

침출수의 원활한 이송 및 구조적 안정성 향상을 위한 매립지용 배수파일 (Drain Pile)의 개발 및 시공방법

권기범^{*}, 박준범^{**}

1. 머리말

국토가 좁은 우리나라에서 쓰레기매립장의 확보가 어려울 뿐만 아니라 쓰레기의 비위생적 매립 등으로 인해 소각처리의 중요성이 점점 증가되어 왔으며 정부의 쓰레기처리와 관련한 문제의 심각성 인식에 따라 '84년 의정부 소각장의 가동을 시작으로 현재의 소각시설 건설이 활발히 진행 중에 있다. 이렇게 국내의 경우 소각과 재활용에 대한 비율이 증가하고는 있지만 아직도 대부분은 매립에 의한 처리를 하고 있으며, 지속적으로 건설 중에 있다. 이렇듯 폐기물 매립은 폐기물을 최종적으로 자연에 환원하는 과정으로 매립처분만이 안정하게 폐기물을 처리하는 방법이라 할 수 있다. 매립처분은 생활환경 보전상 지장이 생기지 않는 방법으로 폐기물을 적절히 매립함으로써 자연계의 대사기능을 이용하여 안전

화, 무해화 하는데 노력을 기울여야 한다. 이 목적을 달성하기 위해서 매립처분의 실시방법이 중요하며, 이것은 지역의 특성, 폐기물의 발생량과 종류, 최종 처분장의 위치, 폐기물처리업체의 실정에 따라 결정되어야 한다.

매립장 폐기물의 매립방법으로는 크게 투기방식, 샌드위치방식, 셀 방식이 있으며, 매립예정지역을 1일에 투입될 크기로 분할하여 쓰레기를 매립하고 매일복토를 시행하는 셀 방식이 현재 주로 사용되고 있다. 매립지에서 시행되는 복토는 일일복토, 중간복토, 최종복토로 구성되며, 각각은 15cm, 30cm, 50cm 이상의 토사로 구성된다. 매립장 내의 설치되는 중간복토층(intermediate covers)은 매립 도중 혹은 매립완료 후 침출수가 하부의 침출수 집배수관으로 이동하는 것을 막아 매립장내에 일정 침출수위를 형성시키는데, 일반적으로 악취와 유독가스의 유출을 막기 위하여 설치하는 토사 층이나 과도한 다짐과 상부 폐기물의 하중, 침출수의 침전물에 의한 간극의 막힘 등에 의하여 투수계수가 낮아지게 된다. 이러한 현상들은 침출수의 원활한 활동을 막아, 매

* 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정 (kwonkb@snu.ac.kr)

** 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 부교수 (junbpark@snu.ac.kr)

립장 바닥에 형성되어야 하는 침출수가 중간복토층 위에 형성되어 매립장의 구조적 안정성을 깨뜨리고 주변으로 침출수 누출의 요인이 된다. 또한 매립 종료 후에는 매립지 내에서 발생한 매립가스를 외부로 배기시켜 재활용함과 아울러 매립지의 조기 안정을 유도해야 하는데, 매립지 내의 중간복토층으로 인해 매립가스가 쉽게 이동되지 않아 재활용 및 안정화에 어려움을 겪는다. 이렇듯 매립장의 구조적 안전성과 침출수 및 매립가스 처리에 이 중간복토층은 심각한 문제가 될 수 있다. 본 기술기사는 매립지에 설치될 배수파일을 제작하기에 앞서 매립지 내부의 침출수 상황과 침출수로 인한 매립지 안정성 및 매립지에 배수파일이 어떠한 영향을 미치는지 확인하였으며, 배수파일의 충전재로 사용될 굴폐각의 암모니아성 질소(NH₄⁺) 및 중금속의 제거율 및 적용성을 살펴보고, 실제 시공이 되었을 때 시공성이 용이하도록 배수파일의 캡 및 유공관으로 구성될 콘 형태의 배수파일의 선단의 각도 및 관입력을 제시하였다.

2. 침출수의 특성

침출수는 주로 유기시 매립지 복토면을 통해 침투되는 우수에 의해 발생되며, 증발량, 증산량, 유출량, 폐기물내 수분량 또는 폐기물의 화학적, 생화학적 분해에 따른 수분 생성량, 폐기물 또는 복토의 수분 보유능력 등에 의해 영향을 받으며, 매립되는 쓰레기층의 높이, 매립 과정시 다짐 및 다짐후의밀도 등도 침출수 발생에 영향을 주며, 특성은 다음과 같다.

- (1) 침출수는 매립되는 폐기물의 종류와 매립량, 매립년한, 매립지형, 매립방법, 강우량, 기후조건, 다짐정도 등에 따라 침출수 수질에 큰 영향

을 미친다.

- (2) 침출수의 성상은 매우 다양하고 고농도의 무기물질, 질소성분 및 무기성염 등을 함유하고 있으며, 매립경과 시간에 따라 성상이 다양하게 변하는 특성이 있다.
- (3) 침출수의 특징은 대체로 유기물 함량이 높고 질소성분이 대부분 암모니아 형태로 존재하며, 인 및 중금속 함량이 비교적 낮게 나타나는 경향이 있다.
- (4) 매립초기에 침출수에 함유된 유기물은 대개 휘발성으로 되어 있으며, 주요성분은 유기산, 단백질, 아미노산, 탄수화물 등이며 매립경과시간에 따라 침출수중의 분해되는 오염물질 및 오염물질 구성비가 다르게 나타난다.

3. 매립장의 파괴

매립지에서 가능한 침출수 분포는 점진적으로 단위 쓰레기부피 당 침출수의 양이 적은 경우에서 많아지는 형태로 구분해 볼 수 있으며, 일반적으로 다음과 같이 그림 1과 같이 다섯 가지로 나뉜다.

- 1) 불연속적으로 침출수가 분포하는 경우
- 2) 국부적으로 침출수가 분포하는 경우
- 3) 라이너 위에 침출수위가 형성되어 있는 경우
- 4) 가스 포집공을 가진 라이너 위에 침출수위가 형성되어 있는 경우
- 5) 과잉 간극수압을 가지는 침출수

매립지의 파괴를 살펴보면 크게 회전식과 이동식으로 나눌 수 있다. 회전식 파괴에는 slope failure, toe failure, base failure 등이 있으며, 이동식 파괴는 라이너나 라이너 층을 따라 단일 평면에서 발생하는

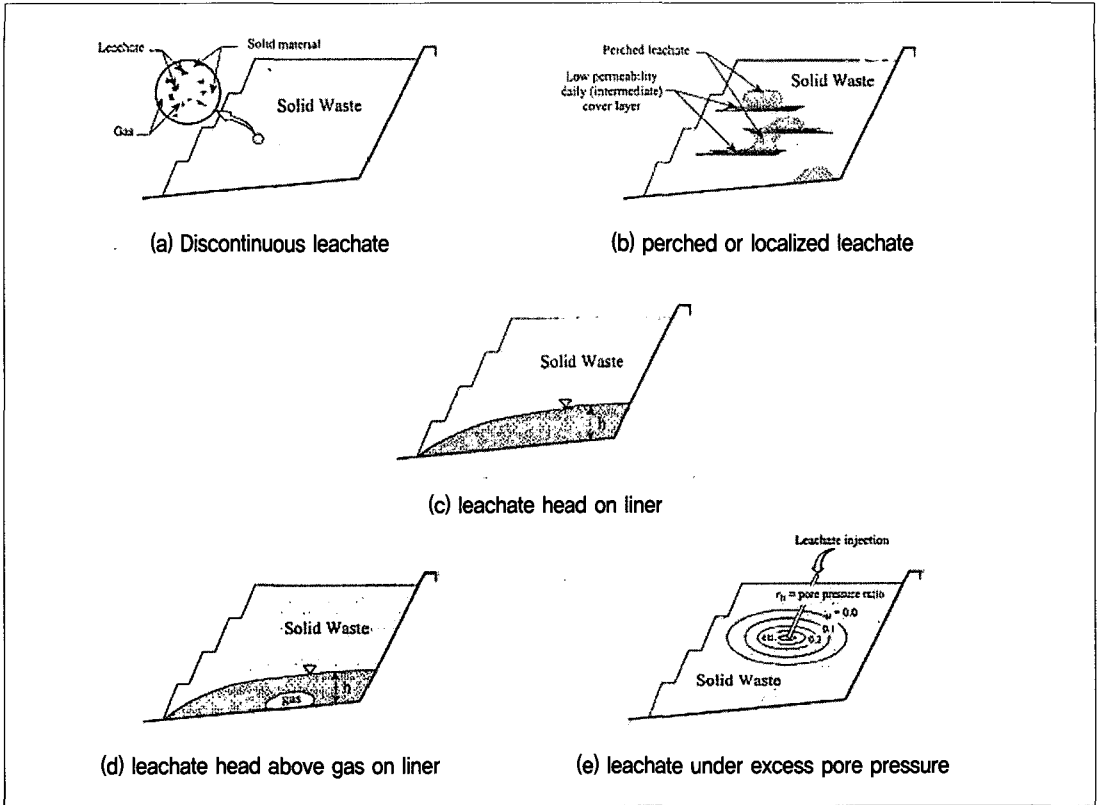


그림 1. 매립지에서의 침출수 분포 형태

표 1. 매립지 파괴 사례

사례	년도	위치	파괴 형태
(비선형 지역)			
U-1	1984	미국	단일 회전식
U-2	1989	미국	복합 회전식
U-3	1993	유럽	이동식
U-4	1996	미국	이동식
U-5	1997	미국	단일 회전식
(선형 지역)			
L-1	1988	미국	이동식
L-2	1994	유럽	이동식
L-3	1997	미국	이동식
L-4	1997	아프리카	이동식
L-5	1997	미국	이동식

것을 말한다. 이동식 파괴에서는 견고한 기초층이 파괴의 경계면이 되기도 하지만, 종종 라이너 시스템에 의한 분리된 경계면이 그 파괴 면이 되기도 한다.

모든 안정성 분석에서 중요한 것은 안전율(FS)이다. 아래식에서 제안된 FS 값은 1보다 커야하며, 그 크기는 매우 주관적이지만 일반적인 지반 공학에서는 $FS \geq 1.5$ 를 설계 기준으로 삼는다.

$$FS = \frac{\text{Resisting moments(저항모멘트)}}{\text{Driving moments(활동모멘트)}}$$

위 식의 저항 모멘트는 쓰레기와 잠재적인 파괴면이 될 수 있는 흙과 토목섬유 사이의 전단강도로 구

침출수의 원활한 이송 및 구조적 안정성 향상을 위한 매립지용 배수파일(Drain Pile)의 개발 및 시공방법

성되며, 활동 모멘트는 중력에 의한 쓰레기의 응력이다. 특히 가파른 경사, 길고 연속적인 표면의 경우 상황이 더 악화된다. 이외에 안정성을 악화시키는 요인들에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) 높은 침출수위
- 2) 사면위의 상재하중
- 3) 쓰레기 투기 중 발생하는 장비의 힘
- 4) 매립된 쓰레기의 끝부분에서의 굴착
- 5) 장비에 의한 진동이나 발파
- 6) 지진에 의해 야기된 진동

4. 안정성 평가

4.1 안정성 평가를 위한 대상부지 현황

현재 매립완료 중인 S 매립장을 안정성 평가 대상 부지로 결정하여 안정성을 평가하였다. 안정성평가를 위해 결정된 S 매립지의 현황을 살펴보면, 그림 2에서 보는 바와 같다. 1992년부터 시공된 S 매립지는 인천시 서쪽 해안가에 위치하고 있다. 서울, 인천, 경기도로부터 유입되는 쓰레기를 2042년까지 매립할 계획이다.

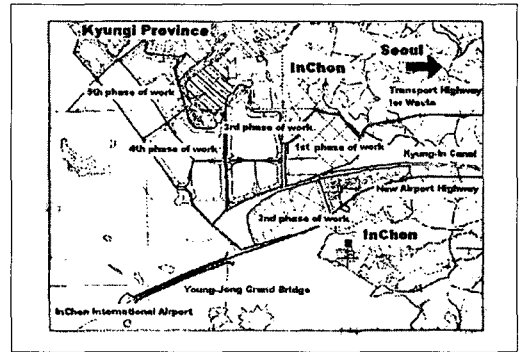


그림 2. S 매립지의 위치도

표 2. S 매립지 매립계획

구분	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
기간	1992 ~1999	1999 ~현재	1999 ~2006	2007 ~2014	2015 ~2022
매립면적 (10 ⁴ m ²)	4.066	3.039	3.802	3.934	3.900
매립량 (10 ⁴ ton)	67.32	67.00	62.95	65.14	64.59

표 2는 각 단계와 연도별 매립량을 나타낸 것이다. S 매립지의 적용될 쓰레기 매립방법은 5m씩 8층으로 총 40m 높이로 쓰레기를 매립할 계획이다. 각 층은 그림 3과 같이 쓰레기로 4.5m를 매립하고 50cm로 일일 복토를 하였다. 일일 복토층은 악취방지, 바람에 의한 쓰레기 먼지의 확산 방지, 우수배제등

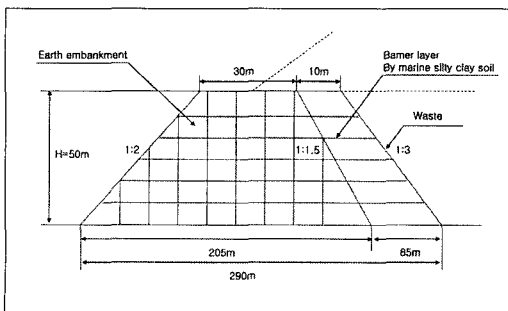


그림 3. 매립과 복토층의 단면

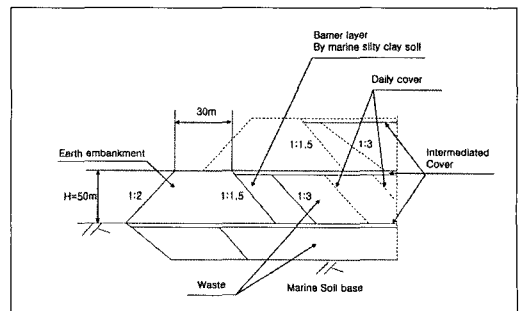


그림 4. 매립공간의 구성단면

의 역할을 한다. 매립지의 바깥 부분은 그림 4와 같이 흙제방을 미리 건설한 후 매일복토와 중간 복토층은 쓰레기 매립 후에 시공하였다. 특히 투수계수 k 가 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{cm/sec}$ 인 원지반 점토층은 매립 제방을 통해 누출되는 침출수를 배제하기 위한 방어벽 층으로 적용되었다.

4.2 S 매립지의 매립물 특성

서울, 인천, 경기도에서 유입된 쓰레기는 가연물(60%)과 불연성물(40%)로 분류된다. 그것들은 매립(74%), 소각(4%), 재활용(22%)으로 처리되었다. 그 중 계획된 매립비율은 2001년 기준 유입된 모든 쓰레기의 서울 27%, 인천 21.1%, 경기도 50%의 비율을 나타냈다. S 매립지로 유입된 쓰레기의 중금속 검출시험의 결과는 생활쓰레기, 산업쓰레기, 슬러지 모두 지정 폐기물 기준치 이하로 분석되었다. 이 3가지 요소를 분석하면서 다른 나라와 비교했을 때 우리나라 쓰레기가 상당히 큰 함수비를 보이는 것을 알 수 있다. 예를 들어 S 매립지로 유입된 쓰레기는 함수비가 50% 이상 되었는데 미국 매립지의 경우 함수비가 15~40% 정도인 것으로 보고되었다. 미국과 한국의 쓰레기 구성 비율을 비교해 본 결과 한국의 경우 음식물 쓰레기가 미국에 비해 비교적 높게 나타났고 다른 어떤 나라보다도 함수비가 높게 나타났다. 그러므로 한국에서는 대부분의 생활쓰레기가 고 함수비를 나타내고 있는 것으로 분석되었다.

4.3 매립지의 사면안정평가

안정성 평가 대상 부지인 S 제 1 매립장은 폭 440m, 높이 40m, 매립면적 4,099,192m², 매립용량은

표 3. 안정성 해석에 사용된 초기 토층별 profile

구분	단위중량(t/m ³)	점착력c(t/m ²)	내부마찰각(°)
Waste	습윤	1.0	0.097
	모화	1.2	
Soft Silty Clay	1,832	2.90	0
Stiff Silty Clay	1,836	3.23	0
Silty/Gravelly Sand	1,965	0	38

표 4. 침출수위 증가에 따른 점착력의 크기(단위 : t/m²)

최종매립고에 따른 침출수위	0%	20%	40%	60%	80%
Soft Silty Clay	6,82	5,67	4,70	3,87	3,37
Stiff Silty Clay	8,12	6,97	5,76	4,69	3,95

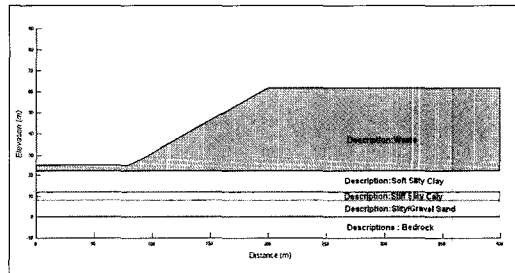


그림 5. 매립지의 사면안정 해석을 위한 단면도

6,400만톤, 침출수발생량은 15,000m³/day이며, 이러한 대상 부지를 이용하여, 실제 매립지의 단면을 단순화하여, 침출수위를 변화 시켜가면서 각각의 경우 매립지의 구조적 안정성에 어떤 영향을 미치는지를 범용 사면안정 해석 프로그램인 Slope/W를 이용하여 사면안정 해석을 실시하였다. 매립지 및 매립지 하부의 초기 지반 물성치는 표 3과 같으며, 침출수위 증가시 강도정수의 증가분을 이용하여(김수삼 등, 1996) 안정성 해석시 지반의 물성치로 사용하였으며(표 4), 사면안정 및 침출수 침투해석에 사용된 단면은 그림 5와 같다.

사면안정 해석시 지하수위는 쓰레기층 바닥에 처음 위치한다고 가정하였으며, 침출수위는 매립고에

침출수의 원활한 이송 및 구조적 안정성 향상을 위한 매립지용 배수파일(Drain Pile)의 개발 및 시공방법

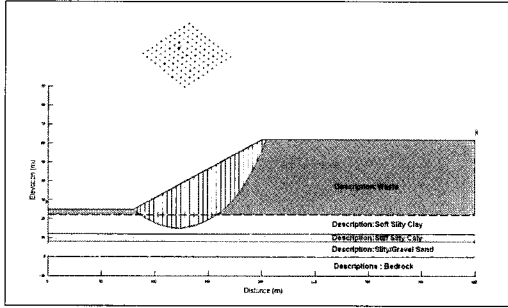


그림 6. 침출수위가 매립고의 0%일 때의 Bishop 방법에 의한 안전율 산출결과

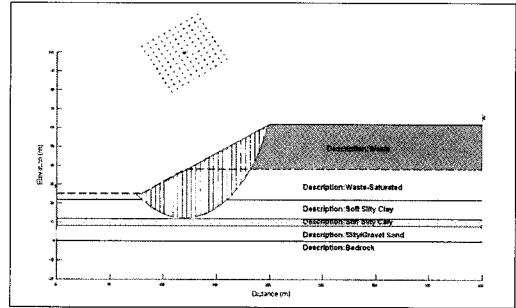


그림 7. 침출수위가 매립고의 40%일 때의 Bishop 방법에 의한 안전율 산출결과

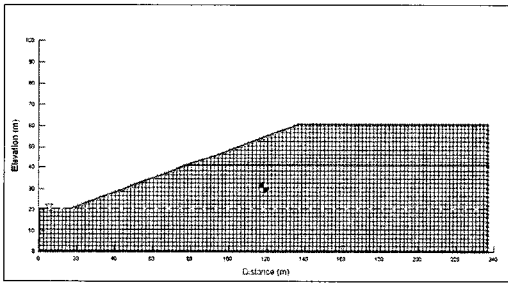


그림 8. 매립지의 침출수의 침투해석을 위한 단면도

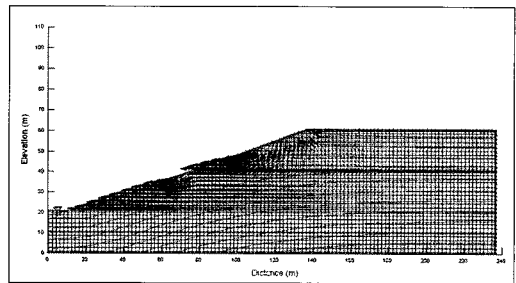


그림 9. 매립지의 침출수 침투해석결과

따라 변하여 쓰레기의 단위중량을 증가시키는 영향을 준다고 하였다. 또한 매립지에서 그림 5를 이용하여 매립지에서 침출수위 증가시의 강도증가분을 고려하여 각 토층의 물성치로 이용하였다. 매립지에서 침출수위가 매립고의 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 일 때의 Bishop, Janbu, Spencer의 방법에 따라 각각의 안전율을 산출하였다(그림 6, 7).

매립지의 사면안정 해석결과 침출수위 증가에 따른

표 5. 침출수 수위변화에 따른 매립지의 사면안정 해석결과

최종매립고에 따른 침출수의 수위변화	Bishop's Method	Janbu's Method	Spencer's Method
0%	1,468	1,275	1,430
20%	1,312	1,148	1,283
40%	1,226	1,110	1,194
60%	0,961	0,856	0,948
80%	0,871	0,786	0,863

안전율은 표 5에 나타난 것처럼 침출수위가 증가할수록 안전율이 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 침출수가 매립고의 40% 이상일 될 경우 모든 방법에 있어서 안전율이 1.3 이하로 나타나 침출수의 수위가 증가함에 따라 매립지가 불안정하다는 것을 알 수 있다.

4.4 매립지의 침출수의 침투해석

S매립지의 현장조건을 바탕으로 유한요소망을 작성하여 침투해석 프로그램인 Seep/W를 이용하여 2차원 해석을 수행하였다. 매립지의 현장조건은 매립지 내부투수계수는 $9.0 \times 10^{-6} \text{m/sec}$, 복토층 투수계수는 $5.3 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 이다. 매립지의 하부의 지층 구성은 매립지 하부의 상부지층은 soft silty clay, 매립지의 하부의 하부지층은 stiff silty clay로 구성되

어 있으며, 해석조건은 1개의 복토층이 있는 상태에서 steady state 해석을 수행하였다(그림 8).

매립지의 침출수의 침투해석결과는 그림 9와 같다. 1개의 복토층이 존재하는 경우 2차원 해석을 한 결과 복토층의 상부 및 하부에 침출수가 형성되어 매립지의 사면방향으로 침투가 진행됨을 확인 하였다. 이러한 침출수의 침투의 결과, 매립지가 구조적으로 불안정하다는 것을 알 수 있다.

5. 배수파일 적용성 평가

매립지의 침출수 침투해석결과 매립지 상부에 침출수가 형성되어 사면방향으로 침투가 진행하여 매립지의 구조적인 문제를 야기하였다. 이에 매립지 복토층에 배수파일을 설치하여 복토층에 형성된 침출수위 상승 및 배수파일 설치로 인한 침출수위 하강을 살펴보기 위해 그림 10과 같이 매립지의 조건을 침출수 침투해석시와 동일하게 구성하였다. 배수파일의 투수계수는 일반적인 모래의 투수계수($10^{-3} \sim 10^{-1} \text{cm/sec}$)로 사용하였으며, 사면의 상부면에 $4.0 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 의 강우가 발생한다고 가정하여 매립지의 침출수 침투해석을 실시하였다. 해석시 한계점은 유한요소망의 크기를 실제 현장 조건이나 배수

파일의 크기에 정확히 맞추어 세밀하게 만드는 데에는 한계가 있다. 따라서 복토층의 두께나 배수파일의 크기 등을 실제 현장 조건을 합리적으로 모사할 수 있는 수준에서 개략적으로 가정할 필요가 있었다. 해석결과는 그림 11과 같다. 매립지 복토층에 배수파일을 설치할 경우 복토층 상부에 형성된 침출수의 하강을 유도 할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 침출수의 침투로부터 매립지가 구조적으로 안정하다는 것을 나타내었다.

그림 12는 배수파일을 삼각형 및 사각형으로 말뚝을 배치하여 배수 효율 및 최적의 배치형상을 찾도록 사면의 상부면에서 $4.0 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 의 강우를 가정하여 Plane 해석을 수행하였으며, 해석 결과는 그림 13과 같으며, 배수파일의 배수 효율 및 최적의 배치형상은 삼각형의 배치형상이 사각형의 배치형상에 비하여 배수 효율이 더 좋은 것으로 나타났으나 그 차이는 크게 차이나지 않았다.

6. 굴폐각의 적용성 평가

우리나라의 남해 통영지역 및 일부 서해 연안에서 이루어지는 굴양식은 주변 어민의 주요 소득원이 되고 있으며, 국내 굴 수요의 원활한 공급원이 되고 있

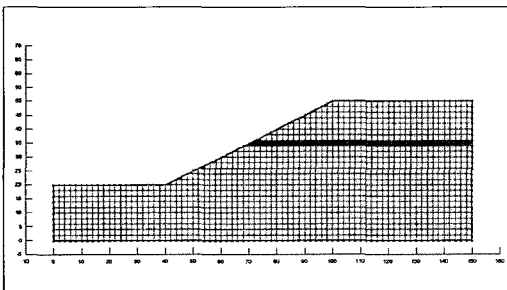


그림 10. 배수파일이 설치된 매립지의 침출수 침투 해석을 위한 단면도

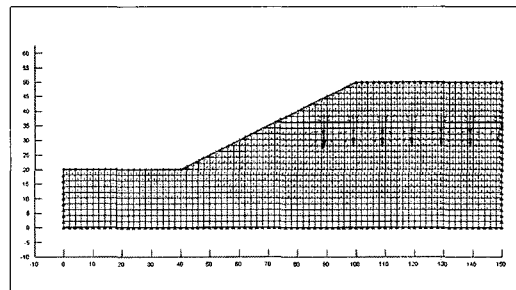


그림 11. 배수파일이 설치된 매립지의 침출수 침투 해석결과

침출수의 원활한 이송 및 구조적 안정성 향상을 위한 매립지용 배수파일(Drain Pile)의 개발 및 시공방법

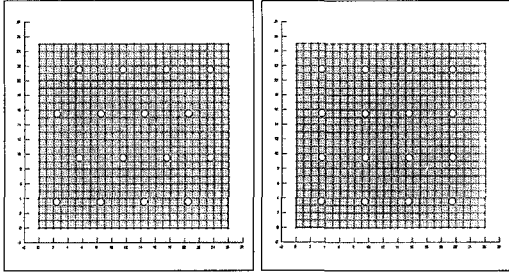


그림 12. 배수 효율 및 최적의 배치형상위한 배수파일의 삼각형 및 사각형 배치

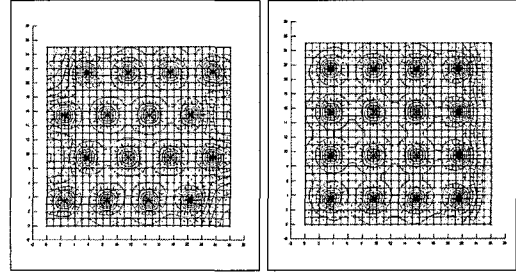


그림 13. 배수 효율 및 최적의 배치형상위한 배수파일 Plane 해석결과

다. 그러나 양식된 굴의 출하에 있어서는 대부분의 굴의 껍질을 제거한 후에 내용물만을 판매하고 있어 굴 집하장 주변에는 막대한 굴폐각이 폐기물로 남게 된다. 굴폐각은 알굴 생산량의 약 9배에 달하는 양이 발생하며, 이들은 산업폐기물로 분류되어 있다. 1995년의 경우 22만 5천톤 정도의 굴폐각이 발생하였으며 이중 20% 가량만이 굴 종패용과 비료 등으로 활용되며, 나머지는 공유수면 매립 등으로 해양 오염을 초래하고 있으며, 굴폐각을 매립 또는 적재할 경우에 매립지의 확보 곤란 등 굴폐각의 처리에 대단한 곤란을 겪고 있다. 이렇듯 매립 처리 및 적재 누출수에 의한 환경피해 및 환경오염의 근원이 되고 있는 굴폐각을 이용하여 매립지에 설치 될 배수파일의 충전재로 굴폐각을 활용하여 굴폐각의 재활용을 증진시키고자 하였다.

굴폐각을 이용하여 아세트산수용액의 pH 변화, 암모니아성 질소(NH_4^+) 및 중금속의 제거율 살펴본 결과는 다음의 그림 14, 그림 15 및 그림 16과 같다.

굴폐각을 통과한 아세트산수용액의 pH변화 시험 결과 초기의 아세트산수용액의 초기 pH는 3.12 이었으나 굴폐각을 통과한 아세트산의 pH는 약 6.5 부근에서 수렴하는 것을 알 수 있었다. 이러한 시험 결과는 굴폐각을 충전한 배수파일이 침출수내의 대표

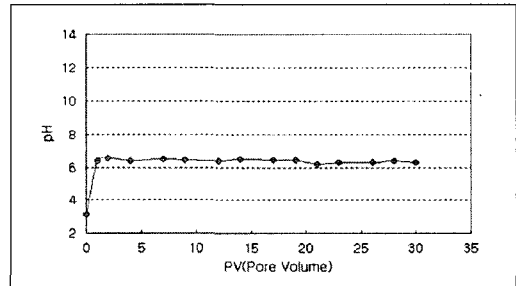


그림 14. 굴폐각을 통과한 아세트산수용액의 pH변화

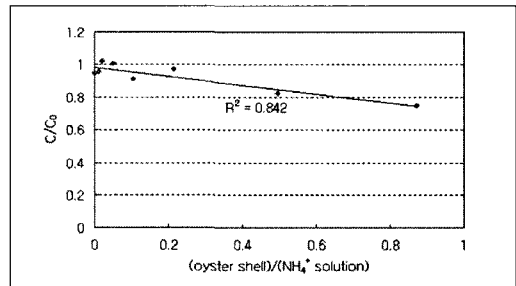


그림 15. 굴폐각을 이용한 암모니아성 질소(NH_4^+) 제거 실험

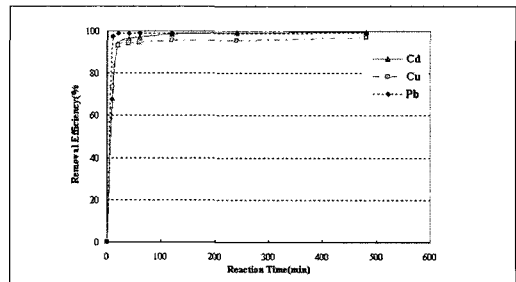


그림 16. 굴폐각을 이용한 중금속 제거 실험

적인 산성물질인 아세트산의 농도를 저감하는 효과가 있음을 나타내는 것이다.

암모니아성 질소(NH_4^+)는 일반적으로 유기물오염물의 총량을 나타내는 BOD, COD와 달리 단일 오염물질로서 침출수에서 가장 중요하게 관리되어야 할 오염물이다. 암모니아성 질소(NH_4^+)는 어류의 독성이 매우 강하여 미처리된 상태로 인근수계에 방류될 경우 어패류 고사의 직접적인 원인물질로 작용할 수 있다. 이러한 암모니아성 질소(NH_4^+)를 굴폐각을 이용하여 제거 실험을 실시한 결과, 굴폐각 중량에 대한 암모니아성 질소(NH_4^+) 수용액의 중량의 비가 증가 할수록 암모니아성 질소(NH_4^+)의 농도는 감소함을 알 수 있었다. 이러한 시험결과 굴폐각이 매립지에서 발생하는 침출수의 암모니아성 질소(NH_4^+)의 농도조절에 용이함을 확인할 수 있었다.

중금속(카드뮴, 구리, 납) 제거 실험 결과 반응시간 100분 이내에 중금속이 90%이상 굴폐각에 흡착하는 것을 알 수 있었다. 이러한 시험결과 또한 굴폐각이 매립지내에서 존재하는 중금속의 농도조절에 용이함을 확인할 수 있었다.

7. 배수파일 구성 및 시공

7.1 배수파일 구성

매립지내의 침출수 수위증가에 따른 중간복토층의 문제점을 해결하기 위하여 설치될 매립지내의 배수파일은 다음의 그림 17과 같다.

매립지의 중간복토층에 설치될 배수파일을 살펴 보면 길이 60cm, 지름 25cm의 내구성 및 내화학성이 강한 STS 304 재질의 이중강관으로 구성되어진

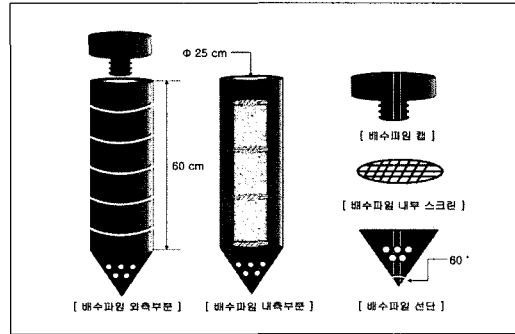


그림 17. 배수파일 개념도 및 구성부분

다. 배수파일의 외측부분에는 두께 1cm 정도의 흙을 설치하여 배수파일의 주면마찰 저항력을 유발시켜 매립지 내부에 배수파일이 설치되었을 때 배수파일 자체의 하향침하가 생기지 않도록 유도하였다. 배수파일의 내측부분은 내부스크린을 이용하여 굴폐각을 3단으로 충진을 하는데, 최상단부와 최하단부는 굴폐각의 입경이 큰 LOS(Large Oyster Shell)으로 충진이 되며, 중간부는 입경이 상대적으로 작은 SOS(Small Oyster Shell) 충진이 된다. LOS(Large Oyster Shell)의 입경은 4.75mm~2mm이며, SOS(Small Oyster Shell)의 입경은 2mm~0.074mm이다. 이는 침출수가 하향 배수시에 배수가 상대적으로 용이하도록 구성한 것이다. 배수용 내부스크린 역시 STS 304 재질인 강선으로 구성이 되며 굴폐각 충진시 유실이 되지 않도록 최소 0.074mm이상 최대 4.75mm 이하의 강 간격으로 설치가 될 것이다. 배수파일의 선단부분은 STS 304 재질로 콘 및 유공관 형태로 구성이 된다. 배수파일의 선단부의 콘팁(cone tip)은 60°로 제작이 되며, 매립지 내부에 건설기계나 지반조사 시 사용되는 동력장치를 이용하여 향타, 유압 및 진동방법으로 배수파일의 설치가 용이하도록 하였다. 배수파일 캡 부분은 평소에는 배수파일 내부에 이물질이 침투하지

침출수의 원활한 이송 및 구조적 안정성 향상을 위한 매립지용 배수파일(Drain Pile)의 개발 및 시공방법

못하게 스크루(screw)형식으로 구성되어진다. 계획된 매립이 완료되어 중간복토층에 배수파일이 설치되면 캡 부분을 제거하여 침출수의 이송이 원활히 하도록 하며, 항타 및 유압의 방법으로 배수파일 설치 시에는 건설기계 및 동력장치의 쿠션재 역할을 하기도 한다.

7.2 배수파일 시공

실제 매립지 내에 배수파일 시공이 되었을 때 시공성이 용이하도록 관입력을 제시하였으며, 그 결과는 표 6과 같다.

표 6에 제시되어 있는 용량은 동력장치에 용량이 아니라 콘의 용량을 의미하며, 배수파일 시공 시에는 현장조사 및 매립지의 이방성 및 비균질성을 고려하여 충분한 검토 후에 건설기계 및 동력장비를 결정하여 배수파일을 설치하여야 할 것이다.

중간복토층에 배수파일을 설치한 매립도의 단면도를 살펴보면, 그림 18과 같다.

표 6. 쓰레기 강도에 따른 배수파일의 콘팅의 용량

쓰레기의 강도	콘팅의 용량
매우 연약 경우	1.0~2.5 톤
연약~중간	2.5~5.0 톤
중간~단단	5.0~10.0 톤
조밀한 경우	15톤 이상

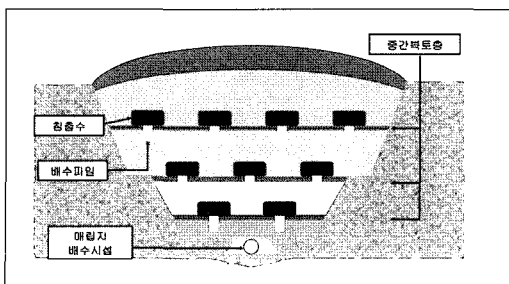


그림 18. 배수파일을 설치한 매립도의 단면도

8. 맺음말

매립지에서 시행하는 복토는 시스템으로는 대표적으로 세 가지가 있다 매일복토, 중간복토, 최종복토가 그것이다. 여기서 중간복토는 오랜 기간(약 2년 이상) 매립이 시행되지 않을 시나 계획된 매립 층의 매립이 완료됐을 시 시행하는 복토 시스템이다. 중간복토는 매립지에서 얻을 수 있는 흙으로 복토를 실시하며, 두께는 약 30cm 정도로 매일복토의 약 2배이다. 매립토의 침식을 방지하기 위해 복토위에 식생을 한다. 이러한 중간복토에는 고려할 사항이 있는데 중간복토층에는 침출수가 매립지 아래 집배층으로 흘러가기 위해서는 충분한 투수계수(10^{-3} cm/sec 이상)가 확보되어야 한다. 하지만 현재 시행되는 매립지의 중간복토에서는 매립이 진행됨에 따라 중간복토층의 다짐현상이 발생하여 침출수가 집배층까지 도달하지 못하고 결국에는 침출수위가 상승하게 된다. 침출수위가 상승하게 되면 앞서 설명한 바와 같이 연직방향 배수를 방해하고 사면안정에 악영향을 미치며 쓰레기 층의 부등침하를 야기하여 침출수가 매립지 바깥쪽으로 누출되는 문제점을 낳게 된다. 이에 이러한 중간 복토층의 문제점을 해결하고자 다음과 같은 방법을 제안하였다. 즉, 중간복토층 상부에 형성된 침출수위 저하와 매립지의 안정성을 위하여 폐기물 매립시 중간복토층에 투수성이 뛰어나고, 역학적 강도와 화학적 내구성을 갖는 배수파일을 설치하는 것이다.

이 배수파일을 매립지의 중간복토층에 설치시 예상되는 기능으로는 다음과 같다.

- (1) 침출수가 매립지 아래 집배층으로 잘 이동할 수 있도록 연직배수를 용이하게 하는 기능
- (2) 배수파일 내에 굴레박을 넣음으로써 침출수내

에 산성 물질을 중화시키는 기능
 (3) 침출수 관리지표에서 가장 중요시 관리하여야 할 암모니아성 질소 (NH₄⁺) 및 중금속을 제거하는 기능
 (4) 배수파일을 설치함으로써 폐기물 자체의 강성을 증가시키고 동시에 매립지 복토층의 측방유동을 막아 구조적 안정성을 확보하는 기능
 등이며, 이러한 배수파일 설치에 침출수의 원활한 이송 및 매립지의 구조적인 안정성 향상에 도움이 될 것이다.

립장 기초지반의 침하와 활동 가능성”, 한국지반공학회지, 제12권, 제5호, pp.41-53
 2. 박준범 외 (2005), 폐기물을 활용한 저투수성 오염 토양의 정화 및 안정화 기술 개발에 관한 연구, 환경부
 3. 윤길림, 이규환 (2004), 콘관입시험의 활용 및 지반설계, 구미서관
 4. 정하익(1998), 지반환경공학, 유림
 5. 정문경 외 (1998), 폐기물 매립시설의 설계·시공 기술에 관한 연구, 한국건설기술연구원
 6. Koerner, R.M., Soong, T.-Y., 1999. Stability analysis of ten landfill failures. In: Proc. 2nd Austrian Geotechnical Congress, Austrian Eng. and Architects Society, Eschenbachgasse, Vienna, pp. 9-50.

참고 문헌

1. 김수삼 외 (1996), “자연 해성점토 위에 건설한 폐기물매

2007 지반환경기술위원회 현장견학 안내

한국지반공학회 지반환경기술위원회에서는 다음과 같이 현장견학을 실시합니다. 관심있는 분들의 많은 참여 부탁드립니다.

- 다 음 -

- ▶ 주 최 : 한국지반공학회 지반환경기술위원회
- ▶ 일 시 : 2007년 4월 6일(금) 오전 09:00~18:00
- ▶ 견학장소 : 경인지역 오염토양 정화 및 매립폐기물 처리 현장
- ▶ 참가비 : 정회원 10,000원 / 학생회원 5,000원 / 비회원 15,000원
(중식제공, 출발시간 및 집합장소는 추후 알림)
- ▶ 연락처 : 한국지반공학회 T. 02-3474-4428, F. 02-3474-7379
 지반환경기술위원회 위원장 정하익 011-798-1505
 지반환경기술위원회 간사 고경환 011-317-0163
 간사 박준범 010-8250-5864
 간사 한중근 011-232-2039
 총무 조진우 017-736-1354