

## 지중 시공 벽체의 매립장 침출수 차단성 연구

# The Study on Cutting-off the Leachate Leakage or Infiltration from Waste Landfill by Wall Mass Constructed in Underground

고 용 일<sup>†</sup>

Yong-IL Koh

Received: August 14<sup>th</sup>, 2018; Revised: August 24<sup>th</sup>, 2018; Accepted: September 14<sup>th</sup>, 2018

**ABSTRACT** : The effect of cutting-off the leakage was identified by the cement based wall mass constructed in underground, as complete facilities for reinforcement in shear strength of landfill which was subjected to circular failure and for cutting-off the leachate from the costal waste landfill. By ① visual inspection after underground excavating and ② compressive strength test for core of underground wall, it could be identified that quality of wall mass constructed in underground was so effective, and by additional test, so as ③ in-situ permeability test in the hole after coring wall mass, ④ analyzing the characteristics of basic components and their profiles through the series of chemical experiments and ⑤ deciding the general distribution patterns from the chromatograms using GC-MS, it could be identified that watertight and cutting-off the leachate of wall mass constructed in underground was very effective. Therefore, it is concluded that five types of tests suggested in this study can judge the effect of cutting-off the leakage or infiltration of very high concentrated leachate from the waste landfill.

**Keywords** : Circular failure, Wall mass in underground, Watertight, Cutting-off, Chemical experiment

**요 지** : 원호활동파괴가 발생한 해안 폐기물 매립장에서 기초지반 전단강도의 보완과 폐기물 침출수가 지하수나 인접지반으로 유동되는 것을 차단하는 최종 시설로서 시멘트계 지중벽체를 시공한 후, 침출수 차단효과를 확인하였다. ① 육안 확인 및 ② 압축강도 시험에 의하면 지중에 시공된 벽체의 품질이 상당히 양호하다는 사실을 확인할 수 있고 ③ 현장 투수시험과 ④ 성분 및 성분비 분석과 ⑤ 질량 분석기를 통해서 얻게 되는 크로마토그램의 분포패턴 판정 등 중복적인 실험 및 조사·분석에 의해서 벽체의 수밀성이나 침출수의 이동에 대한 차단성이 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 폐기물 매립장 내에서 발생하는 침출수와 같은 고농도 환경오염수가 매립장 밖으로 유출되거나 침투하는 것에 대한 신뢰적인 차단 여부는 이 5가지의 조사 및 시험을 실시하는 방안에 의하여 객관적으로 판단될 수 있다고 사료된다.

**주요어** : 원호활동 파괴, 지중벽체, 수밀성, 차단성, 성분시험

## 1. 서 론

건설되어 있는 해안 폐기물 매립장의 해안 측 제체와 이에 접해 있는 공용 중인 해안 제방도로가 상당히 크게 측방·연직 변형되고 해안의 얇은 바다에서는 이 제체와 제방도로의 노선 방향으로 허빙(heaving) 현상도 확인되며 또한, 제체 상단과 노면에는 수십 cm의 균열이 확인되는 등 매립장의 연약한 해성점토 기초지반에서 확인한 원호활동 파괴가 발생하면서 폐기물 매립장으로 지하수 이동의 차단은 물론 특히, 이 매립장 내부에서 발생한 침출수가 매립장 바깥으로 새어나가거나 유출되지 못하도록 철저히 차단하면서 기초지반의 원호활동 파괴를 억제함에 분담된 역할도 할 수 있는 강성이

큰 지중벽체를 시공하게 되었다(한국지반공학회, 2009).

이러한 지중벽체에는 복합형 steel sheet pile류 벽체, over lapping형 SCW류 벽체, over lapping형 지반 grouting류 벽체, 지하 연속벽 등이 있는데 본 현장의 지반이 지반변형 및 파괴에 민감해 있는 지반임을 감안할 때 되도록 소규모 장비시공이면서 시공 중에 지반을 되도록 적게 교란시키고 해수와 지하수의 화학적 성분에 의한 지중벽체 형성이나 내 구성에의 영향이 없으며 경제성도 갖춘 반영구적인 벽체가 타당할 것으로 여겨 over lapping형 지반 grouting류 벽체를 시공하였다. 주재료로는 시멘트계 몰탈을 사용하여 지중에서 auger 등으로 흙과 교반을 병행하여 주입하는 방식의 시공은 우선 간단한 편이고 시공 중 토사유출이 적어 잔토가

<sup>†</sup> Professor, Department of Civil Engineering, Chodang University (Corresponding Author : yikoh@cdu.ac.kr)

소량이며 수질오염의 우려도 적을 뿐 아니라 지중벽체 강도가 상당히 크고 차수성이 좋아 일반적으로 많이 사용되는 종류이다(한라건설기술연구소, 1996).

본 연구에서는 공용 중이던 해안 폐기물 매립장이 파괴되어 폐기물 침출수가 유출되는 상황에서 지반의 전단파괴에 대한 대책과 폐기물 침출수가 지중을 통해서 매립장 밖으로 유출 또는 침투되는 것을 방지하여 지하수나 인접지반으로 유동되는 것을 차단하는 최종 시설로서, 지중벽체를 시공한 현장에서 이 지중벽체의 역할 중 본 현장에서 특히 중요성이 강조된 역할인 침출수 차단효과에 대한 확인을 실시하고자 한다.

침출수 차단효과에 대한 확인을 위해 사용되고 있는 몇 가지 방안 중, 본 현장에 실제 실시된 방안(Koh, 2017)은 일반적인 지하수의 차수효과를 확인하기 위해 실시되는 육안 확인 및 2가지의 지반공학적 시험(①지반을 굴착한 후 지중 연속벽체의 육안 확인, ②벽체의 코아 채취 후 일축압축강도시험, ③벽체 코아 채취 시 현장 투수시험)를 실시하고, 주변 지하수나 해수 등 대상지역 주변의 수질 현황에 대해 성분(Koh, 2012) 및 성분비 분석과 질량 분석기를 통해서 얻게 되는 크로마토그램의 분포패턴 판정을 추가적으로 실시하는 것으로, 폐기물 매립장 내에서 발생하는 침출수와 같은 고농도 환경오염수가 매립장 밖으로 유출되거나 침투하는 것에 대한 신뢰적인 차단 여부를 객관적으로 판단할 수 있는 방안임을 본 연구를 통해 확인하고자 한다.

## 2. 현장의 지층 구성

폐기물 매립장과 접해있는 해안 제방도로를 포함한 본 현

장의 지층 구성은 Fig. 1과 같다. 본체가 주로 깨진 돌로 되어 있는 해안 제방도로의 저면에 바로 접해서 모래입자 크기의 슬래그가 포설되어 있으며 이 슬래그 층의 하부는 해성퇴적층인 실트질 점토와 섞여 실트성 모래층을 이루고 있고, 그 하부로는 실트성 점토로 분류되는 원지반인 해성점토층이 20m 전후하여 형성되어 하부 아래로 모래 및 사력층, 기반암 층의 순서로 지층이 구성되어 있다(한국지반공학회, 2009).

## 3. 시공된 Over Lapping형 지반 Grouting 벽체의 개요 및 시공 깊이

본 현장에 시공된 over lapping형 지반 grouting류 벽체는 다중관(3중관 또는 4중관)을 회전·관입시켜, 지중에 초고속수와 압축공기를 분사하여 지중 흙의 절삭·파괴에 의해 인위적인 공동을 조성하면서 관(rod)의 큰 유로를 통해 시멘트 몰탈 등의 경화재를 저압으로 채워서 직경 1,000~3,000mm 정도의 원주형 고결체를 조성하는 개념의 공법이다(한라건설기술연구소, 1996).

본 연구에서 대상으로 하는 현장 지중에 시공된 벽체용 직경은 1,000mm, 시공 깊이는 13m~22.5m, over lapping형으로 시공된 벽체의 총 연장은 3,000m 이상이다.

## 4. 침출수의 차단성에 대한 시험 및 조사

### 4.1 육안확인 및 지반공학적 시험과 결과

#### 4.1.1 육안 확인

시공완료 28일 경과 후 시공된 지중벽체 상태를 육안으

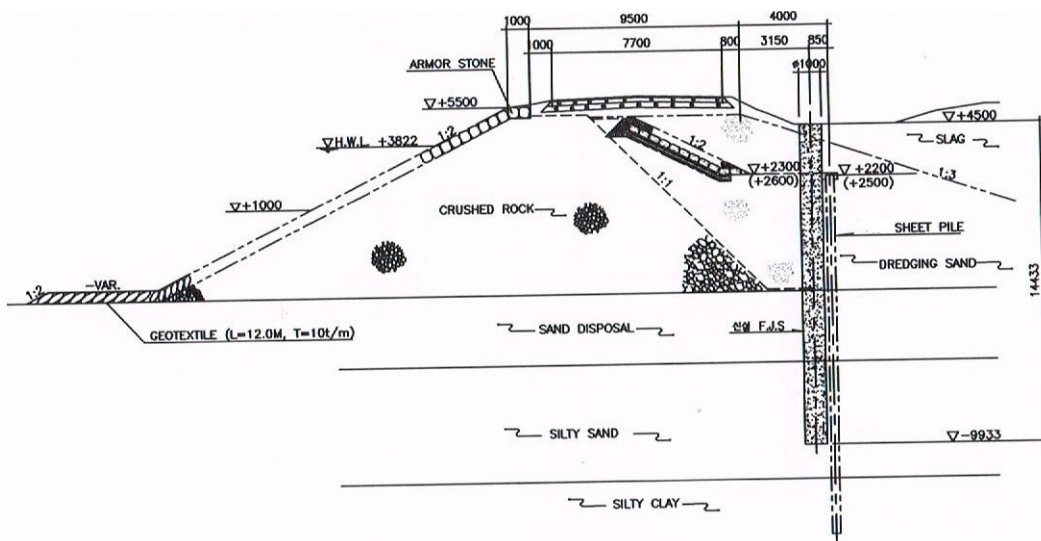


Fig. 1. Soil profile including road on coastal embankment

로 확인하기 위하여 굴착한 상세도는 Fig. 2와 같다. 이에 따라 굴착 후, 지중차수 벽체가 양호하게 형성되어 있음을 확인하였다.

#### 4.1.2 코아(시료)의 압축강도

시공완료 후 28일이 경과한 지중벽체에서 보오링으로 코어를 채취하고 일축압축시험을 실시하여 설계기준강도(5.9 MN/m<sup>2</sup>)에 적합한가를 확인하는 작업이다.

보오링으로 채취한 코아(시료)에 대한 3개의 집단(Group A(코아 45점), Group B(코아 15점), Group C(코아 15점))으로 나누어 실시한 일축압축강도시험 결과는 Table 1과 같다.

#### 4.1.3 현장 투수시험

시공완료 후 28일이 경과한 지중벽체에서 코어 채취 보오링 시 현장투수시험을 시행하여 설계기준 투수계수( $1 \times 10^{-6}$

cm/sec)에 적합한가를 확인하는 작업이다.

총 16회의 현장 투수시험 결과는 Table 2와 같다.

### 4.2 시료수의 수질조사와 결과

폐기물 매립장 조성에 의해서 육지 측과 바다 측으로 경계되어 육지 측에는 호수가 존재하고 있는데, 시료수의 조사 및 채취 위치는 육지 측 호수 내의 물(동호수), 지중수 그리고 주변 해수를 포함한 총 8개 지점과 그 위치는 Fig. 3에 나타내었다.

#### 4.2.1 수온(Temperature)

조사 지점의 수온 분포범위는 22.9~28.5(평균 25.6)°C로 나타났으며, 다른 조사지점에 비해 지중수에서 낮은 분포를 보였다.

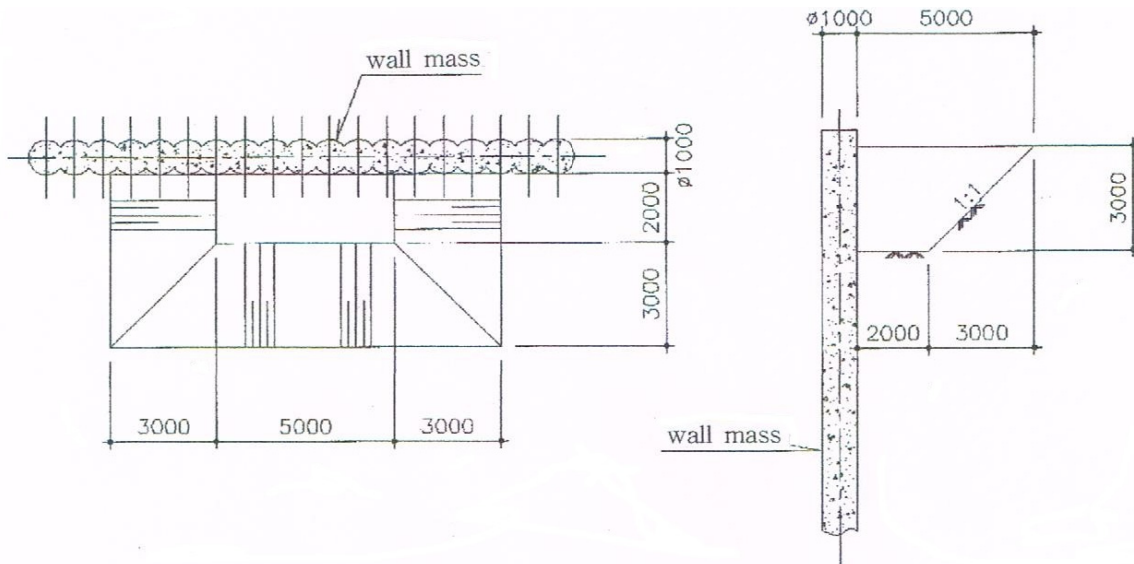


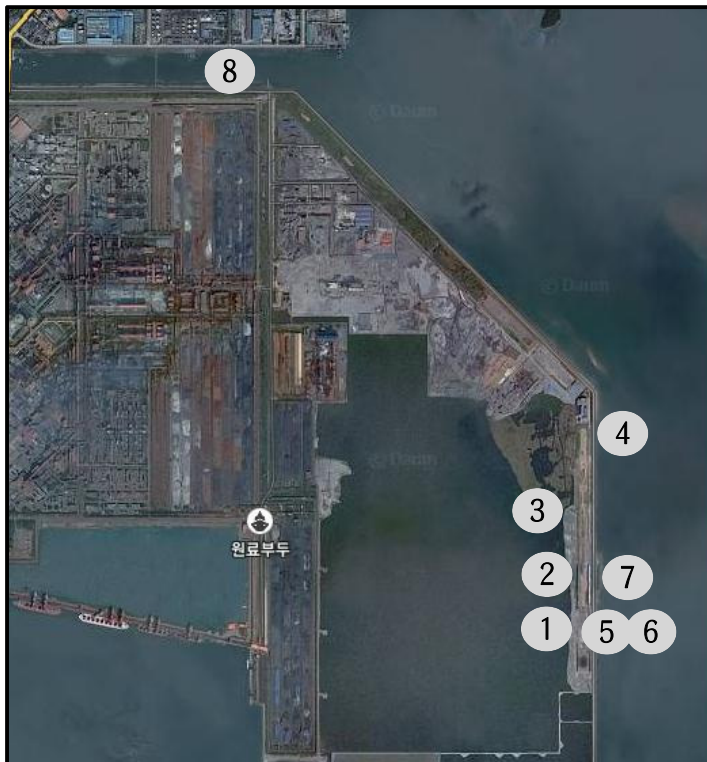
Fig. 2. Detail of excavation aspect for investigating wall mass in underground

Table 1. Result of uniaxial compressive strength test

Test Group	Minimum uniaxial compressive strength	Maximum uniaxial compressive strength	Average uniaxial compressive strength	Remark
A	7.01 MN/m <sup>2</sup>	51.50 MN/m <sup>2</sup>	21.54 MN/m <sup>2</sup>	Criterion strength : 5.90 MN/m <sup>2</sup>
B	12.40 MN/m <sup>2</sup>	35.80 MN/m <sup>2</sup>	19.52 MN/m <sup>2</sup>	
C	8.80 MN/m <sup>2</sup>	28.80 MN/m <sup>2</sup>	12.69 MN/m <sup>2</sup>	
Total	7.01 MN/m <sup>2</sup>	51.50 MN/m <sup>2</sup>	17.92 MN/m <sup>2</sup>	

Table 2. Result of in-situ permeability test

Item	Minimum coefficient of permeability	Maximum coefficient of permeability	Average coefficient of permeability	Remark
In-situ permeability test : Lugeon Test	$4.97 \times 10^{-7}$ cm/sec	$9.89 \times 10^{-7}$ cm/sec	$8.81 \times 10^{-7}$ cm/sec	Criterion coefficient of permeability : $1 \times 10^{-6}$ cm/sec



Station no	Water site
①	East lake water 1
②	East lake water 2
③	East lake water 3
④	Underground water 1
⑤	Underground water 2
⑥	Seawater 1
⑦	Seawater 2
⑧	Seawater 3

Fig. 3. Station & site of investigating and sampling

#### 4.2.2 염분(Salinity)

염분 분포범위는 11.73~26.53(평균 17.89)psu로 나타났으며, 조사지점별 분포는 동호수에서 11~12psu로 가장 낮은 분포를 보였고, 지중수는 16~20psu, 해수는 17~26psu의 분포를 보였다.

#### 4.2.3 수소이온농도(pH)

수소이온농도의 분포범위는 7.38~8.89(평균 7.88)로 나타났으며, 조사지점에 따라 차이를 보였으나 그 수준은 미미하게 나타났다.

#### 4.2.4 부유물질(SS)

부유물질의 분포범위는 26.60~92.00(평균 50.78)mg/L로 나타났으며, 조사지점별로는 동호수<지중수<해수 순의 분포를 보였다.

#### 4.2.5 용존산소(DO)

용존산소의 분포범위는 6.15~7.89(평균 6.89)mg/L로 나타났으며, 조사지점 별로는 지중수에서 7mg/L 이상으로 다른 지점에 비해 높은 값을 보였으나 전반적으로 뚜렷한 특성은 보이지 않았다.

#### 4.2.6 화학적 산소요구량(COD)

화학적 산소요구량의 분포 범위는 0.86~3.34(평균 1.79)mg/L로 나타났으며, 조사지점별 다소 차이가 있지만 전반적으로 동호수에 비해 지중수와 해수에서 낮은 분포를 보였다.

#### 4.2.7 용존 무기질소(DIN)

용존 무기질소의 분포범위는 8.67~74.44(평균 26.92) $\mu\text{g-at./L}$ 로 나타났으며, 조사지점별로 다소 차이는 있지만 전반적인 분포 양상은 화학적 산소요구량의 분포 양상과 유사하게 나타났다.

#### 4.2.8 용존 무기 인(DIP)

용존 무기인의 분포범위는 0.10~5.97(평균 1.59) $\mu\text{g-at./L}$ 로 나타났으며, 지점별로 다소 차이는 있지만 다른 지점에 비해 동호수가 가장 낮은 분포를 보였고, 지중수와 해수의 경우 용존 무기질소와 유사한 분포 양상을 보였다.

#### 4.2.9 규산성 규소(Si(OH)<sub>4</sub>-Si)

규산성 규소의 분포범위는 4.53~78.64(평균 39.73) $\mu\text{g-at./L}$ 로 나타났으며, 지점별로는 동호수에서 가장 낮은 분포를 보였으며, 지중수와 해수의 경우 유사한 수준으로 나타났다.

#### 4.2.10 총 질소(T-N)

총 질소의 분포범위는 0.75~1.81(평균 0.89)mg/L로 나타났으며, 지중수 일부 지점(1.81mg/L)을 제외하고는 대부분 0.7mg/L 정도의 수준을 보였다.

#### 4.2.11 총 인(T-P)

총 인의 분포범위는 0.07~0.21(평균 0.13)mg/L로 나타났으며, 지점별로 다소 차이를 보였으나 전반적인 분포 양상은 동호수<해수<지중수 순으로 나타났다.

#### 4.2.12 총 알칼리도

총 알칼리도의 분포범위는 12.00~102.97(평균 63.98)mg/L로 나타났으며, 지점별로 지중수2에서 가장 높게 나타난 반면 지중수1에서 가장 낮은 값을 보였고, 동호수<해수 순으로 농도 차이는 보이나 동호 및 해수의 각 지점별로는 유사한 수준을 보였다.

#### 4.2.13 염 소

염소의 분포범위는 5247.12~15174.12(평균 9265.19)mg/L로 나타났으며, 지점별 분포는 동호수<지중수<해수 순으로 염분의 분포 양상과 유사하게 나타났다.

#### 4.2.14 시 안

시안의 분포범위는 불검출~0.032(평균 0.005)mg/L로 나타났으며, 지중수2 지점을 제외하고는 유사한 값을 보였다.

#### 4.2.15 페 놀

페놀의 분포범위는 0.001~0.009(평균 0.005)mg/L로 나타났으며, 각 지점별로 차이는 있지만 동호수에서 낮은 분포를 보였고 지중수와 해수에서는 유사한 수준의 분포를 보였다.

#### 4.2.16 나트륨(Na)

나트륨의 분포범위는 3922.0~8642.0(평균 6089.5)mg/L로 나타났으며, 각 지점별로 차이는 있지만 동호수의 일부 지점을 제외하고는 동호수<지중수<해수 순의 농도 분포를 보였다.

#### 4.2.17 마그네슘(Mg)

마그네슘의 분포범위는 319.6~945.6(평균 606.4)mg/L로 나타났으며, 나트륨의 분포 양상과 유사하게 나타났다.

#### 4.2.18 칼슘(Ca)

칼슘의 분포범위는 196.2~317.0(평균 271.8)mg/L로 나타났으며, 일부지점을 제외하고는 농도차이가 크지 않지만 전반적인 분포 양상을 보면 지중수<동호수<해수 순의 농도 분포를 보였다.

#### 4.2.19 칼륨(K)

칼륨의 분포범위는 212.4~312.8(평균 262.1)mg/L로 나타났으며, 각 지점별 차이는 있지만 전반적인 분포 양상은 칼슘과 유사하게 나타났다.

#### 4.2.20 기타 미량금속(trace metal)

리튬(Li)의 분포범위는 70.00~138.00(평균 114.25) $\mu\text{g/L}$ , 구리(Cu)는 2.00~32.00(평균 11.50) $\mu\text{g/L}$ , 아연(Zn)은 2.00~150.00(평균 28.25) $\mu\text{g/L}$ , 크롬(Cr)은 불검출~8.00(평균 2.50) $\mu\text{g/L}$ , 납(Pb)은 불검출~14.00(평균 2.75) $\mu\text{g/L}$ , 카드뮴(Cd)은 불검출~2.00(평균 1.50) $\mu\text{g/L}$ , 비소(As)는 불검출~18.00(평균 3.25) $\mu\text{g/L}$ , 철(Fe)은 불검출~118.00(평균 3.25) $\mu\text{g/L}$ , 니켈(Ni)은 불검출~16.00(평균 14.75) $\mu\text{g/L}$ , 코발트(Co)는 불검출~2.00(평균 0.50) $\mu\text{g/L}$ , 수은(Hg)은 0.02~0.06(평균 0.04) $\mu\text{g/L}$ 로 검출되었다. 각 지점별 다소 차이를 보였으며 각 항목에 따른 뚜렷한 분포양상은 나타나지 않았다.

#### 4.2.21 다환방향족탄화수소류(PAHs) 및 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)

PAHs 분포범위는 12.260~209.740(평균 66.869) $\mu\text{g/L}$ 로 나타났으며, 각 지점에 따른 뚜렷한 분포양상은 보이지 않았으며, PCBs는 모두 검출되지 않았다.

## 5. 분석·고찰

### 5.1 육안확인 및 지반공학적인 시험에 대한 분석·고찰

시공완료 28일 경과 후 굴착하여 육안으로 확인한 지중벽체의 상태는 양호하게 형성되어 있음을 확인하였으며, 보오링으로 채취한 코어(시료)에 대한 일축압축강도는 설계기준강도(5.90MN/m<sup>2</sup>)를 상회하고(Table 1 참조) 있어 지중에 시공된 벽체의 품질이 상당히 양호하다는 사실을 확인할 수 있었다(국토교통부, 2016). 또한, 현장 투수시험에 의한 투수계수는 모두 설계기준 투수계수(1×10<sup>-6</sup>cm/sec)를 만족하고(Table 2 참조) 있다(Lambe & Whitman, 1986). 지중에 시공된 벽체의 수밀성이나 침출수의 이동에 대한 차단성이 매우 크다는 사실을 확인할 수 있었다.



## 5.2 수질조사에 대한 분석·고찰

### 5.2.1 주요성분비 비교 분석

본 분석기법은 ‘해수 중 주요성분의 비는 일정하다’는 이론을 바탕으로 염분 35psu의 해수 중 주요성분의 농도를 기준으로 주요원소에 대한 실측값과 실측 염분 값으로 환산한 예측 값의 비를 토대로 해수와 그 외 지점들의 분포패턴을 비교·분석하였다. 각 지점의 분포패턴을 분석하기에 앞서 해수의 실측 값과 예측 값을 비교해본 결과 거의 일치함을 확인할 수 있었기에 본 기법을 적용하였다.

각 지점별 분포패턴을 분석한 결과(Fig. 4 참조) 동호수의 경우, 일부 주요성분에서만 해수에 비해 약간의 차이는 있지만 유사함이 확인되었고 그 외 많은 성분들은 해수와 비교하여 확연한 차별이 있었다. 한편, 지중수의 경우 해수와 비교하면 약간의 차이는 있지만 거의 모든 성분에서 유사하게 나타났다. 즉, 각 지점의 전체적인 분포패턴을 보면 지중수는 해수의 분포패턴과 거의 유사함을 알 수 있었고, 동호수의 경우 일부 성분만 해수와 유사한 분포패턴을 보이지만 전체적인 분포패턴은 해수와 상당한 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

이의 결과는 지중에 시공된 벽체의 수밀성이나 침출수의 이동에 대한 차단성이 잘 되고 있음을 정밀한 수질조사 결과의 성분비 분석에 의해서도 확인되는 사항이다.

### 5.2.2 크로마토그램 분석

동호수 지중수 그리고 해수의 상호 간의 유사성을 판별하기 위하여 일반적으로 원유와 제품유 등을 구별하고 판별하는데 이용되는 유지분분석 기법을 이용하였다. 유지분분석 기법은 높은 감도와 선택성을 가지고 있는 검출기기인 GC (Gas Chromatography)-MS(Mass Spectrometry)를 이용하여

검출한 크로마토그램의 피크형태 그리고 미지의 물질이 검출되어 나온 피크의 머무름 시간 등을 비교·분석하여 판별하는 방법이다. 이는 각 시료수의 유사성을 간편하게 확인할 수 있어 보조방법으로 활용할 수 있다. 즉, 각 시료수에 따라 크로마토그램 피크의 높고 낮음과 피크의 머무름 시간 등 차이에 따라 유사성을 판단하는 것이다.

Fig. 5~Fig. 7에 의하면 특히 동호수는 해수와 확연히 다른 크로마토그램 형태 등을 보이지는 반면 해수와 지중수는 일정 구간에서는 상당히 유사함을 확인할 수 있다. 이 분석 결과에 따르면 지중에 시공된 벽체의 수밀성이나 침출수의 이동에 대한 차단성이 잘 되고 있음을 정밀한 수질조사 결과의 성분비 분석에 의해서 뿐 아니라 보조방법에 의해서도 중복적으로 확인할 수 있었다.

## 6. 결 론

원호활동파괴가 발생한 해안 폐기물 매립장에서 기초지반 전단강도의 보완과 폐기물 침출수가 지하수나 인접지반으로 유동되는 것을 차단하는 최종 시설로서 시멘트계 지중벽체를 시공한 후, 침출수 차단효과에 대하여 일반적인 육안 확인 및 2가지의 지반공학적 시험뿐 아니라 주변 지하수나 해수 등 대상지역 주변의 수질 현황에 대해 성분 및 성분비 분석과 질량 분석기를 통해서 얻게 되는 크로마토그램의 분포패턴 판정 등을 엄밀하게 실시한 결과를 정리하였다.

- (1) 육안으로 확인한 지중벽체의 상태는 양호하게 형성되어 있음을 확인되었고 코아 압축강도는 모두 설계기준 강도  $5.90\text{MN/m}^2$ 를 상회하고 있어 지중에 시공된 벽체의 품질이 상당히 양호하다는 사실을 확인하였으며, 현

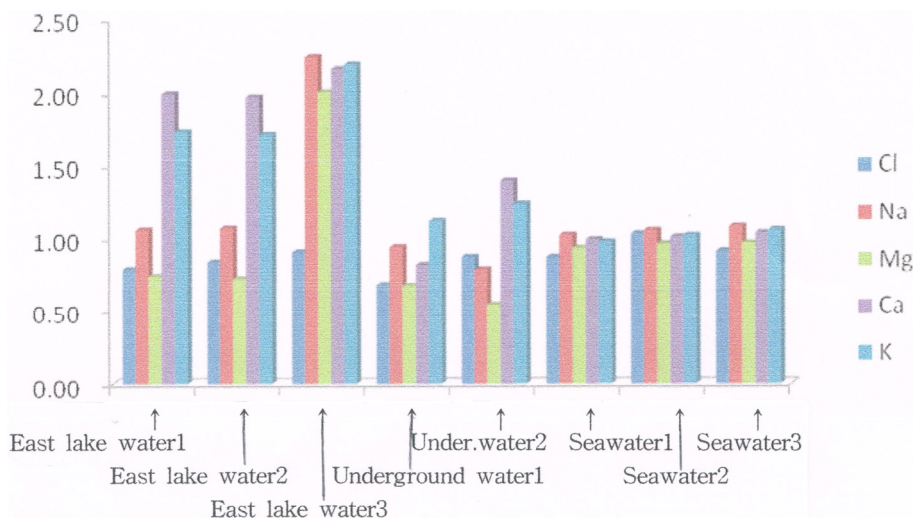


Fig. 4. Distribution of the ratio(testing value of principal components in sample water / estimating value of principal components in seawater)

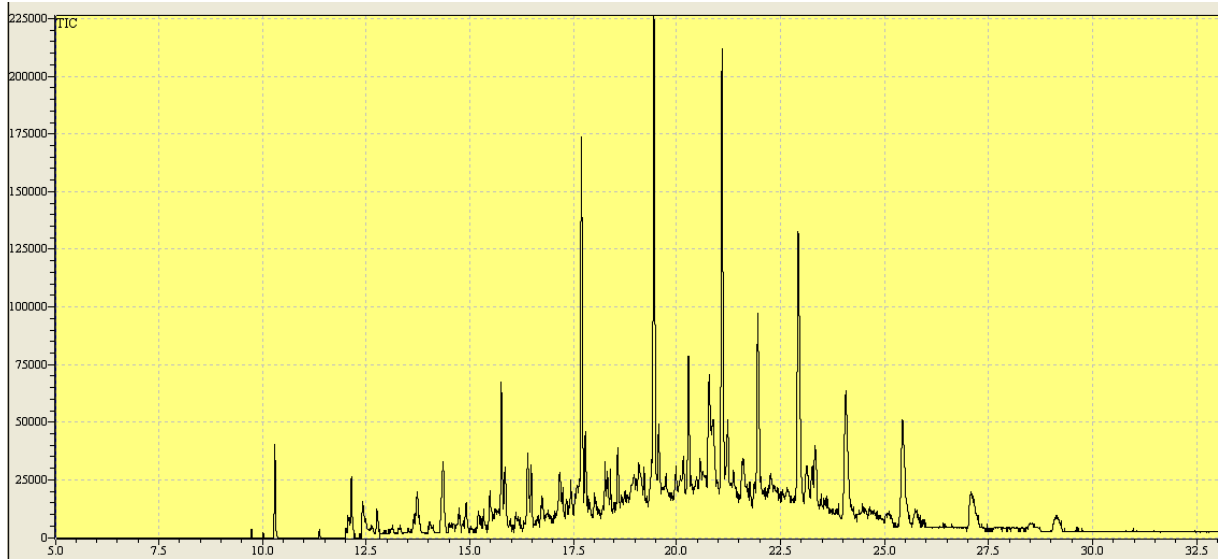


Fig. 5. Typical GC-MS chromatogram of east lake water

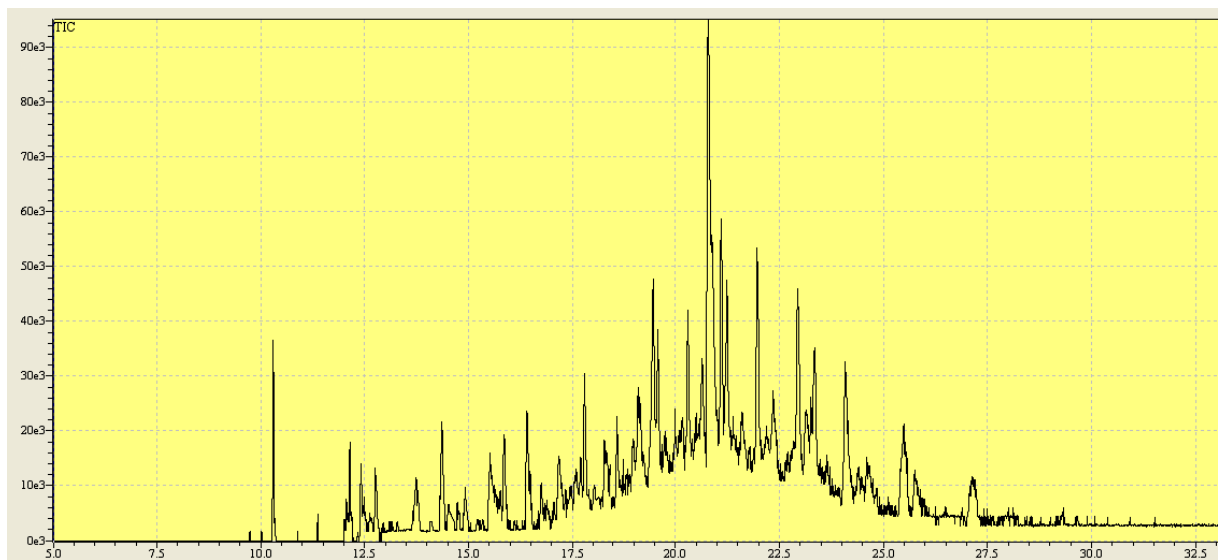


Fig. 6. Typical GC-MS chromatogram of underground water

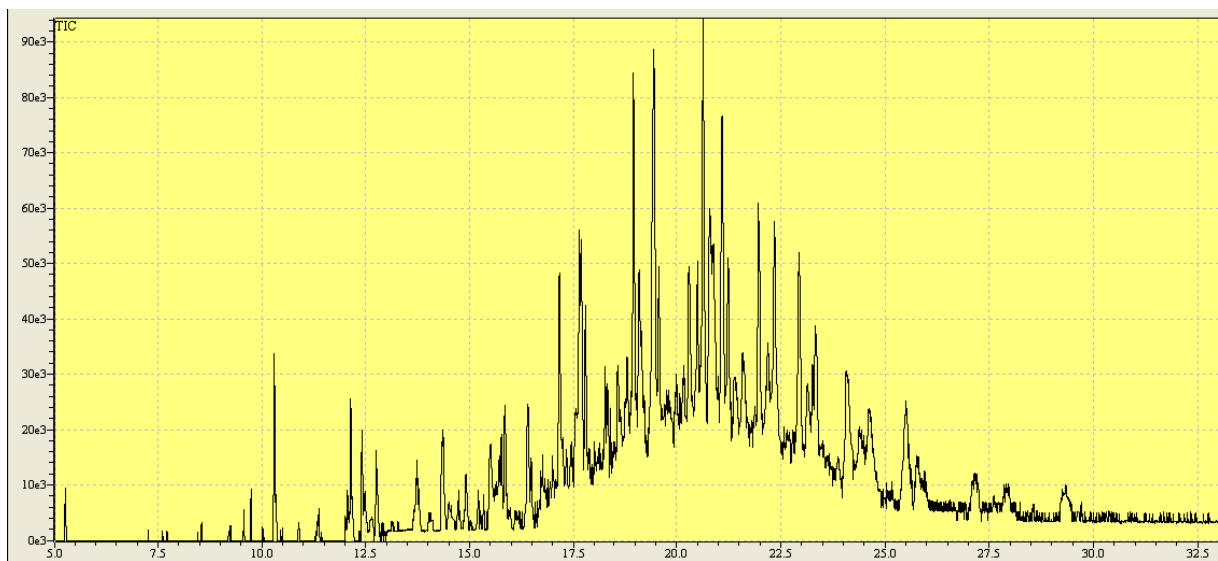


Fig. 7. Typical GC-MS chromatogram of seawater

장 투수시험에 의해 구해진 모든 투수계수는 설계기준인  $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$  미만으로 지중에 시공된 벽체의 수밀성이나 지하수의 이동에 대한 차단성이 매우 크다는 사실을 확인하였다.

- (2) 앞에서 실시한 육안 확인 및 2가지의 지반공학적 시험으로는 일반적인 지하수의 유출에 대한 차단이 확인될 수는 있다고 판단되지만, 폐기물 매립장 내에서 발생하는 침출수와 같은 고농도 환경오염수의 매립장 밖으로의 유출이나 침투에 대한 차단 여부에 대해서 더욱 객관적으로 확인될 필요가 있기 때문에 주변의 수질 현황에 대해 성분 및 성분비 분석과 질량 분석기를 통해서 얻게 되는 크로마토그램의 분포패턴 판정을 추가적으로 실시하였다.
- (3) 각 지점의 성분 및 성분비에 대한 전체적인 분포패턴을 보면 지중수는 해수의 분포패턴과 거의 유사하고, 동호수의 경우 일부 성분에서만 해수와 유사한 분포패턴을 보이지만 전체적인 분포패턴은 해수와 상당한 차이가 있음을 확인함으로써 지중에 시공된 벽체는 수밀성에서나 침출수의 이동에 대한 차단성에서 우수한 것으로 사료된다.
- (4) 동호수는 해수와 확연히 다른 크로마토그램 형태를 보이는 반면, 해수와 지중수에서는 일정 구간에서 상당히 유사함을 확인함으로써 지중에 시공된 벽체는 수밀성에서나 침출수의 이동에 대한 차단성에서 우수하다는

사실을 질량 분석기를 통해서 얻게 되는 크로마토그램의 분포패턴 판정에 의해서도 중복적으로 확인할 수 있었다.

- (5) 본 연구에서 실시된 5가지 조사 및 시험의 실시가 폐기물 매립장 내에서 발생하는 침출수와 같은 고농도 환경오염수의 매립장 밖으로 유출이나 침투에 대해 신뢰적으로 차단할 수 있는지 여부를 객관적으로 판단할 수 있는 충분한 방안이라는 사실을 확인할 수 있었다.

## References

1. 국토교통부 (2016), 구조물기초설계기준.
2. 한국지반공학회 (2009), 인선이엔터 지정 폐기물 매립시설 및 주변지반 변형에 따른 원인분석 및 대책공법 연구보고서.
3. 한라건설기술연구소 (1996), 흙막이 구조물 공사의 안정성 확보방안 연구(1), pp. 20~41.
4. Koh, Y. I. (2012), The environmental analyzing method of mixed coal ash in ash pond to recycle as a construction material, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 13, No. 12, pp.7 5~79 (In Korean).
5. Koh, Y. I. (2017), The method of certification waterproof effect for consecutive column-wall in underground, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 18, No. 9, pp. 5~9 (In Korean).
6. Lambe, T. W. and Whitman, R. V. (1986), Soil Mechanics, SI Version, John Wiley & Sons Inc., Seoul, pp. 27~51.