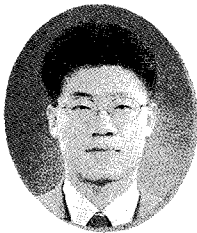


『폐기물매립장 복합차수층 조성공법』이 적용된 최종복토 차단층 시공사례

[평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 중 최종복토 차단층 적용사례를 중심으로]



이 규 정
(주)엔지에스 부장
(leeqj@hanmail.net)



채 수 권
을지대학교
보건환경학부 교수



백 세 환
(주)도화지질 대표이사



박 용 호
평창군청 환경복지과

1. 서론

폐기물매립장은 도시 기반시설로서 필수적인 시설임에도 불구하고 아직까지는 혐오시설로 인식되고 있으며, 이러한 인식의 가장 큰 요인으로는 과거 사용종료매립장의 부적절한 관리로 인한 심한 악취, 지하수와 토양의 오염, 혐오시설 존재로 인한 지역 사회에서의 불균등한 발전 및 주변 위생상의 여러 문제점들 때문이라고 판단된다.

현재 환경부는 단순 투기식으로 매립되어 현재 사용이 종료된 전국 1,125개소의 매립지를 오는 2010년까지 연차적으로 정비해 나갈 계획을 세워놓고 있으며 이미 1996년부터 2001년 말까지 전국 89개 매립지 중 61개소를 정비한 바 있으며, 2002년도에는 약 360억원을 들여 28개 매립지를 대상으로 정비사

업을 추진한바 있다.

일반적으로 폐기물매립이 완료된 후에 안정화 및 환경오염방지를 위해 시행되는 최종복토의 기능은, 우수를 지표면으로 유출을 증진하여 매립물층 안으로의 침투를 억제시키며, 폐기물의 대기노출을 차단하여 환경위생에 대한 완충작용을 목적으로 설계, 시공되어진다.

강원도 평창군에 위치한 본 매립장은 사용이 종료된 상태로서, 침출수 차단시설 및 집배수 시설이 일부 설치되어 있으나 시설이 미비된 상태에서 생활폐기물을 매립함으로써 침출수 누출에 따른 지하수 및 토양의 오염과 매립가스에 의한 악취, 화재 및 폭발 가능성에 노출되어 있는 실정이다. 본 고에서는 평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 중, 최종차단층 공종 내에 있는 차단층 부분에 대한 내용을 중심으

로 사용종료매립장의 안정화사업 시공사례를 개략적으로 서술하고자 하며, 특히 본 사업에 적용된 환경부신기술 지정 제22호인 “폐기물매립장 복합차수층 조성공법”에 대한 시공 및 품질관리 등 기술적인 내용을 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 관련분야 적용기준 및 기존 기술과의 비교

2.1.1 폐기물관리법에 의한 최종복토층 설치 기준

폐기물 매립 완료 후, 시행하는 최종복토층의 국

내 설치 기준은 표 1에서 보듯이 여러 차례의 개정 및 신규 규정의 추가 작업을 통해 그 기준이 강화되었으며, 특히 1999년부터는 차단층의 투수계수에 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 침출수의 발생량을 최소화함으로써 지표수, 지하수, 토양 등의 오염을 방지하는 동시에 매립 가스의 발산을 억제하여 매립지의 식생 및 토지이용을 가능케 하는 환경오염방지 측면이 있다. 최종복토층은 식생대층, 배수층, 차단층, 가스배제층으로

표 1. 폐기물 관리법상 최종복토층 설치기준의 변천

개정일자	내 용
'93. 9. 9	폐기물관리법 시행규칙 [별표 5] 2. 나. (2) • 매립지 사용이 완료된 때에는 50cm 이상의 두께로 최종복토를 하여야 한다.
'97. 7. 19	폐기물관리법 시행규칙 [별표 8] 2. 나. (1), (사) • 매립지 사용이 완료된 때에는 60cm 이상의 두께로 최종복토를 하되, 차수가능, 빗물배제기능을 갖추도록 하고, 상부층에는 수목의 식재, 초지의 조성을 위한 식생대층을 설치하여야 한다.
'99. 8. 9	폐기물관리법 시행규칙 [별표 8] 2. 나. (2), (자) • 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 15mm 이상인 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) • 배수층 관련 규정에 대한 개정 ㉢배수층 : 모래를 두께 30cm 이상 두께로 포설하거나 복토층 하중상태에서 투과능 계수가 1초당 3만분의 1m ² 이상인 지오킴포지트, 지오투넷 또는 지오텍스타일 등의 투과합성수지 설치

『폐기물매립장 복합차수층 조성공법』이 적용된 최종복토 차단층 시공사례
[평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 중 최종복토 차단층 적용사례를 중심으로]

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 각 안별 장·단점 표 2에 비교하였으며, 본 사업에서는 보다 친환경적이며 장기적으로 식생대층의 기능유지가 원활할 것으로 판단되는 제 1안으로 계획되었다.

2.1.2 기존 차수층/차단층 조성기술 현황

국내의 경우 위생매립지의 개념이 도입된 역사가 짧고 또한 차수재가 사용된 기간이 얼마되지 않기 때문에 관련규정, 적용 차수재의 다양성, 차수재 재

질선정, 품질관리 및 시험기준 그리고 차수재 관련 연구 등이 미흡한 상태에 있다. 외국의 경우에는 차수재 관련 재질기준, 시험기준, 품질관리 기준 등에 대하여 상세하게 규정하고 있는 것에 비해서 아직까지 부족한 실정이다.

차수재 설치에 있어 가장 중요한 사항은 소정의 재질기준을 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 고

표 2. 최종복토층 설계 비교

구분	제 1 안	제 2 안
단면도		
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 점토 등 자연재료에 의한 차단층 조성 • 부분결함 발생시에도 차수기능 유지 • 매립장 내부의 지속적인 침하시에도 유연한 대처가능 • 차단층의 수분유지에 의한 장기적인 식생대층의 기능 유지 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 완제품(HDPE SHEET)에 의한 시공 간편 및 신속한 시공 가능 • SHEET 및 점토류 차단층에 의한 2중 차수효과 • 복토층의 두께가 얇다
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 균질한 재료에 의한 혼합다짐 시공으로 인하여 일부구간 결함발생시 차단층의 기능손상우려 	<ul style="list-style-type: none"> • 차단층 및 식생대층 시공시 장비등에 의한 SHEET 파손 우려 • 침출수, 가스 등의 배제에 의한 매립지 침하시 SHEET • 파손가능성이 있으며 이로 인한 차단층의 기능상실 우려
선정	⊙	
선정사유	• 보다 친환경적이며 장기적으로 식생대층의 기능유지가 가능한 제1안으로 선정	

밀도 폴리에틸렌(HDPE)등의 지오멤브레인이 가장 많이 적용되고 있고, 일부 화강토 벤토나이트 등의 혼합차수재 등이 적용되고 있다. 그리고 해안 매립지의 경우에는 기초지반을 이루고 있는 해상점토를 차수재로 사용하거나 이를 고화, 개량하여 지지층 및 차수보조재 등으로 사용하고 있다.

본 사업을 수행함에 있어서 차단층 적용공법에 대한 차수메커니즘 및 각각의 공법들에 대한 장단점을 비교한 검토 내용을 분석하고, 현장여건을 충분히 고려하여 본 사업의 차단층 공종에서는 특허등록 제 418560호 및 환경부 환경신기술 제22호로 지정된 “폐기물매립장 복합차수층 조성공법”을 선정하였으며, 이 공법에 대한 내용은 다음 3절에서 설명하였다.

2.1.3 폐기물매립장 복합차수층 조성공법

본 공법은 폐기물매립장 관련 조성공사에 있어 폐기물관리법에 의한 바닥차수층(투수계수 1×10^{-7} cm/sec 이하) 및 최종복토차단층(투수계수 1×10^{-6} cm/sec 이하) 기준을 만족시킬 수 있는 차수층 조성 기술로서, 매립장 현장 부근에서 사용 가능한 흙을 주재료로 하여 각각 상부첨가재(BLT), 중간첨가재(BLM), 하부첨가재(BLL)를 일정량씩 혼합, 다짐·조성함으로써 법적투수계수 기준치를 만족시킬 수 있는 기술로서 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. 즉, 매립장 현장 부근에서 사용가능한 흙에 각각 상부첨가

재(BLT), 중간첨가재(BLM), 하부첨가재(BLL)를 일정량 혼합하여 다짐, 조성함으로써 폐기물관리법에 의한 최종차단층을 조성할 수 있는 기술이다.4)

사용 흙에 따라 각각 첨가재의 혼합량을 조절하여 투수계수 기준을 만족시킬 수 있으며 또한 현장 조건에 따른 유연한 설계 및 시공이 가능한 기술로써, 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, 매립지 내부로의 오염물질 이동시에도 미생물차수대 형성에 의한 차수기능 유지 및 오염물질 제거 효과를 극대화하기 위하여 특허등록 제418560호의 BLM 단일층 즉, 최종복토 차단층 조성두께를 45cm로 구성하여 시공성 증대효과를 도출하였다.

본 공법과 관련하여 비위생매립장 정비사업 및 사용종료된 매립장 정비사업분야에 적용된 사례는 표 3과 같이 현재 시공 중인 2개 현장(경기 오산, 전북 남원)을 포함하여 총 16건의 적용실적을 보유하고 있다.

2.2 용평 비위생매립장 안정화사업 최종복토 차단층 적용 사례

2.2.1 용평 비위생매립장 안정화사업 개요

강원도 평창군 용평면 이북정리 174번지에 위치한 본 매립장은 시설이 미비한 상태로 매립이 완료된 상태에서 매립장 폐기물로 인한 토양오염, 수질오염 등 환경오염을 저감하기 위하여 위생적이고 경

「폐기물매립장 복합차수층 조성공법」이 적용된 최종복토 차단층 시공사례
[평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 중 최종복토 차단층 적용사례를 중심으로]

표 3. 최종복토 차단층 적용 실적

순	발주처	공사명	착공시기	준공시기
1	경북 김천시	김천 덕곡 비위생매립장 정비사업	2003. 4	2003.11
2	경북 경산시	경산시 압량 사용종료매립지 정비사업	2003.10	2004. 4
3	경북 경산시	경산시 와촌 사용종료매립지 정비사업	2003.10	2004. 4
4	강원 철원군	철원군 사용종료매립지 정비사업	2004. 3	2004.10
5	경북 상주시	상주 화동면 여산리 사용종료매립지 정비사업	2004. 8	2004.10
6	경북 상주시	상주 함창읍 나한리 사용종료매립지 정비사업	2004. 7	2004.10
7	경기 구리시	구리 사노동 사용종료매립장 정비사업	2005. 2	2005.12
8	충남 논산시	논산 연무·왕덕 비위생매립지 정비사업	2005. 3	2005.12
9	경기 여주군	여주 사곡리 점동 비위생매립지 정비공사	2005. 7	2006. 3
10	경기 이천시	이천 조읍리 사용종료매립장 정비사업	2006. 3	2006. 3
11	경기 양주시	양주시 울정매립장 최종복토공사	2006. 4	2006. 7
12	충남 논산시	논산 강경·채은 비위생매립지 정비사업	2005.12	2006.10
13	강원 평창군	용평 비위생매립지 정비사업	2006. 8	2007. 5
14	경기 파주시	파주시 적성면 비위생매립지 정비사업	2006. 6	2007. 7
15	경기 오산시	오산시 비위생매립장 정비사업	2005.11	시공 중
16	전북 남원시	남원시 사용완료된 매립지정비사업	2007. 5	시공 중

제적인 안정화사업을 수행하여 지역의 환경보전 및 지역주민의 보건위생환경에 기여하고, 사용종료매립장의 향후 토지이용효율을 높여 매립장에 대한 인식제고를 통해 지역 주민들의 환경보전의식을 고취시키고자 본 사업이 계획되었으며 본 사업 전반에 걸친 시설개요를 표 4에 나타내었다.

표 4. 용평 비위생매립장 안정화사업 개요

공종	세부 공종	시설 내용
연직차수시설공	IBF 연직 차수벽	• 2,082㎡
침출수 집배수공	침출수집수관	• PE유공관(φ300) : L=25m
	침출수집수정	• 유공흡관(φ1500) : H=7.5m
가스포집 및 처리시설공	가스 포집공	• 유공흡관 φ150, L=108M
		φ200, L= 76M
최종복토공	식생대층(t=100cm)	• 토사 : 2,768㎡
	배수층(t=30cm)	• 배수용 부직포 : 3,185㎡
	차단층(t=45cm)	• 복합차수층 : 2,769㎡
	가스배제층	• 채석 : 221㎡

2.2.2 최종복토 차단층 시공 과정

(I) 시공 개요

차단층의 성능은 사용하고자 하는 흙의 상태에 따라 각 첨가물질의 투입량을 달리하여 최적의 배합비를 산정하여야 하므로, 먼저 각 흙의 특성을 파악하고 이에 대한 실내실험을 거친 후, 최종 배합비를 결정하여야 한다.

본 공사에 적용된 최종차단층 시공은 현장에서 흙과 각각의 첨가재를 혼합하여 포설한 후 소정의 다짐도에 이르도록 다짐하는 과정으로 이루어지며, 전체적인 기본 공정도를 그림 1에 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 코야시료를 채

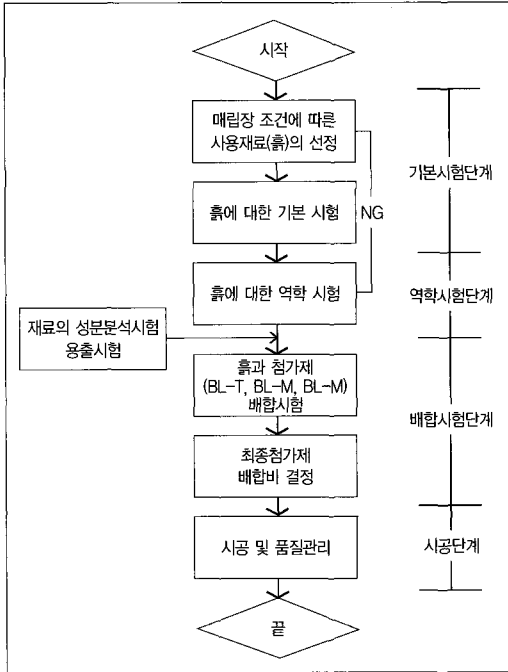


그림 1. 전체적인 시공 흐름도

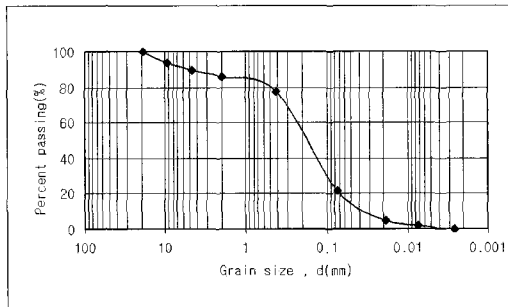


그림 2. 흙 입자의 입도분포곡선

표 5. 흙 종류의 판정 및 기본적인 물성

시험 항목	시험 방법	시험 결과	
함수량 시험	흙의 자연함수비	KSF 2306	9.9 (%)
밀도시험	밀도	KSF 2308	2,651
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	1.7×10^{-6} cm/sec

취하고 공인시험기관에 시험을 의뢰하여 투수시험을 실시함으로써 시공완료된 최종품질을 확인하였다.

(2) 사전 실내시험

본 시공에 앞서 차단층 시공에 대한 최적의 품질 관리 기준을 정하기 위하여 시공에 사용할 흙재료와 혼화재(BLM)에 대하여 실내시험을 수행하였다. 흙 재료에 대한 기본 토성시험을 통하여 기본적 물성을 분석한 결과, 흙의 자연함수비는 9.9%, 밀도는 2.651g/cm^3 , 액·소성한계는 NP로 나타났으며, 투수계수는 $1.7 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$, 통일분류법에 의한 흙의 종류는 SM계열의 흙으로 평가되었으며, 이들 내용을 정리하여 표 5에 나타내었고 입도분포곡선을 그림 2에 도시하였다.

KS F 2312에 의한 다짐시험결과 표 6과 같이 흙 재료는 최대건조밀도가 1.851g/cm^3 , 최적함수비는 14.7%로 나타났으며, 첨가재(BLM) 재료가 혼합된 재료의 경우는 최대건조밀도가 1.821g/cm^3 , 최적함수비는 15.9%로 관측되었다. 그림 3에서 보듯이 첨가재 재료가 일부 혼합됨으로써 다짐곡선의 최적함수비가 우측으로 이동함과 동시에 최대건조밀도 값은 낮아진 곡선 모습을 보이고 있다. 또한, 첨가재 배합 후의 투수계수는 $7.9 \times 10^{-7} \text{m/sec}$ 로 계측되어 설계기준치 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 를 만족하였다.

사용되는 첨가재(BLM)에 대한 화학성분분석 및

「폐기물매립장 복합차수층 조성공법」이 적용된 최종복토 차단층 시공사례
[평창군 옹평 비위생매립장 안정화사업 중 최종복토 차단층 적용사례를 중심으로]

표 6. 다짐시험 결과

시험 항목		시험 방법	시험 결과	
			흙	흙 + 첨가재(BLM)
다짐시험	최대건조밀도 γ_{dmax}	KSF 2312	1.851 (g/cm ³)	1.821 (g/cm ³)
	최적함수비 O.M.C		14.7 (%)	15.9 (%)

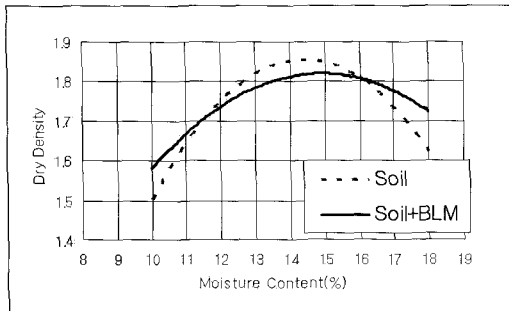


그림 3. 재료별 다짐곡선 추이



그림 4. 선별 혼합 공정

유해물질 용출시험을 실시한 결과, SiO₂ 61.2%, Al₂O₃ 5.9%, MgO 및 Fe₂O₃ 성분이 2.2% 등의 순으

표 7. 첨가재료에 대한 화학성분 분석결과

시험항목	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	강열감량
화학성분	61.2	5.9	2.2	1.9	0.5	2.2	14.4

표 8. 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

로, 실리카 성분이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 용출시험 결과 Pb, Cd, Cr⁶⁺, As, Hg 등의 중금속은 전혀 검출되지 않았으며, 이를 정리하여 표 7 및 표 8에 나타내었다.

(3) 재료 혼합

본 공사에 적용된 혼합방법은 선별과 연속혼합이 가능한 플랜트장비를 이용하였으며 이 장비는 크게 혼화재(BLM)을 저장할 수 있는 사일로와 흙을 사용 가능 크기 이하로 선별 할 수 있는 장치 그리고 혼화재와 흙을 혼합할 수 있는 교반 장치로 구성되어 있다. 배합비는 설계시방에 준하여 현장에서 사용되는 흙 1m³(γ_{dmax} 1.851g/cm³)당 88kg의 혼화재(BLM)를 중량비로 혼합하였다.

차단층 재료의 생산 과정은 그림 4와 같이 원지반 상태의 흙재료를 30mm의 체가 설치된 2중 스크린에 통과시켜 잡석 및 나무뿌리 등의 이물질을 제거하였다. 이와 같이 선별된 흙과 혼화재(BLM)의 혼합은 사이로에 저장된 혼화재(BLM)을 스크린에 설치



그림 5. 포설 및 다짐 공정

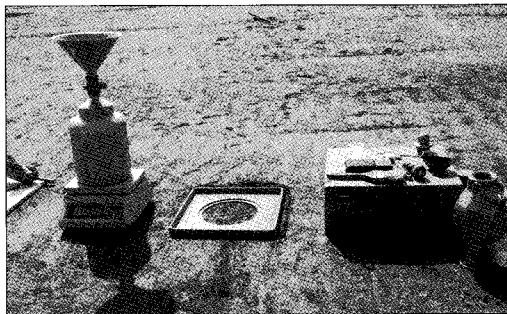


그림 6. 현장다짐도 측정장비

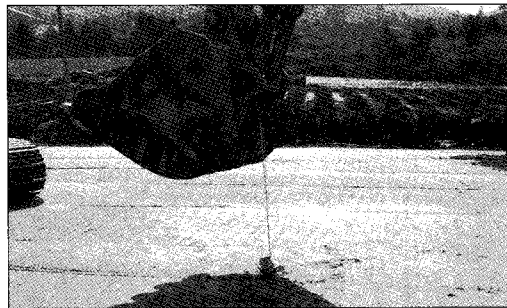


그림 7. 현장 core 채취 모습

된 교반장치에 스크류식 이송장치로 이송하여 최대한 균일한 혼합이 되도록 조절하였다.

(4) 포설 및 다짐

선별과 배합공정을 거친 혼합토는 back-hoe를 이용하여 15Ton 덤프트럭에 상차하여 시공장소로 운반하였다. 현장에 포설된 혼합토는 그림 5와 같이

도저를 이용하여 다짐작업이 용이하도록 넓게 포설하였으며 이때 최종다짐두께가 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 왕복횟수를 결정하고 그 이상의 다짐 횟수가 이루어지도록 하였다.

(5) 시공 후 품질확인시험

차단층의 품질 확인을 위하여 다짐을 완료한 후 그림 6과 같은 측정장비를 이용하여 시공된 장소에서 현장다짐도를 측정하였고 그림 7에서 보듯이 차단층 시공이 완료된 후 현장 core를 채취하여 변수위 투수시험을 수행하였다. 상대다짐도는 총 3회에 걸쳐 이루어졌고, 그 결과 표 9처럼 상대다짐도(%)의 값은 104.3~107.8%의 범위로 계속되어, 시방서상의 상대다짐도 기준인 95% 이상을 만족하였다.

투수시험을 위한 시료는 차단층의 특성상 회전식 core 채취기를 사용할 경우 교란우려가 있는 관계로 그림 7처럼 원형파이프(D=100mm, H=500mm)를 타격하여 채취하였으며, 표 10에서 보듯이 현장에서 채취된 시료에 대하여 실시한 투수시험 결과는 6.3×10^{-7} cm/sec로 나타나 폐기물 관리법에 의한 설계 기준인 1×10^{-6} cm/sec 이하를 만족하였다.

3. 결론

사용종료 매립지의 합리적 토지이용방안을 추구하고 고차 안정화사업이 진행 중인 평창군 용평매립장의 최종복토 차단층 공사를 수행하고, 단계별 시험분석내

『폐기물매립장 복합차수층 조성공법』이 적용된 최종복토 차단층 시공사례
〔평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 중 최종복토 차단층 적용사례를 중심으로〕

표 9. 현장다짐도 측정결과

구 분	건조밀도(%)	상대다짐도(%)	시험방법
No.1	1,925	106.0	KSF 2311-96
No.2	1,961	107.8	
No.3	1,899	104.3	

용을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 흙재료에 대한 기본 토성시험을 통하여 기본적인 물성을 분석한 결과, 흙의 자연함수비는 9.9%, 밀도는 2.651g/cm³, 액·소성한계는 NP로 나타났으며, 통일분류법에 의한 흙의 종류는 SM 계열의 화강풍화토로 현장 인근에서 쉽게 채취하여 시공성이 용이하였다.
2. 투수계수 계측결과 흙재료의 투수계수는 1.7×10⁻⁶cm/sec 이었고, 첨가재 배합후의 투수계수는 7.9×10⁻⁷m/sec로 계측되어 설계기준치 1.0×10⁻⁶cm/sec의 만족 여부를 확인한 후, 현장시공을 수행하였다.
3. 사용되는 첨가재(BLM)에 대한 화학성분분석 및 유해물질 용출시험을 실시한 결과, SiO₂ 61.2%, Al₂O₃ 5.9%, MgO 및 Fe₂O₃ 성분 2.2% 등을 함유하고 있어 실리카 성분이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있었으며, 용출 시험 결과 Pb, Cd, Cr⁶⁺, Cu, As, Hg 등의 중금속은 전혀 검출되지 않았고 따라서 사용 재료의 환경적 무해성을 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.

표 10. 현장 core 투수계수 측정결과

구 분	결 과	단 위	시험방법
No.1	6.3×10 ⁻⁷	cm/sec	KSF 2322-96

5. 준공 시, 시공된 최종차단층의 시료를 코어로 채취하여 공인시험기관에 변수위 투수시험을 의뢰한 결과, 6.3×10⁻⁷ m/sec로서 설계기준치인 1.0×10⁻⁶ m/sec 이하의 투수계수를 만족하였고, 현장 다짐도 시험에서는 104.3~107.8%로 계산되어 설계기준인 최대건조밀도의 95% 이상을 모두 만족하였다.
6. 현장 시공 완료 후, 시공되어진 최종복토 차단층에 대해서 차수성능을 포함하여 보다 장기간에 걸친 공학적인 거동특성을 분석함으로써 향후 기술적인 보완 자료를 데이터화 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한국지반공학회, 지반환경(폐기물 매립 및 토양환경), 구미서관, p.30~31, p.101, 2004.
2. 환경부(2002), 폐기물관리법 시행규칙, 매립시설의 관리 기준.
3. 서울시립대학교(2004), "복합차수층의 차수가능 평가연구", pp. 46~47.
4. (주)엔지이에스(2005), "바이오-배리어에 의한 복합차수층 조성기술", 제6회 환경신기술발표회 발표논문집, 환경관리공단, 제주도, pp. 256-259.
5. 평창군(2006), "평창군 용평 비위생매립장 안정화사업 설계보고서"