

택지개발사업현장의 비위생매립지에서 발생하는 매립쓰레기의 합리적인 처리

A Novel Disposal Methods for Unsanitary-Landfilled Wastes at Residential Development Sites

손영규* · 이소영** · 김이형*** · 김지형****

Son, Younggyu · Lee, So Young · Kim, Lee Hyung · Khim, Jeehyeong

Abstract

Recently, detections of huge amount of wastes in the unsanitary landfills at a residential development sites were reported. Because the sites were the residential development sites, all landfilled wastes should be removed for the constructions. Therefore the way that the unsanitary landfills were excavated and then the wastes were sorted into three categories such as soils, non-combustibles, and combustibles was selected as the best method. Soils and noncombustibles could be recycled in the sites and combustibles could be compacted and be re-landfilled in a smaller area.

Key words : unsanitary landfill, residential development sites, excavation, noncombustibles, combustibles, landfill compaction

요 지

택지개발사업현장에서 발생하는 대규모 매립쓰레기의 합리적인 처리를 위하여 매립쓰레기를 굴착하여 토사류, 불연물류, 가연물류 등으로 선별하고, 토사류, 불연물류는 현장 재활용하고, 가연물류는 별도 처리하는 방안이 최적 방안으로 제시되었다. 가연물류는 소각하는 것이 일반적이지만, 높은 소각비용으로 경제성을 확보하기 위하여 현장압축매립공정이 새로운 대안으로 평가받고 있다. 현장압축매립공정은 일반매립공정보다 좁은 면적에 매립이 가능하며, 소각공정에 비해 경제적인 장점을 가지고 있다.

핵심용어 : 비위생매립지, 택지개발현장, 굴착, 불연물류, 가연물류, 압축 매립

1. 서 론

최근 대규모 택지개발 현장에서 비위생매립지의 존재를 사전에 인식하지 못하여 굴착 공정 중 다량의 매립쓰레기가 발생하는 일이 빈번하게 보고되고 있다. 발생한 매립쓰레기의 완전한 처리 이전에는 대상 지역의 개발 사업을 재개할 수 없어, 사업 준공이 차질을 빚는 시간적 손실과 매립쓰레기의 처리대책 마련 및 처리공정 추가 등으로 인한 경제적 손실 등이 발생하게 된다. 또한 매립쓰레기 굴착 등으로 인한 악취, 정화공정에서의 소음, 주변 환경으로의 오염 확산 문제 등으로 인하여 민원 및 환경 문제까지 발생할 가능성이 높아 매립쓰레기의 경제적이고, 합리적이며, 친환경적인 처리가 요구된다(한국토지공사, 2006).

비위생매립지 내의 매립쓰레기를 처리하는 방안으로는 현 위치 안정화, 정비 후 현장 재매립, 굴착 후 선별 및 소각

등이 있는데(심문보 등, 2000; 연익준 등, 2002), 택지개발 현장이라는 특성 상 굴착 후 선별 및 소각하는 방안이 가장 타당한 것으로 판단된다. 그러나 최근 소각 방안은 높은 소각 단가로 인하여 비경제적인 방안으로 평가되고 있으며(한국토지공사, 2006), 이에 따라 새로운 매립쓰레기 처리 방안의 적용이 요구되고 있다. 특히, 매립쓰레기의 선별 효율을 극대화하여 후속 처리비용을 절감하고, 재활용을 극대화하는 방안의 적용이 기대되고 있다.

이러한 매립쓰레기를 효율적으로 처리하기 위해서는 관계 기관 및 해당 지자체와의 협의가 필수적인데, 현장의 급한 공사 일정으로 인하여 충분한 협의가 이루어지기 힘들고, 처리를 위한 기본 조사 및 연구 등의 수행이 매우 부족한 상태로 일이 진행되어 최선의 방안이 적용되지 못하는 경우가 대부분이다. 그러므로 근본적으로 택지개발 사업 시작 이전에 매립쓰레기의 존재 유무를 확인하고, 이에 대한 충분한 계획

*고려대학교 건축사회환경공학과 · 박사과정 (E-mail: 9652072@korea.ac.kr)

**공주대학교 건설환경공학부 · 박사과정

***정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 · 교수

****고려대학교 건축사회환경공학과 · 교수

수립과 협의 수행을 통한 처리방안 도출이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 매립쓰레기의 합리적인 처리를 위하여 현장 매립쓰레기의 확인, 매립쓰레기의 성상 조사, 굴착/선별 공정 등을 알아보고, 최종적으로 매립쓰레기의 합리적인 처리 방안 및 경제성 분석을 수행하였다.

2. 현장 내 매립쓰레기의 확인 조사

택지개발사업의 굴착 공정 중 매립쓰레기가 발견되면, 해당 지역은 매립쓰레기의 완전한 처리 이전에는 더 이상의 공정 진행이 불가능하다. 이러한 갑작스런 매립쓰레기의 발견을 방지하기 위해서는 사업 진행 전 대상 현장 내 매립쓰레기의 존재 유무에 대한 확인 조사를 반드시 수행해야 한다. 매립쓰레기의 존재 유무 확인 조사는 대상지역의 과거 토지이용 조사, 주변 거주민 문의, 현장의 지형 분석, 토질 조사 등을 예로 들 수 있다.

일반적으로 대규모 비위생매립장의 경우 지자체 등에 매립장의 대략적인 위치 및 사용내역 기록이 남아있기 때문에 매립쓰레기의 존재 여부를 쉽게 확인할 수 있다. 그러나 소규모 비위생매립장인 경우에 기록이 남아있지 않을 수 있어, 주변 거주민에 대한 문의를 통하여 토지 이용 내역을 확인할 수 있다. 택지개발 현장 주변의 산간형태 등에 대한 지형조사를 통해서도 매립지 유무를 확인할 수 있는데, 주변의 산간형태가 일반 산간형태의 지형과 많은 차이를 보인다면 계곡형 매립장의 존재를 의심해 보아야 한다. 국내 지자체 매립장의 대다수를 점유하고 있는 매립형태가 계곡형 매립인데, 이 매립방법은 그림 1과 같이 산간형태의 계곡부위를 절토하고 앞부분을 성토하여 매립장으로 이용하는 방안이다.

또한, 택지개발사업의 기초 조사 중 하나인 토질 조사를 보다 정밀하게 수행하여 매립지의 유무를 확인할 수 있다. 일반적으로 토질조사는 200 m x 200 m 수준의 넓이 당 1개의 시추 조사를 수행하는데, 이러한 수준으로는 매립쓰레기의 존재를 확인하기 어렵기 때문에 보다 좁은 지역을 대상으로 한 토질조사가 필요하다. 토질조사 결과 매립층이 확인되면 그 지역을 매립쓰레기 예상 발생지역으로 고려하여, 직접 굴착을 통한 육안으로의 매립쓰레기 존재 여부를 확인해야 한다.

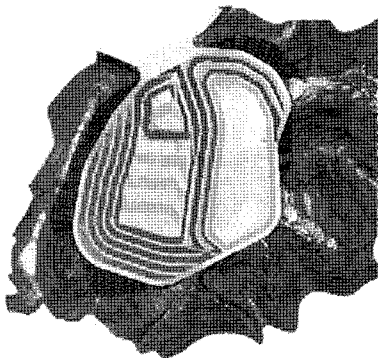


그림 1. 계곡형 매립장 형태

3. 현장 매립쓰레기의 조사

대상 현장 내 매립쓰레기의 존재가 확인되면 우선적으로 처리공정 선정 및 예산 산정에 필요한 자료를 얻기 위한 조사가 수행되어야 하며, 부가적으로 매립쓰레기의 존재로 인한 주변 환경의 오염여부를 판단하는 조사가 이루어져야 한다.

매립쓰레기 처리를 위한 조사로는 매립쓰레기의 매립위치 및 매립량 산정 조사, 매립쓰레기의 물리적 조성 분석, 겉보기 비중 측정, 선별토사 재활용 가능여부 확인 조사 등이 있다. 매립쓰레기의 매립량 산정 조사는 매립지역의 넓이 및 매립깊이 측정을 통해 이루어지는데, 예상 경계지역 및 경계지역 외부의 대표지점을 선정 후 굴착기를 이용하여 매립쓰레기 바닥층까지 굴착하여 매립넓이 및 매립깊이를 결정한다. 이 때 중요한 것은 매립지역으로 결정된 지역 이외에서 매립쓰레기가 발생될 수 있는 가능성을 최소화 하는 것이다.

매립쓰레기의 물리적 조성 분석은 매립쓰레기 처리 시 굴착 및 선별되어 발생하는 가연성분, 불연성분, 토사류의 비율을 예측하기 위하여 수행한다. 일반적으로 다음의 표 1과 같이 매립쓰레기를 구별하여 가연성분, 불연성분, 토사류로 구분한다.

매립쓰레기의 겉보기 비중은 발생된 매립쓰레기의 질량과 부피 환산인자로 사용된다. 일반적으로 매립쓰레기 전체에 대한 겉보기 비중은 1.6ton/m³이 사용되는데, 현장 매립쓰레기의 성상에 따라 차이가 있으므로 반드시 실측해야 한다. 또한 매립쓰레기 전체의 겉보기 비중 이외에도 가연성분, 불연성분, 토사에 대한 각각의 겉보기 비중 측정 역시 필요한데, 이는 선별된 각 성분의 이동 및 처리 시 환산인자로 사용하기 위함이다.

현장토사 오염도 분석은 매립쓰레기 처리 시 굴착 및 선별 후 발생하는 토사류의 현장 재이용 가능 여부를 확인하기 위하여 수행한다. 선별토사의 재활용 여부는 소요예산 산출 및 자원의 재활용 측면에서 반드시 확인되어야 한다. 현장 토사의 오염도 분석은 굴착/선별작업을 거쳐 발생하는 선별토사가 오염을 유발시킬 수 있는 지정폐기물인지 여부(환경부, 2006a)의 확인과 선별 토사의 재활용 시 토양오염을 유발시킬 수 있는지 여부(환경부, 2006b)의 확인을 통해 이루어진다. 이러한 오염여부 확인 이외에도 토사 선별 시 유기물질

표 1. 매립쓰레기의 물리적 조성

구분	가연 성분	불연 성분	토사류
매립 쓰레기	<ul style="list-style-type: none"> · 식물물류 · 목초류 · 종이류 · 고무/피혁류 · 비닐/플라스틱류 · 섬유류 및 기타 	<ul style="list-style-type: none"> · 자갈류 · 석재/사기류 · 금속류 · 건설폐기물 	<ul style="list-style-type: none"> · 토사류 (연탄재 포함)
구성			

질의 함유량이 부피기준으로 1% 이하가 되도록 선별해야 재활용할 수 있다(건설교통부, 2005). 이상의 환경적 측면 이외에도 성토재, 복토재, 매립시설 복토재 등으로 사용하기 위해서는 추가적으로 건설교통부의 품질관리 기준을 따라야 한다(건설교통부, 2005).

매립쓰레기의 존재로 인한 주변 환경의 오염여부를 판단하는 조사는 매립쓰레기의 분해정도를 측정하여 침출수 및 매립가스의 발생정도를 판단하고, 매립쓰레기로 인한 주변환경의 오염정도를 확인하기 위하여 수행한다(환경부, 2001). 매립쓰레기의 분해정도 확인인 안정화 평가는 침출수, 매립가스, 매립 폐기물에 대하여, 주변환경의 오염정도 확인 평가는 주변 토양, 지표수 및 지하수에 대하여 수행한다.

4. 매립쓰레기의 굴착/선별 및 처리

매립쓰레기의 선별은 혼합 매립쓰레기를 성상별로 구분하여 각 선별물의 재활용 및 합리적 처리를 목적으로 한다. 일반적으로 토사, 가연물, 불연물의 비가 65 : 25 : 10 수준이며(한국토지공사, 2006), 토사, 불연물은 재활용, 가연물은 별도 처리를 원칙으로 한다. 기존 택지개발지구에서 발생한 매립쓰레기의 조성비율 표 2에 나타내었다.

일반적으로 발생하는 매립쓰레기의 50% 이상을 토사류가 차지하는데, 일반 토사 이외에도 연탄재 등도 토사류에 포함된다. 선별 토사는 앞서 설명한 바와 같이, 오염도 분석을 수행하여 성토용, 복토용, 매립시설의 복토용 등으로 사용할 수 있는데, 비교적 많은 양의 매립쓰레기가 경제적, 친환경적으로 처리되는 효과를 얻을 수 있다.

선별 불연물은 자갈류, 폐콘크리트 등으로 현장 재활용 혹은 외부위탁처리를 할 수 있는데, 선별 불연물의 성상 및 크기에 따라 재활용 여부가 결정된다. 그림 2와 같이 폐콘크리

표 2. 매립쓰레기의 조성비 비교 단위: %

구분	토사	가연물	불연물
일반적인 조성비	65	25	10
하남 풍산지구 (B/C 지역)	64.0	120.52	15.47
홍천 연봉 2지구	65	15	20
천안 신방통정지구	57.92	26.59	15.49
전주 하가지구	65	23	12

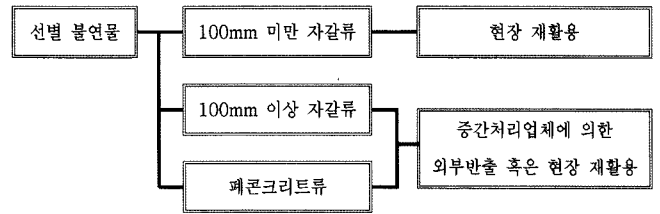


그림 2. 선별 불연물의 처리 개념도

트는 전량 중간처리업체에 의해 처리되어야 하고, 100mm 미만의 자갈은 현장 재활용할 수 있다. 현장에서 중간처리업체에 의한 처리가 가능할 경우 100mm 이상의 자갈류 및 폐콘크리트류 등의 건설폐기물을 모두 현장 재활용할 수 있다. 불연물 중 100mm 미만과 100mm 이상의 일반적인 발생 비율은 8:2 수준이다(한국토지공사, 2006).

선별 가연물은 전량 처리대상으로 재활용이 불가능하며, 소각방안 혹은 매립방안에 의해 처리한다. 소각방안은 높은 소각 단가로 인하여 비경제적인 방안으로 평가되고 있지만, 논란의 여지가 가장 높은 가연물을 외부에서 완벽하게 처리한다는 측면에서 널리 적용되고 있다. 일반적으로 매립쓰레기 처리 비용의 상당부분이 소각비용으로 산정되는데, 높은 소각비용을 줄이기 위해서는 결국 가연물의 양을 감소시켜야 한다. 이는 선별기의 선별효율 등과 밀접한 관계를 가지게 되는데, 소각방안의 경제성을 확보하기 위해서는 가능한 선별효율이 높은 선별기를 선택하여 선별 가연물의 양을 최소화하는 것이 바람직하다.

5. 선별 가연물의 합리적인 처리

선별 가연물을 처리함에 있어 경제성을 확보하기 위하여 소각방안 이외에 현장압축매립방안의 적용이 제시되고 있다(정준교, 2006). 압축공정의 추가로 인한 비용의 증가가 발생하지만, 조성되는 매립장의 크기가 일반매립 적용 때 보다 약 50-60% 수준이므로 매립장 조성비용이 감소되어 결과적으로 압축공정 적용의 경제성을 확보할 수 있다. 압축공정의 적용으로 조성되는 매립장을 보다 소규모화하면 택지개발현장 내 매립장의 위치 선정이 보다 쉬어질 수 있을 것이며, 매립장 조성 및 사용 종료 후 유지·관리 및 민원발생을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 다음의 그림 3에 현장압축

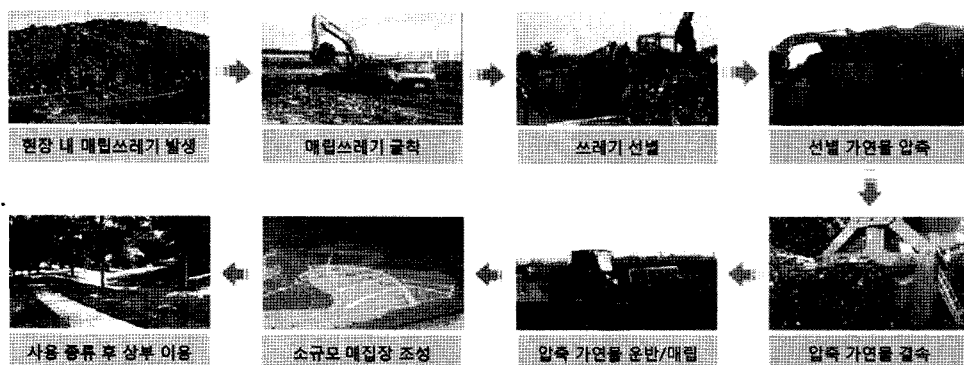
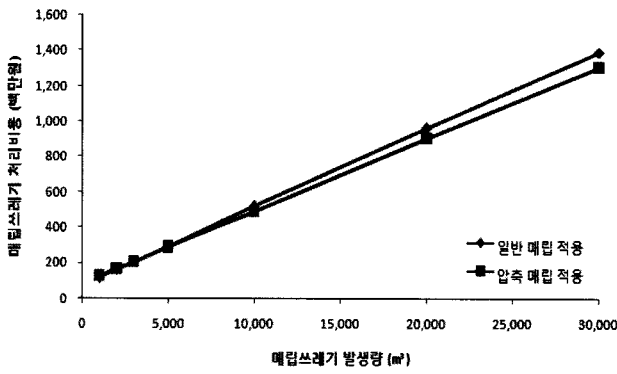
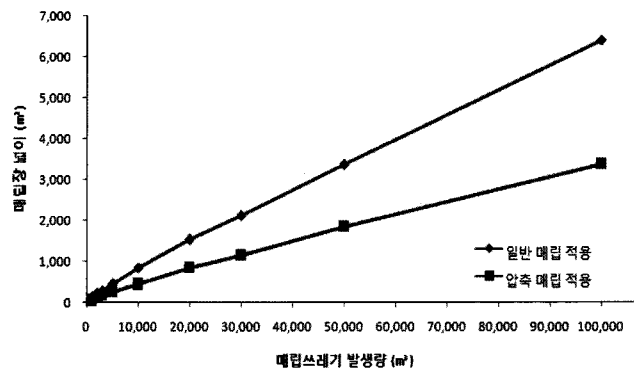


그림 3. 현장압축매립공정 처리도



(a) 매립쓰레기 처리비용 비교



(b) 매립장 넓이 비교

그림 4. 일반매립과 압축매립 적용의 경제성 비교

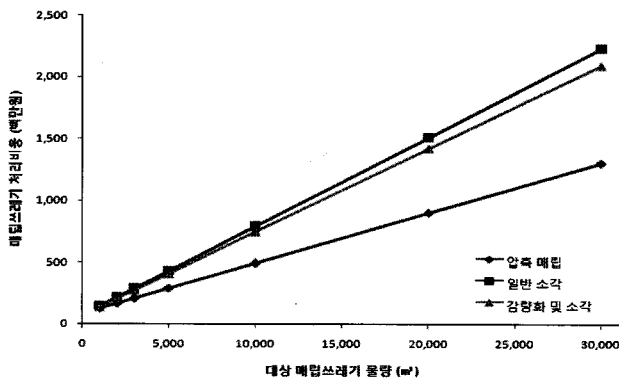


그림 5. 압축매립, 일반 소각, 감량화 및 소각 적용의 경제성 비교

매립방안의 절차를 나타내었다.

현장압축매립공정의 경제성을 검토하기 위하여 일반적인 매립쓰레기 조성(토사:가연물:불연물=65:25:10)을 이용하여 일반매립의 경우와 압축매립의 경우를 비교하였다. 선별 토사는 현장 재활용하고, 선별 불연물은 100mm 이하 자갈류만 재활용하고, 나머지는 중간 처리업체에 위탁처리하는 것으로 하였으며, 매립장 조성은 매립 깊이가 5m인 것으로 가정하였다. 이상의 일반매립 적용과 압축매립 적용의 매립쓰레기 처리비용 및 조성되는 매립장 넓이 비교를 다음의 그림 4에 나타내었다.

일반매립 적용과 압축매립 적용 시 매립쓰레기 처리비용을 비교한 결과 매립쓰레기 발생량이 5,000m³ 이상이 되면 압축매립공법의 적용이 일반매립공법의 적용보다 경제적인 것으로 확인되었다. 택지개발현장에서 발생하는 매립쓰레기의 양은 5,000m³ 이상인 것이 일반적이므로 압축매립공법의 적용이 대부분의 경우 일반매립의 적용보다 경제적인 것으로 판단된다. 조성되는 매립장의 넓이 비교 결과, 압축매립 적용의 경우가 일반매립 적용의 경우보다 50-60% 수준의 면적을 필요로 하므로 보다 소규모의 매립장 조성이 가능하며, 이를 통하여 매립장 위치 선정 및 기타 민원 문제를 보다 쉽게 해결할 수 있을 것으로 예상되었다.

다음으로 현장압축매립공정과 소각공정의 경제성을 분석하였는데, 단순 소각공정 이외에 소각공정의 경제성을 확보하기 위한 노력으로 개발된 가연물 감량화 공법이 적용된 경우까지 함께 비교하였다. 가연물 감량화 공법은 가연물 내 여분

표 3. 경제성 분석에 사용된 대표적인 원단위

항목	단위	단가	비고
선별기 운반/설치/해체	식	14,048,300원	
폐기물 선별	m³	11,530원	선별 속도: 80m³/hr
전석 투입 및 소할	m³	28,700원	10cm 이상
매립장 조성비	m³	27,000원	비압축/압축
압축	ton	15,000원	
소각	ton	220,000원	
불연물 처리비	ton	27,750원	100mm 이상
소각 운반비	m³	19,678원	L=40km
불연물 운반비	m³	21,089원	L=40km
가연성 감량화	m³	9,141원	20% 이상

※단가는 재료비, 노무비, 경비의 합계 금액

의 수분을 건조시켜 가연물에 붙어 있는 토사와 수분을 동시에 감소시키는 방안으로 약 30% 수준의 감량이 가능할 것으로 예상되고 있다. 앞선 비교분석에서 사용한 매립쓰레기의 일반 조성비를 이용한 경제성 분석 결과를 그림 5에 나타내었다. 소각비용은 실제 소각비용과 소각장까지의 가연물 운반비용이 함께 포함되었다.

가연성 감량화 공법을 적용하면 소각 대상물량 감소가 발생하여, 감량화 공법의 추가 적용 비용이 상쇄되며, 일반 소각 방안에 비하여 일정 수준의 경제성을 확보할 수 있는 것으로 판단되었다. 그러나 감량화 공법의 적용으로 인한 비용 절감이 3-6% 수준에 불과하여 소각물량을 줄여야 하는 특수한 상황 등에서만이 적용될 것으로 예상되었다. 반면에 압축매립 공법의 적용은 일반 소각 방안에 비하여 우수한 경제성을 보여주고 있는데, 물량이 증가함에 따라 10-43%까지의 공사비 차이가 발생하였다. 이를 통해 경제적인 매립쓰레기 처리를 위해서는 현장압축매립방안의 적용이 가장 타당함을 확인할 수 있었다.

이상의 경제성 분석은 매립장 조성비와 소각비용을 각각 일정금액인 27,000원/m³과 240,000원/m³으로 산정하였으며, 기타 다양한 현장 특성을 고려하지는 못하였으므로 공사금액 산정의 절대적인 기준이 될 수는 없다. 그러나 물량 대비 공사금액의 대략 비교를 통하여 일반 소각, 일반 매립, 압축매

립, 감량화 후 소각 공정에 대한 비교 판단 근거가 될 것으로 예상된다. 표 3에 경제성 분석에 사용한 대표적인 원단위를 정리하였다.

6. 결 론

본 연구는 택지개발사업현장에서 발생하는 대규모 매립쓰레기의 합리적인 처리 방안 도출을 위한 연구로 다음과 같은 성과를 얻을 수 있었다.

- (1) 택지개발사업 현장에서의 발견된 매립쓰레기는 전량 굴착 / 선별 처리해야하며, 토사류, 불연물류, 가연물류로 나뉜다.
- (2) 선별 토사류의 경우, 지정폐기물이 아니며, 재활용 시 주변 토양에의 오염확산 위험이 없으며, 유기이물질 함유량이 부피 기준으로 1% 미만이면 재활용 가능하다.
- (3) 선별 불연물의 경우, 100 mm 미만의 자갈류는 재활용 가능하며, 100 mm 이상의 자갈류 및 폐콘크리트류는 중간처리업체의 의한 외부반출 및 현장 재활용이 가능하다.
- (4) 선별 가연물의 경우, 일반적으로 소각 방안이 적용되지 만 경제성을 확보하기 위하여 현장압축매립방안이 적용 될 수 있다. 현장압축매립방안은 일반매립에 비해 매립 면적을 절반 수준으로 감소시킬 수 있으며, 소각공정과 비교하였을 때 물량이 증감함에 따라 10-43% 수준의

공사비를 절감할 수 있다.

- (5) 선별 가연물의 양을 줄이기 위하여 여분의 수분을 건조시키는 가연성 감량화 공정이 추가로 적용되기도 하는데, 약 30% 수준의 감량이 가능하다. 그러나 감량화 공정의 적용으로 인한 비용 추가로 인하여 큰 경제적인 이점은 없는 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 건설교통부 (2005) 순환골재 품질기준.
 건설교통부 (2006) 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률.
 심문보, 윤영채 (2000) 지방자치단체의 비위생 매립지의 정비방향과 추진전략. 환경정책, 한국환경정책학회, 제8권, 제2호, pp. 55-78.
 연익준, 주소영, 김광렬 (2005) 소규모 비위생매립지의 환경안정성 평가. 한국폐기물학회지, 한국폐기물학회, 제19권, 제2호, pp. 234-243.
 정준교, 장정희, 오승훈 (2006) 비위생 매립지 규모에 따른 정비 방안. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제54권, 제4호, pp. 54-60.
 한국토지공사 (2006) 매립쓰레기 처리에 관한 연구.
 환경부 (2001) 사용종료 매립지 정비지침.
 환경부 (2006a) 폐기물관리법.
 환경부 (2006b) 토양환경보전법.

- ◎ 논문접수일: 2007년 11월 09일
- ◎ 심사의뢰일: 2007년 11월 13일
- ◎ 심사완료일: 2007년 12월 03일