

## PVC 오수받이 내부 Z형 트랩의 동결성 평가에 관한 연구

# A Study on Freezing Assessment of the Water in the Z-Trap of Sewage Bay

Changwoo Lee<sup>a,1</sup>, Seungju Oh<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Korea Soongsil Cyber Univ, #204, Jongno Biz-well, 23 Samil-daero 30-gil, Jongno-gu, Seoul, 110-340, Korea

<sup>b</sup> Department of Architecture, University of Kwangwoon, Kwangwoon-ro 20, Nowon-gu, Seoul, Republic of Korea

### ABSTRACT

This study clarifies the simulation on freezing of remaining water in the Z-trap set up in the PVC sewage bay to control malodor. It made use of commercial FEM LAB program(ver. 3.2) well known as a solution of the problems arising in the flow of various fluid, heat transfer and mass transfer.

Simulation results under the temperature -20°C outwards show that the water in the Z-trap set up in the sewage bay to control malodor freeze in the 60cm under the ground level after 14 days in the wet ground, and after 17 days in the regular ground. On the other hand, if the soil is dry even after the 42 days does not go down below freezing. Therefore, the water in the Z-trap was confirmed that it does not freeze.

### KEYWORDS

Z-trap  
sewage bay FEM  
LAB 3.2 program  
malodor  
heat transfer

본 연구에서는 PVC 오수받이를 대상으로 상용 프로그램인 FEM LAB(ver. 3.2)을 이용하여 여러 시공 환경조건에서 오수받이 내부에 설치된 악취방지용 Z형 트랩 내부에 잔류하고 있는 물의 겨울철 동결여부를 평가하였다.

시뮬레이션 결과 외부온도 -20°C가 42일간 지속되더라도 토양이 건조한 상태라면 Z형 트랩에 남아 있는 물이 동결되지 않음을 알 수 있다. 토양이 습윤 상태일 경우 약 14일 정도, 토양이 일반상태의 경우 약 17일 정도가 지나면 Z형 트랩이 위치한 지면으로부터 60cm 지점이 Z형 트랩 내에 동결될 가능성이 있으나, 토양이 건조한 상태에 있을 경우에는 42일이 지나도 지면으로부터 60cm 지점은 영상의 온도를 유지하는 것으로 보아 Z형 트랩 내에 있는 물이 동결되지 않는다는 것을 알 수 있다.

Z형 트랩  
하수도  
FEM LAB 3.2 프로  
그램  
악취  
열전달

© 2016 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

\* Chang Woo Lee, Tel. 82-2-708-7857. Fax. 82-2-708-7749.  
Email. [lcw119@mail.kcu.ac](mailto:lcw119@mail.kcu.ac)

1 Seung Ju Oh, Tel. 82-2-708-7857. Email. [a01090938359@gmail.com](mailto:a01090938359@gmail.com)

### ARTICLE HISTORY

Received Mar. 11, 2016

Revised Mar. 16, 2016

Accepted Mar. 27, 2016

## 1. 서론

배수설비는 토지소유자 및 건축물 소유자가 그 배수구역 내에서 발생하는 하수를 공공하수도에 유입시키는 배수관, 배수거외 기타시설을 말하며 하수도법 제24조, 하수도법 시행령 제16조, 하수도법 시행규칙 제12조에 근거로 “배수설비 세부설치기준”에 의하여 설치하여야 한다.

배수설비 중의 오수받이는 도입초기에 비하여 많은 개량과 성능 개선으로 종류가 많아지고 품질이 향상되었으나 이미 설치된 오수받이의 운영 상황을 볼 때 하수의 취기 역류에 의한 민원이 발생되고 있는 실정이다. 따라서 오수받이에서의 하수 취기방지가 배수설비의 가장 중요한 부분이다.

현재 오수받이는 많은 제품이 생산되고 있으며 제품의 형태 및 재질도 다양하다. 오수받이 형식 선정에서 수세 변수수의 관거식 투입에 따른 배수설비의 오수관거 또는 오수받이 내에서 발생하는 악취를 가정 및 화장실 내로 유입 방지하기 위해서 시공성, 경제성 및 유지관리 등을 종합적으로 고려한 오수받이용 악취방지 제어방법을 선정하여야 한다.

고강성 PVC 오수받이는 시공성이 양호하고, 동절기 시공과 이동 및 배수관 접합에 있어 시공, 누수 문제 해결에 따른 공기 단축효과가 매우 크며, 시방서 기준 각종 강도시험 성과가 부합되어 내구성과 유지관리가 용이한 장점이 있어 최근 많이 시공되고 있다.

본 연구에서는 PVC 오수받이를 대상으로 상용 프로그램인 FEM LAB(ver. 3.2)을 이용하여 여러 시공 환경조건에서 오수받이 내부에 설치된 악취방지용 Z형 트랩 내부에 잔류하고 있는 물의 겨울철 동결 여부를 평가하였다.

## 2. 연구방법

하수관거 배수설비공사의 목적으로 매설 설치되고 있는 PVC 재질의 원통형 오수받이를 대상으로 오수받이 내부에 설치된 악취방지용 Z형 트랩 내부에 잔류하고 있는 물의 겨울철 동결 가능성을 평가하기 위하여 열전달 해석 프로그램인 FEM LAB을 이용하였다.

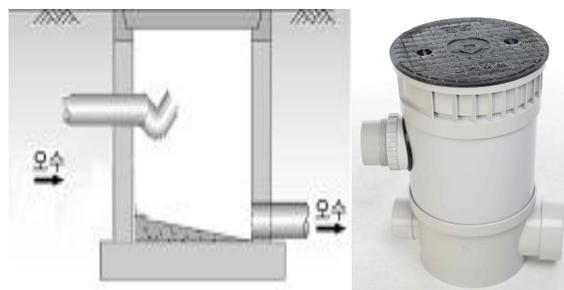
### 2.1 시뮬레이션 프로그램의 개요

FEM LAB 3.2는 유한요소법(Finite Element Method)을 이용한 simulation tool로 각종 유체의 흐름 및 열전달, 물질 전달의 문제를 해결할 수 있는 상용 프로그램이다.

CAD를 기반으로 상황을 모델링하고 이에 물질 데이터와 경계조건을 이용하여 CAD 문제의 대부분을 해결할 수 있다. 특히 복잡한 Multi-Physics 문제를 해결하기 위하여 각각의 유용한 식을 선정하고 이를 유기적으로 연결해 작업할 수 있는 장점이 있다.

### 2.2 시뮬레이션 대상

연구를 위한 시뮬레이션 대상은 현재 하수관거 배수설비공사의 목적으로 매설 설치되고 있는 PVC 재질의 원통형 오수받이를 선정하였으며, Fig. 1에 나타내었다. 원통형 오수받이의 재질은 고강성 PVC이며, 뚜껑 재질은 주철이다. 오수받이의 제원은 직경  $\Phi$  300mm, 높이 900mm이다. Fig. 1 (a)의 개략도에 나와 있는 것처럼 오수받이 내부에 Z형 트랩을 설치하여 평상시에 오수받이로 연결된 V형 곡간 저부까지 오수가 항상 담겨있어 악취 침입을 방지하는 구조이다.



(a) Schematic (b) Goods  
Fig. 1. Sewage bay of PVC material.

상기 오수받이에 대해 시뮬레이션하기 위한 모델을 Fig. 2에 나타내었다. 오수받이를 현장에서 설치할 경우 매립을 하므로 하부와 주변은 흙으로 둘러싸여 있으며, 주철뚜껑이 지표면 레벨과 동일하다. 주철뚜껑 안쪽에는 두께 200mm의 스티로폼이 들어있다.

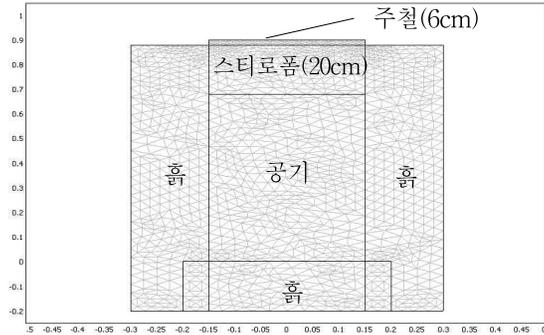


Fig. 2. Simulation model.

### 2.3 시뮬레이션에 사용한 물성 데이터

시뮬레이션에 필요한 각 재료의 열전도도를 Table 1에 나타내었다. 토양이 물기를 머금고 있는 상태에 따라 열전달 속도에 차이가 있을 것으로 판단하여 오수받이 주변의 흙이 습한 상태, 일반적인 상태 및 건조한 상태로 구분하여 각각 평가하였다.

Table 1. Thermal conductivity of various materials

Materials	Thermal conductivity [W/m · K]
주철	47.7
스티로폼	0.037
흙(습윤)	0.662
흙(일반)	0.523
흙(건조)	0.128
PVC	0.163

### 2.4 시뮬레이션 도구 및 조건

문제 해결을 위한 시뮬레이션 도구 및 조건은 Table 2에 나타내었다. 겨울철 상황을 가정하여 외부의 온도는 -20℃로 설정하고 오수받이 내부 온도는 20℃로 초기조건을 부여하여 about 42days 동안 오수받이 내부온도의 변화를 확인하였다.

시뮬레이션 모델 내비게이터는 전도와 대류에 의한 일반 열전달 모델을 사용하였으며, 트라이앵글 방법으로 모델에 대한 격자를 생성하였다.

Table 2. Simulation tool and condition

	Simulation tool and condition
Model navigator	General heat transfer model(Conduction and convection)
Mesh generator	Triangle method (2nd refined)
Transient	Unsteady-state modeling ; Time dependent modeling
Time scale	0 to 3600000s (약 42일)
Initial condition	20℃ at t<0
Boundary condition	-20℃ at surface

### 3. 연구결과 및 고찰

땅속에 매설된 오수받이의 설치상태는 동일한 조건이며, 오수받이 내부의 온도변화에 영향을 미칠 수 있는 변수는 외부 온도, 시간 및 오수받이 주변 토양의 상태가 될 것이다. 변수 중 외부온도와 시간은 우리나라 강원도 지역의 겨울철 온도를 고려하여 그 이상의 최대치로 변수를 고정하였다.

토양이 물기를 머금고 있는 상태만을 변수로 선정하였으며, 강원도 지역의 겨울철 날씨를 고려하여 오수받이 주변의 흙이 눈이나 비로 인해 습한 상태로 유지될 때, 일반적인 상태 및 건조한 상태로 구분하여 평가하였다.

#### 3.1 토양이 습한 상태의 경우

오수받이 주변을 둘러싸고 있는 토양이 습한 상태를 가정하여 오수받이의 철재 뚜껑과 지표면이 외부온도  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 노출된 상황에서 시간이 경과함에 따라 오수받이 내부의 온도변화를 계산하였으며, 시간이 0인 초기 시점, 약 5시간이 경과된 시점, 약 10.5일이 경과된 시점 및 약 35.5일이 경과된 시점의 오수받이 내부 온도 분포를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3 (b)에서 보는 바와 같이 약 5시간 정도가 지속되면 오수받이 내부의 온도변화는 거의 없으며, 지표면에서 스티로폼 부분까지 온도가 조금 내려가는 것을 알 수 있다. Fig. 3 (c)에서 보는 바와 같이 약 10.5일 정도 지속되면 지표면에서부터 오수받이 중간 부분까지 온도가 많이 내려가는 것을 알 수 있으며, 중간 부분의 온도는 약  $0^{\circ}\text{C}$  정도가 되는 것을 알 수 있다. 한편, Fig. 3 (d)에서 보는 바와 같이 약 35.5일 정도 지속할 경우 오수받이 내부의 온도분포는 전체적으로  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 것을 볼 수 있다.

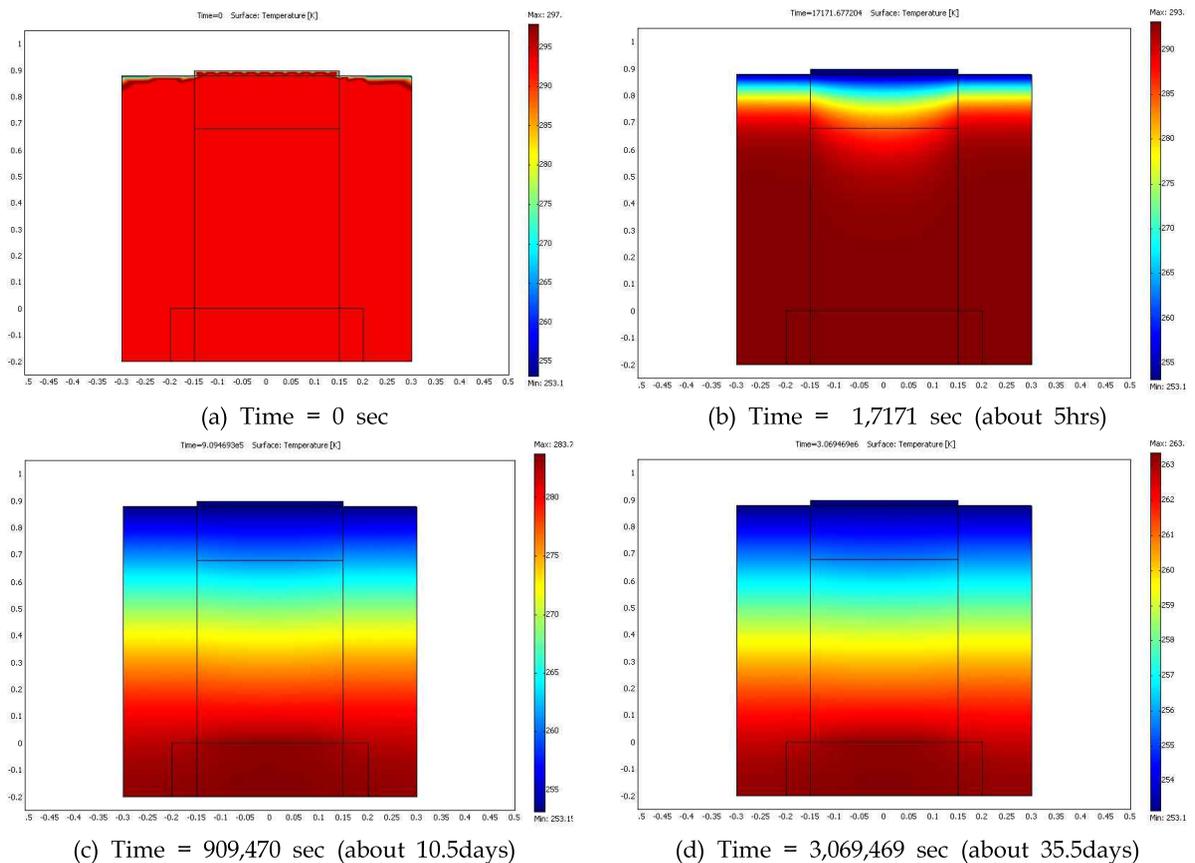


Fig. 3. Temperature distribution according to the time.[Outside temp. =  $-20^{\circ}\text{C}$ , Soil state : wetting]

외부 기온이  $-20^{\circ}\text{C}$ 로 42일 동안 지속되는 동안 오수받이 내부의 온도분포 중 지표면으로부터 60cm 지점인 오수받이 내부 Z형 트랩 부분의 온도가  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 시간에 온도분포를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 약 14일이 지나면 오수받이 내부에 설치한 Z형 트랩 부분의 온도가 전체적으로  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 것을 알 수 있다.

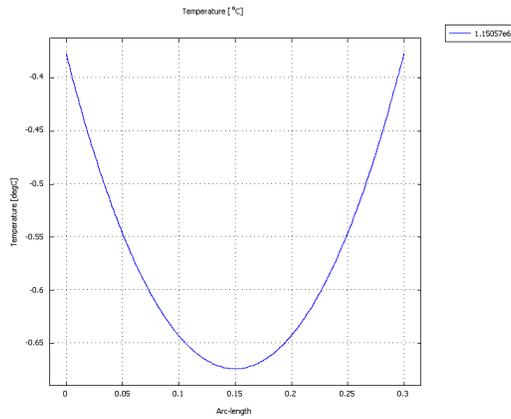
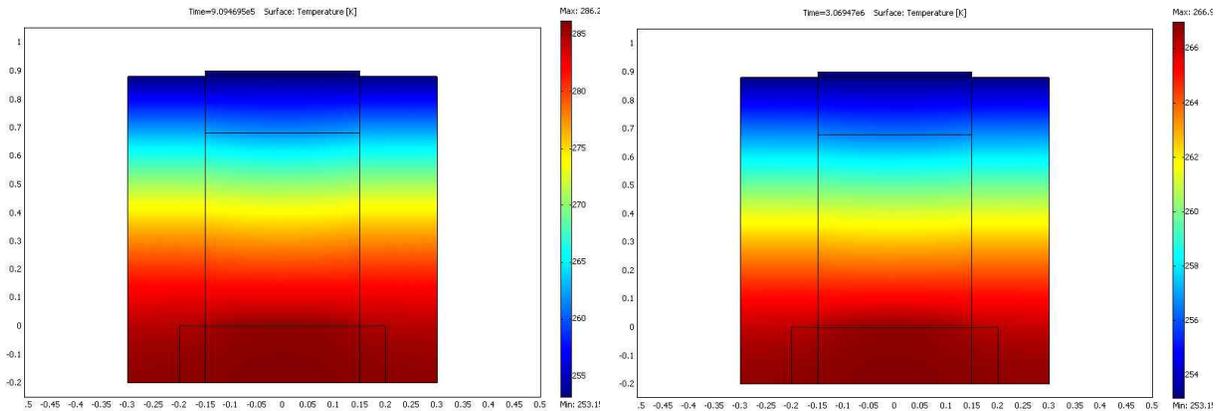


Fig. 4. Temperature profile of 60cm position from surface after  $t=1.2 \times 10^6$  sec.(about 14days)

### 3.2 토양이 일반적인 상태의 경우

오수받이 주변을 둘러싸고 있는 토양이 일반적인 상태를 가정하여 오수받이의 철재 뚜껑과 지표면이 외부온도  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 노출된 상황에서 시간이 경과함에 따라 오수받이 내부의 온도변화를 계산하였으며, 약 10.5일이 경과된 시점 및 약 35.5일이 경과된 시점의 오수받이 내부 온도 분포를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5 (a)에서 보는 바와 같이 약 10.5일 정도 지속되면 지표면에서부터 오수받이 중간 부분까지 온도가 많이 내려가는 것을 알 수 있으며, 지표면에서 약 40cm 지점 온도가 약  $0^{\circ}\text{C}$  정도가 되는 것을 알 수 있다. 한편, Fig. 5 (b)에서 보는 바와 같이 약 35.5일 정도 지속할 경우 오수받이 내부의 온도분포는 전체적으로  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 것을 볼 수 있다.



(a) Time = 909,470 sec (about 10.5days)

(b) Time = 3,069,469 sec (about 35.5days)

Fig. 5. Temperature distribution according to the time.[Outside temp. =  $-20^{\circ}\text{C}$ , Soil state : regular]

오수받이 내부의 온도분포 중 지표면으로부터 60cm 지점인 오수받이 내부 Z형 트랩 부분의 온도가  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 시간에 온도분포를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 약 17일이 지나면 오수받이 내부에 설치한 Z형 트랩 부분의 온도가 전체적으로  $0^{\circ}$ 도 이하로 내려가는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 앞서 토양이 습한 상태보다 3일 정도 더 길어진 것이다.

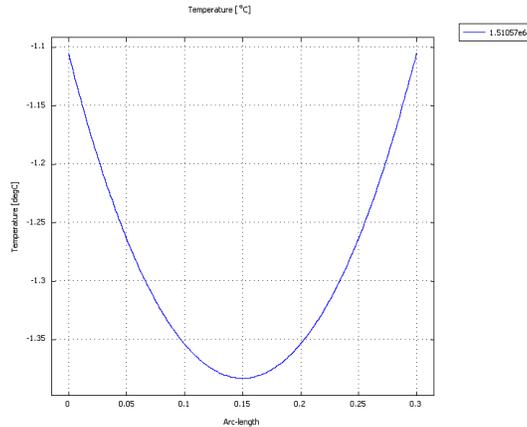
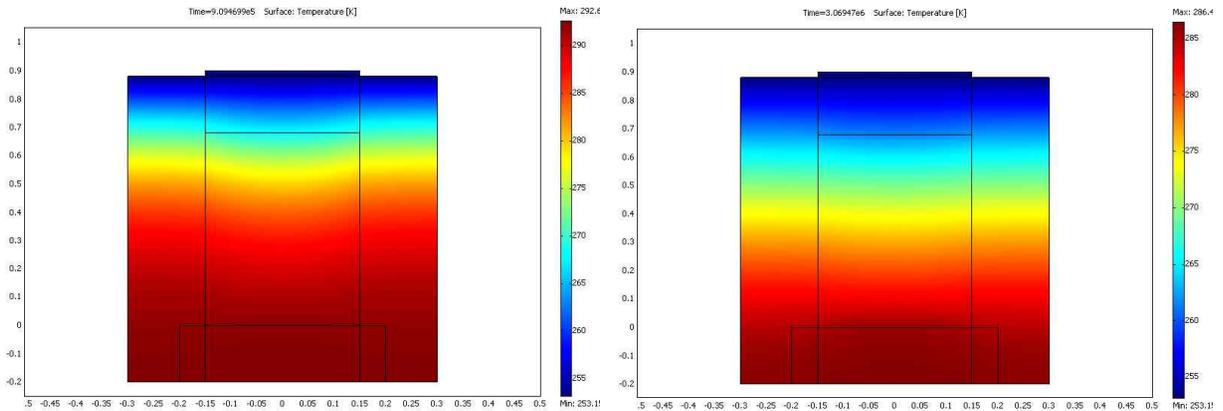


Fig. 6. Temperature profile of 60cm position from surface after  $t=1.5 \times 10^6$  sec.(about 17days)

### 3.3 토양이 건조한 상태의 경우

오수받이 주변을 둘러싸고 있는 토양이 건조한 상태를 가정하여 오수받이의 철재 뚜껑과 지표면이 외부온도  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 노출된 상황에서 시간이 경과함에 따라 오수받이 내부의 온도변화를 계산하였으며, 약 10.5일이 경과된 시점 및 약 35.5일이 경과된 시점의 오수받이 내부 온도 분포를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7 (a)에서 보는 바와 같이 약 10.5일 정도 지속되면 지표면에서부터 약 40cm 지점까지 온도가 많이 내려가는 것을 알 수 있으며, 지표면에서 약 25cm 지점 온도가 약  $0^{\circ}\text{C}$  정도가 되는 것을 알 수 있다. 한편, Fig. 7 (b)에서 보는 바와 같이 약 35.5일 정도 지속할 경우 오수받이 내부의 온도는 지표면에서 약 50cm 지점까지만 0도 이하로 내려가는 것을 볼 수 있다.



(a) Time = 909,470 sec (about 10.5days)

(b) Time = 3,069,469 sec (about 35.5days)

Fig. 7. Temperature distribution according to the time.[Outside temp. =  $-20^{\circ}\text{C}$ , Soil state : regular]

오수받이 내부의 온도분포 중 지표면으로부터 60cm 지점인 오수받이 내부 Z형 트랩 부분의 온도가 0도 이하로 내려가는 시간에 온도분포를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 최대시간 42일까지 오수받이 내부에 설치한 Z형 트랩 부분의 온도가 전체적으로 영상의 온도를 보이고 있다. 즉 외부온도  $-20^{\circ}\text{C}$ 가 42일간 지속되더라도 토양이 건조한 상태라면 Z형 트랩에 남아 있는 물이 동결되지 않음을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과 토양의 습윤 정도에 따라 오수받이 내부의 온도분포에 큰 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

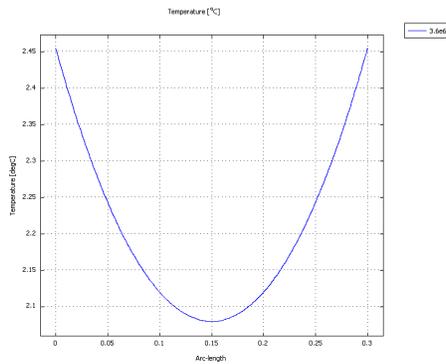


Fig. 8. Temperature profile of 60cm position from surface after  $t=3.6 \times 10^6$ sec.(about 42days)

#### 4. 결 론

시뮬레이션 결과 외부 기온이  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 조건에서 오수받이 내부 Z형 악취 방취 트랩 내에 잔류하고 있는 물의 동결 여부를 판단한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

토양의 습윤 상태에 따라 오수받이 내부의 온도 차이가 크게 발생하는 것을 알 수 있을 때는 토양이 건조한 상태보다 습한 상태에 있을 때 오수받이 내부의 온도가 더 빨리 내려가는 것을 알 수 있다. 토양이 습윤 상태일 경우 약 14일 정도, 토양이 일반상태의 경우 약 17일 정도가 지나면 Z형 트랩이 위치한 지면으로부터 60cm 지점이  $0^{\circ}\text{C}$ 로 내려가 Z형 트랩 내에 있는 물이 동결될 가능성이 있으나, 토양이 건조한 상태에 있을 경우에는 42일이 지나도 지면으로부터 60cm 지점은 영상의 온도를 유지하는 것으로 보아 Z형 트랩 내에 있는 물이 동결되지 않는다는 것을 알 수 있다.

이는 우리나라 겨울철 강원도 철원지역의 평균 온도 분포( $-12^{\circ}\text{C}$  정도 : 기상청 자료)를 감안하였을 때, 토양의 습도 여부와 관계없이 강원도 지역에서도 Z형 악취방취 트랩 내에 잔류하고 있는 물이 동결될 가능성은 없는 것으로 판단된다.

#### References

- C. S. Lee, D. S. Shin, H. D. Lee(2015), Study on Seismic Fragility Analysis of Water Supply Facilities, Journal of the Korean Society of Disaster Information, Vol. 11 No.1, pp. 35-43
- C. H. Choi (2005), A Study on Efficient Maintenance and Management of the Sewage Conduits in Korea, Yonsei University.
- D. H. Ahn (2010), The Major Problems and Improvement in Drainage Facility for Sewer Rehabilitation, Gyeongsang National University.
- H. J. Park (2011), Improvement for Asset Management of Sewage Treatment Facilities, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 31(2D), pp. 285-293.
- K. S. Kim (2000), Consideration for the Performance of Functional Improvement in the Sewer System, Seoul Urban Research, 1(2), pp. 49-64.
- Ministry of Environment(MOE) (2005), Practice Guideline for Public Sewer Maintenance & Repair.
- Ministry of Environment(MOE) (2010), Standard Output Specification for BTL Sewerage Projects.
- Ministry of Public Administration and Security(MOPAS) (2012), Accounting and financial Reporting Regulation for Local Government.
- Ministry of Strategy and Finance(MOSF) (2012), Submitting The National Financial Statement of 2011 Fiscal Year to The National Assembly, Press Release of 31th, May, 2012 (in Korean).
- S. I. Lim (2000), The Principles, Strategies for Reforming the Budgeting and Accounting System in the Korean Local Governments, the Korea Local Administration Review, 14(1), pp. 1-30.