 방 안
■ 신축/해체공사 건설폐기물 발생량 예측 (건설폐기물 종류별 예측)	■ 예상 발생량을 통하여 건설폐기물 감축 방안 및 목표 설정 시 활용 ■ 폐기물 처리업체와 계약시 활용
■ 신축공사시 공정율에 따른 발생량 예측	■ 공사진행에 따라 건설폐기물 보관 및 처리 계획 방안 수립시 활용
■ 건설폐기물 종류별 처리비용 예측	■ 환경관리비 내 “건설폐기물 재활용 및 처리비용” 예산 반영 시 활용 ■ 건설폐기물 위탁처리 발주시 활용
■ 발생원단위로 발생량 예측시 건설공사의 특수조건에 의해 변화되는 건설폐기물 발생량 예측	■ 공사마다의 특수성에 의한 일부 건설폐기물의 발생량에 대한 보정시 활용 (발생원단위는 표준적인 결과를 도출함으로 공사특성을 반영하고자 함)
■ 예측량과 실제 발생량 비교 모니터링	■ 공정율에 따라 예측량과 실제 발생량과의 비교 모니터링을 통하여 과대, 과소 발생 시 원인분석을 통하여 건설폐기물 발생량 감축 방안 도출. 처리실적 비교 가능
■ 신축공사시 공사범위 변동에 따른 예측 발생량 자동 변경	■ 설계변경 및 추가공사 등으로 인해 변화되는 예측 발생량에 대한 변경을 통해 예측량의 정확도 향상
■ 건설폐기물 관련 대관서류(건설폐기물 처리계획서, 건설폐기물 관리대장, 건설폐기물 처리실적보고서)에 계산된 건설폐기물 데이터를 삽입하여 출력.	■ 건설폐기물 재활용 및 처리계획서 및 관리대장, 처리실적보고서 작성에 필요한 건설폐기물 데이터 제공

3. 프로그램 구성항목 도출

요구기능을 반영하여 프로그램 내 세부 구성항목을 도출하였으며, 구성항목은 기능별, 사용자 업무별로 분류하였다. 기능별로 크게 건설폐기물 발생량 예측, 실제발생량 입력, 예측량과 실제 발생량 비교 모니터링으로 구분 후 이하 각 항목에 대한 세부항목 도출하였다. 도출된 구성항목에 대하여 기능별로 정의하고, 계산에 필요한 데이터에 대하여 분석을 실시하였다.

<표 2-48> 구성항목

기능별 분류	사용자 업무 프로세스별 분류	주요 기능
건설폐기물 발생량 예측	- 건설폐기물 예상 발생량 및 처리 비용 산출(공정율별) - 건설폐기물 처리계획서 작성	- 예측량 데이터 및 그래프 표시 - 엑셀파일로 데이터 출력 - 처리계획서 작성
실제 건설폐기물 발생량 데이터 관리	- 건설폐기물 관리대장 관리 - 건설폐기물 처리 실적보고서 작성	- 관리대장 입·출력 - 건설폐기물 처리실적 (데이터 및 그래프 표시) - 엑셀파일로 데이터 출력
예측량과 실제발생량 비교 모니터링	- 예측량과 실제발생량 비교 모니터링	- 모니터링 결과 표시 (데이터 및 그래프 표시) - 엑셀 파일로 데이터 출력
속성정보	- 발생원단위(건축/주택/토목) - 용적환산계수(공통) - 건설폐기물 중간처리 지역별 단가(공통) - 건설폐기물 중간처리 계약 단가(공통) - 공정율별 건설폐기물 발생비율 설정(건축/주택) - 특수조건 입력(건축/주택) - 가설공사 바닥두께 설정(토목/플랜트) - 자재손실을 및 무게환산계수 설정(플랜트)	

가. 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 구성항목별 상세[기능별 설명]

기존 건설폐기물 발생량 예측 프로그램에 대한 사전 스터디를 통하여 건축/주택분야와 토목/플랜트분야 각각 다른 발생량 산출 방법을 적용하는게 적합하다고 판단하였으며, 이에 건축/주택은 발생원단위 방법을 채용, 토목/플랜트는 복합원단위를 채용하는 것으로 하여 요구기능에 따라 각각의 항목에 기능을 부여하였다. 각각 기능에 대한 설명은 예측방법에 따라 다르게 구성되었으므로 건축/주택분야 예측 프로그램의 기능, 토목/플랜트분야 예측 프로그램의 기능으로 분류하였으며 각 기능별 설명은 아래와 같다.

건설폐기물 발생량 예측	① 정보입력 기능 : 건설폐기물 발생량을 산출하기 위한 정보를 입력하는 곳으로써 <표 2-49>와 같이 건설폐기물 발생량 예측시 반드시 필요한 정보와 기타 정보로 나눈다. 필수정보는 발생량 예측시 계산로직에 필요한 정보이며, 기타 정보는 프로젝트에 기타 정보로써 한다. 건축/주택공사의 경우 용도, 구조, 연면적 정보를 통하여 산출되며, 토목공사의 경우 공사량 증감과 관련된 정보를 입력하며 터널공사는 굴착량(m^3), 교량공사, 포장공사는 콘크리트량(m^3), 가설공사는 바닥면적(m^2)을 입력을 통하여 산출되게 된다. 플랜트공사의 경우 건축공사 부분에 대한 공종별 투입 자재량 또는 시공량을 입력한다. 토목/플랜트 분야는 복합원단위(투입물량내역)를 이용하여 산출되게 된다.				
<표 2-49> 입력정보 분류					
건축/주택 공사	<table border="1"> <tr> <td>필수정보</td><td>- 공사기간, 지역, 시공/해체공사 선택, 용도, 구조, 연면적, 특수조건(옵션)</td></tr> <tr> <td>기타정보</td><td>- 건축면적, 대지면적, 시행사, 발주처 등</td></tr> </table>	필수정보	- 공사기간, 지역, 시공/해체공사 선택, 용도, 구조, 연면적, 특수조건(옵션)	기타정보	- 건축면적, 대지면적, 시행사, 발주처 등
필수정보	- 공사기간, 지역, 시공/해체공사 선택, 용도, 구조, 연면적, 특수조건(옵션)				
기타정보	- 건축면적, 대지면적, 시행사, 발주처 등				
토목공사	<table border="1"> <tr> <td>필수정보</td><td>- 토공사 토공량, 터널 굴착량, 교량 콘크리트량, 포장 콘크리트량, 가설공사 바닥면적 - 기타옵션: 문양거푸집 시공량, PHC파일 시공개수, 시멘트 포대 사용량, 밴트기초 콘크리트량 - 프로젝트명, 공종별 공사기간, 지역</td></tr> <tr> <td>기타정보</td><td>- 공사금액, 현장주소, 시행사, 발주처 등</td></tr> </table>	필수정보	- 토공사 토공량, 터널 굴착량, 교량 콘크리트량, 포장 콘크리트량, 가설공사 바닥면적 - 기타옵션: 문양거푸집 시공량, PHC파일 시공개수, 시멘트 포대 사용량, 밴트기초 콘크리트량 - 프로젝트명, 공종별 공사기간, 지역	기타정보	- 공사금액, 현장주소, 시행사, 발주처 등
필수정보	- 토공사 토공량, 터널 굴착량, 교량 콘크리트량, 포장 콘크리트량, 가설공사 바닥면적 - 기타옵션: 문양거푸집 시공량, PHC파일 시공개수, 시멘트 포대 사용량, 밴트기초 콘크리트량 - 프로젝트명, 공종별 공사기간, 지역				
기타정보	- 공사금액, 현장주소, 시행사, 발주처 등				
플랜트공사	<table border="1"> <tr> <td>필수정보</td><td>- 건축공사 공종별 시공량 또는 자재수량 - 공사기간</td></tr> <tr> <td>기타정보</td><td>- 공사내용, 현장주소, 시행사, 발주처, 공사종류</td></tr> </table>	필수정보	- 건축공사 공종별 시공량 또는 자재수량 - 공사기간	기타정보	- 공사내용, 현장주소, 시행사, 발주처, 공사종류
필수정보	- 건축공사 공종별 시공량 또는 자재수량 - 공사기간				
기타정보	- 공사내용, 현장주소, 시행사, 발주처, 공사종류				

	토목공사의 경우 모든 공사에서 일정한 규칙에 의하여 발생되지 않는 폐기물 발생원을 분류하였으며, 이 부분을 추가 반영하기 위하여 프로그램에 옵션 추가 기능을 부여하였다. ② 예측량 산출 및 표시기능 : 기본정보 입력 후 계산된 산출데이터를 표시하는 기능으로 신축공사의 경우 건축/주택분야는 공정율별, 토목/플랜트분야는 월별로 건설폐기물 예상 발생량 데이터를 표시하고, 산출된 데이터는 그래프 표시한다. 사용자가 산출된 데이터를 다양한 용도로 활용 할 수 있도록 산출된 데이터를 엑셀파일로 출력할 수 있다. 건설폐기물 발생량 뿐만 아니라 예상 처리비용까지 산출 할 수 있다. 해체공사는 짧은기간에 건설폐기물을 발생시키기 때문에 전체발생량만 산출하게 되며, 공정율별 발생량은 산출하지 않는다. 기타기능으로 누적량으로 볼 수 있고 단위환산을 통해 $\text{ton} \leftrightarrow \text{m}^3$ 단위로 볼 수 있다. ③ 대관서류 작성 기능 : ‘건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률’의거하여 현장 개설시 지자체에 ‘건설폐기물 처리계획서’를 지자체에 제출하여야 하며 문서 작성시 프로그램으로부터 건설폐기물 발생량데이터를 제공함으로써 업무의 편의성을 제공하게 된다. ④ 공사범위 변동사항 반영 기능 : 설계변경 등 공사량 변동으로 인해 발생하는 건설폐기물 예상 발생량을 추가 반영하기 위한 기능으로, 변동되는 공사변동량 및 변동기간을 입력하게 되면 최초 예상량에 가감하여 건설폐기물 발생량을 재 산출하게 된다. 이 기능을 통하여 예상발생량의 정확도를 높이고, 예측량과 실제발생량이 실질적으로 비교 모니터링 되도록하는 기능이다.
실제 건설폐기물 발생량 데이터 관리	건설폐기물 발생 및 처리시 “건설폐기물 관리대장”에 건설폐기물 발생 및 처리 내용을 입력함으로써 실제발생량을 공정율[월]별로 집계되며 발생량 뿐만 아니라 현장계약단가를 통하여 처리비용까지 집계된다. 집계된 데이터는 ‘건설폐기물 배출 및 처리실적보고서’작성에 필요한 건설폐기물 발생량 데이터를 제공한다. 관리대장 입력시 신축/해체를 구분하여 신축공사 중 발생하는 지장물 또는 가옥 철거 등 발생한 건설폐기물 발생

	량을 분류함으로써 신축공사시 발생하는 예측량과 실제발생량과 실질적인 모니터링이 가능하다.
예측량과 실제발생량 비교 모니터링	신축공사의 건설폐기물 예상발생량과 실제발생량을 공정일 지남에 따라 비교 모니터링하며 발생현황을 파악 할 수 있다. 또한 모니터링 기능을 통하여 예상발생량과 실제발생량을 눈으로 확인 할 수 있도록 그래프로 표시한다. 해체공사시는 공사기간이 짧기 때문에 공정을별 발생량 모니터링 기능은 부여하지 않았다.
속성정보 입력사항	① 발생원단위[공통] : 건설폐기물 발생량 예측을 위한 기초데이터로써 건축/주택분야는 용도(주거용, 비주거용) 및 구조(RC, SRC, S)로 분류, 토목공사는 터널공사, 교량공사, 포장공사, 가설공사로 분류하여 발생원단위 입력 및 관리 하며, 플랜트공사의 건축공사는 공종별로 복합원단위 입력 및 관리하는 기능을 한다. 입력방법은 직접입력 또는 엑셀 양식에 입력 후 업로드를 통해서 수정이 가능하다. ③ 가설시설물 철거시 폐기물 산출 속성정보[토목/플랜트] : 토목공사시 가설시설물이 다양하게 설치가 되며, 시설물의 규모 및 개수에 따라 철거에 의한 건설폐기물이 발생되게 된다. 건설폐기물은 콘크리트 바닥 철거에 의해 발생되기 때문에 콘크리트 바닥 두께를 설정하여 발생량이 산출되도록 설정 할 수 있다. ② 건설폐기물 발생비율 입력[건축/주택] : 신축공사시 공정율에 따른 건설폐기물 발생량을 산출하기 위하여 건축물의 용도, 구조별로 구분하고 건설폐기물 종류마다 공사착공부터 준공시까지 발생패턴을 분석하여 공정을 10%단위로 발생비율을 산출하여 적용하였으며, 공정을 10%단위로 발생량을 예측하게 된다. 공정을 단위를 10%로 설정한 근거는 비슷한 용도, 구조의 공사일지라도 주변환경 및 기타 요소들에 의해 공정 및 공종이 달라지는데 그러한 세부적인 변화를 모두 반영할 수 없다고 판단하여 10%단위로 분류하였다. 건설폐기물 발생 패턴 분석은 주거용(공동주택), 비주거용(RC, S, SRC)의 발생된 건설폐기물 데이터를 이용하여 분석하였다. ② 용적환산계수[공통] : 건설폐기물의 발생량 단위를 ton과 m³으로 변환시킬

	수 있는 지수로써 “환경부예규 제249호(2004년) 방치폐기물처리이행보증 업무처리지침 내 <별표 1> 폐기물 종류별 비중 예시(참고자료)”를 참고하였으며, 폐목재 및 폐보드류에 대한 용적환산계수는 누락되어 있어 일본 “산업폐기물 정보센터”에서 제공되는 용적환산계수를 적용하였다. ④ 특수조건[건축/주택] : 건설폐기물 발생원단위는 통계학적인 개념으로 산출된 지수로써 건설폐기물 발생량 산출시 표준적인 건설폐기물 발생량을 산출할 수 있으나, 공사조건에 의해 폐기물 발생량 변화를 반영할 수 없기 때문에 특정구간에 건설폐기물 발생량을 증가시킬 수 있는 기능을 부여하였다. 폐기물 발생원단위방식으로 발생량 예측에 한계점을 일부 보완하기 위한 기능이라 할 수 있다. 예를 들어 지반 조건 또는 건축물의 하중에 따라 지정공사인 콘크리트 파일 시공량이 달라지며, 콘크리트 파일의 두부정리도 인해 발생하는 폐콘크리트 발생량은 전체 폐콘크리트 발생량에 큰 영향을 준다. 콘크리트 파일 시공량이 연면적 증감량에 비례하지 않고 지반조건에 영향이 크기 때문에 특수 조건으로 반영하였다. ⑤ 지역별단가 및 현장계약단가 : 지역별단가는 예상처리비용을 개략 산출하기 위하여 입력하게 되며, 현장계약단가는 실제 현장에서 처리된 발생폐기물 처리비용을 산출하기 위하여 입력하는 정보이다. 즉 지역별단가는 예측시, 현장 계약단가는 실제처리비용 산출시 사용된다.
--	---

나. 건설폐기물 발생량 산출 로직 설계

(1) 건축/ 주택분야

■ 건축/ 주택분야 건설폐기물 예상발생량 산출식

건축/ 주택분야의 건설폐기물 발생량은 본 연구에서 산정된 원단위를 적용하여 아래와 같은 식에 의하여 발생량을 산출한다. 발생원단위로 산출시 현장의 특수한 조건을 반영하기 위하여 특수조건을 반영하였으며 각 산출식은 아래와 같다. 특수조건 중 콘크리트 파일 두부정리량에 의한 폐콘크리트 발생량은 파일시공개수에 1m 커팅량을 적용하고 각 구경별 단위중량은 ‘KS F 4306 프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝’의 PHC 말뚝의 중량표를 사용하여 <표 2-50>과 같이 단위질량을 산정하였다. Top-Down공법 적용시 일반적으로 콘크리트 흙막이

에 들어가는 철근을 가공 및 조립하기 위한 작업장소에 콘크리트 바닥을 구축하고 나중에 제거를 하면서 폐콘크리트가 발생되는 양 및 가이드월 철거량을 산출 하는 것으로써 건축면적에 타설두께를 곱하고 무근콘크리트 밀도인 2.2t/m^3 을 곱하여 산출한다. 일반적인 경우이기 때문에 가설바닥 미설치시 선택하지 않아도 된다.

※ 건설폐기물 발생량 산출식

- 건설폐기물 종류별 예상 총 발생량(A_t) = 연면적(B) × 건설폐기물 종류별 발생원단위(C)
- 공정율별 건설폐기물 발생량(A_s) = 건설폐기물 종류별 예상 총 발생량(A_t) × 각 공정율별 발생율(%)

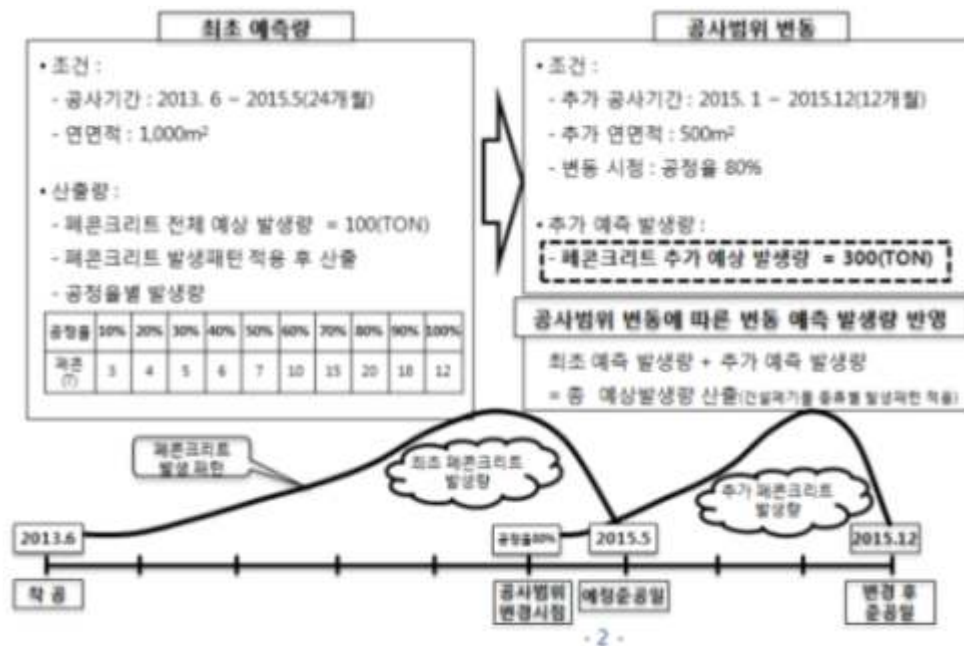
※ 특수조건에 의한 건설폐기물 발생량 산출식

- 콘크리트파일 두부정리 = 파일시공개수(ea) × 1(m) × 단위질량(t/m)[파일구경별 단위질량적용]
- Top Down공법 적용 = 건축면적(m^2) × 바닥두께(m) × $2.2(\text{t/m}^3)$

<표 2-50> PHC파일 단위질량표

	파일구경(mm)											
	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
단위 질량 (t/m)	0.1171	0.1414	0.1771	0.2171	0.2743	0.3743	0.4900	0.6200	0.7643	0.9229	1.0971	1.2857

공사가 진행됨에 따라 공사범위 변경이 이루어지고 그로인해 건설폐기물 발생량도 변화되기 때문에 [그림 2-25]과 같은 원리에 의하여 건설폐기물 예상발생량을 재산출 할 수 있다. 공사범위라 하면 연면적 변동과 공시기간 변동에 의한 건설폐기물 발생량 변화를 말하며, 연면적 변화 및 공사범위 변동이 있을 때만 변경내용을 반영하여 재산출 한다. 연면적 증가 또는 감소는 건설폐기물 발생량에 증감변화를 시키고, 공사기간 변동은 공정율별 발생량을 변화시킨다.



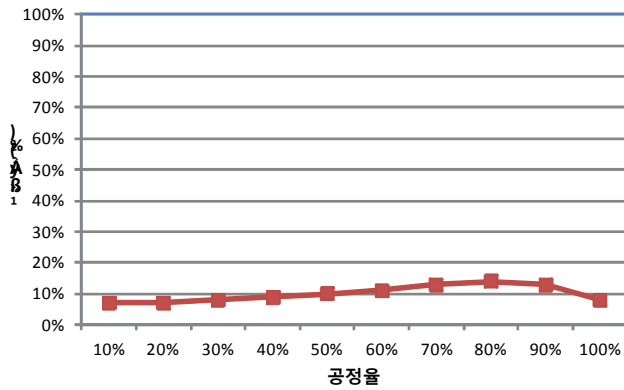
[그림 2-25] 건설폐기물 예상 발생량 자동 변경 산출 원리(폐콘크리트)

■ 공정율별 건설폐기물 발생량 산출 방법

건축물의 용도, 구조별로 각 건설폐기물 종류마다 발생패턴을 분석하여 공정율별 발생비율을 산출했다. 발생원단위를 통하여 산출된 전체 발생량을 공정율별 발생비율로 곱하여 공정율별 건설폐기물 발생량을 산출하게 된다. 건설폐기물 종류마다 발생패턴 분석은 아래 <표 2-51>, <표 2-52>와 같이 공동주택 30개 현장, 건축 20개 현장에서 발생된 건설폐기물 발생 현황을 분석하여 공정율별 발생패턴을 도출하였다. 아래 분석된 용도, 구조에 따른 건설폐기물 발생 패턴은 실제 현장에서 발생된 발생데이터를 이용하여 평균적으로 산출한 것으로써 모든 현장의 실제발생 패턴과 동일하다 할 수 없다.

<표 2-51> 건설폐기물 발생량 패턴 분석(공동주택 30개 현장)

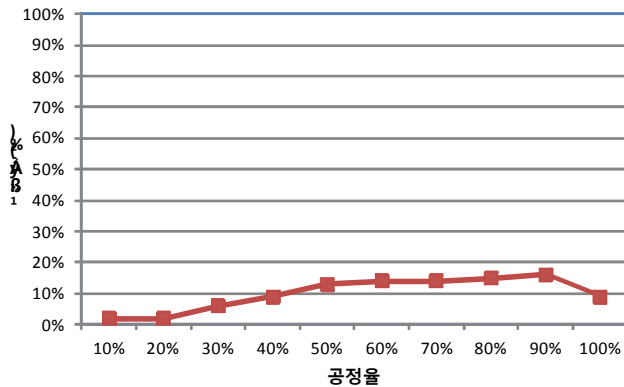
건설폐기물 발생 패턴 그래프	분석 내용
▶ 폐콘크리트 발생 패턴 분석	폐콘크리트는 콘크리트 타설 후 잔재, 거푸집 탈형 후 부스러기, 할석, 조적 잔량, 모르타르, 가설시설물 철거 등에 의해서 전체 공사기간동안 꾸준히 발생 되며, 공정율 80~90%에서 가설도로, 가설사무실 기초, 타워크레인 기초 등 해체에 의해서 가장



[그림 2-26] 페콘크리트 발생 패턴

많이 발생된다. 그러나 구조형식과 상관없이 공사초기에 지정공사로 인한 콘크리트 파일공사를 시공하게 되면 파일두부 정리에 의한 페콘크리트가 다량으로 발생된다. 파일시공량에 따라, 지반조건에 따라 페콘크리트 발생량이 크게 차이가 나기 때문에 발생패턴에서 제외하고 특기사항으로 반영하였다.

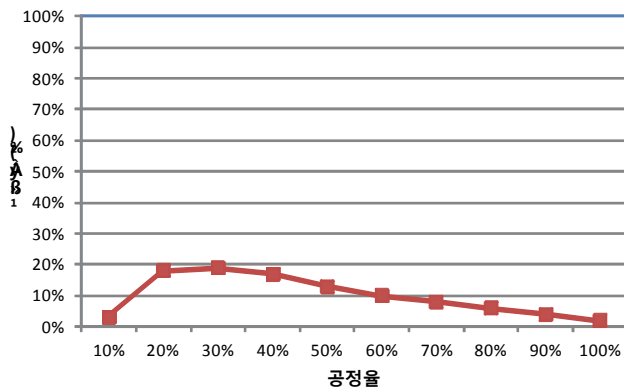
▶ 폐합성수지 발생 패턴 분석



[그림 2-27] 폐합성수지 발생 패턴

폐합성수지는 공정이 진행됨에 따라 다양한 공종이 복합적으로 이루어지며, 공정을 50~90% 사이에 주로 발생된다. 발생요인은 포장재, 보온재, 내부 마감재, 가설재 철거 등에 의해 발생된다.

▶ 폐목재 발생 패턴 분석

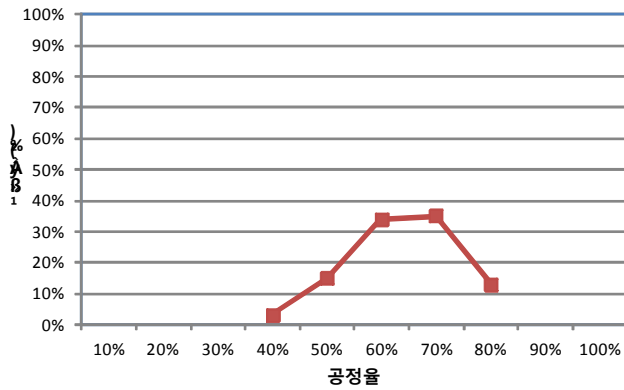


[그림 2-28] 폐목재 발생 패턴

폐목재는 주로 골조공사 및 자재반입에 의한 목재파렛트에 의해 발생되며, 내장 목공사시에도 발생되나 소량 발생된다. 특히 최근 공동주택 현장에서는 Alform 거푸집 사용 증가 및 지하주차장 PC화로 폐목재 발생량은 감소하는 추세이다. 반면 부대복리시설 및 상가 건축 등 소규모 건축물 축조시 여전히 유로폼 및 목재거푸집을 사용하고 그로인해 폐목재가 다량 발생된다.

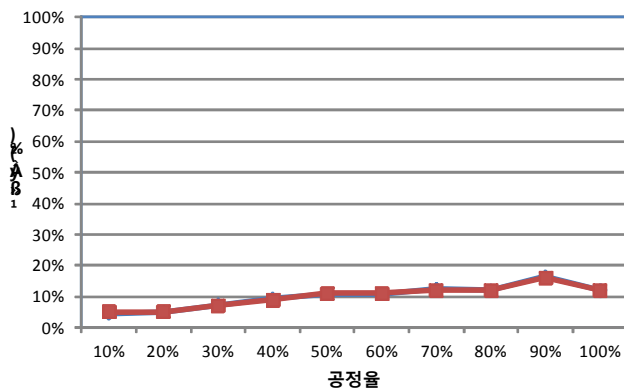
▶ 폐보드류 발생 패턴 분석

공동주택에서 폐보드류는 주로 석고보드이며, 석고보드는 내장공사(수장공사)에서 집중적으로 발생된다.



[그림 2-29] 폐보드류 발생 패턴

▶ 혼합건설폐기물 발생 패턴 분석

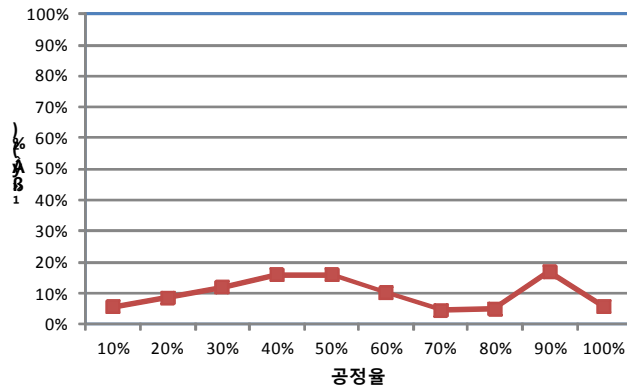


[그림 2-30] 혼합건설폐기물 발생 패턴

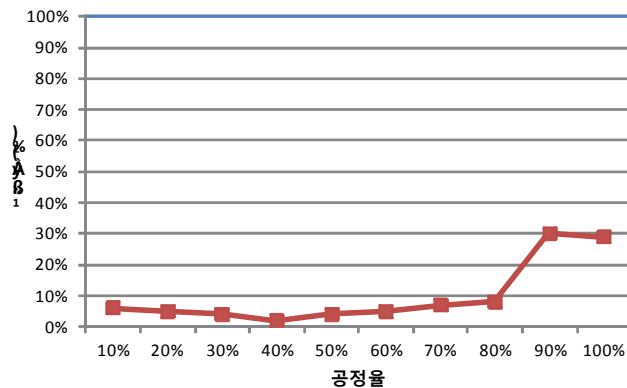
혼합건설폐기물은 공사가 진행에 됨에 따라서 다양한 공종이 동시다발적으로 이루어지고 이에 따라서 투입되는 재료량 및 종류가 증가하게 되면서 혼합된 형태로 발생하게 된다. 혼합건설폐기물은 전체적으로 꾸준히 발생되고 준공청소시기에 최대한 분류선별을 하더라도 다양한 폐기물이 혼합되어있어 혼합건설폐기물이 다량 발생된다.

<표 2-52> 건설폐기물 발생량 패턴 분석(건축 20개 현장)

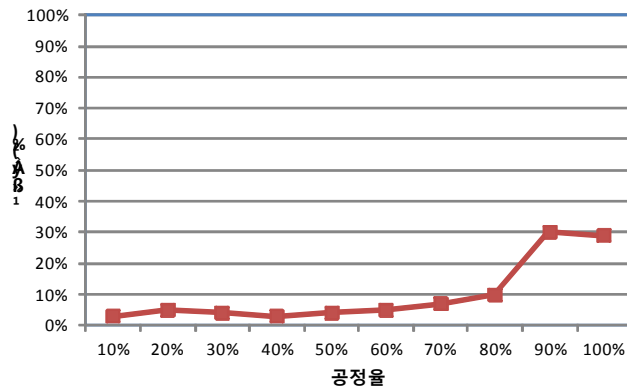
▶ 폐콘크리트 발생 패턴 분석



[그림 2-31] 폐콘크리트 발생 패턴(RC조)



[그림 2-32] 폐콘크리트 발생 패턴(SRC조)



[그림 2-33] 폐콘크리트 발생 패턴(S조)

RC조 : 폐콘크리트는 콘크리트 타설 후 잔재, 거푸집 탈형 후 부스러기, 할석, 조적 잔량, 모르타르 등에 의해서 발생된다. 공정을 40~50%에서 골조 및 내부 습식공사가 동시진행으로 인해 발생량이 많으며, 공정을 80~90%에서 가설도로, 가설사무실 기초, 타워크레인 기초 등 철거에 의해서 가장 많이 발생된다.

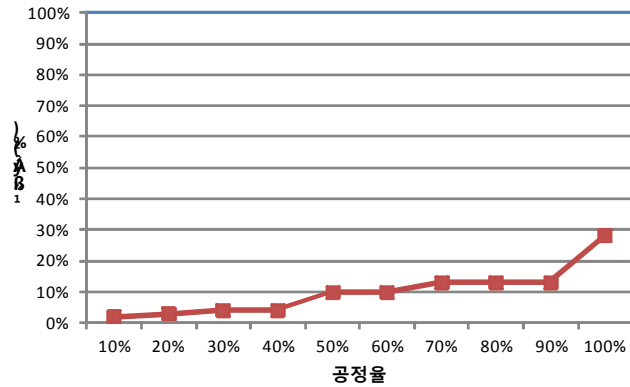
SRC조 : H빔을 심재로 주위를 콘크리트 타설하여 형성된 복합골조 구조인 SRC 구조는 80~90%에서 가설도로, 가설사무실 기초, 타워크레인 기초 등 해체에 의해서 가장 많이 발생하였으며 SRC조와 RC조는 콘크리트 사용량 및 공법에 차이로 인해 발생량 패턴이 다르게 발생된다.

S조 : 발생 패턴은 SRC조와 유사하게 나타났으며, 건설폐기물이 가장 많이 발생하는 원인은 가설도로, 가설사무실 기초, 타워크레인 기초 등 해체에 의한 발생이 가장 많다.

구조형식과 상관없이 공사초기에 지정공사로 인한 콘크리트 파일공사를 시공하게 되면 파일두부 정리에 의한 폐콘크리트가 다량으로 발생된다. 파일시공량에 따라, 지반조건에 따라 폐콘크리트 발생량이 크게 차이가 나기 때문에 발생패턴에서 제외하고 특기사항으로 반영 하였다.

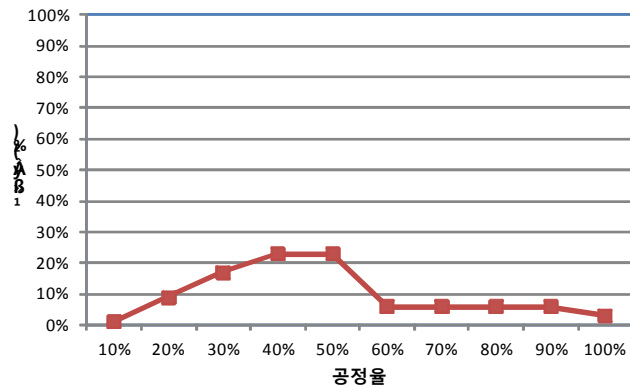
▶ 폐합성수지 발생 패턴 분석

폐합성수지는 공정이 진행됨에 따라 다양한 공정 및 투입재료량이 증가함에 따라서 공정을 50~90% 사이에 주로 발생되며, 포장재, 보온재, 내부 마감재 등에 의해 발생된다.

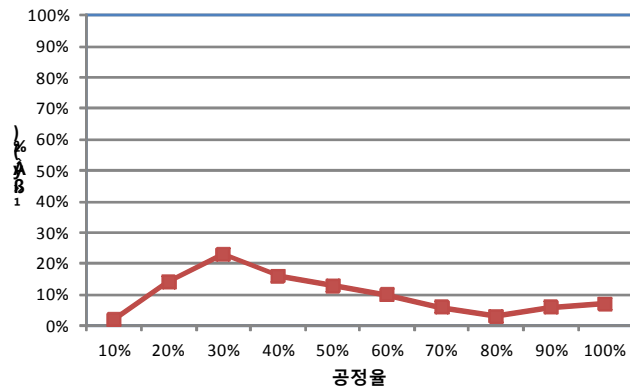


[그림 2-34] 폐합성수지 발생 패턴(RC/SRC/S조)

▶ 폐목재 발생 패턴 분석



[그림 2-35] 폐목재 발생 패턴(RC조)

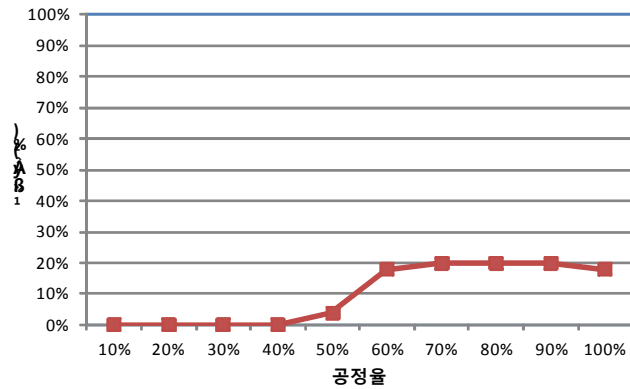


[그림 2-36] 폐목재 발생 패턴(SRC조)

RC/SRC조 : 폐목재는 주로 골조공사와 가장 밀접하게 발생되며, 골조 이후 자재 반입시 포장재로 들어오는 목재파렛트에 의해 주로 발생된다. 내장 목공사시에도 발생되나 그 양이 많이 발생지 않는다.

▶ 폐보드류 발생 패턴 분석

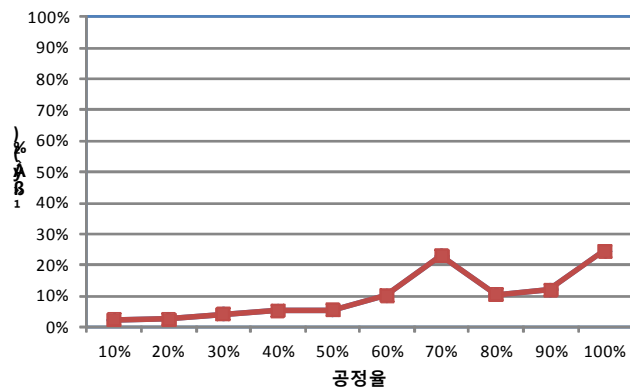
폐보드류는 주로 석고보드이며, CRC보드, 천정재 등에서도 발생되며, 주로 내장 공사(수장공사)에서 집중적으로 발생된다. 일반건축공사는 주로 라멘구조이며 RC, SRC, S조와 상관없이 동일한 발생패턴을



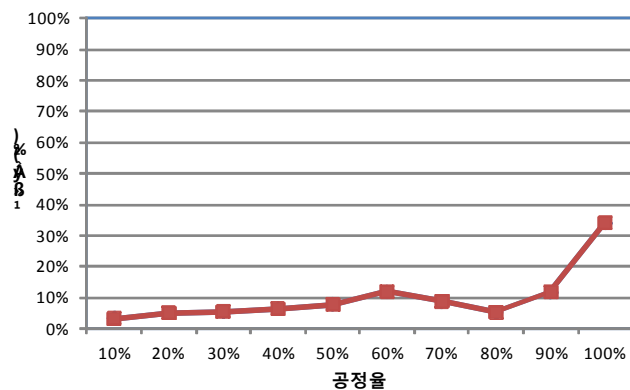
[그림 2-37] 폐보드류 발생 패턴(RC/SRC/S조)

나타낸다.

▶ 혼합건설폐기물 발생 패턴 분석

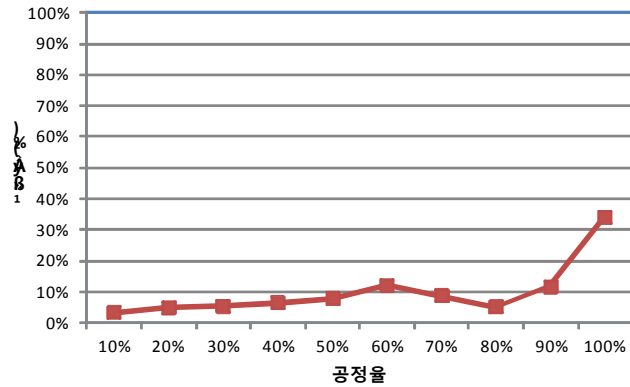


[그림 2-38] 혼합건설폐기물 발생 패턴(RC조)



[그림 2-39] 혼합건설폐기물 발생 패턴(SRC조)

혼합건설폐기물은 공사가 진행에 됨에 따라서 다양한 공종이 동시에 이루어지고 이에 따라서 투입되는 재료량 및 종류가 증가하게 되어 폐기물 발생량이 증가한다. 구조형식에 따라 투입되는 재료 및 공법에 차이가 있어 발생패턴이 다르게 나타난다.



[그림 2-40] 혼합건설폐기물 발생 패턴(S조)

(2) 토목분야

■ 토목분야 건설폐기물 예상발생량 산출식

토목분야의 건설폐기물 발생량은 본 연구에서 산정된 복합원단위(자재투입량/시공량)를 적용하여 아래와 같은 식에 의하여 발생량을 산출한다. 발생원단위로 규칙적인 발생량을 산출할 수 없는 항목에 대해서는 추가 옵션기능을 부여하여 추가 산출될 수 있도록 반영하였다. 옵션사항 중 터널공사에서 문양거푸집 시공량, 시멘트포대 사용량을 입력하여 폐합성수지 발생량을 추가 산출 반영하였으며, 교량공사에서는 문양거푸집 시공량, 시멘트 사용량, 뱀트기초 콘크리트 사용량, 콘크리트 파일 시공량을 입력함으로써 건설폐기물 발생량을 산출할 수 있도록 하였다.

콘크리트 파일 두부정리량에 의한 폐콘크리트 발생량은 파일시공개수에 1m 커팅량을 적용하고 각 구경별 단위중량은 ‘KS F 4306 프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝’의 PHC 말뚝의 중량표를 사용하여 <표 2-40>과 같이 단위질량을 산정하였다.

※ 건설폐기물 발생량 산출식

– 건설폐기물 종류별 예상 총 발생량(A_t) = 토공사(e)+터널공사(t)+교량공사(b)+포장공사(p)+가설시설물철거(tm)

• 토공사(e) = 토공사량(깎기+돌기+터파기량)(m^3) × 발생원단위(t/m^2) = 폐합성수지 발생량

• 터널공사(t) = 굴착량(전단+상단+하단굴착량)(m^3) × 발생원단위(t/m^3) = 폐콘크리트, 폐목재 발생량

• 교량공사(b) = 콘크리트량(m^3) × 발생원단위(t/m^3) = 폐콘크리트, 폐목재, 폐합성수지 발생량

• 포장공사(p) = 콘크리트량(m^3) × 발생원단위(t/m^3) = 폐콘크리트, 폐합성수지 발생량

• 가설시설물철거(tm) = 가설시설물바닥면적(현장사무실, 감독사무실, 실험실, 식당 등 모든 가설시설물) × 바닥두께(m) × 2.2(t/m^3)콘크리트 밀도) = 폐콘크리트 발생량

– 공정별(월) 건설폐기물 발생량(A_s) = $\sum$ [(공사구간별 건설폐기물 총 발생량(A_t) ÷ 공사구간별 공사기간(월)]

※ 추가옵션에 의한 건설폐기물 발생량 산출식

– 문양거푸집 시공량 = 시공면적(m^2) × 단위질량(t/m^2)

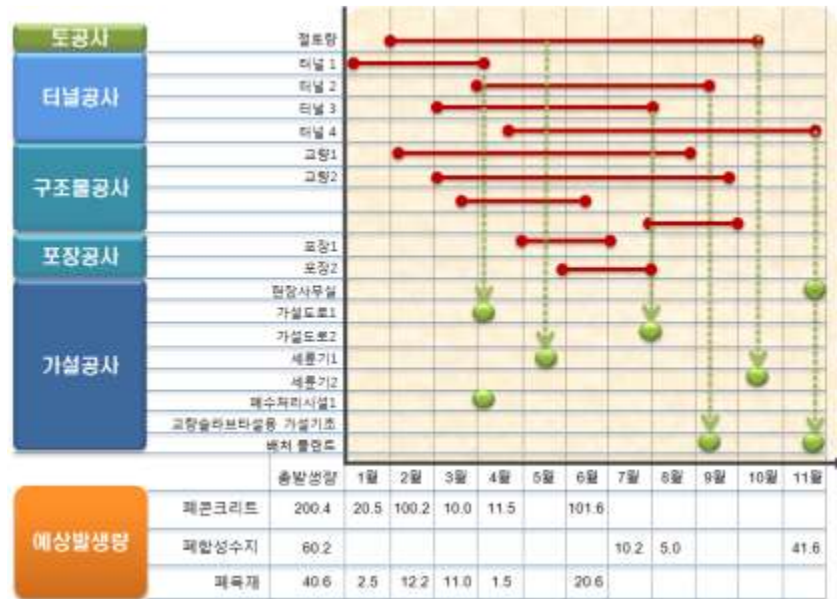
– 시멘트포대량 = 시멘트포대수(ea) × 단위질량(t/ea)

– 콘크리트파일 두부정리 = 파일시공개수(ea) × 1m × 단위질량(t/m)[파일구경별 단위질량적용]

– 댐트기초 콘크리트 사용량 = 콘크리트량(m^3) × 2.2(t/m^3)

■ 월별 건설폐기물 발생량 산출 방법

토목공사는 건축물공사와 다르게 구조물의 변화가 수직적인 변화가 아닌 수평적인 변화로 인해 공사 중 예측 불허의 상황이 많이 발생되기 때문에 상황에 따라서 공정 및 공법이 자주 변화된다. 대부분 사전조사에 의하여 예측하지만 모든 변화를 예측하기는 어렵기 때문에 각 구간마다의 공사기간에 발생하는 건설폐기물 발생량을 월별로 나누어 등분포로 발생되도록 설정하였다. 각 구간이라 하면 각 터널이름, 교량이름 단위로 분류하는 것을 말하며, [그림 2-41]과 같이 바차트에 구간별로 건설폐기물이 등분하여 발생되고 월별로 합산하여 산출한다.



[그림 2-41] 공정(월)별 건설폐기물 발생량 산출 모식도

(3) 플랜트분야

■ 플랜트분야 건설폐기물 예상발생량 산출식

플랜트분야의 건설폐기물 예상발생량은 투입되는 자재량 또는 시공량을 이용하여 손실율(건설폐기물 발생율)을 곱해 건설폐기물 발생량을 산출하는 방식이다. 각 자재마다, 설계조건에 따라 다양한 재료와 구조시스템을 갖고 있지만 일반적인 시공 기준 및 재료할증율, 전문건설업체 담당자 설문을 반영하여 손실율(건설폐기물 발생율)을 산출하였다. 실질적인 투입자재를 기반으로 산출하는 방식으로 특수조건 및 추가옵션조건을 반영하는 기능은 불필요하기 때문에 적용하지 않았으며 각 공종별 건설폐기물 발생량 산출식은 아래와 같다.

콘크리트 파일 두부정리량에 의한 폐콘크리트 발생량은 파일시공개수에 1m 커팅량을 적용하고 각 구경별 단위중량은 ‘KS F 4306 프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝’의 PHC 말뚝의 중량표를 사용하여 <표 2-40>과 같이 단위질량을 산정하였다.

※ 건설폐기물 발생량 산출식

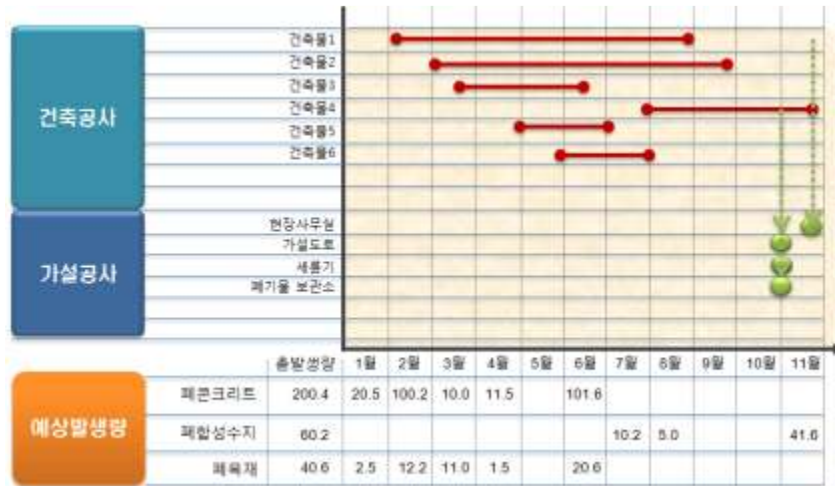
– 건설폐기물 종류별 예상 총 발생량(A_i) = $\sum$ (공종별 건설폐기물 발생량)

- 콘크리트 파일공사(p) = 콘크리트 파일시공량(ea) × 단위질량(t/m) = 폐콘크리트 발생량
- 콘크리트공사(c) = 콘크리트량(m^3) × 손실율(%) × 질량환산계수(t/m^3) = 폐콘크리트 발생량
 $=$ 콘크리트량(m^3) × 발생원단위(t/m^3) = 폐목재 발생량
 $=$ 콘크리트량(m^3) × 발생원단위(t/m^3) = 폐합성수지 발생량
- 조적공사(b) = 벽돌량(ea) × 손실율(%) × 단위질량(t/ea) = 폐콘크리트 발생량
 $=$ 벽돌량(ea) × 발생원단위(t/ea) = 폐합성수지 발생량
 $=$ 블록시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/ea) = 폐콘크리트 발생량
 $=$ 블록시공면적(m^2) × 발생원단위(t/m^2) = 폐합성수지 발생량
- 미장(방수)공사(f) = 미장면적(m^2) × 손실율(%) × 질량환산계수(t/m^2) = 폐콘크리트 발생량
 $=$ 미장면적(m^2) × 발생원단위(t/m^2) = 폐합성수지 발생량
- 타일공사(t) = 타일시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐타일 발생량
 $=$ 비닐타일 시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐합성수지 발생량
- 천정공사(ce) = 시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐보드류 발생량
- 건식벽체공사(w) = 시공면적(m^2)[한면/양면] × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐보드류 발생량
- 석공사(s) = 시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐석재 발생량
- 판넬공사(pn) = 시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐판넬 발생량
- 치장벽돌공사(bo) = 시공면적(m^2) × 손실율(%) × 단위질량(t/m^2) = 폐벽돌 발생량
- 청소(d) = 건설폐기물 예상발생량(m^2) × 발생율(%) = 혼합건설폐기물 발생량
- 가설시설물철거(tm) = 가설시설물바닥면적(현장사무실, 감독사무실, 실험실, 식당 등 모든 가설시설물) × 바닥두께(m) × $2.2(t/m^3)$ 콘크리트 밀도) = 폐콘크리트 발생량

– 공정별(월) 건설폐기물 발생량(A_s) = $\sum$ [(공종별 건설폐기물 총 발생량(A) ÷ 공사구간별 공사기간(월))

■ 월별 건설폐기물 발생량 산출 방법

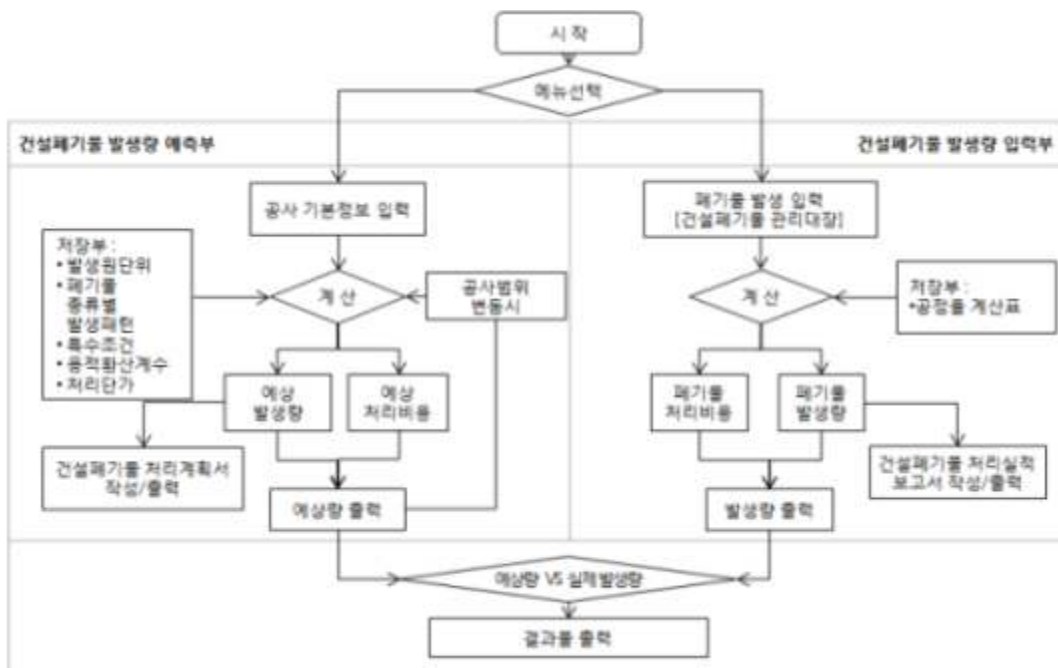
플랜트공사의 건설폐기물은 건축물 단위로 발생량을 산출하고 산출된 발생량은 건축공사의 건설폐기물 발생패턴을 적용하여 월별로 발생량을 산출한다. 각 건축물별 산출한 월별 발생량은 각 월별 발생량을 집계하여 프로젝트 전체에서 발생하는 건설폐기물량을 집계하여 산출한다. [그림 2-42]는 플랜트공사 월별 발생량을 산출하는 모식도이다.



[그림 2-42] 공정(월)별 건설폐기물 발생량 산출 모식도

4. 건설폐기물 발생량 예측 프로그램

본 프로그램을 개발하기 위하여 먼저 요구기능을 분석하고 그 기능에 맞추어 구성항목을 도출 하였으며, 각 기능을 구현하기 위한 계산로직을 세우고 [그림 2-43]과 같은 프로세스에 따라 프로그램을 구성하였다. 본 프로그램은 크게 건설폐기물 발생량 예측부와 실제발생량 데이터관리부로 나뉘며 두 개의 데이터를 이용하여 최종적으로 모니터링하는 프로세스를 갖고 있다. 이 프로세스 안에 요구하는 기능들을 각각 삽입하였으며 주요기능은 <표 2-53>과 같다. 상세한 사용 방법은 부록‘사용자 매뉴얼’을 통하여 확인할 수 있다.



[그림 2-43] 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 프로세스

[그림 2-44]는 건설폐기물 발생량 예측 프로그램의 메인화면이며 왼쪽 카테고리에 건축/주택, 토목, 플랜트공사로 분류하고 각 공사별‘건설폐기물 발생량 예측, 실제 발생량[처리실적] 입력, 예상량과 실제발생량 비교 모니터링, 속성정보 입력’으로 크게 분류하고 있다. 본 프로그램의 주요 기능은 <표 2-53>과 같으며 각 기능을 프로그램에 구현하였다.



[그림 2-44] 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 메인화면

☐ 신축/해체공사 건설폐기물 발생량 예측 기능

- 공정율[신축공사시]에 따른 건설폐기물 종류별 발생량 및 처리비용 예측
- 건설공사의 특수조건에 의해 변화되는 건설폐기물 발생량 예측
- 신축공사시 공사범위 변동에 따른 예측 발생량 자동 변경

☐ 신축/해체공사 실제 발생한 건설폐기물 발생량데이터 관리 기능

- 건설폐기물 관리대장 작성
- 작성된 관리대장 데이터 집계 및 공정율(월)별 발생량 집계

☐ 예측량과 실제 발생량 비교 모니터링 기능

- 공정율에 따른 예측량과 실제발생량 및 처리비용 비교 모니터링

☐ 건설폐기물 관련 대관 서류 작성 기능

- 건설폐기물 처리계획서, 관리대장, 처리실적보고서 작성
- 프로그램에 산출 및 집계된 건설폐기물 발생량 데이터 제공

☐ 산출된 건설폐기물 데이터 엑셀파일로 출력

- 건설폐기물 예측량, 관리대장 입력데이터, 비교모니터링 데이터 엑셀파일로 출력
-

가. 신축/해체공사 건설폐기물 발생량 예측

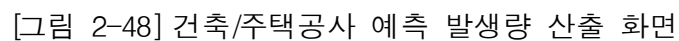
(1) 공정율[월]에 따른 건설폐기물 종류별 발생량 및 처리비용

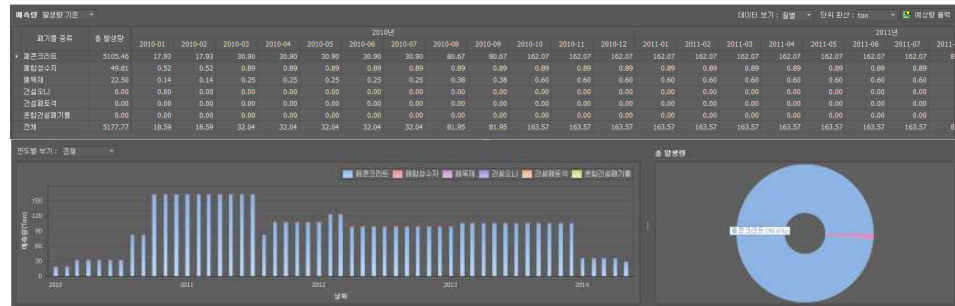
각 공사에서 ‘예측하기’ 클릭하고 프로젝트 기본정보 입력을 통하여 건설폐기물 발생량 및 예상처리비용을 건설폐기물 종류 및 공정율에 따라 예측량을 산출한다. 해체공사의 경우 공사기간이 짧고 공사 중 발생량 기능이 불필요하기 때문에 공정율 발생량 산출 하지 않고 전체 발생량만 산출된다. 건축/주택공사, 플랜트공사는 모두 건축물공사로써 건설폐기물 종류, 용도, 구조에 따라 발생패턴을 적용하여 각 공정율별 발생량을 산출하게 된다. 토목공사의 경우 터널, 교량, 토공사가 복합적으로 진행되기 때문에 건설폐기물 일정한 패턴으로 발생되지 않아 각 공사구분마다 등분포로 발생되도록 배분하고 각 공사를 월별로 집계하여 건설폐기물 발생량을 산출한다. 산출데이터 상부에 발생량기준/ 처리비용기준 선택에 따라서 예상발생량 및 예상처리비용이 산출되며, 공정율(월)별 발생량/ 누적 발생량을 선택하여 볼 수 있다. 건설폐기물

데이터 단위는 기본적으로 질량(ton)단위를 사용하며 용적(m³)단위로 환산하여 볼 수 있다. 산출데이터는 그래프로 나타내어 시각적인 정보를 제공한다.

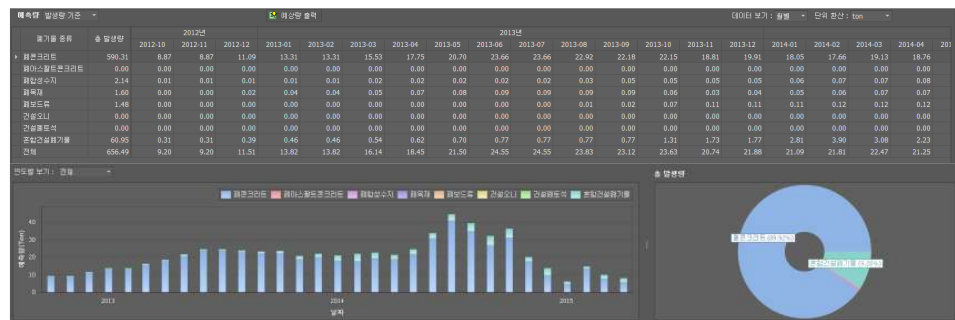
절 차	프로그램 화면
프로젝트 기본정보 입력	 [그림 2-45] 건축/주택공사 정보입력 화면  [그림 2-46] 토목공사 정보입력 화면

[그림 2-47] 플랜트공사 정보입력 화면





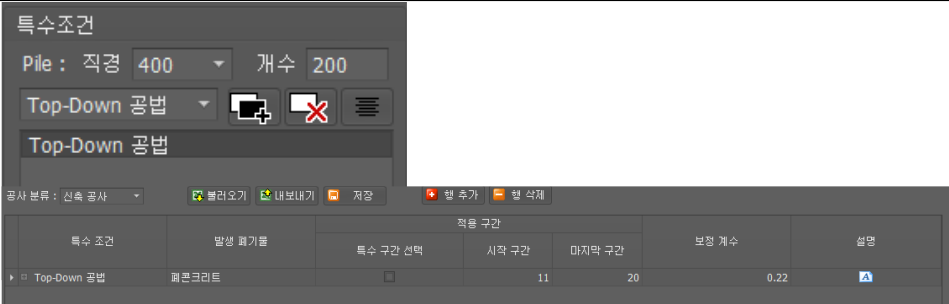
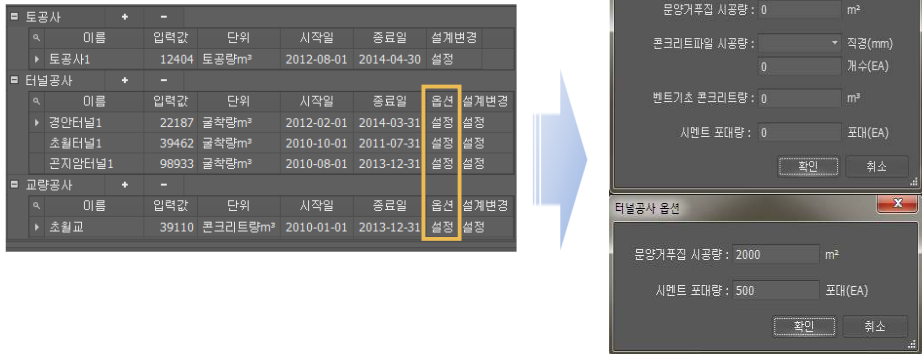
[그림 2-49] 토목공사 예측 발생량 산출 화면



[그림 2-50] 플랜트공사 예측 발생량 산출 화면

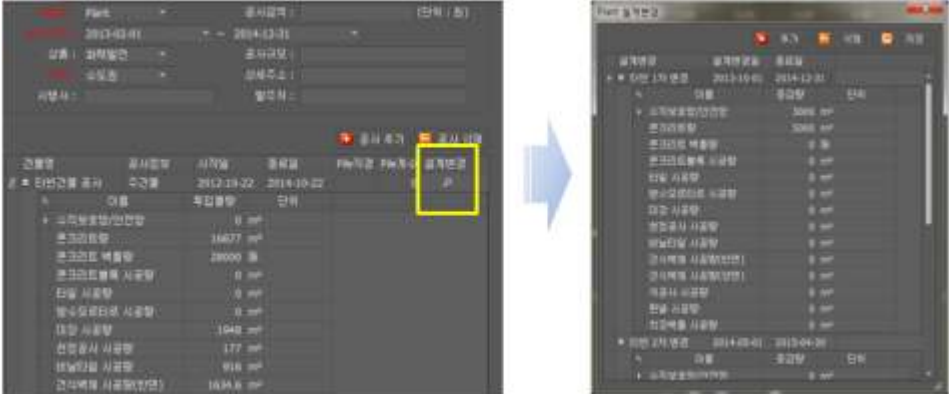
(2) 발생원단위 산출로 인한 추가 보완 기능

표준 발생원단위의 단점은 다양한 현장 조건을 반영할 수 없기 때문에 건설폐기물 발생량 변화에 기여하는 조건들을 추가 반영하기 위한 기능이다. 본 프로그램에는 건축/주택공사의 경우 기본적으로 콘크리트 파일 두부정리량과 Top-Down공법시 사용되는 가설 콘크리트 바닥 철거량, 가이드월 철거량을 반영하였으며, 사용자가 필요에 의하여 추가 사항이 있는 경우 추가 반영 할 수 있도록 설계하였다. 토목공사의 경우 옵션기능으로 추가하여 콘크리트파일 두부정리량, 밴트기초 철거량, 시멘트 포대량, 문양 거푸집량 입력을 통하여 건설폐기물 발생량이 추가 산출되도록 함으로써 예측치의 정확도를 높일 수 있다.

절 차	프로그램 화면
특수조건 입력 및 설정 / 옵션추가 기능	 [그림 2-51] 건축/주택공사 특수조건 입력 및 특수조건 추가 설정 화면  [그림 2-52] 토목공사 옵션 추가 화면

(3) 신축공사시 공사범위 변동에 따른 예측 발생량 자동 변경

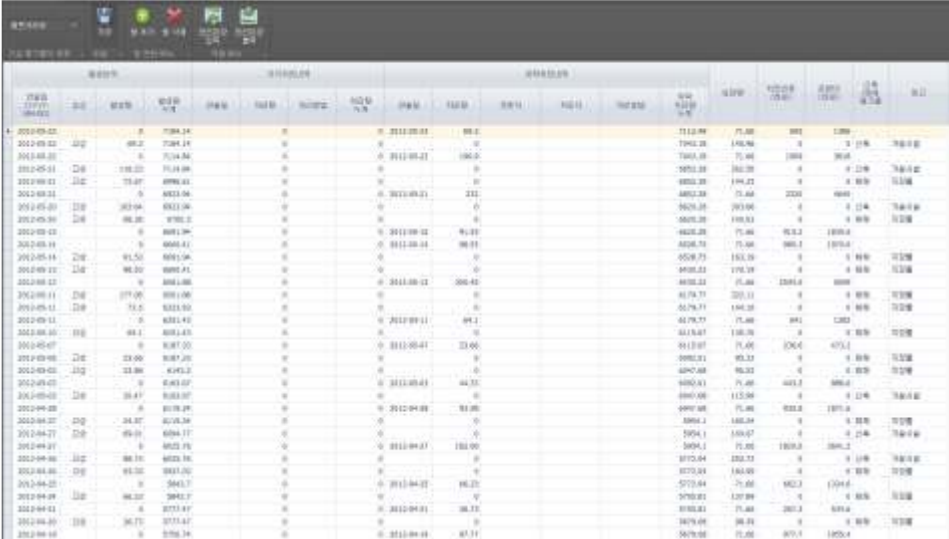
시공중에 설계변경 등에 의하여 공사량이 추가 또는 감소에 의해 공사범위가 변동되면 최초에 예상한 발생량과 실제발생량에 차이가 발생하기 때문에 공사량 변동에 대하여 반영하기 위한 기능으로써 예상발생량의 정확도를 높이기 위한 기능이다. ‘설계변경(설정)’을 클릭하여 정보 입력 후 저장하여 계산을 클릭하게 되면 변경된 내용으로 예상량이 재 산출하게 된다. 특히 토목공사와 같이 공사규모가 큰 경우 설계변경이 자주 발생되기 때문에 리비전 관리가 반드시 필요하다.

절 차	프로그램 화면
공사범위 변경 입력	 [그림 2-53] 건축/주택공사 공사범위 변경 화면
	 [그림 2-54] 토목공사 공사범위 변경 화면
	 [그림 2-55] 플랜트공사 공사범위 변경 화면

나. 신축/해체공사 실제 발생된 건설폐기물 발생량데이터 관리

‘건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률’에 따라 건설폐기물 관리대장에 건설폐기물 발생량, 처리량, 보관량 등 정보를 기록관리 해야 하며, 본 프로그램에서는 추가정보사항을 더 입력 할 수 있도록 반영하였다. 추가 정보입력사항은 발생한 건설폐기물이 신축분에서 발생한 폐기물인지, 신축공사시 발생한 철거분인지를 선택하는 신축/해체 분류, 처리비용 및 운반비용,

비고를 입력한다. 처리비용 및 운반비용은 속성정보 내 현장계약단가 입력을 통하여 자동 산출하게 된다. 건설폐기물 발생 및 처리실적을 입력함으로써 공정율(월)별 발생량이 집계되고 그 래프로 확인 할 수 있다.

절 차	프로그램 화면
실적 건설폐기물 데이터 관리	 [그림 2-56] 건설폐기물 관리대장 입력 화면  [그림 2-57] 건설폐기물 실적 보기 화면

다. 예측량과 실제 발생량 비교 모니터링

예측단계를 통하여 산출한 예상발생량과 관리대장에 입력한 데이터를 이용하여 예측량과 실제발생량을 비교 모니터링하게 된다. 건축/주택분야는 공정율별 비교 모니터링하게 되고, 토

목/플랜트공사의 경우는 월별로 비교모니터링 하게 된다.

절 차	프로그램 화면
비교 모니터링	 [그림 2-58] 비교 모니터링 화면

라. 건설폐기물 관련 대관 서류 작성 기능

프로그램 내부에 대관서류 작성기능을 부여하였으며, 예상발생량은 건설폐기물 처리계획서 작성시 건설폐기물 발생량 데이터를 제공하며 건설폐기물 관리대장에 입력된 데이터는 건설폐기물 처리실적 보고서 작성시 건설폐기물 데이터 집계기간을 설정하여 건설폐기물 종류별 처리량을 제공받을 수 있다.

대관서류
작성화면

1 [별지 제7호서식] <개정 2010.6.9>

2 (앞 쪽)

3 건설폐기물 처리 ☐ 계획서 ☐ 변경계획서 처리기간

4 3일

5 신고인 ①상호(명칭) ②발주자와의 관계

6 ③성명(대표자) ④생년월일

7 ⑤주소 (전화번호:)

8 ⑥업종 ⑦사업자등록번호

9 ⑧공사명 ⑨공사기간

10 공사내역 ⑩공사(배출)현장주소 (전화번호:)

11 ⑪순환물재 등의 의무사용건설공사의 내용

12 발주자 상호(명칭) 대표자

13 주소 (전화번호:)

14 ⑫건설폐기물 종류별·처리방법별 분리배출계획

15 ⑬건설폐기물의 발생주기

16 ⑭건설폐기물의 보관방법

17 건설폐기물의 종류별 배출 및 처리계획

⑮건설폐기물의 종류	⑯배출량	⑰운반		⑱처리		
		운반자	운반량	처리구분	업소명	처리방법

27 ⑳해당 건설현장에서의 재활용계획

시설명	처리능력	처리대상 건설폐기물 의 종류	처리 예상량 (톤)	순환물재 생산량	사용량	사용용도

32 변경사항 변경 전 변경 후

33

34 변경사유

[그림 2-59] 건설폐기물 처리계획서 작성 화면

대관서류
작성화면

[illegible]

[그림 2-60] 건설폐기물 처리실적 보고서 작성 화면

마. 산출된 건설폐기물 데이터 엑셀파일로 출력

사용자가 데이터의 가공 및 활용을 위해서 프로그램 내 모든 데이터는 엑셀파일로 출력 할 수 있도록 하였으며, 각 출력된 데이터는 Report 형태로 출력이 된다.

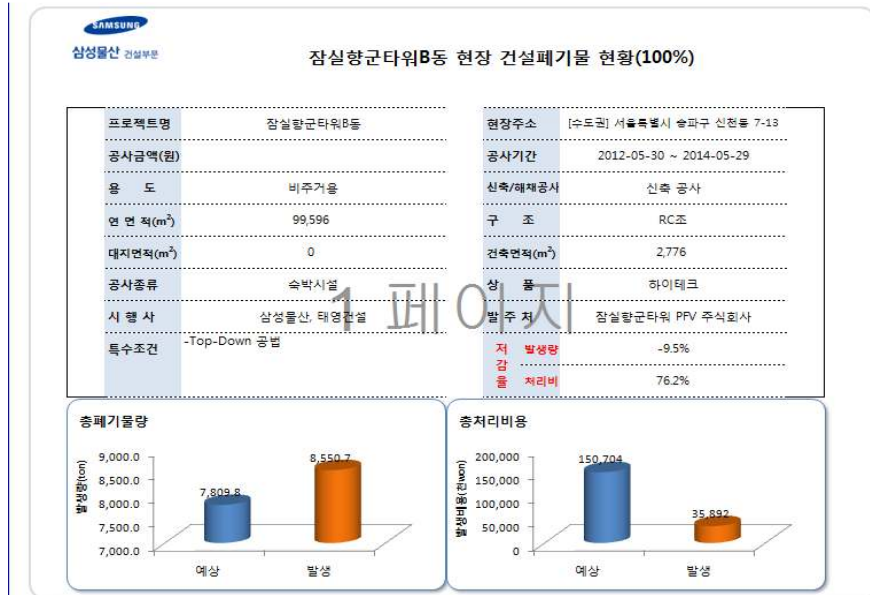
엑셀 파일
출력화면



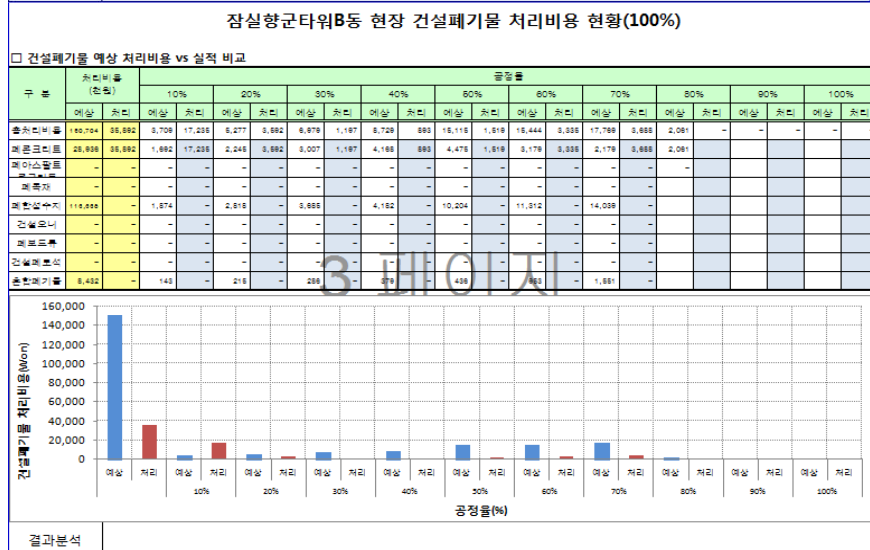
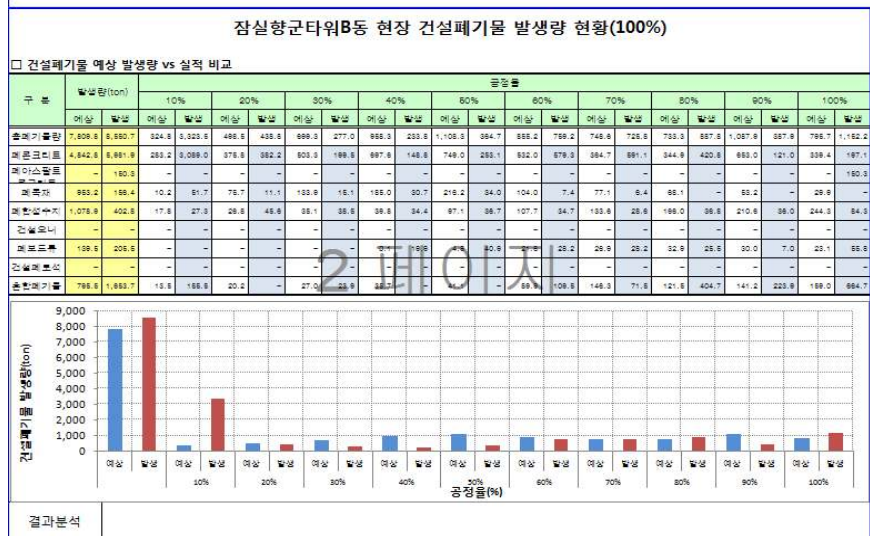
[그림 2-61] 건설폐기물 예상 발생량 엑셀 파일 출력 화면



[그림 2-62] 건설폐기물 실제 발생량 엑셀 파일 출력 화면



엑셀 파일
출력화면



[그림 2-63] 건설폐기물 모니터링결과 엑셀파일 출력 화면

5. 발생량 예측 프로그램 정확도 평가

본 연구를 통하여 개발된 ‘건설폐기물 발생량 예측 프로그램’에 대하여 정확도를 평가하였으며, 평가방법은 현장에서 건설폐기물 관리 수준 및 최근 공법에 따른 건설폐기물 발생량과 비교하기 위하여 주택 및 건축 신축공사현장 중 준공연도가 2012~2013년인 현장을 대상으로 실제발생량과 예상발생량, 기존 표준품셈을 이용한 예상발생량을 비교하여 정확도를 평가하였다. 공동주택 신축현장 4개, 건축현장 3개 현장에서 발생한 폐기물 데이터와 비교 평가 하였다. 토목공사는 1개 공구(1개 공구내 4개 현장으로 구분) 및 플랜트공사는 1개 현장(현장내 2개 소규모 현장에 적용)에 대하여 평가를 하였으며 각 공사별 현장 개요는 <표 2-54>와 같다.

<표 2-54> 발생량 예측 프로그램 정확도 평가 적용 현장 개요

현장 개요 [주택현장]	현장1	■ 공사기간 : 2009.8~2012.1 ■ 건물구조 : RC 벽식 ■ 공사규모 : 지하2층/ 지상14~28층	■ 연면적 : 117,966 m² ■ 대지면적 : 30,092 m² ■ 건축면적 : 5,764 m²
	현장2	■ 공사기간 : 2009.12~2012.2 ■ 건물구조 : RC 벽식 ■ 공사규모 : 지하2층/ 지상21~25층	■ 연면적 : 110,525 m² ■ 대지면적 : 35,295 m² ■ 건축면적 : 5,435 m²
	현장3	■ 공사기간 : 2009.6~2011.10 ■ 건물구조 : RC 벽식 ■ 공사규모 : 지하6층/ 지상15층	■ 연면적 : 142,658 m² ■ 대지면적 : 40,977 m² ■ 건축면적 : 10,155 m²
	현장4	■ 공사기간 : 2009.7~2012.4 ■ 건물구조 : RC 벽식 ■ 공사규모 : 지하4층/ 지상20층	■ 연면적 : 142,230 m² ■ 대지면적 : 35,767 m² ■ 건축면적 : 8,314 m²
현장 개요 [건축현장]	현장1	■ 공사기간 : 2009.8~2012.2 ■ 건물구조 : RC ■ 공사규모 : 지하1층/ 지상28층 ■ 용도 : 교육연구시설	■ 연면적 : 100,335 m² ■ 대지면적 : 34,700 m² ■ 건축면적 : 9,221 m²
	현장2	■ 공사기간 : 2010.5~2013.2 ■ 건물구조 : RC ■ 공사규모 : 지하1층/ 지상4층 ■ 용도 : 관광호텔	■ 연면적 : 10,955 m² ■ 대지면적 : 50,158 m² ■ 건축면적 : 4,456 m²
	현장3	■ 공사기간 : 2010.3~2012.3 ■ 건물구조 : RC ■ 공사규모 : 지하2층/ 지상6층 ■ 용도 : 교육연구시설	■ 연면적 : 19,060 m² ■ 대지면적 : 5,157 m² ■ 건축면적 : 2,965 m²
현장 개요 [토목현장]	현장1	■ 공사기간 : 2006.12~2015.12 ■ 용도 : 철도공사	■ 토공 : L=1.443km ■ 교량 : L=4.385km(3개소)

		■ 총 연장 : L=8.532km	■ 터널 : L=2.499km(3개소) ■ 정거장 : 2개소
	현장2	■ 공사기간 : 2006.12~2015.12 ■ 용도 : 철도공사 ■ 총 연장 : L=8.494km	■ 토공 : L=1.897km ■ 교량 : L=0.233km(3개소) ■ 터널 : L=6.364km(2개소) ■ 정거장 : 1개소
	현장3	■ 공사기간 : 2012.06~2016.11 ■ 공사종류 : 철도공사 ■ 총 연장 : L=9.400km	■ 토공 : L=0.950km ■ 터널 : L=9.305km(1개소) ■ 경사갱 : L=5.369km(2개소)
	현장4	■ 공사기간 : 2009.11~2017.09 ■ 공사종류 : 도로공사 ■ 총 연장 : L=7.410km	■ 토공 : L=1.611km ■ 교량 : L=1.705km(6개소) ■ 터널 : L=4.094km(3개소)
현장 개요 [플랜트현장]	현장1	■ 공사기간 : 2012.09~2016.12 ■ 공사종류 : 발전플랜트 ■ 시설규모 : 1,000MW급 2기	■ 토목공사 : 취수관로, 석회석하역부두, 조경 ■ 건축공사 : 터빈건물, 용수/환경건물, 주제어 건물, 연돌, 석탄취급 설비제어건물 등
	현장2	■ 공사기간 : 2014.01~2016.03 ■ 공사종류 : 발전플랜트 ■ 시설규모 : 보일러 400t/h 2기, 터빈 144.97MW급 1기	■ 건축공사 : 터빈건물, 보일러건물, 석탄동 등

가. 정확도 평가 결과

(1) 주택공사

건설폐기물 발생량 예측 프로그램 및 표준품셈 내 발생원단위를 이용하여 건설폐기물 예상 발생량을 산출하고 실제 발생량과의 오차율을 산출하였으며, 예상량에 대한 오차율 결과 기존 표준품셈의 발생원단위를 사용하여 산출한 예상발생량 대비 약 4배 이상 오차율이 감소하여 평균 -14%의 오차율(-1 ~ -22% 범위)을 나타내었다. 공사마다의 특이성, 현장에서 건설폐기물 분류 정도에 따라 각 폐기물에 대한 오차율 값이 변동되었으며, 현장마다 차이는 있으나 표준 품셈과 비교하여 폐콘크리트와 혼합건설폐기물의 오차율이 낮아졌다.

<표 2-55> 공동주택 적용 발생원단위

항 목	발생원단위(t/m ²)
폐 콘크리트	0.02670
폐 목재	0.00416
폐 합성수지	0.00067
폐 보드류	0.00039
혼합건설폐기물	0.00650
합 계	0.03842

<표 2-56> 정확도 평가 결과(주택현장1)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐 콘크리트	3,315.7	3,150.2	2,359.3	-5%	-29%
폐 목재	489.6	490.7	-	0%	-
폐 합성수지	61.6	79.0	-	28%	-
폐 보드류	64.9	46.0	-	-29%	-
혼합건설폐기물	3,034.5	3,126.1	979.1	3%	-68%
합 계	6,966.3	6,892.1	3,338.4	-1%	-52%

<표 2-57> 정확도 평가 결과(주택현장2)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	4,263.8	2,951.5	2,210.5	-31%	-48%
폐목재	223.0	459.8	-	106%	-
폐합성수지	66.8	74.1	-	11%	-
폐보드류	-	43.1	-	-	-
혼합건설폐기물	3,566.9	2,928.9	917.4	-18%	-74%
합 계	8,120.5	6,457.3	3,127.9	-20%	-61%

<표 2-58> 정확도 평가 결과(주택현장3)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	1,990.5	3,809.6	2,853.2	91%	43%
폐목재	660.2	593.0	-	-10%	-
폐합성수지	71.6	95.6	-	34%	-
폐보드류	8.3	55.6	-	-37%	-
혼합건설폐기물	6,761.9	3,780.4	1,184.1	-44%	-82%
합 계	9,572.4	8,334.2	4,037.3	-13%	-58%

<표 2-59> 정확도 평가 결과(주택현장4)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	3,702.0	3,798.2	2,844.6	3%	-23%
폐목재	866.9	591.7	-	-32%	-
폐합성수지	112.0	95.3	-	-15%	-
폐보드류	151.8	55.5	-	-63%	-
혼합건설폐기물	5,797.9	3,769.1	1,180.5	-35%	-80%
합 계	10,630.6	8,309.7	4,025.1	-22%	-62%

<표 2-60> 평균 오차율

항 목	실제 발생량 대비 오차율(%)	
	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	15%	-14%
폐목재	16%	-
폐합성수지	15%	-
폐보드류	-43%	-
혼합건설폐기물	-23%	-76%
합 계	-14%	-58%

(2) 건축공사

기존 표준품셈의 발생원단위를 사용하여 산출한 예상발생량 대비 약 1.6배 이상 오차율이 감소되었으며 주택공사보다 다양한 형태 및 용도에 의하여 다소 높은 오차율을 보이며 평균 -48% 오차율(-39 ~ -54% 범위)을 나타냈다. 현장마다 차이는 있으나 표준품셈과 비교하여 폐콘크리트와 혼합건설폐기물 역시 오차율이 감소하였다.

<표 2-61> 건축공사 적용 발생원단위

항 목	발생원단위(t/m ²)
	철근콘크리트조 (RC)
폐콘크리트	0.03757
폐목재	0.00265
폐합성수지	0.00213
폐보드류	0.00075
혼합건설폐기물	0.01397
합 계	0.05707

<표 2-62> 정확도 평가 결과(건축현장1, RC조)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	5,610.6	502.1	1,792.5	-20%	-68%
폐목재	385.4	265.9	-	-31%	-
폐합성수지	98.4	213.7	-	117%	-
폐보드류	124.3	75.3	-	-39%	-
혼합건설폐기물	8,777.0	4,044.5	743.9	-54%	-92%
합 계	14,995.7	9,101.4	2,536.4	-39%	-83%

<표 2-63> 정확도 평가 결과(건축현장2, RC조)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	1,454.0	491.6	197.2	-66%	-86%
폐목재	45.2	29.0	-	-36%	-
폐합성수지	34.8	23.3	-	-33%	-
폐보드류	-	8.2	-	-	-
혼합건설폐기물	614.9	441.6	96.4	-28%	-84%
합 계	2,148.9	993.8	293.6	-54%	-86%

<표 2-64> 정확도 평가 결과(건축현장3, RC조)

항 목	실제 발생량 (ton)	예상 발생량(ton)		실제 발생량 대비 오차율(%)	
		프로그램	표준품셈	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	1,147.4	855.2	883.3	-25%	-23%
폐목재	72.5	50.5	-	-30%	-
폐합성수지	-	41.0	-	-	-
폐보드류	-	14.3	-	-	-
혼합건설폐기물	2,266.4	768.3	297.5	-66%	-87%
합 계	3,486.3	1,729.3	1,180.8	-50%	-66%

<표 2-65> 평균 오차율

항 목	실제 발생량 대비 오차율(%)	
	프로그램	표준품셈
폐콘크리트	-37%	-59%
폐목재	-32%	-
폐합성수지	42%	-
폐보드류	-39%	-
혼합건설폐기물	-49%	-88%
합 계	-48%	-79%

(3) 토목공사

토목공사 예상발생량 검증은 현재 진행중인 공사에 대해서 검증을 실시한 것으로서 건설폐기물 전체 발생량으로 비교 평가는 불가능하여 터널, 교량공사에 대하여 공사별 발생원단위로 비교 검증을 실시하였다. 가설공사는 투입된 물량에 대하여 100% 건설폐기물이 발생되기 때문에 검증을 실시하지 않았으며, 토공사에서 발생하는 폐합성수지는 계획되지 않은 덮개(천막, 방지망 등)가 사용되고 반복 설치에 의해 발생하는 폐기물량으로 인해 검증하기 곤란하였다. 건축물과 달리 공사의 규모가 크기 때문에 공사현장조건에 따라 큰 편차가 발생하였다. 또한 건설폐기물 발생에 많을 차지하고 있는 가설시설물(구조물) 철거에 의한 발생량은 예측량 산출시 가설시설물의 철거물량을 반영하지 못하면 매우 큰 발생량 차이를 나타나게 된다.

터널공사에서 발생하는 폐콘크리트에 대한 정확도 평가를 위해 5개 현장에 대하여 발생량 조사 및 평가를 실시하였으며, 평가결과 <표 2-66>과 같이 평균 오차율 32% 발생하였다. 이러한 차이 발생원인은 터널의 암반조건, 지하수 유출여부, 숏크리트의 반발율 성능 등에 따라 상이하게 발생하는 것으로 확인하였다. 폐목재의 경우 대부분 공동구 설치시 합판거푸집 사용에 의하여 폐목재가 발생된다. 그러나 조사현장은 강재거푸집을 사용함으로써 발생량 조사가 불가능하였으며 거푸집 종류에 따라 발생여부가 확연히 달라지는 것으로 나타났다.

<표 2-66> 정확도 평가(터널공사)

항 목	검증원단위	발생원단위	오차율
폐콘크리트	0.02063	0.02730	32%
폐목재	0.00006	-	-

교량공사는 대형 구조물이기 때문에 공사기간도 길며 다양한 구조 및 형태, 공법을 적용한다. 그렇기 때문에 본 평가를 위해서 교량공사의 상부공사와 하부공사를 구분하여 조사하여 6개의 위치에서 조사한 발생량을 통합 후 발생원단위를 산출하여 비교 평가 하였다. <표 2-67>과 같이 폐콘크리트 발생량에 대한 평가는 평균 약 9%의 오차율을 나타냈으며 매우 유사하게 나타났으나 질량이 가벼운 폐목재와 폐합성수지는 발생오차율이 크게 차이가 발생하였다. 이러한 차이는 터널공사에서 폐목재 발생량과 같이 교량구축 공법에 따라 그 차이가 크게 달라지게 된다. 토목공사의 경우 규모가 크기 때문에 공법 차이에 의한 건설폐기물 발생량이 큰 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

<표 2-67> 정확도 평가(교량공사)

항 목	검증원단위	발생원단위	오차율
폐콘크리트	0.02200	0.01998	9%
폐목재	0.00064	0.00282	-344%
폐합성수지	0.00025	0.00072	-185%

(4) 플랜트공사

플랜트공사는 대부분 국가중요시설로 분류되어 있어 보안상의 이유로 인해 많은 공사정보를 얻지 못하였으며, 대부분 분리발주현장으로 인해 건설폐기물 관리를 발주처에서 관리하나 철거폐기물과 신축폐기물 분리가 되어 있지 않아 과거 데이터를 활용할 수 없었다. 그로인해 다양한 조사에 의한 평가가 이루어지지 못하고 발전플랜트 중 민간발주현장에 대해서 평가를 하였으며, 플랜트공사의 공사기간은 평균 2~3년으로 연구기간 내에 조사가 불가능하여 일부 공종에서의 발생량 조사 및 평가를 실시하였다.

플랜트공사는 건축공사의 일종으로 토목공사와 같이 발생원단위로 비교하지 않고 예상발생량과 실제발생량을 비교하였다. 적용은 골조공사에 대한 부분을 조사하여 평가하였으며, 건축물1의 폐콘크리트는 90%, 폐목재 60%, 폐합성수지 48%의 오차율을 나타냈다. 건축물2는 97%의 오차율이 발생했다. 폐콘크리트의 예상발생량으로 사용된 손실을 1%는 과대 예상발생량으로 산출되는 것으로 나타났다. 반면 폐목재 및 폐합성수지는 1개 건축물에 대해서는 전혀 배출하지 않아 평가가 불가능 하였다. 이에 대한 원인은 플랜트공사 공사장 내에서는 1개의 건축물이 아닌 여러 개의 건축물이 동시에 축조되기 때문에 사용된 가설자재를 다른 건물에 재사용하다 보니 조사 대상 건축물에서는 발생되지 않는 것처럼 조사되었다. 향후 추가 조사 alc 연구를 통하여 폐콘크리트의 발생비율의 조정이 필요하다.

<표 2-68> 정확도 평가

	항 목	예상발생량	실제발생량	오차율
건축물1 콘크리트 공사	폐콘크리트	6.743	0.6591	90%
	폐목재	0.184	0.2934	60%
	폐합성수지	0.153	0.2263	48%
건축물2 콘크리트 공사	폐콘크리트	3.590	0.123	97%
	폐목재	0.180	—	—
	폐합성수지	0.215	—	—

제 3 장 결 론

(1) 건설폐기물 발생원단위 산정

기존의 건설폐기물 발생원단위의 발생 구분은 신축과 해체현장, 주거용·사무용 및 각각의 구조형식으로 나누어져 있다. 그러나 이러한 발생원단위는 발생 폐기물의 종류가 폐콘크리트, 폐금속, 혼합폐기물로 단순 구분을 실시하고 있고, 건축물의 형태 변화에 따른 발생량을 제대로 반영하지 못하고 있는 문제점이 있다.

이에 따라 본 연구를 통해 건설폐기물의 성상을 재활용을 활성화 할 수 있는 방향으로 다양화하고 건축물의 형식 변화 및 공정 진행에 따른 실질적 발생량 평균을 산출하여 원단위를 제시하고자 하였다. 이를 위해 신축 및 해체 현장 발생 폐기물의 자료를 분석하여 발생량을 산정하였다. 그 결과 주택과 건축물의 혼합폐기물에 대한 발생원단위가 높게 산정되었다. 이는 도심지 건설현장 관리시 협소한 현장 등으로 인하여 장기 적치시에 폐기물 관리에 어려움이 있고 혼합건설폐기물 처리비용으로 일괄 처리하는 것이 불리하여 처리하는 것 보다 적은 비용이 들기 때문이다. 정부의 관리정책과 공공기관의 산출 기준과의 부합성을 만족시키고자 현장 관리에 의한 성상별 폐기물 분류 및 발생량 조절요소를 반영하여 증가하는 혼합폐기물을 폐콘크리트, 폐목재 및 폐합성수지 발생빈도를 분석하여 혼합건설폐기물 발생량에 대하여 분리 반영을 하고자 성상별 분류에 의한 재산출을 하였다. 이는 예측량 추정을 통한 좀 더 정확한 예산산출이 가능하며 공정계획 수립을 원활하게 하여 지속적 현장상황 반영이 가능하고, 효과적인 폐기물 분리배출과 운반 및 처리가 가능할 것으로 판단된다.

토목공사에 관한 발생원단위 산정은 폐기물 발생 예측 로직을 구성하여 산정하고자 공사별 5종(토공사, 터널공사, 구조물공사, 포장공사, 가설공사)에 대한 조사를 실시하였다. 토공량, 터널 굴착량, 콘크리트 타설량 등을 이용한 폐기물 발생 로직에 의해 원단위 기준이 산정되었으며 각 분류별로 폐기물의 성상 및 발생원단위에 차이점이 있었고 이에 대한 조사 및 협의가 더 이루어져야 할 것으로 판단된다.

플랜트공사에 관한 발생원단위 산정에 있어 자료가 공사초기 기본 설계만 나와 있는 상태의 주요 물량 정보만 있어 상세한 폐기물 발생량 산출이 불가 하며, 건설폐기물 발생량을 예측할 수는 있으나 원단위로 산정하는 기준에 대한 협의가 필요할 것으로 판단되었다.

(2) 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발

산출된 발생원단위는 실제 발생량과 종류에 맞게 개선되었으며, 공동주택공사의 경우 사용 재료 및 구조가 비슷하여 낮은 오차율을 보였지만 건축공사의 경우 다양한 용도 및 재료, 공법 등으로 인해 다소 높은 오차율을 나타냈다. 일본의 발생원단위처럼 다양한 용도분류가 필요하다. 토목공사의 경우 적용된 공법에 따라 건설폐기물 발생량 차이가 확연히 발생하였다. 토목공사에서 공법의 변화는 건설폐기물 발생량에 큰 변화를 나타내기 때문에 공법별 건설폐기물 발생원단위로 세부 연구 진행이 필요하다. 플랜트 공사의 경우 현장 검증이 종합적으로 이루어지지 못했지만 콘크리트 공사를 보면 폐콘크리트 발생비율을 하향 조정함으로써 정확한 발생량을 산출할 수 있을 것으로 사료된다.

추후 본 프로그램을 이용하여 건설폐기물 발생량 데이터를 지속적으로 축적하여 활용함으로써 건설폐기물 예상발생량에 대한 오차율을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통해서 개정(예정)된 건축/주택공사의 발생원단위와 신규로 산정된 토목/플랜트 분야 발생원단위를 기초 데이터로 하여 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발하였다. 건축/주택공사 발생원단위는 기존 표준품셈의 낮은 발생원단위를 현실적인 원단위로 개정이 되었으며, 추후 환경부 예규에 반영하게 되면 발주처와 건설사간의 건설폐기물 처리비용에 대한 마찰이 감소될 것으로 기대되며 신규로 산정한 토목/플랜트 분야는 국내 최초로 시도된 분야로서 발생원단위의 오차가 다소 크게 발생하였으나, 추후 후속 연구수행을 통하여 발생원단위의 정확도를 높여야 할 필요가 있다.

건설폐기물 발생량 예측 프로그램은 단순히 예측하는 것으로 끝나는 것이 아니고 예측한 발생량을 엑셀데이터로 다운받아 여러 사용자가 사용될 수 있도록 설계하였으며, 실제 발생량과 비교 모니터링하는 기능을 부여하여 ‘건설폐기물 데이터 관리 프로그램’으로써 활용될 수 있도록 개발되었다. 점점 환경에 대한 관심과 이슈가 급부상 하면서 건설현장의 건설폐기물 관리에 대한 부분이 점점 강화되고 관심 이슈가 증가 되고 있기 때문에 본 프로그램을 활용함으로써 체계적인 관리가 가능 할 것으로 기대된다.

제 4 장 최종 연구성과 및 적용 실적

제 1 절 최종 연구성과

구분	성과명	연구성과 설명
개별 연구 성과	건설폐기물 발생원단위 산출	- 건설폐기물 발생과 재활용을 연계한 성상분류(정부의 자원순환성 강화 정책 반영) - 성상은 폐콘크리트, 폐금속, 폐보드, 폐목재, 폐합성수지, 혼합폐기물 - 기존 건설공사 표준품셈에 비하여 높게 산출
	건설폐기물 발생원단위 개정안 제출	- 환경부 예규 제471호 (건설폐기물의 처리 및 재활용 관련 업무 처리지침)에 반영 - 건설공사 표준품셈 원단위 부분 삭제 요청 (2015년 상반기)
	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발	- 건축/ 주택/ 토목/ 플랜트공사의 용도, 구조, 공정에 따른 건설폐기물 발생량 및 예상처리비용 산출 가능 - 건설폐기물 처리 실적 집계(건설폐기물 관리대장 입력) - 예측량과 실제 처리량과의 비교 모니터링 가능 - 건설폐기물 관련 대관 서류 작성 기능
	건설폐기물 D/B구축 방법 및 활용기술	- 건설폐기물 데이터 축적시 당 프로젝트의 기본정보와 함께 저장 - 건설폐기물 인계서 발행시 신축/해체 구분, 대표공종 선택, 발생원 입력하여 건설폐기물 관리대장으로 관리 - 분석 가능한 건설폐기물 데이터 축적 가능

주요 연구 성과	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 Pilot test[*적용 실적]	- 건축/ 주택/ 토목/ 플랜트공사 중인 각 1개 현장에 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 적용 후 시범 운영
	학술논문 게재	1. 대한건축학회 논문집 - 신축 건설현장 건설폐기물 발생 원단위 산정에 관한연구 - A Comparative Analysis of Construction Waste Emissions for Separating Dismantlement 2. 한국건설순환자원학회 발표논문 - 신축 건설현장 건설폐기물 발생 원단위 산정에 관한연구
	소프트웨어 등록	- 건설폐기물 발생량 예측 프로그램(ECO-W) (건축/주택분야 소프트웨어 등록) (등록번호 : 제C-2013-020126호) - 건설폐기물 발생량 예측 및 데이터 관리프로그램(건축/주택/토목/플랜트분야 소프트웨어 등록), (등록번호 : 제C-2014-028928호)
	특허 출원 및 등록	- 신축/해체공사시 발생하는 건설폐기물 발생량 예측 장치 및 방법(특허 제10-1396548호) - 건설폐기물 발생량 데이터베이스(D/B) 구축을 통한 공정유별 건설폐기물 발생원단위 산출 장치 및 방법 (출원번호 10-2014-0122483)

제 2 절 적용 실적

주택, 건축, 토목, 플랜트현장에 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 적용하였으며, 프로그램 사용방법에 대해 교육 실시하고, 각 현장의 현장기본정보를 입력하여 건설폐기물 발생량 예측하였다. 프로그램이 적용된 현장은 지속적 건설폐기물 처리실적 입력을 통하여 예측량과 실제발생량을 비교 모니터링 실시 적용하였다.

<표 4-2> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 적용 현장 개요

현장개요1 [주택현장]	■ 사업명 : 재개발 아파트 신축공사 ■ 공사기간 : 12.05.~2014.10.(30개월) ■ 건물구조 : 철근콘크리트 벽식구조 (지하주차장:RC+PC) ■ 건축규모 : 지하3층, 지상11~24층, 8개층 ■ 연면적 : 83,260.57㎡ ■ 건축면적 : 5,723.49㎡ ■ 대지면적 : 22,976.30㎡ ■ 공정율 : 47%	
현장개요2 [건축현장]	■ 사업명 : 병원 양성자센터/LAB ■ 공사기간 : 11.09. ~ 13. 11 (27개월) ■ 건물구조 : 철골철근콘크리트 ■ 건축규모 : 지하4층, 지상2~6층 ■ 연면적 : 22,698㎡ ■ 건축면적 : 1,730.89㎡ ■ 대지면적 : 153,747.00㎡ ■ 공정율 : 67%	

현장개요3 [토목현장]	■ 사업명 : 복선전철 건설공사 ■ 공사기간 : 06.12.~15.12. ■ 주요공사내용: - 총 연 장 : L = 8.532km - 토 공 : L = 1.443km - 교 량 : L = 4.385km / 3개소 - 터 널 : L = 2.499km / 3개소 - 정 거 장 : 2개소	
현장개요4 [플랜트 현장]	■ 사업명 : 복합화력발전소 ■ 공사기간 : 14. 01. ~ 16. 3. ■ 사업규모 : - 보일러 (400t/h×2기), - 터빈 (144.97MW×1기) - 증기배관망 및 B.O.P 설비	

(2) 현장 적용

<표 4-3> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 현장 적용(공동주택)



- 프로그램 설치 및 시연

<표 4-4> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 현장 적용(건축)



- 프로그램 설치 및 시연

<표 4-5> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 현장 적용(토목공사)



- 프로그램 설치 및 시연

<표 4-6> 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 현장 적용(플랜트공사)



- 프로그램 설치 및 시연

제 5 장 연구목표 달성 및 효과

1. 연구개발 성과의 최종목표 달성도

성과지표		측정방법	목표치	가중치	달성치
질적 성과	발생원단위 산정 여부	현장시연	4건	35%	100%
	발생원단위 개정안 제출	개정안 제출 공문	2건	15%	100%
	건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발	S/W 등록증 확인	2건	35%	100%
	예측 프로그램 현장 시연 및 정확도 부합 여부	용도별 현장 시연	4건	15%	100%
소 계				100%	
양적 성과	특허출원 및 등록	건수	2건	30%	100%
	현장적용 사례	건수	4건	20%	100%
	S/W 등록	건수	2건	40%	100%
	학술회의 논문 발표	건수	5건	10%	100%
소 계				100%	

2. 연구개발 성과의 기술적, 경제적 효과분석

가. 기술적 효과분석

건설공사에서 발생하는 건설폐기물을 성상별로 산출을 하여 최대한 실제 발생량과 예측 발생량에 대한 정확도를 높이며, 이를 바탕으로 프로그램을 구성하여 현장에서 활용함으로써 관련 공무원, 배출자, 건설폐기물 처리업자 등의 업무지원에 효과적으로 활용할 수 있다. 본 연구 결과인 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 활용하게 되면, 건설폐기물 배출량에 대한 예측이 가능하게 되어 혼합건설폐기물의 발생량 감량 등 건설폐기물에 대한 구체적이고 정량적인 목표 설정 및 관리가 가능하게 될 것이다. 예를 들어 현재 국내 혼합건설폐기물이 차지하는 양은 약 40%(실제 배출량)를 상회하고 있으나, 향후 일본에서 관리하고 있는 10%이하 수준으로 감

축하는 등의 체계적인 관리가 가능할 것으로 기대된다. 현실적인 발생원단위 반영은 건설폐기물의 발생량 산출과 정확한 건설폐기물 처리비용 계상이 가능하게되어 발주처와 시공자간의 마찰을 감소 시킬 수 있을 것으로 기대된다. 최근 들어, 국내 건설산업이 싱가포르, UAE, 인도, 중국 등 해외현장으로 진출하는 경우가 많아지고 있으며 요구사항으로 건설폐기물 관리 방안 및 관리시스템에 대하여 요구되고 있어 입찰 수주시 활용가치가 높다고 할 수 있다.

나. 경제적 효과분석

건설폐기물 발생원단위 산정 환경부 예규 제 471호 “건설폐기물의 처리 및 재활용 관련 업무처리 지침”에 반영될 경우, 정확한 건설폐기물량의 산출과 처리비용의 계상이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 공공공사, 민간 건설공사 계획시 정확한 예산을 반영하여 건설폐기물이 적법 처리될 수 있도록 유도될 것으로 예상된다. 국내 건설폐기물 처리방법은 크게 파분쇄 중간처리, 소각 중간처리, 재활용, 매립으로 분류할 수 있으며 각 처리방법별로 각각 5%가 감소하면 연간 얻을 수 있는 직접적 경제적 효과는 556.25 억원을 절감 할 수 있다. 간접적 요인까지 적용할 경우 매립장 건설비용 감소, 환경훼손비용 절약, 환경관리비용 감소 등으로 경제적 효과는 더 크게 나타날 것이다. 본 연구결과를 활용하여 건설폐기물 관리를 통해 건설폐기물이 매립지로 가는 것을 줄이고, 재활용율을 높힘으로써 경제적인 효과가 증가 될 것으로 기대한다.

※ 12년 건설폐기물 매립량 약 150만톤 × 5%(감축) ≒ 7.5만톤

건설폐기물 매립비 : 42,730원/톤 × 334만톤 ≒ **32억원**

※ 12년 건설폐기물 중간처리(파분쇄)량 약 6,624만톤 × 5%(감축) ≒ 331만톤

건설폐기물 중간처리비(파분쇄) : 약 15,000원/톤 × 331만톤 ≒ **496.5억**

※ 12년 건설폐기물 중간처리(소각)량 약 37만톤 × 5%(감축) ≒ 1.85만톤

건설폐기물 중간처리비(소각) : 약 150,000원/톤 × 1.85만톤 ≒ **27.75억**

∴ 32 + 496.5 + 27.75 = 556.25억원

*건설폐기물 처리량은 환경부 통계 2012 활용(재활용량 = 중간처리(파분쇄)량으로 반영)

*국내 파분쇄 중간처리량은 재활용량으로 통계되고 있음

제 6 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

1. 연구성과의 확산 및 활용

본 연구를 통해 도출된 건설폐기물 발생원단위는 現 환경부 예규 제471호 ‘건설폐기물의 처리 및 재활용 관련 업무처리지침’에 반영하여 실질적인 건설폐기물 예상 발생량을 산출하고, 건설폐기물 처리비용에 대한 예산확보까지 가능할 것으로 사료된다. 또한, 이 건설폐기물 발생원단위를 기반으로 건설폐기물 발생량 예측 프로그램을 개발하였으므로 누구나 사용하기 쉽고 간단하게 발생량을 산출하고 산출된 데이터를 폐기물 관리 활동에 사용할 수 있도록 하였다. 향후 내부 기본정보 등만 변경하면 각 현장에 맞도록 조정이 가능하여 유연성 있게 활용이 가능할 것이다. 금번 연구를 통해 개발된 ‘건설폐기물 발생량 예측 프로그램’은 건설산업 전반에 활용이 가능할 것으로 판단되어, 국토교통부 또는 유관기관의 홈페이지 등을 통해 홍보하고 범용적으로 배포 및 활용할 예정이다.

2. 추가연구의 필요성

본 연구 수행에 있어서 가장 어려웠던 부분은 통계자료로써 활용할 수 있는 신뢰성 있는 데이터 확보였다. 기존 연구에서도 건설폐기물 발생량 조사방법을 보면 현장조사가 어려워 대부분 내역서 위주로 연구가 진행되었으므로 실질적인 건설폐기물 발생원단위 산출이 곤란하였으며, 신뢰할 수 있는 수준의 발생원단위 산출에 어려움을 겪었다. 본 연구에서는 실질적인 발생량 조사를 통해서 건축/주택공사의 경우 적정한 건설폐기물 발생원단위를 산출할 수 있었으나 금번 연구를 통해 처음으로 시도한 토목/플랜트분야는 충분한 건설폐기물 데이터 확보가 어려웠으므로 정확도에 있어서 다소 부족하였다고 판단된다. 특히 토목분야는 공법 및 사용 가설 재료 등에 따라서 건설폐기물 발생량에 많은 차이를 나타내며, 플랜트분야는 토목, 건축, 기계, 전기공사가 동시에 이루어지는 가운데 예측하기 곤란한 포장재(폐목재, 폐합성수지) 발생량이 상당히 많은 부분을 차지하고 있기 때문에 이 부분에 대한 추가 조사가 필요하다고 판단된다. 토목/플랜트분야는 대부분 국가기반시설로써 발주처의 협조 없이는 데이터 확보가 곤란하다. 또한, 가장 큰 효과를 가져 올 수 있는 방법으로는 환경공단에서 운영하는 Allbaro시스템 개선을 통하여 건설폐기물 데이터를 확보할 수 있는 최적의 방법이라 할 수 있다. 따라서, 발주처의 협조 및 Allbaro시스템 개선을 통하여 다량의 데이터를 확보하여 신뢰성 있는 발생원단위 산정과 더불어 이를 국가기준 등으로 제·개정할 필요가 있다고 사료된다.

참고문헌

1. 환경부, 한국환경공단, 2011 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2012.
2. 한국건설기술연구원, 건설공사표준품셈, 2012.
3. LH공사 토지주택연구원, 신축아파트 현장의 건설폐기물 발생원단위 및 관련 위탁처리업무 기준 개선, 2014.09.
4. 한국환경정책·평가연구원, 건설폐기물 분리배출 및 발생원단위 산정 등에 관한 연구, 2004.
5. 환경부, 2012년~2016년 생태환경보전 및 자원순환성 강화 인프라구축을 위한 제2차 건설폐기물 재활용 기본계획, 2011.
6. 한국건설기술연구원, 건설폐기물 분별해체 시스템 구축 및 적정공사비용 산정연구, 환경부, 2009.
7. 환경부, 건설폐기물 분별해체 시스템 구축 및 적정공사비용 산정 연구, 한국건설기술연구원, 2009.
8. 환경부, 환경부 예규 제471호, 건설폐기물 처리기준 및 방법 등에 관한 업무처리지침, 2012.10.29.
9. 김병일, 송태협, 이세현, 물질재활용률 향상을 위한 건설폐기물 성상별 분류 및 발생 원단위 산정에 관한 연구, 대한건축학회 구조계 제29권 제12호, 2013. 12