

# 폐석회의 점토차수재로서 활용에 관한 연구

A Study on Amended Clay Liner by Utilizing Waste Lime

신 은 철\*<sup>1</sup>

Shin, Eun - Chul

김 성 환\*<sup>2</sup>

Kim, Sung - Hwan

---

## Abstract

The purpose of this research is to develop an amended clay liner by utilizing waste lime produced as a by-product in chemical industries. Waste lime contains various kinds of organics which affect the permeability, compactability, and unconfined compressive strengths of soil. The geotechnical engineering properties of waste were improved by adding other materials so that they might meet the EPA requirement of clay liner.

Granite weathered soil, which is abundant in Korea and can be obtained easily in the field, was used as a primary additive to improve geotechnical engineering properties of waste lime. Various kinds of laboratory tests related to geotechnical engineering properties, required to evaluate the design criteria for the clay liner in the solid waste landfill, were carried out by changing mixing ratio of waste lime with additive. According to the laboratory test results, in order to obtain the appropriate amended clay liner, the effective mixing ratio of waste lime in granite weathered soil was proved to be about 20~30%.

## 요 지

이 연구의 목적은 화학공장에서 부산물로 발생되는 폐석회를 활용하여 인공점토차수재를 개발하는데 있다. 폐석회의 경우에는 일축압축강도특성, 다짐특성, 투수특성 등에 많은 영향을 미치는 것으로 알려진 유기물을 다량 함유하고 있다. 이러한 폐석회의 지반공학적인 특성을 개량하여 EPA가 점토차수재로써 요구하는 특성을 만족시키기 위하여 특성이 다른 재료를 혼합하였다. 이러한 특성을 개량하기 위한 재료로는 한국의 어느 현장에서나 쉽게 구할 수 있는 화강풍화토를 사용하였다. 화강풍화토에 폐석회의 혼합비를 증가 시키며 각종 실내시험을 실시하였다. 각각의 혼합비에 따른 지반공학적인 특성을 매립장에서 점토차수재로서 요구되는 설계기준과 비교하였다. 실내시험의 결과에 의하면 폐석회의 혼합비가 20~30%인 시료가 폐기물 매립장의 차수재로서 적합함이 판명되었다.

Keywords : Waste lime, Clay liner, Permeability, EPA, Solid waste landfill

---

\*1 정회원, 시립인천대학교 공과대학 토목공학과 조교수

\*2 장원기술단 토목부 사원

## 1. 서 론

향후 쓰레기량은 점차 증가할 것으로 예측되고 있으며 정부에서는 앞으로 쓰레기의 소각처리비용을 높인다는 방침아래 1997년에는 하루 12,020톤 2001년에는 23,204톤씩 소각처리한다는 계획을 세워두고 있다. 이 목표가 달성된다고 해도 소각이 가능한 쓰레기의 소각처리가능량은 1997년에는 28.4%이고 2001년에는 55.7%에 불과하다. 현재의 쓰레기 소각처리 정책이 성공한다고 해도 매립장의 건설은 불가피할 것으로 예측된다.

산업사회의 발달과 인구증가로 인하여 필요한 용지면적부족과 일반시민의 쓰레기 매립장 기피현상등으로 고체형위생매립장(Solid Waste Landfill)의 건설은 대부분 해안을 매립한 지역이나 산악지방에 위치하게 된다. 해안매립지역이나 산악지방의 대부분이 폐기물매립장 건설시 차수재로 사용될 양질의 점토가 부족한 상태이다. 가격면에서도 비싼 형편이기 때문에 김포매립장등 많은 국내 매립장 시공현장에서는 차수재로 쓰일 점토의 부족으로 많은 어려움을 겪고 있다. 그러므로 건설 및 산업폐기물을 최대한 활용하여 값싼 인공점토차수재의 개발이 시급하게 요구되고 있다. 폐자재를 활용하여 건설재료로 사용된 사례는 페타이어를 활용한 보강토 공법, 페콘크리트를 활용한 도로 보조기층재 개발등 여러 경우가 있다. 특히 국내에서 폐석회를 활용한 점토차수재 개발에 대한 연구는 전혀 시도되지 않았다.

Pohland(1975)는 석회를 섞은 혼합토를 매립장의 복토재로 활용시 COD농도가 상당히 감소한다는 것을 발표하였다. Barlaz, 등(1990)은 석회로 안정된 매립장의 복토는 pH값을 증가시키고 침출수를 중화시키는 효과가 있다고 발표하였다. 플라이애쉬와 폐석회슬러지를 혼합하여 노상토를 안정시킨 여러 사례도 있다. Maher등(1993)은 폐수처리과정에서 발생하는 폐석회 슬러지를 플라이애쉬와 혼합하여 건설재료로 쓰도록 연구하였다. Rhew와 Barlaz

(1995)는 석회를 매일복토재로 사용하여 중금속을 흡착하고 유독가스를 완화 시킨다는 연구결과를 발표한 바 있다. Shenbaga와 Kaniraj(1996)는 플라이애쉬와 흙의 혼합비에 따른 복토재개발에 대하여 연구했으며, 플라이애쉬의 혼합비가 50%이상이면 일축압축강도가 감소한다고 발표하였다. Indraratna와 Chowdhury(1996)는 산업부산물인 철강슬래그와 점토, 석회를 혼합하여 복토재로 사용하였을 때 철강슬래그의 혼합비가 증가 함에 따라 침하량이 적은 것으로 발표하였다.

## 2. 시방사항 및 실험재료

### 2.1 차수재의 시방사항

일반적인 폐기물매립장 점토차수재의 기준은 다음과 같다.

- ① 투수계수 :  $1 \times 10^{-7}$  cm/sec
- ② 점토 및 미사토 함유량 : 20% 이상
- ③ 소성지수(PI) : 10% 이상
- ④ 자갈 함유량 : 10% 미만
- ⑤ 직경이 2.5cm 이상인 입자 함유량 : 0%

### 2.2 사용시료

이 연구에 사용한 폐석회는 자연폐석회(야적에 둔 상태의 폐석회)를 현장에서 채취하여 자연함수비의 상태로 실내로 운반한 다음 실내에서 한달간 자연건조시켰다. 이렇게 건조시킨 폐석회는 성질이 점토와 비슷하여 건조되면 덩어리로 뭉쳐진다. 이러한 덩어리를 고무망치로 파쇄하여 No.10(2.00mm)체로 쳐서 통과한 시료만을 이 연구에 사용하였다.

이 연구에 사용된 화강 풍화토는 인천광역시 도화동 야산에서 채취한 시료로 자연함수비 상태의 시료를 실험실로 운반하여 24시간 동안 노건조시킨 뒤 상온에서 24시간 이상 방치 후 No.4체로 쳐서 통과한 시료만을 사용하였다.

### 2.3 실험방법

폐기물매립장의 차수재로서 폐석회의 적용성을 검토하기 위하여 기본물성시험, 토질역학적시험과 용출시험을 실시하였다. 기본물성시험으로 입도분석, 비중, 연경도시험을 실시하였고 토질역학적시험으로 다짐시험, 일축압축강도시험, 변수위투수시험을 실시하였다. 단, 폐석회의 유해성을 판단하기 위하여 용출시험을 실시하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 폐석회의 용출시험

폐석회의 용출시험결과는 표 1에 기술하였다. 표 1에 나타난 폐석회의 환경시험 성적서에 의하면 모든 검사항목이 환경청이 지정한 기준과 미국 RCRA규제 항목 이하로 나타나 환경적으로 문제가 없는 것으로 판명되었다.

표 1. 폐석회의 용출시험결과(mg/l)

검 사 항 목	국내 기준치	미국 RCRA 규제항목	폐석회	비고
납 또는 그 화합물	3.0	5.0	0.1	용출시험 결과임
구리 또는 그 화합물	3.0	-	0.08	
비소 또는 그 화합물	1.5	5.0	불검출	
수은 또는 그 화합물	0.005	0.2	불검출	
카드뮴과 그 화합물	0.3	1.0	0.04	
6가크롬 화합물	1.5	5.0	불검출	
시안화합물	1.0	-	불검출	
수분함량	85% 이하	-	59%	

#### 3.2 기본 특성

기본물성시험의 결과치는 표 2에 기술하였다. 폐석회의 No.200체 통과율은 97.47%로 실트질이 섞인 점성토임이 판명되었으며, 비중은 2.05~2.144정도로 일반적인 점토(Kaolinite, Illite, Montmorillonite)보다 훨씬 떨어지는 값을 나타내고 있다. 화강풍화토의 No.200체 통과율은 평균 26.55%로 통일 분류법으로 분류하면 실트질의 모래(SM)로 분류되어 우리나라

라에 가장 널리 분포하는 화강풍화토로 구분할 수 있다.

#### 3.3 혼합비에 따른 비중특성

그림 1에 나타난 결과로부터 침전물석회와 화강풍화토를 혼합하였을 경우 비중이 혼합비율의 0~10% 사이에서 급격한 감소를 보이고 그 이후에는 완만하게 감소되는 경향을 보이고 있다. 이러한 변화는 물리적 특성의 변화이

표 2. 폐석회와 화강풍화토의 기본물성

토질정수 시료	$w_L$ (%)	$G_s$	No.200 Passing (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Flow Index	Activity	$\gamma_{d(max)}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$w_{opt}$ (%)	$c_u$ (kg/cm <sup>3</sup> )	k (cm/sec)
폐석회	59	2.035	97.5	66.1	54.3	11.8	3.14	0.29	1.165	36.7	0.42	$2.18 \times 10^{-8}$ $\sim 9.55 \times 10^{-8}$
화강풍화토	14.5	2.575	26.6	25.4	NP	NP	3.88	-	1.827	12.9	0.5	$2.38 \times 10^{-6}$

기 보다는 석회를 다량 함유하고 있는 폐석회와 화강풍화토의 입자가 혼합초기에 폐석회에 함유되고 있는  $Ca^{++}$  이온과 화강풍화토 점토내에 있는 양이온이 교환되면서 점토 입자의 배열이 면모화되며, 장기적으로 X선 회절분석결과(신은철, 1996) 포졸란 반응에 의한 새로운 생성물( $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ ) 등이 발생되기 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 이러한 면모화 반응은 화강풍화토의 특성을 완전히 바꾸는 것이라고 생각되며 이것이 주재료의 단점을 보완하리라 추측된다.

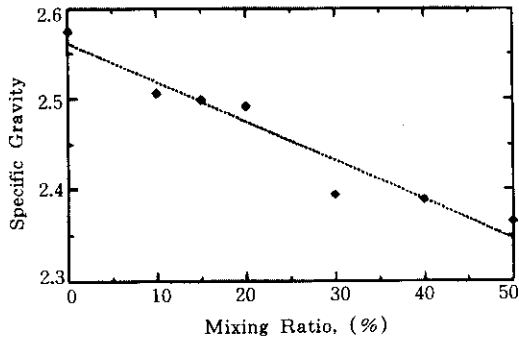


그림 1. 혼합비에 따른 비중의 변화

### 3.4 혼합비에 따른 연경도특성

폐석회의 혼합비에 따른 시료의 연경도 특성을 고찰하기 위하여 아터버그시험을 실시하였다. 실험의 결과는 그림 2에 도시한 것과 같다.

이 결과로부터 폐석회의 혼합비 변화에 따라 액성한계(LL)는 30%~45%, 소성한계는 20%~25%, No.200체 통과율 30%~45%로서 팽창성은 중간정도로 나타났다. 또한, 혼합비에 따른 소성지수의 변화는 12%~15%정도로써 매립장 차수재 기준 10%를 상회하는 것으로 나타났다.

혼합비에 따른 활성도를 구해본 결과 혼합비가 증가할수록 활성도는 감소의 경향을 보이고 있으며 고령토의 특성치와 비슷한 것으로 확인되었다. No.200체의 통과량은 물리적인 특

성으로 혼합비에 대한 변화양상이 선형적이지만, 소성지수(PI)의 경우에는 화강풍화토와 폐석회가 화학반응 즉 면모화반응을 일으켜 변화양상이 불규칙적인 것이 원인이 되어 활성도가 감소하는 것으로 판단된다.

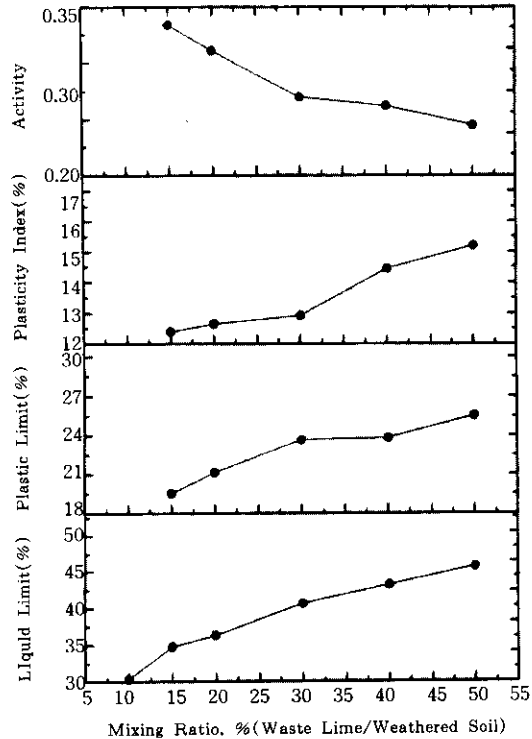


그림 2. 혼합비에 따른 연경도의 변화

### 3.5 혼합비에 따른 다짐특성

폐석회와 화강풍화토의 혼합비에 따른 다짐 특성을 고찰하기 위하여 혼합비 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%로 반복법에 의한 표준 다짐시험(A다짐)을 실시하였다. 다짐시험을 실시한 결과는 그림 3에 도시하였다. 폐석회의 혼합량이 증가함에 따라 다짐곡선이 오른쪽하단으로 이동함을 알 수 있다. 이와같은 결과는 폐석회의 혼합량이 증가함에 따라 세립토의 함량도 증가하며 토사와 물사이의 수화반응이 활

발히 일어나며, 이로 인해 비중이 감소하기 때문으로 판단된다.

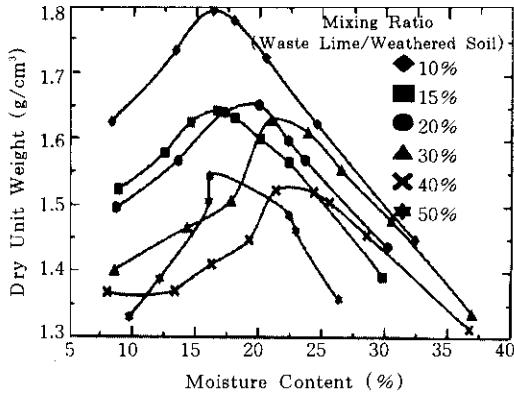


그림 3. 혼합비에 따른 다짐곡선의 변화

### 3.6 혼합비에 따른 일축압축강도특성

폐석회와 화강풍화토를 섞었을 때의 혼합비와 시간경과에 따른 일축압축강도시험 결과는 그림 4에 각각 도시하였다. 그림 4로부터 초기의 일축압축강도는 14일까지는 급속히 증가하다가 14일부터 28일 사이에는 일축압축강도의 증가추세가 다소 둔화된 듯하나 양생일 28일부터 45일 사이에는 모든 시료전체가 초기강도 증가율보다는 떨어지지만 상당한 양의 증가율을 보였다.

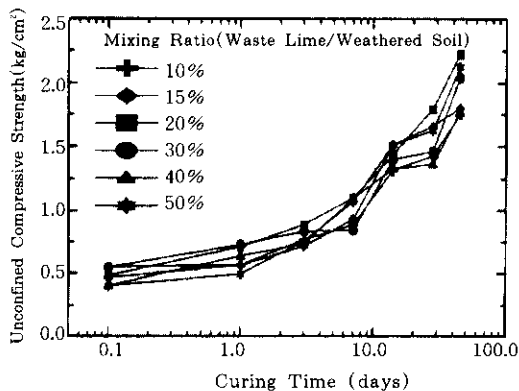


그림 4. 혼합비와 양생기간에 따른 일축압축강도의 변화

그림 4에 나타난 시료의 양생일과 혼합비에 따른 일축압축강도시험 결과를 고찰해 보면 단기 양생강도를 제외하고 3일 양생일 후부터는 모든 양생단계에서 혼합비 20%가 최대일축압축강도 값을 나타내었다. 45일 양생일과 양생되지 않은 시료에 대한 일축압축강도의 증가율은 약 5.6배 정도로 판명되었다.

### 3.7 혼합비에 따른 투수특성

폐석회의 경우 기본물성시험결과를 고찰해 보면 고령토와 비슷한 특성을 가지고 있다. 폐석회 혼합비에 따른 투수특성을 파악하기 위하여 투수시험을 실시하였다. 통과 간극수는 3종류로 증류수, 지하수, 해수를 사용하였다.

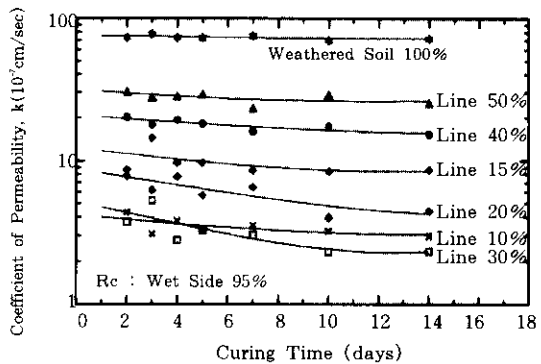
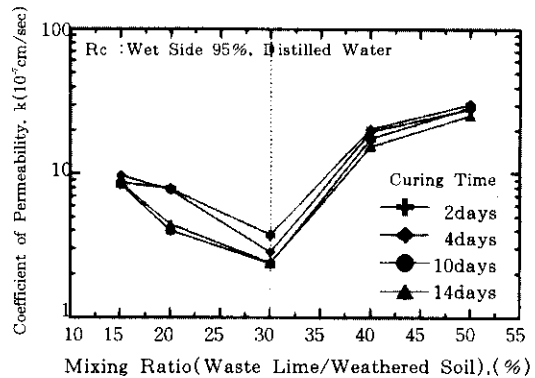


그림 5. 혼합비에 따른 증류수의 투수계수

증류수의 투수특성결과는 그림 5에 도시하였다. 폐석회와 화강풍화토의 혼합비가 증가함에 따라 30%까지는 투수계수가 감소하고 있고, 혼합비가 30%일 때 양생기간 전구간에서 차수재의 투수특성  $1 \times 10^{-7}$ cm/sec를 만족하고 있다.

지하수의 투수특성결과는 그림 6에 도시하였다. 지하수의 경우는 증류수의 경우보다 더 확연한 차이를 보이고 있다. 양생기간에 따른 투수계수를 살펴보면 증류수에서는 양생기간에 따른 투수계수의 변화가 거의 없었으나 지하수의 경우에는 양생기간에 따라 투수계수가 급격하게 감소함을 볼 수 있었다.

해수의 투수특성결과는 그림 7에 도시하였다. 혼합비 30%가 차수재의 투수계수  $\alpha \times 10^{-7}$ cm/sec에 만족하고 있는 것으로 나타났고 역시 혼합비

30%이상이면 투수계수가 급격히 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이상의 내용을 종합하여 평가하면 순수폐석회의 투수계수는  $\alpha \times 10^{-7}$ cm/sec를 나타내며 화강풍화토보다 훨씬 낮게 나타났다. 투수계수는 양생일이 경과됨에 따라 다소 감소되는 경향을 보이고 있다. 폐석회의 혼합비가 20%이고 양생일이 14일 일때의 투과수별 투수계수를 고찰해보면 증류수일 때가  $3.3 \times 10^{-7}$ cm/sec로 가장 낮게 나타났으며 그 다음이 해수일 경우  $8 \times 10^{-7}$ cm/sec, 지하수인 경우  $9 \times 10^{-7}$ cm/sec로 나타났다. 이러한 결과는 투과수에 포함되어 있는 화학적 성분과 관계가 있다고 판단된다. 이용수와 정하익(1997)의 연구결과도 증류수보다 침출수를 통과시켰을 때 투수계수가 큰 것으로 나타났다.

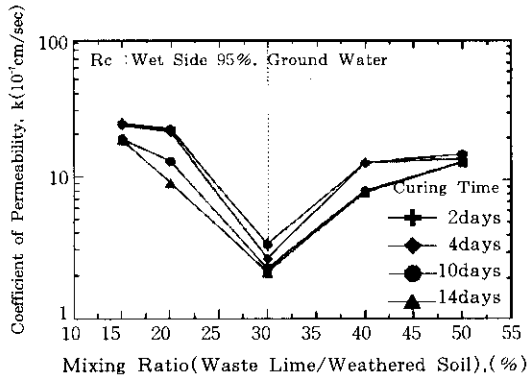


그림 6. 혼합비에 따른 지하수의 투수계수

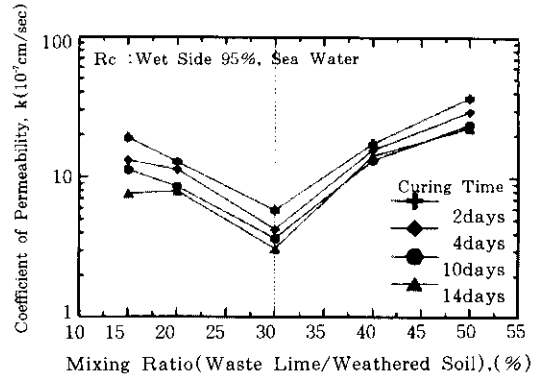


그림 7. 혼합비에 따른 해수의 투수계수

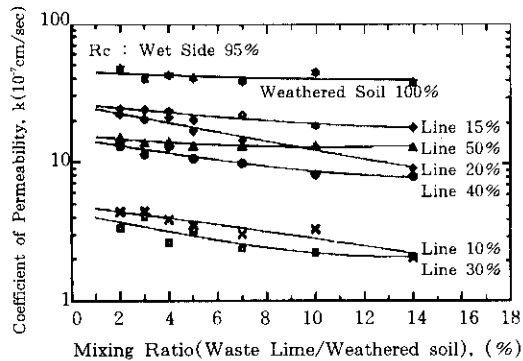


그림 6. 혼합비에 따른 지하수의 투수계수

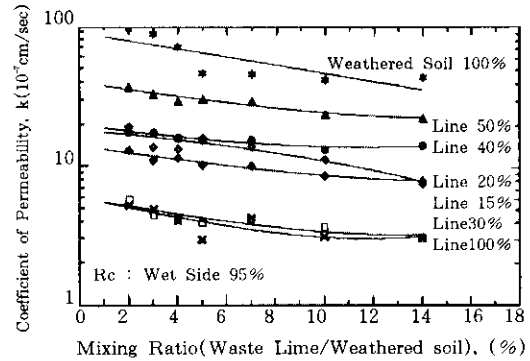


그림 7. 혼합비에 따른 해수의 투수계수

부연설명하면, 해수와 지하수인 경우 투과수에 포함되어 있는 화학적 성분이 점토차수재와 반응함에 따라 투수계수가 증류수인 경우보다 높게 나타났다. 또한 해수를 통과시켰을 때의 투수계수가 지하수일 때와 비슷하게 나타났으며, 해수일 때가 다소 낮게 나타났다.

### 3.8 폐석회에 대한 실내모형투수실험

표2와 그림5, 6, 7의 결과로부터 순수폐석회의 투수계수는  $\alpha \times 10^{-7} \text{cm/sec}$  이하를 나타내어 환경부 점토차수재기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 폐기물매립장의 경우에는 침출수가 존재하여 침출수의 화학성분이 폐석회 차수재에 어떠한 영향을 미치는가를 평가하기 위하여 그림 8에 나타난 것과 같은 실험시설을 활용하여 투수시험을 실시하였다.

이 시험을 실시하면서 만약에 석회 성분을 함유한 폐석회에 침출수가 투과할 경우에 흔히 우리가 알고 있는 공동현상의 발생여부와 침출수내에 존재하는 유기물이 시료의 공극을 막는 막힘현상이 발생할 경우에 복원능력 정도를 투수계수로 측정하여 평가하였다.

실내모형시험기의 구조는 그림 8과 같다. 지름이 14cm이고 높이가 40cm인 원통구조이며

위쪽과 아래쪽을 볼트로 조여서 완전히 방수가 될 수 있도록 하였으며, 중간에 폐석회만을 다짐도 80%로 다져 7cm 두께로 성형하였다. 이때 투수와 막힘현상에 영향을 주는 인자의 오차를 최소로 하기 위하여 여과지는 사용하지 않고 시험기의 아래부분은 자갈을 체로 쳐서 아래서부터 굵은 자갈을 깔고 위로 올라오면서 점점 작아지는 자갈을 채웠으며, 폐석회와 침출수가 직접 접하는 부분인 폐석회층의 윗층은 자갈만 깔았다. 정수위를 유지하는 통에는 유기물이 가라앉아 침출수내의 유기물농도가 변하지 않도록 교반기를 설치하였으며, 또한 계속적으로 일정량의 침출수를 공급하기 위하여 정량펌프(15ml/min)를 설치하였다. 침출수 수위는 정수두를 항상 유지하였다.

공동현상이라 함은 석회암지역에 내린 비는 지표층 흐르는 동시에 빠르게 침투해서, 지하수로 유동하고 땅 속에 미로모양의 동굴을 만든다. 이것은 석회암의 주성분인 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )이 이산화탄소를 포함하는 지하수와 다음과 같은 가역반응을 일으켜서 가용성의 탄산수소칼슘을 생성하기 때문이다.

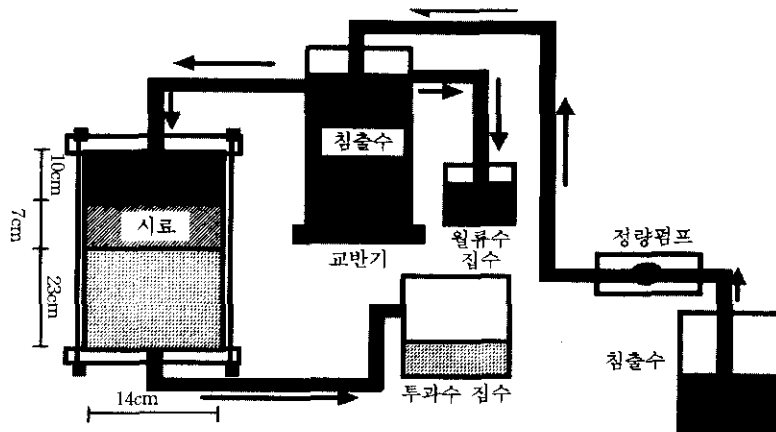


그림 8. 실내모형투수시험기의 구조

위의 반응에 의해서 석회암이 녹아 동굴을 형성하게 된다. 이러한 영향은 석회성분을 다량 함유하고 있는 순수폐석회를 차수재로 사용할 경우에 심각한 문제를 초래할 수 있다. 그러므로 이에 관한 검증이 필요할 것이다. 또한, 침출수는 유기물을 다량 함유하고 있기 때문에 위의 공동현상에 버금가게 막힘현상도 탁월하리라 생각된다. 이 두 경우를 고려하여 폐석회에 대한 투수시험을 실시하여 투수계수의 변화를 측정 비교 분석하였다.

그 결과는 그림 9에서 도시하였 듯이 초기의 투과수 투수계수는  $2.6 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 의 값을 보이다가 7일까지 급격하게 감소하여  $2.56 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 의 값을 나타내었다. 그리고 65일까지 완만한 감소를 보이고 있으며  $4.21 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 의 값을 나타내었다. 이 결과로 보듯이 초기 투수계수가  $2.6 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 의 값을 나타내었지만 30일 이후부터는 차수재의 투수계수  $\alpha \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 를 만족하고 있다. 이 결과로 판단하건대 매립장에서 폐석회를 차수재로 사용할 때 공동현상보다 막힘현상이 더 탁월하여 차수재의 투수특성을 더 개선하리라 판단할 수 있다.

그림 10에서 보면 초기투수계수( $k_1$ )에 대한 경과시간별 투수계수( $k$ )의 비율을 살펴보면 확연한 변화를 관찰할 수 있다. 이 경우에 변곡점이 확실하게 나타난다. 즉, 안정화 되는 경

과시간은 7일정도로 나타났다. 통과된 침출수를 육안으로 관찰해 본 결과 아주 맑은 색깔로 폐석회차수층을 통과하면서 대부분의 오염물질이 걸러진 것을 관찰할 수 있었다.

#### 4. 결 론

매립장의 점토차수재로서 폐석회의 활용 가능성을 검증하기 위한 일련의 실험을 통한 결과는 아래의 내용과 같다.

- 1) 용출시험결과 폐석회는 환경적으로 무해하며, 고령토와 거의 같은 토질역학적인 특성을 나타내고 있다. 화강풍화토에 폐석회의 혼합비가 증가함에 따라 비중은 감소한다.
- 2) 혼합비에 따른 연경도시험 결과 액성한계, 소성한계는 혼합비에 따라 증가하지만 활성도는 감소하는 경향을 보였다.
- 3) 일축압축강도는 혼합비 20%에서 최대일축 압축강도를 보였다.
- 4) 투과수에 따른 점토차수재의 투수계수는 폐석회 혼합비가 20%이고 양생일이 14일 일때 증류수가 가장 낮게 나타났으며 그 다음의 해수, 지하수의 순으로 나타났다. 혼합비에 따른 투수계수의 변화는 20%~30%에서 최소의 투수계수를 나타내었다.

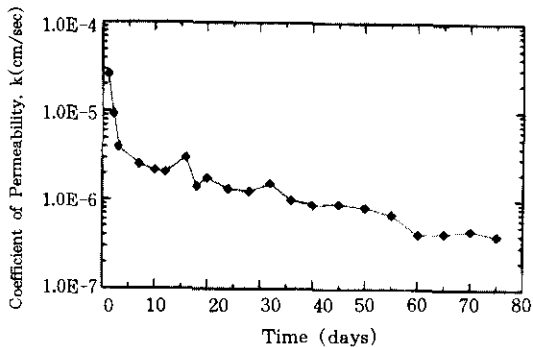


그림 9. 경과시간에 따른 투수계수의 변화

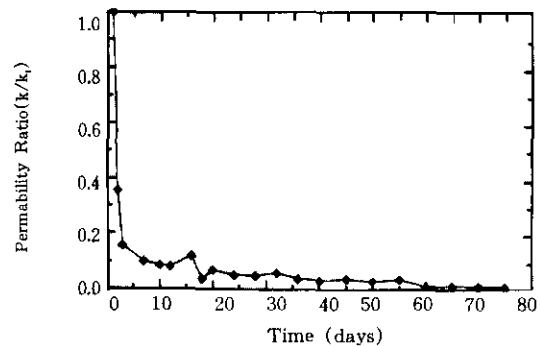


그림 10. 경과시간에 따른 투수계수의 변화



- 5) 폐석회만을 차수재로 사용하고 투과수로 는 침출수를 사용한 실내모형투수시험의 경우 초기의 투수계수가 7일 안에 급격히 떨어졌으며 이 후에는 완만한 감소를 보였다. 폐석회층에서 발생하는 공동현상보다 막힘 현상이 탁월하리라 판단된다.

이러한 전반적인 결론으로 볼 때 폐석회와 화강풍화토를 혼합한 경우 혼합비 20% 전·후가 차수재로 사용 가능하리라 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 사단법인 한국지반공학회(1994), 폐기물 매립 시설 세부설치기준 연구보고서, pp. 320 ~ 420.
2. 신은철, 오영인, 김남돈(1996), "부산석회의 토질역학적 특성에 관한 연구", 한국지반 공학회지, pp. 259~264.
3. 신은철(1996), "부산석회를 활용한 연약지반 안정처리 기술개발에 관한 연구", 인천대학교, 연구보고서 IC-GE96-5-01.
4. 이용수, 정하익(1997), "오염지역 차폐용 슬러리월 재료와 침출수의 반응 특성", 한국지반공학회지, 제13권 제2호, pp. 9~16.
5. 천병식, 박홍규, 장연수(1997), "도시폐기물의 강도특성 향상을 위한 현탁액 주입의 응용", 사단법인 한국지반공학회지, 제13권 제1호, pp. 59~73.
6. Anderson, D., and Brown, K.W.(1981), "Organic Leachate Effects on the Permeability of Clay Liners," *Proc. Land Disposal of Hazardous Waste*, U. S. EPA., Philadelphia, pp. 119-130.
7. Barlaz, M. A., Ham, R. K. and Schaefer, D. M.(1990), "Methane Production from Municipal Refuse: a Review of Enhancement Techniques and Microbial Dynamics," *CRC Critical Rev. in Envir. Control*, 19(6), pp. 557 ~584.
8. Broderick, G.P., and Daniel, D.E.(1990), "Stabilizing Compacted Clay Against Chemical Attack," *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 116, pp. 1549~1567.
9. David, W.A., and John, P.C.(1995), "Properties of a Natural Clay Used to Contain Liquid Wastes," *Geoenvironment 2000*, Vol. 1, ASCE, pp. 758~773.
10. Fang, H.Y.(1996), *Foundation Engineering Handbook*, Second Edition, pp317~353.
11. Fratolocchi, E., and Manssero, M.(1996), "Predicting Hydraulic Conductivity of Cement-bentonite Slurries," *Proc. of the Second International Congress on Environmental Geotechnics*, Japan, Vol. 1, pp. 503~508.
12. Indraratna, B., and Chowdhury, R.N.(1996), "Improvement of a Residual Soil with Industrial By-Products," *Proc. of the Second International Congress on Environmental Geotechnics*, Japan, Vol. 2, pp. 733~738.
13. Jung, H.I., and Lee, Y.S.(1996), "Reuse of Industrial Wastes as Potential Liner in Landfills," *Proc. of the Second International Congress on Environmental Geotechnics*, Japan, Vol. 1, pp. 739~744.
14. Maher, M.H., Butziger, J.M., Disalvo, D.L. and Weis, I.S.(1993), "Lime Sludge Amended Fly Ash for Utilization as an Engineering Material," *Fly Ash for Soil Improvement*, ASCE, GSP No. 36, pp. 73~88.
15. Pohland, F. G.(1975), "Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and Residual Treatment," EPA Grant No. R-801397, Georgia Institute of Technology, atlanta.
16. Rhew, R.D. and Barlarz, M.A.(1995), "Effect of Lime-Stabilized Sludge as Landfill Cover on Refuse Decomposition," *ASCE, J. of Environmental Engineering*, Vol. 121, No. 7, pp. 449~406.
17. Shenbaga R. K.(1996), "Fly Ash and Fly Ash-Soil Mixture for Embankment Construction," *Proc. of the Second International Congress on Environmental Geotechnis.*, Japan, Vol.2, pp.757~762.

(접수일자 1998. 3. 8)