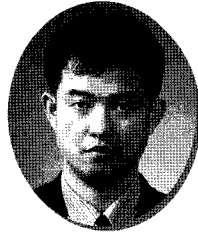


폐기물 매립장 설계 및 시공시 고려사항



김 호 철
한국환경공단 검사진단처
폐기물시설진단팀 차장
(kimhochul@keco.or.kr)

1. 머리말

그 동안 우리나라의 폐기물매립시설 설계 및 시공기술은 근대화의 거센 물결속에서 고도성장 일변도의 정부정책과 환경문제의 무관심에서 기술개발의 목적을 상실하고 세계화의 과정에서도 선진 환경기술에 대한 연구 및 습득을 간과하는 분위기가 계속되어 산, 강, 대기의 오염을 방지하는 폐기물매립시설 설계·시공기술의 더 이상의 발전은 기대할 수 없었다.

근래에 들어 산업고도화 만으로 윤택한 생활을 유지할 수 없다는 목소리가 점진적으로 높아지고 국제무역규정에서도 환경오염물질 사용규제 등의 실질적인 오염방지시설 투자 동기가 확산되고 있어 이에 따라 우리정부에서도 그동안 방치해왔던 폐기물 최종처리규정을 1996년 2월 5일

부터 개정하여 최근에 비로소 선진 위생매립시설 설치기준을 국내법에 적용하게 되었다.

폐기물 위생매립시설은 크게 저류구조물(제방, 옹벽 등), 차수시설, 빗물배제시설, 침출수집·배수시설, 부대시설로 나누어 살펴 볼 수 있다.

저류구조물은 폐기물을 매립하는 공간을 확보하기 위해서 시공하는 부분으로 주로 제방 및 옹벽으로 설치하고 제방은 사면안전을 1.3이상 되도록 시공하며 옹벽은 전도, 활동에서 각각 2.0, 1.5이상, 지지력은 하중의 3배 이상 되도록 설치기준에 명시되어 있다.

차수시설은 원지반 상부에 점토광물혼합토층, 토목합성수지라이너를 포설 하도록 규정되어 있으며 사면에 경사로 인하여 점토광물혼합토층을 설치할 수 없을 시에는 토목합성수지점토라이너로 대체 설치할 수 있다.

침출수집·배수시설은 매립장 바닥에 간·지선으로 유

공관 및 자갈층을 포설하고 바다 전체에는 투수계수 1초당 1백분의 1센티미터이상의 모래, 자갈 등으로 포설하도록 규정되어 있다.

빗물배제시설은 매립장 내부시설 및 매립장 주변시설로 다시 나누어 살펴볼 수 있는데 매립장 내부 빗물배제 시설은 소제방을 설치하여 매립구역과 미매립구역을 분리하여 미매립구역의 빗물을 배제하는 개념이고, 매립장 주변시설은 유역면적에 떨어지는 빗물이 매립장 내부로 유입되지 않도록 설치하는 개념이다.

기타 시설로는 지하수배제시설, 유량조정조, 계량시설, 세류시설, 지하수검사정 등이 있고 보다 자세한 폐기물처리시설 관련내용은 논설과정에서 설치기준, 문제점사례 및 대책, 설계시 고려사항으로 나누어 알아보기로 한다.

본 논설은 그 동안 학교와 연구기관, 설계회사에서 많이 논의하고 검토해온 이론 중심이 아닌 실무위주의 내용으로 기술하였으며 전국각지에 설치·운영되고 있는 매립장의 시공사례, 관리자 애로사항, 설계시 유의해야할

점을 위주로 논설하였으므로 설계 및 시공방법의 실무적용 참고자료로 활용되기 바란다.

2. 저류구조물

2.1. 설치기준

폐기물관리법 시행규칙 별표9에서는 저류구조물에 대한 시설설치기준을 다음(표 2-1)과 같이 제시하고 있다.

2.2 저류구조물 문제점 사례 및 대책

매립장 검사과정에서 발견되는 가장 흔한 문제점은 단식 제방을 축조하는 경우에(사진 2-1 A, B), <그림 2-1>과 같이 빗물 등에 의한 사면 세굴현상 및 제방 부등침하로 인한 균열이 발생하는 것이다. 이런 현상을 방지하여 두면 사면안정해석 결과는 안정하게 계산되나 실질적으로 진행성파괴 현상이 발생할 수 있으므로 대책을 강구하여야 한다.

세굴현상 방지 대책은 사면보호블럭설치, 제방상단과 사면에 빗물도수로 설치, 적합한 성토재 사용(SM), 제방 축조시 층다짐 시공 등의 시공원칙을 준수하는 것이다.

제방부등침하는 곡간에 매립장을 설치할시 제방 중간 부분과 양쪽측면의 성토 두께차이로 인하여 필연적으로 발생하나 시공시 품질관리철저, 여성토시공 등으로 부등

표 2-1. 폐기물관리법 저류구조물 설치기준

구분	내 용
현행 기준	폐기물의 유출을 방지할 수 있는 옹벽 및 제방은 매립되는 폐기물의 하중 매립단면 및 침출수위 등을 고려하여 안전하게 설치 하여야 한다. 이 경우 옹벽은 저면활동에 대한 안전율이 1.5이상, 전도에 대한 안전율이 2.0이상, 지지력에 대한 안전율이 3.0이상 이어야 하며 제방의 사면활동에 대한 안전율이 1.30이상이어야 한다.

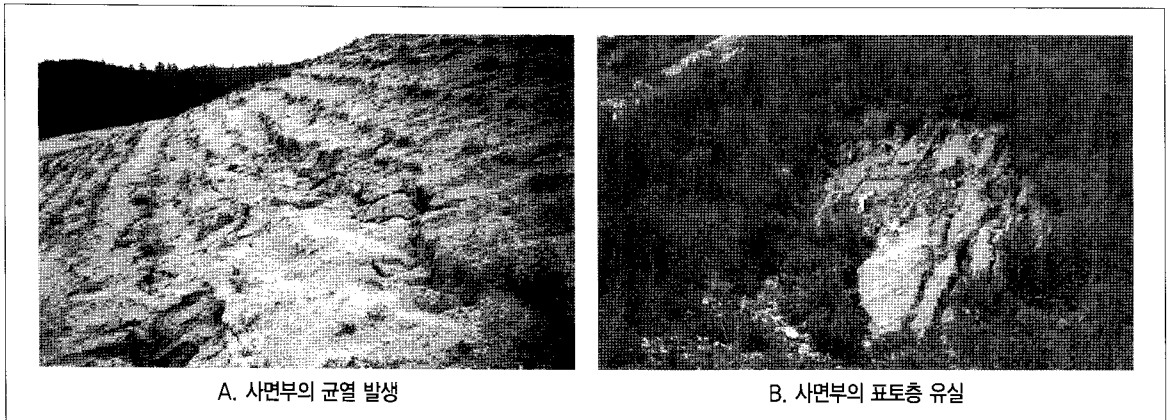


사진 2-1. 제방 사면부의 문제

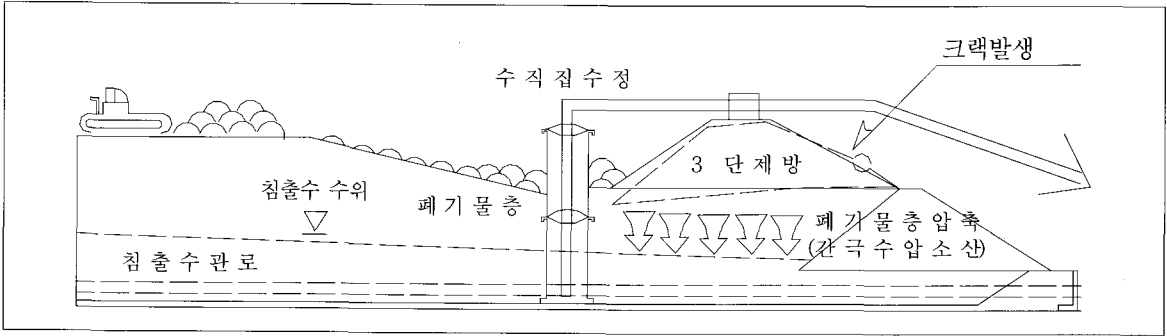
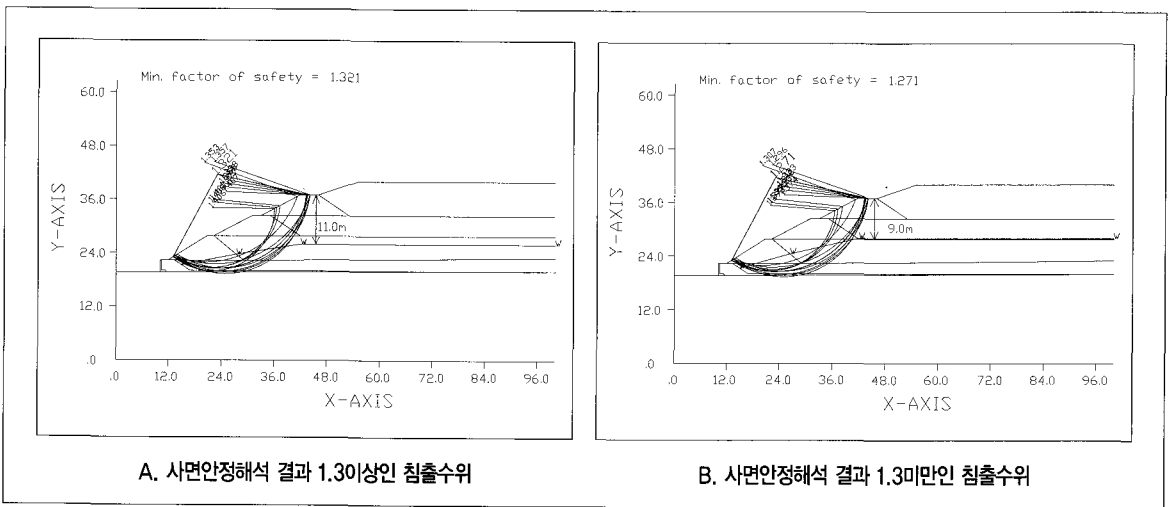


그림 2-1. 침출수 처리시 침출수위 저하로 인한 제방 변위 발생



A. 사면안정해석 결과 1.30이상인 침출수위

B. 사면안정해석 결과 1.3미만인 침출수위

그림 2-2. 침출수위 변화에 따른 사면안정해석 결과

침하발생 영향을 최소화하여야 한다.

2.3 저류구조물 설계시 고려사항

제방의 설계 및 시공은 층다짐시공방법, 노상다짐기준, 장비사용방법 등 일반토목 제방축조와 동일한 방법임으로 생략하기로 하고 제방의 사면안정성 검토방법과 매립용량 및 경제성에 관련된 제방규모 결정에 대하여 알아보기로 한다.

(1) 제방 사면안정해석 방법

매립장 제방 사면안정해석시 일반토목 제방안정해석과 달리 유의해야할 점은 매립완료시 폐기물층 내부의 침

출수위 형성을 고려하여 안정해석을 실시하여야 한다는 점이다.

폐기물층 내부의 침출수위는 우기시 수위가 높아지고 건기시 낮아지므로 침출수위 변화에 따른 반복적 해석으로 안전율이 1.3이상과 미만이 되는 침출수위를 찾아내어 설계보고서에 나타내어야 한다. 그리고 그 결과에 의거 폐기물층 내부의 침출수 위험 수위를 제시하고 매립운영자는 항상 제방안전율이 1.3이상 되도록 침출수위를 관리하여야 한다.

(2) 제방 규모 검토

제방 설계의 우선조건은 사면안정해석 결과가 기준이상으로 안정하게 검토되어야 하고 둘째로 매립용량확보

표 2-2. 제방 규모에 따른 장·단점

구분	주제방 설치시 (큰 규모의 제방)	다단식제방으로 설치시 (매립진행시 단계별로 축조)
장점	1. 최종매립고까지 일체형 제방이 되므로 견고하다. 2. 침출수 누출취약부분(소제방상단, 하단 사이)이 감소됨.	1. 공사비 저감. 2. 매립용량이 증가함. 3. 단계별로 내부소단에 우수배제 및 침출수배제시설 자연구배 설치 유리.
단점	1. 매립용량이 감소됨. 2. 단계별로 내부 소단에 우수배제 및 침출수배제시설 자연구배 설치곤란. 3. 공사비용 늘어남. 4. 진입로 설치가 과대하게 됨.	1. 침출수누출취약부분 발생. 2. 소제방이 폐기물층 상부에 축조되므로 침하의 우려 있음.

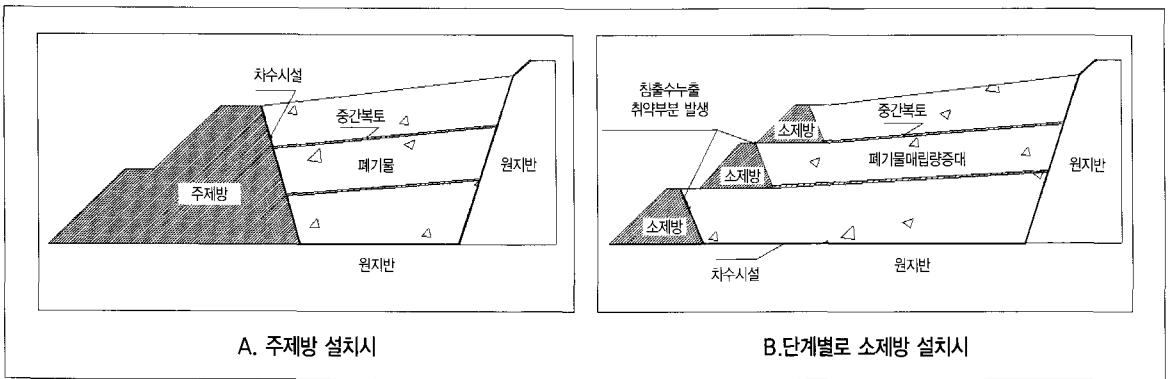


그림 2-3. 제방 규모에 따른 장·단점

및 시공 경제성을 검토하는 것이 바람직하다. 제방규모는 매립장의 지형적조건, 시공목적, 제반여건 등에 따라 주제방축조방법, 소제방 단계별 축조방법으로 나누어 설치할 수 있으며 이에 따른 장·단점은<표 2-2>에 나타내었다.

따라서 매립시설 시공 시행처 담당관은 사전 실시설계 자료의 제방규모를 현장여건에 비추어 득과 실을 검토하여 적용하여야 한다.

3. 차수시설

3.1. 설치기준

차수시설은 일단 매립작업이 시작되면 기능상의 이상이 생겨도 사실상 보수 및 복구가 어려우며 별도의 재시

공을 할 수 없게 된다. 따라서 우리나라 실정에 적합한 차수시설 구조의 조사와 연구가 점진적으로 발전하여 왔고 이에 따른 폐기물관리법 매립시설설치기준의 차수시설 부분도 수차례 개정된 바 있다.

3.2 차수시설 문제점 사례 및 대책

차수시설에서의 손상발생은<사진 3-1>과 같이 폐기물이 매립되기전 장기간 노출상태를 유지하였을 때와 매립이 진행되는 중에 장비의 외부충격이 주 원인으로 발생한다.

따라서 차수시설 장기간 노출로 인한 파손 대책은 매립장 전면적의 차수시설 공간을 약 3년간 매립용량 공간별로 단계적으로 나누어 시공하는 방법을 적용하여야 하고 장비의 외부충격에 의한 파손대책은 매립작업시 장비 운전자의 주의와 조심운전에 기대할 수 밖에는 없으나 일단

표 3-1. 차수시설 설치기준

구분	내 용
현행기준	<p>침출수가 매립시설에서 유출되는 것을 방지하기 위하여 매립시설의 바닥 및 측면은 폐기물의 성상, 매립높이, 지형조건 등을 고려하여 점토·점토광물혼합토 등 점토류 라이너, 고밀도폴리에틸렌 또는 이에 준하는 재질의 토목합성수지라이너를 사용하는 경우에는 폐기물의 하중 등에 대한 안정성을 검토하여 항복인장강도의 안전율이 2.0 이상이 되도록 설계·시공하여야 한다. 다만, 매립시설 바닥 및 측면이 점토류라이너를 사용하여 차수시설을 설치하는 것과 동등 이상의 차수효과를 가지는 경우와 환경기술개발및지원에관한법률시행령 제18조제1항제2호의 규정에 의한 환경기술검증을 받은 매립시설의 설치공법으로 토목합성수지라이너, 점토류라이너를 사용하여 차수시설을 설치한 것과 동등 이상의 침출수 유출방지 효과가 있는 경우로서 시·도지사 또는 지방관서의 장이 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다. ①고밀도폴리에틸렌 또는 이에 준하는 재질의 토목합성수지라이너를 사용하는 경우 두께 2.0밀리미터(지정폐기물을 매립하는 경우에는 2.5밀리미터) 이상의 것을 1겹 이상 포설하여야 하고, 토목합성수지라이너 하부에는 점토·점토광물혼합토 등 점토류를 다져 투수계수가 1초당 1천만분의 1센티미터 이상이고 두께가 50센티미터 이상(지정폐기물을 매립하는 경우에는 1미터 이상)인 라이너를 설치하여야 한다. 다만, 매립시설 측면의 경사가 급하여 토목합성수지라이너 하부에 점토류 라이너를 설치하는 것이 불가능한 경우에는 토목합성수지라이너 하부에 동등이상의 차수효과를 가지는 토목합성수지라이너 등으로 포설할 수 있다. 고밀도 폴리에틸렌라이너중 매끄러운 고밀도폴리에틸렌라이너를 사용하는 경우에는 다음의 기준에 적합한 것을 사용하여야 한다.</p>

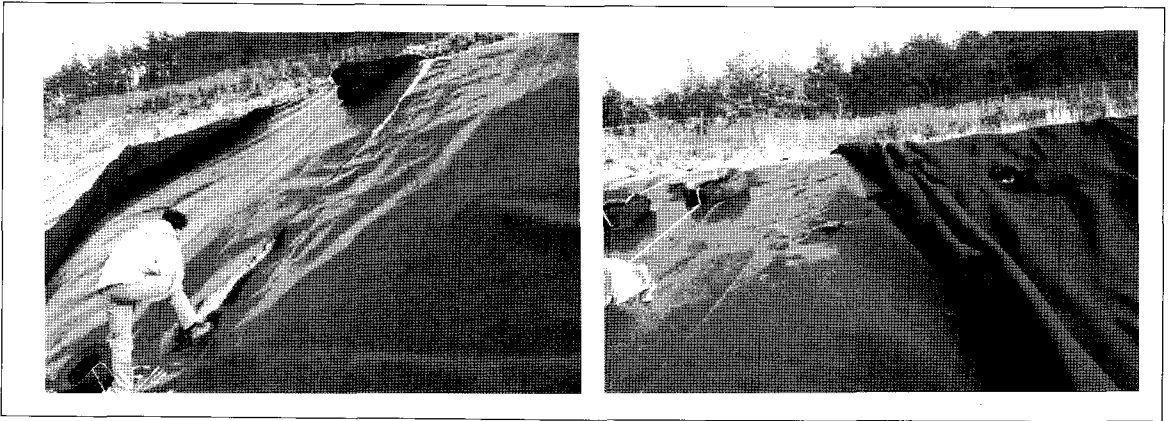


사진 3-1. 차수시설 손상

장비로 인한 차수시설 파손시 책임부담을 주지 않고 즉시 보수조치를 할 수 있는 분위기를 조성하여야 한다.

3.3 차수시설 설계 및 시공시 고려사항

차수시설 설계 및 시공방법은 매립시설 설치기준에 비교적 자세히 명시되어 있으나 검사 또는 진단목적으로 신설 시공현장과 운영중인 매립장을 방문하여 실태를 조사한 결과 시공상의 문제점과 설계시 유의할 점이 발견되고 있다.

그 문제점으로는 매립장 바닥 기초지반의 구배가 너무 완만할 경우 침출수 이송능력의 저하에 국한되지만 구배가 과대하게 클 경우(대개 5%이상) 설치종료 후 운영과정

에서 심각한 문제가 발생할 가능성이 매우 높다. 예측 가능한 문제점으로는 첫째 점토류라이너 위에 HDPE Sheet를 포설하고 그 상부에 자갈층으로 침출수집·배수 시설을 설치하는데 HDPE Sheet는 그 면이 매끄러워 마찰력이 적으며 상재하중이나 이동하중 또는 집중하중이 작용하여 낮은 쪽으로 미끌어질 경우 자갈 또는 예리한 물체에 의하여 Sheet의 손상가능성이 매우 많다.

둘째 HDPE Sheet 손상에 의하여 침출수가 바닥으로 유출된다면 그 하부에 점토류라이너에서 차단이 될 수 있으나 구배에 의하여 하루로 흘러내릴 경우 하단 제방 내측의 벤토나이트매트와 바닥 점토류라이너 연결부위의 취약지점을 통하여 제방으로 침투 외부로 유출되는 심각한 문제점을 유발할 수 있다.

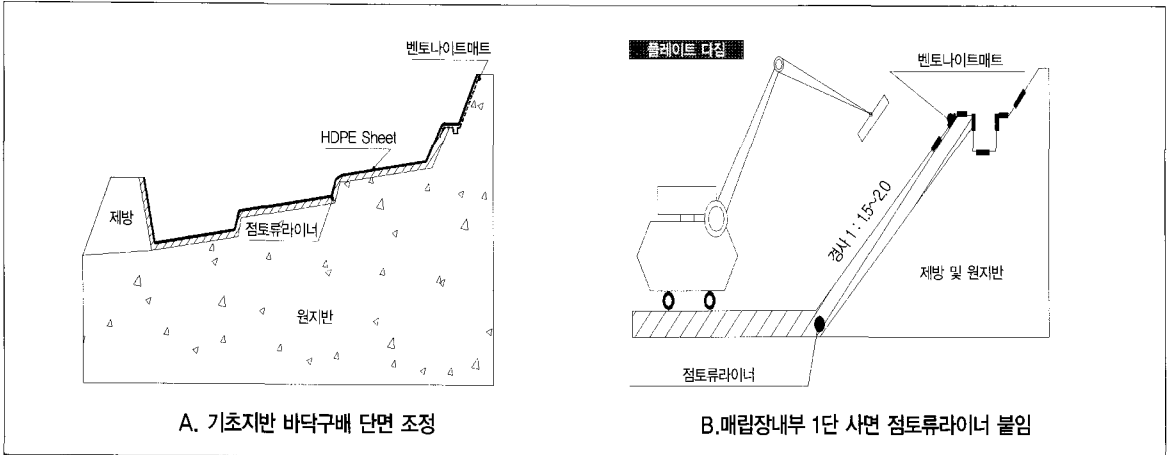


그림 3-1. 바닥부 구배시공 및 1단사면 경사지역 점토류라이너 시공

이에 대한 해결방법으로서 첫째, HDPE Sheet 상부의 상재하중 등에 의한 미끌림 현상방지를 위해서는 매립장 바닥은 알맞은 구배(2~4%)로 조정하여야 하는데 그 방법은 지형에 따라 다소 달라질 수 있겠으나(그림 3-1, A)와 같이 계단식 형태로 계획 설계하면 바닥구배를 지형특성에 관계없이 조정 가능하다.

두번째 문제에 대하여 살펴보면 최근 몇 년 동안 매립장 설치검사시 시공된 사례에서 나타난 바와 같이 매립장 바닥은 점토류라이너를 설치하고 제방을 포함한 내측 사면은 벤토나이트매트를 설치하는 방법만을 답습하여 시행되고 있는데 이는 현행 규정에만 치중한 나머지 예측 가능한 문제점을 간과하는 원인이 되고 있다. 이와 같은 취약지점이 없도록 하기 위해서는 장비의 다짐이 가능한 높이(예를 들어 굴삭기 진동 plate 장착 다짐 높이 3~5m, <그림 3-1, B>)까지는 벤토나이트매트 사용대신 바닥과 같은 규격 점토류라이너를 시공하고 그 상부 사면부터 벤

토나이트매트를 사용하면 보조 차수재(점토류라이너)로서의 완벽한 기능을 할 수 있다.

4. 빗물배제시설

4.1 설치기준

빗물배제시설의 설치목적은 빗물이 직접 매립장 내부로 떨어져 유입되는 빗물과 사면을 타고 흘러 들어오는 외부 빗물을 조속히 배수하여 빗물이 침출수화 되는 것을 최소화 시키는데 있다.

내부에 떨어지는 빗물을 배제하기 위해서는 복토층으로 빗물이 스며들지 않도록 잘 다짐과 동시에 매립장 외부로 신속하게 배제될 수 있도록 적절한 구배를 주는 것이 무엇보다 중요하다. 이와 같은 내용은 현행 폐기물관리법상의 매립시설 설치기준에도 잘 나타나 있다.<표 4-1 참조>

표 4-1. 폐기물관리법 빗물배제시설 설치기준

구분	내 용
현행 기준	매립시설 외부에서 빗물이 유입되지 아니하고 매립시설의 내부에 떨어진 빗물이 폐기물 매립중인 구역에 유입되지 아니하도록 빗물배제시설을 갖추어야 한다. 다만 빗물이 매립시설로 유입되거나 떨어지는 것을 방지할 수 있는 시설을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4.2 빗물배제시설 현황 및 문제점

빗물배제시설에서 확인되는 일반적인 문제점으로는 매립장 내부에 매립진행구역과 미매립구역을 분할하는 소제방을 설치하지 않아 매립시설내에 떨어진 빗물이 전량 침

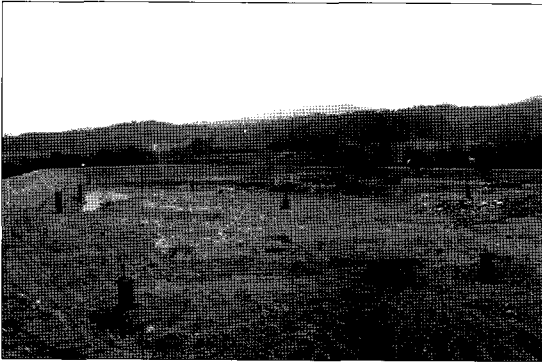


사진 4-1. 전면적 매립진행

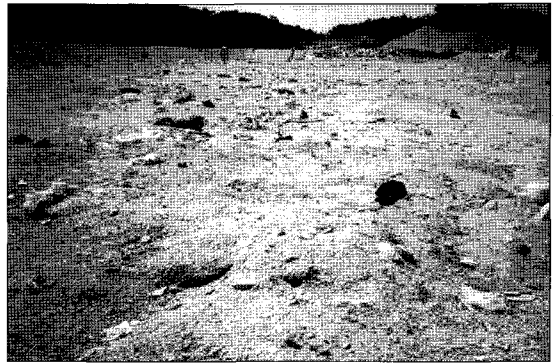
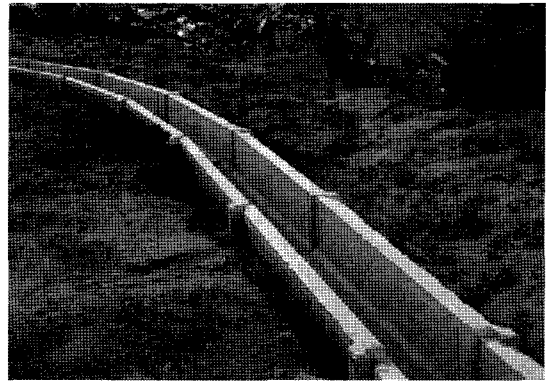


사진 4-2. 전면적 매립진행에 따른 복토면 다짐 및 표면구배 불량



A. 토사 적체



B. 빗물배제기능상실

사진 4-3. 빗물배제시설

출수화 되는 경우(사진 4-1, 2 참조), 원지반 사면부에 근접하여 설치한 빗물배제시설에 토사 등의 이물질이 적체 되는 경우(사진 4-3, A), 시공 또는 유지관리 부실로 빗물이 배제시설로 유입되지 못하는 경우(사진 4-3, B), 배수관로의 파손·침하에 의한 빗물배제기능저하등이 있다.

4.3 빗물배제시설 설계 및 시공시 고려사항

매립장 빗물배제시설은 크게 매립장 외부에 떨어진 빗물이 내부로 유입되는 것을 방지하기 위하여 설치하는 매립장 외곽 빗물배제시설과 매립진행 중에 매립장 내부에 떨어지는 빗물을 폐기물과 접촉없이 외부로 배제시키기

위하여 설치하는 내부 빗물배제시설로 나눌 수 있다.

(1) 매립장 외곽 빗물배제시설 설계방법

빗물배제시설의 올바른 설계를 위해서는 수문학 및 수리학적 측면에서 접근이 필요하다. 빗물배제시설 설계시 해당유역에서의 강수에 따른 반응, 즉 유출량, 지표면 침투량, 증발산량 등의 예측은 물론 해당유역에서 가장 먼 지점으로부터 유출수 통제지점까지의 빗물도달시간 등을 정확히 예측하여야 적정규모의 빗물배제설비를 설계할 수 있다.

주변 빗물배제시설의 설계 순서를 간략하게 명시하면 먼저 매립장 주변 대상유역과, 집수면적 설정, 설계강

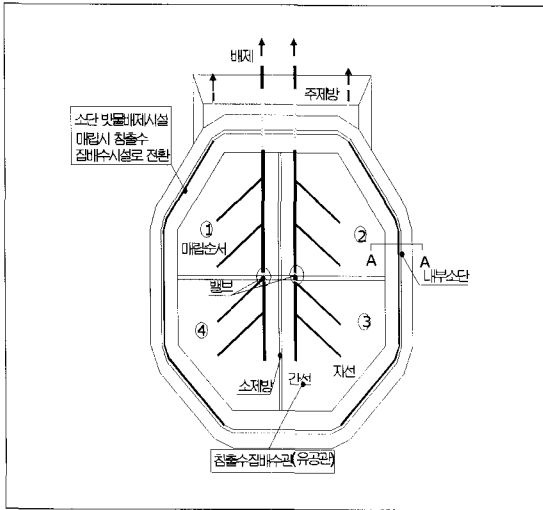


그림 4-1. 내부 빗물배제시설 평면도

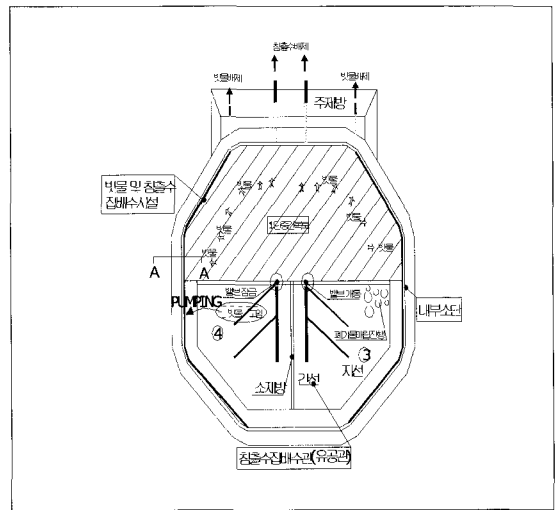


그림 4-2. ① ②번 1단 중단복토 완료후 빗물배제 개념도

위에 따른 수위 및 침투유량을 결정하여 예상빗물발생량(Q)을 계산한다. 다음은 매립장주변에 설치될 측구의 구배 및 수로단면을 설정하여 배수능력(q)을 계산하고 끝으로 설정된 측구 배수능력(q)과 예상빗물발생량(Q)을 비교하여 설정된 측구 배수능력(q)이 예상빗물발생량(Q)을 감당할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 매립장 내부 빗물배제시설 설계방법

매립장 내부 빗물배제시설은 빗물이 떨어지는 위치에 따라 바닥 빗물배제시설과 내부 소단 빗물배제시설로 나누어 살펴 볼 수 있다.

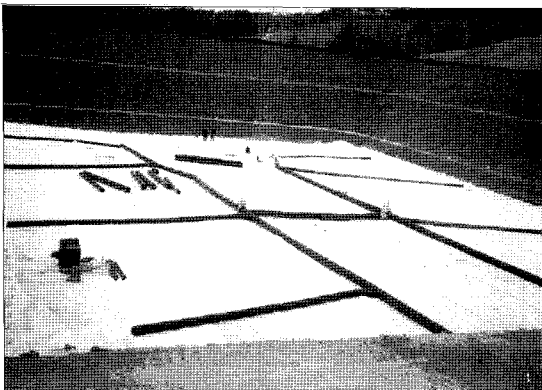


사진 4-4. 침출수집·배수시설 시공

(가) 바닥 빗물배제시설 설계 및 시공방법

바닥 빗물배제시설은 매립구역과 미매립구역으로 명확히 구획이 나누어지도록 설계하여야 하고 또한, 미매립 구역의 빗물을 효과적으로 외부로 배제할 수 있도록 설계하여야 한다.

매립구역과 미매립구역으로 구분하여 매립하기 위해서는 매립장 바닥에 소제방을 설치하는 방법이 대표적이다. 매립시설 검사시 검토·조사한 내용중 대표적인 예시로서 매립면적이 약 10,000m²정도인 중형급 이상 매립장은 바닥을 4등분 이상으로 나누어 매립할 수 있도록 소제방을 설치함이 적절하며 4등분 된 매립장의 빗물을 배제하기 위해서는 침출수집·배수관 간선을 Double line으로 설치하고 매립작업이 진행되는 동안 한구역에서 다른구역으로 이동매립하는 시점에서 소제방에 설치된 밸브를 개·폐하여 빗물과 침출수를 분리하여 배제할 수 있도록 하여야 한다.

다음<그림 4-1>의 설명은 매립작업순서가 매립장 하류부터 ①②③④로 진행하면서 하류①번 구역 매립시 ①번구역과 ④번구역 사이의 밸브를 잠그면 ②번과 ③번의 미매립구역에 떨어지는 빗물은 자연구배로 매립장 하류로 배제되고 미매립구역 ④에 고립된 빗물은 소단측구로 펌핑처리하면 ①번구역에 떨어지는 빗물만 침출수화 되

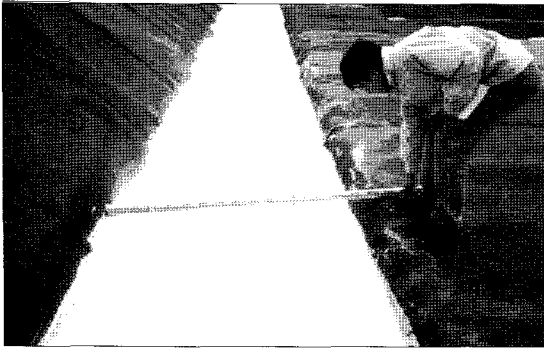


사진 4-5. 매립장 소단 측구 시공사례

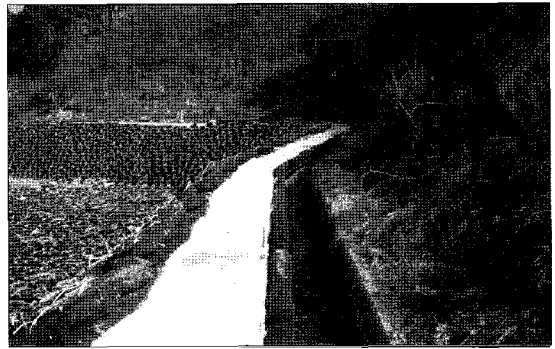


사진 4-6. 매립장 소단 측구 시공사례

어 침출수처리량이 최소화 된다. 다시 ①번구역 1단매립 완료후 ②번구역 매립시 ②번과 ③번구역의 사이의 밸브를 잠그면 ③④번구역에 고립된 빗물은 소단 측구로 펌핑 처리하고 ①번구역 중간복토 상부에 떨어지는 빗물은 복토면을 따라 자연구배로 소단측구로 유도하여 빗물을 배제할 수 있게 한다. 이렇게 구역별로 빗물배제할 경우 유의할 점은 ③과 ④번구역 매립개시시점(그림 4-2 참조)에서 단아놓은 관밸브를 개통하여 폐기물층에서 발생하는 침출수를 배제하여야 하며, 1단중간복토 완료후에도 소제방을 설치하고 중간복토면에 떨어지는 빗물을 자연구배로 소단측구로 배제될 수 있도록 복토구배 조정 시공을 반드시 시행하여야 한다.

(나) 소단 빗물배제시설 설계 및 시공방법

소단 빗물배제시설은 첫째, 매립장 내부사면에 떨어지는 빗물을 폐기물과 접촉되기전에 소단측구로 유도하여 하류로 배제하는 기능을 하도록 설계하여야 하고 둘째, 1단 매립후 폐기물 매립하중에 의하여 차수시설에 작용하는 인장력을 감당할 수 있는 고정공 기능을 하도록 설계하여야 하며, 셋째로 폐기물매립이 진행되면서 폐기물이 소단측구 상부까지 매립되면 폐기물층에서 발생하는 침출수를 배제하는 기능을 하도록 하여야 한다.

상기의 모든 기능에 부합되도록 소단 빗물배제시설을 설치하기 위해서는 첫째, <그림 4-2>와 같이 1단 중간복토에 떨어지는 빗물이 소단측구로 유입되도록 적절한 높이와 다짐 및 구배시공하면서 매립 및 복토작업을 시행하

여야 한다. 둘째, 차수시설을 고정하기 위해서는 폐기물 매립하중에 의하여 발생하는 인장력을 견딜수 있도록 콘크리트 등의 중량물을 설치하여야 한다. 셋째, 폐기물층의 침출수를 배제하기 위해서는 소단측구 내부에 유공관과 자갈을 설치하고 소단측구 말단부를 하류 유량조정소 또는 침출수집수정으로 연결시공하여 침출수가 침출수 처리장으로 이송될 수 있도록 하여야 한다.

(다) 소단 빗물배제시설 비교 검토

매립장 내부 소단에 시공사례(사진 4-5)와 같이 시공하면 빗물이 측구를 따라 흐르다가 바닥으로 유입될 우려가 있으며 매립시 침출수 집·배수기능을 할 수 없다. 또한 <사진 4-6>와 같이 시공하면 빗물배제를 위하여 별도의 터파기 및 플룸관 시공작업을 시행하여야 하고 매립시

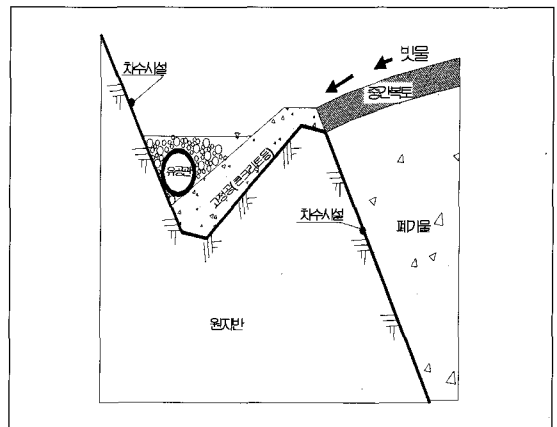


그림 4-3. A-A 단면 내부소단측구 시공권장

폐기물층에서 발생하는 침출수의 집·배수기능이 미흡하다. 따라서 여러 현장의 방문조사를 통하여 효율적인 소단측구 설치방안을 모색한 결과(그림 4-3)과 같이 소단 설치시 안쪽으로 경사 절토하고 고정공 및 유공관을 부설하면 빗물배제기능, 차수시설 고정기능, 매립시 침출수 집·배수시설 기능을 겸할 수 있을 것이다.

5. 침출수 집·배수시설

5.1 설치기준

현행 침출수집배수시설 설치기준은 과거의 설치기준보다 크게 보강되어 있고 매립장 내부의 침출수를 신속히 처리장으로 배제할 수 있도록 규정되어 있다.

5.2 침출수 집·배수시설 운영현황 및 문제점

침출수 집·배수시설은 매립장 내부의 침출수를 신속히 이송처리토록 하는 것이 본 기능이라 할 수 있다. 이 시설이 제기능을 수행하지 못하면 <사진 5-1A, B>와 같이 침출수가 원활하게 배제되지 못하고 상·하단 제방 경계면으로 침출수가 누출되거나 매립장 내부에 침출수 Pond가 형성되는 문제가 주로 발생하게 된다.

5.3 침출수 집·배수시설 설계 및 시공시 고려사항

침출수 집·배수시설의 설계 및 시공방법은 매립시설설치기준에 상세하게 나타나 있으므로 본 장에서는 매립장 운영중에 발생하는 문제점에 대한 대책방안을 제시하는

표 5-1. 침출수 집·배수시설 설치기준

구분	내 용
현행 기준	매립시설 바닥의 토목합성수지라이너위에는 지오킴포지트(지오네트)에 지오텍스타일을 붙인 것을 말한다. 이하 같다) 지오텍스타일등을 설치한 후 그 위에 침출수집배수층(투수계수 1초당 1백분의 1센티미터 이상이고 두께가 30센티미터 이상이어야 한다), 집배수관로, 집수정, 및 이송관로 등 침출수집배수시설을 설치하고 매립시설 측면의 토목합성수지라이너위에 매립하중하에서 투과능계수가 1초당 3만분의 1제곱미터 이상인 지오킴포지트, 지오네트 또는 지오텍스타일등 토목합성수지배수층을 설치하여야 하며, 점토류 라이너로 차수시설을 설치하는 경우 측면의 점토류 라이너위에는 투수계수 1초당 1백분의 1센티미터 이상이고 두께가 30센티미터 이상인 모래 등을 포설하여야 한다. 이 경우 집배수관로의 주변에는 집배수관로가 막히지 아니하도록 충분한 투수계수를 갖는 자갈 등을 설치하여야 하며 침출수집배수시설의 바닥구배는 2퍼센트 이상(침출수집배수시설이 매립지 내외부의 침출수 이송시설과 연결되어 있어 침출수의 수위를 저감할 수 있는 경우에는 적용하지 아니한다.) 이 되도록 하여야 한다. 다만, 환경기술검증을 받은 매립시설의 설치공법으로 토목합성수지배수층 등을 설치할 필요가 없는 구조로 매립시설을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

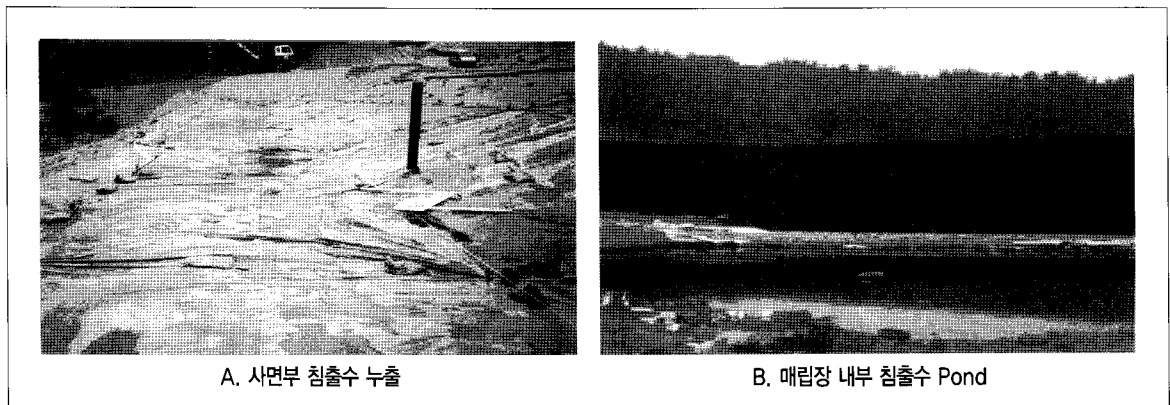


사진 5-1. 매립장 침출수 배제 불량시 발생하는 문제

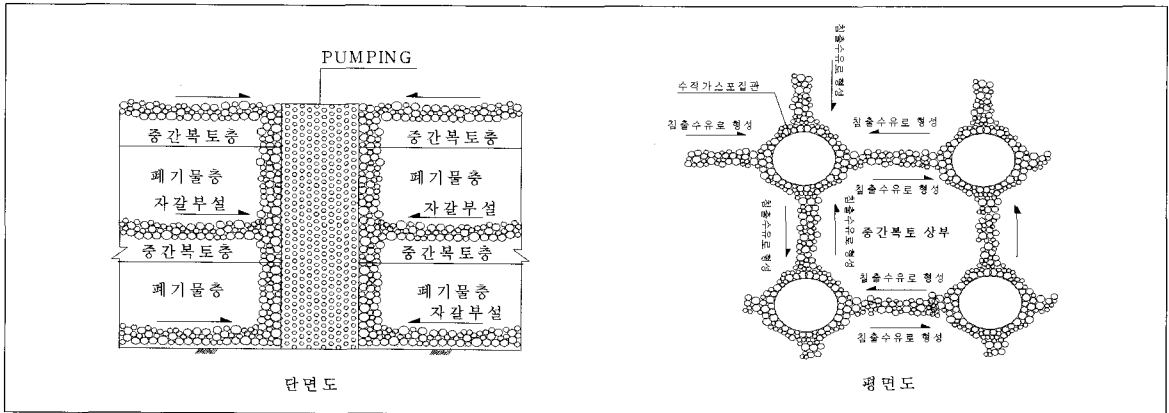


그림 5-1. 수직가스포집관간에 맹암거 연결 설치 개념도

바, 첫째, 각 매립층 상부에 중간복토층 시공에 따른 폐기물층내부 침출수 정체문제와 둘째, 저류구조물을 다단식 제방으로 축소시 침출수 누출취약부위 발생문제로 나누어 검토하기로 한다.

(1) 폐기물층 내부 침출수 정체현상 방지 대책

매립층 내부의 침출수는 가능한 한 신속히 배제하여 매립장 조기안정화와 제방 또는 옹벽의 안전성을 확보하고 매립장 외부로 침출수 누출도 방지하여야 한다.

중간복토 시공은 매립진행중 빗물배제기능 및 악취, 흙날림 발생 억제 등의 목적으로 시행하고 있으나 매립층이 완료되면 중간복토층을 경계면으로 침출수의 수직이동을 방해하여 폐기물층 내부에 침출수고임현상을 유발시

킨다. 따라서 중간복토 완료 후 다음단계 매립직전에(그림 5-1)과 같이 맹암거를 수직가스포집관 상호간에 연결·시공하여 폐기물층 내부의 침출수의 수직 및 수평이동을 원활하게 하고 외부로 부터 폐기물층 내부로 산소공급을 활발하게 하여 매립장 조기안정화에 기여하도록 하여야 한다.

(2) 제방부 침출수누출 방지 대책

매립용량 증대 또는 제방 공사비 절감등을 위하여 제방을 단계적으로 축소할시 제방상단과 하단이 만나는 부분은 폐기물 매립하중에 의해서 제방 하단으로 침출수 유선이 형성되어 필연적으로 침출수 누출 취약부위가 된다. 이러한 침출수누출 취약부위 발생방지대책은 완전차수처리

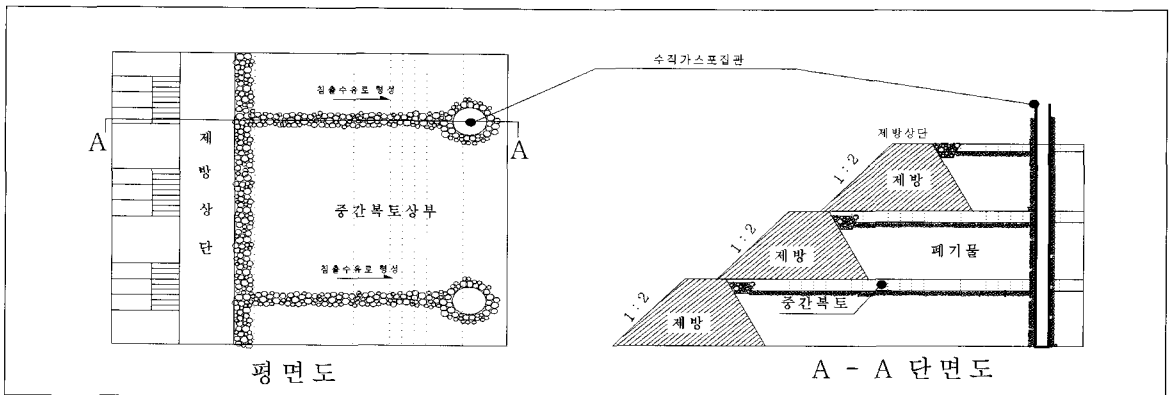


그림 5-2. 침출수 누출방지 대책 개념도

방법, 제방 이격부분 맹암거 설치방법 등 여러방법이 현장에서 적용되고 있으나 가장 효율적 방법은<그림 5-2>와 같이 수직가스포집관 연결시공방법이라고 판단된다.

<그림 5-2>와 같이 누출 취약부 맹암거 시공시 유의할 점은 공사 시공시기와 설치위치이다. 공사 시공시기는 중간복토 완료 후 다음단계 매립직전에 시공하여 중간복토의 빗물배제기능을 온전하게 수행하도록 하여야 하고 설치위치는 간선의 경우 제방상단을 따라 인접하게 설치하고 지선은 간선이 인근 집수정 또는 수직가스포집관과 연결 되도록 하되 전체적인 형상은<그림 5-2>평면도와 같이 T형으로 설치하여야 한다.

6. 침출수처리시설

6.1 설치기준

침출수출수처리시설은 침출수배출허용기준 이하로 처리할 수 있는 시설을 설치하고 인근에 종말처리시설이 위치한 경우에는 침출수를 종말처리시설로 이송·처리하는 것을 원칙으로 하고 있다.

표 6-1. 침출수처리시설 설치기준

구분	내 용
현행기준	침출수를 별표8제 2호나목(2)의(가)에서 규정하는 침출수배출허용기준 이상으로 처리할 수 있는 시설을 설치하여야 하며, 침출수처리시설 배출구에는 유량계를 설치하여야 한다. 다만, 다른 매립시설의 침출수처리시설 및 수질환경보전법제11조의 규정에 의한 수질오염방지시설(자가수질오염방지시설에 한한다)에서 처리하는 오염물질을 당해 시설에 이송·처리하거나 수질환경보전법 제43조의 규정에 의한 폐수처리업자에게 위탁처리하는 경우 또는 인근에 수질환경보전법 제25조 및 하수도법 제2조의 규정에 의한 종말처리시설, 오수·분뇨및축산폐수처리예관한법률 제2조의규정에 의한 분뇨처리시설이 위치하여 종말처리시설 및 분뇨처리시설에서 처리하는 오염물질을 당해 시설에 이송·처리하는 경우에는 침출수처리시설의 일부 또는 전부를 갖추지 아니할 수 있다. 이경우 인근에 종말처리시설이 위치한 경우에는 침출수를 종말처리시설로 이송·처리하는 것을 원칙으로 한다.

6.2 침출수처리시설 현황 및 문제점

현재 운영중인 총 232개소의 매립시설에서 침출수 처리방법으로는 자체처리 후 공공수역에 방류하는 곳이 68개소, 전처리 후 하수종말처리장 등에 이송·처리하는 곳이 53개소, 원수를 하수종말처리장 등에 직접이송·처리하는 곳이 111개소로 조사되었다. 침출수를 이송하여 처리하는 비율이 높은 원인은 매립경과년수 및 강우량에 따라 침출수 농도의 변화가 매우심하고, 침출수 발생량은 우기와 건기에 따라 변동폭이 매우 커서 적정처리가 곤란하여 인근 하수종말처리장 등에 연계처리를 선호하고 있기 때문이다. <표 6-2>는 월별 침출수 발생량 변화와 매립장 규모별 침출수발생량을 나타낸 것이다.

침출수 최대발생량은 8~9월에 최소발생량은 1~2월로 년도별 변동폭은 1.7~3.5배인 것으로 나타났다. 또한 매립장별 침출수 발생량을 1,000m²을 기준으로 G매립장의 경우 S매립장에 비해 약3.8배가 많은 침출수가 발생하는 것으로 나타났다.

6.3 침출수처리시설 설계 및 시공방법

(1) 월별 침출수발생량 변동

월별 최대침출수발생량의 변동폭은 1.7~3.5배로 나타났다. 따라서 주요처리공정을 2계열 이상으로 하여 우기

표 6-2. 침출수처리시설 발생량변화

구 분		매립장 (초대형) (m3/월)	매립장 (대형) (m3/월)	매립장 (중형) (m3/월)	비 고
월별 발생량	최 대	5,532(8)	17,255(8)	10,390(9)	
	최 소	3,308(1)	8,450(2)	2,958(1)	
	변동폭	1.7	2.0	3.5	
1,000m ² 당 침출수 발생량	침출수 발생량 (m3/년)	331	380	1,276	
	발생비	1	1.2	3.8	

의 침출수발생량 증가에 대비할 수 있도록 완충능력을 높일 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 매립장별 침출수 처리시설 규모

중형매립장의 경우 대형매립장에 비해 단위면적(m^2)당 침출수발생량이 약 3~4배 많은 것으로 나타났다. 따라서 중형매립장의 경우 대형매립장에 비해 단위면적(m^2)당 침출수처리시설 시설규모를 크게 할 필요성에 대해 검토하여야 한다. 또한 합리식을 이용하여 침출수발생량을 산정할 경우 현재 매립면적에 관계없이 일률적으로 적용하고 있는 유출계수(C1 : 매립진행구역 0.5, C2 : 중간복토 구역 0.3)를 매립장특성을 고려하여 유출계수(C)를 매립면적에 따라 달리 적용하여야 할 것이다.

7. 맺은말

폐기물 위생매립시설에서 주요시설은 저류구조물, 차수시설, 빗물배제시설, 침출수집·배수시설이며 저류구조물 설계 및 시공은 제방 사면안전 해석시 폐기물층 내부에 위험 침출수위를 나타내어 운영중 기준 안전율(1.3 이상) 이상으로 관리 되도록 설계보고서에 제시하여야 하고 제방규모 결정은 주제방과 다단계 제방의 장·단점을 비교하여 현장여건에 적합하게 시공하여야 한다.

차수시설 설계 및 시공시 유의해야 할 점은 매립장 바닥 구배가 급할 경우 계단형식으로 구배를 알맞게 조정 시공하고, 점토류라이너 시공은 내부사면 1단 부분이상 까지 시공하여 취약부위가 발생하지 않도록 함이 중요하다. 또한 가능한 한 차수시설이 설치될 내부사면의 구배가 1:2 이상이 되도록 하는 설계 및 시공은 지양하고 완만시공이 불가피할 경우 소단높이 축소 또는 고정공 증대시공을 통하여 차수시설 안정성을 확보하여야 한다.

빗물배제시설은 매립장 내부에 소제방을 설치하여 미매립구역의 빗물이 효과적으로 배제되도록 설계하여야 하고 내부소단은 빗물배제기능, 차수시설 고정기능, 매립시 침출수집·배수기능을 겸할 수 있도록 설계하여야 한다.

침출수집·배수시설은 매립장 운영관리시 중간복토 상부에 자갈유로등을 수직가스포집관에 연결시공하여 침출수수직이동이 원활하게 되도록 하여야 하고 단계별 제방 설치시 제방상단과 제방하단 사이의 침출수누출취약 부분에서 침출수가 누출되지 않도록 침출수누출 방지대책을 수립하여 시행하여야 한다.

상기시설 이외에 외곽시설, 표지판, 기초지반, 계량시설, 세륜세차시설, 지하수검사정, 지하수배제시설, 유량조정조, 침출수처리시설, 가스처리시설 등의 시설이 매립시설 설치기준에 적합하게 설계 및 시공되어야 하며 특히 기초지반은 최대매립하중을 검토하여 침하의 우려가 있을 경우 연약지반 보강대책을 설계하여 부등침하로 인한 차수시설 파손을 방지하여야 한다.

또한 폐기물 매립시설 특성상 일단 매립이 진행되면 차수막 손상에 의한 침출수 누출 위치를 찾아 낼 수 없으므로 사전에 침출수 누출 위치 감지 장치의 설치도 고려할 필요성이 있다.

최근 국내에 시공되고 있는 매립시설은 모든 시설이 매립시설 설치기준에 적합하게 시공되고 있으므로 선진 위생매립시설의 설치수준 이상의 시설을 갖추고 있다. 여기서 유념해야 할 점은 위생매립장의 목적을 달성하기 위해서는 매립시설 설계 및 시공기술도 중요하지만 매립장운영관리시 저류구조물 안전점검, 차수시설보호, 빗물배제를 위한 매립·복토, 침출수집·배수시설 기능점검에 세심한 관심을 기울이고 문제 발생시 적극적으로 보강 및 개선대책을 수립하는 운영·관리시행이 무엇보다 중요하다.