

토양안정제에 의한 폐기물 매립장 차수재의 수리전도도 특성

임은진 · 이재영* · 이복일**

서울시립대학교 환경공학부

(e-mail: imej@sidae.uos.ac.kr, leeje@uos.ac.kr*, reebok1@wasteinfo.net**)

요약문

Many researchers have studied for the barrier liner in the landfill that is mixed with clay mineral, native soils and solidified agent. However, they have a little but problems for safety construction and maintenance as a bottom liner systems in the landfill. In this paper the authors studied the effects on hydraulic conductivity by electric-chemical ion-exchange agent that is a soil stabilization agent(Sulphonated Oil).

The application of the soil stabilization agent to meet the hydraulic conductivity of clay liner in landfill is possible if the additive quantity and a proper reaction time is determined relevantly in the laboratory test.

Key words : Clay Liner, Hydraulic conductivity, Electric-chemical ion-exchange agent, Sulphonated Oil

I. 서론

폐기물매립장을 건설할 때 차수시설의 설치에 관하여 보다 효과적이고 경제적인 시설의 설치 문제가 제기되고 있다. 현재 국내 폐기물 매립장에서 사용되고 있는 침출수 누출방지용 점토 차수재의 시공방법으로는 투수계수가 낮은 자연점토나 다짐점토를 사용하는 물리·기계적 방법, 현장 흙에 벤토나이트나 시멘트, 석회 등을 혼합하는 물리·화학적 방법 및 현장 흙에 토양안정 화합물을 이용하는 전기·화학적 방법 등이 있다.

한편 국내 대부분의 매립장에서 사용되고 있는 점토류 차수재는 현장 흙에 벤토나이트 또는 시멘트나 석회를 혼합하는 혼합차수재 방식을 많이 사용하고 있다. 그러나 이러한 혼합차수재 중 시멘트계의 혼화재를 사용하는 경우는 알칼리 골재반응에 의한 팽창으로 차수층내에 균열이 발생하여 차수효과의 신뢰가 떨어지기도 하며, 벤토나이트를 혼화재로 사용하는 경우는 원재료인 현장 흙에 비하여 많은 혼화재가 소요되고 있어 시공성 및 경제적 측면에서 어려움을 겪고 있어 다른 방법에 의한 차수시설의 설치를 고려해 볼 단계가 되었다.

따라서 본 연구는 혼합차수재에 의한 물리·화학적 방법이 아닌 현장 흙에 포함된 점토 광물을 전기·화학적 이온교환 작용제인 토양안정제에 의하여 이온 교환시켜 차수재로서 기능을 할 수 있게 투수계수를 낮추는 전기·화학적 방법에 관한 연구로 현장토의 토성에 따른 토양안정제의 배합비와 투수계수의 변화를 파악하여 폐기물매립장의 차수재로서 적용에 필요한 기본 자료를 도출하는데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 강원 J지역에서 위치가 다른 2개소의 현장토(J-A, J-B)를 채취하였으며, 토성시험 결과 J-A는 CL, J-B는 ML로 기본 물성은 Table. 1과 같다. 토양안정제는 Sulphonted Oil과 증류수를 1:300으로 희석한 물질을 사용하였다. Sulphonated oil은 비중 1.15, pH 1.3의 검은색 강산성 물질로서 물에 잘 용해되며, 신속히 이온화되고 전도성이 높다.

Table. 1 Physical Properties of Soils.

Sample	Specific Gravity	Liquid Limit(%)	Plastic Limit(%)	Plastic Index(%)	P200 (%)	Group Symbol
J-A	2.67	41.0	23.0	18.0	68.8	CL
J-B	2.65	35.0	27.0	8.0	51.8	ML

2. 실험방법

토양안정제의 비율에 따른 매립장 차수재로서 적용 가능 기준을 알아보기 위하여 첫 번째 방법(이하 Case 1)으로 실험을 실시하였다. Case 1은 현장토에 토양안정제를 시료의 수분을 제외한 입자중량 대비 0, 5, 10, 15%로 혼합 살포한 후 3일 동안 방치시킨 다음 다짐시험(A 다짐)을 실시하여 최대건조밀도와 최적함수비를 구하였으며, 최적함수비 조건에서 공시체를 제작하여 변수위 투수시험을 실시하였다.

두 번째 방법(이하 Case 2)은 현장토를 다짐시험에 의해 최대건조밀도와 최적함수비를 산정한 다음 토양안정제의 비율을 점차 증가시켜가며 최적함수비 조건에서 공시체를 제작하여 3일 경과 후 변수위 투수시험을 실시하였다. 이는 토양안정제를 살포한 시료를 다짐 후 일정기간 경과했을 경우의 투수계수 변화를 측정하여, 첫 번째 실험인 시료에 토양안정제를 살포 후 일정기간 경과 후 다짐했을 경우와의 투수계수 변화치를 도출해 내기 위함이다.

III. 결과 및 고찰

1. 다짐시험 결과

Case 1의 다짐시험결과, 토양안정제 살포 후 3일 동안 방치한 시료를 각 첨가비율별로 다짐시험을 통해 구한 최적함수비로 다졌을 때 J-A(CL)시료의 건조밀도는 1.535~1.588g/cm³, J-B(ML)시료의 건조밀도는 1.565~1.632g/cm³로서 토양안정제의 첨가비율과 비례하여 건조밀도가 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 1).

Case 2의 다짐시험결과를 살펴보면 채취한 원상태의 시료를 다짐시험을 통해 구한 최적함수비 조건(26.3%)에서 토양안정제를 각 비율로 첨가하여 다졌을 경우 J-A(CL)시료의 건조밀도는 1.507~1.535g/cm³, J-B(ML)시료의 건조밀도는 1.552~1.577g/cm³로서 토양안정제의 첨가비율과 관계없이 서로 유사하게 건조밀도가 나타났다.

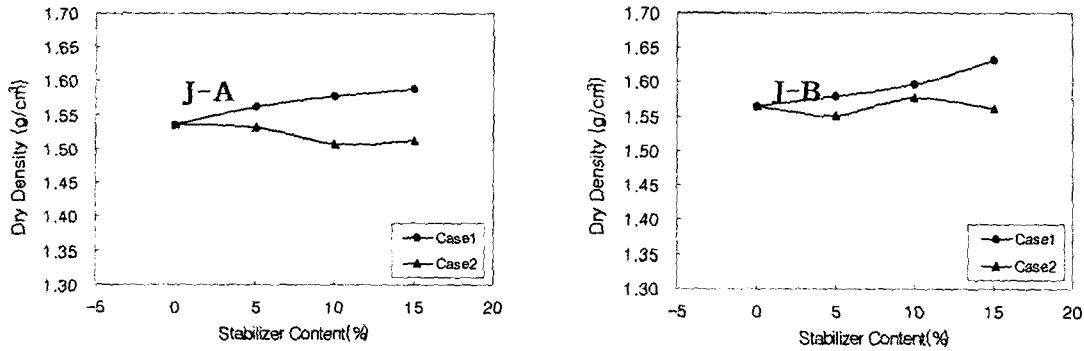


Fig. 1 Dry Density-Stabilizer Content Curve

2. 투수시험 결과

Fig. 2는 Case 1 및 Case 2 방법으로 최적함수비 조건에서 토양안정제 첨가 비율에 따른 시료의 투수계수 변화를 나타내었다. 토양안정제를 첨가하지 않은 현장토 J-A와 J-B의 투수계수는 각각 1.24×10^{-6} , 4.35×10^{-6} cm/s로 국내 폐기물 관리법의 매립장 차수기준인 투수계수 1×10^{-7} cm/s 이하를 만족하지 못하였다.

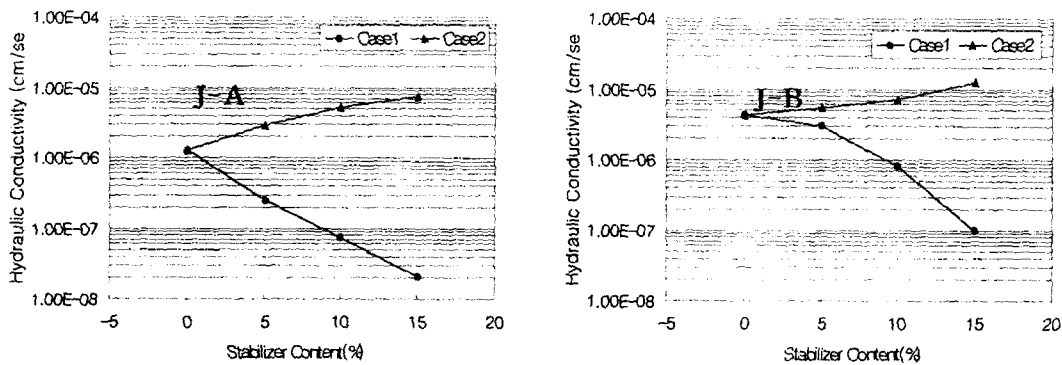


Fig. 2 Hydraulic Conductivity Curve

Case 1 방법으로 제작한 시료의 투수시험 결과 J-A(CL)의 투수계수는 $2.15 \times 10^{-8} \sim 1.27 \times 10^{-8}$ cm/sec, J-B(ML)의 투수계수는 $9.74 \times 10^{-8} \sim 4.35 \times 10^{-6}$ cm/sec로서 토양안정제의 첨가비율과 비슷한 추세로 투수계수가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 토양안정제 살포 후 3일의 방치기간 동안 토양내 점토의 이온교환작용에 의해서 흠착수가 침강, 증발 및 결합현상에 의하여 점토 입자 속을 빠져나가고 점토입자들이 흠착수가 빠져나간 공간을 채우며 큰 입자를 형성하는 과정을 거쳐 간극이 작아진 상태에서 최적함수비로 다짐을 실시하였으므로 건조밀도가 증가함과 더불어 투수계수가 감소한 것으로 사료된다.

Case 2의 투수시험결과를 살펴보면 J-A(CL)의 투수계수는 $1.27 \times 10^{-6} \sim 7.58 \times 10^{-6}$ cm/sec, J-B(ML)시료의 투수계수는 $4.35 \times 10^{-6} \sim 1.26 \times 10^{-5}$ cm/sec로서 토양안정제의 첨가비율과 비슷한 추세로 투수계수가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 투수계수용 공시체를 제작하여 자연 상태에서 3일간 방치하는 동안 다져진 상태의 토양내 점토의 이온교환작용에 의해서 흠착수가 침강, 증발 및 결합현상으로 점토 입자 속을 빠져나가고 점토입자들끼리 응집력이 발생하여 제한된 공시체 내부

의 다져진 흙의 간극이 증가하고 침투로의 유효입경이 커졌기 때문으로 사료된다.

상기 Case 1과 Case 2 시험 결과 토양안정제를 살포한 경우 J-A, J-B 시료 모두 Case1에서는 투수계수가 감소하고 Case2에서는 투수계수는 증가하여, 시료에 토양안정제의 살포시기와 반응시간이 투수계수에 영향을 줌을 보여주고 있다.

III. 결론

일반 점토성 토사를 이용한 폐기물매립장 점토류 차수재의 조성을 목적으로 토양안정제인 Sulphonated Oil을 이용할 경우, 작용 효과를 파악하기 위하여 다짐시험과 투수시험을 토성에 따라 토양안정제의 배합비, 살포시기를 달리하여 실험을 실시하였다. 이에 따른 다짐밀도 및 투수계수의 변화특성을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Case 1 방법에 의한 다짐시험에서는 토양안정제의 배합비율이 증가함에 따라 다짐곡선의 건조밀도가 증가하였는데 이는 토양안정제 살포 후 방치기간동안 토양내 점토의 이온교환작용에 의해서 흡착수가 침강, 증발 및 점토 입자끼리 결합현상이 일어난 것으로 판단된다.
2. Case 2 방법에 의한 최적함수비 조건에서 다짐을 한 결과 토양안정제의 배합비율과 토양안정제를 첨가하지 않은 시료와의 추세변화가 없어 토양안정제 살포직후 시료내 점토의 이온교환작용이 아직 일어나지 않았거나 진행 중인 것으로 판단된다.
3. J-A(CL)시료 및 J-B(ML)시료의 토양안정제 배합비에 따른 투수계수 변화는 Case1 방법 및 Case2 방법 모두 비슷한 변화추세 및 변화폭을 보이고 있으나, J-A(CL)시료의 변화폭이 약간 커 #200번체 통과율이 큰 시료가 이온 교환작용이 활발히 일어나는 것으로 판단된다.
4. Case 1 방법에 의한 투수계수는 토양안정제의 배합비율이 증가함에 따라 낮아지는 것으로 나타났으며, Case 2 방법에 의한 투수계수는 토양안정제의 배합비율이 증가함에 따라 높아지는 것으로 나타나 현장에서 토양안정제를 이용한 매립장 차수재 조성시 현장토의 토양안정제 배합실험에 따른 배합량을 미리 살포한 다음 일정기간 이온교환작용이 일어나도록 방치한 후 최적함수비 조건으로 다짐을 실시하여야만 법적기준을 만족하는 투수계수를 갖는 차수재를 조성할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Lee, Jai-Young, Performance of Landfill Cover System in Cold Climate, Wayne State Univ.1994.
2. Yong, R. N., and Warkentin, B. P. Introduction to Soil Behavior, Macmillan, New York.1966.
3. 안식영, 전기 화학적 작용제의 지반개량 효과에 관한 실험적 연구, 서울산업대 석사학위논문,1998.
4. 이종민, 폐기물매립장에서 다짐에너지와 팽윤도에 의한 벤토나이트혼합토의 투수계수 특성에 관한연구, 서울시립대학교 석사학위논문, 2000