

『복합차수층 조성기술』이 적용된 폐기물매립장 사후매립관리사업 시공사례

[문경시 불정매립장 최종복토차단층 적용사례를 중심으로]



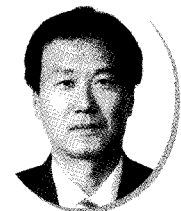
이규정
(주)엔지이에스 부장
(leeqj@hanmail.net)



강희철
(주)엔지이에스건설



채수권
을지대학교
보건환경학부 교수



천도진
문경시청 환경보호과

1. 서론

폐기물의 매립처분은 폐기물의 최종처분 단계이기 때문에 위생적으로 안전하게 처분하는 것이 매우 중요하며 그 역할을 담당하는 시설이 바로 매립지이다. 폐기물 매립장은 주변환경에 대한 피해를 최소화 하면서 폐기물을 안전하게 처분하여 최종적으로는 자연계로 환원시키는 시설이다. 따라서 폐기물이 매립지 내에 장기간 저류되면서 물리, 화학, 생물학적으로 안정화되어 더 이상 주변 환경에 위해를 끼치지 않아야 하기 때문에 폐기물 매립지 시설은 장기간 동안 폐기물을 안전하게 저류할 수 있도록 해야 한다. 그러므로 매립지 안에서 오염물질의 거동을 제한할 수 있는 차폐성 매립이 필요하다고 할 수 있다.

완전차폐성의 위생매립시설에서 복토의 중요성은 바닥층만큼 강조되지 않고 그냥 지나칠 수 있다. 그러나 실제로 매립지의 파괴 및 침출수의 증가 원인 중에 가장 커다란 영향을 미치는 것은 복토층 설치의 실패에서 온다고 볼 수 있

다. 폐기물 매립이 완료된 후에 안정화 및 환경오염방지를 위해 시행되는 최종복토층은 ① 매립장 내부로의 우수유입 방지 ② 매립장 내에서 발생하는 악취 및 가스의 비산 방지 ③ 폐기물의 노출시 자연 환경 위생에 대하여 완충 작용을 하며, ④ 매립지의 침하 및 침강을 억제하는 기능을 갖고 있다.

현재 환경부는 단순 투기식으로 매립되어 현재 사용이 종료된 전국 1,170개소의 매립지를 오는 2010년까지 연차적으로 정비해 나갈 계획을 세워놓고 있으며 이미 1996년부터 2001년 말까지 전국 89개 매립지 중 61개소를 정비한 바 있으며, 2002년도에는 약 366억원을 들여 28개 매립지를 대상으로 정비사업을 추진한 바 있다.¹⁾

경북 문경시 불정동 산98번지에 위치한 불정매립장은 1994년에 설치를 득한 후 위생매립장 조성계획에 따라 1997년부터 매립을 시작하여 2006년까지 약 10년간 위생매립을 시행하여 폐기물 약 333,000m³을 매립하고 사용이 종료된 상태이다. 따라서 사용종료 매립지에 대한 폐기물

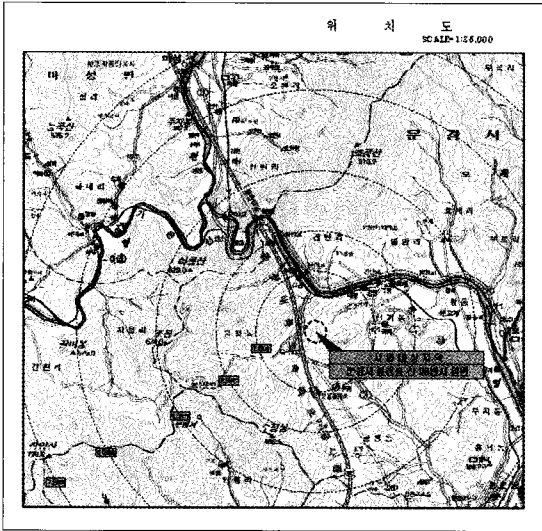


그림 1. 현장위치도

관리법 규정에 의한 매립장 폐쇄를 위하여 최종복토, 우수 배제시설 및 적절한 가스배제시설 등을 설치하여 적절한 매립장 사후관리와 안정화를 통해 향후 토지활용성을 증대시키고, 지역의 환경보전 및 지역주민의 보건위생 향상에 기여하고자 본 사업이 계획되었다.

본 고에서는 문경시 불정매립장 사후매립관리사업에 대한 전반적인 사업내용 요약 및 최종복토층 공종 내에 있는 차단층 부분에 대한 내용을 중심으로 그 시공사례를 개략적으로 서술하고자 하며, 특히 본 사업에 적용된 특허등록 제 0418560호인 "폐기물매립장 복합차수층 조성공법"에 대한 시공 및 품질관리 등 기술적인 내용을 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 불정매립장 사후매립관리사업 현황²⁾

경상북도 문경시 불정동 산 98번지 일원에 위치한 본 매립장은 사업면적 42,879m², 매립부지 38,523m², 총 매립용량은 333,010m³이며, 본 사후매립관리사업의 현장위치도를 그림 1에 도시하였고, 사업 전반에 걸친 시설물 현황에 대한 개요를 표 1에 나타내었다.

표 1. 불정매립장 사후매립관리사업 개요

공종	세부 공종	사실 내용
침출수 차집시설	간선	• 접속다발관 : L=239m
	지선	• 접속다발관 : L=193m
	집수징	• (1m×1m×1m) : 1개소
	침출수 이송관	• STS D200 : 75m
가스포집 및 처리시설공	수직포집관	• 8개소 (기존 시설 활용)
	수평포집관	• PE 유공관(D150~200) : 526m • PE 무공관(D200) : 233m
	간이소각기	• 2개소 9신설)
최종복토공	식생대층(t=60cm)	• 양질토사 : 5,211m ³
	배수층(t=30cm)	• 모래(20cm) : 2,450m ³
	차단층(t=45cm)	• 복합차수층 : 3,398m ³
	가스배제층(t=30cm)	• 잡석 : 2,105m ³

2.2 폐기물관리법에 의한 최종복토층 설치기준

폐기물 매립 완료 후, 시행하는 최종복토층의 국내 설치 기준 및 관리기준^{3,4)}을 그림 2에 도시하였으며, 표 2에서 보듯이 여러 차례의 개정 및 신규 규정의 추가 작업을 통해 그 기준이 강화되었으며, 특히 1999년부터는 차단층의 투수 계수에 대한 법적 기준 수치가 제시됨으로서 매립 완료 후 빗물의 매립층 내 침투 방지, 매립가스 표면 누출 억제 등 매립 완료 지역에 대해 적극적으로 오염원의 외부 누출을 제한하고 있는 실정이다.

복토층의 기능은 크게 쓰레기 매립층 내부의 수분을 적정하게 유지시킴으로서 쓰레기의 생분해를 도모하여 안정화를 촉진시키는 측면과 우수의 침투를 억제시켜 침출수

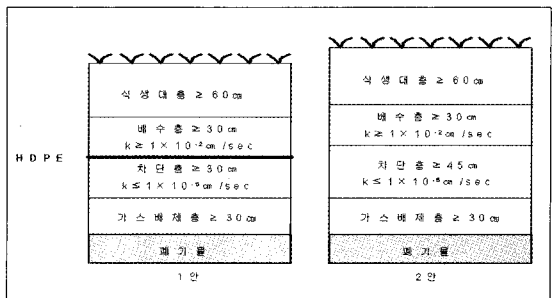


그림 2. 최종복토층 설치기준

『복합차수층 조성기술』이 적용된 폐기물매립장 사후매립관리사업 시공사례
【문경시 불정매립장 최종복토차단층 적용사례를 중심으로】

표 2. 폐기물관리법상 최종복토층 기준의 변천

개정일자	내 용
'93. 9. 9	폐기물관리법 시행규칙 [별표 5] 2. 나. (2) <ul style="list-style-type: none"> • 매립지 사용이 완료된 때에는 50cm 이상의 두께로 최종복토를 하여야 한다.
'97. 7. 19	폐기물관리법 시행규칙 [별표 8] 2. 나. (1), (사) <ul style="list-style-type: none"> • 매립지 사용이 완료된 때에는 60cm 이상의 두께로 최종복토를 하되, 차수기능, 빗물배제기능을 갖도록 하고, 상부층에는 수목의 식재, 초지의 조성을 위한 식생대층을 설치하여야 한다.
'99. 8. 9	폐기물관리법 시행규칙 [별표 8] 2. 나. (2), (자) <ul style="list-style-type: none"> • 매립지 사용이 종료된 때에는 최종복토층을 구배가 2% 이상이 되도록 설치하여야 한다. 이 경우, 최종복토층은 하부로부터 다음과 같은 가스배제층, 차단층, 배수층 및 식생대층을 차례대로 설치하여야 한다. ㉠가스배제층 : 두께 30cm 이상 설치 ㉡차단층 : 점토·점토광물혼합토 등으로 두께 45cm 이상 투수계수가 1×10^{-6}cm/sec 이하가 되도록 설치하거나 점토·점토광물혼합토 등으로 두께 30cm 이상 투수계수가 1×10^{-6}cm/sec 이하가 되도록 설치한 후, 그 위에 두께 15mm이상인 합성고분자차수막(HDPE sheet)을 설치 ㉢배수층 : 모래 등으로 두께 30cm 이상 설치 ㉣식생대층 : 두께 60cm 이상 설치
'01. 1. 1	폐기물관리법 시행규칙 [별표 8] 2. 나. (2), (자) <ul style="list-style-type: none"> • 배수층 관련 규정에 대한 개정 ㉢배수층 : 모래를 두께 30cm 이상 두께로 포설하거나 복토층 하중상태에서 투과능 계수가 1초당 3만분의 1m² 이상인 지오킴포지트, 지오네투 또는 지오텍스타일 등의 투목합성수지 설치

의 발생량을 최소화함으로써 지표수, 지하수, 토양 등의 오염을 방지하는 동시에 매립가스의 발산을 억제하여 매립지의 식생 및 토지이용을 가능케 하는 환경오염방지 측면이 있다. 최종복토층은 식생대층, 배수층, 차단층, 가스배제층으로 구분할 수 있고, 핵심이 되는 차단층의 경우 (1)점토, 점토광물혼합토 등으로 두께 45cm 이상 투수계수가 1초당 1백만분의 1센티미터 이하가 되도록 설치하거나 (2) 점토, 점토광물혼합토 등으로 두께 30cm 이상 투수계수가 1초당 1백만분의 1센티미터 이하가 되도록 설치한 후, 그 위에 두께 1.5밀리미터 이상인 합성고분자차수막(HDPE sheet)을 설치하는 두 가지 방안이 있으며, 본 문경시 불정매립장의 경우 소유자가 민간인으로서 향후 토지소유자의 다양한 토지이용성을 고려하여 비닐계 차단층 대신에 현 지토사를 이용한 차단층 두께 45cm로 설치하는 방안을 선정하여 계획되었다.

2.3 최종복토 차단층 조성기술

차수재 설치에 있어 가장 중요한 사항은 소정의 제질기

준을 만족하는 차수재료를 선정하는 것과 최적의 차수재 시공을 위한 품질관리 수행이라고 할 수 있다. 그러나 국내의 경우에는 이에 대한 관리기준이 제대로 제정되어 있지 않기 때문에 이러한 작업이 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

국내에서 수평차수재의 경우를 살펴보면 단순투기 시기에는 차수재가 전혀 적용되지 않았으며, 단순투기와 위생매립의 전환기에는 주로 비닐, 천막 등 저급의 차수재가 적용되었다. 그 이후에 위생매립이 이루어지기 시작한 1980년대 후반기부터는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 등의 지오멤브레인이 가장 많이 적용되고 있고, 일부 화강토 벤토나이트 등의 혼합차수재 등이 적용되고 있다. 그리고 해안매립지의 경우에는 기초지반을 이루고 있는 해성점토를 차수재로 사용하거나 이를 고화, 개량하여 지지층 및 차수보조재 등으로 사용하고 있다.

우리나라의 매립지는 산간계곡에 설치되는 경우에 많기 때문에 강우에 의한 침식 및 유실문제가 발생할 수 있으며 유입수를 효과적으로 배제하지 못하면 침출수의 증가, 복토층 표면의 유실, 제방이나 수로의 파괴현상이 발생할 수 있다.

최종복토층은 침출수보다는 물(우수 및 지표수)을 차단하여 내부로의 유입을 차단한다는 목적에 있기 때문에 바닥차수층과는 다른 구성을 이루고 있다. 즉, 바닥층보다는 화학적 저항력이 덜 요구되어지나 노출에 의한 내구성, 점토층의 갈라짐, 침식 및 동결/융해, 동물의 서식 및 식물 뿌리 깊이 등에 따른 영구성에 좀 더 유의하여야 한다. 또한 폐기물의 압축, 분해 및 지반자체의 부등침하에 대한 붕괴 상황에서도 이들 피해를 최소화할 수 있도록 설계, 시공되어야 한다.

본 사업을 수행함에 있어서 차단층 적용공법에 대한 차수메커니즘 및 각각의 공법들에 대한 장단점을 비교한 검토 내용을 분석하고, 현장여건을 충분히 고려하여 본 사업

의 차단층 공종에서는 특허등록 제 418560호 및 환경부 환경신기술 제22호로 지정된 "폐기물매립장 복합차수층 조성공법"을 선정하였으며, 이 공법에 대한 내용은 다음 4절에서 설명하였다.

2.4 폐기물매립장 복합차수층 조성공법

본 공법은 폐기물매립장 관련 조성공사에 있어 폐기물 관리법에 의한 바닥차수층(투수계수 $1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 이하) 및 최종복토차단층(투수계수 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 이하) 기준을 만족시킬 수 있는 차수층 조성기술로서, 매립장 현장 부근에서 사용 가능한 흙을 주재료로 하여 각각 상부층첨가재

표 3. 최종복토 차단층 적용 실적 [특허 제 0418560호]

순	공사명	발주처	사공두께(M)	발주시기	준공시기
1	덕곡 비위생매립장 정비사업	경북 김천시	0.30	2003. 4	2003.11
2	철원군 사용종료매립지 정비사업	강원 철원군	0.45	2003.12	2004.10
3	안양 사용종료매립지 정비사업	경북 경산시	0.30	2003.10	2004. 4
4	와촌 사용종료매립지 정비사업	경북 경산시	0.30	2003.10	2004. 4
5	화동면 사용종료매립지 정비사업	경북 상주시	0.45	2004. 7	2004.10
6	나한리 사용종료매립지 정비사업	경북 상주시	0.45	2004. 7	2004.10
7	연무·왕덕 비위생매립지 정비사업	충남 논산시	0.45	2004.12	2005.10
8	사노동 사용종료매립장 정비사업	경기 구리시	0.45	2004.11	2006. 3
9	사곡리 점동 비위생매립지 정비공사	경기 여주군	0.30	2004.12	2006. 3
10	조읍리 사용종료매립장 정비사업	경기 이천시	0.30	2005. 8	2006. 5
11	오산 비위생매립장 정비사업	경기 오산시	0.30	2005.11	2006. 9
12	울정매립장 최종복토공사	경기 양주시	0.45	2006. 3	2006. 7
13	강경·채운 비위생매립지 정비사업	충남 논산시	0.45	2006. 7	2007. 6
14	적성면 비위생매립지 정비사업	경기 파주시	0.45	2006. 6	2007. 8
15	용평 비위생매립지 정비사업	강원 평창군	0.45	2006. 8	2007. 8
16	운봉 사용완료된 매립지 정비사업	전북 남원시	0.45	2007. 3	2007.10
17	진부 비위생매립지 정비사업	강원 평창군	0.35	2007. 5	2007.10
18	영흥면 비위생매립지 정비사업	인천 옹진군	0.45	2008. 4	2008. 6
19	주생 사용완료된 매립지 정비사업	전북 남원시	0.45	2007. 3	2008. 10
20	부송동 비위생매립지 정비사업	전북 익산시	0.45	2007.10	2008. 10
21	불정 비위생매립지 정비사업	경북 문경시	0.45	2008. 5	2008. 10
22	태장동 비위생매립지 정비사업	강원 원주시	0.30	2008. 4	2009 예정
23	영월군 비위생매립장 안정화사업	강원 영월군	0.45	2008. 8	2009 예정
24	신동면 사용종료매립지 정비사업	강원 정선군	0.30	2008. 11	2009 예정
25	임계면 사용종료매립지 정비사업	강원 정선군	0.30	2009 예정	2009 예정

『복합차수층 조성기술』이 적용된 폐기물매립장 사후매립관리사업 시공사례
[문경시 불정매립장 최종복토차단층 적용사례를 중심으로]



그림 3. 전체적인 시공 흐름도

(BLT), 중간층첨가재(BLM), 하부층첨가재(BLL)를 일정량씩 혼합, 다짐·소성함으로써 법적투수계수 기준치를 만족시킬 수 있는 기술이며, 기존의 차수층 공법들이 가지고 있었던 문제점들을 최소화하기 위하여 가장 최근에 개발된 공법이다. 즉, 매립장 차수층의 기능손상을 방지하며, 매립장 내부로의 우수 및 지표수의 유입을 방지하여 침출수의 발생량 자체를 절대적으로 감소시킴으로써 지하수 및 지반환경 오염을 최소화하고, 보다 안전한 매립환경을 조성하기 위해 개발되었다.

사용 흙에 따라 각각 첨가재의 혼합량을 조절하여 투수계수 기준을 만족시킬 수 있으며 또한 현장 조건에 따른 유연한 설계 및 시공이 가능한 기술로서, 동결융해 및 건조습윤 작용에 대한 저항성이 있으며 또한 차수층 내에 미생물의 생장에 의하여 bio-barrier(미생물 차수대)를 형성함으로써 투수계수 저감 및 부분적인 오염물질의 제거가 가능한 기술이다. 당사 보유기술을 본 현장에 적용함에 있어서, 최종복토층의 경우를 감안하여 첨가재료의 단일화로 인한 시공 용이성 및 매립지 안정화에 따른 부등침하 발생에 대한 신속적 대응, 미생물차수대 형성에 의한 차수기능 유지 및 오염물질 제거 효과를 극대화하기 위하여 특허등록 제 418560호의 BLM 단일층 즉, 최종복토 차단층 조성두께를 45cm로 구성하여 시공성 증대효과를 도출하였다.

본 공법과 관련하여 비유생매립지 정비사업 및 사용종료된 매립장 정비사업분야에 적용된 사례로는 표 3과 같이

시공 예정인 4개의 현장을 포함하여 총 25건의 적용실적을 가지고 있다.

2.5 차단층 시공 과정

2.5.1 시공 개요

차단층의 성능은 사용하고자 하는 흙의 상태에 따라 각 첨가물질의 투입량을 달리하여 최적의 배합비를 산정하여야 하므로, 먼저 각 흙의 특성을 파악하고 이에 대한 사전 실내시험을 거친 후, 최종 배합비를 결정하여야 한다. 본 공사에 적용된 최종차단층 시공은 현장에서 흙과 첨가재를 혼합하여 포설한 후 소정의 다짐도에 이르도록 다짐하는 과정으로 이루어지며, 전체적인 기본 공정도를 그림 3에 나타내었다.

품질관리를 위한 시험은 실내시험과 현장시험으로 구분되며 실내시험으로는 주로 흙과 첨가재에 관한 시험으로 함수비시험, 입도분석시험, 다짐시험, 변수위투수시험, 성분분석시험, 용출시험 등을 실시하였으며, 시공 중에는 흙의 현장함수비와 현장다짐도를 측정하였고, 현장시험은 시공종료 후 현장에서 코아시료를 채취하고 공인시험기관에 시험을 의뢰하여 투수시험을 실시함으로써 시공완료된 최종품질을 확인하였다.

2.5.2 사전 실내시험

본 시공에 앞서 차단층 시공에 대한 최적의 품질관리 기준을 정하기 위하여 시공에 사용할 흙재료와 혼합재(BLM)에 대하여 실내시험을 수행하였다. 흙재료에 대한 기본 토성시험을 통하여 기본적 물성을 분석한 결과, 흙의 자연함수비는 19.2%, 밀도는 2.630g/cm³, 액·소성한계는 NP로 나타났으며, 흙 재료 자체의 투수계수는 3.1×10⁻⁶cm/sec, 통일분류법에 의한 흙의 공학적 분류는 SM계열의 흙으로 평가되었으며, 이들 내용을 정리하여 표 4에 나타내었고 입도분포곡선을 그림 4에 도시하였다.

KS F 2312에 의한 다짐시험결과 표 5와 같이 흙재료는 최대건조밀도가 1.668 g/cm³, 최적함수비는 17.0%로 나타났으며, 흙과 첨가재(BLM)가 혼합된 재료의 경우에는 최대건조밀도가 1.627 g/cm³, 최적함수비는 20.9%로 관

측되었다. 배합비는 설계시방에 준하여 현장에서 사용되는 흙 $1\text{m}^3(\gamma_{dmax} 1.668\text{g/cm}^3)$ 당 96kg의 혼화재(BLM)를 중

량비로 혼합하였다. 그림 5에서 보듯이 첨가재 재료가 일부 혼합됨으로써 다짐곡선의 최적함수비가 우측으로 이동함

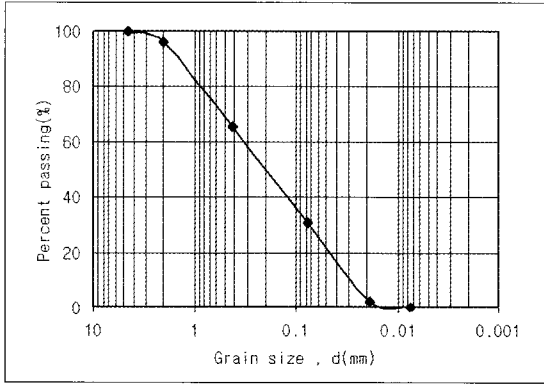


그림 4. 흙 입자의 입도분포곡선

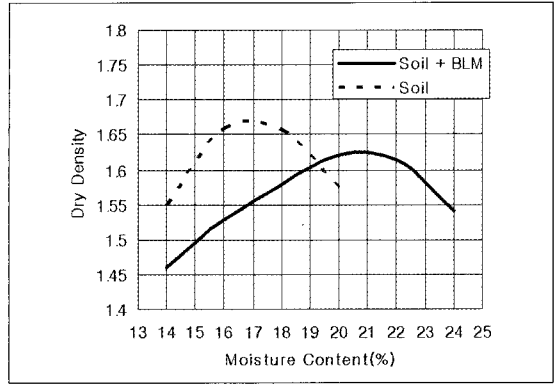


그림 5. 재료별 다짐곡선 추이

표 4. 흙 종류의 판정 및 기본적

시험 항목		시험 방법	시험 결과
함수량 시험	흙의 자연함수비	KSF 2306	19.2 (%)
밀도시험	밀도	KSF 2308	2,630
액성한계시험	액성한계	KSF 2303	* NP
소성한계시험	소성한계	KSF 2304	* NP
흙의 분류	흙 종류 정의	AASHTO 분류법	** SM
투수 계수	사용 흙의 투수계수	KSF 2322	$3.1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$

*) NP : 비소성(Non Elastic)

**) SM : 조립토 모래 (Sand), 세립분 12% 이상 함유 (Mo)

표 5. 다짐시험결과

시험 항목		시험 방법	시험 결과	
			흙	흙 + 첨가재(BLM)
다짐시험	최대건조밀도 γ_{dmax}	KSF 2312	1,668 (g/cm ³)	1,627 (g/cm ³)
	최적함수비 O.M.C		17.0 (%)	20.9 (%)

표 6. 첨가재료에 대한 화학성분 분석결과 (단위 : %)

시험항목	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	강열감량
화학성분	54.7	16.2	3.4	3.5	0.3	3.5	12.3

표 7. 첨가재료에 대한 유해물질 용출시험 결과

시험항목	Pb	Cd	Cr+6	As	Hg
유해물질 용출량 (ppm)	ND	ND	ND	ND	ND
폐기물관리법에 의한 허용 기준	3.0	0.3	1.5	1.5	0.005

*)ND : Not Detectable

『복합차수층 조성기술』이 적용된 폐기물매립장 사후매립관리사업 시공사례
 [문경시 불정매립장 최종복토차단층 적용사례를 중심으로]

과 동시에 최대전조밀도 값은 낮아진 곡선 모습을 보이고 있다. 또한, 첨가재 배합 후의 투수계수는 $1.4 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 로 계측되어 설계기준치 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 를 만족하는 결과를 나타내었다.

사용되는 첨가재(BLM)에 대한 화학성분분석 및 유해물질 용출시험을 실시한 결과, SiO_2 54.7%, Al_2O_3 16.2%, MgO 및 Fe_2O_3 성분이 3.5%, 3.4% 등으로 분석되었으며,

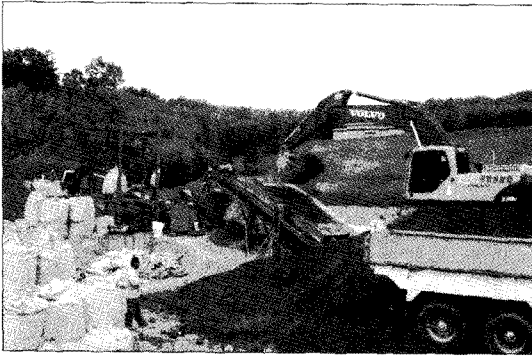


그림 6. 재료혼합 공정

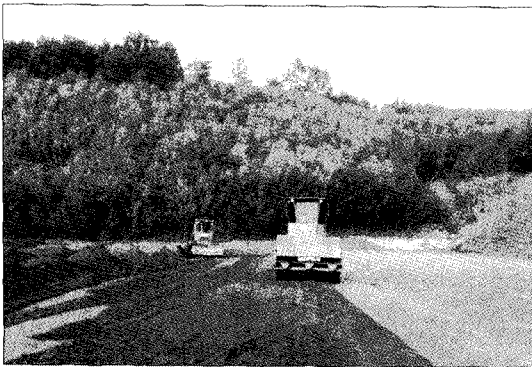


그림 7. 포설 및 다짐 공정

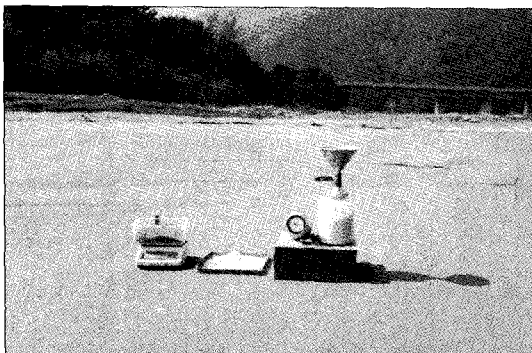


그림 8. 현장다짐도 측정

실리카 성분이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 용출시험 결과 Pb , Cd , Cr^{6+} , Cu , As , Hg , CN 등의 유해물질은 전혀 검출되지 않았으며, 이를 정리하여 표 6 및 표 7에 나타내었다.

2.5.3 재료 혼합

본 공사에 적용된 혼합방법은 선별과 연속혼합이 가능한 플랜트장비를 이용하였으며 이 장비는 크게 혼합재(BLM)을 저장할 수 있는 사일로와 흡을 사용 가능 크기가 하로 선별할 수 있는 장치 그리고 혼합재와 흡을 혼합할 수 있는 교반장치로 구성되어 있다.

차단층 재료의 생산 과정은 그림 6과 같이 원지반상태의 흙 재료를 40mm의 체가 설치된 스크린에 통과시켜 잡석 및 나무뿌리 등의 이물질 제거하였고, 이와 같이 선별된 흡과 혼합재(BLM)의 혼합은 사이로에 저장된 혼합재(BLM)을 스크린에 설치된 교반장치에 스크류식 이송장치로 이송하여 최대한 균일한 혼합이 되도록 조절하였다.

2.5.4 포설 및 다짐

선별과 배합공정을 거친 혼합토는 back-hoe를 이용하여 15Ton 덤프트럭에 상차하여 시공 장소로 운반하였다. 현장에 포설된 혼합토는 그림 7과 같이 도저를 이용하여 다짐작업이 용이하도록 넓게 포설하였으며 이때 최종다짐 두께가 45cm임을 감안하여 각각 25cm와 20cm씩 2단으로 나누어 포설 및 다짐을 실시하였다. 다짐은 진동이 가능한 10Ton급 진동롤러를 사용하였으며, 시험다짐을 통해 95%이상의 상대다짐도에 이를 수 있는 최소 왕복횟수 5회를 결정하고 5회 이상의 다짐 횟수가 이루어지도록 다짐작업을 진행하였다.

2.5.5 시공 후 품질확인시험

차단층의 품질 확인을 위하여 다짐을 완료한 후 그림 8처럼 시공된 장소에서 상대다짐도를 측정하였고 그림 9에서 보듯이 차단층 시공이 완료된 후 현장코어를 채취하여 변수위 투수시험을 수행하였다. 상대다짐도는 총 3회에 걸쳐 이루어졌고, 그 결과 표 8처럼 상대다짐도(%)의 값은 96.9 ~ 98.7%의 범위로 계측되어, 시방서 상의 상대다짐

표 8. 현장다짐도 측정결과

구 분	건조밀도(γ_d)	상대다짐도(%)	시험방법
No.1	1,842	98.7	KSF 2311-96
No.2	1,961	96.9	
No.3	1,897	98.4	

표 9. 투수계수 측정결과

구 분	결 과	단 위	시험방법
No.1	8.8×10^{-7}	cm/sec	KSF 2322-96
No.2	8.1×10^{-7}		

도 기준인 95% 이상을 만족하였다.

투수시험을 위한 시료는 차단층의 특성상 회전식코아 채취기를 사용할 경우 교란우려가 있는 관계로 그림 9처럼 원형파이프(D=100mm, H=600mm)를 타격하여 채취하였으며, 설계시방서상 5,000m²당 1회의 현장투수시험 횟수에 대해 기준에 따라 총 2회를 실시하였으며, 그 결과 표 9에서 보듯이 현장에서 채취된 시료에 대하여 실시한 투수 시험 결과는 각각 8.8×10^{-7} cm/sec 및 8.1×10^{-7} cm/sec로 계측됨으로서 폐기물 관리법에 의한 설계기준인 1×10^{-6} cm/sec 이하를 만족하였다.

3. 결론

사용종료 매립지에 대한 매립장 사후관리와 안정화를 통해 토지활용성을 증대시키고 지역의 환경보전 및 보건 위생 향상을 위하여 시행된 문경불정매립장 사후매립관리 사업과 관련하여 최종복토 차단층 공사를 수행하고, 그 단계별 시험분석내용을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현장 사용 후 재료에 대한 기본 토성시험을 통하여 기본적 물성을 분석한 결과, 흙의 자연함수비는 19.2%, 밀도는 2.630g/cm³, 액·소성한계는 NP로 나타났으며, 통일분류법에 의한 흙의 종류는 SM계열의 화강풍 화토로 현장 인근에서 쉽게 채취하여 시공이 비교적 용이하였다.



그림 9. 현장코아 채취

2. 사전 실내시험을 통한 투수계수 계측결과 흙재료 자체의 투수계수는 3.1×10^{-5} cm/sec 이었고, 설계배합비 (96kg/1m³)에 따른 첨가재 배합 후의 투수계수는 1.4×10^{-7} m/sec로 계측되어 설계기준치 1.0×10^{-6} cm/sec의 만족 여부를 확인한 이후, 본 현장을 시공하였다.
3. 사용되는 첨가재(BLM)에 대한 화학성분분석 및 유해물질 용출시험을 실시한 결과, SiO₂ 54.7%, Al₂O₃ 16.2%, MgO 및 Fe₂O₃ 성분 각각 3.5% 등을 함유하고 있어 실리카 성분이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있었으며, 용출시험 결과 Pb, Cd, Cr⁶⁺, Cu, As, Hg, CN 등의 유해물질은 전혀 검출되지 않았음을 확인하였다.
4. 최종복토층내의 차단층을 시공함에 있어, 시공시 HDPE Sheet의 파손 및 재료의 sliding 문제를 해결함과 동시에 자연재료를 사용한 친환경적인 차단층을 조성코자 현장시공성 등을 고려하여 차단층 두께 30cm 대신 HDPE sheet 없이 45cm로 시공하는 방안을 채택하여 시공하였다.
5. 준공 시, 시공된 최종차단층의 시료를 코어로 채취하여 공인시험기관에 변수위 투수시험을 의뢰한 결과, 8.1×10^{-7} cm/sec ~ 8.8×10^{-7} cm/sec로서 설계기준치인 1.0×10^{-6} cm/sec 이하의 투수계수를 만족하였고, 현장 다짐도 시험에서는 96.9 ~ 98.7%로 계산되어 설계기준인 최대건조밀도의 95% 이상을 모두 만족하였다.
6. 시공되어진 최종복토층에 대해서 치수성능을 포함하여 사후 장기간에 걸친 공학적인 거동특성 자료를 수

『복합차수층 조성기술』이 적용된 폐기물매립장 사후매립관리사업 시공사례
 [문경시 불정매립장 최종복토차단층 적용사례를 중심으로]

집, 분석함으로써 향후 관련 분야에 대한 기술적인 보완 자료를 데이터화할 필요가 있을 것으로 사료된다.

7. 사용종료매립지 정비사업의 철저한 시공 관리를 통해 혐오시설로 인식되고 있는 폐기물매립시설에 대한 주민의 편견을 떨쳐버리고 친환경적인 시설로 자리매김 할 수 있도록 설계, 시공, 관리감독자들의 세심한 관심이 요구된다.

관, p.30~31, p.101, 2004.

2. 문경시(2007), "문경시 불정매립장 사후매립관리 기본 및 실시계획보고서"
3. 환경부(2002), 폐기물관리법 시행규칙, 매립시설의 관리기준.
4. 서울시립대학교(2004), "복합차수층의 차수기능 평가연구", pp. 46~47.
5. (주)엔지에스(2005), "바이오-배리어에 의한 복합차수층 조성 기술", 제6회 환경신기술발표회 발표논문집, 환경관리공단, 제주도, pp. 256-259.
6. 이남훈, 이병태 (2005) "복합차수층 기술을 이용한 폐기물매립지 최종차단층 시공사례, 한국폐기물학회지 제22권 제6호 pp.586~592

참 고 문 헌

1. 한국지반공학회, 지반환경[폐기물 매립 및 토양환경], 구미서

2009년도 정기총회 및 봄학술발표회 개최 안내

2009년도 정기총회 및 봄학술발표회를 아래와 같이 개최하오니 회원 여러분의 많은 참여 바랍니다.

◎ 학술발표회 일정 및 등록 안내

■ 일시 : 2009년 3월 27일(금) ~ 28일(토)

■ 장소 : 한양대학교 안산캠퍼스 컨퍼런스 홀

◎ 등록비 안내

구 분	당일등록
정회원	60,000원
학생회원	30,000원
비회원	80,000원

◎ 포스터 세션

포스터 세션은 가로 1m, 세로 2m의 판넬이 제공되며 학술발표회 당일 오전 11시까지 부착하여야 함.

◎ 광고 및 협찬 안내

- 200만원 : 기념품에 스폰서 로고 삽입, 논문집 1쪽 광고(A4), 프로그램 협찬사 기재(무료 등록 3인)
- 100만원 : 논문집 1쪽 광고(A4), 프로그램 협찬사 기재(무료 등록 2인)
- 50만원 : 프로그램 협찬사 기재(무료 등록 1인)
- 입 금 처 : 468037-01-007989(국민은행/예금주 : 한국지반공학회)