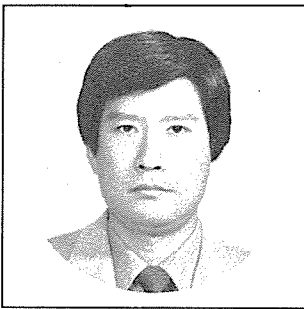
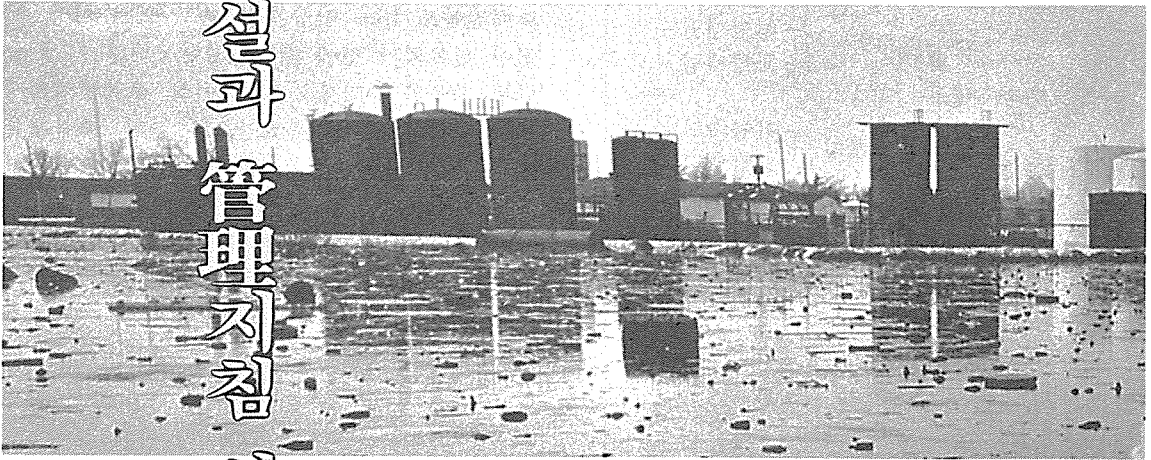


산업폐기물의 매립기술

매립시설과 관리지침 시급

폐기물은 그 발생원인 및 특성에 따라 일반 폐기물과 산업폐기물로 나눈다. 일반폐기물은 사람의 일상생활에서 발생하며, 산업폐기물은 산업활동에서 발생하는 것으로서 일반산업폐기물과 특정산업폐기물로 구분된다. 특정산업폐기물은 다시 특정유해산업폐기물, 폐유, 폐합성수지류, 폐산 및 폐알카리로 나누어 진다. 일반산업폐기물은 유해하지 않는 산업폐기물로 일반 폐기물과 그 성상이 비슷하게 된다.

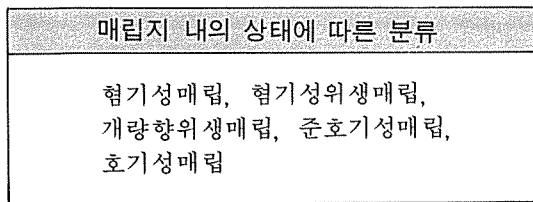
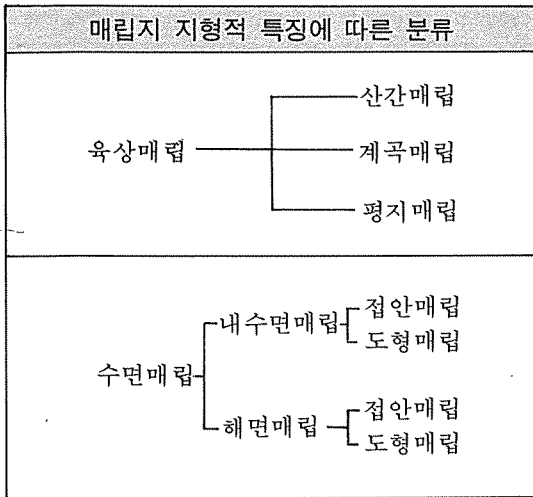


유 명 진
(서울市立大工大 교수)

따라서 일반폐기물과 일반산업폐기물에는 비슷한 중간처리 및 최종처분방식이 적용될 수 있다. 그러나 특정산업폐기물은 폐기물 관리법 시행규칙에 따라 적절한 처리를 하여야 하며 처리후에도 용출시험에 의한 판단기준에 적합하지 않으면 특정유해산업폐기물 매립시설에 매립하여야 한다.

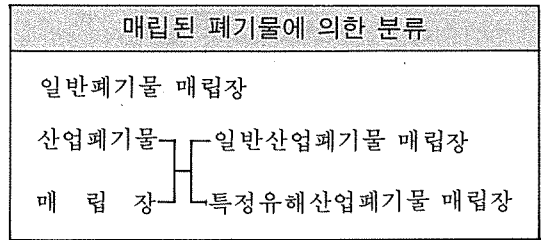
일반폐기물의 배출량은 1986년 전국적으로 1일 61,072톤이었으며, 이중 94.7%가 매립처리되었다. 산업폐기물의 생산량은 1987년 전국적으로 1일 41,983톤이었으며, 이중 일반산업폐기물이 94.5%를 차지하였고, 52%가 매립처분되었다. 일반 폐기물의 연간 증가율이 6%인데 반하여 산업폐기물은 10.5%이며, 이중 특정산업폐기물의 증가율은 33%로 대단히 높다. 따라서 현재는 매립에서 일반폐기물이 차지하는 비중이 높으나 장차 산업폐기물 관리에 유의하여야 할 것이다.

매립처분장의 분류



이중 준호기성매립구조에서는 집수관을 통하여 유입하는 공기는 주변의 매립층내의 호기성영역을 넓혀 폐기물의 분해안정을 촉진한다. 또한 매립층 표면도 공기와 접촉하며, 우수에 의해 용존산소가 공급되어 호기성상태가 되게한다. 매립층 중앙부는 수직의 가스배출관에 의해 공기가 공급되어 호기성영역과 혐기성영역이 혼재한다. 따라서 준호기성의 매립구조에서는 다음과 같은 장점이 있어 이러한 매립구조를 택한다.

- 매립지가 조기에 안정화된다.
- 중금속의 유출이 방지된다.
- 침출수의 수질이 정화된다.
- 메탄가스의 발생이 경감된다.
- 공기와 접촉이 많아 증발량이 많아 침출수의 양이 감소된다.
- 침출수가 용이하게 배제되어 지하수의 오염방지가 용이하다.



폐기물관리법시행규칙에 규정되어 있는 매립지의 구조기준을 요약하면 일반폐기물에 대해 ▲매일복토 15cm 이상, 최종복토 60cm 이상, 매립이 완료되기 전에 매립작업이 1주일 이상 중단된 경우의 중간복토 30cm 이상 ▲불연성폐기물의 매립에는 최종복토만으로 가함 ▲부패물의 매립 한층의 높이는 3m이하 ▲침출수의 처리시설, ·가스의 수집 및 배출시설.

산업폐기물의 매립에 대해 ▲수분함량을 85% 이하로 매립 ▲침출수의 지하침투를 방지하기 위한 시설 및 처리시설 ▲가스의 수집 및 배출시설 ▲특정유해산업폐기물은 고온열분해, 산화분해, 환원분해 또는 불용화방법에 의하여 처리하여 매립, 그러나 용출시험에 의한 처리기준에 적합하지 않은 경우에는 시멘트고형화처리를 하여 매립, 이경우에도 처리기준에 적합하지 않으면 콘크리트벽에 의하여 차단효력을 높인 특정유해산업폐기물 매립장에 매립.

이상을 고려할 때 일반폐기물 및 일반산업폐기물의 매립지의 구조기준은 같으며, 지방자치단체가 보유한 쓰레기 매립시설을 함께 사용할 수도 있다. 다만 특정유해산업폐기물 매립장은 별도로 압축강도가 210kg/cm² 이상의 콘크리트로 차단형으로 만들어야 한다.

일본의 경우에는 일반폐기물에 대하여 관리형처분장, 산업폐기물에 대하여는 페프라스틱, 페고무, 유리 및 도자기, 건설폐재등 안정한 산업폐기물의 처분을 위해 안정형, 원래의 상태 또는 탈수 및 중간처리후 매립할 때 판정기준에 적합하지 않을때 사용되는 차단형, 무해한 가연성폐기물 및 유해물질을 함유하고 있으나 판정기준에 적합한 폐기물을 처분하기 위한 관리형처분장이 있다. 우리나라의 일반폐기물 및

일반산업폐기물의 매립지는 관리형에 해당하고 특정유해산업폐기물 매립장은 차단형과 같다.

매립지의 시설

최종처분장은 생활환경보전상 침출수의 외부 유출, 지하수오염, 폐기물의 비산, 쥐, 곤충의 발생등을 방지하면서 소요량의 폐기물을 안전하게 매립할 수 있어야 한다. 매립처분장의 입지조건 즉, 육상매립 또는 수면매립, 지형조건 및 지질조건에 따라 차이가 있겠으나 반입도로, 옹벽 또는 호안에 의한 폐기물을 저류하기 위한 구조물, 매립지저부 및 주변에 대한 차수시설, 우수배제시설, 침출수 집수 및 처리시설, 분해가스 배출시설, 관리시설등이 필요하다. 또한 저류구조물 및 차수시설로부터 침출수의 유출 여부에 대한 조사를 위한 지하수에 대한 monitoring 시설이 필요하다.

• 저류구조물

저류구조물은 폐기물을 안전하게 저류하여 최종처분장으로 기능을 갖도록 한다. 저류구조물의 종류에는 댐(earth 또는 rock fill dam, 콘크리트댐), 옹벽(콘크리트, block, 강시판), 호안(강시판, 중력식)이 있다. 이러한 구조물은 폐기물의 압력이나 수압에 대해 안전해야 하며, 침하, sliding 및 전도에 대해서도 안전해야 하고, 차수및 지수의 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 한다.

• 차수시설

① 일반폐기물 및 일반산업폐기물 매립지의 차수

차수공법은 매립지의 저부 및 측면의 투수계수가 $10^{-1} - 10^{-4}$ cm/sec의 특수성일때 인공적으로 $10^{-5} - 10^{-9}$ cm/sec의 실용상 불투수의 상태로 개선하는 것이다. 공법은 투수지반중에 강시판, curtain grout의 방법으로 지수벽을 설치하거나 투수지반표면에 합성고무, 합성수지, 점토, 아스팔트, 콘크리트등으로 차수 sheet를 하는 방법

이 있다.

② 차단형 특정유해산업폐기물 매립장

사람 및 자연에 해를 주는 유해폐기물을 자연환경으로 부터 완전히 격리하기 위하여 철근 콘크리트 저류조를 만들어 저장한다. 폐기물, 지하수 및 토양에 의한 부식방지를 위하여 유해한 작용을 하는 물질이 침투하지 않도록 수밀한 콘크리트를 치고 아스팔트 코팅, 고무나 합성수지에 의한 라이닝을 한다.

외벽과 내부막의 축조에는 압축강도 210 kg/cm² 이상의 콘크리트를 사용하고, 두께는 외벽의 경우 15 cm 이상, 내부막은 10 cm 이상으로 정하고 있다. 이 경우 콘크리트의 투수계수는 10^{-11} cm/sec 정도로 실용상 불투수정재료이다. 수밀성이 확보되도록 시공에 주의하고 crack이 발생하지 않도록 허용인장응력도를 적절히 선정하는 것도 중요하다. 매립중에는 우수의 유입을 방지하고 매립이 종료된 경우 외벽과 같은 조건으로 복개한다.

③ 미국의 유해폐기물 매립장

RCRA(Resource Conservation and Resource Recovery Act)에 제안된 바에 의하면 발화성, 반응성, 휘발성 및 액체, 반고체 및 슬러지 상태의 폐기물은 매립하지 않으며 매립지는 차수시설을 하더라도 지반의 투수계수가 10^{-4} cm/sec 이하가 되어야 하고 저부차수시설은 지하수 위보다 1.5m 이상 되어야 한다.

연간 증발량이 강수량에 비해 20 in 이상인 지역에서는 매립지 저부 및 측면이 투수계수 10^{-7} cm/sec 이하의 층이 10ft있어야 하고 그렇지 않은 경우 투수계수 10^{-7} cm/sec 이하의 토양 5ft또는 이러한 토양 3ft와 인공적인 라이닝의 복합차수에 의한 두가지의 차수공을 제안하고 있다. 최종복토는 10^{-7} cm/sec 이하의 흙 6in 와 그 위의 18in 의 자연토양을 복토하여 얇은 뿌리의 식물을 심도록 한다.

• 우수배제 및 침출수 집배수시설

매립한 폐기물의 침출수와 매립지 내에 내린 우수 중 폐기물을 투과한 것은 오염이 되어 있

기 때문에 매립지 저부에 배설한 집배수공에 의해 오수처리시설로 보내야 한다. 이러한 집배수공은 차수공 위에 유공관 등으로 나뭇가지 모양으로 설치하며, 지선은 직경 10~30 cm 정도, 본선은 직경 60cm 전후의 유공관을 사용하는 것이 보통이다.

유공관의 주위에는 막히는 것을 방지하기 위해서 30~100 mm의 쇠석층을 30~50 cm 정도 두는 것이 좋다. 배수로의 기울기는 2~5% 전후, 관내유속을 1m/sec 이상으로 하며, 침출수량을 여유있게 배수할 수 있도록 단면을 계획해야 한다. 집수관의 간격은 20m 전후가 적당하며, 배수관을 이용하여 가스를 배출할 경우에는 배수관의 직경을 크게 할 필요가 있다. 지형에 따라서는 자연유화가 안되고 펌프에 의한 배수를 고려해야 할 경우도 있다.

지하수는 차수공아래 나뭇가지 모양으로 설치된 침배수관계 의해 침출수와 분리하여 배수된다. 또한 매입이 완료된 구역의 우수를 침출수와 분리하여 배수하기 위하여 복토표면에 배수구를 설치하여야 하며, 매립지 내의 매립을 시작하지 않은 구역에서도 우수를 침출수와 분리하여 배수하기 위한 배수구를 설치해야 한다.

복토표면은 지표수가 매립지 제방의 반대측으로 흐르도록 하고 3% 정도의 기울기로 철근 콘크리트 U자형으로 설치하는 것이 일반적이다.

•가스배출시설

유기물을 포함한 폐기물의 처분장에는 매립 가스를 수반하는 것이 통례이다. 발생가스에 대한 대책을 충분히 행하지 않으면 주변수목의 고사 및 화재발생의 위험성이 있다. 이에 대한 대책은 다음과 같다.

①매립폐기물의 주변 또는 내부의 복토층 일부분에 입도가 큰 자갈을 채워 가스의 배출을 용이하게 한다.

②매립지 내부에 관측을 겸한 우물을 굴착하고, 양수에 의한 내부의 압력을 줄여 가스의 배출을 촉진한다.

③매립지의 주변 또는 내부에 적당한 간격으

로 통기관을 배설하고 그 주변에는 입도가 큰 자갈을 채워 가스를 배출시킨다.

④배출된 가스는 대기중에 잘 확산되도록 하거나 포집하여 연소시키거나 이용한다.

매립공법

육상에서의 일반폐기물 및 일반산업폐기물의 매립은 일반적으로 trench방법과 area 방법으로 하며 수면매립에서는 pond공법이 사용된다. trench 방법은 평지 또는 완만한 경사지에 사용할 수 있으며 도랑을 굴착한 후 폐기물을 매립하는 방법이다. 굴착한 흙은 도랑옆에 쌓아놓았다가 복토로 사용하거나 매립면의 후부 또는 다음번의 도랑을 굴착하여 복토와 매립공간을 동시에 마련하며 매립작업을 계속하는 방법이다.

area방법은 평지나 계곡사이에 매립지를 조성하여 침출액 집수관을 배치한 후 폐기물을 층상으로 매립하는 방법으로 sandwich 방법 또는 cell방법이 많이 쓰인다.

pond공법은 해안을 위생적으로 매립하는 경우에 사용되는 공법으로 외주호안에 의해 정해진 매립 예정구역을 중간제방에 의해 몇개의 구획(pond)으로 세분하여 매립하는 공법이다. 해면매립의 경우 해수를 완전히 배수하지 않으면 매립초기에는 폐기물을 해중에 투기하는 경우가 있으나 그 후에는 육상매립과 같게 된다.

복토

•복토의 종류

①매일복토

폐기물을 소정의 방법으로 매립하여 그 층이 2~3m 정도의 두께에 달하거나 1일의 매립작업을 종료할 때 반드시 폐기물의 표면을 덮어야 한다. 1일 복토의 두께는 다짐(Compaction)을 한뒤에 30 cm 정도를 표면으로 하는 것이 좋다. 매일복토의 목적은 폐기물의 비산 방지, 악취발산의 억제, 화재예방, 파리등 유해곤충의 발생방지, 조수의 서식 예방 등이다.

②중간복토

폐기물의 매립이 상당히 진행되어 가스가 발생하기 시작하면 매일복토와는 별도로 가스가 예측하지 못한 장소에서 새어나오지 못하도록 다짐을 하여 50cm 이상의 복토를 하지 않으면 안된다. 중간복토는 폐기물의 화재예방에도 유리하며 폐기물 운반차량의 통로도 겸할 수 있다. 복토의 표면은 6개월~1년동안 장기간 노출되어 있을 수 있기 때문에 표면의 침식 및 침하등에 대하여 정기적인 점검을 하여 보수를 해야 한다.

③최종복토

폐기물의 매립이 완료되면 그 최상층에 최종 복토를 하고 다짐을 해야 한다. 복토는 매립후 토지이용계획에 따른 토지의 조건 즉 토질, 두께, 표면의 모양등과 관계가 있고 또 지표면은 오랜기간 동안 기상조건의 영향을 받기 때문에 이에 대한 고려를 해야 한다.

복토층의 두께는 50~60 cm 정도로 하는 것이 보통이며 삭재할 수목이나 초목의 종류에 따라서는 1.5~2 m 정도의 두께로 복토를 하여 가스에 의해 뿌리가 상하지 않도록 배려할 필요가 있다.

•복토재의 선택

매일복토와 같이 폐기물의 표면을 덮는 역할을 주로 하는 경우는 토사의 종류에 그다지 제한이 없고 매립지내의 굴착토와 같이 인접지역에서 입수가능한 토사가 경제적이다. 중간복토로서 가스 누출이나 물의 침투를 가능한 한 적게하는 것을 목적으로 하는 경우에는 다짐이 잘되고 투수계수가 적은 점토나 점토질이 적당하다.

역으로 가스 배출을 위하여 투과성이 좋은 복토를 사용하는 경우에는 모래나 굵은 모래등을 사용하는 것이 좋다. 폐기물 운반차의 통로

를 겸하는 복토에 대하여는 지지력이 5t/㎡ 이상의 모래를 섞은 흙이 좋다. 표면복토로서는 안정한 사면을 조성할 수 있는 점성토가 적당하며 우수등의 침식에 저항할 수 있어야 한다.

복토량은 대개 매립지 용량의 20~25% 정도가 필요하기 때문에 소요의 토사량을 확보하고 매립계획에 따라 매립현장으로 공급할 수 있도록 운반계획을 검토하여 놓아야한다. 분리수거한 연탄재가 토질 및 용출시험결과 성토재료로 적합하다고 판정되어한강종합개발시 고수부지 성토용으로 많이 사용되었다. 연탄재는 투수계수가 10⁻⁵ cm/sec 정도로 모래, silt 및 점토가 혼합된 정도의 투수성을 나타내어 가스누출방지 또는 우수의 침투를 막기위한 복토재료로 사용할 수 있다고 생각된다.

결 론

우리나라는 잘 시설되고 관리되는 산업폐기물 매립장이 부족한 형편으로 현 단계로는 폐기물관리법시행규칙상 규정된 매립지 구조에 따라 매립지가 확보되고 매립되는 것이 중요하다. 특정유해산업폐기물 매립을 위하여 라이닝을 한 수밀한 철근콘크리트 저류조는 침출수에 의한 수질오염이 거의 없으리라고 판단된다.

그러나 특정유해산업폐기물의 분류가 매립장 건설 이상으로 중요하다. 모든 종류의 폐기물을 단지 10종의 유해물질에 대한 용출시험만으로 유해폐기물을 판정하는 현재의 방법으로는 특정유해산업폐기물의 완전한 분류가 어려울것임으로 유해물질 목록의 추가 및 배출원별로 폐기물에 함유될 수 있는 유해물질 종류의 제시등이 요청된다. 또한 안전한 매립지의 축조를 위하여는 시행규칙상의 규정 이상으로 매립지에 대한 상세한 구조기준 및 관리지침이 제정되어야 할 것으로 생각된다.

기초과학 진흥없이 기술입국 될수없다